

Study on the combined span reduction technology of large-span dynamic pressure roadway

Mingming Shi

Shanxi Jinxing Energy Co., Ltd., Lvliang, Shanxi, 033600, China

Abstract

In order to solve the large span dynamic pressure roadway support problem, with XiaoJia depression 110806 face glue channel expansion section for the engineering background, studied the different span rectangular roadway stress distribution characteristics, deformation evolution law and the insufficiency of the original support scheme, targeted put forward the “m arc top section + anchor cable + steel + monomer pillar” joint reduction cross support technology, determine the large span m arc top section roadway support scheme and parameters. The study shows that after adopting the new span reduction support technology, the maximum subsidence of 110806 working face is 40mm, the maximum displacement of the bottom plate is 44mm, and the maximum displacement of the two sides is 167mm. The stability control effect of surrounding rock is good, which effectively solves the support problem of 110806 working face of Xiaojiawa coal Mine, which provides a reference for the support design of large span rectangular roadway.

Keywords

large span; strong ore pressure; large deformation; support optimization

大跨度动压巷道联合减跨技术研究

石明明

山西锦兴能源有限公司, 中国·山西 吕梁 033600

摘 要

为解决大跨度动压巷道支护难题,以肖家洼110806工作面胶运顺槽扩帮段为工程背景,研究了不同跨度矩形巷道应力分布特征、变形演化规律以及原支护方案的不足,针对性地提出了“m弧形顶断面+锚网索+钢板+单体支柱”的联合减跨支护技术,确定了大跨度m弧形顶断面巷道的支护方案和参数。研究表明:采用新的减跨支护技术后,110806工作面胶运顺槽顶板最大下沉量40mm、底板最大底鼓量为44mm,两帮最大移进量为167mm,围岩稳定控制效果良好,有效解决了肖家洼煤矿110806工作面胶运顺槽支护问题,为大跨度矩形巷道支护设计提供了参考。

关键词

大跨度;强矿压;大变形;支护优化

1 引言

随着我国煤矿综合机械化程度的不断提高,传统的巷道断面已经不能满足现代化矿井的使用要求^[1-2],为逐渐满足各种材料运输、行人设备通行及管线铺设等要求,大跨度矩形巷道的数量不断增多^[3],由于大跨度巷道宽度增加,顶板极易离层,增加了巷道围岩控制难度,导致大跨度巷道失稳垮落现象时有发生。

对此,国内外专家学者针对大跨度矩形巷道减跨支护技术开展了大量研究,杨建辉通过研究不同顶板跨度条件下巷道受载变形特征,提出高强度低密减跨支护技术;王凯基于压力拱理论对巷道围岩变形规律分析,提出大跨度联合支护形式;李冲通过研究大跨度巷道顶板垮冒规律,提出二次成

巷双微拱断面联合减跨支护技术;李冲通过大跨度穿断层软岩巷道顶板的非对称破裂机制研究,针对性提出顶板非对称分区强化控制的过断层支护对策;来永辉同通过揭示大跨度切眼顶板破坏机理,提出“临时点柱+普通锚杆索网+钢筋梯子梁”联合控顶技术,有效控制了顶板大变形;李岩通过探究巷道交叉口处围岩应力应变关系,提出巷道大跨度顶板减跨控制技术并开展工业性试验;轩召军利用压力拱理论和数字模拟技术对巷道围岩变形规律进行分析,针对性提出“锚杆(索)+金属网+M钢带+单体支柱”的支护方案,并开展了工业试验。

本文基于上述学者研究基础,以肖家洼110806工作面胶运顺槽扩帮段为研究对象,利用仿真模拟软件对不同跨度矩形巷道应力分布特征、变形演化规律进行分析,针对性地提出了“锚网索+钢板+单体支柱”的联合减跨支护技术,确定了大跨度矩形巷道的支护方案和参数,为大跨度巷道围

【作者简介】石明明(1988-),男,中国山西运城人,本科,工程师,从事矿压治理研究。

岩稳定控制提供了有效参考。

2 工程背景及地质条件

2.1 工程背景

110806 工作面采用综合机械化垮落法进行开采，受断层组影响，工作面分为里段和外段 2 部分，外段胶运顺槽沿断层走向布置需从工作面回撤巷道开口处向里 59m 段巷道进行扩帮，扩帮宽度为 5.3m，扩帮后巷道断面显著增大，巷道跨度为 10m 左右，为了维护该段巷道围岩稳定，必须对该段巷道顶板进行加固处理。因此，针对肖家洼煤矿 110806 工作面胶运顺槽扩帮段围岩稳定控制开展研究，制定合理科学的支护参数对煤矿安全生产尤为重要。

2.2 110806 工作面工程地质条件

110806 胶运顺槽位于 11 采区 +750m 水平，北邻 11 采区上山大巷，西邻 8 号煤层未开采煤体，东邻 110804 工作面，南邻矿井边界。胶运顺槽沿煤层顶板掘进，煤层为二叠系下统山西组 8 号煤层，煤层埋深约 343~465m，工作面煤种为气煤，煤层一般含 2 ~ 3 层夹矸，岩性为灰白色泥岩与灰黑色炭质泥岩，夹矸厚约 0.30 ~ 0.60m。夹矸厚度不稳定，局部尖灭，煤层总厚度为 0.70 ~ 2.57m，平均总厚度 2.13m。条痕色为深黑色或褐黑色，沥青光泽 - 玻璃光泽，硬度一般为 2 ~ 3，内生裂隙相对较发育，有一定韧性，参差状、贝壳状断口。

表 1 巷道顶底板岩性表

名称	岩石名称	普氏系数	厚度（m）	特性
基本顶	细粒砂岩	7	3.5-9.8	浅灰色，局部夹杂灰暗纹理
直接顶	泥岩、砂质泥岩	5	5.00-12.90	灰色，砂泥质结构，块状构造，平坦状断口
伪顶	泥岩	3	0.50-1.20	灰白色，块状，含有植物根茎化石，平坦断口
直接底	泥岩	3	1.00-2.5	灰白色，块状，含有植物根茎化石，平坦断口
基本底	砂质泥岩	5	7.7-10.4	深灰色，砂泥质结构，块状结构，断口次平坦状

3 大跨度矩形巷道变形及垮冒规律

利用 FLAC3D 数值模拟软件构建数值模型。该模型尺寸长 × 宽 × 高 = 50m × 10m × 50m，共模拟 6 层煤岩，包括煤层及其顶底板，煤岩力学参数按照表 2 进行赋值，在模型中间开挖跨度分别为 6、8、10、12m 的矩形巷道模型，通过计算在模型上部边界施加 10Mpa 的原岩应力，侧向应力系数为 1.0，两侧施加 10Mpa 的边界应力，模型四周采用位移边界进行约束，为避免边界效应的影响，将模型四周及底面法向速度约束为 0，整个模型采用均匀宽度网格，网格尺寸为 1m，模型如图 2.1 所示。

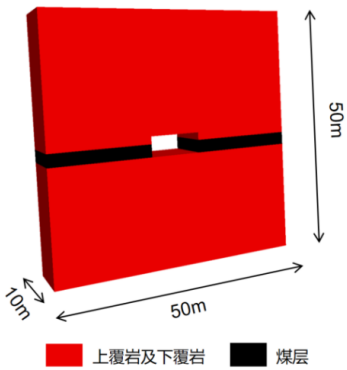


图 2.1 巷道数值模型

表 2 数值模型参数表

岩性	容重 / (g·cm ⁻³)	抗压强度 /MPa	弹性模量 /GPa	泊松比	抗拉强度 /MPa	内聚力 /MPa	内摩擦角 /°
细粒砂岩	2.6	60	4.72	0.3	11.8	2.0	35
泥岩	2.2	20	5.71	0.24	6.55	1.2	27
砂质泥岩	2.0	70	5.62	0.29	4.21	2.3	35
煤层	1.42	9.2	3.26	0.22	0.87	0.49	27

4 大跨度动压巷道联合减跨技术

4.1 m 型弧形顶断面巷道

随着埋深的增加及巷道跨度的增大，通过传统的增加支护密度、注浆等支护方式，导致顶板维护比较困难，难以维持巷道的稳定性，因此本文提出 m 弧形顶来解决此类问题，两弧形顶的宽度不同，但两弧形顶的高度相同均为 h，弧形顶的高度和宽度根据实际工程条件最终确定，结构见图 3.1。

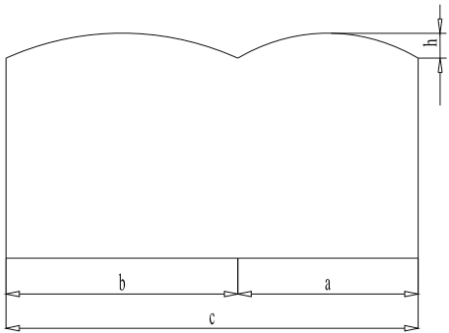


图 3.1 m 型弧形顶断面巷道结构图

4.2 m 型弧形顶断面作用

m 型弧形顶本身可以起到减跨作用；m 型弧形顶断面巷道具有单拱型巷道控顶效果好的优点，又具有矩形巷道施工速度快，巷道断面利用高的优势；

m 型弧形顶在两弧形脚交点处应力集中程度较高。因此 m 型弧形顶断面巷道支护的关键是控制两弧形重合处交点围岩变形、破坏，因此两弧形脚重合处交点施加足够强度单体支柱支护。

4.3 支护方案

断面优化参数：巷道采用 m 弧形顶断面 + 锚网索 + 钢板 + 单体支柱的联合减跨支护技术；M 型弧形顶断面巷道沿底掘进，一次掘进宽度为 4.5m，二次掘进宽度为 5.5m，先掘进小断面，再掘进大断面；断面总跨度 10m，帮高为 3.6m，弧形顶高度为 0.4m；弧形交叉处顶板，采用单体液压支柱进行加强支护。

支护方案优化参数：① 110806 胶运顺槽扩帮前对原掘进胶运顺槽巷道顶板进行锚索梁加固处理，锚索梁采用长度为 4.5m 的 11# 矿用工字钢加工，布置在原支护 2 排锚索之间，排距为 1.6m，每根锚索梁使用 3 根 $\phi 21.6 \times 8000\text{mm}$ 锚索扣挂，锚索间距为 1.6m，锚索托盘采用 $150 \times 150 \times 10\text{mm}$ Q235 拱形托盘，配套锁具，锚索预紧力不小于 150kN；② 110806 胶运顺槽扩帮后巷道顶板支护锚索梁，锚索梁交叉迈步支护，锚索梁采用长度为 4.5m 的 11# 矿用工字钢加工，布置在原支护 2 排锚索梁之间，排距为 1.6m，每根锚索梁使用 3 根 $\phi 21.6 \times 8000\text{mm}$ 锚索扣挂，锚索间距为 1.6m，锚索托盘采用 $150 \times 150 \times 10\text{mm}$ Q235 拱形托盘，配套锁具，锚索预紧力不小于 150kN；③ 110806 胶运顺槽与 110806 回撤巷道三岔口处、110806 胶运顺槽 43.7m 段施工加固锚索组。锚索为 $\Phi 21.6 \times 8500$ 、8000、8000、8000mm 钢绞线，托盘为 $500 \times 500\text{mm}$ ，厚度为 20mm 的钢板，托盘布置 5 根锚索孔，锚索孔直径为 32mm，8500mm 锚索布置在托盘中央，8000mm、8000mm 锚索对角布置，8000mm、8000mm 锚索对角布置，锚索组间排距为 $2000 \times 3200\text{mm}$ ，与锚索梁间隔布置。110806 胶运顺槽 43.7m 段锚索组布置两排第一排距帮 2.7m，第二排距帮 3m，排距 5m，在两根锚索梁之间施工锚索组，间距 1.6m。拉线施工，成排成线；④ 在扩帮后人行侧超宽段顶板加强支护锚索，新增锚索与原锚索梁对齐，锚索规格 $\phi 21.6 \times 8000\text{mm}$ ，排距为 1.6m，锚索托盘采用 $300 \times 300 \times 15\text{mm}$ Q235 拱形托盘，配套锁具，锚索预紧力不小于 150kN；⑤ 沿下帮成一条线，打设直径 200mm 木点柱支护，打设在实底上，距离非采煤帮 0.3m，木点柱排距 5m；用 8# 铁丝把木点柱上部与网片绑扎牢固；⑥ 在原施工的 110806 胶运顺槽巷道中部成一条线打设二连体木垛，木垛间距 5m，打设在实底上，接实顶板，道木用耙钉连接牢固；⑦ 沿皮带架人行侧、采煤帮侧分别打设两排单体支护，单体排距 1m，每排 2 根，加柱鞋柱帽，打设在实底上，单体间连接牢固。

5 支护效果评价

为观测 110806 工作面胶运顺槽扩帮段在围岩活动规律，考察巷道维护效果，评价支护参数的合理性，设置相应的测站，对围岩表面位移以及锚杆受力等进行观测。

巷道围岩位移监测结果分析：

图 4.1 为各监测点最大累计位移量柱状图，由图可知，采用联合减跨支护技术后，在巷道顶板(A)、巷道底板(B)、巷道左帮(C)、巷道右帮(D)处的最大累计位移量分别为 40、44、77、90mm，围岩变形控制效果良好，能够保证工作面正常安全生产需要。

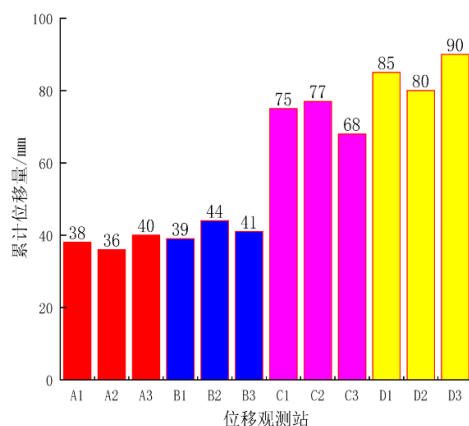


图 4.1 各监测点最大累计位移量

6 结论

① 基于数值模拟研究了不同跨度巷道围岩受初始应力场作用时的应力分布特征及位移演化规律，发现随着跨度的增加，围岩的应力集中及顶底板的拉应力发生突增现象，矩形巷道底板直角处容易发生破坏，巷道两帮的水平位移及顶底板位移量显著增加，且顶板相对于底板增加趋势更加明显，综上跨度越大，巷道失稳破坏的风险越大，为后续减跨支护方案的制定提供了理论依据。② 在动压条件下对原支护方案进行数值模拟，基于数值模拟结果及现场观测，提出优化巷道断面的设想，针对性地提出了 m 弧形顶断面支护技术，并给出了具体的断面设计参数。③ 在结论②的基础上进一步提出了“m 弧形顶断面 + 锚网索 + 钢板 + 单体支柱”的联合减跨支护技术。支护效果评价表明，采用优化支护方案后，在巷道顶板、底板、左帮、右帮处的最大累计位移量分别为 40、44、77、90mm，围岩变形控制效果良好，能够保证工作面正常安全生产需要。

参考文献

- [1] 肖同社. 煤矿采掘机械化现状和对策措施研究[J]. 中国煤炭, 2013, 39(10): 71-73.
- [2] 南麓峻, 朱吉茂, 杨国栋等. 浅谈我国煤矿机械化发展水平[J]. 煤炭工程, 2010, (08): 71-73.
- [3] 曹耀丰, 谢生荣, 何富连等. 大跨度泥岩煤巷桁架锚索复向主动控制技术[J]. 煤炭技术, 2010, 29(12): 87-89.