

面向21世纪

机构与机械 零部件CAD

主 编/戴 同

工程制图与机械基础系列教材

华中理工大学出版社

HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS
E-mail: hustpp@wuhan.cnwb.com

工程制图与机械基础系列教材

机构与机械零部件 CAD

戴 同 主编

华中理工大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

机构与机械零部件 CAD/戴同 主编
武汉:华中理工大学出版社, 1999.6

ISBN 7-5609-1967-7

I. 机…

II. 戴…

III. 机构-机械零部件-计算机辅助制造

IV. TH164

工程制图与机械基础系列教材
机构与机械零部件 CAD

戴同 主编

责任编辑:钟小珉

封面设计:潘 群

责任校对:郭有林

监 印:张正林

出版发行:华中理工大学出版社

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87542624

经销:新华书店湖北发行所

录排:华中理工大学出版社照排室

印刷:武汉市新华印刷厂

开本:787×1092 1/16

印张:8

字数:181 000

版次:1999年6月第1版

印次:1999年6月第1次印刷

印数:1—2 000

ISBN 7-5609-1967-7/TH·102

定价:9.80元

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行科调换)

内 容 提 要

本书紧密结合机械类主干基础课程《机械原理》和《机械设计》的学习,介绍 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、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。

本书是工程制图与机械基础系列教材之一,可与《机械原理》、《机械设计》教材配套使用,亦可单独使用;可作为高等学校工科机械类及近机类专业本、专科学生的机械 CAD 教材,也可供机械工程技术人员参考。

序 言

21 世纪的核心是科技,关键是人才,基础是教育。世界经济发展中最激烈的竞争,将不仅表现在生产和科技领域,同时也集中在培养人才的教育领域。教育部于 1996 年制定并实施的《高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划》,是迎接新世纪挑战的重要战略部署,是一项富有远见的教育改革计划,对我国高等教育具有深远的重大的意义。《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》是这一改革计划中的一个项目,与它紧密相关的还有一个项目为《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》。可以预计,这两个项目的实施,将会对机械学科的培养目标、培养模式、课程体系、教学内容与教学方法产生重大的改革,为我国机械工业的人才培养和产业发展作出贡献。

“教育要面向现代化,面向世界,面向未来”是邓小平同志对我国社会主义教育事业提出的总体要求,也是我们开展机械学科两个教改项目的指导方针。华中理工大学作为这两个项目的牵头单位,和全国 20 余所高校的师生一起,遵循“解放思想”、“实事求是”的原则,努力争取教改项目的突破性进展。

在机械类人才培养中,工程制图与机械基础系列课程教学内容和课程体系的改革占有极为重要的地位,是机械学科教学改革的重点和难点。结合我校教学、科研和产业的特点,我们提出“以创新设计为根本、以数控加工为龙头、以 CAD/CAM 为主线、加强基础、注重实践”的机械基础教学改革思路。正如江泽民同志所指出的:“创新是一个民族的灵魂,是国家兴旺发达的不竭动力”。创新永远是教育改革的重要课题,培养高层次创造性人才是教育的根本任务。现代科学技术,特别是信息技术融于教学,是使教育改革充满活力的重要途径。数控和 CAD/CAM 技术是信息革命的产物,既是改造传统机械产业的重要手段,也是机械学科教育改革不可缺少的重要组成部分。为了适应现代社会对机械设计与制造的高要求,加强数学、物理、力学、电工电子学及外语等基础知识显得更为重要;同时还要重视实践,包括实验、实习等操作性实践和作业、课程设计等思考练习性实践。体现在机械基础系列课程体系的设置上,我们打破原 4 门课程(制图、金工、机械原理和机械设计)封闭的学科界限,对机械设计相关课程进行整体优化,改善课程体系结构。作为课程体系核心的系列课程教材,由《画法几何及机械制图》、《计算机图形学》、《工程材料及应用》、《材料成型工艺基础》、《机械制造技术基础》、《机械原理》、《机械设计》、《机构与机械零部件 CAD》、《机械系统创新设计》等组成。通过构建课程体系、改革教学内容,以达到从整体上优化学生的知识、能力、素质,特别是设计思想、设计方法与创新思维能力培养的目的。

呈献给大家的这套系列教材,是华中理工大学教改课题组师生们多年工作的初步成果,还需要在教改实践上去反复锤炼。我们殷切希望得到广大读者以及兄弟院校同行们的关心、支持和帮助,以推进教改工作的进行。

高等学校工科机械基础课程教学指导委员会主任委员
《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》 课题负责人

周济 教授

1999 年 1 月于华中理工大学

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》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:第一章介绍 CAD 技术的概念、特点及系统组成;第二章介绍机械设计编程的基础知识;第三章介绍几种典型机构与机械零件的设计程序编制方法;第四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;第五章介绍有限元分析的基本原理及其在机械设计中的应用;第六章介绍机械零部件概率设计的基本原理与应用。

本书各章的分工为:第一章尹文生;第二章姜柳林;第三章张卫国(§ 3-1、§ 3-4、§ 3-5、§ 3-6)、杨家军(§ 3-2、§ 3-3);第四章戴同(§ 4-1、§ 4-2、§ 4-5、§ 4-6、§ 4-7)、杨家军(§ 4-3、§ 4-4)、钟毅芳(§ 4-8);第五章胡于进;第六章陈继平。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

目 录

第一章 CAD 技术概论	(1)
§ 1-1 常规设计与 CAD	(1)
§ 1-2 CAD 的发展概况	(3)
§ 1-3 CAD 系统的组成	(8)
§ 1-4 计算机网络	(12)
习题	(15)
第二章 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	(23)
§ 2-4 有关数据的处理	(27)
§ 2-5 人机交互式程序的编制	(28)
习题	(31)
第三章 典型机构与机械零件的设计程序编制	(32)
§ 3-1 设计程序编制的一般步骤	(32)
§ 3-2 平面连杆机构运动分析程序的编制	(32)
§ 3-3 平面凸轮机构设计程序的编制	(35)
§ 3-4 V 带传动设计程序的编制	(37)
§ 3-5 紧螺栓联接设计程序的编制	(43)
§ 3-6 动压向心滑动轴承设计程序的编制	(47)
习题	(52)
第四章 机械优化设计	(53)
§ 4-1 优化设计的基本原理	(53)
§ 4-2 优化数学模型及其处理	(57)
§ 4-3 平面连杆机构的优化设计	(61)
§ 4-4 平面凸轮机构的优化设计	(63)
§ 4-5 圆柱螺旋压缩弹簧的优化设计	(66)
§ 4-6 圆柱齿轮传动的优化设计	(69)
§ 4-7 圆柱齿轮减速器的优化设计	(72)
§ 4-8 机械系统的优化设计	(75)
习题	(79)
第五章 有限元分析	(80)
§ 5-1 有限元法的基本原理	(80)
§ 5-2 有限元分析中的若干问题	(91)
§ 5-3 有限元法在机械工程中的应用	(96)

习题.....	(101)
第六章 机械零部件的概率设计.....	(103)
§ 6-1 概率设计的基本原理	(103)
§ 6-2 机械零部件结构的概率设计	(106)
习题.....	(117)
参考文献.....	(120)

第一章 CAD 技术概论

计算机辅助设计(Computer Aided Design,简称 CAD)技术是 20 世纪下半世纪中最重要的技术之一,它的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,CAD 技术日趋完善,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:

(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。

(3)需要大量查阅技术文献和手册。这是非常繁重而枯燥的工作。

(4)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。

从设计过程可以看出,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。

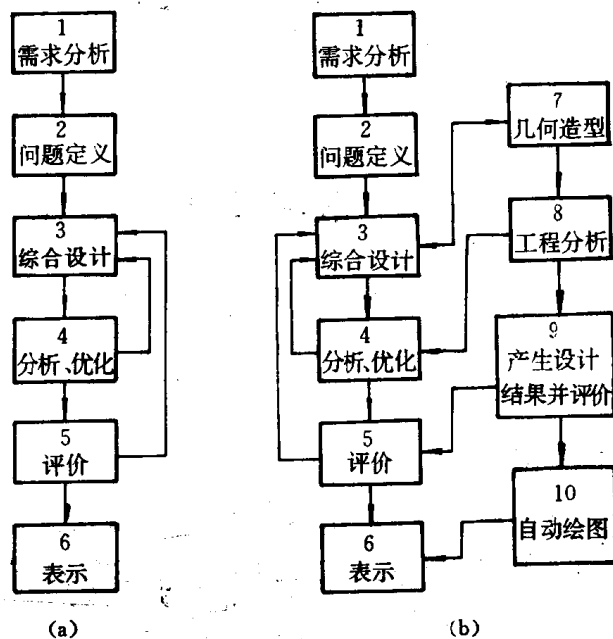


图 1-1 设计过程图

二、CAD 设计过程

顾名思义,CAD 是计算机辅助设计。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 的功能和优越性

1. CAD 的功能

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 的功能可分为四大类:几何建模,工程分析,评价仿真和自动绘图。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。

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。

传统的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(AI: Artificial Intelligence)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。

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、图纸制作和资料检索的时间,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、制作、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。

§ 1-2 CAD 的发展概况

一、CAD 的发展过程

1. CAD 的发展概况

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(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等

等。这时期硬件的特点是开始具有一定的图形输出能力。从整体上说,计算机硬件水平较低,处在电子管水平。

从软件的角度来说,计算机主要用于科学计算,开发人员主要用机器语言编程,图形的处理只能输出不能输入。

2) 成长发展阶段(60年代)

在60年代,晶体管取代了真空电子管。60年代后期,出现了直接存取存储器,研制成功了阴极射线管显示器。这时,许多商品化的CAD设备逐渐出现,如1964年美国IBM公司推出的计算机绘图设备;美国通用汽车公司的用于汽车设计的多路分时图形控制台。这些硬件的出现和发展,为CAD的发展提供了坚实的物质基础。

MIT 林肯实验室的 I. E. Sutherland 于1962年发表了著名的博士论文:“Sketchpad:一个人机通信的图形系统”。在该篇论文中,首次提出了计算机图形学、交互技术、分层储存符号的数据结构等新思想,从而为CAD技术的发展和應用打下了理论基础。

计算机软件水平也得到大大地提高,产生和发展了许多计算机语言,如在计算机语言中占据重要地位的FORTRAN语言就是在这个时期发展和完善的。

数据的处理是CAD研究中的一个重要研究方面。在60年代初期出现了文件系统,从而摆脱了数据与代码的直接依存关系,而直接存取存储器的出现则大大地改善了文件系统的性能,增强了程序对数据的处理能力。

3) 成熟推广阶段(70年代)

70年代,计算机进入大规模集成电路时代,能产生逼真图形的光栅扫描显示器、光笔、数字化仪等图形输入输出设备不断涌现,使CAD的应用达到了一个较高的水平。作为这个阶段开始的标志,Applicon公司于1970年第一个推出了完整的CAD系统。

在计算机软件方面,计算机图形学在经过60年代的发展以后,逐渐开花结果成熟了,人机交互图形生成技术日趋完善,各种现代设计计算和分析方法(如有限元、边界元、数值积分、偏微分方程数值解等),以及各种现代设计方法(如优化设计、可靠性设计、系统工程等)也得到极大的发展和完善。

随着CAD技术逐步走向成熟,专门从事CAD系统开发和经营的CAD系统公司出现了,例如美国的Applicon、Computervision、Integrgraph、Calma公司等,它们对于推动CAD技术的发展起过重要作用,它们中的许多公司现在仍然活跃在当今的CAD行业中。70年代,CAD系统以小型计算机为基础,提供较齐备的CAD硬、软件,常被称为“交钥匙”系统(Turnkey System)。在美国,这些系统的出现,使CAD/CAM系统逐渐走入中小型企业。

4) 广泛应用阶段(80年代至今)

从80年代开始,计算机硬、软件发展极为迅速。据统计,硬件的发展基本符合摩尔定理,每18个月性能提高一倍。各种计算机外围设备也不断涌现,性能得到极大的提高。80年代末和90年代初是科学计算和图形功能均很强的工作站的天下。更令人鼓舞的是,随着微型计算机的迅速发展,各种性能的迅速提高,CAD系统已开始从小型计算机向微型计算机转化,从而为CAD的普及推广创造了良好的条件。

在发达国家,CAD技术在制造行业中得到广泛的应用,其覆盖率高达70%以上,一些大中型企业的产品设计全部由计算机完成。如美国的通用汽车公司、日本的大隈公司、MaZak公司等,在CAD技术的应用方面,均已达到了非常高的水平。

2. 我国CAD技术的发展概况

我国的 CAD 技术起步于 60 年代末,“六五”和“七五”期间开展了多方面的研究工作,“八五”期间根据抓应用、促发展的方针,积极开展推广 CAD 技术的应用工作,取得了较大的成绩。但与发达国家相比,差距还相当大,主要体现在:

(1) 缺乏商品化 CAD 软件。我国的 CAD 软件基本处于研究开发阶段,具有独立自主知识产权的少,可靠性差,集成化程度低,维护工作差,难以在市场上立足。

(2) CAD 技术推广普及不够。在许多地方,许多人不了解 CAD,在制造业领域,利用 CAD 进行产品设计的覆盖率不到 5%。这主要是由于宣传不够、资金不足所造成的。

(3) 重引进不重吸收。由于许多人对 CAD 了解不够,以为引进 CAD 系统像引进设备一样只需简单培训就可使用,没有积极钻研,致使 CAD 系统没有发挥应有的作用,造成了极大的浪费。

因此,进一步开展 CAD 技术的研究、开发,向企业推广应用 CAD 技术,将是我国从事 CAD 技术研究工作的人员一项长期而艰巨的任务。

二、CAD 的发展趋势

标准化、集成化、智能化、可视化(包括虚拟设计)、网络化是 CAD 技术发展的趋势。

1. 标准化

CAD 系统发展很快,如果不受规范制约,则必将发展成为一个个自动化孤岛,给各应用企业带来很大的问题。为了资源共享,各国科学家共同合作,推出了许多标准和规范,例如:

GKS(Graphics Kernel System, 计算机图形核心系统),建立应用程序和图形输入输出设备的功能接口。

IGES(Initial Graphics Exchange Specification, 基本图形转换规范),用于 CAD 系统之间交换数据。

PDES(Product Data Exchange Specification, 产品数据交换规范),是美国制定的产品数据交换标准。

STEP(Standard for the Exchange of Product Model Data, 产品模型数据交换标准),是正在研制和推行的国际标准。主要研究完整的产品模型数据的交换技术,最终实现在产品生命周期内对产品数据进行完整一致的描述与数据交换。

2. 集成化

集成化就是向企业提供一体化的解决方案。并行工程是一种集成,企业的产品数据管理(PDM)也是一种集成。通过集成能最大限度地实现企业信息共享,建立新的企业运行方式,提高生产效率。集成化主要体现在以下几个方面:

1) 向 CAD/CAPP/CAM 发展

系统由原来的单一功能变成组合功能,将 CAD(计算机辅助设计)、CAPP(计算机辅助工艺规程)、CAM(计算机辅助制造)组合在一起形成 CAD/CAPP/CAM 系统。在这样的系统中,设计师可以利用计算机进行运动分析、动力分析、应力分析,确定零、部件的合理结构形状,使设计的数据可用来控制数控机床的加工制造。

设计与制造更高层次上的集成,即计算机集成制造系统(Computer Integrated Manufacturing System, CIMS),是通过计算机优化和控制产品的规划、设计、制造、检验、包装、运输、销售等各个生产环节,以期实现产品生产的高度自动化。

2) CAD 计算中有关软件和算法固化

将符合国际标准或很成熟的软件和算法用集成电路来实现,可以使处理速度大幅度提高。目前,许多算法特别是图形显示算法都已进行了固化,大大地提高了处理速度。

3) 采用多处理机和并行处理方式,提高工作速度

并行工程是提高生产效率的有效方法,但传统的串行算法不适合处理并行工程,必须采用多处理机和新的并行算法,以适应这种要求。

3. 智能化

传统的 CAD 系统虽然在产品设计、分析、计算与绘图等方面发挥了重要的作用,但并不适合产品设计整个生命周期,特别在产品的概念设计阶段,由于从抽象到具体的实现极为困难,需要根据专家丰富的经验与知识作出合理的判断与决策。

将某一领域中专家的知识 and 经验,运用人工智能和专家系统技术,归纳成一些规则,并形成知识库,再利用推理机制,进行推理和判断,得到具有专家水平的设计结果。这就是专家系统,是智能 CAD(ICAD)的研究内容。ICAD 把工程数据库及其管理系统、知识库及其专家系统、用户接口管理系统集于一体,形成了智能 CAD 系统。由于智能 CAD 系统模仿了人的处理过程和技巧,所以在处理概念设计、自适应设计系统、组合爆炸问题等方面有突出的优点。

4. 可视化(包括虚拟设计)

随着计算机软硬件水平的提高,可以逐步为设计者提供更加逼真的设计环境,更利于将概念设计转换到几何模型。科学计算可视化是指运用计算机图形学和图像处理技术,将科学计算过程中产生的数据及计算结果转换为图形或图像在屏幕上显示出来,并进行交互处理的理论、方法和技术,它使往日冗繁、枯燥的数据变成生动、直观的图形或图像,容易发挥人们的创造力。

5. 网络化

计算机技术和通信技术相互渗透、密切结合产生了计算机网络。计算机网络可以通过通信线路将各自独立的、分布于各处的多台计算机相互连接起来,这些计算机彼此可以通信,从而能有效地共享资源并协同工作。网络技术的发展,大大地增强了 CAD 系统的能力,而没有网络的计算机简直是不可想象的,更不用谈集成化。

三、CAD 的应用

CAD 在机械制造行业的应用最早,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 是一个包括范围很广的概念。CAD 的重要组成部分是计算机图形学,它的应用遍及到了现代社会的任何行业。概括来说,CAD 的设计对象有两大类:一类是机械、电气、电子、轻工和纺织产品;另一类是工程设计产品。CAD 的主要应用有:飞机飞行仿真、飞机结构设计、造船和汽车工业、电子工业中的集成电路和印刷电路板的设计、城市规划和建筑设计、工厂设计中的管线布置、医学(CT)、化学中的分子研究、有限元分析、绘图等等。随着 CAD 技术的发展,应用范围已经延伸到艺术、电影、动画、广告和娱乐等领域,产生了巨大的经济及社会效益,有着广泛的应用前景。下面简要介绍 CAD 技术的一些应用。

用飞行模拟器来训练飞行员 飞行模拟器可以由计算机产生飞行时将会遇到的各种情况。对于飞行员的任何操作,计算机都将产生实际上会出现的图像和反应,使飞行员不用上天,就能得到上天的感觉,从而节约燃料开支,并且很安全。同时,通过提供不同的图像,让飞行员获得在世界上不同地方飞行的经验。

集成电路设计 用计算机设计集成电路对于计算机的发展作出了巨大的贡献。用手工方式设计一张电路图,可能要花费几个星期,但对已有的设计稍作一点改动,则几乎需要花费同样的时间。若用计算机图形系统来设计或修改,则可在很短的时间内完成,并且还可以利用计算机来检查设计中任何含糊不清和不协调的地方。

汽车车身设计 汽车车身的设计,在汽车设计制造中占有极其重要的地位。由于汽车新车型的设计核心实际上是车身的设计,所以提高车身设计能力是汽车设计中的一个关键问题。手工进行车身设计费工、费时。国内没有采用 CAD/CAM 技术的汽车制造厂设计一套车身的图纸需要花几年的时间,而且对设计结果的评审相当麻烦,需要做许多模型。如果用计算机来设计,速度快,评审也相当容易。国外许多汽车制造厂采用 CAD/CAM 技术已经大大地缩短了设计周期。

有限元分析 有限元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。如果用手工,则可能要做大量的实验,耗费大量的时间和金钱,而且有些实验可能根本不能做。用计算机来做分析和实验,既便宜又安全。

绘图 CAD 技术取得的一个重要成果是提高了人们的绘图能力。计算机绘图又快又好。这是 CAD 应用比较成功的地方,目前发达国家的工程图纸几乎全部都是计算机绘制的。

计算机辅助建筑设计 计算机辅助建筑设计 (Computer Aided Architecture Design, 简称 CAAD) 是 CAD 在建筑方面的应用,它为建筑设计带来了一场真正的革命。随着 CAAD 软件从最初的二维通用绘图软件发展到如今的三维建筑模型软件,CAAD 技术已开始被广泛采用。这不但可以提高设计质量,缩短工程周期,还可以节约 2% 至 5% 的建设投资,由于工程经费特别巨大,节省的费用相当可观。

服装 CAD 技术还被用于轻纺及服装行业中。由于纺织品及服装的花样设计、图案的协调、色彩的变化、图案的分色、描稿及配色等均可由计算机完成,特别适合于国际市场上对纺织品及服装的批量小、花色多、质量高、交货要迅速的要求,可大大提高产品市场竞争力。

电影娱乐 CAD 技术在电影、动画、广告和娱乐等领域大显身手。美国好莱坞电影公司主要利用 CAD 技术构造布景,利用虚拟现实的手法设计出人工不可能做到的布景。这不仅能节省大量的人力、物力,降低电影的拍摄成本,而且还可以给观众造成一种新奇、古怪和难以想像的环境,获得极大的票房收入。比如美国的《星球大战》、《侏罗纪公园》、《泰坦尼克号》等影片,以及完全用三维计算机动画制作的影片《玩具总动员》,都取得了极大的成功。

近十年来,在 CIMS 工程和 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这一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。

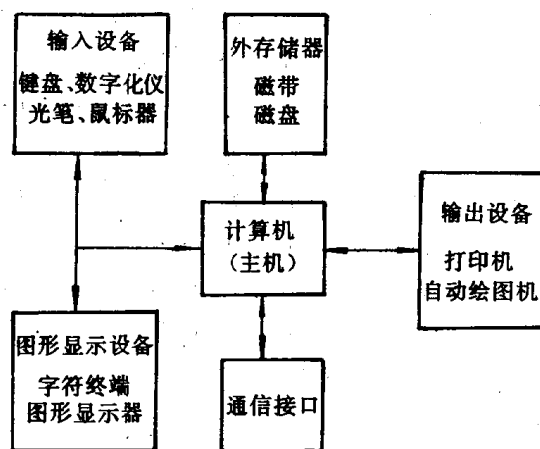
§ 1-3 CAD 系统的组成

CAD 系统是由硬件和软件组成。狭义地说,硬件一般是指组成 CAD 系统的设备,而软件是指运行在硬件上的程序。硬件是 CAD 系统的基础,软件是 CAD 系统的核心,通过在硬件上运行软件来实现 CAD 系统的功能。因此 CAD 系统的硬件和软件及其合理匹配是发挥 CAD 系统功能的重要环节。

要充分地发挥 CAD 系统的功能,还要注意其他问题,如 CAD 系统的使用者起了相当重要的作用。这里只讨论组成 CAD 系统的硬件和软件。

一、CAD 系统的硬件组成

CAD 系统的硬件与普通的计算机硬件系统不完全一样。CAD 系统对图形的要求相当高,需要较强的人机交互设备和图形输入、输出装置,对运算速度也要求甚高。典型的 CAD 硬件组成如图 1-2 所示。



1. 主机

主机是 CAD 硬件系统的核心,是决定 CAD 系统性能的主要因素。目前,CAD 系统所使用的计算机硬件主要有工作站和高档微机两种,它们都具备了很强的图形处理能力,计算速度快,内存大。由于高档微机的价格迅速下降,功能增强甚至超过工作站,所以在 CAD 系统中高档微机正在逐步取代工作站而占统治地位。主机的技术指标主要如下:

运算速度 运算速度的衡量指标有两种:对工作站,以 CPU(中央处理单元)每秒钟所执行的百万指令数目(MIPS)来衡量;对于微机则主要比较它的时钟主频(MHz)。随着集成电路技术的提高,Pentium I 的时钟主频目前已达到 450MHz。

字长 中央处理器在一个指令周期内能从内存提取并进行处理的数据位数称为字长。字长越长,则处理速度越快,处理能力越强。80286 的字长为 16 位,80386、80486、Pentium 的字长为 32 位,以后将逐渐以 64 位为主。

内存容量 内存越大,主机处理信息的能力就越强。由于内存制造技术大幅度提高,内存的价格迅速下降,微机的内存配置已经从以前的 2MB 逐步增加到 32MB 或者 64MB,具有 128MB 的微机已经比比皆是。

2. 外存储器

内存存储器是与 CPU 紧密相连的存储器,虽存取速度快,但其容量大小有限,且不能永久地保存数据。为了有效地储存大量的信息,必须利用辅助存储器即外存储器。外存储器一般为磁带、磁盘和光碟,前者是采用磁性材料作为存储介质的存储器,后者则是采用激光技术实现的一种存储器,能储存更大数量的信息。微机中常常采用的外存设备有硬盘、磁带机、磁盘驱动器和光碟驱动器等。

微机中都配有硬盘,它是由一组同轴表面涂覆一薄层磁性物质的金属圆盘、读写头和驱动器组成的密封机构,具有极高的数据读写速度。容量已经从早期的 10MB 发展到目前的 13GB,甚至更大。磁带机的存储介质是磁带,它的数据只能顺序存取,虽然存取速度慢,但成本低,存储容量大,通常用于备份系统的各种数据。磁盘或光碟可以方便地插入和退出驱动器,与硬盘及内存交流信息。目前使用较多的是一种 3.5 英寸磁盘,其容量为 1.4MB;光碟的存储容量可高达 1GB~4GB,且工作寿命长、易于保存,已广泛地被采用。

3. 图形显示设备

在 CAD 系统中,最常用的图形显示设备是图形显示器。早期的计算机终端是字符终端,它仅显示字符,不能反映图形。而图形显示器不但能显示字符信息,而且能以点、线、字符构成具有不同亮度等级、不同线型、不同颜色的各种图形。衡量图形显示质量的指标主要有:

分辨率 图形的分辨率取决于两个因素。一个因素是显示器的点距,它是指显像管中两相邻三色点之间的距离。点距越小,则画面显示质量越高,常用显示器的点距为 0.28。另一个因素是显示卡的分辨率,用水平和垂直方向上的像素点来表示,如 1024×768 表示屏幕上沿水平方向有 1024 个像素,沿垂直方向有 768 个像素。像素越多,显示的图形越清晰,显示的范围也越大。

真彩色 实际物体的颜色丰富多彩,显示的物体越接近实际物体的颜色,则效果越好。图形显示是由图形显示卡来决定的,由于每个像素点的亮度和颜色均要用数据来表示,所以需要较大的存储介质来存储屏幕上像素的状态。例如 $1024 \times 1024 \times 8$ 位面,每个像素由 8 位来表示,则需要 1MB 的空间。微机上常用的图形卡有 CGA 卡、SVGA 卡、S3 卡、Trident 9420 PCI 卡等等,显示存储器容量一般都在 2MB 以上。CPU 与显示卡数据交换量大,故要求交换速度快,目前常采用 AGP 技术,如 Trident 9750 AGP 显示卡的图形显示速度就很快。

扫描频率 它是衡量显示效果的重要指标。在分辨率较高时,若扫描频率不够,将产生图形闪烁、晃动等问题,引起使用者疲劳。

4. 人机交互和输入设备

人机交互设备是 CAD 系统实现人机会话的有力工具。键盘是计算机输入的基本配置。为了加快图形的输入,出现了各种各样的输入设备,如鼠标器、光笔、数字化仪、扫描仪,以及触摸屏、数字化摄像机、拾音器等。

其中,鼠标器是最常用的图形输入设备,如图 1-3 所示的几种鼠标器。当鼠标器在桌面上作相对移动时,显示屏上的光标也随着移动,操作起来比键盘方便、灵活。鼠标器上有两三个按键,可用于实现不同的操作,如拾取、定位或放弃等操作。鼠标器主要有光电式和机械式两种。机械式鼠标器底部有一个小球,在移动时,小球带动 x 、 y 方向的滚子转动,从而得到 x 、 y 方向相对位移的脉冲讯号,通过驱动程序来控制屏幕上的光标位置。光电式鼠标器则是利用发光二极管(LED)和光敏晶体管的组合来测量位移,从而控制鼠标的位置,使用时还必须配备一块专用的印有极密明暗栅格的平板。