

# 组合式冷藏柜模块化设计与制造工艺研究

杨文广 吴建红

浙江星宝电器有限公司

DOI: 10.12238/jpm.v6i6.8135

**[摘要]** 深入剖析模块化设计的基本原理、特点以及在组合式冷藏柜设计中的应用优势。通过对市场需求的调研和分析,明确组合式冷藏柜的功能需求和性能指标,以此为基础构建模块化设计的框架和流程。研究模块划分的原则和方法,综合考虑冷藏柜的结构、功能、制造工艺等因素,将其划分为若干个具有独立功能的模块,如制冷模块、保温模块、电气控制模块、柜体结构模块等。对各模块的接口进行标准化设计,确保模块之间能够实现快速、可靠的连接和组合,提高模块的通用性和互换性。

**[关键词]** 组合式冷藏柜; 模块化; 设计与工艺; 应用研究

**[中图分类号]** TB657.4

## Research on modular design and manufacturing process of combined refrigerated cabinet

Yang Wenguang Wu Jianhong

Zhejiang Xingbao Electric Appliance Co., LTD.

**[Abstract]** A deep analysis of the basic principles, characteristics, and application advantages of modular design in combination refrigerators. Through market research and analysis, the functional requirements and performance indicators of combination refrigerators are clarified, which serves as the foundation for constructing the framework and process of modular design. The principles and methods for module division are studied, taking into account factors such as the structure, function, and manufacturing process of the refrigerator, dividing it into several modules with independent functions, such as the cooling module, insulation module, electrical control module, and cabinet structure module. Standardized design is applied to the interfaces of each module to ensure rapid and reliable connection and combination between modules, enhancing their versatility and interchangeability.

**[Key words]** combination refrigeration cabinet; modular; design and technology; application research

组合式冷藏柜是制冷系统在食品、医药、化工等方面的一种重要制冷装置,在市场占有非常重要的地位。对组合式冷藏柜展开模块设计以及制造工艺研究十分必要。优化的制造工艺可以达到提高生产效率、降低生产中浪费、降低生产次品率的效果,即生产成本更低,从而提高企业的经济效益;对于市场竞争力来说,优化了设计、优化了制造工艺流程的组合式冷藏柜,拥有良好的性能、较低的成本优势,可以在激烈的市场竞争中脱颖而出。产品可以在更短的时间内推出新的可以满足市场需求的产品,并且达到更高的产品市场占有率,有利于树立良好的企业形象,从而奠定企业可持续发展的基础。[1]

### 1 模块化设计理论

#### 1.1 模块化设计原则

模块化设计是一种新的设计理念和办法,将产品或系统视为由若干特定功能的模块所构成的有机整体,在对一定范围内不同功能或相同功能不同性能、不同规格的产品进行充分功能分析的基础上,划分和设计一系列功能模块,这些模块如同一个个“积木块”,通过不同的选择和组合,可构成满足市场多样化需求的不同产品或系统。

模块化设计有以下明显优势,在现代产品设计中有着不可

替代的特点。其每一模块都具有特定的功能性,模块相对独立,可单独设计制造,调试、改动和储存,不同的专业化企业在专业化分段上各自承担不同模块的生产任务,并通过专业化分工合作来提高产品质量和效率。

要充分利用模块化设计的优势,就必须对在设计中遵循的原则进行阐述。标准化原则是指为模块化设计的一种基本设计要求,要求将模块的接口、尺寸、形状等统一,使其满足通用性和互换性的要求。制定统一的标准要求才能实现不同厂家生产的模块能够相互连接,使模块互换和资源共享成为可能,在电子方面,USB接口的标准化实现了各种电子产品能方便地传输信息以及充电,对于行业发展起到了积极的推动作用。通用化原则是指从提高模块通用性方面来进行设计的一种原则,主要要求就是设计的模块能适应多种不同产品的需要,满足产品的功能。而在机械行业,通过收集对产品设计过程进行分析的机械模块,例如:一些通用的零部件模块,如螺栓、螺母、轴承等等,它们可以在不同种类的机械设备上实现灵活运用,帮助降低了相关生产和管理工作所存在的难度,从而降低了整体生产成本支出。可组合性原则主要就是针对各模块的设计理念提出的,是模块化设计的一项基本原则,强调模块之间的可组

合性及灵活性,要求不同产品能根据各个不同的需求而能自由组合成具有不同功能及规格的产品。在组合式冷藏柜中,制冷模块、保温模块、柜体结构模块等模块可根据客户的需要组合出各种不同的产品,满足产品的不同空间和功能冷藏需求。同时在模块的设计中需要注重模块组合间的连接方式、协调工作的能力等,保证组合在一起的产品性能稳定,具有使用价值。

### 1.2 模块化设计在冷藏柜中的应用

模块化设计使得生产效率提高。冷藏柜模块化之后,企业可以将冷藏柜分解成为多个标准化的模块,如制冷模块、柜体模块、电气控制模块等,这些模块可以适用于不同型号的冷藏柜,企业针对每个模块都可以做到大规模的标准化生产。企业在采用模块化设计之前,生产一个普通的冷藏柜需要5天的时间,在采用模块化设计后,通过优化生产流程以及运用自动化设备,生产一台同样规格的冷藏柜,只需要2天,生产效率得到了明显的提高。

模块化的成本降低优势。从原材料采购讲,由于模块具有共通性,可以由企业批量采购原材料,在和供应商的交流中建立长期稳定合作关系,可以以更低的价格来采购原材料。在产品维护和售后方面,由于模块化的可维修性,对于出现故障的模块,可以对其进行更换,而不用对整个冷藏柜进行大修,降低了维修成本和时间成本。某企业通过模块化设计减少了原材料采购成本15%,生产过程中的废品率由8%降到3%,整体生产成本得到有效降低。

## 2. 组合式冷藏柜制造工艺

组合式冷藏柜的组装过程包含多个重要加工环节,每步对产品的质量和性能至关重要,控制好各个加工步骤的加工技术要求与质量控制重点是保证冷藏柜质量的关键。

箱体加工为组合式冷藏柜生产的先决条件。镀锌钢板价格相对便宜,有一定耐锈蚀能力,可用于一般冷藏柜产品。板材厚度的选择应以冷藏柜的规格尺寸及使用情况合理选用,一般柜体侧板厚度0.8~1.5mm,顶板与底板厚度1~2mm,保证箱体的强度和稳定性。[2]

加工工艺主要有激光切割、数控折弯、冲压等加工方式。激光切割可以做到精准切割,切口整齐、光滑,误差范围±0.1mm以内,可以满足箱体复杂形状的加工。制冷系统安装是组合式冷藏柜制造的一个非常重要的环节,直接决定着冷藏柜制冷效果的优劣。制冷系统主要组成有:压缩机、冷凝器、蒸发器、节流装置等。在部件选型上,压缩机作为制冷系统心脏的作用,压缩机的选择应与冷藏柜的制冷量相匹配。对于小容积的组合式冷藏柜可以选择100—300W的压缩机;对于大型容积的冷藏柜来说要选择500W以上的压缩机。冷凝器和蒸发器材质以铜管或者铝管为常规,铜管具有导热性能好、耐腐蚀性强的特点,但是成本偏高;铝管价格低但导热性及耐腐蚀性相对弱很多。实际应用中,可以酌情产品定位及成本预算。

除以上关键工序,安装及调试是组合式冷藏柜制造工艺不可缺少的。电气控制系统的安装、调试等是组合式冷藏柜的核心部分。电气控制系统的安装配电柜是冷藏柜的温度控制、报警和照明等,电气控制系统的稳定和安全直接关系到冷藏柜使用问题。在电气控制系统的安装过程中应根据电气原理图进行安装布线,确保电气线路接线正确、紧密,没有短路、断路等

故障。采用优质电气元件,选择质量可靠的温控器、继电器、传感器等,确保电气元件性能稳定、准确。对电气控制系统进行全面的试验,包括电气控制的温度控制精度、报警系统、照明效果等,使各种功能正常运行。

新型保温材料的使用对提高组合式冷藏柜的保温性能有关键性的影响。聚氨酯泡沫目前是使用最为广泛的保温材料,其性能也是不断得到了优化提升。新型的聚氨酯泡沫在保留原有导热系数低(一般在0.02~0.03W/(m·K)之间)、保温性能好的基础上提高了强度和黏结性。通过配方和生产工艺的改进,新型聚氨酯泡沫抗压强度提高了20%以上,能够更好地承受柜体的重量和外部压力,减小了由保温层损坏造成的冷量散失。黏结性的提高保温层与柜体的结合更加紧密,避免保温层的脱落,提高冷藏柜的保温效果。一些企业还研发出了具有阻燃性聚氨酯泡沫提高了冷藏柜的安全性,满足了一定场所防火性要求。

在组合式冷藏柜制造工艺上,随着科技的发展,出现了很多新的工艺,这些新工艺的应用很大程度上提高了制造水平和生产效率,推动着行业的发展,并且表现出了很明确的发展方向。

激光切割是一种目前冷藏柜箱体加工中较为先进的加工工艺,相对传统的机械切割方式,激光切割有着较大的优势。激光切割可保证切割精度高,切口窄,一般切口宽度可保证在0.1—0.3mm之间,加工出的零部件尺寸精确,加工误差可控制在±0.1mm以内,适合箱体零件上各种复杂结构的加工要求,尤其是各种异形侧板、特殊柜体形状的特殊结构柜门等。激光切割速度快、加工效率高,生产周期短。当大批量生产冷藏柜箱体时,激光切割设备可以连续长时间工作,其每分钟切割几米,甚至几十米的板材是传统切割方式难以实现的,效率可以达到传统切割方式的几倍甚至几十倍。激光切割无机械接触、热影响区小,可避免对板材造成划伤或者变形,保证产品的外观质量和性能。某企业在采取激光切割方式后,加工出的箱体零部件的废品率由原来的5%降低到1%以内,生产效率提高了30%以上。

组合式冷藏柜的自动化焊接工艺也是组合式冷藏柜制造的主要工艺之一,大大提高了组合式冷藏柜的焊接质量与效率。过去手动的焊接工艺是焊接质量差异性大的环节,受到个人主观因素的干扰,焊接质量也不稳定,经常会出现虚焊、气孔、焊缝不匀的情况。而通过自动化焊接工艺的使用,它通过先进的焊接设备以及控制系统,能够对焊接参数(如焊接电流、电压、焊接速度等)进行精确的控制,将焊接的质量保持稳定及一致。自动化焊接设备还通常具备高精度传感器以及定位系统,能够对焊接位置进行精确识别与定位,从而使得焊接位置更为准确以及美观。在组合式冷藏柜制冷系统管道的焊接方面,自动化焊接设备能够实现全位置焊接,其焊接情况可以避免手动焊接时由于位置方面所形成的焊接质量问题。除此之外,自动化焊接还有一个巨大的优势,即它是一种高效率的生产流程。一个自动化焊接设备的焊接速度通常是手工焊接设备的几倍之多,因而可以大大缩短焊接时间与生产周期,满足大规模生产的需要。某企业引进了自动化焊接生产线,将制冷系统的管道焊接时间缩短了50%,其焊接质量也有很大程度上的

提升, 产品的泄漏率从3%降低到0.5%以下。

### 3. 组合式冷藏柜模块化设计与制造工艺的协同优化

为了满足组合式冷藏柜模块化设计与工艺制造的协调与最优, 还可以采取具有针对性和可操作性的策略与方法, 在进行设计时充分考虑到制造工艺的可行性。在进行模块化设计时, 设计者应该与制造工艺员紧密联系, 共同商榷模块的大小及其结构; 就制冷模块来说, 设计内部管道布局时应该结合现有的焊接工艺和组装工艺, 使管道连接的种类及其连接方式便于操作, 保证焊接质量和密封性。设计人员可以根据制造工艺员提供的焊接工艺参数以及设备能力, 选择适合的管道材质及管径, 优化管道走向以及连接点位的设置, 使得在管路之间不存在难焊或者难装配的结构; 在柜体模块中, 要考虑板材加工的工艺(如激光切割、数控折弯等), 合理设计柜体形状和尺寸, 保证加工精度及效率; 避免加工形状复杂、尺寸巨大的结构, 增加加工复杂度与难度。

做好协同优化中的制造流程优化工作, 按照模块化设计进行加工制造方式的转变。采用先进的制造流程管理方式, 如精益制造、智能制造等, 更好地确保冷藏柜产品的生产质量和效率。在精益生产方式下, 利用科学方法, 分析产品的生产工序等流程, 剔除其中的制造浪费问题和不必要环节, 做好生产资源合理化配置。在冷藏柜产品的生产工序中, 按照生产工艺的先后顺序、产品的功能搭配进行零部件加工流程的顺序设置, 减少在制品的数量等。将产品的生产安排科学合理, 各生产环节尽可能不发生断档等现象。使用智能制造方式, 将物联网、大数据、人工智能等先进制造技术, 充分应用到产品的生产活动中去, 全面实现智能化和自动化控制、信息化管理, 可在冷藏柜生产中实现自动、智能调节和运作, 实现生产的优化管理。在生产线上装配好各部件、生产设备、加工工件等装配的智能检测、测量传感器、智能终端设备等。即时获取产品生产的各项数据, 如设备运行情况、产品质量参数等, 分析、处理生产数据, 及时调整、更改生产参数、优化生产、生产工序, 确保产品质量稳定、有序。采用人工智能算法预测生产、制造优化方案, 尽可能在生产制造环节中提前发现相关问题, 采取相关措施、方法进行预防 and 问题的解决等。

设计和制造部门的沟通和协作非常重要。设计人员与制造人员应该建立协同的工作机制, 实现设计人员与制造人员的信息沟通, 共同解决设计和制造方面出现的问题。项目开始之前, 设计人员与制造人员共同进行方案需求分析、方案设计, 充分考虑到设计和制造的工艺要求和限制条件。在设计方案的设计过程中, 设计人员要及时将设计过程和相关设计的问题向制造人员反馈, 而制造人员也根据制造工艺的实际条件向设计人员提出自己有关设计问题的意见建议。双方通过有效沟通和紧密协作, 避免发生设计脱节制造的现象, 确保设计制造方案的可制造性以及制造工艺的合理性。[1]在某企业中, 设计人员与制造人员组织的跨部门协同工作小组定期举行相关会议, 共同解决设计过程中发生的各类问题。对于一款新型组合式冷藏柜的设计, 设计人员所设计的制冷模块结构较为复杂, 具有制造难度大的特点, 通过协同工作小组中设计人员和制造人员的有效沟通和协作, 共同改进和优化设计方案, 简化制冷模块的结构, 从而降低了制造难度、提高了制冷效率。[3]

方法之二是持续改进型协同优化方式。即在产品的生产、加工的过程中, 通过对生产过程、产品质量的监测、分析工作, 找问题、查根源、促改进, 建立完善质量检测体系, 对材料、零部件和成品进行严格的质量检测工作, 及时发现和消除质量问题。通过收集客户的反馈意见, 了解客户对产品的性能和质量方面的要求, 并根据客户反馈的意见对产品进行优化、改进, 在某企业, 通过对生产过程的监测、分析, 发现制冷系统的装配工艺存在一些问题, 导致产品的泄漏率相对偏高。通过对装配工艺的改进, 对装配流程、装配方法进行了优化处理, 降低产品的泄漏率, 提高产品质量。根据客户的反馈意见, 对冷藏柜的外观造型设计、操作界面设计等方面进行改进优化, 提高产品的美观度, 提升产品的用户体验度。

对制造工艺的选择和应用具有多层面的影响。从制造工艺的选择来看, 模块化设计使制造工艺要达到更高的精度和一致性, 确保模块质量、性能不受影响。箱体模块加工时, 由于模块间要进行组合, 对箱体板材切割的精度和折弯角度提出了更高的要求。激光切割工艺因其能切割精度高, 切口平整光滑、误差可在很小范围得到控制, 所以成为满足要求的首选加工工艺。在某品牌组合式冷藏柜生产过程中, 采用激光切割工艺对模块箱体加工时, 使模块拼接更紧凑, 整个冷藏柜的密封性和保温性能得到提升。

### 4 结语

本文对组合式冷藏柜的模块化设计以及模块化制造工艺进行了充分的深入研究, 取得了多项具有较大理论和实践意义的研究成果。详细分析了模块化设计的原理、特征以及在组合式冷藏柜设计中的应用, 确定组合式冷藏柜模块化设计的原则、过程。开展模块化制造工艺研究工作, 研究出适合组合式冷藏柜模块化生产的制造工艺, 涉及零部件加工工艺、装配工艺等。柜体结构模块采用激光切割、数控折弯等先进板材工艺, 提高零部件加工精度和质量, 其零部件加工误差不超过 $\pm 0.1\text{mm}$ ; 制冷模块采用装配工艺技术, 优化装配流程及操作方式, 实现高效率、高精度装配, 保证制冷系统的密封与可靠, 产品泄漏率降至0.5%以下。引入先进生产管理方法, 如精益生产、智能生产等, 优化生产流程, 提升生产效率, 减少生产成本。

### [参考文献]

- [1]谢京玮, 强鹏辉, 梁海龙, 等.面向产品类型的模块化方法研究综述[J].价值工程, 2025, 44(01): 157-160.
- [2]吕艳, 宋志雄, 黄骏.基于物联网的热电制冷冷藏快递柜的设计研究[J].电子制作, 2022, 30(10): 98-100.
- [3]王亚臣.自动售卖冷柜系统场协同分析与优化设计[D].郑州大学, 2022.
- [4]Wu T.基于模块化的家用电器和工具套装设计[J].工业设计, 2024, (05): 16.
- [5]赵爽, 许蕾, 张艳丽, 等.家用电器行业个性化定制发展综述[J].家电科技, 2020, (06): 112-116.D01: 10.19784/j.cnki.issn1672-0172.2020.06.021.

作者简介: 杨文广, 男, 1973.01, 汉族, 中专, 籍贯浙江杭州, 研究方向机电制造。