

doi: 10.20237/j.issn.1007-7545.2025.10.005

我国有色金属冶炼行业固体废物污染防治的现状与对策

王妍

(中国环境保护产业协会, 北京 100045)

摘要: 我国是有色金属生产大国。有色金属冶炼过程中产生的大量固体废物兼具环境危害与资源价值双重属性。为加强固体废物污染防治,我国构建了覆盖法律法规、政策标准等在内的制度体系,推动行业采用资源化利用、固化稳定化及安全填埋等技术。但仍面临部分固体废物综合利用水平低、资源化路径有限、技术研发转化薄弱、经济激励不足等问题。未来需强化企业主体责任,健全标准体系,推进核心技术攻关、完善政策激励,提升固体废物综合利用与无害化处置水平,助力有色金属冶炼行业绿色转型。

关键词: 有色金属; 冶炼; 固体废物污染; 防治; 对策

中图分类号: X758 **文献标志码:** A **文章编号:** 1007-7545(2025)10-0065-06

引用格式: 王妍. 我国有色金属冶炼行业固体废物污染防治的现状与对策[J]. 有色金属(冶炼部分), 2025(10): 65-70. DOI: 10.20237/j.issn.1007-7545.2025.10.005.

WANG YAN. Current Situation and Countermeasures of Solid Waste Pollution Prevention and Control in Nonferrous Metals Smelting Industry in China[J]. Nonferrous Metals (Extractive Metallurgy), 2025(10): 65-70. DOI: 10.20237/j.issn.1007-7545.2025.10.005.

有色金属是国民经济建设的重要物质基础,是提升国家综合实力和保障国家安全的关键性战略资源。2024年规模以上工业中,我国十种有色金属产量达 79 188 kt,比2023年增长 4.3%。其中,精炼铜、原铝产量分别达 13 644 kt、44 005 kt,同比分别增长 4.1%、4.6%^[1]。有色金属工业一方面促进了经济社会的发展,另一方面也带来了日益严重的环境问题。有色金属采、选、冶过程中会产出大量固体废物,甚至是危险废物。2024年,全国危险废物产生量约 1.3 亿 t,其中有色金属冶炼和压延加工业危险废物产生量位居全国第 3 名^[2]。这些固体废物包含了很多对环境有害的成分,随意排放将会对环境产生严重的污染;另一方面这些固体废物中还含有铜、铅、锌等多种有价金属,很多固废中的有价金属含量达到甚至超过了天然矿中的金属含量,再加工利用的潜力很大。因此,采取措施对有色金属冶炼行业产生的固体废物进行合理处理及利用是及其必要的。本文对我国有色金属冶炼行业固体废物污染防治的现状进行综述,

并在此基础上梳理问题,提出对策。

1 有色金属冶炼固体废物的来源及危害

1.1 有色金属冶炼固体废物的来源

有色金属冶炼通过火法冶炼、湿法浸出、电解提纯等工艺从矿石中提取铜、铝、铅、锌、镉、铋、金、银等有价金属,其产生的固体废物主要为各类炉渣、浸出渣、烟尘、阳极泥、废水处理污泥等,这些固体废物往往含有铜、铅、锌、铁、钨、锡、钼等多种元素,有的还含有稀散元素及金、银等贵金属^[3-5]。

1) 冶炼废渣。根据冶炼方式的不同,一般包括火法冶炼渣和湿法浸出渣。常见的火法冶炼渣有铜冶炼渣、炼铅炉渣、镍渣、镁渣等,湿法浸出渣有赤泥、锌浸出渣、钨碱渣、氰化尾渣等。在有色金属冶炼过程中,冶炼废渣是产生量最大的固体废物。2023 我国约产生有色金属冶炼渣 94 250 kt。主要有色金属冶炼渣产生量见表 1^[6]。

2) 冶金尘泥。包括有色金属冶炼过程中产生的

收稿日期: 2025-06-19

作者简介: 王妍(1984—),女,硕士,正高级工程师

表1 2023年我国各类有色金属冶炼渣产生利用情况^[6]Table 1 Production and utilization of non-ferrous metallurgical slags in China in 2023^[6]

主要品类	产生量/kt	综合利用量/kt	综合利用率/%
铜渣	38 964	37 016	95.0
铅渣	6 808	6 331	93.0
锌渣	5 722	5 333	93.2
镍渣	1 958	979	50.0
锂渣	4 140	2 981	72.0
镁渣	4 425	2 080	47.0
其他冶炼渣	32 233	29 654	92.0
合计	94 250	84 374	89.5

冶炼烟尘、酸泥、阳极泥等,成分较复杂,含有各种有价金属和有害元素。

3) 废水处理污泥。有色金属冶炼过程中会产生大量废水,废水处理产生的污泥主要由硫酸盐、碳酸盐及金属氢氧化物等物质组成,一般属于危险废物。

1.2 有色金属冶炼固体废物的危害

1) 对土壤环境的危害

固体废物若贮存不当,经过长期的自然氧化、雨水淋滤,其有害物质可从地表向下渗透,使土壤环境恶化,造成周围土壤的严重污染^[7]。

2) 对水环境的危害

固体废物除了通过土壤渗入地下水以外,还可以通过风吹、雨淋、或人为因素进入地表水,造成水体的严重污染与破坏,进而危害水体动植物的生存^[8]。

3) 对大气环境的危害

暴露在外的固体废物经风化作用形成细小微粒飘在空气中,成为大气颗粒物污染的直接来源,并影响空气能见度;部分可能会分解产生有毒有害气体,也能造成大气污染^[9]。

2 有色金属冶炼行业固体废物污染防治制度体系

随着环境形式的日益严峻,国家逐渐加大对有色金属冶炼行业固体废物污染的监管力度。目前,我国已构建了包括法律法规、政策标准、技术规范等在内的固体废物污染防治制度体系,促使有色金属冶炼行业固体废物污染防治工作更加规范有序。

2.1 强化许可管理,严控有色金属冶炼行业固体废物产生与处置风险

《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》(2020年修订)是我国固体废物管理的根本大法,其确立了“减量化、资源化、无害化”原则,明确了生产者责任延伸制度,并对危险废物实行严格的全过程

管理和经营许可制度,为有色金属冶炼固体废物管理提供了最根本的法律依据。

2019年发布的《固定污染源排污许可分类管理名录(2019年版)》,规定了纳入排污许可管理的固定污染源行业范围和管理类别,将铜、铅、锌冶炼企业纳入该名录的重点管理排污单位^[10]。当前,以《排污许可管理条例》《排污许可管理办法》为核心,以《排污许可证申请与核发技术规范 工业固体废物(试行)》(HJ 1200—2021)、《污染源源强核算技术指南 有色金属冶炼》(HJ 983—2018)为配套的有色金属冶炼行业固体废物排污许可的制度体系基本成型,对于加强有色金属冶炼行业固体废物污染的监管具有重大意义。

2.2 完善经济政策与责任机制,驱动有色金属冶炼行业固体废物源头减量与资源利用

2018年1月1日起施行的《中华人民共和国环境保护税法》(以下简称《环保税法》)是我国第一部为减少污染物排放、保护和改善环境而专门制定的单行税法。《环保税法》将固体废物明确列为应税污染物,规定包括有色金属冶炼企业在内的企业事业单位和其他生产经营者贮存或处置固体废物不符合国家和地方环境保护标准的,应当缴纳环境保护税,税额根据其危害程度和数量确定(危险废物税额为每吨1 000元,冶炼渣和其他固体废物税额为每吨25元)。《环保税法》通过税收调控的方法促进了有色金属冶炼企业积极落实国家污染排放标准、加强固体废物综合利用和合理处置,大大推动了产业的绿色循环发展。

此外,国家还通过发布《资源综合利用产品和劳务增值税优惠目录》等政策,对利用有色金属冶炼渣、烟尘等固体废物生产符合标准的资源综合利用产品给予增值税即征即退等税收优惠,有效降低了固体废物资源化利用项目的成本。

2.3 构建先进适用技术标准体系,提升行业固体废物污染防治能力

为加强环境保护,我国建立了以污染防治技术政策、污染防治可行技术指南、清洁生产相关标准等为主要内容,并覆盖多个工业行业的技术标准体系,为包括固体废物在内的各类污染物防治提供强有力的技术支撑。为促进有色金属冶炼行业生产工艺和污染治理技术的进步,从2012年起,生态环境部先后发布了《铅锌冶炼工业污染防治技术政策》《铅冶炼污染防治最佳可行技术指南(试行)》(HJ-BAT-7)、《铜冶炼污染防治可行技术指南(试行)》《钴冶炼污染防治可行技术指南(试行)》《镍冶炼污染防治可行技术

指南(试行)》(环境保护部公告 2015年第24号),推动有色金属冶炼行业从业单位采用先进可行的污染防治技术,规范固体废物综合利用及处理处置行为,提升行业污染防治水平^[10]。此外,国家发展改革委等部门于2024年发布了《铜冶炼行业清洁生产评价指标体系》《铅冶炼行业清洁生产评价指标体系》,指标体系对冶炼工艺的先进性提出要求,从源头减少冶炼废渣、粉尘等固体废物产生量,同时设定固体废物综合利用率指标,推动有色金属冶炼行业固体废物污染防治从“末端处理”向“资源转化”升级。

3 有色金属冶炼行业固体废物利用和处理处置方式

目前,常见的有色金属冶炼行业固体废物利用和处理处置方式主要包括资源化利用、固化稳定化、填埋处置等。有色金属冶炼行业固体废物治理需建立遵循“资源化优先、无害化托底”的原则。

3.1 固体废物的资源化利用

资源化利用旨在通过物理、化学或生物方法,提取固体废物中的有价值组分并转化为可利用资源,实现废物减量与价值提升的双重目标。

3.1.1 冶炼渣的综合利用

冶炼渣作为主要固体废物,其综合利用已形成成熟技术路线。常见的综合利用方法包括金属回收和建材利用。在金属回收方面,常采用磁选、浮选等物理方法及氧化还原、电解、分离、浸出、焙烧、熔炼等化学方法提取残余金属,从冶炼渣中回收铜、铅、锌等有价金属。例如,铜冶炼炉渣中铜的回收常采用浮选方法,铜渣浮选可得到品位35%以上的铜精矿,供火法炼铜,回收率达90%以上,浮选后尾矿可作为水泥原料^[11-13]。在建材化利用领域,冶炼渣经磨细后可用作水泥生产掺和料,制备免烧砖、铸石、新型墙材、砌块、路基材料、井下充填材料等,替代部分天然资源,显著降低建筑材料生产成本。此外,冶炼炉渣还可根据各种金属渣的特点作为高附加值工业材料的生产原料,如金川公司采用闪速炉熔炼的水淬渣生产微晶玻璃^[14-15]。

3.1.2 尘泥的资源化利用

阳极泥处理工艺主要包括火法工艺、焙烧-湿法工艺、选冶联合工艺和全湿法工艺。例如,一些大型铅冶炼厂(如豫光金铅)采用焙烧-湿法工艺,利用火法的预处理强度和湿法的选择性分离优势,处理铅阳极泥或复杂阳极泥。富含重金属的冶炼烟尘主要

采用火法富集和湿法提取。火法工艺通过回转窑或电炉熔炼,将烟尘中的重金属富集后回收。例如,一些大型锌冶炼企业均采用或曾采用回转窑工艺处理其含锌烟尘,得到的富含次氧化锌的中间产物,可返回锌冶炼系统或单独提取有价金属,而窑渣无害化处理后可用于建材或填埋。湿法提取采用酸浸或碱浸工艺,分离烟尘中的有价金属,重金属回收率高,经济效益显著^[16-17]。

3.1.3 废水处理污泥的处理与利用

资源化利用可以减少冶炼废水处理产生的污泥堆存对环境的影响,污泥资源化途径主要包括固化后建材利用和有价金属回收两种方式。固化后建材利用是将污泥与水泥、石灰等混合固化,制成砖块或路基材料。有价金属回收则通过焙烧或浸出工艺提取污泥中的金属。例如,国内一些工艺采用多步浸出法处理冶金污泥,可对废水处理污泥中镉、锌、铜、铅等重金属实现初步分离回收^[18-19]。

3.2 固体废物的固化稳定化

对于无法资源化利用的有色金属冶炼固体废物,常采用固化稳定化技术降低其毒性和迁移性,确保环境安全^[20]。

3.2.1 水泥固化法

通过将废物与水泥混合形成固化体,工艺简单且成本低廉。但固化后体积增加30%~50%,且在酸雨侵蚀下可能出现重金属再溶出现象。

3.2.2 化学稳定化法

通过添加化学药剂(如磷酸盐、硫化物),使重金属转化为难溶性化合物,可针对性处理特定重金属。该技术虽效果显著,但药剂成本较高且需精确控制反应条件。

3.2.3 熔融固化法

在高温下将有色金属冶炼固体废物熔融,冷却后形成玻璃态物质,实现重金属的稳定固化,所得玻璃体还可作为建材骨料,但处理能耗较大,设备投资高。

3.3 固体废物的填埋

对无法资源化或稳定化的有色金属冶炼行业固体废物,需要进行填埋处置。对于一般固体废物常进行分层填埋,并采取防渗、导排等措施,防止污染物扩散。而针对危险废物的则需执行标准更加严格的安全填埋,采用双层HDPE膜防渗系统,配套渗滤液收集处理装置及地下水监测网络^[20]。

3.4 联合处理技术的应用

实践中,常根据有色金属冶炼行业固体废物的特

性,联合多种技术进行处理。例如:冶炼渣先经金属回收,剩余残渣再用于建材生产;烟尘通过火法富集后,尾渣进行水泥固化;污泥经化学稳定化后安全填埋。联合处理可充分发挥各技术的优势,实现经济与环保的双重效益。

4 有色金属冶炼行业固体废物污染防治存在的问题及建议

4.1 有色金属冶炼行业固体废物污染防治存在的问题

从整体上看,我国有色金属冶炼行业固体废物污染防治还存在以下问题^[21-24]。

1) 部分固体废物综合利用水平低

目前,对有色金属冶炼固废中的稀贵金属、稀散金属等有价金属的回收效率普遍不高,造成资源浪费。对赤泥的大规模综合利用仍是世界难题。2025年1月,工信部等六部门联合印发的《赤泥综合利用行动方案》,提出的2027年和2030年赤泥综合利用率分别仅为15%和25%,而当前我国赤泥综合利用水平还不足一成。

2) 资源化路径有限

目前大部分固废(尤其是冶炼渣)主要用作建筑材料,技术门槛和附加值相对较低。近年来,房地产市场持续低迷,建筑材料市场量价齐跌,受房地产市场疲软所累,有色金属冶炼固体废物综合利用产生的建材产品需求快速下滑。

3) 技术研发薄弱、产学研协同不够

目前,针对成分复杂、有价金属含量低或赋存状态复杂的固废(如赤泥、部分低品位冶炼渣),还缺乏经济高效、环境友好的大规模资源化利用技术。同时,实验室研究成果向产业化转化存在一定困难,缺乏有效的技术推广平台和工程示范。

4) 法规约束与经济激励不足

一方面,目前有色金属冶金行业的“生产者责任延伸”制度落实还不到位,环境外部成本未能充分体现在企业成本中,导致企业在固废处理投入上动力不足;另一方面,固体废物综合利用及处理处置项目往往投资大、运行成本高,而回收的有价金属价值或替代建材的市场价格往往难以覆盖成本,导致企业缺乏投资动力。

5) 数据管理与决策支撑薄弱

行业缺乏统一的固废数据库,企业自行申报数据存在偏差。此外,跨部门数据共享不足,如生态环境

部门的产废数据与工信部门的技术推广信息未打通,导致政策制定与实际需求脱节。

4.2 有色金属冶炼行业固体废物污染防治的建议

1) 强化冶炼企业主体责任与能力建设

强化源头减量和过程控制,通过采用高效冶炼技术改进冶炼工艺、实施清洁化改造,减少固体废物产量和毒性,促进产业绿色转型;严格落实生产者责任延伸制度,将固体废物综合利用率纳入企业考核,对达标企业减免环保税,倒逼企业提升资源化水平。

2) 健全资源综合利用标准,拓宽产品市场路径

进一步健全固体废物资源化产品的质量标准、应用规范、环境风险评价标准体系,破除相关行业应用壁垒;推动固体废物资源化产品进入政府采购目录,鼓励各级政府优先采购符合相关要求的综合利用产品,拓宽产品市场应用渠道。

3) 推进核心技术攻关,加强成果转化

加大科技创新投入,开展“技术研发—中试验证—产业化”全链条攻关,重点突破复杂固废大规模资源化、高值化利用及高危固体废物安全处置的关键技术和装备,推动科技成果转化,提高资源综合利用技术装备标准化、系列化、成套化和国产化水平。

4) 强化政策支持力度、健全经济激励机制

扩大资源综合利用增值税即征即退政策覆盖范围,对有色金属冶炼固体废物高值化利用项目给予专项补贴;设立有色金属冶炼行业固体废物资源化利用和处理处置绿色信贷专项,降低企业融资成本,增强企业先进技术应用和项目投资动力。

5) 建立信息系统,加强行业管理及协作

建立大数据平台,整合生态环境、工信、交通等政府部门以及冶炼企业和科研院所数据,推动有色金属冶炼行业固体废物产生、综合利用、处置、堆存状况,技术与市场需求等数据信息的收集、监测、分析和共享,为动态管理及行业协作提供支撑。

5 结束语

近年来,我国有色金属冶炼行业迅速发展,与此同时也排放了大量的固体废物。在发展有色金属冶炼行业的同时,加强有色金属冶炼行业固体废物污染防治,是实现可持续发展的题中之义。如何在“十四五”期间经验的基础之上,严格落实《固体废物污染环境防治法》等政策法规,不断开展相关技术创新,从源头减少固体废物产生,提高固体废物综合利用水平和无害化处置水平,降低环境危害,将是

色金属冶炼行业固体废物污染防治工作的重点。

参考文献

- [1] 国家统计局. 中华人民共和国2024年国民经济和社会发展统计公报[EB/OL]. [2025-06-16]. https://www.stats.gov.cn/sj/zxfb/202502/t20250228_1958817.html.
National Bureau of Statistics. Statistical Bulletin of the People's Republic of China on the 2024 National Economic and Social Development[EB/OL]. [2025-06-16]. https://www.stats.gov.cn/sj/zxfb/202502/t20250228_1958817.html.
- [2] 生态环境部. 2024中国生态环境状况公报[EB/OL]. [2025-06-16]. <https://www.mee.gov.cn/hjzl/sthjzk/zghjzkgb/202506/P020250604527010717462.pdf>.
Ministry of Ecology and Environment. 2024 Bulletin on the State of China's Ecological Environment[EB/OL]. [2025-06-16]. <https://www.mee.gov.cn/hjzl/sthjzk/zghjzkgb/202506/P020250604527010717462.pdf>.
- [3] 吴卫国, 宋言. 铜铅锌冶炼固废协同处理及有价金属综合回收[J]. 绿色矿冶, 2023, 39(1): 47-52.
WU W G, SONG Y. Synergistic treatment and comprehensive recovery of valuable metals of copper, lead and zinc smelting solid waste[J]. Sustainable Mining and Metallurgy, 2023, 39(1): 47-52.
- [4] 曹立成, 郭存涛. 冶金固废废弃物资源化处理与综合利用研究[J]. 低碳世界, 2021(3): 44-45.
CAO L C, GUO C T. Research on resource utilization and comprehensive treatment of metallurgical solid waste[J]. Low Carbon World, 2021(3): 44-45.
- [5] 张建平. 冶金固废资源化利用现状及发展[J]. 有色冶金设计与研究, 2020, 41(5): 39-42.
ZHANG J P. Status and development of metallurgical solid waste resource utilization[J]. Nonferrous Metals Engineering & Research, 2020, 41(5): 39-42.
- [6] 北京固废通固废资源化利用有限公司, 工业固废网, 危废技术网. 2022-2023年度中国大宗工业固体废物综合利用产业发展报告[R]. 北京: 北京固废通固废资源化利用有限公司, 工业固废网, 危废技术网, 2024: 105.
Beijing Gufaitong Solid Waste Resource Utilization Co., Ltd., Industrial Solid Waste Network, Hazardous Waste Technology Network. 2022-2023 China bulk industrial solid waste comprehensive utilization industry development report[R]. Beijing: Beijing Gufaitong Solid Waste Resource Utilization Co., Ltd., Industrial Solid Waste Network, Hazardous Waste Technology Network, 2024: 105.
- [7] 李畅, 陈云嫩, 何彩庆, 等. 特色产业固体废物环境影响与资源化技术研究进展[J]. 中国资源综合利用, 2019, 37(6): 96-100.
LI C, CHEN Y N, HE C Q, et al. Research progress on environmental impact and resource utilization technology of solid waste in characteristic industries[J]. China Resources Comprehensive Utilization, 2019, 37(6): 96-100.
- [8] 庞建明. 冶金工业固体废物处理与利用[C]//新冶集团资源应用与合金材料事业部, 《中国冶金》编辑部. 2016(首届)全国铁合金热点难点技术交流会论文集. 北京, 2016: 325-347.
PANG J M. Treatment and utilization of solid wastes in metallurgical industry[C]//New Metallurgy Group Resources Application & Alloy Materials Division, Editorial Board of China Metallurgy. Proceedings of the 2016 (First) National Technical Exchange Conference on Hot and Difficult Issues of Ferroalloys. Beijing, 2016: 325-347.
- [9] 杨勇. 冶金行业固体废物处理措施研究[J]. 世界有色金属, 2021(13): 3-4.
YANG Y. Study on solid waste treatment measures in metallurgical industry[J]. World Nonferrous Metals, 2021(13): 3-4.
- [10] 王妍. 我国有色金属冶炼行业废水污染防治的现状与对策[J]. 有色金属(冶炼部分), 2023(5): 145-150.
WANG Y. Current situation and countermeasure of wastewater pollution prevention in nonferrous metals smelting industry in China[J]. Nonferrous Metals (Extractive Metallurgy), 2023(5): 145-150.
- [11] 周连碧, 祝怡斌, 邵立南. 有色金属工业废物综合利用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2017: 682.
ZHOU L B, ZHU Y B, SHAO L N. Comprehensive utilization of non-ferrous metallurgical industrial wastes[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2017: 682.
- [12] 刘凤琴, 李劫, 陈开斌, 等. 我国铝工业固危废资源化利用现状及发展趋势[J]. 有色金属(冶炼部分), 2024(9): 1-13.
LIU F Q, LI J, CHEN K B, et al. Current situation and technology development trend of resource utilization for solid hazardous waste in aluminum industry in China[J]. Nonferrous Metals (Extractive Metallurgy), 2024(9): 1-13.
- [13] 张爽. 有色冶炼废渣中金属铜镍锌资源化工艺研究[D]. 武汉: 武汉工程大学, 2019.
ZHANG S. Preparation and properties of study on the resource process of metal copper, nickel and zinc in non-ferrous smelting[D]. Wuhan: Wuhan Institute of Technology, 2019.
- [14] 王菲, 张曼丽, 王雪娇, 等. 我国铜、铅和锌冶炼过程中危险废物产生与污染特性[J]. 环境工程技术学报, 2021, 11(5): 1012-1019.
WANG F, ZHANG M L, WANG X J, et al. Generation and pollution characteristics of hazardous wastes in copper, lead and zinc smelting processes in China[J]. Journal of Environmental Engineering Technology, 2021, 11(5): 1012-1019.
- [15] 闵小波, 柴立元, 柯勇, 等. 我国有色冶炼固体废物处理相关技术及政策建议[J]. 环境保护, 2017, 45(20): 24-30.
MIN X B, CHAI L Y, KE Y, et al. Treatment and suggestions of solid waste from non-ferrous industries in China[J]. Environmental Protection, 2017, 45(20): 24-30.

- [16] 李朝阳. 有色冶炼固体废物处理相关技术及政策建议[J]. 世界有色金属, 2022(8): 176-178.
LI C Y. Relevant technology and policy suggestions on solid waste treatment of non-ferrous smelting[J]. World Nonferrous Metals, 2022(8): 176-178.
- [17] 杨燕丽. 有色冶金工业固体废物综合利用技术[J]. 环境与发展, 2020, 32(7): 77-78.
YANG Y L. Nonferrous metallurgical industry solid waste comprehensive utilization technology[J]. Environment and Development, 2020, 32(7): 77-78.
- [18] 王海北, 邹小平, 谢铿, 等. 典型固废资源化与无害化处置技术[J]. 有色金属(冶炼部分), 2022(9): 1-8.
WANG H B, ZOU X P, XIE J, et al. Technologies of recycling and harmless treatment for typical solid wastes[J]. Nonferrous Metals (Extractive Metallurgy), 2022(9): 1-8.
- [19] 朱斌鹏. 冶金固废资源化利用现状及发展[J]. 世界有色金属, 2021(23): 7-9.
ZHU B P. Present situation and development of resource utilization of metallurgical solid waste[J]. World Nonferrous Metals, 2021(23): 7-9.
- [20] 刘静, 王秀腾, 方菲, 等. GB/T 41012—2021《含有色金属固体废物回收利用技术规范》国家标准解读[J]. 标准科学, 2022(7): 73-77.
LIU J, WANG X T, FANG F, et al. Dissection of national standard technical specifications for collection and recovery of non-ferrous metal contained solid waste[J]. Standard Science, 2022(7): 73-77.
- [21] 张小红. 坚决打好有色金属行业生态污染防治攻坚战[J]. 中国有色金属, 2019(19): 50-51.
ZHANG X H. Resolutely winning the battle against ecological pollution in the non-ferrous metal industry[J]. China Nonferrous Metals, 2019(19): 50-51.
- [22] 李丹, 邵朱强. 以问题为导向加快推动有色金属行业绿色低碳转型[J]. 中国有色金属, 2023(13): 38-40.
LI D, SHAO Z Q. Problem-oriented acceleration of green and low-carbon transformation in the non-ferrous metal industry[J]. China Nonferrous Metals, 2023(13): 38-40.
- [23] 习朋欢, 杨博. 几种常见有色金属冶炼固废的处理及应用[J]. 冶金与材料, 2023, 43(10): 34-36.
XI P H, YANG B. Treatment and utilization of typical solid wastes from non-ferrous metal smelting[J]. Metallurgy and Materials, 2023, 43(10): 34-36.
- [24] 姚艺佳, 柯璇, 刘硕, 等. 铜冶炼渣资源化处理及综合利用进展[J/OL]. 有色金属科学与工程: 1-13[2025-06-09]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/36.1311.TF.20250221.1201.002.html>.
YAO Y J, KE X, LIU S, et al. Advances in resource recovery and comprehensive utilization of copper smelting slag[J/OL]. Nonferrous Metals Science and Engineering: 1-13[2025-06-09]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/36.1311.TF.20250221.1201.002.html>.

Current Situation and Countermeasures of Solid Waste Pollution Prevention and Control in Nonferrous Metals Smelting Industry in China

WANG Yan

(China Association of Environmental Protection Industry, Beijing 100045, China)

Abstract: China is a major producer of non-ferrous metals in the world. A large amount of solid waste generated during the smelting process of non-ferrous metals has dual attributes of environmental hazards and resource value. To strengthen pollution prevention and control of solid waste, China has established a multi-dimensional institutional framework covering laws, regulations, policy standards, and more. This framework promotes the adoption of technologies such as resource utilization, solidification/stabilization, and safe landfill within the industry. However, it still faces problems such as low comprehensive utilization levels of some solid wastes, limited resource utilization paths, weak technological research and development and application, and insufficient economic incentives. Moving forward, it is essential to strengthen the primary responsibility of enterprises, improve the standard system, promote breakthroughs in core technologies, enhance policy support and incentives, and enhance the levels of comprehensive solid waste utilization and safe disposal. This will support the green transformation of China's non-ferrous metals smelting industry.

Key words: nonferrous metals; smelting; solid waste pollution; prevention and control; countermeasures