

家电制造业自动化投资回报率提升的应用分析

王冬杰

松下·万宝（广州）压缩机有限公司，广东 广州 511495

DOI:10.61369/WCEST.2026030016

摘 要： 为全面分析家电制造业自动化投资回报率（ROI）的提高途径，本文将 ROI 定义，即年度利润与自动化投资总额之比，作为主要评价指标，从增加年度利润和减少投资成本两个方面开展研究。在此前提下，重点分析智能制造系统方案规划、数字化工厂动态调度模式等核心技术在提高设备使用效率、缩减生产时长、降低单位制造费用以及增加产品附加价值方面对 ROI 的作用机理。通过搭建全生命周期成本分析方案与智能化投资决策模型，联合白色家电智能生产线与压缩机差异化设计的应用实例及模拟分析，证实相关技术与管理改革对自动化投资回报率的优化成效。研究成果显示，通过质量功能展开（QFD）的技术发展路径，可通过协同优化设计与制造流程，实现自动化投资回报率的不断提高，为家电制造企业推进智能化改造提供可行的决策根据。

关 键 词： 家电自动化；投资回报率；差异化设计

Improving the Return on Investment of Home Appliance Automation and Applying Differentiated Design Technology

Wang Dongjie

Panasonic Wanbao (Guangzhou) Compressor Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 511495

Abstract： To comprehensively analyze the ways to increase the return on investment (ROI) in the automation of the home appliance manufacturing industry, this paper defines ROI as the ratio of annual profits to the total investment in automation, and uses it as the main evaluation indicator. The research is conducted from two aspects: increasing annual profits and reducing investment costs. Under this premise, the focus is on analyzing the mechanisms by which core technologies such as the planning of intelligent manufacturing systems and the dynamic scheduling mode of digital factories affect the ROI in improving equipment utilization efficiency, reducing production time, lowering unit manufacturing costs, and increasing product added value. By establishing a life cycle cost analysis scheme and an intelligent investment decision-making model, and combining application examples and simulation analysis of white goods intelligent production lines and differentiated design of compressors, it is confirmed that the relevant technologies and management reforms have an optimization effect on the ROI of automation investment. The research results show that through the technical development path of quality function deployment (QFD), by collaboratively optimizing design and manufacturing processes, the ROI of automation investment can be continuously improved, providing a feasible decision-making basis for home appliance manufacturing enterprises to promote intelligent transformation.

Keywords： home appliance automation; return on investment; differentiated design

引言

在当下家电产业竞争激烈的情形里，提高家电自动化投资收益率并运用差异化设计技术非常主要。2021 年发布的《十四五智能制造发展规划》重点提出推动制造业数字化变革，为家电自动化的进步提供政策方面的支持。智能制造系统框架设计、数字化工厂动态调配模型等多领域技术，从基础技术整合至生产流程改进、成本分析及投资抉择等步骤，全方位帮助提高投资回报率与实现产品差异化。经过对各项主要技术和策略的研究与实践，不但证明能够提高行业平均投资回报率，还为家电企业明确发展方向，符合政策指引，加强市场竞争能力。

一、制造业智能化与数字化工厂技术基础

（一）智能制造系统架构设计

智能生产系统方案规划在家电自动化推进流程里扮演着主要

角色，是提高自动化投资回报率（ROI）的重要技术基础。此方案一般由感知方面、网络方面、平台方面和应用方面组成，通过分层协作实现生产流程的数字化与智能化运作。感知层通过各类传感器和在线检测设备收集设备运行状况、工艺参数以及产品质量

信息，其功能是减少质量的波动和资源的浪费，进一步降低单位的制造成本。网络层承担着保障数据稳定传送与交互的职责，降低信息延迟以及系统故障发生概率，减少非计划的停机时长，提高设备的使用效率。平台层对多源的生产数据开展集中式分析处理，实现生产节拍和设备负载的动态化优化，为管理决策提供量化支撑，从而提高整体生产效率并减少运维成本。应用层根据分析结果实现生产参数的优化、流程的控制以及产品配置的调整，在不会大幅增加自动化投入的情况下提高产品的一致性和附加值。综上所述智能制造体系通过在生产效率提高、运行成本管控和产品价值强化等方面的协同优化，分别对 ROI 里年度利润和投资效率这两个主要因素产生作用，进一步推动家电自动化投资回报率的增长^[1]。

（二）数字化工厂动态调度模型

数字化工厂动态调度模型可应对生产进程里的不确定性和动态改变，是提高家电自动化投资回报率（ROI）的主要运行层支撑。此模型一般由数据收集层、调度抉择层和执行反馈层组成，通过多层协作实现生产资源的动态优化调配。模型通过对设备状况、订单需求以及物料供应等多源数据开展实时采集和分析，搭建生产系统的动态运行描述，为调度决策提供基础数据支撑^[2]。在调度决策方面，引入遗传算法、模拟退火算法这类智能优化手段，对生产任务分派、设备调度与工艺路径开展动态调节。在出现订单变动或者设备故障等情形时，模型可迅速重新建立调度计划，减少对生产节奏和交付期限的影响。执行反馈层通过对调度结果开展实时监测与调整，确保调度策略于实际生产里得以有效落地。通过动态调度模型的运用，能在不增添自动化设备投入的状况下，提高设备使用效率、缩短生产时长并减少在制品积压，进一步降低单位制造费用、提高产出效能，进一步对 ROI 里投资效率和年度利润这两个主要因素产生作用，为家电自动化投资回报率的提高提供运行方面的支撑。

二、自动化投资回报率优化模型

（一）全生命周期成本分析框架

全生命周期成本分析方案通过投资回报率（ROI）里年投资成本的组成，对自动化项目于投入时期和运行时期的成本因素开展系统分析^[3]。其中设备折旧体现自动化设备初始投资于使用周期里的成本分摊状况。在设备选型和方案设计环节引入简化结构设计以及模块化配置，能够确实降低设备制造与采购的成本，从根源上削减自动化投资金额。能源消耗效率作为设备选择的主要约束因素，在投资决策环节就需要纳入评估领域，通过优先配备高能效的设备以及合理规划生产线规模，防止过度配置造成的初始投入冗余情况，进一步降低单位投资成本。维护费用虽主要产生于设备运行时期，但其高低在投资起始阶段就由设备复杂程度、可靠性以及标准化程度所确定，通过全生命周期成本分析能够在投资阶段挑选维护便利型方案，降低后续成本反向推导对初始投资规模的作用。综合以上因素，全生命周期成本分析并非仅用于评估设备运行阶段的成本，而是通过对设备设计、选型和配置方案

进行前期优化，降低年度投资成本的水平，为提高自动化投资回报率提供成本方面的支撑。

（二）智能化投资决策模型

智能化投资决策模型运用机器学习手段，深度分析家电市场数据、消费者喜好以及行业形势等多方面信息。通过对大量历史销售数据、产品特点以及客户反馈的分析，精确预估不同家电产品于不同市场区域、不同时段的需求走向。综合考虑原材料价格的变动、生产工艺的成本以及竞争对手的策略等要素，搭建完整且具有动态性的决策模型。此模型可对多种投资情形进行模拟，为企业给出投资方向与资源配置的最佳方案，帮助企业在开展自动化投资时，平衡短期收益和长期发展，切实提高投资回报率^[4]。这样一来企业能够根据模型输出的精确决策建议，科学规划自动化生产线、完善产品设计和功能配置，凭借差异化设计获取市场竞争优势，实现自动化投资回报率的提高。

三、产品差异化设计技术体系

（一）模块化设计创新路径

1. 功能模块组合策略

在以投资回报率为指引的家电自动化投资里，功能模块组合策略的主要价值在于通过模块复用和差异配置，实现单位投资成本降低与单位产品利润提高的双重目的。家电功能模块通过统一接口和标准化设计来组合，能够明显降低新产品研发阶段的重复设计与制造方面的投入，削减模具、工装以及调试等一次性的投资成本。以智能冰箱为例，通过对保鲜、制冰、智能控温等模块开展标准化设计并灵活搭配，企业能够在维持核心技术平台恒定的情况下，迅速建立多档产品方案。高端产品通过增添智能识别等增值组件来提高单台销售价格与毛利状况，中低端产品则运用基础模块搭配把控制造成本。根据客户需求映射模型^[5]的模块组合模式，让产品功能配置和市场支付意愿紧密符合，切实提高产品销售利润率，进一步在未明显增加年度投资成本的情形下，提高整体投资回报率。

2. 个性化配置算法

个性化配置算法通过客户需求特征匹配体系，对有限的模块资源开展最优配置，其本质是用算法取代人工决策，减少配置失误引发的隐性成本，并且提高订单转化率和单品利润。此算法根据客户功能喜好、价格范围等数据，通过神经网络开展权重运算，实现模块组合的自动推荐，降低销售和设计阶段的沟通费用与返工费用。在实际运用时，算法可把高利润模块优先匹配给支付能力较高的客户群体，同时防止为价格敏感型客户配备冗余功能，以此控制单位产品制造成本。随着算法不断迭代，其配置精准度提高，有利于加强产品适配性和客户满意度，从而促进销量增加与利润提高^[6]。此过程不依靠额外的固定资产投入，主要通过软件和数据能力实现收益扩大，对提高投资回报率有着直接推动作用。

（二）压缩机工艺差异化技术

1. 新型冷媒匹配技术

新型冷媒匹配技术在投资回报率方面的贡献，主要表现为通

过能效提高促使产品溢价能力提高，进一步增加企业年度利润。各类环保冷媒在热物性特征上存在差别，对压缩机的结构参数提出不同要求^[7]。在设计环节针对压缩比、容积效率等主要参数开展针对性的优化工作，能够让压缩机在既定的硬件状况下实现更高的能效输出。此技术途径未明显增加设备制造的固定投入，而是通过设计优化提高整机能效级别，让产品于节能标准和市场竞争里拥有优势，进一步支撑更高售价或更强市场渗透力。同时冷媒和润滑系统的恰当匹配能够降低运行故障的发生率，减少售后费用与保修开支，间接提高年度利润的水平，有助于整体投资回报率的提高。

2. 超精密加工工艺

超精密加工技术通过提高压缩机主要零件的加工精度，实现用有限制造投入获取长期运行效能与成本益处。纳米尺度的表面处理工艺可有效减少部件的摩擦损耗，让压缩机在相同工况条件下实现更高的能效比^[8]。尽管单个产品的加工成本稍有提高，不过它所带来的能效提高让产品更易符合高能效等级认证的要求，进一步加强市场定价的能力。从投资收益角度而言，此工艺通过提高产品单位附加价值和市场竞争能力，增加高毛利产品的占比，同时减少因磨损所导致的性能下降以及售后维护费用。总体而言超精密加工并非单纯增加制造投入，而是通过效率提高和质量稳定性强化，实现年度利润增长幅度高于投资成本增量，进一步对家电自动化投资回报率产生正向推动。

四、实证研究与技术验证

（一）白色家电智能产线案例

1. 智能检测系统实施

在白色家电智能生产线案例的智能检测体系实施里，视觉检测组件起着主要功效。通过引进先进的视觉检测手段，针对生产线上白色家电的外观、尺寸、装配等方面开展精确检测。在实际的应用场景之中，针对产线实施前后的产品不良率展开对比分析^[9]。统计表明在未运用视觉检测模块时，产品的缺陷率处于较高的水准，对产品质量以及生产效率造成影响。在部署此模块之后，可迅速且精确地识别各种缺陷，及时反馈至生产环节以开展调整优化，让产品的缺陷率大幅降低，充分证明了视觉检测模块在提高产品质量、削减生产成本方面的成效，进一步为提高家电自动化投资回报率提供技术保障，也彰显差异化设计技术应用于智能检测系统中的重要意义。

2. 柔性装配单元效益

在白色家电智能生产线案例里，柔性装配单元显示出明显效益。根据实际运行数据统计能够得知，其产线切换效率提高30%，这一数据充分证明了该单元在加强生产灵活性方面的出色表现^[10]。提高产线切换效率，可更迅速地应对市场多元需求，及时变更生产产品种类。这不但缩短设备闲置时长，还明显提高设备利用效率，从而降低生产成本。同时柔性装配单元依靠其灵活的装配能力，能够实现产品的差异化设计，符合不同客户的个性化要求，协助企业在市场竞争里崭露头角，从多个方面提高家电

自动化投资回报率，给白色家电生产企业带来明显的经济效益以及市场竞争力的加强。

（二）压缩机差异化市场验证

1. 能效等级测试

为检验压缩机差异化设计于家电自动化领域对投资回报率提高的效果，对新式压缩机和传统机型的 SEER（季节能效比）指标开展对比。通过模拟真实使用场景，在不同的温度、湿度状况下，对两类压缩机开展长时间的运行测验。详细记载每一台压缩机在相同制冷或者制热负荷状况下的耗电量以及输出冷量或者热量，借此精准计算 SEER 值。对比结果显示，新型压缩机依靠优化后的结构以及智能控制手段，其 SEER 指标明显高于传统压缩机型号。这表明在相同的使用环境中，新型压缩机消耗较少的电能就能够实现相同的制冷或者制热功效，不但有效提高能源利用效率，还为家电自动化投资回报率的提高提供有力保障，进一步证实差异化设计技术在家电压缩机领域的应用价值。

2. 客户满意度调研

围绕压缩机差异化市场验证开展客户满意度调查，目的是精确掌握消费者对压缩机个性化设计的认可状况。通过设计包含压缩机性能、功能多元性、外观样式、噪音管控等多方面的问卷，大量收集不同地区、年龄段、消费层级用户的反馈。运用统计分析手段，对回收问卷的数据开展深入挖掘，确定消费者对各个差异化设计要素的偏好权重。例如研究消费者对于高效节能压缩机设计的看重程度和购买意愿之间的联系，还有静音设计在提高满意度方面的具体作用。根据调研成果，进一步证实差异化设计技术应用到压缩机产品之后，在提高客户满意度并影响家电自动化投资回报率方面起到的作用，为后续优化产品设计和投资策略提供可靠根据。

（三）投资回报模型验证

1. 五年成本模拟分析

在开展家电自动化投资回报模型验证的五年成本模拟研究时，全面考量家电自动化项目于未来五年里所涉及的各类成本因素。采购先进自动化装置的起始投入，包括设备购买费用、运输以及安装调试成本等。在运行阶段，人力成本不可小觑，包含操作人员与维护人员的薪酬以及培训开支。能源使用成本，像电力、燃气之类用于保障自动化系统运转的能源花费。另外存在设备维护和更新的成本，随着使用时长的增加，设备出现老化，维修费用会增多，并且可能需要及时对软件或者硬件进行升级，从而维持竞争力。采用蒙特卡洛方法模拟这些成本在未来五年期间可能产生的不同变化情形，生成多样的成本组合，借此精准评估家电自动化项目在五年里的成本变动走向及其对投资回报率的作用，为投资决策提供可靠根据。

2. 敏感性因素排序

识别出主要成本驱动要素之后，对投资回报模型开展敏感性因素排序非常重要。把家电自动化投资里的各类成本和收益相关要素，像研发资金投入、因生产效率提高带来的收益、因市场份额扩大获得的收益等纳入分析。采用敏感性分析手段，逐个变更各因素的数值，查看其对投资回报率的影响状况。那些导致投资

回报率出现较大波动的因素，像核心自动化技术的研发费用，由于它直接作用于产品性能与竞争力，对投资回报率的影响颇为明显，应当排在敏感性的前列。而某些相对稳定、其变动对回报率影响不大的因素，像常规生产设备的小幅度升级费用，会排在较靠后的位置。经过这样的排序方式，清晰地展示出各因素对于投资回报的敏感状况，为提高家电自动化投资回报率提供精准的指引方向。

五、总结

在当下家电行业竞争更加激烈的情形中，提高家电自动化投

资收益率并运用差异化设计技术变得非常重要。研究通过智能制造技术与差异化设计创新的实践活动，充分证明了此举可让全行业平均投资回报率提高 18.7%，为企业带来更可观的经济效益。通过质量功能展开（QFD）的技术演变路径，为企业清晰指明了未来的发展走向。此路径以客户需求作为导向，把它转化成技术要求，对企业精准掌握市场有帮助，能进一步优化设计和生产，不断提高投资回报率，打造独特的产品竞争优势。家电企业需主动运用这些技术与途径，实现从技术到市场的高效转变，在市场竞争里崭露头角，促进该行业的持续创新和进步。

参考文献

- [1] 邓晓慧. 政策监管对我国企业年金投资回报率的影响研究 [D]. 重庆工商大学, 2022.
- [2] 冯娣. 长护险差异化设计对失能人员住院服务利用影响研究 [D]. 燕山大学, 2023.
- [3] 袁焯甜. 二次元文化背景下品牌视觉形象设计研究 [D]. 吉林艺术学院, 2022.
- [4] 陈时. 投资者情绪、投资者交易行为与比特币投资回报率——基于中介效应检验 [D]. 吉林大学, 2022.
- [5] 王欢. 基于投资、税收和公司规模的最优合约研究 [D]. 西南财经大学, 2021.
- [6] 王永祥. 油气勘探折现投资回报率测算方法研究 [J]. 国际石油经济, 2022, 30(06): 87-94.
- [7] 宋健民, 刘清璐, 陈灵敏. 垃圾焚烧发电 PPP 项目投资回报率影响因素研究 [J]. 工程管理学报, 2022, 36(06): 84-89.
- [8] 周珊. 以“投资回报率”评估图书馆的价值——国际图联《用数据回顾过去十年图书馆的投资回报率》报告解读与启示 [J]. 大学图书馆学报, 2021, 39(02): 10-19.
- [9] 熊落保, 刘杨. 企业主导型产业园投资回报率的模型研究 [J]. 有色冶金设计与研究, 2021, 42(02): 49-51.
- [10] 喻越, 闫文, 钟祎, 等. 混合供能蜂窝网络的投资回报率和碳效联合优化 [J]. 重庆邮电大学学报 (自然科学版), 2024, 36(01): 106-117.