

Cause Analysis and Support Parameter Design of 302 Auxiliary Transportation Slots in Boertai Mine 12

Qingxu Lv¹, Yingfu Li², Liang Gao¹, Guijun Song¹, Xinzhu Hua², Denghong Chen²

¹Shenhua Shendong Coal Group Corporation Limited, Shenmu County Shaanxi

²Anhui University of Science and Technology, Huainan Anhui

Email: liyfaust@163.com

Received: Jul. 7th, 2019; accepted: Jul. 23rd, 2019; published: Jul. 30th, 2019

Abstract

The design of roadway support in Shendong mining area relies heavily on the technical judgment and practical experience of technicians. As a result, some roadway support effects are not good, and some design parameters are conservative. Therefore, according to the geological conditions, stress environment and surrounding rock mechanics of the roadway, based on the service life of the roadway, the lithology of the horizon, the top and bottom gangs, the influence of ground pressure and the special area, the overall classification and sub-category are carried out. Based on the classification of surrounding rock, support parameters are designed, and differential support design system is developed. Combined with the sample database of roadway, support scheme is optimized to change the deformation and damage of surrounding rock and the difficult maintenance conditions.

Keywords

Surrounding Rock Classification, Differential Support, Patch, Support Parameters

布尔台矿12上302辅助运输顺槽片帮原因分析及支护参数设计

吕情绪¹, 李迎富², 高亮¹, 宋桂军¹, 华心祝², 陈登红²

¹神华神东煤炭集团有限责任公司, 陕西 神木县

²安徽理工大学, 安徽 淮南

Email: liyfaust@163.com

文章引用: 吕情绪, 李迎富, 高亮, 宋桂军, 华心祝, 陈登红. 布尔台矿 12 上 302 辅助运输顺槽片帮原因分析及支护参数设计[J]. 矿山工程, 2019, 7(3): 279-288. DOI: 10.12677/me.2019.73039

收稿日期：2019年7月7日；录用日期：2019年7月23日；发布日期：2019年7月30日

摘要

神东矿区巷道支护设计很大程度上依赖于技术人员的工程判断力和实践经验，导致有些巷道支护效果不佳，有些设计参数偏于保守。因此，根据巷道所处的地质条件、应力环境和围岩力学性质，基于巷道服务年限、层位岩性、顶底两帮、地压影响、特殊区域等5个方面，进行巷道围岩稳定性整体分类和次分类，在围岩分类的基础上，进行巷道支护形式选择和参数设计，研发巷道差异支护设计系统，并结合巷道样本数据库，优选巷道支护方案，改变巷道围岩变形破坏和维护困难的状况。

关键词

围岩分类，差异化支护，片帮，支护参数

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

由于煤矿地质条件多变，凭经验或简单类比来进行巷道支护设计，具有很大的盲目性，不能针对具体条件设计合理支护参数，一个矿井不同巷道或同一巷道不同地段支护参数基本一致，甚至千篇一律，缺乏科学性和针对性。为实现“安全可靠、经济合理”的巷道支护设计，需因巷制宜，多种支护形式并存，差异化分类设计[1]，选择针对性的最优化支护方案和参数。

多年来国内外学者为此进行了大量的理论研究和工程实践，康红普等[2]利用理论分析与实例应用相结合的方式，阐述了煤巷锚杆支护理论与成套技术；GOEL 等[3]研究了不同巷道形状、地应力条件下的锚杆支护参数对围岩稳定性的影响；牛双建等[4]提出初期主动柔性支护、中期预留变形、后期全断面高强度和高刚度支护的加固技术；刘万荣等[5]依据弹塑性理论、数值分析和现场实测方法，研究了隧洞围岩和衬砌变形过程。以往研究成果[6] [7] [8]不能全面解释强矿压巷道围岩变形与破坏机理，缺乏有针对性的支护方法，严重制约了采煤工作面的快速推进、矿井产量和效益的提高。基于此，在巷道围岩稳定性整体分类和次分类基础上，优化设计巷道支护形式和参数。

2. 工程背景

布尔台矿 12 上 302 辅助运输顺槽开采深度 304.9 m，直接顶为 2~12 m 砂质泥岩，平均为 4 m；基本顶为 8~34 m 中粒砂岩，平均 21 m；基本底为 3~40 m 细粒砂岩，平均 17 m。12 上煤层厚度 2.05~7.1 m，平均 5.03 m，煤层局部含一至三层夹矸，夹矸厚 0.1~0.8 m，岩性为砂质泥岩、粉砂岩。顺槽掘进层位根据煤层厚度变化情况进行调整，煤层厚度小于 3.8 m，要求沿底板掘进；煤层厚度大于 3.8 m，要求留顶煤掘进，顶煤厚度不超过 300 mm。掘进宽度 5.4 m，掘进高度 3.8 m。

3. 运输顺槽片帮原因分析

1) 煤层沿垂直方向的节理发育。

- 2) 掘进后迎头未支护的范围较大, 空顶范围达到 $5.4 \text{ m} \times 3.8 \text{ m}$ 。
- 3) 巷道高度较大, 达到 3.8 m , 造成帮部不稳定。
- 4) 巷道顶板属于易冒落顶板, 且巷道跨度较大, 掘进后顶板有较大的下沉量。
- 5) 原有巷道锚杆(索)布置不合理, 造成巷道肩部应力集中系数增加, 从而引起巷道两帮压剪破坏。
- 6) 正帮的玻璃钢锚杆预紧力不足, 锚杆螺纹加工粗糙, 配套的蝶形托盘强度不够。
- 7) 帮部未采用钢带将锚杆连接起来, 造成局部地段单个锚杆受力较大。
- 8) 帮部锚杆仅采用 1 支 CK2350 树脂, 巷帮变形破坏后, 导致锚杆锚固力下降严重。
- 9) 巷帮采用右旋螺纹锚杆, 在安装锚杆过程中, 搅拌锚固剂时, 存在旋出力, 锚固剂不能得到有效挤压, 造成锚杆锚固力下降。

4. 巷道差异支护设计系统研发

采用 C#编程语言, 进行巷道差异支护设计系统研发。根据巷道服务年限及用途, 将煤矿巷道分为开拓、准备、回采及硐室 4 种类型, 巷道类型选择窗口见图 1。分别构建试验巷道及样本巷道 2 个数据库, 每个数据库包括巷道基本信息、区域类型、围岩力学参数、断层构造、水文地质、瓦斯地质、采动影响参数、地应力参数、支护类型参数、锚杆参数、注浆参数、加强支护参数、巷道卸压等数据表。



Figure 1. Lane type selection window
图 1. 巷道类型选择窗口

根据开采条件及作业规程, 获取巷道基本信息, 参数输入窗口, 见图 2。

Figure 2. Roadway basic information parameter input window
图 2. 巷道基本信息参数输入窗口

采用现场实测、岩石力学参数测试及地应力测试等手段，进行巷道围岩地质力学评估，获取巷道围岩力学参数，断层构造参数、瓦斯地质参数、水文地质参数、采动影响参数以及地应力测试参数，见图 3~图 8。

Figure 3. Roadway surrounding rock mechanics parameter input window
图 3. 巷道围岩力学参数输入窗口

Figure 4. Hydrogeomechanical parameter input window
图 4. 水文地质力学参数输入窗口

Figure 5. Gas geological parameter input window
图 5. 瓦斯地质参数输入窗口

Figure 6. The fault structure parameter input window

图 6. 断层构造参数输入窗口

Figure 7. Mining influence parameter input and calculation window

图 7. 采动影响参数输入及计算窗口

Figure 8. Ground stress parameter input window

图 8. 地应力参数输入窗口

根据巷道所处的地质条件、应力环境和围岩力学性质，基于巷道服务年限、层位岩性、顶底两帮、地压影响、特殊区域等 5 个方面，确定巷道围岩稳定性整体分类和次分类指标，进行巷道围岩稳定性整体分类和次分类，见图 9。在巷道围岩分类的基础上，选择合适的巷道支护形式，见图 10。

Figure 9. Overall classification and sub-category window of surrounding rock of roadway
图 9. 巷道围岩整体分类及次分类窗口

Figure 10. Lane support form selection window
图 10. 巷道支护形式选择窗口

在巷道支护形式确定后，进行锚杆、注浆、巷道卸压、金属支架等支护参数设计，见图 11~图 14。

Figure 11. Anchor parameter design window
图 11. 锚杆参数设计窗口

Figure 12. Grouting parameter design window

图 12. 注浆参数设计窗口

Figure 13. Metal bracket parameter design window

图 13. 金属支架参数设计窗口

Figure 14. Roadway pressure relief parameter design window

图 14. 巷道卸压参数设计窗口

通过收集的样本数据库，获得类似条件下巷道支护成功的工程实例，为试验巷道支护形式和参数设计提供一些参考，见图 15。

Figure 15. Project instance window

图 15. 工程实例窗口

5. 提出防片帮对策

1) 改变原有支护方式及强度

在掘进期间，正帮锚杆由 $\phi 27 \times 2100$ mm 玻璃钢锚杆改用 $\phi 22 \times 2400$ mm 左旋螺纹钢锚杆，排距为 1000 mm，间距为 850 mm。

副帮锚杆由 $\phi 18 \times 2100$ mm 右旋螺纹钢锚杆改用 $\phi 22 \times 2400$ mm 左旋螺纹钢锚杆，排距为 1000 mm，间距为 850 mm。

顶板锚杆由 $\phi 22 \times 2200$ mm 左旋螺纹钢锚杆改为 $\phi 22 \times 2400$ mm 左旋螺纹钢锚杆，排距为 1000 mm，间距为 900 mm。

2) 帮部锚杆加长锚固

帮部锚杆由 1 支 CK2350 改为 2 支 CK2350 锚固剂，加长锚固。

3) 提高帮部锚杆预紧力

- 采用专门的高扭矩螺母拧紧设备，如声控力矩扳手、扭矩倍增器、大扭矩锚杆钻机。
- 在锚杆支护材料及配件上，提高螺纹加工精度等级，采用精度较高强度匹配的螺母。
- 安装时采用油脂对螺纹部进行润滑。
- 锚杆构件上采用高效减摩垫圈。

4) 改变锚杆(索)布置方式

顶板锚索根数由 3 根变为 4 根，顶板外侧锚索距帮部最近距离为 300 mm；煤帮上排锚索带 15° 外插脚，减小巷道肩部应力集中系数。

5) 煤帮配走向锚索梁

沿巷道轴向，帮部配 3 排走向锚索梁，锚索梁上、下排与中间排压茬布置。

6) 煤帮安装超前管缝锚杆

掘进前，在工作面轮廓线上先沿巷道轴线方向，煤帮安装 $5^\circ \sim 20^\circ$ 外插角超前管缝锚杆，安装后再进行巷道掘进。

超前锚杆长度需要满足如下关系

$$\beta = \arcsin\left(\frac{P_t}{l_g}\right) \quad (1)$$

式中， β 为超前管缝锚杆的外插角， $^\circ$ ； l_g 为超前管缝锚杆长度，m； P_t 为最大片帮深度，m。

若 $\beta = 15^\circ$, $P_t = 0.5$ m, 则 $l_g = 1931$ mm, 考虑一定的安全系数, 因此超前管缝锚杆长度可取 2500 mm。

7) 缩短循环进尺

在掘进过程中, 如果发现工作面煤层较厚、节理较发育, 需要缩短循环进尺以便对帮部进行及时支护; 循环进尺由原来的 1000 mm 改为 800 mm, 相应的锚杆排距改为 800 mm, 锚索排距改为 1600 mm。

8) 注浆加固或喷射混凝土

在煤层节理特别发育段可提前注入马丽散或在掘出后立即在帮部喷射混凝土。

9) 采用二次成巷技术

巷道断面较大, 受重力影响, 容易发生片帮。为了减少一次成巷时工作面煤岩体松动脱落, 局部地区可采用二次成巷技术。在掘进时, 综掘机先截割巷道上部, 进行支护, 然后把剩余部分进行截割, 补充完整两帮的支护。

6. 支护参数设计

1) 顶板支护参数

顶板锚杆为 $\Phi 22 \times 2400$ mm 左旋螺纹钢锚杆, 间距为 900 mm, 排距为 1000 mm, 每孔 2 卷 CK2350 型锚固剂(加长锚固), 配钢带; 锚固力不小于 60 kN; 预紧力矩不小于 180 N·m。

顶板锚索规格为 $\Phi 22 \times 7300$ mm, 按“4-4-4”式布置, 间距为 1600 mm, 排距为 2000 mm, 每孔 3 卷 CK2350 型锚固剂, 配锚索梁; 锚索预紧力不小于 100 kN; 锚固力不小于 200 kN。

2) 副帮支护参数

副帮锚杆为 $\Phi 22 \times 2400$ mm 左旋螺纹钢锚杆, 间距为 850 mm, 排距为 1000 mm, 每孔 2 卷 CK2350 型锚固剂(加长锚固), 配钢带和金属网; 锚固力不小于 60 kN; 预紧力矩不小于 180 N·m。

副帮锚索为 $\Phi 22 \times 6300$ mm 钢绞线, 间距为 1500 mm, 排距为 2000 mm, 每孔 3 卷 CK2350 型锚固剂, 配走向锚索梁; 锚索预紧力不小于 100 kN; 锚固力不小于 200 kN。

3) 正帮支护参数

正帮锚杆为 $\Phi 22 \times 2400$ mm 左旋螺纹钢锚杆, 间距为 850 mm, 排距为 1000 mm, 每孔 2 卷 CK2350 型锚固剂(加长锚固), 配钢带和金属网; 锚固力不小于 60 kN; 预紧力矩不小于 180 N·m。

正帮锚索为 $\Phi 22 \times 4300$ mm 钢绞线, 间距为 1500 mm, 排距为 2000 mm, 每孔 3 卷 CK2350 型锚固剂, 配锚索梁; 锚索预紧力不小于 100 kN; 锚固力不小于 200 kN。如下图 16。

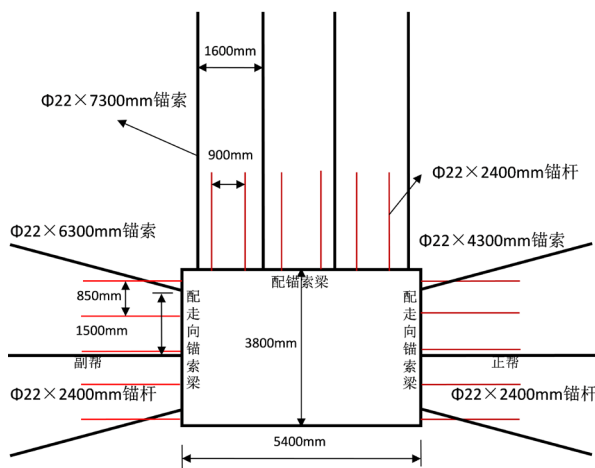


Figure 16. 12 on the 302 auxiliary transport slot support parameter map

图 16. 12 上 302 辅助运输顺槽支护参数图

7. 结论

- 1) 构建包含巷道类型、区域类型、围岩力学参数、支护参数、支护效果评价等信息的样本巷道数据库，并对样本巷道进行围岩综合评价、整体分类和围岩次分类。
- 2) 对试验巷道进行地质力学评估，确定试验巷道的区域类型及其范围，并进行围岩综合评价、整体分类和围岩次分类。
- 3) 将巷道类型及区域类型匹配、围岩综合评价值相近、整体分类及围岩次分类相同、支护效果良好的样本巷道支护方案作为试验巷道的支护方案。

参考文献

- [1] 李迎富, 华心祝, 王晓虎, 杨科. 皖北矿区回采巷道动态权值分类及其差异化支护[J]. 采矿与安全工程学报, 2017, 34(6): 1042-1050.
- [2] 康红普, 王金华. 煤巷锚杆支护理论与成套技术[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2007: 67-82.
- [3] Goel, R.K., Swarup, A. and Rsheorey, P. (2007) Bolt Length Requirement in Underground Openings. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 44, 802-811. <https://doi.org/10.1016/j.ijrmms.2006.12.001>
- [4] 牛双建, 靖洪文, 张忠宇, 等. 深部软岩巷道围岩稳定控制技术研究及应用[J]. 煤炭学报, 2011, 36(6): 914-919.
- [5] 刘万荣, 彭超, 李传明, 等. 深埋隧洞围岩稳定性分析[J]. 中国安全科学学报, 2015, 25(7): 120-125.
- [6] 赵启峰, 王波, 郑思达, 石建军, 刘媛媛. 上部煤层采动底板巷道围岩破坏特征与卸压控制技术[J]. 煤炭工程, 2016, 48(8): 77-80.
- [7] 杨明, 华心祝, 陈登红. 软弱岩层沿空留巷加固技术[J]. 煤矿安全, 2015, 46(2): 132-135.
- [8] 张军, 杨仁树, 段绪华. 深部软岩巷道变形机理及卸荷本构关系研究[J]. 中国安全生产科学技术, 2011, 7(12): 32-37.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网首页: <http://cnki.net>, 点击页面中“外文资源总库 CNKI SCHOLAR”, 跳转至: <http://scholar.cnki.net/new>, 搜索框内直接输入文章标题, 即可查询;
或点击“高级检索”, 下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2329-7301, 即可查询。
2. 通过知网首页 <http://cnki.net>/顶部“旧版入口”进入知网旧版: <http://www.cnki.net/old/>, 左侧选择“国际文献总库”进入, 搜索框直接输入文章标题, 即可查询。

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: me@hanspub.org