

ICS 27.180

P 61

备案号: J2646—2019

NB

中华人民共和国能源行业标准

P

NB/T 10104—2018

海上风电场工程测量规程

Specification for Surveying of Offshore
Wind Power Projects

2018—12—25 发布

2019—05—01 实施

国家能源局 发布

中华人民共和国能源行业标准

海上风电场工程测量规程

Specification for Surveying of Offshore
Wind Power Projects
NB/T 10104—2018

主编部门：水电水利规划设计总院

批准部门：国 家 能 源 局

施行日期：2 0 1 9 年 5 月 1 日

2019 北 京

国家能源局 公 告

2018 年 第 16 号

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

附件：行业标准目录

国家能源局
2018 年 12 月 25 日

附件：

行 业 标 准 目 录

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	批准日期	实施日期
...						
5	NB/T 10104— 2018	海上风电场工程 测量规程			2018-12-25	2019-05-01
...						

前 言

根据《国家能源局关于下达 2014 年第二批能源领域行业标
准制（修）订计划的通知》（国能科技〔2015〕12 号）的要求，
规程编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考国内外有
关先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程的主要技术内容是：控制测量、水位控制、地形测
量、专项测量、空间数据编辑与地理信息系统开发、检查验收与
资料归档。

本规程由国家能源局负责管理，由水电水利规划设计总院提
出并负责日常管理，由能源行业风电标准化技术委员会风电场规
划设计分技术委员会负责具体技术内容的解释。执行过程中如有
意见或建议，请寄送水电水利规划设计总院（地址：北京市西城
区六铺炕北小街 2 号，邮编：100120）。

本规程主编单位：中国电建集团华东勘测设计研究院有限
公司

浙江华东测绘地理信息有限公司

本规程参编单位：浙江华东建设工程有限公司

本规程主要起草人员：燕樟林 单治钢 史建伟 冯 雷
高红旗 汪明元 祝成锐 施金祥
骆旭佳 徐卫红 江培武 徐忠彪
翁鹏飞 李星开 张 昆 李晓飞
徐 建 燕 鹏

本规程主要审查人员：暴景阳 郭际明 王惠明 黄静波
鹿恩锋 苟胜国 肖胜昌 谢年生
刘东庆 任少华 刘桂平 应元康
包 江 奚民伟 赵世军 汤文钰
李仕胜

目 次

1	总则	1
2	术语	2
3	基本规定	3
4	控制测量	5
4.1	一般规定	5
4.2	平面控制测量	5
4.3	高程控制测量	7
4.4	资料整理	11
5	水位控制	12
5.1	一般规定	12
5.2	验潮站的设立	13
5.3	水位观测	15
5.4	平均海面的确定	16
5.5	深度基准面的确定	17
5.6	资料整理	18
6	地形测量	19
6.1	一般规定	19
6.2	海岸地形测量	20
6.3	海底地形测量	21
6.4	地形图编绘	24
6.5	资料整理	26
7	专项测量	27
7.1	勘探点测量	27
7.2	助航标志测量	27
7.3	水下障碍物探测	28

7.4	海底管线路由调查测量	28
7.5	海籍测量	29
7.6	施工测量	31
7.7	竣工测量	31
7.8	变形监测	32
8	空间数据编辑与地理信息系统开发	34
8.1	一般规定	34
8.2	空间数据编辑与入库	34
8.3	地理信息系统开发	35
9	检查验收与资料归档	37
9.1	检查验收	37
9.2	资料归档	37
附录 A	短期和临时验潮站平均海面确定基本方法	39
附录 B	RTK 无验潮模式水深测量作业要求	41
附录 C	单波束测深仪的停泊稳定性检验与航行试验	43
附录 D	多波束测深系统作业要求	44
附录 E	侧扫声纳探测作业要求	47
附录 F	浅地层剖面探测作业要求	51
附录 G	海洋磁法探测作业要求	54
本规程用词说明		56
引用标准名录		57
附：条文说明		59

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms	2
3	Basic Requirements	3
4	Control Survey	5
4.1	General Requirements	5
4.2	Horizontal Control Survey	5
4.3	Vertical Control Survey	7
4.4	Documentation	11
5	Water Level Control	12
5.1	General Requirements	12
5.2	Tidal Station Setting	13
5.3	Water Level Observation	15
5.4	Mean Sea Level Determination	16
5.5	Sounding Datum Determination	17
5.6	Documentation	18
6	Topographic Survey	19
6.1	General Requirements	19
6.2	Coastal Topographic Survey	20
6.3	Bathymetric Survey	21
6.4	Topographic Map Compilation	24
6.5	Documentation	26
7	Special Survey	27
7.1	Exploration Point Survey	27
7.2	Navigation Aids Survey	27
7.3	Submarine Obstacle Detection	28

7.4	Seabed Pipeline Route Survey	28
7.5	Sea Area Use Register Survey	29
7.6	Construction Survey	31
7.7	As-Built Survey	31
7.8	Deformation Monitoring	32
8	Spatial Data Editing and GIS Development	34
8.1	General Requirements	34
8.2	Spatial Data Editing and Storage	34
8.3	GIS Development	35
9	Inspection, Acceptance and Archiving	37
9.1	Inspection and Acceptance	37
9.2	Archiving	37
Appendix A	Mean Sea Level Determination Methods for Short-Term and Temporary Tide Stations	39
Appendix B	Operational Requirements for Bathymetric Survey by RTK Without Tidal Observation	41
Appendix C	Tests on Stability and Navigation for Single-Beam Echosounder	43
Appendix D	Operational Requirements for Multibeam Sounding System	44
Appendix E	Operational Requirements for Side Scan Sonar Survey	47
Appendix F	Operational Requirements for Sub-Bottom Profiler Survey	51
Appendix G	Operational Requirements for Marine Magnetic Survey	54
	Explanation of Wording in This Specification	56

NB/T 10104—2018

List of Quoted Standards	57
Addition: Explanation of Provisions	59

1 总 则

1.0.1 为规范海上风电场工程测量的内容、方法和技术要求，保证测量成果质量，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于海上风电场工程的测量工作。

1.0.3 海上风电场工程测量，除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 深度基准 sounding datum

海图及各种水深资料的深度起算面。

2.0.2 理论最低潮面 lowest normal low water

理论上可能出现的最低水位面，是中国目前采用的深度基准面。

2.0.3 实时动态相对定位 real-time kinematic relative positioning (RTK)

根据载波相位差分原理，利用无线电通信技术将参考站差分数据传输给流动站卫星定位接收机，通过解算，确定流动站卫星定位接收机天线实时移动轨迹的相对定位，也称载波相位实时动态测量或 RTK 测量。

2.0.4 星基增强 GNSS 系统 satellite-based augmentation GNSS system

基于通信卫星发播的 GNSS 定位改正信息，实现定位精度提高的定位系统。

2.0.5 验潮站 tidal station

在选定的地点，设置自记验潮仪或水尺来记录水位的变化，进而了解海区的潮汐变化规律的观测站。

2.0.6 水深图 bathymetric chart

根据测深点的平面位置和深度，用地物符号、等深线和水深注记表示水下深度的图件。

2.0.7 路由调查 route investigation

铺设海底管线前对其经过海域进行的海底地形地貌、海洋地质、地球物理及水文要素的调查。

3 基本规定

3.0.1 作业前应收集分析相关资料，进行现场查勘，编写技术设计书；作业过程中应进行质量控制；作业完成后应编写技术总结报告。

3.0.2 平面坐标系统和高程基准的选择或建立应符合现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 的有关规定。

3.0.3 深度基准应采用理论最低潮面，已确定深度基准面的区域应使用确定值，未确定深度基准面的区域，应与邻近长期验潮站进行联测推算。

3.0.4 测图比例尺的选用应符合表 3.0.4 的规定。

表 3.0.4 测图比例尺的选用

工程阶段	工程区域	测图比例尺
规划	风电场场区	1 : 10 000、1 : 25 000、1 : 50 000
预可行性研究	风电场场区	1 : 5 000、1 : 10 000
可行性研究	风电场场区	1 : 2 000、1 : 5 000
招标、施工 详图设计	海底电缆布置区	1 : 500、1 : 1 000
	陆上集控中心、升压站布置区	1 : 500、1 : 1 000
	海上升压站布置区	1 : 500
	风电机组机位布置区	1 : 200、1 : 500

3.0.5 1 : 200、1 : 500 比例尺地形图基本等高距应为 0.5m，其余比例尺地形图基本等高距宜为 1.0m。

3.0.6 1 : 500~1 : 50 000 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；1 : 200 比例尺地形图和采用独立坐标系的区域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。

3.0.7 仪器和相关设备应检验、校正并加强维护、保养；使用的软件应通过鉴定或审查。

3.0.8 测量精度应以中误差作为标准，并应以 2 倍中误差作为极限误差。

3.0.9 已有地形图应先进行检测，再根据检测结果进行修测或重测。

3.0.10 外业观测记录宜采用电子手簿或数据终端。

3.0.11 海上风电场工程测量开展现场工作之前，应进行工作海域危险源辨识和安全风险评估，制定安全风险控制措施和应急预案；作业人员应进行海上安全教育培训。

3.0.12 进行海上风电场工程测量作业时，应对产生的废弃物和生活垃圾进行处理。

4 控制测量

4.1 一般规定

4.1.1 应按现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 的有关规定建立四等或一级平面控制网，作为测区首级平面控制。

4.1.2 平面控制测量宜采用 GNSS 测量方法，或采用导线测量方法。

4.1.3 应建立四等或五等高程控制网，作为测区首级高程控制。

4.1.4 高程控制宜采用水准测量方法，或电磁波测距三角高程测量方法，五等也可采用 GNSS 高程测量方法。

4.2 平面控制测量

4.2.1 GNSS 控制网精度要求及相邻点平均边长应符合表 4.2.1 的规定。

表 4.2.1 GNSS 控制网精度要求及相邻点平均边长

等级	相邻点平均边长 (km)	固定误差 A (mm)	比例误差 B ($\times 10^{-6}$)	最弱相邻点边长 相对中误差
四等	2~4	≤ 10	≤ 10	$\leq 1/40000$
一级	0.5~2.0	≤ 10	≤ 20	$\leq 1/20000$

注：当控制网边长小于 0.5km 时，按 0.5km 计算精度。

4.2.2 静态 GNSS 控制网测量主要技术指标应符合表 4.2.2 的规定。

4.2.3 一级 GNSS 测量可采用 RTK 测量，已建立连续运行参考站 (CORS) 网的地区，宜采用 CORS 进行 RTK 测量。RTK 测量的主要技术要求应符合表 4.2.3 的规定。

表 4.2.2 静态 GNSS 控制网测量主要技术指标

等 级		四 等	一 级
接收机类型		双频或单频	
仪器标称精度		$10\text{mm}+5\times 10^{-6}$	
静态	卫星高度角 ($^{\circ}$)	≥ 15	≥ 15
	观测时段数 (个)	≥ 1	≥ 1
	观测时段长度 (min)	≥ 45	≥ 30
	同时观测有效卫星数 (颗)	≥ 4	≥ 4
	数据采样间隔 (s)	5~15	5~15
快速静态	卫星高度角 ($^{\circ}$)	—	≥ 15
	观测时段长度 (min)	—	10~15
	同时观测有效卫星数 (颗)	—	≥ 4
	数据采样间隔 (s)	—	5~15
位置精度降低因子 (PDOP)		≤ 6	≤ 8

注：当四等、一级独立网作为测区首级控制时，平均观测时段数不应少于 1.6 个，即重复设站的点数不应少于总点数的 60%。

表 4.2.3 RTK 测量的主要技术要求

点位中误差 (cm)	边长相对中 误差	流动站与基准 站的距离 (km)	观测次数	起算点等级
≤ 5	$\leq 1/20000$	≤ 5	≥ 4	四等及以上

注：当采用 CORS 进行 RTK 测量时，流动站与基准站距离不受限制，但应在 CORS 有效服务范围内。

4.2.4 GNSS 网的布设、观测、数据处理除应符合本规程第 4.2.1~4.2.3 条的规定外，还应符合现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 的有关规定。

4.2.5 导线测量的主要技术要求应符合下列规定：

1 四等、一级导线测量的主要技术指标应符合表 4.2.5 的规定。

表 4.2.5 四等、一级导线测量的主要技术指标

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	水平角观测测回数		方位角闭合差 (")	导线全长相对闭合差
						1"级仪器	2"级仪器		
四等	9.0	1.5	2.5	18	1/80000	4	6	$5\sqrt{n}$	$\leq 1/35000$
一级	4.0	0.5	5.0	15	1/30000	—	2	$10\sqrt{n}$	$\leq 1/15000$

注：表中 n 为测站数。

2 当测区测图的最大比例尺为 1 : 1 000 时，一级导线的导线长度、平均边长可以适当放长，但最大长度不应大于表 4.2.5 中规定的 2 倍。

4.2.6 导线的布设、观测、数据处理除应符合本规程第 4.2.5 条的规定外，还应符合现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 的有关规定。

4.3 高程控制测量

4.3.1 相邻高程控制点间的距离应为 1km~3km，但一个测区及周围至少应有 3 个高程控制点。

4.3.2 水准测量的主要技术要求应符合表 4.3.2 的规定。

表 4.3.2 水准测量的主要技术要求

等级	路线长度 /km		每千米高差中数全中误差 (mm)	水准仪型号	检测已测测段高差之差 (mm)	附和路线或环线闭合差 (mm)		每千米高差中数偶然中误差 (mm)
	环线	附和线路				平地	山地	
四等	≤ 100	≤ 80	10	DS3/DSZ3	$30\sqrt{R}$	$20\sqrt{L}$	$6\sqrt{n}$	5.0
五等	≤ 45		15		$40\sqrt{R}$	$30\sqrt{L}$	$10\sqrt{n}$	7.5

注：1. 结点之间或结点与高级点之间，其路线长度不应大于表中规定路线长度的 0.7 倍。

2. 表中所列的水准仪型号为最低要求。

3. R 为检测测段的长度 (km)； L 为附和路线或环线长度 (km)； R 、 L 小于 1km 时按 1km 计算； n 为测站数。

4. 当每千米水准测量单程测站数 n 大于 16 站时，宜按测站数计算闭合差。

4.3.3 五等水准测量应符合下列要求：

1 附和或闭合水准路线可采用单程观测，支线应采用往返观测或单程双转点观测，观测应按“后-后-前-前”的顺序进行。

2 五等水准观测的主要技术要求应符合表 4.3.3-1 的规定。

表 4.3.3-1 五等水准观测的主要技术要求

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

3 五等水准测量宜采用中丝读数法，五等水准测量测站观测限差不应超过表 4.3.3-2 规定的数值。

表 4.3.3-2 五等水准测量测站观测限差 (mm)

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
4.0	6.0	6.0	6.0

4.3.4 水准网的布设、观测、数据处理除应符合本规程第 4.3.1~4.3.3 条的规定外，还应符合现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 的有关规定。

4.3.5 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和同时施测，也可单独布设成附和或闭合高程导线或高程导线网。

4.3.6 电磁波测距三角高程测量路线长度不应超过相应等级水准路线的总长度。电磁波测距三角高程测量的主要技术要求应符合表 4.3.6 的规定。

表 4.3.6 电磁波测距三角高程测量的主要技术要求

等级	每千米高差中数全中误差 (mm)	仪器精度等级		边长 (km)	观测方式	对向观测高差较差 (mm)	附和或环形闭合差 (mm)
		测边	测角				
四等	10	10mm 级	2"级	≤1	对向观测	$40\sqrt{D}$	$20\sqrt{[D]}$
五等	15			≤1	对向观测	$60\sqrt{D}$	$30\sqrt{[D]}$

注：D 为电磁波测距边的长度 (km)。

4.3.7 电磁波测距三角高程测量观测和数据处理应符合本规程第 4.3.5 条、第 4.3.6 条的规定外，还应符合现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 的有关规定。

4.3.8 GNSS 高程测量中的高程确定宜采用高程拟合或基于似大地水准面精化模型的方法。

4.3.9 五等 GNSS-RTK 高程控制测量的主要技术要求应符合表 4.3.9 的规定。

表 4.3.9 五等 GNSS-RTK 高程控制测量的主要技术要求

高程中误差 (cm)	流动站与基准站的距离 (km)	观测次数	起算点等级
≤3.0	≤5.0	≥2	四等及以上

注：1. 高程中误差指控制点高程相对于最近基准站的中误差。

2. 当采用 CORS 进行测量时，流动站与基准站的距离不受限制，但应在 CORS 有效服务范围内。

4.3.10 GNSS 高程测量除应符合本规程第 4.3.8 条、第 4.3.9 条的规定外，还应符合现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 的有关规定。

4.3.11 跨水面高程测量宜采用跨水面水准测量、电磁波测距三角高程测量、同步期平均海面法等方法。跨水面高程测量的跨越地点应选在水面狭窄、地基稳固处。采用跨水面水准测量、电磁波测距三角高程方法时，视线距水面的高度宜大于 3m。

4.3.12 跨水面水准测量应符合下列规定：

1 两测站和立尺点应对称布设，跨水面水准观测的主要技术要求应符合表 4.3.12 的规定。

表 4.3.12 跨水面水准观测的主要技术要求

跨越距离 (m)	仪器类型	测回数	半测回远尺读数 次数	测回差 (mm)	
				四等	五等
<200	DS3	1	2	—	—
200~400		2	3	12	25

2 一测回的观测顺序应为在一岸先读近尺，再读远尺；仪器搬至对岸后，不动焦距先读远尺，再读近尺。

3 当采用双向观测时，两条跨水面视线长度宜相等，两岸岸上视线长度宜相等，并大于 10m；当采用单向观测时，可分别在上、下午各完成半数工作量。

4.3.13 采用电磁波测距三角高程测量方法进行跨水面测量时，应使用 2'' 级及以上的仪器，并宜在气象条件相似的阴天进行对向观测；电磁波测距三角高程测量的主要技术要求应符合本规程第 4.3.6 条的规定，电磁波测距三角高程跨水面测量的垂直角测回数应符合表 4.3.13 的规定。

表 4.3.13 电磁波测距三角高程跨水面测量的垂直角测回数

观测方法	测 回 数	
	跨越距离小于 1km	跨越距离为 1km~2km
中丝法	4	6
三丝法	—	3

4.3.14 潮汐性质基本相同的海域，可采用同步期平均海面法传递高程，同步期平均海面法观测技术要求应符合表 4.3.14 的要求。

表 4.3.14 同步期平均海面法观测技术要求

距离 (km)	连续观测时间 (d)	观测时间间隔	
		高、低平潮前后半小时之间 (min)	其他观测时间
<10	≥3	10	整点
10~50	≥7	10	整点

注：高程传递距离超过 50km 时，应根据潮汐的具体情况适当增加连续观测时间。

4.4 资 料 整 理

4.4.1 控制测量工作完成后，应对以下资料进行整理：

- 1 技术设计书。
- 2 埋石点的点之记。
- 3 控制网图。
- 4 原始记录。
- 5 控制计算资料和控制成果表。
- 6 测量仪器设备的检验资料。
- 7 检查报告和技术总结报告。
- 8 其他有关的资料。

4.4.2 项目完成后，应提交以下成果资料：

- 1 技术设计书。
- 2 埋石点点之记。
- 3 控制网图。
- 4 控制点成果表。
- 5 检查报告和技术总结报告。

5 水位控制

5.1 一般规定

5.1.1 水位控制可利用已有验潮站或新设验潮站实施，海上风电场工程区域应建立高程基准与深度基准的转换关系。

5.1.2 验潮站可采用水尺、自记式水位仪、遥报式水位仪等进行水位观测，海上定点验潮站也可采用定点测深的方式进行水位观测。

5.1.3 应利用邻近长期验潮站数据确定测区新设短期和临时验潮站的平均海面、深度基准面。

5.1.4 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 30 天以上连续观测的水位资料；临时验潮站应有 15 天以上的连续观测的水位资料；在半月潮海区、特殊困难的情况下，临时验潮站可在大潮期间实施 3 天的连续水位观测。

5.1.5 水位观测应采用北京时间。

5.1.6 水位改正应符合下列规定：

1 平均海面、深度基准面的计算值应取至 0.01m。

2 当相邻验潮站的控制范围重叠时，应以较近验潮站水位资料进行改正。

3 当相邻验潮站的控制范围不重叠时，应根据实际情况采用水位分带法、时差法、最小二乘拟合内插法及余水位法进行水位改正。

4 对离岸较远又无法设立海上定点验潮站的海域，可采用潮汐预报方法。

5.2 验潮站的设立

5.2.1 验潮站的设计应符合下列要求：

1 布设密度应按照现行国家标准《海道测量规范》GB 12327 的有关规定执行。

2 应根据已有验潮站数据、潮汐模型、潮波图，对测区潮汐类型及其变化、最大潮差、最小潮差、设计站位间最大潮高差和潮时差、附近余水位变化的一致性等进行计算和分析论证。基础资料不足时，可布设临时验潮站实施海区潮汐调查。

3 在保证密度和控制效果的前提下，短期验潮站和临时验潮站宜选择布设在湾顶、河口、水道口和无潮点附近等影响水位控制效果的特征位置。

4 对引用的长期验潮站应制订数据校核方案。

5 对拟新设的短期和临时验潮站，应进行观测设备选型、水准联测路线布设、基准面传递方法等设计。

5.2.2 验潮站的选址应符合下列要求：

1 应充分反映测站附近的水位变化，与测区无沙洲、浅滩阻隔，无壅水和回流现象，保证水体自由流通。

2 应便于牢固安置观测设备，不易受风浪影响，能避免急流冲击和船只碰撞。

3 宜选择固定码头壁和陡峭岸壁作为验潮设备的安装地点。

5.2.3 验潮站选址结束后，应现场记录和拍照，并编写踏勘报告；新建验潮站应设立验潮站经历簿，原用的验潮站和拟恢复的原有站应建立验潮站考证簿。

5.2.4 验潮站水准点的埋设应符合下列规定：

1 岸基验潮站应埋设工作水准点和主要水准点标志各 1 个。

2 主要水准点应设在高潮线以上、地基稳固稳定、适于长期保存、易于进行水准联测的地点。在验潮站附近的已有水准点，经检查合格，可作为主要水准点。

3 工作水准点应设在验潮设备附近，可在岩石、固定码头、混凝土面、石壁上凿设标志。不具备上述条件时，亦可埋设牢固的钢质标志或木桩。

5.2.5 短期验潮站和临时验潮站水位观测设备的技术指标应符合下列规定：

1 水尺的基本分划宜为 1cm。

2 自记式水位仪的适用条件、分辨率、数据滤波功能、时钟误差等指标应符合水深测量的技术和精度要求。

5.2.6 短期验潮站和临时验潮站水位观测仪器的安装应符合下列规定：

1 水位观测仪器使用前，应作检视和检查。

2 水位观测仪器的安装应保证低潮不干出；采用水尺验潮时，应保证高潮不淹没；若水位变化幅度超过一根水尺量程，应设立水尺组。

3 设置水尺组时，设定距岸近者为基尺。两相邻水尺垂向重合高度不宜小于 0.3m。

4 采用自记式水位仪观测水位时，应同时设立校核水尺。

5 水位观测仪器应垂直布设，可安置于码头壁、陡岸，或设立于泥沙底质、风浪和海流较小的平坦海底，且应采取固定和安全防护措施。

6 在选用的长期验潮站附近 100m 范围内，宜按临时验潮站要求设置校核水位观测设备。

5.2.7 验潮站的水准联测应符合下列规定：

1 主要水准点应联测四等水准。

2 当主要水准点与国家高等级水准点联测困难时，可采用长期验潮站或短期验潮站的主要水准点为起算点，按四等水准联测。

3 工作水准点与主要水准点之间的高差，应按四等水准测量要求施测，且应在工作前后各测定 1 次。

5.2.8 验潮站平面位置宜采用 GNSS 测量。

5.2.9 验潮站的水尺零点与工作水准点之间的联测应符合下列规定：

1 至少应有一根水尺零点与工作水准点间的高差按五等水准测定，且应在工作前后各测定 1 次。各水尺零点之间的相互高差，可在海面平静时，用水面水准或五等水准方法测定。采用水面水准法测量时，应每隔 10min 同时对两根水尺进行连续读数 3 次，读数互差不得超过 3cm，取中数使用，超限应重测。

2 应经常检查工作水准点与水尺零点、自记式水位仪零点之间的相互高差有无变化，当零点有变化时应及时进行联测，当零点变动超过 3cm 时，应重新确定相互关系。

3 自记式水位仪记录零点与校核水尺零点之间的高差宜用同步水位读数差确定。

4 联测结果应及时准确记录。

5.3 水位观测

5.3.1 使用水尺观测水位应符合下列规定：

1 钟表应在每日观测前后各对时 1 次，对时误差不超过 1min，超限时应拨正钟表，记入观测手簿。

2 高、低平潮及其前后 1h，以及 30min 内水位变化超过 0.5m 时和潮位变化异常时，每整 10min 应观测一次；其他情况下宜每隔 30min 观测一次。

3 平静水面时可取水尺的 1 次读数。在大风浪、海面波动等不稳定情形下，应取波峰和波谷的平均值作为水位读数，读数应取位至厘米；时间应记到整分。

4 当水尺的瞬时水深不大于 0.3m 或水尺将被淹没时，应立即更换水尺进行读数，并应同时读取两根水尺的读数，其差值不得大于 3cm，并记入手簿相应栏内。

5 漏测时，应在最短时间内恢复观测，按实际观测数据和

对应时间记录，不得擅自插入水位读数。

5.3.2 使用自记式水位仪观测水位应符合下列规定：

1 水位记录应取位至厘米，时间间隔不应大于 10min，对时误差不超过 1min。

2 应及时提取潮位数据并注明所用仪器的编号、观测起止时间和地点等情况。

3 使用压力式水位仪的水位观测数据应进行气压改正。

5.3.3 水位观测数据整理应符合下列要求：

1 采用水尺组观测水位时，应根据水尺的同步观测数据，将水位数据逐次归算到基尺零点。每相邻两根水尺同步时段观测数据的基准归算值应取各读数差值的平均值。

2 应根据钟差对水位数据进行修正。

3 应对水位记录中的异常数据进行分析、处理。

4 观测成果数据宜以电子文档存储并制成相对应的纸质报表。

5 观测和数据预处理过程的关键信息应填入验潮站经历簿。

5.4 平均海面的确定

5.4.1 测区附近长期验潮站已有多年平均海面数据的应直接使用；新设长期验潮站多年平均海面可采用 2 年以上逐时水位观测数据的平均值，也可通过潮汐调和与分析计算确定。

5.4.2 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相关数据传递确定，可采用水准联测法、同步改正法或回归分析法等传递方法。短期和临时验潮站平均海面确定基本方法应按本规程附录 A 的规定执行。

5.4.3 短期验潮站和临时验潮站多年平均海面，应采用不同方法或基于多个高级别验潮站的数据进行传递，并做精度检核和评估。不同方法或不同长期验潮站的传递值互差不应大于 10cm。满足限差要求的情况下，应取不同方法传递结果的平均值，或取

不同高级别验潮站传递结果的加权平均值作为最终传递结果。不满足限差要求时，应查明原因，并应通过增加观测时长等措施改进传递结果。

5.4.4 验潮站多年平均海面的正常高宜根据主要水准点正常高、水尺零点至主要水准点的高差、平均海面计算并评定精度。

5.4.5 验潮站多年平均海面的大地高宜根据主要水准点大地高、水尺零点至主要水准点的高差、平均海面计算并评定精度。

5.4.6 验潮站多年平均海面、大地高和正常高数据应填入验潮站经历簿。

5.5 深度基准面的确定

5.5.1 验潮站的深度基准面一经确定不得随意更改，新设验潮站的深度基准面应通过计算或推算确定。

5.5.2 验潮站深度基准面的确定应符合下列规定：

1 长期验潮站应依据 13 个分潮调和常数计算理论最低潮面。

2 短期验潮站应依据经长期验潮站差分订正的 11 个主要分潮调和常数与相邻长期验潮站的长周期分潮调和常数计算理论最低潮面，应同时利用本站与同步的邻近长期验潮站的水位观测数据，由大潮潮差比传递法、主要分潮振幅和比值传递法之一进行传递计算。当直接计算法和传递法两种方法确定的深度基准面互差不超过 10cm 时，应取均值，否则采用调和常数法计算，并在验潮站经历簿中注明。

3 观测时长不短于 15 天的临时验潮站，深度基准面可根据同步长期验潮站的水位观测资料，分别采用大潮潮差比传递法、主要分潮振幅和比值传递法传递计算，两种方法传递结果的互差在 15cm 以内时，应取均值。

4 观测时长短于 15 天的临时验潮站，可利用本站与邻近长期或短期验潮站的同步观测数据，根据大潮潮差比传递法确定深

度基准面，临时验潮站的深度基准面与平均海面的差值可按式计算：

$$L_B = \frac{R_B}{R_A} L_A \quad (5.5.2)$$

- 式中 L_B ——本站的深度基准面与平均海面的差值 (m)；
 R_B ——同步连续水位观测期间本站的最大潮差 (m)；
 R_A ——同步连续水位观测期间相邻长期验潮站的最大潮差 (m)；
 L_A ——相邻长期验潮站的深度基准面与平均海面的差值 (m)。

5 可根据平均海面的正常高和大地高将确定的深度基准面换算为深度基准面的正常高和大地高，并应将深度基准面确定的结果和在不同基准下确定的数值填写至验潮站经历簿或考证簿。

5.5.3 依据分潮调和常数计算理论最低潮面应符合现行国家标准《海道测量规范》GB 12327 的有关规定。

5.6 资料整理

5.6.1 水位控制工作完成后，应整理下列资料：

- 1 验潮站水准联测资料。
- 2 验潮站坐标。
- 3 验潮站经历簿、考证簿。
- 4 水位原始记录。
- 5 水位计算资料。
- 6 各种仪器的检验资料。

5.6.2 项目完成后，应提交以下成果资料：

- 1 验潮站坐标。
- 2 水位控制成果。
- 3 验潮站基准关系图。

6 地形测量

6.1 一般规定

6.1.1 海岸地形测量基本精度应符合现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 的有关规定。

6.1.2 测深定位点点位中误差不应超过表 6.1.2 规定的值。

表 6.1.2 测深定位点点位中误差

测图比例尺	定位点点位中误差
$<1:5\,000$	图上 0.5mm
1:1\,000、1:2\,000、1:5\,000	图上 1.0mm
$\geq 1:500$	图上 2.0mm

6.1.3 水深测量的深度中误差不应超过表 6.1.3 规定的值。

表 6.1.3 水深测量的深度中误差

水深范围 (m)	$H \leq 20$	$H > 20$
深度中误差 (m)	0.20	0.01H

注：H 为水深值。

6.1.4 海域部分地形图图式应符合现行国家标准《中国海图图式》GB 12319 的有关规定，陆域部分地形图图式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 1:1\,000 1:2\,000 地形图图式》GB/T 20257.1、《国家基本比例尺地图图式 第 2 部分：1:5\,000 1:10\,000 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：1:25\,000 1:50\,000 1:100\,000 地形图图式》GB/T 20257.3 的有关规定。

6.2 海岸地形测量

6.2.1 图根控制测量宜选用导线测量和 GNSS 测量等方法。

6.2.2 图根控制测量应符合现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 的有关规定。

6.2.3 海岸地形测量宜采用全站仪、RTK 等方法采集数据，并应符合下列规定：

1 当采用草图法作业时，应按测站绘制草图，并对测点进行编号。测点编号应与仪器的记录点号相一致。草图的绘制宜采用简化方式标示地形要素的位置、属性和相互关系。

2 当采用编码法作业时，宜采用通用编码格式进行作业。

3 当采用内外业一体化的实时成图法作业时，应实时确立测点的属性、连接关系和逻辑关系。

4 按图幅施测时应测出图廓线外图上 5mm，分区施测时应测出区域界线外图上 5mm。

5 对采集的数据应进行检查处理，删除或标注作废数据、重测超限数据、补测错漏数据。对检查修改后的数据，应及时存盘，生成原始数据文件，并做好相应备份。

6.2.4 全站仪测图应符合下列规定：

1 宜使用测角精度不低于 6" 的全站仪，其测距标称精度的固定误差不应大于 10mm，比例误差系数不应大于 5×10^{-6} 。

2 对中误差不应大于 5mm；仪器高和觇标高的量取应精确至 1mm。

3 作业前应以观测较远的控制点作为定向方向，用另一控制点的坐标作为测站检核，检核点的平面位置较差不应大于图上 0.2mm；高程较差不应大于 1/5 等高距，作业过程中和作业结束时，应对定向方位进行检查。

4 全站仪测图的最大测距长度，不应超过表 6.2.4 规定的值。

表 6.2.4 全站仪测图的最大测距长度

比例尺	最大测距长度 (m)	
	地物点	地形点
1 : 500	160	300
1 : 1 000	300	500
1 : 2 000	450	700
1 : 5 000	700	1000

6.2.5 RTK 测图应符合下列规定：

1 转换参数可采用已有成果或现场自行求取。现场求取时，参与计算的控制点不应少于 4 个，且均匀分布于测区，转换的平面残差、垂直残差均不应大于 50mm。

2 作业开始前和作业结束时均应进行已知点检查，检核点的平面位置较差不应大于图上 0.2mm，高程较差不应大于 1/5 基本等高距。

3 作业中，如出现卫星信号失锁，应重新初始化，并经重合点测量检查合格后，方能继续作业。

4 不同流动站分区作业时，应测出界线外图上 5mm。

5 不同参考站作业时，流动站检测不应少于 3 个重合点，点位较差不应大于图上 0.6mm，高程较差不应大于 1/3 基本等高距。

6 每日观测结束时，应及时转存测量数据至计算机并做好数据备份。

6.2.6 海岸、大面积干出滩的地形测量，除采用全站仪测图、RTK 测图方法外，亦可采用激光扫描和航空摄影测量相结合的方法。

6.3 海底地形测量

6.3.1 海底地形测量宜选用 GNSS 实施载体定位。

6.3.2 海底地形测量应根据测区实际情况采用验潮模式或 RTK 无验潮模式获取测点的水位。RTK 无验潮模式水深测量作业要求应符合本规程附录 B 的有关规定。

6.3.3 水深测量设备应根据海底地形状况、水深、流速合理选择。水深测量可采用单波束或多波束回声测深仪，作业困难的浅水水域可采用测深杆；淤泥质回淤严重的水域，适航水深测量可采用三爪砣、双频测深仪或密度计；在水底树林和杂草丛生水域，不宜使用回声测深仪。

6.3.4 测深仪的检验与校正应符合现行国家标准《海道测量规范》GB 12327 的有关规定，单波束测深仪的停泊稳定性检验与航行试验应按照本规程附录 C 的规定进行。

6.3.5 单波束测深线布设应符合下列规定：

1 主测深线方向宜垂直于等深线的总方向；测深线间隔应为图上 1cm~2cm。

2 测深检查线宜垂直于主测深线，检查线总长度不应小于主测深线总长度的 5%。

3 检查线应布设在水深变化平缓的区域。

6.3.6 多波束测深线布设应符合下列规定：

1 主测深线宜平行于等深线的总方向，全覆盖测深时，布设测线应保证相邻测线间有 20% 的重叠。

2 测深检查线总长度不得小于总测线长度的 1%。

3 检查线应布设在水深变化平缓的区域。

6.3.7 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，海底地形平坦的水域可放宽至图上 2cm。

6.3.8 使用多波束测深仪测深应符合下列规定：

1 应使用 GNSS 定位，定位数据更新率不应低于 10Hz。

2 作业时天气应优于海况 3 级。姿态传感器测出的横摇或纵倾超过 8°时，应停止作业。

3 应进行全覆盖测量，保证测线间有一定的重叠区，避免

漏测；测量船只行进时应保持航速航向稳定。

4 应利用声速剖面数据进行声速改正。每次作业应在测区内有代表性的水域采用声速仪测定声速剖面。相邻声速剖面测量时间间隔应小于 6h 或声速变化不大于 2m/s。当测区跨度大时，应先调查测区的声速变化情况；声速变化大于 2m/s 时，应分区域进行声速改正。

5 有效测深宽度应根据仪器性能、回波信号质量、潮汐、测区水深、测量性质、定位精度、水深测量精度以及水深点的密度而定。

6 多波束测深系统作业要求应符合本规程附录 D 的有关规定。

6.3.9 潮间带测量应符合下列要求：

1 半潮线以深部分，宜采用海底地形测量方式，并宜采用单波束回声测深仪进行测量。

2 半潮线以浅部分，宜采用海岸地形测量方式，并可采用全站仪极坐标法、RTK、地面激光扫描、无人机低空数字摄影测量技术采集数据。

6.3.10 下列情况应进行补测：

1 测深仪回波信号模糊不清或数字记录中断，超过图上 3mm，且水下地形复杂时。

2 记录式测深仪出现零信号或回波信号不正常，不能正确量取水深时。

3 不能正确勾绘等深线和海底地貌探测不完善时。

4 验潮工作时间不符合要求时。

5 测深线间隔偏差超过规定间隔的 1/2 时。

6.3.11 具有下列情况之一时应进行重测：

1 测深精度超限时。

2 定位中误差超限时。

3 确认有系统误差，又无法消除或改正时。

6.3.12 海底地形测量资料整理应符合下列规定：

- 1 应采用水深测量软件输入水位观测数据和其他改正数后，自动进行声速、水位、静吃水、动吃水及波浪等各项改正。
- 2 应进行水深测量结果的合理性检查，剔除错误的水深点。
- 3 应进行定位跳点检查，跳点应修正，无法修正的应剔除，剔除数据比例不应大于 10%。
- 4 应根据资料整理结果，制定补测和重测方案。

6.3.13 测深精度应统计测深检查线与主测深线相交处、不同作业组相邻测段或同一作业组不同时期相邻测深段重合点处的水深互差。应选择水深变化平缓的区域，使用图上 1mm 范围内水深点的深度比对互差计算水深测量的深度中误差。水深测量的深度中误差应符合本规程第 6.1.3 条的规定。

6.4 地形图编绘

6.4.1 地形图编绘前应进行水深数据资料准备，并应符合下列规定：

- 1 正式绘图前，应打开绘图数据文件，读取 3 个~5 个水深点，验证其大地坐标、直角坐标和水深值。
- 2 应统计制图区域的最深、最浅水深及不同水深区间的分布情况。
- 3 应根据测量面积、水深点总数、海底地形特征、探测目标尺寸等因素，合理设置构造数字地形模型（DTM）的参数，准确反映海底地貌总体趋势且不遗漏特征地形点。对于较大的区域，可使用同一套参数，分区构建 DTM 模型。

6.4.2 地形图编绘应符合下列要求：

- 1 地形图编绘、成图可以使用经有关部门测试认证的商业软件或符合图式要求的软件，图形文件中地形图数据要素应分层表示。
- 2 海底地形相邻图拼接的最大误差不应大于本规程第

6.1.2 条和第 6.1.3 条规定的点位中误差和深度中误差的 2 倍。海岸地形相邻图拼接的点位较差不应大于图上 1.2mm，高程较差不应大于基本等高距的 2/3。

3 DTM 构建宜采用不规则三角网法或格网法。

4 依比例尺绘制的轮廓符号应保持轮廓位置的精度；半依比例尺绘制的线状符号应保持主线位置的几何精度；不依比例尺绘制的符号应保持其主点位置的几何精度。

5 文字注记应使所指示的地物能明确判读，字头应朝北。道路河流名称可随现状弯曲的方向排列，各字侧边或底边应垂直或平行于现状物体，注记应避免压盖主要地物和地形的特征部分。

6 等高线的绘制应保证精度，线画饱满均匀、光滑自然。图上的等高线遇地物和不依比例绘制的地物符号时应断开，并应保证等高线的对称。

7 明礁、干出礁的面积在图上大于 0.2mm^2 时，应绘出实测形状；不大于 0.2mm^2 时，应用符号表示。在干出礁符号旁须注记干出高度。

8 水下障碍物应注记最浅深度、范围和性质。

6.4.3 水深图编绘应符合以下规定：

1 应验证水深点的大地坐标与直角坐标转换关系，并将地形点的高程值转换为深度基准面的水深值。

2 水深注记应能准确反映海底地形的真实变化情况。

3 水深注记的间距宜为 $10\text{mm} \sim 15\text{mm}$ ，海底地形起伏变化较大的区域，水深注记间距可加密到 $6\text{mm} \sim 10\text{mm}$ 。

4 控制点名称或符号在图上影响水深、岸线的绘制无法表示时，不宜着墨。

5 水深注记以米为单位，小数用拖尾小号数字表示，实测点位在水深注记的整数中心，深度值注记至 0.1m 。

6 水深图应注明所采用的深度基准面。

7 编绘水深图时各要素的综合取舍应根据比例尺、性质和用途等特点来确定。在保留境界、城镇、地名、标准水深线、水边线、碍航礁石标注、航标、信号台和参照物等基本要素的底图信息后，其他内容可根据需要综合取舍。

6.5 资料整理

6.5.1 地形测量作业完成后，应对以下资料进行整理：

- 1 仪器检定资料。
- 2 测量记录手簿。
- 3 航迹线图。
- 4 测量计算资料和成果表。
- 5 数字地形图及索引图。
- 6 技术设计书。
- 7 检查报告和技术总结报告。
- 8 地形图数据文件、元数据文件等数据文件。
- 9 任务书要求的其他资料。

6.5.2 项目完成后，应提交以下成果资料：

- 1 技术设计书。
- 2 航迹线图。
- 3 数字地形图、水深图及索引图。
- 4 检查报告和技术总结报告。

7 专项测量

7.1 勘探点测量

7.1.1 勘探点宜采用 RTK 测量或星基增强 GNSS 系统测量，近岸段及陆域亦可采用全站仪等常规测量方法。

7.1.2 勘探点测量中误差不应超过表 7.1.2 的规定的值。

表 7.1.2 勘探点测量中误差

勘探点类型	平面中误差 (m)	高程中误差 (m)
勘探点放样	1.0	0.3
勘探点复测	0.5	0.2

7.1.3 勘探点测量成果宜包含勘探放样成果表和勘探复测成果表，内容应主要包含勘探点三维坐标成果、测量日期、方法和仪器设备、坐标系统和高程系统。

7.2 助航标志测量

7.2.1 助航标志测量应符合下列要求：

1 应收集相关资料，并进行复核。浮动标志测量应在涨潮、落潮时分别测量，取中数作为测量成果。

2 助航标志测量精度不应超过表 7.2.1 规定的值。

表 7.2.1 助航标志测量精度

标志类型	定位中误差 (m)
固定标志	1.0
浮动标志	10.0

7.2.2 助航标志测量成果应包括平面位置分布图及助航标志成果表。平面位置分布图中助航标志应按现行国家标准《中国海图

图式》GB 12319 的有关规定标注。

7.3 水下障碍物探测

7.3.1 水下障碍物探测前，应收集探测区域的地形地貌、已有海图等资料。

7.3.2 水下障碍物探测宜采用多波束测深、侧扫声纳探测、浅地层剖面探测、海洋磁法探测及人工探摸等方法。多波束测深系统作业要求应符合本规程附录 D 的有关规定，侧扫声纳探测作业要求应符合本规程附录 E 的有关规定，浅地层剖面探测作业要求应符合本规程附录 F 的有关规定，海洋磁法探测作业要求应符合本规程附录 G 的有关规定。水下障碍物探测尚应符合现行国家标准《海道测量规范》GB 12327 的规定。

7.3.3 应测定水下障碍物的平面位置、延伸范围、最浅水深和障碍物性质，并绘制草图，注明名称和类别。

7.3.4 水下障碍物探测成果应包含报告及附图附件，其中报告应包括作业方法、过程、精度评定，障碍物的性质、几何尺寸、方向等相关内容。

7.4 海底管线路由调查测量

7.4.1 海底管线路由调查测量内容应包括路由区域的地形地貌测绘、海洋地球物理探测和水下障碍物探测。水下障碍物探测应符合本规程第 7.3 节的规定。

7.4.2 海底管线路由调查测量前应收集路由区已有的陆域地形图、海底地形图及海图，附近已有管线、路由区域地质、海洋规划、海洋渔业活动和海洋开发活动等资料。

7.4.3 调查测量应沿路由中心线两侧一定宽度的走廊带范围进行，测量总宽度在登陆段和近岸段不宜小于 500m；在浅海段宜为 500m~1000m。

7.4.4 登陆段测量应符合下列规定：

- 1 登陆点的平面和高程测量精度应达到图根点精度要求。
 - 2 登陆段陆域地形测量应按 1 : 500 或 1 : 1 000 比例尺施测，并对重要地貌照相记录。
 - 3 潮间带地形测量、地貌调查，比例尺不应小于 1 : 2 000。
- 7.4.5** 海底路由区域地形测量除应符合本规程第 6.3 节有关规定外，还应符合下列规定：

- 1 近岸段、浅海段主测线应平行预选路由布设，总数不宜少于 3 条，其中一条测线应沿预选路由布设，其他测线布设在预选路由两侧，水下地形测量测图比例尺不宜小于 1 : 5 000。

- 2 路由区域宜进行多波束全覆盖水深测量。

7.4.6 海底管线路由调查中的海洋地球物理探测，除应符合现行国家标准《海底电缆管道路由勘察规范》GB/T 17502 的要求外，还应符合下列规定：

- 1 调查区域应使用侧扫声纳进行全覆盖扫测。
- 2 地层剖面探测测线宜沿预选路由方向布设，测线间隔宜为图上 1cm~2cm。
- 3 当路由区附近有其他海底管线交越或淤埋的铁磁性物质时，应进行海洋磁法探测。

7.4.7 海底管线路由调查测量数据处理及资料提交应符合下列要求：

- 1 数据处理应包括水深测量、侧扫声纳探测、浅地层剖面探测、磁法探测等各种数据的分析、处理及成图。
- 2 海底管线路由调查测量完成后，应提供海底路由调查测量报告，成果宜主要包含海底地形图、海底面状况图、浅地层剖面图、磁异常平面图。

7.5 海 籍 测 量

7.5.1 宗海测量应符合下列规定：

- 1 平面基准应采用 CGCS2000，并采用高斯-克吕格投影进行地图投影，以过宗海中心的经线为中央经线，取位至 0.5°。

东西向跨度经度差大于 3° 的海底管线等用海可采用墨卡托投影。

2 高程基准应采用 1985 国家高程基准。

3 平面控制点的定位误差不应超过 $\pm 0.05\text{m}$ ；位于人工海岸、构筑物及其他固定标志物上的宗海界址点或标志点，其测量误差不应超过 $\pm 0.1\text{m}$ 。

4 界址点的布设应能反映宗海形状和范围。对于能够直接测量界址点的宗海，应采用界址点作为实际测量点，当无法直接测量界址点时，应采用与界址点有明确位置关系的标志点作为实际测量点。

5 界址点测量应符合现行行业标准《海域使用面积测量规范》HY070 的有关规定，定位宜采用 GNSS 测量方法。

6 界址点测量应填写海籍测量记录表、测量示意图、界址点坐标记录表。

7.5.2 海域使用面积测量应符合下列要求：

1 海域使用面积测量应包括宗海及其内部单元的测量面积。面积计算单位应为平方米，结果取整数。转换为公顷时，应保留 4 位小数。

2 在高斯-克吕格投影下，面积计算应采用平面解析法；在墨卡托投影下，面积应按椭球面计算。面积计算应填入相应的宗海及内部单元面积计算表。

7.5.3 海籍测量成果整理应符合下列要求：

1 宗海界线和使用权面积测绘完成后，应提交海籍测量报告及附图。报告正文应包含项目简介、资质证明、测量方案、坐标系、投影方式、控制测量、面积计算及海籍调查表；附图应包括宗海图与海籍图。

2 宗海图和海籍图编绘的工作底图应选用专业地图出版社出版的地图、海图，也可采用精度适当的遥感影像地图。

3 宗海图编绘应包括宗海位置图和宗海界址图。宗海位置图的比例尺应能清晰反映宗海地理信息；宗海界址图应能清晰反

映宗海的形状及界址点分布，比例尺不应小于1:5 000。宗海图的编绘内容及要求应符合现行行业标准《海籍调查规范》HY/T 124的有关规定。

4 海籍图编绘应包括下列内容：

- 1) 已明确的行政界线。
- 2) 水深、毗邻陆域要素、明显标志物。
- 3) 相邻宗海图斑界址点及界址线、登记编号、项目名称。
- 4) 海籍测量平面控制点以及比例尺和必要的图饰。

5 海籍图比例尺应与所采用的工作底图保持一致。海籍图的分幅、编号及绘制应符合现行行业标准《海籍调查规范》HY/T 124的有关规定。

7.6 施 工 测 量

7.6.1 施工测量应符合下列要求：

1 施工测量前应收集与项目有关的测绘资料，并应对已有的控制点进行复核。

2 施工测量控制网的坐标系统、高程基准、深度基准宜与勘测设计阶段保持一致。

3 施工测量控制网的精度指标应满足施工放样的精度要求。

4 施工放样宜采用GNSS测量法、极坐标法、交会法、三维坐标法、水准测量法实施。施工放样精度应满足设计要求。

7.6.2 施工测量成果整理应符合下列要求：

1 成果整理应主要包括测量技术方案、仪器设备检验资料、人员资格证书、测量技术报告、测量原始数据及相关图表。

2 技术报告应主要包含项目概述、坐标系统、技术方案执行情况、投入仪器设备及人员、作业过程、质量评定。

7.7 竣 工 测 量

7.7.1 竣工测量范围应覆盖海上风电场工程建设范围并外扩

100m 区域。

7.7.2 竣工测量应符合下列要求：

- 1 竣工图测量基准系统宜与勘测设计阶段一致。
- 2 应收集总平面布置图、施工图设计图、设计变更文件、施工检测记录和其他相关资料。
- 3 竣工图应根据设计和施工资料进行编绘；当资料不全无法编绘时，应进行实测。

7.7.3 竣工图编绘应符合下列要求：

- 1 应以施工蓝图为基础，套绘竣工地形图，同时叠加海上风电场施工区域竣工管线图编绘竣工图。
- 2 竣工图应根据不同工程区域选择不同的比例尺，宜按本规程第 3.0.4 条的规定执行。

7.7.4 竣工测量完成后，应整理并提交以下资料：

- 1 竣工地形图、竣工管线图、水深图及索引图。
- 2 竣工测量报告。

7.8 变 形 监 测

7.8.1 变形监测内容可包括位移监测、倾斜监测、冲刷监测、路由监测等。变形监测的主要内容、对象及监测项目应符合表 7.8.1 的规定。

表 7.8.1 变形监测的主要内容、对象及监测项目

监测内容	监测对象	监测项目
位移监测	风电机组基础、海上升压站及其相关建、构筑物	水平位移、垂直位移
倾斜测量	风电机组塔筒	倾斜度
冲刷监测	地基	冲刷量
路由监测	海底路由管线	埋设完整度

7.8.2 变形监测方案应符合下列要求：

- 1 应根据监测内容选择不同的监测方法，监测结果应能反

映对应的监测指标。

2 监测布置、监测精度及监测周期应根据设计要求确定。

3 水平位移观测可采用交会法、极坐标法、经纬仪投点法、GNSS测量法等方法，具体观测方法、技术要求和观测精度应符合现行国家标准《工程测量规范》GB 50026的有关规定。

4 垂直位移测量宜采用液体静力水准进行测量。

5 倾斜测量宜采用测斜仪直接观测法进行测量，也可采用相对位移推算法。

6 风电机组地基、海底路由的冲刷监测可采用多波束测深或侧扫声纳扫测方法获取数据，对所获得数据进行综合分析评价。

7.8.3 数据处理与变形分析应符合下列要求：

1 每期变形观测结束后，应依据测量误差理论和统计检验原理对获得的观测数据及时进行平差计算和处理，并计算各种变形量。

2 变形监测平差计算、分析中的数据取位、平差计算后的单位权中误差及变形参数的精度应满足风电场设计、施工和运营的要求。

3 在变形观测过程中，当某期观测点变形量出现异常变化时，应分析原因，在排除观测本身错误的前提下，应及时对基准点的稳定性进行检测分析。

4 对于多期变形观测成果，应建立反映变形量与变形因子关系的数学模型，对引起变形的原因做出分析和解释，必要时还应对应变形的发展趋势进行预报。

7.8.4 变形监测成果整理及资料提交应符合下列要求：

1 成果整理应主要包括测量技术方案、测量原始数据及相关图表；平差计算及检验过程相关资料，变形监测报告。

2 变形监测报告应主要包括监测点位分布图、变形监测成果表、水平位移曲线图、沉降曲线图、冲刷分析图，并附仪器设备检验资料。

8 空间数据编辑与地理信息系统开发

8.1 一般规定

8.1.1 海上风电场工程测量成果宜采用地理信息系统（GIS）技术进行管理，包括数据编辑与入库、GIS 开发。

8.1.2 空间数据编辑与入库应包含数据密级划定、元数据制作、数据预处理、格式转换、数据编辑、入库前检查、数据建库入库、入库后检查、运行测试等。

8.1.3 GIS 开发应包括可行性研究、需求分析、系统设计、系统编码、系统测试、系统运行维护等。

8.1.4 需求明确、技术成熟的 GIS 项目系统设计宜采用生命周期法，需求不明的 GIS 项目系统设计宜采用原型法。

8.2 空间数据编辑与入库

8.2.1 空间数据编辑与入库内容宜包括数字线划地图（DLG）、数字高程模型（DEM）、数字正射影像图（DOM）、数字栅格地图（DRG）、数字地表模型（DSM）、点云数据、三维模型数据以及专题地图数据等。

8.2.2 空间数据编辑入库前应根据项目任务与需求完成目标数据库的相关设计与建库，并作为数据入库技术设计的主要依据。空间数据库建库的内容应包含空间数据、对应的属性数据、对应的元数据。

8.2.3 空间数据编辑前应根据空间数据库建库标准，对以下内容进行检查：

- 1 数据文件的时效性、完整性。
- 2 数据的空间参考系统。

- 3 数据的文件格式。
 - 4 空间数据的几何精度。
 - 5 要素分层与代码、要素几何特征、栅格大小等数据规格。
 - 6 空间数据的完整性。
 - 7 数据组织的分幅、分块或分区和索引文件。
 - 8 图形及属性接边符合性。
- 8.2.4 空间数据入库前应进行拓扑处理、属性录入、空间校正、数据转化、分割、接边、影像调色、比例缩放、符号库创建等工作。
- 8.2.5 空间数据入库应符合以下要求：
- 1 空间数据入库时应按照相应设计要求编制元数据文件。
 - 2 空间数据入库时应按照相应设计要求，选取适宜的数据库管理系统进行数据入库。
 - 3 入库后应对数据库进行运行测试。
- 8.2.6 空间数据编辑与入库的成果应包含以下内容：
- 1 技术设计书。
 - 2 空间数据库设计资料。
 - 3 原始数据。
 - 4 入库数据。
 - 5 元数据。
 - 6 空间数据库。
 - 7 技术总结报告。

8.3 地理信息系统开发

8.3.1 GIS开发前应进行可行性研究分析。可行性研究分析可包括任务、具体步骤、报告的主要内容及开发计划等。可行性研究分析应根据科学的方法与依据，至少对一种解决方案进行分析，并有明确的结论。

8.3.2 需求分析应明确用户的具体业务需求，明确地理信息系

统的功能需求、性能需求及其他需求，并明确系统边界及同其他系统的接口细节，最后进行需求评审并提供完整的用户需求分析报告。

8.3.3 系统设计应对系统编码工作进行规划。系统设计宜分为概要设计、数据库设计和详细设计。

8.3.4 系统编码可用一种或多种指定的计算机程序语言来组织系统的开发工作，使系统符合需求分析中的各项要求。

8.3.5 在 GIS 开发过程中，应对编码开发过程中的错误和缺陷做持续的系统测试，提供完整的系统测试报告，系统测试应包括模块测试、功能测试、性能测试、容量测试和压力测试，系统最后应进行集成测试。系统测试报告内容应包括测试计划、测试说明、测试报告等。

8.3.6 系统在整个运行期内应进行维护，维护记录宜包含运行维护的范围、维护过程中的维护登记、维护申请、维护记录、维护评审与评价等内容。

8.3.7 系统投入使用后，可分阶段、适时对系统进行评价。

8.3.8 项目完成后，应整理并提交下列资料：

- 1 可行性研究报告。
- 2 需求分析报告。
- 3 设计报告。
- 4 测试报告。
- 5 项目总结报告。
- 6 软件系统及数据库。
- 7 系统培训计划及培训材料。

9 检查验收与资料归档

9.1 检查验收

9.1.1 海上风电场工程测量项目应实行“二级检查、一级验收”制度，二级检查应包括过程检查和最终检查，过程检查由测绘单位作业部门完成，最终检查由测绘单位质量管理部门实施。各级检查应独立、按顺序进行，通过检查、完善后，才能提交验收。

9.1.2 过程检查应采用全数检查；最终检查应采用内业全数检查，涉及野外检查项的可采用抽样检查。各级检查均应作记录，并对修改后的成果进行复查、确认。最终检查完成后，应编写检查报告。

9.1.3 测绘成果检查验收与质量评定应依据任务书或合同书、技术设计书、委托检查验收文件、行业标准和有关国家标准进行。

9.1.4 测绘成果质量评定可与成果检查验收同步进行，或根据需要单独进行。测绘成果最终检查应采用优、良、合格和不合格四级质量等级评定，成果验收应按合格和不合格两级进行质量等级评定。

9.1.5 检查验收与质量评定应符合现行国家标准《测绘成果质量检查与验收》GB/T 24356 和《数字测绘成果质量检查与验收》GB/T 18316 的有关规定。

9.2 资料归档

9.2.1 海上风电场工程测量资料归档应主要包含下列内容：

1 任务书或测绘合同、技术要求、原始电子地形图、控制资料、影像、仪器的检验资料等原始技术资料。

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、验收报告书等工程项目资料。

9.2.2 纸质文件归档应符合下列要求：

1 成果报告应是审查合格签字后的最终版本。

2 文字材料应文字简洁、字迹清楚、图表清晰、幅面整齐统一，签字认可手续完备。

3 观测手簿、计算手簿应符合规范要求，各项内容应填写齐全，字体工整、清晰，禁用圆珠笔和复写纸，不得用金属物装订。

9.2.3 电子文件归档应符合下列要求：

1 电子文件应为本阶段产品的最终版本。

2 电子文件应按要求进行整理，工程图纸的电子文件名应与图纸的图号相一致；设计报告、计算稿电子文件名应与设计报告、计算稿相一致；电子文件的扩展名应为 DWG、DOC、XLS 等支撑软件默认的扩展名，归档者不得使用自定义扩展名。

3 与电子文件相对应的纸质文件应与电子文件同时归档。

9.2.4 成果归档应列出清单或目录，逐项清点，并办理移交手续。

附录 A 短期和临时验潮站平均海面确定基本方法

A.0.1 采用水准联测法确定多年平均海面应符合下列要求：

1 待传递验潮站的多年平均海面应根据待传递的短期验潮站、临时验潮站和邻近高等级验潮站主要水准点间的高差，高等级验潮站多年平均海面与其主要水准点间的高差，以及待传递验潮站水尺零点与其主要水准点间的高差确定。

2 若各站主要水准点未联入国家水准网，站间主要水准点之间的高差应采用水准实测值，水准观测等级不应低于四等。

3 对于短期验潮站应采用长期验潮站为基准站，对于临时验潮站应采用长期验潮站或短期验潮站为基准站。

4 将传递基准站以代号 A 表示，待传递站以代号 B 表示，B 站的多年平均海面可按下式计算：

$$MSL_B = MSL_A + (h_{0B} - h_{0A}) - h_{AB} \quad (A.0.1)$$

式中 MSL_B ——B 站的多年平均海面 (m)；

MSL_A ——A 站的多年平均海面 (m)；

h_{0B} ——B 站水尺零点与主要水准点的高差 (m)；

h_{0A} ——A 站水尺零点与主要水准点的高差 (m)；

h_{AB} ——A 站选用主要水准点至 B 站选用主要水准点之间的高差 (m)。

A.0.2 采用同步改正法确定多年平均海面应符合下列要求：

1 应利用高等级验潮站同步期间平均海面与其多年平均海面的差值，获取同步期间平均海面的改正数，修正待传递验潮站平均海面观测值，确定其多年平均海面。

2 待传递站的多年平均海面应按下式计算：

$$MSL_B = MSL_{BS} - MSL_{AS} + MSL_A \quad (\text{A.0.2})$$

式中 MSL_B ——待传递站 B 的多年平均海面 (m);

MSL_{BS} ——待传递站 B 在同步期间的平均海面 (m);

MSL_{AS} ——基准站 A 在同步期间的平均海面 (m);

MSL_A ——基准站 A 的多年平均海面 (m)。

A.0.3 采用最小二乘线性回归分析法确定多年平均海面应符合下列要求:

1 应通过构建待传递验潮站与邻近高级别验潮站同步期间日平均海面序列的线性回归方程、求解回归系数, 确定待传递验潮站多年平均海面。

2 将等间隔观测水位按完整日期划分, 用算术平均值法计算日平均海面, 根据日平均水位序列可按下式构建线性回归方程:

$$MSL_{Bi} = k \cdot MSL_{Ai} + C \quad (\text{A.0.3-1})$$

式中 MSL_{Bi} ——待传递站日平均海面 (m);

k ——拟合参数;

MSL_{Ai} ——基准站日平均海面 (m);

C ——拟合参数 (m)。

3 根据最小二乘原理, 估计拟合参数 k 、 C , 利用长期验潮站多年平均海面, 短期验潮站多年平均海面可按下式计算:

$$MSL_B = k \cdot MSL_A + C \quad (\text{A.0.3-2})$$

式中 MSL_B ——待传递站 B 的多年平均海面 (m);

MSL_A ——基准站 A 的多年平均海面 (m)。

附录 B RTK 无验潮模式水深 测量作业要求

B.0.1 RTK 无验潮模式水深测量作业时应将 RTK 所测大地高转化为相应高程起算面上的高度，沿岸可利用已知高程点进行高程拟合，高程拟合残差不应大于 $1/10$ 等高距。

B.0.2 在沿海采用增设海上临时验潮站的方法，对控制网未覆盖测区的 RTK 水位进行修正时，应符合下列规定：

1 RTK 在整个测区均能稳定工作，且 RTK 定位数据的更新率不应小于 10Hz。

2 两验潮站同步观测期间，在长期验潮站和临时验潮站附近应分别利用 RTK 同步观测水面高程，并于不同时段记录数据。

3 RTK 测得的水位应与验潮站、测区远端验潮仪的水位进行比较，求得水位差值，并对 RTK 水位进行修正。

4 对于范围较大的带状测区，在验潮站至测区远端之间，应进行分带改正。

B.0.3 RTK 流动站安装应符合以下规定：

1 接收机天线应避开雷达天线辐射波束的直接辐射，远离发信机天线。

2 差分数据链天线架设应尽量高并考虑防雷击的要求。

3 安装完成后应精确测定 GNSS 天线、姿态传感器、换能器在船体坐标系下的相对位置关系，独立量测两次，读数至厘米，水平方向上的距离两次测量互差应小于 5cm，竖直方向上的距离两次测量互差应小于 2cm，在限差范围内取其均值作为测量结果。

B.0.4 系统校准应符合下列规定：

1 作业开始前和作业结束后均应进行已知点检核，检核点的平面位置较差不应大于图上 0.2mm，高程较差不应大于 1/5 基本等高距。

2 选择一水深不小于测区内的最大水深且水下地形平坦的水域进行 RTK 无验潮水深测量，分别采用 RTK 水位和验潮站水位进行数据处理，并比对相同点的水深，水深比对互差应符合下列规定：

1) 互差不大于 0.10m 的点数不应少于总点数的 80%。

2) 互差不大于 0.20m 的点数不应少于总点数的 95%。

B.0.5 水深测量时应测定导航延时，并进行延时改正。

附录 C 单波束测深仪的停泊稳定性 检验与航行试验

C.0.1 单波束测深仪停泊稳定性检验应符合下列规定：

1 出测前应进行停泊稳定性试验。停泊稳定性试验应选择在水深大于 5m 的水底平坦处或码头附近，开启测深仪进行连续试验，试验时间应大于作业时仪器最长连续的工作时间，试验中应每间隔 15min 比对一次水深，测定一次电压，并作记录。

2 试验时的水深比对限差应为 2 倍深度中误差，工作电压与额定电压之差不应大于 10%。

3 应检查测深仪发射信号、回波信号是否正常，以及仪器各部件的运转是否正常。

C.0.2 单波束测深仪航行试验应符合下列要求：

1 航行试验应选择在水深变化较大的水域，测量船应以低速、中速和全速进行测深仪试验。

2 在试验中应检查仪器在不同深度不同航行速度下的工作情况是否正常，检查仪器在速度和深度变化时的稳定性，并应测定换挡引起的误差。

3 试验不合格的仪器不能用于测深作业。

附录 D 多波束测深系统作业要求

D.0.1 多波束设备安装与校准应符合下列规定：

- 1 系统宜安装在船底或船舷。
- 2 姿态仪应安装在能准确反映测船或多波束换能器姿态变化的位置，其方向线应平行于船的首尾线。
- 3 罗经应安装在测船的首尾线上，读数零点应指向船首。
- 4 系统各配套设备的传感器位置与测量船参考坐标系原点的偏移量应精确测量，读数至厘米，往返各测一次，水平方向往返读数互差应小于 5cm，竖直方向往返读数互差应小于 2cm，在限差范围内取其均值作为测量结果。
- 5 校准区域的平均水深不应小于测区的最大水深，宜选择在实施过多波束或大比例单波束加密测量的水域。校准项目应包括时延、横摇倾角、纵摇倾角、艏摇。
- 6 时延的测定与校准宜选择在水深 10m 左右、水下地形坡度 10° 以上的水域或在水下有礁石、沉船等明显特征物的水域，在同一条测线上沿同一航向以不同船速测量两次，其中一次的速度不应小于另一次速度的 2 倍，两次测量作为 1 组，取 3 组或以上的数据计算校准值，允许偏差为 $\pm 0.05\text{s}$ 。
- 7 横摇倾角偏差的测定与校准宜选择在水下地形平坦的水域进行，在同一测线上相反方向相同速度测量两次作为 1 组，取 3 组及以上的数据计算校准值，允许偏差为 $\pm 0.05^\circ$ 。
- 8 纵摇倾角偏差的测定与校准宜选择在水下坡度 10° 以上的水域或在水下有礁石、沉船等明显特征物的水域进行，在同一条测线上相反方向相同速度测量两次作为 1 组，取 3 组及以上的数据计算校准值，允许偏差为 $\pm 0.3^\circ$ 。
- 9 艏摇偏差的测定与校准宜在水下坡度 10° 以上的水域或

在水下有礁石、沉船等明显特征物的水域进行，使用两条平行测线，测线间距要保证边缘波束有重叠，以相同速度相同方向各测量一次作为 1 组，取 3 组及以上的数据计算校准值，允许偏差为 $\pm 0.1^\circ$ 。

10 系统的校准参数应由两人及以上分别计算，参数一经确定，不得随意修改。

11 应根据测区、测船及所用设备的具体情况设定多波束发射和接收单元的关键参数。一套参数应适用于整个测区或预计分区施测的某一区域整体。

12 检查测船的前后左右吃水值及换能器吃水，测定从静止到最大航速间不同速度时的动吃水，应由两人分别测量，互差值不应大于 0.1m，取均值作为最后结果。

D.0.2 多波束水深测量外业应符合下列要求：

1 在测深过程中应实时监测姿态传感器、罗经、定位及测深设备的运行状态，发生故障时应停止作业，作业过程中应尽量减少键盘操作，不应改变多波束校准以及各姿态偏差参数的设置。

2 在线测量时，宜使用小舵角修正航向，避免急转弯。上线正式记录数据前，应有不少于 1min 的稳定时间。

3 在测量过程中，应实时监控测深数据的覆盖情况和测深信号的质量，信号质量不稳定时，应及时调整多波束发射与接收单元的参数，使波束的信号质量处于稳定状态；发现覆盖不足或水深漏空、测深信号质量不符合精度要求等情况时应及时进行补测或重测。

4 外业测量结束后应核对多波束校准以及各姿态偏差参数设置，及时将外业原始数据转换至内业数据处理软件包能使用的数据格式。

D.0.3 多波束数据处理应符合下列要求：

1 在数据转换、处理前，应严格定义项目名称、测量船只、

实施日期等内容，形成符合数据处理软件要求的文件目录结构。

2 声速剖面改正应在数据处理前进行，在数据转换前应正确选取测量船配置文件、滤波参数，在确保数据完整的前提下剔除导航、水深等数据的粗差，使得数据处理时的显示效果更合理。

3 采用线模式处理水深数据时，软件自动处理的滤波参数设定应能删除大部分粗差及虚假信号，并应进行人机交互处理。对于异常浅点的处理应根据作业区、回波个数、信号质量等因素综合分析并处理。

4 采用子区模式处理水深数据时，可同时打开全部或部分测线进行子区模式处理。子区的尺寸应视同时打开测线数目、水深采样频率、计算机性能等因素而确定。子区的方向应与测线的走向一致。相邻子区应有 5% 以上的重叠，保证处理后的各分组水深拼接合理。

5 数据抽样稀释模型的水平门限值不宜大于单侧扫宽中心处的波束底点宽度，竖直门限值应根据探测物体积、海底崎岖程度而定。进行格网化时，数据处理单元不应大于 1m。

附录 E 侧扫声纳探测作业要求

E.0.1 测线布设应符合下列规定：

1 应根据任务要求、成图比例尺、水深及仪器指标要求确定侧扫量程档，并应根据侧扫量程档结合重叠带宽度选择测线间隔。粗扫时可采用大量程档探测，精扫时应采用小量程档探测。

2 设计测线间距应满足下式的要求：

$$D \leq 2nR \quad (\text{E.0.1})$$

式中 D ——测线间距 (m)；

n ——系数，取值应依据定位精度而定，取值范围应为 0.5~0.8；

R ——侧扫量程档 (m)。

3 在每次测量过程中，应至少布设 1 条跨越整个测区与多数测线相交的检查线。

E.0.2 扫海实施时应符合下列规定：

1 侧扫声纳扫海实施前应根据仪器设备的随机技术手册要求在测区进行调试，各项参数的设定应确保能够得到清晰的海底声纳图谱。

2 侧扫声纳换能器的安装可选择侧悬挂方式或拖曳方式，侧悬挂方式安装应使换能器放深大于作业船只吃水 1m，拖曳方式安装应使换能器离海底高度为量程档的 10%~15%，海底起伏较大的水域，应留有适当的余地。

3 设计确定的测量船速、施放拖曳电缆长度、换能器离海底高度、仪器工作量程的范围、发射脉冲宽度、走纸速度、近端盲区宽度、远端最大斜距或平距、测线方向等，在扫海实施时不宜变动。

4 当测区水深变化，换能器离海底高度大于设计值时，应

及时调整拖缆长度；小于设计值而影响远端扫海距离时，应及时微调机上有关旋钮进行补偿。

5 应经常检查测量船的实际航速，并使之保持在设计航速以内。当换能器离海底高度值变化时，可改变航速，但不得大于设计值。

6 拖曳电缆长度大于测区水深时，换线转向应使用小舵角大旋回圈，根据旋回半径大小选择合适测线上线。上线时，在测区外图上 1cm 处应保持航向稳定。

7 上线后应保持扫海航向稳定，不应使用大舵角修正航向；风流压角允许偏差 $\pm 3^\circ$ 。

8 仪器操纵使用人员应随时在声图记录纸上注记有关定位、使用状态、现场情况。

9 换能器的位置可用水声定位设备对其进行自动定位，或采用人工计算进行换能器位置改正。

10 应选择水体噪声小、海底线清晰的通道作为底跟踪通道。

E.0.3 对目标进行精扫时应符合下列要求：

1 对于分辨力低的近端发现的目标，或有疑问又不能决定舍弃的目标，均应进行精扫测以探明目标位置、范围、走向和高度。

2 侧扫声纳应借助于水深测量手段对海底目标的最浅点水深进行测定，以获得准确的目标位置、范围、深度。

3 测得的目标，应填写障碍物一览表，目标的编号应与粗扫、精扫记录纸的声图目标编号一致；目标位置和深度应按测深仪加密探测成果资料记入表中，并应填写水下障碍物探测说明。

E.0.4 扫海成果资料中有下列情况时应进行补扫：

1 当测量船驶入、驶出测区定位点离测区边界外小于规定要求时。

2 当重叠带宽度不满足设计宽度要求时。

3 测量船航向偏离测线方向大于 3° 或风流压角大于 3° ，使大面积扫海声图无法正确拼接时。

4 测量船航向左右偏离，形成漏扫区域时。

5 时间变化增益控制（TVG）等参数选择不当，造成与实际底质散射强度所对应的记录灰阶层次不符时。

6 声图记录上有噪声或其他干扰记录，影响声图质量，不能正确反映海底地貌和目标时。

7 近端盲区宽度大于 $1/2$ 量程，远端作用距离小于 $1/10$ 量程时。

8 声图一侧有明显地貌起伏，而另一侧无任何地貌起伏迹像时。

9 底跟踪选择不当或无法跟踪，造成目标位置不能正确量取时。

10 涌浪较大造成换能器在水中上下波动，在声图记录纸上出现水面线、海底线有规律地相对弯曲，盲区边界、远端最大作用距离相对弯曲变化时。

11 仪器故障，整机或分机不能正常工作，或拖缆、水密接头进水，声图记录上无回波信号或记录不可信，以及分辨率不能满足探测目标的要求时。

E.0.5 数据记录与整理应符合下列要求：

1 原始侧扫声纳记录包括数字记录和现场同步模拟打印结果，测量中要及时记录各种数据，打印参数设置在作业过程中不应再改变，记录上的各项注记要工整、清楚，记录纸应保持整洁。

2 在测量时应进行相应记录。记录内容包括记录纸或磁带或硬盘卷号、测线号、时间、定位点号、显示量程、换能器频率、TVG、拖缆入水长度及特殊地貌形态等。现场班报记录内容必须详尽清楚，按要求填写，不得涂改。

3 测线开始和测线结束点必须进行班报记录。遇到障碍物

或测量船故障及其他不可预测事件而使测量船的航向、航速发生较大变化时，应在班报中做相应记录并在模拟打印记录上进行标记。

4 项目负责人和技术主管应对每个测量周期的班报记录与模拟打印记录进行检查，发现问题应及时解决，并应填入记事簿内。

5 更换存贮及打印介质时，应及时进行标识并编写记录。应妥善整理保存各种记录，及时进行数据备份，备份介质应做相应的标识。

E.0.6 扫海资料的整理应符合下列要求：

1 绘制侧扫声纳航迹图时，应进行定位异常点的剔除、换能器与定位天线中心间距离的改正。

2 应系统整理水深、航速、地形校正记录，综合分析声图像形状特征及其分布范围，特殊水深分布特征，确定水下障碍物性质、位置、高度和水深、大小及走向。

3 应根据侧扫资料分析结果绘制扫海测量图。图中应标示扫海区域范围、水下障碍物的性质、位置、大小及走向；并应根据区域水下障碍物最浅水深，说明扫海区域有效深度。

4 应根据侧扫资料分析结果，填写发现的障碍物编号、性质、位置和最浅点深度，以及与旧资料的比对情况等。

附录 F 浅地层剖面探测作业要求

F.0.1 测量比例尺和测线布设应符合下列要求：

1 浅地层剖面测量比例尺、测线间距、定位点间隔应根据任务需要确定。

2 采取测线方式进行测量，主测线的布设宜垂直地层的总体走向，检查线应与主测线垂直；在不了解地层走向的地区，主测线的布设应垂直地形等高线；近岸作业时，主测线可垂直岸线布设。

3 在测量过程中，遇海底地层分布变化较大和浅部地质构造复杂的海区，应适当加密测线，加密的程度应能反映海底地层空间变化和控制浅部地质构造特征。

F.0.2 浅地层剖面探测系统技术指标应符合下列规定：

1 地层分辨率应优于 0.2m。

2 发射脉冲频率宜为 2kHz~15kHz。

3 发射功率不应小于 1.5kW。

4 接收系统的响应范围 100Hz~20kHz。

5 穿透能力最大值不小于 30m。

6 应具备数字记录方式，同时可打印剖面记录。

F.0.3 浅地层剖面仪器安装应符合下列规定：

1 舷挂式浅地层剖面仪应安装于船的中后部一侧；拖曳式浅地层剖面仪应拖曳于船的尾部，拖曳式安装换能器，应使拖鱼保持平稳。

2 发射和接收换能器应接地。

3 拖曳式安装浅地层剖面仪时，应保持驾驶台、仪器操作室和后甲板三方的语音通信畅通。

4 采用拖曳式安装浅地层剖面仪时，浅地层剖面仪拖鱼位

置应与定位系统的天线位置进行归算；浅地层剖面仪固定安装和舷挂式安装位置归算误差不应大于 0.5m，拖曳式安装位置归算误差不应大于缆长的 10%。

F.0.4 浅地层剖面探测实施应符合下列规定：

1 作业开始前，应检查系统的声源、接收单元和数据处理单元与定位系统及外设连接是否正确，各部分工作是否正常，并进行设备调试，使探测剖面获得最佳的穿透率和分辨率，并根据项目技术要求选择并设置设备的调查参数。

2 测量过程中测量船应匀速、直线航行，测量船的船速应控制在 6 节（kn）以下；测量定位点的间距不应大于图上 2cm。

3 探测上线与下线时，测线的两端均应向测区外延不小于图上 1cm；测线未完需续测时，续测测线应在断点处和原测线有大于图上 1cm 的重叠。

4 测量船偏离测线超出范围时要及时缓慢修正，实际航迹偏离设计测线大于测线间距的 1/5 时应重测或补测。

F.0.5 浅地层剖面探测记录应符合下列要求：

1 地层反射信号的剖面记录应连贯清晰；剖面记录纸带上应注记测线号、时标、水深、测线探测起始与结束时间及特殊情况简述等；每卷记录的首尾应写上项目名称、记录纸的卷号和作业时间。

2 作业参数确定后不宜更改。当水深和底质类型变化较大影响到剖面记录质量时，可根据记录剖面的质量和穿透深度对采集参数作适当调整，并在记录班报上注明。

3 测量过程中应及时进行自检、自查，确保剖面记录正常。在剖面记录出现异常时，应及时检查原因并排除故障。对不合格的剖面记录应补做或重做。

4 班报记录应包括值班人姓名、海区、海况、航速、测线探测情况、周围环境状况及特殊情况处理过程等。从记录剖面上发现可能为断层、滑坡及其他特殊地质体时，应仔细观察并认真

记录。班报填写应真实、清晰并保持完整。

F.0.6 浅地层剖面探测资料整理应符合下列要求：

- 1 应根据航迹图与设计测线进行完整性检查。
- 2 应通过数据回放或打印记录检查进行数据质量初步评价。
- 3 应检查记录介质和打印资料是否完整，并对各种纸质打印资料、班报记录进行整理、装订和会签。
- 4 应对原始数据文件进行检查，并进行数据备份。

F.0.7 浅地层剖面探测资料分析应包括以下内容：

- 1 干扰信号的识别，包括噪声信号的识别和多次反射信号的识别。
- 2 通过追踪反射界面、划分反射波组、分析反射波组特征，结合钻孔资料进行地层剖面解释。

附录 G 海洋磁法探测作业要求

G.0.1 磁力仪扫海作业应符合下列规定：

- 1 定位精度应优于 $\pm 5\text{m}$ 。
- 2 航速不应大于 5 节 (kn)。
- 3 拖鱼应靠近海底且离底高度不小于 5m。
- 4 测线方向应顺流或逆流。
- 5 作业时量取拖缆长度、定位点与拖缆入水点距离，根据拖体入水深度、流向和航向等信息进行拖鱼位置归算。
- 6 拖缆施放长度不应小于 3 倍船长。

G.0.2 磁力仪测线的布设应符合下列要求：

- 1 应根据探测目标的性质和测量条件确定测量比例尺、测线间距和探头入水深度。
- 2 根据目标体磁性的分布特点确定主测线方向，球状体目标探测的主测线宜布设为南北走向，线状体目标探测的主测线应垂直于线状体的走向。
- 3 球状体目标探测应布设与主测线正交的检测线。
- 4 线状体目标探测可不布设检测线，主测线间距可适当加大。

G.0.3 应根据目标磁性大小和拖鱼入水深度综合确定测线间距。在磁探测中宜根据探测目标的磁矩和水深确定测线间距。

G.0.4 磁力仪数据处理应提取水下目标磁异常信号，拟合水下目标附近地磁背景场，计算水下目标磁异常值，绘制水下目标磁异常等值线图和水下目标磁异常平面剖面图。

G.0.5 应进行拖体与定位天线中心间距离的改正，绘制磁探测航迹图。

G.0.6 磁力仪扫海资料应根据磁探测数据处理结果，将探测到的海底磁性物体标于扫海测量图中，并在图内说明探测目标的性质及主要特征。

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

- 1) 表示很严格，非这样做不可的：正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。
- 2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。
- 3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。
- 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

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

引用标准名录

- 《中国海图图式》GB 12319
- 《海道测量规范》GB 12327
- 《国家基本比例尺地形图分幅和编号》GB/T 13989
- 《海底电缆管道路由勘察规范》GB/T 17502
- 《数字测绘成果质量检查与验收》GB/T 18316
- 《国家基本比例尺地图图式 第1部分：1：500 1：1 000 1：2 000 地形图图式》GB/T 20257.1
- 《国家基本比例尺地图图式 第2部分：1：5 000 1：10 000 地形图图式》GB/T 20257.2
- 《国家基本比例尺地图图式 第3部分 1：25 000 1：50 000 1：100 000 地形图图式》GB/T 20257.3
- 《测绘成果质量检查与验收》GB/T 24356
- 《工程测量规范》GB 50026
- 《海域使用面积测量规范》HY 070
- 《海籍调查规范》HY/T 124

中华人民共和国能源行业标准

海上风电场工程测量规程

NB/ 10104—2018

条文说明

制 定 说 明

《海上风电场工程测量规程》NB/T 10104—2018，经国家能源局 2018 年 12 月 25 日以第 16 号公告批准发布。

本规程制定过程中，编制组在广泛调查、深入研究的基础上，吸收了国外海上风电场工程的建设经验，总结了我国近年来在海上风电场工程测量方面所取得的科技成果及实践经验，并向有关单位征求了意见。

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

目 次

1	总则	63
3	基本规定	64
4	控制测量	66
4.1	一般规定	66
4.2	平面控制测量	66
4.3	高程控制测量	67
5	水位控制	71
5.1	一般规定	71
5.2	验潮站的设立	72
5.3	水位观测	73
5.4	平均海面的确定	73
5.5	深度基准面的确定	74
6	地形测量	75
6.1	一般规定	75
6.2	海岸地形测量	75
6.3	海底地形测量	76
6.4	地形图编绘	78
7	专项测量	80
7.1	勘探点测量	80
7.2	助航标志测量	80
7.3	水下障碍物探测	81
7.4	海底管线路由调查测量	81
7.5	海籍测量	82
7.6	施工测量	82
7.7	竣工测量	82

7.8 变形监测	83
8 空间数据编辑与地理信息系统开发	85
8.1 一般规定	85
8.2 空间数据编辑与入库	85
8.3 地理信息系统开发	86
9 检查验收与资料归档	87
9.1 检查验收	87
9.2 资料归档	87
附录 D 多波束测深系统作业要求	88

1 总 则

1.0.1 为适应我国沿海实际情况和海上风力发电工程的快速发展形势需要，规范海上风电场工程测量的相关内容和技术要求，为海上风电场工程规划、勘察、设计、施工、运营的全生命周期提供测绘成果和技术支撑，特制定本规程。

3 基本规定

3.0.1 依据测绘任务要求，作业前须收集、整理、分析测区内已有测绘资料，进行必要的现场踏勘，在充分把握测区环境、原有资料可利用程度的基础上制订作业方案，明确技术要点，编写技术设计书；为有效控制测绘工作质量，在作业过程中，应加强内、外业质量检查，对发现的问题要及时处理；作业结束后，通过技术总结报告对技术设计方案的实施、变更以及测绘成果的数学精度和可靠性指标等情况做出相应总结说明。国家重点工程、特殊工程、特大型工程等重大项目所涉及的技术内容往往超越规范限定，因此有必要对其技术设计方案进行论证和评审，对成果进行审查。

3.0.2 平面坐标系统的确定主要遵循以下三个原则：一是尽可能使海上风电场工程的平面坐标系统与现行国家坐标系统相一致，以便利用已有的国家测绘成果；二是能有效满足测图或放样对控制网的精度要求，避免由于投影长度变形过大而产生的影响；三是保持工程建设各阶段平面坐标系统的一致性，避免坐标换算时的麻烦或坐标改化引起的精度损失。高程一般采用正常高系统，由现行国家高程基准起算，考虑到海上风电场工程的建设地域的特殊性和具体实施的可操作性，允许独立高程系统的存在，在条件允许时要与国家高程基准建立联系。具体实施可参考《工程测量规范》GB 50026 相关章节。

3.0.3 理论最低潮面是深度基准面的一种，是中国海图上水深、干出高度的起算面，位于平均海面以下高度为 L 值的平面处。理论最低潮面一般规律是个曲面，每个站点都不一样，越往海外海越低，测量作业时需采用测区当地的理论最低潮面。

3.0.4 测图比例尺的选用是总结多家设计单位的勘察设计专业，

根据多个项目实施过程中的实践经验提出的，同时考虑了海上风电场工程建设的不同阶段、不同区域对所使用地形图精度的不同要求，确定测绘不同比例尺地形图。

3.0.5 根据海上风电场工程经验，需要 1:200 比例尺地形图进行风电机组机位布置；考虑实际的测深精度，其基本等高距拟定为 0.5m。鉴于目前海上风电场工程建设区基本位于近海区，在海底地势比较平缓的区域，2m 或以上等高距会导致数千米没有一根等高线，不利于图面判读，因此不论地形图比例尺，推荐基本等高距为 1m；在海底地势起伏较大的区域，可以根据实际情况选择基本等高距。

3.0.6 设计部门使用地形图时通常不分幅使用，考虑到测绘单位需向测绘主管部门汇交资料目录等需求，因此规定了分幅要求。

3.0.7 仪器应当按照测绘计量管理暂行办法的要求开展周期检定，检定目录中未包含的仪器或自行研发的仪器设备应该制定对应的检验、校核指标自行校核并予以记录；为保证使用软件在编辑、处理测绘成果的正确性，无论是自编软件、商用软件还是随机软件，均需通过必要的鉴定或审查。

3.0.9 随着海上风电场工程建设的不断进行，受海流、气候、施工扰动等因素的影响，工程建设区不同设计阶段的地形、地貌、地物均会发生不同程度的改变，当现阶段需使用上阶段地形图时要进行修测或重测。

4 控制测量

4.1 一般规定

4.1.1 《工程测量规范》GB 50026—2007 规定的 GPS 控制测量作业等级为二、三、四等和一、二级，根据海上风电场工程测量的实际需要，四等或一级首级控制可以满足要求。在工作过程中，还需根据工程的具体需要制定不同的要求：①一个测区需采用同一坐标系。对海上风电施工测量，其长度投影变形不应大于 2.5cm/km；②当采用国家或原坐标系统，其投影长度变形不满足要求时，需进行换带计算或采用独立坐标系统；③独立坐标系统的建立，可采用任意带的高斯正形投影平面直角坐标系；投影面可采用国家参考椭球面或主要测区的平均高程面。

4.1.3 高程控制测量精度等级分为四等和五等，四等或五等高程控制网作为首级控制可满足海上风电工程各项测量工作需求。本规程第 4.3 节中对四等或五等高程控制测量有具体规定。当验潮站的主要水准点需要联测水准时，应当将其联入测区首级高程控制网，首级高程控制网的等级为四等。

4.2 平面控制测量

4.2.1 参考现行国家标准《工程测量规范》GB 50026—2007 相应等级的要求，并结合海上风电场工程测量实践经验，鉴于海上风电场工程控制网主要布设于海岸，控制网平均边长相对于现行国家标准《工程测量规范》GB 50026—2007 的要求可以适当放宽；固定误差和比例误差给出的是限差。

4.2.3 针对海上风电场工程控制测量，在保证测量精度的前提下，为提高作业效率，对已建立连续运行参考站（CORS）网的

地区，推荐采用 CORS 进行 RTK 测量。RTK 测量的主要技术要求是参考现行行业标准《全球定位系统实时动态测量（RTK）技术规范》CH/T 2009—2010 的相关条文提出的。

4.2.4~4.2.6 关于 GNSS 网和导线的布设、观测、数据处理的相关要求，根据海上风电场工程特点，对 GNSS 控制网精度要求及相邻点平均边长、静态 GNSS 控制网测量主要技术指标、RTK 测量的主要技术要求和导线测量的主要技术要求做了规定，其余要求现行国家标准《工程测量规范》GB 50026—2007 已较为详细，不再重复规定。

4.3 高程控制测量

4.3.2 四等水准主要技术指标引用了现行国家标准《国家三、四等水准测量规范》GB/T 12898—2009 的规定。五等水准路线最大长度的确定，是根据三、四等水准线路长度比例，并考虑加密图根高程有足够的精度推算而得。五等水准每千米高差中数全中误差、附合路线或环线闭合差引用了现行国家标准《工程测量规范》GB 50026—2007 的规定，路线长度、每千米高差中数偶然中误差等根据行业内已建、在建的风电场测量实际情况确定。

五等水准路线长度最大值推算过程如下：路线中最弱点相对于高等级水准点高差的中误差 m_h 按下式计算：

$$m_h = \frac{1}{2} M_w \sqrt{L} \quad (4-1)$$

式中： M_w ——水准测量每千米高差中数全中误差（mm）；

L ——水准路线长度（km）。

根据实际工作需要，四、五等水准路线长度及相应的最弱点高程中误差 m_h ，对应于起算点的高程相对中误差见表 4-1。

表 4-1 四、五等水准路线长度及路线中最弱点高差全中误差

等级	M_w (mm)	L (km)	m_h (mm)
四	10.0	80	45.0
五	15.0	45	50.3

表 4.3.2 中水准仪型号最低要求为 DS3/DSZ3, 还有 DS1 等精度更高的水准仪可以使用。

4.3.3 五等水准测量的技术要求引用自现行行业标准《水电工程测量规范》NB/T 35029—2014。

4.3.4 关于四、五等水准网的布设、观测、数据处理的相关要求, 根据海上风电场工程特点, 对点间距、四等及五等水准测量的主要技术指标和要求做了规定, 其余要求现行国家标准《工程测量规范》GB 50026—2007 已较为详细, 不再重复规定。

4.3.6 在电磁波测距三角高程的边长测量和垂直角观测测量时应当同步对向观测。

4.3.8 目前 GNSS 高程测量在平原或丘陵地区的高程拟合精度可达到四等水准的精度, 但在高程异常比较大的地方要慎用, 并要控制边长的长度, 并增加联测点和检查点的数量。当采用似大地水准面精化模型时, 似大地水准面模型内符合精度应当小于 $\pm 20\text{mm}$ 。如果当地某些区域高程异常变化不均匀, 拟合精度和似大地水准面模型精度无法满足高程精度要求时, 一般对 GNSS 测量大地高数据进行后处理或用几何水准测量方法进行补充。

4.3.9 为了保证五等 GNSS-RTK 高程拟合的精度, 要有足够的高一等级的起始水准点, 当测区小于 10km^2 时, 可只有一个起始水准点, 但一般把水准路线布设成环状, 以保证起算点的高程精度。起算点一般要求均匀分布在测区周围及中央。为了保证应用 GNSS-RTK 进行高程测量的精度, 流动站观测时要采用三脚架进行对中、整平。每次观测之间应当重新进行 GNSS-RTK 初始化。

4.3.11 跨水面高程测量采用电磁波测距三角高程方法时，视线距水面的高度越高边长受衍射、水汽的影响就越小，理论上该距离越大受干扰越小，根据工程实践，视线距水面的高度在 3m 时干扰已经较小，同时考虑了场地选择、埋石、观测条件等因素，故视线距水面的高度确定为宜大于 3m。

4.3.12 鉴于海上风电场工程测量与水运工程测量的跨水面测量作业环境相似，因此跨水面水准观测的跨越距离、仪器类型、测回数、读数次数、测回差、观测要求参考了现行行业标准《水运工程测量规范》JTS 131—2012 的相关要求。

4.3.13 采用电磁波测距三角高程代替四、五等水准跨水面测量时的技术要求。用电磁波测距三角高程代替水准测量时，其测角精度与观测边长存在以下关系：

$$m_a = \pm \frac{\rho}{S \cos \alpha} \sqrt{2m_h^2 - \sin^2 \alpha m_s^2 - m_i^2 - m_v^2} \quad (4-2)$$

在跨河水准测量中，垂直角 α 一般很小，取 $\alpha = 2^\circ$ ，仪器和觇标量高误差 m_i 、 m_v 取值为 2mm，斜距测量误差 m_s 取值为 20mm，高差测量误差 $m_h = 10\sqrt{S}$ (mm)， S 以 km 为单位，则根据不同距离所计算的 m_a 值见表 4-2。

表 4-2 垂直角观测精度及测回数

距离 (m)	m_h (mm)	m_a (")	一测回测角中误差 (")	测回数	
				计算值	取用值
1000		2.8	5.0	3.2	4
1500	12.2	2.3	5.0	4.5	6
2000	14.2	2.0	5.0	6.0	6

因此测回数由下式计算：

$$n = \frac{m^2}{m_a^2} \quad (4-3)$$

式中 n ——测回数；

m ——一测回垂直角观测中误差 (");

m_a ——规范要求的垂直角观测中误差 (")。

由于 2"级经纬仪一测回垂直角的观测中误差为 $m=5.0''$ ，用式 (4-3) 即可求得表中所列取用测回数。

4.3.14 高、低平潮前后半小时之间的观测间隔定为 10min，是为了更有利于抓住高、低平潮时刻的水位特征值。

5 水位控制

5.1 一般规定

5.1.1 水位控制的目的是为了解当地的潮汐性质，利用所获得的潮汐观测资料，来计算该地区的潮汐调和常数、平均海平面、深度基准面、潮汐预报等，为水深测量和其他相关要素测量提供水位改正数。建立高程系统与当地理论深度基准面的转换关系是为了保证海陆基准的统一，在海上风电场工程中可根据实际需要，提供基于高程系统的水下地形图或基于当地理论最低潮面的水深图。

5.1.2 随着水位观测技术的发展，自记式水位仪、遥报式水位仪的推广应用，水位观测数据记录逐渐由人工水尺读数方式向验潮仪自动电子记录、无线和有线传输、自动存储方式转变，实际使用时可根据验潮站位置、水深、技术要求等因素进行选择。

5.1.3 水位控制站组或验潮站网的组成要求，短期和临时验潮站需与邻近长期验潮站进行同步观测，利用同步数据进行短期和临时验潮站的平均海面 and 深度基准面的推算或确定。

5.1.4 验潮站的分类规定，引用自现行国家标准《海道测量规范》GB 12327—1998。长期验潮站又称基本验潮站，其观测资料用来计算和确定多年平均海面、深度基准面，以及研究海港的潮汐变化规律等；短期验潮站是测量工作中补充的验潮站，用来计算该地近似多年平均海面 and 深度基准面；临时验潮站大多是为了水深测量、转测平均海面 and 深度基准面等的需要而建立的。

5.1.5 海洋测绘作业时，需要保证水位观测、测深、定位的同步，所以水位观测、测深、定位工作都要求采用北京时间，并在实施前进行对时。

5.1.6 水位改正的实质是在瞬时测深值中去除海面潮汐时变影响，将测得的瞬时深度转化为一定基准上与时间无关的“稳态”深度场的数据处理过程。可以根据两个验潮站的潮汐调和常数计算其间的瞬时最大潮高差，并按两个验潮站的距离计算测深精度相对应的距离，即按测深精度要求的验潮站有效作用距离。当测点位于一个验潮站的有效作用距离内，可认为该点与该站的水位变化相同，可以用该站的水位资料进行水位改正；当测点距验潮站超出了验潮站的有效距离时，可采用水位分带法、时差法、最小二乘拟合内插法及余水位法进行水位改正。由于实地条件的限制，很多情况在实施海上测量时还采用预报潮汐进行水位改正，采用这种方法需要高精度的潮汐模型和余水位数据。

5.2 验潮站的设立

5.2.1 除了满足现行国家标准《海道测量规范》GB 12327—1998的有关规定外，强调了在验潮站设立前进行相关的设计和论证，以保证验潮站布设的密度能控制测区的潮汐变化，避免在测量过程中或外业结束后进行水位改正时发生验潮站密度不足而进行增补和补测工作的情况。

5.2.2 为了使观测资料能充分反映当地潮汐变化规律，需选好验潮站站址。短期和临时验潮站，可设在受风浪和径流影响较小、能充分反映测区潮汐情况的地点，在保证水位观测精度的前提下，通常把验潮站选在居民点附近。

5.2.4 验潮站主要水准点用于联测国家水准点，要求稳定可靠；验潮站工作水准点主要用于水尺、水位计等验潮设备的零点测定和数据检校，要求尽量靠近验潮设备以方便工作。

5.2.6 验潮站的水位观测仪器安装要求稳固，并保证低潮期间不干出，是为了保证观测期间数据的连续和稳定。

5.2.9 验潮站的水尺零点与工作水准点之间的联测要求，求出水尺零点与高程基准面的相对关系，以保证获得统一的水位观测

资料。验潮站水尺零点工作前后各测定 1 次，考虑到中间间隔时间较长，为检查水尺零点变化情况，通常要求每 7 天联测 1 次。

5.3 水位观测

5.3.1 当水位的涨落需要更换水尺观测时，比测的水位差不超过 3cm 时，以平均值作为观测的水位值；当比测的水位差超过 3cm 时，应当查明原因或校核水尺零点高程；当能判断哪支水尺观测不准确时，以较准确的那支水尺读数计算水位。

5.3.2 自记式水位仪的水位传感器采样精度为厘米级或优于厘米级的统一取位至厘米，采样间隔一般设置为 5min 的倍数，不同传感器之间应校对内部计时器的起始对时精度和计时的时长精度。

5.3.3 为了保证水位观测数据的质量，尽量统一数据记录格式和详细的文字注明说明，电子文件存储方式更有利于统一记录格式、数据传输和数据自动化处理。

5.4 平均海面的确定

5.4.2 在海上风电场工程测量中，一般不需要布设长期验潮站，为推算短期和临时验潮站的平均海面，需利用长期验潮站的多年平均海面，应该使用其最近期的长期平均海平面数值；因为随着观测周期的延长，长期站的多年平均海面可能会存在变化。同步改正法在两站距离不太远的条件下对验潮站的种类没有特殊要求，可以传递沿岸和岛屿验潮站的稳定平均海面。

5.4.3 水位的起伏变化是天文引力潮、气象条件变化等引起的，包含各种随机振动和长期、短期波动，随着水位观测累计时间的增长，振动和波动逐渐被消除，平均海面的稳定性增强。布设短期和临时验潮站点是水深测量中经常性的工作，观测周期很短，其平均海面不能按定义独立计算；而应采用传递技术由邻近长期验潮站传递，并通过不同方法或不同长期验潮站的传递值进行检

核。当有两个以上同步观测的长期验潮站用于平均海面传递时，可用每个验潮站传递获取多个平均海面估值，然后根据短期站与长期站的空间分布或单纯以距离倒数加权得最后结果。

5.5 深度基准面的确定

5.5.1 为了保证基准数据的一致性，对已确定深度基准面的验潮站，其基准数据一般由海洋、海军等部门管理和发布，可以直接使用；重新计算的深度基准面数据应当由上述部门批准后才可使用。

6 地形测量

6.1 一般规定

6.1.2~6.1.3 测深定位点点位中误差、水深测量精度的规定，是根据海上风电场工程实践，考虑到海洋环境下导航定位设备和测深设备能达到的精度，采用了现行国家标准《海洋工程地形测量规范》GB 17501—1998 的规定。

6.1.4 实际工作过程中，风电机组机位布置区等部位需要 1 : 200 地形图，而国家基本比例尺地图图式标准中无相应的图式规定，通常参照 1 : 500 地形图图式要求。

6.2 海岸地形测量

6.2.2 海上风电场工程图根控制测量通常采用 GNSS 测量或导线测量的方法，这两种方法的技术要求，现行国家标准《工程测量规范》GB 50026—2007 中已有详细规定，作业时按其规定执行。

6.2.3 三种测图方法的最基本要求，无论采用何种方法，对于测点的属性、地形要素的连接关系和逻辑关系等均要求在作业现场清楚记载。

第 4 款规定测出图廓线外图上 5mm 目的主要是为了用于地形图的拼接检查。

第 5 款规定中的原始数据文件是十分重要的文件，数据编辑时，如测点编号、编码、排序记录有误可以修改；但对于记录中的三维坐标、角度、距离等测量数据不能修改。数据检查过程中，如发现错、漏数据，应当及时进行分析，并进行补测或重测。

6.2.4 全站仪测图，测点的观测中误差可按式 (6-1) 估算：

$$m_p = D \sqrt{\left(\frac{m_D}{D}\right)^2 + \left(\frac{m_\beta}{\rho}\right)^2} \quad (6-1)$$

式中 m_p ——测点的观测中误差；

D ——测点至测站的距离；

$\frac{m_D}{D}$ ——测距相对中误差，按 1/5000 综合考虑；

m_β ——测角中误差，按 45" 计。

当测点距离为 100m，则可计算出每百米测点点位中误差为 3cm；考虑到数据采集时，棱镜的对中偏差、测站点误差以及实测时的客观条件限制等因素，取本规程表 6.2.4 的限值。

6.2.5 RTK 测图的技术要求，参考《工程测量规范》GB 50026—2007 第 5.3 节的相关规定提出。第 5 款规定了不同参考站作业时，流动站检测重合点的要求，目的是为了保证不同参考站测出的平面、高程数据一致。重合点检查的数量根据测区实际情况，尽可能多一些，考虑到有些海上风电场工程海岸区域重合点比较难找，因此规定了重合点数量的最低要求为 3 个。

6.2.6 随着测绘技术和设备的发展，越来越多的新设备、新方法应用到实际生产作业中。随着激光扫描和无人机航空摄影测量技术的成熟，许多单位已在生产中广泛应用，保证了质量，提高了效率。海上风电工程建设中，对于海岸、大面积干出滩的地形测量，鼓励采用激光扫描和航空摄影测量。

6.3 海底地形测量

6.3.1 考虑海底地形测量的作业条件，全站仪极坐标法、交会法等陆上地形测量方法并不适合，传统的无线电定位方法精度较低；而 GNSS 技术成熟、精度较高、使用方便，目前应用已非常普遍，因此推荐采用 GNSS 测量。

6.3.2 验潮模式与 RTK 无验潮模式的区别在于水位改正方式不同。海上风电场工程，控制点一般沿海岸布设，离岸过远的区

域，RTK 平面转换精度可满足水深测量定位的要求，由于受深度基准面倾斜、高程异常等因素的影响，高程转换精度不能满足要求。现行国家标准《工程测量规范》GB 50026—2007 规定水域测量时，RTK 参考站的作业半径可放宽到 20km。因此，场区离岸小于 20km 时可以采用 RTK 无验潮模式，场区离岸大于 20km 时应采用验潮模式；如采用重力水准面模型改正时可不受距离限制，但采用的模型精度应优于规定的海底高程精度要求。

6.3.5~6.3.6 测深线布设要求，参考了现行行业标准《水运工程测量规范》JTS 131—2012 第 8.2 节的规定。

单波束测深线间距的确定要顾及测量区域的重要性、海底地貌特征和水深等因素。通常主测深线间隔为图上 1cm，考虑到海上风电场工程测量以大比例尺地形图为主，在 1:500、1:1 000 等大比例尺地形图测量时，图上 1cm 的主测深线间隔难以实现；主测深线的间距为图上 2cm 时，水深点密度仍可满足海上风电工程海底地形测量需要，因此允许主测深线间隔为图上 2cm。对于需要详细测量的重要区域和海底地形复杂的区域，测深线间隔应当适当缩小，或进行放大比例尺测量，特别重要的区域地形需采用多波束测量。

6.3.7 单波束测点间距的要求，结合海上风电场工程特点、实践经验，参考现行国家标准《海洋工程地形测量规范》GB 17501—1998 确定。海底地形平坦的水域，单波束测点间距若采用图上 1cm 时，数据过多，工作量过大；单波束测点间距为图上 2cm 时，水深点密度可满足海上风电工程海底地形测量需要，因此允许单波束测点间隔为图上 2cm。

6.3.8 多波束测深系统应用于水下地形测量时，一般要求在满足测深精度条件下，对水底 100%全覆盖。多波束有效测深宽度受仪器性能、回波信号质量、潮汐、测区水深、测量性质、定位精度、水深测量精度、水深点的密度等因素的影响，确定有效测深宽度时，需综合考虑这些因素。有效测深宽度确定后，可根据

测区深度变化灵活设计测线；设计测线时可在满足测深精度条件下，尽量增大相邻测线间距，从而提高作业效率，但需注意相邻条带间应保证一定的重复覆盖。

6.4 地形图编绘

6.4.1 大地坐标的常用记录格式有度：分：秒、度．分秒、度分秒、度：分、度．等格式，因此需要进行识别并验证，导航软件中记录的转换后的平面直角坐标也需要与制图软件中利用转换参数转换的平面直角坐标进行验证，若发现系统不一致，需重新用七参数法进行转换。

DTM 是描述包括高程在内的各种地貌因子，如坡度、坡向、坡度变化率等因子在内的线性和非线性组合的空间分布，在测绘中被用于绘制等高线、坡度坡向图、立体透视图，制作正射影像图以及地图的修测。当数字地形模型中地形属性为高程时可生成数字高程模型（Digital Elevation Model, DEM），并可派生为规则格网模型、等高线模型、不规则三角网、层次模型等测绘产品。

6.4.2 现行国家标准《工程测量规范》GB 50026—2007 规定，图幅接边误差不应大于点位中误差和高程中误差的 $2\sqrt{2}$ 倍，鉴于目前测量仪器的精度较高，第 2 款按 2 倍中误差来规定接边限差，高于《工程测量规范》GB 50026—2007 规定的要求。

《工程测量规范》GB 50026—2007 规定，图上地物点的点位中误差要求为 0.6mm~1.5mm，高程中误差要求为基本等高距的 $1/3 \sim 3/2$ 。对于海岸地形图，第 2 款地物点点位中误差取 0.6mm，高程中误差取基本等高距的 $1/3$ ，限差按 2 倍中误差计算。

6.4.3 在不影响真实反映海底地形的前提下，为使图面清晰易读，可合理取舍水深注记点。但不准舍弃如下情况的点：

- 1 能够准确显示航行障碍物的位置、形状以及深度的点。

- 2 能够准确显示海底地貌、港口、航道及岛屿周围的地形及狭窄水道中的深水航道的点。
- 3 特殊深度和反映其变化程度的特征点。
- 4 能正确勾绘零米线、等深线及显示干出滩坡度的特征点。

7 专项测量

7.1 勘探点测量

7.1.2 勘探点放样平面中误差为 1.0m，满足第 6.1.2 条中 1：500 地形图对定位点点位中误差的要求；勘探点复测时精度指标相对提高，平面中误差为 0.5m，相应限差为 1.0m。第 6.1.3 条水深测量的深度中误差要求，当水深小于 20m 时，深度中误差为 0.2m，当水深大于 20m 时，深度中误差为水深的 1/100，综合考虑确定勘探点放样高程中误差为 0.3m，勘探点复测高程中误差为 0.2m。

7.1.3 对海上风电场工程勘探点放样成果内容的一般规定。这些资料的保存，有利于质量管理，有利于测量工作经验及测量技术总结。针对目前许多工地不积累勘探点放样资料，测量质量检验样本不全的现状而定的。

7.2 助航标志测量

7.2.1 助航标志测量方法包括点测量和面测量，点测量主要是获取助航标志的三维位置，以点的形式反应在海图上，面测量主要是获取助航标志的面域范围，以面的形式反应在海图上。灯塔、灯桩、信号杆、立标、导标、测速标等固定标志的定位中误差按本规程第 6.1.2 条测图点精度要求确定为 1.0m。左右通航标、禁航标、界限标等浮动标志的定位中误差根据经验值确定为 10.0m。

7.2.2 对助航标志测量成果内容的一般规定，这些资料的保存，有利于质量管理，有利于测量工作经验及测量技术总结。

7.3 水下障碍物探测

7.3.1 海上风电场工程水下障碍物的探测区域范围，通常为海上风电场工程施工区。施工前的探测是为了查明是否有影响施工的障碍物，竣工后的探测是为了查明是否有影响通航安全的施工残留物。水下障碍物探测前，应收集探测区域的地形地貌、已有海图等资料，对已有可靠资料或经调查已知概位的水下障碍物，可请熟悉情况的有关人员协助探测。

7.3.2 水下障碍物探测方法较多，可采用其中的一种或几种进行探测，并进行相互间的验证，从而达到探测的目的。如任务书无明确要求，可先采用侧扫声纳粗扫以探明障碍物的大致分布范围，然后在该范围内利用多波束结合侧扫声纳进行加密探测，或根据障碍物的性质进行浅地层剖面探测、海洋磁法探测，最后再根据项目需求采用人工探摸的方法。

7.4 海底管线路由调查测量

7.4.3 对海底管线路由调查测量范围的一般规定。根据海上风电场工程海域的水深一般将其划分为登陆段、近岸段及浅海段。登陆段地形测量范围包括登陆点岸线附近的陆域、潮间带及水深小于5m的近岸海域，通常自岸向陆延伸至100m处，向海至水深5m处；近岸段指岸线至水深20m的路由海区；浅海段指水深20m~1000m的路由海区。调查测量的总宽度是参考现行国家标准《海底电缆管道路由勘察规范》GB/T 17502—2009中的勘察范围确定的。

7.4.4~7.4.5 《海底电缆管道路由勘察规范》GB/T 17502—2009中要求登陆段地形图比例尺一般为1:1 000~1:5 000，近岸段地形图比例尺不小于1:5 000，浅海段地形图比例尺一般为1:5 000~1:25 000；依据已建、在建的海上风电场工程的海底路由管道设计的登陆段地形图要求，陆域地形测量一般为1:

500 或 1 : 1 000 比例尺, 潮间带地形测量、地貌调查, 一般为 1 : 2 000 或更大比例尺; 近岸段、浅海段地形测量一般为 1 : 5 000 比例尺, 地形复杂时比例尺适当放大。按海上风电场工程实际确定地形图比例尺要求。

7.4.6 地层剖面探测方法可根据调查要求进行选择。海底电缆路由调查可进行浅地层剖面探测, 获得海底面以下 10m 深度内的声学地层剖面记录; 海底管道路由调查可同时进行浅地层剖面探测和中地层剖面探测, 以获得海底面以下不小于 30m 深度内的声学地层剖面记录; 其他可根据任务要求并结合海底埋藏物的埋深或浅部地质条件选择进行浅地层剖面探测或中地层剖面探测。

7.5 海 籍 测 量

7.5.1 海域界线测量要求的一般规定, 包括界线测量时采用的技术标准、精度要求及测量基本方法。界线测量一般采用的方法有 GNSS 定位法、解析交会法和极坐标定位法, 鉴于 GNSS 测量的优越性, 推荐采用 GNSS 定位法。

7.6 施 工 测 量

7.6.1 施工测量控制网的测设的主要目的是为满足施工放样要求。经过工程实际验证, GNSS 定位精度能够满足厘米级的平面位置精度和四等及以下水准测量精度的需要, 可用于海上风电场工程施工放样及定位。如有特殊要求, 需要布设专用施工控制网时, 要根据设计的施工精度要求选择施工控制网的布设方法, 并做专门的技术设计, 成果提交时, 需同时提供控制网形图、原始观测记录、平差计算及检验过程等相关资料。三维坐标法是用全站仪测定三维坐标进行放样。

7.7 竣 工 测 量

7.7.1 海上风电场工程竣工测量一般包含竣工图编绘、地形图

测量和竣工管线图测量，通常包含所有海上风电机组集合范围、海底集电系统、海上升压站、陆地集控中心以及海底管线路由等区域。

7.7.2~7.7.3 为了使竣工图能与原设计图相协调，其坐标系统、高程基准、测图比例尺、图例符号等，要求与施工设计图一致。竣工总图与一般的地形图不完全相同，主要是为了反映设计和施工的实际情况，是以编绘为主。当编绘资料不全时，需要实测补充或全面实测。

7.8 变形监测

7.8.1 海上风电场工程建、构筑物在施工期和运营期的变形监测，是建设项目的必要环节，能及时地为项目的施工安全和运营安全提供监测预报。因此，对建、构筑物，要求在项目的设计阶段对变形监测的内容做出统筹安排。

7.8.2 不同监测类别的变形监测方法，在具体应用时，要根据监测项目的特点、精度要求、变形速率以及监测体的安全性等指标，综合选用。

第2款中关于监测精度及监测周期的要求，一般由设计部门根据监测体的特性、变形速率、变形影响因子的变化和观测精度等综合确定。水平位移、垂直位移和倾斜测量的周期在施工期内应保持一致；当发生台风、地震、碰撞等特殊情况后，应当及时观测。

垂直位移监测除第4款规定的方法外，还可采用几何水准的常规方法，考虑到海上测量的难度大，精度难以保证，目前在海上风电场工程中运营期已很少使用，因此未推荐该方法。静力水准仪为自动的监测方法，一般安装在基础顶的内平台上，静力水准仪的自动监测频次一般为1次/h，频率可达10Hz，因此推荐采用静力水准仪。

第5款中因为测斜仪可以自动观测记录、数据准确、精度

高，因此推荐使用。

7.8.3 根据目前国内外变形分析的理论并结合监测工程的要求确定。其中的观测成果可靠性分析、累计变形量和两相邻观测周期的相对变形量分析、相关影响因素的作用分析是变形分析的基本内容，要求所有的监测项目都应该做到。

8 空间数据编辑与地理信息系统开发

8.1 一般规定

8.1.1 地理信息系统是对空间数据及其属性进行采集、存储、管理和分析的系统，具有海量数据管理能力，并可提供数据采集与输入、数据编辑与更新、数据存储与管理、空间查询与分析、空间决策支持、数据显示与输出等多种功能，在交通、能源、国土等行业中已经得到广泛应用。海上风电场工程全生命周期中会产生大量地理信息数据，因此推荐使用地理信息系统进行管理，并可根据需要进行功能开发，满足海上风电场工程建设、运营管理的需求。

8.1.4 GIS项目系统设计采用生命周期法的突出优点是强调系统开发过程的整体性和全局性，强调在整体优化的前提下考虑具体的分析设计问题，即自顶向下的观点。它从时间角度把软件开发和维护分解为若干阶段，每个阶段有各自相对独立的任务和目标。这种方法降低了系统开发的复杂性，提高了可操作性。另外，每个阶段都对该阶段的成果进行严格的审批，发现问题及时反馈和纠正，保证了软件质量，特别是提高了软件的可维护性。因此需求明确、技术成熟的GIS项目系统设计推荐使用生命周期法。原型法开发周期短，应变能力较强，投入相对较少；需要循序渐进，反复修改；由于有用户的直接参与，系统更加贴近实际。因此在需求不明确的GIS项目系统设计时推荐使用原型法。

8.2 空间数据编辑与入库

8.2.2 数据库是项目需求的直观反应和表现，因此设计时必须切实符合用户的需求。一般情况下，数据库设计要占用整个项

目开发的 1/3 以上的时间，要多次与用户沟通交流来细化需求，将需求中的要求和变化都体现在数据库的设计当中，并将其作为数据入库技术设计的主要依据。

8.3 地理信息系统开发

8.3.1 地理信息系统开发需要做可行性研究，且需要对解决方案进行分析。

8.3.2 地理信息系统需求分析是地理信息系统开发中最重要、决定性的一步。只有通过需求分析，才能把系统的功能和性能总体概念描述为具体的系统需求规格说明，从而奠定系统开发的基础。系统需求分析时要认真了解用户的要求，细致地进行调查分析，把用户的要求最终转换成一个完全的、精细的软件逻辑模型。

8.3.3 系统详细设计的任务是对总体设计中已划分的子系统或各大模块的进一步深入细化设计。按照内聚度和耦合度、功能完整性、可修改性进一步划分模块，形成功能独立、规模适当的模块，画出各模块结构组成图，详细描述各模块的内容和功能。进行各模块的详细功能设计、界面设计、输入输出设计等工作，编制详细设计报告。

8.3.7 通过对地理信息系统软件的功能正确性、功能完备性、负载性能、压力性能、产品化程度等内容进行测试，评价地理信息系统软件的质量。

9 检查验收与资料归档

9.1 检查验收

9.1.1 海上风电场工程测量项目实行“二级检查、一级验收”制度，规定了各级检查的责任部门。

9.1.2 明确了各级检查的检查方法，并对检查记录、成果修改的复查与确认、检查报告的编写做了规定。

9.1.4 质量评定等级，最终检查分为四等，验收分为两等。质量评定标准按现行国家标准《测绘成果质量检查与验收》GB/T 24356 和《数字测绘成果质量检查与验收》GB/T 18316 的有关规定执行。

9.2 资料归档

9.2.1 归档资料包含的内容：提交资料的内容和数量需符合项目任务书、项目合同的要求。

9.2.2 纸质文件提交的要求：非打印材料需使用碳素墨水、蓝黑墨水书写。现场形成的原始记录允许使用铅笔。

9.2.3 电子文件归档的要求：纸质文件的手写页、签名栏需扫描后插入电子文档；电子文件需使用通用格式，电子图纸同时需提交所用的字体、字型和线形文件。

9.2.4 资料移交的要求：移交时要有相应的签发、送达、签收记录。

附录 D 多波束测深系统作业要求

D. 0. 1～D. 0. 3 参考了现行行业标准《多波束测深系统测量技术要求》JT/T 790—2010 的有关规定。
