

# Study on Super-Large Fault Support Technology for Concentrated Shimen in Mining Area of Qianyingzi Coal Mine

Dawei Xue<sup>1</sup>, Meng Yang<sup>2</sup>, Fuming Liu<sup>2</sup>, Lin Li<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Wanbei Coal and Electricity Group Qianyingzi Coal Mine, Suzhou Anhui

<sup>2</sup>School of Mining Engineering, China University of Mining and Technology, Xuzhou Jiangsu

Email: ym\_tyut@163.com

Received: Oct. 6<sup>th</sup>, 2017; accepted: Oct. 20<sup>th</sup>, 2017; published: Oct. 26<sup>th</sup>, 2017

---

## Abstract

According to the fault condition of Qianyingzi coal mine and mine production requirements, a kind of advanced pipe jacket and pipe anchor bolt advance protection technology is proposed. It mainly includes: the use of pipe roof advance pre-grouting to strengthen the surrounding rock, the use of advanced pipe-joints anchor and U-type shed support way to control the roof, setting the surrounding rock deformation observation station. The scheme after implementation shows that: the deformation of roadway is less than 20 mm; the construction support effect is improved obviously; the construction progress is accelerated by 50%; the construction period is shortened obviously; the cost saves 730,000 yuan; the economic benefit is remarkable.

## Keywords

Fault, Support, Grouting Reinforcement, Pipe-Joints Anchor, U-Type Shed

---

# 钱营孜煤矿采区集中石门过大断层支护技术研究

薛大伟<sup>1</sup>, 杨 猛<sup>2</sup>, 刘福民<sup>2</sup>, 李 淋<sup>2</sup>

<sup>1</sup>皖北煤电集团钱营孜煤矿, 安徽 宿州

<sup>2</sup>中国矿业大学矿业工程学院, 江苏 徐州

Email: ym\_tyut@163.com

收稿日期: 2017年10月6日; 录用日期: 2017年10月20日; 发布日期: 2017年10月26日

## 摘要

根据钱营孜煤矿断层条件及矿山生产过断层要求, 研究提出一种超前管棚 + 管缝式锚杆超前支护作掩护技术, 主要包括: 采用管棚超前预注浆加固围岩、采用超前管缝锚杆 + U型棚支护方式控制顶板、设置围岩变形观测站。方案在钱营孜煤矿实际施工后表明: 巷道变形小于20 mm, 施工支护效果显著提高、施工进度加快50%, 施工工期缩短明显、节约成本73万元, 经济效益显著。

## 关键词

断层, 支护, 注浆加固, 管缝式锚杆, U型棚

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

煤矿生产掘进过程中常常会遇到各种复杂的地质条件, 断层作为常见的一种, 在巷道施工过程中对巷道支护影响巨大, 极易引发安全事故, 为巷道掘进施工带来困难[1] [2] [3]。张欢[4]采用软件对断层处巷道围岩的破坏形式和特征进行了分析; 孟庆彬等[5]人对复杂条件下的巷道过断层技术进行了研究, 通过对地质条件的分析, 提出了有效可行的过断层围岩支护方案; 闫帅等[6]通过对过断层巷道围岩破坏机制的研究, 确定了巷道内需要重点支护区域以及急需加固的关键部位, 通过采取相关支护措施, 围岩得到明显控制。史文豹等[7]通过地质调研、软件模拟及原位实验等方法研究了巷道围岩力学性质在断层构造影响下的变化特征。上述研究为巷道过断层支护提供了科学有效的指导, 笔者在借鉴上述研究成果的基础上, 结合钱营孜煤矿具体条件, 提出了一种巷道围岩注浆加固和超前管缝式锚杆管控顶板支护技术, 以确保巷道顺利通过断层。

## 2. 工程背景

钱营孜煤矿隶属于皖北煤电集团, 位于安徽省宿州市西南 15 km。年生产能力 350 万吨。根据矿区地面勘探及三维地震资料显示, 现西三胶带机、轨道石门前方存在 F22 及 F22-1 两个正断层, 断层贯穿整个矿区, 走向延展长度大于 6.5 km, 综合落差 0~350 m, 切割 3、7、8、10 煤, 属查明断层, 西三采区集中石门布置平面图如图 1 所示。利用地面钻探等超前探查技术对包括导水性、断层带发育情况在内的断层属性进行分析, 得出 F22 断层破碎带岩性较混杂, 多为泥质充填, 且断层带内岩石挤压和揉皱严重。西三胶带石门 F22 断层破碎带位置确定在 P60 点前 80~118 m, 西三轨道石门 F22 断层破碎带位置确定在 G72 点前 123~153 m; F22 断层富导水性: 本区煤系地层砂岩、F22 断层带、深部太灰等含导水性均弱; F22 断层充水水源: 主要为煤层顶底板砂岩裂隙水。

## 3. 方案设计

根据勘探结果, 通过对断层性质情况的研究, 结合历史上东一轨大巷过 DF165 断层的施工经验, 通过对支护质量和工程技术方面进行技术论证, 对过断层技术进行优化, 提出了巷道围岩注浆加固和超前管缝式锚杆管控顶板支护技术。具体的施工方案如下。

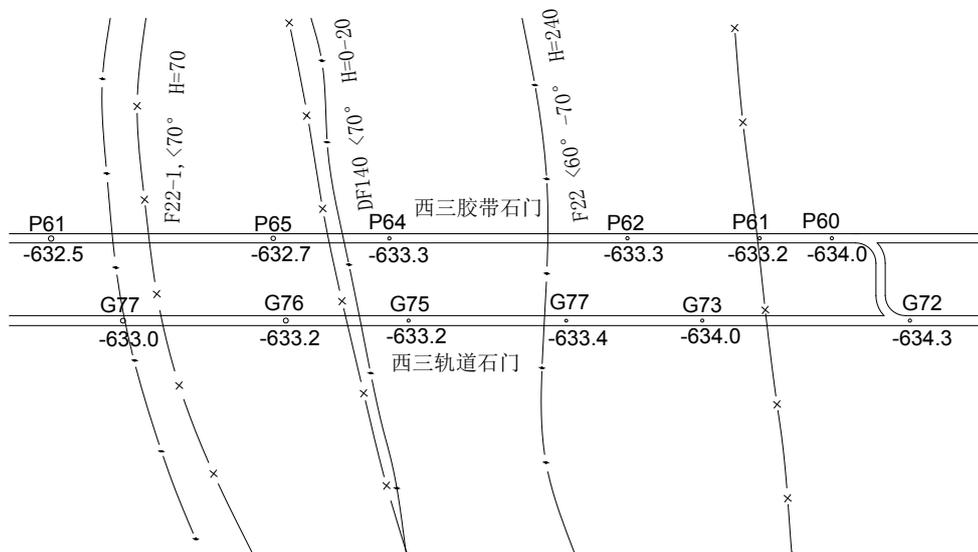


Figure 1. Western three-zone concentrated stone gate layout plan

图 1. 西三采区集中石门布置平面图

### 3.1. 管棚超前预注浆加固围岩，提高围岩整体性和承载能力

根据超前探查已经探明，断层带内多为泥质充填，且断层内岩石破碎严重，致使断层处及周围岩体物理力学性质较差，因此在过断层支护前应对断层围岩进行加固。本次方案选择超前预注浆加固围岩，提高岩体整体的承载能力，结合历史上过东一断层预注浆技术方案，设计本次方案如下：

1) 在西三胶带石门提前 10 m 的迎头位置施工 5 个超前钻孔，开孔位置应选择拱基线以上、终孔位置应选择巷道轮廓线外 1.8 m 为宜，设计孔深 50 m。以 127 mm 孔径开孔 11 m 后，下 10.5 m 直径 108 mm 套管固管试压达到 8 MPa 合格后，以 75 mm 钻头施工到设计孔深位置，然后全程下直径为 50 mm 的钢制花管进行管棚超前支护和预注浆加固巷道顶板。超前预注浆孔开孔和落点位置剖面及开孔位置断面图如图 2、图 3 所示。

2) 钻孔施工顺序：1-5#孔—2-4#孔—3#孔，每组钻孔施工完毕及时注浆，并利用下一茬孔查看注浆效果。钻孔参数见表 1。

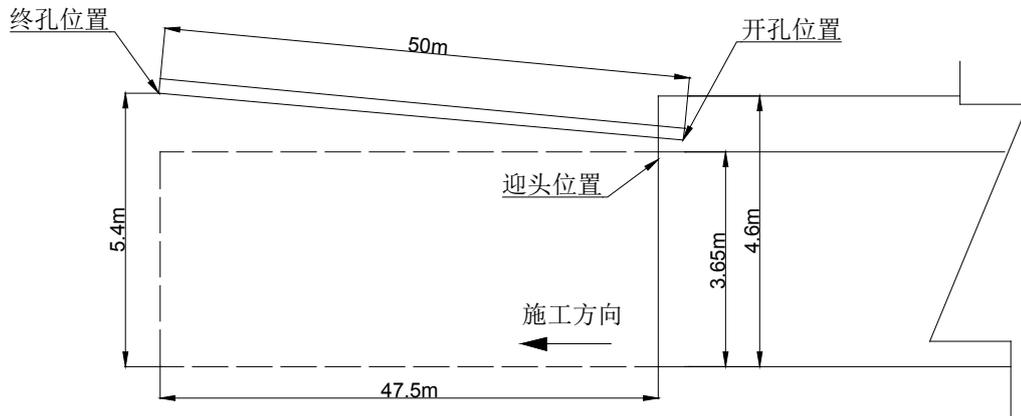
3) 注浆材料主要选择水泥单液浆，本次设计使用 PC42.5 普通硅酸盐水泥，水灰比 2:1。注浆的最终压力选择为 8 MPa，当注浆泵用在低档时(一般为 1~2 档)，压力增长规律性明显，达到最终压力稳定 15 分钟，钻孔吸浆量小于 40 L/min 时，即可结束注浆。经计算，每孔注浆量为 53 m<sup>3</sup>，5 个孔共计 265 m<sup>3</sup>，每孔需水泥 23.9 吨，共需水泥 119.5 吨。实际注浆量为 205 m<sup>3</sup>，水泥 92.4 吨。

### 3.2. 超前管缝锚杆 + U 型棚支护方式控制顶板

根据前营孜煤矿实际的地质条件，结合我国其他煤矿在管缝锚杆以及 U 型棚对巷道支护方面的施工经验，本次设计采用超前管缝锚杆 + U 型棚支护方式对过断层巷道进行支护，如图 4 所示，方案设计如下：

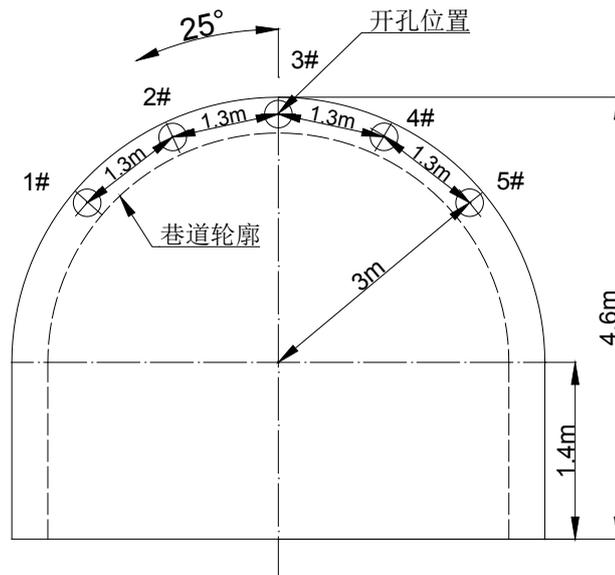
1) 管缝式锚杆布置方式：锚杆规格为  $\Phi 43 \text{ mm} \times 3000 \text{ mm}$ ，中对中间距 200 mm，沿巷中对称布置，支护范围沿巷中至肩窝，全断面管缝式锚杆数量不得少于 21 根。每架设 2 棚施工一组超前管缝式锚杆。

2) 打设管缝锚杆时必须从巷中向两帮逐根打设，施工前在迎头的第一棚架棚棚梁上方，外端紧贴迎头第二棚棚梁下沿，采用  $\Phi 45 \text{ mm}$  的钎花配合风锤，紧贴迎头巷道顶板以  $10^\circ \sim 20^\circ$  左右斜向上顺巷道施工方向打设，眼深度不小于 2200 mm，护顶距离 2 棚。



**Figure 2.** The schematic diagram of the opening and the position of the pre-grouting hole in western third tape stone gate

**图 2.** 西三胶带石门超前预注浆孔开孔和落点位置剖面示意图



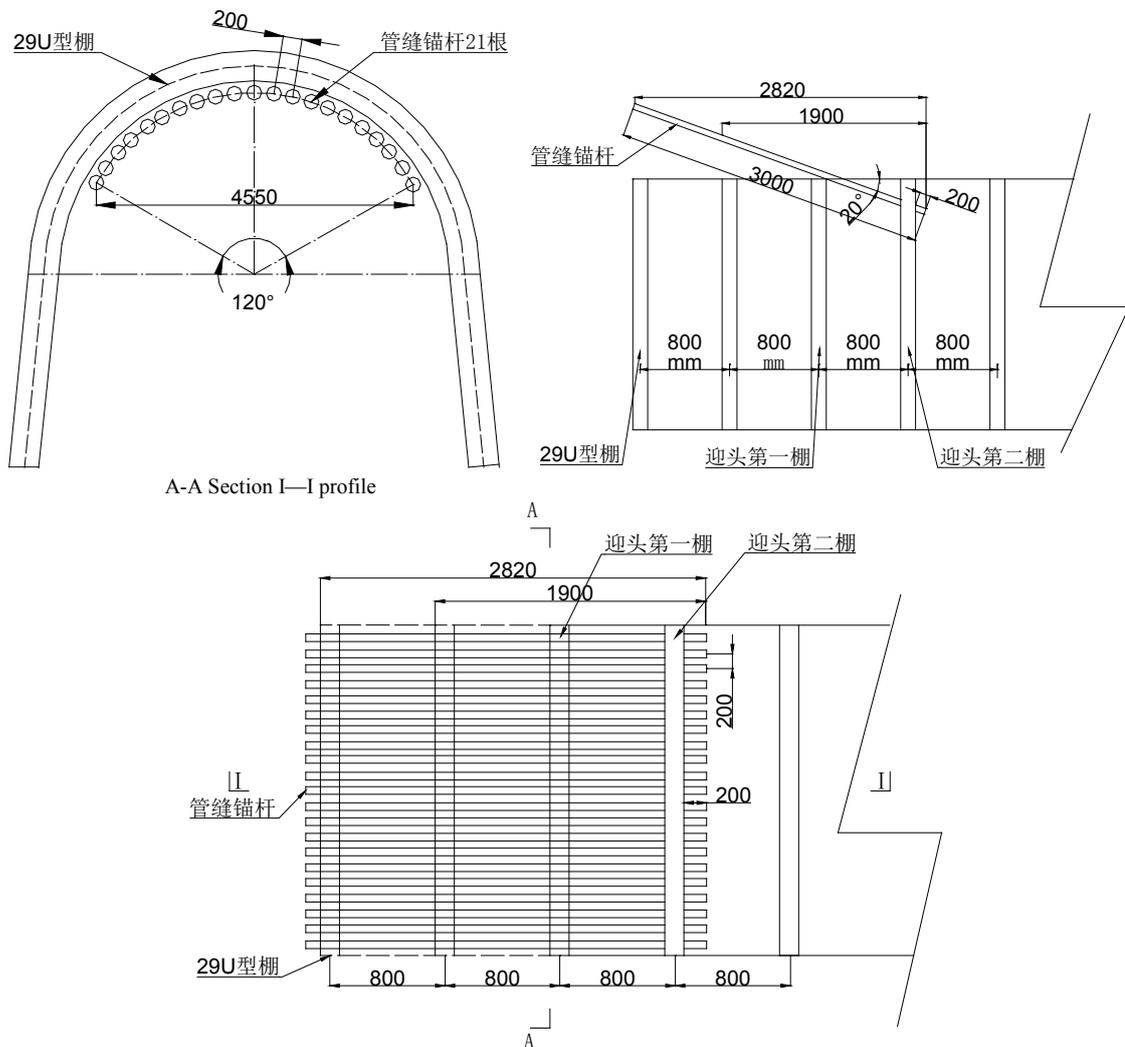
**Figure 3.** Hole profile of ahead of pre-grouting in western third tape stone gate

**图 3.** 西三胶带石门超前预注浆孔开孔位置断面图

**Table 1.** Ahead of pre-grouting drilling of western third tape stone gate

**表 1.** 西三胶带石门超前预注浆钻孔一览表

编号	方位角(°)	倾角(°)	开孔孔径(mm)	终孔孔径(mm)	孔深(m)	套管(m)	注浆量(m <sup>3</sup> )
1	274	2	127	75	50	10.5	48
2	275	2.5	127	75	50	10.5	41
3	276	3	127	75	50	10.5	28
4	277	2.5	127	75	50	10.5	37
5	278	2	127	75	50	10.5	51
合计					250	52.5	205



**Figure 4.** Brief description of “U” type sheds advanced pipe joints bolt support in western third tape stone gate  
**图 4.** 西三胶带石门 “U” 型架棚超前管缝锚杆支护示意图

3) 钻孔施工好后随即使用大锤将管缝式锚杆砸入孔内；管缝式锚杆紧贴迎头第 2 棚棚梁，末端超出棚梁 100~200 mm。

4) 对施工巷道迎头顶板进行超前预注浆，注浆管采用  $\Phi 20 \text{ mm} \times 5000 \text{ mm}$  的中孔注浆锚杆，间排距： $1500 \times 3000 \text{ mm}$ ，角度前倾呈  $15^\circ$  角。每进尺 5 棚布置一组超前预注浆锚杆，即注 5 m，进尺 3 m，循环进行。注浆后凝固 1 个小班后方可进尺。

5) 使用  $\Phi 32 \text{ mm}$  的钎花开孔，一次性施工 5 个预注浆孔。注浆时从下向上按照 1~5 号孔顺序依次注浆。注浆深度应达到破碎围岩的边缘，注浆选用 ZBQ-50/6 型注浆泵。注浆时要求使用的水泥为 PC32.5 复合硅酸盐水泥，并且控制终止压力在 5 MPa，设定水灰比 1:1。水泥浆具体配比见表 2，具体注浆消耗量见表 3。

### 3.3. 设置围岩变形观测站，及时掌握巷道围岩变形情况，确保后路安全

围岩监测是避免巷道事故发生的有效方式，对于保证矿山安全生产意义重大。本次方案中为及对巷道变形情况进行统计，监测支护效果确保矿山安全，设计如下监测方案：巷道内每隔 5 m 建立一组围岩

**Table 2.** The ingredient of cement**表 2.** 水泥浆配比表

水灰比 W:C	水泥(Kg)	水(l)	制浆量(m <sup>3</sup> )	比重(g/cm <sup>3</sup> )
0.042361	750	750	1	1.5

**Table 3.** The consumption of cement in western third concentrated Shimen**表 3.** 西三集中石门预注浆消耗量

巷道名称	断层名称	水泥(Kg)	制浆量(m <sup>3</sup> )	破碎带宽度(m)
西三轨道石门	F22	21,000	28	30
	F22-1	3750	5	19
西三胶带石门	F22	24,000	32	38
	F22-1	15,800	21	12

位移观测站, 巷道变形量观测站(采用十字布点法)由施工单位负责安装, 每 2 日进行一次观测, 地面做好电子版台账。当顶板、两帮位移量达到 100 mm 时, 及时按照滞后注浆设计对顶板及两帮进行注浆加固。

#### 4. 实施效果分析

巷道围岩注浆加固和超前管缝式锚杆管控顶板支护技术在钱营孜煤矿实施后取得良好效果, 具体如下:

1) 2016 年 1 月份自进入 F22 断层破碎带前 10 m 开始, 采用本方案施工, 4 月份通过该断层组后连续 6 个月观测两帮移近量及顶底移近量, 根据 1#测量站测得数据显示, 施工中在距离掘进工作面不同距离处两帮移近量及顶底移近量均不同, 整体表现为距离工作面越远处两值越大, 但两帮收敛均小于 20 mm, 如图 5 所示, 明显低于设计要求, 同时底板并未发现有底鼓现象产生, 施工过程安全可靠, 与之前巷道过断层情况相比, 支护效果显著提升。支护效果如图 6、图 7 所示。

2) 西三胶带石门 F22 (落差 240 m)断层破碎带宽度 38 m, 自 2015 年 12 月 28 日开始架棚, 至 2016 年 2 月 5 日结束, 共架设 60 棚穿过断层破碎带, 用时 40 天, 平均单进 1.2 m/天(棚距 0.8 m)。东一轨大巷过 DF165 (落差 55 m)断层时, DF165 断层破碎带宽度 18 m, 施工用时 29 天, 架设 30 棚, 平均单进 0.8 m/天(棚距 0.8 m), 本次施工较东一轨过断层施工单进提高 50%。

西三轨道石门 F22 断层破碎带宽度 30 m, 在西三胶带过 F22 断层施工的基础上, 进一步优化设计, 取消管棚和中空锚杆预注浆施工工序, 采取架设 U 型棚配合超前管缝锚杆支护, 共架棚 50 棚穿断层破碎带, 用时 25 天, 平均单进 1.6 m/天(棚距 0.8 m), 单进提高 50%, 较东一轨大巷过 DF165 (落差 55 m)断层, 单进提高 1 倍。本次施工与东一轨大巷过断层施工进度对比见表 4。

3) 本次采用的支护形式较以往支护每米降低支护材料成本 2000 元以上, 西三集中石门过 F22 断层组累计架设 150 棚, 节约材料费约 25 万元, 节约人工成本 48 万元, 合计节约成本 73 万元。

#### 5. 结论

根据钱营孜煤矿断层条件提出的超前管棚 + 管缝式锚杆超前支护作掩护技术主要包括: 1) 采用管棚超前预注浆加固围岩; 2) 采用超前管缝锚杆 + U 型棚支护方式控制顶板; 3) 设置围岩变形观测站, 及时掌握巷道围岩变形情况。方案在钱营孜煤矿实际施工后取得以下效果: 1) 两帮收敛均小于 20 mm, 低于设计要求, 底板未发现有底鼓现象, 巷道支护效果明显; 2) 巷道过断层施工单进提高 50%, 施工

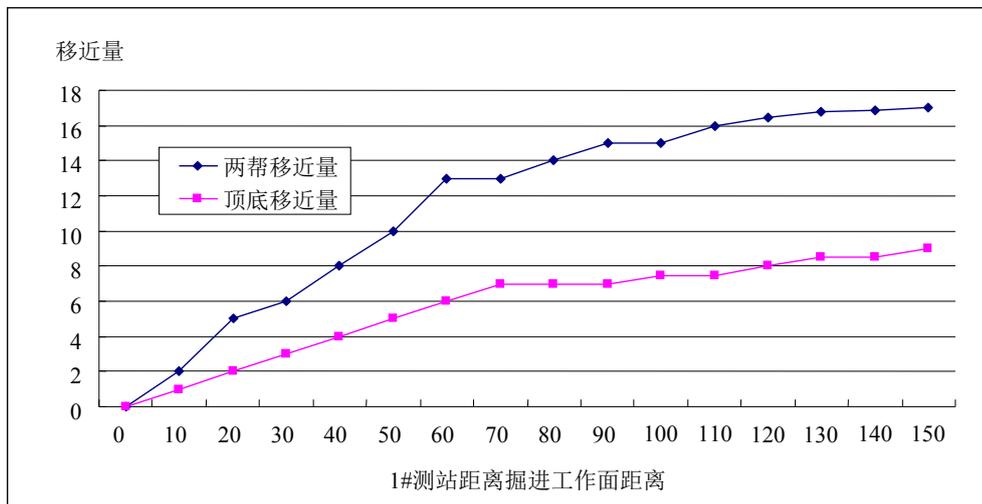


Figure 5. The graph of 1 # survey of surrounding rock in western third tape stone gate  
图 5. 西三胶带石门 1#测站围岩观测曲线图



Figure 6. The effect of western third transport stone gate support  
图 6. 西三轨道石门支护效果



Figure 7. The effect of western third tape stone gate support  
图 7. 西三胶带石门支护效果

**Table 4.** The construction schedule through the fault of F22 and DF165  
**表 4.** 过 F22 断层与过 DF165 断层施工进度对照表

巷道 名称	断层名称	断层最大落差(m)	破碎带宽度(m)	单进(m/d)		施工工期(d)	
				原支护	现支护	原支护	现支护
西三轨道石门	F22	350m	30	0.8	1.6	50	25
西三胶带石门	F22	350m	38	0.8	1.2	60	40
东一轨大巷	DF165	55m	18	0.8		29	

工期缩短；3) 节约成本 73 万元，经济效益显著。实际表明该技术可实现巷道安全快速穿过破碎带，建议在处理煤矿岩巷过大断层时推广应用。

### 参考文献 (References)

- [1] 张文锡, 魏燕龙, 潘凡, 王占亭. 综采工作面过正断层期间的矿压规律[J]. 煤矿安全, 2016, 47(3): 205-208.
- [2] 王新兴. 巷道过断层破碎带支护技术[J]. 煤矿安全, 2012, 43(10): 83-85.
- [3] 李凯, 万振华, 李小昌, 谢君, 金志远. 复杂条件下综掘面过断层技术[J]. 煤矿安全, 2011, 42(3): 50-52.
- [4] 孟庆彬, 韩立军, 齐彪, 文圣勇, 陈轲, 黄小忠, 孙茂贵. 复杂地质条件下巷道过断层关键技术研究及应用[J]. 采矿与安全工程学报, 2017, 34(2): 199-207.
- [5] 闫帅, 柏建彪, 张自政, 童世杰, 吴明明. 含水层上巷道过断层围岩破坏机制及控制[J]. 采矿与安全工程学报, 2016, 33(6): 979-984, 991.
- [6] 张欢. 断层带巷道支护技术研究及应用[D]: [硕士学位论文]. 淮南: 安徽理工大学, 2015.
- [7] 史文豹, 李杨, 张振全, 李传明, 殷志强. 断层影响下巷道围岩的力学特征及支护研究[J]. 中国煤炭, 2016, 42(8): 35-38, 42.

### 期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [me@hanspub.org](mailto:me@hanspub.org)