



全国机械行业高等职业教育“十二五”规划教材
高等职业教育教学改革精品教材

数控机床电气控制 与系统维护

SHUKONG JICHUANG DIANQI KONGZHI
YU XITONG WEIHU

宋运伟 主编

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



赠电子课件
及习题解答

全国机械行业高等职业教育“十二五”规划教材
高等职业教育教学改革精品教材

数控机床电气控制与系统维护

主 编 宋运伟
副主编 李 琦
参 编 魏 林 冯海侠 郎丽香



机械工业出版社

本书是全国机械职业教育教学指导委员会的立项规划教材,是根据国家教育部的高等职业教育教学大纲及机电技术应用领域技能型紧缺人才培养培训工作的需要而编写的。全书内容从数控机床的认知入手,以数控机床的电气控制和系统维护为主线,详细地讲授了数控机床的电气控制、数控装置及其接口、数控机床进给驱动系统、数控机床主轴驱动系统和数控机床的 PLC 控制。此外,本书还综合分析了数控机床故障的诊断与排除、数控机床的维护与保养的技术与方法。在教材的编写过程中,完全依据机电行业最新的国家标准和规范,紧密地结合当前高等职业教育人才培养的目标及教学特点,既突出应用能力的培养,又力争简明扼要。

本书可作为高等职业院校数控技术、电气自动化技术及机电设备类专业的教材,还可供工厂及社会各行业从事电气设计和维护工作人员的培训和自学参考。

本教材配有电子教案,凡使用本书作为教材的教师可登录机械工业出版社教材服务网(<http://www.cmpedu.com>)下载,或发送电子邮件至 cmpgaozhi@sina.com 索取。咨询电话:010-88379375。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床电气控制与系统维护/宋运伟主编. —北京:机械工业出版社, 2013. 4

全国机械行业高等职业教育“十二五”规划教材

高等职业教育教学改革精品教材

ISBN 978-7-111-41202-1

I. ①数… II. ①宋… III. ①数控机床-电气控制-高等职业教育-教材②数控机床-电气设备-维修-高等职业教育-教材 IV. ①TG659.023

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 138493 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:边萌 责任编辑:边萌 杨作良

版式设计:霍永明 责任校对:刘岚

封面设计:鞠杨 责任印制:杨曦

北京双青印刷厂印刷

2013 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·16.5 印张·404 千字

0 001—3 000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-41202-1

定价:33.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

本书是全国机械职业教育教学指导委员会的立项规划教材,是根据高等职业教育教学大纲及机电技术应用领域技能型紧缺人才培养培训工作的需要,并参照相关专业技术行业职业技能鉴定规范和考核标准而编写的。“数控机床电气控制与系统维护”是数控技术、电气自动化技术及机电设备类专业的一门重要专业课,课程的宗旨是为机电行业培养具有数控机床电气控制基本知识和实际操作技能的工艺技术人员和施工人员。

本书根据“以服务为宗旨,以就业为导向,以能力为本位”的职业教育办学方针,针对高等职业院校学生的知识基础与学习特点来进行编写,是一本理论实践一体化的教材。因此,在创新教材的编写过程中,编者深入生产一线,了解我国现行机电工业技术的新发展及社会对数控电气专业知识的基本需求,紧紧围绕国家及行业企业对数控专业电气技术人员的能力需求,本着实用性、实时性、易读性和够用适度的原则,对所收集到的素材进行了精心的提炼和加工,以基本电气元件、基本控制环节、常用控制电路及安装调试为主线来组织各知识模块的编写。同时,本书兼收并蓄了兄弟院校的成功经验,既注重行业特色,又注重市场需求;既考虑到通用性,又考虑到一定程度的专门化。全书以理论知识结合项目和任务的模式编排,不强调传统的学科体系,而是将知识点与项目、任务有机地结合,在项目、任务的教学过程中完成技能的训练,由浅入深,循序渐进,达到学以致用目的。

全书共分8个项目,基本涵盖了数控机床电气控制的基础知识和基本技能,并注意介绍在数控机床电气控制中应用的新技术、新工艺及常用的数控机床维护保养知识。内容包括:数控机床的认识、数控机床的电气控制、数控装置及其接口、数控机床进给驱动系统、数控机床主轴驱动系统、数控机床的PLC控制、数控机床故障的诊断与排除、数控机床的维护与保养。本书是在严格执行国际电工委员会和相关国家标准或最新的行业规范的前提下组织编写的。

本书由渤海船舶职业学院宋运伟教授担任主编,负责全书的组织和统稿工作并编写项目2、4;李琦担任副主编并编写项目1、3、5、6;参编魏林编写项目7;冯海侠编写项目8;郎丽香编写附录。

在本书的编写过程中,沈阳机床集团技术部为我们提供了许多符合现行工厂实际的最新素材,中航黎明锦化机集团有限责任公司、九江职业技术学院、武汉船舶职业技术学院及武汉华中数控股份有限公司的同志也提出了指导性的意见,为本教材的编写提供了有力的保障,在此一并表示诚挚的感谢。

通过本书的学习,读者基本了解数控机床的基本结构和电气控制的基本原理,掌握数控机床电气系统的安装调试和电气控制方面的故障分析与查找的技能,能进行简单的系统设计、故障分析诊断和维护。

由于电气技术及数控技术的发展迅速,且编者水平有限,疏漏之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言

【基础篇】

项目 1 数控机床的认知	1
任务 1.1 认识数控机床	1
任务 1.2 数控机床的组成及工作原理	9
任务 1.3 熟悉典型数控系统	22
项目 2 数控机床的电气控制	32
任务 2.1 数控机床常用电器的认知	32
任务 2.2 数控机床常用电器的 分类与使用	36
任务 2.3 数控机床电气控制的基本环 节与电路分析	77
任务 2.4 数控机床电气控制原理图的 识读与解析	89

【进阶篇】

项目 3 数控装置及其接口	96
任务 3.1 数控装置的功能接口	96
实训项目 3.1.1 数控系统的连接	104
实训项目 3.1.2 数控系统功能检验	109
任务 3.2 数控系统的参数设置与调试	110
实训项目 3.2.1 数控系统参数的备份 与恢复	118
实训项目 3.2.2 数控系统参数的 设置	119
实训项目 3.2.3 数控系统参数故障 设置实验	122
项目 4 数控机床进给驱动系统	124
任务 4.1 数控机床进给驱动系统的 认知	124
任务 4.2 步进电动机驱动系统的 连接与调试	130
任务 4.3 交流伺服电动机驱动系统的 连接与调试	138
项目 5 数控机床主轴驱动系统	147

任务 5.1 数控机床主轴驱动系统的 认知	147
任务 5.2 交流变频主轴驱动系统的 连接与调试	157
实训项目 变频调速系统的构成、 调整及使用	162
项目 6 数控机床的 PLC 控制	165
任务 6.1 可编程序控制器的编程	165
实训项目 电动机正/反转的 PLC 控制与编程	182
任务 6.2 数控机床 PLC 的调试与操作	184
实训项目 6.2.1 标准 PLC 的调试	192
实训项目 6.2.2 标准 PLC 的设置	192

【提高篇】

项目 7 数控机床故障的诊断与排除	194
任务 7.1 数控机床故障诊断的一般 方法	194
实训项目 数控车床进给轴接口互换 参数实验	201
任务 7.2 数控车床刀架故障的诊断 与排除	203
实训项目 7.2.1 刀架的常见故障 及其处理	206
实训项目 7.2.2 刀架参数故障 设置实验	209
任务 7.3 数控机床回参考点控制及其 常见故障分析	210
实训项目 改变机床回参考点方式 的实验	214
项目 8 数控机床的维护与保养	216
任务 8.1 数控机床的合理使用及保养	216
任务 8.2 数控机床的精度检验与 误差补偿	223
实训项目 Z 轴的螺距误差补偿	228
任务 8.3 数控机床的电气维护与 日常保养	232

附录	238	附录 E 常用电气技术图形符号新旧	
附录 A 数控装置与数控机床电气设备		对照表	252
之间的接口	238	附录 F 常用电气技术文字符号新旧	
附录 B 华中数控系统综合实训台相关		对照表	254
电路图	240	附录 G 常用电气技术辅助文字符号新旧	
附录 C 卧式车床几何精度检验项目	246	对照表	255
附录 D 加工中心几何精度检验项目	248	参考文献	256

【基础篇】

项目1 数控机床的认知

数控机床是现代机械制造工业的重要技术装备。数控技术随着微电子技术、计算机技术、自动控制技术的发展而得到了飞跃的发展。目前,几乎所有传统机床都进行了数字化改造,有了相应的数控品种,数控机床正逐渐取代常规机床而成为机械工业技术改造的首选设备。随着数控技术的广泛应用,数控机床的保有量也在逐年上升,对数控机床操作员、维护员的需求量也越来越大。那么什么是数控机床?数控机床都有哪些类型?其工作原理又是什么?通过本项目的学习,相信大家会对这些问题的答案有一个初步的理解和认识。

任务1.1 认识数控机床

【知识目标】

- (1) 了解数控机床产生的背景。
- (2) 掌握数控机床的分类及特点。

【技能目标】

- (1) 能现场识别各种数控机床并了解其加工原理。
- (2) 会分析数控机床的组成及各部分的功用。

【任务描述】

通过数控机床的发展历史的介绍,将各种常见数控机床的分类、工作特点及系统组成呈现给大家,使同学们能够了解并掌握数控机床的组成部分及工作原理。

【知识链接】

(一) 数控机床的产生

1. 产生的背景及发展历史

随着社会生产和科学技术的迅猛发展,对机械产品的精度和机床的加工效率提出了越来越高的要求。特别是汽车、造船、航空、航天、军事等领域所需要的机械零件和模具的加工精度要求高、形状复杂,采用传统的普通机床已难以适应高精度、高效率、多样化、形状复杂工件的加工要求。为解决上述这些问题,一种新型机床——数控(Numerical Control, NC)机床应运而生。这种新型机床具有加工精度高、适应能力强、加工质量稳定和生产效率高等优点。它综合应用了计算机技术、自动控制技术、伺服驱动技术、液压与气动技术、精密测量技术和新型机械结构等多方面的技术成果。

1947年,美国帕森斯公司在研制加工直升机叶片轮廓检验用样板的机床时,首先提出了应用计算机控制机床来加工样板曲线的设想。后来受美国空军的委托,帕森斯公司与麻省理工学院伺服机构研究所协作,于1952年成功地研制出世界上第一台数控机床——3坐标数控镗铣床。当时该设备所用的电子器件是电子管。

1958年,美国一家公司研制出带刀架和自动换刀装置的加工中心。此时已开始采用晶体管器件和印制电路板。同年,我国开始研制数控机床。

1965年以后,数控装置开始采用小规模集成电路,使数控装置的体积减小、可靠性提高,但仍然是一种硬件逻辑数控系统。

1966年,日本的发那科(FANUC)公司研制出全集成电路化的数控装置。

1967年,英国首先把几台数控机床连接成柔性加工系统,这就是最初的柔性制造系统(Flexible Manufacturing System, FMS)。

1970年,在美国芝加哥国际机床展览会上,首次出现了用小型电子计算机控制的数控机床,这是世界上第一台电子计算机控制的数控机床(Computer Numerical Control, CNC)。

1974年以后,随着集成电路技术的发展,微处理器被直接应用于数控装置,从而使数控技术和数控机床得到了迅速的普及和发展。特别是近年来大规模集成电路、超大规模集成电路和计算机技术的发展,使数控装置的性能和可靠性得到了极大的提高。

在20世纪80年代后期,出现了以加工中心为主体,再配上工件自动检测与装卸装置的柔性制造单元(Flexible Manufacturing Center, FMC)。FMC和FMS技术是实现计算机集成制造系统(Computer Integrated Manufacturing System, CIMS)的重要基础。

数控机床出现至今的50多年里,它随着科技特别是微电子、计算机技术的进步而不断发展。数控系统的发展表现为图1-1所示的几个阶段。

2. 数控技术产生和发展的内在动力

伴随着市场竞争的日趋激烈,产品更新换代加快,大批量产品越来越少,小批量产品生产的比重越来越大,机械工业迫切需要一种精度高、柔性好的加工设备来满足上述需求。

3. 数控技术产生和发展的技术基础

电子技术和计算机技术的飞速发展,为数控机床的进步提供了坚实的技术基础。数控技术正是在这种背景下诞生和发展起来的。它的产生给自动柔性化技术带来了新的概念,推动了加工自动化技术的发展。

(二) 数控机床的分类及特点

数控机床按用途可分为数控车床、数控铣床、数控钻床、数控磨床、数控镗铣床等。

1. 数控车床

数控车床主要用于加工回转体零件,其外形与普通车床类似,按主轴位置可分为数控卧式车床、数控立式车床,如图1-2、图1-3所示。其中数控卧式车床是应用数量最大的数控车床种类,图1-4所示为某数控卧式车床外形与组成部件。

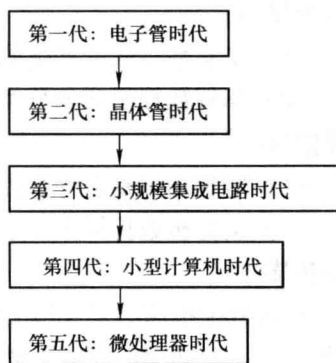


图 1-1 数控系统的发展阶段

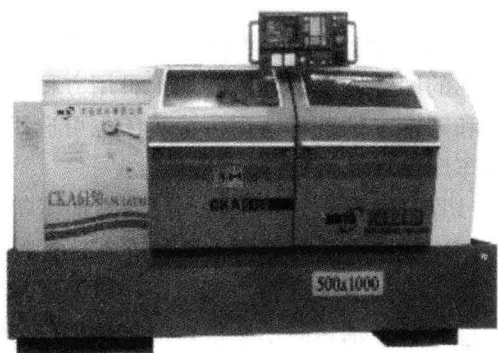


图 1-2 数控卧式车床

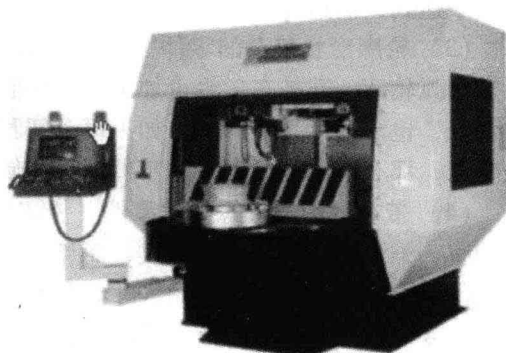


图 1-3 数控立式车床

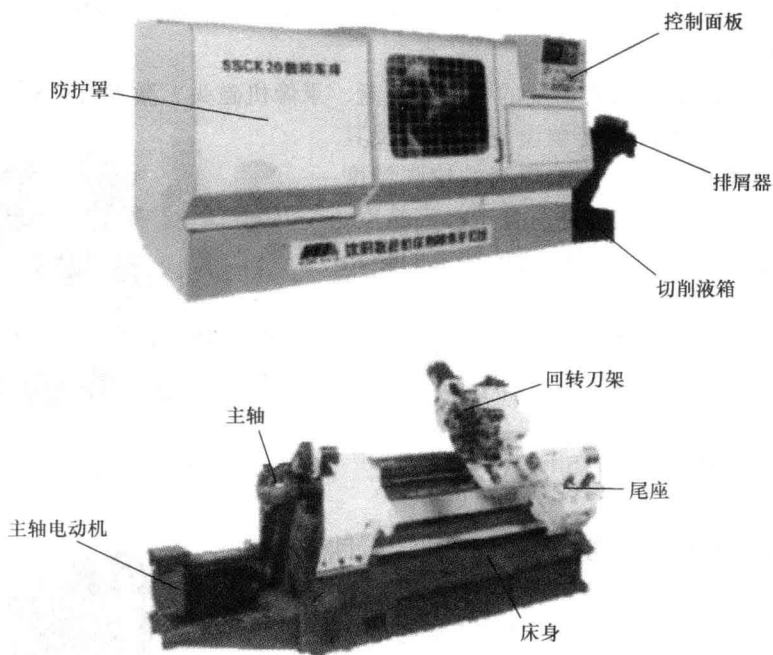


图 1-4 某数控卧式车床外形与组成部件

数控车床与传统车床相比，比较适合于车削具有以下要求和特点的回转体零件。

(1) 精度要求高的零件 由于数控车床的刚性好，制造和对刀精度高以及能方便地进行人工补偿甚至自动补偿，所以它能够加工尺寸精度要求高的零件，在有些场合可以以车代磨。此外，由于数控车削时刀具运动是通过高精度插补运算和伺服驱动来实现的，所以它能加工对直线度、圆度、圆柱度要求很高的零件。

(2) 表面粗糙度要求高的零件 数控车床能加工出表面粗糙度值低的零件，不仅是因为机床的刚性好和制造精度高，还由于它具有恒线速度切削功能。在材质、精车留量和刀具已定的情况下，表面粗糙度取决于进给速度和切削速度。使用数控车床的恒线速度切削功能，就可选用最佳线速度来切削端面，这样切出的表面粗糙度值既低又一致。数控车床还适合于车削各部位表面粗糙度要求不同的零件。表面粗糙度值低的部位可以用减小进给速度的

方法来达到,而这在传统车床上是做不到的。

(3) 轮廓形状复杂的零件 数控车床具有圆弧插补功能,所以可直接使用圆弧指令来加工圆弧轮廓。数控车床也可加工任意平面曲线轮廓的回转体零件,既能加工可用方程描述的曲线,也能加工列表曲线。如果说车削圆柱零件和圆锥零件既可选用传统车床也可选用数控车床,那么车削复杂回转体零件就只能使用数控车床。

(4) 带有特殊类型螺纹的零件 传统车床所能切削的螺纹相当有限,它只能加工等螺距的直、锥面,米制、寸制螺纹,而且一台车床只限定加工若干种螺距。数控车床不但能加工任何等螺距直、锥面,米制、寸制和端面螺纹,而且能加工增螺距、减螺距,以及要求等螺距、变螺距之间平滑过渡的螺纹。数控车床加工螺纹时主轴转向不必像传统车床那样交替变换,它可以一刀又一刀不停顿地循环,直至完成,所以它车削螺纹的效率很高。数控车床还配有精密螺纹切削功能,再加上一般采用硬质合金成形刀片,以及可以使用较高的转速,所以车削出来的螺纹精度高、表面粗糙度值低。可以说,包括丝杠在内的很多螺纹零件,都完全适合于在数控车床上加工。

(5) 超精密、超低表面粗糙度的零件 磁盘、录像机磁头、激光打印机的多面反射体、复印机的回转鼓、照相机等光学设备的透镜及其模具以及隐形眼镜等零件,要求超高的轮廓精度和超低的表面粗糙度值,它们更适合于在高精度、高功能的数控车床上加工。以往很难加工的塑料散光透镜,现在也可以用数控车床来加工。超精加工的轮廓精度可达到 $0.1\mu\text{m}$,表面粗糙度值可达 $Ra0.02\mu\text{m}$ 。超精车削零件的材质以前主要是金属,现已扩大到塑料和陶瓷。

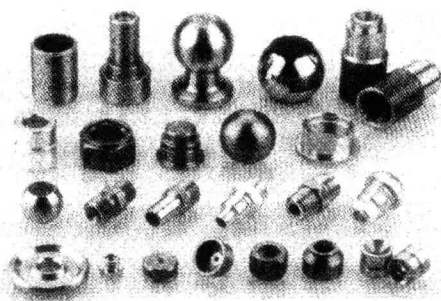


图 1-5 数控车削常见零件

数控车削常见零件如图 1-5 所示。

2. 数控铣床

数控铣床是一种加工功能很强的数控机床,目前迅速发展起来的加工中心、柔性加工单元等都是在数控铣床、数控镗床的基础上产生的,两者都离不开铣削方式。由于数控铣削工艺最复杂,需要解决的技术问题也最多,因此,人们在研究和开发数控系统及自动编程语言的软件系统时,也一直把铣削加工作为重点。

(1) 数控铣床的分类 数控铣床按主轴的位置可分为三种。

1) 数控立式铣床 图 1-6 所示为数控立式铣床。数控立式铣床在数量上一直占据数控铣床的大多数,应用范围也最广。从机床数控系统控制的坐标数量来看,目前 3 坐标数控立铣仍占大多数;一般可进行 3 坐标联动加工,但也有部分机床只能进行 3 个坐标中任意 2 个坐标联动加工(常称为 2.5 坐标加工)。此外,还有机床主轴可以绕 X、Y、Z 坐标轴中的其中一个或 2 个轴作数控摆角运动的 4 坐标和 5 坐标数控立铣。

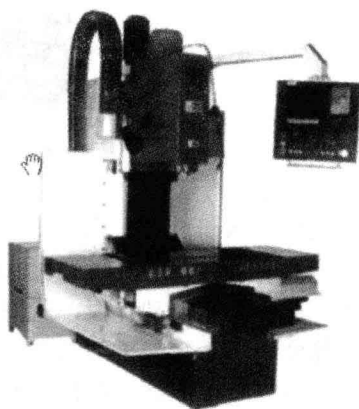


图 1-6 数控立式铣床

2) 数控卧式铣床 图 1-7 所示为数控卧式铣床,与通用卧式铣床相同,其主轴轴线平行于水平面。为了扩大加工范围和扩充功能,数控卧式铣床通常采用增加数控转盘或万能数控转盘来实现 4 坐标、5 坐标加工。这样,不但工件侧面上的连续回转轮廓可以加工出来,而且可以实现在一次安装中,通过转盘改变工位,进行“四面加工”。

3) 数控立卧两用铣床 图 1-8 所示为数控立卧两用铣床。目前这类数控铣床已不多见,由于这类铣床的主轴方向可以更换,能达到在一台机床上既可以进行立式加工,又可以进行卧式加工,而同时具备上述两类机床的功能,其使用范围更广,功能更全,选择加工对象的余地更大,给用户带来不少方便。特别是生产批量小、品种多,又需要立、卧两种方式加工时,用户只需购买一台这样的机床就行了。

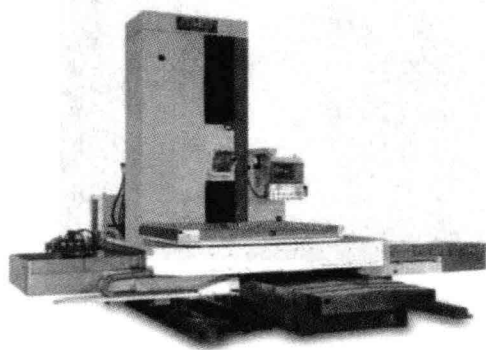


图 1-7 数控卧式铣床

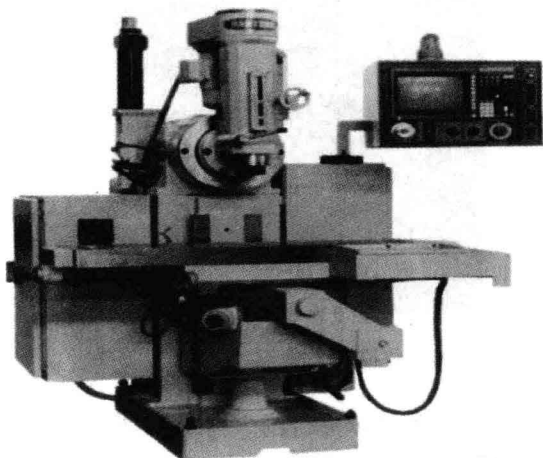


图 1-8 数控立卧两用铣床

此外,数控铣床按构造还可分为数控工作台升降式铣床、数控主轴头升降式铣床及数控龙门式铣床。

(2) 数控铣床的加工范围 数控铣床用途广泛,不仅可以加工各种平面、沟槽、螺旋槽、成形表面和孔,而且还能加工各种平面曲线和空间曲线等复杂型面,适合于各种模具、凸轮、板类及箱体类零件的加工,同时也可以对工件进行钻、扩、铰、镗和镗加工以及攻螺纹等。数控铣床主要加工零件的类型如下。

1) 平面类零件 加工面平行、垂直于水平面或加工面与水平面或垂直面的夹角为定角的零件称为平面类零件,如图 1-9 所示。

目前,在数控铣床上加工的绝大多数零件属于平面类零件。平面类零件的特点是,各个加工面都为平面,或可以展开成为平面。平面类零件是数控铣削加工对象中最简单的一类,一般只需用 3 坐标数控铣床的 2 坐标联动就可以把它们加工出来。

2) 变斜角类零件 加工面与水平面的夹角呈连续变化的零件称为变斜角类零件,如图 1-10 所示。这类零件多数为飞机零件,如飞机上的整体梁、框、缘条与肋等,此外还有检验夹



图 1-9 数控铣床加工的平面类零件

具与装配型架等。变斜角类零件的变斜角加工面不能展开为平面，但在加工中，加工面与铣刀圆周接触的瞬间为一条直线。此类零件最好利用4坐标和5坐标数控铣床的摆动主轴箱功能来加工，在没有上述机床时，也可用3坐标数控铣床进行3坐标近似加工。

3) 曲面类（立体类）零件 加工面为空间曲面的零件称为曲面类零件，如图1-11所示。此类零件的特点之一是加工面不能展开为平面，其次是加工面与铣刀始终为点接触。此类零件一般采用3坐标数控铣床加工。

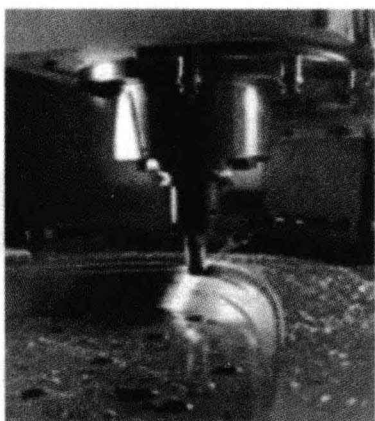


图 1-10 数控铣床加工的变斜角类零件

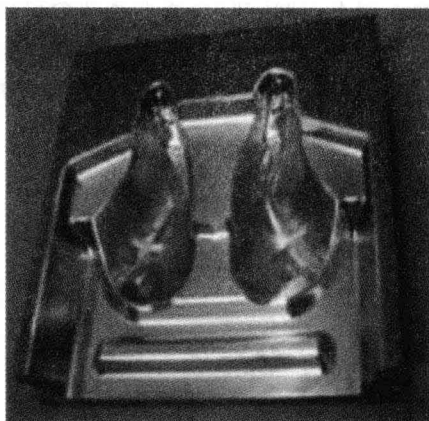


图 1-11 数控铣床加工的曲面类零件

(3) 数控铣床的结构 图1-12所示为XKA5750数控滑枕升降台铣床各部分名称。工作台由伺服电动机带动在升降滑座上作横向（X轴）左右移动；伺服电动机带动升降滑座作垂直（Z轴）上下移动；滑枕做纵向（Y轴）进给运动。

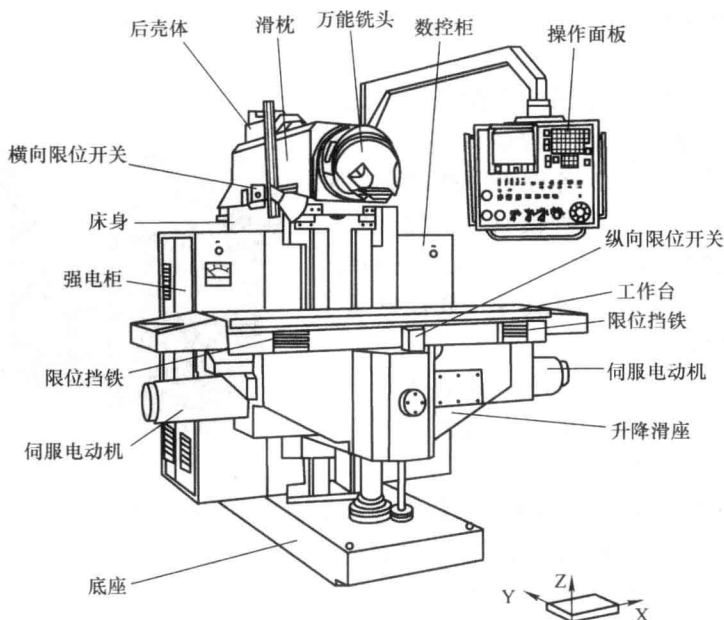


图 1-12 XKA5750 数控滑枕升降台铣床各部分名称

3. 加工中心

加工中心机床又称多工序自动换刀数控机床。它主要是指具有自动换刀及自动改变工件加工位置功能的数控机床,能对需要做铣削、镗孔、铰孔、攻螺纹等作业的工件进行多工序的自动加工。有些加工中心机床总是以回转体零件为加工对象,如车削中心,但大多数加工中心机床是以非回转体零件为加工对象,其中较为常见、具有代表性的是自动换刀数控卧式镗铣床。

(1) 加工中心的特点 加工中心具有至少三个轴的点位/直线切削控制能力,现在已经具有3个轴以上的连续控制能力,能进行轮廓切削。

具有自动刀具交换装置(ATC),这是加工中心机床的典型特征,是多工序加工的必要条件。自动刀具交换装置的功能对整机加工效率有很大影响。

加工中心的另一特征是具有分度工作台和旋转工作台,后者能以很小的当量(如5°/脉冲)任意分度。这种转动的工作台与卧式主轴相配合,对于工件的各种垂直加工面有最好的接近程度。主轴外伸少,改善了切削条件,也利于切屑处理,所以大多数加工中心机床都使用卧式主轴与旋转工作台来相配合,以便在一次装夹后完成各垂直面的加工。

除自动换刀功能外,加工中心机床还具有选择各种进给速度和主轴转速的能力及各种辅助功能,以保证加工过程的自动化。此外还设有刀具补偿指令、固定加工循环指令、重复指令等功能以简化程序编制工作。现在加工中心机床的控制系统已经能够进行自动编程。

加工中心机床将零件加工的各分散工序集中在一起,在一次装夹后进行多工序的连续加工,从而提高了加工精度和加工效率,缩短了生产周期,降低了加工成本,也减少了占地面积。加工中心机床对车间和加工工厂的计划调度以及管理也起到了促进作用。此外,加工中心也解决了自动更换刀具的问题并具有高度自动化的多工序加工管理功能,它是构成柔性制造系统的重要单元。

(2) 加工中心的分类 按加工范围分类常见的有车削加工中心、钻削加工中心、镗铣加工中心、磨削加工中心、电火花加工中心等。一般镗铣类加工中心简称加工中心。

按机床结构分类有立式加工中心、卧式加工中心和五面加工中心;按加工中心立柱的数量分类有单柱式和双柱式(龙门式)加工中心及柔性制造单元。

按加工中心运动坐标数和同时控制的坐标数分,有3轴2联动、3轴3联动、4轴3联动、5轴联动等。3轴、4轴是指加工中心具有的运动坐标数,联动是指数控系统可控制同时运动的坐标数。

加工中心按精度分类可分为普通加工中心和精密加工中心。

立式加工中心的组成见图1-13所示。

(3) 加工中心的主要加工对象 加工中心适宜于加工形状复杂、工序多、要求较高、需用多种类型的普通机床和众多刀具夹具且经多次装夹和调整才能完成加工的零件。加工的主要对象有箱体类零件、复杂曲面零件、异形零件、盘套板类零件等四类。

1) 箱体类零件 箱体类零件是指具有一个以上的孔系,并有较多型腔的零件。这类零

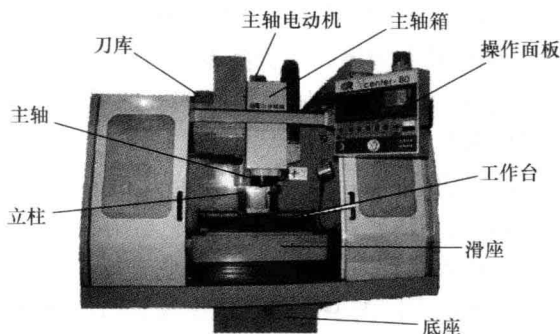


图 1-13 立式加工中心的组成

件在机械、汽车、飞机等行业较多,如汽车的发动机气缸体、变速器箱体,机床的主轴箱,齿轮泵壳体等。箱体类零件在加工中心上加工,一次装夹可以完成普通机床加工的 60% ~ 95% 的工序内容,零件各项精度一致性好,质量稳定,同时可缩短生产周期,降低成本。对于加工工位较多,工作台需多次旋转角度才能完成的零件,一般选用卧式加工中心;当加工的工位较少,且跨距不大时,可选立式加工中心,从一端进行加工。图 1-14 所示为箱体类零件。

2) 复杂曲面零件 在航空航天、汽车、船舶、国防等领域的产品中,复杂曲面零件占有较大的比重,如叶轮、螺旋桨、各种曲面成形模具等。就加工的可能性而言,在不出现加工干涉区或加工盲区时,复杂曲面一般可以采用球头铣刀进行 3 坐标联动加工,加工精度较高,但效率较低。如果工件存在加工干涉区或加工盲区,就必须考虑采用 4 坐标或 5 坐标联动的机床。图 1-15 为叶轮零件实物。

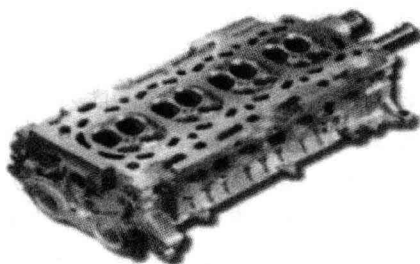


图 1-14 箱体类零件



图 1-15 叶轮零件实物

3) 异形零件 异形零件是外形不规则的零件,大多需要点、线、面多工位混合加工,如支架、基座、样板、靠模等。异形零件的刚性一般较差,夹压及切削变形难以控制,加工精度也难以保证,这时可充分发挥加工中心工序集中的特点,采用合理的工艺措施,一次或两次装夹,完成多道工序或全部的加工内容。

4) 盘、套、板类零件 带有键槽、径向孔或端面有分布孔系以及有曲面的盘套或轴类零件,还有具有较多孔的板类零件,适宜采用加工中心加工。端面有分布孔系和包含曲面的零件宜选用立式加工中心;有径向孔的零件可选卧式加工中心。

【技能训练】

(1) 实训地点: 数控实训中心及相关工厂的数控加工车间。

(2) 实训内容:

1) 在数控实训中心及工厂企业进行参观,感受数控机床所处的环境。

2) 辨认不同类型的数控机床及其结构组成。

3) 辨识各种不同机床所加工零件的种类及特点。

4) 采用上网查询、向技术人员咨询等方式搜集市面常见数控机床的型号、技术参数、功能指标等内容。

【总结与提高】

(1) 数控机床与普通机床在性能上有什么不同?

- (2) 数控机床为了保证达到高性能在结构上采取了哪些措施?
- (3) 与普通车床比较, 数控车床在结构上有哪些特点?

任务 1.2 数控机床的组成及工作原理

【知识目标】

熟知数控机床的组成、工作原理与工作流程; 掌握插补的概念与原理。

【技能目标】

- (1) 能现场识别并掌握数控机床的各组成部分, 明确其功能。
- (2) 能现场认识各型数控机床的加工原理。
- (3) 掌握逐点比较法插补的计算方法。

【任务描述】

学习数控机床的各组成部分的功能; 熟悉数控机床的工作原理与工作流程; 掌握逐点比较法的插补原理与计算过程。

【知识链接】

(一) 数控机床的组成

数控机床一般由输入/输出装置、数控装置、进给伺服驱动系统、机床电气控制装置、测量反馈装置和机床本体(组成机床本体的各机械部件)组成。图 1-16 所示为数控机床组成示意图。

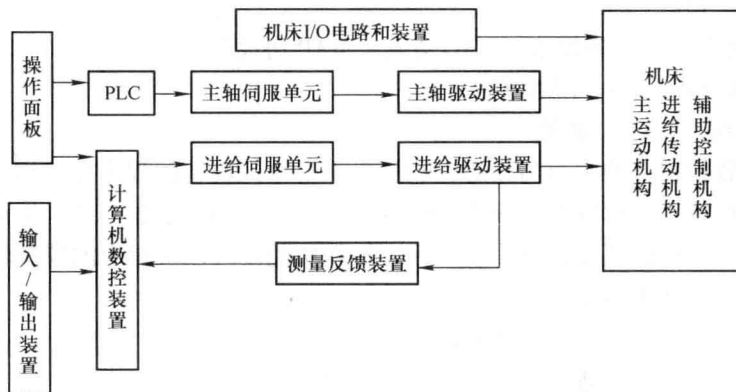


图 1-16 数控机床组成示意图

1. 输入/输出装置

操作面板是操作人员与数控装置进行信息交流的工具, 其组成部分有按钮站、状态指示灯、按键阵列、显示器等。图 1-17 所示为 FANUC 一款数控系统的操作面板。

(1) 控制介质 人与数控机床之间建立某种联系的中间媒介物就是控制介质, 又称为信息载体。常用的控制介质有 CF 卡、U 盘、磁盘和磁带。

(2) 人机交互设备 数控机床在加工运行时, 通常都需要操作人员对数控系统进行状态干预, 对输入的加工程序进行编辑、修改和调试, 对数控机床运行状态进行显示等, 也就是数控机床要具有人机联系的功能。具有人机联系功能的设备统称为人机交互设备。常用的



图 1-17 FANUC 一款数控系统的操作面板

人机交互设备有键盘、显示器、光电阅读机等。现代的数控系统除采用输入/输出设备进行信息交换外，一般都具有用通信方式进行信息交换的能力，它们是实现 CAD/CAM 的集成以及实现 FMS 和 CIMS 的基本技术。采用的通信方式主要有：

- 1) 串行通信 (RS-232 等串口)。
- 2) 自动控制专用接口和规范 (DNC 方式、MAP 协议等)。
- 3) 网络技术 (Internet、LAN 等)。

2. 计算机数控 (CNC) 装置

数控装置是数控机床的中枢与核心，它接受来自输入设备的程序和数据，并按输入信息的要求完成数值计算、逻辑判断和输入/输出控制功能。CNC 装置 (CNC 单元) 由计算机系统、位置控制板、PLC 控制板、通信接口板、特殊功能模块以及相应的控制软件组成。

数控装置的主要功能如下：

- (1) 多坐标控制 多坐标控制功能即多轴联动。
- (2) 插补功能 插补功能包括直线、圆弧和其他曲线插补。
- (3) 程序输入、编辑和修改功能 数控装置应具有人机对话、手动数据输入、上位机通信输入等功能。
- (4) 故障自诊断功能 由于数控系统是一个十分复杂的系统，为使系统故障停机时间减至最少，数控装置中设有各种诊断软件，对系统运行情况进行监视，及时发现故障，并在故障出现后迅速查明故障类型和部位，发出报警，把故障源隔离到最小范围。
- (5) 补偿功能 补偿主要包括刀具半径补偿、刀具长度补偿、传动间隙补偿、螺距误差补偿等。
- (6) 信息转换功能 这主要包括 EIA/ISO 代码转换、寸制/米制转换、坐标转换、绝对值/增量值转换等。
- (7) 多种加工方式选择功能 该功能可以实现多种加工方式循环、重复加工、凸凹模

加工和镜像加工等。

(8) 辅助功能 辅助功能也称 M 功能, 用来规定主轴的起停和转向, 切削液的接通和断开以及刀具的更换等。

(9) 显示功能 用 CRT 或液晶屏来显示程序、参数、各种补偿量、坐标位置、故障源以及图形等。

(10) 通信和联网功能 数控装置还应具有通信和联网功能。

3. 进给伺服驱动系统

进给伺服驱动系统由伺服控制电路、功率放大电路和伺服电动机组成。伺服驱动的作用, 是把来自数控装置的位置移动指令转变成机床工作部件的运动, 使工作台按规定轨迹移动或精确定位, 加工出符合图样要求的工件, 即把数控装置送来的微弱指令信号, 放大成能驱动伺服电动机的大功率信号。

常用的进给驱动电动机有步进电动机、直流伺服电动机和交流伺服电动机。根据接收指令的不同, 电动机驱动有脉冲式和模拟式。模拟式伺服驱动方式按驱动电动机的电源种类, 可分为直流伺服驱动和交流伺服驱动。步进电动机采用脉冲式驱动方式, 交、直流伺服电动机采用模拟式驱动方式。

4. 机床电气控制装置

机床电气控制主要是由机床控制器——PLC 与机床 I/O 电路来实现。PLC (可编程序控制器, 用于数控机床上也称 PMC, 即可编程序机床控制器) 用于完成与逻辑运算有关的顺序动作的 I/O 控制。机床 I/O 电路和装置是用来实现 I/O 控制的执行部件, 是由继电器、电磁阀、行程开关、接触器等组成的。图 1-18 所示为数控机床电气控制柜组成示意图。数控装置与机床电气设备间的连接关系应符合国际标准《ISO 4336—1981 (E) 机床数字控制——数控装置和数控机床电气设备之间的接口规范》。

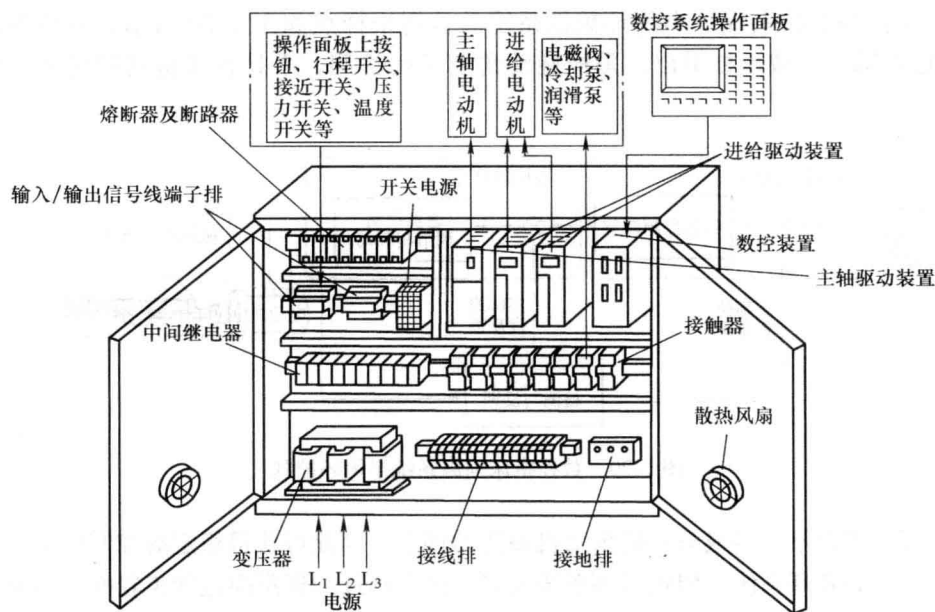


图 1-18 数控机床电气控制柜组成示意图