



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

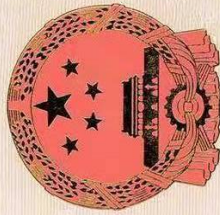
# 岩土工程勘察报告

（初步勘察阶段）

工程编号：KC2025-02

甘肃地质工程勘察院有限责任公司

二〇二五年四月



# 工程勘察资质证书

证书编号: B162005551

有效期: 至2025年05月19日

中华人民共和国住房和城乡建设部制

企业名称: 甘肃地质工程勘察院有限责任公司  
经济性质: 有限责任公司(自然人投资或控股的法人独资)  
资质等级: 工程勘察专业类(水文地质勘察、岩土工程(勘察))甲级。  
可承担本专业资质范围内各类建设工程项目的工程勘察业务,其规模不受限制。\*\*\*\*\*

发证机关: 陕西省住房和城乡建设厅  
2021年09月15日  
No.BZ 0016613

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  
岩土工程勘察报告

（初步勘察阶段）

工程编号：KC2025-02

勘察证书等级：甲级

勘察证书编号：B162005551

单位负责人：冯建宏 职称：高级工程师

技术负责人：金 永 职称：高级工程师

审 核 人：王具文 职称：高级工程师

项目负责：肖生斌（注册岩土工程师）

注册证号：6200555-AY006

报告编写：马登国 职称：高级工程师

韩 雪 职称：工程师

杜爱国 职称：技术员

勘察单位：甘肃地质工程勘察院有限责任公司

提交日期：二〇二五年四月

# 目 录

|                             |           |
|-----------------------------|-----------|
| <b>1.前言 .....</b>           | <b>1</b>  |
| 1.1 工程概况 .....              | 1         |
| 1.2 场地概况 .....              | 2         |
| 1.3 勘察等级 .....              | 2         |
| 1.4 勘察目的与任务 .....           | 2         |
| 1.5 勘察依据 .....              | 3         |
| 1.6 勘察方案及工作完成情况 .....       | 4         |
| 1.7 完成的工作量 .....            | 6         |
| <b>2.区域地质环境.....</b>        | <b>7</b>  |
| 2.1 自然地理与交通条件 .....         | 7         |
| 2.2 区域气候及气象概况 .....         | 7         |
| 2.3 区域地形地貌 .....            | 8         |
| 2.4 区域地层 .....              | 13        |
| 2.5 区域地质构造 .....            | 18        |
| 2.6 新构造运动及地震 .....          | 22        |
| 2.7 区域水文及水文地质条件 .....       | 23        |
| <b>3.场地工程地质条件评述 .....</b>   | <b>24</b> |
| 3.1 地形地貌 .....              | 24        |
| 3.2 地层结构及岩性 .....           | 24        |
| 3.3 场地水文地质条件 .....          | 25        |
| 3.4 不良地质作用 .....            | 26        |
| 3.5 岩体工程地质类型及物理力学特征 .....   | 27        |
| <b>4.岩土参数统计 .....</b>       | <b>27</b> |
| 4.1 岩石物理力学性质指标及岩体质量分级 ..... | 27        |
| 4.2 岩土体电性测试 .....           | 27        |
| <b>5.场地岩土工程评价 .....</b>     | <b>28</b> |

|                            |           |
|----------------------------|-----------|
| 5.1 场地地震效应评价 .....         | 28        |
| 5.2 场地稳定性评价 .....          | 28        |
| 5.3 场地适宜性评价 .....          | 28        |
| 5.4 地基土腐蚀性评价 .....         | 28        |
| 5.5 场地土均匀性评价 .....         | 29        |
| 5.6 场地土冻胀性评价 .....         | 29        |
| 5.7 场地土工程特性初步评价 .....      | 29        |
| 5.8 地基岩土承载力与变形指标确定 .....   | 29        |
| <b>6.地基基础方案初步论证 .....</b>  | <b>29</b> |
| 6.1 浅基础 .....              | 29        |
| 6.2 场地整治、治理岩土工程措施 .....    | 30        |
| 6.3 基坑开挖与支护建议 .....        | 30        |
| <b>7.安全施工专项说明 .....</b>    | <b>30</b> |
| 7.1 安全生产相关法律法规、规范及标准 ..... | 30        |
| 7.2 安全专项说明 .....           | 31        |
| 7.3 地质风险及防治措施 .....        | 31        |
| <b>8.结论与建议 .....</b>       | <b>31</b> |
| <b>9.下阶段工作重点 .....</b>     | <b>32</b> |

## 附 件：

- 1.岩土工程勘察纲要
- 2.岩土工程勘察野外钻探作业照片
- 3.岩石物理力学试验报告

## 附图表：

- |            |     |
|------------|-----|
| 1.勘探点一览表   | 1 张 |
| 2.图例       | 1 张 |
| 3.勘探点平面位置图 | 3 张 |
| 4.工程地质剖面图  | 3 张 |
| 5.钻孔柱状图    | 3 张 |

# 1.前言

## 1.1 工程概况

受浙能白银陇泰新能源有限公司委托，甘肃地质工程勘察院有限责任公司承担了浙能白银陇泰新能源有限公司景泰县上沙沃镇 5 万千瓦风电项目岩土工程初步勘察任务。

浙能白银陇泰新能源有限公司景泰县上沙沃镇 5 万千瓦风电项目场址位于甘肃省白银市景泰县上沙沃镇西部山区，属陆上山地风电场。拟建区块距景泰县县城直线距离约 50 km，目前场地内有简易山地土路可与 S308 省道相连通向周边，交通条件较为便利，见图 1.1-1。

本工程装机容量为 50MW，拟安装 8 台风电机组。按业主《浙能白银陇泰新能源有限公司景泰县上沙沃镇 5 万千瓦风电项目工程地质初步勘察服务技术规范书》要求，本次勘察暂时对风电机组场址区具代表性 3 个风机塔位进行初步勘察（详见附图勘探点平面布置图）。



图 1.1-1 场地交通位置图

## 1.2 场地概况

拟建项目所选场地地处景泰县上沙沃镇境内，属构造剥蚀基岩低中山区，地形起伏变化大，地面高程介于 2500~2650m 之间，勘察场地及周边均为空旷荒山地。

本次勘察的 3 个风电机组塔位场地（Z04、Z05、Z07）位于构造剥蚀低中山山脊，外侧山坡陡峻，坡度一般在 51~75°之间，场地影像现状如图 1.2-1 所示。

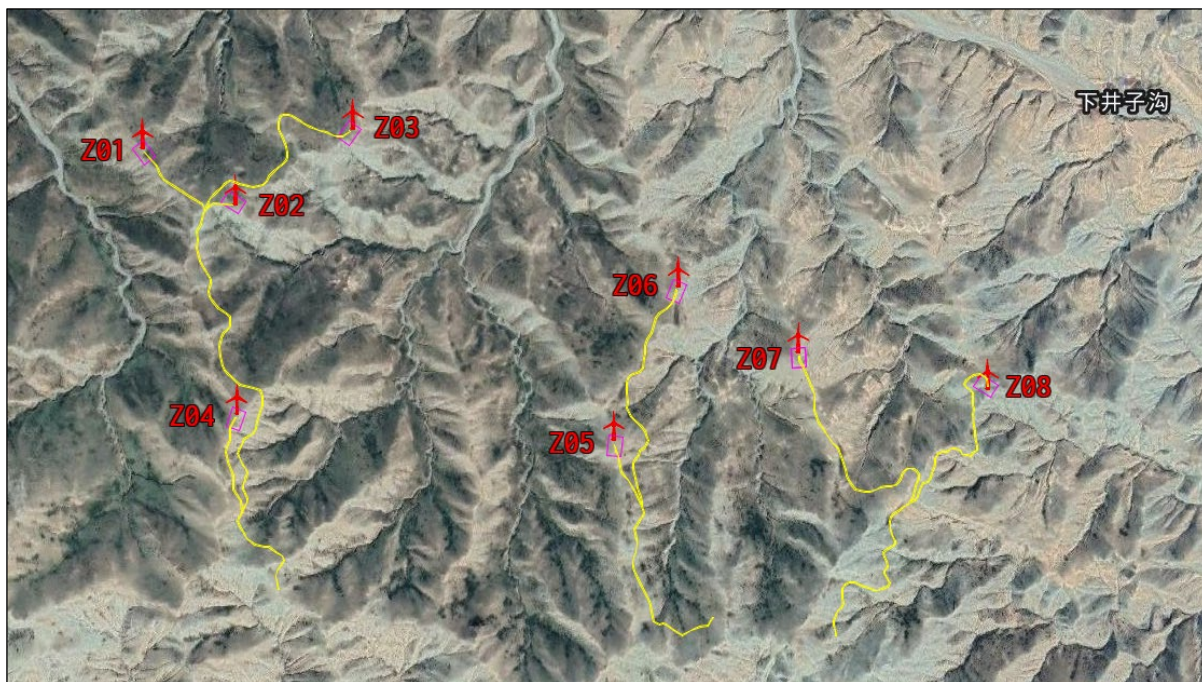


图 1.2-1 拟建风电塔位卫星影像

## 1.3 勘察等级

浙能白银陇泰新能源有限公司景泰县上沙沃镇 5 万千瓦风电项目工程场地内主要新建风电机组塔，工程重要性等级定为二级，结构安全等级为二级；勘察场地位于构造剥蚀低中山山脊，属抗震不利地段，地形地貌较为复杂，场地复杂程度等级为二级；场地岩土种类单一，均匀，性质变化不大，地基复杂程度为三级。依据《岩土工程勘察规范》（GB50021-2001 2009 年版）及《陆上风电场工程地质勘察规范》（NB/T 31030-2022）按照工程重要性等级、场地复杂程度等级和地基复杂程度等级综合评定，本次勘察确定为乙级岩土工程勘察。

## 1.4 勘察目的与任务

在综合分析场区周边已有工程地质、水文地质及环境地质成果的基础上，通过现场环境调查、工程地质测绘、钻探揭露地层、取样试验等勘察手段，调查了解场地环境地

质及工程地质条件，初步分析区内地层结构及其工程性质特征，对场地的稳定性和工程建设适宜性进行初步分析评价，提出设计与治理措施的建议，为本项目工程初步设计提供所需的岩土工程参数。根据国家、行业和地方勘察设计规范、规程的规定，结合场地工程地质条件及拟建物的特点，本次岩土工程初步勘察阶段的具体任务为：

1) 初步查明风机塔位场地所处地貌单元以及拟建场地可能存在的不良地质作用的类型、成因、分布范围、发展趋势和危害程度，并提出整治方案的建议。

2) 初步查明风机塔位拟建场地的地层结构，阐明拟建场地勘探深度内地基土的分布规律、工程地质特征及其物理力学性质，提供场地地基土物理力学性质指标，确定各层地基土的承载能力，分析和评价地基的稳定性、适宜性、均匀性和变形特征。

3) 初步查明风机塔位场地可能产生地震液化的地层分布及液化程度，对地基的液化程度做出评价。

4) 查明风机塔位拟建场地地下水的埋藏条件和水质状况，提供地下水位及水位变化幅度，判定地下水对建筑材料的腐蚀性，分析评价地下水对地基设计与基础施工的影响。

5) 划分场地土类型和场地类别，分析评价场地和地基的地震效应。

6) 对风机塔位场地工程地质条件和岩土工程性质做出初步评价，选择适宜的基础持力层，提供地基基础设计所需的岩土参数，提出地基岩土体的视电阻率值及地基处理方案建议。

7) 对风机塔位地基基础方案和基坑支护方案选型进行论证和评价，针对基础施工中可能出现的基坑开挖、降水等岩土工程问题，提出治理和防治方案，并提供相应计算参数。

8) 对风机塔位、天然地基可行性进行分析评价，建议经济合理的桩基方案。

## 1.5 勘察依据

### 一、国家标准

- (1) 《岩土工程勘察规范》（GB50021-2001）（2009 年版）；
- (2) 《工程勘察通用规范》（GB55017-2021）；
- (3) 《建筑抗震设计标准》（GB50011-2010）（2024 年版）；

- (4) 《建筑与市政工程抗震通用规范》（GB55002-2021）；
- (5) 《建筑地基基础设计规范》（GB50007-2011）；
- (6) 《工程岩体分级标准》（GB/T 50218-2014）；
- (7) 《土工试验方法标准》（GB/T 50123-2019）；
- (8) 《工程岩体试验方法标准》（GB/T 50266-2013）；
- (9) 《中国地震动参数区划图》（GB 18306-2015）；
- (10) 《复合地基技术规范》（GB/T 50783-2012）；
- (11) 《建筑边坡工程技术规范》（GB 50330-2013）；
- (12) 《岩土工程勘察安全规范》（GB 50585-2019）；

## 二、行业标准

- (1) 《陆上风电场工程地质勘察规范》（NB/T 31030-2022）；
- (2) 《建筑桩基技术规范》（JGJ 94-2008）；
- (3) 《建筑地基处理技术规范》（JGJ 79-2012）；
- (4) 《建筑工程地质勘探与取样技术规程》（JGJ/T 87-2012）；

## 三、地方标准

- (1) 《岩土工程勘察规范》（DB 62/T25-3063-2012）；
- (2) 《建筑抗震设计规程》（DB 62/T 3055-2020）；
- (3) 《低丘缓坡未利用地开发技术规程》（DB 62/T25-3108-2016）；

## 四、其它依据及资料

- (1) 《房屋建筑和市政基础设施工程勘察文件编制深度规定》（2020 年版）；
- (2) 《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》（中华人民共和国住房和城乡建设部令第 37 号）；
- (3) 参照《工程地质手册》第五版；
- (4) 浙能白银陇泰新能源有限公司景泰县上沙沃镇 5 万千瓦风电项目总平面图。

## 1.6 勘察方案及工作完成情况

### 1.6.1 勘察方案的设计原则

- (1) 重视收集本工程场地及临近区域工程项目的地质调查、勘察、设计、施工资

料及区域地质资料，充分利用前期资料成果，认真分析吸纳合理意见与建议，以加强勘察工作的针对性。

(2) 采用多种勘察手段进行分析与评价，除以钻探为主要勘探手段外，进行工程地质测绘，辅以室内岩土试验等测试手段，以较为充分的勘探测试资料进行地基土工程性质的分析与评价。

(3) 严格遵照相关技术标准的要求布置勘探点与试验工作量，根据工程内容和任务要求，有针对性选择不同的勘探点间距、孔深、勘探手段及原位测试方法，以经济合理的工作方案满足勘察工作深度与设计的要求。

### 1.6.2 勘探点的布置及勘探深度

(1) 勘探点的布置：依据甲方《浙能白银陇泰新能源有限公司景泰县上沙沃镇 5 万千瓦风电项目工程地质初步勘察服务技术规范书》要求，本次勘察在 3 个风电机组塔位各布置钻孔 1 个，勘探点编号 Z04-ZK1、Z05-ZK1、Z07-ZK1，均为控制性钻孔。

(2) 勘探孔的深度：风电塔位场地控制性勘探点深度进入中风化基岩 3.0~5.0m 为终孔条件，孔深一般约 5.0~6.0m。

### 1.6.3 勘察技术方法

#### (1) 环境地质调查及工程地质测绘

调查场地及其周围有无影响工程稳定性的不良地质作用（如滑坡、泥石流、采坑）及地下埋设管线等的分布，进一步收集场地内及周边已有的工程地质、气象等资料；对场地内发育的不良地质作用（主要为基岩崩塌）及基岩露头等进行工程地质测绘。

#### (2) 测量放孔

勘探点测放采用坐标控制，测放过程中采用 RTK (*Real-time kinematic*) 依据我公司勘察纲要中勘探点平面布置图进行勘探点的测放，采用国家 2000 大地坐标系，1985 国家基准高程。勘探点测放达到的精度为：平面位置偏差小于 $\pm 50\text{cm}$ ；高程偏差小于 $\pm 10\text{cm}$ 。各勘探点均设置有编号的标志桩，核对了桩号及实地位置，并在“勘探点平面位置图”中绘制了实际孔位。

#### (3) 钻探

因本工程风机场地位于山体顶部，现暂无进场道路，针对场地条件，本次勘察钻探

采用的设备为 TED-270PFDH 单人背包式便携浅层取样钻机，钻探的主要目的为查明勘探深度内的地层结构及岩性，并在预定深度进行取样和测试，主要执行如下技术标准：①回次进尺：对粗粒土和基岩中钻进回次进尺不超过 0.50m；②钻进深度和岩土分层深度的量测精度不低于±5cm；③钻孔垂直度偏差小于±2°。

（4）岩样采取

岩样采取执行下列技术标准：选取部分钻孔内基岩或在场内地天然基岩露头采取岩石样。

（5）室内试验与现场测试

室内岩石试验按照国家标准《工程岩体试验方法标准》（GB/T 50266-2013）实施。  
岩石试验：所取岩样进行岩石单轴饱和抗压强度试验和天然抗压强度试验，为评价其强度性质提供依据。

1.7 完成的工作量

我单位于 2025 年 04 月 16 日进行现场勘探点测放，随即组织队伍进场施工，2025 年 04 月 22 日完成全部野外作业，历时 5 天，现场投入地质技术人员 2 名，浅层取样背包钻机 1 台，完成 3 个勘探点，总进尺 16.10m。室内试验、资料整理、报告编写等工作同期开展。本次勘察完成工作量见表 1.7-1。

表 1.7-1 完成工作量统计表

| 项目及工作内容   |              | 单位  | 完成工作量  |
|-----------|--------------|-----|--------|
| 测量与测绘     | 工程地质调查       | km² | 0.20   |
|           | 勘探点定测        | 点   | 3      |
| 现场原位测试及取样 | 岩 样          | 件   | 3      |
| 室内土工试验    | 岩石单轴饱和抗压强度试验 | 组   | 3      |
| 钻探进尺      |              | m/孔 | 16.1/3 |

我单位技术人员在勘察工作中，钻探和室内试验等严格按照国家及行业有关勘察规范、岩土工程勘察纲要和我单位质量管理体系等执行；外业勘察工期及质量严格接受业主单位的监督和管理，勘察工作质量达到了预期要求。

## 2.区域地质环境

### 2.1 自然地理与交通条件

景泰县位于白银市西北。东临黄河，与靖远县（隶属白银市）隔河相望；西与古浪县、天祝县（隶属武威市）相邻；南依白银区（隶属白银市）、皋兰县和永登县（隶属兰州市）；北接宁夏回族自治区和内蒙古自治区。公路依托省道 201 线、308 线，以县城为中心，形成南通白银、兰州，北抵银川，西进武威至河西走廊的交通网络，省道 201 线二级油路纵贯全境，简易公路通达各个乡镇。

地理坐标：东经 103°30′—104°45′，北纬 36°40′—37°40′。

勘察区位于景泰县上沙沃镇井子沟地域内，S308 省道都在区内通过，距离景泰县城约 50km，场地现主要靠简易山间土路出山与周边道路相连通向村镇、县城及其他地区，场内交通条件较差，外部交通条件便利。

### 2.2 区域气候及气象概况

景泰县属温带干旱大陆性气候，主要特点是冬冷夏热，昼夜温差较大，干旱少雨，蒸发量大，风沙时间与日照时数长，热量资源丰富。

景泰县年平均气温为 8.6℃。最高气温为 38.6℃（2000 年 7 月 24 日），最低气温-27.3℃（1958 年 1 月 15 日）。无霜期为 159 天。

景泰县多年平均降水量 184.8mm，最大降水量 298.9mm，最小降水量 94.8mm。干旱与湿润周期为 3-4 年，多年平均蒸发量 2190.2mm，是降水量的 12 倍。降水集中于 7-9 月，约占全年降水量的 61.5%，景泰县气象特征见图 2.2-1。降水量在区域上分布不均匀，从南向北逐渐减少。降水随海拔升高而增加。日最大降水量为 57.7 毫米（1971 年 9 月 2 日）；最长连续无降水天数 111 天（1990 年 10 月 24 日—1991 年 2 月 11 日）。正路、寿鹿山的海拔高度大于 2500 米，受南北暖冷气流的夹持，是景泰县冰雹和降水的集中地带。

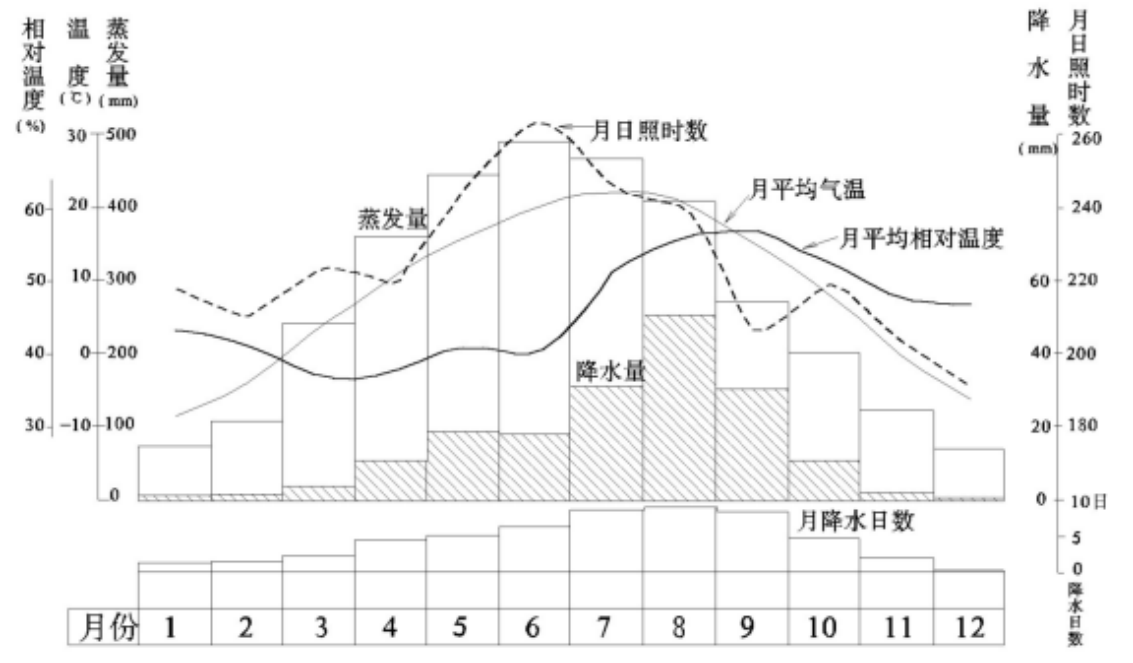


图 2.2-1 景泰县气象特征图

2.3 区域地形地貌

景泰县在南北方向位于黄土高原与腾格里沙漠之间的过渡区，东西方向上处于祁连山东段支脉与黄土高原的接触部，丘陵山地与盆地平原相间，黄河由南向北切割县境东界，地形变化大。

祁连山支脉马牙雪山、毛毛山东延进入县境，山体基本呈东西走向，总体地势西高东低。主要山峰有：长岭山，位于西北部，海拔 2950m；老虎山，位于中西部，海拔 3313.7m，是境内最高点；米家山，位于中东部，海拔 2304.5m；虎南山，位于西南部，海拔 2574m。山峰之间为半封闭—封闭状山间盆地：白墩子、寺滩—芦阳、草窝滩、沈家庄、毛牛圈等。黄河河谷多呈峡谷，由北东端出境，构成县域最低点，海拔 1300m。

1.侵蚀构造山区（I）

（1）强烈切割的下古生界断块褶皱中高山（I<sub>1</sub>）

分布于老虎山一带。地质构造为断块隆起的褶皱山系，南北两侧均有断层，由下古生界变质岩及加里东期闪长岩、辉长岩等侵入岩构成。东低西高，海拔 2200—3300m，相对高差 400—1000m，主峰老虎山海拔 3313.7m。山势陡峻，沟谷深切，多呈“V”型谷，沟底坡降较大，切深 350—500m（2km 范围内）。

（2）强烈切割的下古生界断块褶皱中低山（I<sub>2</sub>）

分布于长岭山、米家山一带，成因于断块隆升的褶皱山，由下古生界变质岩构成。长岭山一带，海拔 1900—2950m，相对高差 300—800m，长岭山主峰海拔 2964m，是黄河水系与内陆水系的分水岭，山势陡峻，切割深度每 2km 为 300—400m。米家山一带，海拔 1400—2300m，相对高差 400—900m，部分地段有黄土覆盖，近期强烈上升与切割，冲沟发育，形成峡谷、跌水崖。

### （3）中等切割的下古生界—中生界褶皱低山（I<sub>3</sub>）

分布在寺滩、五佛以北，米家山以南及三台井一带，第三纪以来山体隆升起主导作用。按组成岩性、地貌形态及分布位置划分如下：

长岭山—猎虎山低山区：为长岭山脉东延部分，由褶皱的下古生界—中生界砂岩、砾岩、砂砾岩、片岩、灰岩等组成。长岭山东端由于岩性的变化，已属山地余脉，海拔 1700—2300m，向东南逐渐降低；相对高差 200—400m，切割深度每 2km 内 175—350m，山脉走向大致呈北西西向。部分山顶覆盖不厚的黄土层。

地湾阴山低山区：分布于五佛以北及芦阳以东的广大地区，由褶皱的上古生界—中生界砂岩、砂砾岩、粉砂岩、灰岩、页岩以及少量下古生界变质岩构成。海拔 1350—1860m，相对高差 200—500m，切割深度 150—350m。山体岩层走向大致呈北西和东西向。黄河在山体南侧穿过并深切成峡谷；其左岸支沟多呈南北向，与岩层走向直交，常形成许多峡谷、障沟，形似石门，谷底宽约 2m，两壁直立，高约 30—50m。山势较为陡峻，山脊多呈尖棱锯齿状。在黄河及沟谷两岸，山顶上常有中、上更新世残存的河谷阶地，形似帽子，盖于山顶，基座阶地阶数愈高，阶面高差愈大，反映出山体隆起上升震荡过程。

大石梁低山区：分布于马石山—米家山南麓，由褶皱的中生界砂岩、砂砾岩、页岩等构成。海拔 1400—1900m，相对高差 200—400m。山势陡峻，常形成单面山和猪背岭，冲沟发育，多为“V”型谷。

虎南山—山台井低山区，分布于西南部正路堡—三台井一带，主要由志留系浅变质岩组成。海拔 1800—2500m，相对高差 100—30m，虎南山主峰海拔 2571m。山体走向受区域构造控制，大致呈东西向，每 2km 切割深度 150—300m。山势陡峻，山脊多为线状、刃状和锯齿状。山坡坡度较大，一般 20—30°。冲沟发育，断面呈“V”字型。水系多呈树枝状，主要属脑泉沟水系。虎南山石炭系、三迭系砂岩、灰岩、页岩分布地段，

地貌上构成单面山。

宋家梁低山区：分布于最南端属白银北山的一部分。海拔 1400—2000m，相对高差 100—300m，为脑泉水系与白银水系的分水岭。主峰宋家梁海拔 2019m。由强烈褶皱的寒武系、奥陶系变质岩构成。部分山顶覆盖黄土，多呈梁峁状。沟谷呈开阔的箱形谷，至下游基岩出露区变为“V”形谷，并有峡谷和跌水崖发育。箱形谷与“V”形谷过渡处呈现谷中谷。

## 2.剥蚀构造丘陵（II）

分布于小红山、井子川及周家砭—脑泉—火家台子一带，由新生砾岩、砂岩、砂砾岩、泥岩等组成。按地质构造、地质时代、剥蚀强度和地貌形态，划分为：

### （1）强烈剥蚀褶皱的中新统单斜石质丘陵（II<sub>1</sub>）

分布于阎家台—周家砭—老龙湾一带，由中新统砾岩、砂砾岩、砂岩组成。海拔 1400m—2000m，相对高差 100—250m。沟谷发育，每 2km 内切割深度 50—150m，最深达 150—250m。老龙湾一带黄河深切，形成悬崖峭壁与石柱，构成了景泰黄河石林国家地质公园的稀有地质遗迹和奇特的地质景观。野驴沟一带岩层呈单斜构造（倾角 15—25°）形成单面山。水系呈梳状，基岩多裸露，植被极稀疏。

### （2）中等剥蚀轻微褶皱的中、上新统及下更新统波状丘陵（II<sub>2</sub>）

分布于火烧台子—脑泉一带。海拔 1400—2200m，相对高差 50—150m。由泥质砂岩、泥岩及砾岩组成，其上覆盖厚度不等的黄土。沟谷发育，每 2km 内切割深度 50—100m。火烧沟一带部分地段山顶黄土覆盖稍厚。

### （3）中等剥蚀微褶的上新统、下更新统山前波状倾斜丘陵（II<sub>3</sub>）

分布于大小红山及井子川一带。海拔 1800—2300m，相对高差 100—250m。主要由上新统砂岩、砾岩、泥岩及下更新统砾岩组成。下更新统多分布在山前，为古洪积扇堆积，地貌上保留早更新世末期夷平—堆积面的残留小平台和浑圆的小残丘，远观是波状起伏的倾斜丘陵。

### （4）强烈剥蚀褶皱的二迭系、三迭系及上新统孤岛状丘陵（II<sub>4</sub>）

分布于草窝滩及白墩子南部等地。海拔 1600—1800m，相对高差 30—100m。多为砂岩组成，基岩裸露。山顶呈犬齿状、平秃状。山顶被切割为孤岛状石质残丘，散布于草窝滩等盆地周边。

### 3.堆积剥蚀阶梯平原（III）

分布于老虎山南麓和米家山、马石山北麓。海拔 1500—2700m，相对高差 200—300m。第四纪以来，受山区强烈震荡上升影响，在山前形成多级洪积裙，随后沟谷下切，又产生了垅岗状多级阶地。以上新统砂岩、泥岩为基底的基座洪积阶地，最多可达 7—8 级，邻级阶面高差，随级数增大，一级阶面高差数米，八级阶面高差达 200m。

### 4.剥蚀堆积倾斜平原（IV）

分布于长岭山南北麓，即山前洪积砂碎石、粉质粘土构成的开阔的倾斜平原，面积较大的有：草窝滩、漫水滩等。按地层结构和岩性分为：

#### （1）具有丘陵的山前洪积粉质粘土平原（IV<sub>1</sub>）

分布于草窝滩、杨庄一带。海拔 1550—1700m，地形平坦，坡度 0.5—1°，地面由北西向南东倾斜。上覆全新统粉质粘土，厚 1—3m，其下为砂或碎石。基底埋深较浅，为 10—30m。三迭系、二迭系砂岩构成的残丘甚多，残丘高 10—50m，愈近山前愈多，远观似海上孤岛。

#### （2）具有残丘的山前倾斜洪积碎石平原（IV<sub>2</sub>）

分布于白墩子以南惠山子一带。海拔 1600—1800m，地面由南西向北东倾斜，地度坡度 1—2°，为近代洪积砂碎石覆盖，仅部分地段有很薄的粉质粘土层。其中分布近北东向的洪水槽，切割深度 1—2m，至下游逐渐开阔并消失。基底埋深较浅，一般仅 10—20m。平原上有许多二迭系、三迭系砂岩构成的孤岛状残丘。

#### （3）具有残丘的山前倾斜洪积粉质粘土、碎石平原（IV<sub>3</sub>）

分布于长岭山北麓漫水滩一带。海拔 1600—2000m，由南向北倾斜，地面坡度 1—2°，近山前可达 2—3°。下游地表覆盖全新统粉质粘土，上游地表覆盖碎石，部分地段分布厚度 0.5—5m 的风积砂堆。基底埋深 10—40m。平原上也分布许多泥盆系—三迭系砂岩、砾岩、灰岩等构成的岛状残丘，高差 10—50m。

### 5.构造堆积盆地（V）

#### （1）断陷盆地（V<sub>1</sub>）

白墩子盆地：位于长岭山东麓白墩子一带，盆地南北均为断层所限，第四纪以来盆地不断沉陷，堆积了巨厚的洪积物，形成地貌上封闭的凹陷盆地。白墩子盆地的东、南面为二迭系、三迭系构成的低山丘陵，西面为长岭山，北面为黑山。盆地中心在白墩子

东北 3—5 公里，海拔 1550m，边缘为 600—1700m。按地质结构可再分为山前洪积倾斜碎石平原和分地中部洪积扇细土平原两个地带。山前洪积倾斜碎石平原分布于盆地边缘。地面坡度为 1—2°倾向盆地中心。西部表层以碎石为主，以下为巨厚的圆砾夹粉质粘土。东部地质以含砾中—粗砂为主，部分地段堆积有不厚的近代风积砂。盆地中部洪积细土平原为盆地中心最低洼地段，海拔 1545—1580m，地形平坦，坡度仅 0.5—1°，地表主要由全新统粉质粘土、粘土组成，部分地段有薄层风积砂覆盖，低洼处分布大片盐土和盐沼。

兴泉盆地：兴泉盆地位于兴泉堡—喜集水一带，西靠老虎山，东临马厂山，南侧为石炭系—三迭系构成的低山丘陵，北侧为上新统构成的丘陵和残丘，南北均为大断层所限。地面由西向北东倾斜，海拔 1710—1950m，以兴泉堡一带最低，为盆地出口。盆地内地势较平坦，地面坡度 0.5—1°，广泛分布全新统粉质粘土。盆地西侧老虎山山前坡度稍大，可达 2—4°，为碎石覆盖。冲沟密度较大，常见条带状的洪水干河床，但切割深度仅 0.5—2m。整个盆地呈现为山前倾斜平原地貌景观。

沈家庄盆地：位于米家山北麓沈家庄—周家窑一带，为一小型山间盆地，东西长约 10km，南北宽约 3km。东、南、西三个方向都靠米家山；北侧为上新统构成的丘陵，与盆地内第四系呈断层接触。盆地地势为南高北低，海拔 1680—1850m，地面坡度 1—5°。表面为较厚的黄土状粉土，近山前为碎石。沟谷下切 10—30m，南北向沟谷将地面分割成平割成平缓的垌岗，造成较大的起伏，仅盆地西部沈家庄一带稍平坦。

老城盆地：位于长岭北麓红水堡以西毛牛圈一带（又称毛牛圈盆地），为一山间盆地，地貌景观与沈家庄盆地相似。南面为奥陶系构成的长岭山主峰，北侧向石炭系—三迭系构成的低山，与盆地内第四系均呈断层接触。盆地南北宽约 3km，呈东西向长条状。盆地内地势南高北低，海拔 2000—2200m，地质坡度为 3—6°，表层为较厚黄土状粉土。近期受长岭山强烈上升的影响，沟谷下切，切割深度 10—30m，使盆地地形起伏较大，近南北向冲沟切割形成的平坦的垌岗地形发育。

## （2）断拗盆地（V<sub>2</sub>）

分布于老虎山，长岭山之间的杨家庄—寺滩—条山—芦阳一带，通称寺滩—芦阳盆地。盆地南侧与老虎山呈断层接触，沉降幅度较大，向北基底逐渐抬起。盆地呈山前倾斜平原，地形由南向北东方向倾斜，海拔 1600—2400m，地表水均汇入盆地北面长岭山

前条山大沙河，最终经芦阳、响水泄入黄河。盆地表层由全新统粉质粘土构成，厚 0.5—3m，以下为碎石与粉质粘土互层。地面平坦，坡度 0.5—2°。洪积扇裙分布，因而地形坡度较大，为 2—4°。洪积扇上往往发育一些条带状冲沟，切割深度均不大，为 1—3m，宽约 20—100m，沟床内堆积洪积碎石。

#### 6. 侵蚀堆积平原（VI）

侵蚀堆积平原指河谷、沟谷平原，主要分布于黄河沿岸。黄河大部分为峡谷，仅在老龙湾、常窑子、车木下、五佛等地有小型串珠状宽谷，为河谷平原。一般有六级阶地，一、二级阶地为内迭阶地，具有二元结构，表层为粉质粘土，下为圆砾，高出黄河水面 3—15m，地势较平坦。三级以上为基座阶地，高出黄河 30—90m，由于冲沟切割，保存多不完整。上述河谷平原以五佛一带最大，长约 10km，宽 2.5—3km，近山前沟口处分布有小型洪积锥。

此外，脑泉沟、响水沟、正路堡沟等较大的沟谷内，也分布有阶地，一至三级阶地较为发育，一、二级阶地为内迭嵌入阶地，具二元结构，表层为粉质粘土，下部为圆砾，厚 10 余米，是沟谷内赋存地下水的主要地段。三级以上为基座阶地，也具有二元结构，堆积有粉质粘土、圆砾层。各级阶地均呈条带状沿沟分布。

## 2.4 区域地层

景泰县出露地层较全，从老到新有：寒武系、奥陶系、志留系、泥盆系、石炭系、二迭系、三迭系、第三系、第四系等，缺失侏罗系、白垩系。分述如下：

#### 1. 寒武系（C）

仅见寒武系中统，主要分布于东北部及南部，南北岩性差异较大。北部出露于甘塘以南的红山—地尚山、黄河黑山峡一带。岩性为灰绿色变质砂岩、千枚岩、板岩、板岩夹深灰色硅质灰岩、灰岩及硅质岩等，厚 1460m，为一套浅海相碎屑岩建造，经受浅变质。泥盆系、下石炭系、第三系等地层不整合其上。

南部出露于石青洞、天池岘一带。岩性为绿色、灰绿色凝灰岩、安山凝灰熔岩及黑灰色、褐色千枚岩、板岩、变质砂岩、硅质岩及少量结晶灰岩，属浅海相碎屑岩—火山岩建造，也经受浅变质作用。火山活动以中酸性喷发为主。厚度大于 1465m。

#### 2. 奥陶系（O）

南北出露地层不同，北面仅出露下奥陶统（ $O_1$ ），分布于长岭山及寺滩以北猎虎山一带。岩性为灰绿色、褐灰色变质砂岩、千枚岩夹硅质岩、灰岩等。岩性较稳定，为一套浅海相碎屑岩和硅质岩建造，经浅变质作用。与上泥盆系不整合接触。

南部出露中上统（ $O_{2-3}$ ），见于老虎山、马厂山、米家山及福禄水等地，近乎东西向分布，与上泥盆系为不整合接触。

南部出露中、上奥陶统（ $O_{2-3}$ ），见于老虎山、马厂山、米家山及福禄水等地，近乎东西向分布，与上泥盆系为不整合接触，在老虎山、米家山南侧以冲断层与泥盆系、石炭系、二迭系接触。其岩性为灰绿、灰褐、灰黑色变安山岩、变安山玢岩、变英安玢岩及同质凝灰岩、变流纹英安凝灰岩、硅质岩、凝灰质砂岩、变质砂岩、千枚岩等，并有少量大理岩及碧岩。此岩系火山岩发育，岩性岩相变化较大，属火山岩和海相碎屑建造。厚度大于 3716m。在老虎山、米家山一带有加里东期中基性火成岩顺层侵入。

### 3. 下志留系（ $S_1$ ）

仅出露于工作区南半部，分为两个带：南带于正路—三台井—赵家水及宋家梁一带，出露面积较大，仅县域内 900  $km^2$ ；北带于老虎山北麓，出露面积约 100 余平方公里。

下志留系与中寒武系接触关系不清。县域内呈断层接触；与中上奥陶系为整合接触，与上覆的上泥盆系或中、下泥盆系均呈不整合接触。岩性主要为灰绿色变质砂岩、千枚岩、其次为凝灰质砂岩、千枚状板岩、千枚状粉砂岩、板岩等。老虎山一带出现少量变玄武岩、变安山岩、变安山凝灰岩等中基性火山岩，岩层经浅变质作用，具有复理式建造，常见韵律组合出现。韵律自下而上由砂岩到粉砂岩或由砂岩(粉砂岩)到千枚岩。岩性横向变化大。厚度大于 3861m。

### 4. 泥盆系（D）

分为中、下泥盆系（ $D_{1-2}$ ）及上泥盆系（ $D_3$ ）。

中、下泥盆系出露于老虎山、米家山以北地区，主要分在阳凹山、响水以东及毛牛圈以北等地。底部为紫红色砾岩，分选差，砾石磨圆度较好，胶结好。下部为紫红色砾岩、砂岩、粉砂岩。上部为紫红色砂岩。在红砂岬、小营盘水、响水等地上部夹有杏仁状玄武岩、玄武玢岩，下部夹灰岩、泥灰岩。厚度 262—1355m。与下伏奥陶系或志留系呈不整合接触。

上泥盆系沙流水组，主要分布于响水东南岬湾一带，苦水沟将台以北、石洞井以北

红水堡、寺儿滩北部、楼房山和正路堡南等地也有零星分布。往往与下石炭系伴随出露，多呈带状。岩性单一，为紫红色砂岩、粉砂岩夹泥质粉砂岩，底部具不稳定砾岩。厚度一般不大，为 44—104m。与下伏中、下泥盆系、志留系、奥陶系不整合接触，在大断层附近，岩层受挤压，形成褶曲或倒转。

### 5. 石炭系 (C)

分布于寺滩以北及县域东北部，响水以东及正路、福禄村等地也有少量出露，多呈不规则的条带状。下统分前黑山组 ( $C_{1q}$ )、臭牛沟组 ( $C_{1c}$ )，中统为羊虎沟组 ( $C_{1y}$ ) 及上统太原组 ( $C_{1t}$ )。

前黑山组，分布于北部及东北部的黑山、地尚山一带，为一套浅海—泻湖相沉积。岩性上部为灰色石英砂岩、页岩夹灰岩、钙质粉砂岩，并夹菱铁矿结核，中下部为砂岩、粉质砂岩夹灰岩及石膏，底部有砾岩。厚 19—101m。

臭牛沟组，分布于正路、福禄村、寺滩以北及响水以东等地，为一套浅海相沉积。岩性为中—厚层状灰岩夹砂岩、页岩，底部往往有石膏。寺滩以北及红水堡等地，臭牛沟组几乎全部是灰岩，底部夹石膏。灰岩岩性相对较柔软，受构造挤压后，常形成许多小型褶曲。五佛以北则为灰岩和砂岩，局部以砂岩为主。厚 51—127m。在红水堡、黑山等见与前黑山组呈整合接触，在其他地区为连续沉积。

羊虎沟组及太原组 ( $C_{2y+3t}$ )，下部为灰色、灰褐色砂岩、石英砂岩、粉砂岩、页岩互层，夹泥灰岩。上部为炭质页岩、页岩、砂岩、薄层灰岩夹煤层，为一套海陆交互相含煤建造。岩性较稳定，与臭牛沟组为连续沉积。厚度大于 300m。

### 6. 二迭系 (P)

二迭系出露完整，往往与石炭系相伴出露，呈不规则带状分布。分下统大黄沟群和上统窑沟群。

大黄沟群 ( $P_{1dh}$ ) 岩性为灰绿、紫红、黄灰等杂色中、粗粒砂岩及泥质粉砂岩、细砂岩，呈互层状，厚 330—450m。与石炭系呈整合或假整合接触。

上二迭系窑沟群 ( $P_{2yg}$ ) 岩性为紫红色、灰紫色中—粗粒砂岩夹粉砂岩、泥岩或细砂岩，厚 329—400m。与下二迭系为整合接触。

### 7. 三迭系 (T)

三迭系出露完整，分布面积较广，主要见于五佛以北及马石山以南地区，老虎山和

长岭山的南、北麓以及条山等地也有零星出露。分为中、下统和上统延长群。

中、下统 ( $T_{1-2}$ ) 岩性为浅紫灰、浅紫红、灰白、灰色厚层中、粗粒长石、石英砂岩、细砂岩、夹厚层含砾粗砂岩及薄层泥岩, 底部砂岩中含钙质结核。与下伏二迭系整合接触。厚 296—445m。

上统延长群 ( $T_{3yn}$ ) 岩性为灰绿、浅灰黄、灰黑色中—厚层细粒砂岩夹褐色粉砂质页岩、炭质页岩及紫红、褐黄色页岩, 顶部夹薄煤层, 中下部常见厚层粗砂岩, 底部多为不稳定的含砾粗砂岩。厚 595m。

## 8. 侵入岩

侵入岩均为加里东晚期, 自超基性岩至中基性均有, 但出露面积不大, 仅分布于老虎山、米家山及猎虎山一带, 侵入于奥陶系、志留系地层中, 以老虎山分岭及其南坡的闪长岩及石英闪长岩体规模稍大。产状多为脉状或为顺层侵入体。侵入岩基本分布在同一构造位置上, 与老虎山北西西向的深大断裂有密切关系。

除侵入岩外, 县域内脉岩比较发育, 从酸性到基性均有, 皆平行于层面侵入于奥陶系、志留系变质岩中, 时代属加里东期, 岩性有变辉绿岩、闪长玢岩、微晶闪长岩、斜长花岗玢岩等。

## 9. 第三系 (N)

县域内出露均为新第三系。分布于脑泉、红岷、红水等地, 构成新生界盆地, 为一套红色陆相建造, 横向和纵向岩性及厚度变化大。分中新统咸水河组和上新统临夏组。

### (1) 中新统咸水河组 ( $N_{1x}$ )

分布于县域东南陶家窑、脑泉、老龙湾、胡麻水等地。划分为四个岩组。总厚度 4165m 以上。

第一岩组: 出露在陶家窑—脑泉—西番窑等地, 以厚层砂岩为主, 夹薄层泥岩及砾岩。颜色多变, 桔红—桔黄—淡黄—灰白—砖红—紫红。泥质胶结, 较疏松。

第二岩组: 出露于米家坝—阎家台—陈家墩—野驴沟—青山一带, 大致呈北北西向分布。岩性为灰黄色、红灰色砂岩、砾岩。颗粒粗, 含漂砾、卵石。

第三岩组: 分布于罗家大圈—周家渣—阎家台—白土崖等地。岩性为土红、桔黄、棕红色泥质、钙质胶结砂岩、含砾砂岩, 夹薄层泥质砂砾岩, 以及若干厚 0.5—1.0m 不稳定的钙质结核层, 钙质结核局部富集成为泥灰岩。

第四岩组：分布在老龙湾—大水砭—白土崖等地。岩性单一，为一套土红、黄灰色角砾岩。厚层状，层理不明显。

## （2）上新统临夏组（N<sub>21</sub>）

上新统分布较广，但出露不全，以红岷、尾泉、芦阳、虹庄、红水堡等地较完整，多见于各构造盆地的边缘。岩性在各盆地稍有不同，但同一盆地内变化不大。厚度各地不一。

红水堡临夏组岩性分上、中、下三套。上部为桔红色泥质砂岩、泥岩和砂质泥岩，厚层状，夹薄层含砾砂岩、次生石膏及含砾泥岩。中部为厚层状砂砾岩、泥质砂岩和含砾砂岩互层。下部为厚层状桔红色砾岩，含钙质结核，局部富集成泥灰岩。

红岷一带出露较广。分布在老虎山以南和虎南山之间的断陷盆地内，为松山—平城盆地的东延部分。在盆地边缘，与老地层为不整合接触或断层接触。岩性上部为桔红、桔黄色泥石、泥质粉砂岩及砾岩。下部为巨厚层状桔黄色、桔红色砂砾岩、砂岩夹不稳定的砾岩及薄层泥岩。产状不缓，倾角一般小于 5°。厚度大于 1000m。

## 10.第四系

### （1）下更新统

分布于大、小红山、牙石头—大石头、火烧沟、兔窝等地，多出露于第四纪盆地边缘，面积达 230 km<sup>2</sup>。为一套厚层状土红色角砾岩。角砾粒径为 0.5—3cm，磨圆度差，多为棱角、次棱角状，成分以紫红色砂岩、灰绿色变质砂岩为主。泥质胶结，胶结中等。向北东东倾斜，倾角为 5—7°。底部有一层钙质砂岩。此套砾岩厚 500 余米，覆于上新统厚层桔红色泥岩之上，两者连续沉积。

下更新统为一套山麓碎屑岩建造，成因为洪积相。

### （2）中、上更新统及全新统

中、上更新统及全新统广泛分布于山前冲洪积阶地、凹陷盆地及南部丘陵地带。

河谷阶地的中、上更新统及全新统：一至三级阶地具有二元结构，下部为砂砾岩，上部覆盖黄土状粉土。四级以上阶地，在砂砾石层之上往往覆盖有黄土，厚度不大，一般 5—15m。

山前冲洪积阶地的中、上更新统及全新统：一、二级阶地均为沟谷阶地。三级以上为洪积阶地，岩性较单一，为碎石，下部多胶结为砾岩，厚度一般小于 10m，表面覆有

很薄（0.2m）的黄土或黄土状粉土。

表 2.4-1 景泰县第四系地层表

| 名称   | 代号                          | 河 谷                        | 山麓丘陵                     | 盆地平原                            |
|------|-----------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------------|
| 全新统  | Q <sub>4</sub> <sup>2</sup> | 一级阶地及漫滩冲积粉质粘土及砂砾卵石，厚 5—15m | 一级沟谷阶地及沟床砾石及粉质粘土，厚 5—10m | 一级阶地及漫滩砾石及粉质粘土 1—10m。风积砂 0.5—3m |
|      | Q <sub>4</sub> <sup>1</sup> | 二级阶地粉质粘土及砾石，厚 5—10m        | 二级阶地砾石及粉质粘土，厚 5—15m      | 二级阶地砾石及粉质粘土，厚 5—15m             |
| 上更新统 | Q <sub>3</sub> <sup>3</sup> | 三级阶地粉质粘土及砾石，厚 5—15m        | 三级阶地粉质粘土及碎石，厚 5—15m      | 四级阶地粉质粘土及碎石，厚 5—25m             |
|      | Q <sub>3</sub> <sup>2</sup> | 风成黄土，覆于四级阶地之上，厚 5—20m      | 风成黄土，厚 0—85m             | 风成黄土，厚 0—10m                    |
|      | Q <sub>3</sub> <sup>1</sup> | 四级阶地冲积砾、卵石，厚 10—20m        | 洪积碎石与粉质粘土互层，厚 35—70m     | 洪积碎石、砂与粉质粘土、粘土互层夹泥砾，厚 20—150m   |
| 中更新统 | Q <sub>2</sub>              | 五级以上阶地冲积砾、卵石，厚 10—20m      |                          |                                 |
| 下更新统 | Q <sub>1</sub>              |                            | 洪积砾岩，厚 50—500m           | 洪积砾岩，厚 5—130m                   |

断（凹）陷盆地及其边缘的第四系：景泰地区新构造运动较强，断（凹）陷盆地内堆积了巨厚的第四系。长岭山北麓老城盆地（地堑式断陷）为一大巨厚灰绿色泥质砂碎石与黄土状粉土互层，厚度大于 300m。兴泉盆地，下部灰色角砾岩，中部黄土状粉土与泥质碎石互层，上部土黄色黄土。沈家庄盆地：位于米家山北麓，堆积了巨厚的碎石与黄土状粉土互层。寺滩—芦阳盆地为第四系凹陷盆地，下部为角砾岩，上部为碎石与黄土状粉土互层。兴泉盆地为断陷盆地，南北两侧第三系及老地层均有出露，与第四系呈断层接触，第四系为碎石与黄土状粉土互层，东部厚度 50—160m，西部厚度大于 400m。白墩子盆地属断陷盆地，南北两侧均为断层，第四系岩相变化较大，西部为碎石夹薄层砂及粉质粘土，东部为含砾中细砂，夹薄层黄土状粉土，中部颗粒变细，为黄土状粉土、黄土状粘土互层，夹碎石或砂层，盆地中心以粉质粘土为主，西部厚度大于 700m，向东变薄仅 20—100m。

2.5 区域地质构造

景泰县属祁连山褶皱系东段，以老虎山—米家山北麓的深大断裂为界跨越河西走廊过渡带及北部祁连褶皱带，主构造线走向北西西（见图 2.5-1）。

由北向南依次划分为：河西走廊东段新拗陷、长岭山复背斜、景泰迭拗陷、毛毛山

—老虎山复向斜东延部分、平城—靖远迭拗陷、马雅山复向斜东延部分（表 2.5-1）。

表 2.5-1 景泰县构造单元分级划分表

| I     | II     | III        | VI        |
|-------|--------|------------|-----------|
| 祁连褶皱系 | 走廊过渡带  | 走廊东段新拗陷    | 漫水滩新凹陷    |
|       |        | 长岭山复背斜     | 长岭山褶皱束    |
|       |        |            | 营盘水褶皱束    |
|       |        |            | 老城凹陷      |
|       |        |            | 白墩子凹陷     |
|       | 北祁连褶皱带 | 景泰迭拗陷      | 草窝滩凹陷     |
|       |        |            | 寺滩—芦阳凹陷   |
|       |        | 毛毛山—老虎山复向斜 | 老虎山—米家山凸起 |
|       |        |            | 兴泉凹陷      |
|       |        |            | 沈家庄凹陷     |
|       |        | 平城—靖远迭拗陷   | 红岷凹陷      |
|       |        |            | 脑泉凹陷      |
|       |        | 马雅山复向斜     | 三台井—宋家梁凸起 |

1.漫水滩新凹陷

属走廊东段新拗陷的一部分，为第四纪凹陷，景泰县涉及凹陷南缘。基底为上古生界—中生界，埋藏不深，一般仅 30—50m，向北逐渐变深，常见基岩组成的岛状残丘。凹陷南侧为长岭山—香山北麓大断裂，断层以南为中低山，以北为戈壁滩，地貌差异极为显著。沿断裂带常见下古生界与上古生界、新生界呈断层接触。

2.长岭山复背斜

由寒武系、奥陶系类复理石建造组成的背斜轴，岩浆活动较弱，仅在猎虎山有一岩珠。次级构造有：长岭山褶皱束、营盘水褶皱束、老城凹陷和白墩子凹陷。

（1）长岭山褶皱束

位于景泰县西北，县域内涉及长岭褶皱束东部，由奥陶系构成背斜轴，向东分为向支背斜延伸入泥盆系—三迭系组成的盆地，其北翼以断裂与漫水滩新凹陷衔接，南翼与景泰迭拗陷相连。

（2）营盘水褶皱束

位于景泰县东北部，基底由下古生界寒武系构成，上覆上古生界—三迭系地层，构成一系列向斜、背斜，向西收敛。

### （3）老城凹陷

位于长岭山北麓毛牛圈一带，宽仅 2—5km，呈东西走向，南北两侧均为断层，属断陷山间盆地。县域涉及其东段。盆地内堆积巨厚新生界地层。

### （4）白墩子凹陷

位于长岭山褶皱束和营盘水褶皱束之间，面积约 300 km<sup>2</sup>。凹陷南北均为断层，属新生代断陷盆地，堆积了较厚的第三系和第四系。盆地西侧大红山山麓一带上新统构成单斜构造向东倾斜，下更新统覆于其上。近山麓下更新统倾角较大，为 16°，向东逐渐变缓，一般仅 3—5°。推测盆地为一舒缓的向斜构造，向斜轴向近于东西。

## 3. 景泰迭拗陷

夹于长岭山—老虎山—香山(靖远)之间的山间盆地。沉积了巨厚的泥盆系—三迭系。分二个凹陷盆地。

### （1）草窝滩凹陷

包括小营盘水—草窝滩一带，面积约 280 km<sup>2</sup>。新生界不甚发育，仅盆地东半部有第三系分布，厚度一般小于 100m，西半部只有第四系，厚 20—30m。局部地段泥盆系—三迭系构成残丘。

### （2）寺滩—芦阳凹陷

为老虎山、长岭山之间的山间凹陷，大致呈北西西向展布，面积约 600 km<sup>2</sup>。凹陷南侧以毛毛山—老虎山深大断裂与老虎山凸起相接，北面为长岭山褶皱束。盆地内第四系较为发育，西部及南部厚达 300 余米，向东、向北基底逐渐抬升，至芦阳、条山一带厚仅 10—30m。第三系仅分布在东梁—芳草—大席滩一线之东南，一般厚 100 余米。

## 4. 毛毛山—老虎山复向斜

横贯于景泰县中部，呈北北西向展布。属于毛毛山—老虎山复向斜的东延部分。由下古生界浅变质岩及火成岩组成。北侧以深大断裂与走廊过渡带分界，深大断裂以南属北祁连褶皱。进一步划分：

### （1）老虎山—米家山凸起

由中、下奥陶系及下志留系浅变质岩及火山岩组成，构成老虎山—米家山主体，南

北两侧均以断裂与山前凹陷分开。北西西走向。

### （2）兴泉凹陷

位于毛毛山—老虎山深大断裂带上，南北被断裂控制，为更新世以来断裂重新活动形的山间地堑式的断陷盆地。盆地长轴方向与区域构造方向一致，呈北西西向。基底为奥陶系及第三系。盆地北侧以高角度逆冲断层与盆地肉质第四系接触，断距约 100—200m。盆地南侧为上古生界及中生界地层，与盆地第四系也呈断层接触。凹陷盆地内堆积了较厚的更新统砾石，为地下水的赋存提供了良好的条件。

### （3）沈家庄凹陷

其构造部位与兴泉盆地相似，也有深大断裂带上，为更新世以来的断层复活形成的山间断陷盆地。面积仅十余平方公里。盆地长轴方向与大断裂一致，为北西西向。更新世以来沉积的黄土状土及碎石厚约 180—200m，构成了良好的储水有钱能构造。盆地北侧第三系以高角度逆断层覆于全新统之上。盆地南侧也见第三系。

## 5. 平城—靖远迭拗陷

全于老虎山—米家山和虎南山—宋家梁之间，为石炭纪以来的拗陷盆地。在老的拗陷基础上堆积了巨厚的中新统和上新统，并分为红岷凹陷和脑泉凹陷。

### （1）红岷凹陷

为老虎山南麓平城凹陷的一部分，位于县域东部。凹陷北侧以断层与老虎山相接。凹陷内为上新统构成的向南倾斜的单斜构造，岩层倾角较缓，山前为 5—10°，盆地内一般小于 5°。盆地前第三系基底自西向东有抬高趋势，第三系厚度可达 1000m。盆地南侧兔窝一带见下更新统覆于上新统之上。

### （2）脑泉凹陷

位于米家山—宋家梁之间，为靖远凹陷的西北延伸部分。北侧中新统与上古生界—中生界呈断层接触，南侧中、上新统不整合于下古生界之上。盆地内中新统厚达 4000 米，构成向北倾斜的单斜构造，倾角 10—25°，局部地段形成小背斜、向斜。盆地东部尾泉及西南部甜水井等地，有不厚的上新统发育；火烧沟一带还有下更新统分布，构成舒缓向斜构造。盆地西南部中新统变薄，局部地段寒武系基底出露地表。

## 6. 马雅山复向斜

马雅山复向斜是北祁连褶皱带的主要部分，是由下古生界及火山岩组成的复式褶皱，

景泰境内为马雅山复向斜东端三台井—宋家梁凸起。该凸起由寒武系、奥陶系、志留系变质岩构成，以志留系分布最广。区域构造线走向近东西向，至宋家梁一带转为北西向。

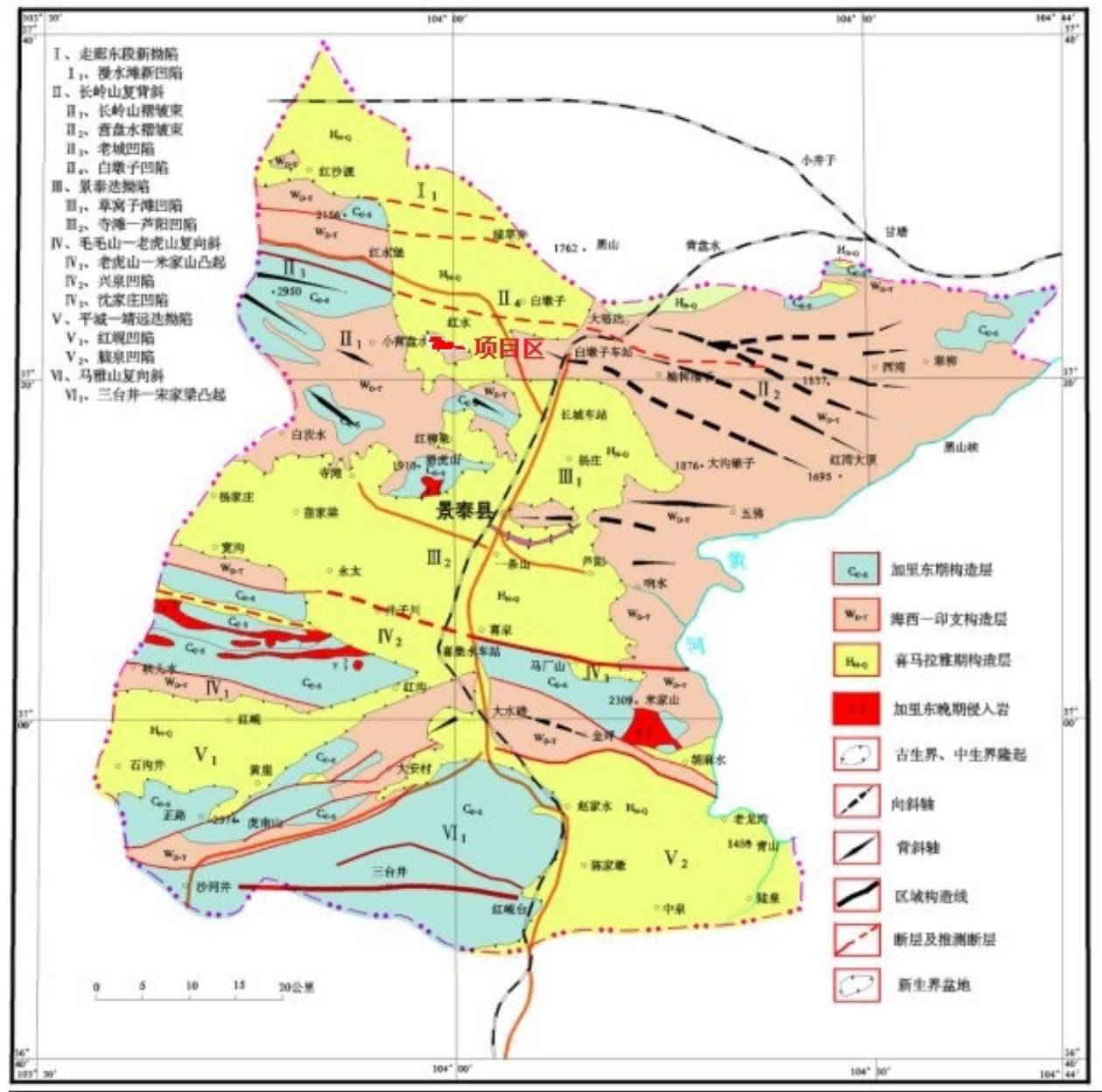


图 2.5-1 景泰县地质构造纲要图

2.6 新构造运动及地震

新生代以来景泰县域内，新构造运动比较活跃，特别是第四系以来表现非常明显，活动方式以区域不均衡升降动为继承性的沿老构造线活动，通常表现为山区长期上升，山前地带及河谷地带震荡上升，山前平原及山间盆地沉降以及褶皱、断裂、地震等。

中、上更新统及全新统的褶皱较多，在断层附近不均匀上升产生一些翘起，形成缓单斜构造。

新构造运动的断裂活动较强，断陷盆地边缘断层活动的断距达数百米。断层活动具有继承性，有的至今仍有活动，如：兴泉堡—沈家庄断层，1920 年 12 月 16 日海源大地震时曾发生显著错动，景泰烈度达 8 度，以后每几年有一次小震。大地震时沿断层线房屋倒塌最多，并形成平行于断层的宽约 0.3—0.5m 的裂缝。在沈家庄西北上新统逆于全新统砾石之上断层泥有烘烤现象。断层带附的砾石排列，往往具有大致平行于断层的方向性。

自一九五四年以来，景泰多次地震沿东经 104°线左右分布。

毛毛山—老虎山断裂是青藏高原北部边缘地区最著名的昌马-祁连-海原断裂带的组成部分。昌马-祁连-海原断裂带是青藏高原北部最重要的一条弧顶指向北东的巨型弧形断裂带，也是一条强震活动带。1920 年海原 8.5 级，1927 年古浪 8.0 级和 1932 年昌马 7.6 级等大震都发生在该弧形断裂带上。这些 7 级以上大震均属于构造地震。景泰 1990 年 10 月 20 日 6.2 级地震发生于该断裂带上。近年景泰境曾发生多期 4-6 级地震，2000 年 6 月 6 日 5.9 级地震，经济损失评估为 7000 万元。

勘察区内未发生过大地震，上述震区也距离勘察区较远，主要来自周边地区震感的影响。就勘察区而言，经查阅中国五代断裂图北部分布的 1 条全新世白墩子东西向断裂距离勘察区约 2.5km，南部分布的 1 条全新世老虎山东西向断裂距离勘察区约 33km，对工程影响都不大。

## 2.7 区域水文及水文地质条件

黄河是景泰县唯一的一条过境河流，由尾泉入景泰，途经县境东界龙湾、索桥、五佛、翠柳等地，由北长滩下五龙旋口出县境，流入宁夏中卫。黄河景泰段沿途多峡谷，最宽处在五佛滩，汛期水面宽 800m，峡谷段水面 100—200m。县境流程全长 110km，流域面积 4224km<sup>2</sup>。五佛上游 80km 处靖远安宁渡水文站和下游 100km 处中卫下河沿水文站资料：黄河过境年平均流量 993—1040m<sup>3</sup>/s，年径流量为 315—328×10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>。黄河多年平均含沙量 5kg/m<sup>3</sup>，最大含沙量 380kg/m<sup>3</sup>（1959 年 8 月 3 日）。年输沙量 4700—43000×10<sup>4</sup>t。输沙量最大为 6—9 月，占全年 90%以上。黄河水质受上游污染较大，属淡水，矿化度小于 0.4g/l。

其它河流均属间歇性河流，多被称为沙河，有 43 条，总长度 542km。主要有脑泉沟、胡麻水沟、响水沟、冬青沟、老虎沟、雷家峡沟、正路沟。长岭以北属内陆水系，较大

的有红墩子沟、小营盘水沟、红沙峁沟等，其它汇入黄河。受大地构造和地形地貌的决定，境内沙河洪水及地下水排泄不畅，受干旱区强烈蒸发作用，水质一般具有较高矿化度，并形成多处盐渍化土地，上世纪 60 年代开始开展了大规模盐渍化治理，草窝滩及芦阳河排碱水总流量约 100—200L/s。

景泰县气候干燥，地形地貌与地层岩性差异较大，水资源分布极不均匀，由于临近黄河，各类引水数处，黄河提灌工程：大型二条，小型八条。景电一期工程年提取黄河水量  $1.4\times10^8\text{m}^3$ 。景电二期年提取黄河水量  $5.6\times10^8\text{m}^3$ 。

### 3.场地工程地质条件评述

#### 3.1 地形地貌

勘察场地地处剥蚀构造低中山区，高程介于 2500~2650m 之间，相对高度约 160m，微地貌特征表现为山脊风化剥蚀作用明显，基岩裸露，植被稀少，外侧山坡陡峻，坡度一般在 26~65°之间。本项目属陆上风电场，项目占地面积大，风电塔位相对分散，都位于山体顶部（照片 3.1-1）。



#### 3.2 地层结构及岩性

根据勘探揭露及地质调绘，在勘探深度范围内场地地层主要为奥陶系基岩，地层岩性主要为奥陶系中统车轮沟群上组第一亚组灰绿色变质砂岩，地层岩性及分布特征综述如下：

①层变质砂岩（O<sub>2</sub>ch<sup>2a</sup>）：奥陶系中统车轮沟群上组地层，在 3 个风电机组勘察场

地内均揭露到该层，揭露厚度 5.2~5.6m，呈强~中风化状态，岩性主要特征为：

①-1 层强风化变质砂岩（O<sub>2</sub>ch<sup>2a</sup>）：灰绿色，揭露厚度约 1.4~1.6m，层顶高程 2512.25~2656.32m。细粒结构，片理构造，主要成分是石英和长石，岩质较硬，强度一般，岩体完整性较差，岩芯多呈块状及碎块状，原岩组织结构部分破坏，主要结构面结合较差，较破碎，矿物色泽变化较为明显，属软岩，岩芯采取率 80%-90%，RQD 为 80-85%，岩体基本质量等级为V级。地表部分受风化剥蚀作用，分布有 20~40cm 灰黑色残积土混碎岩块。

①-2 层中风化变质砂岩（O<sub>2</sub>ch<sup>2a</sup>）：灰绿色，揭露厚度约 3.6~4.2m，层顶埋深 1.40~1.60m，层顶高程 2510.75~2654.92m。细粒结构，片理构造，主要成分是石英和长石，岩质较硬，强度较高，岩体完整性较好，岩芯多呈短柱状、柱状，致密坚硬，岩芯锤击后断裂有回弹，较难击碎，原岩组织结构小部分破坏，属较软岩。岩芯采取率 90%-95%，RQD 为 90-93%，岩体基本质量等级为IV级。

### 3.3 场地水文地质条件

#### 3.3.1 含水层类型及特征

勘察区根据含水层介质的不同及地下水的赋存形式和水动力条件，地下水类型可划分为松散层孔隙水与基岩裂隙水两类。

##### （1）孔隙水

含水层为第四系全新统坡残坡积的碎石土，分布于斜坡的浅表层，土体孔隙大，透水性强，富水性弱，长期处于干枯状态，水位随季节变化较大，无正常水位线，雨季水位上升，枯季水位下降，主要接受大气降雨补给。

##### （2）裂隙水

勘察区内裂隙水含水层为奥陶系中统变质砂岩地层，裂隙水主要赋存于下伏砂岩裂隙和风化带中，含水层渗透性、连通性好，主要接受上部松散层和大气降雨的入渗补给。据区域资料地下水径流模数 2~4L/s.km<sup>2</sup>，富水性中等。

#### 3.3.2 地下水补给、径流、排泄特征

勘察区处于低中山顶部，总体属地下水属补给区。浅层分布的松散层孔隙水主要接受大气降水和冰雪融水补给，其受地形地貌的控制，季节变化明显，该类地下水的连通

性和透水较差,动态变化大,地下水运移途径短,大部分在地形低凹处以散流形式排泄,部分直接补给下伏砂岩风化裂隙水。而奥陶系砂岩风化裂隙水,主要接受周边远场和大气降雨、冰雪融水补给,部分接受上部地松散层孔隙水补给,以岩体裂隙为赋存、连通、运移空间,沿地下孔隙、裂隙通道向沟谷下游排泄。

### 3.3.3 水文地质结构特征

依据勘察区地形地貌条件,将区内划分构造剥蚀低中山斜坡区和沟谷区二个水文地质结构单元进行分述:

#### ①构造剥蚀低中山斜坡区

分布于勘察区整个地段,山坡地形坡度一般 $26^{\circ}\sim 65^{\circ}$ ,含水层主要由砂岩地层组成,地下水类型主要为基岩裂隙水,其次为斜坡浅表的孔隙水。孔隙水富水性弱,多以孔隙潜水的形式赋存于松散层中,旱季疏干。裂隙水含水层中导、储水空隙以节理裂隙、构造裂隙为主,地下水主要接受大气降水和冰雪融水补给,主要以节理裂隙为运移通道,多呈隙流状,水流不通畅,以散状泉点向沟谷低洼带分散排泄,成线状分布,季节动态变化大。

#### ②沟谷区

分布于勘察区各山脊间,该区地下水类型主要为孔隙水,地下水赋存于沟谷冲洪积砂砾碎石层中,富水性较强,主要接受大气降水补给,其次为地表水体补给,季节变化明显,动态变化大,受地形地貌控制,地下水运移途径短,向低洼处及下游排泄,与山前洪积扇地下水有直接的水力联系。

本次勘察各勘探孔在 5.60m 以浅都未见到地下水,勘察区各沟谷内也未见到溪流。仅在勘察场地山体高处阴坡见到少量积雪存留。

## 3.4 不良地质作用

据区域地质资料及本次勘察结果,场地内及外围附近无第四系活动断裂,勘察区内未见滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷及地裂缝等不良地质现象。

勘探期间场地内未发现埋藏的墓穴、防空洞、孤石等对工程不利的埋藏物,但场地位于基岩山体顶部,地形高差变化较大,后期应考虑局部陡坡地段因修建风电场道路而造成局部基岩崩塌、垮塌、岩体滑坡对施工的影响。

根据建设项目等级、性质及场地情况，可由建设单位及主管部门决定是否需要进行建设场地的地震安全性评价及地质灾害危险性评估，若须进行上述工作，有关参数及结论应以提交的相应正式报告为准。

3.5 岩体工程地质类型及物理力学特征

勘察工程场地位于基岩低中山地貌单元，区内岩体类型简单，岩相单一，主要为软弱至半坚硬灰绿色变质砂岩，风化剥蚀较为强烈，大面积裸露。该区域内基岩可直接利用，地基土工程性质良好，属于均匀地基，可作为风电机组塔位天然地基持力层。

4. 岩土参数统计

4.1 岩石物理力学性质指标及岩体质量分级

本次勘察对①变质砂岩，通过钻孔内岩芯采取岩石样，共取样 3 组，进行室内岩石物理力学性质试验，试验结果详见“岩石物理力学性质试验成果报告表”（附表）。试验成果表明：

①变质砂岩，饱和状态下单轴抗压强度介于 8.65~35.30MPa 之间，平均值为 22.35MPa，属较软岩。根据钻探岩芯鉴别，除层面外，结构面较破碎，其完整性程度为较破碎。根据《岩土工程勘察规范》（GB50021-2001 2009 年版）及《工程岩体分级标准》（GB/T52018-2014），综合判定为较软岩，基本质量等级为IV级。

4.2 岩土体电性测试

为了解拟建场地浅部分布的地基土的岩土体点电性，本次勘察在基岩裸露区选取了 1 个地层典型代表点，采用电测深法进行了岩土体电性测试，测试深度布 0-20m。

测试表明：场地内砂岩视电阻率变化范围 60—140Ω·m，视电阻率推荐值 85Ω·m。统计数据见表 4.2-1。

表 4.2-1 电阻率建议值统计表

| 地层编号 | 岩（土）名称 | 电阻率变化范围 | 电阻率推荐值 |
|------|--------|---------|--------|
|      |        | （Ω·m）   | （Ω·m）  |
| 1    | 砂岩     | 60—140  | 85     |

## 5.场地岩土工程评价

### 5.1 场地地震效应评价

#### 5.1.1 建筑场地类别

勘察场地地层主要由奥陶系变质去砂岩组成,依据《建筑与市政工程抗震通用规范》(GB55002-2021)的第 3.1.3 条规定,风电机组塔位场地覆盖层厚度小于 5m,场地的等效剪切波速在  $500 \geq V_{se} > 250\text{m/s}$ ,可划分为 $I_1$ 类工程场地。

#### 5.1.2 场地抗震地段的划分

本次勘察 3 个风电机组塔位场地均位于山体顶部,场地周边山体斜坡坡度较大,因此,按照《建筑与市政工程抗震通用规范》(GB55002-2021)的第 3.1.2 条相关规定,结合场地工程地质及环境地质条件,综合考虑,将本场地划分为抗震不利地段。

#### 5.1.3 场地地震参数

根据甘肃省地方标准《建筑抗震设计规程》(DB 62/T 3055-2020)、《建筑与市政工程抗震通用规范》(GB55002-2021),项目场地所处的景泰县上沙沃镇抗震设防烈度为 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。

场地内无饱和砂土层分布,在现状条件下,场地内无液化土。若该场地须进行地震安全性评估,则场地地震效应结论应以地震单位提供的资料为准。

### 5.2 场地稳定性评价

拟建场地内及周边无活动断裂发育,构造稳定;拟建场地抗震地段划分为不利地段,为最先满足“稳定性较差场地”的制约因素。综上,拟建场地应划分为稳定性差场地。

### 5.3 场地适宜性评价

项目场地原始地貌为构造剥蚀基岩低中山,基岩埋藏浅,可直接利用,地基土工程性质良好。综合评价,将建设场地划分为较适宜的工程建设区。

### 5.4 地基土腐蚀性评价

因场地土体厚度薄(分布有 20~40cm 灰黑色残积土混碎岩块),不利于易溶盐富

集,场地土腐蚀性微,且工程施工时表层土体将全部清除,土的腐蚀性对工程影响不大。

5.5 场地土均匀性评价

拟建项目场地地貌单元属基岩低中山,场地地基土在水平向及垂向上勘探深度内为变质砂岩。场地底部基岩层位稳定,上部地层分布连续,层位稳定,层面平缓,厚度变化不大,属于均匀地基。

5.6 场地土冻胀性评价

勘察区标准冻土深度为 113cm。场地内季节性冻土主要为细粒粉土。冻土深度内,场地内未见地下水,根据《建筑地基基础设计规范》(GB50007—2011)附录 G 表 G.0.1,场地地基土冻胀等级为I级不冻胀,对场地构(建)筑物基础影响不大。

5.7 场地土工程特性初步评价

场地内地基土:

①-1 层强风化砂岩 (O<sub>2</sub>ch<sup>2a</sup>): 属软岩,表层受风化剥蚀作用较为强烈,岩体完整性较差,岩体破碎,工程性质一般,可作为拟建构(建)筑物基础持力层。

①-2 层中风化砂岩 (O<sub>2</sub>ch<sup>2a</sup>): 属较软岩,岩体完整性较好,工程性质相对较好,层位较稳定,是拟建构(建)筑物良好的基础持力层。

5.8 地基岩土承载力与变形指标确定

根据室内试验成果和原位测试结果,参照《工程地质手册》第五版,结合地区经验,考虑后期场地环境条件的变化,提出场地内各主要地基岩土层的承载力及变形参数建议值如下,承载力特征值记为  $f_{ak}$ ,变形模量记为  $E_0$ ,压缩模量记为  $E_s$ :

|            |                         |                    |
|------------|-------------------------|--------------------|
| ①-1 层强风化砂岩 | $f_{ak}=600\text{ kPa}$ | $E_0=40\text{MPa}$ |
| ①-2 层中风化砂岩 | $f_{ak}=1000\text{kPa}$ | $E_0=80\text{MPa}$ |

6.地基基础方案初步论证

6.1 浅基础

本次勘察 3 个风电塔位,地层岩性主要为奥陶系变质砂岩,覆盖层厚度薄,砂岩埋藏浅,可直接选用①-2 中风化变质砂岩为基础持力层,采用浅基础型式,推荐采用筏板

基础。

## 6.2 场地整治、治理岩土工程措施

### （1）场地内土、石工程分级

根据场地钻孔、现场调查以及《公路工程地质勘察规范》（JTJ C20-2011）附录 J “土、石工程分级（表 J-1）”，拟建工程场地内分布的①-1 层强风化砂岩属Ⅳ级软石；①-2 层中风化砂岩属Ⅴ级次坚石。对于部分Ⅳ级软石以及Ⅴ级次坚石以上的岩体，均需采用爆破开挖。

### （2）场地整治岩土工程措施建议

本工程场区周边现状多为原始基岩山体，场区在进行二次土方平衡过程中建议尽可能保持挖方边坡的稳定，减少水土流失，应使最终坡面具有安全坡度，必要时采取分级削坡、坡脚设置挡土墙、坡面设置格栅状浆砌块（片）石护面、坡顶设置截排水沟的综合措施。边坡达到危大规模的范畴时，应进行专项设计和监测。

## 6.3 基坑开挖与支护建议

本工程场地需进行基坑开挖，建筑物基础埋深约 4.0m，基坑开挖深度内的地层主要为①-1 强风化变质砂岩和①-2 中风化变质砂岩，工程场地开阔，具备足够放坡条件，经稳定性验算后，可采用安全坡率放坡开挖，放坡坡率可为 1:0.5~1:0.75。

基坑开挖深度内的地层主要为①-1 强风化变质砂岩和①-2 中风化变质砂岩，挖方范围内岩层为Ⅳ级软石以及Ⅴ级次坚石以上的岩体，均需采用爆破开挖。

## 7.安全施工专项说明

### 7.1 安全生产相关法律法规、规范及标准

- （1）《中华人民共和国安全生产法》；
- （2）《中华人民共和国建筑法》；
- （3）《生产安全事故报告和调查处理条例》；
- （4）《建设工程质量管理条例》；
- （5）《建设工程勘察设计管理条例》；
- （6）《建筑施工安全规范》；

(7) 《危险性较大较大的分布分项工程安全管理规定》。

## 7.2 安全专项说明

(1) 施工前应核实地下管线及周边建（构）筑物分布情况，评估下管线及周边建（构）筑物与本工程施工的相互影响的关系，研究确定保护措施，应急方案，制定切实可行的施工方案。

(2) 在施工时要对道路进行封闭，进行围挡，并设有明显的标志，确保施工人员及其它人员的安全。

(3) 对基坑要进行沉降及变形观测，便于对出现基坑边坡的出现的安全问题能及时解决。

## 7.3 地质风险及防治措施

根据场地整平标高，本工程场地主要为挖方工程带来的地质风险，场地挖方厚度小于 4.0m，采用安全坡率法放坡，相对地质风险较小，根据勘察结果，挖方范围内土层为 IV 类 IV 级软石以及 V 级次坚石。

(1) 项目区土方工程量不大，挖方工程应遵循分期实施、分片作业、循环优化、逐步扩大的基本原则。

(2) 挖方施工过程中，须根据土质确定合理的开挖高度和坡度，确保开挖边坡的稳定与施工安全，片区挖方作业面应尽量集中，最大限度减小对环境的影响。

(3) 挖方施工过程中，应根据岩土的性质确定合理的分层开挖高度和坡度，确保开挖边坡的稳定与施工安全，必要时采取分级削坡、支挡护面及坡顶截排水措施。应尽量避免雨季施工，土方开挖应自上而下进行，不得乱挖、超挖，严禁掏洞取土或负坡取土。

(4) 做好项目施工期水土保持方案，避免水土流失。

## 8. 结论与建议

(1) 勘察场地地处剥蚀构造低中山区，高程介于 2500~2650m 之间，相对高度约 160m，微地貌特征表现为山脊风化剥蚀作用明显，基岩裸露，植被稀少，外侧山坡陡峻，坡度一般在 26~65°之间。本项目属陆上风电场，项目占地面积大，风电塔位相对

分散，都位于山体顶部。

(2) 拟建工程场地地层结构较为简单，根据勘探揭露及地质测绘，场地地层结构主要由：奥陶系上统①-1 层强风化变质砂岩、①-2 层中风化变质砂岩。

(3) 本次勘察未在场址勘探深度内揭露到稳定的孔隙性潜水及基岩裂隙水水位。

(4) 风电机组塔位场地覆盖层厚度小于 5m，场地土的等效剪切波速在  $500 \geq V_{se} > 250$  m/s，可划分为 I<sub>1</sub> 类工程场地。

按照《建筑与市政工程抗震通用规范》（GB55002-2021）的第 3.1.2 条相关规定，结合场地工程地质及环境地质条件，综合考虑，将本场地划分为抗震不利地段。

根据甘肃省地方标准《建筑抗震设计规程》（DB 62/T 3055-2020）、《建筑与市政工程抗震通用规范》（GB55002-2021），项目场地所处的景泰县上沙沃镇抗震设防烈度为 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。

场地内无饱和砂土层分布，在现状条件下，场地内无液化土。

(5) 因场地土体厚度薄，不利于易溶盐富集，场地土腐蚀性微，且工程施工时表层土体将全部清除，土的腐蚀性对工程影响不大。

(6) 拟建工程场地地基土承载力及变形设计指标可采用 5.8 节建议值。

(7) 拟建工程基础方案初步分析见 6 章相关内容。

(8) 拟建工程场地内分布的①-1 层强风化变质砂岩属 IV 级软石；①-2 层中风化变质砂岩属 V 级次坚石。对于部分 IV 级软石以及 V 级次坚石以上的岩体，均需采用爆破开挖。

(9) 拟建工程场地标准冻土深度 113cm。

## 9. 下阶段工作重点

因本次勘察精度有限，本区基岩受构造影响产出复杂，基岩面起伏较大，且砂岩风化程度在现阶段难以确定，下阶段详细勘察过程中应进一步查明场地内基岩分布、起伏状况以及岩体抗压、变形参数为基础设计提供依据。

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  
勘 察 野 外 照 片 集



Z04-ZK1 号钻孔现场作业



Z05-ZK1 号钻孔现场作业



Z07-ZK1 号钻孔现场作业

岩石物理力学性质检测报告

受检单位：甘肃地质工程勘察院有限责任公司      工程名称：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      报告编号：HC/YJYS-2025-088  
报出日期：2025年4月24日

| 试验室编号      | 送样编号 | 采样地点<br>深度<br>(m) | 岩石<br>名称 | 颗粒密度<br>(g/cm³)                                                                                                                   |   | 块体密度<br>(g/cm³) |   | 块体密度<br>(干燥)<br>(g/cm³) |   | 含水率<br>(%) | 孔隙<br>率<br>(%) | 单向抗压强度  |       |      |      |      |                  | 软化<br>系数         | 变形试验  |   |  | 抗剪断强度 |     |
|------------|------|-------------------|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-----------------|---|-------------------------|---|------------|----------------|---------|-------|------|------|------|------------------|------------------|-------|---|--|-------|-----|
|            |      |                   |          |                                                                                                                                   |   |                 |   |                         |   |            |                | 天然状态    | 饱和状态  | 干燥状态 | 变形模量 | 弹性模量 | 泊松<br>比          |                  | C     | Φ |  |       |     |
|            |      |                   |          |                                                                                                                                   |   |                 |   |                         |   |            |                | (MPa)   |       |      |      |      |                  |                  | (MPa) |   |  | (MPa) | (°) |
| 2025-088-1 | Z07  | 2.0-2.2           | 砂岩       | /                                                                                                                                 | / | /               | / | /                       | / | /          | /              | 34.10   | 8.65  | /    | /    | 0.25 | ×10 <sup>4</sup> | ×10 <sup>4</sup> | /     | ° |  |       |     |
|            |      |                   |          | /                                                                                                                                 | / | /               | / | /                       | / | /          | 34.10          | /       | 8.65  | /    | /    |      | /                | /                |       |   |  |       |     |
|            |      |                   |          | /                                                                                                                                 | / | /               | / | /                       | / | /          | /              | /       | /     | /    | /    |      | /                |                  |       |   |  |       |     |
| 2025-088-2 | Z04  | 1.2-1.4           | 砂岩       | /                                                                                                                                 | / | /               | / | /                       | / | /          | /              | 26.50   | 23.10 | /    | /    | 0.87 | ×10 <sup>4</sup> | ×10 <sup>4</sup> | /     | ° |  |       |     |
|            |      |                   |          | /                                                                                                                                 | / | /               | / | /                       | / | /          | 26.50          | /       | 23.10 | /    | /    |      | /                | /                |       |   |  |       |     |
|            |      |                   |          | /                                                                                                                                 | / | /               | / | /                       | / | /          | /              | /       | /     | /    | /    |      | /                |                  |       |   |  |       |     |
| 2025-088-3 | Z05  | 1.5-1.7           | 砂岩       | /                                                                                                                                 | / | /               | / | /                       | / | /          | /              | 36.70   | 35.30 | /    | /    | 0.96 | ×10 <sup>4</sup> | ×10 <sup>4</sup> | /     | ° |  |       |     |
|            |      |                   |          | /                                                                                                                                 | / | /               | / | /                       | / | /          | 36.70          | /       | 35.30 | /    | /    |      | /                | /                |       |   |  |       |     |
|            |      |                   |          | /                                                                                                                                 | / | /               | / | /                       | / | /          | /              | /       | /     | /    | /    |      | /                |                  |       |   |  |       |     |
|            |      |                   |          |                                                                                                                                   |   |                 |   |                         |   |            |                | 以 下 空 白 |       |      |      |      |                  |                  |       |   |  |       |     |
|            |      |                   |          |                                                                                                                                   |   |                 |   |                         |   |            |                |         |       |      |      |      |                  |                  |       |   |  |       |     |
|            |      |                   |          |                                                                                                                                   |   |                 |   |                         |   |            |                |         |       |      |      |      |                  |                  |       |   |  |       |     |
|            |      |                   |          |                                                                                                                                   |   |                 |   |                         |   |            |                |         |       |      |      |      |                  |                  |       |   |  |       |     |
|            |      |                   |          |                                                                                                                                   |   |                 |   |                         |   |            |                |         |       |      |      |      |                  |                  |       |   |  |       |     |
| 主要设备       |      |                   |          | 电子天平(384)、(339)、电热鼓风干燥箱(440)、气体密度仪(433)、600KN万能材料试验机(387)、300KN微机控制电子万能试验机CMT5305、1000KN电液伺服试验机(300)、(441)、电阻应变仪(300)、卡尺(431、571) |   |                 |   |                         |   |            |                |         |       |      |      |      |                  |                  |       |   |  |       |     |
| 检测依据       |      |                   |          | 本试验依据《工程岩体试验方法标准》(GB/T50266-2013)、《煤和岩石物理力学性质测定方法》(GB/T23561.1-7 2009)、(GB/T23561.8 2024)(GB/T23501.10-10 2010)进行试验,该报告结果仅对来样负责。  |   |                 |   |                         |   |            |                |         |       |      |      |      |                  |                  |       |   |  |       |     |

试验单位：



批准：

张敬力

审核：

同巴

试验：

岑志军

勘探点一览表

工程名称：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

| 序 号 | 孔号      | 勘探点类型 | 孔口或井口标高<br>(m) | 勘探点深度<br>(m) | 岩样<br>(个) | 坐标 X<br>(m)  | 坐标 Y<br>(m) |
|-----|---------|-------|----------------|--------------|-----------|--------------|-------------|
| 1   | Z04-ZK1 | 控制性钻孔 | 2656.32        | 5.60         | 1         | 4142771.4619 | 394868.8533 |
| 2   | Z05-ZK1 | 控制性钻孔 | 2588.46        | 5.20         | 1         | 4142665.9611 | 396198.9969 |
| 3   | Z07-ZK1 | 控制性钻孔 | 2512.25        | 5.30         | 1         | 4142968.3893 | 396854.9483 |

制表：韩鹰

校对：马圣国

审核：王景文

