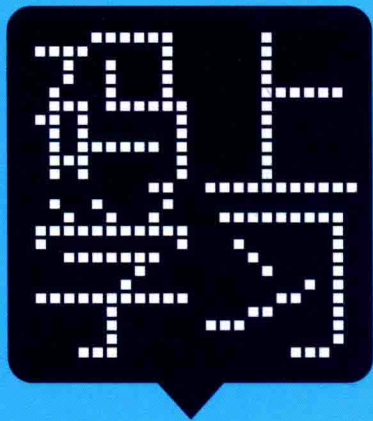




SIEMENS

数控铣床和加工中心 工艺与编程

丛培兰 编著

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数控机床的编程技术，熟练掌握数控机床的操作技巧
- 好视频不容错过！好方法拨云见日！！好教程全面升级！！



**150个
二维码**

手机随时随地
扫描播放，轻松学习，
即学即会

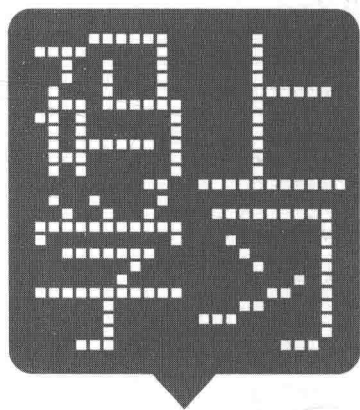
**150个
视频及动画**

真实演义数控机床
结构原理、操作重点、
指令应用

只需扫描
二维码
数控知识
随时学



化学工业出版社



SIEMENS

数控铣床和加工中心 工艺与编程

丛培兰 编著



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书内容包括数控铣削加工的基础知识、平面加工、轮廓加工、孔系与螺纹加工、槽类与型腔零件加工等内容。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

SIEMENS 数控铣床和加工中心工艺与编程/丛培兰编著.

北京:化学工业出版社,2016.8

(码上学习)

ISBN 978-7-122-26877-8

I. ①S… II. ①丛… III. ①数控机床-铣床-加工工艺 ②数控机床-铣床-程序设计 ③数控机床加工中心-加工工艺 ④数控机床加工中心-程序设计 IV. ①TG547 ②TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 085796 号

责任编辑:王 烨

文字编辑:陈 喆

责任校对:王 静

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 16 字数 416 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: 69.00 元

版权所有 违者必究

前言

FOREWORD

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,通过手机扫描就可知道它的动作过程,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。

本书由丛培兰编著,由韩鸿鸾主审。本书的数学建模与动画由韩钰负责制作完成。李元博、陈青、曲善珍、董文敏、王开良、刘国涛、刘祥坤、李旭才、刘曙光、马淑香、卢超、阮洪涛、刘海燕、韩中华、张琪、林荣俊、李鲁平、马红荣等为本书的编写提供了帮助。

本书在编写过程中还得到了山东省、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 数控铣削加工的基础知识

001

1.1 数控机床的分类与发展	002
1.1.1 数控机床的分类	002
1.1.2 数控机床的发展	010
1.2 数控铣床/加工中心的组成与布局	019
1.2.1 数控铣床/加工中心的组成	019
1.2.2 数控铣床与加工中心的布局	022
1.2.3 数控铣床/加工中心坐标系	025
1.3 数控铣床/加工中心的维护保养	027
1.3.1 保养的内容和要求	027
1.3.2 加工中心保养的操作	030
1.4 SIEMENS 系统数控铣床/加工中心的操作	035
1.4.1 SIEMENS 系统介绍	035
1.4.2 机床操作 (SIEMENS 802D 数控系统)	039

第2章 平面加工

059

2.1 一般平面加工	60
2.1.1 数控铣床/加工中心用铣平面夹具	60
2.1.2 数控铣床/加工中心加工平面常用刀具	61
2.1.3 平面铣削工艺	62
2.1.4 编程规则	62
2.1.5 基本准备功能介绍	63
2.1.6 进给率F	69
2.1.7 辅助功能	70
2.1.8 循环	70
2.2 阶梯面加工	76

第 3 章 轮廓加工

079

3.1 外轮廓加工	80
3.1.1 铣削内外轮廓的进给路线	80
3.1.2 圆弧插补	80
3.1.3 刀具半径补偿	82
3.1.4 循环	89
3.2 内轮廓铣削	102
3.2.1 内轮廓的加工工艺	102
3.2.2 螺旋类加工	103
3.2.3 子程序	105
3.3 复合轮廓的加工	110
3.3.1 极坐标与柱面坐标	110
3.3.2 坐标变换	113
3.4 非圆曲线组成的轮廓加工	126
3.4.1 加工原理	126
3.4.2 参数编程的基本应用	127
3.4.3 状态检验语句	136
3.4.4 循环语句指令结构分析	138
3.4.5 程序跳转及程序段重复功能	142
3.4.6 程序中刀具半径值的设定方法	146
3.4.7 对数函数与指数函数的使用方法	148
3.4.8 取模函数 (MOD) 的应用	150
3.4.9 用 OFFN 指令设定加工余量	151

第 4 章 孔系与螺纹加工

155

4.1 孔系加工	156
4.1.1 孔加工的进给路线	156

4.1.2	孔加工用刀具及其选择	157
4.1.3	孔加工固定循环	160
4.1.4	孔加工固定循环指令介绍	162
4.2	螺纹加工	179
4.2.1	攻螺纹	179
4.2.2	铣螺纹	179
4.2.3	攻螺纹指令介绍	179
4.2.4	螺纹循环加工	182

第 5 章 槽类零件与型腔的加工

193

5.1	槽类零件的加工	194
5.1.1	通槽加工	194
5.1.2	封闭槽加工	197
5.2	型腔加工	213
5.2.1	矩形型腔加工	213
5.2.2	圆形型腔加工	220

附录

229

附录一	SIEMENS 802D 指令集	229
附录二	SIEMENS 802S/C 指令集	241

参考文献

247

码上学习

SIEMENS

数控铣床和加工中心工艺与编程



chapter 1

第1章

数控铣削加工的基础知识

1.1 数控机床的分类与发展

1.1.1 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) 按工艺用途分类 [二维码 1-1]



1-1 数控机床按工艺用途分类

1) 金属切削类数控机床

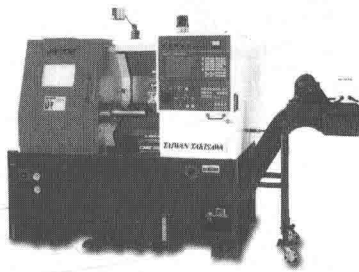
① 一般数控机床 最普通的数控机床有钻床、车床、铣床、镗床、磨床和齿轮加工机床，如图 1-1 所示。

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的。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

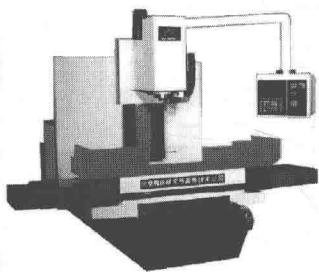
加工的方式。加工中心机床有较多的种类，一般按以下几种方式分类。



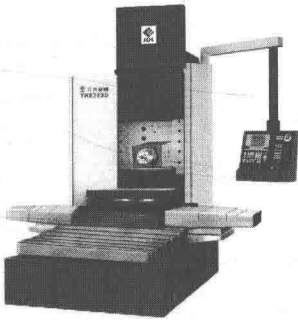
(a) 立式数控车床



(b) 卧式数控车床



(c) 立式数控铣床



(d) 卧式数控铣床

■ 图 1-1 常见数控机床

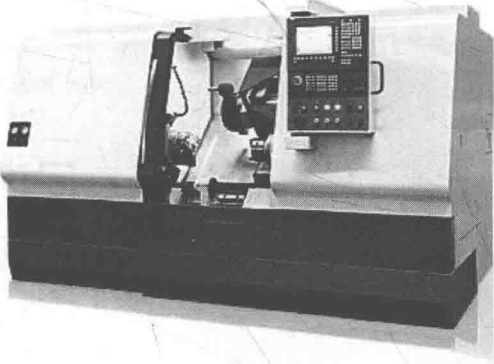
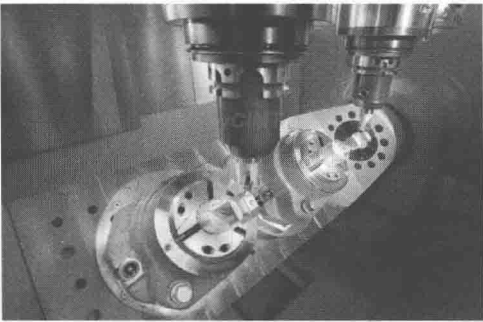
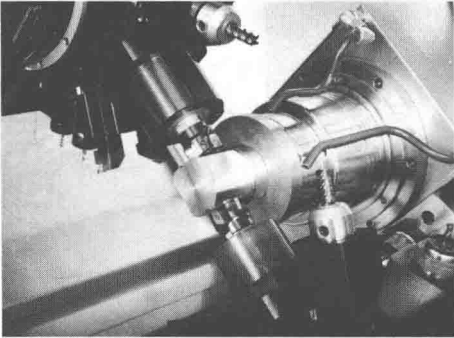
a. 按加工范围分类。车削加工中心、钻削加工中心、镗铣加工中心、磨削加工中心、电火花加工中心等。一般镗铣类加工中心简称加工中心。其余种类加工中心要有前面的定语。现在发展的具有复合加工功能的机床，也常称为加工中心，常见的如表 1-1 所示。

b. 按机床结构分类。立式加工中心、卧式加工中心（如图 1-2 所示）、五面加工中心和并联加工中心（虚拟加工中心）。

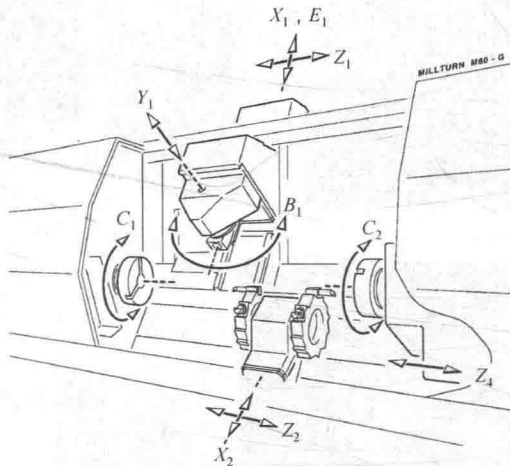
c. 按数控系统联动轴数分类。有 2 坐标加工中心、3 坐标加工中心和多坐标加工中心。

d. 按精度分类。可分为普通加工中心和精密加工中心。

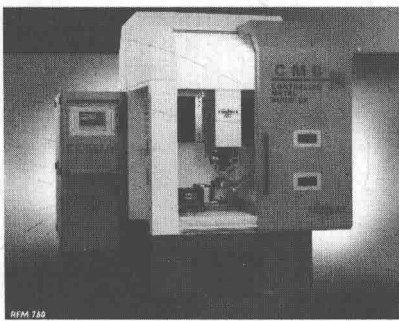
■ 表 1-1 常见的加工中心

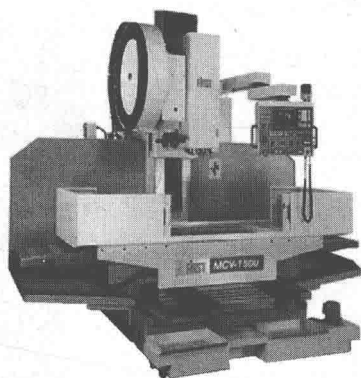
名称	图样	说明
车削加工中心		二维码 1-2  1-2 车削加工中心
钻削加工中心		二维码 1-3  1-3 钻削加工中心
磨削加工中心		五轴螺纹磨削加工中心
车铣复合加工中心		德马吉公司 二维码 1-4  1-4 车削加工中心

续表

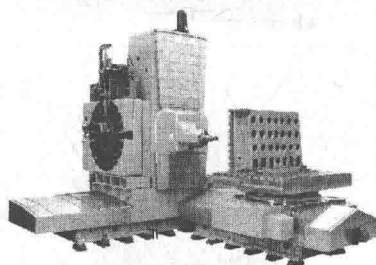
名称	图样	说明
车铣复合加工中心		WFL 车铣复合加工中心 二维码 1-5  1-5 车铣复合中心
		WFL 车铣复合加工中心的坐标
车铣磨插复合加工中心		瑞士宝美 S-191 车铣磨插复合加工中心 二维码 1-6  1-6 车铣磨插复合中心

续表

名称	图样	说明
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		Roeders RFM760 激光堆焊与高速 铣削机床 二维码 1-7  1-7 激光堆焊与高速 铣削



(a) 立式加工中心



(b) 卧式加工中心

■ 图 1-2 常见加工中心

如数控车床、加工中心、数控钻床、数控磨床、数控镗床。

2) 金属成形类数控机床 (表 1-2)

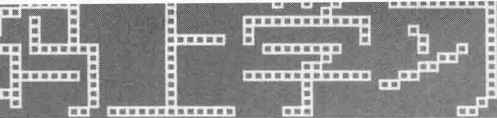
如数控折弯机、数控弯管机、数控回转头压力机等。

3) 数控特种加工机床 (表 1-2)

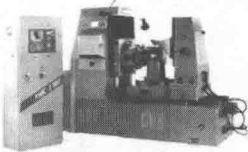
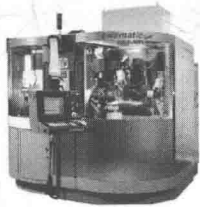
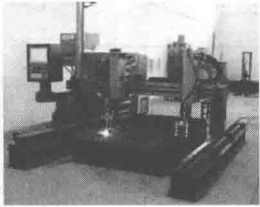
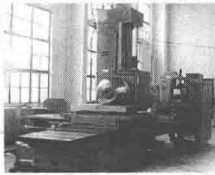
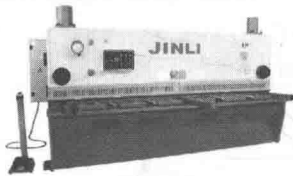
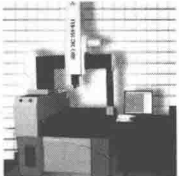
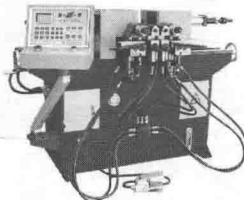
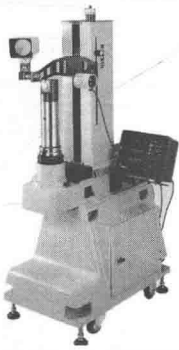
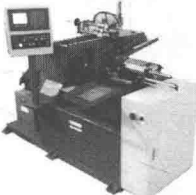
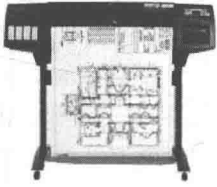
如数控线 (电极) 切割机床、数控电火花加工机床、数控激光切割机等。

4) 其他类型的数控机床 (表 1-2)

如数控火焰切割机、三坐标测量机等。



■ 表 1-2 各种机床的实物图

名称	实物	名称	实物
数控插齿机		数控电火花线切割机床	
数控滚齿机		数控电火花成形机	
数控刀具磨床		数控火焰切割机	
数控镗床		数控激光加工机	
数控折弯机		三坐标测量仪	
数控全自动弯管机		数控对刀仪	
数控旋压机		数控绘图仪	

(2) 按可控制联动的坐标轴分类

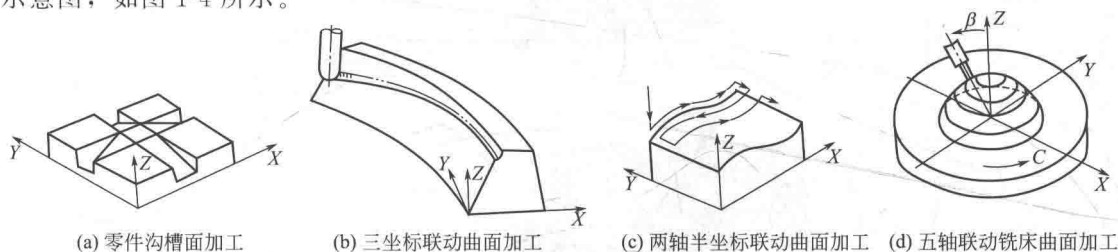
所谓数控机床可控制联动的坐标轴，是指数控装置控制几个伺服电动机，同时驱动机床移动部件运动的坐标轴。

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轴，实现两个坐标轴联动，但在加工中能实现坐标平面的变换，用于加工图 1-3 (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 1-3 (b) 所示。

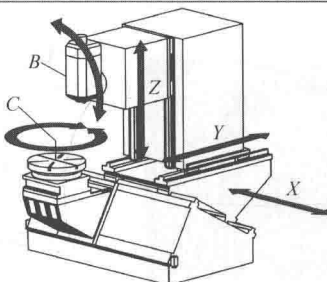
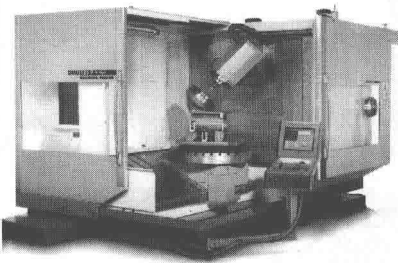
③ 两轴半坐标联动 数控机床本身有三个坐标轴能作三个方向的运动，但控制装置只能同时控制两个坐标轴，而第三个坐标轴只能作等距周期移动，可加工空间曲面，如图 1-3 (c) 所示的零件。数控装置在 ZX 坐标平面内控制 X 、 Z 两坐标联动，加工垂直面内的轮廓表面，控制 Y 坐标作定期等距移动，即可加工出零件的空间曲面。

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，多坐标数控机床的结构复杂、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的零件，如图 1-3 (d) 所示，现在常见的五轴加工中心如表 1-3 所示。六轴加工中心示意图，如图 1-4 所示。

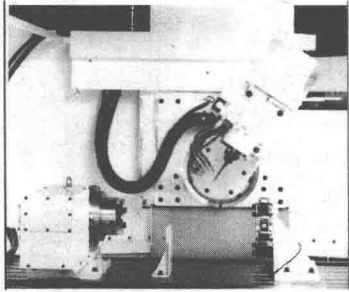
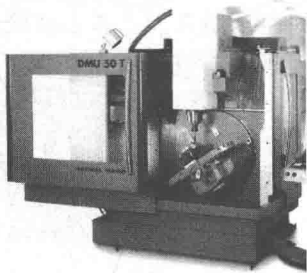
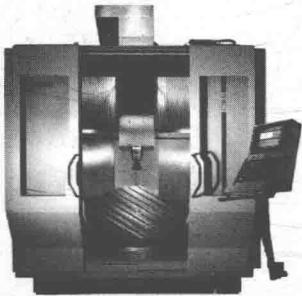
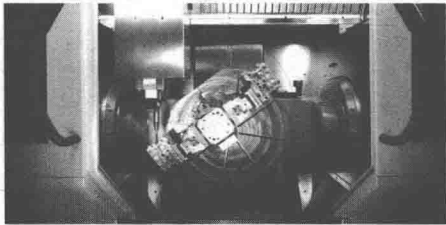
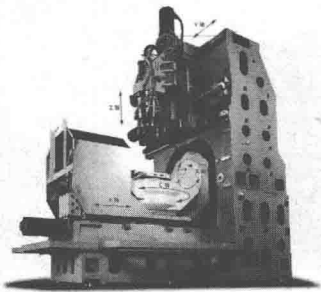


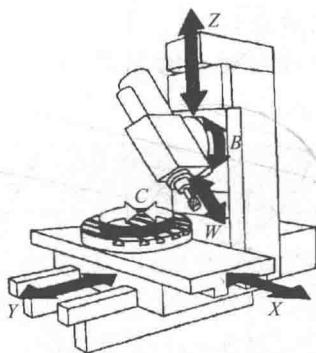
■ 图 1-3 空间平面和曲面的数控加工

■ 表 1-3 五轴联动加工中心

特点	图样	说明
摆头		瑞士威力铭 W-418 五轴联动加工中心
		DMG 公司的 DMU125P 加工中心 二维码 1-8  1-8 主轴摆角

续表

特点	图样	说明
铣头与分度头 联动回转		
工作台两轴回转 加工中心		
		德国哈默的 C30U 加工中心不仅能作镜面切削,还可加工伞齿轮、螺旋伞齿轮等
摇篮		德国哈默的摇篮式可倾工作台
		牧野摇篮式加工中心



■ 图 1-4 六轴加工中心

(3) 按控制方式分类

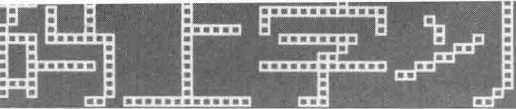
数控机床按照对被控量有无检测反馈装置可分为开环控制和闭环控制两种。在闭环系统中, 根据测量装置安放的部位又分为全闭环控制和半闭环控制两种。具体见表 1-4。



1-9 数控机床按伺服驱动系统的控制方式分类

■ 表 1-4 数控机床按照控制方式分类 [二维码 1-9]

控制方式	图示与说明	特点	应用
开环控制	数控装置将工件加工程序处理后, 输出数字指令信号给伺服驱动系统, 驱动机床运动。由于没有检测反馈装置, 不检测运动的实际位置, 没有位置反馈信号。因此, 指令信息在控制系统中单方向传送, 不反馈	采用步进电动机作为驱动元件 开环系统的速度和精度都较低, 但是, 控制结构简单, 调试方便, 容易维修, 成本较低	广泛应用于经济型数控机床上
全闭环	安装在工作台上的检测元件将工作台实际位移量反馈到计算机中, 与所要求的位置指令进行比较, 用比较的差值进行控制, 直到差值消除为止	采用直流伺服电动机或交流伺服电动机作为驱动元件 加工精度高, 移动速度快, 但是电动机的控制电路比较复杂, 检测元件价格昂贵, 因而调试和维修比较复杂, 成本高	广泛应用于加工精度高的精密型数控机床中
半闭环	系统反馈环内不包含工作台。系统不直接检测工作台的位移量, 而是采用转角位移检测元件, 测出伺服电动机或丝杠的转角, 推算工作台的实际位移量, 反馈到计算机中进行位置比较, 用比较的差值进行控制	控制精度比闭环控制差, 但稳定性好, 成本较低, 调试维修也较容易, 兼具开环控制和闭环控制两者的特点	应用比较普遍



1-10 数控机床按控制运动的轨迹分类

(4) 按加工路线分类 [二维码 1-10]

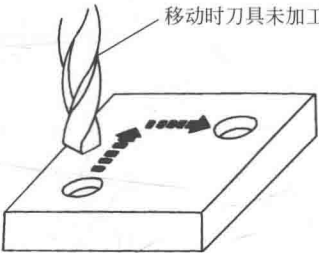
数控机床按其进刀与工件相对运动的方式,可以分为点位控制、直线控制和轮廓控制,见表 1-5。

1.1.2 数控机床的发展

(1) 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、陶瓷和碳素纤维等。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 1-5 (a) 所示为用聚合物混凝土制造的机床底座,图 1-5 (b) 所示为在铸铁件中填充混凝土或聚合物混凝土,它们都能提高振动阻尼性能,其减振性能是铸铁件的 8~10 倍。

■ 表 1-5 数控机床按照加工路线分类

加工路线控制	图示与说明	应用
点位控制	 刀具与工件相对运动时,只控制从一点运动到另一点的准确性,而不考虑两点之间的运动路径和方向	多应用于数控钻床、数控冲床、数控坐标镗床和数控点焊机等
直线控制	 刀具与工件相对运动时,除控制从起点到终点的准确定位外,还要保证平行坐标轴的直线切削运动	由于只作平行坐标轴的直线进给运动(可以加工与坐标轴成 45° 角的直线),因此不能加工复杂的零件轮廓,多用于简易数控车床、数控铣床、数控磨床等
轮廓控制	 刀具与工件相对运动时,能对两个或两个以上坐标轴的运动同时进行控制	可以加工平面曲线轮廓或空间曲面轮廓,多用于数控车床、数控铣床、数控磨床、加工中心等