

煤矿机电设备安装及设备调试技术研究

王振芳

山西晋煤集团赵庄煤业有限责任公司 山西 长治 046000

摘要：煤矿机电设备安装与调试技术是保障煤矿安全生产、提升生产效率的核心环节。安装阶段需严格把控设备选型、参数匹配及环境评估，确保基础施工质量、安装精度及连接可靠性；调试阶段需进行空载、负载及联合调试，运用智能化监测手段实时采集运行数据，构建故障预测模型。通过严控材料质量、优化管线布局、强化人员培训及落实技术标准，可显著提升设备运行稳定性，推动煤矿产业安全高效发展。

关键词：煤矿机电设备；安装；设备调试技术

引言：煤矿机电设备作为煤炭开采的核心装备，其安装与调试质量直接影响矿井生产效率、安全水平及运营成本。随着煤矿智能化、大型化发展趋势，设备结构日益复杂，安装精度要求更高，调试过程需兼顾机械、液压、电气等多系统协同。传统安装调试方法存在效率低、精度差、故障响应滞后等问题，难以满足现代化矿井需求。因此，研究高精度安装技术、智能化调试手段及全流程风险防控体系，对提升煤矿机电设备可靠性、保障安全生产具有重要意义。

1 煤矿机电设备安装关键技术研究

1.1 安装前准备与规划

(1) 设备选型与参数匹配：需结合煤矿开采规模、煤层赋存条件确定设备型号，例如薄煤层开采优先选择机身高度 $\leq 1.2\text{m}$ 的采煤机；同时验证参数兼容性，如刮板输送机的输送量需与采煤机截割能力匹配（误差控制在 $\pm 5\%$ 以内），提升机的额定牵引力需满足矿井最大提升重量的1.2倍安全系数，避免“大机小用”或“小机大用”导致设备损耗加剧。(2) 安装环境评估：地质方面重点检测安装区域岩层稳定性，采用地质雷达探测断层、裂隙发育情况，若岩移系数 > 0.3 需提前加固；空间上测量巷道断面尺寸，确保设备安装后保留 $\geq 0.8\text{m}$ 的行人通道；通风评估需计算安装区域需风量，保证局部通风机供风能力 $\geq 200\text{m}^3/\text{min}$ ，且出风口距迎头 $\leq 5\text{m}$ ，防止瓦斯积聚。

1.2 典型设备安装流程

(1) 核心设备安装步骤：采煤机安装先固定行走轨道，轨道直线度偏差 $\leq 3\text{mm/m}$ ，再吊装机身并校准滚筒中心距（误差 $\pm 2\text{mm}$ ）；刮板输送机安装需逐段对接中部槽，相邻中部槽接口错边量 $\leq 1\text{mm}$ ，且链条张紧度以垂度 $10\text{--}15\text{mm}$ 为宜；提升机安装先浇筑混凝土基础（强度等级 $\geq \text{C30}$ ），再安装主轴装置，其水平度偏差 $\leq 0.1\text{mm/m}$ 。

(2) 电气与液压协同安装：电气系统需先敷设电缆（保护层绝缘电阻 $\geq 10\text{M}\Omega$ ），再连接控制柜，确保各传感器信号传输延迟 $\leq 50\text{ms}$ ；液压系统安装时，油管焊接需采用氩弧焊（焊缝探伤合格率100%），并按“先主回路后辅助回路”顺序连接，注油前需对油箱进行真空干燥（含水量 $\leq 0.005\%$ ），避免油液污染^[1]。

1.3 安装精度控制技术

(1) 基础施工与设备定位：基础施工采用全站仪放样（点位误差 $\leq 2\text{mm}$ ），预埋螺栓中心线偏差 $\leq 1\text{mm}$ ，混凝土浇筑时采用振捣棒分层振捣（振捣时间20-30s/层），养护期 $\geq 28\text{d}$ ；设备定位使用激光准直仪（直线度精度 $\pm 0.05\text{mm/m}$ ），配合百分表校准设备水平度，确保关键部件安装偏差符合GB50215-2018《煤炭工业矿井设计规范》要求。(2) 螺栓紧固与连接件保障：根据螺栓规格选用扭矩扳手（精度 $\pm 3\%$ ），如M30高强度螺栓紧固力矩需达到 $800\text{--}850\text{N}\cdot\text{m}$ ，紧固后采用扭矩复紧法验证（复紧力矩偏差 $\leq 5\%$ ）；连接件安装前需清除表面锈迹（除锈等级Sa2.5级），并涂抹防锈油脂，对关键连接件（如采煤机截割部轴承）采用加热装配（加热温度80-120°C），确保过盈配合间隙符合设计值。

1.4 安装过程中的安全风险防控

(1) 高空与电气作业规范：高空作业（高度 $\geq 2\text{m}$ ）需搭设脚手架（立杆间距 $\leq 1.5\text{m}$ ），作业人员系双钩安全带（静拉力 $\geq 22\text{kN}$ ），且下方设置安全警戒区；电气作业前需断开上级电源并挂“有人工作，禁止合闸”标识，使用绝缘工具（绝缘电阻 $\geq 100\text{M}\Omega$ ），潮湿环境作业需铺设绝缘垫，防止触电事故。(2) 危险源识别与应急预案：采用JSA（作业安全分析）法识别危险源，如吊装作业中设备失稳、瓦斯超限等，针对高风险项制定专项预案；配备瓦斯检测仪（检测精度 $\pm 0.1\%\text{CH}_4$ ）、灭火器（干粉型，灭火级别 $\geq 3\text{A}$ ）等应急设备，每月开展1

次应急演练，演练内容包括设备吊装失控处置、瓦斯泄漏封堵等，确保应急响应时间 $\leq 5\text{min}$ ^[2]。

2 煤矿机电设备调试技术研究

2.1 调试前检查与准备

(1) 机械部件润滑与电气线路绝缘检测：机械部件需按设备手册加注对应型号润滑剂，如采煤机截割部轴承加注极压锂基润滑脂（填充量为轴承内部空间的1/3-1/2），刮板输送机链条涂抹固体润滑剂；电气线路采用500V兆欧表检测绝缘电阻，动力电缆绝缘电阻 $\geq 10\text{M}\Omega$ ，控制电缆 $\geq 5\text{M}\Omega$ ，若绝缘值不达标需重新敷设或做绝缘修复处理。(2) 调试工具与仪表的选用：选用精度等级0.5级的数字万用表检测电路电压、电流；使用便携式振动分析仪（频率范围1-1000Hz）监测机械振动；液压系统调试需配备精密压力表（精度0.4级）和流量计（误差 $\pm 1\%$ ），确保检测数据准确可靠。

2.2 分系统调试方法

(1) 机械传动系统调试：启动设备后，用振动分析仪检测轴承、齿轮等关键部位振动值（ $\leq 4.5\text{mm/s}$ ），通过噪声检测仪（量程30-130dB）监测运行噪声（ $\leq 85\text{dB}$ ）；若振动或噪声超标，需检查齿轮啮合间隙（0.15-0.25mm）或轴承游隙，调整至设计范围。(2) 液压系统压力与流量调试：逐步调节溢流阀，使系统压力达到额定值（如采煤机调高系统额定压力31.5MPa），保压10min压力降 $\leq 0.5\text{MPa}$ ；通过流量计检测各回路流量，确保与设计值偏差 $\leq 5\%$ ，若流量异常需清洗液压阀或更换滤芯。(3) 电气控制系统逻辑验证：采用PLC编程软件模拟输入信号，验证执行机构动作逻辑（如刮板输送机启动前预警、急停按钮触发后立即停机）；使用校准仪校准温度、压力传感器（误差 $\pm 2\%$ ），确保信号传输准确，避免误触发保护机制^[3]。

2.3 联合调试与运行测试

(1) 多设备联动调试策略：按生产流程顺序启动设备（如先启动转载机、再启动刮板输送机、最后启动采煤机），测试设备间连锁控制功能；模拟故障场景（如刮板输送机断链），验证关联设备是否及时停机，确保联动逻辑可靠。(2) 负载试验与性能参数优化：在设备额定负载70%、100%、120%工况下分别运行30min，监测电机电流（不超过额定电流1.1倍）、轴承温度（ $\leq 75^\circ\text{C}$ ）；根据试验数据优化参数，如调整提升机制动闸瓦间隙（0.5-1mm），提升设备运行稳定性。

2.4 调试数据记录与分析

(1) 数据采集方法：采用数据采集仪实时采集振动频谱（采样频率10kHz）、温度场（采样间隔1min）、

电压电流等数据，存储至数据库；对关键参数（如液压系统压力、电机温度）进行连续记录，形成完整数据曲线。(2) 故障预测模型构建：基于大数据平台，整合历史调试数据与故障案例，采用神经网络算法构建故障预测模型；通过分析振动频谱特征（如齿轮故障特征频率）、温度变化趋势，提前识别潜在故障（如轴承磨损），预测故障发生时间，为设备维护提供依据。

3 煤矿机电设备安装调试常见问题与解决方案

3.1 安装阶段典型问题

(1) 基础沉降导致设备偏移的修正技术：先采用全站仪检测设备偏移量（若水平偏移 $> 3\text{mm/m}$ 需修正），对轻微沉降区域，通过千斤顶顶起设备（顶起高度 $\leq 5\text{mm/次}$ ），在基础底部填充高强度灌浆料（强度等级 $\geq \text{C40}$ ），养护7d后复测；沉降严重时，拆除设备并重新浇筑混凝土基础（增设钢筋网片，配筋率0.8%），基础顶面设置预埋调平螺栓，便于后期微调。(2) 管道对接误差与密封处理：当管道对接同轴度误差 $> 2\text{mm/m}$ 时，采用管道校正器逐步调整（每次调整量 $\leq 1\text{mm}$ ），避免强制对接；密封处理优先选用金属缠绕垫片（适用压力 $\leq 40\text{MPa}$ ），安装时确保垫片居中，螺栓按对角顺序紧固（力矩偏差 $\leq 5\%$ ）；若出现渗漏，可拆卸管道重新清理密封面（粗糙度 $\text{Ra} \leq 1.6\mu\text{m}$ ），涂抹密封胶（耐油型）后复装，保压测试30min无渗漏即为合格。

3.2 调试阶段常见故障

(1) 电气系统接地故障诊断：使用接地电阻测试仪（精度 $\pm 2\%$ ）检测接地电阻（要求 $\leq 4\Omega$ ），若电阻超标，排查接地极腐蚀情况（腐蚀深度 $> 3\text{mm}$ 需更换）；采用分段排除法定位故障点，断开分支线路后逐段测量，找到接地故障线路后，检查电缆绝缘层（破损处需用热缩管修复），修复后复测接地电阻直至达标。(2) 液压系统泄漏与压力不稳定处理：泄漏故障先检查接头密封（更换老化密封圈），法兰连接面采用密封胶密封；压力不稳定时，先清洗溢流阀阀芯（去除杂质），检查油泵出油量（与设计值偏差 $> 10\%$ 需检修油泵）；若压力波动幅度 $> 1\text{MPa}$ ，加装蓄能器（容积根据系统流量确定），调试后保压1h，压力波动控制在 $\pm 0.3\text{MPa}$ 以内。

3.3 技术优化建议

(1) 模块化安装工艺改进：将设备拆解为标准化模块（如采煤机分为截割模块、行走模块），工厂预制模块并预装管路、线路，现场采用螺栓快速连接；模块接口设置定位销（同轴度误差 $\leq 0.5\text{mm}$ ），减少现场安装调整时间，安装效率可提升30%以上。(2) 调试流程标准化与数字化：制定《煤矿机电设备调试作业指

导书》，明确各环节检测项目、标准值及操作步骤；搭建数字化调试平台，实时上传检测数据（如振动、压力），自动生成调试报告；引入AR技术辅助调试，通过虚拟标注显示设备内部结构，指导人员快速定位故障点，调试准确率提升25%。

4 煤矿机电设备调试技术创新应用

4.1 智能化调试技术应用

(1) 基于物联网的设备状态实时监测：在设备关键部位（如电机轴承、液压阀组）安装物联网传感器（温度、振动、压力型），通过LoRa无线通信技术（传输距离 $\geq 2\text{km}$ ）将数据上传至云端平台；平台实时显示设备运行参数（如轴承温度 $\leq 75^\circ\text{C}$ 、振动值 $\leq 4.5\text{mm/s}$ ），当参数超阈值时自动触发预警（短信+平台弹窗），实现调试过程“全天候、无死角”监测，异常响应时间缩短至1min内。(2) AI算法在故障诊断中的实践：构建故障诊断AI模型，输入历史调试数据（含5000+故障案例）训练模型；调试时，模型通过分析振动频谱、电流波形等数据（识别准确率 $\geq 92\%$ ），快速定位故障类型（如电机匝间短路、液压阀卡滞）；针对复杂故障，结合知识图谱生成维修方案，故障排查时间较传统方法减少60%。

4.2 绿色调试技术发展

(1) 节能调试模式与余能回收系统：采用“分阶段加载”节能调试模式，设备启动时先以50%额定负载运行15min，再逐步升至100%负载，避免启动冲击导致的能耗浪费（节能率约18%）；在调试系统中加装液压余能回收装置（回收率 $\geq 70\%$ ），将设备制动、降压过程中产生的余能转化为电能，供调试辅助设备（如照明、检测仪表）使用，降低外接电能消耗。(2) 环保型润滑材料的应用：替代传统矿物基润滑剂，选用生物降解型润滑脂（生物降解率 $\geq 90\%$ ）用于采煤机、刮板输送机轴承调试；采用水基液压油（闪点 $\geq 180^\circ\text{C}$ ）替代矿物液压油，减少调试过程中油液泄漏对土壤、水体的污染；同时，润滑材料使用寿命延长50%，降低更换频次与废弃物

产生量^[4]。

4.3 远程调试与无人化操作趋势

(1) 5G技术对调试效率的提升：依托5G低延迟（ $\leq 10\text{ms}$ ）、大带宽特性，实现调试数据“实时传输+远程控制”；技术人员可在地面控制中心，通过高清视频（4K分辨率）观察井下设备状态，远程操作调试面板（如调整液压系统压力、设定PLC参数）；跨区域设备调试无需现场驻点，调试周期缩短30%，人力成本降低40%。

(2) 数字孪生技术在调试模拟中的应用：构建设备数字孪生模型（几何精度与实物偏差 $\leq 0.1\text{mm}$ ），在虚拟环境中模拟调试过程（如负载试验、故障场景）；通过模拟提前发现安装偏差（如管道对接误差），优化调试方案（如调整螺栓紧固顺序）；虚拟调试通过后再开展实物调试，避免反复拆装导致的设备损耗，调试成功率提升至98%以上。

结束语

煤矿机电设备安装与调试技术的优化，是推动煤矿产业现代化、保障安全生产的关键。通过精准选型匹配、严格环境评估、标准化安装流程及智能化调试手段，可显著提升设备运行稳定性与效率。未来，随着物联网、AI算法及数字孪生技术的深入应用，安装调试将向远程化、无人化、绿色化方向发展。持续完善技术标准体系、强化人员培训、融合创新技术，将为煤矿机电设备全生命周期管理提供坚实支撑，助力行业高质量发展。

参考文献

- [1] 冯聪.煤矿综采工作面机电设备安装撤除技术研究[J].内蒙古煤炭经济,2024,(04):46-48.
- [2] 马祥超.煤矿机电设备安装质量控制策略探析[J].机电产品开发与创新,2024,37(2):183-185.
- [3] 闫伟.煤矿机电设备安装注意事项与质量控制分析[J].矿业装备,2022,21(3):214-215.
- [4] 张磊.煤矿机电设备安装要点与安装质量控制[J].中国石油和化工标准与质量,2022,42(2):34-36.