

计算机辅助设计 与 制 造

〔英〕 C.B. 贝萨特 著
马尚斌 盛亲贻 译

朱景梓 校

国防工业出版社

计算机辅助设计与制造

〔英〕 C. B. 贝萨特 著

马尚斌 盛亲贻 译

朱景桂 校



国防工业出版社

JS033/40

COMPUTER-AIDED DESIGN AND
MANUFACTURE 2nd Edition
C. B. BESANT
ELLIS HORWOOD LIMITED 1983

计算机辅助设计与制造

【英】C. B. 贝萨特 著

马尚斌 盛家貽 译

朱景梓 校

国防工业出版社出版、发行

(北京市车公庄西路老虎庙七号)

新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印刷

787×1092 1/32 印张8¹/₄ 177千字

1989年12月第一版 1989年12月第一次印刷 印数：0,001—2,586册

ISBN 7-118 00457-X/Yb16 定价：4.25元

译者的话

随着电子计算机的飞速发展，导致计算机辅助设计（CAD）和计算机辅助制造（CAM）技术的成功。它几乎已经涉及到工程界的每一个领域。在一些先进国家，CAD/CAM的数量正以年增长率40%的速度在增加。

CAD/CAM综合使用了计算机硬件与软件技术，如图形技术、数据库技术，智能模拟技术等，从而形成了一个强有力的工程设计工具。它能够把进行工程设计所必需的基础技术、设计理论、设计方法和数据以及工程设计者的经验和计算机的强大功能融为一体。设计人员可以通过人-机对话方式，高速度、高质量地完成最佳设计方案；可以对产品部件进行三维彩色图形显示；可以直观分析物体在实际操作条件下的应力分布，以便改进设计方案；可以使用重新组织基本几何模型的方法，获得各类优美的彩色设计图；还可以对复杂的自控系统进行多变量图解，获得系统参量与系统品质的直观关系等等。利用CAD/CAM的这一优势，我们能够使用较短的时间来完成质量高、造型美、更新快的产品，从而提高它的竞争力。

我国从60年代后期开始研制计算机辅助绘图。如1968年研制成功LZ-5型绘图机。从这以后，在电子、机械、航空、造船等工业部门，又陆续研制出多种绘图机和图形显示器。在数控机床方面，我国起步比较早。但总的来说，与国外相比，还存在差距。国外从50年代开始，经过近三十年的

努力, CAD/CAM 技术已日趋成熟, 达到了实用阶段, 并已广泛地应用到各领域。为缩小这一差距, 目前我国已开始大量引进 CAD/CAM 技术。

随着这一技术的普及推广, 人才缺乏的矛盾日益突出, 某些单位虽然具有很好的设备, 但由于缺乏技术力量, 使设备的利用率受到限制, 因此, 培养 CAD/CAM 的技术人员势在必行。目前, 许多大学已增设了这方面的课程, 许多工程技术人员也迫切需要获得这方面的知识。为了适应这一需要, 我们组织翻译了这本书。目的是想通过此书使广大工程技术人员、科研工作者能够从中得到一些有关 CAD/CAM 方面的比较系统的知识, 从而能够正确的选择和操作使用这个系统。此书也可作为高等院校师生的参考书。

本书主要的篇幅是介绍如何使用 CAD 系统, 在后几章还介绍了以小型计算机和微型计算机为基础的 CAD/CAM 系统的使用问题。对原书中一些阐述比较简略的问题, 我们适当加了一些译注, 用于补充说明。对个别错漏之处也作了补正。由于水平所限, 虽经反复校阅, 译文中缺点错误在所难免, 请广大读者批评指正。

在本书的翻译过程中, 李湘中同志校阅了部分章节, 在此表示感谢。

原 序

现在, 机械制造业已开始广泛地利用电子计算机进行辅助设计 (CAD) 和辅助制造 (CAM)。由于大量的产品设计是由设计和生产绘图人员在设计室中完成的, 因此, 许多企业已将 CAD 技术引入设计室, 形成了自动绘图系统或计算机绘图系统。甚至许多大学也开始将 CAD 和 CAM 技术, 作为工程或计算机科学课程的一部分来讲授。目前, 设计绘图人员和工程系学生既缺乏使用电子计算机的经验, 又没有合适的书籍。

本书主要介绍计算机辅助设计和辅助制造, 使读者能够掌握有关计算机的基础知识, 以及计算机在实际工程设计和制造方面的应用。并结合工程绘图的实践, 介绍了一些计算机辅助设计系统的硬件和软件。最后两章叙述了如何将设计过程中的计算机绘图技术与工程分析技术相结合, 形成一个 CAD 系统, 用于进行应力分析和利用数控机床制造工程零件。

特别强调的是, 对于那些缺乏计算机知识的读者, 有一章专门叙述了计算机绘图所使用的计算方法, 使他们有充分的信心去编写自己的绘图软件。

本书是根据帝国学院 CAD 部的研究工作编写的。因此, 应当感谢过去六年来在这一领域与我共事的全部工作人员。尤其应当提出我过去的一些研究生, 他们的名字是: R. E. 格林德尔 (Grindley)、A. D. 汉林 (Hamlyn)、P. H.

赫克尔 (Huckle)、D. 詹姆逊 (Thompson)、F. 查西米 (Ghassemi) 以及D. P. 克雷格 (Craig) 等博士。他们对CAD和CAM的研究成功做出了很大贡献。还要感谢许多资助过 CAD 研究工作的工厂以及提供了许多新想法的工作人员。

目 录

第一章 绪论	1
1.1 发展概况	1
1.2 设计	2
1.3 计算机辅助设计	6
第二章 数字计算机作为设计的工具	12
2.1 计算机	12
2.2 计算机作为设计师的助手	15
2.2.1 计算机作为计算器使用	15
2.2.2 计算机作为数据库使用	17
2.2.3 计算机辅助绘图	17
2.3 现有的 CAD 技术	17
2.3.1 处理技术	18
2.3.2 图形输入和输出设备	20
第三章 交互式 CAD 系统	32
3.1 刷新图形显示系统	32
3.2 以存储管显示器和数字化仪为基础的交互式 CAD 系统	36
第四章 CAD 系统的软件	44
4.1 对通用 CAD 系统的要求	45
4.2 通用 CAD 系统 (GCADS)	46
4.2.1 图形功能	46
4.2.2 实用功能	47
4.2.3 文件功能	48
4.2.4 编辑功能	48
4.3 软件的设计与构成	48
4.3.1 程序和数据的构成	49

VII

4.3.2 系统模块.....	53
4.4 数据的存储	66
4.5 用户与应用系统通讯	74
第五章 GCADS 绘图系统的操作.....	76
5.1 预置系统	76
5.2 图形输入	78
5.3 功能表与指示器的使用	80
5.3.1 数据输入——按键 1, 2	80
5.3.2 开窗——按键 4	82
5.3.3 角度控制——按键 6	82
5.3.4 定位——按键 7	83
5.3.5 驱动模式——按键 8	83
5.3.6 浮动赋值——按键 5	84
5.4 层次	84
5.5 文件编排与显示	85
5.6 宏指令	88
5.7 编辑程序	90
5.7.1 点编辑程序.....	90
5.7.2 线编辑程序.....	90
5.7.3 符号和宏指令编辑程序.....	91
5.7.4 层次编辑程序.....	92
5.8 其它功能	92
5.8.1 连续模式.....	92
5.8.2 绘图功能.....	92
5.8.3 测试.....	93
5.8.4 曲线拟合.....	93
5.9 三维显示功能	93
5.9.1 观察工作空间.....	94
5.9.2 透视图和轴测图.....	94
5.9.3 操纵杆.....	95
5.10 功能表的用户区.....	95
第六章 绘图系统的使用	98

6.1	宏指令的结构	96
6.2	结构布置	98
6.3	图纸的注释	101
6.4	绘制图纸	106
6.5	材料预算表	106
第七章 变换系统		107
7.1	显示	107
7.2	开窗和剪取	108
7.3	二维变换	110
7.4	三维变换	113
7.5	线性变换	114
7.6	三维数据的显示文件	117
7.7	三维图形数据的显示	118
7.8	目坐标系统	123
7.9	操纵杆的功能	129
7.9.1	时变率	131
第八章 利用CAD技术准备有限元数据		138
8.1	网格系统的自动生成	138
8.2	有限元法	140
8.3	通用有限元网格生成系统 (GFEMGS)	141
8.4	GFEMGS应用实例	145
8.5	结果的显示	148
8.6	三维物体的描绘和网格的生成	155
8.7	输入方法和宏功能块	156
8.8	网格的形成	161
8.9	三维系统的应用	165
第九章 计算机辅助制造		173
9.1	现有的CAM系统——APT (自动数控程序)	175
9.2	CAD/CAM系统	178
9.3	微型计算机在CAD/CAM系统中的应用	180

第十章 CAD/CAM系统使用的微型计算机	192
10.1 微型计算机系统	182
10.2 微型计算机上的CAD/CAM系统	184
10.3 如何选择微型计算机系统	188
10.3.1 微处理机	188
10.3.2 主存储器	190
10.3.3 辅助存储器	191
10.3.4 输入和输出设备	192
10.3.5 通讯系统	194
10.3.6 CAD/CAM系统的软件	195
第十一章 CAD/CAM系统中的微型计算机	197
11.1 CAD/CAM工作站的硬件	197
11.2 开发软件的辅助工具	199
11.3 CAD/CAM工作站的软件	200
11.3.1 数据库	200
11.3.2 生成与编辑程序	204
11.3.3 显示程序	208
11.3.4 走刀路径的分配与模拟	208
11.4 机床控制系统	211
11.5 CAD/CAM系统的使用	215
第十二章 利用CAD/CAM 技术设计和制造复杂 形体	222
12.1 引言	222
12.2 CAD/CAM系统	225
12.3 系统的软件	226
12.3.1 CAD软件	227
12.3.2 CAM软件	231
12.4 CAD/CAM的展望	235
12.5 结束语	235
第十三章 CAD/CAM 对工业发展的意义	238
13.1 CAD/CAM和生产率的关系	239

13.2	数控和计算机绘图	242
13.3	生产过程的进度计划	243
13.4	材料管理和库存控制	245
13.5	检验和质量管理	245
13.6	选择装配	246
13.7	CAD/CAM与未来	246
13.8	英国工会对CAD和CAM的看法	248
13.9	英国用户对CAD和CAM的态度	250

第一章 绪 论

1.1 发 展 概 况

十九世纪的产业革命，大大地增强了人们的体力。本世纪，随着电子计算机的出现，人们的智力得到了增强，从而产生了第二次产业革命。大家都熟悉电子计算机在商业系统中的应用，例如，在银行用于记帐，在公司用于编制工资报表等等。人们已经认识到在科学领域计算机用于大量计算所作的重大贡献。然而，奇怪的是计算机在工程上，特别是在工程设计领域中，至今还没有被人们完全了解和充分利用。

利用计算机作各种工作，离不开信息传递的方法。多数商业和科研部门适于使用电传打字机作为计算机的输入输出设备。它类似普通打字机。然而，在工程上，特别是在工程设计时，电传打字机并不适合作信息传递的工具，原因是传统上习惯于用工程图传递信息。因此，可以说，通过图象传递信息是工程设计的一个主要组成部分。计算机却难以处理图象。因为以计算机能够识别的形式来描述图象，需要大量的数据。利用电传打字机向计算机输入图象信息过于繁琐，既费时间，又容易发生差错，这就造成了工程应用上的困难。

一九六三年美国麻省理工学院首先迈出了计算机绘图的重要一步。他们展示了一种称之为 SKET CHPAD⁽¹⁾ 的系统。该系统由林肯 (Lincoln) TX2 型计算机控制的阴极射线示波器组成，它可将图形信息显示在荧光屏上，利用一

称为光笔的装置，在荧光屏上绘图并修改。基于 SKETCH-IPAD 这种设计思想的一些系统所使用的方式，都称之为交互式绘图 (INTERACTIVE GRAPHICS)。由于这些系统很复杂，并且需要依靠计算机的功能和资源，所以价格昂贵。因此，只适于像航空工业这样重要的工业部门使用。在这样的部门用它进行设计，即使投资大，也是值得的。

现在用于计算机绘图的直观显示部件——阴极射线示波器已有了显著的发展。这种显示器的价格已相当便宜，因此，广大工业部门在设计时，采用计算机绘图，便可获得一定的经济效益。

另一方面，对于计算机本身的研究也已经取得了重要的进展。小型计算机的问世，大大地降低了计算费用。近年来，采用大规模集成技术 (LSI) 制造的微型计算机的出现，使计算机世界发生了革命。现在个人都可以做到拥有一台功能强，价格便宜的计算机。

由于材料、能源以及许多其它费用的上涨，对于工业的发展大为不利，这就使工业界把研究的重点转移到设计工作上来。“设计”一词的含义非常广泛，包括产生最初的设计思想、构造几何形体、进行计算及加工工艺等。由于计算机以数控机床 (CNC) 的形式进入车间，生产过程的设计就变得更加重要。最终它将使设计人员不再依靠经验去完成那些传统的设计工作，因为这些工作已经能够使用计算机来模拟。这时计算机就成为一台能处理数学模型的模拟机。

1.2 设计

在探讨如何利用计算机进行辅助设计之前，首先需要讨论设计方法。一般来说，可以将设计定义为：为解决工程问

题而提出的解决方案。这个定义没有按传统的习惯去划分设计和制造的范围，因为两者之间的界限常常是模糊不清的。

设计有三种基本方法，在一个具体的设计过程中，每一种方法都不同程度地被用到。这三种方法是：

a) 迭代设计法（尝试法）。

b) 直接设计法。

c) 选择设计法。

a) 迭代设计法

这是一种常用的方法，特别是在设计初期使用更为频繁。它由设计者的直觉和经验组成，根据经验或直接设计总结一套规律，得出初步的解决方案。然后分析所得到的设计，确定它是否满足指定的约束条件。如果不满足，则根据分析获得的新信息修改设计，重新分析，直到设计满足要求，或设计师确信在指定的约束条件下再没有可行的设计为止。

迭代设计法的框图，如图 1-1 所示。它包括三项主要工作：

i) 初步设计。

ii) 分析。

iii) 再设计。

b) 直接设计法

迭代设计法利用设计分析的结果作为再设计的基础。直接设计法则是直接进行设计和分析得出设计结果，换句话说，设计直接由分析产生。这种方法意味着设计可以用参数表示，而参数之间的相互作用是已知的。

c) 选择设计法

一种设计方法可以产生若干个解决方案，它们都能够满足指定的约束条件。这也适用于约束本身包含一个或多个变

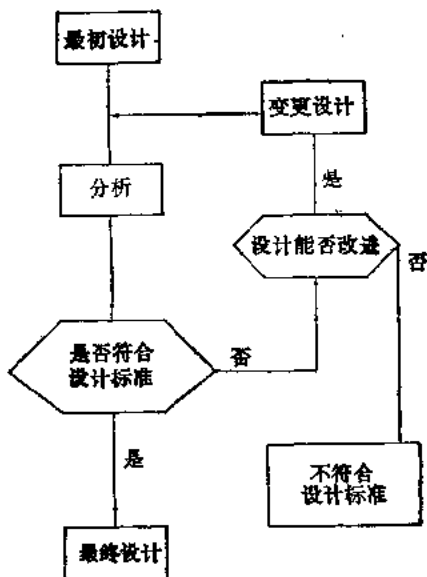


图1-1 迭代设计法

量的情况。在这种情况下，由于受到约束条件的影响，人们主要是综合考虑各种设计的性能特征来选择最终设计。

在已知初始约束条件下，对于产生解决方案来说，这三种设计方法的作用是相同的。整个设计过程比上述三种设计方法还要复杂，它分为五个阶段：

第一阶段 设计任务阶段 (THE SPECIFICATION STAGE)：本阶段是确定设计的目的、约束特性和设计任务书的要求。

第二阶段 设计方案阶段 (THE DESIGN STRATEGY)：本阶段是制定达到最终解决的方案。

第三阶段 设计解决阶段。(THE DESIGN SOLU-

TION)

第四阶段 校核阶段 (THE CHECKING STAGE); 检查设计是否合理。

第五阶段 应用阶段 (THE APPLICATION STAGE); 利用设计成果制造产品。

第一阶段主要是根据最终产品的制造和使用条件制定设计要求。这就需要用科学理论或直觉来分析设计条件。

第二阶段是根据经验, 并结合对各种可能的设计形式进行近似分析得出设计方案。这时需要确定一些原则, 例如, 所设计的机器是利用电动机还是利用内燃机作动力等。

第三阶段则是使用前面讨论过的三种基本设计方法。因为这一阶段经常需要进行部件的设计, 所以通常把它分为几个子阶段。

第四阶段是检验最终设计是否合理, 并且保证每一个设计阶段所作的假设, 在设计完成后仍然成立。

第五阶段主要是将设计投入生产, 或者提供充分的资料, 证明设计可以投入生产, 不需要继续进行设计。通常是提供生产图纸和工艺规程。在高度自动化的生产过程中, 则是提供机器的一套装配和操作规程。当然, 也可以包括检验和安装在内。

结合每个过程中使用的方法和考虑的问题, 可以将设计的各个阶段概括如下:

1) 设计任务

分析设计条件, 提出设计目的。

根据经验和对设计条件的分析, 提出技术要求。

2) 设计方案

根据经验和对各种设计形式的特性估计决定设计原则。