

预应力风机基础锚栓笼及首节塔筒安装施工

刘 旭， 夏 美 生

(中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司,四川 成都 611130)

摘 要:以四川某风电项目为例,阐述了预应力锚栓笼及首节塔筒安装采用的施工方法,该施工方法取得了授权专利,方法虽然简单,但却发挥了大作用,助力 98% 的风机一次吊装成功,提升了整个风电场的工程建设质量,取得了可观的经济与社会效益,值得推广应用。

关键词: 风机;预应力锚栓笼;首节塔筒;安装

中图分类号: TK8; TU74; TU7 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-2184(2021)增 1-0080-04

Introduction On Installation of Pre-stressed Anchor Bolt Cage
of WTG Foundation and the First Section of Tower

LIU Xu, XIA Meisheng

(PowerChina Chengdu Engineering Co., LTD, Chengdu, Sichuan, 611130)

Abstract: Taking a wind power project in Sichuan province as an example, this paper describes the construction method adopted for installation of pre-stressed anchor bolt cage and the first section of the tower. This simple construction method has been patented, it has played an important role in helping 98% of WTGs to be successfully hoisted and installed at one time, thus improving the construction quality of the whole wind power plant and achieving considerable economic and social benefits, which is worth promoting and applying.

Key words: WTG; pre-stressed anchor bolt cage; the first section of tower; installation

1 概 述

风电是可再生、无污染、能量大、前景广的清洁能源,目前,大力发展清洁能源已成为世界各国的战略选择。随着其设备的不断更新与发展,风机的单机容量不断增加,与之相配合的风机基础设计与施工也逐渐成为一个新的研究课题。目前风电场常用的两类基础型式为:基础环基础和预应力锚栓基础^[1]。相较于基础环基础,预应力锚栓基础能有效避免风机基础中的应力集中现象,使风机机组能更安全地运行^[2,3]。

众所周知:风电设备的安装精度要求较高。在之前的项目建设中,由于锚栓笼的施工出现偏差,导致风机首节塔筒一次性吊装成功率较低,给工程进度、质量、安全及费用方面造成比较严重的影响。例如在四川某风电场一期风电场建设过程中,拥有锚栓基础的首节塔筒一次性吊装成功率仅为 67%,所采取的补救措施增加了费用、工期和安全风险。对于该风电场二期 82 台风机的安

装目标,这样的结果显然是不能接受的。以该风电场为例,叙述了预应力锚栓笼及首节塔筒安装采用的施工方法,该方法的实施,提高了风机基础锚栓和首节塔筒一次性吊装的成功率,顺利完成了风电场建设工程的各项目标。

2 施工方案及存在的难点

四川某风电场风电机组采用现浇钢筋混凝土浅埋圆形肋梁式基础,基础与塔筒的连接方式采用预应力锚栓的方式以承受其巨大的上部荷载。预应力锚栓基础包括上下锚板及锚栓,每台基础配有锚栓 208 根,锚栓为环形、两排布置,呈笼状,形成锚栓笼。为实现风机首节塔筒的顺利吊装,对锚栓的铅直度和同心度要求极高,主要为以下两点:

(1)因锚栓较长,锚固不够稳固,尤其对于超长型锚栓(例如长度为 7~8 m 的锚栓笼在安装过程中其上锚板重约 1.85 t),锚栓自身保持铅直度较差,固定不牢靠,容易产生一定的挠度变形,且锚栓规格越长其挠度变形越大,从而使锚栓笼

收稿日期:2021-09-13

可能发生同心度偏差。

(2)鉴于锚栓笼的上下端分别连接环状的上锚板和下锚板,且锚栓直径较上锚板中预留的锚栓孔直径小一些而需要施加预应力,在施工过程中,由于基础结构钢筋的绑扎及混凝土浇筑的影响使锚栓出现铅直方向的变形,导致锚栓不能够完全处于锚栓孔的正中间,这也是影响锚栓铅直度和同心度的原因之一。

此外,由于风机基础结构的钢筋直接与锚栓接触,没有专门考虑如何固定锚栓脚,锚栓在风机基础结构钢筋绑扎及混凝土浇筑期间会出现晃动,将直接影响到锚栓的铅直度和同心度,最终由于锚栓笼的偏差导致首节塔筒无法一次性吊装成功而出现返工修正,通常通过打磨等方式才能使首节塔筒顺利安装,导致耽误工期、增加费用的情况出现。

预应力锚栓笼的安装质量既是保证风机基础与塔筒连接安全性的关键,也是决定后续风机塔筒、机组设备一次性吊装成功的关键。

3 施工方法及要点

鉴于预应力风机基础与风机塔筒必须依靠锚栓连接,故锚栓笼的安装精度将直接影响到后期的塔筒吊装,因此,必须重点关注锚栓笼各组件的安装精度,从初始安装精度控制、过程防干扰、吊装前复核校正层层控制,最终实现塔筒一次性准确吊装就位^[4,5]。

3.1 施工工艺流程及精度要求

锚栓笼及首节塔筒施工工艺流程见图 1。

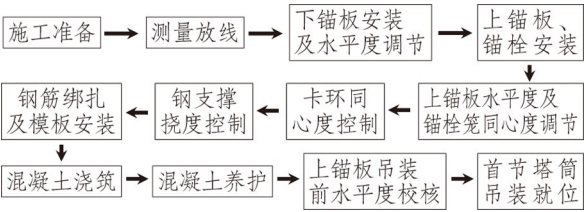


图 1 总体施工工艺流程图

锚栓笼安装精度的主要控制参数为上下锚板的水平度、同心度。初期的安装精度以及后续的防干扰措施是确保首节塔筒一次性吊装成功的关键。因此,必须运用一套成熟、实用的工艺方法确保锚栓笼的安装达到设计与规范要求的精度。锚栓笼安装质量评定标准见表 1。

3.2 施工要点

施工准备、测量放线及材料设备均为常规操作,文中不做详细介绍。仅重点阐述所采用的锚栓笼和首节塔筒的安装与调节措施。

(1)下锚板安装与水平度调节。选用 25 t

表 1 锚栓笼安装质量评定标准表

序号	检验项目	检验标准	备注
1	下锚板与基础中心的同心度	≤5 mm	相对偏差
2	上下锚板同心度(螺孔同轴度)	≤3 mm	相对偏差
3	下锚板水平度	≤3 mm	
4	锚栓上端露出上锚板的长度	±1.5 mm	
5	上锚板水平度(浇筑前)	≤1.5 mm	
6	上锚板水平度(浇筑后)	≤2 mm	

吊车,将下锚板吊起后缓慢移动到预埋件上方 300 mm 处,先将下锚板支撑螺栓对应穿入下锚板中的螺孔内,在下锚板上下各放一颗螺母,在下螺母上加一垫片,待内外支撑螺栓对准预埋件后,操作吊车将下锚板放置在预埋件上。下锚板上平面到预埋件的距离必须符合基础图纸的设计要求。下锚板的中心对应基础中心,其允许最大偏差为 5 mm。将下锚板支撑螺栓与对应的预埋件焊接牢固,焊脚高度不小于 6 mm。调节支撑螺栓,使下锚板达到图纸中规定的设计标高,且下锚板的水平度误差不超过 3 mm。下锚板水平度调节采用水平尺与电子水准仪相结合的方式,量测下锚板对称 8 个象限位置的水平度,通过调节支撑螺栓达到设计要求。

(2)上锚板与锚栓的安装。将枕木置于平整地面形成上锚板预拼装平台,上锚板预拼装后用水平尺初步检查其表面的平整度。在 16 个支撑锚栓上端分别入旋 16 个尼龙螺母,选用 25 t 吊车将上锚板起吊至一定高度,再将上锚板套入支撑锚栓,并在锚栓上端旋入 16 个垫片及钢螺母。用吊车吊起上锚板和支撑锚栓并将其移动至下锚板正上方,使支撑锚栓穿入对应的下锚板螺栓孔内,在下锚板下方加设垫片后拧入锚固螺母(黑色),拧紧力矩要求为 300 N·m。其他锚栓上端(锥头端)先穿入上锚板,下端(已安装薄螺母)穿入下锚板,加设垫片拧入锚固螺母(黑色),拧紧力矩要求为 300 N·m。其它锚栓的安装均应对称安装。

(3)上锚板水平度及锚栓笼同心度的调节。在基坑外缘的稳定地基按 45°设置 8 个地锚,用连

有紧线器的钢丝绳将上锚板与地锚连接,调节 8 个方向的紧线器,使上、下锚板同心(以上、下锚板螺栓孔的中心线为基准),用铅锤在上锚板 45°位置测垂直度,使上、下锚板同心,其同心度允许偏差应满足 $\leq 3\text{ mm}$ 的标准(部分防洪机位的锚栓较长,需根据现场实际情况适当增加钢丝绳的数量)。上、下锚板同心后,调节上锚板的水平度,测量支撑锚栓处上锚板中心区域的水平度,调节尼龙螺母使上锚板上平面达到设计标高,上锚板的水平度应满足 $\leq 1.5\text{ mm}$ 的要求(混凝土浇筑前)。锚栓上端(锥头端)露出上锚板的长度应满足基础结构施工图纸的要求,偏差范围为 $\pm 1.5\text{ mm}$ 。

(4)卡环同心度控制。锚栓笼安装就位后,为防止后期扰动影响其同心度,采取卡环限位的方式进行同心度控制。研究发现:锚孔直径为 45 mm、锚栓直径为 42 mm 时,其间隙差为 3 mm。为确保其同心度 $\leq 3\text{ mm}$,采用壁厚 1.5 mm、内径 40 mm 的 PVC 管剖开成两瓣制作简易、实用的限位卡环,将其填塞于锚栓、锚孔间隙内,其 PVC 材质既能有效地填实间隙、起到限位的作用,又不损伤锚栓的丝口。卡环限位方式见图 2。

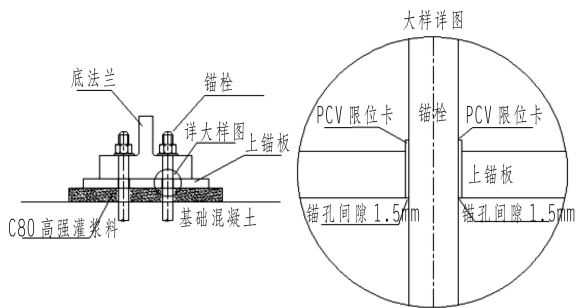


图 2 卡环限位器示意图

(5)钢支撑挠度控制。对于超长型锚栓,由于上锚板自重及锚栓长度影响,仅靠支撑锚栓定位、支撑容易产生挠度变形,因而采取了增加钢支撑的方式以加强其支撑性能。具体采用 4~6 根 $\varphi 32\text{ mm}$ 螺纹钢筋,将其绑扎焊接成剪刀叉形式固定立于锚栓笼中央,待锚栓笼对中调平后,将其上端与上锚板直接焊接牢固,此法支承了上锚板的自重,有效地约束了超长锚栓的挠度变形,实施效果良好且成本低廉,钢支撑示意图见图 3。

(6)防施工干扰措施。锚栓笼安装完成后,其后期进行的钢筋制安、模板安装、混凝土浇筑均可

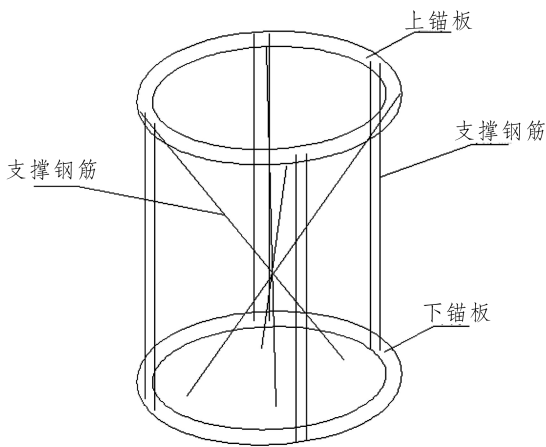


图 3 钢支撑示意图

能干扰并影响锚栓笼的精度,由于这些工序以人工操作为主,因此,在各道工序的具体施工方案中应明确操作过程中必须减少对锚栓笼的干扰,并通过技术交底方式贯彻到从技术负责人至作业人员层级,加大过程监督力度。

钢筋制安要求对穿越锚栓笼的钢筋避免与锚板、锚栓触碰,底层水平设置的钢筋的马凳筋必须高于下锚板,穿越锚栓笼困难的钢筋在不影响设计受力的情况下应提前作弯折、切断处理。模板安装过程不得触碰锚板、锚栓,禁止使用锚栓笼的任何部位作模板的临时支撑。混凝土浇筑入仓时不得直接冲击锚板、锚栓,振捣棒不得触碰锚板、锚栓。

(7)吊装前上锚板水平度校核。在风机基础混凝土浇筑完成后、二次后浇带浇筑前,对上锚板水平度进行最后一次校核,量测工具仍为水平尺及电子水准仪,设计要求上锚板水平度 $\leq 2\text{ mm}$,对受扰动偏离允许值的部位采用旋动支撑锚栓上端尼龙螺母的方式进行水平度再调节,直至其回归允许值。

风机预应力锚栓笼安装的施工过程是一个复杂、多环节的重点控制过程,通过多个风电场预应力锚栓施工实践,总结提炼出预应力锚栓笼及首节塔筒安装的施工方法,有效规范了风机预应力锚栓笼安装施工工艺,实现了标准化、程序化作业,便于施工人员操作执行,并做到了风机预应力锚栓笼安装精细化施工,保证了基础与塔筒的连接质量,提高了风机一次性吊装成功的保证率,进而保证了工程建设质量、进度

和费用等目标的实现。

4 结 语

该风电场共计二期、82 台风机,其中 2 台风机因施工较早而未能采取相应的措施,在采取了补救措施后完成吊装。另外 80 台风机采取上述措施后首节塔筒一次性吊装成功,其成功率提高到 98%,减少了处理工期延误的时间(40 d),节约了处理费用 537 万元,效益明显。

文中介绍了一种风机基础锚栓笼及首节塔筒安装的施工方法,该施工方法取得了授权专利(专利号:ZL201721227702.9)和中国电建集团工法,操作实施简单,设备、材料投入较少,经济实用,其在多个风电场项目的成功运用,极大地提高了风机基础的施工质量和首节塔筒一次性吊装的成功率,加快了吊装作业的施工进度,降低了因锚栓笼精度偏差导致的塔筒吊装不能一次就位的处理时间与处理费用,同时亦降低了因处理塔筒就位的工程安全风险,提升了整个风电场的工程建设质

(上接第 70 页)

标段负责人更加尽心尽力;又因总承包项目标段众多、相应的标段负责人亦多,标段间的相互竞争更是提高了标段负责人的积极性。

6 跨专业分标段管理模式的改进方向

跨专业分标段的管理模式在两河口移民代建总承包项目实施后取得了明显的效果,但也出现了一些问题,需要逐项加以改进。

(1)管理脱节问题。由于总承包项目部管理人员人数的限制,目前每个标段仅配备了一名标段负责人,当标段负责人离开工地时,由相邻标段负责人暂代其履行管理职责,标段负责人对其替代者移交工作;当标段负责人回到工地时,替代者向其移交工作,但由于现场管理工作延续性强且极其繁杂,移交工作时难免存在遗漏而造成接收者对前期工作了解不够,易造成管理脱节^[5]。

(2)管理人员素质问题。标段负责人从工程部、质量部、安环部、设计部抽调,负责标段现场全面的管理责任,要求其综合业务能力较强。但实际上因每人都有其专业方向,而对专业外的项目了解程度深浅不一,所形成的综合素质亦高低不平,现场管理时难免出现瑕疵。

量,取得了较好的经济、社会效益,获得了社会及业内专家的一致好评,该方法有必要在同类工程安装施工中推广。

参考文献:

- [1] 卢婧,黄梁. 风机基础连接方案及新型基础比选[J]. 建材与装饰, 2017,13(42): 168-169.
- [2] 杨中桂,李梦晗,赵绍彦,等. 预应力锚栓式风机基础关键技术分析[J]. 第六届中国风电后市场交流合作大会论文集: 273-279.
- [3] 赵海荣. 风力发电机组预应力锚栓基础施工技术[J]. 百科论坛电子杂志, 2020, 3(3): 923-924.
- [4] 王涛. 风力发电机组基础优化及预应力锚栓施工技术[J]. 建筑工程技术与设计, 2017,5(23):853.
- [5] 蔡宏德. 风力发电机组基础优化及预应力锚栓施工技术[J]. 安徽建筑, 2015,22(2):94-95.

作者简介:

刘旭(1971-),男,四川简阳人,高级工程师,学士,从事项目管理工

作;

夏美生(1981-),男,江苏东台人,高级工程师,学士,从事项目管理工

作。

(责任编辑:李燕辉)

7 结 语

跨专业分标段的管理模式在两河口移民代建总承包项目实施后效果明显,如节约了项目部管理成本,提高了管理效率,现场管理工作井然有序,但也出现了一些问题,总体来说是利大于弊。可以相信:随着时间推移、经过不断改进和完善,跨专业分标段管理模式一定会越来越成熟,最终形成一个完整的管理模式。

参考文献:

- [1] 刘建国. 部位工程师制项目管理模式在水电工程上的应用[J]. 贵州水力发电, 2007,21(6):1-3.
- [2] 张祥昭. 工程项目片区化管理在建设工程项目中的应用[J]. 管理观察, 2015,38(3):86-88.
- [3] 敖峰. 建筑企业管理区域化模式研究与分析[J]. 城市建设理论研究, 2011,1(27):79-83.
- [4] 杨大,张璐. 大型建筑施工企业区域管理模式研究[J]. 现代商贸工业, 2013,25(5):178-179.
- [5] 张贺华. 施工企业区域项目模式研究[J]. 铁道工程学报, 2018,35(6):100-103.

作者简介:

孙厚领(1984-),男,江苏丰县人,高级工程师,学士,从事项目管理工

作。

(责任编辑:李燕辉)