

# 大采高工作面过断层围岩控制技术

王涛,张俊龙,宋宇鹏,赵曦,郭晓龙,刘元祺

(山西煤炭运销集团 长治有限公司,山西 长治 046000)

**摘要:**为解决福达煤矿 15101 大采高综采工作面过断层时顶板破碎,回采过程中多次发生冒顶事故的难题,通过分析过断层时大采高工作面顶板冒落的机理,提出了采用化学浆液注浆加固煤岩体的围岩控制技术,并设计了参数合理的破碎顶板注浆加固技术方案.现场应用后取得了显著的效果,不仅有效控制了工作面回采过程中围岩的稳定性,也为大采高工作面顺利通过类似复杂地质构造带提供了参考借鉴.

**关键词:**大采高工作面;断层破碎带;冒顶;注浆加固

**中图分类号:**TD327.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-9102(2016)01-0023-05

## Surrounding rock control technology in large height mining face passing through fault

WANG Tao, ZHANG Junlong, SONG Yupeng, ZHAO Xi, GUO Xiaolong, LIU Yuanqi

(Changzhi Ltd. Company of Shanxi Coal Transportation and Marketing Group, Changzhi 046000, China)

**Abstract:** In order to solve the difficulty of roof fall accident during the 15101 large height mining face of Fuda Mine backstopping through the fault fracture zone, this paper analyzes the mechanism of roof fall in large height mining face passing through fault. The technology by injecting chemical grout to reinforce mine and rock is provided, and a technical solution with reasonable grouting parameter is designed. The technical solution is very effective in controlling roof in mining face after applied in the field. It has not only controlled the stability of surrounding rock in mining process, but also provided the valuable experience in mining height working face smoothly passing through the similar complex geological structure belts.

**Key words:** large height mining face; fault fracture zone; roof fall; grouting reinforcement

自 1978 年起,我国从德国引进了 G320-20/37 型等型号的大采高液压支架及相应的采煤运输设备,其后也开始自主研发大采高工作面的采煤机和液压支架等设备.经过一代煤炭科技工作者的努力,大采高综采技术及设备制造在我国也取得了显著的进步<sup>[1]</sup>.大采高工作面具有通风断面大,风排瓦斯能力强,采空区遗煤少的优点,有利于解决瓦斯超限、工作面煤尘大和采空区自燃发火;同时工作面设备少,可靠性高,工序简单,管理方便,具有回采率高,含矸率低,生产潜力巨大等优势.由于大采高工作面的采高达到 3.5~6.0 m,与普通工作面相比,其矿压显现也更为强烈.煤矿在开采过程中经常会揭露断层等地质构造,当工作面采用直接通过的方法过断层时,一般是通过改变采煤机的进刀深度和超前拉架的方法控制顶板,但是忽视了煤岩体强度的降低对其稳定性的影响,不能从根本上杜绝片帮冒顶事故的发生,必须采取专项的防控措施.本文以福达煤矿 15101 工作面过断层为例,对大采高工作面过断层构造时围岩稳定性控制技术进行了探讨.

## 1 工作面概况

福达煤矿主采煤层为石炭系太原组15号煤层,平均煤厚4.47 m,煤层倾角 $8 \sim 12^\circ$ ;15号煤为光亮型-半光亮型煤,黑色、灰黑色,强玻璃光泽-金刚光泽,裂隙不发育,单向抗压强度9.61 MPa,抗拉强度0.72 MPa.15101工作面是福达煤矿第一个大采高综采工作面,处于矿井+990 m水平,位于15号煤层一采区.15101工作面标高为+1012~+1061 m,走向长度1 070 m,倾向长度200 m,平均采高4.47 m.工作面直接顶为泥岩,平均厚度3.31 m,单向抗压强度32.88 MPa;基本顶为细砂岩,平均厚度3.52 m,单向抗压强度80.01 MPa;直接底为泥岩、铝土质泥岩,平均厚度为1.35 m,单向抗压强度21.74 MPa.

15101综采工作面在掘进开切眼巷道时即揭露 $F_{13}$ 正断层,该断层落差8 m,倾角 $33^\circ$ ,走向真方位角 $212^\circ$ ,断层影响区域约200 m,处于切眼内 $90^\# \sim 105^\#$ 液压支架处,与工作面夹角 $25^\circ$ .15101工作面揭露的断层构造与工作面关系见图1.

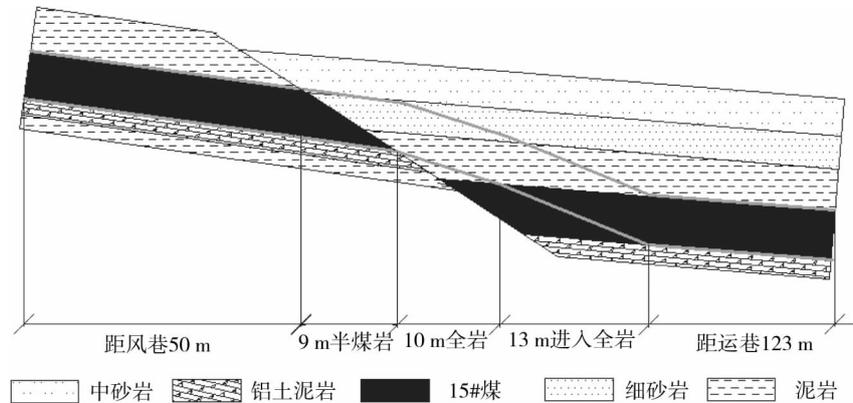


图1 15101工作面断层剖面图

## 2 大采高工作面围岩失稳分析

工作面回采后,在煤体中形成一定的空间,并引起煤岩中应力场平衡-不平衡-平衡的变化过程.由于下方采空,采场上部岩体的重量将向采空区周围新的支承点转移,在采空区四周形成“压力拱”式的支承压力带,分别为超前支承压力,采空区支承压力,两侧煤柱残余支承压力,如图2所示.超前支承压力存在于工作面前方的煤体中,其范围自工作面前方 $2 \sim 3$  m至 $10 \sim 45$  m不等,个别情况下可达近100 m,支承压力的峰值距煤壁一般 $5 \sim 15$  m,应力集中系数达到 $2.5 \sim 3.0$ .超前支承压力和采空区支承压力随工作面的推进而移动,工作面两侧煤柱内的支承压力则随着工作面顶板的垮落而逐渐消失<sup>[2]</sup>.

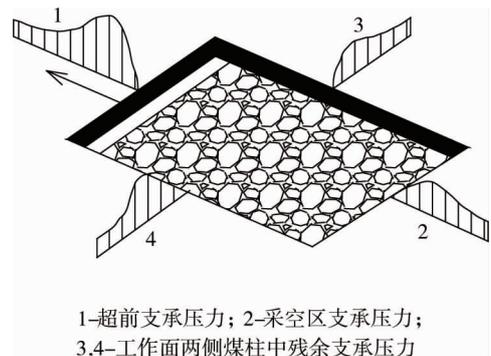


图2 采空区应力重新分布示意图

受工作面超前支承压力的影响,工作面煤壁附近的煤体内容易发生塑性变形和破坏,这是工作面出现片帮和冒顶事故的根本原因.对于采用大采高一次采全高工艺的回采面,采高的增大导致垮落带高度的增加,如垮落的直接顶岩层不能填满采空区,则折断的基本顶岩层将难以形成“砌体梁”式的平衡结构,基本顶断裂后在回转运动过程中对工作面支架形成冲击载荷,并在前方煤体中形成更高的支承应力<sup>[3]</sup>.在高集中应力的作用下,大采高工作面煤壁大多已处于破碎状态,围岩强度较低,基本上已经丧失了承载能力;且由于回采工作面的特殊性,很难像支护巷道一样对煤岩体施加围压,恢复其三向应力状态,故其承载性能进一步降低.煤体内的支承应力超过其极限强度,从而导致了回采工作面煤壁和顶板的失稳.

当采煤工作面揭露断层时,由于断层形成过程中伴随着剧烈的地质运动及能量的释放,导致断层带附近围岩一般比较破碎<sup>[4-6]</sup>.受断层构造的影响,附近煤层顶底板的完整程度破坏严重,裂隙增多,煤质变软,煤岩体的强度降低,煤壁的支撑能力进一步弱化,更容易引发工作面冒顶、煤壁片帮等事故.

### 3 注浆加固机理分析

在破碎的顶板和煤壁中打设钻孔,通过钻孔注入浆液固结破碎的煤岩体,是提高顶板和煤壁稳定性的有效途径.常用的固结材料主要有水泥基材料和高分子材料,此外还开发了各种复合材料,用以改善注浆材料的性能.注浆加固的机理主要有以下3个方面<sup>[7-10]</sup>:

1) 网络骨架作用.在注浆施工过程中,浆液在注浆压力及微裂隙虹吸作用下,挤压渗透到煤岩体的大小裂隙中,反应固结后,可以在煤岩体中形成网络骨架结构.

2) 黏结补强作用.煤岩体中存在着强度和刚度较低的不连续面,注浆材料注入煤岩体后,对裂隙面产生很高的黏结力,提高了不连续面的强度和刚度,从而提高了煤岩体强度和承载能力.

3) 充填压密作用.注浆时浆液在泵压的作用下,渗透充填一些裂隙,并通过挤压使一些充填不到的裂隙闭合,降低煤岩体的孔隙率,并能改善裂隙孔隙周围的应力分布状态,提高破碎煤岩体的强度.

### 4 工程应用

15101大采高工作面受断层构造的影响,在工作面98#~105#液压支架处顶板破碎,并出现漏顶现象.最初通过采用支架上方架枕木、半圆木等方式维护顶板,但效果甚微.当前已有的理论研究和工程实践表明,采用马丽散注浆和罗克休充填,是解决煤矿井下采掘工作面顶板问题的有效手段<sup>[11-15]</sup>.为尽快控制顶板,保证工作面安全生产,确定采用注射化学浆液充填加固顶板的技术方案.

#### 4.1 注浆加固方案

##### 4.1.1 注浆材料

1) 在工作面漏顶区域对顶板注射罗克休.罗克休由树脂和强催化剂2种成分组成,具有高膨胀性,膨胀后体积可以达到原来的30倍左右,常温下迅速反应完毕后,可以硬化成抗压强度0.2 MPa左右的结构,可以临时阻止顶板围岩的运动.

2) 漏顶区域充填结束后,在98#~105#液压支架位置顶板提前布置钻孔,注射马丽散.马丽散是一种由树脂和催化剂按照一定比例配合的聚氨酯材料,2种材料反应后具有很高的强度和黏合力,将其注入煤岩体后,能渗透进细小的裂缝膨胀,并将松散破碎的煤岩体凝结成一体.

##### 4.1.2 施工参数

1) 注浆压力:设计压力为8~18 MPa.

2) 注浆量:根据现场注浆情况确定.

3) 注浆时间:发生以下3种情况,及时停止注浆:(1)设计压力下稳压10 min以上;(2)周边煤壁窜浆;(3)其他异常情况.

##### 4.1.3 施工准备

1) 准备动力风源,要达到0.4~0.7 MPa.

2) 准备 $\phi 25$  mm风管1根和高压液管2根,长度满足风源接口、泵的摆放点和施工地点三者间距离.

3) 将所有的原料和设备运到施工现场摆放整齐.

4) 现场准备好清洗剂和清水,清洗剂为5%~10%的烧碱溶液,并准备足够的棉纱和木楔防止注浆材料顺裂隙流出.

##### 4.1.4 施工工艺

1) 冒顶区域注射罗克休.罗克休施工步骤:(1)按照要求将多功能注浆泵及其附件组装完毕.(2)开始注浆,把2根吸料管分别插入罗克休树脂和催化剂桶中,二者比例4:1,在压力的作用下原料由活塞经输送管输送到注射枪里,注入漏顶区域,原料快速反应后充填空漏顶区域.(3)注浆结束后冲洗设备,用树脂冲洗管路和混合枪,用清洗剂和清水清洗多功能泵和附件,清洗时催化剂一侧用清洗剂清洗,树脂一侧用清水清洗.

2)超前注浆马丽散. 马丽散施工步骤:(1)使用罗克休充填漏顶区域后,人员在 97#和 98#液压支架之间开始布置第一个钻孔;钻孔位于煤壁距顶板 1 m 处,打设一排,孔距 3 m,孔深 6 m,倾角 33°,孔径 45 mm. (2)使用多功能注浆泵注浆,把 2 根吸料管分别插入马丽散树脂和催化剂桶中,二者比例 4 : 1,在压力的作用下原料经过活塞由输送管输送到注射枪里,通过注射枪注入钻孔,原料进入顶板裂隙后快速反应,固结顶板. (3)第一个钻孔注浆结束后,在 101#液压支架位置附近布置钻孔、注浆,重复(1)(2)步骤. 每 3 m 布置一个钻孔进行注浆,直至 98#~105#液压支架位置全部注浆完毕. (4)停止注浆后冲洗设备,方法同上. 15101 工作面注射马丽散钻孔布置图见图 3.

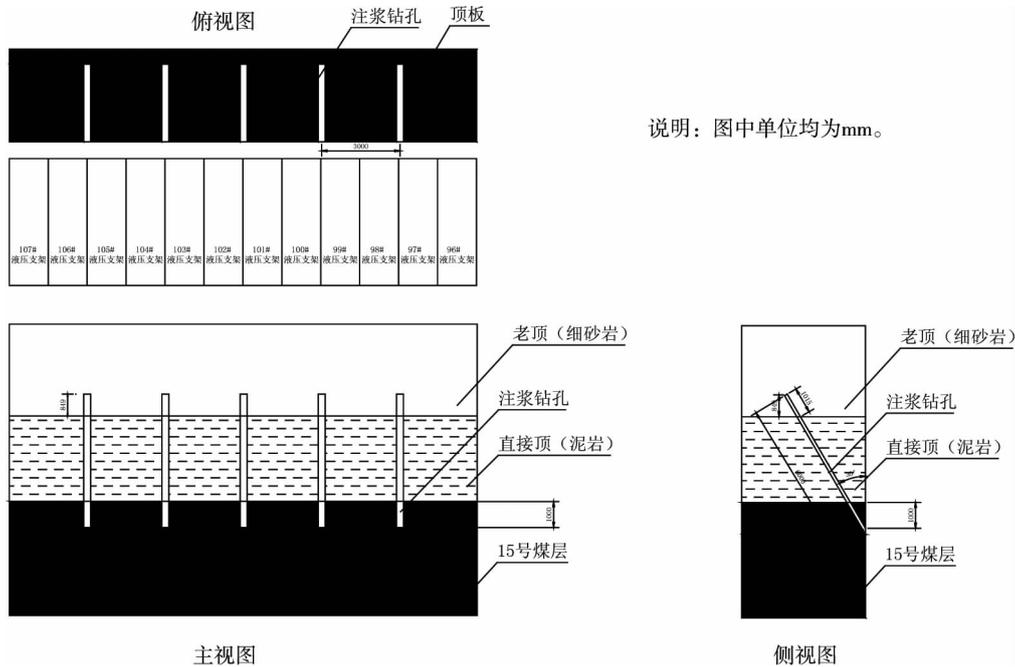


图 3 注射马丽散钻孔布置三视图

### 4.2 注浆加固效果

15101 工作面受断层构造影响区域在采用注浆加固措施之前,工作面前方煤壁片帮,支架上方漏顶严重,导致液压支架不接顶,初撑力达不到设计值,并且出现挤架现象,给正常的移架带来困难. 采用注射化学浆液对煤层顶板进行加固后,改善了围岩结构的力学性能,提高了煤岩体的整体强度,杜绝了冒顶和煤壁片帮事故的发生,液压支架能够正常接顶,并提供足够的初撑力维护工作面顶板. 对破碎顶板注浆加固前后断层影响区液压支架的初撑力如图 4 所示.

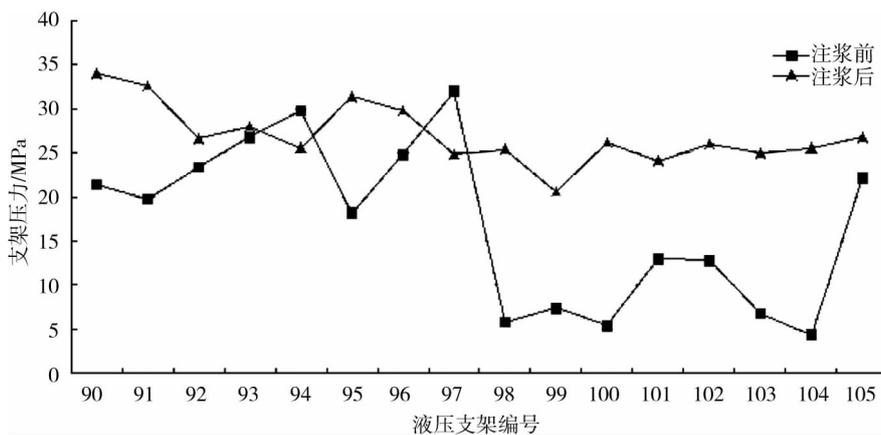


图 4 工作面过断层区域注浆前后支架压力

## 5 结论

1)大采高工作面回采时,上覆顶岩层回转运动过程中在工作面前方煤体中形成非常高的支承应力,同时由于断层构造的影响,附近顶板岩体比较破碎,煤岩体强度减小,整体承载能力下降,是工作面发生冒顶、片帮等事故的根本原因。

2)对工作面过断层区域的破碎煤岩体进行注浆加固,可以有效地固结破碎的煤岩体,提高煤岩体的整体强度,确保采场围岩的稳定性。

3)马丽散注浆和罗克休充填是大采高工作面治理片帮冒顶的一种十分有效的方法,通过浆液在煤壁中的扩散和膨胀,强化了工作面前方煤壁,同时加固和充填了漏顶区域,保证了工作面的安全高效回采。

### 参考文献:

- [1] 刘涛. 厚煤层大采高综采技术现状[J]. 煤炭工程, 2002(2): 4-8.
- [2] 王茂林. 综采工作面实用技术[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2012.
- [3] 杜计平, 孟宪锐. 采矿学[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2009.
- [4] 王荃, 赵理强. 钢轨罐道变形危害分析及处理[J]. 河北煤炭, 2000(3): 5-6.
- [5] 乔红兵, 陈大峰. 立井刚性罐道井筒装备的安装[J]. 煤炭工程, 2003(6): 38-39.
- [6] 隋惠权, 苏仲杰, 刘文生. 立井罐道测斜仪的研制[J]. 阜新矿业学院学报(自然科学版), 1994, 13(4): 38-41.
- [7] 赵庆彪, 马念杰, 刘斯筠. 注浆治理冲积层放顶煤综采工作面放顶煤冒顶溃砂[J]. 煤矿安全, 2002, 33(10): 33-37.
- [8] 李钊, 金兆涛, 聂利亚, 等. 极软煤层大采高综采化学注浆控制片帮冒顶技术[J]. 煤矿开采, 2010, 15(6): 57-61.
- [9] 韩立军, 张茂林, 贺永年, 等. 岩土加固技术[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2005: 142-146.
- [10] 康红普, 王金华. 煤巷锚杆支护理论与成套技术[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2007: 144-145.
- [11] 王天明, 方瑜, 杨广文, 等. 马丽散N注浆材料在综放面端头维护中的应用[J]. 煤, 2002(5): 14-15.
- [12] 赵林. 城市地铁暗挖隧道采用马丽散注浆治水施工介绍[J]. 西部探矿工程, 2004(9): 112-113.
- [13] 杨积海. 树脂加固破碎巷道顶板在谢桥矿的应用[J]. 煤炭科学技术, 2003(10): 40-41.
- [14] 卞正荣, 邢敦爱, 杨小铁. 用罗克休马丽散充填加固技术处理巷道冒顶[J]. 煤炭科技, 2009(1): 71-72.
- [15] 张胜, 张永朋. 罗克休泡沫在煤矿堵漏过程中的应用[J]. 煤炭技术, 2007, 26(11): 75-77.