

煤矿机电工程安装施工技术问题及策略探析

白东方, 牛嵩

陕西中太能源投资有限公司朱家茆煤矿, 陕西 榆林 719000

DOI:10.61369/ERA.2025090037

摘 要 : 机电工程是辅助煤矿生产质量和效率提升的重要工程, 其本身施工质量, 和煤矿企业经济效益及安全生产息息相关, 因此, 对于煤矿企业人员而言, 应树立对机电工程安装施工的重视, 全面提升安装质量。本文将结合煤矿机电工程安装施工技术问题, 讨论优化煤矿机电工程安装施工技术路径, 希望有所帮助。

关 键 词 : 煤矿; 机电工程; 施工技术; 技术问题; 优化策略

An Analysis of Technical Issues and Strategies in the Installation and Construction of Mechanical and Electrical Engineering Projects in Coal Mines

Bai Dongfang, Niu Song

Zhujiamao Coal Mine of Shaanxi Zhongtai Energy Investment Co., Ltd., Yulin, Shaanxi 719000

Abstract : Electrical and mechanical engineering is a critical component in enhancing the quality and efficiency of coal mine production. The quality of its construction directly impacts the economic benefits and safety of coal mine enterprises. Therefore, coal mine personnel should prioritise the importance of electrical and mechanical engineering installation and construction to comprehensively improve installation quality. This paper will discuss optimisation strategies for electrical and mechanical engineering installation and construction techniques in coal mines, aiming to provide valuable insights.

Keywords : coal mine; electromechanical engineering; construction technology; technical issues; optimisation strategies

一、煤矿机电工程安装施工技术问题

(一) 电气系统安装问题

电气系统安装问题, 主要集中于以下几点: (1) 电缆外层绝缘层破损, 弯曲半径不足, 这可能增加漏电和短路风险; (2) 防爆设备安装方面, 密封圈有老化迹象, 且隔爆面间隙不符合设计要求, 这可能增加瓦斯爆炸风险, 影响防爆性能; (3) 接地系统存在缺陷, 材质和电阻值不符合设计标准, 这可能导致设备外壳绝缘性能下降, 使设备带电工作, 增加人员触电风险; (4) 控制系统接线方面, 未妥善固定接线, 这可能增加控制系统出现故障的风险, 导致设备动作异常^[1]。

之所以引发电气系统安装故障, 可能是因为井下环境相对潮湿, 电缆绝缘层受潮风险加剧, 导致电缆绝缘层老化的同时, 也会加剧接地系统腐蚀风险。此外, 矿井中尘土飞扬, 无法及时清理的尘土, 可能会在电子设备内部大量堆积, 导致设备无法正常散热, 增加电路短路的风险。

(二) 设备安装精度不足

煤矿机电工程设备安装定位未合理控制, 存在定位偏差, 例如提升机、通风机等数量和位置, 未严格符合设计图纸要求, 使设备运行阶段, 增加异常振动出现的风险。另外, 设备垂直度和水平度未达标, 以水泵为例, 安装垂直度不达标, 会加剧轴承磨

损, 导致设备使用寿命缩短。最后, 联轴器对中存在误差。工作机联轴器和电机未准确对中, 导致机械故障的概率增高, 极端情况下, 设备会直接停机, 影响煤矿生产^[2]。

之所以出现设备安装精度不足的现象, 究其原因, 是因为测量工具精度不达标, 诸如全站仪、水准仪等仪器, 未在规定期限内校正, 可能导致较大测量误差。基础施工质量不达标也容易影响设备安装精度, 浇筑设备基础时, 设备基础未达到设计标高, 基础平整度不符合设计要求。安装人员操作也会对设备安装精度造成影响, 施工未按照图纸要求完成任务, 只依照过往经验施工, 校准次数不足, 也容易降低安装精度。以某煤矿提升机安装为例, 主轴水平度偏差正常为每米0.1mm, 但是现场安装偏差达到了每米0.5mm, 经过3个月的生产, 齿轮磨损加剧, 有大量异常噪声, 齿轮不能正常啮合, 进而损坏主轴轴承, 为煤矿企业带来了巨大的经济损失。

(三) 通风系统安装问题

通风系统安装问题, 主要集中于以下几方面: (1) 风机安装效率不高。主通风机安装过后, 通风量未达到设计标准, 普遍在80%设计值及以下, 无法对井下空气质量起到实质改善作用;

(2) 风筒存在严重漏风现象。柔性风筒连接位置未妥善密封, 漏风率普遍在15%及以上, 超出5%的标准限度; (3) 通风阻力明显。巷道转弯位置未按设计要求, 做好导流叶片的安装, 导致局

部阻力系数远高于设计标准^[3]；（4）风筒未规范安装。相邻风筒间距在3m及以上，标高也不一致，风筒越多，风阻增加的效果就越明显；（5）风机基础未合理减震。一些煤矿企业未将橡胶垫板和弹簧减震器安装在风机基础位置，巷道围岩受到的振动效应更明显；（6）风门密封性差。实际安装中，风门和门框间隙未符合设计要求，间隙普遍在2mm及以上，同样容易增加风流短路的风险。

（四）安全防护技术问题

安全防护技术问题，主要和安全联锁装置与防护装置失效相关。其中，安全联锁装置问题表现为以下几种形式：（1）提示机无法实现过卷保护，深度指示器无法正常使用，过卷开关无法正常触发；（2）电气设备漏电保护器失灵，无法在0.1s之内，在漏电状态下响应保护动作^[4]；（3）皮带机急停按钮数量不符合要求，相邻急停装置距离在50m及以上。防护装置失效问题表现为以下几点：（1）瓦斯监测装置未正确安装，顶板与传感器间距在300mm及以上，会对监测精度产生明显影响；（2）电气设备防护等级不达标，正常情况下，井下照明灯具防护等级应当在IP65以上，但很多煤矿企业井下配备的灯具，等级约为IP54，远未达标；（3）转动位置防护罩未妥善固定，增加了驱动滚筒运行阶段脱落风险。

（五）施工管理和技术人员问题

煤矿企业机电设备安装施工管理存在一定漏洞，主要体现在以下几方面：（1）施工方案未严格审批，一些煤矿企业为赶工期，未树立对机电设备安装的足够重视程度，专项安全方案未严格审批，特殊工序安全措施不足^[5]；（2）验收标准模糊，一些接地极埋设等工程隐蔽性较强，验收未依照图纸要求进行；（3）未合理平衡进度和质量要求，为达到工期进度要求，导致设备调试时间和次数不足，令设备处于带病工作状态。

安装人员自身素质，也会对机电设备安装质量造成影响。聚焦于实际情况，一些煤矿企业针对特种作业人员的管理，并没有落实持证上岗管理要求，不持证上岗的情况普遍存在。此外，一些人员不具备较强的安全意识，未合理学习操作规程，了解操作规程要求。最后，一些人员学习意识薄弱，无法在短时间内快速掌握新技术，以及新设备的应用方法，安装调试不足，导致设备未达预期使用效果^[6]。

二、优化煤矿机电工程安装施工技术路径

（一）电气系统安装优化

电气系统安装优化，可通过以下措施实现：（1）控制电缆敷设质量。安装人员需要学习敷设工艺规程，电缆弯曲半径不能低于电缆直径的15倍，若电缆为控制电缆，不能低于电缆直径的10倍。电缆敷设方式为垂直敷设，应设置固定卡具，相邻卡具应保持1.5m的间距。电缆若电压等级不同，敷设时应分层进行，间距至少为30cm^[7]。电缆敷设之后需要进行绝缘测试，控制敷设质量，低压电缆不能低于10MΩ，超过10kV电缆电阻不能低于1000MΩ。（2）提升防爆电气安装质量。电缆外径和密封圈内

径，差值应不超过1mm，机电设备进线装置内径和密封圈外径，差值应不超过2mm。隔爆面间隙应不超过0.2mm，粗糙度应不超过6.3μm。拧紧螺栓之后，应留出2-3扣的余量。（3）改进接地系统。复合接地网可采用垂直接地极和水平接地体设计防范，以铜包钢作为接地材料。深井为降低接地系统电阻，可采用深井接地和换填土方式达到目的。其中，深井接地是在主接地网位置开采深井，深度30m，半径150mm，将铜棒置于井中^[8]。换填土是用降阻剂更换接地极附近2m土壤，同样可起到降阻效果。局部接地极不应超过5Ω，主接地网不应超过2Ω。

（二）设备安装精度控制

设备安装精度控制，可通过以下方式实现：（1）控制基础施工质量。进行机电设备基础时，需采用自密实混凝土，使基础平整度不超过每米2mm。同时需要将橡胶垫铺在风机基础下方（厚度约为20mm），避免基础受到的振动荷载更大。（2）标准化工艺安装。煤矿企业机电设备安装负责人，需要制定相关操作要求手册，提高机电设备安装精度。实践中，垂直度偏差不能超过每米0.5mm，设备水平度偏差不能超过每米0.1mm，联轴器对中误差不能超过0.03mm。安装阶段，应由第三方机构进行检测，验证设备安装精度，使设备精度符合设计要求^[9]。（3）引进新测量技术。在安装提升机主轴时，可引进全站仪进行动态监测，使垂直度和水平度符合设计要求，偏差值若在每米0.05mm及以上，系统会自动报警。也可采用三维激光扫描技术，可实现毫米级精度扫描，控制设备基础标高，提高机电设备安装质量。

（三）通风系统安装改进

通风系统安装改进需提升风机安装效率，控制通风阻力，并引进新风筒安装技术。欲提升风机安装效率，需在安装机电设备之前，用CFD软件模拟风机房流场，对风机布置方案进行优化。同时应重视设备安装基础的减震，可以将弹簧减震器安装在风机和设备基础之前，以不超过5Hz的标准控制固有频率，并将柔性接头安装在进出口风管处，以不低于300mm的标准控制接头长度^[10]。

欲控制通风阻力，需优化巷道，避免直角转弯数量过多。若直角转弯无法避免，过渡处可采用圆弧形状，并以不低于2m的标准控制曲率半径。巷道中的堆积物料应在施工前后及时清理，保证断面整洁，无杂物。

新风筒安装技术的引进，可应用新型风筒，以高强PVC符合材料为主，可使漏风率不超过3%。相关资料表明，风筒安装新技术包括以下几种：（1）模块化快装风筒。此类风筒连接方式为螺栓和预制法兰盘，长度介于6-9m，同步配备密封胶条，可通过滑轨对接方式辅助安装。模块化快装风筒在斜巷和直巷中都适用，可提高约50%安装速度，使漏风率低于5%。（2）复合材料风筒。此类风筒材料包括玻璃纤维和纳米涂层，相较于传统钢质风筒重量更轻，具备更强的抗静电和抗腐蚀性能，即使在酸性气体较多，或湿度较大的环境中，复合材料风筒也同样适用。此类风筒可有效延长寿命，降低维护成本的效果相对可观。（3）智能密封风筒。此类风筒内部有自动充气密封装置和压力传感器，若风压有异常下降现象，胶圈会快速膨胀，对空隙进行自动填补，

在瓦斯气体浓度较大，或通风压力较高的场景中相对适用。此类风筒有助于密封调节，可使漏风率低于3%，同时具备远程监控功能，方便人员及时做出反应^[11]。（4）机器人辅助安装系统。该系统支持视觉导航和机械臂功能，可代替人工搬运风筒，确定风筒安装准确位置，即使巷道地形相对复杂，或断面面积较大、海拔较高，也具备一定适用性。该系统可替换人工作业，实现安装精度和安全性的提升。

此外，若为刚性风筒，应以不超过5m的标准控制吊挂间距，若为柔性风筒，应以不超过3m的标准控制吊挂间距。吊挂角度应与巷道坡度保持一致，以不超过1°的标准控制偏差。为提高局部通风质量，可以将导流叶片安装在转弯位置，并以不低于1.5倍管径的标准控制曲率半径^[12]。

（四）强化安全防护技术

安全防护技术的实现，需从标准化安装防护装置，完善安全连锁装置和优化瓦斯监测等方面入手。以皮带机驱动滚筒防护装置为例，材质需选择孔径不超过10mm的金属网孔，并用全封闭防护罩覆盖齿轮外露部分，使防护等级达到IP54。井下需采用防爆型灯具，使防护等级达到IP65。并将防水檐装设在配电箱处，在进线口设置防水接头。安全连锁装置完善，需通过电气和机械联合保护的方式，实现双过卷保护，以不超过50cm的标准控

制动作距离。瓦斯监测优化需布置传感器，传感器布设位置和顶板间距不能超过300mm，采煤工作面回风巷和工作面间距不能超过10m^[13]。

（五）施工管理和人员培训

施工管理优化需注重方案管控，特殊工序需经过项目负责人审批通过，关键施工工序需实行“三检制”。进度方面，需以弹性施工计划为主，留出进度提前量，以留出进度调整时间。人员方面，针对新入职的人员，应举行针对性培训，培训学时不低于72h，通过考核之后才能正常上岗。特种作业人员应每隔一段时间复训，了解新设备操作方法。项目应定期举办技能笔试，增强人员对实践技能的熟悉程度^[14]。

三、结束语

综上所述，煤矿机电工程安装施工技术问题主要集中于电气系统安装、设备安装精度、通风系统安装、安全防护、施工管理和人员培训等诸多方面，会对机电工程安装质量造成严重影响。煤矿企业对症下药，对电气系统和通风系统安装进行优化，提高设备安装精度，加强安全防护，并重视施工方案优化，提高人员技能水平，实现机电工程安装质量的全方位提升。

参考文献

- [1] 宋端峰. 机电安装工程电气施工工艺及其控制管理探究[J]. 中国设备工程, 2021(24):94-95.
- [2] 吴永杰. 机电安装工程电气施工工艺及其控制管理探究[J]. 中小企业管理与科技, 2021(28):25-27.
- [3] 汪晨, 彭翥南, 董桐存, 叶君豪. 机电安装工程关键施工技术及其质量控制措施研究[J]. 品牌与标准化, 2023(5):112-114.
- [4] 蔡正伟. 机电安装工程电气施工工艺及其控制管理探究[J]. 机电产品开发与创新, 2024, 37(5):162-165.
- [5] 蒋太强, 王晓文, 孙振明, 杨虞森, 万石磊. 机械电气一体化设备安装技术要点研究[J]. 造纸装备及材料, 2023, 52(5):70-72.
- [6] 刘树彩, 周爱平, 邵春英. 信息化在煤矿机电设备运行与维护管理中的应用[J]. 能源科技, 2020, 18(9):78-82.
- [7] 董建刚. 机电工程安装施工技术问题及措施的研究[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2022(7):131-134.
- [8] 罗建国. 机电工程安装施工技术问题及措施探讨[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2022(9):72-74.
- [9] 王俭威. 煤矿机电工程安装施工技术问题及措施[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023(10):85-87.
- [10] 赵小伟. 试析煤矿机电工程中安装存在的问题及对策措施[J]. 内蒙古煤炭经济, 2022(21):133-135.
- [11] 韩亮, 张琼. 地铁机电设备的安装及质量控制探究[J]. 中国安全生产科学技术, 2020, 16(S01):91-93.
- [12] 王肖颖, 晋嘉玉, 郑远财, 来佳园. BIM技术在机电安装工程全生命周期的应用——以福建三峡海上风电产业园工程为例[J]. 武夷学院学报, 2020, 39(9):33-37.
- [13] 王宁渤, 胡宇华, 董玮华, 成红斌. 建筑机电安装项目中的精细化(无缝隙)管理的研究[J]. 中国新技术新产品, 2022(12):127-129.
- [14] 郭月凯, 屈少辉, 王廷福, 王小兵. 基于CiteSpace的工程项目质量管理研究热点及趋势的可视化分析[J]. 建筑经济, 2022, 43(S02):206-211.