

小保当煤矿“一机双巷”掘进施工技术应用

牛 宾

中煤第三建设(集团)有限责任公司市政工程分公司, 安徽 合肥
Email: 570626357@qq.com

收稿日期: 2021年5月27日; 录用日期: 2021年6月29日; 发布日期: 2021年7月7日

摘 要

随着我国煤矿综合机械化程度的不断提高,采煤工作面推进速度明显加快,工作面开采与煤巷掘进的矛盾越发突出,很多煤矿出现了采掘接替紧张的局面。为了维持正常的采掘协调关系,这就需要采用有效技术手段来提高煤巷的掘进速度,使之与工作面的推进速度相匹配,从而保证矿井的安全高效生产。针对如何实现煤巷快速掘进的问题,应首先分析其影响因素,然后选择与煤层地质条件相适应的掘进设备,采用合理的掘进施工技术,制定科学的施工组织计划,使各个施工工艺配合默契,达到施工效率最大化、施工时间最短化,从而使煤巷的掘进速度得到提高。本文介绍连采机“一机双巷”掘进施工技术的应用,施工进度均保持在1000 m/月。比采用综掘机双巷掘进速度提高一倍。确保小保当煤矿采、掘任务顺利交替。

关键词

煤矿, 采掘, 掘进设备, 连采机, “一机双巷”

Application of “One Machine and Two Roadways” Excavation Technology in Xiaobaodang Coal Mine

Bin Niu

Municipal Engineering Branch of China Coal Third Construction (Group) Co., Ltd., Hefei Anhui
Email: 570626357@qq.com

Received: May 27th, 2021; accepted: Jun. 29th, 2021; published: Jul. 7th, 2021

Abstract

With the continuous improvement of the comprehensive mechanization of coal mines in our country, the speed of coal mining face advancement has been significantly accelerated, and the

作者简介: 牛宾, 高级工程师, 现任中煤第三建设(集团)有限责任公司市政工程分公司副总经理、TBM 事业部部长, 致力于矿井建设新工艺、新技术、新材料、新设备的研究与应用。

contradiction between face mining and coal tunnel excavation has become more and more prominent. Many coal mines have experienced a shortage of mining replacement. In order to maintain the normal coordinated relationship between mining and excavation, it is necessary to adopt effective technical means to increase the speed of coal road excavation and match it with the advance speed of the working face, so as to ensure the safe and efficient production of the mine. Aiming at the problem of how to realize the rapid excavation of coal roads, we should first analyze its influencing factors, and then select the excavation equipment that is compatible with the geological conditions of the coal seam, adopt reasonable excavation construction technology, formulate a scientific construction organization plan, and make the various construction processes cooperate tacitly. The construction efficiency is maximized and the construction time is minimized, so that the speed of the coal roadway can be improved. This article introduces the application of the "one machine and two roadways" tunneling construction technology with a continuous machine, and the construction progress is maintained at 1000 m/month. Compared with the use of a fully mechanized excavator, the speed of double-lane tunneling is doubled, to ensure the smooth replacement of mining and excavation tasks in Xiaobaodang Coal Mine.

Keywords

Coal Mine, Mining, Excavation Equipment, Continuous Miner, "One Machine and Two Roadways"

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 概况

小保当一号矿井是由陕西小保当矿业有限公司投资兴建,中煤科工集团北京华宇工程有限公司设计,设计主斜井、副斜井、进风立井、回风立井四个井筒。矿井设计生产能力为 15 Mt/a,设计可采储量为 1555.5 Mt,服务年限为 74 a。矿井采用缓坡斜井开拓,划分为 2 个水平,首采 2-2 (2-2 上)号煤层。井田地层总体为一走向为走向 NNE,倾向 NWW,倾角不足 1°的单斜构造。煤层顶板岩性主要为粉砂岩、细粒砂岩,次为中粒砂岩、泥岩、砂质泥岩;底板岩性主要为粉砂岩、次为细粒砂岩、砂质泥岩,局部中粒砂岩、砂质泥岩。

本项目 112202 采面胶、辅运顺槽及相关工程设计断面为矩形断面,其中辅运顺槽 $S_{\text{槽}} = 26.8 \text{ m}^2$,掘宽 5.7 m,掘高 4.7 m;采用锚网索 + 钢梯子梁联合支护。顶部采用锚网索支护,顶锚采用 $\Phi 20 \times 2400 \text{ mm}$ 左旋无纵筋螺纹钢锚杆支护,每排 7 根,间排距均为 $900/950 \text{ mm} \times 900 \text{ mm}$,托板为 $150 \times 150 \times 8 \text{ mm}$ 拱形预应力托板,每根锚杆配 MSK2335 及 MSK2360 树脂药卷各 1 支,锚固力 60 KN、预紧力矩 100 Nm。非开采帮采用采用 $\Phi 20 \times 2400 \text{ mm}$ 左旋无纵筋螺纹钢锚杆支护,间排距均为 $1000 \text{ mm} \times 900 \text{ mm}$,每根锚杆配 MSK2335 及 MSK2360 树脂药卷各 1 支,锚固力 50 KN、预紧力矩 80 Nm。开采帮采用采用 $\Phi 18 \times 2000 \text{ mm}$ 玻璃钢锚杆支护,间排距均为 $1000 \text{ mm} \times 900 \text{ mm}$,每根锚杆配 MSK2335 及 MSK2360 树脂药卷各 1 支,锚固力 50 KN。外露长度 10~30 mm;铁丝网技术参数为网目规格 $60 \times 60 \text{ mm}$,菱形布置。锚索采用 $\Phi 17.8 \times 7300 \text{ mm}$ 钢绞线,间排距 $2400 \times 3600 \text{ mm}$,每排 2 根,每根锚索配 MSK2335 树脂药卷 1 支和 MSK2360 树脂药卷 2 支,托板为 $300 \times 300 \times 15 \text{ mm}$ 热轧钢板制作。铺底厚度 300 mm,混凝土强度等级为 C30。

胶带输送机顺槽(2-2 断面):

设计断面为矩形断面,其中 $S_{\text{槽}} = 28.2 \text{ m}^2$,掘宽 6.2 m,掘高 4.55 m;采用锚网索 + 钢梯子梁联合支护。顶帮支护形式与辅助运输顺槽相同。铺底厚度 150 mm。

2. 施工机械化配备

112202 采面胶、辅运顺槽及相关工程合同工期 180 天, 折算综合进度要求单巷每天不低于 38.2 m。为了保证完成合同任务, 本着投入最小化、综合效益最优化的原则, 我单位综合考虑采用连采机“一机双巷”[1] [2] [3]的施工工艺完成胶、辅运顺槽及相关工程。“一机双巷”即两顺槽同时施工, 当辅运顺槽采用连采机及后配套掘进时, 锚杆钻机在胶运顺槽支护、主运煤系统布置在一侧巷道内[4] [5]。采用一台 ZML-340 型连续采煤机来完成截割, 煤矸由 SC15-182F 型梭车转运至 PZL460/150B 型履带式给料破碎机后, 由 DJS1000/75 胶带输送机依次转运至主运输系统。采用 CMM4-28 型 4 臂锚杆钻车进行工作面支护。采用 3/5T 防爆车辆完成材料及小型设备的运送, 人工配合防爆铲车完成巷道的浮煤清理工作。采用综合机械化施工组织形式, “三八制”作业, 一个检修班, 两个生产班, 各工种合理配备。一个圆班共计 78 人, 工作面采用一次成巷, 掘进与支护交叉平行作业、工序和工序之间做到交叉进行, 平行作业, 以充分利用工作时间, 提高工时利用率。顺槽后巷地坪混凝土紧跟工作面施工[6]。施工机械化配备设备参数见表 1~5。

Table 1. Technical characteristics of EML340 continuous shearer
表 1. EML340 型连续采煤机技术特征

技术特征	主要参数	技术特征	主要参数
采高范围	2.6~4.65 m	生产能力	15~27 t/min
外形尺寸	11.3 m × 3.3 m × 2.05 m	总功率	597 kw
滚筒直径	1120 mm	重量	62 t
滚筒长	3300 mm	电压	1140 V
输送机宽	762 mm	尾部水平摆角	45°
输送机能力	27 t/min	生产厂家	山西天地

Table 2. Technical characteristics of SC15/182F shuttle car
表 2. SC15/182F 型梭车技术特征

技术特征	主要参数	技术特征	主要参数
牵引电机	2 × 65 kw	总功率	182 kw
外形尺寸	9.14 m × 3.1 m × 1.53 m	电压	1140 V
堆装容积	15.4 m ³	重量	25.2 t
安全荷载	15 t	厂家	山西天地

Table 3. Main technical parameters of CMM4-28 hydraulic anchor drill rig
表 3. CMM4-28 型液压锚杆钻车主要技术参数

适用巷道高度	3200~4900 mm	适应巷道宽度	4900~6200 mm
长 × 宽 × 高	6.38 × 2.7 × 2.98 m	装机功率	132 kw
机重	42.8 t	钻机额定转速	550 r/min
钻杆进给长度	≥2600 mm	电压	1140 V
钻机进给速度	0~20 rpm	钻孔直径	25~42 mm
适应岩石抗压强度	90 MPa	电缆储存量	180 m (25 m ²)
除尘方式	干/湿式, 干式为主	行走速度	最大 25 m/min

Table 4. PZL460/150 crawler type transfer crusher
表 4. PZL460/150 履带式转载破碎机

技术特征	主要参数	技术特征	主要参数
破碎输送能力	460 t/h	总功率	150 kw
外形尺寸	9.9 m × 3.8 m × 2.2 m	电压	1140 V/660 V
容积	6.5 m ³	重量	28.0 t
破碎等级	最大 300 mm	厂家	山西天地

Table 5. DSJ1000/40/2*75/ telescopic belt conveyor
表 5. DSJ1000/40/2*75/型伸缩带式输送机

技术特征	主要参数	技术特征	主要参数
电机额定转速	1480 r/min	电机功率	2 × 75 kw
输送能力	900 t/h	电压	1140 V/660V
输送长度	1000 m	转速	1470 r/min
带宽	100 cm	带速	2.5 m/s

3. 施工工艺简介

胶、辅运顺槽同时开工掘进，施工过程中当一侧巷道连续采煤机割煤、清理完工后退出工作面，进行顶板安全检查及临时支护，支护工操作锚杆钻机调到刚才截割完成的巷道处由外向里进行支护，连续采煤机调整到另一巷道进行掘进；两条巷道共用一套设备掘进、支护。掘进、支护平行交叉作业。

在连续采煤机掘进过程中，辅助工将锚杆、金属网、树脂药卷等支护材料运至锚杆机上并做好调机准备；当连续采煤机掘进完一个循环时，进行调机，把连续采煤机退到后巷，用装载机把掘进浮煤清理干净，把锚杆机跨巷电缆悬挂好，并将锚杆机经过联巷调到刚才掘进的巷到内进行支护，然后把连续采煤机经过联巷调到另外一条巷道进行掘进。两条顺槽的掘进和支护平行作业、交叉进行。保证了两条巷道掘进的连续性及支护的连续性。双巷掘进设备布置见图 1。

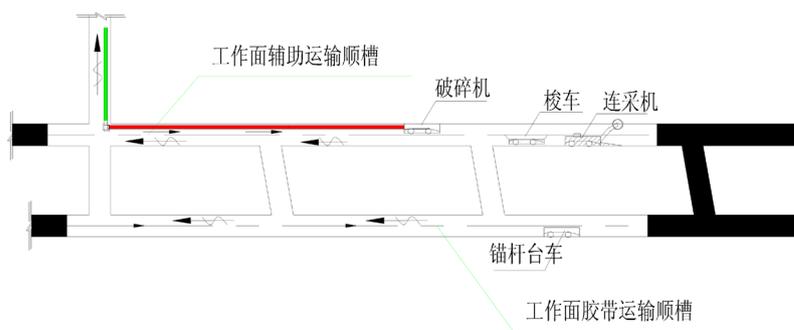


Figure 1. Schematic diagram of double-lane tunneling equipment layout
图 1. 双巷掘进设备布置示意图

4. 连采机“一机双巷”应用效果分析

4.1. 月进度对比

连采机双巷掘进综合单进水平为 1022 m/月，日最高进尺为 65 m/日；同期施工的 112207 采面胶、辅

运顺槽及相关工程采用 EBZ-260 型综掘机煤巷(单巷)综合进尺 409 m/月, 日最高进尺 22 m。通过以上数据分析, 连采机较综掘机月平均单进水平提高了 2.5 倍, 日最高进尺提高了 3.25 倍, 掘进效率大大提高。

四臂锚杆钻车支护顶板平均每排 8 min, 和普通 MQT-130 型锚杆机支护顶板平均 20 min/排相比较, 每排支护用时缩短了 60%, 支护效率高[7]。

综掘机单巷掘进工艺[4], 综掘机掘进工序每循环 6.3 m, 耗时 5 小时左右, 在掘进时, 只能进行简单的准备工作, 截割完毕后进行支护, 采用风动锚杆钻机进行支护, 每个钻机配备 2 人, 人员需求量大, 支护速度慢, 劳动强度大, 每次支护前, 需将风水带及钻机安装并前移, 支护完毕后, 将工作面材料、工具、风水带回收, 工序转换频繁, 增加了劳动强度, 工序转换等候时间长[8]。

4.2. 劳动组织

双巷掘进工艺采用交替平行作业, 截割速度快, 每循环 11.7 m, 用时约 4 小时, 在胶运顺槽掘进割煤时, 辅运顺槽进行顶帮支护及下循环支护材料准备; 辅运顺槽掘进割煤时, 胶运顺槽进行顶帮支护及下循环支护材料准备, 提高了设备的综合有效利用率、平行作业施工利用率较高。采用液压锚杆钻车进行支护, 压风、供水管路及支护材料均可跟机移动, 减少了工序转换时间及劳动力投入。采用连采双巷掘进锚杆钻车支护, 与综掘单巷人工支护相比, 工人劳动强度大大降低, 同时安全性也比人工支护高。目前 4 臂锚杆钻车支护时每班支护工 11 人(施工顶部锚杆时 3 人可操作四台钻机, 帮部采用人工操作手持式风动锚杆机进行支护、施工两帮上部锚杆 4 人、施工两帮下部锚杆 4 人), 8 台钻机同时施工, 劳动强度低, 支护速度快, 这种工艺实现了停机不停人, 组织紧凑, 充分利用有效时间, 工作面劳动力配备少, 施工进度快, 经济效益得以提升。而采用传统的支护形式, 工作面 3 台顶部锚杆机、4 台帮锚机每班支护工需 15~17 人, 效率较低[4] [9]。

4.3. 设备投入对比

连采机“一机双巷”施工, 只需投入四配套及一条巷道皮带运输系统; 辅助人员使用少、皮带检修维护量小, 减少了辅助设备的投入和维护。综掘机单巷掘进两条巷道需要投入两台综掘机及两套皮带运输系统, 随着巷道距离的增加, 皮带运输系统也随之增加, 两套皮带系统需及时进行前移和安装拆除[7]。

4.4. 辅助岗位人员配备

综掘机单巷施工, 需要增加两套皮带运输系统的看护及检查维护人员。目前综掘机掘进工作面皮带看护工每小班 7 人, 维护工 4 人, 连采机掘进工作面皮带看护工每小班 4 人, 维护工 2 人, 每班少用人工 16 人。

4.5. 安全质量标准化

由于切割工艺和滚筒形状不同, 针对矩形巷道, 连采机施工的巷道顶板及帮部平整, 巷道成型“顶平帮齐”, 比普通 EBZ-260 型综掘机掘成型好。便于锚网支护, 能够实现顶帮快速支护到位, 巷道观感好, 后期巷道基本无片帮、垮落情况。

综掘机施工巷道, 因截割方式不同, 对围岩扰动较大, 易造成片帮, 巷道成型差, 且巷道顶、底角部位为弧形, 后期受采动压力影响, 易造成片帮、垮落, 对安全管理不利; 巷道底角部位需人工采用风镐进行修整, 增加了工作面人员投入[10] [11]。

锚杆支护台车前部有临时支护装置, 在锚杆施工前采用液压伸缩顶棚将网片托起紧贴岩面, 有效的防止顶板冒落造成人身伤害, 实现了快速、简易、高效的超前临时支护。人工操作锚杆机支护多采用液压单体支柱进行临时支护, 人工操作时比较笨重、费时、费力, 且人员要进入未支护的区域进行临时支护, 增大了不安全的因素[12] [13]。

4.6. 一次成巷难易程度

连采机“一机双巷”施工，两巷间联巷较多，始终保持一条巷道地坪紧跟至工作面，另一条巷道半幅地坪紧跟工作面。其中一条巷道的快速成巷，方便人员及物料运输、巷道文明施工，且地坪完成后安装与掘进可平行施工，改变了掘砌工程结束再安装的传统工艺[7] [10]。

综掘机施工，因两条巷道内同时铺设皮带运输系统，地坪只能半幅施工，后期尾工量较大，皮带拆除量较大、地坪施工难度较大，施工质量也难以保证。

5. 连采机“一机双巷”工艺的局限性

1) 对机电设备管理要求较高，工作面机械化程度越高、设备数量越多，随之而来设备故障率也相对增大，一旦任何一组设备出现故障都会影响总体生产进度。对设备检修、维护人员技术水平要求较高[14]。

2) 当工作面出现片帮、构造、煤层中有夹矸时，连采机快速掘进优势难以发挥。连采机滚筒大，切割时对顶板扰动面积大，遇到地质条件变化时掘进易漏顶、易片帮，截割夹矸时对设备损害较严重，此外，双巷掘进时连采机和锚杆钻车交替施工，顶板空顶时间长，锚杆钻车支护不够及时，安全性降低。相反，综掘机配合锚杆机单巷掘进，顶帮支护及时，其安全性优于连采机双巷掘进[15]。

3) 连采机双巷掘进时，设备经常调整，设备对巷道底板碾压较严重，要求巷道底板硬实。对底板较软的地段，采用预留 300~500 mm 左右底煤施工，梭车运煤路线内浮煤、煤泥较多，通常每掘进一个联巷，留下浮煤、煤泥长度 100 m，装载机清理不够彻底，部分区域需人工清理。

6. 结语

依据小保当煤矿一号井现场实际条件，采用连采机“一机双巷”掘进技术，月综合进尺超过 1000 m。双巷同时掘进时，连采机后侧配套主运输皮带系统、破碎机、梭车等，解决了工作面连续出煤难题。双巷同时掘进共用一套运煤系统，简化了运煤系统，提高了设备综合利用率、降低人员劳动强度、方便现场的管理维护和减少辅助人员的使用，为煤矿的采、掘协调提供保障。

参考文献

- [1] 王希明, 孙全业. 双煤巷掘进施工新技术的实践[J]. 矿业安全与环保, 2003, 30(5): 48-49.
- [2] 陈永效. 连采机在煤矿双巷掘进中的应用[J]. 煤炭与化工, 2016, 39(6): 130-131, 134.
- [3] 白铭波. 综掘双巷施工技术总结[J]. 内蒙古煤炭经济, 2016(17): 137-138.
- [4] 朱占虎. 大断面岩巷钻车作业线快速掘进施工技术[J]. 煤炭科学技术, 2007, 35(9): 40-42.
- [5] 沈伟, 李明, 张广建, 彭克良. MB670 掘锚一体机煤巷快速掘进技术[J]. 能源技术与管理, 2011(3): 67-69.
- [6] 刘晓青, 王伟. 大面积超平地坪激光整平机一次成型施工技术[J]. 建筑施工, 2010, 32(2): 145-147.
- [7] 范宝强. 浅谈胶带输送机运输巷施工技术的应用[J]. 山西建筑, 2010, 36(32): 146-148.
- [8] 林岩, 张强, 袁智, 张颖. 综掘装备硬岩化技术发展[J]. 辽宁工程技术大学学报(自然科学版), 2012(2): 193-197.
- [9] 田立新. 煤巷锚杆支护快速掘进施工技术[J]. 河北煤炭, 2008(4): 34-36.
- [10] 康文艺. 煤矿巷道掘进施工技术要点及支护技术探析[J]. 山东工业技术, 2018(9): 86.
- [11] 孟占业. 煤矿巷道掘进施工技术分析[J]. 山西建筑, 2014(23): 132-133.
- [12] 金蒙. 煤矿巷道掘进施工技术要点探讨[J]. 能源与节能, 2017(12): 143-144.
- [13] 武金亮. 煤矿巷道掘进施工技术[J]. 西部挖矿工程, 2019, 31(10): 137-138.
- [14] 刘宇翔. 煤巷快速掘进施工技术探讨[J]. 矿业装备, 2018(1): 40-41.
- [15] 张文涛, 陈群忠, 李爱军, 雷喜良, 戴子栋. 大断面综采开切眼一次成巷施工技术[J]. 金属矿山, 2013(7): 20-23.