

Research on Water Disposal Technology for the Empty Space of 51103-1 Working Face in Liyuanhe Coal Mine

Ran Fan¹ Peng Wang^{1*} Xianfeng Pei^{1*} Dongren Gao² Zhenguo Li³

1. Feicheng Emergency Rescue Command Center, Taian, Shandong, 271000, China

2. Shandong Xinjiaolong Energy Co., Ltd., Heze, Shandong, 274000, China

3. Yanzhou Coal Mining Co., Ltd., Dongtan Coal Mine, Zoucheng, Shandong, 273500, China

Abstract

The accumulated water in abandoned workings is an important factor affecting the safety of coal mining operations. If there is a water conduit between the overlying abandoned workings and the lower normal production heading face. The accumulated water will flow down to the lower heading face under the pressure of the water in the overlying abandoned workings, causing serious water hazards and seriously affecting people's property and lives. Therefore, the water drainage project for abandoned workings is particularly important. This paper mainly introduces the water drainage project for the 51103-1 heading face of Lili River Coal Mine, where water in the overlying abandoned workings is drained remotely through drilling. The construction of the 6 planned directional drilling holes has been completed, with a total drilling depth of 1,520m, effectively eliminating the threat of water accumulation in the overlying abandoned workings to the 51103-1 heading face; water samples were collected from each outlet at two different time periods and the results of the two tests were compared to analyze the drainage conditions of each drilling hole; the water discharge from the actual drilling holes consists of the static water storage volume of the abandoned working face and the water recharge from the top and bottom sandstone fracture aquifer, and the dynamic water recharge from the top and bottom sandstone fracture aquifer is estimated to be about 22m³/h by comparing the predicted static water storage volume and the actual discharge volume. The drainage results of the working face can be used as a basis for future mine old-mine water exploration and drainage and future calculation of the volume of accumulated water in abandoned workings.

Keywords

Water accumulation in gob area; Extractive operation; Damage by water; Borehole design

梨园河煤矿 51103-1 工作面采空区积水治理技术研究

范然¹ 王棚^{1*} 裴宪峰^{1*} 高东忍² 李振国³

1. 肥城市应急救援指挥中心, 中国·山东 泰安 271000

2. 山东新巨龙能源有限责任公司, 中国·山东 菏泽 274000

3. 兖州煤业股份有限公司东滩煤矿, 中国·山东 邹城 273500

摘要

采空区积水是影响煤矿采掘作业安全的重要因素。若上覆采空区与下部正常生产的掘进工作面间存在导水通道, 在上覆采空区积水水压作用下积水涌向下部掘进工作面, 引发严重的水害, 严重影响人们的财产和生命安全。因此采空区积水疏放水工程显得尤为重要。本文主要介绍梨园河煤矿 51103-1 工作面上覆采空区积水疏放水工程, 通过钻孔设计对上覆采空区进行远程疏放水。完成了设计的 6 个定向钻孔施工工程, 实际钻孔总进尺 1520m, 有效消除了该采空区积水对 51103-1 掘进工作面的威胁; 在 2 个不同时间段对各出水点水样进行检测, 对比两次检测结果, 分析了各钻孔的疏水情况; 实际钻孔疏放水由 51103 采空区积水静储量和顶底板砂岩裂隙含水层水补给量组成, 通过预测积水静储量与实际放水量对比, 预计采空区受其顶底板砂岩裂隙含水层水动态补给量约为 22m³/h。采空区放水成果可作为今后矿井老空水探放及今后采空区水量计算的依据。

关键词

采空区积水; 采掘作业; 水害; 钻孔设计

1 引言

水害是影响矿井安全生产的不利因素之一, 常见的工

作面水患有地表水、采空水、含水层水等, 其中以采空水最为常见。当上覆采空区与下部正常生产的掘进工作面之间存在裂隙及孔隙等导水通道时, 采空区内的积水在水压的作用下沿导水通道涌向正常生产的掘进工作面, 严重影响采掘作业安全^[1-2]。例如, 王庄煤矿 5101 掘进工作面较大透水事故致副斜井距井口 524.5m 处以下巷道全部被淹, 造成严重的

【作者简介】范然 (1990-), 男, 中国山东泰安人, 硕士, 工程师, 从事安全监督管理方面的研究。

财产损失^[3]。因此进行采空区积水疏放水工作极为重要。

2 背景

矿井目前正在掘进 511 采区 51103-1 工作面，其上覆为 51103 综采工作面采空区，51103 综采工作面已回采完毕，采空工作面内有大量的积水存在，为保证 51103-1 工作面掘进安全，消除水患的威胁，根据采空区疏水方案对 51103 采空工作面积水区域进行远程放水。设计施工定向长钻孔 6 个，预计总工程量 1524m。本文以梨园河煤矿 511 采区 51103-1 工作面采空区积水疏水工程为背景，按照采空区积水疏水方案在 5# 集中辅运大巷布置钻场施工定向钻对 51103 采空工作面积水区域进行远程放水，通过本次定向钻施工有效消除该采空区积水对 51103-1 掘进工作面的威胁，保证该工作面掘进工作安全开展。

3 矿井及 51103-1 掘进工作面地质及水文概况

矿井设 1 个水平开拓全井田可采煤层，水平标高为 +1267m。5# 煤层分为 3 个采区，分别是 511、512、513 采区；采用综采放顶煤采煤法，全部垮落法管理顶板。工作面均采用长壁后退式开采法，工作面由工作面切眼向大巷方向推进。

511 采区 51103-1 掘进工作面相对地面位置在矿井进风立井主副斜井井口西北方向 200~600m 处，地形为山地，多为基岩覆盖，冲沟发育，工作面盖山厚度为 250~284m，无重要建筑物。51103-1 掘进工作面位于梨园河煤矿 511 采区，东部为工业广场煤柱，南部为主斜井煤柱、5# 集中辅运大巷，西部为 511 轨道上山，北部为 51102 采空区，上覆为 51103 采空工作面。51103-1 工作面上覆 51103 采空工作面 5 (5+6) 号煤层分叉区 5 号煤层及合并区的 5 (5+6) 号煤层已安全回采，其中合并区 5 (5+6) 号煤层煤厚在 11.0~11.5m 左右，分叉区 5 号煤层煤厚在 6.0~6.5m 左右；51103-1 掘进工作面开采的分叉区 6 号煤层煤厚在 3.2~4.0m 左右，煤层厚度稳定。51103-1 掘进工作面所处区域为一向 SE 倾伏的单斜构造，经上覆 51103 采空工作面揭露，51103 采空工作面内存在 9 条断层，落差在 1.5~7.0m 之间，多为层间断层，无陷落柱存在。

51103-1 掘进工作面地面地形为山地，无水体存在且地面坡度较大，排水通畅。工作面的埋深在 250—284m 之间，导水裂隙带不能连接地表，无地表水威胁；太原组含水层是 5 (5+6) 号煤层的主要充水水源，含水层岩性为含砾粗砂岩、中细砂岩，补给条件差，砂岩节理裂隙一般不太发育。51103-1 工作面上覆 51103 工作面已采空，51103 工作面采掘期间在进风巷道有 3 处顶板淋水，充水水源即为太原组砂岩裂隙含水层，涌水点最大涌水量 3m³/h，51103 工作面采空后，受垮落带和导水裂隙带影响，其顶板含水层水汇入 51103 采空工作面，造成采空工作面积水随时间积累逐渐增加，进而对 51103-1 掘进工作面造成影响；根据《梨园河

煤矿矿井水文地质类型报告》，梨园河矿奥灰水水位标高为 1080m—1130m 之间，51103-1 掘进工作面最低标高预计为 1435m，远远高于奥灰水位标高，不受奥陶系岩溶承压水威胁；51103-1 掘进工作面北部为 51102 采空区，已于 2023 年 10 月回采完毕，现正在进行密封，无积水存在，周围其他区域无采空区存在。对 51103-1 工作面造成影响的是上覆 51103 综采工作面采空区，于 2020 年 11 月底回采完毕，工作面在回采时进风巷道有三处顶板淋水，最大涌水量 3m³/h，且现 51103 进风顺槽密闭泄水孔有出水现象，出水量约 5m³/h，根据密闭前标高与进风巷最低点进行测算，预计上覆 51103 采空区积水标高 1463m，积水面积约 110322m²，预计 51103 采空工作面总积水静储量 290910m³。因此，需严格按照探放水设计及安全措施要求施工钻孔对 51103 采空区积水进行探放。

4 设计方案

施工地点位于 5# 集中辅运大巷 4# 点前约 50m 处布置 1# 钻场。设计钻孔具体参数如表 1 所示：

表 1 设计钻孔参数一览表

钻孔编号	开孔标高 (m)	终孔标高 (m)	钻孔方位	钻孔倾角	单孔深度 (斜距/m)
1#	1405	1457	305°	9°	345
2#	1405	1451	320°	10°	258
3#	1405	1447	347°	12°	204
4#	1405	1445	4°	12°	204
5#	1405	1437	29°	8.0°	231
6#	1405	1429	46°	5°	282
合计					1524

根据 51103 采空工作面积水水头标高及相对应钻孔孔口标高，预计上覆 51103 采空区积水标高 1463m，钻场开孔标高 1405m，钻孔揭露采空区积水钻孔出水时，孔口水压为 0.57MPa。根据《煤矿防治水细则》第四十六条规定、山西省《井下探放老孔水技术要求》，待注入孔内的水泥浆凝固 24 小时并扫孔后，进行清水耐压试验，试验压力为 2.0MPa (耐压值不得小于静水压值的 1.5 倍， $0.57 \times 1.5 = 0.855\text{MPa}$)，稳压时间为 35min，以孔口管壁及周围煤岩不漏水、套管牢固不活动为合格，否则需重新注浆加固，直至耐压试验合格。

根据《煤矿防治水细则》第四十八条规定，探老空积水，止水套管长度不得小于 10m，所以决定采用长度为 12m 的止水套管。套管规格为 $\phi 127\text{mm} \times 4.5\text{mm} \times 1\text{m}$ ，材质为地质钻探专用的无缝钢管，具有足够的强度，能承受井下各种外力，具有不断、不裂、不变形、抗腐蚀等性能。

设计 6 个钻孔开孔孔径 113mm，钻进 12 米扩孔孔径 153mm 下入直径 127mm 孔口管，然后换孔径 94mm 钻杆钻至终孔 (透空)。

孔口安装质量合格且耐压 2MPa 的闸阀及压力表，用于收集采空区的水量、水压等资料。孔口装置要同钻孔套管

的法兰盘连接在一起,并且易于拆开,在使用过程中要求密封不漏水。在钻进时用 $\phi 94\text{mm}$ 钻头钻进,直至终孔。揭露采空区积水区初次出水后,应开始进行水量与水压观测。具体施工顺序如下:

$\Phi 113\text{mm}$ 钻头开孔至 15m → $\phi 153\text{mm}$ 钻头扩孔至 12m → 下止水套管 12m → 注浆封孔(24 小时) → 扫孔进行耐压试验(合格) → 安装孔口闸阀、压力表、流量计 → $\phi 94\text{mm}$ 钻头施工至孔底 → 对揭露出水量进行监测。

5 施工情况及检测分析

本次共施工完成了设计的 1#、2#、3#、4#、5#、7# 钻孔施工工程(6# 孔因塌孔中止不予统计,原施工孔位附近施工 7# 孔),实际钻孔总进尺 1520m。各钻孔终孔位置和设计基本吻合,其中 2#、3#、4#、5#、7# 钻孔全孔下入套管,施工的各个定向钻孔均不同程度出水,截止 2024 年 8 月 10 日,7 个钻孔(包括 6# 孔)共疏放 51103 采空区静储量积水及其顶板含水层补给水量共 159152.2m³。

钻孔施工期间,分别对 1#、2#、3#、5#、6#、7# 钻孔及 51103-1 工作面进风出水点水样进行化验测试,经测试各钻孔出水水化学类型主要为 SO₄-Ca·Mg 型,其次为 SO₄-Ca 型、SO₄-Mg·Ca,溶解性总固体含量在 1823~3227mg/L,反映出采空积水的特点。其中从 2#、3#、5# 钻孔先后于 2024 年 5 月 27 日和 2024 年 7 月 26 日两次测试结果对比分析,溶解性总固体含量均呈明显下降趋势,说明随着钻孔对积水的不断疏放,1#、2#、3#、5# 钻孔终孔所处采空位置积水中砂岩水动态补给水的比例有所增加,说明该区域老空积水已大量疏放;6#、7# 钻孔先后两次测试成果差别不大,说明该区域仍存在大量老空积水尚未疏放。

各钻孔施工完成后,定期对各钻孔水压分别进行了测试,经测试各钻孔水压不稳定,水压数据不能反映出各钻孔采空水真实水头压力,推测为终孔位置附近采空区顶板垮落造成排水不畅、采空区内积气及各钻孔出水促使积水流场不稳定导致,因此钻孔测试水压不能作为推算采空区积水水位标高的依据,仅能作为参考。由于该采空工作面煤层西部、中部与东部采高不一致,采空工作面实际积水量远高于原预测积水量,根据煤矿积水量预测结果,预计 51103 采空工作面总积水静储量 290910m³,至 7 月 11 日采空工作面积水标高由 1463m(51103 进风顺槽密闭出水泄水孔标高)下降至 1456.9m 左右(根据工作面迎头探放水钻孔推断),放水区域理论预测积水静储量 104709m³,实际放水量 131205m³,

实际钻孔疏放水由 51103 采空工作面积水静储量和顶底板砂岩裂隙含水层水补给量组成,通过预测积水静储量与实际放水量对比,预计采空区受其顶底板砂岩裂隙含水层水动态补给量约为 22m³/h。

6 结语

完成了设计的 6 个定向钻孔施工工程,实际钻孔总进尺 1520m,各钻孔终孔位置和设计基本吻合,其中 2#、3#、4#、5#、7# 钻孔全孔下入套管,施工的各定向钻孔均不同程度出水,截至 2024 年 8 月 10 日,钻孔累计探放水量 159152.2m³,其中 1# 放水孔已无水流出,2# 放水孔出水量已减小至 0.25m³/h 左右,2# 放水孔终孔位置标高以上积水已基本疏干,推测目前采空区水位标高在 1450m 左右。随着 51103 采空工作面积水的逐步疏放,有效消除了该采空积水对 51103-1 掘进工作面的威胁,保证了该工作面的安全开采。

本次疏放水工程实际疏放积水量远高于原预测积水量,经分析,实际钻孔疏放水由 51103 采空工作面积水静储量和顶底板砂岩裂隙含水层水补给量组成,通过预测积水静储量与实际放水量对比,预计采空区受其顶底板砂岩裂隙含水层水动态补给量约为 22m³/h,51103 采空工作面位于 511 采区南部下山区域,采空工作面东侧、南侧为工业广场及主斜井煤柱,采空区积水主要补给水源主要为顶板砂岩裂隙含水层水,根据钻孔探放情况,补给条件较好,本次采空工作面放水成果可作为今后矿井老空水探放及今后采空积水量计算的依据。

通过对各钻孔及 51103-1 工作面进风出水点水样化验测试,各出水水点化学类型主要为 SO₄-Ca·Mg 型,其次为 SO₄-Ca 型、SO₄-Mg·Ca 型,溶解性总固体含量在 1823~3227mg/L,整体反映出采空积水的特点。

本次施工的 6 个定向钻孔均已竣工,经验收各钻孔质量合格,符合设计要求,随着下一步 51103 采空工作面积水的逐步疏放,将为 51103-1 工作面掘进和回采提供安全保证。

参考文献

- [1] 康鹏飞,郭亚腾,裴惠.老煤窑采空影响区掘进巷道超前探放水技术研究[J].煤,2022,31(11):43-45.
- [2] 张文.掘进工作面临近积水采空区水害防治技术应用[J].江西煤炭科技,2022,(01):109-111+114.
- [3] 董永.王庄煤矿透水事故原因分析及安全防范措施[J].能源与节能,2016,(06):163-164.DOI:10.16643/j.cnki.14-1360/td.2016.06.076.