白云鄂博西矿绿色矿山建设实践*

赵 剑,崔 凤,裴 斌,郭丽东,郭建新,朱 磊,张 波

(内蒙古包钢钢联股份有限公司巴润矿业分公司,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 白云鄂博西矿是一座大型露天铁矿,文章以白云鄂博西矿绿色矿山建设为例,围绕白云鄂博西矿采矿、选矿、尾矿排放和矿浆输送,从矿区环境保护、资源综合利用及节能减排、数字化矿山建设等方面介绍白云鄂博西矿在绿色矿山建设方面采取的措施及取得的成果,并针对现存不足之处进行探讨,为西矿今后的建设和发展提供依据。

关键词: 绿色矿山; 白云鄂博西矿; 数字矿山

中图分类号: F407.1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2019)05-0009-03

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2019.05.003

Construction Practices on Green Mine of Bayan Obo West Mine

Zhao Jian, Cui Feng, Pei Bin, Guo Li-dong, Guo Jian-xin, Zhu Lei, Zhang Bo

(*Barun Mining Branch Co. of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: The Bayan Obo West Mine is a large open pit iron mine. In the paper, it is introduced the measures taken and achievements of constructing green mine of Bayan Obo West Mine from such aspects as environmental protection of mine, comprehensive utilization of resources, energy conservation and emission reduction and construction of digital mine for mining, beneficiation, tailings discharging and ore pulp conveying of Bayan Obo West Mine by taking the construction as the example. Moreover, the existing shortcomings are discussed to provide the basis for the future construction and development of West Mine.

Key words: green mine; Bayan Obo West Mine; digital mine

生态问题是当今人类社会面临的重大问题之一,保护生态环境已成为全球形势。发展绿色矿业、建设绿色矿山是落实十九大精神的重要举措,是生态文明建设的重要内容[1]。白云鄂博西矿自建矿以来就坚持走可持续发展道路,促进矿产资源开发与生态环境相协调。借鉴国内外绿色矿山建设的先进经验、技术,结合自身特点进行改进,从矿山开采、选矿技术、尾矿排放及矿浆管道输送等方面取得了良好的经济效益和社会效益。

1 白云鄂博西矿简介

白云鄂博西矿(以下简称白云西矿)位于内蒙古包头市达尔罕茂明安联合旗,是世界著名的白云鄂博矿床最大的矿体群,属低磷、低氟、低稀土大型铁矿床。白云西矿矿物种类繁多,已发现的矿物就有100多种,目前比较有工业价值的是铁矿石、含铁铌、稀土矿物、萤石。目前白云西矿已建成了集矿石开采、加工、输送为一体的大型铁原料生产基地,实现了采、

* 收稿日期:2019-01-01

作者简介:赵 剑(1991-),男,内蒙古乌兰察布市人,硕士,助理工程师,现从事矿山地质工作。

中国知网 https://www.cnki.net

选、输一体化的新型现代化数字矿山。但白云鄂博西矿地处高寒干旱地区,面临着地质条件复杂、矿体赋存分散、矿石种类较多、生态恢复难、水资源短缺等一系列问题与挑战,还需要充分利用科技创新的引领和支撑作用,实现绿色矿业持续、健康发展。

2 白云鄂博西矿绿色矿山建设实践

2.1 资源开发利用方式

白云西矿创建了大规模集约露天开采新技术,针对矿体薄、分布分散等特征,实现了大剥采比矿山绿色、高效剥岩新技术,降低了复杂矿体矿石损失贫化率,提高了开采强度,解决了复杂矿床以及扩帮工作的技术难题,达到了主体铁矿和稀有矿体匹配开发利用的目的。

选厂设计规模为年处理混合矿 1 000 万 t,生产铁精矿 300 万 t。针对白云西矿矿石类型多,矿物组成复杂的特点,对各类型矿石进行详细工艺矿物学研究,白云西矿开发出弱磁—强磁—反浮选—中磁磁选—筛分新工艺,使综合铁精矿品位提高了 4.2 个百分点,实现了白云石型氧化矿与云母闪石型氧化矿的高效分选。

尾矿采用大型深锥浓缩机高浓度浓缩技术,分为两次浓缩过程: 浓度 9.5% 的矿浆经一次浓缩 48 m高效浓缩机浓缩后,成为浓度为 45% ~50% 的底流,经底流泵送至二次浓缩 Φ20 m×18 m 深锥膏体浓缩机,矿浆加入絮凝剂浓缩沉降后形成浓度为 73% 的矿浆排放至尾矿库储存,实现了选矿工业水循环利用率达 95% 以上,库容占地减少 2/3,库内无扬尘,溃坝风险为零的总体目标,属国内首创、世界领先。

矿浆输送系统采用双管共沟矿浆及水超高压长距离管道输送技术。该技术是长距离、高扬程、一级管道输水技术、铁精矿长距离管道输送等技术的集成应用,开创了边远、高寒干旱地区矿产资源开发和利用的新模式,开辟了工业发展、城市环境、资源开发的新途径。为我国缺水地区实施输水工程建设提供了技术性和开创性的示范引领作用[2]。

2.2 资源综合利用

白云西矿矿物种类繁多,目前比较有工业价值的共伴生矿物有含铁铌、稀土矿物及萤石,由于国内外市场对稀土、铌精矿市场容量有限,所以对开采中采出的铌矿和稀土矿进行单独堆存,并加以保护。目前公司正在对萤石中 F 元素选别加工利用进行研发,挖掘潜在及接替资源。并对采场内低品位矿石(铁品位 12% ~15%)进行工艺矿物学研究,通过对低品位铁矿石加工利用,提高矿产资源有效利用率。

2.3 节能减排

为实现能源运营管理智能化,白云西矿建立了全过程能耗核算体系,严格控制并减少单位产品能耗、物耗、水耗,减少“三废”排放。并从设备、制度、组织、施工等方面为绿色矿山建设采取了一系列保证措施。

矿岩汽车运输采用载重 236 t 的大型电动轮式矿用自卸汽车,其采用节油器与控制系统集成,降低燃油消耗和排放水平。

运用精益思想改变单循环配车模式,按照岩性精细组织两台电铲组合双循环配车作业,消除运矿车空返,减少浪费,将运距减半。

联合北京科技大学开展 24 m 高台阶爆破研究,针对不同岩性地质条件进行爆破试验,采用 27 m^3 电铲全段高一次采掘,有效提高了设备效率,降低了爆破成本。

采场废水收集后作为采场道路、钻孔凿岩、卸堆作业等洒水用水以及选矿厂生产用水。生活污水选用 TJWSYT-10 型一体化生活污水处理设备进行处理,处理工艺为接触氧化,处理后的废水,回用于现有选矿工艺,不外排,有效提高了水资源综合利用率,减少污水排放量。

2.4 数字化建设

为实现生产技术工艺、装备的现代化,白云西矿及时淘汰高耗能、高污染、低效率的工艺设备,开展高效节能的新设备、新材料的更换和采、运、碎、选、新技术、新工艺方面的技术攻关,利用信息技术,吸收借鉴先进的管理思想和管理方法。

选矿采用全流程自动化控制系统,选用美国通用(GE)公司的 Rx3i 系列 PLC 控制器,采用远程操作方式集成于中控室,实现了中控室对现场设备的实时监测和控制功能,同时具有实时报警、故障记录及系统状态诊断功能。该系统提升了公司的自动化水平,提高和稳定了精矿的质量,提高了资源的综合利用,为实现公司的信息化管理打下坚实的基础。

采矿生产利用 SURPAC 软件优化开采系统,通过完善数字开采系统,建立了矿山地质数据库和岩石分级数据库,生成相应的地标模型、矿体实体模型、块体模型等三维立体模型,能够更加科学合理的

中国知网 https://www.cnki.net

规划境界优化、采矿设计、露天爆破设计、采矿生产进度计划等，实现了数字化精准采矿。

GPS 卡车智能调度系统通过计算机对装、运、卸的全过程进行控制与管理，做到装点、卸点不压车、不待车，充分发挥设备效率，保证运行设备满负荷工作，实现运距最短，各种生产资源的合理配置和利用，从而实现效率最高、消耗最低、产量最大的智能派车的目标，提高卡车、电铲、牙轮钻机等设备使用效率，用相同数量的设备和最低的消耗完成更多的生产任务。

无人值守过磅系统利用 RFID 技术、电子汽车衡技术、自动控制技术、数据库技术以及计算机网络技术，实现车辆过磅全程无人参与，上下磅道门禁自动控制，过磅数据及图片影像资料自动上传到服务器，过磅效率较传统过磅提升了 70%。

ERP 系统、协同管理平台将公司财务、设备、生产、人力等模块集成整合管理，形成一个完整、灵活、高效的管理模式，大大提高了员工的工作效率。

2.5　环境保护

为进一步加强矿山环境保护与综合治理，促进矿产资源开发与生态环境相协调，牢固树立和贯彻落实“创新、协调、绿色、开放、共享”五位一体总体布局，坚持绿色发展，坚持节约资源和保护环境的基本国策，坚持可持续发展，坚持“绿水青山就是金山银山”，实现矿产资源开发与环境保护协调发展，构建和谐矿区、绿色矿区的目标，本着“谁开发、谁利用、谁治理”的原则，切实做到“边开采、边治理”。为此，白云西矿对矿区范围内的环境进行全面、细致的综合治理，避免和减少矿山地质环境破坏和污染。

自建矿以来，白云西矿每年投入地质环境治理和矿区绿化的费用约为 1 000 万元，对矿区绿化、矿区环境、采场边坡滑体、排土场进行综合治理。厂容绿化方面充分利用地形处理景观，以乡土树种作基调树种，广植乔木，以乔 + 灌 + 地被的立体搭配形式，形成不同的植物群落。目前，厂区绿化面积已达可绿化面积的 86.04%。

2015 年白云西矿建设了尾矿库在线监测系统，总投资 800 万元。监测系统对坝体位移、浸润线、干滩长度、降雨量等可以进行实时监测，避免尾矿库管理由于检测监控系统不完备、专业检测人员缺乏等原因，导致尾矿库处于无检测监控状态，影响尾矿库的安全生产和安全管理水平，同时也避免了由于尾矿库溃坝导致周边环境污染。

此外，矿山还设置了专门的环境保护管理人员，对生产过程中产生的废气、废水、噪声等污染源，按照污染源监测技术规范等要求开展环境管理和监测工作。

2.6　企地和谐

白云西矿地处少数民族居住区，自公司成立以来就秉承“团结稳定、互惠互利、和谐发展”的重要思想，积极扶持地方企业，通过真诚的合作与企业不断的发展，为地方经济的发展及当地居民生活水平的提高起了巨大的推动作用。

矿山建立了企业社区沟通机制，指派专人经常走访社区，了解社区的需求和面临的问题，并将掌握的社区情况及时上报给矿山相关领导，力争做到想社区所想，急社区所急。同时积极与当地群众建立沟通渠道，建立协调协作机制，通过采取多种方式，妥善解决各类矛盾，加大对白云区的扶持力度，协助其搞好社区基础设施更新建设，重视其教育事业发展，提高综合素质水平。

3　存在问题

矿区环境方面：由于白云西矿地处高寒干旱地区，气候寒冷，降水量少，生态系统脆弱，植被恢复困难，经过地质环境治理工作的开展，矿区绿化覆盖率达 86.04%，今后还需进一步加大科研力度，研究更适合高寒干旱地区矿区绿化的种植方式，为今后达到复垦阶段的排土场自然恢复植被提供依据，保证成活率。

开采工艺方面：针对白云鄂博西矿矿体分散、数量多、厚度薄、赋存条件复杂、难以实现大规模集约化开采的问题，还需不断进行研究、试验，开发出更加高效的高台阶集约化开采新技术[3]。

资源综合利用方面：尾矿资源是金属矿山废弃物中综合利用价值较高的一种资源，进行尾矿资源的综合回收和利用，不仅可以充分利用矿产资源，还可以保护生态环境，实现资源效益、经济效益和社会效益的有效统一。因此，在尾矿利用方面，还需要加强科研力度，尽早使尾矿资源变废为宝，得以利用。

由于白云鄂博西矿是一座大型露天铁矿，境界内含铁岩石储量巨大，如何更好的利用含铁岩石，使资源利用最大化，是增加企业资源综合利用率的关键。西矿还需从矿石性质、选矿方法等方面加强研究，为低品位含铁岩石的工业应用提供依据[4]。

（下转第 85 页）

中国知网　https://www.cnki.net

径，即 F_2 作用点到支点之间的距离，R_2 = 800 mm。考虑理想状态，系统匀速运转，液压缸匀速推拉，由杠杆平衡条件[2]可得，在任何位置，$5F_{1t}R_1 = F_{2t}R_2$；当液压缸推动杆件 4 由 F_2 位置移动到 F'_2 位置时，杆件 3 由 F_1 位置移动到 F'_1 位置，α 由 15.453 8° 到 77.778 6°；θ 由 15.365 1° 到 47.965 1°。

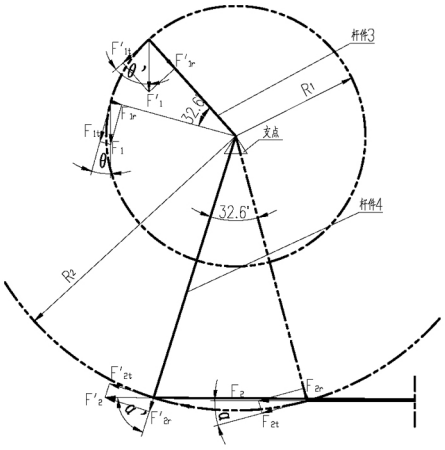


图 4　杆件 3、4 受力分析

综上可得：

$$F_2 = \frac{(2 \times m_1 + m_2 + m_3 + m_4)\, gR_1\cos\theta}{R_2\cos\alpha}$$

，由分析可知，当杆件 4 在 F'_2 位置时，杆件 3 在 F'_1 位置，α 为 77.778 6°；θ 为 47.965 1° 时，F_2 为最大，此时 F_2 = 267.4 kN。因系统为带曲柄连杆机构的带载快速启动，故载荷系数 1.8 ~ 2.5[1]，得液压缸系统最大输出载荷 $F_c = (1.8 \sim 2.5)\, F_2$ = 481.4 ~ 668.5 kN。本系统采用的液压缸为缸径 180 mm，杆径 125 mm，在油压 16 MPa 时推力为 407.15 kN，液压缸的总效率 $\eta_t = \eta_m\eta_v\eta_d$[1]，机械效率 η_m 为 0.90 ~ 0.95，取 0.90，活塞密封为金属环时容积效率 η_v 取 0.98，排油不直接回油箱时作用力效率 η_d 取 0.97（经验），由此得总效率 η_t 为 85%，则单个液压缸的推力为 346 kN，两个液压缸的推力为 692 kN，346 kN < F < 692 kN，所以系统采用双液压缸是合理的。

3　结束语

实践证明，本系统能准确满足工艺上节奏和步距的要求；设备运转平稳冲击小，产品表面质量能得到保证。通过简单的往复运动，实现较为复杂的工艺运动要求，结构简单、紧凑，为企业生产起到降本增效的功用。因为系统采用液压驱动，要注意检修、维护，确保各构件密封良好，以防止液体泄露造成资源浪费和环境污染。

参　考　文　献

[1] 成大先. 机械设计手册（第四版）[M]. 北京：化学工业出版社，2003.
[2] 哈尔滨工业大学理论力学教研室. 理论力学[M]. 北京：高等教育出版社，1981.

（上接第 11 页）

绿色矿山是一项系统性工程，在今后的矿山建设周期中，我们不仅仅要考虑资源开发利用这一因素，更要考虑废弃物资源化利用、生态修复、地质灾害防治、数字化矿山建设等要素，将这些要素视作一个整体，彼此相互联系，又互为条件，为矿山贴上高新技术的标签，从传统的线性经济模式转变为循环经济模式，从传统矿山转变为生态矿山。

4　结束语

为实现矿产资源开发利用与经济社会环境相和谐，促进矿业经济进步，全面推进绿色矿山建设，白云鄂博西矿严格按照国家级绿色矿山建设的相关要求，不断加强科技创新，提高资源综合利用率，从技术和管理方面提升节能减排和环境保护力度，并将保护生态环境贯穿到矿产资源开发利用的全过程，真正实现资源利用率高、对环境负面影响小、综合效益大的绿色矿山，为白云鄂博矿区绿色矿山建设提供了借鉴经验。

参　考　文　献

[1] 雷东，王泽元，白晓敏，等. 绿色矿山建设与发展的新要求[J]. 河南建材，2018，(05)：437 - 439.
[2] 唐绍义. 白云鄂博西矿矿浆输送管道的应用[J]. 现代矿业，2018，(02)：145 - 148.
[3] 刘占全，王德胜，郑建军. 巴润矿矿岩可爆性分区研究[J]. 中国矿业，2012，(03)：48 - 51.
[4] 崔凤，宋立民. 白云鄂博西矿含铁岩石选矿试验研究[J]. 包钢科技，2017，(03)：29 - 31，69.

中国知网　https://www.cnki.net