

# 综放工作面过空巷技术研究与实践

闫腾腾

(山西西山煤电股份有限公司 西曲矿,山西 古交 030200)

**摘 要:**以西曲矿 28307 综放工作面过空巷的工程为背景,通过现场矿压观测,研究了工作面过空巷时的基本顶周期来压、液压支架的立柱下沉和外切眼的变形对工作面过空巷产生的影响机理,基于现场生产实际提出外切眼加强支护、工作面调斜和控制工作面顶、底板等措施,在西曲矿 28307 综放工作面过空巷施工过程中取得了良好的技术效果,为其它类似生产条件下的工作面过空巷工程提供借鉴。

**关键词:**综放工作面;过空巷;矿压观测;措施

**中图分类号:**TD353

**文献标识码:**A

## Research and Practice of Passing Through Abandoned Roadways in Fully Mechanized Mining Face

YAN Tengting

(Hequ Mine, Shanxi Xishan Coal & Electricity Co., Ltd., Gujiao 030200, China)

**Abstract:** Taking No. 28307 fully mechanized mining face passing through abandoned roadways in Xiqu Mine as the engineering background, mine pressure was observed to study the influencing mechanism by periodic weighting of main roof, hydraulic support sinking and deformation caused by external cutting. Based on the actual production on site, we propose measures including strengthening support for the external cutting, slope adjustment for the working face, and control of the roof and floor of the working face. During the construction of No. 28307 fully mechanized mining face in Xiqu Mine, these measures have achieved good technical results, which could provide reference for the production in the similar conditions.

**Key words:** fully-mechanized mining face; passing through abandoned roadways; pressure observation; measures

由于历史小煤窑无序开采或工作面布置及接续等原因,后期工作面推采过程中常常遇到过空巷的情况。长壁工作面过空巷一直以来是回采过程中的难题,往往会减缓推进速度、延长循环周期、顶板来压显现,对顶板控制、巷道支护等都是极大考验,如果处理不得当、不及时,容易造成恶性循环。因此,有必要对回采工作面的过空巷规律和经验进行总结,保证安全生产。本文在分析西曲矿 28307 工作面过空巷期间的技术措施,通过 28307 综采面顺利

完成过空巷并贯通的实践,优化了空巷内支护方案,并通过调斜、提前观察周期来压、加快组织生产等措施,确保了综采工作面安全、顺利、快速地通过空巷。

### 1 工作面及空巷概况

西曲矿 28307 工作面主采 8<sup>#</sup> 煤层,煤层厚度为 3.8 m~4.4 m,平均厚度 4.2 m,煤层厚度稳定。8<sup>#</sup> 煤层整体西南倾向,煤层倾角 1°~11°,平均倾角 4°。煤层结构简单,中部普遍含有一层泥岩夹矸,夹

\* 收稿日期:2019-03-29

作者简介:闫腾腾(1989—),男,山西古交人,硕士研究生,助理工程师,从事煤矿采煤掘进技术工作。

矸厚度变化不明显。煤层直接顶为石灰岩,厚度平均 3.85 m,直接底为中粒砂岩,厚度平均 2.08 m。28307 工作面地表盖山厚度为 180 m~226 m,且无公路及建筑物。工作面北部为 28405 工作面采空区,南部为 983 运输大巷,西部为 28308 掘进工作面。距工作面上部约 78 m 为 2<sup>3</sup> 煤层的 22301、22302、22303 工作面采空区;距工作面上部约 65 m 为 4<sup>#</sup> 煤层的 24302、24303 工作面采空区。各工作面均留设保护煤柱,且对 8<sup>#</sup> 煤层回采无影响。

28307 工作面在设计时,考虑到 E2347 陷落柱对工作面推进的影响,设置了外切眼进行回采,如图 1 所示。但是在工作面的回采过程中,为保障工作面安全高效的推进,需要过空巷道,28307 补切眼长度 31 m、高度 5 m、宽度 7 m;28307 过完无炭柱(无煤柱沿工作面推进方向 30.2 m,影响最大范围 12 架)后剩余约 9 m 割透空巷。

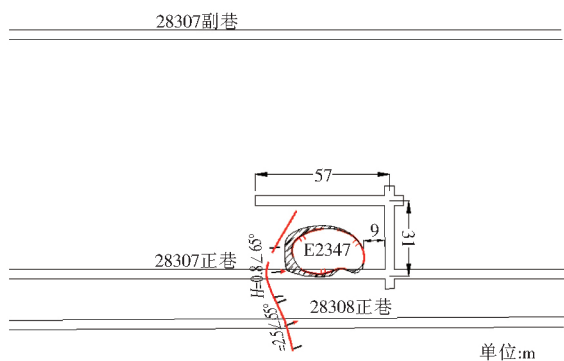


图 1 空巷情况

Fig. 1 Abandoned roadway

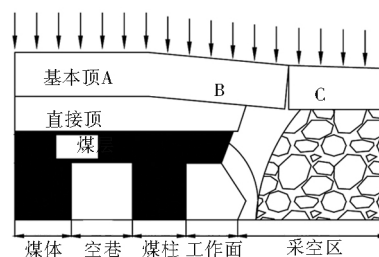
## 2 工作面过空巷基本顶破断特征及矿压分析

### 2.1 基本顶断裂特征

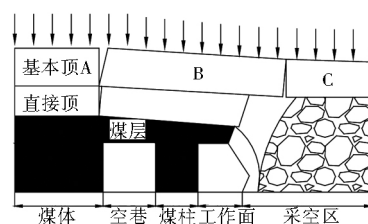
随着 28307 综放工作面逐渐向前推进,工作面和空巷之间的煤柱宽度逐渐减小,如图 2 所示,超前支承压力的作用使得煤柱易破碎、变形,进而增加基本顶 B 在空巷上方断裂的可能性,形成图 2-b 中的结构,造成顶板压力的突然增大,顶板矿压剧烈显现<sup>[1-4]</sup>,增大风险事故的发生,因此避开 28307 综放工作面上覆基本顶的周期来压和保证空巷有足够的支护强度是顺利通过空巷的关键因素<sup>[5]</sup>。

### 2.2 工作面周期来压

28307 工作面基本顶周期来压情况如表 1 所示。



2-a 基本顶断裂前



2-b 基本顶断裂后

图 2 基本顶过空巷受力分析示意图

Fig. 2 Stress analysis when main roof passing through the abandoned roadway

表 1 周期来压汇总表

Table 1 Periodic weighting

| 来压次数/次 | 来压步距/m |
|--------|--------|
| 1      | 25.3   |
| 2      | 24.5   |
| 3      | 25.6   |
| 4      | 25.1   |
| 5      | 25.0   |

由表 1 可知,28307 综放工作面基本顶的周期来压步距约为 25 m。当工作面距离空巷 60 m 时,基本顶大约会发生 2 次周期来压,因此当综放工作面距离空巷 10 m 时,要采取加快工作面推进的方法,避免基本顶发生周期来压对工作面过空巷产生影响,从而使工作面顺利通过空巷<sup>[6]</sup>。

### 2.3 支架下沉量监测

12 月 26 日 28307 综放工作面与外切眼煤柱距离为 12 m;12 月 27 日 28307 综放工作面与外切眼煤柱距离为 6 m;12 月 28 日 28307 综放工作面与外切眼煤柱距离为 4.5 m。

28307 工作面每 3 架液压支架布置 1 个测点,共计 7 个支架,记录液压支架立柱红色边沿到支架顶部行程的距离,单位 cm,共观测 4 个班的数据,如图 3 所示。

相邻两个生产班液压支架立柱的下沉量的变化如表 2 所示。12 月 26 日与 12 月 25 日相比,液压支架的立柱下沉变化不大,观测范围内立柱的最大下沉量为 22 cm,最小下沉量仅为 -5 cm,整体范围内液压支架处于动态稳定。在 12 月 27 日液压支架立柱的下沉量较 12 月 26 日发生了明显的变化,观

测范围内立柱的最大下沉量为 63 cm,最小下沉量为 4 cm,在 12 月 28 日,观测范围内液压支柱的下沉量均为负值,说明液压支架的立柱发生回缩,此时 28307 综放工作面基本顶发生周期来压,当 28307 综放工作面逐渐接近空巷,外切眼煤柱距离为 4.5 m 时,基本顶发生周期破断,要密切关注支架的下沉,避免支架被压死。

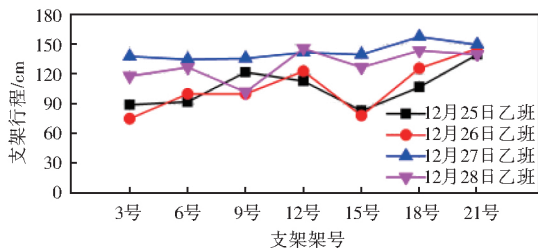


图 3 液压支架立柱下沉量

Fig. 3 Sunk volume of hydraulic support

表 2 液压支架立柱下沉量比较

Table 2 Sunk volume comparison of hydraulic support

| 架号 | 12月26日与<br>12月25日比较/cm | 12月27日与<br>12月26日比较/cm | 12月28日与<br>12月27日比较/cm |
|----|------------------------|------------------------|------------------------|
|    |                        |                        |                        |
| 3  | -14                    | 63                     | -20                    |
| 6  | 8                      | 35                     | -8                     |
| 9  | -22                    | 36                     | -34                    |
| 12 | 10                     | 19                     | 4                      |
| 15 | -5                     | 62                     | -13                    |
| 18 | 19                     | 32                     | -14                    |
| 21 | 6                      | 4                      | -10                    |

注:正值立柱伸出距离,负值为立柱回缩距离,统称为立柱下沉量。

### 2.4 外切眼巷道变形观测

外切眼、补巷和正巷共布置 9 个测点,其中 1、2、3、4、8、9 号测点布置在外切眼,5 号测点布置在补巷,6、7 号测点布置在正巷,观测数值为巷道顶底板高度,单位 m。12 月 27 日随着工作面的推进,7 号测点因距工作面近,不再测量。空巷前工作面目前无构造。12 月 28 日随着工作面的推进,5、6 号测点因距工作面近,不再测量。空巷前工作面无构造。外切眼巷道观测高度如图 4 所示。

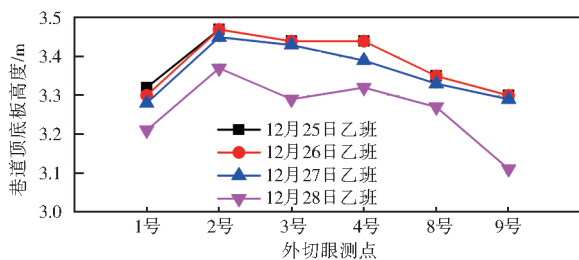


图 4 外切眼巷道观测高度

Table 4 Observation height for external cutting in roadways

由图 4 可知,随着工作面的不断推进,外切眼的巷道高度不断减小,巷道顶、底板之间的下沉量达到

100 mm,一部分单体液压支柱钻底量达到 150 mm,一部分单体液压支柱出现压弯变形的现象,外切眼回采帮煤壁裂隙发育。因此,要特别注意外切眼内顶板的维护及回采帮煤壁的支护。

## 3 过空巷采取的措施

### 3.1 加强支护

28307 工作面正巷采用锚索、工字钢梁配合单体液压支柱的支护方式。因此对 28307 补切眼补打锚索,锚索间排距为 2 000 mm×2 000 mm,同时打设单体并加套工字钢梁,棚梁垂直于 28307 综放工作面,在棚梁下方打设单体,单体必须穿鞋,单体之间采用软连接,另外在 28307 补切眼内距离无炭柱煤帮 300 mm 的位置打设长度为 10 m 的锚索,锚索间距 2 000 mm,锚索与水平方向呈 75°,28307 补切眼巷道支护断面如图 5 所示。而在 28307 补巷靠近 28307 综放工作面 20 m 范围内打设单体并加套工字钢梁维护,同时配合长度为 4 m 的矿用 11# 工字钢棚梁,补巷超前维护段平面图如图 6 所示。

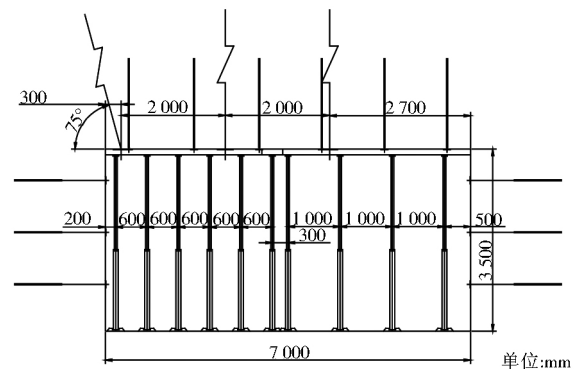


图 5 28307 补切眼支护断面

Fig. 5 Supporting cross-section of reinforcement cutting of No. 28307 working face

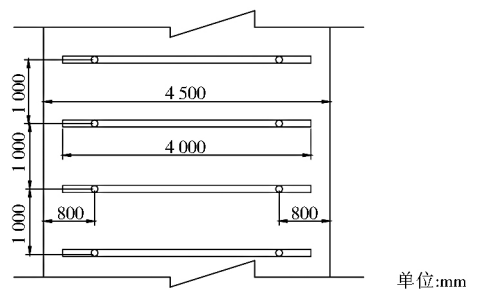


图 6 补巷超前维护段平面图

Fig. 6 Pre-maintenance section of reinforcement roadway

### 3.2 调斜工作面

一般情况下,采煤工作面过空巷期间,应将刮板输送机调斜,尽量减少过空巷的揭露面积,调斜角度越大,空巷的揭露面积越小<sup>[7]</sup>。

为保证工作面两端头安全出口,防止运输机窜

头或窜尾,工作面推进到离空巷 30 m 处时,调斜输送机时决定先摆机尾,即机尾超前机头往前推。输送机摆动角度一般在  $4^{\circ}\sim 6^{\circ}$  之间(摆动角度太容易造成窜头或窜尾)。工作面调斜验算示意图如图 7 所示。

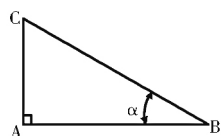


图 7 调斜验算示意图

Fig. 7 Slope adjustment checking

28307 工作面长度为 180 m,则刮板输送机实际长度为 184 m,其中机尾超出工作面长度为 2 m,机头超出工作面长度为 2 m。

现假设机尾超前机头 9 m,由图 7 关系可知,AB 表示工作面长度 180 m,AC 表示机尾超前机头 9 m,根据勾股定理求得 BC 为 180.22 m,则工作面输送机调斜后长度变为 180.22 m。与刮板输送机调成最大角度的长度相比, $180.22\text{ m}<184\text{ m}$ ,调斜后的角度  $\alpha$  为  $5^{\circ}$ ,满足刮板输送机性能,因此选择 9 m 合理。

在工作面距离过空巷还有 20 m 时,调斜输送机摆机头,即机头超前机尾往前推,尽量地减少过空巷的揭露面积,等过完空巷之后,再进行调正,恢复刮板输送机原来的作业方式<sup>[8]</sup>。

### 3.3 工作面顶、底板的控制

由于空巷底板位置(为煤底)高于 28307 综放工作面底板,高差为 0.5 m~2 m,因此当工作面距离空巷 20 m 时,工作面要开始爬升留底。通过空巷时必须保证工作面底板同空巷一致。防止出现揭露空巷时工作底板与空巷底板形成负台阶而使生产不能顺利进行<sup>[9]</sup>。

过空巷时,所有液压支架保证完好,严密接顶,初撑力达到额定值,泵站压力达到 30 MPa。在空巷处监测到液压支架最大工作阻力达 32 MPa。过空巷时,工作面保证快速推进,减少在空巷下的停留时间,以免空顶大、时间长,造成漏顶事故<sup>[10]</sup>。

## 4 支护效果及改进建议

28307 空巷过至剩余 2 m~3 m 时,顶板来压显

现,出现滚帮和底鼓现象,部分单体钻底超过 500 mm。鉴于此次出现滚帮、钻底等情况,考虑以后过空巷时,在空巷顶板稳定岩层打齐锚索,并加密单体液压支柱(将后部间距 1 m 加密为 0.8 m),如图 8 所示。并在过空巷前定期观测顶板压力情况,加强分析和预测顶板周期来压,加快组织生产,以避免顶板周期来压。

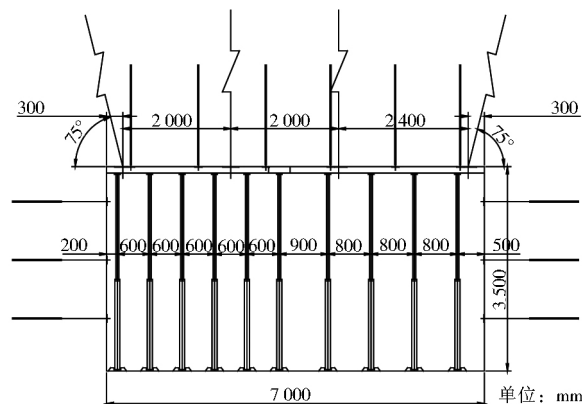


图 8 单体加密后的支护断面

Fig. 8 Supporting cross-section after single component density increased

## 5 结论

根据以西曲矿 28307 综放工作面过空巷的工程实际为背景,通过对 28307 综放工作面进行矿压观测,提出工作面过空巷时应该采取的措施,得出如下结论:

- 1)通过对工作面基本顶进行矿压观测,得到基本顶周期来压步距约为 25 m,因此在工作面距离空巷 60 m 时要采取加快工作面推进的方法避免基本顶周期来压对工作面过空巷产生的影响。
- 2)通过对液压支架立柱下沉量进行观测,当较大范围内液压支架立柱发生回缩时,要密切关注支架的下沉,避免支架被压死。
- 3)通过对外切眼巷道变形进行观测,当外切眼的巷道高度不断减小且回采帮煤壁裂隙发育,要特别注意外切眼内顶板的维护及回采帮煤壁的支护。
- 4)通过现场的矿压观测,当工作面过空巷时,提出了加强支护、工作面调斜和工作面顶底板控制的方法,并对外切眼支护进行优化,取得了良好的效果。

### 参考文献:

[1] 薛朝云. 综放工作面过空巷技术研究与应用[J]. 当代化工研究, 2019, 20(2): 129-130.

XUE Chaoyun. Research and Application of Roadway Crossing Technology in Fully Mechanized Caving Face[J]. Chemical Intermediate, 2019, 20(2): 129-130.

- [2] 孔计伟. 综采工作面过空巷技术研究与应用[J]. 山东煤炭科技, 2018, 36(9): 63-64, 67, 72.  
KONG Jiwei. Research and Application of Goaf Roadway Technology in Fully Mechanized Mining Face[J]. Shandong Coal Science and Technology, 2018, 36(9): 63-64, 67, 72.
- [3] 赵慧波. 综放煤柱工作面过空巷矿压规律实测分析与研究[J]. 煤, 2017, 26(8): 19-21, 28.  
ZHAO Huibo. The Analysis and Research on the Ore Pressure Rule of Overlying Roadway in the Coal Pillar Working Face[J]. Coal, 2017, 26(8): 19-21, 28.
- [4] 王朋飞, 赵景礼, 王志强, 等. 非充分采动采空区与煤岩柱(体)耦合作用机制及应用[J]. 岩石力学与工程学报, 2017, 36(5): 1185-1200.  
WANG Pengfei, ZHAO Jingli, WANG Zhiqiang, et al. Mechanism of Gob-pillar Interaction for Subcritical Panels and Its Application[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2017, 36(5): 1185-1200.
- [5] 徐云波. 综采工作面通过空巷的技术研究[J]. 陕西煤炭, 2017, 36(4): 27-29.  
XU Yunbo. Study on the Technology of Fully-mechanized Mining Face Crossing Abandoned Roadway[J]. Shaanxi Coal, 2017, 36(4): 27-29.
- [6] 温庆华, 周海峰. 大采高综采工作面过空巷关键技术研究[J]. 煤炭工程, 2009, 56(1): 54-56.  
WEN Qinghua, ZHOU Haifeng. Research on Key Technologies of Overpass Roadway in Fully Mechanized Mining with Large Mining Height[J]. Coal Engineering, 2009, 56(1): 54-56.
- [7] 王福海. 工作面过空巷矿压显现规律及支架适应性分析[J]. 山西焦煤科技, 2016, 40(4): 46-49.  
WANG Fuhai. Analysis of Mine Pressure Behavior Law and Support Adaptability of the Working Face Passing Abandoned Roadway[J]. Shanxi Coking Coal Science & Technology, 2016, 40(4): 46-49.
- [8] 沈光全. 综采工作面过空巷控制技术实践探究[J]. 煤矿现代化, 2017, 26(1): 7-8, 11.  
SHEN Guangquan. Research of Control for Full-mechanized Mining While Through Leave Empty Coalroad[J]. Coal Mine Modernization, 2017, 26(1): 7-8, 11.
- [9] 宋明明. 大采高综采工作面过空巷围岩应力分布研究[J]. 能源技术与管理, 2016, 41(6): 77-79.  
SONG Mingming. Study on Stress Distribution of Wall Rock of Overpass Roadway in Fully Mechanized Mining with Large Mining Height[J]. Energy Technology and Management, 2016, 41(6): 77-79.
- [10] 贾建文. 综采工作面过空巷及穿层巷技术的研究[J]. 山西焦煤科技, 2012, 39(5): 12-14.  
JIA Jianwen. Abandoned Roadway and Wearing Layer Roadway Technology in Fully Mechanized Coal Mining Face[J]. Shanxi Coking Coal Science & Technology, 2012, 39(5): 12-14.

(编辑:樊 敏)

(上接第 40 页)

## 参考文献:

- [1] 王焰新, 谢先军, 刘瑾, 等. 大同盆地表层地质环境监测与盐碱地生物修复示范[R]. 太原: 山西省地质环境监测中心, 2013.
- [2] 尚长生, 刘瑾, 李跃坤, 等. 大同盆地国土资源综合监测与评价[R]. 太原: 山西省地质环境监测中心, 2015.
- [3] 杨勇, 郭华明. 大同盆地地下水环境演化分析[J]. 岩土工程技术, 2003(2): 107-111.  
YANG Yong, GUO Huaming. Analysis of Ground Water Environment's Evolution on Datong Basin[J]. Geotechnical Engineering Technique, 2003(2): 107-111.
- [4] 马增辉, 马钢. 陕西卤泊滩“改排为蓄”条件下深层土壤盐分空间格局研究[J]. 安徽农业科学, 2018, 46(35): 117-119.  
MA Zenghui, MA Gang. Spatial Distribution Study on Soil Salinity after Changing Drainage to Impoundment in Lubotan of Shaanxi Province[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2018, 46(35): 117-119.
- [5] 张天举, 陈永金, 刘加珍. 黄河三角洲湿地不同植物群落土壤盐分分布特征[J]. 浙江农业学报, 2018, 30(11): 1915-1924.  
ZHANG Tianju, CHEN Yongjin, LIU Jiazhen. Characteristics of Spatial Distribution of Soil Salinity under Different Plant Communities on Wetland in Yellow River Delta[J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2018, 30(11): 1915-1924.
- [6] 郭力琼. 微咸水滴灌土壤盐运移规律研究[D]. 太原: 太原理工大学, 2016.

(编辑:樊 敏)