

CHANPIN SHEJI ZIYUAN DE
KEZHONGYONGXING
YUANLI JI YINGYONG

产品设计资源的 可重用性原理及应用

齐峰 著



NORTHEAST NORMAL UNIVERSITY PRESS

WWW.NENUP.COM

东北师范大学出版社

产品设计资源的 可重用性原理及应用

齐 峰 著



NORTHEAST NORMAL UNIVERSITY PRESS

WWW.NBNUP.COM

东北师范大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

产品设计资源的可重用性原理及应用 / 齐峰著. -- 长春:
东北师范大学出版社, 2017.6
ISBN 978-7-5681-3338-8

I. ①产… II. ①齐… III. ①产品设计 IV. ①TB472

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 154924 号

☐ 策划编辑: 王春彦

☐ 责任编辑: 卢永康 徐静粉 ☐ 封面设计: 优盛文化

☐ 责任校对: 赵忠玲 ☐ 责任印制: 张允豪

东北师范大学出版社出版发行

长春市净月经济开发区金宝街 118 号(邮政编码: 130117)

销售热线: 0431-84568036

传真: 0431-84568036

网址: <http://www.nenup.com>

电子函件: sdcbs@mail.jl.cn

河北优盛文化传播有限公司装帧排版

北京一鑫印务有限责任公司

2017 年 9 月第 1 版 2017 年 9 月第 1 次印刷

幅画尺寸: 170mm×240mm 印张: 11.5 字数: 208 千

定价: 39.00 元

前言

纵观人类文明的发展史，每一次进步都离不开工具的改进。工具的改进不仅反映了技术的一步步发展，更体现了人们对世界认识的一步步加深。人类与世界的关系归根到底是要解决资源与需求矛盾的问题，在人类不断发展的大前期下，资源的紧缺将一直伴随着人类文明的发展史。因此，如何通过有效的规划，合理利用资源，保持可持续发展是人类与世界和谐发展的共同命题。

在现代工业文明发展过程中，产品设计承载了重要的功能。产品设计是借助工具，帮助设计者将各种知识和经验，通过设想、构思、计算、分析和演化等系统化、工程化的方法。其本身就是一个知识演化和管理的过程，其中产品设计资源是产品设计知识和演化的重要载体。产品设计资源从最初的纸和笔，逐渐被计算机资源所取代，尤其是 20 世纪 50 年代之后，产品设计资源呈现多样化的形态，出现了二维模型、三维线框模型、GT 代码、实体模型、特征模型、集成产品信息模型等。一方面，无纸化的产品设计资源更加有利于产品设计信息以及产品设计知识的管理；另一方面，离散化和表面化的产品设计资源形式，又给产品设计知识的提炼和管理带来了困难。因此，从产品设计资源的管理出发，研究产品设计知识的演化和管理内在机理，是一个可行的研究路径。

产品设计资源本身也是一种稀缺资源，如果不加限制地“新”设计、“新”产品、“新”发明，必然会造成社会整体资源的浪费，因此如何平衡“创新”和重用的关系，就成了产品设计资源管理研究的核心问题。

本书全面系统地研究了产品设计信息可重用的基础理论及关键技术。围绕着产品设计信息可重用，提出了以多视图、多粒度的产品设计信息模型来组织可重用的产品设计信息，并且研究了在产品设计过程中的产品设计信息可重用的关键技术，包括产品设计信息的可重用获取技术、产品设计信息的可重用检索技术、可重用产品设计信息仓库的管理技术等。在关键技术研究的基础上，结合国家 863 项目和浙江省重大攻关项目，研制和开发了面向 MC 的产品设计信息可重用系统。

本书提出的理论和方法已在有关科研项目和多家机械制造企业得到成功应用,并取得了良好效果。

第一章先讨论了产品设计信息可重用技术的研究现状及其发展过程,然后分析了现有产品设计信息建模、产品设计信息获取技术、产品设计检索技术、产品设计仓库管理技术和产品设计资源管理技术的研究现状以及各种技术对产品设计信息重用的支持。最后,给出了本书的研究背景、工作内容和意义。

第二章讨论了产品设计信息可重用研究的基础理论,先研究了产品设计信息的主要内容、主要特点以及分类体系,然后在此基础上提出了产品设计信息可重用性的基本概念,建立了可重用性的评价指标和可重用性的度量标准,提出了提高产品设计信息可重用性的基本措施,从而为后续几章的内容提供了理论支持。

第三章提出了能够支持产品设计可重用的产品设计信息组织模型,并且讨论了基于该组织模型进行产品设计信息重用的设计过程。产品设计信息组织模型是一种支持产品设计重用的信息的综合,模型既包括支持产品设计尤其是可重用设计的完备的信息,将产品设计信息的底层结构信息与高层特征信息关联起来,又具有合理的组织结构,涵盖了所有的设计重用层次,该模型较好地提高了产品设计信息的可重用性。最后给出了组织模型的 UML 和 STEP 表示形式。

第四章重点讨论可重用产品设计信息的获取方法,包括离线式和在线式两种信息获取方法,其中离线式信息获取着重以基于 RBF 神经网络的特征信息获取技术为例进行了讨论,提出了一种新的特征编码方法,应用 RBF 网络提高了特征信息获取的灵活性和效率。在线式信息获取技术以产品功能结构信息获取为例,在建立的装配特征图树模型的基础上,将产品的功能信息和结构信息有机地结合起来,并且在此基础上,实现了从功能特征向产品结构特征的演化。

第五章主要研究可重用产品设计信息的检索问题。以客户参与为核心的可重用设计是面向大规模定制设计的一个重要特征。设计检索是设计重用的一个关键技术。针对基于相似度范例检索存在的不足,将神经网络引入设计检索的研究之中,提出了基于神经网络的设计检索模型,并且通过对模糊需求信息的建模,使设计检索模型更适合于表达设计重用的工程实际。仿真和实例表明,基于神经网络的设计检索方法优于一般的基于相似性范例的检索方法,尤其是在基于模糊客户需求信息进行设计检索时,相应的检索效果和柔性更好。

第六章基于产品设计仓库技术讨论了产品设计信息仓库的管理技术,包括产品设计信息的存储、索引的建立、案例表达、检索路径的确定等。通过一系列关

键技术的研究，为产品设计信息仓库的建立提供了基础。

第七章给出了可重用产品设计信息的组织、管理技术的实际应用，结合国家 863 项目和浙江省重大攻关项目的开发和实施，将理论研究和实际企业项目开发相结合。主要系统为设计资源管理系统，使用结果验证了研究的实用性和可行性。

第八章对全书的研究内容进行了总结，论述了全书工作的创新点，并提出了今后研究工作的方向。

本书不仅为产品设计领域和知识管理领域感兴趣的学生、咨询人员、工程设计人员以及企业管理人员提供前沿性的产品设计资源可重用性的理论、方法和技术，也为对制造业信息化感兴趣的企业提供了可行的解决方案。

作者衷心感谢工程院院士谭建荣教授和张树友教授对本书编撰的关心和支持。

本书适合企业管理人员、工程技术人员以及高等院校的本科生和研究生阅读。

本书内容若有不妥之处，恳请同行和专家的批评和指正。

齐 峰

2017 年于杭州

目 录

第一章 绪 论 / 001

1.1 引言 / 001

1.2 设计知识可重用主要技术的研究发展 / 003

1.3 研究背景 / 022

1.4 本文的主要内容及组织结构 / 024

第二章 产品设计资源的可重用性 / 027

2.1 引言 / 027

2.2 设计资源定义及分类体系 / 028

2.3 设计资源的可重用性 / 032

2.4 提高产品设计资源可重用性的基本措施 / 039

2.5 设计资源相似性判定研究 / 042

第三章 可重用的产品设计资源多视图、多粒度模型 / 044

3.1 引言 / 044

3.2 DFMC 模式中的产品设计资源可重用特征 / 046

3.3 多视图、多粒度的产品设计资源模型 / 047

3.4 基于产品设计资源分层可重用模型的重用设计过程 / 060

第四章 基于神经网络的可重用特征信息获取方法研究 / 062

4.1 引言 / 062

4.2 基于神经网络的信息获取方法 / 064

4.3 可重用特征信息单元及其特征编码方法 / 067

4.4 RBF 网络的结构设计和训练 / 069

4.5 相交特征的识别 / 072

4.6 可重用特征信息获取实例 / 074

第五章 基于 AFGT 的可重用功能结构信息获取方法 / 077

5.1 引言 / 077

5.2 装配特征的描述 / 079

5.3 功能特征图树模型 / 081

5.4 装配特征图树模型 / 086

5.5 基于 AFGT 模型的功构映射方法 / 093

第六章 基于模糊客户需求信息的可重用设计检索技术研究 / 097

6.1 引言 / 097

6.2 面向可重用设计的设计检索技术 / 099

6.3 可重用设计中的模糊信息 / 102

6.4 模糊信息的数学描述 / 104

6.5 从客户需求到产品选项的非线性映射 / 108

6.6 算例 / 111

6.7 应用实例 / 114

第七章 基于设计仓库的设计资源库管理技术研究 / 117

7.1 引言 / 117

7.2 设计仓库的基本概念 / 119

7.3 基于设计仓库的设计资源对象 / 120

7.4 设计资源库中的知识与案例的表达技术 / 126

7.5 基于知识导航和案例推理的产品设计资源检索技术 / 131

7.6 基于知识管理和案例管理的产品设计资源一致性维护技术 / 135

第八章 面向可重用的产品设计资源管理系统 / 138

8.1 引言 / 138

8.2 基于 MC-PDM 的设计资源管理系统 / 139

8.3 设计资源管理中的关键功能 / 141

参考文献 / 156

第一章 绪 论

本章摘要

本章回顾了设计知识可重用技术的主要特点和相关研究的发展过程。论述了设计图纸和三维模型、参数化模型、产品族模型、设计原理和设计过程的重用原理和各自的优缺点以及不同重用方法中存在的问题。根据对现有产品设计可重用方法的分析,提出了面向大规模定制设计的产品设计知识可重用的理论及方法,最后,给出了本文的研究背景、工作内容和意义。

1.1 引言

适应市场需求变化的能力大小,是市场经济条件下,制约和影响企业生存和发展的关键要素之一。在企业界,由于市场竞争日益激烈,以及客户需求多样化、个性化的趋势更加明显,迫使企业不断地提升竞争力,尤其是应对市场变化的核心竞争力。核心竞争力的提高取决于企业能够为社会提供品质、性能和可靠性更好的产品和服务,同时能够降低产品成本,缩短产品的交付周期。除了对现有产品的生产系统进行改造之外,充分挖掘现有产品设计的潜力,提高产品设计知识重用率,是确立企业竞争优势地位和保持长久不衰的根本动力。由于当代消费的多样化、个性化特点,未来市场对产品的需要将是大批量、规模化、标准化与小批量、多规格、个性化共存,特别是个性化产品的需求将会与日俱增,为了适



应这种变化,面向大规模定制的产品设计方法将在计算机信息技术和人工智能技术的支持下,以崭新的面貌出现在人们面前。

大规模定制的理念融合了大规模和定制这两种互斥的生产管理模式,它一方面要满足客户需求的多样性,另一方面,又尽量使产品的成本接近于以大规模生产方式生产产品的成本和效率。

要解决大规模定制生产中的根本矛盾,主要是通过提高生产系统和产品设计开发系统的效率和敏捷性,以及降低产品成本。设计系统的敏捷性是指设计人员通过设计系统能够迅速而快捷地根据市场的变化和客户的个性化需求,设计出令客户满意的产品。对于产品成本,由于产品生命周期内累计成本中的 80% 是由产品设计决定的,因此,对大规模定制来讲,降低成本的关键是降低由产品设计所决定的成本,尤其是早期的概念设计所决定的成本。

据有关研究表明 [Prassad, 1996] [Rezayat, 2000] [Bsharah, 2000], 一个新产品中大约 40% ~ 50% 的零件和已有的零件是完全一样的, 30% ~ 40% 的零件只需要在已有零件基础上做很少的修改, 只有 10% ~ 20% 的零件是全新的。而且这些全新的零件也只是在结构和形状上和已有的产品零件有区别, 从产品的功能、原理、行为等高层信息上分析, 它们仍然是重用了已有的设计知识。所以, 从这样一个角度出发, 我们说, 所有的产品设计都是对已有设计知识的重用。尤其强调的是, 在面向大规模定制生产的产品设计中, 要尽可能地避免新结构和新形状的零件的出现, 以免对生产系统造成不必要的冲击。而我们目前所习惯的产品开发方法和支持产品设计的计算机辅助系统, 更有利于设计人员设计新的零件, 而不是重用已有的产品设计知识。所以, 建立一种有效管理和重用产品设计知识的机制, 以缩短产品开发的周期、提高设计效率、降低开发成本、减少设计过错, 提高产品设计的可靠性, 对于面向大规模定制生产的设计系统有重要的意义。

设计重用的根本目的就是以最少的成本、知识和人工, 来最大化满足客户需求。这和大批量定制设计的根本目标是一致的, 只不过大批量定制设计更加强调满足多样化的客户需求。

本文通过对现有产品设计知识可重用研究方法的分析, 针对设计知识可重用的难点, 提出了针对设计知识可重用研究的一种面向离线和在线的可重用知识获取和知识建模、组织和重用的理论与方法。通过对可重用设计知识的提取、建模、理解和推理, 建立面向设计重用的设计知识组织模型, 利用该模型对产品的设计知识进行有效的组织和重用, 根据模型提供的分层检索方法, 进行可重用产品设



计知识的检索,并且在检索出的设计选项的基础上,实现黑盒重用和白盒重用。面向设计重用的可重用知识提取和知识建模、组织和重用的理论与方法对提高设计知识的重用率,降低产品设计成本,减少设计错误,提高对客户需求的快速响应性,实现大规模定制设计具有重要的理论和现实意义。

1.2 设计知识可重用主要技术的发展

认知专家认为“回想”是人类解决问题的一个基本方法。通常,人们在面对一个问题时,首先要进行“回想”,看以前是否解决过此类问题,如果没有,就开始寻找相似(类似)的解决过的问题,将其解决方法稍加修正,用来解决新问题。如果还不行,就只好按照常规的解决问题的分析方法和技巧了。

在工程设计技术的发展过程中,人们通过各种工程记录载体,将设计工程知识记录下来,便于设计人员之间的相互交流,同时,通过历史记录,人们也可以重用以前的设计成果,避免不必要的重复劳动。由此,可重用的技术和记录表达工程设计知识的载体密切相关。

自从人类文明开始以来,人们就通过图形和文字表达、记录和交流思想。在工程设计领域,工程图纸随着工程图学的发展,已成为记录产品设计知识的主要载体。计算机技术的发展,计算机图形学的兴起,标志着工程设计信息的载体开始由图纸向无纸化的载体转化,基于二维工程图形的CAD设计系统成为当时进行计算机辅助设计的主要工具。后来,随着实体造型技术的发展,三维实体模型成为记录和表达工程设计的主要载体,基于实体模型的工程设计信息表达、获取、重用和管理技术的研究,已经成为产品设计知识处理技术研究的主流。CAD技术从根本上改变了过去手工绘图、发图、凭图纸组织整个生产过程的技术管理方式,它通过虚拟设计技术、PDM管理技术、CAPP、CAM技术以及ERP技术进行无纸化、集成化的设计、制造、销售、维护等产品全生命周期的管理。

人们在关注产品设计建模技术的同时,开始将注意力集中在产品设计知识的可重用处理上。基于二维工程图形的可重用处理技术包括工程图纸的矢量化、二维特征识别、三维重建、参数化设计等。基于三维实体的可重用处理技术包括特征建模、特征识别、特征映射、装配建模等。基于产品设计过程和设计历史的可



重用处理技术包括设计过程和历史的建模、符号建模理论等。设计原理的自动提取、设计知识重用是产品设计知识可重用研究的新阶段。产品设计知识的管理技术主要集中在基于 PDM 的管理、设计原理获取、知识管理、知识库等领域。

在可重用设计方面，基于实例推理的产品设计技术主要包括实例表达、实例检索、实例组织和实例库的管理。模块化设计是通过标准化、规范化和合理化的产品信息模块，通过模块的组合和合成，达到快速重构产品的目的。

软件重用技术是软件产品工业化的重要手段，通过软件组件的规划、建立和规范化管理，能够大规模地降低软件开发的成本，提高效率。软件重用技术已经形成了比较完善的理论体系。

这些可重用研究的主流技术的发展，构成了整个产品设计知识重用研究中的主要部分，下面分别就设计知识可重用的几项主要技术的研究发展进行综述。

1.2.1 设计重用技术和理论的研究发展

设计重用的研究是在 20 世纪 50、60 年代，随着零件分类系统的建立而发展起来的，零件分类系统的建立鼓励设计人员更多地重用已有的产品设计 [Sivaloganathan, 1999]。

到了 20 世纪末，设计重用的研究逐渐形成了高潮。在 1998 年 6 月，英国 Brunel 大学举行了 98' 工程设计会议，设计重用成为当时的大会主题，标志着设计重用研究达到了一个阶段性的高潮。在此会议的基础上，S. Sivaloganathan 和 T.M.M. Shahin 将有关设计重用的研究划分为七类，并且指出设计重用将成为一种系统化的设计工具 [Sivaloganathan, 1999]。

1.2.1.1 产品开发中的集中创新研究

创新和重用是一对固有的矛盾，如何在产品开发中协调这对矛盾，在当时的设计重用研究中，成为研究者关注的焦点。Clausing 认为创新和重用之间需要一种平衡，这种平衡一方面可以避免因缺少重用而造成的人工和知识的浪费，另一方面，过度重用也会造成市场单一，无法满足客户多样化的个性需求。Clausing 同时指出了造成设计重用缺乏的主要原因有：产品规划不合理，设计方法的非生产性多样化。造成不必要重复设计的主要原因有：产品设计稳定性差，缺乏信息支持以及设计错误。同时提出了规划图和重用性矩阵的方法，可用于确定在新产品开发中重用和创新所占的比例 [Clausing, 1998]。



King 和 Sivaloganathan 提出了一种柔性设计工具,用于支持跨市场区域的产品再设计,该方法通过对公共的市场需求和功能的分析,建立一些共用的核心产品部件,最终实现产品设计重用 [King, 1998]。

1.2.1.2 设计重用的认知研究

认知研究是通过观察人们在产品设计过程的认知行为,研究人们在产品设计过程中的信息处理方法和信息需求。Finger 在进行设计重用认知研究过程中,将设计知识的描述、获取、组织和检索作为研究的主要内容。认为设计者可以通过功能、行为、形状甚至上下文来检索优先设计,同时指出这些属性信息缺乏一种结构化的描述方法。他通过一项认知观察实验,得出以下结论 [Finger, 1998]:

(1) 还没有一种设计实例研究使设计者能够使用 CAD 工具进行设计信息的检索和组织;

(2) 设计信息是非结构化的,很难从系统中获取;

(3) 大部分设计团队都是在详细设计阶段使用 CAD 工具的。

同时,设计者在以往的设计中希望能得到以下两种信息:

(1) 解决特定问题的知识;

(2) 产品设计中的设计模式。

Vinod Baya 同样采用认知实验的方法研究产品设计信息的设计重用方法。在认知实验中,他观察了设计者在产品设计过程中,尤其是概念设计过程中的信息处理方法。其中一项实验就是观察设计者进行产品再设计中的信息处理过程,并在此基础上建立了一个设计信息框架,该框架能够对设计过程中获取的设计信息进行分类,便于进行重用 [Baya, 1996]。

1.2.1.3 设计重用的计算机应用研究

计算机科学和软件开发技术应用于设计重用的研究,主要集中在应用计算机进行知识的获取和重用。Duffy 等人研究了信息的索引和检索、应用知识开发和自适应修改等相关内容。提出了基于实例推理、基于模型推理和规划重用的知识建模方法 [Duffy, 1998]。David Barta 和 Joseph Gil 共同建立了一个文档重用的系统,该系统支持在建立其他文档的同时重用已有文档的片断 [David, 1996]。Herbert Praehofer 和 Josef Kerschbaummayr 认为计算机辅助系统构造的主要任务就是提高已有设计产品的可重用性,主要是通过基于实例推理的技术来实现的 [Praehofer, 1999]。



1.2.1.4 标准件的重用研究

标准件在装配体和机械系统中占有很重要的地位,设计者可以通过电子目录和标准件库的方式,实现对标准件的重用。Culley 认为通过电子目录可以增加找到最佳零件的可能性,提高选择的速度,增加找寻所有的零件及变型的机会,电子目录应该具有普通查询程序和优化的特定的查询程序 [Culley, 1998]。Culley 和 Theobald 认为标准件的重用不应该局限于标准目录中出现的标准件,而应该将重用扩展到企业内部的一些公用零部件。

1.2.1.5 设计重用的工具和方法研究

Clausing 和 Andrade 指出实现策略重用的一些有用的工具 [Clausing, 1998]: (1) 业务集成模型; (2) 策略可重用性矩阵; (3) 质量屋; (4) 市场划分表; (5) 产品可重用性矩阵; (6) 粗概念选择; (7) 市场划分/时间产品图; (8) 多样性/复杂性矩阵; (9) 功能树; (10) 产品收益模型; (11) 成本/重用性质量矩阵; (12) 附加质量屋的技术选择屋。Scott 和 Sen 使用设计结构矩阵 (Design Structure Matrix, DSM) 进行设计重用 [Scott, 1998]。Smith 和 Eppinger 描述了 DSM 的具体使用方法 [Smith, 1998]。Andrew 和 Sivaloganathan 将变量模型作为存储机械设计的一种方法,这种方法的基本思想就是通过一个虚拟的主模型来描述产品设计族,表示了所有不同特征的联合体,产品设计族的个例通过主模型的特征参数控制重新生成 [Andrews, 1998a]。

Shahin 等描述了一种更通用、更柔性化的参数化或变动设计的方法,该方法是建立在 CSG 实体建模技术基础之上的。此后,又提出了更加通用的方法,称为“参数化 CSG” [Shahin, 1997]。

Andrew 和 Sivaloganathan 采用“功能树”作为存储概念设计和方案设计的基础 [Andrew, 1998b]。Su 以专家系统和人工神经网络技术,作为存储和检索设计知识的方法 [Su, 1998]。Burgess 等开发了标准件的设计数据库,并且列举了系统的基本特征 [Burgess, 1998]。

1.2.1.6 设计重用应用系统研究

设计重用系统的建立是基于对过去设计知识的规范性建模,其中设计模型的建立是设计重用系统建立的关键,设计模型既包括设计结果信息,是客户需求的物理实现和体现,又包括设计过程信息,是将抽象的需求转化为物理的可实现的



系统定义。围绕设计模型的建立,产生了几种比较重要的设计重用系统:

(1) 设计维护系统

Loganathanaraj 建立的设计维护系统将概念设计通过功能说明来描述,他应用网络图表达设计概念,一旦网络建立,就可以在新设计中重用。该系统具有以下功能:① 维护整个设计历史;② 支持对设计有效性的查询;③ 通过一些相关特征,实现实例查询;④ 可以学习以前的设计;⑤ 支持横跨给定设计过程的不同层次;⑥ 支持对以前设计过程知识重用 [Loganathanaraj, 1998]。

(2) 企业级的设计过程模型

Inns 和 Neville 建立了一个三步骤的设计过程模型:① 对当前设计的审计;② 建立优化设计;③ 设计过程的实现。同时也认为重用设计和模块化设计非常适合于企业设计模型的开发 [Inns, 1998]。

(3) Shahin、Andrews 和 Sivaloganathan 建立的设计重用系统

Shahin 等认为重用既需要对设计的整体,又需要对设计的部分进行存储和检索。因此,他们所建立的设计重用系统涵盖了整个设计过程,并且通过数据库系统进行设计信息的存储和检索 [Shahin, 1998]。同时系统还与质量功能配置实现了无缝集成,便于在不同项目之间的任意阶段实现重用 [Sivaloganathan, 1997]。Kimpton 也指出过去成功的设计是经验的最大积累,产品再设计需要对这些信息进行结构化存储。设计模型应该包括产品概念、解决方案概念、方案设计和详细设计 [Kimpton, 1998]。

(4) 设计范围模型

Costa 提出了一种补充信息模型的概念,称为产品范围模型,目的是为了支持变动设计和适应设计。这种模型的一般概念和结构是通过产品功能和它们各自的设计解决方案来定义的。讨论了特定设计方案之间的交互作用,提出了评价产品规格说明和设计约束的方法,提出知识的概念用于维护产品范围模型、解决方案和要开发的特定产品模型之间的关系 [Costa, 2001]。

(5) 设计原理模型

Linden J. Ball 等指出设计重用由于先前设计知识的索引、检索、理解和修改的困难而很难实现,因此提出了基于设计原理的方法,用于更好地表达和检索设计信息 [Linden 2001]。Yongshen Gao 提出了一种在基于实例机械设计中重用设计规划系统,系统有效地融合了设计过程和设计原理模型 [Gao, 1998]。HUNG-YAO HSU 提出了一种基于装配设计的产品再设计方法,主要通过装配功能描述和问题推荐驱动机理,便于在产品中进行适应性修改 [HSU, 1998]。



(6) 基于实例的进化模型

重用作为一种自然的技术,能够提高大规模定制生产效率下的客户需求的差异性, Mitchell 提出以基于实例的进化设计方法来达到大规模定制的目标。方法的本质就是实例类的概念和以产品族结构为中心的设计过程模型。其中讨论了四个方面的内容:实例内容、存储组织、索引、更新和自适应 [Mitchell, 1996] [Mitchell, 1997]。

1.2.1.7 设计重用理论研究

Lloyd, busby 和 Deasley 等认为过度重用会限制设计的创新性 [Lloyd, 1998]。Busby 认为缺乏重用的原因,包括环境、组织、动机、认知和工程师等方面 [Busby, 1998]。Jenson 提出了一种可以进行设计重用在线知识获取的分类方法 [Jenson, 1998]。

J. S. Busby 阐述了设计重用中涉及信息转化受到一定形式约束的问题。比如未预测到的客户需求,但是大部分信息都是通用化的和结构化的。重用经常会因设计者或客户偏爱的差异受到排斥;重用同样会因工程问题受到排斥,比如约束的组合性能,就是说组件设计者在不经修改的情况下,不能在不同的应用之间交换零件。设计者的动机是倾向于创新设计的,因为他们认为已有的设计是有缺陷的,主要原因是他们和产品的原始设计者有不同的偏爱 [Busby, 1999]。

Zdenek Zdraha 等认为有效的设计知识重用有利于提高设计者的技巧和经验 [Zdenek, 2000]。

Anssi Karhinen, Alexander Ran 和 Tapio Tallgren 讨论了在产品族中实现共享和重用的方法,提出了一种可选的方法可以对每一个产品变型进行详细设计 [Anssi, 1997]。R. G. Antelme, J. Moultrie 等建立了一个可重用框架,主要包括可重用对象的描述图和一个基于数据流图的可重用过程模型 [Antelme, 2000]。B. J. Hicks, S. J. Culley 等提出了一个在工程设计中获取、存储和重用信息和知识的需求框架 [Hick, 2002]。Lilia Gzara, Dominique Rieu 等应用重用模式进行产品模型的建立 [Lilia, 2003]。John G. Gammack 和 David G. Jenkins 通过建立扩展的设计历史编辑器,将设计决策和原理记录下来,便于在并行工程中进行设计重用 [John, 1997]。P. J. J. Abdreus 等研究在 CAD 环境下的设计重用实例,为了实现高效和自适应的重用,提出了两种方法来存储和重用详细的工程设计:(1)交互特征识别以及参数化 CSG 树;(2)变量化方法用于表达相似设计的产品族 [Abdreus, 1999]。

国内关于设计重用的研究集中于四所大学的研究机构,分别是清华大学、浙江大学、上海交通大学和重庆大学。



清华大学 CIMS 工程技术研究中心王昕、熊光楞等就产品的设计历史建模进行了研究, 通过与产品数据管理系统的集成, 有效弥补了现有产品数据管理系统功能的不足, 并为设计历史建模以及利用设计历史支持设计回溯和设计重用提供了良好的基础和环境 [王昕, 2002] [王昕, 2001]。王昕和熊光楞提出了集成的设计原理模型, 系统提供智能信息检索、自释模拟示范、基于约束网络的相关检查、多属性决策支持的功能 [Wang, 2002]。王克明、熊光楞等分析了协同设计中产品模型信息传递技术存在的问题, 提出了基于产品特征信息重用的设计仿真协同技术 [王克明, 2002]。

浙江大学机械系工程及计算机图形学研究所的张树有、谭建荣和陆国栋就可重用设计的产品设计和进化进行了研究, 提出了基于多角度的已有产品设计信息的协同理解, 基于进化的产品设计信息的异构映射、基于网络的产品设计信息共享等方法, 较好地满足了可重用已有产品设计信息快速设计与进化的要求 [张树有, 2000]。同时, 工程及计算机图形学研究所在工程信息获取、工程信息重建、设计过程和设计历史建模、设计知识重用等方面也进行了大量研究。浙江大学生产所的祁国宁、顾新建、苏宝华等就大规模定制下产品建模技术进行了研究 [苏宝华, 1998a] [苏宝华, 1998b], 其中余军合、祁国宁和吴昭同对基于零件库标准的产品信息建模技术进行了研究 [余军合, 2002]。

上海交通大学模具 CAD 国家工程研究中心的王玉、邢渊和阮雪榆等研究了机械产品的重用策略, 给出了机械产品设计重用层次与设计重用空间的概念, 总结概括了设计重用的使能技术, 即 CAD 技术、人工智能技术和 Web 技术, 并且给出了基于这些使能技术的设计重用框架、模型和策略 [王玉, 2002a]。提出了基于重用的层次智能 CBR 检索模型以及基于重用的新产品开发研究方法 [王玉, 2000] [王玉, 2001] [王玉, 2002b]。邱浩波和李从心将面向对象的方法和特征技术应用到零件分类中, 建立了一种新的分类模型, 实现了零件级的重用 [邱浩波, 2002]。

重庆大学的张建勋、何玉林等研究了可重用集成设计单元和设计重用的理论体系, 提出了可重用集成设计单元, 用于表达、组织和管理可重用的信息 [张建勋, 2000] [张建勋, 2000a] [张建勋, 2000b]。

综合考察设计重用的相关研究, 具体到产品设计知识可重用关键技术的研究, 可以归纳为以下几方面内容: (1) 可重用知识建模技术的研究。建模技术包括可重用性的研究和模型组织技术的研究; (2) 可重用知识获取技术的研究。可重用知识的获取包括两种技术, 即“离线式”和“在线式”, 离线式技术包括可重用知识的识别技术, 可重用知识的再造技术等。“在线式”是指在进行产品设计建模的同时, 按