

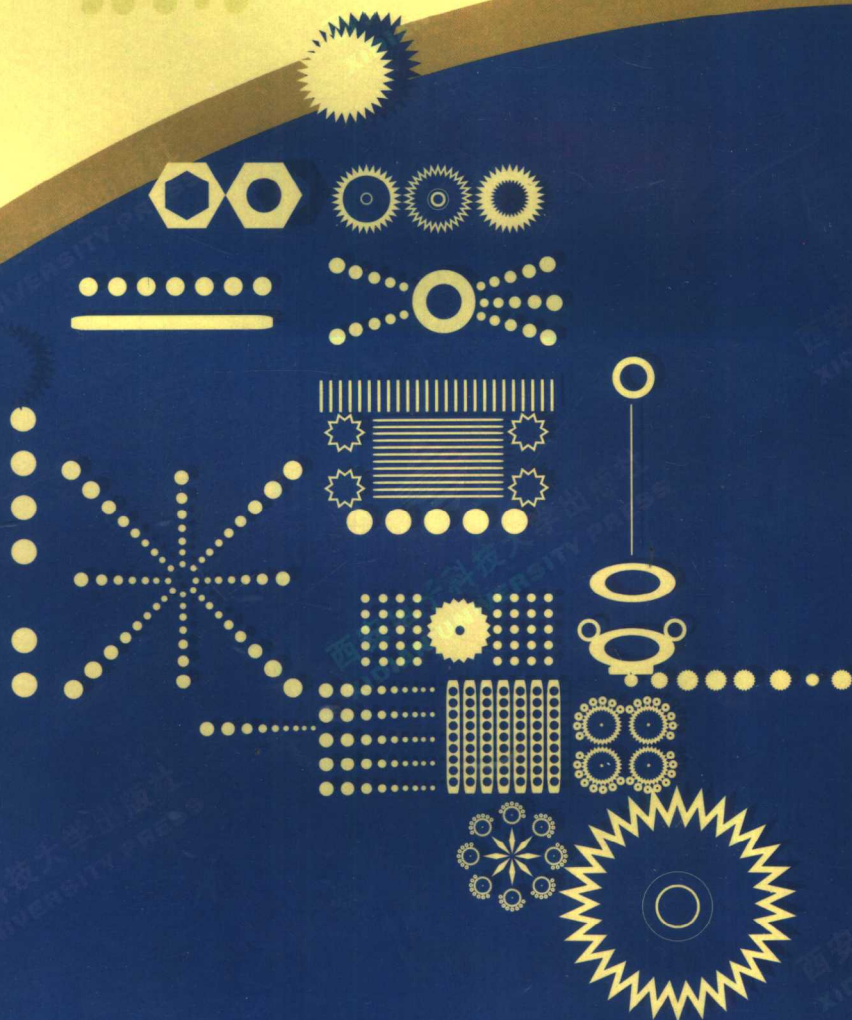
面向
21
世纪

中国高等职业技术教育研究会推荐
机电类专业高职高专规划教材

数控加工编程与操作

主编 刘 虹

主审 吴英莲



西安电子科技大学出版社

<http://www.xduph.com>

中国高等职业技术教育研究会推荐

面向 21 世纪机电类专业高职高专规划教材

数控加工编程与操作

主编 刘 虹

参编 钟富平 吴 建

主审 吴英莲

西安电子科技大学出版社

2007

内 容 简 介

本书主要介绍了数控加工与编程的基本知识及各类常用数控设备的基本编程方法。全书共分5章,内容包括数控编程基础,数控加工工艺,数控车削加工及编程,数控铣床、加工中心加工及编程,数控电火花线切割加工及编程。

本书突出职业教育特色,注重实用性,强调理论联系实际。书的编写力求从学生的认知规律出发,以加强学生的能力和素质培养。根据国家数控技能型紧缺人才培养的要求,作者对传统的数控编程教学内容及课程进行了调整。本书内容丰富,详简得当,各章节内容相对独立,可按模块方式组织教学,以适应当前多种形式、不同层次办学的需要。

本书可作为高职高专数控技术应用专业的教材,也可作为机电技术应用、机械制造专业的教学用书,还可供有关专业的师生及从事相关工作的工程技术人员参考。

★ 本书配有电子教案,需要者可与出版社联系,免费提供。

图书在版编目(CIP)数据

数控加工编程与操作 / 刘虹主编. —西安: 西安电子科技大学出版社, 2007.2
中国高等职业技术教育研究会推荐. 面向 21 世纪机电类专业高职高专规划教材
ISBN 978-7-5606-1762-6

I. 数… II. 刘… 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 (2007) 第 004642 号

策 划 毛红兵

责任编辑 王 瑛 毛红兵

出版发行 西安电子科技大学出版社 (西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

<http://www.xduph.com> E-mail: xdupfxb@pub.xaonline.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西光大印务有限责任公司

版 次 2007 年 2 月第 1 版 2007 年 2 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 12.25

字 数 281 千字

印 数 1~4000 册

定 价 15.00 元

ISBN 978-7-5606-1762-6/TG·0015

XDUP 2054001-1

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜, 谨防盗版。

序

进入 21 世纪以来,随着高等教育大众化步伐的加快,高等职业教育呈现出快速发展的形势。党和国家高度重视高等职业教育的改革和发展,出台了一系列相关的法律、法规、文件等,规范、推动了高等职业教育健康有序的发展。同时,社会对高等职业教育的认识在不断加强,高等技术应用型人才及其培养的重要性也正在被越来越多的人所认同。目前,高等职业教育在学校数、招生数和毕业生数等方面均占据了高等教育的半壁江山,成为高等教育的重要组成部分,在我国社会主义现代化建设事业中发挥着极其重要的作用。

在高等职业教育大发展的同时,必须重视内涵建设,不断深化教育教学改革。根据市场和社会的需要,不断更新教学内容,编写具有鲜明特色的教材是其必要任务之一。

为配合教育部实施紧缺人才工程,解决当前机电类精品高职高专教材不足的问题,西安电子科技大学出版社与中国高等职业技术教育研究会在前两轮联合策划、组织编写了“计算机、通信电子及机电类专业”系列高职高专教材共 100 余种的基础上,又联合策划、组织编写了“数控、模具及汽车类专业”系列高职高专教材共 60 余种。这些教材的选题是在全国范围内近 30 所高职高专院校中,对教学计划和课程设置进行充分调研的基础上策划产生的。教材的编写采取在教育部精品专业或示范性专业(数控、模具和汽车)的高职高专院校中公开招标的形式,以吸收尽可能多的优秀作者参与投标和编写。在此基础上,召开系列教材专家编委会,评审教材编写大纲,并对中标大纲提出修改、完善意见,确定主编、主审人选。该系列教材着力把握高职高专“重在技术能力培养”的原则,结合目标定位,注重在新颖性、实用性、可读性三个方面能有所突破,体现高职高专教材的特点。第一轮教材共 36 种,已于 2001 年全部出齐,从使用情况看,比较适合高等职业院校的需要,普遍受到各学校的欢迎,一再重印,其中《互联网实用技术与网页制作》在短短两年多的时间里先后重印 6 次,并获教育部 2002 年普通高校优秀教材奖。第二轮教材共 60 余种,在 2004 年已全部出齐,且大都已重印,有的教材出版一年多的时间里已重印 4 次,反映了市场对优秀专业教材的需求。本轮教材预计 2006 年全部出齐,相信也会成为系列精品教材。

教材建设是高职高专院校基本建设的一项重要工作,多年来,各高职高专院校都十分重视教材建设,组织教师参加教材编写,为高职高专教材从无到有,从有到优、到特而辛勤工作。但高职高专教材的建设起步时间不长,还需要做艰苦的工作,我们殷切地希望广大从事高职高专教育的教师,在教书育人的同时,组织起来,共同努力,为不断推出有特色、高质量的高职高专教材作出积极的贡献。

中国高等职业技术教育研究会会长

2005 年 10 月

李宗尧

面向 21 世纪

机电类专业高职高专规划教材

编审专家委员会名单

主任: 刘跃南 (深圳职业技术学院教务长, 教授)

副主任: 方 新 (北京联合大学机电学院副院长, 教授)

刘建超 (成都航空职业技术学院机械工程系主任, 副教授)

杨益明 (南京交通职业技术学院汽车工程系主任, 副教授)

数控及模具组: 组长: 刘建超 (兼) (成员按姓氏笔画排列)

王怀明 (北华航天工业学院机械工程系主任, 教授)

孙燕华 (无锡职业技术学院机械与汽车工程系主任, 副教授)

皮智谋 (湖南工业职业技术学院机械工程系副主任, 副教授)

刘守义 (深圳职业技术学院工业中心主任, 副教授)

陈少艾 (武汉船舶职业技术学院机电工程系主任, 副教授)

陈洪涛 (四川工程职业技术学院机电工程系副主任, 副教授)

钟振龙 (湖南铁道职业技术学院机电工程系主任, 副教授)

唐 健 (重庆工业职业技术学院机械工程系主任, 副教授)

戚长政 (广东轻工职业技术学院机电工程系主任, 教授)

谢永宏 (深圳职业技术学院机电学院副院长, 副教授)

汽车组: 组长: 杨益明 (兼) (成员按姓氏笔画排列)

王世震 (承德石油高等专科学校汽车工程系主任, 教授)

王保新 (陕西交通职业技术学院汽车工程系讲师)

刘 锐 (吉林交通职业技术学院汽车工程系主任, 教授)

吴克刚 (长安大学汽车学院教授)

李春明 (长春汽车工业高等专科学校汽车工程系副主任, 教授)

李祥峰 (邢台职业技术学院汽车维修教研室主任, 副教授)

汤定国 (上海交通职业技术学院汽车工程系主任, 高讲)

陈文华 (浙江交通职业技术学院汽车系主任, 副教授)

徐生明 (四川交通职业技术学院汽车系副主任, 副教授)

韩 梅 (辽宁交通职业技术学院汽车系主任, 副教授)

葛仁礼 (西安汽车科技学院教授)

颜培钦 (广东交通职业技术学院汽车机械系主任, 副教授)

项目策划: 马乐惠

策 划: 马武装 毛红兵 马晓娟

前 言

本书是根据教育部、国防科工委、中国机械工业联合会联合制定的高等职业教育数控技术应用专业人才培养方案的要求,结合编者在数控加工工艺和数控编程方面的教学经验与工作经验编写的。

本书从培养高等职业技能型人才的目出发,介绍了数控加工与编程的基本知识,重点介绍了各类常用数控设备的基本编程方法。全书共分 5 章,内容包括数控编程基础,数控加工工艺,数控车削加工及编程,数控铣床、加工中心加工及编程,数控电火花线切割加工及编程。各章均附有小结及思考与练习题,以供教学参考。

本书突出职业教育特色,注重实用性,强调理论联系实际,从学生的认知规律出发,加强学生的能力和素质培养。本书内容丰富,详简得当,各章节内容相对独立,可按模块方式组织教学,以适应当前多种形式、不同层次办学的需要。

本书既可作为高职高专数控技术应用专业的教材,也可作为机电技术应用、机械制造专业的教学用书,还可供有关专业的师生及从事相关工作的工程技术人员参考。

本书由重庆工业职业技术学院刘虹主编,第 1 章由吴建编写,第 2、3、5 章由刘虹编写,第 4 章由钟富平编写。本书由吴英莲副教授主审,她为本书提供了宝贵的意见和建议。重庆广播电视大学的胡敬佩老师对本书也提出了宝贵的意见,在此表示衷心感谢。

因作者的水平和经验有限,书中难免存在一些错误和不妥,恳请读者批评指正。

作 者

2007 年 1 月

目 录

第1章 数控编程基础	1
1.1 数控编程概念	1
1.1.1 数控编程的内容与步骤	1
1.1.2 数控编程的方法	2
1.1.3 数控编程的程序格式	2
1.2 数控机床的坐标系	5
1.2.1 机床坐标系及运动方向	6
1.2.2 机床原点与机床参考点	8
1.2.3 工件坐标系	9
1.2.4 绝对坐标编程与增量坐标编程	11
1.3 程序编制中的数学处理	11
1.3.1 基点	11
1.3.2 节点	12
1.3.3 数控加工误差的组成	13
小结	13
思考与练习题	13
第2章 数控加工工艺	15
2.1 数控加工工艺概述	15
2.1.1 数控加工工艺的主要内容	15
2.1.2 数控加工工艺内容的选择	15
2.1.3 数控加工工艺性分析的方法	16
2.1.4 数控加工的工艺路线设计	18
2.1.5 数控加工工艺设计方法	19
2.2 数控车削工艺	22
2.2.1 数控车削加工工艺性分析	23
2.2.2 数控车削加工工艺过程的拟定	24
2.2.3 数控车削加工工艺进给路线的确定	26
2.2.4 数控车削刀具	29
2.2.5 切削用量的选择	30
2.3 数控铣削工艺	32
2.3.1 数控铣削加工工艺性分析	32
2.3.2 数控铣削加工工艺路线的设计	34

2.3.3 刀具的选择	39
2.3.4 切削用量的确定	41
2.4 数控加工工艺文件	42
2.4.1 数控加工编程任务书	43
2.4.2 数控加工工序卡片	43
2.4.3 数控加工刀具卡片	44
2.4.4 数控加工工件安装和原点设定卡片	44
2.4.5 数控加工走刀路线图	45
小结	46
思考与练习题	46
第3章 数控车削加工及编程	47
3.1 数控车削编程基础	47
3.1.1 数控车床的编程特点	47
3.1.2 数控系统的功能	47
3.2 数控车削加工常用编程指令	50
3.2.1 工件坐标系设定	50
3.2.2 快速点定位	51
3.2.3 直线插补	52
3.2.4 圆弧插补	52
3.2.5 自动倒角及倒圆	54
3.2.6 程序暂停	56
3.2.7 刀具补偿	57
3.2.8 单一固定循环	60
3.2.9 复合固定循环	62
3.2.10 螺纹切削	68
3.2.11 返回参考点G27~G29	74
3.2.12 子程序	75
3.3 数控车削加工编程应用	77
3.3.1 轴类零件的数控车削加工编程	77
3.3.2 盘类零件的数控车削加工编程	79
3.3.3 轴套类零件的编程实例	81
小结	87
思考与练习题	88
第4章 数控铣床、加工中心加工及编程	90
4.1 数控铣床编程	90
4.1.1 数控铣床概述	90
4.1.2 数控铣床坐标系的设定	92

4.1.3 数控铣床和加工中心程序中用到的各功能字(FANUC 0i系统)	95
4.1.4 数控铣床加工常用编程指令	97
4.1.5 子程序	107
4.1.6 缩放、旋转和镜像程序指令	109
4.1.7 孔加工固定循环	112
4.1.8 宏功能、宏指令	118
4.2 加工中心编程	125
4.2.1 加工中心的主要功能	125
4.2.2 换刀程序的应用	126
4.2.3 加工中心的对刀	127
4.3 数控铣削、加工中心编程综合应用	129
4.3.1 编程实例	129
4.3.2 加工操作实例	134
小结	148
思考与练习题	148
第5章 数控电火花线切割加工及编程	152
5.1 数控电火花线切割加工	152
5.1.1 电火花加工概述	152
5.1.2 电火花线切割机的工作原理与特点	153
5.1.3 电火花线切割机的用途	154
5.1.4 电火花线切割机的种类	155
5.1.5 数控电火花线切割加工工艺	156
5.2 数控电火花线切割编程	162
5.2.1 3B 格式程序编制	162
5.2.2 4B 格式程序编制	167
5.2.3 ISO 格式程序编制	168
小结	183
思考与练习题	183
参考文献	185

第1章 数控编程基础

数控机床是一种用计算机来控制的机床。用来控制机床的计算机,不管是专用计算机还是通用计算机,都统称为数控系统。数控机床的运动和辅助动作均受控于数控系统发出的指令。而数控系统的指令是由程序员根据工件的材质、加工要求、机床的特性和系统所规定的指令格式(数控语言或符号)编制的。任何一种数控机床,在其数控系统中若没有输入程序指令,数控机床就不能工作。数控系统的种类繁多,它们使用的数控程序语言规则和格式也不尽相同,本书以 ISO 国际标准为主来介绍加工程序的编制方法。当针对某一台数控机床编制加工程序时,应该严格按机床编程手册中的规定进行程序编制。

1.1 数控编程概念

把零件的加工工艺路线、工艺参数、刀具的运动轨迹、位移量、切削参数(主轴转速、进给量、切削深度等)以及辅助功能(换刀、主轴正反转、切削液开关等)按照数控机床规定的指令代码及程序格式编写成加工程序单,输入到数控机床的控制装置中,从而控制机床加工零件,这一过程称为数控机床程序的编制。

1.1.1 数控编程的内容与步骤

1. 数控编程的内容

数控编程的主要内容有:分析零件图样,确定加工工艺过程;数值计算;编写零件加工程序单;输入/传送程序;程序校验,首件试切。

2. 数控编程的步骤

如图 1.1 所示,数控编程步骤主要有以下几点:

1) 分析零件图样,确定加工工艺过程

对零件的材料、形状、尺寸、精度、毛坯形状和热处理要求等进行分析,以便确定该零件是否适宜在数控机床上加工,或适宜在哪类数控机床上加工。确定零件的加工方法和加工路线,选择或设计刀具和夹具,并确定加工用量等工艺参数。

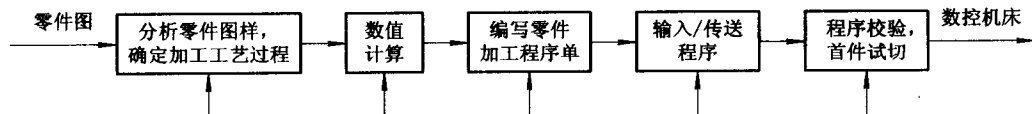


图 1.1 数控编程步骤

2) 数值计算

根据零件图样和确定的加工路线,计算出数控机床所需的输入数据。对于加工由圆弧

和直线组成的较简单的平面零件，只需要计算出零件轮廓上相邻几何元素交点或切点的坐标值，得出各几何元素的起点、终点、圆弧的圆心坐标值等，就能满足编程要求。当零件的几何形状与控制系统的插补功能不一致时，就要用直线或圆弧逼近零件轮廓，此时需要进行较复杂的数值计算，即节点的计算。

3) 编写零件加工程序单

编程人员使用数控系统的程序指令，按照规定的程序格式，逐段编写加工程序。此外，还应填写有关的工艺文件，如数控加工工序卡片、数控加工刀具卡片、工件安装和原点设定卡片等。

4) 输入/传送程序

输入/传送程序是指按程序单将程序内容输入到数控装置中。可在操作面板上进行手工输入程序或用计算机通信进行程序的传送。

5) 程序校验，首件试切

可通过数控仿真软件来模拟实际加工过程或将程序送到机床数控装置后进行空运行等多种方式来检验所编制出的程序。如果发现错误，则应及时修正，一直到程序能正确执行为止。通过首件试切，不仅可确认程序是否正确，还可知道加工精度是否符合要求。

1.1.2 数控编程的方法

数控编程方法有手工编程和自动编程两种。

1. 手工编程

手工编程是指从分析零件图样及确定加工工艺过程、数值计算、编写零件加工程序单、输入/传送程序直至程序校验等各个步骤，均是由人工完成的。

对点位加工或几何形状不太复杂的零件来说，编程计算较简单，程序量不大，用手工编程即可实现。但对形状复杂或轮廓不是由直线、圆弧组成的非圆曲线零件或空间曲面零件来说，程序量很大，计算非常繁琐，用手工编程困难且易出错，这时，则应采用自动编程的方法。

2. 自动编程

编程工作的大部分或全部由计算机完成的零件编程称为自动编程。编程人员只需根据零件图纸上的数据和工艺要求，将图形信息输入到计算机中，由计算机自动处理，计算出刀具中心的轨迹，就可编写出加工程序清单。计算机自动编程代替编程人员完成了大量繁琐的数值计算工作，可以提高编程效率几十倍甚至上百倍，同时解决了手工编程无法解决的许多复杂零件的编程难题，避免了许多因人为因素而产生的错误。

1.1.3 数控编程的程序格式

1. 程序的结构

零件程序是用来描述零件加工过程的指令代码集合，它由程序号、程序内容和程序结束指令三部分组成。

例 1.1 如下所示是在一块平板上铣切圆环槽的零件程序。

O40;	程序号
N10 G00 X10 Y25 Z1 S1250 M03;	主轴启动, 快速定位到(10, 25, 1)
N20 G01 Z-5 F100;	进给到(10, 25, -5)
N30 G02 X10 Y25 I20 J0 F125;	XY 平面顺时针铣圆弧
N40 G00 Z100 M05;	快速退回, 主轴停止
N50 X-20;	快速退回
N60 M30;	程序结束

1) 程序号

程序号即为程序的编号, 位于程序的开始。为了区别存储器中的程序, 每个程序都要有编号。如在 FANUC 系统中, 一般采用英文字母 O 作为程序编号地址, 而在其他数控系统中, 则分别采用“P”、“L”、“%”、“:”等不同形式。

2) 程序内容

加工程序由若干个程序段组成。每个程序段一般占一行。程序段由若干个指令字构成, 用来表示数控机床要完成的全部动作。

3) 程序结束指令

程序结束指令可以用 M02(程序结束)或 M30(程序结束, 并复位到起始位置), 一般要求单列一段。

2. 程序段格式

程序段格式是指程序段中的字、字符和数据的安排形式。目前加工程序使用字地址可变程序段格式, 每个字长不固定, 各个程序段的长度和功能字的个数都是可变的。在字地址可变程序段格式中, 在上一程序段中写明的、本程序段里又不发生变化的那些字仍然有效, 可以不再重写。这种功能字称之为续效字。

程序段的一般格式为:

N	—	G	—	X	—	Y	—	Z	—	F	—	S	—	T	—	M	—	LF
段号		准 备 功 能		坐 标 值						进 给 速 度 功 能		主 轴 转 速 功 能		刀 具 功 能		辅 助 功 能		回 车

1) 段号

程序段号位于程序段之首, 由顺序号字 N 和后续数字组成。后续数字一般为 1~4 位的正整数。数控加工中的顺序号实际上是程序段的名称, 与程序执行的先后次序无关。数控系统不是按程序段号的顺序来执行程序, 而是按程序段编写时的排列顺序逐段执行程序的。

程序段号的作用包括: 对程序的校对和检索修改; 作为条件转向的目标, 即作为转向目的程序段的名称。有顺序号的程序段可以进行复归操作, 这是指加工可以从程序的中间开始, 或回到程序中断处开始。

2) 准备功能

准备功能 G 代码是建立机床或控制系统工作方式的一种指令, 如插补、刀具补偿、固定

循环等。G 代码分为模态代码和非模态代码。模态代码表示该代码一经在一个程序中指定，直到出现同组的另一个代码时才失效；非模态代码只在写有该代码的程序中才有效。国标中规定 G 代码由字母 G 及其后面的两位数字组成，从 G00~G99 共 100 种代码，具体见表 1-1。

表 1-1 G 代 码

G 功能字	FANUC 系统	SIEMENS 系统	G 功能字	FANUC 系统	SIEMENS 系统
G00	快速移动点定位	快速移动点定位	G65	用户宏指令	—
G01	直线插补	直线插补	G70	精加工循环	英制
G02	顺时针圆弧插补	顺时针圆弧插补	G71	外圆粗切循环	米制
G03	逆时针圆弧插补	逆时针圆弧插补	G72	端面粗切循环	—
G04	暂停	暂停	G73	封闭切削循环	—
G05	—	通过中间点圆弧插补	G74	深孔钻循环	—
G17	XY 平面选择	XY 平面选择	G75	外径切槽循环	—
G18	ZX 平面选择	ZX 平面选择	G76	复合螺纹切削循环	—
G19	YZ 平面选择	YZ 平面选择	G80	撤销固定循环	撤销固定循环
G32	螺纹切削	—	G81	定点钻孔循环	固定循环
G33	—	恒螺距螺纹切削	G90	绝对值编程	绝对尺寸
G40	刀具补偿注销	刀具补偿注销	G91	增量值编程	增量尺寸
G41	刀具补偿——左	刀具补偿——左	G92	螺纹切削循环	主轴转速极限
G42	刀具补偿——右	刀具补偿——右	G94	每分钟进给量	直线进给率
G43	刀具长度补偿——正	—	G95	每转进给量	旋转进给率
G44	刀具长度补偿——负	—	G96	恒线速控制	恒线速度
G49	刀具长度补偿注销	—	G97	恒线速取消	注销 G96
G50	主轴最高转速限制	—	G98	返回起始平面	—
G54~G59	加工坐标系设定	零点偏置	G99	返回 R 平面	—

这些代码中虽然有些常用的准备功能代码的定义几乎是固定的，但也有很多代码其含义及应用格式对不同的机床系统有着不同的定义，因此，在编程前必须熟悉或了解所用机床的使用说明书或编程手册。

3) 坐标值

坐标值用于确定机床上刀具运动终点的坐标位置。多数数控系统可以用准备功能字来选择坐标值的制式，如 FANUC 诸系统可用 G21/G22 来选择米制单位或英制单位，也有些系统用系统参数来设定坐标值的制式。采用米制时，一般单位为 mm，如 X100 指令的坐标单位为 100 mm。当然，一些数控系统可通过参数来选择不同的坐标值单位。

4) 进给速度功能

进给速度功能 F 又称为 F 功能或 F 指令，用于指定切削的进给速度。对于车床，F 可分为每分钟进给(单位为 mm/min)和主轴每转进给(单位为 mm/r)两种；对于其他数控机床，一般只用每分钟进给。F 指令在螺纹切削程序段中常用来指定螺纹的导程。

进给速度一般有如下两种表示方法：

(1) 代码法。F 后跟的两位数字并不直接表示进给速度的大小，而是表示机床进给速度序列的代号。进给速度序列的代号可以是算术级数，也可以是几何级数。

(2) 直接指定法。F 后跟的数字就是进给速度的大小。如 F100 表示进给速度是 100 mm/min。这种方法较为直观，目前大多数数控机床都采用此方法。

实际进给速度 F 还可以根据需要作适当调整，即进给速度修调。修调是按倍率来进行计算的。如程序中指令为 F80，修调倍率调在 80%挡上，则实际进给速度为 $80 \times 80\% = 64$ mm/min。

5) 主轴转速功能

主轴转速功能 S 又称为 S 功能或 S 指令，用于指定主轴转速，单位为 r/min。对于具有恒线速度功能的数控车床，程序中的 S 指令用来指定车削加工的线速度数。

主轴转速也有代码法和直接指定法两种表示方法。有些数控机床的主轴转速也可以根据需要进行调整，如主轴转速修调。

6) 刀具功能

刀具功能 T 又称为 T 功能或 T 指令。T 指令为刀具指令，在加工中心中，该指令用于自动换刀时选择所需的刀具。在车床中，T 后常跟四位数，前两位为刀具号，后两位为刀具补偿号。在铣镗床中，T 后常跟两位数，用于表示刀具号，刀补号则用 H 代码或 D 代码表示。

7) 辅助功能

辅助功能 M 又称为 M 功能或 M 指令，用于指定主轴的旋转方向、启动、停止，冷却液的开关，刀具的更换等各种辅助动作及其状态。

M 指令由字母 M 和其后面的两位数字组成，也有 M00~M99 共 100 种代码。这些代码中同样也有些因机床系统而异的代码，也有相当一部分代码是不指定的。常用的 M 代码见表 1-2。

表 1-2 M 代 码

M 功 能 字	含 义
M00	程序暂停
M01	计划暂停
M02	程序停止
M03	主轴顺时针旋转
M04	主轴逆时针旋转
M05	主轴旋转停止
M06	换刀
M07	2号冷却液开
M08	1号冷却液开
M09	冷却液关
M30	程序停止并返回开始处
M98	调用子程序
M99	从子程序返回

1.2 数控机床的坐标系

为了保证数控机床的正确运动，避免工作的不一致性，简化程序的编制方法，并使所

编程序有互换性, ISO 标准和我国国家标准都统一规定了数控机床坐标轴及其运动方向, 这给数控系统和机床的设计、使用及维修带来了极大的方便。

1.2.1 机床坐标系及运动方向

为了确定机床的运动方向和移动距离, 就要在机床上建立一个坐标系, 该坐标系就叫机床坐标系, 也叫标准坐标系。

数控机床上的坐标系采用右手直角笛卡尔坐标系, 如图 1.2 所示。右手的大拇指、食指和中指保持相互垂直, 拇指的指向为 X 轴的正方向, 食指的指向为 Y 轴的正方向, 中指的指向为 Z 轴的正方向。

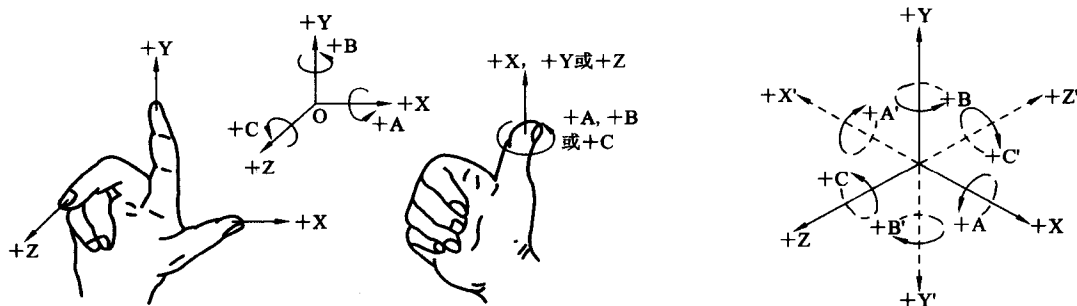


图 1.2 右手直角笛卡尔坐标系

A、B、C 分别表示其轴线平行于 X、Y 和 Z 坐标的旋转运动。根据右手螺旋定则, 分别以大拇指指向 +X、+Y、+Z 方向, 其余四指则分别指向 +A、+B、+C 轴的旋转方向。

1. 机床各坐标轴及其正方向的确定原则

1) Z 轴

通常把传递切削力的主轴定为 Z 轴。对于工件旋转的机床, 如车床、磨床等, 工件转动的轴为 Z 轴; 对于刀具旋转的机床, 如镗床、铣床、钻床等, 刀具转动的轴为 Z 轴。若有多根主轴, 则可选垂直于工件装夹面的主轴为主要主轴, Z 坐标则平行于该主轴轴线。若没有主轴, 则规定垂直于工件装夹面的坐标轴为 Z 轴。Z 轴正方向是使刀具远离工件的方向。

2) X 轴

X 轴是水平方向的, 它垂直于 Z 轴并平行于工件的装夹面。对于工件旋转的机床, 如车床、外圆磨床上, X 轴的运动方向是径向的, 与横向导轨平行, 刀具离开工件旋转中心的方向是正方向。对于刀具旋转的机床, 若 Z 轴为水平的, 如卧式铣床、镗床, 则沿刀具主轴后端向工件方向看, 右手平伸出的方向为 X 轴正向; 若 Z 轴为垂直的, 如立式铣床、镗床、钻床, 则从刀具主轴向床身立柱方向看, 右手平伸出的方向为 X 轴正向。

3) Y 轴

在确定了 X、Z 轴的正方向后, 即可按右手螺旋定则定出 Y 轴正方向, 如图 1.3 所示。

上述坐标轴正方向, 均是假定工件不动, 刀具相对于工件作进给运动而确定的方向, 即刀具运动坐标系。但在实际机床加工时, 有很多都是刀具相对不动, 而工件相对于刀具移动实现进给运动的情况。此时, 应在各轴字母后加上 “'” 表示工件运动坐标系。按相对

运动关系, 工件运动的正方向恰好与刀具运动的正方向相反, 即有

$$+X = -X', +Y = -Y', +Z = -Z', +A = -A', +B = -B', +C = -C'$$

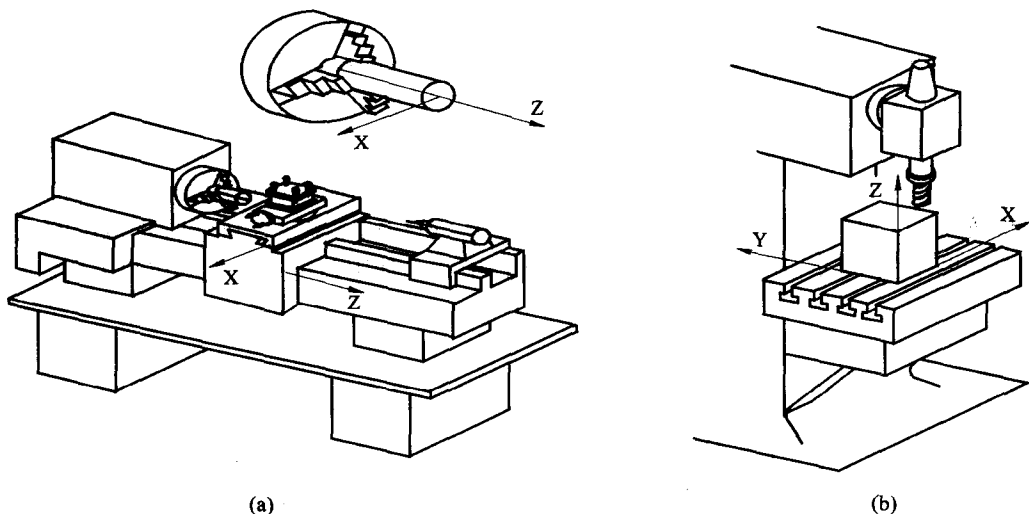


图 1.3 数控机床坐标系

(a) 数控车床; (b) 数控铣床

2. 附加坐标系

为了编程和加工的方便, 有时还要设置附加坐标系。

对于直线运动, 通常建立的附加坐标系有:

(1) 指定平行于 X、Y、Z 的坐标轴。可以采用的附加坐标系有第二组 U、V、W 坐标, 第三组 P、Q、R 坐标。

(2) 指定不平行于 X、Y、Z 的坐标轴。可以采用的附加坐标系有第二组 U、V、W 坐标, 第三组 P、Q、R 坐标, 如图 1.4 所示。

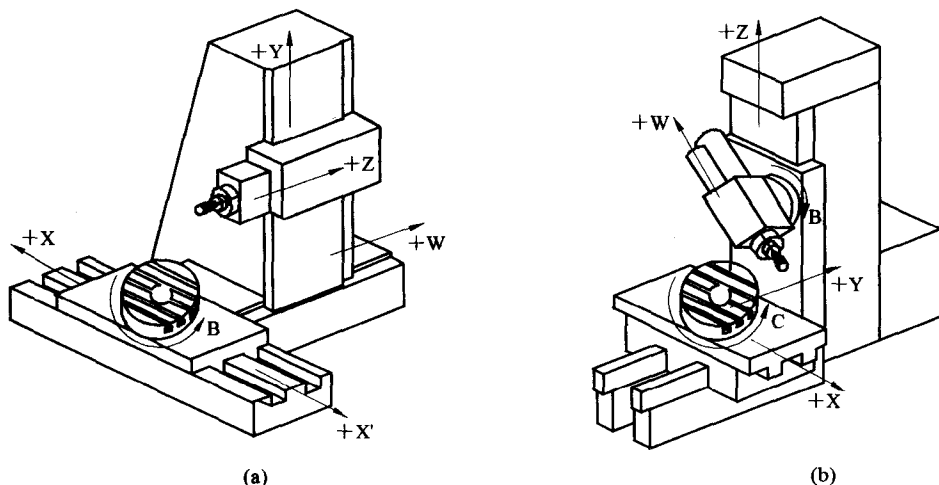


图 1.4 多轴数控机床坐标系

(a) 卧式镗铣床; (b) 六轴加工中心

1.2.2 机床原点与机床参考点

1. 机床原点

机床原点又称为机械原点，是机床坐标系的原点。该点是机床上一个固定的点，其位置是由机床设计和制造单位确定的，通常不允许用户改变。机床原点是工件坐标系、机床参考点的基准点，也是制造和调整机床的基础。数控车床的机床原点一般设在卡盘后端面的中心，如图 1.5 所示。通过设置参数的方法，也可将机床原点设定在 X、Z 坐标的正方向极限位置上。对于数控铣床的机床原点，各生产厂不一致，多定在进给行程范围的正极限点处，如图 1.6 所示，但有的设置在机床工作台中心，使用前可查阅机床用户手册。

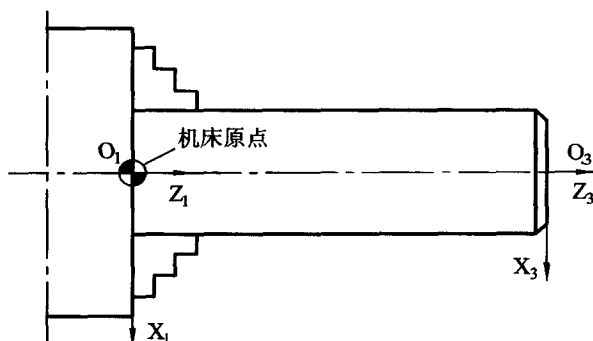


图 1.5 车床的机床原点

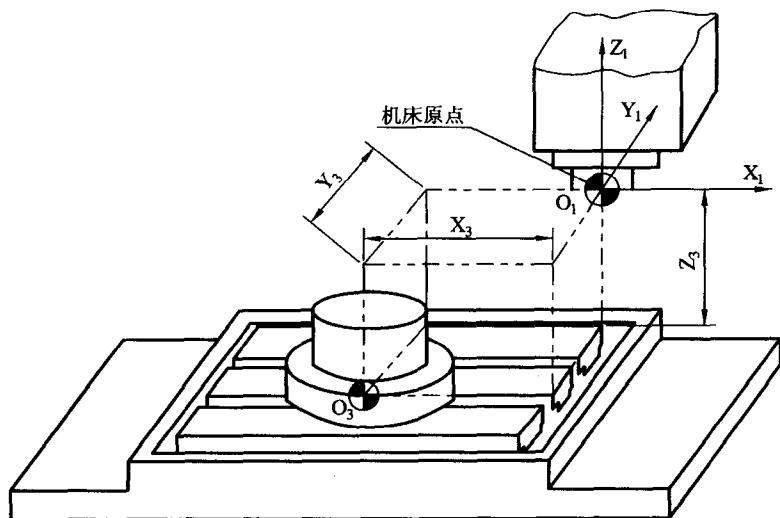


图 1.6 铣床的机床原点

2. 机床参考点

机床参考点是机床上的一个固定点，用于对机床工作台、滑板与刀具相对运动的测量系统进行标定和控制。其位置由机械挡块或行程开关来确定。机床参考点对机床原点的坐标是一个已知定值，也就是说，可以根据机床参考点在机床坐标系中的坐标值来间接确定机床原点的位置。在机床接通电源后，通常都要做回零操作，使刀具或工作台退回到机床