

高等学校教材



模具 计算机

辅助设计

李志刚

李德群

肖景容

华中理工大学出版社

高等学校教材

模具计算机辅助设计

李志刚 李德群 肖景容

华中理工大学出版社

内 容 提 要

随着计算机硬件和软件的发展, CAD (计算机辅助设计) 技术日趋完善, 在许多工业部门中得到广泛应用。现代制造工业对模具的要求越来越高, 传统的模具设计方式已无法适应发展的需要。CAD 技术成为解决模具设计薄弱环节的有效途径。

本书介绍了模具 CAD 的发展与应用状况, 论述了模具 CAD 中的一些基本问题, 包括模具 CAD 系统的组成、模具设计准则和数据的处理、模具图的绘制和模具 CAD 中的几何构型, 并具体介绍了冲模、锻模和注塑模的 CAD 方法。

本书主要作高等院校塑性加工专业本科生和研究生教材用, 也可供从事模具 CAD 的工程技术人员参考。

前 言

CAD技术在过去的20多年中发展十分迅速,应用领域不断扩大。计算机在塑性加工中的应用,从开始仅用于完成一些计算和绘图工作,发展到辅助设计模具、模拟塑性成形过程和CAD/CAM/CAE一体化。我国模具CAD的研究工作起步于70年代末,经过10年的发展取得了许多可喜的成果。一些冲模、锻模和注塑模CAD系统相继研制成功,并在生产中逐步推广应用。

目前,许多工厂企业和科研单位急需模具CAD应用与开发的人才。为满足发展要求,不少院校的塑性加工专业已开设或拟开设模具CAD课程。由于缺少完整的教材,给教学工作带来许多困难,因此,高等工业学校锻压专业教学指导委员会推荐,并经机械电子工业部教育司批准,将本书列入“七·五”教材建设规划。

作者长期从事模具CAD/CAM的教学与科研工作,自1984年以来先后为本科生和研究生讲授了模具CAD课程。本书是以授课的讲稿为基础,吸收了近年来的教学经验与科研成果,并参考国内外有关文献编写而成的。全书分两大部分,第一部分论述了模具CAD的一般原理,包括模具CAD系统的组成、设计准则与数据处理、自动绘图与几何构型等内容,第二部分具体介绍了冲模、锻模和注塑模的CAD方法。由于模具CAD是计算机技术与模具设计方法相结合的产物,具有边缘学科的性质,因此论述模具CAD原理时,在一定程度上吸收了其他学科的一些内容。

本书可作为塑性加工有关专业高年级学生或研究生课程的教材。使用时可根据不同层次的要求和实际教学情况对内容加以取舍。作为本科生课程,可讲授第一部分的基本内容和第二部分的一些实例,约需30~40学时。作为研究生课程,重点讲授第二部分的内容,约需40~60学时。

本书第一至第七章由李志刚副教授编写,第八章由李德群副教授编写。肖景容教授对本书的编写工作给予了热情支持,审阅了全书并提出了许多宝贵意见。本书由北京农业大学殷光复教授担任主审,对一些章节提出了建设性的修改意见。香港大学蔡小康博士为第七章长轴类锻模CAD一节提供了有价值的资料。作者在编写此书的过程中还得到华中理工大学模具CAD/CAM科研组同事们的大力支持。在此谨致谢意。

模具CAD是一门正在迅速发展的学科,国内外尚未见到这方面较完整的教材。可供参考的成熟经验与资料不多,加之作者水平有限,书中错误和缺点在所难免,敬望读者指正。

作者

1990年1月

于华中理工大学

目 录

第一章 概论	(1)
1.1 CAD的基本概念	(1)
1.2 CAD在模具设计中的应用	(2)
1.2.1 计算机在设计过程中的辅助作用	(2)
1.2.2 模具CAD/CAM技术的应用	(4)
1.2.3 模具CAD的优越性	(5)
1.2.4 模具CAD的特点	(5)
1.3 CAD的发展状况与趋势	(6)
1.3.1 CAD的发展简史	(6)
1.3.2 CAD技术的发展趋势	(7)
第二章 模具CAD系统的组成	(9)
2.1 模具CAD工作站	(9)
2.2 分布式CAD系统	(14)
2.3 模具CAD系统的软件	(16)
2.3.1 模具CAD系统软件的组成	(16)
2.3.2 模具CAD软件的发展方向	(19)
第三章 模具设计准则和数据的处理	(21)
3.1 数表的程序化	(21)
3.2 函数插值	(23)
3.3 设计准则公式化的数理统计方法	(28)
3.4 线图的程序化和公式化	(30)
3.5 用文件系统管理数据的方法	(31)
3.5.1 文件及其操作	(32)
3.5.2 模具CAD系统模块间的数据传递	(33)
3.6 dBASE Ⅲ数据库管理系统及其在模具CAD中的应用	(34)
3.6.1 dBASE Ⅲ数据库的主要结构	(35)
3.6.2 dBASE Ⅲ数据库的应用	(36)
第四章 图形变换与绘制	(41)
4.1 图形的变换	(41)
4.1.1 二维图形的变换	(41)
4.1.2 三维图形的变换	(45)
4.1.3 透视变换	(49)
4.2 绘图系统与设备	(51)
4.2.1 绘图系统	(52)

4.2.2 绘图机	(52)
4.2.3 绘图软件	(54)
4.3 AutoCAD绘图软件包及其应用	(55)
4.3.1 AutoCAD绘图软件包的主要功能	(55)
4.3.2 AutoCAD绘图软件在模具CAD中的应用	(56)
第五章 模具CAD中的几何构型	(59)
5.1 几何构型在模具CAD中的作用与方法	(59)
5.1.1 几何模型	(59)
5.1.2 几何构型的方法	(61)
5.2 实体构型	(66)
5.2.1 定义语言	(66)
5.2.2 实体模型的数据结构	(67)
5.3 MODCON几何构型系统	(68)
5.3.1 MODCON系统的方法与结构	(69)
5.3.2 MODCON系统体素的定义	(71)
5.3.3 形状算子	(74)
5.3.4 求取轮廓形状的算法	(76)
第六章 冲模CAD	(80)
6.1 冲模CAD概述	(80)
6.1.1 冲模CAD的发展与应用	(80)
6.1.2 冲模CAD系统的结构和方法	(81)
6.2 冲裁零件的图形输入	(84)
6.2.1 编码输入法	(85)
6.2.2 面素拼合法	(90)
6.2.3 交互输入法	(94)
6.3 冲裁模CAD	(96)
6.3.1 冲裁模CAD/CAM系统的功能、结构与流程	(97)
6.3.2 工艺可行性的判断	(100)
6.3.3 毛坯排样的优化设计	(102)
6.3.4 连续模的工步设计	(107)
6.3.5 优化布置顶杆	(110)
6.3.6 冲模零部件的设计	(114)
第七章 锻模CAD	(118)
7.1 锻模CAD/CAM的发展状况	(118)
7.2 利用成组技术建立锻模CAD系统的方法	(120)
7.3 锻件与毛坯形状复杂性的定量计算	(124)
7.4 锻造载荷和应力的计算	(125)
7.5 轴对称件锻模的CAD	(131)
7.5.1 轴对称锻件的锻模CAD系统	(131)

7.5.2 轴对称锻件几何信息的输入	(133)
7.5.3 计算飞边槽尺寸和飞边金属消耗的算法	(136)
7.5.4 预锻型槽的设计	(138)
7.6 长轴类锻模的CAD	(141)
7.6.1 轴类锻模CAD系统的结构	(141)
7.6.2 设计数据的准备	(143)
7.6.3 拔长型槽的设计	(144)
7.6.4 滚挤型槽的设计	(149)
7.6.5 预锻型槽的设计	(151)
7.6.6 型槽的布置	(155)
第八章 塑料注射模CAD	(159)
8.1 注射模CAD技术基础及发展概况	(159)
8.1.1 注射模CAD技术的作用	(159)
8.1.2 注射模CAD的工作内容	(159)
8.1.3 注射模CAD的基础	(160)
8.1.4 注射模CAD的发展概况	(161)
8.2 注射模结构CAD	(163)
8.2.1 典型模具系列的计算机编码	(163)
8.2.2 型腔和型芯形状的生成	(165)
8.2.3 模具图的生成	(166)
8.3 注射模流道系统的交互设计	(167)
8.3.1 流道系统的分类	(168)
8.3.2 流道系统的设计原则和概念	(168)
8.3.3 流道送料机构的设计	(169)
8.3.4 流道限制机构的设计	(171)
8.3.5 交互式流道设计程序简介	(172)
8.4 注射模流动模拟	(172)
8.4.1 一维流动分析	(172)
8.4.2 二维流动分析	(175)
8.4.3 三维流动分析	(176)
8.4.4 商品化流动模拟软件简介	(177)
8.5 注射模冷却系统模拟	(178)
8.5.1 一维冷却分析	(178)
8.5.2 二维冷却分析	(180)
8.5.3 三维冷却分析	(181)
8.5.4 商品化冷却模拟软件简介	(182)
附录1 dBASE II 的常用命令	(183)
附录2 AutoCAD绘图软件的一些命令	(186)
参考文献	(191)

第一章 概 论

计算机的问世是技术进步所取得的最大的成就之一。随着计算机技术的不断发展和应用领域的日益扩大,涌现出了一些以计算机技术为基础的新学科。

CAD(计算机辅助设计)自60年代以来得到了迅速发展。由于计算机硬件和软件技术的迅速发展,CAD技术日趋完善,已在电子、航空和机械制造等部门得到了广泛应用。

模具的设计、制造水平和产品的质量、成本及生产周期息息相关。随着制造业的发展,产品对模具的要求越来越高。人工设计、单件生产这种传统的模具设计与制造方式已无法适应工业发展的需要。计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)技术是解决模具设计与制造薄弱环节的有效途径。

1.1 CAD的基本概念

计算机辅助设计是人和计算机相结合、各尽所长的新型设计方法。从思维的角度看,设计过程包含分析和综合两个方面的内容。人可以进行创造性的思维活动,将设计方法经过综合、分析,转换成计算机可以处理的数学模型和解析这些模型的程序。在程序运行过程中,人可以评价设计结果,控制设计过程;计算机则可以发挥其分析计算和存储信息的能力,完成信息管理、绘图、模拟、优化和其他数值分析任务。人和计算机相结合,在设计过程中两者发挥各自的优势,有利于获得最优设计结果,缩短设计周期。

CAD系统可从不同的角度进行分类。从系统的观点,CAD系统可以分为:

分时系统(Time-sharing)

几个互相独立的应用程序同时在一台计算机上运行,分享CPU时间。

多用户系统(System-sharing)

多个用户运行一个共同的应用程序,使用同一计算机和数据库。多个用户分享CAD系统的资源。

从硬件的角度,CAD系统分为两种基本结构类型:

独立系统(Stand-alone System)

这种CAD系统自成体系,由主机、输入输出设备、外部存储器和图形终端组成,不与其他计算机系统相连。

终端系统(Terminal System)

有些以小型计算机或超级微机为基础的CAD系统和大型主机相连,在小型机或超级微机上完成输入、绘图和计算量不大的设计计算,而计算量很大的运算则在大型主机上完成。因为CAD系统和大型主机相连,所以还可以利用大型机上的软件资源。

从软件的角度,CAD系统可以分为:

黑箱系统(Black-box System)

这种系统也称为交钥匙系统(Turn-key System),通常只能在规定的硬件上运行。

用户只能使用系统提供的一系列功能,但不能作进一步开发。这种系统和其他系统的结合能力有限,只有通过一定的数据格式和别的系统相连。

可编程系统(Programmable System)

这种系统可以移植到不同的计算机上,并可作进一步的开发。

另外,按运行方式可将CAD系统分为交互设计系统和自动设计系统。虽然人们正在研究以人工智能方法为基础的CAD系统,但在目前的技术发展水平上计算机难以自动地完成全部设计工作。因此,绝大多数CAD系统都属于交互式的CAD系统。交互设计系统亦称为会话型设计系统,以交互方式运行。设计时由计算机检索数据,分析计算,并将运算结果以图形或数据的形式快速显示在屏幕上。设计人员进行观察和判断,利用键盘和图形板等交互设备输入参数,选择方案,修改设计,控制设计的进程。

计算机辅助设计和计算机辅助制造(CAM)关系十分密切。开始,计算机辅助几何设计和数控加工自动编程是两个独立发展的分支。但是,随着它们的推广应用,二者之间的相互依存关系变得越来越明显了。设计系统只有配合数控加工,才能充分显示其巨大的优越性。另一方面,数控技术只有依靠设计系统产生的模型才能发挥其效率。所以,在实际应用中二者很自然地紧密结合起来,形成计算机辅助设计与计算机辅助制造系统,简称CAD/CAM系统。在这种系统中,设计和制造的各个阶段可利用公共数据库中的数据。公共数据库将设计与制造过程紧密联系为一个整体。数控自动编程系统利用设计的结果和产生的模型,形成数控加工机床所需的信息。CAD/CAM大大缩短产品的制造周期,显著提高产品质量,产生了巨大的经济效益。

1.2 CAD在模具设计中的应用

1.2.1 计算机在设计过程中的辅助作用

在计算机辅助设计过程中,人和计算机相结合,共同进行设计。这种工作方式所产生的结果比人和机器单独工作的结果都好。

计算机辅助设计这一术语本身就包含了这样的意思,即在人能有效发挥作用的地方不用计算机,反之在计算机可被有效利用的场合不用人。计算机在设计过程中起辅助作用,而不是取代人的作用。为了弄清二者在设计过程中的作用,以及它们是如何相互辅助完成设计的,有必要比较一下人和计算机的特点。表1.1为人机特点的比较表,由表中可以看出人和计算机的能力在绝大多数方面是互补的。在某些地方人超过计算机,在另一些地方计算机优于人。由此可知,人和计算机相结合,恰当地发挥二者的作用对于CAD十分重要。

建立一个CAD系统时,应在以下几个方面考虑人机的特点。

1. 设计思想

经验与判断相结合是设计过程中不可缺少的,所以设计过程必须由人控制。设计人员应能在设计的各个阶段行使控制权,应能利用其直觉进行设计,而不一定要遵循计算机的设计逻辑。计算机的学习能力很差,学习的任务应由人来完成。人可以从过去的设计中学习,总结经验。

2. 信息处理

设计开始时输入的是设计要求,设计完毕后输出的是有关制造的信息。设计过程中人机

表1.1 人 机 特 点 的 比 较

项 目	人	计 算 机
推理与逻辑判断	通过经验、想象进行直觉的逻辑推理	模拟的、系统的逻辑推理
信息的组织	非格式的、直觉的	格式化的、详细的
信息存储能力	差、且与时间有关	强、与时间无关
对重复工作的耐力	差	强
提取重要信息的能力	强	差
出错机会	多	少
分析能力	直觉分析能力强, 数值分析能力差	无直觉分析能力, 数值分析能力极强

之间通过图形或文字交互作用, 共同完成设计 (图1.1)。

计算机的第一个任务就是检查输入信息中是否存在错误。发现的错误经设计人员改正后再行输入。人脑可用直觉的方式处理信息, 但存储信息的能力却很有限, 且随着时间的推移而减退。计算机具有永久存储信息的能力, 并且这种能力可靠、稳定。因此, 在设计过程中信息的存储应在人的指导下由计算机完成。

制造信息的输出通常包括绘制图纸。这是一项烦琐的、令人疲倦的工作, 适合于计算机去完成。让计算机尽可能多地产生制造信息, 可以将人从重复劳动中解放出来。

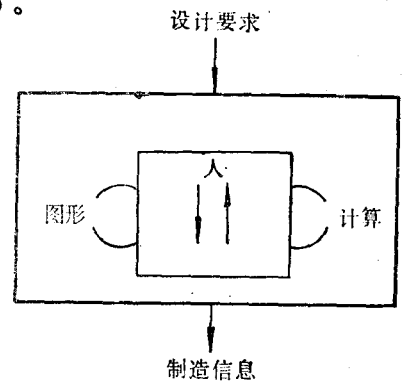


图1.1 设计过程中的人机交互作用

3. 修改

在设计过程中有关的描述性信息经常需要修改, 产生新的设计结果。计算机具有系统检错的能力, 人则可用直觉方式检错。一般说来, 让计算机自动改正错误是困难的。因此, 改正错误、修改设计的任务应由设计人员完成。

4. 分析

对于费时费力的数值分析工作, 计算机可以高速精确地完成。在设计中应尽可能多地让计算机完成数值分析工作, 使人有更多的时间利用数值分析的结果和他本身的直觉分析能力完成决策性的工作。

在传统的设计方法中, 设计人员的工具是图板、丁字尺之类的绘图仪器。在计算机辅助设计中, 设计人员的工具是计算机及其外部设备。计算机在设计中的辅助作用主要体现在数值计算、数据管理和图纸绘制三个方面。

计算机作为计算工具使用的优越性显而易见。人工计算容易发生错误的问题在这里得到了完全的克服。许多需要多次迭代的复杂运算, 只有用计算机才能完成。一些设计分析方法, 例如优化方法、有限元分析, 离开计算机便难以实现。计算机作为计算工具提高了计算精度, 保证了结果的正确性。

计算机可靠的记忆能力和外部存储设备相结合, 使计算机能够在设计数据的存储与管理

方面辅助设计工作。过去,设计人员必须从有关的技术文件或设计手册中查找数据。用这种方法查找数据不但费时,而且容易出错。在CAD中,标准的数据存放在统一的数据库中,检索存储方便迅速。有了数据库,设计人员便不再需要记忆具体的数据,也不必关心数据的存储位置,可以全神贯注于创造性的设计工作。

图纸是工程的语言,是人们交流思想的工具。虽然CAM将使图纸在制造中的作用逐渐消失,但图纸在审查设计方案、检验产品等方面的作用仍将存在。图纸的绘制工作约占整个设计工作量的60%以上,因此计算机绘图是对设计工作的有力辅助。这就是为什么计算机绘图被广泛使用的原因。另外,实际设计中很大一部分图纸只是在现有设计的基础上加以局部修改。一旦图形数据存储于图库之中,它们可以重复使用,可以进行修改与编辑,以产生新的图形。

1.2.2 模具CAD/CAM技术的应用

随着工业技术的发展,产品对模具的要求愈来愈高。传统的模具设计与制造方法不能适应工业产品及时更新换代和提高质量的要求。因此,国外先进工业国家对模具CAD/CAM技术的开发非常重视。早在60年代初期,国外一些飞机和汽车制造公司就开始了CAD/CAM的研究工作,投入了大量人力和物力。CAD的研究工作开始于飞机机身和汽车车身的设计,在此基础上复杂曲面的设计方法得到了发展。各大公司都先后建立了自己的CAD/CAM系统,并将其应用于模具的设计与制造。

这些公司采用模具CAD/CAM技术的主要理由是:

- (1)利用几何构型技术获得的几何模型,可供后续的设计分析和数控编程等方面使用。
- (2)可以缩短新产品的试制周期,例如在汽车工业中,可缩短模具的设计制造周期;
- (3)提高产品质量的需要,如汽车车身表面等,需要利用计算机准备数据和完成随后的制造工作;
- (4)模具制造厂和用户对CAD/CAM的需要增加。例如,利用磁盘进行数据传送,用户要求模具制造单位能够交换信息和处理这些数据;
- (5)模具加工设备的效率不断提高(如柔性制造系统、柔性加工中心等),需要计算机辅助处理数据,以提高设备利用率;
- (6)在企业中建立联系各个部门的信息处理系统。

模具CAD/CAM技术发展很快,应用范围日益扩大。在冲模、锻模、挤压模、注塑模和压铸模等方面都有比较成功的CAD/CAM系统。采用CAD/CAM技术是模具生产革命化的措施,是模具技术发展的一个显著特点。

工业国家较大的模具生产厂家在CAD/CAM上进行了较大的投资,正大力开发这一技术。如法国FOS模具公司已购买了大型CAD/CAM系统,日本黑田精工株式会社已大力投资开发CAD/CAM系统,瑞士法因图尔公司采用大型CAD/CAM系统设计加工模具已占30%。目前,应用CAD/CAM技术较普遍的为美、日等国。美国模具生产中采用CAD/CAM技术的已占10%,日本已占17%。

例如,日本丰田汽车公司于1965年将数控用于模具加工。1980年开始采用覆盖件冲模CAD/CAM系统。该系统包括设计覆盖件的NTDFB和CADETT软件,加工凸、凹模的TINCA软件。利用三坐标测量仪测量粘土模型,并将数据送入计算机。将所得图形经平滑

处理后,再把这些数据用于覆盖件设计、冲模的设计与制造。该系统有较强的三维图形功能,可在屏幕上反复修改曲面形状,使工件在冲压成形时不致产生工艺缺陷,从而保证了模具和工件的质量。模面的模型保存在数据库中,TINCA软件可利用这些数据,进行模面的数控加工。

模具CAM在国外应用较广,计算机控制的数控机床加工模具已占20~30%左右。此外,加工中心(MC)、柔性制造系统(FMS)已开始用于模具制造。一般说来,CAM比CAD的应用更为广泛。在欧洲,用传统的机加工方法生产的模具和用NC或CNC机加工方法生产的模具之比为70:30。在日本,这一比值为40:60。

我国模具CAD/CAM的开发开始于70年代末,发展也很迅速。到目前为止,先后通过国家有关部门鉴定的有精冲模、普通冲裁模、辊锻模、锤模和注塑模等CAD/CAM系统。但是,直到现在这些系统仍处于试用阶段,尚未在生产中推广应用。为迅速改变我国模具生产的落后面貌,今后应继续加速模具CAD/CAM的研究开发和推广应用工作。

1.2.3 模具CAD的优越性

模具CAD所特有的优越性赋予了它无限的生命力,使其得以迅速发展和广泛应用。无论在提高生产率、改善质量方面,还是在降低成本、减轻劳动强度方面,CAD技术的优越性是传统的模具设计方法所不能比拟的。

第一,CAD可以提高模具的质量。在计算机系统内存入了各有关专业的综合性的技术知识,为模具的设计提供了科学的基础。计算机与设计人员交互作用,有利于发挥人、机各自的特长,使模具设计更加合理化。CAD采用的优化设计方法有助于某些工艺参数和模具结构的优化。另外,由于不同部门可利用同一数据库中的信息,保证了数据的一致性,减少了文件的数量。

第二,CAD可以节省时间,提高生产率。设计计算和图纸绘制的自动化大大缩短了设计时间。CAD与CAM的一体化可显著缩短从设计到制造的周期。例如,采用冲裁模CAD/CAM系统设计制造模具,比传统方法提高效率5倍以上。由于模具质量提高,可靠性增加,装修时间明显减少。

第三,CAD可以较大幅度地降低成本。计算机的高速运算和绘图机的自动工作大大节省了劳动力。同时,优化设计带来了原材料的节省。例如,冲压件的毛坯优化排样可使材料利用率提高5~7%。CAD的经济效益有些可以估算,有些则难以估算。由于采用CAD/CAM技术,生产准备时间缩短,产品更新换代加快,大大增强了产品在市场上的竞争能力。

第四,CAD技术将设计人员从繁冗的计算和绘图工作中解放出来,使其可以从事更多的创造性劳动。例如,在模具设计中,绘图工作量约占全部工作量的60%。在CAD过程中这一部分工作由计算机完成,产生的效益十分显著。

模具CAD的优越性还可以列举不少。所有这些将使CAD逐步取代传统的模具设计方法,最终将在模具设计中居统治地位。

1.2.4 模具CAD的特点

1. 模具CAD系统必须具备描述物体几何形状的能力

有些设计过程最初提出的要求是一些参数或性能指标。例如,设计锻压设备提出的要求

是吨位、行程、封闭高度或其他使用性能，并不规定设备的形状如何。但是，模具设计则不同，因为模具的工作部分（如拉延模、锻模和注塑模的型腔）是根据产品零件的形状设计的，所以无论设计什么类型的模具，开始阶段必须提供产品零件的几何形状。这就要求模具CAD系统具备描述物体几何形状的能力，即几何构型的功能。否则，就无法输入关于产品零件的几何信息，设计程序便无法运行。因此，几何构型是模具CAD中的一个重要问题，第五章将专门论述。

2. 标准化是实现模具CAD的必要条件

模具设计一般不具有唯一性。对于同一产品零件，不同设计人员设计的模具不尽相同。为了使CAD得以实施，减少数据的存储量，在建立模具CAD系统时首先要解决的问题便是标准化问题，包括设计准则的标准化、模具零件和模具结构的标准化。标准化极大地便利了模具CAD。有了标准化的模具结构，在设计模具时可以选用典型的模具组合，调用标准模具零件，需要设计的只是少数工作零件。标准化工作涉及的问题较多，有技术问题，也有管理问题。目前我国已颁布“标准化法”，对于已公布的模具标准，模具CAD中应予贯彻使用。

3. 设计准则的处理是模具CAD中的一个重要问题

人工设计模具所依据的设计准则大部分是以数表和线图形式给出的。在编制设计程序时必须对这些数表和线图进行恰当的处理，将其变为计算机能够处理的表达形式。程序化和公式化是处理数表或线图形式设计准则的基本方法。对于某些定性的设计准则，计算机程序无法采用，需要深入研究，总结出便于使用的定量的设计准则。有些经验准则难以程序化或公式化，这时就需要通过人机交互方式发挥经验的作用。

1.3 CAD的发展状况与趋势

1.3.1 CAD的发展简史

简略地回顾一下CAD的发展历史，这将有助于加深对CAD的背景与现状的了解。

50年代初期，美国麻省理工学院伺服系统实验室利用Whirlwind计算机研制了第一台自动控制铣床。1955年，在芝加哥的机床展览会上展出了20台数控机床。随后产生了APT (Automatically Programmed Tool) 语言，1958年开始用于数控编程。大约在相同的时间，飞机和汽车制造业开始研究在飞机机身和汽车车身中遇到的空间曲线和自由曲面问题。

1963年，计算机图形学的先驱I. Sutherland在麻省理工学院的研究项目SKETCH-PAD实现了图形的交互显示，将计算机与绘图结合起来。不少计算机图形学的方法产生于那个时期，如橡皮带技术、图形的变换方法等。

1964年通用汽车公司宣布研究成功DAC-1 (Design Augmented by Computer) 系统。DAC-1主要输出图纸，而不是采用交互图形学技术。这一年波音公司的J. C. Ferguson发表了“多变量曲线的插值”一文。

1965年美国Bell电话实验室研究成功GRAPHIC 1远程显示系统。GRAPHIC 1利用DEC340显示器和PDP 5控制处理机，与IBM7091相连。该系统用于印刷电路的设计。

1966年IBM公司开始用计算机辅助集成电路的设计。

1967年S. A. Coons在MIT发表了“用于空间形状计算机辅助设计的曲面”的论文。

该文描述了给定边界、保证相邻块斜率或曲率连续的四边曲面块。

1968年R. A. Forrest在剑桥大学写了题为“用于计算机辅助设计的曲线与曲面”的博士论文。

同年, P. Bezier发表文章介绍了法国雷诺汽车公司UNISURF系统的原理。该系统采用贝塞尔曲面设计汽车的车身。

1969年通用汽车公司的W. Gordon和R. Riesenfeld多次发表文章, 论述了多变量近似问题。

70年代初期, CAD基础理论研究十分活跃, 这些理论为CAD的发展奠定了基础。当时, 很大一部分工作集中于曲面的描述, 例如汽轮机叶片、船体、车身、飞机机身等形状的定义与加工。有限元的理论和计算机程序在这个时期也得到了迅速发展。

1972年美国罗彻斯特(Rochester)大学开始了PAP(Production Automation Project)的研究。作为这个项目的研究结果, PADL-1和PADL-2两个几何构型系统相继研制成功。1972年日本北海道大学建立了TIPS-1系统。1973年英国剑桥大学计算机实验室研究成功BUILD系统。

1975年以来, 人们更多地注意机械零件的CAD, 发展了许多几何构型系统, 例如Applicon、Compac、Computervision、Euclide和RA3D等系统。

计算机硬件性能的迅速改善促进了CAD的发展。直到1960年, 计算机还是个庞然大物, 内存容量最多也不过几k。和那时相比, 现在计算机的运算速度已增加了二、三个数量级。现在, 绘图机的精度也大大提高了, 有的绘图机精度可达0.001mm。用电机驱动的绘图机的绘图速度一般为300mm/s, 有的可达500mm/s。硬件性能的提高和价格的降低使CAD产生的经济效益更为明显。70年代后期, CAD发展的一个重要特点是由科学研究转向经济利用。在许多领域中CAD已成为不可缺少的工具。一些国家的政府提供了相当多的基金, 用于促进CAD在工业中的应用。随着计算机的大量采用, CAD技术在我国发展十分迅速。各主要工业部门无不积极研究开发CAD技术, 并在生产中推广应用。

80年代, CAD进一步完善化和实用化, 应用范围不断扩大, 市场上CAD软件的销售量也与日俱增。CAD作为设计部门的标准工具使用, 这已是为期不远的事情了。

1.3.2 CAD技术的发展趋势

1. 一体化

设计、制造和工程管理具有密切的关系。在CAD/CAM的基础上, 人们正在致力于建立集成生产系统(Integrated Manufacturing System—IMS)。即使设计和制造过程成为一个完整的信息流过程。集成生产系统对产品的设计、加工, 直到最后装配和检验的全过程实行计算机控制。这种生产过程是一个包含物质流和信息流的完整过程, 其前景是无人化加工。许多公司都在研究开发这种系统。例如, IBM公司的EDS系统将多台计算机(包括巨型计算机、大型计算机、超级小型计算机和微型机)与几百个图形工作站组成了一个庞大的计算机辅助工程(Computer Aided Engineering—CAE)系统。

2. 微型化

CAD/CAM正转向超级微型计算机。32位超级微型计算机的发展趋势将是在单机功能上达到小型机和中型机的水平, 多CPU并行处理时的功能将达到大型机的水平。以超级微

型机为基础的CAD系统不断增多,功能也在不断扩大。

3. 网络化

微型计算机CAD系统发展的一条主要途径是CAD网络。由于微型机价格低廉,功能较强,可以将多台以微型机为中心的智能工作站连成分布式CAD系统。网络型32位工作站系统自80年代问世以来,受到CAD用户的欢迎。SUN和APOLLO公司的产品可以作为这种系统的典型代表。分布式的CAD系统结构灵活,功能强。每个工作站可以单独使用,也可以联合使用。整个网络和大型、巨型计算机相连,可以解决更复杂的问题。

4. 智能化

全盘自动化的设计固然理想,但在今天还只能是一个追求的目标,近期内难以实现。人工智能技术是通向设计自动化的重要途径。近年来,人工智能在CAD中的应用主要集中在知识工程的引入,发展专家CAD系统。专家系统的发展可扩大CAD的功能,有利于创造更高级的CAD系统。专家CAD系统具有逻辑推理和决策判断能力。它将许多事实和有关专业范围内的经验、准则结合在一起。应用这些事实和启发规则,根据设计的目标不断缩小搜索的范围,使问题得到解决。专家CAD系统是当前研究相当活跃的一个课题。

5. 新型化

用于CAD的新型外部设备将不断问世。作为计算机外部存储器的磁盘有可能被存储密度为几百倍甚至几千倍的光盘所代替。不久,光栅扫描显示器的分辨率可达 4000×4000 。其他外部设备,如图形输入装置、声音识别装置、视觉追踪装置和激光打印机等,亦将迅速发展,日新月异。

(矩形阵列 * Y轴, 绕Z轴旋转)

650 REM * SUB=ROTATE

660 $X_2 = \cos(C_3 * P_1) * X_1 - \sin(C_3 * P_1) * Y_1 + 0 * Z_1$

670 $Y_2 = \sin(C_3 * P_1) * X_1 + \cos(C_3 * P_1) * Y_1 + 0 * Z_1$

680 $Z_2 = 0 * X_1 + 0 * Y_1 + 1 * Z_1$

690 RETURN

第二章 模具CAD系统的组成

2.1 模具CAD工作站

典型的模具CAD系统的硬件设备包括主机、外部存储器、图形终端、输入设备和输出设备。这些设备的配置可用图2.1表示。

通常, 将能与用户交互的计算机系统称为工作站。工作站包括为执行用户任务所需的全部设备。但是, 有些设备, 如打印机、绘图机和存储设备等, 可由两个或多个工作站共享。

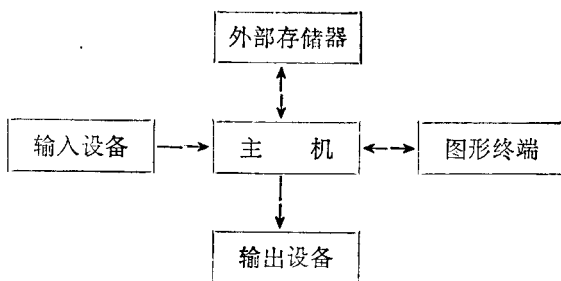


图2.1 模具CAD系统的硬件配置

2.1.1 主 机

主机是整个模具CAD系统的中枢, 执行运算和逻辑分析任务, 并控制和指挥系统的所有活动。这些活动包括内存和外存之间的信息交换、终端设备的管理和在绘图机上输出图纸等。主机由运算器、内部存储器和控制器组成。运算器和控制器合称为中央处理机(CPU)。

以前, 模具计算机辅助设计所使用的计算机为大、中型计算机或小型计算机。70年代末, 国外相继推出了性能优良的16位微处理机。80年代初, 以这种微处理机为核心的、种类繁多16位微型计算机在市场上出现。通用的16位微型计算机具有较强的功能, 可达到高档的小型计算机的水平。这时, 微型计算机已开始涉足传统上属于小型计算机, 甚至中型计算机的模具CAD领域。IBM-PC计算机作为16位微型机的代表, 应用已十分广泛。国内有不少模具CAD系统, 例如冲裁模CAD系统, 就是在IBM-PC和长城0520等微型计算机上开发的。

正当16位微型机开始普及的时候, 市场上又推出了功能更为强大的32位超级微型计算机, 例如DEC公司的Micro VAX、阿波罗DOMAIN系统中的DN 660等。这类计算机的内存和外存的容量大, 内存容量一般为1~16MB, 磁盘容量可达数百兆字节以上; 运算速度高; 可带高分辨率的彩色光栅扫描显示器和多种外部设备; 配有FORTRAN、PASCAL、C和BASIC等高级程序设计语言。32位微型计算机可与一般的超级小型机和中型机相匹敌。以32位微型机为基础的模具CAD系统也越来越多, 例如冲模和注塑模CAD系统等。

2.1.2 外部存储器

模具CAD系统使用外部存储器的目的在于扩大存储能力, 弥补内存的不足。外部存储器可用于存储模具CAD系统的程序、图形文件和其他软件。在实施CAD的过程中, 将所需的软件从外存调至内存使用, 也可将内存的数据输至外存存放。

常用的外部存储器有磁盘和磁带。由于磁盘具有随机存取的特点，在模具CAD系统中应用较广。磁带仅能顺序存取，存取所需的时间较长，所以它一般作为磁盘的后备品，用以保存永久性的档案文件。

磁盘分为硬盘和软盘两种。磁盘上的一系列同心圆周称为磁道（图2.2）。在多数情况下，以磁道作为存储单位太大，因此磁道又可分为盘区（弧段）。盘区是可编地址号的最小存储单位，一般可存储256, 512或1024个字节。

磁盘的存取过程如下：

- （1）移动存取机构，使磁头处于特定的磁道位置；
- （2）激化磁头，使之处于工作状态；
- （3）在磁盘旋转的过程中，当磁道的起点处于磁头

下时，机器就存取该磁道中的数据。

一个模具CAD系统包括大量的程序、数据和图形文件，因而要求外部存储部有较大的容量。虽然有些模具CAD系统硬磁盘容量仅几十兆，但经验表明，包含数据库和图形库的、用于设计较复杂模具的CAD系统要求几百兆甚至更大容量的外部存储器，才能保证系统的正常运行。

磁带是涂有磁性材料的塑料带。当要读写带上的存储信息时，须用磁带机。磁带机具有输入、输出两种功能。磁带机读写信息时，依靠静止的读写磁头与匀速移动的磁带间的电磁作用，完成信息的读写。磁带机有两个磁头，即清除磁头和读写磁头。在写入时磁带先经过清除磁头，使磁带面上的磁层去磁，然后经过读写磁头。若这时在读写磁头的线圈中通一脉冲电流，磁带的这一部分磁层被磁化，信息就被写入。要读出时，先把磁带倒卷回去，然后再按原来的方向移动，此时清除磁头在控制电路的控制下已不起作用，以免所记录的信息遭到破坏。当载有信息的磁带通过读写磁头时，就会在磁头线圈中引起感应电势，感应电势的极性对应着所记录的代码“0”或“1”。

磁带可以分为若干段，段间留有间隙并有地址标志。这些地址是顺序排列的，因而磁带必须按顺序存取，不能直接随机存取。

2.1.3 图形终端

在模具CAD中，图形终端用于显示图形，也可用以显示字符。常用的三种阴极射线管（CRT）显示设备是向量更新显示器、直视存储管显示器和光栅扫描显示器。

作为显示器主要部件的阴极射线管内，装有电子枪，由它发射高速、精细聚焦的电子束。在阴极射线管的另一端是较为扁平的屏面，其上涂敷着一层荧光粉，当电子束轰击在上面时会发光。控制电子束的能量可以使输出光的亮度变化，需要时可以完全使光截止。流过偏转线圈的电流会使电子束偏转到屏面的各部分。阴极射线管的基本结构示于图2.3。

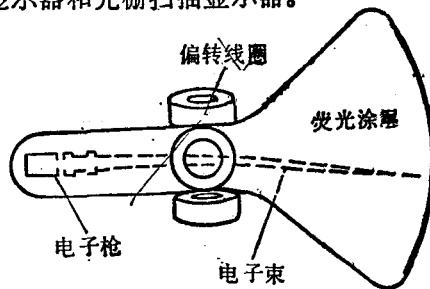


图2.3 阴极射线管的基本结构