实 用 数 控 技 术 丛 书

CAD/CAM 与数控自动编程技术

李 凯 阎红娟 罗学科 主编

化 学 工 业 出 版 社
工业装备与信息工程出版中心
·北 京·

需要全本请访问 www.ertongbook.com

(京) 新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

CAD/CAM 与数控自动编程技术 / 李凯，阎红娟，罗学科主编. —北京：化学工业出版社，2003.11
(实用数控技术丛书)
ISBN 7-5025-4894-7

Ⅰ. G… Ⅱ. ①李… ②阎… ③罗… Ⅲ. ①计算机辅助设计–程序设计 ②计算机辅助制造–程序设计 ③数控机床–程序设计 Ⅳ. ①TP391.7 ②TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 097239 号

实用数控技术丛书
CAD/CAM 与数控自动编程技术
李 凯 阎红娟 罗学科 主编
责任编辑：任文斗 张兴辉
文字编辑：操保龙
责任校对：李 林 王素芹
封面设计：蒋艳君
*
化 学 工 业 出 版 社
工业装备与信息工程出版中心 出版发行
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)
发行电话：(010) 64982530
http ://www.cip.com.cn
*
新华书店北京发行所经销
聚鑫印刷有限公司印刷
三河市前程装订厂装订
开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 14¼ 字数 342 千字
2004 年 1 月第 1 版 2004 年 1 月北京第 1 次印刷
ISBN 7-5025-4894-7/TH·150
定 价：30.00 元

版权所有 违者必究
该书如有缺页、倒页、脱页者，本社发行部负责退换

实用数控技术丛书编写委员会

主　任：罗学科

副主任：张超英　徐宏海

委　员：（按姓氏笔画排序）

马天颖　牛小铁　王风霞　王孝忠　朱运利　李跃中

李　凯　刘　瑛　余圣梅　陈晓光　罗学科　郑　青

郑张龙　周国烛　张超英　赵玉侠　徐宏海　高　屏

高德文　阎红娟　谢富春　魏晓东

序

机械制造业是国民经济的支柱产业。据统计，美国 68%的社会财富来源于制造业，日本国民总产值的 49%是由制造业提供的，我国的制造业在工业总产值中也占有 40%的比例。可以说，没有发达的制造业，就不可能有国家的真正繁荣和富强。而机械制造业的发展规模和水平，则是反映国民经济实力和科学技术水平的重要标志之一。提高加工效率、降低生产成本、提高加工质量、快速更换产品，是机械制造业竞争和发展的基础，也是机械制造业技术水平的标志。

20 世纪 50 年代初第一台数控机床的出现，使制造技术的发展出现了日新月异的局面。特别是近 20 年来，随着计算机技术、信息技术和微电子技术等高新技术的发展，制造业也发生了革命性的变化。数控技术在现代企业的大量应用，使制造技术正朝着数字化的方向迈进，出现了以信息驱动的现代制造技术，其核心就是数控加工设备替代了传统的加工设备。与此同时，数控技术正在朝着高精度、高速度、高柔性、高可靠性以及复合化（工序复合化，功能复合化）的方向发展。这一领域的研究是在当前高新技术不断发展的背景下进行的，涉及到许多相关领域、交叉学科。当前，在人才需求方面，除需要具有数控技术基本知识和能力的高素质人才，促进研究与开发工作的新突破外，还急需大批数控技术应用型人才，即数控编程、数控设备操作及其维修人员。而几乎大部分制造企业在这方面的人才严重不足，特别是北京、上海和南方较发达地区，对数控应用型人才更是求贤若渴，许多企业纷纷用高薪聘请数控技术应用型人才。为了培养国内急需的数控应用人才，各高等院校、职业技术学院纷纷举办高职层次的数控类专业。然而，到目前为止还缺乏适应这类学生使用的、针对数控技术教育的系列教材和适应企业培养数控应用人才的系列参考书，《实用数控技术丛书》就是为此目的编写的。

《实用数控技术丛书》一套共 6 册，近 200 万字，内容涉及数控技术从理论到实际加工操作的各个环节。其中，《数控原理与数控机床》讲述数控技术的基本原理和数控机床的结构；《数控编程技术》详细地讲述各类数控机床和加工中心的编程原理和手工编程方法；《数控加工工艺学》则重点讲述在数控机床的应用中涉及的工艺问题，包括数控设备用刀具、夹具等工艺装备的选择和使用；《CAD/CAM 与数控自动编程技术》讲述目前大量使用的 CAD/CAM 技术和数控自动编程技术，并结合市场上常用的 MASTER CAM、CAXA 等专业软件，给出了大量的典型实例；《数控技术英语》是本专业的专业英语教材，在编写上考虑了数控专业的特点，并注意使用者的英语水平；《数控加工综合实训》是配合实践教学使用的教材，重点突出系统性、实用性和实践性的特点。

《实用数控技术丛书》既参考了国内外相关领域的书籍和资料，也融会了作者们长期以来的教学实践和研究心得，特别是北方工业大学机电中心 5 年来在国家级高职数控技术专业教学改革试点专业中的教学经验和教训。它的出版对推动机械制造企业采用新的数控技术、改造和提升传统产业将会产生积极的影响。

《实用数控技术丛书》立足于应用，面向高职学生和工程技术人员。在内容组织和编排

上从理论到实践、由浅入深、图文并茂、通俗易懂。丛书特别强调实践，书中的大量实例来自生产实际和教学实践。丛书不但为高职数控类专业提供了完备的系列教材，也为企业培训数控技术应用人才提供了参考书籍，对相关工程技术人员也是一套很有益的参考书。

工学博士、机械工程教授 罗学科

2003 年 3 月于北京

需要全本请访问 www.ertongbook.com

前　言

制造自动化技术是先进制造技术中的重要组成部分，其核心技术是数控技术。数控技术是综合应用计算机、自动控制、自动检测及精密机械等高新技术的产物。它的出现及由此所带来的巨大效益，已引起了世界各国科技与工业界的普遍重视。目前，随着国内数控机床用量的剧增，急需培养一大批数控应用型高级技术人才。为了适应我国高等职业技术教育发展及数控应用型技术人才培养的需要，编写了这套丛书。

数控自动编程技术是提高数控编程效率的重要手段，也是目前数控技术中发展最快的技术之一。本书在介绍了 CAD/CAM 技术、计算机图形技术的基本知识后，重点介绍了目前国内应用比较广泛、价格比较低的两套自动编程软件 Master CAM 和 CAXA。在介绍了其图形输入方式后，本书重点介绍了数控车床、数控铣床、数控加工中心和数控线切割的自动编程方法，通过对这些自动编程方法的学习，读者可以对其他自动编程软件达到触类旁通的效果。另外本书还介绍了计算机辅助工艺设计的内容，其目的是为了保持这套丛书在内容上的相对完整性。

本书由李凯、阎红娟和罗学科主编，第 1～第 3 章由罗学科编写，第 4、第 6 章由李凯编写，第 5 章由阎红娟编写，第 7 章由张富顺编写。全书由罗学科统稿。

本书可作为高等职业教育机电类专业中从事数控技术应用、CAD/CAM 技术应用和模具设计与制造人员的培训用书或教材。也可作为机械设计制造及自动化专业本科生的教材，还可供从事数控加工的工程技术人员参考。

由于编者水平有限，数控自动编程技术发展迅速，所以本书难免有不足之处，望读者和各位同仁提出宝贵意见。

编　者

2003 年 9 月

目　录

第 1 章　CAD/CAM 技术概论 …… 1
1.1　CAD/CAM 技术发展概述 …… 1
1.1.1　CAD/CAM 技术的发展概况 …… 1
1.1.2　计算机辅助制造和制造系统的概念 …… 3
1.2　计算机辅助制造的应用范畴 …… 5
1.2.1　计算机辅助制造的直接应用 …… 5
1.2.2　计算机辅助制造的间接应用 …… 5
1.3　CAD/CAM 的环境 …… 6
1.3.1　计算机硬件环境 …… 6
1.3.2　计算机软件环境 …… 7
1.3.3　数据库系统环境 …… 10
1.3.4　计算机网络与通信环境 …… 12
1.4　CAD/CAM 软件系统的选择原则和常用软件 …… 19
1.4.1　CAD/CAM 软件的选择原则 …… 19
1.4.2　CAD/CAM 常用软件 …… 20
第 2 章　计算机图形技术 …… 23
2.1　计算机图形技术的基本概念 …… 23
2.2　坐标系和齐次坐标 …… 24
2.3　图形变换 …… 25
2.3.1　二维图形的几何变换 …… 25
2.3.2　三维变换 …… 30
2.4　投影和透视变换 …… 34
2.4.1　投影变换 …… 34
2.4.2　透视变换 …… 36
2.5　图形裁剪 …… 37
2.5.1　二维裁剪 …… 37
2.5.2　多边形裁剪 …… 39
2.5.3　三维图形的裁剪 …… 39
第 3 章　计算机辅助工艺设计 …… 41
3.l　CAPP 技术概述 …… 41
3.1.1　CAPP 技术的提出 …… 41
3.1.2　计算机辅助工艺设计的含义和意义 …… 42
3.1.3　企业工艺设计对 CAPP 系统提出的要求 …… 44
3.1.4　计算机辅助工艺设计的步骤 …… 45

3.1.5 CAPP 技术发展简史及分类 46
3.2 计算机辅助工艺设计系统的结构 47
3.2.1 计算机辅助工艺设计所涉及的范围 47
3.2.2 计算机辅助工艺设计系统的体系结构 47
3.2.3 计算机辅助工艺设计的功能模块 49
3.3 CAPP 系统的工序设计 51
3.3.1 加工余量与毛坯的确定 51
3.3.2 工序尺寸的确定 52
3.3.3 工序图的绘制 53
3.3.4 切削用量的确定 54
3.3.5 加工过程优化 54
3.3.6 工时定额的确定 54
3.4 工艺数据库与知识库 56
3.4.1 工艺数据与知识的种类和特点 56
3.4.2 工艺数据与知识的获取与表达 57
3.4.3 工艺数据与知识库的设计 58
3.5 检索式 CAPP 系统 60
3.5.1 检索式工艺过程设计的工作过程 60
3.5.2 标准工艺的关键字启发式搜索法 60
3.5.3 检索式 CAPP 系统的特点 62
3.6 派生式 CAPP 系统 62
3.6.1 派生式工艺过程设计原理 62
3.6.2 典型零件的设计 63
3.6.3 派生式 CAPP 系统的特点 64
3.7 创成式 CAPP 系统 64
3.7.1 创成式 CAPP 系统设计的一般过程 64
3.7.2 一般创成式 CAPP 系统的工艺决策和体系结构 65
第 4 章 自动编程的图形输入 67
4.1 Mastercam 的图形输入 67
4.1.1 Mastercam 界面介绍 68
4.1.2 Mastercam 中构建构图平面和刀具面 70
4.1.3 Mastercam 曲线绘制、编辑和几何变换 72
4.1.4 曲面绘制与编辑 86
4.1.5 CAD 设计举例 103
4.2 CAXA 的图形输入 110
4.2.1 CAXA 数控车 2000 界面介绍 110
4.2.2 CAXA 数控车 2000 的 CAD 功能 113
4.2.3 曲线几何变换 117
4.2.4 CAD 设计举例 117
第 5 章 数控车床的自动编程 121

5.1 零件数控加工的工艺性分析 121
5.2 数控加工的相关概念 121
5.3 自动编程 123
5.3.1 CAXA 数控车的加工功能 123
5.3.2 编程步骤 125
5.3.3 刀具参数设置 125
5.3.4 加工参数设置 126
5.3.5 机床和后置处理设置 132
5.3.6 后处理生成加工程序（NC 代码） 133
5.4 自动编程典型实例 135
第 6 章 数控铣床与加工中心的自动编程 148
6.1 零件数控铣削加工的工艺性分析 148
6.1.1 数控加工对象 148
6.1.2 数控加工工艺的主要内容 148
6.1.3 数控加工工艺分析 149
6.2 数控铣床与加工中心自动编程 150
6.2.1 自动编程的步骤与内容 150
6.2.2 Mastercam 数控加工部分的功能 151
6.2.3 Mastercam 中的工作设置 151
6.3 外形铣削加工 157
6.3.1 外形铣削的步骤 158
6.3.2 外形铣削实例 158
6.4 钻削加工 165
6.4.1 钻削加工中点的选择 165
6.4.2 钻削加工参数 166
6.4.3 钻削加工实例 167
6.5 挖槽铣削加工 170
6.5.1 挖槽参数设置 170
6.5.2 挖槽加工实例 171
6.6 三维曲面加工 175
第 7 章 数控线切割自动编程 181
7.1 CAXA 线切割 V2 用户界面与绘图 181
7.1.1 用户界面 181
7.1.2 基本操作 182
7.1.3 菜单命令系统简介 185
7.2 CAXA 线切割 V2 快速入门 187
7.3 数控线切割自动编程基础 189
7.4 轨迹生成 191
7.5 代码生成 193
7.6 代码传输与后置设置 196

7.6.1 应答传输 196
7.6.2 同步传输 196
7.6.3 串口传输 197
7.6.4 纸带穿孔 197
7.6.5 机床设置 197
7.6.6 程序格式设置 200
7.6.7 后置设置 201
7.6.8 R3B 设置 203
7.7 零件设计 203
7.7.1 齿轮设计 203
7.7.2 花键设计 204
7.8 典型零件数控线切割自动编程实例 205
参考文献 214

第 1 章　CAD/CAM 技术概论

1.1　CAD/CAM 技术发展概述

计算机的出现是当代科学技术发展的最重大成就之一，它的应用已遍及各个领域。在机械设计及制造领域，由于市场竞争加剧，用户对产品的质量（Quality）、价格（Cost）、供货时间（Time）和服务（Service）的要求越来越高，因此必须采用先进的设计及制造技术。在这种背景下，20 世纪 70 年代末由于计算机技术与机械设计和制造技术的互相渗透和结合，产生了计算机辅助设计与辅助制造（CAD/CAM——Computer Aided Design/ Computer Aided Manufacturing）这样一门多学科的、综合性的应用技术，并将其简称为 CAD/CAM。由于 CAD/CAM 技术具有综合性强，高新技术含量高，见效快的优势，所以成为当今发展最快的应用技术之一。CAD/CAM 技术的发展，是机械设计及制造领域的一次革命。

1.1.1　CAD/CAM 技术的发展概况

CAD/CAM 技术是伴随着计算机技术的产生和发展而产生并不断发展的，这门技术从产生到现在，已经历了半个世纪，从形成、发展、提高和目前的高度集成，已形成了比较完整的科学技术体系，并在当今的高新技术领域中占有很重要的位置。

自从 1946 年出现第一台计算机开始，人们就不断地尝试将计算机技术引入到传统的机械设计和制造领域。特别是 1951 年美国 PARSONS 公司和麻省理工学院（MIT）研制成了数控三坐标铣床，实现了利用不同数控程序对不同零件的加工，首次出现了现代柔性自动化制造的原型。随后，为了适应数控铣床加工各种复杂形状零件的需要，麻省理工学院又开始研制数控自动编程系统，于 20 世纪 50 年代末研制成功了批处理语言系统的数控自动编程系统 APT(Automatically Programming Tool)，该系统用专用语言描述加工零件的几何形状及进刀和走刀方法，还有大量的辅助语句用于描述加工过程的各种工艺参数，如进给率、加工余量等，这种用语言描述零件几何形状及加工过程的程序称为“ 零件源程序 ”，这种源程序经过批处理运行后可以输出刀位点数据，再经过后置处理，生成可执行的控制代码。这种系统是最初的计算机辅助编程系统，它避免了手工处理大量复杂计算的工作，显示了计算机在机械制造领域广阔的应用前景。在此基础上，有人提出能不能不通过 APT 系统对走刀轨迹的描述而直接描述零件本身的问题，由此就产生了 CAD 的概念。

20 世纪 60 年代初，麻省理工学院的研究生 I. E. Sutherland 发表了《人机对话图形通信系统》的论文，推出了二维 SKETCHPAD 系统，该系统允许设计者在图形显示器前操作光笔和键盘，同时可以在显示器的屏幕上显示图形。在这篇论文中首次提出了计算机图形学、交互技术及图形符号的存储采用分层的思想，为 CAD 技术提供了理论基础。随后相继出现了商品化的 CAD 设备和软件系统，例如美国的 IBM 公司开发了以大型机为基础的 CAD/CAM 系统，该系统具有绘图、数控编程和强度分析的功能；通用汽车公司研制的 DAC-1 系统，用以实现各个阶段的汽车设计；还有洛克希飞机公司的 CADAM 系统等。这一阶段，在制造领域也出现了许多技术上的进步，1962 年在数控机床的基础上研制成功了第一台工业机器

需要全本请访问 www.ertongbook.com

人，实现了物料搬运的自动化；1966 年出现了用大型通用计算机直接控制多台数控机床的 DNC（Direct Numerical Control）系统。

20 世纪 60 年代中期到 20 世纪 70 年代中期是 CAD/CAM 技术走向成熟的阶段，随着计算机硬件的发展，以小型机、超小型机为主的 CAD/CAM 软件进入市场。与此同时，为了适应设计和制造的需要，三维几何处理软件也相应发展起来，出现了面向中小企业的 CAD/CAM 商品化系统，并在 20 世纪 60 年代末和 20 世纪 70 年代初出现了柔性制造系统 FMS。

20 世纪 80 年代是 CAD/CAM 技术迅速发展的时期，超大规模集成电路的出现，使计算机硬件成本大幅度地降低，计算机的外设也迅猛发展并成为系列产品，这为推动 CAD/CAM 技术向高水平发展提供了硬件保证。同时，软件技术、数据库技术、有限元分析技术、优化技术、计算机图形学技术等相关技术也飞速发展，促进了 CAD/CAM 技术的推广和应用。与此同时，还出现了与计算机辅助制造技术相关的其他技术，如计算机辅助零件分类和编码技术、计算机辅助工艺规程设计（CAPP）、计算机辅助工装设计、计算机辅助质量控制与检测（CAQ）等。从 20 世纪 80 年代起，人们在发展上述各单项技术的同时，又开始致力于计算机集成制造系统（CIMS）的研究，这是一种高效益、高柔性的智能化制造系统。

从 20 世纪 90 年代起，CAD/CAM 技术已不再停留在过去单一模式、单一功能、单一领域的水平，而向标准化、集成化、智能化的方向发展。为了实现系统的集成，实现资源的共享和产品生产与组织管理的高度自动化，提高产品的竞争力，就需要在企业和企业集团内的 CAD/CAM 系统之间和各个子系统之间进行统一的数据交换。在这种情况下，一些发达国家和国际标准化组织都进行了数据交换接口方面的开发工作，并指定了相应的标准。在这个阶段也出现了面向对象的技术，并行工程的思想，人工智能技术及产品数据管理（PDM）等新技术，这些技术都对 CAD/CAM 技术的发展和功能延伸起到了推动作用。

从目前 CAD/CAM 技术的应用和发展看，这一技术在 20 世纪的工业发展中占有很重要的地位。l989 年美国评出近 25 年间当代十项最杰出的工程技术成就，其中第 4 项是 CAD／CAM。1991 年 3 月 20 日，海湾战争结束后的第三个星期美国政府发表了跨世纪的国家关键技术发展战略，列举了 6 大技术领域中的 22 项关键项目，认为这些项目对于美国的长期国家安全和经济繁荣至关重要。而 CAD/CAM 技术与其中的两大领域 11 个项目紧密相关，这就是制造与信息通信。制造技术为工业界生产一系列创新的、成本上有竞争能力和高质量的产品投入市场打下基础。而信息和通信技术则以惊人的速度不断发展，改变着社会的通信、教育和制造方法。制造技术的关键项目有柔性计算机集成制造、智能加工设备、微米级和毫米级制造、系统管理技术；信息和通信技术包括软件、微电子学和光电子学、高性能计算和联网、高清晰度成像显示、传感器和信号处理、数据存储器和外围设备、计算机仿真和建模。

CAD／CAM 技术为什么这样重要？因为它推动了几乎一切领域的设计革命，CAD 技术的发展和应用水平已成为衡量一个国家科技现代化和工业现代化水平的重要标志之一。CAD／CAM 技术从根本上改变了过去的手工绘图、发图、凭图纸组织整个生产过程的技术管理方式，将它变为在图形工作站上交互设计、用数据文件发送产品定义、在统一的数字化产品模型下进行产品的设计打样、分析计算、工艺计划、工艺装备设计、数控加工、质量控制、编印产品维护手册、组织备件订货供应等。所谓建立一个产品的 CAD 系统，首先应该理解为建立一种新的设计和生产技术管理体制。有了这样的新体制，就可以方便地做到以下几点。

① 按并行工程的方式组织作业　产品的各个部件设计组、系统组、专业分析组、试验

组、生产准备组都可以及时地从屏幕上看到产品的总体布局，及早进行各种专业协调。

② 在产品设计阶段用三维几何模型模拟零件、部件、设备的装配和安装，及早发现结构布局和系统安装的空间干涉。

③ 组织迅速有效的发图更改　例如，德国 MBB 飞机公司与英国、意大利合作生产“狂风”(Tornado)战斗机，1983 年在型号管理数据库中存储了 7500 项用户提出的各种设计更改要求，18000 个工厂内部的更改单，8000 个三国协作的各种更改通知，95000 个图纸更改单，16000 个生产更改单。日本从波音飞机公司转包生产波音 777 客机，在名古屋建立数据中心，与波音的西雅图总部联网，将波音 777 的图纸和生产要求转送富士、川崎、三菱三家公司。在中国，西飞、成飞、沈飞与波音公司和麦道公司的合作中也采用了类似的方法。

④ 进行产品的性能仿真　核武器的物理设计要对比上千种模型。一次核反应在微秒级的时间内完成，温度达到几千万度，压力超过几千万大气压，只有依靠计算机数值模拟，才能从上千种设计方案中优选出一种进行物理试验。导弹设计的发射仿真同样可以大大减少实地打靶数量。

⑤ 提前进行产品的外观造型设计　这点对轻工业产品尤其重要，及早让订货单位从屏幕上评审产品的色彩、装潢和包装。

⑥ 有利于提前设计和定制生产过程中使用的各种工装和辅助工具，并进行制造工艺性检查。

1.1.2　计算机辅助制造和制造系统的概念

首先让我们回顾一下传统制造领域所涉及的各种问题。在传统的制造过程中，当零件设计完成后，设计者将设计蓝图交给制造部门的工艺工程师，然后工艺工程师根据设计蓝图规划加工过程，制定相应的工艺路线，在制造领域内往往都是孤立的看待问题，对于制造中所用的机床、刀具和制造过程，仅限于分别、单独的研究。因此在很长的时期内，尽管在制造领域有许多的研究和开发取得了卓越的成就，然而在大幅度的提高小批量生产的生产率方面并没有发生重要的突破。直到 20 世纪 60 年代后期，人们才逐渐地认识到把制造的各个部分看成一个整体，以控制论和系统论的观点对制造领域的问题进行全面的分析和研究，从而对制造过程进行有效的控制，大幅度地提高了制造质量和制造效率。正是基于这种认识，人们在进行研究时才提出了制造系统的概念，并在对计算机辅助制造进行定义时拓展了它的外延。

再让我们看一下制造系统包含的内容。制造系统既然被人们认识到是一个系统就必然有输入和输出。很显然，所谓制造系统的输入就是所选定的材料或毛坯；而其输出则是加工后的零件、部件或产品等。而从整个生产系统而言，制造系统是生产系统的子系统。图 1-1 清楚地表明了制造系统的概念。

制造系统本身又可以划分为 3 个子系统：物质子系统、信息子系统和能量子系统。在这 3 个子系统中，分别存在物质流、信息流和能量流。图 1-2 所示为制造系统的组成。

在物质子系统中，把毛坯、刀具、卡具、量具及其他辅助物料作为原材料输入，在经过存储、运输、加工、检验等环节后最后以成品输出。这个子系统的流动是实在物质的流动，因此称之为物质流。而负责物料存储、运输、加工、检验的各元件可总称为物质系统。

在信息子系统中，加工任务、加工顺序、加工方法及物质流所要确定的作业计划、调度和管理指令都属于信息范畴，称之为信息流。而负责这些信息存储、处理和交换的有关软硬件资源称为信息系统。

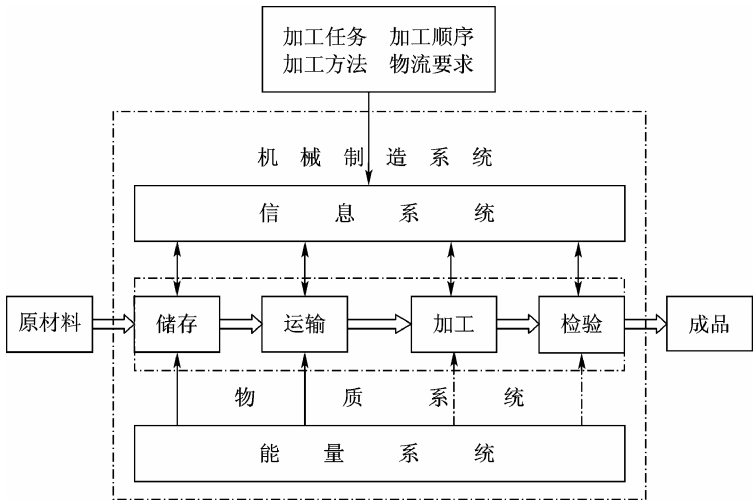


图 1-1　制造系统的概念

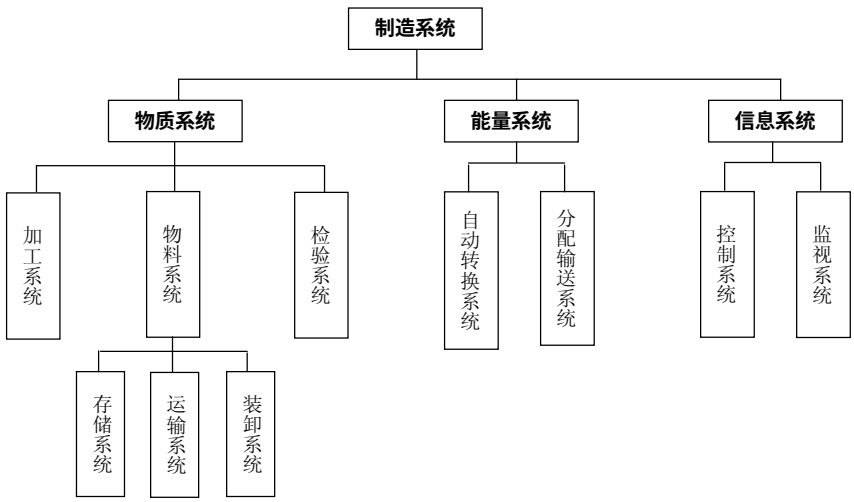


图 1-2　制造系统的组成

在能量子系统中，制造过程的能量转换、消耗及其流程称之为能量流。而负责能量传递、转换的有关元件称为能量系统。

在常规的制造系统中，物质子系统和能量子系统是较普遍地存在，而信息子系统则往往缺乏。但在现代制造系统中，从 CAD/CAM **技术，到相关的** CAPP **技术，**PDM**（产品数据管理）技术到具体的数控加工等，信息系统始终存在，并且起着决定性的作用，因此也有把现代制造技术称作为信息驱动的制造技术的。这也说明了在现代制造系统中信息子系统的重要性。**

在理解了上述有关制造系统的内容后，我们再来看计算机辅助制造（Computer Aided Manufacturing，CAM**）的定义。计算机辅助制造是指利用计算机来进行产品制造的通称。它的定义有广义和狭义之分。广义的** CAM **指利用计算机辅助完成从原材料到产品的全部制造过程，其中包括直接制造过程和间接制造过程。内容涉及计算机辅助制造的环境、辅助设计和辅助制造的衔接，计算机辅助零件信息分类和编码的成组技术（**GT**），计算机辅助工艺设**

计和工艺规划（CAPP），计算机数控技术（CNC），计算机辅助工装设计，计算机辅助质量管理和质量控制，计算机辅助数控编程，计算机加工过程仿真，数控加工工艺，计算机辅助加工过程监控等。从狭义上讲，CAM 就是计算机辅助机械加工（Computer Aided Machining），更明确地讲也就是数控加工，它的输入信息是零件的工艺路线和工序的内容，输出信息是刀具加工时的运动轨迹和数控程序。其核心是数控编程和数控加工工艺的设计。计算机辅助制造是先进制造技术的重要组成部分和基础内容，而数控编程和数控加工则是计算机辅助制造的核心内容。本书作为工程技术人员的科技图书，既要照顾知识的系统性、全面性和先进性，又要考虑工程的实际应用，因此在编写的定位上不能单纯的采用广义或者狭义的定义方法取舍内容，在知识面上采用广义定义的内容，使读者对计算机辅助制造技术有一个全面的认识，而在其核心内容即狭义定义的内容上花费较大的篇幅，使读者能够真正地掌握计算机辅助制造在工作实际中的应用，提升他们实际的工作能力和知识面。也就是在数控技术，数控自动编程技术和数控程序仿真，数控加工工艺这些章节进行深入地讲解。

1.2 计算机辅助制造的应用范畴

计算机辅助制造的应用可以分为直接应用和间接应用两大类。

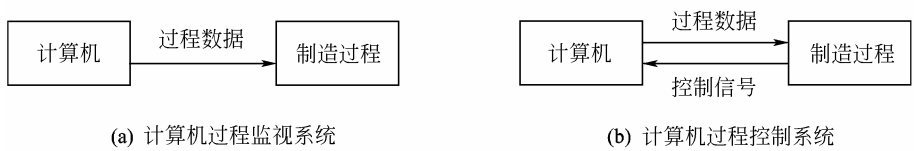
1.2.1 计算机辅助制造的直接应用

计算机辅助制造的直接应用就是计算机直接与制造过程连接，对制造过程进行监视和控制，这类应用可以分为计算机过程监视系统和计算机过程控制系统两种。

① 计算机过程监视系统　在这类系统中，计算机通过与制造系统的直接接口来监视系统的制造过程及其辅助装备的工作情况，并随时采集制造过程中的数据，以监视制造系统的运行状况。但在这种系统中，计算机并不直接对制造系统的制造过程中的各工序进行控制，这些控制工作，将由系统的操作者根据计算机给出的信息去手工完成。例如，数显系统，坐标测量系统，切削力实时测量系统等都属于这类系统。

② 计算机过程控制系统　这类系统不仅对制造进行监视，而且还对制造系统的制造过程和辅助装备实行控制。如数控机床上的计算机数字控制（CNC）系统，加工过程的适应控制系统就是属于这类系统。

计算机过程监视系统和计算机过程控制系统的区别如图 1-3 所示，对于前者，计算机与制造过程之间的数据只能从计算机流向制造过程[见图(a)]，而后者的计算机接口允许数据在计算机和制造过程之间双向流动，计算机对制造过程不但有监视作用而且有控制作用，它直接影响制造过程的进程[见图(b)]。



(a) 计算机过程监视系统　　(b) 计算机过程控制系统

图 1-3　计算机过程监视系统和计算机过程控制的区别

1.2.2 计算机辅助制造的间接应用

计算机辅助制造的间接应用中，计算机不直接与制造过程连接，只是用计算机作为制造

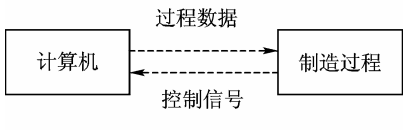


图 1-4　计算机辅助制造的间接应用

过程的支持。因此，计算机实际上是“离线”或“脱机”的，只是用来提供生产计划、作业调度计划，发出指令及有关信息，以便使生产资源的管理更为有效。计算机辅助制造的间接应用可以用图 1-4 表示。图中的虚线表示计算机和制造过程之间的通讯是离线的，它们之间的联系要由人来完成。

1.3　CAD/CAM 的环境

计算机辅助制造的支撑环境总的说来可分为硬件和软件两大方面，具体来说可分为计算机硬件、计算机软件、数据库、网络与通信等。

1.3.1　计算机硬件环境

这里所说的计算机硬件一般是指计算机的实体，是相对于计算机软件而言的，计算机硬件和软件共同组成计算机系统，计算机必须同时具备硬件和软件才能工作。

计算机硬件通常可以分为主机和外部设备两部分。主机通常包括运算器、控制器、电源接口电路、输入输出通道（总线）、内存储器等。外部设备通常是指输入装置、输出装置、外存储器等。

（1）主机

计算机按其性能指标可分为巨型机、小巨型机、大型机、小型机、工作站、微型机（简称微机）六大类。分类的主要性能指标有输入输出能力、信息处理能力（运算速度、字长位数）、硬件配置规模（内、外存储容量）、通信功能、多用户工作能力、运行环境要求等。

计算机辅助工艺过程设计（CAPP）工作大多在微机或工作站上进行。随着微机的性能越来越好，价格越来越低廉，支持软件越来越丰富，在微机上进行 CAPP 工作的条件越来越成熟。但对于在集成条件下或并行工程环境下进行的 CAPP 工作，目前尚需在工作站、小型机环境下进行。就 CAPP 本身的工作来说，在微机、工作站上进行已能满足要求。

（2）外部设备

计算机的功能发挥不仅决定于主机，而且与其所配置的外部设备密切相关。计算机的主要外部设备包括输入装置、输出装置和外存储器。

① 输入装置　常用的输入装置有以下几种。

键盘：一般是最常用的，也是必不可少的。它可输入命令、文字和参数值，通过编辑处理，还可用于定位、定值、拾取等工作。

鼠标：鼠标有机械式和光电式两种，其底部有检测两个正交方向相对运动的装置，通过它可将运动值转换为数字量，确定运动的距离和方向，进行定位工作；其上有 2～3 个键，用来输入命令或其他功能信息。

数字化仪：数字化仪又称为图形输入板,主要用于输入图形的坐标值。常用的有电子式、电磁感应式、超声波式等。

扫描仪：扫描仪用于图像输入，采用激光等光学装置将光信号变为电信号，输入到计算机中。目前存在的问题是扫描精度有待提高。

光笔：光笔是一种能检测光信号的笔形装置，适用于矢量显示器上图形或字符的指示和跟踪。

操纵杆：操纵杆是一个可以前后左右移动的手柄，操纵显示器上的光标移动，进行定位和选择。

轨迹球：轨迹球又称跟踪球，其作用与操纵杆相同。

② 输出装置　常用的输出装置有以下几种。

显示器：显示器有阴极射线管（Cathode-Ray Tube, CRT）显示器、直观存储显像管（Direct View Storage Tube, DVST）显示器、液晶显示器（Liquid Crystal Display, LCD）及等离子板显示器等。目前广泛使用的是光栅扫描式 CRT 显示器，其性能较好、技术比较成熟。显示器一般是不可缺少的输出装置。

打印机：打印机可分为击打式和非击打式两大类。击打式打印机按工作方式可分串行打印机和并行打印机两种。串行打印机有针型、菊花瓣型、球型、轮型、杯型等多种。针型点阵式打印机机械结构比较简单，应用比较广泛，多用于微机、工作站等。并行打印机有鼓式、点阵式、链式、带式等多种，打印速度比串行打印机高。针型点阵式打印机打印速度较高，发展较快。非击打式打印机有喷墨式、激光式、静电式、电灼式、热敏式等多种，其打印质量、打印速度远高于击打式，应用广泛。目前喷墨打印机和激光打印机应用最为广泛。打印机一般也是必备的输出装置。

③ 外存储器　外存储器主要有磁存储器、半导体集成电路存储器、光存储器等。

磁存储器：磁存储器是计算机的主要外存储器，有磁鼓、磁带、磁盘等多种。现在大多用高密度的磁带和磁盘,而磁盘又分为硬磁盘和软磁盘两类，磁鼓曾用于早期的计算机外存储，现已基本被磁带和磁盘取代。

半导体集成电路存储器：这种存储器有阴极射线管式存储器和电荷耦合器件（Charge-Coupled Device, CCD）式存储器两种。前者是一种电子束寻址器件，采用随机存取方式，读出过程为半破坏性的，读出几次后要重写，半导体集成电路存储器应用不够广泛。

光存储器：当前，普遍使用的光存储器是光盘，其存储密度高、容量大、存放时间长、成本低廉，是一种极有前途的存储器，有可擦写式和不可擦写式两种。

1.3.2　计算机软件环境

计算机软件可以分为系统软件和应用软件。系统软件主要包括计算机操作系统和支持软件，支持软件一般指为用户进行二次开发的工具（或平台）；应用软件系指用户自行开发的专用软件。各软件都不断推出新版本以提高其功能。

（1）计算机操作系统

操作系统是为用户使用计算机、提高计算机的效率和利用率而提供的一种软件。它对计算机资源进行统一管理，对计算机的工作流程进行合理安排，并对系统内各部分之间、系统与用户之间、用户与用户之间的关系进行有效协调。因此，计算机的功能发挥与其操作系统有直接关系。

（2）支持软件

支持软件是为用户开发软件提供各种工具，以缩短软件开发周期，提高软件产品质量。从广义上来说，支持软件的含义和内容很广，如编辑程序、各种语言及其汇编、解释、编译程序、机器的监控管理程序、调试程序、故障诊断和监控程序、基础图形软件、窗口系统软件、数据管理系统、网络通信系统等。由于数据库、网络内容较多，故单独进行阐述。

① 计算机语言及其程序　计算机语言种类繁多，总的可以分三大类，即机器语言、汇编语言、高级语言。

需要全本请访问 www.ertongbook.com