

# A Structural Design and Overall Transportation and Installation Method of Offshore Wind Measuring Tower with Negative Pressure Barrel Foundation

Jianguo Zhu

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

## Abstract

This paper describes a structural design and overall transportation and installation method of offshore anemometer tower with negative pressure cylindrical foundation. The foundation adopts steel tubular structure, the transition section and upper tower adopt tower truss structure, and auxiliary structures such as maintenance platform, ladder, berthing column and anemometer cantilever are set to realize the overall transportation of onshore manufacturing barge and the auxiliary sinking of floating crane in construction sea area, for the installation scheme of negative pressure mud leveling, the author designs and analyzes the structural form and installation method of the whole anemometer tower.

## Keywords

offshore wind tower; drum foundation; overall transportation; negative pressure sinking leveling

## 一种负压筒型基础海上测风塔结构设计及整体运输安装方法

朱建国

江苏道达风电设备科技有限公司, 中国·江苏·南通 226000

## 摘要

论文所述是一种负压筒型基础海上测风塔结构设计及整体运输安装方法。基础采用钢结构筒型结构, 过渡段及上部塔架采用塔型桁架结构形式, 设置维护平台、爬梯、靠船柱, 测风仪悬臂杆等附属结构, 实现陆上制造驳船整体运输, 施工海域浮吊辅助下沉, 负压入泥调平的安装方案, 笔者对整个测风塔的结构形式以安装方法进行了设计及浅析。

## 关键词

海上测风塔; 筒型基础; 整体运输; 负压下沉调平

## 1 引言

目前, 测风塔是一种用于测量风能参数的高耸塔架结构, 即一种用于对近地(海)面气流运动情况进行观测、记录的塔形构筑物, 多由风力发电企业、气象、环保部门建造, 用于气象观测和大气环境监测, 大多建在陆地, 随着国家对环保的重视、对绿色能源的迫切需求及海上丰富的风力资源, 海上风电产业爆发式发展, 并不断向深水区发展, 海上测风塔需求量越来越大。由于上海施工环境特别恶劣, 传统的陆上测风塔已经不能满足海上需求, 另外一种海上导管架基础, 海上装配式塔架的测风塔普遍制造成本偏高, 海上打桩施工受天气、潮汐等环境影响较大, 而且海上拼装高耸塔架施工周期长, 危险性较大, 同时同样受天气、潮汐的影响, 可用

于施工的窗口期很短。因此, 负压筒型基础海上测风塔结构及整体运输安装方法更能够满足海上快捷安装需求, 充分利用好不多的海上施工窗口期。

## 2 测风塔主要部件及结构形式

### 2.1 测风塔主要部件

测风塔主要部件有筒型基础、箱型连接、桁架过渡段、上部塔架(焊接桁架结构)、法兰连接机构、附属构件(维护平台、靠船柱、测风仪悬臂杆)等相关主要部件组成。具体如图1所示。

### 2.2 各部件结构形式

筒型基础为多筒结构, 每个筒体分上下两层结构, 下层筒体为中空密封结构用于负压下沉调平, 四周筒壁布置加强筋板, 投放至目标海域后下层筒体将通过安装在浮吊船上负压下沉调平系统辅助插入海底土层并调平测风塔, 上层为隔舱型筒结构, 使用T型结构加强并将内外两个筒体之间的空

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

间分隔成多个舱室及内筒体舱室,在所有筒体舱室内可以灌装设计需求的配重混凝土,在筒体与筒体之间使用箱型梁结构进行连接,使多筒基础连接成为一个整体,提升整体承载力,箱型梁内部设置出气口便于测风塔下沉,桁架结构的过渡段与基础焊接,上部塔架采用塔型焊接管桁架结构,法兰连接机构为上部塔架结构法兰与过渡段法兰连接,便于制作及组装,整个过渡段与上部塔架采用桁架形式设计,使测风塔整体结构具有较强的稳定性及强度,更能适应恶劣的海上环境。

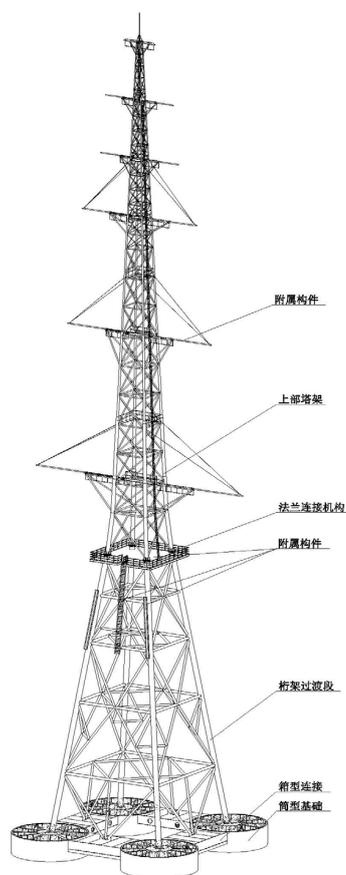


图1 测风塔主要部件

### 3 施工过程

负压筒型基础海上测风塔施工过程分为陆上基地制造、海上运输、海上吊装、负压入泥调平、抛沙袋压载五个主要过程。

#### 3.1 陆上基地制造

陆上基地制造过程中将基础筒体及连接段可以在工厂制作多个组件后运至基地生产线进行组装,过渡段及上部塔架在生产线上进行分片制造后组装,并安装工厂制作完成的靠船柱、爬梯、平台、测风仪悬臂杆等附属构件,使用码头前沿门式吊机吊起在运输驳船上将基础筒体、过渡段及上部塔架的合拢吊装,吊装完成后在基础筒体各舱室内灌装设计配重

混凝土,完成整个测风塔的整体建造过程<sup>[1]</sup>。

#### 3.2 海上整体运输过程

海上整体运输过程,由于测风塔基础部分灌装了配重混凝土,上部结构均为管桁架的形式结构重量较轻。因此重心很低,更加适合海上整体运输,绑扎要求仅需使用限位将底部筒体焊接在固定驳船甲板上就可以满足要求,在整个运输过程中比较安全,并且可根据实际需要运输的测风塔数量,采用不同吨位的运输驳船进行运输,多台测风塔见图2,大大节省运输成本及运输周期。

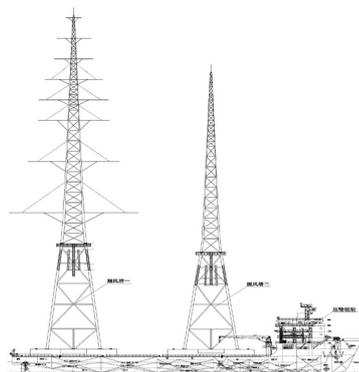


图2 多台测风塔

#### 3.3 海上吊装安装过程

海上吊装安装过程,待运输船舶到达目标海域之后,采用海上双桅杆浮吊船双吊钩吊装过渡段与上部塔架法兰连接处下方设置的吊耳吊起脱离运输驳船,具体见图3,待运输驳船撤离后,将测风塔整体缓慢下沉至海底,通过测风塔的自重将底部筒体的下层筒体插入海底土层一定深度,浮吊船在原位不动做好保护工作<sup>[2]</sup>。

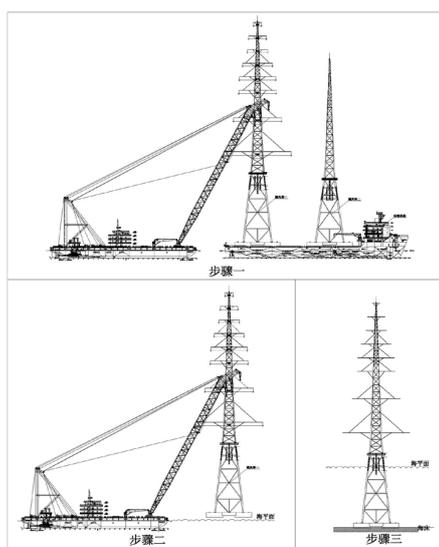


图3 海上吊装安装过程

(下转第72页)

以内，避免重复碾压造成泛油现象。

终压紧接在复压后进行，终压采用双轮钢筒式压路机关闭振动的振动压路机碾压，一般不少于 2 遍，直至消除轮迹(终压终了温度大于 90℃)。终压速度控制在 3km/h 左右，碾压过程中还需要安置洒水装置，防止沥青与压轮粘连。市政道路边角处等大型压路机难以覆盖的位置，需要施工人员使用小型压路机再次进行碾压，路沿石边和墙角边，需要人工采用平板夯机夯实，确保路面每一处都能够平整密实。待路面温度降低至 50℃以下方可开放交通。

## 5 结语

当前在中国市政道路的发展过程中，SBS 橡胶复合改性

沥青混凝土路面的应用越来越多，已经成为市政道路路面发展重要方向，这种路面具有较好的降噪、抗裂、抗老化等性能。因此通过施工过程中的技术总结，为后续 SBS 橡胶复合改性沥青混凝土路面的施工提供帮助。

## 参考文献

- [1] 李陆飞.橡胶沥青混凝土路面施工关键技术研究[J].居舍,2021(21):47-48.
- [2] 马林.橡胶沥青混凝土路面施工关键技术研究[J].大众标准化,2020(18):10-12.
- [3] 何凯峰,马彦兵.橡胶沥青混凝土设计施工关键技术研究[J].福建交通科技,2019(6):37-39.

(上接第 69 页)

### 3.4 负压入泥调平

通过浮吊船吊着测风塔向下沉至海底后，测风塔的自重使基础下部筒体部分入泥后，负压调平系统开始工作，如图 4 所示通过安装在浮吊船负压下沉调平控制系统(见图 4 中电气原理图)，控制预先安装在测风塔基础各个筒体里面的管路体系统(见图 4 中管路系统原理图)开始抽取负压，使测风塔整体下沉至设计标高，然后通过安装在测风塔法兰面的倾角仪读取测风塔的倾斜角度，利用负压调平系统分别调节各个筒体内的压力值，使测风塔角度修正至设计要求的范围内，完成整个测风塔的负压下沉调平工作。

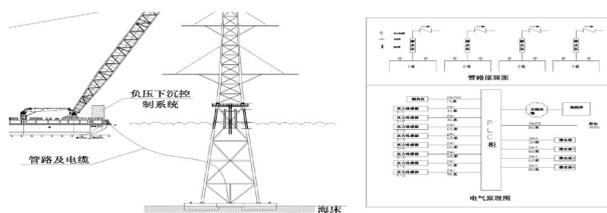


图 4 负压调平系统

### 3.5 抛沙袋压载

待测风塔下沉并调平就位后进行抛沙袋作业压载作业，防止海底暗流对测风塔基础的冲刷并且提高基础的承载力，待测风仪进行调试后，完成重力式多筒基础测风塔结构制造及整体运输安装的全过程<sup>[1]</sup>。

## 4 结语

通过测风塔的整体制造、运输、安装、压载调平过程能够看出本设计方案及运输安装方法是一种完全优于传统的测风塔一套完整的施工解决方案，为施工企业节省了原材料、人工成本，为运输公司降低了海上运输风险，增加了运输效率，当然对于海上测风塔的风电企业的业主单位最为有利，能够使用更短的周期、更少的成本、更低海上作业风险抢占有限的海域资源，为完成海上风电场的前期规划方案，提供第一手风力及风向资料。

## 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] GB50135 高耸结构设计规范[S].