

离心式压缩机安装工艺探讨

史玉刚

国家管网集团中原储气库有限责任公司 河南 濮阳 457001

摘要: 随着工业领域对离心式压缩机应用需求的不断增长,其安装工艺的规范性与精准性愈发关键。本文深入探讨离心式压缩机安装工艺,先解析其结构原理与安装核心要求,接着阐述安装前场地、设备、工具等准备要点,再剖析设备定位、对中、管道连接等关键工艺,最后说明安装过程的质量检验标准及无负荷、负荷试车等调试环节,保障安装质量。

关键词: 离心式; 压缩机; 安装工艺

引言: 在现代化工业的宏大版图中,离心式压缩机犹如一颗强劲的“心脏”,为石油化工、天然气输送、制冷等诸多关键领域源源不断地输送动力,其稳定运行关乎整个生产流程的顺畅与高效。然而,离心式压缩机安装工艺的优劣,直接决定了这台“心脏”能否健康跳动。从基础的精准处理到部件的精细安装,从关键工艺的严格把控到调试环节的细致入微,每一个步骤都蕴含着技术与经验的深度融合。

1 离心式压缩机安装工艺理论基础

1.1 离心式压缩机结构与工作原理

(1) 主要部件的功能分析: 叶轮是核心做功部件,通过高速旋转将机械能转化为气体动能与压力能,驱动气体加速流动; 扩压器承接叶轮排出的高速气体,通过流道截面扩大降低流速,实现动能向压力能的高效转换; 轴承承担转子径向与轴向载荷,保证转子平稳高速旋转,减少摩擦损耗,同时维持转子与定子的精准间隙。此外,密封部件可防止气体泄漏,平衡盘则用于平衡叶轮产生的轴向推力,保障机组稳定运行。(2) 压缩机的运行特性与振动机理: 运行特性主要体现在流量、压力、功率与转速的关联,流量变化会引发喘振、阻塞等不稳定工况,需通过调节保障运行效率。振动机理主要包括转子不平衡振动、轴承油膜振荡、气隙激振等,转子不平衡会导致周期性振动,油膜不稳定易引发低频振荡,气体流动不均产生的脉动则会加剧机组振动,影响设备寿命与运行安全。

1.2 安装工艺的核心要求

(1) 机械对中精度要求: 对中精度直接影响转子运转稳定性,需严格控制联轴器径向与端面跳动偏差。安装时需采用激光对中仪等精密设备,确保主动端与从动端转子中心线重合,一般径向偏差不超过0.05mm,端面偏差不超过0.02mm,避免因对中不良产生附加载荷,导

致轴承磨损与振动加剧。(2) 管道应力对设备的影响: 管道安装后产生的热应力、机械应力会传递至压缩机壳体,导致壳体变形、转子对中偏移。安装时需合理设置支吊架,进行应力计算与补偿,避免管道重量与热胀冷缩产生的应力直接作用于设备接口,保障壳体与转子的相对位置精度^[1]。(3) 基础沉降与振动控制标准: 设备基础需具备足够强度与刚度,避免运行中出现不均匀沉降,沉降量需控制在设计允许范围内(一般不超过5mm)。振动控制需满足国标要求,机组运行时轴承座振动速度有效值不超过4.5mm/s,通过优化基础设计、设置减振垫等措施,减少振动传递,保障机组平稳运行。

2 离心式压缩机安装前准备

2.1 安装环境与基础要求

(1) 场地条件: 安装场地需满足规范环境参数,温度控制在5°C-35°C,避免零部件热变形或密封材料性能受影响;相对湿度不超过65%,防止水汽凝结导致零部件锈蚀,尤其保护电气控制系统和精密轴承;洁净度达到ISO8级标准,清除粉尘、油污等杂物,避免杂质进入设备加剧磨损或影响密封。同时场地需具备足够承载能力和操作空间,保障设备吊装转运顺利,周边无强振动源、强磁场及腐蚀性气体。(2) 基础设计与验收标准: 基础混凝土强度等级不低于C30,浇筑后养护不少于28天,确保承载强度和稳定性。验收重点核查基础尺寸偏差、水平度及沉降情况,顶面水平度允许偏差 $\leq 0.2\text{mm/m}$ 、总偏差 $\leq 2\text{mm}$,预留孔位置偏差 $\pm 5\text{mm}$ 内、孔壁垂直度偏差 $\leq 1\text{mm/m}$ 。需进行不少于7天的空载沉降观测,累计沉降量稳定且不超过设计允许值(一般 $\leq 5\text{mm}$)后方可安装。

2.2 设备开箱检验与预处理

(1) 零部件完整性检查: 开箱前需核对设备型号、规格与设计文件一致,检查包装箱有无破损、变形、受潮

等情况。开箱后依据装箱清单逐一清点零部件,包括叶轮、主轴、轴承、机壳、联轴器、密封件、紧固件及附属管路、电气元件等,确认各零部件齐全无缺失。同时,检查零部件外观质量,查看叶轮、主轴等关键部件有无裂纹、变形、划痕等缺陷,密封面是否平整完好,发现问题及时记录并与供应商沟通处理。(2)清洗与防腐处理:对清点合格的零部件进行针对性清洗,去除运输和储存过程中附着的防锈油、灰尘、杂质等。对于主轴、轴承、密封件等精密部件,采用煤油或专用清洗剂进行擦拭,清洗后用干净抹布擦干并涂抹薄层润滑油防锈;机壳内部、管路内壁等采用高压空气吹扫或清洗剂冲洗,确保无杂物残留。对于暂不安装的零部件,需采取防腐措施,重新涂抹防锈油并妥善封装,避免暴露在潮湿环境中导致锈蚀^[2]。

2.3 安装工具与测量仪器准备

根据安装精度要求选择合适规格的工具与仪器,激光对中仪需选用测量精度不低于0.001mm/m的型号,确保转子对中测量准确;百分表选用量程0-10mm、精度0.01mm的规格,用于检测零部件跳动偏差;水平仪选用精度0.02mm/m的框式水平仪,保障基础和设备水平度测量精准。所有测量仪器使用前必须经具备资质的计量机构校准,校准合格并在有效期内方可使用,避免因仪器误差影响安装精度。同时,准备好吊装设备(如起重机、吊带)、紧固工具(扭矩扳手、套筒)等辅助工具,检查工具性能完好,确保安装操作顺利进行。

3 离心式压缩机安装关键工艺

3.1 设备定位与初步固定

(1)压缩机主体与驱动装置的定位原则:需遵循“同轴对齐、受力均衡”原则,以设备基础中心线与设计基准面为依据,确保压缩机与驱动装置(如电机、汽轮机)的安装中心高度一致,轴线平行且重合。定位时预留热胀冷缩补偿间隙,间隙值根据设备材质、工作温度及设计要求确定,避免运行时因热变形导致轴线偏移。同时,保证两者间距符合安装与维护空间要求,便于后续对中调整和检修操作。(2)地脚螺栓的安装与紧固要求:地脚螺栓安装前需清理预留孔内杂物,采用二次灌浆法固定,灌浆材料强度等级比基础混凝土高一级。螺栓安装垂直度偏差不超过1/1000,且全长度内偏差不超过5mm。紧固分两次进行,第一次初紧至螺栓预紧力的60%-70%,待二次灌浆材料达到设计强度后进行终紧,终紧采用扭矩扳手,按设计扭矩值紧固,确保螺栓受力均匀,避免因紧固不足导致设备运行振动或松动。

3.2 机械对中调整

(1)冷态对中与热态对中的差异:冷态对中的是设备停机常温状态下的对中调整,以环境温度为准,需预留热态时的热膨胀量;热态对中的是设备运行达到工作温度后的对中复核,此时转子、机壳因温度升高产生热变形,对中偏差与冷态存在差异,需根据热膨胀系数计算补偿值,确保热态时轴线精准对齐。(2)对中方法的对比与选择:双表法操作简便、成本低,通过百分表测量径向和端面偏差,适用于中低精度要求的安装;激光对中法测量精度高(可达0.001mm/m)、效率高,能实时显示偏差数据,适用于高精度、大型离心式压缩机安装。实际选择时,根据设备精度要求、安装环境及施工成本综合确定,高精度场景优先选用激光对中法^[3]。(3)对中误差对轴承寿命的影响分析:对中误差会导致转子运行时产生附加径向力和轴向力,使轴承载荷分布不均,局部应力增大。轻微误差会加速轴承磨损,缩短使用寿命;严重误差会引发轴承过热、油膜振荡,甚至导致轴承烧损、转子卡涩,引发设备故障,因此对中误差需严格控制在设计允许范围内。

3.3 管道系统连接与应力控制

(1)进出口管道的柔性设计:管道设计需具备足够柔性,通过设置弯头、波纹管补偿器等,吸收管道热胀冷缩产生的位移,减少对压缩机接口的应力作用。避免管道直线刚性连接,确保管道在热态时能自由伸缩,不约束设备壳体变形。(2)管道支架的布置与安装:支架需均匀布置,承担管道重量和运行载荷,避免管道重量直接作用于设备接口。支架安装应牢固可靠,滑动支架需保证管道滑动顺畅,固定支架需定位精准,防止管道窜动,支架间距根据管道直径、材质及载荷确定,符合规范要求。(3)应力计算与补偿措施:安装前进行管道应力计算,采用专业软件模拟常温、工作温度等工况下的应力分布,确保应力值不超过管道和设备接口的允许应力。对超出允许范围的部位,增设补偿器、调整管道走向或支架位置,通过主动补偿降低应力,保障管道与设备连接安全^[4]。

3.4 润滑与密封系统安装

(1)油路系统的清洁度要求:油路系统安装前需彻底清洗油箱、油管及过滤器,去除杂质、油污和锈蚀。油管焊接采用氩弧焊,避免焊渣残留,安装后进行压力试验和油冲洗,冲洗后的油液清洁度需达到NAS6级标准。注油时选用符合设计要求的润滑油,防止杂质混入,确保油路通畅、润滑可靠。(2)密封件的安装与调试:密封件安装前检查尺寸精度和外观质量,确保无划痕、变形。安装时涂抹专用润滑脂,避免安装过程中损伤密封

面,按设计要求控制密封间隙。调试时检查密封性能,无泄漏、无异常磨损,机械密封需确保动、静环贴合紧密,密封腔压力和温度正常。

3.5 电气与仪表系统安装

(1) 控制系统接线与接地要求:控制系统接线需按图纸规范操作,导线连接牢固、绝缘良好,端子排标识清晰。接地系统采用单点接地方式,接地电阻不超过 4Ω ,避免电磁干扰影响控制信号传输。接线完成后进行绝缘测试和回路检查,确保控制系统运行稳定可靠。(2) 振动、温度等监测传感器的布点原则:传感器布点需覆盖关键受力和易发热部位,振动传感器安装在轴承座、机壳等振动敏感处;温度传感器安装在轴承、电机绕组、润滑油路等温度监测关键点。布点位置需便于信号采集和后期维护,确保监测数据能真实反映设备运行状态,为故障预警提供准确依据。

4 离心式压缩机安装过程中的质量控制与调试

4.1 安装质量检验标准

(1) 行业规范的引用:安装质量检验需严格遵循权威行业规范,API617《石油、化学和气体工业用轴流和离心压缩机》明确了压缩机设计、制造及安装的通用要求,GB/T50275《风机、压缩机、泵安装工程施工及验收规范》则针对安装施工流程、检验方法制定了详细标准,需全程参照规范开展检验,确保安装质量符合行业要求。(2) 关键尺寸公差与形位公差要求:重点控制转子与机壳的径向间隙(公差 $\pm 0.05\text{mm}$)、叶轮与隔板的轴向间隙(公差 $\pm 0.1\text{mm}$),主轴直线度公差不得超过 0.02mm/m ,联轴器端面跳动公差 $\leq 0.02\text{mm}$ 、径向跳动公差 $\leq 0.05\text{mm}$ 。各关键部件的形位公差需通过精密测量仪器核验,超差部位需及时整改,避免影响设备运行精度^[5]。

4.2 无负荷试车与调试

(1) 试车前的检查项目:电气系统需检查接线完整性、绝缘性能及接地可靠性;机械系统重点核查螺栓紧固度、轴承润滑状态、转子转动灵活性,确保无卡涩;仪表系统确认传感器安装到位、显示正常,控制系统信号传输顺畅,同时检查润滑、密封系统无泄漏。(2) 振动、噪声、温度

等参数的监测与调整:试车过程中实时监测轴承座振动速度(有效值 $\leq 4.5\text{mm/s}$)、机体噪声($\leq 85\text{dB}$),轴承温度($\leq 75^\circ\text{C}$)及润滑油温度($\leq 45^\circ\text{C}$)。若出现参数超标,需停机排查,通过调整对中精度、优化润滑参数等措施整改,直至参数稳定在允许范围。

4.3 负荷试车与性能验证

(1) 不同工况下的运行数据记录:逐步提升负荷至额定值,分别记录50%、75%、100%负荷下的进出口压力、流量、轴功率,以及轴承温度、振动等关键数据,同时记录环境温度、大气压力等辅助参数,确保数据全面可追溯。(2) 性能曲线与设计值的对比分析:将实测数据绘制成性能曲线,与设计性能曲线对比,核查流量、压力、效率等核心指标的偏差。若偏差超出允许范围(一般 $\leq 5\%$),需分析原因并调整,如优化叶轮间隙、修正管道阻力等,确保压缩机性能符合设计要求。

结束语

离心式压缩机安装工艺是一项系统且精细的工程,涉及众多环节与关键点。从前期周全的准备,到安装中严格遵循工艺规范,把控机械对中、管道应力等核心要素,再到后期严谨的质量检验与调试,每一步都容不得半点马虎。只有以科学严谨的态度,运用专业技术与精准仪器,才能确保安装质量。未来,随着技术发展,我们需持续优化安装工艺,提升安装水平,为离心式压缩机稳定运行和工业生产高效推进筑牢根基。

参考文献

- [1]杨得忠.解决离心式压缩机的主要故障与预防措施分析[J].中国设备工程,2024,(01):152-154.
- [2]李强,李英,贾武军.浅谈离心式压缩机安装过程中常见问题及改进措施[J].山东化工,2023,52(21):209-211.
- [3]谢俊.离心式压缩机轴瓦磨损处理及日常维护[J].设备管理与维修,2023,(10):60-61.
- [4]张永松,徐旭.MVR蒸汽压缩机的土建安装[J].中国井矿盐,2022,53(01):40-43.
- [5]魏新宇.离心式制冷压缩机安装探讨[J].石油化工建设,2021,43(05):86-90.