

Water Hazard Control and Sluice Wall Design for 8201 Working Face of Jiaozishan Coal Mine

Yong Zhai

Yong Gui Energy Development Co., Ltd., Guiyang Guizhou
Email: 20727323@qq.com

Received: Sep. 18th, 2018; accepted: Oct. 3rd, 2018; published: Oct. 10th, 2018

Abstract

Water disaster is one of the five natural disasters in China's coal mines, which seriously restricts the healthy development of the coal industry. According to the actual situation of 8201 working face in Jiaozishan Coal Mine, this paper analyzes its hydrogeological conditions and mine water inflow, formulates the scheme of water hazard control in working face and the related design of sluice wall. Through practical test, the anticipated effect of water plugging has been achieved, which provides a powerful technical reference for similar mine water hazard control.

Keywords

Working Face, Sluice Wall, Design, Water Hazard Control

轿子山煤矿8201工作面水害治理及水闸墙设计

翟 勇

永贵能源开发有限责任公司，贵州 贵阳
Email: 20727323@qq.com

收稿日期：2018年9月18日；录用日期：2018年10月3日；发布日期：2018年10月10日

摘 要

水害是我国煤矿五大自然灾害之一，严重制约着煤炭工业的健康发展。本文根据轿子山煤矿8201工作面实际情况，在分析其水文地质条件、矿井涌水量状况下，制定工作面水害治理的方案及水闸墙相关的设计，通过实践检验，其堵水取得了预期的效果，为相似矿井的水害防治提供了有力的技术借鉴。

关键词

工作面, 水闸墙, 设计, 水害治理

Copyright © 2018 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

我国约 90% 的煤矿为井工矿, 矿井水文地质条件复杂多变, 随着开采深度的不断增加, 深部矿井水害越来越严重[1]。设计并修建水闸墙是预防和治理煤矿突水的常用措施, 水闸墙的重要作用是把水淹部位和正常生产部位进行隔离以提供安全生产空间[2]。水闸墙的设计经历了半个多世纪的研究, 南非的 Garrett 和 Campbell 在金属矿中进行的水闸墙的试验是目前能见到的较早的文献, 给出了 3 种基本的水闸墙类型, 即平板嵌入式平行非嵌入式和楔形嵌入式, 并根据高达 46.9 MPa 水压的试验结果给出了一个水闸墙的设计曲线[3]。Samuel 等在广泛调查的基础上, 完成了美国煤矿的水闸墙的设计与建设规范[4]。

我国为了有效预防煤矿突水事故的发生, 煤矿防治水细则[5]第 98 条对防水闸门进行了详细规定, 采矿工程设计手册[6]第五篇第十二章第二节详细阐述了防水闸门的设计方法及要求。多年来, 我国在利用水闸墙防治矿井水害以及充分利用矿井水资源等方面取得了很大的成绩, 水闸墙作为典型的隔离工程, 能够有效隔绝充水或突水区域, 保障矿井其他区域的生产安全, 并以其经济实用的优势而被广泛应用[7]。

2. 8201 工作面概况

轿子山煤矿 8201 工作面位于新井二采区北翼, 工作面沿倾斜方向布置于 M8 煤层中, 倾斜方向长 857 m, 走向长 170 m, 工作面标高 1201 m~1257 m。煤层厚度 1.9~2.97 m, 平均 2.4 m。工作面大部煤层结构复杂, 含夹矸 2~3 层, 夹矸最大厚度 1.3 m。

该面于 8201 工作面于 2018 年 4 月开始回采, 在推采 17 m 时, 采空区涌水量突然增大至 15 m³/h。经分析, 工作面涌水受地表溪沟水补给, 若工作面再向前推采 10 m, 工作面下端头正好位于地表溪沟正下方, 此时工作面距地表溪沟垂距 50 m。

3. 水文地质条件

3.1. 水文地质条件及充水因素分析

该工作面 M8 煤层所处煤系地层厚度大, 地层内隔水层与含水层交替分布, 含水层补给差、富水性弱, 整体上为一弱富水含水层。因此含水层对采空区涌水补给量较少。

工作面地表为中低山地形, 山体坡面较陡峭, 山体表面及沟谷内第四纪隔水黄、粘土分布广泛, 山谷内汇水下渗量较少, 对下覆含水层补给较差。井田内部裂隙不发育, 大部裂隙构造裂隙面闭合, M8 煤层上部各含水层之间及含水层与地表水之间无明显水力联系。底部隔水层较厚, 工作面回采过程中无上下含水层水害威胁。工作面对应地表南部及西北部有溪沟流经, 采空区上覆岩层冒落裂隙带向上延伸, 破坏上覆含水层, 导致区内大量地表水沿裂隙带向采空区方向漏失, 回采期间该溪沟水对工作面有较大威胁, 因此此溪沟水源为直接充水源。

该工作面北面距离矿井边界较近, 边界附近存在已关闭的小煤窑, 存在一定的老窑水威胁。

3.2. 工作面涌水量预测

根据已有地质资料及多年开采经验,掘进期间钻探资料及以往工作面用水量观测,对比相邻工作面涌水情况,对8201工作面回采期间积水量进行预测。

考虑到工作面回采正值雨季、采动裂隙可能导通地表溪流致使地表水涌入井下;8201回风巷内8104采空区放水孔持续出水,其出水量为 $4.0\text{ m}^3/\text{h}$;8201运输巷内及切眼靠近下端头段存在多处顶板淋水,涌水量 $6.5\text{ m}^3/\text{h}$ 。预测工作面正常涌水量 $38.0\text{ m}^3/\text{h}$,最大涌水量 $71.0\text{ m}^3/\text{h}$ 。

4. 8201工作面水害治理方案的选择

根据分析,8201工作面老塘水主要充水水源为地表水,经调查该地表水主要来自工作面上方溪沟。因此采用甩开该河谷影响位置在8201工作面重新做切眼,回撤搬迁至新切眼。同时,同步开展地表水治理的方式来治理8201工作面水害威胁。

地表水治理:具体为在地面河谷建坝汇水,铺设 $\Phi 500\text{ mm}$ 排水管跨过8201工作面将水引流至8201工作面影响范围以外。

井巷工程治理:在8201工作面上下巷构建水闸墙,封堵并疏放老塘水。

5. 水闸墙位置的选择

5.1. 选择原则

水闸墙位置的选则,须考虑如下因素:

- 1) 所选位置应不受井下采动影响;
- 2) 应尽可能选在较致密岩(煤)层内;
- 3) 应远避断层和岩石破碎地带;
- 4) 从通风、运输、行人、放水安全等方面考虑,要便于施工和灾后恢复生产;
- 5) 尽可能设在较小断面的巷道内[8];
- 6) 不受多煤层开采因素影响。

5.2. 位置选择

根据8201工作面运输巷的巷道实际状况及切眼停采位置等情况,决定运输巷水闸墙建在X11导线点前46 m处,回风巷水闸墙建在回15导线点后7.08 m处。

6. 水闸墙厚度计算与选择

6.1. 水闸墙承受水压的确定

8201运输巷水闸墙位置巷道标高为+1242.76 m,河流在工作面正上方位置地面标高为+1302 m,因此运输巷水闸墙承受的水头值59.24 m,水头压力取值为0.6 MPa,回风巷设计水闸墙处巷道标高为+1253.402,水压取值为0.49 MPa。

为安全起见,两巷闸门承受水压设计取值为1.0 MPa。

6.2. 水闸墙的结构形式及厚度计算

根据水闸墙设计水压选取相应的结构形态[9][10],一般1.6 MPa以下可采用圆柱形结构和楔形结构。本次设计选用楔形结构,水闸墙墙体的采用单级平面型混凝土防水墙,水闸墙的厚度主要根据水压、巷道断面大小、岩石的力学性质及墙体材料的强度来确定。设计混凝土强度等级为C30,弯曲抗压强度值

$f_{cm} = 21.5 \text{ MPa}$ ，混凝土轴心抗压强度设计值 $f_c = 15.0 \text{ MPa}$ 。

防水墙厚度计算公式为：

$$L = \frac{H + B}{4 \tan \alpha} \left(\sqrt{1 + \frac{4\gamma_0\gamma_f\gamma_d HBP}{(B + H)^2 F_{cc}}} - 1 \right) \quad (1)$$

式中：

B ——闸阀墙体前后巷道净宽，m；

H ——墙体前后巷道净高，m；

α ——凸缘基座支撑面与硐室中心线夹角，一般取 $\alpha = 20^\circ \sim 30^\circ$ ；本设计取 20° ；

f_{cc} ——素混凝土的轴心抗压强度设计值，其值为混凝土轴心抗压强度设计值 f_c 乘以系数 0.95 确定，(MPa)；

γ_0 ——结构的重要性系数，取 1.1；

γ_f ——作用的分项系数，取 1.3；

γ_d ——结构系数，取 1.20~1.75，巷道净断面大时取大值；本设计取 1.6；

P ——设计承受的水压，MPa；

运输巷、回风巷槽水闸墙参数选取

B ——4.8 m；

H ——2.5 m；

α —— 20° ；

f_{cc} —— $15 \times 0.95 = 14.25 \text{ MPa}$ ；

γ_0 ——1.1；

γ_f ——1.3；

γ_d ——1.6；

P ——1 Mpa。

经计算，水闸墙厚度为 0.35 m，安全系数取 7，本设计水闸墙墙体厚度 $L = 3 \text{ m}$ 。

回风巷水闸墙计算参数与运输巷水闸墙计算参数一致，因此运输巷、回风巷水闸墙厚度均取 3 m。

6.3. 水闸墙、挡水墙的墙体形态

考虑到水闸墙在施工时引水问题，在运输巷、回风巷水闸墙施工前，首先在两巷各施工一道挡水墙，水闸墙与挡水墙间距 5 m；挡水墙只起到临时挡水作用，所以挡水墙用水泥或黄土袋垒两排，两排中间空隙 0.5 m 填充黄土，挡水墙施工 1.5 m 高，在挡水墙埋置 1 趟 6 吋管排水管，挡水墙及水闸墙位置及前后 5 m 范围内巷道内的杂物、矸石清理干净。

水闸墙以长方形嵌入巷道顶、底板及两帮内，顶板嵌入深度不低于 0.5 m，底板嵌入深度不低于 0.5 m，两帮煤墙内嵌入深度不低于 1.0 m，水闸墙为密闭形式，施工所选位置巷高为 2.5 m。在距离墙体中心向左侧 0.5、1.2 m，距离巷道底板 0.5 m、0.8 m 高的位置埋设两趟引水管(见水闸墙引水管布置示意图)，引水管均使用钢管。其中，位于下部的 6 吋引水钢管主要用于将水引出水闸墙，便于施工挡水墙，该引水管应埋设于挡水墙内，引水管露出水闸墙 0.3 m 处焊接法兰盘，并连接 6 吋闸阀，并安装压力表；闸阀外接 0.3 m 6 吋引水管，再焊接一个 6 吋不锈钢闸阀。另一趟 6 吋引水钢管只需埋设于水闸墙内，用于将水引入二盘区采区水仓，同样需外端焊接法兰盘，并连接两个 6 吋闸阀，并安装压力表；埋设在水闸墙里的排水部分要用钢筋焊接 0.3~0.5 m 不等的倒刺。

为增加水闸墙抗压强度，在顶底板及两帮每隔 0.8 m 分别施工三排金属螺纹锚杆 $\Phi 20 \times 2200$ mm；锚杆间距为 0.8 m，露出岩石表面 0.8 m，露出段锚杆扭弯成直角，扭弯段长 0.3 m，所有锚杆扭弯后朝向一个方向。水闸墙每充填 0.5 高应平行墙体加入三根废旧钢轨或工字钢，其长度为掏槽后巷道的宽度，以加固墙体(8201 工作面挡水墙设计图见图 1)。

6.4. 水闸墙施工选用材料

主要材料有砂子、石子、铁条、金属螺纹锚杆和水泥。

砂子：中、粗粒砂，洗干净；

石子：粒径 5~20 cm 的硬质岩块；

水泥：425#普通硅酸盐水泥；

金属螺纹锚杆： $\Phi 20$ mm \times 2200 mm；

材料配比：1 m³ 混凝土材料用水泥:砂子:石子 = 1:2:4 (体积比)。

6.5. 水闸墙施工工艺及要求

1) 水闸墙及前 20 m、后 10 m 的巷道要进行插管注浆加固，采用固邦特化学浆液，用以封闭顶、底板及两帮围岩裂隙，并提高围岩强度。注浆管垂直于巷道顶、底板及两帮打设，深度 2 m，间排距 0.8×1.0 m，注浆时插管深度 0.6 m，浆液外溢即可停止注浆。注浆前，对运输巷、回风巷两帮补齐帮锚网支护。

2) 处理活矸：在施工前将巷道周边活动的和松动的矸石处理掉，防止活矸影响防水墙的注浆质量。

3) 开挖掏槽：巷道挑顶、扩帮、卧底时采用风镐施工，禁止放炮掏槽。挑顶、卧底深度 0.5 m，扩帮深度 1.0 m，掏槽宽度 3 m。

4) 打锚杆：在顶、底板及两帮每隔 0.8 m 打一根锚杆，规格为 $\Phi 20 \times 2200$ mm；锚杆里段锚固，外露出岩墙 0.8 m，外露段锚杆扭弯成 90° ，扭弯段长 0.3 m，用于增加墙体与围岩的结合力。

5) 挡水墙：距水闸墙 5 m 以里处，施工挡水墙，用水泥或黄土袋垒两排，两排中间空隙 0.5m 填充黄土，要求挡水墙施工 1.5 m 高，在挡水墙埋置 6 吋排水管，水闸墙及挡水墙位置及前后 5 m 范围内巷道内的杂物、矸石清理干净。

6) 埋设管路：在距离挡水墙中心向左侧 1.2 m、底板 0.5 m 高处预先埋设直径 6 吋引水钢管，外端焊接法兰盘，并安装两个 6 吋闸门，以便连接引水管。在距离水闸墙中心向左侧 0.5 m、底板 0.8 m 高处预先埋设直径 6 吋引水钢管，外端焊接法兰盘，并安装两个 6 吋闸门，以便连接引水管。埋设在水闸墙里的排水管部分要钢筋焊接 0.3~0.5 m 不等的倒刺。

7) 在预先埋设的两趟钢管进水口处必须设置过滤网，防止杂物堵塞进水口，导致无法引水。过滤网要求长、宽、高分别不低于 0.5 m，并且要固定牢固。

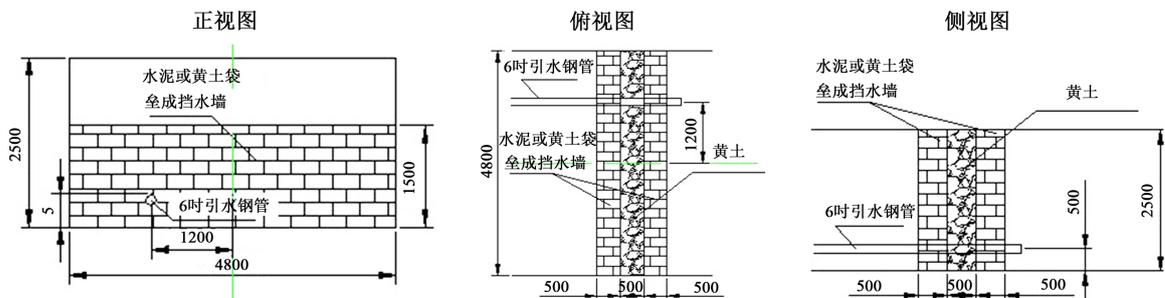


Figure 1. Design of water sluice wall for 8201 working face

图 1. 8201 工作面挡水墙设计图

8) 模板搭建: 使用厚度不低于 30 mm、长度不低于 5 m 木板进行模板搭建。里侧模板从卧底处底板, 依次从下往上钉木板, 直至木板结实顶板, 一次搭建完成。木板与木板之间使用扒钉固定牢固, 木板与木板之间缝隙使用胶带或水泥摸实, 确保无缝隙。在水闸墙体浇筑之前, 从卧底后底板开始, 每隔 0.5 m 高度, 在墙体中部预埋三根废旧钢轨或工字钢, 其长度与墙体宽度一致, 工字钢间距 0.8 m, 距模板两侧 1.0 m。最后按照里侧模板搭建方式搭建外侧模板。外侧模板先搭建 1 m 高, 随着浇筑每升高 0.5 m, 向上延一次模板, 直至完成整个水闸墙模板施工。

9) 浇筑混凝土: 浇筑时, 严格按照配比配料, 下部可以采用机械振动棒、上部用钎子搅拌捣实。

10) 在进行混凝土浇筑时根据设计在水闸墙体周边预先埋设 6 分的注浆管, 其中两帮肩窝及底部各埋设一根注浆管, 进液口提前焊接好快速接头, 外露长度以不影响注浆为宜。注浆管末端管口在墙体中间部位并紧邻围岩, 提前将注浆管口用塑料纸包扎好。

11) 在水闸墙凝固两天后, 通过埋设的注浆管对水闸墙与围岩之间的接触面缝隙进行注浆加固, 注浆压力若达到 1.0 MPa 之上并能稳定 10 分钟以上, 且无跑浆现象, 则停止注浆。否则, 再继续注浆, (每次注浆结束后要将管路通开, 以防止堵孔), 直至达到设计要求。注浆采用水泥浆, 水灰比为 1:1。

12) 在预埋管注浆完成后, 对墙体周边再进行一次补孔注浆加固, 并加固控制至水闸墙顶部、底部及两帮外围, 防止局部裂隙漏水。

13) 水闸墙施工完成等凝固后, 关闭引水管闸阀, 观察墙体密闭效果是否能达到要求, 出现漏水根据情况进行注浆处理。

6.6. 工程施工要求

1) 施工单位接到设计后及时编制施工安全技术措施及报相关部门审批, 并选派技术熟练、责任心强的员工参加水闸墙的施工。

2) 在施工墙体之前必须对墙体前后巷道加固; 施工中加强敲帮问顶, 将工作面的危石, 浮石及时用长把工具撬下, 指派专人监护帮顶。

3) 利用风镐掏槽时, 尽量避免围岩松动, 保持围岩的完整性。

4) 掏槽和岩粉清除干净后, 向生产部进行汇报, 生产部组织相关科室人员进行验收, 确保干净无渣无活矸方可立模和进行混凝土浇筑。

5) 施工水闸墙所用材料必须达到设计要求, 石子、沙子要干净无杂物。混凝土不得直接在巷道底板上搅拌。

6) 混凝土浇筑与外模体同时进行, 中间不得间断, 以防墙体产生接茬, 形成薄弱部位。

7) 模板与模板之间, 模板与围岩之间, 必须封严, 防止震动时砂浆流出模板外。在浇筑过程中, 必须用钎子搅拌捣实, 每增加 500 mm 厚时, 必须全面捣实一次, 特别是在振捣墙体边缘时, 应将振动棒插入下一层中, 以消除层间接缝获得整体效果。浇灌后的砼必须均匀致密, 严禁出现蜂窝状或局部出现砂浆与碎石分离现象。

8) 交接班时, 墙体所留接触面必须拉毛, 否则下班施工前必须拉毛。

9) 水泥浆最后封顶时, 必须使用砂浆, 并用钎子等物体将其捣实, 以防漏水、渗水。

10) 浇筑混凝土时应按设计预留注浆管, 管头捆扎塑料薄膜封口以防止注浆管堵塞。墙体浇筑完毕后及时按设计进行注浆。

11) 墙体与巷道围岩、各种管路之间要结合紧密。严格控制工程施工期间的工程质量。

12) 水闸墙外铺设的引水管放实并加工架子做好掩护, 防止底板变形、顶板冒落破坏引水管。

13) 引水管要加长, 将水引入巷道水沟中, 并将出口固定, 严禁将水引入溜煤眼或造成出口积水横流。

7. 结论

该矿水闸墙于2018年7月施工结束,工程在组织设计计划的时间内完成,且施工质量达到设计要求,取得了较为理想的堵水效果,未出现异常情况,提高了矿井安全等级。8201工作面水害治理成功主要取决于以下及方面:一是水闸墙的位置选择合理;二是水闸墙的墙体形状、厚度及内部结构设计计算科学;三是精心设计的墙体掏槽深度;四是施工组织规范,工程质量把控严格;五是注浆堵漏方法运用得当。

参考文献

- [1] 谢和平, 王金华, 申宝宏, 等. 煤炭开采新理念——科学开采与科学产能[J]. 煤炭学报, 2012, 37(7): 1069-1079.
- [2] 隋旺华, 杭远. 煤矿水闸墙设计施工技术综述与展望[J]. 煤炭科学技术, 2016, 44(8): 7-13.
- [3] Garrett, W. and Campbell, L. (1958) Tests on an Experimental Underground Bulkhead for High Pressures. *Journal of South African Institute of Mining and Metallurgy*, **59**, 123-143.
- [4] Harteis, S.P., Dolinar, D.R. and Taylor, T.M. (2008) Guidelines for Permitting, Construction, and Monitoring of Retention Bulkheads in Underground Coal Mines. IC9506DHHSPB No. 2008-134.
- [5] 国家煤矿安全监察局. 煤矿防治水细则[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2018: 80.
- [6] 张荣立, 何国纬, 李铎, 主编. 采矿工程设计手册[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2003: 2495.
- [7] 王君现. 隔离开采技术在煤矿防治水工作中的探索与应用[J]. 煤炭与化工, 2015, 38(9): 120-121, 126.
- [8] 庞迎春. 杨庄煤矿水闸墙设计与施工[J]. 煤炭技术, 2006, 25(9): 92-94.
- [9] 中国煤炭建设协会. GB 50215-2005 煤炭工业矿井设计规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2006-01-01.
- [10] 中国煤炭建设协会. GB 50416-2007 煤矿井底车场硐室设计规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2007-05-21.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2329-7301, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>
期刊邮箱: me@hanspub.org