

基于高质量发展的西藏班戈错绿色矿山建设

延孟孟¹, 段吉琳¹, 赵忠², 陈起宏¹, 王钰¹, 陈伟³

(1. 东华理工大学地球科学学院, 江西 南昌 330013; 2. 西南冶金地质测试所, 四川 成都 611734; 3. 中国地质科学院矿产综合利用研究所, 四川 成都 614022)

摘要: 这是一篇矿业工程领域的论文。近年来, 绿色矿山实践经验和成功案例层出不穷, 国内对于绿色矿山建设的研究热点主要集中于矿山生态修复, 而实际上绿色矿山建设绝不仅限于矿山“复绿”, 还应综合考虑其经济、社会、环境效益。本文将二十大强调的高质量发展理念引入西藏班戈错绿色矿山建设实例中, 把高质量评价标准与以往的绿色矿山评价体系进行融合, 为绿色矿山提供新的建设思路, 丰富绿色矿业的内涵, 为矿业绿色可持续发展、高质量发展提供参考。

关键词: 矿业工程; 绿色矿山; 高质量发展; 评价体系; 班戈错; 矿山建设

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2024.02.034

中图分类号: TD15 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532 (2024) 02-0214-07

引用格式: 延孟孟, 段吉琳, 赵忠, 等. 基于高质量发展的西藏班戈错绿色矿山建设[J]. 矿产综合利用, 2024, 45(2): 214-220.

YAN Mengmeng, DUAN Jilin, ZHAO Zhong, et al. Construction of bangecuo green mine in xizang based on high quality development[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2024, 45(2): 214-220.

班戈错蕴含着极其丰富的矿产资源, 同时也是反映气候变化的一面镜子, 新形势下必须摒弃掠夺式资源开发的老路, 积极考量矿产资源可持续发展与脆弱生态保护之间的关系, 探索西藏生态密集区矿业高质量开发新模式^[1], 通过实地调查与评估, 因地制宜开展班戈错绿色矿山建设的道路, 促进区域整体优化, 实现绿色、协调发展。

1 研究区概况

班戈错是晚更新世末期因湖面阶段性下降而从母湖色林错东部分离出来的小离湖, 位于藏北羌塘高原南部, 分布在冈底斯山脉北麓色林错—伦坡拉新生代断陷盆地内, 湖面平均海拔约为 4 522 m^[2]。班戈错由 3 个子湖组成, 由东到西分别为班戈 I 湖、班戈 II 湖和班戈 III 湖, 其中 I 湖为季节性湖泊, 面积约 5.4 km²; II、III 湖现已连为一体,

为卤水湖, 面积约 93 km², 湖区平均水深 1.5 m。矿山包含露天采场、工业场地、矿山公路、排土场等组成部分, 矿区四周丘陵起伏, 湖盆周围及河流两岸为湖面冲积平原, 有牧草生长。

当前采矿权范围内保有水菱镁矿石量为 4 632.37 万 t, 通过加工可以制得高品质的碱式碳酸镁产品。矿区水菱镁矿裸露于地表, 开采难度小, 采矿方式为露天开采, 区内硼矿、锂矿、钾盐等其他矿体均尚未开采, 并保持着原始地形地貌。

近 40 年以来, 全球气候变化气温上升, 致使青藏高原冰川消融, 降水量增加, 进而使得盐湖面积逐渐扩大, 极大地改变了湖水中化学组分的含量, 对开发盐湖资源构成了新的挑战。班戈错便是西藏地区受全球气候变暖影响最明显的盐湖之一^[3], 新形势下如何更科学有效的开发盐湖资源值得思考探究。因此, 如何在建设初期切实将高

收稿日期: 2022-09-26

基金项目: 国家自然科学基金项目资助 (41902071)

作者简介: 延孟孟 (1997-), 女, 硕士研究生, 主要从事绿色矿山相关研究。

通信作者: 段吉琳 (1990-), 女, 博士, 硕士生导师, 主要从事矿床地球化学相关研究。

质量绿色发展标准贯彻到矿山规划中，对班戈错矿区的长远发展具有举足轻重的意义。

2 研究方法

2.1 调查与分区

通过对矿区地质灾害规模、含水层、地形地貌景观、土地资源的现场勘查与资料收集整理，依据《矿山地质环境调查评价规范》（DD 2014-05），将矿区地质环境影响程度划分为“较严重区”和“较轻区”两个分区。考虑到研究区无重要水源地的分布、交通建筑设施少、自然保护区及景区分布较远、无耕地等实际情况，为客观评价研究区现状，选取地质环境现状、土地利用现状、水土流失现状和土壤质量四类因子进行量化评价。

2.2 采样与实验方法

依据矿区水系与风向，结合矿区面积较大、地势不平坦、土壤不均匀等特点选择在拟建采矿场（TR1）、拟建摊晒场（TR2）和生活区（TR3）位置附近共3个点进行了土壤采样，采集0~20 cm表层土壤，现场记录土壤颜色、结构、质地、砂砾含量，随后送往实验室（西藏自治区地质矿产勘查开发局中心实验室）进行化学测定。采用单向指数法对土壤环境质量现状进行评价，其公式为：

表1 班戈错矿区矿山地质环境现状评估分区

Table 1 Assessment zoning of geological environment status quo of Bangequo mining area

影响级别	分区编号	范围	分区面积/hm ²	矿山地质环境问题及其影响程度			
				地质灾害	含水层	地形地貌景观	水土资源
较严重区	II	排土场、办公生活区、矿区道路、露天试采区、探矿去等	85.2987	较轻	较轻	较严重	较轻
较轻区	III	其他区域	315 893.701	较轻	较轻	较轻	较轻
合计	/	/	315 979	/	/	/	/

3.2 土地利用现状分析

矿区土地利用现状见表2。矿区地表土地类型为大片的砂渍土，植被稀疏罕见，呈荒漠景象。依据《土地利用现状分类》（GB 21010-2017）相关标准，将班戈错水菱镁矿的土地利用类型进行大类划分。矿区土地利用现状类型划分为以下几类，占地类型主要为盐碱地和天然牧草地（稀疏草地），具体占用盐碱地面积比例为55.47%，占用天然牧草地面积比例为22.56%，而裸土地占地面积仅为8.89%，对当地环境影响较小。

$$Pi = Ci/Coi \tag{1}$$

式中，*Pi*表示评价因子*i*的评价指数；*Ci*表示评价因子*i*的实测浓度值（mg/m³）；*Coi*表示评价因子*i*的评价标准限值（mg/m³）。

3 结果分析与现状评价

3.1 矿山地质环境现状分析

班戈错矿区矿山地质环境现状评估分区见表1。矿山采场矿层位于地下水位以上，无断裂构造发育，地质构造简单。矿山现状条件下仅发育季节性冻土冻融地质灾害，最大季节性冻土深度约为地面以下1.6 m。冻土层主要为黑色淤泥层，质软，含水量较高，上部为碳酸盐粘土软层，均具有较强的冻胀性。但发育程度中等，可预防，危害性小。

矿体位于侵蚀基准面以上，地下水含水层的深度在10~30 m，地形便于水的自然排放。矿区水菱镁矿开采方式为露天开采，采坑中渗入的地下水及大气降雨均排至湖区，不会对地下水径流、排泄及补给造成影响。

矿山开采对地形地貌造成的破坏和改变较大，露天开采改变了原始地形和坡度并且难以恢复；水土环境的污染，主要来自开采过程中机械设备生产废水，影响较轻。

表2 矿区土地利用现状

Table 2 Land use status of mining area

一级类	二级类		面积/km ²	比例/%
	代码	名称		
草地	0401	天然牧草地	2.31	22.56
水域及水利设施用地	1106	内陆滩涂	1.34	13.09
其他土地	1204	盐碱地	5.68	55.47
	1206	裸土地	0.91	8.89
合计			10.24	100.00

3.3 水土流失现状分析

根据《土壤侵蚀分类分级标准》相应分级指标，对不同土地类型的坡度、侵蚀强度、侵蚀模数、及年流失量等进行了具体分析。结果表明矿区均为轻度侵蚀，草地、其他土的土壤侵蚀模数分别为 1500 t/km²·a、2000 t/km²·a，平均值为 1800 t/km²·a，其中土壤侵蚀类型以水力侵蚀为主，整体上属于中度水土流失区。

3.4 土壤环境质量分析

水土流失背景值分析见表 3。矿区位于荒漠盐土带上，植被罕见，地面主要土地类型为盐渍土或盐沼，湖区外围为冲湖积平原，整体上保持着原始的自然状态。依据《环境影响评价技术导则

土壤环境（试行）》（HJ 964-2018）相关分级标准，区域内土壤（表 4）表现为 TR1、TR3 中度碱化，TR2 重度碱化；整体无盐化、酸化情况。一般而言，有机质丰富且结构比较好的土壤，如农业土壤，其土壤容重都在 1.1~1.4 g/cm³，区域土壤容重 TR1 为 1.55 g/cm³，TR2、TR³ 为 1.5 g/cm³，均在 1.4~1.7 g/cm³，反映出该区土壤矿物质多、结构差。采用单指数评价法，依据四川省冶金地质勘察院提供的土壤检测结果（表 5），结合班戈错 3 湖水菱镁矿生产工艺，地块涉及的有害物质为矿石中的伴生元素，包括 Zn、Cd、Pb 和 Cu 这几个重金属元素。

表 3 水土流失背景值分析
Table 3 Analysis of background value of water and soil loss

序号	地类	面积/km ²	坡度/(°)	盖度/%	侵蚀强度	侵蚀模数/(t/km ² ·a)	年流失量/t
1	草地	96.60	<5	15	轻度	1500	1449
2	其他土地	134.4	5~10	/	轻度	2000	2680
3	合计/均值	231	/	/	轻度	1800	4129

表 4 区域土壤理化性质调查
Table 4 Regional soil physical and chemical properties questionnaire

项目	点位			
	TR1	TR2	TR3	
现场记录	颜色	浅黄褐色	暗灰褐色	黄褐色
	结构	粒状	粒状	粒状
	质地	砂土	砂土	砂土
	砂砾含量/%	95	95	90
	其他异物	无	无	无
	pH值	9.29	9.50	9.38
实验室测定	水溶性盐/(g/kg)	0.5	1.3	1.1
	阳离子交换量/(cmol/kg)	4.5	4.7	5.2
	土粒密度/(g/cm ³)	2.70	2.67	2.67
	土壤容重/(g/cm ³)	1.55	1.50	1.50
	氧化还原电位/mv	438	452	456
	渗透系数/(cm/s)	8.24×10 ⁻⁴	5.40×10 ⁻⁴	8.53×10 ⁻⁴
	总孔隙度百分比/%	42.6	43.8	43.8

3.5 班戈错水菱镁矿绿色矿山建设现状综合评价

3.5.1 生态环境脆弱，生态修复难度大

高寒缺氧的恶劣自然条件，使西藏生态系统发育水平整体偏低，形成了西藏脆弱敏感的独特生态环境系统^[4]。露天采矿难免带来水土流失、土壤污染、水源污染等问题加剧对地形地貌及生态的破坏。对大部分矿山而言，可通过土壤改良、种植先锋植被等方法来进行矿山修复，如通过种

植豆科植物或是添加肥料以提高土壤磷、氮、钾等营养元素含量，或是通过种植先锋植物以吸收土壤基质中的污染元素，也能实现改良土壤的目的^[5]。然而由于矿区高寒缺氧，植被存活率极低，且根据上述土壤质量调查结果该矿区存在土地碱化严重、土壤结构差等问题，使得土壤改良与植被修复技术难以在现实中运用，加剧了矿山生态修复难度，也阻碍了班戈错绿色矿山建设的步伐。

表 5 区域土壤检测结果
Table 5 Regional soil testing results

检测项目	取样点1	取样点2	取样点3	取样点4	取样点5
pH值	9.12	8.17	8.25	8.47	8.64
铜/(mg/kg)	1L	1L	1L	1L	1
锌/(mg/kg)	45	44	29	56	104
铅/(mg/kg)	11.4	4.6	7.1	7.9	15.4
铬/(mg/kg)	4L	4L	4L	4L	4L
镍/(mg/kg)	3L	3L	3L	3L	3L
镉/(mg/kg)	0.6	0.55	0.17	1.04	0.40
汞/(mg/kg)	0.524	1.051	0.481	0.273	0.506
砷/(mg/kg)	3.27	5.81	1.35	4.67	12.10
锂/(mg/kg)	646	631	246	676	41.2
硼/(mg/kg)	2200	4910	1280	14400	13300
钾(以K ₂ O计) /%	0.02L	0.02I	0.02L	0.02L	0.02L
镁(以MgO计) /%	0.15	0.07	0.03	0.1	0.05
全盐量/(g/kg)	1.0	1	1.1	1.4	1.5

注：“L”表示检测结果低于方法检出限

3.5.2 产业链不完整，绿色矿山建设成本高

受基础设施、交通电力、劳动力等条件限制，与内地相比，目前西藏绿色矿山建设仍处于初始阶段，大多矿产资源只能在本地进行一些粗加工，精加工往往需要依托内地，大大增加了西藏矿业的发展成本。班戈错水菱镁矿的主要的产品方案是将原矿石通过摊晒直接在矿区现场进行粗加工，得到0.044~0.075 mm粒径的水菱镁粉体（粗粉），再将这类半成品通过汽运和铁路直接销往格尔木藏青工业园进行精细加工，最后经过深加工后推向市场，这体现出班戈错水菱镁矿产业链的不完整与较低下的矿产资源开发利用水平^[6]。同时，部分资源收益回流到内地，未能完全帮助西藏本地发展，对周边经济社会的绿色带动和辐射效应有限^[7]，与绿色矿山建设规范中的资源综合利用、企业形象等行业标准还存在一定差距，推动绿色矿山高质量发展迫在眉睫。

4 高质量发展视角下绿色矿山建设的现实路径

高质量发展理念要求班戈错矿区在绿色矿山建设过程中严格遵循“科学开采、高效利用、规范管理、环保工艺、生态矿山”的基本要求，综合考虑矿区环境、开发方式、科技创新、企业科学管理等多个方面^[8]。此外，绿色矿山的建设方案、建设标准和评价标准也应该是因地制宜、差别化定制式的，关注焦点应从矿区局部发展放眼到整个区域的经济、社会、环境全面高质量发展^[9]。

4.1 技术创新与智能矿山工程

4.1.1 技术创新

通过选用先进设备及工艺、创建企业技术团队及技术研发管理制度、科研投入等，切实推进矿山科技创新，与科研院所建立良好的合作关系，培育创新团队，培养后备技术人才，提高科研实力，对生产工艺进行优化，提高三率指标。充分利用当前科技与工业装备制造技术，智能性监控管理系统、可视监控系统等管理及生产软件，做到实时生产把控，把矿山建设成为安全、高效、数字化的矿山。

4.1.2 智能矿山建设

人工智能、云计算、大数据等新一代信息技术为绿色矿山建设提供了强大的技术支持，科技

创新已成为绿色矿山建设的关键依托^[9]。班戈错水菱镁矿在绿色矿山建设过程中要主动探索矿山从开发到闭坑全过程的智能开发新途径，通过智能矿山建设，从智能生产、智能监控、智能销售、智能管理以及智能决策五个方面构建矿山自动化集中管控平台，不断提高矿山现代化建设水平，推动绿色矿山建设高质量发展。

4.2 资源开发与综合利用工程

矿业高质量发展究其本质在于矿产资源是否得到了高效合理利用，绿色矿山建设的关键也离不开资源开发与保护两大主题，避免资源因开发不合理而带来的损失，是提高资源利用效率、推进后续绿色矿山走向高质量发展的关键一步。

4.2.1 淘汰落后设备、更新采矿工艺

受产业链、劳动力、资金等条件限制，当前班戈错水菱镁矿生产工艺还较为落后，缺乏先进的生产设备，在班戈错只能进行初步粗加工，精加工还需运往格尔木藏青工业园。由于菱镁矿在煅烧环节会释放大量污染物，如二氧化碳、粉尘等，加之清洁水平低，当前尚存在诸多环境隐患，所以矿山要及时对采选工艺及设备进行技术研究，淘汰落后设备。其使用的工艺、技术和设备应属于同级同类矿山先进水平，并不断开拓探索新的应用领域，引进新的制备方法，如微波辐射法、直接沉淀法、金属醇盐水解法、气相法、均匀沉淀法等^[10]。

4.2.2 严守“三率”底线

确保三率指标，即开采回采率、选矿回收率、综合利用率，达到绿色矿山建设标准。如果三率指标不达标，应及时分析不达标的原因，优化选矿工艺流程、调整设施设备相关参数等使指标达到绿色矿山建设指标。在采矿方面，必须严格按照资源开发利用方案设计参数进行开采，强化绿色智能采矿新技术装备推广应用，全面建设绿色智能生态矿山^[11]；在选矿方面，要加强对设备运行状态的监控，进而提高选矿设备运行效率并减少设备故障时间^[12]；在冶矿方面，相对于传统的熔渣精炼工艺，真空连续液态喷吹还原法具有提高镁液纯度的效果，并且可以回收原料中其他有价值的碱金属，是一种未来值得大力研究的新颖炼镁工艺^[13]；在固废处理方面，矿业开发建设过程中各项标准必须得以贯彻落实，对废石进

行回填或者开展建筑石料、筑路综合研究,使固体废物得到 100% 处置;生活垃圾与固废分开处理,分类处理;通过建立生活污水收集处理系统,对生产废水进行循环利用,高效处理生活污水。

4.3 矿区科学管理工程

绿色矿山建设是一个体系庞杂,融合多学科技术和管理知识的工作,设立专门的绿色矿山建设管理机构,设置专职的机构成员,更有利于系统而深入地学习、探究绿色矿山建设机制,统筹安排,减少重复工作和管理,提高企业效率。绿色矿山建设过程是一个按照标准规范和评价指标查漏补缺的过程,需要矿山企业把绿色矿山建设作为日常工作,与矿山管理有机融合起来,不断发现问题并制定计划和方案,并进行持续改进^[14]。

4.3.1 加强绿色矿山管理机构的建设

加强部门监管,实现多方利益协调,对矿山建设意义重大,建议设立专门的绿色矿山建设管理机构,将原来分散于各部门管理的安全生产、环境保护、节能减排、资源利用等绿色建设管理元素统归于绿色矿山建设部门进行管理,改变以前多部门管理缺乏统筹规划,各自为政,既容易交叉重复管理,又容易边界管理模糊。同时,加强建设单位从上至下对绿色矿山建设有关的指导文件的学习,增进全体员工对于绿色矿山建设必要性的认识和理解,明确分析矿山绿色建设工作中存在的实际问题,落实责任制度、细化考核办法、严格奖惩制度,杜绝以前责任不明晰、方案落实不严格、奖惩不到位的粗放管理做法。

4.3.2 加强绿色矿山相关管理制度的制定

尽管绿色采矿已得到广泛认可,但如何确保矿山符合绿色采矿原则仍然是一个问题,相关规章制度需审核后试行,在试行阶段后修改完善定稿,在今后制度的实施阶段也要做到定期修改,完善以绿色矿山管理为核心部门,各组织机构协调配合工作的规章制度,做到有章可循,专人负责,责任到人的管理条例,保证绿色矿山建设的顺利完成。

4.4 矿区环境保护与修复治理工程

4.4.1 矿区环境保护

在建设、生产过程中,要严格落实矿区的总体开采方案和各专项设计方案,严格遵循安全、环保、职业健康“三同时”管理制度,保证环保、

生产、安全、节能、复垦等各项工作协调开展,提高矿山生态管理水平,促进清洁生产,减少矿业活动对矿山地质环境的影响和破坏,对促进矿山地质环境向良性发展产生积极的作用,从根本上推进矿山企业生态文明建设,生产水平达到各项设计指标。在建设生产过程中,加强矿山地质环境的保护与治理恢复工作,做到“环境治理与规范开采同步进行”,对矿山进行绿化,创建环境优美、干净整洁美丽的矿山。矿区功能区应符合《工业企业平面设计》(GB 50187-2012)的规定,应运行有序、管理规范,矿山需进一步编制《节能评估报告》核算能耗指标,满足《有色金属节能设计》规范的相关指标,做好矿山环境及地质灾害的监测工作,确保矿山环境(矿区植被,生态环境)及地质灾害的恢复治理的及时性及高效性。

4.4.2 环境恢复治理与土地复垦

建立清晰可实现的标准是实现矿山成功修复的关键^[15],严格按照《环境保护与复垦方案》和《环境影响报告书》的各项工程和时间安排落实工作,同时遵循矿山地质评价的要求,对绿化复垦及矿山环境进行动态监测,定期维护环境监测设备,做到矿区环境及复垦效果良好。主要工作是对冻土冻融、办公生活区水土环境污染隐患等地质环境现状问题进行治疗,对不再利用的土地进行复垦,开展地质环境和土地利用监测。

在复垦绿化工作开展前应制定复垦方案,使之与周边景观充分协调、搭配合理。此外,矿山使用的原材料、加工方法、生产工艺等均需符合环境保护标准的要求。设立环境管理机构,并设立矿山环境专职机构,明确专职负责人,确保责任落实到人。编制环境管理、监测制度以及环境应急预案。

5 结论及建议

通过对班戈错地质环境现状、土地利用现状、水土流失现状、土壤质量进行综合分析,得出该地区目前的主要地质灾害为季节性冻土灾害,且存在土壤碱化和水土流失等环境问题,针对班戈错当下开发现状与生态特点,提出技术创新与智能矿山工程、资源开发与综合利用工程、矿区科学管理工程、矿区环境保护与修复治理工

程，将高质量发展理念切实贯彻于具体的工程措施中，推动建设集生态文明、资源节约与科技创新为一体的矿业高质量发展新途径，为高原地区绿色矿山建设提供经验参考。

在未来，班戈错水菱镁矿应做到：（1）推动绿色智能矿山建设，积极把握碳中和、碳达峰所带来的战略机遇；（2）加大科研投入，依靠技术进步对水菱镁矿石进行深加工、精加工以提高产品附加值；（3）补齐完善产业链从而带动地区经济发展，惠及当地百姓进而促进社会和谐。西藏绿色矿山建设任务艰巨，实现矿业高质量发展还需相关部门的共同努力与合作。

参考文献：

- [1] 吴琪, 陈从喜, 葛振华, 等. 我国矿业高质量发展研究[J]. 矿产勘查, 2022, 13(Z1):358-364.
WU Q, CHEN C X, GE Z H, et al. Research on high quality development of mining industry in China[J]. Mineral Exploration, 2022, 13(Z1):358-364.
- [2] 赵光通, 都永生, 魏海成, 等. 班戈错盐湖古湖岸堤石英光释光年代学及其古环境指示意义研究[J]. 盐湖研究, 2018, 26(3):26-34.
ZHAO G T, DU Y S, WEI H C, et al. Optically stimulated luminescence dating of paleo-shorelines of Bangoco, Qinghai-Tibetan plateau and its implications for palaeo- environment[J]. Journal of Salt Lake Research, 2018, 26(3):26-34.
- [3] 余疆江, 郑绵平, 伍倩, 等. 西藏班戈湖淡化湖水的自然蒸发和析盐规律[J]. 科技导报, 2016, 34(5):60-66.
YU J J, ZHENG M P, WU Q, et al. Natural evaporation and crystallization of Bangor salt lake water in Tibet[J]. Science & Technology Review, 2016, 34(5):60-66.
- [4] 刘玉强. 绿色矿山建设现状及展望[J]. 矿产保护与利用, 2011(5-6):4-8.
LIU Y Q. Current Situation and Prospect of Green Mine Construction[J]. Conservation and Utilization of Mineral Resources, 2011(5-6):4-8.
- [5] 包扬, 苏德, 杨巍, 等. 铜尾矿库土壤修复效应及周边植被恢复模式研究[J]. 矿产综合利用, 2022(1):74-81.
BAO Y, SU D, YANG W, et al. Study on soil remediation effect of copper tailings pond and surrounding vegetation restoration model[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2022(1):74-81.
- [6] 李明礼, 邱衍卿, 郭国栋, 等. 西藏矿业循环经济发展现状及对策[J]. 西藏科技, 2010(6):26-28.
LI M L, QIU Y Q, WU G D, et al. Current situation and countermeasures of circular economy development of Mining industry in Tibet[J]. Science and Technology in Tibet, 2010(6):26-28.
- [7] 李国政. 绿色发展视阈下资源观的嬗变与重塑——兼谈西藏矿业开发的目标逻辑与价值诉求[J]. 开发研究, 2019(1): 92-98.
LI G Z. Evolution and remodeling of resource view in the perspective of green development--Also on the target logic and value appeal of mining development in Tibet[J]. Development Research, 2019(1): 92-98.
- [8] 孙映祥, 戴晓阳, 吴尚昆, 等. 国家级绿色矿山试点单位成效分析与建议[J]. 中国矿业, 2020, 29(9):72-75+109.
SUN Y X, DAI X Y, WU S K, et al. Analysis and suggestions on the effect of national green pilot units[J]. China Mining Magazine, 2020, 29(9):72-75+109.
- [9] 罗德江, 吴昊, 何苏, 等. 基于犹豫模糊 TOPSIS 的绿色矿山多属性评价方法[J]. 矿产综合利用, 2021(4):41-49.
LUO D J, WU H, HE S, et al. Multiattribute evaluation method for green mines based on hesitant fuzzy TOPSIS[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2021(4):41-49.
- [10] 王倩倩, 陈中航, 李晓安, 等. 热处理菱镁矿制备氧化镁的国内研究进展[J]. 矿产综合利用, 2019(2):9-15.
WANG Q Q, CHEN Z H, LI X A, et al. Domestic progress in preparation of magnesite from magnesite by heat treatment[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2019(2):9-15.
- [11] 杨俊峰, 余跃, 王曦. 我国菱镁矿业绿色高质量发展对策研究[J]. 中国矿山工程, 2022, 51(4):25-28.
YANG J F, YU Y, WANG X. Research on green and high quality development strategy of magnesite mining industry in China[J]. China Mine Engineering, 2022, 51(4):25-28.
- [12] 侯一鸣, 徐泉, 李亚杰, 等. 基于物联网和工业云的选矿设备状态监控系统[J]. 计算机集成制造系统, 2017, 23(9):1972-1982.
HOU Y M, XU Q, LI Y J, et al. Monitoring system for mineral processing equipment based on IoT and industrial cloud computing[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2017, 23(9):1972-1982.
- [13] 尤晶, 王耀武, 冯乃祥. 新法真空铝热还原炼镁的研究[J]. 真空科学与技术学报, 2012, 32(4):312-317.
YOU J, WANG Y W, FENG N X. Magnesium production by aluminothermic reduction in vacuum[J]. Chinese Journal of Vacuum Science and Technology, 2012, 32(4):312-317.
- [14] 杨霄. 石材绿色矿山建设的核心内容和主要技术方案研究[J]. 中国矿业, 2022, 31(2):51-58.
YANG X. Research on the core element and major technical solution of stone green construction[J]. China Mining Magazine, 2022, 31(2):51-58.
- [15] 何振嘉, 罗林涛, 杜宜春, 等. 碳中和背景下矿区生态修复减排增汇实现对策[J]. 矿产综合利用, 2022(2):9-14.
HE Z J, LUO L T, DU Y C, et al. Countermeasures to realize ecological restoration and emission reduction and increase of sinks in mining areas under the background of carbon neutrality[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2022(2):9-14.

Construction of Bangequo Green Mine in Xizang Based on High Quality Development

YAN Mengmeng¹, DUAN Jilin¹, ZHAO Zhong², CHEN Qihong¹, WANG Yu¹, CHEN Wei³

(1.School of Earth Science, East China University of Technology, Nanchang 330013, Jiangxi, China;

2.University of Logistical Engineering, Chengdu 611734, Sichuan, China; 3.Institute of Multipurpose Utilization of Mineral Resources, Chengdu 614022, Sichuan, China)

Abstract: This is an article in the field of mining engineering. In recent years, practical experience and successful cases of green mines have emerged one after another. Domestic research on green mine construction mainly focuses on mine land reclamation and mine environment restoration, comprehensive consideration of its economic, social and environmental benefits. This article introduces the concept of high-quality development proposed by the 20th National Congress of the Communist Party of China into the construction example of green mines in Bango Lake, integrates high-quality evaluation indicators with the previous evaluation system of green mines, provides new construction ideas for green mines, enriches the connotation of green mining, and contributes to the development of green mines. Provide reference for sustainable development and high-quality development.

Keywords: Mining engineering; Green mine; High-quality development; Evaluation system; Bangequo; Mine construction

////////////////////
(上接第 206 页)

Molecular Simulation of Adsorption Characteristics of Pb^{2+} and Zn^{2+} in Modified Kaolinite

CHEN Shaohang¹, FANG Xiaohong^{1,2}, ZENG Fangui^{1,3}, LI Xiaojun¹

(1.Department of Earth Science & Engineering, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, Shanxi, China; 2.Key Laboratory of Interface Science & Engineering in Advanced Materials, Ministry of Education,

Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, Shanxi, China; 3.Key Laboratory of Geology of Coal and Coal Measure Gas, Shanxi Province, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, Shanxi, China)

Abstract: This is an article in the field of mining engineering. In order to explore the adsorption mechanism of heavy metal ions Pb^{2+} and Zn^{2+} in kaolinite urea intercalation complex, molecular simulation was used to simulate Pb^{2+} and Zn^{2+} in single system and coexistence system at 268, 283, 298 K under constant pressure of 0.1 MPa. The results showed that when Pb^{2+} and Zn^{2+} were adsorbed separately, the adsorption capacity decreased with the increase of temperature, and the isosteric adsorption heat also had the same trend. The adsorption capacity and isosteric adsorption heat were $Pb^{2+} > Zn^{2+}$, and the self diffusion coefficient increased with the increase of temperature, and $Zn^{2+} > Pb^{2+}$; In the competitive adsorption, the change law was consistent with that of single adsorption, the adsorption capacity and isotherm of Pb^{2+} and Zn^{2+} were lower than those of the single adsorption, and the self diffusion coefficient was higher than that of the single adsorption, which indicated that there was competitive adsorption between them.

Keywords: Mining engineering; Kaolinite urea intercalation complex; Simulation calculation; Adsorption alone; Competitive adsorption