

# 注浆加固在厚煤层综放开采工作面过导水断层中应用

## Grouting reinforcement is applied in the water-conducting fault of thick coal seam fully mechanized caving mining face

朱志光<sup>1</sup> 高璟鑫<sup>2,3</sup>

(1. 山西博大集团寿阳京鲁煤业有限责任公司, 山西 寿阳 031700)

(2. 中煤科工集团沈阳研究院有限公司, 辽宁 沈阳 110016)

(3. 煤矿安全技术国家重点实验室, 辽宁 抚顺 122113)

Zhu zhiguang<sup>1</sup> Gao jingang<sup>2,3</sup>

(1. Shouyang Jinglu Coal Industry Co., LTD., Shanxi Boda Group, Shanxi ShouYang 031700)

(2. China Coal Technology & Engineering Group Shenyang Research Institute Co., LTD. Liaoning Shenyang 110016)

(3. State Key Laboratory of Coal Mine Safety Technology, Liaoning Fushun 122113)

**摘要:** 30903 综放工作面开采范围内存在的 DF29 断层具有一定的导水性, 为确保采面回采安全提出采用注浆加固方式对断层进行处理。具体在回采巷道内布置长距离钻孔进行超前加固, 在采面内布置短钻孔进行局部加固, 并对长短钻孔注浆加固材料性质进行分析, 设计注浆加固钻孔施工参数。现场应用后, 采面过 DF29 断层影响范围内时, 顶板始终保持稳定同时未出现突水、淋水量大等问题, 注浆加固取得较好应用成果, 为采面安全高效过导水断层创造了良好条件。

**关键词:** 注浆加固; 综放开采; 厚煤层; 导水断层; 安全生产

**Abstract:** DF29 fault existing in the mining range of 30903 fully-mechanized caving face has certain water conductivity. In order to ensure the safety of mining face, grouting reinforcement is proposed to treat the fault. In particular, long distance drilling holes are arranged in the mining roadway for advance reinforcement, short drilling holes are arranged in the mining face for local reinforcement, and the properties of grouting reinforcement materials of long and short drilling holes are analyzed, and the construction parameters of grouting reinforcement drilling holes are designed. After the field application, when the mining face passes through the influence range of DF29 fault, the roof remains stable all the time without water inrush and large amount of water leaching, and the grouting reinforcement has achieved good application results, creating good conditions for the safe and efficient water-conducting fault of the mining face.

**Key words:** grouting reinforcement; Fully mechanized caving mining; Thick coal seam; Water-conducting fault; Production safety

在煤炭开采以及回采巷道掘进过程中, 断层是最为常见地质构造, 由于断层带内煤岩体破碎、裂隙发育, 一般为良好的导水通道<sup>[1-2]</sup>。采面回采至断层时, 容易出现煤壁片帮、顶板冒落或者突水等安全事故, 为此, 众多的研究学者采面过断层技术措施展开研究, 并提出采用注浆、超前导管、疏排水以及跳采等各种方式确保采面过断层安全<sup>[3-7]</sup>。山西某矿现阶段回采的 9# 煤层为优质动力煤, 煤层厚度较大, 赋存条件较为复杂、开采

范围内地质构造发育, 同时煤层底板存在有承压含水层。文中就以概况 30903 综放开采工作面过 DF29 断层为工程实例, 采用超前钻探方法对采面内 DF29 断层导水情况进行探测并通过注浆加固方式封堵断层内导水裂隙, 降低回采期间断层涌水量, 现场取得较好应用成果。

### 1 工程概况

#### 1.1 地质概况

30903 综放开采工作面位于南翼三采区中部, 采面

设计走向、倾向长度分别为 2950m、256m。9# 煤层厚度介于 3.6~12.7m，平均 8.5m，采用综放开采工艺，采放比 1:2.5，煤层埋深平均 360m，现开采水平无煤与瓦斯突出危险性。经鉴定，9# 煤层煤尘具有爆炸危险性，煤层自燃发火倾向性 II 类。根据已有物探以及回采巷道掘进资料显示，采面开采范围内存在有 DF29 断层，探测到该断层落差 15~18m、倾角 65~70°。回采巷道掘进至断层影响带附近时顶板出现不同程度淋水情况，同时围岩破碎，断层带内充填有大量的断层泥。

### 1.2 断层富水情况

为了掌握 DF29 断层富水情况，在采面措施巷内施工探测钻孔对断层富水情况进行探测，具体探测钻孔布置参数以及水质化验结果见表 1 所示。

表 1 探测钻孔布置参数以及水质化验结果

钻孔编号	孔深 / (m)	矿化度 / (mg/L)	总硬度 / (mg/L)	Ca <sup>2+</sup> / (mg/L)	Mg <sup>2+</sup> / (mg/L)	pH 值	结论
TD1	182	13760	1228	252	128	7.9	顶板裂隙水
TD2	179	14290	1650	217	45	8.2	顶板裂隙水
TD3	195	7570	1440	263	59	8.1	顶板裂隙水
TD4	121	12590	1250	231	19	8.0	顶板裂隙水
TD5	129	14550	1841	245	102	7.9	顶板裂隙水
TD6	147	14230	2057	259	189	8.5	顶板裂隙水

从探测结果得知，探测孔出水均无色无味，除去 TD3 钻孔出水矿化度较低，为 7570mg/L 以外，其余的 5 个探测钻孔出水矿化度均介于 12590~14550mg/L。钻孔出水偏弱碱性，pH 介于 7.9~8.5 间。结合探测钻孔水质分析及钻孔出水量判定，DF29 断层富水性较差，断层的补给水源以裂隙水为主，同时断层内水化验结果与底板承压水有明显差异。

## 2 注浆加固材料

对导水断层进行处理后，由于部分钻孔长度较大，浆液在注浆孔中流动距离长、耗时长，因此对注浆材料性能有较高要求。为满足导水断层治理需求，对长钻孔、短钻孔分别采用不同的注浆材料。

### 2.1 长钻孔注浆材料（巷道内注浆）

长钻孔注有其自身特点，由于注浆距离长、浆液渗透时间长，因此选用的注浆材料初凝时间不宜过短，注浆材料在 30~40min 时间内应具备有较好的流动性，在注浆完成 2h 后强度应急剧增大且在注浆完成 8~12h 后强度达到预先设定值。选用的注浆材料应具备较强的可注性以及流动性，具体可通过增大注浆材料水灰比、提高材料细度、降低粘度等方式实现。

针对现阶段水泥单液浆、水泥-水玻璃双液浆等常用注浆材料存在的问题，为满足长距离钻孔注浆需求，提出使用由西安科技大学研发的 SCJG-1 注浆材料进行

长距离注浆，具体注浆材料在 0.6:1 水灰比时性能指标见表 2 所示。

表 2 注浆材料性能指标

初凝时间 /min	终凝时间 /min	流动度 / mm	强度 /MPa		
			2d	1d	7d
36	50	210	20	25	50

### 2.2 短钻孔注浆材料

在采面进行局部注浆时，钻孔长度一般较小，因而对注浆材料时效性有较高要求。选用的注浆材料应具备凝结时间短、渗透性好、抗压性能强等优点。现阶段矿井一般使用聚氨酯类材料进行注浆加固，此类材料在胶结过程中会释放大量热，且本身材料阻燃性能较差。因此，在 30903 综放工作面进行短钻孔注浆时注浆材料选择使用西安科技大学研发的 SCJG-2，具体选择使用的材料性能见表 3 所示。

表 3 材料性能参数

反应时间 / s	反应温度 / °C	胶结强度 / MPa	膨胀倍数 / 倍	闪点 / °C
30~200	< 90	≥ 30	> 2	> 200

## 3 注浆方案

在 30903 综放工作面过 DF29 断层时，为确保采面回采安全并降低过断层期间顶板淋水量，提出采用长、短钻孔结合方式对断层破碎带进行注浆加固。长钻孔注浆是依靠回采巷道内布置的长距离注浆孔实现；短钻孔注浆是通过在采面内布置注浆孔实现。

### 3.1 回采巷道超前注浆加固

具体 30903 综放工作面回采巷道超前注浆钻孔布置见图 1 所示，在采面运输巷内按照 20m 间距布置 8 个注浆钻孔（钻孔编号 1#~8#），钻孔与巷道轴线间夹角均为 60°；在采面回风巷内按照 20m 间距布置 9 个钻孔（钻孔编号 9#~17#）。注浆钻孔开孔位于巷道顶板下方 300mm 位置，终孔均超越断层破碎带且位于煤层顶板上方 2m 以上。钻孔注浆均材料均采用 SCJG-1 注浆材料，注浆压力控制在 3~5MPa。

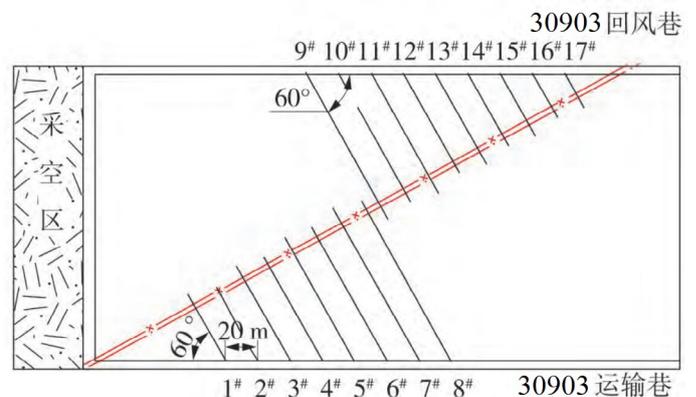


图 1 回采巷道超前注浆钻孔布置示意图

注浆钻孔封孔质量直接影响封孔效果，在注浆初期用止浆塞封孔，受到注浆压力大、裂隙发育等因素影响，

钻孔出现浆液外溢问题,影响后续注浆加固效果。为此,对注浆孔封进行改进,具体封孔结构见图2所示。钻孔封孔长度3.0m,在钻孔内插入两根长度分别为3.0m、6.0m孔口管,其中3.0m孔口管用以防封、6.0m孔口管用以后续注浆。在孔口以及孔深3.0m处分别采用麻丝封堵,封孔材料选择用马丽散。

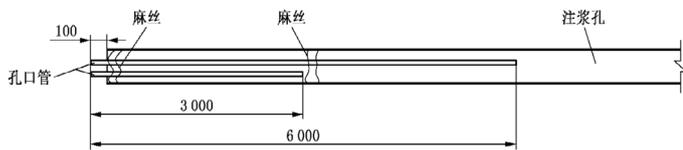


图2 孔口封孔结构示意图

### 3.2 采面短钻孔注浆加固

在30903综放工作面回采过DF29断层期间,当局部出现淋水量大或者顶板破碎,围岩控制难度高等问题时,可采用短钻孔注浆方式进行加固。具体采面内短钻孔布置见图3所示。

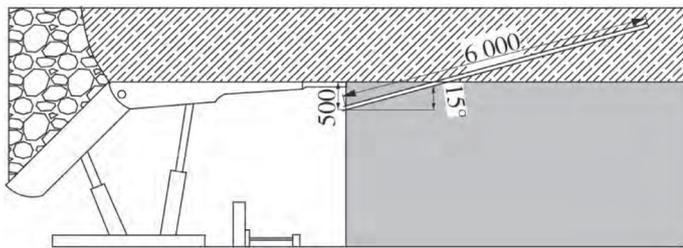
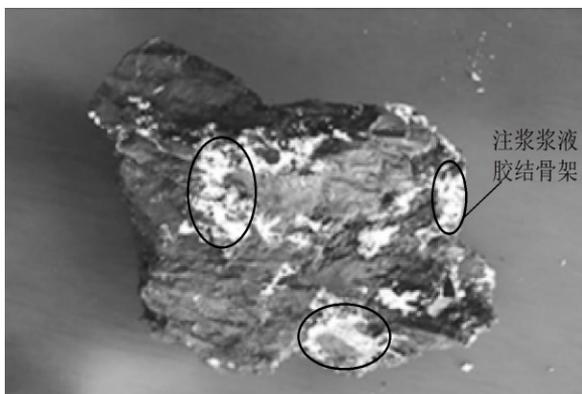
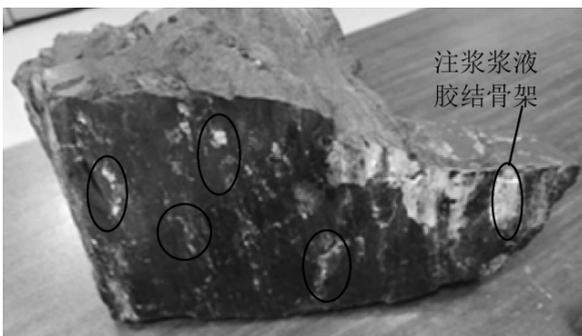


图3 采面短钻孔布置示意图



(a) 岩样一



(b) 岩样二

图4 浆液在断层带破碎裂隙中扩散情况  
设计的钻孔孔深均为6.0m、倾角15°,注浆钻孔

开孔位置处于采面前探梁下方500mm位置。采面推进3个循环进行一次注浆,注浆覆盖采面回采过断层全过程,短注浆孔选用的注浆材料为SCJG-2。

### 4 现场应用效果

在30903综放工作面过DF29断层时,在回采巷道采用长钻孔超前注浆(注浆材料为SCJG-1)、采面用短钻孔进行注浆(SCJG-2),通过注浆后有效封堵了断层导水裂隙,为采面安全高效回采创造良好条件。具体注浆采面回采至断层注浆加固区域时注浆浆液扩散情况见图4所示。

从图中看出,通过对DF29断层破碎带进行超前注浆后,断层破碎带内导水裂隙被浆液充填,不仅可隔断断层导水裂隙而且显著提升断层破碎岩体围岩稳定性以及强度。在采面过断层期间,未出现顶板冒落、突水等事故,期间顶板淋水量始终较小,注浆加固为采面安全通过导水断层创造了良好条件。

### 5 总结

通过回采巷道揭露、钻探以及水质分析等技术方法对30903综放工作面开采范围内存在的DF29断层富水情况以及充水水源进行分析,最终确定断层富水性较差、充水水源为顶板裂隙水且与底板承压水未联通。

针对DF29断层导水、富水特点,提出采用注浆方式进行治理,具体在回采巷道内布置超前注浆钻孔进行注浆,确定采面过断层时破碎带围岩稳定并避免出现突水问题;在采面内进行注浆,对局部淋水过大位置或者围岩不稳定区域进行加固。现场应用后,30903综放工作面在过DF29断层期间未出现顶板不稳定、突水等问题,采面可保持较快的推进速度,现场取得较好的注浆加固效果。

### 参考文献:

- [1] 张宝锋. 厚煤层开采导水断层超前治理技术及应用[J]. 陕西煤炭, 2021,40(S1):94-97+105.
- [2] 段宇. 某富水断层隧道突涌水预警分析平台及治理措施[D]. 西安理工大学, 2021.
- [3] 耿耀强, 赵腾飞, 陈建明, 胡国和. 复杂地质条件下综放工作面过断层注浆加固技术[J]. 煤矿安全, 2021,52(06):117-122+128.
- [4] 李平. 巷道过断层破碎带注浆加固支护技术应用实践[J]. 同煤科技, 2021(02):12-14.
- [5] 张慧瑾. 煤矿井下导水断层注浆堵水改造研究[J]. 当代化工研究, 2021(06):65-66.
- [6] 李岁宁, 伍增强, 薛志强, 朱浩浩. 特厚综放工作面过断层防治水技术体系实践[J]. 陕西煤炭, 2021,40(01):35-40.
- [7] 王俊良. 过导水断层软岩巷道围岩稳定控制技术[J]. 煤矿安全, 2020,51(12):85-92+99.

### 作者简介:

朱志光(1979-),男,汉族,山西寿阳人,主要从事煤炭开采、安全管理等工作面。