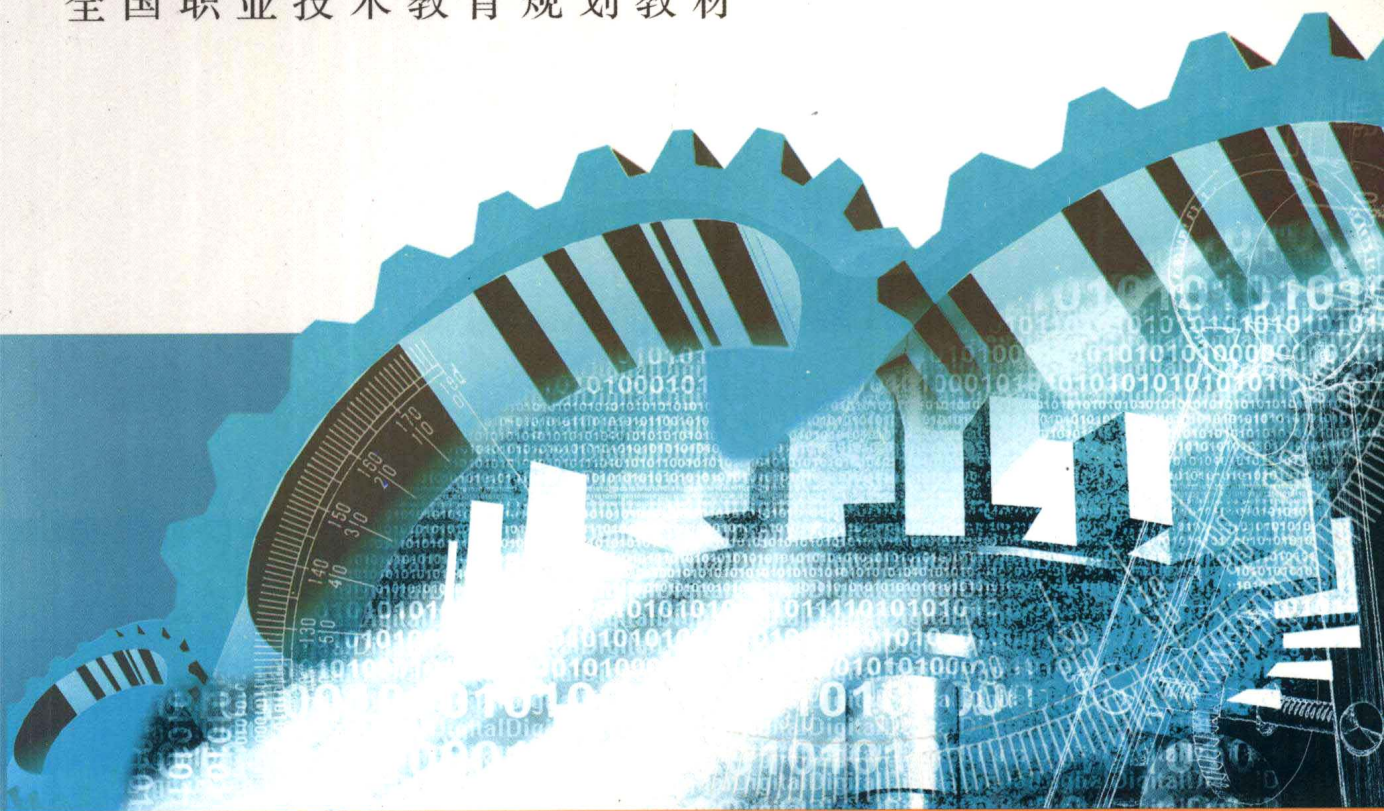


国家教育部电教办岗位考试指定用书
全国职业技术教育规划教材



数控机床结构与维修

主 编 田宏宇

副主编 程道新

上海交通大学出版社

国家教育部电教办岗位考试指定用书
全国职业技术教育规划教材

数控机床结构与维修

主 编 田宏宇

副主编 陈道新

上海交通大学出版社

内 容 简 介

本书共分8章,全面系统地介绍了数控机床的主传动系统、进给传动系统、典型结构以及数控机床的主要部件和数控系统的故障诊断及维修等方面的内容。本书取材新颖,注重内容的先进性、科学性和实用性,且每章后均附有思考题。

本书可作为中高等职业技术学院机械、机电类专业学生的教材,也可供数控机床行业的工程技术人员、研究人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床结构与维修/田宏宇主编. - 上海:上海交通大学出版社,2007

国家教育部电教办岗位考试指定用书. 全国职业技术教育

ISBN 978 - 7 - 313 - 04980 - 3

I. 数... II. 田... III. ①数控机床 - 结构 - 技术教育 - 教材②数控机床 - 维修 - 技术教育 - 教材
IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 150704 号

数控机床结构与维修

主 编 田宏宇

副主编 陈道新

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 877 号 邮政编码 200030)

电话:64071208 出版人:韩建民

合肥学苑印务公司印刷 全国新华书店经销

开本:787 mm × 1092 mm 1/16 印张:13.25 字数:304 千字

2007 年 9 月第 1 版 2007 年 9 月第 1 次印刷

印数:1 ~ 6050

ISBN 978 - 7 - 313 - 04980 - 3/TG · 059 定价:19.00 元

版权所有 侵权必究

前 言

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,是一种典型的机电一体化产品。数控技术是一种将数字计算技术应用于机床的控制技术。它把机械加工过程中的各种控制信息用代码化的数字表示,通过信息载体输入数控装置,经运算处理由数控装置发出各种控制信号,控制机床的动作,按图纸要求的形状和尺寸,自动地将零件加工出来。

数控机床的结构与传统机床相似,由主传动系统、进给传动系统、床身、工作台以及辅助运动装置、液压气动系统、润滑系统、冷却装置等组成。但数控机床在整体布局、外观造型、传动系统、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。正确掌握数控机床典型结构的相关知识更有助于我们有效地使用它。

另一方面,正确的和有效的维护也是使用数控机床中的一个重要问题。数控机床的维修人员应有较高的理论知识和维修技术,除要了解数控机床的机械结构,懂得数控机床的电气原理及电子电路外,还应有比较宽的机、电、气、液专业知识,这样才能综合分析,判断故障的根源,正确地进行维修,保证数控机床的良好运行。

本书系统叙述了数控机床的特点、组成、主传动系统、进给传动系统、典型结构以及数控机床的主要部件和数控系统的故障诊断及维修等方面的内容。所有取材科学新颖,注重内容的先进性、科学性和实用性。全书注重理论联系实际,各章节间既有联系,又有一定的独立性,且每章后均附有相应思考题。本书可作为中高等职业技术学院机械、机电类专业学生的教材,也可供从事机床数控行业的工程技术人员、研究人员参考使用。

本书由北京联合大学机电学院田宏宇担任主编,陈道新担任副主编。本书由田宏宇执笔,陈道新负责图表的处理等整理工作。

由于编者的水平所限,书中欠妥和不足之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2007 年 7 月

目 录

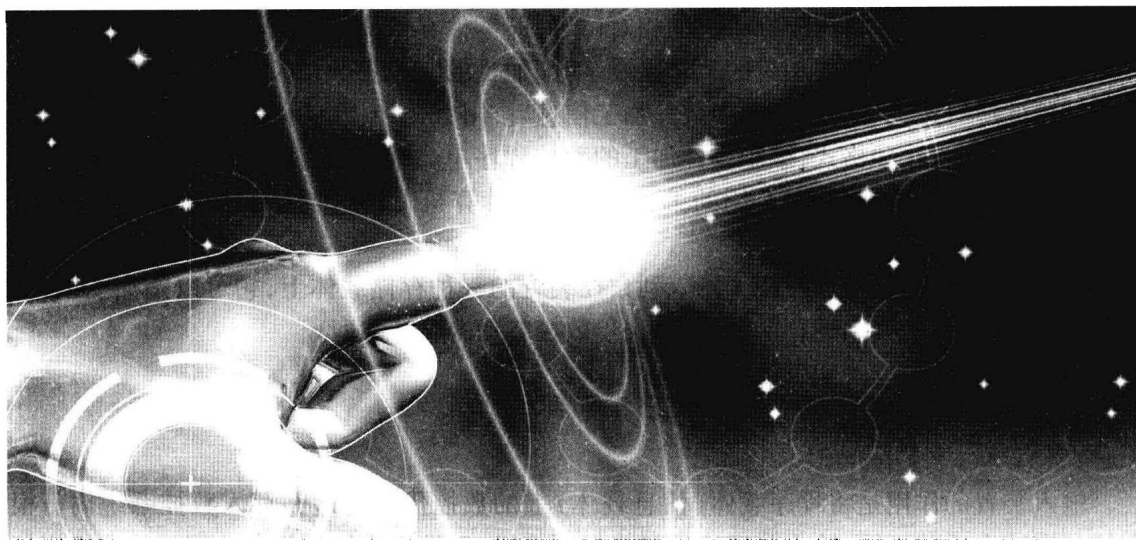
第1章 数控机床概述	(1)
1.1 数控机床的组成及工作原理	(1)
1.1.1 程序编制及程序载体	(1)
1.1.2 输入装置	(2)
1.1.3 数控装置	(2)
1.1.4 驱动装置和位置检测装置	(2)
1.1.5 辅助控制装置	(3)
1.1.6 机床本体	(3)
1.2 数控机床的分类	(3)
1.2.1 按加工工艺方法分类	(3)
1.2.2 按控制运动轨迹分类	(4)
1.2.3 按驱动装置的特点分类	(5)
1.3 数控机床的特点	(7)
1.3.1 数控机床的加工特点	(7)
1.3.2 数控机床的使用特点	(8)
1.4 数控机床的发展趋势	(9)
1.4.1 数控机床结构的发展	(9)
1.4.2 计算机控制性能的发展	(10)
1.4.3 伺服驱动系统的发展	(10)
1.4.4 自适应控制	(11)
1.4.5 计算机群控	(11)
1.4.6 柔性制造系统(FMS)	(12)
1.5 数控机床的主要性能指标	(13)
1.5.1 数控机床的精度指标	(13)
1.5.2 数控机床的运动性能指标	(14)
1.5.3 数控机床的加工性能指标	(15)
1.5.4 数控机床的可控轴数与联动轴数	(15)
1.5.5 数控机床的可靠性指标	(15)
习题	(16)

第2章 数控机床的主传动系统	(17)
2.1 对主传动系统的基本要求及变速方式	(17)
2.1.1 对主传动系统的基本要求	(17)
2.1.2 主传动系统的变速方式	(18)
2.1.3 主轴的传动形式	(18)
2.2 主轴部件的支承	(21)
2.2.1 主轴轴承	(21)
2.2.2 主轴轴承的配置	(22)
2.3 主轴部件结构	(23)
2.3.1 数控车床主轴部件结构	(23)
2.3.2 铣削加工中心主轴部件结构	(24)
2.3.3 电主轴加工中心主轴部件结构	(27)
2.4 高速主轴系统和电主轴	(27)
2.4.1 电主轴的结构	(28)
2.4.2 电主轴的轴承	(28)
习题	(30)
第3章 数控机床的进给传动系统	(31)
3.1 进给传动系统概述	(31)
3.2 对进给传动系统的基本要求	(32)
3.3 进给传动系统的基本型式	(33)
3.3.1 滚珠丝杠螺母副	(33)
3.3.2 静压丝杠螺母副	(39)
3.4 齿轮传动副的间隙消除	(42)
3.4.1 刚性调整法	(42)
3.4.2 柔性调整法	(43)
3.5 高速机床的进给系统	(45)
3.5.1 直线电动机的主要特点	(46)
3.5.2 高速进给单元的结构设计	(47)
3.5.3 直线电动机进给系统问题	(47)
习题	(48)
第4章 数控机床的典型结构	(49)
4.1 数控机床的结构要求	(49)
4.1.1 数控机床对结构的基本要求	(49)

4.1.2 提高数控机床性能的措施	(50)
4.2 数控机床的布局	(53)
4.2.1 数控车床常用的布局型式	(53)
4.2.2 数控镗铣床及加工中心常用布局型式	(54)
4.2.3 高速加工数控机床的特殊布局	(57)
4.2.4 并联运动机床布局形式	(58)
4.3 数控机床的导轨	(59)
4.3.1 数控机床对导轨的基本要求	(59)
4.3.2 数控机床导轨的种类与特点	(60)
4.3.3 塑料滑动导轨	(62)
4.3.4 滚动导轨	(63)
4.4 数控机床的自动换刀装置	(66)
4.4.1 自动换刀装置的要求及形式	(66)
4.4.2 刀库的类型与容量	(72)
4.5 数控机床的回转工作台	(73)
4.5.1 分度工作台	(74)
4.5.2 数控回转工作台	(77)
习题	(80)
第5章 数控机床的故障诊断及维修	(81)
5.1 概述	(81)
5.1.1 数控机床故障类型及特点	(82)
5.1.2 数控机床故障诊断及维修的一般方法	(84)
5.2 机械故障诊断及维修	(86)
5.2.1 主轴部件的故障诊断及维修	(86)
5.2.2 进给系统的故障诊断及维修	(88)
5.2.3 其他辅助装置故障诊断及维修	(91)
5.3 数控系统故障诊断	(95)
5.3.1 数控系统故障分类	(95)
5.3.2 数控系统故障诊断技术	(96)
习题	(101)
第6章 数控机床的调整	(103)
6.1 主轴部件的结构与调整	(103)
6.1.1 CK7815 型数控车床主轴部件的结构与调整	(104)

6.1.2	NT – J320A 型数控铣床主轴部件的结构与调整	(106)
6.1.3	THK6380 加工中心主轴部件的结构与调整	(107)
6.2	进给传动系统部件的调整	(112)
6.2.1	进给传动系统伺服电动机的形式及安装	(112)
6.2.2	滚珠丝杠副的间隙调整	(115)
6.3	回转运动部件的调整	(117)
6.3.1	回转分度工作台的结构形式	(117)
6.3.2	加工中心回转工作台的调整	(119)
6.4	自动换刀装置的调整	(123)
6.5	机床导轨安装调整要求	(131)
6.5.1	滑动导轨调整要求	(131)
6.5.2	滚动导轨调整要求	(132)
6.5.3	静压导轨调整要求	(132)
6.6	位置检测装置的调整	(134)
6.6.1	位置检测装置的功能及要求	(134)
6.6.2	位置检测装置的安装与调整	(134)
	习题	(146)
第 7 章	西门子数控机床维修实例	(147)
7.1	西门子数控系统概述	(147)
7.1.1	数控系统简介	(147)
7.1.2	数控系统基本配置	(148)
7.2	西门子数控用 PLC 故障诊断	(157)
7.2.1	系统 DI/O 板接线电平	(157)
7.2.2	硬件故障	(159)
7.2.3	操作错误(Operating Errors)	(160)
7.2.4	机床数据设定错误(Machine Data Setting Errors)	(161)
7.2.5	通信故障	(162)
7.3	西门子交流进给伺服系统	(163)
7.3.1	SINUMERIK 802C 系统中各模块的连接	(163)
7.3.2	SINUMERIK 802C 系统中的交流伺服系统	(163)
7.3.3	SIMODRIVE611U 伺服驱动系统	(163)
7.3.4	连接数控系统和 PC 机的 RS232 通信电缆	(164)
7.3.5	PLC 用户程序调试	(165)

7.4 西门子数控机床维修实例	(165)
习题	(172)
第8章 法那克数控机床维修实例	(173)
8.1 FANUC 数控系统概述	(173)
8.1.1 FANUC 数控系统简介	(173)
8.1.2 FANUC 数控系统的基本配置	(174)
8.2 FANUC 系统 PMC 控制故障诊断	(184)
8.2.1 通过 PMC 查找故障的方法	(184)
8.2.2 通过 PMC 查找故障实例	(185)
8.3 FANUC 交流进给伺服系统	(189)
8.3.1 交流进给伺服系统的特点	(189)
8.3.2 FANUC 模拟式交流进给伺服系统	(191)
8.3.3 FANUC 数字式交流进给伺服系统	(192)
8.4 FANUC 系统故障诊断实例	(193)
习题	(204)



第1章 数控机床概述



本章内容简介及学习要点

本章主要介绍数控机床的组成和工作原理;数控机床的分类、特点和应用范围以及数控机床的发展趋势和主要性能指标。通过本章,读者会对数控机床有个整体的印象。

1.1 数控机床的组成及工作原理

数控机床由程序编制及程序载体、输入装置、数控装置(CNC)、伺服驱动及位置检测、辅助控制装置、机床本体等几部分组成,如图1-1所示。

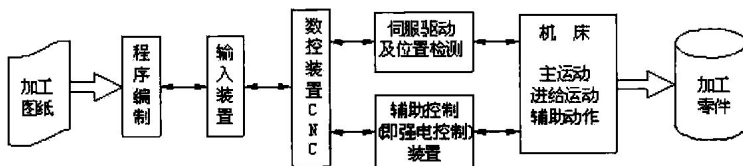


图1-1 数控机床的基本结构

1.1.1 程序编制及程序载体

数控程序是数控机床自动加工零件的工作指令。在对加工零件进行工艺分析的基础



上,确定零件坐标系在机床坐标系上的相对位置,即零件在机床上的安装位置;刀具与零件相对运动的尺寸参数;零件加工的工艺路线、切削加工的工艺参数以及辅助装置的动作等。得到零件的所有运动、尺寸、工艺参数等加工信息后,用由文字、数字和符号组成的标准数控代码,按规定的方法和格式,编制零件加工的数控程序单。编制程序的工作可由人工进行;对于形状复杂的零件,则要在专用的编程机或通用计算机上进行自动编程(APT)或CAD/CAM设计。

编好的数控程序,存放在便于输入到数控装置的一种存储载体上,它可以是穿孔纸带、磁带和磁盘等,采用哪一种存储载体,取决于数控装置的设计类型。

1.1.2 输入装置

输入装置的作用是将程序载体(信息载体)上的数控代码传递并存入数控系统内。根据控制存储介质的不同,输入装置可以是光电阅读机、磁带机或软盘驱动器等。数控机床加工程序也可通过键盘用手工方式直接输入数控系统;数控加工程序还可由编程计算机用RS232C或采用网络通信方式传送到数控系统中。

零件加工程序输入过程有两种不同的方式:一种是边读入边加工(数控系统内存较小时),另一种是一次将零件加工程序全部读入数控装置内部的存储器,加工时再从内部存储器中逐段调出进行加工。

1.1.3 数控装置

数控装置是数控机床的核心。数控装置从内部存储器中取出或接受输入装置送来的一段或几段数控加工程序,经过数控装置的逻辑电路或系统软件进行编译、运算和逻辑处理后,输出各种控制信息和指令,控制机床各部分的工作,使其进行规定的有序运动和动作。

零件的轮廓图形往往由直线、圆弧或其他非圆弧曲线组成,刀具在加工过程中必须按零件形状和尺寸的要求进行运动,即按图形轨迹移动。但输入的零件加工程序只能是各线段轨迹的起点和终点坐标值等数据,不能满足要求,因此要进行轨迹插补,也就是在线段的起点和终点坐标值之间进行“数据点的密化”,求出一系列中间点的坐标值,并向相应坐标输出脉冲信号,控制各坐标轴(即进给运动的各执行元件)的进给速度、进给方向和进给位移量等。

1.1.4 驱动装置和位置检测装置

驱动装置接受来自数控装置的指令信息,经功率放大后,严格按照指令信息的要求驱动机床移动部件,以加工出符合图样要求的零件。因此,它的伺服精度和动态响应性能是影响数控机床加工精度、表面质量和生产率的重要因素之一。驱动装置包括控制器(含功率放大器)和执行机构两大部分。目前大都采用直流或交流伺服电动机作为执行机构。

位置检测装置将数控机床各坐标轴的实际位移量检测出来,经反馈系统输入到机床的数控装置之后,数控装置将反馈回来的实际位移量值与设定值进行比较,控制驱动装置按照



指令设定值运动。

1.1.5 辅助控制装置

辅助控制装置的主要作用是接收数控装置输出的开关量指令信号,经过编译、逻辑判别和运动,再经功率放大后驱动相应的电器,带动机床的机械、液压、气动等辅助装置完成指令规定的开关量动作。这些控制包括主轴运动部件的变速、换向和启停指令,刀具的选择和交换指令,冷却、润滑装置的启动停止,工件和机床部件的松开、夹紧,分度工作台转位分度等开关辅助动作。

由于可编程逻辑控制器(PLC)具有响应快,性能可靠,易于使用、编辑和修改程序并可直接启动机床开关等特点,现已广泛用作数控机床的辅助控制装置。

1.1.6 机床本体

数控机床的机床本体与传统机床相似,由主轴传动装置、进给传动装置、床身、工作台以及辅助运动装置、液压气动系统、润滑系统、冷却装置等组成。但数控机床在整体布局、外观造型、传动系统、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。这种变化的目的是为了满足不同数控机床的要求和充分发挥数控机床的特点。

1.2 数控机床的分类

数控机床的品种很多,根据其加工、控制原理、功能和组成,可以从以下几个不同的角度进行分类。

1.2.1 按加工工艺方法分类

1. 金属切削类数控机床

与传统的车、铣、钻、磨、齿轮加工相对应的数控机床有数控车床、数控铣床、数控钻床、数控磨床、数控齿轮加工机床等。尽管这些数控机床在加工工艺方法上存在很大差别,具体的控制方式也各不相同,但机床的动作和运动都是数字化控制的,具有较高的生产率和自动化程度。

在普通数控机床加装一个刀库和换刀装置就成为数控加工中心机床。加工中心机床进一步提高了普通数控机床的自动化程度和生产效率。例如铣、镗、钻加工中心,它是在数控铣床基础上增加了一个容量较大的刀库和自动换刀装置形成的,工件一次装夹后,可以对箱体零件的四面甚至五面大部分加工工序进行铣、镗、钻、扩、铰以及攻螺纹等多工序加工,特别适合箱体类零件的加工。加工中心机床可以有效地避免由于工件多次安装造成的定位误差,减少了机床的台数和占地面积,缩短了辅助时间,大大提高了生产效率和加工质量。



2. 特种加工类数控机床

除了切削加工数控机床以外,数控技术也大量用于数控电火花线切割机床、数控电火花成型机床、数控等离子弧切割机床、数控火焰切割机床以及数控激光加工机床等。

3. 板材加工类数控机床

常见的应用于金属板材加工的数控机床有数控压力机、数控剪板机和数控折弯机等。近年来,其他机械设备中也大量采用了数控技术,如数控多坐标测量机、自动绘图机及工业机器人等。

1.2.2 按控制运动轨迹分类

1. 点位控制数控机床

点位控制数控机床的特点是机床移动部件只能实现由一个位置到另一个位置的精确定位,在移动和定位过程中不进行任何加工。机床数控系统只控制行程终点的坐标值,不控制点与点之间的运动轨迹,因此几个坐标轴之间的运动无任何联系。可以几个坐标同时向目标点运动,也可以各个坐标单独依次运动。

这类数控机床主要有数控坐标镗床、数控钻床、数控冲床、数控点焊机等。点位控制数控机床的数控装置称为点位数控装置。

2. 直线控制数控机床

直线控制数控机床可控制刀具或工作台以适当的进给速度,沿着平行于坐标轴的方向进行直线移动和切削加工,进给速度根据切削条件可在一定范围内变化。

直线控制的简易数控车床只有两个坐标轴,可加工阶梯轴。直线控制的数控铣床有三个坐标轴,可用于平面的铣削加工。现代组合机床采用数控进给伺服系统,驱动动力头带有多轴箱的轴向进给进行钻镗加工,它也可算是一种直线控制数控机床。

数控镗铣床、加工中心等机床,它的各个坐标方向的进给运动的速度能在一定范围内进行调整,兼有点位和直线控制加工的功能,这类机床应该称为点位/直线控制的数控机床。

3. 轮廓控制数控机床

轮廓控制数控机床能够对两个或两个以上运动的位移及速度进行连续相关的控制,使合成的平面或空间的运动轨迹能满足零件轮廓的要求。它不仅能控制机床移动部件的起点与终点坐标,而且能控制整个加工轮廓每一点的速度和位移,将工件加工成要求的轮廓形状。

常用的数控车床、数控铣床、数控磨床就是典型的轮廓控制数控机床。数控火焰切割机、电火花加工机床以及数控绘图机等也采用了轮廓控制系统。轮廓控制系统的结构要比点位/直线控系统更为复杂,在加工过程中需要不断进行插补运算,然后进行相应的速度与位移控制。



现在计算机数控装置的控制功能均由软件实现,增加轮廓控制功能不会带来成本的增加。因此,除少数专用控制系统外,现代计算机数控装置都具有轮廓控制功能。

1.2.3 按驱动装置的特点分类

1. 开环控制数控机床

图1-2是开环控制数控机床的系统框图。



图1-2 开环控制数控机床的系统框图

这类开环控制的数控机床是其控制系统没有位置检测元件,伺服驱动部件通常为反应式步进电动机或混合式伺服步进电动机。数控系统每发出一个进给指令,经驱动电路功率放大后,驱动步进电机旋转一个角度,再经过齿轮减速装置带动丝杠旋转,通过丝杠螺母机构转换为移动部件的直线位移。移动部件的移动速度与位移量是由输入脉冲的频率与脉冲数所决定的。此类数控机床的信息流是单向的,即进给脉冲发出去后,实际移动值不再反馈回来,所以称为开环控制数控机床。

开环控制系统的数控机床结构简单,成本较低。但是,系统对移动部件的实际位移量不进行监测,也不能进行误差校正。因此,步进电动机的失步、步距角误差、齿轮与丝杠等传动误差都将影响被加工零件的精度。开环控制系统仅适用于加工精度要求不是很高的中小型数控机床,特别是简易经济型数控机床。

2. 闭环控制数控机床

闭环控制数控机床是在机床移动部件上直接安装直线位移检测装置,直接对工作台的实际位移进行检测,将测量的实际位移值反馈到数控装置中,与输入的指令位移值进行比较,用差值对机床进行控制,使移动部件按照实际需要的位移量运动,最终实现移动部件的精确运动和定位。从理论上讲,闭环系统的运动精度主要取决于检测装置的检测精度,也与传动链的误差无关,因此其控制精度高。图1-3是闭环控制数控机床的系统框图。图中A为速度传感器、C为直线位移传感器。当位移指令值发送到位置比较电路时,若工作台没有移动,则没有反馈量,指令值使得伺服电动机转动,通过A将速度反馈信号送到速度控制电路,通过C将工作台实际位移量反馈回去,在位置比较电路中与位移指令值相比较,用比较后得到的差值进行位置控制,直至差值为零时为止。这类控制的数控机床,因把机床工作台纳入了控制环节,故称为闭环控制数控机床。

闭环控制数控机床的定位精度高,但调试和维修都较困难,系统复杂,成本高。

3. 半闭环控制数控机床

半闭环控制数控机床是在伺服电动机的轴或数控机床的传动丝杠上装有角位移电流检

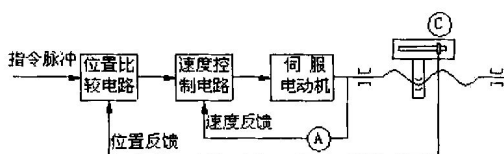


图 1-3 闭环控制数控机床的系统框图

测装置(如光电编码器等),通过检测丝杠的转角间接地检测移动部件的实际位移,然后反馈到数控装置中去,并对误差进行修正。图 1-4 是半闭环控制数控机床的系统框图。图中 A 为速度传感器、B 为角度传感器。通过测速元件 A 和光电编码盘 B 可间接检测出伺服电动机的转速,从而推算出工作台的实际位移量,将此值与指令值进行比较,用差值来实现控制。由于工作台没有包括在控制回路中,因而称为半闭环控制数控机床。

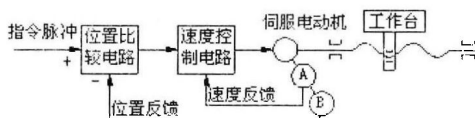


图 1-4 半闭环控制数控机床的系统框图

半闭环控制数控系统的调试比较方便,并且具有很好的稳定性。目前大多将角度检测装置和伺服电动机设计成一体,这样可使结构更加紧凑。

4. 混合控制数控机床

将以上三类数控机床的特点结合起来,就形成了混合控制数控机床。混合控制数控机床特别适用于大型或重型数控机床,因为大型或重型数控机床需要较高的进给速度与相当高的精度,其传动链惯量与力矩大,如果只采用全闭环控制,机床传动链和工作台全部置于控制闭环中,闭环调试比较复杂。混合控制系统又分为两种形式:

① 开环补偿型。图 1-5 为开环补偿型控制方式。它的基本控制选用步进电动机的开环伺服机构,另外附加一个校正电路。用装在工作台的直线位移测量元件的反馈信号校正机械系统的误差。

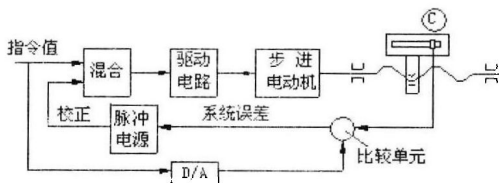


图 1-5 开环补偿型控制方式

② 半闭环补偿型。图 1-6 为半闭环补偿型控制方式。它是用半闭环控制方式取得高精度控制,再用装在工作台上的直线位移测量元件实现全闭环修正,以获得高速度与高精度的统一。其中 A 是速度测量元件(如测速发电机),B 是角度测量元件,C 是直线位移测量元件。

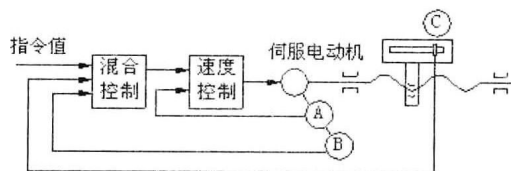


图 1-6 半闭环补偿型控制方式

1.3 数控机床的特点

数控机床以其精度高、效率高、能适应小批量多品种复杂零件的加工等优点,在机械加工中得到日益广泛的应用。

1.3.1 数控机床的加工特点

概括起来,数控机床的加工有以下几方面的优点:

1. 适应性强

适应性即所谓的柔性,是指数控机床随生产对象变化而变化的适应能力。在数控机床上改变加工零件时,只需重新编制程序,输入新的程序后就能实现对新的零件的加工;而不需改变机械部分和控制部分的硬件,且生产过程是自动完成的。这就为复杂结构零件的单件、小批量生产以及试制新产品提供了极大的方便。适应性强是数控机床最突出的优点,也是数控机床得以生产和迅速发展的主要原因。

2. 精度高,质量稳定

数控机床是按数字形式给出的指令进行加工的,一般情况下工作过程不需要人工干预,这就消除了操作者人为产生的误差。在设计制造数控机床时,采取了许多措施,使数控机床的机械部分达到了较高的精度和刚度。数控机床工作台的移动当量普遍达到了 $0.01 \sim 0.0001 \text{ mm}$,而且进给传动链的反向间隙与丝杠螺距误差等均可由数控装置进行补偿,高档数控机床采用光栅进行工作台移动的闭环控制。数控机床的加工精度由过去的 $\pm 0.01 \text{ mm}$ 提高到 $\pm 0.005 \text{ mm}$ 甚至更高。定位精度在 20 世纪 90 年代初中期已达到 $\pm 0.002 \sim \pm 0.005 \text{ mm}$ 。此外,数控机床的传动系统与机床结构都具有很高的刚度和热稳定性。通过补偿技术,数控机床可获得比本身精度更高的加工精度。尤其提高了同一批零件生产的一致性,产品合格率高,加工质量稳定。

3. 生产效率高

零件加工所需的时间主要包括机动时间和辅助时间两部分。数控机床主轴的转速和进给量的变化范围比普通机床大,因此数控机床每一道工序都可选用最有利的切削用量。由于数控机床结构刚性好,因此允许进行大切削用量的强力切削,这就提高了数控机床的切削



效率,节省了机动时间。数控机床的移动部件空行程运动速度快,工件装夹时间短,刀具可自动更换,辅助时间比一般机床大为减少。

数控机床更换被加工零件时几乎不需要重新调整机床,节省了零件安装调整时间。数控机床加工质量稳定,一般只作首件检验和工序间关键尺寸的抽样检验,因此节省了停机检验时间。在加工中心机床上加工时,一台机床实现了多道工序的连续加工,生产效率的提高更为显著。

4. 能实现复杂的运动

普通机床难以实现或无法实现轨迹为三次以上的曲线或曲面的运动,如螺旋桨、汽轮机叶片之类的空间曲面;而数控机床则可实现几乎是任意轨迹的运动和加工任何形状的空间曲面,适应于复杂异形零件的加工。

5. 良好的经济效益

数控机床虽然设备昂贵,加工时分摊到每个零件上的设备折旧费较高。但在单件、小批量生产的情况下,使用数控机床加工可节省划线工时,减少调整、加工和检验时间,节省直接生产费用。数控机床加工零件一般不需制作专用夹具,节省了工艺装备费用。数控机床加工精度稳定,减少了废品率,使生产成本进一步下降。此外,数控机床可实现一机多用,节省厂房面积和建厂投资。因此使用数控机床可获得良好的经济效益。

6. 有利于生产管理的现代化

数控机床使用数字信息与标准代码处理、传递信息,特别是在数控机床上使用计算机控制,为计算机辅助设计、制造以及管理一体化奠定了基础。

1.3.2 数控机床的使用特点

1. 数控机床对操作维修人员的要求

数控机床采用计算机控制,驱动系统具有较高的技术复杂性,机械部分的精度要求也比较高。因此,要求数控机床的操作、维修及管理人员具有较高的文化水平和综合技术素质。

数控机床的加工是根据程序进行的,零件形状简单时可采用手工编制程序。当零件形状比较复杂时,编程工作量大,手工编程较困难且往往易出错,因此必须采用计算机自动编程。所以,数控机床的操作人员除了应具有一定的工艺知识和普通机床的操作经验之外,还应对数控机床的结构特点、工作原理非常了解,具有熟练操作计算机的能力,须在程序编制方面进行专门的培训,考核合格才能上机操作。

正确的维护和有效的维修也是使用数控机床中的一个重要问题。数控机床的维修人员应有较高的理论知识和维修技术,要了解数控机床的机械结构,懂得数控机床的电气原理及电子电路,还应有比较宽的机、电、气、液专业知识,这样才能综合分析,判断故障的根源,正确的进行维修,保证数控机床的良好运行状况。因此,数控机床维修人员和操作人员一样,必须进行专门的培训。