



中等职业教育课程改革新教材
机电类专业教学用书

数控车削加工工艺 与编程操作

王增杰 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



中等职业教育课程改革新教材 机电类专业教学用书

机械制图与计算机绘图	闫新华
机械制图与计算机绘图习题集	闫新华
电工电子技术	张新启
机械基础	李惠臣
公差配合与测量技术	贺天柱
金属材料与热处理	肖群彦
车工技能训练与考级	宁文军
钳工技能训练与考级	宁文军
铣工技能训练与考级	贾英布
焊工技能训练与考级	宁文军
数控设备控制技术	孙继山
数控车削加工工艺与编程操作	王增杰
数控铣削加工工艺与编程操作	刘桂霞
电加工技术应用	程瑞卿
CAD/CAM——MasterCAM应用	苏汉明
数控车削技能训练	高建斌
数控铣削技能训练	刘秀艳
车工技术（与其他书配套）	樊永泉
车工技术练习册	武天弓
钳工技能训练（与其他书配套）	寇德淼

SHUKONG CHEXIAO JIAGONG GONGYI YU BIANCHENG CAOZUO

策划编辑：汪光灿
封面设计：王伟光

地址：北京市百万庄大街22号
电话服务
社服务中心：(010)88361066
销售一部：(010)68326294
销售二部：(010)88379649
读者服务部：(010)68993821

邮政编码：100037
网络服务
门户网：<http://www.cmpbook.com>
教材网：<http://www.cmpedu.com>
封面无防伪标均为盗版

ISBN 978-7-111-28950-0

定价：22.00元

ISBN 978-7-111-28950-0



9 787111 289500 >

中等职业教育课程改革新教材
机电类专业教学用书

数控车削加工工艺与编程操作

主 编 王增杰
副主编 苏汉明 杨国群
参 编 郑香金 郝超栋
主 审 刘桂霞

机 械 工 业 出 版 社

本书系统地介绍了数控车削加工工艺与编程操作的基本知识。全书共分4个单元,内容包括数控车削设备、数控车削加工工艺、数控车削编程、数控车工中级工鉴定样题解析。各单元的内容与实际相结合,注重提高学生的实践能力和岗位就业竞争力。本书内容丰富,详简得当,既注重先进性又考虑到实用性,既有理论又有实例。为了便于学生自学及巩固所学内容,各章的后面均附有习题。

本书适合于中等职业技术学校和成人教育院校数控技术应用专业使用,也可供机械加工技术、机电技术应用等机电类相关专业选用,还可供从事模具设计和制造的工程技术人员参考。另外,本书还配有电子教案,可登录机械工业出版社教材网后下载。

图书在版编目(CIP)数据

数控车削加工工艺与编程操作 / 王增杰主编. —北京:
机械工业出版社, 2010. 6
中等职业教育课程改革新教材. 机电类专业教学用书
ISBN 978-7-111-28950-0

I. ①数… II. ①王… III. ①数控机床: 车床—车削—
加工工艺—专业学校—教材②数控机床: 车床—车削—
程序设计—专业学校—教材 IV. ①TG519.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第113130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:汪光灿 责任编辑:汪光灿 版式设计:霍永明
封面设计:王伟光 责任校对:刘志文 责任印制:杨曦
保定市中国画美凯印刷有限公司印刷
2010年8月第1版·第1次印刷
184mm×260mm·11.75印张·289千字
0001-3000册
标准书号:ISBN 978-7-111-28950-0
定价:22.00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

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者服务部:(010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

前 言

本书是根据教育部关于职业教育教学改革的意见、职业教育的特点和数控技术的发展以及对职业院校学生的培养要求，在总结了近几年各院校数控技术改革经验的基础上编写的，是“项目式”教学模式的教改成果之一。

本书以培养学生从事数控技术基本技能为目标，将数控车削设备、数控车削加工工艺、数控车削编程、数控车工中级工鉴定样题解析融合在一起，进行优化，突出实用性、综合性和先进性。本书以编程为基础，以典型零件为例，按照由浅入深的顺序介绍，以便学生一边学习专业知识，一边进行实践操作，以充分调动学生的学习积极性，使学生学有所成。

本书的编写还始终坚持以就业为导向，将数控车削加工工艺（工艺路线、刀具选择、切削用量等）和程序编制方法等融合到实训操作中，充分体现了“教、学、做合一”的职教办学特色。

本书由石家庄铁路运输学校（河北省技师学院）王增杰任主编并负责全书的统稿和修改，石家庄工程技术学校苏汉明、河北衡水技师学院杨国群任副主编，河北省邢台工业学校刘桂霞任主审。全书共分4单元，单元一、单元三（部分内容）由王增杰编写；单元二由苏汉明和杨国群编写；单元四由石家庄铁路运输学校（河北省技师学院）郑香金编写；单元三中的课题六由石家庄鹿泉市职教中心郝超栋编写；此外，石家庄技师学院方建京、童伟、于英梅对本书提出了许多宝贵意见和建议，在此表示谢意。

本书适合于中等职业技术学校 and 成人教育院校数控技术应用专业使用，也可供机械加工技术、机电技术应用等机电类相关专业选用，还可供从事模具设计和制造的工程技术人员参考。

由于时间仓促和编者水平有限，书中错误和缺点在所难免，恳请广大读者批评指正。

编 者

中等职业教育课程改革新教材编委会

主 任：张志增

副主任：张新启 张艳旭 王军现 王永进 冀 文 赵易生

冯国强 凌志杰 刘玲娣 霍同路 苏汉明 汪光灿

委 员：刘金海 高建斌 程瑞卿 石 磊 贾英布 樊永泉

李惠臣 宁文军 王增杰 闫新华 孙继山 刘桂霞

刘秀艳 张树科 郝超栋 肖群彦 寇德森 柳海强

肖秀云 程保久 于立达 于长虹 贺天柱

目 录

前言

单元一 数控车削设备	1
课题一 数控车床的基本结构和功能	1
课题二 操作面板及软键的功能介绍	10
课题三 数控车床的开机、准备工作及基本 操作	14
课题四 数控车床的基本操作方式（FANUC Oi 系统）	17
课题五 对刀、换刀与刀具参数设定	19
课题六 数控设备的日常维护	21
小结	31
习题与训练	31
单元二 数控车削加工工艺	33
课题一 数控车削的主要加工对象	33
课题二 数控车床常用的工装夹具和工件 装夹	35
课题三 车削刀具的类型及选用	40
课题四 选择切削用量	58
课题五 车削零件的常用测量工具及精度 检验	60
小结	66
习题与训练	66
单元三 数控车削编程	67
课题一 数控车削编程基础	67

课题二 刀具补偿指令应用	82
课题三 固定循环功能自动返回参考点的 应用	91
课题四 数控车削手工编程训练	102
课题五 CAXA 数控车削计算机编程训练	107
课题六 几种基本程序的编制及实训	122
课题七 螺纹加工	132
小结	140
习题与训练	141
单元四 数控车工中级工鉴定样题 解析	143
课题一 数控车工中级工应会试题（1）	143
课题二 数控车工中级工应会试题（2）	150
课题三 数控车工中级工应会试题（3）	155
课题四 数控车工中级工应会试题（4）	158
课题五 数控车工中级工应会试题（5）	162
课题六 数控车工中级工应会试题（6）	166
小结	170
附录	171
附录 A 数控车床操作工技能考核标准	171
附录 B 车削用量的选择	173
附录 C 数控车床操作工应知考核试题及 参考答案	175
参考文献	182

单元一 数控车削设备

课题一 数控车床的基本结构和功能

【学习目标】

- 掌握数控车削设备的概念和作用。
- 掌握数控车床的分类。
- 掌握数控车床的组成。

一、数控机床产生与发展简史

20 世纪 40 年代末，美国开始研究数控机床。1948 年，美国帕森斯公司接受美国空军委托，研制飞机螺旋桨叶片轮廓样板的加工设备。由于样板形状复杂多样，精度要求高，一般加工设备难以适应，于是提出计算机控制机床的设想。1949 年，该公司在美国麻省理工学院伺服机构研究室的协助下，开始数控机床研究，并于 1952 年试制成功第一台由大型立式仿形铣床改装而成的三坐标数控铣床，不久即开始正式生产，并于 1957 年投入使用。这是制造技术发展过程中的一个重大突破，标志着制造领域中数控加工时代的开始。数控加工是现代制造技术的基础，这一发明对于制造行业而言，具有划时代的意义和深远的影响。世界上主要工业发达国家都十分重视数控加工技术的研究和发展。我国于 1958 年开始研制数控机床，成功试制出配有电子管数控系统的数控机床，1965 年开始批量生产配有晶体管数控系统的三坐标数控铣床。经过几十年的发展，目前，我国在数控系统研究制造领域获得了长足发展，如华中数控、广州数控、南京四开、北京凯迪等系统在我国机床业得到了广泛应用。同时数控机床已实现了计算机控制并在工业界得到广泛应用，在模具制造行业的应用尤为普及。

针对车削、铣削、磨削、钻削和刨削等金属切削加工工艺及电加工、激光加工等特种加工工艺的需求，开发了各种门类的数控加工机床。数控机床种类繁多。其中广泛应用的数控机床分为数控车床、数控铣床和加工中心机床。

在模具制造业常用的数控加工机床有数控铣床、数控电火花成型机床、数控电火花线切割机床、数控磨床及数控车床。

早期的数控装置叫做 NC 系统（Numerical Controller）。NC 系统采用电子管元件，体积庞大，价格昂贵，只在航空工业等少数有特殊需要的部门用来加工复杂型面零件；1959 年，制成了晶体管元件和印制电路板，使数控装置进入了第二代，体积缩小，成本有所下降；1960 年以后，较为简单和经济的点位控制数控钻床以及直线控制数控铣床得到较快发展，使数控机床在机械制造业各部门逐步获得推广。1965 年，出现了第三代的集成电路数控装置，不仅体积小，功率消耗少，且可靠性提高，价格进一步下降，促进了数控机床品种和产

量的发展。20 世纪 60 年代末,先后出现了由一台计算机直接控制多台机床的直接数控系统,简称 DNC 系统 (Direct Numerical Controller), 又称群控系统; 采用小型计算机控制的计算机数控系统, 简称 CNC 系统 (Computer Numerical Controller), 使数控装置进入了以小型计算机化为特征的第四代。1974 年, 研制成功使用微处理器和半导体存储器的微型计算机数控装置, 简称 MNC 系统 (Microprocessor Numerical Controller), 这是第五代数控系统。第五代与第三代相比, 数控装置的功能扩大了一倍, 而体积则缩小为原来的约 $1/20$, 价格降低了约 $3/4$, 可靠性也得到极大的提高。20 世纪 80 年代初, 随着计算机软、硬件技术的发展, 出现了能进行人机对话式自动编制程序的数控装置; 数控装置愈趋小型化, 可以直接安装在机床上; 数控机床的自动化程度进一步提高, 具有自动监控刀具破损和自动检测工件等更多智能。

二、数控机床和数控车床的概念

数控机床是采用数字控制 (或者说计算机数字控制) 方式对机床的各种运动进行编程控制的机床总称。数控机床的种类很多, 应用广泛。数控机床是用数字代码形式的信息 (程序指令), 控制刀具按给定的工作程序、运动速度和轨迹进行自动加工的机床。数控机床与普通机床相比较具有广泛的适应性, 加工对象改变时只需要改变输入的程序指令; 加工性能比一般自动机床高, 可以精确加工复杂型面, 因而适合于加工中小批量、改型频繁、精度要求高、形状又较复杂的工件, 并能获得良好的经济效益。

数控车床是采用了数字控制系统的车削机床。它是种类繁多的数控加工机床设备中的一类, 具有与卧式车床相同的运动特性。其特征是主轴带动工件旋转, 车削刀具做内外轮廓运动从而加工出各类回转体工件。车削运动示意图如图 1-1 所示。

无论是卧式车床还是数控车床, 其刀具都安装在刀架上, 而刀架又是安装在床鞍和滑板上, 床鞍则跨装在机床导轨上。只不过卧式车床的主轴调速是靠改变齿轮变速器的挡位位置来调整的, 刀具轴向进给可以靠机动和手动两种方式完成, 但是其进给量和轮廓加工都是依靠手动来完成的。而在数控车床中这些运动是靠控制伺服电动机来驱动这些运动部件实现各种复杂运动的。图 1-2 和图 1-3 所示为卧式车床和经济型卧式数控车床的外观。图 1-4 和图 1-5 所示分别为卧式车床操作工和数控车床操作工的工作状况。

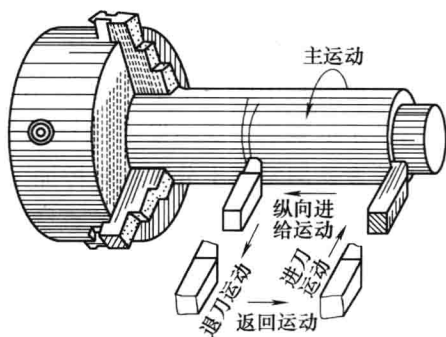


图 1-1 车削运动示意图

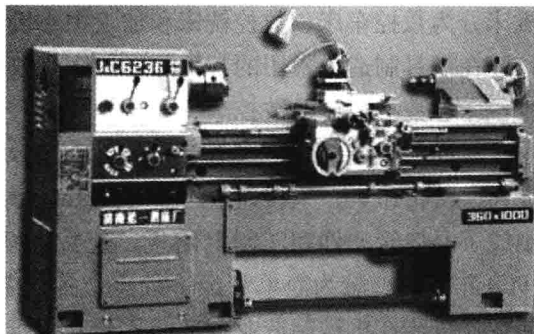


图 1-2 卧式车床



图 1-3 经济型卧式数控车床



图 1-4 卧式车床操作工在操作车床



图 1-5 数控车床操作工在操作数控车床

三、数控车削设备的作用和特点

数控机床是指采用数控技术进行控制的机床。在数控机床中按用途进行分类,其中用于完成车削加工的数控机床称为数控车床。数控车床主要用来对旋转体零件进行车削、镗削、钻削、铰削、攻螺纹等工序的加工。一般能自动完成内外圆柱面、圆锥面、球面、圆柱螺旋纹、槽及端面等工序的切削加工。和卧式车床相比较,数控车床加工具有精度高、效率高、劳动强度低、自动化和智能化程度高等特点,对操作工的文化知识要求高,维修保养费用高,设备投资费用高。

现代数控车床都具有 X 、 Z 两轴的联动功能、刀具位置和刀尖圆弧半径的补偿功能以及包含固定循环功能。图 1-6~图 1-9 展示出了车削加工的部分工艺内容。

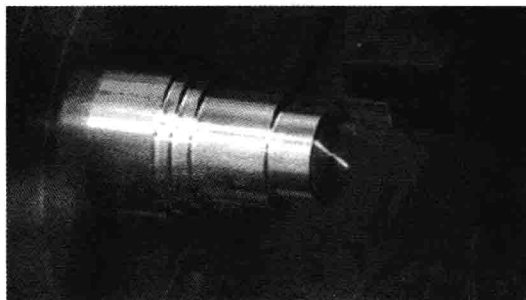


图 1-6 加工外圆柱面轮廓

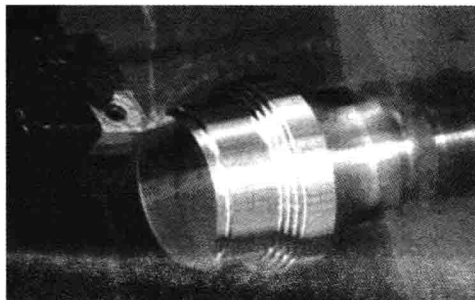


图 1-7 端面和外轮廓面加工

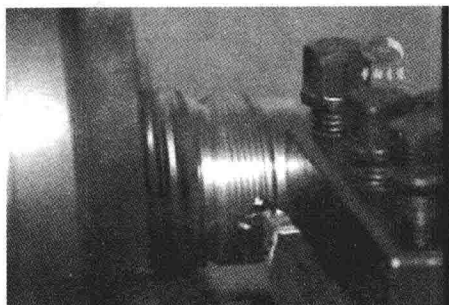


图 1-8 外螺纹加工

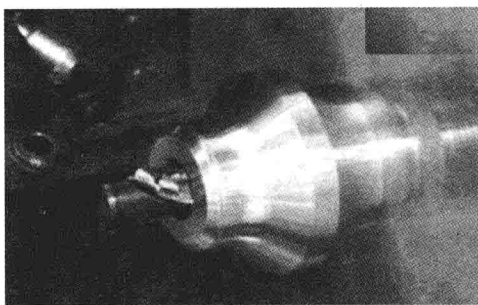


图 1-9 钻孔加工

四、数控车床的分类

数控车床的分类方法很多，通常都按照以下方法进行分类。

1. 按车床主轴位置分类

数控车床根据车床主轴的位置，可分成卧式数控车床（见图 1-10）和立式数控车床（见图 1-11、1-12）两类。卧式数控车床的主轴与水平面平行。此外，卧式数控车床又分为水平床身数控车床和倾斜床身数控车床。

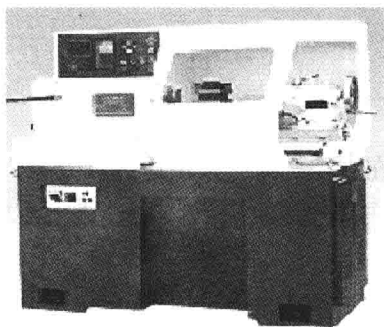


图 1-10 经济型卧式数控车床

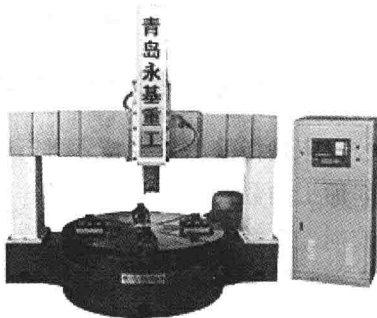


图 1-11 立式数控车床

水平床身数控车床（见图 1-13）的加工工艺性好。由于刀架水平放置，提高了刀架的运动精度。这类机床的缺点是刚性较差、排屑较困难。

倾斜床身数控车床（见图 1-14）具有刚性好、外形美观、结构紧凑、排屑容易、便于操作和观察的优点。这类机床的缺点是，当其床身的倾斜角度较大时，会影响导轨的导向性和受力状况。

立式数控车床主轴垂直于水平面，一般采用圆形工作台来装夹工件。这类机床主要用于加工径向尺寸大、轴向尺寸相对较小的大型复杂零件。

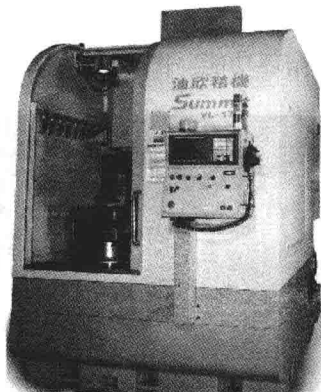


图 1-12 单立柱立式数控车床

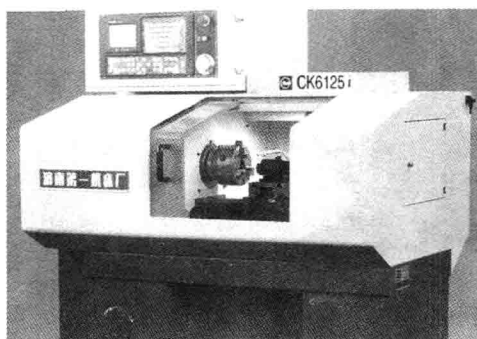


图 1-13 水平床身数控车床

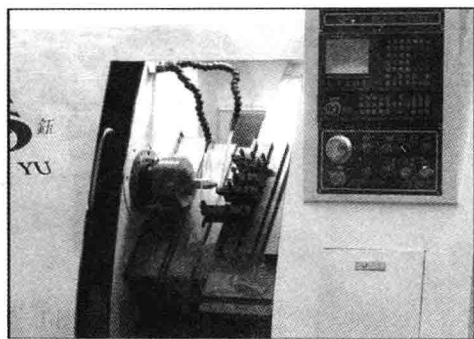


图 1-14 倾斜床身数控车床

2. 按功能分类

按其功能，数控车床可分成经济型数控车床（见图 1-10）、全功能型数控车床（见图 1-15、1-16）、车削中心（见图 1-17）三类。

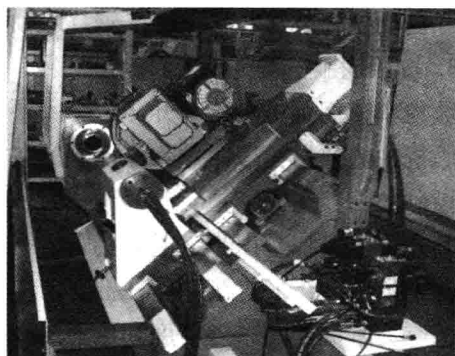
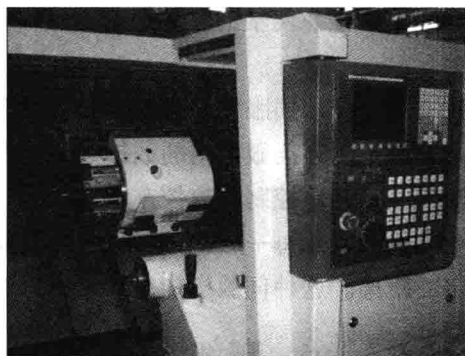


图 1-15 倾斜床身全功能型数控车床

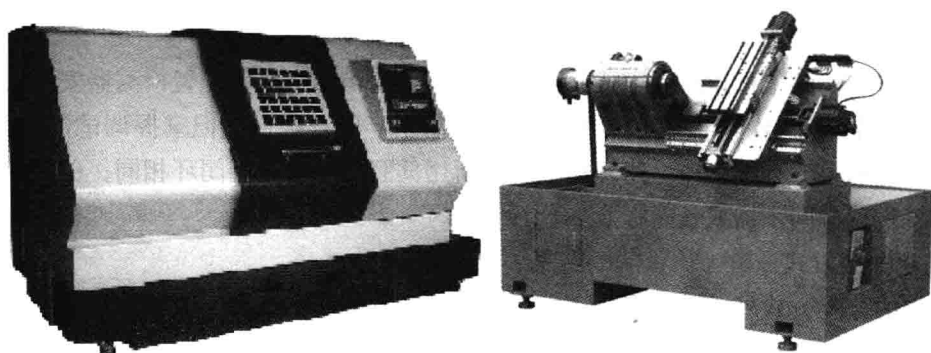


图 1-16 倾斜床身全功能型数控车床和倾斜床身导轨示意图

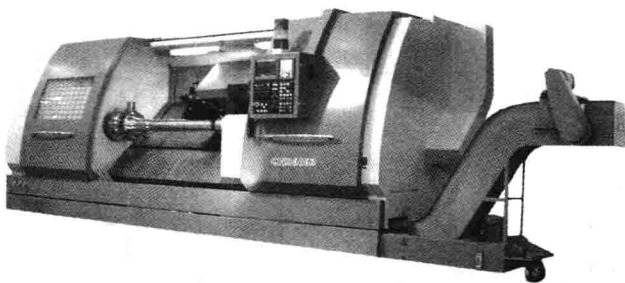


图 1-17 车削中心

经济型数控车床通常配备经济型数控系统，由卧式车床进行数控改造而成。这类机床常采用开环或半闭环伺服系统控制，主轴较多采用变频调速，机床结构与卧式车床相似。

全功能型数控车床一般采用后置转塔式刀架，可装刀具数量较多。主轴为伺服驱动，车床采用倾斜床身结构以便于排屑，数控系统的功能较多，可靠性较好。

车削中心在全功能数控车床的基础上，增加了 C 轴和动力头，更高级的数控车床带有刀库和自动换刀装置，可实现三轴（ X 轴、 Z 轴和 C 轴）中任意两轴的联动控制。

3. 按照伺服机构类型分类

数控车床伺服机构分为开环、半闭环和闭环三种类型。按照伺服机构控制方式将装有闭环伺服机构的数控车床叫做闭环控制的数控车床；把装有半闭环伺服机构的数控车床叫做半闭环控制的数控车床；把装有开环伺服机构的数控车床叫做开环控制的数控车床。

开环伺服机构是由步进电动机驱动线路和步进电动机组成。每一脉冲信号使步进电动机转动一定的角度，通过滚珠丝杠推动工作台移动一定的距离。这种伺服机构比较简单，工作稳定，容易掌握使用，但精度和速度的提高受到限制。

半闭环伺服机构是由比较线路、伺服放大线路、伺服电动机、速度检测器和位置检测器组成。位置检测器装在丝杠或伺服电动机的端部，利用丝杠的回转角度间接测出工作台的位置。常用的伺服电动机有宽调速直流电动机、宽调速交流电动机和电液伺服电动机。位置检测器有旋转变压器、光电式脉冲发生器和圆光栅等。这种伺服机构所能达到的精度、速度和动态特性优于开环伺服机构，为大多数中小型数控机床所采用。

闭环伺服机构的工作原理和组成与半闭环伺服机构相同，只是位置检测器安装在工作台上，可直接测出工作台的实际位置，故反馈精度高于半闭环控制，但掌握调试的难度较大，常用于高精度和大型数控机床。闭环伺服机构所用伺服电动机与半闭环相同，位置检测器则用长光栅、长感应同步器或长磁栅。

4. 其他分类方式

除以上的分类方式外，数控车床还可根据加工零件的基本类型、刀架数量、数控系统的不同控制方式进行分类。

五、数控车床的结构组成及工作原理

数控车床主要由车床本体、数控系统、辅助系统三大部分组成。车床本体由床身、主

轴、滑板、刀架、冷却装置等组成。其控制设备和驱动伺服电动机的连接简图如图 1-18 所示。

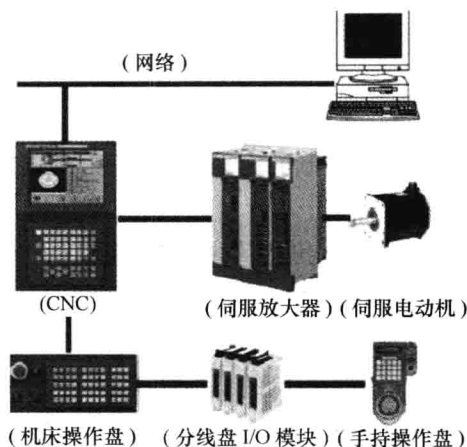


图 1-18 控制设备和驱动伺服电动机的连接简图

1. 数控系统

数控系统用于数控机床的运算、管理和控制，通过输入介质得到数据，对这些数据进行解释和运算并对机床产生作用。它由程序的输入/输出装置、数控装置、伺服驱动装置三部分组成，有些还配有检测装置。

(1) 数控装置 它包括程序读入装置和由电子线路组成的输入部分、运算部分、控制部分和输出部分等。数控装置按所能实现的控制功能分为点位控制、直线控制、连续轨迹控制三类。图 1-19 所示为华中世纪星 HNC—21/22T 数控系统操作面板。

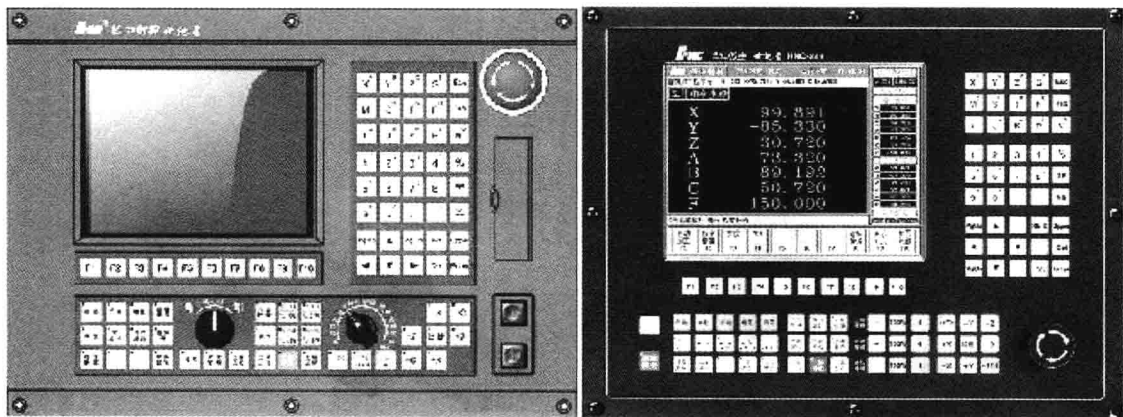


图 1-19 华中世纪星 HNC—21/22T 数控系统操作面板

(2) 伺服装置 它根据控制系统的指令驱动机床，使刀具和零件执行数控代码规定的运动。图 1-20 所示为常用伺服驱动模块。伺服装置的作用是把来自数控装置的脉冲信号转

换成机床移动部件的运动。输入数控装置的程序指令记录在信息载体上, 由程序读入装置接收, 或由数控装置的键盘直接手动输入。

点位控制是只控制刀具或工作台从一点移至另一点的准确定位, 然后进行定点加工, 而点与点之间的路径不需控制。采用这类控制的有数控钻床、数控镗床和数控坐标镗床等。

直线控制是除控制直线轨迹的起点和终点的准确定位外, 还要控制在这两点之间以指定的进给速度进行直线切削。采用这类控制的有平面铣削用的数控铣床, 以及阶梯轴车削和磨削用的数控车床和数控磨床等。

连续轨迹控制(或称轮廓控制)能够连续控制两个或两个以上坐标方向的联合运动。为了使刀具按规定的轨迹加工工件的曲线轮廓, 数控装置具有插补运算的功能, 使刀具的运动轨迹以最小的误差逼近规定的轮廓曲线, 并协调各坐标方向的运动速度, 以便在切削过程中始终保持规定的进给速度。采用这类控制的有能加工曲面用的数控铣床、数控车床、数控磨床和加工中心等。

数控机床常用的伺服驱动模块、伺服电动机、滚珠丝杠、位置检测元件如图 1-20 ~ 图 1-23 所示。



图 1-20 伺服驱动模块

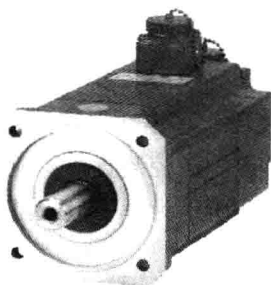
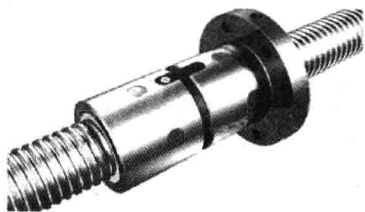


图 1-21 伺服电动机



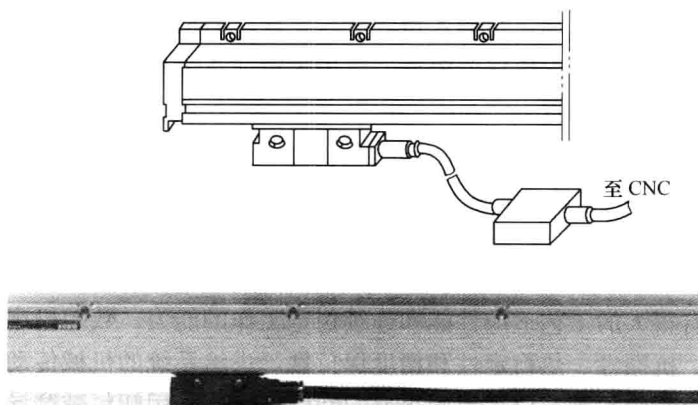
a)



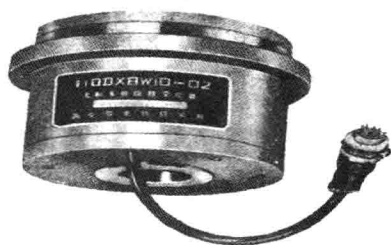
b)

图 1-22 滚珠丝杠

a) 内循环垫片预紧式滚珠丝杠副 b) 内循环螺纹预紧螺母式滚珠丝杠副



a)



b)



c)



d)



e)

图 1-23 位置检测元件

- a) 高分辨力光栅尺的外形结构示意图 b) 旋转变压器
c) 数控机床运动轴端部安装的编码器图 d) 编码器的外形 e) 编码器的内部结构