

氧化铝行业低碳环保技术应用与效能提升

于庆伟

中铝山东有限公司 山东 淄博 255051

摘要: 氧化铝行业作为高能耗、高排放的传统产业,在“双碳”目标背景下,面临着巨大的节能减排压力。本文深入探讨了氧化铝行业低碳环保技术的应用现状,包括能源高效利用技术、废弃物资源化利用技术、末端治理技术等,并分析了这些技术在提升行业效能方面的作用机制。同时,阐述了低碳环保技术应用过程中存在的问题与挑战,并提出了针对性的对策建议,旨在为氧化铝行业的可持续发展提供理论支持和实践指导。

关键词: 氧化铝行业;低碳环保技术;效能提升;可持续发展

1 引言

氧化铝是重要的基础原材料,广泛应用于铝冶炼、陶瓷、耐火材料等领域。然而,氧化铝生产过程能耗高、污染物排放量大,对环境造成了较大压力。随着全球对气候变化问题的关注度不断提高,我国提出了“碳达峰、碳中和”目标,氧化铝行业作为能源消耗和碳排放大户,加快低碳环保技术的应用与效能提升已成为行业发展的必然选择。这不仅有助于企业降低生产成本、提高市场竞争力,还能推动整个行业向绿色、低碳、循环方向发展,实现经济效益与环境效益的双赢。

2 氧化铝行业生产现状及环境问题

2.1 氧化铝生产工艺概述

目前,氧化铝生产主要采用拜耳法、烧结法和联合法。拜耳法适用于处理高铝硅比铝土矿,具有工艺简单、能耗低、产品质量好等优点,是目前氧化铝生产的主要方法,占全球氧化铝产量的90%以上。烧结法适用于处理低铝硅比铝土矿,但能耗较高、工艺复杂。联合法则是拜耳法与烧结法的结合,用于处理中等铝硅比铝土矿,旨在综合两种方法的优点,提高资源利用率。

2.2 行业能耗与碳排放现状

氧化铝生产是高能耗过程,主要能耗环节包括矿石破碎、溶出、蒸发、焙烧等。据统计,每生产1吨氧化铝,综合能耗约为1.5-2.5吨标准煤,其中焙烧工序能耗占比最高,可达40%-50%。高能耗直接导致了大量的二氧化碳排放,氧化铝行业碳排放量占全国工业碳排放总量的比例较高,成为碳排放的重点行业之一。

2.3 主要污染物排放及环境影响

氧化铝生产过程中产生的污染物主要包括废气、废水和废渣。废气中主要含有二氧化硫、氮氧化物、粉尘等,这些污染物排放到大气中会形成酸雨、雾霾等环境问题,对人体健康和生态环境造成危害^[1]。废水主要来自

设备冷却、洗涤等工序,含有碱、悬浮物等污染物,若未经有效处理直接排放,会对水体造成污染。废渣主要包括赤泥,赤泥产量大、碱性强,目前综合利用率较低,大量堆存不仅占用土地资源,还存在一定的环境风险。

3 氧化铝行业低碳环保技术应用现状

3.1 能源高效利用技术

3.1.1 余热回收利用技术

在氧化铝生产过程中,大量余热以蒸汽、烟气等形式散失。余热回收利用技术通过安装余热回收装置,将这部分余热回收并用于其他生产环节或生活供暖等。例如,在焙烧炉烟气出口安装余热锅炉,回收烟气中的热量产生蒸汽,用于溶出工序的加热,可有效降低能源消耗。一些企业通过余热回收利用技术,使余热回收率达到30%以上,显著提高了能源利用效率。

3.1.2 高效节能设备应用

采用高效节能设备是降低氧化铝生产能耗的重要手段。例如,高效节能的球磨机、压滤机、蒸发器等设备,在保证生产效率的前提下,降低了设备的能耗。新型高效节能的焙烧炉,通过优化炉体结构、改进燃烧技术等措施,提高了热效率,降低了燃料消耗。一些企业通过更换高效节能设备,使单位产品能耗降低了10%-15%。

3.1.3 能源管理系统优化

能源管理系统通过对氧化铝生产过程中的能源消耗进行实时监测、分析和优化控制,实现能源的合理分配和高效利用。该系统可以实时采集各生产环节的能源数据,分析能源消耗趋势,发现能源浪费环节,并及时采取措施进行调整。例如,根据生产负荷的变化,自动调整设备的运行参数,避免设备的空载运行,降低能源消耗。通过能源管理系统的优化,企业能源利用效率可提高5%-10%。

3.2 废弃物资源化利用技术

3.2.1 赤泥综合利用技术

赤泥是氧化铝生产过程中产生的主要废弃物，其综合利用一直是行业难题。目前，赤泥综合利用技术主要包括赤泥选铁、生产建筑材料、土壤改良等方面。赤泥中含有一定量的铁元素，通过选矿技术可将铁回收利用，提高资源利用率。利用赤泥生产水泥、砖块等建筑材料，不仅可以减少赤泥的堆存量，还能降低建筑材料的生产成本^[2]。此外，赤泥经过处理后可用于土壤改良，改善土壤结构，提高土壤肥力。一些企业通过赤泥综合利用技术，使赤泥综合利用率达到20%-30%，取得了良好的经济效益和环境效益。

3.2.2 废水循环利用技术

氧化铝生产废水循环利用技术通过对废水进行处理，使其达到回用标准，实现废水的循环利用。常用的废水处理方法包括中和、沉淀、过滤、反渗透等。经过处理后的废水可用于设备冷却、洗涤等工序，减少新鲜水的取用量。一些企业通过废水循环利用技术，使废水回用率达到80%以上，降低了水资源的消耗和废水排放量。

3.2.3 废气资源化利用技术

废气资源化利用技术主要是将废气中的有用成分进行回收利用。例如，从焙烧炉废气中回收二氧化碳，可用于生产碳酸钠、尿素等化工产品；从烟气中回收硫资源，生产硫酸等产品。这些技术不仅减少了废气中污染物的排放，还实现了资源的回收利用，提高了企业的经济效益。

3.3 末端治理技术

3.3.1 废气脱硫脱硝技术

为了减少废气中二氧化硫和氮氧化物的排放，氧化铝企业采用了多种废气脱硫脱硝技术。常见的脱硫技术包括石灰石-石膏湿法脱硫、氨法脱硫等；脱硝技术主要包括选择性催化还原（SCR）脱硝、选择性非催化还原（SNCR）脱硝等。这些技术通过化学反应将废气中的二氧化硫和氮氧化物转化为无害物质，降低废气对大气的污染。一些企业通过采用先进的废气脱硫脱硝技术，使废气中二氧化硫和氮氧化物的排放浓度达到国家排放标准要求。

3.3.2 废水深度处理技术

对于难以直接回用的废水，采用废水深度处理技术进行处理，使其达到排放标准或进一步回用要求。废水深度处理技术包括高级氧化、膜生物反应器（MBR）、反渗透等。这些技术可以有效去除废水中的有机物、重金属等污染物，提高废水的水质^[3]。一些企业通过废水深度处理技术，使废水排放水质达到国家一级排放标准，

减少了对水环境的污染。

3.3.3 粉尘治理技术

粉尘是氧化铝生产废气中的主要污染物之一，对环境和人体健康危害较大。粉尘治理技术主要包括布袋除尘、电除尘等。布袋除尘器通过滤袋对含尘气体进行过滤，将粉尘截留在滤袋表面，净化后的气体排出；电除尘器则利用高压电场使粉尘荷电，然后在电场力的作用下将粉尘收集到极板上。这些技术可以有效降低废气中的粉尘排放浓度，改善大气环境质量。

4 低碳环保技术应用对氧化铝行业效能提升的作用机制

4.1 降低生产成本

低碳环保技术的应用可以有效降低氧化铝生产的能源消耗和原材料消耗，从而降低生产成本。例如，余热回收利用技术可以减少对外部能源的依赖，降低能源采购成本；高效节能设备的应用可以提高设备的运行效率，减少设备的维修和更换成本；废弃物资源化利用技术可以将废弃物转化为有用的产品，降低原材料采购成本。通过降低生产成本，企业可以提高产品的市场竞争力，增加经济效益。

4.2 提高资源利用率

低碳环保技术注重资源的循环利用和高效利用，通过废弃物资源化利用技术，将氧化铝生产过程中的废弃物转化为可利用的资源，提高了资源的利用率。例如，赤泥综合利用技术可以将赤泥中的铁、铝等元素回收利用，减少了对自然资源的开采；废水循环利用技术可以减少新鲜水的取用量，提高了水资源的利用率。提高资源利用率不仅可以降低企业的生产成本，还可以减少对环境的压力，实现可持续发展。

4.3 减少环境污染

低碳环保技术的应用可以有效减少氧化铝生产过程中的污染物排放，降低对环境的污染。废气脱硫脱硝技术、废水深度处理技术和粉尘治理技术等末端治理技术可以将废气、废水和废渣中的污染物去除或转化为无害物质，使其达到国家排放标准要求^[4]。减少环境污染不仅可以改善企业的环境形象，还可以避免因环境污染问题而面临的罚款和法律风险。

4.4 推动产业升级

低碳环保技术的应用促使氧化铝企业加大技术创新和设备改造力度，推动产业升级。企业为了满足低碳环保要求，需要不断引进和研发先进的低碳环保技术，更新生产设备，优化生产工艺。这将有助于提高企业的生产效率和产品质量，提升企业的核心竞争力，推动整个

氧化铝行业向绿色、低碳、循环方向发展。

5 氧化铝行业低碳环保技术应用存在的问题与挑战

5.1 技术研发与应用成本较高

一些先进的低碳环保技术,如高效节能设备、废弃物资源化利用技术等,研发和应用成本较高,企业需要投入大量的资金进行技术改造和设备更新。对于一些中小企业来说,资金实力有限,难以承担高昂的技术研发和应用成本,这在一定程度上限制了低碳环保技术的推广应用。

5.2 技术成熟度有待提高

部分低碳环保技术虽然具有一定的理论优势,但在实际应用中还存在一些问题,技术成熟度有待提高。例如,一些赤泥综合利用技术在实际生产中面临着产品质量不稳定、生产成本较高等问题,难以实现大规模工业化应用。此外,一些废气脱硫脱硝技术在处理复杂成分的废气时,可能会出现脱硫脱硝效率下降、设备腐蚀等问题。

5.3 政策支持力度不够

虽然国家和地方政府出台了一系列支持氧化铝行业低碳环保发展的政策,但在政策落实和执行过程中还存在一些问题。例如,一些政策补贴标准较低,难以满足企业的实际需求;政策扶持的针对性和有效性有待提高,对一些关键技术和重点项目的支持力度不够。此外,环保监管力度还不够严格,部分企业存在环保设施运行不正常、污染物超标排放等问题。

5.4 企业管理与人才短缺

低碳环保技术的应用需要企业加强管理,建立健全相关的管理制度和操作规程。然而,一些氧化铝企业在管理方面还存在不足,缺乏对低碳环保技术的有效管理和监督。同时,低碳环保技术领域专业人才短缺,企业难以招聘到既懂氧化铝生产工艺又懂低碳环保技术的复合型人才,这在一定程度上影响了低碳环保技术的应用效果。

6 提升氧化铝行业低碳环保技术应用效能的对策建议

6.1 加大技术研发与创新投入

政府和企业应加大对低碳环保技术研发与创新的投入,建立产学研用相结合的创新体系。政府可以通过设立专项科研基金、税收优惠等政策,鼓励科研机构和企业开展低碳环保技术研发。企业应加强与高校、科研机构的合作,共同开展关键技术研发和攻关,提高低碳环保技术的成熟度和可靠性。

6.2 完善政策支持体系

政府应进一步完善支持氧化铝行业低碳环保发展的政策体系,提高政策补贴标准,加大对关键技术和重点项目的支持力度。同时,加强环保监管,严格执行环保法律法规,加大对违法企业的处罚力度,促使企业积极

应用低碳环保技术。此外,还可以通过建立绿色金融体系,为企业提供低息贷款、绿色债券等金融支持,降低企业的融资成本。

6.3 加强企业管理与人才培养

企业应加强内部管理,建立健全低碳环保技术管理制度和操作规程,加强对环保设施的运行管理和维护,确保环保设施正常运行。同时,加强人才培养和引进,通过开展培训、引进高端人才等方式,提高企业员工的低碳环保技术水平和管理能力。此外,还可以与高校、职业院校合作,开设相关专业和课程,培养适应氧化铝行业低碳环保发展需求的专业人才。

6.4 推动行业协同发展

氧化铝行业应加强企业之间的合作与交流,推动行业协同发展。企业可以通过建立行业协会、产业联盟等形式,加强信息共享和技术合作,共同攻克低碳环保技术应用中的难题。同时,加强与上下游产业的合作,实现资源的循环利用和产业链的延伸,提高整个行业的资源利用效率和低碳环保水平。

结语

氧化铝行业作为高能耗、高排放的传统产业,在“双碳”目标背景下,加快低碳环保技术的应用与效能提升具有重要的现实意义。目前,氧化铝行业在能源高效利用技术、废弃物资源化利用技术和末端治理技术等方面取得了一定的进展,这些技术的应用在降低生产成本、提高资源利用率、减少环境污染和推动产业升级等方面发挥了重要作用。然而,氧化铝行业低碳环保技术应用还面临着技术研发与应用成本较高、技术成熟度有待提高、政策支持力度不够和企业管理与人才短缺等问题与挑战。为了提升氧化铝行业低碳环保技术应用效能,需要政府、企业和社会各方共同努力,加大技术研发与创新投入,完善政策支持体系,加强企业管理与人才培养,推动行业协同发展,实现氧化铝行业的绿色、低碳、可持续发展。

参考文献

- [1]刘潮滢.高质量绿色低碳氧化铝生产工艺产业化应用.山东省,中铝山东有限公司,2023-12-19.
- [2]甘德明.低碳经济条件下氧化铝生产工业节能分析[J].低碳世界,2017,(01):88-89.
- [3]刘风琴,李劼,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,(09):1-13.
- [4]邓力.新质生产力对氧化铝企业高质量发展的影响研究[J].产业科技创新,2025,7(01):1-4.