

文章编号:1000-582X(2009)06-711-05

某煤矿井废水处理设计方案改革与应用

王德明^{1,2}, 龙腾锐¹, 丁力², 宋长华²

(1. 重庆大学 城市建设与环境工程学院, 重庆 400030;

2. 重庆电力高等专科学校 动力工程系, 重庆 400053)

摘要:介绍了某煤矿井废水排放存在的问题,及废水处理站原始设计方案与详细的处理过程。根据工程项目的地理特点,对原设计方案进行改革,减少了工程投资。同时,项目建成投产后,废水处理达到了设计要求及相关排放标准,对废水处理效果进行了分析。通过对原设计方案的改革,该废水处理站的建设节约投资 27.66 万元,项目建成后每年节约用电 39.45 万 kWh,并节省了其相应的设备检修保养费用,在满足废水处理效果的前提下,获得了节约建设投资、节省用电和运行费用的效果。

关键词:设计方案改革;井下;废水处理;节能

中图分类号:X703

文献标志码:A

Revised design of the waste water treatment process for an underground mine

WANG De-ming^{1,2}, LONG Teng-rui¹, DING Li², SONG Chang-hua²

(1. School of Urban Construction and Environmental Engineering, Chongqing University, Chongqing 400030, P. R. China;

2. Department of Power Engineering, Chongqing Electric Power College, Chongqing 400053, P. R. China)

Abstract: We introduce the original design and detail the process by which the waste water of a coal mine was treated. The original design is improved, based on the geographic location of the treatment station. The revised design reduces the capital investment while still meeting the design requirements and the relevant standards. The improved design lowers the capital investment by approximately 276 600 RMB, reduces annual power consumption by 394 450 kWh, and decreases equipment maintenance costs. This project lowers the investment cost during construction, and reduces the electrical and maintenance costs of the relevant equipment after the construction is completed.

Key words: design improvement; underground mine; waste water treatment; energy saving

重庆某煤矿井废水处理工程是为保护环境,防止采煤废水污染,保护水资源,对该废水进行处理后达标排放。根据本矿井废水特点,在设计中采用了混凝-沉淀工艺^[1]对其进行处理,其废水处理站建设在具有一定坡度的山坡上,设计处理能力为 650 m³/h,日

处理污水量为 15 600 m³/d。根据设计规范要求,污水处理系统设计为 2 组,每组处理能力为 325 m³/h。

在给排水及废水处理节能方面,学者们和工程技术人员做了大量的研究工作和工程实践,他们从理论上研究了给排水及废水处理的优化运行方案以

收稿日期:2009-01-04

基金项目:十五科技攻关项目(2004BA604A-01)

作者简介:王德明(1968-),男,重庆大学博士后,主要从事给水排水工程的优化与节能技术方向研究。

(E-mail)dmwang4@sina.com。

龙腾锐(联系人),男,重庆大学教授,博士生导师,(Tel)023-65126098;(E-mail)longtr@126.com。

欢迎访问重庆大学期刊社网 <http://qks.cqu.edu.cn>

及通过优化设计等措施来达到节能的目的^[2-13]。

本工程依托该废水处理站所处地理特点,即建设在具有一定坡度的山坡上,可将原设计中的集水调节池建设在远处,使其通过自流进入混合池而进入废水处理程序,这样就可在设计中节省进水泵及其配套设施的建设,相应地也可节省其建设投资和建成后的运行费用。原设计改革后,该废水处理站的建设节约投资 27.66 万元,项目建成后每年节约用电 39.45 万 kWh,并节省了其相应设备的检修保养费用。

1 井下废水存在的问题

井下废水主要来源于 3 个方面:1)所采煤层中,顶板为长兴灰岩和阳新灰岩,底板为茅口灰岩,含水层的含水性较强,工作面开采过程中,井下产生大量涌水;2)该矿开采历史悠久,井下采空区面积大,而且大部分位于煤层埋藏浅部,与地面相互沟通,暴雨期间,大量雨水通过裂缝渗入井下采空区转为地下水;3)该煤矿井田周围小煤窑较多,它们主要开采浅部煤层,其生产废水主要排入煤矿井下,与该矿地下水一同排出。

根据历年矿井废水量统计,该井废水量最大为 736 m³/h,最小为 428.52 m³/h,平均为 545.96 m³/h。排放的废水为带有行业特征的煤炭水,目前存在的主要问题是,在清理井下沉淀池或水仓时,悬浮物、COD、色度等指标不同程度超标,悬浮物平均浓度达 977.5 mg/L,最小浓度达 673.2 mg/L,严重时悬浮物浓度达 1 235.5 mg/L;色度平均达 500 倍,最小达 400 倍,最高达 600 倍;COD 平均浓度达 251 mg/L,最小达 232 mg/L,最高达 310 mg/L。

2 原设计方案

由于该矿井废水量波动较大,为保证污水处理效果,防止未处理废水外排,经综合分析确定井下废水处理站设计处理能力为 650 m³/h,日处理污水量为 15 600 m³/d。根据设计规范要求,污水处理系统设计为 2 组,每组处理能力为 325 m³/h。该矿井废水处理采用混凝—沉淀工艺,设计进出水水质如表 1 所示。

表 1 设计进出水水质情况

项目	SS (mg·L ⁻¹)	COD _{Cr} (mg·L ⁻¹)	色度 (倍数)
进水	997.5	251.0	500
出水	49.9	75.3	50
一级排放标准	≤70	≤100	≤50

在设计进出水水质中,色度倍数为稀释倍数,废水的一级排放标准为中华人民共和国国家标准—污水综合排放标准中的数据^[1]。

该废水处理的工艺流程是,经过井下沉淀池初沉处理后的废水,排入地面污水处理站集水调节池,由泵房进水泵将污水输送至混合池,同时投加絮凝剂,在混合池经充分混合后,进入絮凝反应池,形成易于沉淀分离的絮凝体后进入斜管沉淀池,经沉淀分离后出水排入排水井排放,沉淀污泥排入污泥贮存池,由污泥泵将污泥输送到污泥浓缩池,投加絮凝剂后静置沉淀,上清液排入集水泵房集水池,浓污泥由泥浆泵输送至带式压滤机脱水,脱水泥饼运至渣场填埋,脱水排入集水泵房集水池。其工艺流程如图 1 所示。

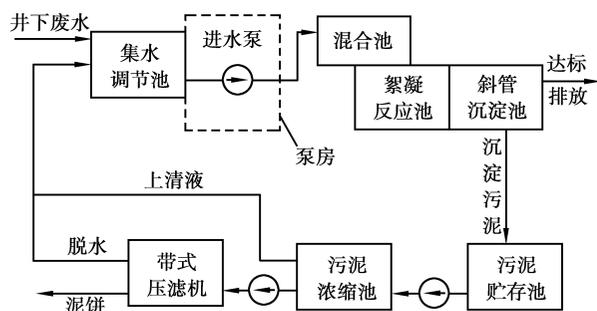


图 1 废水处理工艺流程

在其废水处理流程中,主要污水处理单元有:集水调节池,进水泵房,混合池,絮凝反应池,斜管沉淀池,以及包含污泥贮存池、污泥浓缩池和带式压滤机的污泥处理系统。

集水调节池用于收集井下送来的废水,并对水量的波动情况进行调节,以满足后续单元的工作的连续性和稳定性。池的设计为钢筋混凝土结构,设计尺寸 10 m×5 m×4 m,有效水深 3.5 m,保护高 0.5 m,有效容积 175 m³。

进水泵房,设计为砖石结构,平面尺寸为 10 m×6 m。其内安装 3 台进水泵,两用一备,型号为 WQ400-10-22 的污水泵,流量 400 m³/h,扬程 10 m,转速 1 470 r/min,电机功率 22 kW,并配备相应的电控设备。为了便于进水泵的检修工作,在泵房内还设计了起重设备。

混合池设计为跌水混合池,内设出水管,出水管上部装设活动套管。运行时调节活动套管的高度,即可调整池内和出水管内的水位差,套管内外水位差控制在 0.4 m 左右,使其产生较大的水流搅动,絮凝剂可在管中心自由跌落加注,与搅动的水流迅速

达到混合。该池设计较小,满足絮凝剂的混合即可。

絮凝反应池设计为钢筋混凝土结构,每池有效容积为 163 m^3 ,设计尺寸 $10 \text{ m} \times 5 \text{ m} \times 5 \text{ m}$,废水的停留时间为 0.5 h ,絮凝反应池的主要作用是将投药混合后的废水完成絮凝过程。絮凝就是在外力的作用下,使具有絮凝性能的微粒相互接触碰撞,从而形成较大粒径的絮体,以便于沉降与分离,许保玖等人^[14]对絮凝机理作了详细论述。

斜管沉淀池设计为钢筋混凝土结构,设计尺寸 $10 \text{ m} \times 12 \text{ m} \times 6 \text{ m}$,其中包括配水区和沉淀区,斜管沉淀区的表面负荷为 $3 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。斜管采用 $\Phi 50$ 塑料斜管,安装角度为 60° 。斜管沉淀池底部排泥管采用 Dg200 穿孔排泥管,沉淀污泥依靠重力排入污泥井中,然后利用污泥泵将其送至污泥处理系统的污泥贮存池。

污泥处理系统包括污泥贮存池、污泥浓缩池和带式压滤机,主要用于处理斜管沉淀池沉淀分离的污泥,经过该系统处理分离出来的上清液和脱水,均送入集水调节池返回污水处理系统。对于脱水后泥饼的处理,王圃等^[15]指出,目前主要处理方法有泥饼的农用、泥饼的填埋、泥饼的海洋投弃、泥饼资源化等,本设计采用外运填埋处理。

3 设计方案的改革

在原设计方案中,集水调节池的池顶标高低于混合池的池底标高,废水从集水调节池送往混合池,需要利用进水泵进行提升。因此,在原设计中,设有进水泵 3 台,2 用 1 备,及其进水泵房 1 间,电控设备 1 套,以及为其检修配备的起重设备 1 套,其建设工程费为 1.26 万元,安装工程费为 4.40 万元,设备购置费为 22.00 万,该进水泵及其配套设施的总投资为 27.66 万元。如果按照此设计方案,在建成投产后的运行过程中,进水泵及其配套的电耗情况将会如表 2 所示。

表 2 进水泵及其配套设施的电耗情况

项目名称	单位	功率/kW	运行数量	日均运行时间/(h·d ⁻¹)	年用电量/(kW·h)
进水泵	台	22.0	2	24	385 440
电控设备	套	1.0	1	24	8760
起重设备	套	0.75	1	1	274

表 2 中年用电量的计算如下:

年用电量=功率×运行数量×日均运行时间×365。(1)

式(1)中,365 为一年的天数,因为该煤矿井全年均在生产,并且矿井一直需要向外排水,否则就会出现淹井的危害,因此进水泵每年的运行时间为 365 d。从表 2 中可知,单独进水泵(包括其配套设施)这一项目每年用电量为 39.45 万 kWh,如电价按 0.5 元/(kWh)计算,其用电费用每年约为 20 万元。

然而,该废水处理站建设在具有一定坡度的山坡上。根据这一有利地理条件,可将集水调节池建在相对高处,其中的废水可通过自流进入混合池,这样就可设计中节省进水泵及其配套设施的建设,节约了项目投资和建成后的运行费用。改革后的废水处理工艺流程如图 2 所示。

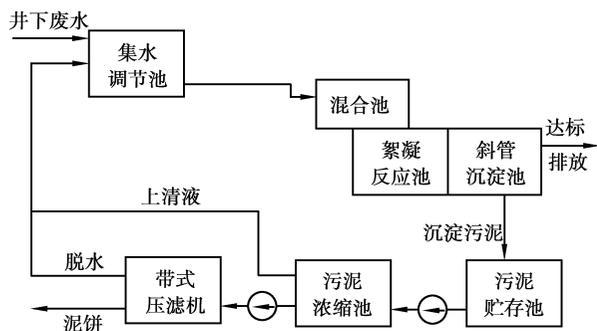


图 2 改革后的废水处理工艺流程

在改革后的废水处理工艺流程中,集水调节池中的废水不再用进水泵提升到混合池,而是通过其自流进入混合池,然后进入到后续的工序中进行处理,废水的流量可通过装设在管道上的阀门进行调节。

4 废水处理效果与讨论

通过对设计方案的改革,该煤矿井废水处理站在建设过程中节约投资 27.66 万元,在运行过程中每年节约用电 39.45 万 kWh,如电价按 0.5 元/(kWh)计算,每年节省电费约为 20 万元。

表 3 废水处理效果

项目	SS/(mg·L ⁻¹)	COD _{Cr} /(mg·L ⁻¹)	色度(倍数)
进水	997.5	251	500
设计出水	49.9	75.3	50
实际出水	48	73	50
一级排放标准	≤70	≤100	≤50

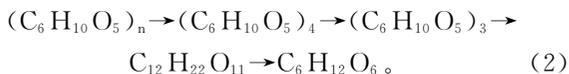
在废水处理站的运行过程中,其处理效果如表3所示。从表中可以看出,该站废水处理结果均达到或约优于设计要求和一级排放标准,这表明设计方案的改革,在获得节约建设投资、节省用电和运行费用的同时,并没有降低废水的处理效果。

在本废水处理工艺中,采用了混凝—沉淀处理方法,通过投加混凝剂使水中难以自然沉淀的胶体物质以及细小的悬浮物聚集成较大的颗粒,然后在重力和惯性力的作用下,使之与水分离,从而达到净化废水的目的。混凝是水处理的重要方法,能去除水的浊度和色度,从表3中可以看出,经过混凝沉淀处理后,废水的色度由500倍降低到了50倍,满足了废水外排的色度要求。

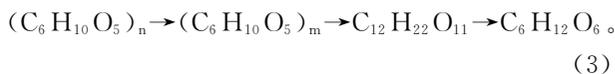
在废水过程中,由于混凝剂的投入,经过混合、反应等过程,难以自然沉淀的胶体物质以及细小的悬浮物凝聚成较大的颗粒而被沉降去除,废水中的SS浓度由997.5 mg/L降低到了48 mg/L,达到了废水排放的SS浓度要求。

另外,在胶体物质和悬浮物凝聚及沉降的席卷过程中,有机污染物也具有一定的去除效果,并随着时间的推移,由于污泥中微生物的生长与繁殖,水体中的有机物将被微生物分解代谢。微生物生命活动所需要的物质和能量都是通过分解代谢提供的。大分子有机物,如蛋白质、淀粉、纤维素和核酸等的分解过程都在细胞外,由相应的酶催化下进行。而小分子有机物,如单糖的分解过程却都在细胞内进行。

对于废水中的大分子有机物,不能被微生物直接吸收利用,需经微生物分泌的水解酶,在细胞外进行水解,形成简单的小分子有机物,渗入细胞后再进一步代谢。大分子有机物的降解是比较复杂的,例如纤维素的降解过程为^[16]:



而淀粉的降解过程为^[16]:



大分子的有机物被微生物降解成的小分子有机物,其分解代谢的基本方式有两类,一类是有氧分解过程,另一类是无氧分解过程。

有氧分解代谢过程为^[16]:



无氧分解代谢过程^[16]:



经过混凝的凝聚作用及其絮体在沉降过程中的席卷,再加上污泥中生长与繁殖微生物的分解代谢,

废水中的COD得到了较大的去除,由进水的251 mg/L降低到了73 mg/L,满足了废水排放的COD指标要求。

从废水处理站的运行效果(如表3所示)可以看出,由于混凝过程的凝聚及其絮体沉降过程中的席卷作用,以及污泥中生长与繁殖微生物的分解代谢,该站废水处理结果均达到或约优于设计要求和一级排放标准,即:色度由500倍降低到50倍;SS浓度由997.5 mg/L降低到了48 mg/L;COD浓度由251 mg/L降低到了73 mg/L。另外,由于设计方案的改革,该废水处理站的建设节约投资27.66万元,项目建成后每年节约用电39.45万kWh,并节省了其相应的设备检修保养费用。

5 结 论

根据该废水处理站所处地理特点,即建设在具有一定坡度的山坡上,将原设计中的集水调节池建设在高处,使其通过自流入混合池而进入废水处理程序,在工程中节省了进水泵及其配套设施的建设,相应地也节省了其建设投资和运行费用。

通过对原设计的改革,废水处理站的建设节约投资27.66万元,每年节约用电39.45万kWh。并且,从废水处理站的运行效果(如表3所示)可以看出,由于混凝过程的凝聚及其絮体沉降过程中的席卷作用,以及污泥中生长与繁殖微生物的分解代谢,该站废水处理结果均达到或约优于设计要求和一级排放标准,即:色度由500倍降低到50倍;SS浓度由997.5 mg/L降低到了48 mg/L;COD浓度由251 mg/L降低到了73 mg/L。这表明改革后的设计方案,在获得节约建设投资、节省用电和运行费用的同时,并没有降低废水的处理效果。

另外,经改革后的设计方案建成的工程与原设计比较,还具有以下几方面的优势:

- 1)由于改革后省去了进水泵,用不着对进水泵进行检修与保养,也就节省了对应的检修保养费用;
- 2)在处理过程中,由于没有进水泵,也就不需要为其建设进水泵房、检修用的起吊设备及其电控设备,从而也节省了其相应的检修与保养费用;
- 3)改革后的废水处理过程更加安全可靠,它不会因为进水泵的故障等原因,而使整个处理系统处于瘫痪状态。

参考文献:

- [1] 赵英民, 韩伟, 杜琳, 等. 注册环保工程师专业考试复习教材[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2008.

- [2] ZENG G M, LIN Y P, QIN X S, et al. Optimum municipal wastewater treatment plant design with consideration of uncertainty[J]. *Journal of Environmental Sciences*, 2004, 16(1): 126-131.
- [3] ZHANG Z, ZENG X L, CHEN J Z, et al. Gray comprehensive assessment and optimal selection of water consumption forecasting model[J]. *J Cent South Univ Technol*, 2006, 13(3): 318-320.
- [4] YU T C, ZHANG T Q, LI X. Optimal operation of water supply systems with tanks based on genetic algorithm[J]. *Zhejiang Univ SCI*, 2005, 6A(8): 886-893.
- [5] TIAN Y M, FU G Y, CHI H Y, et al. Optimal operation of water distribution networks under local pipe failures[J]. *Cent South Univ Technol*, 2007, 14(3): 436-441.
- [6] DU J, MENG X Q, DU H B, et al. Optimal design of water utilization network with energy integration in process industries[J]. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 2004, 12(2): 247-255.
- [7] LV M, SONG S A, ZHAO H Y G, et al. Optimal dispatching of large-scale water supply system[J]. *High Technology Letters*, 2003, 9(2): 21-26.
- [8] LV M, SONG S. Practical optimal control of large-scale water distribution network[J]. *High Technology Letters*, 2004, 10(4): 79-82.
- [9] MIGUEL C S J, MARIA F O, MANUELA M C. Deficit irrigation as a strategy to save water: Physiology and potential application to horticulture[J]. *Journal of Integrative Plant Biology*, 2007, 49(10): 1421-1434.
- [10] 王里奥, 崔志强, 钱宗琴, 等. 微生物固定化的发展及在废水处理中的应用[J]. *重庆大学学报*, 2004, 27(3): 125-129.
- WANG LI'AO, CUI ZHI-QIANG, QIAN ZONG-QIN, et al. *Advances in immobilized microorganism and its applications of wastewater treatment* [J]. *Journal of Chongqing University*, 2004, 27(3): 125-129.
- [11] 邓荣森, 李尚月, 王涛, 等. 变频器在曝气转刷自动控制中的应用[J]. *重庆建筑大学学报*, 2004, 26(5): 86-89, 136.
- DENG RONG-SEN, LI SHANG-YUE, WANG TAO, et al. *Application of VVVF to the automatic control of aeration brush* [J]. *Journal of Chongqing Jianzhu University*, 2004, 26(5): 86-89, 136.
- [12] 葛强, 李晓红, 卢义玉, 等. 空化射流处理有机废水的机理[J]. *重庆大学学报*, 2007, 30(5): 19-22.
- GE QIANG, LI XIAO-HONG, LU YI-YU, et al. *Mechanism of organic wastewater treatment by cavitating jets* [J]. *Journal of Chongqing University*, 2007, 30(5): 19-22.
- [13] 曹海彬, 张代钧, 卢培利. 活性污泥模型进水 COD 组分的测定方法[J]. *重庆大学学报*, 2005, 28(9): 83-87.
- CAO HAI-BIN, ZHANG DAI-JUN, LU PEI-LI. *Measurements of influent COD components for activated sludge models* [J]. *Journal of Chongqing University*, 2005, 28(9): 83-87.
- [14] 许保玖, 龙腾锐. 当代给水与废水处理原理(第二版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [15] 王圃, 龙腾锐, 李江涛, 等. 城市给水厂污泥处理与能耗[J]. *重庆建筑大学学报*, 2005, 27(4): 77-80.
- WANG PU, LONG TENG-RUI, LI JIANG-TAO, et al. *Sludge treatment and energy consumption of urban water plant* [J]. *Journal of Chongqing Jianzhu University*, 2005, 27(4): 77-80.
- [16] 冯占青. 水污染控制与废水生物处理[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2003.

(编辑 张小强)