

计算机 辅助设计与制造 (CAD/CAM)基础

[美] Y.C. Pao 著

许耀昌等译

电子工业出版社

计算机辅助设计与制造 (CAD/CAM) 基础

[美] Y. C. Pao 著
许耀昌等 译

电子工业出版社

JS/39/09

内 容 提 要

本书旨在阐明计算机辅助设计与制造 (CAD/CAM) 的基本原理。全书分为两大部分：第一部分为交互计算机图形学，这是 CAD/CAM 的技术基础，其中包括 CAD/CAM 的硬件、软件、图形显示，并示出 CAD/CAM 在制图、设计和分析中的实例。第二部分为元件及系统的 CAD/CAM，其中包括元件及系统的模型建造，系统分析的方法，最后通过实例介绍参数选择及最优设计的方法。书中给出大量实用 BASIC 程序。经过转换可以在 IBM PC 及 Apple II 机上使用。

本书读者对象为：机械、电子、建筑、轻工等部门从事 CAD/CAM 的工程技术人员及高等院校机械制造、电子工程、计算机科学、自动控制、土木建筑等专业的二、三年级学生阅读。

本书备有录相教育片，由电子计算机工业信息中心摄制，许耀昌副教授主讲。

欲购者请与北京 162 信箱信息处唐守仁联系。

ELEMENTS OF COMPUTER-AIDED
DESIGN AND MANUFACTURING

Y. C. Pao

JOHN WILEY & SONS

1984

计 算 机 辅 助 设 计 与 制 造
(CAD/CAM) 基 础

[美] Y. C. Pao 著

许耀昌等 译

责任编辑：王惠民

*

电子工业出版社出版 (北京市万寿路)

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

北京科技印刷厂印刷

*

开本：787×1092 1/16 印张：23.5 字数：545,830 字

1986年9月第1版

1986年9月第1次印刷

印数：15,000

定价：5.00

统一书号：15290·426

译 者 的 话

随着计算机技术的发展, CAD 技术正在迅速兴起。CAD 技术是利用计算机协助设计者设计产品及从事绘图工作,把计算机的快速性,准确性和设计人员的思维、综合分析能力结合起来,从而加快设计进程、提高设计质量,加速产品的更新换代,提高产品的竞争能力,因而具有显著的经济效益和广阔的发展前景。

本书系原作者为大学二、三年级学生讲授“(CAD/CAM) 基础”课程而编写的。本书主要目的是介绍有关 CAD/CAM 的基本原理和方法。本书特点:概念清楚,利用交互式计算机图形设备较为实际地进行了分析研究,并给出 BASIC 语言编制的实用程序。

本书第一章介绍了 CAD/CAM 在工业及教育部门的应用及本书的适用范围。第二章讨论 CAD/CAM 的硬件。第三章讨论 CAD/CAM 的软件。第四章讨论计算机绘图与显示。第五章介绍交互式图形学。第六章介绍交互式图形学在计算机辅助绘图、设计及分析中若干基本实例。第七章讨论元件及系统的模型建造。第八章讨论系统传递函数的变换。第九章介绍有限元的矩阵分析法。第十章讨论数值解的基本方法。第十一章介绍模拟及混合计算机的应用。第十二章是各类高级专题。

本书内容丰富、适应面广,不涉及过细的专业技术。

参加本书翻译工作的有许耀昌(第一章至第五章)、孙玮(第六章)、杜裴(第七章和第九章)、卢伯英(第八章)、李俊刚(第十章至第十二章)。全书由王采斐、许耀昌审校。

由于译者水平所限,加上时间比较仓促,译文中有错误和不当之处,希望读者批评指正。

前 言

本书原稿是为引导性课程“计算机辅助设计导论”准备的,并于1982—1983学年春季在内布拉斯加(Nebraska)大学讲授这门课程。内布拉斯加州林肯大学工程技术学院致力于把计算机辅助设计与制造技术纳入大学课程,本书属于这项工作的一部分。

书中提供的计算机程序,显示图形及硬拷贝是在两套泰克公司(Tektronix)4054计算机图形系统上开发的。第一套4054系统是在1982年3月F. J. 凯利第二从内布拉斯加大学基金会获得的22000美元基金购置的。这是作者提出的一项教学与科研计划的结果,作者也是这项计划的主要研究人员,这项计划的实施得到了R. T. DeLorm, L. Kersten, C. W. Martin, R. N. McDougal, G. M. Smith等教授的协助。第二套4054系统是用内布拉斯加州林肯大学工程技术学院获得的一笔款项购置的。对所有这些支持,作者谨表感谢!

书中提供的许多BASIC程序是从作者在工作中开发的FORTRAN程序移植而来。下列助理研究人员和朋友为准备这些程序作出了贡献: L. C. Chang, T. A. Hung, W. T. Kao, C. M. Lin, M. N. Maheshwari, G. K. Nagendra, J. Nikkola, K. A. Peterson, R. M. Sedlacek, D. S. S. Shy, A. J. Wang, J. D. Wilson 和 S. J. Zitek。他们中间有一些人曾得到通用汽车公司CAD/CAM研究基金的资助。在此,作者对通用汽车公司的支持表示感谢。

波音公司的Leon Hill, IBM公司的Thomas J. Watson研究中心的Han-Chung Wang博士, Mayo诊所的Erik L. Ritman博士通读了手稿,并为此书的修改提出了大量建设性意见,对于老朋友们的支持,作者表示衷心的感谢!

在此,我还要感谢明尼苏达州大学Donald R. Riley教授,俄亥俄州大学的Gary L. Kinzel教授,布里奇波特(Bridgeport)大学的Lawrence L. Durocher教授和波音公司计算机服务部的Kenneth W. Naves博士,他们在阅读本书手稿时提出了宝贵的意见并对本书的修改提出了大量的建议,尤其是关于增加一些在Apple, IBM PC, TRS-80微型计算机上用的BASIC程序,以帮助那些不具备高分辨率泰克公司4054系统,但拥有通用微型计算机的读者进行研究。附录D部分地满足了这种要求,同时给出PLOT-10软件的一些应用。在此,还要感谢内布拉斯加州林肯大学化学系和机械系的David W. Brooks教授和George R. Schade教授,我和我的助手们用的就是他们的IBM PC和Apple微型计算机。

Louise Simmons夫人为作者的许多出版物作了打字工作,本书大部份稿子的打印也出自于她的娴熟技艺。与编辑部人员的合作也是愉快的。他们工作倾心、勤奋、易于合作。这是一段愉快而有益的经历,对他们,特别是Bill Stenquist, Susan Winick, Elyse Rieder和Cindy Stein的协助,作者表示衷心的感谢。最后,我要感谢我妻子Rosaline Shao-Ann,在本书的整个准备过程中,她表示出耐心和谅解。

Y. C. Pao

目 录

第一部分 交互计算机图形学及 CAD 简单示例

第一章 概论.....	1
1.1 计算机辅助设计与计算机辅助制造 (CAD/CAM)	1
1.2 工程制图及计算机绘图.....	6
1.3 交互计算机图形学.....	9
1.4 机器人学.....	9
1.5 CAD/CAM 的课程安排	11
1.6 本书目的及范围.....	12
第二章 CAD/CAM 硬件.....	15
2.1 概述.....	15
2.2 加法器,计算器及计算机	15
2.3 二进制位,字节及字	18
2.4 阵列处理器.....	19
2.5 输入和输出部件.....	19
2.6 总线,端口及中断	19
2.7 调制解调器.....	21
2.8 图形显示.....	22
2.9 交互设备.....	23
第三章 CAD/CAM 软件.....	25
3.1 概述.....	25
3.2 数制.....	25
3.3 整数(定点数)及实数(浮点数).....	27
3.4 字符处理.....	28
3.5 阴极射线管上字符及图形的显示.....	30
3.6 编程语言.....	30
第四章 计算机绘图与显示.....	32
4.1 概述.....	32
4.2 计算机绘图的基本概念.....	33
4.3 所绘曲线的光滑度.....	34
4.4 绘制重复性的图形.....	36
4.5 显示器及分辨率.....	37
4.6 齿轮的纵剖面图.....	38
4.7 旋转.....	40
4.8 平移.....	43
4.9 比例变换.....	43
4.10 显示程序及示例	44
4.11 视区	47
4.12 窗口	48
4.13 剪取	50

4.14	三维物体的透视投影	52
4.15	隐线消除算法	55
4.16	程序: CONTOUR	65
第五章 交互图形学.....		73
5.1	概述.....	73
5.2	指轮,光笔及操纵杆	75
5.3	交互剪切的例子.....	75
5.4	图形输入板.....	78
5.5	可定义的按键.....	90
5.6	模块.....	101
5.7	动态图形学及动画.....	103
第六章 计算机辅助作图、设计和分析的简单示例		105
6.1	简介.....	105
6.2	齿轮的啮合.....	105
6.3	凸轮轮廓设计.....	112
6.4	弹簧圈的设计.....	116
6.5	截面积的分析——面积,重心和惯量矩	118
6.6	摩尔 (Mohr) 圆——特征值问题	124
6.7	交互式标注尺寸.....	130
6.8	用于绘制管道图的 P. MODULE 程序.....	135
6.9	在图形板上向 CRT 和数据文件复制图/图表	145
6.10	曲柄—滑块机构的运动学	148
6.11	惠斯登电桥——电气元件的平衡	154
第二部分 元件及系统的 CAD/CAM		
第七章 元件和系统模型.....		159
7.1	引言.....	159
7.2	能量耗散元件.....	160
7.3	能量存储元件.....	162
7.4	能量转换元件.....	166
7.5	串联 LCR 电路及阻抗.....	167
7.6	线性系统的模型化和相似性.....	168
7.7	系统响应的解析解——双箱问题	170
7.8	时域设计要求.....	176
7.9	惠斯登电桥问题——建立矩阵控制方程.....	178
7.10	小结	179
第八章 系统传递函数的变换.....		181
8.1	引言.....	181
8.2	传递函数.....	181
8.3	频率响应.....	183
8.4	传递函数的方块图变换.....	184
8.5	频域设计要求.....	188
8.6	伯德 (BODE) 分析	190
8.7	系统的校正.....	198
第九章 有限元矩阵分析简介.....		203

9.1 引言	203
9.2 有限元分析	203
9.3 一个数值例子	206
9.4 计算机程序 TRUSS. FE	208
9.5 前置处理和后置处理	212
9.6 程序 FINITE. E	218
9.7 流体流动网络	228
9.8 程序 PIPEFLOW	230
9.9 电网络的导纳矩阵	236
第十章 基本的数值解方法	243
10.1 引言	243
10.2 前向差分逼近法	243
10.3 混合液箱问题	248
10.4 热交换器	252
10.5 梁的分析与设计	256
10.6 四连杆机构的迭代过程	262
10.7 逐次线性插值法	267
10.8 面积和体积的计算	269
10.9 结束语	272
第十一章 模拟和混合计算机的应用	274
11.1 引言	274
11.2 半导体二极管	274
11.3 双极型晶体管	275
11.4 各种放大器	276
11.5 电位器	277
11.6 各种运算放大器	278
11.7 各种工程系统的模拟仿真	279
11.8 定比过程	280
11.9 各种函数发生器	283
11.10 双液箱问题的模拟仿真	285
11.11 非线性模拟仿真—混合液箱问题	286
11.12 数字—模拟转换器	289
11.13 模拟—数字转换器	290
11.14 各种模拟图的计算机辅助绘制——程序 A. MODULE	291
第十二章 其他各类高级专题	299
12.1 引言	299
12.2 参数研究	299
12.3 优化研究—转盘设计问题	305
12.4 汽车路线的优化	310
12.5 加工过程的数字控制 (NC)	312
12.6 一个 APT 语言的数控程序实例——凸轮外形的加工	313
12.7 单纤维缠绕轴向对称壳体的 CAD/CAM	315
12.8 四连杆装置的 $y = \log x$ 运动	320
12.9 结束语	328
附录	329

附录A	矩阵代数, 克莱姆法则和高斯消去法	329
附录B	多项式根的贝斯特解法	339
附录C	拉普拉斯变换	343
附录D	已开发程序的 FORTRAN 版本和 Apple, IBM 及 TRS BASIC 版本	348

第一部分 交互计算机图形学及 CAD 简单示例

第一章 概 论

1.1 计算机辅助设计与计算机辅助制造 (CAD/CAM)

设计和生产销路好的产品是工程界的头等大事。设计师利用他的想象力和创造性,通常经历画草图,绘制流程图,方块图,建造试验模型以及进行实验测试等过程来完成这一任务。为此他们不得不在规定的经费条件下开展工作,包括选择一定数量的有用材料及制造技术,并克服存在的种种障碍。通过**试探**的过程,设计师对问题越来越熟悉,最后才能找到满意的解决办法。

在实际情况下,为了满足设计指标,设计师总是有一定的选择余地。在设计初始阶段,通常只有若干指标而不是全部指标都满足要求。为了改进和提高设计质量,需要作一些**调整**工作,如有可能,使设计**最优化**。因此,在设计过程中有大量重复性工作要做,计算机最适合以高速度做重复性的工作。在调整过程中计算机起很重要的作用(图 1-1)。

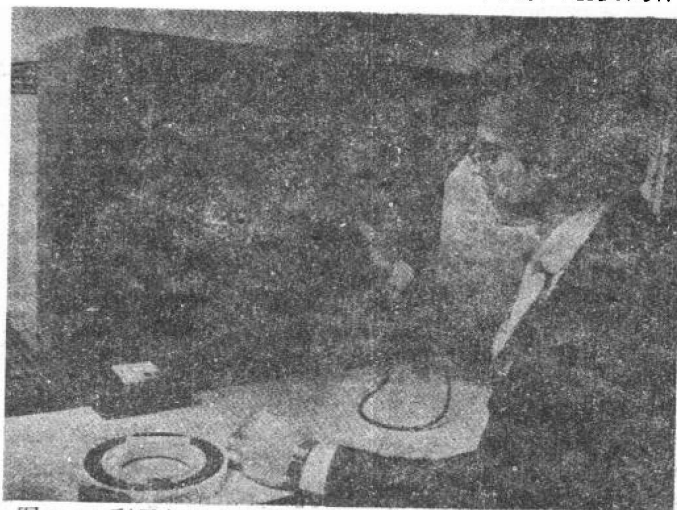


图 1-1 利用交互式图形设备来改变小轿车的某部分设计

一旦选定了能满足全部指标的设计方案,就可以进行计算机辅助制造。小型计算机可用于数控机床,制造过程中的其他许多方面也可用计算机进行实时控制。

哈特范奈 (Hatvany) 等在 1977 年对计算机辅助设计作了一个综述^①。最近,麦克

^① T. Hatvany, W. M. Newman, and M. A. Sabin, "World Survey of Computer-Aided Design," *Computer-Aided Design*, Vol. 9, No. 2, 1977.

道格 (R. N. McDougal) 教授发表了美国工业界利用计算机辅助设计与计算机辅助制造 (简称 CAD 及 CAM) 的综述性文章。表 1-1, 表 1-2 及表 1-3 给出了美国工业界应用 CAD, CADR 以及 CAM 的各个领域。这里 CADR 代表计算机辅助绘图。据美国专业工程师协会主编的“工程时代” (“Engineering Times”) 报导 (1981 年 11 月发表), “世界上 CAD/CAM 方面的销售额从 1980 年的 9 亿美元到 1986 年将上升到 58 亿美元。”

最近刊登了蔡斯 (S. H. Chasen) 的文章^①, 作者从五个主要方面考察了 CAD/CAM

表 1-1 CAD/CAM 在工业界的应用情况

应 用	采用这类应用的单位数 ^{a)}
计算机辅助设计	
1. 机械、结构元件及线路板设计	21
2. 问题求解	17
3. 交互图形设计	14
计算机辅助制图	
4. 编辑及修改已有的图样	14
5. 自动绘图	25
计算机辅助制造	
6. 编制目录, 过程控制, 人员登记等	20
7. 各种机械的数字控制	19
8. 材料的处理及检验	8
9. 交互式零件套装	4
10. 非破坏性的及其他的试验	3

出处: Adapted from “Some Common Characteristics in Industrial Applications of CAD/CAM”, *Engineering Design Graphics Journal*, American Society of Engineering Education, Fall 1981. Courtesy of Professor R. N. McDougal.

a) 见表 1-3。

表 1-2 计算机辅助技术在工业界的应用

应 用	采用这类应用的单位数 ^{a)}
计算机辅助绘图	39
1. 自动绘图	25
2. 已有图样的编辑及变更	14
计算机辅助设计	
1. 机械、结构元件及线路板设计	21
2. 问题求解	17
3. 交互图形设计	14
计算机辅助制造	
1. 编制目录, 过程控制, 人员登记等	20
2. 各种机械的数字控制	19
3. 材料处理及检验	8
4. 交互式零件套装	4
5. 非破坏性的及其他试验	3

出处: Adapted from “Some Common Characteristics in Industrial Applications of CAD/CAM”, *Engineering Design Graphics Journal*, American Society of Engineering Education, Fall 1981. Courtesy of Professor R. N. McDougal.

a) 见表 1-3。

① S. H. Chasen, “Guidelines for Acquiring CAD/CAM Information,” *Computers in Mechanical Engineering*, Vol. 1, No. 1, August 1982, pp. 37—42.

的有关情况。这五个方面是：(1) 出版机构；(2) 教育单位；(3) 用户；(4) 卖主；(5) 咨询机构。正如作者在文章中所叙述的那样，CAD/CAM 这一领域正在蓬勃发展。虽然该文不可能列举所有的应用，但它对使用 CAD/CAM 有潜力的用户在取得这一领域的基本知识，并选择市场上可买到的硬件及软件方面提出了十分宝贵的建议。

表 1-3 采用 CAD/CAM 工业界的代表

工业界的代表单位	CAD/CAM 的使用代号
艾利斯查默斯 (Allis Chalmers) 公司	2,4,5,6,7,9
美国层压板联合会	1,2,6,8
美国石油公司(工业标准油公司)	3,5,6,7
ARMCO 建筑系统公司	1,5,7
比奇特尔 (Bechtel) 动力公司(工程部)	2,5
贝尔实验室	1,5
布莱克, 维奇 (Black & Veatch) 公司	1,3,5,6
布伦兹维克 (Brunswick) 公司(保卫部)	7
北伯灵顿公司	1,5
洛杉矶市(县级工程师使用)	1,2
科塔 (Colt) 工业公司(费尔班克莫尔斯泵部-Fairbanks Morse Pump Div.)	1,2,7
迪安公司(制造工程部)	2,3,4,6,7,8,9,10
弗雷斯特 (Firestone) 轮胎及橡胶公司	5,6,7
菲希尔 (Fisher) 控制公司	1,2,6,7
福特牵引车部	1,2,3,4,5,6
通用动力公司(电动船部)	2,3,4,7,9,10
通用汽车公司	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10
通用波特兰公司	6
国际造纸公司	6,7,8
约翰-曼维尔 (John-Manville) 销售公司	4,5,6
马丁玛丽泰 (Martin Marietta) 航空和航天公司	1,3,4,5,6,7,8
麦克唐纳道格拉斯飞机公司	3,5,7
麦克唐纳道格拉斯宇航公司	1,3,4,5,7
蒙桑托 (Monsanto) 公司(工程部)	1,5
菲利浦石油公司(协作工程部)	2,3,4,5
普劳克蒂, 强伯 (Proctor & Gamble) 公司	2,3,4,5,6,7
共和钢铁公司	1,5,7
桑德 (Sanda) 公司	1,2,3,4,6,7
得克萨斯公司(计算机服务部)	1,3,4,5
设计者协会股份有限公司(建筑部)	1,5,6
特里因 (Trane) 公司	1,2,4,5,7,9
加州联合石油公司	2,5,6,8
合众工艺研究中心	1,6
凡尔蒙 (Valmont) 工业股份有限公司	2,3
惠斯登电气公司	1,2,4,5,6,8
威斯汀豪斯电气公司(研究和开发中心)	1,5,7

出处: Adapted from "Some Common Characteristics in Industrial Applications of CAD/CAM," *Engineering Design Graphics Journal*, American Society of Engineering Education, Fall 1981. Courtesy of Professor R. N. McDougal.

a) 见表-1。

表 1-4 计算机图形学在教育部门的应用情况

大 学	计算机图形学的应用	应用计算机图形学的部门	学生的听课水平	教科书及作者 ^{a)}
空军技术学院	解决各种问题	工学院	大学生,研究生	笔记及手册
阿拉斯加大学	解决各种问题 ^{b)}	土木工程系, 工程科学系	一年级学生	笔记及手册
亚利桑那州大学	解决各种问题	航空系, 机械工程系, 土木工程系	大学生,研究生	笔记及手册
布里奇波特 (Bridgeport) 大学	解决各种问题	电气工程系, 机械工程系	四年级学生及研究生	纽曼 (Newman) 及斯普劳尔 (Sproull)
英国哥伦比亚大学	解决各种问题	土木工程系	四年级学生	笔记及手册
长滩加州大学	解决各种问题	机械工程系及其他	二,三,四年级学生	笔记及手册
戴维斯加州大学	解决各种问题	机械工程系, 土木工程系	低年级及高年级学生, 研究生	笔记及手册
纽约市立大学	解决各种问题	土木工程系	大学生,研究生	笔记及手册
克莱姆森 (Clemson) 大学	解决各种问题	工程图学	二,三,四年级学生	丹尼尔·赖恩 (Daniel Ryan) 沃尔夫冈·吉洛 (Wolfgang Giloi)
康可达大学	解决各种问题	土木工程系	高年级大学生及研究生	笔记及手册
康涅狄格州大学	解决各种问题	工程图学	一,二,三年级学生	纽曼,斯普劳尔
达顿 (Dayton) 大学	解决各种问题	机械工程系	高年级学生	笔记及手册
佛罗里达工学院	解决各种问题	数学科学系	高年级学生,研究生	纽曼,斯普劳尔
佐治亚州工学院	解决各种问题	计算机科学系, 电气工程系, 机械工程系	高年级学生,研究生	纽曼,斯普劳尔
哈佛大学	解决各种问题	建筑系	研究生	罗杰斯 (Rogers) 亚当斯 (Adams) 纽曼 斯普劳尔
伊利诺斯州工学院	解决各种问题	所有的工程系	三,四年级学生,研究生	笔记及手册
厄巴纳,尚普兰 (Urbana, Champlain) 伊利诺斯大学	解决各种问题	航空系, 材料系, 机械系, 地质系	二,三,四年级学生	笔记及手册
堪萨斯州大学	解决各种问题,艺术	机械系, 计算机系, 土木工程系, 石油系	三年级学生	笔记及手册
路易斯安那州技术大学	解决各种问题	机械系	三,四年级学生,研究生	笔记,手册
马里兰大学	解决各种问题	土木工程系	高年级学生	笔记及手册
密执安州立大学	解决各种问题	机械工程系	二,三,四年级学生,研究生	罗杰斯,亚当斯
密执安大学工学院	解决各种问题	机械工程系,电机系	一,二年级学生	罗杰斯,亚当斯
哥伦比亚密执安大学	解决各种问题	机械系, 航空系	二,三,四年级学生	笔记及手册
罗勒 (Rolla) 密苏里大学	解决各种问题	航空系 土木工程系 电机系 机械系	二,三年级学生	笔记及手册

表 1-4 (续)

大 学	计算机图形学的应用	应用计算机图形学的部门	学生的听课水平	教科书及作者 ^{a)}
内布拉斯加州林肯大学	解决各种问题, 艺术	机械系 土木工程系 工业管理系 电气工程系 化学工程系 电气工程系 地质系 计算机系	一年级, 四年级学生 研究生 三, 四年级学生	迪洛姆 (Delorm) 笔记及手册 笔记及手册
新布伦瑞克大学	解决各种问题	化学工程系	研究生	笔记及手册
北卡罗来纳州大学	解决各种问题	电气工程系 地质系 计算机系	三, 四年级学生	笔记及手册
西北大学	解决各种问题	化学工程系	研究生	笔记及手册
奥克兰大学	解决各种问题	未知	高年级学生	笔记及手册
俄克拉荷马州大学	解决各种问题, 艺术	工学院	一, 二, 三, 四年级学生	笔记, 手册
俄亥俄大学	解决各种问题	工程图学	一年级学生	笔记, 手册
宾夕法尼亚大学	解决各种问题	城市规划工程, 计算机科学系	二, 三年级学生, 研究生	纽曼, 斯普劳尔
普陀大学	解决各种问题, 艺术	机械工程系	高年级学生, 研究生	纽曼, 斯普劳尔, 罗杰斯, 亚当斯
罗契斯特大学	解决各种问题	电气工程系 机械工程系	四年级学生, 研究生	笔记, 手册
罗斯-赫尔曼 (Rose-Hulman) 工学院	解决各种问题	工程设计	大学生	笔记, 手册
南达可他州立大学	解决各种问题	地质工程学	一年级大学生	笔记, 手册
马萨诸塞州东南大学	解决各种问题, 艺术	电气工程系, 数学系	一年级学生, 研究生	笔记, 手册
史蒂文斯 (Stevens) 工学院	解决各种问题	土木工程系, 化学工程系, 经济系	二, 三, 四年级学生	笔记, 手册
田纳西州大学工学院	解决各种问题	工程科学系, 数学系	三年级学生, 研究生	笔记, 手册
奥斯汀得克萨斯大学	解决各种问题	机械工程系	一, 二年级学生	笔记, 手册
多伦多大学	解决各种问题	机械工程系, 土木建筑工程系	大学生, 研究生	笔记, 手册
多斯凯奇 (Tuskegee) 学院	解决各种问题	电气工程系	四年级学生, 研究生	W. R. 贝内特 (Benct)
美国海岸警卫队军事学院	解决各种问题	应用科学及工程系	三, 四年级学生	笔记, 手册
佛蒙特 (Vermont) 大学	解决各种问题	建筑工程系	二, 三, 四年级学生	笔记, 手册
弗吉尼亚州大学	解决各种问题	机械工程系 计算机科学系	三, 四年级学生, 研究生	笔记, 手册
西密执安大学	解决各种问题	工业管理系 工程图学	四年级学生	笔记, 手册
麦迪逊威斯康星州大学	解决各种问题	地质系 机械系 土木工程系	一, 二, 三年级学生	笔记, 手册
密耳瓦基 (Milwaukee) 威斯康星州大学	解决各种问题, 艺术	系统设计系	一年级学生, 研究生	笔记, 手册

出处: a) 参看原文中的参考文献。

b) 解题及艺术制图。

1.2 工程制图及计算机绘图

工程师们在纸上画草图进行初步设计,当设计逐渐进入最终阶段,就需要仔细地按比

表 1-5 工业界使用计算机图形学的情况

代 表 单 位	应 用
比奇特尔公司	核电站,核动力方面,计算机辅助设计,有限元分析的交互计算机图形学,通用等值线图的程序设计,计算机辅助绘图
本迪克斯公司	线路图,印制板布局,大规模集成电路的自动绘图,齿轮系,仿真工作的自动设计
伯利恒 (Bethlehem) 钢厂	计算机辅助制造,计算机辅助放样
布莱克维奇公司	不用
波音计算机部	计算机辅助绘图,计算机辅助制造
埃克斯翁 (Exxon) 公司	管道系统设计及修改,构件的视图,露天矿的地图
弗雷斯通公司	装备及厂房设计
菲希尔 (Fisher) 控制公司	印制板设计,计算机辅助绘图,设计布局,有限元分析,编制地震图
通用动力公司电动船分部	计算机辅助绘图,有限元分析,非破坏性的超声测试,计算机辅助制造
通用动力公司昆西 (Quincy) 造船分部	计算机辅助绘图,计算机辅助制造,构件的最佳套装
通用汽车公司	车身外形设计
乔治亚州太平洋公司	不用
固特异公司	不用
英特莱 (Inland) 钢厂	轧辊的设计和制造(用于型钢)
国际联合收割机公司	计算机辅助设计,计算机辅助制造
柯达公司	计算机辅助绘图
克兰夫特公司	不用
莫别尔 (Mobil) 公司	不用
莫森托 (Monsanto) 公司	跟踪装置的设计,污染排除的设计研究
欧文斯-伊利诺公司	计算机辅助设计,计算机辅助制造
菲利浦石油公司	自动绘图,计算机化的图象产生器
罗尔斯顿,普林纳 (Ralston, Purina) 公司	不用
共和钢厂	自动绘图,自动设计,计算机辅助制造
罗克威尔国际自动化操作公司	计算机辅助绘图,有限元模型,详细设计,制造
桑迪亚 (Sandia) 实验室	计算机辅助设计,计算机辅助绘图分析,计算机辅助制造
印第安纳州标准石油公司	神奇的图形,地质/地球物理图形,计算机处理图形
圣塔克 (Suntech) 集团	计算机辅助绘图
第纳西州煤气管道公司	计算机辅助制图,计算机辅助分析与设计
得克萨斯公司	计算机辅助绘图,结构设计
联合石油公司	不用
联合罗亚尔 (Uniroyal) 公司	计算机辅助绘图,计算机辅助制造
合众工艺公司	计算机辅助绘图及设计
普拉特,惠特尼 (Pratt & Whitney) 公司	计算机辅助制造
沃纳,朗伯公司	不用
威斯汀豪司公司	计算机辅助设计

出处: Adapted from "CG as a Design Tool," *Engineering Design Graphics Journal*, American Society of Engineering Education, Winter 1981. Courtesy of Professor R. N. McDougal.

例制图并检验所绘的零件尺寸是否合适,尤其在制造阶段,必须详细地描述每个零件的形状大小。在工科大学的课程中,**工程制图**是一门必修课。在这门课程中学习关于比例换算,注尺寸、写字母、绘制设计对象的正交视图及辅助视图。

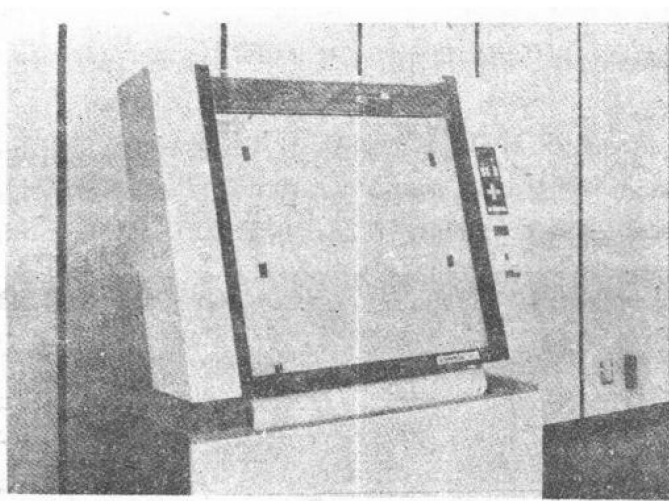


图 1-2 Calcomp 公司高速 960 绘图机

在工程制图中对几何特性的描述十分重要,利用它才能确定与**三维设计**有关的几何信息。鉴于所有的线条图都是二维的,三维物体必须取投影。为了计算线和线,线和面,面和面,面和曲面之间的夹角以及计算面积,长度等其他尺寸,必须导出它们相应的计算



图 1-3 利用计算机图形显示观察小轿车旋转时的外形

公式。

计算机可用各种方式帮助工程师绘图。由于它的速度,精度,计算机可以很容易地取代徒手写字母,数字。如果在设计中经常使用标准零件,那个零件的设计图也可由计算机超级绘图员,但它不能代替人的创造性。在计算机辅助设计的试探过程中,人工干预是不可少的。利用**显示器**可以使用户和计算机通过相互回答进行交谈(图 1-3, 图 1-4, 图 1-5)。

计算机绘图,自动制图,计算机辅助制图,计算机图形学及其他许多专门名词可以互换使用。在麦克道格(R. N. McDougal)综述性文章的后续部分统计了计算机在教育部门(表 1-4)及工业部门(表 1-5)的应用情况。由于 CAD/CAM 这一领域正以极快的步

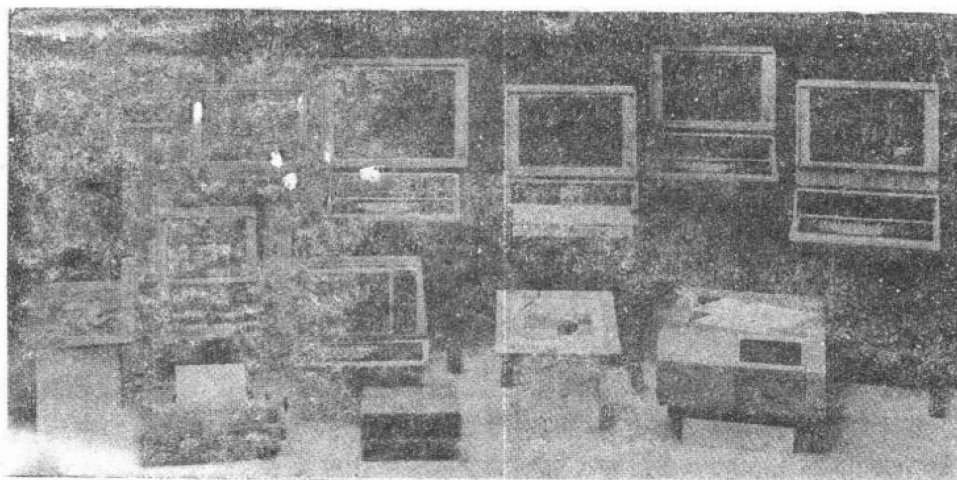


图 1-4 计算机图形字及其外围设备

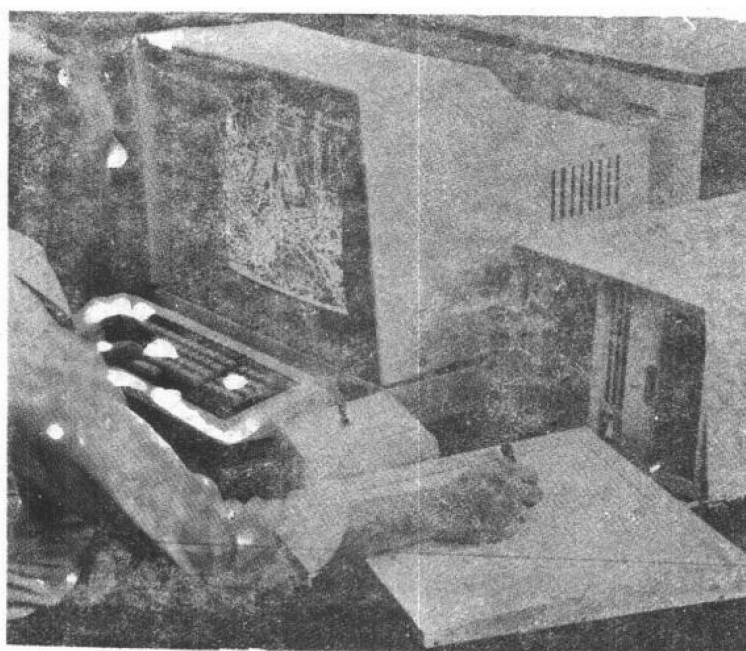


图 1-5 利用 Calcomp 公司 4000 序列深景图形系统作交互计算机图形方面的工作