

# 讨论风电风机锚栓安装及二次灌浆冬季施工问题

王永良, 方杨

(云南鲁布革顾问有限公司, 云南 昆明 650051)

**摘要:**为解决基础环两侧混凝土出现应力集中而产生破坏的情况和二次灌浆冬季施工问题, 本文以锚栓安装和在暖棚进行二次灌浆为例, 对锚栓技术要点和施工中的问题进行研究, 提出提高上下锚板拼接处的错开角度以及增加锚杆外露长度等解决措施, 以期为相关工程提供参考。

**关键词:**锚栓; 水平度; 二次灌浆; 冬季施工问题

中图分类号: TU74

文献标识码: A

文章编号: 1004-7344(2021)39-0130-02

## 0 引言

预应力锚栓属于新的风机基础形式, 而随着环保节能理念的深入, 风能是空气流动产生的动能, 属于一次能源, 因为具有可再生、储量大、分布广等特点, 受到广泛应用。风力发电机是将风能转换为机械功, 再由机械功带动转子旋转, 最后输出交流的电力设备。在自然风化和雨水侵蚀等各种因素影响下, 风力发电机承载岩体出现变形, 导致发电过程受到阻碍。对此, 预应力锚栓基础通过发挥锚栓、混凝土以及岩体材料的作用, 有效减少风力发电机的变形问题。

预应力锚栓基础主要由锚板、下锚板、锚栓和 PVC 套管等构成, 并不仅仅是把锚栓与混凝土普通浇筑在一起, 各个结构之间相互联系。其中, 整个锚栓属于弹性体, 没有弹性部分与刚性部分之分, 具体表现在当拉力作用于锚栓时, 锚栓中的下锚板以上部分都会相应受力, 防止应力集中等问题。只要对锚栓适当施加预应力, 混凝土基础便会呈现受力状态, 避免风机基础发生基础环两侧混凝土由于应力集中而被破坏。二次灌浆为当基础浇筑完成并混凝土强度达到一定设计强度后, 为达到上锚板二次调平、紧密接触底板和均匀传递荷载等目的, 对上锚板底面和混凝土基础表面进行填充性的灌浆工艺。

## 1 锚栓安装规程及技术要点

根据灌浆层的类型不同, 锚栓笼可分为灌浆层外露型和灌浆层内嵌型两类, 本文就灌浆层外露型进行讨论。

### 1.1 锚栓进场检查

应根据锚栓图纸中的部件清单对进场锚栓数量清点, 并对各部件进行检查, 剔除不合格产品, 严禁使用。

### 1.2 下锚板安装

下锚板拼装过程中, 连接板应置于下锚板上方, 连接螺栓的六角头位于上锚板上方, 螺母位于下方, 在开口扳手拧紧螺母后, 检查连接板与下锚板已贴紧, 且拼接处半环之间的外缘错边量不得大于 2mm, 下锚板与基础中心点的同心度不大于 5mm。下

锚板在安装完毕后, 应在支撑杆件处用水准仪校核下锚板水平度差值不大于 3mm, 且支撑杆件的螺母垫片应置于下锚板下方。

### 1.3 上锚板及锚栓安装

上锚板拼装过程同下锚板, 将上锚板起吊至下锚板上方时, 根据锚板上预留位置插入 24 根定位锚栓, 此时应注意上锚板和下锚板连接处的错开角度应为 90°。剩余普通锚栓安装过程同定位锚栓。此时应检查锚栓上垫圈需置于下锚板下方。待所有锚栓安装完毕后, 调节定位锚栓的下端螺母与普通锚栓一致, 用吊车将上锚板缓慢下放, 使其搁置于定位锚栓上端的尼龙螺母上, 垫圈的安装参照图 1。



图 1 垫圈的安装示意

上锚板及锚栓安装完毕后, 检查上下锚板同心度应小于等于 2mm, 在 12 处定位锚栓位置用水准仪检查上锚板水平度不大于 1.5mm, 锚栓外露长度为  $189 \pm 1.5$ mm, 并用力矩扳手检查并拧紧所有锚栓最下端的螺母, 要求拧紧力矩为  $300N \cdot m$ , 且锚栓下方漏出长度不得少于 3 丝或 2 扣。然后再基坑外缘每隔 90°位置定一锚点, 用拖拉绳将上锚板与锚点连接, 将拖拉绳维持在拉直状态保证锚笼的整体稳定性, 直至基础混凝土浇筑完成后方可拆除, 防止后续钢筋绑扎及混凝土浇筑过程中锚笼产生整体偏移, 影响塔筒吊装工作。在塔筒吊装前不得拆除上锚板的连接件, 以保证上锚板的整体性及水平度。

在进行钢筋绑扎、混凝土浇筑过程中应对锚板的水平度进行测量,发现偏差及时调整,以满足安装指导书的要求。在混凝土浇筑前应用塑料布(或雨布)将上锚板及锚栓整体包好,避免其在浇筑过程中受到污染和损坏,且浇筑过程中应特别注意下锚板上方、下锚板下方及钢筋锚固区的浇筑质量,混凝土振捣过程中,严禁振捣棒直接接触锚栓及锚板。

## 2 二次灌浆

在基础混凝土浇筑完成且强度达到设计强度 70%以上时,方可进行二次灌浆施工,因二次灌浆厚度仅为 80~150mm,灌浆层产生的水化热较小,不得已在零下气温条件下安排二次灌浆施工时,应该采取暖棚法,施工过程中注意要点如下:

### 2.1 灌浆料质量证明文件检查

对进场灌浆料的检验报告、使用说明书、出厂检验报告(或产品合格证明)等质量证明文件检查,满足设计图纸及上海电气安装说明方可使用。同时对灌浆料存放场地检查。

### 2.2 灌浆前准备

二次灌浆施工前,应提供基础混凝土标准养护试块强度达到 70%的报告,并现场对基础强度进行检测,强度合格方可进行二次灌浆的施工。施工前应将基础混凝土表面凿毛,并清理干净,保证无松动的碎石、浮浆。基础凿毛完毕且调平后,复检上锚板水平度不大于 1.5mm,锚杆外露长度为  $189 \pm 1.5$ mm,若不满足则通过定位锚栓的尼龙螺母做相应的调整,调整完毕后拧紧定位锚栓上端的临时钢螺母。灌浆前通过浇热水对基础进行湿润,灌浆过程中保证基础表面无积水、无结冰现象。

### 2.3 作业面升温

严格按照上报、审批的冬季施工方案进行施工,在施工现场暖棚搭建完毕后应提前 12h 对作业面升温,以保证作业温度在 10℃左右。

### 2.4 二次灌浆施工

由于施工时气温已经为零下,整个二次灌浆过程必须完全在暖棚内施工。施工前应事先把灌浆材料及搅拌机放置于暖棚内,施工过程中应做好通风工作,保障施工人员安全作业。灌浆料搅拌过程中需严格按照材料说明进行拌和,控制好用水量、拌合水温度及搅拌时间,直至拌合物完全均匀,无结块。施工过程中保证拌合水温度为 30~60℃,拌合物出料温度为 20℃左右为宜<sup>[2]</sup>。

灌浆过程中,从一侧灌浆,直至另一侧溢出为止,不得从相对两侧同时灌浆,以便于灌浆过程的排气。灌浆过程中严禁振捣,可采用灌浆助推器沿浆体流动方向的底部推动灌浆材料,严禁从灌浆层的中、上部推动,直至锚板中间气孔内充满浆体时灌浆结束。

施工完成后应做好上锚板的清洁工作,严禁灌浆料残留在锚板上方,且检查锚栓的螺母保护帽是否齐全,防止锚栓受侵蚀。

### 2.5 拆模及养护时间

灌浆完成后拆模及养护时间严格按照《水泥基灌浆材料应用技术规范》(GB/T 50448—2015)的要求。同时养护期间应加强对养护现场的巡查工作,养护现场应留有 2 人/组的施工人员,保证养护温度以及人员的安全。暖棚养护结束后,后续还应使用棉毡及塑料布对二次灌浆层继续养护,不得使灌浆层裸露在空气中,详见表 1。

表 1 拆模和养护时间与外界温度的关系

外界温度/℃	拆模时间/h	养护时间/d
-10~0	96	14
0~5	72	10
5~15	48	7
≥15	24	7

## 3 施工过程中的问题及处理

### 3.1 锚栓安装

下锚板在安装过程中由于现场技术交底不到位,导致施工人员将螺母垫圈放置于下锚板上方,经检查发现后,要求现场人员立即进行处理,验收合格后方可进行下一道工序。

由于未注意上下锚板拼接处的错开角度,导致锚栓安装完成,将上锚板放下时发现上下锚板拼接处的错开角度过小,仅为 30°左右。为了避免上、下锚板出现应力集中点,需对安装过程返工,保证错开角度为 90°。

### 3.2 二次灌浆

因为风机基础外露部分面积较小,暖棚搭建完成后,作业面中心设有火炉和通风管道,搅拌机及灌浆料全部放置在暖棚内,导致作业空间较为狭窄。

锚栓安装过程中因对 200 根锚杆外露长度检验仅为部分抽检,二次灌浆前上锚板调平后复检发现部分锚杆外露长度不一,长度偏差约为 2mm,经与塔筒及锚栓生产厂家商讨,在保证灌浆层厚度为 80~150mm 的基础上,锚杆外露低于 185mm 的数量不能超过 5 根。研究后决定对外露长度不足 185mm 的锚杆,在后续塔筒安装过程中采用特制的拉伸泵进行处理,保证其预张拉力符合安装要求。

## 4 经验小结

风机基础的投资费用只占整个风机投资的 5%左右,风机基础有其特殊性,与一般的高耸结构不同,由于风力发电机组塔架高度较高、顶部质量大、对倾斜要求非常严格,并且在极端风速条件下承受较大的水平荷载,从而使风机基础承受大偏心受力、疲劳荷载以及震动影响,极有可能发生倾覆和倒塌事故。因此风机基础安全的重要性是和上部结构同等重要的,千万不可掉以轻心。

二次灌浆是否成功直接关系到设备运行的稳定性,因此在二次灌浆过程中,都应严格控制灌浆料的质量、浓度和除气度。二次灌浆冬季施工过程中,对作业面的升温,拌合水的加热及后续蓄热养护工作尤为重要。

### 参考文献

- [1] 徐惠. 梁板结构筏板型锚栓组合件风力发电风机基础施工技术[J]. 建筑技术开发, 2019, 420(18): 116-117.
- [2] 马其森. 槽式太阳能热发电站镜场内小荷载基础取消二次灌浆的可行性研究[J]. 太阳能, 2019(5): 64-67, 63.

收稿日期: 2021-09-05

作者简介: 王永良(1989—), 男, 白族, 云南大理人, 本科, 助理工程师, 主要从事水土保持、农业规划设计及水利水电工程设计、监理工作。