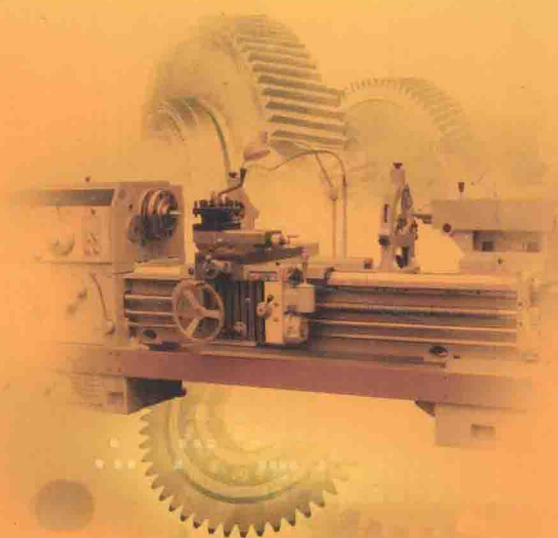


普通机床 机械零件加工

PUTONG JICHUANG
JIXIE LINGJIAN JIAGONG

◎主编 刘祥伟



普通机床机械零件加工

◎ 主 编 刘祥伟

◎ 副主编 李 琦

内 容 简 介

本教材是高等学校提升专业服务产业发展能力项目建设机械设计与制造专业教学改革的系列教材之一。在编写上采用工作任务式教学模式,主要内容包括:阶梯轴的车削加工、转动小滑板法车削圆锥体、偏移尾座法车削圆锥体、三角形外螺纹车削加工、三角形内螺纹车削加工、加工盘套类零件、利用三爪卡盘夹持工件车削偏心工件、长方体零件的铣削加工、键槽零件的铣削加工、六边形零件的铣削加工、台阶销零件的磨削加工、定位块零件的磨削加工 12 个任务。参照最新相关国家职业技能标准,达到普通车工的中级工水平,实现培养学生专业技能和职业素质的目的。

本教材适用于机械设计与制造专业、模具设计与制造专业、机电一体化专业等领域,并可供机电设备维护维修专业工程技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

普通机床机械零件加工 / 刘祥伟主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2014. 7
ISBN 978 - 7 - 5640 - 9123 - 1

I. ①普… II. ①刘… III. ①机床零部件 - 金属切削 - 高等学校 - 教材
IV. ①TG502. 3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 075731 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)
82562903 (教材售后服务热线)
68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京地质印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 14.5

字 数 / 338 千字

版 次 / 2014 年 7 月第 1 版 2014 年 7 月第 1 次印刷

定 价 / 46.00 元



责任编辑 / 张慧峰

文案编辑 / 张慧峰

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 马振武

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

前 言

为了满足高校和企业培养机械设计与制造专业人才的需求,使学生获得“工作过程知识”,就必须更新教育观念,重组课程体系,改革教学模式。

机械设计与制造专业是高等学校提升专业服务产业发展能力建设项目,而“普通机床机械零件加工”课程是机械设计与制造专业的核心课程之一。因此,该课程的教学改革也是高等学校提升专业服务产业发展能力项目建设的需要。课程以零件机械加工为主体,教材编写和教学实施注重学生“产品生产现场”的岗位训练,完善质量考核与评价办法,增强学生的质量、责任、成本和效率意识,有效地培养学生的职业素质与机械加工的能力。

教材以企业岗位需求和国家职业标准为主要依据,在借鉴国内外机械设计与制造的先进资料和经验的基础上,邀请具有丰富机械加工经验的企业一线技术人员和行业专家参与本教材的编写,使教材内容密切联系企业机械加工的生产实际,有利于实现工学结合的人才培养模式。教材内容主要是针对工艺与机械加工等职业岗位或岗位群而编写的,选择了阶梯轴的车削加工、转动小滑板法车削圆锥体、偏移尾座法车削圆锥体、三角形外螺纹车削加工、三角形内螺纹车削加工、加工盘套类零件、利用三爪卡盘夹持工件车削偏心工件、长方体零件的铣削加工、键槽零件的铣削加工、六边形零件的铣削加工、台阶销零件的磨削加工、定位块零件的磨削加工 12 个任务作为教学载体,基于工作过程进行了教学内容的组织与安排,充分体现了教材内容的实用性、针对性、及时性和新颖性。本教材努力体现以下编写特色:

1. 采用基于工作过程的教学思路。本教材每个任务都符合工艺分析、实际加工、质量检测 and 考核评价的教学实施过程。
2. 理论知识与实践技能相结合。本教材注重专业技能的系统性和教学实施的可操作性。
3. 实施“课证融通”的教学改革。在教材编写上融入普通车工中级工国家职业资格标准,该课程学完之后可以考取相应职业资格证书,实现岗位职业标准和技能鉴定与教学内容的有机融合,以保证学生专业技能和职业素质的培养。
4. 所选任务典型。本教材所选任务涉及的理论知识和加工技能不仅全面而且典型,由浅入深,循序渐进。培养学生运用已学知识在一定范围内学习新知识的技能,提高解决实际问题的能力。

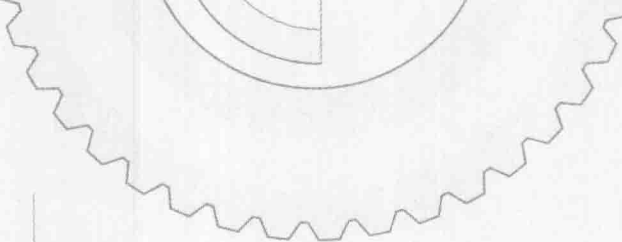
本教材适用于高等学校机电类专业中从事机械设计与制造、数控技术应用、机电设备维护维修等专业的学生,也可作为机械设计制造及自动化专业技术人员的参考教材。

本教材由刘祥伟(副教授)任主编,李琦(讲师)任副主编,张丽华(教授)主审,

郝春玲(副教授)、刘凯(副教授)、陆显峰(助讲)、李显龙参加了部分内容的编写。具体分工如下:任务1、任务2、任务3、任务5、任务6由刘祥伟编写,任务8、任务10、任务12由李琦编写,任务11由郝春玲编写,任务9由刘凯编写,任务4由陆显峰编写,任务7由李显龙编写。刘祥伟老师负责全书的组织和审定。

本教材在探索教材特色建设方面做出了许多努力,但是,由于作者水平有限,教材编写中难免存在疏漏之处,恳请各相关教学单位和读者在使用本教材的过程中批评指正,在此深表感谢!

编者

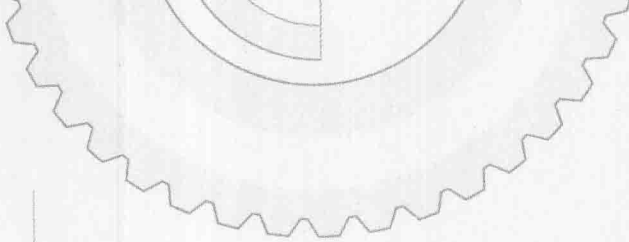


《《《 目 录

工作任务1 阶梯轴的车削加工	1
1.1 切削运动和切削用量	3
1.1.1 切削运动	3
1.1.2 切削要素	4
1.2 刀具的结构及几何角度	5
1.2.1 刀具切削部分的组成	5
1.2.2 刀具参考系及刀具参考平面	6
1.2.3 刀具静止参考系及其几何参数	6
1.2.4 刀具工作参考系及其几何参数	9
1.3 阶梯轴的车削加工	10
1.3.1 粗车阶梯轴	10
1.3.2 精车阶梯轴	15
1.3.3 外沟槽车削	19
1.4 工作表面成形方法与机床运动类型	22
1.4.1 零件加工表面及成形方法	22
1.4.2 机床的运动	25
1.4.3 金属切削机床传动原理	26
工作任务2 转动小滑板法车削圆锥体	29
2.1 车刀的种类及选用	30
2.2 转动小滑板法车削圆锥体	32
2.2.1 操作准备	33
2.2.2 操作过程	33
2.2.3 自检与评价	34
2.3 机械制造工艺规程概述	35
2.3.1 生产过程认知	35
2.3.2 机械加工工艺规程的制订方法	40
工作任务3 偏移尾座法车削圆锥体	41
3.1 刀具材料	42
3.1.1 刀具材料应具备的性能	42

目 录 >>>

3.1.2 刀具材料的种类	43
3.2 偏移尾座法车削圆锥体	48
3.2.1 操作准备	48
3.2.2 操作过程	48
3.2.3 自检与评价	49
3.3 机械加工工艺规程设计	50
3.3.1 零件的工艺分析	50
3.3.2 毛坯的确定	52
3.3.3 定位基准的选择	54
3.3.4 工艺路线的拟定	58
3.4 加工余量与工序尺寸的确定	61
3.4.1 加工余量的确定	61
3.4.2 工序尺寸的确定	63
工作任务4 三角形外螺纹车削加工	71
4.1 金属切削过程	72
4.1.1 切屑的形成过程	72
4.1.2 切削过程变形区的划分	72
4.1.3 切屑类型及控制	73
4.1.4 前刀面上的摩擦与积屑瘤现象	74
4.1.5 影响切削变形的因素	75
4.2 三角形外螺纹车削加工	76
4.2.1 操作准备	76
4.2.2 操作过程	77
4.1.3 自检与评价	78
4.3 机械加工的生产率	79
4.3.1 时间定额的确定	79
4.3.2 提高劳动生产率工艺途径	80
工作任务5 三角形内螺纹车削加工	83
5.1 切削过程基本规律与应用	84

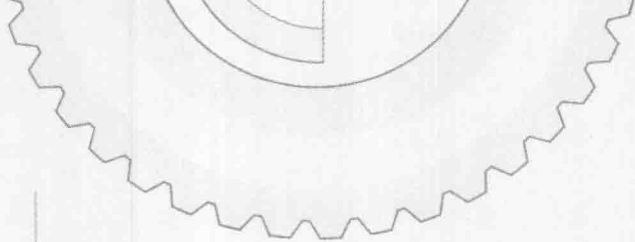


《《《 目 录

5.1.1	切削过程基本规律	84
5.1.2	切削过程基本规律应用	91
5.2	三角形内螺纹车削加工	99
5.2.1	操作准备	99
5.2.2	操作过程	100
5.2.3	自检与评价	101
5.3	机械加工质量	102
5.3.1	机械加工精度	102
5.3.2	机械加工表面质量	114
工作任务6	加工盘套类零件	119
6.1	麻花钻、中心钻	120
6.1.1	麻花钻	120
6.1.2	中心钻	121
6.2	衬套加工	122
6.2.1	钻孔加工	122
6.2.2	车孔加工	124
6.2.3	内沟槽车削	127
6.3	其他孔加工刀具	129
工作任务7	利用三爪卡盘夹持工件车削偏心工件	132
7.1	利用三爪卡盘夹持工件车削偏心工件的垫片厚度计算	133
7.2	偏心工件的测量	134
7.3	三爪卡盘夹持工件车削偏心工件	134
7.4	车偏心工件的其他方法	136
工作任务8	长方体零件的铣削加工	138
8.1	铣刀的几何参数、铣削用量与切削层参数	139
8.2	长方体零件的铣削	142
8.2.1	长方体零件基准面的铣削	142
8.2.2	长方体零件平行面、垂直面的铣削	143
8.2.3	长方体零件两端面的铣削	145

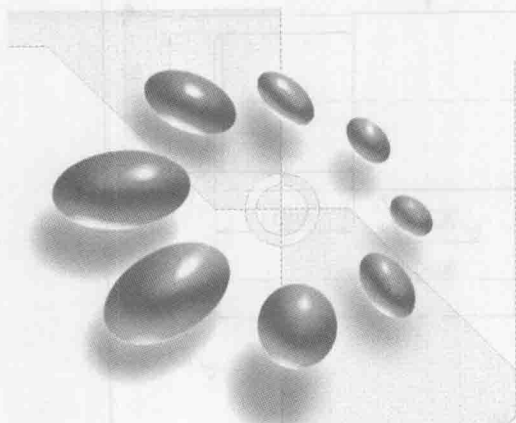
目 录 >>>

8.3 切齿刀具、其他刀具	147
8.3.1 切齿刀具	147
8.3.2 其他刀具	149
工作任务9 键槽零件的铣削加工	151
9.1 短轴上键槽的铣削	152
9.1.1 操作准备	152
9.1.2 操作过程	152
9.1.3 自检与评价	153
9.2 机床夹具	154
9.2.1 机床夹具认知	154
9.2.2 工件定位的基本原理	158
9.2.3 定位方法及定位元件	164
工作任务10 六边形零件的铣削加工	174
10.1 铣削方式	175
10.1.1 圆周铣削方式	175
10.1.2 端铣方式	175
10.2 短轴上六边形零件的铣削	176
10.2.1 操作准备	176
10.2.2 操作过程	176
10.1.3 自检与评价	178
10.3 夹紧装置、夹紧机构	179
10.3.1 夹紧装置	179
10.3.2 夹紧机构	184
工作任务11 台阶销零件的磨削加工	191
11.1 磨削运动与砂轮	192
11.2 台阶销零件的磨削加工	194
11.2.1 操作准备	194
11.2.2 操作过程	194
11.2.3 自检与评价	196



《《《 目 录

11.3 专用夹具的设计	197
11.3.1 各类机床夹具设计要点	197
11.3.2 专用夹具的设计方法	206
工作任务 12 定位块零件的磨削加工	210
12.1 定位块零件的磨削加工	211
12.1.1 操作准备	211
12.1.2 操作过程	212
12.1.3 自检与评价	213
12.2 成组技术与计算机辅助工艺规程设计	215
12.2.1 成组技术	215
12.2.2 计算机辅助工艺规程设计 (CAPP)	218
参考文献	220



工作任务1 阶梯轴的车削加工



【任务目标】

1. 掌握车削轴类工件时刀具的种类及合理选择刀具, 各种车削刀具材料及合理选择车刀材料, 各种车削刀具几何角度及合理选择刀具几何角度, 各种车削刀具的刃磨方法, 各种车削刀具的装夹方法。
2. 掌握车削轴类工件时夹具的种类及合理选择夹具, 熟悉轴类工件装夹方法。
3. 掌握粗车阶梯轴、精车阶梯轴、车沟槽的方法。
4. 合理选择粗车阶梯轴、精车阶梯轴、车沟槽时的切削用量。
5. 掌握用量具检测阶梯轴精度的方法。掌握车削轴类工件时质量分析、产生废品的原因及预防方法。



【任务引入】

轴类零件主要用来支承做回转运动的传动零件(如齿轮、带轮、离合器等), 传递扭矩和承受载荷, 以及保证装在轴上的零件具有确定的工作位置和一定的回转精度。它是机械加工中的典型零件之一。轴类零件是旋转体零件, 其加工表面一般是由同轴的外圆柱面、圆锥面、内孔、螺纹和花键等组成。轴类零件可分为光轴、阶梯轴、空心轴和曲轴等。

阶梯轴(图1.1)是各种机器中最常用的零件之一, 它由外圆柱面、台阶、端面、沟槽、倒角和中心孔等结构要素组成。本工作任务是图1.1阶梯轴的车削加工, 在车削该轴类零件的实际操作中, 掌握其尺寸精度、形状精度、位置精度、表面粗糙度、热处理要求等技术要求。

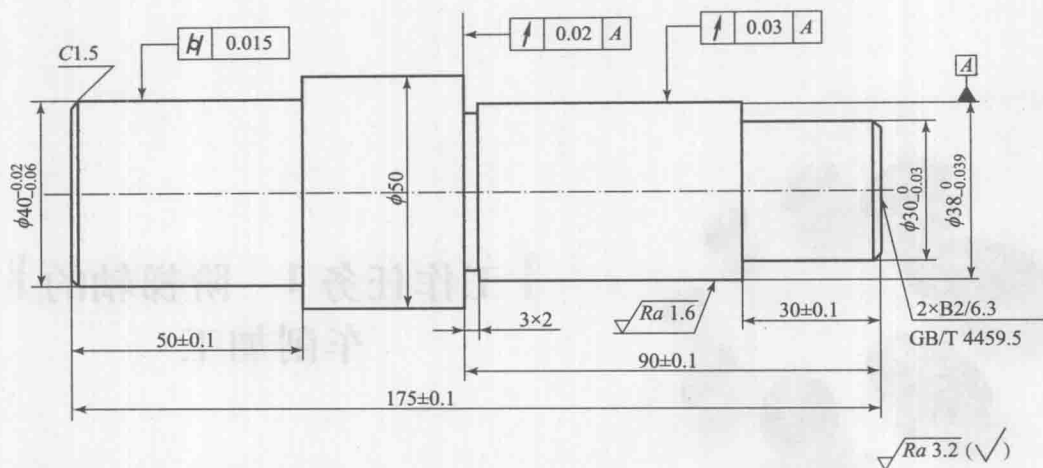


图 1.1 阶梯轴

加工方案：根据阶梯轴的形状合理选择并正确刃磨车刀→粗车阶梯轴→精车阶梯轴→车槽。

如图 1.1 所示的阶梯轴形状较简单，有 4 个台阶和 1 个直槽，尺寸变化较小，但精度要求较高，加工时应分粗车和精车两个阶段。为提高工件的装夹刚度，车槽可安排在精车之后进行。

车削工件一般分粗车和精车两个阶段。

粗车的目的是尽快将毛坯上的加工余量切除。粗车时，对加工表面没有严格的要求，只需留有一定的半精车余量（2~2.5 mm）和精车余量（0.8~1 mm）即可。

粗车的另一个作用是及时发现毛坯材料内部的缺陷，如夹渣、砂眼、裂纹等，也能消除毛坯工件内部的残余应力并防止热变形。

精车是车削的末道加工工序，加工余量较小，需要达到图样要求的尺寸精度、形位精度和较小的粗糙度等技术要求。

由于粗车对工件的精度要求并不高，所以在选择车刀和切削用量时应着重考虑提高劳动生产率方面的因素。可采用一夹一顶的方式装夹工件，以承受较大的切削力。粗车外圆时用 75°车刀或 90°硬质合金粗车刀，车端面用 45°车刀。

在粗加工阶段，还应校正好车床锥度，以保证工件对圆柱度的要求。

在精车阶段，工件的加工余量较小，选择精车刀几何参数和切削用量时应考虑使工件加工后能达到较高的形状、位置精度以及较小的表面粗糙度值。一般选用 90°硬质合金精车刀。车削时可采用较高的切削速度，而进给量应选择小些，以保证工件的表面质量。

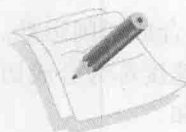
将阶梯轴的外沟槽车至要求。由于沟槽的左侧槽壁对右端 $\phi 38_{-0.039}^0$ mm 轴线的端面圆跳动公差为 0.02 mm，要求较高，而工件的刚度也较高，因此，可在精车外圆之后再加工外沟槽。

（1）车削该沟槽时可选用高速钢车槽刀。沟槽宽度较窄，精度要求一般，因此，可将车槽刀的主切削刃宽度刃磨成与工件槽宽相等，即 $a=3$ mm。在刃磨车槽刀两侧副后面时，必须使两副切削刃、两副后角和两副偏角对称，刃磨难度较大。

(2) 车槽时采用两顶尖装夹, 一次直进车出。由于沟槽宽度较窄, 在选择车槽刀的几何参数和切削用量时要特别注意保证车槽刀的刀头强度。



【相关知识】



1.1 切削运动和切削用量

金属切削加工是使用刀具从金属毛坯上切除多余的金属层, 从而获得所需要的几何形状、尺寸精度和表面粗糙度的机械零件的加工方法。在现代机械制造业中, 绝大多数零件都是通过切削加工而获得的, 它是机械制造业中最基本的加工方法。

1.1.1 切削运动

在切削加工过程中, 刀具和工件之间必须完成一定的相对运动, 这种相对运动称为切削运动。按各运动在切削加工中的作用不同, 切削运动可分为主运动和进给运动。

1. 主运动

主运动是从工件上切下切屑所需要的最基本的运动, 也是切削运动中速度最高、消耗功率最多的运动。如图 1.2 所示, 车削时工件的旋转运动、铣削和钻削时刀具的旋转运动、刨削时刨刀的直线往复运动、磨削时磨轮的旋转运动等都是该加工方法的主运动。在各类切削加工中, 主运动只有一个。

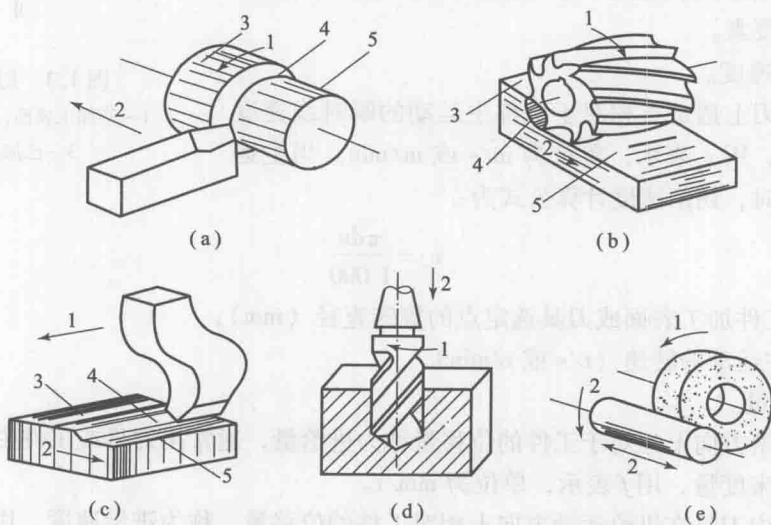


图 1.2 主运动和进给运动

(a) 车削; (b) 铣削; (c) 刨削; (d) 钻削; (e) 磨削

1—主运动; 2—进给运动; 3—待加工表面; 4—加工表面; 5—已加工表面

2. 进给运动

进给运动是维持切削过程,使待切除的金属层不断投入切削,从而完成整个表面加工所需要的刀具与工件之间的相对运动,其特点是消耗的功率比主运动少。进给运动可以是连续的运动,也可以是间歇运动,可以有一个或多个。车削时车刀沿工件轴向的移动,刨削时工件的间歇移动,钻削时钻头的轴向移动,铣削时工件随工作台的移动,内、外圆磨削时工件的旋转运动和移动等都是这些加工方法的进给运动。

当主运动和进给运动同时进行时,由主运动和进给运动合成的运动称为合成切削运动。刀具切削刃上选定点相对于工件的瞬时合成运动方向称为合成运动方向,其速度称为合成切削速度。合成切削速度 v_c 为同一选定点的主运动速度 v_e 与进给速度 v_f 的矢量和。

1.1.2 切削要素

如图1.3所示,在加工外圆时,工件旋转一周,刀具从位置I移到位置II,切下的I与II之间的工件材料层为切削层。图1.3中ABCD称为切削层公称横截面积。

1. 切削过程中工件的表面

如图1.3所示,工件在切削加工过程中形成了三个不断变化的表面:

(1) 已加工表面。工件上被刀具切削后形成的新表面。

(2) 待加工表面。工件上等待被切除的表面。

(3) 过渡表面。刀具切削刃正在切削的表面,也称加工表面,它是待加工表面与已加工表面的连接表面。

2. 切削用量

切削用量包括切削速度、进给量和背吃刀量,通常称为切削用量三要素。

(1) 切削速度。

刀具切削刃上选定点相对于工件主运动的瞬时线速度称为切削速度,用 v_c 表示,单位为m/s或m/min。当主运动是旋转运动时,切削速度计算公式为:

$$v_c = \frac{\pi d n}{1000}$$

式中 d ——工件加工表面或刀具选定点的旋转直径(mm);

n ——主运动的转速(r/s或r/min)。

(2) 进给量。

刀具在进给方向上相对于工件的位移量称为进给量,通常用刀具或工件主运动每转或每行程的位移量来度量,用 f 表示,单位为mm/r。

单位时间内刀具在进给运动方向上相对工件的位移量,称为进给速度,用 v_f 表示,单位为mm/s或m/min。

当主运动为旋转运动时,进给量 f 与进给速度 v_f 之间的关系为:

$$v_f = f n$$

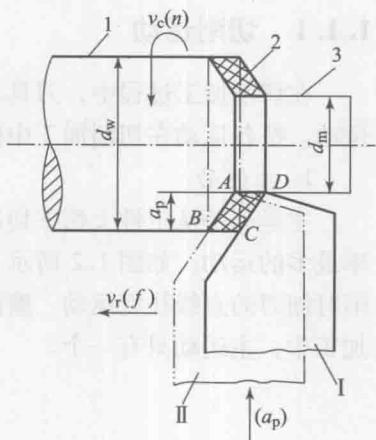


图1.3 切削层要素

1—待加工表面; 2—过渡表面;

3—已加工表面

(3) 背吃刀量。

工件已加工表面和待加工表面之间的垂直距离，称为背吃刀量，也称切削深度，用 a_p 表示，单位为 mm。

车削外圆时

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

式中 d_w ——待加工表面直径 (mm)；

d_m ——已加工表面直径 (mm)。



1.2 刀具的结构及几何角度

金属切削刀具是完成切削加工的主要工具。刀具一般都由刀头和刀柄两部分组成。刀头是刀具的切削部分，它是刀具上直接参加切削工作的部分；刀柄是刀具的夹持部分，它是用来将刀具夹固在机床上的部分，保证刀具的正确工作位置，并传递切削运动和动力。刀具种类繁多，形状各异，但其切削部分都可看作从外圆车刀的切削部分演变而来。下面以外圆车刀为例研究刀具的组成和刀具的几何角度。

1.2.1 刀具切削部分的组成

刀头即刀具的切削部分，主要由刀面和切削刃两部分组成，如图 1.4 所示。

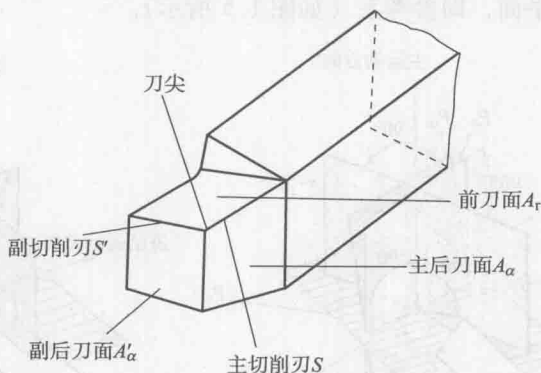


图 1.4 车刀切削部分的结构

- ①前刀面 A_r ：切屑流过的刀面；
- ②主后刀面 A_α ：与加工表面相对的刀面；
- ③副后刀面 A'_α ：与工件已加工表面相对的刀面；
- ④主切削刃 S ：前刀面与主后刀面相交的棱边，承担主要的切削工作；
- ⑤副切削刃 S' ：前刀面与副后刀面相交的棱边，承担少量的切削工作；
- ⑥刀尖：主切削刃与副切削刃的交点或两者连接处的一小段切削刃。

1.2.2 刀具参考系及刀具参考平面

为使刀具顺利完成切削加工任务,刀具的切削部分必须具备合理的几何形状。刀具角度就是用来确定刀具切削部分几何形状的重要参数。为了描述刀具几何角度的大小及其空间的相对位置,必须把刀具放在一个确定的参考系中,用一组确定的几何参数确切表达刀具在空间的位置。

用来度量刀具角度的参考系分为两类:一类是刀具静止参考系,是用于定义刀具的设计、制造、刃磨和测量时的刀具几何参数的坐标系,它定义的刀具角度称为刀具标注角度,它不受刀具工作条件变化的影响;另一类为刀具工作参考系,它是确定刀具进行切削加工时几何角度的参考系,它定义的刀具角度称为刀具的工作角度,它与刀具的安装、切削运动等因素有关。

1.2.3 刀具静止参考系及其几何参数

1. 刀具静止参考系

刀具静止参考系是在合理规定一些假定工作条件下建立的参考系,假定条件有以下两点。

(1) 假定运动条件。

以切削刃上选定点的主运动方向作为假定主运动方向,以切削刃上选定点的进给运动方向作为假定进给运动方向,一般不考虑进给运动的大小。

(2) 假定安装条件。

假定车刀安装绝对正确,即车刀的刀尖与工件中心等高,车刀刀杆中心线垂直于工件轴线。

这样就可构成坐标平面,即参考系(如图1.5所示)。

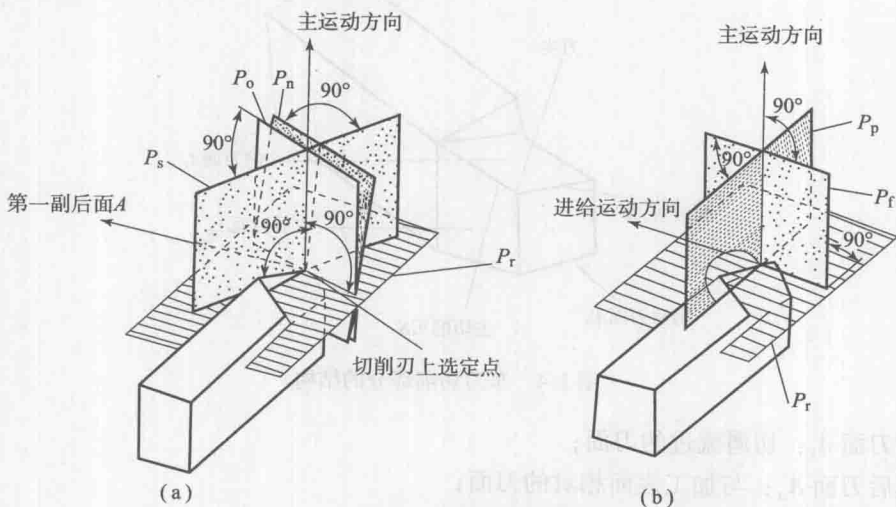


图 1.5 刀具的平面参考系

(a) 正交平面、法平面参考系; (b) 工作平面参考系

2. 刀具静止参考系的主要参考平面

(1) 刀具静止参考系的主要参考平面。

(2) 刀具标注角度的参考系。

③假定工作平面参考系。由基面、假定工作平面和背平面构成的空间三面投影体系称为假定工作平面参考系。

在正交平面参考系中,刀具标注角度分别标注在构成参考系的三个切削平面上,如图1.6所示。

图 1.6 正交平面参考系刀具标注角度

主偏角 κ_r : 主切削刃 S 与假定进给运动方向 v_f 间的夹角;