

收到期刊的地址和电话 辽宁省锦州市太和区锦钛路1号，电话 17804165812。

作者简介：张鑫 (1986-)，性别 男，籍贯：辽宁锦州，民族：汉，学历：本科，职称：化工工程师，研究方向：氯化法钛白粉。

包装升级赋能氯化法钛白粉行业高质量发展研究

张鑫

中信钛业股份有限公司 辽宁 锦州 121005

摘要：钛白粉包装环节的粉尘逸散、计量偏差和追溯盲区，正成为制约氯化法钛白粉行业高端化转型的隐性瓶颈。本文基于2025年行业数据，分析国内氯化法钛白粉包装在环保合规、质量控制与供应链数字化等方面的短板，结合中信钛业实践，研究包装升级在降低损耗、提升效率、支撑碳足迹追溯等方面的路径。研究表明，系统性包装升级不仅是合规被动选择，更是企业构建差异化竞争力的战略支点。

关键词：氯化法钛白粉；包装智能化；绿色包装；追溯体系；

第一章概论

1.1研究背景与意义

我国已成为全球最大钛白粉生产国与消费国，2025年行业总产能超700万吨，其中氯化法产能约120万吨，但工艺占比仅约17%，远低于国际60%的水平。氯化法渗透率加速提升，2024年达18%，预计2030年突破60%。高端应用（如光伏背板、汽车原漆）需求激增，年增幅超20%。尽管产能领先，但产品质量与技术水平仍有较大提升空间。

包装作为产品出厂前最后工序，其重要性常被低估。包装缺陷虽不改变产品理化指标，却会在客户使用端放大问题，制约国产产品进入高端市场。同时，欧盟《可持续产品生态设计法规》（ESPR）要求2025年起进口钛白粉提供碳足迹数据，包装占产品全周期碳排放的5%-8%，其绿色化升级已成出口刚需。在产品理化指标趋同背景下，包装品质成为差异化竞争的新维度。

第二章包装研究的目的与方法

2.1包装升级对行业高质量发展的推动作用

包装升级通过减少物料损耗、提高效率、降低安全环境风险、增强信息化能力，直接贡献于经济效益与环境效益，同时提升产品形象，满足高端客户对供应链透明化和环保包装的需求，助力行业从数量增长向质量提升转变。

2.2研究目的与内容

明确包装升级的“五化”目标：无尘化、精准化、自动化、信息化、绿色化。聚焦先进包装设备、智能化控制系统、环保包装材料及全生命周期追溯体系四大核心要素。

2.3研究方法与技术路线

综合运用文献研究法和实地调研法。系统梳理国内外粉体包装技术进展，对中信钛业进行现状调研，构建技术分析模型评估升级方案的可行性与经济性。

第三章包装升级的技术路径

3.1行业包装现状概述

目前国内氯化法钛白粉包装以25kg/袋全纸袋或复合纸塑袋为主，部分采用集装袋。流程多为半自动：人工套袋→重力/螺旋給料称重→人工整理→封口→人工/简单机械码垛。通用型粉体包装机难以适应氯化法钛白粉（D500.2-0.3 μ m）高静电、易扬尘特性，效率与精度不足。

近年来国产超微粉体专用包装装备在脱气、扬尘控制、计量精度等方面实现突破。关键性能对比如下（传统模式vs升级目标模式）：作业环境：粉尘大/密闭无尘（排放 $\leq 10\text{mg}/\text{m}^3$ ）；计量精度： $\pm 0.3\% \sim 0.5\% / \leq \pm 0.1\%$ （CV值 $\leq 1.8\%$ ）；人工依赖：每线2-3人/无人少人化（用工减少70%）；信息管理：手动记录/自动采集全链追溯；包装材料：一次性集装袋/循环集装袋（循环 ≥ 10 次）；单线效率：8-12吨/小时/15-25吨/小时（适配5万吨/年）。

3.2存在的主要问题与挑战

（1）作业环境与职业健康：敞口投料、落料等产生大量粉尘，为无组织排放源，威胁员工健康，损耗率0.1%-0.3%，且易受环保处罚。

（2）计量精度与效率瓶颈：受脱气差、静电等影响，精度难稳控在 $\pm 0.2\%$ 内，企业习惯“宁多勿少”导致溢装损失。按年产5万吨、均价1.6万元/吨、超差0.2%估算，年隐形损失约16万元，且人工复检成为产线瓶颈，单线效率低于10吨/小时。

（3）信息化与追溯缺失：包装信息多采用喷码贴标，数据分散，无法关联生产批次与质检数据。一旦客户反馈质量波动，需数天甚至数周才能追溯原因，削弱供应链竞争力。

（4）包装材料环保性不足：大量使用一次性纸塑袋，降解难、循环率低。下游头部客户已将绿色包装纳入采购评价，废弃物处理成本持续上升。

（5）自动化水平偏低：套袋、封口、码垛等依赖人工，劳动强度大，操作一致性差，影响产品质量稳定性。

第四章实施策略

4.1先进包装设备的应用与集成

针对超微粉体特性，推荐采用国产专用设备：超微粉体专用自动包装机组：集成真空/搅拌脱气装置，解决夹气问题；全密闭充填腔体+负压抽吸，粉尘排放 $\leq 10\text{mg}/\text{m}^3$ ；高精度计量（ $\pm 0.1\%$ ）配静电消除与动态补偿；结构紧凑便于原位改造。国内如广州恒尔、江苏勃诚等企业已实现技术突破，精度和效率接近进口水平。

全自动吨袋包装系统：集成自动取袋、充填、振实、封口，实现无人化；智能振实提高装载率15%-20%；配套RFID管理循环吨袋，循环使用 ≥ 10 次。

机器人自动码垛系统：六轴工业机器人配合视觉，3D监控，自动识别规格并规划垛型，支持远程运维。

4.2智能化与数字化改造

（1）机器视觉与AI辅助：检测袋位、袋口状态，自动调整机械臂动作，提高套袋成功率。

（2）基于二维码的追溯体系：为每袋赋予唯一数字身份，绑定生产批次、质检报告、重量等信息，仓储物流扫码更新，实现从原料到客户的全生命周期追溯。追溯体系的价值在于“可证明”——向客户展示每批次完整经历，成为质量管控的直接背书。

追溯体系架构包括设备层（传感器、PLC）、边缘层（网关预处理）、平台层（云存储与分析）、应用层（工业APP）、访问层（终端交互），实现数据贯通。

4.3清洁化与绿色化升级

（1）粉尘收集处理：产尘点设高效集尘罩，采用“脉冲布袋除尘+高效过滤器”二级工艺，排放 $\leq 10\text{mg}/\text{m}^3$ ，收集粉尘回用。

（2）环保包装材料：25kg小包装探索水性涂层增强型纸袋，实现无害化降解；集装袋推广标准化循环体系，借助RFID管理回收、清洗、检测，降低综合成本并保证洁净度。

第五章结论与展望

5.1研究结论

（1）包装升级是氯化法钛白粉行业高质量发展的关键抓手，其价值长期被低估。包装既是生产末端，也是连接制造与市场的价值节点，是同质化竞争中构建差异化的重要手段。

（2）通过超微粉体专用设备、密闭无尘设计、机器人自动化及工业互联网追溯，可系统性解决粉尘、精度、效率和追溯难题。

（3）包装升级应遵循系统性原则，需跨部门数据整合，分阶段推进设备更新、流程优化和信息系统集成。升级重点包括：从满足基本监管转向主动建立行业标准；自动化降低人工依赖；完善数据链实现生产、仓储、物流互通。这些改进助力行业从规模增长向质量提升转型。

5.2 研究不足与展望

本研究未充分考虑区域环保政策差异，也未涵盖设备折旧、运维等财务细节。未来可聚焦：（1）智能化算法深度应用，实现预测性维护；（2）全产业链绿色包装闭环，建立标准化循环体系；（3）开发具有防潮、阻隔、静电消散功能的“活性包装”。展望未来，智能、清洁、绿色的现代化包装体系将成为国产氯化法钛白粉高端品牌的标配，支撑中国制造在全球化工产业链中的竞争力提升。

参考文献

- [1]中国涂料工业协会钛白粉行业分会.2023-2024年中国钛白粉行业发展报告[R].北京,2024:35-42.
- [2]前瞻产业研究院.2025年中国钛白粉下游应用白皮书[R].深圳,2025:28-31.
- [3]《涂料工业》编辑部.涂料行业“十四五”发展规划指南[G].天津,2021:15-18.
- [4]《涂料工业》编辑部.2024年中国氯化法钛白粉工艺与质量控制技术白皮书[R].天津,2024:42-45.
- [5]王晓林,李钢.粉体物料包装过程中的粉尘治理技术[J].化工环保,2022,