

# 采用工作面超前注水法提高跨采底板巷道围岩稳定性

吴士良<sup>1</sup>, 李 焯<sup>2</sup>

(1. 山东科技大学 矿业与安全工程学院, 山东 青岛 266590; 2. 尤洛卡矿业安全工程股份有限公司, 山东 泰安 271000)

**摘要:**在蒋庄煤矿3<sub>F</sub>煤层710工作面实际跨采工程中,为降低上部工作面超前支承压力峰值对底板巷道的影响,提出工作面超前注水法。通过分散上部工作面开采形成的超前支承压力,降低支承压力峰值,避免过大的应力峰值集中传递到底板巷道围岩而导致底板巷道围岩失稳。结果表明,超前注水后,煤体强度降低23%,底板巷道的顶底板移近量最大160 mm,超前影响距离为70 m,达到预期效果。

**关键词:**跨巷开采;底板巷道;超前支承压力;超前注水法;围岩稳定性

中图分类号:TD353.6

文献标志码:A

文章编号:1672-3767(2014)06-0046-05

## Advance Water Injection Method Used to Improve the Stability of Surrounding Rock in Floor Roadways While Mining Over-the-roadway

Wu Shiliang<sup>1</sup>, Li Ye<sup>2</sup>

(1. College of Mining and Safety Engineering, Shandong University of Science and Technology, Qingdao, Shandong 266590, China;

2. Uroica Mining Safety Engineering Co. Ltd, Taian, Shandong 271000, China)

**Abstract:** For the engineering in 710 working face in coal seam 3 of Jiangzhuang Mine, this paper put forward the "advance water injection method" to achieve the goal of reducing the advance support pressure on the floor roadway as the solution. Dispersing the advance support pressure caused by the mining of the working face reduced the pressure peak to avoid transferring the excessive stress peak to the surrounding rock of floor roadways and thus improved the stability of surrounding rock. The results show that this method has achieved the desired effect, reducing the coal strength by 23% with the greatest convergence of 160 mm between the roof and floor of roadway, and the advance affecting distance is 70 m.

**Key words:** over-the-roadway extraction; floor roadway; advance support pressure; advance water injection method; stability of surrounding rock

跨巷开采必然引起底板巷道围岩一段时期内应力增大,易导致巷道围岩失稳破坏,通常采用加固底板巷道的方法抵抗采动影响,但往往效果不佳或加固成本过高。目前,很多学者把跨采底板巷道围岩的控制看作是高应力状态下巷道围岩支护的问题,主要研究方向集中在通过加强支护提高底板巷道围岩强度,抵抗上部工作面的采动影响<sup>[1-2]</sup>。从巷道围岩破坏失稳机理分析,巷道围岩失稳是围岩强度与围岩应力相互作用的结果,提高围岩强度只是保证巷道稳定的一个方面,因此,还应设法降低巷道围岩应力。针对蒋庄煤矿3<sub>F</sub>煤层工作面实际跨采工程,依据工作面超前支承压力的传播规律,提出采用工作面超前注水方法降低跨采底板巷道围岩应力,保证跨采过程中底板巷道的稳定<sup>[3-4]</sup>。

## 1 跨采巷道围岩失稳分析与控制措施

### 1.1 跨采过程中底板巷道围岩应力分析

构建跨巷开采数值模拟模型,如图1所示。由数值模拟可知,上部工作面开采后超前支承压力在煤壁前

收稿日期:2013-11-17

作者简介:吴士良(1964—),男,江苏宜兴人,教授,博士,主要从事矿山压力与岩层控制方面的研究。

E-mail:wushiliang300@163.com

方形成应力核,并呈纺锤形向前下方传递。超前支承压力影响范围内的底板巷道围岩应力显著增大,尤其是应力峰值作用于底板巷道围岩时,底板围岩所受应力超过自身强度,则巷道发生破坏失稳<sup>[5]</sup>。因此,跨巷开采过程中上部工作面超前支承压力是导致底板巷道围岩失稳的内在根源。

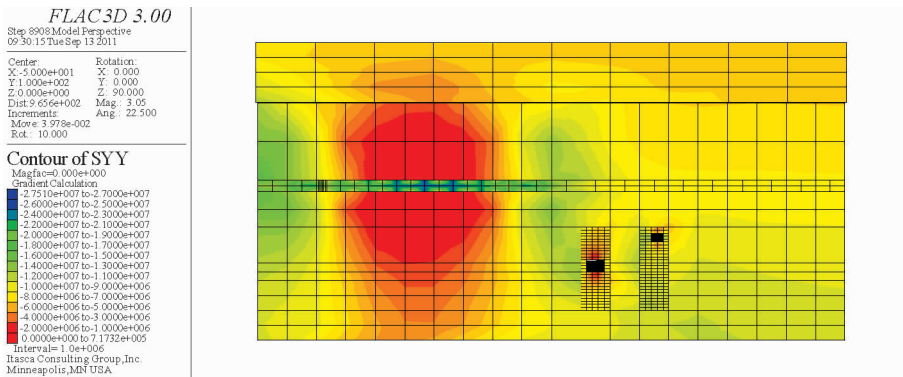


图 1 沿推进方向的垂直应力分布图

Fig. 1 Vertical stress map in advancing direction

## 1.2 假设的提出

工作面前方煤体的力学特性对超前支承压力的应力集中程度和应力集中位置有较大的影响。如图 2 所示,当煤体强度较大、塑性范围较小时,应力集中距工作面较近,应力峰值较大(A 曲线);当煤体强度较小、塑性范围较大时,应力集中距工作面较远,应力峰值较小(B 曲线)。

因此,结合以往生产实践经验和理论分析,提出假设:工作面前方煤体塑性范围增大后,超前支承压力影响范围增大,应力峰值减小,传递至底板巷道的应力也会减小,尤其是可以削弱支承压力峰值对底板巷道的影

## 1.3 假设的初步模拟验证

该假设方案通过 FLAC<sup>3D</sup>数值模拟进行了初步验证,如图 3 所示。

在模型中降低与煤层强度相关的具体参数,从而增大工作面前方煤体塑性范围。与图 1 数值模拟进行对比可知,工作面前方 20 m 范围内煤体强度降低 20% 后,应力集中系数  $k$  降低 26%,应力峰值前移约 6~10 m,超前支承压力影响范围扩大,底板巷道的围岩应力减小 18%,底板巷道变形程度降低 10%。

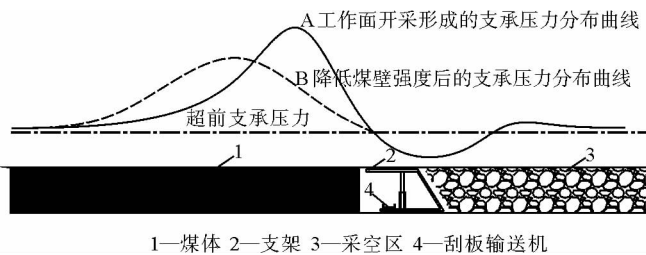


图 2 工作面开采后支承压力分布示意图

Fig. 2 Diagram of pressure distribution after mining face

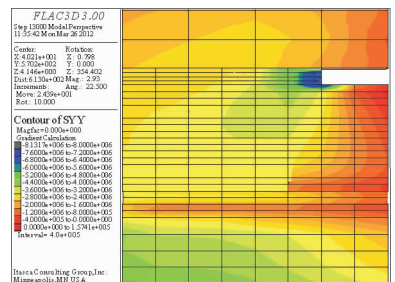


图 3 煤体强度降低后超前支承压力的变化

Fig. 3 Supporting pressure variation when coal intensity was reduced

## 1.4 施工方案设计

人工增大工作面前方煤体塑性区的方法有很多,一般常采用松动爆破或注水软化。由于松动爆破对煤

壁破坏较大,导致工作面回采时大范围的片帮,不利于安全生产。而煤体注水对煤体软化程度可控,同时该方法也是工作面降尘的主要措施,技术比较成熟。因此,在跨巷开采过程中设计应用工作面超前注水法提高跨采底板巷道围岩稳定性<sup>[6-7]</sup>。

## 2 工程实例

该方法在蒋庄煤矿 3<sub>F</sub> 710 工作面跨巷开采时进行了试验。3<sub>F</sub> 710 工作面位于蒋庄煤矿南七采区北翼,位于南大巷正上方 27~50 m,位于南翼皮带机道正上方 17~40 m。其北侧为 3<sub>F</sub> 307 工作面采空区,西侧为 3<sub>F</sub> 702, 3<sub>F</sub> 704, 3<sub>F</sub> 706 和 3<sub>F</sub> 708 工作面采空区。底板大巷与各工作面的相对位置关系如图 4 所示。710 工作面跨采底板大巷决定了工作面对底板大巷的采动影响范围大,持续时间长,加之已采侧向采动影响,巷道变形量可能会显著增加,有可能影响 2 条大巷的安全使用并制约整个矿井的正常生产。因此,提出采用工作面超前注水的方法降低跨采底板巷道围岩应力,保证跨采过程中底板巷道的稳定性。

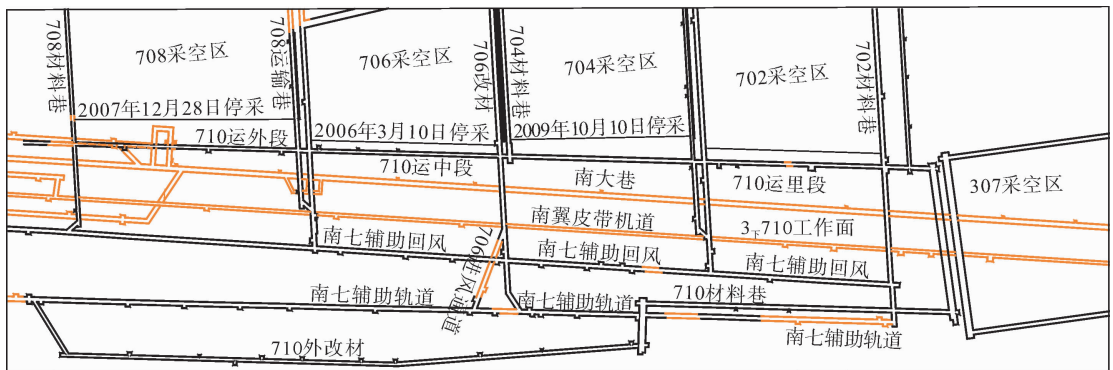


图 4 底板大巷与各工作面相对位置关系

Fig. 4 Relative position relationship of slab alleys and the working face

### 2.1 具体实施方案

#### 1) 钻孔布置

超前注水钻孔布置采用交叉循环布置,钻孔间距 15~20 m,在辅助回风巷沿煤层倾角打下行孔,孔深约 60 m;在 710 工作面运输巷沿煤层倾角打上行孔,孔深约 30 m,如图 5 所示。

注水超前距一般为 200 m,工作面回采巷道内的进水管路静水压力约为 2 MPa,采用加压设备将水压增大为 6 MPa 后注入煤体。

#### 2) 注水量

每孔注水量:

$$Q = 1.1 L_{CK} \cdot L_C \cdot H \cdot r \cdot W \times 10^{-3} \quad (1)$$

其中:1.1—注水系数; $L_{CK}$ —钻孔长度, m; $L_C$ —平均孔间距, m; $H$ —平均采高, m; $r$ —煤的容重,  $\text{kg}/\text{m}^3$ ;  $W$ —吨煤注水量,  $\text{m}^3/\text{t}$ 。

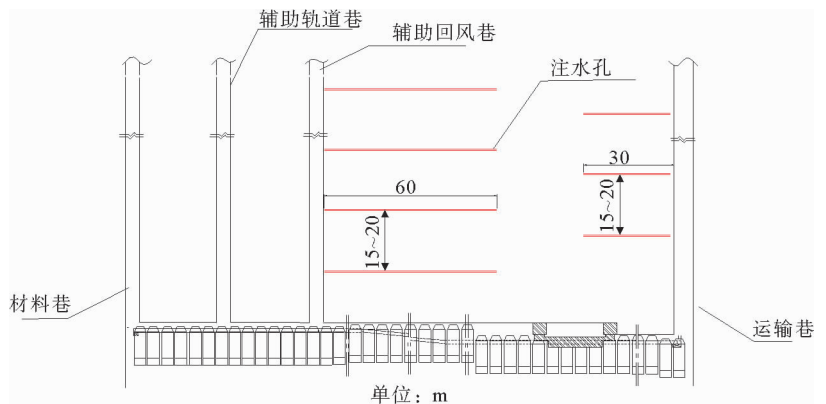


图 5 煤层采前注水软化示意图

Fig. 5 Diagram of water softening in mine

吨煤注水量选定  $(20\sim 25)\times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{t}$ , 则由式(1)可得, 辅助回风巷所打深孔注水量为  $Q_{\text{长}} = 102 \text{ m}^3$ , 710 运输巷所打短孔注水量  $Q_{\text{短}} = 51 \text{ m}^3$ , 注水流量  $V = 1.5 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

## 2.2 试验效果

### 1) 煤层超前注水软化结果

实验测定 3<sub>F</sub> 煤层物理性质见表 1, 可知煤层注水软化后, 单轴抗压强度可降低 23%。

表 1 3<sub>F</sub> 煤层物理性质

Tab. 1 Physical property in coal seam 3

密度/(g/cm <sup>3</sup> )	自然含水率/%	孔隙率/%	自然状态下单轴抗压强度/MPa	注水状态下单轴抗压强度/MPa
1.35	3.0	2.76	16.56	12.91

### 2) 底板巷道围岩变形总量

自人工观测开始至 710 工作面回采结束, 南大巷和皮带机道自 710 工作面切眼后方 100 m 至前方 870 m 范围内(总长 970 m)各测站围岩变形总量统计如图 6 所示。图中 0 点为 710 工作面切眼垂直方向的对应位置, 负值为切眼后方区域, 正值为切眼前方区域。710 工作面应对应区域为 0~760 m 范围。

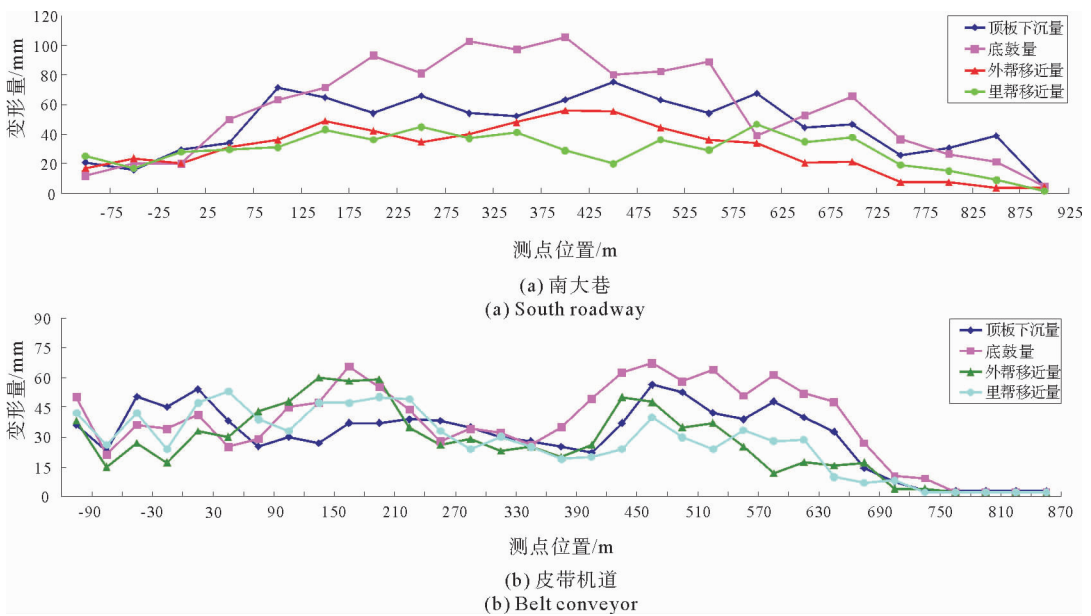


图 6 底板巷道所有测站围岩变形总量统计图

Fig. 6 All stations' deformation amount of surrounding rock of floor roadway

由图 6 可知, 经现场实测, 采用该方法后蒋庄煤矿 710 工作面开采未对底板巷道产生强烈的采动影响。底板大巷围岩变形以垂直方向变形为主, 南大巷最大顶底板移近量 160 mm, 平均 80 mm, 胶带运输巷最大顶底板移近量 120 mm, 平均 55 mm, 均未影响巷道内运输设备的正常使用。

### 3) 710 工作面顺跨开采对两条底板巷道的影响范围

切眼前方 350 m 处为南大巷测站, 根据该测站处围岩变形曲线的变化规律可以分析出 710 工作面顺跨开采对该处底板巷道的超前和滞后影响范围。南大巷 350 m 测站围岩变形曲线如图 7 所示。

由图 7 可知, 南大巷 350 m 处测站围岩各部位的变形规律较为一致, 均在工作面推进至该测站后方约 70 m 时, 围岩开始发生变形; 工作面推进至测站前方 40~50 m 后围岩变形基本达到稳定。

因此, 710 工作面顺跨开采对该测站的超前影响距离约为 70 m, 滞后影响距离 40~50 m。上部工作面开采对底板巷道的超前影响范围较以往跨采工程明显增大。上述结果均表明, 该方法确实达到了预期效果。

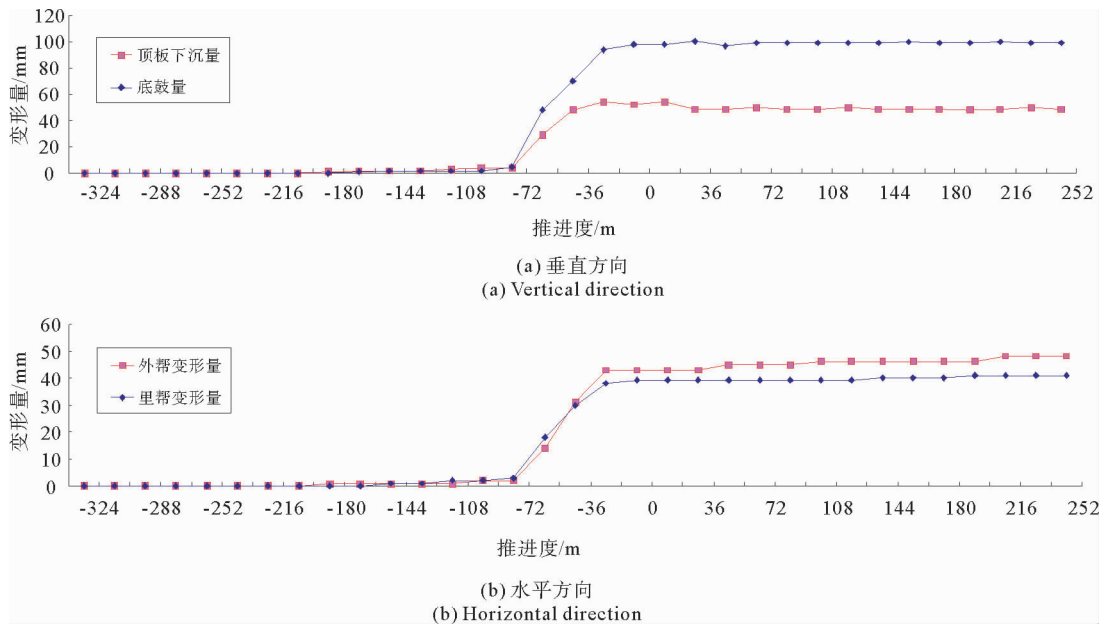


图7 南大巷350 m测站围岩变形曲线

Fig. 7 Surrounding rock deformation curve at 350m station

### 3 结束语

从降低巷道围岩应力方面探求跨采底板巷道围岩控制的方法。理论分析和数值模拟验证表明,当上部工作面前方煤体强度降低、塑性区域增大时,会使超前支承压力的影响范围扩大、应力峰值降低,从而在一定程度上有利于降低底板巷道围岩的应力。因此,在跨巷开采过程中设计应用工作面超前注水法来提高跨采底板巷道围岩稳定性。该方法在蒋庄煤矿跨巷开采时进行了试验,工作面超前注水后,煤体强度降低23%,底板巷道的顶底板移近量最大160 mm,超前影响距离为70 m,达到了预期效果。该方法为跨采巷道围岩稳定性控制提供了新的研究思路。

#### 参考文献:

- [1]霍振奇.“近距离”跨巷开采及其矿压显现[J]. 矿山压力,1987(2):52-56.  
Huo Zhenqi. Over-the-roadway mining in close range and its weighing feature[J]. Ground Pressure,1987(2):52-56.
- [2]谭云亮,吴士良,尹增德,等. 矿山压力与岩层控制[M]. 北京:煤炭工业出版社,2008:123-129.
- [3]张春来. 走向长壁跨巷开采的应用与探讨[J]. 河北煤炭,1997,39(3):29-31.  
Zhang Chunlai. Over-the-roadway extraction's application and discussion in longwall face along strike[J]. Hebei Coal,1997,39(3):29-31.
- [4]古全忠,李效甫,王泽进,等. 巷道围岩失稳及锚杆位态监测[J]. 矿山压力与顶板管理,1997(S1):207-209.  
Gu Quanzhong, Li Xiaopu, Wang Zejin, et al. Instability of roadway surrounding rock and anchor a state monitoring[J]. Ground Pressure and Strata Control,1997(S1):207-209.
- [5]田磊,谢文兵,荆升国,等. 综放跨采巷道棚-索耦合协同支护技术[J]. 煤炭科学技术,2011,39(11):44-47.  
Tian Lei, Xie Wenbing, Jing Shenguo, et al. Framed timber and anchor coupling collective support technology for fully mechanized top coal mining face crossing over gateway[J]. Coal Science and Technology,2011,39(11):44-47.
- [6]余明高,赵志军,宋立永,等. 煤矿灾害超前注水综合防治技术研究[J]. 防灾减灾工程学报,2012,32(4):502-507.  
Yu Minggao, Zhao Zhijun, Song Liyong, et al. Advanced water injection technology research for the prevention and control of coal mine disasters[J]. Journal of Disaster Prevention and Mitigation Engineering,2012,32(4):502-507.
- [7]李俊龙. 唐安煤矿煤层注水技术的应用[J]. 矿业安全与环保,2006,33(S1):32-34.  
Li Junlong. The application of coal seam water injection technology in Tang'an coal mine[J]. Mining Safety & Environmental Protection,2006,33(S1):32-34.