

机械制造 工程学

赵福生 廉 峰 主编
王文堂 孙 明 主审



哈尔滨工程大学出版社

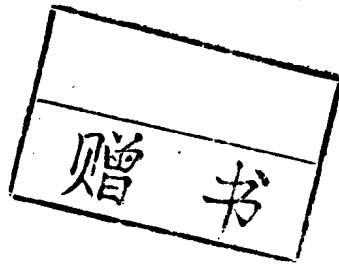
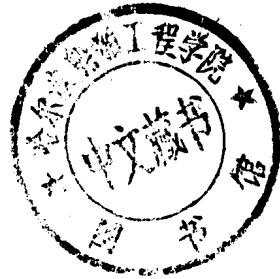
TH16

425420

Z32

机械制造工程学

赵福生 廉峰 主编
王文堂 孙明 主审



00425420

哈尔滨工程大学出版社

(黑)新登字第9号

内 容 简 介

本书的主要内容有:金属切削机床与金属切削的基本知识、机械零件材料与毛坯的选择、典型表面的加工方法、机械加工工艺规程的制订、机床夹具设计、结构工艺性、机器装配工艺基础、精密加工与特种加工等。本书注重基本概念的建立和基本原理的具体应用,加强装配工艺和结构工艺性的基础知识,并反映国内外机械制造的发展动向。

本书是高等工科院校机械设计与制造专业或近机类(机电一体化)专业的专业课教材,也适用于高等职业大学有关专业,并可供从事机械制造业的工程技术人员参考。

机械制造工程学

赵福生 廉峰 主编

王文堂 孙明 主审

哈尔滨工程大学出版社出版发行

黑龙江矿业学院印刷厂印刷

开本:787×1092 1/16 印张:21 $\frac{1}{4}$ 字数:498千字

1996年2月 第1版 1996年2月第1次印刷

印数:1—1600册

ISBN7-81007-640-X

TH·28 定价 23.00元

前 言

本书是根据1994年7月黑龙江省东部地区高等工科院校教材编审会审定的指导性教学计划和机械设计与制造课程教学大纲编写的。

机械制造工程学是机械设计与制造专业的主干课之一,其内容包括了《金属切削机床》、《金属切削原理与刀具》、《机械制造工艺学》等课程的主要内容,并围绕“典型表面加工方法”这一体系将加工方法、机床、刀具、工艺有机结合起来。考虑到机械设计与工艺之间的关系,将结构工艺性和机床夹具设计都单独列为一章。本书共九章,主要阐述了金属切削机床与金属切削的基本知识、机械零件材料与毛坯的选择、典型表面加工方法、机械加工工艺规程的制订、机床夹具设计、结构工艺性、机器装配工艺基础、精密加工和特种加工等内容。

本书编写中,力求内容新颖、简明扼要,在基本理论的论述中,注重基本概念的建立和基本原理的应用。力求反映90年代的新成果、新工艺和新技术。本书贯彻了国家新标准,采用法定计量单位。

本书由赵福生、廉峰任主编,张艳、杨敏、宋时兰任副主编,由王文堂、孙明主审。本书第一章由廉峰编写,第二章由廉峰、张兰萍和刘元林编写;第三章由杨敏编写;第四章由付贵、阎玉章、王晓华和赵东劲编写;第五章和第九章由赵福生编写;第六章由张艳编写;第七章由宋时兰编写;第八章由宋金玲编写。全书由赵福生、廉峰统稿。

由于编者的水平有限,书中难免有不少欠妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

1995年8月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 机械设计与工艺的关系.....	1
第二节 机械加工工艺系统的组成.....	1
第二章 金属切削机床与金属切削的基本知识	9
第一节 机床的运动和传动.....	9
第二节 机床的精度.....	21
第三节 金属切削刀具.....	23
第四节 金属切削过程的基本规律.....	40
第三章 机械零件材料与毛坯选择	83
第一节 机械零件材料的选择.....	83
第二节 机械零件的毛坯的选择.....	96
第四章 曲型表面的加工方法	116
第一节 外圆表面加工.....	116
第二节 孔及孔系加工.....	137
第三节 平面加工.....	152
第四节 型面加工.....	163
第五节 螺纹加工.....	164
第六节 齿轮加工.....	167
第七节 连杆加工举例.....	178
第五章 机械加工工艺规程的制订	184
第一节 基本概念.....	184
第二节 定位基准的选择.....	192
第三节 工艺路线的拟定.....	199
第四节 确定加工余量、工序尺寸及其公差.....	204
第五节 工艺尺寸链.....	209
第六章 机床夹具设计	223
第一节 定位原理.....	223

第二节	定位方法·····	226
第三节	定位误差·····	237
第四节	工件的夹紧·····	243
第五节	夹具设计方法和步骤·····	259
第七章	结构工艺性·····	264
第一节	概述·····	264
第二节	毛坯的结构工艺性·····	265
第三节	零件结构的热处理工艺性·····	275
第四节	零件机械加工的结构工艺性·····	277
第五节	机械零部件结构的装配工艺性和修理工艺性·····	284
第八章	机器装配工艺基础·····	288
第一节	概述·····	288
第二节	装配尺寸链的建立·····	293
第三节	装配尺寸链的解法·····	298
第四节	装配工艺规程的制订·····	316
第九章	精密加工和特种加工·····	322
第一节	概述·····	322
第二节	精密加工和超精密加工·····	323
第三节	特种加工方法·····	326
参考文献	·····	337

第一章 绪 论

第一节 机械设计与工艺的关系

机械工业在国民经济中是一个重要的行业,其重要性在于向国民经济的各部门提供各种用途的机器。可以说,机械工业的技术水平和现代化的程度,决定了整个国民经济的技术水平和现代化的程度。

经过 40 多年的努力,我国已经建立起一个规模相当大、门类比较齐全的机械工业体系。这里仅对机械设计与工艺的关系作一分析。

机械制造工艺是实现产品设计和制造的手段,也是增加品种、提高生产率、节约能源、降低材料消耗、改善环境、改善管理的重要基础和保证。因此,良好的机械设计不仅应该满足使用者的要求,同时还应满足制造工艺的要求。否则就有可能制造不出机器来,或虽能制造,但很不经济。所以机械设计是设计人员根据使用部门的要求和制造部门的可能,运用有关的科学技术知识,所进行的创造性劳动。

由于产品及其零部件的制造包括毛坯生产、切削加工、热处理和装配等许多生产阶段,而各个生产阶段又都是有机地联系在一起,因此结构设计时,必须使零部件在各个生产阶段都具有良好的结构工艺性。当它们之间产生矛盾时,应综合考虑,找出主要问题,予以妥善解决。所以设计人员应较全面地具备这方面的知识。

综上所述,优秀的设计人员除了必须掌握有关设计计算和专业知识外,还应掌握机械制造工艺方面的知识,以便进行产品总体设计和零部件结构设计时,将加工中可能出现的问题,尽量解决在设计的图纸上,使所设计的零部件,在保证产品使用性能的前提下,根据已定的生产规模,采用生产率高、劳动量小、材料消耗少和生产成本低的方法制造出来。

第二节 机械加工工艺系统的组成

机械制造系统是由信息系统、物质系统和能量系统组成的,其相互之间由信息流、物质流和能量流联系起来,如图 1-1 所示。在一个加工工序中,机械加工工艺系统是由机床、刀具、夹具和工件四个要素组成,它们相互联系,互为影响,如图 1-2 所示。因此,为了保证机械加工工序质量、产量和降低工序成本,必须从这四个要素的“整体”出发,分析和研究各种有关问题,以实现该系统的最佳工艺方案。现将组成机械加工工艺系统的常用机床、刀具和夹具分别简述如下。

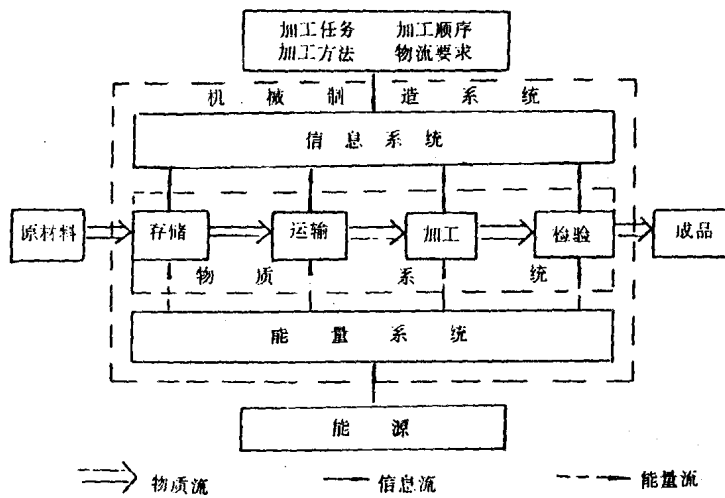


图 1-1 机械制造系统

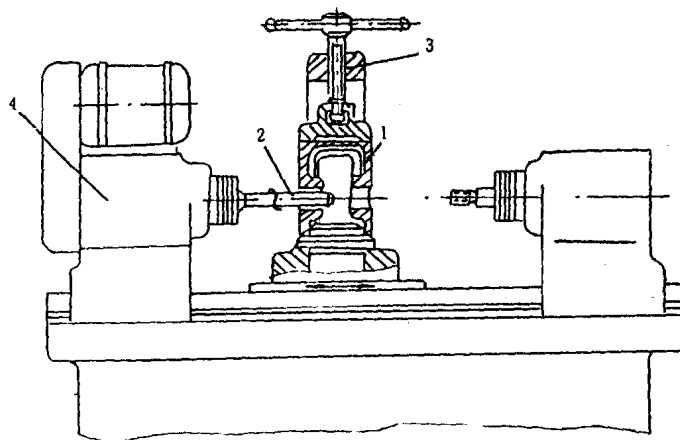


图 1-2 镗活塞销孔

1—工件 2—刀杆 3—夹具 4—机床

一、机床

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，习惯上常简称机床。

(一) 机床的分类

机床的分类方法很多，最基本的是按机床的主要加工方法、所用刀具及其用途进行分类。根据国家制定的机床型号编制方法，机床共分为 12 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、特种加工机床、锯床和其它机床。在每一类机床中，又按工艺特点、布局型式、结构性能等不同，细分为若干组，每一组细分为若干系(系列)。

除上述基本分类方法外，机床还可按其他特征进行分类。

按照机床工艺范围宽窄(万能性程度)，可分为通用机床(或称万能机床)、专门化机床和专用机床三类。通用机床的工艺范围很宽，可以加工一定尺寸范围内的各种类型零件，和完成多种多样的工序，如卧式车床、万能外圆磨床、摇臂钻床等。专门化机床的工艺范围较窄，只能加工一定尺寸范围内的某一类(或少数几类)零件，完成某一种(或少数几种)特定工序，如凸轮轴车床、轧辊车床等。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，汽车、拖拉机制造中大量使用的各种机床即属此类。

按照机床的重量和尺寸不同，可以分为：仪表机床、中型机床、大型机床(重量达到10t)、重型机床(重量在30t以上)、超重型机床(重量在100t以上)。

按照自动化程度，可分为手动、机动、半自动和自动机床。

此外，机床还可按照精度，主要器官(如主轴等)的数目等进行分类，而且随着机床的不断发展，其分类方法也将不断发展。

(二)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内容：

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，并影响机床其它参数和基本结构的大小。对于通用机床的专门化机床，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。

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。

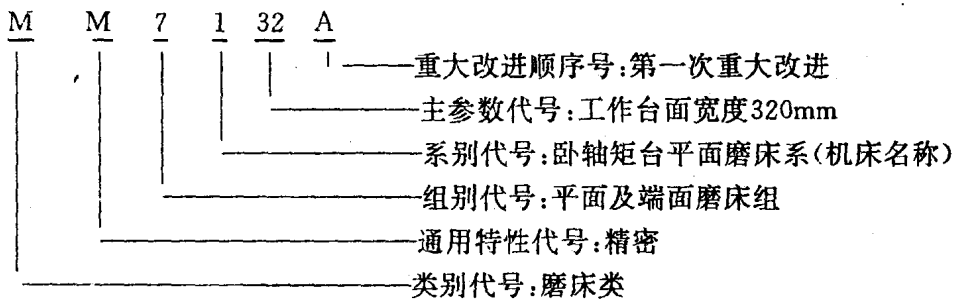
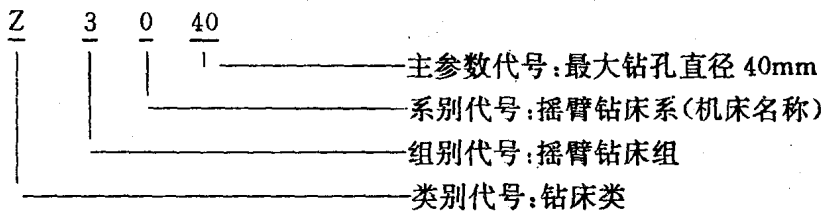
在机械制造业的不同生产部门中，需在同一类型机床上加工的工件及其尺寸相差悬殊。为了充分发挥机床的效能，每一类型机床应有大小不同的几种规格，以便不同尺寸范围的工件可以对应地选用相应规格的机床进行加工。

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的分布。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、1000、1250(单位为mm),即不同规格卧式车床的主要参数为公比等于1.25的等比数列。

(三)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格排列组成。例如,Z3040表示最大钻孔直径40mm的摇臂钻床,MM7132A表示工作台工作面宽度为320mm,经过第一次重大改进的精密卧轴矩台平面磨床。上述型号中字母及数字涵义如下:



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,曾作过多次修订和补充,现行的编制方法(JB1838-85金属切削机床型号编制方法)是1985年颁布的。目前工厂中使用和生产的机床,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年、1959年、1963年、1971年和1976年历次颁布的机床型号编制方法。

(四)对机床的一般要求

如同任何社会产品一样,机床必须满足用户的一定使用要求,它才具有价值。机床作为一种生产工具,其基本使命是经济地完成一定的机械加工工艺,因此,首先它必须具备一定的功能,同时还需满足经济性、人机关系和环境保护等方面的要求。

机床的功能包括工艺范围、加工精度和表面粗糙度等。机床的工艺范围是指它所能完成的工序种类,可加工的零件类型、材料和毛坯种类以及尺寸范围等。机床的工艺范围必须与规定的加工任务相适应,生产批量不同,对机床工艺范围宽窄的要求也不同。因此,机床制造业既供应工艺范围很窄的专门化机床和专用机床,也供应工艺范围很宽的通用机床,机床的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、形状和相对位置精度,以及所能控制的表面粗糙度。为了充分发挥机床的效能,又能满足不同加工

精度的要求,有些通用机床被制成不同的精度等级:普通精度级、精密级和高精度级。普通精度级机床能保证一般的加工精度,生产率较高,制造成本低,适于加工一般精度要求的零件。精密级和高精度级机床的加工精度高,但生产率一般较低,机床制造成本高,因此仅适用于少数精度要求高的零件的精加工。由于现代机械制造对加工精度的要求日益提高,因此要求机床相应地不断提高其加工精度和达到更小的表面粗糙度。

机床的经济性包括机床制造和使用两个方面。对于机床使用厂,经济性首先是机床的加工效率,即要求机床在保证所需加工精度和表面粗糙度的前提下,有尽可能高的生产率。提高机床生产率的重要途径之一是提高机床的自动化程度。提高机床的自动化程度,还可改善工人的劳动条件和保证加工过程不受操作者的影响,有利于保持产品质量的稳定。因此,自动化程度也是机床使用要求的一个重要方面。为保证机床用户的经济效益,机床还必须有很高的可靠性和高的机械效率,并便于维修,使机床能充分发挥效能,减少能源消耗。

良好的人机关系,使机床操作者工作安全、方便和省力,不仅可减少工人的疲劳,保证工人和机床的安全,而且还能提高劳动生产率。

随着生产的发展,机床的环境特性越来越为人们所重视。环境特性包括噪声和渗、漏油等。机床工作时发出的噪声,既影响工人身心健康,又妨碍语言通讯,降低劳动生产率,应力求降低。机床的渗、漏油现象,不仅污染环境,且浪费油料,必须避免发生。机床工作时产生的粉尘、油雾等,严重影响工人健康,必须具备完善的防护装置,防止其逸散到周围环境中。

二、刀具

(一)刀具类型

1. 切刀 它包括车刀、刨刀、插刀、镗刀、成形车刀、自动机床和半自动机床用的切刀以及专用机床用的特种切刀。
2. 孔加工刀具 它是从实体材料上加工孔以及对已有的孔进行加工的刀具,它包括钻头、扩孔钻、铰钻、铰刀、复合孔加工刀具等。
3. 拉刀 它用来加工各种形状的通孔、平面以及成形表面等,它是一种高生产率的多齿刀具,广泛用于大量和成批生产。
4. 铣刀 在铣床,镗床上用来加工各种平面、侧面、台肩、成形表面以及作切断之用。铣刀种类很多,其中绝大多数做成尖齿的,如圆柱铣刀与端铣刀。成形铣刀多数做成铲齿的。
5. 螺纹刀具 它用于加工各种内、外螺纹。如螺纹车刀与梳刀、丝锥、板牙、螺纹铣刀、螺纹切头和搓丝板与滚丝轮等。
6. 齿轮刀具 它用于加工各种渐开线齿轮和各种非渐开线齿形的工件。它包括:齿轮滚刀、插齿刀、剃齿刀、蜗轮刀具、锥齿轮刀盘和花键滚刀等。
7. 磨具 它包括砂轮、砂带、砂瓦和油石等,其中以砂轮用得最多。

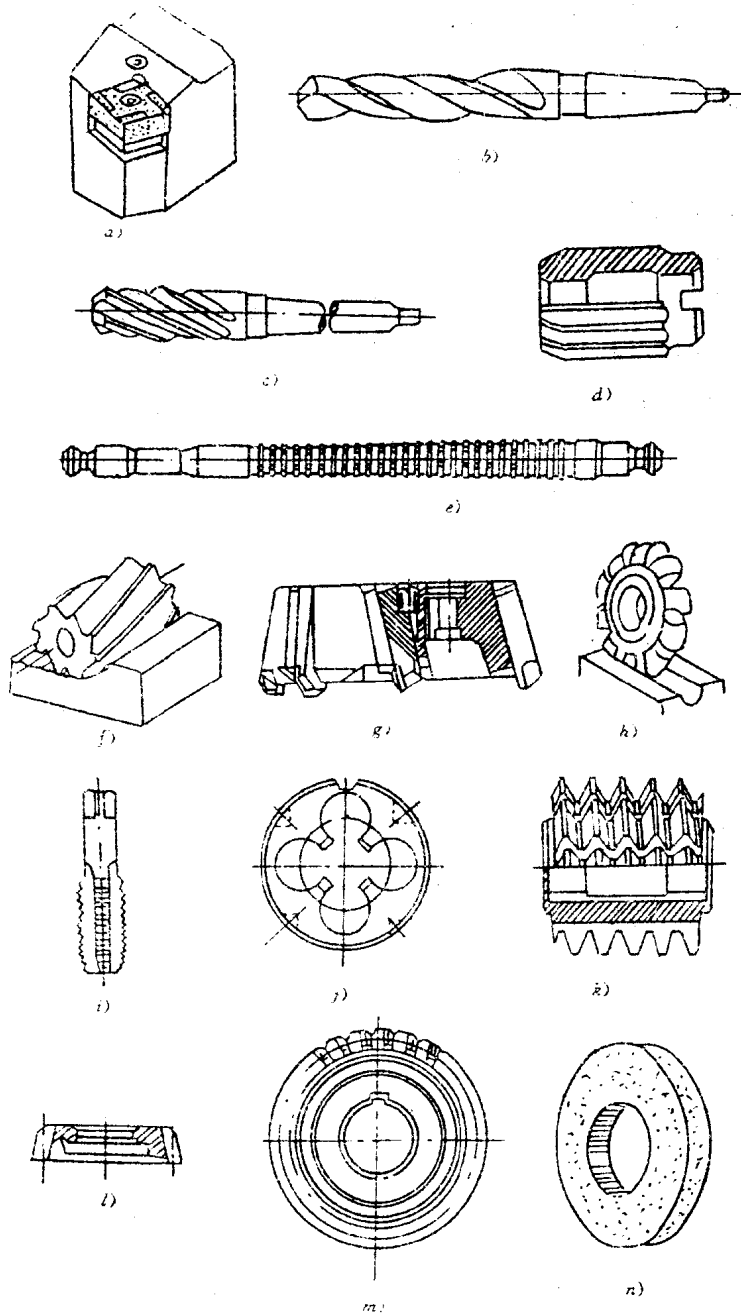


图1-3 刀具的基本类型

a) 粗夹式外圆车刀 b) 麻花钻 c) 扩孔钻 d) 铰刀 e) 圆孔拉刀 f) 圆柱铣刀 g) 端铣刀
 h) 成形铣刀 i) 丝锥 j) 板牙 k) 齿轮滚刀 l) 插齿刀 m) 剃齿刀 n) 平形砂轮

(二) 刀具材料

在金属切削过程中,刀具要承受较大的切削力,机械摩擦和切削热,所以刀具材料应具有高的红硬性、良好的耐磨性、及相应的强度和韧性。除上述基本要求外,刀具材料还应具备较佳的工艺性能,如焊接、锻、轧、切削加工和可磨削性、热处理工艺性等。以便制作刀具。

国内外常用的刀具材料有:碳素工具钢、合金工具钢、铸造合金、硬质合金、陶瓷、高速合金钢、超硬材料——金刚石和立方氮化硼烧结合体。

三、夹具

(一) 分类

机床夹具是在机床上用以准确、迅速地安装工件或刀具,并保证工件与刀具间正确的相对位置的一种工艺装备。因此机床夹具可分为两大类,一类是用以安装工件,通称为夹具,另一类是用以安装刀具,通称为辅具。

按照夹具的通用化程度,可以分为:

1. 通用夹具 在通用机床上一般都附有通用夹具,如车床上的三爪卡盘和四爪卡盘,铣床上的平口钳、分度头和回转台等。它们适应性强,无需调整或稍加调整就可用于不同的工件。主要用于单件、小批生产。

2. 专用夹具 它是针对某一种工件的某一工序而专门设计的,所以结构紧凑,使用维修方便。它的设计与制造周期较长。当产品更换时,无法重复使用。适用于批量大的生产。

3. 成组夹具 若工件批量小,为每种工件设计专用夹具不经济,而通用夹具又不能满足加工质量或生产率的要求,这时可采用成组工艺,按工件形状、尺寸和工艺的共性分组,为每组工件设计组内通用的专用夹具。

4. 组合夹具 是由各种标准元件组装而成。它在使用上具有专用夹具的特点,而当产品更换时,夹具不会报废。因为它可以拆开,其元件可清洗入库,留待组装新的夹具。在新产品试制和单件、小批生产中,使用组合夹具可以缩短生产准备时间,减少专用夹具品种。

(二) 组成

夹具种类繁多,结构多变,但其结构是由下列几个部分组成:

1. 定位装置 使工件在夹具中处于正确位置。
2. 夹紧装置 保证加工过程中工件定位的稳定性和可靠性。
3. 对刀元件 确定刀具相对于工件的正确位置并引导刀具进行加工。
4. 夹具体 将夹具的所有部分联成一个整体,并与机床有关部分连接,以确定夹具对机床的位置。
5. 其它元件及装置 如定向键、手柄以及根据夹具特殊功用需要具有的一些装置,如分度装置等。

图1-4所示是一个铣床夹具图。工件以外圆柱面及端面分别与定位元件 V 形块1及支承

套7接触定位。转动手柄带动偏心轮3回转,使V形块2移动,夹紧和松开工件。定向键6与机床工作台上的T形槽配合确定了夹具与机床间的相互位置。对刀块4是对刀元件。夹具体5将所有部分连成整体,并与机床工作台连接。

夹具各组成部分并不是每个夹具都必须具备的。但一般说来,定位装置、夹紧装置和夹具体是夹具的基本组成部分。

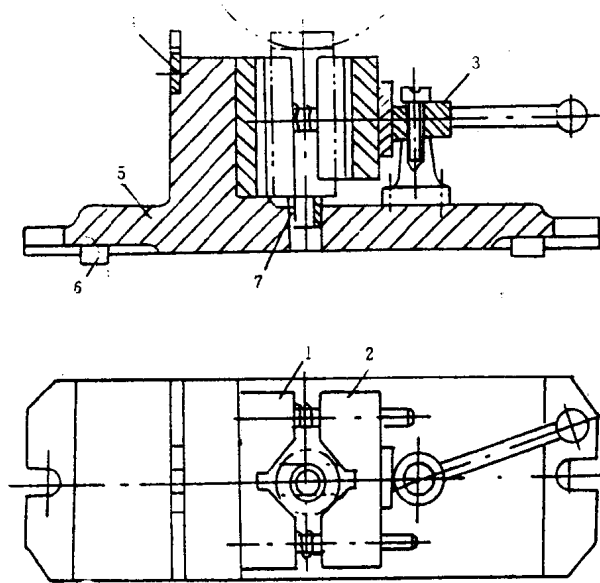


图1-4 铣床夹具结构图

- 1—V形块 2—V形块 3—偏心轮 4—对刀块
5—夹具体 6—定向键 7—支承套

第二章 金属切削机床与金属切削的基本知识

第一节 机床的运动和传动

一、工件表面的成形方法

各种类型机床的具体用途和加工方法虽然各不相同,但其基本原理则相同,既所有机床都必须通过刀具和工件之间的相对运动,切除坯件上多余金属,形成一定形状、尺寸和质量的表面,从而获得所需的机械零件。因此,机床加工机械零件的过程,其实质就是形成零件上各个工作表面的过程。

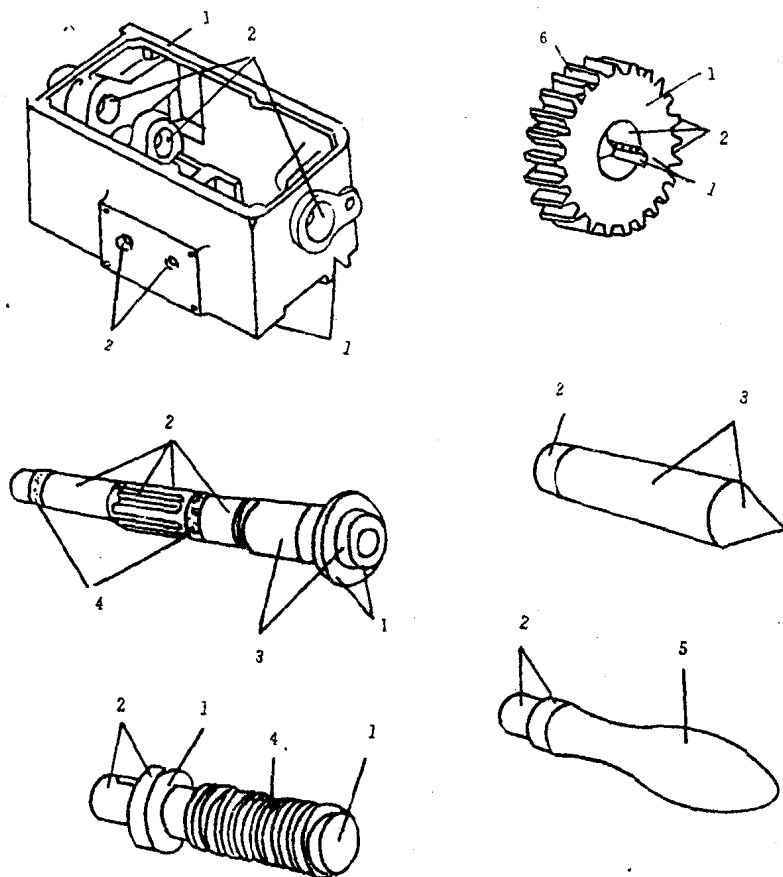


图 2-1 构成机械零件外形轮廓的常用表面

1—平面;2—圆柱面;3—圆锥面;4—螺旋面(成形面);5—回转体成形面;6—渐开线表面(直线成形面)

机械零件的形状多种多样,但构成其内、外形轮廓的,却不外乎几种基本形状的表面:平面、圆柱面、圆锥面以及各种成形面(图 2-1)。这些基本形状的表面都属于线性表面,既可经济地在机床上进行加工,又较易获得所需精度。

从几何学的观点看,任何一种线性表面,都是由一根母线沿着导线运动而形成的。如图 2-2 所示:平面是由一根直线(母线)沿着另一根直线(导线)运动而形成的(图 2-2a);圆柱面和圆锥面是由一根直线(母线)沿着一个圆(导线)运动而形成(图 2-2b 和 c);普通螺纹的螺旋面是由“Δ”形线(母线)沿螺旋线(导线)运动而形成(图 2-2d);直齿圆柱齿轮的渐开线齿廓表面是由渐开线(母线)沿直线(导线)运动而形成的(图 2-2e)等等。形成表面的母线和导线统称为发生线。

由图 2-2 不难发现,有些表面,其母线和导线可以互换,如平面、圆柱面和直齿圆柱齿轮的渐开线齿廓表面等,称为可逆表面;而另一些表面,其母线和导线不可互换,如圆锥面、螺旋面等,称为不可逆表面。一般说来,可逆表面采用的加工方法,多于不可逆表面。

机床上加工零件时,所需形状的表面是通过刀具和工件的相对运动,用刀具的刀刃切削出来的,其实质就是借助于一定形状的切削刃以及切削刃与被加工表面之间按一定规律的相对运动,形成所需的母线和导线。由于加工方法和使用的刀具结构及其切削刃形状不同,机床上形成发生线的方法与所需运动也不同,概括起来有以下四种:

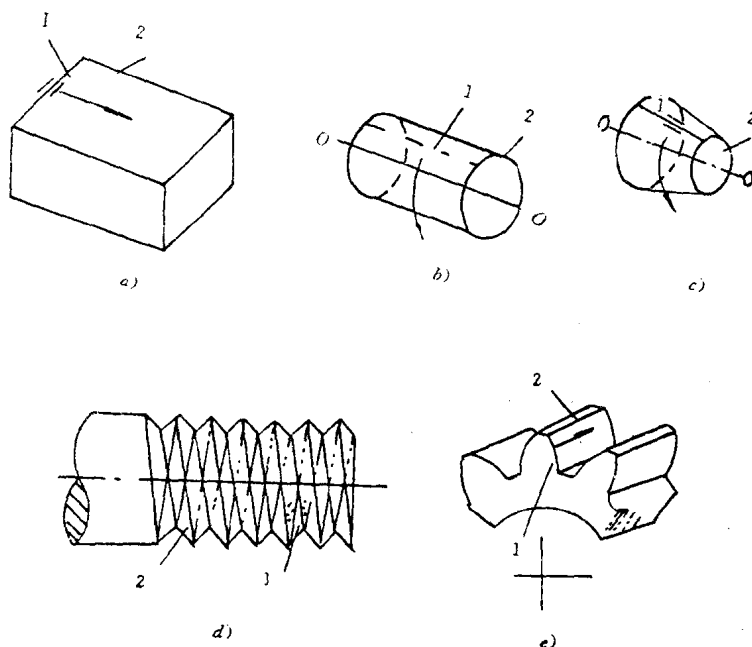


图 2-2 零件表面的成形

1—母线 2—导线

1. 轨迹法 用尖头车刀、刨刀等刀具加工时,切削刃与被加工表面为点接触(实际是在很短一段长度上的弧线接触),因此切削刃可看作是一个点。为了获得所需发生线,切削刃必

须沿着发生线作轨迹运动。图 2-3a 所示例子中,刨刀沿箭头 A_1 方向所作直线运动,形成了直线形的母线,刨刀沿箭头 A_2 方向所作曲线运动,形成了曲线形的导线。显然,采用轨迹法形成发生线,需要一个独立的运动。

2. 成形法 采用各种成形刀具加工时,切削刃是与所需形成的发生线完全吻合的切削线,因此加工时毋需任何运动,便可获得所需发生线。图 2-3b 中,曲线形母线由成形刨刀的切削刃直接形成,直线形的导线则由轨迹法形成。

3. 相切法 采用铣刀、砂轮等旋转刀具加工时,在垂直于刀具旋转轴线的截面内,切削刃也可看作是点,当该切削点绕着刀具轴线作旋转运动 B_1 ,同时刀具轴线沿着发生线的等距线作轨迹运动 A_2 时(图 2-3c),切削点运动轨迹的包络线,便是所需的发生线。所以,采用相切法形成发生线,需要刀具旋转和刀具与工件之间的相对移动两个彼此独立的运动。

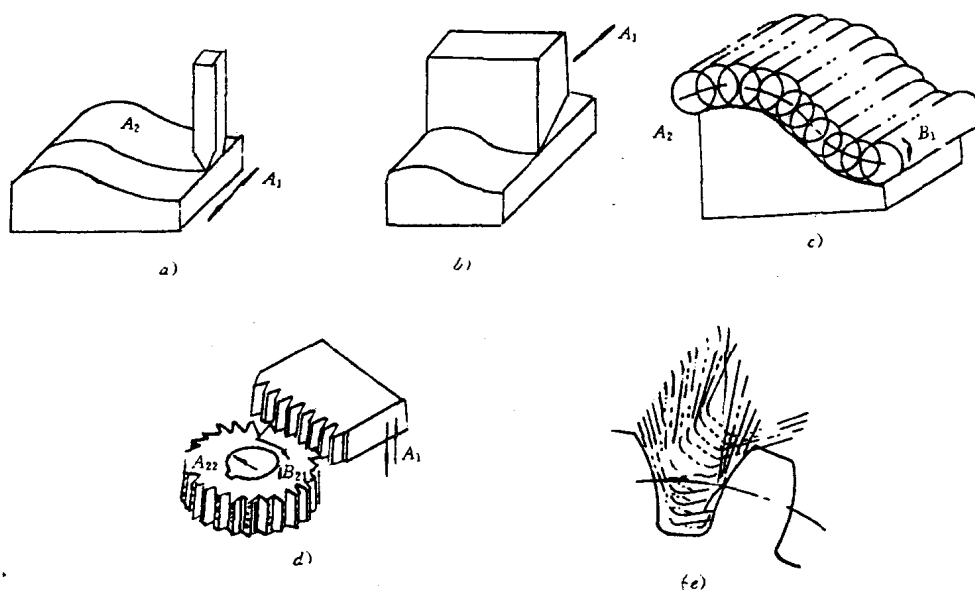


图 2-3 形成发生线的方法

4. 范成法(展成法) 用插齿刀、齿轮滚刀和花键滚刀等刀具加工时,切削刃是一条与需要形成的发生线共轭的切削线。切削加工时,刀具与工件按确定的运动关系作相对运动,切削刃与被加工表面相切(点接触),切削刃各瞬时位置的包络线,便是所需的发生线。例如,图 2-3d 为用齿条形插齿刀加工圆柱齿轮,插齿刀沿箭头 A_1 方向所作的直线运动,形成了直线形母线(轨迹法),而工件的旋转运动 B_{21} 和直线运动 A_{22} ,使插齿刀能不断地对工件进行切削,其直线形切削刃的一系列瞬时位置的包络线,便是所需的渐开线形导线(图 2-3e)。用范成法形成发生线时,刀具和工件之间的相对运动通常由两个运动(旋转+旋转或旋转+移动)组合而成,这两个运动之间必须保持严格的运动关系,彼此不能独立,它们共同组成一个复合的运动,这个运动称为范成运动(或称展成运动)。例如上述的工件旋转运动 B_{21} 和直线运动 A_{22} 是形成渐开线的范成运动,它们必须保持的严格运动关系为: B_{21} 转过一个齿时, A_{22} 移动一个齿距,即相当于齿轮在齿条上滚动时转动和移动的运动关系。