



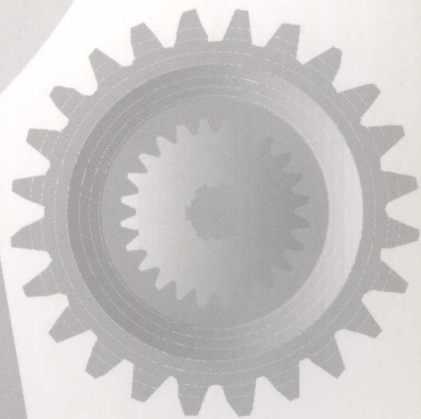
GAOZHI GAOZHUAN JIXIE
XILIE JIAOCAI
高职高专机械系列教材

JIXIE

数控加工工艺基础

Shukong Jiagong Gongyi Jichu

- ◎主 编 覃 岭
◎主 审 程时甘
◎副主编 王晓宏 孔 杰
杨永平



重庆大学出版社

数控加工工艺基础

主 编 覃 岭
主 审 程时甘
副主编 王晓宏 孔 杰
杨永平

重 庆 大 学 出 版 社

内 容 提 要

本书共7章,第1章介绍了数控的基本概念,数控机床的组成、分类和特点;第2章简述了机械加工工艺过程的基本概念,介绍了零件典型表面加工方法、常用刀具和夹具以及常用材料的应用;第3章讲述了数控加工中的各类坐标系统,数控编程的常用指令及功能,数控加工中刀具半径补偿的方法及应用;第4章主要介绍数控加工工艺制订的原则及工序的设计方法;第5章介绍数控加工刀具及刀柄的型号及选用;第6章介绍了数控车削编程的常用指令功能,并通过较多实例详细讲解了编程的方法;第7章介绍了数控铣(镗)加工编程的常用指令功能,并通过较多实例详细讲解了编制数控铣镗(包括加工中心)加工编程的方法。本书突出数控加工工艺设计和数控编程,以强化应用为重点。

本书为高职高专系列教材,既注重先进性又兼顾实用性,每章后有复习思考与练习题。本书可作为数控技术应用专业、机械制造专业、模具专业的大中专、技校教材,又可作为数控编程的培训教材。同时,还可作为从事数控加工的工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

数控加工工艺基础/覃岭主编. —重庆:重庆大学出版社,2004.7

(高职高专机械系列教材)

ISBN 7-5624-3095-0

I. 数... II. 覃... III. 数控机床—加工工艺—高等学校:技术学校—教材 IV. TG659

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第049823号

数控加工工艺基础

主 编 覃 岭

主 审 程时甘

副主编 王晓宏 孔 杰 杨永平

责任编辑:彭 宁 高鸿宽 版式设计:彭 宁

责任校对:何建云 责任印制:张立全

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鹤盛

社址:重庆市沙坪坝正街174号重庆大学(A区)内

邮编:400030

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(市场营销部)

全国新华书店经销

重庆铜梁正兴印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:13.75 字数:343千

2004年7月第1版 2004年7月第1次印刷

印数:1—4 000

ISBN 7-5624-3095-0/TG·37 定价:19.50元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有 翻印必究

前言

“数控技术”是计算机技术、电子技术、传感技术以及控制技术交叉渗透融合的产物,而数控技术应用就是数控技术与传统产业技术的有机结合,如与传统机械制造技术的结合就形成了各种类型的数控机床。随着现代科学技术的飞速发展,机械制造技术正发生着深刻的革命性变化,传统的普通加工设备已难以适应市场对产品高质量、高效率 and 多样化的要求,而以数控技术为核心的现代制造技术正在逐渐取代传统的机械制造技术。

自20世纪80年代以来,我国数控机床经过引进技术、消化吸收和开始实现产业化三个阶段,现在已经迅速地发展起来,特别是“九·五”期间数控机床已成为机床行业主要增长点。近10年全国数控机床市场购买情况,其平均增长率在25%左右。

我国重点骨干金属切削机床生产企业机床的数控化率已从1990年的10%提高到33%,1995年我国数控机床品种只有500多种,而到2000年已发展到1300多种,重点骨干企业的数控机床产量均成倍增长。

在国家有关部门提出的“十·五”期间机械行业重点发展的项目中,对机床行业,要重点发展数控机床。根据中国机床工具协会拟订的“十·五”规划,预计数控机床的年增长率等于或略高于18%,品种从2000年的1000多种发展到2000多种,数量从2000年产量1.4万余台发展到2005年产量2.5万~3万台。因此,各类企业将大量需要能从事各类数控机床的编程、操作以及维护维修的应用型人才。

1995年我国第三次工业普查中,大中型企业主要装备金属切削机床,一般水平和落后水平的占80%以上。到1999年底,机械工业拥有的金属切削机床中数控机床仅占3.7%,不仅落后于工业发达国家,而且还低于世界平均7%的水平。因此,制造业急需技术改造,急需以数控机床为代表的先进加工设备。

目前数控机床的应用日趋广泛,如模具行业中,数控机床成功地解决了模具制造中的五大难点:单件、复杂、精密、制造周期和成本,使模具制造企业能对市场作出敏捷反应,是提高竞争力的有效手段,所以,数控机床已成为模具工艺装备现代化的核心基础。军工企业要发展,要改革,军品要精,富余能力要上民品,都要通过技术改造提高生产水平,这也需要大量数控机床。

参加本书编写工作的有覃岭、孔杰、王晓宏、杨永平、张进春、冯建雨、罗辑,其中,第1章由张进春、覃岭编写,第2章由王晓宏编写,第3章由覃岭、冯建雨编写,第4章由杨永平编写,第5章由张进春编写,第6章由孔杰编写,第7章由覃岭编写。全书由覃岭统稿,由顺德职业技术学院的程时甘副教授主审,在统稿过程中得到了孔杰、黄力、毛卫秀的大力帮助,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,经验不足,书中难免有许多错误与不妥之处,恳请读者批评指正。

编者
2004年2月

目 录

第 1 章 数控机床概述	1
1.1 数控技术的基本概念	1
1.1.1 数控	1
1.1.2 数控机床	1
1.1.3 数控系统	1
1.1.4 数控程序	1
1.1.5 数控编程	1
1.1.6 数控加工	2
1.2 数控机床的组成和特点	2
1.2.1 数控机床的组成	2
1.2.2 数控机床的特点	4
1.3 数控机床的工作原理	5
1.4 数控机床分类及应用范围	6
1.4.1 按运动轨迹分类	6
1.4.2 按伺服系统分类	8
1.4.3 按加工工艺方式分类	9
1.4.4 应用范围	9
1.5 数控机床的发展方向	10
1.5.1 数控机床的产生与发展	10
1.5.2 数控机床的发展方向	10
1.6 常见数控机床简介	12
1.6.1 数控车床	12
1.6.2 数控铣床	13
1.6.3 加工中心	14
1.6.4 数控线切割机床	15
1.7 数控机床的主要辅助装置	17
1.7.1 对刀仪	17
1.7.2 自动编程机	17
1.7.3 交流稳压电源	18

1.7.4 气源装置	18
1.8 控制轴数与联动轴数	18
1.8.1 控制轴数	18
1.8.2 联动轴数	19
复习思考与练习	19
第2章 机械加工工艺基础	20
2.1 基本概念	20
2.1.1 机械产品的生产过程和工艺过程	20
2.1.2 机械加工工艺过程的组成	20
2.1.3 生产类型及其工艺特点	21
2.1.4 工件装夹方式	23
2.1.5 获得尺寸精度的方法	24
2.2 表面加工方法及加工方案	24
2.2.1 经济加工精度	24
2.2.2 典型表面加工方法及加工方案	25
2.2.3 成形表面和复杂表面的加工	27
2.3 机械加工工艺流程	29
2.3.1 机械加工工艺流程	29
2.3.2 基准及其选择	32
2.3.3 工艺路线的拟订	35
2.3.4 加工余量的确定	36
2.4 机床夹具概述	37
2.4.1 夹具的作用、分类及组成	37
2.4.2 工件在夹具中的定位	39
2.4.3 工件的夹紧	47
2.5 金属切削刀具	51
2.5.1 金属切削刀具的种类	52
2.5.2 金属切削刀具的几何角度	53
2.5.3 刀具几何参数的合理选择	56
2.5.4 刀具材料的选择	57
2.5.5 刀具磨损和耐用度	58
2.6 工程材料简介	59
2.6.1 金属材料	59
2.6.2 有色金属	60
2.6.3 塑料	61
复习思考与练习	62
第3章 数控加工工艺基础知识	63
3.1 数控机床的坐标系统与原点偏置	63
3.1.1 坐标系	63
3.1.2 坐标轴及其运动方向	64
3.1.3 坐标原点	64

3.1.4	程序原点的设置与偏移	65
3.1.5	绝对坐标编程及增量坐标编程	66
3.2	数控系统的插补原理简介	67
3.2.1	概述	67
3.2.2	脉冲增量插补	68
3.2.3	数据采样插补	68
3.3	数控机床的伺服系统概述	69
3.3.1	进给伺服系统概述	69
3.3.2	主轴伺服系统概述	71
3.3.3	数控机床对伺服系统的要求	71
3.4	数控系统的指令集	71
3.4.1	程序段的一般格式	71
3.4.2	常用的编程指令	72
3.5	数控加工的刀具补偿	75
3.5.1	铣削加工刀具半径补偿	75
3.5.2	车削加工刀尖半径补偿	79
3.5.3	数控加工的刀具长度补偿	80
3.6	数控加工编程概述	82
3.6.1	数控编程的定义	82
3.6.2	数控编程的步骤	82
3.6.3	数控编程的方法	84
	复习思考与练习	85
第4章	数控加工工艺设计	86
4.1	概述	86
4.1.1	数控加工的工艺特点	86
4.1.2	数控加工工艺设计的主要内容	86
4.2	数控加工内容的选择	87
4.2.1	数控加工零件的选择	87
4.2.2	数控加工内容的选择	88
4.3	数控加工工艺分析	88
4.3.1	工件图尺寸的标注方法	88
4.3.2	构成零件轮廓的几何元素条件	89
4.3.3	数控加工的定位基准	89
4.4	数控加工的工艺路线设计	89
4.4.1	工序的划分	89
4.4.2	加工工序的安排	90
4.4.3	数控加工工序与普通工序的衔接	90
4.5	数控加工工序设计	90
4.5.1	进给路线的确定和工步的顺序安排	91
4.5.2	工件的安装与夹具的选择	93
4.5.3	数控刀具的选择	93

4.5.4	切削用量的选择	94
4.5.5	对刀点与换刀点的确定	95
4.5.6	测量方法的确定	95
4.6	工艺文件编制	96
4.6.1	工序卡	96
4.6.2	刀具调整单	97
4.6.3	机床调整单	97
4.6.4	加工程序单	98
	复习思考与练习	101
第5章	数控刀具系统及机床附件	102
5.1	数控刀具系统	102
5.1.1	刀具的种类及特点	102
5.1.2	机夹可转位刀片及代码	105
5.1.3	刀柄的结构特点	109
5.1.4	刀柄的选择	111
5.2	数控机床的附件	111
5.2.1	附件的种类	111
5.2.2	附件的使用	113
第6章	数控车削编程	115
6.1	概述	115
6.1.1	机床坐标轴及其运动方向的定义	115
6.1.2	机床原点	115
6.1.3	编程坐标	115
6.1.4	工件坐标系	116
6.1.5	参考点	117
6.2	程序结构	117
6.2.1	字符	117
6.2.2	字段	118
6.2.3	顺序号	118
6.2.4	程序段	118
6.2.5	程序的构成	119
6.3	指令代码及其功能	119
6.3.1	G代码功能—准备功能	119
6.3.2	G00—快速定位	120
6.3.3	G01—直线插补	120
6.3.4	G02,G03—圆弧插补	121
6.3.5	G33—螺纹切削	122
6.3.6	G26—返回参考点	124
6.3.7	G27—X轴返回参考点	124
6.3.8	G29—Z轴返回参考点	124
6.3.9	G50—工件坐标系设定	125

6.3.10	G04—定时延时	125
6.3.11	恒线速控制 G96,取消恒线速 G97	125
6.3.12	单一型固定循环	126
6.3.13	复合循环	128
6.3.14	G22,G80—程序局部循环	131
6.3.15	G93—系统偏置	133
6.4	M,S,F,T 代码指令及其功能	133
6.4.1	M 代码功能—辅助功能	133
6.4.2	S 代码功能—主轴功能	135
6.4.3	T 代码功能—刀具功能	135
6.4.4	F 代码功能—进给速度功能	135
6.5	数控车削手工编程	136
6.5.1	数控车削加工中的基本工艺问题	136
6.5.2	一般编程规则	137
6.5.3	端面及外圆车削加工	138
6.5.4	轴类零件的车削加工	141
6.5.5	镗孔加工	143
6.5.6	盘类零件的车削加工	145
6.5.7	螺纹车削加工	150
6.5.8	车削加工循环	152
6.5.9	程序延时	152
6.5.10	刀具补偿	153
6.5.11	综合运用	156
	复习思考与练习	163
	第7章 数控铣床编程	166
7.1	编程简介	166
7.1.1	数控铣床坐标轴定义	166
7.1.2	机床原点	166
7.1.3	程序原点	166
7.1.4	工件坐标系	166
7.1.5	坐标的单位及范围	167
7.1.6	编程格式	167
7.1.7	快速定位的路径	167
7.1.8	系统的初态	167
7.1.9	系统的模态	168
7.1.10	加工程序的开始与结束	168
7.1.11	子程序	168
7.1.12	R 基准面	169
7.2	S,T,M,D,H,F 功能	169
7.2.1	S 功能	169
7.2.2	T 功能	169

7.2.3	M 功能	169
7.2.4	D,H 功能	170
7.2.5	F 功能	170
7.3	G 代码功能	170
7.3.1	编程状态的 G 代码功能	170
7.3.2	G00 快速定位(模态、初态)	171
7.3.3	G01 直线插补(模态)	171
7.3.4	G02,G03 圆弧插补(模态)	171
7.3.5	G04 延时等待	172
7.3.6	G10,G11 圆凹槽内粗铣	172
7.3.7	G12,G13 全圆内精铣	173
7.3.8	G14,G15 外圆精铣	173
7.3.9	G34,G35 矩形凹槽粗铣	174
7.3.10	G36,G37 矩形凹槽内精铣	175
7.3.11	G38,G39 矩形外精铣	175
7.3.12	固定循环 G 代码功能	176
7.3.13	G92 设定浮动坐标系	183
7.3.14	G27 机械零点检测	183
7.3.15	经中间点快速定位到程序零点	183
7.4	数控镗铣编程	184
7.4.1	数控镗铣加工中的基本工艺问题	184
7.4.2	常用编程指令	185
7.4.3	螺旋线插补编程	190
7.4.4	多程序原点的应用	192
7.4.5	子程序的应用	194
7.4.6	镜像加工	196
7.4.7	手工编程综合应用	199
	复习思考与练习	205
	参考文献	208

第 **I** 章

数控机床概述

1.1 数控技术的基本概念

1.1.1 数控

数控(Numerical Control,简称 NC)是 20 世纪 50 年代发展起来的一种自动控制技术,是用数字信号对机床的运动及加工过程进行控制的一种方法。在数控技术中引进计算机技术,称为 CNC(Computer Numerical Control),CNC 具有柔性好、功能强、可靠性高、经济性好以及易于实现机电一体化等特点,使数控技术在质的方面完成了一次飞跃。

1.1.2 数控机床

数控机床(Numerical Control Machine Tools)是一种采用了数字控制技术的机床,或者说是一种装有数控系统的机床。它能较好地解决生产中的多品种、单件或小批量、精度要求高以及形状复杂的机械加工零件的加工问题。

1.1.3 数控系统

数控系统(Numerical Control System)是一种控制系统,能自动完成信息的输入、译码和运算,从而控制机床的运动和加工过程。一般包括数控装置、可编程控制器(PLC)、各类输入/输出接口、显示器以及操作键盘等。

1.1.4 数控程序

数控机床严格按照从机床外部输入的程序自动完成工件的加工。因此,将从外部输入数控系统用于加工工件的程序称为数控加工程序,简称数控程序。

1.1.5 数控编程

在数控机床上加工零件时,需要把零件的全部工艺过程、工艺参数和位移数据,以信息的

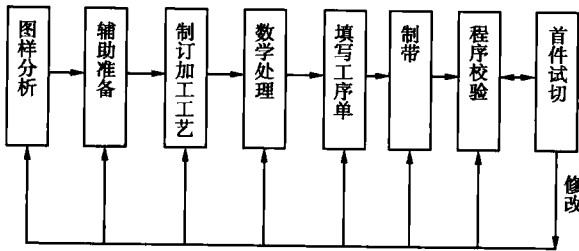


图 1.1 加工程序编制的一般过程

形式记录在控制介质上,用控制介质的信息来控制机床,实现对零件的全部加工过程。故将从零件图纸到得到数控加工程序所需控制介质的全过程,称为数控编程。它主要包括:分析零件图纸、工艺处理、数学处理、编写程序、控制介质制备以及程序校验等几个步骤,如图 1.1 所示。常用的数控加工程序编制方法有手工编程与自动编程

两种方法,手工编程是指主要由人工来完成数控编程各个阶段的工作,当被加工零件形状不十分复杂或程序较短时,都可以采用手工编程的方法,但对于一些复杂零件,特别是具有非圆曲线的表面,或零件的几何元素并不复杂,但程序量很大,由于计算相当烦琐且程序量大,手工编程就难以胜任,即使能够编出程序出来,往往耗费很长的时间,而且容易出错,这时就必须采用自动编程的方法。使用计算机进行数控编程,在编程的各项工作中,除拟订工艺方案主要由人工完成外,其余的工作大多由计算机自动完成,这就称为计算机自动编程。

1.1.6 数控加工

数控加工是指在数控机床上加工零部件的一种工艺方法,数控加工技术除了用于机械加工外,还用于电加工、激光加工、火焰加工、绘印加工及编织加工等工艺。

1.2 数控机床的组成和特点

1.2.1 数控机床的组成

数控机床一般由数控系统、伺服系统和机械系统三大部分组成如图 1.2 所示。

(1) 数控系统

数控系统是数控机床的核心部分,其主要包括数控装置、可编程控制器、各类输入/输出接口、显示器以及操纵键盘等组成。

1) 数控装置 数控装置是数控系统的核心,由硬件和软件两大部分组成。硬件包括 I/O 接口、CPU、键盘、CRT、存储器以及数据通信接口等如图 1.3 所示;软件包括管理软件和控制

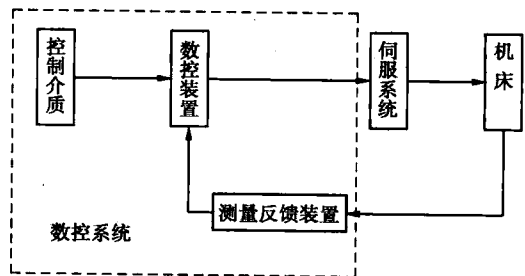


图 1.2 数控机床组成框图

软件,管理软件主要包括输入输出、显示和诊断等功能,控制软件包括译码、刀具补偿、速度控制、插补运算和位置控制等功能。数控装置主要具有以下功能:

①多坐标控制;

②实现多种函数的插补;

③多种程序输入功能(人机对话、手动数据输入、由上级计算机及其他计算机输入设备的程序输入)以及编辑和修改功能;

④信息转换功能: EIA/ISO 代码转换、英制/公制转换、坐标转换、绝对值增量值转换以及计数制转换;

⑤补偿功能: 刀具半径补偿、刀具长度补偿、传动间隙补偿和螺距误差补偿等;

⑥多种加工方法选择: 可以实现多种加工循环、重复加工、凹凸模加工和镜像加工等;

⑦具有故障自诊断功能;

⑧显示功能: 用 CRT 可以显示字符、轨迹、平面图形和动态三维图形;

⑨通讯和联网功能。

2) 输入输出设备 主要用于零件程序的编制、存储、打印和显示等, 一般的输入输出设备都具有人机对话编程键盘和 CRT, 目前很多输入输出设备还包括自动编程机和 CAD/CAM 系统。

3) 可编程控制器 (PLC) 可编程控制器处于 CNC 装置和机床之间, 实现对数控机床辅助功能、主轴转速功能和刀具功能的控制。

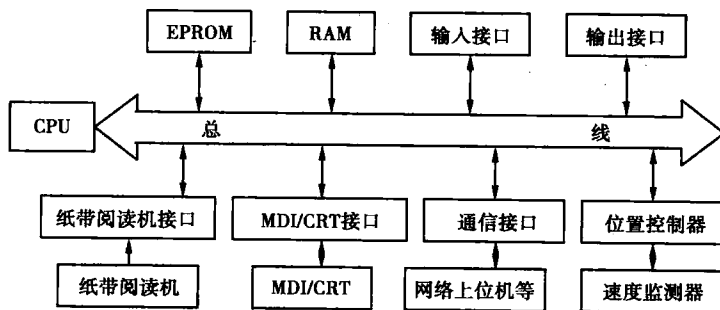


图 1.3 数控装置硬件结构示意图

4) 机床的输入、输出信号的处理 用 PLC 程序代替以往的继电器线路, 实现 M、S、T 功能的控制和译码, 即按照预先规定的逻辑顺序对诸如主轴的起停、转向和转速, 刀具的更换, 工件的夹紧、松开, 液压、气动、冷却以及润滑系统的运行等进行控制。

(2) 伺服系统

数控机床伺服系统是以机床移动部件的位置和速度为控制量的自动控制系统, 又称随动系统、拖动系统或伺服机构, 用于实现数控机床的进给伺服控制和主轴伺服控制, 它包括驱动装置、执行机构及位置、速度检测反馈装置。常见的伺服系统有: 步进电机伺服系统和交流伺服系统。

1) 步进电机伺服系统 步进电动机接受一个脉冲, 电机转过一个固定角度 (如: 0.75° , 0.9° , 1.5° 等), 这个固定角度可驱动工作台移动一个位移值 (脉冲当量)。由于步进电动机易丢步、且扭矩较小, 一般需要传动齿轮来凑脉冲当量, 故常用于开环系统中。步进电机伺服系统精度较低, 但价格低廉。

2) 交流伺服系统 交流伺服系统在机床进给驱动系统中得到了广泛使用, 交流伺服系统中交流伺服电动机有交流同步电机和交流异步电动机。通过计算机对交流电动机的磁场作矢量变换控制来控制交流电动机的运动, 通过电机轴上的脉冲编码器检测电机的转角、转速, 反馈给数控系统实现半闭环控制, 能得到较好的定位精度。特别是交流伺服电机过载能力强, 因而得到了广泛的使用。

(3) 机械系统

数控机床是在普通机床的基础上发展起来的。但在传动系统、操作机构、刀具装置、外观

造型以及布局方面都有很大的变化和进步。机床主机结构有以下几个特点:

1) 高的静、动刚度 由机床床身、底座、立柱等支承件变形所产生的定位和加工误差取决于它们的结构刚度,而这些误差在加工过程中不能进行人为的调整和补偿。因此,必须把移动部件的质量和切削力引起的弹性变形控制在最小的范围内,以保证达到所要求的加工精度与表面质量。因此机床应有较高的动、静刚度。

2) 高的传动精度,小的摩擦阻力 数控机床的运动精度和定位精度不仅受机床零件的加工精度、装配精度、刚度及热变形影响,而且与运动件的摩擦特性有关。

执行部件的摩擦阻力主要来自导轨副,数控机床通常采用滚动导轨或静压导轨减小摩擦副之间的静摩擦力,避免低速爬行现象。采用滑动-滚动混合导轨,一方面可减小摩擦阻力,另一方面改善了系统的阻尼特性,提高了执行部件的抗震性;采用塑料滑动导轨,减小了摩擦阻力,改善了摩擦和阻尼特性,提高了运动副的抗震性和平稳性。

在进给系统中,数控机床一般采用滚珠丝杠代替滑动丝杠,减小运动副的摩擦;采用无间隙滚珠丝杠传动和无间隙齿轮传动,提高了数控机床的传动精度。

3) 高的寿命和精度保持特性 数控机床价格昂贵,为尽快收回投资,数控机床必须保持较高的利用率。为此,数控机床必须有高的寿命和精度保持性,所以数控机床的零部件的耐磨性较高,尤其是机床的导轨、进给传动丝杠以及主轴部件等影响精度的主要零件的耐磨性。此外,良好的润滑也有利于提高机床的寿命。

4) 自动化的机构、宜人的造型和操作性 为了减少辅助时间,数控机床多采用了多刀架或带刀库的自动换刀装置来减少换刀的时间。绝大多数的数控机床都具有快速运动的功能,使空行程时间缩短。

数控机床是一种自动化程度很高的加工设备,在改善机床的操作性方面应充分注意机床各运动部分的互锁能力,以防止事故的发生,并尽可能改善操作者的观察、操作和维护条件。数控机床设有紧急停车装置,以避免发生意外事故。此外,数控机床上必须留有最有利的工件装夹位置,便于装卸工件。对于切屑数量较大的数控机床,其床身结构必须有利于排屑,或设有自排屑装置。

数控机床切削速度高,一般采用大流量与高压力的冷却液冷却和冲屑。机床的运动部件也采用自动润滑系统,为防止切屑与冷却液飞溅,机床一般设计成全封闭结构,只在工作区留有可以自动开闭的安全门窗,用于观察和装卸工件。

数控机床是机电一体化的自动化加工设备,其造型体现了机电液一体化的特点。内部布局合理、紧凑,便于维修,外观造型美观宜人。

5) 抗热变形性能好 机床在内外热源的影响下,各部件将发生不同程度的热变形,使工件与刀具之间的相对运动关系遭到破坏,也使机床的精度下降;另一方面,为了使机床的热变形达到稳定的数值,通常需要花费很多时间来预热机床,这就直接影响了数控机床的生产率。数控机床按程序自动加工,加工过程中不直接进行测量工作,不可能通过人工修正热变形误差,因此,数控机床必须具有良好的抗热变形性能。

1.2.2 数控机床的特点

(1) 数控机床的优点

1) 具有广泛的适应性和较高的灵活性 当加工对象改变时,只需要重新编写加工程序,

然后输入机床即可实现加工,这为单件小批量多品种生产、产品改型和新产品的试制提供了极大的方便,大大缩短了生产准备和试制周期。

2)加工精度高,质量稳定 由于数控机床采用了数字伺服系统,数控装置每输出一个脉冲,伺服执行机构使机床移动部件产生相应的位移(脉冲当量),位移量可以达到 $0.1 \sim 1 \mu\text{m}$;机床传动丝杠采用间隙补偿,螺距误差及其他传动误差可以由闭环系统加以控制;数控机床的机构刚性和热稳定性较好;因此数控机床能达到较高的加工精度。另外,数控机床的自动加工方式避免了操作者的人为操作误差,同一批加工零件的尺寸一致性好,产品的合格率高,加工质量稳定。

3)加工生产率高 在数控机床上,可以实现多道工序连续加工;一个人员可以管理多台机床;另外,数控机床通常不需要专用的工装夹具,因而可省去工装夹具的设计和制造时间,提高了生产率。与普通机床相比,数控机床的生产率一般可以提高 $2 \sim 3$ 倍,甚至可提高十几倍到几十倍(如采用自动换刀、自动装夹工件等)。

4)减轻了操作工人的劳动强度 在数控机床上,操作者不需要进行繁重的重复性手工操作,劳动强度大大地减轻。

5)能加工复杂型面 随着自动编程技术的发展,利用图形自动编程软件生成加工程序,可以加工出用普通机床难以加工的复杂型面零件。

(2)数控机床的不足之处

1)起始阶段的投资大 数控机床和其配套设备价格昂贵。数控机床的价格一般是相同规格的同类通用机床的几倍(甚至十几倍到几十倍),再加上配套的编程设施、计算机及其外部设备等,使产品加工成本大大高于通用机床。

2)增加了电器设备的维护。

3)对操作人员、维修人员的技术水平要求较高 数控机床采用计算机控制,伺服系统的技术复杂,其操作和维修均较复杂,故要求操作、维修以及管理人员具有较高的文化水平和技术素质。

1.3 数控机床的工作原理

数控机床是一种高度自动化的机床,在加工工艺与表面加工方法上,与普通机床基本相同,最根本的区别在于实现自动化控制的原理与方法上。

数控机床加工零件的工作过程可以概括为如图 1.4 所示。首先按产品零件图进行工艺分析:确定加工方案;工装选择与设计;确立合理的程序原点(对刀点)、走刀路线及切削用量。编程中的数学处理包括:按零件几何尺寸、加工路线,计算刀具中心运动轨迹取得刀位数据。根据机床插补功能及被加工零件轮廓的复杂程度决定计算工作量,计算量小可手工完成,若量大则要靠自动编程系统进行计算。目的是获得零件轮廓相邻几何元素交点或切点的坐标值,得出几何元素的起点、终点、圆弧的圆心坐标值等,之后编写加工程序。加工时可将程序一段一段地输入(即边传边加工)。也可以先把程序全部输入,由数控系统中的存储器存储,等加工时再将程序一段一段调出。无论哪种输入,都必须以一个程序段为单位,由系统程序及编译程序进行处理,不仅将刀位数据而且将加工速度 F 代码及其他辅助代码(S 代码表示主轴旋

转, T 代码表示刀具号及 M 代码表示切削液等)均按语法规则进行解释成计算机所能认可的数据形式,并以一定的格式存放在内存专用区间。此外,对刀补(长度与半径补偿)作处理,对进给速度作处理。再完成加工中的插补运算(由主 CPU 担任),数据由存储区间调入时依靠控制总线通过地址总线取址并将数据沿数据总线输入 CPU 运算,结果仍沿总线返回,分别送至相应的输出接口。输出信号也要通过一系列的电路处理(分配、中断和缓冲),才能使伺服电机进给,主轴按转速回转或停止, CRT 显示出程序执行过程,位置环与速度环的反馈信号往返经总线由 CPU 进一步随机处理并获得输出,有条不紊地进行工作。

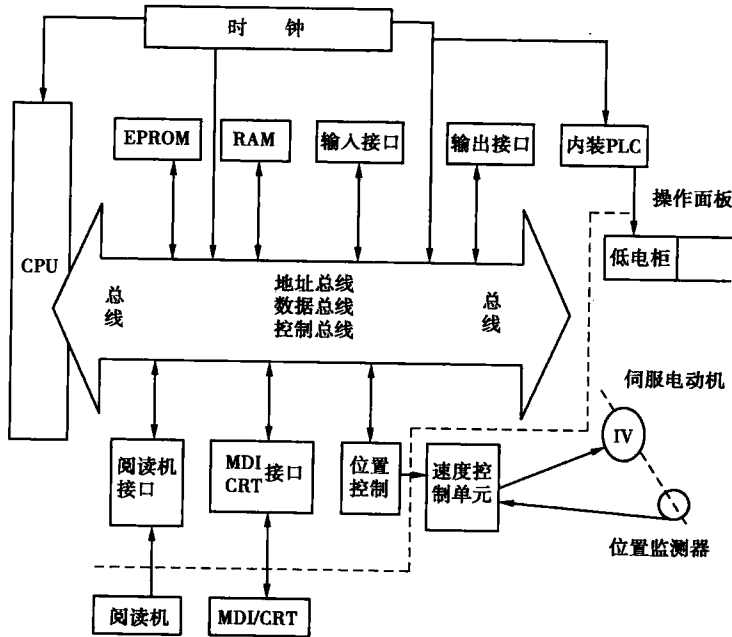


图 1.4 微机数控系统结构、工作原理图

1.4 数控机床分类及应用范围

1.4.1 按运动轨迹分类

(1) 点位控制数控机床

这类机床的数控系统只控制运动部件从一点到另一点的准确定位,运动过程可以先沿一个坐标轴运动完毕,再沿另一个坐标轴运动,也可以沿多个坐标同时移动,而对其两点间的移动速度和移动的轨迹没有严格的要求,并且在移动和定位的过程中,不进行任何加工。这类数控机床主要有数控钻床、数控坐标镗床、数控冲床和数控电焊机等,如图 1.5 所示。

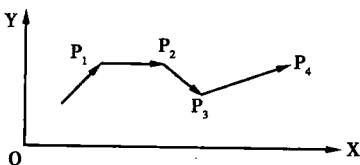


图 1.5 点位控制数控机床