

风力发电重力式圆形基础混凝土施工技术研究

闫汝浩¹ 高栋² 洪永瑞¹

1. 长江国际水利水电工程建设有限公司 湖北武汉 430040; 2. 中铁十四局集团房桥有限公司 北京 102400

DOI:10.32629/ems.v8i6.20540

[摘要] 针对贵州省册亨县恒定山风电场项目重力式圆形基础混凝土施工过程, 结合山地风电项目的施工特点, 阐明了风机基础混凝土施工工艺技术, 并针对施工过程的控制难点, 提出了应对措施和优化思路, 可为后续类似项目施工提供一定的参考。

[关键词] 风力发电; 圆形基础; 混凝土浇筑

1 项目概况

1.1 项目建设内容

贵州省册亨县恒定山风电场项目位于贵州省黔西南布依族苗族自治州册亨县秧坝镇北端、者楼镇南端秧望村附近, 海拔高程 1000m~1350m, 场址范围内地势起伏较大, 属山地风电场。本项目共包含 18 台风机, 单台容量为 5.56MW, 总装机容量为 100MW, 新建一座 110kV 升压站, 升压站在汇集本工程 100.08MW 风机电力后, 以 1 回 110kV 送出线路接入至附近 220kV 高洛变电站。新建集电线路铁塔 73 基, 输电线路

总长 15.083km。

1.2 风机基础设计

风机基础地质条件为: 强风化砂岩和中风化砂岩为主, 局部存在粉质黏土。

风机基础为重力式圆形截面, 混凝土为 C40, 垫层混凝土为 C20。如下图所示, 圆形混凝土台式基础底部直径为 21.8m, 分 0.8m+2.2m+1.9m 三段式, 总高 4.9m; 上阶圆形台柱直径 6.8m, 基础预埋锚栓连接塔筒。^[1]

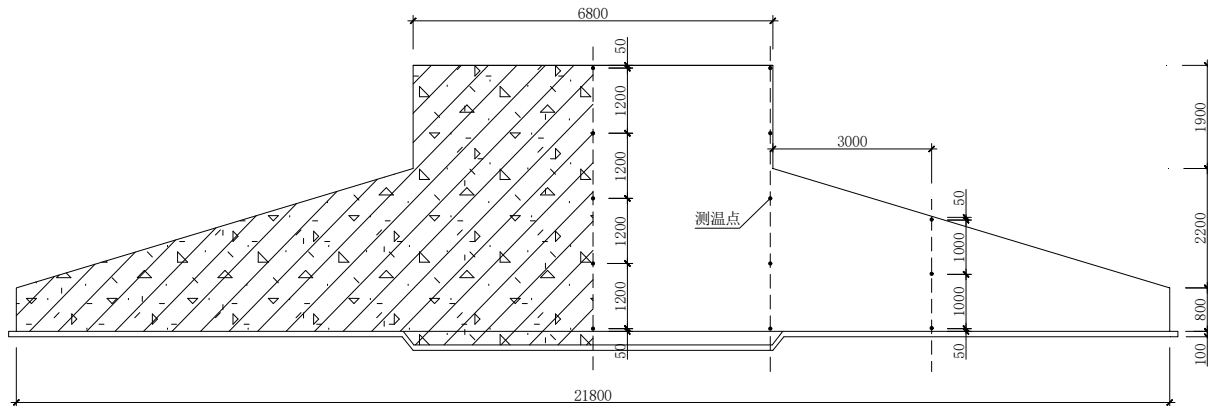


图1 风机基础设计图



图2 风机基坑开挖示意图

2 风机基础施工方法

2.1 基坑开挖方法

基坑开挖采用“机械为主、人工为辅”的分层开挖方法, 按 1:0.5 放坡系数设置边坡, 分层开挖至设计标高。遇强、中风化砂岩, 开挖采用液压破碎锤配合挖掘机开挖。遇到风机基础底部软弱黄土地层, 采取将基础底面以下 1 米深度内的软弱土全部挖除后用混凝土回填, 换填范围超出基础边缘 0.6m。

2.2 垫层混凝土施工

C20 垫层混凝土厚 10cm, 侧模采用 15mm 厚木胶合板, 采用天泵浇筑入仓, 浇筑前按设计要求在垫层预埋预应力锚栓组件的定位钢板, 锚栓定位钢板平面位置及大样图如下图所示。

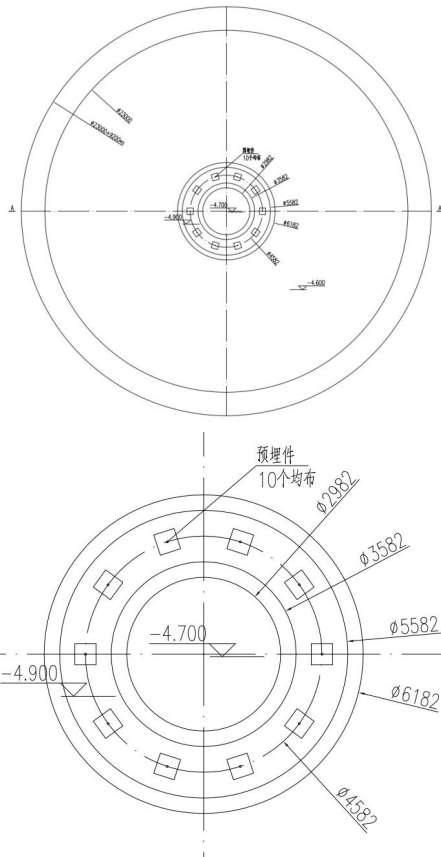


图3 预埋钢板埋设布置图

2.3 预应力锚栓安装

用连接板、连接螺栓、螺母将下锚板的两个半环拼成整环,拧紧螺母前对准连接板和锚板的锚栓孔,目视检查连接板和下锚板已贴紧,拼接处之间的上表面高度差 $<0.5\text{mm}$,且外缘错边量 $<2\text{mm}$,连接板处锚板缝隙 $<5\text{mm}$,安装连接板未紧固前用钢尺复测内外圈锚栓孔分度圆直径,如有偏差需进行微调,分度圆公差是 $\pm 1.5\text{mm}$,尺寸合格后方可拧紧安装螺栓。沿上锚板圆周选取均匀分布的10个测点,用水准仪测量上锚板上表面的相对标高,计算上锚板的水平度,上锚板的水平度小于等于 1.5mm ,复检上锚板拼接处半环之间的上表面高差 $\leq 0.5\text{mm}$,连接板处锚板缝隙 $\leq 5\text{mm}$ 。



图4 锚栓笼安装示意图



图5 基础钢筋及模板安装

2.4 钢筋加工及安装

钢筋安装遵循“先内后外,先弯后直、穿插交错”的原则进行施工,钢筋按照“从下至上”的顺序安装,先安装底板底层径向钢筋,然后安装底板底层的环向钢筋,再安装台柱的竖向钢筋、内外侧环向钢筋、拉筋及水平筋,最后安装底板马凳筋、封边钢筋、内部环向筋、底板顶层径向钢筋及环向钢筋。



2.5 模板安装

模板采用定型组合钢模板,面板厚 5mm ,肋高 55mm ,模板拼接采用M16螺栓连接,接缝嵌 3mm 厚双面胶带防漏浆。竖向背楞采用 -6×60 扁钢,环形围檩采用 -6×60 扁钢。台柱模板外侧设3道直径 23mm 的 6×37 钢丝绳作为加强箍。承台模板外侧设2道直径 23mm 的 6×37 钢丝绳作为加强箍,通过紧线器调节紧固力。

2.6 测温点布设

风机基础按下图所示布置三个测温孔位,每个孔位沿高度方向布置测温点(外表面、中间、底面),共计13个测温点。其中外表面测温点布置在距表面 50mm 处,底面测温点布置在基础底面 50mm 处,中间测温点布置在外表面和底面测温点连线处均匀布置。(测温布置图详见1.3节图1)。

2.7 混凝土浇筑

采用“分层推移、斜面分层”浇筑法,基础混凝土采用

一次整体浇筑,整体浇筑顺序为:中间核心区域(约浇筑1m)→下阶圆形基础(0.8m)→过渡坡面基础(2.2m)→上阶台柱(1.9m)。



图6 基础混凝土分区浇筑

2.8 混凝土养护

保湿养护: 施工时混凝土终凝后立即实施双层覆盖养护体系,即采用土工布与塑料薄膜进行覆盖作业,养护时长不少于14天。

温控养护: 按设计要求定期测量混凝土内部温度,当混凝土内部最高温度达到60℃临界值时,立即对混凝土进行洒水降温处理;若混凝土内部与表面的温差达到25℃,及时增加覆盖层厚度,通过加铺岩棉被等保温材料,增强保温隔热效果,同时控制混凝土降温速率不超过2℃/天,避免温度裂缝的产生。^[2-3]

3 山地区域混凝土运输调度

3.1 混凝土运输难点

山地风电项目的施工道路狭窄、弯道多,混凝土罐车调度困难,易出现断料,导致施工冷缝。本项目F01风机基础设计方量达763立方米,运输道路长达20km。其中有3.5km为“村村通”道路,道路宽度仅3.5米,有9处回头弯,错车道仅有5处。其中0.5km为新修场区道路,但有360米为连续上坡路段,最大坡度超过12%。预计运输车次80次,连续浇筑18小时以上,传统运输模式难以满足高强度、不间断的供应需求。

3.2 山地区域混凝土运输调度系统构建

(1) 对“村村通”道路进行局部改扩建,增加错车道13处。改扩建处和错车道铺设水稳层,以降低降雨对路面通行的影响。对错车道进行编号,设置标识牌,方便驾驶员实时准确汇报位置,以增大车车效率。在省道和“村村通”道路以及“村村通”道路和风场道路交接处安排专人进行交通导行。

(2) 新建场区道路采用“分段硬化+实时修补”的办法。对坡度较大路段全部硬化。浇筑施工时,现场配备了1台挖掘机,1台装载机,1台压路机,50m³级配碎石,根据路面状况即时修补。

(3) 车队编组行进,并制定限速、限载、限时的“三限”准则,通过“搅拌站发车→途中监控→现场排队→完成卸料→空车返回”全流程跟踪,实现罐车间隔发车时间控制在10min。

3.3 实施效果

在F01风机首基连续浇筑作业中,总浇筑时长为16h。后续施工过程中,按照按照优化后的混凝土运输调度系统进行施工,单个基础总浇筑时长缩短为13h,保障了混凝土的连续浇筑作业,同时促进了混凝土坍落度的动态调整方案的实施。

4 施工中的问题及解决措施

(1) 钢筋保护层厚度控制不到位

采用定制水泥垫块,带凹槽,固定钢筋位置,垫块间距严格按600mm×600mm布置,绑扎钢筋前在垫层弹线定位垫块位置;浇筑过程中持续监护钢筋,及时纠正钢筋移位,严禁振捣器直接碰撞钢筋;增加保护层厚度抽检频次。

(2) 混凝土表面平整度偏差大

安装前使用定制弧形样板尺检查模板的弧度是否准确、一致,各块模板之间的连接口,确保拼装后无显著缝隙,模板面板有无局部变形或凸起。在坡顶和坡脚精确测设放出模板定位线并打入定位钢筋。通过在模板四周安装顶撑,调整模板局部位置,直至各方向的半径均等于设计值,校正完成后,依次从上到下彻底紧固加强箍。紧固后,再次复测圆度。

(3) 塌落度动态控制要求高

每车混凝土到场后,采用现场快速检测法,在20分钟内完成坍落度测试,并与搅拌站电子发货单数据核对。当坍落度轻微偏低时,经技术负责人批准后,可采取“二次添加减水剂”的方法进行调整。

[参考文献]

[1]《册亨县恒定山风电场项目施工图设计》。

[2]杜耕.山地风力发电项目风机基础施工技术方法探索[J].人民珠江,2025,46(S2):40-42.

[3]GB50496-2018《大体积混凝土施工标准》[S].