

DOI: 10. 13347/j. cnki. mkaq. 2015. 04. 026

# 倒梯形大断面巷道设计与支护技术

李 磊<sup>1</sup>, 马广振<sup>1</sup>, 李 农<sup>1</sup>, 谭贤君<sup>2,3</sup>

(1. 兖州煤业股份有限公司 东滩煤矿, 山东 邹城 273512; 2. 中国科学院武汉岩土力学研究所 岩土力学与工程国家重点实验室 湖北 武汉 430071; 3. 山东大学 岩土与结构工程研究中心 山东 济南 250061)

**摘 要:** 随着矿井的不断开采, 采场条件日趋复杂, 带来应力集中、围岩变形量大等大量问题, 严重制约着矿井的高产、高效。针对东滩煤矿含夹矸厚煤层综放工作面围岩地质条件, 分析了原断面设计及支护方案的不足, 提出了 1 种新的倒梯形大断面巷道形式, 并设计了相应的支护参数。现场实践与测试表明: 确定的巷道形状及支护参数能满足生产和安全需要。

**关键词:** 断面设计; 围岩变形; 支护技术; 应力集中; 倒梯形断面

**中图分类号:** TD353      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1003 - 496X(2015) 04 - 0090 - 04

## Design for Inverted - trapezoid Large Section Roadway and Its Support Technology

LI Lei<sup>1</sup>, MA Guangzhen<sup>1</sup>, LI Nong<sup>1</sup>, TAN Xianjun<sup>2,3</sup>

(1. Dongtan Coal Mine, Yanzhou Coal Mining Co., Ltd., Zoucheng 273512, China; 2. State Key Laboratory of Geomechanics and Geotechnical Engineering, Institute of Rock and Soil Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430071, China; 3. Research Center of Geotechnical and Structural Engineering, Shandong University, Jinan 250061, China)

**Abstract:** With the continuous mining of the mine, the stope conditions become increasingly complex, which brings a lot of problems such as stress concentration, the deformation of surrounding rock, and seriously restricts the high yield and high efficiency of mine. For the geological conditions of fully mechanized caving face surrounding rock in Dongtan Coal Mine thick coal seam with gangue, we analyze the weakness of original section and support scheme, and propose a new inverted - trapezoid large section support scheme, design corresponding supporting parameters. The field practice and in - situ monitoring results show that the determined roadway shape and support parameters can meet the needs of the safety production.

**Key words:** section design; surrounding rock deformation; supporting technology; stress concentration; inverted - trapezoid section

经过多年的探索, 我国的厚煤层综合机械化放顶煤开采技术(简称综放技术)已经成为厚煤层实现高产高效的有效方法<sup>[1-2]</sup>, 但随着矿井的不断开采, 采场条件日趋复杂, 这种采煤方法在实践应用中也带来了应力集中、围岩变形量大等问题, 严重制约着矿井的高产、高效生产<sup>[3-4]</sup>。

## 1 工程概况

东滩煤矿是兖矿集团下属 6 对主力矿井之一。一采区工作面 1307 轨顺巷道沿 3 煤层顶板粉砂岩掘进。巷道围岩应力大、厚顶煤、煤帮存在夹滑面, 从原有类似巷道使用情况来看, 多数巷道都出现顶板开裂下沉、围岩移近、底鼓等矿压显现较为突出, 巷道变形非常剧烈等现象, 目前还没有成熟的经验和做法可以借鉴, 因此急需开展新的断面型式和支

护措施研究<sup>[5-6]</sup>。

## 2 原类似巷道设计中出现的问题

1) 巷道断面尺寸设计小, 没有预留变形空间。工作面回采期间由于受工作面采动影响, 两帮围岩鼓出明显, 特别是沿空侧的煤柱整体向巷道内推移, 导致断面大幅度减小, 不能满足正常生产允许的最小空间。

2) 巷道顶、底板处的夹矸为巷帮滑移提供条件。巷道断面设计为梯形, 两帮中上部受力较为集中, 而巷道顶板设计为沿 3<sub>上</sub>、3<sub>下</sub> 夹矸上平面掘进, 对此处的泥岩夹矸认识不足, 因此当巷道两帮受力与顶板受力叠加时, 在夹矸与煤层的结合面处的弱面上形成滑移, 造成帮部鼓出, 巷帮变形量远远大于顶板变形量。

3) 帮部煤体支护整体性偏弱, 无法形成顶板稳

基金项目: 中国博士后基金资助项目(2014M550365)

定承载基础。每排施工5根全螺纹锚杆与金属网联合支护巷帮的形式,未形成整体护表结构,强度偏低,另外沿空掘巷给围岩卸压提供条件,围岩松动破碎,形成较大的围岩松动圈。

### 3 1307 轨顺巷道形式与支护初步方案设计

#### 3.1 断面形式及支护参数初步方案

采取大断面设计,并通过支护手段强化巷道围岩承载结构,加强巷道帮部围岩控制,使围岩结构协调均衡承载,增加支护与围岩之间的协调性<sup>[7-8]</sup>。

1) 增大巷道断面、预留变形空间。根据回采期间巷道的变形量及回采期间巷道扩修的工作量,将前期使用4.2 m长钢带支护的断面改为使用4.8 m长钢带支护,巷道净高由3.5 m调整为不小于3.7 m,保障工作面回采期间有充足的变形空间。

2) 巷帮高强预应力锚网和钢绞线预应力支护。

两帮采用高强锚杆、金属网、钢绞线进行加强支护,形成整体护表结构,使帮部树脂锚杆锚固效果提高,给帮部承载结构建立1个稳定的基础。

3) 沿空小煤柱进行“悬吊”。巷帮加强支护后,给顶板建立了1个稳定的承载机构,但沿空小煤柱的上下两面均有软岩、弱面,帮部稳定的同时为小煤柱的整体推移创造了条件,施工中按照一定角度布置钢绞线,将帮部小煤柱“悬吊”在顶底板上,限制沿空小煤柱整体向巷中滑落。

4) 实施让均压支护,提供恒阻压力释放空间。掘进期间加强巷帮支护,建立1个承载能力强的基础,在顶帮布置的钢绞线上使用让均压管,对巷道围岩进行恒阻让压,避免因压力过大造成巷道支护锚杆、锚索破断,失去支护作用,出现大面积围岩破坏。

以上述4大设计原则为基础,1307 轨顺巷道型式与支护初步方案如图1和图2。

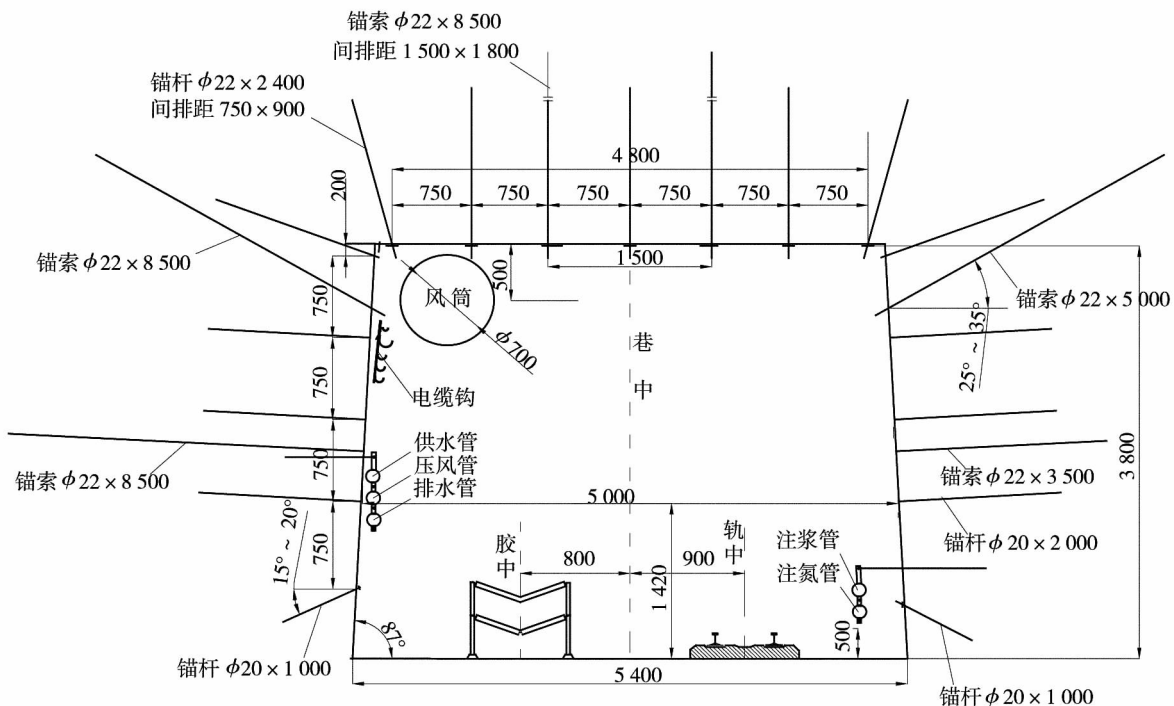


图1 巷道断面图

具体参数说明如下:

1) 巷道采用锚网带、锚索联合支护,梯形断面,排距900 mm,上净宽4800 mm,中净宽5000 mm,下净宽5400 mm,净高3800 mm。

2) 巷道顶部使用长4800 mm(七组孔)的两端头为滑孔的梯型钢带,钢带两端头锚杆与水平成75°夹角斜向上打注,其它顶锚杆垂直顶板打注;隔排距巷中左右750 mm各布置1根锚索,锚索排距

为1800 mm。

3) 巷道顶帮挂设金属菱形网,两帮肩窝至夹矸下平面以下300 mm范围敷设双层金属网,帮部每排各布置5根锚杆,锚杆上下间距750 mm,上部第1根锚杆与水平成15°~25°仰角打注,第5根锚杆斜向下与水平成15°~20°俯角打注。

4) 沿空帮(南帮)在相邻的正常支护锚杆中间分别隔排插花布置锚索,锚索排距1800 mm;插花

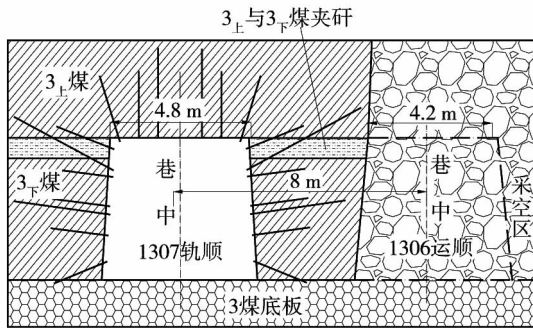


图 2 锚杆、锚索锚固层位示意图

锚索布置方式: 在顶板以下 500 mm 位置按 25° ~ 35° 仰角打注 1 根 5 m 长锚索, 在帮部中间位置垂直煤壁打注 1 根 3.5 m 长锚索。实体煤帮(北帮)在相邻的正常支护锚杆中间、顶板以下 500 mm 的位置按 25° ~ 35° 仰角打注 1 根 8.5 m 长锚索, 在下方 1.5 m 位置垂直煤壁打注 1 根 8.5 m 长锚索, 锚索打注后敷设长度为 2 m 钢带(钢带主孔间距 1.5 m)

代替锚索托盘进行紧固。

5) 顶、帮锚索打注后安装 YJT25 - 30 型让压(均压)环。

### 3.2 初步方案效果现场监测

1307 轨顺巷道布置 5 个观测断面, 每个观测断面均观测巷道围岩的垂直变形量和水平变形量。观测结果显示: 观测点顶底板平均移近量为 300 mm, 最大顶底板移近量为 350 mm, 顶板平均下沉量 80 ~ 90 mm, 最大下沉量 150 mm, 测站两帮平均移近量为 300 ~ 400 mm, 最大移近量为 500 mm, 沿采空区一侧帮部移近量约占总移近量的 60%。

观测结果表明: 初步支护方案帮部位移得到一定的控制, 但位移量仍然比较大。

### 4 1307 轨顺巷道形式与支护方案优化

针对现场实际情况, 巷道断面改为倒梯形设计, 如图 3, 两帮与底板呈 92° 夹角, 对巷帮中上部的推移增加抵抗力<sup>[9-11]</sup>。

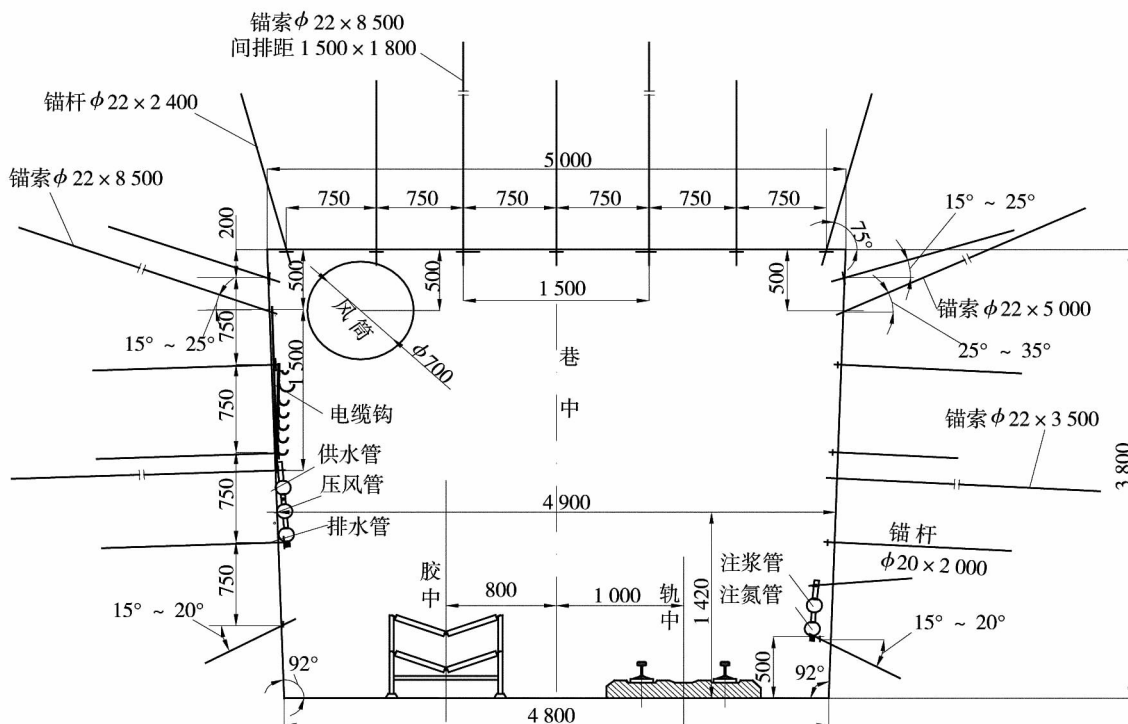


图 3 倒梯形断面示意图

巷道断面改为倒梯形断面后, 通过矿压观测数据表明: 倒梯形断面巷道两帮的移近量有所减小, 围岩受力均匀, 肩窝无明显的网兜及鼓帮现象。顶底板平均移近量为 210 mm, 最大顶底板移近量为 300 mm, 顶板平均下沉量 70 ~ 80 mm, 最大下沉量 100

mm, 测站两帮平均移近量为 100 ~ 200 mm, 最大移近量为 260 mm。

观测结果表明: 支护方案优化后, 顶底板及帮部位移得到进一步的控制, 在相同的支护强度下, 采用倒梯形巷道断面与原来梯形(矩形)断面相比, 巷道

变形量有所减小,煤帮相对稳定,巷道受掘进动压影响变化不大,达到了整体加固巷道,有效控制围岩变形的目的。

## 5 结 论

1) 煤巷顶底板处有弱面影响区段,采用大断面设计,结合让均压支护,使围岩受力均匀,应力集中小,可有效降低巷道变形量。

2) 帮部布置钢绞线锚索,对加强支护的巷帮能够起到“悬吊”作业,可以有效减少沿空小煤柱的整体推移。

3) 在相同的支护强度下,采用倒梯形巷道断面与原来梯形(矩形)断面相比,巷道变形量有所减小,煤帮相对稳定,巷道受掘进动压影响变化不大,达到了整体加固巷道,有效控制围岩变形的目的,避免了煤帮松脱空顶、底鼓等不利影响,降低了维修费用,安全和经济效益相当明显。

## 参考文献:

- [1] 陈卫忠,谭贤君,吕森鹏,等. 深部软岩大型三轴压缩流变试验及模型研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2009, 28(9): 1735-1744.
- [2] 陈晓坡,刘建庄,浑宝炬,等. 过断层巷道修复技术研究与实践[J]. 煤矿安全, 2012, 43(11): 77-80.

- [3] 张浩. 深井核心硐室“二次锚网注”围岩控制技术[J]. 煤矿安全, 2011, 42(2): 45-48.
- [4] 李刚. 层状结构顶板破坏机理及其规律研究[D]. 阜新: 辽宁工程技术大学, 2005.
- [5] 钱鸣高, 缪协兴, 许家林, 等. 岩层控制的关键层理论[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2003.
- [6] 钱鸣高, 石平五. 矿山压力与岩层控制[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2003.
- [7] 何满潮, 孙晓明. 中国煤矿软岩巷道工程支护设计与施工指南[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [8] 董方庭, 宋宏伟, 郭志宏, 等. 巷道围岩松动圈支护理论[J]. 煤炭学报, 1994(1): 21-32.
- [9] 孟金锁. 综放开采“原位”沿空掘巷探讨[J]. 岩石力学与工程学报, 1999, 18(2): 205-208.
- [10] 柏建彪, 王卫军, 侯朝炯, 等. 综放沿空掘巷围岩控制机理及支护技术研究[J]. 煤炭学报, 2000, 25(5): 478-451.
- [11] 李奎来, 郑厚发. 综放开采沿空窄煤柱巷道支护技术研究[J]. 煤矿开采, 2007, 12(3): 53-54.

作者简介: 李 磊(1970-), 男, 山东人, 高级工程师, 工程硕士. 现任兖州煤业股份有限公司东滩煤矿副总工程师, 主要从事煤矿安全生产、巷道支护等研究与管理工

(收稿日期: 2014-05-15; 责任编辑: 梁绍权)

