

# 多仓独立控温遗体保存柜的结构与控制系统设计

邓 兵

江西元一制冷设备集团有限公司 江西 樟树 331200

**【摘要】**：随着现代殡葬服务需求的日益多样化及精细化，传统单一温区遗体冷藏设备已难以满足分尸、分时段、差异化处理等复杂场景下的作业要求。本文基于江西元一制冷设备集团有限公司相关专利技术（CN202410668224.3）的技术背景，系统综述了多仓独立控温遗体保存柜的结构设计与智能控制系统的创新研究。文章深入探讨了模块化舱体布局、高效隔热保温结构、多路独立制冷循环系统及高精度温湿度协同控制策略。重点分析了如何通过多仓独立运行实现不同温度区间（如-5℃至-25℃）的精准调控，解决传统设备温控滞后、能耗高、交叉污染风险大等痛点。研究表明，采用多仓独立控温技术结合先进的PID模糊控制算法，不仅能显著提升遗体保存的卫生安全水平与保鲜效果，还能有效降低设备运行能耗，提升管理效率。本文旨在为新一代高端遗体保存设备的研发提供理论依据与技术路径参考，推动殡葬装备向智能化、绿色化方向发展。

**【关键词】**：遗体保存柜；多仓独立控温；结构设计；制冷系统；智能控制；节能技术

DOI:10.12417/3041-0630.26.06.005

## 引言

遗体保存是殡葬服务链条中的关键环节，其核心目标是在逝者离世后，通过低温环境抑制微生物繁殖与组织腐败，维持遗体形态，为后续的告别仪式、解剖或火化等后续流程争取时间并保障卫生安全。传统的遗体保存设备通常采用单一大容积冷室设计，内部温度均匀性差，且一旦设定温度，所有存放区域均处于同一温区。这种“一刀切”的模式在面对特殊需求时显得捉襟见肘：例如，部分家属希望将遗体暂时保存在接近冰点（-5℃至-10℃）以保持鲜活感用于瞻仰，而另一部分则需长期深度冷冻（-20℃以下）以延长保存期；又如，在处理突发公共卫生事件或批量遗体转运时，不同批次遗体的感染风险等级不同，需要严格的物理隔离与差异化温控。此外，传统设备在除霜、能耗控制及故障应对方面也存在明显短板。

近年来，随着制冷技术的进步与物联网概念的普及，多仓独立控温技术逐渐引入遗体保存领域。江西元一制冷设备集团有限公司申请的专利《多仓独立控温遗体保存柜》（CN202410668224.3），正是针对上述行业痛点提出的创新性解决方案。该技术方案突破了传统单体结构的限制，通过物理隔离与独立循环回路的设计，实现了多个仓储单元的温度独立精准调控。这不仅提升了设备的功能性与灵活性，更在卫生防疫、能源利用及用户体验层面带来了质的飞跃。本文将以此专利技术为核心切入点，结合当前行业技术现状，对多仓独立控温遗体保存柜的结构设计原理、制冷系统配置、智能控制策略及其综合应用价值进行系统性综述，以期对相关领域的技术革新提供学术支撑。

## 1 多仓独立控温遗体保存柜的总体架构与结构设计创新

### 1.1 模块化分区布局与物理隔离机制

多仓独立控温的核心在于“独立”，这首先体现在机械结构的物理隔离上。传统设备往往依靠一个大型蒸发器对整个空间进行冷却，导致各区域热耦合严重。新型多仓保存柜采用了模块化分区设计理念，将整体柜体划分为若干个独立的仓储单元（仓）。每个仓体在结构上拥有独立的内壁、外壁及密封门，形成相互封闭的热力学腔体。根据专利 CN202410668224.3 的相关描述，这种设计不仅避免了不同温区之间的热量串扰，还有效防止了因开门操作导致的冷气流失和交叉污染风险。在布局上，各仓体可根据实际需求进行灵活组合，如并列式、堆叠式或混合式排列，以适应不同殡仪馆的空间布局与业务量需求。每个仓体配备独立的密封条与门锁机构，确保在独立运行时，外部空气无法侵入，内部冷气无法外泄，从而构建起一个个独立的“微气候”环境。

### 1.2 高效复合保温结构与热桥阻断设计

为了实现多仓独立控温的高效节能，柜体的保温性能至关重要。遗体保存柜通常需要在低温环境下长期连续运行，因此必须采用高性能的保温材料与优化的结构构造。在材料选择上，新型保存柜普遍采用聚氨酯（PU）发泡层，且厚度较传统设备有所增加，以增强绝热性能。更为关键的是，针对多仓结构带来的潜在热桥问题，设计中引入了“断热桥”技术。在仓体连接处、门框及支架等部位，使用低导热系数的复合材料或设置空气隔层，切断冷热传导路径。此外，内胆与外壳之间采用真空绝热板（VIP）或纳米气凝胶等新型高效保温材料进行局部强化，进一步降低漏热系数。这种复合保温结构不仅确保了各仓体温度的稳定性，还显著降低了压缩机的启停频率，从

源头上减少了能耗。

### 1.3 人性化存取通道与气流组织优化

在多仓独立控温的基础上,人机工程学设计也是结构优化的重要环节。考虑到遗体搬运的特殊性,新型保存柜设计了宽大的滑轨式搁架或抽屉式托盘,配合电动升降装置,减轻工作人员的操作强度。在气流组织方面,摒弃了传统的大风量直吹模式,转而采用分层导流或风幕隔离技术。每个独立仓体内部设有独立的风道系统,冷空气通过顶部或背部均匀送入,经过遗体表面带走热量后,从底部回风。这种设计避免了强风直吹导致的遗体脱水过快或干缩现象,同时保证了仓内温度场的均匀性。专利中提到的结构细节还包括仓门的自锁与报警联动设计,当某仓门未关严时,系统会自动报警并调整该仓的运行参数,防止冷气泄漏影响其他仓体。

## 2 多路独立制冷循环系统的配置与能效优化策略

### 2.1 多压缩机并联与变频驱动技术

实现多仓独立控温的关键在于制冷系统的独立性。传统设备通常由一台压缩机带动整个系统,难以实现分仓调节。新型多仓保存柜采用了多压缩机并联配置方案,即每个独立仓体(或每组关联仓体)配备一套独立的制冷循环回路,包含压缩机、冷凝器、节流阀及蒸发器。这种“一仓一机”或“多仓分组独立”的配置,使得每个仓体可以独立启停、独立设定温度。为了进一步提升能效,系统广泛采用变频驱动技术。压缩机根据各仓的实际热负荷动态调整转速:当某仓温度接近设定值时,压缩机低频运转甚至停机;当热负荷增大时,迅速升频加大制冷量。这种按需供冷的策略,不仅消除了传统定频机组频繁启停造成的冲击,还大幅降低了无效功耗,使整机能效比(COP)得到显著提升。

### 2.2 电子膨胀阀精准节流与过热度控制

在多仓独立控温系统中,节流元件的选择直接决定了控温精度。相比传统的毛细管或热力膨胀阀,电子膨胀阀(EEV)因其响应速度快、调节范围宽而成为首选。每个独立回路均配置高精度电子膨胀阀,由控制系统实时采集蒸发器出口的温度与压力信号,计算出过热度,并据此精确调节开度。这使得系统能够在极短的时间内适应热负荷的波动,避免温度过冲或欠调。特别是在多仓同时运行时,由于各仓的开门频率、装载量不同,热负荷差异巨大,电子膨胀阀的精准调节能力确保了每个仓体都能维持在设定的微小温差范围内(如 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ),满足了遗体保存对温度稳定性的严苛要求。

### 2.3 智能除霜技术与余热回收应用

制冷系统在低温环境下运行必然面临结霜问题,结霜会严重影响换热效率。传统的人工除霜或简单的电热除霜存在温度

波动大、耗时长等缺点。新型多仓保存柜引入了智能除霜技术,通过监测蒸发器的压降或温差变化来判断结霜程度,自动启动除霜程序。除霜方式可采用热气旁通除霜或电加热除霜,并结合仓体独立控制的特点,实现“错峰除霜”。即在非工作时间或对温度不敏感的仓体优先除霜,避免所有仓体同时除霜导致整体库温回升。此外,系统还集成了余热回收模块,将压缩机排出的高温制冷剂热量回收,用于预热融霜水或辅助加热,进一步提升了能源利用率,体现了绿色节能的设计理念。

## 3 智能控制系统架构与多目标协同优化算法

### 3.1 分布式网络控制与中央监控平台

多仓独立控温系统是一个典型的分布式控制系统。每个独立仓体配备独立的本地控制器(PLC或专用MCU),负责采集本仓的温度、湿度、门状态、压缩机运行参数等数据,并执行基本的控制逻辑。所有本地控制器通过工业总线(如RS485、CAN或ZigBee)连接至中央监控主机。中央主机作为“大脑”,负责全局数据的汇总、分析与决策。用户可通过触摸屏终端或远程APP查看各仓实时状态,进行温度设定、模式切换、故障查询等操作。系统具备强大的数据记录与追溯功能,能够自动生成温度曲线报表,满足殡葬行业对遗体保存过程的合规性审计要求。同时,中央平台支持多级权限管理,确保操作安全。

### 3.2 多变量模糊PID控制算法的应用

鉴于遗体保存环境的复杂性(如开门扰动、环境温度变化、负载差异),传统的PID控制在多仓独立系统中容易出现超调或振荡。为此,新型控制系统引入了模糊PID控制算法。该算法将温度误差及其变化率作为输入,通过模糊推理规则库动态调整PID参数( $K_p, K_i, K_d$ )。例如,当检测到某仓温度快速下降接近设定值时,算法会自动减小比例增益,防止过冷;当发现温度回升速度加快时,则增大积分作用,消除稳态误差。此外,系统还结合了前馈控制策略,将门开关动作作为前馈干扰量,提前补偿冷量损失,从而实现温度的快速恢复与平稳过渡。这种智能控制策略显著提升了多仓系统的抗干扰能力和控温精度。

### 3.3 故障诊断与主动安全防护机制

安全性是多仓独立控温系统设计的重中之重。控制系统内配置了完善的故障诊断模块,能够实时监测压缩机过载、电机堵转、传感器失效、管路泄漏等异常工况。一旦检测到故障,系统立即触发声光报警,并通过短信或APP推送通知管理人员。更重要的是,系统具备主动安全防护机制:当某一仓体发生严重故障(如持续高温)时,系统可自动将该仓与其他正常仓体进行逻辑隔离,防止故障扩散;同时,启动备用制冷回路或紧急降温模式,确保其他遗体不受影响。对于电源波动、网络中断等情况,系统也具备断电记忆与自动恢复功能,保障数据的

完整性与运行的连续性。

## 4 应用价值评估与行业发展趋势展望

### 4.1 提升卫生安全水平与遗体保存质量

多仓独立控温技术的应用,从根本上解决了传统设备存在的交叉感染风险。通过物理隔离与独立温控,不同来源、不同健康状况的遗体可以在同一台设备中安全共存,互不干扰。这对于应对突发公共卫生事件、批量遗体处理以及医院太平间的精细化管理具有重大现实意义。同时,高精度的温度控制有效延缓了遗体腐败进程,保持了遗体的自然色泽与形态,提升了家属的满意度与尊严感。

### 4.2 显著降低运营能耗与管理成本

相比于多台单仓设备并联运行,多仓独立控温一体化设备在空间占用、安装维护及能源消耗上更具优势。通过变频技术、智能除霜及余热回收等手段,整机能效比提升明显,预计可降低运行成本20%-30%。此外,集中监控与自动化管理大大减少了人工巡检的工作量,降低了人力成本,提高了管理效率。

### 4.3 推动殡葬装备向智能化、绿色化转型

随着“智慧殡葬”理念的推广,多仓独立控温遗体保存柜

代表了行业未来的发展方向。它不仅是一台制冷设备,更是一个集感知、计算、决策于一体的智能终端。未来,随着物联网、大数据及人工智能技术的进一步融合,此类设备将具备更强的自学习能力,能够根据历史数据预测维护需求,实现全生命周期的智能运维。同时,环保冷媒的广泛应用与低碳设计也将使其更加符合可持续发展的全球趋势。

## 5 结语

多仓独立控温遗体保存柜的结构与控制系统设计,是制冷技术、机械设计及智能控制技术在殡葬领域深度融合的产物。基于江西元一制冷设备集团有限公司相关专利技术的探索与实践表明,通过模块化结构设计、多路独立制冷循环及先进智能控制算法的综合应用,能够有效解决传统遗体保存设备在温控精度、卫生安全、能耗效率等方面的瓶颈问题。这一创新模式不仅切实落实了“健康第一”与“以人为本”的服务理念,也为提升我国殡葬装备的现代化水平提供了有力的技术支撑。未来,随着技术的不断迭代与标准的逐步完善,多仓独立控温技术必将在更广泛的场景中推广应用,为推动殡葬事业的高质量发展、守护生命最后的尊严贡献更多力量。

## 参考文献:

- [1] 陈星竹,唐义红.活体器官捐献供体的人格权保护[J].医学与法学,2025,17(02):14-24.
- [2] 李冬梅,李力更,张文龙,等.医院解剖学实验室冰鲜标本管理实践[J].解剖学杂志,2022,45(04):374-376.
- [3] 樊一锐.存在与具身[D].上海师范大学,2020.
- [4] 沙宗阁,徐照,邹杰,等.新型环保标本保存液的试制与应用研究[J].四川解剖学杂志,2018,26(02):135-137.
- [5] 彼得·格温,李鲁.人体深冻冷藏:等待50年复活[J].中国科技翻译,2017,30(02):62-65+57.