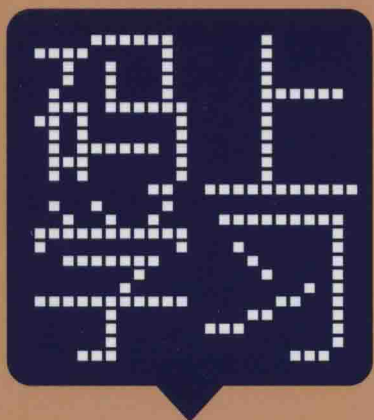




数控电加工机床 编程与维修

韩鸿鸾 丛志鹏 董文敏 主编

扫一扫，方寸自有大天地 学学学，机床疑是梦中来

- 全面讲解数控专业职业技能鉴定知识要点，借实战案例深入领会工艺与编程真谛
- 手把手教你迅速学会电加工机床的编程技术，熟练掌握机床的操作和维修技巧
- 好视频不容错过！好方法拨云见日！！好教程全面升级！！



**70个
二维码**

手机随时随地
扫描播放，轻松学习，
即学即会

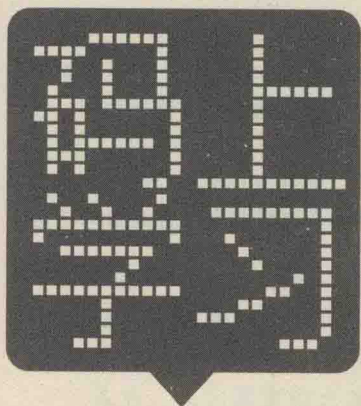
**70个
视频及动画**

真实演义电加工机床
结构原理、指令应用、
装调维修

只需扫描
二维码
数控知识
随时学

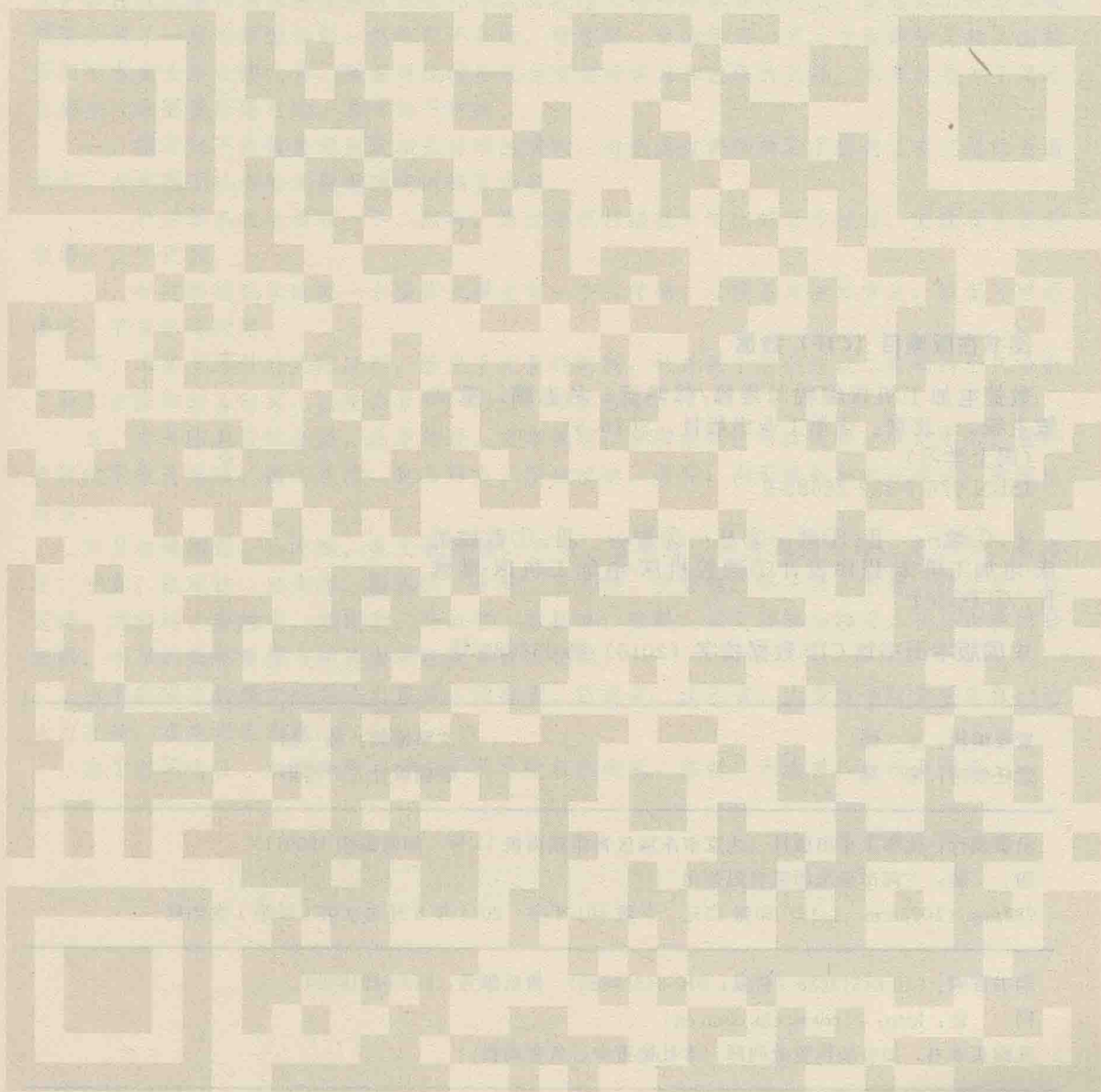


化学工业出版社



数控电加工机床 编程与维修

韩鸿鸾 丛志鹏 董文敏 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书内容包括数控机床的基础知识、电火花机床的结构与故障排除、电火花机床的应用、数控线切割机床的结构与故障排除、数控线切割机床的编程与操作、其他电加工技术简介等。为了方便读者使用，扫描本书中的二维码可观看视频，加深对知识的理解。

本书适合数控电加工机床的操作与编程初学者使用，也是高等职业学校、高等专科学校、成人教育高校及本科院校的二级职业技术学院、技术（技师）学院、高级技工学校、继续教育学院和民办高校的机电专业、数控专业的理想教材。

图书在版编目（CIP）数据

数控电加工机床编程与维修/韩鸿鸾，丛志鹏，董文敏主编. —北京：化学工业出版社，2016.8
（码上学习）
ISBN 978-7-122-26685-9

I. ①数… II. ①韩…②丛…③董… III. ①数控机床-电加工机床-程序设计②数控机床-电加工机床-维修
IV. ①TG661

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2016）第 066080 号

责任编辑：王 烨

文字编辑：陈 喆

责任校对：宋 玮

装帧设计：尹琳琳

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：三河市延风印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 15½ 字数 401 千字 2016 年 8 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：79.00 元

版权所有 违者必究

数控加工是机械制造业中的先进加工技术,在企业生产中,数控机床的使用已经非常广泛。目前,随着国内数控机床用量的剧增,急需培养一大批能够熟练掌握现代数控机床编程、操作和维护的应用型高级技术人才。

虽然,我们国家的大多数高等院校都开设了数控技术专业,然而,一方面现在所培养的人才还不能满足社会的需要,有些是从机械制造、车工、铣工等专业转过来的,甚至有些企业中数控机床操作编程者是来自农村几乎没有经过任何院校培养的人员,虽然他们通过各种渠道获得了一定的数控知识,但却很不全面,需要进一步的学习;另一方面即使是相关院校数控技术专业毕业的人员,随着科技的发展也有继续学习和进修的必要。本书就是为了满足这部分人员需要而编写的,具有如下特点。

一、编写时不受数控专业及相关标准的限制,而是通过调研确定了目前正在应用的普遍技术,并兼顾了社会的发展而确定的编写内容。

二、针对每条指令都有一个二维码,通过手机扫描就知道它的动作过程,使读者更容易理解,上手更快。

三、针对数控机床的每一个操作步骤也有一个二维码,以联系其操作方法,读者可照此操作,节省学习时间。

四、本套书还针对实际应用,给出了大量的实例,针对每个实例还以二维码的形式给出了加工录像和加工动画,以使读者举一反三,即学即会。

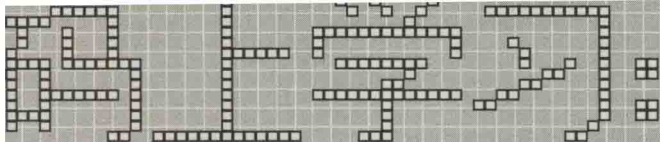
五、本书体系设计合理,循序渐进,文字规范,条理清楚,可读性强;名词术语、量和单位使用规范准确;图文并茂,配合得当;图表清晰、美观,图形绘制和标注规范,放缩比适当。

本书由韩鸿鸾、丛志鹏、董文敏主编,卢超、贾晓莹、张秀娟副主编,王小方、董海萍、宁爽、张瑞社、史先伟、陈国明、李莉、王天娇、安亚楠、赵子云、王静、王开良、刘国涛、刘祥坤、李旭才、刘曙光、马淑香、曲善珍、张鹏、宋文国参加编写。全书由韩鸿鸾统稿。本书的数学建模与动画由韩钰负责制作完成。

本书在编写过程中得到了山东省、河南省、河北省、江苏省、上海市等技能鉴定部门的大力支持,在此深表谢意。

由于时间仓促,水平有限,书中不足之处在所难免,感谢广大读者给予批评指正。

编者于山东威海



第1章 数控机床的基础知识

001

1.1 数控机床的分类	002
1.1.1 按工艺用途分类	002
1.1.2 按可控制联动的坐标轴分类	008
1.1.3 按控制方式分类	011
1.1.4 按加工路线分类	012
1.2 数控机床的组成与工作原理	013
1.2.1 数控机床的组成	013
1.2.2 电加工与特种加工数控机床的基本术语	017
1.2.3 电加工机床的机床坐标系	019
1.2.4 数控机床的插补原理	021
1.3 数控技术的发展	026
1.3.1 数控系统的发展	026
1.3.2 制造材料的发展	026
1.3.3 结构的发展	026
1.3.4 加工方式的发展	032
1.4 数控机床的维修管理	036
1.4.1 数控机床故障诊断技术	036
1.4.2 数控机床的故障维修	037
1.4.3 数控机床维修常用工具	039
1.4.4 数控机床机械部件的拆卸	045
1.4.5 更换单元模块的注意事项	046

第2章 电火花机床的结构与故障排除

047

2.1 电火花机床的结构	048
2.1.1 数控电火花成形加工原理	048
2.1.2 数控机床的机械结构	049
2.1.3 电火花成形机床系统组成	055
2.1.4 灭火系统	062

2.2 电火花成形机床的维护与维修	063
2.2.1 电火花成形加工机床的日常维护及保养	063
2.2.2 电火花成形机床的故障诊断与维修	064

第3章 电火花机床的应用

069

3.1 数控电火花成形加工工艺	070
3.1.1 加工条件	070
3.1.2 工件的准备	070
3.1.3 电极	072
3.1.4 电极和工件的装夹与定位	074
3.1.5 影响工艺指标的因素	077
3.1.6 自动定位技术	079
3.1.7 在机测量技术的应用	080
3.1.8 典型零件的加工工艺	081
3.2 数控电火花成形机床的编程与操作	089
3.2.1 数控电火花成形机床的功能代码(指令)	089
3.2.2 常用G指令简介	091
3.2.3 M代码简介	096
3.2.4 R转角功能	096
3.2.5 指定加工条件参数	098
3.2.6 电火花成形机床的操作	105

第4章 数控线切割机床的结构与故障排除

107

4.1 数控机床的结构	109
4.1.1 电火花线切割加工原理与分类	109
4.1.2 数控电火花线切割机床的机械系统	110
4.1.3 数控线切割机床的电气控制系统	130
4.2 数控线切割机床的维护与维修	139
4.2.1 数控线切割机床的维护	139
4.2.2 数控线切割机床的维修	141

第 5 章 数控线切割机床的编程与操作

163

5.1 数控线切割机的加工工艺	164
5.1.1 零件图的工艺分析	164
5.1.2 工艺准备	165
5.1.3 工件的装夹和位置校正	170
5.1.4 加工实例	174
5.2 数控线切割机的手工编程	175
5.2.1 3B 代码编程	175
5.2.2 4B 代码编程	179
5.2.3 国际标准 ISO 代码编程	181
5.2.4 慢走丝线切割的多次切割	196
5.3 数控线切割机的计算机辅助编程	199
5.3.1 计算机辅助编程及软件简介	199
5.3.2 CAXA 线切割计算机辅助编程介绍	199
5.4 数控电火花线切割机床的使用	207
5.4.1 数控电火花线切割加工的安全技术规程	207
5.4.2 数控电火花线切割机床的使用规则	208
5.4.3 数控电火花线切割机床交流稳压电源的使用方法	208
5.4.4 数控电火花线切割机床工作时的注意事项	209
5.4.5 数控电火花线切割机床的基本操作步骤	209

第 6 章 其他电加工技术简介

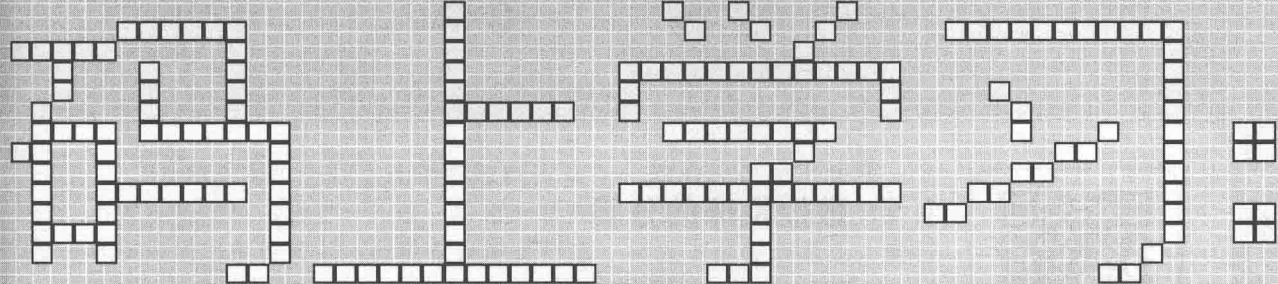
219

6.1 电火花小孔加工	220
6.1.1 喷嘴加工	220
6.1.2 发动机涡轮叶片散热孔的加工	220
6.1.3 高速打小孔加工	220
6.2 精密微细加工	228
6.3 电火花回转加工	229
6.4 电火花跑合加工	229
6.5 电火花表面加工	230

6.5.1 电火花表面强化	230
6.5.2 电火花刻蚀(刻字)	231
6.6 电熔爆加工	231
6.7 超声电火花复合加工	232
6.7.1 超声电火花复合抛光	232
6.7.2 超声电火花复合打孔的加工	233
6.7.3 超声电化学复合加工	233
6.8 液体束流电火花微孔加工	234
6.9 电解切削加工	235
6.10 电解磨削	235
6.11 非导体的电火花加工	237
6.11.1 高电压法	237
6.11.2 电解液法	238

参考文献

239



数控电加工机床编程与维修



chapter 1

第1章 数控机床的基础知识



1-1 数控机床按工艺用途分类

1.1 数控机床的分类

目前数控机床的品种很多，通常按下面几种方法进行分类。

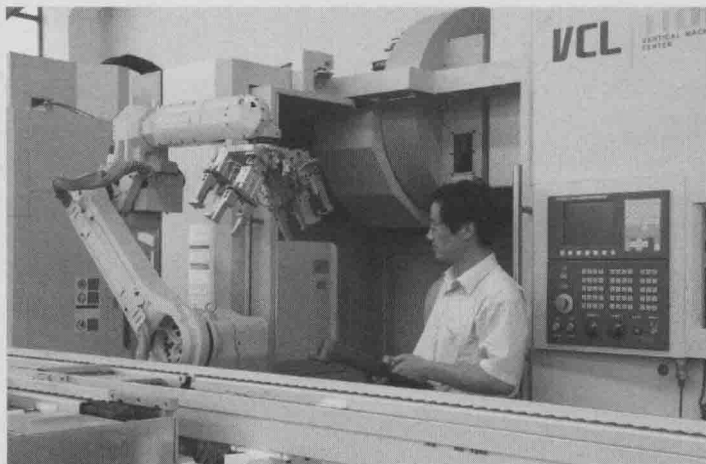
1.1.1 按工艺用途分类 [二维码 1-1]

(1) 金属切削类数控机床

1) 一般数控机床 最普通的数控机床有钻床、车床、铣床、镗床、磨床和齿轮加工机床，如图 1-1 所示。由数控机床、机器人等还可以构成柔性加工单元，能实现工件搬运、装卸的自动化和加工调整准备的自动化，见图 1-2。



■ 图 1-1 常见数控机床



■ 图 1-2 FMC 数控机床 [二维码 1-2]

2) 数控加工中心 这类数控机床是在一般数控机床上加装一个刀库和自动换刀装置,构成一种带自动换刀装置的数控机床。这类数控机床的出现打破了一台机床只能进行单工种加工的传统概念,实行一次安装定位,完成多工序加工方式。加工中心有较多的种类,一般按以下几种方式分类。



1-2 FMC数控机床

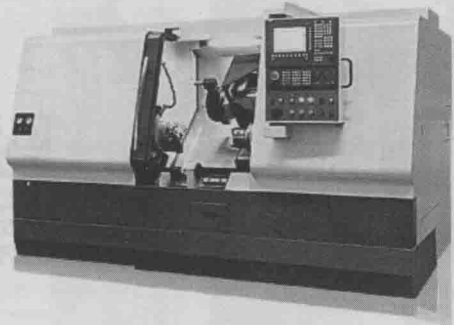
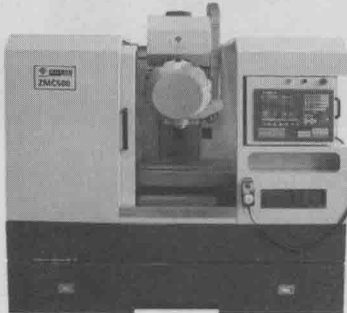
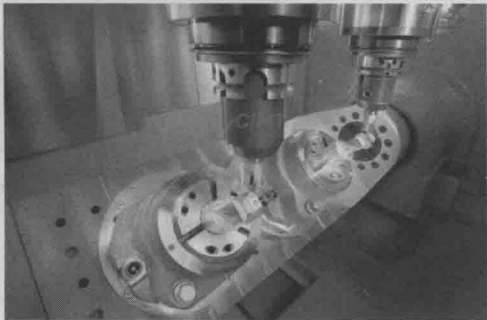
① 按加工范围分类 可分为车削加工中心、钻削加工中心、镗铣加工中心、磨削加工中心、电火花加工中心等。一般镗铣类加工中心简称加工中心,其余种类加工中心要有前面的定语。现在发展的复合加工功能的机床,也常称为加工中心,常见的加工中心如表 1-1 所示。

② 按机床结构分类 可分为立式加工中心、卧式加工中心(图 1-3 所示)、五面加工中心和并联加工中心(虚拟加工中心)。

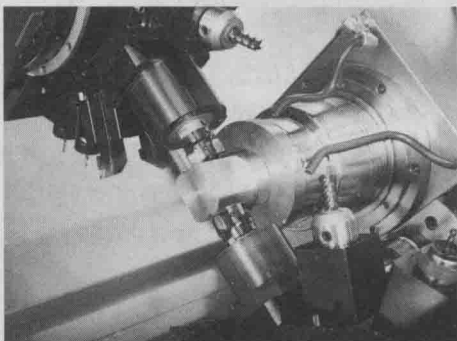
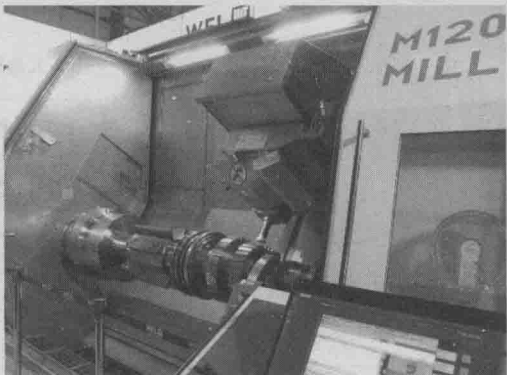
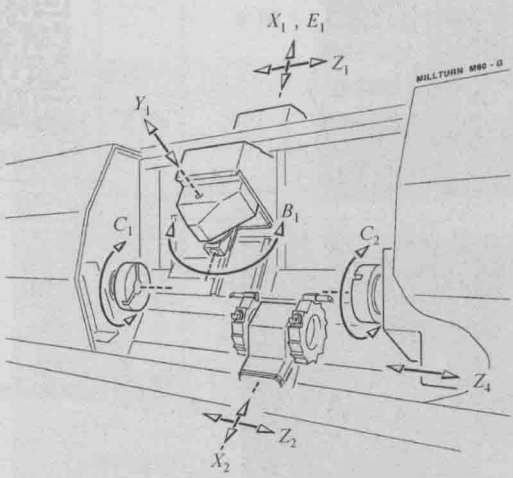
③ 按数控系统联动轴数分类 有二坐标加工中心、三坐标加工中心和多坐标加工中心。

④ 按精度分类 可分为普通加工中心和精密加工中心。

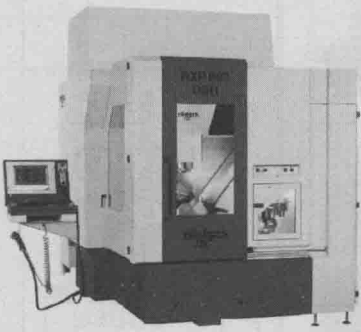
■ 表 1-1 常见的加工中心

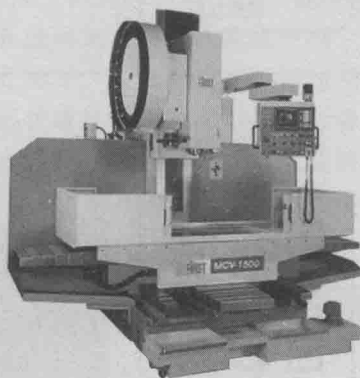
名 称	图 样	说 明
车削加工中心		[二维码 1-3]  1-3 车削加工中心
钻削加工中心		[二维码 1-4]  1-4 钻削加工中心
磨削加工中心		五轴螺纹磨削加工中心

续表

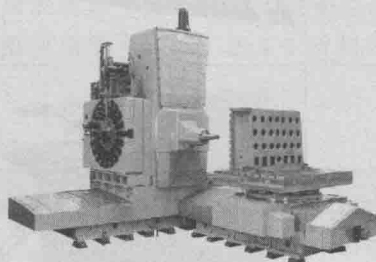
名 称	图 样	说 明
		德玛吉公司 [二维码 1-5]  1-5 车削加工中心
车铣复合加工中心		WFL 车铣复合加工中心 [二维码 1-6]  1-6 车铣复合加工中心
		WFL 车铣复合加工 中心的坐标

续表

名 称	图 样	说 明
车铣磨插复合 加工中心		瑞士宝美 S-191 车铣磨插 复合加工中心 [二维码 1-7]  1-7 车铣磨插复合 加工中心
铣磨复合 加工中心		德国罗德斯铣磨复合 加工中心 RXP600DSH
激光堆焊与 高速铣削机床		德国罗德斯 RFM760 激光堆焊 与高速铣削机床 [二维码 1-8]  1-8 激光堆焊与高 速铣削



(a) 立式加工中心



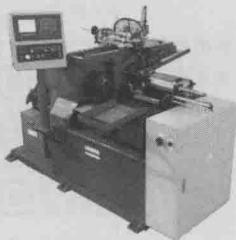
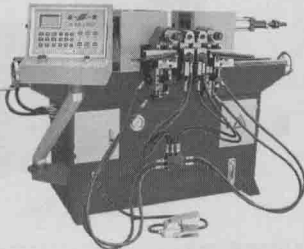
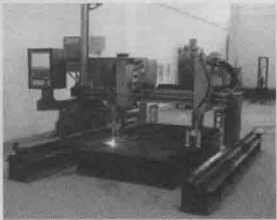
(b) 卧式加工中心

■ 图 1-3 常见加工中心

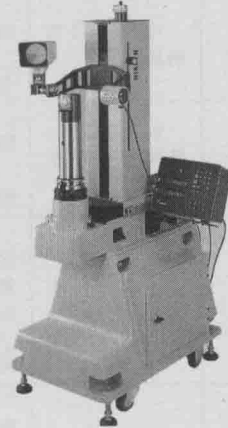
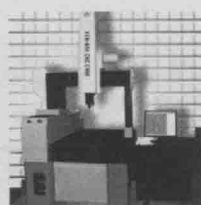
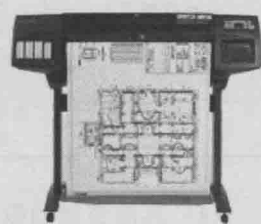
(2) 金属成形类数控机床

如数控折弯机、数控弯管机、数控回转头压力机等，见表 1-2。

■ 表 1-2 各种机床的实物图

名称	实 物	名称	实 物
数控插齿机		数控旋压机	
数控滚齿机		数控电火花线切割机床 [二维码 1-9]	
数控刀具磨床		 1-9 电火花线切割加工	
数控镗床		数控电火花成形机 [二维码 1-10]	
数控折弯机		 1-10 数控电火花成形加工	
数控全自动弯管机		数控火焰切割机 [二维码 1-11]	
		 1-11 火焰切割	

续表

名称	实 物	名称	实 物
数控激光加工机 [二维码 1-12]  1-12 激光加工		数控对刀仪	
三坐标测量仪		数控绘图仪	

(3) 数控特种加工机床

如电加工机床、数控激光切割机等，见表 1-2。不同的机床又有所不同，现以电加工机床为例介绍之。

1) 电加工的定义 电加工主要是指利用电的各种效应（如电能、电化能、电热能、电磁能、电光能等）进行金属材料加工的一种方式。电加工包括电蚀加工（电火花成形加工和线切割加工）、电子束加工、电化学加工（电抛光等）及电热加工（导电磨削、电热整平）等。从狭义而言，电加工大多指直接利用电能（放电）进行金属材料加工的一种方式，主要有电火花成形加工、线电极切割、电抛光、电解磨削加工。

2) 数控电加工机床的类型 按工具电极和工件相对运动的方式和用途的不同，大致可分为电火花穿孔成形加工、电火花线切割、电火花磨削和镗磨、电火花同步共轭回转加工、电火花高速小孔加工、电火花表面强化与刻字六大类。前五类属电火花成形、尺寸加工，是用于改变零件形状或尺寸的加工方法；后者则属表面加工方法，用于改善或改变零件表面性质。以上以电火花穿孔成形加工和电火花线切割应用最为广泛。表 1-3 所列为总的电火花加工分类情况及各类加工方法的主要特点和用途。

■ 表 1-3 电火花加工工艺方法分类

类别	工艺方法	特 点	用 途	备 注
1	电 火 花 穿 孔 成 形 加 工	① 工具和工件间主要只有一个相对的伺服进给运动 ② 工具为成形电极，与被加工表面有相同的截面和相应的形状	① 穿孔加工。加工各种冲模、挤压模、粉末冶金模、各种异形孔及微孔等 ② 型腔加工。加工各类型腔模及各种复杂的型腔零件	约占电火花机床总数的 30%，典型机床有 D7125、D7140 等电火花穿孔成形机床

续表

类别	工艺方法	特 点	用 途	备 注
2	电火花线切割加工	① 工具电极与电极丝轴线垂直移动着的线状电极 ② 工具与工件在两个水平方向同时有相对伺服进给运动	① 切割各种冲模和具有直纹面的零件 ② 下料、截割和窄缝加工	约占电火花机床总数的60%，典型机床 K7725、DK7740 数控电火花线切割机床
3	电火花内孔、外圆和成形磨削	① 工具与工件有相对的旋转运动 ② 工具与工件间有径向和轴向的进给运动	① 加工高精度、表面粗糙度值小的小孔，如拉丝模、挤压模、微型轴承内环、钻套等 ② 加工外圆、小模数滚刀等	约占电火花机床总数的3%，典型机床有 D6310 电火花小孔内圆磨床等
4	电火花同步共轭回转加工	① 成形工具与工件均做旋转运动，但二者速度相等或成整数倍，相对应接近的放电点有切向相对运动速度 ② 工具相对工件可做纵、横向进给运动	以同步回转、展成回转、倍角速度回转等不同方式，加工各种复杂型面的零件，如高精度的异形齿轮，精密螺纹环规，高精度、高对称度、表面粗糙度值小的内外回转体表面等	占电火花机床总数不足1%，典型机床有 JN-2、JN-8 内外螺纹加工机床
5	电火花高速小孔加工	① 采用细管($>\phi 0.3\text{mm}$)电极，管内冲入高压水基工作液 ② 细管电极旋转 ③ 穿孔速度很高(30~60mm/min)	① 线切割穿丝预孔 ② 深径比很大的小孔，如喷嘴等	约占电火花机床总数2%，典型机床有 D703A 电火花高速小孔加工机床
6	电火花表面强化、刻字	① 工具在工件表面上振动，在空气中放火花 ② 工具相对工件移动	① 模具刃口、刀、量具刃口表面强化和镀覆 ② 电火花刻字、打印记	占电火花机床总数的1%~2%，典型设备有 D9105 电火花强化机等

(4) 其他类型的数控机床

如火焰切割机、数控三坐标测量仪等，见表 1-2。

1.1.2 按可控制联动的坐标轴分类

所谓数控机床可控制联动的坐标轴，是指数控装置控制几个伺服电动机，同时驱动机床移动部件运动的坐标轴数目。

(1) 两坐标联动

数控机床能同时控制两个坐标轴联动，即数控装置同时控制 X 和 Z 方向运动，可用于加工各种曲线轮廓的回转体类零件。或机床本身有 X 、 Y 、 Z 三个方向的运动，数控装置中只能同时控制两个坐标，实现两个坐标轴联动，但在加工中能够实现坐标平面的变换，用于加工图 1-4 (a) 所示的零件沟槽。

(2) 三坐标联动

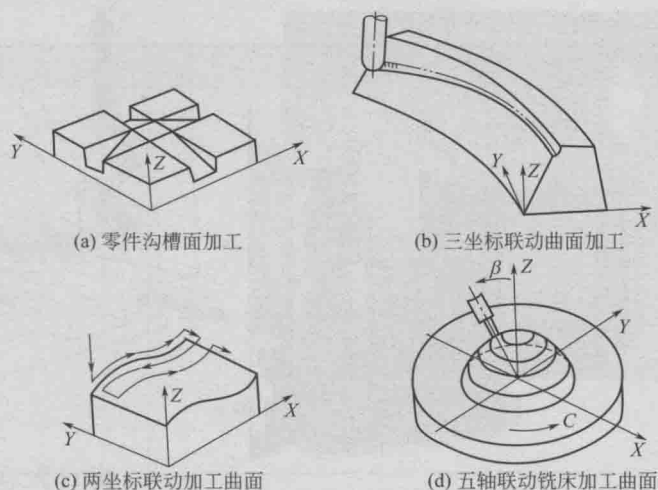
数控机床能同时控制三个坐标轴联动，此时，铣床称为三坐标数控铣床，可用于加工曲面零件，如图 1-4 (b) 所示。

(3) 两轴半坐标联动

数控机床本身有三个坐标，能做三个方向的运动，但控制装置只能同时控制两个坐标，而第三个坐标只能做等距周期移动，可加工空间曲面，如图 1-4 (c) 所示零件。数控装置在 ZX 坐标平面内控制 X 、 Z 两坐标联动，加工垂直面内的轮廓表面，控制 Y 坐标做定期等距移动，即可加工出零件的空间曲面。

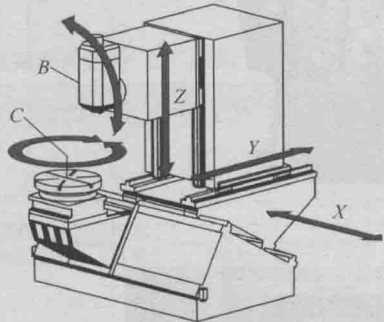
(4) 多坐标联动

能同时控制四个以上坐标轴联动的数控机床为多坐标数控机床，其结构复杂、精度要求高、程序编制复杂，主要应用于加工形状复杂的零件。五轴联动铣床加工曲面形状零件如图 1-4 (d) 所示，现在常见的五轴加工中心如表 1-4 所示。六轴加工中心如图 1-5 所示。



■ 图 1-4 空间平面和曲面的数控加工

■ 表 1-4 五轴联动加工中心

项目	图 样	说 明
摆头		瑞士威力铭 W-418 五轴联动加工中心
		DMG(德玛吉)公司的 DMU125P [二维码 1-13]  1-13 主轴摆角
铣头与分度头联动回转	