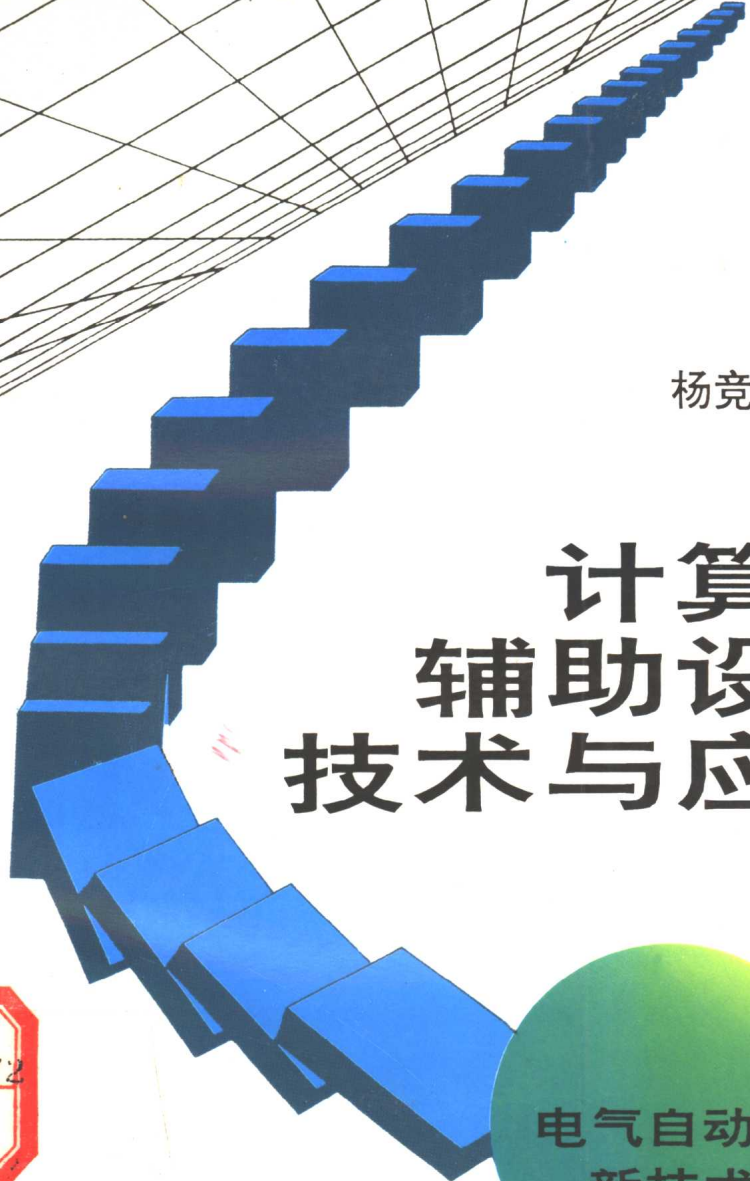




杨竞衡 主编

计算机 辅助设计 技术与应用



电气自动化
新技术
丛书



机械工业出版社

电气自动化新技术丛书

计算机辅助设计技术与应用

杨竞衡 主编



机械工业出版社

(京)新登字 054 号

本书是计算机辅助设计(CAD)技术近两年来实用的总结,书中介绍了CAD/CAM的应用经验与使用技巧。全书共11章,在综述与介绍CAD图形学原理的基础上,逐章介绍了工业造型CAD、机械零件与机械产品CAD、模具CAD、计算机辅助制造(CAM)、有限单元法应用、电路CAD、控制系统CAD、土木工程与建筑CAD、纺织CAD的应用技术与实例。

本书可作为从事CAD开发的工程技术人员参考书,也可供大专院校有关专业师生及培训班学员作为教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

计算机辅助设计技术与应用/杨竞衡主编. -北京:机械工业出版社,1995
(电气自动化新技术丛书)

ISBN 7-111-04767-2

I. 计… II. 杨… III. 计算机辅助设计 IV. TP391.72

中国版本图书馆CIP数据核字(95)第08618号

出版人:马九荣(北京市百万庄南街1号 邮政编码100037)

责任编辑:孙流芳 版式设计:李松山 责任校对:丁丽丽

封面设计:姚毅

三河永和印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

1995年8月第1版·1995年8月第1次印刷

850mm×1168mm1/32·9 印张·245千字

0001—5050册

定价:13.00元

《电气自动化新技术丛书》

序 言

科学技术的发展,对于改变社会的生产面貌,推动人类文明向前发展,具有极其重要的意义。电气自动化技术是多种学科的交叉综合,特别在电力电子、微电子及计算机技术迅速发展的今天,电气自动化技术更是日新月异。毫无疑问,电气自动化技术必将在建设“四化”、提高国民经济水平中发挥重要的作用。

为了帮助在经济建设第一线工作的工程技术人员能够及时熟悉和掌握电气自动化领域中的新技术,中国自动化学会电气自动化专业委员会和中国电工技术学会电控系统与装置专业委员会联合成立了《电气自动化新技术丛书》编辑委员会,负责组织编辑《电气自动化新技术丛书》。丛书将由机械工业出版社出版。

本丛书有如下特色:

一、本丛书是专题论著,选题内容新颖,反映电气自动化新技术的成就和应用经验,适应我国经济建设急需。

二、理论联系实际,重点在于指导如何正确运用理论解决实际问题。

三、内容深入浅出,条理清晰,语言通俗,文笔流畅,便于自学。

本丛书以工程技术人员为主要读者,也可供科研人员及大专院校师生参考。

编写出版《电气自动化新技术丛书》,对于我们是一种尝试,难免存在不少问题和缺点,希广大读者给予支持和帮助,并欢迎大

家批评指正。

本丛书选题将随新技术发展不断扩充,凡属电气自动化领域新技术均可作为专题撰写新书。我们也面向社会公开征稿,欢迎自列选题投稿。来稿或索取稿约请函寄 300180 天津市津塘路 174 号天津电气传动设计研究所转《电气自动化新技术丛书》编辑委员会。

《电气自动化新技术丛书》

编辑委员会

《电气自动化新技术丛书》

编辑委员会成员

主任委员：陈伯时

副主任委员：喻士林 夏德铃 李永东

委员：(以姓氏笔划为序)

王 炎	王文瑞	王正元
刘宗富	孙 明	孙武贞
孙流芳	过孝瑚	许宏纲
朱稚清	夏德铃	陈伯时
陈敏逊	李永东	李序葆
张 浩	张敬明	周国兴
涂 健	蒋静坪	舒迪前
喻士林	霍勇进	戴先中

前 言

设计是各项生产建设活动的第一道工序，产品和建设工程质量的优劣，首先取决于设计水平的高低。现阶段的设计技术，已经逐步摆脱沿袭多年的经验设计的初级形态，上升到了理论设计的新阶段，形成了所谓现代设计方法的新学科。计算机技术的发展，为设计领域这一革命性的转变提供了强有力的物质基础。计算机可以帮助设计人员按照现代设计方法的原则，完成产品 and 工程的设计、计算、分析、优化、仿真试验、绘图和编制设计文档等多项工作，使设计工作的质量和劳动生产率大大提高，从而促进了整个生产建设领域的加速发展。计算机辅助设计(CAD)这一技术就是在这样的历史背景下应运而生的。

从世界上第一个CAD系统在1962年诞生至今已有30多年的历史。回顾其发展过程，成长速度是十分迅猛的。到1993年，在世界范围内CAD工程工作站年销售额已达60多万台、100多亿美元。预测到本世纪末，年销售额将达到700多万台、500多亿美元。应用领域主要集中在机械、电子、建筑这三大行业。我国的CAD技术发展与应用较晚，80年代是其发展较快的时期。据1992年对八个主要行业的统计，我国已安装CAD系统约3万套，其中，工程工作站与PC机工作站之比约为1:9，此值在国外约为7:8。我国在CAD技术应用的广度和应用的水平档次上均与国外先进水平有较大差距。

CAD技术之所以能有如此神速的发展，是与其自身所特有的一些优异功能，并由此带来的明显的经济效益与社会效益分不开

的。从总体上看，CAD 技术可以帮助设计人员扩展其创造性思维的空间，借助所谓的智能 CAD 系统，通过人工智能、专家系统等技术支持，以弥补设计人员个人经验的不足；可以帮助设计人员按照现代设计理论进行大量的复杂的运算，求出最佳的设计参数，并对设计方案进行最优化；可以把设计师正在构思的新建筑、新产品，以虚拟现实或三维实体逼真的图象形式展现在用户面前，以供评审与选择；可以在计算机屏幕上对设计的原理、结构和特性进行动态仿真试验，而无需制造模型样机；可以对已决定的设计方案自动进行二维、三维的绘图，编制工程施工、报价和产品加工制造用的全部设计资料，并可同时生成生产制造所需的各项工艺资料，如模具设计、数控机床加工程序等；在设计过程中，通过数据库、图形库等，可以为设计人员提供大量的设计参考资料，随时调用，方便又高效；通过 CAD 工作站的连网运行，可以使身处异地的一些设计人员用并行工程的现代化方式同时进行设计工作的探讨和齐头并进地进行设计。所有这些 CAD 优异功能的存在，绝非过去一人一笔一划地进行传统式的伏案设计所能比拟的。它所带来的设计工作的革命性变化，不只是量的跃升，而且是质的飞跃。它使过去初级形态下进行设计所不能做到的事情变为可能；它使设计人员完全从费时、重复、繁琐的设计工作中摆脱出来，更好地发挥其创造性思维的作用；它使整个设计、生产、建设的劳动生产率大为提高，推动了整个社会的加速发展。CAD 技术的发展正方兴未艾，远没有到达它的尽头，这一新兴技术的继续发展与广泛应用，必将在人类文明进化史上留下色彩斑斓的辉煌。

CAD 这一新兴技术在经济发展与社会进步中的巨大作用，已引起国家高层领导的极大重视。江泽民主席在 90 年代初就曾对 CAD 技术作过如下的评价：“计算机辅助设计推动了几乎一切领域的设计革命，可降低土木工程设计成本 15%~30%，产品从设计到投产的时间可缩短 30%~60%，废品率可降低 80%~90%，设备利用率可提高 2~3 倍。”第八个五年计划期间，国家已把推

广CAD技术纳入了计划,要求在300个重点大中型企业中,CAD的应用达到全部设计工作量的30%;其他大中型企业达到15%。

为了配合我国CAD技术的应用推广计划,迎头赶上这一蓬勃发展的新潮流,特组织我国一些有丰富CAD理论与实践经验的专家学者,撰写了本书。本书力求从理论与实践结合的角度,把CAD技术及其应用技巧向广大读者进行较为系统的介绍。尽管CAD技术正处在蓬勃发展的阶段,新的研究成果和应用实践将不断地涌现,但它毕竟还是有一定的学科内涵与共性的技术基础,因此,本书的目的就是希望能把这些基础性的东西介绍清楚,使广大读者能在这个基础上继续去观察和掌握CAD技术今后的一切发展与变化。愿本书的出版能为我国CAD技术及产业的发展贡献一份微薄的力量。

参加本书编写的人员名单如下:

主 编 杨竞衡

编著者(按姓氏笔划排列)

毛相骥	王治宝	王德明	申义检
朱以文	朱 宏	孙华辅	李立忠
李 容	李斌桥	陈进勇	陈连贵
胡人文	周长怀	施复言	施益新
钟祥水	张汝亮	聂崇训	高金生
商学坤	滕建辅		

由于编者水平所限,书中缺点和错误在所难免,恳请广大读者批评指正。

作 者

1995年3月



图 10-1 永和斜拉桥



图 10-2 天津中山门立交桥



图 10-3 某多功能厅装饰设计
(北京市建筑设计院 Intergraph 工作站 Hi-Indoor 软件)

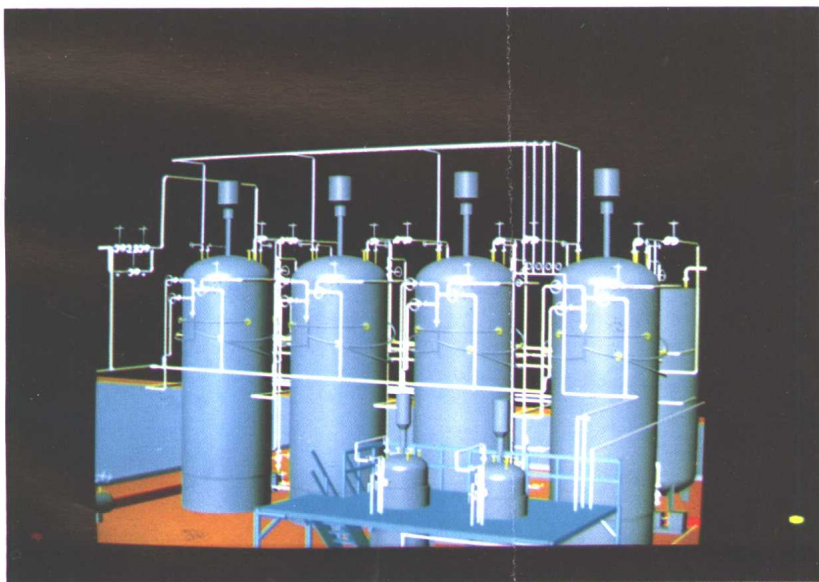


图 10-4 某糖精厂工艺设计
(天津市轻工业设计院 Intergraph 工作站 PDS 软件)

目 录

《电气自动化新技术丛书》序言

前言

第 1 章 绪论	1
第 2 章 计算机图形学基础	7
2.1 绘图与图形显示原理	7
2.2 二维图形变换方法	13
2.3 物体隐藏线与隐藏面的消除方法	19
参考文献	24
第 3 章 工业造型 CAD	25
3.1 工业设计与工业造型设计	25
3.2 CAID 在工业造型设计中的作用	26
3.3 CAID 主要内容介绍	26
3.4 CAID 的杰出软件——Alias	27
3.5 线框造型	35
3.6 曲面造型	37
3.7 实体造型	42
第 4 章 机械零件与机械产品 CAD	49
4.1 概述	49
4.2 机械 CAD 的总体系统	52
4.3 整机方案设计	56
4.4 产品与部件的性能仿真	61
4.5 优化算法	63
4.6 运动部件的分析	67
4.7 结构强度设计	71

4.8	机械零件的造型	75
4.9	通用件与标准件的管理	78
4.10	结束语	79
	参考文献	81
第 5 章	模具 CAD	82
5.1	模具在工业发展中的重要地位	82
5.2	模具 CAD/CAM 在国内外的动态	83
5.3	模具 CAD/CAM 在工厂中应用的必要性	85
5.4	塑料模 CAD 系统介绍	87
5.5	塑料模 CAD 的使用实例	91
5.6	冷冲模 CAD 系统介绍	103
5.7	模具 CAD 今后发展的方向	106
第 6 章	计算机辅助制造	108
6.1	概述	108
6.2	数控、计算机数控和工业机器人	109
6.3	数控加工编程及柔性加工系统	120
6.4	CAD 与 CAM 系统的联接方法及交互图形编程	130
6.5	CAM 系统的功能与集成制造系统	139
6.6	CAM 及 CAD/CAM 一体化软件介绍	144
	参考文献	146
第 7 章	有限单元法应用	147
7.1	概述	147
7.2	有限单元法在机械工程中的应用实例	150
7.3	有限单元法的发展方向	157
第 8 章	电路 CAD	159
8.1	概述	159
8.2	电路的 PSpice 分析	160
8.3	集成电路(IC)的计算机辅助设计	184
	参考文献	193
第 9 章	控制系统 CAD	194
9.1	CADCS 的发展	194
9.2	CADCSC 的命令系统与工作模式	196

9.3	CADCSC 的应用	219
9.4	CADCS 的发展前景	231
	参考文献	232
第 10 章	土木工程与建筑 CAD	234
10.1	道路工程 CAD	234
10.2	桥梁工程 CAD	241
10.3	建筑工程 CAD	254
第 11 章	纺织 CAD	262
11.1	纺织 CAD 工作原理	262
11.2	纺织 CAD 硬件构成	269
11.3	纺织 CAD 典型产品简介	272

第1章 绪 论

计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助工程(CAE)和计算机辅助制造(CAM)技术近10年来发展迅速,国外工业发达国家应用广泛,效益显著。我国起步晚,投入的财力和物力都不够,大多处于起步阶段,真正形成生产力,发挥出重大经济效益的设计、企事业单位,无论是中央直属的还是地方的都为数不多。从总体来说,我国微机的拥有量已十分可观,但多用于管理,有少部分用于CAD。微机CAD软件以AutoCAD为主体。实际上,在微机环境下还有一些更好的CAD/CAM软件,诸如Microstation、PD等,功能远超出AutoCAD,但毕竟AutoCAD先入为主,占领了国内主要市场。微机CAD/CAM系统可以满足一般的工程图样设计、绘图和机加工的要求。它可以减轻设计人员的重复劳动,但还不能说是设计的根本变革。

传统的设计对产品(含建筑物)的构思只能在单独作业的设计人员脑海中形成。无论是在设计人员之间;还是在生产、建设、施工者之间,都得通过图样的方式来交互和传递这些构思。由于人的能力所限,除建筑渲染图以外,只能以国标或部标为基准画在二维图纸上。交互过程必须通过“人”去读懂二维图样,在脑海中恢复三维的空间模型形象才能实现。这对简单的产品可能不成问题,但对稍微复杂一些的产品就很难说了。尤其是对机电一体化的产品,诸如电视机、录象机、车、船、飞机乃至现代化的建筑物,几乎没有一样不涉及到计算机、电子、电力、机械、自动化、土建各个领域,通过传统的二维工程图交换不同专业人员的设计和制造(生产)思维,岂能不出问题。于是修改图样在所难免,产品试制样机一而再,再而三地修改。即使产品极单一,只涉及一个专业,除非通盘是由一个人设计,只要是由设计群体设计的,

就得同时趴图板，同时做一个整体项目的各个子项目，通过图样传递每个设计的个体思维。微机 CAD 系统正好反映了这一传统的设计方法。它大大改善了设计人员在图样绘制与传递交互过程中可能出现的差错，提高了设计质量和设计劳动生产率，所以得到了较普遍的推广应用。尽管今天 586 处理器的问世已使微机达到过去小型机处理器的水平，但由于微机起步时的起点低，向下兼容的要求使其难于支持海量存储器，不支持虚拟系统（虚拟存储器、虚拟设备），不支持大容量的外围记录设备（例如 2GB~5GB 的 DDS）。微机是通用计算机，并非 CAD 的专用机，这点不像工作站。工作站是面向 CAD，专为图象和图形处理而设计的。在图形矢量处理上微机不设专门的硬件。上面述及的问题使得以微机为基础的 CAD 系统只适合做个体设计，难以形成群体设计的生产规模。用计算机术语来说，微机的 CAD/CAM 都不是并发的（Concurrent），不能同时在统一数据库中实现多专业、多成员的群体设计，更不要说现在国外正在发展的集成制造系统（CIMS）了。

用工作站实现 CAD，则上述的问题很容易解决，这也是为什么近年来国际上工作站销售量逐年猛增的主要原因。从微机 CAD 向工作站级 CAD 过渡，使 CAD 技术得以充分发挥，推动一场真正的设计革命，是我们的追求。

CAD/CAM 技术的推广和引进应着眼于本单位的设计和生产实践，以效益为主。有这样一个企业，产品极复杂，零部件极多，包括标准件、紧固件在内零件近万件，过去为确保用户的运行维护，随机提供零部件的装配图样和易损件的图样。由于该产品走俏，在今天的市场经济下时刻担心被仿制。而从用户维护的角度来看，二维的装配图样不直观，难于看懂。为了便于用户维护，又避免被人仿制，该厂引进了工作站和通用 CAD 造型软件，完成从零件到部件到各级装配的轴测分装图样，成册提供用户。维护人员感到清晰易懂，查找易损件方便。由于轴测图上没有尺寸和加工技术条件，很好地保护了产品的技术专利。完成这样的图样靠人工绘制几乎是不可能的。短短的半年即发挥了效益，取得

很好的结果，从而也确立了CAD在该厂的地位。举这个例子的目的是说CAD/CAM迈出的第一步要选好课题，上来就有效益，就是说要一步“打响”。

目前，国外的主要CAD通用软件的开发都已经有15到25年的历史，软、硬件都已历经数代，已经达到成熟的阶段了，国内也有一些单位进行了许多开发工作，取得了一些可喜的成果。目前西方软件正在积极创造条件进入中国市场，在价格上也采取了较为灵活的作法。因此，国内的开发工作没有必要再从造型等基础软件的开发一步步地走起，而应当在行业领域内有重点地组织某一关键产品的专业CAD开发。例如汽车行业的研究所以应该当仁不让地承担起汽车行业关键零、部件的专业CAD/CAM软件二次开发任务。但是我们不能走先开发后应用的路子，而应把应用放在首位，在应用中不断地开发、创新。现实生活中常有这样的实例，企业购入工作站和通用CAD软件以后，只让少数人投入了课题开发，没有用于一线生产。一两年未画出一张图样，未加工一个零、部件，结果可想而知。这个系统被彻底否定了。该企业要想重新迈出CAD的步伐该有多难。搞CAD的技术人员应当清楚地知道，哪怕你用它解决一个生产难题，立即就会确立其在该企业中的地位，再向前发展就有望了。

曾经有过这样的企业，重金购入一台四轴联动加工中心，由于停留在手工编程上，三轴联动都难于做到，好端端的高级加工设备只用来铣平面、钻孔，而曲面加工件却拿去外协。其实一台工作站加上通用CAD造型软件和数控前、后处理模块，便可轻而易举地完成这一数控编程任务。算算帐，这不是效益吗？因此CAD/CAM技术引入的第一步应把重点放在提高本企业的效益上。

CAD技术是一项集成技术。它包括产品各专业的设计、造型、生产、制造、仿真、工艺、工装管理，甚至产品的售后服务。例如彩色电视机的CAD系统，涉及到彩电的外观设计、结构设计、强度计算、电路设计、电路板设计、专用器件设计、电路仿真、热