

CONG RUMEN
DAO GAOSHOU

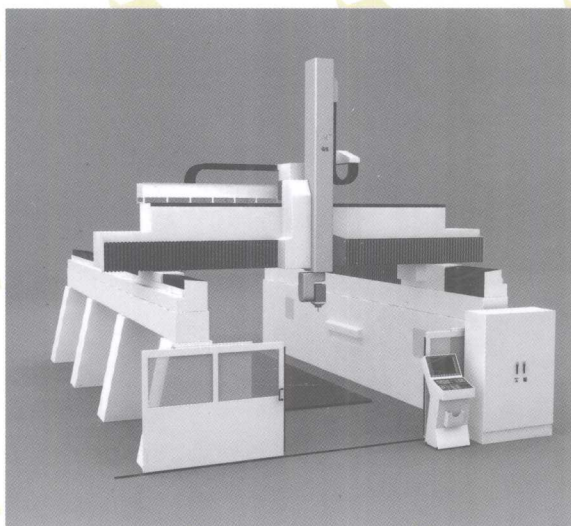
电工高技能人才
从入门到高手 系列书



初级工入门的向导
中级工进步的阶梯
高级工的必修课
技师手中的有利工具
高级技师授课的实用教材

数控机床 电气维修技术

宋家成 韩鸿鸾 薛文介 吴海燕 主编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

电工高技能人才从入门到高手系列书

数控机床 电气维修技术

宋家成 韩鸿鸾 薛文介 吴海燕 主编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

随着数控技术的广泛应用,对数控机床操作、维修人员的需求量日益增加。为了适应新形势的需要,特编写了《数控机床电气维修技术》一书。本书主要介绍了数控系统的编程方法、维修方法和安装调试,详细介绍了数控系统的常见故障的诊断和维修方法,并列举了大量的实例,这对维修人员掌握、熟悉、快速提高维修技术,能起到很好的作用。

本书可供初级、中级、高级维修电工及其技师、高级技师使用,也可作为从事数控系统设计、维修的工程技术人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床电气维修技术/宋家成等主编. —北京:中国电力出版社, 2009

(电工高技能人才从入门到高手系列书)

ISBN 978-7-5083-8305-7

I. 数… II. 宋… III. 数控机床-电气设备-维修 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 211444 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京密云红光印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2009 年 6 月第一版 2009 年 6 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 18.5 印张 473 千字

印数 0001—3000 册 定价 37.00 元

敬 告 读 者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

《电工高技能人才从入门到高手系列书》

编 委 会

主 任 宋家成

副 主 任 张春雷 李祥新

编 委 (按姓氏笔画排列)

于文磊 王 艳 朱 昱 张东亮

宋 宇 安学立 宋家成 张 勇

张春雷 李祥新 尚红卫 郝 健

段俊龙 游国祖 韩鸿鸾 薛文介

《数控机床电气维修技术》

编写组

主 编 宋家成 韩鸿鸾 薛文介 吴海燕

编写人员 邹火军 曾宪禄 张春雷 李传伟

孙明旗 姜 义 罗廷菊 刘玉春

主 审 许传俊

主 审 王 王 王 王 王 王

主 审 王 王 王 王 王 王

主 审 王 王 王 王 王 王

主 审 王 王 王 王 王 王

编写说明

一、读者对象和编写目的

本系列书主要针对：

- (1) 维修电工初级、中级、高级、技师、高级技师 5 个级别。
- (2) 常用电动机检修工初级、中级、高级、技师、高级技师 5 个级别。

重点内容为上述两个工种国家职业标准中的实用技术部分，主要目的是让读者学到一些真正的实用技术、操作和修理技能。因为这两个工种的国家标准中，交叉内容较多，因此在编写中特别注意分配了各分册的内容，两个工种的读者在选择时，可根据自己的需要选购。

本系列书可作为：初级工入门的向导、中级工进步的阶梯、高级工的必修课、技师手中的有利工具、高级技师授课的实用教材。

二、编写方法和内容

《电工高技能人才从入门到高手系列书》共七册，分别为：《常用电工电子器件基本知识》、《电机选用安装与故障检修》、《常用机电设备电气维修》、《电机绕组重绕与改绕》、《直流调速系统应用与维修》、《交流调速系统应用与维修》、《数控机床电气维修技术》。

虽然本系列书按《维修电工》和《常用电机检修工》的国家职业标准编写，但绝不是仅为应付考试而简单整理的习题和答案。而是对每一个命题都遵循从易到难、从理论到实际操作和维修技术、从初级到高级、从基础到高级复杂技术这样的顺序编写的，目的是让读者能学到真正的技术，掌握真正的技能。考虑到技术工人考工定级问题，每个命题都从低级到高级作了详细论述，只要充分理解这些内容，答案都包含在里边。

本系列书不是以工人技术等级划分，而是以命题来分册的。也就是说一个或几个相近的命题分在一册。这样的分册方法不仅有利于读者学习阅读，而且还可以节约资金。例如，在高级工技能要求中，维修电工电路测绘技术，有继电器接触控制电路的测绘。而在技师技能要求中，应能够测绘具有双面印制线路的电子线路板，并绘出原理图。如果按等级分册，读者想学习电路测绘技术，就必须买两本书，而且学习的思路容易断档。而按命题分册，只要读者买一本书就可以把继电器接触、单面和双面印制电路板测绘技术一气学完。这样可使学习思路不断档而且还能省钱。

为了使读者真正看懂弄通，考虑到本系列书的读者对象是工人，参与编写的大学教授、博士、工程技术人员和高级技师等人员特将高深的理论和复杂的技术用最通俗的语言写出来，使本系列书自始至终保持着通俗易懂的编写风格。

三、“四新”推广站和“绝技绝活”

部分分册在最后一章设立了“四新”推广站和“绝技绝活”。“四新”推广站主要是介绍和跟踪国内、国际最新出现的新工艺、新材料、新技术、新设备。使读者能紧跟不断发展的技术水平和知识，学习到国内、国际的“四新”技能。

2009 年 2 月

由于我国国民经济的快速发展,数控机床应用越来越广泛,数量越来越多。随着微电子技术、计算机技术、自动控制技术发展,数控机床的加工精度、自动化程度、加工速度都有极大的提高,已成为各机械加工企业保证产品质量与提高生产效益的关键设备。由于数控机床技术复杂,种类繁多,数控机床是电力拖动技术有史以来最复杂的机—电一体化技术,确实给维修电工(包括电气工程人员)带来一个难题。世上无难事,只怕有心人。只要有心,是可以掌握的。怎样维护好这些设备,让它服务于工业生产,提高设备利用率,是维修人员的首要任务。

为了使读者能尽快理解和掌握这门技术,并能较好的应用,我们本着以维修实用技能为主。为了使青年维修电工学习的需要,对一些数控技术的基本知识也作了详细的论述,使广大读者既可学到理论知识,又能得到实际的修理技术,尽快提高自身的技术水平。为此,编写了这本《数控机床电气维修技术》。本书是《电工高技能人才从入门到高手系列书》之一。读者对象是维修电工初级、中级、高级工及其技师、高级技师。对于从事数控系统设计、维修的工程技术人员,也是一本很好的参考资料。

本书共分十章,第一章数控系统概述,介绍了数控机床的一些基本概念,发展趋势,代码与程序段格式,数控机床坐标系的确定等。第二章介绍了机床数控系统和程序编制,编程的方法及步骤,伺服系统等。第三章是数控机床的维修方法与安装调试,详细介绍了感官检查法、功能程序测试法、交换法与备板置换法、交叉换位法、参数检查法、局部升温法、敲击法、原理分析法等数控维修人员长期实践积累的修理经验。第四章主要介绍可编程序控制器的原理结构与维修。第五章重点介绍经济型数控机床的电气线路的原理和维修,用经济型数控装置改造传统机床的方法。从第六章开始到第九章详细介绍了数控系统的硬件常见故障的诊断与维修、数控系统的软件常见故障的诊断与维修、伺服系统故障诊断与维修、检测系统的故障诊断与排除等,并列出了大量的实例,这将对维修人员掌握、熟悉、快速提高维修技术,起到很好的作用。第十章“四新”推广站介绍了高速切削技术与数控技术与机械加工的发展。

为了使读者真正看懂弄通,考虑到本书的读者对象是工人,本书力求文字通俗易懂,图文并茂,有较强的直观性和可操作性,技术数据实用准确,努力做到科学性、完整性、系统性、知识性相统一。

本书特邀请山东大学自动化研究所,全国著名数控技术专家许传俊教授担任本书的主审。

由于编者水平有限,疏漏和错误之处在所难免,敬请读者批评指正。

编者

2009年2月

Contents 目 录

编写说明

前言

第一章 数控系统概述

第一节 数控机床的基本概念	1
一、数控机床的定义(1) 二、数控系统常用术语(1) 三、数控系统的分类(3)	
第二节 代码与程序段格式	6
一、ISO 代码(6) 二、准备功能代码和辅助功能代码(8) 三、程序段格式(14)	
四、数控机床坐标系的确定(15) 五、代码规定的坐标系图表(18)	

第二章 机床数控系统和程序编制

第一节 编程的方法及步骤	20
一、编程的具体步骤(20) 二、加工程序的结构与格式(21) 三、数控机床加工方法简述(22) 四、绝对坐标系和增量坐标系(23) 五、工艺路线的选择(24)	
第二节 坐标的计算方法	24
一、基点和节点(24) 二、基点的计算(25) 三、节点的计算(26)	
第三节 半自动编程和自动编程	28
一、半自动编程(28) 二、自动编程(31) 三、APT 编程语句(33) 四、CKY-1 数控编程语言(35)	
第四节 机床数控系统	39
一、数控系统的组成(39) 二、插补原理与计算(40)	
第五节 数控机床的伺服系统	43
一、伺服系统的分类和要求(43) 二、功率步进电动机的驱动电源(43) 三、直流伺服电动机的速度控制单元(47) 四、交流伺服电动机的速度控制单元(50)	

第三章 数控系统的维修方法与安装调试

第一节 维修的基本要求和故障常规处理	51
一、数控机床维修基础(51) 二、常见故障的类型(53)	
第二节 数控机床故障的检修原则和日常维护	56
一、数控机床故障的检修原则(56) 二、快速提高检修技术的方法(57) 三、数控机床的日常维护(59)	
第三节 故障自诊断功能及其应用	61
一、开机诊断(62) 二、在线诊断和离线诊断(62)	
第四节 常见故障检查方法	64
一、数控机床故障排除的基本程序(64) 二、感官检查法(65) 三、功能程序测试法(66) 四、交换法与备板置换法(67) 五、交叉换位法(68) 六、参数检查法(69)	

七、局部升温法(69) 八、敲击法(70) 九、原理分析法(70) 十、维修后的技术处理(70)

第五节 数控机床的安装与调试	70
一、数控机床的选用(70) 二、数控机床的安装(72) 三、试车(73) 四、调试与验收(74)	

第四章 可程序控制器(PLC)

第一节 概述	77
一、可程序控制器的产生和定义(77) 二、可程序控制器的分类(78) 三、可程序控制器的特点(79) 四、可程序控制器的发展趋势(80)	
第二节 可程序控制器的结构组成和工作原理	81
一、可程序控制器的基本组成(81) 二、可程序控制器的软件(84) 三、可程序控制器的工作原理(84)	
第三节 可程序控制器的编程方法	85
一、梯形图语言(LD)(85) 二、指令表(助记符)语言(IL)(87) 三、功能块图语言(FBD)(88) 四、顺序功能流程图语言(SFC)(89) 五、结构化文本语言(ST)(89)	
第四节 可程序控制器的应用	89
一、PLC控制系统设计的基本原则(89) 二、PLC控制系统的设计步骤(90) 三、机械手控制系统的应用设计(91)	
第五节 可程序控制器的安装与维修	96
一、选用及安装(96) 二、故障的诊断与排除(100)	
第六节 利用 PLC 改造传统设备	102
一、被改造设备概况(102) 二、设备改造过程(106)	

第五章 经济型数控系统

第一节 广州数控系统	109
一、GSK980TD 车床数控系统(109) 二、GSK980TD 数控装置的接口(111)	
第二节 华中世纪星数控系统	114
一、华中世纪星 HNC-21 数控系统(114) 二、华中世纪星 HNC-21 数控系统的接线(114)	
第三节 广州数控系统对普通车床的数控改造及故障维修	119
一、对进给传动链的改造(119) 二、对电气控制系统的改造(120) 三、广州数控系统故障维修(123)	
第四节 华中数控系统对普通铣床的数控改造及故障维修	124
一、对普通铣床的改造(124) 二、华中数控系统故障维修(127)	
第五节 数控线切割机床的结构、工作原理与故障维修	128
一、结构与工作原理(128) 二、典型数控系统分析(130) 三、高频电源(135) 四、安装、调试及常见故障维修(140)	

第六章 数控系统硬件的常见故障诊断与维修

第一节 FANUC 数控系统的硬件	144
一、控制单元的基本配置 (144) 二、FANUC 0i 系统控制单元的基本构成 (147)	
三、部件的连接 (148) 四、远程缓冲器接口 (155)	
第二节 SIEMENS 数控系统的硬件	157
一、SIEMENS 系统各部件的连接 (157) 二、PROFIBUS 总线的连接 (157)	
三、硬件说明 (159) 四、供电 (161) 五、接地 (161)	
第三节 数控机床硬件故障维修实例	162

第七章 数控系统软件的常见故障诊断与维修

第一节 FANUC 系统的软件	166
一、参数的分类 (166) 二、参数画面的显示和调出 (167) 三、参数的设定 (170)	
四、典型故障的诊断与维修 (175)	
第二节 SIMENS 系统的软件	178
一、参数设置 (178) 二、驱动器参数优化 (180) 三、丝杠螺距误差补偿 (181)	
第三节 数控系统软件故障维修实例	182

第八章 伺服系统的故障诊断与维修

第一节 FANUC 主轴伺服系统的故障诊断与维修	187
一、FANUC 直流主轴驱动系统的故障诊断与维修 (187) 二、FANUC 交流主轴驱动系统的故障诊断与维修 (189)	
第二节 FANUC 进给伺服系统的故障诊断与维修	199
一、FANUC 进给伺服系统的调整 (199) 二、FANUC 伺服系统的状态诊断 (205)	
三、FANUC 直流进给伺服系统的故障诊断与维修 (207) 四、FANUC 交流进给伺服系统的故障诊断与维修 (215)	
第三节 FANUC 伺服系统故障诊断与维修实例	224
第四节 SIEMENS 主轴伺服系统的故障诊断与维修	227
一、6SC650 系列交流主轴驱动系统的故障诊断与维修 (227) 二、611A 系列交流主轴驱动系统的故障诊断与维修 (234)	
第五节 SIEMENS 进给伺服系统的故障诊断与维修	236
一、6RA26 系列直流伺服系统的故障诊断与维修 (236) 二、611A 系列模拟交流伺服驱动系统的故障诊断与维修 (239)	
三、611U/Ue 系列数字式交流伺服驱动系统的故障诊断与维修 (240)	
第六节 SIEMENS 伺服系统的故障诊断与维修实例	244

第九章 检测系统故障诊断与排除

第一节 概述	247
一、检测装置的分类 (247) 二、数控检测装置的要求及性能指标 (247) 三、对检测元件的使用要求 (248)	

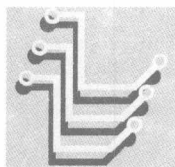
第二节 常用检测元件	248
一、光栅 (248)	
二、光电脉冲编码器 (249)	
三、旋转变压器 (251)	
四、感应同步器 (252)	
五、磁尺 (253)	
六、测速发电机 (254)	

第三节 检测系统的故障诊断与排除	255
一、位置检测装置的信号处理 (255)	
二、位置检测装置的故障诊断 (256)	
三、检测系统的故障诊断与排除实例 (257)	

第十章 “四新”推广站

第一节 高速切削技术	264
一、高速切削的优点 (264)	
二、高速切削机床技术 (265)	
三、高速切削的工艺	
技术 (266)	
四、高速加工的测试技术 (266)	
五、数控高速切削刀具 (267)	

第二节 数控技术与机械加工的发展	274
一、数控机床的发展 (274)	
二、机械制造系统发展 (278)	
参考文献	284



第一章

数控系统概述

当前很多工厂从国外引进较大数量的先进的数控机床,这些设备随机提供的资料很少,真正说明技术问题的电路原理图一般不予提供,只列出一个框图。数控设备所涉及的知识学科甚广,如何掌握它、维修它就是当前迫切解决的问题。

数控机床是综合应用了自动控制、计算机技术、精密测量和机床结构等方面的最新成就的高效自动化设备。它由控制介质、数控装置、伺服测量系统、机床等部分组成。

第一节 数控机床的基本概念

一、数控机床的定义

国际信息联盟(International Federation of Information Processing)第五委员会对数控机床作了如下定义:

数控机床是一种装有程序控制系统的机床。该系统能够逻辑地处理具有使用号码或其他符号编码指令规定的程序。这里所说的程序控制系统,就是数控系统。

数控系统包括:数控装置、可编程控制器、进给驱动装置及主轴驱动装置等部分。数控技术是一种高度机电一体化的产品。

二、数控系统常用术语

为了方便读者阅读相关数控资料和国外数控产品的相关手册,在此选择了常用的数控词汇及其英语对应单词,所选用的数控术语主要参考国际标准 ISO 2806—1994《工业自动化系统 机床数字控制 词汇》和中华人民共和国国家标准 GB/T 8129—1997《工业自动化系统 机床数值控制 词汇》以及近年新出现的一些数控词汇。

全功能数控系统 CNC

中央处理器 CPU

柔性制造单元 FMC

柔性制造系统 FMS

可编程序控制器 PLC

脉宽调制、速度控制 PWM

随机数据存储器 RAM

只读存储器 ROM

输入/输出接口 I/O

计数器/定时器电路 CDC

比例积分放大器 PI

总线数控系统 STD

数模转换器 DAD



模数转换器 DAC

手动数据输入接口 MDI

逻辑状态分析 LSA

CPU 作基础的数控装置 MNC

电子阴极射线管 CRT

平板式液晶显示器 LCD

机床坐标系(Machine Coordinate System)固定于机床上,以机床零点为基准的笛卡尔坐标系。

机床零点(Machine zero)由机床制造商规定的机床原点。

参考位置(Reference Position)机床启动用的沿着坐标轴上的一个固定点,它可以用机床坐标原点为参考基准。

绝对尺寸(Absolute Dimension)/绝对坐标值(Absolute Coordinates)距一坐标系原点的直线距离或角度。

增量尺寸(Incremental Dimension)/增量坐标值(Incremental Coordinates)在一序列点的增量中,各点距前一点的距离或角度值。

最小输入增量(Least Input Increment)在加工程序中可以输入的最小增量单位。

命令增量(Least command Increment)从数值控制装置发出的命令坐标轴移动的最小增量单位。

插补(Inter Polation)在所需的路径或轮廓线上的两个已知点间根据某一数学函数(例如:直线、圆弧或高阶函数)确定其多个中间点的位置坐标值的运算过程。

直线插补(Llne Interpolation)这是一种插补方式,在此方式中,两点间的插补沿着直线的点群来逼近,沿此直线控制刀具的运动。

圆弧插补(Circula Interpolation)这是一种插补方式,在此方式中,根据两端点间的插补数字信息,计算出逼近实际圆弧的点群,控制刀具沿这些点运动,加工出圆弧曲线。

顺时针圆弧(Clockwise Arc)刀具参考点围绕轨迹中心,按负角度方向旋转所形成的轨迹。

逆时针圆弧(Counterclockwise Arc)刀具参考点围绕轨迹中心,按正角度方向旋转所形成的轨迹。

手工零件编程(Manual Part Programming)手工进行零件加工程序的编制。

计算机零件编程(Cornputer Part programming)用计算机和适当的通用处理程序以及后置处理程序准备零件程序得到加工程序。

绝对编程(Absolute Programming)用表示绝对尺寸的控制字进行编程。

增量编程(Increment Programming)用表示增量尺寸的控制字进行编程。

字符(Character)用于表示一组织或控制数据的一组元素符号。

程序段格式(Block Format)字、字符和数据在一个程序段中的安排。

程序段(Block)程序中为了实现某种操作的一组指令的集合。

零件程序(Part Program)在自动加工中,为了使自动操作有效按某种语言或某种加工程序(Machine Program)在自动加工控制系统中,按自动控制语言和格式书写的顺序指令集。这些指令记录在适当的输入介质上,完全能实现直接的操作。

程序结束(End of Program)指出工件加工结束的辅助功能。

程序暂停(Program Stop)程序段的所有命令执行完后,删除主轴功能和其他功能,并终止其后的数据处理的辅助功能。

准备功能(Preparatory Functton)使机床或控制系统建立加工功能方式的命令。

辅助功能(Miscellaneous Function)控制机床或系统的开关功能的一种命令。

刀具功能(Tool Function)依据相应的格式规范,识别或调入刀具。

进给功能(Feed Function)定义进给速度技术规范的命令。

主轴速度功能(Spindle Speed Function)定义主轴速度技术规范的命令。

进给保持(Feed Hold)在加工程序执行期间,暂时中断进给的功能。

刀具轨迹(Tool Path)切削刀具上规定点所走过的轨迹。

零点偏置(Zero Offset)数控系统的一种特征。它容许数控测量系统的原点在指定范围内相对于机床零点移动,但其永久零点则存在数控系统中。

刀具偏置(Tool Offset)在一个加工程序的全部或指定部分,施加于机床坐标轴上的相对位移。该轴的位移方向由偏置值的正负来确定。

刀具半径补偿(Cutter Compensation)垂直于刀具轨迹的位移,用来修正实际的刀具半径与编程的刀具半径的差异。

刀具轨迹进给速度(Tool Path Feedrate)刀具上的基准点沿着刀具轨迹相对于工件移动时的速度,其单位通常用每分钟或每转的移动量来表示。

固定循环(Fixed Cycle, Canned Cycle)预先设定的一些操作命令,根据这些操作命令使机床坐标轴运动,主轴工作,从而完成固定的加工动作。例如,钻孔、镗削、攻丝以及这些加工的复合动作。

子程序(Subprogram)加工程序的一部分,子程序可由适当的加工控制命令调用而生效。

执行程序(Executive Program)在 CNC 系统中,建立运行能力的指令集合。

误差(Error)计算值、观察值、实际值与真值、给定值、理论值之差。

分辨率(Resolution)两个相邻的离散量之间可以分辨的最小间隔。

三、数控系统的分类

(一) 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车床、铣床、钻床、磨床、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数控装置、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。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。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。

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。

(二) 按控制方式分类

1. 开环控制系统

开环控制系统的数控机床结构简单,成本较低。这类控制的数控机床是其控制系统没有位

置检测元件,数控装置根据加工程序,经过运算发出输出脉冲,使伺服机构驱动机床工作台运动。因为没有测量反馈系统,所以机床工作台是否准确地移动到要求的位置无法知道。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。使用开环控制系统如图 1-1 所示,其加工精度取决于伺服机构及传动系统的精度。



图 1-1 开环控制系统

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. 闭环控制系统

这种控制系统是在机床工作台上装有测量元件,把机床工作台的移动距离测量出来,反馈到数控装置,用数控装置的命令值与实测值的差值控制伺服系统的进给。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,其控制系统如图 1-2 所示。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。闭环控制

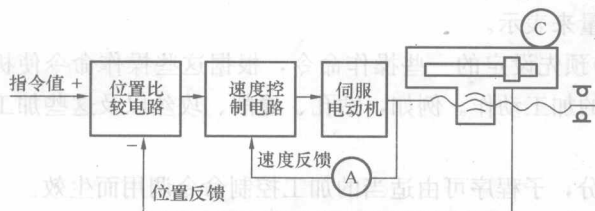


图 1-2 闭环控制系统

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. 半闭环控制系统

在半闭环控制系统中,测量元件安装在丝杠上,而不是在机床的工作台上,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。通过测速元件和光电编码盘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。丝杠旋转带动工作台移动所产生的误差被忽略,如图 1-3 所示。

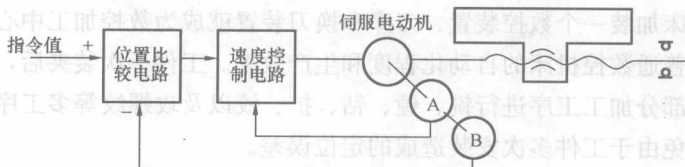


图 1-3 半闭环控制系统

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,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以下两种形式:

(1) 开环补偿型。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, 如图 1-4 所示。

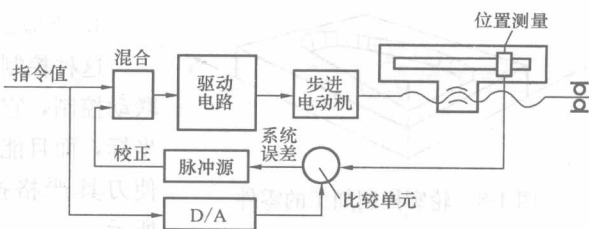


图 1-4 开环补偿型控制系统

(2) 半闭环补偿型。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, 如图 1-5 所示。

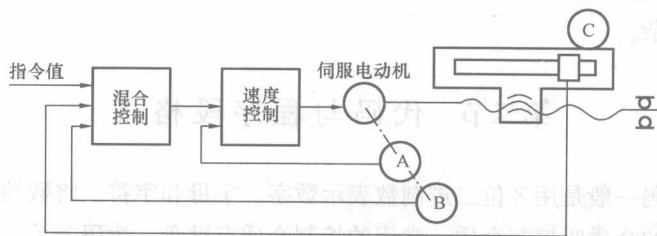


图 1-5 半闭环补偿型控制系统

(三) 按运动轨迹分类

1. 点位控制

这类控制方式仅要求点与点之间定位准确, 而不管从起点移到终点的中间路径。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, 如图 1-6 所示。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

这类控制方式不仅要求从起点到终点定位准确, 而且还可以控制直线切削, 如图 1-7 所示。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, 沿着平行于坐标轴或与坐标轴成 45° 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。

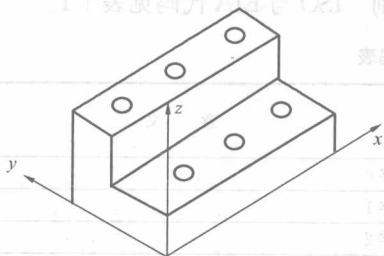


图 1-6 点位控制加工的零件

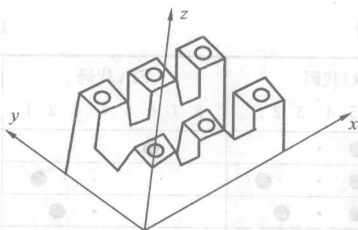


图 1-7 直线控制加工的零件

直线控制的简易数控车床, 可有两个坐标轴, 可加工阶梯轴, 也可有三个坐标轴, 可用于平面加工。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。

数控镗铣床和数控加工中心等机床, 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。