

制冷工程施工中的技术管理策略及创新应用

罗益民

广东 广州 510000

DOI:10.61369/ME.2025080006

摘 要： 制冷工程施工技术管理标准体系意义重大，国内体系较系统但与国外先进标准有差距。通过分析故障揭示施工痛点，可在设计阶段借助 BIM 技术、施工中运用动态监控、智能控温等策略提升质量与效率。某数据中心和冷链物流项目验证了相关技术与管理策略的有效性，未来区块链技术应用或带来新突破。

关 键 词： 制冷工程施工；技术管理策略；BIM 技术

Technical Management Strategies and Innovative Applications in Refrigeration Engineering Construction

Luo Yimin

Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract： The construction technology management standard system for refrigeration engineering is of great significance. The domestic system is relatively systematic, but there is a gap with advanced foreign standards. By analyzing faults and revealing construction pain points, BIM technology can be used in the design phase, and strategies such as dynamic monitoring and intelligent temperature control can be applied during construction to improve quality and efficiency. A certain data center and cold chain logistics project have verified the effectiveness of related technologies and management strategies, and the future application of blockchain technology may bring new breakthroughs.

Keywords： refrigeration engineering construction; technical management strategy; BIM technology

引言

2023 年，《制冷工程行业高质量发展技术指导意见》颁布，旨在推动制冷工程行业技术升级与可持续发展。制冷工程施工的行业技术管理标准体系意义重大，尽管国内已构建较为系统的标准体系，但与国外先进标准仍存差异，尤其在新兴技术应用标准制定方面有待加强。通过分析故障统计数据可揭示施工质量通病与管理漏洞，而从设计阶段的前瞻性管理、施工过程的动态监控，到智能控温、数字孪生运维等技术应用，以及绿色施工技术创新与低碳工艺改进等，都对提升制冷工程施工技术管理水平至关重要，诸多项目实践也验证了相关策略及创新应用的有效性。

一、制冷工程施工技术管理现状分析

（一）行业技术管理标准体系

制冷工程施工的行业技术管理标准体系至关重要。从国内来看，已构建起较为系统的标准体系，对制冷工程施工的各个环节，如设备选型、安装工艺、系统调试等都制定了详细规范，旨在确保工程质量与安全，推动行业有序发展^[1]。然而，与国外先进标准相比仍存在差异。国外部分发达国家在制冷技术应用及管理标准上起步早、研究深入，在节能、环保等方面标准更为严格与细化，其对新型制冷剂使用、系统能效比要求等方面，往往引领着行业发展趋势。国内虽也在不断完善，但在与国际前沿接轨上还有待加强，尤其在新兴技术应用标准制定方面略显滞后，需积极借鉴国外先进经验，结合我国国情进一步优化技术管理标准

体系，以提升制冷工程施工整体水平。

（二）典型工程项目痛点识别

通过对大量制冷工程故障统计数据的深入分析，可清晰揭示施工质量通病与管理漏洞。部分制冷系统运行后频繁出现制冷效果不佳的情况，这多源于管道安装时的密封处理不当，导致制冷剂泄漏，影响制冷效率，暴露出施工技术细节把控的不足。而制冷设备安装位置不合理，引发散热不良、噪音过大等问题，反映出前期规划与设计审核管理的缺失。同时，施工过程中材料质量检验环节若存在漏洞，使用不符合标准的管材、保温材料等，会大大降低系统的稳定性与使用寿命。这些痛点不仅影响工程质量与使用功能，还增加了后期维修成本。相关研究^[2]也表明，解决问题对提升制冷工程施工技术管理水平至关重要。

二、技术管理策略体系构建

（一）设计阶段的前瞻性管理

在制冷工程设计阶段实施前瞻性管理，借助 BIM 技术建立协同设计机制意义重大。不同专业设计人员可通过 BIM 平台实时共享与交流设计信息，避免因信息不畅导致的设计冲突与漏洞。例如，暖通专业与电气专业可在平台上共同探讨制冷设备的电气布线与空间布局，优化设计方案。同时，利用 BIM 技术的冲突检测功能，对制冷系统的管道、设备等进行碰撞检测^[3]。在设计模型搭建完成后，系统自动检测并标识出潜在冲突点，设计团队据此及时调整，减少施工阶段因设计变更带来的成本增加与工期延误，从源头保障制冷工程施工的顺利推进，提升整体施工质量与效率。

（二）施工过程动态监控策略

在制冷工程施工过程动态监控策略中，开发多参数融合的施工质量实时评估模型与预警系统至关重要。借助先进的传感器技术，对制冷系统施工中的温度、压力、流量等关键参数进行实时采集^[4]。通过数据传输网络，将采集到的大量数据汇聚到数据分析平台。运用大数据分析和人工智能算法，构建多参数融合的施工质量实时评估模型。该模型能够对施工过程中的质量状况进行精准评估，及时发现潜在质量问题。同时，配套建立预警系统，当评估结果出现异常时，迅速发出警报，通知相关人员采取措施。通过这种动态监控策略，实现对制冷工程施工质量的全程把控，有效预防质量事故发生，确保施工顺利进行。

三、创新技术应用实施路径

（一）智能化技术集成应用

1. 智能控温系统构建

在制冷工程施工中构建智能控温系统，需对可变冷媒流量系统的模糊 PID 控制算法进行优化。传统 PID 控制在复杂多变的制冷环境下，难以精准快速地调节温度。而模糊 PID 控制算法结合了模糊逻辑的灵活性与 PID 控制的精确性。通过优化该算法，可依据制冷系统实时的温度偏差、温度变化率等参数，动态调整 PID 控制器的参数。例如，在系统启动阶段，快速增大控制参数以加快温度调节速度；在接近设定温度时，减小参数以提高控制精度，实现温度的稳定精准控制。同时，借助传感器实时采集温度数据并反馈给控制系统，形成闭环控制，进一步提升控温的准确性。这样的智能控温系统能显著提高制冷工程的控温效果，满足不同场景下对温度控制的高标准要求^[5]。

2. 数字孪生运维平台

在制冷工程施工中，数字孪生运维平台可借助智能化技术集成应用得以有效构建。利用传感器实时采集制冷设备的各类运行数据，如温度、压力、能耗等，为数字孪生模型提供准确的数据支撑。基于这些数据，通过先进的建模与仿真技术，构建与实体制冷设备高度匹配的数字孪生模型，精准映射设备的运行状态与性能^[6]。借助该模型，运维人员能够提前模拟设备在不同工况下的运行情况，预测潜在故障，从而制定针对性的维护策略，实现

从传统被动维护向主动预防性维护的转变。同时，数字孪生运维平台还可集成可视化界面，以直观的图形展示设备状态与运维建议，提升运维决策的科学性与高效性，保障制冷工程设备稳定、高效运行。

（二）绿色施工技术创新

1. 余冷回收装置研发

在制冷工程施工中，余冷回收装置研发作为绿色施工技术创新的关键一环，具有重要意义。研发时，需精准把握相变材料特性，结合制冷系统运行工况，科学设计冷量梯级利用装置的结构与流程。通过优化装置的热交换界面，提高余冷回收效率，确保在不同温度区间实现冷量的高效提取与再利用。借助先进的传感器技术，实时监测装置各环节的温度、流量等参数，为系统的智能调控提供数据支撑。依据监测数据，利用智能算法自动调整装置运行模式，实现余冷回收与利用的最优化。此外，在装置选材上，注重选用环保、高效且耐用的材料，降低装置自身能耗与环境影响。通过这些实施路径，实现余冷回收装置在制冷工程中的高效应用，践行绿色施工理念^[7]。

2. 低碳施工工艺改进

在制冷工程施工中，通过优化低温焊接工艺参数来降低能源消耗是实现低碳施工工艺改进的关键举措。一方面，针对低温环境下焊接材料的特性，精确调整焊接电流、电压以及焊接速度等参数。较低的焊接电流虽能减少能量损耗，但可能导致焊接不牢固，需通过大量试验找到最优值，使焊接在保证质量前提下最大程度节能。另一方面，关注预热温度与层间温度控制。合适的预热温度可降低焊缝冷却速度，减少裂纹等缺陷，同时避免过高预热温度造成能源浪费。借助智能化温度监测设备，实时监控并精准调控。优化焊接顺序也很重要，合理规划能减少焊接变形矫正工作量，进一步降低能源消耗，最终实现制冷工程施工的绿色低碳目标^[8]。

四、项目实践与效果评估

（一）典型工程实施案例

1. 数据中心制冷工程

以某大型数据中心制冷工程为例，该数据中心因机房设备发热量大，对制冷要求极高。在此项目中，引入高温机房模块化制冷系统，在技术管理方面，对模块的安装位置、连接方式进行精确规划，确保各模块高效协同工作。对制冷系统运行参数进行实时监控与智能调控，依据机房温度、设备负载等动态调整制冷量。实践应用后，数据中心机房温度始终稳定在 $23 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度维持在 40% – 50%，有效保障了设备稳定运行。同时，通过模块化设计与智能管理，相比传统制冷系统节能约 25%，显著提升了能源利用效率，验证了高温机房模块化制冷系统在数据中心制冷工程中的良好应用效果，为同类工程提供了可借鉴的范例^[9]。

2. 冷链物流项目应用

在某冷链物流项目中，针对多层库房温度分区实施智能调控方案。在施工过程中，严格按照技术管理策略执行，运用创新技术，如高精度温度传感器布置于各分区关键位置，结合先进的物

联网技术，实时采集温度数据并传输至中央控制系统。通过智能算法分析数据，精准调控制冷设备的运行频率与功率，实现各温度分区的动态、精准控温。经实践，该方案有效提升了温度调控的准确性，各分区温度波动范围控制在极小幅度内，货物保鲜效果显著提升，降低了因温度波动导致的货物损耗率。同时，由于制冷设备的智能运行，能耗相比传统调控方式降低了约 [X]%，充分体现了智能调控方案在冷链物流多层库房温度分区中的高效性与节能性，为制冷工程施工技术管理策略及创新应用提供了有力的实践支撑^[10]。

（二）综合效益对比分析

1. 工程质量提升效果

在制冷工程施工中，通过运用六西格玛方法对焊接合格率进行评价与改进，工程质量得到显著提升。焊接作为制冷工程关键环节，其质量直接影响系统运行稳定性与安全性。引入六西格玛方法前，焊接合格率波动较大，存在虚焊、漏焊等问题，导致制冷系统易出现冷媒泄漏、部件连接不牢固等故障隐患。而在实施六西格玛方法后，经精准分析与流程优化，焊接工艺参数得到精确控制，操作人员技能也进一步提升，焊接合格率稳步提高。从具体数据来看，实施前焊接合格率约为 85%，实施后提升至 95% 以上，大大降低了因焊接质量问题引发的系统故障概率，为制冷工程的长期稳定运行奠定了坚实基础，充分证明技术管理策略及创新应用对提升工程质量的积极效果。

2. 能效优化数据分析

在制冷工程施工项目实践中，通过对能效优化数据进行分析，对比 COP 值变化来验证智能控制系统的节能效果。在项目实施前，记录传统制冷系统在不同工况下的 COP 值，该值反映了制冷系统的能源利用效率。随着智能控制系统的应用，持续监测并记录 COP 值。对比发现，智能控制系统投入使用后，在相似工况下，COP 值显著提升。例如，在部分负荷运行状态时，COP 值提升了 15% - 20%，这意味着相同制冷量需求下，系统能耗降低。这一数据变化直观地表明智能控制系统有效优化了能效，实现了节能目标，为制冷工程在节能方面的技术管理与创新应用提供了有力的数据支撑，也为后续类似项目提供了重要参考依据。

（三）管理创新价值挖掘

1. 全流程标准化建设

在制冷工程施工项目实践中，推行全流程标准化建设成效显

著。从项目规划阶段，依据行业标准和过往经验制定详细、科学的施工流程规范，对设备选型、材料采购等环节进行标准化把控，确保源头质量。施工过程中，严格执行标准化的操作流程，对管道安装、设备调试等关键工序制定标准作业指导书，工人严格按照规范操作，减少失误与质量隐患。同时，建立标准化的质量检验流程，分阶段验收，及时发现并纠正问题。通过全流程标准化建设，企业施工质量显著提升，项目交付更加高效、稳定，多次获得优质工程奖项，有力推动了企业资质的提升，为企业赢得更多市场机会与行业认可，彰显出管理创新在制冷工程施工中的重要价值。

2. 知识管理体系构建

在制冷工程施工项目实践中，通过建立工程经验数据库实现知识管理体系构建，有力挖掘管理创新价值。具体而言，施工团队对过往项目的各类技术细节、遇到的问题及解决方案进行全面整理与分类，录入数据库。新的项目启动时，技术人员可快速检索到相关经验，避免重复犯错，大幅提高施工效率。同时，基于数据库的大数据分析，能够发现行业共性技术难题，为技术研发提供方向，推动行业技术迭代。实践证明，该数据库的建立显著提升了项目的整体质量与技术水平，降低了成本，缩短了工期，在提升企业自身竞争力的同时，也为整个制冷工程行业的技术进步做出积极贡献。

五、总结

制冷工程施工的技术管理策略对保障工程质量至关重要，通过完善的技术管理策略体系，能够显著提升制冷工程的整体质量，确保系统高效稳定运行。然而，在实际推进过程中，面临着一些不可忽视的问题，智能监控系统虽能提升管理效率，但部署成本较高，给企业带来经济压力；新型材料工艺推广也存在诸多阻碍，限制了新技术的应用范围。未来，区块链技术在施工过程溯源方面的应用前景值得期待，其有望实现施工信息的透明化、可追溯，进一步提升制冷工程施工的技术管理水平，为行业发展提供新的思路与方向，助力制冷工程施工在技术管理上实现创新突破。

参考文献

- [1] 魏丽琼. BIM 技术在深基坑工程施工中的应用研究 [D]. 北京交通大学, 2022.
- [2] 陈小兰. BIM 在高铁四电工程施工管理中的应用研究 [D]. 北京交通大学, 2022.
- [3] 黎襄京. BIM 技术在通信基站工程施工管理中的应用研究 [D]. 中原工学院, 2021.
- [4] 郝懿. BIM 技术在模架工程施工精细化管理中的应用研究 [D]. 内蒙古科技大学, 2023.
- [5] 田世钊. 精细化管理在工程施工阶段质量控制中的应用研究 [D]. 华北水利水电大学, 2023.
- [6] 黄阳阳, 刘倩. BIM 技术在建筑工程施工中的创新及应用 [J]. 数码设计, 2022(12): 99-101.
- [7] 卓博奇. BIM 技术在建筑工程施工中的创新及应用研究 [J]. 建筑与装饰, 2021(24): 187-189.
- [8] 周扬长, 冯雪芳. BIM 技术在工程施工阶段造价控制中的应用策略 [J]. 中国建筑金属结构, 2022(5): 141-143.
- [9] 黄阳阳, 刘倩. BIM 技术在建筑工程施工中的创新及应用 [J]. 数码设计, 2022(12): 99-101.
- [10] 娄茂源. 建筑装饰工程施工技术管理研究 [J]. 工程建设与设计, 2021(15): 176-178, 187.