

响水风电场潮间带风电机组基础施工技术

陈居森

(中国水电七局有限公司机电安装分局 四川 彭山 620860)

摘要:介绍响水风电场潮间带试验风机基础施工的工程概况及地质条件,针对潮间带施工环境位于海上与陆地之间,涨潮时受海浪与海风的影响较大等问题,提出应采用基础开挖降水措施、基础环施工止水措施、适合潮间带作业的打桩设备、混凝土承台施工以及对施工设备进行防腐措施等。

关键词:潮间带;风机基础;基础施工;响水风电场

中图分类号:TM614 文献标识码:B 文章编号:1006-7647(2010)S2-0059-03

1 工程概况

响水风电场的潮间带试验风机位于响水县浦港闸西侧潮间带、响水陆上风电场外侧,安装有 2 MW 和 2.5 MW 的风电机组,总装机容量为 4.5 MW。其中金风科技 90-2500 机组 T2 位于陆上风电场 15 号机外侧,上海电气 W2000 机组 T3 位于 18 号机外侧,2 台试验机组距现有海堤约 600 m。潮间带的施工环境位于海上与陆地之间,由于涨潮时海浪与海风的严重干扰,给施工带来了很大的影响。本文重点介绍了潮间带试验风机在风机基础施工方面的情况,给同类型的潮间带试验风电场提供了经验参考。

2 地质条件^[1]

响水风电场潮间带风机安装在响水县北部沿海潮间带上,属海相沉积平原地貌单元。距现有海堤约 600 km,海底地势较为平缓,高程为 0.90~2.00 m。表层以淤泥质土为主。场地低平潮~高平潮之间水深高差约 2.0 m,低平潮场地露滩,高平潮水深约 2.0 m。根据勘探孔揭露的土层情况结合区域地质资料,勘探深度内均为第四系沉积物,上部①~③层为第四系全新统(Q₄)滨海相、海陆交互相淤泥质土、粉土,下部④~⑦层为晚更新世(Q₃)陆相、滨海相沉积物,共分 7 个大层。

①层淤泥为灰色流塑的新近海水沉积土,夹薄层粉土,含有机质、大量植物根茎,夹少量贝壳碎屑,层厚为 1.50~1.80 m。②-1 层淤泥质粉质黏土(Q₄)为灰或灰黄色的流塑,层理较为清晰,层面夹粉土,

含少量腐殖质,偶见贝壳碎屑。摇震反应无,切面较光滑,干强度中等,中等韧性,层顶高程为 -0.20~-0.05 m,层厚为 3.00~4.10 m。②-1 夹层粉土(Q₄)为灰色、松散~稍密,摇震反应迅速,无光泽,干强度低,低韧性,仅在 T2 号风机处揭露,层顶埋深为 4.10~4.30 m,层顶标高为 -2.55~-2.37 m,层厚为 1.40~1.70 m。②-2 层淤泥质粉质黏土夹粉土(Q₄)为灰色,流塑,层理清晰,单层为 2~3 cm,层面夹粉土,局部夹层厚为 20 cm 左右的粉土,摇震反应无,切面较光滑,干强度中等,中等韧性,层顶埋深为 4.50~7.50 m,层顶标高为 -5.75~-2.80 m,层厚为 4.40~9.20 m。②-4 层淤泥质黏土(Q₄)为灰色,流塑,局部软塑,局部夹稍密状粉土薄层,层厚为 0.10 m 左右,层底为 20 cm 富集贝壳碎屑;摇震反应无,切面较光滑,干强度中等,中等韧性,层 3 顶埋深为 11.80~13.70 m,层顶标高为 -12.00~-10.07 m,层厚为 6.60~7.80 m。④-2 层粉砂(Q₃)为灰色,饱和、密实,砂粒主要成分为石英、长石、云母,含贝壳碎屑,层顶埋深为 18.60~21.50 m,层顶高程为 -19.80~-16.85 m,层厚为 12.20~14.70 m。⑥-1 层粉质黏土(Q₃)为灰绿色,可塑,局部粉粒含量较高,摇震反应无,切面较光滑,干强度中等,中等韧性,层顶埋深为 33.20~33.30 m,层顶标高为 -31.57~-31.45 m,层厚为 4.60 m。⑥-2 层粉土(Q₃)为灰色,中密,湿,含铁锰质斑点及少量贝壳碎屑,摇震反应迅速,无光泽,干强度低,低韧性,该层仅在 T3 号风机处揭露,层顶埋深为 33.60~33.70 m,层顶标高为 -32.00~-31.92 m,层厚为 0.80~1.00 m。⑦-1

层粉质黏土(Q₃)为灰色, 软塑, 稍具层理, 层面夹薄层粉土, 摇震反应无, 切面较光滑, 干强度中等, 中等韧性, 该层仅在 T₂ 号风机处揭露, 层顶埋深为 37.80 ~ 37.90 m, 层顶标高为 - 37.75 ~ - 37.47 m, 层厚为 1.30 ~ 1.70 m。⑦-2 层粉土夹粉砂(Q₃)为灰色, 密实、饱和, 砂粒主要成分为石英、长石、云母, 偶含贝壳碎屑, 层顶埋深为 39.50 ~ 34.50 m, 层顶标高为 - 37.75 ~ - 32.80 m, 层厚为 1.30 ~ 10.30 m。⑦-3 层粉质黏土夹粉土(Q₃)为灰色, 软塑为主, 局部可塑, 夹薄层中密状粉土, 层理清晰, 粉土单层为 3 ~ 5 mm, 粉质黏土单层厚为 10 ~ 20 mm, 摇震反应无, 切面较光滑, 干强度中等, 中等韧性, 层顶埋深为 40.80 ~ 44.90 m, 层顶高程为 - 43.22 ~ - 39.05 m, 揭露最大层厚为 10.75 m(未揭穿)。

②-3 层粉土(Q₄)、③-1 层粉土粉质黏土(Q₄)、③-2 层粉土(Q₄)、④-1 层粉砂夹粉土(Q₃)和⑤层粉质黏土(Q₃)本次勘察未揭露。

潮间带风机场位于响水县外侧的近海海域, 海水为微混浊的微咸水及咸水。场区①层以淤泥为主, 属弱透水性土层, 与海水连通。深部④-2 层、⑥-2 层、⑦-2 层中地下水属孔隙承压水, 含水量一般 ~ 较丰富。孔隙承压水对本工程桩基施工无影响。本次在拟建风机处取海水样 2 组进行检验, 根据检验结果可知, 拟建场区内的海水对混凝土结构具强腐蚀性, 在长期浸水条件下, 对混凝土结构中钢筋具弱腐蚀性, 在干湿交替条件下, 对混凝土结构中的钢筋具强腐蚀性, 对钢结构具有中等腐蚀性。因此设计应采取防腐蚀措施。场区地表水和地下水均不能作为施工拌工养护用水。

3 潮间带风机基础设计

响水潮间带试验风电场的风机基础采用重力式现浇钢筋混凝土基础, 随地面高程的变化, T₂ 机组基础总高度为 4.1 m, 底部承台直径为 18.6 m, 圆形墩柱直径为 6.3 m, 基础埋深为 1.0 m; T₃ 机组基础总高度为 4.3 m, 底部承台直径为 18 m, 圆形墩柱直径为 6.0 m, 基础埋深为 0.9 m。每个基础下共布置 42 根高强预应力管桩, 分 3 圈均匀布置, 外圈 24 根, 中圈 12 根, 内圈 6 根, 桩长约 20 ~ 22 m。

现以上海电气 W2000 机组为例, 介绍响水潮间带风机的基础设计。所有桩基均采用 PHC 桩, 桩身外径 600 mm, 桩身壁厚为 130 mm。桩身配筋选用 AB 型和 A 型。桩基为 2 根桩段连接而成, 上段桩配筋为 AB 型, 下段桩配筋为 A 型。桩尖选用 a 型, 闭口十字型钢桩尖要求在管桩厂完成与桩端的封闭焊接, 防止地下(海)水灌入。PHC 桩的持力层在④-2 层^[2]。

4 潮间带风机基础施工

风机基础施工主要工艺流程如下: 基础开挖 → 垫层钢筋绑扎 → C40 混凝土垫层施工 → 浇筑仓面准备(立模、底层绑钢筋、基础环粘橡胶垫圈并安装调试、埋管、架立上层钢筋等) → 质检及仓面验收 → 混凝土配料 → 混凝土搅拌 → 搅拌车运输 → 混凝土入仓 → 浇筑振捣 → 收仓抹压 → 保温保湿养护 → 拆模 → 质量检查 → 修补缺陷 → 土方回填。

响水潮间带试验风机高潮时水位在 2 m 以内, 无水时间长, 所以基础施工时设备主要以水陆两用设备、陆上转场为主。由于潮间带地区介于陆、海间, 交替地受到空气和海水淹没的影响, 因此在潮间带风机基础施工过程中要特别注意如下事项:

a. 采取基础开挖降水措施。为防止对基底土的扰动和损坏管桩, 要求距设计开挖面 0.3 m 范围内不得采用机械开挖, 应采用人工开挖。因潮间带地区水位较高, 故要求所有风电机组基础承台开挖时均应采取有效的降水措施(如井点降水、修筑围堰等), 水位要求降至低于基础开挖面 0.5 m。

b. 采取基础环施工的止水措施。因为混凝土的干缩以及风电机组塔筒的受力拉伸、压缩、振动等原因, 塔筒与混凝土间存在间隙, 雨水或海水会沿着间隙渗入, 这将会严重腐蚀塔筒的钢材和混凝土内的钢筋, 所以需对基础环与混凝土交界处进行严格的止水措施。第 1 道止水在混凝土下 50 mm 处, 采用 1 道 Sika Swel 密封条。第 2 道止水是指在塔筒与混凝土的接缝处采用 Sikaflex-11FC 密封膏。第 3 道止水是指最上层的止水措施, 采用 2 道 Sika Top seal 防水涂层和沥青防水膜。

c. 采用适合潮间带作业的打桩设备。打桩时建议采用适合于潮间带作业的两栖式沉桩机械或通过平板驳船运输普通履带式沉桩机械进行打桩作业, 机身配备 D80 或以上的柴油式打桩锤, 有条件时可配备液压振动锤。两栖式沉桩机械配备履带行走机构, 接地比压应力小于 50 kPa, 宜确保在 1 m 水深以内可进行打桩作业, 2 m 水深以上可漂浮并抛锚固定。为防止打桩时砂土液化现象造成的影响, 在打桩前可对基础进行简单处理, 如采用土工格、软体排等进行排水处理。

d. 混凝土承台施工。采用成熟的混凝土低桩承台方式, 为防止海水侵袭, 对承台进行围堰。围堰采用铁板箱围堰方式, 可重复使用, 承台混凝土的加工采用在岸上设置搅拌站的方式, 输送采用多级泵送方式^[3]。

e. 施工设备防腐蚀。因为潮间带机组施工时

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)