

机械安装工程中的调试与试运行技术

张永万

中国水利水电第八工程局有限公司 湖南 长沙 410004

摘要：机械安装工程中，调试与试运行是保障设备平稳运转的关键环节。调试涵盖机械、电气、液压系统，通过参数调整确保设备性能达标。试运行分空载、负载、连续运行三阶段，全面检验设备可靠性。期间需监测振动、噪声、温度等参数，运用数据分析优化性能。同时，制定应急预案，强化人员培训与团队协作，提升调试效率，确保设备安全稳定运行。

关键词：机械安装工程；调试；试运行技术

引言：在现代化工业生产中，机械安装工程的质量直接关乎生产线的效率与安全。调试与试运行作为机械安装工程的核心收尾阶段，不仅是检验设备性能、排除潜在故障的关键流程，更是确保设备稳定运行、达成设计产能的重要保障。本文将系统阐述调试与试运行技术的内涵、流程、关键指标及常见问题解决策略，并探讨标准化、智能化等优化方向，为提升机械安装工程质量提供理论支持与实践指导。

1 机械安装工程调试技术基础

1.1 调试技术的定义与分类

调试技术是机械安装工程收尾阶段的核心技术，指通过专业手段检测设备性能、调整运行参数，确保设备达到设计标准与使用要求的过程。（1）机械调试：聚焦设备机械结构，如轴承间隙调整、传动部件啮合精度校准、运动轨迹校验等，保障机械系统运转平稳。（2）电气调试：针对电气控制系统，包括线路通断检测、电机绝缘性能测试、PLC程序逻辑验证等，确保电气回路安全可靠。（3）液压调试：围绕液压系统展开，如液压油位检查、油压压力调节、液压缸动作协调性测试等，保证液压传动精准高效。

1.2 调试前的准备工作

（1）设备检查与验收标准：依据设计图纸与行业规范，检查设备外观有无损伤、零部件安装位置是否精准、连接部位紧固度是否达标；核对设备型号、规格与技术参数，确保与设计要求一致，不合格项需及时整改并复检。（2）调试工具与仪器选用：根据调试需求匹配专业工具，如用振动分析仪检测设备运行振动值、温度传感器监测关键部件温升、万用表校验电气回路电压电流、液压压力表测量液压系统压力，所有仪器需提前校准，保证数据准确性。

1.3 调试流程设计

（1）单机调试→联动调试→系统调试的递进关系：单机调试先对单台设备独立测试，排除单体故障；联动调试将关联设备组合，检验协同运行能力；系统调试覆盖整体工程，验证全系统是否满足生产需求，三者循序渐进，不可跨越。（2）调试参数设定与数据记录规范：参数设定需依据设备说明书与工艺要求，明确转速、压力、温度等关键参数的标准范围；数据记录采用统一表格，记录调试时间、参数值、异常情况及处理措施，确保数据真实、完整、可追溯，为后续故障排查与设备维护提供依据^[1]。

2 机械安装工程试运行技术

2.1 试运行的目的与阶段划分

试运行是验证机械系统安装质量、性能稳定性及是否符合生产需求的关键环节，核心目的是提前发现设备潜在故障、优化运行参数，为正式投产奠定基础。（1）空载试运行：不加载生产物料，仅驱动设备空转，重点检查各部件运转灵活性、电气控制系统响应速度及润滑系统供油情况，运行时长通常不少于2小时。（2）负载试运行：按设计要求逐步加载额定负荷的30%、50%、80%、100%，分阶段测试设备在不同负荷下的运行状态，验证承载能力与参数稳定性，每个负荷等级运行1-2小时。（3）连续运行试验：以额定负荷连续运行24-72小时，模拟实际生产工况，全面检验设备长期运行的可靠性、耐久性 & 系统协调性，期间需持续监测关键参数。

2.2 试运行关键技术指标

（1）振动、噪声、温度、压力等参数的监测标准：振动需依据设备类型，如旋转机械轴承振动位移不超过0.05mm；噪声控制在85dB（A）以下（车间环境）；轴承温度不高于70℃，电机定子温度不超过120℃；液压系统压力波动范围需在额定值的±5%内，超差需及时调整。（2）性能曲线分析与效率评估方法：绘制负荷-转速、

负荷-能耗等性能曲线,对比设计曲线判断设备性能是否达标;效率评估通过计算实际产出量与理论产出量的比值、能耗与产能的比率,结合行业标准判定设备运行效率,效率低于设计值90%需排查原因^[2]。

2.3 试运行中的安全控制

(1) 风险识别与应急预案:提前识别机械卡阻、电气短路、液压泄漏等风险,针对每种风险制定应急预案,如配备灭火器材应对电气火灾,准备备用液压油应对油液泄漏,明确应急响应流程与责任人。(2) 人员防护与操作规范:操作人员需佩戴安全帽、防护手套、护目镜等防护装备,严禁违章操作;严格遵循“先检查、后启动,先空载、后负载”的操作流程,设备运行中禁止触碰旋转部件,发现异常立即按下急停按钮,确保试运行安全可控。

3 机械安装工程调试与试运行中的常见问题及解决策略

3.1 机械系统问题

(1) 轴承过热:故障原因包括润滑油脂选型错误(如高温环境用低温油脂)、填充量不当(过多导致搅拌发热,过少导致润滑不足)、安装时轴承内圈与轴颈配合过紧或外圈与轴承座配合过松。诊断时用红外测温仪监测轴承温度,若超过额定值(通常滚动轴承 $\leq 70^{\circ}\text{C}$),结合拆解检查润滑与安装状态。解决策略为更换适配的高温或长效润滑脂,控制填充量为轴承内部空间的1/3-1/2,重新研磨轴颈与轴承座配合面,确保过盈量符合设计标准。(2) 传动部件卡滞:齿轮传动卡滞多因齿面磨损、啮合间隙过小或有金属碎屑嵌入;链条传动卡滞常源于链条张紧度不足、链轮齿形磨损。诊断时停机检查传动部件外观,转动轴体感受阻力。解决策略为打磨修复轻微磨损的齿面,调整齿轮啮合间隙至0.15-0.3mm(根据模数确定),清除碎屑;重新张紧链条,更换严重磨损的链轮与链条。

3.2 电气系统问题

(1) 电机启动失败:若电机无响应,可能是电源缺相、断路器跳闸或接线端子松动;若电机嗡嗡作响但不转动,多为启动电容损坏(单相电机)或转子卡死。诊断时用万用表检测电源三相电压(正常 $380\text{V}\pm 5\%$),检查断路器状态,手动转动电机轴体。解决策略为排查电源线路,恢复缺相问题,复位断路器并紧固接线端子;更换损坏的启动电容,拆解电机清除转子卡滞异物^[3]。(2) 控制回路故障:常见于按钮开关接触不良、中间继电器线圈烧毁或PLC输入模块故障,表现为设备无法按指令动作。诊断时用万用表通断档检测按钮开关,测量继

电器线圈电压(正常220V或380V),通过PLC编程软件查看输入信号状态。解决策略为更换接触不良的按钮开关与烧毁的继电器,修复或更换故障的PLC输入模块,重新调试控制回路逻辑。

3.3 液压与气动系统问题

(1) 泄漏:液压系统泄漏多在油管接头、密封圈处,因接头松动、密封圈老化或安装时划伤导致;气动系统泄漏常发生在气管接口、电磁阀阀芯,源于接口密封件损坏或阀芯磨损。诊断时用肥皂水涂抹疑似泄漏点,观察是否产生气泡。解决策略为重新紧固液压油管接头,更换老化的密封圈,修复划伤的密封面;更换气动接口密封件与磨损的电磁阀阀芯,确保接口密封严实。(2) 压力不稳定:液压系统压力波动多因溢流阀阀芯卡滞、液压油污染或油泵输出压力不足;气动系统压力不稳定常源于空压机压力调节不当、减压阀故障或气源处理元件堵塞。诊断时用压力表持续监测系统压力,检查液压油清洁度,观察空压机压力开关动作情况。解决策略为拆解清洗溢流阀阀芯,更换污染的液压油并清洗油箱,维修或更换故障油泵;重新设定空压机压力(通常0.6-0.8MPa),更换损坏的减压阀,清理气源处理元件中的杂质。

3.4 自动化控制系统问题

(1) PLC程序调试:常见问题有程序逻辑错误(如顺序控制步骤混乱)、定时器参数设置不当(导致动作延时过长或过短)、指令冲突(如同一输出端被多个指令控制),表现为设备动作顺序错乱或无动作。诊断时通过PLC编程软件在线监控程序运行,查看各指令执行状态与变量值。解决策略为梳理控制逻辑,修正错误的顺序步骤,调整定时器参数(如将延时时间从5s改为10s,匹配设备动作节奏),删除冲突指令,确保同一输出端仅受单一指令控制,调试后进行20-30次循环测试验证稳定性。(2) 传感器校准:位移传感器(如光栅尺)校准偏差会导致定位不准,温度传感器校准失效会造成温度测量误差过大。诊断时用标准量具(如千分尺)对比位移传感器测量值,用标准温度源(如恒温槽)检测温度传感器读数。解决策略为通过传感器校准软件调整位移传感器零点与量程,确保测量误差 $\leq 0.01\text{mm}$;对温度传感器进行多点校准(如 0°C 、 50°C 、 100°C),修正误差值,校准后进行10次以上重复测量,确保误差在允许范围(通常 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$)内。

4 机械安装工程中的调试与试运行的优化策略

4.1 标准化与规范化建设

制定企业级调试操作规程(SOP)是优化调试与试运

行流程的核心基础,需覆盖全流程关键环节。SOP内容应明确设备分类调试标准,如针对旋转机械、液压设备分别制定专属调试流程,规定各阶段操作步骤(如单机调试需先检查接线、再测试空载运行);明确参数判定基准,统一振动、温度、压力等关键指标的合格范围(如电机轴承温度 $\leq 70^{\circ}\text{C}$ 、液压系统压力波动 $\pm 5\%$),避免因人员主观判断导致标准不一;同时纳入安全操作细则,如调试前需断电验电、高空作业需系安全带等,并配套图文说明与操作视频,确保新老员工均能快速掌握。此外,SOP需定期修订,结合项目反馈与行业新技术(如智能化调试工具应用)更新内容,保证其实效性与实用性,减少因操作不规范引发的调试失误与安全隐患。

4.2 智能化调试技术应用

(1) 基于物联网的远程监测与故障预警:通过在设备关键部位(如轴承、电机、液压阀组)安装振动传感器、温度传感器、压力传感器,将实时运行数据通过物联网传输至云端监控平台。平台可自动分析数据趋势,当参数超出阈值(如振动值突然升高20%)时,立即触发短信、APP告警,通知工程师及时排查;同时支持远程查看设备运行状态,无需现场值守即可掌握调试与试运行情况,尤其适用于大型、分散式设备集群,大幅提升监测效率,降低人工成本,提前规避故障扩大风险。(2) 大数据分析在调试参数优化中的应用:收集历史调试项目数据(如不同设备型号、工况下的最优参数、故障案例),构建大数据分析模型。通过模型挖掘参数间的关联规律,如分析负载与能耗的关系,找到兼顾性能与节能的最佳负载区间;针对新设备调试,模型可基于相似设备数据给出初始参数建议(如某型风机调试初始转速设定参考值),减少试错次数。同时,结合试运行中的实时数据,模型可动态优化参数,如通过分析连续运行中温度变化与效率的关系,调整冷却系统参数,提升设备运行效率(如将能耗降低5%-8%),实现调试参数从“经验设定”向“数据驱动”转变^[4]。

4.3 人员培训与团队协作

(1) 调试工程师技能要求与培训体系设计:调试工程师需具备机械结构、电气控制、液压气动、自动化系统等多领域知识,同时掌握智能化工具(如物联网监控平台、PLC编程软件)操作技能。培训体系需分阶段

实施:基础培训聚焦理论知识(如设备原理、行业标准),通过课堂授课与线上课程完成;实操培训采用“师徒带教+模拟实训”模式,在仿真实验室模拟常见故障(如电机启动失败、液压泄漏),让工程师练习诊断与解决;进阶培训围绕新技术开展,定期组织智能化调试工具、大数据分析软件专项培训,并通过考核(理论+实操)认证技能等级,确保工程师能力匹配技术发展需求。(2) 多部门协同调试机制:建立机械、电气、自动化团队协同工作机制,明确各部门职责与沟通流程。调试前召开协同会议,共同审核调试方案,如机械团队确认设备安装精度、电气团队核查线路连接、自动化团队校验PLC程序,避免因信息脱节导致问题遗漏;调试过程中设立联合办公小组,共享实时数据(如机械团队发现振动异常,及时同步电气团队检查电机接线),通过微信群、协同软件实时沟通,快速解决跨领域问题;试运行阶段组织联合验收,各团队从专业角度评估设备性能(如机械团队检查传动稳定性、自动化团队验证控制精度),确保设备全面达标,提升调试与试运行整体效率,缩短项目周期。

结束语

机械安装工程中的调试与试运行技术,是保障设备高效、稳定运行的基石。通过科学系统的调试流程与严谨全面的试运行检验,我们能够有效排除设备隐患,优化运行参数。面对未来工业发展的新需求,我们需持续深化技术创新,推动调试与试运行技术向智能化、标准化迈进,以更精准的技术手段、更高效的协作模式,为工业生产的安全与高效保驾护航,助力制造业迈向更高质量的发展阶段。

参考文献

- [1]李勇.工程机械中机电设备安装与调试工作存在的技术问题研究[J].中国设备工程,2024,(14):118-120.
- [2]解国庆.建筑机械设备安装工程中机电设备安装调试[J].石材,2022,(10):82-83.
- [3]林克任.试论工程机械中机电设备安装及调试技术[J].工程设计与设计,2022,(10):110-112.
- [4]王宏洲.工程机械中机电设备安装与调试常见的技术问题[J].中国新技术新产品,2020,(15):88-89.