

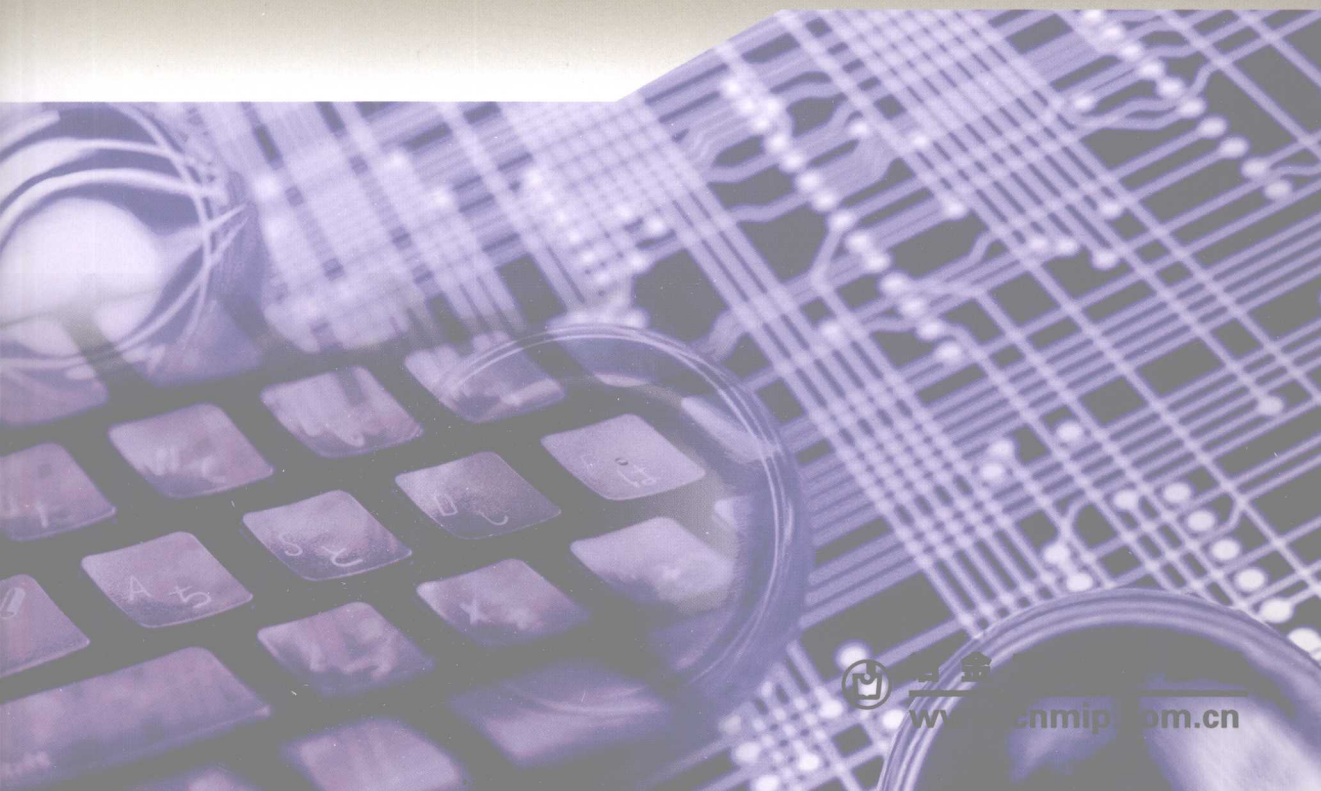


高职高专“十一五”规划教材

机械电子类

数控编程 与操作技术

韩加好 主编



金

www.cnmp.com.cn

高职高专“十一五”规划教材·机电类

数控编程与操作技术

主 编 韩加好
副主编 张运强 陈 颖
穆 瑞 刘秋明



北 京
冶 金 工 业 出 版 社
2008

内 容 简 介

本书主要包括数控加工基本概念; 数控车床、数控铣床、加工中心结构及其功能; 数控编程方法和典型零件的编程; 数控车床、数控铣床、加工中心的操作和程序加工等内容。

本书按项目编写, 项目内容循序渐进, 在每个项目中尽可能地将 FANUC-0i(0iMate)和 Simens802D 系统对应的指令与功能进行编程加工对比。程序编制中将工艺、刀具、切削用量等理论和实践知识紧密联系, 力求突出数控编程与机床操作两方面的技能结合, 使学生在短期学习后达到具有中、高级数控编程技术和技能的水平。

为方便教师教学, 本书配套制作了多媒体教学课件。

本书可作为高职高专、成人高校和中专、技校等数控专业的教科书和数控技术的培训教材, 也可供从事数控加工的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

数控编程与操作技术/韩加好主编. —北京: 冶金工业出版社,
2008.6

ISBN 978-7-5024-4661-1

I.数… II.韩… III.F230 IV.F230

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 092788 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 postmaster@cnmip.com.cn

责任编辑 刘 源

ISBN 978-7-5024-4661-1

北京天正元印务有限公司印刷; 冶金工业出版社发行; 各地新华书店经销

2008 年 6 月第 1 版, 2008 年 6 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 16 印张; 361 千字; 250 页; 1-3000 册

29.00 元

冶金工业出版社发行部 电话: (010)64044283 传真: (010)64027893

冶金书店 地址: 北京东四西大街 46 号(100711) 电话: (010)65289081

(本书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

前 言

在经济全球化趋势和加入世贸组织的格局下,我国的产业结构发生了重大变化,制造业迸发出巨大崭新的生机,中国制造业正向世界制造业基地转变,在机械产品数量不断增加的同时,对产品的性能也提出了越来越高的要求,质量和效率已成为企业生存和发展的关键。在当前的机械加工中,普通机床已不能跟上高精度和高效率发展的需要,现代企业纷纷采用各种先进的各类数控设备用作保证产品加工质量的重要技术措施,为企业带来了较好的经济效益。

随着数控机床制造业和数控机床应用在我国蓬勃发展的蓬勃,数控机床的品种、数量、加工范围和精度都取得了惊人的成就,企业对数控技术型人才的需求越来越多,这就需要培养大量的数控技术专业人才,以满足企业的需要。高素质的数控技术应用人才是知识技能型人才,其培养的关键点在知识和技能的结合上,既不在于手头功夫和感觉,更不能片面的强调学科教学,应该是既要能动脑,更要能动手,这样的人才经过实践的锻炼,才能够在工作中迅速成长为高技能人才。

目前我国有关数控编程与操作方面的教材和指导资料很多,但其中大部分存在或多或少比较明显的问题,如理论与实践结合不够紧密;编程与工艺没有紧密结合;按章节内容讲解,不能把编程、工艺、加工有机结合。为响应教育部提倡工学结合培养模式的号召,切实提高数控人才培养质量,目前各校正在进行数控专业的培养机制和教学模式改革。很多学校已尝试新的教学模式,在新模式中数控编程与操作课程采用理论实践一体教学。

从2005年开始,编者也进行了数控专业理论实践一体化教学改革,在几年的改革中,我们对一体化教学模式有了比较深刻的理解,深深体会到一本合适的教材对一体化教学的关键性作用。为满足工学结合培养模式的需求,编者编写了这本数控编程与操作理论实践一体化教材。

本教材主要优点如下:

(1) 针对性强。针对高职教育目标,培养数控操作技能及应用能力。针对培养目标设置实践项目,教材内容的选择既考虑了学生的能力和基础,又反映学生身心特点,便于学生接受。

(2) 实用性强。教材的实践载体提倡在仿真和真实的职业环境下进行,体现“贴近技术、贴近生产、贴近工艺”的要求。

(3) 可操作性强。认真筛选,选择那些针对性强、训练目标明确,便于学生操作的项目来编写教材。

(4) 考核作用强。教材分项目编写,在每个项目中都有最终要完成的实践内容,并用相应的评价指标或评分表去测评任务完成情况,这样能够在平时就能完成各模块考核,较为准确地反映学生学习成绩。

(5) 指导作用强。本教材每个项目开始都明确提出学习目标和要求,便于学生掌握知识和能力要点,也便于教师组织和开展教学,在某种程度上甚至可以说本教材就是一本教

案和备课笔记的统一。

(6) 经验性强。本教材的编写者从 1999 年开始在生产一线操作和管理数控机床编程与加工, 具备较强的实践能力, 在本书中穿插介绍了一些相关的宝贵实践经验。

本书由韩加好任主编, 张运强、陈颖、穆瑞任、刘秋明副主编, 杨小军参加编写。全书由韩加好统稿。

由于编者水平所限, 书中如有不足之处敬请使用本书的师生与读者批评指正, 以便修订时改进。如读者在使用本书的过程中有其他意见或建议, 恳请向编者(bjzhangxf@126.com)踊跃提出宝贵意见。

编 者

目 录

第一篇 数控车床编程与操作

项目一 数控车床基本知识.....	1
项目二 数控机床编程基本知识	6
项目三 数控机床的 MDI 面板与 控制面板	12
项目四 程序编辑练习	18
项目五 手动加工练习	26
项目六 对刀练习	29
项目七 G01 外圆自动加工练习	34
项目八 G90 与 G94 车削循环加工练习 (FANUC 0i-MATE-TC 系统)	43
项目九 复合循环加工练习	46
项目十 圆弧插补指令的使用	50
项目十一 封闭切削循环指令	53
项目十二 G01 切槽自动加工练习	56
项目十三 子程序编程加工练习	59
项目十四 螺纹加工练习	61
项目十五 G76 指令编制螺纹加 工程序	66
项目十六 尺寸精度控制措施	72
项目十七 内孔加工练习	75
项目十八 内槽内螺纹编程加工练习	77
项目十九 宏程序的编制	79

项目二十 综合件编程加工练习	88
综合训练一	89
综合训练二	92
综合训练三	96
综合训练四	99
综合训练五	102
综合训练六	106

第二篇 数控铣床加工中心 编程与操作

项目一 数控铣床操作入门	110
项目二 槽类零件加工	123
项目三 数控铣加工入门	132
项目四 孔系加工	138
项目五 外形铣削	154
项目六 内腔铣削	166
项目七 综合加工一	180
项目八 加工中心	196
项目九 坐标变换加工	213
项目十 综合件加工二	226
项目十一 后处理程序的修改与传输	233
项目十二 DNC 传输及加工	241
附录	248

第一篇 数控车床编程与操作

项目一 数控车床基本知识

【学习目标】

1. 了解数控技术和数控机床的概念
2. 了解数控机床的发展
3. 掌握数控机床的工作原理
4. 了解数控车床结构布局
5. 了解数控车床分类

【学习重点】

数控机床工作原理。

【学习难点】

数控机床工作原理。

一、基本知识学习

(一)数控技术与数控机床的概念

1. 数控技术

数控技术是数字控制(Numerical Control, NC)技术的简称。是指用数字化信号对设备运行及其加工过程进行控制的一种自动化技术,它是一种可编程的自动控制方式。随着科学技术的发展,数控系统也采用专用或通用计算机及控制软件与相关的电气元部件一起来实现数控功能,称为计算机数控(CNC)系统。

2. 数控机床

装备了数控系统的机床称为数控机床。数控机床在计算机控制系统的控制下按照一定的加工指令控制主轴系统、进给系统、刀具库系统和冷却系统等辅助设备的工作。

(二)数控机床的发展

自1952年第一台数控铣床在美国诞生以来,随着电子技术、计算机技术、自动控制和精密测量技术的发展,数控机床得到迅速的发展和更新换代。

数控机床的发展先后经历了电子管(1952年)、晶体管(1959年)、小规模集成电路(1965年)、大规模集成电路及小型计算机(1970年)和微处理器或微型计算机(1974年)等五代数控系统。前三代系统采用电子线路实现的硬件式数控系统,一般称为普通数控系统,简称NC。第四代和第五代系统是采用微处理器及大规模或超大规模集成电路组成的软件式数控系统,称为现代数控系统,简称CNC(第四代)和MNC(第五代)。由于现代数控系统的控制功能大部分由软件技术来实现,因而硬件得到进一步简化,系统可靠性提高,功能更加灵活和完善。目前现代数控系统几乎完全取代了以往的普通数控系统。

随着数控系统的不断更新换代,数控机床的品种也得以不断发展,产量也不断地提高。

目前,世界数控机床的品种已超过 1500 种,几乎所有品种的机床都实现了数控化。

我国数控机床的研制始于 1958 年,由清华大学研制出了最早的样机。1966 年我国诞生了第一台用直线—圆弧插补的晶体管数控系统。1970 年初研制成功集成电路数控系统。1980 年以来通过研究和技术引进,我国数控机床发展很快,现已掌握了 5~6 轴联动、螺距误差补偿、图形显示和高精度伺服系统等多项关键技术。

(三)数控机床工作原理

1. 数控机床组成及其外形

传统观点认为数控机床由程序载体、输入输出设备、数控系统、伺服系统和机床本体等组成。但现代数控机床的数控系统都采用模块化结构,伺服系统中的伺服单元和驱动装置为数控系统中的一个子系统,输入、输出装置也为数控系统中的一个模块,所以,现在的观点认为数控车床主要由计算机数控系统和机床本体组成。

(1) 输入装置。

数控机床是按照编程人员编制的工件加工程序运行的。在工件加工程序中,包括机床上刀具和工件的相对运动轨迹、工艺参数(走刀量和主轴转速等)和辅助运动等。通常编程人员将工件加工程序以一定的格式和代码存储在一种载体上,如录音磁带、软磁盘或硬盘等。通过数控机床的输入装置,将程序信息输入到数控装置内。

输入装置的作用是将程序载体内有关加工的信息读入数控装置。根据程序载体的不同,输入装置可以是录音机或软盘驱动器等。

数控机床还可以不用任何载体,通过数控机床操作面板上的键盘,用手工将工件加工程序输入数控装置,或者将存储在计算机硬盘上的工件加工程序传送到数控装置。

(2) 计算机数控装置。

数控装置是数控机床的核心,它根据输入的数据,完成数值计算、逻辑判断和输入输出控制等。数控装置一般由专用(或通用)计算机、输入输出接口板及可编程序控制器(PLC)等组成。可编程序控制器主要用于对数控车床辅助功能、主轴转速功能和刀具功能的控制。

(3) 伺服系统。

伺服系统包括主轴伺服单元、进给伺服单元、机床控制线路、功率放大线路及驱动装置,它接受数控装置发来的各种动作命令,驱动数控机床传动系统的运动。它的伺服精度和动态响应是影响数控机床的加工精度、表面质量和生产率的重要因素之一。

(4) 测量装置。

测量装置的作用是通过位置传感器将伺服电动机的角位移或数控车床执行机构的直线位移转换成电信号,输送给数控装置,使之与指令信号进行比较,并由数控装置发出指令,纠正所产生的误差,使数控车床按工件加工程序要求的进给位置和速度完成加工。

(5) 机床本体。

机床本体包括主传动系统、进给系统以及辅助装置等。对于数控加工中心,还有存放刀具的刀库、自动换刀装置(ATC)和自动托盘交换装置等。与传统的车床相比,数控车床的结构强度、刚度和抗振性,传动系统和刀具系统的部件结构与操作机构等方面都发生了很大的变化,其目的是为了满足不同数控技术的要求和充分发挥数控车床的效能。

2. 数控系统的主要功能

(1) 多轴控制功能。

控制系统可以控制坐标轴的数目指的是数控系统最多可以控制多少个坐标轴,其中包括平动轴和回转轴。基本平动坐标轴是 X、Y、Z 轴,基本回转坐标轴是 A、B、C 轴。联动轴是指数控系统按照加工的要求可以控制同时运动的坐标轴的数目。如某型号的数控机床

具有 X、Y、Z 3 个坐标轴运动方向,而数控系统只能同时控制两个坐标(XY、YZ、XZ)方向的运动,则该机床的控制轴数为 3 轴(称为三轴控制),而联动轴数为 2 轴(称为两轴联动)。

(2) 插补功能。

指数控机床能够实现的运动轨迹。如直线、圆弧、螺旋线、抛物线和正弦曲线等。数控机床的插补功能越强,说明加工的轮廓种类越多。

(3) 进给功能。

包括快速进给(空行程移动)、切削进给、手动连续进给、点动、进给量调整(倍率开关)和自动加减速等功能。进给功能与伺服驱动系统的性能有很大的关系。

(4) 主轴功能。

可实现恒转速、恒线速度、定向停车及转速调整(倍率开关)等功能。恒线速度指主轴可以自动变速,使得刀具对工件切削点的线速度保持不变。主轴定向停车功能主要用于数控机床在换刀和精镗等工序退刀前,对主轴进行精确定位,以便于退刀。

(5) 刀具功能。

指在数控机床上可以实现刀具的自动选择和自动换刀。

(6) 刀具补偿功能。

包括刀具位置补偿、半径补偿和长度补偿功能。半径补偿中有车刀的刀尖半径、铣刀半径的补偿,长度补偿中有车刀长度变化的补偿。

(7) 机械误差补偿功能。

指系统可以自动补偿机械传动部件因间隙产生的误差的功能。

(8) 操作功能。

数控机床通常有单程序段运行、跳段执行、连续运行、试运行、图形模拟仿真、机械锁住、暂停和急停等功能,有的还有软件操作功能。

(9) 程序管理功能。

指对加工程序的检索、编制、插入、删除、更名、锁住、在线编辑(即后台编辑,在执行自动加工的同时进行编辑)以及程序的存储通信等。

(10) 图形显示功能。

在显示器(CRT)上进行二维或三维、单色或彩色的图形显示。图形可以进行缩放、旋转,还可以进行刀具轨迹动态显示。

(11) 辅助编辑功能。

如固定循环、镜像、图形缩放、子程序、宏程序、坐标轴旋转和极坐标等功能,可减少手工编程的工作量和难度。

(12) 自诊断报警功能。

指数控系统对其软件、硬件故障的自我诊断能力。这项功能可以用于监视整个机床和整个加工过程是否正常,并在发生异常时及时报警。

(13) 通讯功能。

现代数控系统中一般都配有 RS232 接口或 DNC 接口,可以与计算机进行信号的高速传输。高档数控系统还可以与 MAP 或 Internet 相连,以适应 FMS、CIMS 的要求。

3. 数控机床的工作原理

如图 1-1-1 所示,首先根据零件图样,进行工艺分析,确定工艺方案,依据数控系统的规定指令,编制零件的加工程序。视零件结构的复杂程度,可以采用手工或计算机编程,程序较小时,可以直接在机床的操作面板的输入区域操作;程序较大时,也可以在装有程序软件的普通计算机上进行,编程软件国内一般采用模拟软件和专用软件,经过相应的处

理后,生成加工程序,再通过机床控制系统上的接口或其他存储介质(软盘和光盘等),把生成的加工程序输入到机床的控制系统中。进入数控装置的信息,经过一系列处理和运算转变成脉冲信号。有的信号输送到机床的伺服系统,通过伺服机构处理,传到驱动装置(主轴电机、步进或交、直流伺服电机),使刀具和工件严格执行零件加工程序规定的运动;有的信号送到可编程控制器,可以控制机床的其他辅助运动,如主轴和进给运动的变速、液压或气动装夹。

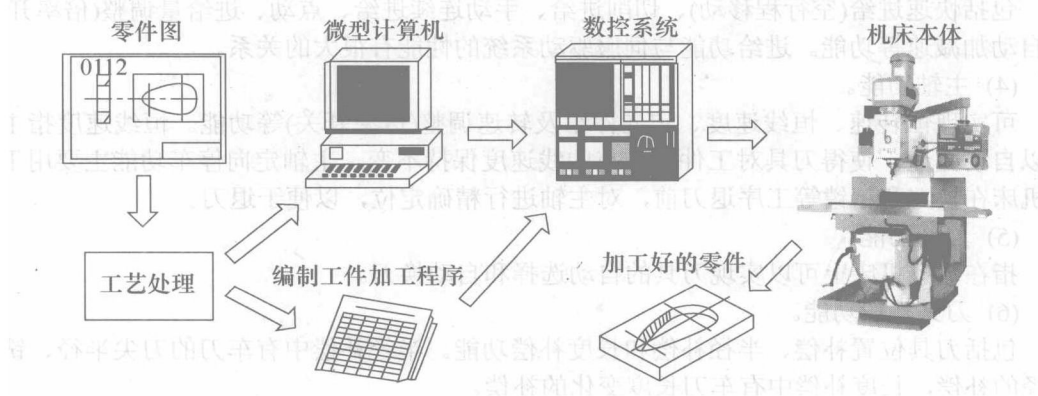


图 1-1-1 数控机床的工件过程

(四)数控车床结构布局

1. 数控车床的用途

数控车床和普通车床一样,用于加工轴类或盘类回转体零件。

2. 数控车床的组成及特点

数控车床在结构上与普通车床很相似,仍然由床身、主轴箱、进给传动系统、刀架以及液压、冷却和润滑系统等部分组成,只是数控车床的进给系统与普通车床有着本质上的差别。

3. 数控车床的布局

(1) 床身和导轨的布局。

数控车床床身和导轨与水平面的相对位置有 4 种布局形式:水平床身、斜床身、水平床身斜滑板和立床身。

(2) 刀架的布局。

数控车床多采用回转式刀架,其布局形式有两种:一种是卧式回转刀架,其回转轴垂直于主轴,一般为 4 工位;另一种是立式回转刀架,其回转轴平行于主轴,有 6 工位、8 工位、10 工位和 12 工位等几种。

(五)数控车床的分类

随着现代制造技术的不断发展,数控车床的品种不断增多,一般按以下几种方法进行分类。

1. 按数控车床的功能分类

(1) 经济型数控车床。

(2) 全功能型数控车床。

(3) 车削中心。

2. 按主轴的配置形式分类

- (1) 卧式数控车床：主轴轴线处于水平位置的数控车床。
- (2) 立式数控车床：主轴轴线处于垂直位置的数控车床。
- (3) 具有两根主轴的车床，也称为双轴卧式数控车床或双轴立式数控车床。

3. 按数控系统控制的轴数分类

- (1) 两轴控制的数控车床：机床上只有一个回转刀架，可实现两坐标轴控制。
- (2) 四轴控制的数控车床：机床上有两个独立的回转刀架，可实现四坐标轴控制。

二、实 践 训 练

1. 实践内容：现场认知数控车床。

2. 具体要求：

- (1) 认识数控车床的各组成部分，观察机床的布局。
- (2) 记录并分析加工现场数控车床的功能状况，如机床的进给速度范围、主轴转速范围、控制轴数与联动轴数、刀架装夹刀具数，判断机床的档次。
- (3) 观察机床编程加工的全过程。

三、思 考 题

1. 查阅目前较先进的数控系统并简述其先进功能。
2. 简述数控机床的工作过程，说明在这个工作过程中机床要相应具备哪些软硬件。
3. 列举几个国内的数控车床生产厂家。

项目二 数控机床编程基本知识

【学习目标】

1. 掌握数控编程的内容。
2. 了解数控编程的方法。
3. 掌握程序的格式。
4. 掌握数控机床坐标系的确定。

【学习重点】

1. 程序的格式。
2. 数控机床坐标系的确定。

【学习难点】

数控机床坐标系的确定。

一、基本知识学习

数控编程是实现零件数控加工的关键环节，它包括从零件分析到获得数控加工程序的全过程。

(一)数控编程的内容

一般来说，数控编程包括以下几方面工作。

1. 分析零件图，制定加工工艺方案

根据零件图样，对零件的形状、尺寸、材料、精度和热处理要求等进行工艺分析，合理选择加工方案，确定工件的加工工艺路线、工序及切削用量等工艺参数，确定所用机床、刀具和夹具。

2. 数学处理

根据零件的几何尺寸、工艺要求及编程的方便，设定坐标系，计算工件粗、精加工的轮廓轨迹，获得刀位数据。数控系统一般具有直线和圆弧插补功能，所以，对于由直线和圆弧组成的形状简单的零件轮廓加工，只需计算出几何元素的起点、终点、圆弧的圆心、两几何元素的交点或切点坐标值即可，有些要计算刀具中心的运动轨迹；对于由非圆曲线或曲面组成的形状复杂的零件，需要用直线段或圆弧段来逼近曲线，根据加工精度的要求，计算出节点坐标，这个工作一般使用计算机完成。

3. 编写零件加工程序

根据制定的加工工艺路线、切削用量、刀具补偿量、辅助动作及刀具运动轨迹等条件，按照机床数控系统规定的功能指令代码及程序格式，逐段编写加工程序。

4. 记录程序并输入到数控机床

记录编制好的程序并传输到数控机床中，这个工作可通过手工在操作面板直接输入，或利用通信方式输入，由传输软件把计算机上的加工程序传输到数控机床。

5. 程序校验和试切

输入到数控系统的加工程序在正式加工前需要进行验证，以确保程序正确。通常可采用机床空运行的方法，检查机床动作和运动轨迹是否正确。在有图形功能的数控机床上，

可以利用模拟加工的图形显示来检查运行轨迹的正确性。需注意的是这些方法只能检验运动轨迹是否正确,不能检验被加工零件的精度。因此,需要进行零件的首件试切,当发现加工的零件不符合加工技术要求时,分析产生加工误差的原因,找出问题,修改程序或采取尺寸补偿等措施。

(二)数控编程方法

1. 手工编程

手工编程就是指数控编程内容的工作全部由人工完成。对形状比较简单的工件,其计算量小,程序短,手工编程快捷、简便。对形状复杂的工件采用手工编程有一定难度,有时甚至无法实现。一般说来,由直线和圆弧组成的工件轮廓采用手工编程,非圆曲线、列表曲线组成的轮廓采用自动编程。

2. 自动编程

自动编程就是利用计算机专用软件完成数控机床程序编制工作。编程人员只需根据零件图样的要求,使用数控语言由计算机进行数值计算和工艺参数处理,自动生成加工程序,再通过通信方式传入数控机床。

(三)程序格式

1. 字符与代码

字符是用于组织、控制或表示数据的一些符号,用来进行信息交换,数字、字母、标点符号、数学运算符都可以用作字符,常规加工程序应用 4 种字符:英文字母、数字和小数点、正负号、功能字符。

2. 程序字(简称字或指令字)

字是一套可以作为一个信息单元进行存储、传递和操作的有规定次序的字符,字符的个数即为字长。常规加工程序中的字都是由英文字母及随后的数字组成,这个英文字母称为地址符,地址符与后续数字之间可有正负号,如 X30 Z-25。

常用地址符功能见表 1-2-1。

表 1-2-1 常用地址符功能

功能	地址符	意义
程序号	O, P	程序号, 子程序号的指令
顺序号码	N	程序段号
准备功能	G	指令动作方式
坐标字	X, Y, Z	坐标轴的移动指令
	A, B, C, U, V, W	附加坐标轴的移动指令
	I, J, K	圆弧中心坐标
	R	圆弧半径
进给速度	F	进给速度指令
主轴功能	S	主轴转速指令
刀具功能	T	刀具编号
辅助功能	M, B	主轴、冷却液的开/关, 工作台分度等

3. 字的几种功能

(1) 语句号 N(也称为程序段号)。程序是一句一句编写的,一句程序称为一个程序段。程序段号字用以识别每一程序段,由地址符 N 和若干位数字组成。例如, N40 表示该程序段的语句号为 40。

(2) 准备功能字 G(又称 G 功能、G 指令、G 代码)。准备功能用来建立机床或数控系统工作方式的一种命令,使数控机床做好某种操作准备,用地址码 G 和两位或三位数字表示。需要指出的是不同生产厂家数控系统的 G 指令的功能相差大,编程时必须遵照机床使用说明书进行。

(3) G 指令分为模态指令(续效指令)和非模态指令(非续效指令)。非模态指令只在本程序段中有效,模态指令可在连续几个程序段中有效,直到被相同组别的指令取代。指令表中标有相同数字或字母的为的一组,如 G00、G01、G02、G03、G04,其中 G04 为非模态指令,其余为模态指令。

(4) 尺寸字。由地址符、符号(+、-)、绝对(或相对)数值组成。尺寸字的地址符有 X、Y、Z、U、V、W、P、Q、R、A、B、C、I、J、K、D、H 等。例如 X15、Y-20,其中“+”可省略。

(5) 进给功能字 F。表示加工时的进给速度,由地址码 F 和后面的若干位数字组成。

(6) 主轴转速功能字 S。表示数控机床主轴转速,由地址码 S 和后面的若干位数字组成。

(7) 刀具功能字 T。由地址码 T 和后面的若干位数字组成。数字表示刀号,数字位数由数控系统决定。

(8) 辅助功能字 M(又称 M 功能、M 指令、M 代码)。用来控制机床辅助动作或系统的开关功能,由地址码和后面的两位数字组成。

4. 程序段格式

如图 1-2-1 所示,零件的加工程序由若干个程序段组成。程序段格式是指一个程序段中字、字符、数据的书写规则,目前使用最多的是“字—地址”程序段格式。

“字—地址”程序段由号字、数据字和程序段结束符组成。各字后有地址,字的排列顺序要求不严格,数据的位数可多可少,不需要的字以及与上一程序段相同的续效字可以不写。如: N30 G01 X50 Z-20 F100 S400 T01 M03

需要说明的是数控加工程序内容、指令和程序段格式虽然在国际上有很多标准,实际上并不是完全统一,所以在编制加工程序前,必须详细了解机床数控系统的编程说明书中的具体指令格式和编程方法。

(四)数控机床坐标系

为简化编程和保证程序的通用性,对数控机床的坐标轴和方向命名制定了统一的标准。国际标准化组织以及一些工业发达国家都先后制定了数控机床坐标和运动命名的标准。

1. 坐标和运动方向命名的原则

(1) 数控机床中统一规定采用右手直角笛卡儿坐标系命名,如图 1-2-2 所示。

图中大拇指的指向为 X 轴的正方向,食指指

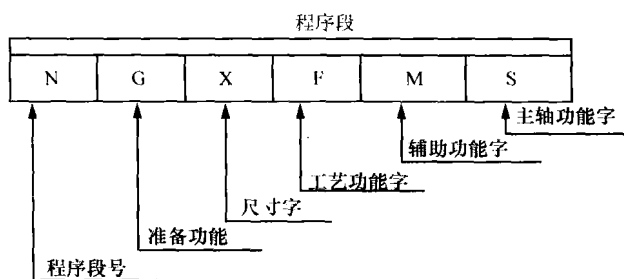


图 1-2-1 程序段格式

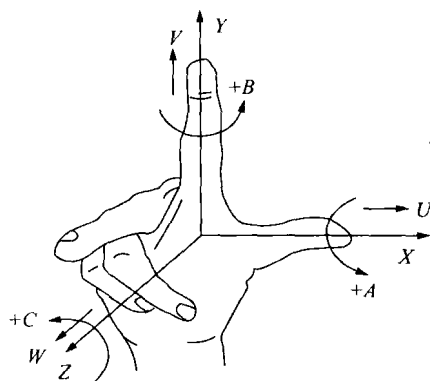


图 1-2-2 右手笛卡儿坐标系

向为 Y 轴的正方向,中指指向为 Z 轴的正方向。

(2) 坐标系中的各个坐标轴与机床的主要导轨相平行。

(3) 机床在加工过程中不论是刀具移动还是工件移动,都一律假定工件相对静止不动,而刀具在移动,并规定刀具远离工件的运动方向为坐标轴正方向。

(4) 旋转运动。围绕 X 、 Y 、 Z 轴旋转的圆周进给坐标轴分别用 A 、 B 、 C 表示,其正方向用右手螺旋法则确定,以大拇指指向 $+X$ 、 $+Y$ 、 $+Z$ 方向,则食指和中指等的指向是圆周进给运动的 $+A$ 、 $+B$ 、 $+C$ 。

2. 坐标运动的规定

(1) Z 坐标运动由传递切削动力的主轴所决定。与主轴轴线平行的标准坐标轴即为 Z 坐标,如数控车床和数控立式镗铣床等;若机床没有主轴(如数控刨床等),则 Z 坐标垂直于工件主要装夹面;若机床有几个主轴,可选择一垂直于工件装夹面的主轴作为主要主轴,并以它确定 Z 坐标,如数控龙门铣床。

Z 坐标的正方向是增加刀具和工件之间距离的方向,如在钻、镗加工中,钻入或镗入工件的方向是 Z 坐标的负方向。

(2) X 坐标的运动。 X 坐标运动是水平的,它平行于工件装夹面,是刀具或工件定位平面内运动的主要坐标。在没有回转刀具和没有回转工件的机床上(如牛头刨床), X 坐标平行于主要切削方向,并且以该方向为正方向;在有回转工件的机床上,如车床和磨床等, X 坐标方向是在工件径向,而且平行于横向滑座,对于安装在横向滑座的主要刀架上的刀具,离开工件回转中心的方向是 X 坐标的正方向;在有刀具回转的机床上(如铣床),若 Z 坐标是水平的(主轴是卧式的),当由主要刀具主轴向工件看时, X 运动的正方向指向右方;如 Z 坐标是垂直的(主轴是立式的),当由主要刀具主轴向立柱看时, X 运动的正方向指向右方。

(3) Y 坐标的运动。正向 Y 坐标的运动,根据 X 和 Z 的运动,按照右手笛卡儿坐标系来确定。

(4) 机床坐标系的原点。机床坐标系的原点位置是任意选择的,由生产厂家调定。 A 、 B 、 C 的运动原点(0° 的位置)也是任意的,但 A 、 B 、 C 原点的位置最好选择与 Y 、 Z 、 X 坐标平行。

(5) 附加坐标。如果在 X 、 Y 、 Z 主要直线运动之外另有第二组平行于他们的坐标运动,就称为附加坐标。它们分别被规定为 U 、 V 和 W 。

如果在第一组回转运动 A 、 B 、 C 之外,还有平行或不平行于 A 、 B 、 C 的第二组回转运动,可指定为 P 、 Q 或 R 。

3. 机床坐标系、机床原点和机床参考点

(1) 机床坐标系。机床坐标系是机床上固有的坐标系,并设有固定的坐标原点,就是机床原点,又称机械原点,即 $X=0$ 、 $Y=0$ 、 $Z=0$ 的点。对某一具体机床来说,在经过设计、制造和调整,这个原点便被固定下来,它是机床上固定的点。

(2) 机床参考点。为了正确地建立机床坐标系,通常在每个坐标轴的移动范围内设置一个机床参考点,其固定位置由各轴向的机械挡块来确定。一般机床开机后,通常要进行机动或手动回参考点以建立机床坐标系。

机床参考点可以与机床零点重合也可以不重合,通过参数指定机床参考点到机床零点的距离。机床回到了参考点位置也就知道了该坐标轴的零点位置,找到所有坐标轴的参考点,机床坐标系就建立起来了。机床参考点在数控机床出厂时,就已经调好并记录在说明书中供用户编程使用,一般情况下不允许随意变动。

3) 工件坐标系与原点。工件坐标系是编程人员在编程时使用的, 编程人员选择工件上的某一已知点为原点(也称工件原点、程序原点), 建立一个新的坐标系, 称为工件坐标系。工件坐标系一旦建立便一直有效, 直到被新的工件坐标系所取代。

工件坐标系的原点是人为设定的, 设定的依据是要尽量满足编程简单、尺寸换算少及引起的加工误差小等条件。一般情况下, 程序原点应选在尺寸标注的基准或定位基准上。对称零件或以同心圆为主的零件, 编程原点应选在对称中心线或圆心上, Z 轴的程序原点通常选在工件的表面。

4. 数控车床坐标系

(1) 数控车床坐标系。

数控车床坐标系如图 1-2-3 所示, Z 轴与车床导轨平行(取卡盘中心线), 正方向是远离车床卡盘的方向, X 轴与 Z 轴垂直, 平行于横向滑座, 正方向是远离主轴轴线的方向, 坐标原点 O 定在卡盘后端面与中心线交点处。

数控车床的机床原点为主轴轴线与卡盘后端面的交点。机床参考点为刀具退离到一个固定不变的极限点, 其位置由机械挡铁或行程开关确定。

(2) 工件坐标系和工件原点。

工件坐标系原点可选在工件轴线与工件的前端面、后端面、卡爪前端面的交点上。为方便编程, 数控车床的工件原点一般建立在工件设计基准上, 工件直径方向为 X 方向, 工件轴线方向为 Z 方向。

(3) 起刀点和换刀点的确定。

起刀点是指在数控车床上加工工件时, 刀具相对与工件运动的起始点。起刀点应选择在不妨碍工件装夹、不会与夹具相碰及编程简单的地方。

数控车床加工时常需换刀, 故编程时还要设置一个换刀点。换刀点应设在工件的外部, 避免换刀时碰伤工件。一般换刀点选择在第一个程序的起刀点或机床参考点。

(五) 数控车床编程特点

1. 尺寸字选用灵活

在一个程序中, 根据被加工零件的图样标注尺寸, 从方便编程的角度出发, 可采用绝对尺寸编程、增量尺寸编程, 也可以采用绝对和增量尺寸混合编程。

2. 重复循环切削功能

由于车削加工常用圆棒料或锻料作毛坯, 加工余量较大, 要加工到图样标注尺寸, 需要一层一层切削, 如果每层加工都编写程序, 编程工作量将大大增加。为简化编程, 数控系统有不同形式的循环功能, 可进行多次重复循环切削。

3. 直接按工件轮廓编程

对于刀具位置的变化, 刀具几何形状的变化及刀尖圆弧半径的变化, 都无需更改加工程序, 编程人员可以按照工件的实际轮廓尺寸进行编程。数控系统具有的刀具补偿功能使编程人员只要将有关参数输入到存储器中, 数控系统就能自动进行刀具补偿。这样安装在刀架上不同位置的刀具, 虽然装夹时其刀尖到机床参考点的坐标各不相同, 但都可以通过参数的设置, 实现刀具自动补偿, 编程人员只要使用实际轮廓尺寸进行编程并正确选择刀具即可。

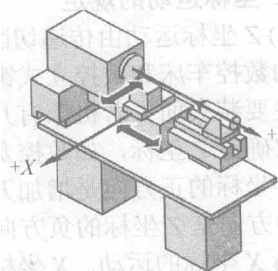


图 1-2-3 数控车床的坐标系

4. 采用直径编程

由于加工零件的图样尺寸及测量都是直径值，所以通常采用直径尺寸编程。在用直径尺寸编程时，采用绝对尺寸编程， X 表示直径；采用增量尺寸编程， X 表示径向位移量。

二、实践训练

1. 实践内容：现场认知数控编程。
2. 具体要求：
 - (1) 观察并验证加工现场数控车床的坐标轴及运动方向。
 - (2) 观察记录加工现场编程的方法及编程过程。
 - (3) 观察现场数控车削程序，分析程序段格式特点及各程序字的类别。

三、思考题

1. 简述数控编程的基本步骤。
2. 说明机床坐标系与编程坐标系之间的关系。
3. 数控车床编程有哪些特点？