

潘二煤矿灰岩水害地面区域探查治理研究

梁海洋, 江亮亮, 肖红

江苏煤炭地质勘探二队, 江苏 徐州

收稿日期: 2024年6月3日; 录用日期: 2024年7月5日; 发布日期: 2024年7月18日

摘要

随着采煤深度的不断增加, 煤层底板灰岩承压水害对煤矿安全开采威胁日趋严重。为保障A组煤的正常开采, 潘二矿28123工作面采用多分支水平井注浆技术对1煤底板灰岩进行了地面区域超前探查治理, 隔断奥灰含水层与A组煤的水力联系, 达到防范奥灰水害的目的。

关键词

灰岩水害, 多分支水平井, 区域治理

Research on Exploration and Management of Water Damage in Limestone Ground Areas of Pan'er Coal Mine

Haiyang Liang, Liangliang Jiang, Hong Xiao

Jiangsu Coal Geological Exploration Two Team, Xuzhou Jiangsu

Received: Jun. 3rd, 2024; accepted: Jul. 5th, 2024; published: Jul. 18th, 2024

Abstract

With the continuous increase of coal mining depth, the pressure water damage of coal seam floor limestone poses an increasingly serious threat to the safety of coal mining. In order to ensure the normal mining of Group A coal, the 28123 working face of Pan'er mine adopted multi branch horizontal well grouting technology to conduct advanced exploration and treatment of the limestone on the floor of coal one in the ground area, isolating the hydraulic connection between the ordovician limestone aquifer and Group A coal, and achieving the goal of preventing ordovician limestone water damage.

Keywords

Limestone Water Damage, Multi Branch Horizontal Well, Regional Governance

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 引言

煤炭在我国能源结构中仍然占据主要地位, 煤炭的开采需求一直居高不下, 煤炭的开采深度也在不断增加, 而灰岩水害对矿井的危害也日益增长。根据淮南潘二煤矿的生产接替规划, 急需解放部分 A 组煤资源储量来保障矿井生产需要。随着 A 组煤的开采, 煤层底板的隔水层厚度也在不断减小, 加之开采时对地层的扰动破坏, 极易发生突水事故, 严重影响煤矿的安全生产。为保障工作面的安全开采, 需要对底板进行探查治理。地面水平分支钻孔注浆技术是灰岩水害治理的重要手段之一[1] [2]。

2. 地质概况

潘二矿位于安徽省淮南市潘集区境内, 28123 工作面位于西四采区深部, 陶王背斜北翼, 根据历次地质勘探和采掘巷道实见资料综合分析, 预计治理区范围内共发育断层 21 条, 其中落差大于 5 m 共有 7 条, 落差小于 5 m 的有 14 条; 主要充水水源为 3 煤层顶板砂岩水和 1 煤底板灰岩水。3 煤底板至太原组 C_3^1 灰间距 14.21~32.2 m, 平均 21.18 m, 岩性为 1 煤、泥岩、砂泥岩互层, 夹薄层粉砂岩及细砂岩。因 C_3^1 、 C_3^2 层灰岩不含水, 自 C_3^1 灰岩顶至 C_3^3 层段可作为相对隔水层看待, 3 煤底板至 C_3^3 灰岩顶的层间隔水层厚 18.89~60.63 m, 平均 33.15 m。

3. 区域探查治理方案

为完成井下安全开采的目的, 需要对灰岩水害进行超前治理, 以往使用的底板注浆改造技术局限性较大, 需要采探治相结合, 会造成施工周期的延长, 治理深度和面积都难以满足持续采煤的需求, 受井下环境影响, 不仅施工难度大, 还具有一定的风险性[3]。本次治理采用多分支水平井注浆技术, 就很好的避免了以上问题。根据治理区域的水文地质情况选择合适的施工层位, 从地面施工一个水平孔作为主孔, 再从主孔施工分支孔辐射至整个治理区域, 对治理区域水平方向进行全面探查, 揭露可能存在的导水构造并通过注浆来进行改造, 使 A 组煤达到安全的开采环境[4]。

3.1. 钻探施工工艺

3.1.1. 工程布置

综合考虑潘二矿地面治理区域的水文地质条件、突水系数要求水动力条件含水层水力联系、导水结构、灰岩间距等影响因素分析, 选择 C_3^9 作为地面区域治理目的层, 共布置 3 个主孔和 28 个分支。

3.1.2. 钻孔结构

1) 一开段: 0~327.00 m, 孔径 $\phi 311$ mm, 至基岩面以下 30 m 左右的稳定地层, 下入 $\phi 244.5 \times 8.94$ mm J55 石油套管;

2) 二开段: 327.00~804.79 m, 孔径 $\phi 216$ mm, 钻进至目标层, 接近顺层, 下入 $\phi 177.8 \times 8.05$ mm J55

石油套管；

3) 三开定向顺层段：钻孔间距最大为 54.99 m。

3.2. 注浆施工工艺

3.2.1. 注浆工艺和材料

1) 注浆原则和止浆方式：遵循先稀后稠、复注稠浆原则，孔口止浆，水平分支孔分段下行或者是前进式方式，连续注浆。

注浆目的层位 C₃⁹ 灰。

2) 注浆材料：主要为 M32.5 砌筑水泥。

3.2.2. 注浆流程

钻孔揭露目标层位并在灰岩层内顺层钻进时，如不漏失、塌孔或孔口溢流，直接钻进至终孔位置或设定分段位置。若钻探过程中钻井液漏失量大于 15 m³/h 时，向前钻进 5~10 m 后起钻进行高压注浆。终孔注浆过程中控制注浆压力，避免高压下跑浆至工作面巷道。每次注浆前均进行受注层位的简易水文观测，并记录存档[5]-[7]。

3.2.3. 注浆结束标准

注浆终压：达到设计压力；

注浆终量：当注浆终压达到结束标准后，应逐次换档降低泵量，直至泵量不大于 60 L/min，并维持 30 min。注浆结束注浆终压为孔口压力加上孔口至孔底的浆液与水比重的压力差不小于钻孔水平段最大垂深处奥灰含水层静水压力的 1.5 倍[8]。

4. 现场应用

以 W3 孔为例，在治理区域范围内共布 1 个主孔和 7 个分支。水平段采用岩屑录井、伽玛数据、钻时录井联合判层，采用无线随钻测量系统监测钻孔轨迹，跟层率达 100%，平面上最大偏差 1.61 m，详见表 1。

Table 1. Statistical table of layer following (depth following) and maximum deviation in horizontal sections of each hole
表 1. 各孔水平段跟层(跟深)情况和最大偏移统计表

孔号	水平段长度 (m)	钻遇灰岩段长度 (m)	上距 1 煤底板距离 (m)	跟层(跟深)率	最大偏移点 (m)	最大平面偏移 (m)
W3-1	968.46	670.71	81~86	100%	844.01	1.02
W3-2	1088.22	627.22	82~104	100%	1101.61	1.47
W3-3	971.84	618.84	88~89	100%	947.98	1.61
W3-4	992.09	602.21	88~89	100%	1510.05	0.82
W3-5	1005.20	548.43	89~103	100%	1351.57	1.11
W3-6	1027.51	752.21	87~103	100%	1473.83	0.69
W3-7	460.52	449.52	81~86	100%	1133.43	0.77

W₃ 地面区域探查治理工程完成 7 个分支钻孔后对钻探揭露的灰岩溶隙、裂隙、断层及其破碎带进行了注浆加固治理，各钻孔注浆量大小、注浆效果见下表 2。

Table 2. Injection situation of each branch
表 2. 各分支注浆情况表

序号	孔号	注浆段(m)	有效段(m)	注浆量(m ³)	水泥量(t)	注浆终压(MPa)	每米注入水泥量(t/m)
1	W3-4 第 1 段	592.81	592.81	255.6	88.65	12.8	0.15
2	W3-4 第 2 段	992.09	399.28	550.31	228.9	12.6	0.57
3	W3-6 第 1 段	581.13	581.13	417.24	171.97	12.3	0.30
4	W3-6 塌孔注浆	733.37	152.24	602.26	234.1	12.3	1.44
5	W3-6 第 2 段	1027.51	294.14	374.98	135.87	16.5	0.46
6	W3-3 第 1 段	502.13	502.13	807.07	334.43	15.1	0.67
7	W3-3 第 2 段	971.84	469.71	304.9	119.96	14.3	0.26
8	W3-5 第 1 段	534.57	534.57	1241.57	541.96	13.8	1.01
9	W3-5 第 2 段	1005.20	470.63	487.4	210.71	14.4	0.45
10	W3-1 第 1 段	518.91	518.91	617.39	262.33	14.1	0.51
11	W3-1 第 2 段	968.46	449.55	990.74	430.21	14.0	0.96
12	W3-7	460.52	460.52	294.67	108.98	14.3	0.24
13	W3-2 第 1 段	593.32	593.32	4202.18	1914.28	11.7	3.23
14	W3-2 第 2 段	1088.22	494.90	1313.23	557.95	12.6	1.13

从注浆压力来看, 注浆中压力持续升高, 终压达到注浆结束标准, 未发现与奥灰导通的垂向导水通道。

从注浆量大小来看, 大部受注段注浆量较小, 局部受注段注浆量相对较大。说明探查区域内局部 C₃⁹ 灰岩及顶底板可注性一般。

从单位注浆量大小来看, 总体反映本次工程探查区域内 1 煤层底板 C₃⁹ 灰岩顶底板裂隙(除 W3-2 第 1 段外)较不发育。

各分支孔达到注浆结束标准后均进行注后压水, 据此算出了各分支孔的注后单位吸水率, 详见表 3。小于单孔注前单位吸水率, 验证了各分支孔的注浆效果。

Table 3. Statistical table of unit water absorption before and after grouting for each branch drilling hole
表 3. 各分支钻孔注浆前、后单位吸水率统计表

孔号	注前单位吸水率 (L/min·m·m)	注后单位吸水率 (L/min·m·m)	注后单位吸水率减少量
W3-4 第 1 段	0.0011	0.00034	0.00076
W3-4 第 2 段	0.00065	0.000205	0.000445
W3-6 第 1 段	0.00116	0.000374	0.000786
W3-6 塌孔注浆加固	0.00103	0.000638	0.000392
W3-6 第 2 段	0.000685	0.000162	0.000523
W3-3 第 1 段	0.00111	0.000319	0.000791
W3-3 第 2 段	0.000585	0.000171	0.00076
W3-5 第 1 段	0.00104	0.000624	0.000416
W3-5 第 2 段	0.00237	0.000145	0.002225

续表

W3-1 第 1 段	0.00101	0.000208	0.000802
W3-1 第 2 段	0.000522	0.000158	0.000364
W3-7	0.00128	0.000499	0.000781
W3-2 第 1 段	0.00132	0.000383	0.000937
W3-2 第 2 段	0.000656	0.000167	0.000489

对钻孔注前、注后单位吸水率进行对比统计分析后认为：大多钻孔在注浆结束后，受注段的单位吸水率出现明显大幅减小，变化幅度最大的 W3-5 第 2 段单位吸水率由注浆前的 0.00237 (L/min·m·m) 到注浆后的 0.00012 (L/min·m·m)，减小量达到 94%，说明受注段地层在经过高压注浆后，裂隙充填效果显著。

由于治理区内底板的断层、垂向导水构造裂隙等已通过注入水泥浆液充填加固，即已将受构造破坏块段改造成了正常块段。通过绘制底板相对隔水层承受的水压等值线图和底板相对隔水层等厚图将其叠合计算突水系数，根据突水系数公式计算，本区突水系数为 0.054~0.081 Mpa/m，小于 0.1 Mpa/m。

5. 结语

通过对潘二煤矿西四-530 m 以深 A 组煤采区 28123 工作面及系统巷道 A 组煤地面区域治理工程研究分析，采用地面水平定向钻探技术，探查 A 组煤底板 80 m 左右的 C₃⁹ 灰岩顶板底板地层中垂直导水构造，对施工过程中钻井液消耗、注浆压力、钻时录井、卡钻、井下巷道跑浆等进行综合分析，未发现与奥灰导通的垂向导水通道。针对该地区地质概况总结了施工难点以及应对措施，为后续的地面区域治理工程提供参考借鉴。

本工程通过高压注浆治理，目的层吸水率明显减小，A 组煤底板目的层附近地层裂隙已被水泥充填加固，增加了安全隔水层厚度，阻断了奥灰水和工作面的水力联系，注浆效果良好，达到了治理目标。治理后突水系数小于 0.1 Mpa/m，达到安全回采要求，治理区域可以由缓采区转化为可采区。

参考文献

- [1] 郭梁栋. 冀东油田大斜度大位移井岩屑床的解决方法[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2004(5): 58-59.
- [2] 胡焮彭. 煤层底板注浆加固多分支水平井钻井工艺技术研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 煤炭科学研究总院, 2020.
- [3] 许超. 淮南煤田 1 煤开采底板灰岩水害地面超前区域探查治理方案研究[J]. 煤炭与化工, 2020, 3(7): 33-37.
- [4] 刘松. 顾北矿南一 1 煤采区工作面底板灰岩水害防治技术与策略研究[D]: [硕士学位论文]. 淮南: 安徽理工大学, 2021;
- [5] 安徽省能源局, 国家矿山安全监察局安徽局. 安徽省煤矿防治水和水资源化利用管理办法[Z]. 北京: 安徽省能源局, 国家矿山安全监察局安徽局, 2021-12-20.
- [6] 贾华峰. 应用地面水平分支孔注浆技术超前治理灰岩突水综合效果分析[J]. 西部探矿工程, 2022, 34(2): 121-124.
- [7] 程甄. 淮南潘二矿西四采区灰岩水害地面区域治理技术研究与应用[J]. 化工管理, 2023, 25(9): 73-75.
- [8] 甘林堂. 淮南矿区 A 组煤底板灰岩水防治及潘二矿突水事故原因分析[J]. 煤矿安全, 2018, 49(7): 171-174, 180.