

21世纪
高职高专规划教材系列



数控机床

故障诊断与维修 技术(FANUC系统)

第2版

刘永久 主编



免费提供电子教案

<http://www.cmpedu.com>



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



21 世纪高职高专规划教材系列

数控机床故障诊断与维修技术

(FANUC 系统)

第 2 版

刘永久 主编



机械工业出版社

本书以目前应用较广的 FANUC 数控系统为例,从数控系统、主轴驱动装置、进给驱动装置及系统可编程控制器(PMC)的组成、功能连接和控制原理分析入手,深入浅出地阐述了数控机床故障诊断的理论依据,故障诊断与维修的基本方法和步骤。书中实例都是从生产一线的数控机床的 PMC 控制及各类典型故障实例中精选出来的。书中详细介绍了故障产生的原因、诊断方法及处理过程,突出了内容的先进性、实用性与技术的综合性。

全书共分 6 章,内容包括典型数控系统及系统报警维修技术、数控机床通信和网络控制技术、数控机床主轴驱动系统及维修技术、数控机床进给伺服系统及维修技术、数控机床 PMC 控制及应用举例以及数控机床故障诊断与维修实例。

本书可作为高职高专机电一体化专业、数控编程与操作专业、数控机床维修专业的教材;也可作为各类数控培训班的培训资料;还可作为从事相关工作的技术人员、数控机床的维修与调整人员的自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床故障诊断与维修技术: FANUC 系统/刘永久主编. —2 版. —北京:机械工业出版社, 2009.6 (2010.8 重印)
(21 世纪高职高专规划教材系列)
ISBN 978-7-111-27264-9

I. 数… II. 刘… III. ①数控机床-故障诊断-高等学校:技术学校-教材②数控机床-维修-高等学校:技术学校-教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 081874 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
责任编辑:董欣 石陇辉
责任印制:杨曦

唐山丰电印务有限公司印刷

2010 年 8 月第 2 版·第 4 次印刷
184mm×260mm·20 印张·496 千字
17001-23000 册
标准书号: ISBN 978-7-111-27264-9
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 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 封面无防伪标均为盗版

读者服务部:(010) 68993821

前 言

数控机床的推广应用，促进了我国机械制造业的发展。但由于数控机床具有先进性、复杂性和智能化高的特点，特别是近几年数控系统不断更新换代，维修理论、技术和手段都发生了巨大变化，使机械制造行业对数控机床维修及应用人才的需求越来越突出，特别是急需具备数控机床编程、操作及维修一体化的高技能人才。

为适应近几年高职高专教育课程教学改革的发展及教学理念的改变，突出应用型人才的培养以及数控机床用户对维修人员的需求，我们在本书第1版的基础上进行了补充、更新及修改，增加了机械部分的维修与调整，反映了机与电的有机结合，使本书的内容更实用、先进。本书的维修内容来源于企业的实际维修例子，是数控技术应用和维修的经验总结，为企业维修人员提供了卓有成效的数控机床故障诊断和维修方法。

本书以 FANUC 公司的 FANUC-OC/OD、FANUC-OiA/OiB/OiC、FANUC-16/16i/18/18i/21/21i、FANUC-30i/31i/32i/OiD 系统为例，介绍了数控系统的组成、功能连接、系统报警及维修技术等内容。

在数控系统故障维修方面，本书按系统的检测机理分析了故障产生的原因、故障的诊断方法及维修技巧，可提高读者对系统故障的综合分析能力和故障排除能力。

在可编程控制器（PMC）应用方面，本书不仅详细介绍了 PMC 功能指令（以 PMC-SA1/SA3/SB7 为例），而且较全面地介绍了数控机床 PMC 控制的具体应用实例，便于读者理解数控机床的控制及机床故障产生的原因。

在数控机床故障维修实例分析中，本书结合实际数控机床控制，全面介绍了机床的控制原理、机械部件的功能和特点、PMC 程序控制过程、故障产生的原因分析及维修方法。在控制原理分析和实际故障维修时，把机械和电气控制有机地融合在一起，可提高读者排除数控机床实际故障的能力。本书还增加了数控机床验收和精度检测的内容，便于数控机床用户在购买机床时参考。

在数控机床通信和网络技术的使用方面，本书全面地介绍了数控机床 RS-232 异步串行数据传输的参数设定、机床的具体操作及传输过程中报警的诊断与维修；存储卡数据的备份、回装及在线加工的操作；数控机床以太网功能的配置、远程在线加工的设置与具体操作，且以图解的方式介绍，便于读者理解和掌握。

本书由长春汽车工业高等专科学校刘永久主编。一汽解放汽车有限公司变速箱分公司的关辉、杨志辉工程师参与编写了数控机床电气部分的维修，一汽解放汽车有限公司车桥分公司的于秋波高级技师参与编写了数控机床机械调整、机床精度检测与维修。

由于作者水平有限，加之数控技术发展迅速，本书难免有不足之处，诚请广大读者批评、指正。

为配合本书的教学，机械工业出版社免费提供电子教案，读者可到 <http://www.cmpedu.com> 网站下载。

作者

目 录

前言	
绪论	1
第 1 章 典型数控系统及系统报警 维修技术	19
1.1 FANUC-OC/OD 系统	19
1.1.1 FANUC-OC/OD 功能特点 及系统配置	19
1.1.2 FANUC-OC/OD 系统功能板 的功能及接口信号	21
1.1.3 FANUC-OC/OD 系统报警 及故障诊断技术	27
1.2 FANUC-16/18/21/OiA 系统	31
1.2.1 FANUC-16/18/21/OiA 系统的 功能特点及系统配置	31
1.2.2 FANUC-18/OiA 系统功能板 及接口信号	35
1.2.3 FANUC-OiA 系统报警及 故障诊断技术	38
1.3 FANUC-16i/18i/21i/OiB/OiC 系统	41
1.3.1 FANUC-16i/18i/21i 系统功能特点 及配置	41
1.3.2 FANUC-OiB/Oi Mate B 系统功能板 及接口信号	46
1.3.3 FANUC-OiC/Oi Mate C 系统组成、 选型配置及功能连接	49
1.3.4 FANUC-16i/18i/21i/OiB/OiC 系统报警及维修技术	55
1.4 FANUC-30i/31i/32i/OiD 系统	60
1.4.1 系统功能和主要特点	60
1.4.2 FANUC-OiD/Oi Mate D 系统端口 功能及连接	61
1.4.3 FANUC-OiD/Oi Mate D 系统报警 及维修技术	62
1.5 习题	63
第 2 章 数控机床通信和网络 控制技术	65
2.1 数控机床 RS-232 异步串行通信 技术及传输软件	65
2.1.1 数控机床 RS-232 异步串行通信 功能及参数设定	65
2.1.2 数控系统 RS-232 异步串行通信 参数设定及数据传输的操作	71
2.1.3 数控机床 RS-232 异步串行通信 故障维修技术	75
2.2 数控机床存储卡通信技术 及在线加工	75
2.2.1 数控机床数据的存储卡 系列传输	76
2.2.2 数控机床数据的存储卡 分区传输	79
2.2.3 数控机床存储卡加工程序的 在线加工	82
2.3 数控机床以太网远程通信技术 及远程在线加工	83
2.3.1 数控机床以太网配置及特点	83
2.3.2 以太网 IP 地址的设定	84
2.3.3 数控机床以太网网络服务器 软件设定	86
2.3.4 数控机床远程存储在线加工设定、 操作及故障诊断	88
2.4 习题	91
第 3 章 数控机床主轴驱动系统 及维修技术	93
3.1 数控机床主轴驱动系统概述	93
3.1.1 数控机床主轴驱动系统	

组成及功能	93	4.2.1 伺服单元端子功能及连接	148
3.1.2 数控机床主轴传动方式		4.2.2 伺服单元的报警代码及	
配置及特点	94	故障原因分析	152
3.1.3 数控机床主轴速度控制方式	96	4.3 伺服模块(SVM)驱动装置	
3.1.4 数控机床主轴常用控制		及维修技术	153
功能的名词术语	96	4.3.1 伺服模块(α 系列和 α_i 系列)	
3.2 模拟量控制的主轴驱动装置		的功能接口	153
及维修技术	98	4.3.2 伺服模块的连接	156
3.2.1 通用变频器的组成及		4.3.3 伺服模块的报警代码	
端子功能	98	及故障原因分析	157
3.2.2 数控机床主轴变频调速		4.4 进给伺服系统检测装置	
的应用	101	及维修技术	158
3.2.3 数控机床主轴变频调速控制		4.4.1 伺服电动机内装编码器报警	
过程中常见故障及诊断技术	105	及维修技术	159
3.3 串行数字控制的主轴驱动装置		4.4.2 绝对位置检测装置(APC)报警	
及维修技术	107	及维修技术	161
3.3.1 FANUC 系统串行主轴电动机	107	4.4.3 分离型检测装置(光栅尺)报警	
3.3.2 FANUC 系统电源模块	110	及维修技术	162
3.3.3 FANUC 系统主轴模块	114	4.5 伺服参数的设定及伺服调整	164
3.3.4 主轴参数设定及初始化	120	4.5.1 数控系统伺服参数的设定	164
3.4 数控机床主轴自动换挡控制		4.5.2 数控系统伺服调整	167
及维修技术	123	4.6 FANUC 系列伺服总线(FSSB)	
3.4.1 数控车床主轴自动换挡控制及		设定及常见故障分析	170
常见故障诊断	124	4.6.1 FSSB 伺服总线的设定	170
3.4.2 数控铣床和加工中心主轴自动		4.6.2 FSSB 伺服总线设定过程中	
换挡控制及常见故障诊断	128	常见故障的诊断方法	173
3.5 数控机床主轴准停控制		4.7 数控机床进给伺服系统	
功能及维修技术	131	报警及维修技术	174
3.6 数控车床螺纹加工中常见的		4.7.1 伺服过热报警和伺服	
故障分析及处理	135	不能就绪报警	174
3.7 数控机床主轴组件的结构		4.7.2 伺服移动误差过大报警和伺服	
及维修技术	137	停止误差过大报警	176
3.8 习题	141	4.7.3 伺服综合报警	177
第4章 数控机床进给伺服系统		4.7.4 伺服反馈断线报警和伺服	
及维修技术	143	参数设定错误报警	179
4.1 数控机床进给伺服系统的组成		4.8 数控机床进给传动间隙的	
和功能特点	143	调整与补偿	184
4.2 伺服单元(SVU)驱动装置及		4.8.1 滚珠丝杆进给间隙的调整	184
维修技术	148	4.8.2 进给传动反向间隙的测量	

和补偿方法	186	PMC 控制	227
4.9 习题	187	5.4.6 数控机床辅助功能代码 PMC 控制	230
第5章 数控机床 PMC 控制及 应用举例	189	5.5 数控机床系统 PMC 画面 及具体操作	233
5.1 FANUC-OC/OD 系统 PMC	189	5.6 数控机床 PMC 程序的 传输软件	236
5.1.1 PMC 的性能及规格	189	5.6.1 FANUC-LADDER 传输软件的 功能及使用方法	236
5.1.2 PMC 的地址分配	190	5.6.2 FANUC-16/18/21/OiA 系统的 PMC 程序传输操作	238
5.2 FANUC-Oi 系统 PMC	193	5.6.3 FANUC-16i/18i/21i/OiB/OiC 系统 的 PMC 程序传输操作	239
5.2.1 PMC 性能及规格	193	5.7 习题	243
5.2.2 内装 I/O 卡和 I/O LINK 地址分配	195	第6章 数控机床故障诊断与 维修实例	245
5.2.3 系统 I/O 单元选型及 I/O LINK 地址设定	198	6.1 数控机床返回参考点控制及 常见故障维修	245
5.3 FANUC 系统 PMC 的 功能指令	200	6.1.1 数控机床返回参考点 的必要性	245
5.3.1 顺序程序结束指令	200	6.1.2 数控机床返回参考点 控制原理	246
5.3.2 定时器指令	202	6.1.3 数控机床返回参考点的系统 参数设定与调整	247
5.3.3 计数器指令	203	6.1.4 数控机床返回参考点的 PMC 程序的编制	248
5.3.4 译码指令	204	6.1.5 数控机床返回参考点常见 故障分析	250
5.3.5 比较指令	205	6.2 数控车床自动换刀装置控制 及常见故障分析	253
5.3.6 常数定义指令	207	6.2.1 电动刀架自动换刀装置	253
5.3.7 判别一致指令和逻辑与 后传输指令	208	6.2.2 电动转塔自动换刀装置	256
5.3.8 旋转指令	209	6.3 加工中心自动换刀装置控制 及常见故障分析	263
5.3.9 数据检索指令	211	6.3.1 自动换刀装置机械结构 和工作原理	263
5.3.10 变地址传输指令	212	6.3.2 自动换刀装置的 PMC 控制	268
5.3.11 代码转换指令	214	6.3.3 加工中心自动换刀控制过程中 常见故障的诊断与维修	270
5.3.12 信息显示指令	216		
5.4 数控机床 PMC 控制 应用举例	218		
5.4.1 数控机床工作状态开关 PMC 控制	218		
5.4.2 数控机床加工程序功能 开关 PMC 控制	220		
5.4.3 数控机床倍率开关 PMC 控制	223		
5.4.4 数控机床润滑系统 PMC 控制	226		
5.4.5 数控车床自动换刀			

6.4	数控机床操作中的常见故障及诊断方法	274	6.9	数控机床验收和精度检测	288
6.4.1	机床手动和自动操作均无法执行	274	6.9.1	数控机床验收流程和精度检测项目	288
6.4.2	机床手动(JOG)或手脉(MPG)不正常而自动正常	275	6.9.2	数控机床几何精度检验标准和方法	291
6.4.3	自动操作无效而手动操作正常	276	6.10	习题	297
6.5	数控机床超程故障诊断及处理方法	277	附录		298
6.6	数控机床全闭环振荡消除方法	279	附录 A	FANUC-Oi 系统和 FANUC-OC/OD 系统常用的信号表	298
6.7	数控机床加工中出现尺寸不稳定故障的诊断与维修	281	附录 B	FANUC-OC/OD 系统参数	300
6.8	系统电源单元的工作原理及常见故障分析	283	附录 C	FANUC-Oi/Oi Mate 系统参数	305
			参考文献		312

绪 论

数控机床控制技术是集机械制造技术、自动化技术、计算机技术、传感检测技术、信息处理技术以及光电液一体化技术于一体的现代制造技术,但由于数控设备的先进性、复杂性和智能化的特点,其故障检测、诊断与维修工作必须由掌握先进数控技术的复合型技术人员来担任,因此,企业需要大批掌握先进数控技术的复合型数控机床维修人员。下面从现代数控机床的分类入手,介绍现代数控机床的维修方法。

1. 数控机床分类及功能特点

目前,数控机床的品种很多,可以从不同的角度按照多种原则进行分类。如按工艺用途不同,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。金属切削类数控机床有数控车床、数控铣床、数控钻床、数控磨床、数控镗铣床、数控冲床及加工中心等;金属成形类数控机床有数控弯管机、数控压力机、数控旋压机等;特种加工类数控机床有数控线切割、电火花、激光切割、火焰切割机床等;测量和绘图类数控机床有三坐标测量仪和数控绘图仪等。

下面以常用的金属切削类数控机床为例,介绍数控机床的具体分类、用途及特点。

(1) 数控车床

数控车床主要用于加工各种轴类、套筒类和盘类零件的回转表面,例如内外圆柱面、圆锥面、成型回转表面及螺纹面等。按主轴的配置形式不同,可将数控车床分为卧式数控车床(主轴轴线处于水平位置)和立式数控车床(主轴轴线处于垂直位置)两类;按加工范围和功能不同,可将数控车床分为普通型数控车床、普及型数控车床、多功能型数控车床及车削中心四类。

1) 普通型数控车床

普通型数控车床是在普通车床基础上进行改进设计的,采用性能价格比卓越的数控系统(交流伺服电动机驱动的闭环伺服系统),可以完成普通车床的所有功能,如图1所示。

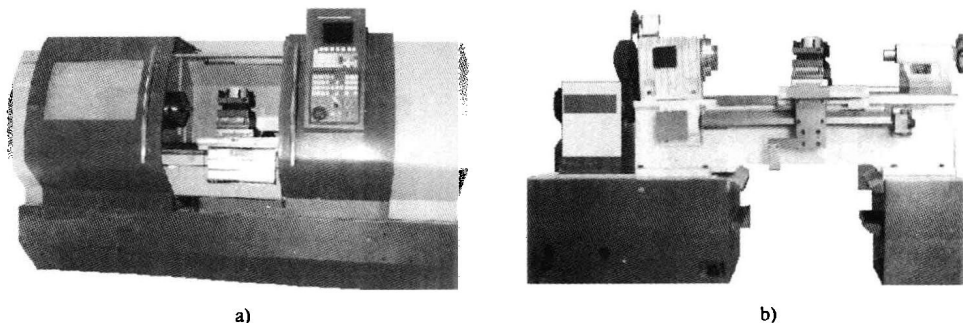


图1 普通型数控车床
a) 机床外观 b) 机床光机

普通型数控车床的床身结构采用水平床身,主轴调速采用手动机械换挡配合双速电动机的有级调速或自动换挡配合电气无级调速(通常采用变频器驱动主轴电动机),自动换刀装置采用四工位电动刀架(标准配置)和六工位电动刀架(选择配置),主轴卡盘控制采用手动控制(标准配置)或液压控制(选择配置),数控系统采用性能价格比卓越的国产数控系统(如广数系统、华中系统等)或进口数控系统(如 FANUC-Oi Mate TC/TD 系列)。

2) 普及型数控车床

普及型数控车床是普通型数控机床的升级产品,如图 2 所示。

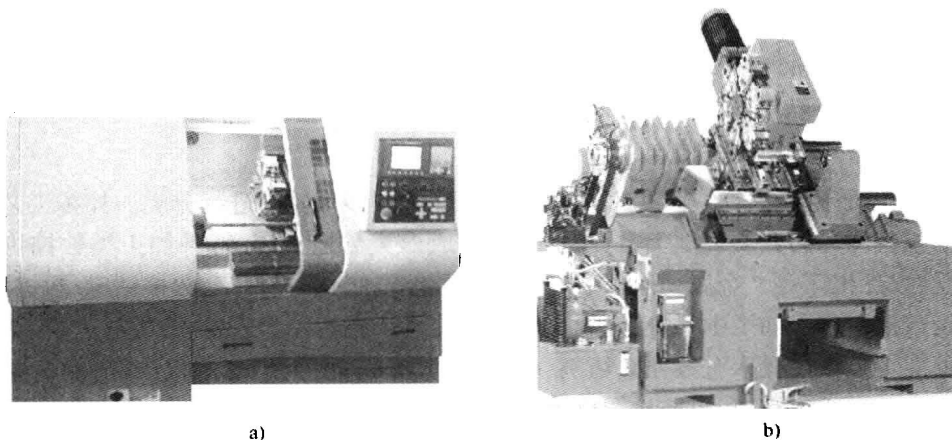


图 2 普及型数控车床

a) 机床外观 b) 机床光机

普及型数控车床的床身采用斜床身结构,主轴调速装置采用机械自动换挡配合电气无级调速或串行数字主轴伺服电动机无级调速控制,自动换刀装置采用 6、8、12 工位的电动转塔换刀装置,主轴卡盘采用液压卡盘,数控系统一般采用进口的数控系统如 FANUC-Oi TC/OiTD 系统或西门子 802D 系统。

3) 多功能型数控车床

多功能数控车床是普及型数控车床的升级产品,除了进行车削加工外还能完成圆柱面或端面的铣槽、圆柱面铣螺旋槽、端面钻孔和攻螺纹等特殊功能的加工,如图 3 所示。

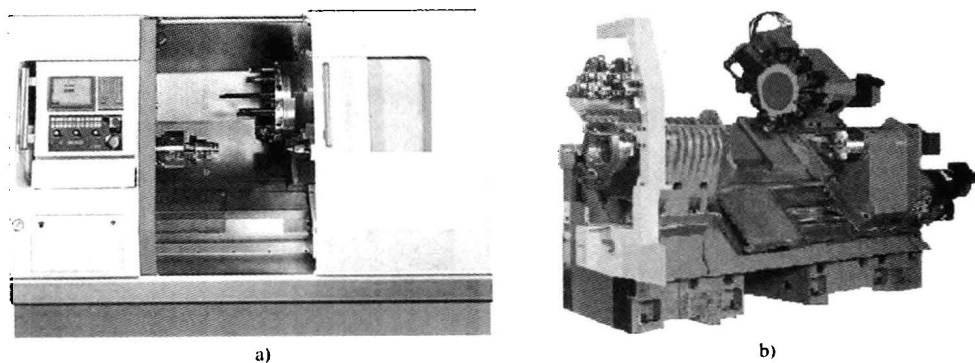


图 3 多功能型数控车床

a) 机床外观 b) 机床光机

多功能数控车床的主轴具有 C 轴控制功能。C 轴可以是驱动主轴的串行数字伺服主轴电动机(即 C_s 轴),也可以是单独的伺服电动机(即 C_f 轴),可以完成主轴的定向控制及进给的插补控制。自动换刀装置在电动转塔基础上配备了刀具的动力头功能,完成车削、铣削、钻削功能的加工。有的多功能数控车床还配备了双主轴和双刀架,从而进一步提高了多功能数控车床的加工效率。多功能数控车床的系统,如采用 FANUC-18i/31i 系统、FANUC-Oi TTC 系统(双主轴双刀架数控车床)和西门子的 840D 系统等,除了具有直线插补功能、圆弧插补功能、极坐标插补功能外,还具有圆柱插补功能、多边形插补功能及渐开线插补功能,可完成对工件的特殊形状的加工。

4) 车削中心

车削中心是一种具有复合加工能力的数控车床,它兼有数控车床和加工中心的性能,是目前工业发达国家竞相发展的数控机床品种。其优点是一机多用,占地面积小,节约投资,保证加工精度,减少工件在制品,提高加工效率等。

车削中心是以多功能型数控车床为主体,并配置刀库、分度装置、铣削动力头和机械手自动换刀装置等,实现多工艺复合加工的机床,如图 4 所示。

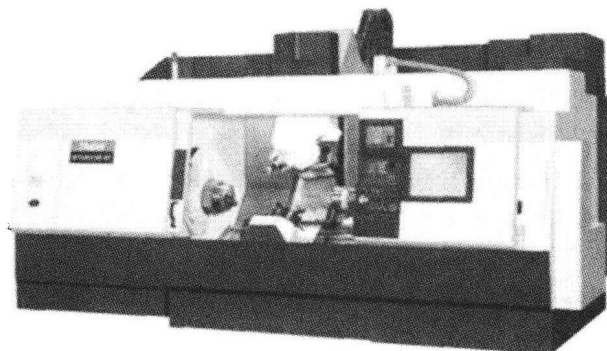


图 4 车削中心

车削中心的进给伺服轴为 3 或 4 轴(一般为 3 个直线轴和一个旋转轴),图 4 所示的车削中心除了 X 轴、Z 轴外,还有直线轴 Y 轴及围绕 Y 轴旋转的 B 轴。系统具有多轴联动控制及特殊加工的功能,数控系统一般为日本的 FANUC-16i/18i/31i 系统和德国西门子 840D 系统等。

(2) 数控铣床

三坐标数控铣床的特点是除具有普通铣床的工艺性能外,还具有加工形状复杂的二、三维轮廓的能力。数控铣床通常分为立式数控铣床、卧式数控铣床、龙门数控铣床及五面体数控铣床四类。

1) 立式数控铣床

立式数控铣床的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、钻头等,进行铣键槽、铣平面、镗孔及攻螺纹等加工,如图 5 所示。

立式数控铣床的标准配置为 3 个直线进给轴,分别是 X 轴(工作台的左右运动)、Y 轴(工作台的前后运动)及 Z 轴(主轴的垂直运动),选配为 4 轴控制,即 A 轴(围绕 X 轴方向旋转运动)。进给轴不仅要求 CNC 控制,而且为联动轴,即同时完成插补运动控制,所以要求系统必须

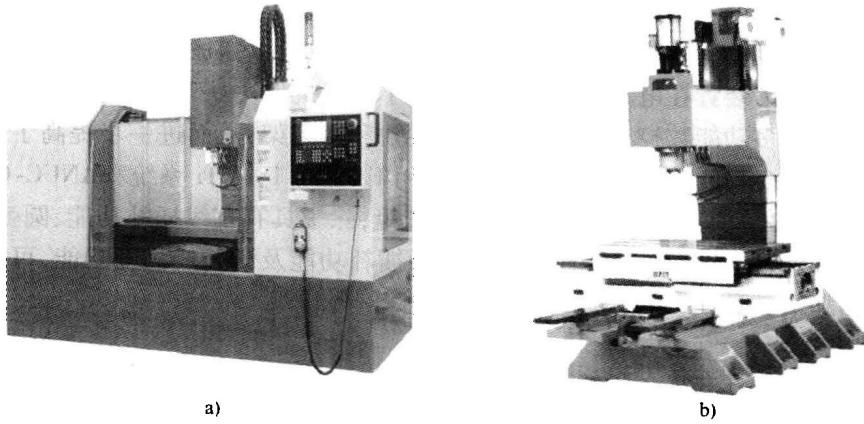


图5 立式数控铣床
a) 机床外观 b) 机床光机

具备3轴或4轴联动功能,如FANUC-Oi MC/OiMD系统和德国西门子802D系统等。机床的主轴一般采用系统专用的串行数字主轴,如FANUC系统的 α 和 αi 系列主轴驱动系统。

2) 卧式数控铣床

卧式数控铣床主轴轴线平行于水平面,主要用来加工箱体类零件。为了扩大功能和加工范围,通常采用增加数控转盘来实现4轴加工(为选择配置)。这样,工件在一次加工中可以通过转盘改变工位,可实现四面加工,因而能够一次装夹完成更多表面的加工,特别适合于加工复杂的箱体类、泵体、阀体、壳体等零件,如图6所示。

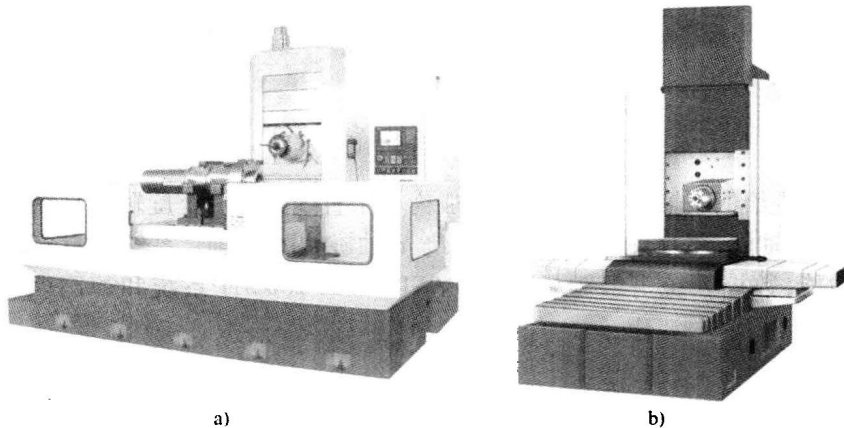


图6 卧式数控铣床
a) 机床外观 b) 机床光机

转盘的旋转运动为机床的第4轴(B轴)运动,是属于系统的CNC轴控制,且一般为联动轴。

3) 龙门式数控铣床

按运动形式不同,龙门数控铣床分为动台式(即工作台运动)和动梁式(框架运动而工作台不动)两种,图7为动台式龙门数控铣床。

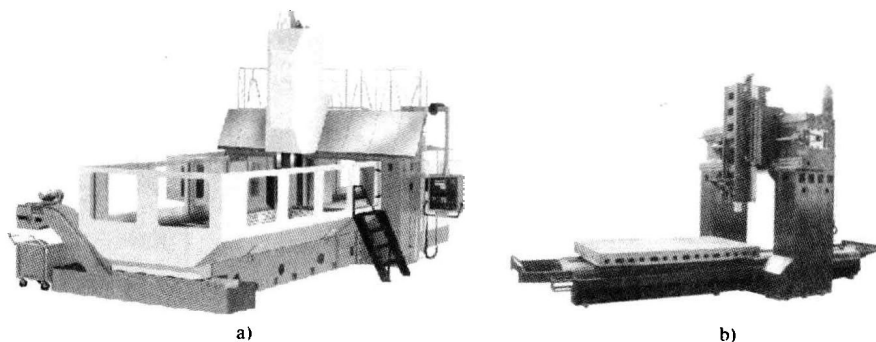


图7 龙门数控铣床(动台式)

a) 机床外观 b) 机床光机

龙门式数控铣床具有可移动的龙门框架、主轴头装在龙门框架上、主轴轴心线设置在垂直状态等特性。这种铣床的主要特点是工作台落地,三个方向的运动均由横梁、滑座和滑枕铣头的运动来完成。机床具有优良的动态响应,承载能力是同类机床的2~3倍,能完成复杂工件的加工。

4) 五面体数控铣床

同时具有立式和卧式数控铣床的功能,即同时完成立式铣床对工件顶面的加工及卧式铣床对工件侧面的四面加工。由于只需一次装夹工件就完成对工件的五面加工,大大提高了加工的精度和效率。图8所示为五面体龙门式数控铣床。

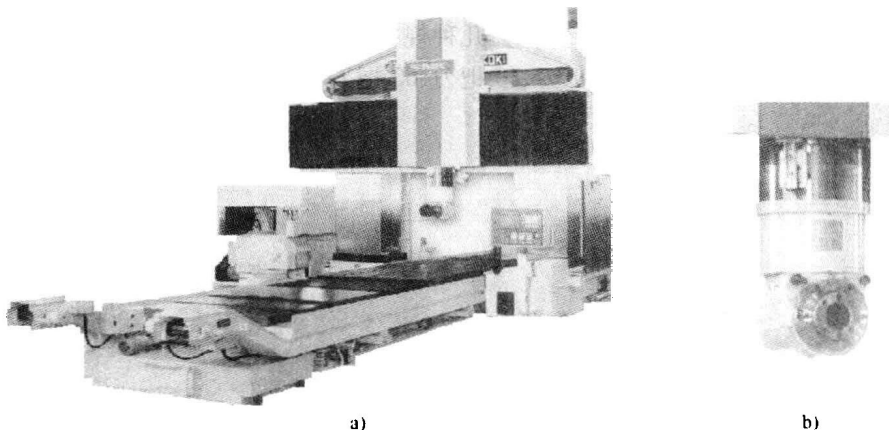


图8 五面体龙门式数控铣床

a) 机床外观 b) 侧铣头

五面体数控铣床可以用手动交换或自动交换两种方式控制。新型五面体数控铣床采用万能头控制,即由CNC发出指令,实现任意角度旋转控制($0^{\circ} \sim 360^{\circ}$)。该轴属于CNC轴,但不一定是系统的联动轴,如图9所示。

(3) 加工中心

加工中心是一种功能较全的数控加工机床。它把铣削、镗削、钻削、攻螺纹和切削螺纹等功能集中在一台设备上,使其具有多种工艺手段。加工中心设置有刀库,刀库中存放着不同数量的各种刀具或检具,在加工过程中由程序自动选用和更换。这是它与数控铣床、数控镗床的

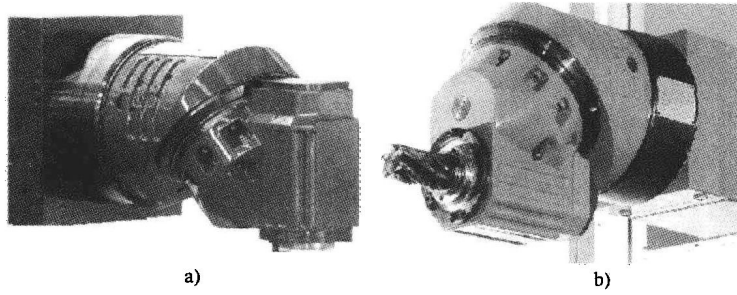


图9 新型五面体数控铣床的万能头
a) 立式主轴功能 b) 卧式主轴功能

主要区别。加工中心是一种综合加工能力较强的设备,工件一次装夹后能完成较多的加工步骤,加工精度较高,用它加工中等加工难度的批量工件,其效率是普通设备的5~10倍,特别是它能完成许多普通设备不能完成的加工。加工中心适用于形状较复杂,精度要求高的单件加工,更适用于加工中小批量多品种工件。特别是对于必需采用工装和专机设备来保证产品质量和效率的工件,采用加工中心加工,可以省去工装和专机。这为新产品的研制和改型换代,节省大量的时间和费用。

加工中心按其功能和形式不同可以分为立式加工中心、卧式加工中心、龙门加工中心等。

1) 立式加工中心

立式加工中心的自动换刀形式主要有两种,一种是不带机械手的斗笠式换刀装置,一般刀库的容量为16把刀、20把刀、24把刀和30把刀几种规格,如图10a所示。另一种是带机械手的圆盘式刀库,刀库的容量为20把刀、24把刀、30把刀、60把刀和80把刀几种规格,如图10b所示。

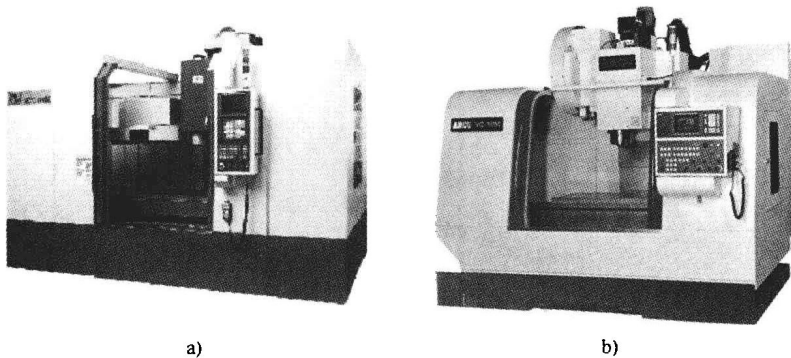


图10 立式加工中心
a) 斗笠式自动换刀装置的加工中心 b) 带机械手圆盘式换刀装置的加工中心

带机械手的圆盘式刀库的自动换刀系统采用随机换刀控制,换刀的辅助时间远低于不带机械手的斗笠式换刀控制,而且可以实现预选刀的控制功能,大大提高了加工的效率。

2) 卧式加工中心

卧式加工中心的刀库形式多为带机械手的链式刀库,刀库的容量为30把刀、60把刀、80把刀、120把刀和160把刀几种规格。

卧式加工中心一般为四轴(回转工作台)联动控制,而且还增加了交换工作台辅助装置,这样扩大了加工范围,提高了工作效率。卧式加工中心如图11所示。

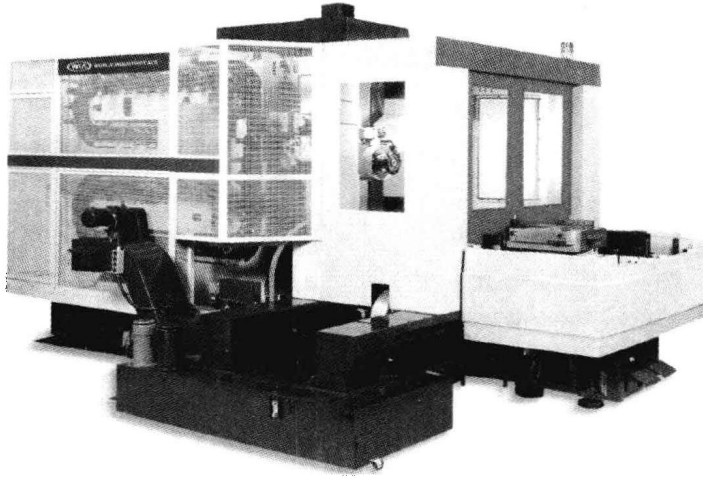


图 11 卧式加工中心

3) 龙门式加工中心

龙门式加工中心(如图 12 所示)的刀库可以有链式刀库和圆盘式刀库两种,而且还可以配置万能头实现多功能加工控制。

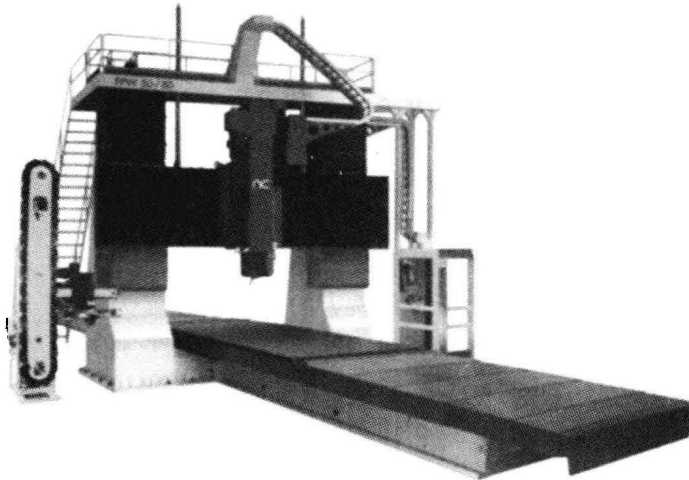


图 12 龙门式加工中心

(4) 五轴联动数控机床

所谓五轴联动是指在一台机床上至少有五个坐标轴(三个直线坐标轴和两个旋转坐标轴),而且可在数控系统的控制下同时协调运动(联动控制)进行加工。五轴联动数控加工与一般的三轴联动数控加工相比,主要有以下优点:

五轴联动加工中心可以在一次装夹中完成工件的全部机械加工工艺,还可以对复杂的空间曲面进行高精度加工。采用五轴联动对三维曲面零件的加工,可用刀具最佳几何形状进行切削,不仅光洁度高,效率也大幅度提高。当然这需要高档的数控系统、伺服单元以及软件的支持,如 FANUC-16/16i、FANUC-18/18i MB5 及西门子 840D 系统等。

1) 立式五轴加工中心

这类加工中心的回转轴有三种,一种是工作台回转的立式五轴加工中心,如图 13 所示。

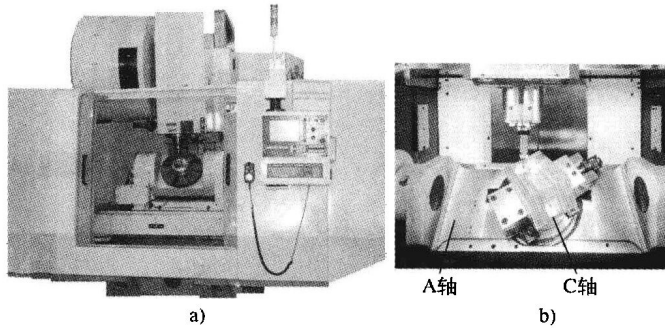


图 13 工作台回转的立式五轴加工中心

a) 立式五轴联动加工中心 b) 回转工作台

这类加工中心设置在床身上的工作台可以环绕 X 轴回转,定义为 A 轴,一般工作范围为 $+30^{\circ}$ 至 -120° 。工作台的中间还设有一个回转台,在图示的位置上环绕 Z 轴回转,定义为 C 轴,C 轴都是 360° 回转。这样通过 A 轴与 C 轴的组合,固定在工作台上的工件除了底面之外,其余的五个面都可以由立式主轴进行加工。A 轴和 C 轴的最小分度值一般为 0.001° ,这样又可以把工件细分成任意角度,加工出倾斜面、倾斜孔等。A 轴和 C 轴如与 X、Y、Z 三直线轴实现联动,就可加工出复杂的空间曲面。这种设置方式的优点是主轴的结构比较简单,主轴刚性非常好,制造成本比较低。但一般工作台不能设计太大,承重也较小,特别是当 A 轴回转大于等于 90° 时,工件切削时会对工作台带来很大的承载力矩。

另一种是依靠立式主轴头的回转,如图 14 所示。主轴前端是一个回转头,能自行环绕 Z 轴 360° ,成为 C 轴。回转头上还有带可环绕 Y 轴旋转的 B 轴,一般回转范围是 $\pm 90^{\circ}$ 。这种设置方式的优点是主轴加工非常灵活,工作台也可以设计得非常大,客机庞大的机身、巨大的发动机壳都可以在这类加工中心上加工。这种设计还有一大优点,即在使用球面铣刀加工曲面时,当刀具中心线垂直于加工面时,由于球面铣刀的顶点线速度为零,顶点切出的工件表面质量会很差,采用主轴回转的设计,令主轴相对工件转过一个角度,使球面铣刀避开顶点切削,保证有一定的线速度,可提高表面加工质量。这种结构非常受模具高精度曲面加工的欢迎,这是工作台回转式加工中心难以做到的。为了达到回转的高精度,高档的回转轴还配置了圆光栅尺反馈,分度精度都在几秒以内。当然这类主轴的回转结构比较复杂,制造成本也较高。

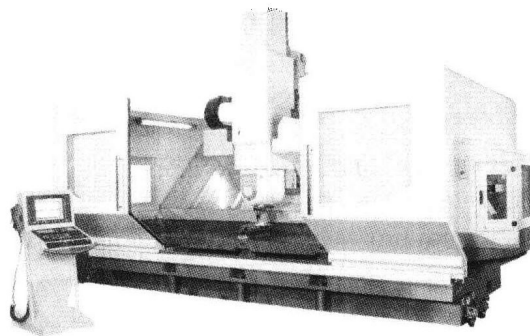


图 14 主轴回转的立式五轴加工中心