

 数控技术应用专业教材

主 编 徐 杨
副主编 杨加玲

数控机床 原理与维修实训



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

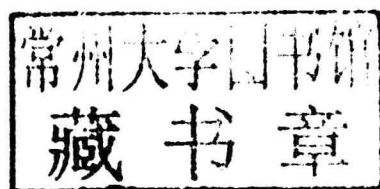
<http://www.phei.com.cn>

◆ 数控技术应用专业教材

数控机床原理与维修实训

主 编 徐 杨

副主编 杨加玲



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书采用教学与培训的方法,对数控机床的结构原理与维修技能作了全面的阐述和讲解,给培训单位培养数控机床操作和维修人员提供了必备方法和措施。内容包括数控机床的结构原理,数控机床的位置检测与电气控制器件,数控机床的数控装置与驱动装置,数控机床的电气控制与电路识图,数控机床与 PLC 技术的应用,数控机床的触摸屏功能及其操作,数控机床故障的检测仪表与检修方法,以及数控机床控制电路及器件的故障检修。

本书列目以读者够学够用为原则,结构紧凑、例析精当,把操作方法与实用技术融汇到知识技能的学习中。内容适合作为初学数控机床操作与维修人员的入门教材,是机床维修培训的范本。

本书既可作为数控机床操作与维修人员上岗培训教材,也可作为高、中等职业技术学校的数控机床专业学科的辅导教材,还可供数控设备生产和维修人员阅读。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床原理与维修实训/徐杨主编. —北京:电子工业出版社,2013.5
ISBN 978-7-121-20440-1

I. ①数… II. ①徐… III. ①数控机床—理论②数控机床—维修 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 101359 号

策划编辑: 谭佩香

责任编辑: 鄂卫华

印 刷: 中国电影出版社印刷厂

装 订: 中国电影出版社印刷厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 20 字数: 486 千字

印 次: 2013 年 5 月第 1 次印刷

定 价: 39.80 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

编委会名单

主 编 徐 杨

副主编 杨加玲

编 委 陈 瑞 许新琪 王茂峰 韩利丽

孙万涛 程 佳 陈年春 陈一凡

刘鸿锐 张 杨 张玉祥 杨加莲

韩儒阳



前言

PREFACE

随着科学技术的发展,机电产品日趋精密复杂。产品的精度要求越来越高,更新换代的周期也越来越短,从而促进了现代制造业的发展。尤其是宇航、军工、造船、汽车和模具加工等行业,用普通机床进行加工已无法满足生产要求,一种新型的用数字程序控制的机床应运而生。这种综合运用计算机技术,自动控制、精密测量和机械设计等新技术的机电一体化机床,是一种装有程序控制系统(数控系统)的自动化机床。它的普及率与市场份额为电气行业的从业人员提供了更为广阔的就业前景。

面对电气行业的人才需求,摆在电气行业从业人员面前的首要问题就是如何掌握规范的操作技能和维修技能。本书以电气维修行业的国家职业技术考核规范为标准,以市场岗位需求为导向,在讲透数控机床控制理论、加工操作、人机对话的基础上,精选其操作与维修的方法特点,结合培训形式,全面系统地解读数控机床操作维护人员必备的知识技能。

本书在内容的选取上打破了传统模式,以讲解数控机床原理的基础知识为切入点,重点突出对数控机床控制、运作、调整、操作、检测等方面知识的讲解,特别是将重点放在检测方法与维修技能上。全书在所贯通的典型检测实例的实测过程中,融汇了作者多年积累的宝贵教学经验和检测经验,是课堂教学与操作现场的再现。

本书在对数控机床基础知识的讲解上突出了学以致用特点,先简略介绍各类机床的共性知识,引导读者入门;再通过结构原理和操作规程,归纳出操作中应掌握的知识,为读者夯实知识基础;最后在检测实例中完成培训,达到对读者进行知识和技能的培训目的。

本书对数控机床基础知识和维修技能的讲解,都是以典型检测实例为题材,教会读者掌握检测前、检测中、检测后应知应会的知识与技能;再将检测数据用图表列出,显示出正常状态下的参数和波形;最后教会读者分析检测的数据和波形去判断数控设备和电气线路的故障,并准确找出故障部位及处理故障的方法和措施,把正确使用电气仪表和对数控设备与电气线路的准确检测落到工作的实处,真正实现提升实践能力的目标。

本书在知识内容的剪裁上,详略得当。在对数控装置、驱动装置的讲解中突出电动机控制电路和 PLC 编程技术的介绍,对理解数控机床的驱动原理起到了画龙点睛的功效。使读者在学习中,既能掌握机床原理的重点知识,又能轻松愉快地阅读课文,提高学习兴趣。

本书由徐杨担任主编,杨加玲担任副主编,参编的人员还有陈瑞、许新琪、王茂峰、韩利丽、孙万涛、程佳、陈年春、陈一凡、刘鸿锐、张杨、张玉祥、杨加莲、韩儒阳等。

由于作者水平有限,书中存在不足之处,诚请专家和读者指正。

编者
2013年4月



目录

CONTENTS

第 1 章 数控机床的结构原理.....	1
1.1 数控机床的组成特点.....	1
1.1.1 数控机床的组成.....	1
1.1.2 数控机床的特点.....	3
1.2 数控机床的工作原理.....	5
1.2.1 数控机床加工工件的过程.....	5
1.2.2 数控机床系统的工作过程.....	6
1.3 数控机床系统结构与分类.....	8
1.3.1 数控机床的系统结构.....	8
1.3.2 数控机床加工零件的工作步骤.....	9
1.3.3 数控机床的分类方法.....	10
1.4 数控机床的控制对象与控制系统.....	15
1.4.1 数控机床的控制对象.....	15
1.4.2 数控机床的控制系统.....	16
习题 1.....	33
第 2 章 数控机床的位置检测与电气控制器件	35
2.1 位置检测系统及检测器件.....	35
2.1.1 位置检测系统的分类.....	35
2.1.2 感应同步器与磁尺检测原理.....	35
2.1.3 光栅位置检测特点及原理.....	38
2.1.4 激光位置检测的结构原理.....	41
2.1.5 计数式测量器件的结构原理.....	42
2.1.6 直接编码式测量器件的结构原理.....	44
2.2 开关类控制电器的类型与功能.....	45
2.2.1 开关器件的类型与功能.....	45
2.2.2 主令电器的类型与功能.....	49
2.2.3 接触器的类型与功能.....	54
2.2.4 继电器的类型与功能.....	56
2.3 机床用电动机结构功能与控制原理.....	65
2.3.1 电动机的结构功能.....	65
2.3.2 电动机的控制原理.....	79
习题 2.....	91



第 3 章 数控机床的数控装置与驱动装置	93
3.1 数控装置的控制功能与结构原理	93
3.1.1 数控装置的控制功能	93
3.1.2 数控装置的结构特点	93
3.1.3 数控装置的工作原理	94
3.2 主轴驱动装置的驱动功能与结构原理	97
3.2.1 数控机床对主轴控制驱动的要求	97
3.2.2 主轴驱动装置的功能特点	97
3.2.3 FANUC 系统模拟量主轴驱动与变频控制	100
3.2.4 FANUC 系列串行数字主轴驱动系统结构原理	104
3.2.5 主轴传动系统结构特点与传动方式	110
3.3 进给传动装置的传动功能与结构原理	112
3.3.1 数控机床对进给传动系统的要求	112
3.3.2 滚珠丝杠螺母副的结构原理	112
3.3.3 传动齿轮间隙消除机构	118
3.3.4 导轨的类型与功能	119
3.4 自动换刀装置的结构原理	122
3.4.1 自动换刀装置的结构形式	122
3.4.2 刀库的类型与选择	125
3.4.3 回转进给系统的功能特点	128
习题 3	131
第 4 章 数控机床的电气控制与电路识图	133
4.1 数控电气系统的结构原理与电路符号	133
4.1.1 机床电气系统的作用与类型	133
4.1.2 常用继电器的结构原理与电路符号	134
4.1.3 常用控制开关的结构原理与电路符号	142
4.1.4 其他常用电气器件的结构原理与电路符号	146
4.2 电气控制电路的识图基础	149
4.2.1 电气识图的信息采集与读图原则	149
4.2.2 常见控制电路图的分类与识读	152
4.2.3 机床强电控制电路图的分类与识读	153
4.3 电动机控制电路图的结构与识读	155
4.3.1 电动机控制电路图的组成结构	155
4.3.2 电动机控制电路图的识读方法	162
习题 4	178
第 5 章 数控机床与 PLC 控制电路	179
5.1 PLC 的结构类型与应用功能	179
5.1.1 PLC 的结构类型	179



5.1.2	PLC 控制系统的基本模式	182
5.1.3	PLC 技术的实际应用	183
5.2	PLC 的电路结构与控制原理	186
5.2.1	PLC 的电路结构	186
5.2.2	PLC 的控制原理	187
5.3	PLC 对三相交流感应电动机电路的控制方式	188
5.3.1	PLC 对电动机连续运行的控制方法	188
5.3.2	PLC 对电动机降压启动的控制方法	190
5.3.3	PLC 对电动机 Y- Δ 降压启动的控制方法	193
5.4	PLC 在数控机床电路中的应用	196
5.4.1	C620—1 型卧式车床的 PLC 控制电路	196
5.4.2	Z35 型摇臂钻床的 PLC 控制电路	198
5.4.3	X52K 型立式升降台铣床的 PLC 控制电路	202
5.4.4	M1432A 型万能外圆磨床的 PLC 控制电路	207
5.4.5	B690 型液压牛头刨床的 PLC 基本结构	211
	习题 5	215
第 6 章	数控机床的触摸屏功能及其操作	217
6.1	触摸屏技术的类型与结构原理	217
6.1.1	电阻式触摸屏分类与工作原理	217
6.1.2	电容式触摸屏分类与工作原理	221
6.1.3	红外线式触摸屏分类与工作原理	224
6.1.4	表面声波式触摸屏分类与工作原理	225
6.2	触摸屏的操作方法与应用实例	226
6.2.1	触摸屏的操作实训	226
6.2.2	触摸屏的应用实例	230
6.2.3	触摸屏常见故障原因的分析与检测	232
	习题 6	234
第 7 章	数控机床常见故障的检测	235
7.1	数控机床故障检测的常用仪表	235
7.1.1	万用表的选择与使用	235
7.1.2	示波器的选择与使用	238
7.1.3	逻辑分析仪的选择与使用	247
7.1.4	相序表的选择与使用	248
7.1.5	短路追踪仪的选择与使用	248
7.1.6	逻辑测试笔与脉冲信号笔的选择与使用	249
7.2	数控机床故障的检修方法	250
7.2.1	故障检测的常用方法	250
7.2.2	常见故障的检修思路与分析方法	258
	习题 7	267

第 8 章 数控机床控制电路及电气器件故障的检修	269
8.1 数控机床步进电动机控制电路故障分析与检修	269
8.1.1 步进电动机控制电路结构原理	269
8.1.2 数控机床步进电动机控制电路故障的检修	271
8.2 数控机床伺服电动机控制电路故障分析与检修	273
8.2.1 伺服进给驱动控制单元故障分析与检修	273
8.2.2 伺服电动机测速反馈电路结构原理与故障检修	274
8.3 PLC 电源的故障分析与检修	276
8.3.1 PLC 电源系统结构原理	276
8.3.2 PLC 电源系统故障的检修	277
8.4 数控机床模拟集成电路故障分析与检测	277
8.4.1 测阻法识别集成运算放大器的好坏	277
8.4.2 运算放大器放大能力估测与自激现象识别	279
8.4.3 用声或光识别集成运算放大器的好坏	280
8.4.4 集成运算放大器调零功能好坏识别与输出电压检测	280
8.5 数控机床系统数字逻辑门集成电路故障分析与检测	281
8.5.1 数字非门集成电路的检测	281
8.5.2 数字与门集成电路的检测	282
8.5.3 数字与非门集成电路的检测	283
8.5.4 数字或门集成电路的检测	284
8.5.5 数字或非门集成电路的检测	284
8.6 数字触发器与计数器故障分析与检测	285
8.6.1 数字基本 RS 触发器集成电路的检测	285
8.6.2 数字基本 JK 触发器逻辑功能的检测	286
8.6.3 数字基本 D 触发器逻辑功能的检测	287
8.7 常用元器件的识别与检测	288
8.7.1 稳压二极管的识别与检测	288
8.7.2 发光二极管的识别与检测	289
8.7.3 光电耦合器的识别与检测	290
8.7.4 压敏电阻器的识别与检测	291
8.7.5 晶体三极管的识别与检测	291
8.7.6 稳压集成电路的识别与检测	292
8.7.7 场效应晶体管的识别与检测	295
8.7.8 单向晶闸管的识别与检测	297
8.7.9 门极可关断晶闸管的识别与检测	300
8.7.10 桥式整流器的检测	301
习题 8	302
习题参考答案	305

第 1 章 数控机床的结构原理

随着科学技术的发展，机电产品日趋精细复杂。产品的精度要求越来越高，更新换代的周期也越来越短，从而促进了现代制造业的发展。尤其是宇航、军工、造船、汽车和模具加工等行业，用普通机床进行加工（精度低、效率低、劳动强度大）已无法满足生产要求，从而一种新型的用数字程序控制的机床应运而生。这是一种综合运用计算机技术、自动控制、精密测量和机械设计等新技术的机电一体化典型产品。数控机床是一种装有程序控制系统（数控装置）的自动化机床，能够逻辑化地处理具有使用号码或其他符号编码指令（刀具移动轨迹信息）规定的程序。具体地讲，把数字化了的刀具移动轨迹的信息输入到数控装置中，经过译码、运算，从而实现控制刀具与工件相对运动，加工出所需要零件的机床，即为数控机床。

数控机床是机电一体化的典型产品，是集机床、计算机、电动机及拖动、自动控制、检测等技术为一体的自动化设备。

数控机床是数字程序控制机床的简称，顾名思义，也就是采用数字计算机控制的机床。

1.1 数控机床的组成特点

1.1.1 数控机床的组成

数控机床的基本组成包括控制介质、数控装置、伺服系统、反馈装置及机床本体，其组成方框图如图 1-1 所示。

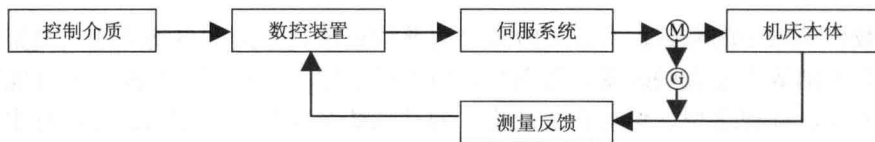


图 1-1 数控机床的组成方框图

1. 控制介质

数控机床工作时，不要人工去直接操作机床，但又要执行人的意图，这就必须在任何数控机床之间建立某种联系，这种联系的中间媒介物称之为控制介质。在普通机床上加工零件时，由工人按图样和工艺要求进行加工。在数控机床上加工零件时，控制介质是存储数控加工所需要的全部动作和刀具相对于工件位置等信息的信息载体，它记载着零件的加工工序。数控机床中，常用的控制介质有穿孔纸带、穿孔卡片、磁带和磁盘或其他可存储代码的载体，至于采用哪一种，则取决于数控装置的类型。早期时，使用的是 8 单位（8 孔）穿孔纸带，并规定了标准信息代码 ISO（国际标准化组织制定）和 EIA（美国电子工业协会制定）两种代码。

2. 伺服系统

机床上的执行部件和机械传动部件组成数控机床的进给系统，它根据数控装置发来的速度和位移指令控制执行部件的进给速度、方向和位移量。每个进给运动的执行部件都配有一套伺服系统。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，它相当于手工操作人员的手，使工作台（或叫溜板）精确定位或按规定的轨迹做严格的相对运动，最后加工出符合图样要求的零件。伺服系统由伺服驱动电动机和伺服驱动装置组成，它是数控系统的执行部分。驱动机床执行机构运动的驱动部件，包括主轴驱动单元（主要是速度控制）、进给驱动单元（主要有速度控制和位置控制）、主轴电动机和进给电动机等。一般来说，数控机床的伺服驱动系统，要求有好的快速响应性能，以及能灵敏且准确地跟踪指令功能。数控机床的伺服系统有步进电动机伺服系统、直流伺服系统和交流伺服系统。现在常用的是后两者，都带有感应同步器、编码器等位置检测元件，而交流伺服系统正在取代直流伺服系统。

3. 反馈装置

反馈装置是闭环（半闭环）数控机床的检测环节，该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，其作用是检测数控机床坐标轴的实际移动速度和位移，并将信息反馈到数控装置或伺服驱动中，构成闭环控制系统。检测装置的安装、检测信号反馈的位置，决定于数控系统的结构形式。无测量反馈装置的系统称为开环系统。由于先进的伺服系统都采用了数字式伺服驱动技术（称为数字伺服），伺服驱动和数控装置间一般都采用总线进行连接。反馈信号在大多数场合都是与伺服驱动进行连接，并通过总线传送到数控装置，只有在少数场合或采用模拟量控制的伺服驱动（称为模拟伺服）时，反馈装置才需要直接和数控装置进行连接。伺服电动机内装有脉冲编码器、旋转变压器、感应同步器、测速机、光栅和磁尺等，都是 NC 机床常用的检测器件。

4. 机床本体

数控机床中的机床，在开始阶段沿用普通机床，只是在自动变速、刀架或工作台自动转位和手柄等方面做些改变。随着数控技术的发展，对机床结构的技术性能要求更高，在总体布局、外观造型、传动系统结构、刀具系统及操作性能方面都已经发生很大的变化。因为数控机床除切削用量大、连续加工发热多等影响工件精度外，还由于在加工中自动控制，不能由人工进行补偿，所以其设计要求比通用机床更完善，制造要求比通用机床更精密。数控机床主体，包括床身、主轴、进给机构等机械部件，以及辅助运动装置、液压气动系统、冷却装置等部分。

数控机床的主机结构有下面 3 个特点。

- ① 由于采用了高性能的主轴及进给伺服驱动装置，数控机床的机械传动结构得到了简化，传动链较短；
- ② 数控机床的机械结构具有较高的动态特性、动态刚度、阻尼精度、耐磨性及抗热变形性能，适应连续地自动化加工；
- ③ 较多地采用高效传动件，如精密滚珠丝杠、直线滚动导轨副、精密齿条、蜗母条、静压、磁浮导轨等。



为了保证数控机床功能的充分发挥,还有一些配套部件。这些辅助装置的主要作用是根据数控装置输出主轴的转速、转向和启停指令,刀具的选择和交换指令,冷却、润滑装置的启停指令,工件和机床部件的松开、夹紧、工作台转位指令,为排屑、防护、照明、储运等辅助指令提供信号,以及机床上检测开关的状态信号等,经过必要的编译和逻辑运算,经放大后驱动相应的执行元件,带动机床机械部件、液压气动等辅助装置完成指令规定的动作。它通常是由 PLC 和强电控制回路构成的,PLC 在结构上可以与 CNC 一体化(内置式的 PLC),也可以是相对独立(外置式的 PLC)的,有的还配有编程机和对刀仪等辅助设备。

1.1.2 数控机床的特点

1. 普通自动化机床

在许多工厂企业中,一般的普通自动化机床、组合机床及专用机床等设备,虽然它们的自动化程度较高,但通常采用模板、凸轮、专用夹具、专用刀具及定程挡块等方式来实现自动化加工的。由于专用的模板、夹具、刀具与凸轮等辅助零件的生产,对其精度要求很高,这就要求加工这类辅助零件的设备精度更高,制造技术也就更复杂,致使生产的准备时间变长,成本增高,机床的调整时间也延长。因此,这类自动化机床仅适用于大批量生产与专业性较强的场合。

2. 数控自动化机床

目前,数控自动化机床已经成为机械制造工业中的一个重要发展方向。由于数控机床具有效率高、精度高、自动化程度高和便于不同形状零件的加工,故特别适用于复杂形状的小批量生产或单件加工的场合。在改变加工对象时,除了需要更换相应的刀具以外,只要换用与加工零件相对应的控制介质(例如穿孔带、穿孔卡、磁带等)或改变控制介质的内容(如拨码盘、开关灯),就可以满足新加工零部件形状的要求,不需要进行过多的重新调整,这就大大地缩短了生产准备时间,故特别适用于小批量或单件生产。

数控机床对零件的加工过程,是严格按照加工程序所规定的参数及动作执行的。它是一种高效能自动或半自动机床,与普通机床相比,具有以下 9 个方面的明显特点。

① 适应性强。

由于数控机床能够实现多个坐标的联动,所以数控机床能完成复杂型面的加工,特别是对于可用数学方程式和坐标点表示的形状复杂的零件,加工非常方便。当改变加工零件时,数控机床只需更换零件加工的 NC 程序,不必用凸轮、靠模、样板或其他模具等专用工艺装备,且可采用成组技术的成套夹具。因此,生产准备周期短,有利于机械产品的迅速更新换代。所以,数控机床的适应性非常强。

② 加工质量稳定。

对于同一批零件,由于使用同一机床和刀具及同一加工程序,刀具的运动轨迹完全相同,并且数控机床是根据数控程序实现计算机控制,自动进行加工,可以避免人为的误差,这就保证了零件加工的一致性,且质量稳定可靠。

③ 生产效率高。

数控机床本身的精度高、刚性大,可以采用较大的切削用量,有效地节省了机动工时。

它还有自动换速、自动换刀和其他辅助操作自动化等功能，使辅助时间大为缩短，而且无需工序间的检验与测量，所以比普通机床的生产效率高 3~4 倍，对某些复杂零件的加工，生产效率可以提高十几倍甚至几十倍。数控机床的主轴转速及进给范围都比普通机床大。目前数控机床的最高进给速度可达到 100 m/min 以上，最小分辨率达 0.01 μm 。一般来说，数控机床的生产能力约为普通机床的 3 倍，甚至更高。数控机床的时间利用率高达 90%，而普通机床仅为 30%~50%。

④ 加工精度高。

数控机床有较高的加工精度，一般在 0.005~0.1 mm 之间，定位精度普遍可达到 0.03 mm，重复定位精度为 0.01 mm。数控机床的加工精度不受零件复杂程度的影响，机床传动链的反向齿轮间隙和丝杠的螺距误差等，都可以通过数控装置自动进行补偿，其定位精度比较高。同时还可以利用数控软件进行精度校正和补偿。

⑤ 工序集中且一机多用。

数控机床，特别是带自动换刀刀架、刀库的数控加工中心，在一次装夹的情况下，几乎可以完成零件的全部加工工序，一台数控机床可以代替数台普通机床。这样可以减小装夹误差，节约工序之间的中间环节，如半成品的中间检测、暂存、搬运和装夹等辅助时间，还可以节省机床、车间的占地面积，带来较高的经济效益。加工中心的工艺方案更与普通机床的常规工艺方案不同，常规工艺以“工序分散”为特点，而加工中心则以工序集中为原则，着眼于减少工件的装夹次数，提高重复定位精度。

⑥ 减轻劳动强度。

在输入程序并启动后，数控机床就自动地连续加工，直至零件加工完毕。这样就简化了工人的操作，使劳动强度大大降低。数控机床是一种高技术的设备，尽管机床价格较高，而且要求具有较高技术水平的人员来操作和维修，但是数控机床的优点很多，它有利于自动化生产和生产管理，使用数控机床的经济效益还是很高的。

⑦ 有利于生产管理的现代化。

采用数控机床加工零件，能准确地计算零件的加工工时，并有效地简化了检验、工装和半成品的管理工作，这些都有利于使生产向计算机控制与管理方面发展，为实现生产过程自动化创造了条件。

⑧ 生产准备工作复杂。

由于整个加工过程采用程序控制，数控加工的前期准备工作较为复杂，包含工艺确定、程序编制等。

⑨ 投资大且维修困难。

数控机床是一种高度自动化机床，必须配有数控装置或电子计算机，机床加工精度因受切削用量大、连续加工发热多等影响，使其设计要求比普通机床更加严格，制造要求更加精密，因此数控机床的制造成本比较高。此外，数控机床属于典型的机电一体化产品，控制系统比较复杂、技术含量高，一些元器件、部件精密度较高，同时一些进口机床的技术开发受到条件的限制，所以对数控机床的调试和维修都比较困难。

1.2 数控机床的工作原理

1.2.1 数控机床加工工件的过程

数控机床是利用计算装置，根据事先编好的程序，控制机床的加工和各种动作，使机床按一定精度自动完成对零件的加工。使用数控机床加工零件的过程可以分为以下 5 个方面。

1. 按照产品零件图纸采用规定的代码编写加工程序单

由于数字式电子计算机看不懂图纸，故不能直接通过图纸将零件图形与工艺要求告知数控装置（也就是数字式电子计算机）。

但是，由于数字式电子计算机具有识数功能，故只要将需要加工的零件图形和加工工艺转换成数字的方式输送给数字式电子计算机，就可以使数字式电子计算机看懂图纸了。数控机床正是利用这一特点来实现的。

数控机床在使用之前，先是将需要加工的零件图形和加工工艺要求，采用规定的代码进行程序编制，也就是编写成加工程序单的方式。

2. 按照编写的加工程序单制作程序介质

编写好加工程序单以后，还不能被数字式电子计算机使用，还必须将该加工程序单转变成数字式电子计算机可以识别的数字，这就是要制作程序介质。用来记录程序的物体就称为程序介质，在数控系统中，较常用的程序介质主要有穿孔纸带、穿孔卡片、磁带、拨码盘、多位开关（波段开关）等。

3. 采用一定方式将程序介质的内容读入数控装置

一般是采用光电阅读机，将程序介质上的内容读入数控装置，也就是将程序记录在穿孔纸带上以后，通过纸带阅读机把纸带上采用孔表示的代码转换为采用电位表示的代码输入数控装置。

4. 数控装置对输入的可识别程序代码进行处理

输入到数控装置内的可以识别的程序代码，实际上就是一种控制数字式电子计算机进行相应的程序工作指令，数字式电子计算机会根据相应程序的工作指令，进行必要的逻辑运算和算术运算，然后根据处理的结果发出驱动伺服机构的控制信号。

5. 由伺服机构控制机床进行各种动作

由数控装置发出的进给脉冲拖动伺服机构移动，自动完成加工任务，如 x 轴（或 y 轴）每发给一个进给脉冲，就会向 x 轴（或 y 轴）进给一丝（等于 0.01 mm ）。也就是说，每个进给脉冲相当于 x 轴（或 y 轴）方向移动的距离为 0.01 mm ，通常称这一距离的长度为脉冲当量。 x 轴方向与 y 轴方向的脉冲当量既可以相等，也可以不相等。

在数控机床系统中，对伺服机构的要求是能够可靠地执行数控系统发出的控制指令，既要省力，又要有一定的速度，故数控机床的速度、精度、稳定性和可靠性在很大程度上

取决于伺服机构的好坏。

数控机床加工零件时，首先必须将工件的几何数据和工艺数据等加工信息按规定的代码和格式编制成零件的数控加工程序，这是数控机床的工作指令。将加工程序用适当的方法输入到数控系统，数控系统对输入的加工程序进行数据处理，输出各种信息和指令，控制机床主运动的变速、启停、进给的方向、速度和位移量，以及其他如刀具选择交换、工件的夹紧松开、冷却润滑的开关等动作，使刀具与工件及其他辅助装置严格地按照加工程序规定的顺序、轨迹和参数进行工作。数控机床的运行处于不断地计算、输出、反馈等控制过程中，以保证刀具和工件之间相对位置的准确性，从而加工出符合要求的零件。数控机床加工工件的过程方框图如图 1-2 所示。

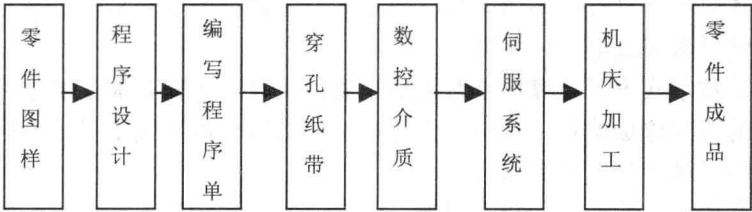


图 1-2 数控机床加工工件的过程方框图

1.2.2 数控机床系统的工作过程

1. 数控机床的工作过程

数控机床的工作过程示意图如图 1-3 所示。

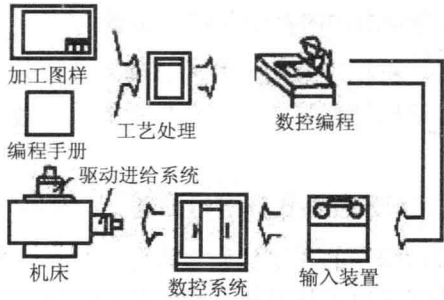


图 1-3 数控机床的工作过程示意图

- ① 输入。
零件加工程序一般通过 DNC 从上一级计算机输入而来。
- ② 译码。
译码程序将零件加工程序翻译成计算机内部能识别的语言。
- ③ 数据处理。
包括刀具半径补偿、速度计算及辅助功能的处理。

④ 伺服输出。

伺服控制程序的功能是完成本次插补周期的位置伺服计算，并将结果发送到伺服驱动接口中去。

2. 现代 CNC 系统插补的实现方法

(1) 插补方法

是已知一条曲线的种类、起点、终点及进给速度之后，在起点和终点之间进行数据点的密化。

什么是插补？为什么要进行插补？

插补：在实际加工中，用一小段直线或圆弧去逼近（拟合）零件轮廓曲线，即直线或圆弧插补。

插补的任务：就是根据进给速度的要求，在轮廓起点和终点之间计算出若干个中间点的坐标值。

(2) 插补的实现

插补是由硬件和软件的结合而实现的。

(3) 插补算法分类

目前应用的插补算法分两大类：脉冲增量插补、数据采样插补。

① 脉冲增量插补。

明确每次插补的结果仅产生一个行程增量，以一个个脉冲的方式输出给步进电动机。如逐点比较法和数字微分分析器（Digital Differential Analyzer，简称 DDA）方法。

② 数据采样插补

数据采样插补方法或称时间分割法，适合于闭环和半闭环控制系统。

(4) 插补原理

它是把加工一段直线或圆弧的整段时间 t 细分为许多相等的时间间隔，即：单位时间间隔（插补周期 T ）。每经过 T 进行一次插补计算，直到加工终点。

(5) 特点

插补运算可分两步完成，第一步粗插补，第二步精插补。

① 粗插补：在给定的起点和终点曲线之间插入若干个点，用若干条微小直线段来逼近给定曲线，每小段直线长度 ΔL （即步长）相等，并与进给速度 V 有关，加工一小段直线的时间为一个插补周期 T ，则 $\Delta L = VT$ 。

② 每经过一个插补周期就进行一次插补计算，算出在该插补周期内各坐标的进给量，边计算，边加工。

③ 精插补：在粗插补时算出的每条微小直线段上，再做“数据点的密化”工作。

3. 逐点比较法举例

(1) 逐点比较法

就是每走一步都要将加工点的瞬时坐标同规定的图形轨迹相比较，判断其偏差，然后决定下一步的走向；如果加工点走到图形外面去了，就要向图形里面走；如果加工点在图形里面，就要向图形外面走，其方法如图 1-4 所示。

(2) 逐点比较法直线插补

插补原理：以第 1 象限直线为例，每进给一步需要进行四步：偏差判别、坐标进给、新偏差运算、终点比较（如图 1-5 所示）。

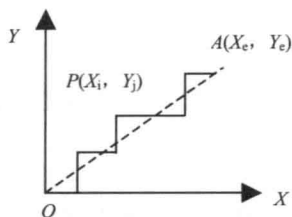


图 1-4 逐点比较法

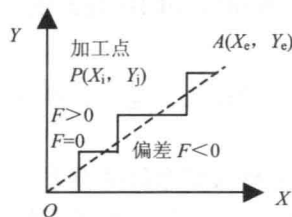


图 1-5 逐点比较法直线插补

1.3 数控机床系统结构与分类

1.3.1 数控机床的系统结构

数控机床是由程序、输入/输出装置、CNC 单元、伺服系统、位置反馈系统、机床本体等部分构成的。

1. 程序的存储介质

程序的存储介质，又称程序载体，即：

- ① 穿孔纸带；
- ② 盒式磁带；
- ③ 软盘、磁盘、U 盘；
- ④ 通信。

2. 输入/输出装置

- ① 对于穿孔纸带，配用光电阅读机；
- ② 对于盒式磁带，配用录放机；
- ③ 对于软磁盘，配用软盘驱动器和驱动卡；
- ④ 现代数控机床，还可以通过手动方式（MDI 方式）；
- ⑤ DNC 网络通信、RS232 串口通信。

3. CNC 单元

CNC 单元是数控机床的核心，CNC 单元由信息的输入、处理和输出 3 个部分组成。CNC 单元接受数字化信息，经过数控装置的控制软件和逻辑电路进行译码、插补、逻辑处理后，将各种指令信息输出给伺服系统，伺服系统驱动执行部件做进给运动。其他的还有主运动部件的变速、换向和启停信号；选择和交换刀具的刀具指令信号，冷却、润滑的启停、工件和机床部件松开、夹紧、分度台转位等辅助指令信号等。准备功能：G00，G01，G02，G03，辅助功能：M03，M04 刀具、进给速度、主轴 T，F，S。