

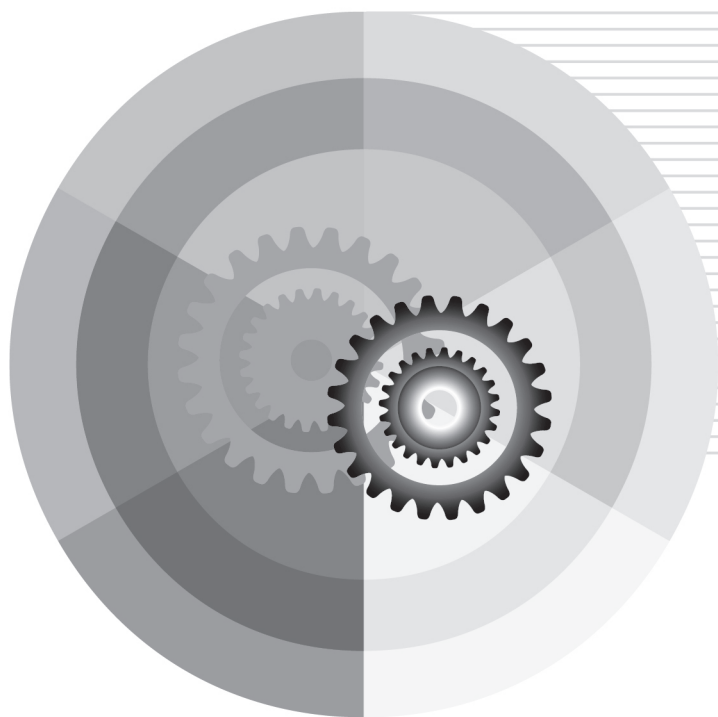


中等职业教育创新教材
中等职业教育创新教材审定委员会审定

机械加工技术

JIXIE JIAGONG JISHU

主编 远红娟



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

机械加工技术/远红娟主编. —武汉:武汉大学出版社,2013.7
中等职业教育创新教材
ISBN 978-7-307-11316-9

I. 机… II. 远… III. 机械加工—中等专业学校—教材
IV. TG506

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 155535 号

责任编辑:李锦鹏

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:cbs22@whu.edu.cn 网址:www.wdp.com.cn)

印刷:三河市鑫鑫科达彩色印刷包装有限公司

开本:787×1092 1/16 印张:12.5 字数:260千字

版次:2013年7月第1版 2013年7月第1次印刷

ISBN 978-7-307-11316-9/TG 定价:27.00元

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

内 容 简 介

本书是依据《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》的指导精神,并结合教育部最新颁布的教学指导要求及中等职业技术学校教学特点编写而成的。本书内容全面,结构合理,通俗易懂。全书共分为8个项目,主要包括金属切削的基础知识、夹具、机械加工设备、典型表面的机械加工、机械加工工艺规程、典型零件的加工工艺分析、装配工艺和特种加工技术。

本书既可作为中等职业技术学校机械制造类专业教材,也可作为职工培训教材和职业技能鉴定指导教材。

前 言

本书是依据《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》的指导精神,以及教育部最新颁布的教学指导要求,并结合中等职业技术学校教学特点编写而成的。本书既可作为中等职业技术学校机械制造类专业教材,也可作为职工培训教材和职业技能鉴定指导教材。

本书在内容组织上紧扣职业技术学校学生的实际情况,具有深入浅出、通俗易懂、操作性强等特点。另外,本书尽可能多地在教材中充实新知识、新技术、新设备和新材料等方面的内容,力求教材具有鲜明的时代特征。在编写模式方面,尽可能使用图片、表格等形式将各知识点生动地展示出来,力求给学生营造一个更加直观的认知环境。通过对本书的学习,能培养学生理论联系实际、严谨求实、团结协作的精神,能有效地提高学生独立分析和解决问题的能力。

本书坚持“以就业为导向、以能力为本位”的原则,力求体现职业教育的特色。全书共分为8个项目,主要内容包括金属切削的基础知识、夹具、机械加工设备、典型表面的机械加工、机械加工工艺规程、典型零件的加工工艺分析、装配工艺和特种加工技术。

本书的课时分配建议如下:

项 目	学 时
项目1 金属切削的基础知识	9
项目2 夹具	12
项目3 机械加工设备	12
项目4 典型表面的机械加工	8
项目5 机械加工工艺规程	4
项目6 典型零件的加工工艺分析	8
项目7 装配工艺	4
项目8 特种加工技术	3
合计	60

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中不妥和错误之处在所难免,恳请广大读者批评指正,以便修订。

编 者

目 录

项目 1 金属切削的基础知识	1	项目 5 机械加工工艺规程	144
任务 1 金属切削概述	1	任务 1 机械加工工艺过程	144
任务 2 刀具基础知识	4	任务 2 加工阶段与热处理	146
任务 3 金属切削过程中的物理现象	11	任务 3 工艺规程的制定	148
任务 4 金属切削机床的基本知识	18	项目小结	152
项目小结	27	项目习题	153
项目习题	28		
项目 2 夹具	29	项目 6 典型零件的加工工艺分析	154
任务 1 机床夹具综述	29	任务 1 轴类零件的加工工艺分析	154
任务 2 夹具的定位原理	39	任务 2 套筒类零件的加工工艺分析	156
任务 3 定位方法与定位元件	43	任务 3 箱体类零件的加工工艺分析	160
任务 4 定位误差分析与夹紧装置	52	任务 4 典型齿轮的加工工艺分析	167
任务 5 分度装置与夹具体	63	项目小结	171
项目小结	70	项目习题	171
项目习题	70		
项目 3 机械加工设备	71	项目 7 装配工艺	173
任务 1 车床	71	任务 1 装配概述	173
任务 2 铣床	83	任务 2 装配尺寸链	174
任务 3 钻床与磨床	95	任务 3 保证装配精度的方法	175
任务 4 镗床与拉床	99	任务 4 装配工艺规程的制定	178
任务 5 钻头与铰刀	105	项目小结	179
任务 6 常用加工方法	110	项目习题	179
项目小结	116		
项目习题	117	项目 8 特种加工技术	180
项目 4 典型表面的机械加工	118	任务 1 电火花加工	180
任务 1 内、外圆表面的机械加工	118	任务 2 激光加工	183
任务 2 平面的机械加工	125	任务 3 数控加工	186
任务 3 螺纹表面的机械加工	130	任务 4 超声波加工	189
任务 4 齿轮的加工	136	项目小结	191
项目小结	143	项目习题	191
项目习题	143		
		参考文献	192

项目

1

金属切削的基础知识

机械零件加工最普遍的方法就是金属切削加工。金属切削加工是指用刀具或磨具从工件表面上切除多余的金属,使工件达到图纸规定的几何形状、尺寸精度和表面质量的切削过程。用来直接切削金属的工具称为金属切削刀具;用来完成切削的机器称为金属切削机床,简称机床。在机床上,用金属切削刀具切除工件上多余的金属,使其形状、尺寸精度及表面质量达到预定要求的加工称为金属切削加工。本章主要学习切削过程的基本原理及金属切削中几种常用刀具。

任务 1 金属切削概述

任务描述: 了解金属机械切削加工中表面成形与切削运动概念和它们之间的关系。

了解切削用量的基本概念。

掌握切削层参数的概念。

任务分析: 本任务主要介绍金属机械切削的几个基本概念,包括切削表面、切削运动和切削要素等。

活动 1 切削表面

工件在切削加工过程中,可以分为待加工表面、加工表面和已加工表面 3 种不同的表面,如图 1-1 所示。其中,待加工表面是指工件上待切除的表面;加工表面又称为过渡表面,是指工件上切削刃正在切削的表面;已加工表面是指工件上经刀具切削后产生的表面。

活动 2 切削运动

要使刀具从工件毛坯上切除多余的金属,使其成为具有一定形状和尺寸的零件,刀具和工件之间必须具有一定的相对运动,这种切削加工

★ 微视频



切削运动

过程中的刀具与工件之间的相对运动称为切削运动。

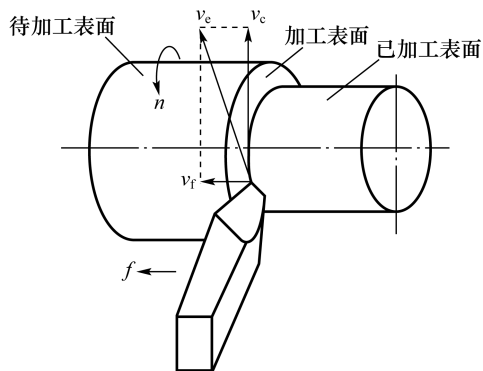


图 1-1 切削表面和切削运动

切削运动根据其功能不同,可分为主运动和进给运动,分别如图 1-1 所示的 v_c 和 v_f 。这两个运动的向量和称为合成切削运动,如图 1-1 所示的 v_c 。所有切削运动的速度及方向都是相对于工件定义的。

1. 主运动

主运动是使刀具和工件之间产生相对运动,从而切下切屑所必需的最基本运动。主运动的速度最高、所消耗的功率最大。当外圆车削时,工件的旋转运动为主运动。当铣削、磨削时,刀具或砂轮的旋转为主运动。同一个切削运动中,主运动只有一个。

2. 进给运动

切削过程中,使刀具与工件之间产生附加的相对运动,从而不断地把待切金属投入切削过程进行连续切削以加工出所需加工表面的运动称为进给运动。

主运动和进给运动共同作用即可间断地或连续地切除多余金属,并得出具有所需几何特性的加工表面。在车削加工中,车刀的纵向或横向移动即进给运动。进给运动消耗的功率及其速度在同一个加工过程中都小于主运动。进给运动同一个加工过程中可能不只有一个。进给运动既可以是连续运动,也可以是间歇运动,如刨削时刀具的横向移动。

3. 合成切削运动

合成切削运动是由主运动和进给运动合成的运动。刀具切削刃上选定点相对工件的瞬时合成运动方向称为合成切削运动方向,其速度称为合成切削速度。

主运动和进给运动既可以由工件和刀具分别完成,也可以由刀具单独完成。

4. 其他运动

除了主运动和切削运动,有时还会存在与工件尺寸有关的切入运动、辅助运动、控制运动、校正运动等其他运动。

活动 3 切削要素

切削要素可分为两大类,即切削用量要素和切削层横截面要素。

1. 切削用量要素

切削用量要素主要包括 3 部分,即切削速度 v_c 、进给量 f 以及背吃刀量 a_p 。

(1) 切削速度 v_c 。当切削加工时,切削刃选定点相对于工件的主运动的瞬时速度称为切削速度,单位为 m/s 或 m/min 。由于主切削刃上不同点的切削速度不同,因此,在计算时应以最大的切削速度为准,如车削时以待加工表面直径的数值进行计算,因为此处速度最高,刀具磨损最快。

车削外圆的切削速度为

$$v_c = \frac{\pi d_w n}{1\,000 \times 60}$$

式中 v_c ——切削速度,单位为 m/s ;

d_w ——工件待加工表面的直径,单位为 mm ;

n ——工件转速,单位为 r/min 。

(2) 进给量 f 。工件或刀具每转一周时,两者沿进给方向的相对位移称为进给量,单位为 mm/r ;进给速度 v_f 是单位时间的进给量,单位为 mm/s ,进给量和进给速度有如下关系:

$$v_f = fn$$

式中 v_f ——进给速度,单位为 mm/s ;

n ——主轴转速,单位为 r/s 。

对于多点切削刀具,如钻头、铣刀等,还规定有每一个刀齿的进给量 f_z ,即后一个刀齿相对于前一个刀齿的进给量,其计算式为

$$f_z = \frac{f}{z}$$

式中 z ——刀具的刀齿数。

(3) 背吃刀量(切削深度) a_p 。工件上已加工表面和待加工表面间的垂直距离称为背吃刀量(切削深度),单位为 mm ,车削外圆时的背吃刀量为

$$a_p = \frac{d_w - d_m}{2}$$

式中 d_w ——待加工表面直径,单位为 mm ;

d_m ——已加工表面直径,单位为 mm 。

2. 切削层横截面要素

切削层是指切削部分的单一动作所切除的工件材料层,规定在刀具的基面中度量。当切削加工时,切削层指刀具正在切削着的这一层金属。切削层形状和尺寸直接决定了刀具承受的负荷以及切屑的形状和



尺寸。切削层横截面要素包括切削宽度、切削厚度和切削面积 3 个要素,如图 1-2 所示。

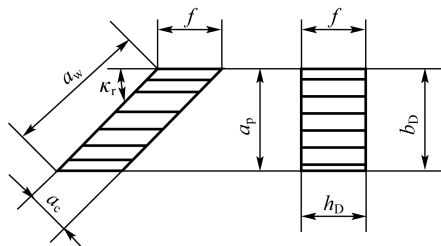


图 1-2 切削层横截面要素

(1) 切削宽度 a_w 。刀具切削刃与工件的接触长度称为切削宽度,单位为 mm。若车刀主偏角为 κ_r ,则

$$a_w = \frac{a_p}{\sin \kappa_r}$$

(2) 切削厚度 a_c 。刀具或工件每移动一个进给量时,刀具切削刃相邻的两个位置之间的距离称为切削厚度,单位为 mm。车外圆时,切削厚度为

$$a_c = f \sin \kappa_r$$

(3) 切削面积 A_c 。切削层横截面的面积称为切削面积,单位为 mm^2 ,即

$$A_c = f a_p = a_c a_w$$

任务 2 刀具基础知识

任务描述: 了解车刀的组成部分。

了解刀具角度的参考系。

熟练掌握刀具的标注角度。

熟悉刀具材料的性能和种类。

掌握刀具材料的选用标准。

任务分析: 本任务通过车刀的组成,介绍车刀的工作原理及刀具角度参考系,并对刀具材料进行说明。

活动 1 刀具的切削部分

虽然市面上的金属刀具种类繁多,但它们切削部分的几何形状与参数都存在共性,即不论刀具结构如何复杂,它们的切削部分总是近似地以外圆车刀的切削部分为基本形态。

1. 车刀的组成

车刀由刀柄和刀头组成,如图 1-3 所示。刀柄是刀具上的夹持部位,刀头则用于切削。

切削部分的结构及其定义如下。

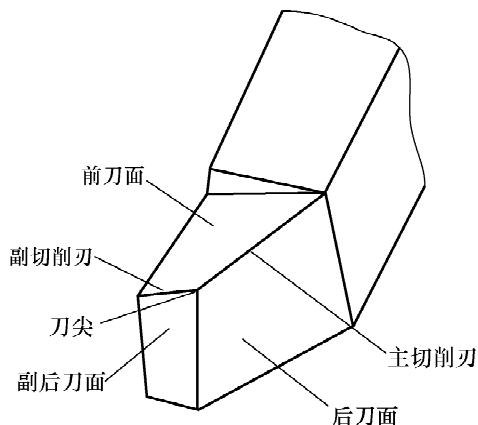


图 1-3 车刀的组成

- (1) 前刀面 A_f 。刀具上切屑流过的刀面称为前刀面。
- (2) 后刀面 A_s 。与工件上过渡表面相对的刀面称为后刀面。
- (3) 副后刀面 A_s' 。与工件上的已加工表面相对的刀面称为副后刀面。
- (4) 主切削刃 S 。前刀面与后刀面的交线称为主切削刃。
- (5) 副切削刃 S' 。前刀面与副后刀面的交线称为副切削刃。
- (6) 刀尖。主切削刃与副切削刃的连接部分称为刀尖,它可以是曲线、直线或实际交点(见图 1-4)。

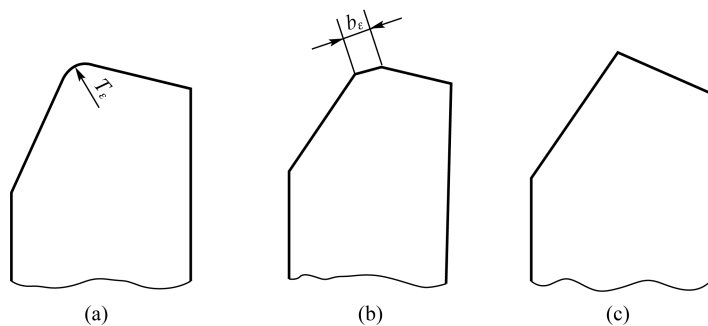


图 1-4 刀尖形状

(a) 曲线刃；(b) 直线刃；(c) 实际交点

2. 刀具角度的参考系

为了确定刀具切削部分各表面和刀刃的空间位置,需要建立平面参考系。按构成参考系时所依据的切削运动的差异,参考系分为刀具标注角度参考系和刀具工作角度参考系。前者由主运动方向确定,后者由合成切削运动方向确定。

刀具标注角度参考系(又称刀具静止参考系)是刀具设计时标注、刃磨和测量的基准,用此参考系定义的刀具角度称刀具标注角度。

刀具工作角度参考系是确定刀具切削工作时角度的基准,用此参考系定义的刀具角度称为刀具工作角度。

(1)正交平面参考系。如图 1-5 所示,正交平面参考系由以下 3 个平面组成。

①基面 p_r 。过切削刃上选定点垂直于主运动方向的平面称为基面。它平行或垂直于刀具在制造、刃磨及测量时适合于安装的平面或轴线。

②切削平面 p_s 。过切削刃上选定点与切削刃相切并垂直于基面的平面称为切削平面。

③正交平面 p_o 。过切削刃上选定点并同时垂直于切削平面与基面的平面称为正交平面。

(2)法平面参考系。如图 1-5 所示,法平面参考系由基面 p_r 、切削平面 p_s 和法平面 p_n 组成。其中,法平面 p_n 是指过切削刃上选定点并垂直于切削刃的平面。

(3)假定工作平面参考系。如图 1-6 所示,假定工作平面参考系由基面 p_r 、假定工作平面 p_f 和背平面 p_p 组成。

①假定工作平面 p_f 。过切削刃上选定点平行于进给方向并垂直于基面 p_r 的平面称为假定工作平面。

②背平面 p_p 。过切削刃上选定点同时垂直于基面 p_r 和假定工作平面 p_f 的平面称为背平面。

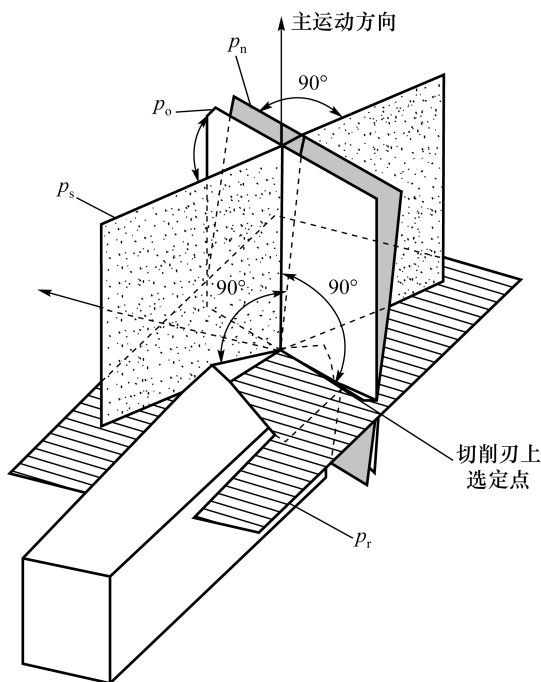


图 1-5 正交平面与法平面参考系

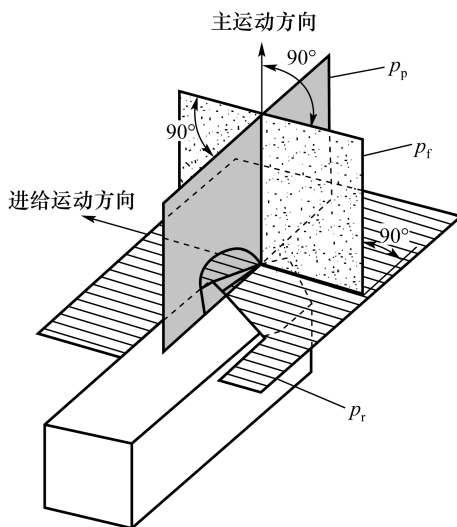


图 1-6 假定工作平面参考系

3. 刀具的标注角度

刀具的切削性能、锋利程度及强度主要是由刀具的几何角度来决定的。其中前角、后角、主偏角和刃倾角是全切削刃上4个最基本的角度,如图1-7所示。

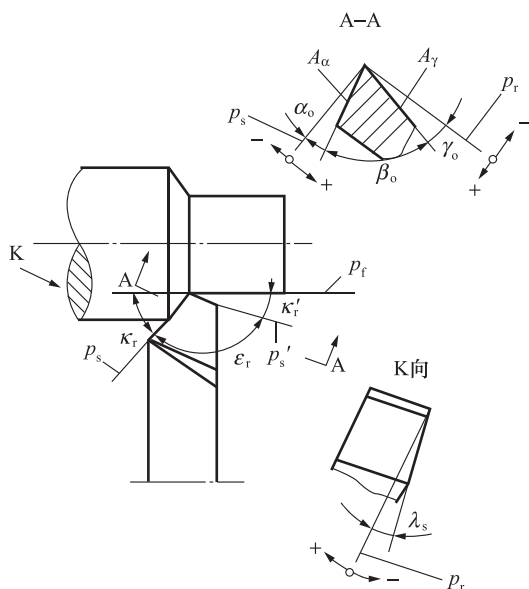


图 1-7 车刀的标注角度

(1) 在正交平面内标注的角度。

- ①前角 γ_o 。在正交平面内度量的前刀面与基面之间的夹角称为前角。
- ②后角 α_o 。在正交平面内度量的后刀面与切削平面之间的夹角称为后角。
- ③楔角 β_o 。在正交平面内度量的前刀面与后刀面之间的夹角称为楔角。由图 1-7 可知

$$\beta_o = 90^\circ - (\gamma_o + \alpha_o)$$

(2) 在切削平面内标注的角度。

刃倾角 λ_s 是指在切削平面内度量的主切削刃与基面之间的夹角。刀尖位于主切削刃上最高点时,刃倾角为正;刀尖位于主切削刃上最低点时,刃倾角为负。

(3) 在基面内标注的角度。

- ①主偏角 κ_r 。主切削刃在基面上的投影与进给方向的夹角称为主偏角。
- ②副偏角 κ_r' 。副切削刃在基面上的投影与进给方向的夹角称为副偏角。
- ③刀尖角 ϵ_r 。在基面内度量的主切削刃与副切削刃之间的夹角称为刀尖角,由图 1-7 可知

$$\epsilon_r = 180^\circ - (\kappa_r + \kappa_r')$$

对于副切削刃,可采用与上述相同的方法,在副切削刃的选定点上作参考系 $p_r' - p_s' - p_o'$ 。在过副切削刃作的正交平面 p_o' 内标出副前角 γ_o' 和副后角 α_o' 。如果车刀的主、副切削刃在同一个公共前刀面上,则当主切削刃的4个基本角度 $\gamma_o, \alpha_o, \kappa_r, \lambda_s$ 以及副偏角 κ_r' 确定之后,副前角 γ_o' 和副刃倾角 λ_s' 随之而定,图纸上也不用标注。这样,一把3个刀面两个切削刃

的外圆车刀标注角度只有 6 个,即 $\gamma_o, \alpha_o, \kappa_r, \lambda_s$ 和 α_o', κ_r' 。

在法平面,假定工作平面参考系中,有法前角 γ_n 、法后角 α_n 、侧前角 γ_f 、侧后角 α_f 、背前角 γ_p 和背后角 α_p 。这些角度可以参照给正交平面参考系标注角度下定义的方法加以定义。

在法平面参考系中,只须标注 $\gamma_n, \alpha_n, \kappa_r$ 和 λ_s 4 个角度即可确定主切削刃和前、后刀面的方位。在假定工作平面参考系中,只须标注 $\gamma_f, \alpha_f, \gamma_p, \alpha_p$ 4 个角度便可确定车刀的主切削刃和前、后刀面的方位。

活动 2 刀具材料

刀具材料的性能好坏是影响加工表面质量、切削效率、刀具寿命的基本因素。目前在金属切削加工生产中,普遍选择常用的刀具材料,但新型的、超硬的刀具材料正被逐渐采用。因此,本活动着重介绍通用型高速钢和碳化钨基硬质合金等常用刀具材料的性质及其选用,也简单介绍一些陶瓷、立方氮化硼、人造金刚石、氮化硅等新型材料的性质和用途。

1. 刀具材料的性能

在切削金属过程中,刀具切削部分的材料承受着较大的压力、较高的温度和剧烈的摩擦作用而使刀具磨损。刀具使用寿命的长短和生产率的高低,取决于刀具材料是否具备应有的切削性能。此外,刀具切削部分材料的工艺性对制造刀具和刃磨刀具质量也有显著的影响。因此,刀具材料必须具备以下的性能。

(1)高的硬度。刀具切削部分材料的硬度要高于工件材料的硬度,在室温下,刀具硬度应高于 60 HRC。

(2)高的耐磨性。耐磨性通常取决于硬度。含有耐磨性好的碳化物颗粒越多,晶粒越细,分布越均匀,则耐磨性越好。

(3)足够的强度和韧性。刀具切削部分材料承受着各种应力和冲击。为了防止刀具崩刃和碎裂,必须具有足够的强度和韧性。通常用材料的抗弯强度和冲击韧度表示。

(4)高的耐热性。耐热性是指在高温下刀具切削部分材料保持常温时硬度的性能,可用热硬性或高温硬度表示。

(5)良好的工艺性。为了便于制造,刀具切削部分材料应具有良好的锻造、焊接、热处理和磨削加工等性能。同时,还应尽可能满足资源丰富和价格低廉的要求。

2. 刀具材料的种类

目前常用的刀具材料有工具钢、硬质合金、陶瓷和超硬刀具材料。一般机械加工使用最多的是高速钢和硬质合金。

(1)高速钢。

①普通高速钢。高速钢是一种含钨、铬、钼较多的合金工具钢。这种钢的优点是能承受较大的弯曲力,比较耐磨,可以耐 500~600℃ 的高温。高速钢容易磨得锋利,因此又称为“锋钢”。同时,高速钢热处理时变形小,在空气中冷却就可以淬硬,故又称为“风钢”。

高速钢材料淬硬、磨光后称为白钢,一般作为车刀使用。高速钢是目前工具厂制造各种

复杂形状刀具(如拉刀、钻头、齿轮刀具等)的主要材料。

由于高速钢刀具受耐热温度的限制,不能用于高速切削。

常用的高速钢主要有钨系高速钢和钼系高速钢。钨系高速钢的典型牌号是 W18Cr4V。钼系高速钢中常见的牌号是 W6Mo5Cr4V2。后者由于钼的作用,其碳化物呈细小颗粒且均匀分布,故其抗弯强度和冲击韧度都高于钨系高速钢,目前多用在轧制的刀具上,如轧制的钻头和齿轮滚刀等。

②高性能高速钢。高性能高速钢是在普通型高速钢中加入钴、钒、铝等合金元素,进一步提高其耐磨性和耐热性的新型高速钢,此类高速钢主要用于高温合金、钴合金、不锈钢等难以加工材料的切削加工。高性能高速钢主要有以下几种类型。

a. 高钒高速钢。高钒高速钢是将钒的质量分数提高到3%~5%,由于钒的增加,提高了钢的耐磨性。一般用于切削高强度钢。但其刃磨性能比普通高速钢差。

b. 钴高速钢。钴高速钢是在高速钢中加入钴,有良好的综合性能,用于切削高温合金、不锈钢等难以加工的材料,效果很好。但钴高速钢的价格很贵(为 W18Cr4V 的8倍左右)。

c. 铝高速钢。铝高速钢是我国独创的新型高速钢,它在普通高速钢中加入了少量的铝,可提高钢的耐热性和耐磨性,有良好的综合性能,达到了钴高速钢的切削性能,切削加工性好、密度小、价格低廉,与普通高速钢的价格接近,但其可磨削性差,热处理工艺要求较严格。

③粉末冶金高速钢。粉末冶金高速钢是把炼好的高速钢钢液置于保护气罐中,用高压氮气雾化成细小的粉末,然后在高温(1 100℃)、高压(100 MPa)下压制而成的。它克服了一般铸锭方法产生的粗大的共晶偏析,热处理变形小,耐磨性好。用它制成的刀具,可切削各种难以加工材料。

(2)硬质合金。硬质合金是用粉末冶金的方法制成的。它是由硬度和熔点很高的金属碳化物(如碳化钨、碳化钛等)的微粉和黏合剂(钴、镍、钼等),经高压成形,并在1 500℃的高温下烧结而成。硬质合金的硬度高达89~94HRA,相当于71~76 HRC,耐磨性很好,能耐800~1 000℃高温,因此,它的切削速度比高速钢高4~10倍,切削速度可达100 m/min以上,能切削淬火钢等材料,但其抗弯强度低、韧性差,不能承受较大的冲击和振动,制造工艺性差。

硬质合金可分为两大类,一类是碳化钨基的,另一类是碳化钛基的。目前常用的是前一类。

①碳化钨基硬质合金。碳化钨基硬质合金可分为4种类型,即K类钨钴类硬质合金(YG)、P类钨钛钴类硬质合金(YT)、M类钨钛钽钴类硬质合金(YW)和钨钽钴类硬质合金(YA)。

a. K类钨钴类硬质合金(YG)。它由碳化钨和钴构成,其硬度为89~91.5HRA,抗弯强度为1.1~1.5GPa,热硬温度为800~900℃,常用的牌号有YG3、YG6、YG8等。G后面的数字为含钴的质量分数,其余是含碳化钨的质量分数。如YG6指含钴6%,含碳化钨94%。含钴量越多,其韧性越大,抗弯强度越高,抗冲击性强,但其硬度和耐热性越下降。YG类硬质合金适用于切削铸铁、非铁金属及其合金,以及非金属材料 and 含钛元素的不锈钢等工件材料。其中YG3适用于精加工,YG8适用于粗加工,YG6适用于半精加工。

YG8C 是粗晶粒的硬质合金牌号,其特点是强度高,硬度和耐磨性与 YG8 比较稍差些,适用于制造承受较大冲击负荷的切削刀具,如刨刀、插刀等。

YG6X 是细晶粒牌号,晶粒平均粒度为 $1.5\mu\text{m}$ 。其硬度和耐磨性比 YG6 稍高,强度和韧性稍差,适用于加工一些特殊的硬铸铁、奥氏体不锈钢、耐热合金、钛合金等材料。

YG10H 是超细晶粒牌号,其平均粒度小于 $0.5\mu\text{m}$,可使硬质点高度分散,在适当增加黏合剂含量的情况下,扩大了黏结面积,提高了强度和硬度。

b. P 类钨钛钴类硬质合金(YT)。由碳化钨、碳化钛和钴构成,其硬度达到 $89.5\sim 92.5\text{HRA}$,抗弯强度为 $0.9\sim 1.4\text{GPa}$,热硬温度为 $900\sim 1\ 000^\circ\text{C}$,常用的牌号有 YT5, YT15, YT14, YT30。T 后面的数字为碳化钛的质量分数,其余是碳化钨和钴,如 YT5 指含碳化钛为 5%,含碳化钨和钴为 95%。

随着碳化钛含量的增多,其韧性和抗弯强度下降,硬度增高,抗冲击和振动性能下降。钛的作用是阻止硬质合金颗粒向工件材料中扩散,提高黏结温度,减少刀具磨损,但不适宜切削含钛元素的不锈钢。因为两者的钛元素之间的亲和作用较强,会发生严重黏结,从而加剧刀具磨损。

通常情况下, YT5 适用于粗加工塑性大的材料, YT15 适用于半粗加工钢材, YT30 适用于精加工钢材。

c. M 类钨钛钽钴类硬质合金(YW)。钨钛钽钴类硬质合金由碳化钨、碳化钛、钴以及加入适量的碳化钽或碳化铌构成,可提高抗弯强度和韧性,而且也可提高抗氧化能力、耐热性和高温硬度,是一种既能加工钢,又能加工铸铁和非铁金属及其合金的具有较好通用性的刀具材料,常用的牌号有 YW1, YW2。此类硬质合金含有碳化铌 4%,具有 YG 类硬质合金的韧性,且比 YT 类硬质合金抗刃口剥落能力强的特点。

d. 钨钽钴类硬质合金(YA)。钨钽钴类硬质合金由碳化钨、碳化钽(或碳化铌)和钴构成,它有较强的常温硬度和高温硬度,且耐磨性和抗氧化能力好,适用于对冷硬铸铁、非铁金属及其合金进行半精加工,也可进行高锰钢、淬火钢等材料的精加工和半精加工。

②碳化钛基硬质合金(YN)。碳化钛基硬质合金以碳化钛为主体,铌、钴为黏合剂,并添加少量其他碳化物的硬质合金,称为碳化钛基硬质合金。它的硬度为 92.5HRA ,具有较高的抗氧化能力、较高的耐磨性、耐热性($1\ 100\sim 1\ 300^\circ\text{C}$)和抗刀具前面磨损能力。其主要用于碳钢、合金钢、工具钢、淬火钢等连续切削的粗加工。

表面涂层硬质合金是采用韧性较好的基体(如 YG8、YT5 等),通过化学气相沉积和真空溅射等方法,在硬质合金刀片表面喷涂一层厚度为 $5\sim 12\mu\text{m}$ 的碳化钛、氮化钛或氧化铝等化合物材料而成。表面涂层硬质合金可以提高刀具的耐磨性能,从而在相同刀具寿命的前提下,可提高切削速度 $25\%\sim 30\%$,或在相同切削速度之下,提高刀具寿命 $1\sim 3$ 倍。

碳化钛涂层刀片硬度为 $3\ 200\text{HV}$,耐磨性好,容易扩散到基体内,与基体黏结较牢固。

(3)其他刀具材料。

①陶瓷。可制作刀具的陶瓷材料是以人造的化合物为原料,在高压下成形和在高温下烧结而成的,它有很高的硬度和耐磨性,耐热性高达 $1\ 200^\circ\text{C}$ 以上,化学稳定性好,与金属的亲合力小,可提高切削速度 $3\sim 5$ 倍。但陶瓷的最大弱点是抗弯强度低,冲击韧度差,因此,

主要用于钢、铸铁,非铁金属等材料的精加工和半精加工。按成分组成,陶瓷可分为下列几种。

a. 高纯氧化铝陶瓷。其主要成分为氧化铝及微量用于细化晶粒的氧化镁,经冷压烧结而成,硬度为 92~94HRA,抗弯强度为 0.392~0.491GPa。

b. 复合氧化铝陶瓷。在氧化铝基体中添加如碳化钛、铌和钼等合金元素,经热压成形,硬度达到 93~94HRA、抗弯强度为 0.589~0.785GPa。

c. 复合氮化硅陶瓷。在氮化硅基体中添加碳化钛和钴,进一步提高了切削性能,可对冷硬铸铁、合金铸铁进行粗加工。

②超硬材料。

a. 金刚石。金刚石分天然和人造两种,都是碳的同素异型体。人造金刚石在高温、高压条件下由石墨转化而成,硬度为 10 000HV。

金刚石刀具能精密切削非铁金属及其合金,能切削高硬度的耐磨材料。碳与铁原子有较强的亲和力,因此金刚石不能切削钢铁等金属。当温度达到 800℃时,在空气中金刚石刀具即发生碳化,就会产生急剧磨损。

b. 立方氮化硼。立方氮化硼是由六方氮化硼在高温高压条件下加入催化剂转变而成,其硬度高达 8 000~9 000HV,耐磨性好,耐热性高达 1 400℃,与铁元素不容易起化学反应,因此可对高温合金、淬硬钢、冷硬铸铁进行半精加工和精加工。

目前在生产中还制成以硬质合金作基体的双层刀片,即复合立方氮化硼刀片。

任务3 金属切削过程中的物理现象

任务描述: 了解切削层的 3 个变形区。

熟悉切削的形成过程及受力分析。

了解切削用量的选择方法。

理解金属切削的常用概念。

任务分析: 金属切削过程中,会产生很多物理现象,如切削变形、切削力、切削热等,本任务主要介绍这些物理现象的产生原因以及对加工工件质量、生产率等带来的影响等。

活动 1 切削层的变形

切削层是指切削过程中,刀具切削刃的一个单一动作、一个单程或指只产生一圈(层)过渡表面所切除的工件材料层。

在金属压缩实验中,当金属试件受挤压、在其内部产生主应力的同时,还将在与作用力大致成 45° 方向的斜截面产生最大切应力,在切应力达到屈服强度时将在此方向剪切滑移。

金属刀具切削时相当于局部压缩金属的压块,使金属沿一个最大剪应力方向产生滑移,如图 1-8 所示。

当切屑层达到切削刃 OA (OA 代表始滑移面) 处时,切应力达到材料屈服强度,产生剪切滑移,切削层移到 OM 面上,剪切滑移终止,并离开切削刃后形成了切屑,然后沿前面流出。

切削层的金属变形有 3 个变形区,即第一变形区(剪切滑移)、第二变形区(纤维化)和第三变形区(纤维化与加工硬化)。

1. 第一变形区

始滑移面 OA 与终滑移面 OM 之间的变形区称为第一变形区,宽度很窄($0.02 \sim 0.2\text{mm}$),故常用 OM 剪切面(也称为滑移面)来表示,它与切削速度的夹角称为剪切角 φ 。

第一变形区变形特点为剪切变形沿着滑移线发生,随之产生加工硬化。

2. 第二变形区

当切屑沿前面流出时,由于受到前面挤压和摩擦作用,在前面摩擦阻力的作用下,靠近前面的切屑底层金属再次产生剪切变形。使切屑底层较薄的一层金属流动滞缓,流动滞缓的一层金属称为滞流层,这一区域称为第二变形区。

3. 第三变形区

工件已加工表面受到钝圆弧切削刃的挤压和后面的摩擦,使已加工表面内产生严重变形,已加工表面与后面的接触区称为第三变形区。

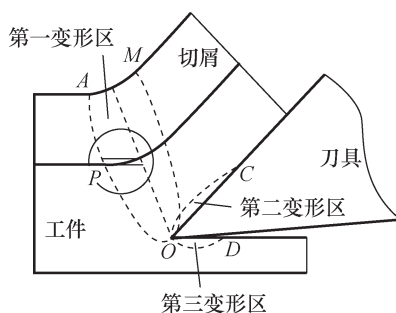


图 1-8 切削层的金属变形

活动 2 切削变形的衡量方法

1. 切屑的形成过程

被切金属层在刀具切削刃和前刀面的作用下,经受挤压而产生弹性变形和塑性变形,最后沿前刀面剪切滑移脱离工作基体而形成切屑,如图 1-9 所示。

2. 切屑的受力分析

在切削过程中,被切层金属产生弹性变形和塑性变形,就有变形抗力作用在刀具上,其方向分别与前刀面、后刀面垂直,如图 1-10 所示的 F_{rx} 和 F_{ry} ;切屑与刀具前刀面相摩擦,已加工表面与刀具后刀面相摩擦,产生了摩擦阻力,其方向与刀具的相对运动相反,如图 1-10 所示的 F_{fx} 和 F_{fy} 。这里的变形抗力和摩擦阻力即为总切削力 F 的来源。

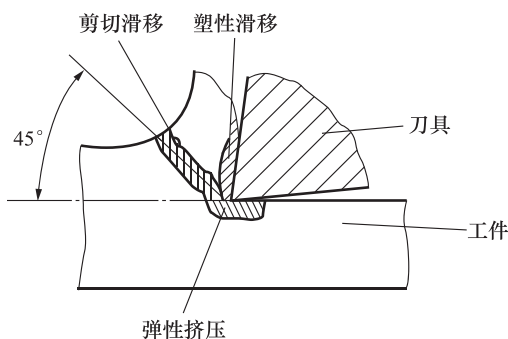


图 1-9 切屑的形成过程

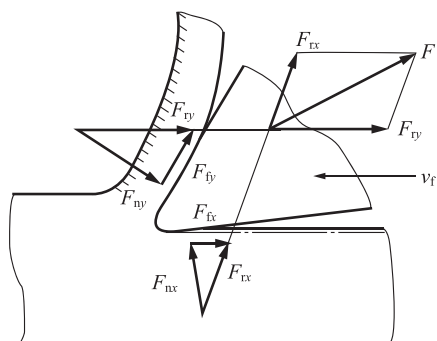


图 1-10 切屑力的来源

切削塑性金属时,切屑底层的金属与刀具的前刀面(切屑流出的表面)在高温高压下,存在着剧烈的摩擦。这层金属由于受到前刀面很大的摩擦阻力,所以它的流动速度较慢。当摩擦阻力增大到一定程度时,这层流动很慢的金属与切屑分离,而形成一个楔块,黏结在刀具附近的前刀面上。这块金属称为积屑瘤,也叫刀瘤。

积屑瘤的硬度很高,约为工件材料硬度的3倍,因此,它可以代替刀刃进行切削。当刀瘤产生时,增大了前角,使切削工作轻快省力。这对粗加工有好处,但刀瘤在切削时,经常被切屑带走,其高度不断变化,切削厚度就有变化,使切削过程产生振动。刀瘤有时还会嵌入或黏附在已加工表面上,使已加工表面的表面粗糙度增大。因此,在精加工时,要避免积屑瘤产生。

为避免积屑瘤的产生,可采取以下控制措施。

(1)采用高速或低速切削。实践证明,用低于 $2\text{m}/\text{min}$ 或高于 $100\text{m}/\text{min}$ 的切削速度切削中碳钢时,是会产生积屑瘤的。当切削速度较低或较高时,切削区域的温度也较低或较高。在此两种条件下,钢与刀具材料的摩擦因数都较小,故不易产生积屑瘤。用中等速度切削时,切削区域的温度,正好使钢与刀具材料的摩擦因数加大,所以容易产生积屑瘤。切削区域的温度在 $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右时,积屑瘤的高度最大。

(2)增大刀具的前角、研磨刀具的前刀面、使用切削液,都可以减小切削变形和摩擦,从而避免产生积屑瘤。

3. 切削用量的选择

选用合理的切削用量是指充分利用刀具的切削性能和机床性能,在保证质量的前提下,获得高的生产率和低的加工成本的切削用量。

(1)切削用量同加工生产率的关系。进给量 f 保持不变,背吃刀量 a_p 增至 $3a_p$,为保持刀具合理的耐用度,则 v_c 必须降低 15% ,此时生产率可提高 2.6 倍。

a_p 保持不变, f 增至 $3f$,为保持刀具合理的耐用度,则 v_c 必须降低 32% ,此时生产率可提高至 2 倍。

切削速度高过一定的临界值时,生产率反而会降低。例如, a_p 增大至某一数值时,因受加工余量的限制而成为常值时,进给量 f 不变,把切削速度 v_c 增至 $3v_c$ 时,生产率将大为降低。

(2) 切削用量的选择原则。选择切削用量的最佳组合,在保持刀具合理耐用度的前提下,使 a_p, f, v_c 3 者的乘积值最大,以获得最高的生产率。

首先选取尽可能大的背吃刀量;其次根据机床动力和刚性限制条件或已加工表面粗糙度的要求,选取尽可能大的进给量;最后利用切削用量手册选取或者用公式计算确定切削速度。

关于背吃刀量的选定,粗加工(表面粗糙度 Ra 为 $80\sim 20\mu\text{m}$)时,一次走刀应尽可能切除全部余量,在中等功率机床上,背吃刀量可达 $8\sim 10\text{mm}$;半精加工(表面粗糙度 Ra 为 $10\sim 5\mu\text{m}$)时,背吃刀量取 $0.5\sim 2\text{mm}$;精加工(表面粗糙度 Ra 为 $2.5\sim 1.25\mu\text{m}$)时,背吃刀量取 $0.1\sim 0.4\text{mm}$ 。进给量的选定可查阅《机械加工工艺手册》。

活动 3 金属切削的几个常用概念

金属切削过程是刀具前面推挤切削层,使其产生切屑和得到需要的加工表面的过程。

在切削过程中会出现许多物理现象,如切削变形、切削力、切削热、刀具磨损等。这些物理现象与加工质量、生产率和制造成本等密切相关。

切削过程的金属变形本质上是工件受到刀具推挤后产生弹性和塑性变形,使切削层与母体金属分离的过程。

1. 切屑

金属切削时,由于工件材料、刀具几何角度、切削用量等的差异,会出现 4 种不同形态的切屑。

(1) 带状切屑。切屑连续,成较长的带状,底面光滑,背面无明显裂纹,呈微小锯齿形。一般加工塑性金属(如低碳钢、铜、铝等材料)时形成此类切屑,必要时需采取断屑措施。

(2) 节状切屑。切屑背面有较深的裂纹,呈较大的锯齿形。

(3) 粒状(单元)切屑。切削塑性材料时,若整个剪切面上的切应力超过了材料断裂强度,所产生的裂纹贯穿切屑断面时,呈粒状切屑。

(4) 崩碎切屑。切削铸铁、青铜等脆性材料时,切削层通常在弹性变形后未经塑性变形,突然崩碎而成为碎粒状切屑。

2. 加工硬化

经过切削加工的表面,其硬度提高、塑性降低的现象称为加工硬化。硬化层的深度为 $0.07\sim 0.5\text{mm}$,硬度为材料原来硬度的 $1.2\sim 2$ 倍。

切削时产生的硬化层,其硬度和深度是很不均匀的,并常常产生细小的裂纹。这对已加工表面的质量不利。对于还要继续切削的表面,由于硬化层的存在,增加了下次切削的困难。因此,在切削时应尽量减轻加工硬化现象。

一般地说,凡减少切削变形和摩擦的措施,如增大刀具前角、提高切削速度、使用切削液等,都可以减轻加工硬化现象。



3. 切削热

在切削过程中,由于工件材料被挤压变形,工件、切屑与刀具的摩擦会产生切削热。工件温度的升高以及切屑温度较高等现象都说明切削热的存在。

切削塑性材料时,切削热主要来自材料被挤压、变形和切屑与刀具的摩擦;切削脆性材料时,切削热主要由工件与刀具的摩擦产生。切削速度低时,变形热占主要地位;切削速度高时,摩擦热的比例增加。

切削热由切屑、工件、刀具和周围介质(如空气、切削液等)传出。当不加切削液,用中等切削速度车削钢材时,切屑传出的热量占总切削热的50%~86%,工件传出的热量占总切削热的10%~40%,刀具传出的热量占总切削热的3%~9%,介质传出的热量占总切削热的1%。

4. 切削温度

切削时的发热和散热直接影响到切削温度。切削温度是指工件、切屑和刀具接触处的最高温度,即刀尖附近的温度。由于这里发热量大,散热条件差,温度有时可达700~1 000℃。

切削温度太高,会加剧刀具的磨损,甚至使刀具丧失切削能力。而刀具的磨损又会使工件的精度和表面质量降低。工件(尤其是细长轴、薄壁套之类的零件)本身也会受热伸长和膨胀。有时在加工中测量合格的尺寸,冷却后可能就不合格了。细长轴受热后产生轴向弯曲,车后会造成形状误差。

为此,必须设法使切削热产生得少、散热散得快,以降低切削温度。常用的措施如下。

(1)切削时,尽量使用切削液。这对高速钢刀具来说尤其重要。

(2)适当增大前角,可以减少切削热,降低切削温度。

(3)实验证明,车削中切削速度降低1倍,切削温度降低30%左右;进给量降低1倍,切削温度降低15%左右;而切削深度降低1倍时,切削温度只降低7%~8%。如果要降低切削温度,首先要降低切削速度。这样做,既能使切削温度显著降下来,又能使生产率下降最少。

(4)适当减小主偏角,可增加切削刃的散热长度和刀尖处的散热面积,也能降低切削温度。切削温度可通过观察切屑的颜色大致地估计出来。例如,切削碳素钢时,随着切削温度的升高,切屑颜色由银白逐步变为黄白、金黄、紫、深蓝、浅蓝色,其中金黄色反映的切削温度是300~400℃,浅蓝色反映的切削温度是500~600℃。

5. 切削液

切削液是为了提高切削加工效果而使用的液体。

(1)切削液的作用。

①冷却作用。切削液能从切削区带走大量的切削热,使切削温度降低。因此,切削液可提高刀具寿命和零件的加工质量。在刀具材料热硬性差、工件材料热膨胀系数较大,以及两者的导热性都较差的情况下,切削液的冷却作用尤为重要。

②润滑作用。切削液渗入刀具、切屑和工件之间,形成润滑膜,可以减小刀具与切屑、刀具与工件过渡表面之间的摩擦,从而减小切削变形,抑制积屑瘤、鳞刺的生长,控制残余应力

★微视频



切削热

★微视频



切削液

和微观裂纹的产生,使刀具寿命和工件的加工表面质量都得以提高。

③清洗和排屑作用。切削液能将细小的切屑或磨削时从砂轮上脱落的磨粒及时冲走,避免切屑堵塞或划伤工件已加工表面及机床导轨。切削液的清洗和排屑作用对磨削、深孔加工等很重要。

(2)切削液的种类。切削液分水基和油基两种类型。常用的水基切削液有合成切削液和乳化液,常用的油基切削液即切削油。

①合成切削液。合成切削液以水为主要成分,加入适量的水溶性防锈添加剂制成,俗称水溶液。此外,加入适量的表面活性剂、油性添加剂也可提高合成切削液的防锈性能。由于水有良好的流动性,且导热率和比热都比油大得多,可以吸收大量的热,所以合成切削液主要起冷却作用。

②乳化液。乳化液用乳化油加水(95%~98%)稀释而成。乳化液是应用广泛的切削液,兼有冷却与润滑的作用。其冷却作用比合成切削液差,润滑作用比合成切削液好。

③油基切削液。油基切削液即切削油,分为矿物油、动植物油和复合油3种类型。矿物油有机械油、高速机械油、煤油等类型;动植物油有猪油、菜籽油等;复合油是以矿物油为主加入适量动植物油混合而成。油基切削液有良好的润滑作用,但其冷却作用比水基切削液差。

④极压型切削液。加工难以切削的材料时,切削温度很高,普通切削液形成的物理润滑膜会因温度升高破裂而失去润滑作用。为此,在普通切削液中再加入极压添加剂(如含硫、氯、磷等有机化合物)以形成化学吸附润滑膜,使摩擦减小,改善润滑。含极压添加剂的各类切削液分别称为极压型合成切削液、极压型乳化液和极压型切削油。

(3)切削液的选用。加工过程中使用的切削液要根据工件材料、刀具材料、加工方法、加工要求、机床类别等情况综合考虑,合理选用。

①根据工件材料选用。切削钢等塑性材料时需用切削液,切削铸铁等脆性材料时可不用切削液;切削高强度钢、高温合金等难以切削的材料时,应选用极压切削油或极压乳化液;切削钢铁金属及其合金时,不能使用含硫的切削液,因为硫对其有腐蚀作用;切削镁合金时,不能使用水基切削液,以免引起燃烧。

②根据刀具材料选用。高速钢刀具热硬性差,一般应采用切削液;硬质合金刀具热硬性好,耐热、耐磨,一般不用切削液,必要时可使用低浓度的乳化液或合成切削液,但必须在刀具接触工件之前加注,并保持连续、充分浇注,以免刀片因冷热不均匀产生较大内应力而导致破裂。

③根据加工方法选用。进行钻孔(尤其是深孔)、铰孔、攻螺纹、拉削等加工时,工具与已加工表面摩擦严重,宜采用乳化液、极压型乳化液和极压型切削油等,并充分浇注。在使用螺纹刀具、齿轮刀具及成形刀具切削时,因刀具价格较贵,刃磨困难,要求刀具寿命高,宜采用极压型切削油、硫化切削油等。对于磨削,因加工时温度很高,且会产生大量的细屑及脱落的磨粒,容易堵塞砂轮和使工件烧伤,要选用冷却作用好、清洗能力强的切削液,如合成切削液和低浓度乳化液。磨削不锈钢、高温合金时,则应选用润滑性能较好的极压型合成切削液和极压型乳化液。

★微视频



切削液的选用

④根据加工要求选用。粗加工时,金属切除量大,切削温度高,应选用冷却作用好的切削液;精加工时,为保证加工质量,宜选用润滑作用好的极压切削液。

6. 刀具磨损与刀具寿命

切削中,刀具材料的部分微粒被切屑或工件带走而逐渐变钝的现象,叫做刀具磨损。刀具磨损到一定程度时,应及时地把它取下来,进行刃磨。否则,就会使工件精度下降,表面粗糙度上升。机床动力消耗增大,甚至打刀,造成刀具材料的严重浪费。

(1) 刀具磨损的原因。

①切削时,前刀面与切屑之间,后刀面(对准已加工表面的刀具表面)与工件之间都有强烈的摩擦。切削速度越高,压力越大,刀具表面的磨损也就越严重。

②由于切削温度的升高,会使刀具与切屑,刀具与工件之间的黏合加剧,还会使刀具材料变软,耐磨性减弱。这样,就使刀具表面上的微粒很容易地被切屑和工件磨掉,使刀具磨损加剧。

在低速切削时,切削温度不高,机械摩擦是刀具磨损的主要原因。中速和高速切削时,切削温度较高,热效应即成为刀具磨损的主要原因。由于大多数刀具工作中速或高速下,故热效应对刀具的磨损占着主要的地位。

(2) 刀具的磨损部位。刀具的磨损部位有后刀面磨损,前刀面磨损,前、后刀面磨损几种。

(3) 刀具的磨损限度。刀具磨钝以后,会出现一些现象,如工件的表面粗糙度突然变大,在钢件的已加工表面上出现亮点,铸铁件的已加工表面上出现暗点,切屑的颜色、形状有显著变化,发出不正常的声音及产生振动等。

切削时可根据上述现象,掌握重磨与换刀的时刻。但有时上述现象并不很明显,要判断得准确是不容易的。为了既准确又方便地控制换刀时刻,可按一定的要求,在车刀的后面规定出一个最大的磨损高度 h 。当刀具后刀面磨损到 h 时,就应该重磨或换刀。 h 称为磨损限度。

精加工时,为了保证零件精度和表面粗糙度的要求,应取其中较小的数值。粗加工时,为了合理地使用刀具材料,延长刀具的使用寿命,可取其中较大的数值。

(4) 刀具寿命。有了磨损限度之后,可以准确地控制换刀与重磨的时刻,但需要经常观察或测量刀具后刀面的磨损量。这在实际应用上是行不通的。因此,人们常用刀具寿命来控制刀具的重磨时间。

刀具寿命就是根据刀具的磨损限度而规定的两次磨刀之间的切削时间,它的单位是min。如果车刀从第一次刃磨后开始切削起,到第二次刃磨前的切削时间是70 min,那么它的寿命就是70 min。

有时,刀具寿命也用两次磨刀之间所切削工件的个数或进给次数来表示。刀具切削的时间到达规定的寿命时,就要及时换刀或重磨。

但必须指出,对于同一个磨损限度,切削中若采用的切削用量不同,刀具的寿命也不同。切削速度越高,刀具磨损就越快,到达磨损限度的时间就越短,即寿命越低。反之,寿命越高。可知,刀具寿命是根据具体的切削条件来规定的。

★ 微视频



刀具磨损的形式

★ 微视频



刀具磨损过程

任务4 金属切削机床的基本知识

任务描述: 了解机床的几种分类方式。

掌握机床型号的编制规则和编制方法。

掌握机床运动的形成和成因。

理解机床传动的工作原理。

任务分析: 金属切削机床(简称机床)是制造机器的机器,也称为工具机或工作母机,是机械加工的主要设备。机床的基本功能是为被切削的工件和使用的刀具提供必要的运动、动力和相对位置。本任务主要介绍机床的分类、型号编制方法,并分析机床的运动。

活动1 机床的分类和型号编制方法

在现代机械制造业中,机床品种和规格繁多,机床的名称很长。为了便于区别、管理和使用,须对机床进行分类和编制型号。国家标准 GB/T 15375—2008《金属切削机床 型号编制方法》对此进行了专门的规定。

1. 机床的分类

机床主要是按加工性质和所使用的刀具进行分类,目前我国将机床分为 11 种类型,即车床、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、锯床和其他机床。在每一类机床中,又按工艺范围、布局形式和结构等分为若干组,每一组又分为若干个系(系列)。

除上述基本分类方法外,还有其他分类方法。

(1)按照通用化程度分类,机床可分为以下 3 种类型。

①通用机床。这类机床可以加工多种零件的不同工序,加工范围广,但结构复杂。例如,普通车床、万能升降台铣床、万能外圆磨床等均属于通用机床。

②专门化机床。这类机床的加工范围较窄,专门用于加工某一类或几类零件的某一道或某几道特定工序。例如,凸轮轴车床、丝杠车床、齿轮加工机床等均属于专门化机床。

③专用机床。这类机床的加工范围窄,用于加工某一种零件的某一道特定工序,具有专用、高效、自动化程度高和易于保证加工精度的特点,适用于大批大量生产。例如,加工车床床身导轨的专用龙门磨床、各种类型的组合机床等均属于此类机床。

(2)按照自动化程度分类,机床可分为手动机床、机动机床、半自动机床和自动机床。

(3)按照机床的工作精度分类,机床可分为普通机床、精密机床和高精度机床。

(4)按照重量和尺寸分类,机床可分为仪表机床、中型机床、大型机床、重型机床和超重

型机床。

(5)按照机床的主要工作部件数目分类,机床可分为单刀机床、多刀机床、单轴机床、多轴机床等。

(6)按照数控功能分类,机床可分为非数控机床、一般数控机床、加工中心、柔性制造单元等。

2. 金属切削机床型号编制方法

机床型号也称为机床的代号,用于表明机床的类型、通用性和结构特性、主要技术参数等。GB/T 15375—2008《金属切削机床 型号编制方法》规定,我国的机床型号由汉语拼音字母和阿拉伯数字按一定规律组合而成。

(1)机床类别代号。用该类机床名称汉语拼音的第一个字母(大写)表示。例如,“车床”用“C”来表示。当需要时,每类又可分为若干分类。分类代号用阿拉伯数字表示,放在类别代号之前,但第一分类不予表示。例如,磨床类分为M,2M,3M等3个分类。机床的类别代号见表1-1。

表 1-1 通用机床类别代号

类别	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	其他机床
代号	C	Z	T	M	2M	3M	Y	S	X	B	L	G	Q

(2)机床的通用特性和结构特性代号。

①通用特性代号。对于具有某种通用特性的机床,在类别代号后加上相应的特性代号,通用特性代号可以多个同时使用。例如,“XK”表示数控铣床,“MBG”表示半自动高精度磨床。机床的通用特性代号见表1-2。

表 1-2 通用特性代号

通用 特性	高精度	精密	自动	半自动	数控	加工中心 (自动换刀)	仿形	轻型	加重型	简式或 经济型	柔性加 工单元	数显	高速
代号	G	M	Z	B	K	H	F	Q	C	J	R	X	S

②结构特性代号。对于主参数相同而结构、性能不同的机床,在型号中加结构特性代号予以区分。结构特性代号用大写的汉语拼音表示。与通用特性代号不同,结构特性代号在型号中没有统一的含义,只在同类机床中起区分机床结构、性能的作用。当机床有通用特性代号时,结构特性代号应排在通用特性代号之后。为避免混淆,通用特性代号已用的字母及“L”“O”都不能作为结构特性代号。例如,CA6140型卧式车床型号中的“A”,可以理解为这种车床在结构上区别于C6140型机床。

(3)机床的组别、系别代号。用两位阿拉伯数字表示机床的组别、系别代号,前一位表示

组别,后一位表示系别。每类机床按其结构性能及使用范围划分为 10 个组,用 0~9 表示。每一组又分为若干个系。系的划分原则是,主参数相同、并按一定公比排列、工件和刀具本身的和相对的运动特点基本相同、且主要结构及布局形式相同的机床划分为一个系。不同类机床组的划分见表 1-3。

表 1-3 通用机床类、组划分表

组别 类别		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
车床 C		仪表车床	单轴自动、半自动车床	多轴自动、半自动车床	回轮、转塔车床	曲轴及凸轮轴车床	立式车床	落地及卧式车床	仿形及多刀车床	轮、轴、辊、锭、及铲齿车床	其他车床
钻床 Z			坐标镗钻床	深孔钻床	摇臂钻床	台式钻床	立式钻床	卧式钻床	钻铣床	中心孔钻床	
镗床 T				深孔镗床		坐标镗床	立式镗床	卧式铣镗床	精镗床	汽车、拖拉机修理用镗床	
磨床	M	仪表磨床	外圆磨床	内圆磨床	砂轮机	坐标磨床	导轨磨床	刀具刃磨床	平面及端面磨床	曲轴、凸轮轴、花键轴及轧辊磨床	工具磨床
	2M		超精机	内圆珩磨机	外圆及其他珩磨机	抛光机	沙带抛光及磨削机床	刀具刃磨及研磨机床	可转位刀片磨削机床	研磨机	其他磨床
	3M		球轴承套圈沟磨床	滚子轴承套圈滚道磨床	轴承套圈超精机		叶片磨削机床	滚子加工机床	钢球加工机床	气门、活塞及活塞环磨削机床	汽车、拖拉机修磨机床
齿轮加工机床 Y		仪表齿轮加工机床		锥齿轮加工机床	滚齿及铣齿机	剃齿及珩齿机	插齿机	花键轴铣床	齿轮磨齿机	其他齿轮加工机床	齿轮倒角及检查机
螺纹加工机床 S					套丝机	攻丝机		螺纹铣床	螺纹磨床	螺纹车床	
铣床 X		仪表铣床	悬臂及滑枕铣床	龙门铣床	平面铣床	仿形铣床	立式升降台铣床	卧式升降台铣床	床身铣床	工具铣床	其他铣床

续表

类别 \ 组别	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
刨插床 B		悬臂刨床	龙门刨床			插床	牛头刨床		边缘及模具刨床	其他铣床
拉床 L			侧拉床	卧式外拉床	连续拉床	立式内拉床	卧式内拉床	立式外拉床	键槽及螺纹拉床	其他铣床
锯床 G			砂轮片锯床		卧式带锯床	立式带锯床	圆锯床	弓锯床	锉锯床	
其他机床 Q	其他仪表机床	管子加工机床	木螺钉加工机		刻线机	切断机				

(4) 机床主参数、设计顺序号及第二主参数。机床主参数是表示机床规格大小的一种参数。在机床型号中,用阿拉伯数字给出主参数的折算值,折算系数一般是 1:10 或 1:100,也有少数是 1。几种常用机床的主参数及折算系数见表 1-4。

表 1-4 主要机床的主参数和折算系数

机床	主参数名称	折算系数
卧式车床	床身上最大回转直径	1:10
立式车床	最大车削直径	1:100
摇臂钻床	最大钻孔直径	1
卧式镗床	镗轴直径	1:10
坐标镗床	工作台面宽度	1:10
外圆磨床	最大磨削直径	1:10
内圆磨床	最大磨削孔径	1:10
矩台平面磨床	工作台面宽度	1:10
齿轮加工机床	最大工件直径	1:10
龙门铣床	工作台面宽度	1:100
升降台铣床	工作台面宽度	1:10
龙门刨床	最大刨削宽度	1:100
插床及牛头刨床	最大插削及刨削长度	1:10
拉床	额定拉力(吨)	1

某些通用机床,当无法用一个主参数表示时,则用设计顺序号来表示。

第二主参数是对主参数的补充,如最大工件长度、最大跨距、工作台工作面长度等,第二主参数一般不予给出。

(5)机床的重大改进顺序号。当机床的性能和结构有重大改进,并按新产品重新设计、试制和鉴定时,在原机床型号尾部加重大改进顺序号,即汉语拼音字母 A,B,C……

(6)其他特性代号。其他特性代号主要用于反映各类机床的特性。例如,对于数控机床,其他特性代号可以用来反映不同的数控系统;对于一般机床,其他特性代号可以用来反映同一型号机床的变型等。其他特性代号用汉语拼音字母、阿拉伯字母或二者的组合表示。

(7)企业代号。机床生产单位为机床厂时,由机床厂所在城市名称的大写汉语拼音字母及该厂在该城市建立的先后顺序号或机床厂名称的大写汉语拼音字母表示。生产单位为机床研究所时,由该所名称的大写汉语拼音字母表示。

设计单位代号与通用机床型号中的企业代号相同。专用机床的设计顺序号按各单位设计制造的专用机床的先后顺序排列。例如,北京第一机床厂设计制造的第 15 种专用机床为专用铣床,其型号为 B1—015。

活动 2 机床的运动

1. 工件表面的形成

虽然零件的种类繁多,形状也各不相同,但分析起来,都是由外圆柱表面、内圆柱表面、平面、锥面、球面及成形表面等一些典型特征表面所构成。机器零件上常见的各种特征表面如图 1-11 所示。

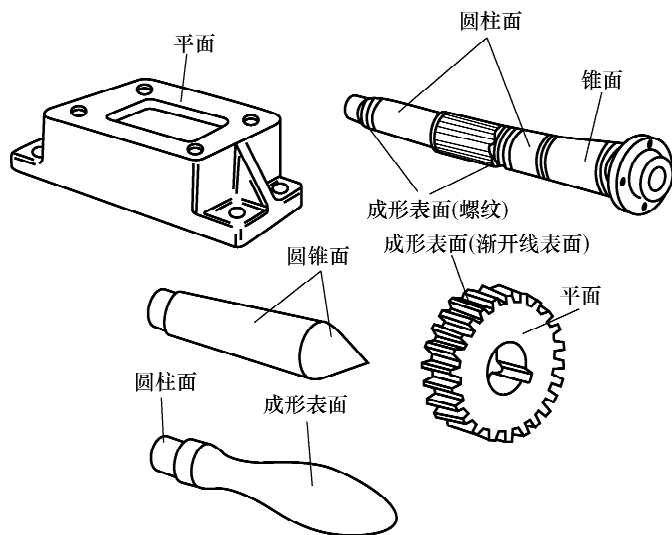


图 1-11 机器零件上常见的各种表面

任何特征表面都可以看做是一条线(母线)沿着另一条线(导线)运动的轨迹。例如,平面可以看做是一条直线沿另一条与之垂直的直线运动得到的,而圆柱表面则是一条直线沿一个与之垂直的圆运动而形成的。

母线和导线统称为发生线。发生线是由刀具的切削刃与工件间的相对运动得到的。有了两条发生线及所需的相对运动,就可以得到任意的零件表面。这里,刀具和工件间的相对运动都是由机床来提供的。

2. 机床的运动形式

机床在加工过程中,为了获得所需的工件表面形状,必须完成一定的运动,这种运动称为表面成形运动。此外,机床的运动形式还包括各种辅助运动。

(1)表面成形运动。表面成形运动是机床上最基本的运动,它形成所需的发生线,进而形成被加工表面。对于不同类型的机床和不同的被加工表面,成形运动的形式和数目也是不同的。图 1-12 列出了常见的几种工件表面的加工方法及加工时的成形运动。

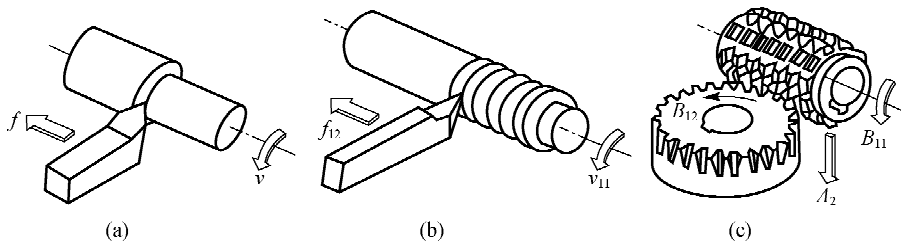


图 1-12 常见表面的加工方法及成形运动

(a)车刀车削外圆柱面; (b)螺纹车刀车削螺纹表面; (c)齿轮滚刀加工齿轮

图 1-12(a)为车刀车削外圆柱面。工件的旋转运动 v 产生圆导线,刀具纵向直线移动 f 产生直线母线,两者相互配合加工出圆柱表面。运动 v 和 f 是两个相互独立的表面成形运动。一般把相互独立的直线运动和旋转运动称为简单成形运动。图 1-12(b)为用螺纹车刀车削螺纹表面。三角形车刀与螺纹轴向剖面一致,利用成形法形成三角形的母线,而车刀的直线运动 f_{i2} 与工件的旋转运动 v_{i1} 有规律的相对运动形成了螺旋线导线。三角形母线沿螺旋线运动,即形成螺纹面。形成螺旋线导线的两个简单运动 v_{i1} , f_{i2} 因有螺纹导程的限定而相互不独立,组成一个成形运动,即复合成形运动(v_{i1} , f_{i2} 的下标表示一个运动的两个部分)。图 1-12(c)为用齿轮滚刀加工齿轮。它需要一个复合成形运动 $B_{i1}B_{i2}$ (展成运动)以形成渐开线母线,又需要一个简单直线运动 A_2 以得到整个渐开线齿面。

根据在切削过程中所起的作用不同,表面成形运动也可以分为主运动和进给运动。

(2)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,其功能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,如在进给运动前后的快速引进和快速退回运动,使刀具和工件具有正确相对位置的调位运动,切入运动,分度运动、工件的夹紧与松开等操纵控制运动。

活动 3 机床的传动

1. 机床的传动链

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,即执行件、动力源和传动装置。

执行件是执行机床运动的部件,如主轴、刀架、工作台等。动力源是为执行件提供动力的装置,如三相异步交流电动机、直流电动机、直流和交流伺服电动机及交流变频调速电动机等。传动装置是传递动力和运动的装置。机床的传动装置有机械、液压、电气及气动等多种形式。本书重点讲述机械传动装置。

在机床上,为了得到所需的运动,需要通过由一系列传动件构成的传动装置把动力源和执行件,或者把执行件和执行件连接起来,以构成传动联系。构成一个传动联系的一系列传动件称为传动链。传动链两端的元件称为末端件。末端件可以是动力源、执行件,也可以是另一条传动链中间的某个环节。根据传动链的性质,传动链可分为两种类型。

(1)外联系传动链。外联系传动链是联系动力源和机床执行件的传动链,它使执行件得到预定速度的运动,并传递一定的动力。外联系传动链中往往还包括变速机构和改变运动方向的换向机构等。外联系传动链传动比的变化只影响生产率或表面粗糙度,不影响加工表面的形状。因此,外联系传动链不要求两末端件之间有严格的传动比关系。例如,卧式车床从主电动机到机床主轴之间的传动链即外联系传动链。主轴的转速对加工表面的形状并无影响。

(2)内联系传动链。内联系传动链是联系两个执行件,以形成复合成形运动的传动链。两个末端件之间的相对速度或相对位移必须有严格的比例关系,否则就不能保证被加工表面的性质。例如,在卧式车床上车螺纹时,连接机床和刀具之间的传动链即内联系传动链。为保证所加工的螺纹导程,主轴(工件)每转一转,车刀必须移动一个导程。

机床的传动链中使用多种传动机构,常用的有带传动、定比齿轮副、齿轮齿条、丝杠螺母、蜗轮蜗杆、滑移齿轮变速机构、离合器机构、交换齿轮、挂轮架以及电、液压、气动和机械无级变速器等传动机构。

2. 机床传动系统图

机床传动系统图是表示机床全部运动关系的示意图,它能够准确、清楚、全面地表示出机床的传动关系。在机床传动系统图中用简单的符号代表各种传动元件,表 1-5 给出了常用的传动元件符号(详见 GB 4460—84《机械制图 机械运动简图符号》)。

表 1-5 常用的传动元件符号

名称	符号	名称	符号
轴、杠		圆锥齿轮传动	
零件与轴的连接		蜗轮蜗杆传动	
导键连接		齿轮齿条传动	
固定键连接		平带传动	
花键连接		V带传动	
深沟球轴承		弹性联轴器	
角接触球轴承		固定联轴器	
推力球轴承		丝杠螺母传动	
圆锥滚子轴承		滚珠丝杠螺母传动	
向心滑动轴承		圆柱齿轮传动	
弹性联轴器		制动器	
固定联轴器		切带式	
丝杠螺母传动		锥带式	
滚珠丝杠螺母传动			

机床的传动系统图画在一个能反映机床外形和各主要部件相互位置的投影面上,并尽可能绘制在机床外形轮廓线内。图中的各传动元件是按照运动传递的先后顺序,以展开图的形式画出来的。传动系统图只表示传动,不代表各传动元件的实际尺寸和空间位置。在

图中通常注明齿轮及蜗轮的齿数、带轮直径、丝杠的导程和头数、电动机的转速、传动轴的编号等。传动轴的编号,通常从动力源开始,按运动传递顺序,依次用罗马数字来表示。分析传动系统图时,应首先找出执行件以及其动力源,然后由动力源按传动关系依次向后分析。

图 1-13 是某中型卧式车床的主传动系统的传动系统图。这是 12 级的分级变速传动系统,通过中间 3 组滑移齿轮机构使主轴得到 12 级转速。

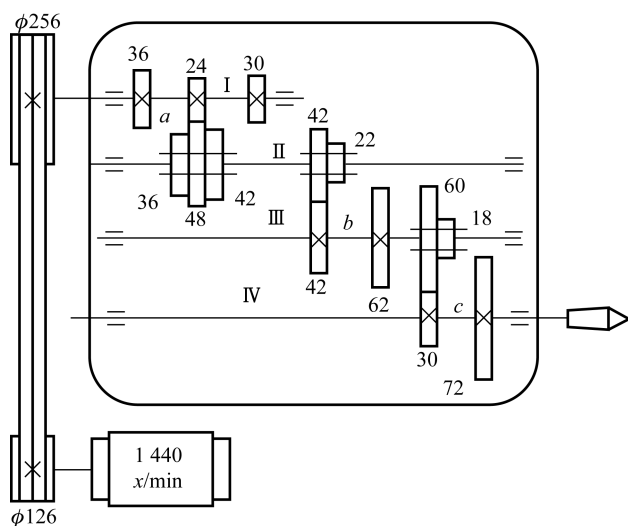


图 1-13 卧式车床主传动系统图

3. 机床传动原理图

为了便于研究机床的传动联系,常用一些简明的符号把传动原理和传动路线表示出来,这就是传动原理图。传动机构通常分为两种类型,一类为固定传动比的机构,简称为定比机构,如定比齿轮副、丝杠螺母副、蜗杆蜗轮副等,另一类为可变换传动比机构,简称为换置机构,如变速箱、挂轮架和数控机床中的数控系统等。图 1-14 列出了传动原理图常用的一部分符号。

下面举例说明传动原理图的画法和所表示的内容。图 1-15 所示为卧式车床的传动原理图。在车削螺纹时,车床有两条主要传动链。一条是外联系传动链,即电动机 $\rightarrow 1 \rightarrow 2 \rightarrow u_v \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow$ 主轴,又称为主运动传动链,该传动链把电动机的动力和运动传递给主轴,传动链中 u_v 为主轴变速及换向机构。另一条为主轴 $\rightarrow 4 \rightarrow 5 \rightarrow u_f \rightarrow 6 \rightarrow 7 \rightarrow$ 丝杠 \rightarrow 刀具,得到刀具和工件间的复合运动(螺旋运动),这是一条内联系传动链,调整 u_f 即可得到不同的螺纹导程。在车削外圆或端面时,主轴和刀具之间无严格的比例关系,二者的运动是两个独立的简单成形运动,因此,除了从电动机到主轴的主传动链外,另一条可视为电动机 $\rightarrow 1 \rightarrow 2 \rightarrow u_v \rightarrow 3 \rightarrow 5 \rightarrow u_f \rightarrow 6 \rightarrow 7 \rightarrow$ 刀具(通过光杠),这时就是一条外传动链。

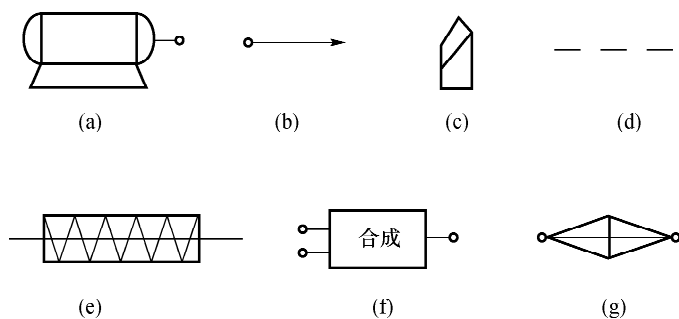


图 1-14 传动原理图常用的一部分符号

(a)电动机；(b)主轴；(c)车刀；(d)传动比不变的机械联系；
(e)滚刀；(f)合成机构；(g)换置机构

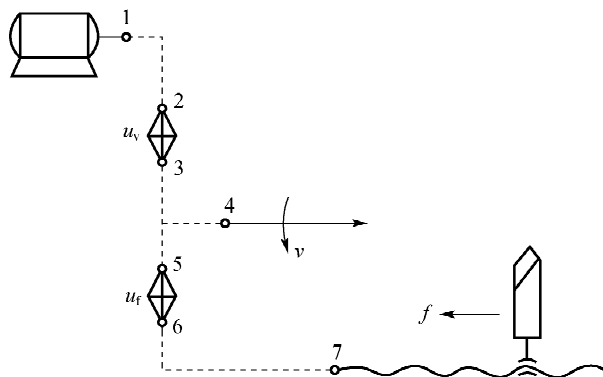


图 1-15 卧式车床传动原理图

项目小结

1. 切削的基本知识

切削表面包括待加工表面、加工表面和已加工表面。

切削运动包括主运动、进给运动和切削运动等。

切削要素包括切削用量要素和切削层横截面要素，其中切削用量要素包括切削速度、进给量和背吃刀量，切削层横截面要素包括切削宽度、切削厚度和切削面积。

2. 刀具

车刀由刀柄和刀头组成，其切削部分包括前刀面、后刀面、副后刀面、主切削刃、副切削刃和刀具，其参考系有正交平面参考系和法平面参考系两种类型。常用的刀具材料有工具

钢、硬质合金、陶瓷等。

3. 金属切削过程中的物理现象

金属在切削过程中,会产生切削变形、切削热、积屑瘤以及加工硬化等物理现象。

4. 金属切削机床

机床按加工性质和所使用刀具不同,可以分为车床、钻床、铣床和拉床等 11 种类型,其运动形式有表面成形运动和辅助运动等。

项目习题

- 1-1 什么叫切削运动? 包括哪几种类型?
- 1-2 切削层横截面要素包括哪几个? 各自的含义是什么?
- 1-3 正交平面参考系和法平面参考系各包括哪几个平面?
- 1-4 在正交平面内标注的前角、后角与楔角存在什么换算关系?
- 1-5 刀具材料应满足哪些方面的性能要求?
- 1-6 作为刀具材料,普通高速钢与高性能高速钢各有什么优、缺点?
- 1-7 切削层的 3 个金属变形区是如何形成的? 3 个变形区各有什么特点?
- 1-8 简述切削用量的选择原则。
- 1-9 金属切削时会产生哪几种类型的切屑?
- 1-10 简述积屑瘤产生的原因和避免积屑瘤产生的措施。
- 1-11 在切削过程中如何降低切削温度?
- 1-12 在切削过程中,切削液起到什么作用? 应如何选用切削液?
- 1-13 简述刀具磨损的原因。
- 1-14 举例说明金属切削机床辅助运动的概念。
- 1-15 机床传动链包括哪两种类型?
- 1-16 机床传动原理图与机床传动系统图有什么区别?