



文章编号:1671-251X(2014)04-0023-05

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2014.04.006

丁震.我国煤巷掘进装备现状及发展趋势[J].工矿自动化,2014,40(4):23-27.

我国煤巷掘进装备现状及发展趋势

丁震

(神华集团有限责任公司 煤炭生产部,北京 100011)

摘要:介绍了中国煤巷掘进装备即掘进机组、连续采煤机组、掘锚机组、全液压钻车机组的组成及性能,分析了这几种装备的适用条件和技术特点,指出中国煤巷掘进装备的发展趋势:采用掘进支护平行作业实现掘锚机组快速掘进作业线;采用全断面掘进技术提高掘进效率;采用先进的自动化和信息化技术实现无人化作业。

关键词:煤巷;掘进装备;掘进机组;连续采煤机组;掘锚机组;全液压钻车机组

中图分类号:TD632.2

文献标志码:A

网络出版时间:

网络出版地址:

Status and development trend of tunneling equipments of coal drift in China

DING Zhen

(Department of Coal Production, Shenhua Group Co., Ltd., Beijing 100011, China)

Abstract: The paper introduced composition and performances of tunneling equipments of coal drift in China, namely roadheader unit, continuous miner unit, digging-bolt unit and full-hydraulic jumbo unit, and analyzed applicable conditions and technology characteristics of the equipments. It indicated development trend of the tunneling equipments of coal drift in China, that is using parallel operation of tunneling and supporting to realize rapid tunneling operation line of digging-bolt unit, using whole section tunneling technology to improve tunneling efficiency, using advanced technologies of automation and informatization to realize unmanned operation.

Key words: coal drift; tunneling equipment; roadheader unit; continuous miner unit; digging-bolt unit; full-hydraulic jumbo unit

0 引言

煤矿生产的重要生产环节是掘进和回采,采掘技术及其装备水平直接影响煤矿的安全高效。“十二五”期间,中国煤矿安全高效矿井建设已经进入一个新的发展阶段,采掘机械化程度不断提高,综采技术装备趋于大型化、高可靠性^[1-2]。回采工作面产能不断增大,出现了以神华神东上湾煤矿为代表的千万吨工作面,工作面推进速度为20 m/d,月回采推

进近500 m。采掘装备技术和效率也较以前有大幅度提高,煤巷掘进速度最高为每月1 300 m(连采工艺)。但目前中国煤矿掘进速度相对较慢,出现采掘失衡,已无法满足安全高效生产的需要。因此,提高煤巷掘进速度已成为实现安全高效矿井的必要条件和巷道掘进技术装备的发展方向。

1 煤巷掘进装备

目前,中国煤巷掘进装备已经实现了掘、装、运

机械化,主要有掘进机组、连续采煤机组、掘锚机组、全液压钻车机组 4 种类型。

1.1 掘进机组

掘进机组由悬臂式掘进机、转载机、可伸缩带式输送机、单体锚杆钻机、通风设备及供电系统等组成。作业方式为掘进机割煤 1 刀(或 2~3 刀)装煤后关机,挂前探梁,单体锚杆钻机作业,掘进和支护工作交叉进行。神华集团采用的掘进机组在 3 种巷道(煤巷、煤-岩巷、岩石巷道)的掘进速度为每月 188 m。

掘进机组的关键设备是悬臂式掘进机^[2],其性能决定掘进效率,部分悬臂式掘进机主要性能参数见表 1。

1.2 连续采煤机组

连续采煤机组由连续采煤机、锚杆钻机、运输系统、通风系统、供电系统等组成。连续采煤机组掘进支护采用交叉换位方式平行作业,连续采煤机在运输巷道掘进的同时,锚杆钻机在回风巷道进行锚杆支护作业,当连续采煤机完成 1 个掘进循环时,与锚杆钻机交换位置。运输巷道和回风巷道之间通过联络巷调动机器和完成运输任务。连续采煤机组运输方式有 2 种:① 间断式运输方式,配置包括连续采煤机、运煤车(梭车)、给料破碎机、锚杆钻机、铲车及

表 1 部分悬臂式掘进机主要性能参数

型号	最大掘进高度/m	最大掘进宽度/m	经济截割岩石单轴抗压强度/MPa	总功率/kW	截割功率/kW
EBZ100Z	4.63	5.3	≤60	163	100
S100	4.63	5.3	≤80	327	100
EBZ120CJ	4.20	5.8	≤60	186	120
EBZ150A	4.80	5.4	≤70	236	150
S150J	4.80	5.0	≤80	216	150
EBZ150	4.80	5.0	≤80	230	150
EBZ160CJ	4.60	5.5	≤80	261	160
S200M	5.10	6.5	≤60	301	200

带式输送机。② 连续式运输方式,配置包括连续采煤机、锚杆钻机、连续运输系统、带式输送机。连续采煤机组 90 年代开始在神东、兖州、黄陵等矿区使用,目前神华集团采用的连续采煤机组平均掘进速度为每月 879 m。

连续采煤机组的关键设备是连续采煤机,其性能决定掘进效率。中国煤矿使用的连续采煤机大多为进口设备,目前神华集团使用的主要为 JOY 连续采煤机,该采煤机主要性能参数见表 2。

表 2 JOY 连续采煤机主要性能参数

参数	型号					
	14CM09-11E	14CM15-11B	12CM15-10B	12CM15-10D	12CM15-10D	12CM27-11D
截割高度/m	1.50~3.10	1.08~3.00	1.55~3.68	2.60~4.60	2.10~4.60	2.41~5.00
生产能力/(t·min ⁻¹)	10~28	10~28	15~27	15~27	15~27	17~32
适应倾角范围/(°)	纵向:±17,横向:5	纵向:±17,横向:5	纵向:±17,横向:5	纵向:±17,横向:5	纵向:±17,横向:5	纵向:±17,横向:5
总功率/kW	609	590	553	553	621	750
电压/V	1 140	1 140	1 140	1 140	1 140	3 300

1.3 掘锚机组

掘锚机组由掘锚机、运输系统、通风系统、供电系统等组成,采用的是掘进割煤和锚杆支护平行作业方式。掘锚机组运输方式有 3 种:① 梭车+给料破碎机+带式输送机后配套系统;② 带式转载机+带式输送机后配套系统;③ 行走式破碎转载机+带式转载机+带式输送机后配套系统。从 2002 年开始,掘锚机陆续在神东、晋城、兖州等矿区使用,目前神华集团使用的掘锚机组平均掘进速度为每月 596 m。

掘锚机组的关键设备是掘锚机,掘锚机将切割、装运、行走、锚杆支护、机载除尘等功能集于一体,是连续采煤机和锚杆钻机的有机结合。中国引进的掘

锚机主要有 ABM20 型、MB670 型、JOY12CM15 型等^[3],目前神华集团使用的主要为 ABM20 型、MB670 型掘锚机,这 2 种掘锚机主要性能参数见表 3。

表 3 ABM20 型、MB670 型掘锚机主要性能参数

参数	型号	
	ABM20 掘锚机	MB670 掘锚机
采高范围/m	截割:2.8~4.5,支护:2.8~3.8	截割:2.7~4.6,支护:2.7~3.8
生产能力/(t·min ⁻¹)	20	装载:25,截割:8.5~21.0
总功率/kW	510	510
对地压力/kPa	230	—

1.4 全液压钻车机组

全液压钻车机组是以钻爆法为主的全液压钻车配侧卸装岩机岩石巷道机械化作业线。中国大断面岩石巷道快速高效机械化综合配套作业线以CMJ17履带式全液压钻车配ZC-3履带式侧卸装岩机为代表。全液压钻车机组因矿井运输及地质条件的不同有以下几种配套形式:①胶轮车运输矿井,底板较硬或硬化的岩石巷道:钻车-侧卸车(装载机)-移动矸石仓-胶轮车;钻车-扒渣机-移动矸石仓-胶轮车。②胶轮车运输矿井,底板较软的长距离岩石巷道:钻车-扒渣机-带式输送机-胶轮车;钻车-扒渣机-带式输送机-移动矸石仓-胶轮车。③胶轮车运输矿井,底板较软的短距离岩石巷道:钻车-侧卸车(装载机)-胶轮车;钻车-侧卸车(装载机)-移动矸石仓-胶轮车。④轨道运输矿井,长距离大断面岩石巷道:钻车-扒渣机-移动矸石仓-矿车;钻车-扒渣机-带式输送机-移动矸石仓-矿车。⑤轨道运输矿井,长距离小断面岩石巷道:钻车-侧卸车(装载机)-移动矸石仓-矿车。⑥轨道运输矿井,短距离大断面岩石巷道:钻车-扒渣机-矿车;钻车-扒渣机-移动矸石仓-矿车;钻车-侧卸车(装载机)-矿车;钻车-侧卸车(装载机)-移动矸石仓-矿车。⑦轨道运输矿井,短距离小断面岩石巷道:钻车-侧卸车(装载机)-矿车;钻车-侧卸车(装载机)-移动矸石仓-矿车。

神华集团使用的全液压钻车机组(表4)主要应用在车场、边界辅运巷、水平轨道巷、集中运输巷等坡度较小的岩石巷道,最小断面为4.0 m×3.2 m,最大断面为5.2 m×5.1 m,岩性主要为泥岩、炭质泥岩、粉砂岩和砂岩,岩石单轴抗压强度系数为3~8。根据地质条件及矿井运输形式,实际应用配套方式有3种:①神华宁煤公司石沟驿、焦煤、金能公司采用钻车-侧卸车(装载机)-矿车或刮板输送机。②神华宁煤公司羊场湾、石槽村、金凤煤矿采用钻车-侧卸车(装载机)-胶轮车。③神华宁煤公司羊场湾、石沟驿煤矿采用液压钻车-扒渣机-胶轮车或带式输送机或刮板输送机。

2 煤巷掘进装备适应条件及优缺点

2.1 掘进机组

适应条件:适用于巷道断面≥6 m²,煤(岩)单轴抗压强度≤80 MPa,巷道倾角≤25°的煤巷、煤-岩巷道、岩石巷道单巷掘进。

优点:适用地质条件范围广,能够适应煤巷、半

表4 神华集团使用的全液压钻车机组主要技术参数

设备名称	型号	主要技术参数
全液压掘进钻车	CMJ17/27	外形尺寸(长×宽×高):7 200 mm×1 100 mm×1 650 mm/8 000 mm×1 200 mm×1 800 mm;钻孔直径:27~55 mm;钻孔深度:2 130/2 530 mm;适应断面:17. 5/27. 6 m²;装机容量:45 kW
		装载能力≥120/180 m³/h;挖掘宽度≥3 600/5 900 mm;挖掘高度≥2 500/3 650 mm;挖取距离≥1 750/
扒渣机	ZWY-120/180	2 300 mm;卸载高度≥1 850/2 700 mm;挖掘深度≥600/900 mm;爬坡能力≥25°;电动机功率:55/78 kW;行走速度:0. 3~0. 4 m/s

煤-岩巷道、岩石巷道的巷道掘进^[4]。

缺点:①在煤巷掘进中,相对于连续采煤机组、掘锚机组效率较低。②在岩石单轴抗压强度系数*f*>6时,岩石巷道掘进中相对于全液压钻车机组效率较低。③设备综合利用率低,掘护不能同步,有效掘进时间仅占掘进机组运行时间的40%。④安全性相对较低,由于不能实现远程操作或无人作业,并且不能实现边掘进边支护,导致掘进机操作人员在无支护空顶区域工作,安全系数相对较小。

2.2 连续采煤机组

适应条件:适用于煤层厚度为2. 6~4. 6 m,煤(岩)单轴抗压强度≤40 MPa,顶板中等稳定、底板不易软化,巷道倾角≤16°的煤巷双巷(多巷)掘进及短壁机械化采煤工艺。

优点:①煤巷双巷(多巷)掘进效率高。在煤巷双巷(多巷)掘进中,掘进和支护实现平行作业;后配套系统采用连续运输,是目前所有掘进技术装备中效率最高的。②能够提高资源回收率,适合作为井田范围内不适宜布置综采工作面的的边角煤块段回采的辅助采煤方法。

缺点:①不能实现全断面一次成巷,连续采煤机组遇到大断面(宽度为4~5 m)掘进时,需要进行二次截割,对底板破坏严重,并且效率相对较低。②安全性相对较低。由于不能实现远程操作或无人作业,并且同一巷道掘进时不能实现边掘进边支护,导致连续采煤机操作人员在无支护空顶区域工作,安全系数相对较小。③间接成本高。由于连续采煤机组必须是双巷(多巷)掘进,并且联络巷间距小于50 m,在增加联络巷掘进工程量的同时增加了构筑密闭工程量,从而增加了间接成本。

2.3 掘锚机组

适应条件:适用于煤(岩)单轴抗压强度 ≤ 60 MPa,巷道倾角 $\leq 16^\circ$,顶板稳定性差的煤巷、煤-岩巷大断面单巷掘进。

优点:①单巷掘进效率高,能够实现单巷掘进支护平行作业。②安全性相对较高。由于能实现边掘进边支护及远程操作,掘进机操作人员在支护区域工作,安全系数相对较高。③能够实现一次成巷,JOY12CM15型掘锚机组巷道一次截割宽度为5 m。④间接成本相对较低。由于掘锚机组减少了联络巷工程量,在有效减少无效进尺的同时减少了构筑巷道密闭工程量,从而降低了生产成本。

缺点:①掘进和支护不平衡,受设计制约,掘锚机在割煤、落煤、装煤的同时只能单一的支护顶锚或帮锚,无法实现顶锚、帮锚同时支护,造成掘进和支护不平衡,降低了生产效率^[5]。据统计,神华神东布尔台矿6台掘锚机割煤时间通常占总运行时间的20%~24%,而支护时间占到75%~78%,掘进等支护的弊端极大地制约了掘进效率。②与掘进机组拱形巷道相比,掘锚机组掘矩形巷道两帮压力显现明显,容易片帮,巷道两帮需打锚杆挂网支护。

2.4 全液压钻车机组

适应条件:适用于巷道倾角 $\leq 14^\circ$ 的煤-岩巷道、岩石巷道掘进。

优点:①凿岩速度快。全液压钻车机组双臂凿岩,速度为0.8~2.0 m/min,与人工打眼相比,效率显著提高。②全液压钻车机组机动灵活。③相对于人工打眼,全液压钻车机组用人少,工人劳动强度低。④岩石巷道全断面实现了一次钻眼、一次定炮、一次起爆、一次支护的掘进技术,在保证岩石巷道全断面支护质量的同时,提高了效率。在目前装备水平下,全液压钻车机组硬岩石巷道的掘进效率较高,月进尺为130 m。

缺点:①安全性较差。全液压钻车机组采用钻眼爆破工艺,安全性相对较低。②全液压钻车机组钻装不能同步作业,装运不连续,设备综合利用率低。

3 煤巷掘进装备发展趋势

目前,国内煤巷掘进大多采用掘进机组、连续采煤机组或掘锚机组3种方式。岩石单轴抗压强度系数 $f \leq 6$ 的岩石巷道或煤-岩巷道掘进多采用大功率、重型化掘进机组掘进。岩石单轴抗压强度系数 $f > 6$ 的岩石巷道掘进多采用钻爆法工艺配套全液

压钻车机组。由于综采装备的高速发展,巷道掘进装备技术已满足不了中国高产高效煤矿建设的需要,未来巷道掘进装备的发展将在以下几方面有较大的突破。

3.1 煤-岩巷道及岩石巷道掘进装备发展趋势

(1)实现掘进支护平行作业,通过加强前探梁临时支护的研究,研制自移迈步式液压临时支护装置,实现掘进支护平行作业。

(2)实现掘进支护平衡,积极引进多臂锚杆钻车等现代化设备,缩短支护时间,提高支护效率,实现掘进支护平衡。

(3)提高掘进机组装备自动化水平,实现远程操控或无人作业。

(4)积极探索岩石巷道掘进新技术。目前神华集团正在积极探索新的掘进装备,如神华新疆公司涝坝湾煤矿正在运用盾构机组开拓巷道,岩石巷道掘进月进尺为300~400 m。

3.2 煤巷掘进装备发展趋势

(1)通过掘进支护平衡及掘进支护平行作业,实现煤巷掘锚机组快速掘进作业线。目前制约掘锚机组煤巷掘进的关键技术是掘进支护不平衡,需要进一步完善掘锚机组,着力研究巷道支护工艺及装备,努力实现掘锚机全断面掘进、跨骑式全液压锚杆锚索钻车永久支护、带式输送机连续运输的煤巷快速掘进作业线。目前,神华集团正在神东大柳塔煤矿试验快速掘进成套设备,由掘锚机、跨骑式八臂锚杆钻车、两臂帮锚杆钻车、转载机、履带式自移机尾、迈步式自移机尾等组装而成的快速掘进系统(设计掘进速度为每月4 000 m,实际已达每月1 500 m),从而实现采掘、支护、运输3套系统的最佳匹配,大幅提高巷道掘进效率。

(2)采用全断面掘进技术提高掘进效率。目前,掘锚机组仅能够实现5 m巷道一次成巷,连续采煤机组巷道截割宽度为3.5 m,需要积极探索引进国外先进的全断面掘进技术装备,减少二次移位对掘进效率的损失。

(3)实现无人化作业。通过吸收国内外成熟先进的自动化和信息化技术,采用自主开发和集成创新方式,对巷道地质条件、掘进机组运行状态、掘进机定位导向等全过程进行数字化表达,实现无人化作业的目标。

4 结语

目前,中国部分煤巷掘进装备单进水平已接近或达到国际先进水平,但中国煤矿地质构造相对复

杂,要根据地质条件认真对上述 4 种掘进机组进行分析研究,选择适宜的掘进机组以使单进水平最大化。同时要密切关注新技术新装备的应用,将机械工业、信息产业等发展成果与煤巷掘进紧密结合,推动煤巷掘进装备的发展,为提高煤矿单进水平提供技术支撑。

参考文献:

[1] 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,2010,38(1):62-67.

[2] 姚雪松. 煤矿巷道掘进机械装备发展浅析[J]. 黑龙江科技信息,2011(23):87.

[3] 李跃宇,吴志海. 我国煤矿掘进装备技术发展的思路[J]. 煤炭科学技术,2000,28(9):49-52.

[4] 刘传军,韩冰,杨洪民. 我国悬臂式重型掘进机的现状与发展趋势[J]. 煤炭技术,2009,28(11):8-9.

[5] 赵学社. 煤矿高效掘进技术现状与发展趋势[C]//2007 短壁机械化开采专业委员会学术研讨会,太原,2007.