

高等院校精品规划教材

数控加工与编程

主 编 张兰芳 丁官元 黎 楠

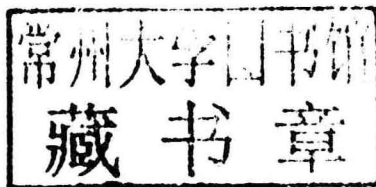


中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

高等院校精品规划教材

数控加工与编程

主 编 张兰芳 丁官元 黎 楠
副主编 陈传艳 严 磊 程 秀
主 审 庞 璐



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书以近年湖北省数控技能大赛提供的资料为主要参考资料,注意反映生产实际中的新知识、新技术、新工艺和新方法,突出高等职业教育特色。每章都编写了学习指导,明确基本内容、重点和难点,有助于进一步提高教学效果。每章都增加了实训的内容,密切联系实际,加强了针对性和实用性,强化了实践效果,提高了学生的动手能力。

本书共分为五章,首先介绍了数控加工的原理,数控加工的特点,数控编程的内容、编程的方法,使读者对数控加工的内容和编程方法有一定的初步认识;然后以FANUC数控系统和华中世纪星数控系统为例介绍了数控加工的工艺、编程和机床操作等基础知识,重点介绍了数控车削、数控铣削、数控加工中心和电火花切割等加工与编程。

本书可作为高职高专机械类、机电类专业的通用教材,也可作为工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

数控加工与编程 / 张兰芳, 丁官元, 黎楠主编. --
北京: 中国水利水电出版社, 2010.7
高等院校精品规划教材
ISBN 978-7-5084-7554-7

I. ①数… II. ①张… ②丁… ③黎… III. ①数控机床—程序设计—高等学校: 技术学校—教材 IV.
①TG659

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第136534号

书 名	高等院校精品规划教材 数控加工与编程
作 者	主编 张兰芳 丁官元 黎楠
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京瑞斯通印务发展有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 14.5印张 344千字
版 次	2010年7月第1版 2010年7月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	29.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前言



本书从高职教育的实际出发,根据教育部《关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》和《面向 21 世纪教育振兴行动计划》等文件精神,以及高等院校精品规划教材的要求,紧扣数控技术应用发展的前沿,以数控编程技术为主线,全面系统地介绍了数控加工与编程的基本知识,在组织材料和实际应用上,更强调实用性和先进性。本教材具有如下特点:

(1) 以近年湖北省数控技能大赛提供的资料为主要参考资料,注重反映生产实际中的新知识、新技术、新工艺和新方法,突出高等职业教育特色。

(2) 每章都编写了学习指导,明确基本内容、重点和难点,有助于进一步提高教学效果。

(3) 每章都增加了实训的内容,密切联系实际,加强了针对性和实用性,强化了实践效果,提高了学生的动手能力。

本书共分为五章。首先介绍了数控加工的原理,数控加工的特点,数控编程的内容、编程的方法,使读者对数控加工的内容和编程方法有一定的初步认识;然后以 FANUC 数控系统和华中世纪星数控系统为例介绍了数控加工的工艺、编程和机床操作等基础知识,重点介绍了数控车削、数控铣削、数控加工中心和电火花切割等的加工与编程。

本书由张兰芳、丁官元、黎楠任主编,由陈传艳、严磊、程秀任副主编,庞璐教授主审。第一章由张兰芳、丁官元编写,第二章由张兰芳编写,第三章由陈传艳编写,第四章由黎楠、严磊编写,第五章由程秀编写。全书由张兰芳负责统稿。编写人员中除严磊为随州职业技术学院教师外,其余均为湖北水利水电职业技术学院教师。

本书在编写过程中参考了有关文献和资料,在此一并表示衷心的感谢。由于时间仓促,编者水平有限,书中缺点和错误在所难免,恳请读者批评指正。

编者

2010 年 4 月

目 录



前言

第一章 数控加工编程基础	1
第一节 数控加工概述.....	1
第二节 数控编程基础知识.....	3
第三节 数控加工基础技能实训	14
思考与练习	18
第二章 数控车床的操作与编程	20
第一节 数控车削加工的工艺分析	20
第二节 数控车床的程序编制	30
第三节 FANUC 0I 系统数控车床操作	66
第四节 华中世纪星系统数控车床操作与编程	74
第五节 数控车削编程与操作技能实训	83
思考与练习	85
第三章 数控铣床的操作与编程	87
第一节 数控铣削加工工艺基础	87
第二节 数控铣床的程序编制.....	110
第三节 FANUC 0I 系统数控铣床面板操作	145
第四节 数控铣削编程实训.....	157
思考与练习.....	160
第四章 加工中心的操作与编程	164
第一节 数控加工中心组成及特点.....	164
第二节 加工中心的自动换刀装置.....	168
第三节 机床控制面板及其操作.....	172
第四节 加工中心加工工艺基础.....	174
第五节 加工中心的程序编制.....	179
第六节 加工中心编程实训.....	193

思考与练习	201
第五章 数控电火花线切割机床的操作与编程	203
第一节 数控电火花线切割加工概述	203
第二节 数控线切割加工工艺的制定	208
第三节 数控电火花线切割机床的基本编程方法	213
第四节 典型零件编程实训	218
思考与练习	224
参考文献	225

第一章 数控加工编程基础

学习指导：

本章从数控加工的特点出发，讲述了数控加工的原理，数控加工的特点，数控编程的内容、步骤、编程的方法，数控机床的坐标系，数控加工程序的格式与结构、指令代码，使读者对数控加工的内容和编程方法有一定的初步认识。本章的重点是数控编程坐标系的确定及数控加工程序的格式。

第一节 数控加工概述

一、数控加工的原理

数控加工泛指在数控机床上进行零件加工的工艺过程，也就是将零件图形和工艺参数、加工步骤等以数字信息的形式，编写成程序代码输入到数控机床的控制系统中，数控装置读入加工程序后，将其翻译成机器能够理解的控制指令，控制机床的主运动、进给运动、更换刀具，以及工件的夹紧与松开，冷却、润滑泵的开关，并进行运算处理后转成驱动伺服机构的指令信号，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、轨迹和参数进行协调动作，自动地加工出符合图纸要求的零件。

数控加工的原理如图 1-1 所示，可以看出，数控加工过程总体上可分为数控程序编制和机床加工控制两大部分。

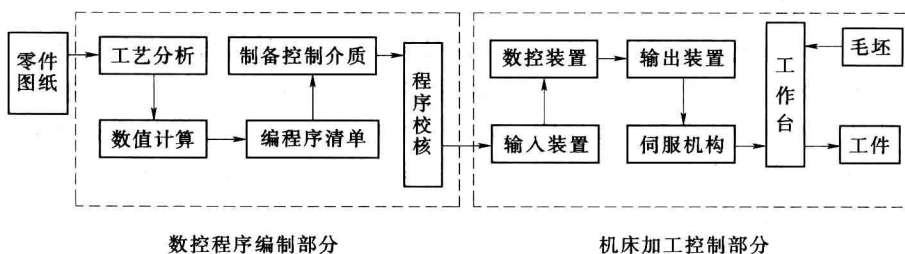


图 1-1 数控加工原理框图

二、数控加工的特点

1. 自动化程度高，具有很高的生产效率

除手工装夹毛坯外，其余全部加工过程都可由数控机床自动完成。若配合自动装卸手段，则是无人控制工厂的基本组成环节。数控机床省去了划线、多次装夹定位、检测等工序及其辅助操作，数控机床的空行程速度大大高于普通机床，缩短了刀具快进和快退的时



间，有效地提高了生产效率。

2. 加工精度高，质量稳定

加工尺寸精度在 $0.005 \sim 0.010\text{mm}$ 之间，不受零件复杂程度的影响。由于大部分操作都由机器自动完成，因而消除了人为误差，由于使用同一程序同一机床和刀具加工同一批零件，提高了批量零件尺寸的一致性，同时精密控制的机床上还采用了位置检测装置，可通过实时检测反馈，修正误差或补偿，更加提高了数控加工的精度。

3. 对加工对象的适应性强

在数控机床上加工，常采用简单的组合夹具，在加工新的零件时，除了更换刀具和解决毛坯装夹方式外，只需重新编程即可，不需要作其他任何复杂的调整，从而缩短了生产准备周期，因此应用数控机床十分有利于产品的升级换代和新产品的开发。

4. 易于建立与计算机间的通信联络，容易实现群控

由于机床采用数字信息控制与标准代码处理，易于与计算机辅助设计系统连接，形成 CAD/CAM 一体化系统，并且可以建立各机床间的联系，容易实现群控。

三、数控加工技术的发展方向

现代数控加工正在向运行高速化、加工高精度、高柔性化、高一体化、复合化、互联网网络化和智能化等方向发展。

1. 运行高速化

机床运行高速化不仅可以大幅度提高加工效率，还可减少切削力，减小切削深度，有利于克服机床振动，使传入零件中的热量大大减低，排屑加快，热变形减小，加工精度和表面质量得到显著提高。运行高速化已是现代机床技术发展的重要方向之一。高速切削可通过高速运算技术、快速插补运算技术、超高速通信技术和高速主轴等技术来实现。

2. 加工高精度

高精度化一直是数控机床技术发展追求的目标。它包括提高机械设备的制造、装配精度和提高数控系统的控制精度两方面。提高机械设备的制造、装配精度，一般是通过提高数控机床基础大件结构特性和热稳定性，采用误差补偿技术和辅助措施来达到的。提高数控系统控制精度一般采用高速插补技术，高分辨率位置检测装置，位置伺服系统采用前馈控制与非线性控制等方法。

3. 高柔性化

柔性是指机床适应加工对象变化的能力。数控系统在 21 世纪将具有最大限度的柔性，能实现多种用途。具体是指具有开放性体系结构，通过重构和编辑，视需要系统的组成可大可小；功能可专用也可通用，功能价格比可调；可以集成用户的技术经验，形成专家系统。实践证明，采用柔性自动化设备或系统是提高加工精度和效率、缩短生产和供货周期，对市场变化需求作出快速响应和提高竞争能力的有效手段。

4. 高一体化

在制造过程中，加工、检测一体化是实现快速制造、快速检测和快速响应的有效途



径,将测量、建模、加工、机器操作四者融合在一个系统中,实现信息共享,促进测量、建模、加工、装夹、操作一体化。

5. 复合化

复合化是指在一台设备能实现多种工艺手段加工的方法。加工中心的出现把车、铣、镗、钻等工序集中到一台机床上完成,打破了传统的分开加工的工艺规程。一台具有自动换刀装置、自动交换工作台和自动转换立卧主轴头的镗铣加工中心,不仅一次装夹就可以完成铣、镗、钻、铰、攻丝等工序,还可以完成箱体面五个面的粗、精加工全部工序。

6. 互联网络化

网络功能正逐渐成为现代数控机床、数控系统的特征之一。实现多种通信协议,既满足单机需要,又能满足 FMS(柔性制造系统)、CIMS(计算机集成制造系统)对基层设备的要求。配置网络接口,通过 Internet 可实现诸如现代数控机床的远程故障诊断、远程状态监控、远程加工信息共享、远程操作(危险环境的加工)、远程培训等功能。

7. 智能化

具体是指系统应在局部或全部实现加工过程的自适应、自诊断和自调整;多媒体人机接口使用户操作简单,智能编程使编程更加直观,可使用自然语言编程;加工数据的自生成及智能数据库,智能监控,采用专家系统以降低对操作者的要求等。

第二节 数控编程基础知识

一、数控编程概念、内容、步骤、编程的方法

数控编程就是将零件的加工顺序、刀具运动轨迹、位移量的尺寸数据、工艺参数以及辅助操作等加工信息,用规定的文字、数字、符号组成的代码,按一定的格式编写成加工程序。然后输入到数控机床的数控装置中,从而指挥机床加工零件。这种从分析零件图到形成数控加工程序的全部过程叫数控编程。数控编程的步骤如图 1-2 所示。

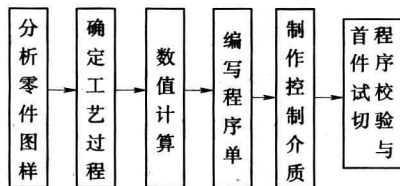


图 1-2 数控编程的过程

1. 分析零件图样

在编程之前,首先针对具体的零件图样进行细致的分析,包括零件材料、尺寸、加工精度、表面质量、热处理要求等内容,明确加工内容和要求,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。

2. 确定加工工艺过程

在确定加工工艺过程时,编程人员要根据图样对零件的技术要求,选择加工方法,确定加工顺序、加工路线、选择定位基准、夹紧方式、刀具及切削参数,同时还要考虑所用数控机床的指令功能,做到加工路线要短,进给、换刀次数要少,以充分发挥机床的功能。



3. 数值计算

根据零件图的几何尺寸，确定的工艺路线及设定的坐标系，算出数控机床所需要的数据，进行一些必要的数学处理。主要包括以下两方面。

(1) 基点坐标的计算。基点就是指相邻几何元素的交点和切点。

(2) 节点坐标的计算。对非圆曲线需要用小直线段或圆弧段逼近，这些小直线段或圆弧段与非圆曲线的交点或切点叫做节点。

对于简单零件只需计算零件轮廓相邻几何要素基点坐标的坐标值，对于复杂零件，用直线或圆弧来逼近，还要计算各节点坐标值，这时大多借助计算机来完成数值计算。

4. 编写零件加工程序单

根据加工路线计算出的数据和已确定的切削用量，按照数控系统规定的指令代码格式和程序段格式，编写零件加工程序单。编程方式有手工编程和自动编程两种。

(1) 手工编程。程序编制的整个步骤几乎都是由人工来完成就是手工编程，对于形状简单的零件，计算比较简单，所需加工的程序不长，采用手工编程比较容易完成，而且经济。但对于轮廓复杂的零件，特别是加工非圆曲线、列表曲线、曲面等表面时，加工程序长，用手工编程就相当困难，还容易出错，有的甚至无法编出程序，此时必须用自动编程的方式来编制程序。

(2) 自动编程。利用计算机辅助完成大部分的编程工作就是自动编程。目前较多地采用 CAD/CAM 图形交互式自动编程。CAD/CAM 软件就是将加工工件以图形形式输入计算机，由计算机自动进行数值计算和相应的处理，自动生成数控程序。自动编程的出现使得一些计算繁琐、手工编程难于实现甚至手工编程无法编出的程序得以实现，大大提高了编程质量和效率。

5. 制作控制介质

程序可以直接用键盘输入到数控装置中保存，也可将程序记录在控制介质上，再输入至数控装置中保存，以前常用的控制介质有穿孔纸带、磁带及磁盘等。

6. 程序校验与首件试切

程序编好后必须检验和试切才能正式使用。检验的方法有以下几种。

(1) 空运行。在不装夹工件的情况下空运行程序，通过检查工件和刀具的运动轨迹、坐标显示值的变化来检验程序。

(2) 图形模拟。在有图形模拟的数控机床上，可以通过显示进给轨迹或模拟刀具对工件的切削过程来检验程序。

(3) 首件试切。上两种方法只能检查程序是否正确，而不能保证加工精度，所以必须进行零件的首件试切。首件试切一般采用逐段运行加工的方法进行，即每按一次自动循环键，系统只执行一段程序，执行完一段停一下，通过一段一段的运行来检查机床的每次动作。若通过试切发现零件的精度达不到加工要求，则应进行程序单的修改，或采取误差补偿的方法，直到加工出合格的零件。

由于数控机床要按照预先编制好的程序自动加工零件，因此，程序编制的好坏直接影响数控机床的正确使用和数控加工特点的发挥。这就要求程序员不仅要熟悉数控机床



的结构、数控系统的功能及标准，还要通晓机械加工工艺以及机床、刀夹具等工艺知识。

二、数控机床的坐标系

(一) 坐标系的确定原则

数控机床加工时，刀具与工件的相对运动是以数字的形式体现的。因此，必须建立相应的坐标系以描述机床的运动和说明空间位置，否则，编程时容易造成混乱，操作也无法进行。根据 ISO 841 国际标准，我国相应制定了 JB/T 3501—1999《数字控制机床坐标和运动方向的命名》标准，对数控机床的坐标轴和运动方向作了明文规定。

1. 刀具相对于静止的工件而运行的原则

这个原则指不论机床在加工中是刀具移动，还是被加工工件移动，永远假定刀具相对于静止的工件而运动。这一原则使编程人员能够在不知道刀具运动还是工件运动的情况下确定加工工艺，并只要依据零件图样即可进行数控加工的程序编制。

2. 运动方向的规定

数控机床某一部件运动的正方向规定为：刀具远离工件的方向作为坐标的正方向。

3. 标准坐标系的规定

在标准中统一规定机床的坐标系采用笛卡儿直角坐标系，如图 1-3 所示，用 X 、 Y 、 Z 表示直线进给坐标轴， X 、 Y 、 Z 坐标轴的相互关系由右手法则决定。大拇指指向 X 轴的正方向；食指指向 Y 轴的正方向；中指指向 Z 轴的正方向。这个坐标系的各个坐标轴与机床的主要导轨相平行。围绕 X 、 Y 、 Z 轴旋转的圆周进给坐标轴分别用 A 、 B 、 C 表示，根据右手螺旋定则，以大拇指分别指向 $+X$ 、 $+Y$ 、 $+Z$ 方向，则四指环绕的方向分

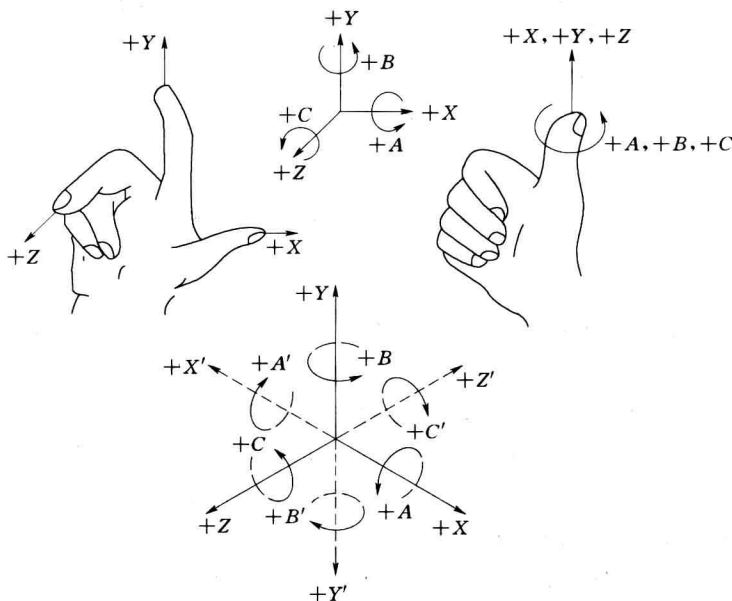


图 1-3 右手笛卡儿直角坐标



别为 $+A$ 、 $+B$ 、 $+C$ 的方向。

为了体现机床的移动部件是工件而不是刀具，其实际运动的坐标轴用带“'”的字母表示，如 X' 、 Y' 、 Z' 等，其运动方向正好与 X 、 Y 、 Z 方向相反。对编程人员来说，只需考虑不带“'”的运动方向，而对机床的设计和制造者，则要考虑带“'”的实际运动方向。

(二) 机床坐标系

机床坐标系 X 、 Y 、 Z 轴的判定顺序为：先确定 Z 轴，再确定 X 轴，最后按右手定则确定 Y 轴。

1. Z 坐标的确定

Z 坐标的运动由传递切削力的主轴所决定，与主轴轴线重合或平行的坐标轴即为 Z 轴。对于没有主轴的机床，则规定垂直于工件装夹表面的坐标为 Z 坐标。如机床上有几个主轴，则选一垂直于工件装夹平面的主轴作为 Z 轴。如主要的主轴始终平行于标准的三坐标系统中的一个坐标，则这个坐标就是 Z 坐标；如主要的主轴能摆动，在摆动范围内使主轴只平行于三坐标系统中的两个或三个坐标，则取垂直于工件装夹平面的方向为 Z 坐标，如图1-4所示机床坐标系示例。

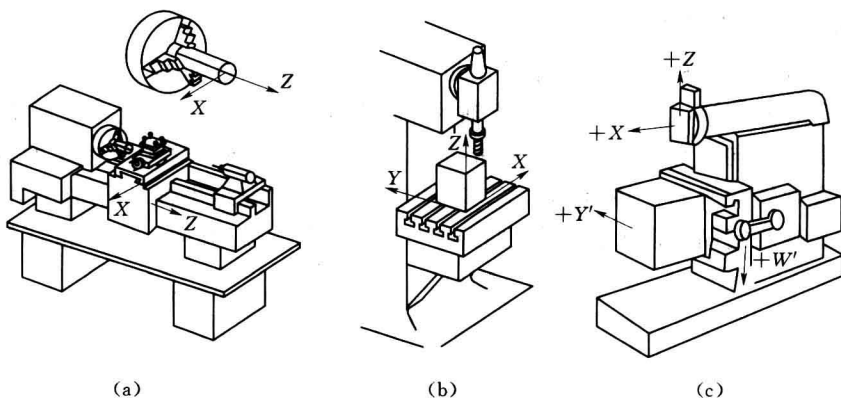


图 1-4 数控机床坐标系

(a) 卧式车床；(b) 立式铣床；(c) 牛头刨床

2. 确定 X 轴

X 坐标运动一般是水平的，它平行于工件的装夹平面，且垂直于 Z 轴。

对于工件旋转的机床，如图1-4(a)所示的车床， X 坐标方向是在工件的径向，且平行于横向导轨，以刀具离开工件回转中心的方向为正方向。

对于刀具旋转的机床，若 Z 坐标是垂直的（主轴是立式的），如图1-4(b)所示的立式铣床，当由主要刀具主轴向立柱看时， X 的正方向向右。若 Z 坐标是水平直的（主轴是卧式的），由主要刀具主轴向工件看时， X 轴正方向向右。

对于无回转刀具或回转工件的机床（如刨床）， X 轴平行于主要切削方向。以该主切削力方向为正方向，如图1-4(c)所示。



3. 最后确定 Y 轴

确定了 X、Z 轴的正方向后，按照右手笛卡儿直角坐标系来确定 Y 轴的正方向。若机床在 X、Y、Z 主要直线运动之外还有平行于它们的坐标运动，就称为附加坐标系，它们分别指定为 U、V、W，如还有第三组运动，则分别指定为 P、Q、R。多轴数控机床坐标系如图 1-5 所示。

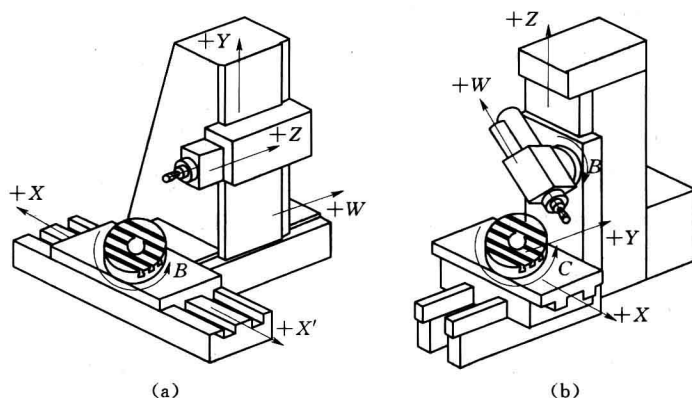


图 1-5 多轴数控机床坐标系示例

(a) 卧式镗铣床；(b) 六轴加工中心

(三) 机床原点、参考点

机床坐标系是机床固有的坐标系，机床坐标系的原点也称为机床原点或机床零点，在机床经过设计制造和调整这个原点便被确定下来，它是固定的点，由制造厂家确定。

数控车床的机床原点多定在主轴前端面的中心。

数控铣床的机床原点位置因生产厂家而异，有的设置在机床工作台中心，有的设置在进给行程范围的正极限点。可由机床用户手册中查到。

数据控制装置上电时并不知道机床零点，为了正确地在机床工作时建立机床坐标系，通常在每个坐标轴的移动范围内设置一个机床参考点，机床坐标系是通过回参考点操作来确立的，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，也就知道了机床零点的位置，数控系统就建立了机床坐标系。

通常在下列情况下要进行回零操作：

- (1) 机床接通电源后。
- (2) 当机床产生报警而复位清零后。
- (3) 在机床急停以后。

(四) 工件坐标系

工件坐标系是编程人员在编程时使用的，又称为编程坐标系。坐标原点就称之为工件原点。工件坐标系的应用分为两个步骤。



1. 确定工件坐标系

由编程人员在工件图样上确定工件原点，编制数控加工程序。

工件原点一般按如下原则选取：

(1) 要尽量满足编程简单、尺寸换算少、引起的加工误差小等条件，一般情况工件原点应选在工件图样的尺寸基准上。

(2) 能使工件方便地装夹、测量和检验。

(3) 尽量选在尺寸精度、光洁度比较高的工件表面上，这样可以提高工件的加工精度和同一批零件的一致性。

(4) 对于有对称几何形状的零件，工件原点最好选在对称中心点上。

数控车床上加工工件时，工件原点一般设在水轴中心线与工件右端面（或左端面）的交点处。数控铣床或加工中心加工工件时，工件原点一般设在进刀方向一侧工件外轮廓表面的某个角上或对称中心上。

2. 设置工件坐标系

(1) 在机床坐标系中直接设定加工原点设定加工坐标系指令（G54~G59）。

(2) 通过刀具起始点来设定加工坐标系设定加工坐标系指令（G92、G50）。

(3) 用 T 指令建立工件坐标系。

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。

要把程序应用到机床上，程序原点在机床坐标系中的位置是多少，这些都必须让数控系统知道，这一操作就是对刀。

（五）绝对坐标系和增量（相对）坐标系

1. 绝对坐标系

刀具（或机床）运动轨迹的坐标值是以相对于固定的坐标原点 0 给出的，即称为绝对坐标。该坐标系为绝对坐标系。如图 1-6（a）所示，A、B、C 点的坐标均以固定的坐标原点 0 计算的，其值为： $X_A=20$ ， $Y_A=10$ ； $X_B=30$ ， $Y_B=40$ ； $X_C=50$ ， $Y_C=30$ 。

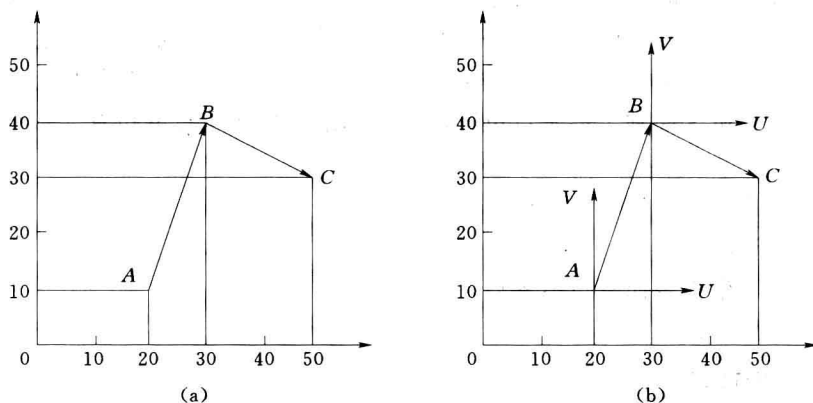


图 1-6 绝对坐标系与增量坐标系

(a) 绝对坐标系；(b) 增量坐标系



2. 增量（相对）坐标系

刀具（或机床）运动轨迹的坐标值是相对于前一位置（起点）来计算的，即称为增量（或相对）坐标，该坐标系称为增量坐标系。

增量坐标系常用 U 、 V 、 W 来表示。如图 1-6（b）所示， B 点相对于 A 点的坐标（即增量坐标）为 $U_B=10$ ， $V_B=30$ ； C 点相对于 B 点的坐标 $U_C=20$ ， $V_C=-10$ 。

三、数控加工程序的格式与结构指令代码（数控加工程序的组成结构）

不同的数控系统，根据系统本身的特点及编程的需要，都有一定的程序格式。对于不同的机床，其程序格式也不尽相同。因此，编程人员必须严格按照机床说明书的规定格式进行编程。

（一）程序结构

一个完整的程序由程序号、程序的内容和程序结束三部分组成。例如：

%0001		程序号
N10 G92 X100 Z100;	}	程序内容
N20 G90 G00 X28 Z3 S800 M03;		
N30 G01 Z-23 F200;		
N40 X30;		
N50 G00 X100 Z100;		
N60 M05;		
N70 M30;		程序结束

1. 程序号

在程序的开头要有程序号，以便进行程序检索。程序号就是给零件加工程序一个编号，并说明该零件加工程序开始。如华中数控 HNC-21 中采用 % 及其后 4 位十进制数表示（“%××××”），4 位数中若前面为 0，则可以省略，如“%0123”等效于“%123”。而其他系统有时也采用符号“O”或“P”及其后 4 位十进制数表示程序号。

2. 程序内容

程序内容部分由许多程序段组成，它是整个程序的核心，每个程序段由一个或多个指令构成，它表示数控机床要完成的全部加工内容。

3. 程序结束

程序结束是以程序结束指令 M02、M30 或 M99（子程序结束），作为程序结束的符号，用来结束整个程序的运行，它位于整个程序的最后。

（二）程序段格式

零件的加工程序是由许多程序段组成的，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，国内外广泛采用字—地址可变程序段格式。所谓字—地址可变程序段格式，就是在一个程序段内数据字的数目以及字的长度（位数）都是可以变化的格式。不需要的字以及与上一程序段相同的续效字可以不写。该格式的每个程序段由程序段号、



若干个数据字和程序段结束字符组成，每个数据字是控制系统的具体指令，它是由地址符、特殊文字和数字集合而成，它代表机床的一个位置或一个动作。

程序段格式如下：

N_G_X_Y_Z...F_S_T_M_LF;

其中 N 程序段号
G 准备功能,后跟 2 位数字
X、Y、Z 等 尺寸字
F 进给功能
S 主轴功能
T 刀具功能
M 辅助功能
LF 结束符号

数控系统指令字符见表 1-1。

表 1-1 数控系统指令字符一览表

机 能	地 址	意 义
零件程序号	%	程序编号 %1~4294967295
程序段号	N	程序段编号 N0~4294967295
准备机能	G	指令动作方式（直线、圆弧）G00~G99
尺寸字	X、Y、Z	坐标的移动命令±99999.999
	A、B、C	
	U、V、W	
	R	圆弧的半径，固定循环的参数
	I、J、K	圆心相对于起点的坐标，固定循环的参数
进给速度	F	进给速度的指定 F0~F24000
主轴机能	S	主轴旋转速度的指定 S0~S9999
刀具机能	T	刀具编号的指定 T0~T99
辅助机能	M	机床开/关控制的指定
补偿号	D	刀具半径补偿的指定 00~99
暂停	P、X	暂停时间的指定 秒
程序号的指定	L	子程序号的指定 P1~P4294967295
重复次数	P	子程序的重复次数，固定循环的重复次数
参数	P、Q、R、U、W、I、K、C、A	车削复合循环参数
倒角控制	C、R	

程序字符说明如下：

1. 程序段号

程序段号位于程序段之首，由地址符 N 和后面的 2~4 位数字组成，一般以 10 为设置间隔，以便于程序修改时插入新的程序段号，程序段号的作用主要是程序的校对、检索



和程序转移。

程序的执行顺序与程序输入的顺序有关，而与程序号的大小无关，所以，整个程序中也可不设程序段号，或只在需要的位置设置程序段号，设置程序段号时一般按数字增大的顺序设置。

2. 准备功能（G 功能）

该指令主要指定数控系统做某种操作的指令，为数控装置的插补运算、刀补运算、固定循环等多种加工操作做好准备。用地址 G 和两位数字表示，G00~G99 共 100 种代码，如表 1-2 所示。

表 1-2 准备功能 G 代码（JB 3208—1999）

代码	组号	模态与非模态	功 能	代码	组号	模态与非模态	功 能
G00	a		点定位	G43	# (d)	#	刀具偏置 正向长度补偿
G01	a		直线插补				
G02	a		顺时针方向圆弧 插补	G44	# (d)	#	刀具偏置 负向长度补偿
G03	a		逆时针方向圆弧 插补	G45	# (d)	#	刀具偏置+/+
				G46	# (d)	#	刀具偏置+/-
G04		*	暂停	G47	# (d)	#	刀具偏置-/-
G05	#	#	不指定	G48	# (d)	#	刀具偏置-/+
G06	a		抛物线插补	G49	# (d)	#	刀具偏置 0/+
G07	#	#	不指定	G50	# (d)	#	刀具偏置 0/-
G08		*	加速	G51	# (d)	#	刀具偏置+/0
G09		*	减速	G52	# (d)	#	刀具偏置-/0
G10~G16	#	#	不指定	G53	f		直线偏移，注销
G17	c		XY 平面选择	G54	f		直线偏移 X
G18	c		ZX 平面选择	G55	f		直线偏移 Y
G19	c		YZ 平面选择	G56	f		直线偏移 Z
G20~G32	#	#	不指定	G57	f		直线偏移 XY
G33	a		等螺距螺纹切削	G58	f		直线偏移 XZ
G34	a		增螺距螺纹切削	G59	f		直线偏移 YZ
G35	a		减螺距螺纹切削	G60	h		准确定位 1（精）
G36~G39	#	#	永不指定	G61	h		准确定位 2（中）
G40	d		刀具补偿/刀具偏 置注销	G62	h		快速定位（粗）
				G63		*	攻丝
G41	d		刀具半径左补偿	G64~G67	#	#	不指定
G42	d		刀具半径右补偿	G68	# (d)	#	刀具偏置，内角