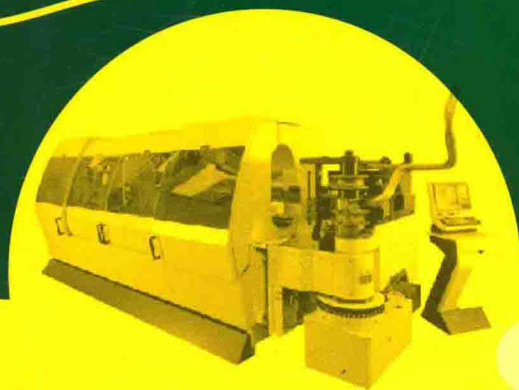


韩鸿鸾 董先 丛志鹏 主编

图解

# 数控机床 机械结构维修

## 从新手到高手



化学工业出版社

韩鸿鸾 董先 丛志鹏 主编

图解

# 数控机床 机械结构维修

## 从新手到高手



化学工业出版社

· 北京 ·



中国版本图书馆  
CIP数据核字

**图书在版编目 (CIP) 数据**

图解数控机床机械结构维修从新手到高手/韩鸿鸾，  
董先，丛志鹏主编. —北京：化学工业出版社，2015.5  
ISBN 978-7-122-23192-5

I. ①图… II. ①韩…②董…③丛… III. ①数控机床-  
结构-维修-图解 IV. ①TG659-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 043623 号

责任编辑：王 焯  
责任校对：王 静

文字编辑：陈 喆  
装帧设计：刘丽华

出版发行：化学工业出版社（北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011）  
印 装：北京云浩印刷有限责任公司  
787mm×1092mm 1/16 印张 18½ 字数 633 千字 2015 年 7 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询：010-64518888（传真：010-64519686） 售后服务：010-64518899  
网 址：<http://www.cip.com.cn>  
凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。

定 价：78.00 元

版权所有 违者必究

# 图解数控机床 机械结构维修 从新手到高手

## 前 言

数控机床是综合应用了机械、电子、液压、计算机与通信技术的设备，以其适用性强，加工效率、生产率及自动化程度高等优点，得到了广泛应用。但数控机床的结构复杂，所出现故障的诊断、排除的难度都比较大。

随着数控机床应用的普及，对数控机床的有效利用率要求越来越高，一方面要求数控机床的可靠性要高，另一方面要求数控机床出现故障后要尽快排除。所以，对数控机床的维修人员的数量及技术水平要求也就越来越高。

人们对事物的认识总是从实践到理论，理论再指导实践，这样一个不断循环逐步提高的过程。同样维修工作也离不开这样的循环过程，可通过对个别机床的了解和维修，逐步积累经验，达到对一般机床和复杂机床的了解，从而获得全新的理念，让自身水平逐步提高。

在维修工作中，不仅需要扎实的理论基础知识和对各种机床的了解，更需要通过大量的维修工作积累丰富的实践经验，达到心领神会的境界，从而产生灵感，工作就能得心应手。另外还要有足够的数据库、资料和图样。基于此，我们编写了本书。

本书由韩鸿鸾、董先、丛志鹏主编，王常义、李元博、陈青、曲善珍副主编，董文敏、王开良、刘国涛、刘祥坤、李旭才、刘曙光、郑建强、房德涛、董海萍、林荣俊、李鲁平、于海滨、于胜、王小方、陈黎丽、王现国、赵峰、于胜、陶建海、王敏敏、史先伟、王秀珠、胡永英、荣志军参加编写。全书由韩鸿鸾统稿。

在编写过程中得到了临沂、东营、烟台等职业院校与数控机床生产厂家的帮助，在此表示由衷的感谢。

由于本书编写时间紧，再加上笔者水平有限，书中不足在所难免，恳请广大读者给予批评指正。

编者

# 图解数控机床 机械结构维修 从新手到高手

## 目 录

### 第1章 数控机床概述

1.1 数控机床及其发展	1	1.3 数控机床的分类	15
1.1.1 数控机床的定义	1	1.3.1 按工艺用途分类	15
1.1.2 数控机床的发展	1	1.3.2 按加工路线分类	20
1.2 数控机床的组成与工作原理	11	1.3.3 按可控制联动的坐标轴分类	20
1.2.1 数控机床的组成	11	1.3.4 按控制方式分类	24
1.2.2 数控机床的工作原理	14	1.3.5 按照功能水平分类	24

### 第2章 数控机床机械装调维修基础

2.1 数控机床的修理	25	资料和技术准备	27
2.1.1 数控机床的修理种类	25	2.1.6 数控机床的故障维修	27
2.1.2 数控机床修理的组织方法	25	2.2 数控机床维修常用的工具与仪器	30
2.1.3 数控机床的修理制度	26	2.2.1 数控机床维修常用的工具与	
2.1.4 对维修人员的素质要求	26	仪表	30
2.1.5 数控机床维修必要的技术		2.2.2 数控机床维修常用的仪器	35

### 第3章 数控机床的主传动系统装调与维修

3.1 主轴调速系统的装调与维修	37	3.4.1 滚动轴承的装配方法及注意	
3.1.1 主轴变速方式	37	事项	71
3.1.2 高速主轴结构	41	3.4.2 数控车床主轴部件的调整	73
3.1.3 传动带	45	3.4.3 数控铣床主轴部件的结构与	
3.2 主轴部件	47	调整	74
3.2.1 主轴	48	3.4.4 加工中心主轴部件的结构与	
3.2.2 数控机床的主轴部件	58	调整	75
3.2.3 主轴部件检修	64	3.4.5 主传动链的维护	79
3.3 主轴准停装置装调与维修	66	3.4.6 主传动链的检修	80
3.3.1 主轴准停装置	67	3.5 数控机床的平衡补偿	82
3.3.2 主轴准停装置维护	70	3.5.1 数控铣镗床的平衡补偿	82
3.3.3 主轴准停装置检修	70	3.5.2 数控钻床的平衡补偿	84
3.4 主传动部件的调整与维修	71	3.5.3 横梁弯曲变形补偿	86

### 第4章 数控机床的进给传动系统装调与维修

4.1 数控机床的进给传动系统概述	90	4.1.2 联轴器	90
4.1.1 数控机床进给传动系统的特点	90	4.1.3 键连接	94

4.1.4 消除间隙的齿轮传动结构 .....	95	4.4.2 静压导轨 .....	125
4.2 数控机床用丝杠传动副 .....	97	4.4.3 滚动导轨 .....	127
4.2.1 滚珠丝杠螺母副 .....	97	4.4.4 导轨副的维护 .....	129
4.2.2 静压丝杠螺母副 .....	110	4.4.5 导轨副的安装 .....	133
4.2.3 丝杠副的故障诊断 .....	112	4.4.6 导轨的故障排除 .....	138
4.3 数控机床其他进给传动装置 .....	115	4.4.7 进给传动系统的维护 .....	139
4.3.1 齿轮齿条传动 .....	115	4.5 常用检测元件介绍 .....	141
4.3.2 双导程蜗杆-蜗轮副 .....	118	4.5.1 数控机床用检测装置 .....	141
4.3.3 静压蜗杆-蜗轮条传动 .....	119	4.5.2 常用的检测元件 .....	141
4.3.4 直线电动机系统 .....	121	4.5.3 对检测元件的使用要求 .....	148
4.3.5 电磁伸缩杆 .....	123	4.5.4 位置检测装置的装配与调整 .....	148
4.3.6 球电动机 .....	124	4.5.5 位置检测装置的故障诊断 .....	156
4.4 数控机床用导轨装调与维修 .....	124	4.5.6 检测系统的故障诊断与排除 实例 .....	156
4.4.1 动压导轨 .....	124		

## 第5章 自动换刀装置装调与维修

5.1 概述 .....	159	5.3 刀库与机械手的结构 .....	188
5.1.1 ATC 刀具自动交换 .....	159	5.3.1 加工中心的自动换刀装置 .....	188
5.1.2 刀具的选择方式 .....	163	5.3.2 刀具交换过程 .....	190
5.1.3 利用 PLC (可编程控制器) 实现随机换刀 .....	165	5.3.3 刀库 .....	193
5.2 刀架换刀装置装调与维修 .....	167	5.3.4 机械手的形式与种类 .....	205
5.2.1 排刀式刀架 .....	167	5.3.5 常用换刀机械手的结构 .....	206
5.2.2 回转刀架 .....	168	5.3.6 机械手的驱动机构 .....	213
5.2.3 动力刀架 .....	177	5.3.7 手爪形式 .....	213
5.2.4 刀架的拆卸 .....	180	5.4 刀库与机械手装调与维修 .....	216
5.2.5 刀架的维护 .....	185	5.4.1 刀库的装调 .....	216
5.2.6 刀架的检修 .....	186	5.4.2 机械手与刀库的维护 .....	225
		5.4.3 常见故障诊断与排除 .....	228

## 第6章 数控机床的辅助装置装调与维修

6.1 数控机床用工作台的装调与维修 .....	231	装调与维修 .....	258
6.1.1 数控回转工作台的结构 .....	231	6.4.1 数控机床的润滑系统 .....	258
6.1.2 分度工作台 .....	238	6.4.2 机床的冷却系统 .....	265
6.1.3 工件台的装调与维修 .....	242	6.4.3 故障维修 .....	269
6.2 分度头与万能铣头的装调与 维修 .....	246	6.5 数控机床的排屑与防护系统 装调与维修 .....	270
6.2.1 分度头 .....	246	6.5.1 排屑装置 .....	270
6.2.2 万能铣头 .....	248	6.5.2 防护装置 .....	274
6.3 卡盘与尾座的装调与维修 .....	250	6.6 数控机床上常用的开关与刀具预 调仪 .....	278
6.3.1 卡盘 .....	250	6.6.1 数控机床上常用的开关 .....	278
6.3.2 尾座 .....	256	6.6.2 刀具预调仪 (对刀仪) .....	282
6.4 数控机床的润滑与冷却系统的			

## 参考文献



# 第1章 数控机床概述

## 1.1 数控机床及其发展

### 1.1.1 数控机床的定义

数字控制 (Numerical Control) 简称数控 (NC), 是一种借助数字、字符或其他符号对某一工作过程 (如加工、测量、装配等) 进行可编程控制的自动化方法。

数控技术 (Numerical Control Technology) 是指用数字量及字符发出指令并实现自动控制的技术, 它已经成为制造业实现自动化、柔性化、集成化生产的基础技术。

数控系统 (Numerical Control System) 是指采用数字控制技术的控制系统。

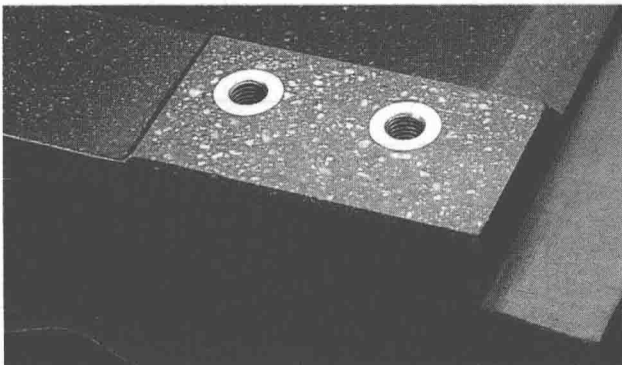
计算机数控系统 (Computer Numerical Control) 是以计算机为核心的数控系统。

数控机床 (Numerical Control Machine Tools) 是指采用数字控制技术对机床的加工过程进行自动控制的一类机床。国际信息处理联盟 (IFIP) 第五技术委员会对数控机床定义如下: 数控机床是一个装有程序控制系统的机床, 该系统能够逻辑地处理具有使用号码或其他符号编码指令规定的程序。定义中所说的程序控制系统即数控系统。

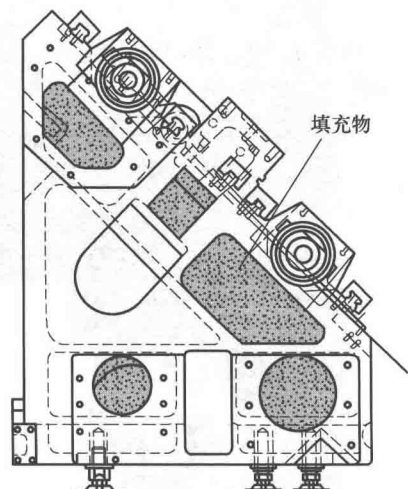
### 1.1.2 数控机床的发展

#### (1) 数控系统的发展

- ① 开放式数控系统逐步得到发展和应用。
- ② 小型化以满足机电一体化的要求。
- ③ 改善人机接口, 方便用户使用。
- ④ 提高数控系统产品的成套性。
- ⑤ 研究开发智能型数控系统。



(a) 聚合物混凝土底座



(b) 铸铁件中填充混凝土或聚合物混凝土

图 1-1 聚合物混凝土的应用

## (2) 制造材料的发展

为使机床轻量化，常使用各种复合材料，如轻合金、陶瓷和碳纤维等。目前用聚合物混凝土制造的基础件性能优异，其密度大、刚性好、内应力小、热稳定性好、耐腐蚀、制造周期短，特别是其阻尼系数大，抗振、减振性能特别好。

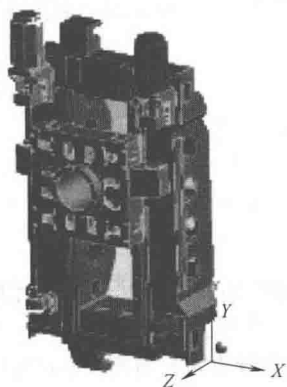


图 1-2 箱中箱结构

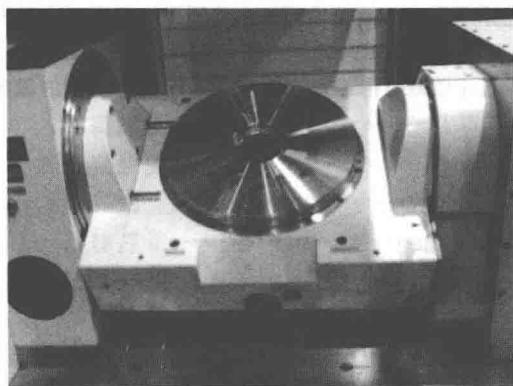
聚合物混凝土的配方很多，大多申请了专利，通常是将花岗岩和其他矿物质粉碎成细小的颗粒，以环氧树脂为黏结剂，以一定比例充分混合后浇注到模具中，借助振动排除气泡，固化约 12h 后出模。其制造过程符合低碳要求，报废后可回收再利用。图 1-1 (a) 所示为用聚合物混凝土制造的机床底座，图 1-1 (b) 所示为在铸铁中填充混凝土或聚合物混凝土，都能提高振动阻尼性能，其减振性能是铸铁件的 8~10 倍。

## (3) 结构的发展

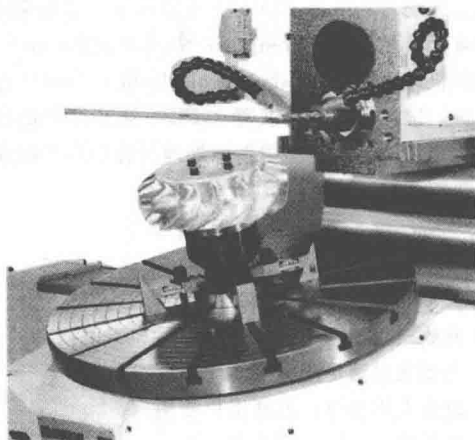
### ① 新结构。

a. 箱中箱结构。为了提高刚度和减轻重量，采用框架式箱形结构，将一个框架式箱形移动部件嵌入另一个框架箱中，如图 1-2 所示。

b. 台上台结构。如立式加工中心，为了扩充其工艺功能，常使用双重回转工作台，即在一个回转工作台上加装另一个（或多个）回转工作台，如图 1-3 所示。



(a) 可倾转台



(b) 多轴转台

图 1-3 台上台结构

c. 主轴摆头。卧式加工中心中，为了扩充其工艺功能，常使用双重主轴摆头，如图 1-4 (主轴及其回转均为零链传动) 所示，两个回转轴为 C 和 B。



图 1-4 主轴摆头

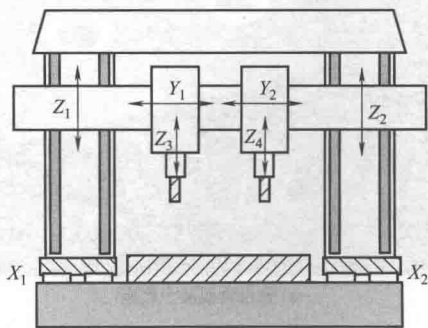


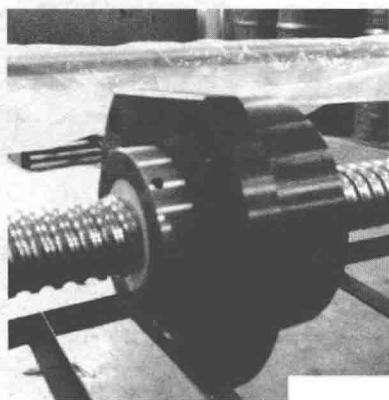
图 1-5 重心驱动



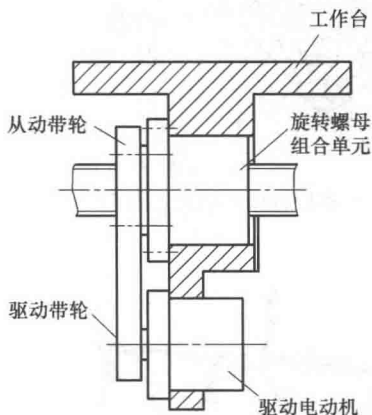
d. 重心驱动。对于龙门式机床，横梁和龙门架用两根滚珠丝杠驱动，形成虚拟重心驱动。如图 1-5 所示， $Z_1$  和  $Z_2$  形成横梁的垂直运动重心驱动， $X_1$  和  $X_2$  形成龙门架的重心驱动。近年来，由于机床追求高速、高精，重心驱动为中小型机床采用。

加工中心主轴滑板和下边的工作台由单轴偏置驱动改为双轴重心驱动，消除了启动和定位时由单轴偏置驱动产生的振动，因而提高了精度。

e. 螺母旋转的滚珠丝杠副。重型机床的工作台行程通常有几米到十几米，过去使用齿轮齿条传动。为消除间隙使用双齿轮驱动，但这种驱动结构复杂，且高精度齿条制造困难。目前使用大直径（直径已达 200~250mm），长度通过接长可达 20m 的滚珠丝杠副，通过丝杠固定、螺母旋转来实现工作台的移动，如图 1-6 所示。



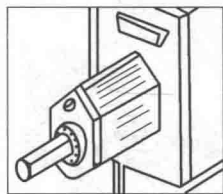
(a) 螺母旋转的滚珠丝杠副



(b) 重型机床的工作台驱动方式

图 1-6 螺母旋转的滚珠丝杠副驱动

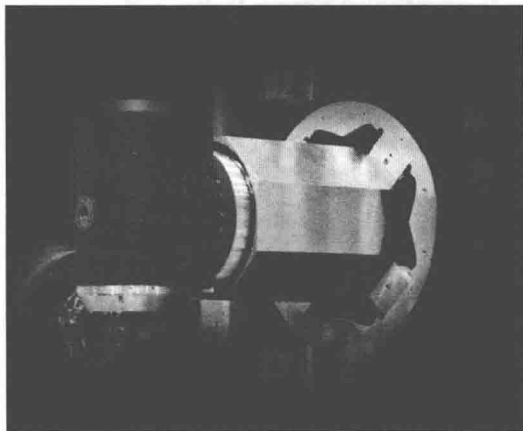
f. 八角形滑枕。如图 1-7 所示，八角形滑枕形成双 V 字形导向面，导向性能好，各向热变形均等，刚性好。



(a) 结构



(b) 示意图



(c) 实物图

图 1-7 八角形滑枕

## ② 新结构的应用。

a. 并联数控机床。基于并联机械手发展起来的并联机床，因仍使用直角坐标系进行加工编程，故称虚拟坐标轴机床。并联机床发展很快，有六杆机床与三杆机床，一种六杆加工中心的结构如图 1-8 所示。图 1-9 是其加工示意图，图 1-10 是另一种六杆数控机床的示意图，图 1-11 是这种六杆数控机床的加工图。六杆数控机床既有采用滚珠丝杠驱动又有采用滚珠螺母驱动。三杆机床传动副如图 1-12 所示。在三杆机床上加装了一副平行运动机构，主轴可水平布置，总体结构如图 1-13 所示。

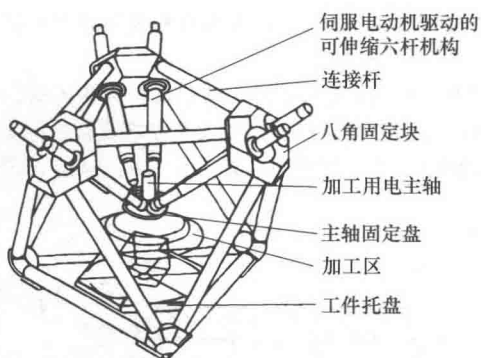


图 1-8 六杆数控机床的结构示意图 (一)

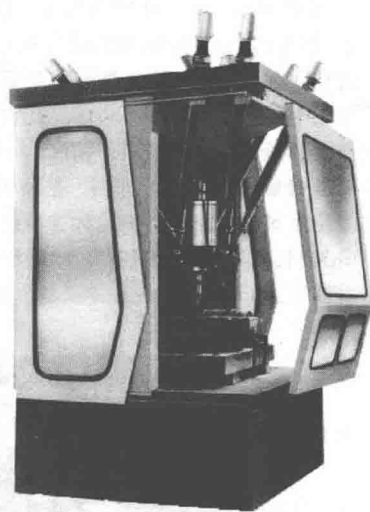


图 1-9 六杆加工中心的示意图 (一)

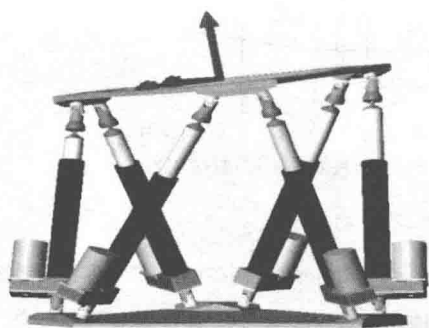


图 1-10 六杆数控机床的结构示意图 (二)



图 1-11 六杆加工中心的示意图 (二)



图 1-12 三杆机床传动副

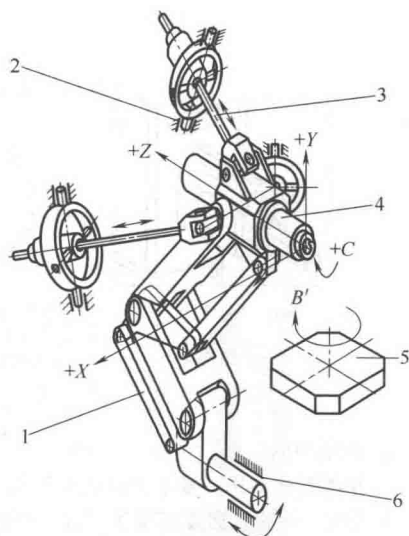


图 1-13 加装平行运动机构的三杆机床  
1—平行运动机构; 2、6—床座; 3—两端带万向联轴器的传动杆; 4—主轴; 5—回转工作台

b. 倒置式机床。1993 年德国 EMAG 公司发明了倒置立式车床，特别适宜对轻型回转体零件的大批量加工，随后倒立加工中心、倒立复合加工及倒立焊接加工等新颖机床应运而生。图 1-14 所示是倒置式立式加工中心示意图，图 1-15 所示是其各坐标轴分布情况，倒置式立式加工中心发展很快，倒置的主轴在 XYZ 坐标系中运动，完成工件的加工。这种机床便于排屑，还可以用主轴取放工件，即自动装卸工件。

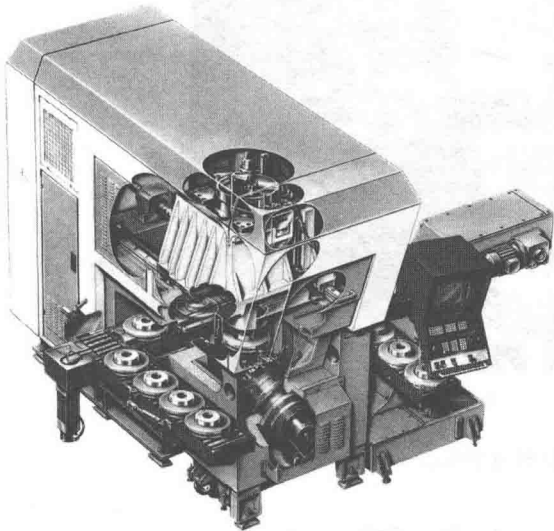


图 1-14 EMAG 公司的倒立加工中心

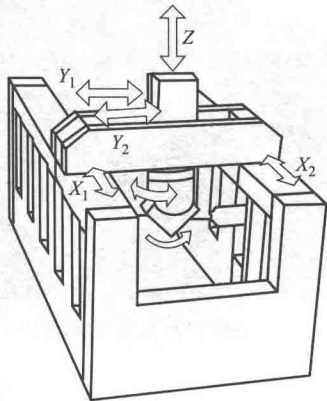
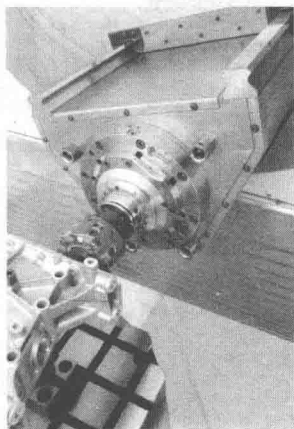
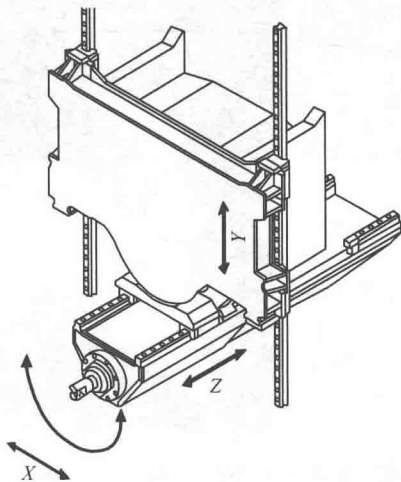


图 1-15 倒置式立式加工中心各坐标轴的分布

c. 没有 X 轴的加工中心。通过极坐标和笛卡儿坐标的转换来实现 X 轴运动。主轴箱是由大功率转矩电机驱动，绕 Z 轴作 C 轴回转，同时又迅速作 Y 轴上下升降，这两种运动方式的合成就完成了 X 轴方向的运动，如图 1-16 所示。由于是两种运动方式的叠加，故机床的快速速度达到 120m/min，加速度为 2g。



(a) 加工图



(b) 示意图

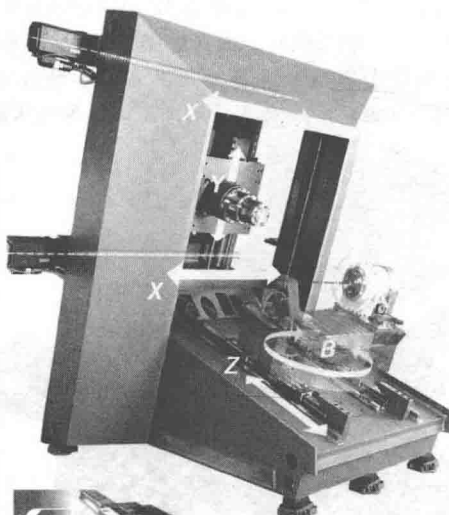
图 1-16 德国 ALFING 公司的 AS 系列（没有 X 轴的加工中心）

d. 立柱倾斜或主轴倾斜。机床结构设计成立柱倾斜（图 1-17）或主轴倾斜（图 1-18），其目的是提高切削速度，因为在加工叶片、叶轮时，X 轴行程不会很长，但 Z 和 Y 轴运动频繁，立柱倾斜能使铣刀更快切至叶根深处，同时也为了让切削液更好地冲走切屑并避免与夹具碰撞。

e. 四立柱龙门加工中心。图 1-19 为日本新日本工机开发的类似模架状的四立柱龙门加工中心，将铣头置



(a) 瑞士Liechti公司的立柱倾斜型加工中心



(b) 瑞士Liechti公司的斜立柱模型

图 1-17 立柱倾斜型加工中心

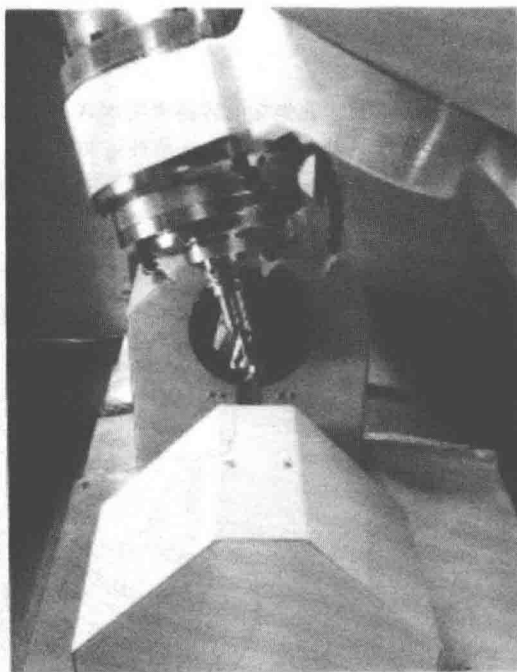


图 1-18 铣头倾斜式叶片加工中心 (瑞士 Starrag Heckert 公司的铣头倾斜式叶片加工中心)

于中央位置。机床在切削过程中，受力分布始终在框架范围之内，这就克服了龙门加工中心铣削中，主轴因受切削力而前倾的弊端，从而增强刚性并提高加工精度。

f. 特殊机床。特殊数控机床是为特殊加工而设计的数控机床，图 1-20 为轨道铣磨机床（车辆）。

g. 未来机床。未来机床应该是 SPACE CENTER，也就是具有高速（Speed）、高效（Power）、高精度（Accuracy）、通信（Communication）、环保（Ecology）功能。MAZAK 建立的未来机床模型是主轴转速 100000r/min，加速度 8g，切削速度 2 马赫，同步换刀，干切削，集车、铣、激光加工、磨、测量于一体，如图 1-21 所示。



图 1-19 日本新日本工机开发四立柱龙门加工中心



图 1-20 轨道铣磨机床(车辆)

#### (4) 加工方式的发展

① 激光加工。激光加工的主要方式分为去除加工、改性加工和连接加工。去除加工主要包括激光切割、打孔等，改性加工主要包括激光表面热处理等，连接加工主要包括激光焊接等，如图 1-22 所示。

② 超声波振动加工。超声加工是功率超声应用的一个重要方面。早期的超声加工也叫传统超声加工。它依靠工具作超声频（16~25kHz）、小振幅（10~40 $\mu\text{m}$ ）振动，通过分散的磨料来破除材料，不受材料是否导电的限制。研究表明：超声加工的效果取决于材料的脆度和硬度。材料的脆度越大，越容易加工；而材料越硬，加工速度越低。因此，常采用适当方法改变材料特性，如用阳极溶解法使硬质合金的黏结剂——钴先行析出，使硬质合金表面变为脆性的碳化钨（WC）骨架，易被去除，以适应超声加工的特点。

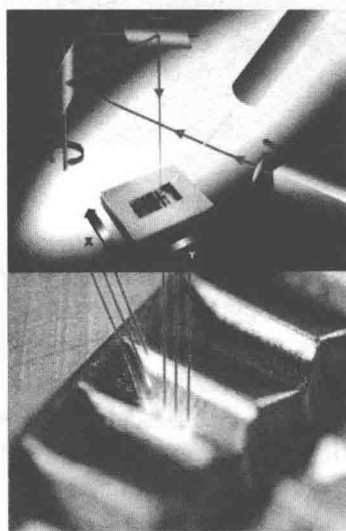
随着各种脆性材料（如玻璃、陶瓷、半导体、铁氧体等）和难加工材料（耐热合金和难熔合金、硬质合金、各种人造宝石、聚晶金刚石以及天然金刚石等）的日益广泛应用，各种超声加工技术均取得了长足的进步。

图 1-23 是由工业金刚石颗粒制成的铣刀、钻头或砂轮，通过 20000 次/s 的超声波振动高频敲击，对超硬材料进行精密加工。

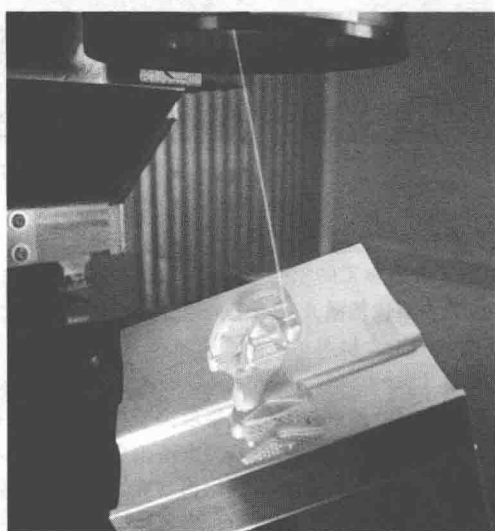
③ 水射流切割。水射流切割（Water Jet Cutting, WJC）又称液体喷射加工（Liquid Jet Machining, LJM），是利用高压高速液流对工件的冲击作用来去除材料的，如图 1-24 所示。水刀就是将普通水经过一个



图 1-21 未来数控机床



(a) DMG公司的DML40激光加工机床



(b) DMG公司的激光LT Shape

图 1-22 激光加工

超高压加压器，加压至 380MPa (55000psi) 甚至更高压力，然后通过一个细小的喷嘴（其直径为 0.010~0.040mm），可产生一道速度为 915m/s（约声速的三倍）的水箭，来进行切割。图 1-25 所示水刀分为两种类型：纯水水刀及加砂水刀。





图 1-23 DMG 公司 DMS35 超声振动加工机床

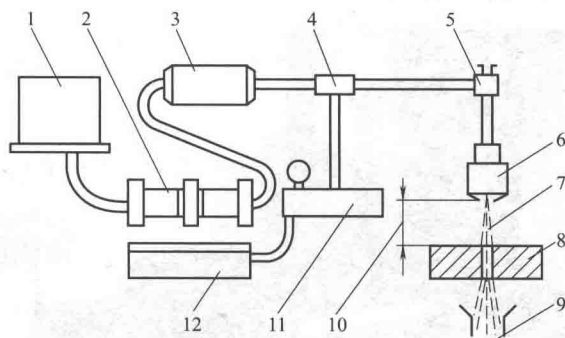


图 1-24 水射流切割原理图

1—带有过滤器的水箱；2—水泵；3—储液蓄能器；4—控制器；5—阀；6—蓝宝石喷嘴；  
7—射流；8—工件；9—排水口；10—压射距离；11—液压机构；12—增压器



(a) 加砂水刀



(b) 纯水水刀

图 1-25 水刀

切割精度主要受喷嘴轨迹精度的影响，切缝大约比所采用的喷嘴孔径大  $0.025\text{mm}$ ，加工复合材料时，采用的射流速度要高，喷嘴直径要小，并具有小的前角，喷嘴紧靠工件，喷射距离要小。喷嘴愈小，加工精度愈高，但材料去除速度降低。

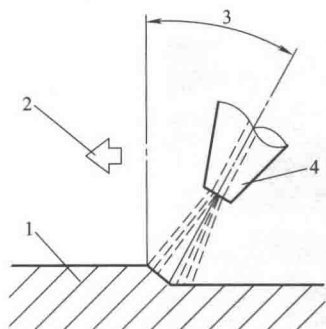


图 1-26 水射流喷嘴角度

1—工件；2—喷嘴运动方向；  
3—正前角；4—喷嘴

切边质量受材料性质的影响很大，软材料可以获得光滑表面，塑性好的材料可以切割出高质量的切边。液压过低会降低切边质量，尤其对复合材料，容易引起材料分层或起鳞。采用正前角（如图 1-26 所示）将改善切割质量。进给速度低可以改善切割质量，因此，加工复合材料时应采用较低的切割速度，以避免在切割过程中出现材料的分层现象。

切割过程中，“切屑”混入液体中，故不存在灰尘，不会有爆炸或火灾的危险。对某些材料，射流束中夹杂有空气将增加噪声，噪声随喷射距离的增加而增加。在液体中加入添加剂或调整到合适的前角，可以降低噪声。

水射流切割可以加工很薄、很软的金属和非金属材料，例如铜、铝、铅、塑料、木材、橡胶、纸等七八十种材料和制品。水射流切割可以代替硬质合金切槽刀具，而且切边的质量很好。所加工的材料厚度少则几毫米，多则几百毫米，例如切割 19mm 厚的吸音天花板，采用的水压为 310MPa，

切割速度为 76m/min。玻璃绝缘材料可加工到 125mm 厚。由于加工的切缝较窄，可节约材料和降低加工成本。

④ 微纳制造。微纳制造主要应用于超硬脆性、超硬合金、模具钢、无电解镀层镍等材料的微小机电光学零部件的纳米级精度磨削加工。图 1-27 为纳米磨床。

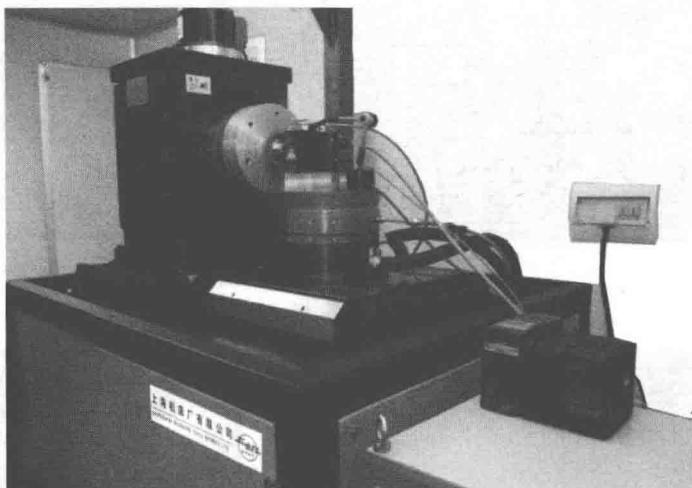


图 1-27 上海机床厂有限公司的纳米磨床

⑤ 智能制造。智能化制造是先进制造业的重要组成部分，它集信息技术、光电技术、通信技术、传感技术等为一体，推动着机床制造的不断进步。智能制造一般具有如下特点。图 1-28 为智能加工中心。

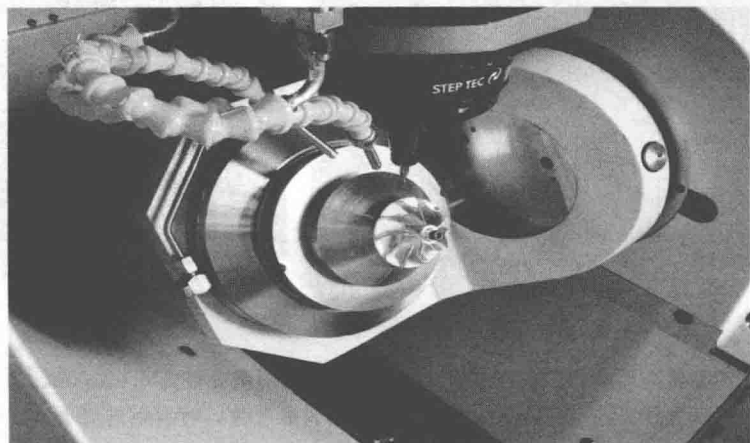


图 1-28 GF 的智能加工中心

a. 集成的自适应进给控制功能：数控系统可按照主轴功率负载大小，自动调节进给速率。

b. 自动校准和优化机床精度功能：该功能是自动校准多轴机床精度的有效工具。

c. 智能颤纹控制功能：在数控加工过程中，由于主轴或切削力的变化，工件上会产生颤纹，海德汉数控系统的颤纹控制功能可以大幅降低工件表面的颤纹，并且能提高切削率 25% 以上，以降低机床载荷，并提高刀具使用寿命。

⑥ 液氮冷冻加工。切削加工中的切削热导致刀具加工超硬材料时磨损快，刀具消耗量大，刀具消耗成本甚至超过机床的成本。如图 1-29 所示，超低温液氮冷却切削技术



图 1-29 超低温液氮冷却切削刀具

的推出，可以实现通过主轴中心和刀柄中心在刀片切削刃部的微孔中打出液氮，刀具切削产生的热量被液氮气化（液氮的沸点为 $-195.8^{\circ}\text{C}$ ）的瞬间带走，尤其是在超硬材料加工和复合材料加工上会有更好的效果，切削速度可以大大提高，刀具寿命也可以大大延长。

## 1.2 数控机床的组成与工作原理

### 1.2.1 数控机床的组成

数控机床一般由计算机数控系统和机床本体两部分组成，其中计算机数控系统是由输入/输出设备、计算机数控装置（CNC 装置）、可编程控制器、主轴驱动系统和进给伺服驱动系统等组成的一个整体系统，如图 1-30 所示。

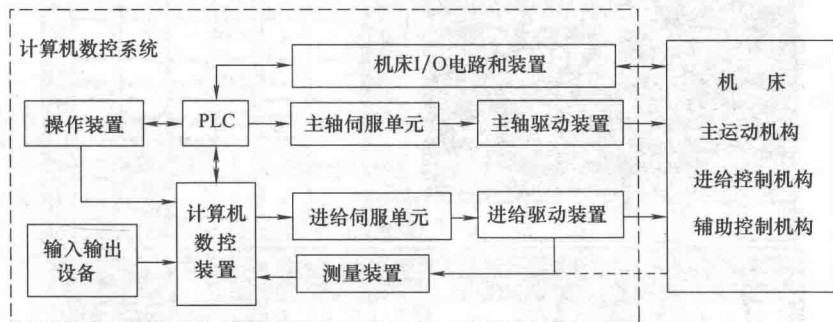


图 1-30 数控机床的组成

#### (1) 输入/输出装置

数控机床在进行加工前，必须接收由操作人员输入的零件加工程序（根据加工工艺、切削参数、辅助动作以及数控机床所规定的代码和格式编写的程序，简称为零件程序。现代数控机床上该程序通常以文本格式存放），然后才能根据输入的零件程序进行加工控制，从而加工出所需的零件。此外，数控机床中常用的零件程序有时也需要在系统外备份或保存。

因此数控机床中必须具备必要的交互装置，即输入/输出装置来完成零件程序的输入/输出过程。

零件程序一般存放于便于与数控装置交互的一种控制介质上，早期的数控机床常用穿孔纸带、磁带等控制介质，现代数控机床常用移动硬盘、Flash（U 盘）、CF 卡（图 1-31）及其他半导体存储器等控制介质。此