

ICS 27.160

P 61

备案号: J2643—2019

**NB**

中华人民共和国能源行业标准

**P**

**NB/T 10100—2018**

---

# 光伏发电工程地质勘察规范

Code for Engineering Geological Investigation  
of Photovoltaic Power Projects

2018 - 12 - 25 发布

2019 - 05 - 01 实施

---

国家能源局 发布

中华人民共和国能源行业标准

光伏发电工程地质勘察规范

Code for Engineering Geological Investigation  
of Photovoltaic Power Projects  
**NB/T 10100—2018**

主编部门：水电水利规划设计总院

批准部门：国 家 能 源 局

施行日期：2 0 1 9 年 5 月 1 日

中国水利水电出版社

**2019 北 京**

# 国家能源局 公 告

2018 年 第 16 号

依据《国家能源局关于印发〈能源领域行业标准化管理办法（试行）〉及实施细则的通知》（国能局科技〔2009〕52号）有关规定，经审查，国家能源局批准《光伏发电工程地质勘察规范》等204项行业标准，其中能源标准（NB）32项、电力标准（DL）172项，现予以发布。

附件：行业标准目录

国家能源局

2018年12月25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
1	NB/T 10100— 2018	光伏发电工程 地质勘察规范			2018-12-25	2019-05-01
...						

# 前 言

根据《国家能源局关于下达 2013 年第二批能源领域行业标  
准制（修）订计划的通知》（国能科技〔2013〕526 号）的要求，  
规范编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，并在广泛征求  
意见的基础上，制定本规范。

本规范的主要技术内容是：基本规定、勘察分级、规划选址  
勘察、初步勘察、详细勘察、专门性勘察、施工检验。

本规范由国家能源局负责管理，由水电水利规划设计总院提  
出并负责日常管理，由水电水利规划设计总院负责具体技术内容  
的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送水电水利规划设计  
总院（地址：北京市西城区六铺炕北小街 2 号，邮编：100120）。

本规范主编单位：中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司  
水电水利规划设计总院

本规范参编单位：中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司

本规范主要起草人员：王志硕 钟建平 单治钢 王逸民  
赵志祥 胡向阳 黄静波 易神州  
刘 军 何小亮 王明甫 李安旗  
王敬勇 梁 海 苏盛伟

本规范主要审查人员：王惠明 宫海灵 李开德 林发贵  
敖仁军 黄润太 谭新平 高文龙  
邢丁家 刘珍岩 吉咸伟 彭 斌  
赵之举 张 勃 王 永 朴 苓  
屈建军 李仕胜



# 目 次

1	总则 .....	1
2	术语 .....	2
3	基本规定 .....	3
4	勘察分级 .....	5
5	规划选址勘察 .....	7
5.1	一般规定 .....	7
5.2	勘察内容及方法 .....	7
5.3	勘察报告 .....	8
6	初步勘察 .....	9
6.1	一般规定 .....	9
6.2	光伏阵列区 .....	10
6.3	建筑物区 .....	12
6.4	勘察报告 .....	13
7	详细勘察 .....	14
7.1	一般规定 .....	14
7.2	光伏阵列区 .....	15
7.3	升压站及辅助建筑物 .....	16
7.4	勘察报告 .....	17
8	专门性勘察 .....	19
8.1	流动沙丘 .....	19
8.2	人工堆渣场 .....	20
9	施工检验 .....	22
附录 A	场地环境类型 .....	23
附录 B	建筑抗震地段划分 .....	24
附录 C	场地稳定性评价 .....	25

附录 D 场地工程建设适宜性分级 .....	26
附录 E 工程地质勘察报告及附图附件 .....	28
本规范用词说明 .....	29
引用标准名录 .....	30
附：条文说明 .....	31



# Contents

1	General Provisions .....	1
2	Terms .....	2
3	Basic Requirements .....	3
4	Classification of Engineering Geological Investigation .....	5
5	Siting Investigation in Planning Stage .....	7
5.1	General Requirements .....	7
5.2	Scope and Methods .....	7
5.3	Investigation Report .....	8
6	Preliminary Investigation .....	9
6.1	General Requirements .....	9
6.2	Investigation in Photovoltaic Array Area .....	10
6.3	Investigation in Building Area .....	12
6.4	Investigation Report .....	13
7	Detailed Investigation .....	14
7.1	General Requirements .....	14
7.2	Investigation in Photovoltaic Array Area .....	15
7.3	Investigation in Substation and Auxiliary Building Area .....	16
7.4	Investigation Report .....	17
8	Specific Investigation .....	19
8.1	Mobile Dune .....	19
8.2	Waste Stockyard .....	20
9	Construction Inspection .....	22
Appendix A	Site Environment Category .....	23
Appendix B	Division of Seismic Areas for Construction ...	24
Appendix C	Site Stability Evaluation .....	25

Appendix D	Classification of Site Engineering	
	Construction Suitability .....	26
Appendix E	Report, Drawings and Attachments for	
	Engineering Geological Investigation .....	28
Explanation of Wording in This Code .....		29
List of Quoted Standards .....		30
Addition: Explanation of Provisions .....		31

## 1 总 则

**1.0.1** 为规范光伏发电工程地质勘察工作的任务、内容、方法以及评价的技术要求，保证勘察成果质量，制定本规范。

**1.0.2** 本规范适用于陆地、水面光伏发电工程的地质勘察工作。

**1.0.3** 光伏发电工程地质勘察，除应符合本规范外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 术 语

### 2.0.1 光伏发电工程 photovoltaic power project

利用光伏组件将太阳能转换为电能，并与公共电网有电气连接的工程实体，由光伏组件、逆变器、线路等电气设备、监控系统和建筑物组成。

### 2.0.2 流动沙丘 mobile dune

植被盖度小于10%、地表沙物质处于流动状态的沙丘。

### 2.0.3 控制性勘探孔 control exploratory hole

为掌握场址区地层结构，以满足场地、地基基础和基坑工程的稳定性、变形评价要求而布设的勘探孔。

### 2.0.4 一般性勘探孔 exploratory hole

为查明地基主要受力层性质，满足地基承载力评价等一般常规性问题的要求而布设的勘探孔。

### 2.0.5 地基承载力 subsoil bearing capacity

地基在同时满足强度和变形两个条件下，单位面积所能承受的最大荷载。

### 3 基本规定

**3.0.1** 光伏发电工程地质勘察应分为规划选址勘察、初步勘察、详细勘察及施工检验工作，并应与设计要求相适应。

**3.0.2** 光伏发电工程地质勘察应在搜集建筑物上部荷载、功能特点、结构类型、基础型式、埋置深度和变形要求等方面资料的基础上进行。

**3.0.3** 在开展外业工作之前，应收集工程场址区已有的地质资料，进行现场查勘，了解场址区的自然条件、工作环境和地形地貌条件。

**3.0.4** 勘察单位应根据勘察任务书或合同要求，明确勘察阶段及工作内容，编制工程地质勘察大纲。勘察过程中，宜根据具体情况，适时对工程地质勘察大纲进行调整。工程地质勘察大纲应包括下列内容：

- 1 工程概况、场址区地形地质条件。
- 2 勘察工作依据的标准及技术文件。
- 3 勘察阶段、勘察目的和勘察任务。
- 4 勘察内容、工作方法和技术要求。
- 5 勘察重点。
- 6 勘察工作量和进度。
- 7 提交勘察成果的内容及数量。
- 8 勘察过程控制、质量、安全及环境保护措施。
- 9 勘探布置图。

**3.0.5** 工程地质勘察方法和手段应根据场地等级、地基等级和岩土性质确定，可选择钻探、坑探及物探等勘探方法，勘察工作量和勘察周期应满足相应阶段的要求。

**3.0.6** 光伏发电工程场址区的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。对于地震基本烈度大于等于Ⅸ度的场址，宜进行场地地震安全性评价。

**3.0.7** 对于地基复杂程度为二级及以上的场址应进行地质调查或地质测绘，必要时进行工程地质分区，并绘制相应比例尺的地质图。

**3.0.8** 场地地基土应进行分类，地基土分类和鉴定应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的规定。

**3.0.9** 基岩地基应进行岩石坚硬程度、岩体风化程度及岩体完整程度划分，并应符合现行国家标准《工程岩体分级标准》GB/T 50218 的规定。

**3.0.10** 湿陷性土、红黏土、软土、混合土、填土、多年冻土、膨胀岩土、盐渍土、风化岩及残积土等特殊岩土工程勘察工作布置、勘察方法和工程地质评价应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的有关规定。

**3.0.11** 活动断裂、滑坡、泥石流、采空区、岩溶、地面沉降、危岩和崩塌等专门性勘察的勘察方法、勘察工作布置及工程地质评价应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的有关规定。

**3.0.12** 当场址区存在流动沙丘、人工堆渣场时，应进行专门性勘察。

**3.0.13** 工程地质勘察应根据场址地质条件开展室内岩土试验或原位测试。试验项目、数量和方法应结合地质条件、勘察阶段和工程特点确定。室内试验的试样和原位测试的试点应具有代表性。室内土工试验方法应符合现行国家标准《土工试验方法标准》GB/T 50123 的规定，室内岩石试验方法应符合现行国家标准《工程岩体试验方法标准》GB/T 50266 的规定。

**3.0.14** 工程地质勘察应根据场地环境类型进行水、土腐蚀性的评价，评价方法应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的有关规定。场地环境类型应符合本规范附录 A 的规定。

## 4 勘察分级

**4.0.1** 场地等级划分应根据场地的复杂程度确定：一级为复杂场地；二级为中等复杂场地；三级为简单场地。场地等级划分应符合表 4.0.1 的规定。建筑抗震地段划分应符合本规范附录 B 的规定。

表 4.0.1 场地等级划分

场地等级	场地的复杂程度
一级	(1) 场地地震基本烈度大于等于Ⅸ度； (2) 建筑抗震危险地段； (3) 地形地貌复杂，地形坡度大于 25°； (4) 地层层次多于 4 层，且结构复杂； (5) 水面光伏工程； (6) 受滑坡、泥石流、采空区、地面沉降、岩溶、沙丘、人工堆渣场等影响大的场地
二级	(1) 场地地震基本烈度大于Ⅵ度，小于Ⅸ度； (2) 建筑抗震不利地段； (3) 地形地貌一般，地形坡度 10°~25°； (4) 地层层次为 3 层、4 层，且结构较复杂； (5) 基础位于地下水位以下的场地； (6) 受滑坡、泥石流、采空区、地面沉降、岩溶、沙丘、人工堆渣场等影响小的场地
三级	(1) 场地地震基本烈度小于等于Ⅵ度； (2) 建筑抗震一般地段及有利地段； (3) 地形地貌简单，地形坡度小于 10°； (4) 地层层次为 1 层、2 层，性质变化不大； (5) 地下水对工程无影响

注：1 等级划分只需满足场地复杂程度条件之一者即可。

2 从一级开始，向二级、三级递推，以首先满足为准。

**4.0.2** 地基等级划分应根据地基的复杂程度确定：一级为复杂

地基；二级为中等复杂地基；三级为简单地基。地基等级划分应符合表 4.0.2 的规定。

表 4.0.2 地基等级划分

地基等级	地基的复杂程度
一级	(1) 岩土种类多，极不均匀，性质变化大，需处理； (2) 湿陷性土、红黏土、软土、混合土、填土、多年冻土、膨胀岩土、盐渍土等特殊岩土，以及其他情况复杂需作专门处理的岩土
二级	(1) 岩土种类较多，不均匀，性质变化较大； (2) 一般性岩土，不需要专门处理的特殊性岩土
三级	(1) 岩土种类单一、均匀、性质变化不大； (2) 无特殊性岩土； (3) 基岩裸露

注：1 等级划分只需满足地基复杂程度条件之一者即可。

2 从一级开始，向二级、三级递推，以首先满足为准。

4.0.3 勘察等级应根据场地等级、地基等级划分为甲级、乙级、丙级。勘察等级划分应符合表 4.0.3 的规定。

表 4.0.3 勘察等级划分

勘察等级	划 分 标 准
甲级	场地等级、地基等级至少有 1 项为一级
乙级	除甲级、丙级以外的项目
丙级	场地等级、地基等级均为三级



## 5 规划选址勘察

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 规划选址阶段的工程地质勘察应了解规划区域的工程地质条件，对场地的稳定性和适宜性作出初步评价。

**5.1.2** 规划选址阶段的工程地质勘察任务应包括下列内容：

- 1 了解规划地区的区域地质和地震概况。
- 2 了解各场地的基本地质条件和主要工程地质问题。
- 3 分析比较各规划场址的工程地质条件。

### 5.2 勘察内容及方法

**5.2.1** 规划选址阶段工程地质勘察应符合下列要求：

1 了解区域地质概况，根据现行国家标准《中国地震动参数区划图》GB 18306 确定各规划光伏发电工程场址区的地震动参数。

2 了解各规划光伏发电工程场址区的地形地貌特征、地层结构、岩土性质，特殊性岩土的分布，地质构造类型、规模、性状等。

3 了解各规划光伏发电工程场址区大中型泥石流、滑坡、岩溶、流动沙丘、采空区、人工堆渣场等不良地质作用的发育和分布情况。

4 初步分析各规划光伏发电工程场址区场地的稳定性和适宜性。场地稳定性评价应符合本规范附录 C 的规定，场地工程建设适宜性分级应符合本规范附录 D 的规定。

5 水面光伏发电工程还应了解场址区的水深及变幅等。

**5.2.2** 规划选址阶段工程地质勘察方法应以收集资料和地质调

查为主。当规划区规模较大且资料缺乏时，可布置勘探工作。地质图比例尺可选用 1 : 50 000~1 : 10 000。

**5.2.3** 光伏发电工程选址应避免大型滑坡、泥石流，宜避开流动沙丘。

### **5.3 勘 察 报 告**

**5.3.1** 规划选址阶段应编制工程地质勘察报告。

**5.3.2** 规划选址阶段工程地质勘察报告应包括区域地质概况、各规划光伏发电工程场址区工程地质条件及主要工程地质问题初步分析、结论及附图等。工程地质勘察报告及附图附件应符合本规范附录 E 的规定。

## 6 初步勘察

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 初步勘察应初步查明场址区的工程地质条件和主要地质问题，提出光伏发电工程设计所需的地质资料。

**6.1.2** 初步勘察应符合下列要求：

- 1 复核区域地质条件，评价区域构造稳定性。
- 2 初步查明场址区的地形地貌特征。
- 3 初步查明场址区第四系地层的成因类型、物质组成、层次结构、分布规律；初步查明特殊性土的分布范围和厚度。
- 4 初步查明岩石地基的岩性、岩层产状、风化程度；初步查明软岩、易溶岩、膨胀性岩层和软弱夹层的分布、厚度，初步评价其对地基稳定性的影响。
- 5 初步查明地下水类型、埋藏条件、地下水位的变化幅度，并划分含水层和相对隔水层。水面光伏还应初步查明水深及变幅。
- 6 查明场地不良地质作用的成因、分布、规模、发展趋势，并对场地的稳定性作出评价。
- 7 提出场址区岩土体的物理力学性质参数。
- 8 进行水质简分析和土化学分析，初步判定水和土对建筑材料的腐蚀性。
- 9 初步确定建筑场地类别。
- 10 提出场地岩土的电阻率。
- 11 了解天然建筑材料料源。

## 6.2 光伏阵列区

**6.2.1** 工程地质测绘的比例尺可选择 1:10 000~1:2 000。

**6.2.2** 勘探可采用坑探、钻探、物探等方法，勘探布置应符合下列规定：

1 应控制场址区的地层分层、地基土性状和不良地质作用的分布范围。每个地貌单元、不同地层和不良地质作用处应布置勘探点。

2 不同地基等级勘探点的布置应符合表 6.2.2 的要求，当场地工程地质条件复杂时可适当减小间距。

表 6.2.2 不同地基等级勘探点的布置 (m)

地基等级	勘探线间距	勘探点间距
一级	200~400	100~200
二级	400~500	200~300
三级	500~600	300~500

3 勘探孔可分为一般性勘探孔和控制性勘探孔。控制性勘探孔数量不应少于总孔数的 1/3。

4 钻进方法可根据地基岩土类别和地下水位等具体情况选用。

5 当遇地下水时，应在勘探过程中观测地下水位，并划分含水层和相对隔水层。

**6.2.3** 勘探点深度应根据地基等级、初拟基础型式等确定，并宜符合下列规定：

1 当采用桩基时，一般性勘探点深度不宜小于桩端以下 3m，控制性勘探点深度不宜小于桩端以下 6m。

2 当采用其他基础型式时，勘探点深度宜符合下列规定：

1) 一级地基一般性勘探点深度为 6m~8m，控制性勘探点深度为 10m~15m。

- 2) 二级地基一般性勘探点深度为 5m~7m, 控制性勘探点深度为 8m~12m。
- 3) 三级地基一般性勘探点深度为 3m~5m, 控制性勘探点深度为 6m~10m。

**6.2.4** 当遇到下列情况时, 应调整勘探布置:

- 1 当基岩裸露且风化较浅时, 可以工程地质测绘为主。
- 2 当勘探深度内遇厚度较大且结构密实的碎石土、砂土、老沉积土时, 勘探点深度可适当减小。
- 3 当勘探深度内遇软弱土时, 勘探点深度应适当加深。

**6.2.5** 场址区采取土试样、水样和原位测试应符合下列规定:

- 1 采取土试样和原位测试勘探点数量之和不宜少于全部勘探点总数的 1/3。
- 2 主要土层内采取土试样的数量或进行原位测试的次数不应少于 6 组 (次)。
- 3 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。
- 4 当土层性质不均匀时, 应增加取土样数量或原位测试次数。
- 5 代表性的地下水和地表水进行水质简分析, 试样数量不应少于 2 组。

**6.2.6** 水面光伏发电工程勘察除应符合本规范第 6.2.2 条~6.2.4 条外, 尚应符合下列规定:

- 1 应测绘同等比例尺的水深图, 水流平缓、风浪小的水域上下游边界应外延 100m, 其他水域的上游边界外延不应小于 150m, 下游边界外延不应小于 100m。
- 2 初步查明水位变化情况。
- 3 初步查明淤积物的分布、厚度及性状。
- 4 对于漂浮式水面光伏发电工程, 应初步查明锚泊底质的类型及性状。

**6.2.7** 光伏阵列区的物探测试应根据场址区的地形地貌和地层特点选择合适的物探方法。物探剖面线应尽量垂直地貌单元，并结合勘探剖面布置。

**6.2.8** 光伏阵列区的初步勘察应初步评价场址区的工程地质条件、水文地质条件，提出地基土的物理力学参数建议值和基础型式建议。

### 6.3 建筑物区

**6.3.1** 工程地质测绘比例尺可选择 1:2 000~1:1 000。

**6.3.2** 建筑物区的勘探可采用坑探、钻探、物探等方法，勘探布置应符合下列规定：

1 勘探工作应控制建筑物区的地层分层、地基土性状的分布和不良地质作用的分布范围。每个地貌单元、不同地层和不良地质作用处均应布置有勘探点。

2 应根据场地复杂程度布置勘探点，简单场地应按网格布置，中等复杂及复杂场地还应结合地貌单元布置。

3 不同地基等级勘探点的布置应符合表 6.3.2 的规定，在地貌变化大、基岩起伏较大或第四系覆盖层层次复杂时宜适当加密勘探点。

表 6.3.2 不同地基等级勘探点的布置 (m)

地基等级	勘探线间距	勘探点间距
一级	50~100	≤60
二级	75~150	50~100
三级	80~200	70~120

4 钻孔可分为一般性钻孔和控制性钻孔。控制性钻孔数量不应少于总孔数的 1/3。

5 应观测地下水位及变化幅度。

**6.3.3** 一般性勘探点深度宜为 8m~10m，控制性勘探点深度宜

为 10m~15m。

**6.3.4** 当遇到下列情况时，勘探孔深度应符合下列规定：

1 在预定深度内遇到基岩时，一般性勘探孔在达到确认的基岩后即可终孔，控制性孔入岩深度不宜小于 3m。

2 在预定勘探深度内遇到软弱地层时，勘探孔深度应适当加深或穿透软弱地层。

3 当拟定基础埋深以下有厚度不小于 3m、分布均匀的坚实土层，且其下无软弱下卧层时，除控制性勘探孔应达到规定深度外，一般性勘探孔达到该层顶面即可。

**6.3.5** 采取岩土试样、水样和原位测试应符合本规范第 6.2.5 条的规定。

**6.3.6** 物探测试应符合本规范第 6.2.7 条的规定。

**6.3.7** 建筑物区的初步勘察应提出地基土的视电阻率，并按要求记录测试期前三天的天气、地基土湿度等。

**6.3.8** 建筑物区的初步勘察应初步评价建筑物区的工程地质条件、水文地质条件，提出建筑物的基础型式、地基处理方案建议。

## 6.4 勘察报告

**6.4.1** 勘察报告应包括下列主要内容：

- 1 工程概况、自然地理条件。
- 2 区域地质和场址区构造稳定性评价，场址区地震动参数。
- 3 场址区基本地质条件。
- 4 岩土体物理力学参数建议值。
- 5 场地稳定性和工程建设适宜性评价。
- 6 场址区工程地质条件及问题初步评价和基础方案建议。
- 7 天然建筑材料。
- 8 结论及建议。

**6.4.2** 附图宜包括场址工程地质平面图、工程地质剖面图、钻孔柱状图、典型坑槽柱状图等。

## 7 详细勘察

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 详细勘察应查明光伏阵列区、升压站及辅助建筑物的工程地质条件，对建筑物基础型式、地基处理方案等提出建议，提供设计、施工所需的地质资料。

**7.1.2** 详细勘察应符合下列要求：

- 1 复核区域构造稳定性、地震动参数。
- 2 查明工程区的地形地貌特征。
- 3 查明工程区第四系地层的成因类型、物质组成、层次结构、分布规律，特殊性土层的分布范围、特性及厚度，分析和评价地基的稳定性、均匀性和承载力。
- 4 查明基岩岩性、风化程度，软岩、易溶岩、膨胀岩和软弱夹层的分布及厚度，查明地质构造的发育情况。
- 5 查明地表水的发育情况，地下水的类型、赋存埋藏条件、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。水面光伏还应查明水深及变幅。
- 6 判定地表水、地下水和地基土对建筑材料的腐蚀性。
- 7 复核工程区的不良地质作用，评价其对工程的影响程度，提出工程处理方案的地质建议。
- 8 进行室内试验和现场原位测试，提出地基岩土层的物理力学参数。
- 9 进行岩土的电阻率测试。
- 10 调查天然建筑材料的分布、储量和质量。



## 7.2 光伏阵列区

**7.2.1** 工程地质测绘比例尺可选用 1 : 2 000 ~ 1 : 500。

**7.2.2** 勘探可采用钻探、坑探、物探等方法。勘探布置应符合下列规定：

1 应控制光伏阵列区的地层分层、性状，每个地貌单元、不同地层、主要地质构造和不良地质作用处均应布置勘探点。

2 根据光伏阵列区建筑物的布置，不同地基等级勘探点的布置应符合表 7.2.2 的规定。对特殊岩土及地质灾害点可适当加密、加深。

表 7.2.2 不同地基等级勘探点的布置 (m)

地基等级	勘探线间距	勘探点间距
一级	80~150	≤50
二级	120~200	80~150
三级	160~250	120~200

3 勘探孔可分为一般性勘探孔和控制性勘探孔。控制性勘探孔数量不宜少于总孔数的 1/5。

**7.2.3** 勘探点深度应符合本规范第 6.2.3 条、第 6.2.4 条的规定。

**7.2.4** 采取土试样、水样和原位测试应符合下列规定：

1 采取土试样和原位测试勘探点的数量宜为全部勘探点总数的 1/5 ~ 1/3。

2 主要土层内采取土试样的数量不应少于 6 组，或原位测试的次数不应少于 6 次。土层性质不均匀时，应增加取土样数量或原位测试次数。

3 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。

4 采取代表性的地下水和地表水不宜少于 3 组，并进行水

质简分析。

5 土的化学分析的试样不应少于 3 组。

7.2.5 水面光伏发电工程勘察除应满足本规范第 7.2.1 条～7.2.4 条之外，尚应包括下列内容：

1 应测绘同等比例尺的水深图，其测绘范围应符合本规范第 6.2.6 条的规定。

2 查明淤积物的分布、厚度及性状。

3 对于漂浮式水面光伏发电工程，应查明锚泊底质的类型及性状。

7.2.6 光伏阵列区的详细勘察应进行视电阻率测试，并根据测试时的天气及地基土湿度等条件，提出地基土的视电阻率建议值。

7.2.7 光伏阵列区的详细勘察应对地基的不均匀沉降、湿陷、地震液化、腐蚀性等主要工程地质问题作出评价，并提出基础型式及地基处理方案的地质建议。

### 7.3 升压站及辅助建筑物

7.3.1 工程地质测绘比例尺可选用 1:1 000～1:500。

7.3.2 勘探可采用钻探、坑探、物探等方法。

7.3.3 勘探点应根据升压站及辅助建筑物地基等级及建筑物特点布置，并应符合下列规定：

1 生产楼、综合楼、配电装置楼的勘探点，可沿基础柱列线、轴线或轮廓线布置，勘探点间距宜为 30m～50m，且单个单体建筑物的勘探点不应少于 2 个。

2 每台主变压器的勘探点数量不应少于 1 个。

3 构架、支架场地可结合基础位置按网格布置，勘探点间距宜为 30m～50m。

4 对于采用独立基础的建筑物，当地层变化较大时，宜每个柱基布置一个勘探点。

5 其他建筑物地段可根据场地条件及特点布置。

6 勘探孔可分为一般性勘探孔和控制性勘探孔，控制性勘探孔数量不应少于总孔数的  $1/3$ 。

7 宜根据地基等级调整勘探点布置。

**7.3.4** 勘探点深度自基础底面算起，应符合下列规定：

1 一般性勘探孔深度应能控制地基主要受力层。基底宽度小于  $5\text{m}$  时，勘探孔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  $5\text{m}$ 。

2 控制性勘探孔深度应大于地基变形计算深度。构架、支架区的控制性孔深度宜为  $5\text{m}\sim 12\text{m}$ ，其他地段的控制性孔深度宜为  $8\text{m}\sim 12\text{m}$ 。

3 当采用桩基时，勘探孔的深度应达到预计桩长以下  $3$  倍 $\sim 5$  倍桩径，且不得小于  $3\text{m}$ 。

4 可按本规范第 6.3.4 条的规定适当调整勘探深度。

**7.3.5** 采取土试样、水样和原位测试应符合下列规定：

1 采取土试样和原位测试勘探点的数量宜为全部勘探点总数的  $1/3\sim 1/2$ 。

2 主要土层内采取土试样的数量不应少于  $6$  组，或原位测试的次数不应少于  $6$  次，土层性质不均匀时，应增加取土样数量或原位测试次数。

3 采取代表性的地下水和地表水不宜少于  $3$  组，并进行水质简分析。

4 土的化学分析的试样不应少于  $3$  组。

**7.3.6** 视电阻率的测试应符合本规范第 7.2.6 条的规定。

## 7.4 勘察报告

**7.4.1** 勘察报告应包括下列主要内容：

1 工程概况，勘察依据，勘察等级，勘察方法、过程及完成实物工作量。

2 工程区自然地理条件，区域地质与地震。

3 工程区基本地质条件，包括场址区地形地貌、地层岩性、地质构造、水文地质条件、不良地质作用等。

4 岩土体物理力学参数，分析原位测试成果、物理力学试验成果、物探测试成果等，提出岩土体的物理力学参数建议值和视电阻率建议值。

5 场址区地震效应评价，包括场地类型划分、地震动参数确定、砂土液化评价等。

6 工程区地表水、地下水及地基土对建筑材料的腐蚀性评价。

7 场地评价，包括场地稳定性及适宜性评价、地基的均匀性评价。

8 建筑物地基工程地质条件评价及基础方案建议，包括地基岩土体的承载力、地基的抗变形能力、砂土液化的可能性、特殊岩土体的工程地质特性、地下水对地基的影响等工程地质问题的评价。

9 天然建筑材料。

10 结论及建议。

11 附图及附件。

7.4.2 工程地质勘察报告及附图附件应符合本规范附录 E 的规定。

## 8 专门性勘察

### 8.1 流动沙丘

**8.1.1** 对可能遭受流动沙丘影响的光伏发电工程，应进行流动沙丘的专门性勘察。

**8.1.2** 流动沙丘的勘察可采用地质调查、简易勘探、遥感图像判译等方法。

**8.1.3** 流动沙丘的资料收集和地质调查应包括下列内容：

1 气象资料，包括年或月平均风速和风向，起沙风速和风向，最大风速和风向，年风沙日数，年或月降水量、降雨强度、蒸发量。

2 表层结皮情况、植物种类及植被盖度等。

3 流动沙丘的类型、高度、间距、走向、密度和分布范围。

4 流动沙丘和丘间低地的干沙层厚度、颗粒组成、沙粒矿物成分等。

5 下伏地层岩性和地下水情况。

**8.1.4** 流动沙丘的简易勘探可采用坑探、洛阳铲等方法，也可采用物探方法。

**8.1.5** 流动沙丘的遥感图像判译应符合下列要求：

1 遥感图像比例尺可采用 1 : 10 000。

2 量测流动沙丘的分布界线及高度、长度、宽度、坡度等形态要素。

3 利用不同时期的遥感资料，量测和推算沙丘移动方向和速率。

**8.1.6** 流动沙丘的取样应在丘间低地、沙丘迎风坡、背风坡和沙丘顶部分别分层进行，开展含水率、矿物成分、颗粒级配及有

机质含量分析。

**8.1.7** 根据流动沙丘的分布范围、移动速度、移动方向、颗粒组成、沙丘高度等，分析评价场地的适宜性和流动沙丘对光伏发电工程的影响。

## **8.2 人工堆渣场**

**8.2.1** 对拟建在煤矿堆渣场、尾矿堆积坝等人工堆渣场的光伏发电工程，应进行人工堆渣场的专门性勘察。

**8.2.2** 人工堆渣场的勘察应调查堆渣的物理力学性质、化学特性、不均匀沉降、人工边坡的稳定性，判定其作为光伏场址的适宜性。

**8.2.3** 人工堆渣场的勘察应查明各种不稳定因素，提出相应的工程措施方案。

**8.2.4** 人工堆渣场的勘察应查明渗漏情况、渗漏途径，评价渗透稳定性。

**8.2.5** 人工堆渣场的勘察应包括下列内容：

- 1 收集人工堆渣场的原始地形图，了解原始地貌。
- 2 调查周围矿山的开采情况，人工堆渣场的堆积过程。
- 3 查明人工堆渣场堆渣材料的性质、粒径、成分、架空、密实程度等。
- 4 查明地表陷坑、坍塌、台阶、裂缝等变形特征，评价人工堆渣场的稳定性。
- 5 查明人工堆渣场边坡的坍塌、危石等分布的规模，评价边坡的稳定性。
- 6 查明煤矸石自燃点的位置、温度、气体成分及浓度等。
- 7 了解当地人工堆渣场治理、煤矸石自燃处理的经验。
- 8 调查人工堆渣场平整所需的建筑材料的料源、质量及开采运输条件等。
- 9 查明人工堆渣场浸润线的位置、浸润线的变动。

10 查明下伏岩土体的性状和地下水情况。

8.2.6 人工堆渣场的地质测绘比例尺应采用 1 : 1 000 ~ 1 : 500 , 并测绘不同特征的堆渣界线, 以及地表陷坑、坍塌、台阶、裂缝等地表变形特征和分布。

8.2.7 人工堆渣场的勘探可采用钻探、物探、原位测试和试验等方法, 并应符合下列规定:

- 1 应根据堆渣的物质组成、厚度、原始地层分区勘探。
- 2 勘探线点间距不宜大于 50m。
- 3 控制性钻孔深度应深入至原始地面以下 5m。
- 4 应进行原位测试, 查明堆渣的密实程度。

## 9 施 工 检 验

**9.0.1** 现场检验及验收应在施工期配合施工进行。

**9.0.2** 对施工中出现工程地质问题应提出处理意见，对重大地质问题应进行补充勘察。

**9.0.3** 在施工期，应对基础沉降变形、水位动态变化、流动沙丘等提出监测建议。

**9.0.4** 现场检验方法应以直观检验为主，必要时可采用简易勘察方法进行检验。

**9.0.5** 施工检验应包括下列内容：

- 1 编录施工中揭露的地质现象，检验前期的勘察成果。
- 2 预测施工中可能出现的工程地质问题。
- 3 进行与地质有关的工程验收。

**9.0.6** 现场检验应采用编录、摄影、录像等手段描述施工揭露的地质现象。

**9.0.7** 施工地质结束，应及时编写竣工地质报告。报告正文宜包括前言、基本工程地质条件、前期勘察的工程地质结论、施工开挖后的实际地质情况、地基处理措施、地质缺陷处理、结论及运行期建议等。报告附件可包括地质编录图及工程照片等。



## 附录 A 场地环境类型

表 A 场地环境类型

环境类型	场地环境地质条件			
	气候区	土的湿度	土的渗透性	基础与地下水位的关系
I	高寒区、干旱区	—	—	直接接触地表水
		—	强透水层	地下水位以下
II	高寒区、干旱区	—	弱透水层	地下水位以下
	湿润区	—	弱透水层	直接接触地表水
		—	强透水层	地下水位以下
	各气候区	湿、很湿	弱透水层	地下水位以下
III	各气候区	稍湿	弱透水层	地下水位以上
		—	强透水层	地下水位以上

注：1 高寒区是指海拔高度等于或大于 3000m 的地区；干旱区是指海拔高度小于 3000m、干燥度指数等于或大于 1.5 的地区；湿润区是指干燥度指数小于 1.5 的地区。

2 强透水层是指碎石土和砂土；弱透水层是指粉土和黏性土。

3 含水量  $w < 3\%$  的土层，可视为干燥土层，不具有腐蚀环境条件。

4 当混凝土结构一边接触地表水或地下水，一边暴露在大气中，水可以通过渗透或毛细作用在暴露大气中的一边蒸发时，应定为 I 类。

5 当有地区经验时，环境类型可根据地区经验划分；当同一场地出现两种环境类型时，应根据具体情况确定。

## 附录 B 建筑抗震地段划分

表 B 建筑抗震地段划分

地段类别	地形、地貌及地质情况	
有利地段	地形	开阔、平坦
	地质	稳定基岩，坚硬土，密实均匀的中硬土等
一般地段	不属于有利、不利和危险的地段	
不利地段	地形	陡坡，陡坎，河岸和边坡的边缘
	地质	软弱土，液化土，高含水量的可塑黄土，成因不同、岩性和状态不均匀的土层
危险地段	地震时可能发生滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷、地表裂缝的部位，发震断裂上可能发生地表错位的部位	

## 附录 C 场地稳定性评价

表 C 场地稳定性评价

场地稳定性分级	分 级 要 素
不稳定	(1) 区域构造稳定性差，场地内存在可能引发地表错动的活断层通过； (2) 建筑抗震危险地段； (3) 场地工程地质条件复杂，场地及周边存在影响场地安全，且难以治理的滑坡、泥石流、流动沙丘、采空区、岩溶、地面沉降、危岩和崩塌等不良地质作用和地质灾害
稳定性差	(1) 区域构造稳定性较差； (2) 建筑抗震不利地段； (3) 场地工程地质条件较复杂，场地及周边存在影响场地安全，且可以治理的滑坡、泥石流、流动沙丘、采空区、岩溶、地面沉降、危岩和崩塌不良地质作用和地质灾害
基本稳定	(1) 区域构造稳定性较好； (2) 建筑抗震一般地段； (3) 场地工程地质条件较简单，场地及周边不存在或虽然存在影响场地安全，但易于治理的滑坡、泥石流、流动沙丘、采空区、岩溶、地面沉降、危岩和崩塌等不良地质作用和地质灾害
稳定	(1) 区域构造稳定性好； (2) 建筑抗震有利地段； (3) 场地工程地质条件简单，场地及周边不存在影响场地安全的滑坡、泥石流、流动沙丘、采空区、岩溶、地面沉降、危岩和崩塌等不良地质作用和地质灾害

注：1 光伏发电工程的区域构造稳定性分级，按现行行业标准《水电工程区域构造稳定性勘察规程》NB/T 35098 的规定执行。

2 从不稳定开始，向稳定性差、基本稳定、稳定推定，以最先满足的类别为准。

3 划分每一级场地稳定性级别时，符合表中分级要素之一即可。

## 附录 D 场地工程建设适宜性分级

表 D 场地工程建筑适宜性分级

适宜性分级	分 级 要 素
不适宜	<p>(1) 场地不稳定；</p> <p>(2) 地形坡度大于或等于 <math>25^\circ</math>，场地平整困难，工程量大；</p> <p>(3) 岩土种类很多，分布极不均匀，工程性质很差，或存在极严重的湿陷、膨胀、盐渍、人工堆渣场等特殊性岩土，需处理的工程量大；</p> <p>(4) 洪水、地下水对工程建设有严重威胁；</p> <p>(5) 场地及周围存在危害场地、地基稳定的大规模不良地质作用，地质灾害治理难度大；</p> <p>(6) 工程建设会引起严重的次生地质灾害，难以治理</p>
适宜性差	<p>(1) 场地稳定性差；</p> <p>(2) 地形坡度 <math>15^\circ \sim 25^\circ</math>，场地平整较困难，工程量较大；</p> <p>(3) 岩土种类多、分布不均匀，工程性质差，或存在严重湿陷、膨胀、盐渍、人工堆渣场的特殊性岩土，以及其他情况复杂、需要处理的工程量较大；</p> <p>(4) 洪水、地下水对工程建设影响较大，地表排水不畅；</p> <p>(5) 场地及周围存在危害场地、地基稳定的大规模不良地质作用，地质灾害治理难度较大；</p> <p>(6) 工程建设可能引起较严重的次生地质灾害，工程防护工程量较大</p>
较适宜	<p>(1) 场地基本稳定；</p> <p>(2) 地形坡度 <math>10^\circ \sim 15^\circ</math>，场地平整较简单，工程量较小；</p> <p>(3) 岩土种类较多、分布较均匀，工程性质较差，或存在轻微湿陷、膨胀、盐渍、人工堆渣场的特殊岩土，处理工程量小；</p> <p>(4) 洪水、地下水对工程建设影响较小，地表排水条件较好；</p> <p>(5) 无危害场地稳定的较大规模的不良地质作用，地质灾害治理简单；</p> <p>(6) 工程建设可能引起轻微的次生地质灾害，采取一般工程处理措施可以解决</p>

续表 D

适宜性分级	分 级 要 素
适宜	(1) 场地稳定； (2) 地形开阔平坦，地形坡度小于 $10^{\circ}$ ，场地平整简单； (3) 地貌和地质构造简单，岩土种类单一，分布均匀，工程性质良好，地基处理简单，不存在湿陷、膨胀、盐渍、人工堆渣场等特殊岩土； (4) 地下水对工程建设无明显不利影响，地表排水条件良好； (5) 场地及周边不存在危害场地、地基稳定的不良地质作用； (6) 工程建设不会引起次生地质灾害

注：1 表中未列条件可按其对场地工程建设的影响程度比照推定。

2 每一级场地工程建设适宜性分级，符合表中分级要素之一即可。

3 从不适宜开始，向适宜性差、较适宜、适宜推定，以最先满足的类别为准。

## 附录 E 工程地质勘察报告及附图附件

表 E 工程地质勘察报告及附图附件

序号	报告及附图附件名称	规划选址勘察	初步勘察	详细勘察
1	区域构造纲要图	+	+	×
2	工程地质平面图	+	√	√
3	工程地质剖面图	+	√	√
4	专门性工程地质图	×	+	+
5	水文地质图	×	+	+
6	钻孔柱状图、探坑柱状图	+	√	√
7	室内试验成果报告	×	+	√
8	物探测试成果报告	×	+	√
9	工程地质勘察报告	√	√	√
10	专门性工程地质报告	+	+	+

注：“√”表示应提交；“+”表示视需要而定；“×”表示不要求提交。

## 本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待，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  
《岩土工程勘察规范》GB 50021  
《土工试验方法标准》GB/T 50123  
《工程岩体分级标准》GB/T 50218  
《工程岩体试验方法标准》GB/T 50266  
《水电工程区域构造稳定性勘察规程》NB/T 35098



中华人民共和国能源行业标准

光伏发电工程地质勘察规范

**NB/T 10100—2018**

条文说明

## 制 定 说 明

《光伏发电工程地质勘察规范》NB/T 10100—2018，经国家能源局 2018 年 12 月 25 日以第 16 号公告批准发布。

本规范制定过程中，编制组经广泛调查、深入研究，认真总结近年来我国光伏发电工程地质勘察的实践经验，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规范时能正确理解和执行条文规定，《光伏发电工程地质勘察规范》编制组按章、节、条顺序编制了本规范的条文说明。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范正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规范规定的参考。

## 目 次

1	总则	34
3	基本规定	35
5	规划选址勘察	37
5.2	勘察内容及方法	37
6	初步勘察	38
6.1	一般规定	38
6.2	光伏阵列区	38
6.4	勘察报告	40
7	详细勘察	41
7.1	一般规定	41
7.2	光伏阵列区	41
7.3	升压站及辅助建筑物	45
7.4	勘察报告	45
8	专门性勘察	46
8.1	流动沙丘	46
8.2	人工堆渣场	47
附录 A	场地环境类型	48

## 1 总 则

**1.0.1** 由于没有专门的勘察规范，光伏发电工程地质勘察主要依据《岩土工程勘察规范》GB 50021 等，对光伏阵列区的勘察针对性差，各单位在勘察深度上把握不一，各地对勘察成果的审查尺度也不同，需要制定光伏发电工程地质勘察的规范。

**1.0.2** 水面光伏发电工程主要位于水流平稳、水深变化小的河、湖、水库、池塘、沼泽等浅水区。

### 3 基本规定

**3.0.1** 光伏发电工程的设计分为五个阶段，分别为规划阶段、预可行性研究报告阶段、可行性研究报告阶段、招标阶段、施工图阶段。

根据光伏发电工程勘察阶段的实际执行情况，本规范将光伏发电工程的勘察阶段划分为规划选址勘察、初步勘察、详细勘察及施工检验工作。遇特殊性的工程地质问题，可进行专门性勘察。

在实际项目运作过程中，规划阶段采用规划选址勘察成果；预可行性研究报告、可行性研究报告的工程地质部分均可采用初步勘察成果；招标阶段的报告内容可采用该项目前期最新勘察成果；施工图设计采用详细勘察成果。

**3.0.3** 对于一般光伏发电工程，由于各个阶段的任务不同，加之因征地、场地调整等影响，场址位置有可能发生变化。开展现场勘察工作之前组织现场查勘，确定场址范围，了解工作条件。

**3.0.5** 光伏发电工程的勘探深度一般不大，钻探、坑槽、竖井、物探等勘探手段均可采用。勘探手段根据场址地形、地质条件选择，保证勘探深度满足规范及建筑物基础设计要求。对勘探深度大、需进行原位测试的场地优先选用钻探；对湿陷性黄土地区可优先选择竖井；对于山地、丘陵等地质条件相对简单的场址，可优先选择坑探或竖井。

**3.0.9** 对于基岩场址区，根据地质测绘和勘探的成果，进行地质时代、岩性、风化程度的划分。新近系的砂砾岩、砂质泥岩等处于岩石和土之间，对其坚硬程度要予以描述。

**3.0.14** 《岩土工程勘察规范》GB 50021—2017 中的腐蚀性评价分为三类，分别为对混凝土结构、钢筋混凝土中的钢筋和钢结构的腐蚀。根据场地的环境类型判断水土的腐蚀性，评价指标为硫

酸盐含量、镁盐含量、铵盐含量、苛性碱含量、总矿化度。根据地层的渗透性判断对混凝土结构的腐蚀性，评价指标为 pH 值、侵蚀  $\text{CO}_2$ 、 $\text{HCO}_3^-$  含量。对钢筋混凝土中的钢筋的腐蚀性评价指标为水中、土中的  $\text{Cl}^-$  含量，土对钢结构的腐蚀性的评价指标为 pH 值、氧化还原电位、视电阻率、极化电流密度及质量损失。腐蚀性分为微腐蚀、弱腐蚀、中等腐蚀及强腐蚀。

## 5 规划选址勘察

### 5.2 勘察内容及方法

**5.2.1** 对于光伏发电工程的区域构造稳定性分级，参考现行行业标准《水电工程区域构造稳定性勘察规程》NB/T 35098—2017 的规定按表 5-1 进行区域构造稳定性分级。

表 5-1 区域构造稳定性分级

参量	分级			
	稳定性好	稳定性较好	稳定性较差	稳定性差
地震峰值加速度 $a$	$a < 0.09g$	$0.09g \leq a < 0.19g$	$0.19g \leq a < 0.38g$	$a \geq 0.38g$
地震基本烈度	$< \text{Ⅶ}$	$\text{Ⅶ}$	$\text{Ⅷ}$	$\geq \text{Ⅸ}$
活断层	25km 以内 无活断层	5km 以内 无活断层	5km 以内有 活断层，并有 $M < 5$ 级的发震 构造	5km 以内 有活断层，并 有 $M \geq 5$ 级的 发震构造
工程近场区地震 与震级 $M$	有 $M < 4.7$ 级的地震活动	有 $4.7 \leq M < 6$ 级的地震活动	有 $6 \leq M < 7$ 级地震活动或 仅 1 次 $M \geq 7$ 级 强震活动	有多次 $M \geq 7$ 级的强震活动

注：1 表中地震动参数的场地条件为平坦稳定的Ⅱ类场地。

2 在判定稳定性分级时，按满足一项最不利的参量确定为相应级别。

3 区域构造稳定性分级适用范围为工程场址区，即工程周边 5km 区域。

## 6 初步勘察

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 本阶段地质勘察的目的是满足建筑物总体布置要求，基本满足建筑基础选型、基础埋深的选择，以及地基处理方案的选择等。

**6.1.2** 本阶段主要针对具体场址评价区域构造稳定性，复核规划选址阶段的结论。

初步勘察阶段在勘探点中采取试样进行室内试验，以及开展标准贯入试验、动力触探试验和静力触探试验等，并据此提出地基岩土体的物理力学性质指标。

光伏发电工程的工程规模较小，天然建筑材料用量较少，一般不作专门的天然建筑材料勘察，本阶段仅了解当地建筑材料的种类及分布情况。

### 6.2 光伏阵列区

**6.2.1** 初步勘察阶段一般不进行地形图测量，工程地质测绘可采用收集的地形图，比例尺一般为 1 : 10 000。当工程区进行了地形图测量，地质测绘比例尺一般为 1 : 2 000。

**6.2.2~6.2.3** 相同的地貌单元内地层的结构和物质组成可能不同，不良地质体不同部位的地层结构也可能不同。因此，条文规定，初步勘察阶段应根据地基等级及基础型式，采用不同的勘探手段，在不同地层部位布置勘探点，使勘探点具有代表性，并采用不同的勘探深度，以能够控制勘察精度。

编制组对已完成初步勘察的光伏发电工程的勘探布置进行了统计，统计不同地基等级的工程的勘探方法、勘探点间距、勘探



点深度及控制性勘探点比例。已完成初步勘察的工程勘探点布置统计表见表 6-1。

表 6-1 已完成初步勘察的工程勘探点布置统计表

地基等级	工程名称	勘探方法	勘探点间距 (m)	勘探点深度 (m)	控制孔比例 (%)
一级	池州市青阳县丁桥镇洛家潭 20MWp 光伏电站	钻孔	79~360	6~16	50
	湖南浏阳镇沅镇晶禹渔光互补项目	钻孔	98~318	23~33	100
	天长 150MWp 渔光互补项目	钻孔	123~760	11~20	40
	长兴一期 20MWp 渔光互补示范项目	钻孔	57~226	15~20	40
	江西省进贤县长山晏乡 20MWp 渔光互补项目	钻孔	153~420	23~25	100
	中核浙能鹤浦 30MWp 渔光互补项目	钻孔	249~858	5~39	50
	嘉兴秀洲 15MWp 渔光互补项目	钻孔	176~292	25~35	20
二级	第二批特许权招标项目	钻孔	450~480	6.0~15.5	35
	德令哈西出口等 3 个光伏电站	探井	320~350	3.0~3.8	50
	格尔木南出口光伏电站	探井	350~400	2.2~3.6	50
	青海共和 320MWp 光伏电站	钻孔	600	5~8	25
	宁夏中民投 2GWp 光伏电站	钻孔	400~500	6~8	25
三级	中电山西忻州忻府区光伏电站	探坑	90~500	0.1~3.1	
	中电浙江青田光伏电站	探坑	200~400	0.8~2.2	

根据初步勘察的工程实例统计，地基等级为一级的场址区，勘探点间距为 79m~858m，一般为 130m~460m，勘探点深度为 6m~35m；地基等级为二级的场址区，勘探点间距为 90m~600m，一般为 260m~460m，勘探点深度为 2.2m~15.5m；地基等级为三级的场址区，勘探点间距为 90m~500m，勘探点深度为 0.1m~3.1m。

条文中确定的勘探点的间距和深度是在上述工程经验的基础上确定的。

## 6.4 勘察报告

**6.4.1** 场址区的主要工程地质问题评价包括地基土的承载力、地基的抗变形能力和抗滑稳定性、砂土液化、地基土及地下水对建筑材料的腐蚀性、特殊土体的工程地质特性等。

根据场址区的工程地质条件、地基土的物理力学性质和当地光伏发电工程建设经验提出基础方案的建议。

**6.4.2** 光伏发电工程的平面图、剖面图要满足制图要求，内容全面，以利于光伏发电工程的建筑布置，不建议用勘探点布置图代替地质平面图。

## 7 详细勘察

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 详细勘察根据地勘任务书对具体建筑物进行勘察。地勘任务书要提出建筑物的特性指标，如建筑总平面布置、建筑层数、基础型式、基础埋深、地基承载力及抗变形要求、拟进行的地基处理方案等。

**7.1.2** 地下水的变化幅度对于建筑物的设计尤为重要。地下水位上升，将影响地基土的工程性能，引起建筑布置、基础方案、施工方案、施工工期等的变更，工程造价也随之增加。地下水动态变化包括年变幅、多年变幅等。

区域地质及区域构造稳定性初步勘察已确定，本阶段仅引用或复核结论。

本阶段天然建筑材料的工作主要进行现场调查，落实天然建筑材料的质量、储量及分布等情况。

### 7.2 光伏阵列区

**7.2.2** 已完成详细勘察的部分工程勘探点布置统计表见表 7-1。

表 7-1 已完成详细勘察的部分工程勘探点布置统计表

地基等级	工程名称	勘探手段	勘探点间距(m)	勘探点深度(m)	控制孔比例(%)
一级	黄龙三岔乡光伏电站	钻孔、探井	80~180	3~15	20
	定边增容光伏电站	钻孔	100	6~8	50
	天长 150MW <sub>p</sub> 渔光互补项目	钻孔	50~180	15~20	40

续表 7-1

地基等级	工程名称	勘探手段	勘探点间距(m)	勘探点深度(m)	控制孔比例(%)
一级	天台县 25MWp 渔光互补项目	钻孔	60~208	6~20	30
	洲泉一期 20MWp 渔光互补示范项目	钻孔	30~215	25~32	50
	高邮临泽镇 8MWp 渔光互补项目	钻孔	100	10~20	30
	中电建无棣县友发渔光互补 60MWp 光伏扶贫电站	钻孔	30~209	16~22	95
	临湘桃矿尾矿库光伏发电项目	探坑	105~180	0.3~2.1	20
	内蒙古乌海等 3 个光伏电站	钻孔	150~200	10~15	50
二级	四川红原光伏电站	探井	150	3	33
	二道湖光伏电站	钻孔	150	6~10	20
	四川若尔盖光伏电站	探井	140~150	3	33
	宁夏中民投 2GWp 光伏电站	钻孔	100~158	6~8	20
	宁夏青铜峡等 3 个光伏电站	钻孔	100~120	3~7	33
	哈密石城子光伏园区等 12 个项目	钻孔	100~120	5~10	20
	哈密中电建 150MWp 等 8 个光伏项目	钻孔	120~200	6~8	20
	新疆伊吾光伏电站	钻孔	150~180	3~5	20
	新疆和田特许权等 3 个光伏电站	钻孔	120~150	8~12	20

续表 7-1

地基等级	工程名称	勘探手段	勘探点间距(m)	勘探点深度(m)	控制孔比例(%)
二级	青海共和龙羊峡水光互补等 7 个项目	钻孔	130~150	5~8	20
	格尔木东出口 300MWp 光伏等 8 个项目	钻孔	100~170	6~15	20
	河北阜平光伏电站	探井	150	1~4	33
	会理黎州分布式光伏电站	钻孔	50~150	1.6~2.0	
三级	敦煌光伏园区等 10 个项目	钻孔	100~120	5~15	20
	西藏双湖光伏电站	探井	150	2.8~3.2	20

根据详细勘察项目统计,地基等级为一级的工程勘探点间距为 16m~209m,勘探点深度为 6m~22m,控制孔的比例为 30%~95%,一般为 30%~50%;地基等级为二级的工程勘探点间距为 100m~200m,一般为 100m~150m,勘探点深度为 2.2m~15.0m,控制孔的比例为 20%~33%;地基等级为三级的工程勘探点间距为 100m~150m,勘探点深度为 2.8m~15.0m,控制孔比例为 20%。

《太阳能发电站支架基础技术规范》GB 51101—2016 中规定:勘探点间距宜按场地的复杂程度确定,简单场地勘探点间距应为 150m~200m,中等复杂场地勘探点间距应为 100m~150m,复杂场地勘探点间距不应大于 50m。

本规范根据工程经验及相关规范确定本阶段勘探点间距及深度。

**7.2.6 视电阻率测试要求**测试前三天应天气晴好,如不满足测试条件,应择时另测。视电阻率与地基土的颗粒级配、含水率等有一定关系:颗粒级配越好、含水率越高,视电阻率越低。视电

阻率与测试的季节、地基土的物理性质有关。

**7.2.7** 根据地基土的物理力学性质，当地的光伏发电工程建设经验，研究光伏支架各种基础的适用性，提出合理的基础方案建议。

光伏发电工程的基础型式主要有钢筋混凝土独立基础、钢筋混凝土条形基础、钻孔灌注桩基础、螺旋钢桩基础、预应力混凝土桩基础、岩石锚杆基础等。通过调查，各岩土类型常用的光伏阵列区基础型式见表 7-2。

表 7-2 光伏阵列区基础型式

岩 土 类 型		钢筋 混凝土 独立基础	钢筋 混凝土 条形基础	钻孔灌注 桩基础	螺旋 钢桩 基础	预应力 混凝土 桩基础	岩石 锚杆 基础
岩石	残积土	+	+	+	√	+	×
	全风化	+	+	+	√	+	×
	强风化	+	+	√	×	×	×
	中等~未风化	×	×	√	×	×	√
碎石土	漂石、块石	+	+	√	×	×	×
	卵石、碎石	+	+	√	×	×	×
	圆砾、角砾	+	+	+	√	×	×
砂土	松散~稍密	+	+	√	√	×	×
	中密~密实	+	+	√	√	×	×
粉土	稍密~密实	+	+	+	√	+	+
黏土	流塑~软塑	×	×	×	+	√	×
	可塑~坚硬	+	+	+	√	+	×
地下水	有	×	×	×	—	—	×
	无	√	√	√	—	—	√

注：1 “√”表示适用；“+”表示可用；“×”表示不适用；“—”表示此项无影响。

2 岩石锚杆基础要求岩石的完整程度为较完整~完整，且适用于岩石埋深浅或裸露的场址。

### 7.3 升压站及辅助建筑物

**7.3.1** 本阶段工程地质测绘采用大比例尺地形图。升压站及辅助建筑物区地形平缓简单的站址地形图比例尺一般为 1 : 1 000，丘陵或地形起伏较大时采用 1 : 500。

### 7.4 勘察报告

**7.4.1** 工程概况的主要内容需包括工程的地理位置，交通情况，工程的建筑布置，各建筑物的建筑面积、层数、基础型式、基础埋深、承载力及变形要求等。

变形控制是地基设计的主要原则之一，故本条规定了需分析评价地基均匀性。地基均匀性评价可从三个方面分析：

(1) 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。

(2) 中～高压缩性地基，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。

## 8 专门性勘察

### 8.1 流动沙丘

**8.1.1** 沙丘的类型划分有多种方法。按流动性分为流动沙丘、半固定沙丘和固定沙丘三种。流动沙丘植被稀疏，植被盖度小于15%，甚至完全裸露，风沙流活动显著，形态变化主要依风力转移，剖面无分化特征；半固定沙丘植被稀疏，植被盖度为15%~40%，流沙呈斑点状分布，有风沙流活动，剖面分化不明显；固定沙丘植被稀疏，植被盖度大于40%，表面风沙流活动不显著，剖面分化明显。

按形态主要分为新月形沙丘和沙丘链、格状沙丘和沙丘链、新月形沙垄和复合型沙垄等。

按沙丘移动方式可分为前进式、往复前进式、往复式三种。前进式是受一个方向的风力作用而形成的向前移动，这种移动方式的沙丘危害最大；往复前进式是在两个方向相反、风力大小不等的情况下形成的来回摆动而又稍向风力较强的一个方向移动；往复式是在两个方向相反但风力大致相等的情况下产生的，沙丘停在原地摆动或稍向前移动。

按沙丘的移动速度可分为慢速、中速、快速、极快速，慢速流动沙丘平均每年前移值小于1m；中速流动沙丘平均每年前移值为1m~5m；快速流动沙丘平均每年前移值为5m~10m；极快速流动沙丘平均每年前移值大于10m。

**8.1.3** 表层结皮是沙丘表部有薄层黏土结皮、盐土结皮、生物结皮或其他结皮，不易被风吹动。



## 8.2 人工堆渣场

人工堆渣场占地面积不一，渣山顶部为高度不一、面积不一的平台，平台一般经不同程度的碾压，可作为光伏发电工程用地。

对于已堆积完成的人工堆渣场，可进行简单的土地平整，增加可利用土地面积。对于新规划的人工堆渣场，需充分考虑土地的再利用，有针对性地进行土地平整。

因开挖的部位不同，人工堆渣分煤矸石、岩石、碎石土、砂土、黏性土等，其成分影响堆渣场的化学稳定性。因爆破的程度不同，人工堆渣的粒径差异大，大小混杂，存在级配不连续、架空等现象，对堆渣场的稳定性影响较大。现场地质测绘应测绘不同成分、不同粒径的堆渣界线。

由于堆积的成分不一，在煤矸石堆积区可能会产生自燃。自燃除产生二氧化硫、一氧化碳等有害气体外，还在燃烧区产生空洞，空洞区温度高达 200℃ 以上，且可能引起塌陷等。因此，在煤矸石堆渣场布置光伏发电工程，自燃区必须进行专业的灭火、封堵后方能作为光伏发电工程用地。未发生自燃的场址应避免扰动堆积区，防止深埋的煤矸石遇氧气发生自燃，造成环境污染，也给后续的土地利用埋下隐患。

## 附录 A 场地环境类型

本附录引自现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021—2017，并进行适当调整。

---