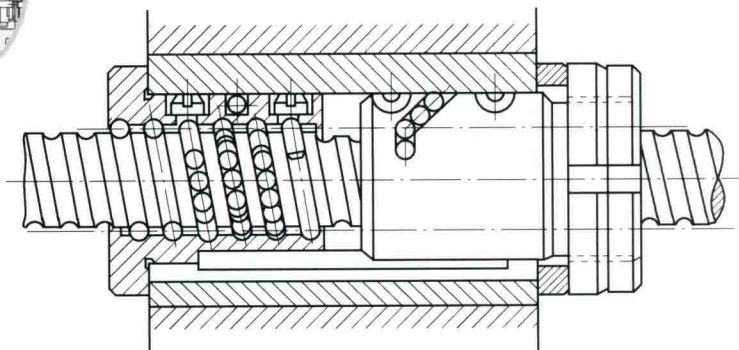
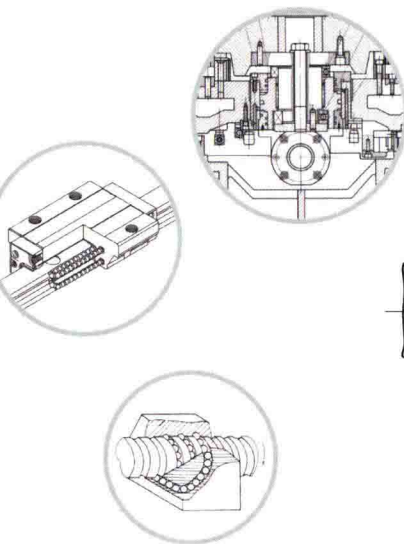




普通高等教育创新型人才培养规划教材



机床数控技术与编程

(第2版)

NG SHUKONG
J BIANCHENG

于 超 杨玉海 郭建烨 编著



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS



普通高等教育创新型人才培养规划教

机床数控技术与编程

(第2版)

于 超 杨玉海 郭建辉 编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书是在《机床数控技术与编程》第1版的基础上,根据目前数控技术的发展和教学需要,作了较大修改后撰写而成的。主要内容包括:数控插补原理、CNC 硬件和软件结构与功能、PLC 基本原理、常用检测装置的结构和工作原理、常用伺服系统工作原理、数控机床的机械结构、工件程序编制的基础知识和基本指令、数控机床坐标系、刀具补偿、固定循环和子程序、用户宏程序、手工编程与自动编程、典型程序编制和程序编制中的数学处理等。

本书共8章,内容全面深入,各章既有联系又有一定的独立性,特别适合作为高等院校本科生和研究生的教材,也可作为研究设计单位和工厂数控技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

机床数控技术与编程 / 于超, 杨玉海, 郭建焯编著

--2 版. -- 北京: 北京航空航天大学出版社, 2015. 8

ISBN 978-7-5124-1402-0

I. ①机… II. ①于… ②杨… ③郭… III. ①数控机床—程序设计—高等学校—教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 172025 号

版权所有,侵权必究。

机床数控技术与编程

(第2版)

于 超 杨玉海 郭建焯 编著

责任编辑 王 瑛 苏永芝

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路37号(邮编100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱: goodtextbook@126.com 邮购电话:(010)82316936

北京市同江印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:710×1 000 1/16 印张:17.25 字数:368千字

2015年9月第2版 2015年9月第1次印刷 印数:3 000册

ISBN 978-7-5124-1402-0 定价:38.00元

第2版前言

本书的第1版出版已5年。经过仔细修订出版的第2版,主要是为了适应数控机床的发展和课程体系改革的需求。

在第2版中,增加了第6章数控机床的机械结构,主要介绍现代数控机床的机械结构与普通机床机械机构的不同点,包括主传动、进给传动、回转工作台、刀库与自动换刀装置等,使学生学习完机床设计课程后,结合本章内容,对现代数控机床的机械结构具有较全面的认识,也使全书的知识体系更加全面与合理。对第1版的第6章与第7章进行了合并,内容有所增减,成为本版的第7章。为了适应数控编程中数学处理的现状,对第8章进行了较大的修改,使知识体系更加完善。此外,对其他章节也进行了局部的修订。

本书以机械设计制造及其自动化专业和机械电子专业学生应掌握的数控机床知识为出发点,讲解数控机床的各个模块,使学生了解数控机床各部件的选用、使用、维护的基本概念,在形式上尽力符合机械类专业学生的思维模式。

本书的第2章数控机床轨迹控制原理、第3章计算机数控系统和第4章检测装置由郭建烨修订;第6章数控机床的机械结构由杨玉海编写;第8章数控编程中的数学处理由杨玉海修订;第1章概论、第5章数控机床的伺服系统、第7章数控加工程序的编制由于超修订。全书的组织和统稿工作由于超完成。在本书的修订与编写过程中得到刘红军、朱虎、王运江等老师的大力支持和帮助,在此一并表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,难免存在疏漏和欠妥之处,敬请读者批评指正。

作 者

2015年4月

第 1 版前言

数控机床综合了微电子技术、计算机应用技术、精密检测技术、自动控制技术以及精密机床的设计制造技术,是一个典型的机电一体化产品。随着数控机床性价比的逐渐提高,数控机床在制造业各个领域的应用越来越广泛,使制造业的面貌发生了革命性的改变,而且这种影响越来越深刻。随着相关技术的发展,数控机床也发生着日新月异的变化。为了发展数控机床和更好地使用数控机床,必须了解数控技术和加工程序的编制。

本书以机械设计制造及自动化专业和机械电子专业学生应掌握的知识为出发点,在形式上尽力符合机械类专业学生的思维模式,并结合数控机床模块化设计制造的总体思路,讲解数控装置、检测装置、伺服系统等数控技术知识,使学生掌握数控机床各部件的选用、使用、维护的基本概念。在数控程序编制方面,详细地讲解数控程序编制的基础知识及工作方法,并对数控程序进行归类举例;由浅入深地论述了复杂曲面的数学处理方法。

本书是在《机床数控技术与编程》(沈阳航空工业学院院内教材 2006)基础上编写而成的。针对原教材在使用过程中反映出的问题,参考相关知识的发展情况,并结合作者多年的教学实践经验,对部分章节和内容进行了补充和删减,使教材质量进一步提高。每章都增加了复习和作业题,便于学生掌握和巩固所学知识。

本书包括数控技术与数控程序编制两大部分,共 8 章。第 2 章数控机床轨迹控制原理、第 3 章计算机数控(CNC)系统和第 4 章检测装置由郭建辉编写;第 8 章编程中的数学处理由杨玉海编写;第 1 章概论、第 5 章数控机床的伺服系统、第 6 章数控编程的基础知识和第 7 章数控程序的编制由于超编写。全书的组织和统稿工作由于超完成。在本书的编写过程中得到张建中、朱虎、李景奎等老师的大力支持和帮助,在此一并表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,难免存在疏漏和欠妥之处,敬请读者批评指正。

作 者

2009 年 8 月

目 录

第 1 章 概 论	1
1.1 机床数控技术的基本概念	1
1.1.1 什么是机床数控技术	1
1.1.2 数控机床的组成	1
1.1.3 数控机床的工作原理	2
1.1.4 数控机床的特点和应用	3
1.2 数控机床的分类	4
1.2.1 按工艺用途分类	4
1.2.2 按控制的运动轨迹分类	4
1.2.3 按伺服系统的控制方式分类	5
1.3 数控机床的产生和发展	6
1.3.1 数控机床的产生和发展过程	6
1.3.2 数控技术的发展趋势	6
1.4 数控加工的程序编制	7
1.4.1 数控加工程序指令格式	7
1.4.2 数控编程的步骤	9
1.4.3 数控编程的方法	10
1.4.4 数控机床的坐标系	11
思考和作业题	12
第 2 章 数控机床轨迹控制原理	13
2.1 概 述	13
2.1.1 插补的基本概念	13
2.1.2 插补方法的分类	13
2.2 逐点比较法	15
2.2.1 逐点比较法直线插补	15
2.2.2 逐点比较法圆弧插补	18
2.2.3 象限处理与坐标变换	20
2.3 数字积分法	22
2.3.1 DDA 直线插补	23



2.3.2 DDA 圆弧插补	27
2.4 数据采样插补	29
2.4.1 概 述	29
2.4.2 直线函数法	31
2.4.3 扩展数字积分法	32
2.5 数控装置的进给速度与加减速控制	35
2.5.1 进给速度控制	35
2.5.2 加减速控制	37
思考和作业题	42
第3章 计算机数控系统	44
3.1 概 述	44
3.1.1 CNC 系统的组成	44
3.1.2 CNC 装置的组成	44
3.1.3 CNC 装置的优点	45
3.1.4 CNC 装置的功能	46
3.2 CNC 装置的硬件结构	48
3.2.1 单微处理器结构的 CNC 装置	49
3.2.2 多微处理器结构的 CNC 装置	51
3.2.3 开放式数控系统	55
3.3 CNC 装置的软件结构	56
3.3.1 CNC 装置软件结构的特点	56
3.3.2 CNC 系统软件结构的形式	59
3.4 CNC 装置软件的控制功能	60
3.4.1 输 入	60
3.4.2 译 码	60
3.4.3 刀具补偿	61
3.4.4 其他的预计算	67
3.4.5 插补计算	68
3.4.6 输入/输出(I/O)处理	69
3.4.7 显 示	69
3.4.8 管理与诊断软件	69
3.5 数控机床的可编程控制器(PLC)	69
3.5.1 PLC 的基本结构	70
3.5.2 PLC 的指令和程序编制	73
3.5.3 PLC 的工作过程	74



3.5.4 数控机床用 PLC 的分类	75
3.5.5 数控机床中 PLC 实现的功能	76
3.5.6 PLC 在数控机床上的应用举例	77
思考和作业题	78
第 4 章 检测装置	79
4.1 概 述	79
4.1.1 对检测装置的要求	79
4.1.2 检测装置的分类	80
4.2 旋转变压器	81
4.2.1 旋转变压器的结构	81
4.2.2 旋转变压器的工作原理	82
4.2.3 旋转变压器的应用	84
4.3 感应同步器	85
4.3.1 感应同步器的结构与安装	85
4.3.2 感应同步器的工作原理	86
4.3.3 感应同步器的特点	87
4.4 光 栅	88
4.4.1 光栅的种类	88
4.4.2 光栅的结构	89
4.4.3 光栅的工作原理	90
4.4.4 信息处理及应用	92
4.5 编码器	96
4.5.1 接触式编码器	96
4.5.2 光电式编码器	98
4.5.3 电磁式编码器	100
4.5.4 编码器在数控机床上的应用	100
思考和作业题	103
第 5 章 数控机床的伺服系统	104
5.1 概 述	104
5.1.1 伺服系统的分类	104
5.1.2 对伺服系统的要求	106
5.1.3 伺服系统的发展过程	107
5.2 步进电动机伺服系统	108
5.2.1 步进电动机工作原理及种类	108



5.2.2	步进电动机的主要特性	111
5.2.3	步进电动机的工作状态	112
5.2.4	步进电动机驱动电路	113
5.3	直流伺服电动机及其速度控制	118
5.3.1	直流伺服电动机的结构和种类	118
5.3.2	直流电动机的工作原理及特性	119
5.3.3	晶闸管调速系统	120
5.3.4	晶体管脉宽调制(PWM)调速控制	122
5.4	交流伺服电动机及变频调速	126
5.4.1	交流伺服电动机的种类和工作原理	126
5.4.2	交流伺服电动机变频调速的主电路	127
5.4.3	SPWM 波调制原理	128
5.4.4	交流伺服系统组成	130
5.5	位置控制	131
5.5.1	相位伺服控制系统	132
5.5.2	幅值伺服控制系统	133
5.5.3	脉冲比较伺服系统	134
5.5.4	CNC 伺服系统和全数字伺服系统	135
思考和作业题		135
第 6 章 数控机床的机械结构		137
6.1	数控机床的主传动系统	137
6.1.1	主传动变速	137
6.1.2	主轴部件	138
6.2	数控机床的进给传动系统	140
6.2.1	滚珠丝杠螺母副	140
6.2.2	滚动导轨	144
6.3	回转工作台	145
6.3.1	数控回转工作台	145
6.3.2	分度工作台	146
6.4	数控机床的自动换刀装置	149
6.4.1	数控车床的回转刀架	149
6.4.2	加工中心的自动换刀系统	150
思考和作业题		155



第 7 章 数控加工程序的编制	156
7.1 编程中的工艺处理	156
7.1.1 数控工艺特点	156
7.1.2 工序划分与机床选用	156
7.1.3 工序设计	160
7.2 数控编程常用指令	166
7.2.1 程序的结构和组成	166
7.2.2 常用的 G 指令	170
7.2.3 常用的 M 指令	172
7.3 机床坐标系与工件坐标系	173
7.3.1 机床零点与机床坐标系	173
7.3.2 工件零点与工件坐标系	173
7.3.3 建立工件坐标系	174
7.3.4 VMC-1000 立式加工中心的坐标系统	175
7.3.5 自动返回参考点——G27、G28、G29	176
7.4 刀具半径补偿与长度补偿	177
7.4.1 刀具半径补偿	178
7.4.2 刀具长度补偿——G43、G44、G49	182
7.5 固定循环和子程序	184
7.5.1 孔加工固定循环	184
7.5.2 子程序	189
7.6 数控车床编程基础	193
7.6.1 数控车床坐标系	193
7.6.2 刀具长度补偿和半径补偿	194
7.6.3 恒线速切削	198
7.6.4 车削固定循环程序	199
7.6.5 编程举例	203
7.7 变量参数编程与用户宏程序	204
7.7.1 变量的种类	204
7.7.2 变量的运算	206
7.7.3 转移和循环命令	206
7.7.4 宏程序调用命令	206
7.7.5 宏程序及调用举例	207
7.8 计算机辅助数控编程	208
7.8.1 自动编程的发展过程	208



7.8.2	目前流行的 CAD/CAM 软件	209
7.8.3	自动编程的步骤	210
7.9	数控编程举例	211
7.9.1	孔系加工程序编制	211
7.9.2	平面轮廓加工程序编制	216
7.9.3	解析曲面加工程序编制	221
	思考和作业题	224
第8章	数控编程中的数学处理	228
8.1	非圆曲线轮廓的数学处理	228
8.1.1	用直线段逼近非圆曲线的方法	229
8.1.2	用圆弧段逼近非圆曲线的方法	232
8.2	列表曲线轮廓的数学处理	233
8.2.1	列表曲线轮廓编程的思路	234
8.2.2	三次样条曲线	235
8.2.3	均匀 B 样条曲线	242
8.2.4	列表曲线的光顺方法及其应用	248
8.3	列表曲面的数学处理	249
8.3.1	列表曲面的数控加工	250
8.3.2	列表曲面零件编程的思路	252
	思考和作业题	260
	参考文献	262

第 1 章 概 论

1.1 机床数控技术的基本概念

1.1.1 什么是机床数控技术

机床数字控制技术顾名思义就是以数字信号实现机床控制的一门技术(Numerical Control),简称数控(NC)。采用数字控制技术的机床就称为数字控制机床(Numerical Control Machine Tools),简称数控机床。

1.1.2 数控机床的组成

如图 1-1 所示,数控机床一般由控制介质、数控装置、伺服系统、检测装置和机床本体五部分组成。

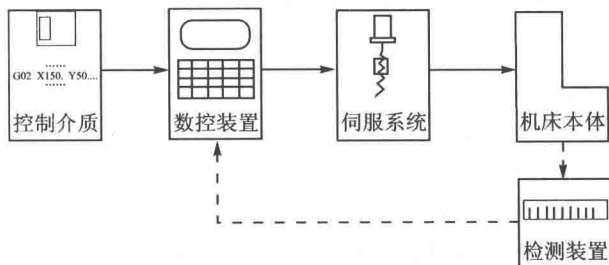


图 1-1 数控机床的组成

1. 控制介质

控制介质是加工程序的载体。早期的控制介质是穿孔纸带,并规定了 ISO(国际标准化组织制定)和 EIA(美国电子工业协会制定)两种标准信息代码,加工程序编制好后,按标准制成穿孔纸带,加工时,由读带机将指令读入数控装置。现在的加工程序大多存储在数控装置的外存储器中,加工时,将程序读到程序存储器中执行。

2. 数控装置

数控装置一般是一台专用计算机,由中央处理单元(CPU)、存储器、总线和输入输出接口及外围逻辑电路构成。其主要工作是对输入的数控程序及有关数据进行存储与处理,通过插补运算等形成运动轨迹指令,再通过伺服系统实现刀具与工件的相对运动,并且通过 PLC 对开关量实现逻辑控制。



3. 伺服系统

伺服系统的作用是把来自数控装置的脉冲信号转换为机床移动部件的运动,使机床工作台精确定位或按规定的轨迹作严格的相对运动。伺服机构一般包括驱动装置(驱动电路)和执行机构(驱动元件和传动件)两大部分,驱动元件有步进电机、直流伺服电机和交流伺服电机。由于伺服系统是将数字信号转化为位移量的环节,因此它的静态和动态特性决定了数控机床的加工质量和生产率。相对于每一个脉冲信号,机床移动部件的位移量称为脉冲当量,一般用 δ 表示。常用的脉冲当量为 $\delta = 0.01 \text{ mm/p}$ 、 $\delta = 0.005 \text{ mm/p}$ 、 $\delta = 0.001 \text{ mm/p}$ 及更高。

4. 检测装置

检测装置可以包括在伺服系统中,它由检测元件和相应的电路组成,其作用是检测速度和位移,并将信息反馈回来,构成反馈控制。由于现在的直流伺服电机和交流伺服电机都带有测速发电机等速度检测元件及光电编码器等位置检测元件,所以检测装置应用广泛。

5. 机床本体

机床本体包括机床的主传动部件、进给传动部件、刀具安装装置、工件安装装置、床身等基础部件。由于数控机床在加工过程中切削用量大、连续加工发热多,并且在加工过程中工作精度不能人为进行补偿,因此与传统的手动机床相比,数控机床的外部造型、整体布局、传动系统与刀具系统的结构以及操作机构等方面都已发生了很大的变化。

1.1.3 数控机床的工作原理

数控机床加工零件时,首先要将零件图纸上的几何尺寸和机加工工艺参数用规定的代码和格式编写成加工程序,然后将加工程序输入数控装置,经过计算机的处理、运算,把指令脉冲送到各坐标轴的驱动电路,经过转换、放大去驱动伺服电动机,使各坐标轴移动若干个最小位移量,并且在闭环和半闭环数控系统中还要进行反馈控制,使各轴精确走到程序要求的位置,实现刀具与工件的相对运动,完成零件全部轮廓的加工。

通常把数控机床上刀具运动轨迹是直线加工的称为直线插补;刀具运动轨迹是圆弧加工的称为圆弧插补。数控机床在各个坐标轴的最小移动量都是直线段,在加工直线和圆弧时,要用不同方向的折线去逼近直线和圆弧,所谓插补就是根据有限的数值(起点和终点坐标)对数据进行密化从而进行各坐标的脉冲分配。一般的数控系统都具有直线和圆弧插补,能加工出各象限直线和圆弧。对于非圆曲线和列表曲线,根据要求的加工精度,首先用直线段或圆弧段去逼近,称为数学处理(第一次插补),然后再进行数控插补(第二次插补)。

数控机床的数字控制功能是由数控系统完成的。数控系统包括:数控装置、伺服驱动和检测装置、可编程控制器等。数控装置能接受零件图纸加工要求的信息,进行



插补运算,实时地向各坐标轴发出控制指令。伺服驱动装置能快速响应数控装置发出的指令,驱动机床各坐标轴运动,同时能提供足够的功率和扭矩。伺服系统中常用的驱动装置,根据控制系统的类型不同而不同,开环伺服系统常采用步进电动机,闭环伺服系统常采用脉宽调速直流电动机和交流伺服电动机等。检测装置将坐标位移的实际位置检测出来,反馈给数控装置中的比较器与指令位置进行比较,实现偏差控制。伺服系统中常用的检测装置有测量线位移的光栅、磁栅、感应同步器等,测量角位移的旋转变压器、数字脉冲编码器等。可编程控制器(PLC)在数控机床中一般用来对一些逻辑开关量进行控制,如:主轴的启、停,刀具更换,冷却液开关等。

1.1.4 数控机床的特点和应用

数控机床综合了微电子技术、计算机应用技术、自动控制技术以及精密机床设计与制造技术,具有专用机床的高效率、精密机床的高精度和通用机床的高柔性等显著特点,具体说来可包括以下几个方面。

1. 自动化程度高、柔性好

由于采用数控程序控制,加工中多采用通用型工装,只要改变数控程序,便可实现对新零件的自动化加工。由于数控机床采用计算机插补技术和多坐标联动控制,可以实现任意的轨迹运动和加工出任何复杂形状的空间曲面,可方便地完成各种复杂曲面,如螺旋桨、气轮机叶片、汽车外形冲压用模具等类零件的加工。

2. 加工精度高、加工质量稳定

数控机床的机械结构是按照精密机床的要求进行设计和制造的,传动采用滚珠丝杠,装配时消除了传动间隙,并采取了提高刚度的措施,传动精度很高;机床导轨采用滚动导轨或粘接有磨擦系数很小的合成塑料,因而减小了磨擦阻力,消除了低速爬行。闭环、半闭环伺服系统,装有精度很高的位置检测元件,并随时把位置误差反馈给计算机,使之能够及时地进行误差校正。此外,数控机床是根据数控程序自动工作,一般在工作过程中不需要人工干预,这就消除了操作者人为产生的失误或误差,因而加工质量稳定。

3. 生产效率高

数控机床良好的结构刚度和抗振性允许机床采用大切削用量和进行强力切削,并且数控机床上使用的刀具通常是不重磨装夹式刀具,且都有很硬的表面涂层,可以高速切削,因而,基本工艺时间少。加工中心的刀库有足够数量的刀具,自动换刀的速度很快,工件一次装夹,可进行多面和多工步加工,可大大减少工件装夹次数;空行程的速度在 15 m/min 以上,有些达到了 240 m/min ,因而,辅助时间很短。与普通机床相比,数控机床的生产率可提高 $2\sim 3$ 倍,有些可提高几十倍。

4. 减轻劳动强度、改善劳动条件

由于数控机床的操作者主要是利用操作面板对机床的自动加工进行操作,大大减轻了操作者的劳动强度,改善了生产条件,并且可以实现一个人轻松管理多台



机床。

5. 有利于现代化生产与管理

采用数控机床加工能方便精确计算零件的加工工时或进行自动加工统计,能精确计算生产和加工费用,有利于生产过程的科学管理。

总之,数控机床较好地解决了复杂、精密、小批量、多品种的零件加工问题,是一种柔性的、高效能的自动化机床,代表了现代机床控制技术的发展方向。数控机床是计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)、群控或分布式控制(DNC)、柔性制造系统(FMS)、计算机集成制造系统(CIMS)等先进制造系统的基础。

但是与普通机床相比,数控机床的初始投资及维护费用较高,要求具有较高技术水平和文化程度的工人和维修人员进行操作和维修。所以,应该从生产实际出发,合理地选择与使用数控机床。

1.2 数控机床的分类

数控机床的种类繁多,根据其功能和组成的不同,可以从多种角度对数控机床进行分类。

1.2.1 按工艺用途分类

1. 金属切削类

这一类是数控机床的主要类型,又可以分为两类:一类是普通数控机床,包括数控车床、数控铣床、数控钻床、数控磨床等,其工艺用途与传统车床、铣床、钻床、磨床等基本相似;另一类是加工中心,其主要特点是具有刀库和自动换刀装置,工件一次装夹后可进行多种工步加工,主要有铣镗加工中心和车削加工中心两类,一般所说的加工中心指的是前者,主要完成铣、镗、钻、攻丝等加工,后者主要完成回转体零件各表面加工。

2. 金属成形类

这类数控机床有数控折弯机、数控弯管机、数控压力机等。

3. 特种加工类

主要指数控电火花线切割机、电火花成形机、激光加工机等。

4. 测量绘图类

主要有三坐标测量机、绘图机、对刀仪等。

1.2.2 按控制的运动轨迹分类

1. 点位控制数控机床

对于一些加工孔用的数控机床,只要求精确的孔系坐标定位精度,而对从一个孔到另一个孔的运动轨迹和运动速度不进行数字控制,具有这种运动控制的机床称为



点位控制数控机床,如数控冲床、数控钻床、坐标镗床等。

2. 直线控制数控机床

是在点位控制基础上,能对单个机床坐标轴的移动速度进行控制,这类机床有2~3个可控轴,但同时控制轴只有一个。这类机床主要有简易数控车床、数控镗铣床和数控磨床等,能完成简单台阶形或矩形零件的加工。

3. 轮廓控制数控机床

轮廓控制数控机床也称为连续控制数控机床,其特点是能够对2个或2个以上运动坐标的位移和速度同时进行连续控制,使刀具与工件间的相对运动符合工件加工轮廓的要求。在这类控制方式中,要求数控装置具有插补运算的功能,即根据加工程序输入的基本数据(如直线的终点坐标、圆弧的终点坐标和圆心坐标或半径),进行插补运算,并且边计算边根据计算结果发出指令脉冲,控制2个或2个以上坐标轴协调运动。目前的大多数金属切削机床的数控系统都是轮廓控制系统。

根据同时控制坐标轴的数目可以分为2轴联动、2.5轴联动、3轴联动、4轴联动、5轴联动数控机床。2.5轴联动是三个主要控制轴(X 、 Y 、 Z)中,任意两个轴联动,另一轴做点位直线控制。

1.2.3 按伺服系统的控制方式分类

1. 开环伺服系统

这种控制方式不带位置测量元件。数控装置将零件的程序处理后,输出脉冲信号给伺服电动机,驱动机床工作台运动。机床工作台的位移精度主要取决于伺服电动机和传动机构的精度。这类机床较为经济,但是速度及精度都较低。由步进电动机驱动的中、小型数控机床多属此种类型。

2. 闭环控制数控机床

这类机床采用直流伺服电动机或交流伺服电动机,工作台的实际位移能通过检测装置反馈给数控装置中的比较器,与指令值进行比较,再用比较的差值控制伺服电动机,补偿传动系统的误差。这类机床的定位精度高,但其控制系统复杂,成本高,对机床的使用环境要求高,只适用于要求加工精度较高的数控机床。

3. 半闭环控制数控机床

当把位移测量装置移到滚珠丝杠或伺服电动机轴的端头时,便形成了半闭环控制系统。这种系统的闭环环路内不包括惯量很大的机床工作台,而且很多伺服电机出厂时可以带有速度和位移测量装置,使得系统稳定性易于保证。由于只能间接测量工作台的位移和速度,不能补偿传动装置的误差,因此精度较闭环系统低。但系统简单,安装、调试都比较方便,广泛用于中等以上精度的数控机床。



1.3 数控机床的产生和发展

1.3.1 数控机床的产生和发展过程

数控机床最早产生于美国,是军备竞赛的产物,是为解决航空与航天技术方面的大型和复杂零件的单件、小批量生产而发展起来的。1952年,美国帕森斯公司(Parsons)和麻省理工学院(Massachusetts Institute of Technology)合作研制成功了世界上第一台数控机床,它是一台三坐标数控铣床,用于加工直升机叶片轮廓检查用样板。数控铣床的计算与控制装置采用电子管元件组成的专用计算机,即逻辑运算与控制采用硬件连接电路。1955年,该类机床进入实用化阶段,在复杂曲面的加工中发挥了重要作用。

到现在为止,数控系统经历了两个阶段和六代产品的发展过程。这六代是指电子管数控系统、晶体管数控系统、集成电路数控系统、小型计算机数控系统、微处理器数控系统和基于工业PC机的通用CNC系统。前三代为第一阶段,数控系统(Numerical Control,简称NC系统)主要是由硬件连接构成,称为硬件数控;后三代称为计算机数控(Computer Numerical Control,简称CNC系统),其功能主要由软件完成(一般是软件和硬件相结合),又称为软件数控。20世纪50年代初到70年代末近30年当中,数控机床尽管经历了五代产品发展过程,但由于其价格昂贵、加工费用高、故障率高、应用技术复杂和各项配套措施尚在发展中等原因,其实际应用的普及率并不高。近40年来,随着微电子技术及相关技术的发展,特别是微处理器技术的应用,使数控机床的性能价格比有了极大的提高,实际应用普及率越来越高,使得数控机床已成为现代机械制造技术的基础。

1958年由清华大学和北京机床研究所研制了我国第一台电子管控制的数控机床。我国的数控系统同样经历了两个阶段和六代发展历史。近年来,由于引进了国外的数控系统与伺服系统的制造技术,使我国的数控机床在品种、数量和质量方面得到了迅速发展。目前,我国已有几十家机床厂能够生产不同类型的数控机床和加工中心。在数控技术领域中,我国和先进的工业国家之间还存在着不小的差距,但这种差距正在缩小。

1.3.2 数控技术的发展趋势

随着科学技术的发展,制造技术的进步,社会对产品质量要求越来越高,对品种多样化的要求越来越强烈,中小批量生产的比重明显增加,要求现代数控机床成为一种高效率、高质量、高柔性和低成本的新一代制造设备。同时,为了满足制造业向更高层次发展,为柔性制造系统(FMS)以及计算机集成制造系统(CIMS)提供基础设备,也要求数控机床向更高水平发展。这些要求要由数字控制技术的发展来实现,所