

矿冶碳减排

海外某有色金属矿山碳排放预测及 减排路径研究

胡学平¹, 程晋阳², 刘佳鹏¹, 陈瑞英², 王满仓², 刘璐³

(1. 北方矿业有限责任公司, 北京 100053; 2. 中国恩菲工程技术有限公司, 北京 100038;
3. 恩菲雄安科技发展有限公司, 河北 雄安 071700)

[摘要] 本文结合非洲某铜钴矿山的实际生产数据分析了该矿山的碳排放特征, 对其未来的排放趋势进行了探索性预测, 并根据预测结果规划未来降碳路径。分析结果表明, 碳酸盐分解、采矿车辆及装备的柴油燃烧、产品干燥、柴油发电等是矿山的主要排放项。基于此, 该矿山可以通过提高废石预抛废比例、优化工艺降低产品含水率、开发光伏电力、提升数字化水平等手段降低碳排放, 实现低碳发展。

[关键词] 有色金属矿山; 碳排放预测; 碳减排路径; 双碳

[中图分类号] X322 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 2097-2423(2025)04-0001-07

DOI: 10.19610/j.cnki.cn10-1873/lf.2025.04.001

0 引言

有色金属行业在为经济社会发展提供重要原材料保障的同时, 其生产过程中产生的大量温室气体排放也不容忽视。在国家“碳达峰”与“碳中和”目标提出之后, 有关有色行业的排放现状、排放趋势、减排路径等方面的研究受到众多关注, 包括矿山减排增汇路径分析^[1]、节能减排成效及碳达峰思路研究^[2]、有色企业碳排放情景分析与碳达峰路径探讨^[3]等, 为有色金属行业低碳发展提供了宝贵的思路。

随着中国矿业“出海”步伐的逐渐加快, 国内越

来越多的有色金属企业加入开发海外矿山的行列。在海外项目中落实低碳行动, 不仅利于企业降本增效, 还有助于提升中国企业的国际化形象^[4]。在实际情况下, 海外矿山项目的碳排放与项目所在国的能源、电力等供应情况息息相关, 只有做到对具体项目的排放特点及排放趋势进行专门分析, 才能结合当地实际情况制定合理的控排及减排策略。

本文参考国内已有矿山排放预测实践^[5], 以非洲某铜钴矿山(以下简称矿山)为例, 在梳理其碳排放源、分解碳排放结构并计算其年度碳排放量的基础上, 结合已有数据探索并预测矿山未来的碳排放趋势, 进一步提出适用的碳减排路径, 为助力中国矿业“走出去”并在海外项目践行低碳发展贡献力量。

1 矿山项目生产特点及碳排放源梳理

1.1 矿山生产概况

矿山位于非洲中部某国家, 于2020年年底投产, 设计生产年限15年, 其下4个矿体生产年限在6~13年之间不等, 将先后在2027—2035年陆续闭坑。矿山主要设施包括矿山、选冶厂及生活区三大部分, 矿山部分主要由露天采场、采矿工业场地组成; 选冶厂主要包括原矿堆场、破碎磨矿、搅拌浸出、铜萃取电积、沉钴系统、低品位矿堆浸场、硫酸厂、消

[收稿日期] 2025-02-08

[作者简介] 胡学平(1985—), 男, 硕士, 高级工程师, 主要从事有色金属技术、管理及绿色低碳相关研究。

[引用格式] 胡学平, 程晋阳, 刘佳鹏, 等. 海外某有色金属矿山碳排放预测及减排路径研究[J]. 绿色矿冶, 2025, 41(4): 1-7.

HU Xueping, CHENG Jinyang, LIU Jiapeng, et al. Research on carbon emission prediction and carbon emission reduction path of an overseas non-ferrous metal mine[J]. Sustainable Mining and Metallurgy, 2025, 41(4): 1-7.

防站、尾渣库、公共及辅助工程设施等;生活区主要包括员工宿舍、食堂、活动中心、诊所等设施。

矿山生产的基本工艺流程为露天采矿、磨矿浸出、铜萃取电积和沉钴工序。最终产品为阴极铜及粗制氢氧化钴。其中,阴极铜设计产能为4.5万t/a,氢氧化钴含钴量为5000t/a。

矿山生产运营所需的能源主要是柴油及外购电力,其中运输主要通过柴油罐车完成,同时由于当地电力供应不足,因此项目现场配备有柴油发电机作为应急保障电力来源,柴油除用于车辆和发电外,还用于含水氢氧化钴初级产品的干燥。

1.2 矿山主要碳排放源及排放物梳理

矿山碳排放源的确定依据的是国际上各矿业公司普选使用的,由世界资源研究所(WRI)与世界可持续发展工商理事会(WBCSD)联合发布的国际通用标准《温室气体核算体系:企业核算与报告标准》(简称“《企业标准》”)。《企业标准》考虑了《京都议定书》中列出的6种温室气体:二氧化碳(CO₂)、甲烷(CH₄)、氧化亚氮(N₂O)、氢氟碳化物(HFCs)、

全氟化碳(PFCs)、六氟化硫(SF₆),同时按照运营边界的划定规则确定了各排放源所属的范围类别,即范围1、范围2、范围3。《企业标准》中将企业排放分为直接排放和间接排放两大类,其中直接排放是指来自企业拥有或控制的排放源的碳排放,例如自有锅炉、车辆、生产设备等的排放,直接排放也称为范围1排放;间接排放是指由企业活动导致的,但发生在其他企业拥有或控制的排放源的排放,外购电力、热力、冷力引起的间接排放,也称为范围2排放,范围2之外的其他间接排放统称为范围3排放。

通过收集现场资料,对于矿山需考虑的排放包括:①柴油燃烧引起的碳排放,柴油主要用于柴油发电机组、各类运输车辆、干燥设备以及炸药中的少量掺加;②外购电力引起的间接排放;③工艺过程排放,主要来源于矿石中孔雀石(Cu₂(OH)₂CO₃)及白云石(CaMg(CO₃)₂)等碳酸盐矿物在硫酸浸出过程中的分解;④其他无组织排放,来源包括生活污水处理、冰箱空调制冷剂、高压电器绝缘剂。矿山各排放源及所排放的温室气体种类见表1。

表1 矿山主要排放源及排放物

排放源	发生设施/工序	排放物	核算方法	范围类别	备注
柴油使用	柴油发电机组,各类运输	CO ₂ 、CH ₄ 、N ₂ O	因子法	范围1、范围3	CH ₄ 、N ₂ O的全球增温潜势分别取27和273,后同
	车辆、产品干燥、制硫酸、炸药掺加				
碳酸盐分解	湿法浸出	CO ₂	质量平衡法	范围1	按100%分解考虑
使用外购电力	各用电单元	CO ₂	因子法	范围2	
	生活污水处理	CH ₄ 、N ₂ O	质量平衡法	范围1	根据设计值及最大处理量估算
无组织泄漏	冰箱及空调的制冷剂	HFCs、PFCs	—	范围1	因现场未发生过制冷剂或绝缘剂
	电器绝缘剂	SF ₆	—	范围1	泄漏,故不考虑这两部分排放

1.3 矿山排放基本情况

在梳理项目各个排放源的基础上,表2列出了不同工序或用途维度下的排放源分布情况。

利用排放因子法以及质量平衡法^[6],对矿山2022年度排放量进行核算。矿山该年因燃料燃烧及外购电力等引起的排放为6.93万tCO₂e(CO₂e代表二氧化碳当量,表示将排放产生的CH₄、N₂O等气体的全球增温潜能值折算成二氧化碳的全球增温潜能值,后同),各部分排放占比见表3。矿山所在国家电力排放因子为0.0004tCO₂e/MW·h,所以外购电力虽然用量较大,但排放占比较低;98%的排放是由各类车辆、产品干燥及机组发电对应的柴油燃烧贡献,其中采矿车辆及装备消耗柴油对应的排放量

为4.35万tCO₂,占总排放的62.8%。

除以上排放源之外,矿石含有数量较多的孔雀石及白云石等碳酸盐矿物,碳酸盐矿物与酸反应后会分解产生CO₂。根据现场生产统计,2022年进入硫酸浸出工序的矿石总量为215.82万t,孔雀石占比1.59%,白云石占比1.66%,对应估算得出碳酸盐分解造成的碳排放约为2.42万tCO₂。若将该部分计入总排放,则矿山全年总排放约为9.35万tCO₂e。考虑了碳酸盐分解的各部分排放占比见表4。由表4可以看到,由于进入硫酸浸出工序的碳酸盐矿物数量较大,其分解造成的过程碳排放占比高达矿山全年总排放的四分之一,不容忽视。

表2 矿山排放源按工序或用途维度划分

工序	产生排放的过程	排放物	范围类别
采矿	柴油发电	CO ₂ 、CH ₄ 、N ₂ O	范围1
	外购电力	CO ₂	范围2
	车辆及装备消耗柴油*	CO ₂ 、CH ₄ 、N ₂ O	范围3
	炸药*	CO ₂	范围3
选矿及冶炼	湿法浸出	CO ₂	范围1
	产品干燥	CO ₂	范围1
	柴油发电	CO ₂ 、CH ₄ 、N ₂ O	范围1
非采矿车辆	外购电力	CO ₂	范围2
	消耗柴油	CO ₂ 、CH ₄ 、N ₂ O	范围1
硫磺制酸	柴油助燃	CO ₂ 、CH ₄ 、N ₂ O	范围1
	外购电力	CO ₂	范围2
行政及生活	柴油发电	CO ₂ 、CH ₄ 、N ₂ O	范围1
	生活污水分解	CH ₄ 、N ₂ O	范围1
	食堂天然气	CO ₂	范围1
	外购电力	CO ₂	范围2

注:采矿作业及爆破采用外包服务模式,其排放源(采矿车辆装备及爆破车辆)不属于矿山运营方所控制。

表3 矿山主要排放源及排放贡献

排放源	排放量/ 万 tCO ₂ e	排放 贡献/%
采矿车辆及装备	4.35	62.8
产品干燥	1.18	17.0
柴油发电	0.91	13.1
非采矿车辆	0.38	5.5
外购电力	0.006	0.1
其他(生活污水、天然气等、炸药 柴油掺加等)	0.1	1.5

表4 考虑了碳酸盐分解的矿山主要排放源及排放贡献

排放源	排放量/ 万 tCO ₂ e	排放 贡献率/%
采矿车辆及装备	4.35	46.5
碳酸盐矿物分解排放	2.42	25.9
产品干燥	1.18	12.6
柴油发电	0.91	9.7
非采矿车辆	0.38	4.1
外购电力	0.006	0.1
其他(生活污水、天然气等、炸药 柴油掺加等)	0.1	1.1

2 矿山排放预测分析

为了更好地做出减排方案决策,需要在分析已有排放特点的基础上,对该矿山未来的排放趋势作出必要预测。受其生产特点影响,该矿山采矿作业车辆及装备、采矿柴油发电这两类排放源不仅排放量较大,而且存在一定波动,同时矿石中的碳酸盐矿物分解产生的二氧化碳排放量存在因矿物成分随深度不同而变化的情况,因此需对以上三个排放源的

排放趋势进行专门的预测研究,并在此基础上预测其他碳排放,最后得到矿山总排放量的趋势预测。

2.1 采矿车辆及装备排放预测

经统计,矿山可开采矿石总量约为3500万t,自2020年底投产至2022年末,累计采出矿石量约820万t,未来随着矿山各矿体剥采比降低以及矿体先后闭坑(表5),采矿作业量将逐年减少。在预测采矿车辆及装备的柴油燃烧排放时,首先根据已有年度采矿车辆及装备的柴油用量及矿岩剥采量,算出采剥单位矿岩量消耗的柴油量作为矿岩耗油系数,这其中需考虑运距变化的影响以及矿岩含矿量及废石量;然后根据矿山设计资料、排产计划以及已开采矿岩量,计算出未来每年待开采矿岩量,然后与矿岩耗油系数相乘,算出未来每年采矿车辆及装备的柴油用量,进而得到各年排放量。这部分年度碳排放具体计算见式(1)。

$$E_1 = Qkf \quad (1)$$

式中, E_1 为某一生产年份采矿车辆及装备燃烧柴油产生的排放量(tCO₂e); Q 为在该对应年份的矿岩开采量,t; k 为开采单位重量矿岩的耗油系数,取0.4083L/t; f 为柴油碳排放因子,取0.0027tCO₂e/L。

表5 矿山各矿体闭坑时间及总剥采比预测

年份	剥采比	各矿体开采作业量/万t				
		1号矿体	2号矿体	3号矿体	4号矿体	合计
2023	8.8	1025.1	1038.0	594.3		2657.4
2024	8.6	1190.0	1015.0	465.0	未投产	2670.0
2025	8.0	1070.0	945.0	425.0		2440.0
2026	8.1	910.0	856.4	496.8	310.0	2573.2
2027	6.7	920.0	470.0	335.6	620.0	2345.6
2028	4.6	924.9	139.1		650.0	1714.0
2029	5.2	930.0			680.0	1610.0
2030	5.2	930.0			680.0	1610.0
2031	5.0	930.0			630.0	1560.0
2032	3.9	822.8	闭坑	闭坑	430.0	1252.8
2033	1.7				300.0	300.0
2034	0.9	闭坑			127.0	127.0
2035	0.5				24.2	24.2

根据式(1),得到采矿车辆及装备柴油燃烧的排放量变化趋势如图1所示。由图1可知,采矿车辆及装备引起的碳排放总体趋势表现为伴随作业量的减少而同步降低,15年运营期总碳排放量约为31.3万tCO₂e(包含了2021、2022年的已有排放,下同)。



图1 矿山未来采矿车辆及装备的排放趋势

2.2 采矿柴油发电排放预测

矿山采矿部分的用电需求基本为水泵抽水用电,因此可以水泵用电量近似作为采矿部分的总用电量进行碳排放预测。对于此部分需要进行细致预测,原因是随着4个矿坑开采深度的逐年增加,各矿坑在不同年份、不同开采深度的最大抽水功率存在差异,对应的用电量也不尽相同。预测步骤如下:

1) 对于各矿体,结合已开采矿石量及未来每年开采的矿石量,得出每年末的累计开采量。

2) 根据设计资料中给出的各矿体矿坑在不同台阶标高下的累计矿石量,确定每个矿体在当年的最大开采深度。

3) 对于每个矿体,根据设计资料给出的不同台阶处的抽水功率及水泵年工作总小时数,算出各个矿体每年的水泵抽水用电量(表6)。

4) 求取各矿体的水泵用电量的总和,即得到采矿作业在各年的总用电量。

5) 根据采矿部分已有年份用电总量中柴油供电的比例,算出未来各年需要的柴油发电量。

6) 根据柴油发电机组的每升油发电量,算出未来各年矿山作业柴油供电量对应的柴油使用量,进而算出各年矿山作业中柴油发电机组的柴油燃烧排放。该部分单一年度排放具体计算过程见式(2)。

$$E_2 = \sum_i P_i h_i k f \quad (2)$$

式中, E_2 为某一生产年份采矿柴油发电产生的柴油燃烧排放, tCO_2e ; P_i 为第 i 个矿体在对应生产年份的台阶位置处的抽水功率, kW ; h_i 为第 i 个矿体在对应生产年份的台阶位置处的全年抽水时长, h ; k 为柴油发电机组的度电耗油量,取 $0.25 L/kW \cdot h$; f 为柴油碳排放因子,取 $0.0027 tCO_2e/L$ 。

矿山采矿作业部分柴油发电引起的排放变化趋势预测如图2所示。由表6和图2可知,随着开采深度增加,碳排放量随用电量同步增加,于2032年达到峰值,2033年起,随着1号矿体的闭坑,排水用电量下降,碳排放量随之减少,15年运营期总碳排放量约为 10.2 万 tCO_2e 。

2.3 碳酸盐分解排放预测

矿山的碳酸盐矿物主要为孔雀石和白云石,且随着矿体深度增加,这两种矿物的含量呈现增加趋势。另外,根据生产工艺路线规划,矿山在投产后,先期开采的矿石经过破磨后直接进入硫酸浸出工序,中期(2024年前后),将对高钙镁含量的矿石进行预先浮选,将高耗酸的碳酸盐矿物提前分离,从而降低浸出作业的硫酸用量,同时减少白云石的分解量,起到降低工艺排放的效果。因此,预测矿山碳酸盐分解排放时,需考虑破磨后直接与硫酸进行浸出反应的矿石产生的分解排放,以及破磨且经过浮选后的矿石与硫酸浸出反应产生的分解排放。其计算见式(3)。

1) 统计破磨后直接送硫酸浸出工序的矿石中各类碳酸盐含量,得出自2023年起总计约有 80.3 万 t 碳酸盐矿物进入浸出系统,其中含铜孔雀石占比约为 18.5% ,作为废石的白云石占比约为 81.5% ,与之对应的,未来各年碳酸盐矿物直接浸出产生的 CO_2 排放总量约为 14.73 万 t ;其中孔雀石分解累计贡献 4.47 万 t ,占比 30.3% ,白云石分解贡献了 10.26 万 t ,占比达 69.7% 。

2) 根据矿物含量检测结果及矿样浮选试验结果,未来有 1460 万 t 矿石计划进行浮选处理,对应预分离产生 1058 万 t 废石,剩余 402 万 t 矿石进入浮选。经过统计浮选后送浸出工序的矿石中各类碳

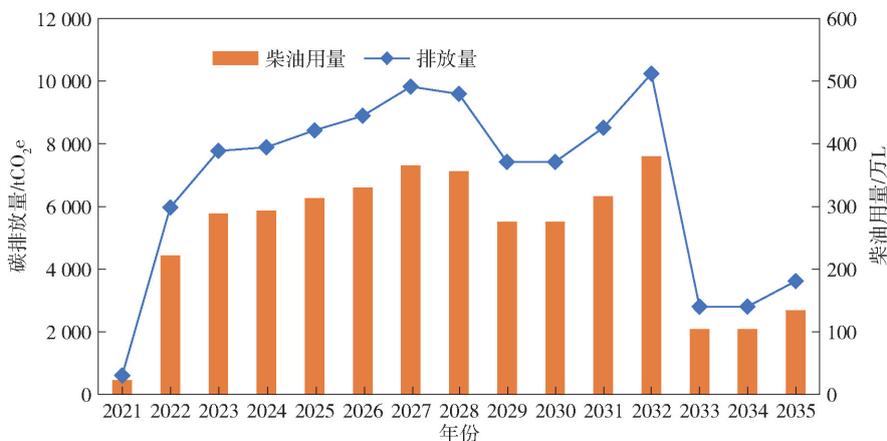


图2 矿山未来采矿工序柴油发电对应的排放趋势

表6 矿山柴油发电耗油预测

年份	用电量/万 kW·h					柴油发电量/万 L	柴油用量/万 L
	1号矿体	2号矿体	3号矿体	4号矿体	用电合计		
2023	1 026.7	661.0	272.7		1 960.4	1 154.7	288.7
2024	1 026.7	661.0	303.0		1 990.7	1 172.5	293.1
2025	1 026.7	661.0	439.3	未投产	2 127.0	1 252.8	313.2
2026	1 097.5	706.6	439.3		2 243.4	1 321.4	330.3
2027	1 097.5	706.6	469.6	205.2	2 478.9	1 460.1	365.0
2028	1 097.5	911.8		410.3	2 419.6	1 425.1	356.3
2029	1 416.1			455.9	1 872.0	1 102.6	275.7
2030	1 416.1			455.9	1 872.0	1 102.6	275.7
2031	1 486.9			661.0	2 147.9	1 265.1	316.3
2032	1 876.3	闭坑	闭坑	706.6	2 583.0	1 521.4	380.3
2033				706.6	706.6	416.2	104.1
2034	闭坑			706.6	706.6	416.2	104.1
2035				911.8	911.8	537.0	134.3

酸盐含量,得出该部分矿石中未来总计约有 54 万 t 碳酸盐矿物进入硫酸浸出系统,其中含铜孔雀石、含钴菱钴矿合计占比约为 55.7%,白云石约占 44.3%,与之对应的未来各年浮选后矿石浸出产生的 CO₂排放总量约为 17.2 万 t,其中孔雀石、菱钴矿分解合计贡献 5.8 万 t,占比 33.6%,废石分解贡献 11.4 万 t,占比达 66.4%。

两部分碳酸盐分解产生的排放计算见式(3)。

$$E_3 = Q_1 \times (a_1 \times c + b_1 \times k) + Q_2 \times (a_2 \times c + b_2 \times k) \quad (3)$$

式中, E_3 为某一生产年份碳酸盐分解产生的二氧化碳排放量,tCO₂; Q_1 为当年直接与硫酸进行浸出反应的矿石量,t; a_1 为当年直接进行浸出反应的矿石中孔雀石的百分比含量,%; c 为单位质量孔雀石遇酸分解产生的二氧化碳量,tCO₂/t; b_1 为当年直接进行浸出反应的矿石中白云石的百分比含量,%; k 为单

位质量白云石遇酸分解产生的二氧化碳量,tCO₂/t; Q_2 为当年经过浮选后与硫酸进行浸出反应的矿石量,t; a_2 为当年浮选后进行浸出反应的矿石中孔雀石的百分比含量,%; b_2 为当年浮选后进行浸出反应的矿石中白云石的百分比含量,%。

综上所述,自 2023 年到矿山结束运营,直接送浸出的碳酸盐矿物分解产生的碳排放量为 14.73 万 tCO₂。虽然在项目运营中期对于深部矿石进行了浮选处理,但是由于进行浮选处理的矿石位于矿体深部,白云石含量更高,因此浮选后浸出反应产生的分解排放量仍较大,达到 17.2 万 tCO₂,预计 2023—2035 年两部分分解产生的碳排放合计达到 32 万 tCO₂,年均分解排放量接近 2.5 万 tCO₂。若加工 2020、2021、2022 年的排放量估算,该部分 15 年运营期总排放量预计将达到 36.5 万 tCO₂ (2020、2021、2022 年的排放量估算值约 4.5 万 tCO₂)。

以上三类排放源 2023 年起各年二氧化碳排放量预测见表 7。

表 7 矿山三类波动较大排放源各年排放预测值

年份	tCO ₂ e			
	采矿车辆及装备	采矿柴油发电	碳酸盐分解	
2023	29 300.1	7 772.4	年均 24 600	
2024	29 439.1	7 892.5		
2025	26 903.1	8 433.0		
2026	28 372.0	8 894.5		
2027	25 861.8	9 828.0		
2028	18 898.5	9 592.8		
2029	17 751.7	7 421.8		
2030	17 751.7	7 421.8		
2031	17 200.4	8 515.9		
2032	13 813.2	10 240.6		
2033	3 307.8	2 801.6		
2034	1 400.3	2 801.6		
2035	266.4	3 614.9		
合计	313 000	102 000		320 000

2.4 其他排放源排放趋势分析

除了上述三个排放源外,其余排放源包括选冶系统产品干燥、非采矿柴油车辆、非采矿柴油发电、炸药柴油掺加、外购电力引起的间接排放等。这些排放源主要服务于采矿作业之外的其他工序,如选冶、制酸等,由于对应工序或用途的能耗、物耗总体稳定,对应各年的碳排放也比较平稳,可认为与 2022 年排放量基本一致。这些排放源单一年度及排放总量预测见表 8,总排放量约 28.6 万 tCO₂e,若

加上 2021、2022 年对应的排放,则这些排放源在项目运营期内的总排放量约为 31.7 万 tCO₂e。

表 8 其他排放源 2023 年起单一生产年度排放量及总量预测

排放源	tCO ₂ e	
	年度排放预测	总排放预测
产品干燥	12 643.0	164 359.0
非采矿柴油发电	5 217.2	67 823.8
非采矿车辆	3 782.4	49 171.1
食堂天然气及污水排放	225.1	2 926.3
外购电力	77.0	1 000.9
炸药	56.2	730.0
合计	22 000.9	286 000

2.5 总排放预测

汇总以上各排放源的排放量,总碳排放变化趋势如图 3 所示。由图 3 可知,预计矿山 15 年运营期内总排放量约为 109.7 万 tCO₂e;矿山碳排放量在 2022 年即达到了峰值,原因是波动较大的排放源主要来自采矿部分,2022 年采矿车辆及装备的排放量最大,而在 2023 年以后排放量逐年降低,主要原因是随着中后期矿石开采量的逐年减少,采矿车辆及装备柴油用量同步减少,对应的排放逐年变低,与之相比,产品干燥排放、非采矿车辆排放、碳酸盐分解排放(均值)等部分在未来各生产年份中的绝对量相对固定。两部分排放相加,总体上使整个项目排放量 2022 年最大,然后在随后的生产年度呈下降趋势。

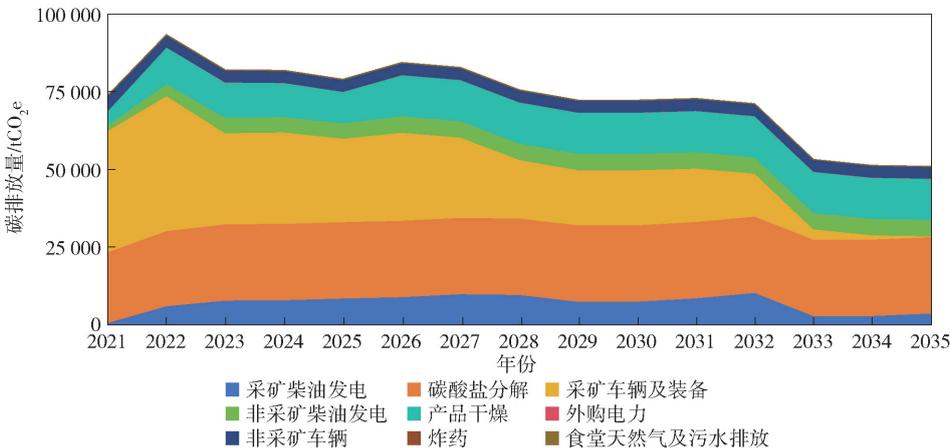


图 3 矿山各年排放结构及总体趋势

各排放源在 15 年运营期内的排放占比如图 4 所示。由图 4 可知,碳酸盐分解、采矿车辆及装备、产品干燥、柴油发电等是矿山的主要排放项,因此需要面向上述排放源设计必要的减排措施。

3 矿山减排路径分析

根据以上分析,再结合矿山的实际情况,可从以

下方面开展减排方案规划:

1)减少白云石碳酸盐遇酸分解的工艺过程排放。具体措施为在不影响有价金属回收率水平的前提下,将原计划进行直接硫酸浸出的部分矿石调整为经浮选后浸出,通过增加浮选处理量提高白云石的预分离程度,以此进一步减少进入硫酸浸出的白云石数量。这一调整不仅能减少白云石的分解排

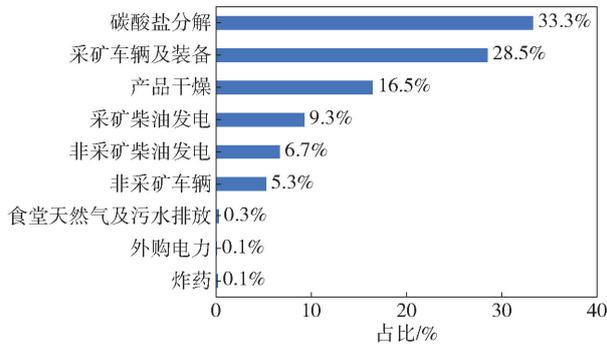


图4 矿山各排放源在总排放量中的贡献占比

放,还能减少浸出过程的硫酸用量,进而带动制酸环节的节能减排。

2)降低粗制氢氧化钴产品干燥所用的柴油消耗。首先,可通过对前端的反应、过滤等环节进行工艺或装备的优化,减少进入闪蒸干燥设备中钴产品的初始含水量,进而减少干燥工序的柴油用量;其次,可以利用当地较为有利的光照条件,利用太阳能为产品加热,促进水分蒸发,进而达到节约柴油的目的。

3)开发光伏电力。利用尾矿库、屋顶、空闲场地开发光伏电力资源,为矿山生产和生活供电,替代一部分柴油发电供应。除此之外,也可通过加强对水泵等耗电装备的日常维护等常规手段来提高设备用电效率,从而降低柴油机组发电量。

4)其他减排手段:①推动车辆及装备电气化转型;②将现场生产管理与数字智能技术相结合,从优化车辆运输路径、减少空载里程、优化排产调度等多个角度提升用能效率,减少能耗;③逐步采用技术成熟、性能稳定的轻量化装备,降低设备自身电耗;④在尾矿、边

坡等区域进行生态修复及绿植覆盖,增强碳汇能力。

4 结论

研究矿山排放结构及排放趋势对于后续制定碳减排措施具有很强的参考意义。本文以非洲某铜钴矿为例,预测了矿山未来的排放趋势,发现其排放主要来自两大排放源:第一是碳酸盐分解造成的工艺排放,第二是用于车辆装备、产品干燥、备用发电的柴油燃烧引起的排放。通过进一步研究,矿山可以通过提高废石预抛废比例、优化工艺降低产品含水率、开发光伏电力、提升数字化水平等手段降低碳排放,实现低碳发展。

[参考文献]

- [1] 刘招平,郭云清,蒋颖,等.“双碳”战略目标下矿山企业减排增汇路径分析[J].中国矿业,2024,33(S2):6-9.
- [2] 安雪春,朱全成,晁永贵.有色金属行业节能减排成效及碳达峰思路研究[J].现代工业经济和信息化,2023,13(9):209-210,213.
- [3] 董明,梁红娟.有色金属联合企业碳排放情景分析与碳达峰路径探讨[J].中国矿业,2023,32(10):40-46.
- [4] 邢丽菊,赵婧.南南合作视域下的中国国家形象传播——以应对气候变化为例[J].现代国际关系,2022(11):51-58,60.
- [5] 赵婷婷,万迎峰.某矿山企业碳排放现状及预测研究[J].工业安全与环保,2024,50(10):103-106.
- [6] 刘璐,胡学平,王怀,等.国际碳排放相关主要标准及文件体系概述[J].绿色矿冶,2023,39(1):8-16,52.

Research on Carbon Emission Prediction and Carbon Emission Reduction Path of an Overseas Non-ferrous Metal Mine

HU Xueping¹, CHENG Jinyang², LIU Jiapeng¹, CHEN Ruiying², WANG Mancang², LIU Lu³
 (1. Norin Mining Limited, Beijing 100053, China; 2. China ENFI Engineering Corporation, Beijing 100038, China; 3. ENFI Xiong'an Technology Development Co., Ltd., Xiong'an 071700, China)

Abstract: Based on the actual production data of a copper-cobalt mine in Africa, this paper analyzed the carbon emission characteristics of the mine, and made an exploratory prediction of its future emission trend, and finally planned the carbon reduction path according to the prediction results. The analysis results show that carbonate decomposition, oil extraction and combustion of mining vehicles and equipment, product drying, and diesel power generation are the main emission items of the mine. Based on this, the mine can reduce carbon emissions and achieve low-carbon development by increasing the proportion of pre-throwing waste rock, optimizing the process to reduce the water content of products, developing photovoltaic power, and improving the digital level.

Key words: non-ferrous metal mines; carbon emissions forecast; carbon emission reduction path; dual carbon