

ICS 27.180

P 00

备案号: 39886—2013

**NB**

中华人民共和国能源行业标准

**P**

**NB / T 31030 — 2012**

---

陆地和海上风电场工程地质  
勘察规范

Specifications for engineering geological  
investigation of wind power projects

**2012-10-29 发布**

**2013-03-01 实施**

---

国家能源局 发布

**中华人民共和国能源行业标准**

**陆地和海上风电场工程地质  
勘察规范**

**Specifications for engineering geological  
investigation of wind power projects**

**NB / T 31030 — 2012**

**主编机构：水电水利规划设计总院**

**批准部门：国 家 能 源 局**

**施行日期：2013 年 3 月 1 日**

**中国电力出版社**

**2013 北 京**

中华人民共和国能源行业标准  
陆地和海上风电场工程地质  
勘察规范

Specifications for engineering geological  
investigation of wind power projects  
NB / T 31030 — 2012

\*

中国电力出版社出版、发行  
(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)  
北京九天众诚印刷有限公司印刷

\*

2013 年 7 月第一版 2013 年 7 月北京第一次印刷  
850 毫米×1168 毫米 32 开本 1.875 印张 43 千字  
印数 0001—3000 册

\*

统一书号 155123 · 1657 定价 16.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪  
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

## 前 言

根据《国家能源局关于下达 2010 年第一批能源行业领域标准制订（修）计划的通知》（国能科技〔2010〕320 号）的安排，水电水利规划设计总院组织中国水电顾问集团西北勘测设计研究院制定了本标准。

编制单位收集大量资料，并结合国内陆地和海上风电场工程地质勘察经验，完成了本标准的编制。

本标准由水电水利规划设计总院提出。

本标准由能源行业风力发电标准化技术委员会风电场规划设计组归口并负责解释。

本标准起草单位：中国水电顾问集团西北勘测设计研究院。

本标准起草人：王志硕、吕生弟、胡向阳、钟建平、李安旗、王逸民、何小亮。

本标准审查人：王民浩、王志臣、易跃春、赵生校、董德兰、杨建设、杨健英、王敏、姜世平、张鉴、张性慧、刘颖、李卫林、朱美洲、秦初升、翁新雄、黄晓辉、谢宏文。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至水电水利规划设计总院（北京市西城区六铺炕北小街 2 号，100120）。

NB / T 31030 — 2012

目 次

前言 ..... 1

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 风电场工程地质勘察分级和分类 ..... 7

    4.1 工程地质勘察分级 ..... 7

    4.2 风电场地形地貌及岩土分类 ..... 8

5 规划阶段工程地质勘察 ..... 12

    5.1 一般规定 ..... 12

    5.2 勘察内容和要求 ..... 12

6 预可行性研究阶段工程地质勘察 ..... 14

    6.1 一般规定 ..... 14

    6.2 勘察内容和要求 ..... 14

7 可行性研究阶段工程地质勘察 ..... 18

    7.1 一般规定 ..... 18

    7.2 勘察内容和要求 ..... 18

8 招标设计阶段工程地质勘察 ..... 25

    8.1 一般规定 ..... 25

    8.2 风电机组机位勘察和要求 ..... 25

    8.3 升压站（变电站）勘察和要求 ..... 27

    8.4 其他工程勘察和要求 ..... 29

    8.5 勘察报告 ..... 32

9 施工图设计阶段工程地质勘察 ..... 34

9.1 一般规定 ..... 34

9.2 工程地质复核 ..... 34

9.3 施工地质 ..... 35

10 岩土试验与测试 ..... 36

10.1 室内试验 ..... 36

10.2 原位测试 ..... 37

附录 A 岩石的分类和鉴定 ..... 40

附录 B 土的分类和鉴定 ..... 45

本标准用词说明 ..... 50

引用标准名录 ..... 51

Contents

Foreword ..... I

1 General Provisions..... 1

2 Terms and Symbols ..... 2

    2.1 Terms ..... 2

    2.2 Symbols..... 3

3 Basic Requirements ..... 5

4 Classification of Engineering Geological Investigations for  
    Wind Power Projects ..... 7

    4.1 Classification of Engineering Geological Investigation..... 7

    4.2 Classification of Topography, Landform and Rock-soil ..... 8

5 Planning Stage Investigation..... 12

    5.1 General Requirements..... 12

    5.2 Tasks and Requirements ..... 12

6 Prefeasibility Stage Investigation..... 14

    6.1 General Requirements..... 14

    6.2 Tasks and Requirements ..... 14

7 Feasibility Stage Investigation ..... 18

    7.1 General Requirements..... 18

    7.2 Tasks and Requirements ..... 18

8 Tender Stage Investigation (Detailed Investigation)..... 25

    8.1 General Requirements..... 25

    8.2 Requirements of Wind Turbine Generator Position Investigation ..... 25

    8.3 Requirements of Booster Station (substation) Investigation ..... 27

    8.4 Requirements of Other Engineering Investigations ..... 29

    8.5 Geotechnical Investigation Report ..... 32

9 Construction Stage Investigation ..... 34

9.1 General Requirements..... 34

9.2 Review of Engineering Geology ..... 34

9.3 Construction Geology..... 35

10 Rock and Soil Tests ..... 36

10.1 Laboratory Tests ..... 36

10.2 In-situ Tests ..... 37

Appendix A Classification and Identification of Rocks..... 40

Appendix B Classification and Identification of Soil ..... 45

Explanation of Wordings in this Standard..... 50

List of Normative Standard..... 51



## **1 总 则**

**1.0.1** 为适应风电工程的快速发展，规范风电场工程地质勘察的程序和深度，明确风电场工程勘察阶段及各阶段的勘察内容和技术要求，提高风电场工程地质勘察水平，特制定本标准。

**1.0.2** 本标准规定了风电场工程地质勘察的程序和工作深度，明确各设计阶段勘察工作的任务、内容和技术要求。

**1.0.3** 本标准适用于并网型风电场工程地质勘察。

**1.0.4** 风电场工程地质勘察除执行本标准外，还应符合国家现行有关标准的规定。

## **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 地基 subgrade, foundation soils**

支承基础的岩土体。

#### **2.1.3 基础 foundation**

将结构所承受的各种作用传递到地基上的结构组成部分。

#### **2.1.4 一般性勘探孔 exploratory hole**

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

#### **2.1.5 控制性勘探孔 control exploratory hole**

为控制地层结构，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。

#### **2.1.6 地基承载力 bearing pressure of foundation**

地基在同时满足强度和变形两个条件的情况下，单位面积所能承受的最大荷载。

#### **2.1.7 地基承载力特征值 ( $f_{ak}$ ) characteristic value of bearing pressure foundation**

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或比例极限值。

#### **2.1.8 岩土参数标准值 standard value of a geotechnical parameter**

岩土参数的基本代表值，通常取概率分布的 0.05 分位数。

## 2.2 符 号

### 2.2.1 岩土物理性质和颗粒组成

$e$ ——孔隙比；

$n$ ——孔隙率、孔隙度；

$I_L$ ——液性指数；

$I_p$ ——塑性指数；

$S_r$ ——饱和度；

$w$ ——含水量、含水率；

$w_L$ ——液限；

$w_p$ ——塑限；

$\gamma$ ——重力密度（重度）；

$\rho$ ——质量密度（密度）；

$\rho_d$ ——干密度。

### 2.2.2 岩土强度变形参数

$\alpha$ ——压缩系数；

$C_c$ ——压缩指数；

$C_e$ ——再压缩指数；

$C_s$ ——回弹指数；

$E_0$ ——变形模量；

$E_D$ ——侧胀模量；

$E_m$ ——旁压模量；

$E_s$ ——压缩模量；

$p_c$ ——先期固结压力；

$c$ ——黏聚力；

$p_0$ ——载荷试验比例界限压力、旁压试验初始压力；

$p_f$ ——旁压试验临塑压力；

$p_L$ ——旁压试验极限压力；

$p_u$  —— 载荷试验极限压力;

$q_u$  —— 无侧限抗压强度;

$\tau$  —— 抗剪强度;

$\phi$  —— 内摩擦角。

### 2.2.3 触探及标准贯入试验指标

$R_f$  —— 静力触探摩阻比;

$f_s$  —— 静力触探侧阻力;

$N$  —— 标准贯入试验锤击数;

$N_{10}$  —— 轻型圆锥动力触探锤击数;

$N_{63.5}$  —— 重型圆锥动力触探锤击数;

$N_{120}$  —— 超重型圆锥动力触探锤击数;

$p_s$  —— 静力触探比贯入阻力;

$q_c$  —— 静力触探锥头阻力。

### 2.2.4 其他符号

$S_t$  —— 灵敏度;

$v_p$  —— 压缩波波速;

$v_s$  —— 剪切波波速;

$\delta$  —— 变异系数;

$\Delta_s$  —— 总湿陷量;

$\mu$  —— 泊松比;

$\sigma$  —— 标准差。

### 3 基本规定

**3.0.1** 风电场工程地质勘察分为规划、预可行性研究、可行性研究、招标设计和施工详图设计五个阶段。各设计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。

对于简单场地的风电场，视具体情况可将预可行性研究和可行性研究两阶段合并，直接进行可行性研究阶段的工程地质勘察。

**3.0.2** 在开展勘察工作之前，应收集工程场址区已有的地质资料，进行现场查勘，了解工程场址区的自然条件和工作环境，编制工程地质勘察大纲。

**3.0.3** 工程地质勘察大纲宜包括下列内容：

- 1) 工程概况。
- 2) 风电场场址区的地形地质条件。
- 3) 勘察工作依据的规程规范及技术文件。
- 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) 勘察工作量和进度。
- 7) 提交的勘察成果内容及数量。
- 8) 勘察过程控制、质量、安全及环境保护措施。
- 9) 勘探点布置图。

**3.0.4** 风电场工程地质勘察应按照勘察设计阶段进行，根据工程规模、场地类型和岩土性质，确定勘察方法和手段，保证勘察工作量和勘察周期。

**3.0.5** 勘察前应收集风电场区域地质资料、地形图资料，并进行现场查勘，了解风电场区的场地类型和地形地貌条件。

**3.0.6** 工程地质勘察应先进行地质调查。山地和丘陵区风电场有

岩石出露时应进行地质测绘。

**3.0.7** 应根据风电场区的地形和岩土条件，采用钻孔、坑槽、竖井及物探等方法进行勘探和测试。各勘探方法宜做到综合利用。钻探、坑井探和物探的技术要求应分别符合 DL/T 5013《水电水利工程钻探规程》、DL/T 5050《水电水利工程坑探规程》和 DL/T 5010《水电水利工程物探规程》的要求。

**3.0.8** 岩土试验采用室内试验和原位试验相结合的原则。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。室内土工试验和原位测试应符合 GB 50021《岩土工程勘察规范》的规定。室内岩石试验应符合 DL/T 5368《水电水利工程岩石试验规程》的规定。

**3.0.9** 勘察报告编制。工程地质勘察报告一般由文字、图表及附件组成。勘察报告应根据勘察阶段、技术要求、工程特点和地质条件的具体情况编写。勘察报告应资料完整、准确，图表清晰、结论有据、建议合理。



## 4 风电场工程地质勘察分级和分类

### 4.1 工程地质勘察分级

**4.1.1** 风电场的工程地质勘察应根据场地地形地貌、地质条件的复杂程度、建筑规模、机组的容量，将勘察等级划分为三级。勘察等级划分应符合表 4.1.1 的规定。

表 4.1.1 风电场工程地质勘察等级划分

勘察等级	场地特征	机组类型
1	1 山地区、较复杂的丘陵区、冲积平原及黄土塬、梁、峁区。 2 海上风电场。 3 复杂地质条件及特殊岩土地基	1 单机容量 2.5MW 及以上的风电机组。 2 风电机组轮毂高度大于 80m
2	介于 1 级与 3 级之间	
3	1 一般丘陵区 and 一般平原区。 2 简单地质条件	1 单机容量 1.5MW 以下的风电机组。 2 风电机组轮毂高度小于 60m

注：1 勘察级别按表中指标划分分属不同级别时，按最高级别确定。

2 对 1 级勘察，地质条件较好时，可降低一级。

**4.1.2** 风电场场地等级应根据场地的复杂程度划分为三级，并应符合表 4.1.2 的规定。

表 4.1.2 风电场场地等级划分

场地等级	场地的复杂程度（符合下列条件之一者）
一级 （复杂场地）	1 场地地震基本烈度大于或等于Ⅶ度，对建筑物抗震危险区。 2 地形地貌复杂。 3 地层层次多，结构复杂。 4 地下水位埋藏浅。 5 不良地质现象强烈发育。 6 海上风电场

续表 4.1.2

场地等级	场地的复杂程度（符合下列条件之一者）
二级 （中等复杂场地）	1 场地地震基本烈度为Ⅵ度，对建筑物抗震不利区。 2 地形地貌一般。 3 地层层次较多，结构较复杂。 4 地下水位埋藏较浅。 5 不良地质现象较发育
三级 （简单场地）	1 场地地震基本烈度小于Ⅵ度，对建筑物抗震有利区。 2 地形地貌简单。 3 地层结构简单。 4 地下水位埋藏深。 5 不良地质现象不发育

注：1 从一级开始，向二级、三级递推，以首先满足为准。

2 对建筑物抗震危险、不利、有利地段的划分，应按 GB 50011《建筑抗震设计规范》确定。

**4.1.3** 根据地基的复杂程度，风电场地基划分为三级，并应符合表 4.1.3 的规定。

表 4.1.3 风电场地基等级划分

地基等级	场地的复杂程度（符合下列条件之一者）
一级 （复杂地基）	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。 3 海上风电场地基
二级 （中等复杂地基）	1 岩土种类较多，不均匀，性质变化较大。 2 一般性岩土
三级 （简单地基）	1 岩土种类单一、均匀、性质变化不大。 2 无特殊性岩土

注：从一级开始，向二级、三级递推，以首先满足为准。

## 4.2 风电场地形地貌及岩土分类

**4.2.1** 风电场的场地类型可根据地形地貌划分为山地、丘陵、平原及海上 4 大类、10 个亚类。其特征见表 4.2.1。



表 4.2.1 风电场地貌形态分类

地貌分类		成因	主要特征
山地	中低山	构造及强烈剥蚀作用	相对高度 200m~500m
	低山		相对高度 100m~200m
丘陵	丘陵	构造及长期剥蚀切割作用	相对高度小于 100m, 基岩裸露或埋藏较浅, 风化强烈
	剥蚀残丘	构造微弱及长期剥蚀切割作用	大部分山地被剥蚀和夷平, 少部分地段形成坚硬的残丘, 丘顶有残积物覆盖, 谷底有较厚堆积物
	剥蚀台原	构造微弱及长期剥蚀、堆积作用	低山被剥蚀和夷平, 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	由大河中下游砂土大量堆积而成, 覆盖层深厚, 以细颗粒为主, 地下水位很浅。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, 越远离山麓, 地形越平缓。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, 称为黄土塬。黄土塬被两条平行的冲沟切割成条状地带, 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, 为黄土峁
海上		潮间带和潮下带滩涂	在沿海多年平均大潮高潮线以下至理论最低潮位以下 5m 水深的海域
		近海	在理论最低潮位以下 5m~50m 水深的海域
		深海	指在大于理论最低潮位以下 50m 水深的海域

**4.2.2** 在进行风电场工程地质勘察时，应鉴定岩性，进行岩石分类和风化程度划分，并进行岩石坚硬程度、岩体完整程度和岩体基本质量等级的划分，具体可按本标准附录 A 执行。

**4.2.3** 当软化系数等于或小于 0.75 时，应定为易软化岩石；当岩石具有特殊成分、特殊结构或特殊性质时，应定为特殊性岩石，如膨胀性岩石、崩解性岩石、盐渍化岩石等。

**4.2.4** 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。

根据岩石质量指标 RQD，可分为好的（ $RQD > 90$ ）、较好的（ $RQD = 75 \sim 90$ ）、较差的（ $RQD = 50 \sim 75$ ）、差的（ $RQD = 25 \sim 50$ ）和极差的（ $RQD < 25$ ）。

**4.2.5** 岩体的描述应包括结构面、结构体、岩层厚度和结构类型，并宜符合下列规定：

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 岩层厚度分类应按表 4.2.5 执行。

表 4.2.5 岩 层 厚 度 分 类

层厚分类	单层厚度 $h$ (m)	层厚分类	单层厚度 $h$ (m)
巨厚层	$h > 1.0$	中厚层	$0.1 < h \leq 0.5$
厚层	$0.5 < h \leq 1.0$	薄层	$h \leq 0.1$

**4.2.6** 对岩体基本质量等级为 IV 级和 V 级的岩体，鉴定和描述除按本标准 4.2.4、4.2.5 执行外，还应符合下列规定：

1 对软岩和极软岩, 应注意是否具有可软化性、膨胀性、崩解性等特殊性质。

2 对极破碎岩体, 应说明破碎的原因, 如断层、全风化等。

3 开挖后是否有进一步的风化的特征。

4.2.7 在进行风电场工程地质勘察时, 应鉴定地基土的地质名称, 进行地基土分类。一般将晚更新世 ( $Q_3$ ) 及其以前沉积的土定名为老沉积土; 第四纪全新世中近期沉积的土, 定名为新近沉积土。根据地质成因, 土也可分为残积土、坡积土、洪积土、冲积土、淤积土、冰积土和风积土等。地基土分类可按本标准附录 B 执行。

4.2.8 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、密度等。

3 粉土应描述颜色、包含物、湿度、密度、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 特殊土类除应描述上述相应土类的内容外, 还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, 还应描述各层的厚度和层理特征。

## 5 规划阶段工程地质勘察

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 规划阶段的工程地质勘察应了解规划区域的基本工程地质条件，对近期开发工程进行地质分析，提供工程地质资料。

**5.1.2** 规划阶段的工程地质勘察应包括下列内容：

- 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，分析建设风电场的适宜性。

### 5.2 勘察内容和要求

**5.2.1** 区域地质勘察应包括下列内容：

- 1 收集区域地质和地震资料。
- 2 了解区域地形地貌形态、类型，地层分布，地质构造单元、褶皱和断裂展布特征。
- 3 了解规划区大型泥石流、滑坡、岩溶、移动沙丘等灾害地质现象的发育和分布情况。
- 4 在收集和分析已有最新资料的基础上，编绘区域综合地质图。当缺乏区域地质资料时，可进行卫星照片或航拍照片解译，编绘区域综合地质图。
- 5 收集国家地震区划资料和省区地震研究资料，根据 GB 18306《中国地震动参数区划图》确定各风电场的地震动参数。
- 6 在收集区域地质、地震和重大地质灾害现象的基础上，进行区域地质分区，选择风电场场址。场址宜选在有利区段，避开不利和危险区段。



7 区域综合地质图的比例尺可选用 1:20 万~1:50 万, 区域综合地质图的范围应满足风电场规划方案的要求。

**5.2.2 风电场地质勘察应包括下列内容:**

- 1 了解各风电场的地形地貌特征。
- 2 了解各风电场的岩土性质、特殊土层的分布等。
- 3 海上风电场应了解海水深度、海底地形形态、基本地层组成。
- 4 了解各风电场区的地质构造发育类型、规模、性状等。
- 5 了解各风电场区的地质灾害发育情况及环境地质现象。
- 6 规划阶段风电场的地形图比例尺可选用 1:10 000~1:50 000。

**5.2.3 规划阶段风电场地质勘察报告应包括前言、区域地质概况、规划区域工程地质分区、各风电场工程地质条件、结论及附图等。**

## **6 预可行性研究阶段工程地质勘察**

### **6.1 一般规定**

**6.1.1** 预可行性研究阶段的工程地质勘察应在规划确定的风电场进行勘察和工程地质初步评价，为选定风电场场址提供工程地质资料。

**6.1.2** 预可行性研究阶段的工程地质勘察应包括下列内容：

- 1** 补充收集场址区地震资料，依据 GB 18306 确定各风电场的地震动参数，对场地的区域稳定性做出初步评价。
- 2** 初步查明风电场的工程地质条件和主要工程地质问题，并对影响风电场场址选择的主要工程地质问题做出初步评价。
- 3** 初步查明场址区的地层组成、分层厚度及风电机组基础持力层的埋藏深度，对风电机组基础形式和地基处理提出初步建议。
- 4** 了解各风电场附近天然建筑材料的分布情况。

### **6.2 勘察内容和要求**

**6.2.1** 区域地质勘察应符合下列要求：

- 1** 调查近场区的地形地貌形态、类型，地层分布，地质构造单元、褶皱和断裂展布特征。
- 2** 在收集和调查分析的基础上，编绘区域地质构造纲要图，进行构造单元划分和地震区划分，并评价其区域构造稳定性。
- 3** 调查近场区大型泥石流、滑坡、岩溶、移动沙丘等灾害地质现象的发育和分布情况，进行近场区地质灾害评价。
- 4** 根据 GB 18306 确定风电场的地震动参数。

**6.2.2** 风电场地质勘察应包括下列内容：

- 1 初步查明场址区的地形地貌形态、成因类型和特征。
- 2 初步查明场址区第四纪沉积地层的成因类型、物质组成、层次结构、分布规律。
- 3 初步查明岩石地基的岩性、岩层产状、风化程度及软岩、易溶岩、膨胀性岩层和软弱夹层的分布、厚度及其对地基稳定性的影响。
- 4 初步查明场址区断层、挤压破碎带的产状、性质、规模延伸和充填胶结情况。
- 5 初步查明地下水类型，埋藏条件，地下水位，地下水与地表水、大气降水的关系。
- 6 进行岩土体室内试验和现场标准贯入试验、动力触探试验及静力触探试验，初步提出场址区岩土体的物理力学性质参数和地基承载力。其中标准贯入试验和动力触探试验可分别参照 YS 5213《标准贯入试验规程》和 YS 5219《圆锥动力触探试验规程》。
- 7 进行水质简分析，初步评价地下水、地表水或海水的腐蚀性。
- 8 对场址区地基持力层的埋深、不均匀沉降、湿陷、地震液化等主要工程地质问题做出初步评价，并提出基础形式和地基处理建议。
- 9 海上风电场应对海床稳定性做出初步评价。
- 10 了解天然建筑材料的分布情况。

### 6.2.3 风电场地质勘察应符合下列规定：

- 1 收集场址区 1:1 万~1:5 万地形图，收集 1:15 万~1:25 万的海图，或利用航拍照片、卫星照片编绘场址区 1:5000~1:10 000 地形图。
- 2 进行风电场的工程地质调查或地质测绘，范围应包括全部风电场区。
- 3 根据场址区的地形地貌和地层特点，选择合适的物探方法，进行物探测试，初步确定地层结构等。物探剖面线应尽量垂直于地貌单元，并结合勘探剖面布置。

4 场址区的勘探布置应符合下列规定：

- 1) 勘探工作应控制场址区的地层分层、性状、断层破碎带的分布和不良地质现象的分布范围。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有勘探点。
- 2) 勘探点的间距，对于简单场地不宜大于 5000m；当场地工程地质条件复杂时，不宜大于 3000m；海上风电场不宜大于 5000m。
- 3) 勘探孔可分为一般性钻孔和控制性钻孔。在预可行性研究阶段基础形式未确定时，钻孔深度可按表 6.2.3 确定。

表 6.2.3 预可行性研究阶段风电场场址区钻孔深度 m

场地类别	一般性钻孔		控制性钻孔	
	松散层地基	岩石地基	松散层地基	岩石地基
一级场地 (复杂场地)	$\geq 30$	$\geq 8$	$\geq 50$	$\geq 15$
二级场地 (中等复杂场地)	20~30	5~8	30~50	8~12
三级场地 (简单场地)	15~20	3~5	20~30	5~8

- 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) 如遇地下水，应在钻进过程中观测地下水位，并划分含水层和相对隔水层。
- 6) 岩石地基可根据岩体风化程度取样进行室内试验。
- 7) 松散层地基应根据土的类别进行常规项目的室内试验和原位试验。原位试验包括动力触探试验和标准贯入试验等。



8) 取代表性的地下水和地表水进行水质简分析。

**6.2.4** 对风电场附近的天然建筑材料进行普查。

**6.2.5** 对场址区的工程地质条件、水文地质条件做出初步评价,初步提出地基岩土体的物理力学参数建议值和基础形式建议方案。

**6.2.6** 预可行性研究阶段风电场工程地质分析评价应包括下列内容:

1 工程概况、勘察地区自然地理条件。

2 区域地质及场址区构造稳定性初步评价,初步确定场址区地震动峰值加速度及相应的地震基本烈度。

3 场址区基本地质条件和不良地质作用分析评价。

4 水文地质条件,包括地下水的类型、埋藏条件、水位、水质及地下水与地表水、大气降水的补排关系分析评价。

5 岩土体物理力学参数。对场址区岩土体的物理力学试验成果进行统计分析,初步提出岩土体的物理力学参数和承载力值。

6 风电场场址区工程地质初步评价。对场址区地基岩土体的承载能力、持力层的埋藏深度、地基的抗变形能力和抗滑稳定性、振动液化的可能性、特殊土体的工程地质特性、地下水对地基影响及其对基础的腐蚀性等工程地质问题做出初步评价。

7 天然建筑材料普查结果。

**6.2.7** 预可行性研究阶段风电场工程地质勘察报告正文应包括6.2.6的各项内容和结论及附图。

## 7 可行性研究阶段工程地质勘察

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 可行性研究阶段的工程地质勘察应在预可行性研究阶段的基础上进行，查明风电场场址区的工程地质条件，进行工程地质评价，为风电机组布置提供工程地质资料。

**7.1.2** 可行性研究阶段的工程地质勘察一般应包括下列内容：

1 根据需要补充区域构造稳定性评价，复核确定场地的地震动参数。

2 查明风电场的工程地质条件和主要工程地质问题，并对影响风电机组布置的主要工程地质问题做出评价。

3 查明风电场的地层组成、各分层厚度、特殊岩土体的分布特征、风电机组基础持力层的埋藏深度及其物理力学指标，对风电机组基础形式和基础处理提出建议。

4 对升压站、场内道路和集电线路进行地质调查。

5 进行天然建筑材料初查。

### 7.2 勘察内容和要求

**7.2.1** 对区域地质和区域构造稳定性进行复核和评价。根据 GB 18306 确定风电场场址区的地震动参数。

**7.2.2** 可行性研究阶段风电场地质勘察应包括下列内容：

1 查明场址区的地形地貌形态及成因类型和特征。

2 查明场址区第四纪沉积地层的成因类型、物质组成、层次结构、分布规律，特别是软土层、膨胀性土层、湿陷性黄土层、易崩解性土层、红黏土、盐渍土土层、冻土层等特殊土层的分

布范围和厚度。

**3** 查明岩石地基的岩性、分层、结构、岩层产状及风化程度；查明软岩、易溶岩、膨胀性岩层和软弱夹层等特殊岩层的分布、厚度，评价对地基稳定性的影响；进行易溶岩地区的岩溶发育特征勘察。

**4** 海上风电场勘察可参照 GB/T 17503《海上平台场址工程地质勘察规范》开展勘察工作。同时进行海床的稳定性分析评价。

**5** 海上风电场应查明海底一定深度内地层结构，分析评价海床的稳定性。

**6** 查明场址区较大规模断层、挤压破碎带的产状、性质、规模和充填胶结情况。

**7** 查明地下水类型、埋藏条件、水位及变幅，以及地下水与地表水的补排关系。

**8** 进行岩土室内试验和现场标准贯入试验、动力触探试验，提出场址区岩土体的物理力学性质参数，包括天然地基承载力、抗剪力学指标（ $C$ 、 $\phi$  值）、压缩系数、压缩模量、桩基的桩侧阻力值和桩端阻力值等。

**9** 进行水质简分析，评价地下水、地表水（海水）对建（构）筑物的腐蚀性。

**10** 对场址区地基持力层的埋深、不均匀沉降、湿陷、地震液化等主要工程地质问题做出评价，对易溶岩地区的岩溶发育特征进行评价。提出基础形式和地基处理建议。

**11** 初查风电场地电阻率值。

**12** 进行风电场滑坡、崩塌、泥石流等地质灾害初步调查与评价。

**13** 进行施工用水和生活用水地表水源地初步调查与评价。

**14** 对升压站、场内道路和集电线路进行地质调查。

**15** 进行天然建筑材料初步勘察和储量、质量初步评价。

**7.2.3** 风电场地形测量、地质测绘应符合下列规定：



**1** 可实测或采用航空摄影测量,绘制场址区 1:2000~1:5000 地形图。场址区地形较平缓时可实测 1:2000 地形图。地形测量应符合相应的规范要求。

**2** 海底地形可采用单波束或多波束测深仪测量,并符合 GB 17501《海洋工程地形测量规范》,成图比例一般为 1:10 000。

**3** 进行风电场的工程地质测绘,比例尺可选用与地形图相同。测绘范围应包括全部风电场区。

#### **7.2.4 风电场物探测试应符合下列规定:**

**1** 根据场址区的地形地貌和地层特点,选择合适的物探方法,进行物探测试,确定地层组成、地层结构、密实程度等。

**2** 采用电测试方法,实测场址区地层的地电阻率等。

**3** 海上风电场可采用单波束或多波束探测仪探测海底地层组成等,并符合 GB 17503 的要求。

**4** 物探剖面线应尽量垂直于地貌单元,并结合勘探剖面布置。

#### **7.2.5 场址区的勘探布置应符合下列规定:**

**1** 勘探工作应控制场址区的地层分层、性状、断层破碎带的分布和不良地质现象的分布范围。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有勘探点。

**2** 勘探点的间距,对于简单场地不宜大于 4000m;当场地工程地质条件复杂时,不宜大于 2500m;海上风电场不宜大于 4000m。

**3** 勘探孔可分为一般性钻孔和控制性钻孔。一般基础控制性钻孔数量不应少于总孔数的 1/3;桩基础控制性勘探孔应占勘探点总数的 1/3~1/2。

**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** 如遇地下水,应在钻进过程中观测地下水位,并划分含水层和相对隔水层。

#### **7.2.6 对于天然基础,钻孔深度应符合下列规定:**

1 控制性勘探孔深度应超过地基变形的计算深度。在不具备变形深度计算条件时，控制性勘探孔深度可按式（7.2.6-1）计算确定：

$$d_c = d + \alpha_c \beta b \quad (7.2.6-1)$$

式中： $d_c$ ——控制性勘探孔的深度（m）；

$d$ ——基础埋置深度（m）；

$\alpha_c$ ——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按表 7.2.6 取值；

$\beta$ ——与基底压力有关的经验系数，对场地等级为一级的风电场可取 1.1，其他可取 1.0；

$b$ ——基础宽度，对圆形基础，按最大直径考虑（m）。

2 一般性勘探孔的深度应适当大于主要受力层的深度，对于天然基础可按式（7.2.6-2）计算确定：

$$d_g = d + \alpha_g \beta b \quad (7.2.6-2)$$

式中： $d_g$ ——一般性勘探孔的深度（m）；

$\alpha_g$ ——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按表 7.2.6 取值。

表 7.2.6 经验系数 $\alpha_c$ 、 $\alpha_g$ 值

土类 值别	碎石土	砂土	粉土	黏性土 (含黄土)	软土
$\alpha_c$	0.5~0.7	0.7~0.9	0.9~1.2	1.0~1.5	2.0
$\alpha_g$	0.3~0.4	0.4~0.5	0.5~0.7	0.6~0.9	1.0

注：表中规范值对同一类土中，地质年代老、密实或地下水位深者取小值，反之取大值。

3 一般性勘探孔，在预定深度范围内，有比较稳定且厚度超过 3m 的坚硬地层时，可钻入该层适当深度，以能正确定名和判明其性质；当在预定深度内遇软弱地层时，应加深或打穿软弱夹层。

4 在基岩和浅层岩溶发育地区,当基础底面下的土层厚度小于地基变形计算深度时,一般性钻孔应钻至较完整~完整基岩面;控制性钻孔应深入较完整~完整基岩面 3m~5m。

5 评价土的湿陷性、膨胀型、砂土地震液化、确定场地覆盖层厚度等钻孔深度,应按有关规范的要求确定。

7.2.7 对于端承型桩,勘探孔的深度应符合下列规定:

1 当以可压缩地层(包括全风化和强风化岩)作为桩端持力层时,勘探孔深度应能满足沉降计算的要求。控制性勘探孔的深度应深入预计桩端持力层以下 5m~10m 或  $6d \sim 10d$  ( $d$  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),一般性勘探孔的深度应达到预计桩端下 3m~5m 或  $3d \sim 5d$ 。

2 对一般岩质地基的嵌岩桩,控制性勘探孔应钻入预计嵌岩面以下  $3d \sim 5d$ ,岩体质量较好的可适当放宽;一般性勘探孔深度应深入预计嵌岩面以下  $1d \sim 3d$ 。

3 对花岗岩地区的嵌岩桩,控制性勘探孔深度应进入微风化岩 5m~8m;一般性勘探孔深度应进入微风化岩 3m~5m。

4 对于岩溶、断层破碎带地区,勘探孔应穿过溶洞或断层破碎带进入稳定地层,进入深度应满足  $3d$ ,并不小于 5m。

5 具多韵律薄层状的沉积岩或变质岩,当基岩强风化、弱风化、微风化岩呈互层出现时,对拟以微风化岩作为持力层的嵌岩桩,勘探孔进入微风化岩深度不应小于 5m。

7.2.8 对于摩擦型桩,勘探孔的深度应符合下列规定:

1 一般性勘探孔的深度应进入预算桩端持力层或预计最大桩端入土深度以下不小于 3m。

2 控制性勘探孔的深度应达群桩桩基(假象的实体基础)沉降计算深度以下 1m~2m,群桩桩基沉降计算深度宜取桩端平面以下附加应力为上覆土有效自重压力 20%的深度,或按桩端平面以下  $1b \sim 1.5b$  ( $b$  为假象实体基础宽度)的深度考虑。

7.2.9 场址区采取岩土试样、水样和原位测试应符合下列规定:



1 采取不扰动土试样和原位测试勘探点的数量不宜少于全部勘探点总数的 2/3。

2 主要土层内采取不扰动土试样的数量或进行原位测试的次数不少于 6 件（次）。

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

4 当土层性质不均匀时，应增加取土数量或原位测试次数。

5 对嵌岩桩桩端持力层段岩层，应采取不少于 6 组的岩样进行天然和饱和单轴极限抗压强度试验。

6 风电场如遇特殊性土，其取样试验应按有关规范的要求确定。

7 采取代表性的地下水和地表水应不少于 6 组（件），进行水质简分析。

7.2.10 对场址区的工程地质条件、水文地质条件做出评价，提出地基的物理力学参数建议值和基础型式建议方案。

7.2.11 当升压站位置基本确定后，应布置适量的勘探工作，勘探深度可根据地质条件确定，陆地一般以 8m~12m 为宜。海上升压站勘探点深度可参考风电机组基础勘探深度确定。

7.2.12 对场内道路和集电线路进行地质调查。海上风电场应对海底电缆布置处的海床稳定性做出初步勘察。

7.2.12 天然建筑材料进行初查储量不宜小于设计需要量的 2.5 倍~3.0 倍。

7.2.14 可行性研究阶段风电场工程地质分析评价应包括下列内容：

1 工程概况、勘察地区自然地理条件。

2 区域地质及构造稳定性和场址区构造稳定性补充评价，确定场址区地震动峰值加速度及相应的地震基本烈度。

3 场址区基本地质条件，包括场址区地形地貌形态、成因类型，地基土层的成因类型、物质组成、层次结构、分布规律，

地基岩石的岩性、岩层产状、分布特征以及断层、裂隙的发育特征等。

**4** 场址区不良地质作用，包括不良地质作用的发育程度、成因类型、分布范围及规模。

**5** 水文地质条件。地下水的类型、埋藏条件、水位、水质及地下水与地表水的补排关系。

**6** 岩土体物理力学参数。对场址区岩土体的物理力学试验成果进行统计分析，提出岩土体的物理力学参数及地电阻率值。

**7** 风电场场址区工程地质评价。对场址区地基岩土体的承载能力、持力层的埋藏深度、地基的抗变形能力和抗滑稳定性、振动液化的可能性、特殊土体的工程地质特性、地下水对地基影响及其对基础的腐蚀性等工程地质问题做出评价。

**8** 施工用水和生活用水地表水源地水质初步分析评价。

**9** 对升压站场地的地质条件进行初步评价。

**10** 对场内道路、集电线路及海上风电场海底电缆的地质条件做出初步评价。

**11** 对天然建筑材料质量、储量和开采运输条件做出初步评价。

**7.2.15** 可行性研究阶段风电场工程地质勘察报告的正文应包括7.2.14的各项内容和结论及附图。

**7.2.16** 附图宜包括区域地质构造纲要图、场址工程地质剖面图、纵横剖面图、钻孔柱状图等。



## 8 招标投标阶段工程地质勘察

### 8.1 一般规定

**8.1.1** 风电场详细工程地质勘察在招标投标阶段进行。详细工程地质勘察应在风电场风电机组微观选址完成后，在可行性研究阶段的基础上进行，查明风电场每台风电机组基础、升压站、集电线路及场内道路等建（构）筑物的工程地质条件，进行地基工程地质评价，为风电场招标文件编制和施工图设计提供工程地质资料。

**8.1.2** 详细工程地质勘察一般应包括下列内容：

1 查明风电场每台风电机组基础地基的工程地质条件和主要工程地质问题；查明风电机组基础型式地基的持力层的埋藏深度，提出其物理力学建议值；对风电机组基础地基的主要工程地质问题做出评价，提出处理措施及建议。

2 查明陆地或海上升压站（变电站）的工程地质条件，进行工程地质问题评价。

3 查明场内道路的工程地质条件，进行工程地质问题评价。

4 查明集电线路的工程地质条件，进行工程地质问题评价。

5 进行天然建筑材料详查。

### 8.2 风电机组机位勘察和要求

**8.2.1** 风电机组基础地基详细地质勘察应包括下列内容：

1 查明场址区每台风电机组基础地基的岩土体组成、层次结构、分布规律，特别是地基软土层、膨胀性土层、湿陷性黄土层、易崩解性土层、红黏土、盐渍土土层、冻土层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、岩层产状、风化程度及软岩、易溶岩、膨胀性岩层和软弱夹层的分布及厚度，评价其对地基稳定性的影响。

**3** 查明风电机组地基处断层、挤压破碎带的产状、性质、规模和充填胶结情况。

**4** 查明基础地基地下水类型、埋藏条件，地下水位，地下水与地表水的补排关系。评价地下水对地基稳定性的影响，特别是对膨胀性土层、湿陷性土层、易崩解土层等水敏感性土的影响。

**5** 进行水质简分析，评价地下水、地表水对风电机组基础和建（构）筑物的腐蚀性。

**6** 进行岩土体室内试验和现场试验，确定地基岩土体的物理力学性质参数，包括天然地基承载力、抗剪力学指标（ $C$ 、 $\phi$ 值）、压缩系数、压缩模量、变形模量、桩基的桩侧阻力值和桩端阻力值，以及特殊岩土体的相关物理力学参数，如湿陷性黄土的湿陷性系数、膨胀性岩土层的膨胀率等。

**7** 查明风电机组基础地基的地电阻率。

**8** 查明地基持力层的埋深、不均匀沉降、湿陷、地震液化等主要工程地质问题。

**9** 进行风电场滑坡、崩塌、泥石流、洪水等地质灾害调查。

**10** 提出风电机组不同形式基础持力层的埋藏深度及其各层岩土体物理力学参数建议值。

**11** 对风电机组基础地基的工程地质条件和主要工程地质问题做出评价，并提出基础形式和地基处理建议。

**8.2.2** 风电机组基础地基勘察应符合下列规定：

**1** 根据风电机组布置坐标，进行现场风电机组机位位置测量放点。海上风电场定位宜采用 DGPS（difference global positioning system，即差分全球定位系统）进行风电机组定位。

**2** 根据场址区的工程地质条件和风电机组的总体布置；进行风电机组机位微观选址。

3 陆地风电场应测量风电场地形图，测图比例尺陆地为 1:2000~1:5000，海上海图为 1:10 000。应进行风电场的工程地质调查或测绘。

4 采用风电场物探测试方法，测定风电场地电阻率和地层波速等。场地地层差异较大时，宜对每台风电机组地基土的地电阻率进行测试。

5 根据微观选址确定的风电机组机位，布置勘探点。每台机位应布置 1 个主孔，钻孔位置距离每台风电机组机位基础中心不宜大于 3m；必要时在风电机组基础对角线 10m~12m 处布设辅孔或坑槽，以控制每个风电机组基础的工程地质条件和水文地质条件。

6 勘探孔可分为一般性钻孔和控制性钻孔。一般基础控制性钻孔数量不应少于总孔数的 1/3；桩基础控制性勘探孔应占勘探点总数的 1/3~1/2。

7 勘探方法可根据地基岩土类别、场地条件等具体情况选用。

8 如遇地下水，应在钻进过程中观测地下水位，并划分含水层和相对隔水层。

9 特殊性岩土的勘察应符合 GB 50021 及相关专业规范。

10 钻孔深度根据本标准 7.2.6~7.2.8 确定。

11 地基采取岩土试样、水样和原位测试应符合本标准 7.2.9 的规定。

### 8.3 升压站（变电站）勘察和要求

8.3.1 升压站勘察前应取得下列资料：

1 陆地和海上升压站位置及其地形的建（构）筑物总平面布置图。

2 各建（构）筑物地坪标高，基础形式、尺寸、埋深，基底单位荷载或总荷载。

3 地基处理方案及要求。



**8.3.2 升压站勘察的主要内容包括：**

- 1** 查明各建（构）筑物的地基岩土类别、层次、厚度及沿垂直和水平方向的分布规律。
- 2** 查明岩土的物理力学性质，提供岩土地基承载力、抗剪强度、压缩模量（或变形模量）等指标及其他设计所需的计算参数。
- 3** 查明各建筑地段地下水类型、埋深、变幅及其补排关系。
- 4** 查明升压站及其附近的地质灾害现象，提出防治措施及建议。
- 5** 陆地升压站勘察可参照 DL/T 5170《变电所岩土工程勘测技术规程》；海上升压站勘察可参照 GB/T 17503。

**8.3.3 勘探点的平面布置应根据建（构）筑物的特点确定，原则上应满足对各建（构）筑物地段的地层结构、性质及均匀性的评价要求，且宜符合下列要求：**

- 1** 主控楼：沿基础柱列线、轴线或周边布置勘探点，不宜少于 4 个～6 个。
- 2** 主变压器：沿中心布置勘探点，不应少于 1 个。
- 3** 构架场地：可按方格网布置，勘探点线间距宜为 30m～50m。
- 4** 其他建（构）筑物地段，可根据场地条件及建（构）筑物位置，按建筑群布置勘探点。

**8.3.4 对于简单场地，也可按方格网布置勘探点，且在建（构）筑物地段应有适量勘探点控制；对于海上和复杂场地，应综合地形地貌和地层变化情况加密勘探点。陆地条件适宜时，可布置适量的探井或探槽。**

**8.3.5 勘探点的深度（自基础底面算起）应满足下列要求：**

- 1** 一般性勘探点深度应能控制地基主要受力层，当基础宽度  $B \leq 5\text{m}$  时，条形基础勘探点深度  $\geq 3.0B$ ，单独基础  $\geq 1.5B$ ，但不得小于基础底面以下 5m。
- 2** 控制性勘探点深度应超过地基压缩层的计算深度，在一般

情况下控制性勘探点深度可为 8m~15m，对于架构区可为 5m~8m。

3 室内变电站勘探点深度可依本条第 1、第 2 款的规定适当加深。

4 海上升压站勘探点深度可参考风电机组相应的基础形式，确定勘探深度。

5 当预计勘察深度内基础埋深以下有厚度大于 3m 分布均匀的坚实土层，其下无软弱下卧层时，除部分控制性勘探点应达到规定深度外，其他勘探点深度达到该层层顶即可。

6 当拟采用人工地基或深基础时，应按其实际需要确定勘探点深度。

**8.3.6** 采取原状土试样和进行原位测试的勘探点宜占勘探点总数的  $1/3 \sim 1/2$ 。取土或原位测试数量，对于地层层次规律性好的场地，同一地质单元体内，同一主要土层，不应少于 6 件；对于地层层次规律性不强的场地，宜以建（构）筑物或以建（构）筑物群为单元，每单元主要土层试件的数量不宜少于 6 件。

**8.3.7** 桩基和特殊性岩土의 勘测应符合本标准及现行有关技术标准的规定。

**8.3.8** 升压站地基采取岩土试样、水样和原位测试应符合本标准 7.2.9 的规定。

**8.3.9** 提出升压站不同建（构）筑物基础持力层的埋藏深度及其各层岩土体物理力学参数建议值。

**8.3.10** 对升压站的工程地质条件和主要工程地质问题做出评价，并提出基础形式和地基处理建议。

## 8.4 其他工程勘察和要求

**8.4.1** 其他工程勘察包括场内道路、集电线路等。

**8.4.2** 场内道路勘察。

1 场内道路的详细地质勘察包括下列内容：

- 1) 场内道路定线测量, 确定道路布置方案。
- 2) 进行沿线按地貌特征分段, 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, 提供工程设计、施工需要的地质参数。
- 3) 查明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。
- 4) 分析路基基底的安全性、边坡结构形式及坡度。
- 5) 确定路基设置支挡构造物及排水工程的位置等。
- 2 场内道路的详细地质勘察应符合下列规定:
  - 1) 沿选定线路进行地质调查与地质测绘, 测绘比例尺与风电场测绘相同。
  - 2) 进行路基勘探, 勘探点一般沿路线中线布设, 简单场地勘探点间距一般为 1500m~2000m, 复杂场地勘探点间距一般为 1000m~1500m。当勘探点间地质条件变化较大时, 应适当增加勘探点, 必要时中线两侧也应布置。
  - 3) 道路桥涵基础应布置勘探点。路基支挡构造物地基应根据需要布置勘探点。
  - 4) 勘探深度结合设计方案的需要确定。钻孔应穿过软弱土层。
  - 5) 勘探点内分层采取代表性样品进行室内试验, 试验项目按设计要求需要确定, 测试应以软弱地层作为重点。原位测试应结合勘探工作进行。
  - 6) 特殊性岩土的勘察应符合 GB 50021 及相关专业规范。
  - 7) 采取岩土试样、水样和原位测试应符合本标准 7.2.9 的规定。
  - 8) 提出勘探深度范围内各层岩土体物理力学建议值及开挖坡比建议值。
  - 9) 对道路地基的主要工程地质问题做出评价, 提出处理



措施及建议。

### 8.4.3 集电线路勘察。

陆地风电场集电线路分为架空线路和地埋线路两种形式。海上风电场集电线路主要为海底电缆。

#### 1 集电线路的详细地质勘察包括下列内容：

- 1) 场内线路定线测量，确定线路布置方案。
- 2) 根据现场地形地貌及工程地质条件，确定具体线路勘测方法。
- 3) 查明线路地质结构、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，提供工程设计地质参数。
- 4) 查明地质灾害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。

#### 2 集电线路的详细地质勘察应符合下列规定：

- 1) 结合风电场地质调查与地质测绘，进行线路地质调查。
- 2) 进行线路地质勘探，勘探点位置及深度可根据线路形式及沿线工程地质条件、杆塔基础类型、电缆埋深等条件确定。
- 3) 可根据需要分层采取代表性样品进行室内试验，试验项目按设计要求需要确定，测试应以软弱地层作为重点。原位测试应结合勘探工作进行。
- 4) 观测地下水稳定水位，调查地下水的变化幅度，采取地下水样品进行腐蚀性分析、评价。
- 5) 特殊性岩土的勘察应符合 GB 50021 及相关专业规范。
- 6) 提出岩土体物理力学参数建议值。
- 7) 对集电线路地基的主要工程地质问题做出评价，提出处理措施及建议。

### 8.4.4 进行施工用水和生活用水水源地调查与评价。

**8.4.5** 进行天然建筑材料详查，查明储量和质量。储量不宜小于设计需要量的 1.5 倍~2.0 倍。进行天然建筑材料的质量、储量评价，说明开采运输条件。

## **8.5 勘 察 报 告**

**8.5.1** 详勘阶段风电场工程地质勘察报告正文应包括序言，区域地质概况，风电场地质条件，风电机组基础地质条件、升压站工程地质条件及其他工程地质条件，天然建筑材料，结论和建议等。

**8.5.2** 序言应包括下列内容：

- 1 工程概况、勘察地区自然地理条件。
- 2 可行性研究阶段提出的主要工程地质问题及结论。
- 3 可行性研究报告审查的主要意见。
- 4 本阶段工程地质勘察完成的主要工作项目及完成工作量。

**8.5.3** 区域地质概况应包括下列内容：

- 1 区域地质和场址区构造稳定性评价。
- 2 确定场址区地震动峰值加速度及相应的地震基本烈度。

**8.5.4** 风电场地质条件及风电机组基础地质条件应包括下列内容：

1 风电场基本地质条件，包括场址区地形地貌形态，地基土层的成因类型、物质组成、层次结构、分布规律，地基岩石的岩性、分布特征等。

2 风电场地质灾害，包括地质灾害的发育程度、成因类型、分布范围及对工程的影响。

3 风电场水文地质条件，包括地下水的类型、埋藏条件、水位、水质及地下水与地表水的补排关系。

4 风电机组基础地质条件，包括地基地层结构、厚度、埋深、密实程度、物理力学特征，建议持力层深度等。

5 岩土体物理力学参数。对风电场区岩土体的物理力学试验成果进行统计分析，提出地基岩土体的物理力学参数和承载力特征值。地基土工程特性指标的代表值应分别为标准值、平均值及



特征值。抗剪强度指标应取标准值，压缩指标应取平均值，载荷试验应取特征值。

**6 风电场工程地质评价。**对地基岩土体的承载能力、抗变形能力和抗滑稳定性、振动液化的可能性、特殊土体的工程地质特性、地下水对地基影响及地下水和岩土体的腐蚀性等工程地质问题做出评价。

#### **8.5.5 升压站工程地质条件应包括下列内容：**

**1 升压站地质条件，**包括场址区地形地貌形态，地基土层的成因类型、层次结构，地基岩石的岩性、分布特征等。

**2 升压站地质灾害分析评价。**

**3 升压站场区水文地质条件，**包括地下水的类型、水位、水质及地下水与地表水的补排关系。

**4 岩土体物理力学参数。**对升压站场区岩土体的物理力学试验成果进行统计分析，提出地基岩土体的物理力学参数和承载力特征值。地基土工程特性指标取值应同 8.5.2 第 5 款。

**5 升压站工程地质评价。**对地基岩土体的承载能力、持力层深度、振动液化的可能性、特殊土体的工程地质特性、地下水对地基影响及地下水和岩土体的腐蚀性等工程地质问题做出评价。

#### **8.5.6 其他工程地质条件应包括下列内容：**

**1 场内道路工程地质条件。**除应包括 8.5.2 中相应的内容外，还应重点对道路开挖边坡、桥涵基础的稳定性进行分析评价。

**2 集电线路工程地质条件。**除应包括 8.5.2 中相应的内容外，还应重点对海床的稳定性和海底电缆的腐蚀性进行分析评价。

**3 对天然建筑材料的质量、储量和开采运输条件**做出评价。

**8.5.7 结论和建议**应包括风电场地震动参数，风电场基本地质条件，风电机组基础、升压站及其他工程地质分析评价，天然建筑材料评价。

**8.5.8 附图**宜包括区域地质构造纲要图，场址工程地质剖面图，纵、横剖面图，钻孔柱状图及有关试验图表等。

## 9 施工设计阶段工程地质勘察

### 9.1 一般规定

**9.1.1** 施工设计阶段的工程地质勘察在详勘基础上进行，补充查明详勘阶段遗留或设计变化的工程地质问题或地质条件，为完善和优化设计提供工程地质资料。

**9.1.2** 施工设计阶段的工程地质勘察应包括下列内容：

- 1 补充查明风电场设计变化或遗留的工程地质问题。
- 2 论证风电场中专门的工程地质问题。
- 3 进行施工地质工作。

### 9.2 工程地质复核

**9.2.1** 工程地质复核应包括下列工程地质勘察成果：

- 1 风电场各风电机组基础地基的工程地质条件。
- 2 风电场升压站地基的工程地质条件。
- 3 其他建（构）筑物的工程地质条件。

**9.2.2** 工程地质复核方法应符合下列规定：

- 1 分析详勘阶段的工程地质勘察成果。
- 2 分析详勘阶段室内试验和原位试验成果。
- 3 补充必要的勘探和试验。

**9.2.3** 专门性工程地质勘察应包括下列内容：

- 1 补充查明风电场遗留的工程地质问题。
- 2 风电场特殊岩土的工程地质问题。
- 3 优化、变更设计需要进一步查明的工程地质问题。

### 9.3 施 工 地 质

#### 9.3.1 施工地质应包括以下内容：

- 1 搜集风电场施工过程中揭露的地质现象，检验前期的勘察资料。
- 2 编录风电场地基开挖基坑的地质现象。
- 3 进行地基加固和工程地质问题处理措施的研究。
- 4 参与基础地质工程验收。

#### 9.3.2 施工地质方法应采用观察、素描、实测、摄影、录像等手段编录施工揭露的地质现象。

#### 9.3.3 施工地质结束，应根据需要编写竣工地质报告。报告正文应包括工程的主要工程地质条件、前期勘察的工程地质结论，各建筑场地施工开挖后的实际地质情况、地基处理措施等。报告附件可包括地质编录图及照片等。

## 10 岩土试验与测试

### 10.1 室内试验

**10.1.1** 常规试验项目的试验要求应按 GB 50021 及 GB 50007《建筑地基基础设计规范》执行。其具体操作和试验仪器应符合 GB/T 50123《土工试验方法标准》、GB/T 50266《工程岩体试验方法标准》和 GB 50218《工程岩体分级标准》的有关规定。

**10.1.2** 计算地基承载力所需的抗剪强度试验应符合下列规定：

1 对勘察等级为 1 级的风电场，除进行直剪试验外，还应采用三轴压缩试验。

2 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的实际受力状况。对饱和黏性土、排水条件差的土，可采用不固结不排水剪（UU）；对饱和软土，应对试样在有效自重压力预固结后再进行试验，总应力法提供  $C_{UU}$ 、 $\phi_{UU}$  参数；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  $C_{CU}$ 、 $\phi_{CU}$  参数。

3 三轴压缩试验结果应提供摩尔圆及其强度包线。

**10.1.3** 计算基地沉降的压缩性指标，根据工程的不同计算方法，可采用下列试验方法：

1 当采用单轴压缩试验的压缩模量按分层总合法进行沉降计算时，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，压缩性指标应取土的有效自重压力之和，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法计算时，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时,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荷、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 GB/T 50123 中标准固结试验的要求,试验前应做试验设计。

10.1.4 基坑开挖需要采用明沟、井点或管井抽水降低地下水位时,宜根据土性情况进行有关土层的常水头或变水头渗透试验。

10.1.5 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 GB/T 50266、GB 50218 中有关规定执行。

10.1.6 当进行地震反应分析和地基液化判别时,可采用动三轴试验、动单剪试验和共振柱试验,测定地基土的动剪变(切)模量和阻尼比等参数。动应变适用范围:对动三轴和动单剪分别为  $10^{-4} \sim 10^{-2}$  和  $10^{-6} \sim 10^{-4}$ 。

## 10.2 原位测试

10.2.1 在风电场岩土工程勘察中原位测试方法应根据岩土条件、设计对参数的需要、地区经验和测试方法的适用性等因素综合确定。



**10.2.2** 原位测试成果应结合地区工程经验综合分析合格后取用。

**10.2.3** 原位测试项目包括标准贯入试验、动力触探试验、静力触探试验、载荷试验、十字板剪切试验、剪切波速测定等，勘察过程中根据工程类别、岩土条件和现场作业条件等，按表 10.2.3 选择试验方法。

**10.2.4** 岩土体的物理力学性质参数取值可参考 GB 50287《水力发电工程地质勘察规范》执行。

表 10.2.3 风电场岩土工程勘察中的原位测试项目

试验项目	测定参数	主要试验目的
荷载试验	比例界限压力 $p_0$ (kPa)、极限压力 $p_u$ (kPa) 和压力与变形的关系	1 评定岩土承载力; 2 估算土的变形模量; 3 计算土的基床系数
静力触探试验	单桥比贯入阻力 $p_s$ (MPa)、双桥锥尖阻力 $q_c$ (MPa)、侧壁摩阻力 $f_s$ (kPa)、摩阻比 $R_f$ (%), 孔压静力触探的孔隙水压力 $u$ (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	标准贯入锤击数 $N$ (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
动力触探试验	动力触探锤击数 $N_{10}$ 、 $N_{63.5}$ 、 $N_{120}$ (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
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 测求饱和黏性土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 $\mu^*$ 等	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

续表 10.2.3

试验项目	测定参数	主要试验目的
旁压试验	初始压力 $p_0$ (kPa)、 临塑压力 $p_r$ (kPa)、 极限压力 $p_L$ (kPa) 和 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， 从而估算地基土的承载力； 2 测求地基土的形变模量，从而估算沉降 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
扁铲侧胀 试验	侧胀模量 $E_D$ (kPa)、 侧胀土性指数 $I_D$ 、测 量水平应力指数 $K_D$ 和侧胀孔压指数 $U_D$	1 划分土层和区分土类； 2 计算土的侧向基床系数； 3 判别地基土液化可能性
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 提供地震反映分析所需的场地土动力参 数； 3 评价岩体完整性； 4 评估场地卓越周期
岩土体电性 测试	岩土电阻率、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	为风电场厂电力设备接地设计提供岩土电阻 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
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

附录 A 岩石的分类和鉴定

A.0.1 岩石可按表 A.0.1 分类。

表 A.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	流纹岩、玢岩、安山岩、粗面岩、火山玻璃质岩（浮岩、黑曜岩、珍珠岩、松脂岩等）
	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	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

## A.0.2 岩石坚硬程度等级可按表 A.0.2-1、表 A.0.2-2 划分。

表 A.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 弱风化的坚硬岩; 2 未风化~微风化的熔结凝灰岩、大理岩、板岩、石灰岩、白云岩、钙质胶结的砂岩等
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 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、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 弱风化~强风化的较坚硬岩; 3 弱风化的较软岩; 4 未风化的泥岩等
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 各种半成岩

表 A.0.2-2 岩石坚硬程度分类

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

注: 1 当无法取得饱和单轴抗压强度数据时,可用点荷载试验强度换算,换算方法按 GB 50218 执行。

2 当岩体完整程度为极破碎时,可不进行坚硬程度分类。

## A.0.3 岩体完整程度和岩体基本质量等级的划分应分别按表 A.0.3-1 和表 A.0.3-2 执行。

表 A.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
完整性指数	>0.75	0.55~0.75	0.35~0.55	0.15~0.35	<0.15

注：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 A.0.3-2 岩体基本质量等级分类

完整程度 坚硬程度	完整	较完整	较破碎	破碎	极破碎
坚硬岩	I	II	III	IV	V
较硬岩	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

A.0.4 岩体完整程度等级可按表 A.0.4 定性划分。

表 A.0.4 岩体完整程度等级的定性分类

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	0.4~1.0	结合好或结合一般		块状结构
较破碎	2~3	0.4~1.0	结合差	裂隙、层面、小断层	裂隙块状或中厚层状结构
	≥3	0.2~0.4	结合好		镶嵌碎裂结构
			结合一般		中、薄层状结构
破碎	≥3	0.2~0.4	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



## A.0.5 岩石风化程度可按表 A.0.5 划分。

表 A.0.5 岩石风化程度分类

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锤击数  $N$  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。

## A.0.6 岩体结构类型可按表 A.0.6 划分。

表 A.0.6 岩体结构类型划分

岩体结构类型	岩体地质类型	结构体形状	结构面发育情况	岩土工程特征	可能发生的岩土工程问题
整体状结构	巨块状岩浆岩和变质岩, 巨厚层沉积岩	巨块状~块状	以层面和原生、构造节理为主, 多呈闭合型, 间距大于 1.5m, 一般为 1 组~2 组, 无危险结构	岩体稳定, 可视为均质弹性各向同性体	局部滑动或坍塌, 深埋洞室的岩爆
块状结构	厚层状沉积岩, 块状岩浆岩和变质岩	块状	有少量贯穿性节理裂隙, 结构面间距 0.7m~1.5m, 一般为 2 组~3 组, 有少量分离体	结构面互相牵制, 岩体基本稳定, 接近弹性各向同性体	
层状结构	多韵律薄层、中厚层状沉积岩, 副变质岩	层状板状	有层理、片理、节理, 常有层间错动	变形和强度受层面控制, 可视为各向异性弹性体, 稳定性较差	可沿结构面滑塌, 软岩可产生塑性变形
碎裂状结构	构造影响严重的破碎岩层	破碎状	断层、节理、片理、层理发育, 结构面间距 0.25m~0.50m, 一般 3 组以上, 有许多分离体	整体强度很低, 并受软弱结构面控制, 呈弹塑性体, 稳定性很差	易发生规模较大的岩体失稳, 地下水加剧失稳
散体状结构	断层破碎带, 强风化及全风化带	碎屑状	构造和风化裂隙密集, 结构面错综复杂, 多充填黏性土, 形成无序小块和碎屑	完整性遭极大破坏, 稳定性极差, 接近松散体介质	易发生规模较大的岩体失稳, 地下水加剧失稳

## 附录 B 土的分类和鉴定

**B.0.1** 土的类型可按表 B.0.1 划分。

**表 B.0.1 土的一般性分类**

分类依据	分类名称及特征	
地质成因	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，一般为欠固结的，且强度较低
颗粒大小	漂石、块石、卵石、碎石、圆砾、角砾	
颗粒级配和塑性指数	碎石土、砂土、粉土、黏性土	
工程特性	湿陷性土（黄土、新近堆积土）、红黏土、软土（包括淤泥和淤泥质土）、冻土、膨胀土、盐渍土、填土、混合土、污染土、风化岩及残积土	

**B.0.2** 碎石土的类型可按表 B.0.2 划分。

**表 B.0.2 碎石土分类**

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 200mm 的颗粒质量超过总质量的 50%
块石	棱角形为主	
卵石	圆形及亚圆形为主	粒径大于 20mm 的颗粒质量超过总质量的 50%
碎石	棱角形为主	
圆砾	圆形及亚圆形为主	粒径大于 2mm 的颗粒质量超过总质量的 50%
角砾	棱角形为主	

**B.0.3** 砂土的类型可按表 B.0.3 划分。

**表 B.0.3 砂 土 分 类**

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

注：定名时，应根据颗粒级配由大到小以最先符合者确定。

**B.0.4** 黏性土的类型可按表 B.0.4 划分。

**表 B.0.4 黏 性 土 分 类**

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

**B.0.5** 碎石土的密实度可根据修正后的圆锥重型动力触探锤击数按表 B.0.5-1 和表 B.0.5-2 确定。

**表 B.0.5-1 碎石土密实度按  $N_{63.5}$  分类**

圆锥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  $\leq 50\text{mm}$ ，且最大粒径  $< 100\text{mm}$  的碎石土。



表 B.0.5-2 碎石土密实度按  $N_{120}$  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  $> 50\text{mm}$ ，或最大粒径  $> 100\text{mm}$  的碎石土。

**B.0.6** 砂土的密实度可根据标准贯入试验锤击数实测值  $N$  按表 B.0.6 确定。

表 B.0.6 砂土密实度分类

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。

**B.0.7** 粉土的密实度应根据孔隙比按表 B.0.7-1 确定；湿度应根据含水量按表 B.0.7-2 确定。

表 B.0.7-1 粉土密实度分类

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 B.0.7-2 粉土湿度分类

含水量 $w$	密实度
$w > 30$	很湿
$20 \leq w \leq 30$	湿
$w < 20$	稍湿

**B.0.8** 黏性土的状态可按表 B.0.8 确定。

表 B.0.8 黏性土状态分类

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。

**B.0.9** 软土为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。

**B.0.10** 红黏土为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。

**B.0.11** 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沙形成的填土。

**B.0.12** 膨胀土为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。

**B.0.13** 湿陷性土为在 200kPa 压力下浸水载荷试验的附加湿陷量与承载板宽度之比大于或等于 0.023 的土。

**B.0.14** 多年冻土为含有固态水，且冻结状态持续 2 年或 2 年以上的土。

**B.0.15** 盐渍岩土为易溶盐含量大于 0.3%，并具有溶陷、盐胀、腐蚀等工程特性的岩土。

## 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

- GB 17501 海洋工程地形测量规范  
GB/T 17503 海上平台场址工程地质勘察规范  
GB 18306 中国地震动参数区划图  
GB 50007 建筑地基基础设计规范  
GB 50011 建筑抗震设计规范  
GB 50021 岩土工程勘察规范  
GB/T 50123 土工试验方法标准  
GB 50218 工程岩体分级标准  
GB/T 50266 工程岩体试验方法标准  
GB 50287 水力发电工程地质勘察规范  
DL/T 5010 水电水利工程物探规程  
DL/T 5013 水电水利工程钻探规程  
DL/T 5050 水电水利工程坑探规程  
DL/T 5170 变电所岩土工程勘测技术规程  
DL/T 5368 水电水利工程岩石试验规程  
YS 5213 标准贯入试验规程  
YS 5219 圆锥动力触探试验规程
-



关注我,关注更多好书

NB/T 31030—2012

BZ002103591



统一书号: 155123 • 1657

定 价: 16.00 元