

21世纪 高等职业教育
数控技术 规划教材

数控加工 工艺与编程

■ 周虹 主编

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

21 世纪高等职业教育数控技术规划教材

数控加工工艺与编程

周 虹 主编

人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

数控加工工艺与编程/周虹主编. —北京: 人民邮电出版社, 2004.9

21 世纪数控技术应用规划教材

ISBN 7-115-12586-4

I. 数... II. 周... III. ①数控机床—加工—教材 ②数控机床—程序设计—教材
IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 089908 号

内 容 提 要

全书共六章, 主要内容包括数控加工的概念、数控加工工艺规程制定的方法与步骤、机械加工质量、数控机床编程的基本知识、数控镗铣削工艺与编程、数控车削工艺与编程, 还详细介绍了 BEIJING-FANUC Oi 系统的编程指令及其应用。本书以正确、合理编制零件数控加工程序为核心来组织内容, 将数控加工必备的工艺知识与数控编程方法有机地结合, 反映了现代制造技术的新成就和新动向。

本书主要作为高等职业技术学院“数控技术应用”、“机电一体化”、“模具设计与制造”等专业的教材, 也可作为职工大学、函授大学、中专、技工学校的教材, 并可供有关技术人员、数控机床操作人员学习、参考和培训之用。

21 世纪高等职业教育数控技术规划教材

数控加工工艺与编程

-
- ◆ 主 编 周 虹
责任编辑 杨 堃
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
读者热线: 010-67129259
北京汉魂图文设计有限公司制作
北京隆昌伟业印刷有限公司印刷
新华书店总店北京发行所经销
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 12
字数: 284 千字 2004 年 9 月第 1 版
印数: 1-5 000 册 2004 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-12586-4/TN · 2337

定价: 16.00 元

本书如有印装质量问题, 请与本社联系 电话: (010) 67129223

21 世纪高等职业教育 数控技术规划教材编审委员会

主任：李迈强

副主任：刘亚琴 向伟

委员：（排名部分先后）

马西秦 张元 宋文学 张晓云 廖兆荣

首珩 罗学科 屈铁军 赵先仲 刘向东

黄诚 刘波 阎兵 左文钢

执行委员：潘春燕 杨堃

从书前言

数控技术作为制造业实现自动化、柔性化、集成化生产的基础，是制造业提高产品质量和生产效率的重要手段，数控技术的应用水平更是体现国家综合国力的重要标志。加入 WTO 以后，中国正在逐渐成为“世界制造中心”，制造业已经成为国民经济的支柱产业。为了增强竞争能力，中国制造业开始更加广泛地使用先进的数控技术。然而，除了需要技术条件、政策环境和廉价劳动力等方面的支持外，企业更需要大批高素质的专门人才，特别是大批具有较高素质的数控技术应用型人才。人力市场上也因此出现数控技术应用型人才的严重短缺，而培养高素质的数控人才是高等职业教育义不容辞的责任。

为此，人民邮电出版社按照教育部、中国机械工业联合会等六部门关于高等职业教育数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养的一系列精神，专门针对数控行业现阶段的特点和要求，组织全国范围内高等职业院校中对数控技术应用专业教学和实践经验丰富的教师、专家和在职企业人员成立了“21 世纪高等职业教育数控技术规划教材编审委员会”，就数控专业的课程体系结构的设置以及新型数控教材的编写进行了一系列研讨。从职业分析入手，对职业岗位进行能力分解，以技术应用能力和岗位工作技能为支撑，明确数控专业领域核心能力，并且围绕核心技能的培养形成数控专业领域的课程体系。其后，在全国广泛调研地基础上，再经过反复的讨论，决定编写出版《21 世纪高等职业教育数控技术规划教材》系列教材。

本系列教材的作者，由高等职业教育一线的优秀骨干教师和数控企业的技术人员所组成。这套教材体现了企业对数控人才的具体要求和学校多年的教育、教学经验的结合，并且力求文字表达的简练和知识内容的实用，希望能够最大限度地适合高等职业教学的要求。

高等职业教育改革和教材建设不是一朝一夕可以完成的，作为一项工程它需要反复地研讨和实践。我们衷心希望，全国关心高等职业教育的广大读者能够对本套教材的不当之处给予批评指正、提出修改意见；我们也热切盼望从事高等职业教育的教师、专家以及数控企业的技术专家和我们联系，共同探讨数控教学的课程组织方案和教材编写等相关问题。来信请发至 yangkun@ptpress.com.cn，我们也殷切的期待您的投稿。

本系列教材在调研和编写过程中，得到了机械工业联合会数控专业教材指导委员会几位专家的大力帮助，在此表示衷心的感谢。

21 世纪高等职业教育数控技术规划教材编审委员会

前 言

本教材适合高职高专数控类、机电类专业学生进行数控机床的编程学习，也可供有关技术人员，数控机床操作人员学习、参考以及培训之用。

本教材的特点如下。

① 根据高等职业教育的培养目标和教育特点，将数控机床加工必备的数控加工工艺规程的制定与数控编程有机地联系在一起，培养学生正确、合理编制零件数控加工程序的能力。

② 选材注意实用性和代表性。尤其是典型零件的编程实例，从生产现场选材，全面介绍中等复杂零件从零件图到数控加工程序的整个过程，注意普通加工工序与数控加工工序的衔接。

③ 将加工中心融入到数控车削工艺与编程、数控镗铣削工艺与编程的内容中。

④ 本书以目前市场的主流数控系统——FANUC-0i 系统为例，介绍数控机床的编程以及相关知识。

本教材共分为 6 章，主要内容包括数控加工的概念、特点，数控技术的现状及发展方向，先进制造技术的概况；数控加工工艺过程的组成，数控加工工艺规程制定的方法与步骤；影响加工精度的因素与提高机械加工精度的措施，影响表面质量的因素与提高表面质量的措施及表面强化的方法；有关数控机床编程的基本知识；数控镗铣加工工艺、FANUC-0i 数控系统的常用编程指令与编程方法；数控车削加工工艺、BEIJING-FANUC 0i Mate-TB 数控系统的常用编程指令与编程方法。若已学习过《机械加工工艺》，则在学习第 2 章、第 3 章时可减少学时数。教材中每章都有大量的实例和习题，旨在方便读者自学。

本教材由湖南铁道职业技术学院周虹主编，朱鹏超副主编，其中第 1 章、第 4 章以及第 6 章的第 1、4 节由周虹编写，第 2 章、第 3 章由朱鹏超编写，第 5 章的第 1、4 节由彭京城编写，第 5 章的第 2、3 节由罗友兰编写，第 6 章的第 2、3 节由董小金编写，最后全书由周虹统稿和定稿。

由于时间仓促，编者水平和经验有限，书中难免有欠妥和错误之处，恳请读者批评指正。

编者

2004 年 6 月

目 录

第 1 章 数控加工概述.....	1
1.1 数控加工的概念.....	1
1.2 数控机床的组成.....	1
1.3 常见数控机床的类型.....	2
1.4 数控加工的特点及应用.....	4
1.5 数控加工的步骤.....	5
1.6 数控技术的现状与发展方向.....	5
1.7 先进制造技术.....	6
小结.....	9
习题.....	10
第 2 章 数控加工工艺规程的制定.....	11
2.1 基本概念.....	11
2.1.1 生产过程和工艺过程.....	11
2.1.2 数控加工工艺的主要内容.....	12
2.1.3 数控加工工艺过程的组成.....	14
2.1.4 数控加工工艺规程的制定.....	15
2.2 零件的工艺分析.....	19
2.2.1 分析零件图样.....	19
2.2.2 零件的结构工艺性分析.....	19
2.3 数控加工工艺规程的制定.....	24
2.3.1 毛坯种类及选择.....	24
2.3.2 定位基准的选择.....	27
2.3.3 零件数控加工工艺路线的拟定.....	32
2.3.4 加工余量的确定.....	40
2.3.5 工序尺寸的计算.....	43
2.3.6 机床和工艺装备的选择.....	51
2.3.7 切削用量的确定.....	52
小结.....	53
习题.....	53
第 3 章 机械加工质量.....	55
3.1 机械加工精度.....	55
3.1.1 机械加工精度的概念.....	55
3.1.2 机械加工精度获得的方法.....	55

3.1.3	影响机械加工精度的主要因素	56
3.1.4	提高机械加工精度的工艺措施	64
3.2	机械加工表面质量	66
3.2.1	机械加工表面质量的概念	66
3.2.2	机械加工表面质量对机器使用性能的影响	67
3.2.3	影响机械加工表面质量的因素及提高机械加工表面质量的工艺措施	68
小结	72
习题	72
第 4 章	数控编程基础	74
4.1	数控机床的坐标系	74
4.1.1	标准坐标系与运动方向	74
4.1.2	数控机床的两种坐标系	76
4.2	数控编程的种类及步骤	77
4.2.1	数控编程的种类	77
4.2.2	手工编程的步骤	77
4.3	常用编程指令	78
4.3.1	G 指令	78
4.3.2	F、S、T 指令	84
4.3.3	M 指令	85
4.4	数控加工程序的结构	87
4.4.1	数控加工程序的构成	87
4.4.2	数控加工程序的分类	88
小结	88
习题	88
第 5 章	数控镗铣削工艺与编程	90
5.1	数控镗铣削加工工艺分析	90
5.1.1	零件数控镗铣削加工方案的拟定	90
5.1.2	镗铣削刀具的类型及选用	96
5.1.3	确定切削用量	98
5.1.4	确定装夹方法	101
5.2	数控镗铣床的编程特点	102
5.2.1	数控镗铣床编程应注意的几个问题	102
5.2.2	绝对编程方式与增量编程方式	103
5.3	FANUC-0i MA 系统的 G 代码在数控镗铣削中的应用	103
5.3.1	F、S、T 功能	103
5.3.2	工件坐标系设定	104
5.3.3	快速点位运动 (G00)	105
5.3.4	直线插补 (G01)	105
5.3.5	插补平面选择 (G17、G18、G19)	107

5.3.6	圆弧插补 (G02、G03)	107
5.3.7	螺旋线插补 (G02、G03)	108
5.3.8	任意角度倒角/拐角圆弧	109
5.3.9	刀具半径补偿 (G41、G42、G40)	110
5.3.10	刀具长度补偿 (G43、G44、G49)	113
5.3.11	子程序 (M98、M99)	114
5.3.12	固定循环	116
5.3.13	极坐标 (G15、G16)	120
5.3.14	比例缩放 (G51、G50)	121
5.4	典型零件的镗铣加工工艺分析及编程	123
5.4.1	压板零件镗铣加工工艺及编程	123
5.4.2	支承套零件的加工工艺及编程	126
	小结	133
	习题	133
第 6 章	数控车削工艺与编程	137
6.1	数控车削加工工艺分析	137
6.1.1	零件数控车削加工方案的拟定	137
6.1.2	车刀的类型及选用	140
6.1.3	选择切削用量	146
6.1.4	确定装夹方法	149
6.2	数控车床的编程特点	150
6.2.1	数控车床编程坐标系的建立	150
6.2.2	数控车床及车削中心的编程特点	150
6.2.3	绝对编程方式与增量编程方式	150
6.3	BEIJING-FANUC Oi Mate-TB 系统的 G 代码在数控车削中的应用	150
6.3.1	进给功能设定 (G98、G99)	150
6.3.2	主轴转速功能设定 (G50、G96、G97)	151
6.3.3	刀具功能 (T 指令)	151
6.3.4	工件坐标系设定 (G50)	152
6.3.5	自动回机床参考点 (G28)	152
6.3.6	基本移动 G 指令 (G00、G01、G02、G03)	153
6.3.7	暂停指令 (G04)	155
6.3.8	刀具半径补偿 (G41、G42、G40)	156
6.3.9	车螺纹 (G32)	158
6.3.10	车削固定循环功能	160
6.3.11	编程实例	165
6.4	典型车削零件的编程实例	167
6.4.1	轴类零件的编程实例	167
6.4.2	轴套类零件的编程实例	172

小结.....	177
习题.....	178
参考文献.....	181

第 1 章

数控加工概述

随着科学技术和社会生产的迅速发展，产品更新换代的速度加快，人们对产品多样化的需求增加，使得机械制造业向多品种小批量的生产方式发展。

为适应时代的要求，一种灵活、通用、高精度、高效率的“柔性”自动化生产设备——数控机床应运而生。它综合应用了电子计算机、自动控制、伺服驱动、精密测量和新型机械结构等多方面的技术成果，已成为先进制造技术不可缺少的工艺装备。

本章介绍数控加工的概念、特点、加工对象和加工步骤，数控机床的组成，数控车、铣和加工中心的应用，数控技术的现状及发展方向和先进制造技术等。

1.1 数控加工的概念

1. 数控

数控 (Numerical Control, NC) 是采用数字化信息对机床的运动及其加工过程进行控制的方法。

2. 数控机床

数控机床是应用数控技术对加工过程进行控制的机床。

3. 数控加工

数控加工，即采用数控机床加工零件的方法。

数控加工是随着数控机床的产生、发展而逐步完善的一种应用技术，它是人们长期从事数控加工实践的经验总结。

1.2 数控机床的组成

数控机床由输入输出设备、数控装置、伺服系统和机床本体等部分组成，其组成框图如图 1.1 所示。

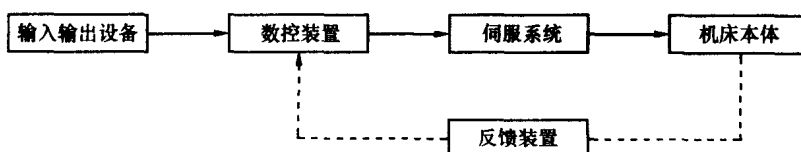


图 1.1 数控机床的组成

1. 输入输出设备

输入输出设备的作用是实现数控加工程序及相关数据的输入、显示、存储以及打印等。常用输入设备有软盘驱动器、RS232C 串行通信口以及 MDI 方式等，输出设备有显示器、打印机等。

2. 数控装置

数控装置是数控机床的核心，它接受来自输入设备的程序和数据，并按输入信息的要求完成数值计算、逻辑判断和输入输出控制等。数控装置通常由一台通用或专用微型计算机与输入输出接口板、可编程控制器等连接构成。

3. 伺服系统

伺服系统是数控机床的执行部分，它的作用是把来自数控装置的脉冲信号转换成机床的运动。每一个脉冲信号使机床移动部件产生的位移量叫做脉冲当量，常用的脉冲当量为 0.001mm/脉冲。每个进给运动的执行部件都有相应的伺服驱动系统，其性能是决定数控机床的加工精度、表面质量、生产率的主要因素之一。伺服系统由伺服驱动电路和伺服驱动装置组成。

4. 机床本体

机床本体是数控机床的主体，是用于完成各种切削加工的机械部分。主要包括：主运动部件、进给运动部件（如工作台、刀架）、支承部件（如床身、立柱等），还有冷却、润滑、转位部件以及夹紧、换刀机械手等辅助装置。

对于半闭环、闭环数控机床，还带有检测反馈装置，其作用是检测机床的实际运动速度、方向、位移量以及加工状态，并把检测结果转化为电信号反馈给数控装置，再通过比较，计算出实际位置与指令位置之间的偏差，并发出纠正误差指令。常用位置检测元件有感应同步器、光栅、编码器、磁栅和激光测距仪等。

1.3 常见数控机床的类型

数控机床是在普通机床的基础上发展起来的，各种类型的数控机床基本上起源于同类型的普通机床，从应用角度出发，常见数控机床有以下几种。

1. 数控车床

数控车床分为立式数控车床和卧式数控车床。立式数控车床用于回转直径较大的盘类零件的车削加工，卧式数控车床用于轴向尺寸较长或小型盘类零件的车削加工。相对而言，卧式数控车床的结构形式多、加工功能丰富而且使用面广。

图 1.2 所示为卧式数控车床，其主运动为工件的旋转，进给运动为刀具的纵向、横向移动，它能够加工各种回转成形面，如图 1.3 所示的手柄。

2. 数控铣床

数控铣床按结构形式可以分为立式、卧式和龙门式数控铣床，按控制轴数可以分为三轴、四轴和多轴数控铣床。图 1.4 所示为五轴数控铣床，其主运动为刀具的旋转，进给运动为工件的纵向、横向移动以及刀具的上下移动。此外，工作台和主轴箱可实现 C 向和 B 向的转动进给，它除了可以加工平面、沟槽外，还能够加工复杂的空间曲面，如图 1.5 所示的

叶轮。

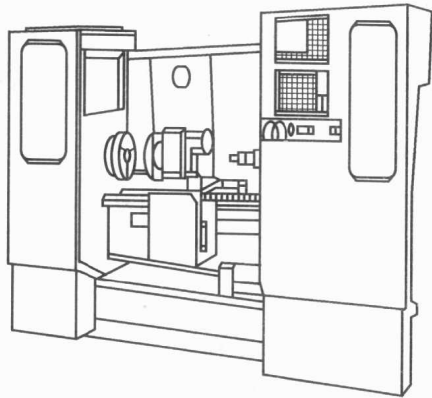


图 1.2 卧式数控车床

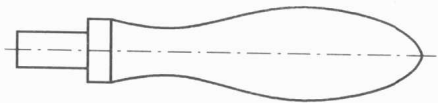


图 1.3 手柄

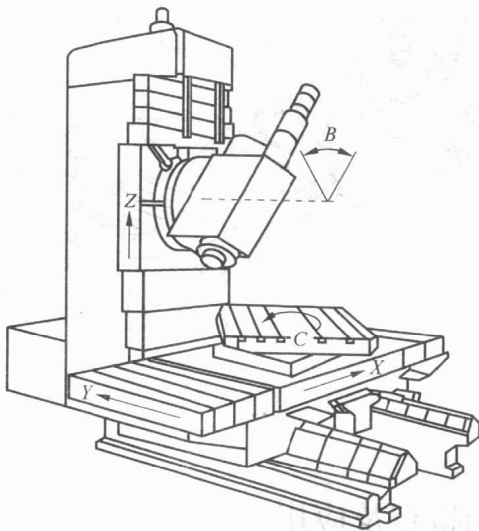


图 1.4 五轴数控铣床

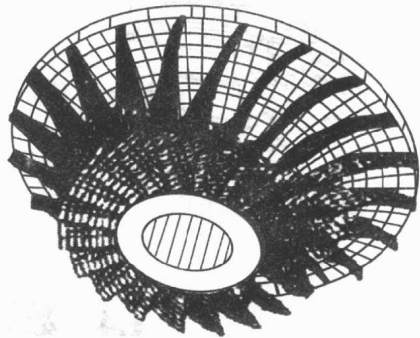


图 1.5 叶轮

3. 加工中心

加工中心可分为车削加工中心和铣削加工中心。

(1) 车削加工中心

车削加工中心是在普通卧式数控车床的基础上，增加了 C 轴（刀具的旋转）和动力头，更高级的车削加工中心还带有刀库。除工件作旋转运动外，车削加工中心还可控制刀具作纵向、横向进给运动和旋转运动，这使其加工能力大大增强，除可以进行一般车削外，还可以进行径向和轴向铣削、曲面铣削以及中心线不在零件回转中心的孔和径向孔的钻削等加工。

(2) 铣削加工中心

铣削加工中心是在数控铣床的基础上增加了刀库和自动换刀装置，刀库通常可容纳 16~100 把左右的刀具。由于具有自动换刀功能，工件一次装夹后，加工中心能自动地完成或接近完成工件各面的所有加工工序。铣削加工中心按结构形式可分为立式加工中心和卧式加工中心。

图 1.6 所示为立式加工中心，其主轴处于垂直位置，它能完成铣削、镗削、钻削、攻丝和切削螺纹等工序。立式加工中心最少是三轴二联动，一般可实现三轴三联动，有的可进行五轴、六轴联动控制，以完成复杂零件的加工。立式加工中心适宜加工高度方向尺寸相对较小的工件。一般情况下，立式加工中心除底部不能加工外，其余五个面都可以用不同的刀具进行轮廓和表面加工。

图 1.7 所示为卧式加工中心，其主轴处于水平位置。一般的卧式加工中心有三个到五个坐标轴，而且常配有一个回转轴。卧式加工中心的结构比立式加工中心更加复杂，体积和占地面积也较大，而且价格较高。卧式加工中心适宜加工有多个加工面的大型零件或高度尺寸较大的零件。

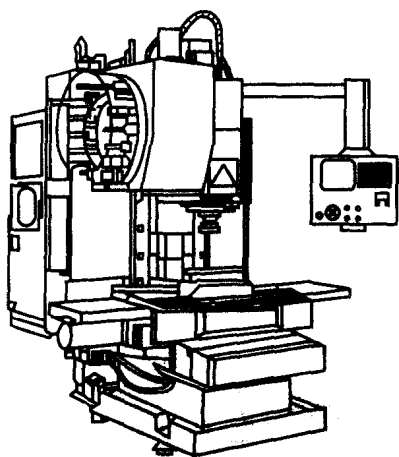


图 1.6 立式加工中心

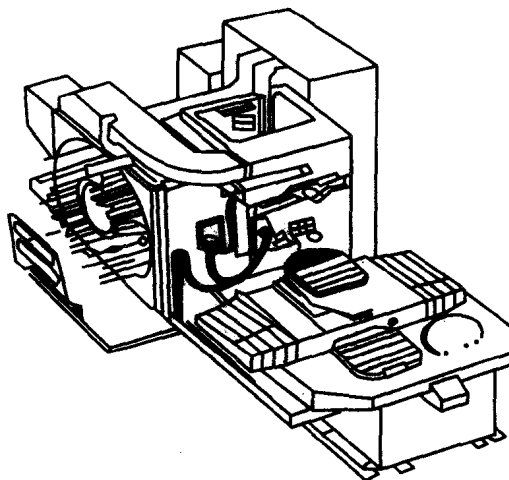


图 1.7 卧式加工中心

1.4 数控加工的特点及应用

1. 数控加工的特点

与传统机械加工方法相比，数控加工具有以下特点。

(1) 可以加工具有复杂型面的工件

在数控机床上，所加工零件的形状主要取决于加工程序。因此只要能编写出程序，无论工件多么复杂都能加工。

(2) 加工精度高，质量稳定

数控机床本身的精度比普通机床高，一般数控机床的定位精度为 $\pm 0.01\text{mm}$ ，重复定位精度为 $\pm 0.005\text{mm}$ ；而且在数控机床加工过程中，操作人员并不参与，所以消除了操作者的人为误差，工件的加工精度全部由数控机床保证；又因为数控加工采用工序集中，减少了工件多次装夹对加工精度的影响。基于以上几点，数控加工工件的精度高，尺寸一致性好，质量稳定。

(3) 生产率高

数控加工可以有效地减少零件的加工时间和辅助时间。由于数控机床的主轴转速、进给

速度以及其快速定位的速度快,通过合理选择切削用量,充分发挥刀具的切削性能,可以减少零件的加工时间。此外,数控加工一般采用通用或组合夹具,因此在数控加工前不需划线,而且加工过程中能进行自动换刀,减少了辅助时间。

(4) 改善劳动条件

在数控机床上从事加工的操作者,其主要任务是编写程序、输入程序、装卸零件、准备刀具、观测加工状态、以及检验零件等,因此劳动强度极大降低。此外,数控机床一般是封闭式加工,既清洁,又安全,使劳动条件得到了改善。

(5) 有利于生产管理现代化

因为相同工件所用时间基本一致,所以数控加工可预先估算加工工件所需时间,因此工时和工时费用可以精确估计。这既便于编制生产进度表,又有利于均衡生产和取得更高的预计产量;此外,对数控加工所使用的刀具、夹具可进行规范化管理。以上特点均有利于生产管理的现代化。

(6) 数控加工是 CAD/CAM 技术和先进制造技术的基础

数控机床使用数字信号与标准代码作为控制信息,易于实现加工信息的标准化,目前已与 CAD/CAM 技术有机地结合起来,形成现代集成制造技术的基础。

2. 数控加工的主要对象

由数控加工的特点可以看出,适于数控加工的零件包括:

- ① 多品种、单件小批量生产的零件或新产品试制中的零件;
- ② 几何形状复杂的零件;
- ③ 精度及表面粗糙度要求高的零件;
- ④ 加工过程中需要进行多工序加工的零件;
- ⑤ 用普通机床加工时,需要昂贵工装设备(工具、夹具和模具)的零件。

1.5 数控加工的步骤

数控加工的步骤如下:

- ① 选择适合在数控机床上加工的零件,确定工序内容;
- ② 分析零件图及其结构工艺,明确加工内容及技术要求;
- ③ 根据零件图进行数控加工的工艺分析,确定加工方案、工艺参数和工艺装备等;
- ④ 用规定的程序代码和格式编写零件加工程序,或用 CAD/CAM 软件直接生成零件的加工程序文件;
- ⑤ 输入加工程序,对加工程序进行校验和修改;
- ⑥ 通过对机床的正确操作,运行程序,完成零件的加工。

1.6 数控技术的现状与发展方向

1952年美国研制了第一台三坐标数控铣床,用于加工直升飞机叶片的样板。半个世纪以

来,数控机床经历了电子管、晶体管、小规模集成电路、中大规模集成电路、微处理器以及 PCNC 六个发展阶段,其在制造领域的加工优势逐渐体现出来。

2002 年,我国机床市场消费金额上升到 59 亿美元,跃升世界第一位。与此同时,根据全国工业普查资料,我国机床拥有量约 378 万台,但机床数控化率只有 1.9%,而欧美发达国家现代制造业的数控化率已超过 30%。

加入 WTO 以后,我国制造业获得空前发展,并快速成为全球重要的制造基地,对数控机床需求也迅速扩大。2003 年 1~6 月份我国进口金属加工机床 18.44 亿美元,其中数控机床进口 12.26 亿美元,同比增长 62.58%。

我国从 1958 年开始研制数控技术,目前已经建立了以中、低档数控机床为主的产业体系。在引进、消化、吸收、跟踪国外先进数控技术的基础上,开发出了一些高档的数控机床。例如五轴联动龙门镗铣加工中心,它配有高速电主轴,转速可达 10 000~16 000r/min,能够满足现代模具、飞机结构件等高速加工的需要。

随着微电子技术和计算机技术的发展,数控机床的性能日臻完善。同时为了满足社会经济和科技发展的需要,数控机床正朝着高精度、高速度、高可靠性、多功能、智能化以及开放化等方向发展。

1.7 先进制造技术

21 世纪,人类已迈入了一个知识经济快速发展的时代,传统的制造技术以及制造模式正在发生质的飞跃,先进制造技术在制造业中开始逐步被应用,推动制造业的发展。

近年来,开始逐步被推广应用的先进制造技术包括快速原型法、虚拟制造技术、柔性制造单元和柔性制造系统等。

1. 快速原型法

快速原型法(又称快速成形法)是国外 20 世纪 80 年代中、后期发展起来的一种新技术,它与虚拟制造技术一起,被称为未来制造业的两大支柱技术。

(1) 快速原型法基本原理

快速原型法是综合运用 CAD 技术、数控技术、激光加工技术和材料技术,实现从零件设计到三维实体原型制造一体化的系统技术。它采用软件离散化——材料堆积的原理实现零件的成形,如图 1.8 所示。

其具体过程如下。

- ① 采用 CAD 软件设计出零件的三维曲面或实体模型。
- ② 根据工艺要求,按照一定的厚度在某坐标方向(如 Z 向),对生成的 CAD 模型进行切面分层,生成各个截面的二维平面信息。
- ③ 对层面信息进行工艺处理,选择加工参数,系统将自动生成刀具移动轨迹和数控加工代码。
- ④ 对加工过程进行仿真,确认数控代码的正确性。
- ⑤ 利用数控装置精确控制激光束或其他工具的运动,在当前的工作层(二维)上采用轮廓扫描,加工出适当的截面形状。
- ⑥ 铺上一层新的成形材料,进行下一次的加工,直至整个零件加工完毕。

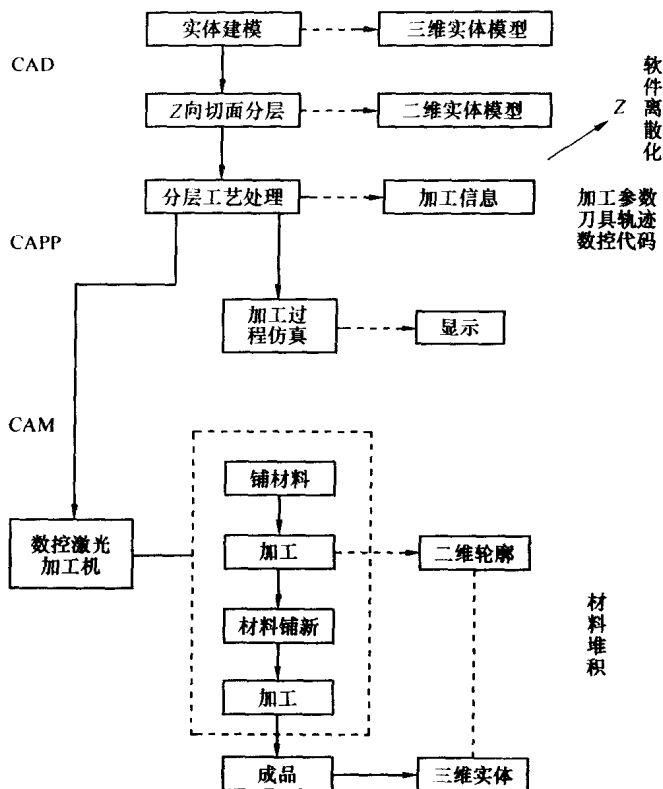


图 1.8 快速原型制造原理

可以看出，快速成形过程是由三维到二维（软件离散化），再由二维到三维（材料堆积）的工作过程。

快速原型法不仅可用于原始设计中快速生成零件实物，也可用来快速复制实物（包括对其放大、缩小、修改）。

(2) 快速原型技术的主要工艺方法

① 光固化立体成形制造法（LSL 法）

LSL 法是以各类树脂为成形材料，以氩—镉激光器为能源，以树脂受热固化为特征的快速成形方法。

② 实体分层制造法（LOM 法）

LOM 法是以片材（如纸片、塑料薄膜或复合材料）为材料，利用 CO₂ 激光器为能源，用激光束切割片材的边界，形成某一层的轮廓，各层间的粘接利用加热、加压的方法，最后形成零件的形状。该方法取材广泛，成本低。

③ 选择性激光烧结制造法（SLS 法）

SLS 法是采用各种粉末（金属、陶瓷、蜡粉和塑料等）为材料，利用滚子铺粉，用 CO₂ 高功率激光器对粉末进行加热直到烧结成块，利用该方法可以加工出能直接使用的金属件。

④ 熔融沉积制造法（FDM 法）

FDM 法是采用蜡丝为原料，利用电加热方式将蜡丝熔化成蜡液，蜡液由喷嘴喷到指定的位置固定，一层层地加工出零件。该方法污染小，材料可以回收。