

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB/T 50571 – 2010

海上风力发电工程施工规范

The code for construction of offshore wind power project

2010 – 05 – 31 发布

2010 – 12 – 01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部
中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局

联合发布

中华人民共和国国家标准

海上风力发电工程施工规范

The code for construction of offshore wind power project

GB/T 50571 - 2010

主编部门：中 国 电 力 企 业 联 合 会

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2 0 1 0 年 1 2 月 1 日

中国计划出版社

2010 北 京

前 言

本规范是根据原建设部《关于印发〈2007 年工程建设标准规范制订、修订计划(第二批)〉的通知》(建标〔2007〕126 号)的要求,由中国长江三峡集团公司会同有关单位,共同编制完成的。

在编制过程中,编制组进行了广泛的调查研究和讨论,总结了近年来国内外海上风力发电工程施工的经验,以多种方式广泛征求了全国有关单位的意见,对主要问题做了反复修改,最后经审查定稿。

本规范共分为 10 章,内容包括总则、术语、施工准备、施工交通运输、基础工程施工、风力发电设备安装、海底电缆敷设、工程观测与检测、风电场的调试与试运行、施工管理等内容。

本规范由住房和城乡建设部负责管理,中国电力企业联合会负责日常管理,中国长江三峡集团公司负责具体技术内容的解释。在执行本规范过程中,请各单位注意总结经验,积累资料,随时将有关的意见和建议寄给中国长江三峡集团公司科技环保部(地址:湖北省宜昌市西坝建设路 1 号,邮政编码:443002),以供今后修订时参考。

本规范主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人:

主 编 单 位: 中国长江三峡集团公司

参 编 单 位: 龙源电力集团股份有限公司

中国水电顾问集团华东勘测设计研究院
深圳大学

中国水电顾问集团北京勘测设计研究院
长江新能源开发有限公司

水资源高效利用与工程安全国家工程研究中心

武汉大学

主要起草人：曹广晶 杨校生 刘 建 赵生校 吴朝月
钱锁明 陈星莺 王武斌 曲海滨 郑永明
吴启仁 彭 澎 莫力科 贾富生 华祖林
罗金平 代振峰 王卓甫 赖 旭 郑主平
主要审查人：王斯永 许松林 汪 毅 施鹏飞 胡传煜
王建丰 张文忠 范 炜 张世惠 王伟胜
庄新涯 石卫东 高宏飏 姚耀淙 张 钧
王志新 朱锡昶 池钊伟 张 斌 曹 菁
朱 毅 邓建军 莫尔兵 肖志东

目 次

1	总 则	(1)
2	术语	(2)
3	施工准备	(4)
3.1	一般规定	(4)
3.2	施工测量	(4)
3.3	施工组织设计	(4)
4	施工交通运输	(7)
4.1	一般规定	(7)
4.2	施工交通	(7)
4.3	构件、材料及设备运输	(8)
5	基础工程施工	(12)
5.1	一般规定	(12)
5.2	重力式基础	(12)
5.3	桩基础	(14)
5.4	海上变电站基础	(20)
6	风力发电设备安装	(21)
6.1	一般规定	(21)
6.2	风力发电机组安装	(21)
6.3	海上变电站安装	(24)
6.4	电气安装	(25)
6.5	配套设施安装	(25)
7	海底电缆敷设	(26)
7.1	一般规定	(26)
7.2	敷设作业	(26)

8	工程观测与检测	(29)
9	风电场的调试与试运行	(31)
9.1	一般规定	(31)
9.2	风力发电机组调试	(31)
9.3	风力发电机组试运行	(31)
9.4	变电站调试	(32)
10	施工管理	(33)
10.1	一般规定	(33)
10.2	职业健康与安全管理	(33)
10.3	质量管理	(34)
10.4	环境管理	(35)
	本规范用词说明	(36)
	引用标准名录	(37)
	附:条文说明	(39)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms	(2)
3	Construction preparation	(4)
3.1	General requirements	(4)
3.2	Construction survey	(4)
3.3	Construction planning	(4)
4	Construction transportation	(7)
4.1	General requirements	(7)
4.2	Construction traffic	(7)
4.3	Structure, materials and equipment transportation	(8)
5	Construction of foundation works	(12)
5.1	General requirements	(12)
5.2	Gravity foundation	(12)
5.3	Pile foundation	(14)
5.4	Foundation of offshore transformer	(20)
6	Installation of wind power equipment	(21)
6.1	General requirements	(21)
6.2	Installation of wind turbine generator system	(21)
6.3	Installation of offshore transformer	(24)
6.4	Electrical erection	(25)
6.5	Erection of corollary facilities	(25)
7	Laying-out of submarine cable	(26)
7.1	General requirements	(26)
7.2	Cabling	(26)

8	Observation and inspection	(2 9)
9	Testing and trial run of wind farm	(3 1)
9.1	General requirements	(3 1)
9.2	Testing of wind turbine generator system	(3 1)
9.3	Trial run of wind turbine generator system	(3 1)
9.4	Testing of transformer	(3 2)
10	Construction management	(3 3)
10.1	General requirements	(3 3)
10.2	Safety management	(3 3)
10.3	Quality management	(3 4)
10.4	Environmental management	(3 5)
	Explanation of wording in this code	(3 6)
	List of quoted standards	(3 7)
	Addition; Explanation of provisions	(3 9)

1 总 则

1.0.1 为了提高海上风力发电工程施工技术和管理水平,促进海上风力发电工程施工的规范化,保证施工质量和安全,制定本规范。

1.0.2 本规范适用于新建、改建和扩建的海上风力发电工程施工。

1.0.3 海上风力发电工程施工除执行本规范外,尚应符合国家现行相关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 海上风力发电工程 offshore wind power project

设置在海上的风力发电工程项目。

2.0.2 重力式基础 gravity foundation

通过自身重力来平衡风力发电机组上部结构及波浪、潮流所产生的水平力、铅直力的基础型式。

2.0.3 桩基础 pile foundation

由基桩和承接上部结构的承台组成基础型式。

2.0.4 拖航 tugging navigation

采用拖轮、拖具及固定装置对海上自升式平台、浮船坞、无动力装置的驳船等进行牵引运输的方式。

2.0.5 组装场地 assemblage field

设置在陆地、码头或船坞等可进行机组设备装配作业的场所。

2.0.6 导管架 steel tubular jacket

由圆形钢管焊接而成用作打桩作业时的导向装置和桩的横向支撑结构的空间钢架。

2.0.7 海上变电站 offshore transformer

设置在海上的能够实现电压转换的设施。

2.0.8 海上定位 marine positioning

确定海洋结构物海上位置的过程。

2.0.9 试桩 pile driving test

为了确定沉桩的施工工艺和检验桩的承载能力,以及验证地质条件是否与图纸相符,在桩正式沉入前,进行的试沉桩作业。

2.0.10 抛石基床 riprap mound

用块石抛填并经整平的基床。

2.0.11 导标 leading marks

在同一垂直面上,由两座或两座以上标志构成一条方位线的固定的视觉航标。

2.0.12 阴极保护 cathodic protection

使用牺牲阳极或强制电流法等外加手段迫使电解质中被保护金属表面成为阴极,从而达到在腐蚀介质中减缓金属结构腐蚀的设施。

2.0.13 分体吊装 installation with part by part

风力发电机组设备完成分部组装工作,运输到预定位置后,按照一定顺序进行塔架、机舱、风轮或轮毂、叶片分部件的安装作业。

2.0.14 整体吊装 installation of assembled parts

将组装成一体的风力发电机组(包括塔架、机舱、风轮)通过海上起吊设备进行的安装作业。

3 施工准备

3.1 一般规定

3.1.1 海上风力发电工程施工准备期间应取得相应的施工许可。

3.1.2 海上风力发电工程施工应配备专用施工设备。

3.1.3 海上风力发电工程应按审定的施工组织设计进行施工。

3.2 施工测量

3.2.1 海上风力发电工程测量应选择适合海上施工测量的仪器。

3.2.2 施工测量前应收集相应的测量控制点,并在海上风力发电场(以下简称风电场)附近海岸上建立施工控制网及基准站。

3.2.3 风力发电机组基础定位测量宜采用海上差分定位系统进行。

3.2.4 风力发电机组基础海上标高可采用卫星定位系统测量法、三角高程测量法和水准测量法等进行测量。

3.3 施工组织设计

3.3.1 施工组织设计应包括施工组织机构、人力资源及设备配备、物资材料供应计划、海上交通运输、基础施工、海底电缆敷设及设备安装技术方案、施工布置(包括作业场地控制点坐标和工程区的划分、施工船舶泊位等)、施工进度、质量、安全和环境措施及管理体系。

3.3.2 海上风力发电工程施工应收集下列资料:

1 自然条件应包括下列内容:

1)气象:风向、风速、台风、大风日数、气温、降水量、降雨日数、雷电、雾等;

2)海洋水文:潮汐、潮流、波浪、泥沙、海冰、海水盐度、平均海平面以下水深等;

3)工程地形和地质:地形图、海图、陆地部分高程差、地表坡度;海底面形状、地基构成及物理力学性能、地震等。

2 施工区和附近地区条件应包括下列内容:

1)施工区所涉及到的海洋工程区、军事区域、渔业养殖区、自然保护区及鸟类、鱼类迁徙路径等资料;

2)港口、航道及锚地设施情况(利用的可能性、规模、设计水深、吊装及运输设备等);

3)陆地及海上交通运输条件、地方运输能力、物资设备运输路线的状况;

4)有无障碍物(海底埋设物、空域限制等);

5)当地施工企业和制造加工企业可能提供服务的能力;

6)施工区的地形、地物及征(租)地范围内的动迁项目和动迁量;

7)施工水源、电源、油料、通信等可能的供应方式、供给量及其质量状况;

8)主要建筑材料及地方生活物资的供应状况等。

3.3.3 施工布置应符合下列规定:

1 应尽量利用永久设施,减少临时设施;

2 施工布置应按水下施工转化为水上施工、水上施工转化为陆上施工、高空作业转化为低空作业的原则进行;

3 转运风力发电设备的陆上基地宜靠近风电场场址,并应满足工程的运输、拼装、材料设备堆存、混凝土构件预制等要求;

4 海上风力发电设备组装场可设在陆上基地内,也可利用大型驳船;

5 施工基地宜集中布置,具有满足海上风力发电工程作业要求的码头并配备大型吊装和运输设备;

6 施工布置应减少对现有设施的影响。

3.3.4 海上风力发电工程施工方案应根据工期要求、海上施工条件、施工设备配备、材料和构件的供应以及能够投入的劳动力数量等条件进行编制。

3.3.5 施工方案应包括下列内容：

1 根据海上风力发电机组基础结构形式、施工机具及劳动力配备、海上施工条件、海上交通运输方式，编制相应的基础施工方案；

2 根据基地的拼装条件、海上运输条件、吊装设备的能力，制订分体吊装或整体吊装方案；

3 根据海底地形及地质条件、电缆敷设设备、施工人员配备、海水水深、气象条件，编制海底电缆敷设方案；

4 根据海上变电站的结构形式、气象条件和吊装设备的能力，编制海上变电站的施工方案。

3.3.6 基础施工和设备安装宜采取流水作业的方法。

3.3.7 风力发电机组基础施工及设备安装的有效施工时段及施工天数应根据海上气象、水文条件、设备的技术条件和施工设备的作业工况确定；同时制订相应的安全技术措施，并应根据工期要求、设备到货进度、海上施工条件、配备的施工设备及劳动力情况，编制施工进度计划。

4 施工交通运输

4.1 一般规定

4.1.1 施工运输应根据施工海域气象、水文、航道等资料,确定合适的航线和运输时段,应与交通主管部门、海事部门进行沟通协调,取得批准。

4.1.2 运输方案制订过程中,应对海上风力发电机组运输所涉及到的公路、航道、港口的等级、主要的技术标准及相关的附属设施进行调研,充分利用已有的公共设施和资源,制订合理的施工运输方案。

4.1.3 大件设备运输过程中,应根据设备防冲击振动、抗变形、特定部位的允许受力等方面的要求以及对公共交通、公共设施的影响,选择合适的运输方式和运输线路。

4.1.4 设备运输过程前,应拟定应对突发恶劣天气状况及其他紧急情况的应急预案,海上运输前还应选定运输过程中及海上驻留时躲避恶劣天气状况的规避路线及避风港口。

4.2 施工交通

4.2.1 陆路运输前,应根据国家相关法律法规及运输线路上地方政府的相关规定,制订安全可靠的运输方案。

4.2.2 陆路运输前,应验算通过桥涵的承载能力。对转弯半径过小、纵坡过大、路面过窄等特殊地段的运输问题,应商请交通运输主管部门协助解决。

4.2.3 海上施工运输前,应向地方行政部门和国家海事部门申请,建立海上施工安全作业区。海上运输时,应遵守运输安全操作规程和各分隔航道的通航制度,制订特殊航线的安全运行措施。

4.2.4 风力发电机组运输装船时,应采取有效的加固措施,防止设备在运输过程中发生移动、碰撞受损。

4.2.5 设备海上运输前,应对气象、海况进行调查,及时掌握短期预报资料,选择合适的运输时间,规避大风大浪、暴雨情况下的运输;船舶航行作业的气象、海况控制条件应根据船舶配置情况及性能、设备技术要求等综合考虑后确定。

4.2.6 风力发电机组设备及基础转运过程中,宜减少专用施工设备的数量,充分利用码头或港口的转运设备。

4.2.7 海上运输、拖运过程中应遵守国家相关法律法规及地方政府的相关规定。

4.2.8 施工作业前,应对施工安全作业区进行扫海,并对外提供一定比例的工程施工专用海图,供施工船舶和过往船只使用,保障船舶航行安全。

4.2.9 海上风力发电工程施工临时堆放场地、组装车间宜尽量设置在港口、码头或附近具有良好靠泊、运输条件场地开阔区域,组装场、临时堆放场地及场内交通道路的设置应符合下列规定:

1 组装车间应尽可能利用港口、码头附近已有大型金属结构、电气施工能力的相关单位的生产车间,降低施工成本;

2 组装场地的设置应充分考虑码头、港口交通运输的现状,规模合理,满足机组设备及基础钢构件加工、组装的要求,不宜影响港口的物流运输。

4.3 构件、材料及设备运输

4.3.1 运输设备应根据风力发电机组设备、基础构件的尺寸和技术参数选择。

4.3.2 装船时,大小货物应合理配置,充分利用舱容。运输过程中货物应固定牢靠。

4.3.3 重力式基础宜在靠近港口附近的陆地、大型驳船或船坞上进行预制;预制好的重力式基础可通过大型履带式起重机、起重船

或高压滚动气囊调运至驳船、半潜驳或浮动式船坞甲板进行运输作业,并应符合下列规定:

1 采用半潜驳、甲板驳等干运时,对下潜装载、运输过程及下潜卸载的各个作业阶段应验算船舶的吃水、稳定性、总体强度、甲板强度、局部承载力及风、浪、海流作用下的船舶运动响应;

2 对于大型重力式沉箱基础,采用拖航浮游运输时,下水前应复核各工况下沉箱的浮游稳定性,根据转运港口、水域实际情况选择合适的下水方式;

3 重力式沉箱基础进行浮游、拖运前,应对其进行吃水、压载、浮游稳定的验算;

4 拖航作业时,应根据船舶吨位、功率及潮流、风浪情况,选择合适的拖缆长度,测定船位以防止偏离航线;当航线上航行的船舶较多时,应加强瞭望和注意避让;

5 根据主拖船性能和海区情况,应配备为主拖船引航、开道,放置潜水设备,紧急情况下助拖,航行中遇雾释放雾讯号等不同类型的辅助船舶。

4.3.4 桩基础运输应符合下列规定:

1 管桩装船前应核算运输船舶甲板的强度、吃水,装载过程中不同压载情况下的船舶稳定性,装船后船舶在风、浪、海流作用下的稳定性;

2 通过龙门吊、起重船等吊运管桩装船时,应选择合适的吊点、吊具及起吊方式,平缓将管桩吊放到运输船舶的指定位置;

3 水平放置时,管桩之间应通过固定工装确保管桩运输过程中在风、浪、海流作用下不会发生滚动、碰撞而受损。竖直放置时,确保管桩不会在风浪作用下发生倾倒,与固定装置发生碰撞而受损;

4 运输船舶宜选用功率足够、堆放空间宽阔的船舶或与辅助拖轮配合使用。

4.3.5 导管架运输应符合下列规定:

1 导管架结构通过驳船或其他船只运输时,其装船作业时应保证船体处于平衡、稳定状态,甲板的强度足够承受导管架运输作业要求;

2 导管架吊运装船应合理选择吊具、吊点,吊索宜固定于导管架的重心以上,以防在起吊过程中损坏导管架和(或)驳船;

3 导管架运输作业时,应安装足够的系紧件保证导管架固定牢固,防止导管架运输过程中受损,系紧件应便于现场清除;

4 采用浮游拖运的导管架结构应保证其灌排水系统、水密性的安全、可靠,通过滑道下水时,还应对其滑道系统进行精心设计;

5 拖航作业时,应根据导管架结构特点选择合适的拖缆长度及拖轮,保证拖航过程的安全。

4.3.6 塔架运输应符合下列规定:

1 塔架运输前,应核算甲板的承载能力及塔架在风浪作用下的稳定性;

2 塔架运输时,应固定牢靠,在明显部位标上重量及重心位置;

3 塔架的各结合面及螺栓孔应有相应的保护措施;

4 露天存放及运输时,应避免腐蚀介质的侵蚀。

4.3.7 机舱运输应符合下列规定:

1 装船作业前,应根据其尺寸、重量核算运输船舶结构是否满足强度要求,并根据气象条件核算运输过程中在风、浪、海流作用下的稳定性;

2 机舱装卸过程中,起吊、卸放应平缓有序,防止机舱磕碰受损;

3 固定工装应牢固,防止运输过程中受风浪作用而移动、碰撞受损;

4 机舱运输过程中应采取一定的保护措施,避免机舱内设备进水或受腐蚀介质侵蚀而受损。

4.3.8 叶片、轮毂运输时,应固定牢靠;叶片的薄弱部位、螺纹和配

合面在运输、装卸过程中应加以保护,防止碰伤、堵塞。

4.3.9 风力发电机组整体运输应符合下列规定:

1 根据运输风力发电机组台数和部件参数,配置合适的运输船舶和相应的引导船;

2 根据水文、气象资料及船舶配置情况,核算船舶甲板承载能力及风力发电机组运输过程中稳定性,采取相应措施,并取得船检部门批准;

3 运输前,应在运输驳船上作适当紧固处理,并对风轮进行适当的卡位、紧固,避免风力发电机组部件运输过程中因转动、移位、倾斜、磕碰受损。

4.3.10 海上变电站宜采用整体运输方式进行运输。运输前,应预先在陆地完成全部或部分组装工作,转运至码头指定位置,利用起吊设备平稳吊运至运输船舶甲板上,运至指定海域;根据其吨位和相关尺寸核算船舶甲板是否满足强度要求及装船后船舶在风、浪、海流作用下的稳定性,采取必要的固定措施。

5 基础工程施工

5.1 一般规定

5.1.1 基础工程施工前应根据工程实际情况及施工区海域的气象、水文条件等编制详细的施工方案。

5.1.2 用于基础施工的原材料、构件及部件均应检验合格。

5.1.3 施工作业前应对气象、海况等进行调查,及时掌握短期预报资料,避开不利施工时间。基础施工作业时,应根据设备技术要求及施工船舶配置情况限定工作环境条件。

5.1.4 施工过程中施工区域应设立警示标志,并向相关行政主管部门申请发布航行通告;同时还应符合本规范第 10 章有关施工安全、环境、质量等方面的规定。

5.1.5 船只抛锚应考虑对通航、施工作业的影响,各锚缆布置应设置明显的标志或采取其他的安全措施。

5.1.6 施工过程中每一道工序,均应有施工记录及材料检验证明,并存入海上风力发电工程施工档案。

5.2 重力式基础

5.2.1 重力式基础宜在专门的预制场内进行整体预制,并根据基础尺寸、重量、预制场地情况、转运机械及船舶配置情况等确定预制方式和预制工期。

5.2.2 重力式基础原材料、配合比设计、配筋、立模、养护、力学性能测试应满足设计要求,并按现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164、《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119、《混凝土结构设计规范》GB 50010、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081 等规定执行。

5.2.3 重力式基础安装前,应预先进行海底调查作业,对海上基础位置进行准确定位,基础中心误差不得超过设计规定,必要时设立相应的导标。

5.2.4 基槽开挖时,应符合下列规定:

- 1 基槽开挖的尺寸、坡度应满足设计要求,并控制超挖;
- 2 基槽开挖深度较大时宜分层开挖,每层开挖高度应根据土质条件和开挖方法确定;
- 3 基槽挖至设计深度时,应对地质情况进行复核;
- 4 爆破开挖水下岩石基槽时,应严格控制用药量,爆破基面平整度应控制在设计规定的范围内。

5.2.5 基床需抛石加固处理时,抛石石材质量及抛石工艺应满足设计要求。

5.2.6 基槽夯实、整平应根据设计要求,选用合适的设备及施工工艺,必要时进行试夯。

5.2.7 基床整平后应及时进行基础的吊装,防止基槽周边土层在海流的作用下产生回淤沉积,如不能及时进行基础的吊装,应采取防淤措施。

5.2.8 重力式基础的安装应符合下列规定:

- 1 起吊荷载应根据重力式基础重量、尺寸、底板附着力等进行计算,并应选用合适的起吊设备;
- 2 对基础精确定位后,应根据起重船舶的工作性能参数确定合适的驻泊位置、吊具、起吊位置及吊点数量,通过定位锚或支撑结构固定船身;
- 3 运输船舶应按指定位置抛锚停靠,采用半潜驳、船坞运输大型基础时,可将半潜驳、船坞降到合适位置;
- 4 基础吊装前,应通过潜水员检验基槽开挖平整处理是否达到设计要求,经检验合格后方可开始吊装作业;
- 5 基础安装时,应采用大型起重设备通过特殊固定装置进行安装作业,必要时辅以向重力式沉箱结构内注水的方式,缓慢下沉;安放重力式沉箱基础时,应避免因下沉过快而产生急流,影响基槽的平整度;

6 重力式沉箱基础需投放填充材料时,应采取技术措施,防止损伤箱壁和产生不均匀沉降;

7 盖顶混凝土施工时,应防止填充材料顶部不平整和排水不足引起的损伤;

8 重力式基础安装完成后,基础平台面水平度应满足设计要求。

5.2.9 重力式基础的沉放结束后,应对基座周围一定范围内海床进行抛石防冲刷处理,抛石石材质量、抛石工艺、抛石范围均应符合设计要求。

5.3 桩 基 础

5.3.1 单桩基础的钢管桩制作应符合下列规定:

1 制作钢管桩所用的钢材应满足设计要求,按现行国家标准《碳素结构钢》GB 700、《低合金结构钢技术条件》GB 1591、《碳素结构钢和低合金结构钢热轧厚钢板和钢带》GB/T 3274、《钢结构设计规范》GB 50017等有关规定执行,并有出厂合格证,材质不符合质量标准的不得使用;

2 焊接材料应符合现行国家标准《碳钢焊条》GB 5117、《低合金焊条》GB 5118、《堆焊焊条》GB/T 984、《埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂》GB/T 5293 和《熔化焊用钢丝》GB/T 14957 等规定;

3 钢管桩的预放切割、磨削刨边和焊接控制应满足设计要求,并按现行国家标准《低合金结构钢技术条件》GB 1591、《钢结构工程施工质量验收规范》GB 20205、《焊接质量要求、金属材料的熔化焊》GB/T 12467、《焊接工艺规程及评定的一般原则》GB/T 19866、《焊接结构的一般尺寸公差和形位公差》GB/T 19804 等规定执行;

4 钢管桩制作完成后,质量检测应按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 20205、《金属熔化焊焊接头射线照相》GB/T 3323、《厚钢板超声波检验方法》GB/T 2970、《钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果分级》GB/T 11345 的规定执行;可采用超声波、射线照相探伤等方法进行检测;检测数量及方法根据设计要求确定;

5 对钢管桩的焊接应进行焊接接头的机械性能试验,焊接接

头机械性能试验方法应按现行国家标准《焊接接头机械性能试验取样方法》GB 2469 的规定执行；

6 钢管桩防腐蚀涂层、阴极保护系统制作应按现行国家标准《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》GB/T 8923、《钢结构工程施工质量验收规范》GB 20205、《金属和其他无机覆盖层、热喷涂、锌、铝及其合金》GB/T 9793、《金属覆盖层、钢铁制件热浸镀锌层技术要求及试验方法》GB/T 13912、《铝-锌-铟系合金牺牲阳极》GB 4948 等规定执行；

7 钢管桩制作完成经检验合格，颁发出厂许可证后方可出厂，各检测及试验资料应存入桩基制作档案。

5.3.2 单桩基础沉桩施工前应进行下列准备工作：

1 根据工程桩位平面布置图、勘测平面控制网等资料，结合地形、地质、水文、气象、打桩船、设备性能等因素，编制沉桩施工顺序图，并按沉桩顺序组织桩基础的运输及沉桩施工作业；

2 沉桩前应检查沉桩区有无障碍物，对施工区域有碍沉桩的水下管线、沉排或抛石棱体等障碍物进行清理；

3 根据选用的设备性能、桩长和施工时的水位变化情况，检查沉桩区泥面标高和水深是否符合沉桩要求；

4 在确定锤击沉桩控制贯入度时，应考虑桩的承载力、持力层变化情况、锤的性能和桩身结构强度等因素；

5 打桩船应满足施工作业对稳定性的要求，桩架应具有足够的架高，并满足沉桩作业时的吊重要求；

6 锤击沉桩时，锤型的选择应根据地质、桩身结构强度、桩的承载力和锤的性能，并结合施工经验或试沉桩情况确定；单桩基础管径及重量较大，宜优先选择液压打桩锤；

7 替打应具有足够的刚度，满足反复锤击的要求，在桩顶和替打之间应设置具有适当弹性的桩垫保护桩顶；

8 当地质情况复杂且缺乏沉桩经验时，宜进行试沉桩；

9 沉桩施工作业前，应根据施工现场测量控制网、点布设情况，基桩定位精度要求、配置的定位仪器设备、作业人员技术水平

和沉桩船舶技术性能编写沉桩定位施工测量方案；

10 测量定位前，应查明沉桩区域水深、波浪、潮汐、潮流等水文情况，并对沉桩定位测量仪器进行检验与校正；

11 沉桩定位测量过程中，测量点位布置、测量精度控制均应符合设计规定；

12 沉桩过程中应对桩基位置进行精确定位，并及时测定沉桩偏位值及桩顶标高，按要求做好沉桩记录。

5.3.3 单桩基础应按下列规定进行沉桩施工：

1 打桩船抛锚、定位应满足沉桩施工作业时稳定的要求；

2 沉桩船吊桩时，其吊点、吊具、起吊方式应进行精心设计，按实际要求布置；

3 沉桩作业开始前，应对单管桩进行严格调平，桩顶端面水平度应控制在设计规定范围内；

4 下桩过程中，应保持桩身竖直；锤击沉桩作业前，应对钢管桩进行调平作业，并在沉桩过程中严格控制沉桩质量，桩顶平整度应符合设计要求；

5 锤击沉桩时，桩锤、替打、送桩和桩宜保持在同一轴线上，替打应保持平整，避免产生偏心锤击；

6 沉桩过程应连续；在砂土中沉桩时，应防止发生管涌；当沉桩遇贯入度反常、桩身突然下降或倾斜等异常情况时，应立即停止锤击，及时查明原因，采取有效措施；

7 水上沉桩需接桩时，应控制下节桩顶标高，使接桩不受潮水影响，应避免使下节桩桩端置于软土层上；当下节桩入土较浅时，应采取措施防止倾倒；接桩时，上节和下节桩应保持在同一轴线上，接头应拼接牢固，经检查符合要求后，方可继续沉桩；

8 锤击沉桩，应考虑锤击振动和挤土等对基床土体或邻近相关设施的影响，采用合适的施工方法和程序，并适当控制打桩速率；沉桩过程中应对邻近设施的位移和沉降等进行观察；及时记录，如有异常变化，应停止沉桩并采取措施；

9 锤击沉桩控制应根据地质情况、设计承载力、锤型、桩型和桩长综合考虑。设计桩端土层为一般黏性土时,应以标高控制;设计桩端土层为砾石、密实砂土或风化岩时,应以贯入度控制;设计桩端土层为硬塑状的黏性土或粉细砂时,应以标高控制为主,当桩端达不到设计标高时应用贯入度作为校核;

10 当采用选定的桩锤锤击沉桩较为困难时,可根据现场实际情况,研究采用钻孔排土沉桩、水冲锤击沉桩或换用较大的桩锤等方式进行沉桩作业,防止损坏桩和桩锤;

11 沉桩过程应有详细的沉桩施工记录,施工结束后存入风力发电机组基础施工档案;

12 在已沉放桩区两端应设置警示标志,不得在已沉放的桩上系统。

5.3.4 三桩和四桩基础的管桩制作要求、力学性能测试、防腐蚀涂层施工、阴极保护系统安装及检验应符合本规范第 5.3.1 条的相关规定。导管架结构用钢宜采用船体用结构钢,其焊缝处理及节点焊接处理应满足设计要求。

5.3.5 三桩和四桩基础的导管架的竖立与调平应符合下列规定:

1 导管架竖立、调平的辅助设施、临时支撑或撑杆的安装应满足设计要求;当需焊接在结构上时,所有的焊接应符合上述导管架焊接处理并应符合本规范第 5.3.1 条的相关规定;

2 采用起重船从运输驳船吊放导管架时,应合理设计吊具,吊索应固定于导管架的重心以上,避免起吊过程中损坏导管架和驳船;

3 通过下滑入水的导管架,应对下滑系统、压载、密封和排水系统进行检验,确认各系统完好并处于合适的工况;

4 导管架进行安装作业时,起重船和运输船应有适当的锚泊,锚抓力应足以承受在安装期间可能发生的最强的潮流、海流和风的作用,锚缆布置时应采取措施防止不同船只锚索、牵索相互缠绕或损坏;当锚泊要求不可能完全满足时,起重船、运输船及其他辅助船舶的方位应在走锚时,背离导管架运动;

5 导管架的竖立就位,可采用起重船、灌水系统或者通过二者联合作用方式进行;

6 导管架应放置在一个水平面或接近水平面内,并调平至安装计划指定的公差范围内;导管架一旦调平,在打桩期间应保持其水平度;

7 应避免在桩全部打完之后对导管架进行调平,但当少数桩打完之后,有可能需要通过预升或上提导管架来调平,在这种情况下,应采取措施减小桩的弯曲应力;

8 导管架竖立、调平完毕,至沉桩施工结束前,应采取措施防止导管架在波浪、潮流作用下移位和下沉。

5.3.6 三桩和四桩基础的安装作业应按下列规定进行:

1 采用吊环起吊桩段时,吊环的设计应根据提升桩段时将桩段插入时所产生的应力来确定,并考虑冲击力。当采用气割孔眼来代替吊环时,孔眼设置应不降低管桩强度,并考虑在打桩过程中可能产生的不利影响;

2 沉桩过程中,可采用导向装置进行钢管桩与导管架上部导管对中,沉桩过程中应进行均匀而严密的配合。打桩过程中应避免偏击现象而导致导管架出现不均匀倾斜,减小钢管桩及导管架因施工原因产生的弯曲应力;

3 桩锤宜选用液压打桩锤。对水下沉桩,应采取相应的技术手段及设备对沉桩过程进行监控;

4 导管架上钢套管可采用灌浆和(或)焊接方式与钢桩牢固结合。采用灌浆连接时浆材配合比及强度应通过试验确定。采用焊接结合时,应借助填隙片层进行现场焊接。现场焊缝的焊接、检测应符合本规范第 5.3.1 条的相关规定;

5 沉桩施工还应遵守本规范第 5.3.3 条的相关规定。

5.3.7 多桩基础的材料及制桩应符合下列规定:

1 钢管桩制作所用钢材及其施工制作工艺、力学性能检测、防腐蚀涂层施工、阴极保护系统安装及检验按本规范第 5.3.1 条的相关规定执行;

2 (高强)预应力混凝土管桩制作中混凝土应符合现行国家

标准《混凝土质量控制标准》GB 50164 的规定,细骨料质量应符合现行国家标准《建筑用砂》GB/T 14684 的规定,粗骨料质量应符合现行国家标准《建筑用卵石、碎石》GB/T 14685 的规定,混凝土外加剂的质量应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076 的规定,试验应按现行国家标准《混凝土外加剂匀质性试验方法》GB 8077 执行;

3 预应力混凝土(管)桩结构所用的钢筋、钢丝、钢绞线的质量应按现行国家标准《钢筋混凝土用热轧带肋钢筋》GB 1499、《钢筋混凝土用余热处理钢筋》GB 13014、《钢筋混凝土用热轧光圆钢筋》GB 13013、《预应力混凝土用热处理钢筋》GB 4463、《预应力混凝土用钢丝》GB/T 5223、《预应力混凝土用钢绞线》GB/T 5224 等规定执行;

4 先张法预应力混凝土管桩的原材料、混凝土强度和接头的技术要求,以及管节的外观质量和尺寸允许偏差等还应按现行国家标准《先张法预应力混凝土管桩》GB 13476 的规定执行;

5 钢管桩、(高强)预应力混凝土大直径管桩制作完成经检验合格,颁发出厂许可证后方可出厂,各试验及检测资料应存入桩基制作档案;

6 采用其他桩型时,应根据设计要求进行。

5.3.8 多桩基础沉桩作业前,应结合沉桩允许偏差,校核各桩是否相碰。其他准备工作按本规范第 5.3.2 条的相关规定执行。

5.3.9 多桩基础的沉桩作业应符合下列规定:

1 打桩船应吊起桩身至适当高度后再立桩入导向装置。打桩船就位时,应掌握水深情况,防止桩尖触及泥面,使桩身折断。斜桩下桩过程中,桩架宜与桩的设计倾斜度保持一致;

2 当船行波影响沉桩船稳定时,应暂停锤击;

3 锤击沉桩时,预应力混凝土管桩不得出现裂缝,当出现裂缝时,应根据具体情况会同设计单位研究处理。钢管桩桩顶有损坏或局部压屈,应予割除,并接长至设计标高;

4 其他作业应按本规范第 5.3.3 条的相关规定执行;

5 沉桩精度控制应符合设计规定要求,不得用移船方法纠正桩位。

5.3.10 多桩基础的承台浇筑应按下列规定进行:

1 基础混凝土承台的浇筑应根据设计要求,并应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 等规定执行;

2 当承台位于水下或水位变动区时,宜设置钢套筒、预制混凝土套筒或采用钢板桩围堰方式,变水下施工为陆上施工;

3 承台基础面标高与设计标高误差及基础面水平度应控制在设计规定的允许范围内,基础与塔架结合面水平度应满足设计要求。

5.3.11 桩基础采用抛石进行防冲刷保护时,应符合下列规定:

1 石材的材质、强度、级配及抛石工艺均应满足设计要求;

2 抛石施工宜在平潮风浪较小时施工,并尽量采用小型船舶施工,水深较深、潮流流速较大时,可采用其他辅助手段进行抛石施工;

3 抛石作业时施工船舶不得磕、碰损伤风力发电机组基础。抛石作业结束后,应保持一定时间对基础冲刷状况的监测,确认达到防冲刷效果后方告结束。

5.3.12 桩基础上部结构的施工应符合下列规定:

1 对上部结构的吊装作业,应考虑结构强度和起吊设备的总体适应性;

2 起吊前,应根据被吊物重量、结构形式、吊点布置等因素核算基础上部各构件起吊过程中的受力及稳定性;

3 应根据设计要求对上部结构进行调整,确保正确的对正和标高控制;

4 上部结构安装完成后,应根据相关技术规范规定安装爬梯、栏杆、接地装置、靠船构件及其他附件;

5 现场安装中的连接部位及涂层损坏部位,应按设计要求进行防腐蚀处理。

5.4 海上变电站基础

5.4.1 海上变电站基础的材料、制作、运输与施工宜按风力发电机组基础施工的相关规定执行。

6 风力发电设备安装

6.1 一般规定

6.1.1 风电场安装时的临时结构和建成后的永久结构,应按有关规定向相关部门申报。

6.1.2 进行装配的零件及部件应具有出厂合格证,组装后的部件和组件运输至现场经验收合格后,方可进行安装作业。

6.1.3 风力发电设备安装前,应完成风力发电机组基础的验收工作,确认基础平台平整度、接地状况、法兰系统等符合安装要求。

6.1.4 进行吊装作业时,应根据设备配置情况、吊装施工作业时的难易程度确定风速、浪高、海流流速、能见度等安全限值,超过该限值不得进行吊装作业。

6.1.5 安装作业时,海上施工平台或船舶上的起吊设备应有足够的吊高、吊重、作业半径等,满足起吊风力发电机组设备的要求,各部件的吊运方法应符合设备安装要求。

6.1.6 施工船舶应具有足够结构强度,安装过程中船舶、设备、固定装置所产生的静、动应力均应在允许限度内。

6.1.7 船舶施工作业时,应考虑潮位变化的影响,保持一定的安全水深。驻位下锚后,船舶的稳定性和安全性应满足风力发电机组设备安装作业的要求。

6.2 风力发电机组安装

6.2.1 风力发电机组安装连接过程中各种连接和装配方式应按风力发电机组设备安装要求进行,并应符合现行国家标准《风力发电机组装配和安装规范》GB/T 19568 的有关规定。

6.2.2 塔架安装应符合下列规定:

1 安装前应清洁塔架涂层表面、对漆膜缺损处进行修补处理,清理塔架下段下法兰端面及基础连接段顶部法兰端面,螺栓应加注润滑油,在基础上法兰螺孔端面上涂密封胶;

2 应检查基础连接段顶部法兰是否成平面且没有严重痕迹,确保其水平度控制在设计规定范围内;

3 塔架起吊前,应检查所固定的构件是否有松动和遗漏,并根据吊具、吊重、吊点、起重设备性能核算塔架起吊过程受力及稳定性;

4 起吊点要保持塔架直立后下端处于水平位置,应有导向绳索进行导向;

5 塔架起吊过程中应平缓移动,塔架法兰螺纹孔对准对应的螺孔位置后应轻放,并按照对称拧紧方法拧紧,以保证受力均匀;

6 塔架安装后应检查其安装位置,如果误差较大应及时进行调整,防止安装应力过大挤压螺栓;

7 塔架安装后应检查垂直度,塔架中心线的垂直度不应超过风力发电机组设备制造商规定的要求;

8 塔架安装完成后应立即进行上部机舱的安装作业,当因特殊情况不能连续施工时,应对塔架顶部端口进行封闭保护。

6.2.3 机舱安装应符合下列规定:

1 机舱安装前应对机舱的重量、外形尺寸、重心位置进行检查;

2 机舱起吊前,应根据吊具、吊重、吊点、起重设备性能核算机舱起吊过程中的受力及稳定性;

3 机舱与塔架的对接、定位及装配应按设备安装要求进行;

4 装配过程中螺纹紧固件应按规定的力矩和装配方法拧紧,不应出现超过规定允许的安装应力。

6.2.4 风轮安装应符合下列规定:

1 起吊风轮时,吊具应与风轮固定牢靠,起吊过程应平稳有序;

2 安装风轮时,应按规定的装配方式进行安装。各叶片安装角的相对偏差不得超过设计图样的规定限值;

3 吊装风轮时,叶片叶尖应进行牵引,以免发生转动、磕碰受损,导向绳长度和强度应足够;

4 风轮的吊装也可以采取叶片和轮毂分别吊装的方式进行。

6.2.5 整体组装应符合下列规定:

1 应按设备装配要求,在组装场地完成风力发电机组的整体装配;

2 整体组装完成后,应检查机舱和风轮、机舱和塔架之间的连接是否达到要求;

3 陆上组装完成后,应对装配作业进行检验,经检验合格后方可进行转运;

4 风力发电机组整体组装完成后,为减少海上调试作业难度,可在运输前完成部分调试工作。

6.2.6 整体移位应符合下列规定:

1 根据组装后的风力发电机组的尺寸和重量,选择合适的转运设备;

2 转运前,应同港口、码头相关部门进行沟通协调,减少风力发电机组转运对码头货物运输造成的影响;

3 转运前,应检查风力发电机组的固定设备是否固定牢靠,转动部件是否处于锁定状态;

4 转运过程中应加强对风力发电机组各部件的保护;

5 风力发电机组转运至船舶甲板前,应核算船舶甲板承载能力是否满足要求。

6.2.7 整体运输应按本规范第 4.3.9 条的规定执行。

6.2.8 整体吊装应符合下列规定:

1 整体吊装前,应检查基础连接段顶部法兰,其水平度应满足设备安装要求;

2 整体吊装前,应检查风力发电机组设备是否满足整体吊装

要求,受损部件经检修合格后方可进行整体吊装;

3 起吊前,应根据吊具、吊重、吊点、起重机械性能及气象和海况条件核算各构件的受力及稳定性;

4 风力发电机组整体起吊后应平缓移动,采取特殊的吊具确保塔架法兰螺纹孔对准,并按对称拧紧方法拧紧;

5 整体吊装后应检查其安装位置,如果误差较大应进行调整,不得出现过大大安装应力挤压螺栓。

6.3 海上变电站安装

6.3.1 结构构件安装应符合下列规定:

1 用于海上变电站结构安装的构件、部件及站内设备经检查合格后方可进行安装作业;

2 变电站金属结构的制作、结构杆件的连接及防腐蚀施工应按现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017、《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205、《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 规定执行;

3 海上变电站各部件的防腐蚀、防潮、防盐雾等应根据设备技术要求进行;

4 海上变电站结构宜在陆地完成全部或部分装配作业,然后进行海上吊装作业。

6.3.2 海上变电站可采用整体吊装,并应符合下列规定:

1 海上变电站组装完成各部件经检验合格后,方可进行转运吊装作业;

2 海上变电站吊装作业前,应根据其尺寸、重量和吊装进度要求等选用吊装船舶设备;

3 吊装作业前,对其起吊设备、吊具、吊点、吊装方式应进行设计;

4 吊装过程中,对变电站内各构件应加强保护;

5 吊装时,应采取严格措施保证变电站与基础准确对接,安

装精度达到设计规定要求；

6 海上变电站内的变压器、气体绝缘金属封闭开关设备、开关柜等设备可在陆上完成组装，随变电站平台一起吊装，也可待变电站平台在海上吊装就位后，分批吊进平台安装；

7 控制、保护、通信设备及防雷、接地、照明、监测、内部电缆和站用电等辅助装置宜在平台吊装就位后进行安装。

6.4 电气安装

6.4.1 电气设备安装程序和工艺应按设备安装说明书的要求进行。附属装置现场制作、安装（包括陆上预制）应满足设计图纸和文件中规定的工艺要求。

6.4.2 电气连接应可靠，所有的连接件如接插件、连接线、接线端子等应能承受海洋环境条件和运行条件的影响。

6.4.3 防护系统的安装应符合图样设计要求；各部件绝缘性能良好，防雷和接地系统安全、可靠。

6.4.4 海上变电站电气设备安装、试验、验收应按现行国家标准《电气装置安装工程施工及验收规范》GB 50254 等有关标准规定执行。

6.5 配套设施安装

6.5.1 靠船构件、系缆桩的焊接、螺栓连接、防腐蚀施工应满足设备技术要求，应按现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017、《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205、《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018、《钢结构用高强度大六角螺母》GB/T 1229、《钢结构用高强度垫圈》GB/T 1230 等规定执行。

6.5.2 直升机平台安装应根据设计要求进行。

6.5.3 风力发电机组基础的防撞及其他附属配套设施安装应根据设计要求进行。

7 海底电缆敷设

7.1 一般规定

7.1.1 海底电缆及附件运输与保管应按现行国家标准《电气装置安装工程电缆线路施工及验收规范》GB 50168 规定执行。

7.1.2 海底电缆敷设施工前,应检验施工船舶的容量、甲板的面积、稳定性、推扭架(栈桥)、电缆输送机、刹车装置、张力计量、长度测量、水深测量、导航与定位仪表、通信设备及附属设备是否符合要求。

7.1.3 海底电缆装船之前,应对其进行检查。

7.2 敷设作业

7.2.1 海底电缆的装船与盘绕应符合以下要求:

1 装船工作应计算装载后电缆敷设船的平衡和倾斜程度,通过调整船舶压载水或通过拖轮配合,提高敷设船舶的抗风浪、海流能力,保持船体处于正常工作状态;

2 敷设船电缆舱底应平坦无突起,舱壁导缆口、电缆牵引设备等不应损伤电缆;

3 盘绕海底电缆应按顺时针方向从外圈到里圈,海底电缆端头应留出足够长度用于测试或接续;

4 盘绕电缆应紧密平整,不得重叠或弯曲,层与层之间应填充木片或塑料片隔层;

5 铠装电缆不应盘装在无铠装电缆上面。

7.2.2 海底电缆敷设应符合以下规定:

1 敷设前,应按现行国家标准《海底电缆管道路由勘察规范》GB 17502.的规定执行,对敷设路线、海深、地形等进行复核;

- 2 海底电缆敷设应按规定的电缆路由进行;
- 3 敷设余量应按水深、海底坡度的变化而变动,顺着海底地形起伏敷设于海床上,不得存在悬空现象;
- 4 敷设控制电缆放出的速度与敷设张力,应采用定张力或定余量敷设;
- 5 布缆速度应根据施工地点的地质、流速、流向等确定;
- 6 敷设进程中不应出现任何使海底电缆受到过大张力、弯折或发生扭结等不良现象;
- 7 带中断器的长距离海底电缆敷设宜在船尾进行,不带中断器的短距离海底电缆敷设或修理中的海底电缆宜在船首进行;
- 8 敷设海底电缆受到的拉力应控制在设计范围内;
- 9 施工中应防止海底电缆过松打圈,不得交叉、重叠,否则应采取相应的防护措施。

7.2.3 海底电缆埋设可采取先敷后埋和边敷边埋施工方法。可使用犁式、水力喷射式或机械切削式埋设机,埋设时应符合下列要求:

- 1 埋设时应控制拖航速度,在流速较大的海域应配拖轮协助,敷设路径与设计电缆路由轨迹误差应控制在允许范围内;
- 2 埋设时应通过监测仪器仪表监视水下工作状态和工作参数;
- 3 埋设作业时,施工船应按调查确定后的电缆路由进行;
- 4 埋设施工宜选择平潮顺流时作业。

7.2.4 当海床为岩质地基时,应采取抛石或其他保护措施。

7.2.5 海底电缆登陆可采用登陆艇、吃水浅的平底船、浮球助浮等方式敷设电缆,对浅水、滩涂的海底电缆登陆段的埋设,可采取水陆两栖挖掘机、挖泥船、水力喷射机械等设备埋设。并应符合下列要求:

- 1 电缆敷设船宜靠近岸边,缩短登陆距离;

- 2 登陆电缆长度应根据实测距离留有一定余量；
 - 3 在预定登陆点的岸上设置明确标志；
 - 4 海底电缆埋设深度应按设计要求进行；
 - 5 进行海底电缆登陆平台作业时，防止电缆在水下弯折扭转及向上提升时受到损伤。
- 7.2.6 电缆终端和接头应按现行国家标准《电气装置安装工程电缆线路施工及验收规范》GB 50168 的规定执行。
- 7.2.7 海底电缆接续处应满足水密性要求。
- 7.2.8 敷设作业完成后，应按国家海洋管理部门的规定设置警示装置。
- 7.2.9 海底电缆敷设完成后，应测试导体直流电阻值、直流耐压、绝缘电阻和泄漏电流值等数据，测试结果应按现行国家标准《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》GB 50150 和《电气装置安装工程电缆线路施工及验收规范》GB 50168 的规定执行。

8 工程观测与检测

8.0.1 观测、检测设备的埋设应按设计要求进行,安装结束经检验合格后方可投入使用。

8.0.2 检测、检验工作应委托具有与工程级别相符的检测资质的单位承担;检测人员应经上岗培训合格并持证上岗。

8.0.3 基础结构水下部分应通过水下检测设备进行检查。

8.0.4 施工期和保修期间,应按设计要求对风力发电机组、变电站及其基础进行例行检测。必要时,进行特殊检测。

8.0.5 例行检测应包括下列内容:

1 检查超载迹象、设计缺陷、与基础结构设计不相符合的任何操作,以及水面以上构件的一般性检查;

2 检查基础结构防腐蚀系统的有效性,对水上部分按规定时限进行目测检查,以查明涂层的变化和结构腐蚀情况;

3 检查塔架、风力发电机组构件是否弯曲或损坏;

4 检查基础连接部位、桩基、焊接部位等关键部位的损坏情况;

5 当发现水面以上有损坏,且通过目测检查手段不能确定其损坏程度时,应进行无损检测。

8.0.6 特殊检测应包括下列内容:

1 检查构件是否严重腐蚀或超载;

2 检查构件是否出现疲劳损伤;

3 检查是否出现海流冲刷;

4 检查构件是否存在设计或施工缺陷;

5 基础周围是否有过厚的海生物或表面吸附物;

6 利用水下检测设备检测危险区的阴极保护电位。

8.0.7 结构损坏严重时,应清除损坏部位附近的海生物和杂物,通过与相邻风力发电机组基础进行对比的方法或重复检测的方法进行检查。当仍不能对结构损伤及原因作出判断,则应进行水下无损检测。

9 风电场的调试与试运行

9.1 一般规定

- 9.1.1 调试与试运行人员应经过专业技术培训。
- 9.1.2 海上风电场调试与试运行前应制订调试与试运行方案。
- 9.1.3 在调试前应完成相关检查验收,试运行前应与当地电网公司签订并网调度协议。

9.2 风力发电机组调试

- 9.2.1 风力发电机组在进行系统调试前应进行全面检查。
- 9.2.2 风力发电机组的调试分为基本功能调试和保护系统调试两个部分,应先进行基本功能调试再进行保护系统调试。
- 9.2.3 调试单位应对调试过程与结果进行记录,每台风力发电机组调试完成后编写调试报告。

9.3 风力发电机组试运行

- 9.3.1 风力发电机组调试验收合格后方可进行试运行测试。
- 9.3.2 风力发电机组应在规定的时间内连续、无故障地运行。
 - 1 当出现额定风速,机组应达到额定出力;
 - 2 当未出现额定风速,则应按规定的顺延;
 - 3 当时间顺延后仍未出现额定风速,但机组运行正常,可暂视为试运行合格。在移交运行后当出现额定风速但机组达不到额定出力,则应重新组织试运行测试。
- 9.3.3 试运行出现异常与故障时,应按试运行方案规定的程序处理。
- 9.3.4 试运行期间,应做好试运行记录;试运行结束后编写试运

行报告。

9.4 变电站调试

9.4.1 变电站调试宜分为设备单体调试、站内分系统调试和变电站启动投运调试。

9.4.2 在风力发电机组试运行前应完成集中监控系统及远程控制功能调试。

9.4.3 变电站调试完成后编写调试报告。

10 施工管理

10.1 一般规定

10.1.1 海上风力发电工程施工,应对职业健康与安全、环境、质量、进度、成本等进行综合管理。

10.1.2 发生质量、安全 and 环境事故时,应按规定程序进行报告和处理。

10.2 职业健康与安全管理

10.2.1 海上风力发电工程施工应建立职业健康与安全生产保证和监督管理体系,设置专职安全管理机构或专职安全人员,负责安全管理工作。

10.2.2 海上风力发电工程施工前应编制海上风力发电工程安全作业计划及要求,至少包括以下内容和措施:

- 1 建立健全安全生产教育培训制度;
- 2 建立安全生产、职业健康安全技术交底制度;
- 3 海上风力发电工程作业安全应急要求和安全应急预案;
- 4 海上风力发电工程作业船舶安全基本要求;
- 5 海上风力发电工程船舶起重机吊装作业安全要求;
- 6 海上风力发电工程作业疏散程序;
- 7 针对极端气象水文条件,编制防风、防雾等措施;
- 8 在施工作业区设置安全警示标志。

10.2.3 海上风力发电工程施工前应对海上风力发电工程作业人员进行岗前安全救生培训,并至少包括以下内容:

- 1 海上求生;
- 2 救生艇筏操纵;

3 海上急救；

4 应急逃生。

10.2.4 海上风力发电工程作业人员应经过安全和专业技术培训，具有从事本岗位工作所需的安全和专业技术知识。

10.2.5 应在施工组织方案中编制安全施工措施。

10.2.6 特种作业人员应持有有关部门颁发的资格证方可上岗作业。

10.2.7 安装现场应制订安全进、退场措施。制订安全措施时，应考虑安全区限、交通量、结构承重、栅栏和行走路线、现场设备的移动、船舶和其他运输工具的进入路线等。

10.2.8 施工作业时，施工人员应配备防护装备，遵守施工安全操作规程。

10.2.9 应针对极端气象水文条件及施工过程中的突发事件等编制相应的应急预案。

10.2.10 消防管理应包括下列内容：

1 建立消防管理体系，实行消防安全责任制；设置专职消防机构或专职消防人员，负责消防管理工作；

2 制订消防管理制度、消防安全操作规程；

3 消防设施应满足施工全过程的整体消防安全需要；

4 制订灭火和应急疏散预案，定期组织消防演练；

5 应按国家有关规定配置消防设施和器材，设置消防安全标志和疏散标志；

6 制订易燃品和工程用火管理措施。

10.3 质量管理

10.3.1 质量管理应遵照国家有关法律法规和质量标准的要求，贯彻质量第一、预防为主、持续改进的方针。

10.3.2 海上风力发电工程施工前应建立质量管理体系，设立专职管理部门或专职人员负责质量管理工作。

10.3.3 施工单位和施工人员应具备相应的资质和资格证书,施工设备及检测设备应具有合格证和标定证书。

10.3.4 海上风力发电工程施工前应制订质量管理计划和质量保证计划。

10.4 环境管理

10.4.1 海上风力发电工程施工前应建立与海上风力发电工程施工相协调的环境管理体系,设立专职管理部门或专职人员负责环境管理工作。

10.4.2 海上风力发电工程施工前应编制施工环境管理计划。

10.4.3 海上风力发电工程施工应按环境影响评价报告批复中对施工期的要求进行。

10.4.4 海上施工时,应配置防污设备和器材。

10.4.5 海上施工过程中,禁止排放一切塑料制品和其他废弃物。应集中储存在专门容器中,运回陆地处理。

10.4.6 设置向海域排放污水设施时应合理利用海水自净能力,选择好排污口的位置。采用管道方式排放,出水管口位置应在低潮线以下。

10.4.7 施工和运输船舶应配备相应的污染物处理处置设施。

10.4.8 工程船舶应遵守海上交通安全法律法规的规定,防止因碰撞、触礁、搁浅、火灾或者爆炸等引起的海难事故,造成海洋环境的污染。

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2)表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4)表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

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

引用标准名录

- 《混凝土结构设计规范》GB 50010
- 《钢结构设计规范》GB 50017
- 《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018
- 《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081
- 《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119
- 《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》GB 50150
- 《混凝土质量控制标准》GB 50164
- 《电气装置安装工程电缆线路施工及验收规范》GB 50168
- 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204
- 《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205
- 《电气装置安装工程施工及验收规范》GB 50254~50259
- 《碳素结构钢》GB 700
- 《钢筋混凝土用热轧带肋钢筋》GB 1499
- 《低合金结构钢技术条件》GB 1591
- 《焊接接头机械性能试验取样方法》GB 2469
- 《预应力混凝土用热处理钢筋》GB 4463
- 《铝-锌-铟系合金牺牲阳极》GB 4948
- 《碳钢焊条》GB 5117
- 《低合金钢焊条》GB/T 5118
- 《混凝土外加剂》GB 8076
- 《混凝土外加剂匀质性试验方法》GB 8077
- 《钢筋混凝土用热轧光圆钢筋》GB 13013
- 《钢筋混凝土用余热处理钢筋》GB 13014
- 《先张法预应力混凝土管桩》GB 13476

《海底电缆管道路由勘察规范》GB 17502
 《风力发电机组安全要求》GB 18451.1
 《堆焊焊条》GB/T 984
 《钢结构用高强度大六角螺母》GB/T 1229
 《钢结构用高强度垫圈》GB/T 1230
 《电工术语风力发电机组》GB/T 2900.53
 《厚钢板超声波检验方法》GB/T 2970
 《金属熔化焊焊接接头射线照相》GB/T 3323
 《碳素结构钢和低合金结构钢热轧厚钢板和钢带》GB/T 3274
 《预应力混凝土用钢丝》GB/T 5223
 《预应力混凝土用钢绞线》GB/T 5224
 《埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂》GB/T 5293
 《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》GB/T 8923
 《金属和其他无机覆盖层热喷涂锌、铝及其合金》GB/T 9793
 《钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果分级》GB/T 11345
 《焊接质量要求 金属材料的熔化焊》GB/T 12467
 《金属覆盖层 钢铁制件热浸镀锌层技术要求及试验方法》
 GB/T 13912
 《建筑用砂》GB/T 14684
 《建筑用卵石、碎石》GB/T 14685
 《熔化焊用钢丝》GB/T 14957
 《风力发电机组装配和安装规范》GB/T 19568
 《焊接结构的一般尺寸公差和形位公差》GB/T 19804
 《焊接工艺规程及评定的一般原则》GB/T 19866

中华人民共和国国家标准

海上风力发电工程施工规范

GB/T 50571 - 2010

条文说明

制 定 说 明

《海上风力发电工程施工规范》GB/T 50571—2010,经住房和城乡建设部 2010 年 5 月 31 日以公告 611 号批准,业已发布。

为便于开发、设计、施工、监理、设备制造科研、学校等单位的有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定,《海上风力发电工程施工规范》编写组按章、节、条顺序编写了本规范的条文说明,供使用者参考。

目 次

1	总 则	(4 5)
2	术语	(4 6)
3	施工准备	(4 7)
3.1	一般规定	(4 7)
3.2	施工测量	(4 7)
3.3	施工组织设计	(4 7)
4	施工交通运输	(4 8)
4.1	一般规定	(4 8)
4.2	施工交通	(4 9)
4.3	构件、材料及设备运输	(5 0)
5	基础工程施工	(5 3)
5.1	一般规定	(5 3)
5.2	重力式基础	(5 3)
5.3	桩基础	(5 5)
5.4	海上变电站基础	(5 7)
6	风力发电设备安装	(5 8)
6.1	一般规定	(5 8)
6.2	风力发电机组安装	(5 9)
6.3	海上变电站安装	(6 0)
6.4	电气安装	(6 0)
6.5	配套设施安装	(6 1)
7	海底电缆敷设	(6 2)
7.1	一般规定	(6 2)
7.2	敷设作业	(6 2)

8	工程观测与检测	(6 4)
9	风电场的调试与试运行	(6 5)
9.1	一般规定	(6 5)
9.2	风力发电机组调试	(6 5)
9.3	风力发电机组试运行	(6 7)
9.4	变电站调试	(6 7)
10	施工管理	(6 9)
10.2	职业健康与安全管理	(6 9)
10.3	质量管理	(6 9)
10.4	环境管理	(7 0)

1 总 则

1.0.2 尽管本规范适用范围定义为“新建、改建和扩建的海上风力发电工程施工”，但考虑到我国目前仅在渤海湾和杭州湾大桥附近建成四台海上风力发电站，所以各章的条文主要针对新建工程制订。对于改建和扩建工程项目，由于可借鉴既有工程项目的施工经验，执行本规范相对要容易一些。将来规范修订时，再增加针对改建和扩建项目的条款。

本规范包括海上风力发电工程的施工准备、施工交通运输、基础工程施工、风力发电设备安装、海底电缆敷设、工程观测、风电场的调试与试运行和施工管理等内容。这些内容针对设置在近海的风力发电工程编写。对于设置在滩涂和深海的风力发电工程，施工交通运输和基础工程施工需考虑所在区域的地形、地质、气象、水文条件、设备的技术条件和施工设备的作业工况等条件，制订相应的施工方案；其他部分可按照本规范执行。

2 术 语

本规范仅定义了与海上风力发电工程施工密切相关的术语，未定义的术语参见现行国家标准《电工术语风力发电机组》GB/T 2900.53、《风力发电机组安全要求》GB 18451.1 及其他相应的国家标准。

3 施工准备

3.1 一般规定

3.1.1 依据《中华人民共和国海上交通安全法》、《中华人民共和国内河交通安全管理条例》、《中华人民共和国水上水下施工作业通航安全管理规定》及其他有关规定,船舶水上、水下施工许可是海上工程正式施工时的第一道审批关。海上风力发电工程施工前,一般应向有关部门办理下列文件:

- 1 工程所在地的港务监督机构的施工作业通航安全许可;
- 2 当地海事部门颁发的海上风力发电工程作业船舶水上、水下施工作业许可证;
- 3 海上风力发电工程永久用地、临时用地及海上风电场占用海域的征用文件。

3.1.3 鉴于海上风电工程施工的特殊性及复杂性,施工准备期间,应编制施工组织设计并经过专家或有关部门评审后方可实施,以保证其安全施工。

3.2 施工测量

3.2.3 可采用卫星导航定位系统,也可选择无线电定位,当风电场距海岸距离小于或等于 7.5km 时,也可选择光学仪器或物理仪器定位。

3.3 施工组织设计

3.3.6 由于风电场的基础布置面较分散,基础点位多,所以基础施工和设备安装宜采取流水作业的方法。根据施工方案,确定合理施工工序,将各个施工工序衔接起来,使同一工种的施工班组连续施工。

4 施工交通运输

4.1 一般规定

4.1.1 海上运输施工考虑的因素包括：

- 1 气温：包括年最高、最低、平均气温及月平均气温；
- 2 降水：包括年月最大、最小、平均降雨量，下雨天数及暴雨强度；
- 3 风：包括主导风向及风向频率（风玫瑰图）、年月平均风速及最大风速；
- 4 雾：包括逐年、逐月雾日数，雾能见度、浓度及持续时间；
- 5 冰冻：包括冰冻期、最大冰冻厚度、通航流凌及解冻日期；
- 6 当地有无热带气旋、海啸、雷暴等特殊气候现象；
- 7 航道要求：航道应有足够的水深，进、出港航道的富余水深不宜小于 1.0m，港外运输作业时，应考虑可能出现的潮差；在港区时，航道宽度应满足运输船舶、起重船舶工作空间的要求；
- 8 航线选择：航线应尽可能与岸线的总趋势平行，以减少触及暗礁及浅滩的机会，如有推荐航线宜尽量选用。航线应尽可能避免通过船只交汇点、渔业作业区、海上工程作业区、军事禁区以及水产养殖区等航行障碍。

4.1.3 随着海上风电技术的发展，海上风力发电机组的单机容量越来越大，风力发电机组设备的主要部件如塔架、机舱、轮毂、叶片在运输上均属超重或超限的重大件，其运输组织工作较困难且复杂，需要采用专用的设备，选择合适的运输线路，并采取有效的措施。

对于运输道路沿线桥涵等建筑物，提出必要的加固设计或采取绕行措施。尽可能降低对输变电、通信等公共设施的损害，在交

通拥挤的路段应寻求交通主管部门的协助,指挥公路上其他车辆的错车、让车。

风力发电机组大件设备的运输可按照现行行业标准《电力大件运输规范》DL/T 1071 相关规定执行。

4.2 施工交通

4.2.1 陆路运输时,应根据《中华人民共和国公路法》、《中华人民共和国道路交通安全法》、《中华人民共和国道路运输条例》及运输线路上地方政府公路的相关规定,对选定的运输方案所经路线进行调研,对制约设备运输的因素进行分析,提出应对方案,并与交通运输主管部门进行沟通,寻求必要的协助,使运输方案能够顺利实施。

4.2.5 海洋环境恶劣,海况复杂多变,海上运输施工受气象、水文条件制约,为确保风力发电机组设备海上运输安全,应根据运输船舶配置情况、设备运输要求,结合施工工期等相关因素,对海上运输的极限条件进行限制。

杭州湾跨海大桥施工中运输 2200t 级的箱梁结构中,限定载梁航行时风浪不得超过蒲氏 8 级风及相应波浪,吊梁施工作业时风浪不得超过蒲氏 6 级风及相应波浪。现行行业标准《重力式码头设计与施工规范》JTJ 290 对于海上大型沉箱结构的拖运时,气象、海况条件规定:风速不得超过 6 级,波高 $H_{1/10}$ 不超过 1.5m。国外海上风电场建设过程中,风力发电机组设备的运输过程中的环境因素限制条件一般根据具体的运输船舶抗风浪能力、海域水文、气象条件、风力发电机组设备的运输方式而定。考虑到海上风力发电机组设备运输的实际情况,6 级以上风速情况下难以进行风力发电机组设备的吊装施工作业,将增加风力发电机组设备在海上的候安时间,且海流流速超过 3m/s 施工船舶易出现走锚现象而产生危险,故风力发电机组设备运输作业时一般风速不宜超过 6 级,波高不宜超过 1.5m,海流流速不宜超过 3m/s。

4.2.7 运输线路上船只较多需避让时,应按《中华人民共和国海上交通法》、《1972 年国际海上避碰规则》相关规定执行。

4.2.9 海上风电场建设期间,设立的临时堆放场地、组装车间宜尽量设置在靠近港口、码头附近的开阔区域,以便于充分利用码头既有的设施进行设备组装、运输。

由于码头、港口作业繁忙,所以堆放场地、组装工厂的设置应以不影响码头物流运输为原则,征地面积在满足需求的前提下尽量少占用空间为原则,组装、转运设备宜充分利用码头既有的设备,尽量减少专用设备的数量,提高经济效益。

4.3 构件、材料及设备运输

4.3.1 对运输设备的选择应根据运输的设备及构件的尺寸及相关技术参数,因材施教,合理选择,达到既满足安全可靠要求,又能提高经济效益的目的。

4.3.2 在保障运输安全的前提下,充分利用运输船舶的舱容和甲板空间,重大件设备放置在舱口尺寸大的中部舱内或甲板上,小件货物装在舱口,大小货物配装,尽量不亏损舱容。风力发电机组设备的运输应注意以下事项:

1 运输前,需验算船舶的甲板的承载能力,避免甲板凹陷、断裂,使船舶发生严重事故或货损;

2 甲板上装载重大件设备,使船舶重心提高,同时增加了船舶的受风面积,这对船舶的稳定性产生了不利影响,因此,船舶甲板上装载货物后,要对船舶的稳定性进行校核;一般舱底应装配比重较大的货物以降低船舶的重心高度,装在船舷的货物,要保持重量基本相当,避免船舶发生倾斜而影响航行安全;装配甲板货物时,尽量避开舷窗、排水孔、阀门等设备,防止影响起重机等设备的操作;

3 风力发电机组设备装船后,应进行加固处理,除每件设备本身加固外,必要时设备之间也要进行加固,以免货物移动,相互

碰撞而发生损伤。大件设备的加固应在设计单位或设备制造单位认可的位置固定,它们在驳船的固定位置应能把荷载分布到内部骨架上,且便于拆除。货物绑扎加固时,既要做到不松动,又要容易解开,以便发生危险时,能立即松开或割断。

4.3.3 鉴于重力式基础较重和尺寸较大,应根据基础情况和运输条件采用船舶干运和浮运拖带进行运输;宜优先考虑甲板驳、半潜驳等干运的方式。

1 采用浮游运输时,应对其下水方式进行专门设计,可采用滑道方式、起重船、高压气囊等方式下水,并核算其运输过程中的浮游稳定性;

2 采用甲板驳、半潜驳等进行干运时,对下潜装载、航运下潜卸载各个作业阶段应验算半潜驳的吃水、稳定性、总体强度、甲板强度及风、浪和海流的影响;

3 利用甲板驳、半潜驳拖航时,应根据船舶吨位、功率及潮流、风浪情况,选择合适的缆具和缆绳长度,保证拖航安全;

4 重力式基础对转运机械的吊重要求较高,因此应根据工程施工进度合理安排储存场地,选择合适的转运方式及转运设备,尽量做到随安随运,减少候安时间。

4.3.4~4.3.10 管桩、导管架、塔架、机舱、风轮(或轮毂与叶片)、海上变电站的运输,应根据施工进度,组装完成情况及组装后尺寸,选择合适的运输船只,制订合理的进度计划,以达到经济合理的目的。

1 装卸、运输过程中应按设备制造商的要求,采取恰当的保护措施,防止设备受损。运输前,应根据所选用的船舶设备及气象、海况条件核算船舶运输过程中的稳定性;

2 起吊前,应根据起吊风力发电机组设备的重量和尺寸选择合适的吊具、吊点及吊装方式,并确保吊装过程中结构所受的动、静应力均在可控制的范围内;

3 管桩、导管架、塔架一般长数十米,且重量较重,为方便运

输作业,一般宜选用空间开阔的甲板驳、半潜驳等大型运输船只进行运输作业。运输过程中,除应固定牢靠,防止因发生滚动、磕碰受损外,还应采取特殊措施对其结合面、螺栓孔等连接部位进行保护,防止受损;

4 转轮通常由轮毂和 3 个叶片组成,为缩短海上施工时间,降低海上施工运输成本,一般宜将 2 个~3 个叶片在陆地上完成与轮毂的组装,然后再通过起吊设备吊装至运输船舶上事先准备好的工装平台上固定,再通过大功率运输船舶或运输船舶与拖轮配合使用的方式运输至安装海域;

5 机舱是风力发电机组最核心的设备,体积较大,重量较重,需通过大型起吊设备转运机舱至运输船舶甲板或船舱内固定工装上,然后通过大功率运输船舶或运输船舶与拖轮配合使用的方式运至风电场海域;

6 海上变电站一般体积庞大(其长宽高分别达数十米),重量较重,为缩短海上施工时间和减少运输、施工成本,宜采用整体运输方式进行运输。

5 基础工程施工

5.1 一般规定

5.1.1 海上风电场一般占用海域面积较大,基础点位多,范围广,如无特殊情况,风力发电机组基础的施工方法及施工顺序基本一致,如果施工区域地质条件复杂,施工时气象条件差异较大时,风力发电机组的施工方法可能会有所不同,施工前需根据具体情况,编制科学、合理的施工方案。

5.1.3 海洋环境复杂多变,年有效作业时间较短,短时间内的天气变化情况对风电场施工组织工作具有较大的影响,因此掌握风电场及周边海域短期的气象预报资料对风力发电机组基础安全施工极为重要。施工作业时,应在分析气象、海洋水文资料的基础上,根据施工作业要求配置合适的船舶设备,并对施工时的极限条件进行限定。

目前国内绝大部分海上打桩船及起重船作业时抗风能力为6级~7级。在8级风浪进行沉桩作业的船舶极少,一般海事监管机构对施工单位在7级及7级以上风浪情况下的施工申请不予审批。海流流速较大时,易发生走锚导致施工船舶发生危险,且对沉桩作业精度具有较大的影响。考虑到海上风电场基础施工的实际情况及风力发电机组运行对基础施工的精度要求,并结合相关海上施工单位的基础处理、沉桩施工等相关经验,风力发电机组基础施工作业时,一般海上风速不宜超过6级,浪高不宜超过1.5m,海流流速不宜超过3m/s。

5.2 重力式基础

5.2.2 由于海上混凝土结构运行环境的特殊性,重力式基础的制

作除应遵守国家标准外,还可按照相关港口、码头等近海工程大型混凝土基础施工方法及现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》JTJ 268、《水运工程混凝土质量控制标准》JTJ 269、《水运工程混凝土试验规程》JTJ 270、《海港工程混凝土结构防腐蚀技术规范》JTJ 275 等规范实施,以满足风力发电机组基础的安全、可靠与耐久性方面的要求。

5.2.5 基床进行抛石处理时,应注意以下问题:

- 1 基床需抛石加固处理时,抛石作业前应检查基槽尺寸有无变动,如有显著变动应进行处理;
- 2 选用的石材在水中的饱和抗压强度应满足设计要求;
- 3 对于需夯实的基础,还应注意石材的级配,分层抛、分层夯实;
- 4 抛石前应进行试抛作业,以掌握块石扩散情况,选定起始位置和适宜的移船距离;
- 5 抛石时,导标设立应正确,勤对标,对准标;
- 6 基床平面的位置、尺度、顶宽不小于设计要求;
- 7 粗抛和细抛应相结合,细抛宜在平潮时进行,勤测水深,不得漏抛,高程差应控制在设计规定的范围内;
- 8 抛石基床的厚度应按设计要求预留一定的沉降量。

5.2.6 基槽的夯实、整平工艺可按照现行行业标准《重力式码头设计与施工规范》JTJ 290 进行。根据欧洲 Nysted、Middelgrunden 等风电场的施工经验,重力式基础基床应通过碎石调整到毫米级,以保证风力发电机组运行对基础平整度的要求。

5.2.9 重力式基础由于体积庞大,基座在海床底部由于受到风浪、潮流的影响,如不加以保护,将出现一定的冲刷,严重时将危及风力发电机组基础的稳定及风力发电机组的正常运行。因此,在重力式基础沉放完毕后,应根据设计要求,对基座周围一定范围内的海床用大块石覆盖,以有效保护海底基床,维护海底生态环境。

5.3 桩 基 础

5.3.1 根据结构受力要求,单桩基础钢管桩管径达 3m~5m,管壁较厚,对钢结构材料材质和卷制施工要求均较高。因此,从钢管桩钢材的选用,到钢管桩的预放切割、磨削刨边和焊接均须根据设计要求,严格遵照钢结构制作与施工规范执行。制作完成后,还须采用超声波、射线照相探伤等方法进行检验,并进行机械性能测试,经检验、测试合格后,方可出厂。

5.3.2 锤击沉桩施工过程中,宜优先选择液压打桩锤,相比柴油筒式打桩锤、液压振动锤,液压打桩锤充分利用液压传动的特点,使锤与桩的锤击时间加长,加大了有效贯入能量,减少了打坏桩头的机会,比较适合于具有较大管径、较重质量的单钢管桩沉桩施工。

5.3.3 当采用锤击沉桩较困难时,可根据地质情况及海洋水文条件选择水冲锤击沉桩或桩内排土沉桩的方式进行沉桩作业。采用水冲锤击沉桩作业时,喷咀长度、沉桩方法、水压均需根据相关地质情况进行专门的研究与设计。当采用管桩内排土沉桩法时,可采用套管法、螺旋钻钻孔桩法、潜孔冲击钻钻孔桩法来进行桩基沉桩施工,并在沉桩作业前根据土质条件,研究满足打设要求的钻机出力、锤重量等,选用适宜的施工方式及施工机械。

5.3.4 风力发电机组基础在海洋环境中长期承受风浪、海流等往复荷载的影响,局部由于受循环应力易产生疲劳问题。因此,对导管架结构基础的制作要求严格按照施工工艺规定的程序和参数进行,同时应重视导管架结构的制作和钢管间关键节点的焊接制作。

导管架结构的制作应结合结构的受力及疲劳分析,进行相应的处理。其制作、装配工艺及关键节点、二面角等的焊接施工可按照现行行业标准《海上固定平台规划、设计和建造的推荐作法》SY/T 10030、《浅海钢质固定平台结构设计与建造技术规范》SY/T 4094 中对海洋平台结构导管架结构的焊接要求进行。

5.3.5 导管架的竖立、调平是三桩和四桩基础施工中最重要的一

环,调平作业达到规定的精度要求方可进行沉桩作业。导管架结构的竖立、调平作业应根据结构特点,结合施工区域施工期间的波浪、潮流等气象水文特点,合理设置辅助调平装置(如防沉板、辅助桩等),通过起重船或其他辅助设备完成导管架的竖立、调平作业。调平作业一旦完成,除非有特殊情况,否则不得进行基础结构的整体调平作业,以免由于施工原因,引起钢套管或钢桩受到较大的弯曲应力,危及结构安全。

5.3.6 沉桩过程中,钢管桩与导管恰当的对中是保障沉桩施工成功的关键,可通过设置正确的导向装置来完成。沉桩过程应进行严密的配合,避免因发生偏击现象而使导管架的钢套管和钢管桩受到较大的弯曲应力或使导管架结构发生不均匀倾斜。

导管架钢套管与钢管桩可以通过灌浆和(或)焊接方式牢固结合,灌浆连接材料配合比应通过试验来确定,试验过程中,应采用与钢套管中浆材运行相一致的环境条件,并配置合适的施工设备。

5.3.7 多桩基础可根据实际情况采用钢管桩或(高强)预应力混凝土大直径管桩基础。钢管桩制作过程与单桩、三桩和四桩基础相同。

(高强)预应力混凝土大直径管桩强度高、抗锤击性能较好,具有良好的耐久性,目前在港口、软土地基工程中得到较为普遍的应用。(高强)预应力混凝土管桩按生产工艺可分为:后张法预应力混凝土大直径管桩和先张法预应力混凝土大直径管桩。后张法预应力混凝土大直径管桩是指分段成型管节,管节间涂刷黏结剂或灌浆连接拼接,采用后张预应力形成的管桩,管桩桩径一般为1000mm~1400mm。后张法预应力混凝土大直径管桩抗弯能力大,耐锤击性能好,近些年发展较快。后张法预应力制作的相关要求可按照现行行业标准《港口工程桩基规范》JTJ 254 中第8.1节进行。先张法预应力混凝土管桩是由预应力混凝土管节拼接形成的管桩,管节之间可采用端板焊接或法兰盘螺栓连接等接头形式拼接。先张法预应力的制作及检验应符合现行国家标准《先张法预应力混凝土管桩》GB 13476 的相关规定。

当采用灌注桩、方桩等桩基型式时,其施工工艺应根据设计要

求,按照现行行业标准《港口工程灌注桩设计与施工规程》JTJ 248—2001、《港口工程桩基规范》JTJ 254 等相关规范执行。

5.3.9 多桩基础沉桩作业时,管桩吊装前,应对吊点进行精心设计,桩身吊装就位入导向装置的过程中应严格遵守操作过程,防止桩身受损影响沉桩作业。沉桩施工应严格遵照施工程序进行,适当控制沉桩速率,沉桩过程中当出现异常情况,如桩身出现裂缝、破碎掉块、沉桩困难等情况时,要根据具体情况及时与设计、监理单位研究处理。多桩基础沉桩过程中,应对沉桩精度进行严格的控制,桩端、桩顶、桩身倾斜度均应控制在设计规定的范围内,以利于上部混凝土承台结构的浇筑。

5.3.10 混凝土承台制作过程中要做好保护,防止因混凝土开裂而形成渗透通道造成钢筋、钢管桩的锈蚀。

5.3.12 桩基础上部结构的安装包括连接段钢管、基础平台、钢爬梯、靠船构件、接地装置、法兰系统等。上部结构的安装在整个基础安装中也是相当重要的一个环节,部分由于桩基施工而导致的误差可以通过调整上部构件来达到塔架或机组设备安装的水平度的要求。

上部连接构件的安装,应根据不同被吊物重量、结构,选用或重复利用合适的起吊设备,并对吊点的布置和结构受力、稳定进行核算。基础上部结构的安装精度直接关系到风力发电机组结构能否正常运行,因此,上部结构施工时,应根据设计要求,确保正确的对中和标高、水平度控制。各相关结构的焊接、铆接等施工方法与程序均应满足规范的要求,接地系统应可靠。

5.4 海上变电站基础

5.4.1 根据国外海上风电场建设经验,海上变电站基础主要有重力式基础,单桩、三桩、四桩及多桩式基础。海上变电站基础形式应根据风电场地质条件及海洋水文条件选定,变电站基础的材料要求、制作工艺、施工过程可按照风力发电机组基础施工相关要求

6 风力发电设备安装

6.1 一般规定

6.1.1 风力发电机组作为永久结构及部分施工期间的临时结构通常被视为海上航行及飞行的障碍,风电场建设前期及竣工后应按规定申报,提前予以公布,并在相关的地图及资料库中,提供准确的位置、范围及高度,以供船舶航行、低空飞行参考,避免发生意外碰撞事故。

6.1.2、6.1.3 风力发电机组设备安装前,应对风力发电机组基础施工进行竣工验收,经验收合格后方可进行风力发电机组的吊装作业。进入风电场安装的设备在正式吊装作业前,均应进行检验,经检验合格后方可实施安装作业。

6.1.4 风力发电机组吊装作业由于是在海上作业,且大部分属于高空作业,施工危险系数高,施工船舶受风浪因素影响较大,风力发电机组吊装作业时应根据船舶配置情况及气象、海洋水文、地质情况确定起吊作业时的风速、浪高的安全限值。

当海上风、浪较大时,对船舶的稳定性控制有较大的难度,且风力发电机组各部件特别是机舱、叶片、叶轮在吊装过程中,由于都具有一定的迎风面,在风力作用下将产生倾斜,很难保证法兰盘、连接螺栓的准确对中。因此,风力发电机组的吊装作业应在各部件规定的安全起吊限值下作业。根据国外相关海上风电场施工的经验,如英国 Kentish Flats 风电场风力发电机组吊装作业时海平面 10m 高程处风速一般不超过 7m/s,浪高一般不超过 1.5m,海流流速一般不超过 3m/s。大多数海上风电场吊装作业限定条件根据风电场实际海洋水文、气象条件、吊装设备工作能力综合确定;陆上风力发电机组进行吊装作业时,吊车桅顶处的风速一般不

超过 12m/s。国内各海上风电场建设过程中,应根据配备的设备工作性能,实际气象、水文条件和风力发电机组设备参数进行模拟验算确定。

6.1.7 船舶设备进行施工作业时,由于受到涨落潮变化影响,应防止不具备座底工程的大型工程船舶在低潮位时出现搁浅座底造成船机设备受损的情况,施工作业时应保留有一定的安全水深要求;同时吊装作业时充分考虑涨落潮对吊装高度变化、吊装作业船舶设备的稳定性、安全性的影响。

6.2 风力发电机组安装

6.2.2~6.2.4 列出了风力发电机组分体安装的规定。分体安装包括塔架、机舱和风轮安装。分体安装过程比较复杂,应根据安装程序,合理安排设备运输及安装施工顺序,并针对塔架、机舱、风轮结构特点,充分考虑工程工期、设备配置及气象水文因素,制订相应的吊装措施,确保吊装作业安全、可靠、有序进行。

6.2.5~6.2.8 列出了风力发电机组整体安装的规定。整体安装包括整体组装、整体移位、整体运输和整体吊装等过程。由于海上风力发电机组设备尺寸较大,重量较重,陆地组装和整体移位装船的难度较大,应进行精心的设计与准备,选用的起吊、转运设备应足够满足机组设备组装与转运要求,组装与转运过程中应遵守操作规程,确保组装与转运装船安全、有序进行。风力发电机组设备整体运输过程中,由于重心较高,受风浪的影响较为明显。因此,在运输过程中应采取加固措施,加以保护,防止风力发电机组由于受风浪影响而磕、碰受损。

风力发电机组设备整体运输至风电场区域经检查合格后,通过专用的安装船舶吊装设备缓慢移动就位,准确对接后固定连接法兰上连接螺栓。由于风力发电机组整体质量较重,重心较高,风力发电机组安装受风、浪、海流影响效应将被放大。因此,风力发电机组设备整体吊装作业时,应采取措施,确保风力发电机组塔架

法兰与基础顶部法兰对接准确,螺栓连接紧密,受力均匀,安装精度在规定允许的范围内。风力发电机组安装完成后,应对安装工作进行检验,以确保安装作业的可靠性。

6.3 海上变电站安装

6.3.1 海上变电站构件及设备较多,当全部在海上完成安装作业施工难度极大,容易造成设备受损,也不经济。因此,海上变电站构件宜在陆地完成部分或全部设备组装后运输至风电场场址处进行吊装作业。

6.3.2 海上变电站吊装前,应根据变电站尺寸及重量选用合适的吊装设备。并在尽量减少海上作业时间的前提下,确定与变电站规模相适宜的吊装方式。海上变电站体积、重量均较大,对吊装设备及操作均要求较高,起吊前应做好充分准备。吊具及加固件应保证吊装过程中结构受力及稳定性,并加强保护,防止各构件在吊装过程中受损。

国内外均无海上变电站高压设备的规范,也没有海上风电场高压变电站。升压站内部设备安装可按照现有的海上采油平台、DNV、IEC 船舶电气设备规范的相关规定进行。由于海上变电站设备安装要求大部分与陆上设备一样,所以,也可按照现有的陆上设备安装规范进行,同时注意海上设备的防腐蚀、防潮等要求。

6.4 电气安装

6.4.4 由于我国没有海上变电站电气设备的安装、试验和验收标准,所以海上变电站电气安装可按本条引用的国家标准执行。不足部分可按照中国海洋石油行业标准《海上生产平台电气系统的设计与安装的推荐作法》SY/T 10010、挪威船级社《ELECTRICAL INSTALLATIONS》(DNV-OS-D201)和国际电工委员会《Electrical installations in ships》IEC 60092 系列标准中相应条款执行。

6.5 配套设施安装

6.5.2 直升机平台安装可按照《民用直升机海上平台运行规定》(CCAR-94FS-Ⅲ)的有关规定进行。

7 海底电缆敷设

7.1 一般规定

7.1.2 附属设备包括张力计、计米器、入水角度指示器、声呐测深仪、测距仪、监视电视、自动记录仪、计算机等。

7.1.3 对海底电缆进行检查是保证海底电缆满足质量和安全要求的必要手段。海底电缆一般要经过出厂、陆地/海上运输、倒盘,倒盘过缆至电缆船等工序,除具备第三方检验及出厂合格证外,每一道转移完成后都需要电缆制造商代表、建设单位、施工单位等几方面签字确认,确保海底电缆处于完好状态。

7.2 敷设作业

7.2.2 选择敷设路径时,利用海洋图、地形图等资料初步选择敷设路线,然后对以下项目进行实地调查:

- 1 测量位置、海深,调查海底平面状况;
- 2 探测地层,调查海底地质状况;
- 3 必要时进行磁性探测。

7.2.3 由于浅海海域内,海洋环境比较复杂,海底电缆易遭渔捞、船锚等人为损坏,需采取埋设的措施。国内外的实践证明埋设的措施是保护海底电缆经济有效的方法,把海底电缆埋在海底下,除能防止渔捞、船锚等人为破坏,还能减轻由化学及生物造成的侵蚀。目前国内外在浅海区敷设海底电缆已广泛采用埋设施工方法,而且已取得显著成效。

海底电缆埋设施工可采取先将海底电缆敷设好再进行埋设,也可以边敷设边埋设的方法施工。

实践表明,犁式埋设机适用于边敷边埋,长距离软土海底电缆

埋设,水力喷射式埋设机适用于先敷后埋和边敷边埋,近海浅水区域短距离砂性土、粘土海底电缆埋设。机械切削式埋设机,自动前进,适用于先敷后埋和边敷边埋,可在硬土层甚至强风岩层海底电缆埋设,可用于海底电缆修复。

7.2.5 登陆方法根据登陆点与施工船距离的远近,登陆海域的地形、水深、潮流的强弱、浅滩的坡度等因素确定。登陆艇登陆适用于登陆距离超过 1000m,风浪流速较大的海域;浮球牵引登陆适用于登陆距离不大于 1000m,潮流不大,海底电缆外径较大,重量较重的海底电缆登陆,但不宜于在有礁石的海滩进行。

对于浅水、滩涂的海底电缆登陆段的埋设可采用先敷设后埋深的方法,使用吃水浅的平底船、浮球(浮筒或轮胎)助浮、露滩区域设置滑轮,陆上牵引方式,敷设电缆。使用水陆两栖挖掘机、挖泥船、挖掘机下船,在电缆边开挖沟槽,沟槽开挖完成后采用人机配合,逐段牵拉的方式将电缆拖至沟槽内。洼塘内电缆敷设,可采用水力喷射方式进行电缆埋深。

7.2.6 海底电缆接续工作通常是在船上进行,接续工作技术要求高,操作工艺复杂,有时受海况影响,作业条件困难,接续时间较长,完成一次接续一般需要 24h,并需要进行数小时高压试验,所以,接续工作宜在良好的气象、海洋条件下进行。

7.2.9 用于测试的仪器仪表的精度和试验电源的质量对试验结果有重大影响,电源不稳定会导致试验结果不准确,可能留下安全隐患。因此,在进行海底电缆测试之前,宜对所用仪器仪表和试验电源进行检查。

8 工程观测与检测

8.0.1 海上风电场所在海域一般气象条件复杂多变,运行条件恶劣,风力发电机组设备及基础受风、浪、潮流、水质等条件的影响较大,因此,加强施工期和保修期风力发电机组设备及基础的观测与检测,对保障风电场后期正常运行具有重要的意义。对于工程进入正常运行期的检测工作不在本规范规定的范围内。

风力发电机组各检测设备的埋设应按设计要求进行,确保安装准确到位,固定牢固。

8.0.4 施工期和保修期间一般只进行常规检测。必要时(即遇到台风等恶劣天气,或发生船舶、海上漂流物等撞击风力发电机组基础的意外使其不能或可能不能正常运转时),进行特殊检测。由于海上观测对人员、技术的要求较高,且海上检测成本较高,因此,海上检测宜分为例行检测和特殊检测进行。当例行检测发现问题时,应根据检测结果及时分析原因;无法找到产生异常情况的原因时,需进行特殊检测。

例行检测包括通过肉眼、布设的仪器或少量简单设备进行的检测。一般应包括对风力发电机组基础沉降、钢管桩的变形、钢管桩桩身及其他结构的应力检测、基础海底冲刷检测、防腐蚀涂层及阴极保护点位检测等。

特殊检测是指通过水下检测设备或特殊设备、特殊技术人员进行的检测。

9 风电场的调试与试运行

9.1 一般规定

9.1.1 调试人员宜由风力发电机组供货商组织培训,试运行人员宜由风电场运行单位组织培训。

9.1.2 调试方案包括调试项目、调试流程、资源状况、调试工期计划、应急预案、重大缺陷处理方案、调试的边界条件等。

9.1.3 调试前应完成变电站工程、调试风力发电机组和相关单位工程的完工验收,通过质量、安全监督机构的检查。试运行前风电场运行单位应与电网公司签订并网调度协议。

9.2 风力发电机组调试

9.2.1 检查内容包括基础、塔架、机舱、风轮、电气系统、防雷接地系统、控制系统、输变电和电力电缆的安装等。

9.2.2

1 基本功能调试是通过手动测试风力发电机组的基本功能工作是否正常。包括液压系统测试、变桨系统测试、偏航测试、冷却系统、正常停机、紧急停机、解缆和振动模块测试、风速仪测试、风向仪测试、传动系统、启动测试等内容。

1) 液压系统测试:调整液压至规定值,测试各元件是否正确动作;

2) 变桨系统测试:手动变桨,整定每片叶片变桨角度,测试叶片变桨的同步性能;

3) 偏航测试:手动偏航,使机组偏离当前主风向,确保控制器能够承受偏载,然后检查机组能否平稳地回到当前主风向对风。偏航时要求机组在顺时针和逆时针两个方向都能平稳偏航;

4)冷却系统:手动启动冷却风扇电气回路,检查是否正常动作;

5)正常停机:当机组在正常运行过程中,按下正常停机按钮,检查机组是否可以正常停机;

6)紧急停机:当机组在正常运行过程中,按下紧急停机按钮,检查机组是否可以快速停机;

7)解缆:旋转机舱,检查位置传感器是否触发,保证机组能够正常解缆;

8)振动模块:在调试时,模拟一个振动信号,检查控制器是否记录并执行了停机指令;

9)风速仪、风向仪:测试风速仪、风向仪传感器。

10)传动系统:手动设置风电机组转速,宜按照最高运行转速10%,20%,50%,70%,80%分别设定,机组有关参数应在正常范围。

11)启动测试:当现场条件满足机组控制器中的正常启动条件时,机组便会正常启动。在正常启动过程中,要确保平稳启动,不应在电气和机械子系统中产生不良载荷。

2 保护系统调试是通过手动测试机组保护系统功能及其效果。包括气动刹车、紧急停机保护、并网失败保护、超速保护、失电保护等内容。

1)气动刹车:检查机组能否通过手动变桨执行有效的气动刹车,以保护机组安全顺桨;检查机组在大风情况下是否能够根据随着风速变化实现正常变桨;

2)紧急停机保护:当机组发生了异常状况,或者操作人员手动触发了紧急停机按钮之后,执行紧急停机动作,执行紧急停机的动作要比正常停机的动作快;

3)并网失败保护:模拟网侧出现了异常状况,在机组中给出一个中断信号,检查机组是否按照设计要求执行相应动作;

4)超速保护:模拟电机转子超速的情况,高于控制器设定值,

检查机组是否执行超速保护动作；

5)失电保护:模拟在失去网侧电源情况下,测试备用的电池或储能装置是否能立即切换,确保完成停机程序。

9.3 风力发电机组试运行

9.3.2 海上风电机组试运行时间不宜小于 240h,试运行期间未出现额定风速需要顺延的时间不宜小于一周。试运行期间,因电网故障和气象条件导致风力发电机组停机时,不视为故障,也不计入机组连续运行小时数。

9.3.4 试运行记录应包括风速、缺陷处理情况、备品备件使用情况、设备维护情况等。试运行报告应包括功率曲线分析、设备功能指标分析、设备性能指标分析、设备缺陷分析等。

9.4 变电站调试

9.4.1 变电站现场调试较为成熟,根据已有工程经验,主要包括以下内容:

1 变电站调试:

- 1)一次设备调试;
- 2)交、直流电源设备调试;
- 3)继电保护设备调试;
- 4)变电站计算机监控设备调试;
- 5)在线状态监测设备、通信设备调试;
- 6)消防及空调设备调试;
- 7)遥视及安全警戒设备调试。

2 站内分系统调试:

1)一次电气设备(设备绝缘、性能试验,机械传动分、合闸试验);

2)交、直流电源设备(设备绝缘检测,电源相序检查,电源切换试验,微机控制模式转换试验);

3) 继电保护设备及自动装置(保护装置绝缘、回路电阻测试, 保护信号远传试验, 保护通道检测, 保护装置上电、断电测试, 交流回路检查、测量, 保护整组传动、自动装置动作试验);

4) 计算机监控系统设备(遥信量、遥测值、遥控试验, 控制权切换试验)。

3 变电站启动调试主要完成新投运设备在全电压和带负荷工况下的性能试验, 包括一次设备、继电保护设备和监控设备。主要项目如下:

- 1) 新投运设备(线路、变压器、母线)冲击试验;
- 2) 同期装置检测;
- 3) 断路器动作试验;
- 4) 变压器、线路空载试验;
- 5) 无功补偿装置(电抗器、电容器组)投切试验;
- 6) 相位、相序的核定;
- 7) 相关继电保护、自动装置的调试;
- 8) 监控系统的检查。

9.4.2 集中监控系统及远程控制功能调试内容包括遥信、遥测、遥控、遥调、遥视功能的验证、远方闭锁逻辑配置、不带电顺序控制功能调试、集中监控中心本身设备系统功能和性能的调试等。无人值班变电站集中监控系统的调试包括站内上送数据处理功能试验、集中监控系统下发各类控制命令试验和通用性配置等内容。

10 施 工 管 理

10.2 职业健康与安全管理

10.2.3 海上求生培训包括应急部署、应急撤离、海上待救以及应急通信设备和救生信号的使用方法；救生艇筏操纵主要是封闭式救生艇的基本操纵方法和气胀式救生筏的使用方法。应急逃生包括救生衣的使用、救生筏的释放、应急门、窗开启的时机与要求等。

10.2.4 规定海上风力发电工程作业人员的基本条件，凡在海上15天以上的作业人员均应持有“海上求生”、“海上急救”和“救生艇筏操纵”等安全培训证书。

10.2.5 风力发电机组安装作业是一个精度要求较高的工作，稍有差错，可能造成风力发电机组设备受损。因此，在风力发电机组安装前，应根据风力发电机组海上安装作业的实际情况，编制科学、合理的施工组织方案，并根据具体的施工工序采取相应的措施。

10.2.6 吊装、焊接等关键工序的操作人员应持证上岗。

10.2.7 施工作业前，应进行扫海作业，并建立安全作业区，并根据相应的船舶设备进入路线、交通量等因素制订安全进、退场措施。

10.3 质 量 管 理

10.3.3 要求施工单位和施工人员具有相应的资质和资格证书是确保施工质量的一个前提条件。要求施工单位提供施工设备和检测设备具有合格证和标定证书是保证施工质量和安全的措施之一。

10.3.4 质量管理计划包括施工过程和关键工序的质量管理措

施。质量保证计划包括质量管理活动及培训教育计划、特殊工种人员资格考核计划、质量检查计划、质量检验计划等内容。

10.4 环 境 管 理

10.4.2 针对海上风力发电工程的特点编制施工环境管理计划是环境管理的手段之一。环境管理计划包括施工噪音控制、陆上施工基地的环境管理措施、海上设施的环境管理措施等。

10.4.4 要求施工单位配置防污设备和器材是防止施工作业区域环境污染最基本的保护措施。