化学注浆加固技术在综采工作面快速过断层中应用

陈　凯（汾西矿业孝义公司正善煤业，山西　孝义　032300）

摘　要：断层影响范围内煤岩体破碎，采面回采过断层期间往往面临推进速度缓慢、煤壁及顶板控制难度大等问题。以 81101 综采工作面过断层为工程实例，提出采用化学注浆技术对断层影响破碎区进行超前加固，从而为采面高效回采创造良好条件。在 81101 运输巷内布置钻孔对断层影响区进行超前注浆，并依据现场实际情况对化学注浆加固参数进行设计。注浆加固后，断层影响区内破碎煤岩体稳定性得以显著提升，采面回采期间未有冒顶、片帮或者液压支架不稳定等情况出现，实现了综采工作面安全、快速过断层。

关键词：化学注浆；综采工作面；断层；注浆加固；快速回采

断层是井工开采矿煤炭回采时常见构造，受断层影响下煤岩体破碎、裂隙发育，采面回采至断层附近时容易出现片帮、冒顶、支架失稳等事故，给矿井煤炭正常回采带来较大威胁[1~3]。同时现阶段矿井采掘设备重量、功率等普遍较大，当综采工作面在过断层期间推进速度较慢时，液压支架底座容易出现下沉问题，进一步制约采面推进速度[4~5]。提前对断层影响区进行加固，可为采面安全、快速过断层创造良好条件[6~7]。为此，文章以山西某矿 8110 综采工作面过 DF32 断层为工程实例，采用化学浆液提前对断层破碎带进行加固，提高断层影响区内煤岩体强度及稳定性，为采面快速回采创造了良好条件。

1 工程概况

81101 综采工作面开采 11# 煤层，为采区首采工作面，根据回采巷道掘进揭露以及物探资料显示，81101 综采工作面回采范围内地质构造相对复杂，存在有条落差介于 0.5~1.3m 断层，受到断层影响部分区域煤岩体破碎，采面推进时容易出现冒顶、片帮、矿压异常以及支架失稳等不良情况。采面内断层走向多与采面推进方向斜交或者平行，从而导致断层在采面开采范围内影响较大，其中在采面推进至 950m~1365m 范围内时，断层发育较为频繁，断层集中在距离运输巷 25~45m 范围内。

为实现采面高效生产，降低断层对采面回采影响，提出通过运输巷向断层影响区内进行注浆加固，以便为采面煤炭高效回采创造良好条件。

2 化学注浆加固现场应用

采面在断层影响区（主要集中在采面前方 950m~1365m）内回采时，受到顶底板破碎、煤层松软管等因素影响，采面在此范围内推进时需要耗费大量时间处理顶板以及煤壁，推进速度较慢，预计会降低至 2.4m/d，会给煤炭高效回采带来制约。为此，采用超前注浆方式加固断层影响区内煤岩体，以便提高采面推进速度。

2.1 注浆加固钻孔布置

在采面运输巷内布置钻孔向断层影响区内进行注浆，具体加固区域内见图 1 所示。布置的注浆孔开孔位于底板上方 1.0m，注浆孔间距均为 3m、钻孔深度控制在 25~50m，具体以钻孔施工期间揭露地层情况确定；钻孔开孔角度设计为 8°，确保钻孔始终在煤体内。

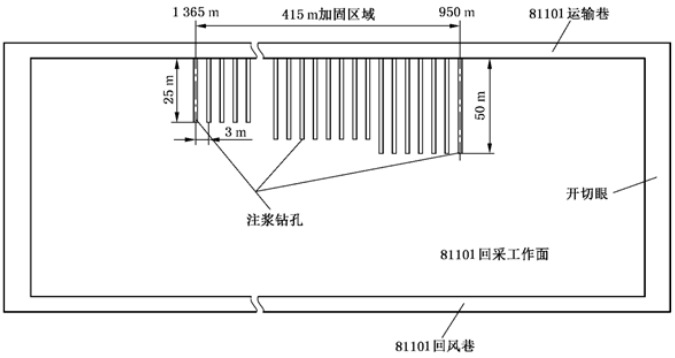


图 1　注浆钻孔布置设计图

2.2 注浆材料

现阶段煤矿井下常用的注浆材料可分为有机类、无机类两种，有机类注浆材料具有可注性强、扩散半径大以及注浆效果显著等优点；无机类则存在注浆难度高、注浆效果难以有效控制以及注浆工序复杂等问题。根据 81101 综采工作面顶底板岩性岩性以泥岩、砂质泥岩为主，其中夹杂有黏土类成分，遇水容易膨胀、强度弱化明显，在采面断层影响区内采用无机类注浆材料显然不合适。因此本次注浆选择使用有机类注浆材料，具体注浆浆液材料为固安特 CM–11。

固安特 CM–11 为一种化学注浆材料，该材料具有胶结性能强、可注性好，可在较长时间内维持破碎煤岩体稳定。具体固安特 CM–11 材料性能参数见表 1 所示。根据 81101 综采工作面注浆加固区内现场条件，将注浆压力设计为 2MPa，注浆浆液有效扩展半径即可超过 2.0m。现场注浆工艺为：注浆孔施工→钻孔封孔（止浆塞或孔口管固管）→注浆管路连接及检查→注浆加固。

表 1　注浆材料参数

项目	11 催化剂	CM-11 树脂
粘度 /（MPa · s）	CM-200~250	200~300
混合体积比	1	1
反应开始时间（s）	30~50	30~50

反应结束时间（s）	65~85	65~85
最大抗压强度（MPa）	≥ 55	≥ 55
最大粘结强度（MPa）	≥ 3.0	≥ 3.0
扩散半径	≥ 2.0m	≥ 2.0m

2.3 加固区注浆量确定

在断层影响区内注浆时，注浆量与注浆压力、煤岩体内裂隙扩展情况、浆液有效扩散半径、注浆深度等密切相关。在 81101 综采工作面运输巷注浆时，注浆压力达到设计压力后再保压 30min 即停止注浆。具体加固区内注浆量可依据下述公式初步估算：

$$Q=NAR^2\pi H\beta\ \eta/m$$

其中：N 为加固区内注浆孔数量，个；A 为加固区内浆液消耗系数，无量纲；R 为加固区内注浆浆液有效扩散半径，m；H 为注浆加固深度，m；β 为充填系数，无量纲；η 为注浆加固区域煤岩体内部孔隙率，%；m 为结石率，%。根据 81101 综采工作面断层影响区内现场条件，确定 N=90、A=1.2~1.5、R=2m、H=25~50m、β=0.8~0.9；η=1%；m=85%，计算得到 Q=315~630m^3。

2.4 注浆孔封孔

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 孔口管用以封孔、6.0m 孔口管用以后续注浆。在孔口以及孔深深度 3.0m 处分别采用麻丝封堵，封孔材料选择用马丽散。

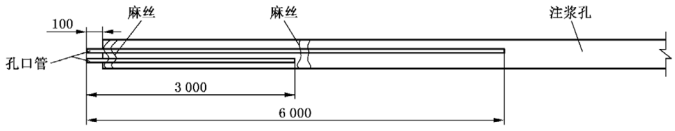


图 2 孔口封孔结构示意图

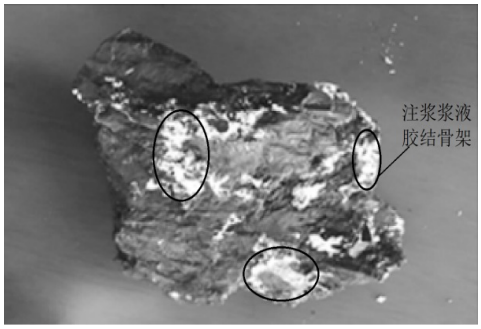
3 现场应用效果分析

在 81101 运输巷对断层影响区按照上述方案进行注浆加固，现场共计注入化学浆液 89.9m^3。注浆加固结束 1 个月后，采面回采推进至断层影响区内，具体现场揭露加固效果见图 3 所示。从回采揭露情况看出，通过采用固安特 CM-11 对断层破碎区加固，断层影响范围内煤岩体裂隙被注浆浆液充填，煤岩体稳定性以及承载能力等均得以显著提升。采面在断层影响区内回采时，顶板以及煤壁始终保持稳定，采面保持正常推进速度（设计回采速度 4.8m/d），为采面安全高效过断层创造了良好条件。

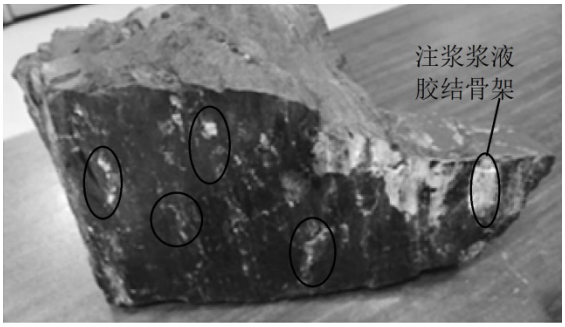
4 总结

①采面回采至断层影响区内，受到破碎、松软等因素影响，容易出现冒顶、片帮以及综采支架失稳等问题，给采面回采过断层安全带来威胁。为实现 81101 综采工作面快速通过断层，提出采用超前注浆方式对断层破碎带进行加固；

②根据 81101 综采工作面、断层分布情况，提出在 81101 运输巷布置钻孔对断层影响区进行超前加固，加固工作不会给采面正常回采带来影响。依据现场情况对注浆加固钻孔布置方案、注浆加固参数进行设计。现场应用后，采面推进至断层影响范围内仍保持 4.8m/d 推进速度，期间未有冒顶、片帮或者液压支架不稳定等情况出现，化学注浆超前加固为采面快速过断层创造了良好条件。



（a）岩样一



（b）岩样二

图 3 加固后煤岩体现场图

参考文献：

[1] 齐晋楠 . 伏岩煤业 3202 工作面过断层注浆加固技术 [J]. 煤 ,2021,30(09):41-42+51.

[2] 黄辉 , 徐阳 , 何淼 . 复杂构造围岩巷道定量注浆加固技术研究 [J]. 矿业研究与开发 ,2021,41(08):126-133.

[3] 程兆辉 . 高强锚注支护技术在破碎围岩巷道围岩控制中的应用 [J]. 中国矿山工程 ,2021,50(04):74-76.

[4] 付文军 . 断层破碎带煤巷注浆锚索支护技术实践 [J]. 江西煤炭科技 ,2021(03):21-23.

[5] 张勇 . 注浆加固技术在综采工作面过断层时的应用 [J]. 江西煤炭科技 ,2021(03):69-71.

[6] 程兆辉 , 王春森 . 破碎围岩巷道注浆加固技术研究 [J]. 中国矿山工程 ,2021,50(03):30-32.

[7] 党永 . 厚煤层综放工作面过断层带注浆加固技术研究 [J]. 中国矿山工程 ,2021,50(01):39-41.

作者简介：

陈凯（1989- ），男，山西汾阳人，2011 年 7 月毕业于山西煤炭职业技术学院，煤矿开采技术专业，大专，现为助理工程师。