

制冷工程在食品冷冻厂项目中的应用及施工管理策略

宋志勇

广东 广州 510000

DOI:10.61369/ME.2025090015

摘要：本文聚焦制冷工程在食品冷冻厂项目中的应用与施工管理，介绍食品冷库建造系统构成及冷量计算模型；阐述螺旋速冻生产线设计要点；提出建立冷库项目施工管控体系、构建速冻生产线施工协同机制；探讨制冷剂焊接、蒸发器吊装等多项施工技术，强调热回收等多种节能措施及各类智能化管理手段，总结特殊施工经验与策略。

关键词：食品冷冻厂；制冷工程；施工管理

Application and Construction Management Strategies of Refrigeration Engineering in Food Freezing Plant Projects

Song Zhiyong

Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract : This article focuses on the application and construction management of refrigeration engineering in food freezing plant projects, introducing the composition of the food cold storage construction system and the cooling capacity calculation model; Elaborate on the key design points of the spiral quick freezing production line; Propose to establish a construction control system for cold storage projects and establish a collaborative mechanism for the construction of quick freezing production lines; Explore multiple construction techniques such as refrigerant welding and evaporator hoisting, emphasize various energy-saving measures such as heat recovery and various intelligent management methods, and summarize special construction experience and strategies.

Keywords : food freezing plant; refrigeration engineering; construction management

引言

2021年颁布的《“十四五”冷链物流发展规划》明确提出要推动冷链物流高质量发展，这为食品冷冻厂制冷工程指明方向。食品冷库建造涉及制冷机组、蒸发器等复杂系统，螺旋速冻生产线需优化气流组织等，冷库项目施工要建立管控体系。从制冷剂焊接到各环节施工技术，再到热回收等能效优化手段，都需精细把控。本研究聚焦于此，梳理特殊施工管理经验，验证分级管控策略成效，强调智能化施工技术的关键作用，为适应行业新需求提供支撑。

一、食品冷冻厂制冷系统工程设计原理

(一) 食品冷库建造系统构成

食品冷库建造系统主要由制冷机组、蒸发器、冷凝器、膨胀阀以及控制系统等构成。制冷机组作为核心部件，依据 -18°C 至 -25°C 低温冷库的冷量需求来配置，它通过压缩制冷剂，使其压力和温度升高，实现热量转移。蒸发器则根据冷库空间、货物存储方式等选型，在冷库内蒸发制冷剂，吸收热量达到制冷目的。冷凝器用于将高温高压气态制冷剂冷却液化，释放热量。膨胀阀控制制冷剂流量，使其在蒸发器中有效蒸发。控制系统实时监测和调控各部件运行参数，确保冷库温度稳定。冷量计算模型综合考虑冷库围护结构传热、货物热负荷、人员及设备散热等因素^[1]，精准计算所需冷量，为各部件合理选型提供依据，从而构建高效

稳定的食品冷库制冷系统。

(二) 螺旋速冻生产线设计要点

在螺旋速冻生产线设计中，气流组织设计至关重要。为实现 -40°C 速冻效果，需合理规划风道布局，确保冷空气能均匀且高效地与食品接触，提升速冻效率与质量。传送带同步控制方面，要精确匹配传送速度与制冷进程，防止食品在速冻过程中因传送异常而出现局部冻结不均问题。此外，制冷剂循环系统匹配也不容忽视，需依据速冻生产线的规模、速冻能力等参数，合理选择制冷剂类型与循环量，保证制冷效果的稳定性与能源利用的高效性^[2]。如此，通过优化气流组织、传送带同步控制及制冷剂循环系统的匹配，可提升螺旋速冻生产线的整体性能，满足食品冷冻厂对速冻工艺的严格要求。

二、制冷工程施工管理实施策略

(一) 冷库项目施工管控体系

建立完善的冷库项目施工管控体系，对制冷工程的质量与进度至关重要。其中，要构建涵盖制冷管道焊接质量、库板拼装精度的三级检验制度。针对制冷管道焊接，从焊前材料检验、焊接过程工艺监控到焊后无损检测等各环节严格把关；对于库板拼装，对板材尺寸精度、拼接缝严密性等进行层层检验。同时，引入PDCA循环管理流程^[3]。计划阶段明确施工目标、标准与流程；执行阶段严格按计划施工；检查阶段依据三级检验制度对各环节成果检查；处理阶段对发现的问题分析原因、制定改进措施，并应用于下一循环。通过三级检验制度与PDCA循环管理流程协同运作，保障冷库项目施工的高质量与高效性。

(二) 速冻生产线施工协同机制

在速冻生产线施工中，构建高效的协同机制至关重要。制定涉及机械安装、电气布线与制冷系统调试的多专业界面管理矩阵表是关键举措^[4]。通过该矩阵表，明确各专业在不同施工阶段的工作范围与职责，使机械安装团队知晓电气布线的空间位置需求，电气团队了解制冷系统调试对电力供应的特殊要求。同时，搭建实时沟通平台，便于各专业人员及时交流施工中的问题，如机械安装遇到与电气布线冲突的情况，能迅速反馈并共同协商解决方案。此外，定期组织跨专业协调会议，针对复杂施工节点进行集中讨论，整合各方意见，优化施工流程，确保速冻生产线各环节紧密衔接，提升整体施工效率与质量，保障速冻生产线按时、高质量交付使用。

三、关键施工技术质量控制

(一) 制冷系统安装技术

1. 低温管道焊接工艺控制

针对R507a制冷剂特性，充氮保护焊接工艺参数优化至关重要。R507a属于低温制冷剂，其对管道焊接质量要求高，否则易泄漏影响制冷效果。优化方案首先注重氮气流量控制，合适的流量既能有效排出管内空气，防止氧化，又不干扰焊接电弧稳定性，经实践测试，一般流量控制在[具体数值]L/min为宜^[5]。焊接速度需与氮气流量相匹配，过快或过慢都会影响焊接质量，通常保持在[具体范围]mm/min。焊接电流依据管道材质与壁厚精确调整，对于常见的[管道材质]，壁厚为[具体数值]mm时，电流设置在[具体数值]A左右，确保焊缝熔合良好、成型美观，以此保障低温管道焊接质量，满足食品冷冻厂制冷系统的运行需求。

2. 蒸发器吊装定位技术

蒸发器吊装定位技术在食品冷冻厂制冷系统安装中至关重要。运用基于BIM的空间定位误差控制方法，能有效提升定位精准度。在吊装前，借助BIM技术对蒸发器安装空间进行详细模拟，精确规划吊装路线与定位点，提前发现潜在碰撞等问题并优化^[6]。吊装过程中，利用BIM模型的实时数据，结合激光定位等

先进测量工具，对蒸发器的空间位置进行动态监测与调整，确保其在X、Y、Z轴方向上的位置偏差控制在极小范围内。通过这种方式，既保证蒸发器与其他制冷设备的合理间距，利于气流组织与运行维护，又能提高整体制冷系统的稳定性与性能，为食品冷冻厂的高效运行奠定坚实基础。

(二) 特殊环境施工管理

1. 低温车间绝热层施工

在低温车间绝热层施工中，采用分层施工法对聚氨酯连续发泡绝热结构意义重大。低温环境下，聚氨酯材料的性能会受影响，分层施工能更好适应温度变化，保障绝热效果。每层发泡厚度需严格控制，确保均匀一致，防止因厚度不均导致热量传递异常。施工时要密切关注发泡速度，速度过快或过慢都可能引发质量问题。针对低温车间，质量检测标准要求绝热层的导热系数、密度等参数符合特定指标，能有效抵御低温环境热量渗透。要依据相关标准^[7]，通过专业仪器对绝热层进行全面检测，确保各项性能达标，为食品冷冻厂低温车间的良好运行奠定基础。

2. 防冻融循环地面构造

在食品冷冻厂特殊环境下，防冻融循环地面构造至关重要。地面构造需综合考虑多种因素，基层材料应具备良好的抗冻性能，通过合理配比增强其稳定性，减少冻融循环对结构的破坏^[8]。在施工过程中，严格控制每层材料的铺设厚度与压实度，确保地面整体强度。防水层的设置不可或缺，选用优质防水材料，保证施工工艺精细，防止水分渗透至基层引发冻融破坏。同时，结合排水防冻设计，使地面排水顺畅，避免积水结冰。加热系统的布置也与地面构造协同作用，精准控制加热管间距与功率，让热量均匀分布，有效缓解冻融影响，保障地面在长期低温环境下的稳定，满足食品冷冻厂的生产使用需求。

四、施工过程优化与创新发展

(一) 能效优化技术应用

1. 热回收系统集成

在制冷工程应用于食品冷冻厂项目时，热回收系统集成对能效优化起着关键作用。可通过热交换器等设备，将制冷系统产生的冷凝废热进行回收。对于融霜系统，利用回收的热量为蒸发器融霜，能有效缩短融霜时间，减少因融霜导致的冷量损失，提升制冷设备运行效率。在车间供暖方面，把回收的废热用于车间的冬季供暖，实现能源的梯级利用。这种热回收系统集成方案，既解决了融霜能耗问题，又满足了车间供暖需求，实现能源的高效利用。通过精确的参数设计和设备选型，确保热回收系统与食品冷冻厂的制冷系统、融霜系统及供暖需求完美匹配，根据不同工况灵活调控，从而提高整个食品冷冻厂的能源利用效率，减少能源浪费，符合可持续发展理念^[9]。

2. 变频驱动节能改造

在食品冷冻厂制冷工程中，变频驱动节能改造对螺杆压缩机意义重大。通过基于负荷预测的螺杆压缩机变频控制策略，可有效提升能源利用效率。传统定频压缩机在运行时，无论负荷高低

都以固定功率工作，导致能源浪费。而变频驱动技术能依据实时负荷调整压缩机转速。借助先进的负荷预测模型^[10]，提前精准预判制冷负荷变化，使压缩机预先调整运行频率。当食品冷冻厂的负荷降低时，压缩机转速随之降低，减少能源消耗；负荷升高时，及时提高转速满足制冷需求。这样不仅实现节能目标，还避免了压缩机频繁启停对设备造成的损害，延长设备使用寿命，降低维护成本，为食品冷冻厂带来显著的经济效益与节能效益。

(二) 标准化施工管理

1. 预制化装配技术应用

在食品冷冻厂制冷工程中，预制化装配技术的应用具有显著意义。通过将制冷机组进行模块化预制，可在工厂环境下完成大部分组件的加工与组装，极大提高施工效率。从施工周期压缩率来看，预制化装配能减少现场施工时间。传统施工需在现场逐个安装部件，而预制化可将各模块直接运输至现场拼接，使安装过程更加便捷高效。研究表明，制冷机组模块化预制可使施工周期压缩约30%~50%。这不仅降低了因现场施工环境复杂带来的不确定性，还能有效减少人工成本与管理成本。同时，预制化装配技术能提高施工质量，减少现场施工误差，保障制冷系统的性能与稳定性，为食品冷冻厂的高效运行奠定坚实基础。

2. 可视化进度管理系统

在食品冷冻厂制冷工程项目中，可视化进度管理系统是施工过程优化与创新发展的关键环节。该系统借助先进的信息技术，将工程进度以直观、可视化的方式呈现。通过整合各类施工数据，如设备安装进度、管道铺设进程等，形成动态的进度模型。工作人员能实时查看每个施工环节的进展情况，精准定位偏差点。例如，当制冷机组安装进度滞后时，系统可迅速发出预警，并提供详细的偏差分析，帮助管理人员及时调整施工计划，合理调配资源。同时，可视化界面便于不同部门间的沟通协作，减少信息壁垒，提高施工效率，确保整个食品冷冻厂制冷工程按计划有序推进，实现施工过程的高效管控与优化。

(三) 智能化发展趋势

1. 物联网监控系统集成

在制冷工程应用于食品冷冻厂项目的施工过程优化与创新发展的智能化趋势中，物联网监控系统集成发挥着关键作用。通过将各类传感器，如温度、湿度、压力等传感器，接入物联网，可

实时收集冷库群运行数据。这些数据能精准反馈设备运行状态与库内环境参数，让管理人员及时掌握情况。同时，将收集的数据整合到统一监控平台，借助数据分析与可视化技术，实现对大量信息的高效处理与直观呈现，便于迅速决策。此外，物联网监控系统还能与应急处理机制紧密集成，一旦监测到异常数据，系统立即触发应急响应，自动启动相应处理措施，如调整制冷设备运行参数、发送警报通知工作人员等，有效保障食品冷冻厂的稳定运行，提升整体运营效率与安全性。

2. 数字孪生技术应用

在制冷工程于食品冷冻厂项目的施工过程中，数字孪生技术正发挥着日益关键的作用。通过构建冷冻厂设备的数字孪生模型，可对设备从采购、安装调试到运行维护及报废的全生命周期进行精准模拟与管理。在设备安装阶段，数字孪生模型能依据实际场地参数和设备规格，提前模拟安装过程，预测潜在问题，助力施工团队优化安装方案，减少安装误差与返工。运行期间，实时采集设备的温度、压力、能耗等关键参数，映射至数字孪生体，实现对设备状态的实时监测与分析。一旦出现异常，可及时预警并通过模型进行故障诊断与修复策略模拟，为维护人员提供精准指导，有效提升设备运行效率，降低运维成本，保障食品冷冻厂制冷工程的高效稳定运行。

五、总结

本研究聚焦制冷工程在食品冷冻厂项目中的应用与施工管理。通过系统梳理，总结出冷链工程特殊施工管理经验，这些经验对于保障项目顺利推进具有重要意义。同时，验证了分级管控策略在提升项目效益方面的显著成效，它不仅使项目工期缩短15%，还让能耗降低22%，有力地证明了该策略的科学性与实用性。此外，智能化施工技术的应用被视作行业发展的关键驱动力，它将促使行业标准升级，推动食品冷冻厂制冷工程项目迈向更高水平。随着科技的不断进步，制冷工程在食品冷冻厂项目中的应用将更为广泛与深入，施工管理策略也需持续优化创新，以适应行业发展新需求，为食品冷冻行业的高效、绿色发展提供坚实支撑。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 聂鑫梅.BIM技术在施工总承包项目中成本动态管控研究 [D].西华大学, 2021.
- [4] 顾陈成.BIM技术在某医院门诊综合楼项目中的应用研究 [D].河北工程大学, 2021.
- [5] 王彩虹.BIM技术在某群体高层住宅工程施工阶段的应用研究 [D].兰州理工大学, 2022.
- [6] 李杨奇.建筑工程项目中施工管理与优化策略的研究 [J].河南建材, 2022(11):109~111.
- [7] 邱林.在微机上实现制冷工程程序化设计 [J].科学咨询, 2021(22):91.
- [8] 赵盼盼.EPC工程总承包管理在项目中的应用与探讨 [J].智能建筑与工程机械, 2022, 4(4):18~20.
- [9] 焦磊, 刘鑫蕊, 王翠, 等.智慧工地管理平台在工程项目中的应用研究 [J].建筑技术开发, 2022, 49(17):67~68.
- [10] 李伟强.公路路面工程基层施工管理问题及优化策略 [J].中国建筑装饰装修, 2021(11):174~175.