

虹吸冲管技术在煤矿采空区充填工作中的实践和应用

孟庆峰

郓城县自然资源和规划局 山东郓城 274700

摘 要: 虹吸冲管技术是一种利用虹吸原理进行物料输送的技术, 进一步提高煤矿充填系统运行稳定性、降本增效非常必要。充填系统改善前, 打后水冲管时, 用时较长, 并且打水结束前, 充填站搅拌机、充填泵均无法进行清理, 工序被迫延后。为提高效率, 通研究, 利用虹吸效应, 对管路进行了改造, 将虹吸效应转化应用于充填结束后的打水冲管这一辅助环节, 效率提升 84%, 时长由原 128min 缩短至 20min 以内, 效率提升显著。

关键词: 虹吸冲管; 高效充填; 降本增效; 效益

1 基本情况

鲁西矿业公司彭庄煤矿充填开采项目是为应对可采资源逐渐枯竭困境而开展的项目, 膏体充填站项目占地 36.7 亩, 设计年充填能力 80 万吨, 涉及 12 个单位工程, 23 个单体建筑物。目前彭庄煤矿当前处于全充填生产阶段^[1], 双面充填开采是后续常态化生产状态, 为保证充填产量的高效完成, 必须缩短辅助环节时间, 迅速完成充填生产转换, 重点解决充填结束后, 打水冲管占用时间长等问题。

充填站作为充填开采重要功能部分, 各系统运行稳定性影响管路和系统安全, 关乎矿井充填生产安全, 缩短充填生产辅助工序时间, 降本增效非常必要。

2 充填工艺

2.1 充填工艺和系统

充填原料由成品矸石、粉煤灰、水泥、水组成^[2] 充填生产主要环节为, 打前水(满管, 托住后续灰浆, 检查管路密封, 润湿充填管)→打前灰浆(隔离水与矸石浆, 防止水与矸石浆直接接触导致矸石浆离析堵管)→打矸石浆(充填膏体的主要部分)→打后灰浆(充填即将结束, 隔离水与矸石浆)→打后水冲管(冲洗管路内挂壁的粉煤灰、水泥, 沉积的矸石)→压风吹管(将未冲洗干净的小粒矸石、冲管水吹出管路), 充填结束, 等待膏体凝固和下一轮生产。

充填生产时, 原料从各自存储仓, 经各自输送设备运输至充填车间三层称量斗, 批次重量全部称重结束后进入搅拌机, 搅拌均匀后进入充填泵料斗, 经充填泵、充填管路输送至井下待充填区。

2.2 虹吸冲管应用^[3]

充填矸石破碎筛分系统为二级破碎, 原料矸石经给料机、带式输送机输送, 经一级破碎车间颚式破碎机破碎至 150mm 以下, 再由二级破碎车间锤式反击破碎机破碎至 15mm 以下, 经筛分车间滚筒筛, 合格产品进入矸石仓存储, 不合格部分经 4# 皮带转载回二级破碎车间再次加工。

充填结束后, 打水冲管、打风吹管是保证管路安全的重要工序。技术应用前, 采取关闭管路末端、自流水充满管路、打开管路末端利用压力差冲管的方式, 用时时间长, 冲管效果不佳, 并且冲管结束前无法对设备进行清理。创新将虹吸效应转化应用于充填结束后的打水冲管这一辅助环节, 利用 700m 立管, 实现管路虹吸, 水头速度由原 1.5m/s 提高至约 5m/s, 且虹吸为满管冲洗, 冲管时长由原 128min 缩短至 20min 以内, 效率提升 84%, 大幅缩短辅助工序时间, 冲管效果、效率大幅提升, 间接降低了管路堵塞风险。

3 技术路线

3.1 虹吸冲管实施背景

上文已提及, 充填结束后打后水冲管占用时间长, 导致生产转换效率不高, 地面、井下人工占用时间长。

充填站生产水系统示意图, 管路图见图 1、图 2。

由图可见, 充填站配备生产水池 2 个, 为半地下结构, 深 5m, 地下 3m, 地上 2m, 单个容量 500m³, 总容量 1000m³, 可互通并列/单独使用, 便于清理水池。

生产水池南侧布置泵房 1 座, 为半地下结构, 配备生产水泵 2 台, 单台小时流量 200m³, 扬程 26m, 一用一备, 需水量大时可同时开启。

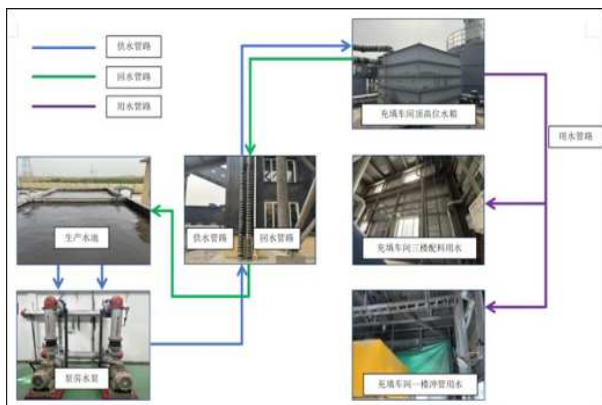


图1 充填站生产水系统示意图

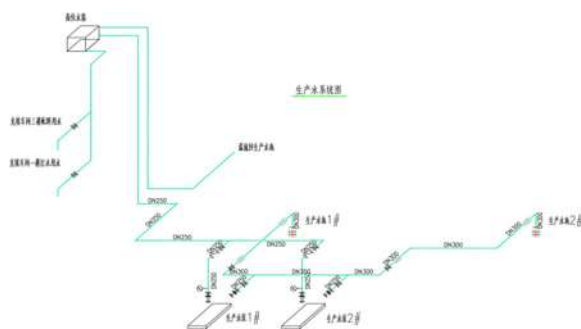


图2 充填站生产水系统图

充填车间三层顶配备高位水箱1个，容积约40m³，设置进水管、溢流管，初始设计为，生产期间水泵常开，水箱水满后溢流回生产水池。

3.2 技术路线

改善前，打后水冲管时，开启生产水泵向充填车间顶层的高位水箱打水，高位水箱水经 DN200 水管→DN150 水管向充填泵料斗内自流打水，井下二保关闭，水自流将井下干管及立管（707m）充满后，



图3 虹吸管路图

开启二保，冲刷管路，反复三次，用时 128min 左右，并且打水结束前，充填站搅拌机、充填泵均无法进行清理，工序被迫延后。

为提高效率，通过外出调研、内部研究，利用虹吸效应，对管路进行了改造，自生产水池至高位水箱的供水管，增加一路 DN250 管路，经清管阀与充填管直连，改善后冲管工艺为，工作面将管路切至回水管后，关闭一保，地面打水自流灌满立管，地面切换至虹吸管路，开启一保，虹吸冲管，平均冲管用时 20min。同时自行购买配件、自主编写 PLC 控制程序，实现虹吸管路电动阀门的一键切换，改造后现场、一键切换。管路图和控制系统见图3、图4。



图4 虹吸管路自动控制系统

3.3 取得实际效果

3.3.1 冲管时间大幅缩短

虹吸打水系统投用后，后水冲管时间由原 128min 缩短至 20min，降幅 84%，大幅降低辅助工序时间，有利于双面充填生产转换。

3.3.2 设备清理工序得到提前

系统投用前，因打水的自充填泵料斗内经自流冲管，打水结束前无法清理充填泵内积料，工序被迫延后。投用后，虹吸打水不经过充填泵料斗，设备清理工序可与打水、打风平行作业，节省地面人员时间占用。

3.3.3 管路冲洗效果提高

系统投用前，自流打是通过生产水泵打至高位水箱，再由高位水箱自流进入充填泵料斗，高位水箱至充填泵料斗管路直径小于充填管，冲洗水达不到满管、大流量冲洗效果，被迫关闭二保憋压冲洗。投用后解决了管径过小问题，实现了满管大流量冲洗，冲洗效果得到大幅提升。

3.3.4 节省电费

系统投用前，冲洗管路期间 2 台 22kw 生产水泵同时开

启,投用后生产水泵关闭,按照2小时8分钟计算,单次冲洗管路节省电耗93.72kwh,按照平均电价0.71元/kwh计算,单次冲管节省电费66.54元。

4 虹吸冲管效益估算

虹吸冲管投用1个月,每次冲管节省2台22kw生产水泵2小时8分钟电费,单月600元,实现虹吸冲管与设备清理平行作业,减少人工占用2人次2小时,每月节省人工费用810元,生产水泵使用频率降低,预计年节约水泵维修费用6000元,整体单月节支1900元。

2025年度节支金额为 $8.93+28.67+0.19=37.79$ 万元。

累计至2025年4月份以上改善节支100.15万元。

5 结语

实践证明,虹吸冲管技术利用大气压力差异^[4]进行高效物料输送。在充填中的虹吸冲管技术应用可以降低运营成本,提高作业安全性。减少对重型机械的依赖和降低能耗。降低初始设置成本和对精确设计的要求。未来在包括技术创

新和在可持续充填解决方案中得到广泛应用。

参考文献:

- [1]王迎春,吴忠,耀孟哲.山东能源彭庄煤矿:充填开采向“绿”而行[J].鲁网,2024-08-29.
- [2]朱磊,古文哲,袁超峰,等.煤矸石浆体充填技术应用与展望[J].煤炭科学技术,2024,52(04):93-104.
- [3]孙世荣.虹吸管技术在疏浚工程施工中的应用浅谈[C]//中国水力发电工程学会机械疏浚专业委员会.机械疏浚专业委员会第十九次疏浚与吹填技术经验交流会议论文与技术经验总结文集.淮河水利水电开发总公司,2006:172-175.
- [4]王家民.虹吸原理在压力输水管线中的应用[J].给水排水,1995,(08):5-8+3.

作者简介:孟庆峰(1972—),男,山东省郓城县人,汉族,本科学历,高级经济师,主要从事采煤塌陷地治理、区域综合整治等工程技术研究工作。