

## 近距离煤层群采空区下巷道掘进支护技术研究

葛鹏涛

山西中新唐山沟煤业有限公司, 山西 大同 037000

[摘要] 针对近距离煤层采空区下开采巷道支护难的问题, 通过理论分析确定了上部煤层开采后底板岩层最大破坏深度、下煤层工作面巷道内错距离及不同层间距时的巷道支护方式, 在唐山沟煤矿 13101 工作面进行工业试验, 并取得了良好的应用效果。

[关键词] 支护; 巷道; 合理位置

DOI: 10.33142/aem.v1i4.1034

中图分类号: TD353

文献标识码: A

### Study on Driving Support Technology of Underground Roadway in Goaf of Close-Distance Coal Seam Group

GE Pengtao

Shanxi Zhongxin Tangshangou Coal Co., Ltd., Datong, Shanxi, 037000, China

**Abstract:** Aiming at difficulty of roadway support in Mining Under Goaf of close-distance coal seam, the maximum damage depth of floor rock of upper coal seam mining, the staggered distance of roadway in lower coal seam and the roadway support mode at different intervals are determined by theoretical analysis. The industrial test was carried out at No. 13101 of Tangshangou Coal Mine and good application results were obtained.

**Keywords:** support; roadway; reasonable location

#### 引言

在社会快速发展的带动下, 使得各个行业得到了明显的进步, 这样就导致了对煤炭资源的需求量的不断增加。煤炭资源的不断被开采, 使得开采工作从原本地质简单的地区蔓延到了地质结构较为复杂的地区, 复杂的地质结构对巷道支护工作提出了更高的要求。在我国, 近距离煤层群在煤炭资源储备中的占比较大, 诸如: 山西矿区, 大同矿区等等。在科学技术不断发展的带动下, 使得大量的新型煤炭资源挖掘技术被研发出来, 并在实际煤炭资源挖掘中被加以切实的使用, 从而使得开采规模在逐渐的壮大, 大部分矿区对近距离煤层群下煤层实施挖掘的时候, 如果遇到煤层之间的距离较小的情况, 上层煤层的挖掘会对下层煤层造成一定的影响, 上层工作面中设置的支撑柱会将应力传递到底层岩体之中, 导致下部煤层工作面内巷道结构内部应力出现不均衡的情况, 巷道周围岩体结构稳定性较差, 支护结构具有一定的复杂性<sup>[1]</sup>, 往往会致导致单一煤层挖掘所造成矿山压力的问题出现。现如今, 大部分的研究人员在针对煤炭开采区域下巷道支护结构的研究中投入了大量的人力物力。张百胜<sup>[2]</sup>对上煤层挖掘后底板结构损坏程度实施了全面的分析研究, 对下部煤层位置以及支护形式进行了详细的判断。王龙飞<sup>[3]</sup>等人主要针对上层煤层底层应力的现实情况进行了分析研究, 对于各个煤层之间的距离制定了专门的支护形式。;张忠温等<sup>[4]</sup>等人主要围绕平朔矿区煤炭资源挖掘区域内巷道支护施工技术以及支护效果实施了分析研究, 为后续近距离煤层开采区域巷道支护结构的研究工作的开展创造了良好的基础。这篇文章主要围绕唐山沟煤矿开采下煤层 13101 工作面巷道顶板受力情况加以分析, 研究确定合理的巷道布置及支护方式。

#### 1 工程概况

唐山沟煤矿 13101 工作面位于井下 1301 采区, 开采 13 号煤层, 该工作面为首采工作面, 1301 采区层间距最大值为 9.0m; 12 号煤层厚度为 1.4~2.8m, 平均 2.1m; 13 号煤层厚度为 0.3~3.84m, 平均 1.61m, 煤层厚度变化很小, 由西南到东北变薄, 变化规律明显, 结构简单。现如今, 近距离煤层开采区域下巷道结构性质可以划分为外错式、重叠式、内错式三种不同的形式。充分联系唐山沟煤矿 13101 煤炭资源挖掘情况, 利用内错式巷道结构(如图 1 所示), 不仅能够有效的对巷道承受的应力加以分散, 并且能够有效的降低支撑柱体对煤层工作面的核心应力造成的不良影响。

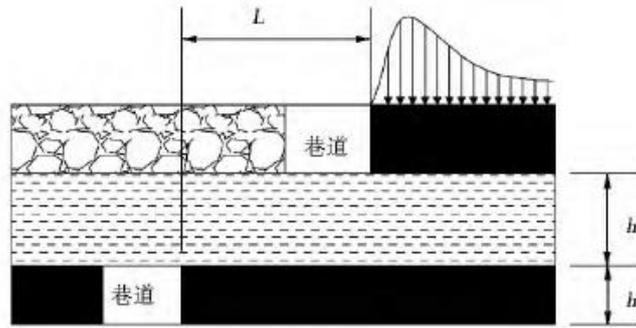


图1 巷道布置示意图

## 2 巷道内错距离计算

结合矿山压力力学专业知识,并充分联系专业人士对内错距离计算获得的公式,将下煤层巷道控制在上煤层遗留煤柱可控范围之内,依据下列公式对内错距进行计算:

$$L \geq (h_1 + h_2) \tan \theta \quad (1)$$

## 3 上煤层开采影响分析

### 3.1 底板最大破坏深度

近距离煤层上煤层开采后,底板岩层会受采动影响发生一定程度的破坏,根据弹塑性理论和滑移线场理论计算,可以得到底板最大破坏深度:

弹塑性理论计算:

$$h\sigma = \frac{1.57\gamma^2 H^2 L}{4\beta^2 R_c^2} \quad (2)$$

滑移线场理论计算:

$$h\sigma = \frac{M \cdot \cos \varphi_f \ln \frac{k\lambda H + C \cdot \cot \varphi}{\xi(p_i + C \cdot \cot \varphi)} e^{(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi_f}{2}) \tan \varphi_f}}{4\xi \cdot f \cdot \cos(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi_f}{2})} \quad (3)$$

式中:  $\gamma$  为上覆岩层的平均容重,取 25kN/m;  $H$  为煤层平均埋深,取 220m;  $L$  为上部开采煤层工作面的倾斜长度,取 150m;  $\beta$  为节理裂隙发育系数,取 0.34;  $R_c$  为底板岩石单轴抗压强度,取 52MPa;  $M$  为煤层开采平均厚度,取 2.0m;  $k$  为应力集中系数,取 3.5;  $C$  为煤体内聚力,取 1.2MPa;  $\varphi$  为煤体内摩擦角,取 25°;  $f$  为摩擦系数,取 0.28°;  $\xi$  为三轴应力系数,取 2.46;  $p_i$  为支架对煤帮的阻力,取 0;  $\varphi_f$  为底板内摩擦角,取 33°。

以上为唐山沟煤矿 12#相关资料和实验数据,把各项参数代入公式(2)和(3)中,可得:  $h\sigma$  分别等于 4.58m 和 3.27m。通过两种理论计算,取最大数,即 12#煤层开采后底板破坏的最大深度为 4.58m。

### 3.2 下煤层工作面巷道顶板类型

将底板最大破坏深度与层间距作比较,可以将下煤层顶板分为三种类型:1)破碎松散顶板,当层间距小于 2m 大于 1m 时,上煤层的开采对下煤层顶板已经产生了损伤破坏,顶板裂隙发育,需采取做假顶及时支护。2)裂隙较发育顶板。当层间距大于 5m 小于 2m 时,顶板基本完整,受上煤层采动影响,顶板裂隙较多,支撑能力差,需进行加强支护。3)普通顶板。当层间距大于 5m 时,上层煤采动影响较小<sup>[5]</sup>。

## 4 巷道分段支护设计

### 4.1 巷道支护原则

依据层与层之间的距离的差异,对处在不同范围内的顶板借助专门的支护方法来进行加固。2) 如果层与层的距离较小的时候,顶层板裂缝范围较大,需要加大力度来进行巷道结构的支护工作。对于唐山沟煤矿 13 号煤层与 12 号煤层之间的间距设置在 0.37~14.26m,13 号煤层 13101 工作面设计采用分段支护方式,在层间距小于 2.5m 的巷道、2.5~5.5m 的巷道与 5.5m 以上的巷道,分别采用不同的方式进行支护。(按宽\*高=3800\*2400 巷道规格为例)

#### 4.2 层间距小于 2.5m 时

如果层与层之间的距离小于一定范围的时候，工作面顶层岩体结果在受到外力的影响之后，裂缝范围会逐渐的扩大，所以，借助钢筋梯子梁结构来进行支护，能够有效的保证整体结构的稳定性，也就是利用锚杆结合金属网结构来对巷道顶层结构进行控制，促使巷道顶板保持良好的稳定性。但考虑到由于顶板已受到破坏，将导致锚杆锚固性差的问题，将 2.5m 层间距以下又分为 2m 和 2~2.5m 进行不同支护。具体参数如下：

##### 4.2.1 层间距小于 2.0m 巷道

通过理论计算、工程类比及以往的施工经验，2m 以下支护方式及参数为：顶板选用 11#矿用工字钢，钢棚排距 0.5m，工字钢梁长 3.6m，单体支柱间排距为 3.2m\*0.5m，顶网采用 1400mm\*2000mm 的钢筋网，钢筋网采用  $\Phi 6$ mm 钢筋加工，网孔 60\*60mm。支护断面如图 2 所示。

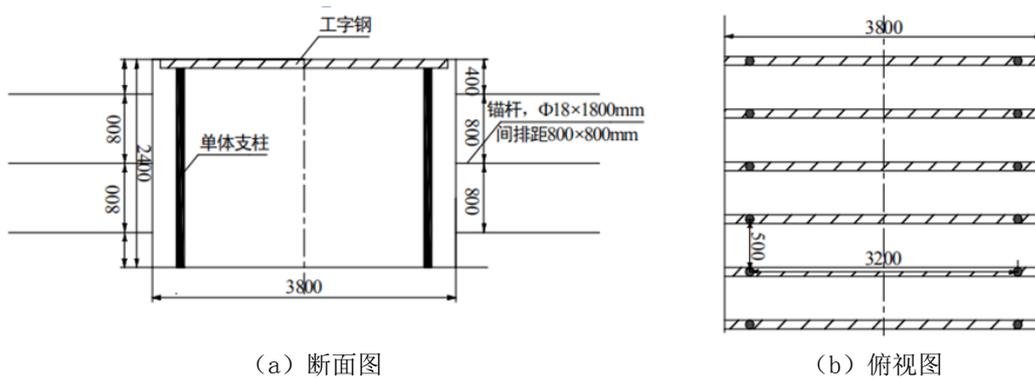


图 2 层间距小于 2m 巷道支护断面示意图

##### 4.2.2 层间距 2~2.5m 巷道

根据现场工作面实际情况选择锚杆长度，要求锚杆长要小于层间距厚度 0.3m，否则锚杆眼易“穿通”顶板，不能锚固锚杆，为安全起见，如顶板较破碎、层间较薄，应注浆加固后进行锚杆支护，以提高支护效果。层间距 2~2.5m 时支护方式及参数为：顶板选用  $\Phi 18 \times 2.0$ m 左旋无纵筋螺纹钢锚杆，锚固方式：加长锚固，间排距：800mm $\times$ 800mm，顶板的锚杆药卷规格以及数量为：CK2360\*2；锚杆托板为方钢板，规格为 150mm（长） $\times$ 150mm（宽） $\times$ 10mm（厚）；孔径 28mm。钢筋梯子梁采用  $\Phi 14$ mm 圆钢筋加工。选用 11#矿用工字钢，钢棚排距 0.8m，工字钢梁长 3.6m，棚腿 2.3m。顶网采用 1400mm $\times$ 2000mm 的钢筋网，钢筋网采用  $\Phi 6$ mm 钢筋加工，网孔 60 $\times$ 60mm。

帮锚杆支护形式和规格为： $\Phi 18 \times 1.8$ m 左旋无纵筋螺纹钢锚杆，间排距 800mm $\times$ 800mm；锚杆托板为方钢板，规格为 150mm（长） $\times$ 150mm（宽） $\times$ 10mm（厚）；孔径  $\Phi 28$ mm。帮网采用 1000mm $\times$ 2000mm 的 10#铁丝菱形金属网。支护断面如图 3 所示。

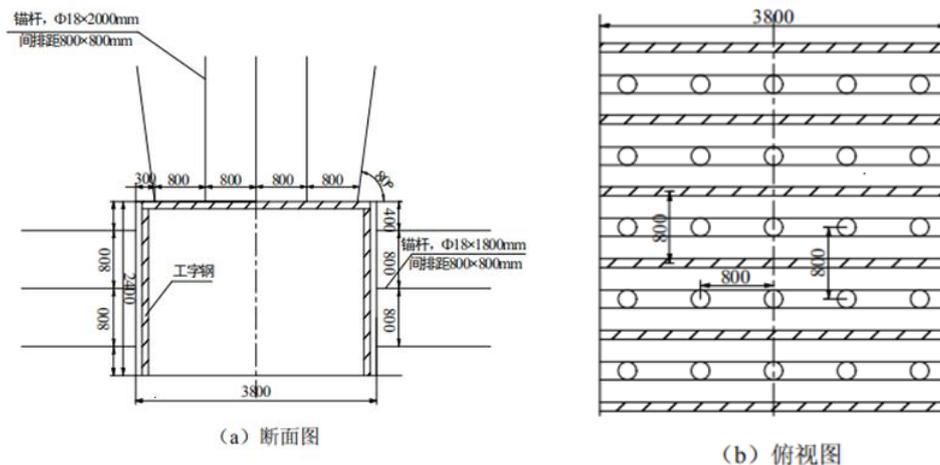


图 3 层间距小于 2~2.5m 巷道支护断面示意图

### 4.3 层间距 2.5~5.5m 时

当层间距 2.5~5.5m 时, 顶板岩体基本完整, 但受上层开采影响, 顶板裂隙多, 支撑能力差, 支护形式采用采用钢筋梯子梁组合锚杆+架棚支护, 顶锚杆形式和规格为:  $\Phi 18 \times 2.0\text{m}$  左旋无纵筋螺纹钢锚杆, 锚固方式: 加长锚固, 间排距:  $800\text{mm} \times 1000\text{mm}$ , 顶板的锚杆药卷规格以及数量为: CK2360\*2; 锚杆托板为方钢板, 规格为  $150\text{mm}$  (长)  $\times 150\text{mm}$  (宽)  $\times 10\text{mm}$  (厚); 孔径  $\Phi 28\text{mm}$ , 钢筋梯子梁采用  $\Phi 14\text{mm}$  圆钢筋加工。选用 11# 矿用工字钢, 钢棚排距  $1.0\text{m}$  (根据现场实测还可调整棚距), 工字钢梁长  $3.6\text{m}$ , 棚腿  $2.3\text{m}$ 。顶网采用  $1400\text{mm} \times 2000\text{mm}$  的钢筋网, 钢筋网采用  $\Phi 6\text{mm}$  钢筋加工, 网孔  $60 \times 60\text{mm}$ 。

帮锚杆形式和规格为:  $\Phi 18 \times 1.8\text{m}$  左旋无纵筋螺纹钢, 间排距  $800\text{mm} \times 800\text{mm}$ ; 锚杆托板为方钢板, 规格为  $150\text{mm}$  (长)  $\times 150\text{mm}$  (宽)  $\times 10\text{mm}$  (厚); 孔径  $\Phi 28\text{mm}$ 。帮网采用  $1000\text{mm} \times 2000\text{mm}$  的 10# 铁丝菱形金属网。支护断面如图 4 所示。

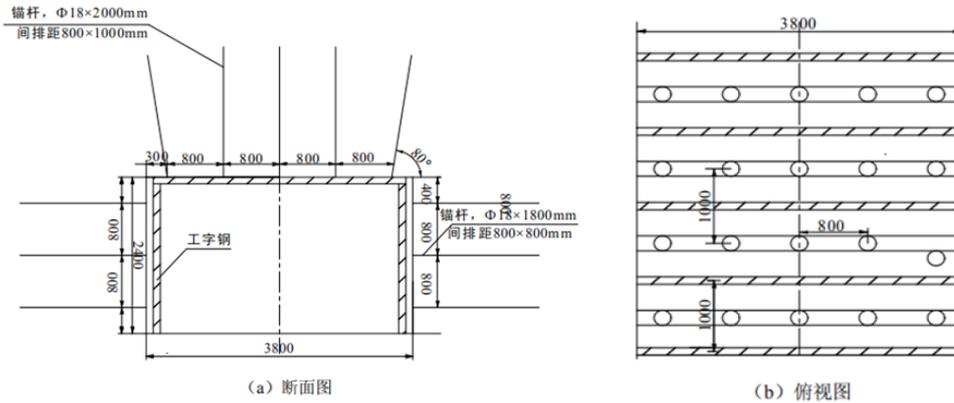


图 4 层间距小于 2.5~5.5m 巷道支护断面示意图

### 4.4 层间距大于 5.5m 时

当层间距大于  $5.5\text{m}$  时, 受上层开采影响较小, 顶板锚固性较好, 支护形式采用锚网索梁支护, 设计顶采用钢筋梯子梁组合锚杆形式和规格为:  $\Phi 18 \times 2.0\text{m}$  左旋无纵筋螺纹钢锚杆, 锚固方式: 加长锚固, 间排距:  $800\text{mm} \times 1200\text{mm}$ , 顶板的锚杆药卷规格以及数量为: CK2360\*2; 锚杆托板为方钢板, 规格为  $150\text{mm}$  (长)  $\times 150\text{mm}$  (宽)  $\times 10\text{mm}$  (厚); 孔径  $28\text{mm}$ 。钢筋梯子梁采用  $\Phi 14\text{mm}$  圆钢筋加工。顶网采用  $1400\text{mm} \times 2000\text{mm}$  的钢筋网, 钢筋网采用  $\Phi 6\text{mm}$  钢筋加工, 网孔  $60 \times 60\text{mm}$ 。

锚索采用  $\Phi 15.24 \times 5000\text{mm}$  钢绞线, 支护间距  $2.0\text{m}$ , 排距  $2.4\text{m}$ , 用 CK2360 型树脂锚固剂 3 卷, 锚索初锚力不小于  $100\text{KN}$ 。锚索托盘采用 Q235 钢托盘, 规格为  $200\text{mm} \times 200\text{mm} \times 16\text{mm}$ 。

帮锚杆形式和规格为:  $\Phi 18 \times 1.8\text{m}$  左旋无纵筋螺纹钢, 间排距  $800\text{mm} \times 800\text{mm}$ ; 锚杆托板为方钢板, 规格为  $150\text{mm}$  (长)  $\times 150\text{mm}$  (宽)  $\times 10\text{mm}$  (厚); 孔径  $\Phi 28\text{mm}$ 。帮网采用  $1000\text{mm} \times 2000\text{mm}$  的 10# 铁丝菱形金属网。支护断面如图 5 所示。

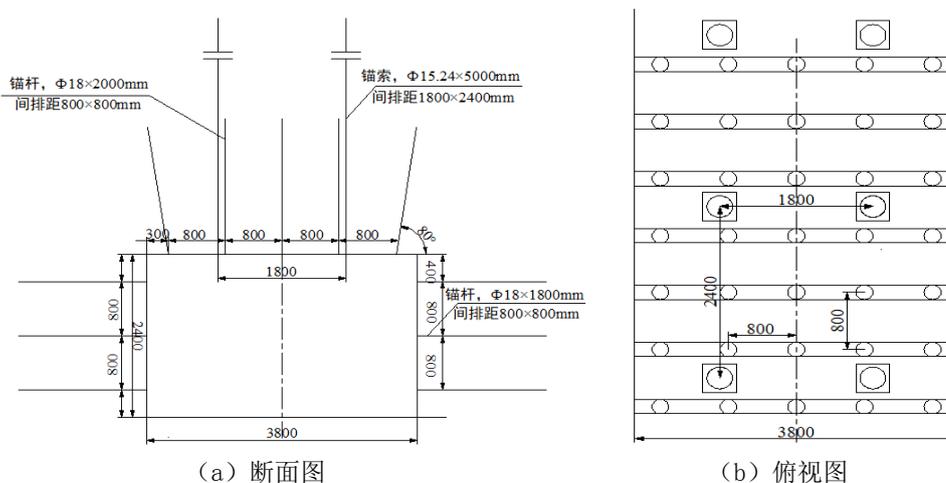


图 5 层间距大于 5.5m 巷道支护断面示意图

## 5 工业试验

结合以上阐述,我们总结出,唐山沟煤矿 13101 工作面巷道结构搭设选择使用的是内错式的方法。在前期巷道挖掘工作结束之后,需要借助十字设点的方法对巷道内表面位置移动进行实时检测,针对支护结构的作用加以检核<sup>[6]</sup>。在回风巷道内每间隔五十米需要安设一个测量点,持续观察至少三十天,将获得的检测信息进行收集分析,得到如图 6 所示的巷道围岩表面变形位移变化。

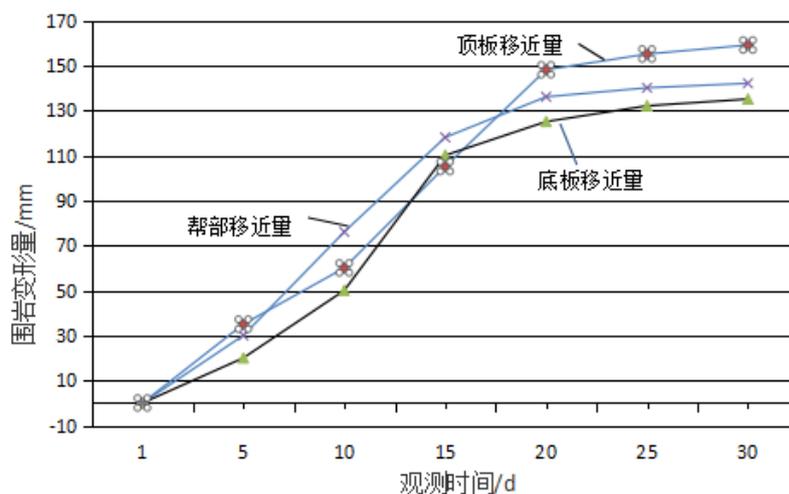


图 6 巷道围岩位移变形量

由图 6 可知,13101 工作面巷道整体结构是使用的锚杆连接锚索结合钢筋梯子梁的支护形式。在整个监测周期内,形变情况十分严重,在二十天时候,巷道周边岩体逐渐的平稳。最后,巷道顶层岩石板结构位移逐渐的趋于平稳,巷道结构形变情况逐渐的恢复到可控的状态。

## 结束语

针对唐山沟煤矿近距离煤层采空区下煤层巷道支护工作展开全面分析研究,这对于保证煤炭资源开采工作的按部就班的进行意义是十分巨大的。这篇文章借助专业的理论对上部煤层开采后地板岩体结构最大破坏程度进行了预判,并利用分区域支护的方法来对各个不同位置的支护工作进行了安排,并利用试验方法对可行性进行了分析。

## [参考文献]

- [1] 蒋传田. 煤炭采矿工程巷道掘进和支护技术的应用分析[J]. 中小企业管理与科技(下旬刊), 2018(06): 153-154.
- [2] 王国明. 山西杜儿坪煤矿大断面全煤巷道掘进支护方案[J]. 现代矿业, 2018, 34(06): 205-207.
- [3] 王印辉. 煤矿岩巷掘进装备及掘进工艺发展方向[J]. 黑龙江科学, 2018, 9(12): 106-107.
- [4] 李学金. 浅埋坚硬顶板巷道快速掘进支护方案设计[J]. 科技创新与应用, 2018(18): 89-90.
- [5] 刘超. 同忻三盘区山<sub>2</sub>号层巷道支护及断面优化研究[J]. 能源与节能, 2018(06): 118-119.
- [6] 胡颖栋, 闫瑞, 冯文军. 古城煤矿南翼辅运大巷断层破碎带综合施工技术研究[J]. 煤, 2018, 27(06): 60-62.

作者简介: 葛鹏涛(1987-), 本科, 工程师。