

团 体 标 准

T/CIN XXX—XXX

海上风电四桩导管架基础施工技术要求

Technical Requirements for Construction of Offshore Wind Power four-pile jacket
foundation
(征求意见稿)

2025 - XX - XX 发布

2025 - XX - XX 实施

中国航海学会 发 布

目 次

前 言	3
1 范围	4
2 规范性引用文件	4
3 术语和定义	4
4 前期工作	5
5 基础工程施工	6

前 言

本文件按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由中国航海学会提出并归口。

本文件起草单位：三峡物资招标管理有限公司、中交海峰风电发展股份有限公司、天津港航工程有限公司。

本文件主要起草人：崔慧斌、王子予、王怀刚、王鹏、王国庆、孟凡月、强亚龙、李亚光、王徽华、赵雨来。

海上风电四桩导管架基础施工技术要求

1 范围

本文件规定了海上风力发电四桩导管架基础施工的前期工作、基础工程施工等的技术要求。本文件适用于新建、改建和扩建的海上风力发电四桩导管架基础工程施工。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 50021-2001 岩土工程勘察规范

GB/T 50205-2020 钢结构工程施工质量验收标准

GB/T 50571 海上风力发电工程施工规范

NB/T 11727-2024 海上风电场工程基础结构灌浆连接技术规程

NB/T 31006 海上风电场钢结构防腐蚀技术标准

3 术语和定义

GB/T 50571和GB/T 37898界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1 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。

[来源：GB/T 50571—2020，2.0.1]

3.2 基础桩 Pile Foundation

支撑海上风电机组的关键结构，通常采用单根钢管桩打入海底实现固定，通过法兰与风电机组塔架连接。

3.3 导管架 Steel Tubular Jacket

是由中空的腿柱和连接腿柱的纵横杆组成。作为风机的“地基”，承受上部组块重量及环境载荷（如风浪、洋流），确保稳定。

[来源：GB/T 50571—2020，2.0.6, 有修改]

3.4 导向架 Guide Frame

海上风电导向架的主要作用是辅助导管架基础桩沉桩施工，确保桩基精准、稳定地沉入海底。

3.5 贯入度 Penetration Rate

在地基土中用重力击打桩体时，桩体进入土中的深度。

[来源：GB 50021-2001 2.2.4, 有修改]

3.6 送桩器 pile follower

送桩器是桩基施工中将预制桩送至设计标高的关键设备,其功能为在桩顶沉至水面后继续传递锤击力至桩身的辅助工具。

4 前期工作

4.1 一般要求

4.1.1 施工现场人员应具备所从事作业的基本知识和技能。海上作业人员、特种作业人员和特种设备操作人员应经专门的安全技术培训并考试合格,取得相应资格后方可上岗作业。

4.1.2 勘察、设计单位在开工前应向参建单位进行技术和安全交底。

4.1.3 施工单位应完成以下工作:

- a) 按有关规定办理施工许可证,开工前进行现场查勘,编制施工组织设计、施工专项方案和安全技术措施。施工专项方案须组织专家论证。
- b) 按有关规定组织危险源识别,对施工现场的安全标志进行策划、设置,施工环境、作业工序发生变化时,对现场危险和有害因素重新进行辨识,动态布置安全标志。
- c) 根据工程施工特点、范围,制定急救援预案、现场处置方案,对施工现场易发生事故的部位、环节进行监控。
- d) 定期组织施工现场安全检查和隐患排查治理,严格落实施工现场安全措施,杜绝违章指挥、违章作业、违反劳动纪律行为的发生。
- e) 根据工程施工特点、危险和有害因素及相应的安全操作规程,向施工人员进行安全技术交底,并履行签认手续。

4.2 施工测量

4.2.1 海上风力发电工程测量应选择适合海上施工测量的仪器。

4.2.2 施工测量前应收集并复核相应的测量控制点,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。

4.2.3 风力发电机组(以下简称风机)基础的定位测量宜采用海上差分定位系统进行。

4.2.4 风机基础的海上标高宜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。

4.3 施工组织设计

4.3.1 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、基础施工技术看案、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。

4.3.2 海上风力发电工程施工应收集下列资料:

1. 自然条件包括下列内容:
 - a) 气象:风向、风速、台风、大风天数、气温、降水量、降雨日数、雷电、雾等;
 - b) 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;

c) 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包括下列内容:

a) 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;

b) 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);

c) 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;

d) 有无障碍物(海底埋设物、空域限制等);

4.3.3 施工布置应符合下列规定:

a) 尽量利用永久设施,减少临时设施;

b) 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;

c) 减少对现有设施的影响;

5 基础工程施工

5.1 一般要求

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。

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 基础桩施工

5.2.1 基础桩沉桩施工前进行下列准备工作:

a) 根据桩位平面布置图、勘测平面控制网等资料,结合地形、地质、水文、气象、起重船、设备性能等因素,编制沉桩施工顺序图,并按沉桩顺序组织基础桩的运输及沉桩施工作业;

b) 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;

c) 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;

d) 在确定锤击沉桩控制贯入度时,应考虑可打性分析、溜桩应对措施、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;

e) 起重船应满足施工作业对稳定性的要求,起重机应具有足够的吊高,并满足沉桩作业时的吊重要求;

f) 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;

g) 当地质情况复杂且缺乏沉桩经验时, 宜进行试沉桩;

h) 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;

i) 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;

j) 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;

5.2.2 四桩基础所使用的导向架竖立与调平应符合下列规定:

a) 导向架竖立、调平的辅助设施、临时支撑或撑杆的安装满足设计要求;

b) 采用起重船从运输船吊放导向架时, 合理设计吊具, 吊索固定于导向架的重心以上, 避免起吊过程中损坏导向架和运输船;

c) 导向架进行安装作业时, 起重船和运输船有适当的锚泊, 锚抓力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, 锚缆布置时采取相应措施, 防止不同船只锚索、牵索相互缠绕或损坏;

d) 导向架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; 导向架一旦调平, 在打桩期间保持其水平度;

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

f) 导向架竖立、调平完毕, 至沉桩施工结束前, 采取措施防止导向架在波浪、潮流作用下移位和下沉;

5.2.3 起重船和运桩船驻位应按船舶驻位图抛设锚缆, 设抛锚标志, 应防止锚缆相互绞缠。起重船进退作业时, 应注意锚缆位置, 避免缆绳绊桩。

5.2.4 桩起吊作业应符合下列要求:

a) 桩的吊点数量、位置根据设计要求或经计算确定;

b) 起吊时翻桩器夹持于桩顶部, 避免对桩身防腐涂层产生冲击和磨损;

c) 起吊离开运输船时避免拖桩、碰桩;

5.2.5 立桩作业应符合下列要求:

a) 立桩前测量水深情况;

b) 立桩时起重船离开运输船一定距离, 并应缓慢、均匀地升降吊钩;

5.2.6 桩的自沉作业开始前, 应对桩进行严格调平, 桩顶端面水平度应控制在设计规定范围内。

5.2.7 桩在自沉过程中, 应做好桩位、稳桩的观测。桩自沉结束, 在压锤沉桩前, 应在导向架平台区域设置警戒范围, 避免人员伤害。

5.2.8 桩自沉过程中, 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, 桩顶水平度应符合设计要求。

5.2.9 沉桩施工作业应符合以下要求:

a) 沉桩设备就位后, 设置用于施工中观测深度和斜度的装置;

b) 沉桩锤击能量宜由小到大, 待桩入土一定深度且桩身稳定后再适当加大锤击能量;

c) 密切注意桩与导向架的工作情况，避免偏心锤击。发现下沉深度反常、贯入度反常、桩身突然下降、过大倾斜、移位等情况时，立即停止锤击；

d) 沉桩需使用送桩器时，控制桩顶标高，使送桩器与基础桩对接不受海浪影响；当基础桩入土较浅时，采取措施防止倾倒；送桩器和基础桩保持在同一轴线上，接头拼接牢固，经检查符合要求后，方可继续沉桩；

e) 液压锤和振动锤的控制器设专人操控；

f) 移船时观察起重船锚缆附近其他作业船舶和人员的情况，锚缆不得绊桩；

g) 潮流过急、风浪及涌浪过大时暂停沉桩；

h) 沉桩过程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；

5.2.10 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。

5.2.11 锤击沉桩时，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。

5.2.12 在砂性土中打开口或半封闭桩尖的钢管桩，应采取防止管涌措施。

5.3 导管架吊装

5.3.1 导管架吊装应符合下列要求：

a) 吊装前根据钢构件的种类、形状和重量，选配适宜的起重船机设备、绳扣及吊装索具，导管架上的杂物清理干净，

b) 起吊后，起重设备在旋转、变幅、移船和升降钩时，缓慢平稳。导管架或起重船的锚缆不得碰撞或兜拽其他构件、设施。

c) 导管架安装使用控制绳控制构件的摇摆，待导管架基本就位后，人员方可靠近。

d) 吊索受力均匀，吊索具、卡钩不得偏斜。

5.3.2 导管架安装应符合下列要求：

a) 导管架与钢管桩对齐后，起重船在导向柱的引导下缓慢向下落位。

b) 导管架落位、调平，经检查满足要求后，对导管架和基础钢管桩进行固定

c) 钢管桩与钢套管的焊接，在钢管桩与钢套管的灌浆强度满足设计要求后进行。

5.3.3 导管架安装完成后，应根据相关技术规范规定安装接地装置。

5.3.4 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。钢结构防腐施工安全应符合 NB/T 31006 的有关规定。

5.4 完工检测

5.4.1 一般要求海上风电场设施的基础安装完成后，应进行水上水下检测、临时设施拆除、冲刷保护等完工作业。

5.4.2 基础安装完成后，应进行水上水下检验，检验项目宜包括：

- a) 定位与垂直度,符合 GB/T 50571 有关规定;
- b) 灌浆连接检验,符合 NB/T 11727-2024 有关规定;
- c) 焊接与无损检测,符合 GB/T 50205-2020 有关规定;
- d) 防腐与涂层检验,符合 GB/T 50571 有关规定;
- e) 文件与合规性检查,包括但不限于安装记录、焊接报告、NDT 报告、防腐检测记录等;

5.4.3 水下检测可采用潜水员或水下机器人(ROV)等方式进行,具体方式可根据作业海域及施工设备情况确定。

5.4.4 拆除临时设施应按照规划和设计阶段制定好的方案进行拆除。

5.4.5 冲刷保护应根据基础的几何形状和当地的海流条件,对基础采用合适的冲刷保护措施。