

目 录

文字部分

一、概况

- (一)本次勘察的目的和要求
- (二)勘察依据的标准与规范
- (三)工程概况
- (四)钻孔布置、勘察工作量及勘察方法

二、场区工程地质条件

- (一)区域地质及气候环境、水文条件
- (二)地震
- (三)地形地貌特征
- (四)地基土特征

三、地下水特征及水、土腐蚀性

- (一)地下水
- (二)水、土对建筑材料腐蚀性评价

四、场地地基土工程性能分析与评价

- (一) 土壤电阻率
- (二)场地地震效应
- (三)地基土的湿陷性评价
- (四) 场地的稳定性和适宜性
- (五) 各土层承载力特征值
- (六) 场地地基土分析与评价

五、结论

六、建议

图表部分

1. 标贯分层统计表	1 张
2. 圆锥重力触探分层统计表	5 张
3. 钻孔柱状图	6 张
4. 建筑物与勘探点平面位置图	1 张
5. 工程地质剖面图	10 张
6. 土工试验报告	1 册

一、概况

(一)本次勘察的目的和要求

受业主的委托，我公司对其拟建的山西省吕梁市交口县 300MWp 光伏平价上网示范项目升压站建设场地进行岩土工程详勘（施工图设计阶段的一次性勘察）。为地基基础设计提供依据。

1、搜集附有坐标和地形的建筑总平面图，场区的地面整平标高，建筑物的性质、规模、荷载、结构特点，基础形式、埋置深度，地基允许变形等资料；

2、查明不良地质作用的类型、成因、分布范围、发展趋势和危害程度，提出整治方案的建议；

3、查明建筑范围内岩土层的类型、深度、分布、工程特性，分析和评价地基的稳定性、均匀性和承载力；

4、对需进行沉降计算的建筑物，提供地基变形计算参数，预测建筑物的变形特征；

5、查明埋藏的河道、沟浜、墓穴、防空洞、孤石等对工程不利的埋藏物；

6、查明地下水的埋藏条件，提供地下水位及其变化幅度；

7、在季节性冻土地区，提供场地土的标准冻结深度；

8、判定水和土对建筑材料的腐蚀性；

9、根据实际需要划分对建筑有利、一般、不利和危险的地段。提供建筑的场地类别和岩土地震稳定性（含滑坡、崩塌、液化和震陷特性等）评价。对需要采用时程分析法补充计算的建筑，尚应根据设计要求提供土层剖面，场地覆盖层厚度和有关动力参数；

10、对地基岩土层的工程特性和地基的稳定性进行分析评价，提出各

岩土层的地基承载力特征值；论证采用天然地基基础形式的可行性，对持力层选择、基础埋深等提出建议。

除满足以上目的和要求外，还应满足以下目的和要求：

11、查明建筑范围内黄土及岩土层的类型、深度、分布、工程特征，分析和评价地基的稳定性、均匀性和承载力。

(二)勘察依据的标准与规范

《岩土工程勘察规范》（GB 50021-2001）（2009 年版）

《建筑地基基础设计规范》（GB 50007-2011）

《湿陷性黄土地区建筑标准》（GB50025-2018）

《建筑桩基技术规范》（JGJ 94-2008）

《建筑地基处理技术规范》（JGJ79-2012）

《变电所岩土工程勘测技术规程》（DL/T5170—2015）

《建筑抗震设计规范》（GB 50011-2010）（2016 年版）

《建筑工程抗震设防分类标准》（GB 500223-2008）

《中国地震动参数区划图》（GB 18306-2015）；

《建筑基坑支护技术规程》（JGJ 120-2012）

《土工试验方法标准》（GB/T 50123-1999）

《岩土工程勘察报告编制标准》（CECS 99:98）

《房屋建筑和基础设施工程勘察文件编制深度规定》2010 版

并参考《工程地质手册》第五版中的相关资料编制本报告。

(三)工程概况

山西省吕梁市交口县 300MWp 光伏平价上网示范项目升压站位于山西省吕梁市交口县水头镇永兴煤业矿区回填区域复垦区内。该项目岩土工程勘察等级见下表：

岩土工程勘察等	建筑物重要性等	场地等级	地基等级
---------	---------	------	------

级	级		
丙 级	三 级	三 级	三 级

工程重要性等级为三级，地基基础设计等级为丙级，抗震设防类别为标准设防类。拟建建（构）筑属规模与特征见下表：

序号	建（构）筑物名称	建（构）筑物平面尺寸（m ² ）	预估±0标高（m）	层数	结构类型	基础埋深（m）
①	综合楼	27.9×15.7	1381.2	二层	框架	2.3
②	消防水池及水泵房	21.1×7.4	1381.2	一层	框架	6.25
③	备品备件库	9.5×7.5	1381.2	一层	框架	1.8
④	一次预制舱	/	1381.2	/	/	2.4
⑤	二次预制舱	/	1381.2	/	/	2.4
⑥	220kV 屋外配电装置	/	1381.2	/	/	2.4
⑦	主变	/	1381.2	/	框架	1.8
⑧	SVG	/	1381.2	/	/	1.8
⑨	接地变	/	1381.2	/	框架	1.8
⑩	事故油池	/	1381.2	/	/	1.8

各拟建建（构）筑物平面布局见《建筑物与勘探点平面位置图》。

(四)钻孔布置、勘察工作量及勘察方法

依据勘察的目的和要求、岩土工程勘察等级、拟建建筑物的特点及场地条件，本次勘察采用沿勘察范围周边结合方格网布置勘察孔。孔距为30m，孔内采用标贯试验、圆锥重力触探对土层进行原位测试。共布控制性钻孔8个，孔深15.1m，一般性钻孔15个，孔深10.1m，钻孔总数为23个，并在部分钻孔旁边布探井8个人工取I级原状土样。

本次勘察钻孔采用DPP-100-3B型汽车钻机，采用螺旋钻头及岩芯管泥浆护壁回转钻进；标贯试验及圆锥重力触探试验采用导向杆导向自动落

锤方式进行。本次所取试样均送宁夏华岩工程质量检测有限公司土工实验室做相关的分析试验工作。

外业工作于 2019 年 10 月 05 日开始，2019 年 10 月 07 日结束。全部内业工作于 2019 年 10 月 18 日完成。本次勘察完成工作量如下表：

勘 察 工 作 量 一 览 表

序号	勘察工作内容		数量	单位	钻孔（探井） 深度（m）	累积进 尺（m）	总进尺 （m）
1	钻探	钻孔	23	个	10.1m 、 15.1m	272.30m	272.30m
2	探井	探井	8	个	1.1-1.6m	11.0	11.0
3	原位 测试	标准贯入试验（N）	15	次			
		动力触探试验（N _{63.5} ）	168	次			
4	取土 取水 试样	IV 土试样	40	件			
		I 级土样	8	件			
		水试样	-	件			
5	室内 试验	土工试验	48	件			
		水质分析	-	件			
		易溶盐	4	件			

本次勘察测量控制点坐标及高程由甲方提供，勘探点定位采用 S0480015 型 GPS 全球定位仪。

二、场区工程地质条件

(一)区域地质及气候环境

1、区域地质构造

拟建山西省吕梁市交口县 300MWp 光伏平价项目位于山西省吕梁市交口县水头镇。交口县位于山西省西部的吕梁山脉中段，地处吕梁市最南端。是太原盆地沟通晋西南地区的重要通道。介于北纬 36° 43' 至 37° 12' 和东经 111° 03' 至 111° 34' 之间，东与孝义、灵石接壤，南与汾西、隰县相连，西与石楼县相靠，北与中阳县为邻。东西最长距离 46 公里，南北最长距离 53 公里。交口县地处吕梁复背斜的核部及其东翼，呈西高东低

之势。西部为基岩裸露土石山区，平均海拔 1500 米左右，其中较为突出的高大山峰有高庙山、棋盘山、人参圪塔、黄崖山等。黄云洞，海拔 2954 米，是交口县的最高点。东南部黄土丘陵区，区内黄土覆盖深厚，沟谷内常见有奥陶系石灰岩的出露。平均海拔 1200 米，与灵石县界处的官桑园村前的双池河河床海拔高程为 830 米，是交口县的最低点。

场地及周围未发现大的区域性断裂构造，工程地质条件稳定，是良好的建筑物拟建场地。

2、气候环境

交口县水头镇的气候处于中纬度地带，属中温带大陆性气候区。一年之内四季分明，春季干旱多风少雨，夏季炎热雨量集中，秋季相对温凉湿润，冬季寒冷干燥少雪。气候总的特征是：气候温凉、降水相对偏多，光热资源充足。年平均日照时数为 2627 小时，年总辐射量为 150.7 千卡/平方厘米，年总生理辐射量为 74.3 千卡/平方厘米，年均气温为 6.7℃，1 月平均气温 -7.7℃，极端最低气温 -23.1℃（1980 年 1 月 31 日），7 月平均气温为 19℃，极端最高气温为 33℃（1987 年 7 月 31 日）0℃以上的持续期为 234.5 天（一般为 3 月 27 日—11 月 15 日）4℃以上的持续期为 205.8 天（一般为 4 月 8 日—10 月 29 日），10℃以上的持续期为 205 天（一般为 5 月 6 日—10 月 26 日）。无霜期年平均 142 天，最长达 145 天，最短为 122 天。年平均降水量为 618 毫米，降雨集中在每年的 6 月至 8 月，7 月最多。水头镇境内的主导风向为北西及西北西，发生的频率为 12.3%，年均 8 级以上的大风日数为 17 天，最大风速可达 20 米 / 秒。50 年重现期基本风压值 0.35KN/m²，基本雪压值 0.30KN/m²。山西省吕梁市交口县标准冻土深度为 1.09m。

(二)地震

依据《建筑抗震设计规范》（GB50011-2010）（2016 年版）第 4.3 条

之规定，场区地震设防烈度为 7 度，设计地震分组为第三组，设计基本地震加速度值 0.10g、设计特征周期值 0.45s。

(三)地形地貌特征

拟建的山西省吕梁市交口县 300MWp 光伏平价上网示范项目升压站拟建场地为矿山露采回填区，地表植被较好，地形平坦，地貌单元为属吕梁山区宽缓谷地。各钻孔孔口地面标高最大值 1380.97m，最小值 1380.41m，最大相对高差 0.56m。

(四)地基土特征

经本次对场地钻探并结合室内土工试验结果表明：场区内地层据其成因和工程性质自上而下为素填土、填渣。现分层描述如下：

①层素填土（ Q_4^{ml} ）：即工程地质剖面图中的第①层，土黄色，回填区治理敷设种植土层，新近堆填，堆填时间小于 6 个月，以粉土为主。稍湿，未经压实，松散，固结差，沉降均匀性差，稳定性差。层厚 1.00~1.60m，平均厚度为 1.37m。该层具湿陷性（另述）。对本工程无使用价值，应挖除。

层内取原状土样 8 件，做标准贯入试验 15 次，物理力学指标及标贯修正值统计如下表：

统计值 指标	样本数 n	最大值-最小值 平均值	标准差 σ	变异 系数 δ	修正 系数 γ_s	标准值 φ_k
天然含水量 $W(\%)$	8	$\frac{20.0-17.9}{18.8}$	1.41	0.08	1.05	19.7
液 限 W_L	8	$\frac{22.9-21.5}{22.4}$	0.78	0.03	0.98	21.9
塑 限 W_p	8	$\frac{16.0-14.4}{15.3}$	0.81	0.05	1.03	15.7
天然重度 $\gamma_c (kn/m^3)$	8	$\frac{16.0-15.8}{15.9}$	0.11	0.01	0.99	15.8
干重度 $\gamma_d (kn/m^3)$	8	$\frac{13.6-13.3}{13.4}$	0.14	0.01	0.99	13.3
天然孔隙比 e_0	8	$\frac{1.023-0.975}{1.003}$	0.02	0.02	1.01	1.013
压 缩 系 数 $a_{1-2} (Mpa^{-1})$	8	$\frac{0.25-0.19}{0.22}$	/	/	/	/

统计值 指标	样本数 n	最大值-最小值 平均值	标准差 σ	变异 系数 δ	修正 系数 γ_s	标准值 φ_k
压 缩 模 量 E_{s1-2} (Mpa)	8	$\frac{10.5-8.1}{9.2}$	/	/	/	/
标贯修正击数 N	15	$\frac{6.0-3.0}{4.7}$	1.10	0.23	0.89	4.2

②层填渣 (Q_4^{ml}): 即工程地质剖面图中的第②层, 层厚大于 14.1m (勘察深度内未揭穿)。杂色, 露天开采矿山剥离回填物, 以石炭系砂岩、泥岩碎块为主。骨架颗粒以 5-15cm 为主, 颗粒间以矿渣碎屑及粉沫充填, 颗粒接触紧密。稍湿, 稍密~中密。该层土在回填时已进行了碾压夯实处理, 属堆积年代大于 5 年的填土。该层土厚度大, 沉降均匀性较好, 稳定性较好, 可作为拟建建筑物基础持力层和桩端持力层。

该层土圆锥重力触探试验修正击数 $N_{63.5}$ 值统计如下:

样本数 n	最大值 max	最小值 min	平均值 φ_m	标准差 σ_f	变异系数 δ	修正系数 γ_s	标准值 φ_k
177	13.4	5.9	10.6	1.91	0.18	0.98	10.4

以上各层土的成层关系及埋藏条件详见《工程地质剖面图》及《钻孔柱状图》。

三、地下水特征及水、土腐蚀性

(一)地下水

勘察期间正值丰水期, 勘察深度内未见地下水。

(二)水、土对建筑材料腐蚀性评价

根据《岩土工程勘察规范》(GB50021-2001, 2009 版)的有关要求, 本次勘察取易溶盐土样 4 件, 根据易溶盐土样的分析化验报告, 其主要指标如下:

孔号	取样深度 (m)	PH	Cl ⁻ (mg/kg 土)	SO ₄ ²⁻ (mg/kg 土)
4	1.00	8.65	160.25	368.89
11	2.50	8.71	134.72	215.18
17	2.50	8.69	129.40	282.43
20	1.00	8.75	151.03	321.81

根据国家标准《岩土工程勘察规范》（GB50021-2001，2009 版），关于场地土按Ⅲ类环境计腐蚀性的评价标准判定：

勘察深度内未见地下水，可不考虑地下水对建筑材料的腐蚀性。

场地土对混凝土结构具微腐蚀性；对钢筋混凝土中的钢筋按 A 列判定具微腐蚀性；就 pH 值而言对钢结构具微腐蚀性。

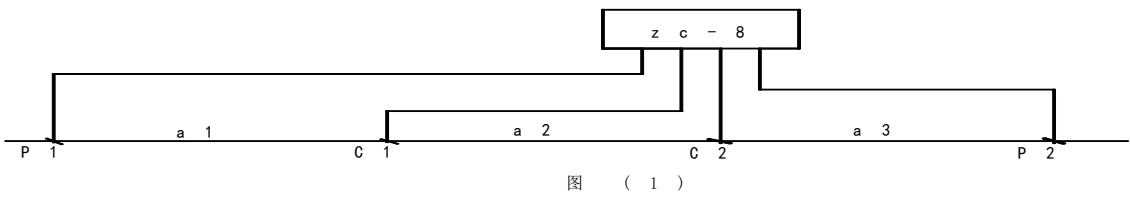
场地土对建筑材料腐蚀的防护，应符合现行国家标准《工业建筑防腐蚀设计规范》（GB50046-2008）的规定。

四、场地地基土工程性能分析与评价

(一) 土壤电阻率

使用 ZC-8 型接地电阻测量仪，采用四极对称测深法进行测量。测量电极距分别为 5m 。

仪器接线示意图



工作方法与原理

在测点处沿直线埋入地下四根探测极棒，彼此相距“a”m。用四根导线如图(1)所示连接到相应探测极棒上，采用 ZC-8 型接地电阻测量仪和四极对称法对该测点进行测量，所得电阻率为：

$$\rho=2\pi Ra$$

式中：R — 接地电阻测量仪读数（欧姆）

a — 极棒间距（m）

ρ —电阻率值（ $\Omega\cdot m$ ）

场区内土壤电阻率如下表：

测点号	土层的电阻率（ $\Omega\cdot m$ ）	测点号	土层的电阻率（ $\Omega\cdot m$ ）
-----	---------------------------	-----	---------------------------

测点号	土层的电阻率 ($\Omega \cdot m$)	测点号	土层的电阻率 ($\Omega \cdot m$)
D1(1#钻孔)	127.61	D 2(4#钻孔)	130.67
D 3(8#钻孔)	139.53	D4(13#钻孔)	141.29
D 5(16#钻孔)	94.67	D 6(19#钻孔)	138.54
D 7(24#钻孔)	151.76	D 8(27#钻孔)	104.18

注：建议设计专业按本专业规范要求选取季节系数。

(二)场地地震效应

依据《中国地震动参数区划图》(GB18306-2015)和《建筑抗震设计规范》(GB 50011-2010)第 4.3 条之规定，场区地震设防烈度为 7 度，按设计基本地震加速度值 **0.10g**，设计特征周期值 **0.45s**，设计地震分组为第三组。

勘察深度内未见地下水，场地内无液化土层分布。可视为对建筑抗震一般地段。

根据土的性状，结合区域地层条件，推测 20m 深度范围内土的等效剪切波速 $500m/s \geq V_{se} > 250m/s$ ，划分场地土的类型为中硬场地土，场地覆盖层厚度约 25m，划分建筑场地类别为 II 类。

(三) 地基土的湿陷性评价

《湿陷性黄土地区建筑标准》(GB50025-2018)(中国湿陷性黄土工程地质分区略图)，将交口县划分为 II 区(陇东-陕北-晋西地区)。根据野外勘察及土工试验结果：第①层素填土存在湿陷性，土的湿陷系数 $\delta_s=0.028 \sim 0.036$ ，计算总湿陷量 $\Delta s=48 \sim 81mm$ ；自重湿陷系数 $\delta_{zs}=0.015 \sim 0.018$ ，计算自重湿陷量 $\Delta_{zs}=21 \sim 32mm$ 判定该场地为 I 级(轻微)非自重湿陷场地。在湿陷量计算过程中，总湿陷量、自重湿陷量均自素填土顶面起算。湿陷量计算见《土层湿陷性计算评价表》。

第①层素填土不可作为拟建建筑物基础持力层使用，应挖除，因此本场地地基基础可按一般地区的规定设计。

(四)场地的稳定性和适宜性

场地原始地貌单元为吕梁山区宽缓谷地，拟建场地内地层主要为人工堆积素填土、填渣。场地及周围没有发现大的区域性断裂构造，地质条件稳定。

本次勘察未发现古河道、滑坡、塌陷、泥石流等不良地质作用，建筑场地基本稳定，适宜进行本工程建设。

(五) 各土层承载力特征值

①层素填土：地基承载力特征值 $f_{ak}=60\text{kPa}$ ；

②层填渣：地基承载力特征值 $f_{ak}=160\text{kPa}$ 。

各层地基土的工程特性指标推荐如下：

层号	土层名称	重度 γ (kN/m^3)	压缩模量 E_s (MPa)	渗透系数 K (cm/s)	粘聚力 C (kPa)	内摩擦角 φ (度)
①	素填土	15.0	9.2	2.0×10^{-5}	6	20
②	填渣	18.0	10.3	1.0×10^{-1}	0	38

注：根据地区经验值给出。

(六) 场地地基土分析与评价

根据野外钻探和原位测试结果、结合室内土工试验成果，对各土层物理力学性质指标进行分析、综合数据后分层统计计算。

①层素填土：场地分布连续，厚度较薄，新近堆填，堆填时间小于 6 个月，以粉土为主，具湿陷性。稍湿，未经压实，松散，固结差，沉降均匀性差，稳定性差，对本工程无使用价值，不可作为拟建建筑物基础持力层。

②层填渣：场地分布连续，厚度较大（未揭穿），沉降均匀性较好，稳定性较好，可作为拟建建筑物基础持力层和下卧受力层。

五、结论

(一) 本场区属 II 类场地。

(二) 根据国家标准《岩土工程勘察规范》(GB50021-2001, 2009 版), 关于场地土按Ⅲ类环境计腐蚀性的评价标准判定:

勘察深度内未见地下水, 可不考虑地下水对建筑材料的腐蚀性。

场地土对混凝土结构具微腐蚀性; 对钢筋混凝土中的钢筋按 A 列判定具微腐蚀性; 就 pH 值而言对钢结构具微腐蚀性。

(三) 拟建场地标准冻深 **1.09m**, 地震基本烈度 7 度 (设计地震分组为第三组, 设计基本地震加速度值为 **0.10g**, 地震设计特征周期为 **0.45s**。拟建设施抗震设防类别属标准设防类 (丙类)。

(四) 场地为不液化场地。抗震地段划分为一般地段。

(五) 拟建场地内地层在控制深度范围内自上而下主要为素填土、填渣, 无暗滨、土洞等不良工程地质作用。为可进行本工程建设的一般场地。

六、建议

1、升压站各建 (构) 筑物可采用天然地基浅基础方案, 基础形式为条形基础或独立基础。挖除全部第①层素填土及部分第②层填渣, 在基础底面与第②层填渣之间铺设 **0.3m** 砂夹石褥垫层。遇第①层素填土增厚地段, 超挖部分以砂夹石垫层回填碾夯密实并找平或对基础进行加深处理。砂夹石褥垫层施工前应对基坑底部进行机械碾压、夯实。

2、如天然地基基础不能满足设计要求时, 可采用人工地基基础方案, 基础形式为条形基础或独立基础。挖除全部第①层素填土及部分第②层填渣, 以第②层填渣中部为下卧受力层, 首先对基坑底部进行机械碾压、夯实, 在基础底面与受力层间换填不小于 **1.0m** 砂夹石垫层进行处理。

3、砂夹石垫层施工应按《建筑地基处理技术规范》JGJ79-2012 要求进行。清理底盘后, 首先对盘底填渣进行机械碾压、夯实。砂夹石垫层可满堂铺设, 沿基础外侧增加的宽度应满足《建筑地基处理技术规范》

(JGJ79 -2012) 第 4 节要求, 分层碾夯至基础底面标高。每层实铺厚度不大于 0.25m, 且要逐层检验, 压实系数 $\lambda_c \geq 0.96$ 。砂夹石垫层施工完毕, 应按规范要求进行现场试验。

经压实处理后砂夹石垫层承载力特征值 (f_{ak}) 可达 180kPa, 设计时所采用的垫层承载力特征值 (f_{ak}) 应由设计人员根据上部荷载、垫层厚度以及垫层底部土层的承载力特征值 (f_{ak}) 经计算后取用。

4、基(槽)坑开挖后, 应进行基槽检验, 基槽检验可用触探或其他方法, 当发现与勘察报告和设计文件不一致、或遇到异常情况时, 应结合地质条件提出处理意见。

5、若基坑(槽)采用机械挖掘, 开挖过程中应预留 30cm 的“人工掘挖层”, 以尽量避免对地基土层的扰动破坏。尽量避免基底土层受阳光曝晒, 雨水浸泡。

6.1、拟建消防水池及水泵房基坑开挖深度大于 5.5 米, 该基坑环境等级为二级, 基坑工程安全等级为二级。其余基坑环境等级为三级, 基坑工程安全等级为三级。

6.2、基坑施工地质条件可能造成的工程风险

基坑开挖施工时, 坑壁土层为①层素填土和②层填渣, 易造成坍塌、等地质灾害, 因此施工时应采取必要的支护措施。

6.3、基坑支护方案的建议

基坑围护结构的选型应综合考虑周围环境条件、工程地质和水文地质情况、基坑特点、施工技术以及工程造价等诸多因素, 因地制宜, 选择技术安全可靠、经济合理的支护型式。建议基坑支护结构采用土钉墙喷锚网支护方案或排桩支护方案进行处理。支护与降水工程, 建议由相应资质的单位实施。

6.4、基坑监测建议

基坑开挖应按设计图纸要求开挖土方，不得在基坑周边随意堆放材料和设备等。在整个基坑开挖和地下工程施工期间，应严密监测基坑位移，随时分析观测数。当边坡有失稳迹象时，应及时采取有效措施。施工过程中应在基坑顶部和底部设置防水排水沟槽。

基坑开挖应根据设计要求进行监测，实施动态设计和信息化施工。在基坑开挖过程和支护结构使用期限内，必须进行支护结构的水平位移监测和基坑开挖影响范围内建（构）筑物、地下管线及地面的沉降观测。

7、影响土壤电阻率的主要因素，有土壤中导电离子的浓度、土壤中的含水量、土质、季节因素、温度及土壤的致密性等；同时土壤电阻率随时深度变化较横向变化要大很多。因此，设计施工最终采用的电阻率值，应待光伏支架桩基及逆变器室基础施工完毕后，应对电阻率重新测定后采用。