

doi:10.3969/j.issn.2095-1744.2020.09.015

我国绿色矿山建设现状及案例分析

刘立顺^{1,2}, 余斌^{1,2}, 吴春平^{1,2}, 崔松^{1,2}, 侯国权^{1,2}, 郭利杰^{1,2}

(1. 矿冶科技集团有限公司, 北京 100160;

2. 国家金属矿绿色开采国际联合研究中心, 北京 102628)

摘要: 分别从发展历程、涵盖内容、国家政策等方面对我国绿色矿山的内涵进行了深入解读。调研原四批 661 个国家级绿色矿山试点单位和 2019 年遴选的 953 个国家级绿色矿山单位的数据, 分析总结了我国绿色矿山建设的特点, 归纳了我国绿色矿山建设存在的主要问题及解决对策。以某铝土矿为例, 在介绍该矿建设现状的基础上, 制定了绿色矿山建设的总体方案, 明确了重点建设工程, 建设效果评估结果表明该矿达到了国家级绿色矿山建设标准。通过绿色矿山建设现状及案例分析, 提出了我国绿色矿山建设可持续发展应遵循的原则与建议。

关键词: 绿色矿山; 铝土矿; 建设方案; 效果评估

中图分类号: TD2; X32

文献标志码: A

文章编号: 2095-1744(2020)09-0098-06

Current Situation and Case Analysis of Green Mine Construction in China

LIU Lishun^{1,2}, YU Bin^{1,2}, WU Chunping^{1,2}, CUI Song^{1,2}, HOU Guoquan^{1,2}, GUO Lijie^{1,2}

(1. BGRIMM Technology Group, Beijing 100160, China;

2. National Centre for International Research on Green Metal Mining, Beijing 102628, China)

Abstract: The connotation of green mine in China is deeply interpreted from the development process, the substances and the latest policies. According to the research of 661 national green mine pilot units in the original four batches which are selected between 2011 to 2014 and 953 national green mine units which are newly selected in 2019, the characteristics of green mine construction are analyzed and the main problems existing in green mine construction are summarized. Based on the introduction of a bauxite mine current situation, the overall plan of green mine construction and the key projects are formulated. The construction effect evaluation results show that the mine has reached the national green mine construction standard. Some thoughts on the sustainable development of green mine construction are put forward.

Key words: green mines; bauxite mine; construction plan; effect evaluation

近年来,随着科技和社会的进步,和谐发展、人文发展、生态文明越来越引起社会的广泛关注,为推动我国现代化建设,科学发展观、生态文明建设先后列入党章和国家发展战略计划之中。对于矿业行业来说,发展绿色矿业、建设绿色矿山正是落实科学发

展和生态文明建设的重要举措^[1-2]。

2010 年原国土资源部下发《关于贯彻落实全国矿产资源规划发展绿色矿业建设绿色矿山的指导意见》(国土资发[2010]119 号),此后我国绿色矿山建设进入发展的快车道,2011—2014 年期间,原国土

收稿日期:2020-04-14

基金项目:国家重点研发计划项目资助(2018YFE0123000)

Fund: National Key Research and Development Project of China (2018YFE0123000)

作者简介:刘立顺(1986—),男,硕士,高级工程师,主要从事矿产资源开采技术研究、设计与咨询工作。

引用格式:刘立顺,余斌,吴春平,等.我国绿色矿山建设现状及案例分析[J].有色金属工程,2020,10(9):98-103.

LIU Lishun, YU Bin, WU Chunping, et al. Current Situation and Case Analysis of Green Mine Construction of China[J]. Nonferrous Metals Engineering, 2020, 10(9): 98-103.

资源部先后公布了四批共计 661 家国家级绿色矿山试点单位。

2018 年,自然资源部发布了九大行业绿色矿山建设规范,标志着我国的绿色矿山建设进入了“有法可依”的新阶段,对我国矿业行业的绿色发展起到有力的支撑和保障作用。依据九大行业绿色矿山建设规范,2019 年自然资源部遴选出了 953 家国家级绿色矿山。

1 绿色矿山内涵

绿色矿山发展先后经历三个阶段,第一阶段为 19 世纪,主要观点是对矿区植被的保护及对矿区周边环境的美化;第二阶段为二战以后,绿色矿山从单纯的环境保护延伸至资源的综合利用;第三阶段为 21 世纪,绿色矿山除了环境保护和资源综合利用外,还包括节能减排、科技应用、人权思想等方面^[3]。

绿色矿山涵盖矿山整个生命周期,以生态环境保护、资源合理利用、节能减排、矿地和谐为基本目标,通过生态化环境保护、环保化生产工艺、科学化开采方式、高效化资源利用、规范化企业管理等手段,实现资源的绿色开发、绿色应用、绿色发展,达到资源勘查开发的经济效益、生态效益和社会效益的协调统一。绿色矿山不仅根据环境影响评价法和矿产资源法的要求进行环境影响评价,还应将环境保护纳入经营理念之中,满足自然生态与环境保护的要求,企业必须按科学、低耗和高效的原则合理地开发利用矿产资源,坚持以保护为方针,建立无污染、无废物、无废气的生产系统,减少对生态环境的破坏并及时恢复生态环境^[4]。

绿色矿山建设既是产业向高质量发展的需要,更是社会可持续发展的需要,是落实科学发展观、实现经济可持续发展的重要方式;是矿业活动发展到今天的必然选择,是转变矿业发展方式的必然道路;是改善人居环境、促进矿区和谐发展的重要举措^[5]。2019 年,为满足国家绿色矿山遴选的需要,中国自然资源经济研究院根据九大行业绿色矿山建设规范编制出台了《绿色矿山建设评估手册》,对绿色矿山的内涵做了进一步的明确和阐述,并制定了量化评估指标,见图 1。

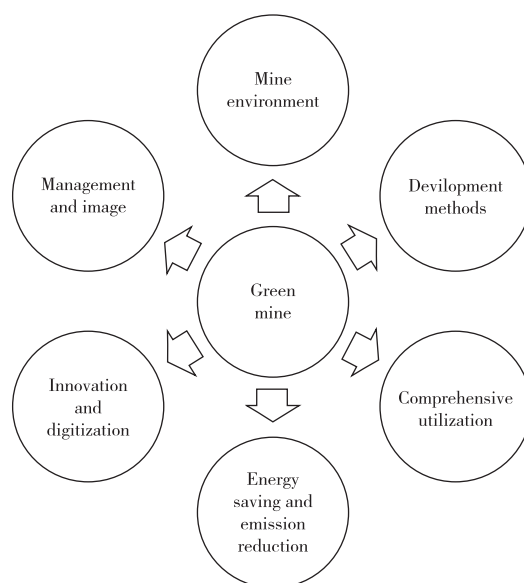


图 1 绿色矿山内涵

Fig. 1 The features of green mine

2 绿色矿山建设现状及存在的问题

2.1 绿色矿山建设现状

2011—2014 年,原国土资源部先后公布了四批共计 661 家国家级绿色矿山试点单位^[6],其中,煤炭 216 家,占比约 33%;有色金属 107 家,占比约 16%;黑色金属 96 家,占比约 15%;黄金 76 家,占比约 11%;化工 62 家,占比约 9%;非金属 59 家,占比约 9%;石油 13 家,占比约 2%;其他特殊矿种 32 家,占比约 5%。

2019 年,自然资源部发布《关于做好 2019 年度绿色矿山遴选工作的通知》(自然资办函[2019]965 号),各省市通过企业自评、第三方评估、省级推荐、实地抽查、材料审核和社会公示,遴选出 953 家国家级绿色矿山,其中 556 家为本次遴选入选,397 家为原国家级绿色矿山试点单位审核入选,各省市遴选出国家级绿色矿山数量统计见图 2,入选国家级绿色矿山行业分布情况见图 3。

由图 2 和图 3 分析可知:1)原四批中入选 2019 年国家级绿色矿山的数量仅占原四批国家级绿色矿山试点单位总数的 60%,一方面说明我国绿色矿山建设标准越来越高,另一方面也说明了持续开展绿色矿山建设的重要性;2)国家级绿色矿山主要集中在

在中东部矿业大省,绿色矿山建设既需要企业矿山开发技术的支撑也需要当地经济发展作为保障;3)煤炭、水泥、有色三大行业绿色矿山入选数量占总入选数量的一半以上,在肯定这三大行业在绿色矿山建设成绩的同时也应加强监督监管,确保绿色矿山建设成果。

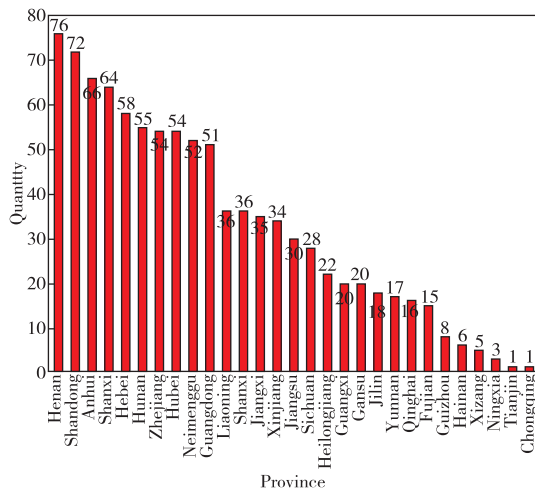


图2 各省市入选国家级绿色矿山数量统计

Fig. 2 Quantitative statistics of selected national green mines in various provinces and cities

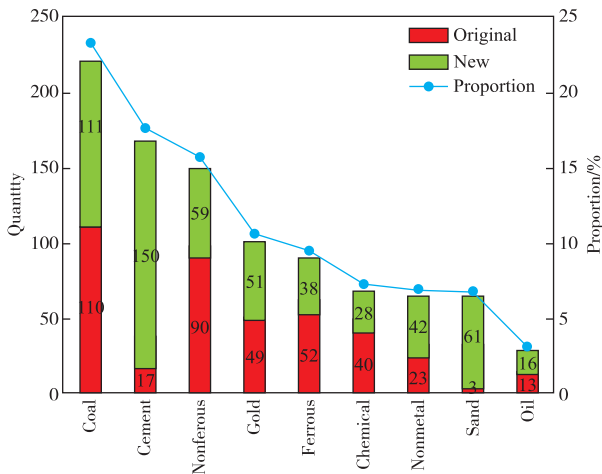


图3 国家级绿色矿山行业分布情况

Fig. 3 Industry distribution of national green mines

2.2 绿色矿山建设存在的问题

我国绿色矿山建设发展快、成果明显,但由于起步较晚、基础薄弱,我国的绿色矿山建设存在以下几个方面的主要问题^[7-8]:

1)我国矿山规模结构特点制约着绿色矿山发展。我国矿山具有数量多、规模小、分散等特点,据不完全统计,小型及以下矿山占比达80%以上,但产能占比却不足40%。这给我国绿色矿山建设带

来了较大的困难,绿色矿山建设是一项长期持久性的工作,大量小型矿山难以在建设过程中持续完善,这也是原四批国家级绿色矿山试点单位入选2019年绿色矿山的比例偏低的原因。

2)矿产资源综合利用偏低制约着绿色矿山发展。全国平均地下矿山开采综合回采率不足50%;我国矿产资源易选冶矿少,中低品位、共伴生矿和难选冶矿多,选矿回收率提升难度大;随着采、选、冶技术的发展,我国矿产资源综合利用能力不断增强,但整体水平仍然不高。资源综合利用偏低影响着我国资源行业可持续发展,制约着绿色矿山建设发展。

3)矿山地质环境问题突出制约着绿色矿山发展。我国矿山环境保护工作起步晚、基础差、历史问题突出,随着我国矿产资源开发的大幅增长,矿山地质环境问题日益凸显,大量的矿山地质环境问题未得到有效的治理,矿山生产安全隐患较大。矿山环境是绿色矿山建设中的重要一环,矿山环境未得到有效治理必将影响绿色矿山建设进度。

4)开采技术和管理水平落后制约着绿色矿山发展。许多小型矿山和早期建设的矿山技术装备和生产工艺相对落后,经营比较粗放,管理水平不高,集约化程度不高,能耗相对较高。部分盈利能力较差的企业为了生存还在继续走以牺牲资源换取低成本经济效益的老路,严重影响了绿色矿山建设与持续发展。

5)相关标准和制度不健全制约着绿色矿山发展^[9]。近十年,我国绿色矿山建设快速发展,但我国绿色矿山建设仍处于起步阶段,绿色矿山建设相关标准和制度并不完善,导致这个过程中虽然取得了一定的成果,但教训也不少,只有将这些成果和教训固化为绿色矿山建设的国家标准、地方标准、行业标准和团体标准,我国的绿色矿山建设才能持续健康发展。

针对我国绿色矿山存在的问题,建议从两个层面采取应对措施:1)行业层面,应完善规章制度,保证矿业健康持续发展;推动矿业结构调整,协调不同规模、不同地区矿业良性发展;推动矿业技术发展,增强矿业技术实力和竞争优势。2)企业层面:严格按照政策和法规经营矿山;加强环境治理和科技投入,增强企业经营能力。

3 绿色矿山建设案例

贵州某铝土矿贯彻创新、协调、绿色、开发、共享的发展理念,在资源开发过程中,注重环保理念,从

工业场地噪音控制、降尘措施及废水的达标排放等方面投入大量人才、物力、财力,基本实现了绿色环保开采,为绿色矿山建设打下了基础,但距离全面实现绿色矿山还有一定的差距。

3.1 矿山建设现状

该矿为地下开采矿山,分三期开采,生产规模为100万t/a,现为一期开采的初期阶段,开采中段高度20m。开拓方案为胶带斜井+斜坡道方案。矿区交通方便,外部运输条件良好。矿区内建有110/10kV总降压变电所1座,为矿区的供电电源。地下水资源非常丰富,可满足矿区生活和生产用水要求。

矿区工业场地占地19.50万m²,主要有坑口工业场地、排水坑口工业场地、回风斜井场地、采场办公场地、炸药库场地、废渣场等区域,各个工业场地之间均采用混凝土路面连接,工业场地、办公楼、住宿区进行了绿化、美化,矿区绿化覆盖率达到80%。

该矿为沉积性铝土矿,矿体缓倾斜产出,矿体厚度2~5m,铝硅比5~10。矿山为地下开采,采用普通房柱法、切顶房柱法、护顶房柱法和留矿壁护顶房柱法等采矿方法,部分采空区采用掘进废石进行充填。采场回收率最高为68.93%,最低为32.76%,平均为52.99%,距离铝土矿开采“三率”指标中采矿回收率75%的要求相差较远。

该矿矿产资源结构成分较单一,部分伴生高铁矿通过配矿加以综合利用。废石排放到废石堆场内,后期考虑废石回填采空区。矿区建有井下水处理和重复利用系统,处理后的矿井水部分用于生产和生活用水,剩例外排。

矿山通过引进先进设备、加大技术改造、开展矿山废弃物治理等,推行清洁生产,实现节能减排。能耗较大环节以电力消耗为主,采矿工序中,凿岩作业采用电力驱动,铲运作业采用电铲和油铲相结合的方式,矿石运输采用有轨电机车运输。

为解决矿山生产中的问题,实现产业升级和跨越式发展,矿山开展了充填采矿方法、回水净化除杂等多项技术研究,同时加快矿山生产的自动化、信息化和智能化建设,提升了矿山自动化水平,为矿山生产提供安全保障。

3.2 建设总体方案

根据矿山建设现状,结合绿色矿山建设要求,分别从以下几个方面制定建设的总体方案:

1) 矿区环境治理与提升

矿区地表环境存在的问题主要有:部分区域的岩土体裸露地表,矿区绿化率有待提高;矿山采用空

场法开采,再加上当地岩溶发育,地表发生多处塌陷;工业场地内部分设施的安全防护栏,安全指示标志缺失,存在一定的安全隐患。

根据问题对地表环境采取按各功能分区进行环境治理。生活区通过植树种草、园林建设等,提高生活区绿化率,美化生活区环境,选择当地宜存活的树种进行植被修复,设计小型生活区景观等提高生活区绿化率。工业场地内的各功能区边界设防护网对其进行安全隔离,地表塌陷区及时进行的填埋治理,生产过程中产生的塌陷区要进行安全隔离。厂区道路路面平整与硬化,设置安全防护与安全标志。

2) 资源开发与综合利用

针对矿山资源回收率低的问题,根据矿床开采条件提出全岩开采嗣后废石充填采矿,总体技术思路是切除铝土矿直接顶板,矿层的回采作业在稳固大理岩老顶和可靠的支护环境下进行,根本上解决地下铝土矿直接顶板软弱层带来的开采技术难题,结合废石嗣后充填,不再留设采场顶柱和点柱,大幅提高资源回收率。切顶层矿岩根据Al₂O₃含量选择作为陶瓷工业原料或废石充填骨料。

在合理开发矿产资源的前提下,按照“统一规划、源头控制、防复结合”的要求,采取适当的土地复垦措施,控制和减少土地资源的破坏,改善生态环境,恢复矿区的本来面貌。在矿山开采过程中,建立、健全一套完整的矿山环境灾害应急预案机制,对采空区、地表进行长期监测,根据监测结果对可能出现的地质灾害提出相应的预警,并进行综合治理。

3) 矿山节能减排

根据绿色矿山节能标准和矿山当前基础,针对性的制定节能措施:进一步提升装备水平,选用先进设备名录中的设备,以降低生产能耗;利用峰谷电价差进行削峰填谷降低电能消耗;强化能源计量和考核,节能指标分解下达至车间班组,责任落实到个人,调动全体职工的积极性。

根据绿色矿山减排要求和矿山当前排放现状,针对性的制定减排措施:加强“三废”管理,在确保安全的前提下,使“三废”达标排放,杜绝污染事故的发生;加强对现有环保设施运行维护管理,严格“六率”考核,确保环保设施的完好率和运行率达到90%以上;力争两年内达到废石不出坑,杜绝废石违规乱排。

4) 科技创新与数字化矿山

紧紧围绕矿山生产实际开展科研及技术创新工作,确立以采矿方法研究、探矿增储和数字化矿山建设为重点的科技创新方向。加快推进数字化矿山建

设,推动矿山从传统管理模式迈入信息化、自动化、智能化的科技发展领域。实现企业生产和经营数据无缝集成,建立生产作业过程与人力资源、财务、供应链管理、能耗管控、安全管理等环节协同作业,全面提升企业的资源配置优化、操作自动化、实时在线优化、生产管理精细化和智能决策科学化水平。

3.3 重点建设工程

1) 工业场地功能分区与环境治理

该铝土矿工业场地布局不合理,卡车运输路线紊乱,各类车辆、行人路线存在交叉;分区界限不清,存在功能区交叉,为此进行了工业场地的功能分区优化,优化方案见图4。

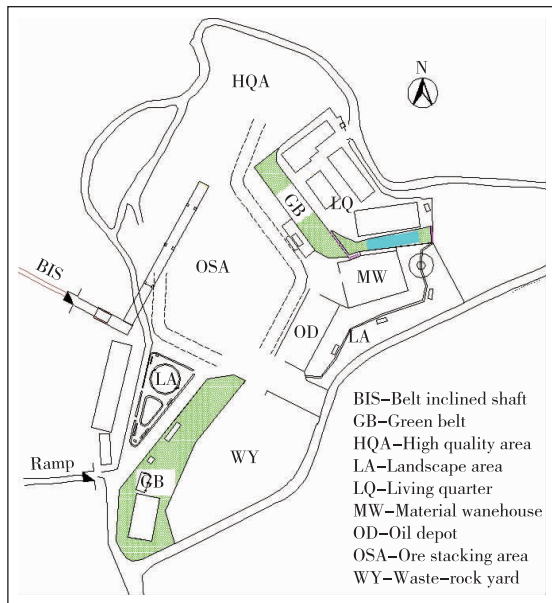


图4 矿区功能分区优化方案

Fig. 4 Optimization program of functional division in mining area

在功能分区优化基础上,矿山对工业场地内的修理车间前面、检修大棚东侧、宿舍楼后侧边坡、污水处理站、地磅房北侧等区域进行环境专项整治工作,主要包括建造花坛、修筑挡土墙、植树种草、打造景观等,以满足绿色矿山建设要求。

2) 资源绿色开发与综合利用

为提高高品位、高铝硅比矿体的回采率,使之满足“三率”指标要求,对高品位、高铝硅比矿体进行全岩开采嗣后充填采矿改造。全岩开采嗣后充填采矿

优先开采直接顶板铝土质黏土岩,与下部铝土矿分采分出;下部铝土矿采用(分层)浅孔爆破或中深孔爆破的方式进行回采,实现全岩开采(图5)。

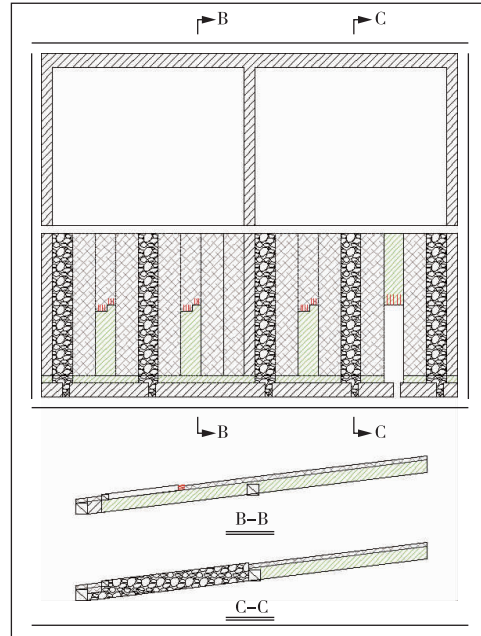


图5 全岩开采嗣后充填采矿方案

Fig. 5 Whole rock exploitation subsequent filling mining method

具体采矿方法及方案结合直接顶板厚度和矿层厚度进行优化:1)当采场范围内直接顶板厚度1.5~4.5 m时,在图5所示采矿方案的基础上进行优选;2)当直接顶板厚度较大、超过4.5 m,顶板价值较高时,顶板考虑分层开采或下向爆破剥离;3)当直接顶板厚度小于1.5 m,全岩开采铝土矿损失比仅开采铝土矿留矿护顶损失更大时,则依然采用现有采矿方案。

嗣后充填骨料为矿山掘进废石或采石场废石。充填时,铲运机运搬至已充填采场,同时,在井下块石转运及堆填过程中通过水泥浆自淋混合。

3.4 建设效果评估

矿山在制定绿色矿山建设总体方案、实施重点工程后参照2019年《绿色矿山建设评估手册》进行了建设效果评估,评估结果见表1。从评估结果来看,各单项和总分的得分均达到70%以上,该铝土矿达到国家级绿色矿山建设要求。

表1 评估打分情况
Table 1 Evaluation and scoring

Classification	Self-assessment			Third-party assessment		
	Score	Proportion/%	Pluses	Score	Proportion/%	Pluses
Mine environment	133	88.67		122	81.33	
Resource development methods	146	89.02	5	131	79.88	5
Comprehensive utilization of resources	99	87.61	4	89	78.76	4
Energy saving and emission reduction	132	92.96		125	88.03	
Scientific and technological innovation and digital mine	95	91.35	7	97	93.27	7
Enterprise management and enterprise image	157	93.45	23	155	92.26	22
Total score	945	94.50		893	89.30	

4 结论

绿色矿山建设是生态文明建设在矿业领域的具体体现,是矿山企业实现绿色可持续发展的必由之路。绿色矿山建设任重道远,还需要在以下三个方面持续发力:

1)调整优化矿业产业结构,走集约化发展道路。我国矿山数量多、规模小,大量中小矿山处于盈利边缘,持续经营困难,绿色矿山建设难以持续。唯有优化调整我国矿业产业结构,小型矿山集约成中型矿山、中型矿山集约成大型矿山,改善企业经营效益和持续稳定生产能力,绿色矿山建设才能得到长效发展。

2)大力发展矿业技术,坚持科技发展道路。我国许多小型矿山和早期建设的矿山技术装备和生产工艺相对落后,资源利用率偏低,经营管理粗放,绿色矿山建设在这样的矿山企业中很可能将是昙花一现,唯有提高科技在矿业领域的赋能作用,发展矿业技术,提高企业经营效益,绿色矿山建设才能持久。

3)重视矿区自然环境和人文环境的和谐发展。矿区环境、企业形象、企地和谐等是绿色矿山的重要内涵,也是以人为本、和谐发展理念在矿业领域的体现,妥善处理矿业开发与当地环境、当地居民的关系是绿色矿山的最基本要求,需要矿山企业的持续发力。

参考文献:

- [1] 杨小聪,郭利杰. 可持续的矿冶工业生态系统构建[J]. 有色金属(矿山部分),2011,63(2):1-4.
YANG Xiaocong, GUO Lijie. Industrial ecosystems of mineral and metallurgy for mining sustainable development[J]. Nonferrous Metals (Mining Section), 2011,63(2):1-4.
- [2] 王生龙,宋召军,高冻,等. 南方水泥公司绿色矿山建设实践[J]. 矿业研究与开发,2014,34(7):89-91.
WANG Shenglong, SONG Zhaojun, GAO Luo, et al. The green mine construction in South Cement Company Limited[J]. Mining Research and Development, 2014, 34(7):89-91.

- [3] 龚斌,师懿,陈姚朵,等. 生态文明建设背景下绿色矿山内涵扩展研究[J]. 中国矿业,2017,26(8):81-85.
GONG Bin, SHI Yi, CHEN Yaoduo, et al. Research on the connotation expansion of green mines under the background of ecological civilization construction[J]. China Mining Magazine, 2017, 26(8):81-85.
- [4] 刘建兴. 绿色矿山的概念内涵及其系统构成研究[J]. 中国矿业,2014,23(2):51-54.
LIU Jianxing. The connotation of green mine and it's system structure[J]. China Mining Magazine, 2014, 23(2):51-54.
- [5] 白中科,杨侨,白甲林. 论绿色矿山建设的源头管控与过程监管[J]. 中国矿业,2018,27(8):75-79.
BAI Zhongke, YANG Qiao, BAI Jialin. Discussions of source control and process supervision for green mine construction[J]. China Mining Magazine, 2018, 27(8):75-79.
- [6] 关铎. 我国绿色矿山建设浅析[J]. 中国矿业,2016,25(6):72-74.
GUAN Xin. Analysing on green ecological mine construction in China[J]. China Mining Magazine, 2016, 25(6):72-74.
- [7] 王文利,牛仁杰,于延棠. 非金属矿行业绿色矿山建设成效及存在的问题[J]. 中国非金属矿工业导刊,2014(4):1-5.
WANG Wenli, NIU Renjie, YU Yantang. Construction effect and problems of green mine in nonmetal mine industry[J]. China Non-metallic Minerals Industry, 2014(4):1-5.
- [8] 彭剑平,沈述保. 绿色矿山建设长效机制与典型案例[J]. 黄金科学技术,2016,24(4):133-136.
PENG Jianping, SHEN Shubao. Long-term mechanisms and typical cases of green mine construction[J]. Gold Science and Technology, 2016, 24(4):133-136.
- [9] 杨俊鹏,戴华阳,张建伟. 新常态下我国绿色矿山建设面临问题与解决途径[J]. 中国矿业,2017,26(1):67-71.
YANG Junpeng, DAI Huayang, ZHANG Jianwei. The problems and solution of the construction of green mine in the new normal[J]. China Mining Magazine, 2017, 26(1):67-71.