

# 风机塔筒连接作业技术研究

聂顺意

中国电建集团贵州工程有限公司, 贵州 贵阳 550003

**[摘要]** 文章深入分析了风机塔筒连接作业技术的各个方面, 包括基本原理、作业流程、作业方法和安全措施等。从中可以看出, 风机塔筒连接作业需要做好各方面的准备工作, 包括充分制定作业计划和安全措施, 检查和维护好所需设备和工具等, 以保证作业的安全可靠。这是一项复杂的高空作业, 需要专业的技术和经验, 同时需要严格遵守法律法规, 充分评估作业风险并制定应急预案。希望通过文章可以更深入了解风机塔筒连接作业的复杂性和关键性, 以及做好相关准备工作的重要性。

**[关键词]** 风机塔筒; 风能; 连接方式

DOI: 10.33142/v1i1.8628

中图分类号: TH213.3

文献标识码: A

## Research on Connection Operation Technology of Fan Tower

NIE Shunyi

PowerChina Guizhou Engineering Co., Ltd., Guiyang, Guizhou, 550003, China

**Abstract:** This paper deeply analyzes all aspects of fan tower connection technology, including basic principle, operation process, operation method and safety measures. It can be seen from this that the connection operation of the fan tower needs to be well prepared in all aspects, including fully formulating the operation plan and safety measures, and checking and maintaining the required equipment and tools to ensure the safety and reliability of the operation. This is a complex aerial work, which requires professional skills and experience. At the same time, it is necessary to strictly abide by laws and regulations, fully evaluate operational risks and formulate emergency plans. It is hoped that through the article, we can have a deeper understanding of the complexity and key of the connection operation of fan tower and drum, and the importance of making relevant preparations.

**Keywords:** fan tower; wind energy; connection method

随着全球对可持续发展的关注不断加深, 风力发电的规模和普及率不断提高。而风机塔筒连接作业是风力发电场建设中不可或缺的环节, 直接关系到风机的安全稳定运行。由于风机塔筒连接作业的特殊性质和高难度, 其安全性和效率性都面临着巨大的挑战。因此, 对风机塔筒连接作业技术的研究和探讨不仅有助于提高连接作业的安全和效率, 也可以为风力发电行业的发展做出贡献。

### 1 风机塔筒结构

风机塔筒是风电机组中的一个重要组成部分, 主要用于支撑风轮和变速器等设备, 同时也承载着风力发电机产生的重量和风荷载。风机塔筒的结构一般采用钢管或混凝土材料组成, 通常高度在 70m 以上, 直径在 4m~6m 之间<sup>[1]</sup>。

对于钢管风机塔筒, 其结构主要由内外两层钢管组成, 两层钢管之间通过横向连接器件和螺栓连接, 形成一个空心的圆柱形结构。内外两层钢管之间填充的材料一般为聚氨酯泡沫或玻璃棉等隔热材料, 以保证风机塔筒内部的温度和湿度适宜, 同时也能够减少结构的重量。

对于混凝土风机塔筒, 其结构一般为整体浇筑, 采用钢筋混凝土或预应力混凝土结构<sup>[2]</sup>。混凝土风机塔筒具有较高的强度和稳定性, 但也存在一定的缺陷, 如施工难度大、维护成本高等问题。风机塔筒内部通常分为上下两个平台, 方便维护和检修。顶部平台安装风轮和变速器等设

备, 而底部平台一般用于存放变流器、控制系统等设备。同时, 风机塔筒内部也需要安装防雷接地装置、防风挡板等设备, 以提高风机塔筒的安全性和稳定性。

### 2 连接方式

目前, 风机塔筒连接主要有两种方式: 一种是通过螺栓连接, 另一种是通过预应力钢筋连接。

螺栓连接是将两个风机塔筒用螺栓固定在一起的方式。连接过程中需要将螺栓穿过塔筒上下两个平台, 并用螺母拧紧。这种连接方式需要注意螺栓数量、规格和拧紧力度, 以确保连接牢固可靠。预应力钢筋连接是将两个风机塔筒用钢筋预应力固定在一起的方式。连接过程中需要在两个风机塔筒之间安装一组预应力钢筋, 并通过张拉机器进行张拉, 使钢筋处于预应力状态, 从而将两个风机塔筒紧密连接在一起<sup>[3]</sup>。这种连接方式需要注意钢筋数量、规格、张拉力度和张拉机器的选择, 以确保连接牢固可靠。

### 3 连接作业流程

连接作业流程是风机塔筒连接作业的重要组成部分, 它决定了连接质量的好坏、作业效率的高低等。下面详细介绍风机塔筒连接作业的流程:

#### 3.1 确认连接方式

在确定连接方式时, 需要考虑连接部位的结构、受力

情况、安全性和施工难度等因素。螺栓连接方式适用于连接部位受力较小的情况,而预应力钢筋连接方式则适用于连接部位受力较大的情况。同时,还需要确认所使用的螺栓和钢筋的规格和数量,以及连接部位的布局 and 位置。

### 3.2 填写作业计划

作业计划需要制定详细的作业流程和安全措施,并安排合适的人员和设备。作业计划应根据实际情况和连接方式制定,包括作业时间、作业地点、安全措施、应急预案等,确保作业效率和连接质量。

### 3.3 安装连接器件

连接器件的安装包括螺栓和预应力钢筋的穿过、叶片的定位和调整等。在安装连接器件时,需要遵循设计要求和施工规范,并严格控制连接器件的位置和方向,以确保连接部位的牢固和安全。

### 3.4 固定连接器件

固定连接器件的过程中需要注意,螺栓和螺母的数量和规格应与设计要求相符,并使用适当的扭矩扳手或气动扳手将螺母拧紧,确保连接的牢固和可靠。对于预应力钢筋连接方式,需要使用专用的张拉机器进行拉伸,并将钢筋的张力调整到设计要求的数值范围内。

### 3.5 检查连接质量

连接作业完成后,需要进行全面的连接质量检查,包括螺栓长度、螺纹损伤、螺母是否拧紧等方面的检查。对于预应力钢筋连接方式,需要检查钢筋张力是否符合设计要求,钢筋是否有损伤等方面的检查。只有连接质量通过检查,连接部位才能具有足够的强度和可靠性。

### 3.6 清理作业现场

连接作业完成后,需要及时清理作业现场,包括垃圾清理、设备收拾、检查工具的完好等。清理作业现场可以避免意外事故的发生,并为后续施工提供良好的条件。风机塔筒连接作业的流程包括确认连接方式、填写作业计划、安装连接器件、固定连接器件、检查连接质量和清理作业现场等步骤<sup>[4]</sup>,每个步骤都需要认真对待,确保连接质量和安全性。

## 4 风机塔筒连接作业存在的问题

在风机塔筒连接作业中,存在一些常见的问题,主要包括以下几个方面:

### 4.1 安全问题

在风机塔筒连接作业中,由于作业需要在高空进行,因此存在着高空坠落等严重的安全风险,可能会导致作业人员的安全和健康受到威胁。此外,如果没有严格的安全管理和监督制度,还可能发生意外事故,造成公司和施工方的经济损失和声誉损失。

### 4.2 作业效率问题

在风机塔筒连接作业中,作业周期长,需要大量的人力、物力、时间等多方面资源的投入,这些资源的投入可能会增加施工方的成本和风险。此外,连接作业需要在复杂的环境中进行,例如高处作业和恶劣天气条件下作业等,这些

因素都会影响作业效率和进度,进而影响项目的总体进展。

### 4.3 质量问题

在连接作业中,连接质量是十分关键的问题。连接质量不达标可能会导致风机在运行中出现故障,甚至影响到人员的安全和健康。因此,需要重视连接材料的品质、连接工艺的操作以及作业人员的技术水平,确保连接质量达到标准。同时,对于连接质量的检测和监控也需要进行严格的管理。

### 4.4 环境保护问题

在连接作业中需要特别关注环境保护问题,避免对周围环境造成不良影响。如果作业中出现了污染、破坏等情况<sup>[5]</sup>,可能会对周围的生态环境造成不可逆的影响,甚至会导致生态灾害的发生。同时,还需要注意处理废弃物和材料,确保符合环境保护要求。

### 4.5 成本问题

连接作业需要大量的人力、物力等多方面资源的投入,成本较高。施工方需要在保证作业质量的前提下,尽可能地控制成本,避免造成不必要的浪费和损失,同时还要在保证作业效率和质量的前提下,尽可能地控制成本,确保项目的整体盈利性。

### 4.6 操作人员技术水平不足

操作人员技术水平不足会直接影响连接作业的安全和效率,其可能会误操作、选择不当的连接材料或者不恰当的工艺操作方法,导致连接质量不达标。此外,操作人员对于连接作业所需的检查标准和要求也不够熟悉,无法及时发现和解决问题,进而影响作业质量和效率。除此之外,操作人员在连接作业中也需要应对突发情况,如天气变化等,如果技术水平不足,可能会加大安全风险。

### 4.7 设备故障问题

连接作业需要使用一些特殊的设备和工具,如果这些设备出现故障或者使用不当,容易导致连接质量不佳或者安全事故发生。此外,设备故障也可能会延长作业周期和增加施工方的成本。

### 4.8 检查不到位

连接作业完成后需要对连接部位进行检查和测试,但有些公司对此重视不够,只进行简单的视觉检查,忽略了对连接质量的深入评估和检查。如果连接部位存在隐患或者质量不达标,可能会影响到风机的运行和寿命,甚至导致安全事故的发生。

### 4.9 法律法规问题

在风机塔筒连接作业中,可能涉及到多项法律法规的要求和规定,如安全生产法、劳动法、环保法等,如果相关规定未被遵守,可能会带来严重的法律后果,例如罚款、停工整顿、承担赔偿责任等。此外,风电项目通常涉及土地使用、环境影响评价、土地征收等方面的审批和规定,如果未按照相关规定进行操作,也可能会导致项目无法顺利进行。

### 4.10 风险评估和应急预案问题

在风机塔筒连接作业中,可能涉及到多种风险,如高

空作业风险、机械设备故障风险、电气安全风险等,如果未进行充分的风险评估和控制措施,可能会造成人员伤亡、设备损坏等严重后果。此外,应急预案也是关键问题,如果突发情况下没有应急预案或者预案不完备,可能会导致事故的后果更加严重。

## 5 解决风机塔筒连接作业存在问题的对策

针对风机塔筒连接作业存在的问题,我们可以采取以下对策来解决:

### 5.1 安全问题

提供必要的安全设备和保护措施,例如安全带、安全网、护栏等,确保作业人员在高处作业时有充分的保护。在作业前进行详细的安全培训,包括高处作业安全、紧急事故处理等方面,提高作业人员的安全意识和应急反应能力。确保作业人员的身体状况符合高处作业的要求,例如身体健康、无眩晕、无心脏病等。

### 5.2 作业效率问题

优化作业流程和工艺,减少作业周期,提高作业效率和进度。使用先进的技术和设备,例如无人机巡检、智能化连接设备等,提高作业效率和质量。合理分配资源,例如人力、物力、时间等,避免不必要的浪费和损失,确保项目的整体盈利性。

### 5.3 质量问题

严格执行标准和规范,确保连接质量符合要求。建立完善的检验和质量控制体系,例如对连接材料进行抽样检验、对连接工艺进行监督检查等,确保连接质量可靠。提高作业人员的技术水平,例如加强培训、实战演练等,提高操作技能和经验。

### 5.4 环境保护问题

在作业前评估作业对周围环境的影响,制定相应的环保措施,例如对土地和水资源进行保护、对废弃物进行分类和处理等。采用绿色和可持续发展的材料和技术,例如使用环保型涂料、降低噪声污染等。

### 5.5 成本问题

提高管理水平,优化资源配置,降低成本。采用高效的技术和设备,例如使用智能化连接设备,提高作业效率和质量,降低成本。制定合理的价格政策,例如与供应商协商价格、控制管理费用等,降低成本。

### 5.6 操作人员技术水平不足

加强培训和实战演练,提高操作人员的技术水平和经验。实行分级管理,根据技术水平对操作人员进行分类管理和培训。

### 5.7 设备故障问题

保养设备,定期检查和维护设备的正常运行,避免设备故障;购买品质可靠的设备,降低设备故障率;采用备用设备和备件,及时解决设备故障;对设备的使用人员进行培训,使其正确使用设备,避免因使用不当导致设备故障。

### 5.8 检查不到位

加强质量监督和管理,实行全过程质量管理,对连接

作业全过程进行监控和管理,及时发现和纠正质量问题;建立完善的质量检查体系,制定详细的质量检查标准和程序,对连接作业进行全面、深入的检查和评估;加强质量意识培训,提高操作人员的质量意识和技术水平,避免质量问题的发生。

### 5.9 法律法规问题

了解和遵守相关法律法规,例如《安全生产法》《环境保护法》《建筑法》等,确保风机塔筒连接作业符合法律法规的要求。制定相应的安全管理制度和环保措施,严格执行,确保不违反法律法规和政策。

### 5.10 风险评估和应急预案问题

在风机塔筒连接作业前,进行风险评估和应急预案制定,对可能发生的意外事故和突发事件进行预测和应对<sup>[6]</sup>,减少安全事故的发生和对人员和设备的损失。对作业现场进行全面的全面的安全检查和风险评估,对存在的安全隐患和风险进行整改和控制,确保作业过程的安全和稳定。

## 6 结论

风能是一种清洁、可再生的能源,已成为全球发展的重要趋势。风机塔筒连接作业是风能发电的关键环节之一,对风机的性能和可靠性具有重要影响。随着风能的不断发展,风机塔筒连接作业将会得到进一步的发展和完善。我们相信,在不久的将来,风能将成为主要的能源来源之一,风机塔筒连接作业技术也将得到进一步的提高和发展。

总之,风能是未来能源的重要方向,风机塔筒连接作业技术的发展也是必不可少的一部分。我们需要不断地提高技术水平,采取有效的管理措施,提高作业效率和质量,以确保风能发电的效率和可靠性。

### [参考文献]

- [1]肖成龙,丁彦明,袁朝彦,等. 风机塔筒用铝合金芯橡胶电缆应用可行性研究[J]. 光纤与电缆及其应用技术,2022(5):34-37.
  - [2]薛婉婷. 基于机器视觉的风机塔筒倾斜度测量系统设计[D]. 内蒙古:内蒙古科技大学,2022.
  - [3]李鹏飞. 风机塔筒损伤识别与振动控制研究[D]. 山东:青岛科技大学,2022.
  - [4]沈晓雷,王振扬,周茂强,等. 叶轮延迟安装工况下海上风机塔筒动力响应研究[J]. 水力发电,2022,48(5):120-124.
  - [5]陈旺. 基于疲劳可靠度的风机塔筒振动控制研究[D]. 沈阳:沈阳建筑大学,2021.
  - [6]霍涛. 风速风向对风机塔筒结构动力响应和疲劳寿命的影响[J]. 建筑结构,2020,50(18):26-33.
  - [7]栾凤娇. 风机塔筒与基础连接形式的优化设计[J]. 建材与装饰,2020(13):123-126.
- 作者简介: 聂顺意(1997.1-),男,毕业院校: 贵州电力职业技术学院,专业: 高压输电线路施工运行与维护,单位: 中国电建集团贵州工程有限公司,职务: 项目履约部主任,职称级别: 技术员。