

# 钛白粉行业绿色化水平提升路径研究及经济性分析

崔金峰 孟红杰 张玉合 姚丽捷 张宝坤 (山东鲁北企业集团总公司, 山东 滨州 251909)

**摘要:** 钛白粉是一种重要的无机化工颜料, 主要成分为二氧化钛, 广泛应用于涂料、塑料、橡胶、油墨、造纸等多个行业。近年来, 随着全球“双碳”战略的实施及国家绿色制造政策的大力引导, 企业绿色化水平提升工作受到了越来越多的受到了钛白粉行业企业的关注。本文从钛白粉行业发展现状、钛白粉行业绿色化水平提升路径、钛白粉行业绿色化水平提升经济性分析和钛白粉行业绿色化发展前景等方面进行了论述, 为钛白粉行业绿色化水平提升工作开展提供了参考。

**关键词:** 钛白粉; 化工; 绿色化; 循环经济; 经济性分析

**中图分类号:** TQ621.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5167 (2026) 010-0043-03

## Research on the Path of Green Development in the Titanium Dioxide Industry and Economic Analysis

Cui Jinfeng, Meng Hongjie, Zhang Yuhe, Yao Lijie, Zhang Baokun (Shandong Lubei Enterprise Group Corporation, Binzhou Shandong 251909, China)

**Abstract:** Phosphorous is a solid waste generated during the wet-process production of phosphoric acid and other products in phosphate chemical enterprises. Due to its complex composition, Phosphorous poses significant challenges for utilization. In recent years, numerous large- and medium-sized domestic chemical enterprises and research institutions have actively explored high-value-added resource recovery technologies for Phosphorous, achieving promising results. This paper comprehensively examines the current status of Phosphorous resource recovery as a chemical by-product, key technological advancements in its resourceful utilization, economic feasibility assessments, and market development prospects—offering enterprises fresh strategic insights for advancing Phosphorous valorization.

**Keywords:** phosphogypsum; resourceful utilization; circular economy; development prospects; economic benefits

钛白粉是一种重要的无机化工颜料, 在涂料、油墨、造纸、塑料橡胶、化纤、陶瓷等工业中有重要用途, 并延伸至新能源材料、环保涂层、生物医学等领域。

<sup>[1,2]</sup> 钛白粉生产主要采用硫酸盐工艺和氯化物工艺, 在钛白粉生产过程中会排放大量化工废弃物, 这些化工废弃物如果得不到妥善处理或处置, 会给生态环境造成较大危害。随着全球“双碳”战略的实施和循环经济产业的快速发展, 越来越多的企业和机构加入到提升钛白粉行业绿色化水平的队伍中来, 为提升我国钛白粉行业绿色化水平提供了重要支撑。

### 1 钛白粉行业发展现状

近年来, 伴随中国经济迅猛发展, 钛白粉行业呈现日新月异的态势, 特别是在涂料、塑料领域对钛白粉的需求量日益增大。<sup>[3]</sup>2025年, 我国钛白粉产量472万t。<sup>[4]</sup>(钛白粉产品图如图1所示)当前, 我国钛白粉行业正朝着绿色化、高端化方向发展。传统的硫酸法生产工艺存在环境污染和资源浪费等问题, 而氯化法工艺具有生产效率高、产品质量好、环境污染小等优点, 逐渐成为行业发展的主流方向。越来越多的企业加大了对氯化法技术的研发和投入, 推动了行业技术水平的提升。纳米钛白粉等高端产品的研发也取得了一定的进展, 这些产品具有独特的性能和应用

领域, 为行业的发展开辟了新的空间。与此同时, 据统计生产1t钛白粉可产生6t钛石膏, 对钛石膏开展高附加值资源化利用也成为钛白粉行业绿色化发展的一项重要研究课题。



图1 钛白粉产品图

但是, 钛白粉行业在面临机遇的同时也面临着一些挑战。原材料价格的波动对企业的生产成本影响较大, 钛矿等原材料价格的上涨会压缩企业的利润空间。钛白粉行业发展深受国际形势紧张、贸易摩擦环境的影响。<sup>[5]</sup>尤其是美帝国主义设置的加征关税和贸易壁垒等也给钛白粉出口企业带来了很大的影响。环

保压力的不断增大,也要求钛白粉企业持续加大环保投入,确保各项污染物均保持达标排放。

## 2 钛白粉行业绿色化水平提升路径

目前,钛白粉的生产工艺主要有硫酸法和氯化法,这两种方法各有利弊。硫酸法虽然技术成熟,但在生产过程中会产生大量的废酸、废渣和废水等化工废弃物,若这些废弃物处理不当,会对土壤、水体和大气造成严重污染;氯化法虽然具有产品质量高、生产效率高优点,但由于生产过程中需要使用大量氯气,若氯气泄漏会对人体健康和环境造成极大的危害。所以,积极探究钛白粉行业绿色化水平提升路径对钛白粉企业向着绿色化、高端化发展具有重要推动作用。

### 2.1 积极开展清洁生产工作

钛白粉行业企业可以通过新技术的研究及应用,积极开展清洁生产工作,最大限度的减少钛白粉生产过程中的化工废弃物排放,加强废弃物的综合利用,实现资源的高效利用。比如,在硫酸法工艺中,废酸经膜分离、离子交换等高效净化技术处理,可高选择性回收高纯度硫酸并脱除铁、钛、镍等重金属离子,大幅降低了新鲜酸耗与废水治理负荷。生产过程中产生的钛石膏经陈化、改性及杂质调控后,可以规模化应用于水泥缓凝剂、蒸压加气混凝土砌块、路基填充材料等领域;氯化法工艺副产的氯气通过精制提纯后返用于原料氯化环节,氧化铁则经磁选、焙烧等工艺转化为高附加值颜料级氧化铁红或建材着色剂,真正实现“以废养产”。近年来,一些行业骨干龙头企业正构建覆盖“源头减量—过程控制—末端再生”的全链条闭环管理体系,推动钛白粉生产由线性消耗向资源协同型模式跃升。在技术集成与标准引领双轮驱动下,钛白粉行业单位产品综合能耗、固废产生强度及废水排放量均有显著下降,钛白粉行业绿色化水平将会随着清洁生产工作的开展而大幅提升。

### 2.2 重视企业节能减排管理

通过采用高效的加热设备、节能型的搅拌装置等先进的节能设备和技术,降低生产过程中的能源消耗。利用太阳能、风能等可再生能源,为酸解、水解、煅烧等钛白粉生产关键工序提供部分清洁能源支持,减少对传统化石能源的依赖。在生产过程的自动化控制方面,钛白粉企业可以通过建立智能化的生产控制系统,实现对生产过程的实时监测和精准调控,降低生产成本,提高能源利用效率。通过“装备升级—能源替代—智能调控”三位一体协同,切实降低综合能耗与碳排放强度,增强可持续发展韧性。整体来说,相比于硫酸法,氯化法可以减低总体的能耗,因而表现出更优的节能性。<sup>[6]</sup>

### 2.3 积极开展钛白粉行业化工废弃物资源化利用工作

钛白粉企业可通过强化绿色创新能力建设,加大研发投入,联合高校、科研院所组建产学研协同平台,聚焦硫酸亚铁废渣等典型固废的高值化利用技术攻关。比如,针对硫酸法工艺产生的大量硫酸亚铁,可依托成熟可控的高温煅烧、定向酸溶与水热结晶等技术路径,高效转化为铁红、铁黄等高性能无机颜料,显著提升产品附加值。通过进一步合成聚合硫酸铁等复合型无机高分子净水剂,广泛应用于市政及工业污水处理,实现环境效益与经济效益双赢。该类资源化路径不仅大幅降低固废堆存与处置成本,减少土地占用与环境风险,更推动钛白产业由“末端治理”向“过程减量—循环转化—价值再生”的全链条绿色升级跃迁。此外,以硫酸法钛白粉废硫酸和还原钛为原料,开发连续酸浸生产人造金红石技术,可能解决氯化钛白粉原料高度依赖进口的行业难题。<sup>[7]</sup>

### 3 钛白粉行业绿色化水平提升经济性分析

钛白粉行业绿色化水平提升初期会面临一定的成本压力。主要是因为初期需要对部分设备进行升级改造。传统的钛白粉生产技术可能存在能耗较高、污染较大的问题,为了实现绿色化生产,钛白粉企业需要引进废气处理设备、废水循环利用装置等一些先进的环保设备。这些设备的购置和安装需要企业投入较大的资金。此外,原材料的选择也会影响成本。绿色化生产可能要求使用更环保、更清洁的原材料,而这类原材料的价格往往相对较高。

尽管钛白粉企业绿色化水平提升会带来短期的成本增加,但从长期来看,它能为企业带来较为显著的经济效益。通过采用绿色生产技术,钛白粉生产企业可以大幅降低能源消耗和原材料的浪费。比如,一些先进的钛白粉生产技术可以提高原材料的利用率,减少废弃物的产生,从而降低原材料的采购成本。随着消费者环保意识的提高,市场对绿色产品的需求日益增加。钛白粉企业提升绿色化水平后,其产品更容易获得市场认可,从而提高产品的附加值和市场竞争力。

山东金海钛业资源科技有限公司是一家主营钛白粉系列产品的生产、销售及服务的高科技企业。公司现拥有员工 800 余人,主要生产纳米钛白、化纤钛白、涂料钛白、塑料钛白、造纸钛白等系列产品。公司引进国内外高端技术和先进设备,采用 DCS 控制,生产工艺、装备和自动化控制等方面处于国内领先水平,公司依托公司发明的“钛白废酸综合利用”、“磷石膏制硫酸联产水泥”和“废脱硝剂综合利用”等专利技术,彻底解决了硫酸法钛白粉生产所产生的钛石膏利用难题,做到了钛、硫、氯、磷、钙联产,实现

资源的有效循环和综合利用。2019年1月,该公司“JINHAI”获批“中国驰名商标”。(如图2所示)



图2 山东金海钛业资源科技有限公司“中国驰名商标”牌匾

#### 4 钛白粉行业绿色化发展前景

近年来,钛白粉行业绿色化发展势头强劲。随着全球环保法规持续趋严,对排放强度、能耗限额及资源综合利用提出更高要求,倒逼企业加速绿色技术攻关与产线升级。在我国“双碳”战略大力推进下,国家推行了清洁生产补贴、绿色信贷、环保税减免等激励政策,显著降低了企业转型成本。同时,差别化环境监管与产能退出机制能够加快淘汰高耗能、高排放落后产能,优化产业生态。

在技术创新方面,氯化法替代传统硫酸法将逐渐成为主流发展方向,改工艺不仅能大幅降低能耗、减少三废排放量,产品纯度与分散性还能得到显著提升。同时,硫酸法废酸浓缩回用、亚铁资源化制备净水剂、钙钛渣高值化利用等技术日趋成熟,废酸回收率、废渣综合利用率将会有更大突破。此外,智能控制、余热梯级利用及光伏绿电耦合工艺的集成应用,使绿色工艺已从单点突破逐步迈向系统优化,为行业高质量发展可持续发展注入强劲动能。

在市场需求方面,随着消费者环保意识的增强,对绿色产品的需求不断增加。下游企业为了满足消费者的需求,更倾向于采购采用绿色生产工艺的钛白粉产品。食品包装、医疗用品等一些高端应用领域,对钛白粉的质量和环保性能提出了更高的要求。绿色钛白粉产品在市场上具有更高的附加值和竞争力,能够为企业带来更多的经济效益。近年来,国内企业在氯化法技术研发上取得了显著进展,逐渐打破了国外技术垄断。一些新兴技术如纳米技术、生物技术也开始应用于钛白粉生产中,有望进一步提高产品质量和生产效率,降低对环境的影响。预计在“十五五”期间,我国钛白粉行业绿色化水平将有更为长远的发展。

展望未来,随着科技的不断进步和人们环保意识的不断提高,钛白粉行业绿色化水平必将不断提升。

我们相信,在钛白粉行业的共同努力下,钛白粉行业将实现经济效益和环境效益的双赢,为我国化工行业的可持续发展做出更大的贡献。

#### 5 结束语

企业实现绿色化发展需要一个动态的过程,前期要进行相应的投入,并应持续做好绿色化发展管理。钛白粉行业作为化工行业的一个重要分支,为中国乃至全球经济发展作出了重要贡献。期待更多的钛白粉企业能够重视企业绿色化发展,早日将企业打造成“绿色工厂”、“零碳”工厂,迈入高端化工行列。为了推动钛白粉行业绿色化水平的持续提升,政府、企业和社会各界应形成合力。建议政府加强政策引导和监管力度,出台更多鼓励绿色发展的政策措施,为企业提供资金和技术支持;企业积极承担社会责任,加大在绿色化生产方面的投入,加强技术创新和人才培养;社会各界加强对钛白粉行业绿色化发展的监督和宣传,提高公众的环保意识。

#### 参考文献:

- [1] 宋爱军. 国内钛白粉的应用、生产工艺和市场 [J]. 中国氯碱, 2005(8):18-20.
- [2] 郭卫广. 我国钛白粉行业现状及钛石膏处置利用政策建议 [J]. 现代化工, 2025,45(1):7-12.
- [3] 杨涛, 杨逊. 近年中国钛白粉市场变化及渠道商供应链服务变革 [J]. 上海染料, 2025,53(03):40-44.
- [4] 姜小毛. 去年我国钛白粉产量472万吨 [J]. 中国有色金属报, 2026-01-15(1).
- [5] 曲涛. 国际贸易环境对精细化工品产业的影响研究 [J]. 中国科技投资, 2024(15):118-120.
- [6] 刘卫昆. 硫酸法和氯化法钛白能耗的研究 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2016,36(15):44+46.
- [7] 鲍树涛. 硫酸法、氯化法钛白粉实现耦合清洁联产探讨 [J]. 中国涂料, 2025,40(09):21-24.

#### 作者简介:

崔金峰(1984-),男,汉族,山东无棣人,本科,工程师,研究方向:化学工程、检验检测、新材料等。  
孟红杰(1987-),女,汉族,山东滨州人,本科,工程师,研究方向:化学工程、检验检测、新材料等。  
张玉合(1978-),男,汉族,山东滨州人,专科,工程师,研究方向:化学工程、检验检测、新材料等。  
姚丽捷(1986-),女,汉族,山东滨州人,本科,助理工程师,研究方向:化学工程、检验检测、新材料等。  
张宝坤(1987-),男,汉族,山东滨州人,本科,助理工程师,研究方向:化学工程、检验检测、新材料等。