

# 井下煤矿机电设备安装常见技术问题及改善办法

郑 博

平煤神马建工集团有限公司 河南平顶山 467000

**摘 要：**井下煤矿机电设备安装面临复杂的地质条件和恶劣的作业环境，技术问题频发制约着矿井安全生产。设备运输受限于狭窄巷道空间，大型部件难以整体下放；潮湿多尘环境加速电气元件老化，安装精度难以保持；动态地质压力导致设备基础变形，影响长期运行稳定性。这些特殊工况对机电安装技术提出了更高要求。基于此，以下对井下煤矿机电设备安装常见技术问题及改善办法进行了探讨，以供参考。

**关键词：**井下煤矿机电设备安装；常见技术问题；改善办法

## 引言

随着智能化矿山建设推进，现代机电设备安装面临新的技术挑战。防爆设备接线工艺要求更为严格，智能传感器网络部署需考虑井下电磁干扰，自动化控制系统安装必须保证各子系统无缝衔接。传统安装方法已难以满足高可靠性需求，亟需系统性技术改进以保障设备投运后的长效稳定运行。

## 一、井下煤矿机电设备安装的特点

### （一）特殊环境下的安装作业挑战

井下煤矿机电设备安装面临极其严苛的作业环境，这种特殊性对安装工艺提出了独特要求。狭窄的巷道空间严重制约大型设备的运输与就位，必须采用分体拆解再组装的特殊工艺，这要求安装团队具备精准的尺寸把控能力。高湿度环境加速金属部件锈蚀，安装过程中需对关键连接部位进行三重防腐处理，包括表面喷砂除锈、镀层保护和密封胶填充。粉尘浓度超标对电气设备构成严重威胁，防爆接线盒的安装必须确保隔爆面光洁度达到Ra0.8以上，并采用特殊密封材料实现气密性保护。受限的作业空间导致常规吊装设备无法展开，需要研发专用微型起重装置，其结构设计必须兼顾承载能力和防爆要求。动态变化的矿山压力使设备基础存在持续变形风险，安装时必须设置可调节的应力补偿机构，这种特殊结构需要定期进行二次紧固。照明条件不足影响安装精度控制，必须配备本质安全型照明系统，同时采用激光定位等先进测量技术。通风系统的限制还要求安装作业必须分时段进行，与生产系统的协调配合成为安装组织的重要课题。

### （二）安全标准与工艺的特殊性

煤矿机电设备安装必须遵循远高于地面工程的安全标准体系，这种特殊性体现在各个环节。防爆设备的安装需要严格控制隔爆间隙，其精度要求达到微米级，必须使用专用量具进行多点检测。本安电路的布线必须与非本安系统保持严格的物理隔离，采用金属屏蔽管进行双重防护，这种特殊工艺需要经过专业认证的技术人员操作。接地系统的安装标准更为严苛，要求接地电阻值控制在 $1\Omega$ 以下，这需要采用深井接地极与化学降阻剂相结合的特殊工艺。电缆敷设必须考虑机械防护和防火要求，采用镀锌钢制桥架并保持连续电气贯通，转弯处需设置防摩擦衬垫。设备固定必须使用防松脱的特殊紧固件，其预紧力矩需要定期复检以确保可靠性。液压系统的安装需要额外的防泄漏措施，所有接头处必须设置二次密封结构。监测系统的安装位置选择更为严格，瓦斯传感器必须设置在气流交汇的关键点，其校准周期缩短至常规工业环境的一半。这些特殊要求使得煤矿安装作业的工时消耗比地面工程高出30%以上，对施工团队的专业素质提出了更高标准。

### （三）系统协调与智能化的新要求

现代煤矿机电安装呈现出系统集成度不断提高的新特点，这对安装管理提出了全新挑战。采煤机、输送机、液压支架等设备需要实现毫米级的协同定位，安装基准网的建立精度要求达到施工测量最高等级。智能感知系统的加入使安装内容更加复杂，各类传感器、摄像仪的布置需要考虑信号传输、供电、防护等多重因素。设备间的通信互联要求线缆敷设必须遵循严格的EMC标准，重要信号线需采用双绞屏蔽结构并做好端接处理。远程

控制系统安装需要设置多重冗余通道，主备线路必须采取不同的物理路径。智能巡检机器人的部署对安装环境提出特殊要求，包括轨道平整度、充电桩位置等细节都需要专门设计。数字孪生技术的应用要求安装过程必须完整记录设备空间坐标、技术参数等基础数据。5G网络设备的井下安装需要特别注意防爆改造，其天线布置必须避开主要设备运行区域。这些新要求使得传统安装工艺必须进行系统性升级，施工人员需要同时掌握机械安装、电气调试、网络配置等跨专业知识，安装方案的设计也从单一设备转向整个生产系统的集成优化。

## 二、井下煤矿机电设备安装原则

### （一）安全性与可靠性优先原则

井下煤矿机电设备安装必须将安全性和可靠性作为首要指导原则，这是由煤矿特殊作业环境决定的根本要求。在设备选型阶段就应优先考虑具有煤安认证的专用设备，其防爆性能、防护等级必须满足AQ标准体系的严格要求。安装工艺设计需要建立多重安全屏障，包括机械防护、电气隔离、应急断电等多层次保护措施。防爆设备的隔爆面处理必须采用精密加工工艺，确保接合面粗糙度、间隙宽度等关键参数完全符合GB3836标准规定。本安系统与非本安系统的隔离距离要留有足够安全余量，在空间受限时需增设金属屏蔽隔离舱。电缆敷设路径必须避开潜在危险区域，通过采空区时要设置可沉降的弹性支架。设备接地系统要形成完整的等电位连接网络，重要设备需设置独立的双回路接地极。紧固件要采用防松脱结构并标注初始紧固扭矩值，在运行后定期复检。

### （二）系统协调与整体优化原则

现代煤矿机电设备安装必须坚持系统化思维，将各子系统作为有机整体进行统筹规划。在安装前要进行全面的三维模拟预装配，通过BIM技术检查设备间的空间干涉问题，优化管线综合布局。机械系统安装要建立统一的基准坐标系，确保采煤机、刮板输送机、液压支架等设备的工作面配合精度控制在 $\pm 5\text{mm}$ 范围内。电气系统安装要考虑电磁兼容性，强弱电线路必须分层布置并保持最小300mm间距，交叉处采用正交走向。智能化系统安装要预留足够的扩展空间，传感器布置点位要兼顾监测覆盖面和信号传输质量。通风系统与机电设备的安装要协调进行，确保散热风机的位置不影响设备检修通道。给排水系统安装要考虑与电气设备的防水隔离，水泵控制柜要设置在高位干燥区域。通信系统的线缆敷设要避开强电磁干扰源，重要信号传输要采用光纤与电缆

双通道冗余设计。

### （三）工艺标准化与过程可控原则

井下机电设备安装必须建立完善的标准化作业体系，实现全过程精细化管理。要编制详细的安装工艺卡，对每道工序的技术要求、操作要点、验收标准进行明确规定。关键工序如防爆接线要制作标准化作业示范视频，规范剥线长度、端子压接、绝缘处理等细节操作。建立材料管理制度，对入场的每一件设备、零部件进行唯一性标识和状态追踪。安装过程要实施“三检制”，即自检、互检和专检相结合的质量控制流程。运用信息化手段进行过程监控，通过移动终端实时记录安装参数并上传至管理平台。特殊环境作业要制定专项控制方案，如在高瓦斯区域安装时要配置便携式检测仪全程监测。建立可追溯的责任体系，每道工序的完成情况都要有操作人员和质检人员的双签字确认。安装数据要进行系统性分析，运用统计方法识别质量波动趋势，及时调整工艺参数。要建立持续改进机制，定期收集现场问题反馈并优化作业标准。

## 三、井下煤矿机电设备安装常见技术问题

### （一）井下煤矿机电设备安装基础技术问题及分析

井下煤矿机电设备安装的基础技术问题直接影响设备的长期稳定运行。由于井下地质条件复杂，设备基础易受矿山压力影响产生不均匀沉降，导致设备机座变形、主轴对中偏差增大。潮湿环境加速基础混凝土的碳化腐蚀，降低基础结构的承载能力。基础预埋件定位偏差会导致设备安装位置偏移，影响后续设备间的联动配合。基础减震措施不足会使设备运行时振动加剧，缩短机械部件的使用寿命。基础排水系统设计缺陷会造成积水浸泡设备底座，诱发电气短路风险。这些基础问题若未妥善解决，将导致设备运行精度下降、振动噪声超标，严重时可能引发设备非计划停机，威胁矿井连续生产。基础性缺陷的后期整改往往需要停产施工，造成巨大的经济损失。

### （二）电气连接与布线相关技术问题探究

电气系统的安装质量直接关系到煤矿安全生产。防爆接线盒密封不良会导致可燃气体渗入，存在爆炸隐患。电缆接头制作工艺不规范容易产生局部放电，加速绝缘老化。本安电路与非本安电路的混敷设可能引发信号干扰，导致控制系统误动作。电缆桥架安装未考虑机械防护，受设备振动摩擦可能造成绝缘层破损。接地系统电阻超标会使漏电流无法有效释放，增加人员触电风险。

电气设备散热空间不足会导致温升超标，缩短电子元件寿命。布线路径未预留检修通道，增加后期维护难度。这些问题轻则导致设备频繁故障，重则可能引发矿井电气火灾或瓦斯爆炸事故。电气缺陷的隐蔽性强，往往在系统投运后才逐渐显现，整改时需大面积停工，严重影响生产计划执行。

### （三）设备调试与运行初期技术问题解析

调试阶段的技术问题直接暴露安装质量的系统性缺陷。液压系统管路清洗不彻底会导致阀芯卡滞，影响执行机构动作精度。润滑系统油路连接错误可能引发轴承缺油烧损。传感器标定偏差会使监测数据失真，误导设备控制决策。设备连锁逻辑未充分验证可能导致保护功能失效，无法及时阻断危险工况。旋转机械动平衡未达标会引发异常振动，加速密封件磨损。控制系统参数整定不当会使设备动态响应迟缓，影响生产工艺要求。冷却系统流量分配不均可能造成局部过热停机。这些问题在试运行期间集中爆发，不仅延误项目投产进度，更可能因反复启停造成设备隐性损伤。调试问题的整改往往需要多专业协同处理，消耗大量人力物力，显著增加项目建设成本。

## 四、改善井下煤矿机电设备安装技术问题的办法

### （一）强化安装前的技术规划与审核

完善的技术规划是预防安装问题的首要环节。应建立三维可视化预安装系统，通过数字孪生技术模拟设备在井下的实际布局，提前发现空间干涉问题。编制详细的安装工艺卡，明确规定特殊环境下的施工要点，如防爆面处理工艺、本安布线要求等。组织多专业联合审查安装方案，重点校核设备基础与地质条件的匹配性、电气系统防爆完整性。建立材料设备进场验收标准，对关键部件如电缆接头、密封件进行破坏性抽检。制定应急预案，针对可能出现的突发地质变化、设备吊装风险等做好技术准备。实施安装现场勘察制度，由技术人员实地确认巷道状况、运输路线等施工条件。通过标准化作业指导书统一施工方法，避免因人而异的质量波动。

### （二）提升安装人员的技术培训与管理

专业化人才队伍是质量保证的核心要素。建立分级培训体系，新入职人员必须通过防爆设备安装、本安电路施工等专项考核。实行师傅带徒制度，安排经验丰富的技师指导关键工序操作。定期开展事故案例复盘培训，强化质量责任意识。引入虚拟现实培训系统，模拟井下

特殊环境下的安装场景。建立技能认证档案，关键岗位如防爆电气接线必须持证上岗。实施工序质量追溯制，每道工序完成后由操作者签字确认。组建专业技术攻关小组，针对典型问题开发专用工装工具。开展技能比武活动，促进先进操作方法的交流推广。通过建立与薪酬挂钩的绩效考核机制，激励员工主动提升技术水平。

### （三）建立安装过程的质量监督与检测机制

全过程质量监控是确保安装达标的关键保障。实行三级检验制度，班组自检、项目部专检、监理终检层层把关。配备先进的检测仪器，如激光对中仪用于校正设备安装同心度，红外热像仪检测电气连接点温升。建立质量预警平台，实时采集关键参数如螺栓紧固扭矩、接地电阻值等。实施隐蔽工程影像存档，防爆接线等关键工序必须留存高清影像资料。引入第三方检测机构，对特殊项目如本安系统性能进行独立验证。建立质量问题追溯系统，通过二维码标识实现材料、工序、人员的全程可追溯。开展质量分析例会，运用鱼骨图等工具系统性整改重复发生的问题。实行质量保证金制度，将施工队结算与最终验收结果直接挂钩。这种立体化的质量监管体系可将安装缺陷率控制在行业标准要求的1%以下，为设备长周期稳定运行奠定基础。

## 结束语

通过优化安装工艺、强化过程管控、创新技术手段，可有效解决井下机电设备安装难题。未来应重点发展模块化安装技术、智能检测方法和自适应调整系统，构建覆盖设计、施工、验收的全流程技术标准体系，为煤矿智能化建设奠定坚实的设备基础保障。

## 参考文献

- [1] 张军伟. 煤矿井下机电设备故障在线监测声学处理技术研究[J]. 机械管理开发, 2025, 40(03): 268-270.
- [2] 葛均超. 分析煤矿井下矿山机电设备故障检修技术的应用[J]. 内蒙古煤炭经济, 2022, (07): 130-132.
- [3] 中华雄. 井下煤矿机电设备安装常见技术问题及改善办法[J]. 中国高新科技, 2021, (19): 116-117.
- [4] 杨志博. 煤矿机电设备安装技术探析[J]. 内蒙古煤炭经济, 2021, (11): 9-10.
- [5] 任亚慧. 煤矿机电设备安装与维护管理研究[J]. 矿业装备, 2021, (03): 238-239.