

计算机辅助设计

李殿璞 刘翠玲 主编

黑龙江人民出版社

CAD@CAD

前 言

近年来,计算机辅助设计(CAD)和计算机绘图(CG)技术发展很快,已在各个领域内获得广泛应用,其效能和重要性愈益为人们所认识。由于实际应用的需要,国内各高等学校都相继开出了《计算机辅助设计》、《计算机制图》等课程,但没有适当的教材一直是教学中的难题之一。现有的教材有的过分侧重于CAD在某一方面的应用,专业性过强;有的过于偏重实际使用,缺乏适当的理论体系;有的过于庞杂,没有贯穿全课的核心。翻译的教材也多半存在同样的问题,而且内容上往往脱离国内实际,不便于教学使用。编写本教材的目的是打算提供一本通用、不侧重某一专业、有一定理论体系、理论联系实际、能反映世界当前发展水平、便于教学和使用的教材。关于本教材的内容和编写上的特点可详见本书目录及有关各章节的说明,这里不多赘述。

关于CAD系统和CG系统软件的分析,现大多停留于个别程序块、功能块和局部动作设计的低水平上,而对软件的全面功能设计、总体结构和内部组织等问题缺乏深入的分析,对一个宏大的软件系统来说,这些问题应当是更重要的。只有对系统应具有的功能及其组织有了详尽了解,把握住系统的总框架和总体结构,才能设计出更合理的系统。作为本书核心的DOGS系统,在这方面是一个很好的范例。DOGS是一个很典型的CAD和CG系统软件。本书对该系统的功能和系统构成等进行了详细剖析。这对CAD和CG系统软件设计者来说将是有益的,对同类系统的研制和设计将会有重要的参考价值。

本书同时又是最新引进的DOGS系统的详尽说明书。最近国内引进的大量的美国SUN公司的计算机系统上,多数配备了这一软件,对于这些机器的用户来说,本书将是一本入门书和使用手册。

本书是在1990年编写的原讲义的基础上,经多次教学实践和根据积累的教学经验改写而成,是原讲义的修订本。全书包括二维绘图和三维绘图两大部分。为便于使用时查对,本书目录较详细的列出了章节细目。本书的附录A和附录B分别给出了二维和三维的屏幕菜单清单。各章节后还附有习题和操作练习,供课后复习和上机练习时使用。由于编者水平所限,书中难免有不妥之处,衷心希望读者批评指正。

编 者

1993·11·

目 录

前言

第一章 计算机辅助设计与绘图概念

§1—1 引言	(1)
§1—2 一般设计流程	(1)
§1—3 手工设计、自动设计与计算机辅助设计	(3)
§1—4 CAD 与 CAM	(6)
§1—5 计算机绘图 CG	(7)
§1—6 CAD 的应用	(9)

第二章 设计室绘图系统 DOGS

§2—1 系统简介	(12)
§2—2 系统的硬件结构	(13)
§2—3 系统的有关软件	(18)

第三章 绘图前的准备

§3—1 进入DOGS绘图系统	(22)
§3—2 主菜单	(24)
§3—3 创建新图形文件	(25)
§3—4 进入已有图形文件	(27)

(二维部分)

第四章 屏幕菜单的使用方法

§4—1 屏幕菜单	(30)
§4—2 屏幕子菜单的用法	(32)
§4—3 屏幕菜单条件下用户与 DOGS 的通讯	(33)

第五章 与绘图有关的基本概念

§5—1 图形的分层	(35)
§5—2 键盘输入点和区的方法	(38)
§5—3 以十字准线输入点和区的方法	(40)
§5—4 用点网确立坐标的离散标准值	(41)
§5—5 容差的设定	(42)
§5—6 相连线段的搜索	(43)
§5—7 有洞边界	(45)

第六章 基本图形的绘制方法

§6—1 画线	(47)
---------	------

DJS62/04

§ 6—2	线型和颜色	(55)
第七章 阴影线、涂色填充和辅助线		
§ 7—1	阴影线	(59)
§ 7—2	区域内涂色填充	(62)
§ 7—3	结构辅助线	(62)
第八章 图形中的文字		
§ 8—1	图形中文字的基本属性	(66)
§ 8—2	设定基本属性	(66)
§ 8—3	文字的书写	(67)
§ 8—4	在矩形框或多边形框内书写文字	(69)
§ 8—5	文字的修改	(71)
第九章 尺寸的标注		
§ 9—1	直尺寸	(74)
§ 9—2	圆尺寸	(76)
§ 9—3	角尺寸	(78)
§ 9—4	尺寸注法的变化	(78)
第十章 符号和形		
§ 10—1	符号和形的概念	(85)
§ 10—2	符号和形的存贮	(86)
§ 10—3	符号和形的特性	(88)
§ 10—4	符号和形的定义	(89)
§ 10—5	符号/形的形态变化	(90)
§ 10—6	符号/形文件中的符号名和形名	(94)
§ 10—7	由符号/形文件取用符号和形	(95)
§ 10—8	符号/形自身特性的转换	(96)
§ 10—9	用符号/形作图案的阴影	(98)
第十一章 画错后的删除和修改		
§ 11—1	引言	(100)
§ 11—2	删除操作	(100)
第十二章 图形的变换与复制		
§ 12—1	引言	(103)
§ 12—2	个别直线和圆弧的移动	(103)
§ 12—3	移动直线上一点的位置(直线变折线)	(105)
§ 12—4	字串的平移和旋转	(105)
§ 12—5	区域的平移、伸缩、镜像和旋转	(106)
§ 12—6	图形在同层上的复制	(108)
§ 12—7	不同层间和不同图形间的复制	(111)

第十三章 字形	
§13—1 引言	(113)
§13—2 字形的定义	(115)
§13—3 字形的调用	(117)
第十四章 图形的测量	
§14—1 图形信息及其测量	(119)
§14—2 点、直线、圆弧、文字和符号的测量	(121)
§14—3 其它测量和辅助计算工具	(125)
§14—4 当前菜单状态	(126)
第十五章 图性伸缩后的检视和绘图	
§15—1 图层全景的显示	(128)
§15—2 图层局部的放大显示	(129)
§15—3 原图形的恢复和图形切换	(130)
§15—4 加速图形重画的措施	(130)
第十六章 出图	
§16—1 有关出图的基本概念	(132)
§16—2 出图子菜单上的各种出图操作	(133)
§16—3 符号/形出图文件	(135)
第十七章 有参符号	
§17—1 有参符号概念	(137)
§17—2 有参符号中的变量、函数和表达式	(139)
§17—3 有参符号的指令系统	(142)
§17—4 有参符号举例	(147)
§17—5 有参符号的编辑和定义	(147)
§17—6 有参符号的调用	(150)
§17—7 编有参符号程序应注意的几个问题	(150)
§17—8 有参符号实例	(151)
§17—9 初始化用有参符号的自动执行	(153)
第十八章 特征表与特征组	
§18—1 特征及有关的概念	(156)
§18—2 定义特征表	(157)
§18—3 定义特征表举例	(160)
§18—4 特征组的定义	(161)
§18—5 定义特征组举例	(163)
§18—6 特征表和特征组的查看、传送、删除、修改	(164)
§18—7 画图时加特征于线或符号	(166)
§18—8 补加或更换图形文件中的线和符号的特征	(167)

第十九章 特征数据的输出

§19—1	输出设备	(170)
§19—2	输出特征数据	(171)
§19—3	输出特征数据举例	(172)
§19—4	输出特征数据的压缩、排序和汇总	(174)
§19—5	搜索并输出包含指定字串的特征数据	(176)
§19—6	特征数据的传送和归并	(176)

第二十章 DOGS 的管理

§20—1	DOGS 的管理项目	(179)
§20—2	系统管理口令	(179)
§20—3	建立档案文件	(181)
§20—4	填写档案文件	(183)
§20—5	档案文件的检索	(184)
§20—6	档案文件的修改	(185)
§20—7	紧缩档案文件	(186)
附录A	屏幕绘图菜单项一览表 (二维部分)	(187)

(三维部分)

第二十一章 DOGS 三维绘图菜单

§21—1	引言	(199)
§21—2	进入DOGS 3D的方法	(200)
§21—3	DOGS 3D 屏幕菜单结构	(202)

第二十二章 三维绘图的基本概念

§22—1	图形的分层	(204)
§22—2	用十字线输入点的方法	(207)
§22—3	键盘输入点的方法	(207)
§22—4	约束面	(210)
§22—5	点的组合输入及优先级	(214)
§22—6	空间屏幕绘图的二维容差与三维容差	(215)
§22—7	三维绘图指定图形对象和指定空间区域的方法	(216)

第二十三章 视图选择

§23—1	正投影视图和立体感视图	(218)
§23—2	视点和投影方向的选择	(219)
§23—3	屏幕视图布置方式的选择	(222)

第二十四章 表面

§24—1	表面概念	(224)
§24—2	表面形象的增强	(225)
§24—3	表面的建立	(228)

§24—4	表面的显示	(229)
§24—5	显示有明暗层次的彩色表面	(232)
§24—6	隐藏线的消除和临时画面文件	(233)
第二十五章 基本图形的绘制方法		
§25—1	画线	(236)
§25—2	线型和颜色	(238)
§25—3	辅助网格点和结构点	(239)
第二十六章 三维无参符号、有参符号和形		
§26—1	符号和形的定义	(241)
§26—2	三维符号/形的形态变化	(242)
§26—3	符号名和形名	(248)
§26—4	由符号/形文件调用符号和形	(248)
§26—5	符号/形自身特性的转换	(248)
§26—6	三维有参符号	(249)
第二十七章 三维图形的变换与复制		
§27—1	个别直线和圆弧的移动	(253)
§27—2	移动直线上一点的位置(直线变折线)	(253)
§27—3	空间区域的平移、伸缩、镜象和旋转	(254)
§27—4	图形在同层上的复制	(256)
§27—5	不同层间和不同图形间的复制	(259)
§27—6	把 DOGS 3D 图形传送到 2 D	(261)
§27—7	把 DOGS 2D 图形传送到 3 D	(262)
第二十八章 三维图形画错后的删除和修改		
§28—1	一般三维删除操作	(265)
第二十九章 三维图形的测量		
§29—1	三维图形信息	(267)
§29—2	点、直线、圆弧、符号和表面的测量	(267)
§29—3	其他测量和辅助计算工具	(269)
§29—4	当前菜单状态	(269)
第三十章 三维图形的检视		
§30—1	视图显示	(271)
§30—2	视角变化	(272)
§30—3	图层全景的显示	(272)
§30—4	图层局部的放大显示	(273)
§30—5	原图形的恢复和图形切换	(274)
§30—6	加速图形重画的措施	(274)
第三十一章 三维图形的出图		
§31—1	出图文件和出图比例尺	(276)

§31—2	出图子菜单上的各种出图操作	(276)
第三十二章	三维特征数据	
§32—1	特征表与特征组	(279)
§32—2	特征数据的输出	(279)
§32—3	几点说明	(280)
附录 B	屏幕绘图菜单项一览表 (三维部分)	(281)

第一章 计算机辅助设计与绘图概念

§1—1 引 言

随着计算机及其应用技术的发展,计算机的应用已渗透到各个领域,形成了许多新兴学科和新的研究方向。计算机向传统的工程及非工程设计领域渗透的结果,产生了计算机辅助设计(Computer Aided Design 简称 CAD)这样一门学科。CAD 的出现已使传统的设计方式迅速改观,引起了设计领域的一系列深刻变革。应用CAD所获得的一系列成就,引起了人们的极大注意。很多国家和部门都投入了相当的力量进行有关CAD的研究和开发工作。目前它已在电子、造船、航空、航天、机械、化工、土建和运输等部门获得广泛应用。计算机绘图(Computer Graphics 简称 CG)则是计算机技术与传统绘图技术相互渗透形成的另一新学科。CG与CAD两门学科有极为密切和不可分割的关系。一般情况下,CG总是CAD的重要组成部分。因此CG的地位就显得特别重要。近年来国内外的CG技术无论是在理论上,还是在应用上都获得了很大的发展。有很多关于CG的论著和应用成果被相继推出。目前CAD和CG两门学科正方兴未艾,发展前景十分广阔。就近十年的发展看,每隔几年,就会刷新一次面貌,可见其发展速度之快和受人重视的程度。可以预见,在今后的年代里,CAD与CG必将越来越受到人们的重视和得到更迅速的发展。

为了使读者对CAD和CG有更深入的了解,下面准备较完整地介绍与CAD和CG有关的基本概念和知识。首先从一般设计流程讲起。

§1—2 一般设计流程

一项设计由开始着手到最后完成,一般要经历以下一些阶段:

1. 提出设计要求。这是设计工作的第一步。设计要求通常由用户以设计任务书形式或订货合同形式提出。如果该设计任务书是一个更大项目的一部分,则由大项目的总体设计者提出。设计要求中应包括项目内容、设计目的和用途、各项性能指标、使用环境、使用条件等,一般还要包括相关设备的情况及彼此间配合关系和信息交换方式等内容。
2. 初步分析研究。设计者根据用户提出的技术要求研究可能的各种设计方案,拟定可能的设计方向和路线。在这一阶段中,要充分运用设计者所掌握的基础理论知识,再加上一个设计者应具有的多方面的实践经验,通过分析比较、组合,还要通过一定的想象和创造。设计中如得出多个方案,对每个方案的利弊应有基本的分析。
3. 调查研究。要想在可能的方案中确定一个最合理和可行的方案,或证实某一方

案是否可行，通常必须进行调查研究。调查研究一般可在两个方向上进行。一个是检索文献、资料，检索已有的设计档案，查找有关期刊、杂志的文章、报导。对于新产品还应特别重视对专利文献的检索。另一个方向是考查同类产品，收集同类产品的技术资料，对产品实物及其使用情况进行调查研究。

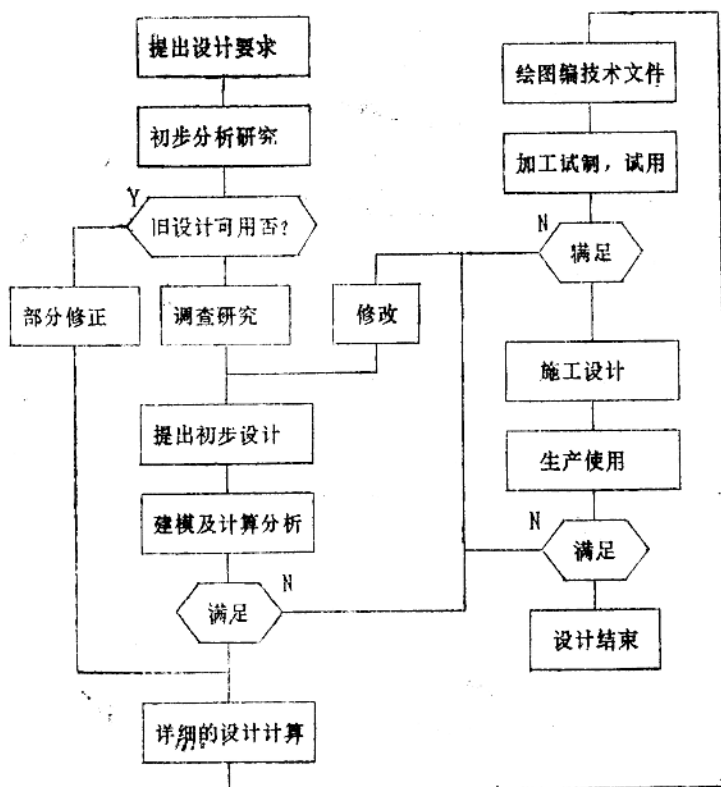


图 1—1 一般设计流程

4. 提出初步设计。在调查研究的基础上，对原设计的各种方案，和调查研究时得到的各种方案作进一步的比较、分析，对其中的一些方案加以修正、综合，从中选出最适当的方案作为设计的基础。

5. 建模及计算分析，在初步设计的基础上，进行更详细和更确实的论证。在这一阶段，应就基本方案的主要参数进行分析和计算。为此往往要为设计对象建立计算模型。通常是用计算机仿真的方法，必要时也可采用实物模型。与此同时，要对所提出的设计进行性能分析。如果性能指标达不到要求，应对所提出的设计进行修改。

6. 详细的设计计算。在基本设计方案被证明可行后，可转入结构尺寸、材料和加工等方面参数的设计计算。

7. 绘图和编制技术文件。包括绘制完整的图纸，编制各种有关的技术文件。这一

步和上面两步都有大量的工作要做,最便于计算机发挥作用。

8. 产品加工、试制和试验、使用。这一步目的是提供试验样机。有了样机后就可进行各项试验测试。而且尽可能在实际使用环境下试用,以证明设计的可行性和合理性。如果试验结果不能令人满意,应进行相应的修改。

9. 施工设计。经试用和技术鉴定后,已具备小批量生产的条件,可着手进行正规的施工设计。施工设计时,必须认真考虑材料、加工工艺、成本及标准化等问题。

10. 产品推出后,还应通过各种渠道反馈用户的使用信息,不断发现设计中存在的问题,不断地改进各方面的性能,实现设计优化。成熟的产品就可准备进行正式的产品鉴定,转入更大批量的生产。

上面所介绍的是设计的一般过程。对某一个具体产品可能有所简化和更改。比如说,对一个只需更改个别参数的设计,因为有过过去的做依据,只需进行局部的修正,其设计过程就比较简单,上面的第三至第五步可以省去。

整个设计是一个不断完善和经历多次反复的过程,往往需化去很多时间和人力才能完成。

上面的设计流程可概括为图1-1。

§1-3 手工设计、自动设计与计算机辅助设计

在把计算机引入设计过程之前,人们一直在使用着传统的手工设计方法,一般以纸张、铅笔、直尺、圆规和普通计算工具作为主要手段。这种方式一直沿用了许多年。这种设计方式费时、费力、设计周期长。由于人力和时间的限制,不可能进行较精确的计算,多半采用近似计算或估计的方法,有时不得不采用经验设计方法,设计比较粗糙。图纸和文件质量一般也难以保证,很难实现标准化。采用手工设计时,大多数工程技术人员,长时陷于机械、繁琐的计算和画图工作中,工作繁重,效率低。这是一种原始的和落后的设计方法。

由于计算机技术的发展和引入设计过程,使设计方法发生了深刻的变革。传统的计算工具、绘图工具已被计算机及其控制下的绘图机所替代。计算机计算准确,速度快,许多过去感到十分困难的工作现在可轻而易举地由计算机来完成。特别是近年来由于采用了大规模集成电路和超大规模集成电路,计算机的性能大为提高。计算机运算速度加快,存储容量加大,外部设备更加完善,软件变得更加丰富。所有这些都使计算机变得更加强大而有力,从而使它在设计过程中的作用和地位日益提高。

目前,根据计算机在设计过程所起的作用大小又可把设计分为两种不同的设计方式。一种是自动设计,另一种是计算机辅助设计(CAD)。

自动设计是指在设计过程中,除由人输入设计的原始数据和要求外,完全不需人干预的自动化设计方法。

计算机辅助设计通常是指设计者通过键盘输入和CRT显示器输出,边进行“对话”,边设计,借助于计算机的帮助进行设计的方法。

首先讨论自动设计方式。

按通常的认识,自动设计应是一种更为理想的方法。它可完全不需人的介入,使人从设计过程中彻底摆脱出来。但这种认识在目前情况下,并不完全正确。一方面是因为限于目前计算机和自动化设计发展的水平,要想实现全自动化设计,在很多情况下尚有极大困难,甚至不可能。另外从自动设计这种方式本身来看也具有一定局限性。下面我们准备就两种设计方法的特点和优缺点做一些分析。

自动设计的主要优点是:

1. 因为在正常设计过程中不需人的介入,所以对操作人员要求不高。即使是不十分熟练的设计者也可完成一定水平的设计工作。

2. 不必经常与电子计算机“对话”,效率高。上机时间比较确定,因此设计人员可以有计划地安排上机时间。

3. 容许多个作业一起送入计算机,机器不由单个设计任务占有,能提高计算机的利用率。

自动设计的缺点是:

1. 首先是“黑箱”问题。所谓“黑箱”,就是指设计者无法监视从输入数据开始直至输出设计结果为止的中间过程。计算机内部出现运行错误时很难查明原因。离开程序设计者,自动设计程序难以调整、修改。

2. 其次是设计的灵活性问题。自动设计适合于定型化设计,它不能完成除了其固有自动设计程序以外的其他设计作业。对实际问题的分析结果表明,在设计过程中的修改和在整个设计完成后的部分修改约占整个作业量的70%。这些工作都很难靠自动设计完成。初步设计阶段往往是在不断试探、不断修正错误的过程中进行,很难用自动设计方式。如果这些工作也要求由计算机完成,势必大大增加开发自动设计软件所需的时间和成本。显然,如果是一个单件产品,只生产一次,也难以采用自动设计方式。为一个单件开发自动设计程序将是十分不合算的。以上这些情况都是因为自动设计缺乏灵活性和适应性造成的。

3. 自动设计只能进行一般的有通用性的设计作业,不可能表现出“灵感”,因此做出的设计比较“平庸”,难以给出有特色的设计。

4. 软件开发困难。软件是自动设计的基础,地位十分重要。但开发软件要求设计人员既要熟知设计任务的每个细节,还要熟练掌握丰富的软件知识,对软件人员的要求很高。自动设计的软件工作量十分庞大。另外,经一段使用后,要进行程序修改通常必须由原来的设计者完成,这是很难保证的。

上面列出了自动设计的一些优点和缺点。应当指出,尽管自动设计在目前软件、硬件水平下有上面的缺点,但随着软、硬件水平的提高,这些缺点将会逐步得到克服,自动设计的优越性将会逐步得到发挥。自动设计仍是人们所追求的、有前途的发展方向。

下面再来讨论计算机辅助设计方式。

CAD方式可以说是介于传统手工设计和自动设计之间的方式。它与手工设计截然不同的是它以强有力的计算机做为辅助手段。它不同于自动设计之处是它不完全依靠计算机,在设计过程中不断接受人的指导。CAD是把整个设计工作在人和计算机之间进行

合理分工充分发挥人和计算机两方面各自的长处来进行设计工作的。在设计过程中，人和计算机的关系是以人为主导的一种分工协作的关系，故称之为计算机辅助设计。

人们为了摆脱设计过程中的繁重劳动必须依靠计算机。计算机的长处是计算快速、准确，记忆存储快速、准确、容量大；绘图和形成文件快速、优质、标准化；对重复性工作不厌其烦，忠于职守，兢兢业业；能长时连续工作等。这些是人所决不能比拟的。

但设计过程本身是一项十分复杂的高智能性的工作，其中很多事情只有人才能胜任。人具有高超的思维能力和长于进行复杂的分析、判断；人的头脑具有非凡的创造性；人富有经验。所有这些，对于从事设计说来都是必不可少的和极其宝贵的，甚至是决定性的。这些能力是计算机所不能代替的。

人具有高度的聪明才智，有主动性和创造精神，但工作迟钝，缺乏耐力；计算机工作比较被动、呆板，但工作起来却极为快速、高效。两者相结合无疑是一个合理和可取的方法，这就是 CAD 方法。

与自动设计相比，CAD 方法有以下优点：

1. 首先是作业的灵活性。因为是用“对话”方式进行工作，所以很容易实现设计的局部修改，可以适应占设计总量三分之二以上的属于局部性质修改的作业。为了少数几个中间参数的修改，而重出一套图纸是一项繁重的工作，而用 CAD，只要在设计过程中间把新的参数输入计算机，就可以很快完成所需的设计和图纸，大大减轻了设计者烦琐重复的劳动，而自动设计就不便这样做。

2. 其次是便于了解设计过程。当设计者用 CAD 系统进行设计作业时，每一步都经设计者认可，或由设计者给出。因此设计者比较容易了解设计作业的全过程。出了问题，很容易判断当前正处于哪一步骤上和哪一状态下。即使是一个新用户，也容易把握设计进程。设计过程更接近于传统设计过程，容易理解。

3. 设计途径完全由设计者决定。设计从白纸状态开始，一步步都接受设计者指导，直到最后完成，极便于发挥设计者的主导作用。在设计过程中，设计者仍有十分广阔的天地作创造性的尝试，从而作出有特色的设计出来。

4. 特别适合于多品种、小批量甚至单件设计的需要。至今为止，只有少品种、大批量生产才有高的经济效益。但随消费者兴趣的扩大和消费周期的缩短，生产正向多品种、小批量的模式转移。在这种情况下，缩短产品初次设计时间具有更重要的意义。在这方面 CAD 方法有明显的优势。

CAD 的缺点主要表现在：

1. 因为 CAD 系统一般都采用人机“对话”方式，所以必须由了解设计任务的专业人员来操作，对操作人员要求高，这给 CAD 系统的广泛应用带来一定困难。操作人员还必须掌握计算机的使用知识和具有一定的熟练性，否则难以提高操作效率。

2. 由于一个任务占据了一个 CAD 系统，计算机利用率低，不能同时有多个设计者使用同一台机器。

3. 上机后设计随意性很大，很难预计上机时间和制定用机计划。

§1—4 CAD与CAM

计算机技术不仅向产品设计过程渗透形成了计算机辅助设计 CAD。与此同时，还向产品的生产制造过程渗透，形成了与CAD有密切关联的计算机辅助制造CAM (Computer Aided Manufacturing) 这门学科。下面简要介绍一下CAM 和它与CAD 的关系。

所谓 CAM 就是计算机在人的参预下，制订加工工艺与生产计划，并进而由计算机控制机床制造零、部件和对产品进行自动装配和检验等作业的生产方式。

实施 CAD 的最终输出通常是图纸、文件或其他形式软件成果。与此相适应，一个 CAD系统的主要组成部分通常是以 CPU 为核心的主计算机、图形输入用的数字化仪、图形输出用的绘图机、做交互对话和图形显示用的键盘、鼠标和CRT 显示器以及磁带、磁盘和打印机等。实施CAM的最终输出是加工所得的产品。因此，一个CAM系统就不仅仅包括计算机及其有关外部设备，还必须包括生产加工设备。一个 CAM 系统的主要组成部分，除计算机外，最核心的是数控机床和围绕各数控机床的自动运输机、组装机，以及测量检查等机器群。CAM系统的作用是指挥生产。生产准备通常也包括在CAM 的范围内。这里所说的生产准备工作包括工艺设计（确定加工工序和选择机床）和作业设计（选择工具和确定工具运动轨迹）。生产准备完成后，就进入加工、装配、检验的实际生产作业阶段。

按从设计到生产的自然顺序，CAD 总是在CAM之先。CAD、CAM 总的流程图可用图1—2 表示。

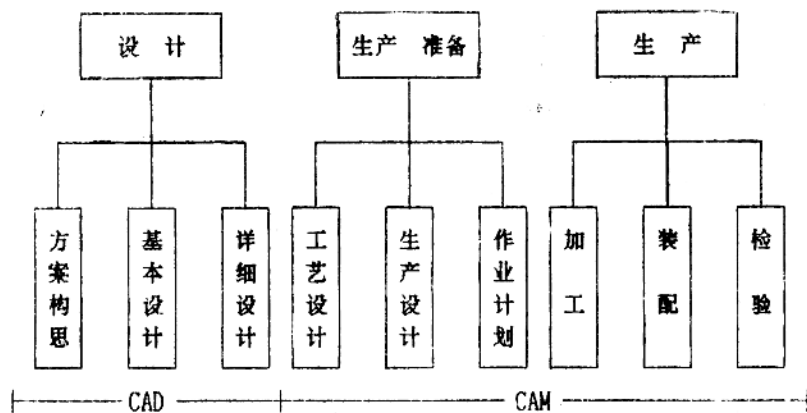


图1—2 CAD 和 CAM 流程

在 CAD、CAM 出现早期，设计工作和生产制造有明显的界限和分工，因而CAD和CAM 的发展也是各自独立的。但由于设计和生产两者之间存在的密切关系，CAD 和CAM两者相结合，进行一体化设计和生产将是更合理的。一方面更便于系统优化，获得更好的经济效益，另方面也可最好地发挥计算机系统的功能。看来这将成为CAD 和CAM

今后发展的趋势。CAD和CAM结合的结果，从设计到制造将无需通过工程图纸，而是形成一个以计算机为中心的全盘自动化和一体化的生产系统。输入的是产品的规格要求，而输出的是全部装配好的、已经过检验合格的产品。这一系统的发展前景将是高度自动化的无人化工厂。

概括起来应用CAD和CAM于工业化生产可获得下列好处：

1. 节省人力和物力；
2. 缩短设计周期；
3. 将设计者从烦琐的重复劳动中解脱出来，投入到更富创造性的劳动中去；
4. 促进设计制造的高速化；
5. 促进设计制造的标准化；
6. 提高图纸的质量和可靠性；
7. 提高产品的质量和可靠性；
8. 促进设计与生产的一体化；
9. 降低成本；
10. 容易修改图纸；
11. 促进零件的通用性；
12. 集中管理设计与生产的信息。

§1—5 计算机绘图 CG

CG (Computer Graphics) 称为计算机绘图或计算机图形学。它研究用计算机来处理图形的原理、方法和技术，是在计算机辅助之下产生图形的科学。这门学科在近十几年中得到了迅速的发展。计算机绘图之所以发展这样快，主要是因为作为计算机外部设备的图形显示器与一般的设备相比有许多优点，特别是速度快、直观、使用方便、无噪声等。而且操作者可以利用鼠标器、键盘、数字化仪、光笔等输入装置方便地与计算机进行对话、输入信息和进行修改。它的发展促进了很多计算机应用学科的发展，因此计算机绘图也几乎渗入了每一个领域。下面准备大致介绍一下计算机绘图在一些方面的实际应用。

1. 计算机制图

工程制图、机械制图历来是工程、机械设计中一项耗费劳动巨大、效率低的工作。计算机绘图可把人们从烦琐、重复的劳动中解放出来，大幅度地提高绘图效率。例如图形的伸缩、平移、旋转等，由手工来做是十分麻烦的，用计算机来做就变得轻而易举了。利用交互式绘图系统，设计者能一边设计图形，一边修改，满意后再输出到绘图机上去绘图。目前，许多工程投标项目规定必须提交用计算机绘图技术产生的图纸，不再接受手工图纸。

2. 过程监控

各种实时过程，如火箭的飞行、船舶的运动等常常可以用一些曲线和图表表示过程进行的情况。在交互式计算机图形系统中，可以把描述过程运行的曲线，如火箭运行的

轨道等实时地显示出来,并可通过控制器来改变运行状态,控制过程的进行。这比用仪表来观察和控制过程的进行自然方便得多、有效得多。

3. 情报资料的检索、处理

在各种存储大量情报资料和信息(例如图书馆、银行、气象站、档案室等),利用交互式计算机图形处理系统,不仅可对文字和数字进行显示和管理(通常的数据库系统),也可以对图形进行显示和管理,达到快速检索包含图形在内的信息。例如把百科全书存入计算机内,读者可以迅速查阅其内容,包括其中的图表。

4. 地图绘制与显示

地图的绘制是一项技术性很强和十分困难、费力的工作,重要的是要做到准确无误。用计算机绘地图可作到既准确、又快速,很容易实现按比例放大、缩小,也便于快速检索。此外还可绘制等高线图和山脉、湖泊、森林、城市交通、矿藏分布、气象等图形。这些图形可以分层绘出,需要哪些信息就可显示哪些信息,而且可以作各种变换。快速检索和变换所需地图对军事指挥员有特别重要的意义,可以适应战场上千变万化形势的需要。此外还可绘制出三维的地形、地貌图,给出的图形形象、直观。

5. 医疗方面

除可快速查阅各种病历资料外,还可查阅各种X射线图片、心电图、脑电图等。还可利用三维显示功能,根据对脏器进行测量所获得的数据形成立体图像,并可使其旋转、放大等。而且还可以通过对测量数据的动态采集形成动态图像,如三维动态心电图像、断层造影等。

6. 气象与天气预报

CG还可以用于天气图的绘制。通过大型、高速计算机进行气象数据的采集和处理,最后给出天气预报、海浪预报、海潮预报等彩色形象资料。并且可通过对存档情报资料的检索,画出各种天气要素随时间变化的曲线、曲面出来,有助于研究各种气象因素随时间改变的规律。

7. 石油、地质

可用于显示地层及地质构造、矿藏分布等图形,便于保存和快速检索地质资料。还可用于显示矿井分布、采油点分布、地下开采进展情况等。

8. 计算机模拟器和仿真器

这方面的用例也很多。例如,用计算机显示飞机在飞行时的外景。大型的显示屏代替驾驶员的瞭望窗。在屏上显示出云雾、烟尘、夜晚的灯光、各种建筑物和地面设备等。这些景象都随时变化,且能随着操纵杆动作改变。同时在模拟的仪表板上显示出各种飞行数据,有如在实际的飞机上一样。这就是飞行员的训练模拟器或训练仿真器。在类似的设备上,宇航员可以驾驶登月舱和飞船,练习如何操纵飞船着陆。相似的设备还有潜艇艇员训练器、汽车驾驶员训练器、电力系统操作人员训练器等。

用计算机显示模拟的“靶机”和“导弹”,可进行辅助的打靶训练。

在机械加工中,可以用计算机模拟刀具和工件,以便合理选择适当的刀具或工件运动轨迹。这就是计算机模拟机械加工。

在理论研究中,交互型图形系统也有许多用途。例如数学函数的图形表达、高分子

结构模型的立体显示、受控热核反应的状态显示等。

9. 计算机辅助教学

教学需要教学模型、挂图,而交互式图形系统可以产生有如科教电影一般的模型和图象,而且远比科教电影制作方便、使用灵活。这种直观和形象的教学可获得很好的教学效果。

10. 计算机动画

在动画制作中,两幅相关画面之间需要插入多幅画面。这是十分费力的工作,但用计算机就变得容易了。目前已应用能产生逼真图形的技术,给出具有立体感的具有彩色照片质量的动画人物形象,并且已用于科学幻想片中。在电影和电视片中可用来产生特技镜头。

11. 电子游戏机

在电子游戏机中,利用计算机建立设想中的宇宙空间、假想的战场等。参加游戏者操纵驾驶杆指挥宇宙飞船飞行,或者躲避流星的撞击,或者开炮与太空人作战。计算机按操纵者的动作,做出实时响应,不停地改变画面。各种生动、幽默、有趣的画面给儿童带来快乐。

12. 管理科学

经常用二维或三维图形来表达统计的结果,诸如各种直方图、条形或扇形统计图、任务进程图、产品库存和产量变化图及其他丰富多彩的图形。彩色显示终端可用不同的颜色表示出不同的内容,使重点更突出。这些图形既简单又形象地表达出数据的当前状态和发展变化趋势,便于观察者更快地理解复杂的现象,促使他们更迅速、正确而有效地作出决定。

13. 军事指挥

可把各种显示器安装在指挥部内,指挥员可通过显示器及时了解战场形势,包括敌我态势、战略、战术效果等,可形象地显示出武器装备状况、人员调动和伤亡情况。

14. 艺术和商业广告

可用计算机图形系统进行工艺美术、图案和绘画等艺术创作。所创造出的优美画面特别适合商业广告、宣传画、表面装饰等用途。

上面列举了计算机图形学的一些实际用例。实际上,其应用范围还要广泛得多,其形式还要丰富很多。可以说,凡是用到图形和图像信息的地方,都有它的立足之地。随着计算机图形处理、显示技术的发展,其应用范围还将进一步扩大。

§1—6 CAD的应用

在CAD发展早期,由于当时计算机技术水平低,能力有限,CAD的发展缓慢。近年来随着电子技术的迅速发展,电子计算机采用了大规模乃至超大规模集成电路,其性能得到飞速提高。计算机硬件实现了小型化、高性能、低价格,为CAD实用化开辟了道路。在这一技术进步的推动下,CAD开始渗透到各个领域,应用范围不断扩大。在各行业