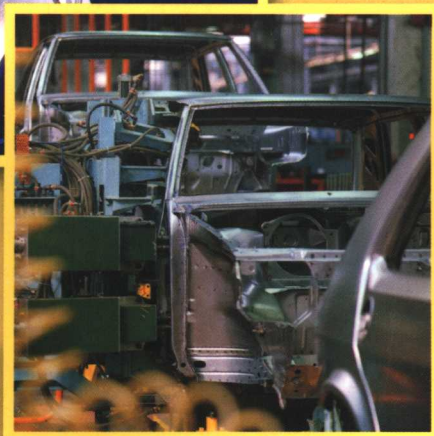
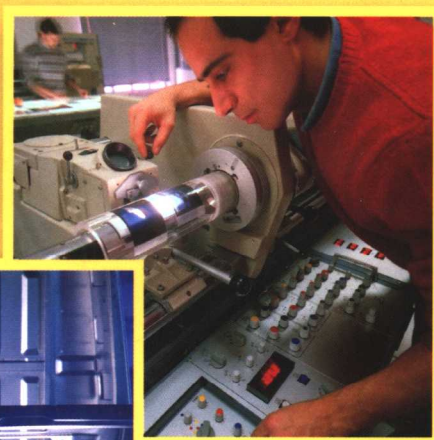
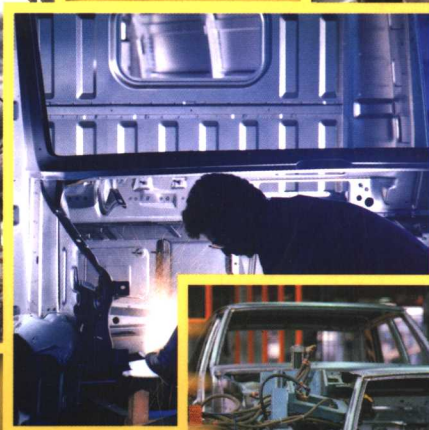




教育部高等职业教育示范专业规划教材

(机械制造及自动化专业)

数控机床操作与编程实训



何四平 主编



教育部《中等职业学校教学大纲》指定教材

《国家职业技能鉴定大纲》指定教材

数控机床操作与 编程实训



第2版

机械工业出版社



教育部高等职业教育示范专业规划教材
(机械制造及自动化专业)

数控机床操作与编程实训

主 编 何四平
副主编 袁名伟
参 编 陈 建 王瑞斌 翟 林
柴玉海 董学文
主 审 王金城



机械工业出版社

本书是根据劳动和社会保障部职业技能培训的要求,由具有多年教学实践经验的教师编写的实训教材。全书共分为5章,内容包括:数控机床加工及编程基本知识、数控车床操作与编程(FANUC 0—TD系统)、数控铣床操作与编程、加工中心操作与编程(FANUC—0iM系统)、数控机床维护与保养。为方便教学,书中列举了适量的操作与编程实训课题。内容由浅入深,符合职业教育的特点,力求理论够用为度,突出动手能力的培养。

该书可作为高职院校机械制造及机电专业的实训教材,也可作为各类职业技能培训机构的教材,同时也可供相关技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床操作与编程实训/何四平主编. —北京:机械工业出版社, 2006.5

教育部高等职业教育示范专业规划教材. 机械制造及自动化专业
ISBN 7-111-19197-8

I. 数... II. 何... III. ①数控机床—操作—高等学校:技术学校—教材②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(2006)第051608号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)
策划编辑:王世刚 责任编辑:崔占军 版式设计:霍永明
责任校对:王欣 封面设计:鞠杨 责任印制:杨曦
北京机工印刷厂印刷
2006年7月第1版第1次印刷
184mm×260mm·14.25印张·339千字
0 001—4 000册
定价:22.00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)68326294
编辑热线电话(010)68354423
封面无防伪标均为盗版

前 言

随着数控技术的快速发展,传统的机械制造技术已越来越不适应现代制造业的要求,特别是中国加入 WTO 后,民族工业在国际市场的竞争中,其产品的多功能、高精度和低成本需要有先进的技术来支撑,这就决定了中国机械制造行业需要一大批从事数控机床操作与编程的实用型人才。为此,我们根据高等职业教育的培养目标编写了这本教材。

本书以“实践为主,理论必要,够用为度”为原则,在内容安排上,简要阐述必备的基础理论知识,注重对学生数控机床操作、编程等动手能力的培养,针对市场应用广泛的日本 FANUC 系统和德国 SIEMENS 系统来编写,内容详略得当,实用性强。

本书由何四平任主编,袁名伟任副主编,由王金城主审。其中第 1 章由陈建、何四平编写;第 2 章由何四平编写;第 3 章由王瑞斌编写;第 4 章由翟林、柴玉海编写;第 5 章由袁名伟、董学文编写。在编写过程中得到了天津工程师范学院谭斌的大力支持,在此表示感谢。

由于编者的水平和学识有限,书中难免出现错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第 1 章 数控加工基本知识 1

- 1.1 数控机床的基本概念 1
- 1.2 数控机床的分类 2
- 1.3 数控机床的基本组成及功用 5
- 1.4 数控机床的工作步骤 6
- 1.5 数控加工工艺 7
- 1.6 数控加工的工艺文件 12
- 1.7 数控机床加工零件的程序编写 14
- 思考与练习题 22

第 2 章 FANUC 0—TD 系统数控车床 操作与编程 24

- 2.1 数控车床的坐标系及工件坐标系 24
- 2.2 FANUC 0—TD 系统数控车床编程
常识 25
- 2.3 常用的各种指令 26
- 2.4 FANUC 0—TD 系统数控车床操作功能
及按钮介绍 41
- 2.5 操作步骤 46
- 2.6 数控车床加工典型零件的编程方法 54
- 2.7 编程实例 59
- 2.8 数控车床加工典型零件的方法 70
- 2.9 数控车床编程与操作实训课题系列 74
- 思考与练习题 91

第 3 章 数控铣床编程与操作 93

- 3.1 SIEMENS 数控铣床编程与操作
规则 93
- 3.2 SIEMENS 系统数控铣床编程
实例 147
- 3.3 数控铣床编程与操作实训系列
课题 149
- 思考与练习题 154

第 4 章 加工中心编程与操作 157

- 4.1 加工中心的特点 157
- 4.2 FANUC—0iM 系统加工中心编程与
操作规则 158
- 4.3 系统指令及编程规则 163
- 4.4 加工中心操作面板 167
- 4.5 加工实例 178
- 思考与练习题 192

第 5 章 数控机床的维护与保养 196

- 5.1 数控机床主要的日常维护与保养
工作内容 196
- 5.2 数控车床的维护与保养 199
- 5.3 数控机床故障诊断流程 200
- 5.4 对诊断、维修人员的基本要求 201
- 5.5 数控机床常见报警信息及 FANUC 数控
机床故障的诊断排除实例 204
- 思考与练习题 220

参考文献 221

第 1 章 数控加工基本知识

1.1 数控机床的基本概念

用数字化信号构成的控制程序对某一具体对象（如速度、位移、温度、流量等）进行控制的一门技术，称为数控技术，简称 NC（Numerical Control），它一般是指早期的硬接线数控。随着微型计算机技术的发展，部分或全部的数控功能由软件来实现的数控，称为计算机数控，简称 CNC（Computer Numerical Control）。

广义上说，凡是使用了数控技术的机械设备统称为数控设备，它包括数控机床、数控折弯机、数控电焊机、电脑绣花机、自动绘图机等。

狭义上的数控设备是指应用了数控技术的切削机床，即数控机床，它代表着现代机械制造领域中的先进技术，它的出现使传统的加工工艺方法得到了历史性的革新。

数控机床之所以能得到广泛的应用，主要是因为它具有普通机床无法比拟的以下诸多优点。

1. 精度高

数控机床机械部分的制造精度高于普通机床，且它的控制精度高达 0.001mm ，高自动化的控制过程减少了许多人为操作误差。有位置检测装置的闭环或半闭环数控机床，它可以加工出精度高于数控机床本身的产品，且精度稳定性好。

2. 效率高

数控机床（特别是加工中心）的工序相对集中，且它的工作过程是由加工程序来控制的，减少了许多工件装夹、换刀、测量等辅助时间。再就是数控机床好的刚性为实现重切削提供了有利条件，从而实现了高效率加工。

3. 自动化程度高

数控机床是按预先编好的程序来自动完成加工任务的，工件装卸、换刀等一系列繁重的工作都是自动进行，使得数控机床的自动化程度非常高，从而减轻了操作人员的劳动强度，改善了劳动条件。

4. 加工范围广

数控机床的加工范围比普通机床要广，例如数控车床能够加工卧式车床难以加工的圆弧表面，数控铣床能够完成普通铣床难以完成的空间曲面加工。

5. 可以控制复杂的运动轨迹

美国麻省理工学院在 1952 年研制出世界上第一台三坐标数控铣床，其产生的背景就是为了解决帕森斯（PARSONS）公司加工飞机螺旋桨叶片轮廓样板曲线的难题。现在的多坐标数控机床可以加工复杂的空间曲面，所以，数控机床能实现复杂的运动是它区别于普通机床的重要特征之一。

在数控机床 50 余年的历史进程中，随着数控系统的不断完善和发展，数控机床优良的

性价比使它的应用越来越广泛。

数控机床与普通机床、专用机床相比较,优势较大,但一般说来,它主要适合加工精度高、形状复杂的中、小批量零件。

1.2 数控机床的分类

数控机床的分类方式很多,下面几种是比较常见的分类方式。

1.2.1 按工艺用途分

1. 一般数控机床

一般数控机床是指工艺性能与传统的通用机床相似的数控机床,包括数控车床、数控铣床、数控刨床、数控镗床、数控钻床及数控磨床等,其中的数控车床除了可以完成卧式车床所能加工的表面外,它还能加工圆弧面;数控铣床除了可以加工普通铣床所能加工的表面外,它还能加工空间曲面。这些数控机床在普通机床的基础上扩大了加工范围,这也是它应用广泛的一个原因。

2. 数控加工中心

数控加工中心又称多工序数控机床,它是带有刀库和自动换刀装置的数控机床。工件一次装夹后,能实现多种工艺、多道工序的集中加工,减少了装卸工件、调整刀具及测量的辅助时间,提高了机床的生产效率;同时减小了工件因多次安装所带来的定位误差。近年来,数控加工中心的发展非常迅速。

典型的数控加工中心有镗铣加工中心、钻铣加工中心和车铣加工中心等。由于钻铣加工中心使用较为广泛,所以,行业习惯简称钻铣加工中心为“加工中心”,而其它类型的加工中心没有简称。

3. 多坐标数控机床

数控机床的坐标数是指数控机床能进行数字控制的坐标轴数。如图 1-1a 所示,若 X 轴和 Z 轴能实现数字控制,则称它为两坐标数控机床;如图 1-1b 所示,若 X 轴、Y 轴和 Z 轴均能实现数字控制,则称它为三坐标数控机床。

值得注意的是:行业术语中的“两坐标加工”或“三坐标加工”则是指数控机床能实现联动的坐标轴数。图 1-1a 所示为两坐标数控车床,若它能实现 X 轴和 Z 轴的联动,即能加工圆弧,就可以把它叫做“两坐标加工”。图 1-1b 所示为三坐标数控铣床,若它只能控制任意两个坐标轴联动,实现图 1-2a 所示平面轮廓加工,则只能称之为

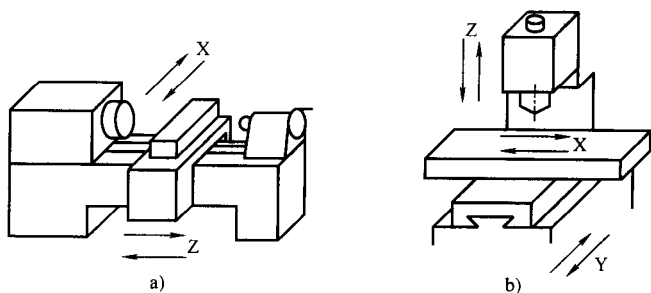


图 1-1 多坐标数控机床

a) 两坐标车床 b) 三坐标铣床

“两坐标加工”;若其深度尺寸大,只能通过 Z 轴的周期性进给来控制时,习惯上把它称为

“两坐标半加工”；若它能控制三个坐标轴联动，即能实现图 1-2b 所示的空间曲面加工，那么它就是“三坐标加工”。

能实现三个或三个以上的坐标轴联动的数控机床称为多坐标数控机床，它能加工形状复杂的零件，常见的多坐标数控机床一般为 4~6 个坐标轴联动。

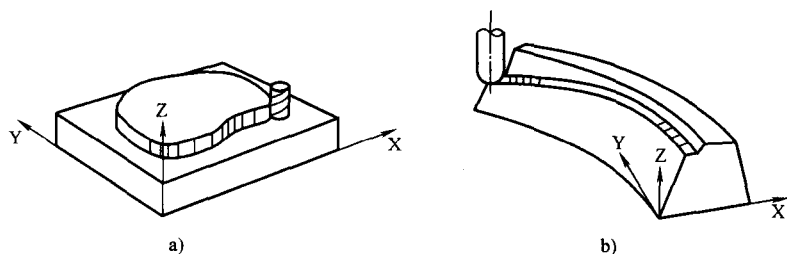


图 1-2 三坐标数控铣床的加工方式

a) 平面轮廓加工 b) 空间曲面加工

4. 特种加工数控机床

特种加工数控机床是指利用电脉冲、激光和高压水流等非传统切削手段进行加工的数控机床，如数控电火花加工机床、数控线切割机床和数控激光切割机床等。

1.2.2 按伺服系统分

1. 开环控制系统

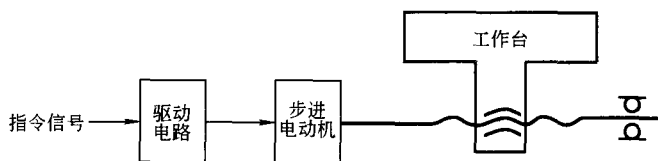


图 1-3 开环控制系统示意图

如图 1-3 所示，数控系统发出的指令信号经驱动电路放大后，驱使步进电动机旋转一定角度，再经传动部分带着工作台移动。它的指令值发送出去后，控制移动部件到达的实际位置值没有反馈，也就是说，系统没有位置检测反馈装置。开环控制系统的数控机床结构简单，调试和维修方便，成本低，但加工精度低。

2. 闭环控制系统

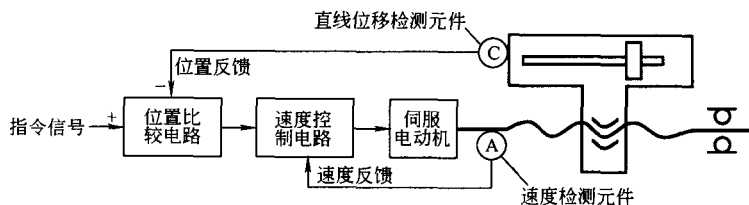


图 1-4 闭环控制系统示意图

如图 1-4 所示，数控系统发出指令信号后，控制实际进给量和位移量，将速度检测元件 A 及直线位移检测元件 C 的检测数值反馈到速度控制电路和位置比较电路与指令值进行比

较, 然后根据差值控制进给, 直到差值为零。这类系统装有位置检测反馈装置, 且位置检测装置在控制终端 (工作台), 所以闭环控制系统的数控机床加工精度高, 但结构复杂, 调试和维修困难, 成本高。

3. 半闭环控制系统

如图 1-5 所示, 这类系统也装有检测反馈装置, 它和闭环控制系统的区别是位置检测装置采用角位移检测元件, 且安放在伺服电动机轴或传动丝杠的端部, 丝杠到工作台的传动误差不在反馈控制范围之内, 所以半闭环控制系统的数控机床的性能介于开环和闭环之间, 精度比开环高, 但调试、维修比闭环简单。

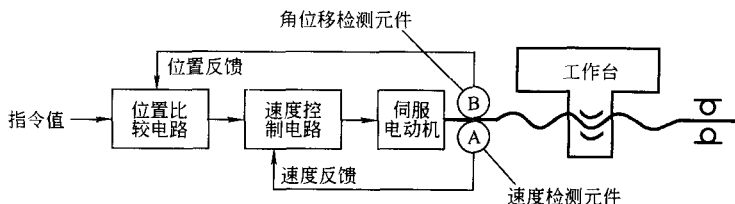


图 1-5 半闭环控制系统示意图

1.2.3 按控制的运动方式分

1. 点位控制数控机床

点位控制数控机床只控制移动目标点的精确位置, 而对移动过程的速度和轨迹并没有要求。这类机床在移动过程中不进行切削加工, 为提高效率, 其移动速度往往较快。常见的有数控钻床、数控测量机等。

2. 直线控制数控机床

直线控制数控机床不仅要控制移动目标点的精确位置, 而且对移动过程中的速度和轨迹也要进行控制。移动过程中进行切削加工, 其轨迹与坐标轴的方向平行。这类控制方式常用于简易数控车床、数控镗铣床等。

3. 连续轮廓控制数控机床

连续轮廓控制数控机床同时对两个或两个以上坐标轴的位移和速度进行连续相关的控制, 能够加工出圆弧面或曲面等复杂零件。常见的有数控车床、数控铣床、加工中心等。

1.2.4 按功能水平分

该方式分类在中国使用较广 (适合国情), 但不同时期的划分标准不同。

1. 经济型数控机床

它是指那些功能简单、价格便宜、自动化程度不高的数控机床, 主要适用于生产规模较小的企业及旧机床的改造等。

2. 标准型数控机床

它是指功能较多、价格适中的数控机床, 适合目前中国的国情, 市场份额较大。

3. 多功能高档数控机床

多功能数控是指功能齐全、价格较贵、档次较高的数控机床，它主要适合于经济实力雄厚、生产规模大的企业。

1.3 数控机床的基本组成及功用

无论何种类型的数控机床，一般都是由输入/输出设备、数控装置、伺服系统、受控设备及辅助装置等几部分组成。

1. 输入/输出设备

早期的数控机床只有键盘、发光二极管显示器、纸带阅读机、磁带（磁盘）输入机、控制面板。现代数控机床的控制面板包括 CRT 操作面板（执行 NC 数据的输入/输出）和机床操作面板（执行机床的手动操作），如图 1-6 所示。为了使操作人员操作方便，一般将数控机床的数控装置与控制面板设计成分离式的，更高级的数控机床还配有自动编程机或 CAD/CAM 系统。

它的作用是将零件程序和加工信息输入数控装置中。

2. 数控装置

数控装置是数控机床的核心部分，它一般由专用计算机（包括硬件和软件）、输入/输出接口及可编程序控制器等组成。

它的作用是完成输入信息的存储、数据转换、插补运算和实现各种控制。

3. 伺服系统

伺服系统是数控机床的执行机构，它包括伺服控制线路、功率放大线路、伺服电动机、机械传动机构和执行机构。

数控机床的伺服系统主要有两种：一种是进给伺服系统，控制切削进给运动；另一种是主轴伺服系统，它控制主轴的运动。简易的数控机床一般没有主轴伺服系统控制。

其作用是把来自数控装置的指令值信号转变为执行机构的位移。如数控车床的径向（轴向）尺寸，是由 X 轴方向（Z 轴方向）的伺服电动机接收数控装置及相应处理电路发送的脉冲信号后，驱动中滑板（床鞍），从而带动刀架和车刀，实现径向（轴向）的切削运动。

4. 受控设备

受控设备是被控制的对象，是数控机床的本体部分，它包括主运动部件、进给运动部件和支承部件以及冷却、润滑和夹紧装置等。

它的作用是完成切削加工运动及各种辅助动作。

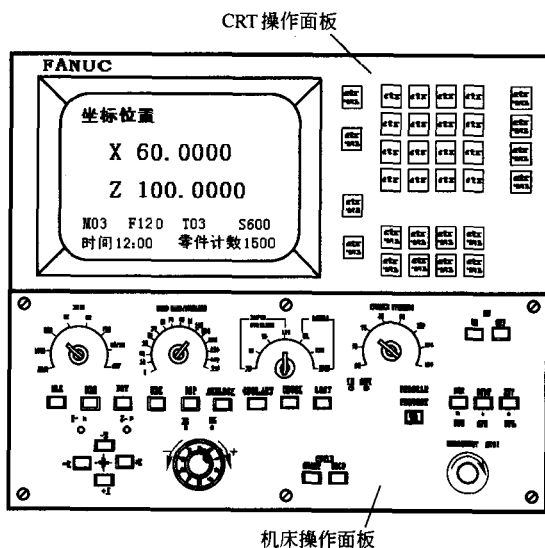


图 1-6 控制面板

1.4 数控机床的工作步骤

数控机床的工作过程如图 1-7 所示，其主要加工步骤如下。

1. 零件加工程序的编制

加工前，根据零件图样规定的尺寸、形状及技术要求等，确定其加工的工艺过程和工艺参数，然后编写零件的加工程序。

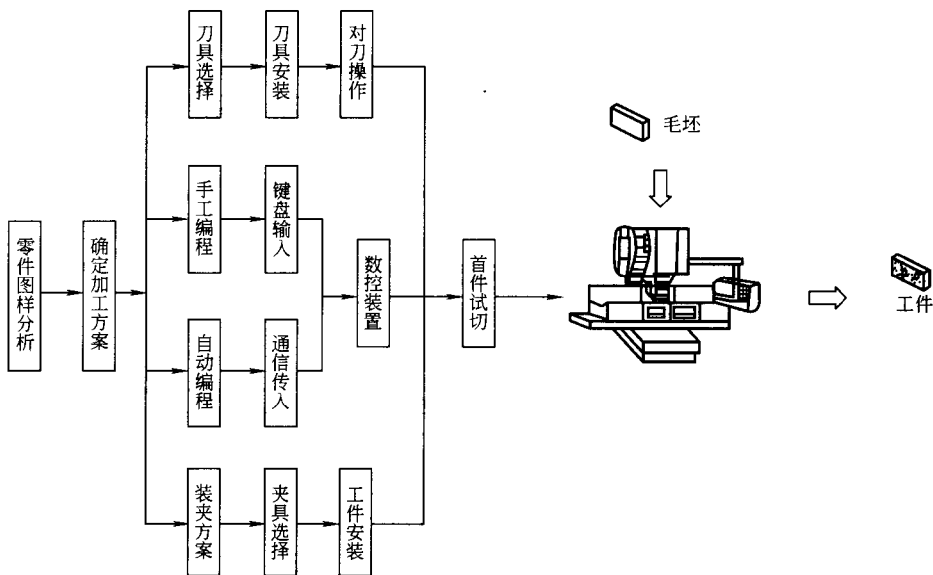


图 1-7 数控机床的工作过程

2. 程序输入

程序输入的方法有：

- 1) 由光电阅读机把穿孔纸带上的程序信息读入数控装置。
- 2) 对于较简单的加工程序，一般通过 CRT 操作面板上面的键盘直接把程序输入到数控装置中。
- 3) 对于在编程机上自动编制的、复杂的加工程序，一般通过通信接口从编程机上输入数控装置，或用软盘复制到数控装置中。

3. 轨迹插补

零件加工程序中的位置点一般为零件轮廓线段的起点和终点，而刀具实际进给的轨迹是数控装置根据图样零件轮廓形状要求，在线段的起点和终点之间进行“数据点的密化”计算，即轨迹插补。

如图 1-8a 所示，从起点 O 至终点 A 的直线段进给，数控装置根据轮廓轨迹要求进行插补运算，其结果为 A_1 、 A_2 、 A_3 等点的坐标值；如图 1-8b 所示，从起点 A 至终点 B 的圆弧段进给，数控装置的插补结果为 B_1 、 B_2 、 B_3 等点的坐标值。最后，插补结果以脉冲形式输出，以控制进给。一个脉冲信号使机床移动部件移动的位移量叫脉冲当量，它是数控机床控制的

最小单位量, 如图中 A_1A_2 、 B_1B_2 等微小直线段, 即为脉冲当量, 其大小由数控机床来决定, 一般为 0.001mm 或 0.002mm 。

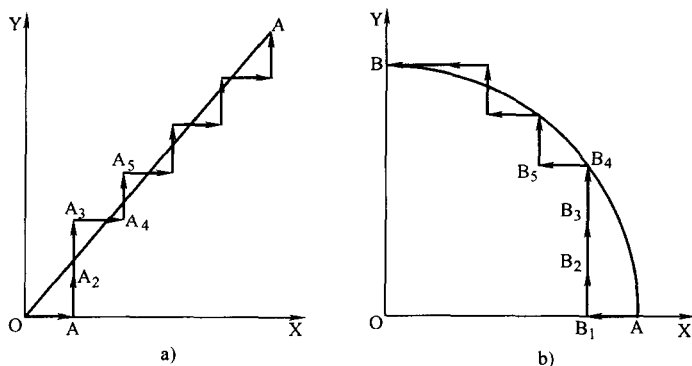


图 1-8 轨迹插补

a) 直线插补 b) 圆弧插补

4. 伺服控制和机床加工

伺服系统把数控装置输出的脉冲信号放大后, 驱动伺服电动机, 通过机械传动机构使工件和刀具按一定的轨迹和速度进行运动, 从而加工出符合图样要求的零件。

1.5 数控加工工艺

数控加工工艺的具体内容包括: 工序划分、机床和刀具的选择、工件装夹方案的确定、加工路径的安排、切削用量的分配、对刀点和换刀点的选取等。

数控加工工艺是编制加工程序的依据, 直接关系到加工程序的合理性。在普通机床上加工时有操作者掌握和调整工艺内容, 而在数控机床上加工程序前, 就必须编写好程序以实现自动控制, 所以数控加工的工艺安排非常重要。

1.5.1 工序划分

由于数控机床具有高自动化的特点, 能实现多工序集中加工, 所以它与普通机床的工序划分方法有着根本性的区别。一般来说, 数控机床的工序划分应遵循以下几点原则。

- 1) 充分发挥数控机床的优势, 尽可能一次装夹就完成零件所有表面的加工, 换言之, 一次装夹应尽可能多地完成加工表面, 以减小重新装夹带来的定位误差。
- 2) 先外后内的原则。先加工外轮廓, 以保证加工内轮廓时, 有装夹定位基准。
- 3) 先面后孔的原则。保证加工孔的定位基准。
- 4) 基准先行的原则。对于下一道工序加工中要使用的基准面, 原则上应先加工好, 以保证后面工序的加工余量及相应的位置精度。

总之, 数控加工工序划分应根据具体情况灵活对待。例如, 对于批量大且粗加工余量大的零件, 应考虑刀具磨损对精度的影响及机床刚性对加工效率的影响, 把粗、精加工的工序分开。

1.5.2 机床的选用

机床选用应合理,所谓“量体裁衣”,即根据零件的数量、精度和要求,分析该零件是否适合数控机床加工。在数控机床类别较多的地方,应确定各工序所使用的数控机床类别、型号。基本原则是:在保证所加工零件精度和要求的前提下,追求高的生产效率和良好的经济效益。

1.5.3 刀具选择

刀具选择的原则是:

- 1) 针对数控加工过程中的高速和重切削等特点,一般选用强度高、耐磨性及热硬性好的数控机床专用刀具。
- 2) 所用刀具越少越好,这样可降低成本,减少装刀和换刀等辅助时间以提高生产效率。
- 3) 尽可能地使用成形刀,如车削小圆弧宜选用圆弧车刀,铣削键槽宜选用直径与键槽宽度相同的键槽铣刀,以达到提高切削效率、精简程序的目的。
- 4) 粗加工应选用强度高的刀具,如尺寸大、后角小的刀具,强度好,适宜重切削;而精加工需选用后角较大的锋利刀具,以利于减小切削变形,便于控制尺寸精度。
- 5) 所选用的刀具在加工过程中不能与已加工表面发生干涉。如图 1-9a 所示,使用外圆刀车削凹圆弧时,因副偏角过小而出现副切削刃破坏已加工表面的情况;如图 1-9b 所示,在三坐标数控铣床上,用端铣刀铣削曲面时,编程使用的刀位点与切削点不一致;如图 1-9c 所示,所选刀具半径大于零件内轮廓圆弧半径,从而出现过切的现象。

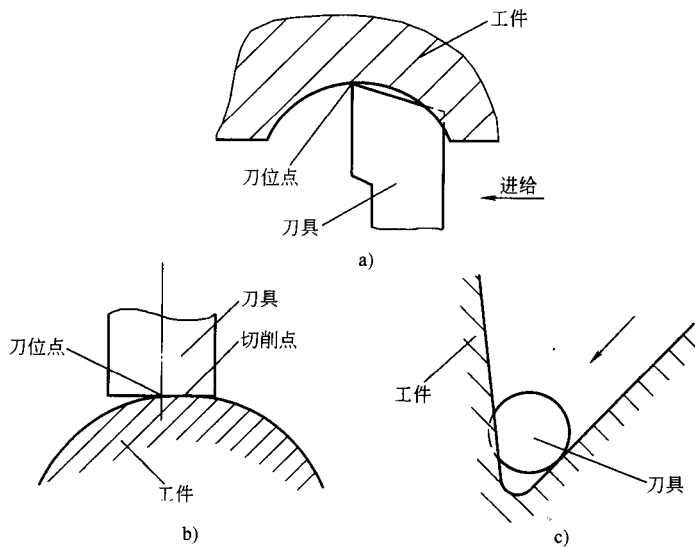


图 1-9 刀具与工件发生干涉的情况

1.5.4 工件装夹方案的确定

- 1) 尽量使用气动(液动或电动)夹具,以减轻劳动强度,提高生产效率。

- 2) 优先考虑选择通用、标准夹具,以降低夹具成本,缩短生产周期。
- 3) 使定位基准和设计基准重合,减小定位误差。
- 4) 装夹部位稳固,夹紧力靠近主要支承点,夹紧可靠,以满足数控加工时重切削的需求。

5) 加工部分敞露在夹具外面,保证刀具在切削、进刀、退刀和换刀时不与夹具发生碰撞,在刀具的极限位置与夹具之间留有一定安全距离,车削加工的安全距离一般为 $10 \sim 15\text{mm}$ 。

工件装夹时,应注意压紧点与支承点要相对应。当采用多个螺母压紧时,应轮流拧紧各个螺母,切忌某个螺母完全拧紧后,再拧紧下一个螺母,以防止压紧过程中工件松动或局部变形(刀具装夹过程中也应注意这点)。

1.5.5 加工路径的安排

加工路径即为刀具刀位点相对于工件而运动(数控编程时统一的设定)的轨迹及方向,包括切削、进刀、退刀等,它的合理、正确与否,直接影响到零件的加工精度。在安排数控加工工艺路径时应注意以下几点。

- 1) 加工路径越短越好,以减少空行程时间,提高生产效率。
- 2) 粗加工时应考虑留给精加工的余量分布均匀,使精加工切削稳定。
- 3) 先加工离装夹部位远的,后加工离装夹部位近的,以保证毛坯或半成品的刚性,避免加工过程中由于刚性不足而引起振动。
- 4) 在铣削加工中,刀具的运动方向决定了顺、逆铣方式,同时对工件表面质量和刀具寿命有着直接的影响。

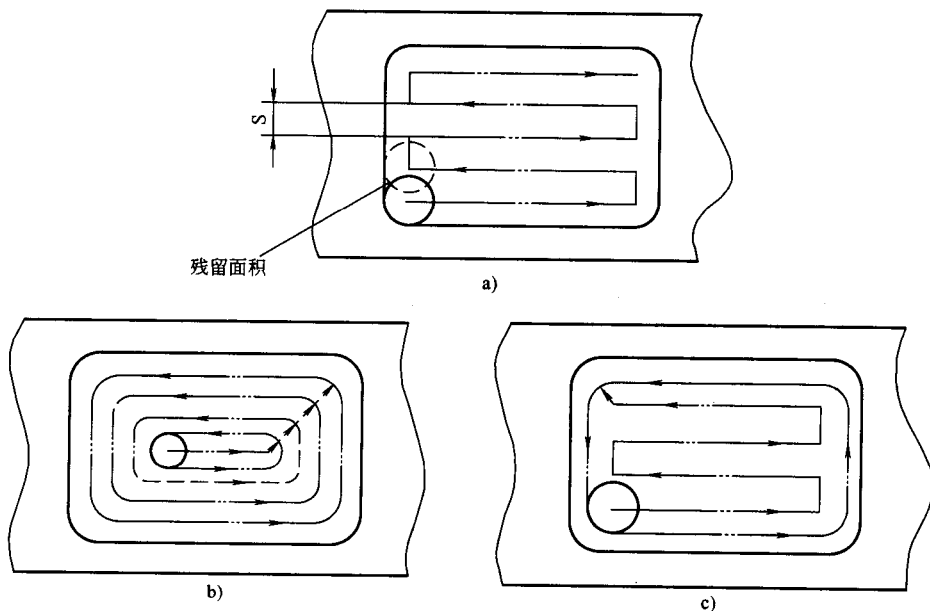


图 1-10 平面内轮廓加工的方案

a) 行切法 b) 环切法 c) 行切清根法

顺铣是指刀具旋转方向与工件进给方向相同的铣削方式,该方式由待加工表面切入,切入过程中没有滑移现象,对提高刀具寿命有利,且其加工的表面质量较好,一般尽量采用顺铣法;逆铣是指刀具旋转方向与工件进给方向相反的铣削方式,该方式由已加工表面切入,切削由薄变厚,对于表面有硬质层和积渣等工件宜采用逆铣法,有利于保护刀具,但加工的表面质量较差。所以为了提高表面质量和精度,可以采用多次走刀进行粗加工,最后一刀精加工时使用顺铣法。

图 1-10 所示为工件的平面内轮廓加工的方案。如果采用图 1-10a 所示的行切法进给(行距 S 必须小于刀具直径 D),顺铣和逆铣交替进行,进给路径较短,但在行与行的交接处,有残留面积存在,残留高度影响到表面粗糙度(残留高度跟行距 S 与刀具直径 D 的比值有关);图 1-10b 所示的环切法进给,是单一的顺(逆)铣方式,没有切削残留,但进给路径较长,切削效率低;图 1-10c 所示为行切法完成后,再用环切法沿四周光整进给清根,以去除残留高度,所以,相比较而言,这种行切法后清根的进给方案是最好的一种。

5) 连续铣削轮廓曲线,刀具的切入和切出应放在各几何元素连接点(基点)的切线上,避免从曲线上的某一点直接切入和切出,因为连续切削时,机床处于负载弹性状态下的平衡,如果在切入、切出瞬间,平衡被打破,在切入和切出点会留下凹凸不平的痕迹,影响表面质量。铣削图 1-11 所示的零件外轮廓,刀具应沿着两曲线交点 A 的切线方向延长线切入和切出。

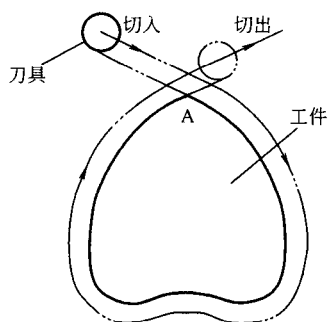


图 1-11 切入切出轨迹

6) 机械传动进给部分,如传动丝杠螺母副、传动齿轮副等之间存在传动间隙。图 1-12 所示为传动丝杠螺母副的传动间隙,当遇到反向进给信号时,伺服电动机带着丝杠需先走完间隙量后,才能驱动螺母和工作台或溜板箱进行移动,其道理和普通机床进给刻度盘的“空行程”一样,必然会带来反向进给时的间隙误差。

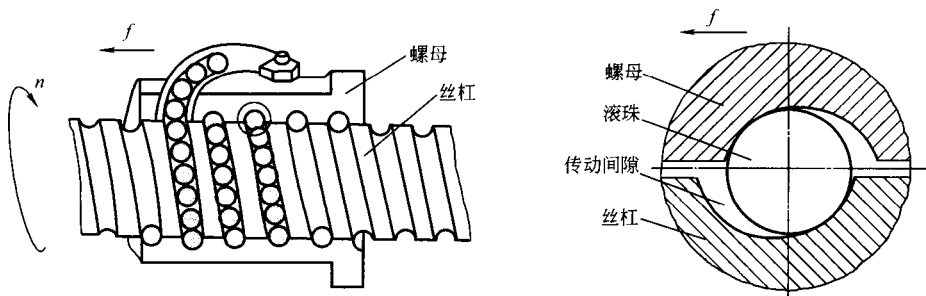


图 1-12 丝杠螺母副的传动间隙

加工图 1-13 所示工件上的五个小孔,根据图样要求,五个孔的 X 方向和 Y 方向尺寸的设计基准都一致。通过工艺分析, X 轴的正向进给方向应为沿着它的正方向, Y 轴的正向进给方向也应是沿着 Y 轴的正方向。如图 1-13a 所示,若刀具进给路径为 $O \rightarrow D \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow E$,则 C 孔的 Y 方向是反向进给, E 孔的 X 方向是反向进给,必然会使 C 孔的 Y 方向尺寸 30

和E孔的X方向尺寸65出现反向进给误差。此时,采用图1-13b所示的进给路线 $O \rightarrow D \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow P \rightarrow C \rightarrow Q \rightarrow E$ (即当遇到有反向进给误差的位置,让刀具反向运动超过该点,然后再正向运动至目标位置),就可解决C孔和E孔的反向进给误差问题,其原理与普通机床消除空行程的操作相似。

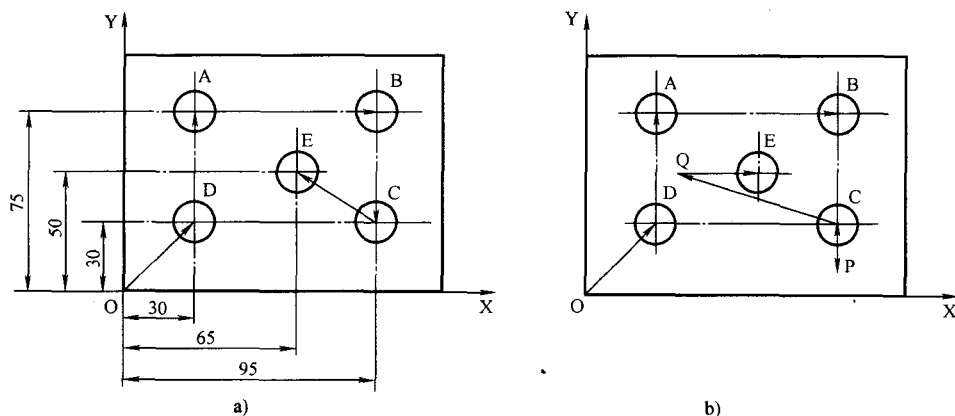


图 1-13 反向进给间隙误差的消除法

a) 错误方案 b) 正确方案

1.5.6 切削用量的分配

表示切削进给大小的量——切削用量,有切削速度(v_c)、背吃刀量(a_p)、进给量(f)。它们对生产效率和加工精度的作用很大,同时这三者之间又相互关联、相互影响。切削用量要根据机床的刚性、刀具和工件的材质及刚性等因素来综合考虑选择,通常情况下,切削用量的选取在很大程度上依赖于编程和操作人员平时积累的经验。

1) 粗加工要求尽快地切除多余的材料,同时给精加工留余量(0.2~0.5mm),追求的是加工效率。随着切削速度、背吃刀量、进给量的提高,切削力也增加,但由于机床、刀具和工件刚性的影响,切削力受到限制。当粗加工量较大时,可能需分多次进给完成切削,此时,只有合理分配好切削用量才能最大限度地提高生产效率。对生产效率影响最大的是背吃刀量,其次是进给量,最后是切削速度,所以,粗加工时,切削用量的选择顺序应为 $a_p \rightarrow f \rightarrow v_c$ 。

2) 精加工必须保证零件的精度,其中的表面粗糙度与三个切削用量关系很大,要想获得较好的表面粗糙度,应高速(切削速度高)小走刀(进给量小)。精加工时,切削用量的选择顺序应为 $v_c \rightarrow f \rightarrow a_p$ 。

3) 切削时产生的弹性变形对精加工的尺寸精度影响也很大,所以试切对刀与精加工时选取的切削用量应一致(力求两者切削产生的弹性变形接近)。操作人员试切对刀、选取切削用量时,应参考程序中精加工选取的切削用量。

4) 当刀具空运行,也就是刀具从远处向工件移动(进刀)或刀具远离工件移动(退刀)时,为减少辅助时间,提高生产效率,刀具的移动速度一般可按机床设定的最大值来选取。