

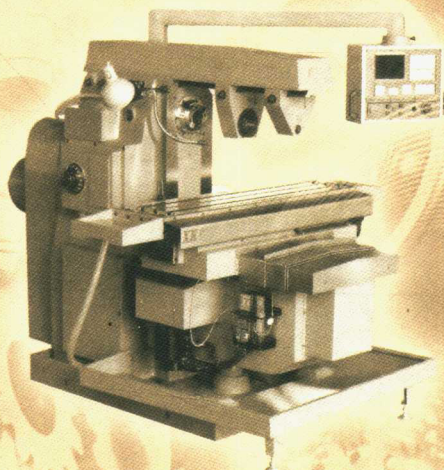


“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

数控编程与加工技术

(第2版)

◎主编 董建国 龙 华 肖爱武



 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

数控编程与加工技术

(第2版)

主 编 董建国 龙 华 肖爱武
参 编 陈志坚 张 云 廖 龙 许 龙 赵红旗
主 审 黄登红

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书共分7章,内容包括数控技术概论,数控编程基础,数控车床、铣床、加工中心、电火花机床、线切割机床的编程与加工。

本书按照教育部对高职高专数控机床编程与加工技术的教改要求进行编写,并体现了如下特色:①全面性:包含有数控车床、铣床、加工中心、电火花机床和线切割机床的编程与加工,便于各院校根据本院情况进行选用。②内容新:增加了多轴编程技术与加工。③例题是来自于厂家的真实产品或产品的改进版或数控技能培训与技能竞赛的试题,具有很强的针对性和实用性。④每章前面有学习目标,后面有思考与练习,方便读者学习和巩固。

本书可作为高等职业院校数控技术专业、模具设计与制造专业、机械制造与自动化专业、计算机辅助设计与制造专业的教材;也可供从事数控加工技术工作的相关工程技术人员参考;还可作为职业技能鉴定的培训教材。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

数控编程与加工技术/董建国,龙华,肖爱武主编. —2版. —北京:北京理工大学出版社,2014.8

ISBN 978-7-5640-5591-2

I. ①数… II. ①董…②龙…③肖… III. ①数控机床-程序设计②数控机床-加工 IV. ①TG659

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第181706号

出版发行/北京理工大学出版社

社 址/北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编/100081

电 话/(010)68914775(总编室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址/http://www.bitpress.com.cn

经 销/全国各地新华书店

印 刷/北京地质印刷厂

开 本/787毫米×1092毫米 1/16

印 张/20

字 数/466千字

版 次/2014年8月第2版第1次印刷

定 价/39.80元

责任编辑/陆世立

责任校对/陈玉梅

责任印制/边心超

图书出现印装质量问题,本社负责调换

前 言

随着我国制造产业结构发生的巨大变化,机械产品数量和品种在不断地增加,用户对产品的性能和精度提出了越来越高的要求,质量和效率已经成为企业生存和发展的关键。在这个时期,数控技术得到了快速的发展,数控机床被广泛的应用。培养大批能熟练掌握数控机床编程、操作、修理和维护的应用性高技能人才成了目前最迫切的需求。

数控机床是综合应用计算机、自动控制、自动检测及精密机械等数控技术发展的产物。本书按照“保证基础,重在应用,充分体现高职特色”的指导思想,并结合多年的教学、培训经验组织编写。

本书的主要内容有:数控技术概论;数控编程基础;数控车床的编程与加工;数控铣床的编程与加工;加工中心的编程与加工;电火花机床的编程与加工;数控线切割机床的编程与加工。

本书在内容上突出了工艺、编程和加工操作的有机结合,通过加工实例有针对性的解决读者在工艺编制、编程以及操作中遇见的一些常见实际问题。在案例的选择和实施上力求贴近生产实际加工操作。

本书由湖南工业职业技术学院董建国教授、龙华副教授,湖南化工职业技术学院肖爱武副教授担任主编。本书案例由湖南工业职业技术学院陈志坚、张云和廖龙老师编写,这些案例是从他们近几年来开展培训和考证实训以及负责对参加省级和国家级技能竞赛的学生进行训练的零件中选定的。

本书第1,2,3章由湖南工业职业技术学院董建国教授编写,第4章由长沙航空职业技术学院黄登红教授编写,第5章由湖南化工职业技术学院肖爱武副教授编写,第6,7章由湖南工业职业技术学院龙华副教授编写。

全书由黄登红教授担任主审。

由于编者经验不足,书中存在缺点和错误在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 数控机床概述	1
1.1.1 数控机床的工作原理与机床结构	1
1.1.2 数控机床分类	2
1.1.3 数控机床的加工特点与适用范围	3
1.1.4 数控机床发展趋势	4
1.2 数控系统	5
思考与练习	6
第 2 章 数控编程基础	7
2.1 数控编程概述	7
2.2 数控机床的坐标系	9
2.2.1 数控机床的坐标轴	9
2.2.2 机床坐标系与工件坐标系	11
2.3 编程格式	12
2.3.1 程序的结构与格式	12
2.3.2 程序编制中的数值计算	16
思考与练习	16
第 3 章 数控车床的编程与加工	18
3.1 数控车床简介	18
3.1.1 数控车床的分类	18
3.1.2 数控车削的加工对象	19
3.2 数控车削加工工艺分析	20
3.2.1 数控车削加工工艺的主要内容	20
3.2.2 数控车削的工艺性分析	21
3.2.3 数控车床刀具	26
3.2.4 加工过程中切削用量的确定	31
3.2.5 装夹方案的确定	33
3.2.6 数控车削加工工艺文件	36
3.3 数控车床基本编程指令	37
3.3.1 数控车床的编程特点	37
3.3.2 基本编程指令	38
3.4 固定循环和复合循环加工	47
3.4.1 简单固定循环指令	47
3.4.2 复合固定循环指令	50

3.4.3 螺纹加工	56
3.4.4 孔加工指令	62
3.5 子程序	67
3.6 宏指令及宏程序	70
3.7 提高车削质量的方法	75
3.7.1 圆头车刀的半径补偿	75
3.7.2 恒线速度切削	78
3.8 数控车削加工实训	82
3.8.1 轴类零件加工	82
3.8.2 轴套类零件加工	91
3.8.3 盘类零件加工	99
3.8.4 综合车削实例	103
3.8.5 数控车床基本操作	110
思考与练习	114
第4章 数控铣床的编程与加工	117
4.1 数控铣床简介	117
4.1.1 数控铣床的分类	117
4.1.2 数控铣削的加工对象	118
4.2 数控铣削加工工艺分析	120
4.2.1 数控铣削加工工艺的主要内容	120
4.2.2 数控铣削的工艺性分析	120
4.2.3 数控铣床刀具	126
4.2.4 加工过程中切削用量的确定	130
4.2.5 装夹方案的确定	132
4.2.6 数控铣削加工工艺文件	133
4.3 数控铣床常用编程指令	135
4.3.1 基本编程指令	135
4.3.2 刀具半径补偿指令	141
4.4 孔加工固定循环指令	147
4.4.1 孔加工固定循环	147
4.4.2 具体孔加工固定循环指令	149
4.4.3 应用固定循环时的注意问题	156
4.5 子程序	156
4.6 宏程序	158
4.7 数控铣床编程实例	165
4.7.1 轮廓加工	165
4.7.2 型腔加工	167
4.7.3 孔加工	171
4.7.4 使用宏程序加工曲面	175

4.7.5 综合实例 1	180
4.7.6 综合实例 2	185
4.7.7 数控铣床基本操作	192
思考与练习	198
第 5 章 加工中心的编程与加工	200
5.1 加工中心简介	200
5.1.1 加工中心的分类	200
5.1.2 加工中心特点及应用	202
5.2 加工中心编程指令	205
5.2.1 基本功能指令及应用	205
5.2.2 极坐标指令	209
5.2.3 比例缩放指令	211
5.2.4 镜像指令	212
5.2.5 坐标系旋转指令	213
5.3 加工中心编程中应注意的问题	214
5.3.1 加工工艺设计与换刀处理	214
5.3.2 程序的编排与检验	215
5.4 加工中心编程实例	216
5.4.1 综合实例 1	216
5.4.2 综合实例 2	221
5.5 多轴加工技术	229
5.5.1 多轴加工	229
5.5.2 多轴加工的工艺特点	231
5.5.3 多轴加工零件的工艺方法分析	232
5.5.4 加工案例	232
思考与练习	237
第 6 章 电火花成形加工	239
6.1 电火花加工原理	240
6.1.1 电火花加工的机理	240
6.1.2 电火花加工的特点	241
6.1.3 实现电火花加工的条件	242
6.2 电火花加工精度与电极的制作	242
6.2.1 电火花加工的两个重要效应	242
6.2.2 电火花加工的主要工艺指标	244
6.2.3 电极要求及电极尺寸设计	251
6.3 数控电火花机床的编程与机床基本操作	253
6.3.1 电火花机床的基本操作	253
6.3.2 电火花的编程	258

6.4 数控电火花加工实训	261
6.4.1 塑料模电火花加工	261
6.4.2 冷冲模电火花加工	267
6.4.3 窄槽电火花加工	268
思考与练习	269
第7章 数控线切割机床的编程与加工	270
7.1 数控线切割加工简介	270
7.1.1 加工原理与分类	270
7.1.2 数控电火花线切割加工的特点和应用范围	272
7.2 数控电火花线切割加工的工艺特点	273
7.2.1 电火花线切割加工的步骤及要求	273
7.2.2 工件的装夹方法	277
7.2.3 影响电火花线切割加工工艺指标的主要因素	279
7.3 数控电火花线切割机床编程	280
7.3.1 程序编制步骤	280
7.3.2 3B 格式程序编制	281
7.3.3 ISO 代码数控程序编制	290
7.3.4 其他方式编程	292
7.4 数控电火花线切割加工实例	292
7.5 数控电火花线切割机床的基本操作	295
7.5.1 机床系统主要功能	296
7.5.2 机床控制柜的组成	296
7.5.3 机床的操作	297
思考与练习	305
附录 国内主流数控系统的指令简介	307
参考文献	311

第 1 章 绪 论

学习目标

- 了解数控机床的工作原理与基本结构
- 了解数控机床的分类与加工特点
- 了解数控机床的适用范围和发展趋势

1.1 数控机床概述

数字控制机床(Numerical Control Machine Tool)简称数控机床,是一种装有程序控制系统(数控系统)的自动化机床。该系统能够逻辑地处理由其他符号编码指令(刀具移动轨迹信息)所组成的程序。这种机床是一种综合运用了计算机技术、自动控制、精密测量和机械设计等新技术的机电一体化典型产品。数控机床较好地解决了复杂、精密、小批量、多品种的零件加工问题,是一种柔性的、高效能的自动化机床。

1.1.1 数控机床的工作原理与机床结构

1. 数控机床工作原理

按照零件加工的技术要求和工艺要求,编写零件的加工程序,然后将加工程序输入到数控装置,通过数控装置控制机床的主轴运动、进给运动、更换刀具、工件的夹紧与松开、润滑泵的开与关,使刀具、工件和其他辅助装置严格按照加工程序规定的顺序、轨迹和参数进行工作,从而加工出符合图纸要求的零件。

2. 数控机床结构

数控机床主要由控制介质、数控装置、伺服系统和机床本体四个部分组成,如图 1-1 所示。

(1) 控制介质

控制介质以指令的形式记载各种加工信息,如零件加工的工艺过程、工艺参数和刀具运动等。将这些信息输入到数控装置,控制数控机床便对零件切削加工。

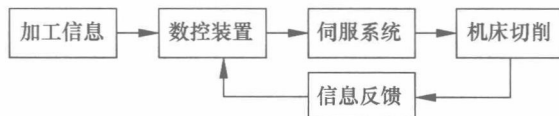


图 1-1 数控机床的加工过程

(2) 数控装置

数控装置是数控机床的核心,其功能是接受输入的加工信息,经过数控装置的系统软件和逻辑电路进行译码、运算和逻辑处理,向伺服系统发出相应的脉冲,并通过伺服系统控制机床运动部件按加工程序指令运动。

(3) 伺服系统

伺服系统由伺服电机和伺服驱动装置组成,通常所说的数控系统是指数控装置与伺服系

统的集成,因此说伺服系统是数控系统的执行系统。数控装置发出的速度和位移指令控制执行部件按进给速度和进给方向移动。每个进给运动的执行部件都配备一套伺服系统,有的伺服系统还有位置测量装置,直接或间接测量执行部件的实际位移量,并反馈给数控装置,对加工的误差进行补偿。

(4) 机床本体

数控机床的本体与普通机床的基本类似,不同之处是数控机床结构简单、刚性好,传动系统采用滚珠丝杠代替普通机床的丝杠和齿条传动,主轴变速系统采用简化的齿轮箱,普遍采用变频调速和伺服控制。

1.1.2 数控机床分类

数控机床可以根据不同的方法进行分类,常用的分类方法有按数控机床加工原理分类、按数控机床运动轨迹分类和按进给伺服系统控制方式分类。

1. 按数控机床加工原理分类

按数控机床加工原理可把数控机床分为普通数控机床和特种加工数控机床。

(1) 普通数控机床

如数控车床、数控铣床、加工中心、车削中心等各种普通数控机床,其加工原理是用切削刀具对零件进行切削加工。

(2) 特种加工数控机床

如线切割数控机床,对硬度很高的工件进行切割加工;如电火花成型加工数控机床,采用电火花原理对工件的型腔进行加工。

2. 按数控机床运动轨迹分类

数控机床运动轨迹主要有三种形式:点位控制运动、直线控制运动和连续控制运动。

(1) 点位控制运动

点位控制运动指刀具相对工件的点定位,一般对刀具运动轨迹无特殊要求,为提高生产效率和保证定位精度,机床设定快速进给,临近终点时自动减速,从而减少运动部件因惯性而引起的定位误差。

(2) 直线控制运动

直线控制运动指刀具或工作台以给定的速度按直线运动。

(3) 连续控制运动

连续控制运动也称为轮廓控制运动,指刀具或工作台按工件的轮廓轨迹运动,运动轨迹为任意方向的直线、圆弧、抛物线或其他函数关系的曲线。这种数控系统有一个轨迹插补器,根据运动轨迹和速度精确计算并控制各个伺服电机沿轨迹运动。

3. 按进给伺服系统控制方式分类

由数控装置发出脉冲或电压信号,通过伺服系统控制机床各运动部件运动。数控机床按进给伺服系统控制方式分类有三种形式:开环控制系统、闭环控制系统和半闭环控制系统。

(1) 开环控制系统

这种控制系统采用步进电机,无位置测量元件,输入数据经过数控系统运算,输出指令脉冲控制步进电机工作,如图 1-2 所示,这种控制方式对执行机构不检测,无反馈控制信号,因此称为开环控制系统。开环控制系统的设备成本低,调试方便,操作简单,但控制精度低,工作速度受到步进电机的限制。



图 1-2 开环控制系统

(2) 闭环控制系统

这种控制系统绝大多数采用伺服电机,有位置测量元件和位置比较电路。如图 1-3 所示,测量元件安装在工作台上,测出工作台的实际位移值并反馈给数控装置。位置比较电路将测量元件反馈的工作台实际位移值与指令的位移值相比较,用比较的误差值控制伺服电机工作,直至到达实际位置,误差值消除,因此称为闭环控制。闭环控制系统的控制精度高,但要求机床的刚性好,对机床的加工、装配要求高,调试较复杂,而且设备的成本高。

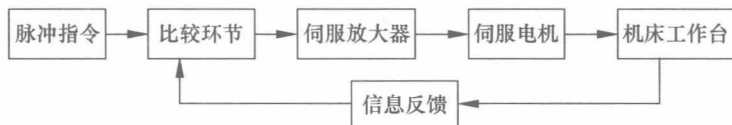


图 1-3 闭环控制系统

(3) 半闭环控制系统(图 1-4)

这种控制系统的位置测量元件不是测量工作台的实际位置,而是测量伺服电机的转角,经过推算得出工作台位移值,反馈至位置比较电路,与指令中的位移值相比较,用比较的误差值控制伺服电机工作。这种用推算间接测量工作台位移的方法,不能补偿数控机床传动链零件的误差,因此称为半闭环控制系统。半闭环控制系统的控制精度高于开环控制系统,调试比闭环控制系统容易,设备的成本介于开环与闭环控制系统之间。

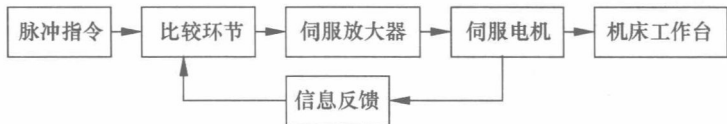


图 1-4 半闭环控制系统

1.1.3 数控机床的加工特点与适用范围

1. 数控机床的加工特点

与传统的加工手段相比,数控加工具有以下特点:

- ① 自动化程度高。
- ② 具有加工复杂形状零件的能力。
- ③ 生产准备周期短。

- ④ 加工精度高、质量稳定。
- ⑤ 生产效率高。
- ⑥ 易于建立计算机通信网络。

2. 数控机床加工适用范围

数控机床适宜加工以下类型的零件：

- ① 生产批量小的零件(100 件以下)。
- ② 加工精度高、结构形状复杂的零件,如箱体类,曲线、曲面类零件。
- ③ 需要进行多次改型设计的零件。
- ④ 加工一致性要求高的零件。
- ⑤ 价值昂贵的零件。

1.1.4 数控机床发展趋势

数控机床是 20 世纪 50 年代发展起来的新型自动化机床,较好地解决了形状复杂、精密、小批量零件的加工问题,具有适应性强、加工精度和生产效率高的优点。由于综合了电子计算机、自动控制、伺服驱动、精密测量和新型机械结构等诸方面的先进技术,数控机床的发展日新月异,数控机床的功能越来越强大。数控机床的发展趋势体现在数控功能、数控伺服系统、编程方法、数控机床的检测和监控功能、自动调整和控制技术等方面的发展。

1. 数控功能的扩展

- ① 数控系统插补和联动轴数的增加,有的数控系统能同时控制几十根轴。
- ② 数控系统中微处理器处理字长的增加,目前广泛采用 32 位微处理器。
- ③ 数控系统中实现人机对话、可进行交互式图形编程。
- ④ 基于 PC 的开放式数控系统的发展,使数控系统得到更多硬件和软件的支持。

2. 数控伺服系统的发展

- ① 交流伺服系统替代直流伺服系统。
- ② 前馈控制技术的发展,增加了速度指令控制,使跟踪滞后误差减小。
- ③ 高速电主轴和程序段超前处理技术(Look Ahead)使高速小线段加工得以实现。
- ④ 多种补偿技术的发展与应用,如机械静摩擦与动摩擦非线性补偿,机床精度误差的补偿和切削热膨胀误差的补偿。
- (5) 位置检测装置检测精度的提高,采用细分电路大大提高了检测装置的分辨率。

3. 编程方法的发展

- ① 在线编程技术的发展,实现前台加工操作,后台同时编程。
- ② 面向车间编程方法(WOP)的发展,即输入加工对象的加工轨迹,数控系统自动生成加工程序。
- ③ CAD/CAM 技术的发展,实现计算机辅助设计与辅助制造一体化。

4. 数控机床的检测和监控功能的增强

数控机床在加工过程中对刀具和工件在线检测,发现工件超差、刀具磨损和破损可及时反馈或进行报警处理。

5. 自动调整控制技术的应用

按加工要求,数控系统动态调整工作参数,使加工过程始终达到最佳工作状态。

综上所述,由于数控机床不断采用科学技术发展中的各种新技术,使得其功能日趋完善,数控技术在机械加工中的地位也显得越来越重要,数控机床的广泛应用是现代制造业发展的必然趋势。

1.2 数控系统

随着现代制造业生产方式的发展,生产设备正朝着灵活、多功能、网络化的方向发展,它希望控制器的功能重新配置、修改、扩充和改装甚至重新生成,这样就对控制器产生了“开放”的要求。控制器制造商希望开放式控制器具有更高的性能价格比,具有较高产品竞争力。制造信息的集成化、生产系统的分散化也促进了控制器的开放。日新月异的互联网技术为控制器的开放奠定了物质基础。

开放式体系结构 CNC 的研究始于 1987 年美国政府资助下的 NGC(Next Generation Controller)项目。其目的是实现基于互操作和分级式软件模块的“开放体系结构的标准规范”SOSAS(Specification for an Open System Architecture Standard)。1994 年由美国 Chrysler Corp、Ford Motor 和 General Motors Powertrain Group 三大汽车公司提出了 OMAC(Open Modular Architecture Controllers)计划,其目标是降低控制器的投资成本和维护费用,提高机床利用率,提供软硬件模块的“即插即用”和高效的控制器重构机制,缩短产品开发周期,从而使系统易于更新换代,尽快跟上新技术的发展,并适应需求的变化。

欧盟在 1992 年组织了 OSACA(Open System Architecture for Control within Automation Systems)项目,其研究目标是自动化系统中的开放式控制系统体系结构。该项目由德国斯图加特大学的 ISW 研究所主持,联合德、意、法、瑞士、英、西班牙等 11 个国家的有关研究结构、大学和制造商,投资 1 140 万欧元,历时 4 年,于 1996 年结束。OSACA 模型的理想是在标准平台上建立由可自由组合的模块组成的系统,它是诸多开放式控制器研究计划中最为理想的模型。现在,欧洲主要的数控制造商如 SIEMENS、BOSCH、NUM、FAGOR 等都在开发符合 OSACA 标准规范的开放式数控系统。

日本在 1995 年由机床制造商和信息、电子产品企业组建了 OSE 协会,开展名为 OSEC(Open System Environment for Controller Architecture)的研究。项目分两步进行,第一步是“OSEC-I 设计”的研究,议论的中心问题是开放式控制器的意义和方向,提出了 FADL 语言,其实质是建立一种有多家公司支持的中性语言,以这种中性语言作为用户与控制器的交互界面。第二步是“OSEC-II 设计”的研究,目标是达到能实际安装的完成度高的体系结构。在 OSEC-II 中,FADL 语言进一步发展为 OSEL 语言,它将终端用户和机械厂家积累的生产技术做成软件包的形式,是一种具有可重复利用特性的新的 NC 语言。

这些研究项目的主要任务是制定开放式数控系统的体系结构标准规范,以便在这种标准的支持下,各个开发商能开发出具有互换性和互操作性的构成要素模块,通过标准化接口,可将不同制造商提供的要素模块组合成所需要的数控系统。

思考与练习

1. 简述数控机床的发展趋势。
2. 试述数控机床的分类。
3. 简述数控机床的工作原理。
4. 试分析三种伺服控制系统的控制特点。
5. 试述数控系统的发展现状。

第 2 章 数控编程基础

学习目标

- 了解数控机床的坐标系
- 掌握数控机床的编程的基本格式
- 掌握数控机床功能字的含义

2.1 数控编程概述

数控机床是按照预先编好的数控程序自动地对工件进行加工的高效自动化设备。数控程序除了能保证加工出符合图样要求的合格零件外,还应该充分发挥、利用数控机床的各种功能,使数控机床能安全、可靠、高效地工作。

在数控机床上加工零件时,要把待加工零件的全部工艺过程、工艺参数,以代码的形式记录在控制介质上,用控制介质上的信息来控制机床,实现零件的全部加工过程。将从零件图纸到获得数控机床所需的控制介质的全部过程,称为程序编制。记录工艺过程、工艺参数的表格,称为“零件加工程序单”,简称“程序单”。

1. 数控编程的内容和步骤

(1) 数控编程的内容

数控编程的主要的内容有:分析零件图样,确定加工工艺过程,进行数值计算,编写零件加工程序,制作控制介质,进行程序检验和首件试切。

(2) 数控编程的步骤

数控编程的步骤如图 2-1 所示。

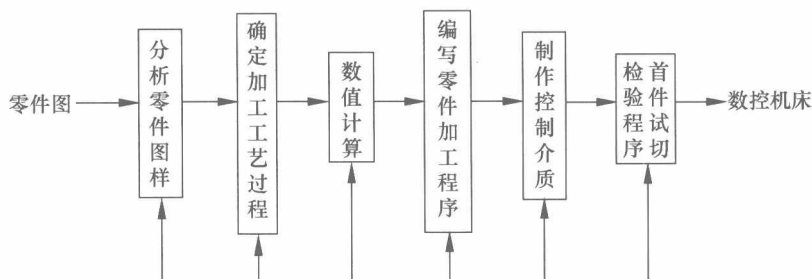


图 2-1 数控编程的步骤

1) 分析零件图。编程人员要根据图样对工件的材料、形状、尺寸、精度以及毛坯形状及技

术要求等进行分析。通过分析,可以确定该零件是否适宜在数控机床上加工或确定在哪种机床上加工。有时还要确定在某台数控机床上加工该零件的工序或表面。

2) 确定加工工艺过程。在分析零件图样的基础上,确定零件的加工方法和加工路线,选定加工刀具并确定切削用量等工艺参数。

3) 数值计算。根据零件图的几何尺寸确定工艺路线及设定坐标系,计算零件粗、精加工运动的轨迹,得到刀位数据。对于由圆弧和直线组成的简单零件,只要求计算零件轮廓上各几何元素的交点或切点的坐标,得出各几何元素的起点、终点以及圆弧圆心的坐标值。如果数控系统无刀具补偿功能,还应该计算刀具中心的运动轨迹。对于由非圆曲线组成的复杂零件,由于数控机床通常只具有直线和平面圆弧插补功能,因而只能采用直线段或圆弧段逼近的方法进行加工,这时就要计算逼近线段和被加工曲线的交点(即节点)的坐标值。这种数值计算一般要用计算机来完成。对于简单的平面运动轨迹,各几何元素坐标值的计算通常由人工完成。

4) 编写程序单。根据计算出的运动轨迹坐标值和已确定的加工顺序、刀具号、切削参数以及辅助动作等,按照规定的指令代码及程序格式,逐段编写加工程序单。

5) 制作控制介质。将程序单的内容记录在控制介质上,再输入至数控装置。简单程序可以直接用键盘输入至数控装置,但在保存和使用之前,必须经过检验、调试和试切。

6) 程序检验与首件试切。检查由于计算和编写程序单造成的错误等。程序校验结束后,必须在机床上试切。如果加工出来的零件不合格,需修改程序再试,直到加工出满足图样要求的零件为止。程序检验方法有:

① 空运行。机床上不装夹工件,空运行程序,通过检查工件和刀具的轨迹、坐标显示值的变化来检验程序;也可把机床锁住,只观察坐标显示值的变化来检验。在数控铣床上加工平面零件时,还可用笔代替刀具,用坐标纸代替工件,进行空运行画图来检验。

② 图形模拟。在具有图形模拟功能的数控机床上,可通过显示进给轨迹或模拟刀具对工件的切削过程,对程序进行检查。

2. 数控编程的方法

数控编程一般分为手工编程和自动编程两种。

(1) 手工编制

手工编程是指从分析零件图、确定加工工艺过程、进行数值计算、编写零件加工程序单、制备控制介质到程序校验都是由人工完成的。对于加工形状简单、计算量小、程序不多的零件,采用手工编程较容易,而且经济、及时。因此,在点位加工或由直线与圆弧组成的轮廓加工中,手工编程仍广泛应用。手工编程是数控编程的基础,是数控操作人员必备的知识,我们讲授的内容以手工编程为主。

(2) 自动编制

即计算机自动编程,对于形状复杂的零件,特别是具有非圆曲线、列表曲线及曲面组成的零件,用手工编程就有一定困难,出错的概率增大,有时甚至无法编出程序,必须用自动编程的方法编制程序。除拟订工艺方案主要依靠人工完成外,其他工作均由计算机自动完成。自动编程方法包括高级编程语言、CAD 图形、语音等自动编程。高级编程语言主要是 APT 形式的专用数控编程系统,多数采用对话式、填表式等输入零件要素和工艺参数,由编程系统自动列出 G 代码指令,使用十分方便,不过一般通用性不强。目前国内,比较流行的自动编程方式

是 CAD/CAM 方式,这方面的软件主要是 Mastercam、pro/E、UG 等。自动编程适用于复杂零件的程序编制,可提高编程效率。

3. 数控加工中与对刀有关的概念

数控加工中的对刀与普通机床或专用机床中的对刀有所不同,数控加工中对刀的本质是建立工件坐标系,确定工件坐标系在机床坐标系的相对位置,使刀具运动轨迹有一个参考依据。所以关于数控加工中与对刀的有关概念必须掌握。

(1) 刀位点

代表刀具的基准点,也是对刀时的注视点,一般是刀具上的一点。

(2) 起刀点

是刀具相对零件运动的起点,即零件加工程序开始时刀位点的起始位置,而且往往是程序运行的终点。有时也指一段循环程序的起点。

(3) 对刀点与对刀

对刀点是用来确定刀具与工件的相对位置关系的点,是确定工件坐标系与机床坐标系的关系的点。对刀就是将刀具的刀位点对准某一基准点,以便建立工件坐标系。

2.2 数控机床的坐标系

我国机械工业部于 1982 年颁布了 JB3051—1982《数字控制机床的坐标和运动方向的命名》标准,该标准与 ISO841 等效。其命名原则和规定如下。

(1) 刀具相对静止工件而运动的原则

不论机床的具体结构是工件静止、刀具运动,或是工件运动、刀具静止,在确定坐标系时,一律看做是刀具相对静止的工件运动。

(2) 机床坐标的规定

基本坐标轴 X、Y、Z 关系及其正方向用右手直角笛卡儿定则。如图 2-2 示,在图中,大拇指的方向为 X 轴的正方向,食指的方向为 Y 轴的正方向,中指的方向为 Z 轴的正方向。

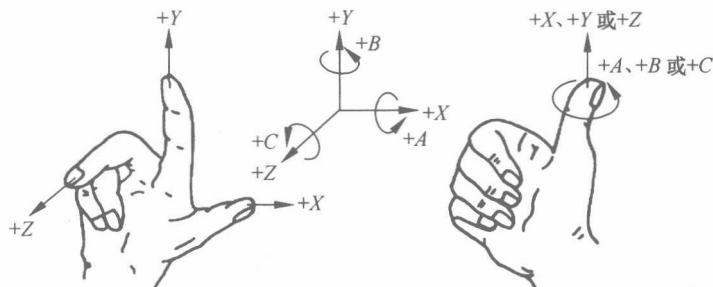


图 2-2 右手笛卡儿定则

(3) 运动方向的规定

增大刀具与工件之间距离的方向为坐标正方向。

2.2.1 数控机床的坐标轴

坐标轴判定的方法和步骤: