

无底柱分段崩落法开采过程的机械化应用研究

韩鹏举¹, 赵书刚²

(1. 八钢矿业富蕴蒙库铁矿有限责任公司, 新疆 富蕴 836100; 2. 中冶武勘工程技术有限公司, 湖北 武汉 430000)

[摘要] 在无底柱分段崩落法开采的井下矿山,其矿石开采和巷道掘进工序主要包括巷道掘进、爆破回采、浮石清理、二次破碎、巷道支护、溜井施工等,通常均需要大量人工现场作业。巷道掘进和回采工序作业人员长时间暴露在作业面下,劳动强度大、作业环境差,同时存在冒顶、片帮、设备打击等安全风险。蒙库铁矿在采掘作业循环中全面使用台车,利用先进采掘作业工艺实现机械化作业,提升作业本质化安全,改善作业环境,降低人员劳动强度。通过现场生产实践已形成了一条完整的安全、高效的机械化作业线,实现减人的目标。

[关键词] 无底柱分段崩落法; 巷道掘进工序; 采掘作业循环; 机械化减人; 本质化安全

[中图分类号] TD853.362 **[文献标志码]** B **[文章编号]** 1003-8884(2022)05-0014-05

DOI:10.19611/j.cnki.cn11-2919/tg.2022.05.004

0 引言

2015年6月,国家安监局下发了《关于开展“机械化换人、自动化减人”科技强安专项行动的通知》,意在从根本上减少煤矿、金属非金属矿山、危险化学品和烟花爆竹等重点领域的重大事故发生,实现“零死亡”目标^[1-3];2017年1月,国务院印发《安全生产“十三五”规划》,始终围绕矿山等高危行业领域实施“机械化换人、自动化减人”,推广和普及智能装备在矿山中的应用,减少相关高危岗位的作业人员数量^[2];同年,国家安监总局、国家煤监局印发《单班入井超千人矿井科技减人工作方案》明确提出,要依靠科技进步,加强先进技术装备的研发、简化生产工艺、减少生产流程,深入推进“机械化换人、自动化减人”^[4]。

为响应国家相关政策要求,许多矿山企业进行了不同的探索,夏会辉等研制了自吸式潜水泵和风机、转载点自动喷雾装置、乳化液泵站自动供水装置等,满足正常抽水、防尘、供水作业要求的同时实现了科技减人的目标^[5];胡成军等建立了煤研分时分

运系统、探索应用深浅孔联合注浆巷修工艺、研发综采工作面成套回撤工艺等,大幅减少生产成本和人员数量^[6];蔡德芳等从劳动组织方面出发,简化矿井系统,优化劳动组织,提升四化水平,实现矿井减人提效目标等^[7];侯占友等认为应推进劳动定额定员管理融入生产,并规范劳动用工管理来达到减人增效的目标^[8]。随着矿山机械化水平不断提高,减人提效必将成为主流^[9]。

蒙库铁矿采用竖井-平硐-主斜坡道联合开拓,采矿方法为无底柱分段崩落法,矿山生产过程包括凿岩、爆破、浮石清理、二次破碎、巷道支护、溜井施工等作业工序,均以人工施工为主,依靠人工手持式凿岩机和撬毛工具等作业。人工作业劳动强度大、效率低且危险性较高,工作现场冒顶、碎片飞溅、粉尘、浮石打击等对操作人员的存在极大安全隐患,并且人工作业清理浮石不彻底等,易留下事故隐患威胁巷道作业安全。蒙库铁矿针对地下巷道安全风险,采取从结果管理向过程精细化管控转变,采用过程和结果“双管齐下”的方式,控制采掘工艺流程中巷道顶板等的安全风险,优化采掘工艺,降低采掘施工安全风险,逐步推进各工序机械化作业,确保生产安全进行。

1 矿区概况

蒙库铁矿位于阿尔泰山中部的西南山区,是新疆北部一座规模最大的铁矿床。矿体厚度最大

[收稿日期] 2022-08-06

[作者简介] 韩鹏举(1988—),男,甘肃临洮人,采矿工程师,大学本科,主要从事采矿生产技术管理工作,现任八钢矿业富蕴蒙库铁矿有限责任公司副经理。

[引用格式] 韩鹏举,赵书刚.无底柱分段崩落法开采过程的机械化应用研究[J].有色设备,2022,36(5):14-18.

35.53 m,最小2.89 m,平均12.99 m,厚度分布频率以5~10 m居多,总体走向约300°左右,倾向NE,倾角75°~89°。蒙库铁矿围岩主要为角闪变粒岩,仅在矿体西端见少量条带状角闪变粒岩,其他矿体围岩主要为条带状角闪变粒岩、角闪变粒岩、黑云角闪片麻岩,围岩与矿体呈整合接触关系。矿床矿石矿物成分复杂、种类繁多,以磁铁矿矿石为主,矿体内夹石主要分布在1号矿体中,夹石呈不规则脉状、细脉状、条带状、透镜状分布,夹石的组成主要是角闪变粒岩,少量黑云角闪斜长片麻岩、磁铁矿石榴石岩、磁铁变粒岩。矿石普氏系数 $f = 16 \sim 18$,岩石 $f = 8 \sim 12$ 。

目前开采的1070-938中段矿体分布于119~134线之间,埋藏标高1212.5~863 m。属于挂帮矿体开采,巷道形状为三心拱,巷道根据矿体条件采用沿脉走向布置和垂直矿体走向布置,大多巷道沿走向布置。受露天爆破振动和风化影响,挂帮矿体巷道顶板较不稳定,大部分巷道在采矿时,冒顶脱落现象较为频繁。

2 井下各工序装备作业现状及问题

蒙库铁矿的生产过程主要分为巷道掘进、爆破回采、浮石清理、二次破碎和巷道支护等五个作业工序,均以人工作业为主,作业效率低,劳动强度大且存在各种安全问题。

2.1 巷道掘进

蒙库铁矿井下矿巷道掘进凿岩使用气腿式手扶钻机,手持钻每班需要3~4人同时作业,凿岩时间为8~10 h,单循环进尺在2.2~2.4 m。操作人员手持钻机距作业面1米左右,操作人员暴露在作业面下,发生冒顶、片帮后,人员面临的安全风险较高,人员效率较低,劳动强度大。

2.2 爆破回采

蒙库铁矿地下矿上向中深孔回采爆破采用BQF-100型风动装药器,使用膨化硝酸铵袋装炸药,非电导爆管雷管分段起爆。每个回采进路一次爆破1~2排位,每天爆破4~5个排位需涉爆人员约18人,装药量约2 t,装药时间约6 h。装药过程中返药量28.52%~31.7%,炸药单耗0.40 kg/t,大块率约3.98%。2020年地下矿在回采爆破作业过程中出现推排32次,悬顶5次,其中因装药密度不足造成的爆破故障达68%。装药作业现场环境较差、爆破

作业人员劳动强度大。

2.3 浮石清理

地下矿山开采和巷道掘进作业过程中,爆破后由于岩石受到各种作用力的冲击,岩体松动,巷道顶部及两侧的浮石不稳固,在采掘作业循环中需要及时清理不稳固、随时都有掉落可能的浮石,以确保现场操作人员及设备的安全。清理浮石主要是人工手持式撬毛设备作业。

人工手持式撬毛设备清除浮石,劳动强度大、效率低,而且危险性比较大,工作现场冒顶、碎片的飞溅、粉尘飞扬、岩石突然移动等,对操作人员的安全存在极大的隐患,并且受到人力的限制有时浮岩清理很不彻底,留下事故隐患威胁下道作业安全。

2.4 二次破碎

地下矿山开采过程中,由于岩性变化、装药密度变化、地质构造(如裂隙、溶洞、小断层等)影响,会产生大于入破规格的矿石块度,而且大块量随产量的提升成倍增加。大块二次破碎主要是人工手持气腿式凿岩机钻孔后,装药爆破作业,以达到二次破碎的效果。

此种作业通过人工手持气腿式凿岩机钻孔、爆破作业等工序,作业工序复杂、劳动强度大,而且危险性大,工作现场存在顶板浮石、高压风管断裂、噪声、粉尘、振动、冲击波等危险和危害因素,对操作人员人身安全及职业卫生健康存在极大的隐患,并且受到人力及工序限制破碎作业不灵活,效率低下。爆破后存在残余爆破器材等,对铲装作业留下事故隐患,威胁下道工序人员、设备作业安全。

2.5 巷道支护

锚杆支护使用气腿式手扶钻机,操作人员手持钻机站在搭设的平台上作业,操作人员暴露在顶板下,发生冒顶、片帮后,人员面临的安全风险较高。作业期间每班需要2~3人同时作业,凿岩时间为8~10 h,锚杆施工量约80 m/班。支护效率较低,人员劳动强度大,质量不可控,粉尘、噪音、振动等职业危害突出。

喷浆支护作业使用喷浆机作业,人员手持喷砂管在喷浆作业面作业,粉尘大,回弹料多,作业环境差。喷浆机上料人员每班4人,劳动强度大,效率低。每班5人作业,作业时间8小时,喷浆约15 m³。

3 开采过程的机械化应用

为消除人工作业带来的安全风险和隐患,蒙库

铁矿井下铁矿石开采和巷道掘进作业过程中,凿岩、爆破、浮石清理、二次破碎、巷道支护、溜井施工等工序在作业过程中,逐步用大型设备替代人工手工作业。经过多年的实施,机械化作业达到98%。各工序大型机械设备的应用,适应井下矿生产工艺,符合当代矿山发展趋势。

3.1 巷道掘进凿岩台车

巷道掘进凿岩台车能够全面提升本质化安全。作业人员距作业面距离由1米增加至8米,消除了人工凿岩作业的安全存在的重大隐患。消除了高压风对人机伤害和人工凿岩作业的安全存在的重大隐患,为下道工序实施提供了基本的保障。

通过巷道掘进凿岩台车,平巷掘进凿岩台车全面替代人工凿岩作业,作业人员减少1人/班。2018—2020年使用凿岩台车后加权平均可完成260 m³/台月。在相同进尺下,260 m由人工凿岩需要3人684工时完成(凿岩工3人,8 h作业,进尺2.4 m),凿岩台车施工需2人272工时完成(2人,4 h作业,进尺3 m)。人员减少1人,效率提升50%,作业时间减少412个工时,提升劳动效率150%。

使用掘进凿岩台车后掘进每炮进尺由原来的人工凿岩2.2~2.4 m提升到3~3.5 m,钻杆3.7 m的情况下(开口刷帮),每班次进尺为3 m。在钻杆4.3 m的情况下(直巷),每班次进尺为3~3.5 m,单炮掘进米数提升33%。凿岩时间由8 h减至4 h,减少工序循环时间4 h。

凿岩台车能够全面降低了作业面粉尘,改善了职工工作环境。消除了水雾、减少了噪声以及震动对身体的伤害。

3.2 爆破装药台车

装药台车在矿山的应用,可以大幅减轻工人劳动强度,提升机械化程度。人员在眉线口下作业时间大幅减少,降低装药作业安全隐患,提高装药作业的本质安全性。

通过使用装药台车,在蒙库铁矿大幅减少回采爆破人员,装药速度约80 kg/min,装药量由0.3~0.5 t/h提升至3.6~4.8 t/h,单排装药均在1 h内完成,提高作业效率。采用自动装药,装药过程中速度、压力稳定,退管速度一致,炮孔内装药密度均匀,代替人工凭经验装药,有效提高爆破效果。进一步提升井下矿产能。

另外,使用混装乳化炸药,作业过程不产生粉

尘,装药返药率 $\leq 1\%$,作业现场干净、无粉尘。

3.3 撬毛台车

人工撬毛人员暴露在顶板下部,台车操作人员在顶棚下操作,安全系数较人工高。作业人员距作业面距离由1米增加至8米,消除了人工撬毛作业的安全存在的重大隐患,提升本质化安全^[10]。

使用撬毛台车,蒙库铁矿掘进作业面每2个分层配备2名撬毛工,蒙库铁矿掘进面至少配备6名撬毛工,回采作业面至少配备4名撬毛工。撬毛台车使用后合计人员可减少6人,提升劳动效率150%。撬毛台车较人工移动速度快,灵活性高,处理浮石覆盖面更广。

3.4 二次破碎台车

人工破碎及二次破碎人员暴露在顶板下部,长时间近距离接触大块等,驾驶室全部采用100 mm \times 100 mm \times 10 mm高强度矩形钢,顶部采用10 mm厚度整块钢板覆盖在支撑梁上,内有多根加厚矩形钢管支撑,可抗击8.9吨静压力。台车操作人员在顶棚下操作,安全系数远远高于人工。

蒙库铁矿二次破碎每班配备4名凿岩工。破碎台车使用后合计人员可减少1人,提升劳动效率300%。移动破碎台车性能稳定、操作简单、安全可靠、适用范围广、维护保养简单、使用寿命长、工班效率高、灵活性高、覆盖面积大、可承受高强度的冲击力,满足自由拨动矿岩的需要,人工二次破碎处理能力20 t/h,台车破碎处理能力30 t/h,效率提升50%。

破碎台车选用康明斯欧III排放标准定发动机,在井下通风条件不好的情况下有效的降低了排放污染,可达到无异味,无烟尘。破碎台车替换爆破作业,杜绝了二次爆破破碎产生的粉尘、一氧化碳、氮氧化物等有毒有害气体,大幅减少二次破碎对井下空气的影响。

3.5 锚杆台车、喷浆台车

台车操作人员在顶棚下或者遥控器操作,远离作业面,安全系数高,支护质量可控,为下道工序的实施提高了安全保障。锚杆台车和喷浆台车的应用,在环保方面能够全面减少粉尘,达到回弹料少,作业环境明显改善。

蒙库铁矿在各工序均实施了机械化减人应用,在巷道掘进工序中由原有的气腿式手扶钻机替换为巷道掘进凿岩台车。在爆破回采工序中有原有的

BQF-100型风动装药器人工装药替换成爆破装药台车,在浮石清理工序中由原有的人工手持式撬毛设备替换为撬毛台车,在二次破碎工序中由原有的人工手持气腿式凿岩机替换为二次破碎台车,在巷道支护工序中由原有的气腿式手扶钻机和喷浆机手持喷浆管替换为锚杆台车和喷浆台车。随着井下设备向着大型化、机械化和智能化的方向不断发展,安全效益、效率提升、环保效益、直接经济效益等四个方面的应用效益也得到了更具体的显现。

4 机械化应用效益分析

蒙库铁矿采用无底柱分段崩落法开采,其矿石开采和巷道掘进工序通过机械化将大量现场作业人员减少,降低了安全风险。在采掘作业循环中全面使用掘进凿岩台车、装药台车、撬毛台车、二次破碎台车、锚杆台车和喷浆台车等,形成了一条完整的安全、高效的机械化作业线,在提升作业本质化安全,改善作业环境,降低人员作业劳动强度的同时实现可观的经济效益。

(1)巷道掘进凿岩台车直接经济效益:优化18人,18人 \times 6000元 \times 12月=129.6万元/年。

(2)爆破装药台车直接经济效益:大幅减少劳动人员,人工装药人员的18人装药人员减少至6人,可代替人员为12人,产生经济效益每年约为12人 \times 1.4万元 \times 12月=201.6万元。

(3)撬毛台车直接经济效益:减人人员6人,6人 \times 6000元 \times 12月=43.2万元。

(4)二次破碎台车直接经济效益:节省炸药2t/月,导爆索1万米/月,每年节省 $(1.38 \times 2 + 1) \times 12 = 45$ 万元。

(5)锚杆台车、喷浆台车直接经济效益:减少人员4人,3人 \times 1.4万元 \times 12月=50.4万元/年。

5 结论

随着行业发展及内外部环境挑战加剧,地下矿

山开采设备朝着大型化、机械化的转变及应用,随之带来的效益也愈发凸显。

(1)大型化、机械化装备应用,利用大产能先进设备,可以直接减少危险环境中人员暴露数量和时间,使得矿山可以轻量化组织生产,降低人员、材料风险,避免重大安全事故发生。

(2)先进装备应用,使得矿山能够实现钻爆运关键环节产能提升,降低生产成本,大大提高企业应对市场能力。

(3)大型装备应用及后续智能化改造,可以有效改变操作人员长时间井下密闭、高粉尘环境作业时间,改善作业条件,减轻劳动强度,利于人员身心健康。

技术发展日新月异,大型机械化设备满足井下矿生产需求和技术要求,已形成了一条完整的机械化作业线,改善了作业条件,减轻了劳动强度,可以在同类矿山推广应用以实现减人增效。

[参考文献]

- [1] 国家安全监管总局开展“机械化换人、自动化减人”科技强安专项行动[J]. 中国安全生产科学技术,2015,11(6):181.
- [2] “机械化换人 自动化减人”[J]. 劳动保护,2017(3):16-17.
- [3] 杨焕宁. 煤矿企业要推进“机械化换人、自动化减人”[J]. 劳动保护,2016(7):10.
- [4] 建信.《单班入井超千人矿井科技减人工作方案》印发[J]. 建井技术,2017,38(2):1.
- [5] 夏会辉,杨剑山,朱荣昌,等. 复杂地质条件下科技减人技术研究与应用[J]. 煤,2018,27(3):26-28.
- [6] 胡成军. 复杂条件下千万吨矿井科技减人提效研究与实践[J]. 山东煤炭科技,2020(1):174-177.
- [7] 蔡德芳,王亮亮. 复杂矿区老矿井减人提效研究[J]. 科技视界,2020(22):127-128.
- [8] 刘晋歌,张强勇. 基于煤矿生产单位科技减人、优化劳动组织的思考[J]. 内蒙古煤炭经济,2019(21):79.
- [9] 侯占友. 浅谈煤炭企业减人提效[J]. 现代经济信息,2015(3):94.

Study on the Mechanization Application of Bottomless Column Segmental Crumbling Mining Process

HAN Peng-ju, ZHAO Shu-gang

Abstract: In underground mines explored by the bottomless column segmented crumbling mining method, the ore mining and roadway excavation processes mainly include roadway excavation, blasting and recovery, pumice cleaning, secondary crushing, roadway support, shaft construction, etc., which usually require a lot of manual on-site work. The operators of roadway digging and recovery process are exposed to the working surface for a long time, which is labor-intensive and has poor working environment, and there are safety risks such as roofing, flaking and equipment strike. Adopting advanced mining operation technology, the Mengku iron ore mine uses dollies in all aspects of the mining operation cycle to realize mechanized operation. This enhances the essential safety of operation, improves the operating environment and reduces the labor intensity. Through on-site production practice, a complete, safe and efficient mechanized operation line has been formed to achieve the goal of reducing manpower.

Key words: bottomless column segmented crumbling mining method; roadway excavation process; mining operation cycle; mechanization to reduce manpower; intrinsic safety ▲

敬告读者

为了加快稿件处理速度,缩短稿件出版周期,方便广大作者投稿及查询稿件处理情况。本刊开通由中国知网提供的“腾云”网络采编系统,作者投稿请注册并登录本刊主页上的“作者投稿系统”进行相关操作,网址 <https://yssb.cbpt.cnki.net/>。注册登录后可以向本刊投稿并查询稿件处理状态。请勿重复注册,否则可能导致您的信息查询不完整。

本刊文章数字版可在中国知网(<http://www.cnki.net>)、万方数据知识服务平台(<https://www.wanfang-data.com.cn/>)、维普网(<http://www.cqvip.com/>)下载使用。本刊从未委托任何单位或个人组稿或代收、代转稿件,作者咨询投稿事宜请拨打编辑部办公电话 010-63936591 联系。

《有色设备》编辑部