

2010. 机械

中等职业学校机电类规划教材

ZHONGDENG ZHIYE XUEXIAO JIDIANLEI GUIHUA JIAOCAI

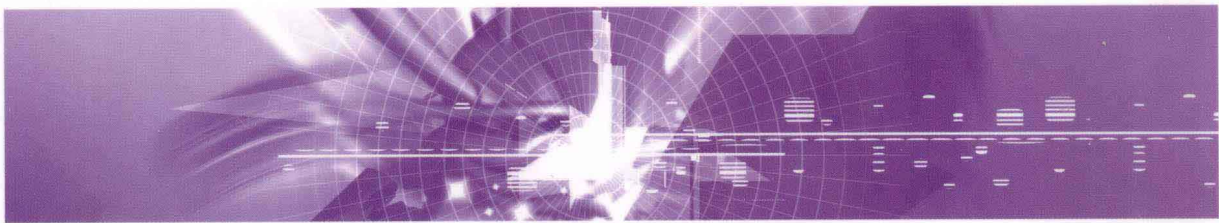
数控技术应用专业系列

数控机床 控制技术基础

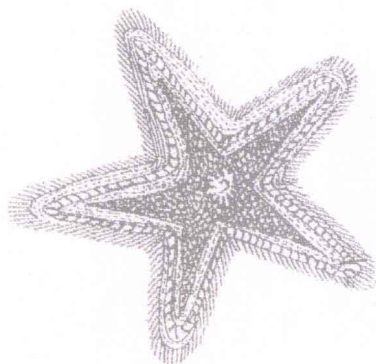
(第2版)

邓健平 主编

CNC TECHNOLOGY



- 遵循学生认知规律
- 做到知识由浅入深
- 注重理论联系实际



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

中 等 职 业 学 校 机 电 类 规 划 教 材

ZHONGDENG ZHIYE XUEXIAO JIDIANLEI GUIHUA JIAOCAI



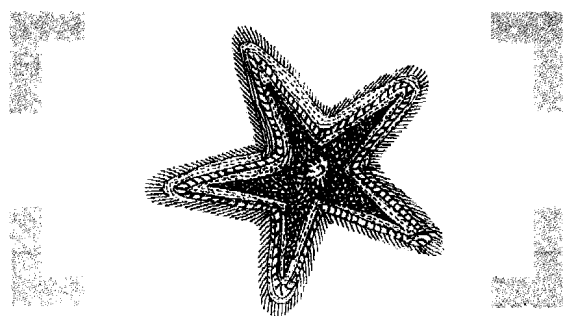
数控技术应用专业系列

数控机床 控制技术基础

(第2版)

邓健平 主编

CNC TECHNOLOGY



人民邮电出版社

北 京

图书在版编目 (C I P) 数据

数控机床控制技术基础 / 邓健平主编. -- 2版. --
北京: 人民邮电出版社, 2010. 8
中等职业学校机电类规划教材
ISBN 978-7-115-22676-1

I. ①数… II. ①邓… III. ①数控机床—专业学校—
教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第078348号

内 容 提 要

本书共分8章, 主要内容包括: 数控机床控制技术的基本知识, 数控机床液压传动系统的组成、工作原理, 数控机床气压传动系统的组成、工作原理, 电气控制电路的分析方法, F1系列及FANUC可编程序控制器(PLC)及应用, 数控机床的位置检测装置, 数控伺服系统。综合实训部分以本书内容为基础, 介绍数控机床控制技术的综合应用。

本书可作为中等职业学校数控技术应用、机电技术应用等机电类专业的教材, 也可作为机械、电气工程技术人员的参考书。

中等职业学校机电类规划教材
数控技术应用专业系列
数控机床控制技术基础 (第2版)

-
- ◆ 主 编 邓健平
责任编辑 刘盛平
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京鑫正大印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 15 2010年8月第2版
字数: 377千字 2010年8月北京第1次印刷

ISBN 978-7-115-22676-1

定价: 25.00元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154

丛书前言

我国加入 WTO 以后,国内机械加工行业和电子技术行业得到快速发展。国内机电技术的革新和产业结构的调整成为一种发展趋势。因此,近年来企业对机电人才的需求量逐年上升,对技术工人的专业知识和操作技能也提出了更高的要求。相应地,为满足机电行业对人才的需求,中等职业学校机电类专业的招生规模在不断扩大,教学内容和教学方法也在不断调整。

为了适应机电行业快速发展和中等职业学校机电专业教学改革对教材的需要,我们在全中国机电行业和职业教育发展较好的地区进行了广泛调研,与部分重点学校联合成立了《中等职业学校机电类规划教材》编委会,以培养技能型人才为出发点,以各地中职教育教研成果为参考,以中职教学需求和教学一线的骨干教师对教材建设的要求为标准,经过充分研讨与论证,精心规划了这套《中等职业学校机电类规划教材》。

本套教材力求体现国家倡导的“以就业为导向,以能力为本位”的精神,结合职业技能鉴定和中等职业学校双证书的需求,精简整合理论课程,注重实训教学,强化上岗前培训;教材内容统筹规划,合理安排知识点、技能点,避免重复;教学形式生动活泼,以符合中等职业学校学生的认知规律。

本套教材广泛参考了各地中等职业学校的教学计划,面向优秀教师征集编写大纲,并在国内机电行业较发达的地区邀请专家对大纲进行了多次评议及反复论证,尽可能使教材的知识结构和编写方式符合当前中等职业学校机电专业教学的要求。

在作者的选择上,充分考虑了教学和就业的实际需要,邀请活跃在各重点学校教学一线的“双师型”专业骨干教师作为主编。他们具有深厚的教学功底,同时具有实际生产操作的丰富经验,能够准确把握中等职业学校机电专业人才培养的客观需求;他们具有丰富的教材编写经验,能够将中职教学的规律和学生理解知识、掌握技能的特点充分体现在教材中。

为了方便教学,我们免费为选用本套教材的老师提供教学辅助光盘,光盘的内容为教材的习题答案、模拟试卷和电子教案(电子教案为教学提纲与书中重要的图表,以及不便在书中描述的技能要领与实训效果)等教学相关资料,部分教材还配有便于学生理解和操作演练的多媒体课件,以求尽量为教学中的各个环节提供便利。

我们衷心希望本套教材的出版能促进目前中等职业学校的教学工作,并希望能得到职业教育专家和广大师生的批评与指正,以期通过逐步调整、完善和补充,使之更符合中职教学实际。

欢迎广大读者来电来函。

电子函件地址: liushengping@ptpress.com.cn

读者服务热线: 010-67143761, 67132792, 67184065

第2版前言

数控机床是机电一体化的典型产品，数控机床控制是集计算机及软件技术、自动控制技术、电子技术、自动检测技术、液压与气动技术、精密机械等技术为一体的多学科交叉的综合技术。随着科学技术的高速发展，机电一体化技术迅猛发展，数控机床在企业的应用越来越广泛，对数控机床电气设计人员，数控机床安装、调试及维修等人员的知识和能力要求越来越高，在中等职业学校数控专业和其他机电类专业普及数控机床控制技术的基础知识就显得尤为重要。

本书在内容的安排上注意遵循职业院校学生的认知规律，做到从理论到实践、由浅入深、图文并茂、通俗易懂，集理论教学、实训、学习指导于一体。全书内容以数控机床控制技术为线索，共分为8章，包括绪论、液压控制技术、气压控制技术、电气控制技术、可编程序控制器、位置检测装置、数控伺服系统、数控机床控制技术综合实训等内容。第2版教材在第1版的基础上，更加注重实用性，对原有的内容进行了精减，并增加了数控机床进给伺服装置和主轴伺服装置实例、数控车床和数控铣床电气控制电路设计及连接综合实训等内容。在进行综合实训教学时，教师可根据学校的软、硬件条件，选择需要的内容进行教学。

本书可作为中等职业学校数控技术应用、机电技术应用等机电类专业的教材，亦可供机械、电气工程技术人员参考。本书参考学时为100~110学时，教师在组织教学时，可根据各校的教学计划和硬件环境酌情予以增减，有条件的话可单独安排实训周。

本书由湖南铁路科技职业技术学院邓健平任主编。具体编写分工如下：邓健平编写第1章、第2章、第5章和第8章的8.1~8.3.3节，张若锋编写第3章和第4章，廖友军编写第6章，胡仁平编写第7章和第8章的8.3.4~8.3.5节。本书由无锡职业技术学院张爱红任主审。

由于编者水平和经验有限，书中难免有欠妥和错误之处，恳请读者批评指正。

编者

2010年2月

编者的话

数控机床是机电一体化的典型产品，数控机床控制技术是集计算机及软件技术、自动控制技术、电子技术、自动检测技术、液压与气动技术和精密机械等技术为一体的多学科交叉的综合技术。随着科学技术的高速发展，机电一体化技术迅猛发展，数控机床在企业普遍应用，对生产一线操作人员的知识和能力要求越来越高，在中等职业学校数控专业和其他机电类专业普及数控机床控制技术的基础知识就显得尤为重要。

为适应中等职业教育和数控专业人才培养模式改革的需要，根据新的人才培养目标对知识与能力结构的要求，本书坚持以就业为导向，以能力为本位，以综合素质为基础，突出职业技能培养，全面提高学生质量。本书打破了原来各学科体系的框架，体现了课程的综合化和模块化。以数控机床控制技术为线索，从应用的角度综合液压与气动控制技术、电气控制技术、可编程控制技术以及伺服控制与检测等内容，在内容的选择和处理上，以“必需、够用”为度，以实际应用为目的，以理论适度、讲清概念和强化应用为重点，突出实用性、综合性，注重学生基本技能的训练和综合能力的培养。本书在编写过程中，将与操作有关的知识点放在实验与实训中做适当的介绍，在各章节中力求叙述清楚、简明扼要、图文并茂，并在每章后面附上思考与练习题，以利于学生自学和巩固所学的知识。

本书可作为中等职业学校数控技术应用、机电一体化等机电类专业的教材，亦可供机械、电气工程技术人员参考。学时分配建议如下表，各校可根据实际情况进行调整，有条件的话可单独安排实训周。

序 号	课 程 内 容	学 时 数			
		合 计	讲 授	实验与实训	机 动
1	绪论	2	2		
2	液压控制技术	18	14	4	
3	气压控制技术	8	6	2	
4	电气控制技术	18	14	4	
5	可编程序控制器	22	16	6	
6	位置检测装置	8	6	2	
7	数控伺服系统	14	10	4	
8	数控机床控制技术综合实训	14	2	12	
	机动	4			4
合 计		108	70	34	4

本书由湖南铁路科技职业技术学院邓健平主编。具体分工如下：邓健平编写第1章、第2章、第5章和第8章，张若锋编写第3章和第4章，廖友军编写第6章和第7章。本书由无锡职业技术学院张爱红副教授担任主审。由于编者水平有限，书中难免存在缺点和错误，恳请读者批评指正。

作者

2006年1月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 数控机床的组成和工作原理	1
1.1.1 数字控制技术	1
1.1.2 数控机床的组成及工作原理	1
1.2 数控机床的特点及分类	3
1.2.1 数控机床的特点	3
1.2.2 数控机床的分类	4
1.3 数控机床控制技术概述	5
1.3.1 数控机床控制技术的基本概念	5
1.3.2 机械设备控制技术的发展	5
1.3.3 数控机床控制技术的发展趋势	6
本章小结	7
思考与练习	7
第 2 章 液压控制技术	8
2.1 概述	8
2.1.1 液压传动系统在数控机床中的功能	8
2.1.2 液压传动系统的组成与工作原理	9
2.1.3 液压传动的特点	10
2.1.4 静止液体与流动液体的性质	11
2.2 液压元件	12
2.2.1 液压动力元件	12
2.2.2 液压执行元件	18
2.2.3 液压控制元件	22
2.2.4 液压辅助元件	30
2.3 液压基本回路	31
2.3.1 方向控制回路	32
2.3.2 压力控制回路	32
2.3.3 速度控制回路	35
2.4 数控机床液压传动系统分析	40
2.4.1 数控车床液压系统	40
2.4.2 加工中心液压系统	42
2.5 数控机床的冷却、润滑系统	43
2.5.1 冷却系统	43
2.5.2 润滑系统	45
2.6 实验	45
2.6.1 液压元件拆装实验	45
2.6.2 液压基本回路实验	46
本章小结	48
思考与练习	48
第 3 章 气压控制技术	51
3.1 概述	51
3.1.1 气压传动系统的组成与工作原理	51
3.1.2 气压传动的特点	52
3.2 气动元件	53
3.2.1 动力元件	53
3.2.2 辅助元件	54
3.2.3 执行元件	57
3.2.4 控制元件	59
3.3 气压传动基本回路	63
3.3.1 压力控制回路	63
3.3.2 速度控制回路	64
3.3.3 方向控制回路	64
3.4 数控机床气压传动系统分析	66
3.5 实验	68
3.5.1 气动元件拆装实验	68
3.5.2 气动基本回路实验	69
本章小结	70
思考与练习	70
第 4 章 电气控制技术	72
4.1 常用低压电器	72
4.1.1 接触器	72
4.1.2 继电器	74
4.1.3 熔断器	78
4.1.4 主令电器	78
4.1.5 低压隔离器	80
4.1.6 低压断路器	81

4.2 电气控制基本环节	82	5.5.1 数控机床上 PLC 的控制对象	138
4.2.1 国家电气制图标准简介	82	5.5.2 数控机床上 PLC 的形式	139
4.2.2 电气控制电路的逻辑代数分析方法	84	5.5.3 输入/输出与通信接口	141
4.2.3 三相异步电动机的启动控制电路	86	5.5.4 PLC 在数控机床控制中的应用	141
4.2.4 三相异步电动机的制动控制电路	88	5.6 实验	144
4.2.5 三相异步电动机的正、反转控制 电路	89	5.6.1 PLC 编程器的基本操作实验	144
4.2.6 三相异步电动机的调速控制电路	91	5.6.2 基本逻辑指令的应用实验	144
4.2.7 电液控制	93	5.6.3 PLC 的程序设计实验	145
4.2.8 其他基本控制电路	94	本章小结	147
4.3 典型电气控制电路分析	96	思考与练习	147
4.3.1 CJK6132 数控车床电气控制	97	第6章 位置检测装置	149
4.3.2 DK7732 数控线切割机床电气控制	98	6.1 概述	149
4.4 实验	101	6.1.1 位置检测装置的作用	149
4.4.1 两地控制接触器联锁正、反转控制 电路的安装	101	6.1.2 伺服系统对位置检测装置的要求	149
4.4.2 串电阻减压启动控制电路的安装	104	6.1.3 位置检测装置的测量方式	149
本章小结	105	6.2 光栅	150
思考与练习	106	6.2.1 光栅的分类	150
第5章 可编程序控制器	107	6.2.2 光栅的组成和工作原理	151
5.1 概述	107	6.2.3 光栅测量系统	151
5.1.1 可编程序控制器的产生和发展	107	6.2.4 光栅的安装	153
5.1.2 可编程序控制器的特点及应用	108	6.3 脉冲编码器	154
5.1.3 可编程序控制器的基本组成	109	6.3.1 增量式编码器	154
5.1.4 PLC 的工作原理	111	6.3.2 绝对值式编码器	155
5.2 可编程序控制器的程序设计语言	112	6.4 感应同步器	156
5.2.1 梯形图编程	112	6.4.1 感应同步器的结构、分类	156
5.2.2 语句表编程	113	6.4.2 感应同步器的工作原理和信号处理 方式	156
5.2.3 功能表图	113	6.4.3 感应同步器的使用	158
5.3 F1 系列 PLC 程序编制	114	6.5 旋转变压器	159
5.3.1 F1 系列 PLC 各类软继电器	114	6.5.1 旋转变压器的工作原理	159
5.3.2 F1 系列 PLC 指令系统及编程方法	118	6.5.2 旋转变压器的工作方式	160
5.4 FANUC PLC 指令系统	129	6.6 磁栅	161
5.4.1 概述	129	6.6.1 磁栅的特点	161
5.4.2 基本指令	130	6.6.2 磁栅的结构	161
5.4.3 功能指令	131	6.6.3 磁栅工作原理	162
5.4.4 FANUC PLC 梯形图编制的规则	137	6.7 脉冲编码器实验	162
5.5 PLC 在数控机床控制中的应用	138	本章小结	163
		思考与练习	163

第 7 章 数控伺服系统	165
7.1 概述	165
7.1.1 伺服系统的基本要求	165
7.1.2 数控机床伺服驱动系统的组成及分类	166
7.1.3 数控机床伺服系统的工作原理	167
7.2 进给伺服系统	168
7.2.1 步进电动机驱动的伺服系统	168
7.2.2 直流伺服系统	171
7.2.3 交流伺服系统	175
7.2.4 数控机床进给伺服装置实例	178
7.3 主轴伺服系统	182
7.3.1 主轴电动机	182
7.3.2 交流主轴电动机的速度控制	183
7.3.3 主轴定向功能	184
7.3.4 数控机床主轴伺服装置实例	186
7.4 实验	190
7.4.1 步进电动机驱动系统的连接及性能测定	190
7.4.2 交流伺服系统的动态特性及其参数调整	192

本章小结	196
思考与练习	196

第 8 章 数控机床控制技术综合实训	197
8.1 可编程序控制器控制系统的设计	197
8.1.1 系统设计的基本原则	197
8.1.2 系统设计的一般步骤	197
8.2 综合举例——机械手控制	199
8.3 数控机床控制技术综合实训	207
综合实训 1 继电器电路的 PLC 改造	207
综合实训 2 组合机床动力滑台的控制	210
综合实训 3 润滑系统自动控制	211
综合实训 4 数控车床电气控制电路设计及连接	215
综合实训 5 数控铣床电气控制电路设计与连接	222
本章小结	227
思考与练习	227
参考文献	229

第 1 章

绪论

知识目标

- 数控机床的组成和工作原理。
- 数控机床的特点及分类。
- 数控机床控制技术的基本概念及发展。

技能目标

- 掌握数控机床的基本概念、组成和工作原理。
- 了解数控机床控制技术的基本知识。



1.1 数控机床的组成和工作原理

1.1.1 数字控制技术

数字控制 (Numerical Control, NC) 技术, 简称数控技术, 是指用数字信息对设备运行和生产过程进行控制的一种自动控制技术。

采用数控技术的控制系统称为数控系统。早期的数控系统由各种逻辑元件、记忆元件组成数字逻辑电路, 是固定布线的硬件结构, 由硬件来实现数控功能, 这种系统称为硬件数控系统, 习惯上也称为 NC 系统。自 20 世纪 70 年代以后, 随着微电子集成技术的发展, 以微机作为控制核心的数控系统得到广泛的应用和发展, 这种采用存储程序的专用计算机来实现部分或全部数控功能的数控系统, 称为计算机数控 (Computer Numerical Control, CNC) 系统, 简称 CNC 系统。在 CNC 系统中, 微机的硬件结构采用标准的总线结构, 可通过软件、硬件两种方式实现数字信息的处理和控制, 从而大大增强了数控系统的功能和灵活性, 使数控系统真正具有“柔性”, 并能处理 NC 系统难以实现的复杂数控功能。

装备了 NC 系统的机床称为数控机床, 数控机床是为了解决复杂型面零件的自动化加工而产生的, 世界上第一台数控机床是 1952 年由美国麻省理工学院研制成功的。我国从 1958 年开始研究数控机床, 到 20 世纪 60 年代末至 70 年代初, 研制成功 CJK-18 数控系统和立式数控铣床。20 世纪 80 年代, 我国从国外引进先进的数控技术, 使我国的数控机床在性能和质量上都有了较大的提高。从 20 世纪 90 年代起, 我国已向高档数控机床方向发展。

1.1.2 数控机床的组成及工作原理

1. 数控机床的组成

数控机床主要由程序载体、输入/输出装置、CNC 单元、伺服系统、可编程序控制器 (PLC)、

位置反馈系统和机床本体 7 个基本部分组成，其框图如图 1.1 所示。

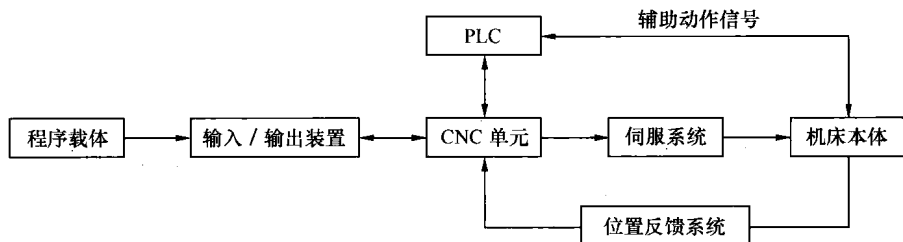


图 1.1 数控机床的组成

（1）程序载体。程序载体用于记载以数控加工程序表示的各种加工信息，如零件加工的工艺过程、工艺参数（进给量、主轴转速等）等。现在常用的程序载体有磁带、磁盘、闪存卡等。闪存卡由于存储容量大、数据交流迅速和记录可靠，在使用开放式数控系统的新型数控机床上开始大范围使用。

（2）输入/输出装置。输入/输出装置的作用是将程序载体上的各种加工信息输送给数控机床的 CNC 单元，并由数控系统显示数控机床的运行状态等。根据程序载体的不同，输入装置有磁带录音机、磁盘驱动器、计算机接口等。在现代数控机床上，还可以通过手动方式（MDI 方式），将工件加工程序用数控系统操作面板上的按键直接键入 CNC 单元；或者通过通信接口从其他计算机获取加工程序输入 CNC 单元。

（3）CNC 单元。CNC 单元是数控机床的核心，它接收来自程序载体的控制信息并转换成数控机床的操作信号。CNC 单元由输入接口、CPU、存储器、输出接口等部分组成，如图 1.2 所示。输入接口的作用是接收外来信息，如 NC 程序、PLC 输入信号、面板操作信号等；CPU 则对输入信息进行分类、处理，并发出控制信号到输出装置；输出接口与主轴系统、伺服系统和 PLC 控制的辅助功能部件等连接，它将 CPU 发出的控制信号转换为各个功能部件能接收的控制信号，使其完成预定的控制功能。

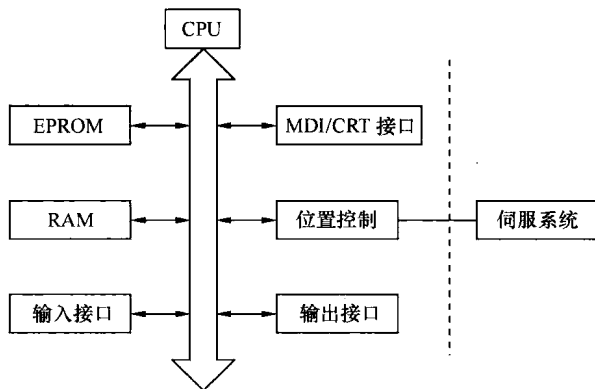


图 1.2 CNC 单元的组成

（4）伺服系统。伺服系统是数控机床位置控制的执行机构。它的作用是将 CNC 单元输出的信号经功率放大后，控制机床运动部件的速度、方向和位移。因此，伺服系统的性能是决定数控机床的加工精度、表面质量和生产效率的主要因素之一。

(5) 可编程序控制器 (PLC)。PLC 的作用是对数控机床进行辅助控制。CNC 单元送来的辅助控制指令, 经 PLC 处理和辅助接口电路转换成强电信号, 用来控制数控机床的工件装夹、刀具的更换、冷却液的开停等辅助动作。PLC 还接收数控机床操作面板的控制信息, 一方面直接控制机床的动作, 另一方面将一部分指令送往 CNC 单元用于加工过程的控制。

(6) 位置反馈系统。位置反馈系统的作用是通过传感器将驱动电动机的角位移和数控机床执行机构的直线位移转换成电信号, 输送给 CNC 单元, 与指令位置进行比较, 并由 CNC 单元发出指令, 纠正所产生的误差。

(7) 机床本体。数控机床的机床本体包括主运动系统、进给系统及辅助装置。对于加工中心类数控机床, 还有存放刀具的刀库、自动换刀装置 (ATC)、自动托盘交换装置等部件。与普通机床相比, 数控机床采用了高性能主轴部件及传动系统, 机械传动系统简化, 传动链较短; 机械结构具有较高刚度和耐磨性, 热变形小; 更多地采用高效传动部件, 如滚珠丝杠、静压导轨、滚动导轨等。很多零部件已标准化, 如滚珠丝杠副、滚动导轨副、同步齿形带传动副等, 为机械设计和制造带来了方便。

2. 数控机床的工作原理

数控机床的工作原理与普通机床的不同之处是按数字形式给出的指令进行加工。

数控机床加工工件时, 首先要将加工零件图上的几何信息和工艺信息数字化, 即将零件的加工工艺、工艺参数、刀具位移及位移方向和有关辅助操作, 按规定的指令代码及程序格式编制成加工程序, 并存储到程序载体内。程序编制可以是手工编制, 也可以是自动编制的。对于自动编程, 目前已较多地采用了 CAD/CAM 图形交互式自动编程, 经计算机处理后, 自动生成数控程序, 再通过接口直接输入 CNC 单元。CNC 单元将程序 (代码) 进行译码、运算之后, 向机床各坐标的伺服系统和辅助控制装置发出信号, 以驱动机床的各运动部件, 并控制所需要的辅助动作, 最后加工出合格的工件。

1.2 数控机床的特点及分类

1.2.1 数控机床的特点

1. 数控机床的优点

数控机床的主要优点如下。

(1) 对零件的适应性强, 可加工复杂形状的零件表面。在同一台数控机床上, 只需更换加工程序, 就可适应不同品种及尺寸工件的自动加工, 这就为复杂结构的单件、小批量生产以及试制新产品提供了极大的便利。特别是对那些普通机床很难加工或无法加工的精密复杂表面 (如螺旋表面), 数控机床也能实现自动加工。

(2) 加工精度高, 加工质量稳定。目前, 数控机床控制的刀具和工作台最小移动量 (脉冲当量) 普遍达到 0.001mm , 而且数控系统可自动补偿进给传动链的反向间隙和丝杠螺距误差, 使数控机床达到很高的加工精度。此外, 数控机床的制造精度高, 其自动加工方式避免了生产者的人为操作误差, 因此, 同一批工件的尺寸一致性好, 产品合格率高, 加工质量稳定。

(3) 生产效率高。由于数控机床结构刚性好, 允许进行大切削用量的强力切削, 且主轴转速和进给量的变化范围比普通机床大, 因此在加工时可选用最佳切削用量, 提高了数控机床的切削

效率,节省了机动时间。另外,数控机床的移动部件的空行程运动速度快,对刀、换刀快,因加工质量稳定,一般只作首件检验和工序间关键尺寸的抽样检验,节省了停机检验时间;数控机床加工工件时一般不需制作专用工夹具,节省了工夹具的设计、制造等时间,因此数控机床的辅助时间比普通机床少。与普通机床相比,数控机床的生产效率可提高2~3倍。

(4) 良好的经济效益。使用数控机床进行单件、小批量生产时,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;同时还能节省工装设计、制造费用;数控机床加工精度高,质量稳定,减少了废品率,使生产成本进一步下降。此外,数控机床还可实现一机多用,所以数控机床虽然价格较高,仍可获得良好的经济效益。

(5) 自动化程度高。数控机床自动化程度高,可大大减轻工人的劳动强度,减少操作人员的人数,同时有利于现代化管理,可向更高级的制造系统发展。

2. 数控机床的缺点

数控机床的主要缺点如下。

- (1) 价格较高,设备首次投资大。
- (2) 对操作、维修人员的技术要求较高。
- (3) 加工复杂形状的零件时,手工编程的工作量大。

3. 数控机床的应用范围

由于数控机床具有一般机床所不具备的许多优点,因此数控机床的应用范围正在不断扩大,但目前它还不能完全代替普通机床,也还不能以最经济的方式解决机械加工中的所有问题。数控机床最适合加工多品种、小批量零件,形状结构复杂的零件,需要频繁改型的零件,价格昂贵、不允许报废的零件,批量较大精度要求高的零件。

1.2.2 数控机床的分类

数控机床的种类很多,主要分类如下。

1. 按工艺用途分类

按工艺用途,数控机床可分类如下。

(1) 普通数控机床。这种分类方式与普通机床分类方法一样,可分为数控车床、数控铣床、数控镗床、数控钻床、数控磨床、数控齿轮加工机床等。

(2) 加工中心机床。数控加工中心是在普通数控机床上加装一个刀库和自动换刀装置而构成的数控机床,它可在一次装夹后进行多种工序加工。数控加工中心目前主要有两类:一类是在数控镗、铣床基础上发展起来的,称为铣削加工中心;另一类是在数控车床基础上发展起来的,称为车削加工中心。

(3) 数控特种加工机床。这类数控机床包括数控线切割机床、数控电火花加工机床、数控激光切割机床等。

2. 按运动方式分类

按运动方式,数控机床可分类如下。

(1) 点位控制数控机床。数控系统只控制刀具从一点到另一点的准确定位。这类机床主要有数控钻床、数控坐标镗床、数控冲剪床等。

(2) 直线控制数控机床。数控系统除了控制点与点之间的准确位置以外,还要保证两点之间移动的轨迹是一条直线,而且对移动的速度也要进行控制。这类机床主要有简易数控车床、数控

镗、铣床等。

(3) 轮廓控制数控机床。数控系统能对两个或两个以上运动坐标的位移及速度进行连续相关的控制,使合成的运动轨迹能满足加工的要求。这类机床主要有数控车床、数控铣床等。

3. 按伺服系统的控制方式分类

按伺服系统的控制方式,数控机床可分类如下。

(1) 开环控制系统的数控机床。开环控制系统的数控机床不带位置检测装置,系统结构简单,成本较低,技术容易掌握,所以应用仍较广泛。

(2) 闭环控制系统的数控机床。闭环控制系统的数控机床是按闭环原理工作的,闭环控制系统的位置检测元件安装在执行元件上,用以实测执行元件的位置或位移量。

(3) 半闭环控制系统的数控机床。半闭环控制系统的数控机床是将位置检测元件安装在驱动电动机的端部,或安装在传动丝杠端部,间接测量执行元件的实际位置或位移量。它可以获得比开环控制系统更高的精度,但它的位移精度比闭环控制系统要低。

4. 按数控系统的功能水平分类

按功能水平分类,数控系统可分类如下。

(1) 经济性数控机床。经济性数控机床大多指采用开环控制系统的数控机床,其功能简单,价格便宜,适用于自动化程度要求不高的场合。

(2) 中档数控机床。这类数控机床功能较全,价格适中,应用较广。

(3) 高档数控机床。这类数控机床功能齐全,价格较贵。

1.3 数控机床控制技术概述

1.3.1 数控机床控制技术的基本概念

随着以大规模集成电路和微机为代表的微电子技术的迅速发展,工业生产从机械自动化向机电一体化阶段迈进,使机械产品的技术结构、产品结构、产品功能、生产方式和管理体制均发生了巨大的变化。由于微机数控系统的应用及发展,使数控机床得到了飞速发展和广泛应用。数控机床控制是集机械技术(精密机械为主)、电子技术、信息技术(包括传感检测)、计算机及软件技术、自动控制技术等为一体的多学科交叉的综合技术。

1.3.2 机械设备控制技术的发展

机械设备最早的控制装置是手动控制器。在20世纪20年代至30年代,采用继电器—接触器控制系统实现对机械设备的启动、制动、正反转等控制。继电器—接触器控制的优点是结构简单、价格低廉、维护方便、抗干扰能力强,因此广泛应用于各类机械设备。目前,继电器—接触器控制仍然是我国机械设备最基本的电气控制形式之一。继电器—接触器控制系统的缺点是:由于是固定接线形式,在进行程序控制时,改变控制程序不方便,灵活性差;采用有触点开关,动作频率低,触点易损坏,可靠性差。到了20世纪40年代至50年代,出现了交磁放大机—电动机控制,这是一种闭环反馈系统,系统的控制精度和快速性都有了提高。20世纪60年代出现了晶体管—晶闸管控制,由晶闸管供电的直流调速系统和交流调速系统不仅调速性能大为改善,而且减少了机械设备和占地面积,耗电少,效率高,完全取代了交磁放大机—电动机

机控制系统。

在实际生产中,由于大量存在一些开关量控制的简单的程序控制过程,而实际生产工艺和流程又是经常变化的,因而传统的继电器—接触器控制系统常常不能满足这种需要。在 20 世纪 60 年代出现了一种能够根据需要方便地改变控制程序,结构简单、价格低廉的自动化装置——顺序控制器。它是通过组合逻辑元件插接或编程来实现控制功能的,能满足程序经常改变的控制要求,使控制系统具有较大的灵活性和通用性,但它还是使用硬件手段,体积大,功能也受到一定限制。随着大规模集成电路和微处理器技术的发展及应用,在 20 世纪 70 年代出现了一种以微处理器为核心的新型工业控制器——可编程序控制器 (PLC)。这种器件完全能够适应恶劣的工业环境,由于它具备了计算机控制和继电器控制系统两方面的优点,故目前已作为一种标准化通用设备普遍应用于工业控制。

微型计算机自 1971 年问世以来,已广泛应用于机械设备的局部控制或整机控制,减少了机械部件,提高了生产效率,减轻了工人的劳动强度,其中数控机床就是典型的例子。为了解决占机械加工总量 80%左右的单件和中、小批量生产自动化,以提高劳动生产率、产品质量和降低劳动强度,1952 年产生了世界上第一台 3 坐标立式数控铣床,这标志着数控技术应用的开始。随着计算机技术的迅速发展,数控机床的应用日益广泛,并进一步推动了数控系统的发展,产生了自动编程系统 (APS)、计算机数控系统 (CNC)、计算机群控系统 (DNC) 和柔性制造系统 (FMS)。计算机集成制造系统 (CIMS) 及计算机辅助设计、制造一体化 (CAD/CAM) 是机械制造一体化的高级阶段,可实现产品从设计到制造的全部自动化。

综上所述,机械设备控制技术的产生并不是孤立的,而是各种技术互相渗透的结果。它代表了正在形成中的新一代的生产技术,已显示出并将越来越显示出强大的威力。

1.3.3 数控机床控制技术的发展趋势

生产技术的发展对产品性能要求越来越高,产品改型频繁,采用多品种小批量生产方式的企业越来越多,这就要求数控机床向高速化、高精度化、复合化、系统化和智能化发展。

1. 高速化和高精度化

目前,数控机床正向着高速化和高精度化方向发展,其控制精度能实现 $0.1\mu\text{m}$ 的高精度,主轴转速可达 $100\,000\text{r/min}$ 以上,进给速度可达 40m/min ,快速移动速度可达 100m/min 。达到这样的速度和精度,数控系统和伺服系统必须采取措施使其有相适应的速度和控制精度。

2. 数控系统智能化、信息化

由于微电子技术、超大规模集成电路、信息技术等各种技术的发展,使数控系统实现智能化、信息化变为可能。实现了智能化、信息化,数控系统可以实现监视、诊断、补偿、调整等功能,提高机床无人化、智能化、集成化的水平,进一步实现制造、管理、经营、销售、服务等各方面之间的网络化,即向计算机集成制造系统方向发展。

3. 数控系统开放化

以往的数控系统是由生产厂商独自开发的,它自成一体,是通用性较差的产品。用户处于被动地位,不能根据生产实际添加和改变系统功能,更不能适应信息技术发展的需要。开放式数控系统正是为适应这一要求而提出的。这种开放式数控系统以 PC 为核心,系统的所有元件对用户完全开放,用户可在世界范围内选购自己所需要的 PC 组件,灵活自主地构成自己的系统。

本章小结



数控机床是机电一体化的典型产品,基本组成包括程序载体、输入/输出装置、CNC 单元、伺服系统、可编程控制器(PLC)、位置反馈系统和机床本体。数控系统根据数控加工程序,生成各种信息和指令,控制机床的主轴运动、进给运动、辅助运动等。数控机床控制是集机械技术、电子技术、信息技术、计算机及软件技术和自动控制技术等为一体的多学科交叉的综合技术,是机电一体化的重要组成部分。

思考与练习



1. 数控机床由哪几部分组成?简要说明数控机床的工作原理。
2. 和普通机床相比,数控机床有何特点?
3. 点位控制、直线控制和轮廓控制各有何特点?
4. 说明开环、闭环和半闭环控制系统的组成及各自的特点。
5. 数控机床控制技术的发展趋势是什么?

第2章

液压控制技术



知识目标

- 液压传动系统的组成与工作原理。
- 液压传动的特点。
- 静止液体与流动液体的性质。
- 液压元件的结构、工作原理及图形符号。
- 液压基本回路分析。
- 数控机床液压传动系统分析。
- 数控机床的冷却及润滑系统。

技能目标

- 掌握数控机床液压传动系统的分析方法。
- 会选用常用元器件，设计简单的液压系统。

2.1 概述

液压传动是利用密闭系统中的受压液体作为工作介质来传递运动和动力的一种传动方式。近年来，液压与微电子、计算机技术相结合，使液压技术的发展进入了一个新的阶段，成为发展速度最快的技术之一，因此，采用液压传动的程度已成为衡量一个国家工业水平的重要标志。

2.1.1 液压传动系统在数控机床中的功能

现代数控机床在实现整机的全自动化控制中，除数控系统外，还配备了液压装置来辅助实现整机的自动运行功能。

液压系统在数控机床中具有如下辅助功能。

- (1) 自动换刀所需的动作，如机械手的伸、缩、回转和摆动及刀具的松开和夹紧。
- (2) 机床运动部件的平衡，如机床主轴箱的重力平衡、刀库机械手的平衡装置等。
- (3) 机床运动部件的运动、制动和离合器的控制、齿轮拨叉挂挡等。
- (4) 机床运动部件的支撑，如动、静压轴承、液压导轨等。
- (5) 机床的润滑、冷却。