

## 前 言

根据住房和城乡建设部《关于印发〈2015年工程建设标准规范制订、修订计划〉的通知》(建标〔2014〕189号)的要求,标准编制组经广泛调查研究,认真总结实践经验,参考有关国际标准和国外先进标准,并在广泛征求意见的基础上,编制了本标准。

本标准的主要技术内容是:总则、术语和符号、基本规定、海洋气象观测、海洋水文勘测、工程地质勘察、工程测量、工程物探、工程钻探、岩土试验与测试、现场检验与监测等。

本标准中以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。

本标准由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释,由中国电力企业联合会负责日常管理,由中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送中国电力企业联合会标准化管理中心(地址:北京市西城区白广路二条一号,邮编:100761)。

**本标准主编单位:**中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司

中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司

**本标准参编单位:**浙江华东建设工程有限公司

中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司

自然资源部第二海洋研究所

中国气象局公共服务中心

华东勘测设计院(福建)有限公司

河北省电力勘测设计研究院

中国电力工程顾问集团中南电力设计院有限公司

山东电力工程咨询院有限公司

国核电力规划设计研究院有限公司

本标准主要起草人员：单治钢 汪明元 马海毅 金忠良

张春生 吴关叶 王海龙 计金华

周鹏飞 陆艳艳 张 昆 燕樟林

李广场 周光辉 徐高峰 罗金平

张明林 来向华 易神州 刘珍岩

赵苏文 敖仁军 冯 雷 陈文华

宋丽莉 李睿元 贾玉明 高红旗

刘礼领 徐学勇 常增亮 赵生校

王 涛 杨 娟 贾士军 孙森军

狄圣杰 陆 飞 程武伟 杨 槐

饶 猛 周会信 张祖国 曹美刚

王占华 曾 亮 周 川 许启云

本标准主要审查人员：杨 建 汪 毅 王惠明 李文纲

米应中 王逸民 沙 椿 饶锡保

缪绪樟 李学文 周志芳 周 建

暴景阳 王亚军 杨守华 潘存鸿

朱红雷

# 目 次

1	总 则 .....	( 1 )
2	术语和符号 .....	( 2 )
2.1	术语 .....	( 2 )
2.2	符号 .....	( 4 )
3	基本规定 .....	( 5 )
4	海洋气象观测 .....	( 6 )
4.1	一般规定 .....	( 6 )
4.2	长期海洋气象测量 .....	( 6 )
4.3	短期风速与风向测量 .....	( 9 )
5	海洋水文勘测 .....	( 10 )
5.1	一般规定 .....	( 10 )
5.2	海洋水文调查与观测 .....	( 10 )
5.3	海洋水文分析计算 .....	( 13 )
6	工程地质勘察 .....	( 21 )
6.1	一般规定 .....	( 21 )
6.2	规划阶段 .....	( 23 )
6.3	预可行性研究阶段 .....	( 24 )
6.4	可行性研究阶段 .....	( 30 )
6.5	招标设计阶段 .....	( 33 )
6.6	施工详图设计阶段 .....	( 37 )
7	工程测量 .....	( 39 )
7.1	一般规定 .....	( 39 )
7.2	平面控制测量 .....	( 40 )
7.3	高程控制测量 .....	( 42 )

7.4	水位控制和地形测量	(45)
8	工程物探	(48)
8.1	一般规定	(48)
8.2	水下障碍物探测	(49)
8.3	水下管线探测	(50)
8.4	海底微地貌及地质结构探测	(51)
9	工程钻探	(54)
9.1	一般规定	(54)
9.2	钻探设备及机具选择	(54)
9.3	钻探方法	(54)
9.4	取样要求和方法	(55)
9.5	钻探编录	(56)
10	岩土试验与测试	(57)
10.1	一般规定	(57)
10.2	室内试验	(57)
10.3	原位测试	(59)
11	现场检验与监测	(63)
11.1	一般规定	(63)
11.2	现场检验	(63)
11.3	现场监测	(64)
附录 A	短期测波资料经验频率分析方法	(65)
附录 B	极限波高计算方法	(66)
附录 C	近岸海区内风海流估算方法	(67)
附录 D	土的分类	(68)
附录 E	工程地质勘察报告附图与附件	(73)
附录 F	区域构造稳定性分级	(74)
附录 G	近海浅层气分类	(75)
附录 H	沙丘沙波的活动性判别	(76)
附录 J	水和土的腐蚀性评价	(77)

附录 K 建筑物抗震地段划分 .....	( 80 )
附录 L 软土震陷判别 .....	( 81 )
附录 M 海上风力发电场工程物探方法 .....	( 82 )
附录 N 取土器及取土方法 .....	( 84 )
附录 P 海上风力发电场土的试验方法及适用条件 .....	( 86 )
本标准用词说明 .....	( 89 )
引用标准名录 .....	( 90 )

住房和城乡建设部信息公开  
浏览专用

# Contents

1	General provisions .....	( 1 )
2	Terms and symbols .....	( 2 )
2.1	Terms .....	( 2 )
2.2	Symbols .....	( 4 )
3	Basic requirements .....	( 5 )
4	Marine meteorological observation .....	( 6 )
4.1	General requirements .....	( 6 )
4.2	Long-term marine meteorological measurement .....	( 6 )
4.3	Short-term wind speed and wind direction measurement .....	( 9 )
5	Ocean hydrological survey .....	( 10 )
5.1	General requirements .....	( 10 )
5.2	Marine hydrological investigation and observation .....	( 10 )
5.3	Ocean hydrological analysis and calculation .....	( 13 )
6	Engineering geological investigation .....	( 21 )
6.1	General requirements .....	( 21 )
6.2	Planning stage .....	( 23 )
6.3	Prefeasibility study stage .....	( 24 )
6.4	Feasibility study stage .....	( 30 )
6.5	Bidding design stage .....	( 33 )
6.6	Construction detailed design stage .....	( 37 )
7	Engineering survey .....	( 39 )
7.1	General requirements .....	( 39 )
7.2	Horizontal control survey .....	( 40 )
7.3	Vertical control survey .....	( 42 )

7.4	Water level control and topographic survey	( 45 )
8	Engineering geophysics	( 48 )
8.1	General requirements	( 48 )
8.2	Underwater obstacle detection	( 49 )
8.3	Underwater pipeline detection	( 50 )
8.4	Microtopography and geological structure detection	( 51 )
9	Engineering drilling	( 54 )
9.1	General requirements	( 54 )
9.2	Drilling equipment and equipment selection	( 54 )
9.3	Drilling method	( 54 )
9.4	Sampling requirements and methods	( 55 )
9.5	Drilling logging	( 56 )
10	Geotechnical experiment and test	( 57 )
10.1	General requirements	( 57 )
10.2	Laboratory experiment	( 57 )
10.3	In situ test	( 59 )
11	Inspection and monitoring	( 63 )
11.1	General requirements	( 63 )
11.2	Inspection	( 63 )
11.3	Monitoring	( 64 )
Appendix A	Empirical frequency analysis method for short wave data	( 65 )
Appendix B	Calculation method of limiting wave height	( 66 )
Appendix C	Estimation method of wind currents in the coastal area	( 67 )
Appendix D	Classification of soil	( 68 )
Appendix E	Drawings and attachments of engineering geological investigation reports	( 73 )

Appendix F	Regional tectonic stability classification	···	( 74 )
Appendix G	Classification of offshore shallow gas	·····	( 75 )
Appendix H	Activity discrimination of ocean sand dunes	·····	( 76 )
Appendix J	Corrosive evaluation of water and soil	·····	( 77 )
Appendix K	Seismic site division of construction	·····	( 80 )
Appendix L	Seismic subsidence of soft soil	·····	( 81 )
Appendix M	Engineering geophysics method of offshore wind power project	·····	( 82 )
Appendix N	Geotome and sampling method	·····	( 84 )
Appendix P	Experiment method and condition of offshore wind power project	·····	( 86 )
	Explanation of wording in this standard	·····	( 89 )
	List of quoted standards	·····	( 90 )



# 1 总 则

**1.0.1** 为统一海上风力发电场工程勘测的内容、方法和技术要求,保证勘测工作质量和成果质量,制定本标准。

**1.0.2** 本标准适用于海上风力发电场工程的海洋气象观测、海洋水文勘测、工程地质勘察、工程测量、工程物探、工程钻探、岩土试验与测试、现场检验和监测工作。

**1.0.3** 海上风力发电场勘测,除应符合本标准外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

住房和城乡建设部  
浏览专用

## 2 术语和符号

### 2.1 术语

- 2.1.1 海上风力发电场** offshore wind farm  
在沿海多年平均大潮高潮线以下海域建设的风电场。
- 2.1.2 长期海洋气象测量** long-term marine meteorological measurement  
用于海上风力发电场风能资源评估的风速、风向、温度及气压观测。
- 2.1.3 短期风速与风向测量** short-term wind speed and wind direction measurement  
全潮水文观测期间进行的用于海洋水文评估的风速与风向观测。
- 2.1.4 平均风速** average wind speed  
给定时间内瞬时风速的平均值,给定时间从几秒到数年不等。
- 2.1.5 极大风速** extreme wind speed  
瞬时风速的最大值。
- 2.1.6 轮毂高度** hub height  
从平均海平面到水平轴风电机组风轮扫掠面中心的高度。
- 2.1.7 水位** water level  
观测点处海面相对于某参照面的高差。
- 2.1.8 地震效应** earthquake effect  
由地震活动产生的影响,包括海底滑坡、海底崩塌、浊流塌陷、砂土液化、软土震陷等。
- 2.1.9 砂土液化** liquefaction of sand  
饱水的无黏性土在地震作用下结构和性状发生严重变化而

产生流动变形,抗剪强度和承载力大幅下降,甚至完全丧失的现象。

**2.1.10 软土震陷** settlement of soft soil

饱和软弱黏性土在地震荷载作用下产生的永久变形。

**2.1.11 风暴岩** tempestite

由海洋风暴引起的高速旋转风暴流,将海底沉积物掀起、分异、沉积,而重新组成的岩土体。

**2.1.12 活动沙丘沙波** submarine sand dunes and waves

在海洋浪、潮、流作用下,处于不断运动状态的海底沙丘或沙波。

**2.1.13 浅层气** submarine shallow gas

在海底浅部沉积物中所聚集的气体,主要由甲烷、二氧化碳、硫化氢、乙烷等组成。

**2.1.14 深度基准面** depth datum

海图所载水深的起算面,中国目前采用的是理论最低潮面,是指由主要分潮的调和常数计算确定的潮汐最低水位面。

**2.1.15 侧扫声纳法** side scan sonar survey

利用声波的反射原理,采用声学换能器向海底发射声波,获得海底回波信号,实现海底地貌成像的一种物探方法。

**2.1.16 海洋磁法** marine magnetic prospecting

通过测量地磁场变化,探测海面以下金属或具有磁性物体的空间位置和几何形状的一种物探方法。

**2.1.17 水域地层剖面法** waters stratum section detection

利用弹性波的反射原理,采用地层剖面仪进行水底地层结构和构造探测的一种地震勘探方法,分为浅地层剖面探测和中地层剖面探测。

**2.1.18 水域多道地震勘探法** waters multiple traces seismic exploration

对具有波阻抗差异的水底地层或构造,采用人工激发宽频带地震波技术并多次覆盖进行探测的一种反射波地震勘探方法。

**2.1.19 漂浮式勘探平台** floating exploration platform

海上勘探作业中,能重复实现就位、起浮、移航等操作以改变作业地点的平台。

**2.1.20 固定式勘探平台** fixed exploration platform

海上勘探作业中,用桩结构或管柱支撑将作业平台固定于海面上的平台。

**2.2 符 号**

$c_v$ ——竖向固结系数;

$c_h$ ——水平向固结系数;

$e$ ——孔隙比;

$f_s$ ——侧壁摩阻力;

$K_v$ ——竖向渗透系数;

$K_h$ ——水平向渗透系数;

$p$ ——压力;

$q_c$ ——锥尖阻力;

$t$ ——孔隙水压力消散时间;

$u_i$ ——孔压探头贯入土中量测的孔隙水压力;

$u_t$ ——孔压消散过程  $t$  时刻的孔隙水压力;

$z$ ——贯入深度;

$\alpha$ ——倾斜角;

$\epsilon_{50}$ ——不固结不排水剪切试验过程中,最大主应力差 50% 时的应变值。

## 3 基本规定

**3.0.1** 海上风力发电场工程勘测应在收集资料的基础上,查明工程区的气象、水文和工程地质条件,分析评价主要工程地质问题。海上风力发电场工程勘测工作深度、勘测周期和勘测工作量应与相应设计阶段的工作要求相适应。

**3.0.2** 海上风力发电场工程勘测的工作范围应包括风力发电机组、海上升压站或陆域升压站、海缆路由、集控中心等各建(构)筑物相关的区域。

**3.0.3** 应根据海上风力发电场所在区域的气象、水文、地形地质条件和设计要求,采用工程地质测绘、工程物探、工程钻探、岩土试验和原位测试相结合的勘探方法。

**3.0.4** 海上现场作业安全应符合下列规定:

1 开展现场工作之前,应收集和分析工程勘测区域的基础资料,进行现场踏勘,了解自然条件和工作条件;应进行工作海域危险源辨识和安全风险评价,制定安全风险控制措施和应急预案;

2 应健全海上安全生产管理机构,制定详细的安全工作制度;安全设施和设备应完备;

3 作业人员应进行海上安全教育培训,培训合格后方可从事海上作业;特种作业人员应持证上岗。

**3.0.5** 海上风力发电场勘测作业应对废弃浆液、油料等生产废弃物和生活垃圾进行处理。

**3.0.6** 各阶段应编制和提交工程勘测成果或报告。

## 4 海洋气象观测

### 4.1 一般规定

4.1.1 海上风力发电场工程应进行海洋气象观测,为海上风力发电场风能资源评估、工程设计及建设提供基础数据。海洋气象观测包括长期海洋气象测量和短期风速与风向测量。

4.1.2 长期海洋气象测量观测持续时间不应少于1年,观测位置应具有代表性,观测要素应主要包括风速、风向、气温及气压。

4.1.3 短期风速与风向测量应在全潮水文测验期间进行,测量位置应根据水文测验要求确定,观测要素应主要包括风速、风向。

### 4.2 长期海洋气象测量

4.2.1 测风塔位置应避开航道、军事区等敏感区域,并应避开桥梁、海上钻井平台、海岛等障碍物,与障碍物的距离应大于30倍障碍物的高度。测风塔布置宜兼顾项目运行阶段观测要求。

4.2.2 单个风电场测风塔不应少于1座,具体数量应依据风电场场址形状和范围确定。潮间带及潮下带滩涂风电场的测风塔在垂直海岸线方向的控制距离不宜超过5km。其他海上风力发电场测风塔垂直海岸线方向的控制距离不宜超过10km。测风塔布置应兼顾平行与垂直海岸线两个方向的风能资源变化情况。

4.2.3 测风塔梯度设置和方位设置应符合下列规定:

1 测风塔测量高度应高于预装风电机组轮毂高度,应有1座测风塔测量高度不低于100m;测量高度应以风电场区域平均海平面为起算基面;

2 高度100m的测风塔,宜在100m、90m、80m、70m、60m、50m和20m高度分别安装2套独立的风速仪,在测风塔100m、

80m、60m、20m 高度分别安装 2 套独立的风向标,在 20m 高度安装气温及气压传感器,在轮毂高度附近安装气温传感器;

3 其他高度的测风塔,设置测量高度时,可按高度 100m 测风塔的要求和预装风电机组轮毂高度确定;

4 风向标在安装时应避免同高度仪器间的相互影响,可在要求高度 2m 范围内调整;

5 风速、风向传感器应固定在测风塔的水平支架上,支架的朝向应根据区域风况特征及当地盛行风向确定。

#### 4.2.4 测风塔和仪器安装方式应符合下列规定:

1 海上测风塔结构应稳定,风振动小,并满足防海水、盐雾腐蚀,防雷电、防热带气旋的要求;测风塔应方便交通工具停靠和人员攀登,并配备明显的安全标志;

2 海上测风塔应满足航海、航空警示要求;

3 风速、风向传感器与塔身距离宜为桁架式结构测风塔直径的 3 倍以上、圆管型结构测风塔直径的 6 倍以上;

4 风向标应根据当地磁北安装,按照磁偏角进行修正,正北为  $0^{\circ}$ ;

5 数据采集盒应固定在测风塔上或安装在现场的临时建筑物内;数据采集盒应防波浪、防雨水、防冰冻、防雷暴、防腐蚀;应保证数据传输准确、及时。

#### 4.2.5 观测要素内容和技术要求应符合下列规定:

1 风速参数采样时间间隔不应大于 2s,并自动计算和记录每 10min 的平均风速、风速标准偏差及极大风速,单位为 m/s;

2 风向参数采样时间间隔不应大于 2s,并自动计算和记录每 10min 的风向值,单位为度;

3 气温参数应每 10min 采样一次并记录,单位为  $^{\circ}\text{C}$ ;

4 气压参数应每 10min 采样一次并记录,单位为 kPa。

4.2.6 测量仪器宜采用机械式传感器型,在满足精度和时间要求的条件下,风能资源测量可采用先进的技术和设备。传感器型测

量仪器应符合下列规定：

1 风速传感器与风向传感器设备在现场安装前应经国家法定计量机构检验合格，在有效期内使用；

2 风速传感器应满足测量范围为  $0 \sim 70\text{m/s}$ ，分辨率为  $0.1\text{m/s}$  的要求；当风速不大于  $30.0\text{m/s}$  时，精度为  $\pm 0.5\text{m/s}$ ；当风速大于  $30.0\text{m/s}$  时，精度为  $\pm 5\%$ ；工作环境温度应满足当地气温条件的要求；

3 风向传感器应满足测量范围为  $0^\circ \sim 360^\circ$ ，精度为  $\pm 2.5^\circ$  的要求；工作环境温度应满足当地气温条件的要求；

4 气温计应满足测量范围为  $-40^\circ\text{C} \sim 50^\circ\text{C}$ ，精度为  $\pm 0.5^\circ\text{C}$  的要求；

5 气压计应满足测量范围为  $60\text{kPa} \sim 108\text{kPa}$ ，精度为  $\pm 2\%$  的要求；

6 数据采集器应具有本标准第 4.2.5 条规定的测量参数采集、计算和记录的功能，具有现场或远程下载数据的功能，能完整地保存不低于 24 个月采集的数据量，能在现场工作环境温度下可靠运行；

7 测风设备防护等级为 IP65。

4.2.7 数据采集及信息记录应符合下列规定：

1 在无线信号覆盖的海域范围，数据收集应采用每日定时无线传输；在无线信号不能覆盖的海域范围，可采用卫星数据传输或其他方法；现场数据提取的时段不宜超过 3 个月；

2 现场相关信息应汇总成现场信息记录表；

3 对所有的测风设备，均应绘制设备安装示意图，并标明其具体安装方位；

4 每次现场采集数据或检修，均应填写现场检测执行记录表；

5 发现数据缺漏和失真时，应立即检查测风设备，及时进行设备检修或更换，并说明缺漏和数据失真的原因，填写问题记录表；

6 应将每次的数据文件记录汇总成表。



**4.2.8** 应初步判断每次收集数据的合理性,包括不同高度测量记录之间的相关性,以及测量参数的连续变化趋势合理性。应整理现场测量的逐小时原始数据与极大风速数据,并形成报告。

**4.2.9** 数据存储应符合下列规定:

1 不得对现场采集的原始数据进行删改或增减,收集的测量数据应作为原始资料正本保存,用复制件进行数据分析和整理;

2 应将所有未经修改的原始测风数据记录和质量控制记录整理汇总。

### 4.3 短期风速与风向测量

**4.3.1** 夏、冬两季的全潮水文测验期间,应进行短期风速、风向同步测量,测站总数不应少于2个,测站应具有代表性。

**4.3.2** 测量要素应主要包括海面上平均风速及相应风向。

**4.3.3** 风速传感器的分辨率应为0.1m/s,当风速不大于30.0m/s时,精度为 $\pm 0.5$ m/s;当风速大于30.0m/s时,精度为 $\pm 5\%$ 。风向传感器的分辨率应为 $1^\circ$ ,正北为 $0^\circ$ ,风向应以顺时针计量,精度为 $\pm 5^\circ$ 。

**4.3.4** 风速、风向传感器宜安装于船舶顶部,四周无障碍;传感器与桅杆之间的距离不应小于桅杆直径的10倍;风向传感器的 $0^\circ$ 方位应与船首方向一致。

**4.3.5** 数据收集质量控制应符合下列规定:

1 应将现场的相关信息汇总成现场信息记录表;

2 应将每次的数据文件记录汇总。

**4.3.6** 数据整理应符合下列规定:

1 现场采集的测量数据应及时复制和整理,不得对原始数据进行删改或增减;

2 应整理形成现场测量的逐小时原始数据与极大风速数据报告;

3 应将所有未经修改的原始测风数据记录和质量控制记录整理汇总。

## 5 海洋水文勘测

### 5.1 一般规定

5.1.1 海上风力发电场工程应进行海洋水文勘测,为海上风力发电场工程的规划、设计、施工和运营提供合理可靠的水文勘测成果。

5.1.2 海上风力发电场工程的水文分析计算应以工程海域的水文观测资料和附近海域水文站、专用站、海洋站的历史资料为主要依据。

5.1.3 海洋水文分析计算中引用的基础资料应进行可靠性、一致性和代表性分析,计算成果应进行合理性分析。

### 5.2 海洋水文调查与观测

5.2.1 海洋水文基本资料可通过调查、收集和观测获得,应包括下列内容:

1 海岸、河口概况及海底地貌等,工程附近的水文站或海洋站概况,以及针对本工程开展的海洋水文观测情况;

2 潮汐、海流、波浪资料;

3 含沙量、输沙率、颗粒级配与底质特性资料;

4 海底地形和演变特征资料;

5 水温、盐度、海冰资料。

5.2.2 海洋水文资料的调查与收集应符合下列规定:

1 潮汐资料调查与收集应包括工程附近海域水文站、专用站、海洋站或工程海域专用潮位站的潮位过程和统计分析的潮汐特征值;历史最高和最低潮位、发生时间、当时的风况及灾害情况;工程海域或邻近海域基准面资料等;

2 波浪资料调查与收集应包括工程附近海域长期波浪站或工程海域专用波浪站的波高、波周期、波向分布、波型等波浪特征值,历史最大波高及其对应的周期、发生时间、当时的风况及灾害情况;

3 海流资料的调查与收集应包括工程海域的海流实测成果和分析资料,有河口影响的工程海区增加河流径流资料;

4 泥沙资料调查与收集应包括工程海域长期站或专用站的悬移质泥沙含沙量和输沙率、颗粒级配和历年各特征值的统计、分析资料;受径流影响较大海域,还应收集工程海域长期站或专用站的典型年洪、中、枯水期的输沙率、输沙量、颗粒级配;

5 海床演变分析应收集工程及附近海域泥沙来源,海床地形地貌特征、浅层覆盖层类型,岸滩类型,工程海域不同时期的水深测图和海图资料以及海床历史演变过程、原因与速率分析成果;

6 海冰资料调查与收集应包括工程海域历年封冻期的冰日、冰期、冰型、冰厚、覆盖率,流冰冰块大小、密度、漂流方向和速度;

7 其他资料调查与收集应主要包括工程海域水温、盐度资料。

### 5.2.3 海洋水文观测应符合下列规定:

1 海洋水文观测项目应主要包括水位、波浪、海流、悬移质含沙量、水温、盐度、海冰、水深、底质、风速、风向,具体观测要素应根据任务要求确定。

2 不少于一年的波浪、海流观测应与海上测风塔的风速、风向测量同步开展。

3 各海洋水文要素观测方式及时间要求应符合表 5.2.3 的规定。

表 5.2.3 各海洋水文要素观测方式及时间要求

观测项目	测站类型	观测方式	观测时间
水位	水位专用测站	连续观测	不应少于一年
	水位短期测站	连续观测 同步观测	不应少于 30d
波浪	波浪专用测站	连续观测	不应少于一年
海流	海流专用测站	连续观测	不应少于一年
水深、水温、盐度、 悬移质含沙量、 海流、风速、风向	全潮水文测站	连续观测 同步观测	不应少于一个完整的大、 中、小潮期,各潮期观测 时间不应少于 25h
底质	底质采样站	大面观测	应在全潮水文测验期间
海冰	海冰测站	大面观测	应在冬季

4 水深、水位、海流、波浪、水温、盐度、海冰、悬移质含沙量观测应依据工程海域特点和工程需要确定观测站点数量和位置,观测方法和要求应符合现行国家标准《海洋调查规范 第 2 部分:海洋水文观测》GB/T 12763.2 的有关规定。

5 海洋底质采样测点数量、位置应依据工程需要确定。观测方法和要求应符合现行国家标准《海洋调查规范 第 8 部分:海洋地质地球物理调查》GB/T 12763.8 的有关规定。

#### 5.2.4 资料整理分析应符合下列规定:

1 对收集的水文资料应进行可靠性检查及代表性分析,其统计方法和精度、误差等应进行合理性检查;

2 当工程所在海域或邻近水文站、专用站、海洋站的自然条件发生变化或人类活动对水文要素造成影响时,应对不同时间的水文资料进行统一条件下的一致性检查和处理;

3 自建站的观测资料应进行可靠性和合理性分析;自建站的观测资料的整理和统计,应符合现行国家标准《海洋调查规范 第 2 部分:海洋水文观测》GB/T 12763.2 和《海洋调查规范 第 8 部

分:海洋地质地球物理调查》GB/T 12763.8 的有关规定。

### 5.3 海洋水文分析计算

**5.3.1** 应根据实测潮位资料分析与统计工程海域潮汐类型、特征潮位、潮差、涨落潮历时等特征值;应校核工程设计使用的高程基准面与平均海平面、潮位基面、海图基面等各种基准面间的关系,并提供基面间的换算关系。

**5.3.2** 设计高、低水位的分析与计算应符合下列规定:

1 当有不少于完整 1 年历时潮位或完整 1 年逐日高、低潮位资料时,应按照历时累积频率曲线或高、低潮累积频率曲线,计算确定设计高、低水位。对于潮汐作用明显的海域,设计高水位应采用高潮累积频率 10% 的潮位或历时累积频率 1% 的潮位,设计低水位应采用低潮累积频率 90% 的潮位或历时累积频率 98% 的潮位。对于潮汐作用不明显的河口海域,设计高水位和设计低水位应分别采用多年的历时累积频率 1% 和 98% 的潮位。

2 当工程场区或附近海域有不少于连续 1 个月的短期历时潮位资料时,可采用“短期同步差比法”,将其与附近长期潮位站进行同步相关分析,分析计算设计高、低水位;或与附近长期潮位站采用“相关分析法”插补延长,综合分析确定设计高水位和设计低水位。

**5.3.3** 潮间带风电场乘潮潮位累积频率应按以下步骤统计计算:

1 首先确定乘潮所需持续的时间;

2 在潮位过程线上,量取各次潮历时等于乘潮所需持续时间的潮位值,以潮位值作为潮位样本绘制累积频率曲线,在乘潮累积频率曲线上选取所需的累积频率潮位值。

**5.3.4** 不同重现期设计高、低水位的分析与计算应符合下列规定:

1 当工程场区有连续 20 年及以上的潮位系列,并有历史最

高、最低潮位的调查资料时,不同重现期设计高、低水位的计算应按年极值法选样,应以极值 I 型分布或皮尔逊 III 型分布进行统计。水位主要由潮汐控制的,应以极值 I 型分布统计成果为主;水位主要由径流控制的,应以皮尔逊 III 型分布统计成果为主。

2 当工程场区或附近海域有不少于连续 1 年的高潮位和低潮位资料系列,资料系列应与附近有不少于连续 20 年资料的长期潮位站采用“相关分析法”插补延长,分析计算不同重现期设计高、低水位。以潮汐为主的海区也可采用“极值同步差比法”,由长系列站的设计值直接推算至工程点。

3 当不具备“相关分析法”和“极值同步差比法”计算条件,且受风暴潮影响严重地区时,应对设计潮位进行专题研究,并应建立潮位专用站,根据观测资料修正设计潮位值。

4 设计潮位计算成果应通过潮波传播特性、风暴潮增减水幅度与历史最高潮位比较等进行地区合理性分析。

### 5.3.5 波浪特性分析计算应符合下列规定:

1 应根据现场实测资料分析波浪特性,分析内容主要包括波型特征、波向、波高和周期的分方向统计特征以及年月分布特征等,并绘制波高、周期关系图和波浪玫瑰图;

2 应从自然地理与水文气象环境等方面,对测波站相对于工程点的代表性进行分析,并分方向检验测波站资料的适用程度;对引用的波浪要素系列的一致性与可靠性应进行考查与审定。

### 5.3.6 波浪设计波高计算应符合下列规定:

1 当工程或附近海域有连续 20 年及以上实测资料,可采用分方向的某一累积频率波高的年最大值系列,用皮尔逊 III 型分布曲线或其他合适的线型,并结合历史特大波高调查资料做频率分析,确定不同重现期的设计波高;当确定某一波向的设计波浪时,年最大波高及其对应周期的数据,宜在该方向左右各  $22.5^\circ$  的范围内选取,当需每隔  $45^\circ$  方位角均进行统计时,应对每一波向均只归并相邻一个  $22.5^\circ$  的数据;

2 当工程或附近海域测波资料系列年限较短,波高计算宜结合水域波浪特性采用短期测波资料经验频率分析方法。短期测波资料经验频率分析方法应符合本标准附录 A 的规定;

3 设计波高计算成果,应结合历史最大波高调查资料进行分析比较,并结合短期波浪观测成果,合理确定设计波高。

### 5.3.7 设计波浪周期的计算应符合下列规定:

1 当工程或附近海域波浪主要为风浪时,可由当地风浪的波高与周期的相关关系外推与设计波高相对应的周期,或按表 5.3.7 确定相应的周期。

表 5.3.7 风浪的波高与周期的近似关系

$H_{\frac{1}{3}}$ (m)	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0
$T_s$ (s)	6.1	7.5	8.7	9.8	10.6	11.4	12.1	12.7	13.2

2 当工程或附近海域波浪主要为涌浪或混合浪时,将与年波高最大值相对应的周期系列用皮尔逊Ⅲ型分布曲线或其他合适的线型作频率分析,确定与设计波高同一重现期的周期值。

3 计算所得周期均结合调查资料和类似海域经验,通过比较分析,确定合理的数值。

5.3.8 设计波长可根据设计波浪平均周期、设计潮位相应水深按式(5.3.8-1)计算。当水深不小于一半的波长时,深水波波长按式(5.3.8-2)计算。有效波周期、谱峰周期可按式(5.3.8-3)和式(5.3.8-4)计算:

$$L = \frac{g \bar{T}^2}{2\pi} \operatorname{th} \frac{2\pi d}{L} \quad (5.3.8-1)$$

$$L_0 = \frac{g \bar{T}^2}{2\pi} \quad (5.3.8-2)$$

$$T_s = 1.15 \bar{T} \quad (5.3.8-3)$$

$$T_p = 1.21 \bar{T} \quad (5.3.8-4)$$

式中:  $L$ ——波长(m);

$L_0$ ——深水波波长(m);

- $g$ ——重力加速度( $\text{m/s}^2$ )；  
 $\bar{T}$ ——平均周期(s)；  
 $d$ ——水深(m)；  
 $T_s$ ——有效波周期(s)；  
 $T_p$ ——谱峰周期(s)。

**5.3.9** 当一定重现期下的某一累积频率的波高与设计要求的累积频率标准不同时,可按式(5.3.9-1)和式(5.3.9-2)计算,换算为设计要求的累积频率的设计波高:

$$H_F = \bar{H} \left[ -\frac{4}{\pi} \left( 1 + \frac{1}{\sqrt{2\pi}} H^* \right) \ln F \right]^{\frac{1-H^*}{2}} \quad (5.3.9-1)$$

$$H^* = \bar{H}/d \quad (5.3.9-2)$$

式中: $H_F$ ——累积频率为  $F$  的波高(m)；

$\bar{H}$ ——平均波高(m)；

$H^*$ ——相对水深；

$d$ ——水深(m)；

$F$ ——累积频率。

**5.3.10** 当工程及其附近海域无较长期实测波浪资料或工程位于水文气象或自然地理条件复杂的水域内时,宜根据历史风场资料,通过波浪数学模型对波浪进行数值计算,分析论证工程点的设计波浪要素。

**5.3.11** 将深水波浪要素推算至工程场区处时,应根据深水波浪计算点与工程海域之间的水深、地形差别和底坡摩擦、障碍物影响等情况,要考虑波浪浅水变形、波浪折射、波浪绕射、波浪破碎等因素的影响而进行分析和计算。当工程海域处推算的波高大于浅水极限波高时,设计波高应采用极限波高,极限波高计算方法应符合附录 B 的规定。

**5.3.12** 海流分析计算应符合下列规定:

1 近岸海流分析应以潮流和风海流为主,必要时还应考虑由于波浪破碎产生的沿岸流和离岸流等。河口区的海流分析应以潮



流和径流为主,受径流影响较大的河口区的海流应根据洪水期的观测资料分析计算。

2 海流特征值应根据现场实测资料经分析后确定。实测资料不足时,近岸海区内风海流估算方法宜符合附录 C 的规定。地形变化较大的风电场海域潮流特征值,宜根据工程需要可用数值模拟或物理模型试验等方法分析。

3 潮流性质可分为规则的半日潮流和不规则的半日潮流、不规则的全日潮流和规则的全日潮流,潮流性质可按表 5.3.12 的规定确定。

表 5.3.12 潮流性质判别标准

判别标准	潮流性质
$\frac{W_{K_1} + W_{O_1}}{W_{M_2}} \leq 0.5$	规则半日潮流
$0.5 < \frac{W_{K_1} + W_{O_1}}{W_{M_2}} \leq 2.0$	不规则半日潮流
$2.0 < \frac{W_{K_1} + W_{O_1}}{W_{M_2}} \leq 4.0$	不规则全日潮流
$4.0 < \frac{W_{K_1} + W_{O_1}}{W_{M_2}}$	规则全日潮流

注:1  $W_{O_1}$  为主太阴日分潮流的椭圆长半轴长度,单位为 cm/s;

2  $W_{K_1}$  为太阳太阳赤纬日分潮流的椭圆长半轴长度,单位为 cm/s;

3  $W_{M_2}$  为主太阴半日分潮流的椭圆长半轴长度,单位为 cm/s。

4 大潮期间的潮流平均最大流速可按下述方法确定:

1)潮差、潮流相关性较好的半日潮流海区,海流观测资料可采用潮汐—潮流比较法进行分析;根据分析结果,确定观测日期的潮流平均最大流速矢量,大潮期间的潮流平均最大流速可根据大潮平均潮差与观测日期的潮差的比值,并与观测日期的平均最大流速的乘积进行计算,即按

下式计算：

$$\vec{V}_{M_s} = \frac{R_{M_s}}{R_d} \vec{V}_d \quad (5.3.12-1)$$

式中： $\vec{V}_{M_s}$ ——大潮日期的潮流平均最大流速矢量（流速：cm/s，流向：°）；

$R_{M_s}$ ——大潮日期的平均潮差（m）；

$R_d$ ——观测日期的潮差（m）；

$\vec{V}_d$ ——观测日期的潮流平均最大流速矢量（流速：cm/s，流向：°）。

2) 当有大、中、小潮流连续三次海流观测资料时，可进行准调和和分析，确定潮流椭圆要素。大潮期间的潮流平均最大流速矢量可按下列公式计算：

$$\text{半日潮流海区：} \quad \vec{V}_{M_s} = \vec{W}_{M_2} + \vec{W}_{S_2} \quad (5.3.12-2)$$

$$\text{全日潮流海区：} \quad \vec{V}_{M_s} = \vec{W}_{K_1} + \vec{W}_{O_1} \quad (5.3.12-3)$$

式中： $\vec{V}_{M_s}$ ——为大潮日期的潮流平均最大流速矢量（流速：cm/s，流向：°）；

$\vec{W}$ ——表示潮流的椭圆长半轴矢量（cm/s）。

3) 大潮期间的潮流平均最大流速矢量可近似采用大潮观测日期的实测最大值。

5 在潮流和风海流为主的近岸海区，海流的可能最大流速应为潮流可能最大流速与风海流流速的矢量和。潮流的可能最大流速可按下列公式计算：

规则半日潮流海区：

$$\vec{V}_{\max} = 1.295\vec{W}_{M_2} + 1.245\vec{W}_{S_2} + \vec{W}_{K_1} + \vec{W}_{O_1} + \vec{W}_{M_4} + \vec{W}_{M_{s_4}} \quad (5.3.12-4)$$

规则全日潮流海区：

$$\vec{V}_{\max} = \vec{W}_{M_2} + \vec{W}_{S_2} + 1.600\vec{W}_{K_1} + 1.450\vec{W}_{O_1} \quad (5.3.12-5)$$

式中： $\vec{V}_{\max}$ ——潮流的可能最大流速（流速：cm/s；流向：°）；

$\vec{W}$ ——表示潮流的椭圆长半轴矢量（cm/s）。

不规则半日潮流海区和不规则全日潮流海区取上面两个计算值中的大值。

6 对于受径流影响较大的河口区域，可能最大流速宜采用数学模型计算。

### 5.3.13 海冰分析计算应符合下列规定：

1 应根据可能对海冰产生影响的水文、气象条件推算海冰设计参数。海冰分析可分为一般条件和极端条件；

2 海冰一般条件参数应主要包括冰日、冰期、冰厚、温度、盐度、密度、流冰漂流方向和速度、冰覆盖率以及气温和风速等；一般条件参数应进行长期观测，统计分析后确定；

3 极端条件下不同重现期的冰厚和冰的力学强度可根据 20 年及以上的连续年极值资料，利用皮尔逊Ⅲ型分布曲线或其他合适的线型作频率分析推算；

4 对于缺少资料的海域，海冰条件参数可通过经验关系并结合调查推算。

### 5.3.14 泥沙与海床演变分析计算应符合下列规定：

1 海床演变分析应包括海床稳定性分析和冲淤趋势预测；

2 海床演变分析应在现场查勘的基础上，利用历史水下地形图、遥感影像及有关海流、波浪、泥沙测验资料，根据海床演变的基本规律和人类活动的影响，分析预测海岸、海床稳定性；

3 应根据实测潮流及余流方向、悬沙含量、水沙输运通量、海底沉积物的分布、海岸侵蚀和堆积的形态特征以及沿岸组成物质的粒径变化和重矿物分布情况等资料，分析判断泥沙来源和运移方向；

4 应通过历次水下地形对比分析，确定场区海床历年冲淤的幅度和速率变化趋势，分析计算可能存在的最大自然冲刷深度；对历史水下地形图等有关测绘资料应考证测量年代、测量精度、坐标

和高程系统等,对各种地形图分析时应采用统一比例尺和基面;

5 当海床冲刷较严重或人类活动影响较明显时,应进行全潮水文测验和水下地形测量,并应通过模型试验等途径,分析场区的冲刷趋势和幅度;

6 局部冲刷分析计算,应结合桩基础不同的结构形式和水沙环境条件,选取合适的经验公式估算局部冲刷深度和范围。当场区附近水动力、泥沙条件相似区域具有局部冲刷实地调查资料时,应进行桩基础局部冲刷成果的对比分析。对水动力条件复杂、地形变化较大、海床演变剧烈的海域,宜开展局部冲刷物理模型试验,分析风电机组基础局部冲刷。

## 6 工程地质勘察

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 工程地质勘察可分为规划、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。各设计阶段工程地质勘察工作应任务明确、重点突出,与设计工作深度相适应。

**6.1.2** 开展工程地质勘察现场工作之前,应收集和分析项目设计资料、场址区域地质与地震、气象水文资料、已有勘察成果及与工程建设有关的其他资料;进行现场踏勘,了解工程场区的自然条件和作业条件,编制工程地质勘察大纲。勘察工作过程中,可根据具体情况的变化调整工程地质勘察大纲。

**6.1.3** 工程地质勘察大纲宜包括下列内容:

- 1 勘察项目来源、勘察阶段、勘察目的和任务;
- 2 工程概况、地形地质及海洋气象水文概况,项目周边海域开发利用状况;
- 3 以往勘察工作概况,前阶段勘察主要结论及审查、评估意见;
- 4 勘察工作依据的技术标准和规定;
- 5 勘察内容、工作方法、技术要求和工作量布置;应重点针对海洋土层特点确定勘察手段和方法;
- 6 计划工作量及进度安排;
- 7 项目管理、质量及安全和环境保护的措施,针对重大危险源和环境因素应制定应急预案;
- 8 提交成果内容、形式、数量和日期。

**6.1.4** 工程勘察等级应根据风电场工程等级、工程场地复杂程度划分为甲、乙、丙三级。工程勘察等级划分应符合下列规定:

1 海上风力发电场工程等级划分应符合表 6.1.4-1 的规定。

表 6.1.4-1 工程等级划分

工程等级	工程规模	装机容量 (MW)	海上升压站 电压等级(kV)
I	大型	≥300	110,220
II	中型	<300, ≥100	
III	小型	<100	110 及以下

2 工程场地复杂程度划分应符合表 6.1.4-2 的规定。

表 6.1.4-2 工程场地复杂程度等级划分

分级要素	一级	二级	三级
水深(m)	≥20	5~20	≤5
地形地貌	地形地貌复杂,地形起伏大,暗礁分布较多,海床冲沟发育	地形地貌较复杂,地形起伏较大,暗礁分布少,海床冲沟不发育	地形地貌简单,地形平坦,无暗礁
地层结构	岩土种类多,岩土层结构复杂,岩土体性质变化大,或需特殊处理	岩土种类较多,岩土层结构较复杂,岩土体性质变化较大	岩土种类单一,岩土层结构简单,岩土体性质变化小
不良地质作用及障碍物	海底滑坡、浅层气、活动沙丘沙波等不良地质作用强烈发育;海底障碍物分布较多	海底滑坡、浅层气、活动沙丘沙波等不良地质作用中等发育;海底障碍物分布较少	海底滑坡、浅层气、活动沙丘沙波等不良地质作用不发育;无海底障碍物分布

注:1 从一级至三级以最先满足的为准;

2 分级要素具备本表一项及以上高级别因素的,按照高级别确定。

3 工程勘察等级划分应符合表 6.1.4-3 的规定。

表 6.1.4-3 工程勘察等级划分

工程等级	工程场地复杂程度		
	一级	二级	三级
I	甲级	甲级	甲级
II	甲级	乙级	乙级
III	甲级	乙级	丙级

6.1.5 海上风力发电场工程地质勘察应根据所在海域各建(构)筑物的布置、类型和规模,以及水深、地形地质条件的复杂程度、各阶段勘察任务和要求,综合运用多种勘察手段,合理布置地质勘察工作。

6.1.6 海底电缆路由勘察内容、方法和评价应符合现行国家标准《海底电缆管道路由勘察规范》GB/T 17502 的有关规定。

6.1.7 陆域升压站、集控中心等建筑物工程地质勘察各阶段的内容、方法和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。

6.1.8 海上风力发电场工程勘察中土的分类应符合本标准附录 D 的规定。

6.1.9 各阶段均应编制工程地质勘察报告,工程地质勘察报告应包括正文、附图、附件。工程地质勘察报告附图与附件应符合本标准附录 E 的规定。

## 6.2 规划阶段

6.2.1 规划阶段工程地质勘察应调查、了解规划区域的基本地质条件,初步分析存在的主要工程地质问题,对规划场地的选择提出地质建议。

6.2.2 规划阶段工程地质勘察应包括下列内容:

- 1 了解区域地质与地震概况;
- 2 了解规划区的地形地貌、地层岩性、地质构造、不良地质作

用发育情况；

3 初步分析规划区主要工程地质问题及其对工程建设的影响。

#### 6.2.3 区域地质与地震勘察应包括下列内容：

- 1 了解区域地形地貌形态、类型、地层分布；
- 2 了解区域地质构造单元、褶皱和断裂的类型、产状、规模及构造活动史、历史地震情况和区域构造稳定性等；
- 3 收集地震地质资料和邻近区域工程地震安全性评价成果；
- 4 收集临近规划区的已有工程资料，了解规划区基本地质条件及海底滑坡、活动沙丘沙波、浅层气等不良地质作用的发育和分布情况；初步分析对工程建设的影响；
- 5 可在分析邻近区域地质、地震资料和现行国家标准《中国地震动参数区划图》GB 18306 的基础上，初步提出规划风电场区的地震动参数。

#### 6.2.4 风电场址工程地质勘察应包括下列内容：

- 1 了解各风电场址海水深度、海底地形地貌形态等；
- 2 了解各风电场址的地层岩性、分布、成因类型及其工程性质，特别应了解特殊岩土层的分布及特性；
- 3 了解各风电场址的地质构造类型、规模、性状和活动特征等；
- 4 了解各风电场址水文地质特征；
- 5 了解各风电场址不良地质作用的类型、成因及发育特征，并初步分析其对工程建设的影响程度。

6.2.5 风电场址工程地质勘察方法宜以收集资料为主，对近期开发场址海域，缺乏工程地质资料时，可布置少量物探、钻探工作。

6.2.6 工程地质勘察报告应主要包括前言、区域地质与地震概况、各风电场址工程地质条件、结论及建议、附件、附图。

### 6.3 预可行性研究阶段

6.3.1 预可行性研究阶段工程地质勘察应在规划阶段工作的基



础上进行,初步查明场区工程地质条件及重大工程地质问题,对风电场区总体布置及初选基础方案提出地质建议。

### **6.3.2 预可行性研究阶段工程地质勘察应包括下列内容:**

1 分析研究区域地质构造及地震资料,评价区域构造稳定性,确定场区的地震动参数;

2 初步查明对场区和方案成立有影响的海底滑坡、活动沙丘沙波、浅层气、海底障碍物等重大工程地质问题,并做出初步评价,提出风电场区总体布置的地质建议;

3 初步查明场区各岩土层结构及工程地质特性和水文地质条件,初步提出岩土体物理力学参数,初步评价场地和地基的地震效应,提出基础类型初步选择的建议。

### **6.3.3 区域构造稳定性及地震的研究应符合下列规定:**

1 收集分析工程场区周围不小于 150km 范围内区域地形地貌形态、类型及地层分布特征,区域内断裂的类型、产状、规模和构造活动史,历史地震情况等。进行Ⅱ、Ⅲ级大地构造单元和地震区划分,并分析其稳定性。区域构造稳定分级应符合本标准附录 F 的规定。

2 工程场区临近区域性活动断裂时,应研究其对工程的影响;活动性断层的鉴定可按现行国家标准《水力发电工程地质勘察规范》GB 50287 的有关规定执行。

3 在区域构造背景研究和近场区构造调查的基础上,编制区域构造地质和震中分布图;区域构造地质图比例尺宜选用 1:1000000~1:500000,近场区比例尺宜选用 1:250000~1:100000。

### **6.3.4 新建工程的场区宜进行地震安全性评价工作。**

### **6.3.5 活动断裂对工程的影响评价应符合下列规定:**

1 当抗震设防烈度小于 8 度时,或非全新世活动断裂,或抗震设防烈度为 8 度和 9 度但隐伏活动断裂的上覆土层距基础底部厚度分别大于 60m 和 90m 时,可不考虑发震断裂错动对建筑物的影响;

2 除本条 1 款规定的情况外,应避开主断裂带,其避让距离不宜小于表 6.3.5 发震断裂最小避让距离的规定。

表 6.3.5 发震断裂最小避让距离(m)

烈度	建筑物类别	
	升压站	风力发电机组
8	200	100
9	400	200

6.3.6 海域不良地质作用及障碍物的勘察内容应符合下列规定:

1 海底滑坡应初步查明其分布、边界条件、规模及性质,初步评价其稳定性及可能对工程的影响程度;

2 海底浅层气应初步查明其类型、气压、含气层分布范围,初步评价其喷逸可能性、对土体性状及工程施工安全的影响;

3 海床活动沙丘沙波应初步查明其形态、分布范围、高度,初步判别其活动性及对工程影响;

4 应初步查明海底障碍物的分布位置、范围、形状及特性,初步评价对工程的影响。

6.3.7 海底滑坡勘察方法和评价应符合下列规定:

1 海底滑坡勘察应在综合分析场地地形和地质资料的基础上,按滑坡体组成物质选用适宜的勘探方法。海床土质滑坡应以物探和原位测试为主,钻探和室内试验为辅的方法;海床岩质滑坡应以钻探、钻孔全景数字成像和试验为主,物探为辅的方法。

2 每个滑坡勘探线不宜少于两条。土质滑坡主要勘探线不应少于 3 个勘探孔,物探剖面间距不宜大于 50m;岩质滑坡的主要勘探线不应少于 3 个钻孔。钻孔深度应进入可能变形失稳界面以下 10m~20m。在软弱带或可能失稳界面部位应取原状样进行室内试验,滑体内的各主要岩土层的取样组数不宜少于 6 组。

6.3.8 海底滑坡稳定性评价应符合下列规定:

1 滑坡稳定性评价应在综合分析工程地质条件的基础上,采

用定性分析与定量计算相结合的方法；

2 稳定性计算所需岩土体物理力学性质指标应根据测试结果、反演分析和当地经验综合确定；

3 滑坡的稳定性计算应选用有代表性分析断面和合理的计算模型，计算时应考虑波浪、潮汐、地震等因素；

4 滑坡的稳定性及变形发展趋势应根据滑坡区的地质条件，结合定量计算结果综合分析，初步划分滑坡稳定状态，初步评价滑坡对工程影响。

**6.3.9** 海底浅层气勘察方法和评价应符合下列规定：

1 海底浅层气勘察应采用水域地层剖面法、水域多道地震勘探法、侧扫声纳法等综合物探和钻探或静力触探等勘探方法。近海浅层气分类应符合本标准附录 G 的规定；

2 对可能存在大范围浅层气分布的区域应网格状布置勘探孔，勘探孔间距宜为 2000m~3000m，并满足初步查明含气层气压和分布范围的要求；勘探孔深度应揭穿含气层以下 5m~10m；

3 应在勘探孔中测定气压，并采集气样，分析气体类型；

4 根据含气层的埋藏条件及建筑物的特性，分析浅层气喷逸可能性，评价浅层气对土体性状及工程的影响。

**6.3.10** 海床活动沙丘沙波勘察方法和评价应符合下列规定：

1 海床活动沙丘沙波勘察可采用多波束测深、侧扫声纳法、浅地层剖面法、海底摄像、钻探和试验等勘探方法，并可根据需要布置定位观测。

2 物探工作宜结合风电场区的勘察进行，物探剖面布置可根据沙丘沙波的规模确定。同一单元的沙丘沙波布置钻孔不宜少于 3 个，钻孔深度应揭穿沙丘沙波以下 5m~10m。钻孔内应进行标准贯入试验，并取砂样进行容重和颗粒分析，取样间距宜为 0.5m。

3 应根据沙丘沙波表面虫迹、有孔虫壳的破碎和锈染程度，沙波的波长、波高，黏土矿物含量的垂向变化特征，判别沙丘沙波的活动性，评价其对工程的影响。沙丘沙波的活动性判别应符合

本标准附录 H 的规定。

**6.3.11** 海底障碍物的勘察应采用侧扫声纳法、浅地层剖面法、海洋磁法、电磁感应法、海底摄像等方法进行识别,探测范围应覆盖障碍物可能分布的区域,初步查明海底障碍物分布位置、形状、类型、范围,初步评价对工程的影响。

**6.3.12** 海上风力发电场区工程地质勘察应包括下列内容:

1 初步查明场区海床地形地貌、古海沟的分布、岩土层结构、岩体风化、地质构造等地质条件;

2 初步查明各岩土体的物理力学性质;

3 初步查明地下含水层类型及特性;

4 初步查明环境水、土的化学特征,初步评价水和土对建筑材料的腐蚀性。水和土的腐蚀性评价应符合本标准附录 J 的规定;

5 初步评价场地和地基的地震效应;

6 提出基础设计地质参数和基础类型初步选择的建议;

7 初步分析升压站的工程地质条件。

**6.3.13** 海上风力发电场区工程地质勘察应采用资料收集、工程地质测绘、物探、钻探、原位测试及室内试验等方法。

1 工程地质测绘比例尺可选用 1:5000~1:10000。工程地质测绘应结合地形测量、物探进行,范围应包括有影响工程布置的不良地质作用发育地段。

2 物探剖面应根据场区范围、海底地形、地貌单元按网格状布置,间距沿风机主排列方向宜为 2000m~3000m,垂直风机主排列方向宜为 4000m~6000m。海床地质条件复杂地段应适当加密。

3 工程地质钻探布置应根据场区边界、地形地质条件综合确定。钻孔间距宜为 5000m~8000m,且沿场区周边不应少于 4 个钻孔,场区中间部位不宜少于 1 个钻孔。

4 钻孔深度应根据场地工程地质条件确定,基岩裸露与浅埋

区钻孔深度进入弱风化基岩不应少于 10m,遇断层破碎带、软弱夹层应揭穿。当海床面为斜坡时,钻孔深度应满足边坡稳定评价要求。深厚覆盖层地基钻孔深度应进入稳定持力层 10m~20m,并满足承载力和变形验算要求。

5 主要岩土层应进行取样试验或原位测试,每一工程地质单元主要岩土层取样试验或原位测试不宜少于 6 组。岩土物理力学性质参数可根据试验成果结合工程地质类比法取值。

6 钻孔施工期间应量测潮水位变化,遇承压水高于海平面时应量测承压水水头。

7 海水水质简分析试验水样不宜少于 2 组;遇承压水时,水质简分析试验水样不宜少于 2 组。各主要土层宜取 1 组试样进行腐蚀性测试,有工程经验地区可采用类比确定。

**6.3.14** 场地和地基的地震效应勘察应包括建筑场地类别初步确定、建筑抗震地段初步划分;初步评价砂土液化;分析地震作用下可能引发或加剧的滑坡、崩塌等地震地质灾害。

**6.3.15** 地震效应及地震地质灾害的勘察方法应在调查和收集资料的基础上,结合场区勘探进行标准贯入、动力触探等原位测试,同一地质单元勘探孔数量不宜少于 1 个。建筑物抗震地段划分应符合本标准附录 K 的规定。场地土类型划分和场地类别划分应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定。饱和砂土、粉土液化判别可执行现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定。

**6.3.16** 本阶段工程地质勘察报告应主要包括下列内容:

1 工程概况,勘察工作目的、依据和技术标准,勘察工作量布置;

2 自然地理与气象水文概况;

3 区域构造稳定性;场区的地震动参数;

4 不良地质作用、海底障碍物等重大工程地质问题对工程的影响;

5 场区的工程地质和水文地质条件；场地和地基的地震效应；

6 风电场区总体布置、风力发电机组及升压站基础类型初步选择的地质建议；

7 结论和建议。

#### 6.4 可行性研究阶段

6.4.1 可行性研究阶段工程地质勘察应在预可行性研究阶段的基础上进行，查明风电场区工程地质条件，评价主要工程地质问题，初步查明风力发电机组、升压站、集控中心、海缆路由工程地质条件，对各建（构）筑物布置和基础方案设计提出工程地质建议。

6.4.2 可行性研究阶段工程地质勘察应包括下列内容：

1 复核工程场区区域地质构造稳定性及地震动参数；

2 查明对风力发电机组及海上升压站布置有影响的海底滑坡、活动沙丘沙波、浅层气等主要工程地质问题及海底障碍物分布，并做出评价；

3 查明场区海床地形地貌，重点查明海沟、海槽的分布范围及形态；查明场区各土层组成、厚度、结构特征，基岩岩性、地质构造和岩体风化等地质条件；

4 查明场区各岩土体物理力学性质，提出各岩土体物理力学参数；

5 划分场地抗震地段、场地类别，进行饱和砂土、粉土液化判别和软土震陷判别，评价场地和地基地震效应；

6 查明场区水文地质结构，地下水类型及水位；查明环境水、土对建筑材料的腐蚀性；

7 初步查明风力发电机组、升压站、集控中心、海缆路由工程地质条件，特别是浮泥、流泥、风暴岩、贝壳土等海洋特殊岩土体的分布和厚度。

6.4.3 海底滑坡的勘察除应符合本标准第 6.3.7 条、第 6.3.8 条

的规定外,还应采用钻探、物探、原位测试和室内试验等手段深化勘察,进一步查明海底滑坡的分布、边界条件、规模及性质。勘探线和勘探点的加密间距、勘探深度,以及原位测试、室内试验的项目和数量应根据海底滑坡的类型、性质、规模及影响程度综合确定。

**6.4.4** 海底浅层气勘察除应符合本标准第 6.3.9 条的规定外,还应采用钻探、静力触探、物探和室内试验等手段深化勘察,进一步查明海底浅层气的类型、成分、气压、含气层分布范围,评价其喷逸可能性、对土体性状及工程施工安全的影响。勘探线和勘探点的加密间距、勘探深度,以及室内试验的项目和数量应根据海底浅层气特性及影响程度综合确定。

**6.4.5** 海底活动沙丘沙波勘察除应符合本标准第 6.3.10 条的规定外,还应采用物探、钻探、海底摄像和室内试验等手段深化勘察,进一步查明海底活动沙丘沙波的形态、分布范围、高度,判别其活动性及对工程的影响。勘探线和勘探点的加密间距、勘探深度,以及室内试验的项目和数量应根据海底活动沙丘沙波特性及影响程度综合确定。

**6.4.6** 海底障碍物的勘察应在预可行性研究阶段基础上,对各建(构)筑物有影响的区域应采用侧扫声纳法、浅地层剖面法、海洋磁法、电磁感应法、海底摄像等方法进行进一步勘察,查明海底障碍物的分布位置、形状、类型、范围,评价对工程的影响。勘探工作布置应根据海底障碍物特性及影响程度综合确定。

**6.4.7** 浮泥、流泥、淤泥的勘察应以静力触探、十字板剪切试验等原位测试为主,钻探为辅的方法;浮泥、流泥宜采用振动活塞取样器、重力活塞取样器等柱状取样器进行取样。风暴岩、贝壳土的勘察宜以钻探为主。

**6.4.8** 海上风力发电场区工程地质勘察应在预可行性研究的基础上,采用工程地质测绘、物探、钻探、原位测试及室内试验等综合方法,并应符合下列规定:

1 工程地质测绘比例尺可选用 1:2000~1:5000;工程地质测绘应结合地形测量、物探进行,范围应包括有影响工程布置的不良地质作用发育地段;

2 物探剖面应沿每排风机主排列方向布置不应少于 1 条剖面,垂直风机主排列方向的物探剖面间距宜为 2000m~3000m;海床地质条件复杂地段应适当加密;

3 钻孔间距宜为 3000m~6000m,海上升压站位置不应少于 1 个钻孔;

4 钻孔深度应符合本标准第 6.3.13 条第 4 款的规定;

5 主要岩土层应进行取样试验或原位测试,每一工程地质单元主要岩土层取样试验或原位测试不应少于 6 组;

6 钻孔水位观测应符合本标准第 6.3.13 条第 6 款的规定;

7 海水水质筒分析试验水样不应少于 2 组;遇承压水时,每层承压水水质筒分析试验水样不宜少于 2 组。各主要土层应取不少于 1 组试样进行腐蚀性测试。

**6.4.9** 各土层物理力学性质参数应在分析试验成果的基础上结合工程经验取值,提供的地质参数应与基础方案设计要求相匹配。

**6.4.10** 场地和地基地震效应勘察方法和评价应符合下列规定:

1 应采用土层等效剪切波速划分建筑场地类别,土层剪切波速测试应利用场区勘察的勘探孔,土层剪切波速的测试孔数量不应少于 2 个,当剪切波速差异大时,需适量增加测试孔数。建筑物抗震地段划分应符合本标准附录 K 的规定。场地土类型划分和场地类别划分应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定。

2 饱和砂土、粉土液化判定应先进行初步判别,当初步判别认为有液化可能时,应再进行复判。风电场区液化判别孔数不应少于 3 个。饱和砂土、粉土液化判别可执行现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定。

3 场区拟建风力发电机组及海上升压站等地基中存在软弱



黏性土层时,应进行软土震陷可能性判别。软土震陷判别应符合本标准附录 L 的规定。

**6.4.11** 可行性研究阶段工程地质勘察报告正文应包括概述、自然地理与气象水文概况、区域地质及构造稳定性、场区基本地质条件、工程地质评价、结论和建议,并应符合下列规定:

1 概述应包括工程概况、前期已有地质结论及审查意见、本阶段勘察目的和任务、勘察依据和技术标准、工作内容及完成工作量;

2 自然地理与气象水文概况应主要包括工程所处地理位置,海洋功能区划及航道交通等海洋开发活动,灾害天气、潮汐、波浪等气象水文要素;

3 区域地质及构造稳定性应包括区域地质与地震活动概况,地震动参数,区域构造稳定性评价结论,地震地质灾害评价;

4 场区基本地质条件应包括地形地貌、不良地质作用及障碍物、地基岩土层特征及物理力学性质、水文地质条件及环境水、土的腐蚀性;

5 工程地质评价应包括场区工程地质分区,场地和地基地震效应及地基变形等主要工程地质问题评价,各岩土层物理力学参数建议值,各建筑物工程地质条件初步评价及基础方案比选的建议;

6 结论应主要包括区域构造稳定性评价、场区主要工程地质问题评价,各建筑物工程地质条件评价结论和基础方案选择的地质意见,对招标设计阶段工程地质勘察提出建议。

## **6.5 招标设计阶段**

**6.5.1** 招标设计阶段工程地质勘察应在可行性研究基础上进行,查明风电场各风力发电机组、海上升压站或陆域升压站、海缆路由、集控中心等各建(构)筑物的工程地质和水文地质条件,对基础的详细设计提出地质建议,为招标文件编制和施工详图设计提供

工程地质资料。

#### 6.5.2 招标设计阶段工程地质勘察应包括下列内容：

1 查明各风力发电机组、海上升压站地形条件，地基岩土层的组成、厚度、结构及分布规律，重点查明浮泥、流泥、风暴岩、贝壳土等海洋特殊岩土体的分布和厚度；

2 查明各风力发电机组、海上升压站地基岩土体物理力学性质，提出设计所需的岩土体物理力学参数，分析评价地基的均匀性、稳定性，提出基础形式、持力层及地基承载力，主要工程地质问题处理的建议；

3 复核场地不良地质作用，以及场地抗震地段、场地类别，进行饱和砂土、粉土液化判别及软土震陷判别，评价场地和地基地震效应及不良地质作用对工程的影响；

4 查明建(构)筑物区地下水的埋藏条件、水位、类型。

#### 6.5.3 必须查明环境水和土对建筑材料的腐蚀性。

6.5.4 风力发电机组和海上升压站位于地形较复杂地段时，宜采用侧扫声纳法、多波束测深法、浅地层剖面法等物探方法进行工程地质测绘，比例尺可选用 1：500～1：1000，测绘范围不应小于建筑物基础边界以外 200m，侧扫声纳法和多波束测深法探测宜覆盖测绘区域，浅地层剖面法以建筑基础中心为基点网格状布置，剖面间距不宜大于 50m。

#### 6.5.5 各机位和海上升压站勘探孔布置应符合下列规定：

1 对单桩基础，勘探孔应在桩基础中心位置布置，每个机位不应少于 1 个勘探孔。当工程场地复杂程度等级为一级和二级的场地时，勘探孔总数量不宜少于风机总台数的 1.5 倍。

2 对群桩基础，勘探孔宜按基础中心对称布置。每个机位不应少于 2 个勘探孔。当工程场地地质条件复杂时，应增加勘探孔数量。

3 对重力式基础，勘探孔宜按基础周边等间距布置。当工程场地复杂程度等级为一级、二级时，每个机位不应少于 3 个勘探

孔；等级为三级时，每个机位不应少于 2 个勘探孔。

4 当地形起伏较大、主要持力层或软弱下卧层变化较大时，应加密勘探孔。

5 当场区为黏性土、粉土、砂土为主时，勘探应采用钻探和静力触探结合方法，且静力触探孔总数量不应少于勘探孔总数量的 1/5。

#### 6.5.6 勘探孔深度应符合下列规定：

1 对桩基础，摩擦桩的勘探孔深度不应少于预计桩端下 10m，并满足变形验算的深度要求；端承桩勘探孔的深度应进入预计桩端以下 3 倍~5 倍桩径，且不应小于 5m。当场区为黏性土、粉土、砂土为主时，静力触探孔深不宜小于 40m，宜进入预计桩端持力层。当勘探孔达到预计深度仍为软弱层时，应适当加深。

2 对重力式基础，钻孔深度不宜小于基础底面下 1.5 倍~2.0 倍基础宽度，并进入稳定分布的地层。需做变形计算的地基，孔深应超过地基变形计算深度；基岩地基的钻孔深度进入弱风化岩层不宜小于 10m，钻孔遇断层破碎带地段，应穿过断层破碎带进入较完整岩体不小于 5m，并满足地基整体稳定性验算和评价的要求。

#### 6.5.7 岩、土、水取样与试验应符合下列规定：

1 主要岩土层应进行取样试验或原位测试，每一工程地质单元主要岩土层取样试验或原位测试不应少于 6 组。当持力层为基岩时，应取岩样不少于 6 件进行单轴饱和抗压强度试验，软岩和极软岩可进行天然状态单轴抗压强度试验。

2 每一工程地质单元测定各土层剪切波速不应少于 3 组，其中升压站位置不应少于 1 组。

3 每一地质单元用于液化判别而布置的勘探孔不应小于 3 个，勘探孔深度应大于液化判别深度。当采用标准贯入试验判别液化时，应按每个试验孔的实测击数进行，在需作判定的土层中，试验点的竖向间距宜为 1.0m~1.5m，每层土的试验点数不宜少

于 6 个。

4 当地基中存在软弱黏性土时,应进行软土震陷判别。每一地质单元用于软土震陷可能性判别的勘探点不应小于 3 个,在需作判定的土层中,每层土的取样试验数量不宜少于 6 组。

5 每一工程地质单元土层电阻率测试孔不应少于 3 个,且海上升压站部位测试孔不应少于 1 个。

6 海水水质简分析试验水样不应少于 3 组;遇承压水时,每层承压水水质简分析试验水样不应少于 2 组。各主要土层应取不少于 2 组试样进行腐蚀性测试。

**6.5.8** 钻孔水位观测应符合本标准第 6.3.13 条第 6 款的规定。

**6.5.9** 各岩土层的物理力学参数应符合下列规定:

1 应提供各土层的含水率、重度、孔隙比、剪切强度、承载力等常规物理力学参数;对桩基础还应提供侧阻力、端阻力、砂性土的有效摩擦角、桩-土界面摩擦角、黏性土的不排水抗剪强度及  $\epsilon_{50}$  等;对重力式基础还应提供基底摩擦系数;

2 应提供岩石的含水率、块体密度、泊松比、弹性模量、变形模量、单轴抗压强度、软化系数等;

3 各岩土层物理力学性质参数应在分析试验成果的基础上结合工程经验取值,提供的各岩土层物理力学地质参数应与设计计算模型相匹配。

**6.5.10** 风电场工程地质勘察宜分别编制风力发电机组与海上升压站工程地质勘察报告、海缆路由工程地质勘察报告、陆域升压站或集控中心岩土工程勘察报告。

**6.5.11** 风力发电机组与海上升压站工程地质勘察报告正文应包括概述、自然地理与气象水文概况、区域地质概况、场区工程地质条件、各建筑物工程地质评价、结论和建议,并应符合下列规定:

1 概述应包括工程概况、前期地质结论及审查意见、本阶段勘察目的和任务、勘察依据和技术标准、工作内容、勘察手段及完成工作量;

2 自然地理与气象水文概况应包括工程所处地理位置,海洋功能区划及航道交通等海洋开发活动,灾害天气、潮汐、波浪等气象要素;

3 区域地质概况应包括区域构造稳定性评价结论,地震动参数,地震地质灾害评价;

4 场区工程地质条件应包括地形地貌、不良地质作用、障碍物及特殊岩土体,地基岩土层组成及特征、物理力学性质,水文地质条件及环境水、土的腐蚀性;

5 各建筑物工程地质评价应包括场区工程地质单元划分,场地和地基地震效应,各岩土层物理力学参数建议值,桩基础和重力式基础分析和评价,主要工程地质问题处理的建议;

6 结论应主要包括区域构造稳定性评价,不良地质作用、障碍物、特殊岩土体,环境水、土的腐蚀性,场地和地基地震效应,桩基础和重力式基础分析和评价,主要工程地质问题处理的建议,提出与岩土工程有关的施工期应注意的事项和施工详图设计阶段工程地质勘察建议。

## 6.6 施工详图设计阶段

6.6.1 施工详图设计阶段工程地质勘察应检验、核定前期勘察成果,对施工过程中出现的工程地质问题提出处理建议,补充论证施工期专门性工程地质问题,对完善和优化设计、建设实施提出工程地质建议。

6.6.2 施工详图设计阶段工程地质勘察应包括下列内容:

1 检验、核定前期勘察成果;

2 施工过程中出现新的、较大的工程地质问题,或设计优化需要时,应进行专门性工程地质勘察,提出处理建议;

3 对施工期和运行期工程地质监测的方案提出建议。

6.6.3 工程地质勘察应符合下列规定:

1 专门性工程地质问题的勘察应根据施工中出现的工程地

质问题的性质、复杂性、前期勘察工作深度等具体情况,布置物探、钻探、原位测试和室内试验等工作,并综合分析施工期收集的地质、检测和观测资料,对专门性工程地质问题的处理提出地质建议;

2 收集施工过程中工程检测、监测和观测等资料,检验核对前期勘察资料;参与土建工程的验收工作;

3 跟踪施工进度动态,分析施工过程中出现的工程地质问题,提出处理措施的建议;

4 根据岩土工程地质条件及工程地质问题处理的结果对施工期和运行期工程地质监测的内容、方法、布置方案及技术要求提出建议。

**6.6.4** 施工结束后,应收集汇编与工程地质相关的资料,形成工程地质说明,内容应主要包括工程区的工程地质条件、前期勘察的工程地质结论,各建筑场地施工过程的实际地质情况、地基处理措施及检测成果;并将工程地质资料分类整理、存档。

## 7 工程测量

### 7.1 一般规定

7.1.1 工程测量的主要内容应包括平面控制测量、高程控制测量、水位控制和地形测量。

7.1.2 平面坐标系的选择应符合下列规定：

- 1 平面坐标系宜采用现行国家大地坐标系；
- 2 大比例尺地形测绘或施工测量，应建立和原有控制相联系的平面坐标系；
- 3 特殊条件下的坐标系统设计应通过专项论证确定；
- 4 同一工程不同阶段的测量工作宜采用同一坐标系；
- 5 中、小比例尺地形测量，宜采用高斯正形投影按 $3^{\circ}$ 分带。

7.1.3 高程基准的选择应符合下列规定：

- 1 宜采用现行国家高程基准；
- 2 远离国家水准点且引测困难时，可采用独立高程基准；
- 3 同一工程不同阶段的测量工作应采用同一高程基准。

7.1.4 深度基准应采用理论最低潮面，深度基准面的确定应符合现行国家标准《海道测量规范》GB 12327 的有关规定。已确定深度基准面的区域应使用原有数据，未确定深度基准面的区域，应利用邻近长期验潮站的信息进行推算。并应建立深度基准与国家高程基准的转换关系。

7.1.5 1:500 海底地形图基本等高距应为 0.5m，其余比例尺海底地形图基本等高距宜为 1.0m。

7.1.6 1:500~1:50000 比例尺地形图，宜按现行国家标准《国家基本比例尺地形图分幅和编号》GB/T 13989 的有关规定进行分幅和编号；比例尺大于 1:2000 及采用独立坐标系的地形图，亦

可采用正方形或矩形分幅并依测区顺序编号;带状不规则测区,可采用自由分幅。

**7.1.7** 海域地形图的图式和要素分类代码应符合现行国家标准《中国海图图式》GB 12319 的有关规定;陆域地形图的图式和要素分类代码应符合现行国家标准《国家基本比例尺地图图式 第1部分:1:500、1:1000、1:2000 地形图图式》GB/T 20257.1、《国家基本比例尺地图图式 第2部分:1:5000、1:10000 地形图图式》GB/T 20257.2 和《国家基本比例尺地图图式 第3部分:1:25000、1:50000、1:100000 地形图图式》GB/T 20257.3 的有关规定。

**7.1.8** 已有地形图应先进行验证,根据验证结果视需要进行修测或重测。

**7.1.9** 测绘成果应执行“二级检查、一级验收”制度,检查验收与质量评定工作应符合现行国家标准《测绘成果质量检查与验收》GB/T 24356 的有关规定。

**7.1.10** 资料整理应包括下列内容:

1 任务书或测绘合同、技术要求、原始电子地形图、控制资料、相片、仪器的检验校准记录等资料;

2 技术设计书、技术总结、外业原始数据、电子手簿、平差计算资料、控制点成果、点之记、水位控制成果、地形图、水深图、专项测量成果、验收报告书及工程项目产生的其他相应电子文件等资料。

## 7.2 平面控制测量

**7.2.1** 平面控制宜在国家等级控制网内建立加密网,可采用四等或五等作为测区首级平面控制。

**7.2.2** 平面控制网的坐标系统应采用统一的高斯-克吕格投影平面直角坐标系,投影分带应符合表 7.2.2 的规定。



表 7.2.2 投影分带

测图比例尺	投影分带
1 : 500~1 : 5000	1.5°、3°
1 : 10000~1 : 50000	3°、6°

注:对 1 : 500 地形测图及海上风力发电场测量,测区距投影带中央子午线的距离大于 45km 时,可采用任意带投影。

7.2.3 平面控制测量宜采用全球导航定位系统(GNSS)测量方法,亦可采用光电测距导线测量方法。

7.2.4 全球导航定位系统(GNSS)控制网精度要求及相邻点平均间距应符合表 7.2.4 的规定。

表 7.2.4 全球导航定位系统(GNSS)控制网精度要求及相邻点平均间距

等级	相邻点平均边长 (km)	固定误差 $a$ (mm)	比例误差 $b$ (ppm)	最弱相邻点边长 相对中误差
四等	2.0~4.0	≤10	≤10	1/40000
五等	0.5~2.0	≤10	≤20	1/20000

注: $a$ 、 $b$  应按仪器标称精度取值。

7.2.5 采用全球导航定位系统(GNSS)实施五等控制测量时,可采用实时载波相位差分(RTK)测量;已建立连续运行参考站(CORS)网的地区,宜采用连续运行参考站(CORS)进行实时载波相位差分(RTK)测量。实时载波相位差分(RTK)测量的主要技术要求应符合表 7.2.5 的要求。

表 7.2.5 实时载波相位差分(RTK)测量主要技术要求

等级	点位中误差 (cm)	边长相对中 误差	与基准站的 距离(km)	观测次数	起算点等级
五等	≤5	1/20000	≤5	≥4	四等及以上

注:采用连续运行参考站(CORS)进行实时载波相位差分(RTK)测量时,应在连续运行参考站(CORS)网有效服务范围内,流动站与基准站的距离可不受 5km 约束。

7.2.6 四等、五等导线测量的主要技术要求应符合表 7.2.6 的规定。

表 7.2.6 四等、五等导线测量的主要技术要求

等级	导线长度 (km)	平均边长 (km)	测角中误差 (")	测距中误差 (mm)	测距相对中误差	水平角测回数		方位角闭合差 (")	导线全长相对闭合差	最弱相邻点边长相对中误差
						1"级仪器	2"级仪器			
四等	20.0	1.5	2.5	20	1/80000	4	6	$5\sqrt{n}$	$\leq 1/40000$	$\leq 1/40000$
五等	8.0	1.0	5	30	1/40000	—	3	$10\sqrt{n}$	$\leq 1/20000$	$\leq 1/20000$

注:1 表中  $n$  为导线转折角数;

2 导线网中,高级点与结点、结点与结点之间的导线段长度,不应大于表 7.2.6 相应等级规定长度的 0.7 倍。

7.2.7 平面控制测量所使用的仪器设备及检校要求、观测方法、观测限差、数据处理应符合现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 中的有关规定。

### 7.3 高程控制测量

7.3.1 高程控制基础宜采用国家等级点,建立四等或五等高程控制网作为测区首级高程控制。各等级高程控制宜采用水准测量,或电磁波测距三角高程测量,五等可采用 GNSS 高程测量。

7.3.2 首级高程控制网的等级应根据工程规模、控制网的用途和精度要求选择。首级网应布设成环形网,加密网宜布设成附合路线或结点网。验潮站主要水准点应纳入首级网。

7.3.3 高程控制点的间距应为 1000m~3000m,一个测区不应少于 3 个高程控制点。

7.3.4 水准测量的主要技术要求应符合表 7.3.4 的规定。

表 7.3.4 水准测量的主要技术要求

等级	路线长度 (km)	每千米高差 全中误差 (mm)	检测已测测段 高差之差 (mm)	附和路线或环线闭合差	
				平地(mm)	山地(mm)
四等	≤100	10	$30\sqrt{R}$	$20\sqrt{L}$	$6\sqrt{n}$
五等	≤45	15	$40\sqrt{R}$	$30\sqrt{L}$	$10\sqrt{n}$

注:1 结点之间或结点与高级点之间,其路线的长度,不应大于表中规定的 0.7 倍;

2  $R$  为检测测段的长度,单位为 km; $L$  为附和路线或环线长度,单位为 km; $n$  为测站数; $R$  小于 1km 时按 1km 计算;

3 当每千米水准测量单程测站数  $n > 16$  时,高差不符值可按站数计算。

**7.3.5** 四等水准测量所使用的仪器设备及检校要求、观测方法、观测限差、数据处理应符合现行国家标准《国家三、四等水准测量规范》GB/T 12898 的有关规定。

**7.3.6** 五等水准观测的视距长度、前后视距差、视线高度的要求应符合表 7.3.6 的规定。

表 7.3.6 五等水准观测的视距长度、前后视距差、视线高度的要求(m)

仪器类型	最大视距 长度	前后视 距差	测站前后 视距累积差	视线高度	重复测量 次数
光学水准仪(DS3)	150	≤20.0	≤100.0	三丝能读数	—
数字水准仪(DSZ3)	100	≤20.0	≤100.0	能读数	≥2 次

**7.3.7** 五等水准测量每一测站观测限差应不超过表 7.3.7 的规定。

表 7.3.7 五等水准测量每一测站观测限差(mm)

等级	观测方法	黑红面或两次 读数之差	黑红面或两次 观测所测 高差之差	左右路线 转点差	检测间歇点 高差之差
五	中丝读数法	4.0	6.0	6.0	6.0

7.3.8 四等、五等电磁波测距三角高程测量宜与平面控制测量结合布设并同时施测；可单独布设成附和闭合高程导线，亦可单独布设成附和闭合高程导线网。

7.3.9 电磁波测距三角高程测量的主要技术要求应符合表 7.3.9 的规定。

表 7.3.9 电磁波测距三角高程测量的主要技术要求

等级	每千米高差全中误差 (mm)	边长 (km)	观测次数	对向观测高差较差 (mm)	附和或环形闭合差 (mm)
四等	10	$\leq 1.0$	对向观测	$40\sqrt{D}$	$20\sqrt{[D]}$
五等	15	$\leq 1.0$	对向观测	$60\sqrt{D}$	$30\sqrt{[D]}$

注：1  $D$  为电磁波测距边长度，单位为 km；

2 电磁波测距三角高程测量线路长度不应超过表 7.3.4 中相应等级水准的路线长度。

7.3.10 全球导航定位系统 (GNSS) 高程测量精度等级为五等，五等全球导航定位系统 (GNSS) 高程测量主要技术要求应符合表 7.3.10 的规定。

表 7.3.10 五等全球导航定位系统 (GNSS) 高程测量主要的技术要求

大地高中误差 (cm)	与基准站的距离 (km)	观测次数	起算点等级
$\leq 3.0$	$\leq 5.0$	$\geq 2$	四等及以上水准点

注：1 大地高中误差应由控制点大地高相对于最近基准站的差值计算而得；

2 采用连续运行参考站 (CORS) 进行实时载波相位差分 (RTK) 测量时，应在连续运行参考站 (CORS) 网有效服务范围内，流动站与基准站的距离可不受 5km 约束。

7.3.11 GNSS 拟合高程计算应符合下列规定：

- 1 充分利用当地的重力大地水准面模型或资料；
- 2 对联测的已知高程点进行可靠性检验，并剔除不合格点；
- 3 对于地形平坦的小测区，可采用平面拟合模型；对于地形

起伏较大的大面积测区,宜采用曲面拟合模型;

- 4 拟合高程点不宜超出已知点所覆盖的范围;
- 5 对 GNSS 点的拟合高程成果,应进行检验。

## 7.4 水位控制和地形测量

7.4.1 水位控制应符合下列规定:

1 水位控制宜利用已有验潮站水位资料;新设的验潮站水位观测可采用水尺、自计水位仪、遥报水位仪,海上定点验潮站可采用定点测深的方式。

2 长期验潮站应有 2 年以上连续观测的水位资料;短期验潮站应有 30d 以上连续观测的水位资料;临时验潮站应有 15d 以上连续观测的水位资料;在半月潮海区、特殊困难情况下,临时验潮站可选在大潮期间实施同步观测水位 3d。水位观测的采样时间间隔宜为 5min。

3 测区新设的短期和临时验潮站应与邻近长期验潮站构成水位控制站组或验潮站网,验潮站的密度应能控制整个测区的水位变化,应满足潮汐性质基本相同、相邻验潮站之间最大潮高差不大于 1m、最大潮时差不大于 2h 的条件。

4 每个短期验潮站、临时验潮站应埋设主要水准点和工作水准点标志各 1 个。工作水准点应设在验潮设备附近,验潮站主要水准点应联入测区首级高程控制网,或与国家水准网点联测四等水准。

5 短期验潮站和临时验潮站多年平均海面应根据本站与邻近高级别验潮站的水准数据或同步平均海面数据采用传递方法确定。

7.4.2 海岸地形测量应符合下列规定:

1 图根控制可采用导线测量、实时载波相位差分(RTK)测量等方法。

- 2 图根导线宜布设成附合导线、闭合导线或结点网等形式。

相同等级导线的边长应均匀,同一测站各方向边长之比不应小于 1:3。

3 当采用实时载波相位差分(RTK)测量图根点时,与基准站的距离应在 5km 范围内;使用连续运行参考站(CORS)测量,在连续运行参考站(CORS)网有效服务范围内时可不受流动站到基准站距离的限制。

4 海岸地形测量基本精度应符合表 7.4.2 的规定。

表 7.4.2 海岸地形测量基本精度

点位中误差(mm)		高程中误差(m)	
重要地物	次要地物及地形点	重点地区	一般地区
图上 0.6	图上 0.8	$h/3$	$h/2$

注: $h$  为等高距。

5 海岸地形测量数据采集宜采用全站仪、实时载波相位差分(RTK);亦可采用激光扫描、摄影测量等方法。

7.4.3 海底地形测量应符合下列规定:

1 测深定位点点位中误差限值应符合表 7.4.3-1 的规定。

表 7.4.3-1 测深定位点点位中误差限值

测图比例尺	定位点点位中误差限值(mm)
$<1:5000$	图上 0.5
$1:1000\sim 1:5000$	图上 1.0
$\geq 1:500$	图上 2.0

2 水深测量的深度中误差限值应符合表 7.4.3-2 的规定。

表 7.4.3-2 水深测量的深度中误差限值(m)

水深范围	$H\leq 20$	$H>20$
深度中误差限值	0.2	$0.01H$

注: $H$  为水深值。

3 海底地形测量平面定位可采用实时载波相位差分(RTK)、实时伪距差分或星站差分、水声定位系统、后处理差分定位技术

(PPK)等方法。

4 水深测量可采用单波束或多波束测深仪。单波束测深仪测深时,主测深线方向宜垂直于等深线总方向,测深线间隔宜为图上1cm~2cm。多波束测深仪测深时,测深线应平行等深线的总方向,应保证相邻测线间有10%的重叠。

5 单波束检查线长度不应小于主测深线总长度的5%,测深检查线宜垂直于主测深线;多波束测深检查线测量应使用中央波束数据,检查线总长度不应小于总测线长度的1%。

6 单波束测点间距宜为图上1cm,海底地形变化显著地段应适当加密。

7 潮间带测量可采用行船水深测量、实时载波相位差分(RTK)测量,或用激光扫描、摄影测量结合潮位观测方法。

#### 7.4.4 地形图和水深图编绘应满足下列要求:

1 地形图和水深图编绘时图形文件中地形图数据要素应分层表示;

2 海岸地形和地貌相邻图拼接的最大误差不应大于本标准表7.4.2规定的点位中误差和高程中误差的 $2\sqrt{2}$ 倍;海底地形相邻图拼接的测深定位点点位最大误差不应大于本标准表7.4.3-1规定限值的 $2\sqrt{2}$ 倍,水深相邻图拼接的深度最大误差不应大于本标准表7.4.3-2规定限值的 $2\sqrt{2}$ 倍;

3 编绘地形图时各要素的综合取舍应根据比例尺、性质和用途等特点确定,应保留境界、城镇、地名、标准水深线、水边线、碍航礁石标注、航标、信号台、方向、方位和参照物等基本要素,其他内容可根据需要综合取舍。

## 8 工程物探

### 8.1 一般规定

**8.1.1** 海上风力发电场工程物探应根据探测目的、任务要求、海况、地质条件、地球物理特征选用侧扫声纳法、多波束法、电磁感应法、海洋磁法、水域地层剖面法、水域多道地震勘探法和测井等方法,宜采用多种物探方法综合探测;海上风力发电场工程物探方法宜按本标准附录 M 的规定选用。

**8.1.2** 物探工作宜按接收任务、搜集资料、现场踏勘、编制技术方案、试验探测、探测、资料检查与评价、数据处理、资料解释与制图、成果报告编写与校审、成果提交与归档的程序进行。

**8.1.3** 物探技术方案应根据项目合同和物探任务要求,在搜集和分析相关资料的基础上,结合现场实际情况编制。物探技术方案主要内容应包括目的的任务、工作量及范围、地质概况及地球物理特征、物探方法与技术、导航定位、测网和测线布置、人员与设备及勘探船配置、工期与进度安排、预期成果、安全预防保障措施。

**8.1.4** 物探仪器设备技术指标应满足探测项目的要求,应在检定、校准有效期内,并处于正常工作状态。

**8.1.5** 现场探测前,应进行试验探测;试验探测成果可作为生产成果的一部分。

**8.1.6** 侧扫声纳法、多波束法、海洋磁法、水域地层剖面法、水域多道地震勘探法应采用走航式连续探测方式,并应符合下列规定:

1 当水下拖曳探头距勘探船较远时,宜采用超短基线水下声学定位系统;现场开始工作前应对定位系统进行安装姿态校正;

2 勘探船应沿测线延伸线提前上线、推迟下线;有拖体情况



下,延伸线长度不应少于 2 倍拖缆长度;磁法探测时,拖曳电缆长度应大于 3 倍勘探船长度;

3 工作航速不宜大于 5kn,施测过程中不应停车或倒车;

4 勘探船航向应保持稳定,航迹与设计测线偏离距不应大于 10m;

5 采用多种方法综合探测时,同一测线应采用统一的桩号。

**8.1.7** 物探记录内容应准确、齐全,不得涂改。现场技术人员应对全部观测资料进行自检。发现不合格记录,应分析原因,做好记录,进行补测或重测。专业技术负责人应组织人员对现场观测资料进行检查和评价,抽查率应大于 30%。

**8.1.8** 数据处理、资料解释和成果报告应符合下列规定:

1 数据处理和解释软件应为有效软件;现场数据应及时整理和初步解释;

2 物探资料的解释应充分结合物探工作范围内的地质、设计和测量等资料,应遵循从已知到未知、先易后难、由点到面、点面结合的原则;

3 物探成果报告内容宜包括概述、地质条件及地球物理特征、探测方法与技术、质量控制、资料处理、成果分析、结论与建议、附图与附表,物探成果图件应包括物探测线位置平面图、物探成果图、物探成果地质解释图等。

## 8.2 水下障碍物探测

**8.2.1** 现场探测前应调研探测海域水下障碍物的情况,宜采用侧扫声纳法和水域地层剖面法进行普查。根据普查结果,对存在疑似障碍物的海域宜采用侧扫声纳法或多波束法进行三个以上不同方向的探测,并采用水域地层剖面法加密测线进行探测,再采用海洋磁法查明障碍物规模、埋置状况和物性。

**8.2.2** 侧扫声纳法应根据测线间距选择合理的声纳扫描量程;相邻测线扫描应重叠 50%。多波束法测量时,相邻主测线应重叠

20%。根据现场声纳图像初步判断存在目标障碍物时,应在其周围布设不同方向的补充测线做进一步探测。

**8.2.3 海洋磁法和水域地层剖面法主测线宜垂直目标障碍物的延伸方向,初步分析发现目标障碍物时,应布设补充测线做进一步探测。**

**8.2.4 资料整理和解释应符合下列规定:**

**1 侧扫声纳法采集的资料应进行水深和图像比例失调校正、噪声的识别和滤除、图像镶嵌拼接,绘制声纳图像镶嵌图;**

**2 多波束法采集的资料应对定位数据中的突变点、罗经数据中的航向异常变化和姿态传感器数据中的船姿跃变等进行编辑、改正处理;根据坡度、深度、信噪比等对深度数据进行滤波处理;水深应进行水位校正;绘制微地貌图,结合其他资料对微地貌特征进行解释;**

**3 海洋磁法采集的资料应进行磁场强度值校正,并计算磁异常,绘制磁异常剖面图,根据需要绘制磁异常等值线图;**

**4 水域地层剖面法采集的资料应进行坏道剔除、涌浪滤波、频率滤波、多次波压制、增益控制、动平衡、时深转换等处理,形成可供资料解释的成果剖面数据,绘制地层剖面图;**

**5 应结合水下地形地貌、地质和其他资料,对物探资料进行综合分析和解释,确定水下障碍物的物性、位置、形状、大小和分布范围;**

**6 成果图件应主要包括航迹图、海底面状况图、障碍物平面分布图。**

### **8.3 水下管线探测**

**8.3.1 水下管线探测的物探方法选择除应符合本标准第 8.2.1 条的规定外,对于可能存在光缆或电缆时,还应进一步采用电磁感应法进行探测。**

**8.3.2 水域地层剖面法和海洋磁法宜垂直目标管线的延伸方向,**

初步分析发现目标管线时,应布设补充测线做进一步探测。

**8.3.3** 侧扫声纳法测线宜平行管线走向。应根据测线间距选择合理的声纳扫描量程,相邻测线扫描应重叠 50%。多波束法测量时,相邻主测线应重叠 20%。根据现场声纳图像初步判断存在目标管线时,应在其周围布设不同方向的补充测线做进一步探测。

**8.3.4** 电磁感应法应符合下列规定:

1 电缆、光缆走向不明时测线宜采用网格状布置;初步了解电缆、光缆的走向后,测线宜垂直电缆、光缆走向布置;

2 当探测感应信号较弱时,宜采用水下天线并靠近目标电缆探测。

**8.3.5** 资料整理和解释应符合下列规定:

1 侧扫声纳法、多波束法、海洋磁法和水域地层剖面法资料整理和解释应符合本标准第 8.2.4 条第 1 款~第 4 款的要求;

2 电磁感应法应分析背景信号、噪声和有效信号特征,确定电缆、光缆异常点;

3 应对探测资料进行分析和解释,结合收集调查的资料,综合确定水下管线的位置、走向和埋深;

4 成果图件应主要包括航迹图、水下管线平面分布图和埋深剖面图。

## **8.4 海底微地貌及地质结构探测**

**8.4.1** 海底微地貌宜采用侧扫声纳法和多波束法探测。侧扫声纳法探测时,相邻测线扫描应重叠 50%;多波束法测量时,相邻主测线应重叠 20%。

**8.4.2** 采用水域地层剖面法探测地质结构应符合下列规定:

1 进行地层探测时,主测线宜与地质勘探线或其他物探方法的测线重合;进行地质构造探测时,主测线宜垂直于地质构造走向,联络测线宜垂直于主测线;

2 探测海底以下 30m 深度内的地层分布特征和不良地质作

用宜采用浅地层剖面探测法,地层分辨率不宜大于 0.3m;探测海底以下 200m 深度内的地层分布特征和不良地质作用宜采用中地层剖面探测法,地层分辨率不宜大于 1m;

3 拖曳式声源和水听器阵应拖曳于船尾涡流区外,且平行列置;

4 目标层反射波宜位于观测时窗中部;对现场记录剖面图像初步分析发现可疑目标时,宜布设补充测线进一步探测。

**8.4.3** 采用水域多道地震勘探法探测地质结构应符合下列规定:

1 测线布置应符合本标准第 8.4.2 条第 1 款的要求;

2 数据采集应采用多次覆盖,排列长度、道间距、偏移距、炮点距或激发时间间隔、激发能量、震源及接收沉放深度、采样间隔、记录时间长度等采集参数应根据试验结果和任务要求确定;

3 地震电缆接收道数不宜少于 24 道;不正常工作道数应少于 3 道,测线空废炮率应低于 5%,连续空废炮不应超过 4 炮;

4 电缆尾标偏离测线不应大于  $15^{\circ}$ 。

**8.4.4** 钻孔内岩土纵波速度测试宜选择单孔声波或地震测井;钻孔剪切波速度测试可选择单孔地震法;钻孔地层电阻率测试宜选择梯度电极系法或横向电测深法,测点距宜为 1m~2m,层位变化处宜加密;钻孔地层观察宜选择钻孔全景数字成像。

**8.4.5** 资料整理和解释应符合下列规定:

1 侧扫声纳法采集的资料应进行噪声的识别和滤除、图像镶嵌拼接,并结合其他资料对微地貌特征进行解释;

2 多波束法采集的资料整理和解释应符合本标准 8.2.4 条第 2 款的规定;

3 水域地层剖面法采集的资料整理应符合本标准第 8.2.4 条第 4 款的规定;

4 水域多道地震勘探法采集的资料整理宜主要包括滤波与振幅补偿、多次波压制、速度分析、动校正和叠加、叠后偏移归位和时深转换,并应绘制时间剖面图和深度剖面图,形成可供地震勘探

资料解释的成果剖面；

5 采用水域地层剖面法和水域多道地震勘探法进行地质结构探测时,应结合地质资料,分析反射波时间剖面中波形和振幅突变、同相轴连续性、反射波组的间距,以及波组的错断、分叉、合并、尖灭现象,解释海底地层结构、地质构造、不良地质作用；

6 宜采用钻孔内岩体弹性纵波速度划分岩体风化带,评价岩体完整性;宜根据钻孔土层剪切波测试结果按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 确定场地覆盖层厚度；

7 宜根据井径、井液电阻率等影响因素,对测试的电阻率值进行校正;结合地质资料,对电阻率曲线进行综合分析,确定地层电阻率；

8 探测成果图件应主要包括测线平面布置图、航迹图、海底底质类型分布平面图、海底微地貌图、时间剖面图、地层剖面地质解释图、地震剖面地质解释图、综合地层剖面图和钻孔测井成果图。

## 9 工程钻探

### 9.1 一般规定

9.1.1 钻探作业前,应收集工程勘察区域的气象、水文、地形、地质、航运及障碍物分布等基础资料,并应根据钻孔任务书要求进行技术与安全交底。

9.1.2 浓雾或风力大于5级时,海上勘探平台严禁抛锚、起锚、移位作业,交通船舶严禁靠近勘探平台接送作业人员;6级以上大风或浪高3.0m以上的恶劣天气时,严禁进行钻探作业。

### 9.2 钻探设备及机具选择

9.2.1 海上钻探设备及机具选择应根据作业海域海况和钻孔技术要求等确定。

9.2.2 根据海上钻探作业特点,当选用漂浮式平台时,宜选择具有波浪补偿功能的钻机和隔水套管。

9.2.3 勘探作业平台载重安全系数应大于5,钻探作业所需的钻场面积不宜小于 $50\text{m}^2$ 。

9.2.4 勘探作业平台应搭建牢固、布置合理,并设置安全防护措施。

### 9.3 钻探方法

9.3.1 勘探作业平台抛锚定位锚型、锚缆和系缆长度应按作业海域海况和海底底质选择。抛锚定位作业应选择能见度好,风浪小的时间段。

9.3.2 钻孔孔身结构应根据钻孔任务书要求确定,并应采取护孔技术措施。

9.3.3 孔口管规格和长度应根据水深、潮差、浪高及钻孔技术要求等因素确定；采用伸缩套管作导向套管时，其长度应满足最大潮差与波浪起伏要求。

9.3.4 孔口管安装应选在风浪小的时段，其轴线应与钻机立轴、天车保持在同一垂线。

9.3.5 钻进方法和钻进工艺应根据钻探作业区域海况、地层特性和钻孔技术要求等确定。钻进回次进尺不应大于2m。

9.3.6 钻孔冲洗液和护壁堵漏材料应根据钻孔技术要求、地层、钻进方法、设备条件和环境保护要求进行选择。当采用泥浆护壁钻进工艺时，泥浆性能应根据地层和海水特性调整。

9.3.7 钻孔孔内原位试验宜在固定式勘探平台上进行；当在漂浮式勘探平台进行孔内原位试验时，应保持平台稳定，并采用多重套管。

#### 9.4 取样要求和方法

9.4.1 岩芯采取率应根据钻孔技术要求、岩土层性质确定，应符合表 9.4.1 的规定。

表 9.4.1 岩芯采取率

岩土层	岩芯采取率(%)
黏土层	≥90
粉土层	≥85
砂土层	≥70
碎石土层	≥70
破碎岩层	≥70
完整岩层	≥90

9.4.2 试样采取应根据土层特性和土试样质量等级确定，土试样质量等级划分应符合表 9.4.2 的规定。取土器及取土方法应按本标准附录 N 的规定选择。

表 9.4.2 土试样质量等级划分

等级	扰动程度	试验内容
I	不扰动	土类定名、含水率、密度、力学性质试验
II	轻微扰动	土类定名、含水率、密度
III	显著扰动	土类定名、含水率
IV	完全扰动	土类定名

9.4.3 海底底质采样应在孔口管安装前进行。底质采样可分为表层采样和柱状采样。表层采样可采用蚌式采样器或箱式采样器；柱状采样可使用重力采样器或振动采样器。柱状样直径不宜小于 65mm，黏性土柱状样长度不宜小于 2m；砂性土柱状样长度不宜小于 0.5m；表层底质采样量不宜少于 1kg。

9.4.4 土试样标识应清晰、详实，对 I、II、III 级试样应妥善封存；I、II 级试样运输过程中应避免振动；对易于振动液化和水分离析的土试样，宜在现场土工试验室进行试验。

## 9.5 钻探编录

9.5.1 钻探编录应及时、清晰、详实。记录应按钻进回次逐段填写，不得事后追记。

9.5.2 记录内容应包括钻探作业海域海况、设备类型、套管规格和长度、钻孔护壁和堵漏、钻进和取样、孔内异常和处理情况等。

9.5.3 钻孔终孔后，应进行钻孔验收和质量评定。



## 10 岩土试验与测试

### 10.1 一般规定

**10.1.1** 岩土试验与原位测试的项目和方法应根据岩土性质、设计需求和试验方法的适用性确定,海上风力发电场土的试验方法及适用条件应符合本标准附录 P 的规定。

**10.1.2** 岩土试验仪器和原位测试设备检定和校准应符合现行国家标准《岩土工程仪器基本参数及通用技术条件》GB/T 15406 的有关规定。

**10.1.3** 试验样品的制备和饱和、具体操作方法应符合现行国家标准《土工试验方法标准》GB/T 50123、《工程岩体试验方法标准》GB/T 50266 的有关规定。试验样品质量及数量应满足试验项目的要求。原位测试的试点应有代表性。

**10.1.4** 土的分类应符合本标准附录 D 的规定。

**10.1.5** 试验成果应真实、准确。试验资料整理时,应考虑仪器设备、试验条件、试验方法对试验成果的影响;对试验资料中不合理的数,应分析原因,对可疑数据进行取舍或改正;舍弃或改正试验数据后,应重新计算整理、检查和分析,经确定无误后方可采用。

**10.1.6** 试验报告的内容应主要包括工程概况、试验依据和标准、试验方法、试验项目、试验条件、试验成果,以及使用试验成果时应注意的问题。

### 10.2 室内试验

**10.2.1** 土的物理性质试验应符合下列规定:

1 土的物理性质指标应主要包括含水率、密度、液限、塑限、土粒比重、颗粒级配、砂的相对密度、导热系数。

2 含水率试验应对两个试样平行测定,非均质土应采用3个以上试样测定。试验时宜采用烘干法,温度控制在 $105^{\circ}\text{C}\sim 110^{\circ}\text{C}$ ;对含有机质的土,烘干温度应控制在 $65^{\circ}\text{C}\sim 70^{\circ}\text{C}$ 。

3 土的密度试验宜采用环刀法,无法用环刀制备试样时,可用蜡封法。均质土密度值应取同一组2块试样平均值,非均质土密度值应取同一组3块以上试样平均值。

4 液限含水率可采用76g瓦氏圆锥仪法测量,取落锥下沉深度为10mm或17mm的试样含水率,液限含水率、塑限含水率可采用联合法测定,塑限含水率也可采用搓条法测定。

5 土粒的比重宜采用比重瓶法、浮称法、虹吸筒法试验测定。

6 颗粒分析试验可采用筛析法、密度计法、移液管法。

7 导热系数宜采用稳定态比较法测定。

#### 10.2.2 土的力学性质试验应符合下列规定:

1 土的力学性质指标应主要包括压缩系数、压缩模量、压缩指数、回弹指数、固结系数、先期固结压力、抗剪强度指标、 $\epsilon_{50}$ 、渗透系数、动阻尼比、动弹性模量。

2 压缩系数、压缩模量、压缩指数、回弹指数、固结系数、先期固结压力应采用标准固结试验测定,试验的最大固结压力应大于土的自重压力与附加压力之和。

3 抗剪强度指标宜采用三轴压缩试验测定。正常固结和超固结黏性土的不固结不排水强度亦可采用直接快剪试验测定,固结不排水强度指标可采用直剪固结快剪试验测定,粉土、砂性土的固结排水强度指标可采用直剪慢剪试验测定。

4  $\epsilon_{50}$ 值应采用三轴不固结不排水试验测定,应取各级围压下最大主应力差50%时应变的平均值。

5 砂土的渗透系数宜采用常水头渗透试验测定,粉土和黏土的渗透系数宜采用变水头渗透试验测定。

6 当轴向应变范围为 $10^{-6}\sim 10^{-1}$ 时,动强度、动弹性模量和阻尼比可采用动三轴试验、动单剪试验测定。当轴向应变范围为

$10^{-6} \sim 10^{-4}$ 时,动弹性模量和阻尼比宜采用共振柱试验测定。

### 10.2.3 岩石试验应符合下列规定:

1 岩石物理力学指标应主要包括含水率、块体密度、单轴抗压强度、声波速度、弹性模量、变形模量、泊松比;

2 含水率试验应采用烘干法,烘干时应在  $105^{\circ}\text{C} \sim 110^{\circ}\text{C}$  的恒温下烘 24h,对于含有结晶水易逸出矿物的岩石,宜在  $55^{\circ}\text{C} \sim 65^{\circ}\text{C}$  的恒温下烘干 24h,或在常温下采用真空抽气干燥方法;

3 块体密度试验可采用水中称量法、量积法和蜡封法;

4 单轴抗压强度应根据工程需要和岩体性质选择在天然含水状态、烘干状态、饱和状态下测定,计算软化系数时,应分别测定干燥和饱和状态下的强度;

5 当无法采取规则试样进行单轴抗压强度试验时,可采用点荷载试验成果换算;

6 弹性模量、变形模量、泊松比可采用单轴压缩变形试验测定。

## 10.3 原位测试

10.3.1 静力触探试验可根据作业区域海水深度选用平台式和海床式。十字板剪切试验、圆锥形动力触探试验、标准贯入试验、旁压试验、扁铲侧胀试验宜在固定式平台上进行。在漂浮式平台试验时,应保持平台的稳定。

10.3.2 静力触探试验适用于黏性土、粉土、砂土和含少量碎石的土。静力触探试验宜采用带孔隙水压力量测和倾斜度量测的四桥探头,亦可采用双桥探头。静力触探试验应符合下列规定:

1 探头圆锥锥底截面积应采用  $10\text{cm}^2$  或  $15\text{cm}^2$ ,探头侧壁面积应采用  $150\text{cm}^2 \sim 300\text{cm}^2$ ,锥尖锥角应为  $60^{\circ}$ ;

2 探头应匀速垂直压入土中,贯入速率应取  $2\text{cm/s} \pm 0.5\text{cm/s}$ ;

3 贯入深度超过 30m,或穿过厚层软弱土后再贯入硬土层时,应采取防止孔斜或断杆;

4 带孔压测试的探头在贯入前应保持探头饱和,且在试验过程中不得上提探头或松动探杆;

5 在预定深度进行孔压消散试验时,应量测停止贯入后不同时间的孔压值,其计时间隔由密而疏合理控制;

6 双桥探头静力触探试验应绘制  $q_c - z$  曲线、 $f_s - z$  曲线;四桥探头静力触探试验尚应绘制  $u_t - z$  曲线、 $u_t - \lg t$  曲线和  $\alpha - z$  曲线。

**10.3.3** 十字板剪切试验适用于测定软塑~流塑状态黏性土的不排水抗剪强度和灵敏度。十字板剪切试验应符合下列规定:

1 均质土中的试验点竖向间距宜取 1m;非均质或夹薄层粉细砂的黏性土,宜结合静力触探成果,选择黏性土层中进行试验;

2 十字板板头形状宜为矩形,径高比 1:2,板厚宜为 2mm~3mm;

3 十字板头插入钻孔底的深度不应小于钻孔或套管直径的 3 倍~5 倍;

4 十字板插入至试验深度后,试验前应至少静止 2min~3min;

5 扭转剪切速率宜采用  $(1^\circ \sim 2^\circ)/10s$ ,并应在测得峰值强度后继续测记 1min;

6 在峰值强度或稳定值测试结束后,探杆顺扭转方向连续转动 6 圈后,测定重塑土的不排水抗剪强度;

7 十字板剪切试验成果应包括各测点原状土和重塑土的不排水抗剪强度和灵敏度值及其随深度的变化曲线。

**10.3.4** 海上圆锥动力触探试验宜采用重型或超重型,重型适用于砂土、中密以下的碎石土和极软岩;超重型适用于密实的碎石土、软岩。海上圆锥动力触探试验应符合下列规定:

1 锤击贯入应连续进行;同时防止锤击偏心、探杆倾斜和侧向晃动,探杆最大偏斜度不应超过 2%;水上试验,导向杆与探杆晃动及锤击偏心时,应停止试验;

2 锤击速率宜为 15 击/min~30 击/min;

3 贯入深度 0~10m 时每贯入 1m,宜将探杆转动一圈半;贯入深度超过 10m 时每贯入 20cm,宜将探杆转动一圈半;

4 对重型动力触探,当连续三次  $N_{63.5} > 50$  击时,可停止试验或改用超重型动力触探;

5 试验成果应绘制单孔锤击数与贯入深度关系曲线、计算单孔分层贯入指标平均值、各孔分层的贯入指标平均值。计算单孔分层贯入指标平均值时,应剔除临界深度以内的数值、超前和滞后影响范围内的异常值。根据各孔分层的贯入指标平均值,应采用厚度加权平均法计算场地分层贯入指标平均值和变异系数。

**10.3.5** 标准贯入试验适用于砂土、粉土和一般黏土。标准贯入试验应符合下列规定:

1 试验孔宜采用回转钻进,并保持孔壁稳定,孔底的废土厚度不应大于 5cm;贯入器不得冲击孔底;

2 锤击时应减小导向杆与锤间的摩阻力,避免偏心和晃动,保持贯入器、钻杆、导向杆连接后的垂直度,锤击速率应小于 30 击/min;

3 贯入器打入土中 15cm 后,开始记录每打入 10cm 的锤击数,累计打入 30cm 的锤击数为标准贯入实测锤击数( $N$ );

4 标准贯入实测锤击数( $N$ )可直接标在工程地质剖面图上,也可绘制单孔标准贯入锤击数( $N$ )与深度的关系曲线。统计分层标准贯入锤击数平均值时,应剔除异常值。

**10.3.6** 旁压试验适用于黏性土、粉土、砂土、碎石土、极软岩等。旁压试验应符合下列规定:

1 旁压试验应在有代表性的位置和深度进行,旁压器的量测腔应在同一土层内;试验孔与已有钻孔的水平距离不宜小于 1m,试验点的竖向间距不宜小于 1m;

2 预钻式旁压试验应保证成孔质量,防止孔壁坍塌,钻孔直径与旁压器直径应匹配;

3 加荷等级可采用预期临塑压力的  $1/5 \sim 1/7$ , 初始阶段加荷等级可取小值; 亦可作卸荷再加荷试验, 测定再加荷旁压模量;

4 每级压力应维持 1min 或 2min 后再施加下一级压力, 维持 1min 时, 加荷后 15s、30s、60s 测读变形量, 维持 2min 时, 加荷后 15s、30s、60s、120s 测读变形量;

5 当量测腔的扩张体积相当于量测腔的固有体积时, 或压力达到仪器的容许最大压力时, 应终止试验;

6 对各级压力和相应的扩张体积分别进行约束力和体积的修正后, 应绘制压力与体积曲线, 确定初始压力、临塑压力和极限压力。

**10.3.7 扁铲侧胀试验适用于黏性土、粉土和松散~中密的砂土。扁铲侧胀试验应符合下列规定:**

1 试验时应以静力匀速将探头贯入土中, 贯入速率宜为  $2\text{cm/s}$ ; 试验点竖向间距可取  $20\text{cm} \sim 50\text{cm}$ ;

2 探头达到预定深度后, 应匀速加压和减压测定膜片分别膨胀至  $0.05\text{mm}$ 、 $1.10\text{mm}$  和回到  $0.05\text{mm}$  的压力值;

3 应绘制侧胀模量、侧胀水平应力指数、侧胀土性指数、侧胀孔压指数与深度的关系曲线。

## 11 现场检验与监测

### 11.1 一般规定

11.1.1 施工期应对工程地质勘察成果进行现场检验,当与原勘察成果不符时,应提出处理建议,并进行施工勘察。

11.1.2 应对施工期和运营期的现场监测工作提出建议。在施工及运营中应开展岩土监测工作,根据监测成果评估施工和运营的工程安全状态,并完善技术措施。

11.1.3 现场检验与监测应根据工程性质、岩土条件及周边环境复杂程度采用现场观察、试验、量测等方法。开展监测前,应提出监测方案,内容宜主要包括监测目的和要求、监测项目、测点布置、监测仪器与方法、监测精度、监测频次和资料分析。

11.1.4 监测频次应根据项目性质、监测内容和设计要求确定。当监测过程中出现异常情况时,应加密监测频次。

11.1.5 现场检验与监测的记录、数据和图件应保持完整,并按工程要求整理分析后及时报送。现场检验与监测完成后,应对成果进行综合分析评价,提出建议,并提交成果报告。

### 11.2 现场检验

11.2.1 现场检验应主要包括海底面高程、岩土层分布及均匀性、持力层埋深和特性、桩基承载力。

11.2.2 桩基施工前,应采用单波束测深仪或多波束测深仪复核、检验海底面高程,分析海底面高程与设计高程的差异。

11.2.3 桩基工程的检验应符合下列规定:

1 应通过试钻或试打,检验岩土层分布及均匀性、持力层埋深和特性,以及施工机械、施工工艺、施工参数等与地层的适应性;

2 单桩轴向承载力宜采用静载荷试验和高应变动力测试的方法检验。单桩水平承载力宜采用静载荷试验的方法检验。

**11.2.4** 重力式基础持力层宜采用观察、动力触探等方法检验。

**11.2.5** 陆域地基基础检验应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的有关规定。

### 11.3 现场监测

**11.3.1** 监测内容应根据项目特点、工程地质条件、设计要求、施工工法、承压水及环境条件等因素综合确定。主要包括建(构)筑物地基的沉降和水平位移、海底面高程变化、不良地质作用。

**11.3.2** 桩基础、重力式基础的地基在施工期和运营期应进行沉降和水平位移监测。宜采用静力水准仪、测斜仪等方法进行监测。

**11.3.3** 运营期应对基础周边海底高程进行监测,风力发电场建成后 2 年内每年不应少于 1 次,运营期内海床冲刷稳定后可适当延长监测间隔时间。当出现台风等恶劣气象条件或地震、地质灾害情况时,应及时进行监测。

**11.3.4** 海底电缆铺设完成后 1 年内监测不应少于 2 次,5 年内每年不应少于 1 次。后期应视监测情况确定重点监测区域和监测频次。当重大气象、地质灾害发生后,应对海底电缆的铺设状况及时进行监测。

**11.3.5** 当场地及附近存在海底滑坡、活动沙丘沙波等不良地质作用,并对工程的安全或正常使用有影响时,应进行长期监测。海底滑坡、活动沙丘沙波宜采用多波束法、侧扫声纳法进行监测,监测频次应根据海底滑坡、活动沙丘沙波的规模、活动性及对工程的影响程度综合分析确定。

**11.3.6** 当场地及周边存在管线时,应评估工程施工对管线的影响。当风电场施工与管线有交越情况时,应采取针对性措施避免管线受损,并对管线施工期安全进行监测。



## 附录 A 短期测波资料经验频率分析方法

**A.0.1** 有完整一年或者几年的测波资料时,可用全部观测次数不分方向的某一累积频率的波高进行频率分析。将波高以均匀坐标表示,大于和等于某波高的经验频率  $P$  以对数坐标表示时,频率曲线可近似直线外延。观测  $a$  年中最大值频率为  $P_a$  时,其重现期为  $b$  年的频率可按下式计算:

$$P_b = \frac{a}{b} P_a \quad (\text{A.0.1})$$

式中:  $P_b$ ——重现期为  $b$  年的频率(%);

$a$ ——为测波资料年数;

$b$ ——为重现期(年);

$P_a$ —— $a$  年观测资料中最大值的频率(%).

## 附录 B 极限波高计算方法

**B. 0. 1** 规则波在浅水中发生破碎时,破碎波高  $H_b$  与破碎水深  $d_b$  的比值可按图 B. 0. 1 确定,在图 B. 0. 1 上求得不同水深处的破碎波高  $H_b$ ,即为该水深的极限波高。

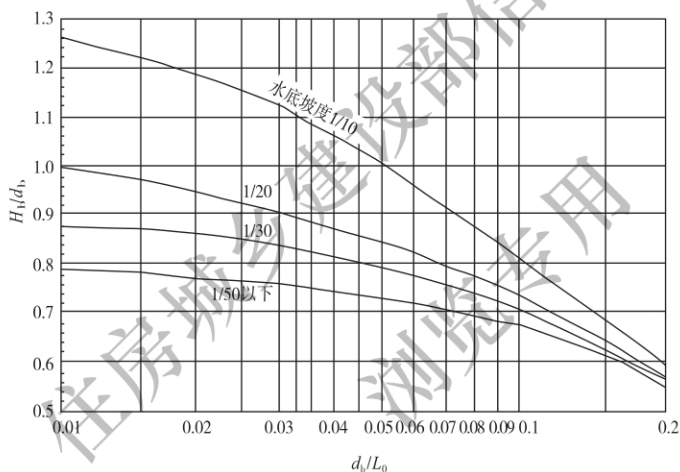


图 B. 0. 1 破碎波高与破碎水深比值

**B. 0. 2** 不规则波列中大于或等于有效波的波浪,其破碎波高与破碎水深的比值可按图 B. 0. 1 所得的破碎波高与破碎水深之比乘以 0. 88 的系数。

**B. 0. 3** 海底坡度不大于 1/200 时,不规则波浪的破碎波高与破碎水深比值的最大值可按表 B. 0. 3 确定。

表 B. 0. 3 缓坡上不规则波破碎波高与破碎水深最大比值  $(H_b/d_b)_{\max}$

海底坡度 $i$	1/500	1/400	1/300	1/200
$(H_b/d_b)_{\max}$	0. 60	0. 61	0. 63	0. 69

## 附录 C 近岸海区内风海流估算方法

**C.0.1** 在海流实测资料不足的情况下,风海流的流速可按下列式估算:

$$V = KV_{10\min} \quad (\text{C.0.1})$$

式中:  $V$ ——风海流的流速(m/s);

$V_{10\min}$ ——平均海面上 10m 处的 10min 平均风速(m/s);

$K$ ——系数,  $K$  取 0.024~0.030。

**C.0.2** 近岸的风海流流向可近似与等深线方向一致。

## 附录 D 土的分类

**D.0.1** 土的分类根据颗粒级配和塑性指数可划分为碎石土、砂土、粉土和黏性土,并应符合下列规定:

1 粒径大于 2mm 的颗粒质量超过总质量 50% 的土,应定名为碎石土。碎石土分类应符合表 D.0.1-1 的规定。

表 D.0.1-1 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 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 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 50%
角砾	棱角形为主	

注:定名时,应根据颗粒级配由大到小以最先符合者确定。

2 粒径大于 2mm 的颗粒质量不超过总质量 50% 的土,粒径大于 0.075mm 的颗粒质量超过总质量 50% 的土,应定名为砂土。砂土分类应符合表 D.0.1-2 的规定。

表 D.0.1-2 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 25%~50%
粗砂	粒径大于 0.5mm 的颗粒质量超过总质量 50%
中砂	粒径大于 0.25mm 的颗粒质量超过总质量 50%
细砂	粒径大于 0.075mm 的颗粒质量超过总质量 85%
粉砂	粒径大于 0.075mm 的颗粒质量超过总质量 50%

注:定名时,应根据颗粒级配由大到小以最先符合者确定。

3 粒径大于 0.075mm 颗粒质量不超过总质量 50% 的土,应根据塑性指数的大小分为粉土及黏性土。粉土及黏性土分类应符合表 D.0.1-3 的规定。

表 D.0.1-3 粉土及黏性土分类

土的名称		颗粒级配	塑性指数 $I_p$
粉土	砂质粉土	粒径 $d > 0.075\text{mm}$ 的颗粒质量不超过总质量 50% 的土, $\rho_c \leq 10\%$	$I_p \leq 10$
	黏质粉土	粒径 $d > 0.075\text{mm}$ 的颗粒质量不超过总质量 50% 的土, $10\% < \rho_c \leq 15\%$	
黏性土	粉质黏土	粒径大于 0.075mm 的颗粒质量不超过总质量 50% 的土, 且塑性指数 $I_p > 10$	$10 < I_p \leq 17$
	黏土		$I_p > 17$

注:1 塑性指数  $I_p$  应由相应于 76g 圆锥仪沉入土中深度为 10mm 时测定的液限计算而得;

2  $\rho_c$  为黏粒含量。

D.0.2 天然孔隙比大于或等于 1.0、天然含水率大于液限且天然含水率大于或等于 36% 的黏性土应定名为淤泥类土。淤泥类土分类应符合表 D.0.2 的规定。

表 D.0.2 淤泥类土分类

土的名称		分类指标		
		天然含水率 $w$	孔隙比 $e$	塑性指数 $I_p$
淤泥质土	淤泥质粉质黏土	$36\% \leq w < 55\%$	$1.0 \leq e < 1.5$	$10 < I_p \leq 17$
	淤泥质黏土			$I_p > 17$
淤泥		$55\% \leq w < 85\%$	$1.5 \leq e < 2.4$	—

注:塑性指数  $I_p$  应由相应于 76g 圆锥仪沉入土中深度为 10mm 时测定的液限计算而得。

D.0.3 有机质类土分类应符合表 D.0.3 的规定。

表 D.0.3 有机质类土分类

分类名称	有机质含量 $W_u$ (%)	现场鉴别特征
有机质土	$5\% \leq W_u \leq 10\%$	深灰色,有光泽,味臭,除腐殖质外尚含少量未完全分解的动植物体,浸水后水面出现气泡,干燥后体积收缩
泥炭质土	$10\% < W_u \leq 60\%$	深灰或黑色,有腥味,能看到未完全分解的植物结构,浸水体胀,易崩解,有植物残渣浮于水中,干缩现象明显
泥炭	$W_u > 60\%$	除有泥炭质土的特征外,结构松散,土质很轻,暗无光泽,干缩现象极为明显

注:1 有机质含量  $W_u$  按均失量试验确定;

2 泥炭质土可根据地区特点和需要按  $W_u$  细分为: $10\% < W_u \leq 25\%$  为弱泥炭质土、 $25\% < W_u \leq 40\%$  为中泥炭质土、 $40\% < W_u \leq 60\%$  为强泥炭质土。

D.0.4 碎石土的密实度可根据圆锥动力触探锤击数按表 D.0.4-1 或表 D.0.4-2 确定。

表 D.0.4-1 碎石土密实度按  $N_{63.5}$  分类

重型动力触探锤击数 $N_{63.5}$	密实度	说明
$N_{63.5} \leq 5$	松散	1. 本表适用于平均粒径等于或小于 50mm,且最大粒径不超过 100mm 的碎石土; 2. 锤击数需按杆长进行修正
$5 < N_{63.5} \leq 10$	稍密	
$10 < N_{63.5} \leq 20$	中密	
$N_{63.5} > 20$	密实	

表 D.0.4-2 碎石土密实度按  $N_{120}$  分类

超重型动力触探锤击数 $N_{120}$	密实度	说明
$N_{120} \leq 3$	松散	1. 本表适用于平均粒径大于 50mm,且最大粒径大于 100mm 的碎石土; 2. 锤击数需按杆长进行修正
$3 < N_{120} \leq 6$	稍密	
$6 < N_{120} \leq 11$	中密	
$11 < N_{120} \leq 14$	密实	
$N_{120} > 14$	很密	

**D.0.5** 砂土密实度分类可根据标准贯入试验锤击数实测值  $N$  按表 D.0.5 确定。

**表 D.0.5 砂土密实度分类**

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

注：标准贯入锤击数  $N$  为实测值

**D.0.6** 粉土密实度分类应根据孔隙比  $e$  按表 D.0.6-1 确定；粉土湿度分类应根据天然含水率  $w$  按表 D.0.6-2 确定。

**表 D.0.6-1 粉土密实度分类**

孔隙比 $e$	密实度
$e < 0.75$	密实
$0.75 \leq e \leq 0.90$	中密
$e > 0.90$	稍密

**表 D.0.6-2 粉土湿度分类**

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

**D.0.7** 黏性土状态分类应根据液性指数  $I_L$  按表 D.0.7 确定。

**表 D.0.7 黏性土状态分类**

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

**D.0.8** 海洋特殊土分类宜按表 D.0.8 确定。

**表 D.0.8 海洋特殊土分类**

海洋特殊土	分类依据
浮泥	天然含水率 $w \geq 150\%$
流泥	$85\% \leq w < 150\%$ , 孔隙比 $e \geq 2.4$
风暴岩	在海洋风暴作用下形成的与周边岩土体性质有明显差异的岩土体, 不同磨圆度的碎屑混杂沉积, 通常呈透镜状、口袋状
贝壳土	贝壳含量大于或等于 20% 的土

**D.0.9** 土的分类也可采用现行国家标准《土的工程分类标准》GB/T 50145 的有关规定确定。



## 附录 E 工程地质勘察报告附图与附件

表 E 工程地质勘察报告附图与附件

序号	附件名称	规划	预可行性研究	可行性研究	招标设计	施工详图设计
1	区域地质构造及地震震中分布图	+	+	+	+	○
2	场区工程地质图	○	√	√	√	○
3	建(构)筑物区基岩地质图、基岩面等高线、持力层等深线图	○	○	+	+	+
4	不良地质作用分布图	+	√	√	√	+
5	海底障碍物分布图	+	√	√	√	+
6	工程地质纵横剖面图	+	√	√	√	+
7	钻孔柱状图	+	√	√	√	+
8	物探成果	+	√	√	√	+
9	电阻率测试成果	○	○	+	√	○
10	岩土试验、原位测试成果	○	√	√	√	+
11	水质分析报告	○	√	√	√	○
12	土体腐蚀性测试报告	○	+	√	√	○
13	地震安全性评价报告	○	+	+	○	○
14	专门性工程地质问题报告*	○	+	+	+	+

注:1 “√”表示应提交;

2 “+”表示视需要而定;

3 “○”表示不要求提交;

4 “\*”表示专门性工程地质问题报告,是指各阶段为针对不良地质作用、障碍物、特殊岩土体等工程地质问题开展的专项地质勘察而编制的专题报告。

## 附录 F 区域构造稳定性分级

表 F 区域构造稳定性分级

参量	稳定性好	稳定性较好	稳定性较差	稳定性差
Ⅱ类场地地震动峰值加速度 $a_{\max II}$	$0.04g \leq a_{\max II} < 0.09g$	$0.09g \leq a_{\max II} < 0.19g$	$0.19g \leq a_{\max II} < 0.38g$	$\geq 0.38g$
地震烈度	Ⅵ	Ⅶ	Ⅷ	$\geq$ 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, $M < 5$ 级地震的发震构造	5km 以内有活断层, 并有 $M \geq 5$ 级地震的发震构造
工程近场区地震及震级 $M$	有 $M < 4.7$ 级的地震活动	在 4.7 级 $\leq M < 6$ 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:  $g$  为重力加速度。

## 附录 G 近海浅层气分类

表 G 近海浅层气分类

类 型		特 征
按赋存形态分	层状浅层气	沉积环境比较稳定,沉积物中有机质丰富,分解生成的气体与沉积物相伴生,埋藏深度不一、大面积的层状分布
	团块状、囊状浅层气	分布受沉积层中有机质含量、孔隙率大小控制,呈团块状、囊状相对富集于某一区块或某几个区块
	柱状或羽状、烟囱状浅层气	较深部位生成的气体沿断层带、孔隙或裂隙等通道向海底浅部土层运移,形成柱状、羽状、烟囱状分布。常与底辟、泥火山和断层相伴生
按气体压力分	高压浅层气	气体压力大于或等于 0.4MPa
	中压浅层气	气体压力在 0.2MPa~0.4MPa 之间
	低压浅层气	气体压力小于 0.2MPa

## 附录 H 沙丘沙波的活动性判别

表 H 沙丘沙波的活动性判别

活动性分类	判别依据		
	特征		迁移速率
活动性强	脊线弯曲,两坡交切尖锐,沙波指数和不对称指数均大,坡表面光滑,或叠置顺流小沙丘	细砂、中砂分选好,松散,轻、重矿物比高,有孔虫壳有磨损、破碎	迁移速率大于或等于 1m/年,底砂活动层大于或等于 5cm
活动性中等	脊线直,两坡交切尖锐,沙波指数和不对称指数较大,坡面叠置异向小沙波	松散的中砂、细砂,分选较好,有孔虫壳有磨损、破碎	迁移速率小于 1m/年,底砂活动层小于 5cm
活动性弱	两坡交切浑圆,脊线模糊,沙波指数和不对称指数均较小,表面有植物碎屑和生物痕迹	细砂、中砂为主,含 5%~10% 以上的粉砂或黏性土,硬度较大,有孔虫壳有锈染	轻微移动,无底砂活动层
不活动	丘状起伏可见,脊线模糊不清,表面见植物碎屑和生物活动痕迹	丘表面粉砂黏土层覆盖砂层,致密或胶结	长期不移动

## 附录 J 水和土的腐蚀性评价

**J. 0. 1** 判别海水、地下水及土的腐蚀性时,应收集工程建筑物场地海区的气候条件、冰冻资料、高程、岩土性质、地下水的径流条件和污染情况,以及类似条件下工程建筑物的腐蚀情况等资料。

**J. 0. 2** 海水、地下水对混凝土的腐蚀性判别,应符合表 J. 0. 2 的规定。

**表 J. 0. 2 海水、地下水对混凝土腐蚀性判别标准**

腐蚀性类型		腐蚀性判定依据	腐蚀程度	界限指标
分解类	溶出型	$\text{HCO}_3^-$ 含量 (mmol/L)	微腐蚀	$\text{HCO}_3^- > 1.07$
			弱腐蚀	$1.07 \geq \text{HCO}_3^- > 0.70$
			中等腐蚀	$\text{HCO}_3^- \leq 0.70$
			强腐蚀	—
	一般酸性型	pH 值	微腐蚀	$\text{pH} > 6.5$
			弱腐蚀	$6.5 \geq \text{pH} > 6.0$
			中等腐蚀	$6.0 \geq \text{pH} > 5.5$
			强腐蚀	$\text{pH} \leq 5.5$
	碳酸型	侵蚀性 $\text{CO}_2$ 含量 (mg/L)	微腐蚀	$\text{CO}_2 < 15$
			弱腐蚀	$15 \leq \text{CO}_2 < 30$
			中等腐蚀	$30 \leq \text{CO}_2 < 60$
			强腐蚀	$\text{CO}_2 \geq 60$
分解结晶复合类	硫酸镁型 $\text{Mg}^{2+}$ 含量 (mg/L)	微腐蚀	$\text{Mg}^{2+} < 1000$	
		弱腐蚀	$1000 \leq \text{Mg}^{2+} < 1500$	
		中等腐蚀	$1500 \leq \text{Mg}^{2+} < 2000$	
		强腐蚀	$\text{Mg}^{2+} \geq 2000$	

续表 J.0.2

腐蚀性类型		腐蚀性判定依据	腐蚀程度	界限指标	
结晶类	硫酸盐型	$\text{SO}_4^{2-}$ 含量 (mg/L)		普通水泥	抗硫酸盐水泥
			微腐蚀	$\text{SO}_4^{2-} < 250$	$\text{SO}_4^{2-} < 3000$
			弱腐蚀	$250 \leq \text{SO}_4^{2-} < 400$	$3000 \leq \text{SO}_4^{2-} < 4000$
			中等腐蚀	$400 \leq \text{SO}_4^{2-} < 500$	$4000 \leq \text{SO}_4^{2-} < 5000$
			强腐蚀	$\text{SO}_4^{2-} \geq 500$	$\text{SO}_4^{2-} \geq 5000$

注:1 本表规定的判别标准所属场地应是不具有干湿交替或冻融交替作用的地区,以及具有干湿交替或冻融交替作用的半湿润、湿润地区;

2 当混凝土建筑物直接接触污染源时,污染源对混凝土的直接腐蚀作用应专门研究。

**J.0.3** 海水、地下水对钢筋混凝土结构中钢筋的腐蚀性判别应符合表 J.0.3 的规定。

表 J.0.3 海水、地下水对钢筋混凝土结构中钢筋的腐蚀性判别

腐蚀性判别依据	腐蚀程度	长期浸水	干湿交替
$\text{Cl}^-$ 的含量 (mg/L)	微腐蚀	$< 10000$	$< 100$
	弱腐蚀	$10000 \sim 20000$	$100 \sim 500$
	中等腐蚀	—	$500 \sim 5000$
	强腐蚀	—	$> 5000$

注:当环境水中同时存在氯化物和硫酸盐时,表中的  $\text{Cl}^-$  含量是指氯化物中的  $\text{Cl}^-$  与硫酸盐折算后的  $\text{Cl}^-$  之和,即  $\text{Cl}^-$  含量 =  $\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-} \times 0.25$ ,单位为 mg/L。

**J.0.4** 海水、地下水对钢结构的腐蚀性判别应符合表 J.0.4 的规定。

表 J.0.4 海水、地下水对钢结构腐蚀性判别

腐蚀性判别依据	腐蚀程度	界限指标
pH 值、 (Cl <sup>-</sup> + SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) 含量(mg/L)	弱腐蚀	pH 值 3~11、(Cl <sup>-</sup> + SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) 含量 < 500
	中等腐蚀	pH 值 3~11、(Cl <sup>-</sup> + SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) 含量 ≥ 500
	强腐蚀	pH 值 < 3、(Cl <sup>-</sup> + SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) 任何浓度

注:1 表中是指氧能自由溶入的环境水;

2 如环境水的沉淀物中有褐色絮状物沉淀(铁)、悬浮物中有褐色生物膜、绿色丛块,或有硫化氢臭味,应做铁细菌、硫酸盐还原细菌的检查,查明有无细菌腐蚀。

J.0.5 土对钢结构的腐蚀性判别应符合表 J.0.5 的规定。

表 J.0.5 土对钢结构的腐蚀性判别

腐蚀等级	pH	氧化还原电位 (mV)	视电阻率 (Ω·m)	极化电流密度 (mA/cm <sup>2</sup> )	质量损失 (g)
微腐蚀	>5.5	>400	>100	<0.02	<1
弱腐蚀	5.5~4.5	400~200	100~50	0.02~0.05	1~2
中等腐蚀	4.5~3.5	200~100	50~20	0.05~0.20	2~3
强腐蚀	<3.5	<100	<20	>0.20	>3

注:土对钢结构的腐蚀性评价,取各指标中腐蚀等级最高者。

## 附录 K 建筑物抗震地段划分

表 K 建筑物抗震地段划分

地段类别	分级要素	
	区域构造稳定性	地基条件和边坡稳定性
有利地段	稳定性好	海域地形开阔、平坦,较完整的岩体或中密、密实土层。边坡稳定性好
一般地段	稳定性较好	不属于有利、不利和危险的地段。边坡稳定性较好
不利地段	稳定性较差	海域海底沟槽、起伏较大的凹凸地、陡坎、沙丘沙波、含浅层气地层。有可液化土层或软弱黏性土层分布。边坡稳定性较差
危险地段	稳定性差	地震时,海域可能产生滑坡、崩塌、地裂缝、浊流、泥火山、活动沙丘沙波。边坡稳定性差

注:1 地段类别中从危险地段开始,向不利、一般、有利地段推定,以最先满足的为准;

2 划分每一级抗震地段类别时,符合表中分级要素之一即可。



## 附录 L 软土震陷判别

**L.0.1** 当黏性土的临界等效剪切波波速大于表 L.0.1 的数值时,可不考虑震陷影响。

表 L.0.1 临界等效剪切波速

设防烈度	VII 度	VIII 度	IX 度
临界等效剪切波速 $v_{sc}$ (m/s)	90	140	200

**L.0.2** 饱和粉质黏土震陷判别还可采用下列方法:

1 设防烈度为 VIII 度且地震动参数为 0.3g 或 IX 度,当饱和粉质黏土的塑性指数小于 15,且符合下式规定时,可判为震陷性软土:

$$\omega \geq 0.9W_L, I_L \geq 0.75 \quad (\text{L.0.2})$$

式中: $\omega$ ——天然含水率;

$W_L$ ——液限含水率,采用液、塑限联合测定法测定;

$I_L$ ——液性指数。

2 饱和粉质黏土震陷的危害性和抗震陷措施应根据沉降和横向变形大小等因素综合研究确定。

# 附录 M 海上风力发电场工程物探方法

表 M 海上风力发电场工程物探方法

探测项目		侧扫声纳法	多波束法	海洋磁法	电磁感应法	水域地层剖面法	水域多道地震勘探法	测井
水下障碍物探测	裸露障碍物	○	○	○	●	△	●	●
	磁性障碍物	○	○	●	●	△	●	●
	非磁性障碍物	●	●	○	●	△	●	●
	隐蔽障碍物	●	●	●	○	○	●	●
水下管线探测	裸露管线	○	○	○	○	△	●	●
	金属管线	○	○	●	●	△	●	●
	非金属管线	●	●	○	○	○	●	●
	隐蔽管线	●	●	●	●	○	●	●
海底微地貌探测	全覆盖探测	○	○	●	●	●	●	●
	测线探测	○	○	●	●	△	●	●

续表 M

探测项目	侧扫声纳法	多波束法	海洋磁法	电磁感应法	水域地层剖面法	水域多道地震勘探法	测井
海底浅层气探测	△	△	●	●	○	○	●
海底底质分类	○	△	●	●	△	●	●
地质结构	●	●	●	●	○	○	●
探测地层厚度 < 200m	●	●	●	●	△	○	●
探测地层厚度 ≥ 200m	●	●	●	●	△	○	●
岩土物理力学参数测试	●	●	●	●	●	●	○

注：○为主要方法，△为配合方法，●为不适用。

## 附录 N 取土器及取土方法

表 N 取土器及取土方法

土试样质量等级	取样工具		适用土类												
			黏性土					粉土				砂土			砾砂、碎石土、软岩
			流塑	软塑	可塑	硬塑	坚硬	粉砂	细砂	中砂	粗砂				
I	薄壁取土器	固定活塞	●	○	△	●	●	△	△	●	●	●	●		
		水压固定活塞	○	○	△	●	●	△	△	●	●	●	●		
		自由活塞	●	△	○	●	●	△	△	●	●	●	●		
		敞口	●	△	△	●	●	△	△	●	●	●	●		
	回转取土器	单动双管或三管	●	△	○	○	△	○	○	○	●	●	●		
		双动双管或三管	●	●	●	△	○	●	●	●	○	○	△		
原状取砂器		●	●	●	●	●	○	○	○	○	○	△			
II	薄壁取土器	水压固定活塞	○	○	△	●	●	△	△	●	●	●	●		
		自由活塞	△	○	○	●	●	△	△	●	●	●	●		
		敞口	○	○	○	●	●	△	△	●	●	●	●		
	回转取土器	单动双管或三管	●	△	○	○	△	○	○	○	●	●	●		
		双动双管或三管	●	●	●	△	○	●	●	●	○	○	○		
	原状取砂器		●	●	●	●	●	○	○	○	○	○	△		
	厚壁敞口取土器		△	○	○	○	○	△	△	△	△	△	●		

续表 N

土试样质量等级	取样工具	适用土类											
		黏性土					粉土	砂土				砾砂、 碎石土、 软岩	
		流塑	软塑	可塑	硬塑	坚硬		粉砂	细砂	中砂	粗砂		
III	厚壁敞口取土器	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	●	
	标准贯入器	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	
	岩芯钻头	○	○	○	○	○	△	△	△	△	△	△	
	柱状取土器	振动式	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	●
		重力式	△	○	○	○	○	△	△	△	△	●	●
IV	标准贯入器	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	
	岩芯钻头	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	柱状取土器	振动式	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●
		重力式	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●

注:1 ○为适用,△为部分适用,●为不适用;

2 采取砂土试样应有防止试样失落的补充措施。

## 附录 P 海上风力发电场土的 试验方法及适用条件

**P.0.1** 海上风力发电场土的室内试验方法及适用条件应符合表 P.0.1 的规定。

**表 P.0.1 海上风力发电场土的室内试验方法及适用条件**

岩土指标	试验方法	适用条件
含水率	烘干法	各类土
密度	环刀法	黏性土、粉土、砂土
	蜡封法	难于切削和易破碎的土
液限含水率	联合测定法	小于 0.5mm 的土
塑限含水率	联合测定法	小于 0.5mm 的土
	搓条法	
土粒比重	比重瓶法	粒径小于 5mm 的土
	浮称法	粒径大于 5mm 的土,其中大于 20mm 的颗粒含量小于 10%
	虹吸筒法	粒径大于 5mm 的土,其中大于 20mm 的颗粒含量大于或等于 10%
颗粒级配	筛析法	粒径大于 0.075mm,小于 200mm 的土
	密度计法	粒径小于 0.075mm 的土
	移液管法	
压缩系数、压缩模量	压缩试验	黏性土、粉土、砂土
固结系数、先期固结压力	固结试验	饱和的黏性土

续表 P.0.1

岩土指标	试验方法	适用条件
渗透系数	常水头法	砂土、碎石土
	变水头法	黏性土、粉土、砂土
不排水抗剪强度	三轴不固结不排水压缩试验(UU)	黏性土、黏质粉土
	直剪快剪试验	
$\epsilon_{50}$	三轴不固结不排水压缩试验(UU)	黏性土、黏质粉土
固结不排水强度指标	三轴固结不排水压缩试验(CU)	黏性土、黏质粉土
	直剪固结快剪试验	
固结排水强度指标	三轴固结排水压缩试验(CD)	黏性土、粉土、砂土
	直剪慢剪试验	
动强度	动三轴试验	黏性土、粉土、砂土
	动单剪试验	
动弹性模量	动三轴试验	黏性土、粉土、砂土
	动单剪试验	
	共振柱试验	
阻尼比	动三轴试验	黏性土、粉土、砂土
	动单剪试验	
	共振柱试验	

**P.0.2** 海上风力发电场土的原位测试方法及适用条件应符合表 P.0.2 的规定。

表 P.0.2 海上风力发电场土的原位测试方法及适用条件

测试方法	岩土指标或状态	适用条件
静力触探试验	密度	黏性土、粉土、砂土
	固结系数	黏性土、粉土
	不排水抗剪强度	
	有效摩擦角	
	相对密度	
十字板试验	不排水抗剪强度	黏性土
圆锥动力触探	密实度	碎石土
标准贯入试验	密实度	黏性土、粉土、砂土
旁压试验	不排水抗剪强度	黏性土、粉土、砂土、碎石土
	旁压模量	
扁铲侧胀试验	侧胀模量	黏性土、粉土、砂土



## 本标准用词说明

1 为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

- 《建筑抗震设计规范》GB 50011
- 《岩土工程勘察规范》GB 50021
- 《工程测量规范》GB 50026
- 《土工试验方法标准》GB/T 50123
- 《土的工程分类标准》GB/T 50145
- 《工程岩体试验方法标准》GB/T 50266
- 《水力发电工程地质勘察规范》GB 50287
- 《中国海图图式》GB 12319
- 《海道测量规范》GB 12327
- 《海洋调查规范 第2部分:海洋水文观测》GB/T 12763.2
- 《海洋调查规范 第8部分:海洋地质地球物理调查》GB/T 12763.8
- 《国家三、四等水准测量规范》GB/T 12898
- 《国家基本比例尺地形图分幅和编号》GB/T 13989
- 《岩土工程仪器基本参数及通用技术条件》GB/T 15406
- 《海底电缆管道路由勘察规范》GB/T 17502
- 《中国地震动参数区划图》GB 18306
- 《国家基本比例尺地图图式 第1部分:1:500、1:1000、1:2000地形图图式》GB/T 20257.1
- 《国家基本比例尺地图图式 第2部分:1:5000、1:10000地形图图式》GB/T 20257.2
- 《国家基本比例尺地图图式 第3部分:1:25000、1:50000、1:100000地形图图式》GB/T 20257.3
- 《测绘成果质量检查与验收》GB/T 24356