

大断面煤巷快速掘进技术与实践研究

Research on the Rapid Excavation Technology for Large Section Coal Roadway and Application

袁昌模

Changmo Yuan

国家能源集团国源电力公司大南湖一矿 中国·新疆 哈密 839000

National Energy Group Guoyuan Power Company Dananhu Colliery, Hami, Xinjiang, 839000, China

摘要: 随着煤炭产业高速发展,煤炭企业实现规模化生产,建设安全高产高效的现代化矿井,提高单产单进水平就显得格外重要,其中,如何在确保安全的前提下提高掘进单进水平,一直都是煤炭行业关注的重点之一。论文以上榆泉煤矿10号煤层大断面回采巷道掘进为工程研究背景,综合运用现场调研、理论分析计算、工业性试验等手段,重点研究了掘进设备选型与配套、支护设计优化、合理的施工组织与管理等内容,建立了回采巷道快速掘进作业技术保障体系,并在1002辅助运输巷进行了工程实践,取得了一定成效,为相同条件下大断面煤巷快速掘进提供了必要的理论和实践基础。

Abstract: With the rapid development of coal industry, it is particularly important for coal enterprises to realize large-scale production and build modern mines with high safety, high productivity and high efficiency to improve the single advance level of unit yield. Among them, how to improve the single advance level of tunneling under the premise of ensuring safety has always been one of the focuses of the coal industry. In this paper, yu springs 10 coal seam is more than large section roadway excavation for the engineering background, the integrated use of field research, theoretical analysis and calculation, industrial test and other methods, focuses on the equipment selection and matching, the supporting design optimization, reasonable construction organization and management, and other content, set up the quick extraction roadway drivage technique guarantee system, the engineering practice is carried out in 1002 auxiliary transport lane, and certain results have been achieved, which provides the necessary theoretical and practical basis for rapid tunneling of large section coal roadway under the same conditions.

关键词: 快速掘进; 单进水平; 巷道支护; 组织优化

Keywords: rapid excavation; single driving level; roadway support; organization optimization

DOI: 10.12346/se.v4i1.6394

1 引言

煤炭资源是中国工业发展的重中之重,近年来随着工业的发展,煤炭资源的需求更是急剧增长。煤炭资源的开采方式主要是井工开采,在井工开采过程中,“采”与“掘”是相辅相成、协调发展的^[1,2]。目前,中国煤矿企业已基本实现机械化的建设目标,并根据各自不同的经营规模、效益以及地质条件作出了科学性的努力与创新,使得部分煤矿企业机械化程度达到国际先进水平。但是,伴随着煤炭产量的增加,也衍生出了采、掘之间的矛盾。近几年随着开采技术的逐渐成熟,掘进技术的发展稍显滞后^[3-5]。中国煤矿长期以

来的传统作业方式和思维模式,制约了巷道快速掘进的提高,致使煤矿企业的接续紧张、失衡不稳现象不断凸现,成为制约煤矿企业规模化、持续化、高效化建设的主要因素^[1,2,6-8]。改革开放以来,中国加快技术改造和创新步伐,努力提高中国煤矿掘进设备技术水平,使中国掘进单进水平取得了飞跃式的发展^[9-13],但由于思想观念、机制、历史沿革等因素,发展的道路是低水平粗放式的,与其他国家相比在整机的自动化水平、多功能性、可靠性方面还有很大差距,这种差距也是影响中国煤炭产业单进水平的重要因素^[14]。掘进过程中的支护技术非常重要,支护类型与支护速度很大程度上制

【作者简介】袁昌模(1977-),男,侗族,中国贵州天柱人,工程师,从事井工煤矿研究。

约巷道掘进。技术与设备发展迅速，但人员素质还是比较落后，管理模式比较单一。

论文基于上述问题作为研究背景，以上榆泉煤矿 1002 辅助运输巷掘进为切入点，本着优化设计、提升技术装备水平、加强掘进管理、做好班组建设、采用激励手段等途径促进巷道快速掘进全面提升进行研究，并对实际施工过程中存在的问题进行了科学、细致的分析，通过现场的勘察、掘进工艺环节的调研制定出了相应的解决措施。论文成果既可对上榆泉煤矿掘进提供一定的理论支撑，又能为相似的地质条件下快速掘进提供借鉴。

2 工程地质概述

1002 辅助运输巷为 1002 工作面回采期间运输、行人、通风、安装回采设备之用，巷道断面为矩形断面，设计为宽 5.4m，高 3.3m，锚网索支护。

顺槽顶板以泥岩为主，泥岩平均厚 8.86m，抗拉强度范围为 0.75~0.88MPa，平均 0.82MPa；抗压强度范围为 39.5~95.8MPa，平均 58.73MPa，为较坚硬岩~坚硬岩，属中等冒落的顶板~难冒落的坚硬顶板。10 号煤层底板以泥岩为主，泥岩平均厚度 3.55m，抗拉强度范围为 0.93~2.73MPa，平均 1.95MPa，抗压强度在 54.3~91.7MPa 之间，平均 65.4MPa，泥岩为较坚硬岩~坚硬岩。

3 巷道掘进设备选型与配套

3.1 巷道掘进设备选型

综合考虑 1002 辅助运输巷地质条件、安全性以及掘进效率等因素，1002 辅助运输巷掘进设备选择 MB670 型掘锚机组，一次切割成巷，同时由掘锚机上四个顶锚钻箱完成巷道顶板支护，由二个侧锚钻箱完成巷道帮部支护；由 LY2000/980 型联运一号车完成破碎、转载工序，最后通过带式输送机运出。MB670 型掘锚机组相关技术特征如表 1~表 3 所示。

3.2 掘锚机掘进工艺

3.2.1 掘锚机截割方式及截割循环

掘锚机掘进时，巷道一次成型，掘锚机切割过程中首先将掘锚机截割头调整至巷道顶板（升刀），扫去上一刀预留的煤皮（扫顶），再将截割头向前切入煤体 1.0m（进刀），然后由上向下切入煤体（割煤），当截割头割到煤层底板时，收截割头，截割上一刀留下的底煤，使巷道底板平整（拉底），装完余煤将截割头放在底板上，等待支护完后进行下一个循环。掘锚机完成从顶板至底板再到顶板，这一过程就称为一个截割循环。

掘锚机截割循环及截割轨迹示意分别如图 1、图 2 所示。

表 1 MB670 掘锚机技术特征表

| 技术特征 | 主要参数 | 技术特征 | 主要参数 |
|--------|---------------------------|-------|---------|
| 尺寸 | 11200mm × 5400mm × 2260mm | 离地间隙 | 270mm |
| 重量 | 95t | 行走速度 | 15m/min |
| 总功率 | 546kW | 输送机速度 | 2.2m/s |
| 电压 | 1140V | 输送能力 | 25t/min |
| 截割头宽度 | 4.6~5.4m | 滚筒直径 | 1000mm |
| 采高 | 2.26~3.45m | 滚筒转速 | 1.54m/s |
| 最大掏槽深度 | 1000mm | 频率 | 50Hz |

表 2 LY2000/980 联运一号车技术特征表

| 技术特征 | 主要参数 | 技术特征 | 主要参数 |
|------|--------------------|-------|-----------|
| 尺寸 | 10m × 3.2m × 1.97m | 总装机功率 | 300kW |
| 槽宽 | 870mm | 供电电压 | 1140V |
| 输送能力 | 1500t/h | 破碎能力 | 1500t/h |
| 适应坡度 | < 8° | 行走速度 | 0~16m/min |
| 总重 | 42.3t | 输送链链速 | 1.276m/s |

表 3 胶带输送机技术特征表

| 技术特征 | 主要参数 | 技术特征 | 主要参数 |
|--------|--------------------------|--------|------------|
| 尺寸 | 3994mm × 2000mm × 1697mm | 运输能力 | 400t/h |
| 传动滚筒个数 | 3 | 运输带规格 | 800m × 8mm |
| 运输距离 | 1500m | 运输带速度 | 2m/s |
| 主机电压 | 660V | 传动滚筒直径 | 630mm |
| 主电机功率 | 2 × 90kW | | |

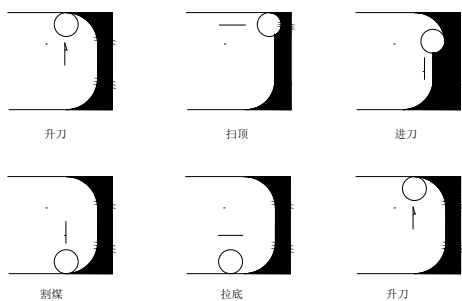


图 1 掘锚机截割循环示意图

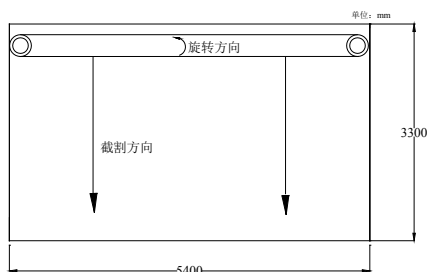


图 2 掘锚机截割轨迹示意图

3.2.2 掘进工作面装（运）煤工序

当掘锚机截割时，煤落入铲板上，铲板上的耙爪连续运转将煤装入刮板运输机内，刮板运输机将煤转运到后面的联运一号车内。经联运一号车运输机运至桥式转载机，再由桥式转载机运至胶带输送机来完成。

当巷道向前推进桥式转载机行走机尾，联运一号车无法接煤时，胶带输送机机尾向前延伸一次，以缩短运输距离。

3.3 掘锚机钻锚系统与支护工序

第一，钻锚系统见图 3。

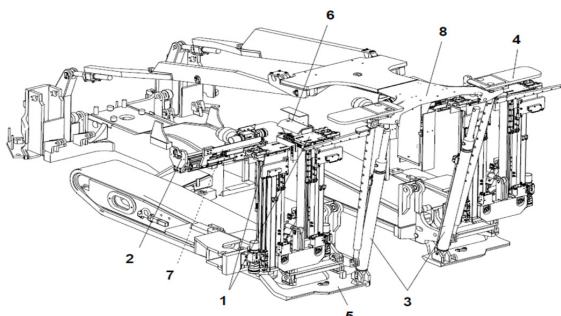


图 3 钻锚系统

MB670 掘锚机钻锚系统主要有 4 台顶板锚杆机、2 台侧帮锚杆机以及相关配套装置组成，如图 3 所示。其中，1—4 台顶板锚杆机；2—两台侧帮锚杆机；3—两台支撑架液压缸；4—顶板支撑梁；5—两个底板支撑座；6—顶板锚杆机控制台；7—侧帮锚杆机控制台；8—支撑总成。

第二，钻锚工序。

掘锚机完成一个截割循环后，将顶板支撑梁放下，把冷拔丝网片平铺在掘锚机顶板支撑梁上，同时升起支撑梁，将网片顶至与顶板贴合。

铺网工序完成后，将顶板锚杆机上升，接近顶板后操纵钻机旋转，完成钻眼，锚杆机退出。然后换搅拌器，装入药卷并上好托盘和螺母，再次上升锚杆机，完成预紧。

4 大断面巷道支护方案设计

4.1 巷道形状及巷道支护设计

依据掘锚机组截割头尺寸，并考虑到 10 号煤层赋存条件以及矿井实际需求，将 10 号煤层回采巷道巷断面设计为宽 5.4m，高 3.3m，采用锚网索联合支护。巷道断面及支护方案如图 4 所示。

通过巷道支护参数相关理论计算，确定上榆泉煤矿 10 号煤层大断面回采巷道支护方案如下。

4.1.1 顶板支护

顶板支护 6 根 $\phi 18 \times 1800\text{mm}$ 螺纹钢锚杆，排距 1000mm，间距 1000mm，端头锚固，锚杆扭矩不小于 $200\text{N} \cdot \text{m}$ ，锚固力不小于 50kN 。

锚索支护为每排 1 根锚索，排距 2000mm，锚索距帮 2200mm，第一根锚索距正帮 2200mm，下一根锚索距副帮 2200mm，再下一根锚索距正帮 2200mm，以此循环，左右交叉施工，采用“左右交叉迈步式”布置（如图 4 所示）每根锚索替代一根锚杆，锚索规格为 $\Phi 15.24\text{mm} \times 8000\text{mm}$ 。顶网采用冷拔丝网，规格为 $5400\text{mm} \times 1150\text{mm}$ 。支护方案如图 4、图 5 所示。

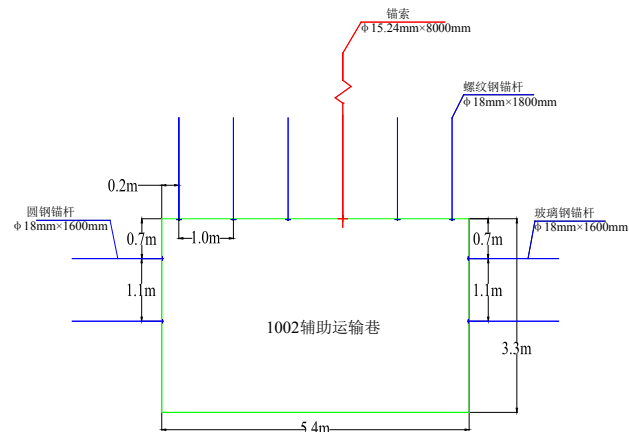


图 4 1002 辅助运输巷支护方案

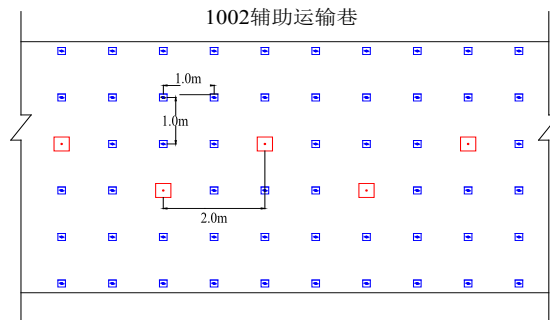


图 5 支护方案平面示意图

4.1.2 两帮支护

①正帮支护采用2根 $\phi 18 \times 1600\text{mm}$ 玻璃钢锚杆,端头锚固,锚杆间距为1100mm,排距1000mm,正帮网片采用双抗网,规格为 $2.0\text{m} \times 20\text{m}$ 。

②副帮支护采用2根 $\phi 18 \times 1600\text{mm}$ 圆钢锚杆,端头锚固,帮锚间距为1100mm,排距为1000mm,副帮网片采用冷拔丝网,规格为 $2000\text{mm} \times 1150\text{mm}$ 。

正帮、副帮支护方案分别如图6、图7所示。

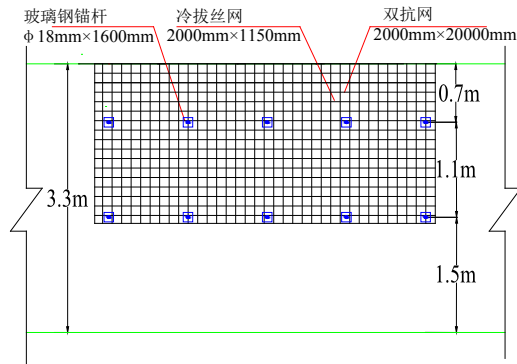


图6 帮部支护方案1

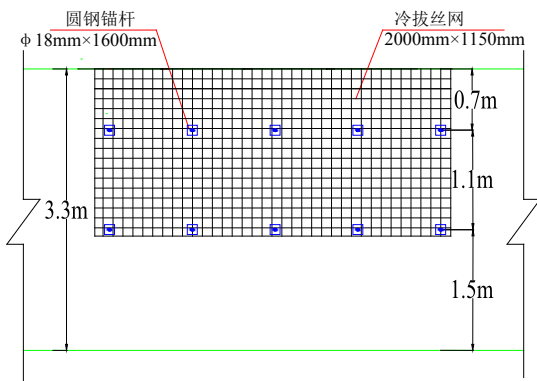


图7 帮部支护方案2

4.2 支护工艺

4.2.1 顶板锚杆支护工艺

掘锚机完成一个截割循环后,将掘锚机临时支撑降下,掘锚机向前移动一米,把冷拔丝网片平铺在掘锚机临时支撑上,升起临时支护支撑网片到顶板。

上升钻杆使钻头接近顶板,操纵钻机旋转阀及进给阀,进行钻眼,进行顶板锚杆支护。

对于顶板锚索,在完成铺网和邻近锚杆支护后开始支护锚索。

4.2.2 侧帮锚杆支护工艺

侧帮锚杆支护工艺与顶板基本相同。首先,钻杆插入夹具,同时钻机支撑架顶到侧帮。在确定钻孔位置后,顶紧钻机支撑架,并开始旋转。此时,钻机自动旋转钻孔和冲水。保持钻机推进,待钻孔到底时,将操纵杆退回原位,并将钻头退到合适高度,撤下钻杆,换上锚杆夹具,并将药包和锚杆插

入孔内,螺母放入夹具。

推动快进操纵杆,将锚杆推入孔内,旋转足够的时间,等待所规定的药包时间。最后,上紧螺母,退回钻机,撤回钻机液压架。如需要,则重复上述过程,完成其他侧帮锚杆,在完成所有钻锚工作之后,将锚杆机摆到垂直位置。

5 施工组织与管理

5.1 施工组织优化

5.1.1 施工作业方式

采用“三八”制作业,即两个班生产,一个班检修及质量标准化达标。其中:生产班每班生产8h,完成采煤、运煤、打锚杆、紧锚杆、接挂风筒和清理浮煤等工作。

检修班检修4h,生产4h,除每天进行设备的正常检修外,同时负责工作面机电设备搬迁、供排水管、电缆的延伸和吊挂、运送材料及质量标准化达标,为生产班的正常生产做好准备工作。

每一次交接班时间约为10~20min,其中3~5min交接,7~15min安全检查。20min的生产材料准备时间,然后进行正常掘进和锚杆支护。

5.1.2 劳动组织

一天24h的生产组织分为8点班的检修班、16点班及0点班的生产班。

第一,检修班组织。

本研究对设备检修时间进行优化,将以往8h检修优化为4h检修、4h生产作,在缩短一半时间的基础上如何来保证设备检修的质量并组织好下半个班的生产工作,采取以下主要措施促进检修质量和生产:

①设备检修达到责权清晰,减少设备故障率,保证设备开机率。

②井下检修工序和生产准备工作交叉平行进行。

第二,生产班组织。

检修是为了生产服务,生产是创造实绩的环节。生产班的现场组织对提高单进水平至关重要。生产班在提前了解井下现场情况,准备工具器材,缩短交接班时间外,最重要的还应具备如下几个方面:

①根据现场情况,灵活安排交叉或平行作业,把每个工序所需时间和空间结合起来,使之效率最大化。

②树立全局观念,合理分配工程量,把控整体掘进质量与速度。

5.2 管理制度与保障

5.2.1 班组制度建设

加强班组建设,从制度建设入手进行规范管理。结合上榆泉煤矿实际情况,建立和完善了班组建设规章制度,形成“工作有标准、岗位有责任、管理有制度、考核有依据、好坏有奖惩”的现代班组创建管理模式。

在班组建设硬件、软件环境方面,规划投入各类硬件设

备,健全班组长民主管理脉络,使班组建设和运行过程中能充分发挥每一位员工主观能动性,集众所长又形成思想统一。通过建立健全管理制度,明确地规定班组成员在安全工作中的具体任务、责任和权利,做到一岗一责制,使安全工作事事有人管、人人有专责、办事有标准、工作有检查,职责明确、功过分明,形成一个严密高效的安全生产管理责任系统。

5.2.2 人员素质培训

班组成员素质的高低是加强班组建设的关键环节。因此,采取各种方式对班组长及班组成员进行培训,如外出学习、脱产学习、鼓励自学等。使班组长能较为完整的拥有合理的知识架构。

首先,针对性地开展员工安全知识教育、业务技能教育和安全态度教育,使班组每一个成员都能够自觉遵守安全规章制度,养成正确的作业习惯和规范的作业行为,掌握在异常情况下处理意外事件的能力,减少事故的发生,保证施工质量和工程进度,消除事故隐患。

其次,构建优秀的基层班组,培育团队意识。主要做到以下几个方面:①树立起良好的思维模式,增强凝聚力和战斗力,树立团队意识,增强协作共事能力,树立纪律意识,保证班组的政令畅通、令行禁止。②积极开展和谐班组建设,将每个人的积极性和创造性调动起来,最大限度地挖掘蕴藏在每个人身上的潜能。③坚持班务公开制度,坚持按劳分配,切实维护组员切身利益,激励组员建言献策,发挥集体的智慧和力量共同推进班组建设。

6 结论

①通过对掘进设备技术参数、适应性条件进行对比,结合上榆泉煤矿实际技术装备情况,对10号煤层大断面回采巷道掘进设备进行选型以及配套优化,确定主要掘进及运输设备为:MB670掘锚机进行掘进、支护以及负担掘进迎头运煤工序,转载及运输设备使用一号联运车以及胶运皮带机等设备。

②依据掘锚机组截割头尺寸,并考虑到10号煤层赋存条件以及矿井实际需求,将10号煤层回采巷道断面设计为宽5.4m,高3.3m,采用锚网索联合支护,制定了依据掘锚机组等配套设备的快速支护工艺。

③对矿井掘进工作面施工组织及班组制度建设进行优化:一是作业方式优化,充分利用工时,采用各工种平行作业与顺序作业相结合的作业形式,检修时间由8h缩短为4h;二是加强班组制度建设及人员素质培训,形成“工作有标准、岗位有责任、管理有制度、考核有依据、好坏有奖惩”的现代班组创建管理模式;三是对掘进工作面掘进安全、顶

板管理以及支护安全进行严格要求,以确保大断面煤巷安全快速掘进。

④通过1002辅助运输巷工程实践,大断面煤巷快速掘进效果明显,平均每天进尺40~50m,月度达1300~1500m;通过效果对比发现:不同技术装备及支护方案条件下,1002辅助运输巷月掘进量为1001主运输巷的4~5倍;在相同技术装备,不同支护方案条件下,1002辅助运输巷月掘进量约为1001辅助运输巷的1.5倍。支护效果方面,根据顶板离层仪数据可知,1002辅助运输巷顶板离层量不超过8mm,围岩稳定,支护效果良好。

参考文献

- [1] 赵学社.煤矿高效掘进技术现状与发展趋势[A].中国煤炭学会短壁机械化开采专业委员会.2007短壁机械化开采专业委员会学术研讨会论文集[C].中国煤炭学会短壁机械化开采专业委员会,2007.
- [2] 王虹,黄华城.煤巷掘进设备发展状况与对策[J].煤炭科学技术,1994(2):8-11+63.
- [3] 王虹.我国煤矿巷道掘进技术和装备的现状与发展[J].煤炭科学技术,2010(1):57-62.
- [4] 任葆锐,王虹.煤及半煤岩巷道掘进设备技术发展概况与思考[J].煤矿机电,2000(5):63-66.
- [5] 郝建生.煤矿巷道掘进装备关键技术现状和展望[J].煤炭科学技术,2014,42(8):69-74.
- [6] 陈万虎.焦煤公司提高掘进单进水平的思考[J].中州煤炭,2009(9):53-54.
- [7] 代贵生.提高煤矿单产单进水平的有效途径[J].山西煤炭,2014(2):75-77.
- [8] 崔成芳,李冀,韩国安,等.影响全煤巷道单进水平的因素[J].内蒙古煤炭经济,2014(5):44-45.
- [9] 栗鲁平.煤矿巷道高效掘进技术及设备的研究现状[J].科技资讯,2011(10):136.
- [10] 杨小龙.综合机械化掘进设备的作用及影响因素[J].内蒙古煤炭经济,2015(10):61-62.
- [11] 任葆锐,刘建平.煤巷快速掘进设备的使用与发展[J].煤矿机电,2003(5):52-54.
- [12] 祝振洲.提高煤矿单产单进水平的有效途径探索[J].科技资讯,2013(31):62-63.
- [13] 王龙.怎样提高掘进单进水平[J].中小企业管理与科技(上旬刊),2015(11):87-88.
- [14] 赵学社.煤矿高效掘进技术现状与发展趋势[J].煤炭科学技术,2007(4):1-10.