

数控机床典型系统模块化维修丛书

数控机床 **FANUC** 系统模块化维修



分享维修经验精髓
迅速掌握维修精华
成就职业规划提升

刘胜勇 编著

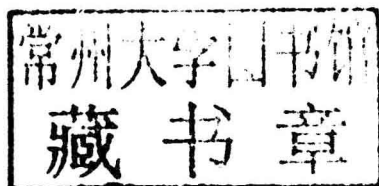


机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

数控机床典型系统模块化维修丛书

数控机床FANUC系统模块化维修

刘胜勇 编著



机械工业出版社

本书从数控机床的设计角度出发,基于机床制造过程中零部件的系列化和标准化而提出了模块化维修的观点;并以数字化电信号的流向为线索,对数控机床的电源模块、主轴驱动和进给驱动、CNC装置和PMC装置的连接以及常见故障和排除方法进行了细致的分块讲述;同时以机械运动环节为线索,对数控机床的主轴传动和进给传动,以及为提高机床自动化程度而附加的ATC装置的组成结构、常见故障和排除方法进行了深入的分块讲解。

本书既可作为研究单位和企业从事数控机床设计、维修、调试和培训工作的参考书,也可作为高等院校相关专业的参考教材。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床 FANUC 系统模块化维修/刘胜勇编著. —北京:机械工业出版社, 2013.1

(数控机床典型系统模块化维修丛书)

ISBN 978-7-111-39403-7

I. ①数… II. ①刘… III. ①数控机床-程序设计 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 186430 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:周国萍 责任编辑:周国萍 王治东

版式设计:姜 婷 责任校对:姜 婷

封面设计:马精明 责任印制:乔 宇

北京瑞德印刷有限公司印刷(三河市胜利装订厂装订)

2013 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·36.75 印张·1028 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-39403-7

定价:89.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

策划编辑(010)88379733

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

数控机床是基于计算机控制技术平台，高度集成了机械、电气、液压和气动等多学科知识的机电一体化产品。因其具有高精度、高速度、高效率及加工灵活可变的特点，被广泛应用于各行各业的制造过程中。目前，数控机床已成为企业保证产品质量、提高生产效率和提升管理水平的关键设备之一。因此，对数控机床准确地进行故障诊断与快速维修也越来越重要，有时甚至会成为制约企业生产环节的“瓶颈”。

为迅速提高数控维修人员的维修技能，使其在面对采用了 FANUC、SINUMERIK 或 MITSUBISHI 等不同类型数控系统的车床、铣床、磨床、加工中心和齿轮加工机床等数控设备的维修时可举一反三，熟练应用数控维修基础理论和故障实例的维修经验，简化机床故障的分析过程，快速解决数控机床的每一个突发问题，从而提高维修效率和缩短机床停机时间，并使维修人员快速成长为企业的复合型高技能人才，特编写此书。

本书从数控机床的设计角度出发，基于机床制造过程中零部件的系列化和标准化而提出了模块化维修的观点；并以数字化电信号的流向为线索，对数控机床的电源模块、主轴驱动和进给驱动、CNC 装置和 PMC 装置的连接以及常见故障和排除方法进行了细致的分块讲述；同时以机械运动环节为线索，对数控机床的主轴传动和进给传动，以及为提高机床自动化程度而附加的 ATC 装置的组成结构、常见故障和排除方法进行了深入的分块讲解。

本书融入了作者十几年大型企业数控设备的维修精髓和培训经验，既可作为研究单位和企业从事数控机床设计、维修、调试和培训工作的参考书，也可作为高等院校相关专业的参考教材。

全书共分 7 章，第 1 章为数控机床的工作原理，第 2 章为数控机床维修基础知识，第 3 章为 FANUC 系统及系统报警的诊断，第 4 章为数控机床主轴部分的常见故障与维修，第 5 章为数控机床进给部分的常见故障与维修，第 6 章数控机床 ATC 装置的常见故障与维修，第 7 章为数控机床通信及网络控制技术。

因本书涵盖内容广泛和编著者水平有限，加之数控技术发展迅速，书中难免有不足之处，恳请广大读者批评、指正。

编 著 者

目 录

前言

第1章 数控机床的工作原理	1
1.1 概述	1
1.2 数控机床的结构	2
1.2.1 数控车床	2
1.2.2 数控铣床	4
1.2.3 数控磨床	7
1.2.4 加工中心	12
1.2.5 齿轮数控加工机床	23
1.3 数字化电信号的工作过程	26
1.3.1 控制介质	26
1.3.2 输入/输出装置	27
1.3.3 CNC 装置	28
1.3.4 PMC 装置	29
1.3.5 伺服系统	35
1.3.6 机床本体	35
1.3.7 辅助装置	35
第2章 数控机床维修基础知识	38
2.1 数控维修的基本要求	38
2.2 数控机床故障的分类	42
2.3 故障的诊断分析方法	43
2.3.1 系统自诊断	43
2.3.2 直观检查法(望闻问切)	43
2.3.3 数据和状态检查	45
2.3.4 状态指示灯和报警信息分析法	46
2.3.5 备板置换(替代)法	47
2.3.6 交换(同类对调)法	47
2.3.7 敲击法	48
2.3.8 升温法	48
2.3.9 功能程序测试法	48
2.3.10 隔离法	48
2.3.11 测量比较法	48
2.3.12 强迫闭合法	48
2.4 四步到位法维修	49
2.5 维修时机械零部件的测绘及形成正式图	50
2.6 电气识图与元件特性识别	55
2.6.1 机电控制关系	55
2.6.2 电器元件的特性识别	60

2.6.3 电子元件的特性识别	67
2.7 基本控制电路	70
2.7.1 电动机的控制环节	70
2.7.2 电气控制基本规律	78
2.7.3 电动机控制保护环节	79
第3章 FANUC 系统及系统报警的诊断	80
3.1 FANUC 0C/0D 系统	81
3.1.1 FANUC 0C/0D 系统的基本配置	81
3.1.2 FANUC 0C/0D 系统的功能板及接口信号	82
3.1.3 FANUC 0C/0D 系统报警及诊断	89
3.2 FANUC 16/18/21/0iA 系统	93
3.2.1 FANUC 0iA 系统的内部结构和基本配置	93
3.2.2 FANUC 18/0iA 系统功能板及接口信号	95
3.2.3 FANUC 0iA 系统报警及诊断	99
3.3 FANUC 16i/18i/21i/0iB/0iC 系统	103
3.3.1 FANUC 18i 系统的基本配置	104
3.3.2 FANUC 18i/0iB 系统功能板及接口信号	106
3.3.3 FANUC 0iC 系统组成、基本配置及功能连接	110
3.3.4 FANUC 16i/18i/21i/0iB/0iC 系统报警及诊断	116
3.4 FANUC 0iD/30i/31i/32i 系统	126
3.4.1 系统基本配置	126
3.4.2 FANUC 0iD/31i 系统的功能连接	131
3.4.3 FANUC 0iD/30i/31i/32i 系统报警及诊断	135
第4章 数控机床主轴部分的常见故障与维修	148
4.1 对主轴驱动的要求	148
4.2 主轴传动及故障	149

4.2.1 齿轮传动及故障	149
4.2.2 带传动及故障	168
4.2.3 电动机直驱主轴	171
4.3 主轴组件及故障	172
4.3.1 主轴端部的结构形状	173
4.3.2 主轴组件的支承及故障	173
4.3.3 主轴组件及故障	192
4.4 主轴驱动控制及故障维修	231
4.4.1 主轴速度控制信号及驱动形式	231
4.4.2 串行主轴的主回路及故障	231
4.4.3 串行主轴的参数设定及初始化	258
4.4.4 串行主轴的自诊断功能	263
4.4.5 串行主轴的辅助控制及故障	266
4.5 主轴部分的拆卸与组装	281
4.5.1 主轴部分的拆卸	281
4.5.2 主轴部分的组装	282
第5章 数控机床进给部分的常见故障与维修	288
5.1 对进给部分的要求	288
5.2 导轨副及故障	289
5.2.1 导轨副的分类	290
5.2.2 塑料滑动导轨的磨损形式	291
5.2.3 滚动导轨的应用	293
5.2.4 静压导轨的应用	295
5.2.5 导轨副的间隙调整	296
5.2.6 导轨副的润滑与防护	298
5.2.7 导轨副的常见故障与排除	298
5.3 进给传动副及故障	301
5.3.1 滚珠丝杠副及故障	302
5.3.2 滚珠丝杠副的减速机构及故障	316
5.3.3 联轴器及故障	319
5.3.4 齿轮齿条传动副及故障	320
5.3.5 直线电动机进给驱动机构	321
5.3.6 其他型式的传动副	322
5.4 进给驱动控制及故障维修	323
5.4.1 进给驱动系统的控制方式及FANUC全数字伺服控制系统	323
5.4.2 伺服进给的主回路及故障	327
5.4.3 伺服进给参数的设定与调整	356
5.4.4 伺服进给的自诊断功能	361
5.4.5 FSSB伺服总线设定及故障	367
5.4.6 伺服进给的辅助控制及故障	372
5.4.7 进给伺服系统报警及故障维修	410

第6章 数控机床ATC装置的常见故障与维修	425
6.1 自动换刀方式	425
6.1.1 回转刀架换刀	425
6.1.2 更换主轴头换刀	429
6.1.3 更换主轴箱换刀	429
6.1.4 带刀库的自动换刀	430
6.2 刀库	431
6.2.1 常见结构形式	431
6.2.2 刀库容量	438
6.3 刀具系统及刀具选择	438
6.3.1 刀具系统	438
6.3.2 刀具选择	438
6.4 刀具交换机构	443
6.4.1 刀具交换方式	443
6.4.2 机械手的形式	447
6.5 电动刀架自动换刀装置及故障	450
6.5.1 4工位电动刀架的结构和工作过程	450
6.5.2 电动刀架刀位信号检测的PMC控制	451
6.5.3 电动刀架控制中的常见故障	457
6.6 电动转塔自动换刀装置及故障	457
6.6.1 BARUFFALDI TS200/12电动转塔的工作原理及故障	458
6.6.2 BARUFFALDI TB250/8伺服转塔的工作原理及故障	465
6.7 圆盘刀库凸轮式单臂双爪机械手自动换刀装置及故障	472
6.7.1 圆盘刀库凸轮机械手换刀的控制过程	474
6.7.2 圆盘刀库凸轮机械手换刀的常见故障	506
第7章 数控机床通信及网络控制技术	521
7.1 RS 232异步串行通信技术及传输软件	521
7.1.1 RS 232异步串行通信功能及参数设定	521
7.1.2 RS 232通信的参数设定及数据的传输操作	532
7.1.3 RS 232串行通信故障维修技术	538
7.2 存储卡通信技术及在线加工	540

7.2.1 数据的分区和分类	540	7.3.2 嵌入式以太网的设置	553
7.2.2 存储卡系列传输	541	7.3.3 Data Server 功能的设置	559
7.2.3 存储卡分区传输	547	附录 FANUC 18/18i/0i/30i 系	
7.2.4 存储卡进行 DNC 加工	551	统输入/输出信号一览表	566
7.3 以太网远程通信技术及远程在		参考文献	579
线加工	552		
7.3.1 以太网配置形式及特点	552		

第1章

数控机床的工作原理

1.1 概述

数控机床控制技术是一项高度集成了机械制造技术、自动化技术、计算机技术、传感器技术、信息处理技术,以及光、电、液一体化技术的现代制造技术。目前,该技术在制造业的应用已相当普遍,涉及生产过程中的板材下料、部件焊接、零件的车铣钻磨加工及标牌刻印等各个环节。

为便于区分品种繁多的数控机床,一般从不同的角度对其进行分类。例如按工艺用途的不同,可将数控机床分为金属切削类数控机床、金属成形类数控机床、特种加工类数控机床及测量和绘图类数控机床等。其中,金属切削类数控机床可分为数控车床、数控铣床、数控钻床、数控磨床、数控加工中心和数控齿轮加工机床等,金属成形类数控机床可分为数控弯管机、数控压力机、数控旋压机和数控雕刻机等(见图1-1),特种加工类数控机床可分为数控切割机和机器人等,测量和绘图类数控机床可分为三坐标测量机(见图1-2)和数控绘图仪等。

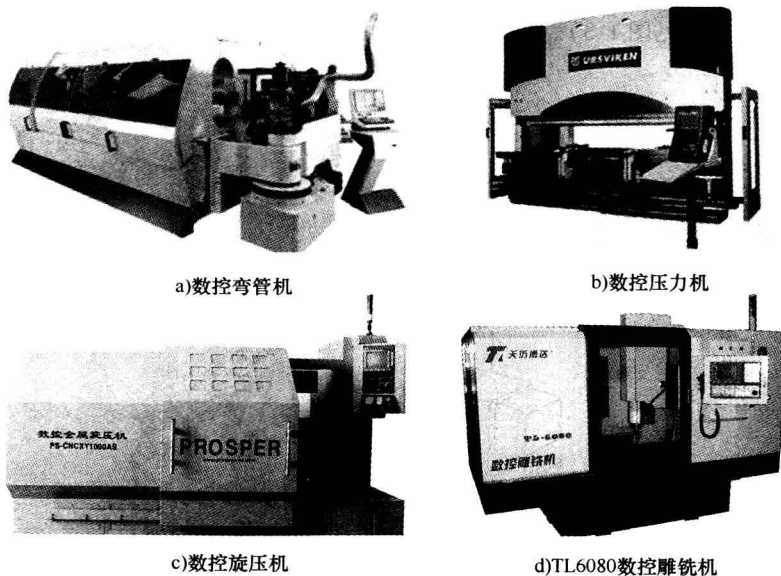


图 1-1 金属成形类数控机床

虽然数控机床的品种繁多,但其工作原理大致相同,均是利用数字化的逻辑电信号控制机床的运动过程,以获得所需的轮廓轨迹和相应的控制功能。该过程包括工件的夹紧/松开、刀具的选择、刀具与工件的相对位置、切削液开/关、主轴运行、伺服驱动、各机械耦合部件的润滑及

相应部位的冷却降温等方面。通常，根据数控机床的加工对象和用户的控制要求，来选择机床相应的机械动作、配套辅助设施和控制软件等。简而言之，数控机床就像人的一只手，工作时它抓着刀具或工件，按照预定轨迹控制刀具或工件沿运动方向进给，最终加工出用户要求的零件形状或实现应有的用途。其刀具可以是割炬（如火焰、等离子、激光束、水射流和电极丝等）、焊枪（如单丝焊枪和双丝焊枪等）、喷枪、车刀、钻头、铣刀、砂轮、铣齿刀/插齿刀及刻针等。

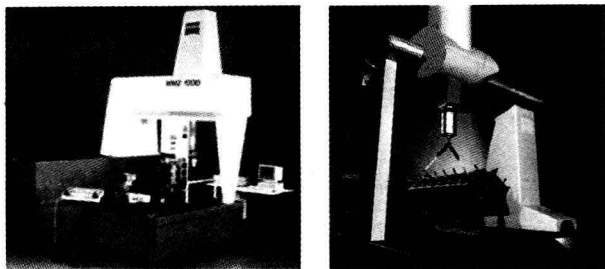


图 1-2 三坐标测量机

1.2 数控机床的结构

1.2.1 数控车床

数控车床主要用于轴类、套筒类和盘类回转体工件的加工，能自动完成内外圆柱面、锥面、圆弧、螺纹等工序的车削加工，可进行切槽、钻/扩/铰孔等加工及高精度曲面或端面螺纹的加工。所用刀具主要是车刀、各种孔加工刀具（如钻头、铰刀、镗刀等）及螺纹刀具。它通常是由输入/输出装置、数控系统（FANUC、SINUMERIK 或 MITSUBISHI 等）、伺服系统、检测系统（FANUC、HEIDENHAIN 等）、机床本体（主轴箱、尾座和床身等）、自动换刀装置、电气控制回路、液压系统、润滑和冷却系统、排屑装置等部分组成。

伴随着数控车床制造技术的不断发展，如今的数控车床可主要分为全功能型数控车床、车削中心和 FMC 车床三类（见图 1-3）。

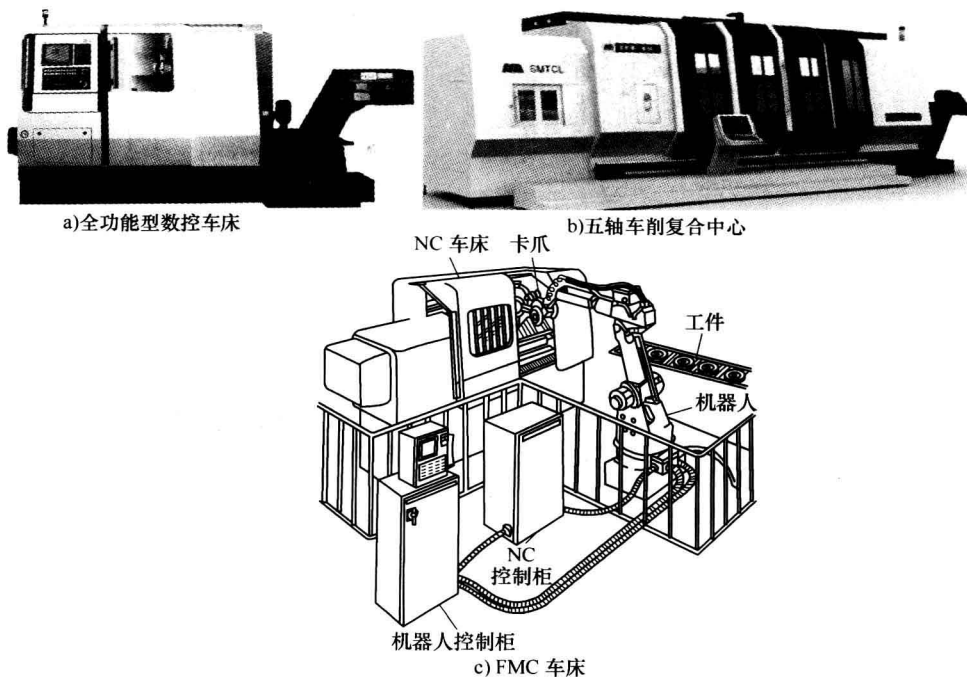


图 1-3 常用数控车床的类型

(1) 全功能型数控车床 配有标准控制系统、显示器, 具有各种显示、图形仿真及刀具补偿等功能, 带有通信或网络接口, 多为半闭环或闭环伺服控制系统, 可进行多个坐标轴的控制。该类型车床具有高刚度、高精度和高效率等特点。

(2) 车削中心 以全功能型数控车床为主体, 通过配置刀库、分度装置、铣削动力头和机械手自动换刀装置等, 可实现多工序复合加工, 如回转类工件一次装夹后车、铣、钻、铰和攻螺纹等多工序的加工。该类型车床的功能较全面, 但价格较高。

(3) FMC 车床 由数控车床和机器人等构成的柔性加工单元, 可实现工件搬运和装卸的自动化及加工调整准备的自动化。

数控车床的运动是由数控系统控制传动链中的执行元件耦合运动实现的, 其数控系统可采用 FANUC 16i/18i/0i/30i/31i/32i 系统、FANUC 0i TTC 系统 (双主轴双刀架数控车床) 或 SINUMERIK 802D/810D/840D 系统等, 传动链的形式主要有主运动和伺服进给运动及刀库/刀塔运动、尾座套筒的驱动等。

(1) 主运动 (见图 1-4) 数控车床的主运动是主轴箱部分的传动, 其主轴具有 C 轴控制功能, 可完成主轴定向准停和进给插补控制。C 轴可以是串行数字主轴电动机 (Cs 轴), 也可以是单独的主轴电动机 (Cf 轴)。加工时数控系统控制主轴电动机旋转, 再由同步带机构或多级齿轮啮合换挡来驱动空心阶梯式主轴带动工件或刀具旋转。另外, 主轴箱体起支撑主轴并传动主轴的作用。

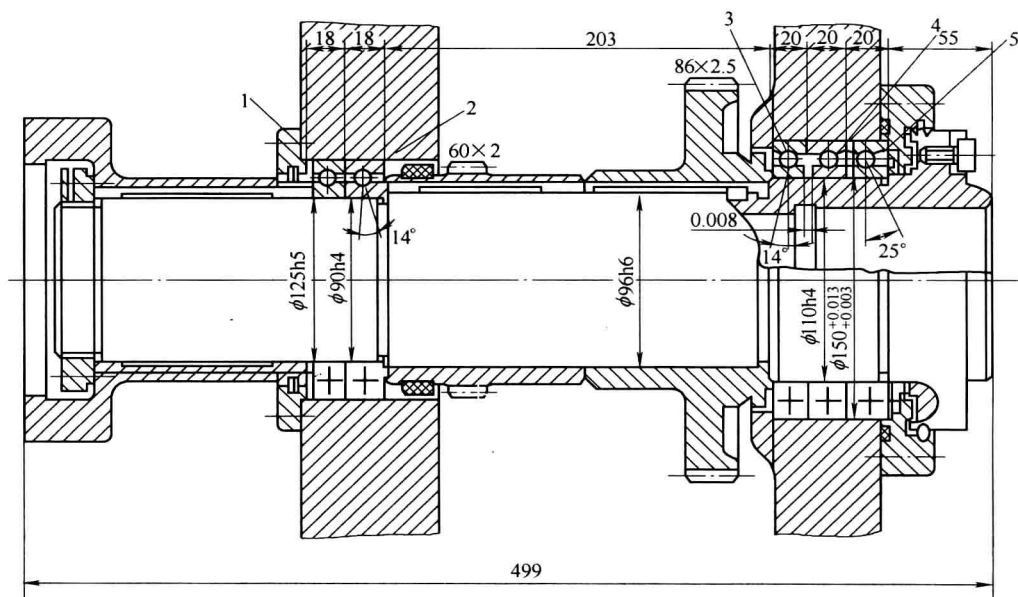


图 1-4 卧式数控车床主轴组件的结构图

1、2、3、4、5—角接触球轴承

(2) 伺服进给运动 数控车床的伺服进给运动除具有直线插补功能、圆弧插补功能和极坐标插补功能外, 还应具有圆柱插补功能、多边形插补功能和渐开线插补功能, 以实现特殊形状的零件加工。标准型数控车床的伺服进给运动主要包含纵向进给和横向进给两个运动, 而车削中心一般包含 3 个直线轴和 1 个旋转轴。加工时, 数控系统控制伺服电动机和减速机构旋转, 再驱动滚珠丝杠螺母副旋转, 从而带动工作台移动。另外, 增加位置检测装置可使伺服进给成为半闭环或全闭环控制形式 (见图 1-5), 从而实现对工作台移动的间接或直接精确定位控制。

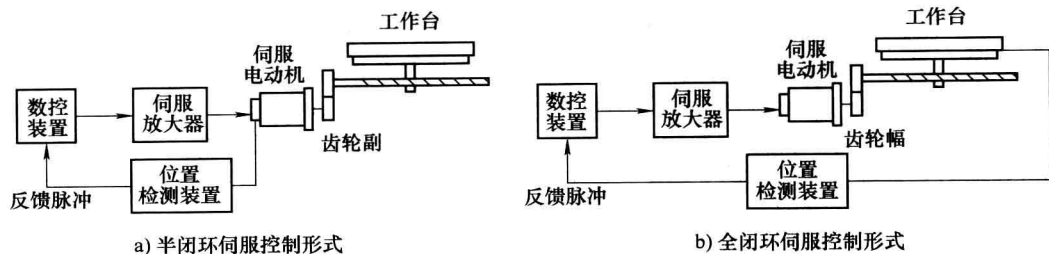


图 1-5 伺服进给控制系统的形式

(3) 刀库/刀塔运动 刀库/刀塔是数控车床的重要组成部分，通过刀库/刀塔的旋转和刀具的定位、夹紧等运动，可实现刀具的自动交换，从而提高数控车床的柔性。标准型数控车床的自动换刀装置是在电动转塔的基础上配备了刀具的动力头功能，可完成工件的车削、铣削和钻削加工；而车削中心则结合了加工中心刀库和换刀机械手的特点，可对工件实现多工艺的复合加工。

(4) 尾座套筒的驱动（见图 1-6） 卧式数控车床加工工件时，利用尾座对工件进行辅助支承。尾座主要由床身上可移动或固定的尾座体和尾座套筒两部分组成，配置莫氏顶尖或专用夹头。它依靠液压驱动实现套筒的自由前进或后退，液压动作的切换由 PMC 程序顺序控制。

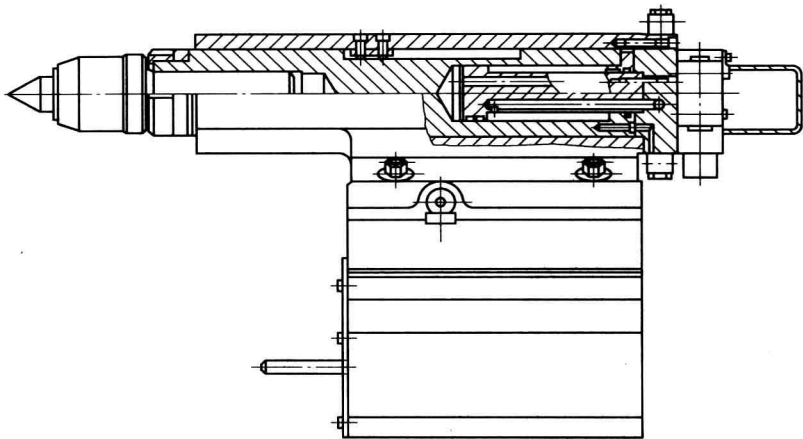


图 1-6 卧式数控车床的尾座结构图

1.2.2 数控铣床

数控铣床是在一般铣床的基础上发展起来的，两者的加工工艺基本相同，结构也有些相似。数控铣床主要用于平面、沟槽、螺旋槽、成形表面和孔，以及空间曲线式复杂型面的铣削加工，适于模具、凸轮、板类和箱体类零件的加工，配置了数控分度头或数控回转工作台的四坐标数控铣床可实现螺旋槽和叶片零件的加工。数控铣床使用的刀具主要有立铣刀、面铣刀、成形铣刀和孔加工刀具等。

1. 数控铣床的分类

按主轴的布局位置分类，可将数控铣床分为立式数控铣床、卧式数控铣床和立卧两用数控铣床三种。

(1) 立式数控铣床（见图 1-7a） 其主轴轴线垂直于水平面，是数控铣床中常见的一种布局形式，应用范围广泛。它可使用立铣刀、机夹刀盘和钻头等进行水平面内型面的加工，增加数控分度头后还可以加工圆柱表面上的曲线沟槽。

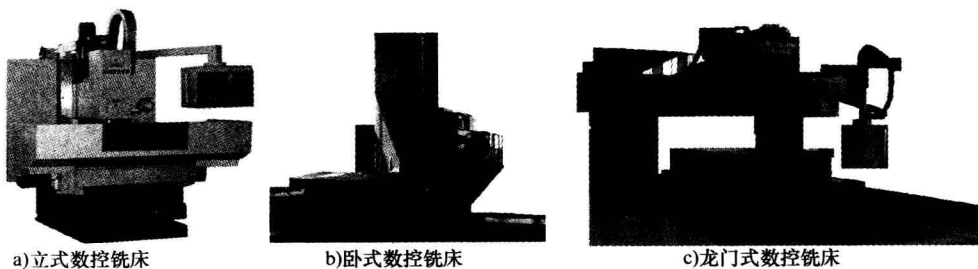


图 1-7 主轴头升降式数控铣床

(2) 卧式数控铣床 (见图 1-7b) 其主轴轴线平行于水平面, 主要用来加工箱体类零件。通常, 增加数控回转工作台后可实现机床的 4 轴联动控制, 从而满足箱体、泵体、阀体或壳体等复杂零件的一次装夹中多表面的加工。

(3) 立卧两用数控铣床 该类型铣床可变换主轴轴线方向, 使用范围较广, 功能较多。数控万能主轴可实现与水平面成各种角度的零件表面加工, 数控回转工作台可对工件实现除定位面外的五面加工。

按机床构造分类, 可将数控铣床分为工作台升降式数控铣床、主轴头升降式数控铣床和龙门式数控铣床三种。

(1) 工作台升降式数控铣床 主要用于小型数控铣床的工作台升降, 其主轴保持不动。

(2) 主轴头升降式数控铣床 (主流) 图 1-7 所示的三种结构形式的数控铣床均为主轴头升降式数控铣床。该数控铣床的主轴可沿垂向溜板上下运动, 工作台纵向和横向移动。

(3) 龙门式数控铣床 按运动形式的不同, 龙门式数控铣床又可分为动台式数控铣床 (即工作台运动, 见图 1-7c) 和动梁式数控铣床 (即框架运动而工作台不动) 两种。龙门式数控铣床具有龙门框架, 且框架上装有主轴头; 工作台为落地式, X、Y、Z 三个方向的运动是由横梁、滑座和滑枕铣头的联动完成的。此类数控铣床具有良好的动态响应性, 承载能力是同类机床的 2~3 倍, 可完成大型工件的加工。

2. 数控铣床的结构组成

数控铣床通常由输入/输出装置、数控装置 (FANUC、SINUMERIK、MITSUBISHI 等)、主轴驱动系统和伺服进给系统、位置检测装置 (FANUC、HEIDENHIAN 等)、机床本体 (床身、立柱、工作台和滑座)、电气控制回路、液压系统和辅助装置 (润滑系统、冷却系统及排屑装置) 等部分组成, 有的带刀库和自动换刀机械手。数控铣床的标准配置为 3 个直线进给轴, 可实现 3 轴联动控制 (即 X、Y、Z 轴同时完成插补运动); 立式数控铣床增加回绕 X 轴旋转的 A 轴后, 可实现 4 轴联动选配控制; 卧式数控铣床增加回绕 Y 轴旋转的数控回转工作台 (B 轴) 后, 也可实现 4 轴联动控制, 以满足工件的四面加工要求。数控铣床可配置 FANUC Oi MC/MD 或 SINUMERIK 810D/840D 等数控系统, 以实现 3 轴及以上的联动控制功能。以下主要介绍主轴驱动系统、伺服进给系统、机床本体和辅助装置。

(1) 主轴驱动系统 数控铣床的主轴一般采用与数控系统配套的串行数字主轴 (如 FANUC 公司的 α 或 α_i 系列主轴驱动), 由交流主轴电动机带动同步齿形带旋转并使主轴一同运转 (见图 1-8); 对于功率较大的数控铣床, 为满足低速大转矩的要求, 需增加一级、二级或多级齿轮减速机构 (见图 1-9)。近年来, 还出现了无级变速, 即电动机与主轴一体化的电主轴 (见图 1-10) 直接带动刀具旋转。

(2) 伺服进给系统 数控铣床的伺服进给运动包括主轴箱升降、工作台纵向移动和滑座横向移动, 且分别通过 X、Y、Z 伺服轴的伺服电动机和联轴器带动滚珠丝杠螺母副旋转, 从而将

回转运动转化为各轴的直线运动（数控铣床 X 轴的传动结构图见图 1-11）。

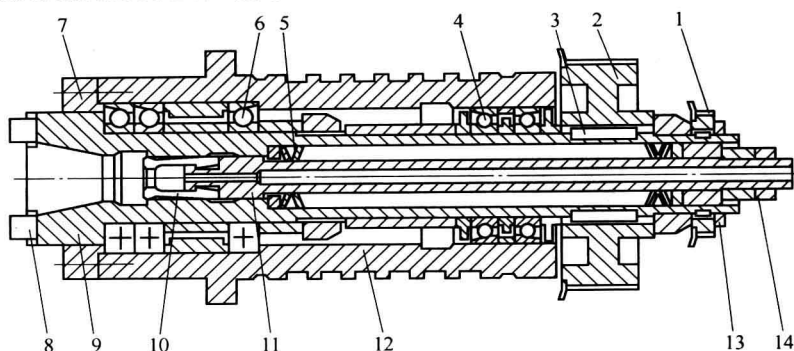


图 1-8 带传动的数控铣床主轴结构图

1—锁紧螺母 2—同步带轮 3—键 4、6—支承轴承 5—碟形弹簧 7—端盖 8—端面键
9—主轴 10—滑套 11—拉杆 12—主轴箱体 13—防松垫 14—调整螺母

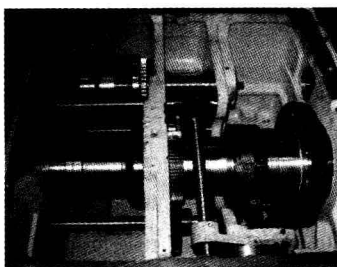


图 1-9 多级齿轮减速机构

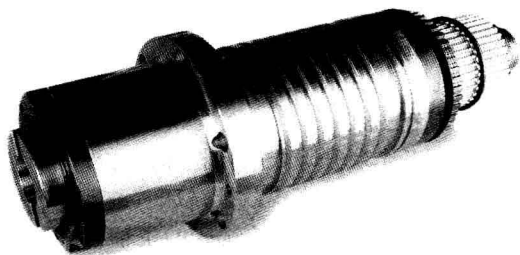


图 1-10 电主轴

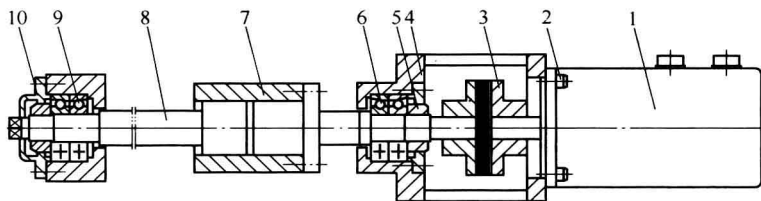


图 1-11 数控铣床 X 轴的传动结构图

1—伺服电动机 2—连接螺栓 3—联轴器 4—轴承端盖 5—锁紧螺母
6、9—支承轴承 7—双螺母 8—滚珠丝杠 10—轴承端盖 2

(3) 机床本体——床身、立柱、工作台和滑座

1) 床身和立柱：床身和立柱的导轨为矩形，其承载能力强，精度保持性好。立柱紧固在床身后，立柱内装有一套主轴箱质量平衡装置，主轴箱与平衡锤的质量约 1:1；立柱上的伺服电动机带制动器（如 FANUC α i/ β iS 系列垂直轴伺服电动机，见图 1-12），防止断电等异常时垂直轴自由下滑。

2) 工作台和滑座（见图 1-13a）：工作台和滑座的导轨为矩形导轨，其承载能力强，

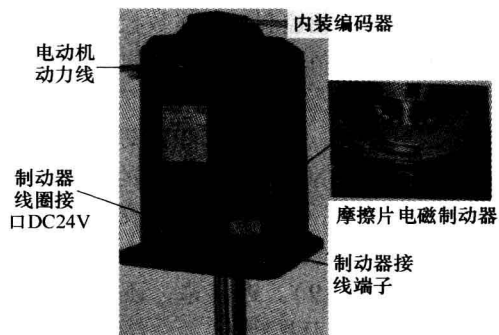


图 1-12 FANUC α i/ β iS 系列垂直轴伺服电动机（带电磁制动器）

工作台导轨和滑座的下导轨需贴塑处理。由于工作台是伺服进给中的执行部件，滑座导轨是支承和引导工作台直线运动的部件，故两者使用一段时间后，需调整工作台与导轨镶条之间的间隙，以保持伺服进给的精度。

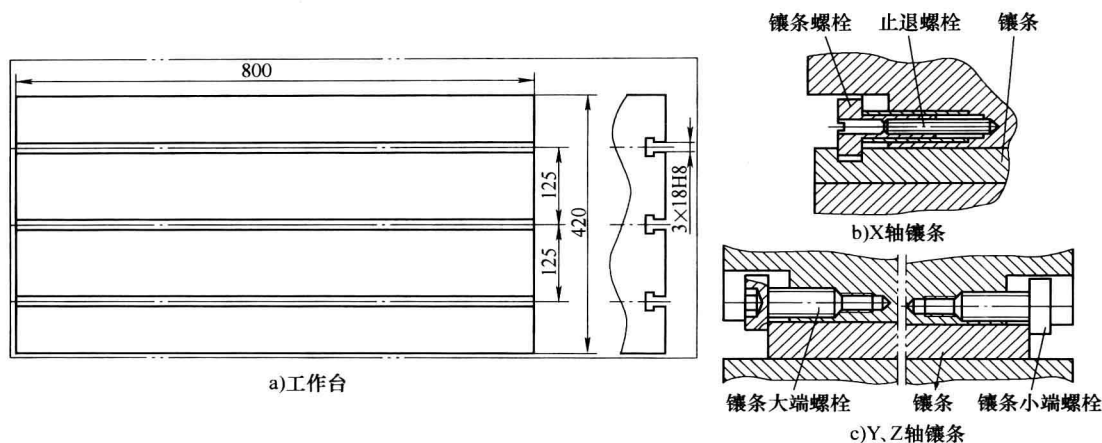


图 1-13 数控铣床的工作台和滑座以及导轨镶条

(4) 辅助装置 (见图 1-14) 为了延长机床各零部件的使用寿命和减小摩擦阻力，数控铣床的导轨、传动齿轮、滚珠丝杠螺母副及主轴箱等部位均需配置润滑系统，一般采用电动间歇润滑泵或定量式集中润滑泵供油。为了提高数控铣床的加工自动性和减少发热，一般都配置有排屑装置。通常，排屑装置有平板链式排屑装置、刮板式排屑装置和螺旋式排屑装置 3 种。



图 1-14 数控铣床的辅助装置

1.2.3 数控磨床

数控磨床是在数控技术发展的基础上，用多刃的磨料磨具（高速旋转的砂轮或砂带等）作为刀具，由数字化电信号控制待磨削工件和砂轮相对运动，从而完成工件表面磨削加工（消除细微切屑）的一种高精密和高刚度的数控机床。通过在线量仪监测、高精度位置检测装置和快速响应伺服系统的应用，数控磨削加工可达到 IT4 ~ IT6 级精度及满足表面粗糙度值 $Ra0.01 \sim 1.25\mu\text{m}$ （镜面磨削时， $Ra0.01 \sim 0.04\mu\text{m}$ ）、尺寸精度 $0.2\mu\text{m}$ 、圆度公差为 $0.1\mu\text{m}$ 和平面度公差为 $0.0015\text{mm}/1000\text{mm}$ 等加工要求。

1. 应用范围

数控磨削不仅能加工碳钢、合金钢和铸铁等材料，还可以加工普通金属刀具难加工的淬硬钢、硬质合金、玻璃和陶瓷等高硬材料及脆性材料，但不宜精加工塑性较大的有色金属工件。为提高磨削效率和磨削精度，目前多以强力高速磨削和超精密磨削为发展方向；磨削加工中心也已成为当今磨削技术的主要标志。数控磨床的应用范围较广（见图 1-15），可用于内/外圆柱面、圆锥面、平面、齿轮齿廓面、螺旋面和各种成形面的磨削加工以及各种切削刀具的刃磨和切断等。

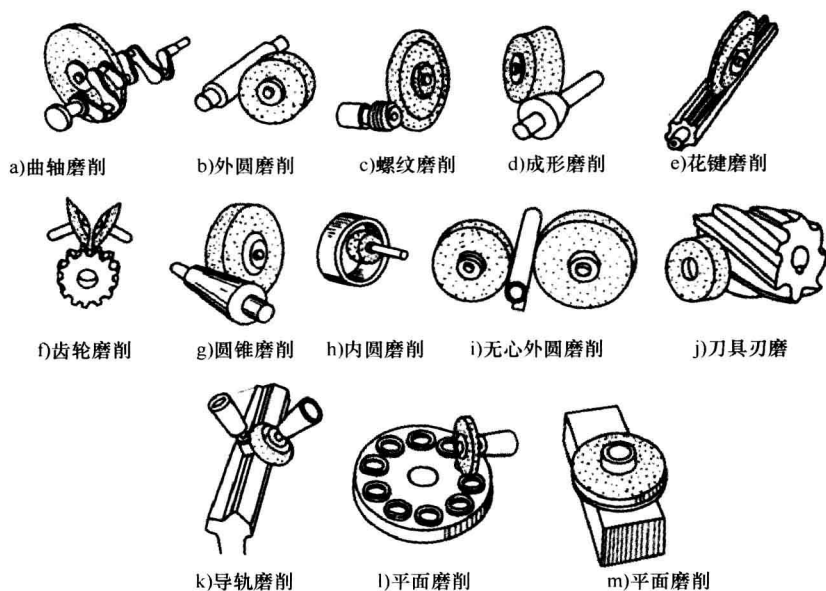


图 1-15 数控磨床的应用范围

2. 分类及磨削方法

根据数控磨床的用途及磨削时采用的工艺方法，可将数控磨床分为以下几种：

(1) 数控外圆磨床 使用砂轮的外圆周面来磨削工件的外回转面，主要包括数控万能外圆磨床（磨削圆柱或圆锥形外圆、内孔和阶梯轴的轴肩、端平面、圆角等）、数控无心外圆磨床（磨削大批量的细长光轴、套类和销轴类零件）和数控成形外圆磨床（见图 1-16）等。磨削前，被磨削的轴类工件需用前后顶尖附加拨盘进行辅助装夹（见图 1-17），盘套类工件需要用心轴和顶尖进行辅助装夹（见图 1-18）。

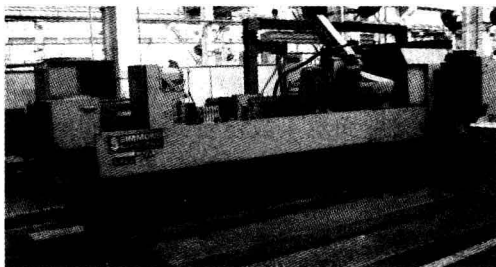


图 1-16 SIMMONS480-2 轴数控成形外圆磨床 (FANUC 18T 系统)

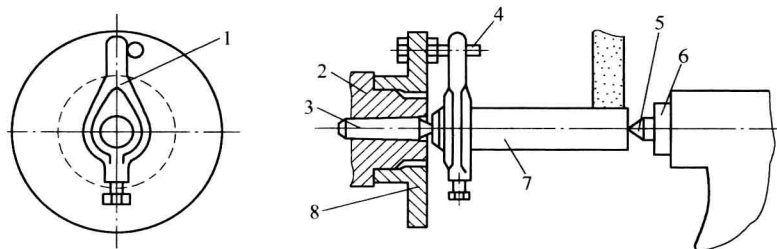


图 1-17 轴类工件在外圆磨床上的装夹示意图

1—卡箍 2—头架主轴 3—前顶尖 4—拨杆
5—后顶尖 6—尾架套筒 7—工件 8—拨盘

数控外圆磨削常用的磨削方法有纵磨法、横磨法（又称切入磨法）、深磨法和综合磨削法，见图 1-19，而无心外圆磨削方法见图 1-20。

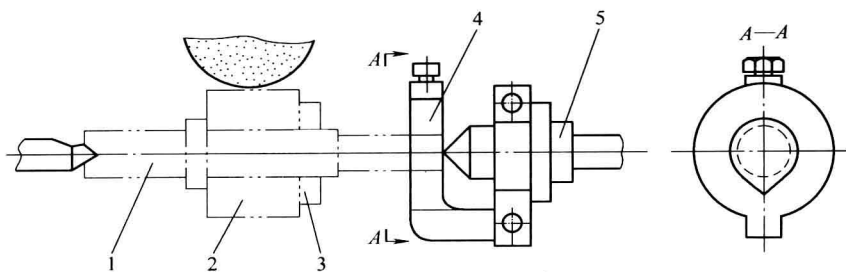


图 1-18 盘套类工件在外圆磨床上的装夹示意图
1—心轴 2—工件 3—螺母 4—鸡心夹头 5—夹具主轴

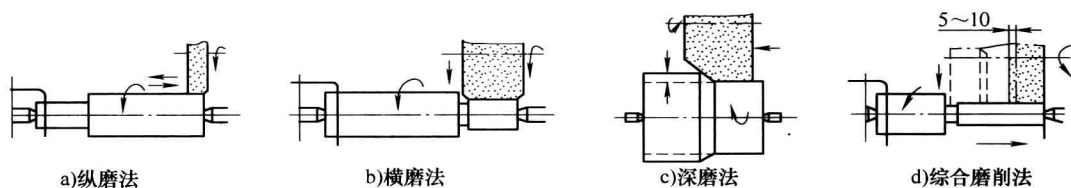


图 1-19 数控外圆磨削常用的磨削方法

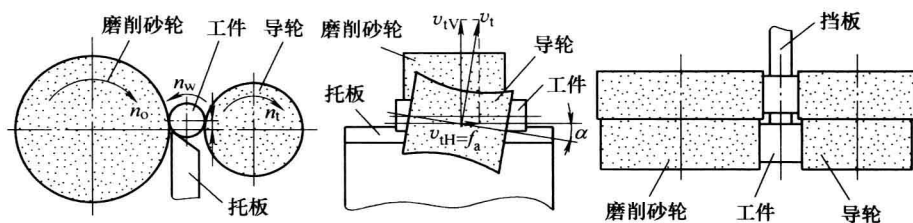


图 1-20 无心外圆磨削方法

(2) 数控内圆磨床 数控内圆磨床用于工件内回转面的磨削，主要包括数控无心内圆磨床和数控成形内圆磨床等。数控内圆磨削常用的磨削方法有纵磨法（见图 1-21）和横磨法（又称切入磨法）两种。

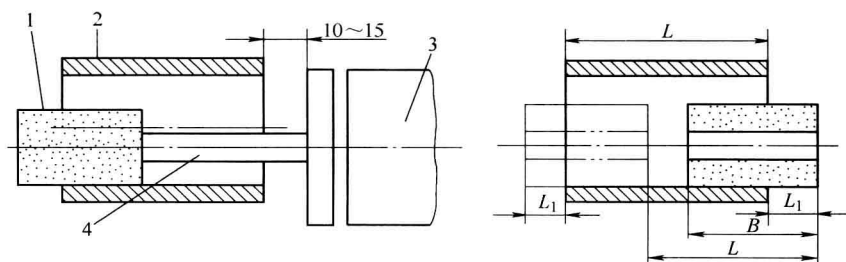


图 1-21 数控内圆磨床的纵磨法
1—磨削砂轮 2—工件 3—砂轮主轴 4—心轴

(3) 数控工具磨床 数控工具磨床用于样板和卡板等工具的磨削，主要包括数控工具曲线磨床（将被磨削工件的轮廓分为若干段圆弧和直线后，再分段进行磨削）和数控工具卡板磨床等。

(4) 数控刀具刃磨床 数控刀具刃磨床用于车刀、钻头、滚刀和拉刀等切削工具的刃磨，主要包括万能工具磨床、拉刀刃磨床、滚刀刃磨床和钻头沟槽磨床等。

(5) 数控平面磨床 (见图 1-22) 数控平面磨床用于高精度平面磨削和淬火件的平面磨削等。按其主轴的布局和工作台形状的组合同分类, 数控平面磨床有卧轴矩台平面周向磨床、卧轴圆台平面周向磨床、立轴矩台平面端向磨床和立轴圆台平面端向磨床四种类型 (见图 1-23)。

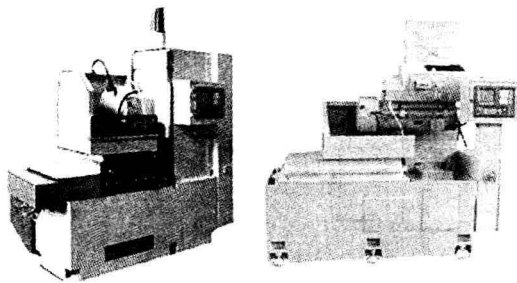


图 1-22 数控平面磨床

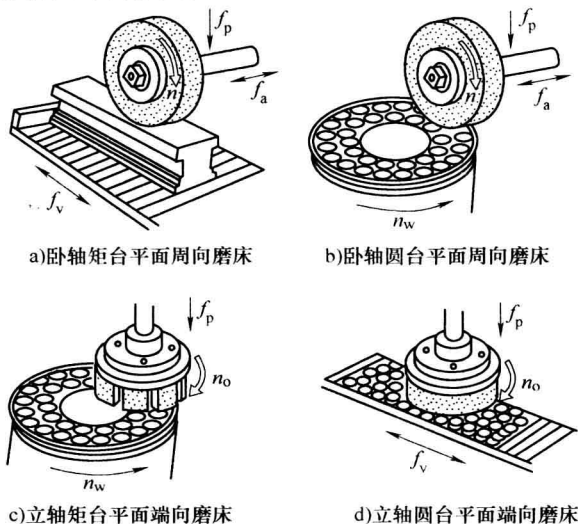


图 1-23 数控平面磨床的四种类型

(6) 专用数控磨床 专用数控磨床用于特定类型工件表面的磨削, 主要有曲轴磨、凸轮轴磨、活塞环磨、球轴承套圈磨、导轨磨和螺纹磨等数控成形专用磨床。

3. 组成及传动形式

数控磨床的切削刀具为多刃的磨料磨具 (高速旋转的砂轮或砂带等), 由数控装置控制伺服系统驱动伺服电动机旋转, 从而使机械部件运动, 并对磨削过程进行工件尺寸和砂轮动平衡的在线监测以及随磨削过程自动提供冷却磨削液等一系列的辅助动作。

数控磨床通常由输入/输出装置、数控系统 (FANUC、SINUMERIK 等)、与数控系统配置的伺服系统、检测系统 (FANUC、HEIDENHAIN 等)、机床本体 (主轴箱、头架、尾座和床身等)、电气控制回路、液压系统、润滑和冷却系统及排屑装置等数控机床的通用部分组成, 有时还配置数控磨床所需的在线量仪 (Marposs E9/P5/P7)、动平衡、噪声监测、砂轮修整机构和工件探测装置等。

数控磨床的运动是通过机械耦合运动实现的, 其运动形式主要有主轴运动、伺服进给传动、头架回转运动、尾座套筒驱动和砂轮修整运动等。

(1) 主轴运动 数控系统根据磨削主程序设定的参数发出指令, 通过主轴放大器驱动主轴电动机旋转, 从而带动砂轮高速运转。在砂轮空运转和磨削过程中, 数控系统随时监控动平衡并自动调节, 以保证磨削质量。

(2) 伺服进给传动 (工作台的纵向进给和砂轮架的横向进给) 数控系统根据磨削主程序设定的参数发出指令, 通过伺服放大器驱动伺服电动机旋转, 经滚珠丝杠螺母副使工作台和砂轮架直线运动; 同时, 工作台和砂轮架的进给检测装置 (例如 HEIDENHAIN 钢基直线光栅尺, 见图 1-24) 对机床的实际移动位置实时检测, 以实现全闭环的精确控制。



图 1-24 HEIDENHAIN 钢基直线光栅尺

(3) 头架回转运动 由伺服电动机通过同步齿形带带动带轮旋转, 使头架轴连同拨盘或鸡