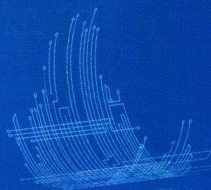


EEME



Excellent Electrical
& Mechanical Engineer

卓越机电工程师

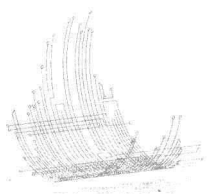
数控技术及其应用

主 编 侯培红



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

应用型本科精品规划教材



Excellent Electrical
& Mechanical Engineer

卓越机电工程师

数控技术及其应用

主 编 侯培红

参 编 欧阳兵华 郁斌强

华丽娟 马学芬



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

内容提要

本书作为介绍数控技术的教材,包含了数控机床及其加工技术比较系统的内容。全书共分为七章:第一章概述,第二章计算机数控系统,第三章伺服系统与位置检测装置,第四章数控机床的机械结构,第五章数控加工编程基础,第六章数控车床程序编制,第七章数控铣床和加工中心程序编制,第八章宏指令编程以及第九章数控机床的使用与维护。考虑到技术本科教育的特点和数控技术相关职业技能培养的特点,本书对数控编程相关内容做了较为全面、细致的介绍,而且在编写过程中,从知识传授和编程技能提升循序渐进出发,不仅内容的编排顺序符合一般思维习惯和衔接相对自然,并且图文并茂,浅显易懂,易学易教,教学安排的可操作性强。

图书在版编目(CIP)数据

数控技术及其应用 / 侯培红主编. —上海: 上海
交通大学出版社, 2015
ISBN 978-7-313-13432-5

I. ①数… II. ①侯… III. ①数控机床 IV.
①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 163406 号

数控技术及其应用

主 编: 侯培红

出版发行: 上海交通大学出版社

邮政编码: 200030

出 版 人: 韩建民

印 制: 上海颀辉印刷厂

开 本: 787 mm×960 mm 1/16

字 数: 535 千字

版 次: 2015 年 12 月第 1 版

书 号: ISBN 978-7-313-13432-5/TG

定 价: 49.00 元

地 址: 上海市番禺路 951 号

电 话: 021-64071208

经 销: 全国新华书店

印 张: 23.75

印 次: 2015 年 12 月第 1 次印刷

版权所有 侵权必究

告读者: 如发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系

联系电话: 021-57602918

《卓越机电工程师》系列教材

编写指导委员会成员

(排名不分先后)

何亚飞(上海第二工业大学)

李荣斌(上海电机学院)

王朝立(上海理工大学)

夏妍春(上海第二工业大学)

王廷军(上海电机学院)

邬建江(上海电气集团上海电机厂有限公司)

沈尧荣(上海电气集团上海重型机器厂有限公司)

胡 雄(上海海事大学)

王世明(上海海洋大学)

鞠全勇(金陵科技学院)

薛士龙(上海海事大学)

许晓彦(上海海事大学)

总序

随着制造业将再次成为全球经济稳定发展的引擎,世界各主要工业国家都加快了工业发展的步伐。从美国的“制造业复兴”计划到德国的“工业 4.0”战略,从日本的“智能制造”到中国的《中国制造 2025》发布,制造业正逐步成为世界各国经济发展的重中之重。我国在不久的将来,将从“制造业大国”走向“制造业强国”,社会和企业对工程技术应用型人才的需求也将越来越大,从而也大大推进了应用型本科教育的改革。

本套“卓越机电工程师系列教材”的编辑和出版就是为了迎接制造业的迅猛发展对工程技术应用型人才培养所提出的挑战。同时,我们也希望它能够积极地抓住当前世界范围内工程教育改革和发展的机遇。

参加编写这套教材的教师无不在高等职业教育领域工作多年,尤其在工程实践和教学中饶有心得体会。首先,我们将教材的编写内容聚焦在“机电”工程领域。传统意义上讲,这似乎是两大机电类工程技术领域,但从今天“工业 4.0”意义上来讲,其内涵将会在机械制造理论与技术、机电一体化技术、电子与微电子技术、传感器与测量技术、高端装备制造与应用、智能制造技术、控制通讯与网络、计算机与软件及“云”服务技术等各个方面将融为一体。因此,这套“卓越机电工程师系列教材”将对于现在和未来从事于制造业的工程型、技术型人才来说是不可或缺的重要参考资料之一。

其次,我们要求教材的编写内容做到“必要、前沿、实用”。应用型人才也必须掌握相应领域的基础理论知识。因此,在这套教材中,我们要求涉及必要的基础理论,但以“够用”为度,重“叙述”少“推导”;为了适应时代发展的需要,应用型人才还必须掌握本领域的最新技术。在这套教材中,我们还要求介绍最前沿的发展技术和最新颖的机电产品,让学生了解现代制造业的发展态势;为了突出本科工程教育的应用型特点,我们要求本套教材内容的选择要面向工程、面向技术、面向实际、面向地区经济发展的需求。能让学生缩短上岗工作时间、快速适应以及胜任工作岗位的挑战应该是这套教材编写的特色和创新之所在。

本系列教材的编者们非常感谢上海交通大学出版社。感谢他们做了充分的策划和出版方面的支持。我们愿意和出版社一起,响应《关于加快发展现代职业教育的决定》号召,为“试点推动、示范引领”做出我们绵薄的贡献。鉴于编者们的学识,我们非常欢迎广大同仁们在使用后提出建议、意见和批评,我们一定会认真分析,不断提高这套教材的水平,为迎接应用型本科教育春天的到来提供正能量。

何亚飞

2015 年 12 月 6 日于上海

前 言

本书是根据高等院校教学计划和教学大纲编写的。

本书作为介绍数控技术的教材,包含了数控机床及其加工技术比较系统的内容。全书共分为七章:第一章概述,主要介绍数控技术的现状及发展趋势、数控机床的基本组成及工作原理、数控机床的分类及其特点;第二章计算机数控系统,主要介绍硬件体系结构、软件结构、插补原理和刀具补偿功能原理;第三章伺服系统与位置检测装置,主要介绍伺服系统概述、伺服驱动电动机、位置检测装置;第四章数控机床的机械结构,主要介绍机械机构的特点、主传动系统(主轴驱动及其机械结构)、进给传动系统、自动换刀系统(装置)、回转工作台;第五章数控加工编程基础,主要介绍数控加工编程基础知识、数控机床加工工艺分析、数控编程基本功能与数控机床操作功能;第六章数控车床程序编制,主要介绍数控车床编程、刀尖圆弧半径补偿等内容;第七章数控铣床和加工中心程序编制,主要介绍数控铣床和加工中心编程、刀具半径补偿、孔加工固定循环、比例与镜像编程等内容;第八章宏指令编程,介绍 B 类和 A 类宏程序编程及其应用;第九章数控机床的使用与维护,主要介绍数控机床的选用、数控机床的使用与维护保养。

数控技术是一门综合性很强的学科,也是近年来飞速发展的学科之一,已经广泛地应用于飞机、汽车、船舶、家电、通讯等各行各业。考虑到技术本科教育的特点和数控技术相关职业技能培养的特点,本书对数控编程相关内容做了较为全面、细致的介绍,而且在编写过程中,从知识传授和编程技能提升循序渐进出发,不仅内容的编排顺序符合一般思维习惯和衔接相对自然,而且图文并茂,浅显易懂,易学易教,教学安排的可操作性强。

本书由在教学第一线多年从事数控技术、数控编程教学,课堂教学和实践实训教学经验丰富的教师执笔编写。第一章由马雪芬编写,第二章由欧阳华兵编写,第三章和第四章由郁斌强编写,第六章和第七章由华丽娟和侯培红编写,第五章和第九章由侯培红和张韬编写。全书由侯培红统稿。

本书主要作为本科院校数控技术及其相关专业学生用书和教师教学参考书,也可供成人高校、电大、夜大、高职高专等不同层次数控技术相关专业作为教材或参考书使用。

由于编者编写水平有限,书中不当和错误之处在所难免,恳请使用本书的教师和广大读者提出宝贵意见和建议,以便加以完善,在此表示谢意。也对编写本书给予我们支持和帮助的众位老师一并在表示感谢。

编者

2015 年 6 月

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 数控技术的现状及发展趋势	1
1.2 数控机床的基本组成及工作原理	7
1.3 数控机床的分类及其特点	10
思考与练习	16
第 2 章 计算机数控系统	17
2.1 概述	17
2.2 CNC 装置的硬件结构	22
2.3 CNC 装置的软件结构	29
2.4 数控机床的插补原理	37
2.5 刀具半径补偿	62
思考与练习	69
第 3 章 伺服系统与位置检测装置	71
3.1 数控机床伺服系统概述	71
3.2 伺服驱动电动机	73
3.3 位置检测装置	83
思考与练习	97
第 4 章 数控机床的机械结构	98
4.1 机械结构的特点	98
4.2 数控机床的主传动系统	99
4.3 数控机床的进给传动系统	103
4.4 自动换刀装置	113
4.5 回转工作台	122

思考与练习	126
第 5 章 数控加工编程基础	127
5.1 数控加工编程基础知识	127
5.2 数控机床加工工艺分析	143
5.3 数控系统的功能指令	198
思考与练习	204
第 6 章 数控车床程序编制	206
6.1 数控车床编程基础	206
6.2 坐标运动指令	219
6.3 刀尖圆弧半径自动补偿	223
6.4 固定循环	227
6.5 数控车削综合编程示例	245
思考与练习	248
第 7 章 数控铣床、加工中心程序编制	250
7.1 数控铣床、加工中心编程基础	250
7.2 坐标运动指令	255
7.3 数控铣床刀具补偿	260
7.4 固定循环功能	273
7.5 几种特殊编程指令	294
思考与练习	304
第 8 章 用户宏程序	309
8.1 宏程序的概念	309
8.2 自定义用户宏概括	311
8.3 变量与变量运算	314
8.4 B 类用户宏程序	320
8.6 A 类用户宏程序	343
思考与练习	348

第 9 章 数控机床的选用、验收、调试与维护	350
9.1 数控机床的选用	350
9.2 数控设备的安装、调试与验收	353
9.3 数控设备的维护、保养	359
思考与练习	364
主要教学参考书	365

第1章 概述

1.1 数控技术的现状及发展趋势

1.1.1 数控技术的基本概念

数字控制(numerical control)是一种借助数字、字符或者其他符号对某一工作过程进行编程控制的自动化方法。数字控制的产生依赖于数据载体和二进制形式数据运算的出现。随着现代计算机的出现,数字控制通常使用专门的计算机,操作指令以数字形式表示,机器设备按照预定的程序进行工作。

数控技术是指用数字、文字和符号组成的数字指令来实现一台或多台机械设备运作控制的技术。它所控制的通常是位置、角度、速度等机械量和与机械能量流向有关的开关量。数控装备则是以数控技术为代表的新技术应用于传统制造产业和新兴制造业而形成的机电一体化产品,即所谓的数字化装备。数控装备技术是集机械制造技术、计算机技术、自动控制技术、传感检测技术、网络通信技术和软件技术等于一体的现代制造业的基础技术。数控技术是发展新兴技术产业和尖端工业(如信息技术及其产业,生物技术及其产业,航空、航天等国防工业产业)的使能技术,并且数控装备是这些产业最基本的装备。它在提高生产率、降低成本、保证加工质量及改善工人劳动强度等方面都有突出的优势,特别是在适应机械产品更新快、小批量、多品种的生产方面。各类数控装备是实现先进制造技术的关键。数控技术是制造自动化的基础,是现代制造装备的灵魂核心,是国家工业和国防工业现代化的重要手段。数控技术的发展水平关系到国家战略地位,体现着国家综合国力水平,其水平的高低和数控装备拥有量的多少是衡量一个国家工业现代化的重要标志。

从广义上看,数控技术本身在工业控制与测量、理化试验与分析、物质与信息的传播、建筑业以及科学管理等领域都有着广泛的应用。本书中的数控技术具体指机床数控技术,是从狭义上而言的数控技术。

数控技术包括数控系统、数控机床及外围技术,其组成如图1-1所示。

数控系统是一种程序控制系统,它严格按照外部输入的数控加工程序控制机床运动并加工零件。数控机床就是采用了数控技术的机床,或者说是具有数控系统的机床。国际信息处理联盟(International Federation of Information Processing)第五技术委员会对数控机床做了如下定义:数控系统是一种装有程序控制系统的机床,该系统能够逻辑地

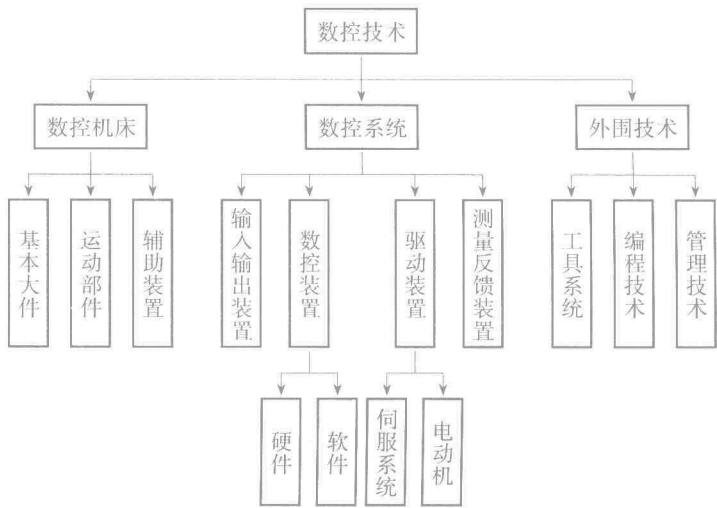


图 1-1 数控技术的组成

处理具有使用代码或其他符号编码指令规定的程序。定义中所提的程序控制系统就是数控系统(numerical control system)。最初的数控系统是由数字逻辑电路构成的专用硬件数控系统。随着微型计算机的发展,硬件数控系统逐渐被淘汰,取而代之的是计算机数控系统(computer numerical control system,CNC)。CNC 系统是由计算机承担数控中的命令发生器和控制器的数控系统。由于计算机可完全由软件来确定数字信息的处理过程,从而具有真正的柔性,并可以识别硬件逻辑电路难以处理的复杂信息,使数字控制系统的性能大大提高。

1.1.2 数控技术的发展历程

1. 体系结构的发展

数控技术从发明到现在,已经有 60 多年的历史。按照电子器件的发展可分为 5 个阶段:电子管数控,晶体管数控,中小规模集成电路数控,小型计算机数控和微处理器数控。从控制方式的发展看,数控系统经历了步进电机驱动的开环系统和伺服电机驱动的闭环系统两个阶段。按照体系结构的发展看,数控系统经历了硬件及连线组成的硬数控系统和计算机硬件及软件组成的 CNC 系统,后者也称为软数控系统。为适应日益复杂的制造过程,要求数控系统具有良好的人机界面和开发平台,这就产生了开放结构的数控系统,并向基于 PC 的全数字化体系结构发展。

2. 伺服技术的发展

伺服技术是数控系统的重要组成部分。广义上说,采用计算机控制,控制算法采用软件的伺服装置称为“软件伺服”。20 世纪 70 年代,美国 GATTYS 公司发明了直流力矩伺服电机,从此直流电机驱动被广泛使用。开环的系统逐渐由闭环的系统取代,直流电机显示出一定的缺陷。随着电力电子技术的发展,70 年代末,数控机床开始采用异步电机作为主轴的驱动电机。从 80 年代开始,人们逐渐将永磁无刷电机应用在数控系统的进给驱动装置上。为了实现更高的加工精度和速度,90 年代,许多公司又研制了直线电机。对现代数控系统,伺服技术取得的最大突破可归结为:用交流驱动取代直流驱动以及用数

字控制取代模拟控制,后者又可称为用软件控制取代硬件控制。这两种突破的结果是产生了交流数字驱动系统,该系统应用在数控机床的伺服进给和主轴装置上。电力电子技术、控制理论及微处理器等微电子技术的快速发展,软件运算及处理能力的提高,使系统的计算速度大大提高。这些技术的突破,使伺服系统的性能得到了很大的改善——可靠性提高、调试方便、柔性增强,大大推动了高精高速加工技术的发展。

3. 通信功能的发展

数控系统从控制单台机床到控制多台机床的分级式控制需要网络,网络的主要任务是进行通信,共享信息。这种通信通常分为三级:工厂管理级、车间单元控制级和现场设备级。现场级与车间级是实现工厂自动化及计算机集成制造系统(CIMS)的基础。在网络化基础上,数控系统还可以方便地与 CAD/CAM 集成为一体,使数控机床联网运行,使车间网络化监控、维护与管理变成现实,实现了中央集中控制的群控加工。

4. 数控技术的应用

从数控系统的应用过程看,自从 1952 年美国麻省理工学院研制出第一台试验性数控系统以来,数控系统大致经历了以下 4 个阶段:

(1) 1952—1969 年是研究开发阶段。典型应用:数控车床、数控铣床、数控钻铣床;工艺方法:简单工艺;数控功能:NC 控制、3 轴以下;驱动特点:步进电机、液压电机。

(2) 1970—1985 年是推广应用阶段。典型应用:加工中心、电加工、锻压;工艺方法:多种工艺方法;数控功能:CNC 控制、刀具自动交换、五轴联动较好的人机界面;驱动特点:直流伺服电机。

(3) 1982 年进入系统化阶段。典型应用:柔性制造单元(FUC)、柔性制造系统(FUS);工艺方法:完整的加工过程;数控功能:多台车床和辅助设备协同,多坐标控制,高精度、高速度,友好的人机界面;驱动特点:交流伺服电机。

(4) 1990 年进入性能集成化阶段。典型应用:计算机集成制造系统(CIMS)、无人工厂;工艺方法:复合设计加工;数控功能:多过程、多任务调度、模板化和复合化;驱动特点:数字智能化直线驱动。

1.1.3 我国数控技术的发展现状

我国数控技术起步于 20 世纪 50 年代末期,经历了初期的封闭式开发阶段,“六五”、“七五”期间以及“八五”前期的消化吸收、技术引进阶段,“八五”期间建立国产化体系阶段,在此阶段,由于改革开放和国家的重视,以及研究开发环境和国际环境的改善,我国数控技术在研究、开发和产品的国产化方面都取得了长足的进步。第四阶段是在国家“八五”的后期和“九五”期间,即实施产业化的研究,进入市场竞争阶段。目前我国已经基本掌握了现代数控技术,建立了数控产品的开发、生产基地,并已具备商品化开发数控装置、驱动装置、数控主机的能力,培养了一批数控专业人才,初步形成了自己的数控产业。数控机床的产量与消费量与日俱增,仅 2000—2004 年数控机床的消费量就增长了 3 倍,产量年增长近 40%。从纵向看,我国数控技术发展的速度很快,但是由于系统技术含量低,产生的附加值少,不具备与进口系统进行全面抗衡的能力,所以只在低端市场占有一席之地,我国所生产的中档普及型数控机床的功能、性能和可靠性等在低端市场已具有较强的

竞争力。但在中、高档数控机床方面,与国外一些先进产品相比,仍存在较大差距,这是由于欧美日等先进工业国家于 80 年代先后完成了数控机床产业进程,其中一些著名机床公司致力于科技创新和新产品的研发,引导着数控机床技术的发展,如美国英格索尔公司和德国惠勒喜乐公司对用于汽车工业和航空工业高速数控铣床的研发,日本牧野公司对高效精密加工中心所作的贡献,德国瓦德里希公司在重型龙门五面加工铣床方面的开发,以及日本马扎克公司研发的车铣中心对高效复合机床的推进等。相比之下,我国大部分近代机床产品在技术上处于跟踪阶段。国产数控机床在国家的宏观经济的调控下发展很快,成绩突出,并且国家给予了经济和政策上的支持,但是从总体来说,国产数控机床与国外的数控机床同类产品相比,在性能上、可靠性上远远不如后者,还不能完全满足用户的需要,特别是在高档数控机床方面。这就造成了近几年数控机床的大量进口,进口数量逐年激增,国产数控机床与进口的数控机床没有可比性,市场上所占的份额越来越低。总之,与国外相比,我国数控技术的发展还有不小的差距。主要问题有以下几方面:

(1) 信息化技术基础薄弱,对国外技术依存度高。我国数控机床行业总体的技术开发能力和技术基础薄弱,信息化技术应用程度不高。行业现有的信息化技术主要依靠引进国外技术,对国外技术的依存度较高,对引进技术的消化仍停留在掌握已有技术和提高国产化率上,没有上升到形成产品自主开发能力和技术创新能力的高度。具有高精、高速、高效、复合功能、多轴联动等特点的数控机床基本上还依赖进口。

(2) 产品成熟度较低,可靠性不高。国外数控系统平均无故障时间在 10 000 h 以上,国内自主开发的数控系统仅 3 000~5 000 h;整机平均无故障工作时间国外达 800 h 以上,国内最好的数控系统只有 300 h。

(3) 创新能力低,市场竞争力不强。我国生产数控机床的企业虽然有百余家,但大多数未能形成规模生产,信息化技术利用不足,创新能力低,制造成本高,产品市场竞争能力不强。

1.1.4 数控技术的发展趋势

数控技术的应用不但给传统制造业带来了革命性的变化,使制造业成为工业化的象征,而且随着数控技术的不断发展和应用领域的扩大,它对国计民生的一些重要行业的发展起着越来越重要的作用,因为这些行业所需装备的数字化已经是现代发展的大势所趋。从目前世界上数控技术及其装备发展的趋势看,其主要研究的热点在性能、功能和体系结构三个方面。

- 1. 性能发展方向
- 1) 高速、高精度化

速度、精度和效率是机械制造技术的关键性能指标。高速切削加工不仅可以提高生产效率,而且可以改善加工质量,所以从 20 世纪 90 年代初开始,便成为机床技术重要的发展方向。高速切削加工正在与硬切削加工、干切削加工和准干切削加工以及超精密切削加工相结合,正在从铣削向车、钻、镗等其他工艺扩展,正在向较大切削负荷方向发展。

当前精密和超精密加工的技术水平,加工所能达到的精度、表面粗糙度、加工尺寸范

围和几何形状是反映一个国家制造技术水平的重要标志之一。在数控机床精密化方面,美国的水平最高,不仅生产中小型精密机床,而且根据国防和尖端技术的需要,研究开发了大型精密机床。其代表产品有 LLL 实验室研制成功的 DTM-3 型精密车床和 LODTM 大型光学金刚石车床,它们是世界公认水平最高的、达到当前技术最前沿的大型精密机床。其他国家也相应研制成功各种类似的装备,如英国的克兰菲尔德大学、日本的东芝机械等。近年来我国对超精密机床的研制也一直在进行。北京机床研究所研制成功了 JCS-027 型超精密车床、JCS-03 型超精密铣床、JCS-035 型数控超精密车床等。

2) 柔性化

它主要体现在两个方面:数控系统本身的柔性和群控系统的柔性。数控系统采用模块化设计,功能覆盖面大,可裁剪性强,便于满足不同用户的需求。同一群控系统能依据不同生产流程的要求,使物料和信息流自动进行动态调整,从而最大限度地发挥群控系统的效能。

3) 工艺复合和多轴化

为了提高生产率和加工精度,制造企业对复合化加工的要求越来越高。近年来,美国、日本、德国等工业发达国家投入了大量人力、物力研究开发适应多品种变批量生产要求的,能实现跨工艺复合和多轴联动加工的复合加工机床。已研制成功并投入应用的有:加工中心与车削中心复合机床,加工中心与激光加工复合机床,集车、磨、铣、钻、铰、镗、滚齿等工序为一体的车磨复合机床等。例如日本 MAZAK 公司研制生产的 INTEGREX_e650H-S 五轴车铣复合中心,便是车削中心和加工中心的结合,大大扩展了加工范围。

近年来五轴以及五轴以上联动数控机床的研究也日益深入。因为采用五轴联动加工三维曲面零件,可选用刀具最佳几何形状进行切削,不仅提高了被加工零件的表面质量,而且加工效率也大幅度提高。

总之,为使加工过程链集约化,提高工序的集中度,提高多品种变批量加工的工效,复合加工数控机床的研究与发展速度正在加快,各种跨类别工艺复合、多面多轴联动加工、供需复合的数控机床应用日益广泛。

4) 智能化

21 世纪的数控装备将是具有一定智能化的系统,智能化渗透到数控技术的各个分支,可大大提高数控技术的整体水平。智能化分为以下几方面:为实现加工效率和加工质量的智能化,如加工过程的自适应控制、工艺参数自动生成;为提高驱动性能及使用连接方面的智能化,如前馈控制、电机参数的自适应运算、自动识别负载等;简化编程、简化操作方面的智能化,如智能化的自动编程、智能化的人机界面等;智能诊断、智能监控可以方便系统的诊断及维修等。

数控系统在控制性能上向智能化发展。随着人工智能在计算机领域的渗透和发展,数控系统引入了自适应控制、模糊系统和神经网络的控制机理,不但具有自动编程、前馈控制、模糊控制、学习控制、自适应控制、工艺参数自动生成、三维刀具补偿、运动参数动态补偿等功能,而且人机界面极为友好,并具有故障诊断专家系统,使自诊断和故障监控功能更加完善。伺服系统智能化的主轴交流驱动和智能化进给伺服装置,能自动识别负载并自动优化调整参数。直线电机驱动系统已经实用化。

2. 功能发展方向

1) 用户界面图形化

用户界面是数控系统与使用者之间的对话接口。由于不同用户对界面的要求不同,所以开发用户界面的工作量极大,用户界面成为计算机软件研制中最困难的部分之一。当前互联网、虚拟现实、科学计算可视化及多媒体等技术也对用户界面提出了更高的要求。图形用户界面极大地方便了非专业用户的使用,人们可以通过窗口和菜单进行操作,便于蓝图编程和快速编程、三维彩色立体动态图形显示、图形模拟、图形动态跟踪和仿真、不同方向的视图和局部显示比例缩放功能的实现。

2) 科学计算可视化

科学计算可视化可用于高效处理数据和解释数据,使信息交流不再局限于用文字和语言表达,而可以直接使用图形、图像、动画等可视信息。可视化技术与虚拟环境技术相结合,进一步拓宽了应用领域,如无图纸设计、虚拟样机技术等,这对缩短产品设计周期、提高产品质量、降低产品成本具有重要意义。在数控技术领域,可视化技术可用于 CAD/CAM,如自动编程设计、自动参数设定、刀具补偿和刀具管理数据的动态处理和显示以及加工过程的可视化方针演示等。

3) 插补和补偿方式多样化

多种插补方式如直线插补、圆弧插补、圆柱插补、空间椭圆曲面插补、螺纹插补、极坐标插补、2D+2 螺旋插补、NURBS 插补(非均匀有理 B 样条插补)、样条插补(A, B, C 样条)、多项式插补等。多种补偿功能如间隙补偿、垂直度补偿、象限误差补偿、螺距和测量系统误差补偿、与速度相关的前馈补偿、温度补偿、带平滑接近和退出以及相反点计算的刀具半径补偿等。

4) 内装高性能数控系统

数控系统内装高性能 PLC 控制模块,可直接用梯形图或高级语言编程,具有直观的在线调试和在线帮助功能。编程工具中包含用于车床铣床的标准 PLC 用户程序实例,用户可在标准 PLC 用户程序基础上进行编辑修改,从而方便地建立自己的应用程序。

5) 多媒体技术应用

多媒体技术集计算机、声像和通信技术于一体,使计算机具有综合处理声音、文字、图像和视频信息的能力。在数控技术领域,应用多媒体技术可以做到信息处理综合化、智能化,在实时监控系统和生产现场设备的故障诊断、生产过程参数监测等方面有着重大的应用价值。

3. 体系结构发展

1) 模块化、网络化和集成化

硬件模块易于实现数控系统的集成化和标准化。根据不同的功能需求,将基本模块,如 CPU、存储器、位置伺服、PLC、输入输出接口、通信等模块,做成标准的系列化产品,通过积木方式进行功能裁剪和模块数量的增减,构成不同档次的数控系统。

数控装备的网络化将极大地满足生产线、制造系统、制造企业对信息集成的需求,也是实现新的制造模式如敏捷制造、虚拟企业、全球制造的基础单元。机床联网可进行远程控制 and 无人化操作。通过机床联网,可在任何一台机床上对其他机床进行编程、设定、操

作、运行,不同机床的画面可同时显示在每一台机床的屏幕上。

国际主流数控系统厂商在研制最新数控系统的同时,都非常注重对 CAD/CAM/CNC 集成技术的开发,并明确地将图形化、集成式的编程系统作为扩展数控系统功能、提高数控系统人机交互方式友好性的重要途径。SIEMENS 的 Shop Turn、Shop Mill 车间集成式编程系统,FANUC 公司的集成式编程系统,HEIDENHAIN 公司对话框式集成式编程系统等,都已经进入了市场化阶段。

2) 开放性

采用通用计算机组成总线式、模块化、开放式、嵌入式体系结构,便于裁剪、扩展和升级,可组成不同档次、不同类型、不同集成度的数控系统。1987 年美国空军发表了著名的 NGC(Next Generation Workstation/Machine Controller)计划,首先提出了开放式体系结构的控制器概念。20 世纪 90 年代开始,美国国家标准技术研究院提出了 EMC(增强型机床控制器)计划,通用、福特和克莱斯勒三大汽车公司提出了 OMAC(开放模块体系结构控制器)计划。目前,除美国外,许多国家和地区也都制定了开放式数控系统的研究计划。

3) 标准化、规范化

数控标准是制造业信息化发展的一种趋势。数控技术诞生后的信息交换都是基于 ISO6983 标准,即采用 G 代码或 M 代码描述如何加工,其本质特征是面向加工过程。显然该标准已经越来越不能满足现代数控技术高速发展的需要,为此,国际上正在研究和制定一种新的 CNC 系统标准 ISO14649(STEP-NC),其目的是提供一种不依赖于具体系统的中性机制,能够描述产品整个生命周期内的统一数据模型,从而实现整个制造过程,乃至各个工业领域产品信息的标准化。

STEP-NC 的出现可能是数控技术领域的一次革命,对于数控技术的发展乃至整个制造业将产生深远的影响。目前,欧美国家非常重视 STEP-NC 的研究,欧洲发起了 STEP-NC 的 IMS 计划。美国的 STEP Tools 公司是全球范围内制造业数据交换软件的开发者,它已经开发了用作数控机床加工信息交换的超级模型,其目标是用统一的规范描述所有加工过程。这种信息的数据交换格式已经在配备了 SIEMENS、FIDIA 以及欧洲 OSACA-NC 数控系统的原型样机上进行了验证。

1.2 数控机床的基本组成及工作原理

1.2.1 数控机床组成

数控机床是典型的数控化设备,一般由输入/输出装置、数控装置、辅助控制装置、驱动装置、测量反馈装置和机床本体组成,如图 1-2 所示。

1. 输入/输出装置

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操作面板上的按钮和键盘用手工方式直接输入数控系统;数控加工程

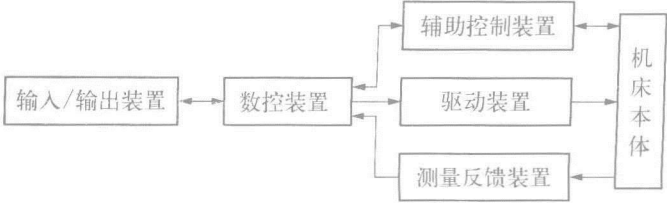


图 1-2 数控机床组成

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。高级的数控系统可能还包含一套自动编程机或者 CAD/CAM 系统,由这些系统实现编制程序和输入程序。

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。

输出装置指输出内部工作参数(含数控机床正常工作和理想工作状态下的原始参数,故障诊断参数等),一般在机床刚开始工作时需输出这些参数作记录保存,待工作一段时间后,再将输出与原始资料作比较、对照,可帮助判断机床工作是否维持正常。

2. 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。

3. 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、润滑装置的起动停止,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。

可编程控制器 (programmable controller,PC)是一种以微处理器为基础的通用型自动控制装置,专为在工业环境下应用而设计的。由于最初研制这种装置的目的是为了解决生产设备的逻辑及开关控制,故把它称为可编程逻辑控制器 (programmable logic controller,PLC)。当 PLC 用于控制机床顺序动作时,也可称之为编程机床控制器 (programmable machine controller,PMC)。由于 PLC 具有响应快,性能可靠,易于使用、编程和修改程序以及可直接起动机床开关等特点,现已广泛用作数控机床的辅助控制装置。

4. 驱动装置

驱动装置是数控系统的执行部分,它的主要作用是接受来自数控装置的指令信息,经功率放大器后,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、加工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