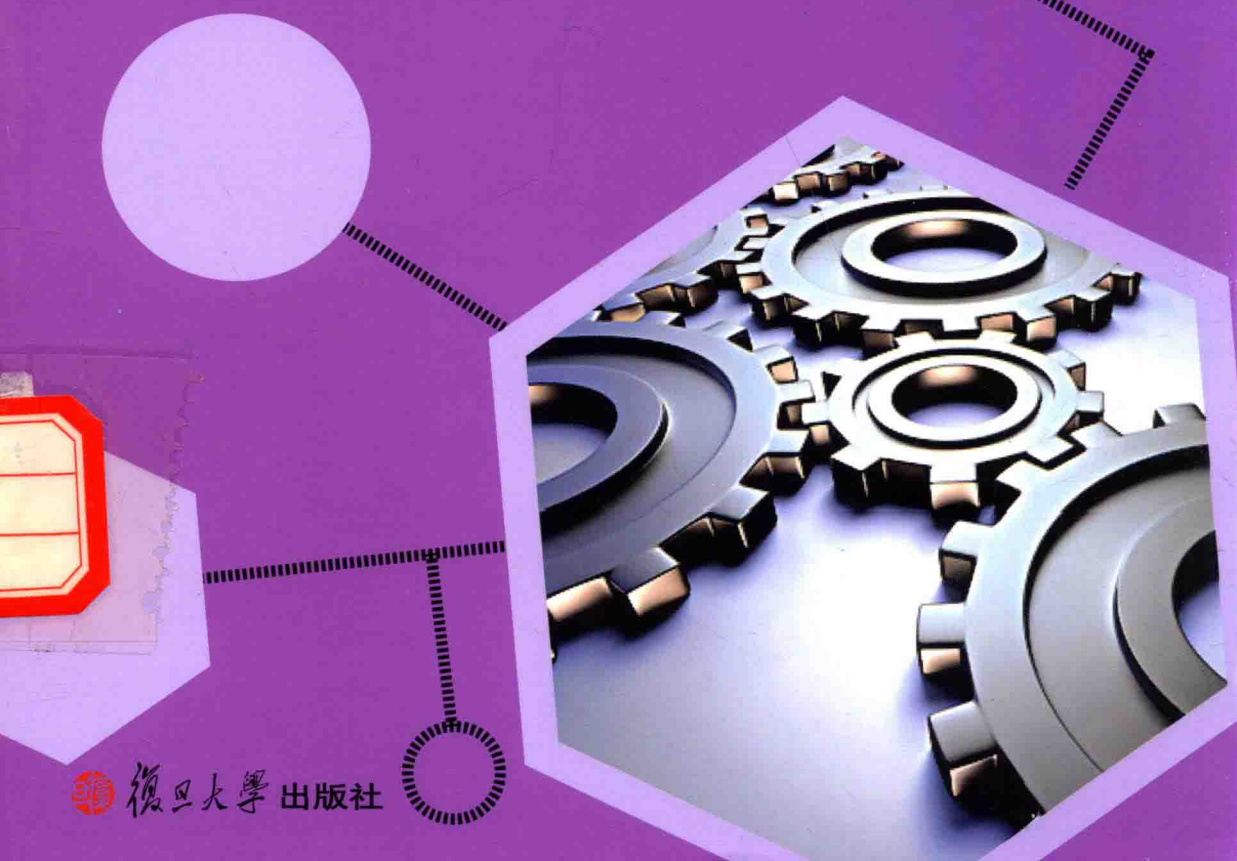




复旦卓越 · 普通高等教育21世纪规划教材 · 机械类

机械加工 设备

沈志雄 徐福林 主编



复旦大学出版社

复旦卓越 普通高等教育 21 世纪规划教材 机械类

机械加工设备

主 编 沈志雄 徐福林
副主编 周立波 张梦梦
主 审 刘素华

复旦大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

机械加工设备/沈志雄,徐福林主编. —上海:复旦大学出版社,2015.7

(复旦卓越·普通高等教育21世纪规划教材·机械类)

ISBN 978-7-309-11479-9

I. 机… II. ①沈…②徐… III. ①金属切削-高等职业教育-教材②金融切削-机械设备-高等职业教育-教材 IV. ①TG506②TG502

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第106601号

机械加工设备

沈志雄 徐福林 主编

责任编辑/张志军

复旦大学出版社有限公司出版发行

上海市国权路579号 邮编:200433

网址:fupnet@fudanpress.com <http://www.fudanpress.com>

门市零售:86-21-65642857 团体订购:86-21-65118853

外埠邮购:86-21-65109143

江苏省句容市排印厂

开本 787×960 1/16 印张 13.75 字数 241 千

2015年7月第1版第1次印刷

ISBN 978-7-309-11479-9/T·534

定价:27.00元

如有印装质量问题,请向复旦大学出版社有限公司发行部调换。

版权所有 侵权必究

内 容 提 要

本教材的主要内容分为普通金属切削机床和数控机床两部分。普通金属切削机床部分的内容有概述、车床、磨床、齿轮加工机床、其他类型机床；数控机床部分内容有数控机床概述、数控机床的数控系统与驱动系统、数控机床的机械结构、典型数控机床。

本书为本科及高职院校机械制造工艺与设备专业的课程教材，也可供职工大学、业余大学有关专业使用，供企业、研究单位从事机械制造的技术人员参考。

前 言

任何庞大和复杂的机器都是由各种零件组成,精度和表面质量要求较高的零件,一般都需要经过切削加工制造。金属切削机床以及后来发展的数控机床就是用切削方法将金属毛坯加工成机器零件的一种机器,是制造机器的机器,故有“工作母机”或“工具机”之称,习惯上简称为机床。

随着科学技术的不断发展,精密铸造、精密锻造、冷挤(冷轧)技术、电加工以及近年来发展的 3D 制造技术等,可以部分地取代切削加工。但由于切削加工具有加工精度高、生产效率高以及加工成本低等优点,故大多数零件还必须通过切削加工来实现。尤其是要获得高精度的金属零件,主要还是经过切削加工完成。所以目前金属切削机床仍是机械制造工厂的主要设备,它所承担的工作量约占机器制造总工作量的 40%~60%。

本教材的主要内容分为普通金属切削机床和数控机床两部分。

普通金属切削机床部分的内容主要有金属切削机床的分类、机床的运动及传动装置、机床的传动系统的调整计算,车床、磨床、齿轮加工机床及其他类型机床的加工方法、工艺范围、主要技术规格、传动系统及主要部件的机械结构。

数控机床部分的主要内容有数控机床的工作原理、组成、分类及主要性能指标,数控机床的数控系统与驱动系统、数控机床的机械结构、典型数控机床等。

通过本课程的学习应达到下面基本要求:

1. 了解常用金属切削机床包括数控机床的技术性能,能根据零件加工要



求和加工条件正确选择机床；

2. 掌握常用金属切削机床和数控机床的传动原理、典型结构方面的知识，具有对一般机床进行传动和结构分析及调整计算的能力。

本书第1~4章由上海工程技术大学沈志雄编写，5~6章由上海工程技术大学张梦梦编写，第7~8章由上海工程技术大学徐福林编写，第9~10章由上海工程技术大学周立波编写。

全书由沈志雄负责统稿，由上海工程技术大学刘素华负责审稿。

由于编者水平有限，错误和不足之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

2015.5

目 录

第 1 章 概述	1	传动系统	54
1.1 机械制造过程及方法	1	3.3 X6132 万能升降台铣床的主	
1.2 金属切削机床分类	3	要部件结构	57
1.3 机床的运动及传动		3.4 其他常用铣床简介	72
装置	6	复习思考题	75
1.4 机床的传动系统及调整			
计算	15	第 4 章 磨床	77
复习思考题	18	4.1 磨削加工方法	77
第 2 章 车床	21	4.2 M1432B 万能外圆磨床	80
2.1 车削加工方法及卧式车床		4.3 内圆磨床与平面磨床	87
的组成	21	复习思考题	90
2.2 CA6140A 卧式车床的传动		第 5 章 齿轮加工机床	92
系统	24	5.1 概述	92
2.3 CA6140A 卧式车床的主要部		5.2 滚齿机	94
件结构	32	5.3 插齿机	103
2.4 其他车床简介	44	复习思考题	106
复习思考题	48		
第 3 章 铣床	50	第 6 章 其他加工机床	107
3.1 铣削加工方法及特点	50	6.1 钻床	107
3.2 X6132 万能升降台铣床的		6.2 镗床	111
		6.3 刨床	116



6.4 拉床	119	第9章 数控机床的机械结构 ...	153
6.5 锯床	122	9.1 数控机床的主传动系统及 主轴部件	153
复习思考题	126	9.2 数控机床进给系统的机械 元件	160
第7章 数控机床概述	127	9.3 数控机床的导轨	169
7.1 数控机床的工作原理 和组成	127	9.4 数控机床的自动换刀 装置	176
7.2 数控机床的分类	128	复习思考题	181
7.3 数控机床的特点和 应用	130	第10章 典型数控机床	182
7.4 数控机床的主要性能 指标	132	10.1 CKA6136i数控车床 ...	182
复习思考题	134	10.2 XH714立式加工中心 ...	194
第8章 数控机床的数控系统与驱动 系统	135	附录	205
8.1 数控机床的数控系统 ...	135	常用机床组、系代号及主 参数	207
8.2 伺服驱动装置	139	参考文献	212
8.3 数控机床的检测元件 ...	144		
复习思考题	151		

第①章

【 机 械 加 工 设 备 】

概 述

1.1 机械制造过程及方法

1.1.1 生产过程与工艺过程

生产过程是指将原材料或半成品转变到成品的所有劳动过程。这种成品可以是一台机器、一个部件,或某一种零件。产品的生产过程包括:

- (1) 原材料(半成品、元器件、标准件、工具、工装、设备)的购置、运输、检验及保管;
- (2) 生产准备工作,如编制工艺文件,专用工装的设计与制造等;
- (3) 毛坯制造;
- (4) 零件的机械加工及热处理;
- (5) 产品装配与调试,性能试验以及产品的包装、发运等工作。

在生产过程中,凡是直接改变生产对象的尺寸、形状、性能(包括物理性能、化学性能、机械性能等)以及相对位置关系的过程,统称为工艺过程。

工艺过程又可分为铸造、锻造、冲压、焊接、机械加工、装配等过程。用机械加工的方法直接改变毛坯形状、尺寸和机械性能等,使之变为合格零件的过程,称为机械加工工艺过程,又称工艺路线或工艺流程。

1.1.2 机械加工方法

凡是要获得符合零件图纸要求的尺寸精度、形状和相互位置精度、表面质量等技术要求的零件,一般都要用机械加工的方法。机械加工方法是指利用刀具和





工件的相对运动,从工件上切除多余的材料,获得符合尺寸精度、形状和位置精度以及表面质量要求的零件的加工方法,也常称为金属切削加工。

机械加工中,工件表面的形成是由工件与刀具之间的相对运动和刀具切削刃的形状共同实现的。从工件表面的成形原理划分,加工方法有轨迹法、成形法、相切法、展成法等4类。如图1-1所示。

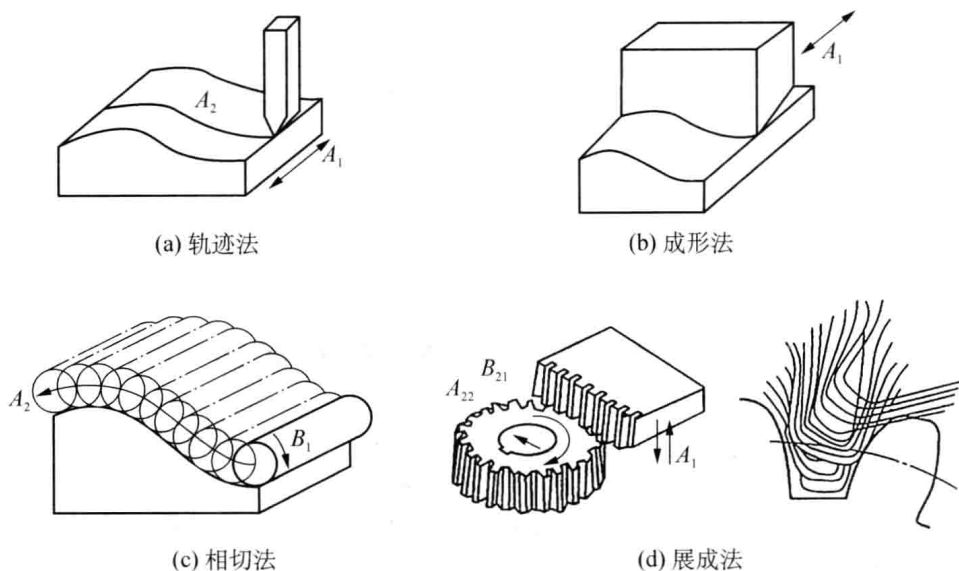


图1-1 常见工件表面的成形方法

(1) 轨迹法 如图1-1(a)所示,刀具切削刃与工件表面之间为点接触,通过刀具与工件之间的相对运动,由刀具刀尖的运动轨迹来实现表面的成形。

(2) 成形法 如图1-1(b)所示,刀具切削刃与工件表面之间为线接触,切削刃的形状与形成工件表面的一条发生线完全相同,另一条发生线由刀具与工件的相对运动来实现。

(3) 相切法 如图1-1(c)所示,刀具边旋转边做轨迹运动,加工工件的方法。

(4) 展成法(范成法) 如图1-1(d)所示,加工各种齿形表面时,刀具的切削刃与工件表面之间为线接触,刀具与工件之间做展成运动(或称啮合运动),齿形表面的母线是切削刃各瞬时位置的包络线。

机械加工的方法很多,主要有车削、铣削、钻削、镗削、刨削、磨削、齿轮加工和数控加工等,各种加工方法的加工(工艺)范围不同,见表1-1。

表 1-1 各种加工方法的加工(工艺)范围

方法	车削	铣削	刨削	钻削	镗削	磨削	齿轮加工	数控加工
加工形状	回转面	平面	狭长平面	内回转面	较大内回转面	各种表面精加工	渐开线齿形	加工形状复杂精度高的表面
工程用语	轴类零件	平面	狭长平面	孔	大直径孔	零件的精加工	渐开线轮齿	加工形状复杂精度高的表面
机床	车床	铣床	刨床	钻床	镗床	磨床	齿轮加工机床	数控机床
刀具	车刀	铣刀	刨刀	钻头	镗刀	砂轮	齿轮加工刀具	数控刀具

1.2 金属切削机床分类

1.2.1 机床的分类

(1) 按机床加工性质与所用刀具分类 根据我国制定的机床型号编制方法(GB/T15375-94),目前将机床共分为 11 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、锯床及其他机床。机床所用的刀具不同(如车刀、刨刀、铣刀、钻头及砂轮等),所能加工的零件,尤其是所形成的表面形状就各不相同,机床的结构也就不同。

(2) 按机床在使用中的通用程度分类 机床按其通用程度(应用范围)可分为通用机床、专门化机床和专用机床。通用机床的加工范围较广,通用性较强,可用于加工多种零件的不同工序,如卧式车床、万能外圆磨床、摇臂钻床等。通用机床主要适用于单件及小批量生产。专门化机床的工艺范围较窄,专门用于加工某一类或几类零件的某一道或几道特定工序,如曲轴磨床、凸轮轴车床、花键轴铣床等。专门化机床适用于成批生产。专用机床的工艺范围最窄,只能用于加工某一种零件的某一道特定工序,如加工机床主轴箱的专用镗床、加工车床导轨的专用磨床以及在汽车、拖拉机制造业中大量使用的各种组合机床等。专用机床适用于大批、大量生产。

(3) 按机床工作精度分类 同类型机床按工作精度的不同可分为普通精度机床、精密机床和高精度机床。



(4) 按机床的重量分类 机床按重量不同可分为仪表机床、中型机床(一般机床)、大型机床(重量达到 10 t)、重型机床(重量达到 30 t 以上)和超重型机床(重量达到 100 t 以上)。

此外,机床还可按照主要工作部件的多少分为单轴、多轴,或单刀、多刀机床;按照机床布局方式不同,可分为卧式、立式、台式、单臂、单柱、双柱、马鞍机床;按照自动化程度不同,可分为手动、机动、半自动和自动机床;按照机床的自动控制方式,可分为仿形机床、数字控制机床(简称数控机床)。随着机床工业的不断发展,其分类方法也将不断修订和补充。

1.2.2 机床的技术参数与尺寸系列

机床的技术参数是表示机床尺寸大小及其工作能力的各种技术数据,一般包括以下几方面:

(1) 主参数和第二主参数 主参数是机床最主要的一个技术参数,它直接反映机床的加工能力,并影响机床其他参数和基本结构。通用机床和专门化机床主参数通常以机床的最大加工尺寸(最大工件尺寸或最大加工面尺寸),或与此有关的机床部件尺寸来表示。例如,卧式车床为床身上最大工件回转直径,摇臂钻床为最大钻孔直径,升降台铣床为工作台面宽度等。有些机床,为了更完整地表示出它的工作能力和加工范围,还规定有第二主参数。例如,卧式车床的第二主参数为最大工件长度,摇臂钻床为主轴轴线至立柱母线之间的最大跨距等。常用机床的主参数和第二主参数见附录 I 表 4。

(2) 主要工作部件的结构尺寸 这是一些与工件尺寸大小以及工、夹、量具标准化有关的参数。例如,主轴前端锥孔尺寸、工作台工作面尺寸等。

(3) 主要工作部件移动行程范围 例如,卧式车床刀架纵向、横向移动最大行程,尾座套筒最大行程等。

(4) 主运动、进给运动的速度和变速级数,快速空行程运动速度等。

(5) 主电动机、进给电动机和各种辅助电动机的功率。

(6) 机床的轮廓尺寸(长×宽×高)和重量。

机床的技术参数是用户选择和使用机床的重要技术资料,在每台机床的说明书中均详细列出。

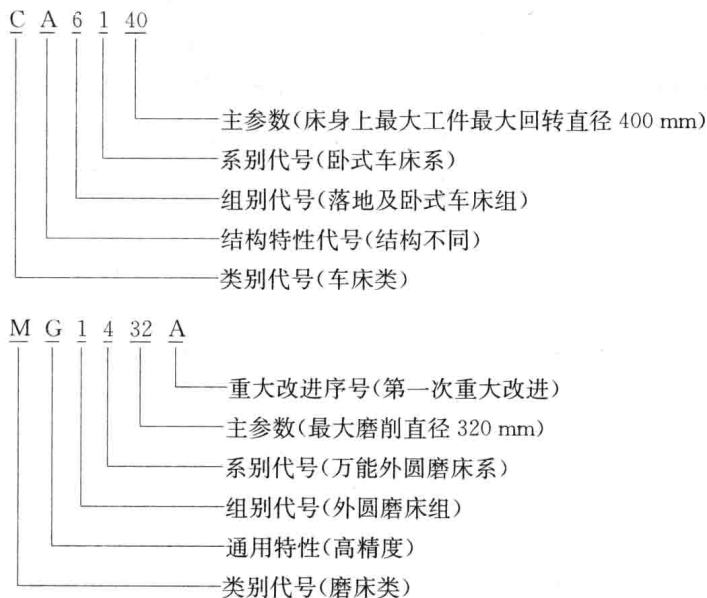
在机械制造业的不同生产部门中,需在同一类型机床上加工的工件及其尺寸相差悬殊。为了充分发挥机床的效能,每一类型机床应有大小不同的几种规格,以便不同尺寸范围的工件可以对应地选用相应规格的机床进行加工。

机床的规格大小,常用主参数表示。某一类型不同规格机床的主参数数列,便是该类型机床的尺寸系列。为了既能有效地满足国民经济各部门使用机床的

需要,又便于机床制造厂组织生产,某一类型机床尺寸系列中不同规格应作合理分布。通常是按等比数列的规律排列。例如,中型卧式车床的尺寸系列为 250、320、400、500、630、800、1 000、1 250(mm),即不同规格卧式车床的主参数为公比等于 1.25 的等比数列。

1.2.3 机床的型号

机床型号是机床产品的代号,用以简明地表示机床的类型、主要技术参数、性能和结构特点等。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,CA6140 表示床身上工件最大回转直径 400 mm 的卧式车床;MG1432A 表示最大磨削直径 320 mm,经过第一次重大改进的高精度万能外圆磨床。上述型号中字母及数字的涵义如下:



我国机床型号编制方法自 1957 年第一次颁布以来,随着机床工业的发展,曾多次修订和补充,现行的编制方法(GB/T15375 - 94《金属切削机床型号编制方法》)是 1994 年颁布的。常用机床组、系代号及主参数见附录。目前工厂中使用的机床,有相当一部分其型号是按照前几次颁布的机床型号编制方法编制的,这些型号的涵义可查阅 1957、1959、1963、1971 和 1976 年历次颁布的机床型号编制方法。

1.3 机床的运动及传动装置

1.3.1 机床的运动

机械零件的形状多种多样,但其内、外形轮廓总由平面、圆柱面、圆锥面、球面、螺旋面以及各种成形面组成。机床上加工零件,其实质就是借助一定形状的切削刃以及切削刃与被加工表面之间一定规律的相对运动,得到所需形状的表面。

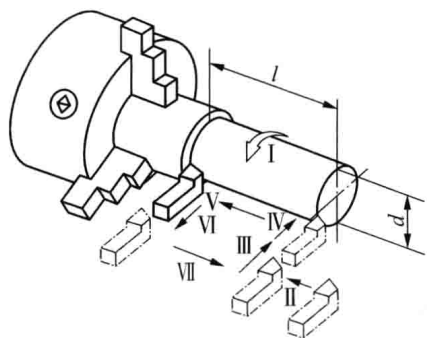


图 1-2 车削圆柱表面所需运动

如图 1-2 所示,车床车削圆柱表面,把工件安装于三爪自定心卡盘并起动,首先通过手动将车刀在纵、横向(运动 II 和运动 III)靠近工件;然后根据所要求的加工直径 d ,将车刀横向切入一定深度(运动 IV);接着通过工件旋转(运动 I)和车刀的纵向直线运动(运动 V)车削出圆柱表面;当车刀纵向移动所需长度 l 时,横向退离工件(运动 VI)并纵向退回至起始位置(运动 VII),车削出所需圆柱表面。

机床在加工过程中需要多种运动,按其功用不同主要分为表面成形运动和辅助运动两类。

表面成形运动是保证得到工件要求的表面形状的运动。表面成形运动是机床上最基本的运动,是机床上的刀具和工件为了形成表面发生线而做的相对运动。图 1-2 中,工件的旋转运动 I 和车刀的纵向运动 V 是形成圆柱表面的成形运动。

表面成形运动又分主运动和进给运动,图 1-3 所示为几种常见的切削加工方法的主运动和进给运动。

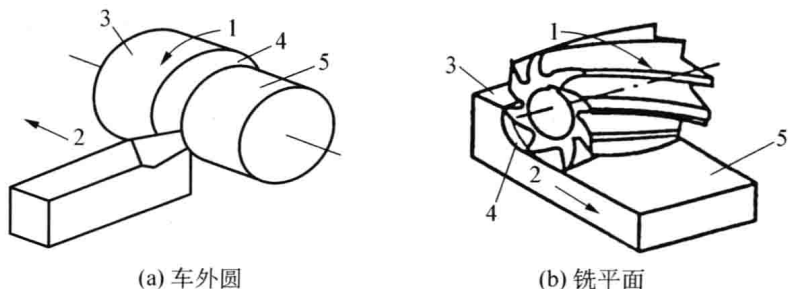


图 1-3

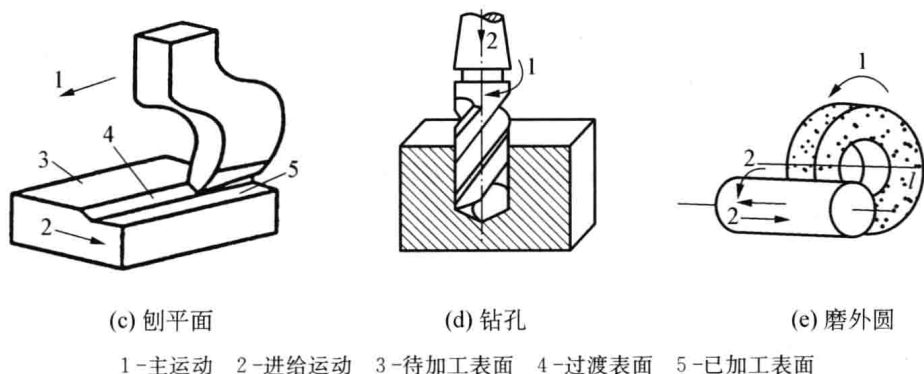


图 1-3 常见切削加工方法的切削运动

(1) 主运动 主运动是切除工件上的被切削层,使之转变为切屑的运动。它是成形运动中的主要运动。主运动的形式有主轴的旋转、刀架或工作台的直线往复运动等。例如,车床上工件的旋转运动,钻床、镗床、铣床及外圆磨床上刀具的旋转运动。

(2) 进给运动 进给运动是使工件切削层相继投入切削,从而加工出完整表面所需的运动,如车外圆时车刀的纵向移动、铣平面时工件的纵向移动、刨平面时工件的横向间歇移动等。

机床在加工过程中除完成成形运动外,还需完成一系列的辅助运动。如图 1-2 中,运动 II、III、IV、VI 及 VII 与表面成形过程没有直接关系,都属于辅助运动。辅助运动的作用是实现机床加工过程中所必须的各种辅助动作,为表面成形创造条件,主要有以下几种:

(1) 切入运动 刀具相对工件切入一定深度,以保证工件达到要求的尺寸。

(2) 分度运动 多工位工作台、刀架等周期转位或移位,以便依次加工工件上的各个表面,或依次使用不同刀具对工件进行顺序加工。

(3) 调位运动 加工开始前机床有关部位移位,以调整刀具和工件之间的相对位置。

(4) 其他各种空行程运动 如切削前后刀具或工件的快速趋近和退回运动,开车、停车、变速、变向等控制运动,装卸、夹紧、松开工件的运动等。

1.3.2 机床传动链

为了实现加工过程中所需的各种运动,机床必须具备 3 个基本部分:运动源、执行件和传动件。

(1) 运动源 为执行件提供运动和动力的装置,如交流异步电动机、直流或交



流调速电动机和伺服电动机等。

(2) 执行件 执行机床运动的部件,如主轴、刀架、工作台等,用来装夹刀具或工件,直接带动它们完成一定形式的运动,并保证其运动轨迹的准确性。

(3) 传动件 传递运动和动力的装置,它把执行件和运动源或有关的执行件之间联系起来,使执行件获得一定速度和方向的运动,并使有关执行件之间保持某种确定的相对运动。

机床在完成某种加工内容时,为了获得所需要的运动,需要一系列的传动件使运动源和执行件,或使执行件和执行件之间保持一定的传动联系。这种构成传动联系的一系列顺序排列的传动件,称为传动链。根据传动联系的性质,传动链分为外联系传动链和内联系传动链两类:

(1) 外联系传动链 外联系传动链是联系运动源和机床执行件之间的传动链,其任务只是把运动和动力传递到执行件上。它的传动比大小只影响加工速度或工件的表面粗糙度,而不影响工件表面形状的形成,所以,并不要求运动源和执行件之间有严格的传动比关系。例如,车削螺纹时,从电动机传到机床主轴的传动链就是外联系传动链,它只影响车削螺纹速度的快慢,而对螺纹表面的形成并无影响。

(2) 内联系传动链 内联系传动链用来连接有严格运动关系的两执行件,以保证运动的轨迹准确,从而获得准确的加工表面形状和较高的加工精度。例如车床的车螺纹传动链,其两端件为主轴及刀架,在加工中要求严格保证主轴每转一周,刀架纵向移动一个导程,以得到准确的螺纹表面形状及导程。

通常,机床有几种运动,就相应有几条传动链。例如,卧式机床需要有主运动、纵向机动进给运动、横向机动进给运动及车螺纹运动,相应就有主运动传动链、纵向进给传动链、横向进给传动链及车螺纹传动链等。

1.3.3 机床机械传动装置

机床常用的传动装置有机械、液压(气动)和电气传动装置,以及由这3种传动装置组合的复合传动装置。机床的机械传动装置通常由离合器和换置机构组成。换置机构又由变速机构、换向机构和变换运动形式的机构等组成。

1.3.3.1 离合器

离合器用来使安装在同轴线的两轴与空套其上的传动件(如齿轮、带轮等)保持结合或脱开,以传递或断开运动,从而实现机床运动的起动、停止、变速、变向等。离合器的种类较多,按其结构和用途可分为摩擦式离合器、啮合式离合器、超越离合器和安全离合器等。

(1) 摩擦式离合器 摩擦式离合器是利用相互压紧的两个零件之间的摩擦力来传递运动和转矩的。摩擦离合器可在运转中接合,接合过程平稳。当载荷过大

时,摩擦片的接触面可产生相对滑动,能保护其他机件不受损坏。但传动比不稳定,摩擦片在接合过程中的相对滑动会产生磨损和发热,且结构尺寸较大,一般只能装在转速较高的传动轴上。常用于不需要保持严格的运动关系,而要求在高速运转中接通和断开的传动装置中。

摩擦离合器的结构形式较多,机床上应用较多的是多片式摩擦离合器。多片式摩擦离合器按压紧的力源又可分为机械多片式摩擦离合器、液压离合器和电磁离合器3种。

图1-4所示为机械多片式摩擦离合器的一种。它由空套齿轮2、外摩擦片4、内摩擦片5和加压套7等零件组成。外摩擦片4的内孔空套在轴1上,分布于圆周的4个齿爪嵌入空套齿轮的缺口中;内摩擦片5装入空套齿轮2右端套中,其内

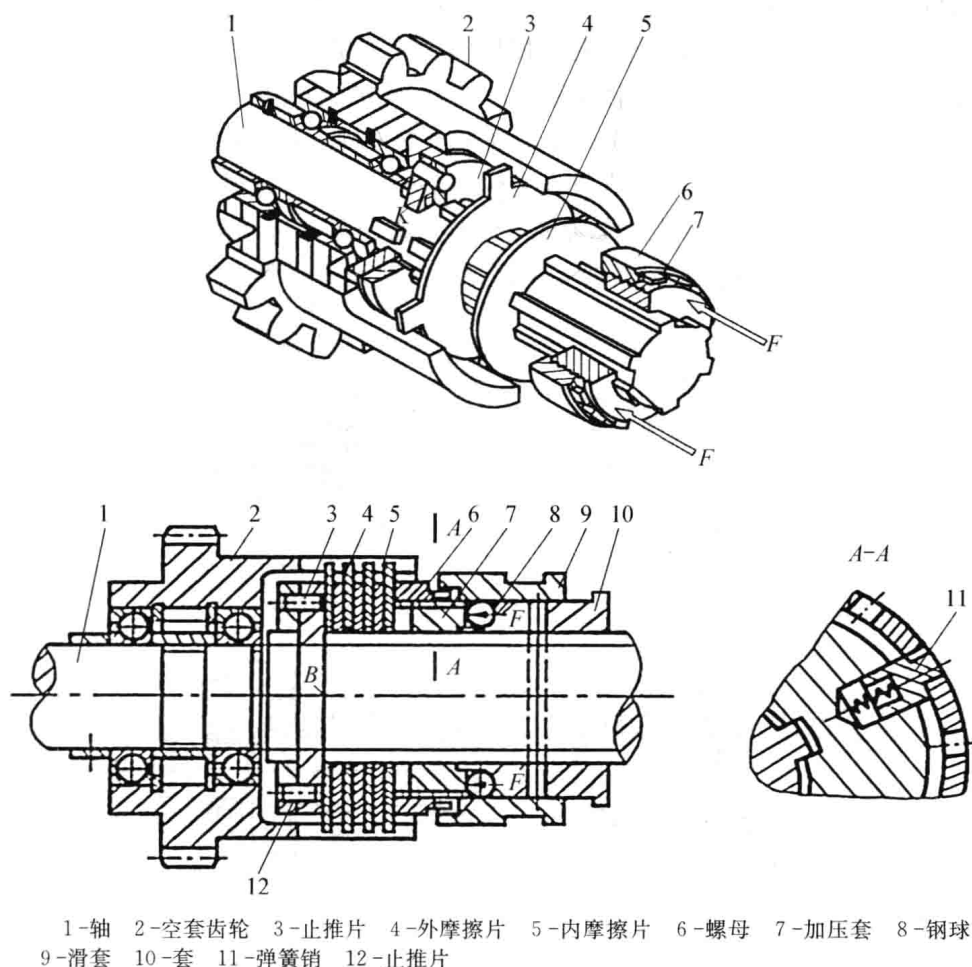


图1-4 机械多片式摩擦离合器