

## 包装机械

## 基于基因工程的镀膜机快速设计研究

张磊, 陈彩凤, 仲梁维

(上海理工大学, 上海 200093)

**摘要:** **目的** 研究大批量定制模式下镀膜机快速设计的方法。 **方法** 提出基于基因工程理论的关键技术,并将这些技术应用到镀膜机的快速设计当中。研究镀膜机产品基因的提取、扩增、重组和表达的实现方法,即根据分解重构理论,从实体结构和功能结构开始模块划分,提取镀膜机的全部基因信息,采用数据库表的储存和检索构建基因文库对产品基因进行管理,运用事物特性表实现基因扩增,采用配置设计方法对目的基因和载体基因进行重组,运用基于功能表面理论方案对携带有遗传信息的重组基因表达在模型结构上。 **结果** 在SolidWorks2012开发平台下,开发了基于基因工程的镀膜机快速设计平台,实现了结构设计、工艺设计和产品数据管理的一体化。通过测试,设计效率提高了31%。 **结论** 将基于基因工程的镀膜机快速设计平台引入到企业当中,可以降低设计人员的劳动强度及缩短开发周期,缓解了大批量设计与个性化定制之间的矛盾,从而提高了企业的实际效益和市场竞争力。

**关键词:** 镀膜机; 基于基因工程; 快速设计; 大批量定制

**中图分类号:** TB486+.02    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1001-3563(2016)01-0120-05

## Rapid Design of Coater Based on Gene Engineering

ZHANG Lei, CHEN Cai-feng, ZHONG Liang-wei

(University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

**ABSTRACT:** The aim of this work was to study the rapid design method of coater under the mode of mass customization. Key technologies based on gene engineering theory were proposed and applied in the rapid design process of coater. Methods to realize extraction, amplification, recombination and expression of coater product gene were studied. According to the theory of decomposition reconstruction, all the genetic information of the coater was extracted, starting from module partition of the entity structure and function structure. Saving database table as well as searching and constructing gene library was used to manage the product genes. Gene was amplified by article characteristics table. The configuration design method was used to recombine the target gene and vector gene, and the theory of functional surface was used to express the recombinant gene carrying the genetic information on the model structure. Based on the SolidWorks2012 platform, gene technology-based coater rapid design platform was developed, and structural design, process design and integration of product data management were integrated. A test revealed that the design efficiency of coater was improved by 31%. By applying the gene technology-based rapid design to the company, the labor intensity of designer could be reduced and the development cycle could be shortened. The contradiction between mass customization and individual design was relieved and the actual benefit as well as the market competitiveness of enterprise was enhanced.

**KEY WORDS:** coater; gene engineering-based; rapid design; mass customization

随着全球经济的迅速发展,机械制造业市场竞争 日趋激烈,提供大规模个性化定制设计生产服务,已

收稿日期: 2015-04-27

作者简介: 张磊(1988—),男,河南周口人,上海理工大学硕士生,主攻计算机辅助智能设计与制造。

通讯作者: 仲梁维(1962—),男,山东淄博人,上海理工大学教授,主要研究方向为计算机辅助智能设计制造、机械快速设计及敏捷制造系统、产品数据管理系统(PDM)、企业信息化、虚拟技术等。

经成为制造企业重要的竞争力,企业对市场的响应能力和敏感程度直接决定企业未来发展的前景<sup>[1]</sup>。镀膜机械是目前电子、汽车、包装和建筑等行业中广泛使用的设备,随着信息技术的高速发展,镀膜机械在包装行业中的地位和作用越来越重要,市场对镀膜机的需求量也越来越多,同时个性化程度也不断增加。传统的镀膜机设计生产模式不能很快地响应市场需求,因此缩短设计周期,提高设计效率,迅速响应复杂多变的市場,对镀膜机企业的发展起着关键性作用。

快速设计是对已经存在的丰富设计资源进行数字化、网络化、智能化和集成化的管理及开发的设计方法,以缩短开发设计周期为目标,快速响应复杂多变的市場,提高产品的设计质量<sup>[2]</sup>。快速设计是CAD和CAM技术的发展和延伸,涉及PDM(Product Data Management)技术、模块化思想和拓扑变形技术等<sup>[3-8]</sup>。目前实现快速设计的理论和技术有很多,基于基因工程(GBE)的机械产品快速设计就是其中重要的方法之一,近年来受到国内外科研学者的广泛关注。将基于基因工程的快速设计技术应用到镀膜机的设计过程中,不仅能满足大批量定制的市场需求,而且能缩短产品的设计周期,提升企业竞争力。

## 1 GBE的设计原理及关键技术

产品基因是产品结构和功能传递的遗传信息最小单位,是产品全生命周期中所有信息的集合,主要包括产品的几何信息(产品信息、零部件信息、表面信息)、力学信息、公差信息以及经济性信息等<sup>[9]</sup>。

GBE是一项获取新产品基因的技术。它的基本原理是将已成熟的产品分解成最小的单元,类比生物界的目的基因对其进行提取和扩增,按照基因组织结构分离目的基因和载体基因,根据重组规则,获取重组基因,最终将重组基因表达在产品的功能结构上,创造出满足需求的产品。GBE的主要思想是将产品的设计过程类比于生物进化机制来解决设计问题,具体映射机制见图1。

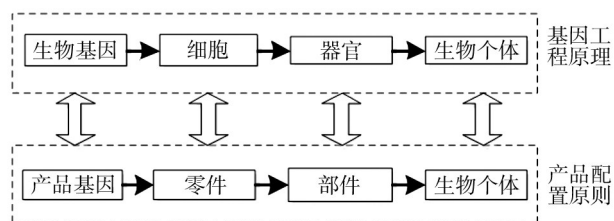


图1 GBE的设计过程映射机制

Fig.1 GBE mapping mechanism of design process

### 1.1 产品基因的提取

基因提取是产品基于分解重构理论的分解过程,为基因重组奠定基础。基因提取是将产品进行模块化多级分解,从而获得产品全生命周期中的所有信息,通过基因文库的构建和数据库的检索方式实现。

基因文库是指在类比生物生长型设计中所有产品基因的集合<sup>[10]</sup>。基因文库的构建是按照基因组织模式、存储结构和检索方式对产品基因信息进行管理,主要是通过构建数据库表、动态表征和文本表征等方式实现,目前主要是利用数据库表的方式,此方式便于存取、检索和管理,多用于构建信息量大、产品基因复杂的基因文库。

### 1.2 产品基因的扩增

基因扩增是为了满足目的基因重组的基因配置规则,并为基因重组提供物质基础和条件<sup>[11]</sup>。基因扩增不仅是产品基因数量的增加,而且是产品基因相关信息的扩展和增广,主要利用事物特性表、知识工程、遗传学等方法实现。常用的基于事物特性表方法,是将提取的产品基因设置表格属性,表中的每行信息调控一种特定配置和尺寸的实例,通过对每行基因信息的管理实现基因的扩增。此方式对有相同目的基因的零部件进行扩增,可以提高工作效率。

### 1.3 产品基因的重组

目的基因和载体基因是进行产品基因重组的2个必备条件,其中载体基因指目的基因对应的不良基因除外的剩余部分基因。基因重组是基于重组规则对所提取的目的基因和载体基因进行重组,通过评价体系对其评价,最终获得重组基因的过程。基因重组有配置设计、经验设计和参数化设计等设计方法,文中采用配置设计方法,将产品目标功能和结构需求基因分离,并存储在基因文库中,然后基于产品功能结构单元将功能表面与产品基因进行匹配。通过利用配置设计方法可以将单一的功能结构单元重组出一系列零部件,提高了基因重组的效率和成功率。

### 1.4 产品基因的表达

基因表达是指将产品基因按照匹配规则利用调控手段表达在具体产品功能结构上的过程<sup>[13-16]</sup>。类比生物学中的基因表达,产品基因表达包括转录和翻译2个过程。常用的是基于功能表面理论思想,主要是指将重组基因依据功能要求通过转录合成产品结构

表面集,然后将结构表面在匹配规则的调控下翻译成具体功能的产品实体结构,再由结构合成为零部件,进而生成装配体,直到完成整个产品设计。

2 GBE 的镀膜机设计

2.1 镀膜机产品基因提取

在提取镀膜机产品基因之前,首先根据镀膜机的需求功能和物理构件进行分解,直至最小的功能单元,便于镀膜机产品基因的分类提取和管理。以镀膜机的产品信息为例,镀膜机包括镀膜机的型号、装置的类型、粗抽泵型号、高真空泵、制冷系统、基板回转机构、电子枪、坩埚、离子源、光学膜厚计、水晶膜厚计、真空计、电离真空计、升降机、清洁室装饰板、基板类型、卤素灯等。镀膜机产品信息基因数据库见表1。

表1 镀膜机产品信息基因数据库

| Tab.1 Gene database of coating machine product information |        |         |      |
|------------------------------------------------------------|--------|---------|------|
| 字段名称                                                       | 字段含义   | 数据类型    | 允许为空 |
| dmjxinghao                                                 | 镀膜机的型号 | varchar | 否    |
| leixing                                                    | 装置的类型  | varchar | 否    |
| cuchou                                                     | 粗抽泵型号  | varchar | 是    |
| gaozhenkong                                                | 高真空泵   | varchar | 是    |
| zhileng                                                    | 制冷系统   | varchar | 是    |
| jibanhuizhuan                                              | 基板回转机构 | varchar | 是    |
| dianziquang                                                | 电子枪    | varchar | 是    |
| ganguo                                                     | 坩埚     | varchar | 是    |
| liziyuan                                                   | 离子源    | varchar | 是    |
| guangxue                                                   | 光学膜厚计  | varchar | 是    |
| shuijing                                                   | 水晶膜厚计  | varchar | 是    |
| zhengkongji                                                | 真空计    | varchar | 是    |
| dianlizhenkongji                                           | 电离真空计  | varchar | 是    |
| shengjiangji                                               | 升降机    | varchar | 是    |
| zhuangshiban                                               | 清洁室装饰板 | varchar | 是    |
| jibanleixing                                               | 基板类型   | varchar | 是    |
| lusudeng                                                   | 卤素灯    | varchar | 是    |

2.2 镀膜机产品基因扩增

镀膜机产品基因扩增,实质上是在现有产品信息事物特性表的基础上,增加描述每个零部件之间配置信息、配置尺寸规格和特征、新产品型号等。在扩增镀膜机产品基因时要建立系列化的零件型号,同时为每一个型号零件添加具体尺寸参数,配置特征。镀膜机真空室用压力封头扩增事物特性见表2。材料牌号均为Q245R。其中特性尺寸参数关系:

$$H=D_N/4+h; V=\frac{\pi}{24} D_N^3+\frac{\pi}{4} D_N^2 h; A=0.345 \pi D_N^2+\pi D_N h。$$
  
约束条件:if  $D_N>2000$  then  $h=40$ ,Else  $h=25$  end if。

其中, $D_N$ 为封头公称直径(mm); $H$ 为椭圆形封头总深度(mm); $h$ 为椭圆形封头直边高度(mm); $\delta$ 为封头名义厚度(mm); $A$ 为封头内表面积( $m^2$ ); $V$ 为封头容积( $m^3$ ); $m$ 为封头质量(kg)。

2.3 镀膜机产品基因重组

依据镀膜机功能和结构要求,分析模型的不合理配置规则和结构扩展规则,确定镀膜机结构功能表面,基于数据库检索机制,检索出不良的产品信息,既载体基因。根据个性定制要求,从镀膜机基因文库中检索出目的产品信息,既目的基因。依据匹配原则将镀膜机的载体基因和目的基因重新匹配,根据设计要求对重组基因进行评价,并存储到基因文库中,若不满足设计要求重新提取、匹配、评价。镀膜机真空室用压力封头产品基因重组过程是将图2中的载体基因 $\delta, D_N, H, h$ 等与表2椭圆形封头基因扩增事物特性中的目的基因信息相对应的进行匹配重组。

2.4 镀膜机产品基因表达

镀膜机产品基因表达的过程,实质上是镀膜机产品基因传递的过程,是基因文库中的数据信息与产品功能表面特性值的关联表达过程。将产品基因文库中的数据信息通过定义产品特性之间的参数关联和约束关系,传递给参数型SolidWorks2012中的API函

表2 椭圆形封头基因扩增事物特性

| Tab.2 Oval head gene expansion features |             |           |           |                |             |            |           |
|-----------------------------------------|-------------|-----------|-----------|----------------|-------------|------------|-----------|
| 标识ID                                    | 直径 $D_N/mm$ | 高度 $h/mm$ | 深度 $H/mm$ | 厚度 $\delta/mm$ | 表面积 $A/m^2$ | 容积 $V/m^3$ | 质量 $m/kg$ |
| EHA 1500 × 10                           | 1500        | 25        | 400       | 10             | 2.5568      | 0.4860     | 197.4     |
| EHA 3200 × 12                           | 3200        | 40        | 840       | 12             | 11.5021     | 4.6110     | 1057.7    |
| EHA 3200 × 16                           | 3200        | 40        | 840       | 16             | 11.5021     | 4.6110     | 1414.5    |
| EHA 4800 × 12                           | 4800        | 40        | 1240      | 12             | 25.5782     | 15.2003    | 2344.0    |
| EHA 4800 × 16                           | 4800        | 40        | 1240      | 16             | 25.5782     | 15.2003    | 3131.7    |

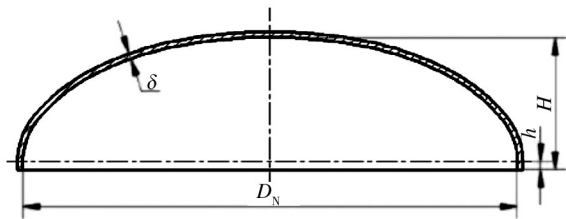


图2 椭圆形封头载体基因  
Fig.2 Oval head vector gene

数,运行 API 函数改变产品信息、部件和零件的几何结构、功能特性以及加工制造等相关特性的参数信息,完成产品设计。以真空室模块结构中的压力容器用封头为例,采用标准椭圆形型式封头(EHA),根据产品设计要求,将产品目的基因信息传递给封头的结构和功能关联的 API 函数,运行 API 函数同时更新产品数据,完成基因表达过程。镀膜机真空室用压力封头产品基因表达过程,例如有表 2 椭圆形封头基因扩增事物特性中标识 ID EHA1500×10 基因传递表达为标识 ID EHA3200×12 的过程见图 3。

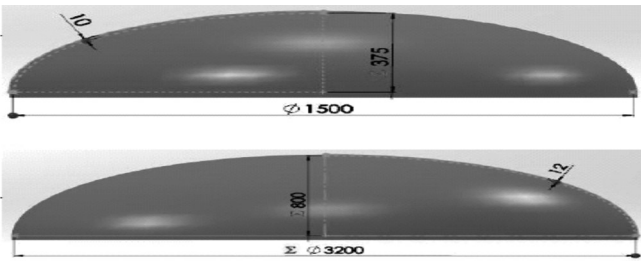


图3 椭圆形封头特性表基因传递模式  
Fig.3 Gene transfer mode of oval head features table

3 GBE 的镀膜机快速设计平台开发

3.1 GBE 的镀膜机快速设计流程

快速设计平台首先由用户给出初始设计参数,从镀膜机的基因文库中进行初步检索,检索相同或相似功能表面的产品基因数据,确定目的基因,然后根据设计参数将目的基因的功能表面和初始要求参数的载体基因数据进行重组,根据重组基因数据驱动结构功能表面完成设计,并且将重组的基因数据存储在基因文库中。若检索不到相似功能表面的基因,则选取相似度较高的基因作为参考进行设计,并将这些基因存储到基因文库中。基于基因工程的镀膜机快速设计主要流程见图 4。

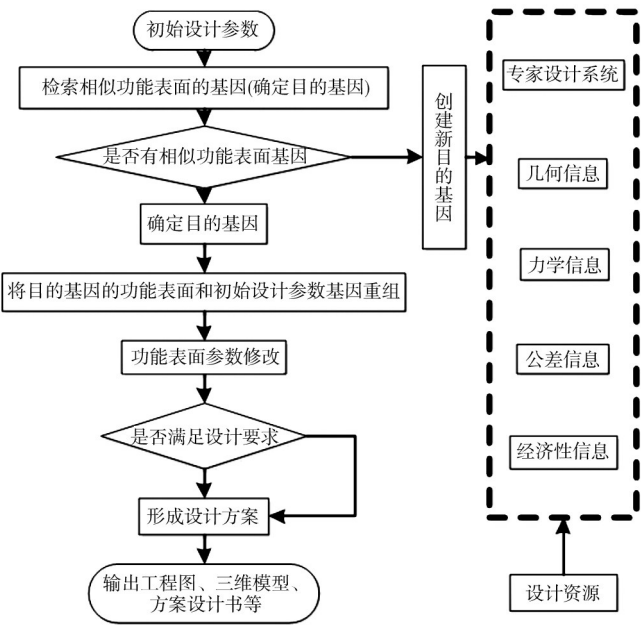


图4 GBE 的镀膜机快速设计流程

Fig.4 GBE rapid design process of coater

3.2 镀膜机快速设计平台

GBE 的镀膜机快速设计平台主要是基于 Visual Basic.NET 的开发环境,借助 SolidWorks2012 所提供的 API 应用程序接口实现人机交互式参数动态设置界面与模型和图纸的智能化设计。利用 Visual Basic.NET 语言对 Microsoft Word 2007, Microsoft Excel 2007 二次开发实现产品的设计说明书、详细 BOM 清单和产品说明书等文档的开发和管理。借助数据库开发软件 Microsoft SQL Server 2008 构建基因数据工程,在 VB.NET 平台下采用 ODBC 标准数据库访问链接、管理并共享数据库。

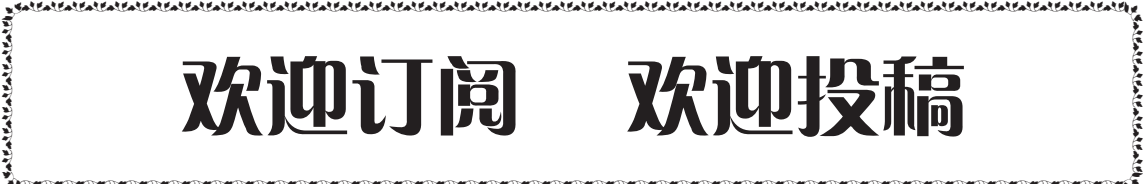
4 结语

在基因工程理论的指导下,将 GBE 的快速设计关键技术应用到机械产品快速设计中,以某企业的镀膜机为例,开发了 GBE 的镀膜机快速设计平台。该平台开发了设计条件数据拾取、模型驱动、工程图调整和图纸格式转化等功能模块,在一定程度上实现了产品的系列化、规范化和智能化,降低了设计人员重复性设计劳动,有助于提高企业设计效率,降低成本投入,增强快速响应市场的能力。

参考文献:

[1] 江京亮. 面向大批量定制的产品基因工程技术开发[D]. 济

- 南:山东大学,2007.
- JIANG Jing-liang. Mass Customization Oriented Product Gene Engineering Technology Development[D]. Jinan: Shandong University, 2007.
- [2] 贾礼凤,仲梁维. 基于实例推理的镀膜机快速设计研究[J]. 包装工程, 2014, 35(19): 73—76.
- JIA Li-feng, ZHONG Liang-wei. Study on Coating Machine Rapid Design Based on Case Reasoning[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(12): 73—76.
- [3] 杨志兵,李曼丽. 基于知识重用的钳臂快速设计方法[J]. 中国机械工程, 2015(2): 223—227.
- YANG Zhi-bing, LI Man-li. The Clamp Arm Rapid Design Based on Knowledge Reuse Method[J]. China Mechanical Engineering, 2015(2): 223—227.
- [4] 王良文,王传鹏,郭志强,等. 基于Ansys二次开发的塔式起重机械快速设计系统[J]. 机械设计, 2014(5): 69—74.
- WANG Liang-wen, WANG Chuan-peng, GUO Zhi-qiang, et al. Tower Crane Based on Ansys Secondary Development Rapid Design System[J]. Journal of Mechanical Design, 2014(5): 69—74.
- [5] 尚欣,刘晶. 包装机快速设计系统研究[J]. 包装工程, 2013, 34(5): 69—73.
- SHANG Xin, LIU Jing. Study on Packaging Machine Rapid Design System[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(12): 69—73.
- [6] JU Quan-yong, LI Xiao-hui, MAO Jun. Rapid Design Platform of Gear Box Based on Modern Design Methods of Pro/E[J]. Applied Mechanics and Materials, 2013, 442: 571—576.
- [7] ZHAO Shuai, ZHANG De-qiang, HU Nu. The Research on Rapid Design and Manufacture Method for Letters Product Based on RP Technology[J]. Applied Mechanics and Materials, 2014, 496/500: 2594—2597.
- [8] WANG Liang-wen, MU Xiao-qi, WANG Xin-jie, et al. Parametric Design of Jib in Rapid Design System of Tower Crane[J]. Advanced Materials Research, 2014, 940: 232—235.
- [9] 张垒成. 基于产品基因的臂行式悬臂起重机变型设计系统研究[D]. 郑州: 郑州大学, 2012.
- ZHANG Lei-cheng. Study on Variant Design Wall Line of the Cantilever Crane System Based on Product Gene[D]. Zhengzhou: Zhengzhou University, 2012.
- [10] 陈洪武,黄克正,杨波,等. 基于生长型设计的机械产品基因研究[J]. 机械科学与技术, 2005(4): 447—450.
- CHEN Hong-wu, HUANG Ke-zheng, YANG Bo, et al. Study on Mechanical Product Gene Based on the Vegetative Form Design[J]. Journal of Mechanical Science and Technology, 2005, 447: 447—450.
- [11] 周宏明,付培红,李峰平,等. 基于产品基因的适应性设计方法研究[J]. 中国机械工程, 2012(10): 1175—1179.
- ZHOU Hong-ming, FU Pei-gong, LI Feng-ping, et al. Study on the Adaptive Design Method Based on Product Gene[J]. China Mechanical Engineering, 2012(10): 1175—1179.
- [12] 李博,同淑荣,徐显龙. 基于基因工程的产品设计过程重用方法[J]. 机械设计, 2011, 28(12): 1—5.
- LI Bo, TONG Shu-rong, XU Xian-long. The Product Design Process Reuse Method Based on Genetic Engineering[J]. Journal of Mechanical Design, 2011, 28(12): 1—5.
- [13] FENG Pei-en, CHEN Yong, ZHANG Shuai, et al. Product Gene Based Conceptual Design[J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2002, 38: 1—6.
- [14] 包志炎,崔梁萍,施高萍. 基于基因表达的大批量定制产品信息建模[J]. 煤矿机械, 2012(5): 81—83.
- BAO Zhi-yan, CUI Liang-ping, SHI Gao-ping. Based on the Gene Expression of Mass Customization Product Information Modeling[J]. Journal of Coal Mine Machinery, 2012(5): 81—83.
- [15] LI Bo, TONG Shu-rong, FANG Lu-sheng, et al. Expression Regulation of Design Process Gene in Product Design[J]. Advanced Materials Research, 2011, 308/310: 303—306.
- [16] 赵亮,潘双夏,冯培恩. 基于基因工程的产品成本建模理论和方法[J]. 机械工程学报, 2003(5): 76—81.
- ZHAO Liang, PAN Shuang-xia, FENG Pei-en. Product Cost Modeling Theory and Method Based on Genetic Engineering[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2003(5): 76—81.



# 欢迎订阅

# 欢迎投稿