

高等专科学校试用教材

金属切削机床

上册

顾维邦 主编

机械工业出版社

GAOZHUANJIAOCAI

金属切削机床

上册

顾维邦 主编

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

北京市密云县印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ · 印张 18 · 字数 438 千字

1984 年 6 月北京第一版·1984 年 6 月北京第一次印刷

印数 00,001-30,000 · 定价 2.30 元

*

统一书号: 15033 · 5716

前 言

本书是高等专科学校机制专业的试用教材,是根据机械工业部教育局初步审定的招收高中毕业生,学制为三年的教学大纲进行编写的。

本书也适用于职工大学、业余大学。中等专业学校也可选用,并可供从事机械制造的工程技术人员参考。

本书根据以下原则确定和处理编写内容:

1. 围绕以工艺为主的培养目标,教材重点放在培养学生选择和使用机床的能力上,同时对专用机床的设计方法也作适当介绍。

2. 注意加强基本理论的叙述,着重于阐明共性的内容,以利培养学生认识和分析机床的能力;在具体取材上,则主要立足于当前我国大多数工厂的生产水平,同时也适当地反映国内外先进技术。

3. 内容处理上注意点面结合,既保证重点,又照顾全面。对几种有代表性的机床介绍比较详细、深入,使学生对机床的性能、传动、结构及其调整使用等有比较完整的认识,以掌握认识和分析机床的方法;对生产中常用的各种类型机床,则适当地介绍其结构和使用上的特点,使学生比较全面地认识机床,以利于培养其选用机床的能力。

4. 为便于学生自学,基本的内容叙述适当详细些,复杂的机构并辅以必要的简图或立体示意图,面上的内容则适当简略。

本书分上下两册,共十六章。其中第一章至第八章为机床概论,叙述机床传动的基本知识,主要类型机床——车床、钻镗床、铣床、刨拉床、磨床、齿轮加工机床、自动和半自动车床的用途、工作原理、技术性能、传动、结构及其使用调整等;第九章为机床电气控制,着重介绍机床电气自动控制的方法;第十章至第十四章为机床典型机构与部件,介绍分级变速传动系统、主轴部件、支承件与导轨等的要求、工作性能及其结构设计的主要问题;第十五章为组合机床设计,着重介绍组合机床总体设计及通用多轴主轴箱的设计方法;第十六章为机床使用与改装,简介机床安装、验收试验、维护保养和改装等基本知识。

本书由顾维邦同志主编,朱育嘉同志为主要编写成员,并协助主编工作,席时达、李庚臣同志参加了编写工作;袁友忠、陈金德、李寅生三同志负责审稿,参加审稿会议的还有韩公绰、陈心田、蒋先赞、陈豪、陈惠林、蒋维同、王鸣华、王振全、薛正鹏、留明敏等同志。

在编写本书过程中,得到有关学校、工厂及研究所的大力支持和帮助;奚曙明、徐智麟同志对本书的图稿做了大量工作,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平所限和编写时间比较仓促,书中难免有错误和不妥之处,敬希读者批评指正。

编者 1983.7.

目 录

绪论	1	一、普通车床的技术规格	71
第一章 机床传动的基本知识	5	二、普通车床的尺寸系列和品种	73
§ 1-1 机床的运动	5	§ 2-5 普通车床的精度与精度检验	74
一、表面成形运动	5	一、机床精度的概念	74
二、辅助运动	7	二、普通车床的精度标准与精度检验方法	76
§ 1-2 机床的传动形式	7	三、机床误差对加工精度的影响	80
§ 1-3 传动副的传动比与运动速度的 计算	8	§ 2-6 其它车床	83
§ 1-4 离合器	10	一、六角车床	83
一、啮合式离合器	10	二、立式车床	87
二、摩擦式离合器	10	三、铲齿车床	89
三、超越离合器	14	第三章 钻床和镗床	91
§ 1-5 分级变速机构	15	§ 3-1 概述	91
§ 1-6 分级变速传动系统	19	§ 3-2 立式钻床和台式钻床	92
§ 1-7 分级变速传动系统的转速图	21	一、立式钻床	92
§ 1-8 无级变速器	24	二、台式钻床	93
§ 1-9 换向机构	29	§ 3-3 摇臂钻床	93
§ 1-10 机床的传动系统	30	一、主要类型及组成部件	93
一、传动系统图	30	二、摇臂钻床的传动	94
二、传动链	32	三、主要部件结构	95
三、传动原理图	32	§ 3-4 卧式镗床	100
§ 1-11 机床运动的调整计算	33	一、组成部件及运动	100
第二章 车床	35	二、主轴部件结构	102
§ 2-1 概述	35	三、其它类型卧式镗床简介	106
一、车床的用途、工作方法和分类	35	§ 3-5 落地镗床和落地镗铣床	108
二、普通车床的工艺范围和组成部件	35	§ 3-6 坐标镗床	110
§ 2-2 普通车床的传动系统	36	一、应用范围	110
一、主运动传动链	38	二、主要类型	111
二、车螺纹传动链	39	三、坐标测量装置	112
三、纵向和横向进给传动链	46	§ 3-7 金刚镗床	117
§ 2-3 普通车床的结构	49	第四章 铣床	119
一、主轴箱	49	§ 4-1 概述	119
二、进给箱	58	一、铣床的功用和特性	119
三、溜板箱	63	二、铣床的类型	119
四、刀架	68	§ 4-2 升降台式铣床	120
§ 2-4 普通车床的技术规格与系列品种	71	一、类型及其组成部分	120
		二、铣床的传动	122

三、典型机构	124	三、Y3150 E型滚齿机	187
四、万能分度头	129	§ 7-4 圆柱齿轮磨齿机	196
五、配换齿轮的选择	133	一、用成形法工作的磨齿机	196
§ 4-3 其它类型铣床	136	二、用连续分度展成法工作的磨齿机	197
一、万能工具铣床	136	三、用单齿分度展成法工作的磨齿机	197
二、工作台不升降铣床	138	四、万能滚圆盘机构	199
三、龙门铣床	138	§ 7-5 锥齿轮加工机床	203
四、仿形铣床	138	一、概述	203
第五章 刨床和拉床	141	二、直齿锥齿轮加工机床	205
§ 5-1 刨床	141	三、弧齿锥齿轮加工机床工作原理	208
一、龙门刨床	141	§ 7-6 机床的传动精度	208
二、牛头刨床	146	一、传动精度及其对加工精度的影响	208
三、插床	148	二、传动件误差的分析	209
§ 5-2 拉床	148	三、传动误差的传递规律	210
一、拉床的使用范围及类型	148	四、提高传动精度的途径	212
二、卧式内拉床	149	五、传动精度的测量	214
三、其它拉床简介	149	第八章 自动和半自动车床	216
第六章 磨床	151	§ 8-1 概述	216
§ 6-1 概述	151	一、自动和半自动车床的含义	216
§ 6-2 外圆磨床	152	二、自动和半自动车床的分类	217
一、万能外圆磨床	152	§ 8-2 六角自动车床	218
二、其它类型外圆磨床简介	164	一、概述	218
§ 6-3 内圆磨床	169	二、C1312型单轴六角自动车床	218
一、普通内圆磨床	169	§ 8-3 单轴六角自动车床的调整	233
二、无心内圆磨床	171	一、拟订加工工艺过程, 选用刀具及	
三、行星式内圆磨床	172	刀夹	233
§ 6-4 平面磨床	173	二、编订机床调整卡片	233
第七章 齿轮加工机床	177	三、凸轮的设计	251
§ 7-1 概述	177	四、机床的调整	253
一、齿轮加工机床的类型	177	§ 8-4 其它自动与半自动车床简介	255
二、齿轮加工机床的工作原理	177	一、单轴自动与半自动车床	255
§ 7-2 插齿机	179	二、多轴自动与半自动车床	257
一、插齿原理	179	附录	260
二、插齿机的运动	179	I. 《金属切削机床型号编制方法》(JB1838-76)	
三、插齿机的传动联系	180	简介	260
§ 7-3 滚齿机	181	II. 机动示意图中的规定符号	
一、滚齿原理	181	(摘自 GB138-74)	275
二、滚齿机的运动合成机构	185	主要参考资料	281

绪 论

一、金属切削机床及其在国民经济中的地位

金属切削机床是机械制造业的主要加工设备，它用切削方法将金属毛坯加工成具有一定形状、尺寸和表面质量的机械零件。由于它是制造机器的机器，所以又称为工作母机或工具机，习惯上常简称其为机床。

现代机械制造中加工机械零件的方法很多，除切削加工外，还有铸造、锻造、焊接、冲压、挤压和辊轧等，但凡属精度要求较高和表面粗糙度要求较细的零件，一般都需在机床上用切削方法进行最终加工，特别是形状复杂、精度要求高和表面粗糙度要求又细的零件，往往需要经过几道甚至几十道切削加工工序才能完成。在一般机器制造厂中，机床所担负的加工工作量，约占机器总制造工作量的40~60%，机床的技术性能直接影响机械制造业的产品质量和劳动生产率。因此，一个国家机床工业的技术水平、机床拥有量及其先进程度，在很大程度上标志着这个国家的工业生产能力和科学技术水平。

国家要独立富强，必须走工业化的道路。而工业化的实质就是用机器进行大规模生产，这就需要有一个强大的机械制造业为国民经济各部门——工业、农业、交通运输业、科研和国防等部门提供现代的技术装备，即各种机器、仪器和工具等。然而各种机器、仪器和工具都必须用机床来制造。一个现代化的机械制造业必须有一个现代化的机床制造业作后盾，机床在国民经济现代化发展中起着重大的作用。因此，各个国家都十分重视本国机床生产能力的建立和机床技术的发展。

二、金属切削机床的发展及我国机床工业概况

机床是人类在改造自然的长期斗争中，不断改进生产工具的基础上产生的，并随着社会生产的发展和科学技术的进步而逐渐趋于完善。

早在六千年前，我们的祖先就已经用弓钻在石斧、陶器上钻孔，并出现了把工件(木料)支承在两个支架上，一面用绕在其上的绳子带动作往复转动，一面用手握持刀具“车削”回转体的方法。以后，随着生产的发展和人类在劳动中经验的积累，逐步创制了一些原始的机床，如木制的钻床、车床等。但在漫长的奴隶社会和封建社会里，由于生产关系落后，生产水平很低，因此机床的发展非常缓慢。虽然也逐渐地出现了由水力、风力和畜力等驱动的机床，但刀具仍由人手握持，其加工精度完全取决于工人的操作技能，且劳动条件十分艰苦，生产效率极低，所以这些古老的机床实际上还并不成为一种完整的机器。

直到十八世纪中叶，欧美一些工业最先发达的国家，开始了从工场手工业向资本主义机器大工业生产方式的过渡，需要越来越多的各种机器。这些机器的制造，对切削加工在质量和数量上都提出了新的较高的要求，从而推动了机床技术的迅速发展。1770年前后制成了气缸镗床，使蒸汽机气缸内孔达到了当时用其它金属加工机具无法达到的加工精度(约1mm左右)，从而蒸汽机才能变为现实。1797年发明了带有机动刀架的车床，开创了用机械代替人手控制刀具运动的先声，不仅解放了人的双手，并使机床的加工精度和加工效率有了一个飞跃，初步形成了现代机床的雏型。继车床之后，随着机器制造工业的不断发展，其它

各种机床也陆续被创制出来,至十九世纪末,车床、钻床、镗床、刨拉床、铣床、磨床、齿加工机床等基本型式的机床已先后形成。在此同时,机床的结构也在不断改进,发展成了基本具有现代机床的结构型式。

本世纪初至40年代,由于高速钢和硬质合金的相继出现,促使机床沿着加大转速、功率和提高结构刚度的方向发展。同时,由于交流电动机、齿轮、滚动轴承、电气、液压等技术都有了很大进步,使机床的传动、结构和控制等方面得到很大改进,机床的加工精度和生产率显著提高。此外,机床的品种有了进一步的发展。例如各种高效率自动化机床、重型机床和精密机床相继制造成功。至此,机床已发展成类型品种繁多、结构性能相当完善的现代化加工设备。

本世纪50年代以来,世界科学技术迅速发展,新的科研成果在工业生产领域中大量应用,正在改变着现代机械制造生产技术的面貌,这促使机床进一步向提高加工精度、生产效率和自动化程度方向发展。另一方面,随着产品设计和材料技术的发展,机械产品中特殊形状和特殊材料的零件越来越多。为了解决这些零件的加工问题,发展了一系列新工艺和新设备,如电火花加工机床、电解加工机床、超声波加工机床、电子束加工机床和激光加工机床等。

从机床的发展历史来看,它总是随着机械工业的扩大和科学技术的进步而发展的,并始终围绕着不断提高生产效率、加工精度、自动化程度和降低生产成本而进行的,现代机床总的趋势仍然是继续沿着这一方向发展。

我国的机床工业是在1949年新中国成立后才开始建立起来的。解放前,由于长期的封建统治和十九世纪中叶以后帝国主义的侵略和掠夺,我国的工农业生产非常落后,既没有独立的机械制造业,更谈不上机床制造业。至解放前夕,全国仅有少数几个机械修配厂能制造一些比较简单的机床。据统计,1949年全国机床年产量仅一千多台。

解放后,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建为专业机床厂,以后又陆续新建、扩建了一系列现代化机床厂。同时,还先后成立了综合的和各种专业机床研究所,开展机床设计和试验研究工作。目前,我国已形成了布局比较合理、产品门类基本齐全完整的机床工业体系,能生产从小型仪表机床到重型机床的各种类型机床,也能生产各种精密、高效、高度自动化的机床和自动线,并已具有成套装备现代化工厂的能力。随着我国机床产量的增加和产品品种的扩大,以及产品质量日益提高,除了满足国内社会主义建设的需要外,并已开始进入了国际市场。今后,为了适应工业、农业、国防和科学技术现代化的需要,我国的机床工业必将更迅速地向前发展。

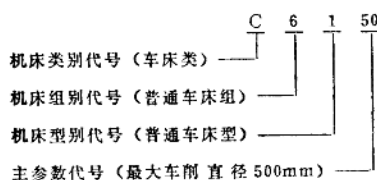
三、机床的分类和型号

机床的品种和规格繁多,为了便于区别及使用、管理,需要加以分类并编制型号。

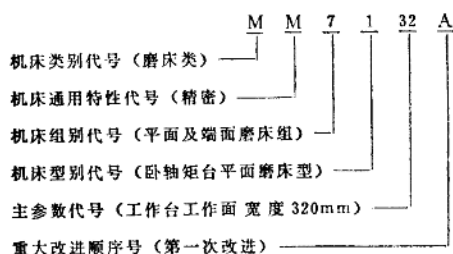
机床可按不同特征进行分类,最基本的是按机床的加工方式及其用途来分类。目前,我国将机床共分为十二大类:车床、钻床、镗床、磨床、齿轮加工机床、螺纹加工机床、铣床、刨插床、拉床、超声波及电加工机床、切断机床及其它机床。每一大类中的机床,按其结构、性能及工艺特点不同,还可细分为很多型式,如车床类机床可分为普通车床、立式车床、六角车床、多刀半自动车床、单轴自动车床、多轴自动车床等。

除上述基本分类方法外,机床还可按照它们使用上的万能性程度、加工精度、自动化程度以及机床重量等进行分类,而且随着机床的发展,其分类方法也在不断地发展。

机床的型号是一个代号，用以简明地表示机床的类型、主要技术参数、使用 and 结构特性等。我国机床的型号由汉语拼音字母和阿拉伯数字按一定规律排列组成。例如，C6150表示最大车削直径为500mm的普通车床，型号中字母及数字的涵义如下：



又如 MM7132A 表示工作台工作面宽度为320mm、经过一次改进的卧轴矩台平面磨床，型号中字母及数字的涵义如下：



我国的机床型号编制办法自1957年1月第一次颁布以来，随着机床工业的发展，曾作过多次修订和补充。现在是按1976年12月颁布的第一机械工业部部标准JB1838-76“金属切削机床型号编制方法”编制，详细内容见附录I。

四、机床的技术性能

为了能正确选择和合理使用机床，必须很好地了解机床的技术性能。机床的技术性能是有关机床加工范围、使用质量和经济性的性能，包括工艺范围、技术规格、加工精度和表面粗糙度、生产率、自动化程度、效率和精度保持性等。

1. 工艺范围

机床的工艺范围是指其适应不同生产要求的能力，即机床上可以完成的工序种类，能加工的零件类型、毛坯和材料种类，适用的生产规模等。根据工艺范围的宽窄，机床可分为通用、专门化和专用三类。通用机床（或称万能机床）的工艺范围很宽，可以加工一定尺寸范围内的各种零件和完成多种多样的工序，但结构比较复杂，自动化程度和生产率往往较低，适用于产品批量小，加工对象经常变动的单件、小批生产。专门化机床的工艺范围较窄，只能加工一定尺寸范围内的一类或少数几类零件，完成一种（或少数几种）特定工序。专用机床的工艺范围最窄，通常只能完成某一特定零件的特定工序。一般说来，专门化机床和专用机床的结构较通用机床简单，自动化程度和生产率较高，适用于大批、大量生产。

2. 技术规格

技术规格是反映机床尺寸大小和工作性能的各种技术数据，包括主参数和影响机床工作性能的各种尺寸参数，运动部件的行程范围，主轴、刀架、工作台等执行件的运动速度，电动机功率，机床的轮廓尺寸和重量等。为了适应不同工业部门加工尺寸大小不同的各种零件的需要，每一种通用机床和专门化机床都有大小不同的各种规格。

3. 加工精度和表面粗糙度

加工精度和表面粗糙度是指在正常工艺条件下,机床上加工的零件所能达到的尺寸、形状和相互位置精度以及所能控制的表面粗糙度。各种通用机床的加工精度和表面粗糙度在国家制定的机床精度标准中都有规定。为了充分发挥机床的效能而又能满足不同加工精度的要求,有些通用机床制成不同的精度等级:普通精度级、精密级和高精度级。普通精度级机床的加工精度较低,但生产率较高,制造成本低,适用于加工一般精度要求的零件,是生产中使用最多的机床。精密级和高精度级机床的加工精度高,但生产率一般较低,制造成本高,因此仅适用于少数精度要求高的零件的精加工。

4. 生产率

机床的生产率通常是指在单位时间内机床所能加工的工件数量,它直接影响到生产效率和生产成本。因此,在满足加工质量以及其它使用要求的前提下,机床的生产率应尽可能高些。

5. 自动化程度

提高机床的自动化程度,不仅可提高劳动生产率,减轻工人的劳动强度,且由于工人的操作水平对机床加工质量的影响减少,还有利于保证产品质量的稳定,因此是现代机床发展趋向的一个重要方面。以往,自动化程度高的机床一般只用于大批大量生产中,近年来,由于数控技术的发展,高度自动化的机床也开始应用于小批甚至单件生产中。

6. 机床的效率和精度保持性

机床的效率是指消耗于切削的有效功率与电动机输出功率之比,两者的差值是各种损耗。机床效率低,不但浪费能量,而且大量损耗的功率转变为热量,引起机床热变形,影响加工精度。对于大功率机床和精加工机床,效率显得更为重要。

精度保持性是指机床保持其规定的加工质量的时间长短,精度保持性差的机床,在使用中由于磨损或变形等原因,会很快地丧失其原始精度,需要经常地进行修理,不仅增加维修费用,而且还降低了设备的利用率。因此,精度保持性是机床、特别是精密机床的十分重要的技术性能指标。

7. 其它

除上面提到的几个方面外,机床的技术性能还包括噪声大小、操作和维修是否方便、工作是否安全可靠等。机床工作时发出的噪声会影响工人的身心健康,应尽量降低;机床的操纵、观察、调整、装卸工件和工具应方便省力,维护要简单,修理须方便;机床工作时不要发生故障和操作错误,以保证工人和机床的安全,提高机床的生产率。

机床是为完成一定工艺任务服务的,必须根据被加工对象的特点和具体生产条件,如被加工零件的类型、形状、尺寸和技术要求,生产批量和生产方式等,选择技术性能与之相适应的机床,这样才能充分地发挥其效能,取得良好的经济效益,不切实际地选用高性能的机床(如高精度机床、高效率机床等),只会造成设备的浪费和产品成本的增加。

第一章 机床传动的基本知识

§ 1-1 机 床 的 运 动

各种类型的机床, 为了进行切削加工以获得所需的具有一定几何形状、一定精度和表面质量的工件, 必须使刀具和工件完成一系列运动。以车床上车削圆柱面为例 (图 1-1), 在安装好工件并开车之后, 首先需将车刀引近工件 (运动 II 和 III); 其次, 为了得到所要求的直径尺寸 d , 还需将车刀切入至一定深度 (运动 IV), 然后由工件旋转 (运动 I) 和车刀纵向直线移动 (运动 V) 车削出圆柱面; 当达到所需的长度尺寸 l 时, 车刀径向退离工件 (运动 VI), 并纵向移动退回至起始位置 (运动 VII)。此外, 在加工过程中尚需完成开车、停车、变速等动作。

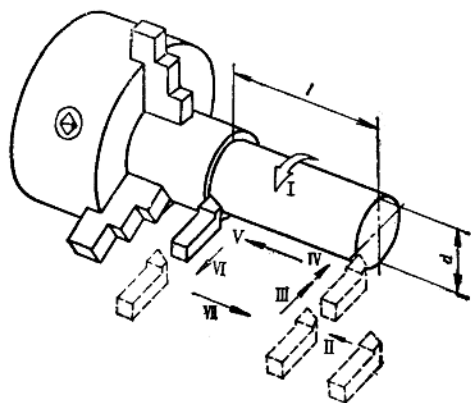


图1-1 车削圆柱面过程中的运动

机床在加工过程中完成的各种运动, 按其功用可分为表面成形运动和辅助运动两类。

一、表面成形运动

直接参与切削过程, 使之在工件上形成一定几何形状表面的刀具和工件间的相对运动, 称为表面成形运动。例如, 图 1-1 中工件的旋转运动 I 和车刀的纵向直线移动 V 是形成圆柱面的成形运动。表面成形运动是机床上最基本的运动, 对被加工表面的精度和粗糙度有直接影响。各种机床加工时必须的表面成形运动的形式和数目, 决定于被加工表面的形状以及所采用的加工方法和刀具结构。图 1-2 列举了常见的几种工件表面的加工方法及加工时的成形运动。由图可以看到, 用不同加工方法形成各种表面所需的成形运动, 其基本形式是旋转运动和直线运动, 即使刀具或工件的运动轨迹比较复杂, 也仍然是由这两种运动合成的。例如, 车削成形面时 (图 1-2 j), 车刀沿曲线的运动是由相互垂直的两个直线运动 s_1 和 s_2 组合而成的。

用同一种加工方法和刀具结构加工某种表面, 由于具体加工条件不同, 表面成形运动在刀具和工件间可以有不同的分配情况。以车削外圆柱面为例, 其表面成形运动可以是工件旋转和刀具直线移动 (图 1-2 a), 但也可以是工件旋转并直线移动, 或者刀具旋转而工件直线移动, 或者刀具旋转并直线移动 (图 1-3)。运动分配情况不同, 机床结构就不一样, 这说明即使是同一种工艺方法加工相同的表面, 还可能有多多种结构型式的机床。

形成某一表面的各个运动之间, 在多数情况下并不需要保持严格的运动关系, 因而可以独立地调整各个运动的速度, 且不要求调整得非常精确。但是, 在某些情况下, 各表面成形运动中的某两个运动之间, 却必须保持某种确定的运动关系。例如, 车削螺纹时 (图 1-2 k),

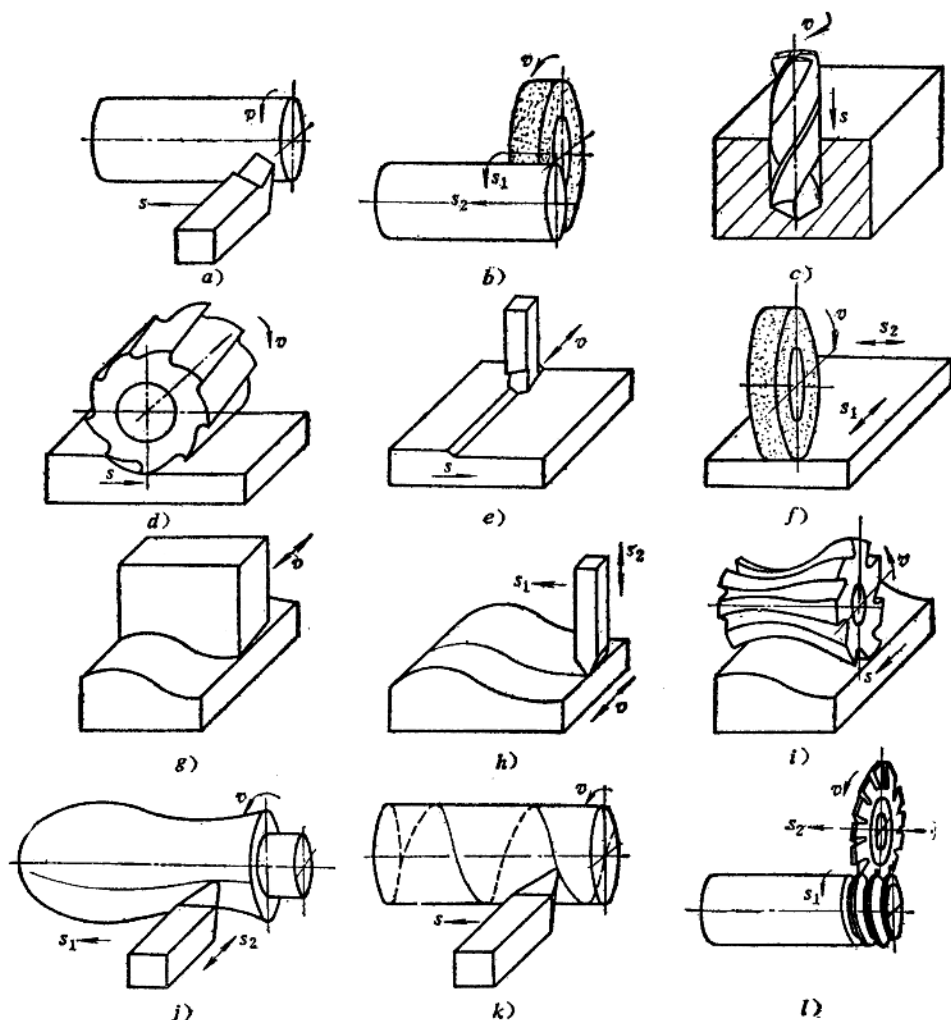


图1-2 常见工件表面的加工方法及其成形运动

a) 车外圆柱面 b) 磨外圆柱面 c) 钻内圆柱面 d) 铣平面 e) 刨平面 f) 磨平面 g) 用成形刨刀刨成形面 h) 用尖头刨刀刨成形面 i) 用成形铣刀铣成形面 j) 用尖头车刀车回转成形面 k) 用螺纹车刀车螺纹 l) 用螺纹铣刀铣螺纹

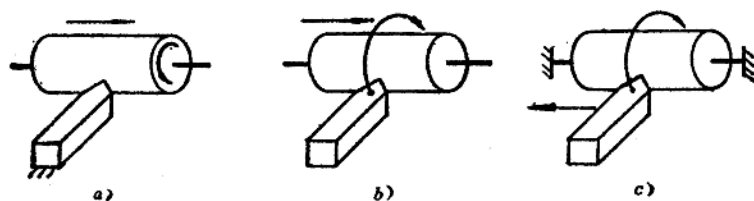


图1-3 外圆柱面的车削加工方式

为了得到一定导程的螺纹,在工件旋转一转的时间内,刀具纵向移动的距离必须准确地等于所需的导程。在类似情况下,必须根据被加工表面的形状,准确地调整有关运动的速比关系。

根据切削过程中所起的作用不同,表面成形运动又可分为主运动和进给运动。主运动是直接切除工件上的被切削层,使之转变为切屑的主要运动;进给运动是不断地把被削层投入切削,以逐渐切出整个工件表面的运动。在图 1-2 中,主运动以 v 表示,进给运动以 s 表示。任何一种机床,必定有,且通常只有一个主运动,但进给运动可能有一个或几个,也可能没有。

二、辅助运动

机床上除表面成形运动外的所有运动,都是辅助运动,其功用是实现机床加工过程中所必需的各种辅助动作。辅助运动的种类很多,它包括:保证获得一定加工尺寸所需的切刀运动^①(例如图 1-1 中的运动Ⅳ),为反复进行切削加工创造条件的快速引进和退回运动(例如图 1-1 中的运动Ⅱ、Ⅲ、Ⅵ、Ⅶ),使刀具与工件具有正确相对位置的调位运动(例如摇臂钻床上移动钻头对准被加工孔中心),多位工作台和多位刀架周期换位以及逐一加工许多相同的局部表面时工件周期换位所需的分度运动(例如在万能升降台铣床上用分度头加工齿轮时工件周期地转过一定角度),等等。此外,机床的起动、停止、变速、变向以及部件和工件的夹紧、松开等操纵控制运动,也都属于辅助运动。

§ 1-2 机床的传动形式

为了实现加工过程中所需的各种运动,机床必须具备以下三个基本部分:

1) 执行件——执行机床运动的部件,如主轴、刀架、工作台等,其任务是安装刀具或工件,并直接带动其完成一定形式的运动和保持准确的运动轨迹。

2) 动源——提供动力和运动的装置,是执行件的运动来源。现代机床通常都采用三相异步电动机作动源。只有某些小型机床的进给运动以及普通机床的辅助运动是手动的。

3) 传动装置——传递运动和动力的装置,通过它把动源的运动和动力传给执行件。在多数情况下,传动装置同时还需完成变速、变向、改变运动形式等任务,使执行件获得所需的运动形式、运动速度和运动方向。

机床的传动装置,按其所采用的传动介质不同,可分为机械传动、液压传动、电气传动和气压传动等。

机械传动应用齿轮、皮带、离合器、齿条和丝杠螺母等机械元件传递运动和动力。这种传动形式工作可靠、维修方便,目前机床上应用最广。

液压传动应用油液作介质,通过液压元件来传递运动和动力。这种传动形式结构简单、传动平稳、容易实现自动化,在机床上应用日益广泛。

电气传动应用电能通过电气装置传递运动和动力。这种传动形式的电气系统比较复杂,成本较高,主要用于大型和重型机床,如龙门刨床、重型镗床等。

气压传动应用空气作介质,通过气动元件传递运动和动力。这种传动形式的主要特点是动作迅速,易于实现自动化,但运动不易稳定,驱动力较小,主要用于机床的某些辅助运动(如夹紧工件等)以及小型机床的进给运动传动中。

根据机床的工作特点不同,往往采用以上几种传动形式的组合,如主运动采用机械传动,

^① 切刀运动虽然并不参加表面形成过程,但有时却参加切削过程,因此也可将其算作进给运动。

进给运动采用液压传动；或者主运动采用电气传动，进给运动采用机械传动或液压传动等。此外，一台机床的某个运动，有时也可采用以上几种传动形式的组合，如液压—机械、电气—机械、气压—液压等。

为了适应工件和刀具的材料、尺寸的变化，以及满足不同加工工序的要求，通用机床和专门化机床的主运动和进给运动速度，需在一定范围内变化。根据速度调节变化的特点不同，机床的传动可分为无级变速传动和有级变速传动两种。无级变速传动的速度变换是连续的，即在一定范围内可以调节到需要的任意速度。有级变速传动的速度变换是不连续的，即在一定范围内只能调节到有限的几种速度。

机床采用无级变速传动，可以在一定范围内获得最有利的切削用量，对提高生产率和适应加工工艺的要求都有重要意义。但由于可靠性、传动效率、使用寿命、制造成本以及其他一些原因，目前除用于某些精密机床和重型机床外，在绝大多数机床上，仍以采用机械有级变速传动为主，因其具有结构紧凑、工作可靠、效率高和变速范围大等优点。

在采用有级变速传动的情况下，机床的运动速度数列，如主轴转速数列、进给量数列等，一般都是按等比数列的规律排列，只有少数机床，如普通车床、牛头刨床、插床等的进给量，是按等差数列的规律排列的。

按等比数列排列的主轴转速数列，其各级转速之间的关系如下：

$$\begin{aligned} n_1 \\ n_2 &= n_1 \varphi \\ n_3 &= n_2 \varphi = n_1 \varphi^2 \\ &\dots\dots\dots \\ n_z &= n_{z-1} \varphi = n_1 \varphi^{z-1} \end{aligned}$$

式中 n_1 、 n_z ——分别为主轴的最低和最高转速；

z ——主轴的转速级数；

φ ——等比数列的公比。

主轴最高转速与最低转速的比值，称为主轴转速的变速范围。用 R_n 表示，即

$$R_n = \frac{n_z}{n_1} = \varphi^{z-1}$$

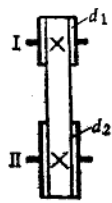
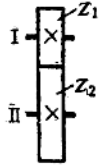
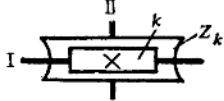
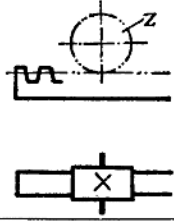
§ 1-3 传动副的传动比与运动速度的计算

机床机械传动中常用的传动副有皮带、齿轮、蜗杆蜗轮、齿轮齿条和丝杠螺母等。其中皮带、齿轮和蜗杆蜗轮传动用于传递旋转运动和实现工作机构的变速与变向，齿轮齿条和丝杠螺母传动通常用于把旋转运动变换为直线运动。表 1-1 列出了上述几种传动副的传动比及其运动速度计算式。

需要指出，在机床运动计算中所定义的传动比只是指两传动件之间的转速（或转数）比值，而不涉及它们的驱动关系，亦即与哪一个传动件为主动或被动无关。表 1-1 中列出的 u_{I-I} 和 u_{I-1} ，只是为了便于计算而采用的两种不同的传动比表达形式。例如对齿轮传动，若已知轴 I 的转速 n_1 而需计算轴 II 的转速 n_2 时，可采用传动比表达式 u_{I-1} ，即

$$n_2 = n_1 u_{I-1} = n_1 \frac{Z_1}{Z_2}$$

表1-1 常用传动副的传动比及其运动计算式

传动副名称	简 图	传 动 比	运 动 速 度 计 算 式
皮带传动		$u_{I-II} = \frac{d_1}{d_2} = \frac{n_{II}}{n_I}$ $u_{I-I} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{n_I}{n_{II}}$	$n_{II} = n_I u_{I-II} = n_I \frac{d_1}{d_2}$ $n_I = n_{II} u_{I-I} = n_{II} \frac{d_2}{d_1}$
齿轮传动		$u_{I-II} = \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{n_{II}}{n_I}$ $u_{I-I} = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{n_I}{n_{II}}$	$n_{II} = n_I u_{I-II} = n_I \frac{Z_1}{Z_2}$ $n_I = n_{II} u_{I-I} = n_{II} \frac{Z_2}{Z_1}$
蜗杆蜗轮传动		$u_{I-II} = \frac{k}{Z_k} = \frac{n_{II}}{n_I}$ $u_{I-I} = \frac{Z_k}{k} = \frac{n_I}{n_{II}}$	$n_{II} = n_I u_{I-II} = n_I \frac{k}{Z_k}$ $n_I = n_{II} u_{I-I} = n_{II} \frac{Z_k}{k}$
齿轮齿条传动			$s = n \pi m Z$
丝杠螺母传动			$s = n T$

注：表中符号说明：

n_I 、 n_{II} 、 n 为相应传动轴与传动件的转速或转数； d_1 、 d_2 为皮带轮直径； Z_1 、 Z_2 、 Z_k 为齿轮、蜗轮的齿数； k 为蜗杆头数； m 为齿轮和齿条的模数； T 为丝杠螺母的导程； s 为齿轮（或齿条）、螺母（或丝杠）的直线运动速度或位移量。

反之，若已知轴 II 的转速 n_{II} 而需计算轴 I 的转速 n_I 时，则可采用传动比表达式 u_{I-II} ，即

$$n_I = n_{II} u_{I-II} = n_{II} \frac{Z_2}{Z_1}$$

对于由一系列顺序排列的传动副组合而成的传动系统，同样可按上述方法进行运动计算。例如，图 1-4 a 所示的传动系统，轴 I 和轴 V 间的传动比为：

$$u_{I-V} = \frac{n_V}{n_I} = \frac{d_1}{d_2} \cdot \frac{Z_1}{Z_2} \cdot \frac{Z_3}{Z_4} \cdot \frac{k}{Z_k}$$

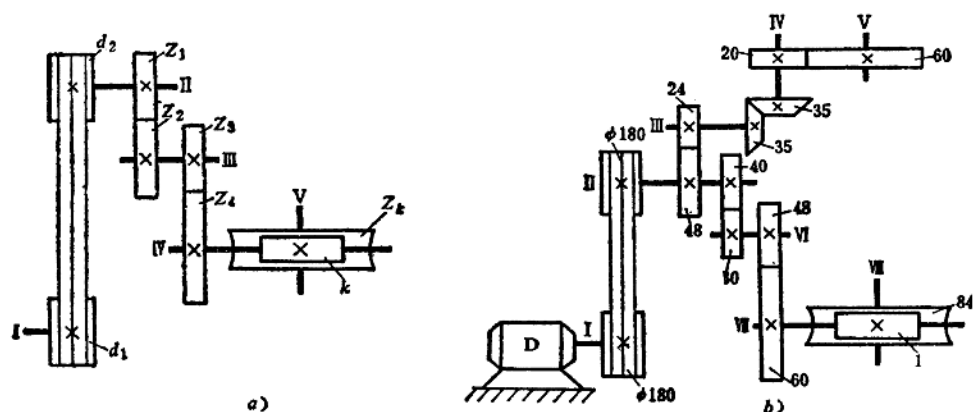


图1-4 机械传动系统

或

$$u_{V-I} = \frac{n_I}{n_V} = \frac{Z_k}{k} \frac{Z_4}{Z_3} \frac{Z_2}{Z_1} \frac{d_2}{d_1}$$

若已知轴 I 的转速为 n_I ，则轴 V 的转速 n_V 可按下式计算：

$$n_V = n_I u_{I-V} = n_I \frac{d_1}{d_2} \frac{Z_1}{Z_2} \frac{Z_3}{Z_4} \frac{k}{Z_k}$$

若已知轴 V 的转速 n_V ，轴 I 的转速 n_I 可按下式计算：

$$n_I = n_V u_{V-I} = n_V \frac{Z_k}{k} \frac{Z_4}{Z_3} \frac{Z_2}{Z_1} \frac{d_2}{d_1}$$

又如图 1-4 b 所示传动系统，轴 V 和轴Ⅷ都由电动机 D 驱动旋转，如果需要计算 轴 V 转 1 转时轴Ⅷ的转数 $n_{\text{Ⅷ}}$ ，可直接按下式计算：

$$n_{\text{Ⅷ}} = n_V u_{V-\text{Ⅷ}} = 1 \times \frac{60}{20} \times \frac{35}{35} \times \frac{24}{48} \times \frac{40}{30} \times \frac{48}{60} \times \frac{1}{84} = \frac{2}{105} \text{ 转}$$

§ 1-4 离 合 器

离合器用来使同轴线的两轴或轴与轴上的空套传动件（如齿轮、皮带轮等）随时接合和脱开，以实现机床运动的起动、停止、变速、变向等。

离合器的种类很多，按其结构和用途不同，可分为啮合式离合器、摩擦式离合器、超越离合器和安全离合器等。

一、啮合式离合器

啮合式离合器利用两个零件上相互啮合的齿爪传递运动和扭矩。根据结构形状不同，又有牙嵌式和齿轮式两种。

牙嵌式离合器由端面带齿爪的两个零件组成。如图 1-5 a、b 所示，用导键（或花键）3 与轴 4 连接的半离合器 2（或简单地称为离合器）和空套在同一轴上的齿轮 1 的端面上都有齿爪，用操纵机构轴向移动离合器 2，使它的齿爪与齿轮 1 上的齿爪啮合或脱开，便可将齿轮 1 与轴 4 连接而一起旋转，或者断开运动联系，使齿轮在轴上空转。

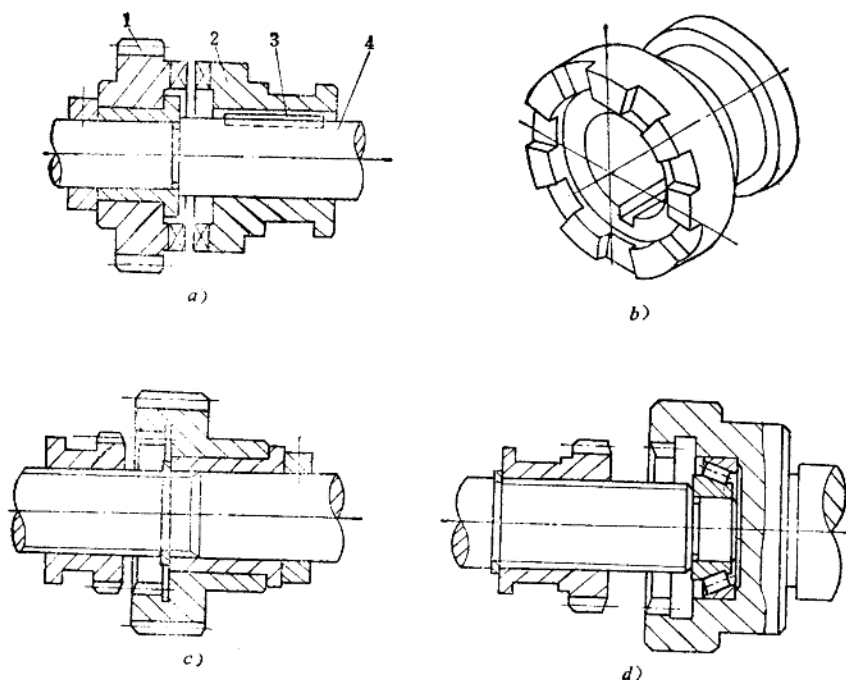


图1-5 啮合式离合器

齿轮式离合器由具有普通圆柱齿轮形状的两个零件组成，其中的一个为外齿轮，另一个为内齿轮（图 1-5 c、d），两者的齿数和模数完全相同。当它们相互啮合时，便可将空套齿轮与轴（图 1-5 c）或同轴线的两轴（图 1-5 d）连接而一起旋转。当它们相互脱开时，运动联系便断开。

啮合式离合器结构简单、紧凑，接合后不会产生相对滑动，传动比准确，但运转中接合会发生冲击，一般只能在低速或停转时进行接合，操作不甚方便。因此，这种离合器常用在要求保持严格运动关系或速度较低的传动中。

二、摩擦式离合器

摩擦式离合器利用相互压紧的两个零件接触面间产生的摩擦力传递运动和扭矩，其结构型式很多，机床上应用最广的是多片摩擦离合器。

图 1-6 为机械式多片摩擦离合器的一种结构。它由形状不同的两组摩擦片组成。一组是内摩擦片 5，其内孔为花键孔，与轴 1 上的花键相连接；另一组是外摩擦片 4，其内孔是光滑圆孔，空套在轴 1 的花键外圆上，而其外圆上有四个凸齿，卡在空套齿轮 2 右端套筒部分的缺口内。内外摩擦片相间安装，在未被压紧时，它们互不联系。当用操纵机构将滑套 9 向左移动，依靠其左端面把钢球 8 径向压入固定套 10 与加压套 7 的端面之间时，钢球因受固定套左端锥面的作用而向左推压加压套 7，带动螺母 6 把内外摩擦片压紧，通过摩擦片间的摩擦力，将扭矩由轴 1 传给空套齿轮 2，或者相反地由齿轮传给轴，运动被接通。按下弹簧销 11，然后转动螺母 6，使其相对加压套 7 作小量轴向位移，可改变摩擦片间的压紧力，从而调整了离合器所能传递的扭矩大小。

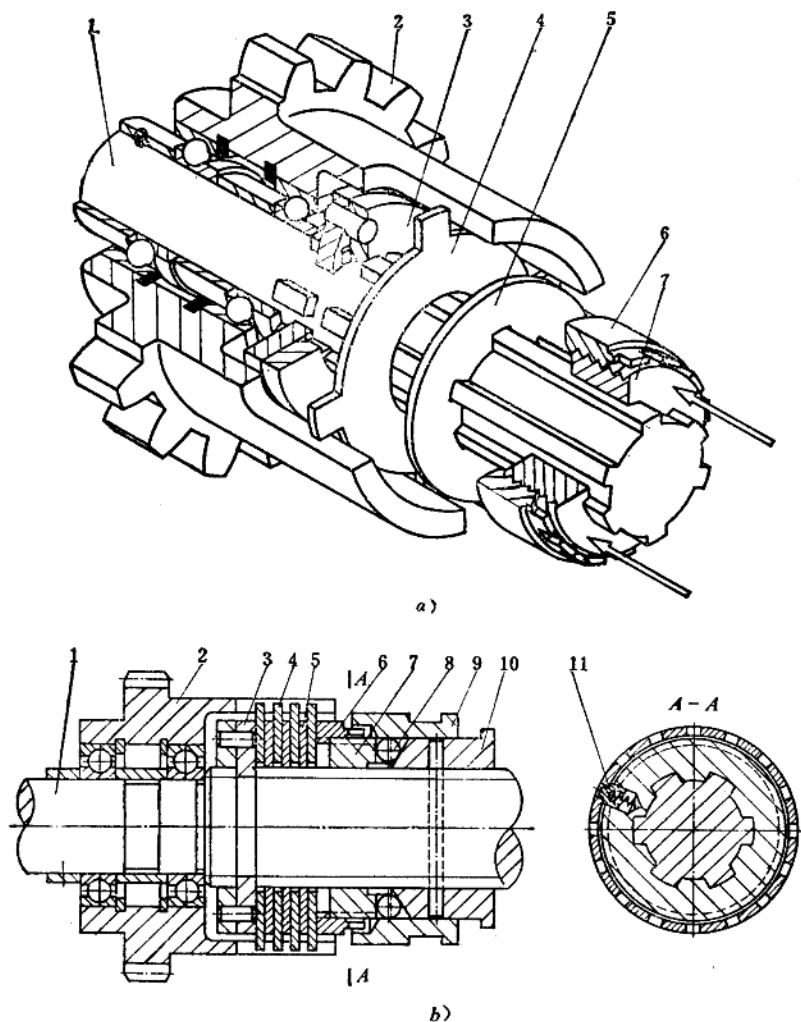


图1-6 机械式多片摩擦离合器

卡在轴1环槽中的垫片3用于承受向左的压紧力，并通过它将此力传至轴1上，与加压套7通过钢球8和固定套10作用于轴上的向右反作用力相互平衡，使轴承免受压紧力的作用。另外，离合器接合后，由于滑套9以其内孔的圆柱部分压住钢球8（如图1-6b中所示情况），它们之间的作用力方向与滑套的运动方向垂直，即处于自锁状态，因而毋需在滑套上继续保持操纵力。

上述的多片摩擦离合器，一般由人力通过机械操纵机构产生的压紧力控制摩擦片压紧。在现代机床上还采用由电磁力、液压力直接压紧摩擦片的摩擦离合器，即一般所称的电磁离合器与液压离合器。

图1-7为目前应用较多的一种电磁离合器。内摩擦片7以花键孔与传动轴14连接，外摩