

# 海上风电无斜撑钢结构负压筒型基础设计及应用

## Design and Application of Negative Pressure Tubular Foundation of Offshore Wind Power Non Diagonal Bracing Steel Structure

朱建国

Jianguo Zhu

江苏道达风电设备科技有限公司 中国·江苏南通 226000

Jiangsu Daoda Wind Equipment Technology Co., Ltd., Nantong, Jiangsu, 226000, China

**摘要:** 论文所述是一种海上风电基础结构形式, 是一种的海上风电基础的创新型的优化设计, 它改变了传统海上风电项目的作业模式, 将单桩与复合筒基础相结合, 各取所长, 利用了复合筒的基础的一步式整体是安装技术, 及单桩的结构简洁, 施工便利性, 笔者对此海上风电无斜撑钢结构筒型技术的设计理念及相关应用进行了阐述。

**Abstract:** The structure described in this paper is a form of offshore wind power foundation, which is an innovative and optimized design of offshore wind power foundation. It changes the operation mode of traditional offshore wind power projects, combines single pile and composite tube foundation, draws on each other's strengths, and makes use of the one-step overall installation technology of composite tube foundation. The structure of single pile is simple and the construction is convenient, the author expounds the design concept and related application of offshore wind power non braced steel structure tubular technology.

**关键词:** 海上风电; 筒型基础; 负压系统; 基础调平

**Keywords:** offshore wind turbine; foundation unsupported; pressure system; foundation leveling

**DOI:** 10.12346/etr.v3i10.4399

## 1 引言

随着中国对于环保的重视, 绿色能源的迫切需求及海上丰富的风力资源, 海上风电产业的爆发式发展, 目前中国海上风电场的建设主要建设在近海浅海, 且基础主要以导管架、单桩、高桩承台等为主, 由于海上施工风险及施工窗口期的不确定性, 海上施工时是制约海上风电的发展的重要瓶颈。随着复合筒型基础的推广, 改变了传统导管架及单桩的作业模式, 将原来在海上作业施工的工作移到岸上, 减少海上施工作业时间, 然而目前复合筒型基础的过渡段主要还是以混凝土或带支撑的钢结构为主, 混凝土过渡段需要预先制作浇筑模板增加成本, 且混凝土的施工周期长, 施工难度复杂等诸多不确定因素制约着筒型基础的应用, 另外带斜支撑结构的钢结构复合筒型基础, 也受制于支撑体系会加大用钢量、增加施工难度、易疲劳并产生冲剪破坏等, 而且斜支撑体系增加了受浪面积和防腐面积并影响运维船的安全靠泊

等, 因此无斜支撑的全钢单桩复合筒型基础更能体现出结构体系的优越性<sup>[1]</sup>。

## 2 设计原理

海上风电无斜撑钢结构筒型基础是一种制造方便、安装快捷、能大幅度节省成本的无支撑单桩结构加薄壁钢筒基础的海上风电基础解决方案。

基础设计的主要分为以下几大构件: 顶部法兰, 靠船构件, 圆柱结构, 筒顶梁板, 钢圆筒外壁, 传力仓板, 以及其他附属构件(平台、爬梯、电缆等)组成了一个完整海上风电基础, 具体见图1。

顶部法兰可直接用于与风机塔筒底部法兰连接, 免去了传统的灌浆找平繁琐的操作方式, 整台风机调平可用复合筒型基础负压调平, 靠船构件, 由于采用无斜撑全钢结构, 靠船构件可以更靠近焊接在圆柱结构本体, 能够简化施工工艺

【作者简介】朱建国(1979-), 男, 中国江苏南通人, 本科, 助理工程师, 从事海上风电基础、海工结构及民用钢结构等研究。

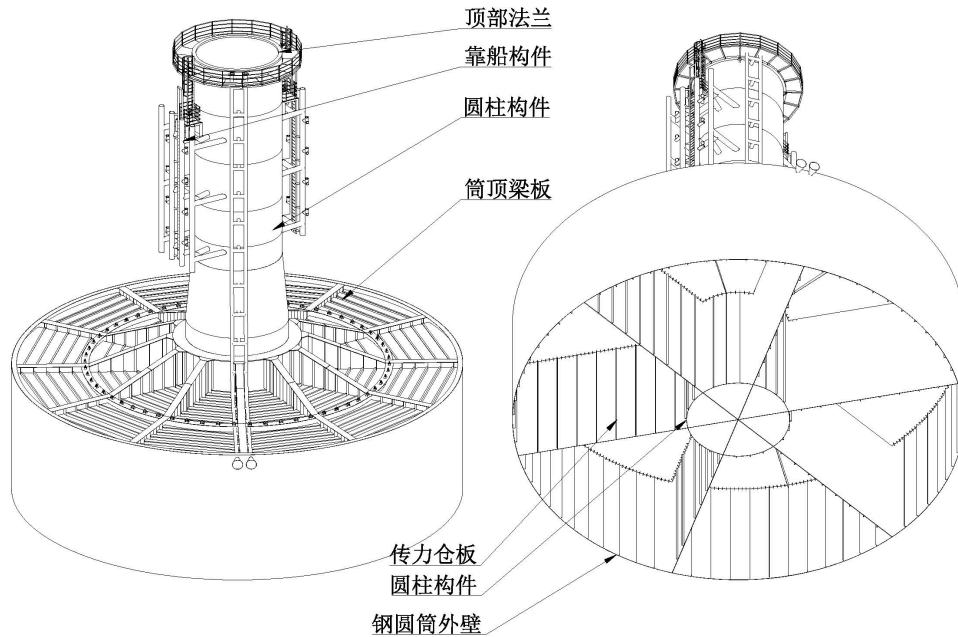


图 1 海上风电基础

及大大的节省钢材，而且没有支撑结构的影响靠泊更安全；圆柱结构是基础的核心本体采用全钢结构圆筒结构形式，风机塔筒传递下来的载荷通过圆柱结构本过渡到筒顶梁板，筒顶梁板为 T 型材加强结构增加钢顶板的刚度，筒型基础在运输保压、负压下沉、基础调平过程中整体钢筒的结构强度，保证筒体不变型，以及基础部分完全入泥后筒顶梁板与海床泥面完全贴合后的结构强度，钢圆筒外壁与圆柱构件的底板以下部分组成基础筒体的内外筒体，通过传力仓板将下部筒体基础分割成个外仓室及个中间仓室，圆柱构件内侧的传力仓板开透气孔仅作为传力，不用作分割仓室，各仓室均为水密封体系，为浮运提供上顶力，为负压下沉调平提供可调节压力密封空间，基础安装完成时钢圆筒外壁、传力仓板及圆筒底板以下的圆柱构件全部插入海床泥土里，将圆柱构件通过筒顶梁板传递过来的力完全释放到海床，确保整体风机体系的安全运行<sup>[2]</sup>。

### 3 具体实施方式

负压筒型基础是采用陆上基地进行制造，使用专用龙门吊机吊装下水，与一步式风电安装船进行漂浮式绑扎，然后在码头使用专用超高门式风机专用吊机将风机的塔筒、机舱、发电机、轮毂、叶片等这些本应该在海上吊装作业的工序在码头吊装到风电基础上，再通过一部式风电安装船将风机与基础整体浮运至目标海域如图 2 所示，首先通过风机基础与风机的整体自重进行下沉作业，待自重下沉至一定深度。灌入阻力大于自重后，负压调平系统（负压系统原理见图 3）开始介入，首先抽取各仓室留存的海上水，让各仓室形成负压，将风机基础继续下沉入泥，待达到风机设计标高后，根据安装在风机上的传感器通过调节各舱室的气压，将

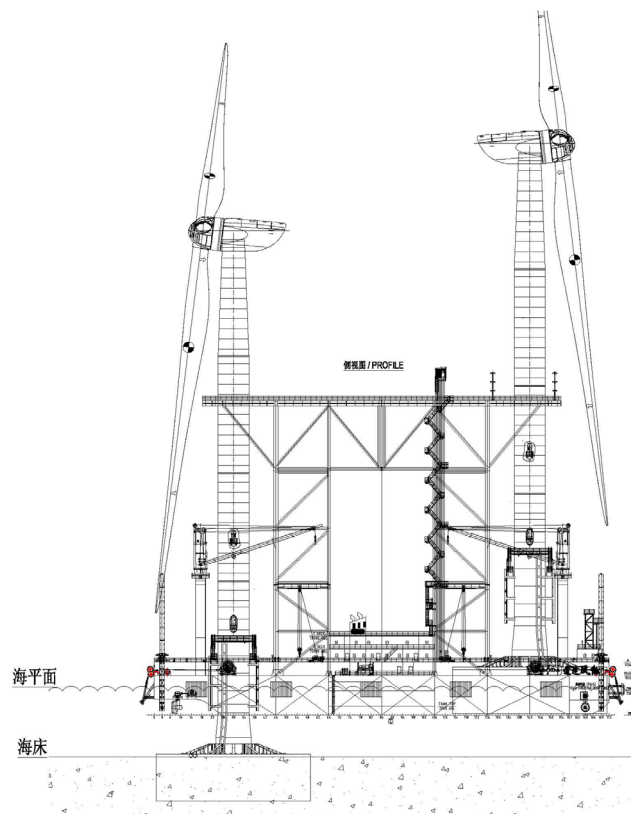


图 2 负压筒型基础实施图

风机基础调整至设计要求的水平度，保证风机的平稳运行，最终基础状态如图 4 所示。从图 4 中可以看出筒型基础的钢圆筒外壁与圆柱构件的底板以下部分及传力仓板是完全插入海底土层，钢筒顶板完全吸附在海床上，传力仓板与内外钢筒将风机传递至基础的力完全传至海床。将筒顶板结构制

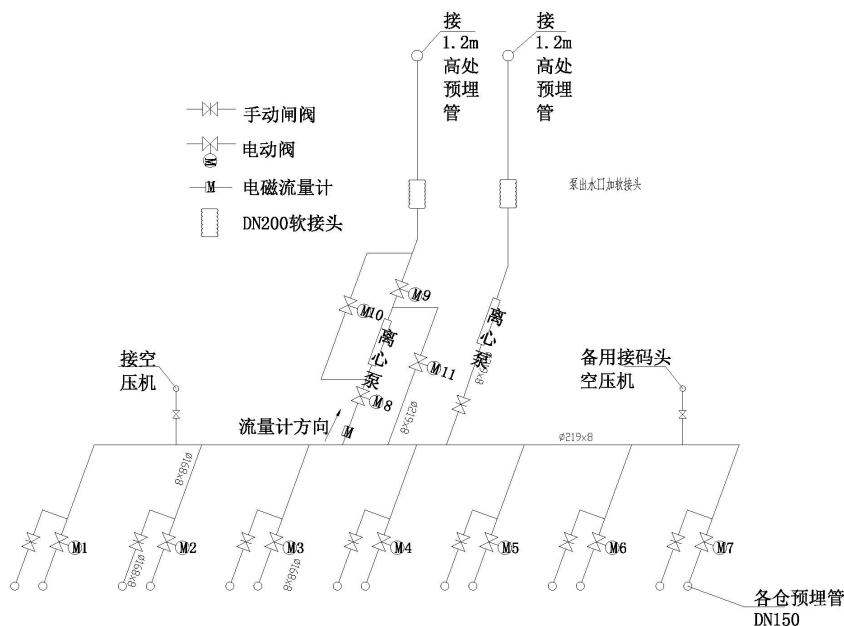


图3 负压原理图

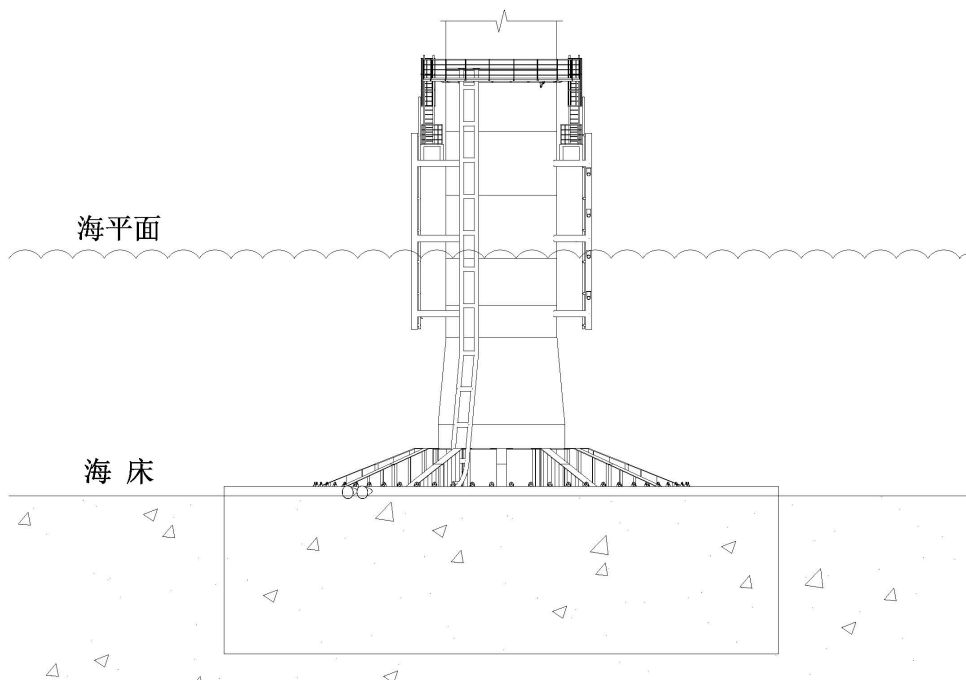


图4 风机基础状态图

作的足够的强能有利于与底部钢筒的有效配合释放来自圆柱构件传递过来的荷载，由于不采用支撑结构体系，能够有效的减少整个基础受到风浪影响的面积，并且能够最大限度的减少水下结构对运维船舶的靠泊影响，圆柱构件采用全钢结构，减少施工难度，以及节省施工周期，大大降低了生产成本。另外圆柱构件顶端焊接顶部法兰，能够比较简便的与风机塔筒连接，无需原有通过灌浆方式调平，施工更为便捷。可以在基础负压下沉至设计标高后，通过气压将基础调平，保证基础的稳定运行。其他附属构件安装方式如图所示由于是无支撑结构的设计因此附属构件的排布方式更灵活且节省材料、人工成本<sup>[3]</sup>。

## 4 结语

无支撑结构单柱全钢结构海上风机复合筒型基的设计大大助推了中国海上风电事业的发展，为海上风电业主、施工、运维单位带来可观的经济效益，为开发利用海上风力资源提供成熟、可靠、高效的技术保障。

## 参考文献

- [1] SY/T4094 浅海钢质固定平台结构与建造技术规范[S].
- [2] GB50017 钢结构设计规范[S].
- [3] GB/T 50571 海上风力发电工程施工规范[S].