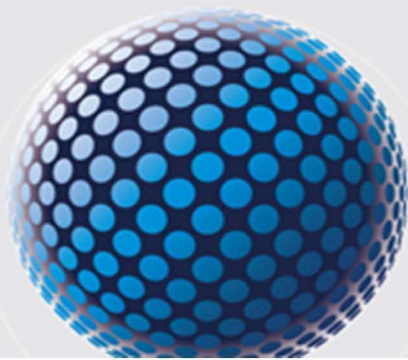




机械结构三维参数化 ■ 建模与开发

JI XIE JIE GOU SAN WEI CAN SHU HUA
JIAN MO YU KAI FA

■ 吴淑芳 陆春月 著

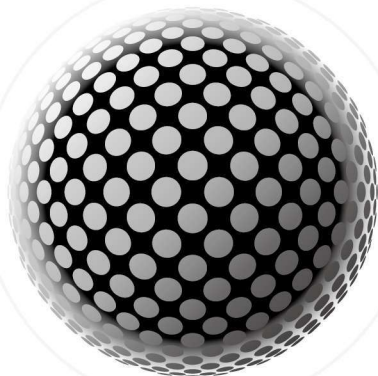


 吉林大学出版社
JILIN UNIVERSITY PRESS

机械结构三维参数化 ■ 建模与开发

JI XIE JIE GOU SAN WEI CAN SHU HUA
JIAN MO YU KAI FA

■ 吴淑芳 陆春月 著



图书在版编目(CIP)数据

机械结构三维参数化建模与开发/吴淑芳, 陆春月著.
—长春: 吉林大学出版社, 2013. 6
ISBN 978-7-5677-0221-9

I. ①机… II. ①吴… ②陆… III. ①机械设计—结构
参数 IV. ①TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 136318 号

书 名: 机械结构三维参数化建模与开发
作 者: 吴淑芳, 陆春月 著

责任编辑、责任校对: 陈颂琴 刘子贵
吉林大学出版社出版、发行
开本: 710 × 1000 毫米 1/16
印张: 19 字数: 288 千字
ISBN 978-7-5677-0221-9

封面设计: 中尚图
北京紫瑞利印刷有限公司 印刷
2013 年 7 月 第 1 版
2013 年 7 月 第 1 次印刷
定价: 42.00 元

版权所有 翻印必究
社址: 长春市明德路 501 号 邮编: 130021
发行部电话: 0431-89580026
网址: <http://www.jlup.com.cn>
E-mail: jlup@mail.jlu.edu.cn

前 言

随着 CAD 技术的快速发展，传统的二维设计正在逐步地被三维设计取代，典型的三维软件 CATIA、UG NX、Pro/E、SolidWorks、Solid EDGE 等的出现促进了三维设计的发展，三维 CAD 软件成为了很多企业的设计平台。然而，企业要真正推广三维设计，提高设计效率和准确性，提升公司的竞争力，必须根据自身需求对三维软件进行二次开发。

本书详细介绍了使用三维设计软件进行机械产品参数化建模和开发的相关技术。全书主要分为两大部分，第一部分介绍了机械产品三维参数化建模的相关技术和方法，主要对零件参数化建模方法、装配体参数化建模方法和参数化工程图制作技术进行了详细介绍；第二部分主要叙述了用 Visual Basic 语言对三维软件 SolidWorks 和 Solid EDGE 进行二次开发的技术，实现零部件的参数化模型驱动和工程图的自动优化，并配有相关实例，帮助读者加强对内容的理解。

本书内容是笔者对其所在中北大学 CAD/CAM 工程技术研究中心多年来科研工作的总结。该中心自 2000 年以来一直致力于 CAD/CAM 与制造业信息化、重大机械装备三维参数化数字化设计与制造平台建设的研究，目前已完成多项纵横项课题。本书内容的编写正是得益于这些课题研究成果的支持，因此，特别感谢中心主任王宗彦教授对本书编写工作提供的技术支持和帮助。

同时本书的顺利完成也得益于以下项目的支持：（1）山西省科技厅项目

——“基于广义参数化的机械产品优化设计技术研究”；(2) 山西省教育厅项目——“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”；(3) 中北大学青年基金——“基于局域网的起重机参数化设计技术研究”。

通过本书，设计人员不仅可以更好的学习三维软件 SolidWorks 和 Solid EDGE 的强大的功能，还可以了解三维设计的高级开发技术。衷心希望本书能为企业设计人员以及从事 CAD 教学和科研的大专院校师生提供一定帮助。

另外，感谢对本书编写工作作出贡献的师兄弟姐妹们：赵健、王晨、李戡、翟荣斌、张丽琼、杨芬、曾清平、李振兴、刘超然、车璐、张斌、李亚等。感谢为本书编写和校稿工作做出贡献的王宗彦教授。在他们的大力协助和支持下，书稿才得以顺利完成，在此，向他们献上最诚挚的谢意！

由于作者水平有限，书中的不足和错误在所难免，恳请各位同仁和专家批评指正。

作者
2013 年 5 月

目 录

CONTENTS

第一部分 三维参数化建模

第 1 章 参数化技术基础	1
1.1 参数化定义本质及意义	1
1.1.1 参数化的定义及本质	1
1.1.2 参数化的意义	3
1.2 参数化技术现状	4
1.2.1 参数化技术的发展历程	4
1.2.2 参数化设计技术应用现状	6
1.3 参数化分类	7
1.3.1 狭义参数化技术	7
1.3.2 广义参数化技术	7
1.4 参数化平台介绍	9
1.5 本章小结	14
思考与提示	15
参考文献	15
第 2 章 参数化零件三维建模	16
2.1 参数化模板	16
2.1.1 参数化模板的概念	16

2.1.2 模板的定制	16
2.2 零件的全约束建模技术	16
2.2.1 零件草图全约束方法	17
2.2.2 零件属性设置	23
2.3 系列化零件建模技术	24
2.3.1 配置技术	24
2.3.2 系列零件表	25
2.4 实例	26
2.4.1 零件模板定制实例	26
2.4.2 零件建模	38
2.4.3 零件系列化(螺栓)(定位件)	41
思考与提示	47
参考文献	47
第3章 参数化装配体建模	48
3.1 概述	48
3.2 自底向上的装配	50
3.2.1 概念	50
3.2.2 方法	52
3.2.3 装配约束关系的编辑操作	55
3.2.4 装配体中的 Feature Manager 设计树	64
3.2.5 零部件的配合诊断(MateXpert)	66
3.2.6 零部件的阵列	68
3.2.7 零部件的镜像	69
3.2.8 零部件的状态	71
3.2.9 装配体的爆炸视图	74
3.3 自顶向下的装配	76

3.3.1 概念	76
3.3.2 方法	77
3.4 基于布局草图的参数化装配	80
3.4.1 布局草图	80
3.4.2 参数化装配	81
3.4.3 参数传递	83
3.5 实例	85
3.6 本章小结	91
思考与提示	91
参考文献	91
第4章 参数化工程图技术	92
4.1 工程图模板	92
4.1.1 模板作用及内容	92
4.1.2 模板定制	92
4.2 视图的处理	98
4.2.1 视图处理内容	99
4.2.2 视图生成	99
4.2.3 装配图假想画法的参数化表达	102
4.2.4 视图调整	107
4.2.5 视图注释	118
4.3 明细表的处理	125
4.4 零件序号的处理	125
4.5 实例	126
4.6 本章小结	132
思考与提示	132
参考文献	132

第二部分 参数化程序开发

第 5 章 参数化程序设计基础	135
5.1 参数化设计思路	135
5.2 设计方法	138
5.2.1 程序开发环境介绍	138
5.2.2 开发方式	145
5.3 SolidWorks 开发技术	162
5.3.1 开发流程	162
5.3.2 编程向导	167
5.4 SolidEdge 开发技术	172
5.4.1 开发流程	172
5.4.2 编程向导	175
5.5 本章小结	178
思考与提示	179
参考文献	179
第 6 章 零件的参数化程序开发与实例	180
6.1 概述	180
6.2 零件的参数化方法和程序开发	180
6.2.1 零件操作的程序实现	181
6.2.2 零件模型的参数化程序开发技术	187
6.3 函数介绍	204
6.4 实例	206
6.5 本章小结	214

思考与提示	214
参考文献	214
第7章 装配体参数化程序开发与实例	215
7.1 概述	215
7.2 函数介绍	215
7.3 装配体参数化方法与程序开发	216
7.3.1 装配体操作的程序实现	216
7.3.2 部件参数化程序开发技术	223
7.4 实例	246
7.5 本章小结	251
思考与提示	251
参考文献	251
第8章 工程图参数化程序开发与实例	253
8.1 工程图参数化的内容	253
8.2 视图比例的程序化调整	255
8.3 视图位置的程序化调整	258
8.3.1 投影视图	260
8.3.2 局部及裁剪视图	260
8.3.3 尺寸标注位置调整	262
8.3.4 焊接符号位置调整	268
8.3.5 视图自动断裂	270
8.4 明细表的程序化调整	271
8.5 零件序号的程序化调整	274
思考与提示	281
参考文献	281

第9章 综合实例	282
9.1 参数化三维建模	282
9.2 参数化装配	284
9.3 参数化工程图技术	287
9.4 参数化程序开发	288
9.4.1 参数化驱动程序实现	288
9.4.2 数据库的使用	288
9.4.3 系统程序开发	290
思考与提示	292
参考文献	292



第一部分 三维参数化建模

第 1 章 参数化技术基础

当今，市场竞争日益加剧，市场分割争夺异常激烈。在这种情况下，大多数制造厂家都生产很多品种的产品，从而导致企业生产系统的适应能力不能满足要求，产品设计的技能有待于提高。众所周知，几乎所有产品的设计都是改进型产品设计，而且超过半数的产品设计信息在设计新产品时被保留或重新利用，参数化技术就在这样的背景下应运而生。

1.1 参数化定义本质及意义

1.1.1 参数化的定义及本质

目前，参数化技术已在 CAD 领域中占据了相当重要的位置，参数化设计是简化机械设计过程的一个有效手段，同时也是机械设计领域发展的一个方向。自参数化技术诞生以来，人们便开始以“参数化的方式”来思考设计问题，那什么是参数化呢？以往的一些书籍将参数化技术定义为保持给定的约束条件和几何拓扑结构的前提下，按用户给定的参数值刷新模型。在模块化设计技术、数据库技术等相关理念发展的今天，参数化技术汲取了新的营养，并被赋予了新的概念：

参数化技术是在保持产品基本功能、原理和总体结构不变的情况下，以拓扑约束、尺寸约束、工程约束驱动为技术基础，对产品局部结构、尺寸和约束关系进行调整或变更，不仅包括对部分特征驱动尺寸的修改使其

他关联尺寸得到相应修改而产生结构相同但尺寸不同的零件系列三维模型,而且包括基于三维参数化模型驱动后与之相关联工程图的视图位置、比例、尺寸、注释、BOM表等相关信息的自动更新,零部件之间的装配关系,生产制造的下游工装夹具、工艺规程规划、NC代码等参数化关联设计等,乃至整个产品生命周期的参数化设计。

综上所述,参数化技术可定义为:用参数来控制产品的设计思路和设计过程,利用图形中蕴涵的知识信息来进行推理、求解,以重现用户的设计意图,加快产品朝着人们预期方向发展的一种设计方法。

在参数化设计(Parametric Design)过程中,设计人员根据客户或者市场需求,充分利用企业现有资源、经验等,按照工程关系和几何关系提出设计要求。为了满足这些设计要求,不仅需要考虑尺寸或工程参数的初始状态或数值,而且要在每次改变这些设计状态和数值时来维护原有的基本关系。在设计的后续阶段,如需进行工程或者几何关系方面的变更,可通过建立设计实体间的参数关联关系,既省时又省力。用户在各个实体模型或模块之间建立的相关信息越多,就能越迅速地想出新的解决方案时,将其应用于设计中。

参数化设计实质上就是一种将实体图形的尺寸值与满足设计要求的设计条件或约束条件相关联,即以设计条件为自变量,实体图形尺寸为函数值,以实体图形的主要尺寸为自变量,非关键尺寸为函数值的“函数关系”或驱动机制。当设计要求发生变化时,只需调整约束条件和部分主要尺寸,通过程序或尺寸驱动,就可以得到新的实体。工程设计人员在产品设计初期无需考虑具体细节而能够尽快草拟零件形状和轮廓草图,并可以通过局部修改和变动某些约束参数而不必对产品设计的全过程进行重新设计。由于产品的整个设计过程就是约束规定、约束变换求解以及约束评估的约束求精过程,参数化方法的本质即是基于约束的产品描述方法。

参数化技术是以约束为核心而又比约束自由造型技术更新颖、更好的造型技术。该技术将复杂的机械设计过程分解为三个子过程,即设计草

图、约束草图以及求解约束。参数化技术具有以下三方面的优点：

(1) 设计人员无需过多考虑初始设计，只需勾绘草图即可，之后通过添加合理的约束来获得精确图形；

(2) 便于系列化设计，可通过尺寸的修改得到同种规格零件的不同尺寸系列零件；

(3) 便于编辑、修改，能满足反复设计需要。在设计任一环节发现不合理情况时，设计者方便地修改约束从而得到新的设计。

这些优点使得参数化技术支持整个设计过程的需要。将功能需求转化为合理的设计约束。设计者可以通过控制设计约束方便灵活地实现设计目的。

1.1.2 参数化的意义

参数化技术目前已广泛应用于制造业和建筑业中。在建筑空间造型艺术领域，参数化技术已席卷全球，在很多世界级的大型建筑项目中已经得到了证实。如阿塞拜疆文化中心、国家体育场“鸟巢”数字模型、玛丽莲·梦露大厦参数化建模和一些住宅楼、写字楼的参数化建模和设计。

在制造业领域，无论是精密零件还是大型机械，甚至是复杂产品的设计，都有参数化技术的身影。参数化方法是实现计算机辅助设计（Computer Aided Design，简称 CAD）的重要手段，是提高产品设计效率的重要方法，为推进制造业自动化进程开辟了途径。参数化设计可以大大提高模型的生成和修改的速度，在产品的快速设计、系列化设计和大规模定制设计及专用 CAD 系统开发方面都具有较大的应用价值。可以避免机械产品开发过程中的重复性劳动和资源浪费，提高产品的设计效率，缩短产品的开发周期，使设计人员从繁重的计算与绘图工作中解脱出来，将主要精力放到创造性的设计工作中去。与此同时，参数化设计也是提高企业产品创新能力的关键技术之一。

机械产品三维参数化设计应用水平的高低将直接决定企业设计效率、

设计质量的高低和企业核心竞争力的强弱。

1.2 参数化技术现状

参数化概念是设计思想上的一次革命，在其发展过程中经历了很多挫折和挑战。

1.2.1 参数化技术的发展历程

参数化技术最早始于国外。它的研究工作可追溯到 Sutherland 早期的 Sketchpad 系统中提出的用非线性方程来表示几何约束确定二维几何形体位置的思想。20 世纪 70 年代末期，美国麻省理工学院的 D. C. Grossard 教授将其扩展并提出变量几何的概念。为表示平面之间的尺寸约束，他引入了相对位置操作显示，并由相对的位置操作与混合 CSG/Breps 表示一起组成几何约束模型，最后通过对位置操作和布尔运算实现尺寸驱动；这对当时的 CV 和 Applicon 两家 CAD 系统都有影响，但影响不大。随后，Dixon 教授采用结合面来表示形状特征之间的定位约束关系，通过在其父特征结合面上建立子特征的相对坐标系支持变动设计。通过前人的积累，直至 1987 年底美国参数技术公司（Parametric Technology corporation）推出以参数化、特征技术为基础的新一代实体造型技术后，变量化设计的真正威力在 CAD 界得以显现，各界纷纷仿效，变量设计成了新的 CAD 标准，参数化设计才得到迅速发展；同年，从麻省理工学院毕业的几位博士创办了 Premise 公司，认真实现 Gossard 的理论思想，形成了微机 and Windows 环境下的商品软件，称作 DesignView。

20 世纪 80 年代初，为满足制造业对 CAD/CAM 集成的需要，人们开始研究特征和特征造型。而特征应用的一个重要前提就是参数化设计。80 年代中后期，具有代表性的两家公司 Parametric Technology corporation 和 SDRC 分别开发出了以特征为对象的特征造型软件系统 PRO/ENGINEER 和 I-DEAS，均能在一定范围内实现对特征的参数设计；而且 I-DEAS 第六

版的 DRAFT 模块中提出了一项新的交互作用技术：“动态导航技术”，该技术利用从工程制图标准抽象出来的规则预测下一步操作的可能，大大方便了操作。动态导航技术和参数化技术目前已成为大多数 CAD 系统的主要功能和目标。在现有的三维 CAD 系统中，它们大致是这样实现的：利用动态导航技术或其他草图技术迅速生成用以构造三维特征的二维轮廓（PROFILE），这个轮廓准确的位置和尺寸都不必在草图输入时给出，而可以在以后的参数设计过程中得到。再利用系统的拉伸或回转等其他手段来生成三维特征。有了这个基础，再加上一棵记录造型过程的 CSG 树，就可完成对最后模型的“参数”设计。但值得强调的是，这里的参数并不是最后模型的设计参数，而是完成造型过程的造型参数。

在参数化发展和实现的过程中，很多科学家做出了贡献。Roller D, Schonek F. 和 Verroust 提出了基于尺寸参数的参数化设计系统，他们称其为尺寸驱动 CAD 系统，该系统根据 CAD 系统中（一个或多个）关键尺寸的变化而调整几何模型；Roller D, Kondo K., Watson S. 先后提出了作图规则匹配法，几何作图局部求解法等参数化设计算法；Hillyard, Light 等把尺寸和公差视为特征点间约束；Suzuki 用一阶谓词表示产品模型，用规则来表示二维尺寸约束，用约束传播、ATMS 等技术进行模型参数化；Rossignac, Requicha, Wickens 等研究了在 CSG 中指定或自动提取约束层次；Roller 等的二维参数化设计中，几何约束是通过在绘图命令中引入约束信息来取得的，John 实现了一个基于约束的三维模型编辑器；Mavromihales, M. 和 Weston W. 在电机制造系统中应用了参数化方法绘制草图。

相对于国外，国内对参数化技术研究较迟，主要集中在最近二十几年里。参数化技术随着 CAD 技术的发展得到广泛而深入的重视，各种有关参数化设计的理论与方法不断被提出。例如，李海峰等提出了用辅助线来实现参数化绘图；高曙明等提出一种面向特征造型的参数化设计方法，对三维几何约束在初始设计阶段采用高层表示，并基于面向特征造型的高层几何约束模型与约束传播实现尺寸驱动几何，从而能够有效地支持特征设

计、初始设计；沈剑等提出一种基于变分几何的参数化设计绘图方法，根据对实际工程图纸的分析，将图纸信息分解为结构图元与轮廓两大部分，并对传统变分几何的设计方法作了大量的改进，提高了设计绘图效率；陈兴、立德群、郑文生等人建立了采用尺寸叠加算法为基础，建立图形结点与尺寸参数关系的参数化图形库开发工具，并在注射模 CAD 中得到应用；刘升明、李建军、肖祥芷针对冲压产品提出了参数化建模系统 PIGM (Parametric&Interactive Geometric Modeller System)，该系统应用基于几何约束的代数方法和基于图形数据的尺寸方法，通过代数方法处理由草图生成正规图的复杂约束情况，通过尺寸驱动法对数据库进行操作；高曙明、陈正鸣、彭群生开发了一个基于几何推理的参数化设计系统 PADS (Parametric Design System)；林峰等提出基于图形数据的图形参数化方法；张林煊等提出了一种基于积木式拼接思想的零件图参数化设计方法。

1.2.2 参数化设计技术应用现状

事实上，一般制造企业的新产品普遍都具有很强的继承性和系列化特性，参数化设计则得到广泛的应用。而现在常用的产品设计手段，包括应用二维和三维 CAD 技术，多数情况下都是三维 CAD 技术，近年来，三维参数化设计已成为 CAD 领域研究的热点。

通过总结三维 CAD 软件参数化功能模块的使用研究发现，目前各软件参数化模块的功能主要存在以下几方面的问题：

(1) 零件参数变量基本没有建立任何函数关系，不是所有参数变量都存在约束，这样在变更参数后模型更新不成功，出现变形甚至拓扑关系错误。

(2) 变更参数时，基本上没有包括基于三维参数化模型驱动后与之相关联工程图及后续相关信息的自动更新，从而导致装配体零部件之间参数关系混乱。

(3) 零部件在参数化设计时，缺乏必要的、常用的集成设计计算工具