

草沟矿排水系统优化设计与实践

王 进

葫芦岛八家矿业股份有限公司, 辽宁 葫芦岛

收稿日期: 2022年8月13日; 录用日期: 2022年9月12日; 发布日期: 2022年9月21日

摘 要

本文通过以草沟矿区水文地质条件和原有供排水系统为基础, 并根据矿井区的设备材料的具体数值进行分析计算, 对草沟矿排水系统进行优化, 并现场实施、验证效果。

关键词

排水系统, 优化, 水泵

Optimization Design and Practice of Drainage System in Caogou Mine

Jin Wang

Huludao Bajia Mining Co., Ltd., Huludao Liaoning

Received: Aug. 13th, 2022; accepted: Sep. 12th, 2022; published: Sep. 21st, 2022

Abstract

Based on the hydrogeological conditions and the original water supply and drainage system in the Caogou mine area, this paper analyzes and calculates according to the specific values of the equipment and materials in the mine area, optimizes the drainage system of the Caogou mine, and implements and verifies the effect on site.

Keywords

Drainage System, Optimization, Water Pump



1. 引言

中国作为产煤大国,煤炭资源丰富且地域分布辽阔。煤矿水灾是制约矿井安全生产的主要灾害之一。我国在煤矿采矿过程中水害防治理论与实践方面取得了一定的成绩[1]。矿井的排水系统对采矿安全有着至关重要的作用。通过草沟矿区结合自身水文地质条件,对现有的排水系统进行整合优化,提高设备利用效率,为井下安全作业提供一定的安全保障[2]。

2. 矿区水文地质条件概况

草沟矿区水文地质条件较为简单,常年无地表河水与泉水,降水量较少。地下水补给源主要为松散岩类孔隙水、基岩裂隙水及大气降水。根据相关资料可知,矿井正常涌水量 $900 \text{ m}^3/\text{d}$ 、最大涌水量 $1020 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

矿井涌水量主要根据矿山开采情况调查获得,生产过程中随着开采深度的下降,应注意坑道内涌水量的监测,根据实际情况及时调整排水系统[3]。

3. 矿井原有供排水系统

主井原有排水系统,副井井底水窝内积水通过潜水泵压力输送至主井-640 m 水仓,主井-640 m 水泵站→-440 m 水泵站→-140 m 水泵站→地表储水池,澄清后作为井下凿岩除尘和消防用水。原有三个水仓,-640 m 水仓、-440 m 水仓和-140 m 水仓主水仓容积 200 m^3 ,副水仓容积 60 m^3 。水仓入口直接与井底车场相连。坑内涌水、采矿废水等自流到进水巷道,随后进入水仓。-140 m 水平水泵站利用原有 2 台 $100\text{D}45 \times 9$ 型水泵,-440 m 水平水泵站原有 2 台 $\text{DF}85 \times 9$ 型水泵,-640 m 水平水泵站原有 3 台 $\text{D}46-30 \times 9$ 型水泵。

4. 矿井排水系统优化设计

水泵房与井下配电室相连,水泵房底板标高低于配电室底板的标高 0.3 m ,井底车场轨面低于水泵房底板的标高 0.5 m 。泵房有两个出口,一个用斜巷连通提升盲竖井(管子道);另一个连接井底车场。排水系统的组成是水沟、清理斜巷、水仓、配水井、吸水井、排水泵硐室、配电硐室、管子道。

井下积水中含有硫化物导致 PH 值较小,对钢管具有强腐蚀作用,长期使用存在管漏等安全隐患,因此本次设计在井下平巷均采用矿用阻燃 PE 管,盲竖井及地表段均采用无缝钢管。矿用阻燃 PE 管具有阻燃抗静电、耐腐蚀、高强度、高韧性、抗老化、易拆装、不结垢,耐磨性是钢管的 4 倍,综合效益是钢管的 6~8 倍,其抗静电、阻燃性能、抗冲击、抗老化、耐腐蚀、抗压性能均能达到 MT558.2-2005 标准要求。

1) 副井水泵选择

a) 计算水泵所需要扬程 H :

因副井井底水窝与-640 m 水仓高差较小,扬程可以忽略不计。

b) 计算水泵所需要流量 Q :

$$Q_{\text{正常}} = 900/20 = 45 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{\text{最大}} = 1020/20 = 51 \text{ m}^3/\text{h}$$

副井井底-600 m 水窝内设 3 台潜水泵(1 工 1 备 1 检修), 将井底水窝中的水排至-640 m 井底水仓, 潜水泵型号为 QS45-16/3 型, $Q = 45 \text{ m}^3/\text{h}$, $H = 16 \text{ m}$, 配套电机功率 3 kW, 380 V, 2850 r/min (表 1)。最大排水时, 2 台工作, 1 台备用。

Table 1. Technical performance of water pump

表 1. 水泵技术性能

井口	水泵型号	数量 台	流量 m^3/h	扬程 m	电机功率 kW	转数 r/min	效率 %
副井	QS45-16/3	3	45	16	3	2850	53

c) 排水管直径计算:

$$d = \sqrt{\frac{4nQ}{3600\pi V}} \times 10^3 = \sqrt{\frac{4 \times 1 \times 45}{3600 \times 3.14 \times 2}} \times 10^3 = 89 \text{ mm}$$

式中: n ——水泵台数;

Q ——水泵流量, m^3/h ;

V ——排水管中流速, m/h , 依据手册选取。

d) 排水管壁厚:

$$\delta = 0.5d \left(\sqrt{\frac{\sigma_x + 0.4p_a}{\sigma_x - 1.3p_a}} - 1 \right) + a_f = 0.5 \times 89 \times \left(\sqrt{\frac{100 + 0.4 \times 3}{100 - 1.3 \times 3}} - 1 \right) + 2.5 = 3.7 \text{ mm}$$

式中: σ_x ——许用应力, 焊接管 $\sigma_x = 80 \text{ MPa}$, 无缝钢管 $\sigma_x = 100 \text{ MPa}$;

p_a ——排水管最低点压力, 0.7 MPa;

a_f ——腐蚀系数, 取 3。

本次设计在副井井底平巷敷设 $\varphi 89 \times 4 \text{ mm}$ 矿用阻燃 PE 管道 2 条, 1 条工作, 1 条备用。正常排水时 1 条工作, 当最大涌水量时 2 条同时工作。

e) 排水管中流速验算:

$$V = \frac{4nQ}{3600\pi d^2} = \frac{4 \times 1 \times 45}{3600 \times 3.14 \times 0.089^2} = 2 \text{ m/s}$$

f) 吸水管直径:

$$d = d + 25 = 89 + 25 = 114 \text{ mm}$$

吸水管选用 $\varphi 114 \times 4 \text{ mm}$ 型无缝钢管。

g) 吸水管中流速:

$$V = \frac{4nQ}{3600\pi d^2} = \frac{4 \times 1 \times 45}{3600 \times 3.14 \times 0.114^2} = 1.22 \text{ m/s}$$

式中: Q ——水泵流量, m^3/h ;

d ——吸水管直径, mm。

2) -640 m 水泵验算

a) 排水设备所需的排水能力

$$Q' = \frac{Q_{zh}}{20} = \frac{900}{20} = 45 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q'' = \frac{Q_{Zh}}{20} = \frac{1020}{20} = 51 \text{ m}^3/\text{h}$$

b) 排水设备所需的扬程

$$H' = KH_p = 1.1 \times 200 = 220 \text{ m}$$

-640 m 水平水泵站采用原有 3 台 D46-30 × 9 型水泵, 正常排水时, 一台工作、一台备用、一台检修; 最大涌水时二台同时工作。水泵性能: 流量 55 m³/h, 扬程 270 m, 配带电机 YE2-250M-2, N = 55 kW, 380 V。-640 m 水平至-440 m 水平排水管路采用 2 条 φ159 × 4 mm 矿用阻燃 PE 管, 满足排水要求。

3) -440 m 水泵验算

a) 排水设备所需的排水能力

$$Q' = \frac{Q_{Zh}}{20} = \frac{900}{20} = 45 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q'' = \frac{Q_{Zh}}{20} = \frac{1020}{20} = 51 \text{ m}^3/\text{h}$$

b) 排水设备所需的扬程

$$H' = KH_p = 1.1 \times 300 = 330 \text{ m}$$

-440 m 水平水泵站利用 2 台 DF85 × 9 型水泵, 新增 1 台 DF85 × 9 型水泵, 排水正常时, 三台水泵分别工作、备用和检修, 涌水量增大时, 两台设备同时工作。DF85 × 9 型水泵性能: 流量 97 m³/h, 扬程 360 m, 配套电机型号为 YE-315L4-2, N = 160 kW, 380 V。-440 m 水平以上排水管路采用 2 条 φ159 × 4 mm 矿用阻燃 PE 管, 盲竖井段采用 φ159 × 4 mm 无缝钢管, 满足排水要求。

4) -140 m 水泵验算

a) 排水设备所需的排水能力

$$Q' = \frac{Q_{Zh}}{20} = \frac{900}{20} = 45 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q'' = \frac{Q_{Zh}}{20} = \frac{1020}{20} = 51 \text{ m}^3/\text{h}$$

b) 排水设备所需的扬程

$$H' = KH_p = 1.1 \times 300 = 330 \text{ m}$$

-140 m 水平水泵站利用原有 2 台 100D45 × 9 型水泵, 新增 1 台 100D45 × 9 型水泵, 排水正常时, 三台水泵分别工作、备用和检修, 涌水量增大时, 两台设备同时工作。100D45 × 9 型水泵性能: 流量 97 m³/h, 扬程 360 m, 配套电机型号为 YE-315L4-2, N = 160 kW, 380 V。-140 m 水平以上排水管路采用 2 条 φ159 × 4 mm 矿用阻燃 PE 管, 盲竖井段采用 φ159 × 4 mm 无缝钢管, 满足排水要求。

5. 优化后排水系统设计方案

本次设计采用分段接力排水方式, 利用-140 m 水平水泵站利用原有 2 台 100D45 × 9 型水泵, 新增 1 台 100D45 × 9 型水泵, 排水正常时, 三台水泵分别工作、备用和检修, 涌水量增大时, 两台设备同时工作。100D45 × 9 型水泵性能: 流量 97 m³/h, 扬程 360 m, 配套电机型号为 YE-315L4-2, N = 160 kW, 380 V。-440 m 水平水泵站利用 2 台 DF85 × 9 型水泵, 新增 1 台 DF85 × 9 型水泵, 排水正常时, 三台水泵分别工作、备用和检修, 涌水量增大时, 两台设备同时工作。DF85 × 9 型水泵性能: 流量 97 m³/h, 扬程

360 m, 配套电机型号为 YE-315L_{4,2}, N = 160 kW, 380 V。-640 m 水平水泵站采用原有 3 台 D46-30 × 9 型水泵, 排水正常时, 三台水泵分别工作、备用和检修, 涌水量增大时, 两台设备同时工作。水泵性能: 流量 55 m³/h, 扬程 270 m, 配带电机 YE2-250M-2, N = 55 kW, 380 V。

同时在增加水泵的基础上提供自动化控制技术, 加入 PLC 就地控制平台, 它连接地面远程操作终端, 可智能化控制, 工人在地面控制水泵的开关, 并由智能系统根据实时情况控制水泵的具体操作。该远程控制系统包括多种控制模式, 包括单体控制、群体控制。同时该控制系统可以实时检测地下现场, 对管理人员提供监控能力[4]。管理人员对系统设定参数, 机器根据设定参数以实时水位、用电情况和具体时间等因素为准对水泵进行合理的启停, 以此来实现矿井的排水优化控制。

6. 主要结论

基于原有的草沟矿供排水系统和对矿区材料环境的具体数值进行的模拟计算, 获得以下的优化设计: 通过采用矿用阻燃 PE 管和无缝钢管来代替钢管, 以便更好地适用于地下复杂的工作环境; 在-140 m 和 -440 m 水平水泵站分别新增 1 台 100D45 × 9 型水泵, 提高排水容错率, 防止类似于设备故障的一些突发事件。并通过加入自动化控制技术, 提高矿区智能化水平、减少工人劳动量, 双重控制保障地下排水正常运作。该优化排水系统在草沟矿的实践可知, 优化后的采区排水系统经济、安全、可靠, 适用于水文地质复杂的高产高效矿井, 值得在其它矿区推广, 应用。

参考文献

- [1] 郭全顺. 塔山矿中央水泵房自动排水控制系统优化[J]. 机械工程与自动化, 2019(1): 176-177+186.
- [2] 张庆国. 东欢坨矿井下-690 排水系统的改造及优化设计[D]: [硕士学位论文]. 唐山: 华北理工大学, 2018.
- [3] 何伟民. 宝日希勒露天煤矿矿区水资源处理和优化分配研究[D]: [硕士学位论文]. 徐州: 中国矿业大学, 2018.
- [4] 张乃丰, 王向阳. 金龙铁矿给排水系统的优化设计[J]. 治淮, 2018(1): 12-14.