

# 现代数控机床

## 设计典例

XIANDAI SHUKONG JICHUANG SHEJI DIANLI

龚仲华◎编著



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

# 现代数控机床设计典例

龚仲华 编著



机械工业出版社

本书紧密结合数控机床技术发展前沿,全面阐述了当代数控机床的结构与特点,详细介绍了典型机床的主要部件结构,以及数控机床设计、机床数控化改造的基本知识和一般方法。

全书精选了大量来自国内外著名机床生产厂家的结构典例,对国产普及型和全功能数控车床、车削中心,立式、卧式数控镗铣床和加工中心等机床的总体布局、主传动系统、进给传动系统、数控转台、刀具自动交换装置、工作台自动交换装置等进行了完整、深入的介绍;对数控机床的设计理论、工程计算方法、机床数控化改造进行了较全面的阐述。

本书内容先进、选材典型、案例丰富,理论联系实际,面向工程应用,是数控机床设计、调试、维修人员和高等学校师生的优秀参考书。

## 图书在版编目(CIP)数据

现代数控机床设计典例/龚仲华编著. —北京:机械工业出版社, 2014.2

ISBN 978-7-111-45673-5

I. ①现… II. ①龚… III. ①数控机床—设计 IV. ①TG659

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第022872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:徐明煜 责任编辑:徐明煜 吕潇 版式设计:霍永明

责任校对:张晓蓉 封面设计:陈沛 责任印制:乔宇

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2014年4月第1版第1次印刷

184mm×260mm·17.5印张·429千字

0 001—3 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-45673-5

定价:49.90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 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

数控机床是一种综合应用了计算机控制、精密测量、精密机械、气动、液压、润滑等技术的典型机电一体化产品，是现代制造技术的基础。当前，数控机床已成为企业的主要加工设备，在机械加工各领域得到了极为广泛的应用。近年来，数控机床的变化日新月异，各种结构新颖、性能先进的车削中心、加工中心，以及五轴加工、多主轴加工、复合加工等高速、高精度机床不断出现，它们正在逐步替代传统结构的数控机床，而成为主要产品。

本书紧密结合数控机床的技术发展前沿，精选了大量来自国内外著名公司的结构典例，较全面地介绍了数控车床、车削中心，立式、卧式数控镗铣床和加工中心等数控机床的总体布局、主要部件结构，以及数控机床设计、机床数控化改造的基本知识和一般方法，它可为机床设计、使用、维修提供参考。

第1章介绍了金属切削机床的型号及命名标准，数控机床、数控原理和数控系统的一般概念。

第2章叙述了数控机床的结构特点，主传动系统、进给传动系统、导轨等主要部件设计的基本要求和一般方法。

第3~6章通过大量来自国内外著名数控机床生产厂家的设计典例，对车削加工和镗铣加工数控机床的总体布局、主要用途、技术参数及主传动系统、进给传动系统、数控转台、刀具自动交换装置、工作台自动交换装置等主要部件结构进行了全面、深入的介绍，内容涵盖国产普及型数控车床、全功能数控车床、车削中心，立式、卧式数控镗铣床和加工中心等。

第7章介绍了数控机床主传动系统、进给传动系统的工程设计和计算方法，主电动机、进给驱动电动机及滚珠丝杠、滚动导轨等主要部件的计算、选择方法。

第8章简要介绍了数控机床气动、液压、润滑、冷却、排屑等辅助系统的组成、主要部件工作原理和设计典例。

第9章介绍了机床数控化改造的基本知识，并提供了普通车床、升降台铣床机床以及数控专机改造的典型案列。

由于全书所涉及的技术资料众多，编写工作量较大，书中的缺点错误在所难免，真诚期望得到广大读者与同行专家的帮助指正。

**编著者**

**2013年10月**

# 目 录

## 前言

<b>第 1 章 数控机床概述</b> .....	1
1.1 机床分类与型号 .....	1
1.1.1 机床及分类 .....	1
1.1.2 机床型号 .....	2
1.1.3 机床组系与主参数 .....	4
1.2 数控机床 .....	9
1.2.1 机床与控制 .....	9
1.2.2 数控技术与机床 .....	11
1.2.3 数控机床分类 .....	13
1.2.4 复合加工和虚拟轴机床 .....	18
1.3 数控原理与系统 .....	20
1.3.1 数控加工原理 .....	20
1.3.2 数控系统组成 .....	22
1.3.3 伺服系统结构 .....	26
1.3.4 坐标轴与方向 .....	30
<b>第 2 章 数控机床设计基础</b> .....	33
2.1 数控机床结构与特点 .....	33
2.1.1 数控机床的基本要求 .....	33
2.1.2 提高机床性能的措施 .....	34
2.1.3 数控机床的结构特点 .....	35
2.2 主传动系统设计 .....	37
2.2.1 主轴变速方案 .....	37
2.2.2 主轴设计 .....	39
2.2.3 轴承配置 .....	40
2.2.4 轴承预紧、润滑和密封 .....	44
2.2.5 主轴结构示例 .....	46
2.2.6 电主轴系统 .....	48
2.3 进给传动系统设计 .....	50
2.3.1 进给传动形式 .....	50
2.3.2 滚珠丝杠结构 .....	52
2.3.3 丝杠预紧、防护与润滑 .....	54
2.3.4 丝杠支承和连接 .....	56
2.3.5 高速进给系统 .....	60
2.3.6 静压蜗杆和齿轮齿条传动 .....	62
2.4 数控机床导轨设计 .....	64

2.4.1 导轨形式 .....	64
2.4.2 滑动导轨 .....	66
2.4.3 滚动导轨 .....	68
2.4.4 滚动导轨安装与调整 .....	70
2.4.5 滚动导轨块 .....	72
<b>第 3 章 车削数控机床结构典例</b> .....	74
3.1 机床布局与特点 .....	74
3.1.1 卧式数控车床 .....	74
3.1.2 立式数控车床 .....	77
3.1.3 倒置式数控车床 .....	80
3.1.4 多主轴数控车床 .....	81
3.2 典型用途与参数 .....	85
3.2.1 工艺特征和用途 .....	85
3.2.2 主要技术参数 .....	87
3.3 普及型数控车床典例 .....	90
3.3.1 基本结构与特点 .....	90
3.3.2 主传动系统 .....	93
3.3.3 主传动部件 .....	95
3.3.4 进给传动系统 .....	98
3.3.5 电动刀架 .....	100
3.4 全功能数控车床典例 .....	101
3.4.1 结构与特点 .....	101
3.4.2 主传动系统 .....	104
3.4.3 自动卡盘 .....	105
3.4.4 进给传动系统 .....	106
3.4.5 液压刀架 .....	108
3.5 车削中心典例 .....	111
3.5.1 结构与特点 .....	111
3.5.2 主传动系统典例 .....	115
3.5.3 自动换刀系统 .....	117
3.5.4 动力刀具主传动系统 .....	120
3.5.5 Y轴进给系统 .....	122
<b>第 4 章 立式数控镗铣床结构典例</b> .....	124
4.1 机床布局与特点 .....	124
4.1.1 数控升降台铣床 .....	124
4.1.2 立式数控镗铣床 .....	126

4.1.3 龙门数控镗铣床 .....	128	6.2.2 高速、高精度加工机床 .....	189
4.2 典型用途与参数 .....	130	6.2.3 刀具的自动交换 .....	191
4.2.1 立式数控镗铣床 .....	130	6.2.4 工作台自动交换 .....	193
4.2.2 龙门数控镗铣床 .....	133	6.2.5 五轴和多主轴加工 .....	195
4.3 数控升降台铣床结构典例 .....	135	6.2.6 用途和技术参数 .....	196
4.3.1 套筒主轴 .....	135	6.3 卧式加工中心结构典例 .....	200
4.3.2 升降台进给 .....	136	6.3.1 主传动系统 .....	200
4.3.3 工作台进给 .....	137	6.3.2 进给传动系统 .....	203
4.4 数控镗铣床结构典例 .....	138	6.3.3 数控转台 .....	204
4.4.1 主要部件结构 .....	138	6.3.4 托盘交换转台 .....	207
4.4.2 主传动系统 .....	140	6.3.5 自动换刀装置 .....	209
4.4.3 进给系统 .....	142	<b>第7章 数控机床的工程计算</b> .....	212
<b>第5章 立式加工中心结构典例</b> .....	144	7.1 主电动机选择 .....	212
5.1 基本结构与特点 .....	144	7.1.1 技术指标 .....	212
5.1.1 工作台移动式 .....	144	7.1.2 转速和功率选择 .....	214
5.1.2 立柱移动式 .....	146	7.1.3 功率选择实例 .....	216
5.1.3 龙门式 .....	149	7.1.4 加减速计算 .....	218
5.2 现代机床的新结构 .....	151	7.2 进给驱动电动机选择 .....	220
5.2.1 高速高精度加工机床 .....	152	7.2.1 基本参数的确定 .....	220
5.2.2 五轴加工机床 .....	154	7.2.2 负载转矩的计算 .....	222
5.2.3 复合加工机床 .....	156	7.2.3 转矩匹配 .....	224
5.2.4 多主轴加工机床 .....	159	7.2.4 加减速能力计算 .....	226
5.3 典型用途与参数 .....	161	7.3 滚珠丝杠和滚动导轨选择 .....	229
5.3.1 立式加工中心 .....	161	7.3.1 滚珠丝杠的选择 .....	229
5.3.2 五轴和复合加工机床 .....	164	7.3.2 滚动导轨的选择 .....	233
5.3.3 龙门加工中心 .....	165	<b>第8章 数控机床辅助系统典例</b> .....	236
5.4 立式加工中心结构典例 .....	168	8.1 气动系统 .....	236
5.4.1 主传动系统 .....	168	8.1.1 组成与特点 .....	236
5.4.2 进给传动系统 .....	170	8.1.2 常用气动元件 .....	237
5.4.3 数控转台 .....	171	8.1.3 基本气动回路 .....	240
5.5 自动换刀装置结构典例 .....	173	8.1.4 气动系统典例 .....	242
5.5.1 刀库移动式换刀 .....	173	8.2 液压系统 .....	243
5.5.2 凸轮机械手换刀装置 .....	175	8.2.1 组成与特点 .....	243
<b>第6章 卧式数控机床结构典例</b> .....	180	8.2.2 液压泵及原理 .....	245
6.1 卧式数控镗铣床 .....	180	8.2.3 液压系统典例 .....	247
6.1.1 基本结构与特点 .....	180	8.3 润滑系统 .....	249
6.1.2 刨台式、动柱式和落地式机床 .....	182	8.3.1 系统组成 .....	249
6.1.3 工艺特征和用途 .....	184	8.3.2 润滑系统类型 .....	251
6.1.4 主要技术参数 .....	185	8.3.3 润滑系统典例 .....	252
6.2 卧式加工中心 .....	187	8.4 冷却和排屑系统 .....	253
6.2.1 基本结构与特点 .....	187	8.4.1 冷却系统 .....	253

---

8.4.2 排屑系统 .....	254	9.2 普通机床改造典例 .....	263
<b>第9章 机床数控化改造典例</b> .....	<b>258</b>	9.2.1 卧式车床改造 .....	263
9.1 数控化改造概述 .....	258	9.2.2 升降台铣床改造 .....	265
9.1.1 数控化改造的原则 .....	258	9.3 数控专机改造典例 .....	268
9.1.2 数控化改造的步骤 .....	260	9.3.1 内球面磨床改造 .....	268
9.1.3 数控化改造的内容 .....	261	9.3.2 滚道磨床改造 .....	270

# 第 1 章 数控机床概述

## 1.1 机床分类与型号

### 1.1.1 机床及分类

#### 1. 机床

在人们的日常生活和工农业生产的各个领域，都需要有各种各样的生产、生活设施和使用各种各样的机器、工具和器材，这些为生活、生产所配套的全部设施统称为装备。其中，具有专门用途的机器、工具和器材称为设备。

设备一般需要由一定形状和尺寸的机械零件、电气控制装置等部件组成。生产这些零件和控制装置，并将其组合（装配）成为设备的行业称为机械制造业。机械制造业担负着为国民经济的发展提供生产、制造设备的重要任务，没有现代化的生产、制造设备就不可能生产出高、精、尖的产品，因此，机械制造业是支撑整个国家制造业发展的基础产业。

机床是机械制造业所使用的主要加工设备，它是对金属或其他材料的坯料、工件进行加工，使之获得所要求的几何形状、尺寸精度和表面质量的机器。由于机床是制造机器零件、包括制造机床本身的零件的机器，因此，它是制造机器的机器，故又称为工作母机。

没有机床就几乎不能制造机器，没有机器就不能生产工业产品，没有工业产品就谈不上发展经济，因此，机床是国民经济基础的基础。没有好的机床就制造不出好的机器，没有好的机器就生产不出好的产品，生产不出好的产品就谈不上水平和实力，因此，一个国家所生产的机床水平，也是衡量其制造业水平和现代化程度、综合实力的重要标志。

#### 2. 机床分类

由于零件材料、加工方法的不同，机床可分为金属切削机床、金属成型机床、木材加工机床、塑料成型机床等多种类型。金属成型机床是利用压力对坯料进行锻造、挤压、冲裁、剪切、弯曲等加工，使坯料获得所要求形状的机床，它的生产效率极高，可用于大批量生产，但其零件的尺寸精度和表面质量一般较低。木材加工机床和塑料成型机床多用于日常生活用品的生产，它同样具有高效、大批量生产的特点，但其零件的尺寸精度和表面质量同样低于金属切削机床。

金属切削机床是利用刀具或其他手段（如电加工、激光加工）去除坯料上的多余金属，从而得到具有一定形状、尺寸精度和表面质量工件的加工设备，它在工业企业中使用最广、数量最多，是机械制造行业的主要设备。

金属切削机床的门类众多、分类方法各异，目前，人们平时使用较多的分类方法主要有如下几种。

##### (1) 按加工原理分类

这是一种最常用的分类方法，它将金属切削机床分为传统加工方法加工和非传统方法加



工 (Non-Traditional Machining) 两大类, 在我国, 前者又可以按 GB/T 15375—2008 《金属切削机床 型号编制方法》标准进行分类; 后者则可以按 JB/T 7445.1—2005 《特种加工机床 类种划分》标准进行分类。

在 GB/T 15375—2008 标准中, 根据不同的加工方法, 金属切削机床可分为车床、铣床、镗床等 11 种基本类别, 每一种类别还可按照工艺特点和布局、结构特性分为若干组, 如车床可分为仪表车床、仿形车床及卧式车床、立式车床等; 铣床可分为仪表铣床、仿形铣床以及卧式铣床、立式铣床、龙门铣床等, 有关内容详见下述。

但是, 随着机床制造技术水平的不断进步, 近年来所出现的新颖复合加工机床, 已突破了传统的工艺界线, 实现了车、铣、磨、锯等多种加工工艺的集成; 而虚拟轴机床的出现, 则在结构布局上突破了笛卡尔坐标系的限制, 使机床结构产生了革命性的变化。这样的机床已经很难用目前的标准进行分类和命名。

### (2) 按机床用途分类

这是按照机床适用范围区分的分类法, 没有统一的标准。按照机床用途, 人们习惯上将其分为通用机床、专用机床和数控机床三类。

总体而言, 通用机床是指可适用于一定工艺范围内、多种零件加工的机床, 目前, 人们平时所说的通用机床一般是指非数控的普通机床。专用机床是用于特定工序或特定零件加工的机床, 前者有曲轴车床、平端面中心孔钻床、弧齿锥齿轮磨齿机等, 后者又称为组合机床, 多用于汽车、摩托车等大批量产品的特定零件加工。数控机床是通过数控系统控制刀具运动轨迹的机床, 从用途上说, 绝大部分数控机床实际也属于通用机床的范畴, 但由于它具有不同于普通机床的一些特点和功能, 为了区分, 人们通常将其归为一类。

### (3) 按机床规模分类

这是一种按照机床重量和体积进行划分的分类法, 同样没有统一的标准。这种分类法将机床分为小型 (包括仪表类)、中型、大型、重型机床等。小型机床的重量一般在 1t 以下; 中型机床的重量通常在 30t 以内; 大型、重型机床则可以达到数十 t 甚至数百 t。

### (4) 按精度等级分类

这是一种按机床的位置精度或零件的加工精度进行划分的分类法, 也没有统一的标准。由于零件的加工精度与刀具、夹具、工艺、环境条件等诸多因素有关, 因此, 人们习惯上以位置精度作为衡量标准。例如, 对于数控机床, 就当前的机床制造技术水平, 如按照 ISO 230-2 (国际) 或 VDI3441 (德国) 标准测量, 机床全行程的定位误差大于 0.02mm, 通常属于普通型机床; 定位误差在 0.01~0.02mm 的机床, 则可称为精密型机床; 而定位误差达到 0.01mm 以下时, 则称高精度机床。

## 1.1.2 机床型号

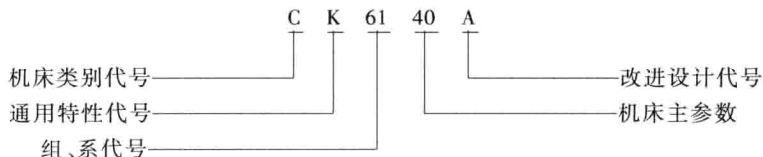
### 1. 机床型号

机床型号是产品的代号, 它可简要代表机床的类型、结构特性和主要参数。对于采用传统加工方法加工的金属切削机床, 我国的最新标准是 2009 年 2 月颁布并实施的 GB/T 15375—2008 《金属切削机床 型号编制方法》(以下简称 GB/T 15375)。

需要注意的是, 由于 GB/T 15375 是推荐性标准, 因为种种原因, 目前部分机床厂家生产的机床, 特别是外资企业、进口机床的命名并不遵循这一标准。此外, 在我国, 特种加工

机床的型号编制也有本身的标准 (JB/T 7445.1—2005), 但在部分书籍上, 认为特种加工机床属于 GB/T 15375 标准、类别代号为 D 的机床, 这种提法值得商榷。

GB/T 15375 规定的机床型号由汉语拼音字母和阿拉伯数字组成, 其基本含义、表示方法如下:



## 2. 型号定义

GB/T 15375 所规定的机床型号中各代号的含义如下。

### (1) 机床类别代号

机床类别代号主要表示机床的切削加工性质, 通常以汉语拼音的首字母表示; 当同类机床的品种较多时, 还可前缀数字 2、3 加以区别。例如, C、Z、T 分别代表以车、钻、镗加工为主的机床; M 代表磨床, 而 2M 则代表超精磨、研磨、珩磨机等, 3M 则代表轴承、叶片磨床等。

机床类别代号的表示方法见表 1.1-1。

表 1.1-1 机床类别代号表

类别	车	钻	镗	磨	齿轮加工	螺纹加工	铣	刨/插	拉	锯	其他
代号	C	Z	T	M/2M/3M	Y	S	X	B	L	G	Q
读音	车	钻	镗	磨	牙	丝	铣	刨	拉	割	其

### (2) 通用特性代号

通用特性代号主要表示机床性能, 通常也以汉语拼音的首字母表示, 如“G”代表高精度、“K”代表数控、“H”代表加工中心 (自动换刀机床) 等, 其表示方法见表 1.1-2。

表 1.1-2 通用特性代号表

特性	高精度	精密	自动	半自动	数控	仿形	重型	轻型	加工中心	高速	柔性单元	数显
代号	G	M	Z	B	K	F	C	Q	H	S	R	X
读音	高	密	自	半	控	仿	重	轻	换	速	柔	显

如果机床同时具有多项通用特性, 也可按重要度连续编写 2~3 位, 如“HM”代表精密加工中心等。在早期的数控机床上, 还有以“JK”或“KJ”表示经济型数控机床的情况 (按照 GB/T 15375—1994 标准, J 代表经济型)。

### (3) 组、系代号

组代号主要表示机床的布局 and 适用范围, 系代号用来细分同组机床的不同系列。组、系代号以两位数字表示, 十位代表机床组别、个位代表机床系列。常用机床的组、系代号表示方法如后面的表 1.1-3 所示, 标准未规定的组、系代号可由机床生产厂家规定为该类产品中标准未定义的其他产品。

### (4) 机床主参数

机床主参数用来表示机床的规格, 以两位数字表示, 不同类别、不同组系的机床, 其主

参数的表示方法有所不同, 详见后面的表 1.1-3。为了完整地反映机床的规格, 主参数可加后缀 (称第二主参数), 后缀和主参数间用“×”分隔, 如对于最大回转直径为 400mm 的车床, 其主参数为“40”; 但为了进一步区分最大车削长度为 750mm 和 1000mm 的机床, 其主参数可表示为 40×750 和 40×1000 等。常用机床的主参数表示方法详见后面的表 1.1-3。

### (5) 改进设计代号

改进设计代号是指机床结构、性能发生了部分变动的产品设计系列号。如机床结构、性能发生了重大变动, 机床需按照新产品要求进行重新设计、试制和鉴定。改进设计代号以英文字母 A~Z 表示 (称改进设计序号); 如机床结构、性能变动只是发生部分变化, 这样的改进只是属于同一产品的变型, 通常以后缀“/1”、“/2”等进行区分 (称变型代号)。

## 1.1.3 机床组系与主参数

GB/T 15375 标准规定的金属切削机床常用组系和主参数定义见表 1.1-3。

表 1.1-3 常用机床的组系与主参数表

类别	组系	机床名称	主参数 <sup>①</sup>	第二主参数 <sup>①</sup>
车床类 (C)	00~09	仪表车床	多数为(最大工件回转直径)/10	
	10~19	单轴自动车床	多数为最大棒料直径	
	20~29	多轴自动车床	最大棒料、卡盘和车削直径	
	30~39	转塔车床	多数为(最大车削直径)/10	
	40~49	曲轴、凸轮轴车床	(最大工件回转直径)/10	最大工件长度
	51	单柱立式车床	(最大车削直径)/100	最大工件高度
	52	双柱立式车床	(最大车削直径)/100	最大工件高度
	53	动柱式单柱立式车床	(最大车削直径)/100	最大工件高度
	54	动柱式双柱立式车床	(最大车削直径)/100	最大工件高度
	55	工作台移动式单柱立式车床	(最大车削直径)/100	最大工件高度
	57	定梁式单柱立式车床	(最大车削直径)/100	最大工件高度
	58	定梁式双柱立式车床	(最大车削直径)/100	最大工件高度
	60	落地车床	(最大工件回转直径)/100	最大工件长度
	61	卧式车床	(最大工件回转直径)/10	最大工件长度
	62	卧式马鞍型车床	(最大工件回转直径)/10	最大工件长度
	63~66	轴、卡盘、球面车床	(最大工件回转直径)/10	最大工件长度
	70~79	仿型、多刀车床	(最大工件回转直径)/10	最大工件长度
	80~89	车轮、车轴、轧辊车床等	多数为(最大车削直径)/10	最大工件长度
	90~99	其他车床	(最大工件回转直径)/10	最大工件长度
钻床类 (Z)	00~09	未定义		
	10~19	坐标钻镗床	(工作台面宽度)/10	工作台面长度
	20~29	深孔钻床	最大钻孔直径	
	30~37	摇臂钻床	最大钻孔直径	最大跨距

(续)

类别	组系	机床名称	主参数 <sup>①</sup>	第二主参数 <sup>①</sup>
钻床类 (Z)	38	龙门式钻床	最大钻孔直径	(龙门宽度)/10
	40~49	台式钻床	最大钻孔直径	
	50	圆柱立式钻床	最大钻孔直径	
	51	方柱立式钻床	最大钻孔直径	
	52~54	其他立式钻床	最大钻孔直径	
	55	龙门式立式钻床	最大钻孔直径	(龙门宽度)/10
	56	立式排钻	最大钻孔直径	
	57	十字工作台立式钻床	最大钻孔直径	
	58	动柱式钻削中心	最大钻孔直径	
	59	十字工作台升降立式钻床	最大钻孔直径	
	60~69	卧式钻床	最大钻孔直径	
	70~79	钻铣床	最大钻孔直径	
	80~89	中心孔钻床	(最大工件直径)/10	最大工件长度
	90~99	其他钻床		
镗床类 (T)	00~09	未定义		
	10~19	未定义		
	20~29	深孔镗床	(最大镗孔直径)/10	
	30~39	未定义		
	41	立式单柱坐标镗床	(工作台面宽度)/10	工作台面长度
	42	立式双柱坐标镗床	(工作台面宽度)/10	工作台面长度
	43	卧式单柱坐标镗床	(工作台面宽度)/10	工作台面长度
	44	卧式双柱坐标镗床	(工作台面宽度)/10	工作台面长度
	46	卧式坐标镗床	(工作台面宽度)/10	工作台面长度
	51	立式镗床	(最大镗孔直径)/10	
	56	立式镗铣床	(镗轴直径)/10 <sup>②</sup>	
	57	转塔式镗铣床	(最大镗孔直径)/10	
	61	卧式镗床	(镗轴直径)/10	
	62	落地镗铣床	(镗轴直径)/10	铣轴直径
	63	卧式镗铣床	(镗轴直径)/10 <sup>③</sup>	
	65	刨台式镗铣床	(镗轴直径)/10	
	66	立卧复合镗铣床	(镗轴直径)/10 <sup>④</sup>	
	70~79	精镗床	(台面宽度或镗孔直径)/10	
	80~89	汽车拖拉机修理用镗床	(最大镗孔直径)/10	
	90~99	其他镗床	(最大镗孔直径)/10	

(续)

类别	组系	机床名称	主参数 <sup>①</sup>	第二主参数 <sup>①</sup>
磨床类 (M)	00~09	仪表磨床	—	—
	10~19	外圆磨床	多为(最大磨削直径)/10	
	20~29	内圆磨床	(最大磨削直径)/10	最大磨削深度
	30~39	砂轮机	(最大砂轮直径)/10	
	40~49	坐标磨床	(工作台面宽度)/10	工作台面长度
	50~59	导轨磨床	(最大磨削宽度)/100	工作磨削长度
	60~69	刀具刃磨床		
	70~79	平面、端面磨床		
	80~89	曲轴、轧辊类磨床	(最大回转或磨削直径)/10	
	90~99	工具磨床		
磨床类 (2M)	00~09	未定义		
	10~19	超精机		
	20~29	内圆珩磨机	(最大磨削直径)/10	最大磨削深度
	30~39	外圆、平面、球面珩磨机		
	40~49	抛光机		
	50~59	砂带抛光机、砂带磨		
	60~69	刀具刃磨床		
	70~79	刀片磨床		
	80~89	研磨机		
	90~99	其他磨床		
磨床类 (3M)	00~09	未定义		
	10~19	轴承套圈沟磨床		
	20~29	轴承套圈、滚道磨床		
	30~39	轴承套圈超精磨床		
	40~49	老标准占用,暂不得使用		
	50~59	叶片磨床		
	60~69	滚珠磨床		
	70~79	钢球磨床		
	80~89	气门、活塞磨床		
	90~99	汽车拖拉机修理用磨床		
齿轮 加工类 (Y)	00~09	仪表齿轮加工机床	(最大工件直径)/10	
	10~19	未定义		
	20~29	锥齿轮加工机床	(最大工件直径)/10	最大模数
	30~39	滚齿、铣齿机	(最大工件直径)/10	最大模数
	40~49	剃齿、珩齿机	(最大工件直径)/10	最大模数
	50~59	插齿机	多为(最大工件直径)/10	最大模数

(续)

类别	组系	机床名称	主参数 <sup>①</sup>	第二主参数 <sup>①</sup>
齿轮加工类 (Y)	60~69	花键铣床	(最大铣削直径)/10	最大模数
	70~79	磨齿机	(最大工件直径)/10	最大模数
	80~89	其他齿轮加工机床	(最大工件直径)/10	最大模数
	90~99	齿轮倒角、检查机	多为(最大工件直径)/10	最大模数
螺纹加工类 (S)	00~09	未定义		
	10~19	未定义		
	20~29	未定义		
	30~39	套丝机	(最大套丝直径)/10	
	40~49	攻丝机	(最大攻螺纹直径)/10	
	50~59	未定义		
	60~69	螺纹铣床	多为(最大铣削直径)/10	
	70~79	螺纹磨床	多为(最大工件直径)/10	
	80~89	螺纹车床	多为(最大车削直径)/10	
90~99	未定义			
铣床类 (X)	00~09	台式铣床	(工作台面宽度)/10	工作台面长度
	10~19	悬臂、滑枕铣床	(工作台面宽度)/100	工作台面长度
	20	龙门铣床	(工作台面宽度)/100	工作台面长度
	21	龙门镗铣床	(工作台面宽度)/100	工作台面长度
	22	龙门磨铣床	(工作台面宽度)/100	工作台面长度
	23	定梁龙门铣床	(工作台面宽度)/100	工作台面长度
	24	定梁龙门镗铣床	(工作台面宽度)/100	工作台面长度
	25	动梁式龙门镗铣床	(工作台面宽度)/100	工作台面长度
	26	龙门移动式铣床	(工作台面宽度)/100	工作台面长度
	27	定梁龙门移动式铣床	(工作台面宽度)/100	工作台面长度
	28	龙门移动式镗铣床	(工作台面宽度)/100	工作台面长度
	30~39	平面、端面铣床	(工作台面宽度)/100	工作台面长度
	40~49	仿型铣床	多为(最大铣削宽度)/10	
	50	立式升降台铣床	(工作台面宽度)/10	工作台面长度
	51	立式升降台镗铣床	(工作台面宽度)/10	工作台面长度
	52	摇臂铣床	(工作台面宽度)/10	工作台面长度
	53	万向摇臂铣床	(工作台面宽度)/10	工作台面长度
	54	摇臂镗铣床	(工作台面宽度)/10	工作台面长度
	55	立式转塔升降台铣床	(工作台面宽度)/10	工作台面长度
	56	立式滑枕升降台铣床	(工作台面宽度)/10	工作台面长度
57	立式万能滑枕升降台铣床	(工作台面宽度)/10	工作台面长度	
58	立式圆弧铣床	(工作台面宽度)/10	工作台面长度	

(续)

类别	组系	机床名称	主参数 <sup>①</sup>	第二主参数 <sup>①</sup>
铣床类 (X)	60	卧式升降台铣床	(工作台面宽度)/10	工作台面长度
	61	卧式万能升降台铣床	(工作台面宽度)/10	工作台面长度
	62	卧式万能回转头铣床	(工作台面宽度)/10	工作台面长度
	63	卧式万向摇臂铣床	(工作台面宽度)/10	工作台面长度
	64	卧式回转头铣床	(工作台面宽度)/10	工作台面长度
	66	卧式滑枕升降台铣床	(工作台面宽度)/10	工作台面长度
	71	床身铣床	(工作台面宽度)/100	工作台面长度
	72	转塔床身铣床	(工作台面宽度)/100	工作台面长度
	73	动柱式床身铣床	(工作台面宽度)/100	工作台面长度
	74	动柱式转塔床身铣床	(工作台面宽度)/100	工作台面长度
	75	卧式床身铣床	(工作台面宽度)/100	工作台面长度
	76	动柱式卧式床身铣床	(工作台面宽度)/100	工作台面长度
	77	卧式滑枕床身铣床	(工作台面宽度)/100	工作台面长度
	80~89	工具铣		
	90~99	其他铣床		
	刨插床类 (B)	00~09	未定义	
10~19		悬臂刨床	(最大刨削宽度)/100	
20~29		龙门刨床	(最大刨削宽度)/100	
30~39		未定义		
40~49		未定义		
50~59		插床	(最大插削长度)/10	
60~69		牛头刨床	(最大刨削长度)/10	
70~79		未定义		
80~89		板料边缘、模具刨床	(最大刨削长度)/10	
90~99		其他刨床	(最大刨削长度)/100	
拉床类 (L)	00~09	未定义		
	10~19	未定义		
	20~29	侧拉床	(额定拉力 kN)/10	
	30~39	卧式外拉床	(额定拉力 kN)/10	
	40~49	连续拉床	(额定拉力 kN)/10	
	50~59	立式内拉床	(额定拉力 kN)/10	
	60~69	卧式内拉床	(额定拉力 kN)/10	
	70~79	立式外拉床	(额定拉力 kN)/10	
	80~89	键槽、轴瓦、螺纹拉床	(额定拉力 kN)/10	
	90~99	其他拉床		

(续)

类别	组系	机床名称	主参数 <sup>①</sup>	第二主参数 <sup>①</sup>
锯床类 (G)	00~09	未定义		
	10~19	未定义		
	20~29	砂轮片锯床	(最大锯削直径)/10	
	30~39	未定义		
	40~49	卧式带锯床	(最大锯削直径)/10	
	50~59	立式带锯床	(最大锯削厚度)/10	
	60~69	圆锯床	(最大锯片直径)/10	
	70~79	弓锯床	(最大锯削直径)/10	
	80~89	锉锯床	(工作台面宽度)/10	
	90~99	未定义		
其他类 (Q)	00~09	其他仪表机床		
	10~19	管子加工机床		
	20~29	木螺钉加工机床	(最大工件直径)/10	
	30~39	未定义		
	40~49	刻线机		
	50~59	切断机		
	60~69	多功能机床		
	70~79	未定义		
	80~89	未定义		
	90~99	未定义		

① 单位为 mm，当折算值大于 1 时，取整数，前面不加 0；折算值小于 1 时，取第 1 位小数，前面加 0。

② 立式加工中心实际常以 (工作台面宽度)/10 表示，如 TH5640 的工作台宽度为 400mm 等。

③ 卧式加工中心实际常以 (回转工作台规格)/10 表示，如 TH6363 的回转工作台规格为 630mm×630mm 等。

④ 立卧复合加工中心实际常以 (工作台面宽度)/10 表示，如 TH6663 的工作台宽度为 630mm 等。

## 1.2 数控机床

### 1.2.1 机床与控制

在金属切削机床上，为了使得机床能够完成零件的自动加工或满足不同的加工要求，需要对机床或刀具的运动进行自动控制。根据不同加工要求，机床自动控制的内容主要包括以下三方面内容。

#### 1. 动作顺序的控制

一般而言，机床对零件的加工需要有多个按规定次序进行的加工动作所组成，特别是复杂的零件加工，有时甚至需要几十个不同的加工动作才能完成。机床的加工动作有前后次序的要求，这一次序称为工序。

当机床需要完成不同工序加工时，其加工刀具、加工要求、加工位置等都可能有所不同，机床需要通过规定的动作，来实现多工序加工的要求。例如，在组合机床和自动生产线上，一般需要通过工件移动、改变加工刀具等一系列动作，来实现多工序加工；而在加工中心



上，则需要通过刀具的自动更换以及工件或刀具的自动移动等动作，来实现多工序加工等。

图 1.2-1 所示为最简单的攻丝机床加工螺纹的动作示意图。为了完成攻螺纹的动作，除了需要进行工件的装卸外，攻螺纹加工需要执行图 1.2-1b 所示的动作。

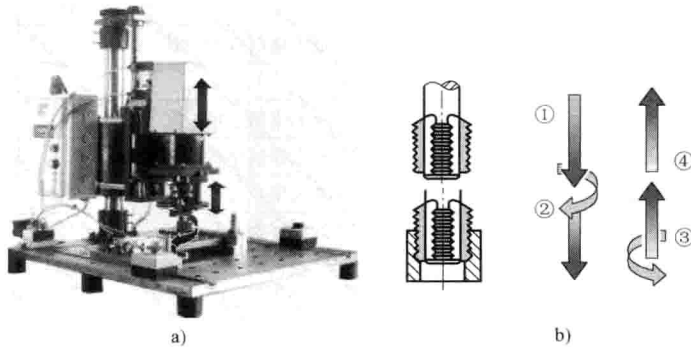


图 1.2-1 动作的顺序控制

a) 攻丝机 b) 动作顺序

- 1) 丝锥快速向下运动，接近零件加工表面。
- 2) 丝锥正转，并向下运动，实现螺纹加工。
- 3) 到达螺纹底部后，丝锥反转，并向上运动退出丝锥。
- 4) 丝锥快速向上运动，离开工件。

机床的动作顺序控制只需要根据机床的动作顺序表（如电磁元件动作表），按要求依次通断液压、气动、电动机等执行元件便可实现，它通常属于开关量控制的范畴。因此，即使利用传统的继电-接触器控制系统，也可以实现这样的控制要求，而 PLC（可编程序控制器）的出现，更是使之变得十分容易。

### 2. 切削速度的控制

金属切削机床是通过刀具和工件的相对运动，实现切削加工的机床，其加工效率和表面加工质量决定于刀具和工件的相对运动速度（称为切削速度）。因此，加工时需要根据刀具和零件的材料、表面加工质量的要求，来确定机床的切削速度，并将其控制在规定的范围内。即使对于同样的刀具和零件材料，为了保证表面加工质量的统一，加工时也需要根据刀具或工件的规格（直径），通过改变刀具或工件的转速，来保证其切削速度的不变。

例如，对于图 1.2-2 所示的平面铣削加工，对于不同直径的刀具，为了保证其切削速度不变，刀具的转速  $S$  必须随着直径的变化而改变。

机床切削速度的改变既可通过机械变速的方法实现，也可通过电气传动控制，通过改变电动机的转速实现。早期的直流电动机调速和现代的交流变频器调速，都是机床较常用的电气调速控制系统。

### 3. 运动轨迹控制

为了使得机床加工出来的零件形状（轮廓）符合规定要求，就必须控制刀具相对于工件的运动轨迹。例如，对于图 1.2-3 所示的叶轮加工，机床加工时必须同时控制刀具上下（Z 轴）、叶轮回转（C

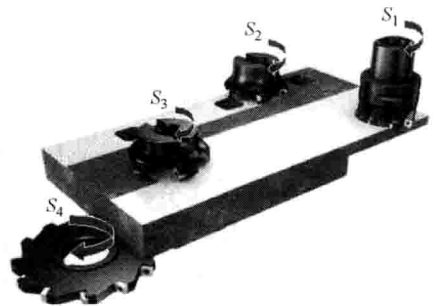


图 1.2-2 切削速度的控制