

共享模型驱动的机械产品定制 设计方法及应用

秦慧斌 著



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS

共享模型驱动的机械产品定制 设计方法及应用

秦慧斌 著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本专著针对国内大中型起重机械制造企业的设计现状,结合国内外大规模定制设计技术和三维设计标准,提出了共享模型驱动的机械产品定制设计方法,研究了其技术原理、关键技术、设计平台体系结构、功能模块、开发步骤和应用实例。本书注重理论学术价值与应用实施的深度融合,有助于相关机械产品企业实施定制设计技术,快速响应市场的产品个性化需要。

本书对直接从事机械产品设计的工程技术人员和相关专业的研究生有重要的学习价值,也可作为相关企业推广实施共享模型驱动的机械产品定制设计技术的培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

共享模型驱动的机械产品定制设计方法及应用 / 秦慧斌著. -- 北京:北京航空航天大学出版社,2015.12

ISBN 978-7-5124-1964-3

I. ①共… II. ①秦… III. ①机械设计 IV.

①TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 285058 号

版权所有,侵权必究。

共享模型驱动的机械产品定制设计方法及应用

秦慧斌 著

责任编辑 赵延永 张艳学

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱:goodtextbook@126.com 邮购电话:(010)82316936

北京时代华都印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×1 092 1/16 印张:13 字数:333 千字

2016 年 2 月第 1 版 2016 年 2 月第 1 次印刷 印数:1 000 册

ISBN 978-7-5124-1964-3 定价:38.00 元

若本书有倒页、脱页、缺页等印装质量问题,请与本社发行部联系调换。联系电话:(010)82317024

前 言

大规模定制(Mass Customization, MC)是基于产品族零部件和产品结构的相似性、通用性,利用标准化模块化等技术建立的一种批量生产方法,目的是缩短新产品开发周期,快速为客户提供低成本、高质量的定制产品。大规模定制已成为21世纪制造业的主流生产模式。当前大规模定制设计已从服装、家具、鞋、电脑产品的定制设计走向汽轮机、机床、汽车、工程机械等机械产品的定制设计。面向大规模定制的快速设计技术是大规模定制技术体系中的关键。

目前机械装备产品设计利用CAD系统进行的主要是面向图样的设计而不是面向模型的设计;现有的设计方法关注设计过程中局部重构和创新,缺少对MC产品整个设计过程的重新规划和模型建立;不少企业基于单机环境下开发产品的设计工具系统,没有很好地实现设计人员之间的协同设计。存在大量重复性工作,无法实现数据之间的借用,知识重用度低,同时无法保证数据的一致性和文档的安全性。

随着数字化设计与制造技术的快速发展和深入应用,三维CAD技术、CAD/CAM一体化技术在机械产品生产企业的应用日益广泛,特别是在航空、航天、汽车行业取得了快速发展,三维模型正在逐步替代二维图纸,作为技术交流和信息传递的主要方式。基于三维模型的产品设计已经成为主流的机械产品开发模式。虽然机械产品三维设计标准已经颁布执行,但其具体到行业、企业应用层的措施比较宽泛,需要结合企业实践进行细化和制定具体的应用细则。

鉴于此,本书针对国内大中型起重机制造企业的设计现状,结合国内外大规模定制设计技术和三维设计标准体系内容,提出了共享模型驱动的机械产品定制设计方法,通过完善产品模块规划、三维变型设计理论和产品重用设计方法,构建客户端、服务器、工作站(C/S/W)的多用户协同设计体系和闭环设计模式,为机械装备产品的个性化快速定制设计提供关键技术支撑。

全书共分为八章。第1章为绪论,对国内外大规模定制设计技术、起重机设计、三维设计标准的研究与应用现状进行了综述,在此基础上提出了研究“共享模型驱动的机械产品定制设计”的重要科学意义和应用价值。第2章阐述了共享模型驱动的机械产品定制设计的“相似性、重用性、共享性、模型驱动”原理,并建立了C(Client 客户端)/S(Service 服务器)/W(Workstation 工作站)的协同设计体系结构,确立了各部分的功能结构,提出了此体系结构对优化企业硬件资源配置的作用意义。第3章在三维设计标准及MBD技术的基础上,论述了机械产品定制设计规范与实施标准。第4章提出了动态全息模型的概念及其建立方法。第5章研究了变型设计的理论基础,区分了机械产品“变形设计”与“变型设计”的概

念,在研究变型设计方式、变型设计原理的基础上,建立了机械产品三维变型设计的技术流程,提出了特征、零件、部件、产品四层次的机械产品变型设计方法。第6章研究了参数化有限元分析的技术原理和实施步骤,分别以渐开线斜齿轮、齿轮变幅器、160 t 桥式起重机小车架为分析实例,以 Visual Basic 6.0 为开发语言, Solid Works 2011 为三维参数化设计平台, ANSYS 12.0 为有限元分析平台,将参数化有限元模型建立方法和参数化有限元分析方法应用于产品的分析设计之中。第7章结合三维设计与二维工程图的并存现状,研究了模型驱动后工程图的视图位置、注释位置、视图比例、材料明细(BOM)表的调整技术原理和流程,这对提高企业设计人员的出图效率有着重要的意义。第8章从机械产品定制设计平台的具体开发技术角度出发,详细论述了平台各个构成模块的功能和实现方法。在研究二次开发技术的基础上,着重对参数设计、模型驱动、有限元分析、工程图调整模块的程序实现过程进行了充分说明。应用上述研究成果,以桥式起重机桥架为设计对象,建立了其定制设计的技术流程。第9章给出了共享模型驱动的机械产品定制设计在堆垛式起重机、桥式起重机行业中的应用实施案例。

本专著研究内容得到了国家“863”计划项目“重大技术装备模块化参数化智能化协同设计系统(2005AA415240)”,山西省基础研究计划(自然科学基金)项目“基于基因模型的机械产品变型设计理论研究(2008012007)”,山西省工业科技攻关项目“面向快速定制的起重机数字化设计公共服务平台开发与应用(20090321024)”,中北大学科学基金项目“共享模型驱动的装备产品快速定制关键技术研究(2011036)”的资助,还得到了山西省研究生优秀重点创新项目(20113027)的资助,以及太原重工股份有限公司、广州起重机械有限公司、太原刚玉物流工程有限公司、大连华锐重工起重机有限公司、河南卫华重型机械股份有限公司等公司的横向合作开发项目的资助。特此感谢!

著作内容是山西省起重机数字化设计工程技术研究中心全体师生近十年来,致力于机械装备数字化设计与制造领域科研工作的凝练和总结。衷心感谢山西省起重机数字化设计工程技术研究中心主任王宗彦教授,精密加工山西省重点实验室主任吕明教授对我在学术研究生涯中的引导和悉心栽培。感谢北京航空航天大学出版社的编辑在本专著的学术出版过程中提供的帮助和支持!

由于作者学术水平有限,书中可能有不妥之处,敬请各位专家学者和同行批评指正。

秦慧斌于中北大学工字楼

2015年8月

目 录

第 1 章 绪 论	1
1.1 引 言	1
1.2 定制设计技术	1
1.2.1 大规模定制概述	1
1.2.2 大规模定制环境下设计方式的转变	4
1.3 三维设计标准	6
1.4 起重机定制设计技术现状分析	8
1.5 共享模型驱动的机械产品定制设计方法的提出	10
1.6 本章小结	11
参考文献	11
第 2 章 共享模型驱动的机械产品定制设计平台	15
2.1 定制设计原理	15
2.2 定制设计平台的框架模型	17
2.3 定制设计平台的体系结构	18
2.4 定制设计平台的拓扑结构	20
2.5 关键技术	21
2.5.1 基于 PDM 的网络化协同设计技术	21
2.5.2 分布式协同设计通信技术	21
2.5.3 分布式模块化设计技术	23
2.5.4 变型设计技术	23
2.5.5 参数化有限元分析技术	24
2.5.6 工程图调整技术	24
2.6 定制设计平台的开发步骤	25
2.7 本章小结	27
参考文献	27
第 3 章 面向模型驱动定制的设计规范	29
3.1 模型驱动的产品定制设计过程	29
3.1.1 定制设计环境下的零部件分类	29
3.1.2 产品的主模型和主文档	29
3.1.3 定制设计环境下的产品设计过程	30
3.2 模型驱动设计环境模板的制定	32
3.2.1 零件、装配体模板的设计	32

3.2.2	工程图模板的设计	32
3.2.3	属性模板的制定	34
3.2.4	各类表格模板的设计	36
3.3	模型驱动定制设计规范	37
3.3.1	草图设计规范	37
3.3.2	零件设计规范	38
3.3.3	零部件装配设计规范	40
3.3.4	工程图设计规范	42
3.4	设计重用规范	45
3.4.1	设计过程重用	45
3.4.2	产品设计文档重用	47
3.5	本章小结	47
	参考文献	47
第4章	动态全息模型的研究与应用	49
4.1	动态全息模型理论	49
4.2	基于零装配的动态全息建模方法	51
4.2.1	零装配产品设计	51
4.2.2	基于零装配动态全息建模方法	52
4.3	桥式起重机动态全息模型的建立方法	53
4.3.1	概念设计阶段	54
4.3.2	详细设计阶段	59
4.4	本章小结	62
	参考文献	62
第5章	机械产品的三维变型设计技术	63
5.1	变型设计的理论基础	63
5.1.1	变形设计与变型设计	63
5.1.2	变型设计的方式	64
5.1.3	设计原理	65
5.1.4	机械产品三维变型设计技术流程	66
5.2	特征的变型设计	67
5.3	零件的变型设计	68
5.3.1	特征驱动的零件变型设计	69
5.3.2	性能尺寸参数驱动的零件变型设计	69
5.3.3	工序驱动的零件变型设计	70
5.3.4	用户自定义特征驱动的零件变型设计	73
5.4	部件的变型设计	76
5.5	产品的变型设计	81

5.5.1 基于产品族产品系列的模块化产品规划方法	81
5.5.2 模块化产品族的两种设计模式	82
5.5.3 模块接口	84
5.5.4 产品变型设计实例	85
5.6 本章小结	86
参考文献	87
第6章 参数化有限元分析技术	89
6.1 参数化有限元分析技术原理与方法步骤	89
6.1.1 参数化有限元分析	89
6.1.2 参数化有限元分析技术的原理与实现方法	89
6.1.3 参数化有限元分析的步骤	90
6.2 齿轮的参数化有限元分析	91
6.2.1 渐开线斜齿轮的参数化建模	91
6.2.2 渐开线斜齿轮的模态分析	94
6.2.3 实验分析	95
6.3 齿轮变幅器的参数化有限元分析	97
6.3.1 齿轮变幅器的数学模型	97
6.3.2 齿轮变幅器的优化设计	98
6.3.3 齿轮变幅器的参数化设计	101
6.4 小车架的参数化有限元分析	103
6.4.1 基于 APDL 的有限元分析特征模型的建立	103
6.4.2 小车架典型部件的静力学分析	107
6.4.3 小车架定滑轮组梁的静刚度分析	109
6.4.4 小车架整体结构的静力学分析	111
6.5 本章小结	115
参考文献	115
第7章 三维模型驱动的工程图调整技术	116
7.1 机械产品三维变型设计后的工程图调整技术流程与原理	116
7.1.1 机械产品三维变型设计后的工程图调整技术流程	116
7.1.2 视图比例调整原理	117
7.1.3 位置调整原理	118
7.1.4 视图位置调整原理	120
7.1.5 装配图明细表调整原理	121
7.2 端梁三维主模型与工程图主模板的建立	123
7.2.1 端梁三维变型设计步骤	123
7.2.2 端梁工程图主模板的建立	127
7.3 端梁变型设计程序的步骤和内容	128

7.4 工程图属性信息的自动提取	129
7.4.1 程序提取工程图信息的具体步骤	129
7.4.2 程序的内容和步骤	131
7.4.3 所涉及的 API 函数功能与语法介绍	132
7.5 视图布局调整的实现步骤	133
7.6 注解布局调整的实现步骤	135
7.7 视图自动断裂的实施步骤	136
7.8 图纸格式转换的实施步骤	137
7.9 本章小结	137
参考文献	139
第 8 章 机械产品模型驱动定制设计平台的开发	140
8.1 定制设计平台的功能模块	140
8.2 设计系统开发工具的选择	143
8.3 二次开发技术	145
8.3.1 二次开发的两种方式	145
8.3.2 SolidWorks 二次开发技术	146
8.3.3 SolidWorks 二次开发实例	149
8.3.4 ANSYS 二次开发	154
8.3.5 PDMWorks 二次开发	154
8.3.6 Excel 二次开发	156
8.3.7 Word 二次开发	157
8.4 网络开发	157
8.4.1 创建 FTP 站点	157
8.4.2 构建 Web 服务器	158
8.5 定制设计平台的功能模块开发	159
8.5.1 参数设置模块	159
8.5.2 模型驱动模块	160
8.5.3 有限元分析模块	161
8.5.4 工程图调整模块	161
8.5.5 工作站并行工作原理	162
8.5.6 桥式起重机桥架的模型驱动定制设计流程	162
8.6 本章小结	163
参考文献	164
第 9 章 共享模型驱动的机械产品定制设计实例	165
9.1 堆垛机金属结构的定制设计实例	165
9.1.1 参数设置	166
9.1.2 部件模型驱动	170

9.1.3	有限元分析	171
9.1.4	工程图调整	172
9.2	铸造起重机小车架模型驱动定制设计实例	172
9.2.1	参数设置	175
9.2.2	部件设计计算校核	180
9.2.3	有限元分析设置	182
9.2.4	部件模型驱动	182
9.2.5	有限元分析校核	183
9.2.6	工程图优化调整	183
9.3	模型驱动的桥式起重机小车定制设计实例	184
9.3.1	参数设置	185
9.3.2	部件设计计算校核	189
9.3.3	部件模型驱动	190
9.4	模型驱动的桥式起重机桥架定制设计实例	191
9.4.1	参数设置	193
9.4.2	模型驱动	196
9.4.3	设计文档的生成	197
9.5	本章小结	197
	参考文献	197

第1章 绪论

1.1 引言

随着 21 世纪经济发展全球化,市场竞争日益激烈,产品生命周期缩短,交货期成为主要竞争因素;客户需求多样化、个性化,多品种小批量生产比例增大。大批量定制将定制产品的生产问题通过产品结构和过程重组转化为或部分转化为批量生产问题,尽可能减少产品内部多样化,增加产品外部多样化,实现以大批量生产的低成本、高质量和短交货期向客户提供个性化的定制产品。预计到 2030 年,定制将成为主流生产模式,将形成以客户需求为中心的模块化创新开发技术,形成机械产品行业的客户模块化定制规范,整个机械行业普遍具有以客户为中心的模块化创新开发能力^[1]。

研究表明产品成本的 60%~80%是由设计阶段决定的^[2],因此大规模定制重点要解决的问题是面向大规模定制设计。大批量定制设计将产品设计分成产品开发和快速设计两个阶段^[3]。快速设计阶段是在产品开发阶段的基础上,以产品配置为主要工具,对客户需求进行分析,实现产品变型设计与配置设计^[4]。

本书针对国内大中型起重机制造企业的设计现状,结合国内外大规模定制设计技术和三维设计标准体系内容,提出了共享模型驱动的机械产品定制设计方法,通过完善产品模块规划、三维变型设计理论和产品重用设计方法,构建客户端、服务器、工作站(C/S/W)的多用户协同设计体系和闭环设计模式,为重大机械装备产品的个性快速设计提供关键技术支撑。

1.2 定制设计技术

大规模定制(Mass Customization, MC)是基于产品族零部件和产品结构的相似性、通用性,利用标准化、模块化等技术建立的一种批量生产方法,目的是缩短新产品开发周期,快速为顾客提供低成本、高质量的定制产品。大规模定制已成为 21 世纪制造业的主流生产模式。面向大规模定制的快速设计技术是大规模定制技术体系中的关键^[5]。

1.2.1 大规模定制概述

大规模定制是一种集企业、客户、供应商、员工和环境于一体,在系统思想指导下,用整体优化的观点,充分利用企业已有的各种资源,在标准技术、现代设计方法、信息技术和先进制造技术的支持下,根据客户的个性化需求,以大批量生产的低成本、高质量和效率提供定制产品和服务的生产方式^[6]。

(1) 大规模定制的基本思想

大规模定制是一种驱动产品和服务的生产与递送的信息技术。其基本思想是基于产品族零部件和产品结构的相似性、通用性,利用标准化、模块化等方法降低产品的内部多样性。增加顾客可感知的外部多样性,通过产品和过程重组将产品定制生产转化或部分转化为零部件

的批量生产,从而迅速向顾客提供低成本、高质量的定制产品^[7,8]。

(2) 大规模定制的分类

大规模定制分为按订单销售(Sale-To-Order)、按订单装配(Assemble-to-Order)、按订单制造(Make-to-Order)和按订单设计(Engineer-to-Order)四种类型,本书重点研究按订单设计。按订单设计是指根据客户订单中的特殊需求,重新设计能满足特殊需求的新零部件或整个产品。客户订单分离点位于产品的开发设计阶段。较少的通用原材料和零部件不受客户订单的影响,产品的开发设计及原材料供应、生产、运输都由客户订单驱动。企业在接到客户订单后,按照订单的具体要求,设计能够满足客户特殊要求的定制化产品,包括供应商的选择、原材料的要求、设计过程、制造过程以及成品交付等都由客户订单决定。

(3) 大规模定制的应用与实现方法

当前大规模定制设计已从服装、家具、鞋、电脑产品的定制设计走向汽轮机、机床、汽车、工程机械、纺织机械、煤矿机械、液压机、起重机等机械产品的定制设计^[9~19]。广州丰田推出了雅力士 I-Yaris 个性定制系统,该系统打破了以往购车族的选车观念,能直接在互联网上做到亲自订车。表 1-1 列出不同类型产品的定制实现方法。图 1-1 所示为大众汽车公司的汽车定制设计平台,图 1-2、图 1-3 为芬兰科尼起重机公司为客户提供的桥式起重机定制设计方案,客户可以通过公司网站进行定制化设计。

表 1-1 不同产品的大规模定制方法^[6]

产品类别	研 发	设 计	制 造	装 配	销 售	典型案例
服 装	样片设计、面料图案设计	变型设计、面料图案设计	面料定制、自动化裁剪	混流型流水线、专业化分工	专卖店定制、网上定制	雅戈尔公司的西装定制
计算机	模块化、标准化	组合设计	大批量预制模块化的零部件	混流型流水线	按结构进行定制	戴尔计算机公司的网上直销
汽 车	不同公司的零部件通用化	组合设计	大批量预制模块化的零部件	混流型流水线	按功能和结构进行定制	福特汽车发动机的模块化、福特公司汽车的网上定制
机 床	模块化	变型设计、组合设计、适应性设计	大批量预制模块化的零部件、部分零部件定制	单件装配	按结构进行定制	德国 SHW 全系列化、模块化工具铣床

(4) 基于网络的零部件定制设计平台

大批量定制的关键技术之一是尽可能减少产品的内部多样化,用大量的标准件和通用件组成个性化产品。基于 Web 的零件库作为专业的标准件、通用件网络定制设计平台,可以便捷地为客户提供各种价廉物美的标准件和通用件;国外基于 Web 的零件库有 www.traceparts.com, www.3dcontentcentral.com, www.partsolutions.com, www.strack.de, www.cad-click.com 等,国内基于 Web 的零件库有 www.3dsource.cn, www.my3dparts.com 等。国内零件库与国外零件库相比,在零部件数量、行业种类、专业性、查询方式、支持的三维标准等方面都存在较大差距。

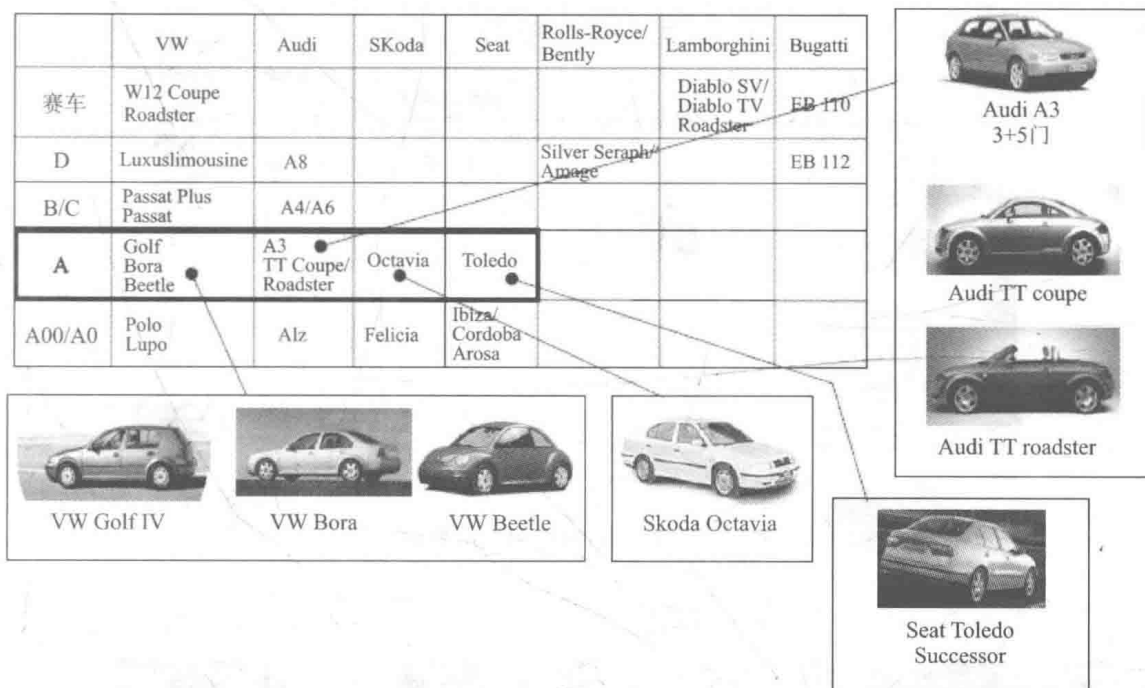


图 1-1 大众汽车公司的 A-Platform^[6]

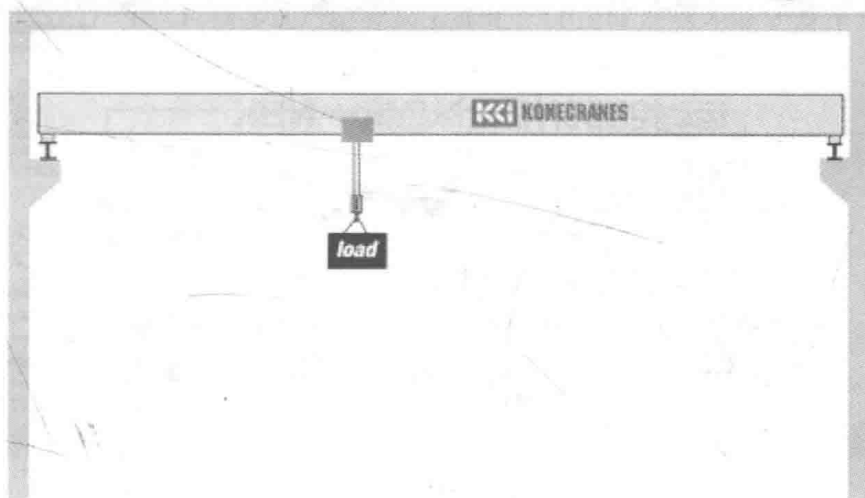


图 1-2 起重机总起升重量的设定界面

杭州新迪数字工程系统有限公司于 2007 年 6 月开发完成的新迪 3D 零件库(3DLib)正式投向市场,网络域名为 <http://www.3dsource.cn>,如图 1-4 所示。新迪 3D 零件库全面收录了最新标准的各类标准件、通用件(GB、JB 标准),以及电机、液压、气动、管路附件、机床夹具、传动设备、起重机械等。目前,3DSource 零件库是国内支持 CAD 平台最多、支持标准最新、包含零部件种类最为丰富的零件库平台,提供了 1 500 多万个标准件、常用件和厂商件的三维 CAD 模型,帮助数百万工程师提高设计品质和效率,助力产品设计。

济南迈迪数码技术有限公司建立了面向装备制造业的产品推广网络平台——迈迪网(<http://www.my3dparts.com>),如图 1-5 所示。迈迪网收纳了国内外众多优秀配件生产企业

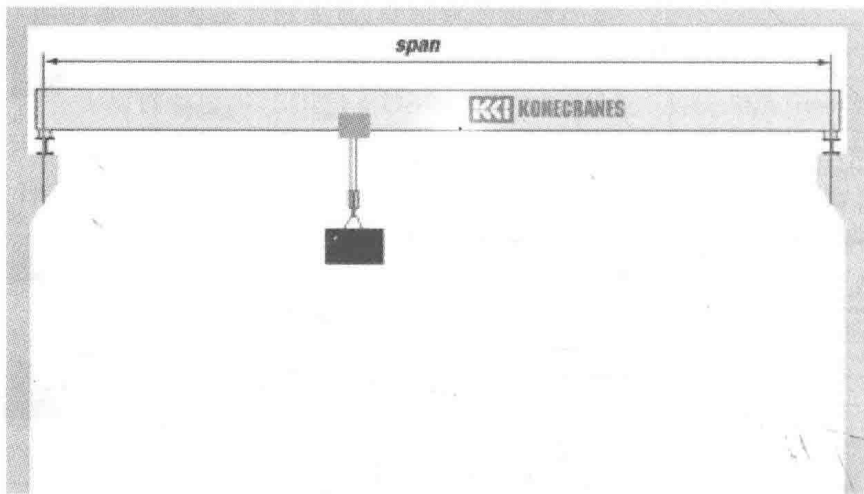


图 1-3 起重机跨度的设定界面



图 1-4 新迪 3D 零件库 (<http://part.3dsources.cn>)

的主要产品,制作了精细的产品三维模型,有效帮助主机厂的设计人员快速方便地选用合适的配件,使配件企业的产品直接推广到设计者的桌面上,大大简化了销售过程,为配件生产企业节约了大量的市场推广费用。

1.2.2 大规模定制环境下设计方式的转变

通常情况下,可以将一个产品中的零部件分成新设计零部件、适应性设计零部件、变型设计零部件和标准件四种类型。根据德国机械制造工作者协会的调查,制造业产品零部件中的 55%采用适应性设计,20%采用变型设计(包括配置设计),25%属于创新性设计。大规模定制设计环境下应该尽量减少新设计零部件和适应性设计零部件的数量,加大变型设计零部件和



图 1-5 迈迪网 (<http://www.my3dparts.com>)

标准件、通用件的比例,用尽可能少的零部件种类组合成尽可能多种类的产品,即以尽可能少的产品内部多样化,产生尽可能多的产品外部多样化。大规模定制环境下设计方式的转变如图 1-6 所示^[6]。

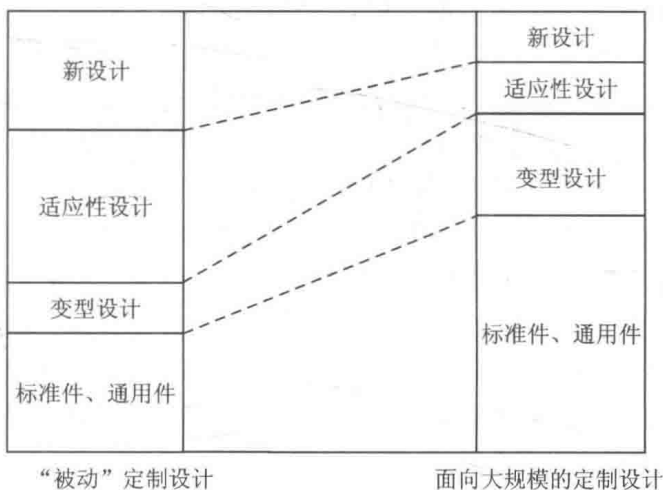


图 1-6 设计方式的转变

新设计零部件是根据客户的需求重新设计的,这类零部件技术成熟度低,对产品成本、生产周期和产品质量的影响重大。在产品开发设计中应该尽量减少这类零部件的使用。

适应性设计零部件是在保持产品原理、方案基本不变的前提下,在原有零部件的基础上对零部件的某些局部功能和结构进行修改后得到的零部件。适应性设计技术要求较高,对产品的成本、生产周期和质量的影响也比较大,也应尽量减少这类零部件的使用。

变型设计零部件不改变已有零部件的基本功能、原理和总体结构,仅改变原有零部件的尺

寸、局部结构形式和工程约束,以适应新的需求。在科学的建模方法以及 CAD/CAE 技术支持下可以高效地实现变型设计。应该尽量提高这类零部件在产品中的比例。

在产品中还应该尽可能地多使用标准件(企业通用件),这样做既有成本方面的优点,又能保证产品的质量和生产周期。

1.3 三维设计标准

产品的设计定义技术发展大致经历了“二维设计、二维出图”“三维设计、二维出图”和“基于三维模型全面定义”三个阶段。随着数字化设计与制造技术的快速发展和深入应用,三维 CAD 技术、CAD/CAM 一体化技术在机械产品生产企业的应用日益广泛,特别是在航空、航天、汽车行业取得了快速发展,三维模型正在逐步替代二维图纸,作为技术交流和信息传递的主要方式。基于三维模型的产品设计已经成为主流的机械产品开发模式。在这种情况下,传统二维标准在很多方面已无法完全适用,而以三维模型为核心的新一代数字样机标准规范是解决此类问题的唯一途径。

MBD 是基于模型定义(Model Based Definition)的缩写,是一种基于三维模型的产品数字化的定义技术。它采用三维数字化模型对产品数字化信息的完整描述,包括对三维空间实体模型的尺寸、几何形状、公差、注释的标注和对产品的非几何信息进行标注(产品物理特征、制造特征、数据管理特征、状态特征的属性)以及零件表的描述。MBD 系列标准源于美国机械工程师协会颁布的数字化产品定义规范(ASME Y14. 41—2003 Digital Product Definition Data Practices)。此后,波音公司在该标准基础上根据公司具体实践制定了 BDS 600 系列标准,并应用于 2004 年开始的波音 787 客机设计中。ASME Y14. 41 标准后来上升为 ISO 16792—2006 国际标准。

基于 ISO 16792—2006,我国制定和颁布实施了机械产品三维设计国家标准,标准体系如表 1-2 所列,其中包括国家标准 GB/T 24734. 1—2009(《技术产品文件数字化产品定义数据通则》)、GB/T 26099—2010(《机械产品三维建模通用规则》)、GB/T 26100—2010(《机械产品数字样机通用要求》)、GB/T 26101—2010(《机械产品虚拟装配通用技术要求》)^[20~36]。

表 1-2 中数字化产品定义数据通则适用于与数字化产品定义相关的应用、开发、服务与研究,各标准的具体内容如下:

- ① GB/T 24734. 1—2009 规定了与数字化产品定义数据密切相关的术语和定义;
- ② GB/T 24734. 2—2009 对三维 CAD 应用(数字化产品定义)中数据集的识别、相关数据以及数据管理给出了规范性的要求;
- ③ GB/T 24734. 3—2009 规定了数据集的通用要求,并对模型、通用方法、管理数据、保护性标记以及模型绘图等方面进行了规定;
- ④ GB/T 24734. 4—2009 给出了三维 CAD 设计模型的几何比例、精度、模型完整性、装配模型完整性、安装模型完整性等方面的要求;
- ⑤ GB/T 24734. 5—2009 给出了产品定义数据在显示、相关性、属性、标注面、指引线、公差、查询、正投影图以及轴测图等方面的规定;
- ⑥ GB/T 24734. 6—2009 给出了三维 CAD 应用中几何建模特征的术语和定义、分类等方面的规范化要求;

表 1-2 机械产品三维设计标准体系表

标准名称	标准代号	内 容	发布日期	实施日期
数字化产品定义数据通则	GB/T 24734.1—2009	术语与定义	2009-11-30	2010-09-01
	GB/T 24734.2—2009	数据集识别与控制	2009-11-30	2010-09-01
	GB/T 24734.3—2009	数据集要求	2009-11-30	2010-09-01
	GB/T 24734.4—2009	设计模型要求	2009-11-30	2010-09-01
	GB/T 24734.5—2009	产品定义数据通用要求	2009-11-30	2010-09-01
	GB/T 24734.6—2009	几何建模特征规范	2009-11-30	2010-09-01
	GB/T 24734.7—2009	注释要求	2009-11-30	2010-09-01
	GB/T 24734.8—2009	模型数值与尺寸要求	2009-11-30	2010-09-01
	GB/T 24734.9—2009	基准的应用	2009-11-30	2010-09-01
	GB/T 24734.10—2009	几何公差的应用	2009-11-30	2010-09-01
	GB/T 24734.11—2009	模型几何细节层级	2009-11-30	2010-09-01
机械产品 三维建模 通用规则	GB/T 26099.1—2010	通用要求	2011-01-10	2011-10-01
	GB/T 26099.2—2010	零件建模	2011-01-10	2011-10-01
	GB/T 26099.3—2010	装配建模	2011-01-10	2011-10-01
	GB/T 26099.4—2010	模型投影工程图	2011-01-10	2011-10-01
数字样机通用要求	GB/T 26100—2010	数字样机的分类、构成、模型要求、建构要求、应用及管理要求	2011-01-10	2011-10-01
虚拟装配通用技术要求	GB/T 26101—2010	总体要求、装配过程规划、结果评定与要求	2011-01-10	2011-10-01

- ⑦ GB/T 24734.7—2009 规定了 CAD 模型和 CAD 图形中应用注释的具体要求；
- ⑧ GB/T 24734.8—2009 规定了 CAD 模型值查询、圆整尺寸、基本尺寸以及极限尺寸的要求，同时也包含 CAD 模型和 CAD 图形中相关性和尺寸的共同要求；
- ⑨ GB/T 24734.9—2009 规定了产品数字化定义过程中与模型相关联的基准标识符、基准目标标识符和有关信息的规则，并给出了基准要素与模型坐标系相关联时的要求；
- ⑩ GB/T 24734.10—2009 规定了产品数字化定义过程中几何公差应用的要求，包括几何公差的布置、标注和显示的要求；
- ⑪ GB/T 24734.11—2009 规定了产品数字化定义过程中三维模型的标准级表示、简化级表示和扩展级表示。

表 1-2 中机械产品三维建模通用规则各标准的具体内容与适用范围具体如下：

① GB/T 26099.1—2010 规定了机械产品三维建模术语、模型分类与构成、建模通用要求、模型文件的命名原则、模型检查以及模型管理要求。适用于机械产品三维建模过程中三维数字模型的构建、应用及管理；

② GB/T 26099.2—2010 规定了零件建模的总体原则、总体要求、详细要求以及模型简化、检查、发布与应用。适用于机械零件的三维建模过程中模型的构建、应用和管理；

③ GB/T 26099.3—2010 规定了机械产品进行装配建模的通用原则、总体要求、装配层级