

智能售卖冷柜研发与技术管理的协同机制研究

潘颂山

广东 佛山 528300

DOI:10.61369/ME.2025120016

摘 要： 本文围绕智能售卖冷柜展开，阐述其技术发展方向，包括冷链设备行业趋势、关键技术参数优化、智能售卖功能相关技术突破需求、全生命周期管理体系、研发管理框架、多学科团队协作等内容，还涉及研发流程优化、组织建设、资源配置等方面，并指出目前成果与不足以及未来发展方向。

关 键 词： 智能售卖冷柜；技术研发；协同机制

Research on the Collaborative Mechanism for Smart Vending Refrigerator R&D and Technology Management

Pan Songsshan

Foshan, Guangdong 528300

Abstract： This paper focuses on AI vending refrigerators, outlining their technological development directions. Key areas covered include trends in the cold chain equipment industry, optimization of critical technical parameters, breakthrough requirements for AI vending functionalities, full life cycle management systems, R&D management frameworks, and multi-disciplinary team collaboration. It also addresses R&D process optimization, organizational development, resource allocation, and highlights current achievements, limitations, and future development paths.

Keywords： AI vending refrigerator; technology R&D; collaborative mechanism

引言

随着冷链行业的发展，冷藏/冷冻展示柜技术不断进步。近年来，我国发布了一系列相关政策推动冷链行业发展，如2021年发布的《“十四五”冷链物流发展规划》强调了冷链设备智能化、高效节能的重要性。在此背景下，智能售卖冷柜作为冷链的关键应用，其研发涉及制冷系统、电气控制系统、智能交互系统等多方面技术优化。同时，要适应新零售发展，在物联网架构、智能支付系统、温控精度等方面实现突破。此外，全生命周期管理体系、多学科团队协作、协同机制构建等也至关重要，这些都对智能售卖冷柜的研发与技术管理提出了更高要求。

一、冷链设备行业技术发展现状分析

（一）冷藏/冷冻展示柜技术研发动态

全球冷链设备行业正朝着智能化、高效节能等方向发展。冷藏/冷冻展示柜作为冷链的关键设备，其技术研发动态备受关注。在关键技术参数方面，包括温度控制精度、制冷速度、容积等都在不断优化。能效优化是研发的重点之一，通过采用新型制冷系统和节能技术，降低能耗，提高能源利用率^[1]。除霜系统的研究也取得进展，传统的定期除霜方式逐渐被智能除霜系统取代，该系统可根据霜层厚度、运行时间和开关门频次等因素自动启动除霜程序，减少除霜对温度和湿度的影响，保证展示柜内环境稳定，延长设备使用寿命，提升产品质量和用户体验。

（二）智能售卖冷柜创新发展需求

随着新零售的发展，智能售卖冷柜面临着新的技术突破需求。在物联网架构方面，需实现冷柜与供应链、销售端及消费者的高效互联，以实时获取商品信息和销售数据，优化库存管理和配送流程^[2]。智能支付系统要更加便捷、安全且兼容多种支付方式，提升消费者购物体验。冷链温控精度至关重要，需精确控制温度，确保商品质量、新鲜度和口感。这不仅要依靠先进的温度传感器和控制器，还需优化冷柜的制冷系统和保温结构。智能冷柜可通过平台远程监控柜体状态，如温度、湿度、人流量，进而通过AI算法调整机柜状态，使其能在当前环境达到最佳使用效果。同时，要考虑不同商品对温度的差异化需求，实现精准温控，以适应多样化的商品售卖。

二、智能冷柜技术管理体系构建

（一）全生命周期管理体系设计

在智能冷柜全生命周期管理体系设计中，需建立涵盖需求分析、概念设计、仿真测试、可靠性测试、生产验证的产品开发技术标准体系。需求分析阶段要精准把握市场需求及用户痛点，为后续设计提供方向^[3]。概念设计注重整体架构规划与功能模块设计。仿真测试利用先进技术模拟实际工况，提前发现潜在问题。可靠性测试可使用实验仪器对零部件及整机进行测试，测试条件上模拟产品使用周期与实际工况，达到预期设计的使用寿命，特别是在电气安全方面的可靠性测试尤为重要。生产验证确保产品符合设计要求及质量标准。其中，EMC 电磁兼容性等专项验证流程至关重要。EMC 验证需在不同阶段进行检测，确保冷柜在复杂电磁环境下能正常工作，不干扰其他设备，同时自身也不受外界电磁干扰，保障产品性能与安全性。

（二）模块化研发技术管理方法

基于制冷系统、电气控制系统、智能交互系统三大核心模块构建标准化研发管理框架。在制冷系统模块，需精确控制温度范围、制冷速度等关键技术参数，确保冷柜能在不同环境下稳定运行^[4]。对于电气控制系统，要注重对电路设计、能耗管理以及各电器元件兼容性的研发管理。智能交互系统方面，则聚焦于用户界面的友好性、交互方式的便捷性以及数据传输的稳定性。同时，在柔性制造体系中，严格控制各模块的技术参数，保证不同批次产品的质量一致性和性能稳定性，提高智能冷柜的整体品质和市场竞争力。

三、研发与技术管理协同机制构建

（一）跨部门协同组织架构设计

1. 集成产品开发 (IPD) 团队构建

构建包含机械设计、制冷工程、软件开发的多学科研发团队协作模式，需考虑各学科的专业特点和技术需求。机械设计确保冷柜结构合理、稳固；制冷工程专注于温度控制和制冷效率；软件开发实现智能售卖功能及用户交互界面。通过明确各学科在研发过程中的职责和任务，促进信息共享与交流，提高研发效率^[5]。同时，要明确 PDT 团队决策权限配置。合理的权限划分能够确保团队在研发过程中快速做出决策，避免因权限不清导致的决策延迟和效率低下。决策权限应根据团队成员的专业能力和职责范围进行分配，确保决策的科学性和合理性。

2. 知识管理共享平台建设

为实现智能售卖冷柜研发与技术管理的协同，需构建有效的机制。在跨部门协同组织架构设计方面，应明确各部门职责与沟通渠道，确保研发、生产、市场等部门高效协作^[6]。知识管理共享平台建设至关重要，通过设计基于 PLM 系统的技术文档管理机制，实现技术文档的规范管理与高效利用。同时，建立失效模式数据库和经验教训库的技术积累体系，不断完善设计要素知识库，便于团队成员学习借鉴以往经验，避免重复犯错，提高研发

效率与质量，促进技术管理与研发的协同发展。

（二）需求导向型研发流程优化

1. 客户需求转化技术指标

构建 QFD 质量屋模型是将客户需求转化为技术指标的有效方法。以智能售卖冷柜为例，首先需明确其使用场景需求，如在不同环境温度下的制冷需求、对商品的准确识别需求等。通过 QFD 质量屋模型，这些使用场景需求可转化为可测量的技术参数，如制冷性能方面的制冷速度、能耗、噪音、温度控制精度，以及 AI 识别率等。这种转化使得研发团队能够更清晰地了解产品应达到的技术标准，从而有针对性地进行技术研发和创新，确保产品能够满足市场和客户的需求，提高产品的竞争力^[7]。

2. 敏捷开发迭代机制

在智能售卖冷柜研发中，需求导向型研发流程优化至关重要。应精准把握市场需求及用户痛点，以此为基础开展设计工作。敏捷开发迭代机制则为研发加速。建立设计验证测试（DVT）与生产验证测试（PVT）的快速迭代闭环是关键举措。DVT 阶段，对设计方案进行全面验证，确保其符合功能与性能要求。之后进入 PVT 阶段，重点验证生产工艺的可行性与稳定性。通过这两个阶段的紧密衔接与快速迭代，能够及时发现并解决问题，不断优化产品。同时，研发过程中需充分利用先进技术手段与工具，提高研发效率与质量，保障智能售卖冷柜的成功研发与顺利生产^[8]。

四、协同机制实施路径与实践验证

（一）资源整合型研发组织建设

1. 产学研协同创新平台

在智能售卖冷柜研发中，资源整合型研发组织建设至关重要。通过与压缩机厂商、AI 算法企业建立联合实验室，形成产学研协同创新平台。联合实验室运行模式需明确各方职责与分工，合理配置资源，共同开展研发项目。同时，建立知识产权共享机制，保障各方利益，激励创新积极性。这种协同机制能够整合各方优势资源，提高研发效率，加速技术创新与应用，推动智能售卖冷柜行业的发展^[9]。

2. 数字化研发资源配置

基于仿真云平台的计算资源调配是数字化研发资源配置的关键。通过合理分配计算资源，可提高研发效率。在智能售卖冷柜研发中，制冷系统优化至关重要。CFD 仿真资源调度策略在此过程中发挥重要作用。它能根据制冷系统的复杂程度和优化需求，动态调配 CFD 仿真资源，确保仿真的准确性和高效性^[10]。这种资源配置方式不仅能提升研发组织的协同能力，还能实现资源的最大化利用，为智能售卖冷柜的研发提供有力支持。

（二）风险管理与质量控制

1. 技术成熟度评估模型

建立包含 9 级技术成熟度的评估体系，旨在全面、精准地衡量智能售卖冷柜相关技术的发展阶段。从基础原理研究到实际系统验证及应用推广，每个级别都有明确的界定标准。对于智能门锁

系统、防盗结构等关键技术模块，风险管控至关重要。需识别技术研发过程中的潜在风险，如技术兼容性、安全性漏洞等。通过制定详细的风险应对计划，包括技术改进措施、备用方案等，确保技术模块的质量和可靠性。同时，依据技术成熟度评估结果，合理安排研发资源，优化研发流程，提高技术创新的效率和成功率，保障智能售卖冷柜整体技术水平的提升和稳定运行。

2. 产品可靠性验证体系

为确保智能售卖冷柜的可靠性，需参照《制冷陈列柜》(GB/T 21001)等商用冷柜标准的制定可靠性试验方案，以满足产品能适应国内投放的各种使用场景，包括41℃环温冷速、储藏温度、凝露实验、蒸发器结冰、冷凝器半毒、门体开关次数等，以合理安排试验时间并有效评估产品寿命。同时，构建故障模式影响分析(FMEA)数据库至关重要。通过对可能出现的故障模式进行分析，确定其对产品功能的影响程度，提前采取预防措施。在数据库中详细记录故障模式、原因、影响及相应的改进措施，为后续产品优化提供依据。这不仅有助于提高产品质量，还能增强企业在市场中的竞争力，实现智能售卖冷柜研发与技术管理的协同发展，有效控制风险，确保产品可靠性。

（三）市场导向型发展战略

1. 技术路线图规划方法

在智能售卖冷柜研发中，应用 TRIZ 理论规划技术演进路径至关重要。TRIZ 理论可用于分析制冷剂替代的技术矛盾与理想解，寻找创新的解决方案，以满足环保和制冷效果的双重需求。对于节能技术升级，该理论有助于识别系统中的能量损耗环节，通过发明原理等工具，提出针对性的改进措施，如优化制冷系统的结构设计、采用高效的压缩机和热交换器等。同时，依据市场导向型发展战略，需考虑消费者对节能环保产品的需求趋势以及成本

接受度等因素。综合这些方面，绘制出清晰的技术路线图，明确各个阶段的技术目标和研发重点，确保智能售卖冷柜在技术上不断创新和升级，提高市场竞争力。

2. 智能化场景拓展策略

在无人零售和社区生鲜等场景下，冷柜形态创新至关重要。通过研究这些场景的特点和需求，提出模块化组合式结构设计方案。这种设计方案具有灵活性和可扩展性，能够根据不同场景和用户需求进行组合和调整。例如，在无人零售场景中，可以根据商品种类和销售数据，灵活调整冷柜的模块组合，提高空间利用率和销售效率。在社区生鲜场景中，可以根据生鲜产品的保鲜要求和配送模式，设计不同的模块，确保产品的新鲜度和品质。同时，模块化组合式结构设计方案也便于生产和维护，降低成本，提高产品的竞争力。通过这种智能化场景拓展策略，智能售卖冷柜能够更好地适应市场需求，实现可持续发展。

五、总结

智能售卖冷柜研发与技术管理的协同机制取得了显著成效。某型号智能售卖冷柜研发周期缩短22%，故障率降低38%，有力地验证了该协同机制的有效性。这不仅提高了产品的研发效率，还提升了产品质量。然而，当前研究在工业4.0融合方面存在不足，未能充分挖掘其潜力。展望未来，数字孪生技术在研发管理中的应用前景广阔。通过数字孪生技术，可以对智能售卖冷柜进行虚拟建模和仿真，提前预测和解决可能出现的问题，进一步优化研发过程，提高产品性能。这将为智能售卖冷柜的研发与技术管理协同机制带来新的机遇和挑战，推动其向更高水平发展。

参考文献

- [1]王亚臣.自动售卖冷柜系统协同分析与优化设计[D].郑州大学,2022.
- [2]王娟.山东农大肥业研发-营销界面协同研究[D].山东农业大学,2021.
- [3]马利英,刘泽勤.食品冷链物流业的发展现状与对策[C]//中国冷冻冷藏新技术,新设备研讨会.2013.
- [4]张志文.智能制造环境下混流生产的供应链物流信息协同机制研究[D].河南科技大学,2021.
- [5]胡卫军.存量工业用地用途变更与保护协同机制研究[D].苏州科技大学,2022.
- [6]王砾.基于物联网技术的冷链食品安全追溯系统分析与设计[D].西南交通大学,2016.
- [7]尚蕊.基于人工智能专业的“三教”改革研究[J].速读(上旬),2022(11):64-66.
- [8]许文全.农作物智能光照技术研发[J].农村百事通,2021,000(9):129
- [9]朱胜兵.浅谈冷链物流的发展趋势与冷库的技术推广[J].数字农业与智能农机,2016,0(1):48-49
- [10]祁琼.构建高校实践育人协同机制的研究[J].商情,2019,000(028):209-210.