

—420 排水系统优化改造节能降耗无人值守项目研究与应用

◆丁世峰 张增彬

(冀中能源峰峰集团有限公司新屯矿, 河北 邯郸 056201)

【摘要】新屯矿—600m 水平泵房目前涌水量在 $2.7 \sim 2.9 \text{ m}^3/\text{min}$, 其中—300 地区五部猴车机头处涌水量在 $1.9 \sim 2.1 \text{ m}^3/\text{min}$ (65%), 276、282 地区涌水量在 $0.3 \sim 0.5 \text{ m}^3/\text{min}$ (20%), 生产供水等在 $0.1 \sim 0.3 \text{ m}^3/\text{min}$ (15%)。—600 泵房有约 70% 的涌水量来自—300 地区, 该地区涌水直接泄到—600 水仓, 通过—600 泵房将水再排到—190 水平, 这无疑增加了排水势能, 造成极大的排水电耗浪费。如何采取就近排水, 减少排水电耗, 实现节能节电和减人提效对煤矿的生产发展具有重要意义。

【关键词】排水点; 自动化; 无人值守; 节能; 减人

为解决排水电耗浪费, 拟在—420 水平建设临时排水系统作为节能降耗项目, 解决由于跨水平泄水到深部地区排水带来的人为增加排水势能造成排水电耗浪费的问题。由于—300 地区早已经开采结束和封闭, 没有建设排水系统的可能性, 在临近水平—420 水平建设排水点进行排水具有可行性。

通过查阅技术资料 and 现场调研, 最终确定在矿井—420 水平现有旧巷道基础上, 以实现就近排水、少投入和节能为原则, 选取合适位置建设排水系统并安装自动化排水设施, 实现新建排水点的自动化无人值守运行。

1 新屯矿目前排水现状

新屯矿主排水系统为二级排水, 矿井在—190m 水平和—600m 水平分别设有一个主排水泵房, 其中—600 泵房为二级排水, —190 泵房为一级排水。—190m 水平以上的涌水经过井下污水处理设备处理后由—190 泵房经过钻孔立管直接排至地面东古佛蓄水池, —190m 以下的涌水由—600m 泵房经过排水管路先排至—190 水平缓冲水仓、—190 大巷水沟, 流到—190 污水处理硐室, 经过处理后流到—190 水仓, 然后再由—190 泵房将水排至地面东古佛蓄水池。

—190 泵房安装有离心式水泵 7 台, 水泵型号为 MD450—60×7 和 MD450—60×7NSM 型, 日常 3 台工作, 3 台备用, 1 台检修。排水管路为 3 趟 $\Phi 377 \times 14 \text{ mm}$ 无缝钢管, 两趟工作, 一趟备用, —190 水仓容积为 9260 m^3 。—190 水平正常预计涌水量 $5.17 \text{ m}^3/\text{min}$, 最大预计涌水量 $7.47 \text{ m}^3/\text{min}$ 。实际涌水量在 $4.8 \text{ m}^3/\text{min}$ 。泵房装机排水能力 $52.5 \text{ m}^3/\text{min}$, 正常排水能力 $20.3 \text{ m}^3/\text{min}$, 最大排水能力 $44.6 \text{ m}^3/\text{min}$ 。

—600 泵房安装有离心式水泵 5 台, 水泵型号为 MD450—60×8 和 MD450—60×8NSM 型, 日常 2 台工作, 2 台备用, 1 台检修。排水管路为 2 趟 $\Phi 426 \times 13 \text{ mm}$ 无缝钢管, 一趟工作, 一趟备用, —600 水仓容积为 7180 m^3 。—600 水平正常

预计涌水量 $3.51 \text{ m}^3/\text{min}$, 最大预计涌水量 $4.05 \text{ m}^3/\text{min}$ 。实际涌水量在 $2.98 \text{ m}^3/\text{min}$ 。泵房装机排水能力 $37.5 \text{ m}^3/\text{min}$, 正常排水能力 $12.1 \text{ m}^3/\text{min}$, 最大排水能力 $23.9 \text{ m}^3/\text{min}$ 。

目前, 井下—300 地区老巷道涌水量为 $2 \text{ m}^3/\text{min}$, 该地区的涌水通过 6 寸管路直接泄到—600 水仓, 然后再通过—600 泵房将水再排到—190 水平, 这样无疑人为增加排水势能, 造成了极大的排水电耗浪费。

2 —420 排水系统节能改造的必要性

目前, 经过统计来看—600 泵房有 70% 的涌水量来自—300 水平 (五部猴车机头处), 该地区涌水泄到—600 水仓, 再通过—600 泵房将水再排到—190 水平, 由于没有实现就近排水, 跨越水平泄水造成人为增加排水势能, 造成了极大的井下排水系统排水电耗浪费, 增加了矿井的排水电耗成本。

3 —420 排水系统节能改造的可行性

(1) 经过科学的计算和统计, —300 水平的涌水量为 $120 \text{ m}^3/\text{h}$, 从—420m 排至—190m 水平的排水高度为 232m, 建设成排水点后水泵为正压排水, 不需安装灌泵装置, 操作和控制简单, 实现排水点自动化运行具有可行性。(2) 矿方具有水泵司机和维护人员, 具备排水系统改造方面人才储备, 完全胜任设备运转、维护和检修等工作, 对相关设备并不陌生。(3) 结合实际综合分析, 由于—300 水平属于采空区, 不具有建设排水系统的先天条件, 在—420m 水平以上无合适位置, 经过认真选址在—420 水平建设排水点位置最佳, 而且可以利用现有巷道, 具有可行性。(4) 在—420m 水平建设排水点具有无比的优越性和可行性, 结合实际综合分析, 在—420 水平建设排水点可以利用现有巷道, 改造初期的投资少, 施工周期短, 实现排水后见效迅速, 十分具有现实可行性。

4 改造的具体内容

4.1 —420 排水点扩建工程

在原老-420 坡底停放人行处巷道建立临时水仓, 巷道卧底整修工程量共计 42m。首先巷道卧底 1000mm, 卧底部分两帮采用锚网喷支护; 然后水仓巷道采取底板注浆措施; 再在巷道两侧砌筑两道挡水墙, 建成水仓, 挡水墙采用 C30 钢筋混凝土砌筑; 接着在靠近硐室偏口来水侧, 利用分水墙隔出两个沉淀池, 分水墙采用 C20 砼砌筑; 最后采用 C20 砼铺底, 厚度 100mm。沉淀池进水口处和泵房进口处分别设置栅栏, 并留设警示牌, 防止人员误入。

在进水侧挡水墙预留带法兰的短管, 便于-300 引至此处泄水管的连接。在另一侧挡水墙预留四个带法兰短管, 两个与水泵进口管路连接, 一个与通往-600 地区的供水管路连接, 一个与通往-600 水仓的泄水管路连接(在-420 水泵出现意外情况时, 仍然由-600 泵房担负排水, 确保排水安全), 供水管和泄水管为现有管路。

4.2 需要增加的主要设备

-420 排水点安装 2 台 MD200-50×6(P)型离心泵, 功率均为 280KW, 电压等级 1140/660V。配套相应闸阀、逆止阀及各种管件、短节、弯头等设施, 安装两趟吸水管路, 采用 $\Phi 219 \times 6$ 无缝钢管, 总长 100m。安装一趟排水管路, $\Phi 219 \times 6$ 无缝钢管与-600 泵房主排水现有 $\Phi 426 \times 13$ 主排水管路搭接, -420 排水点水泵通过水仓内积水实现正压开泵, 不需要再另行增设灌泵装置, 即可将水排至-190 水仓。增加排水管路 219×6 无缝钢管, 全长约 300m。

-420 排水泵房内安装一趟排水管路与现有-600 泵房 $\Phi 426$ 主排水管路进行搭接, 搭接处安装闸阀、逆止阀, 新增设管路采用 $\Phi 219 \times 6$ 无缝钢管, 全长约 300m。管路沿着巷道帮敷设, 法兰连接, 管路支架由 16#B 槽钢及 $\Phi 30$ 圆钢制作, 斜巷坡底设一道防滑支架, 过巷道偏口时采用锚杆吊挂敷设。穿越-420 大巷轨道和过-420 充电房时地埋敷设, 不影响运输和机车通行。

4.3 供配电设备

-420 排水点水泵低压电源考虑到该排水点供电的可靠性和连续性, 采用双回路供电方式。660V 一趟引至-420 大巷移动站配电点, 另外一趟电源引至-450 变电所附近移动站, -420 排水点电气设备为新购置矿用隔爆型真空软启动器 2 台, 型号为 QJR-315/1140(660), 新购置矿用隔爆型电动阀门控制箱 2 台, 型号为 KXB-9×4/660V。一路供电来自-420 大巷移动站 1#, 移动站处需安装 400A 馈电开关 1 台, 排水点处安装 400A 馈电开关 1 台和 400A 低压软启动 1 台, 软启动器带水泵电机。电缆采用 MYP-0.66kV-70mm² 低压电缆(660V)双趟布置, 供电距离 100m。

4.4 排水点无人值守自动控制系统

新购置矿用可编程控制箱 2 台, 型号为 KXJ20/660(A); 配套水泵系统集控软件 1 套, 型号为 KJ472; 矿用液

位传感器 1 套, 型号为 GUY10; 矿用隔爆光纤摄像机 2 台, 型号为 KBA127, 其他光缆及辅助设备传感器均利用该矿现有设备。

安装水泵自动化排水设施, 含监控系统主站和视频监控系統, 利用现有环网, 机电区集控室人员进行开停泵远程操作。在水仓内安装水位报警仪, 提高排水的安全性能, 同时, 现场安装有视频监控系统, 对水仓水位进行实时监控。发现水位异常时, 能及时发出声音和视频安全提示, 提高排水的安全性。安装相应的配套电气供电设施, 满足排水点动力和监控系统用电负荷要求。

从-300 泄水点至-420 临时水仓安装一趟泄水管, 将-300 地区涌水全部引至-420 临时水仓, 采用 $\Phi 159 \times 6$ 无缝钢管, 全长 500m。泄水管路沿着巷道侧帮敷设, 法兰连接, 管路支架由 16#B 槽钢及 $\Phi 30$ 圆钢制作, 斜巷每隔 300m 设一道防滑支架, 过巷道偏口时采用锚杆吊挂敷设。

5 -420 排水系统水泵选型计算

5.1 选型依据

正常涌水量: $Q_0 = 2\text{m}^3/\text{min} = 120\text{m}^3/\text{h}$; 最大涌水量: $Q_1 = 2\text{m}^3/\text{min} = 120\text{m}^3/\text{h}$; 排水高度: 232m; 排水管路长度: $L = 1500\text{m}$; 该处水泵为正压排水。

排水泵选型设计: 水泵必需的排水量。

正常涌水期: $Q_B = 1.2Q_0 = 1.2 \times 120 = 144\text{m}^3/\text{h}$;

最大涌水期: $Q_{BM} = 1.2Q_1 = 1.2 \times 120 = 144\text{m}^3/\text{h}$;

水泵扬程估算: $H_B = kH_p = 1.2 \times 232 = 278.4\text{m}$ 。

5.2 初选水泵

根据 $Q_B = 144\text{m}^3/\text{h}$, $H_B = 278.4\text{m}$, 查样本, 初选 MD200-50×6(P)型水泵。主要参数如下:

$Q_n = 200\text{m}^3/\text{h}$, $H_n = 312\text{m}$, 配用电机功率 280kW, 电压 660V, 转速 1450r/min, 水泵效率 80%。

5.3 水泵台数计算

(1)正常涌水期水泵工作台数, $n_z = 144/200 = 0.72$ 台, 取 1 台。(2)最大涌水期水泵工作台数, $n_z = 144/200 = 0.72$ 台, 取 1 台。(3)备用水泵的台数, $n_B = 1 \times 0.7 = 0.7$ 台, 取 1 台。该排水点为临时排水点, 故设 2 台排水泵, 一台工作, 一台备用。

5.4 排水管路的计算

根据涌水量及泵的总台数, 布置一趟排水管路。

排水管路径为: -420 排水点→一级轨道下山→二级轨道下山(与现有-600 泵房 $\Phi 426$ 主排水管路搭接)→-190 水仓。排水管路长度为 1750m。

5.5 管径的计算

(1)以正常排水一泵一管计算, 流速取 $V_p = 2\text{m/s}$ 。

$$d_p = \sqrt{\frac{nQ}{900\pi V_p}} = \sqrt{\frac{1 \times 200}{900\pi \times 2}} = 0.19\text{m}$$

(2)壁厚的计算, 因排水高度小于 400m, 可不用验算壁

厚,从机械强度和腐蚀方面考虑,选用 $\Phi 219 \times 6$ 无缝钢管 300m 与现有 $\Phi 426$ 主排水管路搭接。

(3)吸水管选择,吸水管按照排水管大一级选择,所以选用 $\Phi 273 \times 10$ 无缝钢管满足要求。

(4)管路阻力计算,该排水点水泵为正压排水,吸水管没有阻力。

排水管路阻力计算:

$$h_{wx} = (\lambda_{pi} \frac{l_{pi}}{d_{pi}} + \sum \varphi_p) \frac{v_p^2}{2g} = (0.0304 \times \frac{300}{0.207} + 0.025 \times \frac{1450}{0.4} + 26.3) \times \frac{2^2}{2 \times 9.8} = 39.38m$$

式中: d_{pi} —排水管的内径, $d_{pi} = 0.207m$; λ_{pi} —排水管沿程阻力系数, $\lambda_{pi} = 0.0304$; l_{pi} —排水管的长度, $l_{pi} = 300m$; d_p —排水管的内径, $d_p = 0.4m$; λ_p —排水管沿程阻力系数, $\lambda_p = 0.025$; l_p —排水管的长度, $l_p = 1450m$; $\sum \varphi_p$ —排水管局部阻力系数之和, $\sum \varphi_p = n_1 \varphi_1 + n_2 \varphi_2 + n_3 \varphi_3 + n_4 \varphi_4 + n_5 \varphi_5 = 10 \times 1 + 2 \times 12 + 2 \times 0.4 + 2 \times 1.5 + 10 \times 0.8 = 45.8$ 。

φ_1 — 90° 弯头局部阻力系数, $\varphi_1 = 1$; n_1 — 90° 弯头个数, $n_1 = 10$; φ_2 —逆止阀阻力系数, $\varphi_2 = 12$, n_2 —逆止阀阻力个数, $n_2 = 2$; φ_3 —闸阀局部阻力系数, $\varphi_3 = 0.4$; n_3 —闸阀个数, $n_3 = 2$; φ_4 —三通局部阻力系数,查表 $\varphi_4 = 1.5$; n_4 —三通个数, $n_4 = 2$; φ_5 —弯头局部阻力系数,查表 $\varphi_5 = 0.8$; n_5 —弯头个数, $n_5 = 10$ 。

(5)水泵级数选择。水泵总扬程 $H = H_p + H_x + h_w = 232 + 39.58 = 271.58m$ 。

式中: H_p —水泵排水高度, $H_p = 232m$; H_x —水泵吸水高度,取 $0m$; h_w —管路扬程损失, $h_w = 39.58m$ 。

根据计算扬程在选择水泵时应比计算值大 $5\% \sim 8\%$,即 $H = 271.58 \times 1.05 = 285.2m$,则水泵级数:

$i = H/50 = 285.2/50 = 5.7$,选择 6 级水泵满足使用要求。

6 项目经费投入及使用情况

该工程项目设计费 12.5 万元,井巷工程 22.56 万元,设备及工器具购置 58.22 万元,增加的管路及加工费 16.7 万元,工程安装 77.8 万元,共计 187.78 万元。

7 工程施工进度及安排

预计 2021 年 5 月 1 日—2021 年 7 月 30 日完成—420 排水系统优化改造建设工作方案制定;2021 年 8 月 1 日—2021 年 12 月 30 日完成设备技术要求编写、设备招标和采购工作;2022 年 1 月 1 日—2022 年 4 月 30 日完成管路、弯头和短节管加工制作,排水管路焊接法兰盘,往井下装回运管路,管路现场拖运和摆设;2022 年 5 月 1 日—2022 年 5 月 31 日完成现场水仓卧底,打设防水墙,打开关台和水泵安装平台,水仓至泵房之间管路铺设,泵房至主排水管路之间

铺设排水管路,进行管路搭茬,水泵设备调试;2022 年 6 月 1 日—2022 年 6 月 30 日完成泵房排水点自动化设备井下安装和调试运行工作,实现自动化无人值守。

8 改造后的效益说明

8.1 经济效益

—420 排水点建设成功后,由于使用自动化排水设备,实现无人值守运行,可以极大缓解目前煤矿用工紧张的局面。按该排水系统正常每个班安排 1 名司机进行开泵排水,每天需要安排 3 个岗位司机进行开泵排水。考虑职工出勤和轮休,需要至少 5 个职工才能进行运转。实现自动化无人值守运行后可节省人工 5 人,按每人每年工资 6 万元进行计算,仅人工费每年就可节省 30 万元。

—420 排水系统建设成功后,由于采用就近排水,在—420 水平排水比在—600 水平进行排水,减少排水高度差 188 米,按照每吨水提升 100 米需要耗电 0.43KWh 计算,该排水点每天的排水量为 $2 \times 60 \times 24 = 2880m^3$,每年的排水量为 $1051200m^3$,建设成新的排水点后每年可减少的电耗为: $1051200 \times (1.88 \times 0.43) = 849790.08KWh$,电价按 0.8 元计算,每年可节省的电费约为 67.9821 万元,经济效益十分可观。

综合考虑,每年可节约费用为 97.9821 万元,该项目投资费用为 187.78 万元,投资回收期为 1.92 年,经济效益十分显著,具有极大的推广价值。

8.2 安全效益

矿井在—420 水平建设新的排水点后,由于实现了涌水区域就近排水,可以实现减少—600 地区 $2m^3/min$ 的涌水量,可减少—600 泵房排水负担约 70%,缓解—600 泵房水泵维修等压力,保证近几年过渡性的排水安全,具有良好的安全效益。

9 应用前景及推广意义

(1)矿方为解决本矿排水问题,优化排水系统,提供泵房的抗灾能力,保证安全生产,建立—420 排水系统(经实际综合分析,—420 水平以上,无合适位置,仅此位置最佳,利用现有巷道,投资少,工期短),具有极大的节能和减人提效效果,具有良好的经济效益。

(2)该项目具有良好的节能效果和智能化无人值守减人提效效果,为煤矿企业开拓了一条健康持续发展的光明道路。因此,值得向广大煤矿生产企业推广应用。

参考文献:

- [1]孔令成.煤矿井下排水系统的自动化分析[J].科技创新导报,2019,16(36):40-41.
- [2]高培智,师瑞祥,张武.老井主排水系统优化节能改造[J].煤矿安全,2011,42(08):121-123.
- [3]张跃林.煤矿井下供排水系统的优化及改造[J].内蒙古煤炭经济,2019(23):207.