



面向21世纪机电及电气类专业高职高专规划教材



数控机床电气控制

■ 主 编 姚永刚 主 审 迟之鑫



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

面向 21 世纪机电及电气类专业高职高专规划教材

数控机床电气控制

主 编 姚永刚

副主编 杨 捷 王文深

参 编 张 勇 孙德胜

主 审 迟之鑫

西安电子科技大学出版社

2006

内 容 简 介

本书共分8章,第1章介绍了数控机床控制系统的基本组成和控制原理;第2章介绍了数控机床中常用的位置、速度等测量装置及其作用;第3章介绍了数控机床中的驱动电动机;第4章介绍了数控机床主轴及进给驱动装置和控制方法;第5章介绍了数控系统软、硬件基本组成及功能,典型数控系统的组成和控制点;第6章介绍了常用低压电器元件及继电器接触式控制系统;第7章以西门子S7系列可编程控制器为例,介绍了可编程控制器的工作原理、程序编写方法及PLC控制系统的设计方法及应用实例;第8章重点介绍了数控机床开关量控制及可编程控制器在数控机床中的应用。

本书内容丰富,层次清晰,重点突出,重视实践技能的培养,通过大量实例的介绍,力图帮助一线操作人员提高水平和应用能力,使其由经验型向知识型转变。

本教材可作为职业技术教育、高职高专数控技术应用专业、机电一体化专业等机电类专业的教材,也可以作为从事数控机床调试、维修行业和一般电气工程技术人员的参考书。

★本书配有电子教案,有需要者可与出版社联系,免费提供。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床电气控制/姚永刚主编. —西安:西安电子科技大学出版社,2006.2

面向21世纪机电及电气类专业高职高专规划教材

ISBN 7-5606-1635-6

I. 数… II. 姚… III. 数控机床—电气控制—高等学校:技术学校—教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 159245 号

策 划 马晓娟

责任编辑 潘恩祥 马晓娟

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

http://www.xduph.com

E-mail: xdupfxb@pub. xaoonline.com

经 销 新华书店

印刷单位 西安市高陵县印刷厂

版 次 2006年2月第1版 2006年2月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印 张 19

字 数 446千字

印 数 1~4000册

定 价 21.00元

ISBN 7-5606-1635-6/TM·0025

XDUP 1927001-1

* * * 如有印装问题可调换 * * *

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

面向 21 世纪

机电及电气类专业高职高专规划教材

编审专家委员会名单

主 任：李迈强

副主任：唐建生 李贵山

机 电 组

组 长：唐建生（兼）

成 员：（按姓氏笔画排列）

王春林	王周让	王明哲	田 坤	宋文学
陈淑惠	张 勤	李 伟	吴振亭	李 鲤
徐创文	殷 铖	傅维亚	巍公际	

电 气 组

组 长：李贵山（兼）

成 员：（按姓氏笔画排列）

马应魁	卢庆林	冉 文	申凤琴	全卫强
张同怀	李益民	肖 珑	杨柳春	汪宏武
柯志敏	赵虎利	戚新波	韩全立	解建军

项目策划：马乐惠

策 划：马武装 毛红兵 马晓娟

电子教案：马武装

前 言

数控机床是集计算机、传感与检测技术、自动控制技术及气、液压等技术于一体的机电一体化典型产品。采用数控机床,提高机械工业的数控化率是当前机械制造业技术改造,技术更新的必由之路。现代数控机床已成为柔性制造单元(FMC)、柔性制造系统(FMS)乃至计算机集成制造系统(CIMS)和无人化自动工厂(FA)中不可缺少的基础设备,在数控专业及其他机电专业中,普及数控机床电气控制技术及系统的基础知识尤为重要。

编者在多年的实践和教学中发现,由于受课时的限制,数控及机电类专业学生开设的电专业课程较少,而且不系统,遇到像数控机床这样的数控设备调试和维修时往往不知如何下手。为此,笔者针对数控及其他机电专业对职业技术人员的知识和能力要求,经过对课程改革方案的认真讨论和研究,按照“机电结合,以电为主,强调应用,够用为度”的原则编写了本书。本书从数控机床组成的角度出发,系统地介绍了传感器检测技术、电动机、电气控制技术、可编程控制器的基础知识和数控机床控制技术及系统的知识。在深度和广度上,一方面力求注意知识面和知识点的深度;另一方面注意本教材与其他课程的衔接,同时在内容处理上既注意基础部分,又充分反映了本领域的最新技术,既考虑先进性,又注意结合当前的国情。通过大量实例介绍,强调知识的实际应用。实际上,该书几乎囊括了数控机床中涉及到的所有电专业的知识,通过学习本书,读者就能基本掌握数控机床和其他机电设备的调试与维修所需要的电专业知识。

本教材可作为职业技术教育、高职高专数控技术应用专业、机电一体化专业等相关专业的教材,也可作为成人教育学习电气控制与PLC等电类相关课程教材,还可以作为从事数控机床调试和维修行业的工程技术人员的参考书。本教材参考学时为60~80课时,有关章节内容可根据专业要求酌情调整。

本书由姚永刚主编,具体参加编写的人员有:姚永刚(第5、7、8章)、杨捷(第6章及附录)、王文深(第1、2章)、张勇(第3章)、孙德胜(第4章)。

限于编者知识水平,加之编写时间仓促,书中错误和不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。此外,在本书的编写过程中作者参阅了多种同类教材和著作,特向其编、著者致谢。

编 者

2005年10月

欢迎选购西安电子科技大学出版社教材类图书

—— 国家级、部级重点教材 ——

计算机系统结构(第三版)(统编)	22.00
离散数学(第三版)(统编)(乔维声)	16.00
雷达对抗原理(统编)	15.00
雷达原理(第三版)	23.00
通信网的安全——理论与技术	42.00
模拟电子线路基础(傅丰林)	16.00
移动通信(第三版)(统编)(郭梯云)	26.00

—— 计算机提高普及类 ——

计算机应用基础(第三版)(丁)	19.00
计算机文化基础(许)	18.00
计算机常用工具软件	17.00
计算机组装与维护(高职)	13.00
计算机组装与维护实用教程(第二版)(高职)	29.00
《新编计算机应用基础》 (Windows 2000&Office 2002)(第二版)	22.00
《新编计算机应用基础(第二版)》 实践技能训练与案例分析	12.00
计算机应用基础 (Windows 2000&Office 2002版)	23.00
计算机导论	14.00
计算机软件技术基础教程	21.00
计算机软件基础	20.00
电脑组装与维护(第二版)(程)	18.00
计算机综合能力实训教程	10.00
办公自动化技术及应用教程	22.00
办公自动化设备的使用和维护 (第二版)(高职)	18.00
网络办公自动化技术及应用(高职)	21.00

—— 计算机网络类 ——

Internet基础与使用(高职)	14.00
计算机网络安全(高职)	15.00
网络安全技术(高职)	17.00
网络安全与保密	24.00
网络信息安全技术	17.00
网站建设与维护(崔良海)	18.00
网站建设与维护(廖常武)	19.00
Internet技术及其应用教程	15.00
计算机图形图像与网页制作(高职)	19.00
互联网实用技术与网页制作(高职)	14.00
局域网组建、管理与维护(高职)	20.00
综合布线技术(高职)	18.00
计算机网络(第二版)(袁家政)	26.00
计算机网络技术(刘敏涵)	20.00
计算机网络(第二版)(蔡皖东)	18.00
计算机网络(第二版)(雷振甲)	21.00
计算机网络与办公自动化	15.00
计算机网络工程	20.00
计算机网络实验教程	14.00
现代网络技术	24.00
网络视频技术及应用	21.00
网络计算	19.00

—— 操作系统类 ——

计算机操作系统(第二版)(颜)	17.00
计算机操作系统(修订版)(汤)	24.00
《计算机操作系统》学习指导与题解	16.00
计算机操作系统(王津)	16.00
计算机操作系统(孙)	15.00
计算机操作系统(方敏)	28.00
计算机操作实训教程(张)	18.00
计算机操作系统教程(徐)	18.00
操作系统教程——Linux实例分析(孟)	21.00
Linux 操作系统实用教程(高职)	20.00
Linux实训指导教程(高职)	13.00

—— 图形处理类 ——

多媒体技术及应用(王坤)	21.00
多媒体技术应用基础(熊伟)	14.00
多媒体软件设计技术(第二版)	20.00
多媒体技术与应用(傅献祯)	13.00
多媒体技术教程(杨安琪)	20.00
多媒体技术基础及其应用(吕辉)	22.00
计算机图形学(张义宽)	20.00
计算机图形学(研究生系列)(璩柏青)	26.00
计算机图形学——图形的计算与显示原理	22.00
数字图像处理	20.00
图形制作与处理(高职)	21.00
3DS MAX 6.0实用教程(高职)	23.00

—— 数据库及计算机语言类 ——

数据库原理(第二版)(郭盈发)	16.00
数据库原理(高荣芳)	18.00
Visual FoxPro 6.0数据库原理与应用(高职)	21.00
基于VFP和SQL的数据库技术及应用	16.00
SQL Server 2000应用基础与实训教程(高职)	19.00
Oracle数据库SQL和PL/SQL实例教程(高职)	17.00
数据库技术及应用(高职)	14.00
网络数据库技术及应用(高职)	20.00
QBASIC程序设计教程	20.00
程序设计与C语言	23.00
《程序设计与C语言》学习指导	16.00
C语言程序设计实例教程(高职)(丁爱萍)	18.00
C语言程序设计案例教程(高职)(李培金)	18.00
C++程序设计(陈圣国)	14.00
C++程序设计(杨俊清)	16.00
C++程序设计语言	20.00
《C++程序设计语言》经典题解与实验指导	13.00
新编 C 语言程序设计教程(第二版)	22.00
C++Builder 6.0 程序设计(高职)	19.00
Visual Foxpro 6.0 程序设计教程(丁)	22.00
Visual Basic 程序设计(第二版)	20.00
Visual Basic·NET程序设计教程(高职)	18.00
汇编语言程序设计(第二版)(韩海)	18.00
汇编语言程序设计(李强)	23.00
汇编语言程序设计(李革新)	19.00
微型计算机汇编语言程序设计(龚)	23.00

面向对象程序设计与VC++实践	22.00	离散数学(乔维声)	21.00
面向对象程序设计与C++语言	17.00	软件工程(第二版)	22.00
面向对象程序设计教程	19.00	软件工程与数据库概论	14.00
面向对象程序设计——JAVA	23.00	信息系统分析与设计(卫红春)	19.00
《面向对象程序设计——JAVA》 学习指导与习题解答	19.00	信息系统分析与设计(高职)(卫红春)	18.00
JAVA语言程序设计教程	18.00	信息系统分析与设计(第二版)(陈圣国)	14.00
JAVA程序设计(高职)	18.00	人工智能技术导论(第二版)	18.00
Visual C++程序设计攻略教程		编码理论	19.00
——完全实例·从入门到精通	38.00	——计算机辅助技术类——	
Visual C++.NET管理信息系统开发案例	26.00	电子工程制图(含习题集)(高职)	25.00
——微机与控制类——		工程制图(含习题集)(高职)	22.00
微型计算机原理与应用(第二版)(本科)	33.00	计算机绘图(第二版)(许社教)	25.00
《微型原理及应用》(第二版)学习指导	18.00	DSP应用技术(高职)	25.00
微型计算机原理(第四版)	29.00	现代DSP技术	22.00
《微型计算机原理》(第四版)学习指导书	14.00	电子电路CAD程序及其应用(高职)	16.00
《微型计算机原理》学习与实验指导	18.00	电子线路CAD实用教程(第二版)	22.00
微型计算机原理及接口技术(新世纪)	25.00	电子工艺与电子CAD(高职)	14.00
微型计算机原理与组成	20.00	电子电路EDA技术	15.00
80X86微机原理与接口技术	26.00	EDA技术及应用(第二版)	24.00
单片机原理及接口技术	15.00	EDA技术综合应用实例与分析	22.00
单片机应用实训教程(高职)	22.00	EDA技术与数字系统设计(高职)	14.00
新编单片机原理与应用(第二版)	22.00	数字电路EDA设计(高职)	19.00
可编程序控制器原理及应用(第二版)	22.00	——电子技术类——	
计算机组成与接口技术	20.00	测试与计量技术基础	19.00
最新计算机专业英语	14.00	计算机电子技术——电路与模拟电子部分	22.00
计算机外部设备(第二版)	17.00	计算机电子技术——数字电子部分	12.80
——计算机技术类——		传感器原理及工程应用	13.00
计算机系统结构(陈智勇)	22.00	模拟电子技术	16.00
计算机系统结构——概念与技术(洪龙)	18.00	模拟电子电路基础(王卫东)	23.00
计算机组成原理		模拟电子技术基础(21世纪)(孙肖子)	22.00
与系统结构实验教程(杨小龙)	12.00	数字电子技术(第二版)(江)	18.00
计算机系统安全	22.00	《数字电子技术》学习指导与题解	14.00
电子商务系统及其设计	14.00	数字电子技术(第二版)(郭永贞)	19.00
电子政务理论与实务	20.00	数字电子技术基础(21世纪)	18.00
电子商务概论	17.00	《数字电子技术基础》学习指导(21世纪)	8.00
电子商务基础与应用(第四版)(含盘)	34.00	现代数字系统设计	25.00
数据结构(C)(第二版)(杨秀金)	20.00	电路理论基础	20.00
《数据结构》算法实现及解析		电路基础(修订版)(21世纪)	21.00
——配合严蔚敏的《数据结构》(C语言版)		《电路基础》学习指导与习题全解	15.00
(含光盘)(第二版)	35.00	电路基础学习指导(21世纪)	15.00
数据结构——使用C++语言(第二版)	23.00	电路基础(中专)	12.00
数据结构(高职)	15.00	电路分析——基础理论与实用技术(高职)	20.00
计算方法与实习(高职)	11.00	电路分析(第二版)(高职)(刘志民)	18.00
算法设计与分析	15.00	电路与电子技术(路松行)	22.00
编译原理教程	15.00	电力电子技术(曾方)	15.00
《编译原理教程》习题解析与上机指导	12.00	电工基础(第二版)(高职)(白乃平)	18.00
编译原理基础	13.00	电工技术(常晓玲)	19.00
《编译原理基础》习题与上机题解答	10.00	电工基础(王秀英)	19.00
编译原理学习指导	19.00	电工与工业电子学	18.00
《离散数学》习题解答	16.00	电子线路仿真设计(王皑)	18.00
离散数学(蔡英)	19.00	电子测量技术(高职)	16.00
《离散数学》学习指导书	16.00	智能卡技术(刘守义)	20.00
离散数学(马光思)	22.00	手机原理与维护(陈良)	13.00
		光电探测原理	25.00
		天线与电波传播(含光盘)	24.00

天线技术(高职)	14.00	通信电路(沈伟慈)	18.00
电子线路基础(21世纪)	19.00	通信电源(高职)	14.00
《电子线路基础》学习和题解指导	22.00	通信系统(修订版)(王秉钧)	22.00
电磁场微波技术与天线	18.00	现代通信系统导论(高职)	18.00
电磁场与电磁波(第二版)	20.00	现代通信网概论	25.00
电磁场与电磁波(含光盘)(郭辉萍)	21.00	现代通信理论与技术导论	25.00
电磁场与电磁波学习指导(21世纪)	21.00	现代通信技术与网络应用	23.00
低频电子线路(中专)	18.00	现代通信新技术	20.00
高频电子线路(中专)	16.00	现代通信原理与技术	26.00
扩展频谱通信及其多址技术	19.00	通信工程专业英语	12.00
信号与系统(第二版)(陈生潭)	29.00	微波技术与天线	17.00
《信号与系统》学习指导	17.00	计算机通信网(沈)	24.00
信号与系统(张小虹)	22.00	计算机通信网(修订版)(刘后铭)	18.00
《信号与系统》学习指导	19.00	计算机数据通信教程(张燕)	15.00
数字信号处理(第二版)(丁玉美)	21.00	通信电子技术(徐)	18.00
数字信号处理(丁玉美)	16.00	纠错码——原理与方法(王新梅)	35.00
数字信号处理(刘顺兰)	19.00	现代通信原理与技术	26.00
自适应信号处理(研究生系列)	16.00	现代通信新技术	20.00
随机信号处理	13.00	现代交换技术	20.00
数字信号处理——时域离散随机信号处理	19.00	程控交换技术实用教程(李正吉)	11.00
《数字信号处理		程控数字交换原理学习指导与习题解析	12.00
——时域离散随机信号处理》学习指导	10.00	自动控制原理(赵四化)	16.00
微波电路CAA与CAD(研究生系列)	21.00	自动控制原理(薛安克)	19.00
微电子器件可靠性(研究生系列)	13.00	《自动控制原理》学习指导与题解	22.00
物理光学与应用光学	26.00	自动控制原理及其应用(高职)	15.00
非线性光学(研究生系列)	40.00	智能化仪器原理及应用(曹建平)	16.00
现代光学(研究生系列)	18.00	楼宇自动化(高职)	14.00
红外物理(研究生系列)	20.00	电梯原理及逻辑排故(高职)	22.00
常用低压电器与可编程序控制器	22.00	控制电机(第三版)	18.00
可编程逻辑器件原理、开发与应用	22.00	家用电器与机电类	
可编程逻辑器件原理及应用(朱明程)	23.00	电视原理与系统	16.00
多传感器数据融合及其应用	18.00	电视技术(第二版)(高职)	26.00
毕业设计指导(电类)(高职)	28.00	电视原理与电视机检修(高职)	16.00
——通信与自动控制类		数字电视技术	20.00
《通信电子线路(第二版)》学习指导	25.00	电器原理与技术(裴昌幸)	24.00
光纤通信(方强)	15.00	调音技术(高职)	16.00
光纤通信(张宝富)	18.00	工程力学(皮)	12.00
光纤通信(刘增基)	15.00	机械工程基础(李茹)	26.00
卫星通信	12.00	机械设计基础(赵冬梅)	21.00
移动通信(章坚武)	16.00	机械设计基础(张京辉)	24.00
蜂窝移动通信技术	23.00	机械基础(周家泽)	17.00
移动通信技术(高职)	18.00	机械CAD/CAM技术(方新)	20.00
数字通信系统(强世锦)	17.00	计算机辅助机械设计(秦汝明)	19.00
数字通信原理与技术(第二版)	25.00	数控机床原理与编程(陈富安)	20.00
通信原理与通信技术	23.00	机电一体化技术	17.00
《通信原理与通信技术》学习指导	22.00	电切削加工技术(高职)(詹)	13.00
多媒体通信技术(王汝言)	23.00	液压与气动技术(朱梅)	19.00
现代通信系统	24.00	特种加工技术(周旭光)	10.00

欢迎来函索取本社最新书目和教材介绍, 欢迎投稿!

从邮局或银行汇款邮购者, 汇款单上务必写清收书人姓名、地址、邮编、电话。款到后我社将挂号发书, 加收5元包装邮寄费(一次购书30元以上者可免收邮费)。

通信地址: 西安市太白南路2号 西安电子科技大学出版社发行部 邮 编: 710071

电 话: (029) 88201467

传 真: (029) 88213675

主 页: <http://www.xduph.com>

E-mail: xdupfb@pub.xaonline.com

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 数控机床控制系统的组成	1
1.2 数控机床的分类	5
1.3 数控机床技术的发展	8
思考与练习	10
第 2 章 数控机床检测装置	11
2.1 检测技术基础知识	11
2.2 光栅传感器	15
2.3 旋转编码器	17
2.4 旋转变压器和感应同步器	23
2.5 磁栅	27
思考与练习	28
第 3 章 驱动电动机	30
3.1 直流电动机	30
3.2 三相异步电动机的工作原理及特性	40
3.3 步进电动机	63
3.4 直流伺服电动机	68
3.5 交流伺服电动机	70
思考与练习	72
第 4 章 数控机床驱动装置	73
4.1 概述	73
4.2 步进驱动装置	75
4.3 晶闸管—电动机直流自动调速系统	81
4.4 晶体管—电动机直流脉宽调制自动调速系统	98
4.5 交流调速系统	102
思考与练习	115
第 5 章 数控系统的组成	117
5.1 经济型数控系统	117
5.2 标准型数控系统	122
5.3 数控系统中的通信接口	133
5.4 FANUC 数控系统	135
5.5 Siemens 数控系统	140
5.6 开放式数控系统	153

思考与练习	157
第 6 章 低压电器及继电—接触式控制系统	159
6.1 主电路中常用的低压电器	159
6.2 控制电路中常用的电器元件	164
6.3 电气控制系统图的绘制规则和常用符号	176
6.4 三相笼形异步电动机控制线路	180
6.5 直流电动机控制线路	192
6.6 行程控制线路	198
思考与练习	202
第 7 章 可编程控制器及其应用	204
7.1 概述	204
7.2 可编程控制器的组成和工作原理	207
7.3 S7-200 系列可编程控制器	216
7.4 应用基本指令编程	240
思考与练习	250
第 8 章 数控机床的可编程控制器	252
8.1 数控机床 PLC	252
8.2 FANUC 指令系统	258
8.3 PLC 在数控机床控制中的应用	268
8.4 PLC 位置控制	277
思考与练习	280
附录 A 电气图常用新旧图形符号和文字符号对照表	284
附录 B S7-200 系列 PLC 有效编程范围	291
参考文献	293

第 1 章 绪 论

机械制造工业中,单件、小批量生产的零件约占机械加工总量的 80%左右。此外,市场竞争日趋激烈,致使机械产品不断更新换代,对其质量要求也越来越高,传统的普通加工设备已难于适应高效率、高质量连接、多样化的加工要求。机床数控技术的应用,一方面可以使机械加工全过程实现自动化;另一方面又使得机械加工的柔性不断提高,即提高了机械制造系统适应各种生产条件变化的能力。同时,数控技术又是柔性制造系统(FMS)、计算机集成制造系统(CIMS)的重要技术基础,是机电一体化的重要组成部分。本章主要介绍数控机床控制系统的组成以及数控技术在数控机床中的重要地位。

1.1 数控机床控制系统的组成

1.1.1 数控机床的组成

数字控制(NC, Numerical Control, 简称数控)技术是用数字化信息进行控制的自动控制技术。采用数控技术的控制系统称为数控系统,装备了数控系统的机床即为数控机床。数控机床是集机床、计算机、电机、自动控制、传感检测等技术于一体的自动化设备。

数控机床一般由加工程序、输入装置、数控系统、伺服系统和辅助控制装置、检测反馈系统以及机床本体组成,如图 1-1 所示。

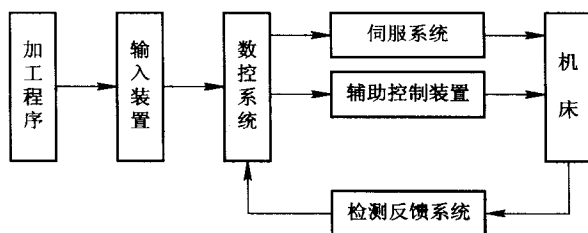


图 1-1 数控机床的组成

图 1-2 和图 1-3 分别为卧式普通车床和数控车床的传动系统示意图。可以看出,数控车床与普通车床相比,传动链简单清晰,其主轴转动和进给轴移动分别由主轴电机和进给电机来驱动,而辅助运动,都是由数控系统中的可编程控制器(PLC)来控制完成的。如主轴卡盘的松紧和尾座顶尖的伸缩是通过 PLC 控制液压系统的液压缸来完成的,从刀库中选刀和换刀同样是经 M(辅助指令)指令与 T(换刀指令)指令由 PLC 功能指令来完成。

数控机床电器控制框如图 1-4 所示。

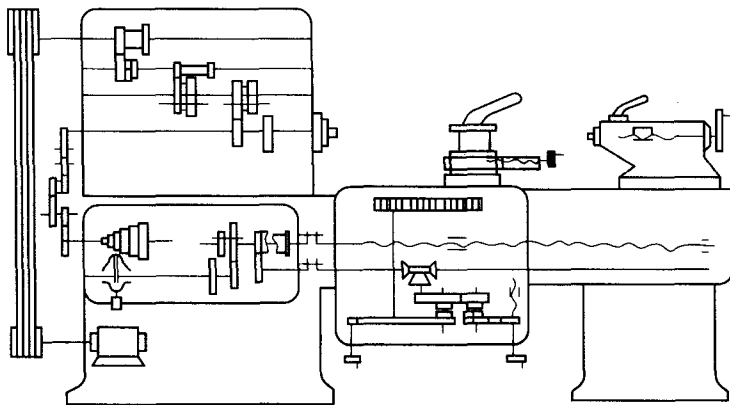


图 1-2 卧式车床传动系统示意图

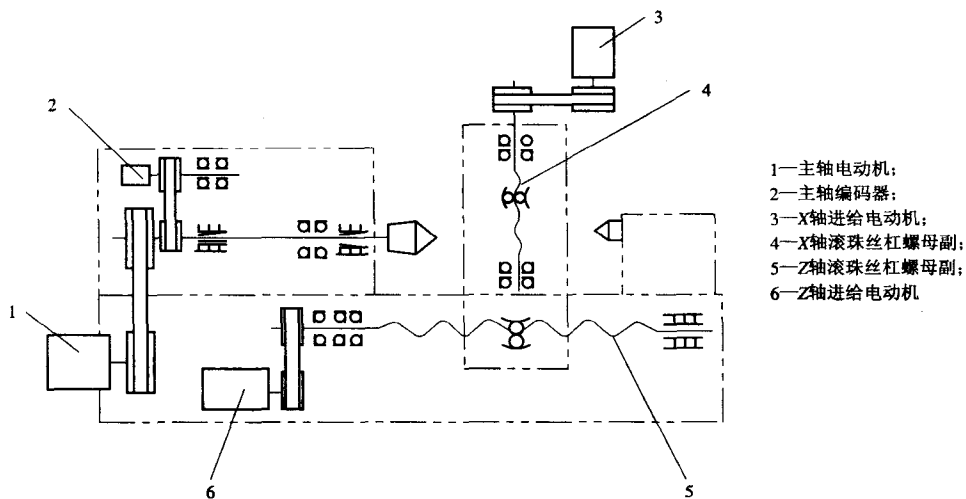


图 1-3 卧式数控车床传动系统示意图

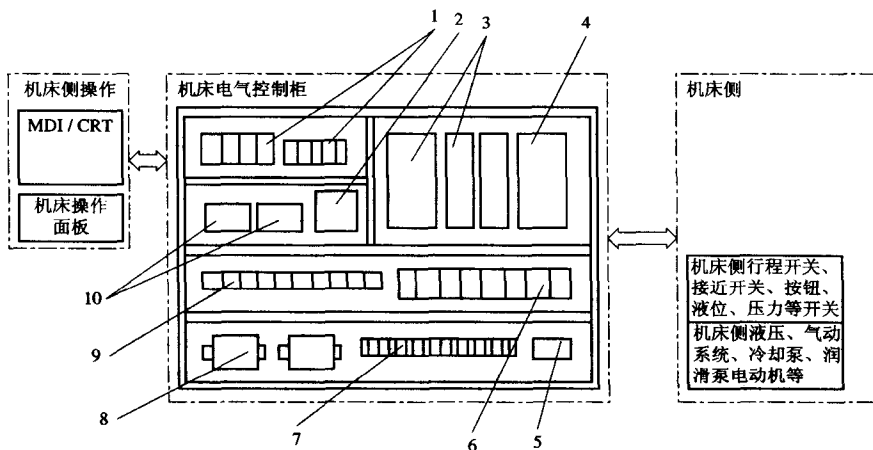


图 1-4 数控机床电气控制柜示意图

1.1.2 数控机床的工作原理和特点

在对零件进行数控加工之前,首先要根据被加工零件的图样和工艺方案,用规定的代码和程序格式编写加工程序,并用适当的方法将程序指令输入到机床的数控装置中。数控系统对输入的加工程序进行译码、运算之后,向机床输出各种信息和指令,控制其各部分按规定有序地动作(包括机床主运动的变速、启停,进给运动的速度、方向和位移大小,以及其他诸如刀具选择交换、工件夹紧松开和冷却润滑液的启、停等)。伺服系统的作用就是将进给速度、位移量等信息转换成机床的进给运动,数控系统要求伺服系统能准确、快速地跟随控制信息,执行机械运动,同时,检测反馈系统将机械运动的实际位置、速度等信息反馈至数控系统中,并与指令数值进行比较后发出相应指令,修正所产生的偏差,提高数控机床的位置控制精度。

总之,数控机床的运行在数控系统的严密监控下,处在不断地计算、输入、输出、反馈等控制过程中,从而保证数控机床能严格按照输入程序的要求来执行动作。

从数控机床最终要完成的任务看,主要有以下三个方面的内容:

1. 主轴运动

和普通机床一样,主轴运动主要完成切削任务,其动力约占整台机床动力的70%~80%。基本控制功能是主轴的正、反转和停止,可自动换挡及无级调速;对加工中心和有些数控车床,还要求主轴进行高精度准停和分度功能。

2. 进给运动

进给运动是数控机床区别于普通机床最主要的地方,即用电气驱动替代了机械驱动,数控机床的进给运动是由进给伺服系统完成的。进给伺服系统由进给伺服驱动装置、伺服电动机、进给传动链及位置检测反馈装置等组成,如图1-5所示。

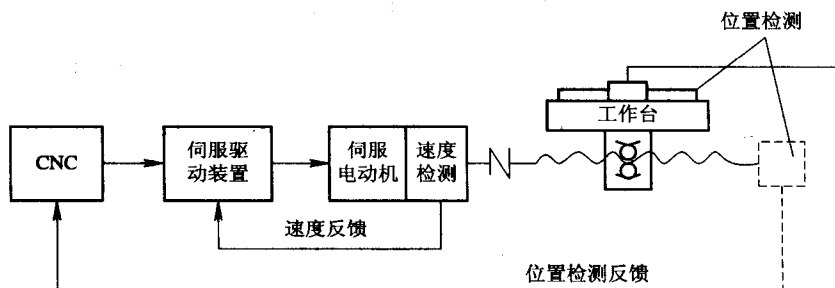


图 1-5 数控机床进给伺服系统

一般说来,数控机床功能的强弱主要取决于计算机数控系统(CNC)装置,而数控机床性能的优劣,如运动速度与精度等,主要取决于进给伺服驱动系统。为了保证进给运动的位置精度,人们采取了一些有效的措施。如对机械传动链进行预紧和反向间隙调整;采用高精度的位置检测装置;采用高性能的伺服驱动装置和伺服电动机,来提高数控系统的运算速度等。

3. 输入/输出(I/O)接口

数控系统对加工程序处理后输出的控制信号除了对进给运动轨迹进行准确的控制外,还需要对机床主轴启/停、换向、刀具更换、工件夹紧/松开以及液压、冷却、润滑、分度工

作台转位等辅助动作进行控制。例如，通过对加工程序中的 M 代码指令、机床操作面板上的控制开关及分布在机床各部位的行程开关、接近开关、压力开关等输入元件的检测，由数控系统内的可编程控制器(PLC)进行逻辑运算，输出控制信号驱动中间继电器、接触器、电磁阀及电磁制动器等输出元件，对冷却泵、润滑泵、液压系统和气动系统进行控制。

数控机床接口是指数控装置与机床电气设备之间的电气连接部分。根据国际标准《ISO4336—1981(E)机床数字控制——数控装置和数控电气设备之间的接口规范》的规定，接口分为四种类型。图 1-6 所示为数控装置、数控设备和机床间的连接关系。

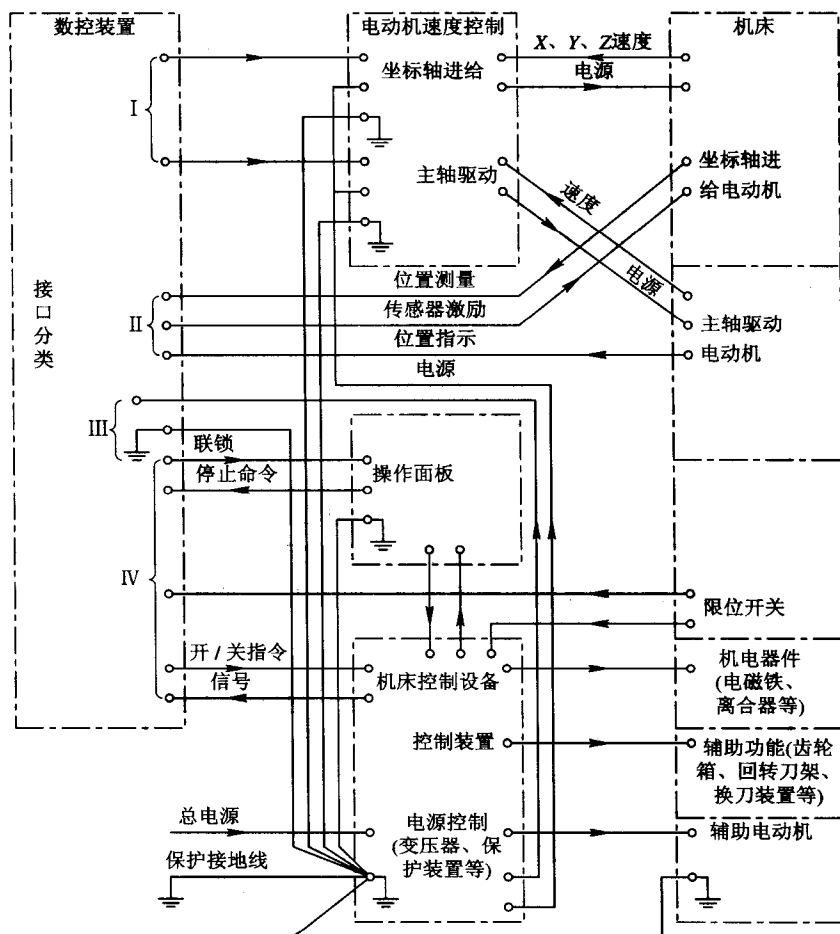


图 1-6 数控装置、控制设备与机床间的连接关系

第 1 类：与驱动命令有关的连接电路，主要是指与坐标轴进给驱动和主轴驱动的连接电路。

第 2 类：数控装置与测量系统和测量传感器之间的连接电路。

第 3 类：电源及保护电路。

第 4 类：通/断信号和代码信号连接电路。

第 1、2 类接口连接电路传送的信息是数控装置与伺服单元、伺服电机、位置检测和速度检测器件间的控制信息及反馈信息。它们属于数字控制及伺服控制。

第3类电源及保护电路由数控机床强电路中的电源控制电路构成。强电路由电源变压器、控制变压器、各种断路器、保护开关、接触器、熔断器等连接而成,以便为辅助交流电机(如风扇电机、冷却泵电机、润滑泵电机等)、电磁铁、离合器、电磁阀等功率执行元件供电。强电路不能与低压下工作的控制电路或弱电线路直接连接,只有通过断路器、热动开关、中间继电器等器件转换成在直流低压下工作的触点的开合工作,才能成为继电器逻辑电路和PLC可接收的电信号,反之亦然。

第4类开关信号和代码信号是数控装置与外部传送的输入、输出控制信号。当数控机床不带PLC时,这些信号直接在数控装置和机床间传送。当数控装置带有PLC时,这些信号除极少数的高速信号外,均通过PLC传送。

数控机床是一种高效能自动化加工设备。与普通机床相比,数控机床具有以下特点:

(1) 对零件加工的适应性强、灵活性好。因数控机床能实现若干个坐标联动,加工程序可按对加工零件的要求而变换,而不需改变机械部分和控制部分的硬件,就能适应新的工作要求。

(2) 加工精度高、加工质量稳定。在数控机床上加工零件,零件加工的精度和质量由机床保证,完全消除了操作者的人为误差。所以数控机床的加工精度高,一致性好,加工质量稳定。

(3) 加工生产效率高。在数控机床上可以采用较大的切削用量,有效地节省了加工时间。还有自动换刀、自动换速和其他辅助操作自动化等功能,而且无需工序间的检验与测量,故使辅助时间大为缩短。

(4) 能完成复杂型面的加工。许多复杂曲线和曲面的加工,普通机床无法实现而数控机床则完全可以做到。

(5) 减轻劳动强度,改善劳动条件。数控机床的加工,除了装卸零件、操作键盘、观察机床运行外,其他机床动作都是按照程序要求自动连续地进行切削加工,操作者不需要进行繁重的重复手工操作。因此能减轻工人劳动强度,改善劳动条件。

(6) 有利于生产管理。采用数控设备,有利于向计算机控制和管理生产方向发展,为实现制造和生产管理自动化创造了条件。

1.2 数控机床的分类

数控机床的品种很多,功能各异,通常可按下列三种方法进行分类。

1. 按工艺用途分类

1) 金属切削类数控机床

金属切削类数控机床和传统的通用机床产品种类一样,有数控车床、数控铣床、数控钻床、数控磨床、数控镗床以及加工中心机床等。数控加工中心机床是带有自动换刀装置,在一次装夹后,可以进行多种工序加工的数控机床。

2) 金属成型类数控机床

金属成型类数控机床有数控折弯机、数控弯管机、数控压力机等。

3) 数控特种加工机床

数控特种加工机床有数控线切割机床、数控电火花加工机床、数控激光切割机床等。

2. 按加工路线分类

1) 点位控制系统

点位控制系统数控机床只要求控制一个位置到另一个位置的精确移动，而不管是按照什么轨迹运动。在移动过程中不进行任何加工。为了精确定位和提高生产率，一般先快速移动到终点附近，然后再减速移动到定位点，以保证良好的定位精度。这类数控机床主要有数控钻床、坐标镗床、数控冲床和数控测量机等。图 1-7(a)所示为数控钻床点位控制加工示意图。

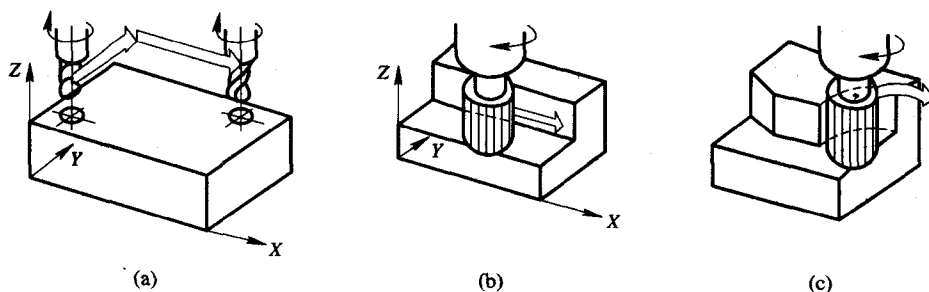


图 1-7 数控机床的运动方式

(a) 点位控制；(b) 点位直线控制；(c) 轮廓控制

2) 直线控制系统

直线控制系统是指控制刀具或机床工作台以适当速度，沿着平行于某一坐标轴方向或与坐标轴成 45° 的斜线方向进行直线加工的控制系统。但该系统不能沿任意斜率的直线进行直线加工。一般的简易数控系统均属于直线控制系统。

将点位控制和直线控制结合起来的控制系统称为点位直线控制系统，该系统同时具有点位控制和直线控制的功能。此外，有些系统还具有刀具选择、刀具长度和刀具半径补偿等功能。这一类数控机床有数控镗铣床、加工中心等。图 1-7(b)为点位直线控制系统加工示意图。

3) 轮廓控制系统

轮廓控制系统又称连续控制系统，其特点是数控系统能够对两个或两个以上的坐标轴同时进行连续控制。加工时不仅要控制起点和终点，还要控制整个加工过程中每点的速度和位置。应用这类控制系统的数控机床有数控铣床、可加工曲面的数控车床、加工中心等。图 1-7(c)为数控铣床轮廓加工示意图。

3. 按伺服系统的类型分类

1) 开环控制系统

开环控制系统机床的伺服进给系统中没有位移检测反馈装置，通常使用步进电机作为执行元件。数控装置发出的控制指令直接驱动装置控制步进电机的运转，然后通过机械传动系统转化成工作台的位移，如图 1-8 所示。

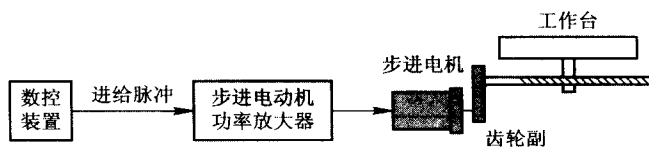


图 1-8 开环控制系统的结构图

开环控制系统由于没有位置检测、反馈及校正功能，位置控制精度一般不高。但其工作稳定、调试方便、价格便宜、使用维修方便，在我国广泛用于经济型数控机床或旧设备的数控改造中。

2) 闭环控制系统

闭环控制系统控制的机床上安装有检测装置，直接对工作台的位移量进行检测，如图 1-9 所示。当数控装置发出指令进给信号后，经伺服驱动使工作台移动时，安装在工作台上的位置检测装置把机械位移量变为电参量，反馈到输入端与输入指令信号进行比较，得到的差值经过转换和放大，最后驱动工作台向减少误差的方向移动，直到差值消除时才停止移动。由于闭环系统的位置检测包含了进给传动链的全部误差，如丝杠螺母副、导轨副的间隙等，因此可达到很高的控制精度。位置检测装置有光栅、感应同步器和磁栅等。

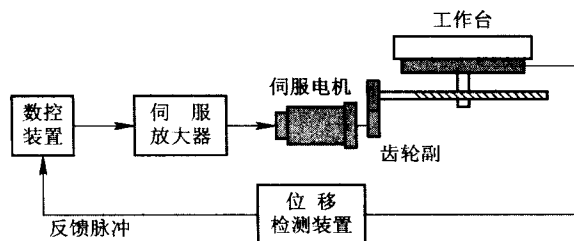


图 1-9 闭环数控系统的结构图

但是，由于很多机械传动环节包括在闭环控制的环路内，各部件的摩擦特性、刚性以及间隙等都是非线性变量，这直接影响伺服系统的调节参数。因此，对闭环系统的设计和调整都有较大的难度，设计和调整不好，很容易造成系统的不稳定。

3) 半闭环控制系统

半闭环控制系统控制系统的机床是在伺服电动机上同轴安装的，或在滚珠丝杠轴端安装有角位移检测装置，通过测量角位移间接地测出移动部件的直线位移，然后反馈至数控系统中去。常用的角位移检测装置有光电编码器、旋转变压器或感应同步器等。

如图 1-10 所示为半闭环控制系统结构图。由于在半闭环控制系统中，进给传动链中的滚珠丝杠副、导轨副等机构的误差都没有全部包括在反馈环路内，因此其位置控制精度低于闭环伺服系统。但是，由于把惯性质量较大的工作台安排在反馈环之外，因此半闭环伺服系统稳定性能好，调试方便，目前应用比较广泛。至于传动链误差，可以通过适当提高丝杠、螺母等机械部件的精度以及采用误差软件补偿（如反向间隙补偿、丝杠螺距误差补偿）的措施来减少。