

多构造浅埋深工作面破碎地层跑浆治理的技术措施与实践

冉星宇 马震仪* 李鹏程 庞达

中国煤炭地质总局第三水文地质队 河北邯郸 056001

摘要: 浅埋深工作面往往代表着进行区域治理的目的层位更接近于表土层,受地表环境影响,会造成目的层岩性松软,岩性变化范围小的特点,如果工作面内存在多种构造或地处山区地带,在构造与地表岩石风化的影响下,会造成地层裂隙发育程度较高、地层不完整等问题^[2],大幅度增加跑浆现象的发生概率。为了确保具有该地质特点的工作面可以安全回采,采用钻孔扇骨型分布,注浆低压、低泵量、高比重、控制注浆量和间歇时间的方式进行注浆加固治理,该技术已通过具体工程实践证实了可以取得缓慢提高地层抵抗压力,封堵奥灰导水通道,确保工作面的安全回采的效果。

关键词: 浅埋深;多构造;跑浆;区域治理

1 工程实践背景

22采区主采二1煤,范围共计0.354km²。三维地震解释该区发育断层16条,其中22采区运输下山揭露DF14断层最大出水量112.52m³/h,22131机巷揭露SF11-1断层最大出水量136m³/h,水质化验结果显示为底板奥灰水,两断层均存在导水现象。二1煤与下伏奥灰含水层平均间距80m,奥水水压1~3.3MPa,全区带压,突水系数0.013~0.041MPa/m。22采区二1煤底板太原组下段含水层,富水性中等,在断层的切割作用下,直接与奥灰寒灰对接,受其补给,富水性增强,22采区面临较为严重的底板灰岩水害威胁。

因此,要实现区内22采区煤层的安全开采,需相关规定对底板灰岩水进行探查与防治,封堵已揭露的DF14断层、SF11-1断层及其分支断层、附近导水裂隙;探查三维地震勘探解释断层的位置、导水性并对导水裂隙进行注浆加固;全面排查治理区垂向导水裂隙、构造、通道并对底板隔水层进行注浆加固,切断奥灰对与上覆太原组薄层灰岩含水层及煤层的垂向补给,增强底板隔水层的阻水性能,保障治理区域二1煤的回采安全。

2 地质概况

矿区内地形起伏不平,地势总体西南高、东北低。区内基岩出露平面面积约占矿区总平面面积的45%,冲沟和陡坎较发育,陡坎大多近似直立。煤层埋深90~310m,煤层底板标高+160~-60m,总体上东高西低。22采区整体为一向斜构造,向斜东南翼地层起伏较大,向西北倾斜,地层倾角5~25°,变化较大,经过三个阶段的物探与钻探工

作,显示该区域断层构造发育,共解释断层16条,落差大于20m断层2条。

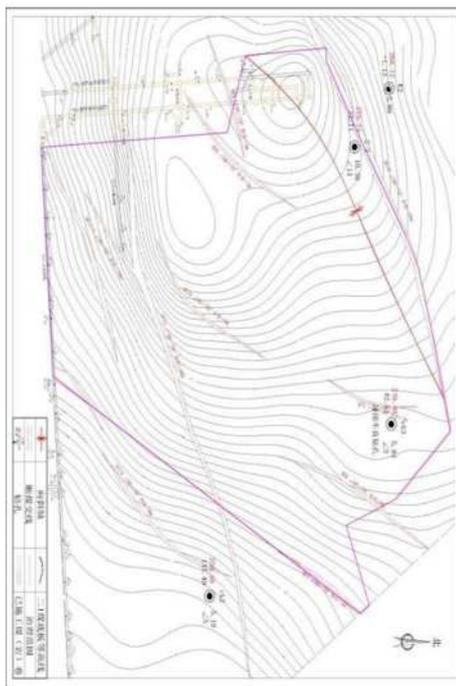


图1 22采区三维地震探查平面图

3 区域治理方案

为了保障探查治理效果,将分支孔走向与断层大角度相交,根据地面情况布置场地1个,布置主孔3个分别为D1、D2、D3孔,其中D1孔自东南向西北施工,主要覆盖治理区西南部及SF11-1断层;D2孔自东南向西北施工,主

要覆盖治理区中部、DF14 断层西段及 22 采区运输下山迎头出水位置；D3 孔覆盖治理区东北部及 DF14 断层东段，分支孔由东南向西北钻进。对于地面定向孔无法覆盖其余布置补充孔 B1，采用倾斜钻机、小钻弯半径技术进行钻进施工。

3.1 治理层位

施工目的层位为 L1 灰岩层位中，该层位厚度 6.26 ~ 10.55m，平均厚度 7.7m，受顶板、底板薄煤层影响，岩性普遍为深灰色灰岩，与二 1 煤间距 56.86m，为矿井二 1 煤层间接底板充水含水层，通过注浆加固治理将其改造为隔水层。

3.2 钻孔设计

布孔方式整体上采用了耙斗型分布，分支孔间距为 60m，破碎地层附近加密至 30m，施工钻孔结构设计为三开结构，如表 3-1 所示

表 1 钻孔结构表

钻孔结构	孔径/mm	钻探深度/m	下管口径/mm	壁厚/mm	备注
一开	直孔段	346	进基岩不小于 5m	273.5	8.94
二开	造斜段	244.5	钻进至目的层	193.68	8.33
三开	水平段	152.4	裸孔钻进		

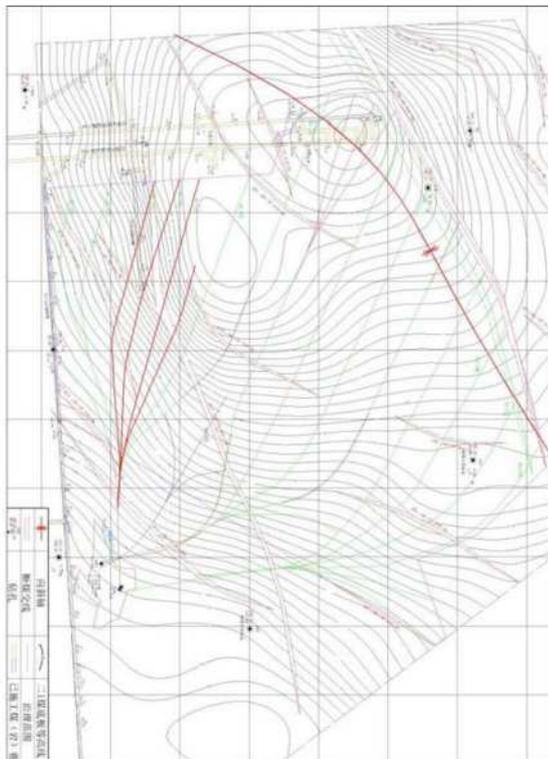


图 2 钻孔平面布置图

4 跑浆现象分析及治理措施

4.1 巷道跑浆现象

巷道跑浆现象主要集中于 D1 孔附近，D1 孔二开套管下入断层附近，根据三维地震结果显示，该断层落差 0-3m，且 D1 孔施工轨迹位置处该断层已经尖灭，实际施工过程中钻遇该断层位置处地层出现错断现象，向上探查到 L7-8 灰岩位置，推断断层落差在 20m 左右，后续分支孔施工确认该位置落差在 14m 左右，后续多个注浆点进行注浆加固期间，注浆压力出现大幅度下降，对巷道进行持续观察的过程中发现了巷道跑浆的现象。如图 4-1 为目前所有巷道跑浆现象的平面位置关系图。

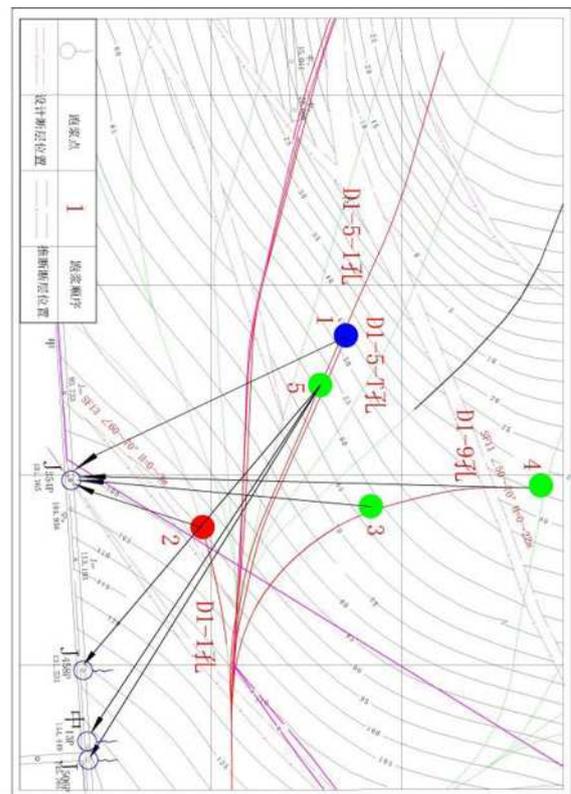


图 3 巷道跑浆平面位置图

4.2 地面跑浆现象

地面跑浆现象主要集中于 D3 孔，D2 发生次数较少，跑浆点位置主要集中于井场附近的沟壑地带，且成线-带分布，按三维地震探查结果显示其位置在 SF14 断层地表位置附近。在注浆注浆过程中亦是存在掉压现象，发生掉压后进行地面巡查过程发现了地面跑浆现象。

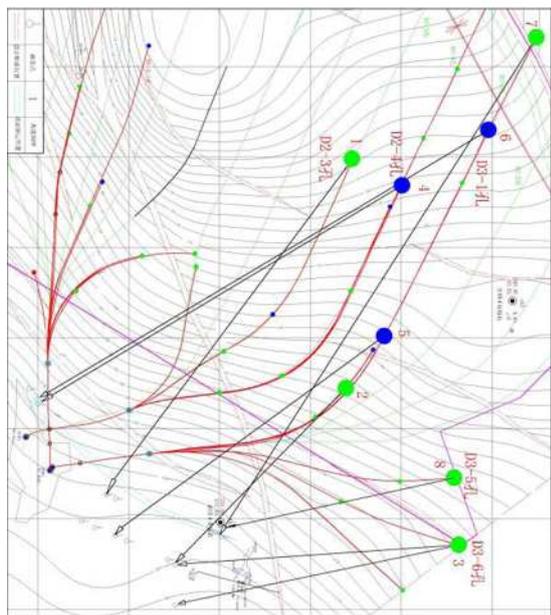


图4 地面跑浆平面位置图

4.3 跑浆现象原因分析

地层：煤层地质构造是影响工作面跑浆的重要因素之一，倾斜煤层顶板容易失稳，从而引发工作面跑浆，在存在构造的情况下，地质构造的不稳定性容易导致地下水积聚和渗漏，进而影响工作面稳定性^[3]，同时如果煤层周边存在以开采巷道或工作面，在发生跑浆现象的时候，浆液会顺地层裂隙通道向巷道或工作面扩散^[4]，导致发生跑浆现象。

构造：整个采区内构造发育众多，其中两条断层导水性较强，临近套管底脚附近的SF14断层根据实钻揭露其延伸范围远大于三维地震探查结果，巷道掘进过程中有轻微揭露。

本次工程实践中，综合所有地面跑浆点与巷道跑浆点位置信息，其位置与走向与SF14断层地表位置基本吻合，结合工作面埋深浅、山区地表岩石风化程度较高的情况，初步判断跑浆现象的发生主要与SF14断层相关，且该断层在地表形成了条带状的破碎带，考虑该区域煤层倾角变化较大、巷道顶板支护断裂、D1孔地层错断等情况，判断断层延伸范围广，可能延伸至巷道附近，以此引发跑浆现象。

4.4 治理措施

前期通过轨迹优化对地层薄弱地带进行最大程度的覆盖，在注浆时通过降低结束压力以确保注浆浆液在地层裂隙

中充分填充，达到初步封堵大的跑浆裂隙的目的，后期分支孔注浆时缓慢提高注浆结束压力，促使注浆浆液在压力的作用下向周围裂隙中扩散，以确保对薄弱地层注浆加固的效果。

4.4.1 轨迹优化

在跑浆现象发生初期，因工作面埋深浅，施工目的层接近表土层，判断地层在SF14与SF11双断层影响下导致中间地层较破碎，故优化部分分支孔轨迹和添加新的分支孔使其在该区域内钻孔布置成扇骨型布置，对最开始施工的三个跑浆孔进行封孔处理，施工临近的分支孔，保证水泥浆最大程度上填充该区域地层，截断之前的跑浆裂隙通道，避免水泥浆在原跑浆裂隙中发生持续跑浆，后续在施工原跑浆分支孔进行注浆加固治理。

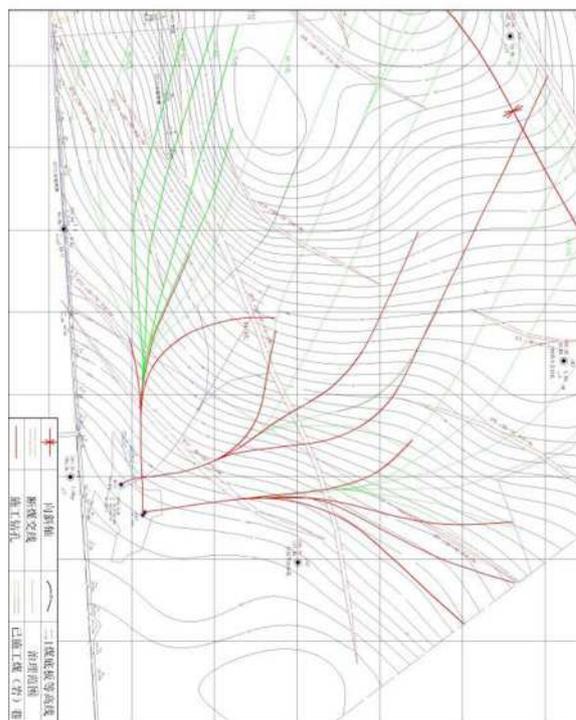


图5 钻孔优化平面位置图

4.4.2 注浆调整

注浆整体上采取“低压力、低泵量、高比重、控制注浆量和间歇时间”的方式对地层进行多次注浆加固治理，缓慢提高地层抵抗压力。

(1) 低压力：降低注浆结束总压力，但应确保注浆结束总压力在奥灰静水压力的1.5倍以上^[1]；

(2) 低泵量：降低注浆泵量，采用低泵量进行长时间

注浆；

(3) 高比重：调整注浆浆液比重，在 1.4-1.5 之间；

(4) 控制注浆量和注浆时间：如单个注浆点发生多次跑浆现象，需参考发生跑浆前的注浆量以及注前压水量，人为控制下一次注浆的注浆量，因发生跑浆现象后，浆液会在跑浆裂隙中填充一部分，故跑浆的裂隙通道会在一次次的注浆加固过程中逐渐缩小到一个临界状态，故人为控制注浆量时一般选取上一次跑浆时注浆量的 1/3-1/2，以降低注浆期间发生跑浆的概率，单次注浆结束后进行间歇候凝阶段，参考区域地质特点以及浆液初凝时间，可在 6-24h 之间。



图 6 注浆历时曲线图

4.4.3 特殊治理措施

在多次注浆加固后，跑浆点所在通道及周围裂隙得到基本填充，但此时因为地层岩性较软的特点，跑浆通道缩小至一个临界状态，初期较低的结束压力在短时间内无法完全封堵跑浆通道，该情况下，采用扫孔（或钻进临近分支孔）等方式，在无漏失的情况下继续钻进，直达下一个漏失点，利用新的地层裂隙，扩大注浆压力作用范围，使大部分水泥在压力作用下往新裂隙中扩散，小部分水泥在原跑浆裂隙中缓慢填充，减小高压对跑浆地层的影响。

5 浆液扩散范围

在 L1 灰层位各注浆点注浆结束后，扫孔钻进至注浆点后续孔段中发现岩粉中携带不同数量的水泥，实际揭露水泥浆扩散半径 30m-131m，达到了充填加固 L1 灰岩溶裂隙的目的，削弱了含水层的富水性。

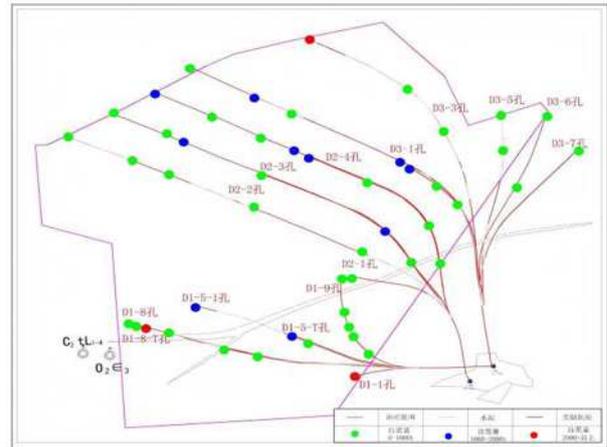


图 7 揭露水泥扩散平面图

在 D1-5-1 孔 468.55m 注浆过后，后续扫孔钻进至 SF11 断层附近发现水泥痕迹，且在终孔注浆结束后井下奥灰水文观测孔与 L1-4 灰水文观测孔变浑浊，存在水泥、岩粉残留物，后续临近分支孔钻进时在预想断层位置处同样揭露了水泥痕迹，说明在断层裂隙发育地带，水泥扩散范围远大于设计要求。

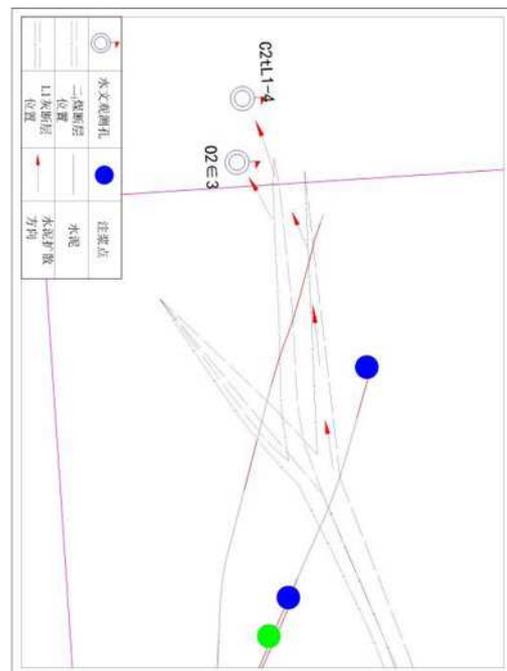


图 8 推断水泥断层扩散平面示意图

6 区域治理成果

通过 22 采区区域治理工程实践,我们对浅埋深工作面的地质特点有了一定的认识,首先是表土层会对施工目的层产生影响,造成目的层岩性较软,抗压能力不大的情况,其次是受地表侵蚀,在构造影响下会造成目的层小裂隙较发育的情况,最后,目的层小裂隙可能通过构造影响与巷道或地表产生连通,造成跑浆现象。

同时在本次工程实践中,对 22 采区实施上述治理措施后,跑浆现象得到有效控制,后续监测数据显示各注浆点发生跑浆时的临界压力得到提升,由最初的 2MPa 左右发生跑浆到治理后 4-5MPa 亦可稳定结束,同时浆液扩散范围也符合预期设计要求,注后压水单位吸水率小于 0.01L/min.m.m,说明该措施可以达到预期的治理效果。

7 结语

通过对 22 采区进行区域治理的工程实践,我们对浅埋深工作面的地质特征和可能遇到的一些实际问题有了一定的初步认识,同时该工程后期达到的治理效果也验证了采取

的治理措施是可以达到预期效果的,在下次进行此类区域治理工程时,会为地质工程人员提供遇到此类问题时需要采取的一些治理措施有了初步的、有效的工程实践参考。

参考文献:

[1] 《煤矿防治水细则》,2018 年 6 月,(煤安监调查〔2018〕14 号);

[2] 雷鹏,王彬.岩石风化作用机理及其对环境变化响应的探讨[J].科技资讯,2025,23(9):156-158.

[3] 阴伟伟.煤矿工作面跑浆防治技术研究[J].能源与节能,2025(2):56-58.

[4] 何骞.特殊地质条件下覆岩离层注浆钻孔疏通及工作面跑浆防治技术研究[J].中国煤炭地质,2024,36(2):48-53.

作者简介:冉星宇(2001—),男,汉族,本科学历,研究方向为水文地质。

马震仪(1991—),男,汉族,本科学历,研究方向为水文地质。