

浙能白银陇泰新能源有限公司  
景泰县上沙沃镇 5 万千瓦风电项目  
**安全预评价报告**

河北民泰安全评价咨询有限公司

APJ-（冀）-006

2025 年 5 月

浙能白银陇泰新能源有限公司  
景泰县上沙沃镇 5 万千瓦风电项目

## 安全预评价报告

法定代表人：游建良

技术负责人：崔作民

项目负责人：宫善超

2025 年 5 月

## 评价人员

|         | 姓 名 | 资格证书号            | 从业登记号           | 签 字 |
|---------|-----|------------------|-----------------|-----|
| 项目负责人   | 宫善超 | 1502000000102945 | HB-PJ-2019-2790 |     |
| 项目组成员   | 杨连成 | 1804000000100299 | HB-PJ-2020-3174 |     |
|         | 张 婷 | 1904000000300568 | HB-PJ-2019-2791 |     |
|         | 牛 犇 | 2017000000205547 | HB-PJ-2020-3573 |     |
| 报告编制人   | 宫善超 | 1502000000102945 | HB-PJ-2019-2790 |     |
| 报告审核人   | 李克旺 | 2004000000201302 | HB-PJ-2020-3238 |     |
| 过程控制负责人 | 吴立强 | 1904000000102140 | HB-PJ-2019-2928 |     |
| 技术负责人   | 崔作民 | 0800000000103981 | HB-PJ-2008-509  |     |

## 前言

浙能白银陇泰新能源有限公司拟在甘肃省白银市景泰县境内投资建设景泰县上沙沃镇 5 万千瓦风电项目。总投资为 24474.19 万元人民币，装机容量为 50MW，工程规模为中型，共安装 8 台单机容量为 6.25MW 的风电机组。主要建设内容包括风力发电机组、升压变电设备、消防等。拟建项目毗邻浙能景泰 10 万千瓦风电项目，经与浙能景泰新能源有限公司沟通，浙能景泰 10 万千瓦风电项目升压站中已做相关预留，故本工程不再新建升压站（本期只扩建主变、SVG 等设备设施），另外配置一座 5MW/10MWh 的储能电站，以增强电网的稳定性和调节能力。工程拟采用“一机一变”的接线方式，配备 8 台 6500kVA 的箱式变压器，以确保风力发电机组的有效电力转换。为了满足建设及运营期间的交通需求，需新建场内道路长约 7.45km。集电线路共设 2 回，每回线路的箱式变电站高压侧均通过并联接线方式接入 110kV 变电站的 35kV 开关柜。项目建成后，预计年上网发电量为 164388.5MW·h，将为当地提供大量清洁能源，促进经济的可持续发展，并有助于推动绿色能源产业的进步。

为了贯彻执行《中华人民共和国安全生产法（2021 修正三）》（国家主席令〔2021〕第八十八号）、《甘肃省安全生产条例》（甘人常〔2022〕142 号）和《建设项目安全设施“三同时”监督管理办法（2015 修正）》（国安监令〔2010〕36 号，国安监令〔2015〕77 号第一次修正）的要求，受浙能白银陇泰新能源有限公司的委托，河北民泰安全评价咨询有限公司承担该公司拟建景泰县上沙沃镇 5 万千瓦风电项目的安全预评价任务。为此，河北民泰安全评价咨询有限公司组成了评价项目组，依据《安全评价通则》（AQ8001-2007）、《安全预评价导则》（AQ8002-2007）的有关要求，并参照《风电场工程安全预评价报告编制规程》（NB/T31028-2012）的要求，开展对拟建项目的安全预评价工作。

为使评价尽可能准确地反映建设项目的实际情况，河北民泰安全评价咨询有限公司组成了评价项目组，于 2025 年 4 月 20 日对景泰县上沙沃镇 5 万千瓦风电项目进行了现场踏勘，搜集了大量能说明项目实际情况的资料和可靠数据，并依据中国能源建设集团浙江省电力设计院有限公司编制的《浙能景泰县上沙沃镇 5 万千瓦风电项目可行性研究报告》和建设单位提供的相关资料，研究系统固有及潜在的危险、有害因素，预测主要事故种类；然后根据分析结果划分出安全预评价单元，采用了安全检查表、预先危险性分析等评价方法进行了定性、定量评价，并确定了各评价单元危险、有害因素和主要事故发生的原因及危险、有害程度；最后根据安全预评价结果，有针对性地提出消除、预防和降低危险的安全对策措施，并编制完成了《浙能白银陇泰新能源有限公司景泰县上沙沃镇 5 万千瓦风电项目安全预评价报告》；本报告将为该项目下一阶段的安全设施设计以及应急管理部门实施监督管理提供依据。

本次安全预评价得到了浙能白银陇泰新能源有限公司的积极配合和通力合作，在此表示衷心的感谢！

## 目录

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| 1 编制说明 .....                   | 1   |
| 1.1 预评价目的、范围和工作程序 .....        | 1   |
| 1.2 评价依据 .....                 | 2   |
| 1.3 建设单位简介 .....               | 17  |
| 2 建设项目概况 .....                 | 18  |
| 2.1 工程概述 .....                 | 18  |
| 2.2 工程地理位置及周边环境 .....          | 19  |
| 2.3 风能资源 .....                 | 20  |
| 2.4 水文气象 .....                 | 21  |
| 2.5 工程地质 .....                 | 22  |
| 2.6 项目任务与规模 .....              | 23  |
| 2.7 工艺流程 .....                 | 23  |
| 2.8 风电场场址选择及总平面布置 .....        | 24  |
| 2.9 风电机组选型及布置 .....            | 25  |
| 2.10 电气 .....                  | 26  |
| 2.11 土建工程 .....                | 39  |
| 2.12 消防 .....                  | 41  |
| 2.13 施工组织 .....                | 43  |
| 2.14 工程特性表 .....               | 45  |
| 3 危险、有害因素辨识和分析 .....           | 48  |
| 3.1 辨识与分析危险、有害因素的依据 .....      | 48  |
| 3.2 建设项目物质的危险性分析 .....         | 49  |
| 3.3 场址选择和总体布置危险性辨识分析 .....     | 57  |
| 3.4 自然灾害危险、有害因素辨识分析 .....      | 59  |
| 3.5 主要建（构）筑物危险、有害因素辨识分析 .....  | 62  |
| 3.6 主要工艺设备及装置危险、有害因素辨识分析 ..... | 64  |
| 3.7 升压站电气设备的危险、有害因素辨识与分析 ..... | 77  |
| 3.8 公用设施的危险、有害因素分析 .....       | 86  |
| 3.9 场内外交通运输的危险、有害因素分析 .....    | 87  |
| 3.10 风电场并网危险、有害因素辨识与分析 .....   | 88  |
| 3.11 特种设备危险、有害因素辨识与分析 .....    | 90  |
| 3.12 安全监测缺陷危险、有害因素辨识与分析 .....  | 91  |
| 3.13 运行、检修作业的危险、有害因素分析 .....   | 91  |
| 3.14 作业环境的有害因素辨识与分析 .....      | 95  |
| 3.15 安全管理缺陷分析 .....            | 98  |
| 3.16 施工期危害性分析 .....            | 100 |
| 3.17 重大危险源的辨识与分析 .....         | 106 |
| 3.18 风电场事故案例分析 .....           | 107 |
| 3.19 储能系统事故案例分析 .....          | 110 |
| 4 评价单元划分和评价方法的选择 .....         | 113 |
| 4.1 评价单元的划分 .....              | 113 |
| 4.2 评价方法简介 .....               | 114 |
| 4.3 对所选用安全评价方法的理由说明 .....      | 115 |

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| 4.4 评价方法和评价单元的对应关系 .....       | 115 |
| 5 定性评价 .....                   | 117 |
| 5.1 定性评价内容 .....               | 117 |
| 5.2 各评价单元小结综述 .....            | 165 |
| 6 安全对策措施及建议 .....              | 172 |
| 6.1 制定安全对策措施的原则 .....          | 172 |
| 6.2 《可研报告》中提出的主要安全对策措施 .....   | 172 |
| 6.3 补充的安全对策措施及建议 .....         | 175 |
| 7 事故应急预案编制原则及框架要求 .....        | 197 |
| 7.1 编制原则 .....                 | 197 |
| 7.2 应急预案的构成及其主要内容 .....        | 197 |
| 7.3 应急预案编写程序 .....             | 198 |
| 7.4 建议该项目建立的应急预案 .....         | 200 |
| 8 安全专项投资估算 .....               | 204 |
| 9 安全预评价结论与建议 .....             | 207 |
| 9.1 主要危险、有害因素评价结果 .....        | 207 |
| 9.2 建设项目应重点防范的重大危险、有害因素 .....  | 208 |
| 9.3 应重视的安全对策措施建议 .....         | 209 |
| 9.4 采取安全对策措施后危险、有害因素受控程度 ..... | 211 |
| 9.5 法律、法规、标准、规范的符合性 .....      | 211 |
| 9.6 安全预评价结论 .....              | 212 |
| 安全预评价附件、附图 .....               | 213 |

# 1 编制说明

## 1.1 预评价目的、范围和工作程序

### 1.1.1 预评价目的

安全预评价目的是贯彻执行“安全第一，预防为主，综合治理”的安全生产方针，为拟建项目的安全设施设计提供依据，以利于提高建设项目本质安全程度。本次安全预评价作为安全设施设计的依据之一，将找出建设项目运营及施工过程中固有或潜在的危险、有害因素，并分析危险、有害因素演变成事故的过程及事故后果的严重程度。

本报告通过对拟建项目的主要危险、有害因素进行定性分析与评价，确定其危险等级或程度，根据危险、有害因素发生原因提出有针对性、技术可行性和经济合理的安全对策措施，为浙能白银陇泰新能源有限公司安全生产管理的系统化、标准化和科学化提供依据和条件，同时为应急管理部门实施监察、管理提供依据。

### 1.1.2 预评价范围

根据浙能白银陇泰新能源有限公司与河北民泰安全评价咨询有限公司签订的安全评价技术服务合同，本次安全预评价的评价对象为拟建景泰县上沙沃镇 5 万千瓦风电项目，送出线路不在本次评价范围内，本次评价范围具体内容如下表所示。

表 1.1-1 评价范围一览表

| 序号 | 评价范围        | 具体内容                                     |
|----|-------------|------------------------------------------|
| 1  | 场址选择、总平面布置  | 地理位置及周边环境、风能资源、工程地质、总平面布置                |
| 2  | 建（构）筑物等土建工程 | 风力发电机组基础、箱变基础等建（构）筑物                     |
| 3  | 风电机组        | 塔架、叶轮、发电机、传动系统、偏航与变桨系统等                  |
| 4  | 集电线路        | 风电机组设备到升压站之间的电缆线路                        |
| 5  | 升压站         | 主变压器、储能装置、35kV 配电装置、110kV 高压配电设备、无功补偿装置等 |
| 6  | 交通工程        | 风电场场内新建道路                                |
| 7  | 安全监测系统      | 风电场和升压站的安全监测设备及系统                        |

| 序号 | 评价范围 | 具体内容                                              |
|----|------|---------------------------------------------------|
| 8  | 公用工程 | 建筑消防、采暖、通风、空气调节及防烟排烟、电气消防等                        |
| 9  | 施工作业 | 施工组织设计                                            |
| 10 | 安全管理 | 安全管理组织机构、安全生产“三项制度”，应急预案编制原则和框架要求、应急预案管理，安全专项投资估算 |

### 1.1.3 预评价工作程序

安全预评价程序为：前期准备；辨识与分析危险、有害因素；划分评价单元；选择评价方法；定性、定量评价；提出安全对策措施建议；做出评价结论；编制安全预评价报告。安全预评价程序如下图所示。

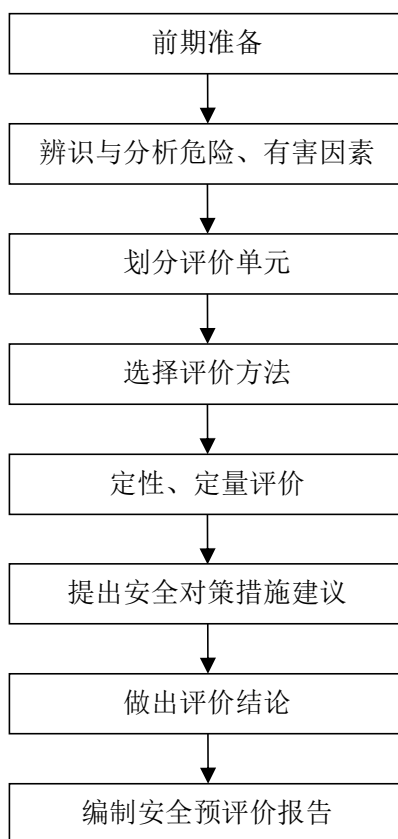


图 1.1-1 安全预评价程序框图

## 1.2 评价依据

### 1.2.1 法律、法规

- 1) 《中华人民共和国安全生产法》(主席令〔2002〕70 号发布，主席令〔2009〕18 号、主席令〔2014〕13 号、主席令〔2021〕88 号修正)；
- 2) 《中华人民共和国电力法》(主席令〔1995〕60 号发布，主席令〔2009〕

18 号、主席令〔2015〕24 号、主席令〔2018〕23 号修正);

3) 《中华人民共和国消防法》(主席令〔2008〕6 号发布,主席令〔2019〕29 号、主席令〔2021〕81 号修正);

4) 《中华人民共和国道路交通安全法》(主席令〔2003〕8 号发布,主席令〔2007〕81 号、主席令〔2011〕47 号、主席令〔2021〕81 号修正);

5) 《中华人民共和国建筑法》(主席令〔1997〕91 号发布,主席令〔2011〕46 号、主席令〔2019〕29 号修正);

6) 《中华人民共和国可再生能源法》(主席令〔2005〕33 号发布,主席令〔2009〕23 号修正);

7) 《中华人民共和国气象法》(主席令〔1999〕23 号发布,主席令〔2009〕18 号、主席令〔2014〕14 号、主席令〔2016〕57 号修正);

8) 《中华人民共和国突发事件应对法》(主席令〔2024〕25 号);

9) 《中华人民共和国劳动法》(主席令〔1994〕28 号发布,主席令〔2009〕18 号、主席令〔2018〕24 号修正);

10) 《中华人民共和国特种设备安全法》(主席令〔2013〕4 号);

11) 《中华人民共和国反恐怖主义法》(主席令〔2015〕36 号发布,主席令〔2018〕6 号修正);

12) 《中华人民共和国职业病防治法》(主席令〔2001〕60 号发布,主席令〔2011〕52 号、主席令〔2016〕48 号、主席令〔2017〕81 号、主席令〔2018〕24 号修正);

13) 《中华人民共和国防震减灾法》(主席令〔2008〕7 号);

14) 《中华人民共和国防洪法》(主席令〔1997〕88 号发布,主席令〔2009〕18 号、主席令〔2015〕23 号、主席令〔2016〕48 号修正);

15) 《中华人民共和国网络安全法》(主席令〔2016〕53 号);

16) 《中华人民共和国能源法》(主席令〔2024〕37 号);

17) 《中华人民共和国环境保护法》(主席令〔2014〕9 号)。

### 1.2.2 部门规章和规范性文件

- 1) 《电力设施保护条例》(国务院令〔1998〕239 号发布,国务院令〔2011〕588 号修正);
- 2) 《建设工程安全生产管理条例》(国务院令〔2003〕393 号);
- 3) 《地质灾害防治条例》(国务院令〔2003〕394 号);
- 4) 《中华人民共和国道路运输条例》(国务院令〔2004〕406 号发布,国务院令〔2012〕628 号、国务院令〔2016〕666 号、国务院令〔2019〕709 号、国务院令〔2022〕752 号、国务院令〔2023〕764 号修正);
- 5) 《劳动保障监察条例》(国务院令〔2004〕423 号);
- 6) 《电力监管条例》(国务院令〔2005〕432 号);
- 7) 《生产安全事故报告和调查处理条例》(国务院令〔2007〕493 号);
- 8) 《特种设备安全监察条例》(国务院令〔2003〕373 号发布,国务院令〔2009〕549 号修正);
- 9) 《气象灾害防御条例》(国务院令〔2010〕570 号发布,国务院令〔2017〕687 号修正);
- 10) 《工伤保险条例》(国务院令〔2003〕375 号发布,国务院令〔2010〕586 号修正);
- 11) 《危险化学品安全管理条例》(国务院令〔2011〕591 号发布,国务院令〔2013〕645 号修正);
- 12) 《电力安全事故应急处置和调查处理条例》(国务院令〔2011〕599 号);
- 13) 《生产安全事故应急条例》(国务院令〔2019〕708 号);
- 14) 《劳动保障监察条例》(国务院令〔2004〕423 号);
- 15) 《关于加强电力系统抗灾能力建设若干意见》的通知(国发〔2008〕20 号);
- 16) 《电网调度管理条例》(国务院令〔1993〕115 号发布,国务院令〔2011〕588 号修正);
- 17) 《中华人民共和国防汛条例》(国务院令〔1991〕86 号发布,国务

院令〔2005〕441 号、国务院令〔2011〕588 号修正)；

18) 《危险化学品目录(2015 版)》(安监总局等十部门公告 2015 年第 5 号, 应急管理部等十部门公告 2022 年第 8 号调整)。

### 1.2.3 地方法规及规范性文件

- 1) 《甘肃省安全生产条例》(甘人常〔2022〕142 号)；
- 2) 《甘肃省消防条例》(甘人常〔2021〕70 号)；
- 3) 《甘肃省生产经营单位安全生产主体责任规定》(甘政令〔2017〕133 号)；
- 4) 《甘肃省气象灾害防御条例》(甘人常〔2022〕112 号)；
- 5) 《甘肃省建筑消防设施管理规定》(甘政令〔2013〕106 号发布, 甘政令〔2020〕154 号修正)；
- 6) 《甘肃省生产安全事故隐患排查治理办法》(甘政令〔2024〕176 号)；
- 7) 《甘肃省建设工程质量和建设工程安全生产管理条例》(甘人常〔2021〕73 号)；
- 8) 《国家电网公司西北分部关于开展西北电网新能源场站快速频率响应功能推广应用工作的通知》(西北调控〔2018〕137 号)；
- 9) 《甘肃省生产安全事故应急预案》(甘政办发〔2021〕89 号)；
- 10) 《甘肃省防震减灾条例》(甘人常〔2022〕99 号)。

### 1.2.4 政府部门规章

- 1) 《生产安全事故应急预案管理办法》(安监总局令〔2016〕88 号发布, 应急部令〔2019〕2 号修正)；
- 2) 《生产经营单位安全培训规定》(安监总局令〔2006〕3 号发布, 安监总局令〔2013〕63 号、安监总局令〔2015〕80 号修正)；
- 3) 《安全生产事故隐患排查治理暂行规定》(安监总局令〔2007〕16 号)；
- 4) 《特种作业人员安全技术培训考核管理规定》(安监总局令〔2010〕30 号发布, 安监总局令〔2013〕63 号、安监总局令〔2015〕80 号、应急部

公告〔2018〕12 号修正)；

5) 《建设项目安全设施“三同时”监督管理办法》(安监总局令〔2010〕36 号发布, 安监总局令〔2015〕77 号、应急部公告〔2018〕12 号修正)；

6) 《安全生产培训管理办法》(安监总局令〔2012〕44 号发布, 安监总局令〔2013〕63 号、安监总局令〔2015〕80 号修正)；

7) 《工作场所职业卫生管理规定》(卫健委令〔2020〕5 号)；

8) 《建设项目职业病防护设施“三同时”监督管理办法》(安监总局令〔2017〕90 号)；

9) 《国家安全监管总局关于修改<生产安全事故报告和调查处理条例>罚款处罚暂行规定等四部规章的决定》(安监总局令〔2015〕77 号)；

10) 《国家电力监管委员会安全生产令》(电监会令〔2004〕1 号)；

11) 《电力业务许可证管理规定》(国电监令〔2005〕9 号发布, 发改委令〔2015〕26 号、国能源公告〔2020〕3 号、发改委令〔2024〕11 号修正)；

12) 《电网运行规则(试行)》(国电监令〔2006〕22 号发布, 发改委令〔2024〕11 号修正)；

13) 《电力监控系统安全防护规定》(发改委令〔2024〕27 号)；

14) 《电力安全生产监督管理办法》(发改委令〔2015〕21 号)；

15) 《电力建设工程施工安全监督管理办法》(发改委令〔2015〕28 号)；

16) 《电力设施保护条例实施细则》(国经贸令〔1999〕8 号发布, 发改委令〔2011〕10 号、发改委令〔2024〕11 号修正)；

17) 《防雷减灾管理办法》(气象局令〔2011〕20 号发布, 气象局令〔2013〕24 号修正)；

18) 《特种设备作业人员监督管理办法》(质检总局令〔2005〕70 号发布, 质检总局令〔2011〕140 号修正)；

19) 《建设工程消防设计审查验收管理暂行规定》(住建部令〔2020〕51 号发布, 住建部令〔2023〕58 号修正)；

20) 《实施工程建设强制性标准监督规定(2021 年修订)》(住建部令第 52 号)；

21) 《火灾事故调查规定》(公安部令〔2009〕108 号发布,公安部令〔2012〕121 号修正);

22) 《建筑起重机械安全监督管理规定》(建设部令〔2008〕166 号发布,建法规〔2020〕2 号修正);

23) 《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》(住建部令〔2018〕37 号发布,住建部令〔2019〕47 号修正);

24) 《安全生产治本攻坚三年行动方案(2024-2026 年)》(安委办〔2024〕2 号);

25) 《关于印发电化学储能电站安全风险隐患专项整治工作方案》(安委办〔2021〕9 号)。

#### 1.2.5 政府部门规范性文件

1) 《国务院关于加强和改进消防工作的意见》(国发〔2011〕46 号);

2) 《消防安全责任制实施办法》(国办发〔2017〕87 号);

3) 《工程建设标准强制性条文(电力工程部分)》(2011 年版);

4) 《国家能源局关于防范电力人身伤亡事故的指导意见》(国能安全〔2013〕427 号);

5) 《防止电力生产事故的二十五项重点要求(2023 版)的通知》(国能发安全〔2023〕22 号);

6) 《国家能源局关于印发〈电力企业应急预案管理办法〉的通知》(国能安全〔2014〕508 号);

7) 《国家能源局关于加强电力企业安全风险预控体系建设的指导意见》(国能安全〔2015〕1 号);

8) 《关于深入开展电力企业应急能力建设评估工作的通知》(国能综安全〔2016〕542 号);

9) 《国家能源局综合司关于印发〈电力企业应急预案评审与备案细则〉的通知》(国能综安全〔2014〕953 号);

10) 《国家能源局关于加强电力企业安全风险预控体系建设的指导意

见》（国能安全〔2015〕1号）；

11) 《关于印发电力监控系统安全防护总体方案等安全防护方案和评估规范的通知》（国能安全〔2015〕36号）；

12) 《企业安全生产费用提取和使用管理办法》（财资〔2022〕136号）；

13) 《国家能源局关于修订印发火力发电、输变电、陆上风力发电、光伏发电建设工程质量监督检查大纲的通知》（国能发安全规〔2023〕41号）；

14) 《防止电力建设施工安全事故三十项重点要求》（国能发安全〔2022〕55号）；

15) 《电力安全事故应急演练导则》的通知（国能综通安全〔2022〕124号）；

16) 《电力安全隐患治理监督管理规定》的通知（国能发安全规〔2022〕116号）；

17) 《重大电力安全隐患判定标准（试行）》（国能综通安全〔2022〕123号）；

18) 《进一步加强电力建设工程质量监督管理工作意见》的通知（国能发安全〔2018〕21号）；

19) 《能源局关于印发<新型储能项目管理规范（暂行）>的通知》（国能发科技规〔2021〕47号）；

20) 《国家能源局综合司关于加强电化学储能电站安全管理的通知》（国能综通安全〔2022〕37号）；

21) 《国家能源局综合司关于加强发电侧电网侧电化学储能电站安全运行风险监测的通知》（国能综通安全〔2023〕131号）；

22) 《电力建设工程质量监督管理暂行规定》（能发安全规〔2023〕43号）。

#### 1.2.6 国家标准

1) 《工业企业总平面设计规范》（GB50187-2012）；

2) 《工业企业设计卫生标准》（GBZ1-2010）；

- 3) 《工业企业厂内铁路、道路运输安全规程》(GB4387-2008);
- 4) 《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分: 化学有害因素》(GBZ2.1-2019);
- 5) 《工作场所有害因素职业接触限值 第 2 部分: 物理因素》(GBZ2.2-2007);
- 6) 《工业建筑防腐蚀设计标准》(GB/T50046-2018);
- 7) 《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》(GB50019-2015);
- 8) 《企业职工伤亡事故分类》(GB6441-1986);
- 9) 《安全标志及其使用导则》(GB2894-2008);
- 10) 《安全色》(GB2893-2008);
- 11) 《安全防范工程技术标准》(GB50348-2018);
- 12) 《建筑物防雷设计规范》(GB50057-2010);
- 13) 《建筑抗震设计规范(2016 年版)》(GB50011-2010);
- 14) 《建筑灭火器配置设计规范》(GB50140-2005);
- 15) 《建筑设计防火规范(2018 年版)》(GB50016-2014);
- 16) 《建筑给水排水设计标准》(GB50015-2019);
- 17) 《湿陷性黄土地区建筑标准》(GB50025-2018);
- 18) 《建筑照明设计标准》(GB/T 50034-2024);
- 19) 《建筑地基基础设计规范》(GB50007-2011);
- 20) 《中国地震动参数区划图》(GB18306-2015);
- 21) 《防洪标准》(GB50201-2014);
- 22) 《防止静电事故通用要求》(GB12158-2024);
- 23) 《室外排水设计标准》(GB50014-2021);
- 24) 《室外给水设计标准》(GB50013-2018);
- 25) 《火灾自动报警系统设计规范》(GB50116-2013);
- 26) 《低压配电设计规范》(GB50054-2011);
- 27) 《供配电系统设计规范》(GB50052-2009);
- 28) 《电业安全工作规程第 1 部分: 热力和机械》(GB26164.1-2010);

- 29) 《3~110kV 高压配电装置设计规范》(GB50060-2008);
- 30) 《66kV 及以下架空电力线路设计规范》(GB50061-2010);
- 31) 《高压交流开关设备和控制设备标准的共用技术要求》  
(GB/T11022-2020);
- 32) 《交流电气装置的接地设计规范》(GB/T50065-2011);
- 33) 《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合设计规范》  
(GB/T50064-2014);
- 34) 《交流无间隙金属氧化物避雷器》(GB/T11032-2020);
- 35) 《电力安全工作规程 发电厂和变电站电气部分》(GB26860-2011);
- 36) 《电力安全工作规程 电力线路部分》(GB26859-2011);
- 37) 《电力工程电缆设计标准》(GB50217-2018);
- 38) 《电网运行准则》(GB/T31464-2022);
- 39) 《电力系统安全稳定导则》(GB38755-2019);
- 40) 《火灾自动报警系统施工及验收标准》(GB50166-2019);
- 41) 《构筑物抗震设计规范》(GB50191-2012);
- 42) 《剩余电流动作保护装置安装和运行》(GB/T13955-2017);
- 43) 《系统接地的型式及安全技术要求》(GB14050-2008);
- 44) 《高压/低压预装式变电站》(GB17467-2020);
- 45) 《生产经营单位生产安全事故应急预案编制导则》(GB/T29639-2020);
- 46) 《生产过程危险和有害因素分类与代码》(GB/T13861-2022);
- 47) 《危险化学品重大危险源辨识》(GB18218-2018);
- 48) 《风力发电场设计规范》(GB51096-2015);
- 49) 《风力发电场项目建设工程验收规程》(GB/T31997-2015);
- 50) 《风力发电机组 塔架》(GB/T19072-2022);
- 51) 《风力发电机组 装配和安装规范》(GB/T19568-2017);
- 52) 《风力发电机组 设计要求》(GB/T18451.1-2022);
- 53) 《风力发电机组 运行及维护要求》(GB/T25385-2019);
- 54) 《风能发电系统 风力发电机组通用技术条件和试验方法》

(GB/T19960-2024);

- 55) 《风力发电机组 雷电保护》(GB/T33629-2017);
- 56) 《风电场接入电力系统技术规定 第 1 部分：陆上风电》  
(GB/T19963.1-2021);
- 57) 《个体防护装备配备规范 第 1 部分：总则》(GB39800.1-2020);
- 58) 《高耸结构设计标准》(GB50135-2019);
- 59) 《固定式钢梯及平台安全要求第 3 部分：工业防护栏杆及钢平台》  
(GB4053.3-2009);
- 60) 《火力发电厂与变电站设计防火标准》(GB50229-2019);
- 61) 《风险管理 术语》(GB/T 23694-2024);
- 62) 《架空输电线路故障巡视技术导则》(GB/T32673-2016);
- 63) 《电力监控系统网络安全防护导则》(GB/T 36572-2018);
- 64) 《电力监控系统网络安全评估指南》(GB/T 38318-2019);
- 65) 《建设工程施工现场供用电安全规范》(GB 50194-2014);
- 66) 《电力设施抗震设计规范》(GB50260-2013);
- 67) 《风力发电工程施工与验收规范》(GB/T 51121-2015);
- 68) 《电化学储能系统接入电网技术规定》(GB/T36547-2018);
- 69) 《电化学储能系统接入电网测试规范》(GB/T36548-2018);
- 70) 《电力储能用锂离子电池》(GB/T36276-2018);
- 71) 《电力系统电化学储能系统通用技术条件》(GB/T 36558-2018);
- 72) 《电化学储能电站设计规范》(GB51048-2014);
- 73) 《储能电站运行维护规程》(GB/T40090-2021);
- 74) 《电力储能用电池管理系统》(GB/T34131-2023);
- 75) 《电化学储能电站运行指标及评价》(GB/T36549-2018);
- 76) 《电化学储能电站检修规程》(GB/T42315-2023);
- 77) 《电化学储能电站生产安全应急预案编制导则》(GB/T42312-2023);
- 78) 《电化学储能电站危险源辨识技术导则》(GB/T42314-2023);
- 79) 《电化学储能电站应急演练规程》(GB/T42317-2023);

- 80) 《电化学储能电站调试规程》(GB/T 42737-2023);
- 81) 《电化学储能电站启动验收规程》(GB/T 43868-2024 );
- 82) 《特种设备重大事故隐患判定准则》(GB45067-2024);
- 83) 《35kV~110kV 变电站设计规范》(GB50059-2011);
- 84) 《电气装置安装工程 高压电器施工及验收规范》(GB50147-2010 );
- 85) 《电气装置安装工程 电力变压器、油浸电抗器、互感器施工及验收规范》(GB50148-2010);
- 86) 《电气装置安装工程 母线装置施工及验收规范》(GB50149-2010);
- 87) 《电气装置安装工程 电气设备交接试验标准》(GB50150-2016);
- 88) 《电气装置安装工程 电缆线路施工及验收标准》(GB50168-2018);
- 89) 《电气装置安装工程 接地装置施工及验收规范》(GB50169-2016);
- 90) 《电气装置安装工程 旋转电机施工及验收标准》(GB 50170-2018);
- 91) 《电气装置安装工程盘、柜及二次回路接线施工及验收规范》(GB50171-2012);
- 92) 《电气装置安装工程蓄电池施工及验收规范》(GB50172-2012);
- 93) 《电气装置安装工程低压电器施工及验收规范》(GB50254-2014)
- 94) 《电力设施抗震设计规范》(GB50260-2013);
- 95) 《建筑电气工程施工质量验收规范》(GB50303-2015);
- 96) 《工程结构通用规范》(GB55001-2021);
- 97) 《钢结构通用规范》(GB55006-2021);
- 98) 《砌体结构通用规范》(GB 55007-2021);
- 99) 《混凝土结构通用规范》(GB55008-2021);
- 100) 《工程勘察通用规范》(GB55017-2021);
- 101) 《工程测量通用规范》(GB55018-2021);
- 102) 《施工脚手架通用规范》(GB55023-2022);
- 103) 《安全防范工程通用规范》(GB55029-2022);
- 104) 《消防设施通用规范》(GB55036-2022);
- 105) 《建筑防火通用规范》(GB55037-2022)。

### 1.2.7 安全标准

- 1) 《安全评价通则》(AQ8001-2007);
- 2) 《安全预评价导则》(AQ8002-2007);
- 3) 《个体防护装备安全管理规范》(AQ 6111-2023);
- 4) 《生产安全事故应急演练评估规范》(YJ/T 9009-2015);
- 5) 《生产安全事故应急演练基本规范》(YJ/T 9007-2019);
- 6) 《生产经营单位生产安全事故应急预案评估指南》(YJ/T 9011-2019)。

### 1.2.8 电力及能源行业技术标准

- 1) 《电力通信运行管理规程》(DL/T544-2012);
- 2) 《电力变压器运行规程》(DL/T572-2021);
- 3) 《风力发电场噪声限值及测量方法》(DL/T 1084-2021);
- 4) 《高压电气设备绝缘技术监督规程》(DL/T1054-2021);
- 5) 《风力发电场设计技术规范》(DL/T5383-2007);
- 6) 《继电保护和安全自动装置运行管理规程》(DL/T587-2016);
- 7) 《变电工程总布置设计规程》(DL/T 5056-2024);
- 8) 《高压配电装置设计规范》(DL/T5352-2018);
- 9) 《架空输电线路基础设计规程》(DL/T 5219-2023);
- 10) 《电力工程直流电源系统设计技术规程》(DL/T5044-2014);
- 11) 《架空输电线路杆塔结构设计技术规定》(DL/T5154-2012);
- 12) 《电力系统用蓄电池直流电源装置运行与维护技术规程》  
(DL/T724-2021);
- 13) 《风力发电场运行规程》(DL/T666-2012);
- 14) 《风力发电场安全规程》(DL/T796-2012);
- 15) 《风力发电场检修规程》(DL/T797-2012);
- 16) 《电力设备预防性试验规程》(DL/T596-2021);
- 17) 《电力设备典型消防规程》(DL5027-2015);
- 18) 《变电站建筑结构设计技术规程》(DL/T5457-2012);

- 19) 《电力生产事故分类与代码 第 1 部分：人身事故》(DL/T518.1-2016);
- 20) 《电力生产事故分类与代码 第 2 部分：设备事故》(DL/T518.2-2016);
- 21) 《电力高处作业防坠器》(DL/T1147-2018);
- 22) 《发电企业应急能力建设评估规范》(DL/T1919-2018);
- 23) 《风力发电场项目建设工程验收规程》(DL/T5191-2004);
- 24) 《风力发电工程施工组织设计规范》(DL/T5384-2007);
- 25) 《电力建设安全工作规程 第 2 部分：电力线路》(DL5009.2-2013);
- 26) 《电力建设安全工作规程 第 3 部分：变电站》(DL5009.3-2013);
- 27) 《并网风电场继电保护配置及整定技术规范》(DL/T 1631-2016);
- 28) 《继电保护和电网安全自动装置检验规程》(DL/T 995-2016);
- 29) 《电力监控系统网络安全防护技术导则》(DL/T 2335-2021);
- 30) 《输变电工程初步设计概算编制导则》(DL/T 5467-2021);
- 31) 《电力安全工器具预防性试验规程》(DL/T 1476-2023);
- 32) 《电力安全工器具配置与存放技术要求》(DL/T 1475-2015);
- 33) 《个人电弧防护用品通用技术要求》(DL/T 320-2019);
- 34) 《电力建设安全工作规程 第 2 部分：电力线路》(DL 5009.2-2013);
- 35) 《重覆冰架空输电线路设计技术规范》(DL/T5440-2020);
- 36) 《输电线路用绝缘子污秽外绝缘的高海拔修正》(DL/T368-2010);
- 37) 《电力工程施工测量标准》(DL/T 5578-2020);
- 38) 《电力工程施工测量标准》(DL/T 5578-2020);
- 39) 《电化学储能电站并网运行与控制技术规范 第 1 部分：并网运行调试》(DL/T 2246.1-2021);
- 40) 《电化学储能电站并网运行与控制技术规范 第 2 部分：并网运行》(DL/T 2246.2-2021);
- 41) 《电化学储能电站并网运行与控制技术规范 第 3 部分：并网运行验收》(DL/T 2246.3-2021);
- 42) 《电化学储能电站并网运行与控制技术规范 第 4 部分：继电保护》(DL/T 2246.4-2021);

- 43) 《电化学储能电站并网运行与控制技术规范 第 5 部分: 安全稳定控制》(DL/T 2246.5-2021);
- 44) 《电化学储能电站并网运行与控制技术规范 第 6 部分: 调度信息通信》(DL/T 2246.6-2021);
- 45) 《风电场电能质量测试方法》(NB/T 31005-2022);
- 46) 《陆上风电场工程施工安装技术规程》(NB/T 10087-2018);
- 47) 《陆上风电场工程风电机组基础设计规范》(NB/T10311-2019);
- 48) 《陆上风电场工程地质勘察规范》(NB/T 31030-2022);
- 49) 《风电场工程风能资源测量与评估技术规范》(NB/T31147-2018);
- 50) 《风电场工程电气设计规范》(NB/T 31026-2022);
- 51) 《风电机组一次调频技术要求与测试规程》(NB/T10315-2019);
- 52) 《风力发电机组主控系统测试规程》(NB/T10312-2019)。
- 53) 《风力发电用低压成套开关设备和控制设备》(NB/T31037-2012);
- 54) 《风力发电用低压成套无功功率补偿装置》(NB/T31038-2012);
- 55) 《风力发电机组雷电防护系统技术规范》(NB/T31039-2012);
- 56) 《风电场设计防火规范》(NB31089-2016);
- 57) 《风电场工程道路设计规范》(NB/T 10209-2019);
- 58) 《陆上风电场工程风电机组基础设计规范》(NB/T 10311-2019);
- 59) 《风力发电机组接地技术规范》(NB/T31056-2014);
- 60) 《风力发电场集电系统过电压保护技术规范》(NB/T31057-2014);
- 61) 《风电机组风轮系统技术监督规程》(NB/T 31072-2022);
- 62) 《风力发电场调度运行规程》(NB/T31065-2015);
- 63) 《风电场工程劳动安全与工业卫生验收规程》(NB/T31073-2015);
- 64) 《风力发电工程达标投产验收规程》(NB/T31022-2012);
- 65) 《风力发电场远程监控系统技术规程》(NB/T31071-2015);
- 66) 《风电场安全标识设置设计规范》(NB/T31088-2016);
- 67) 《陆上风电场工程安全文明施工规范》(NB/T31106-2016);
- 68) 《陆上风电场工程施工组织设计规范》(NB/T31113-2017);

- 69) 《风力发电机组变桨驱动变频器技术规范》(NB/T 31126-2023) ；
- 70) 《风电场工程建筑设计规范》(NB/T31128-2017)；
- 71) 《风电场调度运行信息交换规范》(NB/T31109-2017)；
- 72) 《风力发电机组变桨驱动变频器技术规范》(NB/T 31126-2023) ；
- 73) 《风力发电机组振动状态评价导则》(NB/T31129-2018)；
- 74) 《风电场工程等级划分及设计安全标准》(NB/T10101-2018)；
- 75) 《风电场工程微观选址技术规范》(NB/T10103-2018)；
- 76) 《风力发电场技术监督导则》(NB/T10110-2018)；
- 77) 《风力发电机组设备监造导则》(NB/T10112-2018)；
- 78) 《风电机组检修提升机技术规范》(NB/T31146-2018)；
- 79) 《风电功率预测技术规定》(NB/T10205-2019)；
- 80) 《风电场工程劳动安全与职业卫生设计规范》(NB/T10219-2019)；
- 81) 《陆上风电场工程施工安全技术规范》(NB/T10208-2019)；
- 82) 《风电场工程道路设计规范》(NB/T10209-2019)；
- 83) 《风电机组钢塔筒设计制造安装规范》(NB/T10216-2019)；
- 84) 《风力发电场生产准备导则》(NB/T10217-2019)；
- 85) 《风电场工程安全预评价报告编制规程》(NB/T31028-2012)；
- 86) 《陆上风电场工程概算定额》(NB/T31010-2019)；
- 87) 《风电场监控系统技术规范》(NB/T 10321-2019)；
- 88) 《风电场应急预案编制导则》(NB/T 10631-2021)；
- 89) 《风电场运行风险管理规程》(NB/T 10640-2021)；
- 90) 《风电机组塔架用高强度螺栓连接副》(NB/T31082-2016)；
- 91) 《风电场重大危险源辨识规程》(NB/T 10575-2021)；
- 92) 《电力建设工程施工安全管理导则》(NB/T 10096-2018)；
- 93) 《电池储能功率控制系统变流器技术规范》(NB/T31016-2019)；
- 94) 《电化学储能系统接入配电网运行控制规范》(NB/T33014-2014)；
- 95) 《电化学储能系统接入配电网技术规定》(NB/T33015-2014)；
- 96) 《风电场工程施工质量检验与评定规程》(NB/T 11372-2023)；

97) 《预制舱式磷酸铁锂电池储能电站消防技术规范》  
(T/CEC373-2020)。

### 1.2.9 其它标准及规范性文件

- 1) 《冻土地区建筑地基基础设计规范》(JGJ118-2011);
- 2) 《建筑工程冬期施工规程》(JGJ/T104-2011);
- 3) 《建筑变形测量规范》(JGJ8-2016);
- 4) 《钢结构高强度螺栓连接技术规程》(JGJ82-2011);
- 5) 《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》(JGJ130-2011);
- 6) 《风力发电劳动防护用品配备规范》(LD/T50-2016);
- 7) 《电力系统治安反恐防范要求 第 4 部分：风力发电企业》  
(GA1800.4-2021)。

### 1.3 建设单位简介

浙能白银陇泰新能源有限公司成立于 2024 年 11 月 07 日，注册地位于甘肃省白银市景泰县一条山镇建设路 83 号，法定代表人为张德忠。经营范围包括一般项目：碳减排、碳转化、碳捕捉、碳封存技术研发；森林固碳服务（除许可业务外，可自主依法经营法律法规非禁止或限制的项目）许可项目：发电业务、输电业务、供（配）电业务；供电业务（依法须经批准的项目，经相关部门批准后方可开展经营活动）。

## 2 建设项目概况

### 2.1 工程概述

#### 2.1.1 建设项目概况

(1) 项目名称：景泰县上沙沃镇 5 万千瓦风电项目；

(2) 建设单位：浙能白银陇泰新能源有限公司；

(3) 建设地点：甘肃省白银市景泰县境内；

(4) 建设性质：新建项目；

(5) 本工程永久性占地主要包括风电机组基础、箱变基础及进站道路等。本工程永久占地总面积约 30203m<sup>2</sup>；本工程临时占地包括吊装场地、施工临时场地、施工期道路用地、渣场占地。本工程临时占地约 109553m<sup>2</sup>。

(6) 总工期：10 个月；

(7) 专项安全费：安全设施投资为 120 万元，约占建筑安装工程费的 2.53%计算；

(8) 劳动定员：拟按 8 人；

(9) 符合产业政策情况：依据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（国家发改委令〔2023〕7 号），该项目的建设符合“第一类鼓励类”“五、新能源”中“1、风力发电技术与应用”。风力发电项目的建设不仅有利于优化当地能源结构、保护环境，减少温室气体排放、开发风能资源和推进风电产业发展，还大大提高环境效益、经济效益和社会效益。因此，拟建工程的建设符合国家产业政策。

(10) 科技创新

利用先进的气象数据分析技术和风能模拟软件，对风电场的风能资源进行精确评估，优化风机布局 and 选型，采用最新的设计理念和技术标准，提高风电机组的性能和效率，降低建设和运营成本，施基于物联网的智能监控系统，实时监测风电机组的运行状态，预测潜在故障，提高运维效率，运用环境科学和生态学的方法，评估风电场对周边环境的影响，并采取有效措施减轻负面影响，采用创新的施工技术和设备，提高施工效率，确保施工安全和

质量，探索与风电场相结合的储能解决方案，提高风电的电网调节能力和供电稳定性，研究和应用节能减排技术，减少风电场建设和运营过程中的能源消耗和环境污染。

### 2.1.2 建设项目审批流程

该项目已取得白银市发展和改革委员会出具的《关于景泰县上沙沃镇 5 万千瓦风电项目核准的批复》，符合国家产业政策及地方规划要求，具备合法建设条件。

## 2.2 工程地理位置及周边环境

### 2.2.1 地理位置

拟建项目位于甘肃省白银市景泰县西北部，地处红水镇与上沙沃镇交界处，东南距景泰县城直线约 30 公里。场址分为两个地块，属山地地貌，地面高程介于 1960 米至 2710 米之间，高差显著。北侧紧邻 S308 省道，交通便利；西侧与古浪县接壤，东北方向靠近定武高速，地理位置图显示其临近中卫市和银川市等区域。



图 2.2-1 拟建项目地理位置示意图

### 2.2.2 周边环境

场区为连绵起伏的山地，山脊裸露，植被稀疏，主要为荒地及残积土覆盖。周边无自然保护区、水源保护区等敏感区，但邻近正在运营的浙能景泰 10 万千瓦风电项目，计划利用其预留升压站设施（节省新建成本）。地形以独立山顶为主，冲沟发育，施工需防范临时性洪流。场区外部依托省道和高速，交通条件良好，但需注意弃渣堆放可能引发的边坡稳定性问题。

### 2.3 风能资源

基于 1150#测风塔（100 米高，北纬  $37^{\circ}24'$ 、东经  $103^{\circ}49'$ ）数据：100 米高度年平均风速  $7.27\text{ m/s}$ ，风功率密度  $426.8\text{ W/m}^2$ ；125 米轮毂高度推算平均风速  $7.38\text{ m/s}$ ，风功率密度  $447\text{ W/m}^2$ 。主风向为 NNW 和 N，风能集中；湍流强度 0.139（100 米处），需采用 IEC IIB 及以上机组。50 年一遇最大风

速 42.4m/s（10 分钟平均）。

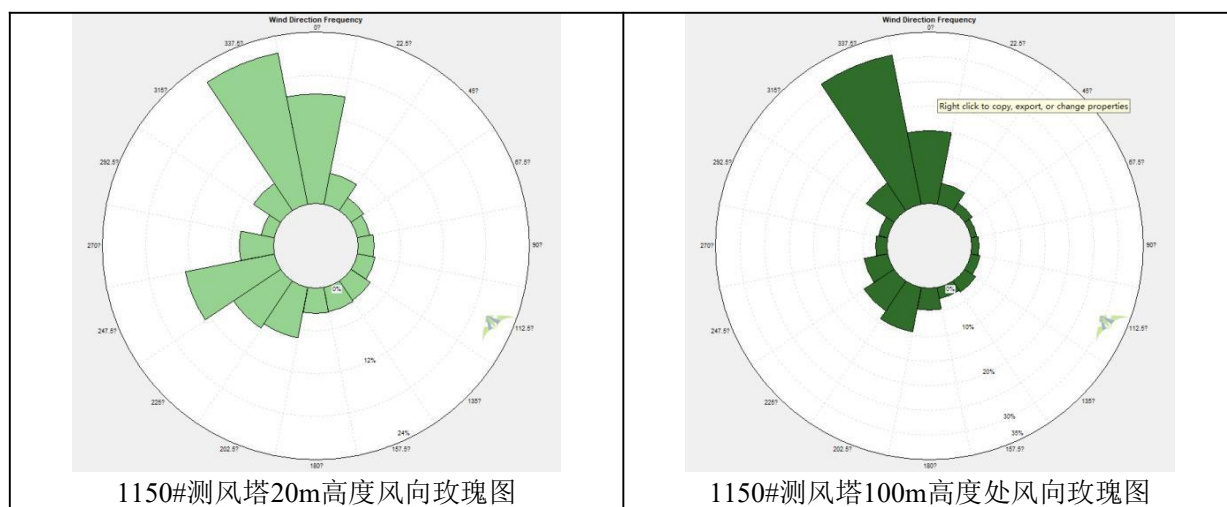


图 2.3-1 1150#测风塔各高度观测期间风向玫瑰图

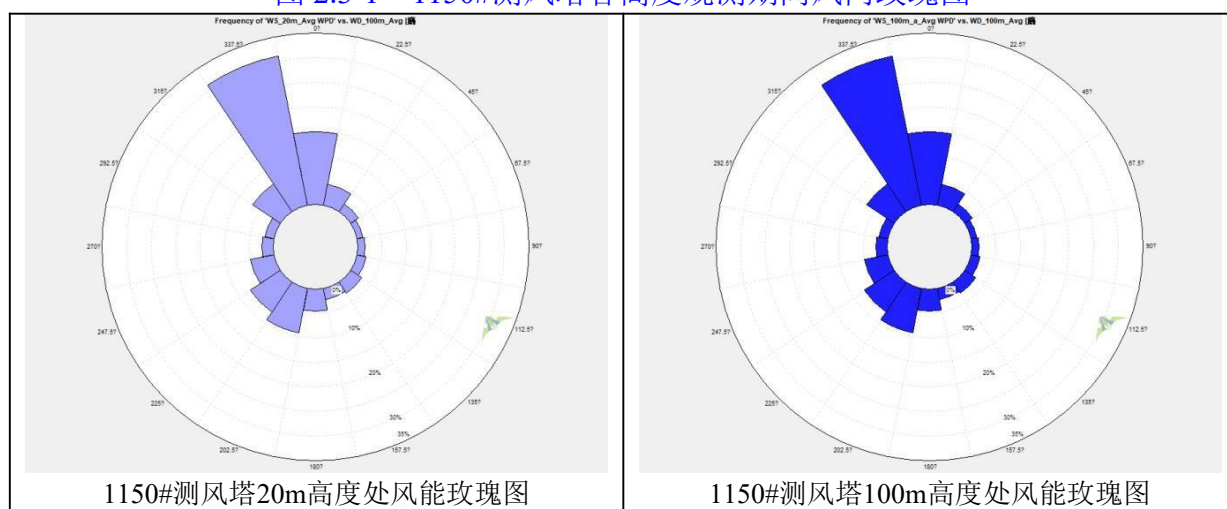


图 2.3-2 1150#测风塔各高度观测期间风能玫瑰图

## 2.4 水文气象

采用白银国家基本气象站（站号 52679）1981-2020 年逐时观测数据作为参证站，景泰县属温带干旱大陆性气候，年均气温 8.6℃，极端高温 38.6℃，低温-27.3℃；最大冻土深度 113 厘米。年均降水量 183.5 毫米，蒸发量 2361.0 毫米，干旱显著。年主导风向 W（频率 8%），年平均风速 2.4 m/s，春季风速最大（3-5 月），冬季最小（12-1 月）。场区无地表水系，地下水埋深超 20 米，对工程影响微弱。

表 2.4-1 主要气象要素特征值汇总一览表

|           |       |
|-----------|-------|
| 极端最高气温（℃） | 38.6  |
| 极端最低气温（℃） | -27.3 |
| 年平均气温（℃）  | 8.6   |

|                |              |
|----------------|--------------|
| 极端最大风速 (10min) | 21.7         |
| 平均风速 (m/s)     | 2.4          |
| 年平均降水量 (mm)    | 183.5        |
| 累年平均雷暴日数 (d)   | 15.1         |
| 平均沙尘暴日数 (d)    | 12.4         |
| 年均最大积雪厚度 (cm)  | 11           |
| 年最大冻土深度 (cm)   | 113          |
| 日最大降雨量 (mm)    | 52.3         |
| 覆冰厚度 (mm)      | 取15 (重现期30年) |

## 2.5 工程地质

场地地质以残积土、强风化与中风化砂岩为主，基岩埋深较浅且稳定。中风化砂岩层承载力 2500 kPa，可作为风机基础持力层。抗震设防烈度 VIII 度（地震动峰值加速度 0.20g），属地震较高风险区（2000 年曾发生距场址 20 公里的 5.9 级地震）。场地无滑坡、泥石流等隐患，但需防范整平开挖后的边坡失稳及弃渣堆放问题。

该工程场地地处剥蚀构造低中山区，高程介于 2500~2650m，相对高度约 160m，山脊风化剥蚀明显，基岩裸露，植被稀少，外侧山坡陡峻，坡度一般在 26~65°之间，属陆上风电场，风电塔位相对分散且位于山体顶部。地层结构较简单，主要为奥陶系上统强风化和中风化变质砂岩，强风化层厚 1.4~1.6m，中风化层厚 3.6~4.2m，基岩可作为基础持力层。场地未揭露稳定的孔隙性潜水及基岩裂隙水水位，地下水对工程影响小。抗震设防烈度为 8 度，地震分组属第三组，设计基本地震加速度值为 0.20g，地震反应谱特征周期为 0.35s，场地划分为 II 类工程场地、抗震不利地段，无液化土。场地内及外围附近无滑坡、崩塌等不良地质现象，但需考虑施工时局部陡坡地段可能因修建道路造成的基岩崩塌等影响。场地土腐蚀性微，标准冻土深度 113cm，地基土冻胀等级为 I 级不冻胀。此外，升压站区域土壤电阻率随深度变化，深度 0.9m 时约为 951.2Ω·m，1.5m 时为 656.2Ω·m，2.4m 时为 564.3Ω·m，对基础接地设计及降阻措施选型有重要影响。

## 2.6 项目任务与规模

规划总装机容量 50MW，拟安装 8 台单机 6.25MW、叶轮直径 220 米的风机，轮毂高度 125 米，年设计上网电量 164388.5 MWh，等效满发小时 2230h。项目依托现有浙能景泰 10 万千瓦风电升压站(预留位置扩建)，以 1 回 110kV 线路并网。任务目标包括推动地方经济、优化能源结构。

## 2.7 工艺流程

从能量转换角度来看，风力发电机组包括两大部分：一部分是风力发电机组，它将风能转换为机械能；另一部分是发电机，它将机械能转换为电能。风力发电机由叶轮、发电机、机头和机尾、塔架以及控制装置等组成，其中叶轮是最关键的部件；气流流经叶轮使其产生升力，使风力发电机组转动，经电机转换为电能，送电网。

该项目风电机组出口电压 1140V 经箱变升压至 35kV 接入风电场升压站 35kV 配电装置，经主变压器二次升压至 110kV 接入系统，以 1 回 110kV 线路接入电网。风力发电流程示意图如下图所示。

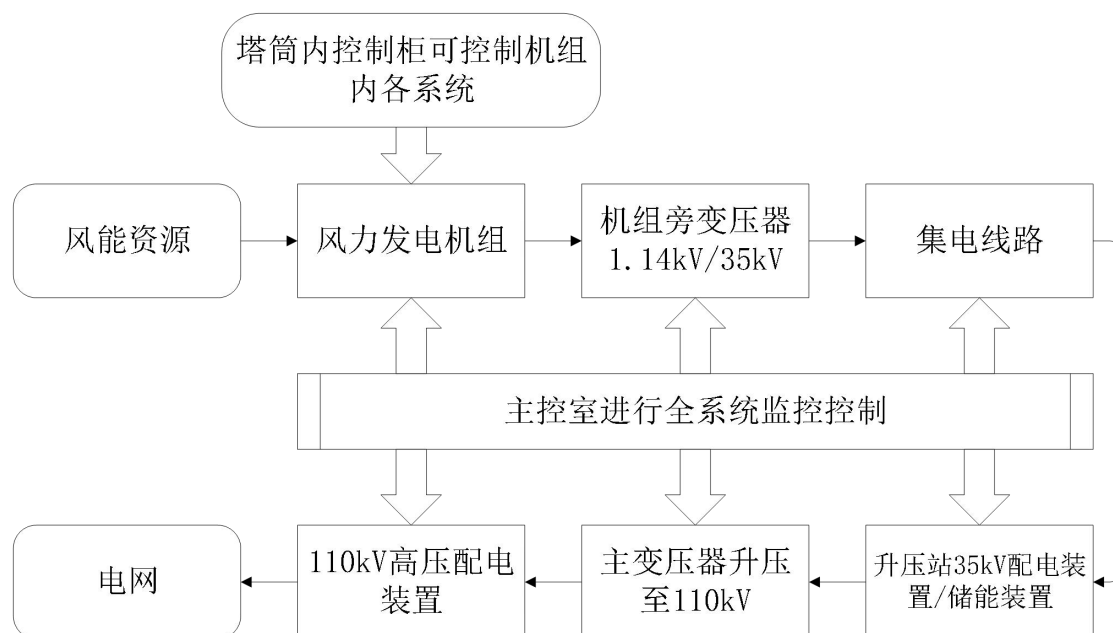


图 2.7-1 风力发电流程示意图

## 2.8 风电场场址选择及总平面布置

拟建项目场址位于甘肃省白银市景泰县红水镇与上沙沃镇交界处的山地地貌区域，东南距景泰县城直线距离约 30 公里，地面高程介于 1960~2710 米之间，地形连绵起伏且高差显著。项目选址充分利用靠近 S308 省道的交通便利条件，并毗邻已建成的浙能景泰 10 万千瓦风电项目，通过共享其升压站预留设施（含 110kV 接入系统），避免了重复建设。总装机容量 50MW，计划沿山脊布置 8 台单机 6.25MW、轮毂高度 125 米的风电机组，采用两地块分区域集中布局，风机间距按最小 2D（垂直主风向）和 5D（平行主风向）控制，确保尾流影响最小化。地质分析显示机位处以中风化砂岩为主，力学性能良好，基础设计采用直径约 22.6 米的钢筋混凝土扩展结构，并严格控制施工占地，道路规划兼顾永临结合以减少生态扰动。场区总平面布置综合考虑风资源优化、运输安装可行性及环境影响，充分体现了集约用地原则与山地风电特色。

拟建项目依托浙能景泰 10 万千瓦风电项目已建成的 110kV 升压站，该升压站现状配置 1 台 120MVA 主变压器（1#主变），110kV 侧采用线变组接线（已建 1 回出线间隔），35kV 侧为单母线接线（I 段母线），并预留了二期扩建场地（含 2#主变安装位置及 II 段 35kV 母线）。本期扩建的 2#主变（60MVA）与原有设施匹配性良好，总容量 180MVA 满足本期 50MW 风电及储能接入需求，符合《风电场接入电力系统技术规定》（GB/T 19963.1-2021）容量要求；110kV 线变组接线扩展灵活，符合《35kV~110kV 变电站设计规范》（GB 50059-2011）扩建适应性；原接地网设计接地电阻 $\leq 0.5\Omega$ 、消防设施覆盖扩建区域，满足《交流电气装置的接地设计规范》（GB 50065-2011）及《火力发电厂与变电站设计防火标准》（GB 50229-2019）要求。依托工程在容量配置、电气接线、安全防护等方面均满足本期扩建需求，符合电力工程规范与经济性、安全性原则。

升压站利旧设施说明：本期工程利用已建浙能景泰 10 万千瓦风电项目

升压站预留场地及设施，主要利旧内容包括：①主变压器：沿用原 110kV 配电区域构架及出线间隔，本期扩建 2#主变(60MVA)与原 1#主变(100MVA)并列运行。②35kV 配电装置：原 35kV 开关柜预留 4 回进线间隔，本期占用 2 回接入风电场集电线路。③无功补偿装置：原 SVG ( $\pm 10\text{Mvar}$ ) 容量可覆盖本期新增需求，仅扩容控制模块。④辅助系统：消防、暖通、监控等系统通过扩容原有设备实现功能拓展。⑤主控楼：利用原建筑结构，承载力校核表明可承受本期新增二次屏柜荷载。⑥35kV 配电室：扩建区域与原建筑采用防火隔墙分隔，耐火极限 $\geq 3\text{h}$ 。⑦事故油池：共用原集油坑（容积  $50\text{m}^3$ ），满足本期主变储油量要求。

## 2.9 风电机组选型及布置

拟建项目选用 8 台单机容量为 6.25MW 的机组，机型采用 220 米桨叶直径、125 米轮毂高度的机型。选型时综合考虑了山地风电场的地形条件、风资源评估结果（轮毂高度处年平均风速  $7.38\text{m/s}$ ，风功率密度  $447\text{W/m}^2$ ）及机组安全等级，同时优化了降噪、抗低温和防沙尘设计以适应当地气候。

风电机组具备高、低电压穿越能力，符合《风电场接入电力系统技术规定 第 1 部分：陆上风电》（GB/T 19963.1-2021）要求。在电网电压发生跌落时，机组能够在一定电压范围内保持不脱网运行，并提供无功支持，帮助电网恢复电压稳定；在电网电压升高时，机组可在规定时间内持续运行，并根据电网要求调整无功功率，维持系统电压稳定。高、低电压穿越能力的配置有效提升了风电场与电网的兼容性和故障穿越能力，降低了电网波动对机组运行的影响，保障了电力系统的安全稳定运行。

风电机组的布置遵循“主风向 NW-NNW 方向间距 5D，垂直方向间距 2D”的原则，8 台机组分两个地块布置（拟采用一机一变单元制，箱变中心距塔筒中心水平距离为  $20\pm 2\text{m}$ ，位于塔筒北侧，低压电缆长度 $\leq 25\text{m}$ ），形成 2 回 35kV 集电线路（每回路接 4 台）。通过地形模拟与尾流分析，平均尾流折减率控制在 5.7%，经综合修正后实际年上网电量为  $164388.5\text{MWh}$ ，等效

满负荷小时数为 2230 小时，容量系数 0.255。

## 2.10 电气

### 2.10.1 电气一次

#### (1) 接入系统方式

拟采用“风机升压变+主变”的二级升压模式。每台 6.25MW 风机出口电压 1140V，经升压变就地升压至 35kV 后，通过两回集电线路汇入升压站 35kV 配电装置，最终经主变升压至 110kV，通过 110kV 线路接入电网。升压站为利旧扩建，利用浙能景泰 10 万千瓦风电项目已建升压站预留位置，仅扩建主变、SVG 及配套进出线构架。

#### (2) 电气主接线

拟采用二级升压方式，风电机组出口电压为 1140V，经箱式升压变压器升压至 35kV 后，接入风电场的 35kV 配电装置。场内集电线路将 8 台风电机组分成 2 回 35kV 集电线路，采用架空线结合电缆的形式，最终接入升压站。升压站本期扩建一台 60MVA 的 110kV 主变压器，将电压升高至 110kV，通过 1 回 110kV 线路接入电网。35kV 侧采用单母线接线型式，110kV 侧采用线变组形式，整体设计满足风电场的并网和电力传输需求。

#### (3) 主要设备及导体选择

110kV 升压站本期扩建 1 台 60MVA 主变（2#主变），110kV 侧采用线变组形式，配置 LW36-126 型户外出线断路器（126kV，2000A，开断电流 40kA），选用 1×LGJ-300/40 导线（载流量 656A）作为主变进线导体；35kV 侧采用单母接线，主变进线采用绝缘管母（载流量 2000A），SVG 无功补偿装置容量±10 兆乏，选用直挂式水冷集装箱型，35kV 集电线路进线电缆为 ZC-YJY23-3×95mm<sup>2</sup>（载流量 195A）。中性点接地选用 DKSC-500/37 型接地变，配置金属氧化物避雷器防雷，污秽等级修正后绝缘子爬电比距 25mm/kV，耐雷水平满足 5000m 海拔环境要求。

风电场采用 8 台 6.25MW 风力发电机组，1140V 输出，功率因数可调（ $-0.95\sim+0.95$ ），配置 S18-6500/35 型华式箱变（含高压侧断路器），每台风机组单元经 35kV 电缆接入集电线路。集电线路分 2 回，每回接 4 台机组，架空线采用钢芯铝绞线 JL/G1A-240/30，电缆为 ZC-YJY23-3 $\times$ 70mm<sup>2</sup>；箱变高压侧设置过电压保护和塔架自然接地网（接地电阻 $\leq 4\Omega$ ）。机组及箱变防雷依托塔架直击雷保护，配套低电压穿越及一次调频功能，储能系统容量 5MW/10MWh，采用磷酸铁锂电池。

#### （4）防雷、接地及过电压保护

风电机组-箱式变防雷接地：风电机组及其配套的箱式变电站构成一个完整的发电单元，其防雷接地系统至关重要。每台风电机组的塔筒底部设有接地装置，通过引下线与接地网相连，确保塔筒接地电阻 $\leq 4\Omega$ ，满足防雷接地要求。箱式变电站的接地系统与风电机组接地系统相连，形成等电位连接，确保整个发电单元的接地可靠性。在箱变内部，中性点接地采用接地变，配置金属氧化物避雷器防雷，污秽等级修正后绝缘子爬电比距为 25mm/kV，满足高海拔环境的防雷要求。

扩建 110kV 升压站防雷接地：本次扩建的升压站依托已有设施进行校核和优化。升压站的主变压器、SVG 设备等均布置在预留区域内，其接地系统与原有接地网可靠连接。GIS 设备采用户内布置方式，二次设备室集中设置监控、PMU 及电力现货交易系统，确保接地系统的连续性和可靠性。站内设置环形接地网，接地电阻 $\leq 0.5\Omega$ ，满足防雷接地要求。站外设备如箱变、风电机组等均通过引下线接入升压站接地系统，形成统一的接地网络。站内设备的接地引下线采用铜覆钢材料，水平网格间距 $\leq 10\text{m}$ ，垂直接地极长度 2.5m，确保接地系统的稳定性和可靠性。

此外，升压站内的避雷器选型符合标准要求，110kV 线路终端及主变高、低压侧均拟配置避雷器，进出线构架设有避雷针，防止雷电侵入波对设备造成损害。站内所有设备的接地系统均拟经过严格校核，确保在雷电过电压和

操作过电压情况下设备的安全运行。

### （5）站用电及照明

电源配置：站用变引自 35kV 母线，配置双电源自动切换装置。另设柴油发电机作为应急电源。

能效：照明系统采用 LED 光源，关键区域（如 GIS 室、主控室）设置应急照明，储能区配置红外测温监控摄像头。

### （6）电气设备布置

升压站布局：主变、SVG 设备布置于预留区域，GIS 采用户内布置，二次设备室集中设置监控、PMU 及电力现货交易系统。

储能系统：采用“一”字形布置，电池集装箱与变流升压舱并列，间距 $\geq 3\text{m}$ ，消防通道宽度 $\geq 4\text{m}$ ，设置防火墙隔离风险区域。

### （7）电缆设施

集电线路敷设：35kV 架空线与电缆混合敷设，电缆终端采用冷缩头，直埋段埋深 $\geq 0.7\text{m}$ ，穿镀锌钢管保护（ $\phi 225\text{mm}$ ）。

动力电缆设计：风机至箱变低压侧电缆分预埋管槽（景观优先）与塔筒开孔桥架敷设（成本优先）两种方案，均采用阻燃交联聚乙烯电缆。

通信光缆：采用无金属光缆与电缆同沟敷设，全程穿波纹护套管，光缆与电力电缆间距 $\geq 0.25\text{m}$ ，沿路径设置标桩。

## 2.10.2 电气二次

二次设备利用方案：①保留设备：原 35kV 母线保护装置、故障录波器、调度数据网接入设备（纵向加密认证网关）；②升级设备：扩建新增 2#主变保护与原有 1#主变保护组双套配置，原监控系统新增储能协调控制模块；③新增设备：PMU 同步相量测量装置（与原有 SCADA 系统通过 IEC61850-9-2 协议互联）、储能协调控制器（支持 AGC/AVC 指令跟踪误差 $\leq 1\%$ ）

### （1）电气自动化系统

电气自动化系统采用“分层分布式”结构，包含站控层和间隔层。站控层配置双监控主机、五防工作站及网络设备，实现全站设备的集中监控，支持 IEC-61850 标准通信并与调度端交互。间隔层按实际规模配置保护测控一体化装置，覆盖线路、主变、无功补偿设备，安装于开关柜或独立屏柜。系统具备数据采集、逻辑闭锁、调度自动化功能，支持直采直送和双通道冗余，网络安全符合电力监控系统防护规定，确保实时数据的可靠性和安全性。

## （2）继电保护

继电保护按“单套配置、主后备分离”原则设计。主变压器配置差动、高/低后备及非电量保护；110kV 线路采用光纤差动保护；35kV 母线装设完全电流差动保护；各 35kV 进线（集电线路、SVG、储能等）配微机保护测控装置。增设故障录波、频率电压紧急控制装置、防孤岛保护及安全稳控子站，保障故障切除速度和电网稳定。保护装置支持数字通信并统一接入故障信息管理系统，确保灵敏性和选择性。

## （3）系统调度自动化

调度自动化系统通过双冗余远动装置（支持 IEC 60870-5-101/104 规约）实时采集电压、电流、功率、设备状态等数据，上传至地调和省调。配置 AGC/AVC 系统调节有功/无功功率，满足电压范围(97%~107%)和电网调度指令。风功率预测系统（含 0~240h 预测功能）、电能量计量系统（0.2S 级表计）及安全防护设备（防火墙、加密装置）确保数据完整性。电能质量监测装置实时分析谐波、闪变等指标，支持电力市场交易和远程监管。

## （4）交直流控制电源系统

采用“一体化电源”方案：直流子系统为 220V，配置 300Ah 蓄电池（2h 备电）及高频开关充电模块（4+1 冗余）；交流 UPS 系统以 2×10kVA 主机支撑关键负荷，STS 切换时间 $\leq 4\text{ms}$ ；48V 通信电源通过 DC/DC 转换供电。重要回路双重电源+ATS 切换，电缆选型满足阻燃和耐低温要求。系统通过智能监控单元实现集中管理，保障站内保护、监控设备不间断运行。

### （5）视频监控系统

升压站配置全覆盖视频系统：摄像头布置于主变区、配电室、二次设备室等，配合硬盘录像和存储设备，支持远程监视与联动报警。风机侧由厂家提供机舱、塔基、箱变监控画面，经光纤环网接入站内监控工作站。系统支持移动端访问，与火灾报警联动，并融入升压站综合安防体系，实现对设备状态和环境的 24 小时可视化管理。

### （6）火灾自动报警系统

采用感烟/感温探测器和手动报警按钮覆盖全站，重点区域（主变、电缆夹层、电池舱）强化防护。报警控制器联动声光报警、视频监控及灭火设备（如气体灭火系统），信号上传至监控主机。储能舱按 T/CEC373 规范设计防火间距，配置温控、排烟装置，灭火前自动切断电源。系统满足 GB50116 标准，支持自检和多级报警，消防电源由 UPS 保障，确保火情快速响应。

## 2.10.3 通信

### （1）风电场通信

风电场通信采用光纤复合地线（OPGW）和铠装非金属光缆相结合的技术方案。集电线路架空段采用 OPGW 光缆，直埋电缆段使用 36 芯铠装非金属光缆，形成独立的光纤环网架构以满足监控数据传输需求，全场共分 2 个光纤环网，确保数据冗余性和可靠性。通信业务覆盖风机监控、箱变保护测控、风机视频监控等，并预留给未来全景监控的扩展纤芯。此外，场内移动通信依赖大功率无线对讲机（暂配 10 部）作为检修和巡检的主要工具，公共移动网络信号薄弱区通过后期建设通信基站补强。

### （2）升压站通信

升压站通信包含综合通信网络与系统级通信。综合网络采用电话与宽带双系统：电话网络通过调度交换机实现调度电话及管理电话覆盖；宽带网络通过公网运营商接入，并配置本地交换机与用户终端。系统通信基于光纤传输，利用新建的 110kV 线路 OPGW 光缆，配置 SDH 制式光传输设备（STM-1，

155Mbps 速率) 及 IAD 语音接入设备, 实现与电网调度的可靠连接, 支持调度电话、保护信号及数据远传。通信电源复用站内直流系统, 经 DC/DC 模块输出-48V 供电, 配备 4 台 30A 模块。设备组屏方面, 光传输装置与 IAD 设备共组一面屏, 综合配线单独成屏, 光纤及通信电源均沿用前期设计, 无需新增。

#### 2.10.4 集电线路

##### (1) 工程概况

拟安装 8 台单机容量 6.25MW 的风电机组, 总装机容量 50MW。场内集电电压等级为 35kV, 采用 2 回架空线混合电缆方案接入升压站, 最终通过 1 回 110kV 线路并入电网。集电路径需统筹地形、地质及既有设施。

##### (2) 线路路径

线路路径遵循“短距离、易施工、避不良地质”原则, 贯通山脊独立布置。具体采用双回路设计: 第 1 回路由 4 台机组 (T1-T4) 构成, 第 2 回路由另 4 台机组 (T5-T8) 构成, 架空线同塔架设至 AB1#铁塔后分缆入站, 电缆穿波纹管直埋敷设于冻土层 (深度 $\geq 1.13\text{m}$ ), 避开冲沟、陡坡及文化保护区。

##### (3) 电缆要求

电缆选用 ZC-YJY23 型三芯交联聚乙烯绝缘钢带铠装铜缆 (35kV 级), 阻燃等级 C 级。直埋段全程加装波纹保护管, 回填分层夯实; 过路穿镀锌钢管 (内径 $\geq 1.5$  倍电缆外径)。中接头设防爆电缆井, 与邻近电缆净距 $\geq 0.5\text{m}$ 。电缆防火采用冲砂填缝、阻燃包带及耐火槽盒封闭关键节点。

##### (4) 埋地电缆

拟建项目埋地电缆主要包括风机至箱变低压侧电缆和 35kV 集电线路电缆。敷设方式以直埋为主, 电缆埋深需超过当地最大冻土层 (深度 113cm), 过路时穿镀锌钢管保护。

风机至箱变电缆从塔筒门下预留孔穿出, 沿爬梯桥架敷设后直埋至箱变, 选用 ZC-YJY23-1.8/3kV 3 $\times$ 400 阻燃铜芯电缆, 10 根并列敷设, 并配 1 根同

等规格接地电缆；集电线路采用 ZC-YJY23-26/35 型电缆沿施工道路直埋，敷设时需在电缆上方铺设 100mm 厚非冻土层，两侧覆盖宽度 $\geq 50\text{mm}$  的保护砖，电缆外皮至地坪深度 $\geq 1100\text{mm}$ 。此外，电缆敷设需满足与其他设施（如管道、公路、建筑物基础）的最小净距要求（如与热力管沟平行距离 2m），电缆中间接头设专用电缆井，接头处错开 $\geq 0.5\text{m}$ ，并采用阻燃包带、防火槽盒等措施，三芯电缆两端及中间接头均直接接地。光缆与电缆同沟敷设，中心间距 $\geq 0.25\text{m}$ ，全程穿波纹护套管保护。

#### （5）导地线及金具选择

导线采用 JL/G1A-240/30 钢芯铝绞线，安全系数 2.5；地线单回路配 36 芯 OPGW 光缆，双回路配 72 芯 OPGW，安全系数 3.0。配套金具包括 XGU-5 型悬垂线夹、NY-240/40 耐张线夹及 JYD-240/30 接续管。防振锤采用 FDN-4 型（导线）及厂家定制方案（OPGW）。

#### （6）污秽等级

根据国家标准及实际环境，全线按 d 级污区上限配置（爬电比距 25mm/kV）。35kV 设备采用耐污瓷绝缘子 XWP2-70，单片爬距 400mm，每相 5-6 片组成双联串或单联串，适应 C 级污区及海拔 2605m 校正需求。

#### （7）防雷接地

防雷采用全线架设 OPGW 地线，保护角 $\leq 25^\circ$ ，档距中央导地线间距 $\geq 0.012L+1\text{m}$ 。铁塔接地采用放射形 $\phi 14$  镀锌圆钢网，工频电阻 $\leq 10\Omega$ （非居民区）或 $\leq 15\Omega$ （居民稀区域）。终端塔及电缆引下处加装氧化锌避雷器，防止雷电侵入波损害设备。

#### （8）塔杆及基础型式

铁塔采用 Q235/Q355 角钢自立塔，螺栓连接热镀锌防腐，塔身 8m 以下配防盗螺栓。基础根据地质选用掏挖式或岩石嵌固式：砂岩强风化区设阶梯形基础（C25 混凝土）；中风化基岩区采用锚筋嵌固。基础设计验算包括抗滑移、倾覆稳定及疲劳工况，抗震设防烈度 VIII 度。

### 2.10.5 储能装置

#### (1) 储能配置规模

本期储能配置总规模为 5MW/10MWh，采用磷酸铁锂电池，系统由 2 套储能子系统组成，具备高、低电压穿越能力，确保在电网电压波动时稳定运行。每套子系统的单体容量为 2.75MW/5.015MWh，包含 1 个升压变流一体机（配备 2 台 1250kW 双向变流器及 1 台 2750kVA 干式双绕组变压器）和 1~2 个电池舱（每个舱内配置 12 簇电池）。储能系统通过 35kV 集电线路接入升压站，以满足削峰填谷、调峰调频及电网调度的需求。

储能装置的自用电系统独立且高效，涵盖电池管理系统（BMS）、储能变流器（PCS）及辅助设备的用电需求。系统运行时，自用电由储能系统自带电源供应，确保关键设备持续运行；电网故障或检修时，启用备用电源，保障系统基本功能。

#### (2) 储能系统电气一次

电气一次采用液冷技术和 0.25C 充放电倍率，电池舱选用 3.2V/314Ah 方形铝壳电芯，每舱容量为 5015kWh。主接线为 两套子系统经 35kV 电缆并联后汇入升压站 35kV 配电装置，升压变流一体机通过 35kV 母排引接站用电。设备选型注重高可靠性，包括防爆型通风系统、阻燃电缆、防雷接地装置（接地电阻 $\leq 4\Omega$ ）及防爆接线盒。电池管理系统（BMS）涵盖过压、过流、温度保护功能，升压变压器选用 SCB14 型干式变压器（ $37\pm 2 \times 2.5\%/0.69\text{kV}$ ），并通过防火间距（电池舱间 $\geq 3\text{m}$ ）保障安全。

#### (3) 储能系统电气二次

拟采用分层监控架构，站控层配置能量管理系统（EMS）与调度交互，间隔层通过双网通信接入 BMS、PCS 及升压变监控数据。就地监控系统集成红外测温摄像头（监测电池表面温度异常），并通过火灾报警联动切断 PCS 和继电器后启动气体灭火。二次防护包括网络安全设备（防火墙、加密装置）及独立 UPS（保障控制电源），确保调频调峰指令快速响应（毫秒级）。远动

信息直采直送调度，电度表配置精度为 0.2S 级（关口点）和 2.0 级（考核点），数据存储周期≥1 年。

#### （4）储能系统消防

每个电池舱内配置柜式全淹没七氟丙烷气体灭火系统，并与火灾探测（烟感、温感）、声光报警器联动。舱外设消火栓（20L/s 流量，持续 3 小时）及防火间距（受限区域加装防火墙）。储能区域接入升压站火灾报警主机，灭火时通过 BMS 切断舱级断路器和簇级继电器。电缆选用阻燃 C 级（ZC-YJY23 型），舱内防爆通风系统与灭火控制器直连，确保火情 30 秒内响应。

电池舱间距≥3m，消防通道宽≥4m，降低火势蔓延风险。灭火依赖柜式七氟丙烷气体灭火装置，与火灾探测系统联动，确保及时高效灭火。舱外设消火栓，防火墙隔离风险区域。

#### （5）储能电芯更换

电芯在运行 10 年后需更换，因容量衰减至 70%且存在锂析晶短路风险。更换作业由专业运维团队执行，旧电芯按危废规范回收，更换费用计入长期运维成本。新电芯需满足 3.2V/314Ah 参数 及-20~55℃运行温度要求，安装后通过 BMS 校准簇间一致性，确保系统效率≥92%。同时更新防火涂料和绝缘监测模块，匹配升压变流器的适配性测试。

表 2.10-1 主要电气一、二次设备一览表

|   |                                                                     |    |      |
|---|---------------------------------------------------------------------|----|------|
| 一 | 发电设备及安装工程                                                           |    |      |
| 1 | 风电机组                                                                |    |      |
|   | 风电机组6250kW                                                          | 台  | 8    |
| 2 | 塔筒（架）                                                               |    |      |
|   | 塔筒（对应于6250kW机组）                                                     | 套  | 8    |
|   | 锚栓（对应于6250kW机组）                                                     | 套  | 8    |
| 3 | 机组变电站                                                               |    |      |
|   | 华式箱式，S18-6500/356500kVA，D，yn1137±2×2.5%/1.14kV，高、低压侧配置断路器，含箱变保护测控装置 | 台  | 8    |
| 4 | 风机至箱变电缆                                                             |    |      |
|   | 3kV电缆ZC-YJY23-1.8/3kV3×300mm <sup>2</sup>                           | km | 4.48 |

|   |                                                                                                          |      |        |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|--------|
|   | 3kV电缆终端                                                                                                  | 套    | 224    |
|   | PE电缆管DN50                                                                                                | 米    | 500.00 |
| 二 | 升压变电站设备及安装工程                                                                                             |      |        |
| 1 | 主变压器                                                                                                     |      |        |
|   | 主变, SZ20-60000/110,60MVA,YNd11,115±8×1.25%/37kV                                                          | 台    | 1.00   |
|   | 主变中性点设备, 单柱式, 含GW13-72.5/630A隔离开关、YH1.5W-72/186避雷器、电流互感器、电动机构、放电间隙等                                      | 组    | 1.00   |
| 2 | 110kV配电装置                                                                                                |      |        |
|   | 户外瓷柱式SF6断路器LW36-126126kV, 2000A, 40kA/3s, 100kA, 三相                                                      | 套    | 1.00   |
|   | 户外水平开启式隔离开关GW4-110IIDW (双接地) 126kV, 2000A, 40kA/3s, 100kA, 三相                                            | 套    | 2.00   |
|   | 户外油浸式倒立式电流互感器<br>LVB-110500-1000/1,30/30/30/30/20/5VA,5P30/5P30/5P30/5P30/0.5/0.2s                       | 台    | 3.00   |
|   | 户外电容式电压互感器<br>TYD-110/√3-0.01H(110/√3)/(0.1/√3)/(0.1/√3)/(0.1/√3)<br>/0.1kV0.2/0.5/3P/3P, 30/30/40/100VA | 台    | 3.00   |
|   | 户外氧化锌避雷器YH10W102/266                                                                                     | 支    | 3.00   |
|   | 钢芯铝绞线LGJ-300/40                                                                                          | 米    | 600.00 |
|   | 断路器端子箱                                                                                                   | 只    | 1.00   |
|   | PT端子箱                                                                                                    | 只    | 1.00   |
|   | 户外检修箱WJX-21                                                                                              | 只    | 1.00   |
|   | 耐张绝缘子串11* (XWP-100),单片爬距≥450mm                                                                           | 套    | 6.00   |
|   | 悬垂绝缘子串10* (XWP-100),单片爬距≥450mm                                                                           | 套    | 6.00   |
|   | 安装金具 (导线设备线夹、悬垂线夹、耐张线夹、T型线夹等、双分裂间隔棒)                                                                     | 套    | 1.00   |
| 3 | 35kV配电装置设备系统                                                                                             |      |        |
|   | 集电线路进线柜KYN61-40.5kV1250A31.5kA断路器柜 (真空断路器)                                                               | 面    | 2.00   |
|   | SVG进线柜KYN61-40.5kV1250A31.5kA断路器柜 (六氟化硫断路器)                                                              | 面    | 1.00   |
|   | 接地变进线柜KYN61-40.5kV1250A31.5kA断路器柜 (真空断路器)                                                                | 面    | 1.00   |
|   | 储能进线柜KYN61-40.5kV1250A31.5kA断路器柜 (真空断路器)                                                                 | 面    | 1.00   |
|   | 主变进线柜KYN61-40.5kV1250A31.5kA断路器柜 (真空断路器)                                                                 | 面    | 1.00   |
|   | PT柜KYN61-40.5kV                                                                                          | 面    | 1.00   |
|   | 绝缘管母35kV/2500A                                                                                           | 米/三相 | 20.00  |
|   | 交换机 (2光24电)                                                                                              | 台    | 3.00   |
|   | 35kV母线系统调试                                                                                               | 段    | 1.00   |
| 4 | 无功补偿系统                                                                                                   |      |        |
|   | 无功补偿装置SVG,直挂式, 水冷, ±10Mvar                                                                               | 套    | 1.00   |

|   |                                                                                                  |    |      |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|------|
|   | 35kV电缆ZC-YJY23-26/353*95                                                                         | km | 0.40 |
|   | 35kV电缆ZC-YJY23-26/353*95电缆终端头（户内冷缩）                                                              | 套  | 1.00 |
|   | 35kV电缆ZC-YJY23-26/353*95电缆终端头（户外冷缩）                                                              | 套  | 1.00 |
|   | SVG监控系统                                                                                          | 套  | 1    |
| 5 | 升压站用电系统                                                                                          |    |      |
|   | 接地变DKSC-500/37，含小电阻装置106.8欧姆                                                                     | 台  | 1.00 |
|   | 35kV电缆ZC-YJY23-26/353*70                                                                         | km | 0.20 |
|   | 35kV电缆ZC-YJY23-26/353*70电缆终端头（户内冷缩）                                                              | 套  | 2.00 |
| 6 | 储能系统                                                                                             |    |      |
|   | 升压变流一体机（含2台1250kW变流器、1台2750kVA升压变：美变，SCB14-2750/37，37±2×2.5%/0.69kV，Dy11，高压侧配置负荷开关+熔断器，配置箱变测控装置） | 套  | 2    |
|   | 储能自供电变压器（干变），含配电柜                                                                                | 套  | 1.00 |
|   | 电池舱（磷酸铁锂电芯，总容量≥5MWh)                                                                             | 套  | 2.00 |
|   | 储能控制系统（含EMS系统、BMS系统等）                                                                            | 套  | 1.00 |
|   | 35kV电缆ZC-YJY23-26/353*70                                                                         | km | 0.4  |
|   | 35kV电缆ZC-YJY23-26/353*70电缆终端头（户内冷缩）                                                              | 套  | 4    |
|   | 直流电缆ZC-YJY-1.8/3kV1*185                                                                          | km | 1.00 |
|   | 储能一次调频系统                                                                                         | 套  | 1.00 |
|   | 储能AGC系统                                                                                          | 套  | 1.00 |
| 7 | 电缆敷设及防火封堵                                                                                        |    |      |
|   | 低压动力电缆ZC/NH-YJY23-12*6、2*10、4*16、4*10、4*6、4*25、3*50+1*25等                                        | km | 2.00 |
|   | 电缆支架L40*40*4:                                                                                    | t  | 1.00 |
|   | 电缆防火、封堵                                                                                          | 项  | 1.00 |
|   | 电缆埋管                                                                                             | t  | 0.5  |
| 三 | 控制保护设备及安装工程                                                                                      |    |      |
| 1 | 继电保护设备                                                                                           |    |      |
|   | 安全自动装置柜（含1套故障解列装置）                                                                               | 面  | 1.00 |
|   | 110kV线路保护柜（含线路保护装置1台）                                                                            | 面  | 1.00 |
|   | 110kV主变保护柜（含主变差动保护、高后备保护、低后备保护及本体保护装置各1台）                                                        | 面  | 1.00 |
|   | 35kV母线保护柜（含35kV母线保护装置1台）                                                                         | 面  | 1.00 |
|   | 故障录波柜                                                                                            | 面  | 1.00 |
|   | 35kV集电线路进线保护测控装置                                                                                 | 面  | 2.00 |
|   | 35kVSVG进线保护测控装置                                                                                  | 面  | 1.00 |
|   | 35kVPT保测装置                                                                                       | 面  | 1.00 |
|   | 35kV接地变保护装置                                                                                      | 面  | 1.00 |
|   | 35kV储能进线保护装置                                                                                     | 面  | 1.00 |
|   | 继电保护及故障信息管理子站                                                                                    | 套  | 1.00 |

|   |                                                                                                                |    |      |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|------|
|   | 安全稳控装置（含1套安全稳定控制子站装置及相应通信接口装置，组1面屏）                                                                            | 套  | 1.00 |
|   | 智能有功控制系统SCS-500W                                                                                               | 套  | 1.00 |
|   | 源控终端、环网交换机                                                                                                     | 套  | 8    |
| 2 | 调度自动化设备                                                                                                        |    |      |
|   | 电能质量在线监测装置及电能量远方终端柜（含电能质量在线监测装置1台、电能量远方终端1台）                                                                   | 面  | 1.00 |
|   | 有功功率控制/无功电压控制系统                                                                                                | 套  | 1.00 |
|   | 风功率预测系统（含功率预测服务器1台，备机1台，准备切换装置1套，气象服务器1台，北斗对时模块，反向隔离1台，正向隔离1台，外网防火墙1台，交换机1台，功率预测工作站1台，气象数据服务2年，测风塔1座，数据采集模块1套） | 套  | 1.00 |
|   | 调度数据专网（每套含接入交换机2台，纵向加密装置2台，接入路由器1台）                                                                            | 套  | 2.00 |
|   | 二次安防设备（含网安监测装置2台，防火墙2台，解密装置1台，网安工作站1台，日志审计2套，恶意代码1套，USB防护设备2套，IDS入侵检测2套，便携式网关机1套）                              | 套  | 1.00 |
|   | 微型纵向加密装置（安装于风机侧）                                                                                               | 台  | 8.00 |
|   | 电度表柜（含关口表2只，考核表2只，有功精度为0.2S级，无功精度为2.0级）                                                                        | 面  | 1.00 |
|   | 站内考核电度表（就地安装于35kV开关柜上）                                                                                         | 只  | 6.00 |
|   | PMU柜（含交换机1台，2台数据集中器、多个信息采集单元）                                                                                  | 面  | 1.00 |
|   | 一次调频柜                                                                                                          | 面  | 1.00 |
|   | 微机“五防”系统（含五防主机1套，五防软件1套，五防锁具1套，电脑钥匙足量）                                                                         | 套  | 1.00 |
|   | 升压站主机兼操作员站                                                                                                     | 台  | 2.00 |
|   | 110kV主变测控柜（含主变高压测控装置、低压测控装置及本体测控装置各1台）                                                                         | 面  | 1.00 |
|   | 风机监控系统（风机厂家配套）                                                                                                 | 套  | 1.00 |
|   | 远动通信柜（含远动通信装置2台、站控层交换机2光48电2台，）                                                                                | 面  | 1.00 |
|   | 公用测控柜（含公用测控装置2台、通信管理装置2台）                                                                                      | 面  | 1.00 |
|   | 主机加固                                                                                                           | 项  | 1.00 |
|   | 主控台双层支架                                                                                                        | 套  | 1    |
| 3 | 通信系统                                                                                                           |    |      |
|   | 系统通信柜（含1套SDH光传输设备、1套IAD光接入设备）                                                                                  | 面  | 1.00 |
|   | 综合配线柜                                                                                                          | 面  | 1.00 |
|   | 导引光缆（非金属单模铠装24芯）                                                                                               | km | 1.00 |
| 4 | 图像监控及防盗报警系统                                                                                                    |    |      |
|   | 风机视频监控系统（风机厂家统一提供）                                                                                             | 套  | 1.00 |
| 5 | 交直流系统                                                                                                          |    |      |
|   | 220V直流充电柜                                                                                                      | 面  | 1.00 |

|     |                                                                          |    |        |
|-----|--------------------------------------------------------------------------|----|--------|
|     | 220V直流馈线柜                                                                | 面  | 1.00   |
|     | 220V直流蓄电池，容量250AH                                                        | 套  | 1      |
|     | UPS电源柜(10kVA)                                                            | 面  | 2.00   |
|     | 控制电缆                                                                     | km | 15.00  |
| 四   | 其他设备及安装工程                                                                |    |        |
| 1   | 接地系统                                                                     |    |        |
| 1.1 | 110kV升压站接地                                                               |    |        |
|     | 镀锌接地扁钢60*6                                                               | km | 2.00   |
|     | 二次等电位连接铜排4*25mm <sup>2</sup>                                             | m  | 50.00  |
|     | 接地铜缆BVR-100mm <sup>2</sup>                                               | m  | 20.00  |
|     | 接地铜缆BVR-50mm <sup>2</sup>                                                | m  | 10.00  |
| 1.2 | 风电场区接地                                                                   |    |        |
|     | 镀锌接地扁钢60*6                                                               | km | 4      |
|     | 长效降阻剂                                                                    | t  | 20     |
|     | 热镀锌角钢50x50x5mmL=2.5m                                                     | 根  | 400.00 |
| 2   | 送出线路及汇集站分摊                                                               |    |        |
|     | 110kV架空送出线路，单回路（风电场至公航旅光伏电站升压站），300mm <sup>2</sup> 线径，业主全资，浙能景泰10万风电项目承担 | km | 21.00  |
|     | 110kV架空送出线路，单回路（改接点至景泰北站），300mm <sup>2</sup> 线径，业主全资，浙能景泰10万风电项目承担       | km | 2.50   |
|     | 110kV架空送出线路，单回路，上沙沃110千伏汇集站至芦阳变，2*400导线，考虑按容量分摊，业主分摊41%，浙能景泰10万风电项目承担    | km | 3.00   |
|     | 对端站110kV间隔，业主全资，浙能景泰10万风电项目承担                                            | 项  | 1.00   |
|     | 330kV景泰北站容量分摊                                                            | 项  | 1.00   |

表 2.10-2 设备利旧情况一览表

| 序号 | 项目                            | 利旧情况                                                  |
|----|-------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 1  | 站用变及站用交流电                     | 原设备:DKSC-800/37-400/0.4+SCB13-400kVA，5面站用电，满足本项目扩建需求。 |
| 2  | 通信电源                          | 原配置：-48V供电，配置4套电流为30A的DC/DC模块。满足本项目扩建需求。              |
| 3  | 电力现货交易系统                      | 站内已配置1套，利旧并扩容                                         |
| 4  | 同步时钟对时系统                      | 站内已配置1套，利旧并扩充接线                                       |
| 5  | 主控室操作台                        | 利旧并新增显示器双层支架                                          |
| 6  | 二次设备室                         | 利旧                                                    |
| 7  | 火灾报警系统                        | 利旧并扩容                                                 |
| 8  | 升压站视频监控系统                     | 利旧无新增                                                 |
| 9  | 配电装置室SF <sub>6</sub> 气体泄露监测系统 | 利旧无新增                                                 |
| 10 | 避雷针                           | 利旧                                                    |

## 2.11 土建工程

### 2.11.1 工程等级要求

洪水设计标准按 50 年一遇重现期设置，110kV 升压站和塔架基础均需满足此要求。抗震设计方面，场址地震动峰值加速度为 0.20g，对应抗震设防烈度 8 度，第三设计地震分组，塔架基础和升压站建筑物抗震等级为丙类。

### 2.11.2 风电机组基础

#### （1）基础型式选择

选用钢筋混凝土圆形扩展式基础，对比肋梁式后，扩展式因其结构简单、施工便捷、可靠性高被推荐。基础直径 22.6 米，埋深 4.2 米，采用 C40 混凝土，持力层为中风化砂岩（承载力 2500kPa）。基础环与锚栓连接方案中优先选择锚栓连接，以改善疲劳性能。

根据岩土勘察报告，场地地基土以奥陶系中风化变质砂岩为主，岩体完整性较好（RQD 达 90%）、承载力高（1000kPa），压缩性极低，整体均匀性良好；风机基础持力层均位于中风化基岩面以下，基岩面起伏平缓（坡度 $\leq 5^\circ$ ），无软弱夹层及可液化土层，地基沉降计算值小于 10mm，差异沉降率 $\leq 0.1\%$ 。局部强风化层（厚度 1.4~1.6m）通过基底换填或爆破开挖至中风化层处理，结合刚性扩展基础设计（基底直径 22.6m），可有效消除不均匀沉降风险。

#### （2）基础防腐

基于场地地下水无显著影响的勘测结果，混凝土防腐蚀主要依靠材料自身性能。采用 C40 抗渗混凝土，保护层厚度、水胶比等参数按《混凝土结构耐久性设计标准》严格控制，钢筋防腐蚀通过保护层厚度和密实性实现，钢结构热镀锌处理。

#### （3）沉降观测

根据《陆上风电场工程风电机组基础设计规范》（NB/T10311-2019），本工程风机基础的基础设计等级为甲级，应进行基础沉降观测。结合风机基础的结构特点，在每台基础台柱顶面对称布置四个沉降观测点。

### 2.11.3 升压站

扩建于一期升压站内,新增 1 台 60MVA 主变、2#SVG 及储能设备。110kV 配电采用户外敞开式布置,抗震设计中避开高型结构,主变油池含卵石层防火。建构筑物以天然地基(强/中风化砂岩)为持力层,抗震 8 度设防,结构材料选用 C30 混凝土及 Q355 钢材。

### 2.11.4 箱变基础、场内道路

拟安装 8 台风力发电机组,每台风机配置一台箱变,共 8 个箱变基础。机组变压器荷载较小,一般对地基变形无严格要求。根据现有地质资料,箱变基础采用天然基础可满足承载力要求。现阶段箱变基础拟采用混凝土底板、砖砌侧墙型式,底板采用 C30 钢筋混凝土浇筑,砌体采用 MU15 烧结普通砖、M7.5 水泥砂浆砌筑。基础底板下设 100mm 厚 C20 素混凝土垫层。基础顶面高出地面一定距离,地面至基础顶面在必要处设置踏步。每个箱变配置一个集油坑,集油坑内设置钢格栅板和卵石。

风电场的施工及检修道路以满足每台风电机组基础施工及安装要求为原则,永临结合。本风电场共需新建场内道路长约 7.45km。道路按大件设备运输路宽计算,路基宽 5.5m,路面 5.0m,平曲线最小转弯半径需满足风电机组叶片运输要求。

拟建项目检修道路路基宽度 4.5m(山区段 4.0m),路面宽 3.5m,采用泥结碎石面层(厚 15cm)+天然砂砾基层(厚 20cm),最大纵坡控制在 10%以内,最小转弯半径 25m;重型运输道路路基宽 6.0m,路面宽 4.5m,采用 C25 混凝土面层(厚 20cm)+级配碎石基层(厚 30cm),纵坡严格按 8%控制(局部极限坡度 $\leq 12\%$ ),最小转弯半径 35m,重点路段设置错车道(间距 $\leq 300\text{m}$ )及 1:1.5 边坡防护;所有道路设置 0.3m $\times$ 0.4m 梯形排水沟(纵坡 $\geq 0.5\%$ ),过水路面按 20 年一遇防洪标准设计,高填深挖路段增设挡土墙及涵洞,满足三级道路标准及风电大件运输特殊要求。

## 2.12 消防

### (1) 工程消防

#### 1) 当地消防协作及设施条件

项目所在地距离景泰县和古浪县消防救援大队分别约 30 公里（车程 1 小时）及 75 公里（车程 2 小时），作为主要社会消防协作力量；最近村庄消防设施薄弱。施工消防依赖移动式柴油发电机供电，火灾应急主要依靠内部消防系统自救，外部救援力量响应时间较长。

#### 2) 消防总体方案

采取“预防为主、防消结合、立足自救”原则，综合配置消防水、移动灭火器及沙箱。风机机舱、塔架设备层等关键部位配置自动灭火装置和手提式磷酸铵盐干粉灭火器，升压站主变压器附近设推车式灭火器及 1m<sup>3</sup>砂箱；储能系统配备柜式气体灭火装置。站内沿用原有消防给水系统，设置消火栓，消防通道宽度≥4m，防火间距满足规范（如机组变压器与塔架距离>10m，储能舱间距>3m）。

#### 3) 建筑物火灾危险性分类及耐火等级

建筑按火灾风险分类：35kV 配电室、综合楼为戊类（二级耐火），辅助用房为丙类（二级耐火），总事故储油池为丙类（一级）。各防火分区采用 3 小时耐火防火墙及 0.9 小时乙级防火门分隔，满足《风电场设计防火规范》要求。

#### 4) 主要生产场所、设备和电缆的消防

风电机组：机舱、轮毂及塔架设备层设自动灭火装置，每台风机配置 2 具手提式干粉灭火器；

主变压器：配备推车式灭火器及砂箱，设置卵石集油池防油火蔓延；

储能系统：电池舱内设柜式全淹没七氟丙烷气体灭火装置，与火灾报警联动，相邻舱间距≥3m；每个储能舱内采用三级联动探测，舱顶布置点型光电感烟探测器和吸气式感烟探测器（采样管沿电池架顶部敷设），电池簇间

每模块配置线性感温光纤及 VOC 可燃气体探测器；设置独立火灾报警控制器（FACP），与升压站主报警系统物理隔离，采用 A 类独立回路（耐火电缆+金属管），配备 72 小时 UPS 电源。

电缆：选用阻燃/耐火电缆（ZC-YJY23 型），分层敷设并设防火隔板，电缆沟每 60m 设阻火墙，孔洞封堵耐火材料。

#### 5) 建筑物内安全疏散通道和消防通道的设置

建筑按规范预留安全出口，配电室及二次设备室每层设 3 个直通室外的出口，综合楼设封闭楼梯间。升压站主环路消防车道宽度 $\geq 4\text{m}$ ，生产建筑与生活建筑间距 $> 10\text{m}$ ，储能设备与建（构）筑物间距 $\geq 5\text{m}$ ，确保消防车通行与紧急疏散。

#### 6) 消防给水

消防水源取自 220m<sup>3</sup>地下水池，补充水由景泰县城运送。供水量满足综合楼室内消火栓（10L/s，2h）及储能系统室外消火栓（20L/s，3h）需求，消防泵房配备双泵冗余。消火栓系统环状布置，火警时泵房抽水加压供水，管网独立于生活用水系统。

#### 7) 消防电气

消防泵电源为一级负荷（双回路供电），其他负荷为二级。站内疏散通道设自带蓄电池的应急照明灯（照度 $\geq 1.0\text{lx}$ ，供电 $\geq 30\text{min}$ ），主控室、储能舱等关键区域配置声光报警器及通信电话，电缆选用阻燃型，电气线路过载保护全覆盖。

#### 8) 通风空调系统的消防

配电室及二次设备室采用防爆排风系统，火灾时自动关闭通风。采暖禁用明火，选用电加热器或发热电缆，储能电池舱配备防爆通风，通风量匹配设备散热及换气标准，气体灭火前自动切断通风设备电源。

#### 9) 消防监控系统

升压站设火灾报警联动控制主机，安装感烟/感温探测器和手动报警按钮，

信号传输至中控室。储能舱火警接入站内系统并联动灭火，消防状态实时上传。电缆防火区域配置红外测温摄像头，站内实现视频与火警联动监控。

### 10) 建筑装修防火

所有建筑装饰材料选用 A 级不燃材料（顶棚、墙面、地面均为石棉板或金属板材），明灭火源区域严禁使用易燃装饰。综合楼及配电室室内布局避免可燃物堆积，装修工艺满足《建筑内部装修设计防火规范》。

### (3) 施工消防

施工现场设综合加工厂、材料仓等临建，易燃易爆库房远离明火作业区（间距 $\geq 15\text{m}$ ）。临时道路宽 $\geq 3\text{m}$ 并保持畅通，每 100  $\text{m}^2$ 临建区配 2 具 10L 干粉灭火器，木工房等高风险区每 25  $\text{m}^2$ 增配 1 具。消防电源引自施工电源，电缆按过流标准选型，动火作业需审批，施工垃圾及时清理，电气设备接地及漏保全面覆盖。

## 2.13 施工组织

### (1) 施工条件

项目位于甘肃省景泰县红水镇、上沙沃镇、寺滩乡交界处，属丘陵地貌，海拔 1960~2710 米，地势起伏较大。施工用水从附近村庄拉水，运距 3 公里，水质良好，生活用水为桶装水；施工用电由一期升压站提供，分散施工点配备 1 台 150kW 及 2 台 40kW 移动柴油发电机。主要建材（钢筋、水泥等）从景泰县采购，运输便利。吊装采用 1000t 履带吊与 150t 汽车吊协作完成，施工场地需满足设备堆放和安装的空间需求。

### (2) 施工总布置

施工采用永临结合原则，场内新建道路 7.45 公里，路基宽 5.5 米。混凝土采用外购商品混凝土，机械修配厂及综合加工厂（含钢筋、木材加工）集中布置于升压站附近。仓库设置水泥库、设备堆场等，材料存放场地平整。施工管理及生活区位于升压站周边，容纳高峰 150 人，生活用水由水车供应，用电依托一期电源及移动发电机。临时堆土场沿道路设置，结合水土保持要

求分类堆放渣土。

### （3）交通运输

对外交通经 S308 省道接入，大件运输路线为高速转国道至场区。场内道路满足大件设备运输要求，路基宽 5.5 米，转弯半径适配叶片运输。最大件机舱（130t）和叶片（最长 108 米）采用专用牵引车及平板车运输，针对净高、桥梁荷载及路基稳定性进行评估加固，重点路段采用夜间运输、分段管制等措施。运输车辆选用低底盘型号，叶片加装导向支架以保障通行安全。

### （4）主体施工

#### 1）道路施工

道路采用机械开挖土方，石方小药量爆破，推土机集料、自卸车运输，分层碾压填筑。边坡砌筑挡墙防护，设置排水沟及沉沙池。施工中注重水土保持，路基压实度 $\geq 93\%$ ，路面铺级配碎石，重点路段采用混凝土硬化。临时堆土场设拦渣栅栏，施工后覆土绿化，减少水土流失。

#### 2）基础施工

风机基础采用现浇钢筋混凝土扩展基础，持力层为中风化砂岩。基础分阶段浇筑，每层厚 0.3 米，溜槽入仓，机械振捣，采用防冻混凝土并覆盖保温。钢筋低温焊接时预热焊条，雪天停止作业；基础环安装后调平，垂直度误差 $\leq 2\%$ 。箱变基础为砖混结构，人工开挖基底，混凝土垫层上砌筑侧墙，顶面高出地面并设踏步，集油坑内置卵石。基础沉降观测点对称布置，安装后持续监测 3 年。

#### 3）升压站施工

升压站在一期预留场地扩建 2#主变、SVG 及储能设备。主变基础为独立钢筋混凝土结构，油池内填卵石；预制舱设备基础高出地面，配套排水沟。钢结构出线构架吊装后焊接固定，设备安装前复核预埋件精度。施工用电沿用一期电源，用水依托新建消防水池，土建与电气安装交叉作业，进度协调保障主变、集电线路同期完工。

#### 4) 风力发电机组安装

机组分件吊装，塔筒分五段吊至基础环上，调平后螺栓紧固至设计力矩（误差 $\pm 5\%$ ）。机舱吊装需风速 $<10\text{m/s}$ ，叶片地面组装后同步吊装，绳索控制方位。轮毂与主轴对接时精确校准螺栓孔位，液压扳手分三次拧紧。安装全程需防风、防碰撞，人员佩戴安全装备，严格执行高空作业规程，吊装完成后 48 小时内复测垂直度。

#### (5) 施工总进度

总工期 10 个月，具体进度安排为：第 1-2 个月完成施工准备，包括场地平整、新建 7.45km 场内检修道路、搭建临时设施、接入施工用水用电及办理手续、组织设备材料采购；第 3-6 个月开展基础工程施工，完成 8 台钢筋混凝土圆形扩展基础（底面直径 22.6m、埋深 4.2m，需爆破开挖中风化变质砂岩）、升压站扩建及 35kV 集电线路基础施工；第 7-9 个月进行设备安装，采用 1000t 履带吊和 300t 辅助汽车吊完成 8 台 6.25MW 风机吊装，同步安装箱式变压器、110kV 升压站设备（60MVA 主变、SVG 装置等）及 5MW/10MWh 储能系统，敷设架空与电缆结合的 35kV 集电线路；第 10 个月完成系统调试（风机单机调试、继电保护及储能联调等）和并网验收，实现全容量并网发电，同步完成工程资料整理与竣工结算。

### 2.14 工程特性表

表 2.14-1 工程特性一览表

| 名称    |        |      |      | 单位               | 数量              | 备注    |
|-------|--------|------|------|------------------|-----------------|-------|
| 风电场场址 | 海拔高度   |      |      | m                | 1960~2710       |       |
|       | 经度(东经) |      |      |                  | 103°48'~103°51' |       |
|       | 纬度(北纬) |      |      |                  | 37°24'~37°25'   |       |
|       | 年平均风速  |      |      | m/s              | 6.3             | 轮毂高度处 |
|       | 风功率密度  |      |      | W/m <sup>2</sup> | 320.9           | 轮毂高度处 |
|       | 盛行风向   |      |      |                  | NNW             |       |
| 主要设   | 风电场    | 风电机组 | 台数   | 台                | 8               |       |
|       |        |      | 额定功率 | kW               | 6250            |       |
|       |        |      | 叶片数  | 片                | 3               |       |

| 名称 |         | 单位        | 数量             |                | 备注 |
|----|---------|-----------|----------------|----------------|----|
| 备  | 主要机电设备  | 风轮直径      | m              | 220            |    |
|    |         | 扫风面积      | m <sup>2</sup> | 38013          |    |
|    |         | 切入风速      | m/s            | 2.5            |    |
|    |         | 额定风速      | m/s            | 10             |    |
|    |         | 切出风速      | m/s            | 20             |    |
|    |         | 安全风速      | m/s            | 42.5           |    |
|    |         | 轮毂高度      | m              | 125            |    |
|    |         | 电机额定功率    | kW             | 6500           |    |
|    |         | 电机功率因数    |                | -0.95~+0.95    |    |
|    |         | 输出电压      | V              | 1140           |    |
|    | 机组升压变压器 | 台数        | 台              | 8              |    |
|    |         | 型号        |                | S18-6500/35    |    |
|    | 集电线路    | 电压等级      | kV             | 35             |    |
|    |         | 回路数       | 回              | 2              |    |
|    |         | 单回架空长度    | km             | 2.36           |    |
|    |         | 双回架空长度    |                | 2.45           |    |
|    | 升压变电站   | 型号        |                | SZ20-60000/110 |    |
|    |         | 台数        | 台              | 1              |    |
|    |         | 容量        | MVA            | 60             |    |
|    |         | 额定电压      | kV             | 110            |    |
|    |         | 出线回路及电压等级 | 回              | 1              |    |
|    |         | 电压等级      | kV             | 110            |    |
| 土建 | 风电机组基础  | 数量        | 台              | 8              |    |
|    |         | 型式        |                | 现浇钢筋混凝土扩展基础    |    |
|    | 升压变压器   | 台数        | 台              | 8              |    |
|    | 基础      | 型式        |                | 筏板式基础          |    |
| 施工 | 工程量     | 土石方开挖     | m <sup>3</sup> | 232186         |    |
|    |         | 土石方回填     | m <sup>3</sup> | 112589         |    |
|    |         | 混凝土       | m <sup>3</sup> | 7849           |    |
|    |         | 基础钢筋      | t              | 775.5          |    |
|    |         | 工程永久用地    | m <sup>2</sup> | 30203          |    |
|    |         | 工程长期租地    | m <sup>2</sup> | 1944           |    |
|    |         | 施工临时用地    | m <sup>2</sup> | 109553         |    |
|    |         | 新建道路      | km             | 7.45           |    |
|    |         | 施工期限      | 总工期(建设期)       | 月              | 8  |
|    |         |           | 第一批机组发电        | 月              | 8  |
| 概  | 静态总投资   | 万元        | 24474.19       |                |    |

| 名称               |            |                 | 单位       | 数量    | 备注 |  |
|------------------|------------|-----------------|----------|-------|----|--|
| 算<br>指<br>标      | 动态总投资      | 万元              | 24711.76 |       |    |  |
|                  | 单位千瓦静态投资   | 元/kW            | 4894.84  |       |    |  |
|                  | 单位千瓦动态投资   | 元/kW            | 4942.35  |       |    |  |
|                  | 施工辅助工程     | 万元              | 703.38   |       |    |  |
|                  | 设备及安装工程    | 万元              | 14374.50 |       |    |  |
|                  | 建筑工程       | 万元              | 2562.01  |       |    |  |
|                  | 其它费用       | 万元              | 2841.67  |       |    |  |
|                  | 基本预备费      | 万元              | 409.63   |       |    |  |
|                  | 价差预备费      | 万元              | /        |       |    |  |
|                  | 建设期利息      | 万元              | 237.57   |       |    |  |
| 经<br>济<br>指<br>标 | 装机容量       | MW              | 50       |       |    |  |
|                  | 年上网电量      | MWh             | 111514.4 |       |    |  |
|                  | 年等效满发小时数   | h               | 2230     |       |    |  |
|                  | 平均上网电价(含税) | 元/kWh           | 0.2555   |       |    |  |
|                  | 盈利能力指标     | 项目投资财务内部收益率(税前) | %        | 5.62  |    |  |
|                  |            | 项目投资财务内部收益率(税后) | %        | 4.8   |    |  |
|                  |            | 资本金财务内部收益率      | %        | 7.35  |    |  |
|                  |            | 总投资收益率          | %        | 3.22  |    |  |
|                  |            | 投资利税率           | %        | 2.13  |    |  |
|                  |            | 资本金净利润率         | %        | 7.59  |    |  |
|                  |            | 投资回收期（税后）       | 年        | 13.16 |    |  |
|                  |            | 借款偿还期           | 年        | 15    |    |  |
|                  | 清偿能力       | 资产负债率（最大值）      | %        | 80    |    |  |

### 3 危险、有害因素辨识和分析

#### 3.1 辨识与分析危险、有害因素的依据

(1) 依据《生产过程危险和有害因素分类与代码》(GB/T13861-2022) 对该项目潜在危险有害因素进行辨识和分析。

(2) 依据《企业职工伤亡事故分类》(GB6441-1986) 对该项目潜在的危险因素可能引发的事故进行分析。

(3) 依据《危险化学品目录(2015 版)》(安监总局等十部门公告 2015 年第 5 号, 应急管理部等十部门公告 2022 年第 8 号调整) 对该项目危险化学品和剧毒化学品进行辨识和分析。

(4) 依据《国家安全监管总局关于公布首批重点监管的危险化学品名录的通知》(安监总管三〔2011〕95 号) 和《国家安全监管总局关于公布第二批重点监管危险化学品名录的通知》(安监总管三〔2013〕12 号) 对该项目的重点监管的危险化学品进行辨识和分析。

(5) 依据《易制毒化学品管理条例(2018 修正三)》(国务院令〔2005〕第 445 号, 国务院令〔2018〕703 号第三次修正) 对该项目的易制毒化学品进行辨识和分析。

(6) 依据《高毒物品目录》(卫法监发〔2003〕142 号) 对该项目的高毒物品进行辨识和分析。

(7) 依据《易制爆危险化学品名录(2017 年版)》(公安部〔2017〕511 号) 对该项目的易制爆危险化学品进行辨识和分析。

(8) 依据《特别管控危险化学品目录(第一版)》(应急部公告〔2020〕3 号) 对该项目特别管控危险化学品进行辨识和分析。

(9) 依据《危险化学品重大危险源辨识》(GB18218-2018) 对该项目重大危险源进行辨识。

## 3.2 建设项目物质的危险性分析

### 3.2.1 建设项目所涉及的危险物质

该项目生产及施工过程涉及到的危险物品主要有施工过程使用的乙炔、氧气、蓄电池过充产生氢气、高压断路器等电气设备中的绝缘气体 SF<sub>6</sub>，还有风能、电能、变压器油、液压油、齿轮润滑油和柴油。

依据《危险化学品目录（2015 版）》（安监总局等十部门公告 2015 年第 5 号，应急管理部等十部门公告 2022 年第 8 号调整），乙炔、氧气、氢气、SF<sub>6</sub> 和柴油属于危险化学品，该项目不涉及剧毒化学品。

依据《国家安全监管总局关于公布首批重点监管的危险化学品名录的通知》（安监总管三〔2011〕95 号）和《国家安全监管总局关于公布第二批重点监管危险化学品名录的通知》（安监总管三〔2013〕12 号），乙炔属于重点监管的危险化学品。

依据《易制毒化学品管理条例（2018 修正三）》（国务院令〔2005〕第 445 号，国务院令〔2018〕703 号第三次修正）、《高毒物品目录》（卫法监发〔2003〕142 号）、《易制爆危险化学品名录（2017 年版）》（公安部〔2017〕511 号）和《特别管控危险化学品目录（第一版）》（应急部公告〔2020〕3 号），该项目不涉及高毒物品、易制爆危险化学品和特别管控危险化学品。

表 3.2-1 建设项目所涉及的危险物质一览表

| 序号 | 名称   | 危险化学品目录序号 | 危险性类别                         | 火灾危险性类别 | 危害特性    | 存在场所  |
|----|------|-----------|-------------------------------|---------|---------|-------|
| 1  | 乙炔   | 2629      | 易燃气体，类别 1；化学不稳定性气体，类别 A；加压气体  | 甲       | 火灾、爆炸   | 施工    |
| 2  | 氧气   | 2528      | 氧化性气体，类别 1；加压气体               | 乙       | 可引发火灾   | 施工    |
| 3  | 六氟化硫 | 1341      | 加压气体；特异性靶器官毒性-一次接触，类别 3（麻醉效应） | ——      | 分解产物有毒  | 高压断路器 |
| 4  | 电能   | ——        | ——                            | ——      | 触电      | 带电设备  |
| 5  | 风能   | ——        | ——                            | ——      | 暴风致塔架垮塌 | 风电场   |

| 序号 | 名称    | 危险化学品目录序号 | 危险性类别          | 火灾危险性类别 | 危害特性  | 存在场所  |
|----|-------|-----------|----------------|---------|-------|-------|
| 6  | 变压器油  | ——        | ——             | 丙       | 火灾    | 变压器   |
| 7  | 液压油   | ——        | ——             | 丙       | 火灾    | 液压系统  |
| 8  | 齿轮润滑油 | ——        | ——             | 丙       | 火灾    | 润滑系统  |
| 9  | 0#柴油  | 1674      | 易燃液体，类别 3      | 丙       | 火灾、爆炸 | 柴油发电机 |
| 10 | 氢气    | 1648      | 易燃气体,类别 1；加压气体 | 甲       | 火灾、爆炸 | 电池舱   |

### 3.2.2 建设项目所涉及的危险化学品

该项目涉及到的各种危险化学品，其危险、危害特性如下表所示。

表 3.2-2 乙炔的危险、有害因素识别表

|       |                                                                                                                                        |                             |               |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|---------------|
| 标识    | 中文名：乙炔，电石气                                                                                                                             | 英文名：acetylene; ethyne       |               |
|       | 分子式：C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>                                                                                                      | 相对分子质量：26.04                | CAS 号：74-86-2 |
| 危险性概述 | 推荐及限制用途：是有机合成的重要原料之一，亦是合成橡胶、合成纤维和塑料的单体，也用于氧炔焊割                                                                                         |                             |               |
|       | 紧急情况概述：极易燃气体，无空气也可能迅速反应。内装加压气体；遇热可能爆炸                                                                                                  |                             |               |
|       | GHS 危险性类别：易燃气体，类别 1；化学不稳定性气体，类别 A；加压气体                                                                                                 |                             |               |
|       | 防范说明<br>预防措施：远离热源、火花、明火、热表面。禁止吸烟。在阅读和明了所在安全措施前切勿搬动<br>事故响应：漏气着火；切勿灭火，除非漏气能够安全的制止。如果没有危险，消除一切点火源；<br>安全储存：防日晒。存放在通风良好的地方                |                             |               |
|       | 物理和化学危险：极易燃，与空气混合能形成爆炸性混合物                                                                                                             |                             |               |
|       | 健康危害：具有弱麻醉作用。高浓度吸入可引起单纯窒息。暴露于 20%浓度时，出现明显缺氧症状；吸入高浓度，初期兴奋、多语、哭笑不安，后出现眩晕、头痛、恶心、呕吐、共济失调、嗜睡；严重者昏迷、紫绀、瞳孔对光反应消失、脉弱而不齐。当混有磷化氢、硫化氢时，毒性增大，应予以注意 |                             |               |
| 理化特性  | 外观与性状：无色无味气体，工业品有使人不愉快的大蒜气味                                                                                                            |                             |               |
|       | 熔点（℃）：-81.8（119kPa）                                                                                                                    | 沸点（℃）：-83.8（升华）             |               |
|       | 相对密度（水=1）：0.62（-82℃）                                                                                                                   | 相对蒸汽密度（空气=1）：0.91           |               |
|       | 饱和蒸气压（kPa）：4460（20℃）                                                                                                                   | 燃烧热（kJ/mol）：-1298.4         |               |
|       | 临界温度（℃）：35.2                                                                                                                           | 临界压力（MPa）：6.19              |               |
|       | 辛醇/水分配系数：0.37                                                                                                                          | 闪点（℃）：-18.15                |               |
|       | 爆炸下限（%）：2.5                                                                                                                            | 爆炸上限（%）：82                  |               |
|       | 自燃温度（℃）：305                                                                                                                            | 溶解性：微溶于水，溶于乙醇，丙酮、氯仿、苯，混溶于乙醚 |               |

|           |                                                                                                                                                                                                                                   |  |                       |  |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------|--|
| 稳定性和反应性   | 稳定性：稳定                                                                                                                                                                                                                            |  | 危险的分解产物：碳、氢           |  |
|           | 危险反应：与强氧化剂等禁配物接触，有发生火灾和爆炸的危险。能与铜、银、汞等的化合物反应生产爆炸性物质                                                                                                                                                                                |  |                       |  |
|           | 禁配物：强氧化剂、碱金属、碱土金属、重金属（尤其是铜）、重金属盐、卤素                                                                                                                                                                                               |  |                       |  |
| 接触控制/个体防护 | 工程控制：生产过程密闭，全面通风<br>个体防护装备<br>呼吸系统防护：一般不需要特殊防护。但建议特殊情况下，佩戴过滤式防毒面具（半面罩）<br>眼睛防护：一般不需要特殊防护<br>皮肤和身体防护：穿防静电工作服<br>手防护：戴一般作业防护手套                                                                                                      |  |                       |  |
| 急救措施      | 吸入：迅速脱离现场至空气新鲜处。保持呼吸道通畅。如呼吸困难，给输氧。如呼吸、心跳停止，立即进行心肺复苏术。就医                                                                                                                                                                           |  |                       |  |
| 消防措施      | 灭火剂：用雾状水、泡沫、二氧化碳、干粉灭火<br>特别危险性：与氧化剂接触发生猛烈反应。经压缩或加热可造成剧烈爆炸。与氟、氯等接触会发生距离的化学反应。能与铜、银、汞等的化合物生成爆炸性物质<br>灭火注意事项及防护措施：切断气源。若不能切断气源，则不允许熄灭泄漏处的火焰。消防人员须佩戴空气呼吸器、穿全身防火防毒服，在上风向灭火。尽可能将容器从火场移至空旷处。喷水保持火场容器冷却，直至灭火结束                            |  |                       |  |
| 泄漏应急处理    | 作业人员防护措施、防护装备和应急处置程序：消除所有点火源。根据气体扩散的影响区域划定警戒区，无关人员从侧风、上风向撤离至安全区。建议应急处理人员戴正压自给式呼吸器，穿防静电服。作业时使用的所有设备应接地。尽可能切断泄漏源。若可能翻转容器，使之逸出气体而非液体。喷雾状水抑制蒸气或改变蒸气云流向，避免水流接触泄漏物。禁止用水直接冲击泄漏物或泄漏源。泄漏化学品的收容、清除方法及所使用的处置材料：隔离泄露区直至气体散尽                   |  |                       |  |
| 操作处置与储存   | 操作注意事项：密闭操作，全面排风。操作人员必须经过专门培训，严格遵守操作规程。建议操作人员穿防静电工作服。远离火种、热源。工作场所严禁吸烟。使用防爆型的通风系统和设备。防止气体泄漏到工作场所空气中。避免与氧化剂、酸类、卤素接触。在传送过程中，钢瓶和容器必须接地和跨接，防止产生静电。搬运时要轻装轻卸，防止钢瓶及其附件损坏。配备相应品种和数量的消防器材及泄露应急处理设备                                          |  |                       |  |
|           | 储存注意事项：乙炔的包装法通常是溶解在溶剂及多孔物中，装入钢瓶内。储存于阴凉、通风的易燃气体专用库房。远离火种、热源。库温不宜超过 30℃。应与氧化剂、酸类、卤素分开存放，切记混储。采用防爆型灯具、通风设施。禁止使用易产生火花的机械设备和工具。储区应备有泄漏应急处理设备                                                                                           |  |                       |  |
| 运输信息      | 危险货物编号（UN 号）：1001（溶解）；                                                                                                                                                                                                            |  | 运输名称：溶解乙炔（溶解）；        |  |
|           | 危险性类别：2.1                                                                                                                                                                                                                         |  | 包装类别：——               |  |
|           | 运输注意事项：采用钢瓶运输时必须戴好钢瓶上的安全帽。钢瓶一般平放，并应将瓶口朝同一方向，不可交叉；高度不得超过车辆的防护栏板，并用三角木垫卡牢，防止滚动。运输时运输车辆应配备相应品种和数量的消防器材。装运该物品的车辆排气阀必须配备组或装置，禁止使用易产生火花的机械设备和工具装卸。严禁与氧化剂、酸类、卤素等混装混运。夏季应早晚运输，防止日光曝晒。中途停留时应远离火种、热源。公路运输时要按规定路线行驶，勿在居民区和人口稠密区停留，铁路运输时要禁止溜放 |  |                       |  |
| 法规信息      | 危险化学品目录：列入                                                                                                                                                                                                                        |  | 易制爆危险化学品名录：未列入        |  |
|           | 重点监管的危险化学品名录：列入                                                                                                                                                                                                                   |  | GB182180-2018（表 1）：列入 |  |

|            |                    |
|------------|--------------------|
| 高毒物品目录：未列入 | 易制毒化学品的分类和品种目录：未列入 |
|------------|--------------------|

表 3.2-3 氧气的危险、有害因素识别表

|               |                                                                                                                                                                                                                                                                   |              |                 |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-----------------|
| 标识            | 中文名：氧；氧气                                                                                                                                                                                                                                                          | 英文名：oxygen   |                 |
|               | 分子式：O <sub>2</sub>                                                                                                                                                                                                                                                | 相对分子质量：32.00 | CAS 号：7782-44-7 |
|               | 推荐及限制用途：用于切割、焊接金属，制造医药、染料、炸药等                                                                                                                                                                                                                                     |              |                 |
| 危险性概述         | 紧急情况概述：可引起燃烧或加剧燃烧；氧化剂，内装加压气体；遇热可能爆炸                                                                                                                                                                                                                               |              |                 |
|               | GHS 危险性类别：氧化性气体，类别 1；加压气体                                                                                                                                                                                                                                         |              |                 |
|               | 防范说明<br>预防措施：远离服装、可燃材料储存。阀门或紧固装置不得带有油脂或油剂<br>事故响应：火灾时：如能保证安全，设法堵塞泄漏<br>安全储存：防日晒。存放在通风良好的地方                                                                                                                                                                        |              |                 |
|               | 物理和化学危险：助燃                                                                                                                                                                                                                                                        |              |                 |
|               | 健康危害：氧压的高低不同对机体各种生理功能的影响也不同<br>肺型：见于在氧分压 100～200kPa 条件下，时间超过 6～12h。开始时出现胸骨不适感、轻咳后，进而胸闷、胸骨后烧灼感和呼吸困难，咳嗽；严重时可发生肺水肿，甚至出现呼吸窘迫综合征<br>脑型：见于氧分压超过 300kPa 连续 2～3h 时，先出现面部肌肉抽动、面色苍白、眩晕、心动过速、虚脱，继而全身强直性抽搐、昏迷，呼吸衰竭而死亡<br>眼型：长期处于氧分压为 60～100kPa 的条件下可发生眼损伤，严重者可失明。皮肤接触液态氧可引起冻伤 |              |                 |
|               | 外观与性状：无色无味气体                                                                                                                                                                                                                                                      |              |                 |
|               | 熔点（℃）：-218.8                                                                                                                                                                                                                                                      |              |                 |
| 理化特性          | 沸点（℃）：-183.1                                                                                                                                                                                                                                                      |              |                 |
|               | 相对密度（水=1）：1.14（-183℃）                                                                                                                                                                                                                                             |              |                 |
|               | 相对蒸汽密度（空气=1）：1.43                                                                                                                                                                                                                                                 |              |                 |
|               | 饱和蒸气压（kPa）：506.62（-164℃）                                                                                                                                                                                                                                          |              |                 |
| 辛醇/水分配系数：0.37 |                                                                                                                                                                                                                                                                   |              |                 |
| 溶解性：溶于水、乙醇    |                                                                                                                                                                                                                                                                   |              |                 |
| 稳定性和反应性       | 稳定性：稳定                                                                                                                                                                                                                                                            |              |                 |
|               | 危险反应：与强还原剂、易燃或可燃物等禁配物接触，有发生火灾和爆炸的危险。                                                                                                                                                                                                                              |              |                 |
|               | 禁配物：还原剂、易燃或可燃物、活性金属粉末、碱金属、碱土金属等                                                                                                                                                                                                                                   |              |                 |
| 毒理学信息         | 急性毒性：TCLo：100pph（100%）（人吸入，14h）；TCLo：80pph（大鼠吸入）                                                                                                                                                                                                                  |              |                 |
| 接触控制/个体防护     | 工程控制：密闭操作。提供良好的自然通风条件<br>个体防护装备<br>呼吸系统防护：一般不需要特殊防护。<br>眼睛防护：一般不需要特殊防护<br>皮肤和身体防护：穿一般作业工作服<br>手防护：戴一般作业防护手套                                                                                                                                                       |              |                 |
| 急救措施          | 吸入：迅速脱离现场至空气新鲜处。保持呼吸道通畅。如呼吸、心跳停止，立即进行心肺复苏术。就医                                                                                                                                                                                                                     |              |                 |

|         |                                                                                                                                                                       |                       |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
|         | 皮肤接触：如发生冻伤，用温水（38~42℃）复温，忌用热水或辐射热，不要揉搓。就医                                                                                                                             |                       |
| 消防措施    | 灭火剂：本品不燃，根据着火原因选择适当灭火剂灭火<br>特别危险性：是易燃物、可燃物燃烧爆炸的基本要素之一，能氧化大多数活性物质。与易燃物（如乙炔、甲烷等）形成有爆炸性的混合物<br>灭火注意事项及防护措施：切断气源。喷水冷却容器，尽可能将容器从火场移至空旷处。                                   |                       |
| 泄漏应急处理  | 作业人员防护措施、防护装备和应急处置程序：消除所有点火源。根据气体扩散的影响区域划定警戒区，无关人员从侧风、上风向撤离至安全区。建议应急处理人员戴正压自给式呼吸器，穿一般作业电服。勿使泄漏物与可燃物接触。尽可能切断泄漏源。喷雾状水抑制蒸气或改变蒸气云流向<br>泄漏化学品的收容、清除方法及所使用的处置材料：隔离泄露区直至气体散尽 |                       |
| 操作处置与储存 | 操作注意事项：密闭操作，提供良好的自然通风条件。操作人员必须经过专门培训，严格遵守操作规程。远离火种、热源。工作场所严禁吸烟。远离易燃、可燃物。防止气体泄漏到工作场所空气中。避免与活性金属粉末接触。搬运时要轻装轻卸，防止钢瓶及其附件损坏。配备相应品种和数量的消防器材及泄露应急处理设备                        |                       |
| 运输信息    | 危险货物编号（UN 号）：1072（压缩）；                                                                                                                                                | 运输名称：压缩氧（压缩）；         |
|         | 危险性类别：2.2，5.1                                                                                                                                                         | 包装类别：——               |
| 法规信息    | 危险化学品目录：列入                                                                                                                                                            | 易制爆危险化学品名录：未列入        |
|         | 重点监管的危险化学品名录：列入                                                                                                                                                       | GB182180-2018（表 1）：列入 |
|         | 高毒物品目录：未列入                                                                                                                                                            | 易制毒化学品的分类和品种目录：未列入    |

表 3.2-4 六氟化硫的危险、有害因素识别表

|       |                                                                           |                        |                 |
|-------|---------------------------------------------------------------------------|------------------------|-----------------|
| 标识    | 中文名：六氟化硫                                                                  | 英文名：sulfurhexafluoride |                 |
|       | 分子式：SF <sub>6</sub>                                                       | 相对分子质量：146.06          | CAS 号：2551-62-4 |
|       | 推荐及限制用途：用作电子设备和雷达波导的气体绝缘体                                                 |                        |                 |
| 危险性概述 | 紧急情况概述：装加压气体：遇热可能爆炸，可能引起昏昏欲睡或眩晕                                           |                        |                 |
|       | GHS 危险性类别：加压气体；特异性靶器官毒性-一次接触，类别 3（麻醉效应）                                   |                        |                 |
|       | 防范说明：安全储存：防日晒。存放在通风良好的地方                                                  |                        |                 |
|       | 物理和化学危险：不燃，无特殊爆炸特性                                                        |                        |                 |
|       | 健康危害：空气中高浓度引起缺氧，有设置不清和死亡危险。工业品中如混杂低氟化硫、氟化氢，特别是十氟化硫，则毒性增强。皮肤直接接触液态本品，可引起冻伤 |                        |                 |
| 理化特性  | 外观与性状：无色无味气体                                                              |                        |                 |
|       | 熔点（℃）：-51                                                                 | 沸点（℃）：-64（升华）          |                 |
|       | 相对密度（水=1）：1.67（-100℃）                                                     | 相对蒸汽密度（空气=1）：6.602     |                 |
|       | 临界温度（℃）：45.6                                                              | 临界压力（MPa）：3.76         |                 |
|       | 黏度（mPa·s）：0.015（25℃，101.3kPa）                                             | 溶解性：微溶于水，溶于乙醇、乙醚       |                 |
| 稳定性和  | 稳定性：稳定                                                                    | 禁配物：强氧化剂、易燃或可燃物        |                 |
|       | 危险反应：与强氧化剂等禁配物接触，有发生容器爆炸的危险                                               |                        |                 |

|           |                                                                                                                                                                                                        |                        |  |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|--|
| 反应性       | 危险的分解产物：氟化氢                                                                                                                                                                                            |                        |  |
| 毒理学信息     | 急性毒性：LD50:5790mg/kg（兔静脉）                                                                                                                                                                               |                        |  |
| 接触控制/个体防护 | 职业接触限值：中国 PC-TWA：6000mg/m <sup>3</sup> ；美国（ACGIH）TLV-TWA：1000ppm<br>工程控制：密闭操作，局部排风<br>个体防护装备<br>呼吸系统防护：一般不需要特殊防护，高浓度接触时可佩带过滤式防毒面具（半面罩）或自给式呼吸器<br>眼睛防护：必要时，戴安全防护眼镜<br>皮肤和身体防护：穿一般作业工作服<br>手防护：戴一般作业防护手套 |                        |  |
| 急救措施      | 吸入：迅速脱离现场至空气新鲜处。保持呼吸道通畅。如呼吸困难，给输氧。如呼吸、心跳停止，立即进行心肺复苏术。就医<br>皮肤接触：如发生冻伤，用温水（38～42℃）复温，忌用热水或辐射热，不要揉搓。就医                                                                                                   |                        |  |
| 消防措施      | 灭火剂：本品不燃，根据着火原因选择适当灭火剂灭火<br>特别危险性：若遇高温，容器内压增大，有开裂和爆炸的危险<br>灭火注意事项及防护措施：消防人员必须佩戴防毒面具、穿全身消防服，在上风向灭火。切断气源。喷水冷却容器，尽可能将容器从火场移至空旷处。                                                                          |                        |  |
| 泄漏应急处理    | 作业人员防护措施、防护装备和应急处置程序：消除所有点火源。根据气体扩散的影响区域划定警戒区，无关人员从侧风、上风向撤离至安全区。建议应急处理人员戴正压自给式呼吸器，穿一般作业电服。尽可能切断泄漏源。喷雾状水抑制蒸气或改变蒸气云流向，避免水流接触泄漏物。禁止用水直接冲击泄漏物或泄漏源                                                          |                        |  |
| 操作处置      | 操作注意事项：密闭操作，局部通风。操作人员必须经过专门培训，严格遵守操作规程。建议操作人员佩戴过滤式防毒面具（半面罩），远离易燃、可燃物。防止气体泄漏到工作场所空气中。避免与氧化剂接触。                                                                                                          |                        |  |
| 运输信息      | 危险货物编号（UN 号）：1080                                                                                                                                                                                      | 运输名称：六氟化硫              |  |
|           | 危险性类别：2.2                                                                                                                                                                                              | 包装类别：——                |  |
| 法规信息      | 危险化学品目录：列入                                                                                                                                                                                             | 易制爆危险化学品名录：未列入         |  |
|           | 重点监管的危险化学品名录：列入                                                                                                                                                                                        | GB182180-2018（表 1）：未列入 |  |
|           | 高毒物品目录：未列入                                                                                                                                                                                             | 易制毒化学品的分类和品种目录：未列入     |  |

表 3.2-5 柴油的危险、有害因素识别表（施工柴油发电机使用）

|      |                                                                     |                    |          |
|------|---------------------------------------------------------------------|--------------------|----------|
| 标识   | 中文名：柴油                                                              | 英文名：dieseloil      |          |
|      | 分子式：C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> -C <sub>12</sub> H <sub>26</sub> | 分子量：—              | CAS 号：—— |
|      | 危险性类别：易燃液体，类别 3                                                     | 危险化学品目录序号：1674     |          |
| 理化性质 | 性状：稍有粘性的淡黄色至棕色液体。                                                   |                    |          |
|      | 熔点/℃：－18℃                                                           | 溶解性：不溶于水。          |          |
|      | 沸点/℃：282～338℃                                                       | 相对密度：（水＝1）0.87-0.9 |          |
|      | 饱和蒸气压：4.0kPa                                                        | 相对蒸气密度：（空气＝1）4     |          |

|                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                 |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
|                     | 临界温度：无意义                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 临界压力：无意义                        |
| 燃烧<br>爆炸<br>危险<br>性 | 燃烧性：易燃                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 有害燃烧产物：CO、CO <sub>2</sub> 和硫氧化物 |
|                     | 燃烧热：43493kJ·mol <sup>-1</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 聚合危害：不聚合                        |
|                     | 爆炸极限：1.5~4.5%                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 稳定性：稳定                          |
|                     | 引燃温度：227~250°C                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 禁忌物：强氧化剂                        |
|                     | 最小点火能：无意义                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                 |
|                     | 爆炸性气体的分类：分组 T3、分级IIA                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                 |
|                     | 是否易制毒化学品：否                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 是否重点监管的危险化学品：否                  |
|                     | 危险特性：遇明火、高热或与氧化剂接触能引起燃烧爆炸，若遇高热，容器内压增大，有开裂和爆炸的危险。可蓄积静电，引起电火花。                                                                                                                                                                                                                                                                |                                 |
|                     | 灭火方法：喷水冷却容器，可能的话将容器从火场移至空旷处。<br>灭火剂：泡沫、二氧化碳、干粉、砂土。                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                 |
| 健康<br>危害            | 侵入途径：吸入、食入、经皮吸收<br>健康危害：皮肤接触柴油可引起接触性皮炎，油性痤疮。吸入可引起吸入性肺炎。柴油废气可引起眼鼻刺激症状，头晕及头痛。因杂质和添加剂（如硫化酯类等）不同毒性有差异，一般皮肤接触可发生皮炎，表现为红斑、水疱、丘疹。皮肤接触后，个别人可能发生肾脏损害。                                                                                                                                                                                |                                 |
| 急救                  | 皮肤接触：脱去污染的衣物，用肥皂水及清水彻底冲洗，对症处理。<br>眼睛接触：立即翻开上下眼睑，用流动清水或生理盐水冲洗至少 15 分钟。就医。<br>吸入：迅速脱离现场至空气新鲜处，保持呼吸通畅，保暖并休息。呼吸困难时给予输氧。吸入性肺炎给抗生素防止继发感染。呼吸停止时，立即进行人工呼吸。就医。<br>食入：误食者立即漱口，饮足量温水，尽快洗胃。就医。                                                                                                                                          |                                 |
| 防护                  | 工程控制：密闭操作，全面通风。<br>一般不需特殊防护，高浓度接触时，穿防静电工作服，戴化学安全防护眼镜，戴防苯耐油手套。<br>其它：工作现场严禁吸烟。工作毕，沐浴更衣。注意个人清洁卫生。避免长期反复接触。                                                                                                                                                                                                                    |                                 |
| 泄漏<br>应急<br>处理      | 疏散泄漏污染区人员至安全区，禁止无关人员进入污染区，切断火源。应急处理人员戴自给式呼吸器，穿消防防护服。在确保安全情况下堵漏。喷水雾可减少蒸发。用活性炭或其它惰性材料吸收，然后收集于干燥洁净有盖的容器中，运至废物处理场所焚化。若大量泄漏，则利用围堤收容，然后收集、转移、回收或作无害处理。                                                                                                                                                                            |                                 |
| 操作<br>注意<br>事项      | 密闭操作，注意通风。操作人员必须经过专门培训，严格遵守操作规程。建议操作人员佩戴自吸过滤式防毒面具（半面罩），戴化学安全防护眼镜，戴橡胶耐油手套。远离火种、热源，工作场所严禁吸烟。使用防爆型的通风系统和设备。防止蒸气泄漏到工作场所空气中。避免与氧化剂、卤素接触。充装要控制流速，防止静电积聚。搬运时要轻装轻卸，防止包装及容器损坏。配备相应品种和数量的消防器材及泄漏应急处理设备。倒空的容器可能残留有害物。                                                                                                                  |                                 |
| 包装<br>储运            | 储存于阴凉、通风仓间内。仓内温度不宜超过 30°C。远离火种、热源。防止阳光直射。保持容器密封，应与氧化剂分开存放。储存间内的照明、通风等设施应采用防爆型，开关设在仓外。配备相应品种和数量的消防器材。禁止使用易产生火花的机械设备和工具。定期检查是否有泄漏现象。运输前应先检查包装容器是否完整、密封，运输过程中要确保容器不泄漏、不倒塌、不坠落、不损坏。运输时运输车辆应配备相应品种和数量的消防器材及泄漏应急处理设备。夏季最好早晚运输。运输时所用的槽（罐）车应有接地链，槽内可设孔隔板以减少震荡产生静电。严禁与氧化剂、卤素、食用化学品等混装混运。运输途中应防曝晒、雨淋，防高温。中途停留时应远离火种、热源、高温区。装运该物品的车辆排气 |                                 |

管必须配备阻火装置，禁止使用易产生火花的机械设备和工具装卸。运输车船必须彻底清洗、消毒，否则不得装运其它物品。公路运输时要按规定路线行驶。

表 3.2-6 氢气的危险、有害因素识别表

|         |                                                                                                                                                        |  |                   |                           |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-------------------|---------------------------|
| 标识      | 中文名：氢；氢气                                                                                                                                               |  | 英文名：hydrogen      |                           |
|         | 分子式：H <sub>2</sub>                                                                                                                                     |  | 分子量：2.01          | CAS号：133－74－0             |
|         | 危规号：21001                                                                                                                                              |  |                   |                           |
| 理化性质    | 性状：无色无臭气体                                                                                                                                              |  |                   |                           |
|         | 溶解性：不溶于水，不溶于乙醇、乙醚                                                                                                                                      |  |                   |                           |
|         | 熔点（℃）：－259.2                                                                                                                                           |  | 沸点（℃）：－252.8      | 相对密度（水＝1）：0.07（－252℃）     |
|         | 临界温度（℃）：－240                                                                                                                                           |  | 临界压力（MPa）：1.30    | 相对密度（空气＝1）：0.07           |
|         | 燃烧热（KJ/mol）：241.0                                                                                                                                      |  | 最小点火能（mJ）：0.019   | 饱和蒸汽压（KPa）：13.33（－257.9℃） |
| 燃烧爆炸危险性 | 燃烧性：易燃                                                                                                                                                 |  | 燃烧分解产物：水          |                           |
|         | 闪点（℃）：无意义                                                                                                                                              |  | 聚合危害：不聚合          |                           |
|         | 爆炸下限（%）：4.1                                                                                                                                            |  | 稳定性：稳定            |                           |
|         | 爆炸上限（%）：74.1                                                                                                                                           |  | 最大爆炸压力（MPa）：0.720 |                           |
|         | 引燃温度（℃）：400                                                                                                                                            |  | 禁忌物：强氧化剂、卤素       |                           |
|         | 危险特性：与空气混合能形成爆炸性混合物，遇热或明火即会发生爆炸。气体比空气轻，在室内使用和储存时，漏气上升滞留屋顶不易排出，遇火星会引起爆炸。氢气与氟、氯、溴等卤素会剧烈反应。                                                               |  |                   |                           |
|         | 消防措施：1. 消防人员必须佩戴全套防爆防护装备，在上风向灭火；2. 若无法切断气源，允许氢气稳定燃烧，避免盲目灭火导致气体积聚后二次爆炸；3. 冷却燃烧设备及相邻容器，防止高温引发设备爆炸，喷水保持火场容器冷却直至熄灭。灭火剂：雾状水、泡沫、二氧化碳、干粉，禁止使用直流水（防止氢气飞溅扩大火势）。 |  |                   |                           |
| 毒性      | 接触限值：中国MAC（mg/m <sup>3</sup> ）未制定标准前苏联MAC（mg/m <sup>3</sup> ）未制定标准美国TVL－TWAACGIH窒息性气体<br>美国TLV－STEL 未制定标准                                              |  |                   |                           |
| 对人体危害   | 侵入途径：吸入健康危害：本品在生理学上是惰性气体，仅在高浓度时，由于空气中氧分压降低才引起窒息。在很高的分压下，氢气可呈现出麻痹作用。                                                                                    |  |                   |                           |
| 急救      | 吸入：迅速脱离现场至空气新鲜处，保持呼吸道通畅。如呼吸困难，给输氧。如呼吸停止，立即进行人工呼吸。就医。                                                                                                   |  |                   |                           |
| 防护      | 工程防护：密闭系统，通风，防爆电器与照明。 个体防护：一般不需要特殊防护，高浓度接触时可佩戴空气呼吸器。穿防静电工作服。戴一般作业防护手套。其他：工作现场严禁吸烟。避免高浓度吸入。进入罐、限制性空间或其它高浓度区作业，须有人监护。                                    |  |                   |                           |
| 泄露处理    | 迅速撤离泄漏污染区人员至上风处，并进行隔离，严格限制出入。切断火源。建议应急处理人员戴自给正压式呼吸器，穿消防防护服。尽可能切断泄漏源。合理通风，加速扩散。如有可能，将漏出气用排风机送至空旷地方或装设适当喷头烧掉。漏气容器要妥善处理，修复、检验后再用。                         |  |                   |                           |

说明：表中数据、信息来源

1.危险化学品的急救措施、消防措施、泄漏应急处理、理化特性等依据《危险化学品安全技术全书》（第三版，化学工业出版社，2018.8）而确定；

- 2.危险化学品火灾危险性类别依据《建筑设计防火规范（2018 年版）》（GB50016-2014）而确定；
- 3.爆炸性气体的分级、分组依据《爆炸危险环境电力装置设计规范》（GB50058-2014）而确定。

### 3.2.3 建设项目所涉及的其他危险物品

#### （1）电能

电的危害非常大，电伤、触电死亡、电气火灾等现象时有发生。电对人体的主要伤害有：肌肉的强烈挛缩，伴随立即失去知觉，并引起心脏骤停以及呼吸运动的停止，电灼伤，导致人体残疾。

#### （2）风能

该项目使用能源为风能，风能决定了发电量。但是如果瞬时大风或持续大风天气可能导致风力发电机组坍塌。巡检人员大风天气外出巡查易发生车辆伤害等事故。

#### （3）变压器油

变压器油是石油的一种分馏产物，它的主要成分是烷烃，环烷族饱和烃，芳香族不饱和烃等化合物。俗称方棚油，浅黄色透明液体，相对密度 0.895，凝固点 $<-45^{\circ}\text{C}$ ，闪点（闭杯） $\geq 135^{\circ}\text{C}$ ，丙类火险类别，可引发火灾。

#### （4）液压油、齿轮润滑油

稍有粘性的黄棕色液体，沸点  $282\sim 338^{\circ}\text{C}$ ，相对水密度 0.8，闪点 $>120^{\circ}\text{C}$ ，自然点  $300\sim 380^{\circ}\text{C}$ ，火灾危险性为丙类，可引发火灾。

## 3.3 场址选择和总体布置危险性辨识分析

### 3.3.1 场址选择的影响分析

拟建项目位于甘肃省白银市景泰县西北部，地处红水镇与上沙沃镇交界处，东南距景泰县城直线约 30 公里。场址分为两个地块，属山地地貌，地面高程介于 1960 米至 2710 米之间，高差显著。北侧紧邻 S308 省道，交通便利；西侧与古浪县接壤，东北方向靠近定武高速，地理位置图显示其临近中卫市和银川市等区域。

由于人为失火、雷电等原因易引发火灾，将会对风电场的正常运行产生

不利影响；由雷电等引发的风机火灾、变压器火灾有可能引发林木着火，火势若得不到及时控制可能会对周边构成威胁。

施工期间由于风电场建设、修路、埋设电缆过程中，开挖扰动地表，改变原地貌，破坏地表植被，受降水和大风影响，直接形成地表剥蚀、扬尘飞沙和侵蚀冲沟，并使地表原有结构被破坏，植被退化，加剧水土流失。

### 3.3.2 总体布置的影响分析

该项目风向较为集中，因此考虑在垂直于盛行风向上，风电机组间隔 2.5 倍风轮直径以上，风机间距满足《风力发电场设计技术规范》(DL/T5383-2007) 第 5.1.3 条的要求。

对于风电场边缘主风向明显且受周围风机影响较小的机位，适当减小间距，对于风电场主风向不明显且受尾流影响较大的机位，适当加大间距。机组间正常运行不会产生互相干扰。

该项目风电场风电机组按“一机一变”配置箱变。如果箱式变电站距离风电机组较近，由于发电机组高大，如果发生风轮叶片断裂、塔架倒塌等事故时会对箱式变电站带来不安全因素。

场区集电线路根据风力发电机组的布置确定，考虑升压站的位置及集电线路的输送距离、输送容量和安全距离，35kV 集电线路采用架空方式与电缆相结合的线路，集电线路布置回路较为合理。

拟建项目场区巡检道路路基如果处理不当、道路护坡处理不当、雨水冲刷等会造成沉陷、塌方，影响交通安全。如果道路纵深不够，会造成风机叶片大件运输受阻，甚至无法运输。在连续下坡段，如未设紧急停车带、紧急避险车道，可能会造成刹车失灵，发生翻车事故。场内道路防护设施不到位、交通信号标志不完善，雨雪天气未对道路尤其是坡道处及时清理，会导致车辆伤害、人员滑倒摔伤等事故的发生。

### 3.4 自然灾害危险、有害因素辨识分析

#### 3.4.1 地质灾害的影响分析

拟建场区为连绵起伏的山地，山脊裸露，植被稀疏，主要为荒地及残积土覆盖，场地内无不良地质现象，未发现影响场地稳定的滑坡、崩塌、活动断层及复活断裂、泥石流和地下洞室等不良地质作用，亦无河道、沟浜、墓穴、防空洞等不利埋藏物分布，场区稳定性相对较好。

场地内地下水位埋深较大，建筑物基础位于地下水位以上，地下水对建筑物基本无影响。地基土对混凝土结构、对混凝土结构中的钢筋及钢结构具微腐蚀性。

通过对场址区域内在新构造运动、断裂活动及地震特征等方面进行综合分析，认为场址处于相对稳定区，适宜工程建设。但当受地震、地表迁移、破坏影响时，可造成风电机组、杆塔垮塌。

因风机为高耸结构建筑物，重心高，需承受 360°方向重复荷载和大偏心受力，承受的水平风力和倾覆弯距较大，且风力发电机组对基础的沉降变形及倾斜度具有较高的控制要求，对基础不均匀沉降要求较高。

#### 3.4.2 地震灾害的影响分析

根据《中国地震动参数区划图》(GB18306-2015)，场区地震动峰值加速度 0.20g（对应烈度 8 度），特征周期 0.45s。风机基础设计反应谱与场地类别（II类）匹配度不足时，可能导致：①风机塔筒一阶固有频率与地震卓越频率重叠，引发结构动力响应超标；②地震水平力作用下，扩展式基础抗滑移安全系数可能降至 1.2 以下，锚栓组承受附加剪力；③场地内分布湿陷性黄土，地震液化指数超标区域占比 12%，可能引发地基不均匀沉降。

#### 3.4.3 雷击危害的影响分析

造成雷电危害的原因主要包括直击雷、闪电感应和闪电电涌侵入。该项目风电机组塔架属于高耸构筑物。风机基础的结构设计方案，需要根据业主确定风机供货厂家后，由厂家提供详细数据资料，经计算、比较后最终予以

确定。本阶段暂考虑采用重力式扩展基础，风机基础与风机塔筒通过预应力锚栓连接。如果叶片接闪器、风力发电机组、建筑物及其他装置设施未采取可靠的防雷措施或避雷装置存在设计缺陷、安装缺陷、接地阻值过大或装置在运行中检测、维护不及时等问题导致防雷设施损坏、失效，发生雷击时导致装置火灾、触电、风机损毁等危险。

防雷装置承受雷击时，其接闪器、引下线和接地装置呈现很高的冲击电压，可能击穿与邻近的导体之间的绝缘造成二次放电，引起爆炸和火灾，也可能造成电击。

闪电感应也能产生很高的冲击电压，与电力系统其他形式的过电压危害类似，主要包括闪电静电感应和闪电电磁感应。闪电静电感应是指由于雷云的作用，使附近导体上感应出与雷云符号相反的电荷，雷云在放电时，先导通道中的电荷迅速中和，在导体上的感应电荷得到释放，如没有就近导入地中就会产生很高的电位。闪电电磁感应是指由于雷电流迅速变化在其周围空间产生瞬变的强电磁场，使附近导体上感应出很高的电动势。如果防闪电感应的接地装置存在缺陷，会造成设备损坏和人员伤害。

雷击电气线路时，闪电电涌将沿着电气线路传入室内，酿成大面积雷害事故。架空金属管道也有闪电电涌侵入的危险。

雷击过程中产生感应过电压。如果感应的过电压进入控制系统，引起电子器件的损坏。

巡检人员雷雨天气野外作业，如果云量多且低时，可能由于人员位于空旷处或树下避雨而遭雷击。

#### 3.4.4 暴风危害的影响分析

该项目风机的切入风速为 3.0m/s，切出风速为 20m/s，但在此类风况条件下，如果风电机组的控制系统失灵、塔架安装不牢，基础的设计直径、深度不满足要求，基础施工质量达不到设计要求、塔架连接部位连接件不符合设计规定、运行中检查不及时，容易发生塔架晃动、倾覆、折断、直至垮塌

等危险因素。如果风机叶片质量不合格或老化，遭受暴风时可能折断，可能对人员造成物体打击事故。人员野外作业，遇大风天气，作业活动困难；严重时被风卷离地面。大风时高处作业人员未系安全带，还可能发生高处坠落事故。

#### 3.4.5 暴雨、洪水危害的影响分析

风力发电场面积大，下暴雨时，如果建筑、装置设在可能形成洪流的区域，洪流冲刷风机、箱变基础周围的土，长期冲刷，可能导致设施基础裸露甚至坍塌，并可能引发生电气事故；在现场巡检人员如果逃避不及时也可能发生淹溺事故；如果建筑、装置基础长时间浸泡，再加上遇到强对流天气，可能发生坍塌事故。人员或车辆受到洪流的影响，可能发生淹溺事故。

洪水（含山洪、沟谷洪水）可能造成升压站受洪水侵袭，风电机组、杆塔受到水力冲击，破坏设备设施，严重者可能导致人员伤亡和设备损坏。

#### 3.4.6 低温危害的影响分析

冬季室外作业时人员未穿戴防寒用品易冻伤，遭遇极端天气时，会造成室外工作人员行动不便，甚至造成伤害。高处作业时低温会增加高处坠落事故发生的概率。

室外设备受低温影响产生冷脆。该项目采用钢结构部件，由于金属材料对温度的变化敏感，在正常温度下的韧性材料，处于低温环境时往往会变脆，当温度下降到某个临界值时，材料的微小裂纹就会以极快的速度扩展，最后导致材料断裂。寒冷季节更容易发生钢结构件断裂事故。

风力发电机组所使用的油品受到温度的影响也比较大，低温会使风机液压系统工作不正常。温度越低，油的粘度越大，低温时油的流动性很差，需要润滑的部位可能得不到充分的润滑油供给，这会危及设备的安全运行，出现偏航阻力增加、驱动电机烧毁和偏航齿盘受损等故障，可能导致风电机组刹车液压系统工作不正常，刹车时间延长、振动加大。

低温下空气的黏度会减小，空气密度将增加，会引起机组的空气动力学

性能变化，直接影响机组的载荷。低温会使叶片阻尼等结构特性发生变化，振动加大，寿命缩短，而且大风低温时的刹车动作可能引起叶片折断。

电子电气器件功能受温度影响较大，极寒天气影响变电设备的正常运行，会频繁出现报警现象，严重影响安全生产。其中，六氟化硫断路器本体和机构箱受天气影响造成气体压力异常降低，会造成机构箱内温度过低而造成本体六氟化硫气体压力不足而闭锁。

极寒天气往往伴随风雪，风速风向仪可能会被冰、霜、雪覆盖，风电机组无法正常测量到风向和风速。不正确的风向信号传送到风电机组控制系统，会使机组对风不正确或停机，影响风电机组的可利用率。

#### 3.4.7 植被的影响分析

场区为连绵起伏的山地，山脊裸露，植被稀疏，主要为荒地及残积土覆盖。冬春干旱少雨季节，由于人为失火、雷电等原因易引发火灾。如果扑救人员未经过消防培训，扑救方式不合理，还可能造成人员伤亡事故。

#### 3.4.8 污垢的影响分析

叶片表面长期运行会积累很多污垢，叶尖和切风面表面污垢尤为严重。如不及时进行处理会造成叶片的配重失调，而叶片配重失调会导致主轴的传动不在一个平面，产生因配重失衡造成的震颤和噪音，会造成轴承、齿轮等部件的损坏，影响风机的寿命。

#### 3.4.9 冲沟的影响分析

冲沟具有流域面积较小、纵坡降大、沟内支沟不发育等特征，沟谷呈“V”字型。沟内平时无水，当下雨时会有水流，降雨较大时，则会对该项目建（构）筑物造成危害。

### 3.5 主要建（构）筑物危险、有害因素辨识分析

#### 3.5.1 风机地基缺陷

地基缺陷主要表现为地基的不均匀性和场地稳定性差两个方面。风电机组基础的持力层分布不连续、层厚不均。风电机组地基除承受风电机组竖向

力、基础自重和回填土重的作用，风机基础还受到水平力和水平力的可变载荷的作用，也有可能罕遇地震作用。

风电机组地基压缩层范围内的土层不均匀，由于不同土层压缩性的不同，会引起基础的不均匀沉降，造成风电机组整体倾斜，严重时可能造成风机倒塌事故。

### 3.5.2 风机基础缺陷

如果风机地基基础设计荷载偏小，基础的抗滑稳定计算、抗倾覆稳定计算、基础沉降和倾斜变形计算有误，未进行基础的裂缝宽度验算、基础内力、配筋和材料强度验算及基础的动态刚度和抗浮稳定等验算，风电机组建成运行的初期可能引起振动过大。甚至大风、多雨季节，可能导致风机倒塌。

基础施工过程中若存在违章施工、工程监理不到位，可能造成基础存在质量缺陷；如果基础中钢筋、水泥标号不合格等，会造成基础承压强度降低，可能会导致基础破裂，造成风机倒塌事故。

风电机组基础若没有做护坡防护，或护坡施工存在缺陷等，在雨季基础可能受雨水或潮水冲刷破坏，在大风天气受风力侵蚀损坏，若不能及时修复或维护，可能会造成风电机组坍塌事故。

如果风机布置在冲沟附近，其基础可能受洪水的冲刷埋深减小，从而导致风机倾斜；冲沟附近的土壤湿度大，冬季由于冻胀力的作用，可能导致基础倾斜。

如果风机基础抗震结构设计存在问题，施工质量不合格或遭遇超标准地震等都会引起抗震效果减弱，地震时造成破坏。

### 3.5.3 变压器基础缺陷

箱变及主变基础设计存在缺陷或不合理，如设计载荷有误，基础结构没有考虑工程地质条件和地震影响，地基承载力和抗震设防不能满足要求，可能会导致基础沉降等事故的发生。

箱变及主变基础施工过程中，若存在违章施工、施工监理不到位，可能造成基础施工质量缺陷，如基础中钢筋、水泥标号不合格等，会造成基础承

压强度降低，导致基础破裂、局部沉降等塌事故。

### 3.5.4 升压站建筑结构缺陷

#### (1) 建（构）筑物地基和基础缺陷

1) 工程勘察工作不符合规范要求，如勘察布孔间距偏大、钻孔取土深度太浅，或在取土、式样运输和土工试验过程中出现差错。

2) 设计方案不合理。设计人员未根据建筑物上部结构载荷、平面布置、高度、体型、场地工程地质条件等合理选用基础形式，造成地基土不能满足建筑物对其受力要求。

3) 设计计算错误。载荷计算不准确，导致地基超载；基础地平面布置不合理造成不均匀沉降过大；地基沉降计算不准确，导致不均匀沉降失控。

4) 施工质量差。不按图纸施工，未按操作规程施工、偷工减料等。

5) 工程环境条件变化。

6) 基础采取的防腐蚀措施不合理，混凝土中掺加的阻锈剂等配比不合理，地下水会对钢筋混凝土造成腐蚀。

#### (2) 建（构）筑物结构缺陷

1) 建（构）筑物的结构类型、承载基础及地基类型分析不全面，建（构）筑物结构布置不合理。

2) 横墙的间距与建筑物高度之比不规范。

3) 高度、荷载差异较大的部位未设置沉降缝。

4) 长条形建筑未设置温度伸缩缝。

5) 非承重墙的厚度不合理，内墙对温差的抗变能力小。

6) 屋面承受的温度变化最大，产生温度应力最大，在设计过程未采取加强措施。

### 3.6 主要工艺设备及装置危险、有害因素辨识分析

风力发电机组主要由风轮（包括叶片和轮毂）、主轴、发电机、塔架、液压系统、偏航系统、变桨系统、变流器、电气系统、控制系统等组成。风

电场在运行过程中由于设计缺陷、负荷考虑不足、未考虑风力发电机组特性、结构上存在缺陷、安全和保护系统不完善、安全系统设计缺陷、运行人员操作失误、传感器发生故障，制造、安装、和维护时存在缺陷，组装质量不好、安装质量不好、维护不当等会导致事故的发生。同时复杂地形产生的气流会造成偏航力矩，从而导致部件疲劳，雷电、暴雨等也会对风电机组造成损害。下面分别对风电场各个系统的危险、有害因素进行分析。

### 3.6.1 风机叶片

风机叶片缺陷可能导致的危险因素有：叶片断裂、叶片雷击、叶片早期失效。

#### （1）叶片断裂

叶片正常运行时，受到风载荷、离心力和重力的作用产生振动造成叶片断裂。叶片主要的振动源有：

- 1) 风轮旋转时，各叶片自身的重力与其长度方向轴线的夹角周期性变化。
- 2) 风轮扫掠面上下部位风速不均匀分布。
- 3) 风速在短时间内的紊流与脉动。
- 4) 风轮轴不能对准风向时，由于流场的轴向不对称性，各个叶片上气流速度三角形产生差别。
- 5) 风向变化、风轮轴作调向转动时，使叶片内部产生陀螺效应应力。
- 6) 叶片的振动频率与幅度必须控制在保证风力机安全工作的水平上，否则叶片因产生疲劳而断裂。叶片的固有振动频率应与风机的其他构件（塔架、机舱、控制系统等）的固有振动频率不同，否则引起共振致使风机坍塌。

#### （2）叶片遭雷击

- 1) 叶片内部未设置防雷装置。
- 2) 叶片内、机舱底板与上段塔架之间、塔架各段之间连接不良。
- 3) 发电机组的接地电阻值不合格。
- 4) 由于防雷系统失效，叶片遭雷击时断裂。

### （3）叶片早期失效

- 1) 风机叶片材质不合理，风机叶片的外形和表面光洁度破坏。
- 2) 风机组叶片缺乏环境的适应性，叶片涂层早期失效。
- 3) 叶片的制作质量差。

## 3.6.2 风机塔筒

### （1）结构失效风险

塔筒法兰连接处高强螺栓在 20 年设计寿命内承受  $1 \times 10^7$  次循环载荷，若预紧力损失  $> 15\%$ ，可能导致法兰面分离；塔筒纵向焊缝 UT 检测盲区未采用 TOFD 复检，裂纹检出率降低 30%；塔筒外壁锌铝涂层在沙尘腐蚀环境下有效寿命仅 8 年局部锈蚀速率  $> 0.05\text{mm/a}$ 。

### （2）动态响应失控

塔筒顶部振幅设计限值  $\leq H/200$ ，实际湍流强度  $I=0.14$  时振幅可达 800mm；塔筒一阶固有频率与风轮旋转频率比值  $1.22 < 1.5$ ，可能引发拍振现象。

## 3.6.3 液压系统

（1）油泵叶轮磨损严重，压力不稳或压力过低，偏航制动器刹车不良，在偏航对风、解缆、侧风偏航时机头振动。

（2）液压油管破裂或漏油，液压系统压力迅速消失或减小，机头严重振动。

（3）液压系统漏油时，遇到明火（电气火花、雷电火花等）发生火灾。

## 3.6.4 偏航系统

偏航系统缺陷主要有齿环齿面过度磨损、偏航压力不稳、偏航定位不准、偏航计数不准等。

### （1）齿环齿面过度磨损

- 1) 齿环材质选择不当，加工制造质量不合格。
- 2) 风机偏航运转时，发生冲击载荷，齿面产生麻点，甚至发生断齿。
- 3) 风机长期运行，齿面磨损后间隙增大，运行时噪声增大。

4) 齿面啮合部位润滑不良, 磨损加剧。

(2) 偏航压力不稳

1) 液压油泵供油压力不稳, 使偏航制动装置产生的刹车力变化。

2) 液压系统储能器故障。

3) 液压系统电磁阀、压力继电器、安全阀等元件故障。

(3) 偏航定位不准

1) 偏航制动器产生的阻尼力矩过大或过小。

2) 齿环的齿面磨损严重。

3) 风向标光敏风向传感器信号失真。

(4) 偏航计数不准

1) 风向标光敏风向传感器安装不牢。

2) 有异物遮住光敏传感器。

3) 光敏传感器信号馈线故障。

### 3.6.5 变桨系统

目前风力发电机组较多采用电机驱动的变桨距机构, 主要由电机驱动系统、制动装置、叶片安装角检测系统、电气系统组成。变桨系统缺陷可能导致以下故障:

(1) 驱动电机故障, 如电机线圈断路、电机电源线断路, 引起叶片不能转动, 风速突然变化导致发电机功率波动大, 叶片水平载荷突然增大, 塔架基部弯曲载荷增大, 极端情况下可能折断叶片或塔架。

(2) 制动装置失灵, 叶片失去控制, 风力机组运行失常。

(3) 叶片安装角检测系统故障, 致叶片安装角调节失控, 风机运行故障。

(4) 电气系统短路可能引发电气火灾, 继电器故障造成制动齿轮动作, 风电机组不能运行。

(5) 齿轮传动系统老化后, 齿轮间隙增大, 引起叶片摆动和振动。

(6) 变桨系统依靠电网正常供电来工作, 当电网出线故障时, 变桨系

统依靠后备电池进行顺桨。在恶劣环境下变桨系统蓄电池常期储存、损失容量，蓄电池选型时没有考虑风电场环境，没有严格的蓄电池控制系统，致使电网意外掉电时，变桨系统不能进行顺桨，可能会造成叶片损坏，严重时可能导致倒塔。

### 3.6.6 齿轮箱故障

#### （1）齿轮损伤

因选材不当、设计计算错误、加工和热处理不当、安装精度不够、润滑不足、使用维护不当等原因造成。

#### （2）齿面胶合

齿轮润滑条件不好或由于设计缺陷，造成齿轮齿面瞬时温度过高，啮合齿面会发生粘焊现象，严重时齿面撕脱，导致齿轮严重失效。

#### （3）轮齿折断

由于设计和制造、安装缺陷，齿轮在风速不稳定时经常受到冲击载荷，造成齿轮严重磨损。另一方面，也是齿根受到脉冲弯曲应力，齿根产生疲劳裂纹，造成轮齿折断。

#### （4）轴承损坏

由于安装、润滑、维护等方面的原因，造成轴承产生点蚀、裂纹、表面剥落等缺陷，使轴承失效，从而使齿轮副和箱体产生损坏。

#### （5）切键和滚键

由于材质缺陷、安装缺陷、润滑缺陷等原因，造成花键在运行过程中受到强力冲击，从而造成切键和滚键，使齿轮箱噪音增加甚至失效。

#### （6）齿轮箱漏油

由于设备事故、检修维护不当，可能导致齿轮箱漏油，若漏油过多可能导致齿轮箱过热，造成设备事故。

#### （7）断轴

制造过程没有消除应力集中因素，在过载和交变应力的作用下，超出材料的疲劳极限导致断轴。

### 3.6.7 发电机系统

风力发电机故障有绝缘电阻低、振动噪声大、轴承过热失效和绕组断路、短路接地等。

(1) 发电机温度过高、机械性损伤，潮湿、灰尘、导电微粒或其他污染物侵蚀发电机绕组等原因造成绝缘电阻低。

(2) 转子转动不平衡，安装不紧固、基础不好或有共振、转子与定子相擦等原因造成发电机振动噪声大。

(3) 不合适的润滑脂、润滑脂过多或过少，润滑脂失效、润滑脂不清洁，有异物进入，轴承磨损，轴弯曲、变形等原因造成轴承过热失效。

(4) 绕组机械性拉断、损伤，极间连接线焊接不良、接线头脱落，匝间短路，潮湿、灰尘、导电微粒或其他污染物污染、侵蚀绕组，长时间过载导致电机过热，其他电气元件的短路、故障引起过电压、过电流而导致绕组局部绝缘损坏、短路，雷击等原因造成发电机绕组断路、短路接地。

### 3.6.8 变流器

(1) 变流器所处现场环境恶劣，因高温发热、油水脏污、灰尘以及交流的电磁干扰等，将会影响变流器性能也极易导致变流器故障。

(2) 变流器本身质量不好、元件接触不良或型号参数不匹配等，导致变流器中开关管过电压和过电流，从而使开关管超过耐受极限而击穿或烧毁，有时甚至是永久性损伤。

(3) 风力发电机组在运行过程中遭遇电网故障，功率无法馈送入电网，导致功率直流侧和输出侧电压升高，发电机在运行中由于负载突变产生过高的冲击电流，发电机及传输电缆绝缘老化导致匝间或相间短路形成短路电流等，如最终超过元件的耐受限度，都会导致变流器元件故障。

### 3.6.9 风电机组防雷系统缺陷

(1) 风电机组防雷设计不合理。

(2) 风电机组和箱变接地设计不合理，接地电阻不合格，风电机组的

接地工程施工不合格。

(3) 接地网腐蚀造成接地网中断，导致接地电阻增大，雷击时不能导除电流。

(4) 接地引下线热稳定不满足要求。

(5) 机组叶片、机舱、塔架之间连接线设置不合理。

(6) 风电机组内部等电位汇接线断开。

(7) 在发电机、开关盘、控制器模块电子组件、信号电缆终端等，未采用避雷器或压敏块电阻等过电压保护。

(8) 采用的避雷器选型不合理。

雷暴对风电的主要影响为：闪电引起线路跳闸断电，对线路、风电机组、杆塔造成破坏性的影响，从而影响电网安全运行；闪电导致通讯系统中断、保护系统失控；如果雷电保护系统出现故障或设计不当，雷暴可能导致机舱及叶片起火；影响生产维护、施工人员的安全。

### 3.6.10 风力发电机组的润滑和磨损

从风力发电机组目前发生的故障来看，发电机、偏航等部位的轴承部件的损坏主要有几种情况的磨损：黏附磨损、腐蚀磨损、表面疲劳磨损、微动磨损和空蚀。使用润滑的作用就是要降低摩擦、减少磨损以及腐蚀和冷却。风电机组中主要采用合成油和矿物油，合成润滑油包括多种不同类型、不同化学结构和不同性能的化合物，多使用在比较苛刻的环境工况下，如重载、极高温、极低温以及高腐蚀性的环境下，因此在风电机组中最为常用的是润滑脂。润滑脂主要用于风电机组中轴承和偏航齿轮上，它除了有减磨和润滑作用外，还起着密封、减震、阻尼、防锈等作用。在风电机组维护工作中占有很重要的位置。下面是风电机组主要出现的磨损情况：

#### (1) 黏附磨损

黏附磨损指的是接触表面相对运动时，两个相对运行表面发生局部黏连，主要现象是表面划伤、烧合、咬死，在轴承中常发生这种磨损现象。

## （2）疲劳磨损

疲劳磨损指两个滑动和滚动摩擦表面，在交变的应力作用下，表层材料出现疲劳，然后出现微观裂缝，直至分离出碎片剥落或出现点蚀、麻点、凹坑等。

## （3）腐蚀磨损

腐蚀磨损指的是金属表面在摩擦过程中与周围介质在化学与电化学反应作用下产生的磨损，原因是润滑油、脂失效，如氧化、水化等。

## （4）微动磨损

微动磨损指的是在微小振幅重复摆动作用下，在两个接触表面产生的磨损，它的现象如同黏附和腐蚀磨损等共同磨损的结果。

## （5）空蚀

空蚀指固体与液体相对运动时，由于液体中系统在固体表面附近破裂时产生的局部高冲击压力或局部高温引起的磨损。

风力发电机组常常发生的轴承损坏，从润滑角度看，有以下几个主要原因：

- 1) 润滑脂或油失效，原因是使用时间超长；
- 2) 不同型式不相溶脂油混用或选用错误；
- 3) 润滑脂过分或油位太高，过分搅拌产生高温或漏油；
- 4) 润滑不足；
- 5) 轴承的安装、定位，调整（间隙等）不合适。

### 3.6.11 风功率预测系统

影响风功率预测的因素主要有风速、风向、空气密度和地表粗糙度等。这些因素可能影响风电场的输出功率，风电场的功率波动会对地区电网运行产生一定影响。主要是功率波动带来的电压变化，对电网造成冲击。

### 3.6.12 集电线路

若路径选择、基础设计、防雷接地设计、绝缘配置等不合理，运行管理

不善，受外界环境因素影响（地震、滑坡、泥石流、低温冰冻、雷击、外力撞击、树障等），可能导致集电线路倒塔、过电压、单相接地、污闪等线路故障事故。在架空集电线路运行维护过程中，因人员误操作、管理不善或设备故障，可能导致高处坠落、物体打击、触电等人身伤害事故。

#### （1）架空线路故障

1）单相接地是配电系统最常见的故障，多发生在潮湿、多雨天气。单相接地不仅影响了用户的正常供电，而且可能产生过电压，烧坏设备，甚至引起相间短路而扩大事故。

2）由于外力破坏、雷击、鸟害等因素造成线路中不同电位的两点被导体短接起来，或者其间的绝缘被击穿，造成线路不能正常工作而发生短路故障。导线弧垂过大，遇刮大风导线摆动，线路、设备运行时间较长，绝缘性能下降，也会造成短路故障的发生。

3）由于车辆撞断电杆、超高车挂断导线、树木等异物砸断导线、空旷地带的绝缘线易被雷击、导线接头处接触不良或过负荷烧断跌落式熔断器、操作人员拉合不当用力过猛等因素会造成断路故障的发生。

#### 4）闪络事故

线路上的绝缘子由于受到空气中有害成分的影响，形成污秽，遇到潮湿天气，污秽层吸收水分，使导电性能增强，既增加了电能损耗，又容易造成闪络事故。线路上误装不合格的绝缘或因绝缘子老化，在工频电压作用下发生闪络击穿。绝缘子绝缘部分受外力破坏，发生裂纹或破损，应及时予以更换，否则将会引起绝缘降低而发生闪络事故。寒冷天气降水后会在线路上形成覆冰，造成冰闪。

#### （2）杆塔倒塌

1）杆塔型式、杆塔强度的设计、选型不合理，对地形复杂、气象条件恶劣、交通困难地段的杆塔未适当增加杆塔强度，可能会造成杆塔倒塌。

2）未按要求对线路杆塔进行检查巡视，未及时发现并消除隐患。

3）场内发生交通事故，车辆意外撞断杆塔。

### （3）防雷系统缺陷

1) 防雷系统未按照《交流电气装置的接地设计规范》(GB/T50065-2011)等有关标准进行设计,施工单位未严格按设计进行施工,留下防雷系统缺陷。

2) 防雷设施未按要求进行定期检测,未及时消除缺陷,造成雷击。

### （4）触电

高压集电线路断线落在地面,如果人或牲畜站在距离电线落地点 8 米~10 米内,就可能发生跨步电压触电。

杆塔未设识别标记和双重名称,停电检修时,作业人员有可能误登带电杆塔造成触电事故。登杆塔作业时无人监护,也可能发生作业人员误登带电杆塔造成触电。

线路未应用标志、色标及其它方法加以区别,有可能在检修作业时发生误登带电线路造成触电的危险。

同塔双回线路,其中一回带电运行,一回施工或停电检修时会产生感应电,如不采取有效的防范措施,容易造成作业人员的感应电触电事故。

### （5）埋地电缆危险、有害因素分析

#### 1) 电缆机械损伤与腐蚀

直埋电缆敷设于壕沟内,若覆土深度不足(原设计要求 $\geq 700\text{mm}$ )、过路及沟壑段未穿 $\Phi 200$  MPP 或镀锌钢管保护,可能受外部机械力挤压、施工误挖、沉降等影响导致绝缘层破损。

土壤中腐蚀性物质(如酸碱物质、盐分)长期侵蚀铠装层,造成电缆金属护套锈蚀,绝缘性能下降,引发短路或漏电。

#### 2) 防护失效与外力破坏

直埋电缆的红砖与软土防护层受雨水冲刷、冻融循环或地质位移破坏,可能导致电缆裸露或断裂。

交叉施工区域(如道路扩建、管线敷设)未设置警示标志,遭遇外力挖掘损坏电缆。

### 3) 热稳定与载流隐患

电缆截面选择不当（原设计为  $95-400\text{mm}^2$ ），在长期过载或短时故障电流冲击下，可能超过热稳定校验阈值，导致绝缘过热熔化甚至引燃周边可燃物。

### 4) 接头与密封缺陷

冷缩式接头安装工艺不达标，或电缆终端密封不良，水汽侵入导致绝缘击穿。

### 5) 同步光缆干扰风险

通信光缆与电力电缆同沟敷设，若电磁屏蔽措施不足（如波纹护套管破损），强电场可能干扰光缆信号稳定性。

## （6）架空集电线路未进行防盗设计导致杆塔倒塌的危险有害因素的辨识分析

### 1) 防盗措施缺失风险

未采用防盗螺栓，塔材角钢被盗割后抗弯承载力下降  $>40\%$ ；镀锌扁钢未采用防盗焊接工艺，盗窃导致接地电阻从  $0.5\Omega$  升至  $>4\Omega$ ；线路通道视频监控覆盖率仅  $60\%$ ，夜间红外探测距离  $<50\text{m}$ 。

### 2) 倒塌连锁效应

单基杆塔失稳可能引发相邻塔位串倒，导致  $35\text{kV}$  集电线路全停；导线落地产生接触电压，跨步电压超标区域半径  $>8\text{m}$ 。

## 3.6.13 风电机组电缆故障

### （1）电缆绞断

1) 风力机组未设扭缆传感器和解缆保护开关或线路设计缺陷。

2) 对风机塔上至塔中电缆的检查（尤其是风向多变季节）未落实，解缆保护开关故障。

3) 偏转制动法兰和制动卡钳故障，检查后未认真落实，偏转轴齿轮润滑不良。

#### 4) 解缆传感器故障。

#### (2) 电缆损坏

1) 风电机塔架内电缆选型不合理, 未使用带金属编织层的电缆或使用护管, 啮齿类动物进入塔架内部可能咬坏电缆, 造成电缆破损和短路事故。

2) 风电场当地气温较低, 如果塔架密封不良, 检修和巡视后忘记关闭入口门, 在低温天气可能冻坏电缆护套, 造成电缆护套和绝缘层损坏, 进而引起短路事故。

### 3.6.14 箱变火灾

箱变在运行中常见的故障有短路、污闪等, 造成箱变火灾。

#### (1) 短路

主要有匝间短路、绕组接地、相间短路, 断线及接头开焊等, 产生电火花, 引燃变压器油, 造成变压器发生火灾。

#### (2) 分接开关接触不良放电

常见的故障有分接开关接触不良或位置不准, 触头表面熔化与灼伤及相间触头放电或各分接头放电, 产生电火花, 引起火灾事故。

#### (3) 过电压

运行中的变压器受到雷击时, 如果接地不合格, 引起电力系统的某些参数发生变化, 由于电磁振荡的原因, 将引起变压器内部过电压, 这两类过电压所引起的变压器损坏大多是绕组主绝缘击穿, 相间短路, 产生电火花, 引起火灾事故。

#### (4) 铁芯磁路故障

铁芯的穿心螺丝及夹板碰接铁芯, 其间发生短路时将有很大电流通过, 造成局部过热, 有时甚至使铁芯、夹板熔化并引起绝缘着火。

硅钢片间的绝缘损坏或老化, 则片间绝缘降低, 涡流增加, 将导致局部过热甚至熔化。同时使绕组温度升高而加速老化。

铁芯无良好的一点接地, 则在绕组的感应下产生冲放电现象, 在铁芯与接地的油箱之间产生断续放电, 使变压器油变质。

### （5）凝露

箱式变箱体内外温、湿度差较大，在外界温度急剧变化时，箱体内部容易产生凝露现象，从而引起带电设备闪络放电引起火灾。

### 3.6.15 控制系统

风力机的主要运行手段是通过可靠的控制系统来完成的，如果控制系统软件失误、主控制器负荷过高、配置失误造成的危害是：系统反应时间过长，影响机组调节和保护动作。

（1）微机控制的风力发电机组应注意强电磁场的干扰，强电磁场的频率非常宽，强度高，往往造成误指令，甚至强电磁波会使控制继电器误动作，甚至很严重的破坏事故。

（2）一次检测元部件故障（如振动、温度、转速、电流、电压等表无指示，指最大值，指最小值，指示值不变化等），导致对机组运行工况误判断、造成人为误操作，导致机组保护拒动或误动，危及机组安全运行。

（3）控制系统的电缆较为密集，阻燃措施不完善，一旦电缆发生故障和燃烧，将会引发严重的火灾事故，使整个系统损坏、失控，造成损失。

（4）控制系统电源失电故障（如主控制系统失去工作电源或直流操作电源等）。主要是控制电源回路断线；过负荷熔断器熔断；电源回路短路电源开关跳闸。控制系统电源失电，将导致控制设备及其系统瘫痪。

（5）控制接地系统故障（如控制接地回路断线、接地电阻阻值增大、单点接地系统受损、形成多点接地等）主要是接地电极腐蚀断线、接地阻值增大、接地线受机械外伤断线或接地线连接螺丝松动。控制接地系统故障会导致整个控制系统参考电压忽高忽低不稳定，抗干扰能力降低，易受外界电磁干扰影响。影响控制逻辑判断运算，出现意想不到的突发动作，危及机组安全运行，有造成人员伤亡或设备重大损坏的可能性。

（6）通信网络回路故障（如通讯回路断线通讯中断、通讯接口故障死机等）主要是通讯回路受机械外伤断线或通讯接口组件损坏。通信网络回路故障将使控制设备及其系统瘫痪，造成机组失控，人员伤亡或设备损坏事故

的可能性。

### 3.7 升压站电气设备的危险、有害因素辨识与分析

#### 3.7.1 变压器火灾

(1) 绝缘不良，变压器铁芯叠装不良，芯片间绝缘老化，引起铁损增加，造成变压器过热引发火灾。

(2) 螺栓松动、焊接不牢、分接开关接点损坏等原因造成导线接触不良，引起发热而温度升高，引发火灾。

(3) 变压器油箱、套管等渗油、漏油，形成表面污垢遇明火或高温燃烧。

(4) 二次接线板受潮。

(5) 电压互感器密封不严，进水引起爆炸。

(6) 防雷设施不完善，过电压引起绝缘击穿。

(7) 分接开关接触不良，烧损，不定期进行试验检修。

(8) 外部短路事故引起绕组变形、层间短路。

(9) 绝缘油劣化。

(10) 油流带电引发静电放电。

(11) 主变未在投产前进行现场局部变形试验。

(12) 变压器过负荷运行。

(13) 变压器保护配置缺陷。

#### 3.7.2 电缆火灾

(1) 短路

电缆产生短路的原因主要包括：

1) 选用电缆时，没有按具体环境选型而导致绝缘强度不足，使绝缘受高温、潮湿或腐蚀等有害环境的作用，失去绝缘能力。

2) 超期运行，绝缘层陈旧老化或受损，线芯裸露。

3) 电缆过电压使绝缘击穿。

- 4) 安装、检修人员接错线路, 或使带电线路短路。
- 5) 电缆敷设安装时, 违章作业造成电缆绝缘机械损伤。
- 6) 电缆沟盖板不严, 蛇、鼠等小动物进入, 咬啮电缆造成短路。

#### (2) 过载(超负荷)

- 1) 电缆截面选择不当, 实际负载超过电缆的安全载流量。
- 2) 在线路中接入过多或功率过大的电气设备, 超过了配电线路的负载能力。
- 3) 电缆接头连接不牢固或其他原因使接头接触不良, 导致局部电阻过大, 产生高温, 使金属熔化, 引起绝缘材料燃烧。
- (3) 浸油电气设备故障喷油起火, 油流入电缆沟内引起电缆着火。
- (4) 电缆沟盖板不严, 电焊渣火花落入沟道内使电缆着火。
- (5) 电缆孔洞未采取严密封、堵、隔、涂措施可能造成事故扩大。

### 3.7.3 断路器故障

#### (1) 断路器分闸失灵

如果发生断路器分闸失灵事故时, 将会导致事故升级, 扩大事故范围。原因如下: 分闸操作回路断线; 分闸线圈断线; 操作电源电压降低; 分闸线圈电阻增加, 分闸力降低; 分闸顶杆变形, 分闸时存在卡涩现象, 分闸力降低; 分闸顶杆变形严重, 分闸时卡死。

#### (2) 弹簧操作机构合闸储能回路故障

合闸储能不到位时, 线路发生事故后, 断路器拒分闸, 将导致事故越级, 扩大事故范围。如储能电机损坏, 则真空开关无法实现分合闸。原因主要有:

- 1) 行程开关安装位置偏下, 致使合闸弹簧尚未储能完毕, 行程开关触点已经转换完毕, 切断了电机电源, 弹簧所储能量不满足分闸合作。
- 2) 行程开关安装位置偏上, 致使合闸弹簧储能完毕后, 行程开关触点还没有得到转换, 储能电机仍处于工作状态。
- 3) 行程快关损坏, 储能电机不能停止运转。

#### (3) 断路器分合闸不同期、弹跳数值大

如果断路器分合闸不同期或弹跳大，都会严重影响真空断路器开断过电流的能力，影响断路器的寿命，严重时可能引起断路器爆炸。主要是由于断路器本体机械性能较差，多次操作后，由于机械原因导致分合闸不同期、弹跳数值偏大。

#### （4）SF<sub>6</sub> 系统故障

1) 由于 SF<sub>6</sub> 气体的密度大约是空气密度的 5 倍，如果断路器发生泄漏事故，SF<sub>6</sub> 沉积于低洼处（如电缆沟中），浓度过大可能引起人员窒息。SF<sub>6</sub> 在电弧的高温作用下，分解产物为 SF<sub>4</sub>、S<sub>2</sub>F<sub>2</sub>、SF<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>F<sub>2</sub>、SOF<sub>4</sub>、HF 等，都具有强烈的腐蚀作用和毒性，人员吸入可能发生中毒。

2) 由于 SF<sub>6</sub> 低温液化的影响，如果断路器选型不合理，当 SF<sub>6</sub> 气体压力降到闭锁压力值时，断路器不得不退出运行。

3) 当 SF<sub>6</sub> 气体含水分较多时，在 200℃以上就会分解产生 HF 气体，加快断路器的腐蚀。如果温度降低，水分在设备表面凝露，造成沿面放电。

### 3.7.4 接地网故障

（1）接地电阻不合格，不能及时排泄事故电流。

（2）埋设在地下的镀锌扁钢制造和焊接时没有充分考虑防腐蚀措施，有可能造成接地网中断而造成事故。

（3）接地引下线热稳定不满足要求。

（4）雷击。

（5）接地网设计、施工和验收未按照标准和规范的要求进行。

### 3.7.5 继电保护装置故障

继电保护装置的不正确动作（拒动、误动或无保护跳闸）引起本设备及其相邻设备跳闸，严重的造成停电事故。

继电保护装置设计不合理、原理不成熟、制造缺陷、定值问题、调试问题、维护不良和人员“三误”都可能造成继电保护误动或拒动，将可能导致重大设备损坏、全场停电等重大事故。

### 3.7.6 蓄电池和直流系统故障

蓄电池和直流系统作为直流保安电源主要在升压站发生事故停电时向控制、信号和自动装置等控制负荷以及交流不停电电源等动力负荷和事故照明提供电力。蓄电池日常维护不到位，使蓄电池的供电容量、供电时间达不到设计规定的要求，可能导致断路器无法操作，影响事故处理和供电恢复。直流回路熔断器上、下级配置不合理、熔断器本身质量有问题而造成直流电源中断。

### 3.7.7 升压站防雷系统缺陷

(1) 升压站电气设施未设置避雷设施或防雷设计不合理。

(2) 升压站电气设施的防雷设施未与接地网可靠连接。

(3) 升压站电气设施未采取防止感应雷的措施。

(4) 升压站电气设施采用的避雷器选型不满足使用要求。

(5) 升压站电气设施避雷器配置不合理。在 110kV、35kV 母线上未配置避雷器。当变压器远离高压配电装置又不在配电装置避雷器的保护范围内时，未在变压器附近设置避雷器。

### 3.7.8 无功补偿装置故障

(1) 补偿装置的电器元件（控制器）故障，补偿器上  $\cos\phi$  显示不准确。

(2) 熔断器选型配置不当，保险系统电流取值不合理，安装工艺等原因造成熔断器损坏。

(3) 切换电容接触器故障。

(4) 电容器质量问题。电容器制造不良，电容器受潮、漏油在运行中会造成电容器发热鼓包、起火爆炸、短路等严重事故。

(5) 电抗器制造工艺不良，运输安装过程中电抗器受损等造成绕组匝间短路、接触不良，在运行中会造成发热、短路故障；电抗器设计配置不当，引起谐振过电压损坏。

## （6）SVG 电压穿越能力不足的危险性分析

### 1) 高/低电压穿越能力缺陷：

SVG 设备若未配置高、低电压穿越功能，或穿越能力低于风电机组及储能系统，在电网电压骤升或骤降时（如电网故障、雷击等），可能无法及时响应电压波动，导致无功支撑中断。

电压跌落期间，SVG 无法维持动态无功输出，导致风电机组因系统电压崩溃而连锁脱网，扩大事故范围。

### 2) 保护配合失效风险：

SVG 与风电机组、储能系统的电压穿越参数不匹配，可能引发保护装置误动或拒动。例如，风电机组具备低电压穿越能力（如电压跌至 20% 时持续 500ms），而 SVG 仅能支撑至 40% 电压水平，此时 SVG 将提前退出运行，加剧系统电压失稳。

### 3) 设备过电压损坏：

在电网电压异常恢复过程中（如故障切除后电压快速回升），SVG 若缺乏高电压穿越能力，其功率模块可能因过压击穿，造成设备损坏甚至火灾。

### 4) 谐波与振荡风险：

SVG 电压穿越能力不足可能导致动态响应延迟，在电网故障期间与风电机组、储能系统产生无功交互振荡，引发谐波放大或次同步振荡，威胁设备安全。

## 3.7.9 污闪

大气中的各种污秽物沉降在电气设备瓷件和绝缘子的表面上，当它吸收了潮湿空气中的水分后，使绝缘强度急剧下降而发生绝缘闪络。

## 3.7.10 储能系统危险分析

### （1）储能电池

接线松动、壳体损伤、电池架松动可能导致设备损坏和物体打击。

正负极无绝缘保护措施可能引起着火和触电。

绝缘击穿、绝缘老化可能导致触电。

通信故障可能导致设备损坏。

运行环境控制措施不到位可能导致着火和设备损坏。

排风系统故障、可燃气体浓度超标可能导致着火和爆炸。

## （2）电池管理系统（BMS）

运行环境条件不符合要求。

系统自诊断故障。

线缆耐火等级不满足要求。

通信故障。

报警内容缺失和保护指令不及时。

对电池簇投切、温度调节和循环泵状态估算不准确。

均衡功能配置不当。

参数设置异常。

数据显示异常。

电气适应性不满足要求。

系统可用性不满足要求。

## （3）储能变流器（PCS）

柜体密封不严。

设备绝缘检测故障。

未接地或接地不规范。

变流器通信故障。

控制系统功能异常。

电磁兼容性能不满足要求。

变流器运行环境条件与设备正常工作环境条件不匹配。

高低电压穿越能力不足：

低电压穿越缺陷：PCS 未配置低电压穿越功能或阈值设置高于风电机组

（如风电机组要求电压跌至 20%时持续 500ms 不脱网，而 PCS 在电压跌至 30%即脱网），导致电网故障时储能系统提前退出，加剧系统电压崩溃风险。

高电压穿越缺陷：PCS 缺乏高电压耐受能力（如电压升至 120%时无法维持 1s 并网），电网操作过电压可能导致 PCS 功率模块 IGBT 击穿，引发设备起火。

穿越能力不匹配：PCS 与风电机组、SVG 的电压穿越逻辑不协同，在电压恢复阶段可能因无功出力冲突引发振荡，造成设备过载损坏。

#### （4）土建结构与暖通

抗震设防烈度大于或等于 7 度的地区，建（构）筑物抗震烈度不满足要求。

电池设备布置跨越建筑变形缝。

暖通系统对环境控制不满足设备要求。

通风系统控制不满足设备要求。

#### （5）消防设施

可燃气体探测装置不具备防爆能力。

电缆沟道未设置火灾探测装置。

消防主机未设置在值班室。

报警信号未上传至集控中心。

消防介质设计用量不足，消防灭火系统参数设计不当。

电池室未设置固定灭火装置或系统。

消防水源设置不充足。

消防系统无独立备用电源。

排风系统与可燃气体探测主机缺少联动。

#### （6）检修

设备检修周期、检修项目不符合要求。

外接试验仪器设备外壳接地不良。

检修储能单元部件时未将储能单元停机。

检修人员未佩戴绝缘手套，未穿戴防护服、防护鞋等防护用品。

#### （7）维护

维护仪器仪表及工器具未经过检测。

维护设备与在运设备未隔离。

维护设备外壳与站内接地点未有效连接。

#### （8）试验

试验设备未经过检测或设备检测时间未在有效检定期内。

外接试验仪器设备外壳与站内接地点未有效连接。

#### （9）高处作业

作业人员个人安全防护用品配备不足。

作业人员与带电设备安全距离不足。

#### （10）起重作业

起重设备未经检验合格。

起重负荷超过铭牌规定负荷。

起重设备与带电设备安全距离不符合要求。

#### （11）带电作业

电池室或预制舱内作业时绝缘措施不到位。

带电作业工器具未经检验合格。

#### （12）动火作业

动火作业前未配备足够的消防器材。

动火作业后未清理现场残留火种。

#### （13）有限空间作业

有限空间作业人员未佩戴防护装备或防护装备不合格。

储能电池在运行中可能因接线松动、壳体损伤、电解液泄漏等原因导致设备损坏、触电、火灾和爆炸等安全事故；其次，电池管理系统（BMS）可

能因通信故障、参数设置异常等问题导致电池管理系统失效，增加火灾和设备损坏风险；储能变流器（PCS）可能因柜体密封不严、设备绝缘检测故障等问题导致电气安全事故；土建结构和暖通系统可能因抗震设防不足、环境控制不满足设备要求等问题导致结构损坏和设备故障；消防设施可能因可燃气体探测装置不具备防爆能力、消防水源设置不充足等问题导致火灾时无法及时有效控制火情；设备检修过程中可能因检修周期不符合要求、外接试验仪器设备外壳接地不良等问题导致检修人员安全风险增加；维护过程中可能因维护仪器仪表及工器具未经过检测、维护设备与在运设备未隔离等问题导致设备损坏和人员伤害；试验过程中可能因试验设备未经过检测或设备检测时间未在有效检定期内等问题导致试验结果不准确或试验安全事故；高处作业可能因作业人员个人安全防护用品配备不足、作业人员与带电设备安全距离不足等问题导致高处坠落和触电事故；起重作业可能因起重设备未经检验合格、起重负荷超过铭牌规定负荷等问题导致起重设备损坏和作业人员伤害；带电作业可能因电池室或预制舱内作业时绝缘措施不到位、带电作业工器具未经检验合格等问题导致触电事故；动火作业可能因动火作业前未配备足够的消防器材、动火作业后未清理现场残留火种等问题导致火灾事故；有限空间作业可能因作业人员未佩戴防护装备或防护装备不合格等问题导致中毒、窒息等安全事故。

### 3.7.11 站用电

#### （1）电源配置缺陷

1）站用电系统未配置双电源自动切换装置或切换逻辑不合理，当主用电源（如站用变）故障时，备用电源（如柴油发电机、储能系统）无法及时投运，导致全站失电，继电保护、监控系统、消防设备等关键负荷断电，引发设备失控、火灾蔓延等连锁事故。

2）柴油发电机启动失败或容量不足，无法满足《电力工程直流电源系统设计技术规程》（DL/T 5044-2014）规定的备用电源容量要求（ $\geq 120\%$ 负荷），

导致关键设备供电中断。

#### （2）设备过载与短路风险

1) 站用变容量选型过小，或负荷分配不均，导致变压器长期过载运行，绕组温升超标，绝缘老化加速，可能引发短路火灾。

2) 低压配电柜内断路器、接触器等元件选型不当，分断能力不足，短路故障时无法有效切断电流，导致电弧灼烧或设备爆炸。

#### （3）接地与绝缘故障

1) 站用电系统接地方式（如 TN-S、TT）设计不符合《交流电气装置的接地设计规范》（GB/T 50065-2011）要求，中性线重复接地或绝缘监测失效，可能引发人身触电或设备损坏。

2) 电缆绝缘层老化、潮湿环境下绝缘电阻降低，导致漏电流增大，引发接地故障或电气火灾。

#### （4）操作与维护风险

1) 倒闸操作未严格执行“两票三制”，误分合开关导致站用电系统非正常解列，造成全站停电或设备损坏。

2) 未定期对柴油发电机进行带载试验、蓄电池进行容量测试，备用电源性能劣化未被及时发现，紧急状态下无法正常启动。

#### （5）应急照明与通信电源缺陷

1) 主控室、配电室、电缆夹层等区域的应急照明系统供电时间不足 30min，火灾或停电时影响人员疏散。

2) 通信电源与站用电系统未物理隔离，站用电故障导致调度通信中断，延误事故处理。

### 3.8 公用设施的危險、有害因素分析

该项目公用工程主要是指消防、给排水等，存在的危险因素主要有：机械伤害、触电、淹溺、中毒和窒息等。

机械伤害：机械伤害主要存在于水泵和通风系统的风机，引起机械伤害

的为设备的高速运转部件。如果操作人员操作安全意识差，或设备转动部位未安装合格的防护罩，可能造成操作人员机械伤害事故。

触电：触电存在于本部分使用的电气设备，如电动机、空调机和通风机等。如过电气设备缺少安全防护和接地措施，人体接触时，即有发生触电事故的可能。

淹溺：淹溺主要存在于蓄水池等处。如果各种水池没有盖板、栏杆等防护设施或防护设施损坏，人员安全意识淡漠，可能造成人员坠入水中造成淹溺事故。

中毒和窒息：在污水处理设施池底等有限空间作业时安全措施不当可能引发中毒和窒息事故。

### 3.9 场内外交通运输的危险、有害因素分析

该项目设备运输车辆、巡检车辆及检修时工程车辆行驶时如调度指挥不当，司机违章，车辆的装载、车辆及驾驶员的管理等方面的缺陷均可能引发车辆伤害事故。

（1）场内外道路未按要求进行修建，行车标志及限速标志不齐全，车速过快，发生交通事故。

（2）路况不好（如路面有陷坑、障碍物）、刹车失灵等原因，导致交通事故。

（3）视线不清，又无醒目的防撞设施和标志等，车辆撞伤行人或撞坏管道等设备、设施。

（4）汽车驾驶员违章（如酒后驾车、逆行等）或行人违章，导致事故发生。

（5）运输大件或易燃、易爆的危险化学品时，必须办理准运证，采取安全措施，悬挂明显标记，必要时应配有指挥车。防止交通事故及人员伤亡事故的发生。

（6）场内外道路设计强度不够，容易造成坍塌、机械伤害、人员伤亡

等。

(7) 凝冻造成交通路面结冰、造成车辆伤害。

(8) 道路转弯半径不足、道路坡度太陡，并在危险路段未设置标志牌。

(9) 场内外交通道路照明不足。

(10) 驾驶人员未与交通部门联系，未征求交通部门的有关意见及安全措施进行私自驾驶。

(11) 运输前未实地考察交通道路情况，未请有资质运输单位运输制定运输方案，对不能满足运输的道路未改造完善。

### 3.10 风电场并网危险、有害因素辨识与分析

#### 3.10.1 风电场运行对电网的影响

(1) 增大调峰、调频难度

1) 风电的反调峰特性增加了电网调峰的难度。

2) 风电的间歇性、随机性增加了电网调频的负担。

3) 风电随机性强、间歇性明显。波动幅度大，波动频率无规律性。

(2) 加大电网电压控制难度。大规模风电场接入电网，电网运行控制、运行电硬度调整会出现较大困难。风电场运行过度依赖系统无功补偿，会限制电网运行的灵活性。

(3) 风机抗扰动能力差，影响电网安全运行。

1) 扩大事故范围，在系统发生小扰动时，风电机组退出运行，使电网承受第二次冲击，导致事故扩大。

2) 增加了电网遭受冲击的频次。

3) 低电压穿越能力不足的影响：

若风电机组未配置低电压穿越功能或性能不达标（如电压跌至 20%时无法维持并网运行 500ms），电网发生短路故障导致电压骤降时，风机将大规模脱网，造成系统无功缺额扩大，引发电压崩溃甚至电网解列。

4) 高电压穿越能力不足的风险：

设备过压损坏：当电网因故障切除或无功过剩导致电压骤升（如升至额定电压的 120%），风电机组若缺乏高电压穿越能力，其变流器、箱变等设备可能因过电压击穿绝缘，导致发电机绕组烧毁或变流器 IGBT 模块爆炸。

无功支撑失效：高电压期间，风电机组未按《风电场接入电力系统技术规定 第 1 部分：陆上风电》（GB/T 19963.1-2021）第 7.3.3 条要求输出容性无功（如功率因数 $\leq 0.95$ ），导致电网电压进一步抬升，引发相邻变电站变压器过励磁保护动作，扩大停电范围。

保护误动与连锁故障：风电场集电线路因高电压触发过压保护跳闸，若与电网侧保护定值不匹配（如风电场过压保护动作值低于电网侧），可能造成非故障性脱网，加剧系统功率波动。

（4）风电机组大面积脱网，破坏电网稳定。风电场 35kV 馈线故障，造成三相短路，引起系统电压跌落，大量风电机组因不具备低电压穿越能力、风电场无功补偿装置电容器组不具备自动投切功能而造成的。

（5）并网运行反事故措施不落实，影响电力系统安全稳定运行。

1) 风电场没有配置足够的动态无功补偿容量，或动态无功补偿装置动态调节的响应时间大于 30ms；

2) 风电场汇集线系统单相故障不能快速切除；

3) 风电场升压站和汇集线系统设备在恶劣运行环境下不能可靠运行；

4) 风电场内涉网保护定值与电网保护定值不相匹配；

5) 风电场监控系统缺陷，不能实现在线动态调节全场运行机组的有功/无功功率和场内无功补偿装置的投入容量；

6) 风电场二次系统及设备不满足《电力监控系统安全防护规定》要求，通过外部公共信息网直接对场内设备进行远程控制和维护。

（6）风电并网对电能质量的影响

风资源的不确定性和风电机组本身的运行特性，使风电机组的输出功率是波动的，可能影响电网的电能质量，如电压偏差、电压波动和闪变、谐波

等。电压波动和闪变是风力发电对电网质量的负面影响之一。

风力发电引起的电压波动和闪变采用静止无功补偿器和感性储能装置来减小，但由于风资源的不确定性、风电机组单机容量不断增加，风力发电引起的电压波动和闪变还有待进一步研究。

目前并网风电场的容量比较小，在电力系统保护配置和整定计算时往往没有考虑风电场的影响，而是简单地将风电场认为是一个负荷，不考虑其提供短路电流。然而，当大规模的风电场介入系统后，在电网发生故障时风力发电机组将向短路点提供一定的短路电流。在此情况下如果系统保护配置和整定仍不考虑风电场的影响是不合理的，实际运行时可能导致保护的误动。

### 3.10.2 单回出线对风电场的影响

由于 110kV 单回路出线，当出线侧故障或检修时，都会导致整个风电场停止运行。

### 3.10.3 电网对风电场的影响

风电场大多处于电网末梢，当地电网容量小，电网可靠性差造成风电场建成后无法并网或不能正常运行。

电网侧故障引起的电网电压瞬间降低，如果风电机组保护定值设置不当，低电压保护动作，引起大片机组解列。当电网发生电涌、暂态过电压、电压下陷时，影响风力发电机的正常运行，引发风力发电机故障。同时，若出现电网故障而风机不能及时脱网，不但对电网造成伤害甚至瓦解，而且有可能导致风电场内电气设施过载，进而引发线路及风机火灾等事故。

## 3.11 特种设备危险、有害因素辨识与分析

该项目特种设备主要是起重机械和场内专用机动车辆。

起重设备故障、安全装置失效、操作过程中操作人员注意力不集中、安全意识不强、违章操作、管理不善等都有可能造成起重伤害。

场内专用机动车辆事故主要是工程施工和检修期使用的叉车等运输车辆。场内机动车辆事故因车况不好，违章驾驶、道路缺陷等可能发生车辆伤

害事故。

特种作业人员未经培训、人员无资质、未持证上岗等，均可能导致事故发生。

### 3.12 安全监测缺陷危险、有害因素辨识与分析

(1) 该项目风电机组塔筒结构高耸，按规范要求应设置风机基础沉降观测点。若工程未明确风机基础沉降观测方案，或监测设施施工质量不符合要求、运行期未按要求进行观测，对观测记录未合理分析，对潜在沉降危险未及时采取措施。

(2) 该项目主要建筑物基础无安全监测设施，或监测设施施工质量达不到设计要求，监测设备可靠性差、质量不合格，监测数据不全面，监测设施损坏、失灵，监测人员业务能力差，对建筑物基础沉降未及时发现并采取措施。

### 3.13 运行、检修作业的危险、有害因素分析

#### 3.13.1 触电

(1) 风机维护作业人员违章作业，缺乏必要的防护措施。

(2) 未使用安全工作器具和安全防护用具，或安全工作器具和安全防护用具不满足要求，不执行“两票三制”有关规定。

(3) 闭锁装置失灵。

(4) 绝缘损坏、设备漏电。

(5) 雷击造成人员触电。

(6) 风电机组设备电气线路漏电，接地保护失效，引起触电。

(7) 临时电源使用不当。

(8) 无功补偿装置检修前放电不彻底，带有大量剩余电荷，若作业前未有效验电，易发生剩余电荷触电。

(9) 由于带电设备的电磁感应和静电感应作用，若附近设备保护接地不良或发生单相接地，就会造成正常不带电的金属部分形成较高的危险电位，

人体接触极易发生接触电压触电。

(10) 高压柜操作和维护通道过小，运行和检修人员意外接触带电部位。

(11) 风电机组检修时，人员从高处采用非绝缘绳索向下系设备或材料，在一定风速下与带电线路接触，引起人员触电。

(12) 标识不清或标识错误，在“同塔共架”线路上作业，检修人员误登带电线路造成触电。

(13) 在检修、维护过程人员意外接触带电部位可能发生触电事故。

### 3.13.2 车辆伤害

(1) 道路不顺畅、路面不平、积雪结冰、存水等。

(2) 汽车转向或制动故障，引起翻车。

(3) 风电场道路与其他物流干扰。

(4) 车辆转弯过急。

(5) 场区道路路面宽度不够，转弯半径不足。

(6) 汽车司机无证驾驶，安全培训不到位。

(7) 场内道路布置不合理。

### 3.13.3 机械伤害

(1) 机舱内维护、检修时，人员受到可运转部件的伤害。

(2) 风机传动机构未设防护装置。

(3) 设备的安全联锁装置缺陷。

(4) 进入叶轮的轮毂内维护、检修时，锁定发电机装置失效。

### 3.13.4 起重伤害

可能会发生起重伤害事故主要原因一般有：

(1) 吊具或钢丝绳故障，吊物从高处坠落。

(2) 起重司机未持证上岗，违章作业或误操作，违反“十不吊原则”。

(3) 超过额定起重量，超过允许起重力矩，起重机失稳倾翻。

(4) 起重设备吊具老化磨损、不按时由专业机构进行定期检验。

(5) 作业人员不认真执行设备、吊具和索具定期检修维护安全管理制度，未能及时发现事故隐患并加以解决。

(6) 在大风等恶劣天气进行起重作业。

(7) 存在起吊货物超重等违规作业，作业指挥违规指挥，造成吊物脱落砸伤人员。

(8) 起重设备运行速度过快，旋转辐度过大，吊物与钢构架或其他设施发生碰撞。

### 3.13.5 物体打击

(1) 高处作业人员在作业时使用的工具及其他物件坠落，造成人员伤害。

(2) 人员操作失误。

(3) 维修作业时没有采取必要的劳动保护措施，如佩戴安全帽。

### 3.13.6 高处坠落

(1) 检修人员攀登塔架内的直梯时塔架内未设休息隔层，登高保护用品失效时，可能发生坠落。

(2) 架空线路检修作业时脚扣脱滑、人体重心失稳、未配备安全带或安全带不合格造成高处坠落。

(3) 在大风或雨雪等恶劣天气时开展架空线路检修作业发生坠落事故。

(4) 检修人员健康状况异常，如患有高血压、恐高症等。

(5) 检修作业人员酒后登高作业。

### 3.13.7 中毒和窒息

SF<sub>6</sub>在电弧的作用下会发生分解，形成高氟或低氟化合物，如 SF<sub>2</sub>、S<sub>2</sub>F<sub>2</sub>、SF<sub>4</sub> 及 HF 等，这些物质均具有毒性，如果密封不严，容易被释放出来，由于密度大于空气（密度约为空气的 5 倍），沉降在底部，若空气流通不良，可能引起巡检人员中毒，甚至引起窒息死亡。

### 3.13.8 风电机组结冰坠落和抛出击打事故

风电场气温较低季节，雨、雪甚至大雾天气会造成风电机组叶片、轮毂、塔筒结冰，当气温上升时，风电机组附着的冰会脱落，叶片上的冰甚至会造成抛出击打伤人事故。

### 3.13.9 电气误操作危险因素

- (1) 未严格执行操作票、工作票制度，监护不到位。
- (2) 不严格执行调度命令，随意修改操作票，随意解除闭锁装置。
- (3) 防误闭锁装置的运行、维护管理不到位，已装设的防误闭锁装置不能正常运行；万能钥匙使用和保管制度存在重大缺陷。
- (4) 成套高压开关柜五防功能不齐全，性能不好；安全工作器具和安全防护用具不符合使用规定。
- (5) 电气设备信号选用不当，信号位置不合理，信号不清，显示不准确。

### 3.13.10 个体防护缺陷

- (1) 巡检人员作业期间接触带电运行设备，如不使用绝缘手套、穿绝缘靴，当电气设备或电气线路漏电、接地不良、作业环境潮湿时可能造成触电。
- (2) 高处作业不使用安全带、安全绳等防护用具，可能造成高处坠落。
- (3) 进入作业现场不按规定佩戴安全帽，发生事故时可能扩大伤害后果。
- (4) 高温和低温季节长时间从事露天野外作业，不配备防暑和防寒用品造成人员伤害。

### 3.13.11 安全标志缺陷

- (1) 作业现场缺少安全标志，可能导致人员安全意识淡薄，发生事故。
- (2) 安全标志设置不规范。
- (3) 安全标志选用不当。

### 3.13.12 非电离辐射

电焊、氧乙炔气焊作业环境中，辐射电磁波谱中出现紫外线。强烈的紫外线辐射作用可引起皮炎，表现为弥漫性红斑，有时可出现小水泡和水肿，并有发痒、烧灼感。如果焊接作业人员未佩戴防护设施，在作业场所比较多见的是紫外线对眼睛的损伤，即由电弧光照射所引起的职业病—电光性眼炎。

### 3.13.13 有限空间作业

有限空间作业存在缺氧危险，风电场工程有限空间包括地下有限空间（电缆沟/井、废水池等）、地上有限空间（电缆夹层等）和大型设备内部空间（风机塔筒、机舱、大型变压器等）。

进入有限空间进行作业前，通风措施不到位时，容易发生由于缺氧造成的窒息伤害。

当作业过程中使用的工器具产生的有害物质（如焊接等作业过程中产生的有毒、有害烟尘等），可能影响作业人员的身体健康，甚至可能出现中毒和窒息等严重事故。

另有一些有限空间，如生活污水处理站、污泥池等在运行过程中可能产生硫化氢、甲烷等气体，也会对作业人员的安全、健康产生不利影响，严重时造成中毒死亡事故。

有限空间作业处没有设置醒目警示标志，可能造成无关人员误入，造成缺氧窒息、中毒或高处坠落伤害。

在金属容器、潮湿的有限空间作业没有使用 12V 以下的安全灯，使用超过安全电压的手持电动工具，没有配备漏电保护器，可能造成人员触电伤害。

## 3.14 作业环境的有害因素辨识与分析

### 3.14.1 噪声

该项目噪声危害主要存在于风力发电机组，机组工作过程中在风及运动部件的激励下，叶片及机组部件产生了较大的噪声，其噪声源主要有：

#### （1）机械噪声

由轴承内相对运动元件之间的摩擦和振动及转动部件的不平衡或相对运动元件之间的撞击引起振动辐射产生噪声。

啮合的齿轮对或齿轮组，由于互撞和摩擦激起齿轮体的振动，而通过固体结构辐射齿轮噪声。

周期作用力激发的噪声。由转动轴等旋转机械部件产生周期作用力激发的噪声。

电机噪声。不平衡电磁力使电机产生电磁振动，并通过固体结构辐射电磁噪声。

机械噪声和结构噪声是风力发电机组的主要噪声源，而且对人的烦扰度最大。

## （2）空气动力噪声

空气动力噪声由叶片与空气之间作用产生，它的大小与风速有关，随风速增大而增强。处理空气动力噪声的困难在于其声源处在传播媒质中，因而不容易分离出声源区。

噪声对人体的影响是多方面的，妨碍听清信号，造成心烦意乱、注意力不集中，影响工作效率，甚至发生意外事故；长期接触 90dB（A）以上的噪声，会造成听力损失和职业性耳聋，甚至影响其他系统的正常生理功能。如连续接触高噪声，病情将进一步发展，达到一定程度，即影响听清谈话，出现了耳聋的现象。

### 3.14.2 高温

运行过程中巡回检查、设备检修等主要作业，都是在旷野露天条件下进行，高温天气很容易造成人员中暑。

其次，风力发电机组的发电机位于室外高空狭小而封闭的机舱内，通风条件较差。而电机又应是密闭结构，靠电机的外壳散热，因此，风力发电机的散热条件比通常使用情况下的条件较差，更会受到高温的危害。同时，高温也会加速发电机组中高分子有机配件的老化而损坏。如用复合材料制成的

转子叶片、密封件等。高温还能使齿轮油等易燃物质挥发，导致润滑不到位，引起设备事故，形成可燃气体环境，甚至导致火灾、容器爆炸、其他爆炸。

高温可使作业人员感到热、头晕、心慌、烦、渴、无力、疲倦等不适，在生理功能上也有一系列的改变，导致人操作失误率上升，影响操作安全。

### 3.14.3 潮湿

如遇阴雨天气，封闭设施可能受到潮湿的影响，可能引起闪络放电，发生火灾事故。另外潮湿会造成直流系统绝缘降低、接地或者短路故障。

### 3.14.4 电磁辐射

风电场存在的辐射危害主要是工频电场。工频电场对人体和生物的危害，主要是热效应和非热效应导致某种生理病症。该项目的工频电场主要存在于升压站带电一次设备和线路附近。

日光中的紫外线很强，如果室外作业人员防护不当，暴露的皮肤受到强烈日光暴晒后，会在短时间内产生红斑、水肿、水疱等症状；如果皮肤长期反复地受到强阳光中紫外线的照射，会导致皮肤皱褶、松弛，表面干燥、粗糙或萎缩，发生色素沉着或减退。

另外日光中的紫外线会对眼睛造成伤害，眼睛经强烈的太阳光短时间照射，容易引起角膜炎和结膜炎；若是眼睛的“光害”长期累积，紫外线便会穿透角膜，作用在水晶体和视网膜上，可能因而导致白内障的早发及黄斑部的退化。

日照时间长、辐射强，太阳直晒机舱外壳（多数为金属外壳），使机舱内空气温度升高，需要对发电机耐高温的绝缘等级和应该选用较高等级的绝缘材料。长期日照，紫外线对有机绝缘材料有强烈的紫外线老化作用，更能加速风力发电机组中有机绝缘材料损坏。施工过程焊接作业时，焊接产生的电弧光主要包括红外线、可见光和紫外线。其中紫外线主要通过光化学作用对人体产生危害，它损伤眼睛及裸露的皮肤，引起角膜结膜炎（电光性眼炎）和皮肤胆红斑症。

### 3.14.5 采光不良

风电机组塔筒和机舱内检修作业场所，以及升压站各种室内作业场所，需要适合人体要求的照明标准。

采光和照明过于强烈或者昏暗，对人体是一种不良的刺激，不仅对全身一般生理状态有不良影响，而且由于视机能的过度紧张，可导致全身疲劳。长期在光线不足、照度不够的条件下从事较为紧张的视力工作，可使视力减退、发生近视。

### 3.15 安全管理缺陷分析

事故的直接原因是人的不安全行为和物的不安全状态，但是造成“人失误”和“物故障”的直接原因却常常是管理上的缺陷。安全管理制度的不完善和执行不到位是引发诸多事故的主要因素。

(1)《中华人民共和国安全生产法》第二十七条规定：生产经营单位的主要负责人和安全生产管理人员必须具备与本单位所从事的生产经营活动相应的安全生产知识和管理能力。

企业主要负责人和安全生产管理人员未经过有关安全培训，不具备管理能力，即便想管又不会管；在处理安全与生产的关系上，企业决策者只重效益、不讲安全，舍不得安全投入，或安全投入明显不足，缺乏必要的应急救援设备或器材，一旦发生事故，无力救护，也会导致事故的扩大。

(2)《中华人民共和国安全生产法》第二十四条规定：除矿山、金属冶炼、建筑施工、道路运输单位和危险物品的生产、经营、储存单位以外的其他生产经营单位，从业人员超过一百人的，应当设置安全生产管理机构或者配备专职安全生产管理人员；从业人员在一百人以下的，应当配备专职或者兼职的安全生产管理人员。

企业领导安全意识淡薄，没有建立安全生产管理体系，不设置安全生产管理机构，未配备专职安全生产管理人员，安全管理工作没有专人真抓实干，长此以往，事故难免发生。

(3)《中华人民共和国安全生产法》第二十一条规定：生产经营单位的主要负责人对本单位安全生产工作负有下列职责：

- 1) 建立、健全本单位安全生产责任制；
- 2) 组织制定本单位安全生产规章制度和操作规程；
- 3) 组织制定并实施本单位安全生产教育和培训计划；
- 4) 保证本单位安全生产投入的有效实施；
- 5) 督促、检查本单位的安全生产工作，及时消除生产安全事故隐患；
- 6) 组织制定并实施本单位的生产安全事故应急救援预案；
- 7) 及时、如实报告生产安全事故。

安全生产责任制是生产经营单位各项安全生产规章制度的核心，安全生产责任制的核心是实现安全生产的“五同时”，就是在计划、布置、检查、总结、评比生产工作的时候，同时计划、布置、检查、总结、评比安全工作。安全生产责任制落实不到位、未涵盖全部，安全管理制度不健全或不完善，职工安全意识淡薄，长此以往，事故难免发生。

安全检查不认真，或查出的隐患领导根本没有引起足够的重视，找借口和原因拖延时间，致使未及时整改，就会埋下事故隐患。

(4)《中华人民共和国安全生产法》第三十条规定：生产经营单位的特种作业人员必须按照国家有关规定经专门的安全作业培训，取得相应资格，方可上岗作业。

企业只要求岗位员工能够进行基本的操作，而不能对其进行系统的技能培训，或是安全教育和培训走过场、走形式，应付差事，达不到教育和培训的目的，也不进行考核，使得职工安全生产知识严重不足，知其然而不知其所以然，对许多动态变化的情况不能及时觉察其中的危险，从业人员不掌握“四懂四会”，违章指挥、违章作业、违反劳动纪律的现象比比皆是；发生事故也不按照“四不放过”（事故原因没有查清不放过、事故责任者和周围群众未受到教育不放过、没有防范措施不放过、责任者没得到处理不放过）的原

则进行处理。遇到突发事故束手无策，势必会导致事故后果扩大。

特种设备不按要求进行定期检测，特种作业人员没有经过专门的安全教育培训和持证上岗，会容易导致事故的发生。

（5）没有制订事故应急救援预案，应急救援预案不完善，应急救援预案只是写在文件中，根本就没有进行演练，不能发现预案中存在的问题和不足，不能及时得到修订；一旦发生事故，惊慌失措，无人指挥组织抢险救援、无人报警、无序逃生，会导致事故的扩大。

### 3.16 施工期危害性分析

#### 3.16.1 施工期间交叉作业风险分析

按照可行性研究报告编制的施工进度，该项目施工初期同步进行风电机组基础开挖、风电机组基础施工、35kV 集电线路施工，风电场主要工程的施工比较集中，既有道路施工又有风机基础建筑材料的运输。如果安排不当，不仅互相影响，又容易发生事故。如果施工检修道路未修建完善就开始通行车辆，可能发生的车辆伤害事故。

#### 3.16.2 施工管理缺陷

（1）施工单位无相关的资质。

（2）无监理单位，工程质量缺乏监督。

（3）作业人员未经培训上岗作业。

（4）特种作业人员未经安全管理部门组织的安全培训合格，取得特种作业上岗资格证。

（5）施工管理人员缺乏安全意识，未制定相关的安全责任制，缺乏安全投入，施工队不具备安全条件。

（6）施工现场管理混乱。

（7）施工期人员较多，如果卫生条件不良，可能发生细菌感染性疾病。

（8）施工人员用水不卫生，可能发生某些致病微生物疾病。

### 3.16.3 施工技术与施工项目管理缺陷

该项目拟设置 1 个施工临建场地，施工生产场地内布置有构件预制场，钢筋加工及钢材堆放场，施工机械停放场，风机设备、材料堆放场，周转性材料堆放场，设备、材料仓库及工具室。

如果临时建筑物地基处理不良存在建筑倒塌和设备倾倒的危险。材料加工区储存一定数量的易燃品，如果防火意识差，未配备消防器材可能导致发生火灾。施工建筑、设备的位置如果处于雨水易积聚区，大雨时可能冲毁建筑和施工场地。

### 3.16.4 施工、安装及调试作业过程主要危险因素

#### （1）高处坠落

1) 施工人员高处作业时违规操作、带病操作、受高温等灾害天气影响保护不当，可能造成高处坠落。

2) 高处施工人员有恐高症、高血压等疾病。

3) 高处施工人员过度疲劳或酒后作业。

4) 高处施工人员没有使用安全带等劳动防护用品。

5) 作业人员配备的劳动防护用品失效。

6) 高处施工场所无防护栏杆或防护栏杆不牢。

#### （2）触电

1) 乱拉临时线路，作业现场混乱。

2) 用电设备未在电源处设置必要的安全保护装置如保护接地、漏电保护器等。

3) 电气设备运行管理不当，安全管理制度不完善，未执行“两票三制”，专业电工或机电设备操作人员误操作或违章作业。

4) 人员意外接近高低压带电部位造成触电伤亡。

5) 风机吊装与铁塔施工接地缺陷风险：

主吊设备接地不良：

风机吊装作业时，主吊机械（如履带吊、汽车吊）未执行《电力建设安全工作规程 第 2 部分：电力线路》（DL 5009.2-2013）第 4.4.6 条“两点接地”要求（车身接地+吊臂接地），或接地线截面积不足（ $<25\text{mm}^2$ ）、接地电阻超标（ $>10\Omega$ ）。雷雨天气下，吊装设备可能遭受直击雷或感应雷侵袭，雷电流无法有效泄放，导致操作人员接触吊钩、钢丝绳时发生跨步电压触电。

吊装作业区域未设置临时接闪杆，吊臂高度超过周边建筑物或铁塔时形成突出接闪点，增加雷击概率。

铁塔施工接地缺失：

集电线路铁塔组立、放线、紧线过程中，铁塔未安装临时接地装置（如采用截面积 $\geq 50\text{mm}^2$ 的铜绞线将铁塔横担与接地极可靠连接），或接地极埋深不足（ $<0.6\text{m}$ ）。感应电压（邻近带电线路静电耦合产生）或雷电过电压无法泄放，施工人员接触铁塔构件时可能发生电击，尤其在潮湿环境或穿绝缘性能差的鞋具时风险加剧。

紧线牵引设备（如绞磨、滑车）未与铁塔接地系统等电位连接，牵引绳与带电线路安全距离不足时，感应电流经人体导入大地，造成触电伤亡。

6) 电气设备或线路漏电，动力设备电源开关处未设置漏电保护器。雷电时，人员位于接地体附近，跨步电压对人体伤害。

7) 风电机组调试安装时，人员从高处采用非绝缘绳索向下系设备或材料，在一定风速下与带电线路接触，引起人员触电。

8) 高压开关柜“五防”功能不全或存在缺陷，施工人员误入带电间隔、误碰、误动带电运行设备造成触电。

### （3）物体打击

1) 高处作业人员作业时使用的工具及其他物件坠落，造成人员伤害。

2) 施工人员操作失误。

3) 施工队没有制定必要的劳动保护措施。

### （4）机械伤害

- 1) 维修设备的传动部位无防护罩或防护罩不合格。
- 2) 设备装置存在尖、锐等部位。
- 3) 设备间距离太近或设备距墙太近，小于安全距离。

#### (5) 坍塌

- 1) 发电机组的塔筒、机舱安装过程中，遇到大风倒塌。
- 2) 发电机组、变压器的基础不合格，遇到暴风雨时坍塌。
- 3) 建构筑物地基不合格，建筑过程中坍塌。
- 4) 基础养护不到位、强度不达标就进行风机安装，风机投入运行后，易导致基础破裂，塔架倾斜，发电机组不能投运。

5) 风机基础缺陷、使用建筑材料不合格、施工工艺不合理等。如混凝土的抗碳化能力低、抗冻性差；施工过程由于水泥的水化热，水泥基础内外温差过大，造成基础裂纹。

#### (6) 火灾、爆炸

- 1) 施工过程中存在动火作业，明火引燃易燃品，发生火灾事故。
- 2) 库存的易燃品遇明火可能发生火灾。
- 3) 施工过程中焊接作业使用氧气和乙炔，作业过程不执行安全操作规程，氧气瓶和乙炔瓶在施工现场放置位置不合理、相互间距不足、乙炔瓶未设防回火装置、氧气瓶残余压力过低等可能造成火灾和爆炸。
- 4) 施工过程中乙炔瓶和氧气瓶均为压力容器，较大的撞击、气瓶超装和乙炔气泄漏与空气形成爆炸型混合物遇点火源可能发生爆炸。

- 5) 动火作业引燃周围的可燃物。
- 6) 生产现场未配备消防器材。

#### (7) 车辆伤害

施工期建筑材料、风机设备及电气设备均需汽车运输，可能发生车辆伤害。发生车辆伤害的原因：

- 1) 道路施工未达设计要求，转弯半径、纵坡不满足车辆通行要求，造

成溜车、倾覆等事故。

2) 大件运输的车辆转弯时或行驶中, 超出车厢的零件碰伤靠近行驶的人或车辆。

3) 运输物资的各种车辆由于转弯半径过小, 转弯时速度大, 造成翻车事故。

4) 车辆未定期检修, 带病上路, 造成翻车事故。

5) 机动车辆驾驶员无证驾驶、未经安全培训或培训不达标。

6) 驾驶员疲劳驾驶、酒后开车及疏忽大意造成撞车、翻车事故。

#### (8) 起重伤害

该项目在安装过程中需要使用起重设备, 可能会发生起重伤害事故。引发事故的主要原因如下:

1) 由于基础不牢、运行时碰到障碍物而翻倒。

2) 超载, 超过额定起重量, 超过允许起重力矩。

3) 由于视界限制、技能培训不足造成操作失误。

4) 吊物坠落。

5) 起重机械操作人员未经培训, 未取得特种作业操作资格证。

6) 起重设备未经特种设备检验合格, 未取得特种设备登记证或未在检验有效期内使用。

7) 吊装技术方案或技术措施不完善, 施工时随意更改。

8) 吊装指挥不明确, 指挥错误。

9) 在使用前未对吊具、索具确认其使用技术性能符合使用标准。

10) 吊装时天气气候条件不具备。

11) 安装过程中两台起重机配合失误。

#### (9) 有限空间作业

1) 作业人员进入有限空间进行作业, 通风措施不到位时。

2) 作业过程使用的工器具产生有害物质 (如焊接等作业过程中产生的

有毒、有害烟尘等), 可能影响作业人员的身体健康, 甚至可能出现中毒、窒息等严重事故。

3) 有限空间作业处没有设置醒目警示标志, 可能造成无关人员误入, 造成缺氧窒息、中毒或高处坠落伤害。

4) 在金属容器、潮湿的有限空间作业没有使用 12V 以下的安全灯, 使用超过安全电压的手持电动工具, 没有配备漏电保护器, 可能造成人员触电伤害。

### 3.16.5 安全标志缺陷

(1) 生产施工现场缺少安全标志, 可能导致人员安全意识淡薄, 发生事故。

(2) 如果未在吊装现场设置危险标志, 附近村庄人员可能靠近现场观看, 如果没有人阻止, 发生吊装事故时可能将事故范围扩大。

(3) 安全标志不规范, 标志选用不当。

### 3.16.6 个体防护缺陷

(1) 施工、安装、调试作业人员作业期间接触带电运行设备, 如不使用绝缘手套、穿绝缘靴, 当电气设备或电气线路漏电、接地不良、作业环境潮湿时, 可能造成触电伤害。

(2) 施工、安装、调试作业人员高处作业时不使用安全带、安全绳等防护用具, 可能造成高处坠落伤害。

(3) 施工、安装、调试作业人员进入作业现场不按规定佩戴安全帽, 发生事故时可能扩大伤害后果。

(4) 高温和低温季节长时间从事露天野外作业, 不配备防暑和防寒用品造成人员伤害。

### 3.16.7 施工过程自然条件的影响分析

该项目所在地区对风电场建设不利的主要因素是雷电、强风、暴雨、高低温等, 施工期间尤其是风电机组安装期间应特别注意气候的变化。另外,

风电机组基础属于大体积混凝土，若在温度较低时施工，由于内外温度相差较大，不采取可行的温度控制措施，则混凝土容易产生裂缝等缺陷。

该项目所在地冬季气温较低，升压站主变及电缆等发生火灾后，若管网系统发生结冰现象，将会导致火灾事故扩大。

### 3.16.8 升压站施工时与运行设备（如果有）相互影响的风险分析

升压站扩建施工与运行设备交互风险主要涵盖物理碰撞、电气干扰及人员误操作三大类。其中，物理碰撞风险包括施工机械越界作业（如吊车误入带电区域引发空气击穿）及金属材料过界堆放（感应电压 $>36V$ ）；电气干扰涉及施工接地不当导致地网电位异常（继保误动偏差 $>10\%$ ）和电磁干扰引发电缆采样异常；人员误操作则集中于误入带电间隔（接触电压 $\geq 10kV$ ）和误碰运行电缆（短路电流 $\geq 25kA$ ）。

## 3.17 重大危险源的辨识与分析

### 3.17.1 重大危险源辨识依据

根据《危险化学品重大危险源辨识》（GB18218-2018），危险化学品重大危险源辨识是长期地或临时地生产、储存、使用和经营危险化学品，且危险化学品的数量等于或超过临界量的单元。单元内存在的危险化学品的数量根据危险化学品种类的多少区分为以下两种情况：

（1）生产单元、储存单元内存在的危险化学品为单一品种时，该危险化学品的数量即为单元内危险化学品的数量，若等于或超过相应的临界量，则定为重大危险源；

（2）生产单元、储存单元内存在的危险化学品为多品种时，按式（1），若满足式（1），则定为重大危险源：

$$S=q_1/Q_1+q_2/Q_2+\dots+q_n/Q_n\geq 1 \quad (1)$$

式中：

S——辨识指标；

$q_1, q_2, \dots, q_n$ ——每种危险化学品的实际存在量，单位为吨（t）；

$Q_1, Q_2, \dots, Q_n$ ——与每种危险化学品相对应的临界量，单位为吨（t）。

### 3.17.2 重大危险源辨识过程

该项目施工过程使用乙炔、氧气和柴油，而乙炔、氧气和柴油均已列入《危险化学品重大危险源辨识》（GB18218-2018）中，其临界量和实际存量见下表。

表 3.17-1 危险化学品临界量

| 序号 | 危险化学品名称 | 临界量（t） | 实际存量           |
|----|---------|--------|----------------|
| 1  | 乙炔      | 1      | 15×6.8kg=102kg |
| 2  | 氧气      | 200    | 15×7.8kg=117kg |
| 3  | 柴油      | 5000   | 远小于 5000t      |

由于施工现场一般储存量为乙炔 15 瓶（40L）、氧气 15 瓶（40L）以及柴油，远达不到其临界量。由此判定，该项目不构成重大危险源。

经现场勘察，该项目周边不存在可能对项目安全条件造成影响的工业企业等。不存在周边重大危险源。

### 3.18 风电场事故案例分析

#### （1）事故经过

2010 年 1 月某日，某风电场监控人员发现监控系统报发电机超速（分析风机已脱网），转速在 2700r/min，业主通知厂家。后台停机，高速轴刹车未能抱死刹车盘，值班人员立即将集电线路停电，风机当时停止了转动，但由于未到现场检查，不知道叶片是否回桨，在短暂的停机后，风机的叶片又再次转动，当电机转速达到 2700r/min 时，导致联轴器飞车保护打滑，发电机集电环、编码器损坏、刹车器出现磨损，尤其是叶轮转动时刹车盘处产生大量热量，刹车器由于过热磨损导致弹簧损坏，无法完全抱死刹车片，随着风速的不断增大，出现火花导致轮毂着火，风电机组烧毁。事故现场照片如下：



## （2）事故后果

机舱大部分部件烧毁，塔筒倒塌，直接经济损失一千多万元。

## （3）原因分析

1) 直接原因：风电机组制动系统失灵，变桨系统故障。

2) 间接原因：风电场运行人员未严格执行《风力发电场运行规程》，风电机组发生故障后未引起重视，未到现场检查，风机超速后未及时发现，未采取措施。

## （4）防范措施

1) 风电机组至少采用 2 套刹车系统，每套系统必须保证机组在安全运行范围内工作。两套系统具有不同的工作方式，其动力源应各不同。故障发生时，至少一套系统有效动作，使风轮及时停车。

2) 发生故障时，电气、液压、气动系统的动力源仍能得到保证，以保障安全系统工作的正常投入。

3) 风电机组采用最新的防火技术，安装必要的防火设备，优先采用设置自动灭火装置的风电机组。

4) 风电场运行人员严格遵守《风力发电场运行规程》。

## （5）对本项目的启示

风电机组火灾损失惨重应引起足够重视。除了风电机组选型时根据以上“防范措施”提出要求外，风电机组还应采用质量优良的变桨距控制技术，保

证风力发电机组的变桨系统可靠运行。同时运行中严格遵守《风力发电场运行规程》，及时对非正常停机事件进行检查，将事故消灭在萌芽状态。

### 3.19 储能系统事故案例分析

“4·16”北京大红门储能电站起火爆炸事故。

2021 年 4 月 16 日，北京丰台区南四环永外大红门西马厂甲 14 号院内储能电站出现火情。在消防人员对电站南区进行处置过程中，电站北区在毫无征兆的情况下突发爆炸，导致 2 名消防员牺牲，一名电站员工遇难，1 名消防员受伤，火灾直接财产损失 1660.81 万元。

南楼起火直接原因系西电池间内的磷酸铁锂电池发生内短路故障，引发电池热失控起火。北楼爆炸直接原因为南楼电池间内的单体磷酸铁锂电池发生内短路故障，引发电池及电池模组热失控扩散起火，事故产生的易燃易爆组分（氢气、甲烷、一氧化碳、碳酸甲乙酯等）通过电缆沟进入北楼储能室并扩散，与空气混合形成爆炸性气体，遇电气火花发生爆炸。

2021 年 4 月 16 日 11 时 50 分许，四川华伦电力工程有限公司谢霞凌等 5 人到南楼查看控制室装修施工进度时，发现南楼西电池间南侧电池柜起火冒烟，随即使用现场灭火器处置，谢霞凌电话通知福威斯油气公司负责人刘博。12 时 13 分许，刘博带领陈元中等人赶到现场并从南楼、北楼拿取灭火器参与灭火，因明火被扑灭后不断复燃，刘博指派陈元中到北楼储能室切断交流侧与储能系统的连接并停用光伏系统。12 时 17 分许，刘博拨打电话报警。12 时 20 分许，刘博进入北楼告知集美家居公司值班电工罗广军断开 6 千伏配电柜与储能设备之间的开关。13 时 40 分许，集美家居公司电工刘占革到达北楼值班室，与罗广军到 6 千伏配电室确认配电柜与储能设备之间的开关已断开。期间，大量烟雾从南楼内冒出，并不时伴有爆燃。13 时 45 分许，刘占革到院内查看，发现刘博与消防员在向室外地下电缆沟内注水，随即进入北楼 6 千伏配电室查看，发现电缆管沟内充满白烟，未见积水，闻到刺激性气味。14 时 13 分左右，北楼发生爆炸。救援方面，消防人员在 12 时 24 分到达现场，发现南楼西电池间电池着火，并不时伴有爆炸声，东电池间未发现明火，现场无被困人员，随即开展灭火救援，并在外围部署水枪

阵地防止火势蔓延。14 时 13 分 16 秒，北楼发生爆炸，造成 1 名值班电工遇难、2 名消防员牺牲、1 名消防员受伤。23 时 40 分，明火彻底扑灭，并持续对现场冷却 40 小时。4 月 18 日 16 时 21 分，现场清理完毕。

经应急管理部消防救援局天津火灾物证鉴定中心鉴定，南楼起火部位第 9 层电池模组的负极接线柱向内数第五排最内侧电池单体发生内短路故障；该电池为方形电池，电极材料符合磷酸铁锂电池特征。经北京市理化分析测试中心检测，电池供应商提供的南楼同型号电池电解液主要成分为碳酸甲乙酯、碳酸亚乙酯和含磷无机盐组成的混合物；在室外地下电缆沟内土壤（泥状）检出碳酸甲乙酯，气体检出碳酸甲乙酯及苯系物等挥发性有机化合物。经清华大学车辆与运载学院电池安全实验室对南楼最先发生故障的方形电池进行实验分析，该电池失控会产生喷射物，主要为碳酸甲乙酯蒸汽和氢气、甲烷、一氧化碳、二氧化碳等。结合调查询问、现场勘验和物证鉴定等分析，南楼电池热失控起火系西电池间内的磷酸铁锂电池发生内短路故障所致。北楼爆炸符合体积爆炸特征，认定爆炸性质为气体爆炸；北楼发生爆炸的物质。为南楼磷酸铁锂电池热失控喷射产物中的易燃易爆成分与空气混合形成的爆炸性气体；起爆点位于北楼储能室内，排除人员活动产生火源、电池热失控点火的因素，认定点火源为储能室内产生的电气火花。经分析，含有磷酸铁锂电池热失控喷射产物的烟雾从室外地下电缆沟扩散至北楼内，进入高压（标称 720 伏）直流带电状态的电池系统，导致继电器（位于电池柜底部）动作产生电气火花。

关于事故的间接原因。首先，有关涉事企业安全主体责任不落实，在建设过程中存在未备案先建设问题；在事发区域多次发生电池组漏液、发热冒烟等问题但未完全排除安全隐患的情况下继续运行；事发南北楼之间室外地下电缆沟两端未进行有效分隔、封堵，未按照场所实际风险制定事故应急处置预案。其次，有关单位研究部署、督促落实安全监督检查工作不够；对新能源项目在确保安全前提下高质量发展的研究不深；开展安全隐患排查

不全面不彻底，对事发项目建设运营维护等过程中存在的安全风险隐患失察失管。

## 4 评价单元划分和评价方法的选择

### 4.1 评价单元的划分

#### (1) 评价单元划分的原则

根据本次评价项目的特点和生产工艺、设施设备，安全预评价单元的划分原则是：

- 1) 充分考虑建设项目安全预评价工作的要求和特点。
- 2) 确保各种危险、有害因素能够得到全面、详细的评价，防止出现遗漏现象。
- 3) 各评价单元之间有明显的特征界限。
- 4) 便于实施安全评价。

#### (2) 评价单元划分的结果

本安全预评价报告根据《安全评价通则》（AQ8001-2007）、《安全预评价导则》（AQ8002-2007），并参照《风电场工程安全预评价报告编制规程》（NB/T31028-2012）的有关要求，结合该项目现场实际情况，将本次安全预评价划分成以下评价单元：

- (1) 场址选择、总平面布置单元
- (2) 建构筑物等土建工程单元
- (3) 风电机组单元
- (4) 集电线路单元
- (5) 升压站和储能装置单元
- (6) 公用工程设施单元
- (7) 交通工程单元
- (8) 并网安全单元
- (9) 特种设备单元
- (10) 安全监测单元
- (11) 控制和保护单元

(12) 运行、检修及维护单元

(13) 施工单元

(14) 安全管理单元

## 4.2 评价方法简介

安全评价方法是对系统的危险性、危害性实施分析、进行定性定量评价的工具。本次安全预评价采用的安全评价方法有安全检查表法、预先危险性分析、因果分析图法等。

### (1) 安全检查表

安全检查表就是按事先编制的有标准要求的检查表，对评价对象逐项检查，做出与依据的法律、法规、标准、规范是否符合的结论，从而如实的反映评价对象的安全状况，为改进其安全性提供依据；其优点简便、易于掌握，但编制检查表难度及工作量大。

### (2) 预先危险性分析

预先危险性评价分析（Preliminary Hazard Analysis 简称 PHA）主要用于对危险物质和装置的主要区域等进行分析，包括设计、施工和生产前，首先对系统存在的各种危险因素（类别、分布）出现条件和事故可能造成的后果进行宏观、概略分析的系统安全分析方法，目的是早期发现系统的潜在危险因素，确定系统的危险性等级，提出相应的防范措施，防止这些危险因素发展成为事故，避免造成损失。在分析系统危险时，为了衡量危险性的大小及其对系统破坏性的影响程度可以将各类危险性划分为 4 个等级，具体如下表所示。

表 4.2-1 预先危险性分析危险程度分级表

| 危险级别 | 危险程度 | 可能造成的伤害和损失            |
|------|------|-----------------------|
| IV级  | 灾难性的 | 会造成灾难性事故，必须立即排除       |
| III级 | 危险的  | 会造成人员伤亡和系统破坏，要立即采取措施  |
| II级  | 临界的  | 有可能造成轻微的伤害和损坏，应采取措施控制 |
| I级   | 安全的  | 不需要采取措施               |

对被评价对象进行预先危险性分析采取如下步骤：

- 1) 根据工艺特点、操作条件、辅助设施、环境状况等进行分析；
- 2) 分析有害因素和触发事件，推测事故类型和危险、有害程度；
- 3) 确定危险、有害因素后果的危险等级；
- 4) 制定相应的安全对策措施。

### (3) 因果分析图法（又称鱼骨图、石川图）

是一种通过可视化结构系统分析问题根本原因的工具，其核心是将问题（置于鱼头位置）与潜在原因按类别（如人、机、料、法、环等）逐层分解为分支（鱼骨状），帮助团队全面梳理因果关系。该方法通过头脑风暴确定主因大类并细化具体子原因，结合数据验证锁定关键因素，常用于质量管理、流程改进和风险预防，以直观、协作的方式推动问题根源的深度挖掘与针对性解决。

## 4.3 对所选用安全评价方法的理由说明

本次安全预评价将采用安全检查表、预先危险性分析等评价方法相结合的方式，对该项目进行安全预评价：

建设项目的场址选择、总平面布置、建（构）筑物结构、场内交通、公用工程设施等符合性评价主要选用安全检查表法，做出与依据的法律、法规、标准、规范是否一致的结论，最终制定出相应的安全对策措施，为安全设施设计提供依据。

采用预先危险性分析法，对建（构）筑物等土建工程、风电机组、集电线路、升压站和储能装置电气设备及系统、交通工程、安全监测、控制和保护、并网安全、特种设备、风电场运行检维修、施工作业进行预先危险性分析，并提出相应的安全对策措施。

## 4.4 评价方法和评价单元的对应关系

结合该项目实际情况，本次安全预评价采用的评价方法与评价单元对应关系如下表所示。

表 4.4-1 评价方法和评价单元的对应关系表

| 序号 | 评价单元名称       | 采用的安全评价方法      |
|----|--------------|----------------|
| 1  | 场址选择、总平面布置单元 | 安全检查表法         |
| 2  | 建构筑物等土建工程单元  | 安全检查表法、预先危险性分析 |
| 3  | 风电机组单元       | 预先危险性分析        |
| 4  | 集电线路单元       | 预先危险性分析        |
| 5  | 升压站和储能装置单元   | 预先危险性分析        |
| 6  | 公用工程单元       | 安全检查表法         |
| 7  | 交通工程单元       | 安全检查表法，预先危险性分析 |
| 8  | 并网安全单元       | 预先危险性分析        |
| 9  | 特种设备单元       | 预先危险性分析        |
| 10 | 安全监测单元       | 预先危险性分析        |
| 11 | 控制和保护单元      | 预先危险性分析        |
| 12 | 运行、检修及维护单元   | 预先危险性分析        |
| 13 | 施工单元         | 预先危险性分析        |
| 14 | 安全管理单元       | 因果分析图法         |

## 5 定性评价

### 5.1 定性评价内容

#### 5.1.1 场址选择、总平面布置单元

本单元根据中国能源建设集团浙江省电力设计院有限公司编制的《浙能景泰县上沙沃镇 5 万千瓦风电项目可行性研究报告》和建设单位提供的总平面布置图，主要依据《工业企业总平面设计规范》（GB50187-2012）、《风电场场址选择技术规定》（发改能源[2003]1403 号）、《风力发电场设计规范》（GB51096-2015）、《风力发电场设计技术规范》（DL/T5383-2007）、《电化学储能电站设计规范》（GB 51048-2014）等规定编制检查表，检查该项目可行性研究报告中关于场址选择及总平面布置的符合性，具体如下表所示。

表 5.1-1 场址选择、总平面布置单元安全检查表

| 序号          | 检查项目及内容                                                              | 依据标准                                           | 检查可研情况                                                                                            | 结论 |
|-------------|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>场址选择</b> |                                                                      |                                                |                                                                                                   |    |
| 1           | 厂址选择应符合国家的工业布局、城镇（乡）总体规划及土地利用总体规划的要求。                                | 《工业企业总平面设计规范》<br>GB50187-2012<br>第 3.0.1 条     | 该项目场址位于甘肃省白银市景泰县境内，并取得各职能部门出具了相关意见，本建设项目符合城乡规划要求。                                                 | 符合 |
| 2           | 建设风电场最基本的条件是要有能量丰富、风向稳定的风能资源，选择风电场场址时应尽量选择风能资源丰富的场址。                 | 《风电场场址选择技术规定》<br>发改能源<br>[2003]1403 号<br>第 3 条 | 该项目风电场区域的风电场风功率密度等级为 3 级，风能资源在一定的工程条件下具有开发价值。                                                     | 符合 |
| 3           | 风电场场址选择是应尽量靠近合适电压等级的变电站或电网，并网点短路容量应足够大。                              | 发改能源<br>[2003]1403 号<br>第 4 条                  | 该项目风电场不再新建升压站，利用浙能景泰 10 万千瓦风电项目升压站中预留土地及建构筑物建设升压变电设备，以 1 回 110kV 线路接入电网。具体接入系统方案待接入系统专题报告进一步研究确定。 | 符合 |
| 4           | 在风电场选址时，应了解候选风电场周围交通运输情况，对风况相似的场址，尽量选择距离已有公路较近，对外交通方便的场址，以利于减少道路的投资。 | 发改能源<br>[2003]1403 号<br>第 5.1 条                | 场区利用靠近 S308 省道，对外交通较为便利。                                                                          | 符合 |

| 序号 | 检查项目及内容                                                                                                    | 依据标准                                     | 检查可研情况                                                                                                                                    | 结论 |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 5  | 场址选择时，在主风向上要求尽可能开阔、宽敞，障碍物尽量少，粗糙度低，对风速影响小。另外，应选择地形比较简单的场址，以利于大规模开发及设备的运输、安装和管理。                             | 发改能源<br>[2003]1403 号<br>第 5.2 条          | 该项目为山地风电场，在主风向上开阔、宽敞，障碍物少，粗糙度低，对风速影响小。                                                                                                    | 符合 |
| 6  | 在风电场规划选址时，应根据风电场场地地形条件及风况特征，初步拟定风电场规划装机规模，布置拟安装的风电机组位置。                                                    | 发改能源<br>[2003]1403 号<br>第 6 条            | 该项目根据风电场场地地形条件及风况特征，初步拟定风电场规划装机规模，布置拟安装的风电机组位置。                                                                                           | 符合 |
| 7  | 在风电场选址时，应尽量选择地震烈度小，工程地质和水文地质条件较好的场址。作为风电机组基础持力层的岩层或土层应厚度较大、变化较小、土质均匀、承载力能满足风电机组基础的要求。                      | 发改能源<br>[2003]1403 号<br>第 7 条            | 该项目工程地质和水文地质条件较好，抗震设防烈度为 8 度，不存在发生滑坡、泥石流的地形地质条件，未发现岩溶、地面沉降等不良地质作用。                                                                        | 符合 |
| 8  | 风电场选址时应注意与附近居民、工厂、企事业单位保持适当距离，尽量减少噪音污染；应避开自然保护区、珍稀动植物地区以及候鸟保护区和候鸟迁徙路径等。另外，候选风电场场址内树木应尽量少，以便在建设和施工过程中少砍伐树木。 | 发改能源<br>[2003]1403 号<br>第 8 条            | 该项目风机运行期间对周围村庄的居民生活影响较小。根据可研阶段及现场调查，工程不涉及自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区、文物古迹等其他环境敏感区，风电场选址基本合理。风电场所在地区不属于候鸟的主要栖息地，也不在候鸟迁移的主要路线上；风电场内树木较少，分布稀疏，便于施工。 | 符合 |
| 9  | 风力发电场总体布局应避开基本农田、林地、民居、电力线路、天然气管道等限制用地的区域。                                                                 | DL/T5383-2007<br>第 4.0.3.1 条             | 该项目总体布局避开限制用地的区域。                                                                                                                         | 符合 |
| 10 | 风力发电机组的布置应根据机组参数、场区地形与范围、风能分布方向确定，并与本期规划容量、接入系统方案相适应。                                                      | DL/T5383-2007<br>第 4.0.3.2 条             | 该项目风力发电机组的布置按照机组参数的要求，考虑了场区地形与范围、对风能分布进行分析，与规划容量方案适应。                                                                                     | 符合 |
| 11 | 风力发电场选址应避让和保护矿藏及有探矿权和采矿权区域、军事设施、民爆危险品建（构）筑物、文物遗迹等，并应避让与军事、航空和通信设施的相互干扰。                                    | 《风力发电场设计规范》<br>GB51096-2015<br>第 4.1.8 条 | 该项目选址拟避让和保护矿藏及有探矿权和采矿权区域、军事设施、民爆危险品建（构）筑物、文物遗迹等，并避让与军事、航空和通信设施的相互干扰。                                                                      | 符合 |
| 12 | 风力发电机组、变电站、集电线路等选址应避开不良地质灾害易发生区域。                                                                          | GB51096-2015<br>第 4.2.1 条                | 该项目风力发电机组、升压站、集电线路等选址拟避开不良地质灾害易发生区域。                                                                                                      | 符合 |
| 13 | 风力发电场变电站、风力发电机组基础的位置应考虑场址防洪因素，                                                                             | GB51096-2015<br>第 4.2.3 条                | 本风电场风电机组基础洪水设计标准为 50 年一遇。因本风电场                                                                                                            | 符合 |

| 序号    | 检查项目及内容                                                                                                     | 依据标准                                                | 检查可研情况                                                                                     | 结论 |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
|       | 充分利用现有的防洪设施。                                                                                                |                                                     | 机位均位于山脊地势较高处，原始地面高程远高于洪水（含山洪、沟谷洪水）设防标准水位，故仅需考虑场区基础周边自然排水即可。                                |    |
| 14    | 风力发电场场址应处于地质构造相对稳定的地段，并与活动性大断裂保持一定的安全距离。                                                                    | GB51096-2015<br>第 4.2.4 条                           | 该项目场址处于地质构造相对稳定的地段，场址内无活动性断裂通过。                                                            | 符合 |
| 15    | 风力发电场场址宜建在地震基本烈度 8 度及以下的地区。                                                                                 | GB51096-2015<br>第 4.2.5 条                           | 该项目场址地震基本烈度为 8 度。                                                                          | 符合 |
| 16    | 周围环境宜无明显污秽，空气污秽时，站址宜设在受污染源影响最小处。                                                                            | 《35kV~110kV 变电站设计规范》<br>(GB50059-2011)<br>第 2.0.1 条 | 工程升压站按 d 级污秽区设计，爬电比距取上限 25mm/kV。                                                           | 符合 |
| 17    | 变电站应根据所在区域特点，选择合适的配电装置形式抗震设计应符合现行国家标准《电力设施抗震设计规范》GB50260 的有关规定。                                             | GB50059-2011<br>第 2.0.2 条                           | 拟建项目变电站根据所在区域特点，选择合适的配电装置形式，抗震设计符合现行国家标准《电力设施抗震设计规范》GB50260 的有关规定。                         | 符合 |
| 总平面布置 |                                                                                                             |                                                     |                                                                                            |    |
| 18    | 风力发电场场区总体布置应符合下列规定：1.集电线路路径应最优；2.交通运输应便利；3.土石方工程量应最少。                                                       | GB51096-2015<br>第 4.3.1 条                           | 该项目场区总体布置符合左侧所述要求。                                                                         | 符合 |
| 19    | 风力发电机组布置应符合下列规定：1.风力发电机组的塔筒中心与公路、输电线路、通信线路等设施的避让距离宜大于轮毂高度与叶轮半径之和的 1.5 倍；2.应根据场区主导风向，合理确定行距、列距，减少风力发电机组尾流影响。 | GB51096-2015<br>第 4.3.3 条                           | 该项目风力发电机组的塔筒中心与公路、输电线路、通信线路等设施的避让距离拟大于轮毂高度与叶轮半径之和的 1.5 倍；拟根据场区主导风向，合理确定行距、列距，减少风力发电机组尾流影响。 | 符合 |
| 20    | 变电站的位置除应满足场址选择和一般规定外，还宜符合线路规定：1.宜靠近风力发电场中心，并宜靠近主干道路；2.宜便于架空和电缆线路的引入和引出。                                     | GB51096-2015<br>第 4.4.1 条                           | 该项目升压站拟靠近风电场中心，并靠近主干道路，便于架空和电缆线路的引入和引出。                                                    | 符合 |
| 21    | 风力发电场总体布局设计应由以下部分组成：风力发电机组的布置，中央监控室及场区建筑物布置，升压站布置，场区集电线路布置，风力发电机组变电单元布置，                                    | 《风力发电场设计技术规范》<br>DL/T5383-2007<br>第 4.0.2 条         | 该项目风力发电场总体布局设计由风力发电机组的布置，中央监控室及场区建筑物布置，升压站布置，场区集电线路布置，风力发电机组变电单元布置，中央                      | 符合 |

| 序号 | 检查项目及内容                                                                                                                     | 依据标准                                            | 检查可研情况                                                                      | 结论 |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|----|
|    | 中央监控通信系统布置，场区道路，其他防护功能设施（防洪/防雷/防火）。                                                                                         |                                                 | 监控通信系统布置，场区道路，其他防护功能设施（防洪/防雷/防火）组成。                                         |    |
| 22 | 风力发电机组按照矩阵布置，行必须垂直风能主导方向，同行风力发电机组之间距离不小于 3D，行与行之间距离不小于 5D，各列风力发电机组之间交错布置。                                                   | DL/T5383-2007<br>第 5.1.3 条                      | 该项目风力发电机组按照矩阵布置，行拟垂直风能主导方向，同行风力发电机组之间距离拟大于 3D，行与行之间距离拟大于 5D，各列风力发电机组之间交错布置。 | 符合 |
| 23 | 风力发电机组距离场内架空线路保证一定的安全距离，主要以满足：风力发电机组塔架、叶片吊装时的安全距离；风力发电机组维护时，工作人员从机舱放下的吊装绳索，在风力或其他外力作用荡起后的安全距离；风力发电机组正常运行时，不对线路的安全运行造成影响的距离。 | DL/T5383-2007<br>第 5.1.5 条                      | 该项目风力发电机组距离场内架空线路保证一定的安全距离。                                                 | 符合 |
| 24 | 风力发电机组布置点要满足机组吊装、运行维护的场地要求。                                                                                                 | DL/T5383-2007<br>第 5.1.8 条                      | 该项目风力发电机组布置点拟满足机组吊装、运行维护的场地要求。                                              | 符合 |
| 25 | 对拟定的风力发电机组布置方案需用风力发电场评估软件进行模拟计算尽量减少尾流影响，进行经济比较，选择最佳方案，标出各风力机地图坐标。                                                           | DL/T5383-2007<br>第 5.1.9 条                      | 该项目对拟定的风力发电机组布置方案用风力发电场评估软件进行模拟计算尽量减少尾流影响，进行经济比较，选择最佳方案，标出了各风力机地图坐标。        | 符合 |
| 26 | 箱式变压器组距离风力发电机组不应小于 10m。                                                                                                     | DL/T5383-2007<br>第 6.4.3 条                      | 该项目每台风力发电机组设置一台箱式变压器，箱式变压器距离风力发电机组中心不小于 10m 的位置。                            | 符合 |
| 27 | 变电站噪声对周围环境的影响，应符合现行国家标准《工厂企业厂界环境噪声排放标准》GB 12348 和《声环境质量标准》GB 3096 的有关规定。                                                    | 《35kV～110kV 变电站设计规范》（GB50059-2011）<br>第 6.0.2 条 | 该拟建项目变电站噪声对周围环境的影响，符合左侧标准规范的要求。                                             | 符合 |
| 28 | 屋外变电站实体围墙不应低于 2.2m。                                                                                                         | GB50059-2011<br>第 2.0.5 条                       | 已建成升压站（一期）设置了高度不低于 2.2m 高的实体围墙。                                             | 符合 |
| 29 | 变电站内为满足消防要求的主要道路宽度应为 4.0m。主要设备运输道路的宽度可根据运输要求确定，并应具备回车条件。                                                                    | GB50059-2011<br>第 2.0.6 条                       | 该项目升压站内道路转弯半径为 9m。                                                          | 符合 |

| 序号 | 检查项目及内容                                                                                                                                                             | 依据标准                                          | 检查可研情况                                                                            | 结论 |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 30 | 变电站内的建筑物标高、基础埋深、路基和管线埋深,应相互配合;建筑物内地面标高,宜高出屋外地面 0.3m,屋外电缆沟壁,宜高出地面 0.1m。                                                                                              | GB50059-2011<br>第 2.0.8 条                     | 该项目变电站内的建筑物标高、基础埋深、路基和管线埋深相互配合;建筑物内地面标高高出屋外地面0.3m,屋外电缆沟壁高出地面0.1m。                 | 符合 |
| 31 | 变电站的场地设计坡度,应根据设备布置、土质条件、排水方式确定,坡度宜为 0.5%~2%,且不应小于 0.3%;平行于母线方向的坡度,应满足电气及结构布置的要求。道路最大坡度不宜大于 6%。当利用路边明沟排水时,沟的纵向坡度不宜小于 0.5%,局部困难地段不应小于 0.3%。电缆沟及其他类似沟道的沟底纵坡,不宜小于 0.5%。 | GB50059-2011<br>第 2.0.7 条                     | 该拟建项目电缆沟底在允许的范围内设0.5~1%的纵坡,以满足纵向集水,同时,还应找出不小于1%的单向横坡,以利横向集水。适当处设集水坑,通过管道将雨水排至雨水井。 | 符合 |
| 32 | 变电站总平面布置应满足总体规划要求,并使站内工艺布置合理,功能分区明确,节约用地。                                                                                                                           | DL/T5056-2024<br>第 5.1.2 条                    | 该项目变电站总平面布置满足总体规划要求,使站内工艺布置合理,功能分区明确,节约用地。                                        | 符合 |
| 33 | 配电装置室房间内任一点到房间疏散门的直线距离不应大于 15m。                                                                                                                                     | GB50229-2019<br>第 5.2.5 条                     | 该拟建项目配电装置室房间内任一点到房间疏散门的直线距离小于 15m。                                                | 符合 |
| 34 | 储能电池舱与 110kV 主变距离 $\geq 15\text{m}$ , 与 35kV 配电装置 $\geq 12\text{m}$ 。                                                                                               | 《电化学储能电站设计规范》<br>(GB 51048-2014)<br>第 4.2.3 条 | 拟建项目间距 18m (主变侧)、14m (35kV 侧)。                                                    | 符合 |
| 35 | 相邻电池舱间距 $\geq 3\text{m}$ , 通道宽度 $\geq 4\text{m}$ 。                                                                                                                  | 51048-2014<br>第 4.3.5 条                       | 舱间距 3.5m, 通道 4.2m, 设置防火隔墙。                                                        | 符合 |

评价结果小结:

安全检查表共检查 35 项, 全部符合。

针对该项目场址选择、总平面布置的具体要求, 本报告在第 6.3 节安全对策措施中提出, 建议在下一阶段的安全设施设计和投产后的安全生管理过程中认真进行落实。

### 5.1.2 建(构)筑物等土建工程单元

#### (1) 安全检查表

本单元根据《风力发电场设计规范》(GB51096-2015)、《建筑设计防火规范(2018年版)》(GB50016-2014)、《风电场工程建筑设计规范》

(NB/T31128-2017)、《预制舱式磷酸铁锂电池储能电站消防技术规范》(T/CEC 373-2020) 等有关规定编制建（构）筑物等土建工程单元安全检查表，具体如下表所示。

表 5.1-2 建（构）筑物等土建工程单元安全检查表

| 序号 | 检查项目及内容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 依据标准                                     | 检查可研情况                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 结论 |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1  | 风力发电机组地基基础设计应考虑风力发电机组基础荷载及振动的特殊性，以及湿陷性黄土、永久冻土、膨胀土等特殊地质条件。风力发电机组地基基础设计应符合下列规定：1.应采用极限状态设计方法，荷载和油有关分项系数的取值应符合有关规定。应收集风力发电机组基础荷载（包括正常运行荷载、极端工况荷载、地震作用、疲劳荷载等）、基础环、基础环支架、基础埋管、上部结构（包括叶轮、机舱、塔筒等）质量、上部结构高度、结构自振频率、结构阻尼比、水平度要求等资料；2.应根据建设场地地基条件和上部结构对基础的要求确定风力发电机组基础型式；3.风力发电机组基础底板宜设计成轴对称形状，基础底板宜采用圆形或正多边形。经过强度、变形、耐久性验算及试验验证后，可采用岩石锚杆基础、梁板式基础与墩式基础等；4.冰冻地区与外界水分（如雨、水等）接触的露天混凝土构件应按冻融环境进行耐久性设计；5.风力发电机组基础确保抗冻性的主要措施应包括防止混凝土受潮、采用高强度的混凝土和引气混凝土；6.风力发电机组基础回填土应给出明确的密度、压实系数及检测要求。 | 《风力发电场设计规范》<br>GB51096-2015<br>第 9.3.1 条 | 该项目风力发电机组地基基础设计拟采用极限状态设计方法，荷载和油有关分项系数的取值符合有关规定。收集风力发电机组基础荷载（包括正常运行荷载、极端工况荷载、地震作用、疲劳荷载等）、基础环、基础环支架、基础埋管、上部结构（包括叶轮、机舱、塔筒等）质量、上部结构高度、结构自振频率、结构阻尼比、水平度要求等资料；根据建设场地地基条件和上部结构对基础的要求确定风力发电机组基础型式；风力发电机组基础底板拟设计成圆形。经过强度、变形、耐久性验算及试验验证后，采用板式基础；与外界水分（如雨、水等）接触的露天混凝土构件拟按冻融环境进行耐久性设计；风力发电机组基础拟采取抗冻性措施；风力发电机组基础回填土拟给出明确的密度、压实系数及检测要求。 | 符合 |
| 2  | 风力发电机组基础的埋置深度应满足地基承载力、变形和稳定性要求。天然地基建构筑物的基础应设置原状土层上，基底宜设置在标准冻深线以下。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | GB51096-2015<br>第 9.3.2 条                | 该项目风力发电机组基础的埋置深度拟满足地基承载力、变形和稳定性要求。天然地基建构筑物的基础拟设置原状土层上，基底设置在标准冻深线以下。                                                                                                                                                                                                                                                       | 符合 |

| 序号 | 检查项目及内容                                                                                                                                    | 依据标准                                                 | 检查可研情况                                                              | 结论 |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|----|
| 3  | 主控制室、站用电室、蓄电池室、屋内配电装置室等有防火要求的电气设备用房应采用防火门。                                                                                                 | GB51096-2015<br>第 9.4.3 条                            | 该项目中控室、蓄电池室、屋内配电装置室等有防火要求的电气设备用房采用防火门。                              | 符合 |
| 4  | 建筑内部装修的防火设计应包括对室内顶棚、墙面、楼地面、隔断等的防火设计。                                                                                                       | GB51096-2015<br>第 9.4.5 条                            | 该项目建筑内部装修的防火设计包括对室内顶棚、墙面、楼地面、隔断等的防火设计。                              | 符合 |
| 5  | 建筑设计应重视噪声控制。在布置上应使主要工作和生活场所避开强噪声源，对噪声源应采取吸声和隔声的措施，并应满足外部环境对噪声控制的要求。                                                                        | GB51096-2015<br>第 9.4.8 条                            | 该项目建筑设计重视噪声控制。在布置上使主要工作和生活场所避开强噪声源，对噪声源应采取吸声和隔声的措施，并满足外部环境对噪声控制的要求。 | 符合 |
| 6  | 变电站的屋外构筑物应采用有效的防腐措施。                                                                                                                       | GB51096-2015<br>第 9.5.3 条                            | 该项目 110kV 升压站屋外构筑物拟采用有效的防腐措施。                                       | 符合 |
| 7  | 电缆沟及电缆隧道在进出主控制室、屋内配电装置室时，应在建筑物外墙处设置防火墙，电缆隧道的防火墙上应设甲级防火门。                                                                                   | 《风电场工程建设设计规范》<br>NB/T31128-2017<br>第 3.2.5 条         | 该项目电缆沟及电缆隧道在进出配电装置室时，拟在建筑物外墙处设置防火墙，电缆隧道的防火墙上拟设甲级防火门。                | 符合 |
| 8  | 建筑物的采光设计应综合考虑建筑节能要求，优先考虑天然采光，采光口的设置应充分和有效地利用天然光源。                                                                                          | NB/T31128-2017<br>第 3.4.1 条                          | 该项目建筑物的采光设计拟综合考虑建筑节能要求，优先考虑天然采光，采光口的设置拟充分和有效地利用天然光源。                | 符合 |
| 9  | 防火墙应直接设置在建筑的基础或框架、梁等承重结构上，框架、梁等承重结构的耐火极限不应低于防火墙的耐火极限。                                                                                      | 《建筑设计防火规范》<br>GB50016-2014<br>(2018 年版)<br>第 6.1.1 条 | 该项目防火墙拟直接设置在建筑的基础或框架、梁等承重结构上，框架、梁等承重结构的耐火极限拟不低于防火墙的耐火极限。            | 符合 |
| 10 | 防火墙上不应开设门、窗、洞口，确需开设时，应设置不可开启或火灾时能自动关闭的甲级防火门、窗。                                                                                             | GB50016-2014<br>(2018 年版)<br>第 6.1.5 条               | 该项目防火墙上不开设门、窗、洞口，确需开设时，拟设置不可开启或火灾时能自动关闭的甲级防火门、窗。                    | 符合 |
| 11 | 应按建（构）筑物火灾危险性分类及耐火等级进行设计，并应严格控制装修材料的耐火等级。生产类建筑类别应按设备的火灾危险性确定。<br>建筑防火分区符合现行国家标准《火力发电厂与变电站设计防火标准》GB50229 的有关规定，防火分区之间应采用防火墙分隔。疏散门均应向疏散方向开启。 | GB51096-2015<br>第 13.2.4 条<br>第 13.2.5 条             | 该拟建项目火灾危险性、耐火等级符合规范要求。                                              | 符合 |
| 12 | 新增 2#主变与综合楼（丙类）间距（油浸变压器与丙类建筑 $\geq 15\text{m}$ ）；                                                                                          | 《火力发电厂与变电站设计防火                                       | 拟建项目新增 2#主变与综合楼（丙类）间距为 18m（含防火                                      | 符合 |

| 序号 | 检查项目及内容                                                                                                                                                                                                                              | 依据标准                                                                                                                                                                       | 检查可研情况                                                                                                                                                                                                                    | 结论 |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
|    | SVG 装置与 35kV 配电室间距（无功补偿装置与配电装置≥10m）；储能舱与主变间距（储能设备与油浸设备≥15m）；电池舱间横向间距（≥3m）；储能舱与升压站围墙间距（≥10m）；储能舱与 35kV 配电装置间距（≥12m）；电池舱泄压面方向（泄压面应避开人员密集区及重要设备）；电池舱防火墙耐火极限（≥2.0h）；储能区通风系统独立性（储能舱通风系统应与升压站隔离，防爆型风机独立供电）；电缆沟防火封堵（电缆沟穿越防火分区处采用防火包带+无机堵料）。 | 标准》（GB 50229-2019）<br>表 11.1.4 、 第 11.1.5 条 、 第 11.1.7 条 、 第 11.5.4 条<br>《预制舱式磷酸铁锂电池储能电站消防技术规范》（T/CEC 373-2020）第 4.3.1 条、第 4.3.2 条、第 4.3.3 条、第 6.2.2 条、第 5.2.1 条、第 7.1.4 条 | 墙）；SVG 装置与 35kV 配电室间距为 12.5m；储能舱与主变间距为 18m（中间设 2.5m 宽绿化隔离带）；电池舱间横向间距为 3.5m（含防火墙）；储能舱与升压站围墙间距为 12m；储能舱与 35kV 配电装置间距为 14m；泄压板朝西侧无人区（无建构筑物）；2.5h（采用加气混凝土砌块+防火涂料；配置防爆轴流风机，电源引自柴油发电机专用回路；储能舱进出线电缆沟每 6m 设防火包（厚度≥200mm），耐火极限≥1h。 |    |

评价结果小结：

安全检查表共检查 12 项，全部符合

## （2）预先危险性分析

该项目建（构）筑物等土建工程单元采用预先危险性分析法对其进行评价，评价结果具体如下表所示。

表 5.1-3 建（构）筑物等土建工程单元预先危险性分析表

| 潜在事故     | 危险因素                               | 形成事故原因                                                                                                                                                                                                                 | 事故后果           | 危险等级 | 安全对策措施                                                                                                                                                                                                |
|----------|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 风电机组基础坍塌 | 设计缺陷<br>质量缺陷<br>防护缺陷<br>恶劣气候<br>地震 | 1.风电机组基础设计中存在缺陷或不合理，如风机基础设计荷载有误、地基承载力、基底平均压应力、基础的最大应力计算不正确等，若存在上述缺陷，可能会造成风力发电机组倒塌事故。<br>2.该项目风机基础采用钢筋混凝土梁板式基础；未按要求进行荷载试验，风机受力时可能会引起基础发生沉降，造成基础倾斜或坍塌；<br>3.基础施工过程中若存在违章施工，工程监理不到位，可能会造成基础存在质量缺陷，如基础中钢筋、水泥标号不合格等，会造成基础承压 | 设备损坏<br>重大财产损失 | III  | 1.风电机组基础均应满足承载力、变形和稳定性的要求；<br>2.桩基础在设计时应进行沉降计算和荷载试验，其抗裂和限裂设计应符合《建筑桩基技术规范》（JGJ94）的要求；<br>3.加强施工过程的施工管理和监督、监理，加强施工过程中材料的进库、出库验收检查，加强施工过程的质量监督；<br>4.风力发电机组基础应进行边坡防护，防止雨水冲刷和大风侵蚀的不良影响；<br>5.细致勘探工程地质，风机布 |

| 潜在事故     | 危险因素                                               | 形成事故原因                                                                                                                                                                                                                                                                         | 事故后果         | 危险等级 | 安全对策措施                                                                                                                                                    |
|----------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          |                                                    | 强度降低，可能会导致基础破裂，局部沉降等，砼基础及其中钢筋防腐措施不符合要求，可能因腐蚀造成基础破坏，总之，基础若存在施工质量缺陷，可能会造成基础破坏，局部沉降等，从而引发坍塌事故。<br>4.基础受雨水冲刷、大风侵蚀，造成基础裸露、不稳。                                                                                                                                                       |              |      | 置应避免不良地质地段，禁止冬季进行混凝土浇筑施工，基础的回填土应符合要求；<br>6.风力发电机组基础的抗震设防等级应满足要求。                                                                                          |
| 箱变杆塔基础坍塌 | 恶劣气候质量缺陷<br>防护缺陷<br>外力破坏                           | 1.箱变基础设计若存在问题或不足，如基础结构没有考虑工程地质条件、地震的影响等，即荷载大小、抗震设防等不能满足要求，可能会导致地基沉降等事故的发生。<br>2.杆塔若布置不当，夏季暴雨形成的冲洪沟，若经过杆塔位置，可能冲刷杆塔基础，导致杆塔基础裸露甚至倒塌。                                                                                                                                              | 设备损坏<br>财产损失 | II   | 1.箱变基础应设置在稳定地基处，且应考虑场地土对基础的腐蚀影响；箱变基础的抗震设防等级应满足要求。<br>2.杆塔基础应进行边坡防护，防止雨水冲刷和大风侵蚀的不良影响，杆塔设计应符合《66kV 及以下架空电力线路设计标准（2025 年版）》（GB50061-2010）有关规定。               |
| 其他建筑物坍塌  | 基础质量缺陷<br>防护缺陷<br>安全通道<br>安全出口<br>缺陷<br>防雷装置<br>缺陷 | 1.升压站建（构）筑物地基处理、基础材料选择未充分考虑地质情况、建（构）筑物形式、荷载大小及抗震等级等，可能会导致地基沉降、建筑物坍塌等事故的发生。<br>2.若建构筑物的安全出口、安全距离等不满足规范要求，在发生火灾时，由于建构筑物达不到要求的耐火极限，造成建构筑物坍塌；由于未设置安全出口，人员不能及时脱离火灾场所，发生人员伤亡；由于安全距离不足，会造成事故扩大化。<br>3.建（构）筑物应进行防雷设计。如果该项目建（构）筑物防雷装置设计、施工及运营期的定期检测不符合要求，建（构）筑物易遭受到雷击，进而造成火灾及建构筑物的坍塌危险。 | 人员伤亡<br>财产损失 | III  | 1.建筑物的地基处理应满足荷载要求，抗震设防等级应满足要求。<br>2.中控室、35kV 配电室等的安全出口应分散布置。每个防火分区、一个防火分区的每个楼层，其相邻 2 个安全出口最近边缘之间的水平距离不应小于 5.0m。<br>3.建筑的防雷设计应满足相关标准要求。防雷装置应按要求进行验收，并定期检测。 |

### 评价结果小结：

通过风电机组预先危险分析，发生风电机组基础坍塌和其他建筑物坍塌的危险等级为III级，箱变杆塔基础坍塌的危险等级为II级。因此，在安全设施设计和投产后的安全生产管理的过程中，一定要认真落实报告中所提出的对策措

施，其危害程度就会降到可接受程度。

### 5.1.3 风电机组单元

该项目风电机组单元采用预先危险性分析法对其进行分析评价，评价结果具体如下表所示。

表 5.1-4 风电机组单元预先危险性分析评价结果表

| 危险因素 | 事故原因                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 事故后果 | 危险等级 | 安全对策措施                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 塔架倒塌 | <p>1.塔架设计强度或刚度达不到要求，使用过程中过早发生变形而失效。</p> <p>2.塔架外表面防护处理不合格，塔架过早腐蚀强度降低而失效。</p> <p>3.塔架安装质量不良、连接的螺栓强度低，不能承受发电机运转时附加的弯曲载荷，就会造成筒体弯曲，进而如果施工基础不合格，就会引起发电机组倒塌。</p> <p>4.风电机组塔架受强风影响时，不仅会附加风载荷，而且由于风速的变化塔架产生振动，如果塔架的强度和刚度不满足要求，强风时易发生塔架变形甚至破坏。</p> <p>5.机组长期震动导致塔架金属疲劳，局部产生裂纹，裂纹逐渐扩展。如果不能及时发现并修补，导致塔架折断。</p> <p>6.塔架、机舱、轮毂、叶片等处法兰螺栓扭矩或载荷不一致造成螺栓断裂，导致风机倒塌。</p> <p>7.风机塔基施工及塔架、风机叶片安装过程中未按要求进行监测，塔基不均匀沉降、塔架、风机叶片安装倾斜等原因均可能造成塔架倒塌。</p> | 设备损毁 | III  | <p>1.塔架的设计在经济合理的基础上，制造时选用合格的钢材，采用先进的加工工艺，优化塔架结构，提高其强度和刚度。</p> <p>2.塔架安装质量必须保证施工优良。采用优质的材料并进行表面处理。</p> <p>3.风机基础达到预定强度的基础上才能进行风电机组的安装。</p> <p>4.提高风电机组的抗风安全系数，同时采用较先进的风机控制技术，采用结构优良的叶片，以使在强风时，作用在塔架上的风载荷最小。</p> <p>5.使用同步拆装系统或扭矩传感器进行施工。</p> <p>6.风电机组运行巡检时，定期检查塔架的疲劳裂纹情况，发现问题及时解决。</p> <p>7.安装作业须由具备设备安装二级以上资质的单位进行。特种作业人员持证上岗。塔筒螺栓力矩和焊缝须经验收。</p> <p>8.在风机基础及其附近按要求设置沉降观测点，风机运行初期对风力发电机组基础沉降、塔架倾斜观测；在安装过程中利用激光观测仪、经纬仪等仪器进行安装观测，保证安装精度。</p> |
| 叶片缺陷 | <p>1.叶片断裂：叶片正常运行时，受到风载荷、离心力和重力的作用产生振动造成叶片断裂。叶片的振动频率与幅度必须控制在保证风力机安全工作的水平上，否则叶片因产生疲劳而断裂。</p> <p>2.叶片遭受雷击：</p> <p>1) 叶片内部未设置防雷装置。2) 叶片内、机舱底板与上段塔架之间、塔</p>                                                                                                                                                                                                                                                                     | 设备故障 | II   | <p>1.叶片设计时，叶片的振动频率与幅度必须控制在保证风力机安全工作的水平上。</p> <p>2.叶片的固有振动频率与风机的其他构件（塔架、机舱、控制系统等）的固有振动频率不同，避免引起共振。</p> <p>3.叶片的结构和材料满足使用要求。</p> <p>4.叶片安装可靠的避雷系统。防雷装置安装后投入使用前应检测合格。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                     |

| 危险因素   | 事故原因                                                                                                                                                                                                                                                                                | 事故后果      | 危险等级 | 安全对策措施                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|        | 架各段之间连接不良。3) 发电机组的接地电阻值不合格。4) 由于防雷系统失效, 叶片遭雷击时断裂。<br>3.叶片早期失效:<br>(1) 风机叶片材质不合理。(2) 风机叶片缺乏环境的适应性, 叶片脱层早期失效。(3) 叶片的制作质量差。                                                                                                                                                            |           |      | 5 风电机组机舱或装置区设防雷设施。<br>6.保证风机的接地连接线完好, 塔架法兰螺栓采用连接线连接。<br>7.采用符合《风力发电机组风轮叶片》(GB/T25383-2010) 标准要求的产<br>品。<br>8.采用制造质量优良的叶片产品。<br>9.选用适合场址气候环境的叶片材质。<br>10.加强巡检, 出厂前进行测试和试验。                                                                                   |
| 液压系统故障 | 1.使用液压刹车装置的机组, 液压系统故障, 可造成刹车系统失灵和变桨系统失灵, 造成机组失控。<br>2.液压系统漏油, 遇高温或明火会引发火灾事故。<br>3.液压站控制系统故障, 造成液压系统无法启动。<br>4.液压油供应不足或者油质不符合要求。<br>5.对液压系统的密封件管理不当致使密封性能下降或使用不当。<br>6.液压管路敷设不合理, 因振动磨损造成泄漏。                                                                                         | 火灾、机组运行故障 | II   | 1.合理设计液压系统, 保证有足够的压力和容量。<br>2. 定期检查液压系统管理和缸体是否泄漏, 发现问题及时处理。<br>3.对液压系统进行定期试验和测试, 保证液压系统的正常运行。<br>4.定期检查液压油质及油箱油位, 保证液压系统的油质可靠。<br>5.加强液压密封件的保管和使用。<br>6.合理设计液压管路, 防止事故的发生。                                                                                  |
| 偏航系统故障 | 1.齿环齿面过度磨损: 齿环材质选择不当, 加工制造质量不合格。风机偏航运转时, 发生冲击载荷, 齿面产生麻点, 甚至发生断齿。风机长期运行, 齿面磨损后间隙增大, 运行时噪声增大。齿面啮合部位润滑不良, 磨损加剧。<br>2.偏航压力不稳: 液压油泵供油压力不稳。液压系统储能器故障。液压系统电磁阀、压力继电器、安全阀等元件故障。<br>3.偏航定位不准: 偏航制动器产生的阻尼力矩过大或过小。齿环的齿面磨损严重。风向标光敏风向传感器信号失真。<br>4.偏航计数不准: 风向标光敏风向传感器安装不牢。有异物遮住光敏传感器。光敏传感器信号馈线故障。 | 设备故障财产损失  | III  | 1.电气线路绝缘优良, 防止绝缘老化断路, 采用相应的防护等级的电气设备。<br>2.偏航轴承质量符合使用要求。<br>3.定期检修偏航对风齿轮机构, 尤其关注磨损和润滑情况。<br>4.采用质量优良并带有安全附件的油泵, 保证油泵供油压力稳定。<br>5.油泵的压力信号不稳定时, 及时检查和检修液压系统。<br>6.采用质量优良的偏航制动器, 定期对制动器进行检查。<br>7.采用质量优良的风向标光敏风向传感器, 在运行过程中根据测风塔的风向信号与风机风向标的风向信号对比, 监测风向标的稳定性。 |
| 变桨系统故障 | 1.驱动电机故障, 如电机线圈断路、电机电源线断路, 引起叶片不能转动, 风速突然变化导致发电机功率波动大, 叶片水平载荷突然增大, 塔架                                                                                                                                                                                                               | 设备故障财产损失  | III  | 1.加强驱动电机的监测, 选用质量优良的电机, 必要时采用电机驱动的备用装置或双电机驱动。<br>2.确保制动装置灵敏可靠, 定期检查制                                                                                                                                                                                        |

| 危险因素  | 事故原因                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 事故后果 | 危险等级 | 安全对策措施                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       | <p>基部弯曲载荷增大，极端情况下可能折断叶片或塔架。</p> <p>2.制动装置失灵，叶片失去控制。</p> <p>3.叶片安装角检测系统故障，导致叶片安装角调节失控，风机运行故障。</p> <p>4.电气系统短路可能引发电气火灾，继电器故障造成制动齿轮动作。</p> <p>5.齿轮传动系统老化后间隙增大，引起叶片摆动和振动。</p> <p>6.由于后备蓄电池缺乏维护保养，致使电网意外掉电时，变桨系统不能进行顺桨，可能会造成叶片损坏，严重时可能导致倒塔。</p>                                                                                                                                                                                                                                                     |      |      | <p>动装置的灵敏性和可靠性。</p> <p>3.叶片安装角检测系统采用冗余系统。</p> <p>4.确保电气系统安装质量，选择合格的电气设备和线路。</p> <p>5.定期对变桨系统进行检查。</p> <p>6.为防止电网意外掉电时确保变桨系统顺利完成顺桨，应至少每三个月对变桨系统的后备电源、充电电池组进行充放电一次。</p>                                                                                                                                                                               |
| 齿轮箱故障 | <p>1.齿轮损伤：因选材不当、设计计算错误、加工和热处理不当、安装精度不够、润滑不足、使用维护不当等原因造成。</p> <p>2.齿面胶合：齿轮润滑条件差或因设计缺陷，造成齿轮齿面瞬时温度过高，啮合齿面会发生粘焊现象，严重时齿面撕脱，导致齿轮严重失效。</p> <p>3.轮齿折断：由于设计和制造、安装缺陷，齿轮在风速不稳定时经常受到冲击载荷，造成齿轮严重磨损。另一方面，也是齿根受到脉冲弯曲应力，齿根产生疲劳裂纹，造成轮齿折断。</p> <p>4.轴承损坏：由于安装、润滑、维护等方面的原因，造成轴承产生点蚀、裂纹、表面剥落等缺陷，使轴承失效，从而使齿轮副和箱体产生损坏。</p> <p>5.切键和滚键：由于材质缺陷、安装缺陷、润滑缺陷等原因，造成花键在运行过程中受到强力冲击，从而造成切键和滚键，使齿轮箱噪音增加甚至失效。</p> <p>6.齿轮箱漏油：由于设备事故、检修维护不当，可能导致齿轮箱漏油，若漏油过多可能导致齿轮箱过热。</p> <p>7.断轴：制造过程没有消除应力集中因素，在过载和交变应力的作用下，超出材料的疲劳极限导致断轴。</p> | 财产损失 | II   | <p>1.齿轮箱齿轮采用适合场址冬季较低气温特点的材质，热处理质量优良，必须是全检产品，抗冷脆性强。</p> <p>2.齿轮箱设置加热装置，并保证加热装置工作正常，在冬季停机时间段，采取给齿轮箱加热的措施。</p> <p>3.风机停机后在运转时，应首先对齿轮箱的润滑油系统进行检查，确保正常润滑后再开机。必要设置润滑油压力监控系统，及时监控供油情况。</p> <p>4.选用合适的传动齿轮结构，避免给轴端的轴承附加较大的轴向载荷。</p> <p>5.齿轮箱安装后及时检查安装情况，避免漏油事件发生。</p> <p>6.加强齿轮箱等转动部件的振动监测，加装振动监测装置。</p> <p>7.定期检测润滑油油质，及时更换。</p> <p>8.制造过程应充分消除应力集中现象。</p> |
| 风力发电  | 1.发电机温度过高、机械性损伤，潮湿、灰尘、导电微粒或其他污染物侵                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 设备损坏 | III  | 1.加强对风力发电机的维护保养，发电机外壳、轮毂外壳应安装良好，密封性                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

| 危险因素       | 事故原因                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 事故后果         | 危险等级 | 安全对策措施                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 机故障        | <p>蚀发电机绕组等原因造成绝缘电阻低。</p> <p>2.转子转动不平衡，安装不紧固、基础不好或有共振、转子与定子相擦等原因造成发电机振动噪声大。</p> <p>3.不合适的润滑脂、润滑脂过多或过少，润滑脂失效、润滑脂不清洁，有异物进入，轴承磨损，轴弯曲、变形等原因造成轴承过热失效。</p> <p>4.绕组机械性拉断、损伤，极间连接线焊接不良、接线头脱落，匝间短路，潮湿、灰尘、导电微粒或其他污染物污染、侵蚀绕组，长时间过载导致电机过热，其他电气元件的短路、故障引起过电压、过电流而导致绕组局部绝缘损坏、短路，雷击等原因造成发电机绕组断路、短路接地。</p> <p>5.手动启动风电机组前叶轮上存在结冰现象。在潮湿地区，长期停用和新投入的风电机组在投入运行前未检查绝缘。</p> |              |      | <p>应满足要求。</p> <p>2.严格发电机制造、安装、调试、检修质量标准。</p> <p>3.严格执行规程、加强绝缘预防性试验工作。</p> <p>4.确保发电机保护系统完善、完好。</p> <p>5.发电机润滑油脂选型应合适，加装量应符合要求，加装油脂应保持清洁，轴承有磨损、弯曲、变形现象及时更换。</p> <p>6.严格发电机转子制造、安装、检修质量，加强对发电机的监控，检修中仔细检查接头附近的异常现象，对电气元件进行定期试验。</p> <p>7.保证风力发电机组防雷装置良好。</p> <p>8.建议与当地气象部门联系，取得重大灾害天气的预报和预警，作好风电场安全运行的事故预想和对策。</p> <p>9.手动启动风电机组前叶轮上应无结冰现象。在潮湿地区，长期停用和新投入的风电机组在投入运行前应检查绝缘，合格后才允许启动。</p> |
| 变流器故障      | <p>1.变流器所处现场环境恶劣，因高温发热，油水脏污、灰尘以及交流的电磁干扰等，即影响变流器性能也极易导致变流器故障。</p> <p>2.变流器本身质量不好、元件接触不良或型号参数不匹配等，导致变流器中开关管过电压和过电流，从而使开关管超过耐受极限而击穿或烧毁，有时甚至是永久性损坏。</p> <p>3.风力发电机在运行过程中遭遇电网故障，功率无法馈送入电网，导致功率直流侧和输出侧电压升高，发电机在运行过程中由于负载突变产生过高的冲击电流，发电机及传输电缆绝缘老化导致匝间或相间短路形成短路电流等，如最终超过元件的耐受限度，都会导致变流器元件故障。</p>                                                              | 设备受损         | II   | <p>1.变流器所处现场要有防尘、防温度升高的措施。</p> <p>2.要选择有生产资质厂家生产的合格变流器，变流器安装过程中要保证元件接触良好，型号参数要匹配。</p> <p>3.要定期对发电机及传输电缆进行检查，若发现其绝缘老化，要及时更换，避免匝间或相间短路形成短路电流。</p>                                                                                                                                                                                                                                        |
| 风电机组防雷系统故障 | <p>1.风电机组防雷设计不合理。</p> <p>2.风电机组和箱式变接地设计不合理，接地电阻不合格，风电机组的接地工程施工不合格。</p> <p>3.接地网防腐蚀，造成接地网中断导</p>                                                                                                                                                                                                                                                       | 设备损坏<br>机组停运 | II   | <p>1.选用防雷设计优良的风电机组产品。</p> <p>2.接地网按照规范设计，接地电阻合格。委托有资质的施工队伍进行接地工程的施工。确保防雷接地电阻符合规范要求。定期开展检查，尤其是在雷电季节来临</p>                                                                                                                                                                                                                                                                               |

| 危险因素 | 事故原因                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 事故后果 | 危险等级 | 安全对策措施                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      | <p>致接地电阻增大，雷击时不能及时泄流。</p> <p>4.接地引下线热稳定不满足要求。</p> <p>5.机组叶片、机舱、塔架之间连接线设置不合理。</p> <p>6.风电机组内部等电位汇接线断开。</p> <p>7.在发电机、开关盘、控制器模块电子组件、信号电缆终端等，未采用避雷器或压敏块电阻等过电压保护。</p> <p>8.采用的避雷器选型不合理。海拔高的地区，大气压、大气密度、绝对湿度和避雷器的电晕起始电压均较平原区低，可能发生避雷器的瓷套闪络事故，电晕也较平原地区严重，引起密封件和引线腐蚀。</p>                                                                       |      |      | <p>前，检查接地电阻材料的腐蚀情况和实测接地电阻值，检查接地电阻是否合格。在运行中期和后期时，需加密进行接地电阻的检查。</p> <p>3.确保接地连接可靠，采取防腐措施。</p> <p>4.接地引下线均符合热稳定的要求，连接引线便于定期进行检查测试。</p> <p>5.机组设置防雷装置，叶片、机舱、塔架之间设置合理的连接线。风速计和风标与接闪器一起接地等电位；机舱的所有组件如主轴承、发电机、液压站等以合适尺寸的接地带，连接到机舱主框作为等电位；地面开关盘框由一个封闭金属盒，连接到地等电位。</p> <p>6.定期检查风电机组等电位连接线。</p> <p>7.在发电机、开关盘、控制器模块电子组件、信号电缆终端等，采用避雷器或压敏块电阻的过电压保护。</p> <p>8.选用符合环境及安全要求的避雷器。</p>                       |
| 电缆故障 | <p>1.电缆绞断：</p> <p>1) 风力机组未设扭缆传感器和解缆保护开关或线路设计缺陷。</p> <p>2) 对风机塔上至塔中电缆的检查（尤其是风向多变季节）不落实。解缆保护开关故障。</p> <p>3) 偏转制动法兰和制动卡钳故障，检查不落实，偏转轴齿轮润滑不良。</p> <p>4) 解缆传感器故障。</p> <p>2.电缆损坏：</p> <p>1) 风电机组塔架内电缆选型不合理，未使用带金属编织层的电缆或使用护管，啮齿类动物进入塔架内部可能咬坏电缆，造成电缆破损和短路事故；</p> <p>2) 风电场当地气温较低，如果塔架密封不良，检修和巡视后忘记关闭入口门，在低温天气可能冻坏电缆护套，造成电缆护套和绝缘层损坏，进而引起短路事故。</p> | 财产损失 | II   | <p>1.风力机组设计合理的扭缆传感器和解缆保护开关或线路。</p> <p>2.工程投运后，严格对风机塔上至塔中电缆的检查（尤其是风向多变季节）。保证解缆保护开关运行正常。</p> <p>3.工程投运后，定期检查，保证偏转制动法兰和制动卡钳运行正常以及偏转轴齿轮润滑良好。</p> <p>4.选用质量良好的解缆传感器。</p> <p>5.所选电缆应有金属编织护网或增加金属护管，防止啮齿类小动物咬坏电缆。</p> <p>6.选择符合标准要求的电缆，电缆护套应具有抵抗低温的能力，防止严寒季节造成护套龟裂、损坏。</p> <p>7.敷设电缆时，应制定作业规程，防止电缆损伤。</p> <p>8.电缆接头的构造类型应满足工程所需可靠性、安装与维护简便、经济合理等因素，电缆终端、接头的布置应满足安装维修所需的间距，并应符合电缆允许弯曲半径的伸缩节配置的要求。</p> |
| 箱变火灾 | <p>1.短路：主要有匝间短路、绕组接地、相间短路，断线及接头开焊等。</p> <p>2.分接开关故障：分接开关接触不良</p>                                                                                                                                                                                                                                                                         | 设备损毁 | III  | <p>1.加强变压器类设备的选型、招标、制造、安装、验收、运行全过程的管理。在生产技术部门配置变压器专责人，落</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

| 危险因素 | 事故原因                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 事故后果 | 危险等级 | 安全对策措施                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      | <p>或位置不准，触头表面熔化与灼伤及相间触头放电或各分接头放电。</p> <p>3.雷击过电压：运行中的变压器受到雷击时，引起电力系统的某些参数发生变化，由于电磁振荡的原因，将引起变压器内部过电压，这两类过电压所引起的变压器损坏大多是绕组主绝缘击穿，造成变压器故障。</p> <p>4.铁芯磁路故障：铁芯的穿心螺丝及夹板碰接铁芯。其间发生短路时强电流通过，造成局部过热、甚至使铁芯、夹板熔化并引起绝缘着火。</p> <p>5.箱变为全密闭结构且安装于室外，当箱站内设备出现异常，运行、监测人员不能够及时发现，发生过热、火灾事故。</p> <p>6.凝露：箱体内外温、湿度差较大，在外界温度急剧变化时，箱体内部容易产生凝露现象，从而引起带电设备闪络放电，引起火灾。</p> |      |      | <p>实好相关反事故措施。</p> <p>2.设备采购时，应要求制造厂有可靠、密封措施。对运行中的设备，如密封不良，应采取改进措施，确保防止变压器进水、空气受潮或尘埃等。</p> <p>3.加强运行巡视，防止套管、引线、分接开关引起事故。套管的伞裙间距低于标准的，应采取加硅胶伞裙套等措施，防止雨闪事故。</p> <p>4.安装氧化锌避雷器，对防直击雷装置定期进行检测、维护。</p> <p>5.定期对箱变主要部件进行检修维护。</p> <p>6.箱式变箱体内应设驱潮装置，以尽量避免内部元件发生凝露。</p> <p>7.定期检查，发现凝露现象及时采取措施。</p> |

#### 评价结果小结：

通过对该项目风电机组单元进行预先危险分析，塔架倒塌、偏航系统故障、变桨系统故障、风力发电机故障、箱变火灾危险等级为Ⅲ级，叶片缺陷、液压系统故障、齿轮箱故障、变流器故障、风电机组防雷系统故障、电缆故障的危险等级为Ⅱ级。因此，在安全设施设计和投产后的安全生产管理的过程中，一定要认真落实报告中所提出的对策措施，其危害程度就会降到可接受程度。

#### 5.1.4 集电线路单元

该项目的风力发电机组拟采用“一机一变”单元接线方式，按风电机组布置及线路走向划分，风电场共设 2 回 35kV 集电线路接至 110kV 升压站。根据风电场装机规模及风机分布的特点，综合可靠性、经济性、征地等方面考虑，集电线路拟采用架空形式。

该项目集电线路单元采用预先危险性分析法对其进行分析评价，评价结果具体如下表所示。

表 5.1-5 集电线路预先危险性分析表

| 危险因素      | 事故原因                                                                                                                | 事故后果    | 危险等级 | 安全对策措施及建议                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 架空线路故障    | 1.在潮湿/多雨天气由于树障、配电线路上绝缘子单相击穿、导线接头处过负荷烧断或氧化腐蚀脱落、单相断线等因素引起单相接地故障。<br>2.外力破坏、雷击、鸟害等造成的短路故障。<br>3.外力破坏、线路、设备本身原因等造成断路故障。 | 设备损坏    | II   | 1.必须选用合格的、质量好的绝缘子，并在安装前进行耐压试验，保证安装质量。<br>2.采取安装金属氧化物避雷器、全线架设避雷线等防雷措施，以减少因雷击而造成的单相接地故障。<br>3.为减少车辆碰撞杆塔事故，设置醒目的禁止警示牌。<br>4.加强巡检，对存在缺陷的设备及时处理和检修。                                                                                |
| 杆塔倒塌      | 1.选址及杆塔设计有缺陷。<br>2.巡检不认真，隐患未及时消除。<br>3. 未进行防盗设计。                                                                    | 设备损坏    | III  | 1.合理选取杆塔型式、杆塔强度。对地形复杂、气象条件恶劣、交通困难地段的杆塔，应适当增加杆塔强度。<br>2.加强杆塔检查巡视、发现问题及时消除。<br>3. 采用符合《架空输电线路运行规程》（DL/T 741-2019）的防盗螺栓及防攀爬装置；在易盗区域（如人口密集区、交通便利处）安装红外监控摄像头及震动报警装置；塔材连接处采用焊接+螺栓双重固定，焊缝涂覆防锈防割涂层。                                   |
| 防雷系统缺陷    | 1.防雷系统设计有缺陷。<br>2.防雷设施未定期检测，隐患未及时消除。                                                                                | 设备损坏    | III  | 1.防雷系统应严格按照《交流电气装置的接地设计规范》（GB/T50065-2011）等有关标准进行设计，施工单位应严格按照设计进行施工。<br>2.防雷设施应定期检测，及时消除隐患。                                                                                                                                   |
| 埋地电缆损伤与故障 | 1. 外力破坏、覆土不达标导致机械损伤。2. 腐蚀或接头工艺不良引发绝缘击穿。3. 过载导致热稳定性失效。                                                               | 设备损坏、火灾 | II   | 1.敷设深度及保护：直埋电缆壕沟覆土深度严格 $\geq 700\text{mm}$ ，过路穿管段按 GB50217 要求加固防护，敷设路径设置地面警示标识。<br>2.防腐选型：采用 ZRC-YJLHY23 型铠装电缆，加强敷设前土壤腐蚀性检测，必要时增设防腐涂层。<br>3.防外力破坏：施工期增设电子围栏或实时监控，运维期定期巡检路径周边施工活动。<br>4.接头工艺控制：采用全封闭式冷缩接头，敷设后通过耐压试验与红外测温确认密封性。 |

评价结果小结：

由集电线路预先危险性分析表可看出，架空线路故障、埋地电缆损伤与故障的危险等级为Ⅱ级，杆塔倒塌、防雷系统缺陷的危险等级为Ⅲ级。因此，在安全设施设计和投产后的安全生产管理的过程中，一定要认真落实报告中提出的对策措施，其危害程度就会降到可接受程度。

### 5.1.5 升压站和储能装置单元

采用预先危险性分析法，对升压站和储能装置单元进行分析评价，其结果见下表。

表 5.1-6 升压站和储能装置单元预先危险性分析表

| 危险因素  | 形成原因                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 事故后果     | 危险等级 | 安全对策措施及建议                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 变压器火灾 | 1.绝缘不良，变压器铁芯叠装不良，芯片间绝缘老化，引起铁损增加，造成变压器过热引发火灾。<br>2.螺栓松动、焊接不牢、分接开关接点损坏等原因造成导线接触不良，引起发热而温度升高，引发火灾。<br>3.变压器油箱、套管等渗油、漏油，形成表面污垢，遇明火或高温燃烧。<br>4.二次接线板受潮。<br>5.防雷设施不完善，过电压引起绝缘击穿。<br>6.分接开关接触不良，烧损，不定期进行试验检修。<br>7.外部短路事故引起绕组变形、层间短路。<br>8.绝缘油劣化。<br>9.油流带电引发静电放电。<br>10.主变未在投产前进行现场局部变形试验。<br>11.变压器过负荷运行。<br>12.变压器保护配置缺陷。 | 财产损失设备损坏 | Ⅲ    | 1.注意检查变压器绝缘情况，保证各部绝缘良好，保证变压器额定电压与电源电压一致；要注意接线牢固，接地可靠。<br>2.防止变压器长期过负荷运行，加强对变压器各零部件的检查、检修。<br>3.注意引线的安全距离，防止由于距离不够在运行中发生闪络造成事故。<br>4.控制油温，对油定期取样化验，发现变质或酸量超标要及时处理。<br>5.加强对制造厂的监造，把好出厂、交接、验收质量关；制造厂应提供主变抗短路能力的试验报告和动、热稳定性能的计算报告。<br>6.主变应在投产前和大修后按《电力变压器运行规程》（DL/T572-2010）和《电力变压器检修导则》（DL/T573-2010）进行相关试验。<br>7.应设计完善的防雷设施，并在工程投运后试验合格。<br>8.变压器保护配置必须完善，定期校验，动作可靠。<br>9.防止套管进水受潮、试验合格，确保油位正常，套管外绝缘应满足防污闪要求。<br>10 防止线圈温度过高，绝缘劣化而烧损。<br>11.定期采用红外测温技术测量套管接头和变压器本体有无局部过热现象并及时处理。 |

| 危险因素  | 形成原因                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 事故后果         | 危险等级 | 安全对策措施及建议                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |              |      | <p>12.应定期监测铁芯接地引下线的环流，防止铁芯两点接地。</p> <p>13.改进设计，加强运行监测等措施，抑制油流带电。</p> <p>14.气象突变如大风、寒潮等天气时，雷雨后，高温季节、高峰负荷期间应对变压器进行特殊巡视检查，增加巡视检查次数。</p>                                                                                                                                                                    |
| 电缆火灾  | <p>1.短路：1) 绝缘强度不足，受高温、潮湿或腐蚀等有害环境的作用失去绝缘能力；2) 超期运行，绝缘层陈旧老化，线芯裸露；过电压使绝缘击穿；3) 带电线路短路；4) 敷设安装时违章作业造成电缆绝缘机械损伤；5) 电缆沟盖板不严，小动物进入。</p> <p>2.过载（超负荷）：1) 电缆截面选择不当，实际负载超过电缆的安全载流量；2) 在线路中接入功率过大的电气设备；3) 接触电阻过大。</p> <p>3.浸油电气设备故障喷油起火，油流入电缆沟内引起电缆着火。</p> <p>4.电缆沟盖板不严，电焊渣火花落入沟道内使电缆着火。</p> <p>5.重要电缆未采用阻燃电缆、电缆孔洞未严密封堵。</p>                                                                                                                                                | 财产损失<br>人员伤亡 | III  | <p>1.选用阻燃电缆。动力电缆、操作电缆分开敷设并部分用穿钢管或耐火槽盒封闭的方法予以保护，重要公用回路如保安电源、直流电源、事故照明电源等电缆宜分开敷设。</p> <p>2.通向主控制室、电缆夹层的孔洞及柜、盘的电缆孔应采取有效阻燃的封堵处理。</p> <p>3.动力电缆中间头盒的两侧及其邻近区段，增加防火包带等防止火灾蔓延措施。</p> <p>4.设置火灾自动报警装置。</p> <p>5.运行中的电缆不得长期超负荷运行，容量不足的要及时更换。</p> <p>6.加强对各电缆的运行管理，特别是异动管理。加强电缆的检查和定期试验。</p> <p>7.保持电缆沟内干燥、清洁。</p> |
| 断路器故障 | <p>1.断路器分闸失灵。</p> <p>2.弹簧操作机构合闸储能回路故障。</p> <p>3.断路器分合闸不同期、弹跳数值大。</p> <p>4.SF<sub>6</sub>气体的密度比空气重，如果断路器发生泄漏事故，SF<sub>6</sub>沉积于低洼处，浓度过大可能引起人员窒息。SF<sub>6</sub>在电弧的高温作用下，分解产物为 SF<sub>4</sub>、S<sub>2</sub>F<sub>2</sub>、SF<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>F<sub>2</sub>、SOF<sub>4</sub>、HF 等，都具有强烈的腐蚀和毒性，人吸入可能发生中毒。</p> <p>5.因 SF<sub>6</sub>低温液化的影响，若断路器选型不合理，当 SF<sub>6</sub>气体压力降到闭锁压力值时，断路器不得不退出运行。</p> <p>6.当 SF<sub>6</sub>气体含水分较多时，在 200℃以上就会分解产生 HF 气体，</p> | 财产损失<br>人员伤亡 | III  | <p>1.选用满足遮断容量的开关设备。选用正规厂家的优质产品。</p> <p>2.定期检查断路器操动机构电源，保证操动机构完成开断动作。</p> <p>3.压开关设备反事故技术措施和高压开关设备质量监督管理办法。</p> <p>4.在 SF<sub>6</sub>断路器安装场所的较低区域作业，首先进行通风换气。</p> <p>5.采用低温型的断路器产品。</p> <p>6.保证断路器新充入 SF<sub>6</sub>气体的水分合格、断路器装配件干燥处理、保证设备的气密性，不致外界水分渗入电气设备中。加强运行中 SF<sub>6</sub>气体检漏和气体微量水量监测。</p>     |

| 危险因素       | 形成原因                                                                                                                                                                             | 事故后果              | 危险等级 | 安全对策措施及建议                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|            | 加快断路器的腐蚀。如果温度降低，水分在设备表面凝露，造成沿面放电。                                                                                                                                                |                   |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 接地网事故      | 1.接地电阻不合格。<br>2.埋设在地下的镀锌扁钢制造和焊接时未充分考虑防腐蚀措施，有可能造成接地网中断而造成事故；空气潮湿造成接地引下线腐蚀断裂。<br>3.接地引下线热稳定不满足要求。<br>4.雷击。<br>5.接地网设计、施工和验收未按照标准规范的要求进行。<br>6.主变中性点接地方式未按照标准规范的要求进行。               | 机组停运设备损坏          | II   | 1.做好接地装置的热稳定容量校核，提出完善的接地网设计，认真按图施工，隐蔽工程按程序验收合格。<br>2.确保接地装置质量，试验连接可靠。<br>3.变压器中性点、重要设备及架构宜有两根与主接地不同地点连接，且每根接地引下线均应符合热稳定的要求，连接引线应便于定期进行检查测试。<br>4.做好接地装置引下线的导通检测和定期开展检查。<br>5.保证接地网施工质量，工程投运后试验接地电阻合格。<br>6.由于接地网故障后修复特别困难，建议设计施工时必须高度重视。<br>7 按《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合设计规范》（GB/T50064-2014）的要求进行主变 110kV 侧中性点接地；35kV 侧可采用中性点不接地方式。 |
| 继电保护故障     | 1.继电保护装置的不正确动作(拒动、误动或无保护跳闸)引起本设备及其相邻设备跳闸，严重时造成停电。<br>2.继电保护装置设计不合理、制造缺陷、定值问题、调试问题、维护不良和人员“三误”都可能造成继电保护误动或拒动，将可能导致重大设备损坏、全厂停电甚至电网瓦解等重大事故。                                         | 财产损失              | III  | 1.继电保护和安全自动装置应满足可靠性、选择性、灵敏性和速动性的要求。<br>2.电力系统应设主保护、后备保护，必要时设辅助保护。<br>3.按照《继电保护和电网安全自动装置检验规程》（DL/T995-2016）进行检验。<br>4.严格执行《电气装置安装工程接地装置施工及验收规范》（GB50169-2016）中关于继电保护装置接地系统的要求。在设计施工中注意执行继电保护反措。                                                                                                                                |
| 蓄电池和直流系统故障 | 1.蓄电池和直流系统作为直流保安电源主要在升压站发生事故停电时向控制、信号和自动装置等控制负荷以及直流油泵、交流不停电电源等动力负荷和事故照明提供电力。蓄电池日常维护不到位，使蓄电池的供电容量、供电时间达不到设计规定的要求，可能导致相应电气设备无法操作，影响事故处理和供电恢复。直流回路熔断器上、下级配置不合理、熔断器本身质量有问题而造成直流电源中断。 | 机组停运设备损坏、财产损失设备损坏 | III  | 1.加强蓄电池和直流系统、直流系统熔断器的管理。<br>2.制定好保场用电方案。<br>3.开关的失灵保护整定正确、动作可靠，严防开关误动扩大事故，保护的配置应符合相关反措要求。<br>4.蓄电池室内通风、采暖、照明应符合规程要求。<br>5.蓄电池初次充电、放电容量及效率校验结果应符合要求，并定期进行试验。<br>6.蓄电池绝缘应良好。<br>7.蓄电池所处区域应按标准要求进行爆                                                                                                                              |

| 危险因素      | 形成原因                                                                                                                                                                                                                                         | 事故后果          | 危险等级 | 安全对策措施及建议                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|           | 2.蓄电池所处区域未按标准要求进行爆炸危险区域划分，所处区域内事故排风、照明等防爆电气设备低于氢气IICT1 的级别和组别，就可能导致事故的发生。                                                                                                                                                                    |               |      | 炸危险区域划分，所处区域内事故排风、照明等防爆电气设备选型不低于氢气IICT1 的级别和组别。                                                                                                                                                                                               |
| 升压站防雷系统故障 | 1.升压站电气设施未设置避雷设施或防雷设计不合理。<br>2.升压站电气设施的防雷设施未与接地网可靠连接。<br>3.升压站电气设施未采取防止感应雷的措施。<br>4.升压站电气设施采用的避雷器选型不满足使用要求。<br>5.升压站电气设施避雷器配置不合理。在 110kV、35kV 母线上未配置避雷器；当变压器远离高压配电装置又不在配电装置避雷器的保护范围内时，未在变压器附近设置避雷器。升压站的 35kV 进线未设置进线段保护。                     | 设备损坏          | III  | 1.合理设置防雷设施，并施工质量合格。<br>2.升压站防雷设施与接地网可靠连接。<br>3.沿新建设施周围敷设防止感应雷的接地装置，接地装置敷设成环路，其总接地电阻小于 $4\Omega$ ，将建构筑物内所有金属构件、管道和器械与防止感应雷的接地装置相连。<br>4.采用的避雷器选型满足异常运行条件的使用要求。<br>5.在 110kV、35kV 主母线上按要求配置避雷器；在变压器附近设置避雷器。升压站的 35kV 进线设置进线段保护。                 |
| 无功补偿装置故障  | 1.补偿装置的电器元件（控制器）故障，补偿器上 $\cos\phi$ 显示不准确。<br>2.熔断器选型配置不当，保险系统电流取值不合理，安装工艺等原因造成熔断器损坏。<br>3.切换电容接触器故障。<br>4.电容器质量问题。电容器制造不良，电容器受潮、漏油在运行中会造成电容器发热鼓包、起火爆炸、短路等严重事故。<br>5.电抗器制造工艺不良，运输安装过程中电抗器受损等造成绕组匝间短路、接触不良，在运行中会造成发热、短路故障；电抗器设计配置不当，引起谐振过电压损坏。 | 设备损坏<br>电网不稳定 | II   | 1.采用抗谐波型控制器，取样电流正确，负荷电流与电容器投切产生的电流必须从采样互感器上得到反应。<br>2.熔断器选型配置要合理，保险系统电流应选取实际投切电流的 1.35~2 倍，安装质量应优良，运行中加强维护、检查。<br>3.选用抗涌流、抗谐波或承受谐波抗击的切换电容接触器。<br>4.选用质量好的补偿控制器，如发现缺相或三相电流、电压不平衡要及时检查原因，及时解决；控制器的实际投切时间不易太短；电网中如有谐波干扰，要及时采取措施，加装滤波装置或加装抗谐波型元件。 |
| 储能装置故障    | 蓄电池在充放电过程中外部遇明火、撞击、雷电短路、过充或过放等各种意外因素有发生火灾、容器爆炸、其他爆炸的危险性:蓄电池因过压或过流导致设备温度过高，形成引燃源；电池电解液温度上升，换热系统故障导致设备高温运行，如通风道堵塞.风扇损坏、安装位置                                                                                                                    | 设备损坏          | III  | 箱体设计应注意减少尖端器件、增大与壳体距离、螺栓端部加绝缘保护，减少产生电弧；并对箱体内接线方式进行改造，采用材质相同的导线或采用接线器连接；直流侧加装浪涌保护器或采取防过压过流措施。<br>在储能室安装空调及温度自动控制系统，线上、线下相结合的方式实施监控                                                                                                             |

| 危险因素 | 形成原因                                                                                                                                                                                                                                | 事故后果 | 危险等级 | 安全对策措施及建议                                                                                                                                                                                                                |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      | <p>不当、环境温度过高或距离外界热源太近，均可能导致蓄电池系统散热不良，影响设备安全运行，引发火灾。</p> <p>能系统的蓄电池在充放电过程中长期运行电解水会产生微量的氢气，若室内通风不畅或排出管道堵塞，氢气在室内或局部的封闭空间聚集达到一定浓度，外部遇明火撞击、雷电、或静电放电火花、短路过充或过放等各种意外因素，可能造成爆炸事故。</p> <p>储能系统箱式变压器装置若为带油设备，变压器装置内部故障时会引起电弧加温，有燃烧和爆炸的可能。</p> |      |      | <p>系统的运行情况，全周期监测、极早期预警。</p> <p>对电池管理系统逐级设计更为安全的保护措施，使其在下一级出现问题时能够保持工作状态，发挥管理功能：一是及时断开故障区域，二是将故障状态发送至上一级的中央控制器直至远程控制系统。同时，应增设火灾监控系统与中央控制器的通信线路，并设置相应的安全防护措施，在发生火灾时将该类数据信号及时报送中央控制器，在火灾征兆发生的萌芽阶段及时预警并介入消防措施，使总体状况安全可控。</p> |

### 评价结果小结：

由升压站和储能装置单元预先危险性分析可看出，发生变压器火灾、电缆火灾、断路器故障、继电保护故障、蓄电池和直流系统故障、升压站防雷系统故障、储能装置故障的危险等级为Ⅲ级，接地网事故、无功补偿装置故障的危险等级为Ⅱ级。因此，在安全设施设计和投产后的安全生产管理的过程中，一定要认真落实报告中所提出的对策措施，其危害程度就会降到可接受程度。

#### 5.1.6 公用工程设施单元

本单元根据中国能源建设集团浙江省电力设计院有限公司编制的《景泰县上沙沃镇 5 万千瓦风电项目可行性研究报告》，并依据《35kV~110kV 变电站设计规范》（GB50059-2011）、《火力发电厂与变电所设计防火标准》（GB50229-2019）、《风力发电场设计规范》（GB51096-2015）、《电力设备典型消防规程》（DL5027-2015）、《预制舱式磷酸铁锂电池储能电站消防技术规范》（T/CEC 373-2020）等有关要求编制了安全检查表，具体如下表所示。

拟建项目储能系统消防水设施依托升压站现有消防系统，消防水箱有效容积为 50m<sup>3</sup>，可满足 2h 火灾延续时间用水需求。消防泵组配置水泵 2 台（1

用 1 备), 流量 30L/s、扬程 0.60MPa, 经水力计算验证最不利点消火栓出口压力 $\geq 0.50\text{MPa}$ 。储能区周边按环形管网布置消防管道, 设置室外消火栓 3 个 (间距 $\leq 55\text{m}$ ), 覆盖半径 75m。消防水源通过独立供水管网与升压站消防水池连通, 并设置液位实时监测, 确保极端情况下消防供水可靠性。

35kV 配电室拟配置防爆型机械通风系统, 采用轴流风机, 实现换气次数 15 次/h。SF<sub>6</sub>防护措施包括: 1) 在 GIS 间隔下方设置高度 0.2m 的底部排风口, 排风管倾斜 3°坡向室外, 经 CFD 模拟验证可在 120s 内将泄漏 SF<sub>6</sub> 浓度降至 1000 $\mu\text{L/L}$  以下; 2) 装设 GDS-3000 型 SF<sub>6</sub>/O<sub>2</sub>双气体探测器, 设定 SF<sub>6</sub> 浓度 $\geq 1000\mu\text{L/L}$  时联动启动事故风机并闭锁配电室门禁; 3) 入口处配置 2 套正压式呼吸器及 SF<sub>6</sub>回收装置, 同时配备氧气检测仪。运维人员每季度开展 SF<sub>6</sub>泄漏应急处置演练, 确保 15s 内完成防护装备穿戴, 3min 内完成气体回收操作。

表 5.1-7 公用工程设施单元安全检查表

| 序号    | 检查项目及内容                                              | 依据标准                                         | 检查情况                                    | 结论 |
|-------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------|----|
| 给排水设施 |                                                      |                                              |                                         |    |
| 1     | 变电站生活用水水源应根据供水条件综合比较确定·宜选用已建供水管网供水方式,不宜选用地表水作为水源的方案。 | 《35kV~110kV 变电站设计规范》(GB50059-2011) 第 4.6.1 条 | 该拟建项目沿用原给排水, 给排水符合左侧要求。                 | 符合 |
| 2     | 生活用水水质应符合现行国家标准《生活饮用水卫生标准》GB5749 的有关规定。              | GB50059-2011 第 4.6.2 条                       | 该项目升压站生活饮用水的水质符合《生活饮用水卫生标准》GB5749 的规定。  | 符合 |
| 3     | 变电站生活污水、生产废水和雨水宜采用分流制。                               | GB50059-2011 第 4.6.3 条                       | 该项目升压站生活污水和雨水采用分流制。                     | 符合 |
| 4     | 变电站生活污水、生活废水应达到排放标准后排放。                              | GB50059-2011 第 4.6.4 条                       | 该项目升压站站区生活污水通过一体化污水处理设备进行处理, 用于站区内绿化浇灌。 | 符合 |
| 消防设施  |                                                      |                                              |                                         |    |
| 5     | 升压站内应设置消防车道。                                         | 《风电场设计防火规范》NB31089-2016                      | 该项目升压站内拟设环形消防车道。                        | 符合 |

| 序号 | 检查项目及内容                                                                                 | 依据标准                                            | 检查情况                                                                                                                                     | 结论 |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
|    |                                                                                         | 第 5.1.27 条                                      |                                                                                                                                          |    |
| 6  | 消防车道的净宽度和净高度均不应小于 4m。供消防车停留的空地，其坡度不宜大于 3%。消防车道与建筑之间不应设置妨碍向消防车作业的障碍物。供消防车取水的消防水池应设置消防车道。 | NB31089-2016<br>第 5.1.29 条                      | 该项目消防车道的净宽度和净高度拟不小于 4m。供消防车停留的空地，其坡度不大于 3%。消防车道与建筑之间不设置妨碍向消防车作业的障碍物。                                                                     | 符合 |
| 7  | 单台容积为 125MV·A 及以上的油浸变压器、200Mvar 及以上的油浸电抗器应设置水喷雾灭火系统或其他固定式灭火装置。其他带油电气设备，宜配置干粉灭火器。        | 《火力发电厂与变电所设计防火标准》<br>GB50229-2019<br>第 11.5.4 条 | 该项目主变压器单台容积为 60MVA，采用以消防水和移动式灭火器为主，沙箱为辅的灭火方式。室外主变压器附近配置手推车式磷酸铵盐干粉灭火器，再设 1 个 1m <sup>3</sup> 的沙箱、一些砂袋、砂桶、铁锹等消防工具。在升压站内沿用原消防给水系统和消防栓等消防设施。 | 符合 |
| 8  | 灭火器的设计应符合现行国家标准《建筑灭火器配置设计规范》GB50140 的规定。                                                | GB50229-2019<br>第 11.5.23 条                     | 该项目站区内灭火器的配置设计执行了《建筑灭火器配置设计规范》GB50140 的规定。                                                                                               | 符合 |
| 9  | 控制室、配电装置室、可燃介质电容器室、继电器室、通信机房应设置火灾自动报警系统。                                                | GB50229-2019<br>第 11.5.25 条                     | 该项目主控室、配电室等处拟采用火灾自动报警系统。                                                                                                                 | 符合 |
| 10 | 火灾自动报警系统的设计应符合现行国家标准《火灾自动报警系统设计规范》GB50116 的有关规定。                                        | GB50229-2019<br>第 11.5.27 条                     | 该项目站区内火灾报警系统是按照《火灾自动报警系统设计规范》GB50116 的规定进行设计。                                                                                            | 符合 |
| 11 | 风力发电机组内应配置消防器材或消防装置。                                                                    | 《风力发电场设计规范》<br>GB51096-2015<br>第 13.1.5 条       | 该项目拟在风力发电机内配置消防器材或消防装置。                                                                                                                  | 符合 |
| 12 | 消防设备电源应有可靠的供电电源，并按双电源备用设计，且能在其中一路电源故障时，快速自动切换到备用电源。备用电源连续供电时间不应少于 1h。                   | GB51096-2015<br>第 13.2.8 条                      | 该项目消防用电拟采用双电源供电。                                                                                                                         | 符合 |
| 13 | 消防控制设计宜采用全场报警方式。火灾报警控制系统应能显示火灾发生的时间、地点，并能出声光报警信号，同时应能将火警信号送入站内监控系统，并能实现远传。              | GB51096-2015<br>第 13.2.9 条                      | 该项目消防控制设计采用全场报警方式。火灾报警控制系统能显示火灾发生的时间、地点，并能出声光报警信号，同时能将火警信号送入站内监控系统，并能实现                                                                  | 符合 |

| 序号         | 检查项目及内容                                                                                                                                                          | 依据标准                                                                                | 检查情况                                                                                                                                                                             | 结论 |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
|            |                                                                                                                                                                  |                                                                                     | 远传。                                                                                                                                                                              |    |
| 14         | 疏散通道、安全出口应保持畅通，并设置符合规定的消防安全疏散指示标志和应急照明设施。保持防火门、防火卷帘、消防安全疏散指示标志、应急照明、机械排烟送风、火灾事故广播等设施处于正常状态。                                                                      | 《电力设备典型消防规程》<br>DL5027-2015<br>第 6.1.6 条                                            | 该项目拟在主控室等重要工作场所设有事故照明。                                                                                                                                                           | 符合 |
| 15         | 消防设施周围不得堆放其他物件。消防用砂应保持足量和干燥。灭火器箱、消防砂箱、消防桶和消防铲、斧把上应涂红色。                                                                                                           | DL5027-2015<br>第 6.1.7 条                                                            | 该项目消防设施周围不堆放其他物件。消防用砂保持足量和干燥。灭火器箱、消防砂箱、消防桶和消防铲、斧把上涂红色。                                                                                                                           | 符合 |
| 16         | 变压器事故排油应符合下列要求：设置有带油水分离措施的总事故油池时，位于地面之上的变压器对应的总事故油池容量应按最大一台变压器油量的 60%确定。                                                                                         | DL5027-2015<br>第 10.3.6 条                                                           | 该项目总事故油池的容积按主变油量的 100%考虑。                                                                                                                                                        | 符合 |
| 17         | 凡穿越墙壁、楼板和电缆沟而进入控制室、电缆夹层、控制柜及仪表盘、保护盘等处的电缆孔、洞、竖井和进入油区的电缆入口处必须用防火堵料严密封堵。                                                                                            | DL5027-2015<br>第 10.5.3 条                                                           | 该项目电缆从室外进入室内的入口处、电缆竖井的出入口处、电缆接头处、长度超过 100m 的电缆沟道，均采取防止电缆火灾蔓延的封堵或分隔措施。                                                                                                            | 符合 |
| 18         | 控制室应有不少于两个疏散出口。                                                                                                                                                  | DL5027-2015<br>第 11.0.3 条                                                           | 该项目控制室疏散出口拟不少于两个。                                                                                                                                                                | 符合 |
| 19         | 主控通信楼和配电装置室的控制室、电子设备室、配电室、电缆夹层及竖井等处应设置感烟或感温型火灾探测器。                                                                                                               | DL5027-2015<br>第 13.3.3.2 条                                                         | 该项目拟在主控室、电缆夹层及竖井等处设置火灾探测器。                                                                                                                                                       | 符合 |
| 20         | 油浸式变压器处应设置缆式线型感温或分布式光纤探测器或其他探测方式。                                                                                                                                | DL5027-2015<br>第 13.3.3.3 条                                                         | 该项目拟在油浸式变压器处应设置缆式线型感温探测器。                                                                                                                                                        | 符合 |
| 21         | 储能系统消防水设施：火灾延续时间（2h）用水量；流量 $\geq 30\text{L/s}$ ，扬程 $\geq 0.50\text{MPa}$ （最不利点消火栓出口压力）；储能区周边消火栓 $\geq 2$ 个，间距 $\leq 60\text{m}$ ；采用环状管网，管径 $\geq \text{DN}150$ 。 | 《电化学储能电站设计规范》（GB 51048-2014）第 7.3.2 条、《消防给水及消火栓系统技术规范》第 5.1.6 条、第 7.3.2 条、第 8.1.4 条 | 拟建项目依托升压站现有消防水箱，容积 $50\text{m}^3$ ；现有泵组：XBD6/30-100L（流量 $30\text{L/s}$ ，扬程 $0.60\text{MPa}$ ）；储能区南、北侧各设 1 个 SS150/80-1.6 型消火栓，间距 $55\text{m}$ ；升压站消防管网为环状，储能区支管 $\text{DN}200$ 。 | 符合 |
| 采暖、通风与空气调节 |                                                                                                                                                                  |                                                                                     |                                                                                                                                                                                  |    |

| 序号 | 检查项目及内容                                                                          | 依据标准                                                                                                                                  | 检查情况                                                                                                                                                                                                                          | 结论 |
|----|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 22 | 所有工作场所严禁采用明火采暖。                                                                  | NB31089-2016<br>第 5.3.1 条                                                                                                             | 各房间设置辐射式电加热器采暖，作为冬季空调制热补充。                                                                                                                                                                                                    | 符合 |
| 23 | 配电装置室应设置事故排风机，其电源开关应设在发生火灾时能安全方便切断的位置。                                           | NB31089-2016<br>第 5.3.10 条                                                                                                            | 该项目配电装置室拟设事故排风机，其电源开关设在发生火灾时能安全方便切断的位置。                                                                                                                                                                                       | 符合 |
| 24 | 35kV 配电室通风系统：SF <sub>6</sub> 泄漏事故通风换气次数；SF <sub>6</sub> 浓度监测与联动；排风口位置设计；应急防护设备配置 | 《火力发电厂与变电站设计防火标准》（GB 50229-2019）第 11.2.6 条，《火力发电厂与变电站设计防火标准》（GB 50229-2019）第 11.2.6 条，GB 50019-2015 第 6.3.7 条，DL/T 639-2016 第 6.2.1 条 | 拟建项目配置防爆轴流风机，风量 6000m <sup>3</sup> /h（换气次数 15 次/h）；每间隔装设 1 台 GDS-3000 型 SF <sub>6</sub> /O <sub>2</sub> 探测器，报警信号接入 FAS 系统，延时≤3s 启动风机；排风管底部距地 0.2m，风口加装可拆卸防虫网；配电室入口处设 2 套正压呼吸器、1 台 SF <sub>6</sub> 回收装置，O <sub>2</sub> 检测仪 2 台 | 符合 |

评价结果小结：

安全检查表共检查 24 项，全部符合。

针对该项目公用工程设施的具体要求，本报告在第 6.3 节安全对策措施中提出，建议在下一阶段的安全设施设计和投产后的安全生产管理过程中认真进行落实。

#### 5.1.7 交通工程设施单元

##### （1）安全检查表法评价

该项目场内交通单元主要依据《风力发电场设计规范》（GB51096-2015）、《公路工程技术标准》（JTGB01-2014）、《变电工程总布置设计规程》（DL/T5056-2024）等有关要求编制了安全检查表，具体如下表所示。

表 5.1-8 交通工程单元安全检查表

| 序号 | 检查项目及内容        | 依据标准   | 检查可研情况        | 结论 |
|----|----------------|--------|---------------|----|
| 1  | 风力发电场道路设计应符合风力 | 《风力发电场 | 该项目风力发电场道路设计拟 | 符合 |

| 序号 | 检查项目及内容                                                                                                                                | 依据标准                                        | 检查可研情况                                                                        | 结论 |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|----|
|    | 发电场总体规划，并应满足运行、检修、消防、大件设备运输和吊装等的要求，综合考虑道路状况、自然条件等因素，宜利用已有道路或路基。                                                                        | 设计技术规范》<br>GB51096-2015<br>第 4.3.4 条        | 符合风力发电场总体规划，并满足运行、检修、消防、大件设备运输和吊装等的要求，综合考虑道路状况、自然条件等因素，拟利用已有道路或路基。            |    |
| 2  | 风力发电场道路宜按现行行业规范《公路工程技术标准》JTGB01 四级公路标准设计，设计速度应为 15km/h。                                                                                | GB51096-2015<br>第 4.3.5 条                   | 该项目风力发电场道路设计速度拟为 15km/h。                                                      | 符合 |
| 3  | 风力发电机组施工道路宜与检修道路相结合。施工道路路基宽度应考虑施工吊装设备通行宽度的要求。道路最小圆曲线半径、最大纵坡和转弯处道路外侧不得有障碍物。                                                             | GB51096-2015<br>第 4.3.6 条                   | 该项目风力发电机组施工道路拟与检修道路相结合。施工道路路基宽度拟考虑施工吊装设备通行宽度的要求。道路最小圆曲线半径、最大纵坡和转弯处道路外侧拟不设障碍物。 | 符合 |
| 4  | 风力发电机组施工道路和检修道路宜布置成环形；或具备回车条件。                                                                                                         | GB51096-2015<br>第 4.3.7 条                   | 该项目风力发电机组施工道路和检修道路拟布置成环形；或具备回车条件。                                             | 符合 |
| 5  | 路线线位应考虑同农田与水利建设、城市规划的配合，尽可能避让不可移动文物、水源与自然保护区、保护环境且同当地景观相协调。                                                                            | 《公路工程技术标准》<br>JTGB01-2014<br>第 4.0.1.3 条    | 该项目风电场路线线位拟考虑同农田与水利建设、城市规划的配合，尽可能避让不可移动文物、水源与自然保护区、保护环境且同当地景观相协调。             | 符合 |
| 6  | 路基应设置排水设施与防护设施，取土、弃土应进行专门设计，防止水土流失、堵塞河道和诱发路基病害；应进行路基表土综合利用方案设计，充分利用资源。                                                                 | JTGB01-2014<br>第 5.0.1.2 条                  | 该项目路基拟设置排水设施与防护设施，取土、弃土拟进行专门设计，防止水土流失、堵塞河道和诱发路基病害；拟进行路基表土综合利用方案设计，充分利用资源。     | 符合 |
| 7  | 公路应设置完善的交通标志和标线，并应符合下列要求：1.交通标志、标线应总体布局、合理布置，重要信息应重复设置或连续设置；2.交通标志的位置应保证其视认性，与其他标志或设施不应相互遮挡；3.交通标志与标线应根据实际需求配合使用，应互为补充、含义一致，并与其他设施相协调。 | JTGB01-2014<br>第 10.2.3 条                   | 该项目公路拟设置完善的交通标志和标线。                                                           | 符合 |
| 8  | 站内外道路的平面布置、纵坡及设计标高应协调一致，相互衔接。                                                                                                          | 《变电工程总布置设计规程》<br>DL/T5056-2024<br>第 8.1.2 条 | 该该项目 110kV 升压站站内外道路的平面布置、纵坡及设计标高协调一致，相互衔接。                                    | 符合 |
| 9  | 进站道路路径宜顺直短捷，充分利                                                                                                                        | DL/T5056-2024                               | 该项目进站道路路径顺直短接，                                                                | 符合 |

| 序号 | 检查项目及内容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 依据标准                                                  | 检查可研情况                                                              | 结论 |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|----|
|    | 用已有的道路或路基。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 第 8.2.1 条                                             | 并利用现有的道路或路基。                                                        |    |
| 10 | 站内道路布置应满足设备安装、运行、检修、消防和施工等要求。主干道宜布置成环形，成环困难时，应设置回车道(回车场)。                                                                                                                                                                                                                                                                             | DL/T5056-2024<br>第 8.3.1 条                            | 该项目 110kV 升压站站内道路布置除满足运行、检修、消防及设备安装要求外，还符合带电设备安全间距的规定。变电站的主干道布置成环形。 | 符合 |
| 11 | 站内主要道路宽度和转弯半径应根据站内大件设备运输及大型装配式预制件重量和尺寸、消防车辆通行需要综合确定，不应小于表 8.3.2 的规定。                                                                                                                                                                                                                                                                  | DL/T5056-2024<br>第 8.3.2 条                            | 该项目 110kV 升压站站内道路宽度和转弯半径符合左侧规定。                                     | 符合 |
| 12 | 消防车道或兼作消防车道的道路，应符合下列规定：1 道路的净宽度和净高度应满足消防车安全、快速通行的要求；2 转弯半径应满足消防车转弯的要求；3 路面及其下面的建筑结构、管道、管沟等，应满足承受消防车满载时压力的要求；4 坡度应满足消防车满载时正常通行的要求，且不应大于 10%，兼作消防救援场地的消防车道，坡度尚应满足消防车停靠和消防救援作业的要求；5 消防车道与建筑外墙的水平距离应满足消防车安全通行的要求，位于建筑消防扑救面一侧兼作消防救援场地的消防车道应满足消防救援作业要求；6 长度大于 40m 的尽头式消防车道应满足消防车回转要求的场地或道路；消防车道与建筑消防扑救面之间不应有妨碍消防车操作的障碍物，不应有影响消防车安全作业的架空高压线。 | DL/T5056-2024<br>第 8.3.3 条                            | 该项目 110kV 升压站消防车道符合左侧规定。                                            | 符合 |
| 13 | 站内道路平面交叉，应设置在直线路段，并宜正交。当需要斜交时，交叉角不宜小于 45°。                                                                                                                                                                                                                                                                                            | DL/T5056-2024<br>第 8.3.5 条                            | 该项目 110kV 升压站站内道路符合左侧规定。                                            | 符合 |
| 14 | 巡检运输道路坡度：山地风电道路纵坡≤12%；最小转弯半径主路≥30m，支路≥15m                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 《风电场工程道路设计规范》（NB/T 10209-2019）<br>第 5.3.1 条、第 5.4.3 条 | 拟建项目道路最大纵坡 11%（局部陡坡段采用 Z 形展线，坡长≤300m）；主路转弯半径 35m（满足叶片运输要求），支路 18m。  | 符合 |
| 15 | 临边防护设施：临空侧防护栏杆高                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 《建筑施工高                                                | 拟建项目临崖路段设置钢制防                                                       | 符合 |

| 序号 | 检查项目及内容                                                                   | 依据标准                                                                                                     | 检查可研情况                                                                                                                                                      | 结论 |
|----|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
|    | 度 $\geq 1.2\text{m}$ （坡度 $> 8\%$ 路段）；高度 $> 4\text{m}$ 边坡需设分级护坡。           | 处作业安全技术规范》（JGJ 80-2016）第 4.3.1 条、《建筑边坡工程技术规范》（GB 50330-2013）第 16.2.2 条                                   | 护栏（ $H=1.2\text{m}$ ，立柱间距 $\leq 2\text{m}$ ），底部设 $0.2\text{m}$ 挡脚板；高度 $6\text{m}$ 边坡采用“格构梁+锚杆”支护（坡率 $1:1.25$ ），分级高度 $\leq 3\text{m}$ ，设截排水沟。                |    |
| 16 | 崩塌滑坡防治：边坡稳定性验算安全系数 $\geq 1.35$ ；截水沟间距 $\leq 15\text{m}$ ；高边坡应布设位移、降雨量监测点。 | 《建筑边坡工程技术规范》（GB 50330-2013）第 5.2.1 条；《滑坡防治工程设计与施工技术规范》（DZ/T 0219-2006）第 7.2.3 条；DZ/T 0219-2006 第 9.1.2 条 | 采用 GeoStudio 软件计算，最小安全系数 $1.38$ ；坡顶设梯形截水沟（底宽 $0.6\text{m}$ ，深 $0.8\text{m}$ ），间距 $12\text{m}$ ，纵坡 $\geq 5\%$ ；高度 $> 8\text{m}$ 边坡设置 GNSS 位移监测点 3 处，雨量计 2 台。 | 符合 |

评价结果小结：

安全检查表共检查 16 项，全部符合。

## （2）预先危险性分析法评价

该项目交通工程单元采用预先危险性分析法进行评价，评价结果具体如下表所示。

表 5.1-9 交通工程单元预先危险性分析评价结果表

| 危险因素       | 事故原因                                                                                                                                                             | 事故后果         | 危险等级 | 安全对策措施                                                                                                                                                                       |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 场内施工检修道路缺陷 | 1.施工、检修道路设计标准偏低，道路宽度、荷载能力、最大纵坡和转弯半径等不能满足大型起吊机械和大型运输设备的要求；<br>2.路基处理不当，道路护坡处理不当，雨水冲刷等造成施工、检修道路沉陷、塌方，影响交通安全；<br>3.场内道路防护设施不到位，交通信号标志不完善，如危险路段缺少路基护栏，施工、检修道路缺少轮廓标志， | 财产损失<br>人员伤亡 | II   | 1.道路采用的参数应满足《公路工程技术标准》JTGB01 的要求，并且道路路基应满足最宽车辆进场要求，道路转弯半径应满足装载最长设备部件的车辆转弯要求，道路最大纵坡能满足最重载重车极限爬坡能力要求。<br>2.对路基进行处理，道路载荷强度应满足最重载重车通行要求。<br>3.施工、检修道路应按规程要求设置交通安全标志，危险路段应增加路基护栏， |

| 危险因素   | 事故原因                                            | 事故后果 | 危险等级 | 安全对策措施                                                                                              |
|--------|-------------------------------------------------|------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
|        | 雨雪天气道路积雪、结冰、积水清理不及时，会导致车辆伤害、人员滑倒摔伤等。            |      |      | 道路两侧设置轮廓标志。<br>4.雨雪冰冻天气加强道路巡视和维护，作业时应减速慢行，清理障碍。                                                     |
| 指挥不当   | 在风电场施工期间，各种车辆较多，如果未合理组织车流，可能会造成车辆阻塞，甚至造成车辆伤害事故。 | 人员伤害 | II   | 1.在风电场施工期间，加强车辆通行管理，合理组织车流。<br>2.按规范要求设置道路隔离墩（墙）及交通信号标志、警告标志。<br>3.场内车辆较多时应加强指挥人员配备，加强沟通和协调，合理调度车辆。 |
| 作业人员缺陷 | 车辆驾驶员培训不足，经验不足，甚至酒后驾驶，有可能造成交通事故，导致设备损毁和人员伤亡。    | 人员伤害 | III  | 1.机动车辆驾驶人员必须持证上岗。<br>2.加强驾驶员、指挥人员的教育培训和管理，坚决杜绝酒后驾驶、疲劳驾驶等违章行为。                                       |
| 车辆伤害   | 汽车转向或制动故障，引起翻车。                                 | 人员伤害 | III  | 定期检查、维护及保养车辆，保证各系统工作正常。                                                                             |

### 评价结果小结：

通过对该项目交通工程单元进行预先危险分析，认为交通工程存在场内施工检修道路缺陷、指挥不当的危险等级为II级，作业人员缺陷、车辆故障的危险等级为III级。因此，在安全设施设计和投产后的安全生产管理的过程中，一定要认真落实报告中所提出的对策措施，其危害程度就会降到可接受程度。

### 5.1.8 并网安全单元

该项目并网安全单元采用预先危险分析法进行评价，评价结果具体如下表所示。

表 5.1-10 并网安全单元预先危险性分析评价结果表

| 危险因素        | 事故原因                                                                                                             | 事故后果 | 危险等级 | 安全对策措施                                                                                                                                             |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 风电场运行对电网的影响 | 1.增大调峰、调频难度，其原因主要有：1）风电的反调峰特性增加了电网调峰的难度。2）风电的间歇性、随机性增加了电网调频的负担。3）风电随机性强、间歇性明显。波动幅度大，波动频率无规律性。<br>2.加大电网电压控制难度。风电 | 财产损失 | II   | 1.风电场并网后积极配合电网系统的日前优化调度，加强风能预测。在并网运行前配置风电功率预测系统。即在风电场内竖立永久的测风塔以及配置收集风能资料和风电机组的信息的装置和设备，并定期检测、检查测风塔上的各传感器（风速、风向、气压表、温度表等）的正常运行情况，委托气象部门定期预报本地区的风速、风 |

| 危险因素 | 事故原因                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 事故后果 | 危险等级 | 安全对策措施                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      | <p>场接入电网，电网运行控制、运行电硬度调整会出现较大困难。风电场运行过度依赖系统无功补偿，会限制电网运行的灵活性。</p> <p>3.风机抗扰动能力差，影响电网安全运行。（1）扩大事故范围，在系统发生小扰动时，风电机组退出运行，使电网承受第二次冲击，导致事故扩大。（2）增加了电网遭受冲击的频次。</p> <p>4.风电机组大面积脱网，破坏电网稳定。风电场 35kV 馈线故障，造成三相短路，引起系统电压跌落，大量风电机组因不具备低电压穿越能力、风电场无功补偿装置电容器组不具备自动投切功能而造成的。</p> <p>5.并网运行反事故措施不落实，影响电力系统安全稳定运行。</p> <p>（1）风电场没有配置足够的动态无功补偿容量，或动态无功补偿装置动态调节的响应时间大于 30ms；（2）风电场汇集线系统单相故障不能快速切除；（3）风电场升压站和汇集线系统设备在恶劣运行环境下不能可靠运行；（4）风电场内涉网保护定值与电网保护定值不相匹配；（5）风电场监控系统缺陷，不能实现在线动态调节全场运行机组的有功/无功功率和场内无功补偿装置的投入容量；（6）风电场二次系统及设备不满足《电力监控系统安全防护规定》要求，通过外部公共信息网直接对场内设备进行远程控制和维护。</p> |      |      | <p>向。</p> <p>2.优化风电场联网方式和输电规划，风电场联网方式包括接入电网的联网点电压、联网点位置、联网风电规模、交流/直流联网等；输电规划问题主要指大规模风电的长距离、弱连接的远距离输电，以及电力市场情况下风电跨区交易问题。</p> <p>3.电网必须提供足够的手段保持电网的安全稳定运行，同时，电网应对大规模风电场的运行性能指标（爬坡速率、下降速率、功率波动、无功支撑能力等）提出要求。</p> <p>4.风电场并网需考虑：风电场无功容量、风电场并网点调节方式（功率因数调节或电压调节）、系统故障时风电场保持并网的能力、跟踪有功功率变化率和减出力。</p> <p>5.并网运行风电场，无功容量配置和有关参数整定应满足系统电压调节需要，对于配置的无功补偿装置要切实做到运行可靠。</p> <p>6.电力调度机构要加强风电场二次系统监督管理，开展涉网保护定值(电压、频率保护)核查和备案工作，指导风电场按电网要求进行涉网保护定值整定。</p> <p>7.加强工程质量过程管理，严格落实工程质量检查、检测、控制和验收制度，加强对参建各单位的监督检查和考核，确保工程建设质量，尤其是电缆头和接地工程质量。监理单位要加强工程质量监理，对于隐蔽工程要列入旁站监理并严格执行。</p> <p>8.风电场应综合考虑各种发电处理水平和接入系统各种运行工况的稳态、暂态、动态过程，配置足够的动态无功补偿容量，且动态调节的响应时间不大于 30ms。风电场应确保场内无功补偿装置的动态部分自动调节，确保电容器、电抗器支路在紧急情况下能快速投切。</p> <p>9.风电机组的无功功率和风电场无功补偿装置的投入容量，应在各种运行工况下都能按照分层分区、基本平衡的原则在线动态调整。</p> <p>10.风电场汇集线系统单相故障应快速切除。</p> <p>11.提高风电场升压站和汇集线系统设备</p> |

| 危险因素      | 事故原因                                           | 事故后果 | 危险等级 | 安全对策措施                                                                                                                                                              |
|-----------|------------------------------------------------|------|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|           |                                                |      |      | 在恶劣运行环境下的运行可靠性。汇集线系统的母线 PT 开关柜内应装设一次消谐装置。<br>12.风电场内涉网保护定值应与电网保护定值相配合,并报电网调度部门审查备案。<br>13.风电场应按标准要求配置风电场监控系统,实现在线动态调节全场运行机组的有功/无功功率和场内无功补偿装置的投入容量,并能接受电网调度部门远程自动控制。 |
| 出线对风电场的影响 | 当出线侧故障或检修时,可能会导致整个风电场停止运行。                     | 财产损失 | II   | 1.合理安排生产和风电场检修的时间关系。<br>2.制定并执行因出线侧故障引起整个风电场停电的应急措施。                                                                                                                |
| 电网对风电场的影响 | 风电场大多处于电网末梢,当地电网容量小,电网可靠性差造成风电场建成后无法并网或不能正常运行。 | 财产损失 | II   | 1.项目选址应符合区域风电规划,风电场的建设与区域电网的建设同步进行。<br>2.电网应采用过负荷切机以及变电站分列运行等措施来提高输送能力。                                                                                             |

### 评价结果小结:

通过对该项目并网安全单元进行预先危险分析,认为风电场运行对电网的影响、出线对风电场的影响、电网对风电场影响的危险等级均为II级。因此,在安全设施设计和投产后的安全生产管理的过程中,一定要认真落实报告中所提出的对策措施,其危害程度就会降到可接受程度。

#### 5.1.9 特种设备单元

该项目特种设备单元采用预先危险性分析法对其进行分析评价,评价结果具体如下表所示。拟建项目的特种设备主要存在在施工期,起重设备及专用施工车辆。

表 5.1-11 特种设备单元预先危险性分析表

| 危险因素 | 形成原因                                    | 事故后果  | 危险等级 | 安全对策措施及建议                                                     |
|------|-----------------------------------------|-------|------|---------------------------------------------------------------|
| 起重伤害 | 1.起重工器具设备无限位装置而过卷扬;<br>2.链条葫芦链条(或起重机械钢丝 | 设备损坏、 | III  | 1.卷扬机组应具备起升高度限位装置;<br>2.不准将起吊重物长期悬挂于空中;<br>3.设置、配备起重器械要认真计算、核 |

| 危险因素       | 形成原因                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 事故后果      | 危险等级 | 安全对策措施及建议                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|            | <p>绳)断裂,滑轮损坏,重物脱钩等致使重物坠落;</p> <p>3.起重设备超载或过载;</p> <p>4.起重设备未定期维护和保养,未定期机械检验;</p> <p>5.起重时无监护人员、指挥失误;</p> <p>6.重物起吊后,吊物下有人站立或行走;</p> <p>7.起重设备或场内车辆等其他特种设备质量不合格;</p> <p>8.特种设备的安装单位无资质或资质等级不符;</p> <p>9.特种设备未进行检验或检验不合格;</p> <p>10.起重作业区域内无警示标志;</p> <p>11.操作人员缺乏起重机械的相关知识和技术,误操作引起伤害事故;</p> <p>12.两台起重机作业配合不当。</p> | 人员伤亡      |      | <p>实最大起重重量;</p> <p>4.起重设备定期维护保养,定期检测;</p> <p>5.安排好起吊前的监护、指挥,避免失去监护、多头指挥;</p> <p>6.重物起吊后,严禁人员在起重作业路线下站立、行走;</p> <p>7.定货时要认真审查供货单位的相关生产许可证和业绩情况,并查看产品的合格证书;</p> <p>8.安装单位应具有相应的资质,严禁无证单位组织安装;</p> <p>9.投产前应进行严格的检验,不合格的起重设备严禁投入使用;</p> <p>10.起重设备运行人员须经有关部门的培训,做到持证上岗,起重作业区域应设有警示标志;</p> <p>11.按有关规程规定,定期对起重工器具进行检验检查,保证设备、装置、工具完好;</p> <p>12.当两台起重机械协同作业时,应设专人指挥,明确分工,作业前应进行安全技术交底。</p> |
| 场内专用机动车辆事故 | <p>1.机动车驾驶人员无证上岗;</p> <p>2.场内专用机动车辆有故障,如刹车、阻火器不灵、无效等;</p> <p>3.场内机动车辆车速过快或超载驾驶;</p> <p>4.路面不好,如有缺陷、障碍物、地基塌陷;</p> <p>5.超载或载物尺寸超出承载能力、载物捆绑不安全;</p> <p>6.驾驶员违章行驶;驾驶员精力不集中;酒后驾车;疲劳驾驶;</p> <p>7.急转弯、陡峭等危险部位未设置安全标识或缺少标识。</p> <p>8.凝冻造成道路交通情况较差。</p>                                                                     | 设备损坏、人员伤亡 | II   | <p>1.场内专用机动车辆驾驶人员须经有关部门的培训,做到持证上岗;</p> <p>2.按有关规程规定,定期对场内专用机动车辆进行检验检查;</p> <p>3.增设交通标志(特别是限速行驶标志);</p> <p>4.定期检查、维护路面,保持路面状态良好;</p> <p>5.选择有资质的运输单位进行运输,防止载物尺寸超出承载能力、载物捆绑不安全。并选用专职人员运输。</p> <p>6.对驾驶员的教育和管理,不违章行驶,严禁场内机动车辆驾驶人员酒后驾车、超载、超速等行为。</p> <p>7.在存在行车危险的部位设立安全标识;场区道路的路面宽度、转弯半径应符合规范要求;冬季行车应采取可靠的防滑措施。</p> <p>8.凝冻天气时,行驶车辆应增加防滑链条。</p>                                           |

### 评价结果小结：

通过对该项目特种设备单元进行预先危险分析，认为特种设备单元存在场内专用机动车辆事故的危险等级为Ⅱ级，是临界的，应予以排除或采取控制措施。起重伤害的危险等级为Ⅲ级，是危险的，会造成人员伤亡和系统破坏，要立即采取防范措施。在工程设计和施工、运行期间应加强设备选型，采取可靠的预防措施，加强巡视、维护和保养，防止上述事故的发生。

### 5.1.10 安全监测单元

该项目安全监测单元采用预先危险性分析法对进行分析评价，评价结果具体如下表所示。

表 5.1-12 安全监测单元预先危险性分析表

| 危险因素          | 形成原因                                                                                                | 事故后果       | 危险等级 | 安全对策措施及建议                                                                                                                                                                        |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 机组基础监测系统设计不合理 | 1.风电机组自身不具备检测基础沉降功能；<br>2.风机基础发生不均匀沉降、总沉降超过允许值；<br>3.机组基础位移变化，机组基础变形。                               | 设备损坏       | Ⅱ    | 1.对风机机组基础进行监测设计。<br>2.风机基础设置沉降观测点，定时进行测量，加以对比而监测不均匀沉降等事项。<br>3.风机基础施工时应设沉降观测点，并在不同时期加强对沉降的观测，确保各项指标在合格范围内。                                                                       |
| 主要建筑物监测系统失效   | 1.设计缺陷，设备选型不当或数量偏少。<br>2.设备质量不过关，可靠性差。<br>3.施工中遗漏或破坏。<br>4.日常维护不足，设备损坏没有及时更换。<br>5.施工运行维护人员未进行专业培训。 | 监测数据不完整或错误 | Ⅱ    | 1.合理设计，选型可靠，设计应考虑到施工损坏和运行维护，关键部位监测设备要有备用，确保监测全面可靠。<br>2.选用有资质厂家的合格产品，确保监测设施质量。<br>3.加强施工监理，监测设施埋设严格按照设计施工，减少破坏。<br>4.定期维护检查，损坏和失灵的设施应及时更换，确保监测资料的完整准确。<br>5.加强设计、施工运行人员上岗前的业务培训。 |

### 评价结果小结：

通过对该项目安全监测单元进行预先危险分析，认为机组基础监测系统设计不合理、主要建筑物监测系统失效的危险等级均为Ⅱ级。因此，在安全设施设计和投产后的安全生产管理的过程中，一定要认真落实报告中所提出

的对策措施，其危害程度就会降到可接受程度。

### 5.1.11 控制和保护单元

该项目控制和保护单元采用预先危险性分析法对其进行分析评价，评价结果具体如下表所示。

表 5.1-13 控制和保护单元预先危险性分析表

| 危险因素       | 形成原因                                                                                                                                         | 事故后果                  | 危险等级 | 安全对策措施及建议                                                                                                                                                                                                                      |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 控制系统电源失电故障 | 1.电源电缆及其元部件受机械外伤断线。<br>2.电源电缆绝缘老化短路或接地。<br>3.电源回路过负荷熔断器熔断或熔断器容量选配不当，越级跳闸。<br>4.电源回路短路，电源开关跳闸。<br>5.控制系统设计不正确、不合理。                            | 控制系统瘫痪、机组失控、人员伤亡、设备损坏 | II   | 1.加强电源回路（电源开关、熔断器、电缆、接插件）维护管理工作。<br>2.定期测试电源电缆绝缘电阻，更换不合格的电缆。<br>3.严格检查大、小修后熔断器容量的配置，避免发生越级跳闸故障。<br>4.主控紧急跳闸硬操作按钮电源，应与控制系统必须采取来自两个不同电源点的，互为备用的双路供电方式。<br>5.控制系统设计单位必须具有相应资质，并由相应资质的人员主导设计。                                      |
| 机组控制系统失灵   | 1.软件错误、控制器负荷过高、配置失误。<br>2.通讯电缆或通讯接口组件故障，导致死机。<br>3.操作键盘或其电缆接插件损坏，系统不响应操作指令。<br>4.操作系统侵入病毒，丢失信息，导致死机。                                         | 人员伤亡、设备重大损坏           | III  | 1.选择适当性能的控制器的，并且留有较大的余量，设备选型时应考虑合理的数据通讯总线负荷率不超过 30%。<br>2.勤维护检查通讯电缆及其通讯接口组件，避免外力机械损伤。<br>3.勤维护检查键盘（鼠标）及其电缆接插件，及时更换损坏件。<br>4.非本机磁盘、光盘、不确定存储介质及无关的运算工作，不得在本机上进行操作，防病毒侵入；对软件加强管理，采用不同介质做好备份，对软件组态严格审查，并且做好模拟动态测试，考虑最极端情况下可能发生的事故。 |
| 保护系统失灵     | 1.保护系统设计缺陷，或功能不全，保护系统达不到设计值。<br>2.转速传感器损坏或失灵，成保护拒动，机组安全风速外运行，造成超速、飞车等恶性事故。<br>3.机组振动保护失灵，机组严重振动时，造成叶片折断，掉机头等恶性事故；发电机超载保护、超温保护失灵，可造成发电机烧坏事故；刹 | 设备严重受损                | III  | 1.加强设备保护系统的设计和试验工作，确保达到设计要求。<br>2.定期检查保护系统的传感器、执行机构等部件并可靠维护，保证设备正常。<br>3.对机组保护进行定期试验，确保保护系统的正常动作，对极端气候和灾害性天气进行预防，提前充分做好防范措施，制定行之有效的应急预案，防止事故的扩大；对同类型风力发电机组出现                                                                   |

| 危险因素        | 形成原因                                                                                                                      | 事故后果                  | 危险等级 | 安全对策措施及建议                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|             | 车系统失灵，可造成风力机超速、飞车事故；偏航系统限位保护失灵，可造成电缆过度缠绕，出现电缆扭断、短路、火灾等事故。                                                                 |                       |      | 的各类重大事故进行调研，做好防范措施。                                                                                                                                                                                                                              |
| 控制接地系统故障    | 1.接地电极腐蚀断线，接地阻值增大。<br>2.多点接地。<br>3.接地线受机械外伤断线以及接地线连接螺丝松动。                                                                 | 人员伤亡、设备重大损坏           | II   | 1.加强控制接地系统回路（接地线、接地汇流铜母线、连接螺丝、接地电极）维护管理工作，定期进行接地系统紧固连接螺丝工作；定期测试控制系统接地系统接地电极的接地电阻值。<br>2.机组大、小修在解开总接地线的条件下，分部测试控制四种类型接地回路（控制电源中性线接地、控制机柜外壳安全接地、控制系统参考点零电位接地、屏蔽电缆屏蔽层接地）的对地及其相互间的绝缘电阻阻值，保持严格意义上的单点接地，消除多点接地隐患。<br>3.在控制设计阶段，应有完整的控制接地系统设计，并严格按设计施工。 |
| 检测与测量装置系统故障 | 1.温度测量装置电源回路失电或其导线故障，导致测量装置无输出。<br>2.温度测量一次检测元件及其接线回路损坏，断线或短路，导致测量值不准。<br>3.元器件安装不当，其测温感温部件没有接触被测量部位或介质，造成测量偏低，引起运行人员误判断。 | 危害机组安全运行              | II   | 1.加强温度测量装置电源回路电源开关、熔断器、电缆、接插件维护管理工作。<br>2.勤维护检查温度测量一次检测元件及其接线回路，排除故障点。<br>3.勤检查元器件，加强维护管理工作，定期核对、分析工艺流程中各相关参数的合理性，减少误判断和人为误操作。在运行中加强关联参数分析，对不合理参数必须查找出原因，及时处理。                                                                                   |
| 通信网络回路故障    | 1.通讯回路受机械外伤断线或通讯接口组件损坏。<br>2.机组运行中的实际通讯量超过预定规定值。                                                                          | 控制系统瘫痪、机组失控、人员伤亡、设备损坏 | II   | 1.加强各通讯环路（同轴电缆或光纤、接插件、接口组件）维护管理工作，重要控制系统的通讯环路必须采取互为热备用的双路配置方式。<br>2.控制系统通讯网络，在设计审查、设备选型及制造阶段，各控制器的负荷分配均衡；必须有 1 个对各区域网络联网的通讯协议、通讯速率、通讯接口硬、软件配置等的统筹规划设计。                                                                                           |
| 防雷保护系统      | 1.未能及时获得雷电袭击的信息，提前做好预防准备。<br>2.场区内无防雷设施，或防雷设施失                                                                            | 建（构）筑                 | III  | 1.按照有关防雷规范要求，场区设置塔架式，独立的避雷设施。<br>2.高大设备、设施采用避雷设计，如风                                                                                                                                                                                              |

| 危险因素           | 形成原因                                                                                                                                                                           | 事故后果                 | 危险等级 | 安全对策措施及建议                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 故障             | <p>效。</p> <p>3.高大设备、设施无防雷设计，或设计不合理。</p> <p>4.无受雷击事故救援预案，未能及时有效救助。</p> <p>5.控制和通信系统过电压保护装置不合格，如系统如金属外皮和屏蔽层的接地不符合规范要求，容易遭受雷击的破坏，造成设备损坏。</p>                                      | 物毁坏、人员伤亡、停产、造成严重经济损失 |      | <p>力发电机组的叶片可以采用绝缘的复合材料，也可以采用导电措施引入地下。</p> <p>3.避雷设施每年至少检测 1 次，保持完好。</p> <p>4.雷雨天气减少户外作业，减少使用能发射电磁波的通讯工具等。</p> <p>5.按照规范要求配置合格的控制和通信系统过电压保护装置。</p>                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 继电保护事故         | <p>1.作业人员失误造成“误碰、误整定、误接线”，导致误动、拒动，事故扩大。</p> <p>2.继电保护设备自身设计不合理、原理不成熟、制造缺陷等导致误动、拒动，事故扩大。</p> <p>3.低压穿越保护整定值不合理，当电网出现故障时，会迫使风电机组因自身保护而立即脱离电网，将在一定程度上影响电力系统的运行稳定性。</p>            | 系统稳定遭破坏、财产损失         | II   | <p>1.加强继电保护人员专业技能和职业素质培训，严格执行各项规章制度及反事故措施；认真做好该期工程继电保护及安全自动装置的交接、验收工作，做到工程投产的同时继电保护及安全自动装置有与之相符的厂家出厂资料、施工图纸、施工记录、投产调试记录及备品备件。投产三个月内应有正式的竣工图纸与投产调试报告。</p> <p>2.应按照《国网风电并网技术规定（修订版）》（国家电网发展 2009）、《国网风电反事故措施》（[2011]974 号）的要求配置各种装置。按《继电保护和电网安全自动装置检验规程》进行检验，做好保护装置选型和保护定值的整定、配合。落实二次设备的抗干扰措施，防止出现二次寄生回路。</p> <p>3.针对风电机组的特点，必须合理设置机组低压穿越保护整定值，确保当电网故障时，风电机组能在电压跌落的情况下不脱网运行，并在故障切除后能尽快帮助电力系统恢复稳定运行。</p> |
| 电力监控系统安全防护失效事故 | <p>1.风电场未采取电力监控系统安全防护措施，容易收到外界恶意攻击。</p> <p>2.人员违章使用没有经过认证的的程序，导致带入病毒。</p> <p>3.使用系统联网实现监视、数据采集等功能时，没有采取可靠的隔离措施，造成黑客和恶意代码攻击。</p> <p>4.未制定相应的应急预案，导致受到侵犯时无法迅速作出反应，致使损失进一步扩大。</p> | 运行中失去对机组控制段、机组停运     | II   | <p>1.应根据《电力监控系统安全防护规定》（国家发改委令[2014]第 14 号）要求，结合风电场实际情况，制定《风电场电力监控系统安全防护方案》，明确风电场安全分区；禁止使用公共互联网进行风电机组远程监测、控制和维护。使用系统联网实现监视、数据采集等功能时，必须采取可靠的隔离措施。</p> <p>2.生产控制区与非生产控制区之间的纵向防护装置应采用经国家指定部门检</p>                                                                                                                                                                                                         |

| 危险因素 | 形成原因 | 事故后果 | 危险等级 | 安全对策措施及建议                                                                                                                           |
|------|------|------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      |      |      |      | 测认证的电力专用纵向加密认证装置或者加密认证网关，横向隔离装置应经过国家权威机构的测试和安全认证。<br>3.风电场应当建立健全电力监控系统安全管理制度和体系，落实分级负责的责任制。<br>4.风电场应建立健全电力监控系统安全的联合防护和应急机制，制定应急预案。 |

评价结果小结：

通过该项目安全监测单元进行预先危险分析，认为控制系统电源失电故障、控制接地系统故障、检测与测量装置系统故障、通信网络回路故障、继电保护事故、电力监控系统安全防护失效事故的危险等级均为Ⅱ级；机组控制系统失灵、保护系统失灵、防雷保护系统故障的危险等级均为Ⅲ级。因此，在安全设施设计和投产后的安全生产管理的过程中，一定要认真落实报告中所提出的对策措施，其危害程度就会降到可接受程度。

#### 5.1.12 运行、检修及维护单元

该项目生产运行、检修及维护过程单元采用预先危险分析对其进行分析评价，具体如下表所示。

表 5.1-14 生产运行、检修及维护过程单元预先危险分析

| 危险因素 | 形成事故原因                                                                                                                                                                                          | 事故后果   | 危险等级 | 安全对策措施与建议                                                                                                                                                                                                       |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 触电   | 1.风机维护作业人员违章作业，缺乏必要的防护措施。<br>2.未使用安全工作器具和安全防护用具，或安全工作器具和安全防护用具不满足要求，不执行“两票三制”有关规定。<br>3.闭锁装置失灵，临时电源使用不当。<br>4.绝缘损坏、设备漏电，雷击。<br>5.风电机组设备电气线路漏电，接地保护失效，引起触电。<br>6.无功补偿装置检修前放电不彻底，带有大量剩余电荷，若作业前未有效 | 人员伤亡伤害 | Ⅲ    | 1.严格执行“两票三制”制度。<br>2.操作工必须穿绝缘靴、戴绝缘手套等安全防护用具，安全工作器具和安全防护用具应定期检测，使用频繁时应加检。<br>3.强化解锁管理，防止误操作。<br>4.要求职工掌握触电救护知识，掌握人工心肺复苏法的操作要领。<br>5.选用具有“五防”功能的开关柜，变频器室、高压配电室闭锁装置可靠。<br>6.完好的保护接地，中性线重复接地。<br>7.使用完好的安全电器、线路、绝缘良 |

| 危险因素 | 形成事故原因                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 事故后果 | 危险等级 | 安全对策措施与建议                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      | <p>验电易发生剩余电荷触电。</p> <p>7.由于带电设备的电磁感应和静电感应作用，若附近设备保护接地不良或发生单相接地，就会造成正常不带电的金属部分形成较高的危险电位，人体接触极易发生接触电压触电。</p> <p>8.高压柜操作和维护通道过小，运行和检修人员接触带电部位。</p> <p>9.风电机组检修时，人员从高处采用非绝缘绳索向下系设备或材料，在一定风速下与带电线路接触，引起人员触电。</p> <p>10.标识不清或标识错误，检修人员误登带电线路造成触电。</p> <p>11.风力发电机组与场内架空线路的距离过小，在检修、维护过程可能发生触电事故。</p> |      |      | <p>好的操作工具，雨、雪及大风天气禁止室外作业。</p> <p>8.严格按照有关建筑物防雷设计规范和电力设计规范进行防雷设计，雷雨天气应避免靠近带电设施。</p> <p>9.定期检查防雷接地电阻值和接地体完好状况。</p> <p>10.对各电气作业前应进行验电检查。</p> <p>11.电气设备设置必要的护栏、护网。</p> <p>12.电源应加装漏电保护器并定期试验。</p> <p>13.风电机组检修时不许人员从高处采用绳索系设备或材料的方式运送物品，防止在绳索与带电线路接触。</p> <p>14.对各带电设备按要求标识，作业前应核对工作票作业内容。</p> <p>15.风力发电机组与场内架空线路的安全距离，要满足风机维护时，工作人员从机舱放下的吊装绳索，在风力或其他外力作用荡起后的安全距离。</p> |
| 高处坠落 | <p>1.检修人员攀登塔架内的直梯时塔架内未设休息隔层，登高保护用品失效时，可能发生坠落。</p> <p>2.在大风或雨雪等恶劣天气时开展室外高空检修作业发生坠落事故。</p> <p>3.检修人员健康状况异常，如患有高血压、恐高症等。</p> <p>4.检修作业人员酒后登高作业。</p>                                                                                                                                               | 人员伤亡 | III  | <p>1.检修人员高处作业须系安全带、戴安全帽，风机塔架内的直梯按要求设置平台。</p> <p>2.在大风或雨雪等恶劣天气时禁止开展室外高处作业。</p> <p>3.禁止安排有恐高症、高血压等疾病的人员登高作业。人员过度疲劳及酒后严禁登高作业。</p> <p>4.高处作业场所设置符合要求的防护栏。</p> <p>5.安排高处作业时，同时安排监护人员对作业过程实行监护。</p> <p>6.登高作业前对安全带等劳动防护用品进行检查其有效性、安全性。</p> <p>7.高处作业人员必须持证上岗作业。</p>                                                                                                         |
| 起重伤害 | <p>1.吊具或钢丝绳故障，吊物高处坠落。</p> <p>2.起重司机未持证上岗，违章作业或误操作。</p> <p>3.超过额定起重量，超过允许起重力矩，起重机失稳倾翻。</p> <p>4.起重设备吊具老化磨损、不按时由专业机构进行定期检验。</p> <p>5.操作工不认真执行设备、吊具和索具定期检修维护安全管理规章制度，</p>                                                                                                                         | 人员伤亡 | III  | <p>1.起重设备应按规定定期检测，合格后方能投入使用。</p> <p>2.不得使用不合格吊索，起吊物锐处必须有衬垫。</p> <p>3.作业人员必须经过专门培训，取得特种作业资格证，持证上岗。</p> <p>4.严禁吊物从人头顶经过或人从吊物下经过，严禁超载、斜吊、不走吊物通道、不鸣铃等违章作业。</p>                                                                                                                                                                                                            |

| 危险因素  | 形成事故原因                                                                                                                                                                                                                                       | 事故后果 | 危险等级 | 安全对策措施与建议                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       | <p>未能及时发现事故隐患并加以解决。</p> <p>6.恶劣天气进行起重作业。</p> <p>7.存在起吊货物超重等违规作业，作业指挥违规指挥，造成吊物脱落。</p> <p>8.起重设备运行速度过快，旋转幅度过大，吊物与钢构架或其他设施发生碰撞。</p>                                                                                                             |      |      | <p>5.起重作业严格遵守《起重机械安全规程第1部分：总则》(GB/T6067.1-2010)，严格执行“十不吊”；恶劣天气严禁室外作业。</p> <p>6.起重作业区域应设有警示标志。</p> <p>7.加强员工培训、教育。</p> <p>8.作业前，起重设备的基础要平衡牢固。</p> <p>9.合理安排起重机械的位置，起重作业时具备良好的视界。</p>                                                                                                                              |
| 物体打击  | <p>风电场气温较低季节，雨甚至大雾天气会造成风电机组叶片、轮毂、塔筒结冰，当气温上升时，风电机组附着的冰会脱落，叶片上的冰甚至会造成抛出击打伤人事故。</p>                                                                                                                                                             | 人员伤亡 | II   | <p>出现雾、雨等可能导致风机叶片覆冰的天气，应加强对风机叶片的检查，发现叶片覆冰应立即停机处理，直至覆冰消除后方可启动风机；当风力发电机组外部及叶片有冰块掉落危险时，人和车辆应停留在上风方向，禁止接近危险区域。不对进入最小安全半径内。</p>                                                                                                                                                                                       |
| 电气误操作 | <p>1.未严格执行操作票、工作票制度。</p> <p>2.不严格执行调度命令，随意修改操作票，随意解除闭锁装置。</p> <p>3.防误闭锁装置的运行、维护管理不到位，已装设的防误闭锁装置不能正常运行。</p> <p>4.万能钥匙使用和保管制度存在重大缺陷。</p> <p>5.成套高压开关柜五防功能不齐全，性能不好。</p> <p>6.安全工作器具和安全防护用具不符合使用规定。</p> <p>7.电气设备信号选用不当，信号位置不合理，信号不清，显示不准确等。</p> | 人员伤亡 | II   | <p>1.严格执行操作票、工作票制度，并使两票制度标准化，管理规范。</p> <p>2.严格执行调度命令，操作时不允许改变操作顺序。</p> <p>3.结合实际制定防误装置的运行规程及检修规程。</p> <p>4.建立完善的万能钥匙使用和保管制度。防误闭锁装置不能随意退出运行。</p> <p>5.计算机监控系统远程/就地操作应具备闭锁功能，防误闭锁装置与主设备同时投运，控制系统信号应人-机匹配。</p> <p>6.应选用五防功能齐全的成套高压开关柜。</p> <p>7.配备充足的经过有资质机构检测合格的安全工作器具和安全防护用具。</p> <p>8.强化岗位培训，提高人员的技术素质，持证上岗。</p> |
| 中毒和窒息 | <p>1.SF<sub>6</sub>在电弧的作用下发生分解，形成高氟或低氟化合物，如 SF<sub>2</sub>、S<sub>2</sub>F<sub>2</sub>、SF<sub>4</sub> 及 HF 等，这些物质均具有毒性，若密封不严，容易被释放出来，由于密度大于空气（密度约为空气的 5 倍），沉降在底部，若通风不良，可能引起巡检人员中毒，甚至引起窒息死亡。</p> <p>2.在进行检修、维护作业时，作业人员未佩戴合格的防护用品，设备解体</p>      | 人员伤亡 | II   | <p>1.SF<sub>6</sub> 设备配电装置室底部安装 SF<sub>6</sub> 浓度报警仪和氧量仪，当六氟化硫浓度超过 1000μL/L，氧量低于 18%时，仪器报警。</p> <p>2.机械通风装置的吸风口应设在配电室的底部，通风换气次数应符合规范要求。</p> <p>3.人员进入安装 SF<sub>6</sub> 断路器的配电装置室首先应通风至少 15min。</p> <p>4.在安装 SF<sub>6</sub> 断路器的配电装置室入口</p>                                                                       |

| 危险因素   | 形成事故原因                                                                                                                                                                                                                            | 事故后果 | 危险等级 | 安全对策措施与建议                                                                                                                                                                                                      |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|        | <p>后未及时撤离、未进行有效强力通风换气，重新进入前未佩戴防护服、手套及防毒面具、未检测有毒气体浓度，均可能发生人员中毒和窒息事故。</p> <p>3.SF<sub>6</sub>泄漏后聚积在地下空间场所如电缆沟（或电缆廊道），人员进入电缆沟/廊道作业前未进行有效通风换气、未检测有毒气体浓度，发生人员中毒和窒息事故。另外，电缆沟/廊道未按规定进行隔离密封，SF<sub>6</sub>泄漏后可能通过电缆沟/廊道进入相邻房间，进而扩大事故。</p> |      |      | <p>设置相关警示标志。</p> <p>5.SF<sub>6</sub>设备解体后人员及时撤离、并进行有效强力通风换气，重新进入前佩戴防护服、手套及防毒面具、并检测有毒气体浓度。</p> <p>6.在进入装有 SF<sub>6</sub>断路器配电室地下电缆沟（或电缆廊道）作业前，应进行有效通风换气，并检测有毒气体浓度。</p> <p>7.电缆沟按规定进行隔离密封。</p>                   |
| 车辆伤害   | <p>1.运输道路不顺畅、路面不平、存水等。</p> <p>2.车辆故障，运输车辆转弯过急。</p> <p>3.运输线路与其他物流干扰。</p> <p>4.车辆失控，引起人员伤亡。</p> <p>5.场区道路路面宽度不够，转弯半径不足。</p> <p>6.司机无证驾驶，安全培训不到位。</p>                                                                               | 人员伤亡 | II   | <p>1.定期检查运输车辆，确保其工作正常。</p> <p>2.运输设备的路线应满足转弯半径的要求，路面宽度满足行驶车辆的要求。</p> <p>3.运输车辆司机必须持证驾驶。</p> <p>4.运输车辆转弯过程应缓慢，且设人员提醒过往车辆。</p>                                                                                   |
| 个体防护缺陷 | <p>1.巡检人员作业期间接触带电运行设备，如不使用绝缘手套、穿绝缘靴，当电气设备或电气线路漏电、接地不良、作业环境潮湿时能造成触电。</p> <p>2.高处作业不使用安全带、安全绳等防护用具，可能造成高处坠落。</p> <p>3.进入作业现场不按规定佩戴安全帽，事故时可能扩大伤害后果。</p> <p>4.高温和低温季节长时间从事露天野外作业，不配备防暑和防寒用品。</p>                                      | 人员伤亡 | II   | <p>1.根据《个体防护装备配备规范第 1 部分：总则》（GB39800.1-2020）的有关规定，为作业人员配备符合标准要求的个体防护装备。</p> <p>2.定期对个体防护装备进行监督检验，确保防护装备的使用性能和安全性能；</p> <p>3.制定个体防护装备和其他劳动防护用品使用规定，并定期检查作业人员佩戴和使用情况，发现不按规定使用防护用品的行为立即纠正，并对违章人员进行批评教育和处罚。</p>    |
| 安全标志缺失 | <p>1.安全标志设计配置不足。</p> <p>2.维护不当，安全标志缺失。</p>                                                                                                                                                                                        | 人员伤亡 | II   | <p>按《电气安全标志》（GB/T29481-2013）、《火力发电企业生产安全设施配置》（DL/T1123-2009）、《图形符号 安全色和安全标志 第5部分：安全标志使用原则与要求》（GB/T 2893.5-2020）要求在生产施工现场设置安全标志，如：禁止烟火、禁止靠近、禁止停留、禁止通行、注意安全、当心火灾、当心触电、当心机械伤人、当心吊物、当心车辆、当心坠落、必须戴防护眼镜、必须戴安全帽等。</p> |

| 危险因素   | 形成事故原因                                                                                                                                                                                                                                                                       | 事故后果 | 危险等级 | 安全对策措施与建议                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 有限空间作业 | 1.作业人员进入有限空间进行作业前，通风措施不到位时。<br>2.作业过程中使用的工器具产生有害物质(如焊接等作业过程中产生的有毒、有害烟尘等)，可能影响作业人员的身体健康，甚至可能出现中毒、窒息等严重事故。<br>3.作业人员在生活污水处理站等在运行过程中可能产生硫化氢、甲烷等气体的设施内作业。<br>4.有限空间作业处未设醒目警示标志，可能造成无关人员误入，造成缺氧窒息、中毒或高处坠落伤害。<br>5.在潮湿的有限空间作业没有使用 12V 以下的安全灯，使用超过安全电压的手持电动工具，没有配备漏电保护器，可能造成人员触电伤害。 | 人员伤亡 | II   | 1.在有粉尘或有害气体的室内或容器内作业，均应设除尘、通风或净化装置，并配备足够的劳动防护用品。<br>2.下坑井、隧道、深沟内工作前，必须先检查其内是否积聚有可燃、有毒气体，如有异常，必须认真排除，在确认可靠后，方可进入作业，并有专人进行监护。<br>3.在坑井内进行焊接与切割作业时，必须可靠接地或采取其他防止触电的措施，严禁将行灯变压器带入坑井内，焊工所穿衣服、鞋帽等必须干燥，脚下应垫绝缘垫。<br>4.在受限空间内进行焊接与切割作业时，严禁同时进行电焊、气焊或气割作业，应设通风装置，内部温度不得超过 40℃，严禁用氧气作为通风的风源。入口处应设专人监护，并在监护人员伸手可及处设二次回路的切断开关。在容器和坑井内作业时，作业人员应系安全绳，绳的一端交由容器外的监护人钩挂住。<br>5.在有限空间作业处设置醒目警示标志，以防止无关人员误入。<br>6 在潮湿的有限空间作业须使用 12V 以下的安全灯，使用超过安全电压的手持电动工具时须配备漏电保护器。 |

### 评价结果小结：

通过对运行、检修及维护单元进行预先危险性分析，发生高处坠落、触电和起重伤害危险等级为III级，车辆伤害、物体打击、电气误操作、中毒和窒息、个体防护缺陷、安全标志缺陷、有限空间作业的危险等级为II级。因此，在安全设施设计和投产后的安全生产管理的过程中，一定要认真落实报告中所提出的对策措施，其危害程度会降到可接受程度。

#### 5.1.13 施工单元

该项目施工单元采用预先危险性分析法对其进行分析评价，评价结果具体如下表所示。

表 5.1-15 施工单元预先危险性分析表

| 危险因素 | 事故原因                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 事故后果         | 危险等级 | 安全对策措施及建议                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 起重伤害 | 1.吊具或钢丝绳故障，吊物从高处坠落。<br>2.起重司机未持证上岗，违章作业或误操作。<br>3.超过额定起重量，超过允许起重力矩，起重机失稳倾翻。<br>4.起重设备吊具老化磨损、不定期由专业机构进行定期检验。<br>5.作业人员不认真执行设备、吊具和索具定期检修维护安全管理规章制度，未能及时发现事故隐患并加以解决。<br>6.恶劣天气进行起重作业。<br>7.存在起吊货物超重等违规作业，违规指挥，造成吊物脱落砸伤人员。<br>8.起重设备运行速度过快，旋转辐度过大，吊物与钢构架或其他设施发生碰撞。<br>9.两台起重机配合失误。<br>10.未制定起吊作业的安全专项施工方案。 | 财产损失<br>人员伤亡 | III  | 1.起重设备应按规定定期检测，合格后方可投入使用。<br>2.不得使用不合格吊索，起吊物锐处必须有衬垫。<br>3.作业人员必须经过专门培训，取得特种作业资格证，持证上岗。<br>4.划定作业区，严禁吊物从人头顶经过或人从吊物下经过。<br>5.严禁超载、斜吊、不走吊物通道、不鸣铃等违章作业。<br>6.起重吊装作业要严格遵守《起重机械安全规程》GB/T 6067.1-2010，严格执行“十不吊”。<br>7.起重作业区域应设有警示标志。<br>8.加强员工培训、教育。<br>9.恶劣天气严禁室外作业。<br>10.作业前，起重设备的基础要平衡牢固。<br>11.合理安排起重机械的位置，起重作业时具备良好的视界。<br>12.两台起重机一起作业时应统一指挥，防止配合失误。<br>13.起吊作业应单独编制安全专项施工方案，并由施工单位组织专家论证。 |
| 触电   | 1.施工、安装及调试作业乱拉临时线路，作业现场混乱。<br>2.未设必要的安全保护装置如保护接地、漏电保护器等。<br>3.电气设备运行管理不当，安全管理制度不完善，没有必要的安全组织措施。<br>4.专业电工或机电设备操作工操作失误或违章作业等。<br>5.人员意外接近高低压带电设备，造成触电伤亡事故。<br>6.施工、安装及调试作业时未对带电设施采取有效隔离措施。<br>7.施工、安装及调试作业过程物品吊装时误触带电线路。<br>8.电气设备或线路漏电，动力设备电源开关处未设置漏电保护器。雷电时，人员位于接地体附                                  | 人员伤亡         | III  | 1.作业现场严格管理，严禁乱拉临时电力线路。<br>2.用电设备设置必要的安全保护装置如保护接地、漏电保护器等。<br>3.严格电气设备运行管理，制定并执行用电安全管理制度，采取必要的安全组织措施。<br>4.严格执行电气安全操作规程，杜绝违章作业，人员经安全培训取得特种作业资格证后持证上岗作业。<br>5.电气设备和配电设备现场设置符合规范的、醒目的安全标志。<br>6.进行施工、安装及调试作业应对原有带电设施断电，不能断电的设施应采取有效隔离。<br>7.防雷接地符合规范要求，雷雨等恶劣天气禁止作业。<br>8.施工、安装作业过程使用吊车作业时按要求进行作业，如场地不允许时应停电后再                                                                                  |

| 危险因素 | 事故原因                                                                                                                                                                                                                                                   | 事故后果 | 危险等级 | 安全对策措施及建议                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      | <p>近，跨步电压对人体伤害。</p> <p>9.高压开关柜“五防”功能不全或存在缺陷。</p> <p>10.大风等恶劣天气室外作业，风电机组安装、调试时，人员从高处采用非绝缘绳索向下系设备或材料，在风速下与带电线路接触，引起人员触电。</p>                                                                                                                             |      |      | <p>作业。</p> <p>9.选用“五防”功能齐全的高压开关柜。</p> <p>10.逃生绳应采用绝缘材质。</p> <p>11.风电机组安装、调试时，不许人员从高处采用绳索系设备或材料的方式运送物品，防止在绳索与带电线路接触，引起人员触电。</p>                                                                                                                                                                                                         |
| 高处坠落 | <p>1.施工、安装及调试作业人员高处作业时违规操作、带病操作、受高低温、大风、雾霾等灾害天气影响保护不当，可能造成高处坠落。</p> <p>2.进行高空作业的施工、安装及调试作业人员有恐高症、高血压等疾病。</p> <p>3.高处施工、安装及调试作业人员过度疲劳或酒后作业。</p> <p>4.高处施工、安装及调试作业人员没有使用安全带等劳动防护用品。</p> <p>5.施工、安装及调试作业作业人员配备的劳动防护用品失效。</p> <p>6.高处作业场所无防护栏杆或防护栏杆不牢。</p> | 人员伤亡 | III  | <p>1.施工、安装及调试作业人员高处作业采取相应的安全措施，配备劳动防护用品；恶劣天气严禁高处作业。</p> <p>2.禁止安排有恐高症、高血压等疾病的人员登高作业。</p> <p>3.施工、安装及调试作业人员过度疲劳后不应登高作业。</p> <p>4.高处作业场所设置符合要求的防护栏。</p> <p>5.安排高处作业时，同时安排监护人员对作业过程试行监护。</p> <p>6.登高作业前对劳动防护用品进行检查其有效性。</p> <p>7.在 30m 以上高处作业应单独编制安全专项施工方案，并由施工、安装单位组织专家论证。</p> <p>8.对提取的建筑施工过程安全费用要做到专款专用；加强对施工队伍的安全监管，特别是安全防护用品的使用。</p> |
| 物体打击 | <p>1.进入施工作业现场不佩戴安全器具。</p> <p>2.高处作业人员在作业时使用的工具及其他物件坠落，造成下边人员伤害</p> <p>3.施工人员操作失误。</p> <p>4.施工队没有制定必要的劳动保护措施。</p>                                                                                                                                       | 人员伤害 | II   | <p>1.配备齐全并正确使用安全防护用品和劳保用品，避免操作时失控坠落。</p> <p>2.制定完善的规章制度与操作规程，加强安全教育工作。</p> <p>3.上岗人员必须经过严格的体检、培训，严禁无证上岗。</p> <p>4 相关区域应设置安全标志、安全警戒线，并派人监护，防止人员进入危险区域。</p>                                                                                                                                                                              |
| 机械伤害 | <p>1.安装、维修设备的传动部位无防护罩或防护罩不合格。</p> <p>2.设备装置存在尖、锐等部位。</p> <p>3.设备间距离太近或设备距墙太近，小于安全距离。</p>                                                                                                                                                               | 人员伤害 | II   | <p>1.选用质量优良、安全保护设施齐全的机械设备。</p> <p>2.设备外形避免尖锐、棱角、凸出等。如无法避免，采取护栏、护网等措施。</p> <p>3.设备间、设备与墙距离满足安全要求。</p>                                                                                                                                                                                                                                   |
| 坍塌   | <p>1.发电机组的塔筒、机舱安装过程中，遇到大风倒塌。</p> <p>2.发电机组、变压器的基础不合格，遇到暴风雨时坍塌。</p>                                                                                                                                                                                     | 财产损失 | II   | <p>1.发电机组塔筒、机舱安装选择天气稳定的时期进行，做好大风预报工作。</p> <p>2.委托有相应资质和相关施工经验的施工单位承揽本项目的施工。</p>                                                                                                                                                                                                                                                        |

| 危险因素         | 事故原因                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 事故后果         | 危险等级 | 安全对策措施及建议                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|              | <p>3.建构筑物地基不合格，建筑过程中坍塌。</p> <p>4.基础养护不到位、强度不达标就进行风机安装，风机投入运行后，易导致基础破裂，塔架倾斜，发电机组不能投运。</p> <p>5.风机基础缺陷、使用建筑材料不合格、施工工艺不合理等。如混凝土的抗碳化能力低、抗冻性差；施工过程由于水泥的水化热，水泥基础内外温差过大，造成基础裂纹。</p> <p>6.弃渣场若选择在陡坡上，甚至在滑坡体上，极易产生工程滑坡，或诱使古滑坡复活。施工方随意堆放挖方坡顶，会给边坡施加不小的荷载，并可能造成坡顶积水，在荷载作用下和雨水下渗的影响下，很容易造成边坡滑塌失稳。</p> |              |      | <p>3.委托有相应资质和相关监理经验的监理单位进行本项目的施工监理。</p> <p>4.塔筒连接螺栓采用特制高强度螺栓。</p> <p>5.建筑物的施工选择适宜的季节，选用质量合格的建筑材料。</p> <p>6.除了前面所述关于风机基础施工采取的措施外，施工过程还应采取措施降低水泥水化热。一是，合理安排施工程序；二是，降低混凝土浇筑温度；三是，加强测温和温度监测；四是，控制混凝土降温速度，延缓降温速率；六是，做好事前预测工作。</p> <p>7.土石方开挖作业应单独编制安全专项施工方案，并由施工单位组织专家论证。</p> <p>8.弃渣场应尽量选择在水地或谷地的底部，已达到自身稳定的状态，避免出现单坡场地。</p> <p>9.应进行详细的弃土、防护、排水设计。</p> |
| 火灾、容器爆炸、其他爆炸 | <p>1 施工过程中存在动火作业，明火引燃易燃品，发生火灾事故。</p> <p>2 库存易燃品遇明火发生火灾。</p> <p>3 施工过程中使用的乙炔为易燃易爆气体，大量泄漏可能引起火灾、容器爆炸、其他爆炸。</p> <p>4 施工过程中乙炔瓶和氧气瓶遇撞击、超装、暴晒引起超压、乙炔气泄漏与空气形成爆炸性混合物遇点火源及安全附件失效等可能引发爆炸事故。</p> <p>5 动火作业引燃周围的草木。</p> <p>6 生产现场未配备消防器材。</p>                                                         | 人员伤亡         | III  | <p>1.建立并严格执行动火制度，施工区动火经批准后实施。</p> <p>2.易燃品储存场所设置灭火器材，并设置禁止烟火的警示标志。</p> <p>3.在用的乙炔气瓶经检验合格，安全附件齐全有效。</p> <p>4.轻装轻卸，严禁抛、滑、滚、碰和倒置。气瓶使用前先检查气瓶压力是否在允许使用范围、使用时避免暴晒、氧气瓶和乙炔气瓶至少间距 10m。</p> <p>5.动火作业前应清除周围的可燃物。</p> <p>6.施工现场配备足够的消防器材，设置兼职消防人员并对消防人员培训。</p>                                                                                                 |
| 车辆伤害         | <p>1.大件运输的车辆转弯时或行驶中，超出车厢的零件碰伤靠近行驶的人或车辆。</p> <p>2.运输物资的各种车辆由于转弯半径过小，转弯时速度大，造成翻车事故。</p> <p>3.车辆未定期检修，带病上路，造成翻车事故。</p> <p>4.机动车辆驾驶人员无证驾驶、未经安全培训或培训不达标。</p>                                                                                                                                   | 财产损失<br>人员伤亡 | II   | <p>1.机动车驾驶人员必须按规定要求上岗作业；运输车辆转弯过程应缓慢，且设人员提醒过往车辆。</p> <p>2.运输设备的路线应满足转弯半径的要求，路面宽度满足行驶车辆的要求。</p> <p>3.冬季施工时，应提前将道路铺平、修整，清除路面的积水，以防冬季结冰。</p> <p>4.定期检查运输车辆，保证工作正常。</p> <p>5.运输车辆司机持证驾驶，经培训合格后上岗作业。</p>                                                                                                                                                  |

| 危险因素     | 事故原因                                                                                                                                                                                                                                                    | 事故后果 | 危险等级 | 安全对策措施及建议                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          | <p>5.机动车驾驶人员疲劳驾驶、酒后开车及疏忽大意造成撞车、翻车事故。</p> <p>6.道路施工未达设计要求，转弯半径、纵坡不满足车辆通行要求，造成溜车、倾覆等事故。</p>                                                                                                                                                               |      |      | <p>6.依据《工业企业厂内铁路、道路运输安全规程》（GB4387-2008）和《公路工程技术标准》（JTG B01-2014）设计、施工风电场施工道路。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 有限空间作业危害 | <p>1.作业人员进入有限空间进行作业，通风措施不到位时。</p> <p>2.作业过程使用的工器具产生有害物质（如焊接等作业过程中产生的有毒、有害烟尘等），可能影响作业人员的身体健康，甚至可能出现中毒、窒息等严重事故。</p> <p>3.有限空间作业处没有设置醒目警示标志，可能造成无关人员误入，造成缺氧窒息、中毒或高处坠落伤害。</p> <p>4.在金属容器、潮湿的有限空间作业没有使用 12V 以下的安全灯，使用超过安全电压的手持电动工具，没有配备漏电保护器，可能造成人员触电伤害。</p> | 人员伤亡 | II   | <p>1.有限空间检修施工作业，首先采取通风，防止由于缺氧造成的窒息伤害。</p> <p>2.工作前，须先检查内部是否积聚有可燃、有毒或窒息性气体，确认可靠后，方可进入作业并有专人监护。</p> <p>3.金属容器必须可靠接地，严禁将行灯变压器带入金属容器或坑井内，衣服、鞋帽必须干燥，脚下应垫绝缘垫。</p> <p>4.严禁在金属容器内同时进行电焊、气焊或气割作业，应设通风装置，内部温度不得超过 40℃，严禁用氧气作为通风的风源；入口处应设专人监护，并在监护人员伸手可及处设二次回路的切断开关。作业人员应系安全绳，绳的一端交由容器外的监护人钩挂住。</p> <p>5.在有限空间作业处设置醒目警示标志，以防止无关人员误入。</p> <p>6.必须使用 12V 以下的安全灯，使用手持电动工具时必须配备漏电保护器。</p> |
| 安全标志缺陷   | <p>1.生产施工现场缺少安全标志，可能导致人员安全意识淡薄，发生事故。</p> <p>2.如果未在吊装现场设置危险标志，附近村庄人员可能靠近现场观看，如果没有人阻止，发生吊装事故时可能将事故范围扩大。</p> <p>3.安全标志不规范。</p> <p>4.安全标志选用不当。</p>                                                                                                          | 人员伤亡 | II   | <p>严格按照《电气安全标志》（GB/T29481-2013）、《火力发电企业生产安全设施配置》（DL/T1123-2009）、《图形符号安全色和安全标志 第 5 部分：安全标志使用原则与要求》（GB/T 2893.5-2020）要求在生产施工现场设置安全标志，如：禁止烟火、禁止靠近、禁止停留、禁止通行、注意安全、当心火灾、当心触电、当心机械伤人、当心吊物、当心车辆、当心坠落、必须戴防护眼镜、必须戴安全帽等。</p>                                                                                                                                                         |
| 个体防护缺陷   | <p>1.因电气安全保护装置存在故障、劳动保护用品不合格、操作者违章作业，电焊机电源线、电器线路绝缘老化，绝缘性能降低等原因导致触电。</p> <p>2.在有易燃物品的场所进行焊接作业引发火灾。</p> <p>3.焊接过程中会产生电弧、金属</p>                                                                                                                            | 人员伤亡 | II   | <p>1.提高电焊设备及线路的绝缘性能。正确使用的电焊设备及电源电缆必须是合格品；焊机应安排专人进行日常维护和保养，防止日晒雨淋，以免焊机电气绝缘性能降低。当焊机检修、移动、改变接头或更换保险装置时，操作前都必须要先切断电源。给焊机安装漏电保护器。对焊机壳体和二次绕组引出线的端头应采取良好的保护接地或接零措施。作</p>                                                                                                                                                                                                          |

| 危险因素 | 事故原因                                                                                                                                                                                | 事故后果 | 危险等级 | 安全对策措施及建议                                                                                                                                                                                                            |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      | 熔渣，焊工没有穿戴好电焊专用的防护工作服、手套和皮鞋；在高处进行焊接时，电焊火花飞溅，若没有采取防护隔离措施，造成焊工自身或作业面下方施工人员皮肤灼伤。<br>4.焊接时产生强烈的可见光和大量不可见的紫外线，导致眼睛结膜和角膜发炎。<br>5.焊接过程中产生大量的锰铬氧化物及有害烟尘，还会使周围空气产生臭氧、氮氧化物等有毒气体，对人的身体健康有一定的影响。 |      |      | 业人员持证上岗。<br>2.在易燃易爆场所焊接，焊接前必须按规定事先办理用火作业许可证，配有消防器材，并有人进行监护。<br>3.焊工焊接时必须正确穿戴好焊工专用防护工作服、绝缘手套和绝缘鞋。使用大电流焊接时，焊钳应配有防护罩。对作业区域应采取隔离防护措施。<br>4.选用合适的面罩护目镜滤光片，其他人员在焊接时应配戴有色防护眼睛。<br>5.合理设计焊接工艺，尽量在通风场所进行作业；采用低尘、低毒焊条；佩戴防尘毒口罩。 |

### 评价结果小结：

由施工单元预先危险性分析表可看出，施工过程起重伤害、触电、高处坠落、火灾、容器爆炸、其他爆炸的危险等级为Ⅲ级，物体打击、机械伤害、坍塌、车辆伤害、有限空间作业危害、安全标志缺陷、个体防护缺陷的危险等级为Ⅱ级。

#### 5.1.14 安全管理单元

管理方面的缺陷是重大危险因素之一，企业安全生产管理是企业实现安全生产的保证。企业负责人和从业人员安全生产意识差，缺少基本的安全生产专业知识；安全生产操作规程和安全生产责任制不健全；发生违章指挥、违章操作和误操作行为；对安全事故存在侥幸心理；不建立安全生产组织机构，疏于管理等都会致使安全生产秩序混乱，导致事故的发生。

为此，针对安全管理方面存在的危险因素及可能导致的后果，采用因果分析方法进行评价。

通过因果分析，可见安全管理方面造成事故的因素较多，其主要因素是：

(1) 安全投入不足是制约企业本质安全程度的重要因素，企业应加大投入力度，提高本质安全。

(2) 安全生产组织机构是安全生产的保障，无人管理或管理不到位会导致企业管理生产陷入无序状态。

(3) 安全生产责任制、安全生产规章制度和操作规程是企业安全生产的制度保障，企业应根据生产经营的需要建立健全各项制度。

(4) 培训教育是提高员工及管理人员安全素质和安全意识的必要途径，每一名员工入厂前应进行严格的三级安全教育。

(5) 安全检查、设备安全、消防安全是安全生产的重要手段，只有齐抓共管才能全面实现安全生产。

安全管理缺陷与事故的因果关系见图 5.1-1。

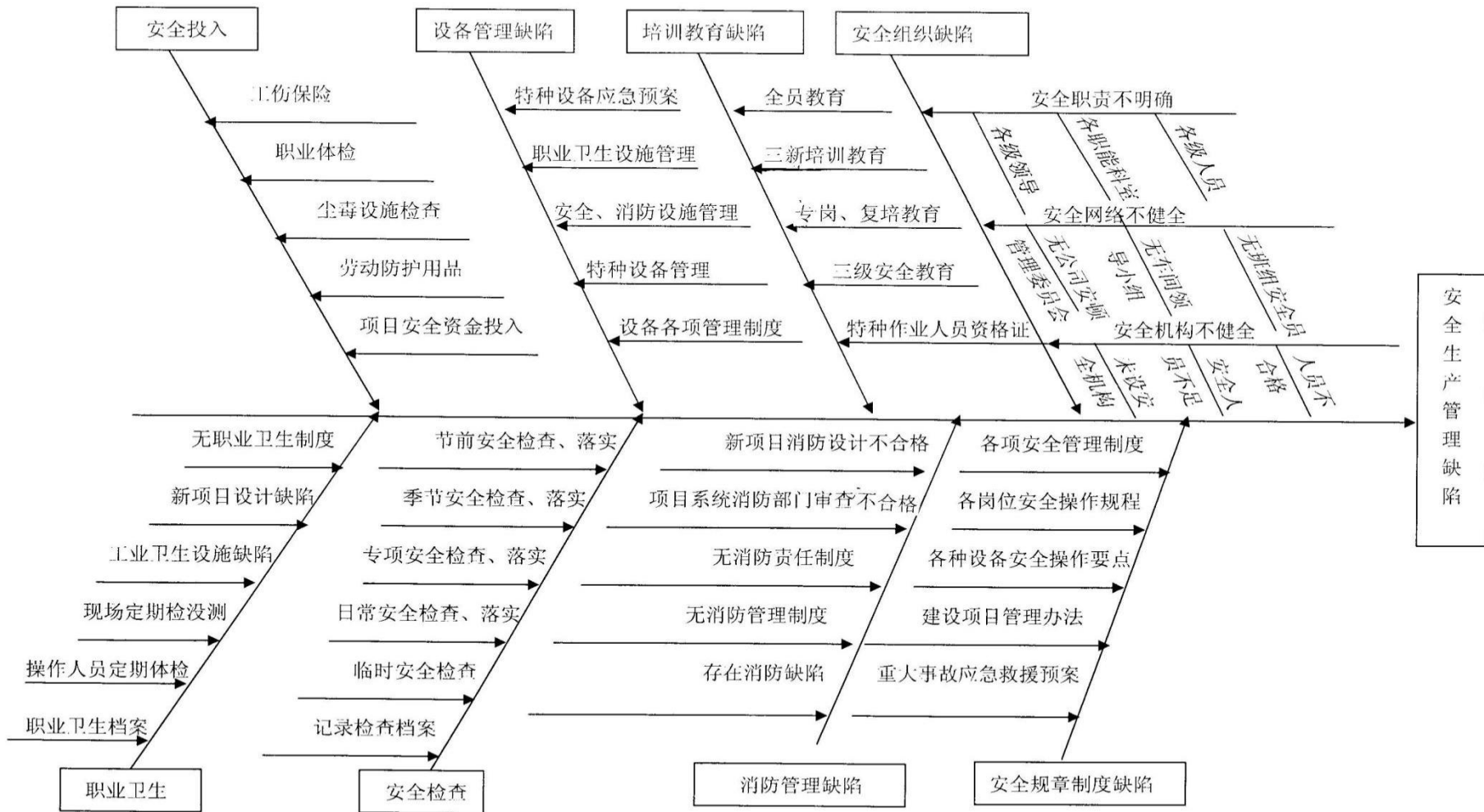


图 5.1-1 安全管理缺陷因果分析图

## 5.2 各评价单元小结综述

本报告采用安全检查表法、预先危险性分析法等评价方法对景泰县上沙沃镇 5 万千瓦风电项目主要危险、有害因素导致事故发生的可能性和严重程度进行定性、定量评价，结果分析如下：

### （1）场址选择、总平面布置单元

安全检查表共检查 35 项，全部符合。

该拟建项目抗震设防烈度为 7 度，不存在发生滑坡、泥石流的地形地质条件，未发现岩溶、地面沉陷等不良地质作用。

### （2）建（构）筑物等土建工程单元

#### 1) 安全检查表评价结果

安全检查表共检查 12 项，全部符合。

该项目由中国能源建设集团浙江省电力设计院有限公司编制了可行性研究报告。风力发电机组基础设计及 110kV 升压站内主要建（构）筑物均符合《风力发电场设计规范》（GB51096-2015）、《建筑设计防火规范（2018 年版）》（GB50016-2014）、《风电场工程建筑设计规范》（NB/T31128-2017）等标准规范的要求。

#### 2) 预先危险性分析评价结果

表 5.2-1 建（构）筑物等土建工程单元预先危险性分析结果一览表

| 序号 | 危险因素     | 事故后果        | 危险级别 | 危险程度 |
|----|----------|-------------|------|------|
| 1  | 风电机组基础坍塌 | 设备损坏、重大财产损失 | III  | 危险的  |
| 2  | 箱变杆塔基础坍塌 | 设备损坏、财产损失   | II   | 临界的  |
| 3  | 其他建筑物坍塌  | 人员伤亡、财产损失   | III  | 危险的  |

通过建（构）筑物等土建工程单元预先危险分析，发生风电机组基础坍塌和其他建筑物坍塌的危险等级为III级，箱变杆塔基础坍塌的危险等级为II级。因此，在安全设施设计和投产后的安全生产管理的过程中，一定要认真落实报告中所提出的对策措施，其危害程度就会降到可接受程度。

## (3) 风电机组单元

表 5.2-2 风电机组单元预先危险性分析评价结果一览表

| 序号 | 危险因素       | 事故后果      | 危险级别 | 危险程度 |
|----|------------|-----------|------|------|
| 1  | 塔架倒塌       | 设备损毁      | III  | 危险的  |
| 2  | 叶片缺陷       | 设备故障      | II   | 临界的  |
| 3  | 液压系统故障     | 火灾、机组运行故障 | II   | 临界的  |
| 4  | 偏航系统故障     | 设备故障财产损失  | III  | 危险的  |
| 5  | 变桨系统故障     | 设备故障财产损失  | III  | 危险的  |
| 6  | 齿轮箱故障      | 财产损失      | II   | 临界的  |
| 7  | 风力发电机故障    | 设备损坏      | III  | 危险的  |
| 8  | 变流器故障      | 设备受损      | II   | 临界的  |
| 9  | 风电机组防雷系统故障 | 设备损坏机组停运  | II   | 临界的  |
| 10 | 电缆故障       | 财产损失      | II   | 临界的  |
| 11 | 箱变火灾       | 设备损毁      | III  | 危险的  |

通过该项目风电机组单元进行预先危险分析，塔架倒塌、偏航系统故障、变桨系统故障、风力发电机故障、箱变火灾危险等级为III级，叶片缺陷、液压系统故障、齿轮箱故障、变流器故障、风电机组防雷系统故障、电缆故障的危险等级为II级。因此，在安全设施设计和投产后的安全生产管理的过程中，一定要认真落实报告中所提出的对策措施，其危害程度就会降到可接受程度。

## (4) 集电线路

表 5.2-3 集电线路单元的预先危险性分析结果表

| 序号 | 危险因素      | 事故后果    | 危险级别 | 危险程度 |
|----|-----------|---------|------|------|
| 1  | 架空线路故障    | 设备损坏    | II   | 临界的  |
| 2  | 杆塔倒塌      | 设备损坏    | III  | 危险的  |
| 3  | 防雷系统缺陷    | 设备损坏    | III  | 危险的  |
| 4  | 埋地电缆损伤与故障 | 设备损坏、火灾 | II   | 临界的  |

由集电线路预先危险性分析表可看出，架空线路故障、埋地电缆损伤与故障的危险等级为II级，杆塔倒塌、防雷系统缺陷的危险等级为III级。因此，在安全设施设计和投产后的安全生产管理的过程中，一定要认真落实报告中所提出的对策措施，其危害程度就会降到可接受程度。

## (5) 升压站和储能装置单元

表 5.2-4 升压站和储能装置单元的预先危险性分析结果表

| 序号 | 危险因素       | 事故后果           | 危险级别 | 危险程度 |
|----|------------|----------------|------|------|
| 1  | 变压器火灾      | 财产损失、设备损坏      | III  | 危险的  |
| 2  | 电缆火灾       | 设备损坏、人员伤亡      | III  | 危险的  |
| 3  | 断路器故障      | 财产损失、人员伤害      | III  | 危险的  |
| 4  | 接地网事故      | 机组停运、设备损坏      | II   | 临界的  |
| 5  | 继电保护故障     | 财产损失           | III  | 危险的  |
| 6  | 蓄电池和直流系统故障 | 机组停运、财产损失、人员伤亡 | III  | 危险的  |
| 7  | 升压站防雷系统故障  | 设备损坏           | III  | 危险的  |
| 8  | 无功补偿装置故障   | 设备损坏、电网不稳定     | II   | 临界的  |
| 9  | 储能装置故障     | 财产损失、人员伤害      | III  | 危险的  |

由升压站和储能装置单元预先危险性分析可看出，发生变压器火灾、电缆火灾、断路器故障、继电保护故障、蓄电池和直流系统故障、升压站防雷系统故障、储能装置故障的危险等级为III级，接地网事故、无功补偿装置故障的危险等级为II级。因此，在安全设施设计和投产后的安全管理的生产过程中，一定要认真落实报告中所提出的对策措施，其危害程度就会降到可接受程度。

## (6) 公用工程单元

安全检查表共检查 24 项，全部符合。

该项目升压站生活用水拟采用景泰县城拉运自来水。场地设有雨水排水系统。该项目设有推车式和手提式干粉灭火器、消防沙箱、消防铲等消防器材。

该项目在升压站区域设置一套火灾报警系统，其集中报警装置布置在升压站中控室内，探测点直接汇接至集中报警装置上。火灾报警控制系统能显示火灾发生的时间、地点，并能出声光报警信号，同时能将火警信号送入站内监控系统，并能实现远传。

## (7) 交通工程单元

## 1) 安全检查表法评价结果

安全检查表共检查 16 项，全部符合。

该项目场区总体布局设计包括场内交通道路，场内建（构）筑物、设备和绿化物的设计未侵入道路的建筑界限，且不妨碍视线；场区道路能满足设备运输、安装和运行维护的要求，并保留可进行大修与吊装的作业面。

## 2) 预先危险性分析评价结果

表 5.2-5 交通工程单元的预先危险性分析结果表

| 序号 | 危险因素       | 事故后果      | 危险级别 | 危险程度 |
|----|------------|-----------|------|------|
| 1  | 场内施工检修道路缺陷 | 财产损失、人员伤亡 | II   | 临界的  |
| 2  | 指挥不当       | 人员伤亡      | II   | 临界的  |
| 3  | 作业人员缺陷     | 人员伤亡      | III  | 危险的  |
| 4  | 车辆伤害       | 人员伤亡      | III  | 危险的  |

通过对交通工程单元的预先危险性分析可以看出：交通工程存在场内施工检修道路缺陷、指挥不当的危险等级为II级，作业人员缺陷、车辆故障的危险等级为III级。因此，在安全设施设计和投产后的安全管理过程中，一定要认真落实报告中所提出的对策措施，就会最大限度消除危险、有害因素。

## (8) 并网安全单元

表 5.2-6 并网安全单元的预先危险性分析结果表

| 序号 | 危险因素        | 事故后果 | 危险级别 | 危险程度 |
|----|-------------|------|------|------|
| 1  | 风电场运行对电网的影响 | 财产损失 | II   | 临界的  |
| 2  | 出线对风电场的影响   | 设备故障 | II   | 临界的  |
| 3  | 电网对风电场的影响   | 设备故障 | II   | 临界的  |

通过对并网安全单元的预先危险性分析可以看出：风电场运行对电网的影响、出线对风电场的影响、电网对风电场影响的危险等级均为II级。因此，在安全设施设计和投产后的安全管理过程中，一定要认真落实报告中所提出的对策措施，就会最大限度消除危险、有害因素。

## (9) 特种设备单元

表 5.2-7 特种设备单元的预先危险性分析结果表

| 序号 | 危险因素       | 事故后果      | 危险级别 | 危险程度 |
|----|------------|-----------|------|------|
| 1  | 起重伤害       | 设备损坏、人员伤亡 | III  | 危险的  |
| 2  | 场内专用机动车辆事故 | 设备损坏、人员伤害 | II   | 临界的  |

通过对该项目特种设备单元进行预先危险分析,认为特种设备单元存在场内专用机动车辆事故的危险等级为II级,是临界的,应予以排除或采取控制措施。起重伤害的危险等级为III,是危险的,会造成人员伤亡和系统破坏,要立即采取防范措施。在工程设计和施工、运行期间应加强设备选型,采取可靠的预防措施,加强巡视、维护和保养,防止上述事故的发生。

#### (10) 安全监测单元

表 5.2-8 安全监测单元的预先危险性分析结果表

| 序号 | 危险因素          | 事故后果       | 危险级别 | 危险程度 |
|----|---------------|------------|------|------|
| 1  | 机组基础监测系统设计不合理 | 设备损坏       | II   | 临界的  |
| 2  | 主要建筑物监测系统失效   | 监测数据不完整或错误 | II   | 临界的  |

通过对该项目安全监测单元进行预先危险分析,认为机组基础监测系统设计不合理、主要建筑物监测系统失效的危险等级均为II级。因此,在安全设施设计和投产后的安全生产管理的过程中,一定要认真落实报告中所提出的对策措施,其危害程度就会降到可接受程度。

#### (11) 控制和保护单元

表 5.2-9 控制和保护单元的预先危险性分析结果表

| 序号 | 危险因素        | 事故后果                      | 危险级别 | 危险程度 |
|----|-------------|---------------------------|------|------|
| 1  | 控制系统电源失电故障  | 控制系统瘫痪、机组失控、人员伤亡、设备损坏     | II   | 临界的  |
| 2  | 机组控制系统失灵    | 人员伤亡、设备重大损坏               | III  | 危险的  |
| 3  | 保护系统失灵      | 设备严重受损                    | III  | 危险的  |
| 4  | 控制接地系统故障    | 人员伤亡、设备重大损坏               | II   | 临界的  |
| 5  | 检测与测量装置系统故障 | 危害机组安全运行                  | II   | 临界的  |
| 6  | 通信网络回路故障    | 控制系统瘫痪、机组失控、人员伤亡、设备损坏     | II   | 临界的  |
| 7  | 防雷保护系统故障    | 建(构)筑物毁坏、人员伤亡、停产、造成严重经济损失 | III  | 危险的  |

| 序号 | 危险因素         | 事故后果             | 危险级别 | 危险程度 |
|----|--------------|------------------|------|------|
| 8  | 继电保护事故       | 系统稳定遭破坏、财产损失。    | II   | 临界的  |
| 9  | 监控系统安全防护失效事故 | 运行中失去对机组控制段、机组停运 | II   | 临界的  |

通过对该项目控制和保护单元进行预先危险分析，认为控制系统电源失电故障、控制接地系统故障、检测与测量装置系统故障、通信网络回路故障、继电保护事故、监控系统安全防护失效事故的等级均为II级；机组控制系统失灵、保护系统失灵、防雷保护系统故障的危险等级均为III级。因此，在安全设施设计和投产后的安全生产管理的过程中，一定要认真落实报告中所提出的对策措施，其危害程度就会降到可接受程度。

### （12）运行、检修及维护单元

表 5.2-10 运行、检修及维护单元的预先危险性分析结果一览表

| 序号 | 危险因素   | 事故后果   | 危险级别 | 危险程度 |
|----|--------|--------|------|------|
| 1  | 触电     | 人员伤亡伤害 | III  | 危险的  |
| 2  | 高处坠落   | 人员伤亡   | III  | 危险的  |
| 3  | 起重伤害   | 人员伤亡   | III  | 危险的  |
| 4  | 物体打击   | 人员伤亡   | II   | 临界的  |
| 5  | 电气误操作  | 人员伤亡   | II   | 临界的  |
| 6  | 中毒和窒息  | 人员伤亡   | II   | 临界的  |
| 7  | 车辆伤害   | 人员伤亡   | II   | 临界的  |
| 8  | 个体防护缺陷 | 人员伤亡   | II   | 临界的  |
| 9  | 安全标志缺失 | 人员伤亡   | II   | 临界的  |
| 10 | 有限空间作业 | 人员伤亡   | II   | 临界的  |

通过对运行、检修及维护单元进行预先危险性分析，发生高处坠落、触电和起重伤害危险等级为III级，车辆伤害、物体打击、电气误操作、中毒和窒息、个体防护缺陷、安全标志缺陷、有限空间作业的危险等级为II级。因此，在安全设施设计和投产后的安全生产管理的过程中，一定要认真落实报告中所提出的对策措施，其危害程度就会降到可接受程度。

### （13）施工单元

表 5.2-11 施工单元的预先危险性分析结果表

| 序号 | 危险因素         | 事故后果      | 危险级别 | 危险程度 |
|----|--------------|-----------|------|------|
| 1  | 起重伤害         | 财产损失、人员伤亡 | III  | 危险的  |
| 2  | 施工过程触电       | 人员伤亡      | III  | 危险的  |
| 3  | 高处坠落         | 人员伤亡      | III  | 危险的  |
| 4  | 物体打击         | 人员伤亡      | II   | 临界的  |
| 5  | 机械伤害         | 人员伤亡      | II   | 临界的  |
| 6  | 坍塌           | 财产损失      | II   | 临界的  |
| 7  | 火灾、容器爆炸、其他爆炸 | 人员伤亡      | III  | 危险的  |
| 8  | 车辆伤害         | 财产损失、人员伤亡 | II   | 临界的  |
| 9  | 有限空间作业危害     | 人员伤亡      | II   | 临界的  |
| 10 | 安全标志缺陷       | 人员伤亡      | II   | 临界的  |
| 11 | 个体防护缺陷       | 人员伤亡      | II   | 临界的  |

通过对施工单元的预先危险性分析可以看出：施工过程起重伤害、触电、高处坠落、火灾、容器爆炸、其他爆炸的危险等级为III级，物体打击、机械伤害、坍塌、车辆伤害、有限空间作业危害、安全标志缺陷、个体防护缺陷的危险等级为II级。因此，在安全设施设计和投产后的安全生产管理的过程中，一定要认真落实报告中所提出的对策措施，其危害程度就会降到可接受程度。

针对该项目施工作业安全措施的具体要求，本报告在第 6.3 节安全对策措施中提出，建议在下一阶段的安全设施设计及投产后的安全管理过程中，认真进行落实。

#### （14）安全管理单元

采用因果分析法对安全管理单元进行评价。

安全管理缺陷也是造成事故的主要原因。本报告对安全管理缺陷与事故的因果关系简要的进行了分析。

针对本项目安全生产管理的具体要求，本报告在第 6.3 节的安全对策措施中提出，建议在项目投产后时认真进行落实。

## 6 安全对策措施及建议

### 6.1 制定安全对策措施的原则

安全对策措施是要求设计单位、生产经营单位在建设项目设计、生产经营、管理中采取的消除或减弱危险、有害因素的技术措施和管理措施，是预防事故和保障整个生产、经营过程安全的对策措施。

制定安全对策措施应遵循以下原则：

(1) 安全技术措施等级顺序：当安全技术措施与经济效益发生矛盾时，应优先考虑安全技术措施上的要求，并应按直接安全技术措施、间接安全技术措施、指示性安全技术措施顺序选择安全技术措施。若间接、指示性安全技术措施仍然不能避免事故、危害的发生，则应采取安全操作规程、安全教育、安全培训和个体防护用品等措施来预防、减弱系统的危险、有害程度。

(2) 根据安全技术措施等级顺序的要求应遵循的具体原则：消除、预防、减弱、隔离、联锁、警告。

(3) 安全对策措施应具有针对性、可操作性和经济合理性；

(4) 安全对策措施应符合国家有关法律、法规、规章、标准的要求。

### 6.2 《可研报告》中提出的主要安全对策措施

#### 6.2.1 施工期安全对策措施

(1) 在工程施工期间，建设单位必须遵守“生产经营单位新建、改建、扩建工程项目的安全设施必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投入生产和使用”三同时的安全规定；

(2) 建设单位应认真学习，严格贯彻执行《建设工程安全生产管理条例》(国务院 393 号令，2004 年 2 月 1 日施行)，并对设计单位、施工单位、监理单位加强安全生产管理，按相关资质、条件和程度进行审查，明确安全生产责任，制定相应的施工安全管理方案，责成施工单位制定应急预案；

(3) 加强施工监理；

(4) 加强施工单位资质管理；

(5) 加强施工组织设计编制与审查管理，试运阶段的安全管理；

(6) 施工单位根据工程实际情况，结合施工过程中可能出现的危害因素，制定切实可行的施工安全措施、组织措施、技术措施，经审查批准后方可开始施工，并在施工过程中严格执行。

### 6.2.2 运行期安全对策措施

#### (1) 防火及防爆

##### 1) 工程防火设计

工程防火采用综合消防技术措施，消防系统从防火、监测、报警、控制、疏散、灭火、事故通风、救生等方面进行整体设计。

本风电场建筑物防火设计满足现行有关防火设计规范的要求，设计具体内容详见消防设计。

##### 2) 工程防爆安全设计

主变压器及压力油罐等都设有泄压装置，布置上将泄压面避开运行巡视工作的部位，以防止在设备故障保护装置失灵，通过泄压装置释放内部压力时，伤害工作人员。设备在选型和采购时，要求压力容器的设计与制造必须符合现行《固定式压力容器安全技术监察规程》(TSG 21-2016)、《压力容器第 1 部分：通用要求》(GB/T 150.1-2024) 规定的产品，并执行《固定式压力容器安全技术监察规程》进行申报和办理使用登记手续。

##### 3) 防静电设计

通风设备和通风管等均接地，移动式油处理设备在工作位置应设临时接地点；防静电接地装置与工程中的电气接地装置共用时，其接地电阻不大于  $30\Omega$ 。

厂外独立设置的易燃、易爆材料仓库，在直击雷保护范围内，其建筑物或设备上严禁装设避雷针，而用独立避雷针保护，并采取防止感应雷和防静电的技术措施。

## （2）防电气伤害

1) 所有可能发生电气伤害的电气设备均可靠接地，工程接地网的设计满足相关规程规范的要求。

2) 对于可能遭遇雷击的建筑物屋顶、设备等采取避雷带或避雷针保护。

3) 配电装置的电气安全净距应符合《3~110kV 高压配电装置设计规范》GB50060 的有关规定。对于 110kV 以上配电装置应符合《高压配电装置设计规范》DL/T 5352 的有关规定。当裸导体至地面的电气安全净距不满足规定时，设防护等级不低于 IP2X 的防护网。

## （3）防机械及防坠落伤害

1) 机械设备的布置满足有关国家安全卫生有关标准的要求，在设备采购中要求制造厂家提供的设备符合《生产设备安全卫生设计总则》（GB5083-2023）、《机械安全 防止上下肢触及危险区的安全距离》（GB/T 23821-2022）、《机械安全 防护装置 固定式和活动式防护装置的设计与制造一般要求》（GB/T 8196-2018）等有关标准的规定；

2) 所有机械设备防护安全距离、机械设备防护罩和防护屏的安全要求以及设备安全卫生要求均符合国家有关标准的规定；

3) 需上人巡视的屋面设置净高不小于 1.05m 的女儿墙或固定式防护栏杆；

4) 本风电场设置的室外楼梯，均考虑了意外坠落的预防，设置防护栏杆与扶手、中间设置休息平台，均采取防滑措施。

## （4）防噪声及防振动

1) 为确保各工作场所的噪声限制在规定值内，要求各种设备上的电动机、风机、水泵、变压器等主要噪声、振动源的设备设计制造厂家提供符合国家规定的噪声、振动标准的设备。中控室等主要办公场所选用室内机噪声值小于 60dB 的空调机，并采取必要的隔振、减振处理。

2) 在噪声源较大的设备房间采取必要的工程措施，如水泵等布置在单

独的房间内并要求采取吸声、隔声或更为有效的消音屏蔽以及相应的隔振、减振和阻尼措施。

3) 选用噪声和振动水平符合国家有关标准规定的设备,必要时,对设备提出允许的限制值,或采取相应的防护措施,如在建筑上采用降噪材料等。

4) 管道及其支吊架合理选择,以避免或减少流体高速流动及管道振动所产生的噪声。

5) 为运行人员配备临时隔声的防护用具。

### (5) 防电磁辐射

在接触微波辐射的工作场所,对作业人员的辐射防护要求要满足《防护服装 微波辐射防护服》(GB/T 23463-2009)的规定,选用满足防护微波辐射要求的产品。

### (6) 安全色和安全标志

根据本工程布置,在容易导致安全事故的场所或发生事故后需要疏散的通道,如安全疏散通道,消防设施等需要设置安全标志的场所,按《图形符号 安全色和安全标志 第 5 部分:安全标志使用原则与要求》(GB/T 2893.5-2020)的规定执行。风电场工程所有安全标志的符号、图形、含义、补充文字、配置规范等,应符合国家电力公司《电力生产企业安全设施规范手册》的有关规定。

## 6.3 补充的安全对策措施及建议

### 6.3.1 安全技术对策措施与建议

表 6.3-1 安全技术对策措施与建议一览表

| 序号                   | 安全对策措施与建议                                     | 依据                                       |
|----------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------|
| 风电场厂址选择及总平面布置对策措施与建议 |                                               |                                          |
| 1                    | 风力发电场选址应避让和保护矿藏及有探矿权和采矿权区域、军事设施、航空和通信设施的相互干扰。 | 《风力发电场设计规范》<br>GB51096-2015<br>第 4.1.8 条 |
| 2                    | 风力发电机组、变电站、集电线路等选址应避开不良地质灾害易发生区               | GB51096-2015                             |

| 序号                        | 安全对策措施与建议                                                                                                                                                                                                                                                 | 依据                                                |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
|                           | 域。                                                                                                                                                                                                                                                        | 第 4.2.1 条                                         |
| 3                         | 邻近风力发电机组尾流影响评估：在发电过程中应考虑邻近风力发电机组引起的尾流影响。风力发电机组场址的适应性评估应考虑气流的稳态特性和湍流特性，在所有发电状态下的风速和风向，还应考虑上风向风力发电机组所引起的单个或多个与尾流相关（包括风力发电机组间距）的影响。                                                                                                                          | 《风力发电机组设计要求》<br>GB/T18451.1-2022<br>第 11.4 条      |
| 4                         | 风电场防火设计应以预防为主、防消结合、立足自救为原则，在加强火灾监测报警的基础上，统筹考虑风电场内风电机组机舱与塔架、机组变压器、电缆、主变压器、配电装置室、中控室、继电保护室、直流盘室、蓄电池室、档案室及各类仓库等防火重点部位的消防措施。                                                                                                                                  | 《风电场设计防火规范》（NB 31089-2016）<br>第 1.0.4 条           |
| 5                         | 机组变压器的配置应符合以下规定：①布置在塔架内的机组变压器宜采用干式变压器，并应布置于独立的隔离室内，设置耐火隔板，并应配置自动灭火装置。耐火隔板的耐火极限不小于 1.00 小时。②布置在机舱内的机组变压器也推荐使用干式变压器，设置耐火隔板，并应配置自动灭火装置。耐火隔板的耐火极限同样不小于 1.00 小时。③对于塔架外独立布置的机组变压器，其与塔架之间的距离应不小于 10 米。如果距离不能满足这一要求，应选用干式变压器。对于贴挂在塔架外壁上的机组变压器，也应选用干式变压器并配置自动灭火装置。 | 《风电场设计防火规范》（NB 31089-2016）<br>第 3.0.3 条           |
| <b>建（构）筑物等土建工程对策措施与建议</b> |                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                   |
| 1                         | 山区、丘陵区和平原（湖滨）区塔架基础的洪水设计标准，应根据塔架地基基础的级别，按表 7.0.2 确定。                                                                                                                                                                                                       | 《风电场工程等级划分及设计安全标准（试行）》<br>FD002-2007<br>第 7.0.2 条 |
| 2                         | 变电站的洪（潮）水设计标准，应根据变电站的电压等级，按表 7.0.4 确定。                                                                                                                                                                                                                    | FD002-2007<br>第 7.0.4 条                           |
| 3                         | 风电机组电气设备底座的标高，应高于塔架基础设计洪（潮）水位加相应的安全超高 0.5m，或高于最高内涝水位；当受江、河、湖、海的风浪影响时，尚应再加重现期为 50 年的浪爬高。                                                                                                                                                                   | FD002-2007<br>第 9.0.1 条                           |
| 4                         | 变电站站址设计标高，宜高于设计洪（潮）水位，并高于最高内涝水位。当站址标高不能满足上述要求时，站区应有可靠的防洪措施，防洪设施标高应高于上述高水位标高 0.5m；位于内涝地区的变电站，防涝设施标高应高于历史最高内涝水位标高 0.5m，也可采取措施使主要设备底座和生产建筑的室内地坪标高不低于上述高水位。<br>沿江、河、湖、海受风浪影响的变电站，防浪（潮）堤顶标高还应考虑重现期为 50 年的浪爬高和 0.5m 的安全超高。<br>变电站站内场地设计标高应高于站外地面，以满足站区场地排水要求。   | FD002-2007<br>第 9.0.2 条                           |
| 5                         | 有设备进出的门，其高度、宽度应根据运输工具和检修设备的大小确定，并宜采用标准图。主控制室、站用电室、蓄电池室、屋内配电装置室等有防火要求的电气设备用房应采用防火门。                                                                                                                                                                        | 《风力发电场设计规范》<br>GB51096-2015<br>第 9.4.3 条          |
| 6                         | 建筑内部装修的防火设计应包括对室内顶棚、墙面、楼地面、隔断等的防火设计。                                                                                                                                                                                                                      | GB51096-2015<br>第 9.4.5 条                         |

| 序号 | 安全对策措施与建议                                                                                                                                                  | 依据                                               |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 7  | 建筑物内走道长度小于 20m 时，应至少一端有采光口；超过 20m 时，宜两端有采光口；超过 40m 时，宜增加中间采光口。                                                                                             | GB51096-2015<br>第 9.4.11 条                       |
| 8  | 变电站的屋外构筑物应采用有效的防腐措施。对钢结构应采用热浸镀锌、喷锌或其他防腐措施；对处于严重锈蚀地区的钢构件、易积水和难以维修的部位，宜采取加强防腐措施。                                                                             | GB51096-2015<br>第 9.5.3 条                        |
| 9  | 电缆沟宜采用钢筋混凝土或素混凝土结构，电缆沟盖板应双层双向配筋。对于严寒地区，若存在湿陷性黄土、地下水位位于电缆沟沟底以上及地下水对砖砌体有腐蚀作用时，不宜采用砌体电缆沟。                                                                     | GB51096-2015<br>第 9.5.5 条                        |
| 10 | 蓄电池室内的窗玻璃应采用毛玻璃或涂以半透明油漆的玻璃，阳光不应直射室内。                                                                                                                       | 《电力工程直流电源系统设计技术规程》<br>DL/T5044-2014<br>第 8.1.2 条 |
| 11 | 蓄电池室内的照明灯具应为防爆型，且应布置在通道的上方，室内不应装设开关和插座。蓄电池室内的地面照度和照明线路敷设应符合现行行业标准《发电厂和变电站照明设计技术规定》DL/T5390 的有关规定。                                                          | DL/T5044-2014<br>第 8.1.4 条                       |
| 12 | 蓄电池室的门应向外开启，应采用非燃烧体或难燃烧体的实体门，门的尺寸宽×高不应小于 750mm×1960mm。                                                                                                     | DL/T5044-2014<br>第 8.1.8 条                       |
| 13 | 蓄电池室不应有与蓄电池无关的设备和通道。与蓄电池室相邻的直流配电间、电气配电间、电气继电器室的隔墙不应留有门窗及孔洞。                                                                                                | DL/T5044-2014<br>第 8.1.9 条                       |
| 14 | 配电装置室可开固定窗采光，但应采取防止雨、雪、小动物、风沙及污秽、尘埃进入的措施。                                                                                                                  | 《高压配电装置设计规范》<br>DL/T5352-2018<br>第 6.1.6 条       |
| 15 | 各类防雷建筑物应设内部防雷装置，并应符合下列规定：1.在建筑物的地下室或地面层处，下列物体应与防雷装置做防雷等电位连接：1）建筑物金属体。2）金属装置。3）建筑物内系统。4）进出建筑物的金属管线。2.除了上述第 1 款的措施外，外部防雷装置与建筑物金属体、金属装置、建筑物内系统之间，还应满足间隔距离的要求。 | 《建筑物防雷设计规范》<br>(GB50057-2010)<br>第 4.1.2 条       |
| 16 | 在独立接闪杆、架空接闪线、架空接闪网的支柱上，严禁悬挂电话线、广播线、电视接收天线及低压架空线等。                                                                                                          | 《建筑物防雷设计规范》<br>(GB50057-2010)<br>第 4.5.8 条       |
| 17 | 接地体的材料、结构和最小尺寸应符合表 5.4.1 的规定。利用建筑构件内钢筋作接地装置应符合本规范第 4.3.5 条和第 4.4.5 条的规定。                                                                                   | 《建筑物防雷设计规范》<br>(GB50057-2010)<br>第 5.4.1 条       |
| 18 | 当电源采用 TN 系统时，从建筑物总配电箱起供电给本建筑物内的配电线路和分支线路必须采用 TN-S 系统。                                                                                                      | 《建筑物防雷设计规范》<br>(GB50057-2010)<br>第 6.1.2 条       |
| 19 | 生产工艺应按清洁生产标准的要求进行设计。对放散有害物质的生产过程和设备宜采用机械化、自动化，并应采取密闭、隔离和负压操作措施。                                                                                            | 《工业建筑供暖通风与空气调节设计                                 |

| 序号                     | 安全对策措施与建议                                                                                                                                                                | 依据                                                     |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
|                        | 对生产过程中不可避免放散的有害物质，在排放前应采取通风净化措施，并应达到相关污染物排放标准的要求。                                                                                                                        | 规范》(GB 50019-2015)<br>第 6.1.2 条                        |
| 20                     | 放散极毒物质的生产厂房、仓库严禁采用自然通风。                                                                                                                                                  | 《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》(GB 50019-2015)<br>第 6.2.2 条        |
| 21                     | 下列情况之一时,不应采用循环空气:含有难闻气味以及含有危险浓度的致病细菌或病毒的房间; 2 空气中含有极毒物质的场所; 3 除尘系统净化后,排风含尘浓度仍大于或等于工作区容许浓度的 30%时。                                                                         | 《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》(GB 50019-2015)<br>第 6.3.2 条        |
| <b>风力发电设备安全对策措施与建议</b> |                                                                                                                                                                          |                                                        |
| 1                      | 陆上机组设计寿命应大于或等于 20 年,海上机组设计寿命应大于或等于 25 年。整个风电场机组年可利用率不应低于 95%,单台机组可利用率不应低于 90%。                                                                                           | 《风能发电系统风力发电机组通用技术条件和试验方法》<br>GB/T19960-2024<br>第 4.3 条 |
| 2                      | 机组在所有设计运行工况下和给定使用寿命期内,不应发生任何机械不稳定现象,也不应产生有害的或过度的振动。机组在设计时,应对叶片的失速特性进行评估分析,避免由于失速引起叶片振动;应对叶片动力学模型进行气动弹性分析,避免叶片发生颤振或气动弹性失稳。机组在正常运行范围内机舱、塔架、主轴承、齿轮箱和发电机的振动应满足 GB/T35854 要求。 | GB/T19960-2024<br>第 4.4 条                              |
| 3                      | 设计机组时,应考虑足够的调整和维护空间,以便于后期使用维护。机组及部件应具有维修、调整和修复能力。                                                                                                                        | GB/T19960-2024<br>第 4.6 条                              |
| 4                      | 在电力线路、电气设备、控制柜外壳及次级回路之间施加 1000VAC 或 1500VDC 的电压,测得的绝缘电阻应大于 1MΩ。                                                                                                          | GB/T19960-2024<br>第 4.8.3 条                            |
| 5                      | 机组应配备必要的消防设备、应急设备和安全标识。                                                                                                                                                  | GB/T19960-2024<br>第 4.8.4 条                            |
| 6                      | 消防防护区应包括机舱整体区域、电气控制柜等,在机组发生火灾事故时,消防系统能有效探测、自动灭火。                                                                                                                         | GB/T19960-2024<br>第 5.3.3.1 条                          |
| 7                      | 消防系统火警信号、灭火信号可接入机组主控系统,能够远程监控报警信息。                                                                                                                                       | GB/T19960-2024<br>第 5.3.3.5 条                          |
| 8                      | 消防系统可与视频监控系统报警联动,必要时可通过软件远程开启灭火动作。                                                                                                                                       | GB/T19960-2024<br>第 5.3.3.6 条                          |
| 9                      | 风力发电机组应设置等电位联结系统,并将其与接地装置可靠连接。                                                                                                                                           | 《风力发电机组接地技术规范》<br>NB/T31056-2014<br>第 3.4 条            |
| 10                     | 火灾探测及灭火系统的配置应符合以下规定:1.风力发电机组的机舱及机舱平台底板下部、塔架及竖向电缆桥架、塔架底部设备层、各类电器柜应设置火灾自动探测报警系统;2.火灾自动探测报警系统报警信号宜与风                                                                        | 《风电场设计防火规范》<br>NB31089-2016                            |

| 序号 | 安全对策措施与建议                                                                                                                                              | 依据                                              |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
|    | 电机组中心控制系统相连，传输至风电场升压站监控系统；3.风电机组的机舱及机舱平台底板下部、轮毂、塔架底部设备层、各类电器柜应配置自动灭火装置；4.自动灭火装置应带有报警及联动触点，并传输报警信号至监控系统；5.风电机组机舱与塔架底部应各配置不少于 2 具手提式灭火器。                 | 第 3.0.2 条                                       |
| 11 | 风电机组与机组变压器单元之间及风电机组内的电缆应采用阻燃电缆，电缆穿越的孔洞应用耐火极限不低于 1.00h 的不燃材料进行封堵。                                                                                       | NB31089-2016<br>第 3.0.4 条                       |
| 12 | 风力发电机组的控制功能通过主动或被动的方式控制风力发电机组的运行，并使运行参数保持在正常方位内。控制功能可控制或限制的功能或参数包括功率、风轮转速、并网、启动和关机过程、电缆缠绕和对风调节等。                                                       | 《风力发电机组设计<br>要求》<br>GB/T18451.1-2022<br>第 8.2 条 |
| 13 | 保护功能在风力发电机组出现超速、发电机超载或出现故障、振动过大和非正常电缆缠绕（由于机舱偏航旋转造成）情况下应被激活。                                                                                            | GB/T18451.1-2022<br>第 8.3 条                     |
| 14 | 制动系统应能使风轮从任何运行状态变为空转模式或者完全停止。当风速小于维修规定的风速限制时，应提供使风轮从危险的空转状态回到完全停止状态的措施。                                                                                | GB/T18451.1-2022<br>第 8.4 条                     |
| 15 | 风力发电机组底部应设置“未经允许、禁止入内”标识牌；基础附近应增设“请勿靠近，当心落物”、“雷电天气，禁止靠近”警示牌；塔架爬梯旁应设置“必须系安全带”、“必须戴安全帽”、“必须穿防护鞋”指令标识；36V 及以上带电设备应在醒目位置设置“当心触电”标识。                        | 《风力发电场安全<br>规程》<br>DL/T796-2012<br>第 5.2.2 条    |
| 16 | 风力发电机组内无防护罩的旋转部件应粘贴“禁止踩踏”标识；机组内易发生机械卷入、轧压、碾压、剪切等机械伤害的作业点应设置“当心机械伤人”标识；机组内安全绳固定点、高空应急逃生定位点、机舱和部件起吊点应清晰标明；塔架平台、机舱的顶部和机舱的底部壳体、导流罩等作业人员工作时站立的承台等应标明最大承受重量。 | DL/T796-2012<br>第 5.2.3 条                       |
| 17 | 机舱和塔架底部平台应配置灭火器，其配置应符合 GB50140 的规定。                                                                                                                    | DL/T796-2012<br>第 5.2.6 条                       |
| 18 | 风电场现场作业使用的交通工具上应配备急救箱、应急灯、缓降器等应急用品，并定期检查、补充或更换。                                                                                                        | DL/T796-2012<br>第 5.2.7 条                       |
| 19 | 机组内所有可能被触碰的 220V 及以上低压配电回路电源，应装设满足要求的剩余电流动作保护器。                                                                                                        | DL/T796-2012<br>第 5.2.8 条                       |
| 20 | 每半年对塔架内安全钢丝绳、爬梯、工作平台、门防风挂钩检查一次；每年对机组加热装置、冷却装置检测一次；每年在雷雨季节前对避雷系统检测一次，至少每三个月对变桨系统的后备电源、充电电池组进行充放电试验一次。                                                   | DL/T796-2012<br>第 7.3.6 条                       |
| 21 | 风电机组及其附属设备均应有设备制造厂的名牌，应有风电场内唯一的设备名称和设备编号，并标示在明显位置。                                                                                                     | 《风力发电场运行<br>规程》<br>DL/T666-2012<br>第 6.1.1 条    |
| 22 | 筒式塔架应有防止小动物进入的措施。                                                                                                                                      | DL/T666-2012<br>第 6.1.2 条                       |
| 23 | 新核准风电项目安装并网的风电机组，必须是通过《风电机组并网管理暂行办法》规定监测的机型，只有符合相关技术规定的风电机组方可并                                                                                         | 《风电机组并网检<br>测管理暂行办法》                            |

| 序号 | 安全对策措施与建议                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 依据                                                                                                                                                                                                                                     |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | 网运行。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 国能新能<br>[2010]433 号<br>第二条                                                                                                                                                                                                             |
| 24 | 风力发电机组（简称机组）必须配备全面的防雷设备。在每年雷雨季节来临前对风机的防雷接地系统进行检测。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 《电力设备典型消<br>防规程》<br>GB5027-2015<br>第 9.1.1 条                                                                                                                                                                                           |
| 25 | 机组机舱内应配置自救逃生装置。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | GB5027-2015<br>第 9.1.6 条                                                                                                                                                                                                               |
| 26 | 机组机舱、塔筒内应选用阻燃电缆，电缆孔洞必须做好防火封堵。靠近加热器等人员的电缆应有隔热措施，靠近带油设备的电缆槽盒应密封。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | GB5027-2015<br>第 9.1.8 条                                                                                                                                                                                                               |
| 27 | 风电场安全标志和消防安全标志应使用相应的通用图形标志和辅助标志的组合标志。风电场道路交通标志应使用相应的主标志和辅助标志的组合标志。安全标志、消防安全标志和道路交通标志的辅助标志设置，应分别符合现行国家标准《安全标志及其使用导则》GB2894、《消防安全标志》GB13495 和《道路交通标志和标线 第 2 部分：道路交通标志》GB5768.2 的规定。                                                                                                                                                                                                            | 《风电场安全标识<br>设置设计规范》<br>(NB/T<br>31088-2016)<br>第 2.1.2 条                                                                                                                                                                               |
| 27 | 安全标志分禁止标志、警告标志、指令标志和提示标志四大类型。多个安全标志牌设置在一起时，应按照警告标志、禁止标志、指令标志和提示标志的顺序，先左后右、先上后下排列。多个道路交通标志牌设置在一起时，其设置要求应符合现行国家标准《道路交通标志和标线 第 2 部分：道路交通标志》GB5768.2 的规定。                                                                                                                                                                                                                                        | 《风电场安全标识<br>设置设计规范》<br>(NB/T<br>31088-2016)<br>第 2.1.5 条                                                                                                                                                                               |
| 28 | 风电机组塔架和机组变压器安全标识的设置应符合表 2.2.2 的规定，安全标识的尺寸、型式、材质等应结合工程项目和周边环境特点选择，并符合本规范附录 A 和附录 B 的规定。                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 《风电场安全标识<br>设置设计规范》<br>(NB/T<br>31088-2016)<br>第 2.2.2 条                                                                                                                                                                               |
| 29 | <p>1.离网调试要求：</p> <p>（1）在机组并网前，应完成全部离网调试流程，包括但不限于：</p> <p>液压系统功能性测试（压力、泄漏检测）；</p> <p>冷却系统循环与温控验证；</p> <p>润滑系统油路通畅性与油位监测；</p> <p>偏航系统角精度与执行速率调校；</p> <p>变桨系统紧急收桨功能测试；</p> <p>自动解缆冗余保护逻辑验证；</p> <p>测风装置数据采集与偏差校准；</p> <p>主控系统各子模块联调联试；</p> <p>机械/空气刹车系统响应阈值设定；</p> <p>2.安全链保护功能验证：</p> <p>（1）触发逐项安全保护功能测试：</p> <p>紧急停车按钮全工况响应（塔底&amp;机舱）；</p> <p>振动加速度传感器动态限值保护；</p> <p>超速三重保护（硬件+软件+机械触发）；</p> | <p>《风力发电场安全<br/>规程》（DL/T<br/>796-2012）<br/>第 7.3 条</p> <p>《风力发电机组验<br/>收规范》（GB/T<br/>20319-2017）<br/>第 5.2.4 条</p> <p>《防止电力生产事<br/>故的二十五项重点<br/>要求》（2023 版）<br/>第 18.2 项</p> <p>《风力发电机组调<br/>试规范》（NB/T<br/>31125-2017）<br/>第 4.3 节</p> |

| 序号                     | 安全对策措施与建议                                                                                                                                                                                                                  | 依据                                                |
|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
|                        | <p>扭缆计数器极限位停机逻辑检测；</p> <p>电网失电后备电源降载切换试验；</p> <p>变桨失效冗余驱动切换验证；</p> <p>3.并网后验证：</p> <p>（1）完成并网冲击电流特性观测；</p> <p>（2）进行满发状态下各系统稳定性监测；</p> <p>（3）验证低电压穿越/高电压耐受能力。</p>                                                           |                                                   |
| <b>集电线路对策措施与建议</b>     |                                                                                                                                                                                                                            |                                                   |
| 1                      | 风力发电场内 35kV 架空线路应全线架设地线，且逐基接地，地线的保护角不宜大于 25°。                                                                                                                                                                              | 《风力发电场设计规范》<br>GB51096-2015<br>第 7.13.7.1 条       |
| 2                      | 在设计风电场集电线路接线上应满足：配电变压器应该能够与电网完全隔离，满足设备的检修需要；架空线路网络应设计防雷设施；接地系统应满足设备和安全的要求。                                                                                                                                                 | 《风力发电场设计技术规范》<br>DL/T5383-2007<br>第 6.2.1 条       |
| 3                      | 应提供一个或多个可锁定断开装置，可将设备与具有危险电压或超过危险能量限值的电源，或可传导危险电压或能量的电气连接断开。危险电压和能量等级见 IEC60204-1 和 IEC60204-11，无附加气隙断开触点的半导体开关器件不满足 10.4 要求。维护过程中，为安全起见有必要使用照明或其他电气设备的情况下，应提供配有独立断开装置的辅助电路。额定电压超过交流 1000V 或直流 1500V 的电路和设备应符合 IEC60204-11。 | 《风力发电机组设计要求》<br>GB/T18451.1-2022<br>第 10.5 条      |
| 4                      | 线路的杆塔上应有线路名称、杆塔编号、相位以及必要的安全、保护等标志，同塔双回线路应有醒目的标识。                                                                                                                                                                           | 《架空输电线路运行规程》<br>DL/T741-2019<br>第 4.14 条          |
| 5                      | 电力电缆不应与输送甲、乙、丙类液体管道，可燃气体管道，热力管道敷设在同一管沟内。                                                                                                                                                                                   | 《风电场设计防火规范》<br>NB31089-2016<br>第 4.0.2 条          |
| 6                      | 集电线路主要由高压电缆、杆塔（铁架）及架空线、电缆沟等组成，在生产运行过程中可能发生触电、高处坠落、物体打击、车辆伤害等安全事故，应设置相应的安全标识。                                                                                                                                               | 《风电场安全标识设置设计规范》<br>（NB/T 31088-2016）<br>第 2.3.1 条 |
| 7                      | 集电线路安全标识的设置应符合表 2.3.2 的规定，安全标识的尺寸、型式、材质等应结合工程项目和周边环境特点选择，并符合本规范附录 A 和附录 C 的规定。                                                                                                                                             | 《风电场安全标识设置设计规范》<br>（NB/T 31088-2016）<br>第 2.3.2 条 |
| <b>升压站和储能装置对策措施与建议</b> |                                                                                                                                                                                                                            |                                                   |
| 1                      | 办公生活建筑内设置厨房时，隔墙应采用耐火极限不小于 2.00h 的不燃性材料，隔墙上的门窗应为乙级防火门窗，位置应远离辅助生产用房。厨                                                                                                                                                        | 《风电场设计防火规范》                                       |

| 序号 | 安全对策措施与建议                                                                                                                                                                                                            | 依据                                               |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
|    | 房上层有其他用房时，其外墙开口上方应设宽度不小于 1m 的防火挑檐。                                                                                                                                                                                   | NB31089-2016<br>第 5.1.9.3 条                      |
| 2  | 电缆从室外进入室内的入口处、电缆竖井的出入口、电缆接头处、主控室与电缆层之间以及长度超过 100m 的电缆沟或电缆隧道等其他类似情况，应采取防止电缆火灾蔓延的阻燃及分隔措施。                                                                                                                              | NB31089-2016<br>第 5.1.9.7 条                      |
| 3  | 建筑安全出口应分散设置。每个防火分区、一个防火分区的每个楼层，其相邻两个安全出口边缘之间的水平距离不应小于 5m。                                                                                                                                                            | NB31089-2016<br>第 5.1.10 条                       |
| 4  | 配电装置室、电缆夹层、中控室和蓄电池室等工艺设备房间，其门应采用乙级防火门，并应向疏散方向开启；直接通向室外的门应为丙级防火门；配电装置室的中间隔墙上的门应采用由不燃材料制作的双向弹簧门。                                                                                                                       | NB31089-2016<br>第 5.1.16 条                       |
| 5  | 升压站同一时间内的火灾次数按一次考虑。消防用水量按室内和室外消防用水量之和确定。室内消防用水量包含室内消火栓系统、自动喷水灭火系统、水喷雾系统、泡沫灭火系统和固定消防炮灭火系统的消防用水量。室内消防用水量应按需要同时开启的上述系统用水量之和计算；当上述多种消防系统需要同时开启时，室内消火栓用水量可减少 50%，但不得小于 10L/s。                                             | NB31089-2016<br>第 5.2.4 条                        |
| 6  | 配电装置室、变压器室、无功补偿装置室、中控室、继电保护室、通信室、直流盘室、电子计算机房、楼梯、走道、档案室、柴油发动机室及其储油间、防烟楼梯间前室及其他电气火灾危险的场所宜选择具有防爆功能的感烟探测器。                                                                                                               | NB31089-2016<br>第 5.5.14.1 条                     |
| 7  | 相邻两组探测器的水平距离不应大于 14m。探测器至侧墙水平距离不应大于 7m，且不应小于 0.5m。探测器的发射器和接收器之间的距离不宜超过 100m。                                                                                                                                         | NB31089-2016<br>第 5.5.16.2 条                     |
| 8  | 蓄电池室内温度宜为 15℃~30℃。                                                                                                                                                                                                   | 《电力工程直流电源系统设计技术规程》<br>DL/T5044-2014<br>第 8.2.1 条 |
| 9  | 屋外配电装置带电部分的上面和下面，不应有照明、通信和信号线路跨越或穿过；屋内配电装置的带电部分上面不应有明敷的照明、动力电路或管线跨越。                                                                                                                                                 | 《高压配电装置设计规范》<br>DL/T5352-2018<br>第 5.1.7 条       |
| 10 | 发电厂屋外配电装置的周围已设置高度不小于 1500mm 的围栏，并在其醒目位置的地方设置警示牌。                                                                                                                                                                     | DL/T5352-2018<br>第 5.4.7 条                       |
| 11 | 屋外充油电气设备单台油量在 1000kg 以上时，应设置挡油设施或储油设施。挡油设施的容积宜按容纳设备油量的 20%设计，并应有将事故油排至安全处的设施，且不应引起污染危害，排油管的内径不宜小于 150mm，管口应加装铁栅滤网。当不能满足上述要求时，应设置能容纳相应电气设备全部油量的储油设施。储油和挡油设施应大于设备外廓每边各 1000mm。储油设施应铺设卵石层，其厚度不应小于 250mm，卵石直径宜为 50~80mm。 | DL/T5352-2018<br>第 5.5.3 条                       |
| 12 | 升压站主要由主控制室（集控中心）、继电保护室、蓄电池室、自动装置室、主变压器（室）、配电装置（室）、无功补偿装置等组成，在生产运                                                                                                                                                     | 《风电场安全标识设置设计规范》                                  |

| 序号 | 安全对策措施与建议                                                                                                                                        | 依据                                                                                                  |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | 行过程中可能发生触电、火灾、爆炸、车辆伤害、高处坠落、中毒和窒息等安全事故，应设置相应的安全标识。                                                                                                | (NB/T 31088-2016)<br>第 2.4.1 条                                                                      |
| 13 | 升压站安全标识的设置应符合表 2.4.2 的规定，安全标识的尺寸、型式、材质等应结合工程项目和周边环境特点选择，并符合本规范附录 A、附录 B 和附录 C 的规定。                                                               | 《风电场安全标识设置设计规范》<br>(NB/T 31088-2016)<br>第 2.4.2 条                                                   |
| 14 | 建筑内可能散发可燃气体、可燃蒸气的场所应设可燃气体报警装置。                                                                                                                   | 《建筑设计防火规范(2018 年版)》<br>GB50016-2014<br>第 8.4.3 条                                                    |
| 15 | 储能系统四周或一侧应设置维护通道，其净宽不应小于 1200mm。                                                                                                                 | 《电化学储能电站设计规范》<br>GB51048-2014<br>第 5.5.6.1 条                                                        |
| 16 | 电池的布置应满足电池的防火、防爆和通风要求。                                                                                                                           | 《电化学储能电站设计规范》<br>GB51048-2014<br>第 5.5.8 条                                                          |
| 17 | 电站消防给水系统的设计应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB50016 的有关规定，同一时间内的火灾次数应按一次设计。                                                                                    | 《电化学储能电站设计规范》<br>GB51048-2014<br>第 11.2.2 条                                                         |
| 18 | 电站的安全疏散设置应有充足的照明和明显的疏散指示标志。                                                                                                                      | 《电化学储能电站设计规范》<br>GB51048-2014<br>第 13.0.4 条                                                         |
| 19 | 电池预制舱设计应满足防火和防爆要求。应采用保温、铺地、装饰材料时，其燃烧性能应达到《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624 规定的 A 级。隔墙上有管线穿过时，管线四周空隙应采用防火封堵材料封堵，满足 GB23864-2009 的要求。                         | 《预制舱式锂离子电池储能系统技术规范》<br>(GB/T44026-2024)<br>和《预制舱式磷酸铁锂电池储能电站消防技术规范》<br>(T/CEC373-2020)<br>电池预制舱的防爆措施 |
| 20 | 应保证室内空气中可燃气体最大体积浓度不超过爆炸下限的 25%，且换气次数不应少于每小时 6 次，换气次数应按电池舱内部体积计算。合理设置进风口、排风口位置，避免气流短路。通风系统设备应采用防爆型。通风系统应与可燃气体报警装置联动，联动阈值应不高于当 H <sub>2</sub> 或 CO | 《预制舱式锂离子电池储能系统技术规范》<br>(GB/T44026-2024)                                                             |

| 序号          | 安全对策措施与建议                                                                                                                                                                                            | 依据                                                                                    |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|             | 浓度大于爆炸下限的 10%，应联动变流器的开断设备和电池簇直流开断设备，并应联动启动事故通风装置和报警装置。                                                                                                                                               | 和《预制舱式磷酸铁锂电池储能电站消防技术规范》（T/CEC373-2020）<br>通风措施                                        |
| 21          | 储能电站室外消火栓系统的设计应满足灭火救援要求，且不少于 2 个，设计流量不应小于 20L/s。储能电站内电池预制舱与其他功能区域的火灾报警及其联动控制系统应分开设置。电池预制舱内应设置可燃气体探测器、感温探测器和感烟探测器，每种探测器不应小于 2 个。固定式自动灭火系统的启动应符合“先断电、后灭火”的要求。灭火系统控制组件在接收到预警信号或火灾信号后，根据既定灭火策略，自动启动灭火系统。 | 《预制舱式锂离子电池储能系统技术规范》（GB/T44026-2024）和《预制舱式磷酸铁锂电池储能电站消防技术规范》（T/CEC373-2020）<br>消防联动措施   |
| 22          | 应具备电池过压保护、欠压保护、过流保护、短路保护、绝缘保护等电量保护功能，具备过温保护、气体保护等非电量保护功能，并能发出分级告警信号或跳闸指令，实现故障隔离。预制舱应设置门禁系统，门锁选用从内向外即推即开型，便于逃生。                                                                                       | 《预制舱式锂离子电池储能系统技术规范》（GB/T44026-2024）和《预制舱式磷酸铁锂电池储能电站消防技术规范》（T/CEC373-2020）<br>其他安全对策措施 |
| 安全监测对策措施与建议 |                                                                                                                                                                                                      |                                                                                       |
| 1           | 新建、改建、扩建风电场的安全防范系统应与主体工程同步规划、同步设计、同步建设、同步验收、同步运行。已建、在建的风电场应按本文件要求补充完善安全防范系统。                                                                                                                         | 《电力系统治安反恐防范要求 第 4 部分：风力发电企业》（GA 1800.4-2021）<br>第 6.1 条                               |
| 2           | 视频安防监控系统中使用的设备必须符合国家法律法规和现行强制性标准的要求，并经法定机构检验或认证合格。                                                                                                                                                   | 《视频安防监控系统工程设计规范》<br>GB50395-2007<br>第 3.0.3 条                                         |
| 3           | 视频安防监控系统监视图像信息和声音信息应具有原始完整性。                                                                                                                                                                         | GB50395-2007<br>第 5.0.5 条                                                             |
| 4           | 视频切换控制设备的功能配置应满足使用和冗余要求，应能手动或自动操作，应具有配置信息存储功能，具有视频信号丢失报警功能。                                                                                                                                          | GB50395-2007<br>第 6.0.6 条                                                             |
| 5           | 视频安防监控系统防雷与接地应符合现行国家标准的相关规定外，还应采取相应隔离措施，防止地电位不等引起图像干扰；建议室外安装的                                                                                                                                        | GB50395-2007<br>第 8.0.2 条                                                             |

| 序号                     | 安全对策措施与建议                                                                                                                                                                                                                                                                              | 依据                                                            |
|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
|                        | 摄像机连接电缆采取防雷措施。                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                               |
| 6                      | 对监控中心的门窗应采取防护措施。                                                                                                                                                                                                                                                                       | GB50395-2007<br>第 10.0.2 条                                    |
| 7                      | 建议监控中心设置独立设备间，保证监控中心的散热、降噪。                                                                                                                                                                                                                                                            | GB50395-2007<br>第 10.0.3 条                                    |
| 8                      | 建议监控中心设置视频监控装置和出入口控制装置。                                                                                                                                                                                                                                                                | GB50395-2007<br>第 10.0.4 条                                    |
| 9                      | 电力调度数据网应当在专用通道上使用独立的网络设备组网，在物理层面上实现与电力企业其它数据网及外部公用数据网的安全隔离。                                                                                                                                                                                                                            | 《电力监控系统安全防护规定》<br>第七条                                         |
| 10                     | 电力监控系统安全防护是电力安全生产管理体系的有机组成部分。电力企业应当按照“谁主管谁负责，谁运营谁负责”的原则，建立健全电力监控系统安全防护管理制度，将电力监控系统安全防护工作及其信息报送纳入日常安全生产管理体系，落实分级负责的责任制。                                                                                                                                                                 | 《电力监控系统安全防护规定》<br>第十四条                                        |
| 11                     | 建立健全电力监控系统安全防护评估制度，采取以自评估为主、检查评估为辅的方式，将电力监控系统安全防护评估纳入电力系统安全评价体系。                                                                                                                                                                                                                       | 《电力监控系统安全防护规定》<br>第十六条                                        |
| <b>风电场接入电网的对策措施与建议</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                               |
| 1                      | 风电场应配置有功功率控制系统，具备有功功率调节能力。                                                                                                                                                                                                                                                             | 《风电场接入电力系统技术规定 第 1 部分：陆上风电》<br>GB/T 19963.1-2021<br>第 4.1.2 条 |
| 2                      | 风电场有功功率变化包括 1min 有功功率变化和 10min 有功功率变化。在风电场并网以及风速增长过程中，风电场有功功率变化应满足电力系统安全稳定运行的要求，其限值应根据所接入电力系统的频率调节特性，由电力系统调度机构确定。                                                                                                                                                                      | GB/T 19963.1-2021<br>第 4.2.1 条                                |
| 3                      | 在以下电力系统事故或紧急情况下，风电场应根据电力系统调度机构的指令快速控制其输出的有功功率，必要时可通过安全自动装置快速自动降低风电场有功功率或切除风电场，此时风电场有功功率变化可超出电力系统调度机构规定的有功功率变化最大值。<br>a)电力系统事故或特殊运行方式下要求降低风电场有功功率，以防止输电设备过载，确保电力系统稳定运行；当电力系统频率高于 50.5Hz 时，按照电力系统调度机构指令降低风电场有功功率，严重情况 b)下切除整个风电场；c)在电力系统事故或紧急情况下，若风电场的运行危及电力系统安全稳定，电力系统调度机构应按规定暂时将风电场切除。 | GB/T 19963.1-2021<br>第 4.3.1 条                                |
| 4                      | 风电场并网点电压跌至标称电压的 20%时，风电场内的风电机组应保证不脱网连续运行 625 ms。风电场并网点电压在发生跌落 2s 内能够恢复到标称电压的 90%时，风电场内的风电机组应保证不脱网连续运行。                                                                                                                                                                                 | GB/T 19963.1-2021<br>第 9.2.1 条                                |
| <b>交通工程对策措施与建议</b>     |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                               |
| 1                      | 在场内交通设计时，应考虑场内建构筑物、设备和绿化物的影响，严禁侵入道路的建筑界限，并不得妨碍视线。                                                                                                                                                                                                                                      | 《工业企业厂内铁路、道路运输安全                                              |

| 序号 | 安全对策措施与建议                                                                                                                                                          | 依据                                          |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
|    |                                                                                                                                                                    | 规程》<br>GB4387-2008<br>第 4.2 条               |
| 2  | 场内道路的平纵断面设计应符合 GBJ22 的有关规定，并应经常保持路面平整、路基稳固、边坡整齐、排水良好，并应有完好的照明设施。                                                                                                   | GB4387-2008<br>第 6.1.1 条                    |
| 3  | 厂内道路应设计设置交通标志，其设置、位置、型式、尺寸、图案、颜色等必须符合 GB5768 的规定。                                                                                                                  | GB4387-2008<br>第 6.1.3 条                    |
| 4  | 建议场内主、次干道的设计行车速度采用 15km/h。                                                                                                                                         | 《厂矿道路设计规范》<br>GBJ22-87<br>第 2.3.2 条         |
| 5  | 风电场区各主要路口及危险路段内应设立相应的交通安全标志和防护设施。                                                                                                                                  | DL/T796-2012<br>第 5.2.4 条                   |
| 6  | 风力发电场道路宜按现行行业标准《公路工程技术标准》JTGB01 四级公路标准设计，设计速度应为 15km/h。道路平曲线半径及通道宽度应满足风机运输的要求，宜采用较高的平曲线指标。干线道路最大纵坡不宜大于 12%最大坡长不宜超过 150m，支线道路最大纵坡不宜大于 15%，最大坡长不宜超过 100m，宜采用较高的纵坡指标。 | 《风力发电场设计规范》<br>GB51096-2015<br>第 4.3.5 条    |
| 7  | 风电场工程道路设计速度应为 15km/h。                                                                                                                                              | 《风电场工程道路设计规范》（NB/T 10209-2019）<br>第 3.1.3 条 |
| 8  | 风电场工程道路抗震设计应符合现行行业标准《公路工程抗震规范》JTG B02 的有关规定。                                                                                                                       | 《风电场工程道路设计规范》（NB/T 10209-2019）<br>第 3.1.4 条 |
| 9  | 圆曲线半径小于 100m 时应在曲线上设置超高，圆曲线超高应符合下列规定：1 超高值应根据圆曲线半径、路面类型、自然条件等经计算确定。最大超高值不宜超过 4%。2 超高横坡度等于路拱坡度时，采用将外侧车道绕路中线旋转，直至超高横坡度；超高横坡度大于路拱坡度时，绕内侧车道边缘旋转。3 超高过渡段长度不应小于 10m。     | 《风电场工程道路设计规范》（NB/T 10209-2019）<br>第 5.2.2 条 |
| 10 | 圆曲线加宽值应根据道路宽度、圆曲线半径、牵引车轴距、挂车轴距、车宽、后悬长度等参数计算确定。采用半挂车、后轮转向车运输设备时，圆曲线加宽计算宜符合本规范附录 A 的规定。                                                                              | 《风电场工程道路设计规范》（NB/T 10209-2019）<br>第 5.2.3 条 |
| 11 | 交通标志及安全设施的其他要求应满足现行行业标准《公路交通安全设施设计规范》JTGD81 的有关规定。                                                                                                                 | 《风电场工程道路设计规范》（NB/T 10209-2019）<br>第 9.2.5 条 |
| 12 | 风电场交通工程在施工和生产运行过程中，可能发生车辆伤害事故引起人员伤亡和设备损失，应设置相应的安全标识。                                                                                                               | 《风电场安全标识设置设计规范》<br>（NB/T 31088-2016）        |

| 序号                      | 安全对策措施与建议                                                                                                                                                                                               | 依据                                                |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
|                         |                                                                                                                                                                                                         | 第 2.5.1 条                                         |
| 13                      | 风电场交通工程安全标识的设置、尺寸、型式、图案和颜色等应符合现行国家标准《道路交通标志和标线 第 2 部分：道路交通标志》GB5768.2 的规定，并根据风电场的实际情况选用。                                                                                                                | 《风电场安全标识设置设计规范》<br>(NB/T 31088-2016)<br>第 2.5.2 条 |
| <b>防雷接地安全对策措施与建议</b>    |                                                                                                                                                                                                         |                                                   |
| 1                       | 接闪器设计：确保接闪带、接闪杆的材料和规格符合规范要求，以保证接闪器能有效防护雷电。若金属屋面作为接闪器使用，需满足规范中对金属屋面规格的要求。<br>防雷引下线：根据规范，防雷专用引下线或专设引下线的数量应不少于 4 根，优先利用建筑物的结构钢筋或钢结构柱，并规定了最小规格。<br>防雷接地装置：规范提出了防雷接地装置的最小截面要求，并强调在腐蚀性较大的土壤中应采取加大截面或采取其他防腐措施。 | 《建筑物防雷设计规范》(GB 50057-2010)                        |
| 2                       | 风力发电机组雷电防护：应根据规范要求，对风力发电机组的雷电防护系统进行设计和评估，确保其能有效防护雷电对风力发电机组的影响。                                                                                                                                          | 《风力发电机组雷电防护系统技术规范》(NB/T 31039-2012)               |
| 3                       | 消防供电设计：应符合一级消防供电的要求，确保火灾自动报警系统、固定式自动灭火系统等重要消防用电设备在火灾时能连续供电。<br>电线电缆选择和敷设：应选用铜芯耐火或阻燃电缆，以满足火灾时连续供电的要求。<br>喷水灭火系统管路接地：电池预制舱内喷水灭火系统管路应可靠接地。<br>电力设备接地设计：应符合 GB/T50065 的规定。<br>建（构）筑物防雷设计：应符合 GB50057 的规定    | 《预制舱式磷酸铁锂电池储能电站消防技术规范》<br>T/CEC 373-2020          |
| <b>安全警示标识的安全对策措施与建议</b> |                                                                                                                                                                                                         |                                                   |
| 1                       | 安全标志应设置在公共场所、工业企业、建筑工地和其他有必要提醒人们注意安全的场所。安全标志包括禁止标志、警告标志和指令标志。每种标志都有其特定的制作参数，例如颜色、形状和尺寸。<br>风电场内的所有关键区域，包括风机、风机变、输电线路、风电场道路、消防设施、升压站围栏及大门、配电室等，都应设置相应的安全标志。                                              | 《安全标志及其使用导则》(GB 2894-2008)                        |
| 2                       | 风电场内各个关键部位如风机、输电线路、消防设施等都应有明确的安全标识设置。且应放置在显眼的位置，以便工作人员和访客能够轻松识别。安全警示标识应包含必要的警告信息，如“当心触电”、“必须戴安全帽”、“禁止吸烟”等，以及必要的指令信息，如“紧急出口”、“必须使用个人防护装备”等。安全警示标识应定期检查和维护，确保其始终处于良好的可视状态。任何损坏或褪色的标志都应及时更换，以保持其警示效果       | 《风电场安全标识设置设计规范》<br>(NB/T 31088-2016)              |

### 6.3.2 安全管理对策措施与建议

表 6.3-2 安全管理对策措施与建议一览表

| 序号 | 安全对策措施与建议 | 依据 |
|----|-----------|----|
|----|-----------|----|

| 序号 | 安全对策措施与建议                                                                                                                                                                                                                                            | 依据                                                    |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 1  | 生产经营单位必须遵守本法和其他有关安全生产的法律、法规，加强安全生产管理，建立健全全员安全生产责任制和安全生产规章制度，加大对安全生产资金、物资、技术、人员的投入保障力度，改善安全生产条件，加强安全生产标准化、信息化建设，构建安全风险分级管控和隐患排查治理双重预防机制，健全风险防范化解机制，提高安全生产水平，确保安全生产。<br>生产经营单位新建、改建、扩建工程项目（以下统称建设项目）的安全设施，必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投入生产和使用。安全设施投资应当纳入建设项目概算。 | 《中华人民共和国安全生产法》<br>第四条、第三十一条                           |
| 2  | 国务院住房和城乡建设主管部门规定应当申请消防验收的建设工程竣工，建设单位应当向住房和城乡建设主管部门申请消防验收。前款规定以外的其他建设工程，建设单位在验收后应当报住房和城乡建设主管部门备案，住房和城乡建设主管部门应当进行抽查。依法应当进行消防验收的建设工程，未经消防验收或者消防验收不合格的，禁止投入使用；其他建设工程经依法抽查不合格的，应当停止使用。                                                                    | 《中华人民共和国消防法》<br>第十三条                                  |
| 3  | 建设项目安装的风电机组，必须采用通过规定的检测机型，只有通过相关技术规定的发电机组方可并网运行。                                                                                                                                                                                                     | 国能新能[2010]433号<br>第 2 条                               |
| 4  | 建设单位应按规定配备专职安全管理人员来负责该公司的安全生产管理工作。                                                                                                                                                                                                                   | 《中华人民共和国安全生产法》<br>第二十四条                               |
| 5  | 该项目所涉及到的各种特种作业人员必须按照《特种作业人员安全技术培训考核管理规定》，经有关业务主管部门考核合格，取得特种作业操作资格证书。                                                                                                                                                                                 | 《中华人民共和国安全生产法》<br>第三十条                                |
| 6  | 建设单位应为该项目所有员工依法缴纳工伤保险。                                                                                                                                                                                                                               | 《中华人民共和国安全生产法》<br>第五十一条                               |
| 7  | 电力企业应当加强安全生产管理，坚持安全第一、预防为主的方针，建立、健全安全生产责任制度。电力企业应当对电力设施定期进行检修和维护，保证其正常运行。                                                                                                                                                                            | 《中华人民共和国电力法》<br>第十九条                                  |
| 8  | 用人单位应当为劳动者提供符合国家职业卫生标准的职业病防护用品，并督促、指导劳动者按照使用规则正确佩戴、使用，不得发放钱物替代发放职业病防护用品。用人单位应当对职业病防护用品进行经常性的维护、保养，确保防护用品有效，不得使用不符合国家职业卫生标准或者已经失效的职业病防护用品。                                                                                                            | 《工作场所职业卫生管理规定》<br>国卫健委令[2020]5号<br>第十六条               |
| 9  | 该公司应当针对本单位可能发生的自然灾害类、事故灾害类、公共卫生事件类和社会安全事件类托各类突发事件，组织编制相应的专项应急预案。                                                                                                                                                                                     | 《国家能源局关于印发<电力企业应急预案管理办法>的通知》<br>国能安全[2014]508号<br>第九条 |
| 10 | 该公司应当根据风险评估情况、岗位操作规程以及风险防控措施，组织                                                                                                                                                                                                                      | 国能安全[2014]508                                         |

| 序号 | 安全对策措施与建议                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 依据                                                            |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
|    | 本单位现场作业人员及相关专业人员共用编制现场处置方案。                                                                                                                                                                                                                                                                 | 号<br>第十条                                                      |
| 11 | 预案编制完成后，该公司应当在应急预案评审前组织预案涉及的相关部门或人员对预案进行桌面演练，以检验预案的可操作性，并记录在案。                                                                                                                                                                                                                              | 国能安全[2014]508号<br>第十五条                                        |
| 12 | 生产经营单位应当制定本单位的应急预案演练计划，根据本单位的事故风险特点，每年至少组织一次综合应急预案演练或者专项应急预案演练，每半年至少组织一次现场处置方案演练。                                                                                                                                                                                                           | 国家安监总局令<br>[2016]第 88 号<br>(根据国家应急管理部令[2019]第 2 号修改)<br>第三十三条 |
| 13 | 特种设备使用单位应当按照安全技术规范的定期检验要求，在安全检验合格有效期届满前 1 个月向特种设备检验检测机构提出定期检验要求；检验检测机构接到定期检验要求后，应当按照安全技术规范的要求及时进行安全性能检验和能效测试；未经定期检验或者检验不合格的特种设备，不得继续使用。                                                                                                                                                     | 国务院令<br>第 549 号<br>第 28 条                                     |
| 14 | 企业主要负责人是有限空间作业安全第一责任人，应当组织制定有限空间作业安全管理制度，明确有限空间作业审批人、监护人员、作业人员的职责，以及安全培训、作业审批、防护用品、应急救援装备、操作规程和应急处置等方面的要求。                                                                                                                                                                                  | 《工贸企业有限空间作业安全规定》<br>应急部令[2023]13号<br>第四条                      |
| 15 | 有限空间作业应当严格遵守“先通风、再检测、后作业”要求。存在爆炸风险的，应当采取消除或者控制措施，相关电气设施设备、照明灯具、应急救援装备等应当符合防爆安全要求。<br>作业前，应当组织对作业人员进行安全交底，监护人员应当对通风、检测和必要的隔断、清除、置换等风险管控措施逐项进行检查，确认防护用品能够正常使用且作业现场配备必要的应急救援装备，确保各项作业条件符合安全要求。有专业救援队伍的工贸企业，应急救援人员应当做好应急救援准备，确保及时有效处置突发情况。                                                      | 《工贸企业有限空间作业安全规定》<br>应急部令[2023]13号<br>第十四条                     |
| 16 | 监护人员应当全程进行监护，与作业人员保持实时联络，不得离开作业现场或者进入有限空间参与作业。                                                                                                                                                                                                                                              | 《工贸企业有限空间作业安全规定》<br>应急部令[2023]13号<br>第十五条                     |
| 17 | 建设工程施工企业安全生产费用应当用于以下支出：<br>(一) 完善、改造和维护安全防护设施设备支出（不含“三同时”要求初期投入的安全设施），包括施工现场临时用电系统、洞口或临边防护、高处作业或交叉作业防护、临时安全防护、支护及防治边坡滑坡、工程有害气体监测和通风、保障安全的机械设备、防火、防爆、防触电、防尘、防毒、防雷、防台风、防地质灾害等设施设备支出；(二) 应急救援技术装备、设施配置及维护保养支出，事故逃生和紧急避难设施设备的配置和应急救援队伍建设、应急预案制修订与应急演练支出；(三) 开展施工现场重大危险源检测、评估、监控支出，安全风险分级管控和事故隐患 | 《企业安全生产费用提取和使用管理办法》<br>财资[2022]136 号<br>第 19 条                |

| 序号 | 安全对策措施与建议                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 依据                                                                |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
|    | 排查整改支出，工程项目安全生产信息化建设、运维和网络安全支出；（四）安全生产检查、评估评价（不含新建、改建、扩建项目安全评价）、咨询和标准化建设支出；（五）配备和更新现场作业人员安全防护用品支出；（六）安全生产宣传、教育、培训和从业人员发现并报告事故隐患的奖励支出；（七）安全生产适用的新技术、新标准、新工艺、新装备的推广应用支出；（八）安全设施及特种设备检测检验、检定校准支出；（九）安全生产责任保险支出；（十）与安全生产直接相关的其他支出。                                                                                                            |                                                                   |
| 18 | 进入机组作业的个体防护装备应包括：坠落悬挂安全带、坠落悬挂用安全绳、自锁器、限位工作绳、安全帽、头灯、工作服、防滑手套、符合作业环境工作鞋、对讲机。                                                                                                                                                                                                                                                                | 《风力发电机组安全手册》<br>GB/T35204-2017<br>第 5.1 条                         |
| 19 | 机组安全标识应符合 GB2894 的规定。机组内的安全标识通常分禁止类、警告类、指令类、提示类，应根据不同的风险来设计标识，机组安全标识应至少包含高处坠落风险、触电风险、机械伤害风险、逃生与救援的指南等方面的标识，应对安全标识进行文字描述；逃生标识应具备夜光功能。                                                                                                                                                                                                      | GB/T35204-2017<br>第 6.1 条                                         |
| 20 | 建立健全预防风力发电机组火灾的管理指数，严格风机内动火作业管理，定期巡视检查风机防火控制措施。                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 《防止电力生产事故的二十五项重点要求》<br>国能安全[2023]22 号<br>第 2.11.1 条               |
| 21 | 全面开展安全风险辨识。各地区要指导推动各类企业按照有关制度和规范，针对本企业类型和特点，制定科学的安全风险辨识程序和方法，全面开展安全风险辨识。企业要组织专家和全体员工，采取安全绩效奖惩等有效措施，全方位、全过程辨识生产工艺、设备设施、作业环境、人员行为和管理体系等方面存在的安全风险，做到系统、全面、无遗漏，并持续更新完善。                                                                                                                                                                       | 《国务院安委会办公室关于实施遏制重特大事故工作指南构建双重预防机制的意见》<br>安委办[2016]11 号<br>第 2.1 条 |
| 22 | 科学评定安全风险等级。企业要对辨识出的安全风险进行分类梳理，参照《企业职工伤亡事故分类》（GB 6441—1986），综合考虑起因物、引起事故的诱导性原因、致害物、伤害方式等，确定安全风险类别。对不同类别的安全风险，采用相应的风险评估方法确定安全风险等级。安全风险评估过程要突出遏制重特大事故，高度关注暴露人群，聚焦重大危险源、劳动密集型场所、高危作业工序和受影响的人群规模。安全风险等级从高到低划分为重大风险、较大风险、一般风险和低风险，分别用红、橙、黄、蓝四种颜色标示。其中，重大安全风险应填写清单、汇总造册，按照职责范围报告属地负有安全生产监督管理职责的部门。要依据安全风险类别和等级建立企业安全风险数据库，绘制企业“红橙黄蓝”四色安全风险空间分布图。 | 安委办[2016]11 号<br>第 2.2 条                                          |
| 23 | 企业要根据风险评估的结果，针对安全风险特点，从组织、制度、技术、应急等方面对安全风险进行有效管控。                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 安委办[2016]11 号<br>第 2.3 条                                          |
| 24 | 实施安全风险公告警示。企业要建立完善安全风险公告制度，并加强风                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 安委办[2016]11 号                                                     |

| 序号 | 安全对策措施与建议                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 依据                       |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
|    | 险教育和技能培训，确保管理层和每名员工都掌握安全风险的基本情况<br>及防范、应急措施。要在醒目位置和重点区域分别设置安全风险公告栏，<br>制作岗位安全风险告知卡，标明主要安全风险、可能引发事故隐患类别、<br>事故后果、管控措施、应急措施及报告方式等内容。对存在重大安全风险<br>的工作场所和岗位，要设置明显警示标志，并强化危险源监测和预警。                                                                                                                                                                                                                           | 第 2.4 条                  |
| 25 | 建立完善隐患排查治理体系。风险管控措施失效或弱化极易形成隐患，<br>酿成事故。企业要建立完善隐患排查治理制度，制定符合企业实际的隐<br>患排查治理清单，明确和细化隐患排查的事项、内容和频次，并将责任<br>逐一分解落实，推动全员参与自主排查隐患，尤其要强化对存在重大风<br>险的场所、环节、部位的隐患排查。要通过与政府部门互联互通的隐患<br>排查治理信息系统，全过程记录报告隐患排查治理情况。对于排查发现<br>的重大事故隐患，应当在向负有安全生产监督管理职责的部门报告的时<br>同时，制定并实施严格的隐患治理方案，做到责任、措施、资金、时限和<br>预案“五落实”，实现隐患排查治理的闭环管理。事故隐患整治过程中无<br>法保证安全的，应停产停业或者停止使用相关设施设备，及时撤出相关<br>作业人员，必要时向当地人民政府提出申请，配合疏散可能受到影响的<br>周边人员。 | 安委办[2016]11 号<br>第 2.5 条 |

### 6.3.3 施工期安全对策措施与建议

(1) 该项目的建设施工、工程监理必须选择有相应资质的单位来承担。

(2) 严格按设计图册施工，布线整齐，各类电缆按规定分层布置，电  
缆的弯曲半径应符合要求，避免交叉。

(3) 建设单位与施工、安装及调试单位应签订施工期间安全生产责任  
书，落实各自的安全生产主体责任，制定相应的施工安全管理方案。

(4) 施工、安装及调试单位主要负责人应对本单位的安全生产工作全  
面负责。施工、安装及调试单位应当建立、健全安全生产三项制度，对建设  
工程进行定期和专项安全检查、治理隐患，并做好记录。而且配备专职安全  
员。

(5) 施工、安装及调试单位的电工、电气焊工、高处作业工、起重工  
(包括指挥、司索、司机)等特种作业人员应取得相关部门颁发的特种作业  
人员操作证书，并做到持证上岗。

(6) 依据《危险性较大的分部分项工程安全管理规定(2019 修正)》(住  
建部令[2018]37 号)的规定：对于超过一定规模的危大工程，施工单位应当

组织召开专家论证会对专项施工方案进行论证。实行施工总承包的，由施工总承包单位组织召开专家论证会。专家论证前专项施工方案应当通过施工单位审核和总监理工程师审查。

(7) 按照《个体防护装备配备规范第 1 部分：总则》(GB39800.1-2020) 的要求，为从业人员配备适用的个体防护用品。

(8) 作业场所按照《电气安全标志》(GB/T29481-2013)、《图形符号 安全色和安全标志 第 5 部分：安全标志使用原则与要求》(GB/T 2893.5-2020) 的规定设置充足、醒目的安全警示标志。

(9) 施工过程中应做好施工用电的安全管理。带电作业严格执行《电业安全工作规程（发电厂和变电站部分）》(GB26860-2011) 的规定，加强绝缘工具的检查 and 人员监护。

(10) 制定电焊、气焊等作业安全操作规程及动火管理制度，教育职工严格执行，严禁违章动火；施工现场消防设施应满足消防需求。

(11) 使用起重机械，必须严格执行《起重机械安全规程第 1 部分：总则》(GB/T6067.1-2010) 的规定。

(12) 风电场设备设施运输、安装、调试及施工应采取安全措施，并应符合下列规定：

1) 风机基础施工及风机安装地点多且分散，需频繁移动施工机具特别是大型吊装设备；重型钢塔架及发电机舱、叶片等大件数量多，重量大。风电场设备设施场外运输应制定符合相关要求的排障方案；场内运输应结合项目施工特点，制定场内运输的方案。

2) 施工期间尽可能实施施工区封闭管理。

3) 土方开挖前要准备好排水机械设备，防止基坑泡槽，挖土前要在工作区周围做好挡土埂、排水沟等截水排水设施，防止区域外的水流入。要严防滑坡和边坡塌方，雨期施工基坑在适当位置增加集水坑，以利雨水排除。

4) 在浇筑混凝土中遇雨不能连续施工时，按规范规定留置施工缝并覆

盖防雨材料，雨后继续施工时，先对接合部位进行处理后再进行浇筑。

5) 安装人员使用绝缘手套、绝缘鞋，并使用绝缘工具；配电箱、电闸箱等要采取防雨、防潮、防淹、防雷等措施，外壳要做好接地保护。

6) 不得在大风、大雨等恶劣天气时作业。

7) 塔架安装质量必须保证施工优良。采用优质的材料并进行表面处理。

8) 风机基础达到预定强度的基础上才能进行风电机组的安装。

(13) 使用乙炔气瓶注意固定，防止倾倒，严禁卧放使用，对已卧放的乙炔瓶，不准直接开气使用，使用前必须先立牢静置 15min，再接减压器使用；轻装轻卸气瓶，禁止敲击、碰撞等粗暴行为；同时使用乙炔瓶和氧气瓶时，两瓶之间的距离应超过 10m。乙炔气瓶不得靠近热源和电器设备，夏季要有遮阳措施防止暴晒，与明火的距离要大于 10m。

(14) 加强交叉作业的安全管理，尤其是在后期施工时，在运行的配电室工作中，为防止人员误碰带电设备、误入带电间隔，应对运行设备设明显标志，并做相应围护，施工人员应有专人监护。

(15) 施工中加强高处作业人员的安全管理，应按照有关标准要求搭建脚手架；高处作业人员应配备必要的劳动防护用品。

(16) 进行调试作业时每组人员必须在 2 人及以上，配备齐全劳动防护用品。到轮毂内作业时，一定要将两个转子锁定销全部锁住。且必须令安全链断开、控制柜的维修服务开关打到服务位置。进入轮毂后，要首先将变桨系统的急停按钮拍下，直到轮毂内的工作全部完成后再拔出，并尽快离开轮毂。

(17) 根据《公路工程技术标准》(JTG B01-2014)，应确保道路坡度符合标准要求，以保证车辆安全行驶。

(18) 依据《风电场工程道路设计规范》(NB/T 10209-2019)，转弯半径的设计应考虑到风电场特殊车辆的转弯需求，确保足够的转弯空间，以避免车辆在转弯时发生侧翻或碰撞。

(19) 根据《道路交通标志和标线》(GB 5768.1-8), 应设置清晰的道路标志和标线, 包括但不限于限速标志、转弯标志、让行标志等, 以指导驾驶员安全行驶。

(20) 在施工期间, 大型设备运输应遵循《公路交通安全设施设计细则》(JTG/T D81-2017) 中关于超限运输车辆的安全规定, 包括车辆的尺寸、重量限制, 以及必要的安全防护措施。

(21) 根据《公路工程技术标准》(JTG B01-2014), 在风沙、雪害、滑坡、泥石流等不良地质地带设置防护、整治设施时, 应根据实际需要确定用地范围, 并采取相应的处治措施; 应新增“其他交通安全设施”一章, 对防风栅、防雪栅、积雪标杆、限高架、减速丘和凸面镜等交通安全设施的设置原则和规模进行规定, 以提高道路安全性。

(22) 在蓄电池充电区域工作的操作人员应穿防静电工作服, 并且设置人体消静电装置, 防止产生静电火花。区域内禁止吸烟, 工作过程中应使用不发火金属工具, 在蓄电池吊装过程中应避免碰撞。

(23) 根据实际情况编制用电方案, 明确电源选择、线路布设、设备接线及安装等内容, 确保用电方案合理、安全; 对电源系统、线路、设备等进行全面检查, 确保设备完好、线路接地良好, 消除潜在的安全隐患; 对从事临时用电作业的人员进行必要的安全培训, 使其了解电气安全知识、操作规程和紧急处理方法, 提高其安全意识和防范能力。

(24) 选择符合国家标准和安全要求的用电设备, 确保设备质量可靠、安全性能良好; 配置合适的电源保护设备, 如漏电保护器、断路器等, 及时切断电源, 防止电气火灾和触电事故的发生; 所有的临时用电线路必须采用额定电压等级不低于 500V 的绝缘导线; 电缆线路不得沿地面直接敷设, 不得浸泡在水中。采用埋地敷设时, 应避免机械损伤和介质腐蚀。

(25) 装设应端正、牢固, 并且所有临时用电线路应由电气专业人员检查合格方可投用; 应根据用电设备的容量确定, 并符合安全用电要求, 不得

随意加大或缩小，不得用其他金属丝代替熔丝；临时电源暂停使用或检修时，应切断电源，上锁并悬挂“禁止合闸、有人工作”标示牌。

(26) 应对风机塔筒的高强螺栓材质及机械性能进行第三方复验，检验项目应包括但不限于：

- ✓ 抗拉强度 ( $\geq 1040\text{MPa}$ )
- ✓ 规定塑性延伸强度 ( $\geq 940\text{MPa}$ )
- ✓ 断后伸长率 ( $\geq 9\%$ )
- ✓ 冲击功 ( $-45^{\circ}\text{C}$  低温冲击  $\geq 27\text{J}$ )
- ✓ 硬度 (HRC 33-39)

所有螺栓须附带材料质保书及复检报告，复检不合格的螺栓须 100% 退场。安装时应使用经校验合格的智能扭矩扳手，分三次按设计值（如设计预紧力 340kN）进行同步张拉，并做永久性防松标记。（《风力发电机组 塔架》GB/T 19072-2022 第 5.6.4 条；《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82-2011 第 6.4.5 条）。

(27) 施工禁区设置、接地电阻控制及电缆防护均以量化参数保障措施有效性。例如，采用北斗定位限位器（精度  $\pm 0.1\text{m}$ ）和红外对射报警（30 秒响应）阻断人员误入；地下管线三维扫描（ $\pm 0.1\text{m}$  精度）与非金属工具切换避免电缆损伤。

(28) 《电力建设工程施工安全管理导则》（NB/T 10096-2018）要求，针对深基坑、高边坡、大件吊装、临时用电及模板工程五类危大工程制定专项安全管控措施。其中，深基坑工程（最大开挖深度 7.2m）采用“放坡+土钉墙”支护，布设 16 个测斜管实时监测位移，经甘建安论字[2025]第 037 号专家论证通过；高边坡工程（最高 12m）实施“格构梁+预应力锚索”支护，设置 GNSS 位移监测点 3 处并联动降雨量预警；大件吊装（机舱 130t）采用 LR11350 型履带吊，划定 85m 警戒半径且风速超 12m/s 时禁吊；临时用电系统按 TN-S 接零保护配置三级配电箱 18 个，接地电阻  $\leq 4\Omega$ ；模板工程采用盘

扣式支架（立杆间距 1.2m），预压荷载达设计值 1.2 倍。所有危大工程均编制专项方案、开展专家论证并落实监测预警。

## 7 事故应急预案编制原则及框架要求

### 7.1 编制原则

“安全第一、预防为主、综合治理”是我国安全生产的方针，为了避免或减少事故和灾害损失，需要周密的应急计划、严密的应急组织、精干的应急队伍、灵敏的报警系统、完备的应急救援设施。

浙能白银陇泰新能源有限公司应依据《生产安全事故应急条例》（国务院令[2019]第 708 号）、《生产安全事故应急预案管理办法》（国家安监总局令[2016]第 88 号，根据国家应急管理部令[2019]第 2 号修改）、《生产经营单位生产安全事故应急预案编制导则》（GB/T29639-2020）、《风电场应急预案编制导则》（NB/T 10631-2021）、《电化学储能电站生产安全应急预案编制导则》（GB/T 42312-2023）、《国家能源局关于印发<电力企业应急预案管理办法>的通知》（国能安全[2014]508 号）的要求，编制该项目的综合应急预案、专项事故应急预案和现场处置方案。编制事故应急救援预案应遵循“预防为主，统一指挥，分级负责，区域为主，单位自救和社会救援相结合”的原则，应当符合相关的法律、法规、规章和标准的要求，所规定和明确的组织、程序、资源、措施等应当具有针对性、科学性和可操作性，满足生产安全事故应急救援的需要。

### 7.2 应急预案的构成及其主要内容

电力企业应急预案体系主要由综合应急预案、专项应急预案和现场处置方案构成。

#### （1）综合应急预案

综合应急预案是指生产经营单位为应对各种生产安全事故而制定的综合性工作方案，是本单位应对生产安全事故的总体工作程序、措施和应急预案体系的总纲。

#### （2）专项应急预案

专项应急预案是指生产经营单位为应对某一种或者多种类型生产安全事故，或者针对重要生产设施、重大危险源、重大活动防止生产安全事故而制定的专项性工作方案。

### （3）现场处置方案

现场处置方案是指生产经营单位根据不同生产安全事故类型，针对具体场所、装置或者设施所制定的应急处置措施。

## 7.3 应急预案编写程序

（1）电力企业编制的应急预案应当符合下列基本要求：

- 1) 应急组织和人员的职责分工明确，并有具体的落实措施；
- 2) 有明确、具体的突发事件预防措施和应急程序，并与其应急能力相适应；
- 3) 有明确的应急保障措施，并能满足本单位应急工作需要；
- 4) 预案基本要素齐全、完整，预案附件提供的信息准确；
- 5) 相关应急预案之间以及与所涉及的其他单位或政府有关部门的应急预案在内容上应相互衔接。

（2）电力企业应当成立以主要负责人（或分管负责人）为组长，相关部门人员参加的应急预案编制工作组，明确工作职责和任务分工，制定工作计划，组织开展应急预案编制工作。应急预案编制工作组成员中的安全管理人员应当持有国家能源局颁发的电力安全培训合格证。

开展本单位应急预案编制工作前，电力企业应当组织对应急预案编制工作组成员进行培训，明确应急预案编制步骤、编制要素以及编制注意事项等内容。

（3）电力企业编制应急预案应当在开展风险评估和应急能力评估的基础上进行。

（4）电力企业可结合本单位具体情况，以应急使用手册或应急处置卡的形式，图文并茂地说明预案中的应急组织机构及职责、相应程序、处置措

施、现场急救及逃生知识等内容。

(5) 预案编制完成后，电力企业应当在应急预案评审前组织预案涉及的相关部门或人员对预案进行桌面演练，以检验预案的可操作性，并记录在案。

(6) 电力企业应当组织本单位应急预案评审工作，组建评审专家组，设计网厂协调和社会联动的应急预案的评审，可邀请政府部门、国家能源局及其派出机构和其他相关单位人员参加。

(7) 应急预案评审结果应当形成评审意见，评审专家应当按照“谁评审、谁签字、谁负责”的原则在评审意见上签字。电力企业应当按照评审专家组意见对应急预案进行修订完善。评审意见应当记录、存档。

(8) 电力企业应急预案经评审合格后，由电力企业主要负责人签署印发。

(9) 电力企业应向所在地国家能源局派出机构备案，根据预案分类还应向县（区）政府应急局及其他相关部门备案。需要备案的应急预案包括：综合应急预案，自然灾害类、事故灾难类相关专项应急预案。

(10) 建设单位申报应急预案备案，应当提交下列材料：

- 1) 应急预案备案申报表；
- 2) 本单位应急预案目录；
- 3) 应急预案形式评审表、应急预案评审意见表的扫描件；
- 4) 应急预案发布相关文件的扫描件。

(11) 电力企业根据本单位的风险防控重点，每年应当至少组织一次专项应急预案，每半年应当至少组织一次现场处置方案演练。

(12) 电力企业在开展应急预案演练后，应当对演练效果进行评估，并针对演练过程中发现的问题对相关应急预案提出修订意见。评估和修订意见应当有书面记录。

(13) 电力企业编制的应急预案应当每三年至少修订一次，预案修订结果应当详细记录。

(14) 有下列情形之一的，电力企业应当及时对应急预案进行相应修订：

- 1) 企业生产规模发生较大变化或进行重大技术改造的；
- 2) 企业隶属关系发生变化的；
- 3) 周围环境发生变化、形成重大危险源的；
- 4) 应急指挥体系、主要负责人、相关部门人员或职责已经调整的；
- 5) 依据的法律、法规和标准发生变化的；
- 6) 应急预案演练、实施或应急预案评估报告提出整改要求的；
- 7) 国家能源局及其派出机构或有关部门提出要求的。

8) 应急预案修订涉及应急组织体系与职责、应急处置程序、主要处置措施、事件分级标准等重要内容的，修订工作应当参照本办法规定的预案编制、评审与发布、备案程序组织进行。仅涉及其他内容的，修订程序可根据情况适当简化。

(16) 建设单位应当按照应急预案的规定，落实应急指挥体系、应急救援队伍、应急物资及装备，建立应急物资、装备配备及其使用档案，并对应急物资、装备进行定期检测和维护，使其处于适用状态。

#### 7.4 建议该项目建立的应急预案

该项目由浙能白银陇泰新能源有限公司投资建设，并成立了运营公司负责该项目的运营管理。根据风电场生产特点、危险因素情况，分析该拟建项目可能发生重特大事故类型、事故发生过程、破坏范围及事故后果，确定需要编制应急救援预案的类型。该项目拟编制的事故应急预案具体如下表所示。

表 7.4-1 事故应急救援预案表

| 序号      | 应急预案目录 |
|---------|--------|
| 运行期应急预案 |        |
| I       | 综合应急预案 |
| II      | 专项应急预案 |
| 一       | 自然灾害类  |

| 序号      | 应急预案目录                 |
|---------|------------------------|
| 运行期应急预案 |                        |
|         | 应对极端天气应急预案             |
|         | 应对大雾应急预案               |
|         | 应对地震灾害应急预案             |
|         | 应对地质灾害应急预案             |
| 二       | 事故灾难类                  |
|         | 人身伤亡事故应急预案             |
|         | 风电场全场停电事故应急预案          |
|         | 电力设备事故应急预案             |
|         | 大型机械事故应急预案             |
|         | 电力网络信息系统安全事故应急预案       |
|         | 火灾事故应急预案（火灾与爆炸事故应急预案）  |
|         | 交通事故应急预案               |
|         | 环境污染事故应急预案（突发环境事件应急预案） |
|         | 特种设备事故应急预案             |
|         | 电网异常应急预案               |
| 三       | 公共卫生事件类                |
|         | 传染病疫情事件应急预案            |
|         | 群体性不明原因疾病事件应急预案        |
|         | 食物中毒事件应急预案             |
| 四       | 社会安全事件类                |
|         | 群体性突发社会安全事件应急预案        |
|         | 突发新闻媒体事件应急预案           |
|         | 反恐防暴应急预案               |
| III     | 现场处置方案                 |
| 一       | 人身事故类                  |
|         | 高处坠落伤亡事故处置预案           |
|         | 机械伤害伤亡事故现场处置方案         |
|         | 物体打击伤亡事故现场处置方案         |
|         | 触电伤亡事故现场处置方案           |
|         | 火灾伤亡事故现场处置方案           |
|         | 灼烫伤亡事故现场处置方案           |
|         | 有限空间作业事故现场处置方案         |

| 序号      | 应急预案目录              |
|---------|---------------------|
| 运行期应急预案 |                     |
|         | 容器爆炸事故现场处置方案        |
|         | 坍塌事故现场处置方案          |
|         | 淹溺事故现场处置方案          |
| 二       | 设备事故类               |
|         | 监控系统故障应急处置方案        |
|         | 储能设备火灾现场处置方案        |
|         | 直流系统事故应急处置方案        |
|         | 站用电中断事故应急处置方案       |
|         | 起重机械故障事故现场处置方案      |
| 三       | 电力网络与信息系统安全类        |
|         | 电力二次系统安全防护处置方案      |
|         | 生产调度通信系统故障处置方案      |
| 四       | 火灾事故类               |
|         | 值守室火灾应急处置方案         |
|         | 计算机房火灾事故应急处置方案      |
|         | 变压器火灾事故应急处置方案       |
|         | 电缆火灾事故应急处置方案        |
| 五       | 环境污染事故类             |
|         | 油泄露事件处置方案           |
| 六       | 自然灾害事件类             |
|         | 防台风、防汛、防强对流天气灾害处置方案 |
|         | 防暴雪、冰冻灾害处置方案        |
|         | 防地震灾害处置方案           |
|         | 防极端高温灾害处置方案         |
| 七       | 火灾与爆炸事故             |
|         | 电池火灾与爆炸事故处置方案       |
|         | 其他电气设备火灾事故处置方案      |
|         | 建（构）筑物火灾事故处置方案      |
| 八       | 突发环境事件              |
|         | 液体泄漏处置方案            |
|         | 气体泄漏处置方案            |
| 九       | 电网异常                |

| 序号      | 应急预案目录          |
|---------|-----------------|
| 运行期应急预案 |                 |
|         | 电网电压、频率异常处置方案   |
|         | 电网振荡处置方案        |
|         | 电网大面积停电事故处置方案   |
| 建设期应急预案 |                 |
| I       | 综合应急预案          |
| II      | 专项应急预案          |
| 一       | 自然灾害类           |
|         | 极端天气应急预案        |
|         | 洪水灾害应急预案        |
|         | 地震灾害应急预案        |
|         | 地质灾害应急预案        |
| 二       | 事故灾难类           |
|         | 人身事故应急预案        |
|         | 火灾事故应急预案        |
|         | 环境污染事故应急预案      |
|         | 交通事故应急预案        |
|         | 设备事故专项应急预案      |
|         | 职业危害事件专项应急预案    |
|         | 网络信息系统突发事件应急预案  |
| 三       | 公共卫生事件类         |
|         | 传染病事件应急预案       |
|         | 群体性不明原因疾病事件应急预案 |
|         | 食物中毒应急预案        |
| 四       | 社会安全事件类         |
|         | 突发群体事件应急预案      |
|         | 新闻突发事件应急预案      |
|         | 非传统安全类突发事件应急预案  |

## 8 安全专项投资估算

根据《中华人民共和国安全生产法》（国家主席令〔2002〕第七十号，国家主席令〔2021〕第八十八号第三次修正）第三十一条规定：“生产经营单位新建、改建、扩建工程项目的安全设施，必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投入生产和使用；安全设施投资应当纳入建设项目概算”。本节对该项目的安全投入投资进行估算，项目单位应在下一步初步设计安全专篇中落实到位。

### （1）编制依据

《关于印发<企业安全生产费用提取和使用管理办法>的通知》（财资[2022]136 号）

《风电场工程概算定额》（FD004-2007）

《陆上风电场工程概算定额》（NB/T31010-2019）

《陆上风电场工程设计概算编制规定及费用标准》（NB/T31011-2019）

水电水利规划设计总院、可再生能源定额站发布的关于发布《关于建筑营业税改增值税后风电场工程计价依据调整实施意见》的通知（可再生定额[2016]32 号文）

### （2）价格水平年

价格水平年与主体工程一致

### （3）安全专项工程量

该项目安全专项投资包括以下主要内容：建筑工程（安全标志、标识、专用防护设施）、设备及安装工程（安全防护设备及安装工程、安全工器具、风电场监视保安系统、其他设备和安装工程、计算机、摄像机、幻灯机/投影仪、电视机）、独立费用（应急费用、事故应急预案编制、评审及演练、职业安全健康管理体系、应急救援物资保障、安全预评价、安全设施竣工验收评价、施工期间安全防护措施、并网安全性评价）等。

### （4）安全设施投资估算

该项目安全专项工程投资拟为 120 万元，约占安装工程费的 2.53%。专项投资估算具体如下表所示。

表 8-1 专项投资估算表

| 编号 | 项目          | 单位 | 数量  |
|----|-------------|----|-----|
| I  | 建筑工程        |    |     |
| 一  | 安全标志（铝合金）   |    |     |
| 1  | 交通标志、标示及警示牌 | 项  | 1   |
| 2  | 安装平台警示牌     | 项  | 1   |
| 3  | 升压站警示牌      | 项  | 1   |
| II | 设备及安装工程     |    |     |
| 一  | 防护设备及安装工程   |    |     |
| 1  | 噪声监测仪       | 台  | 2   |
| 2  | 数字式粉尘测定仪    | 台  | 2   |
| 3  | 数字式温度湿度仪    | 台  | 2   |
| 4  | 风速风量仪       | 台  | 2   |
| 5  | 照度计         | 个  | 1   |
| 6  | 高频电磁场场强仪    | 台  | 1   |
| 7  | 辐射仪         | 台  | 1   |
| 8  | 微波漏能仪       | 台  | 1   |
| 9  | 便携式环境振动监测仪  | 台  | 1   |
| 二  | 防护设备及安装工程   |    |     |
| 1  | 防护服         | 套  | 10  |
| 2  | 防尘口罩        | 个  | 30  |
| 3  | 防尘帽         | 个  | 50  |
| 4  | 手套          | 双  | 100 |
| 5  | 防护眼镜        | 个  | 30  |
| 6  | 防毒面具        | 个  | 5   |
| 7  | 其它防护设备      | 套  | 4   |
| 三  | 其他设备及安装工程   |    |     |
| 1  | 计算机         | 台  | 2   |
| 2  | 摄像机         | 个  | 1   |
| 3  | 幻灯机/投影仪     | 个  | 1   |
| 4  | 电视机         | 台  | 1   |

| 编号  | 项目              | 单位 | 数量 |
|-----|-----------------|----|----|
| 5   | 应急救援车           | 辆  | 1  |
| III | 应急管理            |    |    |
| 1   | 事故应急预案的编制、评审及演练 | 项  | 1  |
| 2   | 防灾预警紧急救援系统      | 套  | 1  |
| 3   | 职业安全健康管理体系      | 项  | 1  |
| 4   | 安全健康保险          | 项  | 1  |
| IV  | 其他费用            |    |    |

## 9 安全预评价结论与建议

### 9.1 主要危险、有害因素评价结果

#### (1) 主要危险、有害因素的评价结果

1) 场址自然条件危险因素有地质灾害、雷电危害、暴风危害、暴雨、洪水危害、植被危害、污垢等。

2) 建(构)筑物等土建工程单元发生风电机组基础坍塌和其他建筑物坍塌的危险等级为Ⅲ级,箱变杆塔基础坍塌的危险等级为Ⅱ级。

3) 风力发电机组设备存在塔架倒塌、偏航系统故障、变桨系统故障、风力发电机故障、箱变火灾、叶片缺陷、液压系统故障、齿轮箱故障、变流器故障、风电机组防雷系统故障、电缆故障等危险因素,其中塔架倒塌、偏航系统故障、变桨系统故障、风力发电机故障、箱变火灾的危险等级为Ⅲ级,其他危险因素危险等级均为Ⅱ级。

4) 集电线路存在架空线路故障的危险等级为Ⅱ级,杆塔倒塌、防雷系统缺陷的危险等级为Ⅲ级。

5) 升压站和储能装置单元存在变压器火灾、电缆火灾、电化学储能装置火灾、断路器故障、继电保护故障、蓄电池和直流系统故障、升压站防雷系统故障、接地网事故、无功补偿装置故障等危险、有害因素,其中变压器火灾、电缆火灾、断路器故障、继电保护故障、蓄电池和直流系统故障、升压站防雷系统故障的危险等级为Ⅲ级,其他因素危险等级为Ⅱ级。

6) 交通工程存在场内施工检修道路缺陷、指挥不当的危险等级为Ⅱ级,作业人员缺陷、车辆故障的危险等级为Ⅲ级。

7) 安全监测单元存在的机组基础监测系统设计不合理、主要建筑物监测系统失效的危险等级均为Ⅱ级。

8) 控制和保护单元存在的机组控制系统失灵、保护系统失灵、防雷保护系统故障的危险等级均为Ⅲ级,控制系统电源失电故障、控制接地系统故障、检测与测量装置系统故障、通信网络回路故障、继电保护事故、监控系

统安全防护失效事故的危险等级均为Ⅱ级。

9) 风电场并网安全单元存在风电场运行对电网的影响、出线对风电场的影响、电网对风电场影响等危险、有害因素，危险等级均为Ⅱ级。

10) 风电场运行、检修及维护单元存在触电、高处坠落、起重伤害、物体打击、电气误操作、中毒和窒息、车辆伤害、个体防护缺陷等危险、安全标志缺陷、有限空间作业等危险、有害因素，其中高处坠落、触电和起重伤害危险等级为Ⅲ级，其他因素危险等级为Ⅱ级。

11) 项目施工期存在起重伤害、触电、高处坠落、物体打击、机械伤害、坍塌、火灾爆炸、车辆伤害、有限空间作业危害、安全标志缺陷、个体防护缺陷等危险因素，其中起重伤害、触电、高处坠落、火灾爆炸的危险等级为Ⅲ级，其他因素危险等级为Ⅱ级。

12) 该项目运营和施工过程存在的主要危险物质是变压器油、氧气（压缩的）、乙炔、柴油、铅酸蓄电池、电能和风能，其中压缩氧、乙炔属于危险化学品。乙炔列为重点监管的危险化学品。

## （2）重大危险源

依据《危险化学品重大危险源辨识》（GB18218-2018）判定，拟建项目投产后不构成重大危险源。

## 9.2 建设项目应重点防范的重大危险、有害因素

（1）雷击、暴风、低温等自然灾害对风电场的影响较大。塔架属于高耸结构，若场区避雷措施不合理、接地电阻不符合设计要求，一旦遭受雷击会造成风电机组毁害、发电机绝缘击穿、控制元器件烧毁等，直接影响到电站的经济效益；暴风、低温等会减少风力发电机组寿命或造成风机严重损害等影响。

（2）施工期、运行及检修作业过程中触电、起重伤害可能引发人员伤亡，应重点防范。

（3）风力发电机组的轮毂高度 125m，风力发电机组安装的过程中又存

在交叉作业，若施工管理不善容易导致起重伤害。

### 9.3 应重视的安全对策措施建议

(1) 本期建设规模为 50MW，共装设风力发电机组 8 台单机容量为 6.25MW 的风电机组，轮毂高度 125m。本风电场工程等别属于中型工程，风电机组基础设计使用年限为 50 年，风电机组地基基础设计级别为甲级，结构安全等级为一级，抗震设防类别为标准设防类（丙类）。根据《建筑边坡工程技术规范》GB50330-2013，风电机组对应边坡级别为二级。

(2) 风电机组必须是通过规定的检测的机型，其设备的选型应根据风电场区域的自然条件，具有防雷、防沙尘等措施。风电场运行人员每天应按时收听和记录当地天气预报，作好风电场安全运行的事故预想对策。

(3) 该项目风电场发电设备选型和监测控制系统应严格执行《风力发电机组 设计要求》（GB/T 18451.1-2022）、《风能发电系统 风力发电机组通用技术条件和试验方法》（GB/T19960-2024）等标准、规范的有关要求；应具有下列保护功能：发电机过温度保护，齿轮箱过温度保护，电缆缠绕保护，过振动保护，过电流保护，过电压保护，过功率保护，瞬间过功率保护，可控硅组件过热保护，缺相保护，主接触器保护，控制通讯保护，控制器出错保护，电网失电保护，大风保护，丢载保护。根据电网公司要求，风力发电机组必须具备低电压穿越能力。电缆防火封堵严格执行《火力发电厂与变电站设计防火标准》（GB50229-2019）要求。

(4) 应重视消防系统的设计，应符合《建筑设计防火规范（2018 年版）》（GB50016-2014）、《火力发电厂与变电站设计防火标准》（GB50229-2019）和《风电场设计防火规范》（NB31089-2016）的要求；消防用电设备的供电，应在其配电线路的最末一级配电箱处设置自动切换装置；灭火器的设计配置应符合《建筑灭火器配置设计规范》（GB50140-2005）等相关标准的要求。

(5) 防雷设计应严格执行《建筑物防雷设计规范》（GB50057-2010）、《交流电气装置的接地设计规范》（GB/T50065-2011）、《66kV 及以下架空电

力线路设计标准（2025 年版）》（GB50061-2010）等有关标准的规定。

（6）施工期严格遵守国家有关法律法规，认真执行施工技术规范，选择有相应资质和经验的监理单位严把质量关。

（7）安全管理的措施

1）电气作业过程必须坚持“两票三制”，落实保证安全的管理措施和技术措施，严禁违章作业，严禁未经培训和考核合格的人员从事电工作业。

2）按照《中华人民共和国安全生产法》的有关要求，落实安全生产主体责任，健全安全管理体系，制定完善的安全管理制度和安全操作规程，设置足够的安全警示标志，按国家规定对主要负责人、安全管理人员、特种作业人员和全体职工进行安全教育，按规定配备安全防护用品。

3）建设单位应按照《生产安全事故应急条例》（国务院令[2019]第 708 号）、《生产经营单位生产安全事故应急预案编制导则》（GB/T29639-2020）、《生产安全事故应急预案管理办法》（国家安监总局令[2016]第 88 号，根据国家应急管理部令[2019]第 2 号修改）、《电力安全事故应急演练导则》（国能综通安全[2022]124 号）、《国家能源局关于印发<电力企业应急预案管理办法>的通知》（国能安全[2014]508 号）等有关要求，针对可能发生的生产安全事故，制定完善可行的应急预案，经专家评审后到有关部门备案，并定期演练。

4）严格执行《安全生产事故隐患排查治理暂行规定》（国家安监总局令[2007]第 16 号），建立安全生产事故隐患排查治理长效机制。

5）公司决策机构、主要负责人必须保证安全生产条件所必需的资金投入，安全专项资金必须专款专用，建立安全生产投入的长效保障机制。

6）建立、健全安全生产三项制度，配备专职的安全员，构建安全生产管理网络体系；安全管理要横向到边、纵向到底、不留死角，应空间上覆盖、时间上覆盖、人员覆盖。

7）必须依法为从业人员缴纳工伤保险；特种设备、防雷防静电设施必

须定期进行检测；安全设施必须确保可靠、有效。

#### 9.4 采取安全对策措施后危险、有害因素受控程度

该项目场址主要自然灾害如雷击、暴风、暴雨等，在采取有效的防范措施和应急措施后，危险程度可以接受；

风力发电机组设备存在的塔架倒塌、风机叶片缺陷、偏航系统缺陷、齿轮箱故障、风电机组飞车、风机叶片脱落、机舱坠落、风机火灾、箱变火灾、防雷系统缺陷、风电发电机故障等危险、有害因素，通过选购优质产品、设置灭火设施、风电机组采用可靠的偏航系统和优质的齿轮箱传动系统及风电机组控制和制动系统，加强检修、维护与管理，其危险程度能够接受；

升压站存在的变压器火灾、断路器故障、电缆火灾、高压配电装置故障、防雷系统缺陷、继电保护故障、蓄电池和直流系统故障等危险、有害因素，采取有效的工作接地和保护接地、采取可靠的消防措施和其他安全技术措施后，其危险程度能够接受；

检修、运行和施工过程中存在的触电、起重伤害、车辆伤害、高处坠落、物体打击、坍塌、安全标志缺陷、个体防护缺陷等危险因素，通过采取加强作业人员安全培训、安全教育，加强现场监护和采取安全技术措施等，其危险程度可以接受。

拟建项目在采取落实可行性研究报告和本报告提出的安全对策措施建议的基础上，该项目潜在的危险、有害因素可以得到有效控制，危险程度可以接受。

#### 9.5 法律、法规、标准、规范的符合性

拟建项目从安全生产角度符合《中华人民共和国安全生产法》（国家主席令〔2002〕第七十号，国家主席令〔2021〕第八十八号第三次修正）、《建设项目安全设施“三同时”监督管理办法（2015 修正）》（国安监令〔2010〕36 号，国安监令〔2015〕77 号第一次修正）、《风力发电厂设计规范》（GB50196-2015）《风力发电场设计技术规范》（DL/T5383-2007）、《风力发

电机组设计要求》（GB/T 18451.1-2022）、《火力发电厂与变电站设计防火标准》（GB50229-2019）等国家有关法律、法规、标准、规范的要求。

## 9.6 安全预评价结论

综上所述，河北民泰安全评价咨询有限公司认为：浙能白银陇泰新能源有限公司景泰县上沙沃镇 5 万千瓦风电项目的场址选择、总平面布置基本合理，采用的工艺技术成熟，设备先进，从安全生产角度检查和分析评价，符合国家有关安全方面的法律、法规和行业技术标准规范的要求。在采取了本报告提出的各项安全措施后，该项目的建设在安全上是可行的。

## 安全预评价附件、附图

- (1) 营业执照
- (2) 项目核准的批复
- (3) 项目选址意见
- (4) 专家评审组评审意见及报告修改说明
- (5) 地理位置示意图
- (6) 风电场总平面图
- (7) 升压站总平面布置图
- (8) 电气主接线图
- (9) 集电线路路径图
- (10) 风机基础图
- (11) 箱变基础图