

浮法玻璃生产线机电设备选型优化与工艺适配分析

成建平

信义环保特种玻璃(江门)有限公司, 广东 江门 529000

DOI:10.61369/ERA.2026060016

摘 要 : 文章以某节能玻璃有限公司节能玻璃项目为研究对象, 聚焦浮法玻璃生产线机电设备选型优化与工艺适配问题。通过分析项目工程概况, 从原料处理、熔化工段、成形工段等核心环节入手, 探讨机电设备选型与工艺适配的关键要点。针对设备与工艺匹配度不足、能耗控制矛盾等难题, 提出针对性解决措施, 旨在实现设备运行效率提升、工艺流畅性优化及生产成本降低, 为浮法玻璃生产企业的设备选型与工艺优化提供实践参考, 助力行业绿色高效发展。

关 键 词 : 浮法玻璃生产线; 机电设备选型; 优化; 工艺适配

Analysis on Optimization of Electromechanical Equipment Selection and Process Adaptation for Float Glass Production Line

Cheng Jianping

Xinyi Environmental Protection Special Glass (Jiangmen) Co., Ltd., Jiangmen, Guangdong 529000

Abstract : This paper takes the energy-saving glass project of an energy-saving glass company as the research object, focusing on the optimization of electromechanical equipment selection and process adaptation for the float glass production line. By analyzing the project overview, it delves into the key points of electromechanical equipment selection and process adaptation from core segments such as raw material processing, melting section, and forming section. In response to challenges such as insufficient matching between equipment and processes and conflicts in energy consumption control, targeted solutions are proposed. The aim is to enhance equipment operational efficiency, optimize process fluidity, and reduce production costs, providing practical references for equipment selection and process optimization in float glass production enterprises and facilitating the green and efficient development of the industry.

Keywords : float glass production line; electromechanical equipment selection; optimization; process adaptation

引言

浮法玻璃生产作为现代玻璃制造的核心工艺, 其生产线的自动化、智能化水平直接决定产品质量与市场竞争力。机电设备作为生产线的核心组成部分, 其选型科学性与工艺适配性不仅影响生产效率, 更关联到能耗控制、环保达标及长期运营成本。当前, 平板玻璃行业面临普通产品过剩、高端产品不足的结构性矛盾, 节能玻璃、超白玻璃等高端产品需求持续增长, 对生产线机电设备提出了更高要求。

一、工程概况

本项目为某节能玻璃有限公司节能玻璃项目, 建设地点位于江门市鹤山工业城, 总用地面积约500亩, 总投资200000万元。项目核心建设内容为两条浮法玻璃生产线, 熔窑熔化能力分别为900t/d(超白玻璃)和950t/d(优质玻璃), 配套建设1000万m²/年连线Low-E镀膜玻璃生产线及500万m²/年建筑节能玻璃车间。生产线机电设备总装机容量达95145kW, 年耗电量37843×10⁴kW·h, 采用天然气为主要燃料, 配套余热发电与光伏发电系统实现节能降耗。项目严格遵循国家产业政策, 产品涵盖超白玻璃、Low-E镀膜玻璃等高端品类, 通过先进机电设备选

型与工艺优化, 确保产品成品率达到95%以上, 实现经济效益与环保效益的协同发展, 为机电设备选型优化与工艺适配研究提供了典型工程样本。

二、浮法玻璃生产线核心工艺与机电设备配置现状

(一) 核心生产工艺流程梳理

浮法玻璃生产工艺具有连续性强、技术密集的特点, 核心流程包括原料处理、熔化、成形、退火、切裁五大环节。原料处理阶段需完成硅砂、纯碱等原料的均化、称量、混合, 确保配合料化学组成均匀; 熔化工段通过熔窑将配合料高温熔化、澄清, 形

成合格玻璃液；成形工段中玻璃液在锡槽内摊平、冷却，经拉边机控制形成特定规格玻璃带；退火工段通过退火窑消除玻璃内应力，保障产品力学性能；切裁工段则完成玻璃的在线检测、切割、堆垛。各环节工艺环环相扣，对温度、压力、速度等参数控制精度要求极高，为机电设备选型与工艺适配奠定了基础。

（二）关键机电设备配置情况

项目关键机电设备配置围绕核心工艺展开，原料系统配备耙砂机、电子秤、混合机等设备，其中电子秤动态准确度达0.2级，确保配料精度；熔化工段采用斜毯式投料机、节能型天然气喷枪及玻璃液水平搅拌器，熔窑冷修周期达10年；成形工段配置悬挂式拉边机、锡槽冷却风机等设备，锡槽容锡量 $2\times 293t$ ，保障玻璃成形质量；退火工段选用进口退火窑，配备高精度温度控制系统，确保玻璃应力消除效果；切裁工段采用德国产在线缺陷检测仪与冷端机组，实现玻璃自动检测与切割。此外，项目还配置余热发电机组、一体化氮站、天然气制氢站等辅助机电设备，形成完整的生产保障体系。

（三）机电设备与工艺适配的基础条件

项目机电设备与工艺适配具备良好基础条件，其一，设备技术水平与工艺要求高度匹配，核心设备如Low-E镀膜机、在线缺陷检测仪等采用国际先进产品，满足高端玻璃生产工艺需求；其二，公用工程系统支撑有力，供电、供水、供气系统配置充足，总装机容量、天然气供应量等参数与生产工艺耗能量精准匹配；其三，自动化控制系统保障适配精度，通过DCS系统实现熔窑温度、锡槽压力等工艺参数与设备运行状态的实时联动控制；其四，环保设备与工艺协同设计，烟气脱硫脱硝系统、废水处理站等设备与生产工艺同步运行，确保污染物达标排放，符合绿色生产工艺要求。

三、浮法玻璃生产线机电设备选型优化与工艺适配的难题

（一）设备性能与工艺参数匹配度不足

浮法玻璃生产工艺参数随产品规格（厚度3—12mm）、原料特性动态变化，但部分机电设备调节范围与工艺参数适配性不足。例如，拉边机线速度调节精度直接影响玻璃带厚度均匀性，若设备调节响应速度滞后于工艺参数变化，易导致玻璃厚薄差超标；熔窑温度控制系统若无法精准匹配配合料熔化速率，会造成玻璃液澄清不充分，产生气泡缺陷。此外，不同设备间的参数协同性不足，如退火窑温度控制与玻璃带传输速度未实现精准联动，可能导致玻璃内应力分布不均，影响产品合格率。

（二）能耗控制与工艺效率的矛盾

玻璃生产属于高能耗行业，机电设备能耗占总能耗的5%~7%，设备选型与工艺适配面临能耗控制与效率提升的双重压力。一方面，部分高效能设备初始投资较高，如节能型风机、变频电机等，企业在选型时需平衡投资成本与长期能耗效益；另一方面，工艺优化要求设备满负荷运行以提高生产效率，但设备长期高负荷运转可能导致能耗上升、使用寿命缩短。例如，熔窑

风机若为满足熔化效率持续高功率运行，会增加电力消耗，而过度降低风机功率又会影响燃烧充分性，降低熔化质量。

（三）设备可靠性与工艺连续性适配难题

浮法玻璃生产线连续运行周期长（年工作日365天），机电设备可靠性直接决定工艺连续性。部分关键设备如锡槽冷却风机、退火窑传动系统等，若选型时未充分考虑工艺连续运行需求，易出现故障停机。例如，锡槽冷却风机若发生故障，会导致锡液温度异常，引发玻璃成形缺陷；此外，设备维护周期与工艺生产周期不匹配，如余热锅炉维护时间与熔窑运行周期冲突，会中断生产流程，影响生产计划推进，凸显设备可靠性与工艺连续性适配的重要性。

（四）环保设备与生产工艺的协同难题

随着环保要求日益严格，烟气脱硫脱硝、废水处理等环保机电设备成为生产线必备配置，但此类设备与生产工艺的协同适配存在诸多难题。环保设备运行参数需与生产工艺污染物排放量精准匹配，如SCR脱硝系统的氨喷射量需根据熔窑烟气 NO_x 浓度动态调整，若调节不及时，会导致脱硝效率下降或氨逃逸超标；同时，环保设备运行会消耗一定能源，如脱硫风机、废水处理泵等，如何平衡环保达标与能耗控制，实现环保设备与生产工艺的高效协同，成为亟待解决的问题。

（五）设备更新与既有工艺的兼容难题

行业技术迭代加速，新型机电设备不断涌现，但既有生产工艺布局相对固定，设备更新时面临与既有工艺的兼容难题。例如，为提升生产效率更换新型拉边机时，其安装尺寸、控制接口需与原有锡槽、传动系统适配，若兼容性不足，可能导致设备无法正常运行；此外，新型设备的操作流程、维护要求与既有工艺操作规范存在差异，员工技能水平需同步提升，否则会影响设备性能发挥，制约工艺优化效果，增加设备更新与工艺适配的难度^[1]。

四、浮法玻璃生产线机电设备选型优化与工艺适配的解决措施

（一）建立工艺参数导向的设备选型标准

以工艺参数需求为核心，建立系统化的设备选型标准。针对不同产品规格的工艺要求，明确设备关键性能指标，如配料系统电子秤精度需满足配合料化学组成偏差 $\leq 0.1\%$ ，拉边机速度调节范围需覆盖3—12mm玻璃厚度的成形需求，熔窑温度控制系统需实现 $\pm 1^{\circ}C$ 的精准调控，确保玻璃液熔化质量稳定。采用设备性能参数与工艺参数的量化匹配方法，通过计算玻璃液熔化速率与熔窑功率的适配关系、玻璃带传输速度与退火窑冷却能力的匹配系数，结合项目实际生产数据建立数据库，为选型提供数据支撑。优先选择模块化、可调节性强的设备，如变频式风机、可变速拉边机等，搭配智能控制系统，实现设备参数与工艺变化的实时响应，提升设备对工艺参数变化的适应性，同时引入设备全生命周期成本评估模型，综合考量采购成本、运行能耗、维护费用等因素，实现选型精准性与经济性的统一，确保设备性能与工艺要求

的动态匹配。

（二）优化能耗导向的设备组合配置

采用能耗与效率协同优化的设备组合配置策略，在设备选型时综合考量初始投资、运行能耗与工艺效率。优先选用一级能效电机、节能型燃烧器等高效机电设备，如熔窑选用捷克进口节能型天然气喷枪，其燃烧效率较普通喷枪提升 15% 以上，显著降低天然气消耗；配套余热发电系统与屋面光伏发电系统，年发电量分别达 $3780 \times 10^4 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 和 $3000 \times 10^4 \text{ kW} \cdot \text{h}$ ，有效抵消部分外购电量。根据工艺负荷变化，配置变频调速、余热利用等节能装置，如熔窑风机采用变频控制，根据熔化温度自动调节风量，退火窑余热回收用于车间保温，减少额外能源消耗。建立设备能耗监测与工艺优化联动机制，通过 DCS 系统实时监控设备能耗数据，结合工艺生产效率，动态调整设备运行参数，例如根据玻璃产量波动调节循环水泵运行频率，避免设备空载运行造成的能耗浪费。同时制定能耗考核指标，将能耗控制责任分解至车间、班组，强化员工节能意识，实现能耗与效率的最佳平衡。

（三）强化设备可靠性与工艺连续性的适配设计

从设备选型、维护体系两方面强化与工艺连续性的适配。选型时优先选择具有长寿命、高可靠性的设备，如选用耐磨材料制造的输送设备、密封性能优良的熔窑部件，锡槽冷却风机采用四用一备配置，退火窑传动设置双传动站备用，确保单一设备故障时生产不中断。针对核心设备建立全生命周期健康管理体系，通过安装振动传感器、温度检测仪等设备，实时监测设备运行状态，利用大数据分析技术预判潜在故障，提前安排维护保养，避免突发停机。根据工艺连续运行周期，制定科学的设备维护计划，如熔窑冷修周期设定为 10 年，同步规划余热锅炉、脱硫脱硝设备等辅助设施的维护时间，确保与生产工艺周期错位衔接，不影响正常生产。建立设备备件库，储备关键设备易损件，如拉边轮、燃烧器喷嘴等，缩短故障修复时间，同时加强设备操作人员技能培训，提高应急处理能力，确保设备故障时能快速响应、及时处置，保障生产工艺的连续性与稳定性。

（四）构建环保设备与生产工艺的协同运行体系

建立环保设备与生产工艺的协同运行机制，实现污染物治理与生产效率的同步提升。针对烟气脱硫脱硝、废水处理等环保机电设备，安装实时监测仪表，如 NO_x 浓度检测仪、废水悬浮物监测仪，确保环保设备运行参数与生产工艺污染物排放情况精准

匹配。采用智能化控制手段，将环保设备纳入 DCS 系统统一管控，如根据熔窑烟气排放量自动调节脱硫剂投放量，根据生产废水量调整废水处理泵运行功率，实现环保设备与生产工艺的动态协同。优化环保设备运行流程，将废水处理后的再生水回用至生产线，实现水资源循环利用，使环保设备不仅满足环保要求，还能助力工艺节能。定期对环保设备与生产工艺的协同效果进行评估，根据环保标准更新与工艺优化需求，调整环保设备运行参数与工艺操作规范，确保污染物排放始终符合超低排放 A 级企业标准，实现绿色生产与工艺高效的协同发展^[2]。

（五）推进设备更新与既有工艺的兼容适配

设备更新时采取“技术兼容 + 分步实施”策略，确保与既有工艺的顺畅衔接。在设备选型阶段，全面评估新型设备的安装尺寸、控制协议、能源需求等与既有工艺的兼容性，优先选择接口标准化、适配性强的产品，如新型 Low-E 镀膜机采用通用通讯协议，可直接接入原有 DCS 控制系统。对于兼容性不足的情况，配套改造既有工艺设施，如更换拉边机时同步调整锡槽边封结构，升级电气接口，确保设备安装与运行适配。采用分步更新模式，先在局部工艺段试点运行新型设备，验证其与既有工艺的适配效果后再全面推广，例如先在一条浮法生产线试点安装新型在线缺陷检测仪，优化调试后再应用于另一条生产线。同时加强员工技能培训，通过内部培训、厂家指导等方式，让操作人员熟练掌握新型设备的操作流程与维护要点，建立设备更新技术档案，记录设备适配过程中的问题与解决方案，为后续设备更新提供参考，充分发挥设备优化工艺的作用^[3]。

五、结束语

浮法玻璃生产线机电设备选型优化与工艺适配是提升产品质量、降低能耗、保障生产稳定的关键。文章基于某节能玻璃（江门）项目实践，分析了核心工艺与设备配置现状，指出了设备与工艺匹配度不足、能耗矛盾等五大难题，并提出了建立工艺导向选型标准、优化设备组合配置等针对性解决措施。实践表明，通过科学的设备选型与工艺适配设计，能够有效提升生产效率、降低运营成本、实现绿色生产。未来应进一步加强机电设备与工艺的深度融合，推动浮法玻璃生产行业向高效、低碳、高端化方向转型。

参考文献

- [1] 张丽. 玻璃生产线中工业厂房供配电设计原则 [J]. 建材世界, 2021, 42(4): 76-78.
- [2] 陈智勇. 玻璃工厂给排水系统 [J]. 玻璃, 2021, 48(6): 36-38.
- [3] 董西阳, 刘明, 屠帅帅. 浮法建筑玻璃减反膜的制备与光学性能研究 [J]. 玻璃, 2025, 52(7): 37-42.