



高等职业教育机电类专业规划教材
国家技能型紧缺人才培养教材

数控机床控制技术

SHUKONG JICHUANG KONGZHI JISHU

高等职业教育机电类专业教学研究会 组编

主编：邓健平 副主编：张若锋 主审：宋继军



中南大学出版社

高等职业教育机电类专业规划教材

主要内容

图书在版编目(CIP)数据

数控机床控制技术 / 邓健平主编. — 长沙: 中南大学出版社, 2007.8. 1册, 24cm

ISBN 978-7-81105-587-0
I. ①数... II. ①邓... III. ①数控机床—控制技术—教材 IV. ①TG659

数控机床控制技术 / 邓健平主编. — 长沙: 中南大学出版社, 2007.8. 1册, 24cm

数控机床控制技术

高等职业教育机电类专业教学研究分会 组编

主 编 邓健平

副主编 张若锋

主 审 宋继军

□责任编辑 谭 平

□责任印制 宋桂武

□出版发行 中南大学出版社

社址: 长沙市麓山南路

邮编: 410083

发行科电话: 0731-8876770

传真: 0731-8710482

□印 装 长沙康和印务有限公司

□开



1/16

□印张 13

□字数 315 千字

□版

2007年8月第1版

□2007年8月第1次印刷

□书

978-7-81105-587-0

□定

价 24.00 元

中南大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

数控机床控制技术/邓健平主编. —长沙:中南大学出版社,
2007.8

ISBN 978-7-81105-587-0

I. 数… II. 邓… III. 数控机床—控制系统 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 118505 号

数控机床控制技术

邓健平 主编

☐责任编辑 谭 平

☐责任印制 文桂武

☐出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路

邮编:410083

发行科电话:0731-8876770

传真:0731-8710482

☐印 装 长沙瑞和印务有限公司

☐开 本 787×1092 1/16 ☐印张 13 ☐字数 315 千字

☐版 次 2007 年 8 月第 1 版 ☐2007 年 8 月第 1 次印刷

☐书 号 ISBN 978-7-81105-587-0

☐定 价 24.00 元

图书出现印装问题,请与经销商调换



高等职业教育机电类专业规划教材

国家技能型紧缺人才培养教材

编写委员会

主 任：金潇明

副主任：（以姓氏笔画为序）

李建跃 肖智清 钟振龙 梁 勇 曾宪章

委 员：（以姓氏笔画为序）

王志泉 王定祥 王凌云 皮智谋 许文全

刘茂福 肖正祥 汤光华 汤忠义 李绪业

张导成 欧阳中和 张秀玲 张若峰 胡智清

晏初宏 徐政坤 郭紫贵 黄红辉 梁旭坤

董建国 曾霞文 管文华 谭海林 樊小年



总 序

加入世贸组织后,我国机械制造业迎来了空前的发展机遇,我国正逐步变成“世界制造中心”。为了增强竞争能力,中国制造业开始广泛使用先进的数控技术、模具技术,21世纪机械制造业的竞争,其实是数控技术的竞争。随着数控技术、模具技术的迅速发展及数控机床的急剧增长,我国机械企业急需大批数控机床编程、操作、维修技术人才及模具设计与制造技术人才,而目前劳动力市场这种技术应用型人才严重短缺。为此,教育部会同劳动和社会保障部、国防科工委、信息产业部、交通部、卫生部联合启动了“职业院校制造业和现代服务业技能型紧缺人才培养培训工程”,明确了高等职业教育的根本任务就是要从劳动力市场的实际需要出发,坚持以就业为导向,以全面素质为基础,以能力为本位,努力造就数以千万计的制造业和现代服务业一线迫切需要的高素质技能型人才。并在全中国选择确定了90所高职院校、96所中职院校作为数控技术技能型紧缺人才培养培训工程示范院校,推荐403个企事业单位作为校企合作数控培养培训基地。计划2003~2007年向社会输送数控专业毕业生数十万人,提供短期培训数十万人次,以缓解劳动力市场数控技能型人才紧缺的现状。

大量培养技能型人才中的一个重要问题就是教材。在机电类专业高等职业教育迅速发展的同时,具有高职特色的机电类专业教材极其匮乏,不能满足技能型人才培养的需要。为了适应机电类高职教育迅速发展的形势,在湖南省教育厅职成处,湖南省教育科学研究院的支持、指导和帮助下,湖南省高等职业教育机电类专业教学研究会和中南大学出版社进行了广泛的调研,探索出版符合高职教育教学模式、教学方式、教学改革的新教材的路子。他们组织全国30多所高职院校的院系领导及骨干教师召开了多次教材建设研讨会,充分交流了教学改革、课程设置、教材建设的经验,把教学研究与教材建设结合起来。并对机电类专业高职教材的编写指导思想、教材定位、特色、名称、内容、篇幅进行了充分的论证,统一了思想,明确了思路。在此基础上,由湖南省高等职业教育机电类专业教学研究会牵头,成立了“湖南省机电类专业规划教材编委会”,组织编写出版了高等职业教育机电类专业系列教材,这套教材包括机电类所有专业的公共专业基础课教材及数控、模具专业的核心专业课教材。教材的编委会由业内权威教授、专家、高级工程师技术人员组成,作者都是具有丰富教学经验、较高学术水平和实践经验的教授、专家及骨干教师、双师型教师。编委会通过推荐、招标、遴选确定了每本书的主编,并对每本书的编写大纲、内容进行了认真的审定,还聘请了中南大学、湖南大学等高校的教授、专家担任教材主审,确保了教材的高质量及权威性和专业性。

根据高职教育应用型人才培养目标,这套教材既具有高等教育的知识内涵,又具有职业教育的职业能力内涵,主要体现了以下特点。

(1) 以综合素质为基础,以能力为本位。

本套教材把提高学生能力放在突出的位置,符合教育部机电类专业教学基本要求和人才

培养目标,注重创新能力和综合素质培养。尽量做到理论与实践的零距离,教材的编写注重技能性、实用性,加强实验、实训、实习等实践环节,力求把学生培养成为机电行业一线迫切需要的应用型人才。

(2) 以社会需求为基本依据,以就业为导向。

适应社会需求是职业教育生存和发展的前提,也是职业教育课程设置的基本出发点。本套教材以机电企业的工作需求为依据,探索和建立根据企业用人“订单”进行教育与培训的机制,明确职业岗位对核心能力和一般专业能力的要求,重点培养学生的技术运用能力和岗位工作能力。教材选用了技术先进、占市场份额最大的 FANUC(法那科)、SIEMENS(西门子)和华中典型数控系统,既具针对性,又兼适应性,使学生具有较强的就业岗位适应能力。

(3) 反映了机电领域的新知识、新技术、新工艺、新方法。

本套教材充分反映了机电行业内最新发展趋势和最新研究成果,体现了数控、模具领域的新知识、新技术、新工艺、新方法,克服了以往专业教材中存在的陈旧、更新缓慢的弊端,选择了目前最新的数控系统为典型实例,采用了最新的国家标准及相关技术标准。

(4) 贯彻学历教育与职业资格证书、技能证考试相结合的精神。

本套教材把职业资格证书、技能证考证的知识点与教材内容相结合,将实践教学体系与国家职业技能鉴定标准实行捆绑,设计了与数控(车、铣)等工种技能考证基本相同的教材体系和标准板块,安排了相应的考证训练题及考证模拟题,使学生在获得学分的同时,也能较容易地获得职业资格证书。

(5) 教材内容精炼。

本套教材以工程实践中“会用、管用”为目标,理论以“必需、够用”为度,对传统教材内容进行了精选、整合、优化和压缩,能更好地适应高职教改的需要。由于作了统一规划,相关教材之间内容安排合理,基础课与专业课有机衔接,全套教材具有系统性、科学性。

(6) 教材体系立体化。

为了方便老师教学和学生学,本套教材提供了电子课件、电子教案、教学指导、教学大纲、考试大纲、题库、案例素材等教学资源支持服务平台。

教材的生命力在于质量,而提高质量是永恒的主题。希望教材的编委会及出版社能做到与时俱进,根据高职教育改革的形势及机电类专业技术发展的趋势,不断对教材进行修订、改进、完善,精益求精,使之更好地适应高等职业教育人才培养的需要,也希望他们能够一如既往地依靠业内专家,与科研、教学、产业第一线人员紧密结合,加强合作,不断开拓,出版更多的精品教材,为高等职业教育提供优质的教学资源和服务。

王键

2006年1月于长沙

(序作者为湖南省教育厅副厅长,教授、博士生导师)



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、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,机电一体化技术发展迅猛,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,在高职院校数控技术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。本书在编写过程中,以培养综合型、实用型人才为目标,在注重基础理论教育的同时,突出实践性教学环节。以数控机床控制技术为线索,从应用的角度综合介绍了电气控制技术、位置检测装置、数控伺服系统、可编程控制技术等内容,力图做到深入浅出,条理清楚、简明扼要、图文并茂,并在每章后面附上思考与练习,以利于学生自学和巩固所学的知识。本书还提供了一定的应用实例和部分技能实验课题,便于读者将所学知识综合化,因而具有一定的应用性。

本书可作为高职高专数控技术专业、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。

本书由湖南铁路科技职业技术学院邓健平主编。参加编写工作的人员分别是:邓健平编写第1、第5、第6章及实验,张若锋编写第2章,廖友军编写第3、第4章,张谦编写第7章,王小军编写第8章。

本书由湖南铁路科技职业技术学院宋继军担任主审,对教材提出了许多宝贵意见和建议,编者对此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中难免存在不妥之处,恳请读者批评指正。

编者

2007年6月



目 录

第1章 绪论	(1)
1.1 数控机床的组成及工作原理	(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	(2)
1.2 数控机床的特点及分类	(4)
1.2.1 数控机床的特点	(4)
1.2.2 数控机床的分类	(5)
1.3 数控机床控制技术概述	(6)
1.3.1 数控机床控制技术的基本概念	(6)
1.3.2 机械设备控制技术的发展	(7)
1.3.3 数控机床控制技术的发展趋势	(8)
思考与练习	(8)
第2章 电气控制技术	(9)
2.1 常用低压电器	(9)
2.1.1 接触器	(9)
2.1.2 继电器	(11)
2.1.3 熔断器	(15)
2.1.4 主令电器	(16)
2.1.5 低压隔离器	(18)
2.1.6 低压断路器	(19)
2.2 电气控制基本环节	(20)
2.2.1 国家电气制图标准简介	(20)
2.2.2 电气控制电路的逻辑代数分析方法	(21)
2.2.3 三相异步电动机的启动控制电路	(23)
2.2.4 三相异步电动机的正反转控制电路	(25)
2.2.5 三相异步电动机的制动控制电路	(27)
2.2.6 三相异步电动机的调速控制电路	(28)
2.2.7 电液控制	(30)
2.2.8 其他基本控制电路	(31)
2.3 典型电气控制电路分析	(34)
2.3.1 CA6140 卧式车床电气控制电路	(35)

2.3.2	X6132 卧式铣床电气控制电路	(36)
2.3.3	CJK6132 数控车床电气控制电路	(43)
2.3.4	DK7732 数控线切割机床电气控制电路	(44)
	思考与练习	(47)
第3章	位置检测装置	(49)
3.1	概述	(49)
3.1.1	伺服系统对位置检测装置的要求	(49)
3.1.2	位置检测装置的分类	(49)
3.1.3	数控检测装置的性能指标	(49)
3.1.4	位置检测装置的测量方式	(50)
3.2	感应同步器	(50)
3.2.1	感应同步器的结构和类型	(50)
3.2.2	感应同步器的工作原理	(51)
3.2.3	感应同步器的使用	(53)
3.3	光栅	(54)
3.3.1	光栅的分类	(54)
3.3.2	光栅的工作原理	(54)
3.3.3	光栅的安装	(56)
3.4	磁栅	(57)
3.4.1	磁栅结构	(58)
3.4.2	磁栅工作原理	(58)
3.5	旋转变压器	(59)
3.5.1	旋转变压器的工作原理	(59)
3.5.2	旋转变压器工作方式	(59)
3.6	脉冲编码器	(61)
3.6.1	增量式编码器	(61)
3.6.2	绝对式编码器	(61)
	思考与练习	(62)
第4章	数控伺服系统	(64)
4.1	概述	(64)
4.1.1	伺服系统的基本要求	(64)
4.1.2	数控机床伺服驱动系统的分类	(65)
4.2	进给伺服系统	(65)
4.2.1	直流伺服电动机	(65)
4.2.2	交流伺服电动机	(68)
4.2.3	步进电动机	(70)
4.2.4	进给伺服系统分类	(75)

4.2.5 进给伺服系统的位置控制	(76)
4.2.6 变频调速技术	(81)
4.2.7 三相交流永磁同步电动机的调速	(84)
4.2.8 全数字伺服系统介绍	(85)
4.3 主轴伺服系统	(86)
4.3.1 主轴电动机	(86)
4.3.2 交流主轴电动机的速度控制	(87)
4.3.3 主轴定向控制	(90)
思考与练习	(91)
第5章 可编程序控制器	(92)
5.1 概述	(92)
5.1.1 可编程序控制器的产生和发展	(92)
5.1.2 可编程序控制器的特点及分类	(93)
5.1.3 可编程序控制器的应用范围	(94)
5.2 可编程序控制器的工作原理	(94)
5.2.1 可编程序控制器的基本组成	(94)
5.2.2 可编程序控制器的工作原理	(96)
5.3 可编程序控制器的程序设计语言	(97)
5.3.1 梯形图(LAD)	(97)
5.3.2 语句表(STL)	(99)
5.3.3 顺序功能图(SFC)	(99)
5.4 数控机床的 PLC	(100)
5.4.1 数控机床的 PLC 的控制对象	(100)
5.4.2 数控机床的 PLC 的形式	(100)
5.4.3 输入/输出与通信接口	(103)
思考与练习	(103)
第6章 GE 系列 PLC 程序编制	(104)
6.1 各类软继电器及输入/输出定义号	(104)
6.2 GE 系列 PLC 指令系统及编程方法	(109)
6.2.1 基本逻辑指令	(109)
6.2.2 编程举例	(119)
思考与练习	(121)
第7章 S7-200 系列 PLC 程序编制	(125)
7.1 S7-200 系列 PLC 的编程元件	(125)
7.2 S7-200 系列 PLC 指令系统及编程方法	(129)
7.2.1 基本逻辑指令	(129)

7.2.2 定时器和计数器指令	(135)
7.2.3 逻辑堆栈指令	(140)
7.2.4 比较操作指令	(144)
7.2.5 程序控制指令	(144)
7.2.6 简单程序编制	(147)
7.3 PLC 编程软件的使用	(148)
7.3.1 软件系统概述	(148)
7.3.2 编程	(151)
7.3.3 程序调试及监控	(153)
思考与练习	(154)
第8章 数控机床控制技术综合实训	(156)
8.1 可编程序控制器控制系统的设计	(156)
8.1.1 系统设计的基本原则	(156)
8.1.2 系统设计的一般步骤	(156)
8.2 综合举例——机械手控制	(158)
8.2.1 工艺过程分析	(158)
8.2.2 控制要求分析	(160)
8.2.3 确定输入/输出设备及 I/O 点数	(160)
8.2.4 选择 PLC 机型	(161)
8.2.5 分配 I/O 端子地址编号	(161)
8.2.6 PLC 的程序设计	(162)
8.3 数控机床控制技术综合实训	(168)
8.3.1 综合实训1——继电器电路的 PLC 改造	(168)
8.3.2 综合实训2——组合机床动力滑台的控制	(172)
8.3.3 综合实训3——数控机床自动换刀系统控制	(173)
思考与练习	(176)
附录	
实验1 两地控制接触器联锁正反转控制电路的安装	(178)
实验2 串电阻减压启动控制电路的安装	(181)
实验3 进给驱动单元实验	(183)
实验4 主轴调速单元实验	(185)
实验5 西门子 S7-200 PLC 编程软件的使用	(186)
实验6 基本逻辑指令的应用	(187)
实验7 定时器指令的应用	(188)
实验8 计数器指令的应用	(190)
实验9 PLC 控制系统设计	(191)
参考文献	(192)



第1章 绪论

1.1 数控机床的组成及工作原理

1.1.1 数字控制技术

数字控制(Numerical Control)技术,简称数控(NC)技术,是指用数字化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。装备了数控系统的机床称为数控机床。数控机床的应用和发展,完全依赖数控系统的发展。自从1952年世界上第一台数控机床由美国麻省理工学院研制成功后,经历了五次更新换代。

第一代数控系统:1952年到1959年采用电子管元件构成的专用数控装置。其体积大、可靠性低、价格高,因此主要用于军工生产,没有得到推广。

第二代数控系统:1959年到1964年采用晶体管和印制板电路的数控装置。其体积大为减小,可靠性有所提高但还是较低,得不到广大用户的认可。

第三代数控系统:1965年到1970年采用中、小规模集成电路的数控装置。其体积不仅大大减小,可靠性也得到了实质性的提高,功耗也较低,能为一般用户所接受。

以上三代数控系统属于第一阶段,均为硬接线数控系统。这一阶段由于计算机的运算速度低,还不能适应机床适时控制的要求,所以只能采用由数字逻辑电路制成的专用计算机作为机床数控系统,称为数字控制系统,简称NC系统。

第四代数控系统:1971年到1974年采用大规模集成电路的小型通用计算机控制的系统。用小型计算机代替专用硬接线装置,以控制软件实现数控功能的计算机数控系统,即CNC系统。

第五代数控系统:自1974年开始采用微型计算机控制的系统。

从1970年到现在属于第二阶段。1970年前后,美国英特尔公司首先开发和使用4位微处理器。到1974年,美、日等国首先研制出将计算机核心部件运算器和控制器采用大规模集成电路技术集成在一块芯片上的微处理器。以微处理器为核心的数控系统的使用,真正解决了之前的数控机床的可靠性低、价格高和应用不方便等关键性问题,使数控机床进入实用阶段。所以微处理器数控系统得到了广泛的应用,这就是微机数控系统,即MNC系统。

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七个基本部分组成。其框图如图 1.1 所示。

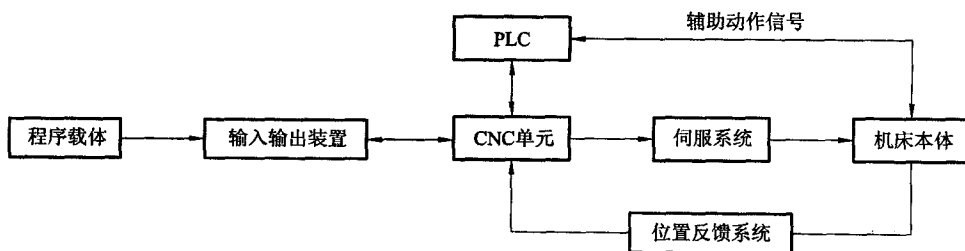


图 1.1 数控机床组成

(1) 程序载体 程序载体(又称控制介质),它是指在操作者与数控机床之间建立某种联系的中间媒介物。程序载体用于记载以数控加工程序表示的各种加工信息,如机床坐标系内的相对位置、刀具与工件的相对运动参数、工件加工的工艺路线和顺序、主运动和进给运动的工艺参数以及各种辅助操作等,并通过专用的装置传送程序,以控制机床的运动和各种动作,实现零件的加工。目前在数控机床上常用的程序载体有磁带、磁盘和闪存盘等。由于闪存盘的存储容量大、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含有加工信息的程序,完整、正确地传送至数控机床的 CNC 中,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、磁盘驱动器和计算机接口等。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的操作面板上的按键,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。

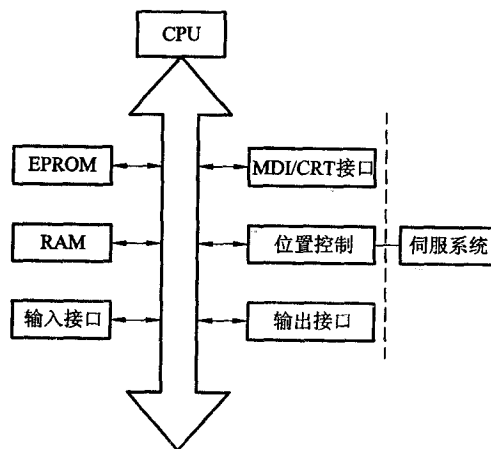


图 1.2 CNC 单元的组成

(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、存储器和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、可编程序控制器(PLC)输入信号和面板操作信号等;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。

(4) 伺服系统 伺服系统用于完成坐标轴的驱动,是数控机床的执行部分。它的功用是接受数控系统输出的指令脉冲信号,将其转换成机床移动部件的运动,并对进给运动速度和定位的精度加以控制。由于伺服控制系统是数控机床的最后控制环节,因此它的伺服精度、快速性和动态响应特性是影响数控机床的生产率、加工精度以及表面加工质量的主要因素之一。

目前在数控机床的伺服系统中,常用的伺服驱动元件有功率步进电动机、直流伺服电动机和交流伺服电动机等。在开环控制的数控机床伺服系统中,常用功率步进电动机或电液脉冲马达作为伺服驱动元件,每输入一个脉冲信号,驱动元件就转过一定的角度;在闭环控制的数控机床伺服系统中,常用大惯量直流电动机或交流伺服电动机作为驱动元件。由于交流伺服电动机具有良好的性能价格比,正逐渐成为首选的伺服驱动元件。

(5) 可编程序控制器(PLC) 可编程序控制器(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,经可编程序控制器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 还接受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)和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方便。

2. 数控机床的工作原理

数控机床的加工过程一般包括工艺规划、数学处理、编制程序单、输入程序和程序校验与试运行五个步骤。

(1) 工艺规划 工艺规划就是要制定合理的加工工艺。应详细分析零件图纸的形状、技术要求、毛坯情况等加工内容和要求,进而确定加工方案;选择合适的数控机床;选择合适的装夹方法;选择或设计刀具、夹具;确定合理的走刀路线和切削用量等。为了充分发挥数控机床的指令功能,应使得加工走刀路线短,走刀次数、换刀次数尽可能少,加工安全可靠等。

(2) 数学处理 数学处理主要是在确定了加工方案后,根据零件的几何形状、走刀路径以及设定的坐标系,计算粗、精加工刀具运动轨迹的坐标值(如起点、终点、圆弧的圆心),以获得刀位数据。

(3) 编制程序单 在完成上述工艺规划及数学处理工作后,即可以编制程序单。程序编制可以是手工编制,也可以是自动编制。手工编程是由编程人员按照数控机床规定使用的功能指令代码及程序段格式,逐段编写零件加工程序,并附上必要的加工示意图、刀具布置图、

机床调整卡、工序卡及必要的说明等。对于自动编程,目前已较多的采用了计算机 CAD/CAM 图形交互式自动编程,通过计算机有关处理后,自动生成数控程序,可通过接口直接输入 CNC 单元。

(4)输入程序 把加工零件所需的机床各种动作及全部工艺参数变成机床数控装置能接受的信息代码,并把这些代码存储在信息载体上(如磁带、磁盘和闪存盘等),然后将信息载体送到输入装置,输入装置读出信息并送入数控装置;也可以采用 MDI 方式输入;还可以利用计算机和数控机床的接口直接进行通信,实现零件程序的输入和输出。

(5)程序校验与试运行 程序输入后必须经过校验与试运行,才能对零件进行正式加工。程序校验与试运行的功用有两个:一是检查程序内容和输入是否正确,以保证对零件轮廓轨迹的要求;二是检查刀具调整及编程计算是否正确,以保证零件的加工精度。对第一个功用可采用模拟运行来检查。对第二个功用,则必须进行零件的首件试加工,如发现首件不合格,应分析产生的原因,然后采取程序修改或调整机床等措施。最后经程序校验与试运行合格后,就可以进行正式加工。

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

(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 0.001 mm ,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,数控机床是由精密机械和自动化控制系统组成的,其传动系统与结构都具有很高的刚度和热稳定性,所以数控机床本身精度比较高,其定位精度可达 0.01 mm ,重复定位精度可达 0.008 mm 。数控机床的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 $2\sim 3$ 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

(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

由于数控机床存在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具有以下特点的工件:

(1) 多品种小批量零件。

(2) 形状结构复杂的零件。

(3) 需要频繁改型的零件。

(4) 价格昂贵、不允许报废的零件。

(5) 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

(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 如数控线切割机床、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

(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。如图 1.3(a)所示为数控钻床加工示意图。

(2) 直线控制数控机床 数控系统不仅要控制刀具或机床的工作台从一点准确移动到另一点,而且还要控制移动速度和轨迹,实现平行于坐标轴的直线进给运动,在移动部件移动时进行切削加工。这类机床主要有简易数控车床、数控镗铣床等。如图 1.3(b)所示为数控铣床加工示意图。

(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。如图 1.3(c)所示是轮廓控制加工示意图。

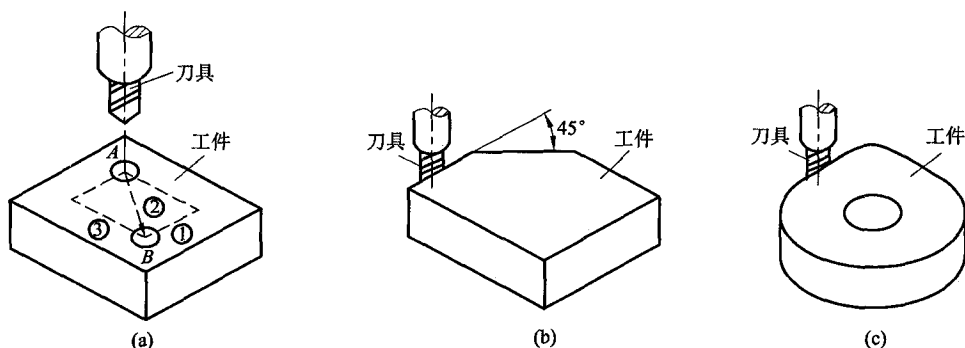


图 1.3 控制运动方式

(a) 点位控制; (b) 直线控制; (c) 连续控制

3. 按伺服系统的控制方式分类

(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, 只按照数控装置的指令脉冲进行工作, 对移动部件的实际位移不进行检测和反馈, 通常采用功率步进电动机作为执行元件。这种系统结构简单、调试方便、价格低廉、易于维修, 但精度较低 ($\pm 0.02 \text{ mm}$), 所以多用于经济型数控机床上。

(2) 闭环控制系统的数控机床 闭环控制系统在机床移动部件上装有位置检测装置。在加工过程中, 位置检测装置随时将测量到的位移量反馈给数控装置的比较器, 与输入指令进行比较, 用差值控制运动部件, 使运动部件严格按实际需要的位移量运动。这种系统加工精度高、移动速度快, 但安装调试比较复杂, 且位置检测装置造价较高, 所以多用于高精度数控机床和大型数控机床上。

(3) 半闭环控制系统的数控机床 半闭环控制系统是将位置检测元件安装在驱动电机的端部, 或安装在传动丝杠端部, 通过检测伺服电动机的转角间接地检测出移动部件的位移 (或角位移), 并反馈给数控装置的比较器, 与输入指令进行比较, 用差值控制运动部件。这种系统测量装置简单, 安装调试十分方便, 并具有良好的系统稳定性。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, 所以多用于中档数控机床上。

4. 按数控系统的功能水平分类

(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型计算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