

中国航海学会团体标准  
《海上风电四桩导管架基础施工技术要求》  
(征求意见稿)  
编制说明

标准编写组

2025 年 6 月

# 目 录

一、工作简况 .....	1
二、编制原则、主要内容依据 .....	4
三、已开展的试验验证情况 .....	7
四、与有关现行法律、法规和强制性国家标准、配套推荐性标准的关系 .....	7
五、与国际标准化组织、其他国家或地区有关法律法规和标准的比对分析 .....	7
六、重大分歧意见的处理经过和依据 .....	7
七、废止现行有关标准的建议 .....	7
八、标准性质的建议说明 .....	8
九、涉及专利的有关说明 .....	8
十、其他应予说明的事项 .....	8

## 一、工作简况

### （一）任务来源

根据中国航海学会 2024 年 10 月《关于印发中国航海学会 2024 年度第二批团体标准立项的通知》的要求为规范海上风电四桩导管架基础施工流程、保障工程质量和安全，亟需制定统一的技术标准。由三峡物资招标管理有限公司担任主编单位，联合中交海峰风电发展股份有限公司、天津港航工程有限公司等行业相关单位共同制定。

### （二）背景、目的和意义

四桩导管架基础因其结构稳定性和经济性已成为我国海上风电的主流基础形式。然而，当前行业缺乏统一的施工技术标准，各企业施工工艺差异较大，在沉桩精度控制、导管架安装等关键环节存在质量参差不齐、安全风险突出等问题，亟需制定专门的技术规范来指导工程建设。

《海上风电四桩导管架基础施工技术要求》的编制旨在建立标准化的施工技术体系，规范从基础运输、桩基施工到导管架安装的全流程技术要求。标准通过明确施工工艺参数、质量控制指标和安全操作规程，将有效提升施工效率 20%以上，降低工程成本 10%-15%，为海上风电项目规模化开发提供重要的技术保障。

本标准的制定填补了国内该领域技术标准的空白，对保障海上风电工程建设质量安全、推动产业高质量发展具有重要意义。

### （三）起草单位和主要起草人及所做工作

主要起草单位：三峡物资招标管理有限公司。依托“乌东德”号 3000 吨全回转起重船在广东阳江青洲一、二、五、六、七等近海深水区项目的实践经验。

主要起草人及工作：崔慧斌、王子予、王怀刚、王鹏、王国庆、孟凡月、强亚龙、李亚光等。

承担的主要工作见表 1：

表 1 标准主要起草人及具体承担的工作

序号	姓名	工作单位	任务分工
1	崔慧斌	三峡物资招标管理有限公司	负责把握工作进度，统筹标准起草和征求意见，负责 2 规范性引用文件编写。
2	王鹏	三峡物资招标管理有限公司	组织协调起草组会议，负责制定编制方案，负责相关 标准和技术资料的收集分析，1 范围编写。
3	王国庆	三峡物资招标管理有限公司	负责 3 术语和定义，参与考察调研、标准起草，参与 1 范围编写。
4	王怀刚	三峡物资招标管理有限公司	负责相关设计文件、标准规范的收集分析，参与 2 规 范性引用文件，4 前期工作要求编写。
5	王子予	三峡物资招标管理有限公司	负责考察调研、标准起草、编制说明编写及标准征求 意见，负责 5 基础工程施工，参与 1 范围、3 术语和 定义、4 前期工作要求编写。
6	孟凡月	三峡物资招标管理有限公司	参与标准起草， 参与 5 基础工程施工编写
7	强亚龙	三峡物资招标管理有限公司	参与标准起草， 参与 5 基础工程施工编写
8	李亚光	三峡物资招标管理有限公司	参与标准起草， 参与 5 基础工程施工编写
9	王徽华	中交海峰风电发展股份有限公司	标准内容的校对和审查
10	赵雨来	天津港航工程有限 公司	标准内容的校对和审查

（四）主要工作过程

2024 年 10 月，成立标准编写组，明确各成员职责和任务分工。本标准起草单位以三峡物资招标管理有限公司为主。

2024 年 11 月，调研国内外四桩导管架基础施工作业现状，收集相关资料和数据，编制标准大纲，明确标准的主要内容和结构。

2024 年 12 月，形成标准草案，并组织内部讨论和修改。

2025 年 1 月，召开公司内部专家论证会，对标准草案的技术路线、核心指标进行专项评审，重点解决内部讨论中存在的争议问题。根据论证意见完成第一次系统性修改，形成标准征求意见稿。

2025 年 2 月，定向征求产业链相关方意见（包括设计院、施工单位等），针对标准适用性、可操作性开展小范围调研。结合反馈意见进行技术内容调整，重点完善术语定义、工艺流程、安全要求等关键章节，形成送审稿框架。

2025 年 3 月，组织跨单位协同审查，邀请行业协会、监管部门代表参与，确保标准与现行法规、行业规范的协调性。根据审查结果完成合法性、合规性修订，同步编制编制说明（包括意见处理汇总表）。

2025 年 6 月，汇总各方意见，形成征求意见稿草案，并广泛征求行业内外专家和单位的意见。

2025 年 7 月 19 日，召开了标准的专家评审会，形成会议纪要，专家意见修改说明见表 1。

2025 年 8 月：开展公开征求意见（可通过全国标准信息平台或行业渠道），周期不少于 30 天。

2025 年 9-10 月：召开终审会，处理重大分歧意见后形成报批稿，附争议条款的说明及依据。

表 1 专家评审会专家意见修改说明

序号	专家意见	修改说明
1	“1 范围” 内容界定不清晰	已处理。编写组按照标准内容，调整了范围
2	“2 规范性引用文件”格式内容不合理	已处理。编写组根据专家意见对规范性引用文件进行了修改。并添加了专家推荐的相关标准文件
3	“3 术语与定义”内容格式不合理	已处理，并添加了术语来源和出处
4	“4” 修改为 “4 前期工作”	已处理，按照要求修改标题以及对应内容
5	修改完善 “4.1.3-4.1.7” 内容	已处理，已删除重复内容并进行编辑性修改
6	“5.4 完工检验” 中增加完工检验的指标内容	已处理。查阅相关标准条例，添加各项完工后的检验指标

## 二、编制原则、主要内容依据

### （一）标准编制原则

《海上风电四桩导管架基础施工技术要求》的编制遵循“科学性、适用性、先进性”三大原则。标准内容基于国内主流施工企业的成熟工程实践，特别是三峡集团在广东阳江青洲项目的成功经验，同时参考国际标准 ISO 19902 和 API RP 2A 的相关要求，确保技术指标的先进性和可靠性。编制过程中重点考虑了我国海域特殊环境条件和现有施工装备水平，力求标准既具有技术引领性，又具备工程可操作性。

#### （1）规范性原则

本标准根据《中华人民共和国标准化法》及相关法律、规章，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》中的原则要求进行的编制，并参考了单位、符号、用语的相关标准，保障了标准文本编写的规范性。

#### （2）一致性原则

本标准制定过程查阅了与之相关的标准，确定的技术要求等内容按照国际标准、国家标准、行业标准的顺序优先引用或参考；保持与近年来出台以及即将出台的相关政策、法规以及新技术紧密结合，增强标准关联性、协调性、适用性和统一性，避免出现矛盾。

#### （3）服务应用原则

以规范化和安全性为核心，通过统一施工标准和技术要求，确保四桩导管架基础的施工质量与效率。该标准适用于国内海上风电项目，涵盖施工前期准备、基础工程施工及完工检测等关键环节，强调科学测量、精准施工和严格验收。其应用旨在提升施工流程的标准化水平，降低作业风险，推动海上风电行业的高质量发展，同时为大型起重船舶的运营管理和全产业链协同提供技术支撑，助力我国海上风电向深远海规模化开发迈进。

#### （4）适用性原则

标准的编制依据主要包括三个方面：一是国家现行法规标准，如《海上风力发电工程施工规范》（GB/T 50571）等强制性要求；二是行业最佳实践，吸收了三峡、中广核等项目的最新施工经验；三是国际先进标准，借鉴了 DNVGL-ST-0126

等国际标准中对海上结构荷载分析的技术方法。标准还充分考虑了不同海域环境差异，对台风季等特殊工况下的施工窗口期作出了专门规定，体现了标准的实用性和针对性。

- 1) NB/T 10393-2020[S] 海上风电场工程施工安全技术规范
- 2) NB/T 31006 海上风电场钢结构防腐技术标准
- 3) GB/T 50571 海上风力发电工程施工规范
- 4) GB/T 50021-2001 岩土工程勘察规范
- 5) DNVGL-RP-0416 风电机组的腐蚀防护
- 6) DNVGL-ST-0126 风机支撑结构
- 7) GB/T 50205-2020 钢结构工程施工质量验收标准
- 8) NB/T 11727-2024 海上风电场工程基础结构灌浆连接技术规程

## （二）标准主要内容依据

标准制定任务下达后，起草组在前期研究的基础上，开展了标准的编制工作，主要说明包括：

### 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。

### 2. 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。

#### (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 海上风力发电工程]

#### (2) 基础桩 Foundation Pile

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) 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, 导管架有修改]

(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。

(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, 贯入度计算有修改]

(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。

### 3. 导管架吊装

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。

表面处理：焊接接头、螺栓连接部位等需彻底清除焊渣、油污、锈蚀，达到 Sa2.5 级（ISO 8501-1）或更高清洁度。涂层损坏区域应打磨成阶梯状过渡，边缘坡口角度 $\geq 15^\circ$ ，确保新旧涂层结合力。

防腐材料：采用与原涂层相容的防腐材料（如环氧富锌底漆、聚氨酯面漆等），厚度需符合设计要求（通常 $\geq 200 \mu\text{m}$ 总干膜厚度）。多层涂装时，每层需间隔规定时间（参考产品技术参数）。

特殊部位保护：高应力区域（如螺栓孔、焊缝）需加强防腐（如增加涂层厚度或使用耐磨涂层）

### 4. 完工检测

基础安装完成后，应进行水上水下检验，检验项目宜包括

定位与垂直度，按符合GB/T 50571 有关规定：其水平定位偏差：导管架中心与设计坐标偏差 $\leq \pm 50\text{mm}$ 。垂直度偏差：导管架整体倾斜度 $\leq 1^\circ$ （或高度比的 1/500）。标高偏差：顶部法兰水平度 $\leq \pm 3\text{mm/m}$ ）；

灌浆连接检验，符合NB/T 11727-2024 有关规定：灌浆材料强度需符合设计要求（如C60 以上），无空洞、裂缝。通过灌浆密实度检测；

焊接与无损检测，符合GB/T 50205-2020 有关规定；外观检查：焊缝无裂纹、咬边、未熔合等缺陷，表面气孔 $\leq 1\text{mm}$ 。无损检测（NDT）：超声波检测（UT）：



对主焊缝 100%检测（如管节点、桩腿连接处）。磁粉检测（MT）或渗透检测（PT）：用于表面缺陷检测。验收标准：符合ISO 5817-B级或更高；

防腐与涂层检验，符合GB/T 50571 有关规定涂层厚度：干膜厚度（DFT） $\geq$ 设计值（通常 $\geq 400\text{ }\mu\text{m}$ ），检测采用磁性测厚仪。附着力测试：划格法或拉拔法（ $\geq 5\text{MPa}$ ）。

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；

### **三、已开展的试验验证情况**

在标准制定过程中，我们依托“乌东德”号全回转起重船在三峡阳江青洲项目中进行了多次试验验证，施工工艺成熟，包括运输、测量、沉桩、导管架安装、水下灌浆等环节。以确保标准的科学性和可行性。通过试验验证，我们验证了作业流程的合理性、技术要求的准确性以及安全规范的必要性。

### **四、与有关现行法律、法规和强制性国家标准、配套推荐性标准的关系**

本标准制定符合国家的有关法律法规，标准的编写按照《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》的要求，与其他相关标准没有冲突。

### **五、与国际标准化组织、其他国家或地区有关法律法规和标准的比对分析**

无。

### **六、重大分歧意见的处理经过和依据**

在标准制定过程中，我们广泛征求了行业内外专家 and 单位的意见，对各方提出的意见进行了认真分析和讨论。对于重大分歧意见，我们组织了专题研讨会，邀请相关专家进行深入探讨，最终达成了共识。

### **七、废止现行有关标准的建议**

无。

## **八、标准性质的建议说明**

建议本标准性质为推荐性标准，以鼓励行业内企业自愿采用，推动行业技术进步和规范发展。

## **九、涉及专利的有关说明**

本标准不涉及专利等相关的知识产权问题。

## **十、其他应予说明的事项**

无。