

自动化包装生产线选型与经济性研究 ——以山姆专供彩印罐 PDQ 箱包装生产线为例

林振兵

广州鹰金钱食品集团有限公司，广东 广州 510000

DOI:10.61369/ERA.2026070024

摘 要： 承接重要客户彩印罐订单后，企业面临全人工包装效率低、成本高、资源占用大的问题。以山姆专供彩印罐 PDQ 包装生产线为例，分析非标自动化生产线的选型过程，对比组装式生产线与一体式智能包装机的技术性能、投资成本、效益与风控差异，明确高定制设备选型的核心因素。尽管一体式智能包装机初期投资较高，但在保质、提智能化、降运营成本上优势显著，投资回收期约 3.98 年，年省人工成本超 60 万元，为食品包装行业自动化升级提供实践参考。

关 键 词： 自动化生产线；经济性研究；彩印罐

Selection and Economic Analysis of Automated Packaging Production Lines: A Case Study of the PDQ Box Packaging Line for Color-Printed Cans Exclusively Supplied to Sam's Club

Lin Zhenbing

Guangzhou Yingjinqian Food Group Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract： After accepting orders for color-printed cans from key clients, the company encountered challenges such as low efficiency, high costs, and significant resource consumption associated with manual packaging. Taking the PDQ packaging line for color-printed cans exclusively supplied to Sam's Club as an example, this study analyzes the selection process for non-standard automated production lines. It compares the technical performance, investment costs, benefits, and risk control differences between modular production lines and integrated intelligent packaging machines, clarifying the core factors in selecting highly customized equipment. Despite the higher initial investment in integrated intelligent packaging machines, they offer significant advantages in ensuring product quality, enhancing intelligence, and reducing operational costs, with an estimated payback period of approximately 3.98 years and annual labor cost savings exceeding 600,000 yuan. This study provides practical insights for the automation upgrade of the food packaging industry.

Keywords： automated production line; economic analysis; color-printed can

引言

食品包装业正从劳动密集型向技术密集型转变。自动化生产线的引入，既提升生产效率，又保障产品质量稳定与响应速度。承接高端零售商专供品的企业，包装自动化改造尤为迫切。面对特定客户对产品外观包装的高标准，传统人工包装的局限凸显。如何在定制需求、成本与效益间找平衡，是企业决策的难题。基于生产案例，剖析自动化生产线选型的技术对比、核算与风控，以期为同类企业改造提供参考。

一、项目背景与包装需求分析

（一）该项目概述

该项目以山姆会员店专供彩印罐产品为目标，搭建一条适配 48 罐装 PDQ 箱包装形式的自动化包装生产线。包装线设计产能为 8.64 万罐 / 8 小时，折合 1800 箱 / 班，略高于现有装罐能力，

以保障山姆 1000 万元销售订单的稳定供货。设备选型形成两个方案，一体式智能包装机投资计划 250 万元，占地约 75 平方米，组装式包装生产线投资计划 160 万元，占地约 350 平方米。按年产能约 9.79 万箱测算，引进设备后年节省人工成本约 62.86 万元，一体机方案投资回收期约 3.98 年，组装线方案约 2.55 年，设备折旧分别计入产品制造成本约 1.61 元 / 箱和 1.03 元 / 箱。项目投资通过

调整2024年固定资产投资计划内相关项目预算解决，未超出原定总额。

（二）包装形式的技术特性

彩印罐产品对包装过程提出了特殊要求。罐体为椭圆形状，表面为彩印工艺，外观质量直接关系产品形象。PDQ箱作为一种便于零售端快速陈列的包装形式，在开箱、装箱、封箱等环节需要较高的动作精度与稳定性。包装流程涉及卸垛、装盒、扣盒、开箱、装箱、码垛等多个工序，各工序之间需要紧密衔接。人工包装方式虽然能够完成基本操作，但在搬运、输送过程中容易产生罐体摩擦、碰撞，导致外观瑕疵。同时，人工操作的不一致性也影响包装质量的稳定性。因此，新的包装生产线不仅需要满足产能需求，更需在保障产品外观完整性方面具备可靠的技术方案。

（三）产能需求与设备定位

基于现有装罐产能6万罐每班的基础，项目将包装生产线产能需求设计为8.64万罐每班，折算为48罐装PDQ箱产量为1800箱每班，即每分钟完成180罐、30盒、3.75箱的包装任务。这一产能设计略高于前端装罐能力，为生产线预留了一定的缓冲空间。由于山姆产品包装形式属于非市场通用类型，设备厂商普遍反馈该项目所需设备为高定制化非标准生产线。因此，在设备选型过程中，必须充分考虑设备与特定包装形式的匹配性，避免因通用性不足导致设备闲置或改造困难。

二、生产线选型方案与技术比对

（一）组装式包装生产线方案

组装式包装生产线方案选用模块化设计思路，引进卸垛机、平移式装盒机、扣底开盒机、侧推装箱机、码垛机等独立设备，借助链板输送系统将各功能模块衔接成完整生产线。该方案占地面积约350平方米，布局方式与企业现有包装车间相近。技术方面，卸垛工序采用二级减压设计，以此保障抓罐成功率。装盒工序选用侧进罐方式，借助气动元件完成产品抓取，从而简化输送系统。控制系统采用伺服调速与PLC技术，配合人机界面实现无级调速。整线配备多种保护功能，出现异常情况时可及时停机。该方案优势在于灵活性较高，各模块可根据包装形式的变化进行局部调整或更换，适用于大规模连续作业^[1]。

（二）一体式智能包装机方案

一体式智能包装机方案将卸垛、整理、扣盒、装盒、贴标、开箱、装箱、封箱、码垛等多个工序集成于一台设备之中。该设备占地面积仅75平方米，空间利用率显著提升。技术方面，多功能抓手机构结合吸盘与负压检测，可有效控制罐体损伤风险。双缓冲平台实现装箱前无压搬运，避免输送过程中产生摩擦与碰撞。扣盒机构采用连续式分段开盒封盒方式，整体结构紧凑。PDQ箱开装封模块具备较好的兼容性，规格切换操作便捷。控制系统选用西门子1500TCPU，配合绝对值伺服系统，断电后机械位置信息不会丢失。安全防护系统设计完善，运行过程中安全门自动锁闭，保障操作人员安全。该方案专为特定产品包装形式开

发，稳定性和精准度较高，尤其适合对产品外观有严格要求的包装任务。

（三）方案对比与选型倾向

两种方案在应用场景与性能表现上各有侧重。组装式生产线灵活性较高，后期可根据包装形式变更进行模块调整，初期投资较低，约为160万元。但其输送线总长超过130米，罐体在输送过程中与设备摩擦、碰撞的风险较高，较难完全避免次品产生。一体式智能包装机集成度高，智能控制水平优越，能有效保障彩印罐与纸箱的外观完好，初期投资为250万元，但产品生产专一性较强，包装形式变更时设备改造难度较大。

从产品质量保障角度看，彩印罐对表面光洁度要求高，椭圆形状在传统输送系统中易产生划痕，因此减少输送环节是优化生产流程的关键。一体机通过无压搬运设计，有效规避了这一风险。从企业长期发展看，若核心客户的订单持续增长，高精定制设备更能满足严格的质量要求。综合技术性能、质量保障能力与智能化水平，设备选型更倾向于一体式智能包装机^[2]。

三、项目投资与经济性评估

（一）投资计划与费用构成

项目投资主要包含设备购置费用与配套系统费用。组装式包装生产线方案总投资160万元，涵盖卸垛机、平移式装盒机、扣底开盒机、侧推装箱机、码垛机等主要设备，以及卸罐输送系统、纸盒输送系统、纸箱输送系统等配套设施。一体式智能包装机方案总投资250万元，设备集成了所有功能模块，无需额外配置长距离输送系统。两种方案的投资差异主要体现在设备集成度、占地面积、控制系统复杂程度等方面。企业可根据资金状况与生产需求选择合适方案。

（二）人工成本节省测算

根据首批次生产数据，全人工包装模式下平均产量为33.75箱每人每班，人工成本为250元每人每天，折合每箱包装人工成本约7.41元。以年度产值4000万元测算，对应年产量约9.79万箱。全人工生产所需人工班次为2900班，人工费用总额约72.5万元。引进自动化设备后，生产线生产能力提升至1800箱，每班仅需5名操作人员，全年仅需55个生产班次，人工费用降至6.88万元。设备运营费用方面，电费按40千瓦、每班8小时、全年55班计算，约1.76万元，备件损耗前三年暂不计入。经测算，引进设备后每年可节省人工成本约62.86万元。

（三）投资回报与折旧分析

基于年度节省人工成本62.86万元，计算两种方案的投资回收期。一体式智能包装机投资250万元，投资回收期约3.98年；组装式包装生产线投资160万元，投资回收期约2.55年。从短期资金回收角度看，组装式方案更具优势。但需考虑设备折旧对产品成本的影响。设备折旧年限按14年计算，一体式智能包装机不含税投资额221.24万元，年折旧费用15.8万元，分摊至每箱产品成本约1.61元；组装式生产线不含税投资额141.59万元，年折旧费用10.11万元，每箱产品成本增加1.03元。折旧成本差异在一定程

度上影响长期盈利能力。

（四）经济性综合判断

从单纯人工成本节省角度衡量，组装式生产线回收期更短，资金占用压力较小。但从产品质量保障与长期运营稳定性看，一体式智能包装机在减少次品率、提升包装一致性方面的优势能够间接降低质量损失成本。同时，高智能设备对操作人员技能要求相对集中，便于人员管理与培训。考虑到山姆产品的高标准要求以及未来订单增长的潜力，优先保障产品质量与生产效率的决策逻辑更具合理性。因此，尽管一体式方案初期投入较高，其综合经济效益仍具备充分说服力^[3]。

四、风险识别与控制策略

（一）包装形式变更带来的投资风险

高定制非标设备的最大风险来源于产品包装形式的变更。若销售端根据市场反馈调整包装设计或规格，定制设备的配置可能需要相应改造，从而增加额外投资。包装形式变更可能源于客户需求变化、产品结构复杂度提高、包装材料更新等多种因素。由于非标设备具有高度专一性，改造工作涉及机械结构、控制系统、输送系统等多个方面，改造难度与成本难以预估。

控制该项风险的关键在于加强销售端与研发端的协同。在产品包装开发初期，应与客户充分沟通，明确包装形式的稳定性与变更可能性。企业内部应建立包装形式变更的评估机制，对变更需求进行可行性分析，避免因频繁变更导致设备重复投资。同时，在设备选型阶段可适当考虑模块化设计元素，为可能的调整预留一定空间^[4]。

（二）技术复杂性导致的改造困难

高精度定制一体机涉及机械设计、电子控制、软件开发等多个技术领域，设备调试与后期改造需要较高的专业技术能力。若设备管理人员对设备性能的熟悉程度不足，或技术资料不完整，改造工作可能面临较大不确定性。此外，设备改造往往涉及销售、研发、设备、生产等多个部门，部门之间沟通不畅也可能导致改造进度滞后。

应对该风险需要从组织能力建设入手。设备管理部门应加强对操作人员与维修人员的专业技术培训，提升对设备原理与结构的理解深度。企业可建立多部门协同工作机制，在重大改造项目目前组织专题研讨，充分评估技术可行性与实施路径。对于关键技术问题，可借助设备供应商的技术支持，确保改造方案的科学性与可靠性。

五、项目实施与保障措施

（一）投资预算与资金安排

彩印罐包装生产线项目计划投入资金250万元，资金来自企业已完成备案的技术改造项目。原备案的“健康食品深加工生产线技术改造”项目额度为555万元，此次投资经由年度投资计划科目的调整实现资金平衡。具体调整内容包括从“从化基地生产

系统升级改造项目”中调用尚未使用的旧冲床技术升级预算90万元、饼干成型设备升级改造预算65万元，同时整合“数字化工程科研项目”预算100万元。经过上述调整后，整体投资额度未超出2024年固定资产投资计划的总规模，资金安排具备合理性与可行性，为项目顺利实施提供了可靠的资金保障，也体现了企业在投资计划管理方面的灵活统筹能力。

（二）采购方式与组织保障

依据企业《招标管理办法》，项目采用自行组织招标方式，在阳光采购网公开发布采购信息。为确保采购过程规范有序，成立由项目主管部门、生产运营部、设备部、销售中心、研发部共同组成的项目工作小组，设备部作为经办部门牵头实施。工会派员参与并监督采购过程，保障程序公开透明。多部门联合工作组的设立，有助于在设备选型、技术评审、商务谈判等环节充分吸收各方专业意见，降低采购风险^[5]。

（三）项目实施建议

项目推进过程中，需着重强化前期技术论证工作，于招标启动之前与意向合作方就技术方案展开充分沟通，使设备性能与生产需求实现高度契合。完善合同内容同样不可忽视，应清晰界定设备供货期限、安装调试职责划分、售后服务标准以及违约处理机制，以此明确双方权责。制定周密的安装调试计划也极为关键，需安排充裕周期用于系统调试和操作人员技能培养，确保设备能够平稳投入运行。此外，还应建立设备运行记录体系，持续记载运行参数、故障状况与维护详情，这些数据将为后续设备检修与升级改造提供坚实依据。通过上述举措，能够有效降低项目推进过程中的潜在风险，保障各项工作有序开展。

六、结束语

采用自动化包装生产线，是企业回应高端客户需求、增强制造能力的重要方式。以山姆专供彩印罐PDQ箱包装生产线为例，考察高定制非标设备选型过程中的技术比对、经济核算与风险控制。结果表明，一体式智能包装机虽初期投资较高，但在产品质量保持、智能化水平与长期运营成本方面优势突出。包装生产线的自动化升级不仅化解了当前生产瓶颈，也为企业拓展同类高端产品业务构筑制造基础。

参考文献

- [1] 仇诚兴, 卓晓冬. 包装生产线自动化控制的关键技术研究[J]. 电子测试, 2022(15): 108-111.
- [2] 李碧玉. 包装生产线检测自动化系统研究[J]. 传感器世界, 2024, 30(9): 18-21.
- [3] 程德考. 企业包装自动化生产线的研究[J]. 大众标准化, 2020(18): 199-200.
- [4] 蒙守府. 智能制造环境下包装生产线设备效率与稳定性提升策略研究[J]. 模具制造, 2025, 25(12): 195-197.
- [5] 杨振波. 基于PLC的自动化包装生产线集成控制系统设计[J]. 自动化技术与应用, 2022, 41(4): 23-27.