



21世纪高等学校机械设计制造
及其自动化专业系列教材

机构与机械零部件CAD

(第二版)

戴 同 主 编

张 春 林 主 审

华中科技大学出版社

HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

E-mail: hustpp@wuhan.cngb.com



21 世纪高等学校机械设计
制造及其自动化专业系列教材

机构与机械零部件 CAD

(第二版)

戴 同 主编

张春林 主审

华中科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

机构与机械零部件 CAD(第二版)/戴 同 主编
武汉:华中科技大学出版社,2003 年 10 月
ISBN 7-5609-1967-7

I. 机…
II. 戴…
III. 机械设计;计算机辅助设计-高等学校-教材
IV. TH122

21 世纪高等学校

机械设计制造及其自动化专业系列教材
机构与机械零部件 CAD(第二版)

戴 同 主编
张春林 主审

责任编辑:钟小珉

封面设计:潘 群

责任校对:朱 霞

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:华中科技大学出版社照排室

印 刷:华中科技大学印刷厂

开本:787×1092 1/16

印张:15.75

字数:308 000

版次:2003 年 10 月第 2 版

印次:2005 年 9 月第 3 次印刷

定价:19.80 元

ISBN 7-5609-1967-7/TH·102

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内 容 简 介

本书紧密结合机械类主干基础课程“机械原理”和“机械设计”的教学内容,介绍了 CAD 技术在机构与机械零部件设计中的应用。主要包括:CAD 技术概论、机械设计编程基础、典型机构与机械零件的设计程序编制、工程数据库基础、CAD 图形系统、机械优化设计、有限元分析、机械零部件的概率设计等。本书旨在突出应用,在扼要介绍上述几种设计方法基本理论的基础上,着重讲述如何运用现代设计方法求解一般机械设计问题,并配以上机练习。

本书可与《机械原理》、《机械设计》教材配套使用,亦可单独使用;既可作为高等学校工科机械类及近机械类专业本、专科学生的“机械 CAD”课程的教材,也可供机械工程技术人员参考。

21 世纪高等学校
机械设计制造及其自动化专业系列教材
编 审 委 员 会

顾问： 姚福生 黄文虎 张启先
 (工程院院士) (工程院院士) (工程院院士)

 谢友柏 宋玉泉 艾 兴
 (工程院院士) (科学院院士) (工程院院士)

 熊有伦
 (科学院院士)

主任： 杨叔子 周 济
 (科学院院士) (工程院院士)

委员： (按姓氏笔画顺序排列)

于骏一	王明智	毛志远	左武炘	卢文祥
朱承高	师汉民	刘太林	李培根	吴昌林
吴宗泽	何玉林	陈康宁	陈心昭	张春林
张福润	张 策	张健民	冷增祥	范华汉
周祖德	洪迈生	姜 楷	黄纯颖	童秉枢
傅水根	傅祥志	廖效果	黎秋萍	戴 同

秘书： 钟小珉 徐正达

21 世纪高等学校 机械设计制造及其自动化专业系列教材

总 序

发展是硬道理,而改革是关键。唐代大诗人刘禹锡写得多么好:“请君莫奏前朝曲,听唱新翻《杨柳枝》”。这是这位改革派的伟大心声。

1998 年教育部颁布了新的普通高等学校专业目录。这是一大改革。为满足各高校开办“机械设计制造及其自动化”宽口径新专业教学的需要,华中科技大学出版社在世纪之交,千年之替,顺应时代潮流,努力推出了“机械设计制造及其自动化”专业系列教材。这套系列教材是在众多院士支持与指导下,由全国 20 余所院校数十位长期从事教学和教学改革工作的教师经多年辛勤劳动编写成的,它有特色,能满足机械类专业人才培养要求。

这套系列教材的特色在于,它紧密结合“机械类专业人才培养方案及教学内容体系改革的研究与实践”与“工程制图与机械基础系列课程教学内容和课程体系改革的研究与实践”两个重大教学改革项目,集中反映了华中科技大学和国内众多兄弟院校自实施教育部“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”以来,在改革机械类专业人才培养模式和课程内容体系方面所取得的成果。

这套系列教材是完全按照两个重大教学改革项目的成果所提出的“机械设计制造及其自动化”宽口径专业培养方案中所设置的课程来编写的。这一培养方案的一个重要特点是:专业基础课按课群方式设置,即由力学系列课程,机械设计基础系列课程,计算机应用基础系列课程,电工、电子技术基础系列课程,机械制造技术基础系列课程,测控系列课程,经营管理系列课程等七大课群组成,有效拓宽专业口径和专业基础,体现了机械类专业人才培养模式的改革。

同时专业基础课按课群设置,也有利于加强课群内各门课程在内容上的衔接,有利于课程体系的进一步整合、优化及改革。专业基础课按七大课群设置,这得到了全国高校机械工程类专业教学指导委员会的充分赞同。

21 世纪工程教育的一个基本特征就是“适应性”，就是坚持邓小平同志指出的教育的“三个面向”的战略思想。能适应，才能创业。要能多方适应科学技术的突飞猛进和社会的不断进步，就得进一步明确指导思想，进一步合适地拓宽专业口径与专业基础，构造现代化的人才知识结构、能力结构和素质结构，就得因史制宜、因地制宜、因势制宜，努力实现培养模式的多样化，绝忌“千篇一律”、“千人一脸”，万紫千红方能有一个大好的春天。

这是一套具有较大改革力度的系列教材。教材的作者们认真贯彻了中央的教育方针与改革思想，体现出两个重大改革项目成果所提出的“以创新设计为核心，以机械技术与信息技术结合为龙头，以计算机辅助技术为主线，拓宽基础，强化实践”的总体改革思路，并本着整合、拓宽、更新和更加注重应用的原则，对课程的内容、体系进行了诸多重要改革，而且许多课程在开发电子教材方面也取得了长足进展。

按照减少学时、降低重心、拓宽面向、精选内容、更新知识的原则，对原机械专业三门主要专业课（机械制造工艺学、金属切削机床设计、金属切削原理与刀具）实行了整合和改造，编写出了供“机械设计及其自动化”宽口径专业学生学习的《机械制造技术基础》新教材。

改造了原电工技术、电子技术系列课程，将分散在几门课程中的强电知识整合为《机电传动控制》新课程，减少了重复，拓宽了基础，突出了“机电结合、电为机用”的特点。

使用自主版权软件改革传统工程制图内容体系，不仅实现了工程制图和计算机绘图内容的有机融合，也实现了制图课教学手段的现代化。

以设计为主线，重新规划了《机械设计》和《机械原理》课程体系结构，在内容上努力实现由注重学科的系统性向更加注重工程综合性的转化，在教学手段上全面引入多媒体技术，提升了课堂教学的效果和效率。

《金属材料及热处理》更名为《工程材料及应用》，除紧密结合现代科技成就，讲解金属材料的基本理论及应用外，还讲解了其他各类工程材料的有关知识。

《测试技术》更名为《工程测试与信息处理》，加强了与信息获取、传输、存贮、处理及应用有关的内容，并率先在国内建成网上测试技术虚拟实验室。

《液压传动》与《气压传动》整合为《液压传动与气压传动》，精简了内容，强化了应用，并制作出了相应的电子教案。

《材料成形工艺基础》在精选传统金属成形工艺内容的基础上，较大幅度地增

加了新材料、新工艺、新技术方面的知识。

编写出版了《现代设计方法》、《机构与机械零部件CAD》、《柔性制造自动化概论》、《机电一体化控制技术与系统》及《机器人技术基础》等教材,反映了现代科技的新发展。

科学与工程既有联系又有区别。科学注重分析,工程注重综合。任何一项工程本身都是多学科的综合体。今天工程技术专家的基本作用正是一种集成作用,工程技术专家的任务是构建整体。我们必须从我国国情出发,按照现代工程的特点和工程技术专家的基本作用来构建机械工程教育的内容和体系。

华中科技大学出版社依托全国高校机械工程类专业教学指导委员会、全国高校机械基础课程指导委员会,经过多年不懈的努力,使这套系列教材的出版达到了较高的质量水准。例如,目前已有12本被教育部批准为“面向21世纪课程教材”,有五本获得过国家级、省部级各种奖励,全套教材已被全国几十所高校采用,广泛受到教师和学生的欢迎。特别是其中一些教材(如《机械工程控制基础》、《数字控制机床》等),经长期使用,多次修订,已成为同类教材中的精品。

现在这套系列教材已经正式出版20多本,涵盖了“机械设计制造及其自动化”专业所有主要专业基础课程和部分专业方向选修课程,能够较好地满足教学上的需要。我们深信,这套系列教材的出版发行和广泛使用,将不仅有利于加强各兄弟院校在教学改革方面的交流与合作,而且对机械类专业人才培养质量的提高也会起到积极的促进作用。

当然,由于编者学术水平有限,改革探索经验不足,组织工作还有缺陷,何况,形势总在不断发展,现在还远不能说系列教材已经完善,相反,还需要在改革的实践中不断检验,不断修改、锤炼,不断完善,永无休期。“嘤其鸣矣,求其友声。”我们殷切期望同行专家及读者们不吝赐教,多加批评与指正。

江泽民同志在2000年6月我国两院院士大会上号召我们:“创新,创新,再创新!”实践、探索、任重道远,只有努力开拓创新,才可能创造更美好的未来!

全国高校机械工程类专业教学指导委员会主任委员
中国科学院院士
华中科技大学教授

杨叔子

2000年6月6日

第一版前言

本书是教育部面向 21 世纪教改项目“工程制图与机械基础系列课程教学内容和课程体系改革的研究与实践”的成果,是体现教改思路的工程制图与机械基础系列教材之一。本书结合“机械原理”和“机械设计”课程的学习,着重介绍机械设计中的现代设计方法,是这两门课程的延伸和拓展。

CAD 是设计与制造自动化的基础技术。在产品的设计过程中,从产品造型、设计分析、仿真评价到二维绘图全面采用 CAD 技术,将极大提高产品的设计质量,取得明显的经济效益。目前,CAD 已成为从事工程设计和产品开发人员必须掌握的一门技能。设计分析是 CAD 的一个重要的内容,本书从加强学生设计能力着手,重点介绍 CAD 技术在机构与机械设计中的应用,并注意与“机械原理”和“机械设计”课程中介绍的常规设计方法进行比较。对于优化设计、有限元分析和概率设计等现代设计方法,只是扼要介绍它们的基本理论,而着重于设计问题的建模与求解。

全书分为 6 章:第 1 章介绍 CAD 技术的概念、特点及系统组成;第 2 章介绍机械设计编程的基础知识;第 3 章介绍几种典型机构与机械零件的设计程序编制方法;第 4 章介绍机械优化设计的基本理论及典型机构与机械零部件的建模;第 5 章介绍有限元分析的基本原理及其在机械设计中的应用;第 6 章介绍机械零部件概率设计的基本原理与应用。附录部分介绍了 CVMOL 约束变尺度法优化程序的使用方法。

本书各章的分工为:第 1 章尹文生;第 2 章姜柳林;第 3 章张卫国(3-1、3-4、3-5、3-6)、杨家军(3-2、3-3);第 4 章戴同(4-1、4-2、4-5、4-6、4-7)、杨家军(4-3、4-4)、钟毅芳(4-8);第 5 章胡于进;第 6 章陈继平;附录部分戴同。由戴同主编,周济教授审定全稿。

由于编者水平及经验有限,书中缺点和错误在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者

1999 年 2 月

第二版前言

本书是在第一版基础上修订而成。在修订过程中,保持了原书与“机械原理”和“机械设计”课程紧密结合以及突出实际应用的特色,并在内容上做了适当的增减和更新。其主要工作如下。

(1) 增加了 CAD 技术新发展的内容,如 CAD 技术在机械工业中的应用、CAD 技术的发展特点以及现代 CAD 技术等。

(2) 增加了机构和机械零部件设计的 CAD 实例,如多杆机构的设计、组合机构的运动分析、带传动设计的 C 语言程序等。

(3) 对“有限元分析”一章的结构做了较大的调整,删繁就简,突出平面问题的有限元方法,并增加机械设计的应用实例。

(4) 增加了优化设计软件 CVM01 以及有限元分析软件 ANSYS 的使用说明及其运动实例。

(5) 增加了“工程数据库基础”和“CAD 图形系统”两章,前者结合 Access 软件介绍数据库的基本知识,并落实到应用;后者着重介绍二、三维图形技术。补充这两章的目的是:完整地介绍以数据库为核心、以图形为支撑、以分析为主体的 CAD 体系结构,使得该教材的适用面更广。

参加本书修订的有:尹文生(第 1 章、第 4 章中部分、第 5 章),姜柳林(第 2 章),张卫国(第 3 章中 3-1、3-5 至 3-7 节),杨家军(第 3 章中 3-2 至 3-4 节,第 6 章中 6-3、6-4 节),陶建华(第 4 章中部分),戴同(第 6 章中 6-1、6-2、6-5 至 6-7 节及附录 A),钟毅芳(第 6 章中 6-8 节),胡于进(第 7 章及附录 B),陈继平(第 8 章)。本书由戴同主编。

限于编者的水平及经验,书中谬误在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者

2003 年 6 月

目 录

第1章 CAD 技术概论	(1)
1-1 常规设计与 CAD	(1)
1-2 CAD 的发展概况	(5)
1-3 CAD 系统的组成	(7)
1-4 现代 CAD 技术	(12)
习题	(15)
第2章 机械设计编程基础	(16)
2-1 编程和图表处理的基本方法	(16)
2-2 设计数表的处理	(18)
2-3 设计线图的计算机处理	(25)
2-4 有关数据的处理	(29)
2-5 人机交互式程序的编制	(30)
习题	(33)
第3章 典型机构与机械零件的设计程序编制	(34)
3-1 设计程序编制的特点和一般步骤	(34)
3-2 平面连杆机构运动分析程序的编制	(35)
3-3 平面凸轮机构设计程序的编制	(42)
3-4 组合机构运动分析程序的编制	(46)
3-5 V 带传动设计程序的编制	(51)
3-6 紧螺栓联接设计程序的编制	(64)
3-7 动压向心滑动轴承设计程序的编制	(69)
习题	(75)
第4章 工程数据库基础	(76)
4-1 基本知识	(76)
4-2 数据库系统	(82)
4-3 数据库设计方法和 E-R 模型	(86)
4-4 数据库系统软件 Access 简介	(90)
习题	(104)
第5章 CAD 图形系统	(106)

5-1 交互式绘图系统的组成	(106)
5-2 交互式绘图系统的功能结构	(114)
5-3 建立图形库的方法	(119)
5-4 图形软件的接口技术	(130)
5-5 三维图形系统简介	(135)
习题	(143)
第6章 机械优化设计	(144)
6-1 优化设计的基本原理	(144)
6-2 优化数学模型及其处理	(149)
6-3 平面连杆机构的优化设计	(154)
6-4 平面凸轮机构的优化设计	(157)
6-5 圆柱螺旋压缩弹簧的优化设计	(161)
6-6 圆柱齿轮传动的优化设计	(164)
6-7 圆柱齿轮减速器的优化设计	(168)
6-8 机械系统的优化设计	(172)
习题	(176)
第7章 有限元分析	(177)
7-1 有限元的基本原理	(177)
7-2 平面问题的有限元法	(185)
7-3 有限元法在机械工程中的应用	(195)
习题	(205)
第8章 机械零部件的概率设计	(207)
8-1 概率设计的基本原理	(207)
8-2 机械零部件结构的概率设计	(211)
习题	(224)
附录 有关资料	(225)
附录 A 分布积分表和钢的机械性能参数	(225)
附录 B 优化程序和有限元分析软件介绍	(228)
主要参考文献	(240)



CAD 技术概论

计算机辅助设计(Computer Aided Design,简称 CAD)技术是 20 世纪下半世纪以来最重要的技术之一,它极大地改变了制造业的面貌,其应用水平体现了一个国家工业发展的水平。CAD 技术的产生最早可以追溯到 50 年代,随着计算机及其外围设备的发展,各种基础理论和相关技术的日趋完善,CAD 技术已逐步成为提高生产力的重要手段。

1-1 常规设计与 CAD

CAD 技术的产生不是偶然的,它既是计算机技术发展的体现,又是工业发展的迫切要求。在工业生产中,决定产品成本 70%的是产品的设计,产品的激烈竞争必然促进了 CAD 技术的发展。下面从常规设计过程和 CAD 的特点来了解 CAD 的作用。

一、常规设计过程

任何产品都要经过产品的设计过程,设计的水平也直接体现了生产的能力。仅凭师傅言传身教带徒弟只能是手工作坊式的小生产,近代工业的飞速发展与依托工程图纸的大规模工程设计是分不开的。没有以工程图纸为基础的现代设计方法及其应用,就不可能有现代工业的巨大成就。

常规设计可简单地用图 1-1(a)所示的过程图表示,例如汽车的设计过程可以简单描述如下:首先根据市场需要提出汽车的需求报告,需求报告中详细分析消费者对汽车的要求,并由此提供对新车型设计的具体功能需求描述;然后根据功能需求将其转换成具体的汽车设计问题。由于汽车表面是复杂的三维曲面,为了提高设计的正确性和可靠性,一般还需要制作油泥模型。最初的评价是对油泥模型进行的。油泥模型通过以后,汽车的车型就可以基本定型了。这时需对汽车进行零部件的详细设计,即对汽车各部分进行综合、分析、优化等,并根据工艺和制造过程进行修改。这些过程是通过技术文档(主要是图纸)来完成的。设计初步完成以后,一般还不能立即进行生产,还需要进行各种实验以检验设计结果。这时可以进行样车生产,检验通过后才能进行批量生产。

常规设计过程有以下特点。

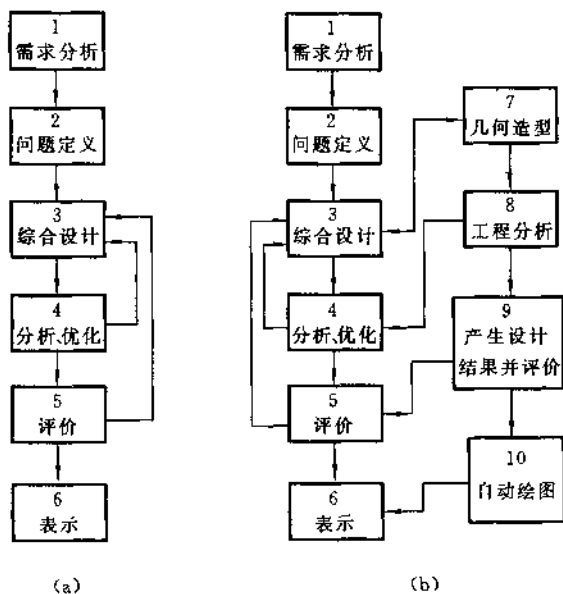


图 1-1 设计过程图

(1) 各类人员包括企业领导、设计人员、工艺师、工人等都是通过图纸或模型来进行交流和理解的。领导查看图纸或模型以决定是否进行生产；设计人员把自己的设计思想用图纸加以描述；工艺师读设计图纸来理解设计人员的思想并由此制定工艺规程；工人通过图纸来加工和装配零件。

(2) 各种技术文档是企业的财富，需要妥善加以保管，以便于设计人员设计。为了提高设计效率，需要大量参阅和借用原有的设计并进行系列化。大量查阅技术文献和手册是非常繁重而枯燥的工作。

(3) 理论分析比较粗糙。设计过程中需要对重要设计进行理论分析计算和实验验证，由于优化计算工作量巨大，常规设计一般不经过数学优化计算，仅凭经验来取定设计方案。而实验开销大甚至有些实验无法进行，所以进行实验也是受限制的。

(4) 设计周期长。设计过程主要通过图纸来交换信息，由于信息的表达有误差、传送有延迟，必然要耗费大量的设计时间来理解其他设计人员的设计意图，纠正传输中的错误，从而延长了设计时间。

分析常规设计过程可以看出，设计人员的绝大部分工作实际上没有用在创造性的设计上，绘图和查阅资料占用了大量的时间，使设计人员的智力资源得不到充分的利用，从而造成智力的浪费。随着计算机技术的发展，为了提高设计效率，弥补常规设计中的不足，CAD 技术就应运而生了。

二、CAD 设计过程

CAD 代表计算机辅助设计。这个概念是从利用计算机来辅助设计人员完成一些复杂、繁琐、重复性的数值计算中产生的,当时的概念非常狭窄,它体现了计算机本身的最基本功能。随着计算机技术的发展特别是外围设备的发展,计算机辅助设计的范围逐步扩大,人机交互功能增强,极大地发挥了设计人员的创造力。采用 CAD 以后的设计过程可以用图 1-1(b)加以描述。它的特点就是在整个设计阶段,利用计算机来帮助设计人员迅速、准确、直观地进行产品的设计。

三、CAD 的内涵

CAD 是指工程技术人员以计算机为工具,用各自的专业知识对产品进行一系列设计活动的总称,即定义机械产品的几何数据和各种其他与加工、制造、使用有关的数据,并将数据提供给后续的 CAPP(Computer Aided Process Planning,计算机辅助工艺设计)、CAM(Computer Aided Manufacturing,计算机辅助制造)系统。

一般来说,CAD 涉及几何建模、工程分析、数据管理和数据交换、评价仿真、自动绘图和文档处理、交互界面等技术内容,是一门多学科综合应用的新技术。

几何建模主要指产品的三维建模,是 CAD 研究中的重要内容。由于产品都是具有一定功能的几何体,为设计人员提供直观的、正确的产品图形具有重要意义。工程分析则是产品设计的关键,主要包括产品常规设计和优化设计、有限元分析、可靠性分析、动态分析等科学计算。评价仿真则主要通过动态仿真的方式为设计者提供逼真的运动图像以供决策。CAD 设计的结果往往需要通过二维工程图或其他方式输出,这就是自动绘图和文档处理。

从另一个方面来说,一个完整的 CAD 系统,应由科学计算、图形系统和工程数据库等组成。

计算机虽然功能强大,但它只能做预先规定好要做的工作(自动设计系统),几乎没有一点智能。现在人工智能(Artificial Intelligent, AI)和专家系统技术正逐步应用到 CAD 系统中,大大地提高了自动化设计的程度,产生了智能 CAD(ICAD)新学科。

四、CAD 在机械设计中的应用

1. CAD 的应用

CAD 在机械制造业的应用最早,也最为广泛。采用 CAD 技术进行产品设计,不但可以使设计人员“甩掉图板”,更新传统的设计思想,实现设计自动化,降低产品的成本,提高企业及其产品在市场上的竞争力;还可以使企业建立一种全新的设计和生产技术管理体制,采用并行工程,缩短产品的开发周期,提高劳动生产率。当今世界各大机械制造企业(如航空、航天及汽车等制造业巨头)不但广泛采用 CAD/CAM 技术进行产品设计,而且投入大量的人力、物力及资

金进行 CAD/CAM 软件的开发,以保持自己技术上的领先地位和国际市场上的优势。

CAD 技术在机械工业中的应用取得了重大成果,主要体现在以下几个方面。

(1) 三维造型。采用各种实体造型(如特征造型)系统来设计产品的结构,可以在计算机上得到逼真的效果,为设计者进行设计和分析提供了极大的方便。

(2) 工程绘图和文档生成。为产品的设计提供二维工程图纸和其他设计文档。这是目前 CAD 技术在机械设计中应用最广泛、最成熟的一个方面,设计人员甩掉图板在许多企业已经成为现实。

(3) 图形库。为了提高设计效率,可以将标准件、通用件、常用件、符号等图形(包括二维和三维图形)事先存入图形库中,在进行产品设计时随时可将其调入。二维图形库应用得比较早,但由于二维图形缺乏三维坐标,在图形插入时消隐比较困难。三维图形库开发虽然比较晚,但由于三维消隐技术比较发达,使用起来反而比较容易。

(4) 参数化和变量化设计。在设计过程中,零部件的形状往往是相同的,而它的尺寸大小经常发生改变,即大多数情况下零部件的拓扑信息不变,而大小发生改变。利用参数化和变量化设计工具,在设计过程中不仅可以建立图形库,而且可以改变某些零部件的尺寸,得到新的设计结果。

(5) 有限元分析。有限元方法是强有力的复杂工程结构分析手段。正是有了计算机高速的数值计算能力,有限元分析的计算方法才得以实现。利用有限元法可以对复杂的工程结构进行应力和应变分析,从而设计出良好的机器。

(6) 产品数据管理(Product Data Management, PDM)。随着企业对计算机辅助技术应用的日益广泛和成熟,各个自动化单元体系越来越需要建立有效的信息沟通与协调方法和手段,对各种信息进行有序管理。对制造业来说,产品是管理的核心, PDM 就是以软件技术为基础,以产品为核心,实现对产品相关的数据、过程、资源一体化集成管理的技术。采用 PDM 将大大提高企业的竞争力。

近十年来,在 CIMS(Computer Integrated Manufacturing System, 计算机集成制造系统)和 CAD 应用工程的推动下,我国计算机辅助设计技术应用越来越普遍,越来越多的设计单位和企业采用 CAD 技术来提高设计效率和产品质量,改善劳动条件。目前,我国从国外引进的 CAD 软件有好几十种,国内的一些科研机构、高校和软件公司也立足于国内,开发出了自己的 CAD 软件并投放市场,我国的 CAD 技术应用呈现出一片欣欣向荣的景象。

2. CAD 的优越性

CAD 与常规设计相比,具有明显的优越性,在发达国家得到了广泛的应用。经大量实践证明, CAD 设计具有以下优越性。

(1) 提高设计效率,缩短设计周期。采用 CAD,能明显地减少设计计算、图纸绘制和资料检索的时间,大大提高设计速度。

(2) 提高设计质量。常规设计中,为了减少计算量,计算的精度受到限制,有些错误常常很

难在设计阶段发现。但在 CAD 中,数学模型一般都比较准确,计算精度大大提高,而且可以进行优化设计、有限元分析等计算,使设计结果准确可靠。同时,由于设计人员摆脱了繁重、简单、重复的劳动,从而能集中精力发挥创造性思维,设计出高质量的产品。

(3) 各部门信息交流迅速、可靠。在常规设计中,设计是通过图纸作为媒体来传播的,由于图纸的设计、绘制、存储和传递需要花费较多的时间,影响了各部门信息的交流。在 CAD 系统中,信息可以通过电子文档来存储和传递,因此信息的交流快捷而可靠。同时,随着 CAD/CAM 技术的发展,CAD 的信息可以直接转化成 CAPP 和 CAM 所需的信息,为实现计算机集成制造打下基础。

(4) 设计与分析工作模式的统一。CAD 系统中集成了许多设计分析程序,设计人员可通过实时交互操作,对产品不断进行设计和分析,从而得到最佳设计结果。

(5) 有利于产品标准化、系列化、通用化。设计人员可以利用 CAD 系统建立标准图及标准设计库,也可以修改原有产品设计中的参数得到新的设计结果。由于可以充分利用以前的设计结果,CAD 系统在标准化、系列化、通用化方面有突出的优势。

虽然采用 CAD 技术有如此众多的优点,但是使用不当也会给企业带来一定的风险,背上较大的包袱,这主要体现在以下两个方面。

(1) 企业初始投资大。不同于一般的投资,CAD 系统的投资包括硬件、软件、培训和二次开发等方面,由于硬件外的投资比较大,短期内又不容易看到成果,因此许多企业有畏难情绪。

(2) 对人员素质要求高。由于 CAD 技术难度大,故对使用人员的基础知识要求高;有时使用人员还有一些抵触情绪,给培训工作带来困难。另外,为了满足企业需要,对购买的商用系统或多或少要做一些二次开发工作,这也向使用和开发人员提出了更高的要求。

1-2 CAD 的发展概况

一、CAD 的发展过程

1946 年,在美国诞生了第一台用电子管元件制成的电子计算机。1950 年,美国麻省理工学院 MIT 研制出“旋风 I 号”,从而标志着计算机辅助设计技术的开始。CAD 技术是在计算机硬、软件技术的基础上发展起来的,它的发展过程与计算机技术的发展息息相关,实际上也从一个侧面体现了计算机技术的发展过程。CAD 的发展大致可分为以下几个阶段:

1. 准备和酝酿阶段(20 世纪 50 年代)

1950 年在美国麻省理工学院诞生的“旋风 I 号”图形显示器,是这一阶段开始的标志。“旋风 I 号”虽然只能显示极为粗糙的图形,与示波器没有太大的差别,但它是计算机向 CAD 发展的开始。1958 年,Calcomp 公司研制出了滚筒式绘图机;Gerber 公司研制出了平板绘图仪;