

# 浅谈越南富叻风电场风机锚笼基础质量控制

李涛

(中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司,四川成都 610072)

**摘要:**越南富叻风电场采用 Vestas V100 2 MW 风电机组,其基础采用预应力组装式锚笼,其相比传统式的锚笼更为先进。风机基础施工中,锚笼拼装控制、锚笼安装控制、钢筋施工及成品保护以及混凝土浇筑质量控制是整个风机基础质量控制的关键,对其进行了详细介绍。

**关键词:**预应力锚笼;锚笼拼装;混凝土质量控制;越南富叻风电场

**中图分类号:**TV52;TK89;TV523

**文献标识码:** B

**文章编号:**1001-2184(2017)增1-0074-03

## 1 概述

越南富叻风电场采用 Vestas V100 2 MW 风机,风电场规模为 12 台风机,总装机容量为 24 MW。

丹麦 Vestas 风机公司是世界一流的风机制造公司,其成熟的设计、工艺和加工能力在风机基础锚笼的制造中得到了充分体现。该风机基础采用 Vestas 厂家配套供应的预应力锚笼。风机锚笼基础质量控制主要体现在锚笼拼装、安装精度控制、钢筋施工及成品保护以及混凝土浇筑质量控制等。笔者对锚笼基础质量控制进行了阐述。

## 2 风电场风机锚笼基础质量控制

### 2.1 预应力锚笼的拼装

风机预应力锚笼主要包括风机锚笼、锚板、预应力螺杆等。锚笼拼装主要有上锚板安装、下锚板安装、定距管和预应力螺杆、调节垫脚安装等。风机锚笼的拼装可以在工厂集中拼装后运输到现场吊装,也可以在风机基础现场进行拼装后直接吊装。一般采取在风机基础现场拼装以减少运输风险。根据风机基础锚笼的布置形式,在现场选择面积为 10 m × 20 m、坚实、平坦的地面对锚笼进行安装。富叻风电项目为减少风机锚笼整体运输、转运时对安装精度的影响,选择在风机基础现场(吊装平台或混凝土基础垫层平台)拼装后再进行锚笼安装施工。

根据锚笼重量及吊装距离,该项目锚笼安装选用 50 t 汽车吊 1 辆,普通工人 6 人,技术人员 4 人,负责人 2 人,专用安装工具 2 套。

收稿日期:2017-04-06

每套锚笼主要包括:模板法兰 2 块,底座法兰 2 块,螺栓 160 根,定距管 10 根,鱼板 2 个。

#### (1) 夹具(Fixture)的安装。

利用吊车将锚笼夹具吊装到安装场地中央位置,两侧距离大于 6 m。用仪器测量夹具平整度,确保将其放置在平整、牢固的基础上。夹具的功能:夹具两端都有一个夹具。具有窄间隙的夹具称为夹具的模板端夹,夹具另一端的夹具称为基础端夹具。模板端夹中测得的间隙必须比模板法兰厚度的间距稍大,约为 5 mm 左右。必须确保底座法兰夹和模板之间的距离符合厂家规定且不超过 5 mm。根据锚笼基础设计图纸几何尺寸要求,将夹具上、下锚板之间调整到 2 635 mm。

#### (2) 底座法兰(Base Flange)的安装。

采用吊车用吊带将风机基础锚笼底座法兰吊装到夹具的模板端夹上,并在另一端采用与夹具等高的木头垫平。

利用垂直度检测仪/气泡水平仪检查底座法兰模板的垂直度,采用缩紧装置的螺栓将其固定到夹具上,其垂直度应控制在 1 mm 以内,满足 1/1 000 的铅垂度要求后锁死端夹螺栓,至两个固定螺栓拧紧至 100 kN,并确保底座法兰在夹具中的固定是安全的。

#### (3) 模板法兰(Template Flange)的安装。

复核夹具间距尺寸满足要求后,用吊车将吊带固定在模板法兰吊耳的卸扣上进行吊装,将模板法兰吊装在夹具上,将法兰模板的一端放置在夹具上,另一端则需采用与夹具等高的木头垫平。检查底座法兰同模板法兰上 3 个位置的净空距离

满足 2 635 mm,交叉对角线距离满足 4 290 mm 设计要求后,检查模板法兰(上锚板)的垂直度,该垂直度应控制在 1 mm 以内,待其满足 1/1 000 铅垂度要求后用螺栓固定到夹具上,利用基础端夹螺栓进行初步固定,将两个固定螺栓预拧紧至 100 kN、但不要锁死螺栓,在安装尺寸未检查合格前,吊车吊带先保持挂钩状态以确保设备安全。检查并复测底座法兰同模板法兰及交叉对角线距离满足要求后,将模板法兰螺栓拧紧固定好,放下吊车设备,待定距管和泡沫块安装完成后再进行锁定。

#### (4) 定距管及泡沫块的安装。

首先安装靠近夹具的定距管,计算泡沫块中孔位置并识别与孔匹配的孔,找出第一根定距管位置,按照要求均匀布置,将定距管放置在泡沫块中,泡沫块内放置一小节支撑短管。安装定距管的目的是预留风机基础中预应力锚栓的张拉;其中安装支撑短管的目的是为了混凝土施工后方便模板法兰的拆除。定距管的安装位置根据厂家技术人员的要求进行布置,一般均匀布置,该锚笼定距管的安装数量为 8~9 根,但当遇到底座法兰的焊接位置时,需进行左右适当调整。

将定距管及黑色泡沫模板安装完成后安装定距管,使其在模板法兰及底座法兰之间作为锚笼基础的支撑。在底座法兰端部,若定距管安装困难,应在确保安全的条件下适当调整模板法兰固定螺栓的安装位置。半边锚笼中每套定距管安装完成后,及时将预应力螺栓穿入定距管中,锚栓在模板法兰端部外侧漏出 210 mm,底座法兰漏出 50 mm。根据调整后的尺寸及时锁紧螺栓。

螺栓两端按照图纸要求将螺栓预留出足够的尺寸并用螺帽固定。待 5 套定距管及螺栓安装完成、复核锚笼几何尺寸无误差后,用 200 kN 扭力扳手固定。扭力扳手紧固完成后,再次复核其几何尺寸,确保锚笼在螺栓紧固施工前后没有变化。

#### (5) 螺栓及附件的安装。

将法兰及定距管安装完成后,安装剩余的 75 套螺栓,采取双人平行将螺栓缓慢穿入的方式,切勿触碰螺栓,不得损坏预应力螺杆件上刷涂的塑料保护层。

螺栓在模板法兰端预留长度为 210 mm,按照  $\pm 4$  mm 的精度进行质量控制,底座法兰螺栓的距

离约为 50 mm,偏差 1 mm 的距离,螺栓采用 50 kN 的扭力扳手进行固定。安装完成后,在底座法兰上用细铁丝在螺栓丝帽外侧打圈固定,防止丝口滑落或移位而影响锚笼的整体安装精度。螺栓安装完成后,利用吊车将半边锚笼整体吊出夹具,采用四块等高木模块支撑,使锚笼处于自由状态,重新检测复核几何尺寸、垂直度、丝口距离、扭力距检测验收。检测验收合格后,根据混凝土基础垫层高度计算锚笼的安装高度,确定调节垫脚的安装距离,采用吊车的大钩和小钩同时工作,将半边锚笼翻转并安装,按照设计图纸将预留出风机塔入口门洞位置后进行安装,将 3 套水平调节垫脚安装完成并固定。

采用同样的方法吊装另外半边锚笼。吊装完成后应记录锚笼和螺栓组上的 VUI 编号。同一个基础锚笼螺栓组件的 VUI 号码(生产编码)必须相同。同时,应注意同一个基础锚笼底座法兰盘上的 VUI 编号必须相同,用于查找锚笼锚栓完整的信息,确保锚笼的生产制造质量,并将该编码模板法兰螺栓安装固定在螺栓上,以便于后期风机安装时,对锚笼及锚栓质量的追溯性。

## 2.2 锚笼精度的检测

### (1) 锚笼的安装。

锚笼拼装时,螺栓的垂直度是靠底座法兰和模板法兰的水平度控制予以保证的,因此,在将 2 个半边锚笼拼接成一个整体组合锚笼时,采用调整底座法兰水平度的方式控制锚笼的安装质量。

半边锚笼在混凝土基础内按照设计图纸的要求放置,待另一边锚笼吊装到位,两片底座法兰间隙一般为 2 mm,先利用间隙锁紧螺栓连接(笔者建议不锁死),待锚笼检测水平度满足要求后固定拧紧。锚笼的上部安装有模板法兰连接板,由于该连接板的外形像鱼的形状,故又称鱼板(Fishplate)。

### (2) 锚笼安装精度的控制。

如何在现有测量条件下对已安装的锚笼进行测量和控制是工程遇到的一大问题。由于越南高精度数字水准仪等精密仪器较少,且无法在短时间内提供,项目部技术人员经过分析,最终确定采用普通测量仪器:水准仪加 0.5 mm 精度级白钢尺对安装锚笼进行水平度测量。

在混凝土基础垫层距离中心位置5~8 m的地方布置水准仪,引入测量基准高度,将底座法兰均分成A~F共6个位置点,用带颜色的记号笔做好标记。一般将水准仪布置在调节垫脚上方位置,以便于调整螺栓高度。

首先测出底座法兰上端部位与混凝土垫层的高度差满足3 mm误差,在实际安装施工中,将水平误差控制在2 mm以内;同时,应考虑锚笼底部钢筋安装的最小高度,以方便后续钢筋的安装施工。

其次,测量出锚笼底座法兰6个分布点的水平高程,计算出需要调整的垫脚高度,采用由人工调整螺丝帽的方式抬高或降低底座法兰的高度,使两个半边锚笼的底座法兰达到1 mm的控制精度要求。

根据风机厂家提供的锚笼安装手册,只有将底座法兰所有分布点的水平度调整到2 mm以内时方能满足锚笼安装的质量要求。但在实际施工中,锚笼的底座锚笼水平度控制按照 $\pm 0.5$  mm的精度级别进行控制,确保后续施工的质量要求。安装未达到质量要求时,技术人员需对调节垫脚的螺栓进行调整,直到满足技术要求后锁定调节螺栓螺帽;连接好两边底座法兰的间隙螺栓。

按照规定,模板法兰(上锚板)水平度标准为4 mm以内时满足质量要求。我们在实际施工过程中将其控制在3 mm以内。在模板法兰的吊耳部位共设置了4个测量记录点,引入外部基准测量高程,分别进行测量校核。一般情况下,只要下部底座法兰水平度测量精度满足要求,通过部件加工精度控制,即能保证上部法兰水平度的安装质量要求。但在施工过程中必须进行严格控制、加强检查复核,以确保锚笼安装精度满足技术质量要求。

模板法兰复核检查合格后,还需对安装锚笼的外圆进行复核。在模板法兰的外侧边缘四个方向进行几何尺寸的测量检查、椭圆度测量检查(最大外径应满足设计要求,偏差为2 mm),螺栓中心距测量检查。若不满足要求,则需对鱼板安装位置进行重新调整与校核。

水平度、椭圆度测量检查合格后,对模板法兰上锚栓的丝口采用泡沫套进行保护,以防止混凝土施工污染而影响塔筒底座安装质量。

### 2.3 锚笼的保护

在锚笼安装完成后,还需进行钢筋绑扎施工,此时存在钢筋碰撞或挤压风机锚笼的风险。虽然组合在一起的锚笼重量近30 t,但仍需在底座上进行加固处理,杜绝锚笼质量问题的发生。可以采取在底座垫层混凝土中预埋钢板的方式对锚笼进行加固,也可以采取化学螺栓的方式进行加固。钢筋绑扎时,注意其底部保护层的厚度以及底层钢筋同锚笼底部法兰的保护间距,确保钢筋施工质量要求。在锚笼上部钢筋绑扎施工中,由于其空间小、钢筋布置较多、施工难度大,需要加强施工质量控制。

钢筋施工完成后,对风机基础进行模板施工,施工过程中应加强对锚笼安装、钢筋施工的成品进行保护,不得有外来物对锚笼进行冲击,不得利用锚笼承受重物,一旦出现触碰锚笼的情况,需立即复核检测,在确保锚笼安装质量满足要求后方可进行后续施工作业。

钢筋、混凝土模板施工完毕,应对锚笼法兰锚板的水平度进行复测,待其满足质量控制要求、温度控制仪埋设后浇筑混凝土。

### 2.4 混凝土浇筑

在混凝土浇筑过程中,应注意对锚笼组合件的保护,防止锚笼位置偏移。严格控制锚笼周边混凝土下料顺序和浇筑质量,控制混凝土下料的厚度,锚笼周边混凝土振捣均匀密实,不漏振、不泛浆,确保基础锚笼混凝土施工质量。加强质量控制和对锚笼的保护。混凝土浇筑时不能污染模板法兰、损坏螺栓保护套,发现类似问题时应及时处理。混凝土浇筑完成后,加强对混凝土表层的保温覆盖、浇水养护及温度监测,杜绝混凝土表面裂纹质量问题的发生。

### 3 结语

风机锚笼基础质量控制是风机施工过程中的重要环节。锚笼是整个风机基础中最核心的部位,无论是部件拼装,还是锚笼安装施工、钢筋绑扎、混凝土浇筑施工质量控制,其安装精度和施工质量对后期风机塔筒的吊装施工都是至关重要的。

越南富叻风电场风机基础使用的由Vestas公司提供的锚笼,在施工过程中,通过严格的质量控

(下转第82页)

自己所从事的行业,否则未来可能会面临人员严重流失的境况。

大型国有勘测设计企业大多承接国内大型基建项目,限于实际需要,一些工程现场比较偏僻,工作和生活环境相对单一和枯燥。人毕竟是一种情绪化的动物,长期处于一种相对不变的环境中容易厌倦、烦躁,从而不可避免地产生工作效率低下,干劲不足的情况。因此,总承包项目经理团队不能一门心思只抓生产,同时应该关心团队人员的身心健康,注重丰富团队成员的业余生活。比如,可以利用项目上配置的投影设备组织团队成员集体观看电影;可以通过组织一些非形式化、表面化的茶话会,加强彼此心灵层面的沟通;可以组织球类或其他竞技比赛,并通过设置一些比赛奖品提高团队成员参与的积极性;特别是一些重要节日,通过组织大家“会餐”,营造“家”的氛围等。总而言之,方式、途径比较多,关键在于项目经理团队是否能够时刻认识和关注这些问题。

### 2.2.2 加强总承包项目团队人才培养

一个总承包项目团队建设是否成功的标志,还要看该团队能否为企业培养出一批拔尖的人才,而不应单纯地以项目圆满完成作为终极目标。

俗话说的好:“没有不怕死的士兵,只有无能的将军”,要学会给年轻人提供更多的锻炼平台和机会。“温室的花朵容易凋谢”,如果企业过于“呵护”年轻一代,担心年轻人不成熟,容易犯错误,不敢轻易放手年轻人去经历风雨,那么,这个企业也必将注定没有更好的未来,至少冲劲不足。年轻人有的是激情,有的是干劲,有的是适应能力,有的是学习能力,虽然经验欠缺,但至少让年轻人在企业可以把控的适度范围内去不断磨炼,加速其快速成长,让具体的工作和责任成为其“试金石”。不能等到年轻人激情耗尽,年过半百,到所谓“年龄成熟”后,才可以放手让其担负

(上接第76页)

制,为后续风机设备的安装精度、进度控制提供了可靠保证,12台风机锚笼锚栓塔筒吊装过程中没有出现锚笼基础质量问题,一次性顺利吊装成功,满足了塔筒安装的质量与技术要求,为风机其他部件的吊装工作赢得了时间,提高了功效,确保了整个施工工期目标的实现。

一定的职责。

项目团队领导应该具有大局观。一个企业是否长治,关键还在于其能否拥有一批综合素质强的后备力量。一个人的职业生涯总有落幕的一天,但对一个企业未来的发展来讲,需要一代又一代人的不懈努力。因此,关心年轻人的成长,敢于和善于让年轻人挑起重担,培养更多的新生代力量,是一个企业乘风破浪、勇立潮头的关键。

### 2.3 敢于为总承包项目团队成员争取利益

总承包项目团队领导要有敢于为团队成员争取利益的勇气和决心,而不是一味的只从大处着手,忽略团队成员最基本的利益。

其实,大多数时候,团队成员不是一味地只关心所谓的实际利益,更多关心的是一个团队轻松和谐的工作氛围。往往一个良好的团队环境,一个充满魅力的团队领导,才是吸引团队成员的最大法宝。因此,笔者强烈认为:项目团队领导必须具备最基本的情商。

对于一个团队而言,“人情味”化管理势必将会成为一种趋势。当然,“人情味”化管理不是一味地刻意追求“人情味”。如果团队成员执行力不到位,工作态度不端正,不积极,何谈“人情味”?一句话:工作就是工作,生活就是生活!

## 3 结语

国内工程总承包企业其实需要走的路还很远,需要付出的艰辛努力还很多,远没有想象中那么乐观。每个人的诉求和想法各不相同,如何达成共识,坚定信心,相扶相持、共同走好工程总承包这条路仍面临很多问题。笔者用一句话共勉:“路漫漫其修远兮,吾将上下而求索”。

作者简介:

张政道(1986-),男,河南平顶山人,工程师,硕士,从事工程总承包项目技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)

Vestas 类型风机锚笼基础质量控制经验可为其他相同或类似项目的风机基础施工提供参考。

作者简介:

李涛(1976-),男,甘肃兰州人,高级工程师,学士,从事水利水电、市政工程、新能源工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)