

基于模块化设计思想的镀膜机快速设计研究

吴同喜¹, 仲梁维¹, 戴秀海², 宫 键², 谈宏志¹

(1. 上海理工大学, 上海 200093; 2. 光驰科技(上海)有限公司, 上海 200444)

摘要: 以大规模定制思想为背景, 提出了一种镀膜机快速设计方法, 阐述了镀膜机模块化设计的方法, 研究了镀膜机的模块划分方法、知识工程的应用、实例的推理技术, 通过镀膜机的设计流程分析, 说明了模块化设计形成的特点。证明了运用模块化设计思想能很好地解决客户的个性化定制需求与产品开发周期较长的矛盾。

关键词: 快速设计; 模块化设计; 大规模定制; 镀膜机

中图分类号: TB486⁺.02 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2012)13-0091-04

Research of Coater Rapid Design Based on Modular Design

WU Tong-xi¹, ZHONG Liang-wei¹, DAI Xiu-hai², GONG Jian², TAN Hong-zhi¹

(1. University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China; 2. OPTORUN (Shanghai) Co., Ltd., Shanghai 200444, China)

Abstract: Based on the thinking of mass customization, a kind of coater rapid design method, coater modular design method was proposed and introduced. The coater module partition method, the application of knowledge engineering, and instance reasoning techniques were discussed. By analyzing the design process of the coater, the characteristics formed by modular design was illustrated. It was proved that contradiction between customer's customization needs and longer product development cycle can be well solved by using modular design.

Key words: rapid design; modular design; mass customization; coater

为提高产品的开发效率,大规模定制思想迅速成为了一种新型的制造模式,并得到了飞速的发展。大规模定制是以产品族的零部件和产品的机构相似性、独立性、通用性为基础,充分结合标准化和模块化等手段,通过将产品的模块和过程进行重组,将高成本、低效率的个性化定制生产方式转变为高质量、高效率、低成本的批量和定制生产模式^[1-2]。与传统的生产模式相比,既可以有效地满足顾客的个性化需求,又可以获得大规模生产的竞争优势。

镀膜机械是建筑、汽车、包装等行业中广泛应用的设备,近年来随着科学技术的不断发展,人们对生活水平要求不断提高,镀膜机械在包装行业中地位和作用越来越重要,它为行业提供了必备的技术设备,是完成包装工艺过程的关键。随着中国加入WTO和经济全球化的加快,对真空镀膜设备产品的

多样性、瞬变性提出了更高的要求,为满足这一要求,以缩短产品开发周期为目标的快速设计方法迅速发展起来。模块化设计技术作为快速设计技术的一个重要方法,一提出就受到人们的大力关注。模块化设计思想已被广泛应用到汽车、家具等各个领域,如计算机程序的模块化以及计算机硬件内存条等设计就应用了这一思想。

由于客户对产品有着不同的喜好和需求,生产商需要在产品的加工方面有不同的要求,所以镀膜机设计的变化更加突出,每个客户都会有不同的订货要求,这就导致企业必须有一定的技术实力来应对客户的不同订单,同时控制生产成本也会成为企业的一个难题。将模块设计思想应用到镀膜机的设计过程中,不仅能很好地满足客户的不同需求,同时能通过模块的重组技术缩短产品的设计周期,提高生产效率,降低成本。

收稿日期: 2012-05-06

基金项目: 上海市宝山区科技创新专项(CXY-2011-02)

作者简介: 吴同喜(1987—),男,河南沈丘县人,上海理工大学硕士生,主要研究领域为CAD/CAM和动力学仿真。

1 模块化设计方法

模块作为系统的基本组成部分,必须具有一定的功能性和完整的系统接口。同时模块也是具有良好的可重用性、功能独立和完整接口的单元。模块化设计就是将产品按照不同功能,将某些要素组合起来,构建一个具有特有功能的子系统,然后将这个子系统作为一个独立的模块与其他要素组成的子系统进行各种组合构成新的系统,以产生具有不同功能或具有相同功能、不同性能的系列产品,从而满足客户不同需求的一种设计方法^[3]。模块化设计是一种现代设计方法,它主要以功能分析为基础,通过结合模块化设计的基本理论,并利用分解和组合的方法获得最佳方案,从而使产品得到很好的解读^[4]。

模块化设计可以分为2种方法:一种是功能模块化设计,一种是结构模块化设计。功能模块化设计方法主要以模块化设计理论为基础,从整个产品系统出发,根据不同子系统的功能进行模块的划分,从而建立系统的模块库。设计人员根据客户的个性化配置,从模块库中选择不同的模块并相互组合设计出不同的产品,快速满足客户的需求,既可以直接设计新的产品,同时也可以作为产品创新的原机构,保存到模块库中以供使用。结构模块化设计主要是以零部件的形状来进行模块的划分,主要适合零部件比较复杂的单件、小批量的产品。

2 镀膜机产品的模块化设计

2.1 传统镀膜机设计过程

传统的镀膜机设计仍然停留在手工设计阶段,CAD只是起到辅助绘图作用,设计人员对镀膜机的设计知识掌握不足,缺乏设计经验,同时企业对原有镀膜机产品的设计没有进行标准化和规范化,导致设计经验没有得到积累。当需要设计新的产品时,就去参考以前的图纸,导致了企业知识工程的不规范,设计人员也成了“绘图员”,设计效率很低,使镀膜机产品的生产制造周期大大延长,对新产品无法实现快速设计。与此同时,工程师面临退休等,企业的设计知识得不到很好地继承,经常造成由于长期缺少系统的研究、规划与设计,区域间存在大量的“信息孤岛”。传统镀膜机的设计方法严重制约了企业的发展,很难

满足现代生产的需要,同时这种方法不仅设计周期长、成本高,同时也造成产品设计质量的不稳定。

镀膜机设计知识无法得到有效地继承,导致了相似机型的重复性设计,新产品的快速设计和大批量定制产品的矛盾,产品物理样机高昂的试制成本以及产品上市周期的无故延长,这些问题都造成了企业竞争力的下降。

2.2 镀膜机模块化设计

基于模块化设计思想的镀膜机设计方法,不仅是一种绿色的设计方法,同时也是一种新的设计思维方式,将模块化设计的思想与绿色设计方法相融合,可以解决设计中复杂的问题。镀膜机模块化设计是由镀膜机产品标准化、模块化、系列化的需求而提出来的,模块化思想使产品资源得到很好的重用,解决了产品研发周期与上市周期、增加产品系列与客户多样化需求的制约关系问题。

模块划分是模块化设计思想的基础,其划分的好坏将直接关系到模块系列设计的成功与否。镀膜机的种类很多,结构也相当复杂,设计人员通过对大量镀膜机的工作原理和结构性能进行研究,将系统按照功能将划分为不同模块。通常包括九大模块:真空室、排气系统、开关、基板、蒸发源、离子源、水晶、测量设备、备用零件及其他。模块的划分主要是方便企业管理和生产,避免组合出现混乱,同时实现设计循环利用,最大程度满足客户个性化定制的需求,以及以后模块库的扩展。所以划分的模块在系统中应具有可更换性、独立性和完整性,同时模块要具有独立的接口和对系统的功能不产生影响。

镀膜机的模块化设计主要分为3个阶段:前期主要是结合市场上的典型产品、客户不同需求以及镀膜机企业的知识经验,对产品进行合理的模块划分和结构设计,从而形成雏型的模块库,以备后期选用。按照历史合同号做足不同配置的功能模块模型准备工作,研究表明:镀膜机新产品中80%~90%的开发工作都是可以由模块库中的标准模块和零部件重组实现。后期设计主要是结合用户实践来确定模块的接口方式和扩充模块库,按照客户在订单中的不同配置,从模块库中进行选择、组合与模块重组,以构成不同型号的镀膜机产品,从而满足客户个性化定制的需求。最后主要是将设计方案由工程师进行实践验证,如果检验合格可以反过来扩充模块库,具体设计方法见图1。

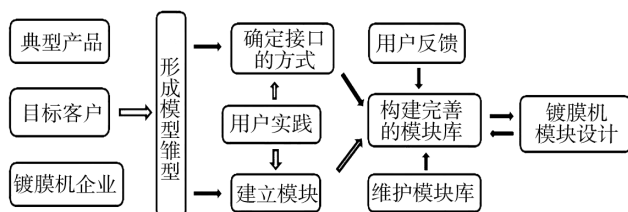


图1 面向大规模定制的镀膜机模块化设计方法

Fig. 1 Coater modular design method for mass customization

采用模块化设计思想对镀膜机进行设计有以下几个优点:①在满足客户的个性化需求的同时,缩短了产品的设计周期,保证了产品的质量;②设计知识得到集成,降低了设计成本;③便于实现镀膜机的系列化、标准化和多品种、大批量的生产。这对于我国镀膜机设计水平的提高具有重要意义。

3 镀膜机模块化快速设计的关键技术

3.1 镀膜机模块划分^[5-6]

模块化镀膜机设计方法是以系统的功能分析为核心,根据不同功能进行模块划分,通过将镀膜机中功能相同但性能和用途不同的各种模块进行重组,从而设计出不同规格和型号的镀膜机产品。镀膜机属于比较成熟的机械产品,其结构比较复杂,主要根据顾客的不同需求配置进行产品设计,以大批量定制生产模式为主。基于镀膜机结构和功能的分析研究,对其进行合理的模块划分,模块的粒度要适中,这样划分的结果将有利于满足客户的个性化定制。以镀膜机 OTFC1300 为例,按照模块的划分原则,镀膜机可分解为真空室、架台、水晶装置、伺服驱动装置、排气系统等模块,见图2。为满足客户对功能多样性的需

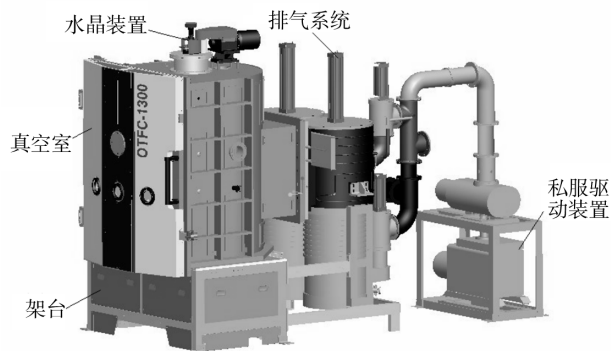


图2 镀膜机组成部件

Fig. 2 Components diagram of the coater machine

求,同时结合镀膜机的自身结构比较复杂的特点,按照模块划分的原则:功能独立性、结构通用性、模块粒度适中。将镀膜机产品的模块划分见图3,镀膜机的

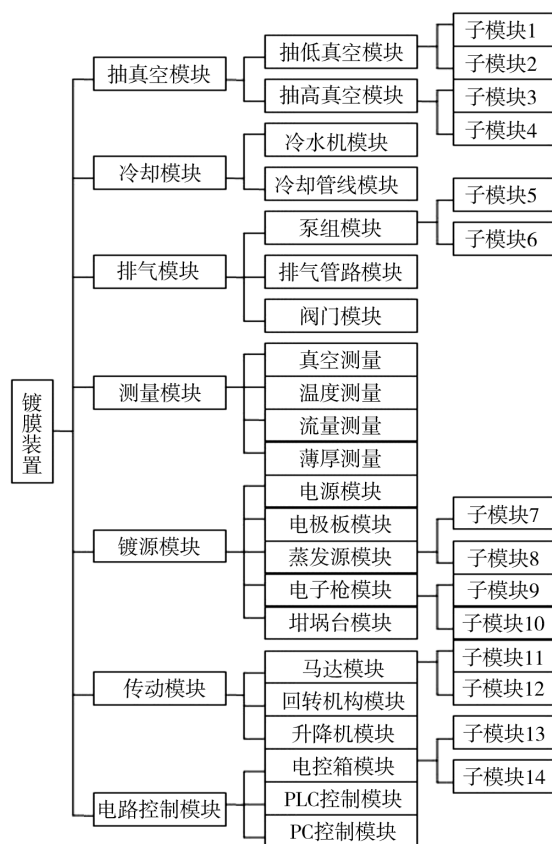


图3 镀膜机模块的划分

Fig. 3 Division of coater modules

模块划分为一级模块、二级模块、三级模块,这些模块划定的标准是具有通用性、独立性、重组性、易于模块库的扩充等特点,每个模块都有自己特有的功能,从而满足镀膜机结构和性能的要求。

3.2 基于知识的模块设计

基于知识的工程(KBE)是将相关领域的专家知识进行继承、集成、创新和管理,结合人工智能和CAD技术,建立表示和处理知识的产品模型,并通过知识驱动和拓展,对工程问题提供最佳解决方案的计算机集成处理技术。

基于 KBE 的镀膜机快速设计是通过知识获取、知识表述、知识运用 3 部分来实现的,基于知识工程的镀膜机产品设计框架见图4。首先获取镀膜机设计知识丰富的工程师在产品设计中总结的经验和规则,并集成到设计系统中,设计者通过操作计算机进行数据库访问和知识推理,将设计知识融合到三维模

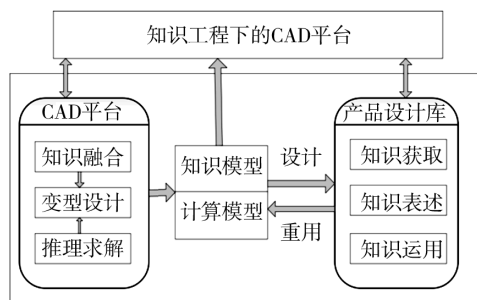


图4 基于KBE的产品设计框架

Fig. 4 Product design frame based on KBE

型中。然后客户只需通过CAD系统的界面接口输入配置参数,系统会根据顾客的产品配置,自动完成设计过程,并生成相关设计的技术文档。

基于KBE的镀膜机模块化设计包括典型模块的模型设计和局部参数化设计。基于KBE建立的模块化模型通过对局部进行参数化修改,使镀膜机模块化快速设计得以实现。模块化模型的建立主要将工程师的设计知识经验融入到三维模型中,一方面模块模型是由实体的几何特征参数来控制的,另一方面对建立的三维模型添加了非几何信息,并将工程师的设计思想、设计准则、设计原理等知识表达出来。

3.3 基于实例的推理技术

根据客户的配置,对模块的选择、调用、重组是镀膜机模块化设计的落实过程。在大规模定制生产模式下,企业能够快速响应市场需求是借助镀膜机快速系统的配置器(一种推理机制),通过构建基于工程软件PRO/E的镀膜机产品配置器,去准确匹配客户的需求信息,实现镀膜机产品的快速设计,见图5。

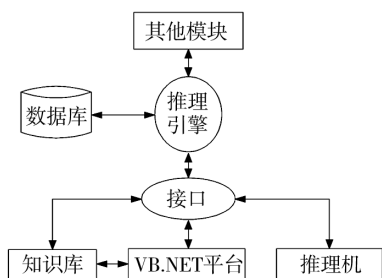


图5 推理机系统结构

Fig. 5 System structure of reasoning machine

基于实例推理(CBR)是人工智能的一个分支学科,它在类似实例的基础上,根据类似实例并汲取其经验知识进行推理来求解类似问题,获取当前问题求解结果。知识推理的核心是推理机,它是模仿专家思

维方式,在设计过程中进行决策。在镀膜机模块化设计过程中,将实例推理技术与三维造型技术很好的融合,是实现设计智能化的重点。同时将专家知识融入计算机三维造型技术中,建立结构合理CBR资源库,并对其充分利用。设计者充分利用以往的设计经验,可减少甚至避免重复劳动,提高设计效率和设计质量。

基于实例的镀膜机模块化设计的原则是从整体到部分进行镀膜机实例检索,再由部分到整体进行设计重组。首先根据客户输入的配置参数,从镀膜机实例库进行一级搜索,找出相似度最高的实例,将其作为新设计的参考;若一级搜索失败,则根据配置的主要参数,再在实例库中进行二级搜索,把镀膜机分为几个标准模块,找出相似度较高的实例作为设计的参考依据。用户可通过推理机,相应地修改实例中的零部件,从而建立镀膜机的虚拟样机、干涉检查等,设计完后的新产品作为实例存储到实例库。

4 结语

以某企业OTFC1300型号的镀膜机为例,将模块化的设计思想引入了镀膜机的设计中,通过对镀膜机进行合理的模块划分,有效地解决了客户个性化定制需求与大批量生产的矛盾,同时实现了资源的整合和再利用的可持续设计目的。模块化快速设计是一种创新的快速满足客户定制镀膜机的模式,提高了企业响应市场需求的反应能力。此外,模块化设计方法对标准化、系列化程度较高的产品有着广泛的实际意义。

参考文献:

- [1] 约瑟夫 B, 派恩 II. 大规模定制——企业竞争的新前沿[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2000.
JOSEPH B, PINE II. Mass Customization—the New Frontier of Business Competition[M]. Beijing: China Renmin University Press, 2000.
- [2] 李兵, 关惠元, 吴智慧. 面向MC的家具模块化设计研究[J]. 包装工程, 2011, 32(4): 66—69.
LI Bing, GUAN Hui-yuan, WU Zhi-hui. Study on Furniture Modular Design for Mass Customization[J]. Packaging Engineer, 2011, 32(4): 66—69.
- [3] 吕正刚, 刘恒丽, 余竞超. 基于模块化设计思想的电冰箱概念设计[J]. 包装工程, 2011, 32(8): 34—37.

(下转第119页)

三线性、棱柱、金字塔、四面体插值法的平均误差依次越来越小,说明随着 RGB 颜色空间被划分的越细小,转换精度会越高。

表 1 误差分析

Tab.1 Analysis of error

插值法	最大误差值	最小误差值	平均误差值
三线性插值	5.371 05	0	1.284 44
棱柱插值	5.310 83	0	1.236 85
金字塔插值	5.289 30	0	1.193 46
四面体插值	5.214 26	0	1.093 07

5 结论

用三维查找表法进行 RGB 到 XYZ 色空间的转换,全部测试点的绝对色差 $\Delta E \leq 6$,大部分数据的绝对色差 $\Delta E \leq 3$,转换精度较高,效果理想,且三线性、棱柱、金字塔、四面体插值法的转换精度依次提高。本实验的建模数据是基于 RGB 空间的 6 级均匀分割,如果划分级数增多,且针对不同区域进行不均匀分割,模型的转换精度会更高。

参考文献:

- [1] 田全慧,刘珺.印刷色彩管理[M].北京:印刷工业出版社,2003.
TIAN Quan-hui,LIU Jun. Printing Color Managerment [M]. Beijing:Printing Industry Press,2003.
- [2] 刘士伟,魏庆葆.基于 BP 神经网络的 CMYK 到 $L^* a^* b^*$ 颜色空间转换模型[J].包装工程,2011,32(11):69—71.
LIU Shi-wei,WEI Qing-bao. Color Space Conversion of CMYK to $L^* a^* b^*$ Based on BP Neural Network[J]. Packaging Engineering,2011,32(11):69—71.
- [3] 李艳妮,李娅婷.四面体插值算法实现 $L^* a^* b^*$ 与 CMY 的转换[J].包装工程,2010,31(5):92—95.
LI Yan-ni,LI Ya-ting. The Research of Color Model on Tetrahedron Interpolation[J]. Packaging Engineering, 2010,31(5):92—95.
- [4] LEE Dah-Jye,ARCHIBALD J K,CHANG Yu-Chou, et al. Robust Color Space Conversion and Color Distribution Analysis Techniques for Date Maturity Evaluation [J]. Journal of Food Engineering, 2008, 88 (3): 364 — 372.
- [5] 李志会,唐万有,于治国. XYZ 到 CMY 颜色空间转换的研究[J].包装工程,2010,31(7):96—98.
LI Zhi-hui, TANG Wan-you, YU Zhi-guo. Research on the Conversion from XYZ to CMY Color Space [J]. Packaging Engineering,2010,31(7):96—98.
- [6] Henry R Kang. Color Technology for Electronic Imaging Devices [M]. Washington: SPIE Optical Engineering Press,1996.
- [7] 李瑞娟. RGB 到 CIEXYZ 色彩空间转换的研究[J].包装工程,2009,30(3):79—81.
LI Rui-juan. Study on Color Space Conversion Model of from RGB to CIEXYZ[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(3):79—81.
- [8] 缪晓丽,唐正宁.印刷品质量检测过程中的色空间转换方法研究[J].包装工程,2009,32(3):71—73.
MIAO Xiao-li, TANG Zheng-ning. Development of Color Space Conversion Method for Printing Quality Inspection [J]. Packaging Engineering, 2009, 32(3):71—73.
- [9] LV Zheng-gang, LIU Heng-li, YU Jing-chao. Concept Design of Refrigerator Based on the Modular Design [J]. Packaging Engineer, 2011, 32(8): 34—37.
- [4] 鄢莉,陈映欢.模块化设计方法在儿童家具设计中的应用[J].包装工程,2010,31(2):25—32.
YAN Li, CHEN Ying-huan. Application of Modular Design Methods in Children Furniture Design [J]. Packaging Engineer, 2010, 31(2): 25—32.
- [5] 高卫国,徐燕申,陈永亮,等.广义模块化设计原理与方法[J].机械工程学报,2007,43(6):48—54.
GAO Wei-guo, XU Yan-shen, CHEN Yong-liang, et al. Theory and Methodology of Generalized Modular Design [J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2007, 43 (6): 48—54.
- [6] 贺兵,刘扬.模块化设计在包装机械设计中的应用[J].包装工程,2008,29(10):140—142.
HE Bing, LIU Yang. Application of Modular Design in Packaging Machinery Design [J]. Packaging Engineer, 2008, 29(10): 140—142.