

ICS 27.180

P 61

NB

中华人民共和国能源行业标准

P

NB/T 31030-2022

代替 NB/T 31030-2012

陆上风电场工程地质勘察规范

Code for Engineering Geological Investigation
of Onshore Wind Power Projects

2022-11-04 发布

2023-05-04 实施

国家能源局 发布

中华人民共和国能源行业标准

陆上风电场工程地质勘察规范

Code for Engineering Geological Investigation
of Onshore Wind Power Projects

NB/T 31030-2022

代替 NB/T 31030-2012

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：2023年5月4日

行业标准信息服务平台

中国水利水电出版社

2022 北京

国家能源局

公告

2022年 第5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《风力发电场维护规程》等237项能源行业标准（附件1）、《Code for design of pumped storage power stations》等15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

2022年11月4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
...						
76	NB/T 31030-2022	陆上风电场工程地质勘察规范	NB/T 31030-2012		2022-11-04	2023-05-04
...						

前 言

根据《国家能源局综合司关于印发 2018 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〔2018〕100 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，修订本规范。

本规范主要技术内容是：总则、术语和符号、基本规定、规划选址勘察、初步勘察、详细勘察、施工检验、室内试验和原位测试。

本规范修订的主要技术内容是：

——将陆上风电场工程地质勘察的阶段调整为规划选址勘察、初步勘察、详细勘察及施工检验。

——增加了风电机组机位微观选址的地质评价内容。

——增加了“建筑抗震地段划分”“陆上风电场地貌形态分类”“场地环境类型划分”“场地稳定性评价”“场地工程建设适宜性评价”5 个附录。

——删除了海上风电场工程地质勘察的相关内容。

——删除了施工用水和生活用水水源地调查与评价内容。

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，由能源行业风电标准化技术委员会风电场规划设计分技术委员会（NEA/TC1/SC1）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

本规范参编单位：中国电建集团昆明勘测设计研究院有限公司

中国电建集团贵阳勘测设计研究院有限公司

本规范主要起草人员：巨广宏 胡向阳 钟建平 王逸民 刘 军

张应海 赵 成 林发贵 王 昆 苏盛伟

何小亮 梁 海 陈志源 严耿升 田伟辉

黄 佳 周广镇 王志硕 曹 洪 杨省伟

本规范主要审查人员：王惠明 单治钢 黄润太 敖仁军 赵国斌

赵生校 杨明群 刘珍岩 高文龙 刘志伟
张 峰 王 浩 吉咸伟 张立英 刘金虎
袁建滨 谢宏文 岳 蕾 张先锋 李仕胜

行业标准信息服务平台

目 次

1	总则.....	1
2	术语和符号.....	2
2.1	术语.....	2
2.2	符号.....	3
3	基本规定.....	5
4	规划选址勘察.....	9
4.1	一般规定.....	9
4.2	勘察内容及方法.....	9
4.3	勘察报告.....	10
5	初步勘察.....	11
5.1	一般规定.....	11
5.2	风电机组场址区.....	11
5.3	升压站.....	15
5.4	集电线路和场内道路.....	16
5.5	勘察报告.....	16
6	详细勘察.....	18
6.1	一般规定.....	18
6.2	风电机组机位.....	18
6.3	升压站.....	22
6.4	集电线路.....	23
6.5	场内道路.....	24
6.6	勘察报告.....	24
7	施工检验.....	26
8	室内试验和原位测试.....	27
8.1	室内试验.....	27
8.2	原位测试.....	28
附录 A	建筑抗震地段划分.....	31
附录 B	陆上风电场地貌形态分类.....	32

附录 C 土的分类和鉴定.....	33
附录 D 岩石的分类和鉴定.....	37
附录 E 场地环境类型划分.....	42
附录 F 工程地质勘察报告及附图附件.....	43
附录 G 场地稳定性评价.....	44
附录 H 场地工程建设适宜性评价.....	45
本规范用词说明.....	46
引用标准名录.....	47
附：条文说明.....	49

行业标准信息平台

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and Symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	3
3	Basic Requirements	5
4	Investigation in Planning and Siting Stages	9
4.1	General Requirements	9
4.2	Scope and Methods	9
4.3	Investigation Outcomes	10
5	Preliminary Investigation	11
5.1	General Requirements	11
5.2	Wind Turbine Site Area	11
5.3	Step-Up Substation	15
5.4	Collection Line and On-Site Road	16
5.5	Investigation Report	16
6	Detailed Investigation	18
6.1	General Requirements	18
6.2	Wind Turbine Location	18
6.3	Step-Up Substation	22
6.4	Collection Line	23
6.5	On-Site Road	24
6.6	Investigation Report	24
7	Construction Inspection	26
8	Laboratory Test and In-Situ Testing	27
8.1	Laboratory Test	27
8.2	In-Situ Testing	28
	Appendix A Seismic Section Classification of Building Sites	31
	Appendix B Geomorphological Classification for Onshore Wind Power	

Projects	32
Appendix C Soil Classification and Identification	33
Appendix D Rock Classification and Identification	37
Appendix E Site Environment Type Classification	42
Appendix F Engineering Geological Investigation Report and the Drawings and Attachments	43
Appendix G Site Stability Evaluation	44
Appendix H Site Construction Suitability Evaluation	45
Explanation of Wording in This Code	46
List of Quoted Standards	47
Addition: Explanation of Provisions	49

行业标准信息平台

1 总则

1.0.1 为规范陆上风电场工程地质勘察的内容和技术要求,保证勘察工作质量,制定本规范。

1.0.2 本规范适用于新建、改建和扩建陆上风电场工程的地质勘察工作。

1.0.3 陆上风电场工程地质勘察,除应符合本规范外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

行业标准信息服务平台

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 工程地质勘察 engineering geological investigation

根据建设工程的要求,以工程地质学和工程岩土学理论和方法,查明、分析、评价建设场地地质环境、工程地质条件、水文地质条件及岩土体力学特征,编制工程勘察文件的活动。

2.1.2 工程地质测绘 engineering geological mapping

对勘察场地及附近的工程地质条件进行现场观察、量测和描述,并将有关工程地质要素以图示、符号表示在地形图上的勘察工作方法。

2.1.3 一般性钻孔 general exploratory hole

为查明地基主要受力层性质,满足主要受力层地基承载力评价等问题需要布置的钻孔。

2.1.4 控制性钻孔 control exploratory hole

为控制场地地层结构,满足场地、地基基础和基坑工程的稳定性、变形等评价要求布置的钻孔。

2.1.5 地基承载力特征值 characteristic value of subsoil bearing capacity

载荷试验测定的地基土压力变形曲线线性变形段内规定的变形所对应的压力值,其最大值为比例界限值。

2.1.6 扩展基础 spread foundation

由台柱和底板组成的使压力扩散的基础。

2.1.7 梁板基础 raft foundation

由台柱、肋梁和底板组合而成的使压力扩散的基础。

2.1.8 岩石预应力锚杆基础 rock foundation with prestressed anchor bars

由锚固于岩石中的预应力锚杆和混凝土承台共同组成的基础。

2.1.9 桩基础 pile foundation

由设置于岩土中的基桩和连接于基桩顶端的承台共同组成的基础。

2.1.10 集电线路 collection line

风电场内用于汇集多台风电机组发出的电能输送至变电站的线路。

2.1.11 不良地质作用 adverse geological process

由地球的内外营力造成的对人类活动、工程建设或环境具有危害性的地质作用。

2.2 符号

2.2.1 岩土强度变形参数

C_c ——压缩指数；

C_r ——回弹再压缩指数；

C_u ——不排水剪黏聚力；

C'_u ——不排水剪黏聚力残余值；

c ——黏聚力；

c_{cu} ——固结不排水剪黏聚力；

c_{uu} ——不固结不排水剪黏聚力；

E_o ——变形模量；

E_D ——扁铲侧胀试验的侧胀模量；

E_m ——旁压试验的旁压模量；

E_s ——压缩模量；

I_D ——扁铲侧胀试验的侧胀土性指数；

K_D ——扁铲侧胀试验的侧胀水平应力指数；

P_c ——先期固结压力；

p_o ——载荷试验比例界限压力，旁压试验初始压力；

p_r ——旁压试验的临塑压力；

p_L ——旁压试验的极限压力；

p_u ——载荷试验的极限压力；

T ——场地卓越周期；

U_D ——扁铲侧胀试验的侧胀孔压指数；

φ_{cu} ——固结不排水剪摩擦角；

φ_{uu} ——不固结不排水剪摩擦角。

2.2.2 触探及标准贯入试验指标

R_f ——探头的摩阻比；

f_s ——双桥探头的侧壁摩阻力；

N ——标准贯入试验的锤击数；

N_{10} ——轻型圆锥动力触探试验的锤击数；

$N_{63.5}$ ——重型圆锥动力触探试验的锤击数；

N_{120} ——超重型圆锥动力触探试验的锤击数；

u_2 ——孔压静力触探的孔隙水压力；

q_c ——双桥探头的锥尖阻力。

2.2.3 其他符号

k ——渗透系数；

v_p ——压缩波波速；

v_s ——剪切波波速。

行业标准信息服务平台

3 基本规定

3.0.1 陆上风电场工程地质勘察应分阶段进行，可分为规划选址勘察、初步勘察、详细勘察、施工检验四个阶段，各阶段勘察工作应内容明确、重点突出，与各阶段的设计工作深度相适应。

3.0.2 陆上风电场场地等级应根据场地的地震基本烈度、建设抗震地段类别、地形地貌、水文地质条件及不良地质作用发育程度划分，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 3.0.2 的规定。建筑抗震地段划分应符合本规范附录 A 的规定。

表 3.0.2 场地等级划分

场地等级	场地条件
一级	1 场地地震基本烈度大于等于IX度； 2 对建筑物抗震危险地段； 3 地形地貌复杂； 4 水文地质条件复杂，对工程有影响，需专门研究； 5 不良地质作用强烈发育
二级	1 场地地震基本烈度大于VI度，小于IX度； 2 对建筑物抗震不利地段； 3 地形地貌较复杂； 4 基础位于地下水位以下； 5 不良地质作用较发育
三级	1 场地地震基本烈度小于等于VI度； 2 对建筑物抗震一般地段及有利地段； 3 地形地貌简单； 4 地下水位埋藏深； 5 不良地质作用不发育

注：等级划分只需满足场地条件之一者即可；从一级开始，向二级、三级递推，以首先满足的为准。

3.0.3 陆上风电场地基等级应根据地基岩土种类、均匀性、性质和有无特殊性岩土体等划分，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 3.0.3 的规定。

表 3.0.3 地基等级划分

地基等级	地基条件
一级	1 岩土种类多，极不均匀，性质变化大，需特殊处理； 2 严重湿陷、膨胀、盐渍、污染的特殊性岩土以及其他情况复杂需做专门处理的岩土
二级	1 岩土种类较多，不均匀，性质变化较大； 2 特殊性岩土不甚发育，无需做专门处理
三级	1 岩土种类单一，均匀，性质变化不大； 2 无特殊性岩土

注：地基等级划分只需满足地基条件之一者即可；从一级开始，向二级、三级递推，以首先满足的为准。

3.0.4 根据场地等级、地基等级和风电机组结构安全等级应将陆上风电场勘察等级划分为甲级、乙级、丙级。陆上风电场勘察等级划分应符合表 3.0.4 的规定。

表 3.0.4 陆上风电场勘察等级划分

勘察等级	划分标准
甲级	场地等级、地基等级、风电机组结构安全等级至少有一项为一级
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，风电机组结构安全等级为二级

注：建筑在岩基上的结构安全等级为一级的风电机组，当场地等级、地基等级均为三级时，勘察等级可定为乙级。

3.0.5 工程地质勘察应收集建筑物上部荷载、功能特点、结构类型、基础形式、埋置深度和变形要求等基础资料。

3.0.6 在开展外业工作之前，应收集工程已有的地质资料，进行现场查勘，了解场址区的自然条件、地形地质条件和工作条件。

3.0.7 工程地质勘察应根据勘察任务书或合同要求，编制工程地质勘察大纲。工程地质勘察大纲应主要包括下列内容：

1 工程概况。

- 2 地形地质条件。
- 3 勘察工作依据的标准及技术文件。
- 4 勘察阶段、勘察目的和勘察任务。
- 5 勘察内容、工作方法和技术要求。
- 6 勘察重点与难点。
- 7 勘察计划工作量。
- 8 提交勘察成果的内容及数量。
- 9 项目组织与管理。
- 10 勘察质量、安全及环境保护措施。
- 11 勘探点布置图。

3.0.8 陆上风电场工程地质勘察应根据勘察阶段、工程规模、场地条件和岩土性质，确定勘察方法和手段，并应符合下列规定：

1 应进行地质调查，划分地貌类型，陆上风电场地貌形态分类应符合本规范附录 B 的规定。山地风电场宜进行地质测绘和工程地质分区，并绘制相应的地质图。

2 应根据风电场区的地形和岩土条件确定勘探方法和手段，可选择钻探、坑探、井探及物探等方法，并宜做到综合利用。

3.0.9 陆上风电场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 度的大型风电场场址，宜进行场地地震安全性评价。

3.0.10 工程地质勘察应进行地基土分类，土的分类和鉴定应符合本规范附录 C 的规定。

3.0.11 岩石地基应进行岩石分类、岩石坚硬程度、岩石风化程度、岩体完整程度和岩体基本质量等级的划分。岩石的分类和鉴定应符合本规范附录 D 的规定。

3.0.12 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勘察工作量布置、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。

3.0.13 当工程场址区存在影响场地稳定的活动断裂、滑坡、泥石流、采空区、岩溶、地面沉降、危岩和崩塌等不良地质作用时，应予以避让。无法避让时应进

行专门性勘察，专门性勘察的勘察方法、勘察工作量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。

3.0.14 工程地质勘察应根据场址地质条件开展室内试验或原位测试，室内试验或原位测试的项目、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。

3.0.15 工程地质勘察应根据场地环境类型等进行水、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。

3.0.16 场地环境类型划分应符合本规范附录 E 的规定。

3.0.17 工程地质勘察报告及附图附件应符合本规范附录 F 的规定。

行业标准信息服务平台

4 规划选址勘察

4.1 一般规定

4.1.1 规划选址阶段的工程地质勘察应了解规划区的区域地质情况、基本工程地质条件，对风电场选址提出地质意见，对近期开发工程进行地质分析，提供工程地质资料。

4.1.2 规划选址阶段的工程地质勘察应符合下列要求：

- 1 了解规划区的区域地质和地震概况。
- 2 了解规划区各风电场的工程地质条件和主要工程地质问题，分析场地的稳定性，初步评价风电场建设的适宜性。

4.1.3 陆上风电场工程选址应避免大型滑坡、泥石流，宜避开流动沙丘。

4.2 勘察内容及方法

4.2.1 区域地质勘察应包括下列内容：

- 1 应收集区域地质与地震资料。
- 2 宜在分析已有资料的基础上，编制区域综合地质图。区域综合地质图的比例尺可选用 1:200 000~1:500 000，范围应满足风电场规划方案的要求。当缺乏区域地质资料时可进行卫片或航片解译。
- 3 应了解区域地形地貌，地层岩性，地质构造等。
- 4 应了解规划区大型泥石流、滑坡、崩塌、流动沙丘等不良地质作用的发育和分布情况。
- 5 应确定各风电场的地震动参数。
- 6 应对风电场选址提出地质建议。

4.2.2 各规划风电场工程地质勘察应包括下列内容：

- 1 应了解风电场的地形地貌特征。
- 2 应了解风电场的岩土性质，特殊性岩土的分布等。

- 3 应了解风电场的地质构造发育类型、规模、性状等。
 - 4 应了解风电场的水文地质条件。
 - 5 应了解风电场地基土及环境水对建筑材料的腐蚀性。
 - 6 应了解大中型泥石流、滑坡、崩塌、流动沙丘等不良地质作用的发育及分布情况。
 - 7 应初步分析风电场场地的稳定性和工程建设适宜性。场地稳定性评价应符合本规范附录 G 的规定，场地工程建设适宜性评价应符合本规范附录 H 的规定。
- 4.2.3** 规划选址阶段风电场的地形图比例尺宜选用 1:10 000~1:50 000。
- 4.2.4** 工程地质勘察方法应以收集资料和地质调查为主，当规划规模较大且资料缺乏时，可布置适量的勘探工作。

4.3 勘察报告

规划选址阶段工程地质勘察报告宜主要包括前言、区域地质概况、各规划风电场基本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。

行业标准信息服务平台

5 初步勘察

5.1 一般规定

5.1.1 初步勘察应初步查明场址区的工程地质条件，分析主要工程地质问题，初步评价建筑物区的工程地质条件。

5.1.2 初步勘察应符合下列要求：

- 1 复核区域地质条件和场地的地震动参数。
- 2 初步查明风电机组场址区、升压站的工程地质条件，初步评价影响建筑物方案的主要工程地质问题。
- 3 了解场内道路和集电线路的工程地质条件。
- 4 查明场址区不良地质作用，初步评价其对工程的影响，初步提出工程处理的建议。
- 5 了解天然建筑材料的分布、储量、质量及运输条件。

5.1.3 初步勘察前应收集下列资料：

- 1 具有坐标、地形图的建筑布置图。
- 2 初拟风电机组机位、升压站的基础形式、基础埋深、承载力及变形要求等。
- 3 邻近工程的地质勘察资料。

5.2 风电机组场址区

5.2.1 风电机组场址区初步勘察应包括下列内容：

- 1 初步查明地形地貌形态、成因类型和特征。
- 2 初步查明土质地基的成因类型、物质组成、层次结构、分布规律，初步查明湿陷性土、红黏土、软土、混合土、填土、多年冻土、膨胀性土、盐渍土等特殊土层的分布范围和厚度。
- 3 初步查明岩石地基的岩性、分层、结构、岩层产状及风化程度。初步查明软岩、可溶岩、膨胀性岩层和软弱夹层等特殊岩层的分布、厚度，初步评价其对地基稳定性的影响。

4 初步查明较大规模断层、挤压破碎带的产状、性质、规模和充填胶结情况。

5 初步查明地下水类型，埋藏条件，地下水位及变化幅度，地下水与地表水的补排关系。

6 查明滑坡、泥石流、崩塌等不良地质作用的成因、分布、规模、发展趋势，评价其对风电机组机位布置的影响。

7 进行岩土室内试验、原位测试等，提出场址区岩土体的物理力学参数建议值，初步评价地基土对建筑材料的腐蚀性等。

8 进行水质简分析，初步评价地下水、地表水对建筑材料的腐蚀性。

9 初步查明基础持力层的埋深，对不均匀沉降、湿陷、地震液化等主要工程地质问题作出初步评价，对湿陷性土、红黏土、软土、混合土、填土、多年冻土、膨胀性土、盐渍土等特殊岩土工程地质问题作出初步评价，对可溶岩地区的岩溶发育特征作出初步评价。提出基础形式和地基处理方案的建议。

10 提出地基岩土体的视电阻率值。

5.2.2 工程地质测绘比例尺宜为 1:2 000~1:10 000。

5.2.3 风电机组场址区初步勘察物探测试应满足下列要求：

- 1 应根据场址区的地形地貌和地层特点选择物探方法。
- 2 物探剖面线宜垂直地貌单元分界线，并结合勘探剖面布置。
- 3 宜进行岩土体的视电阻率和剪切波速测试。

5.2.4 场址区的勘探布置应符合下列规定：

1 不同场地等级勘探线、点的布置应符合表 5.2.4 的规定，每个地貌单元、不同地层和不良地质作用处均应布置勘探点。当场地工程地质条件复杂时可适当减小勘探点间距。

表 5.2.4 不同场地等级勘探线、点的布置 (m)

场地等级	勘探线间距	勘探点间距
复杂	2000~3000	≤2000
中等复杂	3000~4000	≤3000
简单	4000~5000	≤4000

2 钻孔宜按控制性钻孔布置。

5.2.5 勘探方法可根据地基岩土类别和地下水位等具体情况选用，软土地区宜辅以静力触探。如遇地下水，应观测地下水位。

5.2.6 当采用天然地基时，风电机组场址区勘探点深度应根据地层岩性、地基等级、初拟基础形式确定，并应符合下列规定：

1 当岩石裸露或浅覆盖时，工程地质勘察宜采用工程地质测绘、物探、轻型钻探、坑探等。勘探点应揭穿覆盖层。

2 当覆盖层较厚时，勘探点深度应超过地基变形的计算深度。当不具备变形深度计算条件时，勘探点深度宜按下式计算：

$$d_c = d + \alpha_c \beta b \quad (5.2.6)$$

式中： d_c ——勘探点深度（m）；

d ——基础埋置深度（m）；

α_c ——与土的压缩性有关的经验系数，根据基础下的地基主要土层取值。

碎石土取 0.5~0.7，砂土取 0.7~0.8，粉土取 0.8~1.0，黏性土取 1.0~1.5。同一类土中，地质年代老、结构密实或地下水位深取小值，反之取大值；

β ——与基底压力有关的经验系数，场地等级一级时取 1.1，其他取 1.0；

b ——基础宽度，圆形基础按最大直径考虑，其他形状的基础按面积等代成圆形面积的直径考虑（m）。

3 当预定勘探深度内遇软弱土层时勘探点应加深或穿透软弱土层。

4 当勘探深度内遇厚度较大，且结构密实的碎石土、老沉积土时，勘探点深度可适当减小。

5.2.7 当采用桩基时，初步勘察阶段风电机组场址区钻孔的深度应符合下列规定：

1 桩基的钻孔深度应根据设计初拟桩长确定。

2 对嵌岩桩，钻孔应进入预计嵌岩面以下 $3d \sim 5d$ ，岩体质量较好的可适当放宽。岩溶、断层破碎带地区的钻孔应穿过溶洞、断层破碎带进入完整基岩不小于 5 m 或满足地基稳定性验算的要求。

3 除嵌岩桩外，钻孔深度应满足沉降计算的要求。钻孔的深度应进入预计桩端持力层以下 5 m~10 m 或 $6d \sim 10d$ 。在预定深度内遇软弱土层时应加深或

穿透软弱土层。

注： d 为桩身直径或方桩的换算直径，直径大的桩取小值，直径小的桩取大值。

5.2.8 当风电机组机位采用岩石预应力锚杆基础方案时，应初步评价岩体的完整程度和岩石的坚硬程度。可采用岩石质量指标 RQD 等方法评价岩体的完整程度，分析岩石预应力锚杆基础的可行性。

5.2.9 对于岩石预应力锚杆基础，钻孔的深度应进入预计锚杆深度以下不小于 3 m。

5.2.10 当风电机组机位采用预应力筒形基础方案时，钻孔的深度应进入预计基底以下不小于 5 m，并初步评价土体的各向变形特征。

5.2.11 岩溶地区风电机组场址区的勘察方法宜采用工程地质测绘、综合物探及钻探等，钻孔应穿过表层岩溶发育带。

5.2.12 当采用桩基础时，黄土地区浸水可能性小的风电机组钻孔深度还宜穿透自重湿陷性土层，或不宜小于 25 m；对浸水可能性大的风电机组应根据设计要求确定钻孔深度。

5.2.13 风电机组场址区采取岩土试样、水样和原位测试应符合下列规定：

1 采取岩土试样和进行原位测试的勘探点的数量之和不宜少于全部勘探点总数的 1/2。

2 主要岩土层内采取岩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 0.5 m 的夹层或透镜体，应采取土试样或进行原位测试。

4 当岩土层性质不均匀时，应增加取土样数量或原位测试次数。

5 对嵌岩桩桩端持力岩层，应采取不少于 6 组的岩样进行天然及饱和单轴抗压强度试验。

6 特殊性岩土的取样试验应按有关规范的要求确定。黄土地区取样和原位测试勘探点的数量应不少于总勘探点数量的 1/2，取土样探井应占全部取土勘探点的 1/3~1/2。评价湿陷性应采用 I 级不扰动土样，且必须保持其天然的结构、密度及湿度，取样间距宜为 1 m~2 m。

7 如遇地下水和地表水时，采取地下水样和地表水样均不宜少于 2 组。

5.3 升压站

5.3.1 升压站初步勘察的内容应包括本规范第 5.2.1 条中第 1 款~10 款的内容。

5.3.2 升压站工程地质测绘比例尺可选择 1:500~1:2000。

5.3.3 升压站初步勘察阶段的物探测试应满足下列要求：

- 1 应根据场址区的地形地貌和地层特点选择物探方法。
- 2 物探剖面线应尽量垂直地貌单元分界线，并结合勘探剖面布置。
- 3 宜进行岩土体的视电阻率和剪切波速测试。

5.3.4 升压站的勘探可采用坑探、钻探、物探等方法，如遇地下水，应观测地下水位。勘探布置应符合下列规定：

1 应根据场地复杂程度布置勘探点，简单场地可按网格布置，中等复杂及复杂场地还应结合地貌单元布置，每个地貌、地质单元均应布置勘探点。

2 不同地基等级勘探线、点的布置应符合表 5.3.4 的规定，在地貌变化大、基岩面起伏较大或第四系土层层次复杂时宜适当加密勘探点。

表 5.3.4 不同地基等级勘探线、点的布置 (m)

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

3 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。

5.3.5 当采用天然地基时，一般性钻孔深度宜为 8 m~10 m，控制性钻孔深度宜为 10 m~15 m。当采用桩基时，钻孔深度应符合本规范第 5.2.7 条的规定。当遇到下列情况应适当调整钻孔深度：

1 在预定深度内遇到基岩时，一般性钻孔进入基岩顶面即可，控制性钻孔入岩深度不宜小于 3 m。

2 在预定勘探深度内遇到软弱地层时，钻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 3 m、分布均匀的坚实土层，且其下

无软弱下卧层时，除控制性钻孔应达到规定深度外，一般性钻孔达到该层顶面即可。

5.3.6 升压站采取岩土试样、水样和原位测试应符合下列规定：

- 1 采取岩土试样和原位测试勘探点的数量宜为全部勘探点总数的 1/3~1/2。
- 2 主要岩土层内采取岩土试样的数量不宜少于 6 组，或原位测试的次数不宜少于 6 次，岩土层性质不均匀时，应增加岩土试样数量或原位测试次数。
- 3 如遇地下水和地表水时，采取地下水样和地表水样均不宜少于 2 组。

5.3.7 升压站初步勘察应初步评价建筑物的工程地质问题，提出建筑物的基础形式、地基处理方案建议。

5.4 集电线路和场内道路

5.4.1 集电线路初步勘察应初步查明沿线的地形地貌、地层岩性、水文地质条件、不良地质作用发育情况。

5.4.2 集电线路初步勘察应对集电线路的主要工程地质问题及水文地质问题作出初步评价，并提出地基岩土体的视电阻率值，以及基础持力层、地基处理方案的建议。

5.4.3 场内道路初步勘察应初步查明沿线的地形地貌、地层岩性、水文地质条件及不良地质作用发育情况。

5.4.4 场内道路初步勘察应对场内道路的主要工程地质问题及水文地质问题作出初步评价，并提出路基持力层及地基处理方案建议。

5.4.5 集电线路和场内道路的勘察方法应以地质调查为主，当沿线地质条件复杂时，可布置适量的勘探。

5.5 勘察报告

5.5.1 初步勘察报告应主要包括下列内容：

- 1 前言。
- 2 区域地质概况。
- 3 场址区基本地质条件。

- 4 岩土体的物理力学性质。
- 5 场地稳定性及工程建设适宜性评价。
- 6 场址区工程地质问题评价。
- 7 建筑物天然地基评价及基础方案建议。
- 8 天然建筑材料。
- 9 结论及建议。

5.5.2 初步勘察报告附图宜主要包括场址区工程地质平面图、剖面图、典型钻孔柱状图或探坑展示图等。

行业标准信息平台

6 详细勘察

6.1 一般规定

6.1.1 详细勘察应查明风电场风电机组机位、升压站、集电线路和场内道路的工程地质条件，并作出工程地质评价，提出基础类型和地基处理方案的建议。

6.1.2 详细勘察应符合下列要求：

1 查明风电场每台风电机组机位和升压站的工程地质条件，评价其主要工程地质问题，提出基础方案及地基处理方案的建议。

2 查明集电线路、场内道路的工程地质条件，评价沿线的主要工程地质问题，提出地基和边坡处理的建议。

3 复核场址区不良地质作用，评价其对工程的影响，提出工程处理的建议。

4 提出施工中可能遇到的地质问题，评价因地质条件可能造成的工程风险。

5 调查天然建筑材料质量、储量及开采运输条件。

6.1.3 详细勘察前应收集下列资料：

1 具有坐标、地形图的风电机组机位布置图、升压站建筑平面图、集电线路路径图、场内道路平面布置图。

2 风电机组机位和升压站各建筑物的基础形式、基础埋深、承载力及变形要求等。

3 集电线路和场内道路的基础形式、基础埋深、承载力及变形要求等。

4 前期勘察成果及邻近工程的地质勘察资料。

6.1.4 详细勘察阶段，勘探点深度应自基础底面算起。

6.2 风电机组机位

6.2.1 陆上风电机组现场微观选址时，应实地调查风电机组机位附近的地形地貌、地层结构、水文地质、不良地质作用及地质灾害情况等，从工程地质角度对风电机组机位选择提出建议。

6.2.2 风电机组机位详细勘察应包括下列内容：

1 查明土质地基的土体组成、层次结构、分布规律，查明软土、膨胀性土、湿陷性黄土、红黏土、盐渍土、多年冻土等特殊土层的分布范围和厚度。

2 查明岩石地基的岩性、分层、结构、岩层产状、构造及风化程度等，查明软岩、可溶岩、膨胀性岩层和软弱夹层等特殊岩层的分布范围及厚度。

3 查明断层和挤压破碎带的产状、性质、规模和充填胶结情况，评价其对风电机组机位的影响。

4 查明地表水的发育情况，地下水类型，埋藏条件，地下水位埋深及变化幅度，地下水与地表水的补排关系。评价地下水对地基稳定性、承载及抗变形性能的影响，重点是对膨胀性土层、湿陷性土层、易崩解土层等水敏感性土的影响。

5 评价地下水、地表水和地基土对建筑材料的腐蚀性。

6 进行岩土体现场试验、室内试验。确定地基岩土体的物理参数及天然地基承载力、抗剪强度指标、压缩系数、压缩模量、变形模量参数，确定桩的极限侧阻力标准值和极限端阻力标准值等物理力学参数，以及特殊性岩土体的相关物理力学参数。

7 提供地基岩土体的视电阻率值。

8 分析评价地基的稳定性、均匀性和承载力，提出基础形式、基础持力层的选择及地基处理措施建议。

9 当采用桩基时，应对成桩或沉桩条件进行分析。

6.2.3 风电机组机位工程地质测绘比例尺宜为 1:500~1:2000。

6.2.4 详细勘察阶段物探测试宜符合下列要求：

1 宜进行每个风电机组机位地基岩土体的视电阻率测试，可进行地层的剪切波速测试。

2 宜采用高密度电法、地质雷达、瞬变电磁法等方法，探测岩溶的发育程度和位置。

6.2.5 风电机组机位勘探应符合下列规定：

1 勘探方法宜根据地基岩土类别和场地条件等具体情况，选用钻探、坑探及物探等。

2 每台风电机组机位应布置不少于 1 个勘探点，中心勘探点位置距离风电机组机位基础中心不宜大于 3 m。

3 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。

6.2.6 软土地区宜采用钻探和静力触探相结合的勘探方法，宜进行标准贯入试验、旁压试验、扁铲试验、十字板剪切试验等。

6.2.7 对于覆盖层薄或基岩裸露的风电机组机位，当采用扩展基础、梁板基础等开挖深度较浅的基础形式时，宜采用工程地质测绘、物探、轻型钻探及坑探等方法，并宜符合下列要求：

1 宜采用工程地质测绘方法，查明地层的分布特征、构造发育情况，评价地基及边坡的稳定性。

2 宜采用轻型钻探及坑探等方法，查明覆盖层、全风化岩石的分布特征及其物理力学性质。

3 宜采用物探方法，探测覆盖层厚度、下伏基岩面起伏等情况。

6.2.8 对于覆盖层薄或基岩裸露的风电机组机位，当采用岩石预应力锚杆基础时，应选择较坚硬岩以上、岩体完整性较好的位置；宜采用岩石质量指标 RQD、孔内摄像、声波测试等方法评价岩体的质量，分析岩石预应力锚杆基础的适宜性。

6.2.9 岩溶地区的风电机组机位宜采用物探、钻探等勘察方法查明风电机组机位的岩溶分布规律、规模、埋深、发育程度、岩溶充填物的性状和地下水特征。

6.2.10 黄土地区风电机组机位的勘探应采用探井和钻孔相结合的方法。

6.2.11 当采用天然地基时，详细勘察阶段控制性钻孔的勘探点深度应符合本规范第 5.2.6 条的规定，一般性钻孔除符合本规范第 5.2.6 条第 1 款、第 3 款、第 4 款的规定外，当不具备变形深度计算条件时，一般性钻孔深度可按式 6.2.11 计算确定。

$$d_g = d + a_g \beta b \quad (6.2.11)$$

式中： d_g ——一般性钻孔深度（m）；

d ——基础埋置深度（m）；

a_g ——与土的压缩性有关的经验系数，根据基础下的地基主要土层取值。

碎石土取 0.3~0.4，砂土取 0.4~0.5，粉土取 0.5~0.7，黏性土取 0.7~1.0。同一类土中，地质年代老、结构密实或地下水位深取小值，反之取大值；

β ——与基底压力有关的经验系数，场地等级一级时取 1.1，其他取 1.0；

b ——基础宽度（m），圆形基础按最大直径考虑，其他形状的基础按面积等代成圆形面积的直径考虑。

6.2.12 当采用桩基时，风电机组机位钻孔的深度应符合下列规定：

1 对嵌岩桩，控制性钻孔应进入预计嵌岩面以下 $3d\sim 5d$ ，岩体质量较好时可适当放宽；一般性钻孔应进入预计嵌岩面以下 $1d\sim 3d$ 。对于断层破碎带，钻孔应穿过断层破碎带进入完整基岩不小于 5 m 或满足地基稳定性验算的要求。

2 除嵌岩桩外，钻孔深度应满足沉降计算的要求。控制性钻孔的深度应进入预计桩端持力层以下 5 m~10 m 或 $6d\sim 10d$ ，一般性钻孔的深度应进入预计桩端下 3 m~5 m 或 $3d\sim 5d$ 。在预定深度内遇软弱土层时应加深或穿透软弱土层。对于黄土地区，还应满足本规范第 5.2.13 条的规定。

6.2.13 当采用岩石预应力锚杆基础时，钻孔深度应进入预计锚杆深度以下不小于 3 m。当采用预应力筒形基础时，钻孔深度应进入预计基底以下不小于 5 m，并评价土体的各向变形特征。

6.2.14 岩溶地区的风电机组机位勘探深度还应符合下列规定：

1 钻孔应结合物探成果布置，钻探深度应穿过表层岩溶发育带并进入完整基岩，进入完整基岩的深度不应少于 3 m。

2 遇到溶洞时，钻孔应穿过溶洞，进入完整基岩的深度宜为 3 m~5 m。

6.2.15 详勘阶段采取岩土试样、水样和进行原位测试应符合下列规定：

1 采取岩土试样和进行原位测试的勘探点的数量之和不宜少于全部勘探点总数的 1/2。

2 主要岩土层内采取岩土试样的数量或进行原位测试的次数不少于 6 组（次）。

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

4 当岩土层性质不均匀时，应增加取土样数量或原位测试次数。

5 对嵌岩桩桩端持力岩层，应采取不少于 6 组的岩样进行天然及饱和单轴抗压强度试验。

6 特殊性岩土的取样试验应按有关规范的要求确定。黄土地区取样和原位

测试勘探点的数量应不少于勘探点总数的 1/2，取土样探井应占全部取土勘探点的 1/3~1/2。评价湿陷性应采用 I 级不扰动土样，且必须保持其天然的结构、密度及湿度，取样间距宜为 1 m~2 m。

7 如遇地下水和地表水时，采取地下水样和地表水样均不宜少于 2 组。

6.3 升压站

6.3.1 升压站详细勘察的内容应包括本规范第 6.2.2 条中的内容。

6.3.2 升压站详细勘察工程地质测绘比例尺可选用 1:500~1:2000。

6.3.3 升压站详细勘察物探测试应满足下列要求：

- 1 应根据场址区的地形地貌和地层特点选择物探方法。
- 2 物探剖面线应尽量垂直地貌单元分界线，并结合勘探剖面布置。
- 3 宜进行岩土体的视电阻率和剪切波速测试。

6.3.4 勘探方法可采用钻探、坑探、物探等，勘探点应根据升压站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。勘探点间距可按地基等级确定，一级地基勘探点间距宜为 10 m~15 m，二级地基勘探点间距宜为 15 m~30 m，三级地基勘探点间距宜为 30m~50m。

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 30 m~50m。

4 其它建筑物地段可根据场地条件及建筑物布置，按建筑群布置勘探点。

5 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。

6 黄土地区勘探布置还应符合现行国家标准《湿陷性黄土地区建筑标准》GB 50025 的有关规定。

6.3.5 升压站勘探点深度应符合下列规定：

1 一般性钻孔深度应能控制地基主要受力层。基底宽度小于 5 m 时，钻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 m。

2 控制性钻孔深度应大于地基变形计算深度。构架、支架区的控制性钻孔深度宜为 5 m~12 m，其他地段的控制性钻孔深度宜为 8 m~12 m。

3 当采用桩基时，钻孔的深度应进入预计桩端以下 $3d\sim 5d$ ，且不得小于 3 m。

4 当采用天然地基时，可按本规范第 5.3.5 条的规定调整钻孔深度。

6.3.6 采取岩土试样、水样和原位测试的数量应符合本规范第 5.3.6 条的规定。

6.4 集电线路

6.4.1 集电线路的详细勘察应包括下列内容：

1 查明线路的地层结构、岩土类别、地质构造、岩石风化程度、地下水埋深及变化规律等工程地质及水文地质条件。

2 查明不良地质作用和特殊性岩土的分布范围、性质，提供防治设计需要的地质参数。

3 提出岩土体物理力学参数建议值。

4 提供杆塔地基岩土体的视电阻率值。

5 进行水、土对建筑材料的腐蚀性评价。

6 对集电线路地基的主要工程地质问题作出评价，提出处理措施建议。

6.4.2 集电线路的详细勘察应符合下列规定：

1 应结合风电场地质调查与地质测绘，进行线路地质调查。

2 丘陵与山区线路应查明杆塔塔基附近有无不良地质作用，对于岩石地基应查明岩石的类别、产状、构造发育情况、风化程度及厚度，可布置适量的勘探工作。

3 平原区直线段勘探时，勘探布置应能控制岩土工程条件的变化，对地质条件简单地段可间隔 3 基~5 基布置一个勘探点，地质条件复杂地段可加密勘探点，转角塔、跨越塔及终端塔宜逐基勘探，勘探点宜布置在塔位的中心。

4 勘探点深度可根据杆塔点位的工程地质条件、杆塔基础形式、埋置深度及荷载大小确定。

- 5 宜分层采取代表性样品进行室内试验。

6.5 场内道路

6.5.1 场内道路的详细勘察应包括下列内容：

- 1 应进行道路地貌特征分段，查明各段的地质结构、岩土类别、岩石风化情况、地下水埋深及变化规律等工程地质及水文地质条件。

- 2 应查明不良地质作用和特殊性岩土的分布范围、性质，提供防治设计需要的地质资料和地质参数建议值。

- 3 应提出岩土体物理力学参数建议值。

- 4 应进行水、土对建筑材料的腐蚀性评价。

- 5 应分析路基、边坡的稳定性，提出处理措施建议。

- 6 高开挖边坡、大中型滑坡、高填方路基宜进行专题勘察。

6.5.2 场内道路的详细勘察应符合下列规定：

- 1 结合风电场地质调查与地质测绘，沿选定路线进行工程地质调查。

- 2 勘探点一般沿路线中线布置，简单场地勘探点间距宜为 1500 m~2000 m，复杂场地勘探点间距宜为 1000 m~1500 m。当勘探点间地质条件变化较大时，应适当增加勘探点。

- 3 桥涵基础、路基支挡结构地基宜布置勘探点。

- 4 勘探点深度应结合设计方案及地质条件确定。

- 5 宜分层采取代表性样品进行室内试验。

6.6 勘察报告

6.6.1 详细勘察报告应主要包括下列内容：

- 1 前言。

- 2 区域地质概况。

- 3 风电场基本地质条件。

- 4 岩土体物理力学性质。

- 5 场址区地震效应评价。

- 6 水、土对建筑材料的腐蚀性评价。

- 7 场地稳定性、工程建设适宜性及地基均匀性评价。
- 8 风电机组机位天然地基评价及基础方案建议。
- 9 升压站天然地基评价及基础方案建议。
- 10 集电线路地基条件评价。
- 11 场内道路路基及边坡条件评价。
- 12 天然建筑材料。
- 13 结论及建议。

6.6.2 详细勘察报告附图宜包括工程地质平面图、工程地质剖面图、钻孔柱状图或探坑展示图等。

6.6.3 详细勘察报告附件宜包括下列主要内容：

- 1 勘探点一览表。
- 2 室内试验成果图表。
- 3 原位测试成果图表。

行业标准信息服务平台

7 施工检验

7.0.1 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 参加与地质有关的工程验收。

7.0.2 现场检验方法应以直观检验为主，采用观察、编录、摄影、录像等手段描述施工揭露的地质现象，可采用简易勘察方法进行检验。

7.0.3 施工检验宜对施工期的基础沉降变形、地下水动态变化等提出监测建议。

7.0.4 当施工过程中出现重大的或新的工程地质问题，应进行施工勘察工作并提出处理建议。

7.0.5 施工检验结束后可编写竣工地质报告。报告宜主要包括前言、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。

行业标准信息平台

8 室内试验和原位测试

8.1 室内试验

8.1.1 常规试验项目的试验要求应按现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 及《建筑地基基础设计规范》GB 50007 执行，其具体操作和试验仪器应符合现行国家标准《土工试验方法标准》GB/T 50123 和《工程岩体试验方法标准》GB/T 50266 的有关规定。

8.1.2 计算地基承载力所需的抗剪强度试验应符合下列规定：

1 抗剪强度试验的方法应根据地层条件和计算公式等选用，宜符合建筑和地基土实际受力状况。并应符合下列要求：

1) 对饱和黏性土、排水条件差的土可采用不固结不排水剪 (UU)；饱和软土应对试样在有效自重压力预固结后再进行试验，提供参数 c_{uu} 、 φ_{uu} ；

2) 经过预压固结的地基，可根据其固结程度采用固结不排水剪 (CU)，总应力法提供参数 c_{cu} 、 φ_{cu} 。

2 三轴压缩试验结果应提供摩尔圆及其强度包线。

8.1.3 计算地基沉降的压缩性指标，根据工况的不同，应采用下列试验方法：

1 当采用单轴压缩试验的压缩模量按分层总和法进行沉降计算时，其最大压力值应超过预计的土的有效自重压力与附加压力之和，压缩指标应取土的有效自重压力至土的有效自重压力与附加压力之和压力段的计算值。

2 当采用考虑应力历史的固结沉降计算时，试验的最大压力应满足绘制完整的 $e-\log p$ 曲线的需要，以求得先期固结压力 P_c 、压缩指数 C_c 和回弹再压缩指数 C_r ，回弹压力宜模拟现场卸荷条件。

3 当需进行群桩基础变形验算时，对桩端平面以下压缩层范围内的土，应测求土的压缩性指标。试验压力不应小于实际土的有效自重压力与附加压力之和。

4 当需要考虑基坑开挖卸荷引起的回弹量，应进行测求回弹模量和回弹再

压缩模量的试验，以模拟实际加荷卸荷情况，其压力的施加宜与实际加、卸荷状况一致。回弹模量和回弹再压缩模量的试验方法、稳定标准等应符合现行国家标准《土工试验方法标准》GB/T 50123 标准固结试验的要求，试验前应进行试验设计。

8.1.4 基坑开挖需要采用明沟、井点或管井抽水降低地下水位时，宜根据土的成分及工程特性进行有关土层的常水头或变水头渗透试验。

8.1.5 当需根据室内试验结果确定嵌岩桩单桩竖向极限承载力时，应进行岩石饱和单轴抗压强度试验。对于在地下水位以下、多韵律薄层状的黏土质沉积岩或变质岩，可采用天然湿度试样，不进行饱和处理；对较为破碎的中等风化带岩石，取样确有困难时，可取样进行点荷载强度试验，其试验标准及与岩石单轴抗压强度的换算关系应分别按现行国家标准《工程岩体试验方法标准》GB/T 50266 及《工程岩体分级标准》GB/T 50218 中有关规定执行。

8.2 原位测试

8.2.1 在风电场工程地质勘察中原位测试方法应根据岩土条件、设计要求、地区经验和测试方法的适用性等因素综合确定。陆上风电场原位测试项目宜按表 8.2.1 选择。

行业标准信息服务平台

表 8.2.1 陆上风电场原位测试项目

测试项目	测定参数	主要测试目的
载荷试验	1 比例界限压力 p_o (kPa); 2 极限压力 p_u (kPa); 3 压力与变形关系	1 确定岩土承载力; 2 估算土的变形模量 E_o ; 3 计算土的基床系数
静力触探试验	1 双桥锥尖阻力 q_c (MPa)、侧壁摩阻力 f_s (kPa)、摩阻比 R_f (%); 2 孔压静力触探的孔隙水压力 u_2 (kPa)	1 判别土层均匀性和划分土层; 2 选择桩基持力层、估算单桩承载力; 3 估算地基土承载力和压缩模量; 4 判断沉桩可能性; 5 判别地基土液化可能性及等级
标准贯入试验	标准贯入击数 N (击)	1 判别土层均匀性和划分土层; 2 判别地基液化可能性及等级; 3 估算地基土承载力和压缩模量; 4 估算砂土密实度及内摩擦角; 5 选择桩基持力层、估算单桩承载力; 6 判断沉桩的可能性; 7 检验地基处理效果
动力触探试验	动力触探击数 N_{10} 、 $N_{63.5}$ 、 N_{120} (击)	1 判别土层均匀性和划分地层; 2 估算地基土承载力和压缩模量; 3 选择桩基持力层、估算单桩承载力; 4 检验地基处理效果
十字板剪切试验	不排水抗剪强度峰值 C_u (kPa)和残余值 C'_u (kPa)	1 测求饱和软黏性土 ($\phi \approx 0^\circ$) 的不排水抗剪强度和灵敏度; 2 估算地基土承载力和单桩承载力; 3 计算边坡稳定性; 4 判断软黏性土的应力历史
现场渗透试验	岩土层渗透系数 k (cm/s), 必要时测定释水系数 μ^*	为重要工程或深基坑工程的设计提供土的渗透系数、影响半径、单井涌水量等
旁压试验	1 初始压力 p_o (kPa); 2 临塑压力 p_f (kPa); 3 极限压力 p_L (kPa); 4 旁压模量 E_m (kPa)	1 测求地基土的临塑荷载和极限荷载强度, 估算地基土的承载力; 2 测求地基土的变形模量, 估算沉降量; 3 估算桩基承载力; 4 计算土的侧向基床系数; 5 自钻式旁压试验可确定土的原位水平应力和静止侧压力系数

续表 8.2.1

测试项目	测定参数	主要测试目的
扁铲侧胀试验	1 侧胀模量 E_D (kPa) ; 2 侧胀土性指数 I_D ; 3 侧胀水平应力指数 K_D ; 4 侧胀孔压指数 U_D	1 划分土层和区分土类; 2 计算土的侧向基床系数
波速测试	压缩波速 v_p (m/s)、剪切波速 v_s (m/s)	1 划分场地类型; 2 提供场地土动力参数; 3 评价岩体完整性; 4 评估场地卓越周期; 5 评价桩身质量
岩土体电性测试	岩土视电阻率、自然地网或人工地网工频接地电阻、大地导电率及电力设施接触电位、跨步电位	为电力设备接地设计提供岩土视电阻率、自然地网或人工地网工频接地电阻、大地导电率及电力设施接触电位、跨步电位等电性参数。可进行腐蚀性评价
场地微震动测试	场地卓越周期 T (s) 和脉动幅值	确定场地卓越周期

8.2.2 原位测试成果应结合地区工程经验综合分析取用。

行业标准信息服务平台

附录 A 建筑抗震地段划分

表 A 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	稳定基岩，坚硬土，开阔、平坦、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	软弱土，液化土，条状突出的山嘴，高耸孤立的山丘，陡坡，陡坎，河岸和边坡的边缘，高含水量的可塑黄土，地表存在结构性裂缝，平面分布上成因、岩性、状态明显不均匀的土层，如含故河道、疏松的断层破碎带、暗埋的塘浜沟谷和半填半挖地基等
危险地段	地震时可能发生滑坡、崩塌、地陷、地裂、泥石流等及发震断裂上可能发生地表位错的部位

行业标准信息平台

附录 B 陆上风电场地貌形态分类

表 B 陆上风电场地貌形态分类

地貌分类		成因	主要特征
山地	高山	构造及强烈剥蚀作用	高程 3500 m~5000 m, 相对高度大于 200 m
	中山		高程 1000 m~3500 m, 相对高度大于 200 m
	低山		高程 500 m~1000 m, 相对高度 200 m~1000 m
丘陵	丘陵	中等强度的构造作用, 长期剥蚀切割作用	高程小于 500 m, 相对高度小于 200 m, 基岩裸露或埋藏较浅, 风化强烈
	剥蚀残丘	构造作用微弱, 长期剥蚀切割作用	大部分山地被剥蚀或夷平, 少部分形成坚硬的残丘, 丘顶有残积物覆盖, 谷底有较厚堆积物
	剥蚀台原	构造作用微弱, 长期剥蚀和堆积作用	低山被剥蚀或夷平, 外貌显得更为低缓平坦, 具有起伏地形, 基岩零星裸露, 绝大多数被覆盖
平原	构造平原	构造作用	由地壳缓慢上升所形成的微倾斜平原。分为平原和高原
	冲积平原	冲积作用	由大河中下游发生大量堆积而形成, 其堆积巨厚的第四纪沉积物, 以细颗粒为主, 地下水位浅。常分布有河漫滩、湖泊或牛轭湖等。冲积平原可分为山前平原、中部平原和滨海平原
	山前平原	堆积作用	暂时性水流在山前堆积形成的宽阔的山前倾斜平原, 愈远离山麓, 地形愈平缓。在河西地区 and 新疆地区分布广泛, 俗称“戈壁滩”
	海岸平原	构造~沉积作用	由滨海砂堤随着海岸线的下降而扩展形成, 地形平坦, 地面缓缓倾向大海, 包括滨海沼泽、滨海滩涂等
	黄土塬、梁、峁	长期构造~侵蚀作用	由黄土覆盖的高原称为黄土高原, 其地形平坦, 常被冲沟切割得支离破碎, 但仍保持大面积的黄土平台, 称之黄土塬。黄土塬被两条平行的冲沟切割成条状的高地, 称为黄土梁。黄土梁进一步切割成孤立的或连续的馒头状高地, 称为黄土峁。

附录 C 土的分类和鉴定

C.0.1 土的一般分类可按表 C.0.1 确定。

表 C.0.1 土的一般性分类

分类依据	分类名称及特征	
地质成因	人工堆积、残积、坡积、洪积、冲积、淤积、冰积、风积和化学堆积	
沉积时代	老沉积土	第四纪晚更新世 (Q ₃) 及其以前的土，一般具有较高的强度和较低的压缩性。
	新近沉积土	第四纪全新世中近期沉积的土，一般为欠固结且强度较低。
颗粒大小	漂石、块石、卵石、碎石、圆砾、角砾、砂粒、粉粒、黏粒	
颗粒级配和塑性指数	碎石土、砂土、粉土、黏性土	

C.0.2 碎石土的分类可按表 C.0.2 确定。

表 C.0.2 碎石土的分类

土的名称	颗粒形状	颗粒级配
漂石	圆形及亚圆形为主	粒径大于 200 mm 的颗粒超过总质量的 50%
块石	棱角形为主	
卵石	圆形及亚圆形为主	粒径大于 20 mm 的颗粒超过总质量的 50%
碎石	棱角形为主	
圆砾	圆形及亚圆形为主	粒径大于 2 mm 的颗粒超过总质量的 50%
角砾	棱角形为主	

C.0.3 碎石土的密实度按 $N_{63.5}$ 分类应符合表 C.0.3-1 的要求，碎石土的密实度按 N_{120} 分类应符合表 C.0.3-2 的要求。

表 C.0.3-1 碎石土的密实度按 $N_{63.5}$ 分类

重型动力触探锤击数 $N_{63.5}$	密实度
$N_{63.5} \leq 5$	松散
$5 < N_{63.5} \leq 10$	稍密
$10 < N_{63.5} \leq 20$	中密
$N_{63.5} > 20$	密实

注：本表适用于平均粒径不大于 50 mm，且最大粒径小于 100 mm 的碎石土。

表 C.0.3-2 碎石土的密实度按 N_{120} 分类

重型动力触探锤击数 N_{120}	密实度
$N_{120} \leq 3$	松散
$3 < N_{120} \leq 6$	稍密
$6 < N_{120} \leq 11$	中密
$11 < N_{120} \leq 14$	密实
$N_{120} > 14$	很密

注：本表适用于平均粒径大于 50 mm，或最大粒径大于 100 mm 碎石土。

C.0.4 砂土分类可按表 C.0.4 确定。

表 C.0.4 砂土分类

土的名称	颗粒级配
砾砂	粒径大于 2 mm 的颗粒含量占总质量的 25%~50%
粗砂	粒径大于 0.5 mm 的颗粒含量超过总质量的 50%
中砂	粒径大于 0.25 mm 的颗粒含量超过总质量的 50%
细砂	粒径大于 0.075 mm 的颗粒含量超过总质量的 85%
粉砂	粒径大于 0.075 mm 的颗粒含量超过总质量的 50%

注：定名时，应根据颗粒级配由大到小以最先符合者确定。

C.0.5 砂土的密实度分类可按表 C.0.5 确定。

表 C.0.5 砂土的密实度分类

标准贯入试验锤击数 N	密实度
$N \leq 10$	松散
$10 < N \leq 15$	稍密
$15 < N \leq 30$	中密
$N > 30$	密实

注：当用静力触探探头阻力判定砂土的密实度时，可根据当地经验确定。

C.0.6 粉土的密实度可按表 C.0.6-1 确定，粉土的湿度可按表 C.0.6-2 确定。

表 C.0.6-1 粉土的密实度分类

孔隙比 e	密实度
$e > 0.9$	稍密
$0.75 \leq e \leq 0.9$	中密
$e < 0.75$	密实

表 C.0.6-2 粉土的湿度

含水量 $w(\%)$	湿度
$w > 30$	很湿
$20 \leq w \leq 30$	湿
$w < 20$	稍湿

C.0.7 黏性土的分类可按表 C.0.7 确定。

表 C.0.7 黏性土的分类

土的名称	塑性指数 I_p	颗粒级配
粉质黏土	$10 < I_p \leq 17$	粒径大于 0.075 mm 的颗粒质量不超过总质量的 50%
黏土	$I_p > 17$	—

C.0.8 黏性土的状态可按表 C.0.8 确定。

表 C.0.8 黏性土的状态

液性指数 I_L	状态	液性指数 I_L	状态
$I_L \leq 0$	坚硬	$0.75 < I_L \leq 1$	软塑
$0 < I_L \leq 0.25$	硬塑	$I_L > 1$	流塑
$0.25 < I_L \leq 0.75$	可塑	—	—

注：当用静力触探探头阻力或标准贯入试验锤击数判定黏性土的状态时，可根据当地经验确定。

C.0.9 特殊性土分类可按表 C.0.9 确定。

表 C.0.9 特殊性土分类

特殊性土	特征
红黏土	碳酸盐岩系的岩石经红土化作用形成的高塑性黏土。其液限一般大于 50。经搬运、沉积后红黏土仍保留其基本特征，液限大于 45 的土为次生红黏土
软土	天然孔隙比大于或等于 1.0，且天然含水量大于液限的细粒土，包括淤泥、淤泥质土、泥炭、泥炭质土等
膨胀土	土中黏粒成分主要由亲水矿物组成，同时具有显著的吸水膨胀和失水收缩特性，其自由膨胀率大于或等于 40% 的黏性土
湿陷性土	在 200 kPa 压力下浸水载荷试验的附加湿陷量与承载板宽度之比等于或大于 0.023 的土
多年冻土	含有固态水，且冻结状态持续二年或二年以上的土
盐渍土	易溶盐含量大于 0.3%，并具有溶陷、盐胀、腐蚀等工程特性的土
人工填土	根据其成因和组成，可分为素填土、压实填土、杂填土和冲填土。素填土为由碎石土、砂土、粉土、黏性土等组成的填土；经过压实或夯实的素填土为压实填土；杂填土为含有建筑垃圾、工业废料、生活垃圾等杂物的填土；冲填土为由水力冲填泥砂形成的填土

C.0.10 土的鉴定应在现场描述的基础上，结合室内试验结果综合确定。土的描述应符合下列规定：

- 1 碎石土应描述颗粒级配、颗粒形状、颗粒排列、母岩成分、风化程度、充填物的性质和充填度、密实程度等。
- 2 砂土应描述颜色、矿物成分、颗粒级配、颗粒形状、黏粒含量、湿度、密实度等。
- 3 粉土应描述颜色、包含物、湿度、密实度、摇震反应、光泽反应、干强度、韧性等。
- 4 黏性土应描述颜色、状态、包含物、摇震反应、光泽反应、干强度、韧性、土层结构等。
- 5 特殊性土类除应描述上述相应土类的内容外，尚应描述其特殊成分和特殊性质等。
- 6 对具有互层、夹层或透镜体特征的土，尚应描述各层的厚度和层理特征。

行业标准信息平台

附录 D 岩石的分类和鉴定

D.0.1 岩石分类可按表 D.0.1 确定。

表 D.0.1 岩石分类

岩石类别	成因类型	构造特征	代表性岩石
岩浆岩	喷出岩	流纹状构造、气孔状构造、杏仁状构造、层状构造、玻璃质构造等	玄武岩、流纹岩、玢岩、安山岩、粗面岩、火山玻璃质岩
	浅成岩	块状构造、斑杂构造等	花岗斑岩、闪长玢岩、正长斑岩、石英斑岩、辉绿岩、辉绿玢岩、伟晶岩、细晶岩、煌斑岩等
	深成岩	块状构造	花岗岩、闪长岩、正长岩、辉长岩、橄榄岩、辉岩等
沉积岩	火山碎屑沉积岩	碎屑状构造	凝灰岩、火山碎屑岩、集块岩
	碎屑沉积岩	碎屑状构造、层状构造	砾岩、角砾岩、砂岩等
	黏土沉积岩	层状构造	页岩、高岭土黏土岩、蒙脱石黏土岩等
	化学沉积岩	层状构造、块状构造	石灰岩、白云岩
变质岩	区域变质	层状构造、千枚状构造、片状构造、片麻状构造等	板岩、千枚岩、片岩、变粒岩、片麻岩、混合片麻岩、混合花岗岩等
	接触变质	块状构造	角岩、大理岩、石英岩等
	动力变质	块状构造	构造角砾岩、压碎岩、糜棱岩等

D.0.2 岩石坚硬程度等级的定性分类可按表 D.0.2-1 确定，岩石坚硬程度分类可按表 D.0.2-2 确定。

表 D.0.2-1 岩石坚硬程度等级的定性分类

坚硬程度等级		定性鉴定	代表性岩石
硬质岩	坚硬岩	锤击声清脆，有回弹，震手，难击碎； 浸水后，大多无吸水反应	未风化~微风化的： 花岗岩、正长岩、闪长岩、辉绿岩、玄武岩、安山岩、片麻岩、石英片岩、硅质板岩、石英岩、硅质胶结的砾岩、石英砂岩、硅质石灰岩等
	较坚硬岩	锤击声较清脆，有轻微回弹，稍震手，较难击碎； 浸水后，有轻微吸水反应	1 中等风化的坚硬岩； 2 未风化~微风化的： 熔结凝灰岩、大理岩、板岩、白云岩、石灰岩、钙质砂岩、粗晶大理岩等
软质岩	较软岩	锤击声不清脆，无回弹，较易击碎；浸水后，指甲可刻出印痕	1 强风化的坚硬岩； 2 中等（弱）风化的较坚硬岩； 3 未风化~微风化的： 凝灰岩、千枚岩、砂质泥岩、泥灰岩、泥质砂岩、粉砂岩、砂质页岩等
	软岩	锤击声哑，无回弹，有凹痕，易击碎； 浸水后，手可掰开	1 强风化的坚硬岩； 2 中等（弱）风化~强风化的较坚硬岩； 3 中等（弱）风化的较软岩； 4 未风化的泥岩、泥质页岩、绿泥石片岩、绢云母片岩等
	极软岩	锤击声哑，无回弹，有较深凹痕，手可捏碎； 浸水后，可捏成团	1 全风化的各种岩石； 2 强风化的软岩； 3 各种半成岩

表 D.0.2-2 岩石坚硬程度分类

坚硬程度	坚硬岩	较坚硬岩	较软岩	软岩	极软岩
饱和单轴抗压强度 R_c (MPa)	$R_c > 60$	$60 \geq R_c > 30$	$30 \geq R_c > 15$	$15 \geq R_c > 5$	$R_c \leq 5$

注：1 当无法取得饱和单轴抗压强度数据时，可用点载荷试验强度换算，换算方法应按现行国家标准《工程岩体分级标准》GB/T 50218 的规定；

2 当岩体完整程度为极破碎时，可不进行坚硬程度分类。

D.0.3 岩体完整程度分类可按表 D.0.3-1 确定,按 RQD 岩体完整程度分类可按表 D.0.3-2 确定。岩体基本质量等级 (BQ) 分类可按表 D.0.3-3 确定。

表 D.0.3-1 岩体完整程度分类

完整程度	完整	较完整	较破碎	破碎	极破碎
岩体完整性指数 K_v	>0.75	$0.75\sim0.55$	$0.55\sim0.35$	$0.35\sim0.15$	≤ 0.15
岩体体积节理数 J_v (条/ m^3)	<3	$3\sim10$	$10\sim20$	$20\sim35$	≥ 35

注:岩体完整程度应采用岩体完整性指数,当无条件取得实测值时,可采用岩体体积节理数。岩体完整性指数为岩体压缩波速度与岩块压缩波速度之比的平方,选定岩体和岩块测定波速时,应注意其代表性。

表 D.0.3-2 按 RQD 岩体完整程度分类

完整程度	完整	较完整	较破碎	破碎	极破碎
RQD 值	$90\sim100$	$75\sim90$	$50\sim75$	$25\sim50$	$5\sim25$

表 D.0.3-3 岩体基本质量等级 (BQ) 分类

完整程度	完整	较完整	较破碎	破碎	极破碎
坚硬岩	I	II	III	IV	V
较坚硬岩	II	III	IV	IV	V
较软岩	III	IV	IV	V	V
软岩	IV	IV	V	V	V
极软岩	V	V	V	V	V

D.0.4 岩体完整程度的定性分类可按表 D.0.4 确定。

表 D.0.4 岩体完整程度的定性分类

完整程度	结构面发育程度		主要结构面的结合程度	主要结构面类型	相应结构类型
	组数	平均间距 (m)			
完整	1~2	>1.0	结合好或结合一般	裂隙、层面	整体状或巨厚层状结构
较完整	1~2	>1.0	结合差	裂隙、层面	块状或厚层状结构
	2~3	$1.0\sim0.4$	结合好或结合一般		块状结构
较破碎	2~3	$1.0\sim0.4$	结合差	裂隙、层面、小断层	裂隙块状或中厚层状结构
	≥ 3	$0.4\sim0.2$	结合好 结合一般		镶嵌碎裂结构 中、薄层状结构
破碎	≥ 3	$0.4\sim0.2$	结合差	各种类型结构面	裂隙块状结构
		≤ 0.2	结合一般 或结合差		碎裂状结构
极破碎	无序		结合很差		散体状结构

D.0.5 岩石按风化程度分类可按表 D.0.5 确定。

表 D.0.5 岩石按风化程度分类

风化程度	野外特征	风化程度参数指标	
		波速比 K_v	风化系数 K_f
未风化	结构构造未变，岩质新鲜	0.9~1.0	0.9~1.0
微风化	结构构造、矿物色泽基本未变，部分裂隙面有铁锰质渲染，有少量风化裂隙	0.8~0.9	0.8~0.9
中等风化 (弱风化)	结构构造部分破坏，矿物色泽较明显变化，裂隙面出现风化矿物或存在风化夹层。风化裂隙发育，岩体被切割成岩块，用镐难挖，岩芯钻方可钻进	0.6~0.8	0.4~0.8
强风化	结构构造大部分破坏，矿物色泽明显变化，长石、云母等多风化成次生矿物。风化裂隙很发育，岩体破碎，用镐可挖，干钻不易钻进	0.4~0.6	<0.4
全风化	结构构造全部破坏，矿物成分除石英外，大部分风化成土状。有残余结构强度，可用镐挖，干钻可钻进	0.2~0.4	—
残积土	组织结构全部破坏，已风化成土状。锹镐易挖掘，干钻易钻进，具可塑性	<0.2	—

- 注：1 波速比 K_v 为风化岩石与新鲜岩石压缩波速度之比。
- 2 风化系数 K_f 为风化岩石与新鲜岩石饱和单轴抗压强度之比。
- 3 岩石风化程度，除按表列野外特征和定量指标划分外，也可根据当地经验划分；
- 4 花岗岩类岩石，可采用标准贯入试验击数 N 划分， $N \geq 50$ 为强风化； $50 > N \geq 30$ 为全风化； $N < 30$ 为残积土。
- 5 泥岩和半成岩，可不进行风化程度划分。

D.0.6 岩体的描述宜符合下列规定：

- 1 结构面的描述包括类型、性质、产状、组合形式、发育程度、延展情况、闭合程度、粗糙程度、充填情况和充填物性质以及充水性质等。
- 2 结构体的描述包括类型、形状、大小和结构体在围岩中的受力情况等。
- 3 对软岩和极软岩，说明是否具有软化特性、膨胀性、崩解性等特殊性质。
- 4 说明破碎岩体破碎的原因等。
- 5 说明开挖后是否有进一步风化的特征。

D.0.7 岩石的描述应包括地质年代、岩性、风化程度、颜色、主要矿物、结构、构造和岩石质量指标 RQD。对沉积岩应着重描述沉积物的颗粒大小、形状、胶

结物成分和胶结程度；对岩浆岩和变质岩应着重描述矿物结晶大小和结晶程度。

行业标准信息服务平台

附录 E 场地环境类型划分

表 E 场地环境类型划分

环境类型	场地环境地质条件			
	气候区	土的湿度	土的渗透性	混凝土结构与地下水位的关系
I	高寒区、干旱区	—	—	直接临水
		—	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
	各气候区	湿、很湿	弱透水层	—
	湿润区	—	强透水层	直接临水
		—	—	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 3000 m 的地区；干旱区是指海拔高度小于 3000 m，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 小于 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 F 工程地质勘察报告及附图附件

表 F 工程地质勘察报告及附图附件

序号	附图及附件名称	规划选址勘察	初步勘察	详细勘察
1	区域综合地质图	+	+	×
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、探坑展示图	+	√	√
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。

行业标准信息平台

附录 G 场地稳定性评价

表 G 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、危岩和崩塌等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 陆上风电场工程的区域构造稳定性分级,应按现行行业标准《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 H 场地工程建设适宜性评价

表 H 场地工程建设适宜性评价

适宜性 分级	分级要素
不适宜	1 场地不稳定，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； 2 地形复杂，场地平整很困难，需采取大规模的工程处理措施，工程量巨大； 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、盐渍等特殊性岩土，地基处理工程量巨大； 4 地表水、地下水对工程建设有严重威胁； 5 工程建设会引起严重的次生地质灾害，难以治理
适宜性 差	1 场地稳定性差，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； 2 地形起伏大，场地平整困难，需采用工程处理措施，工程量大； 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、盐渍的特殊性岩土，地基处理的工程量大； 4 洪水、地下水对工程建设影响较大，地表排水不畅； 5 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
较适宜	1 场地基本稳定，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； 2 场地较完整，地形有起伏，场地平整较简单，工程量较小； 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、盐渍的特殊性岩土，处理工程量小； 4 洪水、地下水对工程建设影响较小，地表排水条件较好； 5 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
适宜	1 场地稳定，场地及周边不存在危害场地、地基稳定的不良地质作用； 2 地形开阔平坦，地形坡度小，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、盐渍等特殊性岩土； 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 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，以最先满足的为准。

本规范用词说明

1 为了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 规范中指定应按其他有关标准、规范执行时，写法为：“应符合……的规定”，或“应按……执行”。

行业标准信息服务平台

引用标准名录

《建筑地基基础设计规范》 GB 50007

《岩土工程勘察规范》 GB 50021

《湿陷性黄土地区建筑标准》 GB 50025

《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

《中国地震动参数区划图》 GB 18306

《水电工程区域构造稳定性勘察规程》 NB/T 35098

行业标准信息服务平台

中华人民共和国能源行业标准

陆上风电场工程地质勘察规范

NB/T 31030-2022

代替 NB/T 31030-2012

条文说明

行业标准信息服务平台

修订说明

《陆上风电场工程地质勘察规范》NB/T 31030-2022，经国家能源局 2022 年 11 月 4 日以第 5 号公告批准发布。

本规范是在《陆地和海上风电场工程地质勘察规范》NB/T 31030-2012 的基础上修订而成的。《陆地和海上风电场工程地质勘察规范》的主编单位是中国水电顾问集团西北勘测设计研究院，主要起草人是王志硕、吕生弟、胡向阳、钟建平、李安旗、王逸民、何小亮。

本规范制订过程中，编制组经广泛调查、深入研究，认真总结近年来我国陆上风电场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，《陆上风电场工程地质勘察规范》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。

行业标准信息服务平台

目 次

1	总则.....	52
3	基本规定.....	53
4	规划选址勘察.....	55
4.1	一般规定.....	55
4.2	勘察内容及方法.....	55
4.3	勘察报告.....	55
5	初步勘察.....	56
5.1	一般规定.....	56
5.2	风电机组场址区.....	56
5.4	集电线路和场内道路.....	61
5.5	勘察报告.....	61
6	详细勘察.....	63
6.1	一般规定.....	63
6.2	风电机组机位.....	65
6.3	升压站.....	66
6.4	集电线路.....	66
6.5	场内道路.....	66
6.6	勘察报告.....	66
8	室内试验与原位测试.....	68
8.2	原位测试.....	68
	附录 A 建筑抗震地段划分.....	69
	附录 E 场地环境类型划分.....	70
	附录 G 场地稳定性评价.....	71

1 总 则

1.0.1 近年来风电机组单机容量不断提高，风电基础型式不断更新，对风电场工程地质勘察提出了更高要求。为总结陆地风电场工程地质勘察的经验，同时更好地指导勘察工作，提高工程地质勘察水平，保证勘察质量，提高勘察效率，适应陆地风电场工程地质勘察的发展和需要，本规范根据工程实际，规定了各勘察阶段的勘察内容和技术要求。

行业标准信息平台

3 基本规定

3.0.1 《陆地和海上风电场工程地质勘察规范》NB/T 31030-2012 将陆上风电场工程地质勘察划分为规划勘察、预可行性研究勘察、可行性研究勘察、招标设计勘察和施工详图设计勘察五个阶段。本次修订根据近年来陆上风电场工程地质勘察的实际，将勘察阶段调整为规划选址勘察、初步勘察、详细勘察和施工检验。

在实际项目运作过程中，规划选址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采用初步勘察成果，施工图设计采用详细勘察成果，初步设计阶段、招标阶段的报告内容采用该项目最新勘察成果。

3.0.4 《陆地和海上风电场工程地质勘察规范》NB/T 31030-2012 根据场地的特征和机组类型确定勘察等级，本次修订将划分依据调整为风电机组基础结构安全等级、场地等级、地基等级。

风电机组基础结构安全等级根据《陆上风电场工程风电机组基础设计规范》NB/T 10311-2019 确定。风电机组的基础结构安全等级见表 3-1，风电机组基础设计级别见表 3-2。

表 3-1 风电机组基础结构安全等级

基础结构安全等级	基础设计级别
一级	甲级
二级	乙级、丙级

表 3-2 风电机组基础设计级别

基础设计级别	单机容量、轮毂高度、地基类型等
甲级	单机容量 2.5 MW 及以上； 轮毂高度 90 m 及以上； 地质条件复杂的岩土地基和软土地基； 极限风速超过 IEC I 类风电机组
乙级	介于甲级、丙级之间的地基基础
丙级	单机容量不大于 1.5 MW； 轮毂高度小于 70 m； 地质条件简单的岩土地基

注：1 基础设计级别按表中指标分属不同级别时，按最高级别确定；

2 采用新型基础时，基础设计级别建议提高一个级别。

3.0.7 工程地质勘察大纲是陆上风电场工程地质勘察的指导性文件，也是保证勘察工作质量、安全、进度的依据。勘察过程中，随着揭露的地质条件的变化，

适时调整工程地质勘察大纲，使勘察工作更符合实际。

工程地质勘察大纲的主要编制依据是勘察任务书和勘察合同。勘察任务书或合同需明确勘察阶段、工程规模和设计对地质工作的要求。

项目组织与管理包括人力资源配置与设备配置、进度计划等内容。

3.0.8 陆上风电场的占地面积较大，山地风电场及丘陵风电场地形地貌较复杂，地层岩性差异较大，场地的工程地质条件变化较大，其相应的基础形式、基础方案、施工方法都不同。根据地形地貌、地层岩性、水文地质特征等进行工程地质分区，按工程地质分区进行勘察工作布置、工程地质问题评价、基础方案建议等，可使勘察工作布置、工程地质评价及相应的基础方案建议更具针对性、成果报告脉络更清晰。

勘探手段根据场址区地形、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选择钻探；对湿陷性黄土地区选择一定数量的井探；对于山地、丘陵地质条件相对简单的场址选择坑探。

3.0.9 地震基本烈度大于等于IX度时，正常工况叠加地震作用后，上部结构传至基础顶部的有些内力超过极端荷载工况，需对地震工况进行复核。参考《建筑抗震设计规范》GB 50011-2010（2016年版）、《水工建筑物抗震设计规范》DL 5073-2016，在XI度及以上地区的工程需要专门研究。

行业标准信息服务平台

4 规划选址勘察

4.1 一般规定

4.1.3 大型滑坡、泥石流对工程影响范围大，后果严重，制约风电场建设。流动沙丘可能对工程设施造成破坏，影响工程安全。

4.2 勘察内容及方法

4.2.1 区域综合地质图的内容包括区域地层、岩性、断裂及风电场的位置，反映区域地质和风电场的位置关系，利用区域综合地质图分析区域地质对风电场选址的影响。

4.3 勘察报告

规划选址阶段的勘察报告一般为规划报告中工程地质章节，不出单行本的勘察报告。对于山地、丘陵风电场可编制构造纲要图或综合区域地质图，以附图或报告插图形式反映，表明风电场所处的区域构造环境。

行业标准信息服务平台

5 初步勘察

5.1 一般规定

5.1.1 初步勘察阶段的地质资料要求基本满足风电机组机位、升压站、集电线路、场内道路等的总体布置要求；基本满足建筑基础形式、基础埋深以及地基处理方案选择的要求；基本满足与地质有关的工程量计算及投资估算的要求。

5.1.2 初步勘察阶段主要针对具体场址确定区域构造稳定性，复核规划选址阶段关于区域构造稳定性的结论。

初步勘察阶段对集电线路、场内道路区进行地质调查，结合风电机组场址区、升压站的勘察了解集电线路、场内道路的工程地质条件，初步评价主要工程质问题。

陆上风电场工程的天然建筑材料用量较少，除大型风电基地外，一般不作专门的天然建筑材料勘察，本阶段仅了解当地天然建筑材料的分布、储量、质量及运输条件。

5.1.3 初步勘察阶段初拟的建筑布置、建筑特性参数是初步勘察工作的依据，初步勘察据此进行勘察工作布置。

5.2 风电机组场址区

5.2.1 滑坡、泥石流、崩塌等不良地质作用对于风电机组机位的布置影响较大，影响工程治理的工程量，因此，本阶段的工作深度为查明，特别是制约风电场建设且处理困难、处理工程量大的不良地质作用，是本阶段的重要工作内容。

不同的基础形式，需要提供相应的力学参数，常见的基础形式所需的力学参数如表 5-1 所示。

表 5-1 常见的风电机组基础形式所需的力学参数

风电机组 基础形式	力学参数											特性参数					
	压缩指标			抗剪强度		桩基参数		其他参数				湿陷 等级	湿陷 深度	湿陷 起始 压力	冻胀 系数	膨胀 率	收缩 系数
	压缩 系数	压缩 模量	变形 模量	内摩擦角	黏聚力	桩的极限 侧阻力	桩的极限 端阻力	饱和单 轴抗压 强度	完整性 系数	黏结 强度	承载力 特征值						
扩展基础	√	√	√	√	√	—	—	√	√	—	√	—	—	—	√	√	√
梁板基础	√	√	√	√	√	—	—	√	√	—	√	—	—	—	√	√	√
岩石预应力锚杆基础	—	—	√	√	√	—	—	√	√	√	√	—	—	—	√	—	—
桩基础	√	√	√	√	√	√	√	√	—	—	√	√	√	√	√	√	√
预应力筒形基础	√	√	√	√	√	√	√	—	—	—	√	√	√	√	√	√	√

物理指标主要包括：密度、比重、含水率、孔隙比、液性指数、塑性指数、颗分试验成果等。盐渍土需要提供易溶盐阴阳离子含量、pH 值、矿化度、硫酸钠百分含量等。

不同地层条件适用的基础结构形式如表 5-2。

表 5-2 不同地层条件适用的基础结构形式

序号	场址工程地质条件	基础结构形式
1	砂土、碎石土、全风化岩石且地基承载力特征值不小于 180 kPa 的地基	扩展基础、梁板基础
2	较坚硬岩以上完整岩石地基	岩石预应力锚杆基础
3	软弱土层或高压缩性土层地基	桩基础
4	砂砾石、黏土或碎石土地基	预应力筒型基础

10 初勘阶段一般要求提供地基土的视电阻率值，当没有实测资料时，常见岩土介质的视电阻率值可以参考表 5-3。

表 5-3 常见岩土介质视电阻率值

类别	岩土名称	视电阻率 ρ_s ($\Omega \cdot m$)	类别	岩土名称	视电阻率 ρ_s ($\Omega \cdot m$)
第四系	黏土	$n \times 10^{-1} \sim 2 \times 10^2$	变质岩	碎屑凝灰岩	$2 \times 10^2 \sim 10^3$
	粉土	$n \times 10 \sim n \times 10^2$		片岩	$2 \times 10^2 \sim 10^3$
	干砂卵石	$3 \times 10^2 \sim 6 \times 10^3$		板岩	$n \times 10 \sim 3 \times 10^3$
	湿砂、卵石	$n \times 10^2 \sim n \times 10^3$		片麻岩	$6 \times 10^2 \sim n \times 10^4$
	软土、淤泥质黏土	$n \sim n \times 10^1$		大理岩	$n \times 10^2 \sim n \times 10^3$
沉积岩	页岩	$n \times 10^1 \sim 3 \times 10^2$	岩浆岩	石英岩	$n \times 10^2 \sim n \times 10^4$
	红砂岩	$n \times 10^{-1} \sim 10^3$		花岗岩	$6 \times 10^2 \sim n \times 10^5$
	石英砂岩	$n \times 10^2 \sim 10^3$		玄武岩	$n \times 10^2 \sim n \times 10^5$
	砾岩	$n \times 10^1 \sim n \times 10^3$		凝灰岩	$n \times 10^2 \sim n \times 10^3$
	泥岩	$n \times 10^1 \sim 10^2$		正长岩	$n \times 10^2 \sim n \times 10^5$
	泥质灰岩	$n \times 10^2 \sim n \times 10^2$		闪长岩	$n \times 10^4 \sim n \times 10^5$
	石灰岩	$6 \times 10^2 \sim 6 \times 10^3$		辉绿岩	$n \times 10^2 \sim n \times 10^5$
	白云岩	$5 \times 10^1 \sim 6 \times 10^3$		地下水	$< 10^2$
	岩盐	$\geq n \times 10^4$	河水	$< 10^2$	
	炭质岩	$n \sim n \times 10^3$	海水	0.5~1.0	
	煤	$n \times 10^{-1} \sim n \times 10^1$	冰	$> 10^4$	
	硬石膏	$n \times 10^4 \sim n \times 10^6$	岩溶水	15~30	

5.2.3 陆上风电场常用的物探测试方法如表 5-4 所示。

表 5-4 陆上风电场常用的物探测试方法

风电场类型	测试内容	可采用的物探方法
山地风电场 丘陵风电场	覆盖层厚度、分层及参数； 基岩面起伏形态	瑞雷波法
山地风电场 丘陵风电场	基岩风化程度及厚度； 风化卸荷带的宽度及影响范围	对称四极法 孔内电视
岩溶风电场	覆盖层厚度； 岩溶的形态、分布和规模； 岩溶连通性及洞穴充填物性质	高密度电法 探地雷达法

5.2.4 编制组对已完成初步勘察的陆上风电场的勘探布置进行了统计，统计不同地基等级的勘探点间距，已完成初步勘察的陆上风电工程勘探点间距统计表见表 5-5。

表 5-5 已完成初步勘察的陆上风电场勘探点间距

地基等级	工程名称	勘探点间距 (km)
一级	青海 CK 风电场一期	0.8~1.3
	陕西靖边 MXK 风电场	0.5~0.8
	甘肃 QF 风电场	1.1~1.3
	甘肃 STZ 风电场	1.1~1.4
	河南浚县 LH 风电场	2.0~2.4
	河南获嘉县 HJ 风电项目	1.2~2.5
	河南清丰县 JY 风电场	1.9~3.0
	山东郓城县 YH 风电场	1.7~2.3
	江苏金湖县 XD 风电场	2.5~3.0
	甘肃 YA 风电场	0.71~1.2
	山东东明县 DN 风电场	2.5~3.0

续表 5-5

地基等级	工程名称	勘探点间距 (km)
二级	贵州凯里市 ZX 风电场	2.8~3.6
	云南弥勒市 DM 山风电场	2.4~3.5
	广西平南县 DP 风电场	2.1~2.8
	甘肃 BDQ 第六风电场	2.0
	甘肃 AB 第六风电场	2.0
	甘肃 AB 第四风电场	2.0
	甘肃 MHT 第一风电场	2.0
	甘肃 BDQ 第八风电场	2.0
	甘肃 MZS 第一风电场	2.0
	甘肃 YM 四期风电场	2.0
	新疆哈密 YD 第一风电场	2.0~3.0
	新疆哈密 YD 第二风电场	2.0~3.0
	哈密 YD 第三风电场	2.0~3.0
	新疆哈密 YD 第四风电场	2.0~3.0
	新疆哈密 YD 第五风电场	2.0~3.0
	新疆 JX 第一风电场	2.2~3.0
	新疆 JX 第二风电场	2.2~3.0
	新疆 JX 第三风电场	2.2~3.0
	新疆 JX 第四风电场	2.2~3.0
	新疆 JX 第五风电场	2.2~3.0
新疆 JX 第六风电场	2.2~3.0	
三级	新疆 STD TDF01 风电场	4.0
	新疆 STD TDF03 风电场	4.0
	新疆 STD TDF05 风电场	4.0
	贵州三都县 LFA 风电场	3.0~3.6
	新疆 STD NBF02 风电场	4.0
	新疆 STD NBF04 风电场	4.0
	新疆 STD NBF06 风电场	4.0
	青海 QJ 二期风电场	3.8~4.5
	青海 QJ 三期风电场	1.7~3.8
	四川宁南县 GM 风电场	2.7~4.8
	云南泸西县 LZJ 风电场	2.8~4.5
	四川盐源县 DH 风电场	4.2~5.0

根据上表统计成果,一级地基勘探点间距平均 1.5 km~2.0 km,二级地基勘探点间距 2.1 km~3.1 km,三级地基勘探点间距 3.5 km~4.2 km。

考虑风电机组场址区范围大、机位间距大,钻孔的控制范围有限,加之风机

为独立建筑物，深度较小的一般性钻孔难以查明风电机组场址区的工程地质条件，故本条规定，初勘阶段风电机组场址区的钻孔均为控制性钻孔。

5.2.6 采用天然地基时，基础形式一般为扩展基础或梁板基础，基础埋深一般3 m左右，岩石裸露或覆盖层小于3 m的岩层，一般为强风化或弱风化，岩体力学性能较好，一般可以满足风电机组机位的承载力及抗变形性能要求。因此，采用工程地质测绘、物探、轻型钻探、坑槽等，以查明覆盖层厚度、岩石的风化程度和岩体的构造发育情况。

5.2.12 根据《湿陷性黄土地区建筑标准》GB 50025-2018附录A各类建筑举例，浸水可能性小的风电机组基础建筑类别为丙级。根据该标准表4.2.3-2初步勘察勘探点深度，丙类建筑物的控制性勘探点深度为“穿透自重湿陷性黄土层或不宜小于25 m”，故本条规定“黄土地区浸水可能性小的风电机组机位钻孔深度宜穿透自重湿陷性土层，或不宜小于25 m”。

《湿陷性黄土地区建筑标准》GB 50025-2018附录A未说明浸水可能性大的风电机组基础建筑类别，初步勘察勘探点深度按照设计提供的风电机组基础建筑类别按该标准表4.2.3-2确定。

湿陷性黄土地区风电场勘察需要判断风机机位场地的排水条件是否良好。如位于黄土梁、峁顶部等地段的风电机组机位，场平后四周地势较低，排水条件好，一般认为是浸水可能性小；位于黄土塬、地势低洼等地段的风电机组机位，场平后四周地势平坦或较高，排水条件较差，一般认为是浸水可能性大。

5.4 集电线路和场内道路

5.4.1~5.4.2 集电线路包括各风机之间以及风机与升压站之间的线路。

5.5 勘察报告

5.5.1 本阶段勘察报告多为工程地质章节，单行本的工程地质勘察报告一般较少。由于工程建筑布置等设计情况在可行性研究报告的其他章节已有论述，工程地质勘察报告不再赘述。如要求出版单行本初步勘察报告，则需要简述工程设计概况。勘察报告的内容一般包括四部分：风电机组场址区、升压站、集电线路及场内道路。

报告前言主要包括：工程位置及交通概况，勘察任务，勘察依据，勘察等级，勘察方法，勘察工作布置原则，勘察过程及完成的实物工作量，其它需要说明的问题。

岩土体物理力学性质主要包括：原位测试成果的统计与分析，物理力学试验成果的统计与分析，物探测试成果的统计与分析，岩土体的物理力学参数建议值，地基岩土体视电阻率建议值。

主要工程地质问题评价的内容包括：地震效应评价、水土腐蚀性评价、不良地质作用评价、特殊性岩土地质评价、地基均匀性评价等。

建筑物天然地基评价及基础方案建议主要评价内容为：天然地基评价，基础方案建议，持力层建议及地基处理方案等。

5.5.2 集电线路、场内道路本阶段的工作深度为调查，勘探量少，一般不出图。

行业标准信息服务平台

6 详细勘察

6.1 一般规定

6.1.2 初步勘察时对不良地质作用及地质灾害已查明，本阶段对不良地质作用仅复核，重点是避开不良地质体，提出处理措施建议。

近年来在施工过程中，部分建设单位及施工单位要求勘察单位提出岩土的施工工程分级。

参考《铁路工程地质勘察规范》TB 10012-2007、《公路工程地质勘察规范》JTG C20-2011，结合陆上风电场的施工特点，将岩土施工工程分级分为6级，见表6-1。

行业标准信息平台

表 6-1 陆上风电场岩土施工工程分级

等级	分类	土质名称	钻 1m 所需时间 (min)			单轴 抗压 强度 (MPa)	开挖方法
			湿式凿 岩一字 合金钻 头	湿式凿 岩普通 淬火钻 头	双人 打眼		
I	松 土	砂土, 粉土, 腐殖土, 耕植 土, 未经压实的填土	—	—	—	—	用铁锹挖, 脚蹬一下 到底的松散土层, 机 械能全部直接铲挖, 普通装载机可满载
II	普 通 土	软塑~硬塑的黏性土、膨胀 土, 软塑~硬塑的膨胀土, 压实的填土, Q ₃ ~Q ₄ 黄土, 稍密~中密的角砾、圆砾, 松散的碎石、卵石	—	—	—	—	部分用镐刨松, 再用 锹挖, 脚蹬连蹬数次 才能挖动的。挖掘 机、带齿尖口装载机 可满载、普通装载机 可直接铲挖, 但不能 满载
III	硬 土	坚硬的黏土、黏性土、膨胀 土, Q ₁ ~Q ₂ 黄土, 密实的角 砾、圆砾, 稍密~中密的碎 石、卵石, 各种风化成土状 的岩石	—	—	—	—	必须用镐先全部松 动才能用锹挖。挖掘 机、带齿尖口装载机 不能满载、大部分采 用松土器松动方能 铲挖装载
IV	软 质 岩	块石土, 漂石土, 密实的碎 石土, 岩盐, 各类较软岩、 软岩及成岩作用差的岩石: 泥质砾岩、煤、凝灰岩、云 母片岩、千枚岩	—	<7	<0.2	<30	部分用撬棍或十字 镐及大锤开挖, 或挖 掘机、单钩裂土器松 动, 部分采用爆破法 开挖
V	次 坚 石	各种较坚硬岩: 硅质页岩、 砂岩、钙质岩、白云岩、石 灰岩、泥灰岩、软玄武岩、 片岩、片麻岩、正长岩、粗 粒花岗岩	<15	7~20	0.2~ 1.0	30~60	能用液压冲击镐解 碎, 大部分需用爆破 法开挖
VI	坚 石	各种坚硬岩: 硅质砂岩、硅 质砾岩、石灰岩、石英岩、 大理岩、硬玄武岩、闪长岩、 花岗岩、角岩	>15	>20	>1.0	>60	需用爆破法开挖

注: 1 软黏性土、淤泥质土、淤泥、泥炭质土、泥炭等软土的施工工程分级, 一般可以定为 II 级, 多年冻土一般可以定为 IV 级。
2 表中所列岩石均按完整结构岩体考虑, 若岩石极破碎、节理很发育或强风化时, 其等级按对应岩石的等级降低一个等级。

除大型风电基地外，陆上风电场的天然建筑材料用量较少，多采用商品混凝土。本阶段对天然建筑材料的工作深度为调查，调查天然建筑材料的分布、质量、储量及运输条件。

6.1.3 详细勘察根据地勘任务书对具体建筑物进行勘察，地勘任务书需要明确建筑物的特性指标及设计要求，如风电机组的平面布置、单机容量、轮毂高度、基础形式、基础埋深、承载力、抗变形要求及拟采取的地基处理方案等，升压站的建筑总平面布置、建筑层数、基础形式、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。本部分内容在《岩土工程勘察规范》GB 50021-2001（2009年版）中相应内容属于强制性条文。

6.2 风电机组机位

6.2.1 微观选址时地质人员对风电机组机位的地质条件进行现场调查，同风资源、土建、电气、风机厂家、建设单位等专业人员共同确定风电机组机位。

查看地貌条件，使风电机组机位置于同一地貌单元内，避免不均匀沉降等；查看地形条件，使机位置于相对较为平缓的部位，减少工程开挖量；查看水文地质条件，使风电机组机位尽量避开地表水、地下水的影 响，或受其影响最小；查看不良地质作用及地质灾害发育情况，使风电机组机位尽量避开不良地质作用，或置于处理工程量最小，处理难度较小的部位。

6.2.8 《陆上风电场工程风电机组基础设计规范》NB/T 10311-2019 中第 7.4.1 条对岩石预应力锚杆基础的要求为：“锚杆锚固段宜置于较坚硬岩以上完整岩石地基，且与基岩连成整体”，对岩石预应力锚杆基础的岩体质量要求较高。

6.2.9 岩溶地区物探探测的范围相对较大，能够探测隐伏的岩溶及其规模、位置，岩溶地区风电勘察采用物探、钻探相结合的方法。

根据岩溶地区风电机组机位勘察的实践，高密度电法、瞬变电磁法在岩溶地区风电勘察中应用较为广泛。高密度电法可探测基岩面的起伏情况，探测岩溶的分布位置及规模。成果运用成熟，受地形影响较小。瞬变电磁法适用于目标地质体具有一定规模，且相对呈低阻，无极低阻屏蔽，电磁干扰少的区域。探测不同深度的地层视电阻率和地层的电结构，探测覆盖层厚度、地层层面、岩溶，

解决与深度有关的地质问题。

6.3 升压站

6.3.2 本阶段工程地质测绘采用大比例尺地形图。升压站区地形平缓简单的站址地形图比例尺一般为 1:2000，丘陵或地形起伏较大时采用 1:500。

6.4 集电线路

6.4.2 集电线路杆塔包括直线杆塔、耐张杆塔、转角杆塔、终端杆塔、跨越杆塔、换位杆塔。直线杆塔位于线路中间部分；耐张杆塔又称承力杆塔，强度大，承受导线和地线的拉力；转角杆塔用于线路的转弯处；终端杆塔是耐张杆塔的一种，承受导线和地线一个方向的拉力；跨越杆塔为线路与铁路、河流、湖泊、山谷及其他交叉跨越处，高度大。

《220kV 及以下架空送电线路勘测技术规程》DL/T 5076-2008 规定，“平原区勘探点的布置应根据工程地质条件复杂程度、杆塔形式和设计要求确定，在直线段勘测时，对简单地段可间隔 3~5 基布置一个勘探点，对中等复杂地段可间隔 1~3 基布置一个勘探点。对复杂地段宜逐基勘探，在耐张、转角、跨越及终端塔勘测时，应对每塔布置一个勘探点”。

勘探点的深度根据工程地质条件、杆塔基础类型、基础埋深及载荷大小确定，一般勘探点深度要达到基底以下 0.5 倍~1.0 倍的基础宽度，对于硬质土可以适当减少，对耐张、转角、跨越、终端塔和软土应该适当加深。

6.5 场内道路

6.5.1 场内道路的高开挖边坡、滑坡、高填方路基的危险性大，需要进行专题勘察。

6.6 勘察报告

6.6.1 详细勘察阶段的工程地质勘察报告一般分册编制，主要有风电机组机位的工程地质勘察报告、升压站的工程地质勘察报告、集电线路的勘察报告，必要

时编制场内道路勘察报告。

前言主要包括：工程位置及交通概况、工程建筑设计特性指标，勘察任务，勘察依据，勘察等级，勘察方法、勘察布置原则，封孔情况，勘察过程及完成的实物工作量，其它需要说明的问题。

风电场基本地质条件主要包括：地形地貌、地层岩性、地质构造、水文地质、不良地质作用、特殊性岩土等。

岩土体物理力学性质主要包括：原位测试成果的统计与分析，物理力学试验成果的统计与分析，物探测试成果的统计与分析，岩土体的物理力学参数建议值，地基岩土体视电阻率建议值。

场址区地震效应评价主要包括：场地类别划分，地震动参数确定，液化评价、震陷评价等。

风电机组机位天然地基评价及基础方案建议主要包括：天然地基评价，基础方案建议，建议的地基处理方案及相应的地质参数，施工中可能需要的边坡支护、基坑开挖与支护、降水、排水措施等，施工的风险提示及注意事项。

升压站天然地基评价及基础方案建议主要包括：天然地基评价，基础方案建议，建议的地基处理方案及相应的地质参数建议，施工中可能需要的深基坑开挖与支护、降水、排水措施等，施工的风险提示及注意事项。

集电线路的地基条件评价主要包括：线路沿线工程条件概述、岩土的物理力学参数、地下水埋藏条件、地下水位及变幅，天然地基评价，基础方案建议，建议的地基处理方案及相应的地质参数建议，施工中可能需要的深基坑开挖与支护、降水、排水措施等，施工中注意的问题。

场内道路路基及边坡条件评价主要包括：道路的工程地质分段评价，建议的地基处理方案及相应的地质参数建议，开挖与支护措施等，施工的风险提示及注意事项。对道路开挖边坡、桥涵基础、过水路面等的稳定性进行分析评价。

6.6.2 风电场工程地质平面图主要包括地层界线及时代成因、工程地质分区界线及编号、勘探点等。平原地区风电机组机位可编制工程地质剖面图，纵横比例尺可不同。对于地形复杂的山区风电场，一般编制风电机组机位的剖面图，剖面图建议沿梁、峁的长轴和短轴方向剖切。

升压站工程地质剖面图纵横比例尺一般采用等比例尺。

8 室内试验与原位测试

8.2 原位测试

8.2.1 载荷试验适用于各类土、软质岩及风化岩石，标准贯入试验适用于砂土、粉土、黏性土，圆锥动力触探试验适用于软岩、极软岩、碎石土、砂土、粉土、黏性土，静力触探试验适用于软土、黏性土、粉土、砂土和含少量碎石的土，十字板剪切试验适用于饱和黏性土，旁压试验适用于黏性土、粉土、砂土、碎石土、软质岩石和风化岩，扁铲侧胀试验适用于黏性土、粉土、中密以下砂土。

行业标准信息平台

附录 A 建筑抗震地段划分

附录内容引自《建筑抗震设计规范》GB 50011-2010（2016 年版）。

行业标准信息平台

附录 E 场地环境类型划分

本附录内容引自《岩土工程勘察规范》GB 50021-2001（2009年版），其形式略作调整。

干燥指数又称干燥度，是表示一个地区气候干燥程度的指数，为蒸发力与降水量之比值。其中蒸发力计算包括日照、气温、辐射平衡、相对湿度、风速等气象要素。

行业标准信息服务平台

附录 G 场地稳定性评价

场地稳定性评价中分级要素的区域构造稳定性分级有四分法和三分法，四分法的分级为好、较好、较差、差，三分法的分级为好、较好、差，四分法相对较为细致，更适合陆上风电场的区域构造稳定性评价。陆上风电场参考《水电工程区域构造稳定性勘察规程》NB/T 35098-2017 的规定，按表 G-1 进行区域构造稳定性分级。

表 G-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	$< VII$	VII	$VIII$	$\geq IX$
活断层	25 km 以内无活断层	5 km 以内无活断层	5 km 以内有活断层，震级 $M < 5$ 级地震的发震构造	5 km 以内有活断层，并有 $M \geq 5$ 级地震的发震构造
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 $M \geq 7$ 级的强震活动	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，即场址周边 5 km 区域。