

暖通空调蓄冷技术在施工管理中的应用与优化

杨梅昌

广东 广州 510000

DOI:10.61369/ME.2025080004

摘 要： 介绍暖通空调蓄冷技术，包括冰蓄冷、水蓄冷和相变材料蓄冷原理。阐述施工技术体系，如蓄冷罐体安装、管道焊接等。分析施工问题，如设计与施工不匹配等。还涉及 BIM 模型、设备选型、管线布置等施工管理内容及应用优势。

关 键 词： 暖通空调；蓄冷技术；施工管理

Application and Optimization of HVAC Cool Storage Technology in Construction Management

Yang Meichang

Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract： This paper introduces HVAC cool storage technologies, including principles of ice storage, water storage, and phase change material storage. It elaborates on construction techniques such as storage tank installation and pipeline welding. Construction challenges like design-construction misalignment are analyzed. Additionally, it covers construction management aspects including BIM modeling, equipment selection, pipeline layout, and their application advantages.

Keywords： HVAC; cool storage technology; construction management

引言

随着我国对节能减排政策的持续推进（2020年提出碳达峰、碳中和目标），暖通空调领域的节能技术受到广泛关注。其中空调蓄冷技术（包括冰蓄冷、水蓄冷和相变材料蓄冷等多种形式）作为其重要组成，通过利用夜间低谷电和载冷剂相变特性储存冷量，在白天峰段电和负荷较高时释放冷量以满足用冷需求。其中空调蓄冷技术（包括冰蓄冷、水蓄冷和相变材料蓄冷等多种形式）作为其重要组成，通过利用夜间低谷电和载冷剂相变特性储存冷量，在白天峰段电和负荷较高时释放冷量以满足用冷需求。暖通空调蓄冷技术的效果呈现需要蓄冷装置施工、制冷机房内管道和设备安装、智能控制系统集成等多个部分组成，但在实际施工管理中存在设计方案与施工条件匹配度不足、质量控制难点多等问题，暖通空调蓄冷技术的效果呈现需要蓄冷装置施工、制冷机房内管道和设备安装、智能控制系统集成等多个部分组成，但在实际施工管理中存在设计方案与施工条件匹配度不足、质量控制难点多等问题，这些都对提高蓄冷系统综合能效提高蓄冷系统综合能效具有重要影响，因此对其应用与优化的研究具有重要意义。

一、暖通空调蓄冷技术特性解析

（一）蓄冷系统工作原理

冰蓄冷系统是利用夜间低谷电将水制成冰来储存冷量。其工作原理基于水的相变特性，当水凝固成冰时会释放出大量的潜热，反之，冰融化时会吸收大量的潜热^[1]。在制冷机组运行时，将冷量通过载冷剂（乙二醇溶液）传递给蓄冰装置将冷量通过载冷剂（乙二醇溶液）传递给蓄冰装置，使水结成冰。在需要供冷时，让冰融化吸收热量，从而实现制冷效果。

水蓄冷系统则是通过自然分层或隔膜设计实现冷热水分离。其工作原理基于水的比热容较大，在温度变化时能够吸收或放出较多的热量^[1]。

相变材料蓄冷是利用某些物质在相变过程中吸收或释放大量

潜热的特性。这些相变材料在特定温度下会发生相变，从而实现冷量的储存和释放^[1]。

（二）施工技术体系构成

暖通空调蓄冷技术的施工技术体系涵盖多个关键部分，包括水蓄冷系统蓄冷水罐和冰蓄冷系统蓄冰装置的施工，施工过程中需确保蓄冷水罐罐体的位置准确、罐体稳固和蓄冰装置强度满足要求，同时要考虑其与周围环境的适配性以及保温措施的有效性^[2]；制冷机房内管道焊接工艺则直接影响系统的密封性和稳定性，须严格控制焊接质量，包括焊接材料的选择、焊接参数的设定以及焊接人员的技能水平等；智能控制系统集成是实现蓄冷技术高效运行的关键，它能够根据实际需求自动调节蓄冷和释冷过程，提高能源利用效率。这些施工技术模块相互配合，共同构成了暖通空调蓄冷技术的施工技术体系，任何一个环节出现问题都可能影响整个系统的性能和运行效果。

二、蓄冷系统施工现存问题

（一）设计实施协同问题

在暖通空调蓄冷系统施工中，设计方案与施工条件的匹配度不足是一个关键问题。设计方案若未充分考虑施工场地的实际情况，可能导致冷量浪费。例如，蓄冷设备的布局不合理，使得冷量在传输过程中损失较大^[3]。因此，在施工前需要对设计方案和施工条件进行细致的评估和调整，以确保两者的协同性，提高蓄冷系统的运行效率和稳定性。

（二）施工质量控制难点

蓄冷系统施工存在诸多质量控制难点。冰蓄冷系统乙二醇管道需100%密封，焊接后需进行压力测试与载冷剂浓度监测，蓄冰装置采用外保温结构，顶板需预留检查孔便于检修。水蓄冷系统水池需重点处理水池防水保温，可采用聚脲防水涂料与聚氨酯保温层，确保24小时水温升 $\leq 0.5^{\circ}\text{C}$ ；蓄冷水罐则需关注罐体焊接出现变形问题，这会影响罐体的结构强度和密封性，进而影响蓄冷系统的正常运行[4]。管道在安装过程中会产生应力，若不及时消除，可能导致管道破裂、泄漏等安全隐患，同时也会影响系统的制冷效率。绝热层的连续性保障也是一大挑战，绝热层若出现间断或破损，会使蓄冷系统的冷量散失，增加能耗，降低蓄冷效果。这些技术瓶颈都需要在施工过程中加以重视和解决，以确保蓄冷系统的施工质量和运行效果。

三、施工管理关键技术环节

（一）技术实施要素管控

1. 冷负荷动态计算

建立基于BIM的负荷动态计算模型对于暖通空调蓄冷技术施工管理至关重要。BIM技术可整合建筑信息，精确模拟建筑物的热传递过程^[5]。通过对建筑结构、朝向、围护结构热工性能以及室内外气象参数等多种因素的综合考虑，能够动态计算冷负荷。在模型中，输入准确的建筑几何信息、材料属性以及人员活动、设备散热等内部热源数据，结合当地气象数据的实时更新，可模拟不同工况下的冷负荷变化情况。

2. 设备选型配置

在暖通空调蓄冷技术的施工管理中，设备选型配置至关重要。对于制冷制冷主机与蓄冷设备的组合，需制定多目标约束条件下的优化方案^[6]。要综合考虑建筑物的冷负荷需求、当地的电价政策、设备的性能参数等因素。主机的选型应满足制冷量要求，同时具备高效节能的特点。蓄冷设备则要根据蓄冷方式（如冰蓄冷、水蓄冷等）的不同，选择合适的容量和形式。在配置过程中，通过精确的计算和模拟分析，确保主机与蓄冷设备之间的协同工作达到最佳状态，提高整个暖通空调系统的运行效率，降低能耗和运行成本。

（二）施工过程组织策略

1. 管线综合布置

在暖通空调蓄冷技术施工管理中，管线综合布置至关重要。

其中，运用MEP协同技术可有效解决复杂空间管路碰撞问题^[7]。MEP协同技术通过整合建筑、结构、给排水、电气及暖通等各专业模型，进行碰撞检测。在设计阶段，各专业设计师将本专业的设计模型上传至协同平台，通过软件分析，能精准找出可能发生碰撞的部位。在施工前，根据检测结果对管线进行合理调整，优化管线走向和空间布局，避免施工过程中的返工和延误，提高施工效率和质量，确保暖通空调蓄冷系统的顺利安装和运行。

2. 施工时序优化

在暖通空调蓄冷技术施工管理中，基于关键路径法开发蓄冷系统专项施工进度控制模型至关重要。该模型需综合考虑蓄冷设备安装、管道铺设、控制系统调试等各项工序的逻辑关系与时间参数。通过精确分析各工序的先后顺序及所需时间，确定关键路径，从而有效控制施工进度。例如，蓄冷罐的安装需在基础施工完成且具备相应条件后进行，其安装时间会影响后续管道连接及调试工作。同时，控制系统的调试应在各设备及管道安装完毕后开展，以确保整个蓄冷系统的协同运行。利用该模型，施工管理者可及时发现潜在的进度延误风险，并采取相应措施进行调整，确保蓄冷系统施工按时完成^[8]。

四、行业应用案例与效能提升

（一）大型商业建筑应用

1. 区域供冷系统

某CBD区域采用冰蓄冷系统，其运行模式为夜间蓄冷-日间释冷。在夜间用电低谷期，制冷机组运行将冷量储存于蓄冰装置中^[9]。此时，电价较低，降低了运行成本。日间用电高峰期，关闭制冷机组，利用蓄冰装置释放冷量来满足商业建筑的空调需求。这种运行模式有效地利用了峰谷电价差，实现了电力负荷的移峰填谷。同时，对于大型商业建筑来说，区域供冷系统采用冰蓄冷技术，可减少制冷机组的装机容量，降低设备投资。而且，通过合理控制蓄冷和释冷过程，能够更好地满足不同时间段的空调负荷需求，提高室内环境的舒适度，体现了暖通空调蓄冷技术在大型商业建筑区域供冷系统应用中的优势。

2. 能耗监测对比

在大型商业建筑应用中，通过SCADA系统对传统暖通空调系统与蓄冷系统的能效数据进行采集对比^[10]。该系统可实时监测多种参数，如温度、流量、能耗等。对比结果显示，蓄冷系统在能耗方面具有显著优势。在用电高峰时段，传统系统因需满足制冷需求，能耗较高且对电网压力较大，而蓄冷系统可利用低谷电价时段蓄冷，在高峰时段释放冷量，不仅降低了能耗成本，还缓解了电网压力。同时，通过对长期数据的分析，还能进一步优化蓄冷系统的运行策略，使其能效比不断提高，为大型商业建筑的暖通空调运行提供更高效、节能的解决方案。

（二）工业厂房改造项目

1. 既有系统升级

在工业厂房改造项目中，高架厂房空调系统节能改造是重要部分。暖通空调蓄冷技术在此有独特应用路径。蓄冷技术可通过

合理设置蓄冷设备，如冰蓄冷系统中的蓄冰装置等，在用电低谷期储存冷量。在高峰期，释放冷量以满足厂房空调需求。这不仅能够有效利用低谷电价，降低运行成本，还能缓解电网高峰压力。同时，通过精确计算厂房的冷负荷需求，优化蓄冷设备的容量和运行策略，可进一步提高系统的节能效果。例如，根据厂房的生产工艺、人员分布和设备散热等因素，确定合适的蓄冷时间和释放冷量的时机，确保厂房内温度始终保持在舒适范围内，提升厂房的工作环境质量和能源利用效率。

2. 施工工法创新

暖通空调蓄冷技术在工业厂房改造项目施工工法创新方面，研发模块化蓄冷单元现场装配技术对提升施工效率具有重要意义。该技术将蓄冷单元模块化，在现场可直接进行装配。一方面，模块设计使得各部件在工厂预制，能保证质量且规格统一，减少现场施工的不确定性。另一方面，现场装配操作简便，无需复杂的施工流程和大量专业技术人员，大大缩短了施工时间。同时，模块化的设计便于运输和存储，降低了物流成本和场地占用。通过这一技术创新，不仅提高了暖通空调蓄冷系统的施工效率，还优化了整个工业厂房改造项目的施工进度。

（三）数据中心特殊应用

1. 应急供冷方案

在数据中心的特殊应用中，应急供冷方案至关重要。以 IT 机房为例，构建基于蓄冷技术的不间断供冷保障体系是关键。蓄冷技术可在市电中断或制冷设备故障时，利用储存的冷量维持机房温度。通过合理设计蓄冷系统的容量和控制策略，确保在紧急情况

况下能满足机房的散热需求。

2. 施工质量控制与系统调试

在数据中心等特殊应用场景中，蓄冷系统的施工质量控制和系统调试尤为关键。由于数据中心对温湿度控制精度和系统可靠性要求极高，蓄冷系统的安装与调试必须严格遵循高标准施工规范。施工过程中应重点关注管道密封性、绝热层连续性以及设备基础稳定性，避免因施工质量问题导致冷量损失或系统故障。系统调试阶段需进行全面的性能测试与性能验证，包括蓄冷 / 释冷速率测试、控制系统联动调试、应急切换功能测试等，确保系统在不同工况下均能稳定运行。通过严格的施工质量控制和系统调试，可显著提升蓄冷系统在数据中心等高要求环境中的适用性和可靠性。

五、总结

暖通空调蓄冷技术在施工管理中的应用与优化具有重要意义。其应用不仅有助于提高能源利用效率，还能降低运营成本。通过对施工管理的优化，可进一步提升蓄冷技术的应用效果，从而推动行业的转型升级。构建全生命周期管理体系的建议为行业发展提供了新的思路，有助于实现从设计、施工到运营的全过程精细化管理。展望未来，数字化与绿色建造技术的融合将为暖通空调蓄冷技术带来新的发展机遇。这种融合将使施工管理更加智能化、高效化，进一步提高蓄冷技术的性能和可靠性，促进暖通空调行业朝着更加可持续的方向发展。

参考文献

[1] 范晨阳. 基于气象数据的暖通空调节能控制研究 [D]. 扬州大学, 2022.
[2] 王志远. 基于图网络模型的暖通空调系统节能诊断研究 [D]. 天津大学, 2022.
[3] 李文涛. 暖通空调设计室外计算参数的更新及其影响研究 [D]. 西安建筑科技大学, 2022.
[4] 秦浩森. 暖通空调系统的时间序列优化控制 [D]. 河北工业大学, 2022.
[5] 武利璇. 极端热湿气候区暖通空调设计用室外计算参数研究 [D]. 北京工业大学, 2021.
[6] 王亮. 暖通空调工程管理与暖通节能技术探析 [J]. 居舍, 2019, (28): 167.
[7] 杨鑫. 暖通空调节能技术优化及工程管理研究 [J]. 产业与科技论坛, 2022, 21(02): 207-208.
[8] 李雅. 节能环保材料及技术在暖通空调中的应用研究 [J]. 造纸装备及材料, 2022, 51(10): 179-181.
[9] 陈微龙. 暖通空调工程管理与暖通节能技术的优化思考 [J]. 建筑与装饰, 2021, 000(001): P.29-29.
[10] 王彦伟. BIM 技术在暖通空调工程中的应用探究 [J]. 智能建筑, 2021, (09): 71-73.