

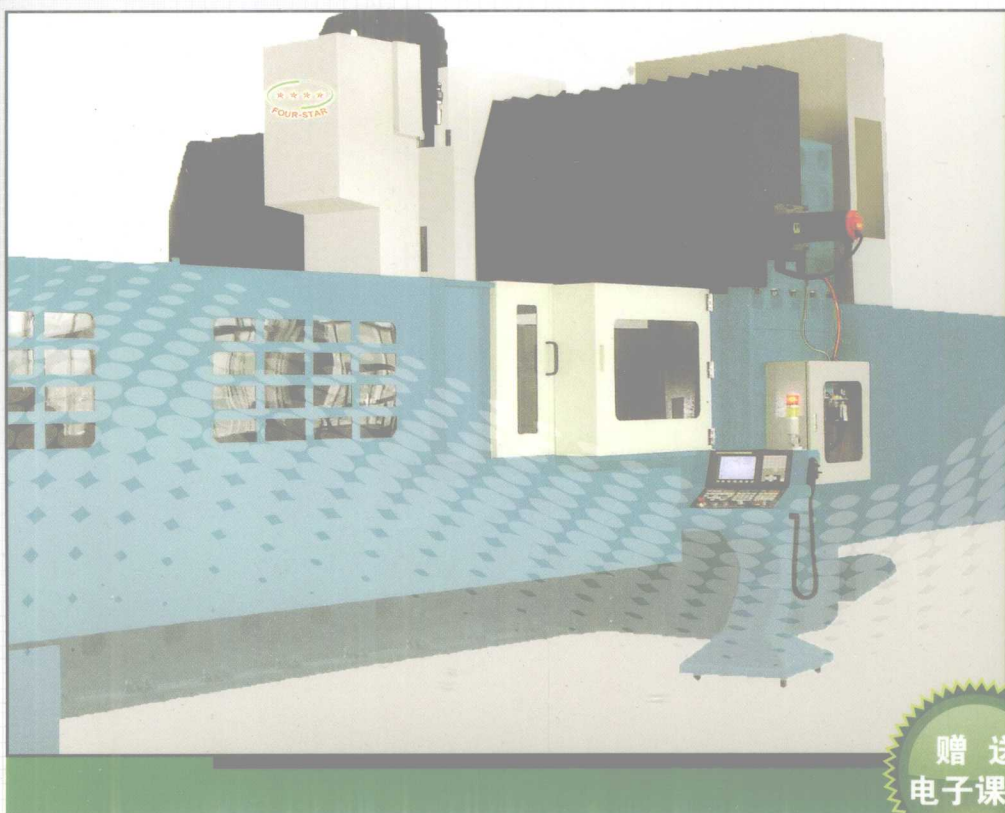


高职高专机电一体化专业规划教材

金属切削机床与数控机床

JINSHU QIEXUE JICHUANG YU SHUKONG JICHUANG

王凤平 许毅 主编
陈军 罗力渊 房玉胜 王林森 副主编



赠送
电子课件

本书特色

- ❁ 贯彻“少而精”的原则，突出重点。
- ❁ 注重基本知识、基本理论的阐述，注重理论联系实际。
- ❁ 体现了创新意识，适时反映机床领域的新成就。



清华大学出版社

高职高专机电一体化专业规划教材

金属切削机床与数控机床

王凤平 许 毅 主 编

陈 军 罗力渊 房玉胜 王林森 副主编

江苏工业学院图书馆
藏书章

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书结构严谨,内容丰富,注意阐述基本理论,加强实用性,便于读者理解和学习。全书共分 12 章和 1 个附录,主要介绍了金属切削机床的基本知识,机床的运动分析,CA6140 型卧式车床,X6132 万能卧式升降台铣床,磨床,齿轮加工机床,机床典型部件调整及精度检测,普通机床的安装、验收、维护和改装,数控机床,数控机床的典型结构,数控机床的安装调试及保养维修等内容。其中,第 2 至 12 章均安排了实训内容,通过该部分内容可以训练和检验学生的基本技能和水平。同时,每章均配有思考与练习题,以帮助读者及时而全面地掌握学习内容。

本书可作为高等职业技术学院和高等专科学校机电类专业及其他非机电类专业的金属切削机床与数控机床课程的教材,也可作为成人高等教育相关专业的教学用书,同时也可供从事相关专业的工程技术人员学习与参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

金属切削机床与数控机床/王凤平,许毅主编;陈军,罗力渊,房玉胜,王林森副主编. —北京:清华大学出版社,2009.8

(高职高专机电一体化专业规划教材)

ISBN 978-7-302-20492-3

I. 金… II. ①王… ②许… ③陈… ④罗… ⑤房… ⑥王… III. ①金属切削—机床—高等学校:技术学校—教材②数控机床—等学校:技术学校—教材 IV. TG502 TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 108130 号

责任编辑:孙兴芳

装帧设计:杨玉兰

责任校对:李凤茹

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:21.25 字 数:510 千字

版 次:2009 年 8 月第 1 版 印 次:2009 年 8 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:31.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:032393-01

前 言

本书以满足高等职业教育人才培养为基本宗旨，以金属切削机床的基本知识为起点，突破传统的、繁杂的教学内容体系，根据科学事业的迅速发展对人才素质的需要，思考该课程的整体改革，始终把握高等职业教育的特点，以“适度够用”为原则设计教学内容，力求贴近生产，使本书内容适应生产现状和发展的需要，力争使教材具有鲜明的思想性、先进性、启发性、应用性和科学性，突出职业教育特色，紧密联系生产实际，使其具有广泛的实用性。在课时、教学内容和要求等方面安排适当，并编写了紧密联系实际、形式多样的实训、思考和练习题，以便教师教学和学生学习。力求做到：

- (1) 贯彻“少而精”的原则，突出重点，以点带面。
- (2) 注重基本知识、基本理论的阐述，注重理论联系实际，重点放在对应用型人才的能力培养上。
- (3) 体现创新意识，适当反映机床领域的新成就。

本书共分 12 章，分别介绍了金属切削机床的基本知识，机床的运动分析，CA6140 型卧式车床，X6132 万能卧式升降台铣床，磨床，齿轮加工机床，机床典型部件调整及精度检测，普通机床的合理使用、维护和修理，数控机床，数控机床的典型结构，数控机床的安装调试及保养维修等内容。

本书由王凤平、许毅任主编，陈军、罗力渊、房玉胜、王林森任副主编。具体编写如下：山东莱芜职业技术学院张爱迎编写第 1 章、许毅编写第 2 章、王凤平编写第 3、4、5、6 章、李传红编写第 7 章、王拥军编写第 8 章、房玉胜编写第 9 章、陈军编写第 10 章；广东交通职业技术学院罗力渊编写第 11 章、山东政法学院王林森编写第 12 章；全书由王凤平统稿和定稿。

本书在编写过程中参考了许多文献资料，在此谨向这些文献资料的编著者和编写单位表示衷心的感谢。由于编者的水平有限，书中难免有不足之处，恳请各位专家同仁及广大读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 绪论	1	2.5.2 转速图	26
1.1 金属切削机床在国民经济中的地位	1	2.5.3 机床的运动计算	28
1.2 机床的起源和发展	2	2.6 机床精度	29
1.2.1 机床的起源	2	2.7 实训——机床加工观摩	31
1.2.2 我国机床工业的发展概况	6	思考与练习	33
1.2.3 机床技术的发展趋势	7	第 3 章 车床	35
思考与练习	8	3.1 概述	35
第 2 章 机床基础知识	9	3.1.1 车床的功用及特点	35
2.1 金属切削机床的分类和型号	9	3.1.2 车床的运动	37
2.1.1 金属切削机床的分类	9	3.1.3 车床的组成	37
2.1.2 金属切削机床型号的 编制方法	10	3.2 机床的传动系统	38
2.1.3 通用机床的型号编制举例	12	3.2.1 主运动传动链	40
2.2 零件表面的成形方法	13	3.2.2 车削螺纹运动传动链	41
2.2.1 零件表面的形状	13	3.2.3 纵向和横向进给运动传动链	49
2.2.2 零件表面的形成	14	3.2.4 刀架的快速移动传动链	51
2.2.3 生成线的形成方法及所需的 成形运动	15	3.3 机床的主要部件结构	51
2.2.4 零件表面成形所需的 成形运动	17	3.3.1 主轴箱	51
2.3 机床的运动	18	3.3.2 进给箱	58
2.3.1 表面成形运动	18	3.3.3 溜板箱	61
2.3.2 辅助运动	20	3.4 机床的电气控制原理	65
2.4 机床的传动	21	3.4.1 机床电气控制原理图	65
2.4.1 传动的基本组成部分	21	3.4.2 机床电气控制原理分析	66
2.4.2 机床的传动联系	21	3.5 实训——车削螺纹	67
2.4.3 传动原理图	22	思考与练习	68
2.4.4 机床的机械和非机械的 传动联系	23	第 4 章 铣床	70
2.5 机床的传动系统与运动计算	23	4.1 X6132 万能卧式升降台铣床	71
2.5.1 机床传动系统图	23	4.1.1 机床的工艺范围	71
		4.1.2 机床的传动系统	72
		4.1.3 机床的主要部件结构	74
		4.1.4 万能分度头	81
		4.2 其他铣床	90

4.2.1 立式升降台铣床	90	6.4.1 滚刀刀架结构	136
4.2.2 龙门铣床	90	6.4.2 滚刀的安装调整	137
4.3 实训——铣床及附件	91	6.4.3 工作台结构	138
思考与练习	93	6.5 机床液压及润滑系统	139
第 5 章 磨床	95	6.5.1 液压系统	140
5.1 M1432B 型万能外圆磨床	96	6.5.2 润滑系统	141
5.1.1 机床的用途、布局及运动	96	6.6 实训——滚切直齿圆柱齿轮时	
5.1.2 机床的机械传动系统	98	机床的调整	141
5.1.3 机床的液压传动系统	101	思考与练习	142
5.1.4 机床的主要结构	106	第 7 章 其他机床	144
5.2 其他类型磨床	113	7.1 钻床	144
5.2.1 普通外圆磨床	113	7.1.1 立式钻床	144
5.2.2 端面外圆磨床	114	7.1.2 摇臂钻床	145
5.2.3 无心外圆磨床	114	7.2 镗床	146
5.2.4 内圆磨床	116	7.2.1 卧式镗床	146
5.2.5 平面磨床	118	7.2.2 坐标镗床	148
5.3 实训——M1432B 型万能磨床的		7.3 刨床和拉床	149
操纵	119	7.3.1 刨床	149
思考与练习	121	7.3.2 拉床	152
第 6 章 齿轮加工机床	122	7.4 实训——B6065 型牛头刨床操作	154
6.1 概述	122	思考与练习	155
6.1.1 齿轮加工机床的工作原理	122	第 8 章 机床典型部件调整及	
6.1.2 齿轮加工机床的类型	123	精度检测	157
6.2 滚齿机	124	8.1 主轴部件	157
6.2.1 滚齿原理	124	8.1.1 对主轴部件的要求	157
6.2.2 滚切直齿圆柱齿轮时的		8.1.2 主轴部件的类型	159
运动和传动原理	125	8.1.3 主轴轴承的选择和主轴的	
6.2.3 滚切斜齿圆柱齿轮时的		滚动轴承	159
运动和传动原理	126	8.1.4 典型主轴部件举例	162
6.3 Y3150E 型滚齿机	127	8.2 支承件与导轨	163
6.3.1 Y3150E 型滚齿机的		8.2.1 支承件	163
主要组成部件	127	8.2.2 导轨	164
6.3.2 Y3150E 型滚齿机的		8.2.3 导轨导向精度的调整	166
主要技术性能	128	8.2.4 典型机床导轨介绍	168
6.3.3 Y3150E 型滚齿机的传动		8.3 机床调整与精度检测	170
系统及其调整计算	128	8.3.1 车床精度的检验与调整	170
6.4 机床的主要部件结构	136	8.3.2 铣床精度的检验与调整	177

8.4 实训——床身导轨的直线度	180	10.3.2 数控铣床传动系统	236
思考与练习	181	10.3.3 升降台自动平衡装置的 工作原理及调整	236
第9章 普通机床的安装、验收、 维护和改装	182	10.4 加工中心	237
9.1 机床的安装及验收	182	10.4.1 加工中心的用途	238
9.1.1 机床的地基	182	10.4.2 加工中心的分类	238
9.1.2 机床的安装	183	10.4.3 加工中心的结构	240
9.1.3 机床的排列方式	184	10.4.4 车削加工中心和镗铣 加工中心介绍	241
9.1.4 机床排列的一般要求	184	10.5 数控机床的辅助装置	242
9.1.5 机床的验收试验	189	10.5.1 数控回转工作台	242
9.2 机床的合理使用、维护和修理	189	10.5.2 分度工作台	244
9.2.1 机床的合理使用	189	10.5.3 排屑装置	247
9.2.2 机床的维护和修理	191	10.6 实训——小型教学数控车床 (或铣床)拆装	248
9.2.3 机床修理的特殊工艺	194	思考与练习	250
9.3 机床改装的途径	196	第11章 数控机床的典型结构	251
9.3.1 机床改装的主要途径	196	11.1 数控机床主传动系统	251
9.3.2 机床改装时应注意的问题	196	11.1.1 数控机床主传动系统的 特点	251
9.3.3 机床改装的种类	197	11.1.2 数控机床的调速方法	251
9.4 实训——车床的一级保养	202	11.1.3 数控机床的主轴部件	252
思考与练习	204	11.2 数控机床进给传动系统	259
第10章 数控机床	206	11.2.1 数控机床进给传动的 特点	259
10.1 概述	206	11.2.2 滚珠丝杠螺母副	260
10.1.1 数控技术的基本概念	207	11.2.3 直线电动机进给系统	265
10.1.2 数控机床的组成及 工作原理	208	11.2.4 数控机床的导轨	269
10.1.3 数控机床的分类	210	11.3 换刀装置	273
10.1.4 数控机床坐标和 运动方向	213	11.3.1 数控车床的自动转位 刀架	273
10.1.5 数控机床的主要 性能指标	215	11.3.2 加工中心自动换刀装置	276
10.2 数控车床	217	11.4 位置检测装置	283
10.2.1 数控车床用途与布局	217	11.4.1 旋转变压器	283
10.2.2 数控车床的传动与结构	222	11.4.2 感应同步器	285
10.2.3 数控车床的液压原理图及 换刀控制	229	11.4.3 脉冲编码器	287
10.3 数控铣床	232	11.4.4 绝对式编码器	290
10.3.1 数控铣床的用途和分类	232	11.4.5 光栅	291



11.4.6 磁栅	295	12.2 数控机床的安装调试.....	304
11.5 实训——数控机床进给传动 系统的拆装	298	12.2.1 安装调试的各项工作	304
11.6 实训二——数控机床换刀装置的 拆装.....	299	12.2.2 新机床数控系统的连接	304
思考与练习	300	12.2.3 精度调试与功能调试	307
第 12 章 数控机床的安装调试及 保养维修	301	12.2.4 数控机床的开机调试	307
12.1 数控机床的基本使用条件	301	12.3 数控机床的保养维修.....	310
12.1.1 环境温度	301	12.3.1 数控机床保养的概念	310
12.1.2 环境湿度	302	12.3.2 数控机床的故障诊断	314
12.1.3 地基要求	302	12.3.3 数控机床的故障处理	318
12.1.4 对海拔高度的要求	302	12.3.4 故障排除的一般方法	320
12.1.5 对电源的要求	302	12.4 实训——数控车床的日常维护	323
12.1.6 保护接地的要求	303	思考与练习	324
		附录 常用机床组、系代号及主参数	325
		参考文献	329

第1章 绪 论

技能目标

- 了解金属切削机床在国民经济中的地位。
- 了解机床的起源和发展。

知识目标

- 熟悉我国机床发展的概况。

1.1 金属切削机床在国民经济中的地位

金属切削机床是一种用切削方法加工金属零件的工作机械。它是制造机器的机器，因此又称工作母机或工具机，在我国习惯上将其简称为机床。

我国的各个工农业生产部门、科研单位和国防生产中，制造和使用着各式各样的机器、仪表和工具。机器的种类虽然很多，但从根本上来说任何一部庞大复杂的机器都是由各种轴类、盘类、齿轮类、箱体类、机架类等零件组成的，而这些零件的绝大部分都是由机床加工而成的。在一般机械制造厂的主要技术装备中，机床约占设备总量的60%~80%，其中包括金属切削机床、锻压机床和木工机床等。

在现代机械制造工业中加工机械零件的方法有多种，如铸造、锻造、焊接、切削加工和各种特种加工等，但切削加工是将金属毛坯加工成具有一定形状、尺寸和表面质量的零件的主要加工方法，尤其是在加工精密零件时，目前主要依靠切削加工来达到所需的加工精度和表面质量的要求。所以，金属切削机床是加工机器零件的主要设备，它所担负的工作量在一般的机械制造厂中约占机器制造总量的40%~60%。因此，机床的技术水平直接影响到机器制造工业的产品质量和劳动生产率。

机械制造工业肩负着为国民经济各部门提供现代化技术装备的任务，而机床工业则是机械制造工业的重要组成部分，是为机械制造工业提供先进加工技术和现代化技术装备的“工作母机”工业。一个国家机床工业的技术水平，是衡量这个国家的工业生产能力和科学技术水平的重要标志之一。因此，机床工业在国民经济中占有极为重要的地位，机床的工作母机属性决定了它与国民经济各部门之间的关系。机床工业为各种类型的机械制造厂提供先进的制造技术与优质高效的工艺装备，即为工业、农业、交通运输业、石油化工、矿山冶金、电子、科研、兵器和航空等产业提供各种机器、仪器和工具，从而促进机械制造工业的生产能力和工艺水平的提高。显然，机床工业对国民经济各部门的发展和社会进步均起着重要的作用。

我国正在重点发展的能源、交通、原材料、通信、环保和航空航天等工业的现代化技



术水平都直接或间接依赖着机床工业的发展。机床工业对这些工业的作用有:

(1) 机床产品水平的提高可以提高其他机电产品的性能和质量。例如,飞机叶片加工机床改进以后,使叶片轮廓误差由 $30\mu\text{m}$ 减小到 $12\mu\text{m}$,表面粗糙度值由 $R_a0.5\mu\text{m}$ 减小到 $R_a0.2\mu\text{m}$,因此使喷气发动机压缩机的效率从 89% 提高到 94%。齿轮加工机床及其检验设备水平提高以后,使航空发动机齿轮传动的齿面接触区位置误差由 $8\mu\text{m}$ 减少到 $2.5\mu\text{m}$,相应地使齿轮单位质量能传递的转矩增加一倍;齿形误差由 $10\mu\text{m}$ 降低到 $2\mu\text{m}$,其噪声可减少 $5\text{dB} \sim 7\text{dB}$ 。这些零件质量的提高使得航空发动机能够满足重量轻功率大的要求。

相反,低水平的机床产品则会延缓新技术的推广应用。例如,20 世纪 60 年代初国外已经发现了激光陀螺理论,但由于其平面反射镜的材料是超硬玻璃,且要求加工的平面度误差要小于 $0.03\mu\text{m}$,表面粗糙度为 $R_a0.006\mu\text{m}$,才能使其反射率达到 99.8% 的要求,而当时的加工设备无法达到这个要求,因此这一新技术未能得到推广应用。直到 20 世纪 80 年代初超精密加工技术及其设备的开发成功,激光陀螺技术才开始用于航空航天事业。

(2) 机床产品的技术进步可以提高机械制造业的生产率、经济效率和社会效益。例如,某机床厂为铁道部门开发的 165 型数控式车轮车床,其生产效率比原有机床提高 2 倍。不仅效率提高,而且由于该型号机床配有轮对磨耗测量装置,能自动测量出轮对直径及磨耗深度,并能自动计算出加工数据,因此可实现轮对的经济切削,从而大幅度延长加工轮对的使用寿命。另外,用数控仿形切削可使轮对的加工圆度误差由原来的 0.3mm 减小到 0.06mm ,因而降低了车轮的振动,适于火车重载高速运行。同时由于该型号机床的研发成功,不需要用外汇从国外进口同类型机床,使得每台机床可节约外汇 100 万美元。

(3) 采用高技术的机床产品可以提高企业适应市场的能力,解决生产中的关键问题。例如,某缝纫机厂 20 世纪 80 年代中期添置了 4 台加工中心设备,使该厂新开发产品的品种数翻了一番,使其适应市场的能力显著提高。

1.2 机床的起源和发展

1.2.1 机床的起源

人类的生活是最基本的实践活动,劳动创造了世界,一切工具都是人手的延长,机床的诞生也是如此(最初的加工对象是木料)。古代人类从劳动实践中逐步认识到:如果要钻一个孔,可使刀具转动,同时使刀具向孔深处推进。也就是说,最原始的钻床是依靠双手的往复运动,在工件上钻孔。图 1-1 所示的钻具,就是我国古代发明的舞钻,它利用了飞轮的惯性原理;如果要制造一个圆柱体,就需一边使工件旋转,一边使刀具沿工件作纵向移动进行车削。也就是为加工圆柱体,出现了依靠人力使工件往复回转的原始车床。图 1-2 所示的车床图案,就是在古埃及国王墓碑上发现的最古老的车床形式。

在原始加工阶段,人既是车床的原动力,又是车床的操作者。图 1-3 所示就是我国古代钻床的形式。早在 6000 年前,我国古代半坡人就已经用弓钻在石斧、陶器上钻孔,如图 1-4 所示。

在漫长的奴隶社会和封建社会里,生产力的发展是非常缓慢的。当加工对象由木材逐渐过渡到金属时,车圆、钻孔等工作都要求增大动力,于是就逐渐出现了用水力、风力和

畜力等驱动的机床。图 1-5 所示就是我国 17 世纪中叶所使用过的马拉机床。随着生产发展的需要, 15 世纪至 16 世纪相继出现了铣床和磨床。我国明朝宋应星在其所著《天工开物》一书中, 就已有对天文仪器进行铣削和磨削加工的记载。图 1-6 所示是我国古代所使用的脚踏刀磨床。

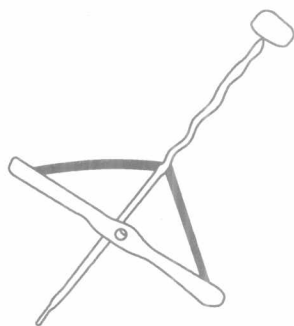


图 1-1 舞钻

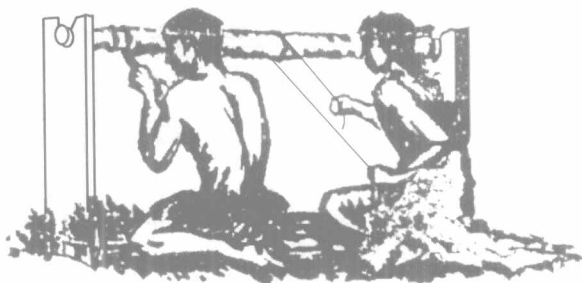


图 1-2 古埃及国王墓碑上的车床图案

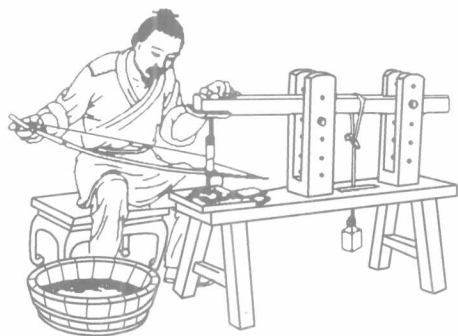


图 1-3 古代钻床



图 1-4 半坡人用弓钻钻孔

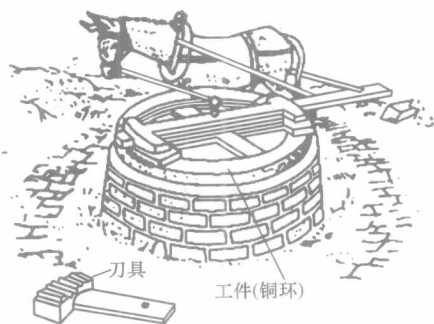


图 1-5 马拉机床

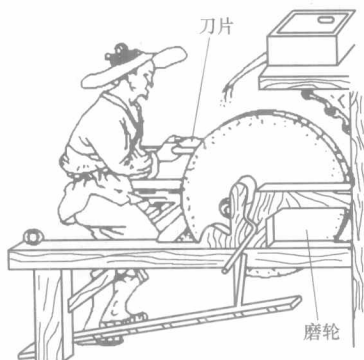


图 1-6 脚踏刃磨床

18 世纪末, 蒸汽机的出现提供了新型的巨大能源, 使生产技术发生了革命性的变化。由于在加工过程中逐渐产生了专业性分工, 因而出现了各种类型的机床。19 世纪末, 机床已扩大到许多种类型, 这些机床采用的是天轴、带和塔轮传动, 其性能很低。图 1-7 所示就是以一台电动机通过天轴拖动多台生产机械的“成组拖动”情况。20 世纪以来, 齿轮变速箱的出现, 使机床的结构和性能发生了根本性的变化。采用单独电动机代替过去的天轴传动, 用齿轮变速箱代替过去的带、塔轮传动。因此, 机床就包含了电动机、传动机构和工作机三个基本组成部分, 逐步发展成为比较完备的现代机床, 如图 1-8 所示。

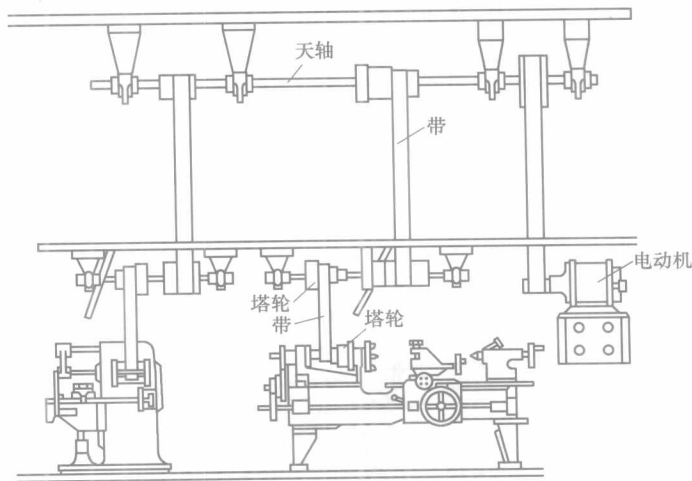


图 1-7 用天轴、带、塔轮拖动生产机械

随着科学技术的迅速发展及电子技术、计算机技术、信息技术和激光技术等 in 机床领域的广泛应用, 机床技术的发展进入了一个前所未有的新时代。多样化、精密化、高效化和自动化是这一时代机床发展的基本特征。也就是说, 机床的发展紧密迎合社会生产的多样性和高要求, 通过机床加工的精密化、高效化和自动化来推动和提高社会生产力。

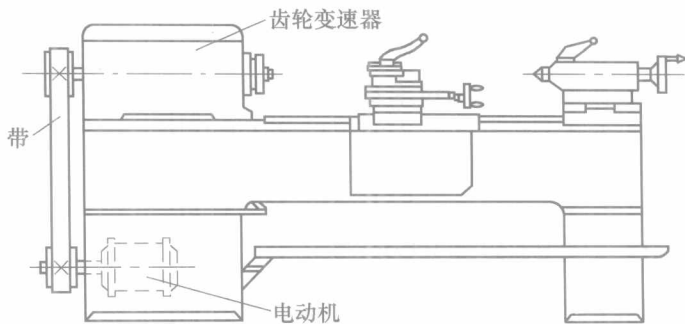


图 1-8 单独电动机拖动的卧式车床

新技术的迅速发展和客观要求的多样化，决定了机床必须具备更多品种。技术的加速发展更新和产品更新换代的加速使机床主要面向多品种、中小批量的生产。因此，现代机床不仅要保证加工精度、效率和高度的自动化，还必须有一定的柔性(即灵活性)，使之能够很方便地适应加工对象的改变。

目前，数控机床以其加工精度高，生产率高，柔性高，适应中、小批量生产而日益受到重视。由于数控机床无需人工操作，而是靠数控程序完成加工循环，调整起来十分方便，适应灵活多变的产品，使得中、小批量生产自动化成为可能。20 世纪 80 年代是数控机床、数控系统大发展的时代，到 20 世纪 80 年代末，全世界的数控机床的年产量超过 10 万台。数控机床和各种加工中心已成为当今机床发展的趋势，世界著名企业中数控机床在加工设备中所占的比例明显提高，如美国通用电器公司的数控机床占总设备数的 70%。从 20 世纪 80 年代起，日本机床工业的产值连年独占鳌头，其数控机床以年均 2.88% 的增长率增长。到 20 世纪 90 年代初，日本机床工业的产值数控化率超过 80% (且主要生产高档数控机床)，日本机床工业的发展反映着世界机床工业发展的趋势。

在机床数控化进程中，机械部件的成本在机床系统中的比重不断下降，而电子硬件与软件的比重不断上升。例如，美国在 20 世纪 70 年代生产的机床，机械部件的成本占 80%，电子硬件的成本占 20%；到 20 世纪 90 年代，机械部件的成本下降到 30%，而电子硬件和软件的成本却上升为 70%。随着计算机技术的迅速发展，数控技术已由硬件数控进入了软件数控的时代，实现了模块化、通用化和标准化。用户只要根据不同的需要，选用不同的模块，编制出自己所需要的加工程序，就可以很方便地达到加工零件的目的。

数控技术的发展和普及，也使机床结构发生了重大的变革。主传动系统采用直流或交流调速电动机，主轴实现了无级调速，简化了传动链。采用交流变频技术，调速范围可达 1:100 000 以上，主轴转速可达 75 000r/min。机床进给系统用直流或交流伺服电动机带动滚珠丝杠实现进给驱动，简化了进给传动机构。为提高工作效率，快速进给速度目前最高达 60m/min，切削进给速度也达到了 6~10m/min。

目前，数控机床也达到了前所未有的加工精度。如日本研制的超精密数控机床，其分辨率达 $0.01\mu\text{m}$ ，圆度误差达 $0.03\mu\text{m}$ 。加工中心工作台定位精度可达 $1.5\mu\text{m}$ /全行程，数控回转工作台的控制精度达万分之一度。

近年来，数控机床的可靠水平不断提高，数控装置的平均无故障工作时间(MT-BF)



已达 10 000 h。20 世纪 90 年代初,日本 FANUC 公司声称其数控系统平均 100 个月发生一次故障。

从生产力发展的过程来看,机床技术发展 to 数控化阶段,不仅机床的动力勿需人力,而且机床的操纵也由机器本身完成了。人的工作只是编制加工程序、调整刀具等,即为机床的自动加工准备好条件,然后由计算机控制机床自动完成加工过程。

1.2.2 我国机床工业的发展概况

中国在金属切削加工方面具有悠久的历史,曾经做出过许多巨大的贡献。但在半封建半殖民地的旧中国基本上没有机床制造工业,至新中国成立前夕,全国只有少数几家机械修配厂,且只是制造一些简单的皮带车床、牛头刨床和钻床等。据统计 1949 年全国机床产量仅 1000 多台,品种不到 10 种。

新中国成立后,党和政府十分重视机床工业的发展。在解放初期的三年经济恢复时期,就把一些原来的机械修配厂改扩建为专业机床厂,1952 年末,全国的国营机床厂已有 17 家,共生产机床 13 740 台。

第一个五年计划时期(1953—1957),我国一面对老厂进行改建、扩建,一面又新建了一批专业机床厂,组建了北京机床研究所,“一五”计划末期,机床年产量达 2.8 万台,品种为 204 种。

第二个五年计划时期(1958—1962),我国机床的设计、制造和科研水平获得了长足的发展和提高,特别是发展了一批地方企业,建立了组合机床研究所和一批专业产品研究所。研制成功了一批大型、高精度、自动和半自动机床以及自动化生产线。

第三个五年计划时期(1963—1967),我国开展了“三线”建设,在内地建立起一批机床企业。另外,在高精度精密机床的设计和制造技术领域也取得了很大发展。至此,我国已基本建成了品种齐全、布局合理的机床工业体系。到 1965 年,国家机床工业骨干企业有 38 个,地方企业有 100 多个,生产的机床品种为 537 种,产量达 3.96 万台。但至此,我国在数控机床领域与国外的差距仍然很大。

1987 年以后,随着改革开放政策的实施,我国机床工业进入了一个新的发展时期。通过技术引进、配套以及合作生产,陆续发展了一批具有世界 20 世纪 80 年代初期或中期水平的数控机床,大大缩小了和发达国家的差距。到 20 世纪 90 年代初,我国数控机床的可供品种已超过 300 种。截至目前我国已有几十个厂家在从事不同层次的数控机床的生产与开发。产品有数控车床、铣床、加工中心和柔性制造系统等,CIMS(计算机集成系统)工程的研究与开发也取得了重大发展。

我国机床工业的发展是迅速的,成就是巨大的。但由于起步晚、底子薄,与世界先进水平相比,还存在着较大差距。为了适应我国实现工业、农业、国防和科学技术现代化的需要,为了提高机床产品在国际市场上的竞争能力,必须深入开展机床基础理论研究,加强工艺试验研究,大力开发精密、重型和数控机床,使我国的机床工业尽早跻身世界先进行列。

1.2.3 机床技术的发展趋势

随着科学技术的发展,机床工业已经发展到类别品种繁多,结构灵活可靠,性能日臻完善,技术日益精湛的程度。分析世界各主要工业国家机床工业发展的动向,其技术发展趋势主要表现在以下几个方面。

1. 向高速、高效率、自动化的方向发展,特别是向数控化、柔性化和集成化的方向发展

由于硬质合金和陶瓷刀具的发展和推广使用,促使各种机床的切削速度和主电机功率增大,机床的刚度、抗振性和操作集中化、自动化程度有了很大提高,出现了不少高速、超速的“强力”机床品种。如车削速度为 $400\text{m/min}\sim 800\text{m/min}$,主电机功率达 45 kW ,最大加工直径为 500mm 的车床;一次磨削深度可达 20mm ,进给量为 1mm/r ,主电机功率为 75 kW ,砂轮直径为 810mm ,电磁工作台直径为 1550mm 的立轴圆台平面磨床等。强力切削大大缩短了机床加工时的机动时间,因此缩短辅助时间的问题越来越突出,促使具有自动工作循环的半自动机床,带有自动上、下料装置的自动化单机和自动化产品线迅速发展。

为适应多品种、小批量生产的需要,发展数控机床和加工中心已成为 20 世纪 60 年代以来机床工业的重要标志。如 20 世纪 80 年代末,全世界工业机器人的年产量就已达到 13 万台 $\sim$ 14 万台。在数控技术基础上,随着信息技术和计算机技术的迅速发展,机床设备已从单功能自动的单能机向多功能自动的多能机发展,从刚性连接的自动生产线向计算机控制的柔性加工单元(FMC)和柔性制造系统(FMS)方向发展,而且正朝着更高水平的计算机集成系统(CIMS)迈进。

2. 扩大机床的工艺范围以及提高机床的标准化、通用化、系列化水平

为了更加适应用户的生产特点和需要,在各种机床,尤其是在大型机床上增加多种附件以扩大机床的工艺用途或以加工一定的工件为目的,把几种工艺“复合”到一台机床上,因此出现了如车镗床、铣刨磨联合机床、铣镗钻联合机床等新品种。由于各种新型联合机床和联合加工中心站的出现,使得工序较多的大型工件只需一次装夹就能完成对它的加工,从而大大缩短了辅助工作时间。

机床产品的系列化,零部件的标准化和通用化是检验机床设计水平高低的重要标志,“三化”程度高,在设计和制造中可应用“积木”原理,以标准的零、部件组装成各种形式和用途的机床,从而缩短机床的设计和制造周期,便于组织多种品种生产并降低成本。

3. 向更高精度的方向发展

随着世界科学技术的迅速发展,对机床加工精度的要求也越来越高。有资料显示,20 世纪 50 年代初至 80 年代初的 30 年间,普通机械加工的加工精度已达 $5\mu\text{m}$;精密加工精度提高了近两个数量级,而超精密加工则已进入纳米($0.01\mu\text{m}$)的时代。多种机床主轴的回转精度为 $0.01\mu\text{m}\sim 0.05\mu\text{m}$,加工工件的圆度误差为 $0.01\mu\text{m}$,加工工件的表面粗糙度 R_a 值为 $0.003\mu\text{m}$ 。目前,普通加工和精加工的精度已在 20 世纪 80 年代初的基础上又提高了 4 $\sim$ 5 倍。



精密机床的定位、测量装置也有了相应的发展，光电显微镜、光栅数字显示定位、激光干涉测量等新技术在机床上实现了应用，测量工作已越来越多地由计量室转移到机床上进行。

4. 发展特种加工机床，重视各种新技术在机床上的应用

现代机械产品中，异型零件的数量越来越多，非传统材料的应用也越来越广泛。如航空航天工业大量采用高强度耐热钢、钛合金钢，汽车、家电工业更多地采用铝件和塑料件。精细陶瓷、玻璃纤维、碳素纤维等复合材料也在机械产品中被广泛应用。这些异型零件和新型材料大多不能用传统的方法进行加工，故电解加工、电火花加工、激光、超声波、电子束、等离子、水喷射、磨料喷射、爆炸成形和电磁成形等非传统的加工方法相继出现，从而也促使各类特种加工机床迅速发展。

机床技术的发展是永无止境的，各种新技术、新工艺、新材料、新结构的不断涌现，为机床技术的进一步发展提供了可能。同时，整个科学技术的不断进步，又对机床的发展提出了更高的要求。

思考与练习

1. 试述金属切削机床的定义、性质和功用。
2. 分析机床工业在国民经济中的地位 and 作用，并举例说明。
3. 为什么说“劳动创造了世界，一切工具都是人手的延长”？
4. 简述我国机床工业发展的现状和前景。
5. 机床技术发展趋势主要表现在哪几个方面？

第2章 机床基础知识

技能目标

- 掌握金属切削机床型号。
- 熟练掌握机床的传动系统及运动计算。

知识目标

- 金属切削机床的分类和型号。
- 机床的运动。

金属切削机床的基础知识主要包括金属切削机床的分类和型号、基本组成和加工范围,为学习数控机床提供理论基础,同时为车、铣、刨、磨等操作提供理论指导。本章主要介绍金属切削机床的分类和型号、零件表面的形成方法、机床的运动、机床的传动系统与运动计算及机床精度等内容。

2.1 金属切削机床的分类和型号

我国机床工业已经形成了门类齐全、品种规格众多的工业体系。为了便于区别、使用和管理,也制定出了一套科学且合理的分类和型号的编制方法。

2.1.1 金属切削机床的分类

金属切削机床的种类非常繁多,为了便于区别、使用和管理,有必要对机床进行分类,根据需要可以从不同的角度对机床作如下分类。

(1) 按机床的加工性能和结构特点可分为12类:车床、钻床、镗床、铣床、拉床、磨床、刨插床、齿轮加工机床、螺纹加工机床、特种加工机床、锯床和其他机床。其中,磨床的品种较多,又分为3类。每类机床的代号用其名称的汉语拼音的第一个大写字母表示,如表2-1所示。

表 2-1 通用机床类代号

类型	车 床	钻 床	镗 床	磨床			齿轮加 工机床	螺纹加 工机床	铣 床	刨插 床	拉 床	特种加 工机床	锯 床	其他 机床
类代号	C	Z	T	M	2M	3M	Y	S	X	B	L	D	G	Q
读音	车	钻	镗	磨	二 磨	三 磨	牙	丝	铣	刨	拉	电	割	其