

基于实例推理的镀膜机快速设计研究

贾礼凤¹, 仲梁维²

(上海理工大学, 上海 200093)

摘要: **目的** 研究大规模定制模式下镀膜机的快速设计方法。**方法** 阐述了基于实例推理技术的基本原理和关键技术,将基于实例推理的快速设计技术应用到镀膜机的设计过程中;研究了镀膜机的实例表示、检索和修正的具体实现方法,即采用数据库表的实例表示方法构建了镀膜机的实例库,运用最相邻策略法进行镀膜机实例的检索,采用基于框架的方案变换方法对检索的最相似实例进行修正。**结果** 以 Pro Engineer 5.0 为开发平台,开发了基于实例推理的镀膜机快速设计系统,实现了资源的整合和重复利用。通过测试,该系统使设计效率提高了30%。**结论** 将基于实例推理的快速设计技术引入到镀膜机的设计中,能够提高产品的设计效率和缩短产品的开发周期,从而解决客户个性化需求与大批量生产之间的矛盾,提高企业的市场竞争力。

关键词: 大规模定制; 基于实例推理; 设计系统; 镀膜机

中图分类号: TB486 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2014)19-0073-04

Case-based Reasoning in Rapid Design of Coater

JIA Li-feng¹, ZHONG Liang-wei²

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

ABSTRACT: Objective To study rapid design method of coater in mass customization. **Methods** Case-based reasoning technology was applied in the coater design process. Case-based reasoning principles and key technologies, coater cases presentation and the method to retrieve and amend were studied. Coater cases libraries were built and applied by database cases representation. The nearest neighbor method was used for retrieval of coater cases, and the method of transformation programs based on the framework was used to amend the most similar case. **Results** Based on the Pro ENGINEER 5.0 platform, case-based reasoning coater rapid design system was developed and resources were integrated and reused. Test revealed that the design efficiency of coater was improved by 30%. **Conclusion** With case-based reasoning technology applied to the coater design, the efficiency of product design was improved, the cycle of product development was shortened and the market competitiveness of enterprise was enhanced.

KEY WORDS: mass customization; case-based reasoning; design system; coater

随着全球经济一体化的迅速发展,制造业的生产模式也在发生着变化,逐渐由大批量生产模式转变为大规模定制生产模式^[1]。能否快速响应市场的需要成为判断企业竞争力的重要标准。镀膜机是目前电子、汽车和包装行业广泛使用的设备,随着相关行业的高速发展,市场对镀膜机设备的需求量和多样性也在不

断增加。传统的镀膜机生产方式存在很多弊端,无法快速响应市场。提高镀膜机的开发效率,缩短产品的交付周期,将对镀膜企业的发展起着至关重要的作用,直接影响着企业的市场占有率。

快速设计是一种新的设计方法,以数字化、网络化、智能化和集成化为基础,以缩短产品的开发周期

收稿日期: 2014-04-21

作者简介: 贾礼凤(1988—),女,山东枣庄人,上海理工大学硕士研究生,主攻计算机辅助智能设计与制造。

为目标,快速响应用户需求,提高产品的设计质量,使企业产品迅速占领市场。作为面向大规模定制生产模式的重要技术,解决了产品的多样性和设计速度不能满足市场需求的问题,使企业快速响应市场需求的能力得以提高。目前,实现产品快速设计的理论主要有基于实例推理(Case-based Reasoning, CBR)、参数化思想、模块化思想、知识工程和拓扑结构变型技术等^[2-7]。同时,快速设计是CAD与CAM技术的发展和延伸,涉及并行工程技术、PDM(Product Data Management)技术、知识工程、模块化技术、产品建模、专家系统和仿真技术等。CBR是实现快速设计的重要手段之一,近年来得到了国内外学者的重视。因此,为适应大规模定制生产模式,将基于实例推理的快速设计技术运用到镀膜机产品设计中,能缩短产品的设计周期,提升企业的市场竞争力。

1 CBR的基本原理及关键技术

CBR是人工智能发展过程中出现的一种基于记忆的推理模式^[8],它的基本原理是将已经成功的实例存储在实例库中,根据新产品的需求与特征,按照匹配度从实例库中检索类似的实例,如果检索失败则修改检索特征再次检索,必要时进行人工设计,形成新的设计方案,并存储到实例库,以不断扩充、完善实例库。CBR的主要思想是使用求解类似问题的经验进行推理来解决新问题^[9]。

1.1 实例的表示

实例的表示是将实例的特性知识转变为计算机可以识别的符号知识的过程^[10-11]。实例的表示是进行CBR求解的第1步,它将所需知识作为实例存储到实例库中,并能让CBR系统方便、有效的识别。实例的表示受实例自身的特征影响,特征不同表示的方式也不同,主要有数据库表、动态表示和文本等,目前常用的是数据库表方式,此方式多用于建立信息量大、比较复杂的问题实例。

1.2 实例的组织与检索

实例的组织与检索是利用CBR进行产品设计的一个重要环节,也是整个推理过程的关键。实例的组织方式对于采用的检索策略和效率有很大影响。实例的

组织方式主要依据具体的实例特点而定^[12],线性组织和实例类的分层组织是常用的2种方式。线性组织方式适合于实例间知识比较相近且实例数量不多的实例库。分层组织方式是将实例按一定的标准进行层次化组织,这种分层组织方式在一开始就排除掉跟目标实例不太相近的实例,其过程相对复杂,但效率相对较高。

实例的检索是从实例库中检索出对解决当前目标问题最有用的旧实例的过程^[13]。它需要达到2个目标:一个是检索出的实例尽可能与客户的需求相匹配;另一个是检索出的实例尽可能少。检索方法主要有最相邻策略法、归纳推理法和知识引导法等3种。其中,最常用的是最相邻策略法,是将标准对象与待匹配对象之间的特征属性进行对比,选择出特征匹配度最大的实例方法^[14]。这种检索方法的好处是原理比较简单,使用方便,实用性强。同时,它需要为产品实例的每个特征都指定一个权重值,而权重值一般是通过专家经验来确定的,由于人为因素的影响,权重值可能会有一定的不确定性。

1.3 实例的修正

实例的修正是指采用模块替换或变型设计等方法对最相似实例进行替换或局部修改,设计出符合客户需求的产品的过程。常用的方法是基于框架的方案变换,其主要思想是:首先,找出待修改的相似实例与客户提出的要求之间的差别,从而确定哪些产品模块是不需要修改的,哪些是需要修改的部分;其次,对于需要修改的部分,要明确是通过变型设计对模块进行局部修改还是进行模块替换。

2 基于CBR的镀膜机设计实现

2.1 镀膜机实例表示

基于CBR的镀膜机实例库包括:总体设计方案实例、详细配置方案实例、模块设计方案实例、设计规则与设计经验及参数信息等方面。

在构建镀膜机实例库时,首先要确定镀膜机的总体配置状况,对配置实例进行分类管理,为镀膜机的检索提供可检字段。以镀膜机概要设计方案为例,根据模块划分,主要分为粗抽泵、高真空泵、制冷系统、

基板回转机构、电子枪、坩埚(Lo)、坩埚(Hi)、离子源、光学膜厚计和真空计等。镀膜机实例表示的数据库见表1。

表1 镀膜机实例表示的数据库
Tab.1 Database of coater cases presentation

字段名称	字段含义	数据类型	允许为空
dmjxinghao	镀膜机型号	varchar	否
cuchou	粗抽泵	varchar	是
gaozhengkong	高真空泵	varchar	是
zhileng	制冷系统	varchar	是
jibanhuizhuan	基板回转机构	varchar	是
dianziqiang	电子枪	varchar	是
GanguoLo	坩埚(Lo)	varchar	是
GanguoHi	坩埚(Hi)	varchar	是
liziyuan	离子源	varchar	是
guangxue	光学膜厚计	varchar	是
zhengkongji	真空计	varchar	是

2.2 镀膜机实例检索

镀膜机实例检索的过程,实质上是对镀膜机产品各个模块相同属性的匹配过程,运用最相邻策略法进行镀膜机模块化产品实例检索的具体算法如下:

设镀膜机产品实例有 n 个配置属性, $S_i, S_i^* (i \in [1, n])$ 分别代表镀膜机产品实例的第 i 个配置属性值和将用户需求转化之后映射到产品的第 i 个配置属性值; $Q_i (i \in [1, n])$ 表示镀膜机产品第 i 个配置属性的权重值^[15],且满足:

$$\sum_i^n Q_i = 1$$

令 S_i 与 S_i^* 的相匹配概率为 R_i 。 S_i 与 S_i^* 只有2种匹配结果:当二者相匹配时, $R_i=1$;当二者不相匹配时, $R_i=0$ 。因此,检索出来的实例集合中的相似度值 U 只与实例中各个配置属性的权重和匹配度有关,其实例的配置属性与客户需求的配置属性值相似度 U 可写为:

$$U = \sum_i^n R_i Q_i$$

式中, $U \in [0, 1]$ 。当检索到的实例属性值与客户的需求全部相同时,则 U 值为1,即完全匹配。这说明 U 值越接近1,所检索到的实例就越满足用户的需求。

以镀膜机产品概要设计的具体设计参数为例,说明相似实例的检索过程。产品实例-目标需求见表2,其中的数据包含了产品的配置属性、权重、实例库中部分实例的配置属性值和客户所提出需求转化后的产品配置属性值。

按照上述的检索算法计算可得:S3435的相似度 $U=0.45+0.16+0.02+0.06+0.03=0.72$;S2345的相似度 $U=0.05+0.03+0.18+0.02=0.28$ 。对比相似度值易知S3435更接近目标需求值。

2.3 镀膜机实例修正

镀膜机实例模型修正采用的方法是基于框架的方案变换^[16-17]。以所检索出的相似实例方案为框架,若相似实例中产品的配置属性有与客户要求不匹配的部分,则检索模块库,若模块库中存在所需产品的配置属性值,则直接通过PRO/E调用该模块替换原有的模块。若模块库中不存在所需的配置属性值,则要对不匹配的模块进行必要的变型设计或者创建新的

表2 产品实例-目标需求
Tab.2 Product cases-Target demands

产品实例模块 参数	权重	产品实例参数值		目标需求值
		S3435	S2345	
高真空泵	0.45	DP 22*2	CP 22*2	DP 22*2
粗抽泵	0.16	E2M275+EH1200	LR-1200	E2M275+EH1200
制冷系统	0.02	PFC/PFC-1102HC	PFC/PFC-1002HC	PFC/PFC-1102HC
基板回转机构	0.05	$\phi 1180 * R1200 * 6$	$\phi 1180 * R1100 * 4$	$\phi 1180 * R1100 * 4$
电子枪	0.06	270*2(JST-16F)	270*2(JST-10F)	270*2(JST-16F)
坩埚台(Lo)	0.03	24点 $\phi 35 * H17$	$\phi 302 * \phi 228 * H15$	24点 $\phi 35 * H17$
坩埚台(Hi)	0.03	12点 $\phi 40 * H17$	12点 $\phi 65 * H30$	12点 $\phi 65 * H30$
离子源	0.18	OIS-Three	OIS-Two	OIS-Two
光学膜厚计	0.02	反射式 40点	反射式 60点	反射式 60点

模块进行替换。通过Pro/E将不匹配的模块进行参数化设计,直到满足客户的个性化配置为止。同时,新设计出的模块将被保存到模块库中,达到不断扩充和完善模块库的目的。

3 基于CBR的镀膜机快速设计系统开发

3.1 镀膜机快速设计流程

基于CBR的镀膜机快速设计主要流程见图1。此设计系统由用户给出初始参数,从镀膜机实例库中进行一级检索,找出最相似方案。方案确定后,由各个模块的主参数作为初始参数进行二级检索,若检索不到完全匹配的实例,则选取相似度较高的实例作为参考进行设计,并将这些设计信息存储到后台数据库中,方便检索与调用。

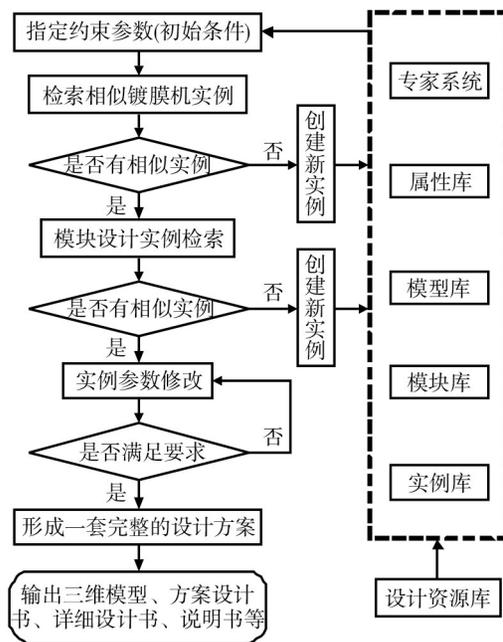


图1 基于CBR的镀膜机快速设计流程

Fig.1 CBR-based rapid design process of coater

3.2 镀膜机快速设计系统

镀膜机快速设计系统的开发主要是基于Microsoft Visual Studio 2005、SQL Sever 2008、Pro Engineer 5.0和Microsoft Office 2007进行的。数字化样机系统主要以Visual Basic.NET为开发环境,后台采用SQL Sever 2008数据库,同时结合Pro/E的API函数来构建

系统的参数化功能。产品的设计说明书、详细设计清单和产品说明书等文档的开发,是通过Visual Basic.NET语言对Microsoft Word 2007、Microsoft Excel 2007进行二次开发来实现的。

4 结语

以某企业的镀膜机为例,将CBR技术引入到镀膜机的设计过程中,开发了基于CBR的镀膜机快速设计系统。该系统将以往设计经验及知识应用到新产品的设计中,充分利用了企业的设计资源,极大地提高了镀膜机产品的设计效率,把设计人员从重复性的劳动中解放出来,为企业的高效生产提供了技术支持,也进一步提高了企业快速响应市场的能力。

参考文献:

- [1] 赵利平,王宗彦,秦慧斌,等. 面向大规模定制的堆垛机快速设计系统研究[J]. 中国机械工程, 2008, 9(18): 2161—2165.
ZHAO Li-ping, WANG Zong-yan, QIN Hui-bin, et al. Research on Overhead Traveling Crane's Rapid Design System for Mass Customization[J]. China Mechanical Engineering, 2008, 9(18): 2161—2165.
- [2] 丁华,杨兆建. 面向知识工程的采煤机截割部现代设计方法与系统[J]. 煤炭学报, 2012, 37(10): 1765—1770.
DING Hua, YANG Zhao-Jian. Method and System of Shearer Cutting Unit Modern Design Oriented to KBE[J]. Journal of Coal Society, 2012, 37(10): 1765—1770.
- [3] 高文斌,王洪光,姜勇,等. 模块化可重构机器人标定方法研究[J]. 机械工程, 2013, 49(17): 92—98.
GAO Wen-bin, WANG Hong-guang, JIANG Yong, et al. Research on the Calibration of Modular Reconfigurable Robot [J]. Journal of Mechanical Engineering, 2013, 49(17): 92—98.
- [4] 王宗彦,虞国军,吴淑芳,等. 面向并行工程的机械产品参数化协同设计[J]. 中南大学学报:自然科学版, 2013, 44(2): 552—556.
WANG Zong-yan, YU Guo-jun, WU Shu-fang, et al. Parametric Collaborative Design of Mechanical Products for Concurrent Engineering[J]. Journal of Central South University: Science and Technology, 2013, 44(2): 552—556.
- [5] 唐家鹏,席平,胡毕富,等. 知识驱动飞机翼面结构快速设

(下转第92页)

- [13] 盛遵冰, 崔贤玉, 高国安. 通用亚像素边缘检测算法[J]. 上海交通大学学报, 2008, 41(6): 911—915.
SHENG Zun-bing, CUI Xian-yu, GAO Guo-an. A Universal Algorithm for Sub-pixel Edge Detection[J]. Journal of Shanghai Jiaotong University, 2007, 41(6): 911—915.
- [14] 陈静, 尚雅层, 田军委. 快速多项式拟合亚像素边缘检测算法的研究[J]. 应用光学, 2011, 32(1): 91—95.
CHEN Jing, SHANG Ya-ceng, TIAN Jun-wei. Fast Polynomial Fits Sub-pixel Edge Detection Algorithms[J]. Journal of Applied Optics, 2011, 32(1): 91—95.
- [15] 李帅, 卢荣胜, 史艳琼, 等. 基于高斯曲面拟合的亚像素边缘检测算法[J]. 工具技术, 2011, 45(7): 79—82.
LI Shuai, LU Rong-sheng, SHI Yan-qiong, et al. Sub-pixel Edge Detection Algorithm Based on Gauss Surface Fitting[J]. Tool Engineering, 2011, 45(7): 79—82.
- [16] 王芳. 一种新的最小二乘法图像复原算法的研究[J]. 包装工程, 2009, 29(12): 151—153.
WANG Fang. Development of a New Algorithm of Image Restoration by Least Square Methods[J]. Packaging Engineering, 2009, 29(12): 151—153.

(上接第76页)

- 计北京航空航天大学学报[J]. 2013, 39(6): 808—812.
TANG Jia-peng, XI Ping, HU Bi-fu, et al. Knowledge-driven Rapid Design on Aircraft Wing Structure[J]. Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics, 2013, 44(2): 552—556.
- [6] CHEN He-ping, FUHLBRIGGE T, CHOI S, et al. Practical Industrial Robot Zero Offset Calibration[C]// Proceeding of the 4th IEEE Conference on Automation Science and Engineering, August 2008, Washington DC, USA. 2008: 516—521.
- [7] EDALEW K O, ABDALLA H S, NASH R J. A computer-based Intelligent System for Automatic Tool Selection[J]. Materials and Design, 2001, 22(5): 337—351.
- [8] AAMODT A, PLAZA E. Case Based Reasoning: Foundational Issues, Methodological Variations, and System Approach[J]. AICom-artificial Intelligence Communications, 1994, 7(1): 39—59.
- [9] CHIU Chuang-cheng, TAI Chi-yuan. A Weighted Future Means Clustering Algorithm for Case Indexing and Retrieval in Case-based Reasoning[J]. New Trends in Applied Artificial Intelligence, 2007(7): 541—551.
- [10] 于芳芳. 基于实例推理的冲模CAD系统的研究与实现[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2005.
YUN Fang-fang. Research and Implementation of CBR on Punch Die Design[D]. Nanjing: Nanjing University of Aeronautics and Astronautics The Graduate School, 2005.
- [11] 龚箭, 张红, 周敏. 案例推理技术在包装设计系统中的应用[J]. 包装工程, 2010, 31(11): 77—79.
GONG Jian, ZHANG Hong, ZHOU Min. Application of CBR in Product Packaging Design System[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(11): 77—79.
- [12] 丁华, 杨兆建, 姚晶. 采煤机概念设计的知识表示与知识推理[J]. 机械设计与制造, 2011, (6): 216—218.
DING Hua, YANG Zhao-jian, YAO Jing. Knowledge representation and reasoning of shearer conceptual design[J]. Machinery Design & Manufacture, 2011, (6): 216—218.
- [13] PERNER P. Incremental Learning of Retrieval Knowledge in a Case-Based Reasoning System[C]// Springer Verlag Berlin Herdelberg 2003, 2003: 422—436.
- [14] 张禹, 白晓兰, 张朝彪, 等. 基于实例推理的数控车床智能模块组合方法[J]. 机械工程报, 2014, 50(1): 120—128.
ZHANG Yu, BAI Xiao-lan, ZHANG Chao-biao, et al. CBR-based Intelligent Modular Combination Method for CNC Lathe[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2014, 50(1): 120—128.
- [15] 王玉, 左敦稳, 薛善良, 等. 基于CBR的自动开箱机相似设计推理技术研究[J]. 中国制造业信息化, 2012, 41(17): 32—39.
WABNG Yu, ZUO Dun-wen, XUE Shan-liang, et al. Research on Rapid Design of Automatic Case erecting Machine Based on Case-based Reasoning[J]. Manufacture Information Engineering of China, 2012, 41(17): 32—39.
- [16] 汪云祥, 柯旭贵. 基于实例推理方法在机构运动方案设计中的应用[J]. 机械设计与制造工程, 2002, 31(3): 56—58.
WANG Yun-xiang, KE Xu-gui. Application of the CBR in the Kinetic Scheme Design of Mechanism[J]. Manufacture Information Engineering of China, 2002, 31(3): 56—58.
- [17] 方坤礼, 蒋晓英. 基于实例推理的机床专用夹具虚拟装配技术[J]. 机电工程, 2009, 26(8): 25—26.
FANG Kun-li, JIANG Xiao-ying. Technology of Virtual Assembly of Machine Tool Fixture Based on Typical Instance[J]. Mechanical & Electrical Engineering Magazine, 2009, 26(8): 25—26.