

ICS 27.100

P 60

DL

中华人民共和国能源行业标准

P

DL/T 5628-2021

太阳能热发电厂岩土工程勘察规程

Code for Geotechnical Engineering Investigation  
of Solar Thermal Power Plants

2021-12-22 发布

2022-06-22 实施

国家能源局 发布

中华人民共和国能源行业标准

太阳能热发电厂岩土工程勘察规程

Code for Geotechnical Engineering Investigation  
of Solar Thermal Power Plants

DL/T 5628-2021

主编部门：电力规划设计总院

标准部门：国家能源局

施行日期：2022年6月22日

中国计划出版社

2021 北京

# 国家能源局

## 公告

2021 年 第 6 号

根据《中华人民共和国标准化法》《能源标准化管理办法》，国家能源局批准《煤矿井下强制增渗工程设计规范》等 356 项能源行业标准（附件 1）、《Technical Code for Design and Calculation of Combustion System of Fossil-fired Power Plant》等 25 项能源行业标准外文版（附件 2），现予以发布。

- 附件：1. 行业标准目录  
2. 行业标准外文版目录

国家能源局

2021 年 12 月 22 日

附件：

### 行业标准目录

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	批准日期	实施日期
.....						
353	DL/T 5628-2021	太阳能热发电厂 岩土工程勘察规程			2021-12-22	2022-06-22
.....						

## 前 言

根据《国家能源局综合司“国家能源局综合司关于印发 2017 年能源领域行业标准制(修)订计划及英文版翻译出版计划的通知》(国能综通科技[2017]52 号)要求,编制组在总结了已有太阳能热发电厂建设的经验,结合建筑物的特点,制定了本标准。

本标准主要技术内容有:总则、基本规定、岩土工程勘察各阶段任务与要求、施工图设计阶段各类建筑物地段岩土工程勘察要求、岩土工程勘察成果。

本标准由国家能源局负责管理,由电力规划设计总院提出,由能源行业发电设计标准化技术委员会负责日常管理,由中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送至电力规划设计标准化管理中心(地址:北京市西城区安德路 65 号,邮编:100120;邮箱: bz\_zhongxin@eppei.com)。

本标准主编单位:中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司

本标准参编单位:中国电力工程顾问集团西北电力设计院有限公司

本标准主要起草人员:胡向阳 巨广宏 钟建平 王逸民 刘志伟  
刘 军 张应海 赵志祥 赵 成 王迎春  
胡 昕 何小亮 苏盛伟 陈志源 梁 海  
王志硕 严耿升 曲鹏飞 王明甫 高建伟  
鲁 博

本标准主要审查人员:刘厚健 邓南文 姜俊庆 余小奎 刘礼领  
谭光杰 李彦利 汪保明 廖爱平 王基文  
刘珍岩 王国尚 薛远峰 岳英民 赵书明  
林发贵

# 目 次

1 总 则 .....	1
2 基本规定 .....	2
3 岩土工程勘察各阶段任务与要求 .....	4
3.1 规划选址阶段 .....	4
3.2 可行性研究阶段 .....	4
3.3 初步设计阶段 .....	5
3.4 施工图设计阶段 .....	8
4 施工图设计阶段各类建筑物地段岩土工程勘察要求 .....	10
4.1 集热场 .....	10
4.2 吸热塔 .....	11
4.3 发电区 .....	11
4.4 变电区 .....	12
4.5 供排水建筑物 .....	12
4.6 辅助及附属建筑物 .....	14
5 岩土工程勘察成果 .....	15
5.1 一般规定 .....	15
5.2 岩土工程勘察报告 .....	15
5.3 报告附图、附表及专题报告 .....	16
本标准用词说明 .....	18
引用标准名录 .....	19
附：条文说明 .....	20

## Contents

1	General Provisions	1
2	Basic Requirements	2
3	Purposes and Requirements of Each Stage	4
3.1	Planning and Siting Stage	4
3.2	Feasibility Study Stage	4
3.3	Preliminary Design Stage	5
3.4	Detail Design Stage	8
4	Requirements for different Areas,Buildings and Structures in Detail Design Stage	10
4.1	Solar Field	10
4.2	Receiver Tower	11
4.3	Power Generation Block	11
4.4	Power Transformation Block	12
4.5	Water Supply and Drainage Structures	12
4.6	Auxiliary and Accessory Buildings	14
5	Investigation Outcomes	15
5.1	General Requirements	15
5.2	Geotechnical Investigation Report	15
5.3	Attached Drawings,and Tables , Special Report	16
	Explanation of Wording in This Code	18
	List of Quoted Standards	19
	Addition: Explanation of Provisions	20

# 1 总 则

**1.0.1** 为了规范太阳能热发电厂岩土工程勘察的内容与技术要求，做到安全可靠，技术先进，经济合理，保护环境，确保勘察质量，制定本标准。

**1.0.2** 本标准适用于太阳能热发电厂新建、改建、扩建的岩土工程勘察。

**1.0.3** 太阳能热发电厂岩土工程勘察除应执行本标准的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 基本规定

**2.0.1** 在开展勘察工作前，应收集厂址区及邻近区域已有的勘察研究成果，必要时应进行现场查勘，了解厂址区的工作条件。

**2.0.2** 太阳能热发电厂岩土工程勘察应按各勘察阶段要求在取得建筑物上部荷载、功能特点、结构类型、基础形式、埋置深度、承载变形要求等资料的基础上进行。

**2.0.3** 场地复杂等级可分为复杂场地、中等复杂场地、简单场地，并符合下列规定：

**1** 符合下列条件之一者为复杂场地：

- 1) 场地地震基本动峰值加速度大于或等于 0.40 g；
- 2) 对建筑抗震危险地段；
- 3) 地形起伏，坡度大于 8° ；
- 4) 地貌单元复杂；
- 5) 地层层次多且为性质变化大的岩土，或需做专门处理的特殊性岩土；
- 6) 受不良地质作用影响大的场地；
- 7) 水文地质条件复杂，存在多层地下水。

**2** 除复杂场地、简单场地以外的场地为中等复杂场地。

**3** 符合下列全部条件者为简单场地：

- 1) 场地地震基本动峰值加速度小于或等于 0.05 g；
- 2) 对建筑抗震有利地段；
- 3) 地形坡度小于 3° ；
- 4) 地貌单元单一；
- 5) 地层层次简单，岩土性质均匀，非特殊性岩土；
- 6) 无不良地质作用影响；
- 7) 地下水对工程无影响。

**2.0.4** 根据建筑物的地基基础设计等级、场地复杂等级，可将太阳能热发电厂岩土工程勘察等级划分为甲级、乙级和丙级。岩土工程勘察等级划分应符合表 2.0.4 的规定。

表 2.0.4 岩土工程勘察等级划分

勘察等级	划分标准
甲级	地基基础设计等级为甲级，或场地等级为复杂场地
乙级	除勘察等级为甲级和丙级以外的勘察项目
丙级	地基基础设计等级为丙级，且为简单场地

**2.0.5** 岩土工程勘察阶段可分为规划选址阶段勘察、可行性研究阶段勘察、初步设计阶段勘察、施工图设计阶段勘察。当场地岩土工程条件简单时，可合并勘察阶段。

**2.0.6** 对于工程地质条件特别复杂或有特殊施工要求的重要建筑物，必要时应进行施工勘察。

**2.0.7** 场地地震动参数应根据现行国家标准《中国地震动参数区划图》GB 18306 的有关规定确定。

### 3 岩土工程勘察各阶段任务与要求

#### 3.1 规划选址阶段

**3.1.1** 本阶段应了解各规划厂址的主要工程地质条件，对各厂址的场地稳定性和适宜性进行初步评价，为厂址选择提供地质资料。

**3.1.2** 本阶段应收集下列资料：

- 1 1:5000~1:10000 地形图；
- 2 区域地质及地震资料；
- 3 厂址区域工程地质、水文地质及地质灾害资料；
- 4 矿产及开采情况、塌陷边界及影响范围；
- 5 当地工程建设经验。

**3.1.3** 本阶段勘察应符合下列要求：

- 1 应搜集区域地质资料，包括区域地形地貌、地层岩性、地质构造、水文地质、新构造运动等；
- 2 应根据现行国家标准《中国地震动参数区划图》GB 18306 确定规划区域的地震动参数值；
- 3 应了解影响厂址及对工程有重大影响不良地质作用的发育及分布情况，初步分析其对工程建设的影响程度；
- 4 应调查厂址区的基本地质条件，包括地形地貌、地层结构及岩土物理力学性质，初步分析存在的主要工程地质问题；
- 5 应初步分析场地稳定性和工程适宜性。

**3.1.4** 本阶段的主要勘察方法应以收集资料和地质查勘为主，必要时可进行适量的场地勘察工作。

#### 3.2 可行性研究阶段

**3.2.1** 本阶段应初步查明厂址的工程地质条件及主要工程地质问题，初步提出建筑物地基基础方案建议，对厂址的稳定性作出最终评价。

**3.2.2** 可行性研究阶段可按本标准第 3.1.2 条规定搜集有关资料，并应取得下列

设计资料：

- 1 工程建设规模及预估的基础荷载；
- 2 初拟的厂址布置方案；
- 3 设计对岩土工程勘察的要求。

**3.2.3** 本阶段勘察应符合下列要求：

- 1 应查明区域构造稳定性、区域构造及对厂址的影响，对场地稳定性及工程适宜性作出评价；
- 2 应初步查明厂址区的地形地貌、地层岩性、岩土结构、特殊性岩土分布及特征等，初步查明地下水类型及埋藏条件；
- 3 应初步查明厂址区不良地质作用的类型、规模等；
- 4 应初步查明地基土的物理力学性质，初步提出基础形式及地基处理措施建议，初步提出设计所需的岩土参数；
- 5 应初步评价地下水、地基土对建筑材料的腐蚀性；
- 6 应初步评价场地的地震效应。

**3.2.4** 本阶段的主要勘察方法可采用遥感、工程地质调查与测绘、勘探、原位测试及室内试验等。

**3.2.5** 本阶段勘察对复杂场地宜进行工程地质测绘，工程地质测绘的比例尺可采用 1：2000~1：5000。对于中等复杂场地可进行工程地质测绘或调查，对于简单场地可进行工程地质调查。

**3.2.6** 勘探点布置应符合下列规定：

- 1 勘探点宜按网状布置，勘探点的间距应能控制岩土条件的变化、满足初拟建筑布置的要求；控制性勘探点的深度应超过可能采用的地基基础方案最大影响深度；
- 2 勘探线的方向宜垂直于地貌单元分界线，每个地貌单元应有勘探点。

### 3.3 初步设计阶段

**3.3.1** 本阶段勘察应查明厂址区的基本工程地质条件和主要工程地质问题，为建筑平面布置、主要建筑物地基基础方案选型、不良地质作用治理方案选择及原

体试验提供地质资料，提出建筑物地基处理方案建议。

**3.3.2 本阶段勘察应取得下列资料：**

- 1 岩土工程勘察任务书；
- 2 1：500~1：2000 的地形图；
- 3 初步拟定的建筑平面布置及地坪高程；
- 4 各建筑物初拟的建筑物基础类型、埋深、高度及对地基承载力、变形的要求；
- 5 前期勘察成果及当地工程建设经验。

**3.3.3 本阶段勘察应符合下列要求：**

- 1 应查明厂址的地形地貌，且特别关注冲沟发育情况及其对工程布置的影响；
- 2 应查明厂址第四系地层的成因类型、物质组成、层次结构及分布规律，查明岩石地基的岩性、岩层产状、风化程度等，并评价地基岩土体的均匀性；
- 3 应查明厂址区的水文地质条件与地表水的分布，关注地下水类型、埋藏条件、地下水位及变化幅度；需提出抗浮设防水位时应进行专门研究；
- 4 应查明厂址区特殊性岩土的分布、特征及性质，评价其对工程的影响；
- 5 应查明场地不良地质作用的类型、成因、分布范围、规模及发展趋势，评价其对建筑物的影响；
- 6 应查明厂址区地基土的物理力学性质，提出设计所需的岩土参数，进行天然情况下地基土的工程性能评价；
- 7 应评价环境水和地基土对建筑材料的腐蚀性；
- 8 应提出场地岩土体的视电阻率及等效剪切波速，确定场地类别、地震动参数，进行地震效应评价；
- 9 应根据场地的岩土工程条件对建筑物的布置和地基基础方案提出建议。

**3.3.4 本阶段主要勘察方法可采用工程地质调查与测绘、勘探、物探、原位测试、室内试验等。**

**3.3.5 工程地质测绘的比例尺宜采用 1:500~1:2000。**

**3.3.6 勘探点布置应符合下列规定：**

- 1 勘探点位应结合建筑物位置确定；

- 2 控制性勘探点应不少于勘探点总数的 1/3;
- 3 勘探线应垂直地貌界线、构造线及地层走向;
- 4 每个地貌单元应有勘探点, 地层变化较大时应加密勘探线或勘探点;
- 5 集热场勘探点布置可按表 3.3.6-1 确定, 发电区勘探点布置可按表 3.3.6-2 确定。

表 3.3.6-1 集热场勘探点布置 (m)

场地复杂等级	勘探线间距	勘探点间距
复杂	200~400	100~200
中等复杂	400~500	200~300
简单	500~600	300~500

表 3.3.6-2 发电区勘探点布置 (m)

场地复杂等级	勘探线间距	勘探点间距
复杂	50~70	30~50
中等复杂	70~150	50~100
简单	100~200	80~150

**3.3.7** 勘探点深度应根据场地等级、初拟基础形式、基础埋深等确定。集热场一般性勘探点深度宜为 5m~8m, 控制性勘探点深度宜为 6m~15m; 发电区一般性勘探点深度宜为 15m~25m, 控制性勘探点深度宜为 25m~40m。

**3.3.8** 当遇到下列情况时, 勘探点深度应符合下列规定:

- 1 在预定深度内遇到基岩时, 应判明岩性及风化程度, 一般性勘探点应进入基岩, 深度不宜小于 1 m; 控制性勘探点应进入强风化基岩深度不小于 3 m, 必要时应穿透强风化层;
- 2 在预定勘探深度内遇软弱地层时应适当加深或穿透软弱地层;
- 3 在预定勘探深度内有厚度不小于 3m、分布均匀的坚实土层, 且以下无软弱下卧层时, 除控制性勘探点应达到规定深度外, 一般性勘探点达到该层顶面即可。

### 3.4 施工图设计阶段

**3.4.1** 本阶段勘察应查明各建筑物的工程地质条件，评价地基土的工程性能，对建筑物基础形式、地基处理方案等提出岩土设计参数，预测工程建设过程中可能出现的工程地质问题及环境地质问题，提出相应的工程建议措施。

**3.4.2** 本阶段勘察前应取得下列资料：

- 1 岩土工程勘察任务书；
- 2 具有坐标、地形及±0.00m高程的建筑平面布置图；
- 3 各建筑物的拟定尺寸、层数、总高度，基础类型及基础埋深，基底压力、变形要求等；
- 4 前期勘察成果。

**3.4.3** 本阶段勘察应符合下列要求：

- 1 应查明各建筑物地段的地形地貌特征；
- 2 应查明各建筑物的地基岩土类别、层次、厚度及沿水平、垂直方向的分布规律。分析和评价地基的稳定性、均匀性；
- 3 应查明各建筑地段地下水的类型、赋存条件、地下水位埋深及变化幅度，地下水与地表水、大气降水的补排关系。当需要施工降水时，应进行专门研究；
- 4 应查明各建筑地段特殊性岩土分布、特征及性质，评价其对建筑物的影响；
- 5 应评价不良地质作用对建筑物的影响程度，提出处理方案建议；
- 6 应分析地基土及地下水在建筑物施工和使用期间可能产生的变化及其对工程的影响，预测因施工和运行引起的环境地质问题，提出相应的防治措施建议；
- 7 应提出地基岩土体的物理力学性质指标；
- 8 应评价地表水、地下水和地基土对建筑材料的腐蚀性；
- 9 应进行地基土的视电阻率测试，提出地基土的视电阻率建议值；
- 10 应提出熔融盐储罐基础以下地基土的导热系数建议值；
- 11 应提供吸热塔、发电区、变电区等区域地基土剪切波速值。当基础需考虑动力作用时，应提供地基土的动力特性指标；
- 12 应提出地震动参数，应评价饱和砂土和粉土地震液化及软土震陷等地震

效应，提出相应的处理措施建议；

**13** 应提出建筑物基础方案的地质建议，提出地基处理所需的岩土参数、深基坑的开挖坡比及其他相关岩土参数。

**3.4.4** 工程地质测绘比例尺可选用 1:500~1:2000。

**3.4.5** 勘探可采用钻探、坑探等方法。勘探点布置应符合下列规定：

- 1 应根据建筑物地基基础设计等级及场地复杂等级确定；
- 2 甲级建筑物应按柱列线、轴线及基础的周线布置；
- 3 其他建筑物可按轮廓或网格布置；
- 4 复杂场地可适当加密。

**3.4.6** 勘探点深度自基础底面算起，并应符合下列规定：

1 一般性勘探点深度应能控制地基主要受力层。基底宽度小于 5m 时，勘探点深度不应小于条形基础宽度的 3 倍，或不应小于独立基础宽度的 1.5 倍，且不应小于 5 m；

- 2 控制性勘探点深度应大于地基变形计算深度；
- 3 当采用人工地基或桩基时，勘探深度应符合相关规定；
- 4 在预定深度内遇到基岩时，应根据岩石的性质、风化程度调整勘探深度；
- 5 遇特殊性岩土勘探深度还应满足特殊性岩土勘察深度要求。

**3.4.7** 本阶段采取岩土试样、水样和原位测试应符合下列规定：

1 每个场地内每一主要土层取土试样或原位测试组数不应少于 6 件（组）。土层性质不均匀时，应增加土试样数量或原位测试次数；

2 在地基主要受力层，对厚度大于 0.5m 的夹层或透镜体，应采取土试样或进行原位测试；

3 采取代表性的地下水和地表水水样各不宜少于 2 组；

4 采取代表性土化学分析的试样不应少于 3 组，盐渍土地区取样应符合相关标准要求。

## 4 施工图设计阶段各类建筑物地段岩土工程勘察要求

### 4.1 集热场

**4.1.1** 塔式、槽式及菲涅尔式集热场的勘探点应结合设计方案均匀布置，塔式集热场可按网格或环形布置，槽式、菲涅尔式集热场可按网格布置。勘探点布置应符合下列规定：

1 勘探点平面布置应控制集热场的地层结构，每个地貌单元和不良地质作用处均应布置勘探点；

2 不同场地复杂等级勘探点、线的布置可按表 4.1.1 确定。对特殊性岩土及不良地质作用位置可适当加密。

表 4.1.1 不同场地复杂等级勘探点、线的布置 (m)

场地复杂等级	勘探线间距	勘探点间距
复杂	80~150	≤50
中等复杂	120~200	80~150
简单	160~250	120~200

注：勘探线间距为钻探、坑探的间距，不适用于物探勘探线间距。

**4.1.2** 碟式集热场勘探点宜布置于装置中心位置，勘探点布置可按表 4.1.1 确定。

**4.1.3** 集热场勘探点深度自基础底面算起，应根据地层岩性、变形特点、初拟基础形式、地基类型、勘探点性质等确定，一般性勘探点深度可取 5m~8m，控制性勘探点深度可取 10m~15m。

**4.1.4** 预计勘探深度内遇到下列情况时，应适当调整勘探点深度：

1 厚度较大且结构密实的碎石土、砂土、老黏性土，勘探点深度可适当减小；

2 当勘探深度内遇特殊性土时，勘探点深度应适当加深。

**4.1.5** 当基岩裸露，且风化较浅时，勘察方法可以工程地质测绘为主，并应查明基岩的岩性、风化程度、岩体完整程度及构造发育情况。

## 4.2 吸热塔

**4.2.1** 吸热塔的岩土工程勘察应重点查明地层的起伏情况及均匀性，特殊性岩石的性质等。岩石地基应查明岩石坚硬程度、完整程度和风化程度。

**4.2.2** 当采用天然地基时，吸热塔勘探点应按照吸热塔轮廓及中心布置，吸热塔勘探点的布置原则、间距、数量及深度可按表4.2.2确定；当地层不均匀时，可加密或加深勘探点。其他情况勘探点深度可根据初拟地基基础方案按本标准第3.4.6条调整。

表 4.2.2 吸热塔勘探点的布置原则、间距、数量及深度

吸热塔高度 (m)	勘探点间距 (m)	勘探点数量	勘探深度 (m)	
			一般性勘探点	控制性勘探点
<180	15~30	3个~5个	20~25	25~35
180~250	15~30	不少于5个	25~30	30~50
>250	15~30	不少于5个	30~35	50~60

注：表中勘探点深度自基础底面算起。

**4.2.3** 当采用桩基时，勘探点深度应符合下列规定：

- 1 一般性勘探点的深度应达到预计桩端以下 3 倍~5 倍桩径，且不应小于 3m；对于大直径桩，不应小于 5m；
- 2 对需验算沉降的桩基，应超过地基变形计算深度；
- 3 预计勘探深度内遇软弱层时，应予加深；遇坚实岩土时，可适当减小；
- 4 对嵌岩桩，应深至预计嵌岩面以下 3 倍~5 倍桩径，岩溶区还应穿过溶洞破碎带。

## 4.3 发电区

**4.3.1** 发电区的岩土工程勘察应分析和评价地基的均匀性、稳定性和承载力，提供变形计算参数。

**4.3.2** 主厂房及电控楼地段的岩土工程勘察应根据建筑地段地基的复杂程度，着重分析地基的强度和变形特征，对地基的稳定性进行评价。

**4.3.3** 冷却塔的岩土工程勘察应着重查明地基的均匀性和渗水对地基性质的影

响。熔融盐储罐、导热油储罐还应提供地基土的热物理性质参数。

**4.3.4** 当采用天然地基时，发电区勘探点的布置原则、间距及深度可按表4.3.4确定；当地层不均匀时，可加密或加深勘探点。其他情况勘探点深度可根据初拟地基基础方案按本标准第3.4.6条调整。

表4.3.4 发电区勘探点的布置原则、间距及深度

建筑地段	勘探点布置原则	勘探点间距(m)	勘探深度(m)	
			一般性勘探点	控制性勘探点
主厂房及电控楼	按建筑物柱列线、基础轴线或周线布置	20~40	10~15	15~20
空冷平台	按柱列线布置	20~35	10~15	15~20
冷却塔	按基础周线、轴线及柱列线布置	20~25	10~15	15~20
熔融盐储罐、导热油储罐及蒸汽发生器	按基础轮廓线及中心布置	20~35	10~15	15~20

注：表中勘探点深度自基础底面算起。

**4.3.5** 当采用桩基时，勘探点深度应符合本标准第4.2.3条的规定。

## 4.4 变电区

**4.4.1** 变电区的岩土工程勘察应查明地层的起伏情况及均匀性，分析评价特殊性岩土的工程性质及影响深度。

**4.4.2** 主变压器应布置勘探点，变电架构可按建筑群布置勘探点，勘探深度宜为8m~15m。

## 4.5 供排水建筑物

**4.5.1** 循环水泵房、综合泵房等泵房类建筑物的岩土工程勘察应评价基坑边坡的稳定性、渗水对地基土性质的影响及施工降水等岩土工程问题。

**4.5.2** 岸边或水中泵房、取排水建筑物的岩土工程勘察应符合下列规定：

**1** 应了解泵房、取排水建筑物及护岸地貌及港湾或河道类型、岸坡形态、冲淤及变化情况、最高及最低水位，查明地表水与地下水的补排关系、水的运动对岸坡稳定性的影响；

- 2 应查明不良地质作用和施工开挖等人为因素对岸坡稳定性的影响；
- 3 当采用大开挖或围堰施工时，应提供基坑周边和基底土的渗透系数，并应评价基坑边坡的稳定性；
- 4 当采用沉井或地下连续墙施工时，应查明地层的岩性特征及其均匀性、地下水的变动情况，分析其正常下沉或成墙的可能性。

**4.5.3 输水管道或沟渠的岩土工程勘察应查明下列内容：**

- 1 沿线地形地貌、地质构造、地层结构、岩土的物理力学性质、地下水条件及不良地质作用等，并应进行分析评价；
- 2 穿越或跨越公路、铁路、冲沟、河流等地段的工程地质条件，并应评价其稳定性；
- 3 明渠通过地段的土层渗透性及边坡的稳定性。

**4.5.4 供排水建筑物地段勘探点的布置原则、数量及深度可按表4.5.4确定。**

表4.5.4 供排水建筑物勘探点的布置原则、数量及深度

建筑名称	勘探点布置原则	勘探点数量	勘探点深度
循环水泵房等泵房	按建筑物轮廓线及设备位置布置	不应少于2个	基础底面以下5 m~8 m
岸边或水中水泵房及取排水建筑物	按建筑轮廓线及设备位置布置	不应少于4个	基础底面以下5 m~8 m，若有岸坡滑动时，尚应深入滑动面以下1 m~3 m，并应满足稳定计算的要求
输水管道或沟渠	工程地质测绘与调查不能满足要求时，应进行勘探工作。沿输水管道或沟渠路径、转角、高填、深挖及地貌条件变化处布置	根据工程情况及地质情况确定	应超过管道或沟渠底或支墩底以下2 m
输水管道穿越河流工程	在穿越管道的中心线上布置	根据工程情况及地质情况确定	应超过管道底以下3 m
输水管道跨越河流工程	在两岸及河流中心已确定的墩台位置布置	每个墩台不应少于1个	应超过基础底面以下5 m
蓄水池、沉淀池	按建筑物轮廓、中心线或按建筑群布置	根据工程情况及地质情况确定	应超过基础底面以下3 m

## 4.6 辅助及附属建筑物

**4.6.1** 辅助与附属建筑物地段勘探点可按建筑物的轴线、轮廓线和周边线布置，每个单体建筑不宜少于1个勘探点。

**4.6.2** 当辅助与附属建筑物场地条件简单，地形平坦、地层分布均匀时，可按建筑群布置勘探点。

## 5 岩土工程勘察成果

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 岩土工程勘察成果的内容和重点应与勘察设计阶段的任务要求相适应。当引用前期勘察资料时，应鉴别其可用性和适宜性。

**5.1.2** 岩土物理力学性质指标应分层统计，并宜符合下列规定：

- 1 可行性研究阶段宜按不同地貌单元或岩土工程分区进行统计；
- 2 初步设计阶段宜按岩土工程分区进行统计；
- 3 施工图设计阶段宜按不同建筑地段进行统计。

**5.1.3** 当工程需要时，可编制专题报告。

### 5.2 岩土工程勘察报告

**5.2.1** 规划选址阶段勘察报告应分别描述规划厂址的主要工程地质条件，重点对场地稳定性、特殊性岩土、不良地质作用等影响工程建设的关键问题进行初步分析，对稳定性和适宜性作出初步评价。

**5.2.2** 可行性研究阶段勘察报告应对场地稳定性和适宜性作出最终评价。对选定厂址的工程地质条件作出综合评价，为厂址的平面布置和主要建筑物的地基基础方案提出初步建议，提出厂址比较意见和建议。

**5.2.3** 规划选址勘察报告及可行性勘察报告宜包括下列主要内容：

- 1 工程概况、勘察目的、任务要求和勘察依据等；
- 2 区域地形地貌、地层岩性、地质构造及地震；
- 3 各厂址地形地貌、地层岩性、水文地质条件、不良地质作用等；
- 4 岩土体物理力学性质分析；
- 5 主要工程地质问题分析评价；
- 6 场地稳定性及适宜性评价；
- 7 天然地基评价及地基基础方案推荐意见；
- 8 结论及建议。

**5.2.4** 初步设计阶段勘察报告应对厂址的工程地质条件进行全面分析、评价，

对平面布置提出优化建议，提出不良地质作用的治理及原体试验的地质资料，推荐主要建筑物的地基基础方案。

**5.2.5** 施工图设计阶段勘察报告应对每个建筑地段进行岩土工程评价，提出地基岩土体的物理力学性质参数，推荐各建筑物的基础形式，提出基坑开挖、地基处理的岩土参数，提出设计和施工建议。

**5.2.6** 初步设计阶段、施工图设计阶段勘察报告宜包括下列主要内容：

- 1 工程概况；
- 2 勘察目的、任务要求、勘察依据，勘察布置原则及完成工作量；
- 3 区域地质概况；
- 4 厂址地形地貌、地层岩性、水文地质条件及不良地质作用等；
- 5 岩土体室内试验和原位测试成果分析，物理力学性质指标建议；
- 6 地震动参数及地震效应评价；
- 7 水、土腐蚀性评价；
- 8 天然地基评价及地基基础方案推荐意见；
- 9 不良地质作用、环境地质问题对工程的影响评价及治理建议；
- 10 地质条件可能造成的工程风险评价；
- 11 场地稳定性和适宜性评价；
- 12 结论及建议。

### 5.3 报告附图、附表及专题报告

**5.3.1** 岩土勘察报告附图应与各阶段任务要求和工程实际情况相适应。

**5.3.2** 附图附表宜包括下列主要内容：

- 1 平面图：包括勘探点平面布置图、工程地质分区图等；
- 2 剖面图：包括工程地质剖面图等；
- 3 柱状图：包括钻孔柱状图、探坑展示图等；
- 4 原位测试成果图表：包括标准贯入试验成果表、动力触探试验成果图表、静力触探成果图表等；
- 5 室内试验成果图表：包括土工试验成果图表、易溶盐分析试验成果表、水质分析成果表、岩石试验成果图表等；

**6** 其他图表：包括勘探点一览表、岩土体物理力学指标统计成果表等。

**5.3.3** 岩土勘察报告可根据工程具体情况及要求编制下列专题报告：

**1** 物探测试成果报告；

**2** 岩土试验成果报告；

**3** 原位测试成果报告。

## 本标准用词说明

1 为了便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

## 引用标准名录

《中国地震动参数区划图》GB 18306

中华人民共和国能源行业标准

# 太阳能热发电厂岩土工程勘察规程

**DL/T 5628-2021**

条文说明

## 制定说明

《太阳能热发电厂岩土工程勘察规程》DL/T 5628-2021，经国家能源局 2021 年 12 月 22 日以第 6 号公告批准发布。

本标准制定过程中，编制组经广泛调查、深入研究，认真总结了近年来我国太阳能热发电厂岩土工程勘察的实践经验，参考有关国家标准和国外先进标准，并向有关设计、施工、建设和科研单位征求了意见。

为便于广大勘察、设计、施工、科研和学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明。对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与规程正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规程规定的参考。

## 目 次

1	总 则.....	23
2	基本规定.....	24
3	岩土工程勘察各阶段任务与要求.....	25
3.1	规划选址阶段.....	25
3.2	可行性研究阶段.....	25
3.3	初步设计阶段.....	25
4	施工图设计阶段各类建筑物地段岩土工程勘察要求.....	27
4.1	集热场.....	27
4.2	吸热塔.....	27
4.3	发电区.....	27
4.4	变电区.....	30
4.5	供排水建筑物.....	30
4.6	辅助及附属建筑物.....	31
5	岩土工程勘察成果.....	32
5.1	一般规定.....	32
5.2	岩土工程勘察报告.....	32
5.3	报告附图、附表及专题报告.....	32

# 1 总 则

**1.0.3** 太阳能热发电厂是将太阳能转化为热能,通过热功转换过程发电的系统,一般由集热场、吸热塔、发电区、变电区、供排水建筑物和辅助及附属建筑物等组成。本标准规定了太阳能热发电厂主要建筑物的勘察要求,对本标准未规定的有关内容,按现行有关标准执行。

## 2 基本规定

**2.0.3** 太阳能热发电厂要求厂址地形较平整、平坦，当地形坡度大于  $8^\circ$  时，对场地平整、回填区的工程地质评价，以及施工现场的环境保护等影响较大，为复杂场地。

**2.0.4** 太阳能热发电厂岩土工程勘察等级的划分参考了国家标准《火力发电厂岩土工程勘察规范》GB/T 51031-2014 的勘察等级划分，并结合太阳能热发电厂的建筑物特点而制订。

《塔式太阳能热发电站设计规范》GB/T 51307-2018，根据建筑物规模和功能特征，将塔式太阳能热发电厂建筑物地基基础设计等级分为甲级、乙级和丙级，塔式太阳能热发电厂建筑物地基基础设计等级按表 2-1 选用。其他类型太阳能热发电厂建筑物地基基础设计等级尚无明确规定，可参照表 1 确定。

表 2-1 塔式太阳能热发电厂建筑物地基基础设计等级

地基基础设计等级	建筑物规模及功能特征
甲级	汽机房、集中控制楼、熔融盐罐及换热器基础、屋内配电装置室、高度大于或等于 100 m 的吸热塔、淋水面积大于或等于 10000 m <sup>2</sup> 的自然通风冷却塔、空冷凝汽器支撑结构、场地及地质条件复杂的建筑物、高边坡等
乙级	定日镜基础，除甲级、丙级以外的其他生产建筑、辅助及附属建筑物
丙级	检修间、材料库、汽车库、材料棚库、警卫传达室、围墙及临时建筑

**2.0.5** 当场地岩土工程条件简单时，一般将初步设计阶段勘察和施工图设计阶段勘察合并，勘察工作可以一次达到施工图设计阶段勘察精度。

### 3 岩土工程勘察各阶段任务与要求

#### 3.1 规划选址阶段

**3.1.3** 工程区及邻近地区发育大型的不良地质作用及地质灾害，如滑坡、泥石流、崩塌等，影响工程安全，制约工程建设。为避免工程建设后期因地质条件产生颠覆性问题，本阶段对重大的、影响工程建设的地质问题一定要有正确的定性认识，本阶段对大型的不良地质作用及地质灾害给出地质意见。

**3.1.4** 本阶段的勘察方法以搜集资料、现场踏勘为主，对厂址的主要工程地质作出初步评价。在下列情况下考虑适量的勘探工作：

(1) 存在大型的不良地质作用及地质灾害，如滑坡、泥石流、崩塌、移动沙丘等，可能影响场地的稳定性，处理难度大，影响工程建设投资。

(2) 存在特殊性岩土，分布广、厚度大，可能对工程建设造成较大影响；缺少资料，难以估算治理难易程度及费用，或影响厂址成立。

(3) 经踏勘调查后仍缺乏地质资料，难以了解基本地质条件，无法初步评价主要工程地质问题。

勘察工作根据场地条件，针对不同问题，采取不同的勘察方法，采用工程地质测绘与调查、遥感、钻探、井探、物探等方法。

#### 3.2 可行性研究阶段

**3.2.1** 厂址的稳定性直接制约工程的成立与否，可行性研究阶段对厂址的稳定性要作出最终结论。初步设计阶段勘察和施工图设计阶段勘察引用本阶段的结论即可。可行性研究阶段工作深度不够时，可以在后期勘察中复核评价。

#### 3.3 初步设计阶段

**3.3.1** 为保证工程安全，设计根据勘察提供的岩土参数在工程现场具有代表性的场地范围内，以相同工程作用条件进行原体试验。本阶段根据原体试验成果优化设计，地质专业根据原体试验成果对岩土参数进行调整。

**3.3.6、3.3.7** 为确定初步设计阶段的勘探点布置，编制组对已完成勘察的太阳

能热发电厂勘察点间距及深度进行了调研，初步设计阶段勘探点的间距和深度是在调研成果的基础上推荐采用的。

## 4 施工图设计阶段各类建筑物地段岩土工程勘察要求

### 4.1 集热场

**4.1.1、4.1.2** 集热场是将太阳能聚集并转化为热能的系统。集热场根据聚光形式不同分为塔式、槽式和菲涅尔式和碟式。塔式的定日镜排列方式主要有辐射交错式、阵列式、同心圆、campo 式及仿生学式。辐射交错式、同心圆及 campo 布置按环形布置，矩阵式按行列均匀布置，仿生学布置布置于黄金分割线上。槽式和菲涅尔式的镜场布置形式主要为矩阵式，勘探点按行列均匀布置。碟式太阳能热发电厂根据建筑平面图布置勘探点，勘探点布置于装置的中心位置。

### 4.2 吸热塔

**4.2.1** 吸热塔属于高耸建筑物，是支撑吸热器及配套系统的高耸结构，包括钢筋混凝土结构、钢结构和混合结构形式。其特点是：高度大，上部荷载大，中部有电梯通道等。目前采用的吸热塔高度为 138 m~260 m，直径为 20 m~40 m。吸热塔的变形不仅影响其稳定和安全，还影响太阳能的聚集。对于吸热塔，地基均匀性尤为重要，因此要重点查明地层的起伏情况及均匀性。

地基均匀性评价可以从 3 个方面分析：1、是否跨越不同地貌单元或工程地质单元，岩土层工程特性的差异程度；2、中~高压压缩性地基，持力层底面或相邻基底的坡度，或在基础宽度方向上的厚度差；3、压缩模量的差异。

**4.2.2** 对于小于 180 m 的吸热塔，3 个勘探点时均匀布置于吸热塔轮廓上。5 个勘探点时在吸热塔中心布置一个，其余四个均匀布置于吸热塔轮廓上。对于大于 180 m 的吸热塔，在吸热塔中心布置一个勘探点，其余勘探点均匀布置于吸热塔轮廓上。

### 4.3 发电区

**4.3.1** 发电区主要包括主厂房及电控楼地段、空冷平台地段、冷却塔地段、熔融盐储罐、导热油储罐及蒸汽发生器地段，是太阳能热发电厂岩土工程勘察的核

心区域之一。勘察中根据工程地质条件，研究地基承载力和不均匀沉降，对地基的稳定性作出评价，还注意研究有关深基础的岩土工程问题。

**4.3.2** 主厂房及电控楼地段基础埋深大、荷重大，且分布不均匀，对于差异沉降十分敏感，勘察工作中予以足够重视。岩土工程勘察主要目的在于取得地基变形计算及稳定性计算的有关资料。

**4.3.3** 冷却塔从外形上分为双曲线型和非双曲线型两类，机械通风冷却塔为非双曲线型，自然通风冷却塔和间接冷却塔均为双曲线型。双曲线型塔主要由支柱和塔身组成，自然通风冷却塔还包括集水池和淋水装置。

双曲线型冷却塔体型大、荷载大，对差异沉降敏感，因此地基均匀性是勘察的重点。另外，有淋水装置的冷却塔往往会受到漏水的影响，可能引起地基强度的降低和地基变形的增加，为此进行浸水饱和状态下的固结和抗剪强度试验，以便对地基强度和变形作出准确评价。

熔融盐储罐、导热油储罐对地基土的热物理性质参数有要求，勘察时提供地基土的热物理性质参数。

**4.3.4** 主厂房及电控楼地段的长和宽大致在40 m~60 m，通常按主要柱列线、基础轴线及基础的周线布置勘探点。

熔融盐储罐、导热油储罐及蒸汽发生器体形高、荷重大，勘探点在基础轮廓线和中心布置。

冷却塔考虑环形基础和构架地段对地基强度的要求有所不同，在勘探点的深度的选择不同。

编制组对已完成施工图勘察的太阳能热电厂的勘探布置进行了统计，发电区各建筑地段勘探点间距及深度统计见表2。

表 2 发电区各建筑地段勘探点间距及深度统计

建筑地段	工程名称	勘探点间距	一般性孔深	控制性孔深
主厂房及电控楼	哈密熔盐塔式 5 万千瓦光热发电项目	19~38	10	15
	海西州多能互补集成优化示范工程	18~40	10	15
	青海共和 50 MW 光热发电项目	22	10	15
	青海中控太阳能发电有限公司德令哈 50 MW 太阳能热发电项目	22	10	15
	敦煌大成聚光热电有限公司敦煌一期 5 万千瓦熔盐线性菲涅尔式光热发电项目	24~45	10	15~23
空冷平台	哈密熔盐塔式 5 万千瓦光热发电项目	36~50	10	15
	海西州多能互补集成优化示范工程	23~24	10	15
	青海共和 50 MW 光热发电项目	20~30	10	15
	青海中控太阳能发电有限公司德令哈 50 MW 太阳能热发电项目	20~30	10	15
	敦煌大成聚光热电有限公司敦煌一期 5 万千瓦熔盐线性菲涅尔式光热发电项目	32~36	10	15
冷却塔	哈密熔盐塔式 5 万千瓦光热发电项目		10	15
	海西州多能互补集成优化示范工程	19~24	10	15
	青海共和 50 MW 光热发电项目		10	15
	青海中控太阳能发电有限公司德令哈 50 MW 太阳能热发电项目		10	15
	敦煌大成聚光热电有限公司敦煌一期 5 万千瓦熔盐线性菲涅尔式光热发电项目		10	15
熔融盐储罐、导热油储罐及蒸汽发生器	哈密熔盐塔式 5 万千瓦光热发电项目	23~36	10	15
	海西州多能互补集成优化示范工程	19~26	10	15~20
	青海共和 50 MW 光热发电项目	24~35	10	15
	青海中控太阳能发电有限公司德令哈 50 MW 太阳能热发电项目	17~26	10	15
	敦煌大成聚光热电有限公司敦煌一期 5 万千瓦熔盐线性菲涅尔式光热发电项目	34~40	8~10	12~15

根据统计成果，剔除极大值及极小值，主厂房及电控楼大多数勘探点间距为 20 m~40 m，一般性勘探点深度为 10 m~15 m，控制性勘探点深度为 15 m~20 m；空冷平台大多数勘探点间距为 20 m~35 m，一般性勘探点深度为 10 m~15 m，控制性勘探点深度为 15 m~20 m；冷却塔大多数勘探点间距为 20 m~25 m，一般性勘探点深度为 10 m~15 m，控制性勘探点深度为 15 m~20 m；熔融盐储罐、导热油储罐及蒸汽发生器大多数勘探点间距为 20 m~35 m，一般性勘探点深度为 10 m，控制性勘探点深度为 15 m~20 m。

## 4.4 变电区

**4.4.1、4.4.2** 变电地段的岩土工程勘察参照现行行业标准《变电站岩土工程勘测技术规程》DL/T 5170 执行，一般适当简化。对布置于空冷平台下的变电设施，结合空冷平台地段的勘察进行。

## 4.5 供排水建筑物

**4.5.1** 供排水地段包括岸边或水中水泵房、取排水建筑物、循环水泵房、综合泵房、输水管道或沟渠、蓄水池、沉淀池等，种类较多，勘察时要充分考虑其建筑特点及太阳能热发电厂岩土工程勘察的特殊要求。

**4.5.2** 岸边或水中泵房及取排水构筑物一般荷重不大，有时还需考虑水对基础浮力的影响，而且直接受水流冲击和冲刷，稳定性是此类构筑物勘察的首要问题，因此首先在水文专业人员的配合下详细调查相关的水文情况。此类构筑物勘察点的深度取决于最大冲刷深度以下 3 m 左右，因此勘探点深度要在基底以下 5 m~8 m，或基底滑动面以下 1 m~3 m。对于岩石地基，当需要采用抗浮锚杆固定时，勘探深度穿透强风化层至中等风化层为止，并提供有关地下水资料。当需查明可能产生滑动的结构面时，其勘探点深度的确定，对土类按圆弧法计算求得，对岩石要注意软弱夹层或软弱结构面的不利组合。护岸一般采用地下连续墙，因此护岸地段勘探点深度要满足地下连续墙设计的要求。

针对此类构筑物的不同施工方法，勘察时注意查明施工中可能出现的各类问题。

当采用大开挖或围堰施工时，给出基坑周边和基底土的渗透系数，并判定基坑边坡的稳定性，而对于围堰本身的渗透性、稳定性，应由施工单位自行研究解决。

对采用沉井、沉箱或地下连续墙施工时，要考虑下沉或成墙的难易程度。勘察中特别注意查清地层的均匀性、地下水特别是承压水的埋藏条件，有无大块碎石、漂石或易产生流砂，并分析判断其对施工的影响。

**4.5.3、4.5.4** 输水管道或沟渠的勘察在沿线调查的基础上，在地貌、地质单元变化处，高填、深挖地段，跨越地段，以及管线转角、设立支墩处等关键部位布置勘探点。当调查和布置勘探点尚不能满足要求时，对管道按 200 m~400 m 间

距布置勘探点，明渠按 100 m~200 m 间距布置勘探点，其深度至管道或沟渠底部以下 2 m~3 m。测定土层的渗透系数，以便设计时考虑渗漏问题。

当输水管道或沟渠遇有公路、铁路、冲沟、河流等障碍，且必须穿越或跨越时，根据自然条件，因地制宜地确定穿越或跨越通过的方式。穿越工程是管线工程重要的组成部分，大的穿越工程往往局部控制整个线路的走向，因而与设计密切配合，合理选择和确定穿越地段，既要保持整个线路走向的合理性，又要考虑到工程地质条件的适宜性。穿越或跨越的位置选择河段顺直、河床与岸坡稳定、水流平缓、河流断面大致对称、河床岩土构成比较单一、两岸有足够施工场地等有利河段。

在输水管道穿越河流工程中，勘探点布置在穿越管道的中心线上，偏离中心线一般不超过 3 m，间距 50 m~100 m，其深度至河床最大冲刷深度以下 3 m~5 m；在输水管道跨越河流工程中，跨越段每个墩台位置布置勘探点，且不少于 1 个，其深度超过基础底面以下 5 m，当采用桩基时，按桩基勘察要求进行。

输水管道或沟渠的路径较长，经过不同地质、地貌单元时，分段评价工程地质条件。

## 4.6 辅助及附属建筑物

**4.6.1、4.6.2** 辅助与附属建筑物地段包括生产办公楼、化学水处理室、蒸发塘、修配厂、检修车间、材料棚库、燃油（气）罐、熔融盐储存间、熔融盐事故泄放池、导热油膨胀罐、溢流罐、导热油泵房、事故储油池、危险品库及生活福利建筑物等。

辅助与附属建筑物地段一般荷重不大，基础埋深较浅，对地基承载力的要求不高，一般不需要进行变形计算。因此，结合具体的建筑物特点，进行岩土分析与评价，论证采用天然地基的可能性。

勘探点的布置按单个建筑物进行布置，确保每一单个建筑物都有勘探点控制；当建筑物平面布置比较集中，且场地岩土条件简单时，按建筑群布置勘探点。

## 5 岩土工程勘察成果

### 5.1 一般规定

**5.1.3** 物探测试成果、室内试验成果及原位测试成果一般作为报告附图附表，不单独编制专题报告。当工程规模较大、地质条件复杂，测试试验种类多、数量大时，可编制专题报告。

### 5.2 岩土工程勘察报告

**5.2.1** 规划选址阶段勘察报告一般是总报告的一个章节，重点对影响厂址成立的制约性工程地质问题进行评价，提出厂址的比选意见。

**5.2.2** 可行性研究阶段对基本选定的厂址开展地质工作，对厂址区的主要工程地质问题进行初步评价。提出建筑布置、基础方案及地基处理措施初步建议。

**5.2.3、5.2.6** 勘察报告的内容可根据工程特点和工程地质特征进行适当调整，突出重点。

天然地基评价包括地基均匀性评价、地基土工程特性评价及持力层选择等内容。

### 5.3 报告附图、附表及专题报告

**5.3.2** 岩土勘察报告要求图文并茂，除报告外，还要有完整的附图附表，必要时可编制专题报告。

发电区、变电区、吸热塔等地段的剖面图采用等比例尺。