

煤矿恒压供水系统及管路安装施工技术研究

候祥¹ 曹磊¹ 臧来喜²

1. 陕西彬长孟村矿业有限公司, 中国·陕西 咸阳 712000

2. 陕西彬长矿业集团有限公司, 中国·陕西 咸阳 712000

摘要: 煤矿井下恒压供水系统是减缓井下排水压力和保证矿井消防洒水、生产供水与安全生产的关键基础设施, 其设备安装与管路敷设工程的施工质量与安全管控直接关系矿井运行稳定性。本文以孟村矿二号主排水泵房恒压供水系统安装工程为研究对象, 系统阐述 MD280-43x8P 型矿用耐磨多级离心泵、隔爆型变频电机、环氧树脂涂层复合管路等核心设备的安装工艺, 深入分析起吊作业、车辆运输、登高作业等关键危险源, 构建覆盖施工前准备、设备安装、管路敷设、系统试运行全流程的安全技术管控体系, 提出针对性风险防控措施与应急处置方案。研究结果可为同类煤矿井下供、排水系统安装工程提供技术参考与安全管理借鉴, 提升煤矿井下机电安装工程和供、排水系统的安全性与规范化水平。

关键词: 煤矿井下; 恒压供水; 设备安装; 管路敷设; 安全技术措施; 风险管控

Research on Constant Pressure Water Supply System and Pipeline Installation Construction Technology for Coal Mines

Hou Xiang¹, Cao Lei¹, Zang Laixi²

1. Shaanxi Binchang Mengcun Mining Co., Ltd., China Shaanxi Xianyang 712000

2. Shaanxi Binchang Mining Group Co., Ltd., China Shaanxi Xianyang 712000

Abstract: The constant-pressure water supply system in coal mine underground operations serves as critical infrastructure for mitigating drainage pressure, ensuring firefighting sprinkler systems, production water supply, and workplace safety. The construction quality and safety management of equipment installation and pipeline laying directly impact mine operational stability. This study focuses on the installation project of the constant-pressure water supply system at Mengcun Mine's No.2 Main Drainage Pump House, systematically detailing installation techniques for core equipment including the MD280-43x8P wear-resistant multi-stage centrifugal pump, flameproof variable-frequency motor, and epoxy resin-coated composite pipelines. It conducts in-depth analysis of key hazards such as hoisting operations, vehicle transportation, and elevated work environments, establishing a comprehensive safety management framework covering pre-construction preparation, equipment installation, pipeline laying, and system commissioning. Targeted risk mitigation measures and emergency response plans are proposed. The research findings provide technical references and safety management insights for similar underground water supply/drainage system installation projects in coal mines, enhancing the safety standards and operational compliance of electromechanical installations and water supply/drainage systems in mining operations.

Keywords: Underground coal mine; Constant-pressure water supply; Equipment installation; Pipeline laying; Safety technical measures; Risk control

0 引言

随着我国煤矿开采深度增加和智能化建设持续推进, 井下排水压力不断增加, 同时对消防用水、设备冷却、巷道降尘等供水需求日益提升, 恒压供水系统通过利用井下老空积水, 将部分排水作为井下供水使用, 减轻矿井排水压力; 同时凭借供水压力稳定、能耗低、自动化程度高等优势, 成为现代化矿井必备的供水保障系统。煤矿井下作业环境特殊, 存在空间狭小、运输困难等安全隐患, 恒压供水系统涉及大型水泵、变频电机、长距离管路等重型设备安装, 施工工序复杂、交叉作业多、安全风险点密集, 一旦施工管控不当, 易引发起吊坠落、高空坠落、机械伤害等安全事故, 严重威胁施工人员生命安全与矿井安全生产。

孟村矿二号主排水泵房恒压供水系统安装工程, 需

安装 2 台大功率矿用多级离心泵与变频电机, 敷设总长度 2625 米管路, 覆盖二号主排水泵房、401 盘区回风巷、中央带式输送机大巷等多个作业区域, 施工范围广、设备重量大、管路敷设距离长, 对施工安全与技术标准提出严格要求。基于此, 本文结合该工程实际施工方案, 全面剖析恒压供水系统安装流程、关键技术要点与安全风险因素, 制定系统化安全技术措施, 旨在规范施工操作、降低安全风险、保障工程顺利竣工, 为煤矿井下同类机电安装工程提供实践指导。

1 工程概况与施工核心内容

1.1 工程基本信息

孟村矿恒压供水系统设备及管路安装工程, 施工地点涵盖二号主排水泵房、二号水仓西部联络巷、401 盘

区回风巷、中央二号回风大巷等井下关键区域，施工时间自 2025 年 9 月 11 日起至工程竣工。工程核心任务为：在二号主排水泵房安装大功率水泵、变频电机、变频器、PLC 控制系统等成套恒压供水设备；敷设 $\phi 273 \times 10\text{mm}$ 、 $\phi 219 \times 9\text{mm}$ 两种规格环氧树脂涂层复合管路，总长度 2625 米，实现二号主排水泵房至 401 盘区一号回风巷、中央带式输送机大巷 3# 联络巷的稳定供水。

1.2 核心设备参数

本工程安装设备均为矿用隔爆型，适配井下高危作业环境，核心设备参数如下：水泵与电机：2 台 MD280-43x8P 型矿用耐磨多级离心泵，流量 $280\text{m}^3/\text{h}$ ，配套 2 台 YBBP4001-4 型隔爆变频调速三相异步电动机，单台电机功率 315kW、重量 3 吨，单台水泵重量 4.6 吨。

控制设备：2 台 BPJ-500/1140 矿用隔爆兼本安型变频器、KJJ127 型 PLC 控制器、TH12 型本安操作台，实现系统恒压自动控制。

辅助设备：2 套 ZM-XWQ2800 型双纤维球过滤装置、SK-3 型真空泵组、压力传感器、温度振动传感器、超声波流量计等监测设备，保障系统运行参数实时监控；

管路参数： $\phi 273 \times 10\text{mm}$ 管路单根重量 389.28kg， $\phi 219 \times 9\text{mm}$ 管路单根重量 284.58kg，设计压力均为 4.0MPa，满足消防洒水高压供水需求。

1.3 施工组织机构

为保障施工有序推进，该项工作设立专项管理队伍。从项目总体牵头、安全现场管控、技术落实和班组作业等方面，形成“责任明确、分工协作、专人专管”的施工组织体系。

2 恒压供水系统施工工艺流程

2.1 总体施工流程

工程分为设备安装与管路敷设两大模块，总体流程为：施工前检查→测量定位→物料下放运输→泵房设备安装→井下管路安装→设备与管路连接→系统试运行→竣工验收。

2.2 泵房设备安装工序

施工准备与验收：开展作业环境安全检查，完成设备开箱验收，核对设备型号、数量与完好性，清理设备基础，确保安装条件达标；测量放线：以原有水泵中心线为基准，完成水泵、电机底座测量放线，确定安装位置与标高；设备搬运与吊装：采用 10 吨防爆胶轮车运输设备，补打 $\phi 21.8 \times 7100\text{mm}$ 起吊锚索，使用 5 吨手拉葫芦将水泵、电机吊装就位；找正调平：调整水泵与电机对轮间隙至 3—5mm，校准水平度与垂直度，确保同轴度符合规范；二次灌浆：采用 C30 混凝土对地脚螺栓孔进行二次灌浆，养护至强度 70% 以上后紧固螺栓；附件安装：安装过滤装置、传感器、阀门、泄压管路等辅助设备，完成电气接线与控制系统调试。

2.3 消防管路敷设工序

测量定位：以巷道腰线为基准，每隔 3 米标注定位点，确定管路安装高度与间距；物料运输：地面采用 10 吨叉车装车，轨道平板车与防爆胶轮车联运至井下作业点，人工倒运至安装位置；管路安装：泵房内管路沿起吊钢梁敷设，高度 4000mm；巷道内管路采用帮部吊挂方式，高度 2000mm，每 3 米设置一组锚杆抱箍固定；阀门与三通安装：每 50 米安装 DN50 变径三通与闸阀，联巷口安装等径三通与 DN200 闸阀，满足分段供水与检修需求；管路连接：法兰对接采用螺栓紧固，确保密封严密、无渗漏，螺栓外露丝扣均匀、方向一致。

2.4 系统试运行

单体试运行：先进行电机空载试运行，确认旋转方向与水泵排水方向一致；联合试运行：办理送电手续，启动系统连续试运行 72 小时，专人值守监测压力、流量、电流、温度等参数；管路试验：进行灌水耐压试验，保压 24 小时无渗漏为合格，验收合格后移交机电队运行管理。

3 施工安全风险辨识与评估

煤矿井下恒压供水安装工程涉及多工种、多工序交叉作业，结合现场实际，共辨识出 16 项安全风险点，其中一般风险 13 项、低风险 3 项，无重大与较大风险，核心风险类型如下：

3.1 顶板与支护风险

作业区域巷道顶板存在活岩活石，若敲帮问顶不到位、支护失效，易发生冒顶片帮事故，砸伤施工人员，属于一般风险，是井下作业首要防控重点。

3.2 起吊与装卸风险

水泵、电机、管路等设备重量大，起吊过程中若手拉葫芦故障、钢丝绳断裂、锚索失效、歪拉斜吊，易引发设备坠落、人员砸伤；装卸车时管路滚落、捆绑不牢固，同样存在机械伤害风险，为高频一般风险点。

3.3 登高作业风险

管路安装高度最高达 4 米，需搭建脚手架开展登高作业，若安全带佩戴不规范、平台不稳固、工具防坠不到位，易发生人员高空坠落与物体打击事故。

3.4 运输风险

井下车辆运输需执行“行车不行人”制度，若车辆超速、超载、捆绑不牢、斜坡段违规摘挂钩，易引发车辆碰撞、物料滑落、人员撞伤事故。

3.5 瓦斯与电气风险

施工区域为井下回风巷与泵房，瓦斯浓度超限易引发爆炸危险；高压电气设备安装、电缆敷设若绝缘不合格、停电不规范、防爆失效，易发生触电、电气火花事故。

3.6 其他风险

锚索机作业易引发机械伤害，冲击地压区域物料未固定存在安全隐患，粉尘作业易导致职业病，均需针对性防控。

4 施工安全技术管控措施

4.1 施工前安全准备措施

环境检查：每班作业前执行敲帮问顶制度，由外向里、由顶到帮清除活矸，检查巷道支护完好性，确认安全后方可施工；设备验收：对水泵、电机、电缆、传感器等设备进行出厂验收与入井检测，确保隔爆性能、绝缘强度符合煤矿安全标准；人员培训：组织施工人员学习安全技术措施，考核合格后方可上岗，特种作业人员持证上岗；瓦斯监测：作业前检测瓦斯浓度，泵房瓦斯浓度 $\leq 0.5\%$ 、回风巷 $\leq 0.75\%$ 方可施工，悬挂便携式甲烷报警仪实时监测。

4.2 起吊作业安全措施

设备校验：起吊前检查手拉葫芦、钢丝绳完好性， $\phi 18.5\text{mm}$ 钢丝绳安全系数 ≥ 6 ，满足起吊4.6吨水泵的安全要求；规范操作：起吊前试吊100mm，确认无异常后缓慢起吊，严禁歪拉斜吊，操作人员身体不得进入起吊重物下方；吊点管控：使用专用起吊锚索，严禁利用支护锚杆起吊，起吊区域15米范围内设置警戒线，禁止无关人员通行。

4.3 运输作业安全措施

装车规范：设备与管路采用钢丝绳与手拉葫芦双重捆绑，木刹固定，严禁超长、超宽、超载运输；井下运输：严格执行行车不行人制度，斜坡段停车设置四轮掩车，禁止摘挂钩作业；人工倒运：管路分层摆放，卸车由上至下逐根操作，严禁直接抛掷，物料摆放整齐并捆绑固定。

4.4 登高与管路安装安全措施

登高防护：搭建稳固脚手架，作业人员佩戴安全带，执行“高挂低用”，平台设置防护围栏，工具系绳防坠；管路固定：锚杆采用MSK2360与MSZ2335型锚固剂锚固，抱箍与U型卡紧固牢固，管路水平笔直、无起伏；法兰连接：螺栓紧固方向一致，使用扭矩扳手校验，密封垫平整无外露，确保无渗漏。

4.5 电气作业安全措施

电缆管控：使用阻燃矿用电缆，高压电缆开展耐压试验，敷设时避开风水管，每隔100米设置标识牌；停送电管理：执行“谁停电、谁送电”制度，专人操作、专人监护，严禁带电作业；防爆管控：电气设备接线规范，无“羊尾巴”“鸡爪子”，确保防爆性能完好。

4.6 应急处置与避灾措施

现场急救：发生高空坠落、机械伤害时，遵循“先复苏、后搬运；先止血、后搬运；先固定、后搬运”原则；灾害避灾：明确水灾、火灾、瓦斯、顶板事故避灾路线，施工人员熟悉撤离路线与避难硐室位置；应急汇报：发生事故立即停止作业，汇报矿调度室，在保证安全前提下开展自救互救。

5 施工质量控制要点

5.1 设备安装质量控制

水泵与电机同轴度偏差符合规范，对轮间隙3—

5mm，水平度误差 $\leq 0.1\text{mm/m}$ ；二次灌浆混凝土养护到位，地脚螺栓紧固力矩均匀，设备运行无振动、无异常噪声；传感器安装位置准确，数据传输稳定，实现压力、流量、温度实时监测。

5.2 管路安装质量控制

管路敷设平直，固定间距3米，吊挂牢固无松动；法兰密封严密，耐压试验保压24小时无渗漏；

阀门、三通安装位置合理，操作便捷，满足消防供水与检修需求。

5.3 系统运行质量控制

变频控制系统调试合格，实现恒压自动调节，压力波动范围 $\leq \pm 0.02\text{MPa}$ ；72小时试运行参数稳定，电机温度、轴承振动、水泵流量均符合设计标准；系统保护功能完善，超压、欠压、过载、缺相等故障自动报警并停机。

6 结语

本文以孟村矿恒压供水系统安装工程为例，系统研究了煤矿井下恒压供水设备与管路安装的施工工艺、安全风险与技术措施，得出以下结论：煤矿井下恒压供水系统安装工程核心风险集中在顶板、起吊、运输、登高、瓦斯、电气六大方面，需建立全流程、全覆盖的安全管控体系；规范的测量放线、设备吊装、找正调平、二次灌浆、管路固定、耐压试验等工序，是保障工程质量的关键；落实敲帮问顶、瓦斯监测、起吊校验、登高防护、停送电管理等安全措施，可有效降低事故发生率，保障施工人员安全；72小时联合试运行与管路耐压试验，是验证系统可靠性、确保移交后稳定运行的重要环节。本工程通过严格执行安全技术措施，实现了零安全事故、零质量缺陷的施工目标，为孟村矿井下消防洒水与安全生产提供了可靠保障。随着煤矿智能化建设深入推进，井下恒压供水系统将向自动化、远程化、智能化方向发展，未来可进一步融合物联网、大数据技术，实现设备状态在线监测、故障智能预警、远程自动控制；同时，可优化安装工艺，采用轻量化管路、模块化设备，降低施工难度与安全风险，提升煤矿井下供水系统的智能化水平与安全保障能力。

参考文献：

- [1] 国家矿山安全监察局.煤矿安全规程 [M]. 北京：煤炭工业出版社，2022.
- [2] 中国煤炭建设协会.煤矿机电设备安装工程质量验收规范 [M]. 北京：煤炭工业出版社，2021.
- [3] 李建明.煤矿井下恒压供水系统设计与施工技术研究 [J]. 煤炭工程，2020,52 (08):112-115.
- [4] 王志强.矿井消防洒水管路安装安全技术措施探析 [J]. 能源与节能，2021 (05):178-179.
- [5] 张建军.煤矿大型水泵安装施工工艺及安全管控 [J]. 机械管理开发，2020,35 (07):223-224.