

新世纪
高等职业教育规划教材

数控机床编程

产文良 主 编

王执忠 黄诗梅 副主编



机械工业出版社
China Machine Press



新世纪高等职业教育规划教材

数控机床编程

主 编 产文良
副主编 王执忠 黄诗梅
参 编 罗友兰 汪平华 杜志敏
主 审 张光跃



机械工业出版社

本书为高等职业技术学院数控技术应用专业“数控编程技术”课程教材。全书分为手工编程和自动编程两部分,自动编程部分以 Mastercam 软件为例介绍计算机辅助编程的有关知识,并分别介绍数控加工工艺、数控车床编程、数控铣床编程、加工中心编程、二维图形的绘制、二维刀路的编制、三维图形的绘制、三维刀路的编制等内容。根据高等职业教育的基本要求,本书内容通俗,结构紧凑,循序渐进,深入浅出,书中有丰富的实例,易教、易学、易用。书中名词、术语及定义一律采用新的国家标准。

本书读者对象为高职高专数控技术应用、模具制造、机电一体化和机制类专业学生及有关工程技术人员。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床编程/产文良主编. —北京:机械工业出版社, 2002.7

新世纪高等职业教育规划教材

ISBN 7-111-10479-X

I. 数… II. 产… III. 数控机床-程序设计-高等学校:技术学校-教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 041994 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:贡克勤 版式设计:冉晓华 责任校对:张晓蓉

封面设计:姚毅 责任印制:闫焱

北京第二外国语学院印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2002 年 8 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm × 1092mm¹/₁₆ · 10.75 印张 · 265 千字

0 001—5 000 册

定价:15.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010) 68993821、68326677-2527

封面无防伪标均为盗版

新世纪高等职业教育规划教材编审委员会

主任委员 李维东 广东白云职业技术学院 常务副院长

副主任委员 陈周钦 广东交通职业技术学院 院长

石令明 广西柳州职业技术学院 院长

蔡昌荣 广州民航职业技术学院 副院长

覃洪斌 广西职业技术学院 副院长

姚和芳 湖南铁道职业技术学院 副院长

韩雪清 机械工业出版社教材编辑室 副主任

委 员 沈耀泉 深圳职业技术学院 副院长

郑伟光 广东机电职业技术学院 副院长

张尔利 广西交通职业技术学院 院长

谈向群 无锡职业技术学院 副院长

刘国生 番禺职业技术学院 副院长

陈大路 温州职业技术学院理工学区 主任

邹 宁 广西机电职业技术学院 副院长

成王中 济源职业技术学院 副院长

管 平 浙江机电职业技术学院 副院长

韦荣敏 广西柳州市交通学校 校长

田玉柯 遵义航天工业学校 校长

黄秀猛 厦门市工业学校 校长

张毓琴 广东白云职业技术学院 兼委员会秘书

编写说明

20 世纪 90 年代以来,我国高等职业教育为社会主义现代化建设事业培养了大批急需的各类专门人才,提高了劳动者的素质,对建设社会主义精神文明,促进社会进步和经济发展起到了重要作用。中共中央、国务院《关于深化教育改革,全面推进素质教育的决定》指出:“要大力发展高等职业教育。”教育部在《关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》中明确指出:“高职高专教育是我国高等教育的重要组成部分,培养拥护党的基本路线,适应生产、建设、服务第一线需要的,德、智、体、美等方面全面发展的高等技术应用性专门人才;学生应在具有必备的基础理论知识和专门知识的基础上,重点掌握从事本专业领域实际工作的基本能力和基本技能。”加入 WTO 以后,我国将面临人才资源的全球竞争,其中包括研究开发型人才的竞争,也包括专业技能型优秀人才的竞争。高等职业教育要适应我国现代化建设的需要,适应世界市场和国际竞争的需要,尽快为国家培养出大批符合市场需求的、有熟练技能的高等技术应用性人才。

教材建设工作是整个高等职业教育工作中的重要内容,在贯彻国家教改精神、保证培养人才质量等方面起着重要作用。根据目前高等职业教育发展的趋势,机械工业出版社组织全国多所在高等职业教育办学有特色、在社会上有影响的高职院校成立了“新世纪高等职业教育规划教材编审委员会”,诚请教学经验丰富、实践能力强的专业骨干教师,组织、规划、编写了这套“新世纪高等职业教育规划教材”,首批教材含三个专业系列共 21 本书(书目附后)。系列教材凝聚了全体编审人员、编委会委员的大量心血,同时得到了各委员院校的大力支持,在此表示衷心感谢。

参加本套教材编写的作者均来自教学一线,他们对高职教育的专业设置、教学大纲、教改形势都有深刻的认识和体会。这为编写出具有创新性、适用性的高职教材奠定了良好基础。

本套教材的编写以保证基础、加强应用、体现先进、突出以能力为本位的职教特色为指导思想,在内容上遵循“宽、新、浅、用”的原则。所谓“宽”,即知识面宽,适用面广;所谓“新”,就是要体现新知识、新技术、新工艺、新方法;所谓“浅”,是指够用为度、通俗易懂;所谓“用”,就是要注重应用、面向实践。

本套教材的出版,将促进高等职业教育的教材建设,对我国高等职业教育的发展产生积极的影响。同时,我们也希望在今后的使用中不断改进、完善此套教材,更好地为高等职业教育服务,为经济建设服务。

新世纪高等职业教育规划教材编审委员会

前 言

数控机床是机械制造系统中的重要设备,是制造业实现自动化、柔性化、集成化生产的基础,是工业现代化的三大支柱之一,是关系到国家战略地位和体现国家综合国力的重要产业。随着数控机床的发展与普及,急需大量数控机床的编程人员,本书正是为了适应这一要求而编写的。

我们组织了“双师型”教师编写了此书,本书深入浅出,内容丰富,详简得当,以法那科(FANUC)系统为例介绍了数控车床、数控铣床、加工中心的编程方法,并以当前应用最广的Mastercam软件为例,详细地介绍计算机辅助编程与加工知识。

本书是针对高职、中专、技校特点编写的,可作为数控技术应用专业、数控机床加工专业、模具专业和机电一体化专业的大中专、高职、技校、职中教材,也可作为从事数控机床工作的技术人员参考书。

本书由广东白云职业技术学院产文良主编(第二、三、四、五、六章),王执忠(第九章)、黄诗梅(第七章)为副主编。湖南铁道职业技术学院罗友兰编写第一章、广东白云职业技术学院汪平华编写第八章、杜志敏编写第十章。广东白云职业技术学院张光跃教授担任主审。

在本书的编写过程中,得到广东白云职业技术学院领导的大力支持,同时本院曾远琴老师做了大量文字录入工作,在此表示衷心感谢。由于作者水平有限,书中不当之处恳请专家读者批评指正。

编 者

目 录

编写说明

前 言

第一章 数控加工程序和数控加工

工艺 1

第一节 数控机床概述 1

第二节 数控机床的种类与应用 4

第三节 程序编制 6

思考与练习题 14

第二章 数控车床编程 15

第一节 数控车床编程基础 15

第二节 数控车床的编程方法 16

第三节 编程实例 22

思考与练习题 23

第三章 数控铣床编程 25

第一节 数控铣床程序的编制 25

第二节 编程实例 29

思考与练习题 29

第四章 数控钻镗床编程 31

第一节 数控钻镗床加工与编程特点 31

第二节 数控钻镗床的编程方法 31

第三节 数控钻镗床编程实例 34

思考与练习题 37

第五章 加工中心编程 38

第一节 加工中心编程基础 38

第二节 加工中心程序的编制 40

思考与练习题 42

第六章 Mastercam 简介及工作界面 44

第一节 Mastercam 简介 44

第二节 点的 10 种输入法 46

思考与练习题 47

第七章 二维图形的绘制与修整 48

第一节 绘图 48

第二节 删除 62

第三节 修整 63

第四节 转换 66

思考与练习题 69

第八章 二维刀路的编制 71

第一节 二维刀具路径模组概述 71

第二节 刀具设定及管理 72

第三节 二维刀具路径的生成 75

第四节 实例加工 88

思考与练习题 98

第九章 三维图形的建造 100

第一节 三维线架的构建 100

第二节 确定构图面的方法 102

第三节 三维曲面的构建 107

第四节 三维曲面编辑 115

第五节 三维实体 124

思考与练习题 138

第十章 三维刀路 139

第一节 三维刀路参数的设置 139

第二节 曲面加工 151

思考与练习题 165

参考文献 166

本书的出版，得到了教育部职业教育教材出版规划委员会的支持，也得到了各职业院校师生的广泛好评。在本书的编写过程中，我们得到了许多同行专家的指导和帮助，在此表示衷心的感谢。本书的出版，旨在为职业院校师生提供一本实用的教材，更好地为高职教育服务。

第一章 数控加工程序和数控加工工艺

随着科学技术和社会生产的迅速发展,机械产品日趋复杂,社会对机械产品的质量和生产率提出了越来越高的要求。在航空航天、造船、军工和计算机等工业中,零件精度高、形状复杂、批量小、变化大、加工困难、生产效率低、劳动强度大,质量难以保证。机械加工工艺过程的自动化和智能化是解决上述问题的最佳途径。一种灵活、通用、高精度、高效率的“柔性”自动化生产设备——数控机床在这种情况下应运而生。由于生产力水平的提高,数控机床的价格在不断下降,因此数控机床在机械行业中的使用已很普遍。

第一节 数控机床概述

一、数控技术的基本概念

数字控制 (Numerical Control), 简称 NC, 它是采用数字化信息实现加工自动化的控制技术, 用数字化信号对机床的运动及其加工过程进行控制的机床, 称作数控机床。早期的数控机床的 NC 装置是由各种逻辑元件、记忆元件组成随机逻辑电路, 是固定接线的硬件结构, 由硬件来实现数控功能, 称作硬件数控, 由这种技术实现的数控机床一般称作 NC 机床。

计算机数控 (Computer Numerical Control), 简称 CNC。现代数控系统是采用微处理器或专用微机的数控系统, 由事先存放在存储器里的系统程序 (软件) 来实现控制逻辑, 实现部分或全部数控功能, 并通过接口与外围设备进行联接, 称为 CNC 系统, 这样的机床一般称为 CNC 机床。

总之, 数控机床是数字控制技术与机床相结合的产物, 从狭义的方面看, 数控一词就是“数控机床”的代名词, 从广义的范围来看, 数控技术本身在其他行业中有更广泛的应用, 称为广义数字控制。数控机床就是将加工过程的各种机床动作, 由数字化的代码表示, 通过某种载体将信息输入数控系统, 控制计算机对输入的数据进行处理, 来控制机床的伺服系统或其他执行元件使机床加工出所需要的工件, 其工作过程见图 1-1。



图 1-1 数控机床的工作过程

二、数控机床的组成

现代计算机数控机床由程序、输入输出设备、计算机数控装置、可编程序控制器、主轴控制单元及速度控制单元等部分组成, 见图 1-2。

1. 程序的存储介质

在数控机床上加工零件时, 首先根据零件图样上的零件形状、尺寸和技术条件, 确定加工工艺, 然后编制出加工程序, 程序必须存储在某种存储介质上, 如纸带、磁带或磁盘等。

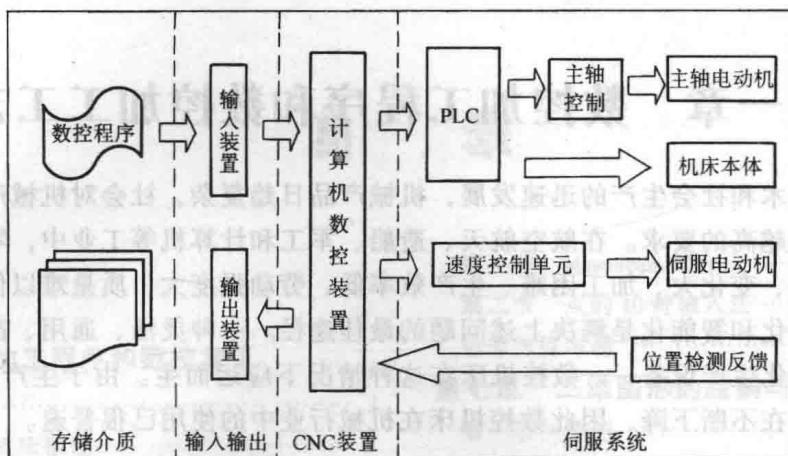


图 1-2 CNC 系统图

随着 CAD/CAM 技术的发展,有些数控设备利用 CAD/CAM 软件在其他计算机上编程,然后通过计算机与数控系统通信,将程序和数据直接传送给数控装置。

2. 输入、输出装置

存储介质上的加工信息需要输入装置:输送给机床数控系统,机床内存中的零件加工程序可以通过输出装置传送到存储介质上。输入、输出装置是机床与外围设备的接口,目前输入装置主要有纸带阅读机、软盘驱动器、RS232C 串行通信口、MDI 方式等。

3. 数控装置

数控装置是数控机床的核心,它接受输入装置送到的数字信息,经过数控装置的控制软件和逻辑电路进行译码、运算和逻辑处理后,将各种指令信息输出给伺服系统,使设备按规定的动作执行。现在的数控装置通常由一台通用或专用微型计算机构成。

4. 伺服系统

伺服系统包括伺服驱动电动机、各种伺服驱动元件和执行机构等。它是数控系统的执行部分。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的位移量叫做脉冲当量(也叫最小设定单位)。常用的脉冲当量为 $0.001\text{mm}/\text{脉冲}$ 。每个进给运动的执行部件都有相应的伺服驱动系统,整个机床的性能主要取决于伺服系统。常用伺服驱动元件有直流伺服电动机、交流伺服电动机、电液伺服电动机等。

5. 检测反馈系统

检测反馈装置的作用是对机床的实际运动速度、方向、位移量以及加工状态加以检测,把检测结果转化为电信号反馈给数控装置,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。检测反馈系统可分为半闭环和闭环两种系统。半闭环系统中,位置检测主要使用感应同步器、光栅、磁栅、激光测距仪等。

6. 机床本体

机床本体是数控机床的主体,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)和支承部件(如床身、立柱等),还有冷却、润滑、

转位部件,如夹紧、换刀机械手等辅助装置。

三、数控系统的主要功能

数控系统是数控机床的核心,数控系统的主要功能一般包括:

- (1) 多坐标控制(多轴联动) 同时控制数控机床的各坐标轴的进给运动。
- (2) 准备功能(G功能) 用来指定机床的运动方式。
- (3) 实现多种函数的插补(直线、圆弧、抛物线及螺旋线插补等) 用于刀具进给运动轨迹插补。
- (4) 代码转换 包括 EIA/ISO 代码转换、英制/公制转换、二-十进制转换、绝对值/增量值转换等。
- (5) 可编程偏置量设定 用于设置程序原点、刀具长度和刀具半径补偿值。
- (6) 固定循环加工 将一些典型的循环加工过程,如钻孔、攻螺纹、镗孔、切螺纹等,预先编制好程序并存放在存储器中,用 G 代码进行指定,从而简化零件的加工编程。
- (7) 进给功能 指定进给速度或进给率。
- (8) 主轴功能 指定主轴转速。
- (9) 辅助功能 规定主轴的起动、停止、转向,冷却系统的打开和关闭等。
- (10) 刀具功能 选择刀具和换刀。
- (11) 各种补偿功能 如刀具半径、刀具长度、传动间隙、螺距误差的补偿等。
- (12) 辅助编程功能 包括图形缩放和平移、坐标旋转、极坐标、镜像功能等,减少了手工编程的工作量和难度。
- (13) 子程序功能 调用子程序,使编程灵活,并简化编程。
- (14) 宏程序功能 通过编辑子程序中的变量来改变刀具路径与刀具位置。
- (15) 字符图形显示功能 在 CRT 上显示数控程序、各种参数、各种补偿值、坐标位置、故障信息、人机对话编程菜单、零件图形、动态刀具运动轨迹等。
- (16) 人机对话编辑功能 包括数据及加工程序的输入、编辑和修改。
- (17) 联网及通信功能:用于实现程序的传输、计算机直接数控(DNC: Directed NC)、分布式(Distributed)计算机数控和制造自动化协议(Manufacturing Automation Protocol,简称 MAP)。
- (18) 故障的自诊断功能 设置各种诊断程序,防止故障的发生和扩大。

四、数控加工过程

在数控机床上加工零件经过以下步骤,如图 1-3 所示。

1. 准备阶段

分析加工零件的图样,确定加工工艺方案(如制订工艺过程、选择机床、加工的切削用量、刀具、夹具等信息)和计算刀具轨迹坐标值(如运动轨迹的起点、终点、圆弧的圆心等)。

2. 编程阶段

根据加工工艺信息,用机床数控系统能识别的语言编写数控加工程序,程序就是对加工工艺过程的描述,并填写程序单。

3. 准备信息载体

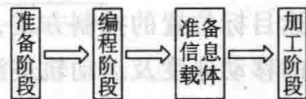


图 1-3 数控加工过程

根据已编好的程序单,将程序存放在信息载体(穿孔带、磁带、磁盘等)上,信息载体上存储着加工零件所需要的全部信息。目前,随着计算机网络技术的发展,可直接由计算机通过网络与机床数控系统通信。

4. 加工阶段

当执行程序时,机床系统将程序译码、寄存和运算,向机床伺服机构发出运动指令,以驱动机床的各运动部件,自动完成对工件的加工。

第二节 数控机床的种类与应用

数控机床的分类方法很多,大致有以下几种。

一、按工艺用途分类

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,按工艺用途分类大致如下:

1. 金属切削类数控机床

这类数控机床包括数控车床、数控钻床、数控铣床、数控磨床、数控镗床以及加工中心。切削类数控机床发展最早,目前种类繁多,功能差异也较大。这里需要特别强调的是加工中心,也称为可自动换刀的数控机床。这类数控机床都带有一个刀库,可容纳 10~100 多把刀具。其特点是:工件经一次装夹后,数控系统能控制机床自动地更换刀具,自动连续地对工件各加工面进行铣(车)、镗、钻、铰、攻螺纹等多道工序。

2. 金属成型类数控机床

这类数控机床包括数控折弯机、数控组合冲床、数控弯管机、数控回转头压力机等。这类机床起步晚,但目前发展很快。

3. 数控特种加工机床

如数控线(电极)切割机床、数控电火花加工、火焰切割机、数控激光切割机床等。

4. 其他类型的数控机床

如数控三坐标测量机等。

二、按运动方式分类

1. 点位控制数控机床

刀具从某一位置向另一位置移动时,不管中间的移动轨迹如何,只要刀具最后能正确到达目标位置的控制方式,称为点位控制。这类控制在移动过程中不进行切削加工,对两点的移动速度及运动轨迹没有严格要求,如图 1-4 所示。

2. 直线控制数控机床

这类数控机床除了控制点的位置之外,还要保证两点之间移动的轨迹是一条直线,对移动速度也要进行控制,因为机床在两点之间移动时要进行切削加工。一些数控车床、数控磨床和数控镗床等都属于直线控制数控机床,如图 1-5 所示。

3. 轮廓控制数控机床

轮廓控制又称连续轨迹控制,这类数控机床能够对两个或两个以上运动坐标的位移及速度进行连续相关的控制,因而可以进行曲线或曲面的加工。属于这类机床的有数控车床、数控铣床、加工中心等,如图 1-6 所示。

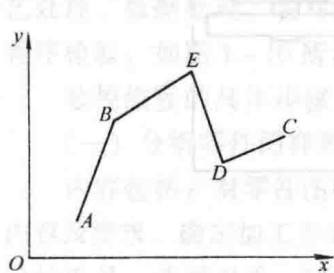


图 1-4 点位数控机床加工示意图

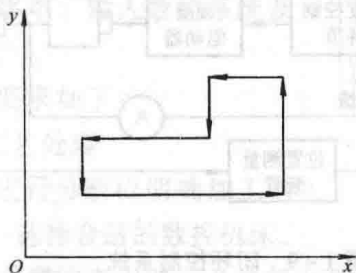


图 1-5 直线数控机床加工示意图

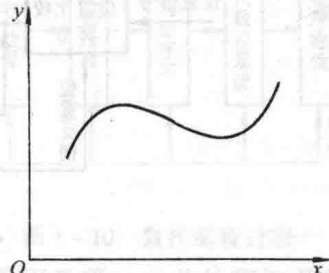


图 1-6 轮廓数控机床加工示意图

三、按控制方式分类

1. 开环控制系统

开环控制系统是指不带反馈的控制系统，即系统没有位置反馈元件，通常用步进电动机或电液伺服电动机作为执行机构。输入的数据经过数控系统的运算，发出指令脉冲，通过环形分配器和驱动电路，使步进电动机或电液伺服电动机转过一个步距角。再经过减速齿轮带动丝杠旋转最后转换为工作台的直线移动，如图 1-7 所示。

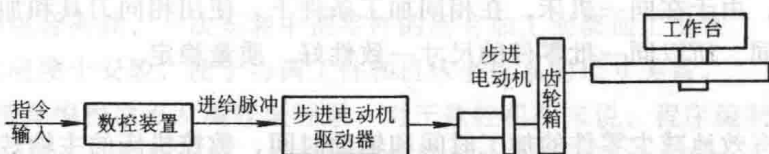


图 1-7 开环控制系统

2. 半闭环控制系统

半闭环控制系统是在开环系统的丝杠上装有角位移测量装置，通过检测丝杠的转角间接地检测移动部件的位移，然后反馈到数控系统中，由于惯性较大的机床移动部件不包括在检测范围之内，因而称作半闭环控制系统，如图 1-8 所示。

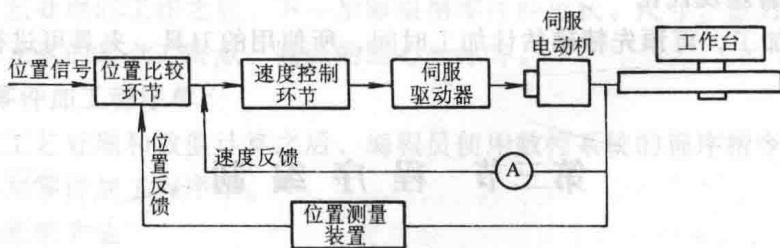


图 1-8 半闭环控制系统

3. 闭环数控系统

闭环数控系统是在机床移动部件上直接装有位置检测装置，将测量的结果直接反馈到数控装置中，与输入的指令位移进行比较，用偏差进行控制，使移动部件按照实际的要求运动，最终实现精确定位，如图 1-9 所示。

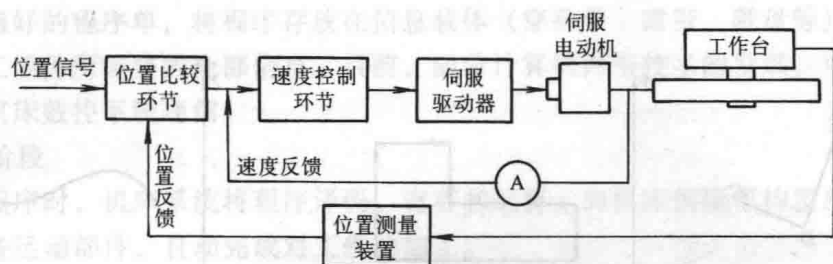


图 1-9 闭环控制系统

四、数控机床的应用

数控机床与普通机床相比，具有以下一些特点：

1. 具有高度柔性

在数控机床上加工零件，主要取决于加工程序，它与普通机床不同，不必制造、更换许多工具、夹具，不需要经常重新调整机床。

2. 加工精度高

数控机床的加工精度，一般可达 $0.001 \sim 0.1\text{mm}$ 之间，数控机床是按数字信号形式控制的，数控装置每输出一个脉冲信号，机床移动部件移动一个脉冲当量。

3. 加工质量稳定、可靠

加工零件时，由于在同一机床，在相同加工条件下，使用相同刀具和加工程序，刀具的走刀轨迹完全相同，所以同一批零件的尺寸一致性好，质量稳定。

4. 生产率高

数控机床可有效地减少零件的加工时间和辅助时间，数控机床的主轴转速和进给量的范围大，允许机床进行大切削量的强力切削，从而有效地节省了加工时间。对于复杂的零件可以采用计算机辅助编程。尤其在使用带有刀库和自动换刀装置的数控加工中心时，工件只需一次装夹就能完成多道工序的连续加工。

5. 改善劳动条件

数控机床加工前经调整后，输入程序并起动，机床就能自动连续地进行加工，直至加工结束。另外，机床一般是封闭式加工，既清洁，又安全。

6. 利于生产管理现代化

数控机床的加工，可预先精确估计加工时间，所使用的刀具、夹具可进行规范化、现代化管理。

第三节 程序编制

一、数控编程的基本概念

输入数控系统中的、使数控机床执行一个确定的加工任务的、具有特定代码和其他符号编码的一系列指令，称为数控程序。生成用数控机床进行零件加工的数控程序的过程，称为数控编程。

二、数控编程的步骤

现代数控机床都是按照事先编制好的零件数控加工程序自动地对工件进行加工的。一般

来说,数控编程过程主要包括:分析零件图样、工艺处理、数据处理、编写程序单、输入数控系统及程序检验,如图1-10所示。

数控编程的具体步骤与要求如下:

(一) 分析零件图样和工艺处理

内容包括:对零件图样进行分析以明确加工的内容及要求,确定加工方案、选择合适的数控机床、设计夹具、选择刀具、确定合理的走刀路线及选择合理的切削用量等。工艺处理涉及的问题很多,编程人员需要注意以下几点:

(1) 工艺方案及工艺路线 数控机床上确定工艺方案、工艺路线的原则是:

- 1) 应考虑数控机床使用的合理性及经济性,并充分发挥数控机床的功能。
- 2) 保证零件的加工精度和表面粗糙度要求。
- 3) 尽量缩短加工路线,减少空行程时间和换刀次数,以提高生产率。
- 4) 尽量使数值计算方便,程序段少,以减少编程工作量。
- 5) 合理选取起刀点、切入点和切入方式,保证切入过程平稳,没有冲击。
- 6) 保证加工过程的安全性,避免刀具与非加工面的干涉。

(2) 零件的安装与夹具选择 数控机床上安装零件,应考虑以下两点:

- 1) 尽量选择组合夹具,一次安装中把零件的所有加工面都加工出来。
- 2) 所用夹具应便于安装,便于协调工件和机床坐标系的尺寸关系。

(3) 正确地选择编程原点及编程坐标系 对于数控机床来说,程序编制时,正确地选择编程原点及编程坐标系是很重要的。编程坐标系是指在数控编程时,在工件上确定的基准坐标系,其原点也是数控加工时的对刀点。编程原点及编程坐标系的选择原则如下:

- 1) 所选的编程坐标系应使程序编制简单。
- 2) 编程原点应选在容易找正、并在加工过程中便于检查的位置。
- 3) 引起的加工误差最小。
- (4) 切削用量 切削用量包括,主轴转速、进给速度、背吃刀量等。

(二) 数学处理

在完成了工艺处理的工作之后,下一步需根据零件的形状、尺寸、走刀路线,计算出零件轮廓上各几何元素的起点、终点、圆弧的圆心坐标等。

(三) 编写零件加工程序单

在完成上述工艺处理和数值计算之后,编程员使用数控系统的程序指令,按照规定的程序格式,逐段编写零件加工程序单。

三、数控编程的方法

数控机床所使用的程序是按一定的格式并以代码的形式编制的,一般称为“加工程序”,目前零件的加工程序编制方法主要有以下三种。

1. 手工编程

手工编程是利用一般的计算工具,通过各种数学方法,人工进行刀具轨迹的运算,并进行指令编制。这种方式比较简单,很容易掌握,适应性大,适用于简单或中等复杂程度程序、计算量不大的零件编程,对机床操作人员来讲必须掌握。

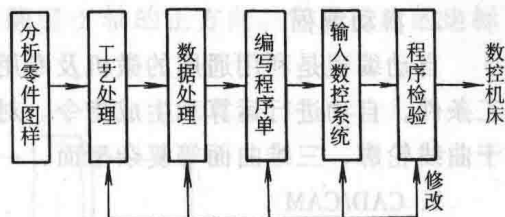


图1-10 数控编程过程

2. 自动编程

自动编程是利用通用的微机及专用的自动编程软件,以人机对话方式确定加工对象和加工条件,自动进行运算和生成指令。对形状简单的零件,手工编程是可以满足要求的,但对于曲线轮廓、三维曲面等复杂型面,一般采用计算机自动编程。

3. CAD/CAM

CAD/CAM 是以待加工零件 CAD 模型为基础的一种集成加工工艺规划及数控编程为一体的自动编程方法。适用于制造业中的 CAD/CAM 集成系统,目前正被广泛应用。

四、机床坐标系和工件坐标系

机床坐标系的建立是为了确定机床运动部件的一些特殊位置,如机床参考点、换刀点等。这些特殊点既限定了机床的运动范围(如行程范围及保护区),也是我们编程时的基本参照点。另外,机床坐标系也是确定工件在机床中所处位置的唯一办法,目前国际标准化组织已经统一了标准坐标系。

下面介绍几种常用的坐标系。

1. 机床坐标系

机床坐标系是机床上固有的坐标系,是机床运动部件的进给运动坐标系,其坐标轴及方向按标准规定,不同的机床有不同的坐标系(见图 1-11)。

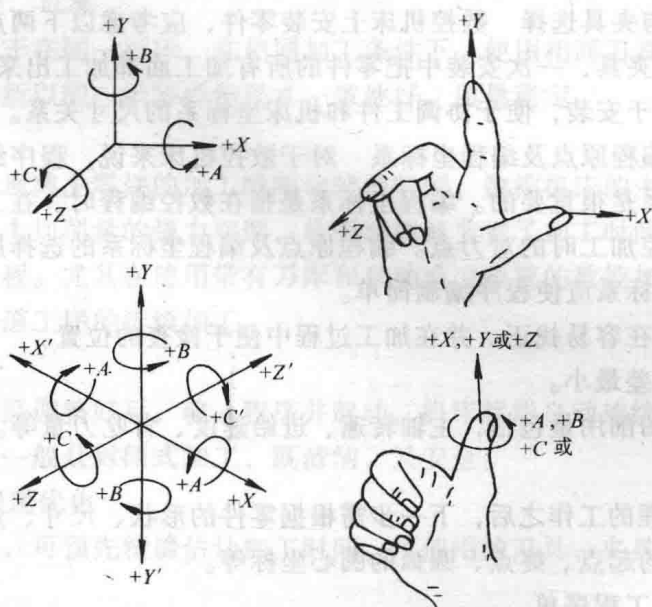


图 1-11 机床坐标系

标准中规定:机床主轴(传递切削力)即为机床坐标系中的 Z 轴,取远离工件的方向为正方向($+Z$)。当机床有多个主轴时,则选择一个垂直于工件装夹面的主轴为 Z 轴。

X 轴为水平方向,且垂直于 Z 轴并平行于工件的装夹表面。对于工件作旋转运动的机床(车床、磨床),取平行于横向滑座的方向(工件径向)为刀具运动的 X 轴坐标,同样,取刀具远离工件的方向为 X 的正方向;对于刀具作旋转运动的机床(如铣床、镗床),当 Z 轴为水平时,沿刀具主轴后端向工件方向看,向右的方向为 X 的正方向;如 Z 轴是垂直的,则从主轴向立柱看时,对于单立柱机床, X 轴的正方向指向右边;对于双立柱机床,当从主轴向左侧立柱看时, X 轴的正方向指向右边。

根据 Z 轴和 X 轴的正方向, 按右手直角坐标系来确定 Y 轴的正方向。常见机床的坐标方向如图 1-12、图 1-13、图 1-14、图 1-15 所示。

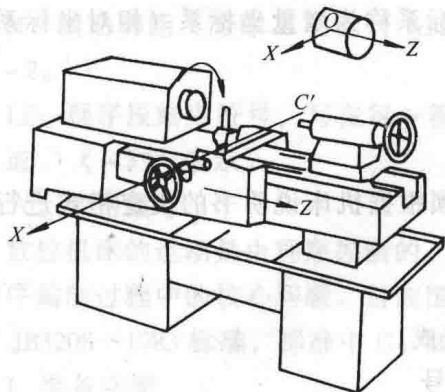


图 1-12 数控车床的坐标系

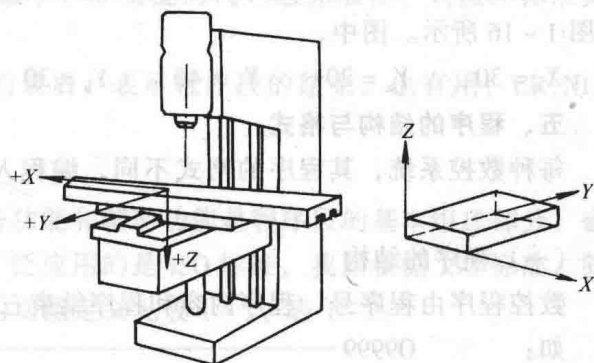


图 1-13 立式数控铣床的坐标系

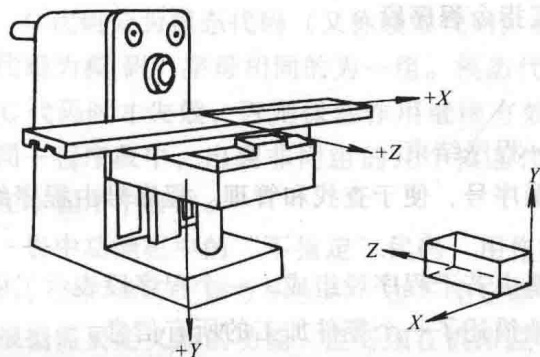


图 1-14 卧式数控铣床的坐标系

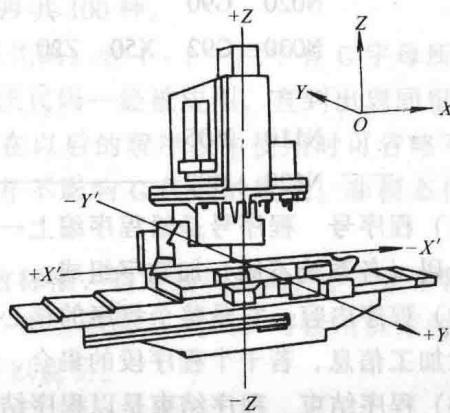


图 1-15 立式加工中心的坐标系

机床原点(机械原点)是机床坐标系的原点, 它的位置由各机床生产厂设定。需要特别注意的是, 在机床坐标系中与机床原点相对应的还有一个机床参考点, 它是机床生产厂商在机床上用行程开关设置的一个物理位置, 与机床原点的相对位置是固定的, 机床出厂前由机床生产厂商精密测量确定。机床参考点一般不同于机床原点。通常, 加工中心的参考点为机床的自动换刀位置。

2. 工作坐标系

工作坐标系又称编程坐标系, 是由编程者在编制零件加工程序时, 以工件上某一固定点为原点建立的坐标系。工作坐标系的原点称为工作零点(工作原点或程序原点)。工件零点一般设在工件的设计、工艺基准处, 便于尺寸计算。

3. 绝对坐标与增量(相对)坐标

在坐标系中, 所有的坐标点均以某一固定坐标系原点作为坐标位置的起点, 并以此计算各点的坐标值, 这个坐标系称为绝对坐标系, 如图 1-16 所

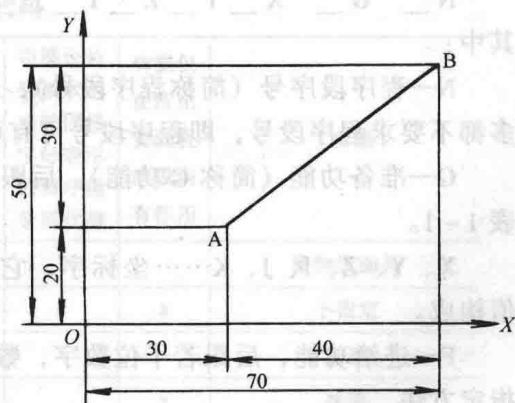


图 1-16 绝对坐标及增量坐标

示。绝对坐标系可以避免尺寸的积累误差。图中，
 $X_a = 30$ $Y_a = 20$ $X_b = 70$ $Y_b = 50$

在坐标系中，运动轨迹的终点是以起点计量的坐标系称为增量坐标系（相对坐标系），如图 1-16 所示。图中，

$$X_a = 30 \quad Y_a = 20 \quad X_b = 40 \quad Y_b = 30$$

五、程序的结构与格式

每种数控系统，其程序的格式不同，编程人员必须根据机床说明书的规定格式进行编程。

(一) 程序的结构

数控程序由程序号、程序内容和程序结束三部分组成。

```
如：      O9999 ----- 程序号
          N010  G59  X0  Z80
          N020  G90
          N030  G92  X50  Z20
          .....
          N110  M05
          N120  M02 ----- 程序结束
                                } 加工指令程序段
```

(1) 程序号 程序号是给程序编上一个数字顺序号，便于查找和管理。程序号由程序编号地址码（各系统不同）加数字组成。

(2) 程序内容 它是整个程序的核心部分，是由若干程序段组成。一个程序段表示工件的一段加工信息，若干个程序段的集合，则完整地描述了一个零件加工的所有信息。

(3) 程序结束 程序结束是以程序结束指令 M02 和 M30 来结束整个程序。

(二) 程序段的格式

程序段格式是指指令在程序段中的顺序，不同的数控系统有不同的程序段格式。

一个程序段是由若干程序字组成，字则由地址字（英文字母）和数字（数字及符号）组成。常用地址符的含义见表 1-1。

常见程序段格式如下：

```
N__ G__ X__ Y__ Z__ I__ J__ K__ F__ S__ T__ M__ LF
```

其中：

N—程序段序号（简称程序段号），后跟 2~4 位数字，如 N0001 等。现代 CNC 系统中很多都不要求程序段号，即程序段号可有可无。

G—准备功能（简称 G 功能），后跟 2 位数，G 功能的代号已标准化，其 ISO 国际标准见表 1-1。

X、Y、Z、I、J、K……坐标字，它由地址符、+、- 符号及绝对值（或增量）的坐标值构成。

F—进给功能，后跟若干位数字，数字的单位取决于每个数控系统所采用的进给速度的指定方法。

S—主轴功能，后跟若干位数字。

T—刀具功能，后跟若干位数字。T 后跟两位数字用以指定刀具号，如 T05 表示第五号