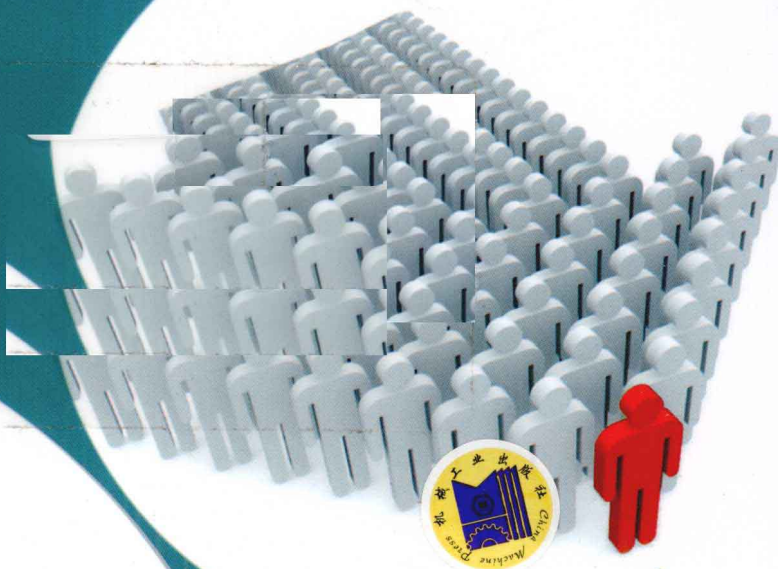


上岗就业百分百系列丛书

数控机床操作工

上岗就业百分百

上岗就业百分百系列丛书编委会 组编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

上岗就业百分百系列丛书

数控机床操作工 上岗就业百分百

上岗就业百分百系列丛书编委会 组编



机械工业出版社

本书是根据《国家职业标准》中级数控车工、数控铣工、加工中心操作工相应内容的等级标准及职业技能鉴定规范要求,按照岗位培训需要的原则编写的。本书主要内容包括:数控加工基础知识,数控加工工艺基础,数控编程基础知识,数控车床加工操作,数控铣床加工操作,加工中心的操作与加工实例,其他数控机床的操作及数控加工操作实例。本书内容由浅入深、由简单到复杂,突出技术实用性和通用性,图文并茂,通俗易懂。

本书主要用作企业培训部门、职业技能鉴定培训机构、再就业和农民工培训机构的培训用书,也可作为技校、中职及各种短训班的教学用书。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床操作工上岗就业百分百/上岗就业百分百系列丛书编委会
组编. —北京:机械工业出版社,2011.4

(上岗就业百分百系列丛书)

ISBN 978-7-111-33518-4

I. ①数… II. ①上… III. ①数控机床—操作—基本知识
IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 031130 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:王晓洁 责任编辑:赵磊磊 责任校对:李秋荣

封面设计:马精明 责任印制:乔 宇

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2011 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

169mm×239mm·12 印张·316 千字

0 001—3 000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-33518-4

定价:26.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

前言

随着我国工业化进程的加速、产业结构的调整和升级,经济发展对高质量技能人才的需求不断扩大。然而,技能人才短缺已是不争事实,并日益严重,这已引起中央领导和社会各界的广泛关注。面对技能人才短缺现象,政府及各职能部门快速做出反应,采取措施加大培养力度,鼓励各种社会力量倾力投入技能人才培养领域。为认真贯彻国家中长期人才发展规划(2010—2020年),适应全面建设小康社会对技能型人才的迫切要求,促进社会主义和谐社会建设,我们特邀请有关专家组织编写了这套“上岗就业百分百系列丛书”。

本套丛书在编写中以企业对人才的需求为导向,以岗位职业技能要求为标准,以与企业无缝接轨为原则,以企业技术发展方向为依据,以知识单元体系为模块,结合职业教育和技能培训实际情况,注重学员职业能力的培养,体现内容的科学性和前瞻性。同时,在编写过程中力求体现“定位准确、注重能力、内容创新、结构合理、叙述通俗”的特色,为此在编写中从实际出发,简明扼要,没有过于追求系统及理论的深度,突出“上岗”的特点,使具有初中文化程度的读者就能读懂学会,便于广大技术工人、初学者、爱好者自学,掌握基础理论知识和实际操作技能,从而达到实用速成、快速上岗的目的。

本套上岗就业百分百系列丛书编委会的组成人员有:汪立亮、刘兴武、袁黎、徐寅生、陈忠民、张能武、黄芸、徐峰、杨光明、潘旺林、潘珊珊、兰文华、邱立功。我们真诚地希望本套丛书的出版能对我国技能人才的培养起到积极的推动作用,能成为广大读者的“就业指导、创业帮手、立业之本”。

由于编者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,恳请广大读者批评指正。

上岗就业百分百系列丛书编委会

目 录

前言

第1单元 数控加工基础知识	001
模块一 数控技术基础知识	001
一、数控技术基本概念	001
二、数控加工的特点和应用范围	002
三、常见数控机床简介	004
四、常见数控系统简介	005
模块二 数控机床概述	005
一、数控机床的分类	005
二、数控机床的结构和组成	009
三、数控机床的技术参数及功能	013
四、数控机床的选择	014
第2单元 数控加工工艺基础	016
模块一 数控加工工艺性分析	016
一、选择适合数控加工的零件	016
二、确定数控加工的内容	017
三、数控加工零件的工艺性分析	018
模块二 数控加工工艺路线分析	019
一、加工方法的选择	019
二、加工阶段的划分	019
三、工序的划分	020
四、加工顺序的安排	021
五、数控加工工序和普通加工工序的衔接	021
模块三 数控加工工序的设计	021
一、机床的选择	021
二、夹具的选择	021
三、刀具的选择	021
四、量具的选择	022

五、定位基准与夹紧方案的确定·····	022
六、确定进给路线和工步顺序·····	022
七、工序加工余量的确定·····	026
八、切削用量的确定·····	026
九、工序尺寸的确定·····	027
十、切削液的选择·····	027
十一、时间定额·····	027
十二、对刀点与换刀点的确定·····	027
模块四 数控加工技术文件的编写·····	027
一、数控加工工序卡片·····	028
二、数控加工刀具卡片·····	028
三、机床调整单·····	029
四、数控加工程序单·····	029
五、数控加工进给路线图·····	029
第3单元 数控编程基础知识 ·····	030
模块一 数控编程的步骤及方法·····	030
一、数控编程的一般步骤·····	030
二、数控编程的方法·····	031
模块二 数控机床的坐标系统·····	031
模块三 数控程序及编程指令·····	033
一、数控程序的结构·····	033
二、常用的编程指令·····	035
模块四 手工编程的基本步骤及实例·····	038
模块五 数控编程的数值计算简介·····	040
一、基点与节点·····	040
二、辅助计算·····	041
第4单元 数控车床加工操作 ·····	043
模块一 数控车床加工概述·····	043
一、数控车床加工对象及工艺特点·····	043
二、数控车床加工工艺分析·····	045
模块二 数控车床的对刀方法·····	050
一、操作方法·····	050
二、注意事项·····	052
三、操作禁忌·····	052
模块三 数控车削加工工艺分析·····	052
一、零件轮廓的几何要素分析及结构工艺性分析·····	052
二、零件数控车削加工方案的拟订·····	054
三、夹具、刀具的选择及切削用量的确定·····	056
模块四 数控车床的基本操作·····	058

一、数控车床操作常用术语·····	058
二、操作方法·····	060
三、注意事项·····	067
模块五 数控车床循环加工·····	068
一、单次循环·····	068
二、单一固定循环切削·····	069
三、多次固定循环切削·····	071
模块六 数控车床编程实例·····	076
一、小轴零件编程实例·····	076
二、工艺品零件编程实例·····	078
三、典型轴类零件编程实例·····	079
四、数控车床盘类零件编程实例·····	082
第5单元 数控铣床加工操作·····	088
模块一 数控铣床操作方式的选择·····	088
一、操作方法·····	088
二、注意事项·····	091
模块二 数控铣床的手动操作和自动操作·····	091
一、数控铣床的手动操作·····	091
二、数控铣床的自动操作·····	093
模块三 数控铣床刀具补偿值的设定和对刀方法·····	095
一、操作方法·····	095
二、注意事项·····	097
模块四 数控铣床程序的编写和检验·····	097
一、数控铣床程序的输入、编辑与检索·····	097
二、数控铣床程序的传输与校验·····	099
模块五 数控铣床的固定循环·····	100
一、数控铣床的坐标系设置·····	100
二、数控铣床的固定循环·····	102
模块六 数控铣床典型零件编程实例·····	108
一、数控铣床轮廓类零件编程·····	108
二、数控铣床孔类零件编程·····	111
第6单元 加工中心的操作与加工实例·····	113
模块一 加工中心概述·····	113
一、加工中心的特点·····	114
二、加工中心的分类·····	114
三、加工中心的型号·····	115
四、加工中心的主要加工对象·····	115
模块二 加工中心编程典型实例·····	117
一、编程技术·····	117

二、轮廓加工实例	120
模块三 加工中心的操作方法	123
一、主要技术参数	124
二、操作面板	124
三、加工中心的操作	130
第7单元 其他数控机床的操作	134
模块一 数控电火花线切割机床的基本操作	134
一、操作方法	134
二、注意事项	140
三、操作禁忌	141
模块二 数控电火花线切割机床手工编程步骤	141
一、编程步骤	141
二、数控电火花线切割加工编程实例	142
模块三 数控冲床的基本操作	145
一、操作方法	145
二、注意事项	146
模块四 数控外圆磨床的编程操作	147
一、操作方法	147
二、注意事项	149
模块五 数控快走丝线切割机床的操作	150
一、系统控制柜上各部分的名称和功能	150
二、操作方法	151
第8单元 数控加工操作实例	159
模块一 数控车床螺纹加工实例	159
一、操作方法	159
二、注意事项	167
三、加工禁忌	168
模块二 用数控铣床铣孔的加工实例	168
一、操作方法	168
二、注意事项	170
模块三 田径场模型加工实例	172
模块四 端盖加工实例	176
参考文献	181

第1单元

数控加工基础知识



知识要点

- 数控机床的特点。
- 数控机床的组成和工作原理。
- 数控机床的分类。
- 数控加工的应用范围。
- 常见的数控系统分类。



任务目标

- 了解数控机床的特点和工作原理。
- 了解数控加工的工作特点和应用范围。
- 掌握数控机床的技术参数,并能够根据相关要求进行选择。
- 掌握伺服系统的工作原理。
- 熟悉常见的几种数控系统。

模块一

数控技术基础知识

一、数控技术基本概念

1. 数控技术

数控技术是指采用数字化的信息对某一对象进行控制的技术,控制对象可以是位移、角度、速度等机械量,也可以是温度、压力、流量、颜色等物理量。这些量的大小不仅可以测量,还可以经 A/D 或 D/A 转换,用数字信号来表示。数控技术是近几十年发展起来的一种自动控制技术,是机械加工现代化的重要基础与关键技术。

2. 数控加工

数控加工是指采用数字信息对零件加工过程进行定义,并控制机床自动运行的一种自动化加工方法。数控加工技术是20世纪40年代后期为适应加工复杂外形零件而发展起来的一种自动化技术。1947年,美国帕森斯公司为了精确地制作直升机机翼、桨叶和飞机框架,提出了用数字信息来控制机床自动加工外形复杂零件的设想。他们利用电子计算机对机翼加工路径进行数据处理,并且考虑到了刀具直径对加工路径的影响,使得加工精度达到 $\pm 0.0015\text{ in}(0.0381\text{ mm})$ 。1949年,美国空军为了能在短时间内制造出经常变更设计的火箭零件,与帕森斯公司和麻省理工学院(MIT)伺服机构研究所合作,于1952年成功研制出世界上第一台数控机床——三坐标立式铣床。它能控制铣刀进行连续空间曲面的加工,由此揭开了数控加工技术的序幕。

数控加工是一种具备高效率、高精度与高柔性特点的自动化加工方法,可以有效解决复杂、精密、小批多变零件的加工问题,充分适应了现代化生产的需要。但是数控加工必须由数控机床来实现。

3. 数控机床

数控机床是指采用了数控技术的机床。数控机床将零件加工过程所需的各种操作和步骤(如主轴变速、主轴启动和停止、松夹工件、进刀和退刀、切削液开和关等)以及刀具与工件之间的相对位移量等都用数字化的代码来表示,由编程人员编制成规定的加工程序,通过输入介质(磁盘等)送入计算机控制系统,由计算机对输入的信息进行处理与运算,并相应发出各种指令来控制机床的运动,使机床自动地加工出所需要的零件。

现代数控机床综合应用了微电子技术、计算机技术、精密检测技术、伺服驱动技术以及精密机械技术等多方面的最新成果,是典型的机电一体化产品。

4. 数控编程

数控编程是指生成用数控机床进行零件加工的数控程序的过程。数控程序是由一系列程序段组成,把零件的加工过程、切削用量、位移数据以及各种辅助操作等,按机床的操作和运动顺序,用机床规定的指令及程序格式排列而成的一个有序指令集。例如:

```
N01 G00 X200 Y-39 M03
```

该程序段表示一个操作:命令机床以设定的速度快速运动,以直线方式移动到 $X=200\text{ mm}$, $Y=-39\text{ mm}$ 处后,主轴正转。其中N01是程序段的行号,G00字段表示机床快速定位,X200和Y-39表示沿 x 轴和 y 轴的位移坐标值,M03表示主轴正转。

零件加工程序的编制(数控编程)是实现数控加工的重要环节,特别是对于复杂零件的加工,其编程工作的重要性甚至超过了数控机床本身。此外,在现代生产中,产品形状及质量信息往往需要通过坐标测量机或者直接在数控机床上测量得到,测量运动也有赖于数控编程中的指令来实现。因此,数控编程对于产品质量的控制也有着重要的作用。数控编程技术涉及制造工艺、计算机技术、数学、几何计算、微分几何、人工智能等众多学科领域知识,它所追求的目标是如何更有效地获得满足各种零件加工要求的高质量数控加工程序,以便充分地发挥数控机床的性能,获得更高的加工效率与加工质量。

二、数控加工的特点和应用范围

1. 数控加工的特点

(1) 具有加工复杂形状零件的能力

复杂形状零件在飞机、汽车、船舶、模具、动力设备和国防军工等制造部门具有重要地位,其加工质量直接影响整机产品的性能。数控加工运动的任意可控性使其可以完成普通加工方法中难

以完成的或者无法进行的复杂型面的加工。

(2) 高质量

数控加工是用数控程序控制实现机床自动加工零件,排除了人为误差因素,而且加工误差还可以由数控系统通过软件技术进行补偿校正。因此,采用数控加工可以提高零件加工精度和产品质量。

(3) 高效率

与采用普通机床加工相比,采用数控加工一般可提高生产率2~3倍,在加工复杂零件时生产率可提高十几倍甚至几十倍。特别是五面体加工中心和柔性制造单元等设备,零件一次装夹后能完成几乎所有表面的加工,不仅可以消除多次装夹引起的定位误差,还可以大大减少加工的辅助操作,使加工效率进一步得到提高。

(4) 高柔性

数控加工只需要改变零件程序即可适应不同品种的零件加工,且几乎不需要制造专用工装夹具,因而加工柔性高,有利于缩短产品的研制与生产周期,适应多品种、中小批量的现代生产需要。

(5) 减轻劳动强度,改善劳动条件

数控加工是机床按事先编好的程序自动完成零件加工,操作者不需要进行繁重的重复的手工操作,劳动强度和紧张程度被改善,劳动条件也相应得到了改善。

(6) 有利于生产管理

数控加工可大大提高生产率、稳定加工质量、缩短加工周期,易于在工厂或车间实行计算机管理。数控加工技术的应用,使机械加工的大量前期准备工作与机械加工过程联为一体,使零件的计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助工艺规划(CAPP)和计算机辅助制造(CAM)的一体化成为现实,有利于实现现代化的生产管理。

2. 数控加工的应用范围

数控加工是一种可编程的柔性加工方法,但其设备费用相对较高,因此目前数控加工多应用于加工零件形状比较复杂、精度要求较高,以及产品更换频繁、生产周期要求短的场合。具体地说,下面这些类型的零件最适宜于数控加工:

- ① 加工精度要求高的零件(如用数学方法定义的复杂曲线、曲面轮廓)。
- ② 公差带小、互换性高、要求精确复制的零件。
- ③ 普通机床加工时,要求设计制造复杂的专用工装夹具或需要调整时间较长的零件。
- ④ 价值高的零件。
- ⑤ 小批量生产的零件。
- ⑥ 需一次装夹加工多部位(如钻、镗、铰、攻螺纹及铣削加工联合进行)的零件。

可见,目前的数控加工主要应用于以下两个方面:

一方面是常规零件加工,如二维车削、箱体类镗铣等。其目的在于提高加工效率、避免人为误差、保证产品质量;以柔性加工方式取代高成本的工装设备,缩短产品制造周期,适应市场需求。这类零件一般形状较简单,其关键在于提高机床的柔性自动化程度、高速高精加工能力、加工过程的可靠性与设备的操作性能等。

另一方面是复杂形状零件加工,如模具型腔、涡轮叶片等。这类零件型面复杂,用常规加工方法难以实现。它不仅促使了数控加工技术的产生,而且也一直是数控加工技术主要研究及应用的对象。由于零件型面复杂,在加工技术方面,除了要求数控机床具有较强的运动控制能力(如多轴联动)外,更重要的是如何有效地编制出高效优质的数控加工程序,并从加工过程及整体上提高生产效率。

三、常见数控机床简介

1. 数控车床

数控车床是目前使用最广泛的数控机床之一。外形与普通车床相似,即由床身、主轴箱、刀架、进给系统、冷却和润滑系统等部分组成。但数控车床的进给系统与普通车床有本质的区别,普通车床有进给箱和交换齿轮架,数控车床却是直接用伺服电动机通过滚珠丝杠驱动溜板和刀架实现进给运动的,因而使进给系统的结构大为简化。

数控车床主要用于加工轴类、盘类等回转体零件。通过运行数控加工程序,可自动完成内外圆柱面、圆锥面、成形表面、螺纹和端面等工序的切削加工,并能进行车槽、钻孔、扩孔及铰孔等工作。

2. 数控铣床

数控铣床的外形与普通铣床相似,有立式、卧式数控铣床,及多轴联动数控铣床等。数控铣床主要由床身、铣头、进给工作台、液压控制系统、电气控制系统等部分组成,一般能完成铣削、镗削、钻削、攻螺纹等切削加工,适用于平面类零件、变斜角类零件及曲面类零件的加工。五轴联动的数控铣床可精确地加工出复杂的曲面。目前的数控铣床一般都具有直线、圆弧插补功能,还有刀具补偿、固定循环和用户宏程序等功能。

3. 加工中心

加工中心是在数控铣床的基础上发展起来的,它与数控铣床的主要区别是前者带有刀库和自动换刀装置,故又称为自动换刀数控机床。其结构形式有立式加工中心、卧式加工中心和复合式加工中心,刀库形式有盘式刀库和链式刀库。复合式加工中心的类型较多,如在一台加工中心上装有可交换工作的双工作台,其中一个工作台在工作时,另一个工作台可安装工件,因此可节省工件装夹的辅助时间,提高了工作效率。又如在一台加工中心上装有立、卧双轴,配合工作台旋转,工件一次装夹可实现除安装面外的其他5个工作面的加工,适合加工精度要求高及复杂的箱体类零件的加工。还比如在同一台加工中心上不仅可进行铣削,还可进行车削等。

加工中心具有如下主要特点:

(1) 功能较全

它把铣削、镗削、钻削、攻螺纹和切削螺纹等功能集中在一台设备上,使其具有多种工艺手段。

(2) 设有刀库

刀库中存放着不同数量的各种刀具,在加工过程中由程序自动选用和更换刀具。这是它与数控铣床、数控镗床的主要区别。

(3) 综合加工能力较强

工件一次装夹后能完成较多的加工步骤,加工精度较高。对于中等加工难度的大批量工件,特别是加工孔系较多的箱体类零件,其效率是普通设备的5~10倍,并能完成许多普通设备不能完成的加工。对形状较复杂、精度要求较高的单件加工或中小批量的多品种生产更为适用。

4. 数控线切割机床

电火花线切割加工简称为线切割,是在电火花加工的基础上发展起来的,它利用线状钼丝或铜丝作电极,通过火花放电对工件进行切割加工。数控线切割机床是利用编写好的数控加工程序实现线切割的。

线切割是利用移动的细金属导线作为电极,对工件进行脉冲火花放电、切割成形的加工方法。储丝筒驱动金属丝对工件进行切割,脉冲电源经导轮传给金属丝,在金属丝与工件之间浇注切削液,工件在工作台的带动下沿两个水平方向按要求移动,完成工件的切割加工。根据电极丝的运动

行速度,线切割机床可分为低速走丝线切割机床和高速走丝线切割机床两种。低速走丝线切割机床走丝速度一般低于 0.2 m/s ,是国外生产和使用的主要线切割机床;高速走丝线切割机床走丝速度一般为 $8 \sim 10 \text{ m/s}$,是我国生产和使用的主要线切割机床。

四、常见数控系统简介

用来实现数字化信息控制的硬件和软件的整体系统称为数控系统,数控系统的核心是数控装置。由于现代数控系统一般都采用了计算机进行控制,因此将这种数控系统机床称为计算机数字控制机床,简称 CNC。目前常用的数控系统主要包括日本 FANUC 数控系统、德国 SIEMENS 数控系统、广州数控系统和华中数控系统等。

FANUC 数控系统主要型号有 FANUC 0i/16i/18i/21i,其中 16i 系统是具有联网功能的超小型、超薄型高档 CNC。它利用光缆传输信息,采用超高速串行通信总线 FSSB 与 PC 相连建立以太网,大大减少了连接电缆的数量,最多可达 8 轴联动控制,系统可采用 FL-NET、PROFI-BUS-DP 等现场总线,利用丰富的软件包和网络功能,可以简单地构造出适合机床的最佳系统。

SIEMENS 数控系统主要型号有 SINUMERIK 802D、SINUMERIK 840D 等。其中 SINUMERIK 840D 是 SINUMERIK 数控产品的突出代表,推出于 20 世纪 90 年代。它保持了 SINUMERIK 前两代系统(SINUMERIK 880 和 840C)的三 CPU 结构——人-机通信 CPU(MMC-CPU)、数字控制 CPU(NC-CPU)和可编程逻辑控制器 CPU(PLC-CPU),控制功能强大,如钻削、车削、铣削、磨削以及特殊控制,这些功能在使用时,相互不会有任何影响。由于该系统为开放式的体系结构,因此也适用于其他机床(如剪切、冲压和激光加工等机床)的控制。

广州数控设备有限公司生产的 GSK 系列数控系统,主要包括车床、铣床、加工中心等。

华中数控系统是我国为数不多的具有自主知识产权的数控系统。它以通用的工业 PC(IPC)机和 DOS、WINDOWS 操作系统为基础,采用开放式的体系结构,适合多坐标(2~5)数控镗、铣床和加工中心。在增加相应的软件模块后,也能适应于其他类型的数控机床(如数控磨床、数控车床等),以及特种加工机床(如激光加工机床、线切割机床等)。

模块二

数控机床概述

一、数控机床的分类

数控机床的品种规格繁多,分类方法大不相同。根据数控机床的功能和结构,一般可以按下面四种原则来进行分类。

1. 按工具与工件的相对运动轨迹分类

(1) 点位控制

点位控制加工示意图如图 1-1 所示。

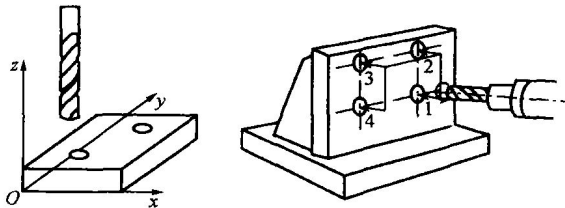


图 1-1 点位控制加工示意图

这类控制方式只要求控制工具从一点移动到另一点要求的准确位置,在移动过程中不进行任何切削,对运动轨迹原则上不加控制。数控钻床、数控冲床、数控镗床的加工就属于这一类。它们只要求

保证孔间距的精度,刀具在移动过程中不进行切削,定位之后再进行切削加工。

(2) 直线控制

直线控制加工示意图如图 1-2 所示。这类控制方式除了控制点与点之间的准确位置外,还要保证被控制的两点间的移动轨迹是一条直线,而且要保证移动的速度按照给定的速度进行,同时刀具在移动过程中还要进行切削加工。简易数控车床、数控镗床的加工就属于这一类。

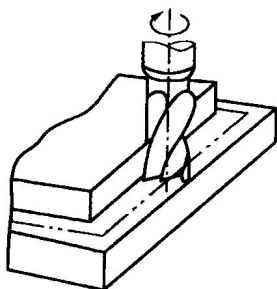


图 1-2 直线控制加工示意图

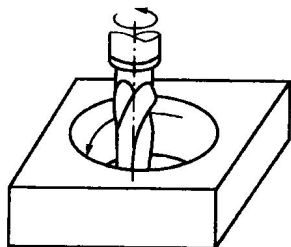


图 1-3 连续控制加工示意图

(3) 连续控制(轮廓控制)

连续控制加工示意图如图 1-3 所示。这类控制方式能够对两个或两个以上运动坐标方向上的位移和速度进行严格不间断的控制,运动轨迹可以是直线,也可以是任意曲线。同时刀具运动过程中进行切削。使用连续控制加工的产品有凸轮、锻模型腔等。采用连续控制的机床有数控铣床、数控车床等。

所有连续控制的系统都具有点位控制、直线控制功能,可以进行直线和圆弧的切削加工(直线、圆弧插补)和准确定位,有些系统还具有抛物线、螺旋线等特殊曲线的插补功能。随着计算机数控系统的发展(如增加轮廓控制功能),只需增加插补运算软件即可实现插补功能,几乎不会带来成本的提高。因此,除少数专用的数控机床(如数控钻床、数控冲床等)外,现代的数控机床都具有连续控制功能。

连续控制系统按所控制的联动坐标轴数不同,又可分为下面几种主要形式:

① 二轴联动。主要用于数控车床加工曲线旋转面,或数控铣床等加工曲线柱面(如图 1-4 所示)。

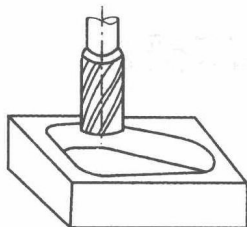


图 1-4 二轴联动加工示意图

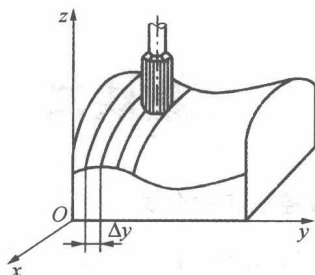


图 1-5 二轴半联动加工示意图

② 二轴半联动。主要用于三轴以上控制的机床,其中二轴互为联动,另一轴做周期进给,如在数控铣床上采用行切法加工三维空间曲线(如图 1-5 所示)。

③ 三轴联动。一般分为两类,一类是 x 、 y 、 z 三个直线坐标轴联动,比较多地用于数控铣床、加工中心等,如用球头铣刀铣切三维空间曲面(如图 1-6 所示);另一类是除了同时控制 x 、 y 、 z 中两个直线

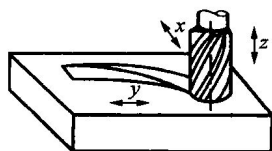


图 1-6 三轴联动加工示意图

坐标轴联动外,还同时控制围绕其中某两直线坐标轴做转动的旋转坐标轴。如车削加工中心,它除了纵向(z 轴)、横向(x 轴)两个直线坐标轴联动外,还需要同时控制围绕 z 轴旋转的主轴(c 轴)联动。

④ 五轴联动。有时除了同时控制 x 、 y 、 z 三个直线坐标轴联动外,还需要同时控制围绕这些直线坐标轴联动的 a 、 b 、 c 坐标轴中的两个坐标轴,即同时控制五个轴联动。这时刀具可以被定在空间的任意方向(如图1-7所示)。比如控制切削刀具,同时绕着 x 轴和 y 轴两个方向摆动,使得刀具在其切削点上始终保持沿着被加工轮廓曲线的法线方向,以保证被加工曲面的圆滑性,提高了其加工精度,减小了表面粗糙度值等。

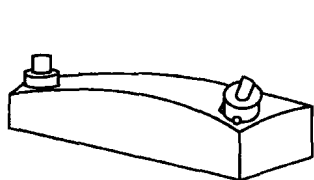


图 1-7 五轴联动加工示意图

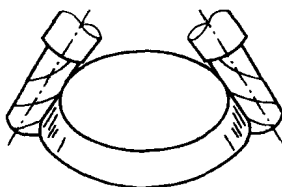


图 1-8 四轴联动的数控机床

⑤ 四轴联动。同时控制 x 、 y 、 z 三个直线坐标轴与某一旋转坐标轴联动。如图1-8所示为四轴联动的数控机床,同时控制 x 、 y 、 z 三个直线坐标轴与一个工作台回转轴 B 联动。

2. 按伺服机构的控制方式分类

(1) 开环控制

开环伺服系统如图1-9所示,这种控制方式通常没有位置测量元件,伺服驱动元件为步进电动机。输入的数据通过数控系统的运算,分配成指令脉冲,每向步进电动机送一个脉冲,它就转动一个角度,然后再通过传动机构使被控制的工作台移动。这种方式对实际传动机构的动作情况不进行检查,没有被控制对象的反馈值,指令发送出去没有反馈,因此称为开环控制。它的优点是结构简单,调试容易,价格便宜,但是控制精度和运动速度都会受到限制。

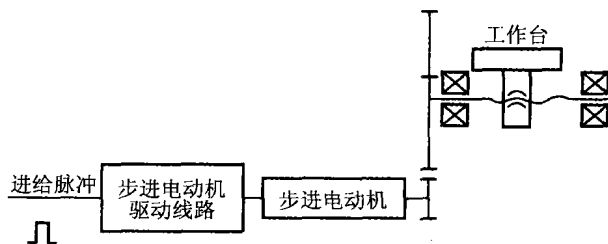


图 1-9 开环伺服系统

(2) 闭环控制

闭环伺服系统如图1-10所示,这种控制方式必须具备测量元件,直接在移动工作台上安装直线位移检测装置(如光栅、磁尺、感应同步器等),检测出来的反馈信号与输入指令相比较,用比较的差值进行控制,直至差值消除时停止比较,称为闭环控制。它的优点是控制精度高,但是安装、调试和维护比较复杂,而且价格较贵。

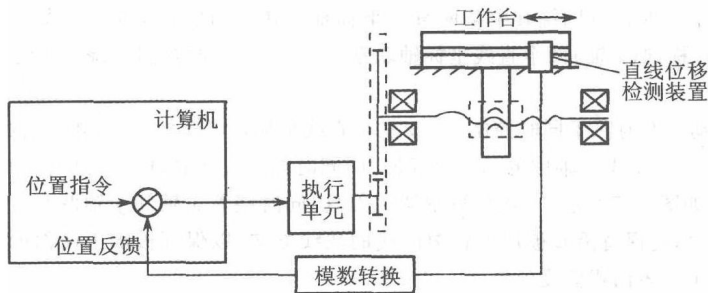


图 1-10 闭环伺服系统

(3) 半闭环控制

半闭环伺服系统如图 1-11 所示,这种控制方式对工作台的实际位置不进行测量检查,而是通过与伺服电动机(执行单元)有机联系的测量元件(如测速电动机、光电编码器等)测量出伺服电动机的转角,间接地推算出工作台实际位移量,用此值与指令值进行比较,用差值实现控制。由于检测的不是工作台的位移,所以称为半闭环控制。它的精度没有闭环高,但调试却比闭环容易。

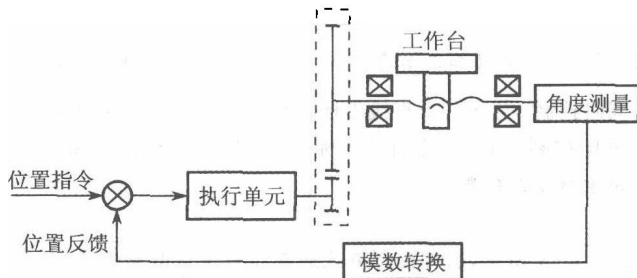


图 1-11 半闭环伺服系统

3. 按加工方式分类

(1) 金属切削类

如数控车床、加工中心、数控钻床、数控磨床、数控镗床等。

(2) 金属成形类

如数控折弯机、数控回转头压力机等。

(3) 数控特种加工机床

如数控线切割机床、数控电火花加工机床、数控激光切割机床等。

(4) 其他类型

如数控三坐标测量机等。

数控机床的具体分类见表 1-1。

表 1-1 数控机床的具体分类

数控机床的种类	控制系统类别	执行机构类别	加工对象类别
数控车床	点位、直线控制	开环、半闭环	没锥度、圆弧的轴
	轮廓控制	开环、半闭环、闭环	有锥度、圆弧的轴
加工中心机床	点位、直线控制	开环、半闭环	齿轮箱、框架等箱体
	特殊用途的轮廓控制	开环、半闭环、闭环	飞机零件的轮廓加工

(续)

数控机床的种类	控制系统类别	执行机构类别	加工对象类别
数控铣床	点位、直线控制	开环、半闭环	箱体
	轮廓控制	开环、半闭环、闭环	平面轮廓的凸轮、样板、冲模、压模、铸模
数控钻床	点位控制	开环、半闭环	印制电路基板、多孔零件
数控镗床	点位、直线控制	开环、半闭环	箱体
		闭环	精密箱体
数控磨床	轮廓控制	半闭环、闭环	凸轮、轧辊、冲模
数控电加工机床	轮廓控制	开环、半闭环	模具
数控金属成形机床	点位、直线轮廓控制	半闭环、开环	冲压、板材、弯管等

二、数控机床的结构和组成

数控机床主要由数控装置、包括伺服电动机及检测装置的伺服系统和机床本体三大部分(如图1-12所示)。

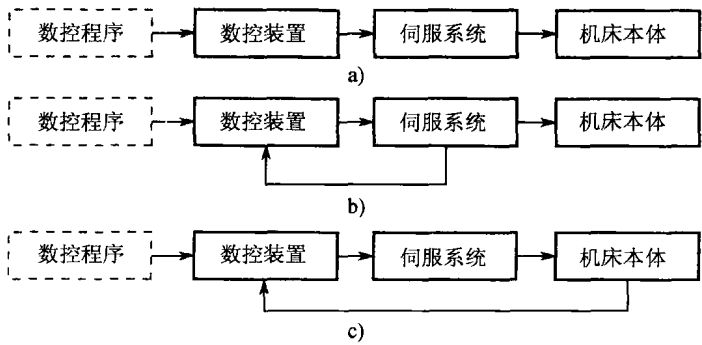


图 1-12 数控机床的结构
a) 开环 b) 半闭环 c) 闭环

数控装置是数控机床的“指挥系统”，其功能是接收数控程序，经处理后向伺服系统发出各种与数控程序对应的控制命令，使伺服系统执行相应的动作，带动机床按数控程序预定的轨迹运动。

数控机床的进给运动是由数控装置经伺服系统控制的。所谓伺服，是指有关的传动或运动参数，均严格依照数控装置的控制指令实现。

数控机床的伺服系统，按其控制方式可分为开环、半闭环和闭环三类。其中，开环最为简单，如图1-12a所示。但如果负荷突变(如背吃刀量突增)或者脉冲频率突变(如加速、减速)，则数控运动部件就可能发生“失步”现象，即丢失一定数目的进给指令脉冲，从而造成进给运动的速度和行程误差。因此该类控制方式，仅限于精度不高的经济型中、小型数控机床。

半闭环和闭环系统都有用于位置和速度指令执行结果的检测(含反馈)装置。半闭环的检测装置安装在伺服电动机或传动丝杠上(如图1-12b所示)，闭环则将其装在运动部件上(如图1-12c所示)。由于丝杠螺距误差以及受载后丝杠、轴承变形等影响，半闭环对检测结果的校正并不完