

神东矿区世界一流矿井建设示范经验及实用技术

# 浅埋深矿井回采巷道底鼓治理技术研究

张立辉

(神华神东煤炭集团有限责任公司 补连塔煤矿, 内蒙古 鄂尔多斯 017209)

**摘要:**为解决补连塔煤矿综采工作面巷道底鼓严重的问题,在底板软岩、采动压力大的条件下分别应用了反底拱法、混凝土预制块法、隔离煤柱法等底鼓治理技术,结果表明:采用反底拱法时巷道两帮最大移近量400 mm,顶底板最大移近量890 mm;采用混凝土预制块法时两帮最大移近量400 mm,顶底板最大移近量990 mm;采用隔离煤柱法时两帮最大移近量400 mm,顶底板最大移近量900 mm,应用反底拱法、混凝土预制块法、隔离煤柱法等底鼓治理技术取得的效果基本一致,但从经济效益方面考虑应选用混凝土预制块法。

**关键词:**底鼓;软岩巷道;反底拱;混凝土预制块;隔离煤柱

中图分类号:TD323

文献标志码:A

文章编号:0253-2336(2014)09-0142-04

## Research on Treatment Technology of Roadway Floor Heave in Shallow Depth Mine

ZHANG Li-hui

(Bulianta Coal Mine, Shenhua Shendong Coal Group Corporation Limited, Shenmu 017209, China)

**Abstract:** In order to solve the serious roadway floor heave problems in fully-mechanized coal mining face of Bulianta Coal Mine, the inverted-arch floor method, concrete precast block method and partition coal pillars method to treatment floor heave under the condition of soft rock and mining pressure respectively were applied. The results showed that the maximal rib-to-rib convergence was 400 mm when inverted-arch floor method was used, and the maximal roof-to-floor convergence was 890 mm. The maximal rib-to-rib convergence was 400 mm when concrete precast block method was used, and the maximal roof-to-floor convergence was 990 mm. The maximal rib-to-rib convergence was 400 mm when partition coal pillars method was used, and the maximal roof-to-floor convergence was 900 mm. The treatment floor heave effect were almost the same when the inverted-arch floor method, concrete precast block method and partition coal pillars method was individually, but considered from the aspects of economic benefit, should choose concrete precast block method.

**Key words:** floor heave; soft rock roadway; inverted-arch floor; concrete precast block; partition coal pillars

## 0 引言

随着煤炭资源的开采深度、开采强度越来越大,顶板下沉、底板鼓起、片帮等问题越来越突出。底鼓防治最为困难,根据现场实际情况不同,国内的煤矿采取了多种底鼓治理方法,淮浙煤电有限责任公司顾北煤矿应用了挖底+混凝土反底拱+底板注浆锚索技术<sup>[1]</sup>,神华宁夏煤业集团有限责任公司清水营煤矿应用了底板锚杆+帮角及底板

加固锚索技术<sup>[2]</sup>,安徽恒源煤电公司任楼煤矿采用了U型钢圆棚+注浆+锚索技术<sup>[3]</sup>,淮南矿业集团谢桥煤矿采用了挖底+底板注浆+三维钢筋网壳衬砌技术<sup>[4]</sup>,山西晋城无烟煤矿业集团有限责任公司寺河煤矿采用了左旋无纵筋螺纹钢+W钢带+水泥浆技术<sup>[5]</sup>,中电投新疆能源化工集团四棵树煤矿采用了底板割槽技术<sup>[6]</sup>,淮北矿业集团公司祁南煤矿采用了锚网索喷+高强锚杆+深孔注浆技术<sup>[7]</sup>,淮北矿业集团公司袁店煤矿采用了锚索顶帮加固+底脚注浆锚杆+槽钢耦合技

收稿日期:2014-05-11;责任编辑:杨正凯 DOI:10.13199/j.cnki.cst.2014.09.0033

基金项目:国家高技术研究发展计划(863计划)资助项目(2012AA062203)

作者简介:张立辉(1982—),男,河北承德人,工程师,现任神华神东煤炭集团有限责任公司补连塔煤矿总工程师。E-mail: knight9919@126.com

引用格式:张立辉.浅埋深矿井回采巷道底鼓治理技术研究[J].煤炭科学技术,2014,42(9):142-145.

ZHANG Li-hui. Research on Treatment Technology of Roadway Floor Heave in Shallow Depth Mine[J]. Coal Science and Technology, 2014, 42(9): 142-145.

术<sup>[8]</sup>, 山东能源龙口矿业集团公司北皂煤矿应用了 U36 钢棚 + 壁后注浆 +  $\pi$  型钢 + 密集单体技术<sup>[9]</sup>, 陕西彬长矿业集团胡家河煤矿采用了锚网喷砌碇 + 反底拱 + 底锚杆 + 钢筋网技术<sup>[10]</sup>, 义马煤业集团千秋煤矿采用了锚喷 + U36 钢棚 + 防冲支架<sup>[11]</sup>, 同时部分矿井还应用了巷道开挖法、密集单体 + 道木、密集单体 + 槽钢梁<sup>[12-15]</sup> 等技术, 均取得了良好的效果。综合分析以上底鼓治理技术可知, 围岩—巷道—采动压力关系简单的矿井底鼓治理技术较简单, 围岩—巷道—采动压力关系复杂的矿井底鼓治理技术较复杂。补连塔煤矿是国内唯一一座核定生产能力 25 Mt/a 的现代化矿井, 其 22 号煤层布置的 7 m 大采高重型工作面生产能力达到 1 350 Mt/a。目前, 制约 7 m 采高工作面安全生产最重要的问题就是巷道底鼓问题, 底鼓的原因主要为大采高工作面采动压力显现、22 号煤层底板下存在 1 层厚度为 0.8 ~ 4.8 m 的黏土岩, 导致回采巷道顶板下沉 0 ~ 0.5 m, 两帮片帮 0 ~ 1.0 m, 底板鼓起 0 ~ 2.0 m, 基于此, 笔者以补连塔煤矿为研究对象, 在对回采巷道底鼓原因分析的基础上提出合理的治理措施, 以期达到治理回采巷道底鼓的目的。

## 1 工程概况

补连塔煤矿三盘区地层由上至下分别为第四系风积砂、中侏罗统安定组、直罗组、延安组, 其中延安组为含煤地层, 共含煤 11 层, 可采 7 层, 其中 12、22、31 号煤层为全区可采中厚及以上煤层。该盘区煤层呈单斜构造, 倾向西南, 倾角  $1^{\circ} \sim 3^{\circ}$ , 盘区内存在数条落差 0.8 ~ 2.0 m 的断层, 整体构造简单。22 号煤层煤厚 6.60 ~ 8.56 m, 平均 7.23 m, 局部区域含有夹矸; 煤层埋深 90 ~ 270 m, 埋深由回撤通道向开切眼方向逐渐加深。22 号煤层基本顶以细砂岩、粉砂岩为主, 局部为中、粗砂岩, 厚度 4.2 ~ 13.2 m; 直接顶以粉砂质泥岩为主, 局部为粉砂岩或泥岩, 厚度 0.8 ~ 5.6 m, 一般不存在伪顶; 直接底以泥岩为主, 局部为黏土岩或粉砂岩, 厚度 0.8 ~ 12.4 m。根据钻孔资料, 22 号煤层底板下黏土岩普遍分布, 厚度 0.8 ~ 4.8 m, 距 22 号煤层底板 0 ~ 5.8 m。

## 2 底鼓治理技术

### 2.1 巷道基础支护

22301 综采工作面为 22 号煤层三盘区首采工作面, 其回采时未受底鼓影响, 仅巷道掘进时局部轻微底鼓。受综采工作面的采动影响, 邻近采空区的

保留巷道均出现底鼓现象, 但底鼓程度不一。22302、22303 回风巷平均底鼓量 1.0 m, 通过巷道开挖 + 施工混凝土底板的措施有效防治了底鼓。22304、22305、22306 回风巷出现了顶板下沉、煤壁片帮、底鼓的现象, 且均比较严重, 严重影响综采工作面正常回采。

1) 巷道内原有支护。采用锚杆 + 锚索 + 锚网联合支护方式, 顶板采用  $\phi 18 \text{ mm} \times 2\,000 \text{ mm}$  锚杆, 排距为 1 m, 每排布置 5 根锚杆; 采用  $\phi 17.8 \text{ mm} \times 6\,150 \text{ mm}$  锚索, 排距为 3 m, 每排布置 2 根锚杆, 顶板全断面铺设  $\phi 10 \text{ mm} \times 80 \text{ mm} \times 80 \text{ mm}$  的菱形金属网片; 煤壁侧巷采用  $\phi 27 \text{ mm} \times 2\,400 \text{ mm}$  玻璃钢锚杆, 排距为 1 m, 每排布置 4 根锚杆, 全断面铺设网格  $45 \text{ mm} \times 45 \text{ mm}$  的塑料网; 煤柱侧巷帮采用  $\phi 20 \text{ mm} \times 2\,000 \text{ mm}$  的螺纹钢锚杆, 排距为 1 m, 每排布置 4 根锚杆, 全断面铺设  $\phi 10 \text{ mm} \times 80 \text{ mm} \times 80 \text{ mm}$  的菱形金属网片。

2) 补强支护。巷道顶板纵向布置 5 排锚索 +  $\pi$  型钢带, 锚索规格为  $\phi 22 \text{ mm} \times 8\,150 \text{ mm}$ , 间排距  $1\,000 \text{ mm} \times 1\,000 \text{ mm}$ ; 煤壁侧巷帮补强采用  $\phi 27 \text{ mm} \times 2\,400 \text{ mm}$  玻璃钢锚杆, 排距为 1 m, 每排布置 4 根锚杆, 并在回采前采用高分子材料加固; 煤柱侧巷帮采用锚索 +  $\pi$  型钢带补强, 锚索规格为  $\phi 22 \text{ mm} \times 5\,000 \text{ mm}$ , 沿巷道走向方向布置 4 排钢带, 锚索间排距  $2\,000 \text{ mm} \times 1\,000 \text{ mm}$ , 并在垂直方向上布置 3 排钢带, 锚索间排距  $2\,000 \text{ mm} \times 1\,000 \text{ mm}$ , 与走向钢带交叉布置。

工作面超前支护采用密集单体支柱, 间排距  $450 \text{ mm} \times 450 \text{ mm}$ , 配备直径 450 mm 的柱靴, 超前支护距离为 150 mm。在此基础上笔者采取反底拱法、混凝土预制块法、隔离煤柱法 3 种底鼓治理方案。

### 2.2 混凝土预制块法

混凝土预制块规格为  $2.50 \text{ m} \times 2.00 \text{ m} \times 0.25 \text{ m}$ , 采用双层钢筋混凝土结构, 使用 C30 混凝土, 主体钢筋规格为  $\phi 12 \text{ mm}$  圆钢, 钢筋层间距 150 mm, 绑扎间距 350 mm, 保护层厚度 50 mm, 2 层钢筋间采用  $\phi 6 \text{ mm}$  圆钢连接。单块混凝土预制块质量 3 130 kg, 使用防爆无轨胶轮车运输、防爆铲车安装, 巷道内成对安设, 即将混凝土预制块铺设在巷道底板。

### 2.3 反底拱法

试验巷道宽 5.8 m、高 3.8 m, 在保证巷道高度 4.5 m, 反底拱外侧半径 5.055 m, 内侧半径 4.705 m, 反底拱壁厚 0.35 m, 回填后巷道中部反底拱最深处 1.0 m, 反底拱深入两帮 0.55 m; 在煤壁侧巷帮底角施工与水平成  $-10^{\circ}$  夹角的  $\phi 27 \text{ mm} \times 2\,400 \text{ mm}$  玻

玻璃钢锚杆, 间排距  $1\ 000\text{ mm} \times 1\ 000\text{ mm}$ , 玻璃钢锚杆带厚木板; 在煤柱侧巷帮巷道底角, 施工与水平成  $-10^\circ$  夹角的  $\phi 22\text{ mm} \times 2\ 200\text{ mm}$  螺纹钢锚杆, 间排距  $1\ 000\text{ mm} \times 1\ 000\text{ mm}$ ; 反底拱中部铺设  $\phi 16\text{ mm}$  双层钢筋骨架, 间距  $150\text{ mm}$ , 网格尺寸  $200\text{ mm} \times 200\text{ mm}$ , 反底拱采用 C30 混凝土浇筑, 一次浇筑长度  $3\text{ m}$ , 养护期过后回填片石砂浆及施工混凝土底板。反底拱法支护方案如图 1 所示。

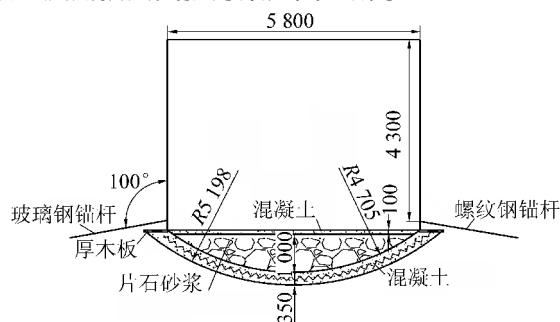


图 1 反底拱法支护方案

#### 2.4 加宽隔离煤柱法

为了验证隔离煤柱加宽后对底鼓的影响, 在距离 22306 回风巷  $25\text{ m}$  的位置重新掘进了 22306 辅助回风巷, 巷道基础支护方式同 22306 回风巷, 并采用混凝土预制块法治理底鼓, 但巷道与工作面间煤柱距离加宽了  $25\text{ m}$ 。

### 3 底鼓治理效果

在 22305、22306 工作面回采过程中, 根据巷道受动压影响的频次和底鼓治理的方式, 设置了多个位移观测站, 观测巷道顶底板、两帮移近量。22305 回风巷为二次保留巷道, 工作面巷道在受采动影响之前进行了巷道加强支护, 受一次采动影响后进行了挖底, 受二次采动影响之前底板采取了反底拱和混凝土预制块措施, 并采用单体支柱进行超前支护, 在反底拱区域和混凝土预制块区域分别设置了位移观测站, 观测巷道受二次动压影响的情况。22306 辅助回风巷采用隔离煤柱治理底鼓。以上 3 种方法在工作面回采之前均配合使用密集单体液压支柱进行支护。

#### 3.1 反底拱法治理底鼓效果

22305 回风巷采用反底拱法治理底鼓, 试验段距开切眼  $200\text{ m}$ , 对该段进行了巷道变形量观测, 观测结果如图 2 所示, 由图 2 可知, 工作面推进过程中 22305 回风巷超前支承压力显现始于距工作面  $150\text{ m}$  左右位置; 测点距离工作面  $40 \sim 100\text{ m}$  的巷道变化较小, 工作面推进至距测点  $40\text{ m}$  时两帮移近量  $100\text{ mm}$ 、顶底板移近量  $200\text{ mm}$ ; 测点距离工作面

$0 \sim 40\text{ m}$  时, 两帮、顶底板移近量、移近速度显著增大, 工作面回采至测点附近时两帮移近量  $400\text{ mm}$ 、顶底板移近量  $890\text{ mm}$ 。

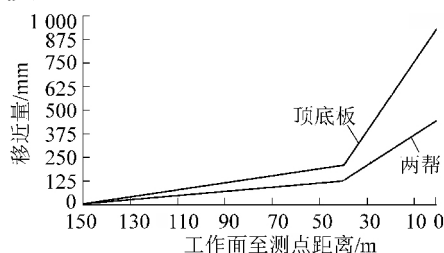


图 2 22305 回风巷反底拱法支护段变形曲线

#### 3.2 混凝土预制块法治理底鼓效果

22305 回风巷采用混凝土预制块法治理底鼓, 试验段距开切眼  $500\text{ m}$ , 对该段进行了巷道变形量观测, 观测结果如图 3 所示, 由图 3 可知, 工作面推进过程中 22305 回风巷超前支承压力显现始于  $150\text{ m}$  左右; 测点距离工作面  $35 \sim 100\text{ m}$  的巷道变化较小, 工作面推进至距测点  $35\text{ m}$  时两帮移近量  $100\text{ mm}$ 、顶底板移近量  $260\text{ mm}$ ; 测点距离工作面  $0 \sim 35\text{ m}$  时, 两帮、顶底板移近量、移近速度显著增大, 工作面回采至测点附近时两帮移近量  $400\text{ mm}$ 、顶底板移近量  $990\text{ mm}$ 。

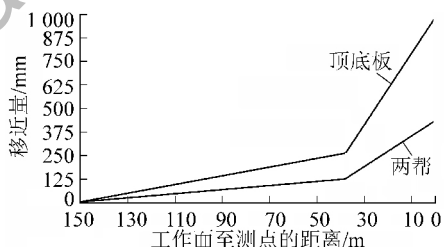


图 3 22305 回风巷混凝土预制块法支护段变形曲线

#### 3.3 隔离煤柱法治理底鼓效果

22305 辅助回风巷采用隔离煤柱法治理底鼓, 试验段距开切眼  $500\text{ m}$ , 对该段进行了巷道变形量观测, 观测结果如图 4 所示, 由图 4 可知, 工作面推进过程中 22306 辅助回风巷超前支承压力显现始于  $150\text{ m}$  左右; 测点距离工作面  $35 \sim 100\text{ m}$  时巷道变化较小, 工作面推进至距测点  $35\text{ m}$  时两帮移近量  $80\text{ mm}$ 、顶底板移近量  $100\text{ mm}$ ; 测点距离工作面  $0 \sim 35\text{ m}$  时, 两帮、顶底板移近量、移近速度显著增大, 工作面回采到测点时两帮移近量  $400\text{ mm}$ 、顶底板移近量  $900\text{ mm}$ 。

#### 3.4 工期及费用比较

混凝土预制块法共施工  $320\text{ m}$ , 安装混凝土预制块  $300$  块, 混凝土预制块在地面提前加工完毕后运至井下安装, 安装工期  $15\text{ d}$ , 总费用  $53.4$  万元, 施工速度  $21.3\text{ m/d}$ , 单价为  $1\ 780$  元/m; 反底拱法共

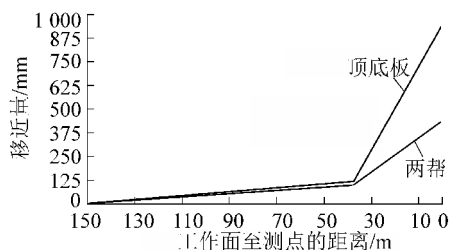


图 4 22306 辅助回风巷隔离煤柱法支护段变形曲线

施工 300 m, 施工工期 72 d, 总费用 225.9 万元, 施工速度 4.17 m/d, 单价为 7 530 元/m; 隔离煤柱法采用掘锚机新掘巷道 1 000 m, 施工工期 45 d, 总费用 450 万元, 含设备折旧费、材料费、人工成本, 施工速度 22.2 m/d, 单价为 4 500 元/m, 同时遗留大量煤炭资源未计损失费用。

反底拱法和混凝土预制块法治理底鼓效果差别不大; 经过将图 4 与图 2 和图 3 进行对比分析, 说明是否留设隔离煤柱对底鼓治理效果影响不大。结合工期及费用可知混凝土预制块法在施工费用、工期、施工难易度上具有较大的优点, 是补连塔煤矿底鼓治理的最佳方法。

## 4 结 论

1) 围岩—巷道—采动压力关系复杂的工作面底鼓治理较为困难, 针对底板为软岩的巷道, 挖底是最有效的底鼓治理方式, 但需配合加强支护措施, 同时考虑底板开挖后设备能否快速、安全通过的情况。

2) 底板为软岩的条件下, 反底拱法和混凝土预制块+密集单体的底鼓治理效果差别较小, 但混凝土预制块法成本约为反底拱法成本的 1/5, 同时混凝土预制块的施工难度较小, 适用性较高。

### 参考文献:

- [1] 龚光北. 顾北煤矿软岩巷道底鼓预测及支护对策研究[J]. 煤炭工程 2011(11): 46-48.
- [2] 李廷军, 班伟, 曾佑富. 复杂围岩大断面回采巷道底鼓控制研究[J]. 煤炭工程 2012(11): 68-71.
- [3] 郇锦柱, 郇军, 李治平. 采动诱导断层应力集中区巷道综合支护技术应用与实践[J]. 煤炭工程 2012(3): 35-37.
- [4] 张金松, 庞建勇, 桑普天. 三维钢筋网壳衬砌在软岩巷道底鼓治理中的应用[J]. 煤炭工程 2012(8): 32-34.
- [5] 孙守孝, 孙志勇, 郭相平. 寺河矿大采高工作面动压影响下巷道底鼓防治技术研究[J]. 煤炭工程 2013(3): 41-43.
- [6] 李晓璐, 赵善坤, 吴宝杨. 煤矿巷道底鼓数值模拟及割槽技术[J]. 煤矿安全 2013 44(1): 68-70.
- [7] 司文, 张念超, 张慧君. 高地压软岩巷道围岩强化控制技术[J]. 煤矿安全 2012 43(8): 85-88.
- [8] 黄胜, 李自强, 袁店一井大断面软岩上山底鼓综合治理技术[J]. 煤矿安全 2012 43(4): 34-37.

- [9] 宋文德, 王文波, 曲志军. 海域巷道围岩岩性结构特征及回采巷道支护实践[J]. 煤炭科学技术 2013 41(1): 52-55.
- [10] 伍永平, 于水, 高喜才, 等. 深部软岩煤巷底鼓控制技术[J]. 煤炭科学技术 2012 40(6): 5-7.
- [11] 李宝富, 魏向志, 任永康, 等. 煤层巷道底板动态破坏机理及控制技术[J]. 煤炭科学技术 2013 41(10): 34-37.
- [12] 李守国, 杜泽生, 王成, 等. 回采巷道采动期间底鼓治理方法[J]. 煤矿安全 2012 43(8): 180-182.
- [13] 郭建伟. 深井节理化围岩巷道破坏机理及控制技术[J]. 煤炭学报 2012 37(9): 1559-1563.
- [14] 刘泉声, 刘学伟, 黄兴, 等. 深井软岩破碎巷道底鼓原因及处置技术研究[J]. 煤炭学报 2013 38(4): 566-571.
- [15] 张辉, 康红普, 徐佑林. 深井巷道底板预应力锚索快速加固技术研究[J]. 煤炭科学技术 2013 41(4): 16-19.

(上接第 86 页)

- [7] 鞠金峰, 许家林, 朱卫兵, 等. 神东矿区近距离煤层出一侧采空区煤柱压架机制[J]. 岩石力学与工程学报 2013 32(7): 1321-1326.
- [8] 王晓振. 松散承压含水层下采煤压架突水灾害发生条件及防治研究[D]. 徐州: 中国矿业大学 2012.
- [9] 张玉军. 铁北煤矿松软砂岩含水层下综放开采覆岩破坏及溃砂预测研究[D]. 北京: 煤炭科学研究总院 2005: 10-20.
- [10] 尹希文, 张会军, 卢振龙. 煤矿顶板灾害监测预警平台的研究与应用[C]//全国煤炭行业两化深度融合型智能矿山现场会议论文集, 北京 [s. n. ] 2014: 9-15.
- [11] 尹希文, 朱拴成, 安泽, 等. 浅埋深综放工作面矿压规律及支架工作阻力确定[J]. 煤炭科学技术 2013 41(5): 50-54.
- [12] 尹希文, 常运飞. 浅埋煤层综放工作面覆岩破坏规律研究[J]. 煤炭科学技术 2013 41(S1): 22-25.
- [13] 尹希文, 王旦旦, 付东波. 高精度支架工作阻力监测系统在寺河矿的应用[J]. 煤炭科学技术 2007 35(9): 22-25.
- [14] 关瑞斌. 坚硬顶板水压力作用机理研究[D]. 西安: 西安科技大学 2008.
- [15] 万峰, 张洪清, 韩振国. 液压支架初撑力与工作面矿压显现关系研究[J]. 煤炭科学技术 2011 39(6): 18-20.