

大型离心风机安装施工关键技术及施工问题分析处理

王文虎

中国五冶集团有限公司, 上海 201999

[摘要]随着工业化进程的不断推进,大型离心机作为矿山、冶金、石化等多个行业的核心通风与工艺设备,其安装质量会影响到系统的稳定运行和安全。由于该设备的体积较大,还具备转速高,振动敏感的特点,在安装过程中容易在基础沉降、轴线对中,轴承系统调试等多个环节出现偏差,这就会导致设备振动超标、零件疲劳损坏以及轴承发热,这些工程问题会影响到施工的质量。针对上述现状,文章立足于大型离心风机安装工程实践,系统地梳理关键技术及施工中所遇到的难点问题和质量通病,并提出相应的改善对策。旨在通过全过程的精细化管理及工艺精准度的优化,确保机组在调试后及生产中达到最优的性能表现,为同类大型旋转机械的安装施工提供实用的技术参考与工程借鉴。

[关键词]大型离心风机; 安装施工; 关键技术; 施工问题

DOI: 10.33142/aem.v8i3.19435

中图分类号: TH432

文献标识码: A

Analysis and Handling of Key Technologies and Construction Problems in the Installation and Construction of Large Centrifugal Fans

WANG Wenhui

China MCC5 Group Corp. Ltd., Shanghai, 201999, China

Abstract: With the continuous advancement of industrialization, the installation quality of large centrifuges, as the core ventilation and process equipment in multiple industries such as mining, metallurgy, and petrochemicals, will affect the stable operation and safety of the system. Due to its large size, high rotational speed, and sensitivity to vibration, the equipment is prone to deviations during installation, such as foundation settlement, axis alignment, and bearing system debugging. This can lead to excessive equipment vibration, fatigue damage to parts, and bearing heating, which can affect the quality of construction. In response to the above situation, this article is based on the practice of large-scale centrifugal fan installation engineering, systematically sorting out key technologies, difficulties encountered in construction, and common quality problems, and proposing corresponding improvement measures. The article aims to ensure optimal performance of the unit after commissioning and production through refined management of the entire process and optimization of process precision, providing practical technical references and engineering references for the installation and construction of similar large-scale rotating machinery.

Keywords: large centrifugal fans; installation and construction; key technologies; construction problems

1 工程概况及安装准备: 明确设备参数与场地要求

本项目旨在对某大型离心风机进行安装施工,该机组作为核心的工业设备,对稳定性和安装的精准度都有着十分严苛的要求,风机主要适用于高温烟气的输送,同时需要采用双支轴承箱结构,叶轮通过联轴器与电机直联驱动。施工前,需要对技术设备的各项文件进行严格审查,确保各零部件完整无损,同时还要核实预留的基础孔位。在施工现场也需要满足场地要求,以及承载能力和吊装作业的空间要求。与此同时,还应当对周围环境振动干扰进行新

的排查,确保测量基准点稳固且不受后期基础沉降影响。以下为该机组的主要技术参数:

表 1 主要技术参数表

参数名称	单位	设计指标
设备型号	-	G4-73-16D
额定风量	m ³ /h	120,000
全压	Pa	4,500
转速	r/min	1,450
电机功率	kW	250
转子总重量	t	3.8

在安装准备阶段,重点工作在于对预埋基础的二次灌浆质量控制与地脚螺栓的受力标定。施工团队需对基础混凝土强度进行回弹检测,需要使用全站仪对预埋的螺栓间距进行现场的核查,并随后建立档案。其中核查的偏差应当不超过 $\pm 2\text{mm}$ 。此外,应当提前做好润滑油脂,以及对专用工具的精准度核查。确保各项原始数据记录真实准确,并建立安装施工档案。在设备现场的管理中应当清除必要的障碍物,并规划合理的进场运输通道,确保运输路径不受阻挡。同时还要根据环境湿度等气候条件设立临时防尘措施,为后续核心部件的精密安装提供符合标准的工艺施工条件。

2 关键施工技术

2.1 基础浇筑的工艺

大型离心风机基础浇筑是确保机组长期高转速运行稳定的核心环节,必须严格执行“高强、密实、连续”的施工准则。施工前,需要对基础坑位进行彻底的清理,并且使用高标号的混凝土进行整体浇筑,其混凝土应当达到C35以上。在浇筑过程中还应当配合机械振捣,严禁出现蜂窝、麻面及内部孔隙,并确保地脚螺栓预埋位置精准,采用钢模板辅助固定,防止浇筑振动导致移位。为应对大型风机运行产生的动载荷,基础顶面需要严格按照二次找平的方案,在随后预留二次灌浆的厚度时应当控制在 $50\sim 100\text{mm}$ 之间,且需使用无收缩高强灌浆料,确保基础与底座接触率不低于90%^[1]。此外,基础养护必须覆盖薄膜喷水,保持湿度不少于7d,直至强度达到设计标准值的75%,此时可以进入到安装阶段^[2]。关键施工参数控制指标见下表:

表2 关键施工参数表

控制指标	允许偏差/要求	检测方式
基础坐标位置	$\pm 10\text{mm}$	全站仪检测
基础顶面标高	$-10\sim 0\text{mm}$	水准仪测定
地脚螺栓预留孔垂直度	$\leq 1/100$	经纬仪复核
基础表面平整度	$\leq 5\text{mm/m}$	靠尺测量
二次灌浆接触面积	$\geq 90\%$	敲击检查/塞尺检查

2.2 风机安装的工艺

风机安装工艺是保障机组高效运行的核心,其核心步骤包含底座找正、转子水平校验及联轴器精密对中。首先,需要将风机底座吊装在之前基础预留的位置,并且使用精密垫铁组找平,确保底座高度与水平高度符合设计要求。随后进行二次灌浆,当强度已经达到要求后,需要紧固地脚螺栓。接着安装机壳与转子部件,转子安装需重点控制轴承箱的轴向与径向水平,利用高精度框式水平仪在主轴

颈处测量,要确保水平偏差在可以控制的范围内^[3]。接下来是最为关键的一步,也就是联轴器对中作业,这就需要在完全消除风管应力的影响下,使用专用激光对中仪实时监测径向位移与轴向倾角,确保两轴中心线在空间位置上的共轴性。其参数表如下。

表3 重点控制参数

安装控制项目	允许偏差/标准	检测方式
底座安装水平度	$\leq 0.10\text{mm/m}$	框式水平仪
转子主轴水平度	$\leq 0.05\text{mm/m}$	高精度水平仪
联轴器径向偏差	$\leq 0.05\text{mm}$	激光对中仪
联轴器轴向端面间隙	设计规定值 $\pm 0.05\text{mm}$	塞尺/千分表
轴承座震动速度值	$\leq 2.8\text{mm/s}$ (运行状态)	测振仪

在安装末期,必须严控各连接螺栓的紧固扭矩,要确保各静止部件以及旋转部件之间的间隙均匀,而且能够达到冷态装配的标准。总的来说,安装质量的优劣将直接影响到风机运行时的振动幅度,在初步安装完成之后,可以进行模拟升温实验以及点动检查,对差异进行修正,以此保障机组在全速运转下完成平稳过渡,防止由于安装误差导致的早期磨损以及疲劳性破坏。

2.3 轴系对中的工艺

轴系对中型大型离心风机安装的核心技术环节,这将关系到机组运行的振动水平以及轴承的使用寿命。施工中通常采用高精度激光对中仪或双千分表法进行测量,通过测量联轴器圆周方向(径向)与端面方向(轴向)的相对位置偏差,精确计算电机座垫片的调整厚度^[4]。需特别注意“热膨胀补偿量”的预留,这就需要依据设备的运行情况以及升温特点,将机组冷态中心线调整到预定的目标,使设备在热态运行的过程中,依然能够达到理想的共轴状态。有学者提出,对中调整遵循“先粗调、后精调,先垂直、后水平”的原则,在调整过程中,一定要禁止拉拽机体,防止产生新的安装应力^[5]。重点工艺参数如下表:

表4 重点工艺参数表

控制项目	允许偏差要求	备注
径向位移偏差	$\leq 0.03\text{mm}$	联轴器处读取
轴向端面间隙偏差	$\leq 0.04\text{mm}$	4个方位平均值
垂直方向调整	依据热膨胀量预留	考虑温升补偿
水平方向调整	$\leq 0.02\text{mm}$	确保左右位移对称
联轴器盘车跳动	$\leq 0.03\text{mm}$	盘车一周测量值

调整完成后,必须紧固底座所有地脚螺栓,并在电机底部加装足量的精密垫片,确保底座与基础承力面接触均匀且无翘曲^[6]。在复测过程中也需要拧紧螺栓,随后复测偏差,如果超过限值则需要重新调整垫片,使各项数据达

到最优状态。而轴系最终的成功与否。能够深度体现施工人员对机械动态特性的把握。高超的工艺水平能够避免后期设备的异常振动，还能预防轴承过热，联轴器损坏。

3 施工常见问题分析

3.1 剖析振动超标

振动超标的成因多源于轴系对中精度不足、动平衡失效或外部系统诱导的原因。当联轴器对中偏差超过允许值时，会在转动过程中产生附加激振力，导致轴承座产生径向位移；如果转子自身的质量分布不均匀，或者有叶轮积灰和磨损问题，则会诱发转子系统的动态平衡失稳。此外，如果存在管道配置不当的问题。进出管道口的刚性应力会转到机壳，这时则会改变风机的动态特性。其结果表现为将原本处于临界转速下的设备因刚度的变化而发生共振。因此，在安装阶段若未能严格执行轴系激光对中与转子动平衡校验，将直接表现为运行中出现非常剧烈的振动，而且会引发基础松动，最终导致恶性循环。

3.2 基础不匀

基础不均匀沉降是导致机组长时间运行稳定性丧失的隐患，其深层次的原因在于地基处理不当，或者与二次灌浆质量失效有关。在基础浇筑过程中，如果未考虑土质承载力及混凝土养护期不足，在风机恒定动载荷的冲击下，基础底部往往会发生微小的位移或者出现沉陷。特别是在设备底座二次灌浆过程中，若使用收缩性过大的普通砂浆而非高强无收缩灌浆料，或者灌浆厚度不均匀导致接触面脱空，机组底座会在长期运行的过程中出现悬空问题^[7]。这种基础支撑刚度的不一致，会使机组主轴在受力时产生挠曲变形，对原有精密的关系造成破坏。简言之，当基础发生沉降，无论之前的最终工艺完成得有多么精准，都将在瞬间失效这不仅会造成基础内部裂纹扩展，还会使机组地脚螺栓受力不均，最终引发整体机组偏位或结构性受损。

3.3 零部件损伤

零部件损伤则往往是上述两项问题进一步恶化的直接后果，通常体现为轴承烧损、联轴器齿套异常磨损及叶轮裂纹。当机组振动超标时，滑动的长轴或者滚动的承轴，其内部的油膜稳定性会遭受破坏。从结果中看，金属摩擦会导致发热烧灼，甚至出现抱轴，而轴系不同心也会使联轴器在工作状态下产生周期性的交变剪切应力，导致连接螺栓或弹性垫圈过早疲劳失效。对于风机叶轮，如果安装间隙不当或者存在转子产生径向窜动。此时叶轮和机壳的间隙过小，会发生“扫膛”事故，不仅会导致叶片出现物理变形，还会产生局部高温，引发材质脆化甚至断裂。由此可见，预防此类损伤的关键在于全过程质量控制，这就

需要专业人员在规范施工的基础上，确保机组冷态下安装几何精度与热态下的运行特性具有高度的一致性，从源头上规避风险，降低零部件损伤率，延长离心风机的整体服役寿命。

4 技术处理对策：提出动平衡校验、间隙调整及应急处理方案

4.1 精准实施动平衡校验

动平衡是消除转子旋转不稳定性最根本的技术手段。在安装阶段，对于已经组装的转子，应当先校验其是否达到静平衡要求，确保叶轮质量中心和旋转中心重合。在现场调试的过程中，如果发现振动超标，则需要根据测振仪的振动相位图谱，进行现场动平衡试验。通过叶轮指定部位加装平衡块，通过影响系数法可以分次加重或者减重，直到轴承座振动幅值降至标准范围内。特别注意，对于工作转速高于临界转速的设备，必须严格按照转子动平衡校验的最高精度要求完工，防止运行过程中产生周期性动载荷而导致的系统疲劳。

4.2 精细化的间隙调整策略

间隙调整决定了风机的空气动力学性能及机械安全。重点针对转子叶轮与进风口、机壳间的径向与轴向间隙^[8]。施工时，需利用专用塞尺或内径规，在旋转叶轮的四个方位进行均匀测量，确保间隙值严格符合厂家随机技术要求。如果发现了间隙偏差，应当先调整转子轴承箱的轴向，或者对叶轮进风口密封处进行纠偏调整。此外，对于推力轴承，这就需要通过调整垫片来保障轴间距合理，防止由于热膨胀引发的转子轴向的窜动，防止引发叶轮与机壳发生“扫膛”撞击。

4.3 应急处理与预防性改进方案

在突发振动超标或局部磨损情况下，应启动应急预案：首先要立刻停机检查，并进行故障波形的分析，如果是由于基础沉降而导致的联轴器对中失效，则需要先进行水平度的复核，必要时采取底座“补灌浆”或更换精密垫铁组进行重校。对于在运行中出现了叶轮腐蚀或者由于积灰而导致的动平衡性遭到破坏，则需要立刻执行清灰作业。如果发现轴承温度上升异常，则需要排查润滑油系统压力以及回油流量。此外，在日常施工中应引入“预应力消除工艺”，即在管路连接处采用柔性接头应当彻底消除由于管道膨胀而导致的设备应力增加，从源头上确保机组能够稳定运行。

5 质量控制与结语

5.1 安装流程优化要点与验收标准

离心风机的安装质量是保障其长期高效运行的基石，流程优化应当贯穿于整个安装生命周期。首先，应强化“预

防性安装”理念，这指的是在基础浇筑环节，一定要严格控制混凝土的强度以及预埋件的精度，要从源头消灭不均匀沉降这一问题，问题所带来的风险，在安装过程中，一定要对全过程状态进行记录，特别是对联轴器对中、转子动平衡及间隙调整等核心环节建立数字化数据台账，在每一项微调后都应当有据可循。质量验收标准必须严格执行国家相关机械设备安装工程规范，重点检查振动速度值以及轴承的工作温度，关注机组运行声音以及地脚螺栓的预紧力矩。验收时，应开展冷态空载试车与热态满负荷试运行，应当对比两者的数据偏移程度，评估安装应力的释放情况及设备的热膨胀补偿是否有效。

5.2 长效运维展望

大型离心风机的安装不仅是一项复杂的机械装配任务，更多的是对施工工艺的精细化管理，在精密对中到动态平衡，从间隙把控到应力消除阶段，每一道工序都有它的技术和质控要求，而且直接决定了该设备在工业系统中的服务效能。高质量的安装能够减少后期运维成本，降低高频故障，减少备件消耗与停机损失。总而言之，先进的安装技术应向“状态感知化”与“精准装配化”转型，通过引入精密测量手段及科学的数据分析，能够将安装精度从合格提升到最高水平。

希望通过对上述关键施工技术和对策的探讨及落实，能为各类大型离心风机系统的平稳运行提供技术支持，推

动工业生产流程的高质量发展。

【参考文献】

- [1]吴子敬,田海,田佳鸣,等.并联大型离心式风机防喘振预测及控制策略[J].机械设计与研究,2025,41(3):210-214.
- [2]童海标.大型高效后弯离心风机 HTFC-V-16C[J].机械设计与研究,2023,41(3):21-22.
- [3]周天雷.高效节能离心风机.河北省,冀东日彰节能风机制造有限公司[J].机械设计与研究,2022,11(13):21-22.
- [4]郭明霞.噪声敏感楼宇内高噪声源设备噪声治理措施研究及环境影响评价[D].安徽:合肥工业大学,2022.
- [5]范杜平,曹晓平.不同叶片型式对大型双吸双支撑离心风机性能影响的数值研究[J].机械管理开发,2021,36(10):56-58.
- [6]毛勇.大型空调机组离心风机故障诊断与分析[J].设备管理与维修,2021,11(21):177-179.
- [7]魏子海,范苛.大型离心风机 35CrMo 钢空心主轴的焊接工艺[J].焊接技术,2021,50(9):78-81.
- [8]张振.燃煤电站大型离心风机制造端选型软件设计[D].北京:华北电力大学,2020.

作者简介：王文虎（1986.12—），毕业院校：河北工程大学科信学院，所学专业：给水排水工程，当前就职单位：中国五冶集团有限公司，职务：项目总工程师，职称级别：工程师。