

响水风电场潮间带试验风力发电机组塔筒安装技术

李 勇

(中国水电七局有限公司机电安装分局 四川 彭山 620860)

摘要 介绍江苏响水风电场潮间带试验风力发电机组塔筒施工安装的新方法、新工艺和新技术,总结了潮间带试验风电机组安装的技术难点。
关键词 潮间带;响水风电场;风力发电机组;试验;塔筒;安装技术
中图分类号 :TK83 ;TV52 **文献标识码** :B **文章编号** :1006-7647(2010)S2-0057-02

位于江苏省响水县陈港镇沿海滩涂地区的响水风电场潮间带 2 台试验风机,一台为上海电气风电设备有限公司与德国 Aerodyn 风电设计公司联合设计制造的型号为 SEC-2000 的新型风力发电机组,单机容量 2 MW,叶轮直径 93 m,轮毂高度 70 m;另一台为新疆金风科技股份有限公司制造的型号为 GW100/2500 的风力发电机组,单机容量 2.5 MW,叶轮直径 100 m,轮毂高度 80 m。SEC-2000 型风电机组塔筒单元的技术参数如表 1 所示。

表 1 SEC-2000 机组各部件尺寸及质量

部 件	尺寸/m	质量/t
机 舱	14×5×4.621	80
轮 毂	4.1×4×4.2	20
叶 片	45.3	3×8.5
底段塔筒	12.21	63.248
中段塔筒	22.495	61.657
上段塔筒	26.660	37.388

1 塔筒安装

塔筒安装是江苏响水风电场潮间带试验风电机组安装和调试的关键。塔筒安装的吊装机械设备为:主吊 400 t(超起工况),辅吊 50 t 履带吊及 50 吨汽车吊(配合叶片组装)。

1.1 塔筒安装前检查

- a. 检查基础环内侧标记方位是否正确,是否对应于塔筒门的方向。
- b. 确认基础平面度及接地电阻已检验合格,确认塔筒直径 $D_{\max} - D_{\min} \leq 3 \text{ mm}$ 。
- c. 清理内部积水,用丙酮清洁塔筒法兰表面和基础环法兰面,要求表面清洁,无杂物及锈斑。

d. 检查基础混凝土强度检验报告是否符合设计规范要求。

e. 不允许打磨基础环法兰面。

1.2 塔筒内电缆敷设

a. 每段塔筒内敷设 18 根 185 mm^2 动力电缆,电缆长度分别为下段 40 m,中段 32 m,上段 40 m。

b. 电缆敷设接头预留长度。每段电缆预留接头高出法兰面 1.5 m。下段塔筒电缆接头在上法兰处预留,中段塔筒电缆接头在上下两法兰处预留,上段塔筒电缆接头在下法兰处预留。其余电缆整齐盘绕在塔架平台处,准备与上下配电柜接口相连。

c. 电缆敷设。将电缆在地面展开顺直,在塔筒平放的状态下,松开电缆夹板, 185 mm^2 电缆分别敷设在塔筒夹板孔内,然后压紧夹板,仅上 2 边螺丝,且不宜拧得太紧,因为还要对电缆进行顺线。在电缆敷设拉紧顺直后,再紧固夹板螺丝。

d. 在每一节塔筒吊装完成以后,把塔筒之间的接地铜辫子连接紧固好。

为保证上段塔架平台有足够的操作空间,在上段塔架吊装时可先把 9 根电缆放在上段上平台上,把另外 9 根预放在机舱内,等吊装结束后统一敷设。具体操作在上段电缆敷设时视情况而定。注意事项详见《金风 2.5 MW 机组电气接线工艺指导文件》。

1.3 塔筒安装要点

a. 在每节塔筒吊装之前,要先把标准件和相应的工具放在塔筒上平台处固定好,并和塔筒一起起吊。

b. 在打螺栓力矩时,要注意对塔筒漆的防护,可以在扳手头力臂与塔筒接触面间垫一些软物。风

机吊装完成后,对所有螺栓进行涂冷镀锌,防止螺栓锈蚀。

c. 螺栓安装前应先将固体润滑膏均匀涂满螺纹的 $2/3$ 旋合部位,并涂抹螺头下方。

d. 每段塔架吊装前,在连接法兰倒角处都要涂一圈密封胶,但密封胶又不宜过早涂上,只能在每个吊装步骤开始时涂抹。

e. 在塔筒对接过程中有可能遇到法兰与法兰螺栓不能完全穿入的情况,此时安装人员应该采用排挤法进行处理。

f. 安装时应正确使用吊具,以防止吊装过程中吊具损坏。主吊使用的诺鼎吊具均匀分布在塔筒法兰面上,辅吊的吊点在 12 点的位置。

g. 注意螺母与垫片的正反面,不能混用。所有螺母有钢印的面朝上。

1.4 塔筒下段安装

a. 在清洁后的基础环法兰面上离法兰外圈不大于 5 mm 处打一圈密封胶,胶的宽度不超过 5 mm;将螺栓、螺母及垫片(按要求涂抹固体润滑膏)摆放到相应的法兰孔附近以便安装;并将连接第二节塔筒用的螺栓、螺母及垫片放到塔筒平台上。

b. 采用 1 辆 400 t 和 1 辆 50 t 的履带吊吊装塔筒底段。先根据吊车性能使 2 台吊车分别在风机安装平台站好位置。在塔筒底段上法兰面选择将法兰面均分的四个吊点,采用相应的专用吊装工具由 400 t 履带吊吊装;在塔筒底段下法兰面选择与上法兰对应的两个吊点,采用专用吊装工具由 50 t 履带吊吊装。塔筒起吊前必须栓绑好导向绳,导向绳主要起导向和防止塔筒任意摆动的作用。图 1 所示为下段塔筒空中翻身的情形。



图 1 下段塔筒空中翻身

在吊装工具装备完毕后,由 400 t 和 50 t 履带吊车同时将筒底段缓缓吊起,在起吊到离地面 1 ~ 1.5 m 时,仔细检查塔筒外部是否清洁,油漆是否完好,如出现问题应及时处理,确认没有问题后再继续将塔筒底段起吊。

在预埋基础环上法兰面与塔筒下法兰面处对齐螺栓孔洞,两法兰面保持 1 cm 的空隙,将螺栓、垫片、

螺帽全部带上后缓慢下落就位。再使用电动扳手采用对角或星型打法将其 138 颗螺帽与螺杆紧固。

c. 按规定要求用液压扳手紧固 138 个 $M42 \times 240$ 的法兰螺栓、螺母及双垫片,分 3 次打螺栓力矩,分别为 $1800 \text{ N}\cdot\text{m}$ 、 $2700 \text{ N}\cdot\text{m}$ 、 $3600 \text{ N}\cdot\text{m}$ 。力矩打完后用红色记号笔做好防松标记(力矩线),如图 2 所示。注意:应将垫片、螺帽上刻有英文字母和数字标识的一面朝上放置。



图 2 力矩线的正确画法

1.5 塔筒中、上段安装及直接爬梯的连接处理

塔筒中、上段的吊装技术与吊装塔筒底段相同。

a. 塔筒中段安装:连接螺栓 132 个, $M36 \times 210 - 10.9$,预紧力矩为 $800 \text{ N}\cdot\text{m}$,分 3 次打螺栓力矩,分别为 $1100 \text{ N}\cdot\text{m}$ 、 $1700 \text{ N}\cdot\text{m}$ 、 $2250 \text{ N}\cdot\text{m}$ 。

b. 塔筒上段安装:连接螺栓 96 个, $M36 \times 210 - 10.9$,预紧力矩为 $600 \text{ N}\cdot\text{m}$,分 3 次打螺栓力矩,分别为 $1100 \text{ N}\cdot\text{m}$ 、 $1700 \text{ N}\cdot\text{m}$ 、 $2250 \text{ N}\cdot\text{m}$ 。

c. 在吊装完塔筒后做爬梯对接处理,并安装安全钢丝绳,以便于工程技术人员使用安全锁扣,保证工作人员的自身安全。塔筒灯具的安装可以在吊装结束后再实施。

1.6 安装注意事项

a. 在吊装之前仔细检查塔筒上、下法兰面是否平整,有无杂质,如有凸处需打磨。

b. 塔筒底段与塔筒中段连接时,将摄卡胶枪在塔筒底段上法兰面波浪形打上一圈摄卡胶,在塔筒底段上法兰面与塔筒中段下法兰连接时,将连接螺栓由下向上穿入,并带好垫片、螺帽,使用电动扳手采用对角或星型打法将连接螺栓紧固。

c. 在塔筒上段吊装之前,将塔筒顶部的定子、转子电缆敷设好。

d. 吊装过程中,起吊物体下严禁站人。

e. 主吊在起重人员的指挥下,吊车缓缓落钩放下塔筒,按法兰对接标记对准、找正,安装所有螺栓。再慢慢放落塔筒使索具处于受力状态,用电动扳手按要求力矩 $800 \text{ N}\cdot\text{m}$,并按圆周对角方向逐次拧紧螺栓,再松开主吊至不受力但不脱钩。(下转第 61 页)

有部分时间在海水环境下工作 ,因此施工设备均需要作防腐处理 ,主要防腐方法采用舰船防腐方法 ,根据设备的使用年限进行相应的涂装和阴极保护^[3]。

5 结 语

随着我国陆上风电项目的快速发展 ,大型风电场正从陆地向海上发展 ,海上风机的研究和实施也进入快速发展阶段。因为海洋风能资源丰富 ,不占用土地 ,机位选择空间大 ,受环境制约少 ,且海上风速高、湍流强度小、风电机组发电量多、风能利用更加充分 ,其能量收益比沿海风能资源丰富地区的陆地风机高 20% ~ 40%。

此次响水风电场近海潮间带试验风机基础的顺利浇筑 ,为中国水利水电第七工程局今后近海和海上风机项目的实施提供了宝贵经验。将采用先进的

多桩承台钢结构基础浇筑 ,较传统基础环单桩基础浇筑大幅度减少了混凝土浇注量 ,缩短了海上施工工期 ,节约了成本 ,在今后的潮间带项目中可大力推广应用这项先进技术。

参考文献 :

[1] 江苏响水潮间带 2×2 MW 试验机组工程风电机组基础施工技术要求[R]. 杭州 :中国水电顾问集团华东勘测设计研究院 2009.

[2] 江苏响水潮间带 2×2 MW 试验风机工程风电机组基础桩基施工技术要求[R]. 杭州 :中国水电顾问集团华东勘测设计研究院 2009.

[3] 王新明. 江苏沿海沿岸滩涂区域海上风电场施工技术方案介绍[R]. 三一电气海上工程技术研究所 ,
(收稿日期 2010-09-10 编辑 :方宇彤)

(上接第 58 页)

f. 按规定要求用液压扳手紧固法兰螺栓 M42×240、螺母及双垫片 ,分 3 次打螺栓力矩 ,分别为 1 800 N·m ,2 700 N·m ,3 600 N·m。打完力矩后用红色记号笔做好防松标记。

g. 安装塔筒门梯时 ,上端连接在塔筒外的耳板处 ,下段调节地脚螺栓垫块。在下段塔筒吊装完成后 ,用小吊车将入口梯吊至塔筒门附近 ,用 4 套 M16×45 的螺栓将其紧固。注意吊装时不要磕碰梯子 ,防止掉漆。

2 主要施工难点

a. 潮间带试验机组安装施工期间 ,由于涨潮时平台及道路将被淹没 ,且每天的潮期不定 ,严重影响现场的正常施工进度 ,所以需准确掌握潮水来临的时刻 ,在潮水来临前应采取必要的安全防护措施 ,将相关的大件设备、吊装设备转运出场 ,或放置于比较高的位置。

b. 潮间带风机设备比一般的陆地风机在叶片的长度上要长出 11.3 m ,由于叶片长度增加而受力

面积增大 ,再则潮间带的风力一般比陆地大 ,在风力较强的情况下 ,施工人员拉住导向绳的难度加大 ,且周围大多为海滩 ,难以固定导向绳。因此在场受限的情况下 ,必须根据现场的实际情况考虑叶片的组装以及导向绳的牵引方向 ,以便于施工人员牵拉导向绳。

c. 由于潮间带因涨潮时没有足够的场地拉导向绳 ,因此必须合理组织好施工人员及施工设备 ,在涨潮之前完成叶片的组装 ,并将叶轮及时吊装就位。

3 结 语

江苏响水风电场潮间带试验机组的安装任务已顺利完成。这是在原来风机安装经验的基础上 ,对潮间带试验机组的安装施工方案进行改进和优化的结果。安装过程中坚持“安全第一 ,保证质量 ,争取进度”的方针 ,对潮间带试验机组的施工过程及主要难点和重点进行了精心的组织 ,既节约了成本 ,又探索了新的安装技术、工艺和方法 ,积累了经验。

(收稿日期 2010-09-10 编辑 :马敏峰)

· 简讯 ·

全球风能装机容量 2020 年将达 10 亿 kW

据《全球风能展望 2010》报告预计 ,全球风能装机容量 2020 年将达 10 亿 kW ,可满足全球 12% 的电力需求 ,在 2030 年更可达到 22% ,届时中国国内风能装机容量将达现在的 10 倍。数据显示 ,中国是目前全球最大的风电市场 ,也是全球最大的风力发电机组生产基地。中国风电市场装机量在过去 5 年均以每年翻一番的速度增长。2009 年底 ,中国国内的风能装机容量已达 2 500 万 kW。另一方面 ,中国在风力发电的选址、资源评估、项目管理等方面缺乏经验 ,中国的风能装机企业竞争激烈 ,未来将经历兼并重组、消化的阶段 ,企业数量将会减少。

(本刊编辑部供稿)