

4301 工作面底板承压水注浆封堵工艺研究

靳晓明（太原煤气化龙泉能源发展有限公司，山西 太原 030303）

摘要：针对 4301 工作面涌水量大问题，通过分析工作面的地质水文特征，提出采用注浆封堵工艺技术，通过设计注浆封堵方案，分析注浆封堵工艺，并在现场试验，结果表明：采用注浆封堵工艺后，涌水量从 $180\text{m}^3/\text{h}$ 减小到 $54\text{m}^3/\text{h}$ ，降低了工作面奥灰水的出水风险。

关键词：涌水量；注浆封堵；工艺技术

0 引言

龙泉煤矿 4301 工作面在推进过程中，推进进度越快，揭露断面越多，淋水量越大，开采扰动作用下，顶板裂隙发育程度增大，与上部砂岩含水层发生连通，岩层导水性增强，从而造成工作面涌水量增大。为了切断承压水与含水层的水力联系，减少奥灰水的水量补给，减少工作面的涌水量，对工作面进行注浆封堵改性。

1 地质水文概况

4301 工作面为 4# 煤层的三采区首采工作面，采用综放开采方法，底板标高为 $+525.2\sim+630.5\text{m}$ ，地面标高为 $+12001\sim+1350\text{m}$ ，工作面走向长度为 1127.895m ，可采长度为 721m ，倾向宽度为 250m ，煤层平均厚度为 6.25m ，工作面的基本顶为砂质泥岩，具有隔水性，厚度为 7.30m ，直接顶为 K 砂岩，属承压裂隙含水层，厚度为 3.53m ，伪顶为砂质泥岩，厚度为 0.23m ，直接底为中砂岩，厚度为 0.45m ，基本底为细砂岩，厚度为 6.06m 。

4301 工作面顶板上覆的主要含水层是砂岩含水层裂隙水，在掘进过程中，顶板裂隙水进入工作面上，顶板砂岩不均衡的导水性，出现不同的涌水地段，其中主要淋水通道是以锚索孔、裂隙为主。

2 注浆封堵方案

2.1 方案设计

为了满足 4301 工作面底板隐伏通道注浆封堵要求，对地面注浆站配备 2 套粘土制浆系统，包括 2 台高速涡流制浆机，6 台注浆泵，可以制取不同配比的粘土精浆、水泥浆、粘土水泥浆。从注浆站到工作面之间共铺设 3 趟注浆管路，4301 胶带巷、辅运巷各铺设两趟注浆管路，实现对 3 个钻孔的同时注浆，单台泵单趟注浆管路的设计注浆能力为 $15\text{m}^3/\text{h}$ ，为工作面隐伏通道注浆堵水提供有力保障。

由于工作面采空区底板同时受矿压和水压的威胁，加大了破坏深度，在施工中，要根据实际情况合理调下管后，再对钻孔进行注浆和固管作业，为避免压裂底板，要逐渐提高注浆压力，初次注浆压力为实测水压值加 1MPa ，然后每次注浆压力提高 1MPa ，直至三次注浆结束为止。注浆过程中如果发现钻孔与采空区出水点连通，则采取加大浆液浓度、添加骨料、早强剂、间歇式注浆等工艺，封堵出水通道，如果未发现连通，按正常注浆工艺进行注浆。

2.2 钻孔布置

对于钻孔结构，在实体煤侧区域内，钻孔采用二径套管结构，在采空区周边，钻孔采用三径套管结构。实施过程中，在矿区布置 1 个井场，设计 1 个主孔，1 个垂直探查孔，6 个水平分支孔，分支孔间距为 $40\sim 60\text{m}$ ，设计总进尺 6120m 。其中，垂直探查孔进一步明奥灰峰组顶部 70m 岩溶发育情况；水平分支孔从工作面上下端头起开始布置，主要担负对底板岩层的注浆改性工作，钻孔设计平面图如图 1 所示。



图 1 4301 工作面底板注浆改性钻孔设计平面图

3 注浆封堵工艺

3.1 地面注浆站

地面注浆站需配备粘土制浆系统 2 套，高速涡流制浆机 2 台，注浆泵 6 台，可以制取不同配比的粘土精浆、水泥浆、粘土水泥浆。单台泵单趟注浆管路设计注浆能力 $15\text{m}^3/\text{h}$ ，最多可同时使用 3 台注浆泵注浆，最大注浆能力 $45\text{m}^3/\text{h}$ 。施工中如果发现奥灰含水层的吃浆量特别大，可采用多泵同时注浆或增加大流量注浆泵（泵量 $< 50\text{m}^3/\text{h}$ ），以加快注浆工程进度。

3.2 注浆管路铺设

自龙泉煤矿地面注浆站至井场要铺设 3 趟 2 寸注浆管路，低速注浆时 1 趟工作 2 趟备用，高速注浆时 2 趟工作 1 趟备用，铺设时考虑冬季气温较低造成冻裂的问题，自地面注浆站到井下管路不能出现低注点，每次注浆结束冲洗完管路之后，注浆站及井场均要打开管路两端放水，管路中不得有残留水。

3.3 单孔注浆结束标准

注浆结束压力。在注浆过程中，为了确保浆液的扩散范围，对注浆压力有很高的要求，压力过低，会造成漏注，压力过高，会使浆液扩散的太远，使原有裂隙通道变大，出现新的裂隙。一般地，注浆结束压力应小于受注含水层最大静水压力的 1.5 倍。奥灰含水层水位标高取值 $+1150\text{m}$ ，治理区域 4301 工作面最大奥灰水压约

为 8MPa, 受注点注浆终压设计为 12MPa。所注浆液比重一般 ≤ 1.2 , 由于地面与受注点高差约 850m, 因此, 可将注浆结束时的孔口压力标准确定为 3MPa。考虑到改性区域上方为采空区, 且存在出水通道, 为防止压力过大起到反作用, 增大原有裂隙通道, 反而使工作面涌水量增加, 进入采空区范围内注浆时要逐步提高注浆压力, 避免一次达到设计终压。当出水通道得到比较充分加固后, 方可进行高压注浆, 根据钻孔的实测水位和注浆情况, 在实际施工时合理地调整注浆压力。

注浆结束泵量。注浆结束泵量规定为 60L/min 时达到上述注浆结束压力。

4 应用分析

根据龙泉煤矿的地质情况, 现施工注 1-4, 注 1-4 分支孔结束后, 继续施工注 1-2 孔, 目标层位为奥灰顶面以下 5-10m, 若注 1-2 探查出水通道, 取得较好的注浆效果, 则自注 1-2 孔重新开两个短分支孔, 因 1-2 孔北侧已有注 1-1 和注 1-4 孔, 因此在注 1-2 孔南侧再布置注 1-2-1、1-2-2 两个短分支孔, 设计总进尺 1402m。平面布置图如图 2 所示。

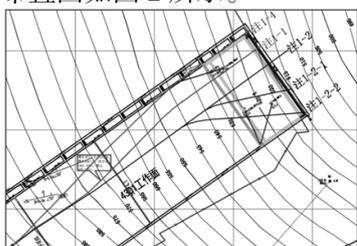


图 2 注 1-2 孔钻孔平面布置图

利用定向钻进技术, 定向钻进 60 次, 对注 2 孔施工了 6 个分支孔。根据煤层的裂隙发育程度以及注浆的情况, 采用 1:1.21-1:1.51 的水灰比, 各钻孔注浆完毕后均进行封闭。4301 工作面地面注浆工程共完成工作量见表 1。

表 1 完成工作量统计表

钻孔	进尺 /m	注浆 /t	扫孔 /m
注 2-1	1260	5435	1923.35
注 2-2	404	390	741.82
注 2-3	335	470	181.15
注 2-4	772	210	222.45
注 2-5	404	430	255.80
注 2-6	335	240	515.48
合计	3510	7175	3840.05

4301 工作面使用注浆封堵工艺后, 涌水量从 $180\text{m}^3/\text{h}$ 减小到 $54\text{m}^3/\text{h}$, 降低了工作面奥灰水的出水风险, 实现安全高效开采。

5 结论

针对 4301 工作面涌水量大问题, 通过分析工作面的地质水文特征, 提出采用注浆封堵工艺技术, 结果如下: ①通过设计注浆封堵方案, 分析注浆封堵工艺, 布设地面注浆站, 铺设注浆管路, 确定单孔注浆结束标准, 工作面最大奥灰水压约为 8MPa, 受注点注浆终压设计为 12MPa; ②采用注浆封堵工艺后, 涌水量从 $180\text{m}^3/\text{h}$

减小到 $54\text{m}^3/\text{h}$, 降低了工作面奥灰水的出水风险。

参考文献:

- [1] 李建林, 赵帅鹏, 崔延华. 煤层气开采后成庄矿 15 号煤层底板突水危险性评价 [J]. 河南理工大学学报(自然科学版), 2021, 40(05): 1-7.
- [2] 陈桢宇, 李晓飞. 止浆墙注浆技术在破碎底板承压水层中的应用 [J]. 采矿技术, 2019, 19(06): 87-88.
- [3] 李涛, 高颖, 艾德春, 杨军伟, 冯海, 薛卫锋, 赵国杰. 基于承压水单孔放水实验的底板水害精准注浆防治 [J]. 煤炭学报, 2019, 44(08): 2494-2501.
- [4] 肖立军, 高承压复杂水文地质条件下精细探查与注浆效果动态监测综合防治技术研究 [J]. 采矿技术, 2011, 11(06): 87-88.
- [5] 李昂, 渭北煤田高承压薄隔水层底板水害综合防治技术 [D]. 西安: 西安科技大学, 2018.
- [6] 赵东, 沈浩洋, 陈振亚, 王跃伟. 带压开采工作面底板破坏深度研究及突水危险性预测 [J]. 中国煤炭, 2017, 43(11): 106-110.
- [7] 郝桂明, 李红伟, 杜金国. 疏水降压和底板注浆改造相结合解放承压水上煤炭技术 [J]. 山东煤炭科技, 2014(07): 154-155.
- [8] 李宏跃. 平煤股份朝川矿一井 21070 工作面底板承压水防治技术研究 [J]. 中小企业管理与科技(下旬刊), 2012(03): 195-196.
- [9] 姜华, 邱法林, 刘玉国. 受顶底板双向承压水威胁煤层的安全开采探索与实践 [A]. 中国煤炭学会开采专业委员会. 煤炭开采新理论与新技术——中国煤炭学会开采专业委员会 2010 年学术年会论文集 [C]. 中国煤炭学会开采专业委员会: 中国煤炭学会, 2010.
- [10] 杨朝维, 等. “三软”厚煤层工作面底板注浆防治水技术研究及应用 [J]. 煤炭工程, 2008(08): 42-44.
- [11] 程明. 陶二煤矿 12428 工作面底板疏水降压技术研究 [C]// 中国地质学会, 中国煤炭学会煤田地质专业委员会暨中国煤炭工业劳动保护科学技术学会水害防治专业委员会学术年会, 2007.
- [12] 马德春. 工作面底板承压水注浆施工方法新探 [J]. 煤炭科学技术, 2003(05): 45-47.
- [13] 董广智, 李如刚. 煤层底板地面注浆堵水技术 [J]. 河北煤炭, 2010(4): 37-38.
- [14] 刘晓飞. 掘进巷道底板注浆加固防治承压水技术研究 [J]. 煤炭技术, 2012, 31(6): 125-126.
- [15] 张江利. 构造破碎带大巷顶板淋水注浆封堵技术 [J]. 煤矿安全, 2020, 51(3): 75-78.
- [16] 杨一明. 注浆加固技术在工作面过陷落柱中的应用 [J]. 煤矿现代化, 2016(5): 109-111.

作者简介:

靳晓明 (1986-), 男, 本科, 2012 年 7 月毕业于中国矿业大学, 工程师, 研究方向: 煤矿地质、物探防治水。