

## 我国铝土矿资源需求可持续保障措施分析

李春焕<sup>1</sup>, 吕会会<sup>2</sup>, 廖志华<sup>2</sup>, 曹阿林<sup>3</sup>

(1. 百色学院化学与环境工程学院, 广西 百色 533000; 2. 百色学院工商管理学院, 广西 百色 533000; 3. 百色学院材料科学与工程学院, 生态铝产业学院, 广西生态铝绿色制造重点实验室, 广西壮族自治区铝基新材料工程研究中心, 广西 百色 533000)

**摘要:** 这是一篇矿业工程领域的论文。铝工业发展受制于铝土矿资源等决定性因素。我国作为世界铝工业大国, 经过近二十年的快速发展, 国内铝土矿资源日趋匮乏, 供矿矛盾日益突出。如何保障我国铝土矿资源需求的可持续供给, 确保我国铝工业可持续高质量发展, 是必须亟待解决的问题。笔者以为, 在立足建立健全绿色低碳循环发展的经济体系, 推动高质量发展的大环境中, 除持续加大国外铝土矿资源的开发利用等措施外, 尚可通过强化国内低品位铝土矿资源的综合利用、限制铝初级产品的出口、布局铝产能跨国转移以及推进海外铝产业小股权多点投资等措施, 提升我国铝土矿资源可持续供给保障能力。

**关键词:** 矿业工程; 铝土矿; 资源; 需求; 保障

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2024.05.017

中图分类号: TD862 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532(2024)05-0119-04

**引用格式:** 李春焕, 吕会会, 廖志华, 等. 我国铝土矿资源需求可持续保障措施分析[J]. 矿产综合利用, 2024, 45(5): 119-122.

LI Chunhuan, LYU Huihui, LIAO Zhihua, et al. Analysis of sustainable guarantee measures of bauxite resource demand in china[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2024, 45(5): 119-122.

金属铝具有密度小、延展性高、导电性好、耐腐蚀性强、高温灭菌性等一系列的优良性能, 地壳中储量丰富、可回收性强等特点, 已成为国民经济建设、战略性新兴产业和国防科技工业发展不可缺少的重要基础材料。但铝工业作为资源型、能源型产业, 其发展严重受制于铝土矿资源、电力能源等决定性因素, 特别是作为铝土矿—氧化铝—电解铝—铝加工整个铝产业链源头的铝土矿资源, 直接制约着铝工业发展。

我国作为世界铝工业大国, 经过二十年的快速发展, 供矿矛盾日益突出<sup>[1-2]</sup>; 国外进口铝土矿的大量使用, 有效保障了我国铝工业可持续发展, 但国际局势瞬息万变, 进口铝土矿能否可持续供给, 存在许多不确定、不可控因素<sup>[3]</sup>。因此,

如何保障我国铝土矿资源需求的可持续供给迫在眉睫, 亦是我国铝工业可持续发展的重要基础。

### 1 我国铝工业发展现状

我国铝工业起步晚、根基弱, 经历了从无到有、从小到大的艰难历程, 在相当一段时间内发展比较缓慢。自2000年以后, 我国铝工业进入了快速发展期。经过二十年的快速发展, 我国建成了配套齐全的铝工业体系, 形成了涵盖铝土矿开采、氧化铝生产、电解铝生产和铝材加工的完整产业链和相对合理的产业结构。至2020年, 我国氧化铝、电解铝和铝材产量已分别连续14年、20年和16年位居世界首位, 年产量占据世界年总产量的半壁河山, 在行业内具有举足轻重的地

收稿日期: 2021-12-03

基金项目: 百色市科学研究与技术开发课题(百科20222005); 广西自治区级新工科、新医科、新农科、新文科研究与实践项目(XGK202421)

作者简介: 李春焕(1979-), 女, 硕士, 高级实验师, 研究方向为有色冶金分析。

通信作者: 曹阿林(1977-), 男, 教授, 研究方向为铝冶炼及加工工艺。

位。以氧化铝为例,自 2015 年以来,我国氧化铝年产量均占据世界氧化铝年产量的 50% 以上,其中 2018 年占比超过了 60%。

## 2 我国铝土矿资源现状

我国已探明的铝土矿,主要为一水硬铝石型铝土矿,矿石质量差、加工难度大、冶炼能耗高,且资源不丰富<sup>[4-7]</sup>。我国铝土矿储量只占世界储量的 4.09%,集中分布在山西、河南、广西、贵州等省区,占据了我国铝土矿总储量的 90% 以上,具有明显的区域分布特征。

我国铝工业经过 20 年的快速发展,致使我国铝土矿资源日趋匮乏,矿石质量急速下降,静态可采年限大幅缩短<sup>[8]</sup>。全国基础储量静态保障年限只有 8 年,作为传统铝工业产区的山西、河南两省,其铝土矿基础储量基本消耗殆尽,保障年限只有 2~4 年。铝土矿质量逐年下降,某氧化铝企业入磨铝土矿铝硅比由 2006 年的 9.02 下降到 2020 年的 4.21。不管是资源储量,还是矿产质量,我国铝土矿都无法满足我国铝工业的发展,供矿矛盾日趋加剧。

## 3 我国铝土矿资源需求

近年来,随着铝产业的快速发展,铝土矿消耗呈上升趋势,但我国铝土矿产量下降,自给率不足,需要大量进口。2019 年,我国铝土矿进口量首次突出 1 亿 t 大关,达到 1.007 亿 t,进口比重达到了 58.5%;2020 年,我国铝土矿进口 1.15 亿 t,进口比重达到了 65% 以上,产量只有 6 000 万 t,自给率不足 35%。

国外进口铝土矿的大量使用,确保了我国氧化铝工业持续稳定发展。但国外铝土矿进口比重过大、对外依存度过高亦会带来一些不确定、不可控因素,存在一定风险<sup>[9]</sup>。我国铝土矿进口主要集中在几内亚、澳大利亚、印尼等国,特别是几内亚,从 2016 年 1 100 余万 t 进口量急增到 2020 年的 5 200 余万 t,进口量占比由 2016 年的 22% 急增到 2020 年的 47% 以上,而澳大利亚铝土矿进口量呈逐年下降趋势。

## 4 我国铝土矿需求保障

随着进口铝土矿资源的大量应用,面对一定不确定、不可控因素,如何保障我国铝土矿资源

需求的可持续供给,确保我国铝工业可持续高质量发展,是必须亟待解决的问题。

笔者以为,在建立健全绿色低碳循环发展的经济体系,推动高质量发展的大环境中,除持续加大国外铝土矿资源的开发利用等措施外,尚可通过强化国内低品位铝土矿资源的综合利用、限制铝初级产品的出口、布局铝产能跨国转移以及推进海外铝产业小股权多点投资等措施,提升我国铝土矿资源可持续供给保障能力,亦可为我国铝产业的可持续发展提供更多选择性,推进我国铝产业高质量发展。

### 4.1 开发低能耗工艺,强化低品位矿利用

现行拜耳法氧化铝生产工艺流程简单、作业方便、能耗低、产品质量好等,特别在处理三水铝石型铝土矿时优势更加明显。因此,世界上 95% 以上的氧化铝均为拜耳法生产。但拜耳法工艺一般只能用来处理低硅铝土矿,对铝土矿铝硅比要求一般大于 7。我国通过强化拜耳法工艺中的溶出过程,可以采用铝硅比大于 4.00 的铝土矿。但我国尚有数十亿 t 铝硅比低于 4.00 的低品位铝土矿资源尚无有效利用。通过选、冶工艺联合,经济的选矿—拜耳法氧化铝生产工艺,对低品位铝土矿的利用具有明显优势<sup>[10-12]</sup>。因此,开发新型低能耗工艺,加强低品位铝土矿资源的综合利用,可有效提高资源自给保障能力。

### 4.2 限制初级产品出口,关停所涉及产能

氧化铝、电解铝等初级产品,附加值低,资源、能源消耗量大,易形成大量废弃物,出口创造的利润,或不能弥补未来废弃物处理的成本。以新冠疫情前的 2018 年为例,我国铝产品出口主要是以氧化铝、非合金铝、铝合金杆、铝管等初级产品为主,其中氧化铝 146.15 万 t、氢氧化铝 36.77 万 t、未锻轧铝 562.50 万 t、铝材 523.29 万 t,合计折算为氧化铝近 1 330 万 t,以吨氧化铝消耗 2.50 t 铝土矿计,共需消耗铝土矿 3 325 万 t,占我国 2018 年铝土矿表观消费量的 21.80%。因此,在保障国内刚性需求的基础上,利用税收、汇率等政策,限制铝初级产品的出口,关停所涉及初级产品出口的产能,可减少铝土矿资源需求。

### 4.3 布局产能跨国转移,构建海外产业带

我国铝工业的发展取得了一系列的创新成果,逐渐进入了产业发展的成熟期。未来,由于我国铝土矿资源的匮乏、能源价格的提升以及劳动成本的增加,作为资源型、能源型产业的氧化

铝、电解铝工业将不再具有竞争优势，将逐渐进入产业衰退期，部分产能必然向资源、能源和人力成本具有竞争优势的国家、地区转移。因此，亟待布局产能跨国转移，特别是可依托“一带一路”倡议，积极构建海外产业带。

除几内亚、澳大利亚等铝土矿资源禀赋国家外，“一带一路”沿线铝土矿资源亦较为丰富。现已查明“一带一路”沿线铝土矿储量近50亿t，潜在资源量近175亿t，约占全球铝土矿潜在资源量的26%，主要分布在越南、印度尼西亚、印度、俄罗斯和哈萨克斯坦，老挝、柬埔寨等国亦有铝土矿分布<sup>[13]</sup>。越南、印尼、老挝、柬埔寨等铝土矿资源国，具有发展铝产业的资源、人力等优势。因此，积极依托“一带一路”倡议，通过资金融资或投资的方式，重点推进“一带一路”沿线相关铝土矿资源国铝工业发展，构建海外产业带，保障我国铝土矿及铝产品需求的可持续供给。

#### 4.4 推进小股权多点投资，强化实物回报

随着我国经济持续的高速增长，国力日渐强盛，“中国威胁论”被持续炒作，部分国家对我国正常经济生产活动的干扰越来越强烈，特别是对我国海外投资的阻挠制裁频繁发生。因此，在布局铝产能跨国转移，构建海外铝产业带以及对国外氧化铝、电解铝等初级产品直接采购过程中，一定会面临诸多不确定、不可控的风险。

为规避不确定、不可控的风险，在布局铝产能跨国转移，构建海外铝产业过程中，要减小聚焦，推进小股权多点投资模式，削弱有关国家和竞争对手的关注度，减少单体投资，拓展投资更多企业，多点开发。此外，在对外铝产业推进小股权多点投资中，强化作为回报要求在一定时间内供给一定量的实物产品。多渠道与实物回报可有效降低铝土矿资源及铝产品可持续保障风险。

## 5 结 论

(1) 铝工业作为资源型、能源型产业，其发展严重受制于铝土矿资源、电力能源等决定性因素，特别是作为铝工业源头的铝土矿资源，直接制约着铝工业发展。

(2) 我国作为世界铝工业大国，经过近二十年的快速发展，国内铝土矿资源日趋匮乏，供矿矛盾日益突出，作为资源型、能源型产业的氧化铝、电解铝工业将不再具有竞争优势。国外进口

铝土矿的大量使用，有效保障了我国铝工业可持续发展，但国际局势瞬息万变，进口铝土矿能否可持续供给，存在许多不确定、不可控因素。如何保障我国铝土矿资源需求的可持续供给，是亟待解决的问题。笔者以为，在立足建立健全绿色低碳循环发展的经济体系，推动高质量发展的大环境中，除持续加大国外铝土矿资源的开发利用等措施外，尚可可通过强化国内低品位铝土矿资源的综合利用、限制初级产品的出口、布局相关产能跨国转移以及推进海外小股权多点投资等措施，提升我国铝土矿资源可持续供给保障能力，亦可为我国铝产业的可持续发展提供更多选择性，推进我国铝产业高质量发展。

## 参考文献：

- [1] 王红伟, 徐素鹏, 马科友, 等. 中低品位高铁铝土矿溶出性能研究[J]. 矿产综合利用, 2021(5):92-96.  
WANG H W, XU S P, MA K Y, et al. Research on dissolution performance of lower-medium grade highferrous bauxite[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2021(5):92-96.
- [2] 张站云, 张建强, 姚杰, 等. 山西古县某低品位铝土矿浮选脱硅实验研究[J]. 矿产综合利用, 2021(3):88-92.  
ZHANG Z Y, ZHANG J Q, YAO J, et al. Experimental study on flotation desilication of a low-grade bauxite in Guxian, Shanxi[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2021(3):88-92.
- [3] 廖志华. 港口氧化铝项目对我国铝工业发展影响分析[J]. 轻金属, 2020(5):1-4.  
LIAO Z H. Influence of port alumina project on the development of China aluminum industry[J]. Light Metal, 2020(5):1-4.
- [4] 毕诗文, 于海燕. 氧化铝生产工艺[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006.  
BI S W, YU H Y. Alumina production technology[M]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 2006.
- [5] 郑晓倩, 金会心, 杨松, 等. 一水硬铝石型高钛铝土矿中钛的赋存状态研究[J]. 矿产综合利用, 2017(5):63-65.  
ZHENG X Q, JIN H X, YANG S, et al. Research on the form of occurrence of Itanium in diasporic bauxite with high tannium[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2017(5):63-65.
- [6] 陈燕清. 广西某高硫高铁铝土矿拜耳法溶出试验研究[J]. 矿产综合利用, 2019(2):46-50.  
CHEN Y Q. Investigation on the Bayer dissolving method for

high-sulfur and iron bauxite in Guangxi[J]. *Multipurpose Utilization of Mineral Resources*, 2019(2):46-50.

[7] 张宁宁, 周长春, 欧阳长恒, 等. 河南某铝土矿浮选尾矿脱水试验研究[J]. *矿产综合利用*, 2016(2):93-96.

ZHANG N N, ZHOU C C, OUYANG C H, et al. Experimental study on dewatering of the flotation tailings of bauxite in Henan[J]. *Multipurpose Utilization of Mineral Resources*, 2016(2):93-96.

[8] 李宏, 杜艳清, 余莹, 等. 我国高铁铝土矿铝铁分离研究新进展[J]. *金属矿山*, 2021(10):82-91.

LI H, DU Y Q, YU Y, et al. New progress in research on separation of aluminum and iron from high-iron bauxite in China[J]. *Metal Mine*, 2021(10):82-91.

[9] 刘中原, 张建强, 张站云, 等. 西南某地区低品位高硫铝土矿选矿试验研究[J]. *轻金属*, 2021(11):9-15.

LIU Z Y, ZHANG J Q, ZHANG Z Y, et al. Experimental study on beneficiation of low-grade and high-sulfur bauxite in Southwest China[J]. *Light Metal*, 2021(11):9-15.

[10] 刘家瑞, 刘祥民. 应用选矿-拜耳法工艺处理一水硬铝石型中低品位铝土矿生产氧化铝的工业实践[J]. *轻金属*,

2005(4):11-14.

LIU J R, LIU X M. Application of treating middle and low grade bauxite by Ore-dressing Bayer process in alumina production[J]. *Light Metal*, 2005(4):11-14.

[11] 李来时, 刘瑛瑛, 张帅. 中低品位铝土矿串联法和选矿拜耳法生产氧化铝比较[J]. *轻金属*, 2013(8):16-19.

LI L S, LIU Y Y, ZHANG S. Comparing serial combination process with dressing Bayer process for medium and low grade bauxite[J]. *Light Metal*, 2013(8):16-19.

[12] 孙新民. 中铝中州分公司选矿拜耳法扩建项目经济评价[D]. 长沙: 中南大学, 2007.

SUN X M. Economic evaluation of Bayer process expansion project for beneficiation of Zhongzhou Branch, Chalco [D]. Changsha: Central South University, 2007.

[13] 陈喜峰. “一带一路”沿线铝土矿资源分布特征与勘查开发现状[J]. *矿物岩石地球化学通报*, 2017(36):857-858.

CHEN X F. Distribution characteristics of bauxite resources and exploration and development status of the Belt and Road[J]. *Bulletin of Mineralogy Petrology and Geochemistry*, 2017(36):857-858.

## Analysis of Sustainable Guarantee Measures of Bauxite Resource Demand in China

LI Chunhuan<sup>1</sup>, LYU Huihui<sup>2</sup>, LIAO Zhihua<sup>2</sup>, CAO Alin<sup>3</sup>

(1.College of Chemical & Environment Engineering, Baise University, Baise 533000, Guangxi, China;

2.School of Business Administration, Baise University, Baise 533000, Guangxi, China; 3.School of

Materials Science and Engineering, College of Ecological Aluminum Industry, Baise University,

Engineering Research Center of Advanced Aluminium Matrix Materials of Guangxi Province,

Baise University, Baise 533000, Guangxi, China)

**Abstract:** This is an article in the field of mining engineering. The development of aluminum industry is subject to decisive factors such as bauxite resources. As a large aluminum industry country in the world, after nearly two decades of rapid development, domestic bauxite resources are becoming increasingly scarce, and the contradiction between ore supply is becoming increasingly prominent. How to ensure the sustainable supply of China's bauxite resource demand and ensure the sustainable and high-quality development of China's aluminum industry is an urgent problem to be solved. The author believes that in the environment of establishing and improving the economic system of green and low-carbon circular development and promoting high-quality development, in addition to continuously increasing the development and utilization of foreign bauxite resources, we can also strengthen the comprehensive utilization of domestic low-grade bauxite resources, restrict the export of primary aluminum products measures such as transnational transfer of aluminum production capacity and promoting small equity and multi-point investment in overseas aluminum industry, and improve the guarantee ability of sustainable supply of bauxite resources in China.

**Keywords:** Mining engineering; Bauxite; Resources; Demand; Guarantee