

高等学校教材



附1CD-ROM

Pro/ENGINEER Wildfire

塑料模具设计 与数控加工

葛正浩 田普建 编著



化学工业出版社

Pro/ENGINEER Wildfire 塑料模具设计与数控加工

葛正浩 田普建 编著



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书全面讲解了利用 Pro/ENGINEER Wildfire 进行塑料模具设计与数控加工的基本理论、应用流程、操作方法和技巧,包括 CAD/CAM 技术的基本理论、基于 Pro/ENGINEER Wildfire 设计塑料模具及进行塑料模具零件的数控加工编程等。各部分内容既有软件的应用与操作方法的介绍,又融入了塑料模具设计的基础知识和要点,最后通过大量综合练习具体说明操作与设计过程。此外,书中还详细讲解了 Pro/ENGINEER Wildfire 软件中 NC 模块的基本操作方法。

书中每个练习都有详细的操作步骤,图文并茂,可引导读者熟练掌握利用 Pro/ENGINEER Wildfire 进行塑料模具设计和模具零件数控加工编程的方法和技巧。所有练习均配有光盘文件,非常方便实用,特别有利于课堂教学和自学。

本书可作为大专院校材料成形及控制工程、模具设计与制造、机械设计制造及自动化等专业学生学习模具 CAD/CAM 等课程的教材或教学参考书,也可作为模具设计和制造人员学习基于 Pro/ENGINEER Wildfire 进行塑料模具设计及数控加工编程的入门与实践提高的书籍。

图书在版编目(CIP)数据

Pro/ENGINEER Wildfire 塑料模具设计与数控加工 / 葛正浩,
田普建编著. —北京: 化学工业出版社, 2009. 6
高等学校教材
ISBN 978-7-122-05676-4
ISBN 978-7-89472-116-7 (光盘)

I. P… II. ①葛…②田… III. ①塑料模具-计算机辅助设计-应用软件-高等学校-教材②Pro/ENGINEER Wildfire-高等学校-教材 IV. TQ320.5-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 077244 号

责任编辑: 陈 静
责任校对: 李 林

装帧设计: 尹琳琳

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张 19¹/₂ 字数 468 千字 2009 年 6 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 38.00 元 (含 1CD-ROM)

版权所有 违者必究

前言

Pro/ENGINEER 软件是 PTC 公司基于单一数据库、参数化、特征、全相关及工程数据再利用等概念基础上开发出的一个功能强大的 CAD/CAE/CAM 软件,它可将产品从设计到生产加工的过程集成在一起,让所有用户同时进行同一产品的设计与制造工作。

Pro/MOLDESIGN 是 Pro/ENGINEER 系统中的一个选择性的模块,提供了方便实用的三维环境下模具设计与分析工具。利用这些工具,可以由塑料制件的三维实体模型建立模具装配模型,设计分型面、浇注系统及冷却系统,生成模具成形零件的三维实体模型,从而方便而准确地完成模具核心部分的设计工作。利用 Pro/ENGINEER 系统的布局及装配模块,还可以进行模具的顶出系统和三维总装配设计,并最终利用工程图模块生成二维工程图。Pro/MOLDESIGN 模块还提供了一些模具设计过程中非常实用的分析检测功能,其中包括拔模检测、厚度检查、分型面检测、投影面积计算、充模仿真、开模仿真、干涉检查等。在模具设计过程中适当地应用这些分析检测功能,可使模具设计更为合理、准确,且能避免设计中不必要的重复劳动。

利用 Pro/ENGINEER 的外挂软件塑料顾问 (Plastic Advisor),可以对已设计完成的模具的流动及充填情况进行分析研究,以便在模具投入制造之前就发现存在的设计问题,并有目的地进行改进设计,减少设计失误造成的不必要损失。

模架设计专家系统 EMX (Expert Moldbase Extension) 是 Pro/ENGINEER 的一个专业用户插件,属于 Pro/ENGINEER MoldShop 套件的一部分,用于设计和细化模架。在 Pro/MOLDESIGN 模块中建好模具组件 (file name.asm) 后,就可以导入这个模块来建立与之相应的标准模座及滑块、顶杆等辅助零件,并可进一步进行开模仿真及干涉检查、自动生成二维工程图及 BOM (Bill of Material) 表。利用 EMX 可大大减少塑料模具所需的设计、定制和细化模架部件与组件的时间。

Pro/NC 模块用于数控加工分析与编程,生成数控加工的相关文件,完成数控加工的全过程。它具有铣削、钻孔、车削、多轴加工、线切割加工等加工编程能力。用户可以通过 NC-Check 对生成的刀具轨迹进行检查。如果刀具轨迹符合要求,则可以使用 NCPost 对其进行后置处理,以便生成数控加工代码,为数控机床提供加工数据。Pro/ENGINEER 系统的全相关性能将设计模型的变化体现到加工信息中。

基于 Pro/ENGINEER 设计与制造塑料模具,除缩短模具的设计制造周期外,还使模具的设计与制造建立在一个统一的几何模型上,保证了模型数据的统一性和正确性。随着 CAD/CAM 技术的进一步推广应用及数控加工机床的普及,这种设计制造工艺路线会越来越显示出其优越性,并被更加广泛地应用于模具制造领域。

本书全面讲解了利用 Pro/ENGINEER Wildfire 进行塑料模具设计与数控加工的基本理论、应用流程、操作方法和技巧,包括 CAD/CAM 技术的基本理论、基于 Pro/ENGINEER Wildfire 设计塑料模具及进行塑料模具零件的数控加工编程等。

书中详细讲解了基于 Pro/ENGINEER Wildfire 设计塑料模具的流程、方法和技巧,包括建立模具装配模型、设计分型面、设计浇注系统与冷却系统、建立模具成形零件、应用充模仿真与开模仿真、塑料模具总装配设计、应用塑料顾问、应用模架设计专家系统等方面的内容。各部分内容的介绍既有软件的应用与操作方法,又融入了塑料模具设计的基础知识和要点,最后通过大量综合练习具体说明操作与设计过程。

此外,书中还详细讲解了 Pro/ENGINEER Wildfire 软件中 NC 模块的基本操作方法。在重点讲解 Pro/ENGINEER Wildfire 数控加工操作的同时,大量渗透塑料模具的设计、加工、使用及材料等方面的专业知识,使读者在选择 Pro/ENGINEER Wildfire 数控加工参数时,能针对模具零件的加工更合理的选择;使读者所选的加工参数及生成的加工程序更具实用性。书中所附大量练习的模型均为塑料模具的典型零件。

本书中每个练习都有详细的操作步骤,图文并茂,可引导读者熟练掌握利用 Pro/ENGINEER Wildfire 进行塑料模具设计和模具零件数控加工编程的方法和技巧。所有练习均配有光盘文件,非常方便实用,特别有利于课堂教学和自学。

本书是以 Pro/ENGINEER Wildfire 4.0 中文版为基础编写的。由于 Pro/ENGINEER Wildfire 的各版本在模具设计及 NC 模块的改变并不是很大,所以本书对于使用 Pro/ENGINEER Wildfire 各版本的用户都是非常适用的。本书中所用所有专业技术术语均采用国家标准或国内本行业的通常用法,因此非常适合于国内的学生与工程技术人员使用。

本书可作为大专院校材料成形及控制工程、模具设计与制造、机械设计制造及自动化等专业学生学习模具 CAD/CAM 等课程的教材或教学参考书,也可作为模具设计和制造人员学习基于 Pro/ENGINEER 进行塑料模具设计及数控加工编程的入门与实践提高的书籍。

本书由陕西科技大学葛正浩、田普建编著。其中,第 1、10 章由田普建负责编写,第 2~9 章由葛正浩负责编写。参加本书编写工作的还有王文君、元庆凯、蒋萌、贾娟娟、唐小云、韩小伟、苏鹏刚、王金水、李竞洋等。

由于编者水平有限,书中难免有疏漏之处,恳请读者批评指正。

编者

2009 年 4 月

目 录

第 1 章	CAD/CAM 技术概论	1
1.1	CAD/CAM 基本概念	1
1.2	CAD/CAM 系统构成	2
1.2.1	概述	2
1.2.2	CAD/CAM 系统的硬件	3
1.2.3	CAD/CAM 系统的软件	5
1.2.4	CAD/CAM 系统选型的原则	7
1.3	CAD/CAM 技术的发展和应 用	10
1.3.1	CAD/CAM 技术的发展过程	10
1.3.2	CAD/CAM 技术的发展趋势	12
1.3.3	CAD/CAM 技术的应用	16
1.4	CAD/CAM 建模技术	17
1.4.1	几何建模概述	17
1.4.2	三维几何建模技术	18
1.4.3	特征建模技术	22
1.5	CAD/CAM 集成技术	24
1.5.1	CAD/CAM 集成的关键技术	24
1.5.2	产品数据交换标准	26
1.5.3	基于 PDM 框架的 CAD/CAM 集成	28
1.6	塑料模具 CAD/CAM 技术	33
	思考题	38
第 2 章	基于 Pro/ENGINEER Wildfire 塑料模具 CAD/CAM 技术简介	39
2.1	Pro/ENGINEER Wildfire 4.0 系统简介	39
2.1.1	Pro/ENGINEER Wildfire 4.0 简介	39
2.1.2	Pro/ENGINEER Wildfire 4.0 功能模块	39
2.1.3	Pro/ENGINEER Wildfire 4.0 用户界面简介	40
2.2	Pro/MOLDDDESIGN 模块	42
2.2.1	Pro/MOLDESIGN 用户界面简介	42
2.2.2	菜单简介	44
2.2.3	基于 Pro/ENGINEER 塑料模设计与制造流程	45
2.3	Pro/ENGINEER Wildfire 数控加工简介	46
2.3.1	Pro/ENGINEER Wildfire 4.0 数控加工操作界面介绍	46

2.3.2 Pro/ENGINEER 数控加工基本概念	48
2.3.3 Pro/ENGINEER 数控加工操作流程	49
思考题	51

录 目

第3章 设计塑料模具的成型零件	52
3.1 建立模具装配模型	52
3.1.1 模具装配模型的创建	52
3.1.2 参照零件的定位与布局	55
3.1.3 收缩率的设置	57
3.1.4 拔模检测与厚度检查	59
3.2 设计分型面	63
3.2.1 分型面简介	63
3.2.2 分型面曲面特征的创建	63
3.2.3 分型面曲面特征的操作	64
3.2.4 侧面影像曲线和裙边曲面	66
3.2.5 投影面积分析与分型面检查	70
3.3 设计浇注系统与冷却系统	71
3.3.1 设计浇注系统	71
3.3.2 设计冷却系统	73
3.4 建立模具成型零件	75
3.4.1 建立模具体积块简述	75
3.4.2 分割法自动建立模具体积块	75
3.4.3 聚合法建立模具体积块	76
3.4.4 草绘法创建模具体积块	78
3.4.5 生成模具成型零件	79
3.5 应用充模仿真与开模仿真	81
3.5.1 充模仿真	82
3.5.2 开模仿真	82
3.6 练习	83
3.6.1 新建模具设计文件	84
3.6.2 创建模具装配模型	84
3.6.3 设计分型面	86
3.6.4 设计浇注系统	91
3.6.5 设计冷却系统	96
3.6.6 创建模具体积块	97
3.6.7 创建模具成型零件	97
3.6.8 充模仿真	99
3.6.9 开模仿真	100
3.6.10 保存文件	100

第4章 塑料模具的总装配设计	101
4.1 模具总装配	101
4.1.1 概述	101
4.1.2 模具布局主菜单	102
4.1.3 模具布局对话框	103
4.1.4 即时创建模具装配模型	103
4.1.5 填充型腔布局原则	103
4.1.6 模具布局信息	105
4.2 模架库的安装	106
4.3 模架	108
4.3.1 模架选取对话框	108
4.3.2 选取并放置模架	109
4.4 注塑机	109
4.4.1 模具与注塑机的关系	109
4.4.2 选取并装配注塑机	109
4.5 目录	111
4.5.1 目录子菜单	111
4.5.2 选择和放置目录文件	112
4.5.3 修剪目录文件	113
4.5.4 为目录文件创建孔	113
4.6 典型多型腔模具总装配模型的创建过程	114
4.7 练习	115
第5章 应用塑料顾问	125
5.1 塑料顾问简介	125
5.1.1 功能介绍	125
5.1.2 优缺点介绍	125
5.2 界面与操作	126
5.2.1 操作界面	126
5.2.2 菜单栏介绍	128
5.2.3 工具栏介绍	134
5.2.4 操作过程简介	136
5.3 练习	137
第6章 应用模架设计专家系统 EMX 5.0	150
6.1 EMX 5.0 简介	150
6.1.1 EMX 5.0 的安装与设置	151
6.1.2 EMX 5.0 的界面介绍	152
6.2 EMX 5.0 的主要设计流程	153

101	6.2.1	项目管理	153
101	6.2.2	模架定义	157
101	6.2.3	导向件	163
101	6.2.4	模架设备	164
101	6.2.5	止动系统	169
101	6.2.6	注射机库	170
101	6.2.7	元件处理	171
101	6.3	螺钉的定义	171
101	6.3.1	在现有点上定义螺钉	171
101	6.3.2	重定义螺钉	172
101	6.3.3	删除螺钉	173
101	6.4	定位销的定义	173
101	6.4.1	在现有点上定义销钉	173
101	6.4.2	定位销的其他操作	174
101	6.5	顶出限位柱的定义	174
101	6.6	顶杆的定义	175
101	6.7	滑块的定义	176
101	6.8	碰锁的定义	178
101	6.9	设计冷却系统	180
101	6.9.1	标准形式设计冷却系统	180
101	6.9.2	自定义形式设计冷却系统	180
101	6.10	开模仿真及干涉检查	182
101	6.11	其他	183
101	6.11.1	斜顶机构	183
101	6.11.2	热流道	183
101	6.11.3	传送	184
101	6.11.4	库元件	185
101	6.11.5	材料清单	185
101	6.11.6	EMX 工具	186
101	6.12	练习	189
101	6.12.1	定义新项目	189
101	6.12.2	加载标准模架	190
101	6.12.3	修改型腔尺寸	191
101	6.12.4	添加浇注系统	192
101	6.12.5	添加标准元件	194
101	6.12.6	添加滑块机构	195
101	6.12.7	加载顶杆	199
101	6.12.8	定义螺钉	200
101	6.12.9	定义冷却系统	201

6.12.10	开模运动模拟.....	203
第7章	塑料模具设计综合练习	204
7.1	后盖注塑模具的设计.....	204
7.1.1	进入模具设计模块.....	204
7.1.2	装配参照模型.....	204
7.1.3	设置收缩率.....	205
7.1.4	创建工作件.....	205
7.1.5	创建分型面.....	206
7.1.6	分割体积块.....	208
7.1.7	抽取模具元件.....	209
7.1.8	充模仿真	209
7.1.9	开模仿真	210
7.2	手机前盖注塑模具的设计.....	210
7.2.1	新建模具设计文件.....	210
7.2.2	导入参照模型.....	210
7.2.3	创建模具工件.....	211
7.2.4	设置收缩率.....	212
7.2.5	创建分型面.....	212
7.2.6	建立浇注系统.....	214
7.2.7	建立冷却系统.....	216
7.2.8	生成模具体积块.....	217
7.2.9	生成模具成型零件.....	218
7.2.10	充模仿真	218
7.2.11	开模仿真.....	219
7.2.12	保存文件	219
7.3	双分型面注塑模具的总装配设计.....	220
7.3.1	设计模具成型零件.....	220
7.3.2	装配模架	224
第8章	建立零件的加工模型并设置加工参数	238
8.1	建立零件的加工模型.....	238
8.1.1	组建模式下建立加工模型.....	238
8.1.2	零件模式下创建加工模型.....	240
8.2	设定加工参数	242
8.2.1	操作环境参数设置.....	242
8.2.2	加工工具参数设置.....	243
8.2.3	工艺参数与几何模型设置.....	249
8.3	后置处理	254

8.3.1	NC Post 简介	254
8.3.2	基本概念	255
8.3.3	创建选配文件	255
8.3.4	选配文件参数设置	258
8.4	练习	268
第9章 模具零件的加工方法与加工参数设置		273
9.1	模具零件的轮廓加工	273
9.2	模具零件的体积块加工	274
9.3	模具零件的曲面加工	274
9.4	模具零件的局部加工	275
9.5	模具零件的平面加工	275
9.6	模具零件的挖槽加工	276
9.7	模具零件的孔加工	276
9.8	模具零件的螺纹加工	278
9.9	模具零件的陷入加工	278
9.10	模具零件的雕刻加工	279
第10章 数控加工综合练习		280
10.1	手机前盖注塑模具的结构	280
10.2	手机前盖注塑模具型腔的数控加工	280
10.3	手机前盖注塑模具型芯的数控加工	294
参考文献		300

第 1 章 CAD/CAM 技术概论

1.1 CAD/CAM 基本概念

CAD/CAM (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing) 即计算机辅助设计和计算机辅助制造, 广泛的定义是指以计算机为主要的技术手段来处理各种数字信息与图形信息, 并辅助完成产品数据和制造中的各项活动。由于 CAD/CAM 技术是一个发展着的概念, 不同地区、不同国家的学者从不同的角度出发, 对 CAD/CAM 内涵的理解也不尽相同, 所以要给 CAD/CAM 下一个确切的定义并不容易。

一般认为, CAD 是一种设计者和计算机相结合、各尽所长的设计方法。从思维角度看, 设计过程包含分析和综合两个过程。设计者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, 并解析这些模型的程序。在程序运行过程中, 设计者可以评价分析设计结果, 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、优化和其他数值的分析任务。设计者和计算机结合, 在设计过程中发挥各自的优点, 最终达到提高产品设计质量、缩短产品开发周期、降低产品生产成本的目的。

CAD 的主要功能有几何建模、工程分析、动态模拟和自动绘图等。为了实现这些功能, 一个完整的 CAD 系统应由科学计算、图形系统和工程数据库等模块组成。科学计算模块包括产品结构树设计、优化设计、有限元分析、可靠性分析和动态分析等; 图形系统模块包括几何造型、自动绘图、动态仿真等; 工程数据库模块则是对设计过程中所需要调用和生成的数据、图形、文档等信息进行存储和管理的模块。

CAM 的主要功能是利用计算机对产品制造过程进行设计、管理和控制。一般 CAM 包括计算机辅助工艺设计 (CAPP)、数控编程 (NCP) 等内容。很多人将 CAM 狭义地理解为数控加工, 即把 CAM 软件看作是 NCP 软件。目前大部分商业化的 CAM 软件都包含有 NCP 功能。CAPP 主要是确定零件的加工方法、加工顺序和所用设备。近年来, CAPP 已经形成了一门独立的分支。利用计算机进行 NC 程序的编制, 不但效率高, 而且错误率很低。广义的 CAM 包括 CAPP 和 NCP, 更为广义的 CAM 则是指应用计算机辅助完成从原材料到产品的全部制造过程, 包括直接制造过程和间接制造过程, 如工艺准备、生产作业计划、物流过程的运行控制、生产控制、质量控制等。

CAD 和 CAM 的关系十分密切。最初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, 两者之间的相互依存关系变得越来越明显。一方面, 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, 在实际应用中两者很自然地紧密结合起来, 形成了计算机辅助设计与制造集成系统。通常, CAD/CAM 系统指的就是这种集成系统。在

CAD/CAM 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使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加工信息。利用 CAD/CAM 系统可以大大缩短产品的设计和制造周期, 显著提高产品质量, 从而产生巨大的经济效益。

随着计算机硬件和软件技术的迅速发展, CAD/CAM 技术日趋完善, 在航空航天、飞机、汽车、机械、电子和建筑等领域得到广泛的应用。CAD/CAM 技术使产品的设计制造和组织生产的传统模式产生了深刻的变革, 成为产品更新换代的关键技术, 被人们称为“产业革命的发动机”。在工业发达国家, CAD/CAM 已经成为一个推动各行业技术进步的基础, CAD/CAM 技术部门则是企业的核心部门。

模具的设计、制造水平与产品的质量、成本及生产周期息息相关。随着工业技术和科学的发展, 产品对模具的要求越来越高。传统的模具设计与制造方式已无法适应工业产品高速更新换代和提高产品质量发展的需要, CAD/CAM 技术成为解决模具设计与制造中的薄弱环节的有效途径。到 20 世纪 80 年代后期, 模具 CAD/CAM 技术已经广泛用于塑料模具、冲压模具、锻压模具、压铸模具等模具的设计与制造。随着模具 CAD/CAM 技术的深入应用, 必将给模具行业的技术改造和发展带来深远影响, 从而大大促进模具行业的发展。

1.2 CAD/CAM 系统构成

1.2.1 概述

一套完整的 CAD/CAM 系统包含硬件系统和软件系统, 如图 1-1 所示。CAD/CAM 的硬件系统由计算机及外围设备和生产设备组成, 包括主机、存储设备、输入/输出设备、网络通信设备和生产设备。CAD/CAM 的软件系统包括系统软件、支撑软件和应用软件。硬件系统保障 CAD/CAM 系统的工作能力, 而软件系统则是充分利用硬件系统工作能力的钥匙。

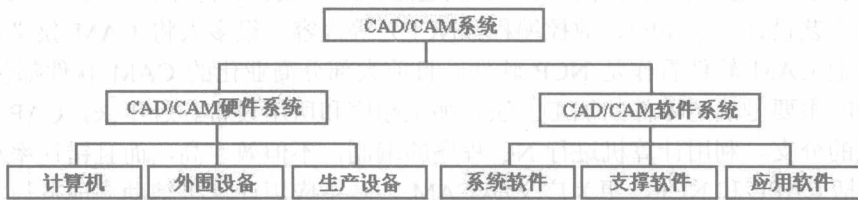


图 1-1 CAD/CAM 系统构成

CAD/CAM 系统可以从系统的适用范围、系统的运行方式等不同的角度加以分类, 分别介绍如下。

按系统的适用范围来分, CAD/CAM 系统可分为通用系统和专用系统两类。通用的 CAD/CAM 系统功能全面, 适用范围较广。常见的通用系统有 CATIA、I-DEAS、Pro/ENGINEER、UG 和 Master CAM 等系统。这类 CAD/CAM 系统通常包括造型模块、绘图模块、装配与零件设计模块、有限元分析模块、数据交换与传输模块和 NC 加工模块。专用

的 CAD/CAM 系统是指那些为特定的应用而开发的系统,或基于上述通用系统平台进行二次开发的专用系统。这类系统通常只适用于一定的专业,或用于解决某一类问题。例如,冲模 CAD/CAM 系统和注塑模 CAD/CAM 系统皆属此类。

按系统的运行方式来分,CAD/CAM 系统可分为交互式系统和自动化系统。虽然人们正在研究以人工智能方法为基础的 CAD/CAM 系统,但以目前的技术发展水平计算机尚难以自动地完成设计和制造中的全部工作。因此,绝大多数 CAD/CAM 系统都属于交互式系统。这种系统以交互方式运行,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显示在屏幕上,用户可利用键盘和鼠标等交互设备输入参数、选择方案、修改设计、控制运行的进程。

除此之外,CAD/CAM 系统还可以从硬件角度分为主机系统、工作站系统和微机系统。目前随着微型计算机性价比的高速提升,微机系统的 CAD/CAM 得到了广泛的应用。另外,CAD/CAM 系统按软件的开放性可分为交钥匙系统(Turn-Key System)和可编程系统(Programmable System)。

1.2.2 CAD/CAM 系统的硬件

一般的 CAD/CAM 系统的硬件由主计算机、显示终端、存储器、输入/输出设备、加工设备和网络设备等几部分组成。

CAD/CAM 的硬件系统和一般的计算机硬件系统相比较,具有以下一些特点。

(1) CAD/CAM 系统需要足够大的存储容量。CAD/CAM 系统通常要存储庞大的图形软件、数据库管理系统等支撑软件、用户开发的图形库、数据库、应用软件、各类产品的图纸和技术文档等。上述信息内容十分庞大,同时计算机在 CAD/CAM 系统工作过程中需要使用大量的内存进行读写,所以要求系统有足够的内存和外存储容量。目前微型计算机的硬盘容量少则几十 GB,多则几百 GB,内存也达到了几个 GB,基本可以满足需要。

(2) CAD/CAM 系统中的输入/输出装置偏重于对图形的输入和输出的处理。CAD/CAM 系统对图形输入/输出设备的要求要高一些,因为在整个 CAD/CAM 系统工作过程中,首先要对产品进行设计。设计中要确定产品的几何模型及产品的形状和大小,设计产品的具体结构和每个零部件的具体形状。这些设计过程都需要用三维模型或二维工程图来科学准确地表达,并且这些图形文件在分析计算、工艺设计、数控编程和生产管理等后续过程中都要使用。另外,为了提高系统的图形处理速度,系统通常配置有高档的图形软件。这些高档的图形软件对计算机的硬件系统也有着较高的要求,图形显示卡的分辨率、显存和处理速度直接决定着图形在显示器上输出的效果,同时图形显示器的高分辨率也是必不可少的。

(3) CAD/CAM 系统对计算机的运算速度要求很高,从而满足在设计过程中人机交互时的实时性要求。在人机对话过程中,计算机的反应运算应有相当快的速度,以便使系统的响应滞后时间满足操作者的需要。目前的微型计算机处理器采用并行 32 位或 64 位处理技术来提高浮点运算和图形处理速度。

(4) CAD/CAM 系统对计算机的网络化有更高的要求。CAD/CAM 系统是一个高度综合化的系统,它既包括了产品的设计和制造,又涉及了制造中的计划、管理和控制,这些工作在不同地点、不同部门中进行,并由各类技术人员参加实施。各部门用于 CAD/CAM 系统的

计算机型号和支撑软件系统通常不一定相同,为了提高系统的集成度,需要把分散在各处的不同型号的计算机和控制装置按一定的拓扑关系连接起来,从而实现数据交换和资源共享。美国 PTC 公司在其 Pro/ENGINEER Wildfire 2.0 版本以后的产品中就嵌入了浏览器,方便各个部门的协同工作。

下面分别介绍 CAD/CAM 硬件系统的各组成部分。

1. 主计算机

主计算机由中央处理器(CPU, Central Processing Unit)、内存储器 and 输入/输出接口(I/O)组成。CPU 由控制单元(CU)和算术逻辑单元(ALU)组成,可以直接访问内存储器。控制单元用来调度计算机各部分相互协调工作,进行人机之间、计算机之间、计算机与各外部设备之间的信息传输和资源的调度,指挥系统中各部分去执行各自的任務;算术逻辑单元从内存中获得数据,按内存中的程序指令执行数据的算术和逻辑操作;输入/输出接口实现了计算机和外界之间的通信联系。

2. 显示终端

图形显示终端也叫图形显示器。多数图形显示器采用标准的 CRT (Cathode Ray Tube) 结构,也有采用其他技术的显示器,如液晶显示器和激光显示器。CRT 显示器的主要器件是阴极射线管,它有 3 种类型:直接存贮管式显示器、射线刷新式显示器和光栅扫描式显示器。目前在交互式图形系统中广泛应用的是光栅扫描式显示器,它的原理与电视机中的显像管相似,不同之处在于电视机是使用电视摄像产生的模拟信号构成屏幕上的图像,而光栅扫描式显示器是用计算机产生的数字信号来构成屏幕上的图像。

衡量图形显示清晰程度的主要指标是显示器的分辨率。相同尺寸的屏幕,在屏幕水平方向分辨线的数目与每一条分辨线上的扫描点数目多少,决定了图形显示器分辨率的高低。例如,分辨率为 640×480 就表示屏幕上沿水平方向有 640 条分辨线,每条分辨线上有 480 个扫描点,这些点在屏幕上构成 $640 \times 480 = 307200$ 个像素(Pixel)。通过有规律地激发这些像素,使它们产生不同亮度与颜色的光点,就在屏幕上构成一幅图形及字符。像素愈多,显示器的分辨率也就愈高,显示出的图形也就愈清晰而准确。分辨率愈高,则存贮每个像素的图形信息需要的随机存贮器(RAM)的容量也就愈大。例如,分辨率为 1024×1024 的显示器,以一个字节表示一个像素的状态,就需要 1MB 存贮容量。在计算机图形显示系统中,大都用图形控制芯片即图形显示卡来支持图形显示工作,以免过多地占用计算机的内存。对一般用途的 CAD/CAM 系统,采用对角线尺寸为 21in 左右、分辨率为 1024×768 或 1280×1024 的显示器即可较好地满足使用要求。目前市场上主导的液晶显示器价格已经可以被普通用户接受了,所以多数用户采用了液晶显示器作为 CAD/CAM 系统的显示终端。

图形显示器、图形显示卡和计算机组成了图形显示系统。图形显示系统的分辨率愈高,输出的图形效果也愈好。一般的图形显示系统支撑软件都具有对显示图形进行裁剪、缩放、旋转和平移等功能,用来改善显示效果。但是显示器分辨率的高低并不影响图形输出到自动绘图机上的绘图精度,因此不必盲目追求分辨率过高的显示器。

3. 存储器

CAD/CAM 系统的发展过程中使用过的存储器有硬盘、软盘、磁带、CD-ROM 光盘、WORM 光盘和 U 盘等存储设备。随着计算机技术的发展,软盘、磁带目前基本已被淘汰。

4. 输入/输出设备

在 CAD/CAM 系统工作过程中,需要用户通过输入设备和计算机进行交互式作业,用户不仅要求能够快速输入信息,还需要对图形进行各种修改的操作。输入设备包括键盘、鼠标、数字化仪、工程图样自动扫描输入系统、二维和三维扫描仪等。输出设备主要有打印机和绘图仪,打印机是目前最普遍和廉价的图形输出设备,但是打印机输出的图形质量不如绘图仪细腻准确。常用的绘图仪为笔式绘图仪,现在市场上也有大型的用喷墨、静电或激光技术实现的绘图仪。

5. 加工设备

CAD/CAM 技术的发展与加工设备的发展是相辅相成的。采用先进的、自动化程度高、精度高的加工设备是现代制造业水平高的主要因素,这一点在模具行业表现得尤为明显。模具行业的加工设备包括各种类型的专用于模具加工的数控机床、各类由计算机控制的加工设备和各级控制机,以及各种靠模机床、电加工和特种加工机床、测量机、光整加工机等。机床大多采用 CNC、DNC 控制,一些由主机(加工中心、数控机床)、连线、连线设备(包括工业机器人)、控制设备(计算机及外部设备、控制台等)及辅助设备所组成的柔性制造系统(FMS)在模具制造中也有应用。

1.2.3 CAD/CAM 系统的软件

CAD/CAM 系统的软件按功能可分为 3 个层次,即系统软件、支撑软件和应用软件。

1. 系统软件

系统软件也就是操作系统,是指指挥计算机运行和管理用户作业的软件,是用户和计算机之间的接口。操作系统把计算机的硬件组织成为一个协调一致的整体,以便尽可能地发挥计算机的卓越功能和最大限度地利用计算机的各种资源。微机目前采用最多的操作系统是 Windows,从 1985 年微软推出 Windows 1.0 以来,Windows 系统经历了十多年的发展变化,从最初运行在 DOS 环境下的 Windows 3.x,到现在风靡全球的 Windows 9x、Windows 2000、Windows XP,另外还有 Linux、UNIX 等操作系统。曾经占据操作系统领域很长时间的 DOS 操作系统目前已经不能作为 CAD/CAM 系统的系统软件了。

2. 支撑软件

支撑软件一部分是由计算机制造商提供、并为计算机用户共同使用的软件,如加工语言及其解释程序、编译程序和汇编程序。另一部分是与系统应用的宽窄和功能的强弱密切相关,既可由计算机厂商提供,也可由软件公司作为商品提供。支撑软件主要包括以下几种软件。

- ◆ 图形软件：图形软件是 CAD/CAM 系统中最基础最重要的软件，供用户进行图形生成、编辑以及图形变换等。如交互图形系统（IGS）中的交互图形处理软件 PLOT-10（IGL），微机 CAD 中的 AutoCAD、PD 等绘图软件。
- ◆ 几何造型软件：几何造型软件是用于建立物体几何模型的软件，利用其造型功能，可以定义物体的几何形状及其相互关系。在计算机内建立的几何模型可为设计、图形显示和 NC 编程等方面提供必要的信息。按照产生几何模型的不同，几何造型方法可分为线框造型、曲面造型和实体造型，所产生的模型分别为线框模型、表面模型和实体模型。
- ◆ 计算分析、优化、仿真软件：这些软件是进行辅助设计和工程分析的重要工具，供用户进行计算分析、方案优化、线性或非线性系统仿真等使用。如常用算法程序库、有限元分析程序、优化程序、各种数字仿真程序等。
- ◆ 数据库管理系统（DBMS）：在 CAD/CAM 系统中，几乎所有的应用软件都离不开数据库。交互设计、绘图和数控加工编程信息的管理均由数据库管理系统完成，以实现数据共享。
- ◆ 网络软件：供网络型 CAD/CAM 系统联网使用，如 NOVELL、NT 等。
- ◆ NC 编程软件：供 CAD/CAM 系统自动转换和输出 NC 加工程序。

CAD/CAM 系统在这些软件的支撑下，就能显示出广泛的使用范围和强大的数据检索与查询、计算分析、图形处理、系统仿真等功能。

3. 应用软件

应用软件是指针对某一特定领域而专门设计的一套程序。例如，冲裁模 CAD/CAM 软件和塑料模 CAD/CAM 软件。编写模具设计应用程序的过程就是将模具设计准则和设计模型解析化、程序化的过程。

常用的 CAD/CAM 软件有国产的 CAXA 以及美国的 Pro/ENGINEER、UG、Mastercam 和法国的 CATIA 等软件。

CAXA 是由北京北航海尔软件有限公司开发的面向我国工业界推出的全中文界面的 CAD/CAE/CAM 软件，其中包括数控加工、工程绘图、注射模设计、注塑工艺分析、数控机床通信等一系列软件。

Pro/ENGINEER 是美国 PTC (Parametric Technology Corporation) 公司开发的集零件造型、零件装配、创建工程图、模具设计、数控加工、有限元分析等功能为一体的大型 CAD/CAE/CAM 软件，被称为是基于特征的、关联的、参数的三维实体建模器。它广泛应用于航天航空、机械、模具、汽车等行业，是目前进行产品开发、模具设计与制造的最有效工具之一。

UG (UNIGRAPHIC) 是美国 UGS 公司 (Unigraphics Solution of EDS) 开发的 CAD/CAM 软件，可以支持不同的硬件平台。它由计算机辅助设计 (CAD)、计算机辅助工程 (CAE)、仿真、质量保证、开发工具、软件接口、计算机辅助制造 (CAM) 及钣金加工等部分组成。该软件已广泛地应用于机械、模具、汽车及航空领域，常被应用于注射模、钣金成形模及冲模的设计与制造上。

Mastercam 是美国 CNC 软件公司在 20 世纪 80 年代初开发的在微机上运行的机械