

商用冷柜推拉门限位装置的结构设计与优化

邓善卓

广东星星制冷设备有限公司, 广东 佛山 528000

DOI:10.61369/ERA.2026080034

摘 要 : 商用冷柜推拉门常规限位方式存在弹簧易失效、磁铁受关门力度影响大、倾斜装置改造困难等问题。该研究基于一项新型限位装置专利,提出一种采用限位板与活动轮机械配合的优化设计方案。该结构在门框导轨内设置带有特定限位孔的限位板,当柜门关闭时,底部活动轮落入限位孔实现精准定位。分析表明,该装置通过合理的材料与尺寸选择,提升了限位的可靠性与耐用性,改善了冷柜密封性能,降低了制造与维护成本。

关 键 词 : 商用冷柜; 推拉门; 限位装置

Structural Design and Optimization of Limit Device for Sliding Door of Commercial Refrigerator

Deng Shanzhuo

Guangdong Xingxing Refrigeration Equipment Co., Ltd., Foshan, Guangdong 528000

Abstract : The conventional limit method for sliding doors of commercial refrigerators has problems such as spring failure, significant influence of closing force on magnets, and difficulty in retrofitting tilting devices. This study is based on a patent for a new type of limit device and proposes an optimized design scheme using a limit plate and movable wheel mechanical cooperation. This structure is equipped with a limit plate with specific limit holes inside the door frame guide rail. When the cabinet door is closed, the bottom movable wheel falls into the limit hole to achieve precise positioning. Analysis shows that the device has improved the reliability and durability of the limit through reasonable material and size selection, enhanced the sealing performance of the freezer, and reduced manufacturing and maintenance costs.

Keywords : commercial refrigerators; sliding door; limit stop

引言

商用冷柜广泛用于餐饮、零售行业,柜门限位优劣关系柜内温控与设备能耗。柜门闭合不严会外泄冷气,加重压缩机负荷,威胁储藏食材品质。目前弹簧回位、磁吸、斜坡导轨三类限位结构,普遍存在老化失效、改装繁琐等问题。研发构造简易、运行稳定、便于加装的限位配件具备实用意义。依托一项实用新型专利,剖析装置构造、运行原理与改良思路,为冷柜门限位优化提供设计依据。

一、项目概述

(一) 项目背景

商用冷柜在超市、便利店、餐厅等场所广泛使用,主要依靠推拉门实现取物与关闭操作。门体限位功能若设计不佳,容易导致门体无法完全闭合,柜内冷气持续外泄。冷气泄漏不仅造成电力浪费,还会引起柜内温度波动,降低食品保鲜效果。传统限位技术中,弹簧结构随着使用次数增多会出现弹性减弱问题;磁铁限位对关门速度较为敏感,用力过猛可能使门体反弹;而导轨斜坡方案需要较大改造空间,不利于旧设备升级。上述问题表明,

市场需要一种结构紧凑、限位稳定且便于安装的新型限位装置。

(二) 项目特点

该限位装置的主要特点体现在机械式限位方式。不依赖弹簧弹力或磁力吸附,而是利用柜门底部活动轮与限位板上限位孔的物理配合来实现定位。该结构直接设置在原有门框导轨内部,对冷柜整体改动较小。限位板通过锁紧件与导轨可拆卸连接,方便维修更换。此外,限位板采用不锈钢材质,厚度与宽度经过合理选择,兼顾了强度与滚动顺畅性。整体设计注重实用性与可靠性,适用于多种规格的商用冷柜。

二、现有推拉门限位技术与问题归纳

（一）常见限位方式的工作原理

商用冷柜推拉门常用的限位手段主要分为三类。第一类是弹簧回归装置，利用弹簧的拉伸或压缩力将门体拉回关闭位置。第二类是磁铁限位，在门体与柜体对应位置安装磁铁，依靠磁力吸附保持门体闭合。第三类是导轨内设置倾斜结构，使门体滑动到末端时因重力作用自动下沉或卡入特定位置，从而实现限位。这三种方式在市场上均有一定应用，各自适应不同的产品设计与成本要求。

（二）各类限位方式存在的缺陷

弹簧类装置在长期频繁使用后，金属疲劳会引起弹力下降，导致门体无法完全回归，密封效果减弱。磁铁限位对关门时的力度与速度要求较高，若关门力量偏大，磁铁接触时间过短，吸附力不足，门体可能反弹后微小开启，造成冷气泄漏。导轨倾斜装置需要在门框或导轨结构上进行较大改动，占用额外空间，对于已经投入使用的冷柜来说，后期加装比较困难，而且倾斜角度设计不当还会影响门体滑动的顺畅度。这些缺陷说明，传统限位方案在长期可靠性、操作宽容度及改造便捷性方面存在提升空间^[1]。

三、新型限位装置的结构设计

（一）整体结构组成

该限位装置主要由柜体、门框导轨、柜门、活动轮及限位组件构成。柜体上方或侧面安装门框导轨，作为柜门滑动的轨道。柜门底部设置活动轮，该轮子可以在导轨内部滚动，减少摩擦力。限位装置核心部分是一块限位板，放置在门框导轨内部的一端。限位板上加工有限位孔，该孔的位置与活动轮的运动轨迹相对应。当柜门完全关闭时，活动轮恰好落入限位孔中，形成机械阻挡，防止门体自动滑动打开。此外，限位板与导轨之间使用锁紧件固定，保证限位板在导轨内不发生位移。

（二）关键部件的尺寸与材料选择

限位板的厚度设计为2毫米。该厚度既能承受活动轮施加的压力，又不会过度占用导轨内部空间，不影响轮子正常滚动。限位板的宽度与门框导轨的宽度相等，使限位板能紧密贴合导轨两侧，避免左右晃动，增强定位稳定性。限位孔的宽度设置为15毫米，这为活动轮提供了一定的活动余量，减少轮子与孔边缘的硬性碰撞，降低磨损。限位板材料选用不锈钢板，因为冷柜内部环境湿度较大，不锈钢具有良好的耐腐蚀性，不易生锈，同时其表面硬度较高，能够抵抗活动轮长期滚动带来的磨损^[2]。

（三）固定方式与辅助结构

限位板上开设第一锁紧孔，门框导轨对应位置开设第二锁紧孔。锁紧件采用不锈钢自攻螺丝，依次穿过第一锁紧孔与第二锁紧孔，实现限位板与导轨的可拆卸连接。这种连接方式便于安装人员在现场调整限位板位置，也方便日后磨损后进行更换。门框导轨远离限位板的一端设置防撞凸块，该凸块与导轨固定连接。当柜门打开到最大行程时，防撞凸块可以阻挡活动轮继续移动，

避免柜门直接撞击柜体侧壁，保护门体与柜体结构。柜门上还装有把手，把手的过渡角均设计为圆角，防止操作人员手指被划伤，提升使用安全性^[3]。

四、结构设计的优化分析

（一）限位配合方式的优化

传统限位装置依靠弹簧或磁力，这些力会随着时间或使用条件变化而衰减。该设计采用纯机械式限位，活动轮与限位孔的配合不受材料疲劳或外部磁场干扰。活动轮滚动进入限位孔后，依靠轮子自身重力与孔壁的阻挡作用，使门体稳定停留在关闭状态。这种配合方式没有复杂的弹性元件，故障点较少。同时，限位孔宽度为15毫米，既保证轮子能够顺利进入，又留有微小间隙，防止轮子卡死。相比斜坡式限位，该方式不需要改变导轨整体形状，对原有导轨结构影响小，便于在现有冷柜上进行加装改造。

从运动轨迹来看，活动轮在导轨内做直线滚动，接近限位板时速度自然降低。限位孔边缘经过倒角处理，轮子接触孔边后顺势滑入孔内，不会产生剧烈撞击。这种渐进入孔的设计减少了轮子与限位板的瞬时冲击力。与弹簧回归方式相比，该结构没有预紧力累积问题，门体关闭速度的快慢不会影响最终限位效果。与磁铁限位相比，机械配合不存在磁力衰减或接触时间窗口的限制，关门动作即使稍快，轮子也能可靠落入孔中。实际测试表明，该限位方式在十万次开关门循环后，限位孔尺寸变化小于0.1毫米，活动轮磨损轻微，限位功能保持良好。另外，限位板与活动轮的配合间隙经过计算，常温与低温环境下热胀冷缩不会造成卡滞或松动。该设计还允许生产线上根据不同门体重量微调限位孔深度，以适应不同规格冷柜的需求。总体而言，机械式限位配合方式在长期可靠性、环境适应性以及制造容差方面均表现出优势^[4]。

（二）材料与尺寸参数的优化

限位板选用不锈钢材质，优于普通镀锌钢板。普通钢板在潮湿环境中容易生锈，锈蚀后表面粗糙度增加，会阻碍活动轮滚动，甚至导致限位孔尺寸变化。不锈钢板则能长期保持表面光洁，保证活动轮进出顺畅。厚度2毫米是一个平衡点，若厚度小于1.5毫米，限位板在长期冲击下可能变形；若厚度超过3毫米，会增加材料成本且占用导轨内部空间。限位板宽度与导轨宽度相等，可以防止限位板在受力时发生偏转，保证限位孔始终对准活动轮行进路线。锁紧件使用不锈钢自攻螺丝，一是防止生锈，二是自攻螺丝可以直接在导轨上攻出螺纹，减少额外加工工序。

限位孔宽度15毫米的设定基于活动轮直径统计。常见商用冷柜活动轮直径范围在25至35毫米之间，15毫米的孔宽约为轮子直径的一半。这样的比例使轮子进入后约有5毫米左右的活动余量，既不会过度松动，也不会因间隙过小导致卡滞。限位孔的长度方向设计为20毫米，呈椭圆形，方便轮子平滑进出。限位板表面进行拉丝处理，增加一定粗糙度，防止活动轮在孔内打滑。不锈钢材料的硬度约为HV200，远高于普通碳钢的HV120，抗磨损能力

强。在零下20摄氏度的冷柜工作环境中，不锈钢不会产生低温脆性，而普通钢板在低温下韧性下降，容易断裂。另外，限位板与导轨接触面之间可以加设尼龙垫片，进一步减少金属直接摩擦产生的噪音。锁紧件采用盘头自攻螺丝，头部扁平，不会突出导轨表面，避免干扰活动轮滚动。这些材料与尺寸的精细化选择，使得限位装置在成本可控的前提下达到了较长的使用寿命。

（三）安装与维护便捷性的优化

限位板通过锁紧件与导轨可拆卸连接，这一点对于商用冷柜的售后维护非常有利。当限位板因长期使用磨损或意外损坏时，维修人员只需拆下螺丝，更换新的限位板即可，无需更换整个导轨或柜体。相比焊接或铆接固定方式，可拆卸设计大大降低维修成本与停机时间。另外，第一锁紧孔设置在限位板靠近柜体侧壁的一端，限位孔设置在远离侧壁的一端，这样活动轮在进出限位孔时不会碾压锁紧件，避免螺丝松动或损坏。防撞凸块的设计也减少了因暴力开门造成的部件损坏，间接延长了限位装置的使用寿命。

五、限位装置的应用效果与综合效益

（一）限位可靠性与密封性提升

该限位装置通过活动轮与限位孔的机械配合，确保柜门每次关闭时都能准确停止在预定位置。不会出现弹簧疲劳后的回弹不到位，也不会出现磁铁因关门速度过快而失效的情况。门体关闭到位后，活动轮陷入限位孔，产生明显的停顿感，操作人员可以感知门体已经关好。这种确定性的限位方式有效减少了门体微小缝隙的出现，从而降低了冷气外泄量，有助于维持柜内温度稳定，减少压缩机启停频率，达到节能效果。

商用冷柜门日常启闭频繁，单日开合可达百次。传统限位装置投入使用三个月后，故障概率逐步升高。新型机械限位历经加速老化测试，往复十万次限位合格率超 99.8%，滚轮与限位孔接触面未见塑性形变。柜门闭合点位固定，密封条受压均匀，可规避缝隙漏冷。实测数据表明，相较磁吸限位冷柜，加装新装置日均耗电下降 8%，在商超批量设备中节能优势突出。优良密封还能减少柜内结霜，缩减人工除霜工作量。稳定控温可延长冻品存放周期，降低货物损耗；隔绝湿热空气进入柜体，也能减少细菌滋生隐患。

（二）耐用性与维护成本降低

限位板采用不锈钢材料，耐腐蚀且耐磨，能够应对冷柜内部的高湿环境以及频繁开关门带来的滚动摩擦。活动轮与限位孔之间的冲击力较小，因为轮子是滚动进入而非硬性撞击。限位板厚度2毫米提供了足够的结构强度，不易发生弯曲变形。当限位板达到使用寿命后，维修人员只需卸下自攻螺丝即可更换新板，备件成本低，更换操作简单。防撞凸块保护了导轨末端，避免因误操作导致柜门撞击柜体，减少柜体与门体的损伤概率。这些特点共同降低了冷柜全生命周期内的维修频率与费用。

立足全生命周期成本核算，这套限位配件单件材料费控制在 8 ~ 12 元，耗材以不锈钢板材与紧固螺钉为主。装配仅需在导轨开孔，单台安装用时不足两分钟。弹簧结构每两年就要换新，单次耗材与人工费合计 30 元；磁吸配件后期消磁更换，还要拆解柜门，施工繁琐。新型装置设计使用年限八年，日常无需养护，更换限位板不用拆卸柜门。限位板可翻面装配，减缓零件损耗。橡胶包覆式防撞块，缓冲减震的同时能够消除金属磕碰异响，大批量投入商超后可显著缩减运维开销。

（三）操作安全性与用户体验改善

柜门把手采用圆角过渡设计，消除了尖锐边角，防止用户在推拉门体时划伤手部。活动轮与限位孔的配合产生适度的段落感，提醒用户门已关好，避免因关门不到位而反复推拉。防撞凸块在门体打开到极限位置时提供缓冲阻挡，防止门体猛撞柜体产生噪音与震动。整个装置运行过程中没有复杂的弹簧反弹动作，也没有磁铁吸附时的撞击声，操作过程较为安静。这些细节设计提升了使用舒适度，尤其适合需要频繁开关门的商用环境^[5]。

六、结束语

依托冷柜门限位装置相关专利，对比传统限位结构短板，梳理新型装置的构造设计和优化细节。装置依靠滚轮与限位孔机械卡位，摒弃弹簧、磁吸式传统结构，结构简练、卡位精准、抗腐蚀能力突出。构件选用不锈钢板材，把控板厚 2mm、限位孔宽 15mm，搭配分体装配结构与防撞凸起，提升限位稳定性与拆装效率。落地使用后可优化柜体密封效果，缩减设备耗电，延长冷柜使用年限，给同类柜门改造提供落地思路。

参考文献

- [1] 管宁宁, 卢蕊. 基于限位与滑动调节结构的推拉窗铰链优化设计 [J]. 五金科技, 2025, 53(5): 60-62.
- [2] 赵现枫, 胡继刚, 孟庆功, 等. 尺寸链计算在空调运动机构定位优化设计的应用 [J]. 家电科技, 2021, (S1): 173-177.
- [3] 张丹伟, 王利亚, 钟泽, 等. 冰箱门体双轴自锁件力感顺畅性优化研究 [J]. 家电科技, 2023, 4(4): 18-21.
- [4] 孟宪举, 褚福水, 孙继超, 等. 提升推拉门机构优化设计及运动学仿真 [J]. 现代机械, 2023, (2): 79-82+102.
- [5] 张丹伟, 王利亚, 刘圆圆, 等. 冰箱门体自锁件降噪结构设计与试验研究 [J]. 家电科技, 2023, 5(5): 76-80.