

先进制造理论研究与工程技术系列

JINSHU QIEXUE DAOJU KECHENG SHEJI
ZHIDAOSHU

金属切削刀具课程设计指导书

(第2版)

王娜君 高胜东 主编

哈尔滨工业大学出版社

先进制造理论研究与工程技术系列

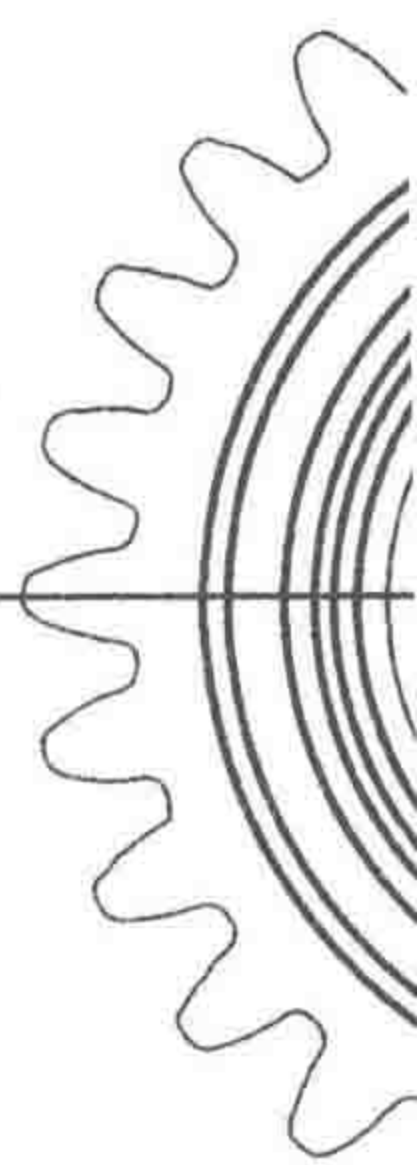
JINSHU QIEXUE DAOJU KECHENG SHEJI
ZHIDAOSHU

金属切削刀具课程设计指导书

(第2版)

王娜君 高胜东 主编

哈尔滨工业大学出版社



内 容 提 要

本书主要包括五部分内容:第一章刀具设计内容及相关要求;第二章可转位车刀设计(可转位车刀设计过程及例题);第三章成形车刀设计(成形车刀设计过程及例题);第四章拉刀设计(拉刀设计过程及例题);附录为设计题选。

图书在版编目(CIP)数据

金属切削刀具课程设计指导书/王娜君主编.—2版.—哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2016.1

ISBN 978-7-5603-5634-1

I. ①金… II. ①王… III. 刀具(金属切削)-课程设计-高等学校-教学参考资料 IV. TG71-41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 302376 号

责任编辑 黄菊英
封面设计 卞秉利
出版发行 哈尔滨工业大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006
传 真 0451-86414749
网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>
印 刷 黑龙江省地质测绘印制中心印刷厂
开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 7.75 字数 183 千字
版 次 2016 年 1 月第 2 版 2016 年 1 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5603-5634-1
定 价 20.00 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

第2版前言

为了培养适应现代制造业人才的需求,各高等工科院校更加突出对学生的工程实践能力、工程设计能力与工程创新能力的培养。金属切削刀具是机械加工系统的重要组成部分,金属切削刀具设计能力的培养是机械专业能力培养内容之一,金属切削刀具课程设计是其中的重要实践性教学环节,而《金属切削刀具课程设计指导书》是在校学生刀具课程设计过程的指导书,也可作为机械技术人员自学和刀具设计的参考书。

此次修订主要做了以下工作:

(1)依据国家有关最新标准,对一些名词、术语、符号、量纲等进行了统一和修正。

(2)对第1版的文字错误和插图错误进行了修改。

(3)为适应先进制造技术的要求,在对全书基本内容进行全面深化修改和增补的基础上,还对部分章节内容进行了调整;结合数控加工刀具设计,在第二章增加了数控机床采用的刀片夹具形式;为了方便学生自学,在第三、四章都增加了刀具基本结构概念。

全书由哈尔滨工业大学机电工程学院的教师编写。第一章、附录由王娜君、韦东波编写;第二章由高胜东、王娜君编写;第三章由王娜君、高胜东、朱瑛编写;第四章由朱瑛、韦东波编写,全书由王娜君统稿。

恳请各位读者对本书不当及不足进行批评指导。

作者
2016年1月

目 录

第一章 金属切削刀具课程设计的目的、内容和要求

- 1.1 金属切削刀具课程设计的目的 (1)
- 1.2 金属切削刀具课程设计的内容 (1)
- 1.3 金属切削刀具课程设计的要求 (1)

第二章 可转位车刀设计

- 2.1 可转位车刀的设计特点及设计过程 (3)
- 2.2 可转位车刀的典型刀片夹固结构及设计 (5)
- 2.3 刀具合理几何参数的选择及切削用量的选择 (8)
- 2.4 硬质合金可转位刀片、刀垫型号和基本参数 (9)
- 2.5 硬质合金可转位车刀刀杆的选择及刀槽角度设计 (35)
- 2.6 硬质合金可转位车刀设计举例 (37)

第三章 径向进给成形车刀设计

- 3.1 成形车刀的基本参数及设计内容与过程 (44)
- 3.2 成形车刀的结构设计 (46)
- 3.3 成形车刀的前角和后角 (53)
- 3.4 成形车刀的样板 (54)
- 3.5 成形车刀的技术条件 (55)
- 3.6 成形车刀刀夹及夹固结构 (56)
- 3.7 圆弧成形表面成形车刀廓形的简化设计 (58)
- 3.8 成形车刀设计举例 (58)
- 3.9 成形车刀设计题选 (68)

第四章 拉刀设计

- 4.1 概述 (69)
- 4.2 拉刀设计过程 (72)
- 4.3 拉刀技术条件 (93)
- 4.4 拉刀设计举例 (96)

附录

- 附录 I 设计题目 (101)
- 附录 II 课程设计常用资料 (107)
- 附录 III 刀具几何角度选择参考 (113)
- 附录 IV 切削用量选择参考 (115)

第一章 金属切削刀具课程设计的目的、内容和要求

1.1 金属切削刀具课程设计的目的

金属切削刀具课程设计是机械设计、制造及自动化专业学生在“金属切削原理”和“金属切削刀具”及其他有关课程基础上进行的实践性教学环节,是素质教育的主要措施之一。其目的是使学生巩固和深化课堂理论教学内容,培养学生综合运用所学理论知识、分析问题、解决工程问题的能力。

通过金属切削刀具课程设计,具体应使学生做到:

- (1) 掌握金属切削刀具设计和计算的基本方法。
- (2) 学会运用各种设计资料、手册和国家(部或厂)标准。
- (3) 学会绘制符合标准要求的刀具工作图,能标注出必要的技术条件。

1.2 金属切削刀具课程设计的内容

根据新的教学计划,进行金属切削刀具课程设计的学生应在两周左右的时间内,在教师指导下,完成可转位车刀、成形车刀、拉刀三种刀具的设计和计算工作,绘制出符合标准要求的刀具工作图和必要的零、部件图以及编写出一份正确、完整的设计说明书。

1.3 金属切削刀具课程设计的要求

1.3.1 对刀具工作图的要求

刀具工作图应包括制造及检验该刀具所需的全部图形、尺寸、公差、粗糙度及技术要求等。

工作图应反映该刀具各部分的形状,同时又应使各视图的配置与安排合理。图中有些细小部分可以放大画出,如切削刃上的分屑槽、刀具上的刃带、小圆角等。

刀具工作图的图形、图线、尺寸、公差、表面粗糙度以及技术条件,应能满足刀具制造、刃磨和检验的全部要求,而且其画法和标注均应符合国家标准;对一些不便标注在视图上的公差和粗糙度等,可用文字说明写于技术条件中。

绘制刀具工作图一般应采用1:1的比例,但对尺寸很大或很小的刀具,可按缩小或放大的比例画出,即应按表1.1选用。

表 1.1 图样比例

与实物相同	1:1
缩小的比例	1:1.5 1:2 1:2.5 1:3 1:4 1:5
放大的比例	2:1 2.5:1 4:1 5:1

工作图中的图样和技术条件所用的汉字、字母和数字,必须做到字体端正、笔画清楚、排列整齐、间隔均匀;汉字字体应写长仿宋体,不允许使用国家正式公布推行的简化字以外的字;字体字号应适当,其高度应在 14、10、7、5、3.5、2.5 范围中选用(汉字不宜采用 2.5)[单位为 mm],字体宽度约等于其高度的 2/3。角度标注全部按正视位置。

刀具工作图中允许采用一些简化画法,如拉刀的正投影可以简化,拉刀的刀齿允许只画少数几个齿,其余刀齿可简化成齿顶,齿顶用粗实线表示,齿槽底用细实线表示,省略的刀齿部分用双点划线表示。

可转位车刀刀具工作图包括装配图和刀杆零件图。装配图上应画出装配后刀具的全部图形,表明零、部件的相互关系、配合尺寸,标出外形尺寸与安装在机床上所需的安装尺寸以及刀具的主要几何参数。标题栏标出零件明细表。装配图与零件图标题栏格式和尺寸执行相应国家标准。

刀具工作图(装配图和零件图)应做到结构正确、图面清晰、整洁。

成形车刀工作图包括:刀体图和工作样板、校验样板;拉刀工作图中要有被加工工件的零件局部图,在图的右上方将每齿的齿升量、直径(高度)和公差列表表示。

1.3.2 对设计说明书的要求

金属切削刀具课程设计说明书应有统一规定的封面及设计任务书,说明书的内容应包括设计该刀具时所考虑到的主要问题及设计计算的全部程序。编写说明书时,可参阅指导书中设计计算例题的格式,但不可照搬照抄。具体应根据任务书中给定的原始条件,独立地提出自己的设计方案,以培养学生独立分析和解决实际问题的能力。

设计说明书中的计算必须准确无误,所使用的尺寸、数据和计量单位均应符合国家有关标准。

设计说明书语言要简练,文句要通顺,最后列有参考文献。说明书的每一页都应留有装订线和边框,并编写页码,最后应将说明书竖装成册。

第二章 可转位车刀设计

2.1 可转位车刀的设计特点及设计过程

2.1.1 可转位车刀的设计特点

2.1.1.1 可转位车刀

可转位车刀是把具有合理几何形状与若干条切削刃的成品可转位刀片,用机械夹固的方法,装配在刀体(刀杆)上的车刀。图 2.1 表示典型的可转位车刀的组成。刀垫 2(有些车刀受各种条件限制,不使用刀垫)、刀片 3 套装在刀杆的夹固元件 4 上,由夹固元件 4 将刀片紧固在支承面上。一条切削刃磨损至不能再用时,可迅速转位换成新的切削刃,直至刀片上的若干条切削刃均已用完,刀片从刀杆上取下,更换新刀片,车刀继续工作。

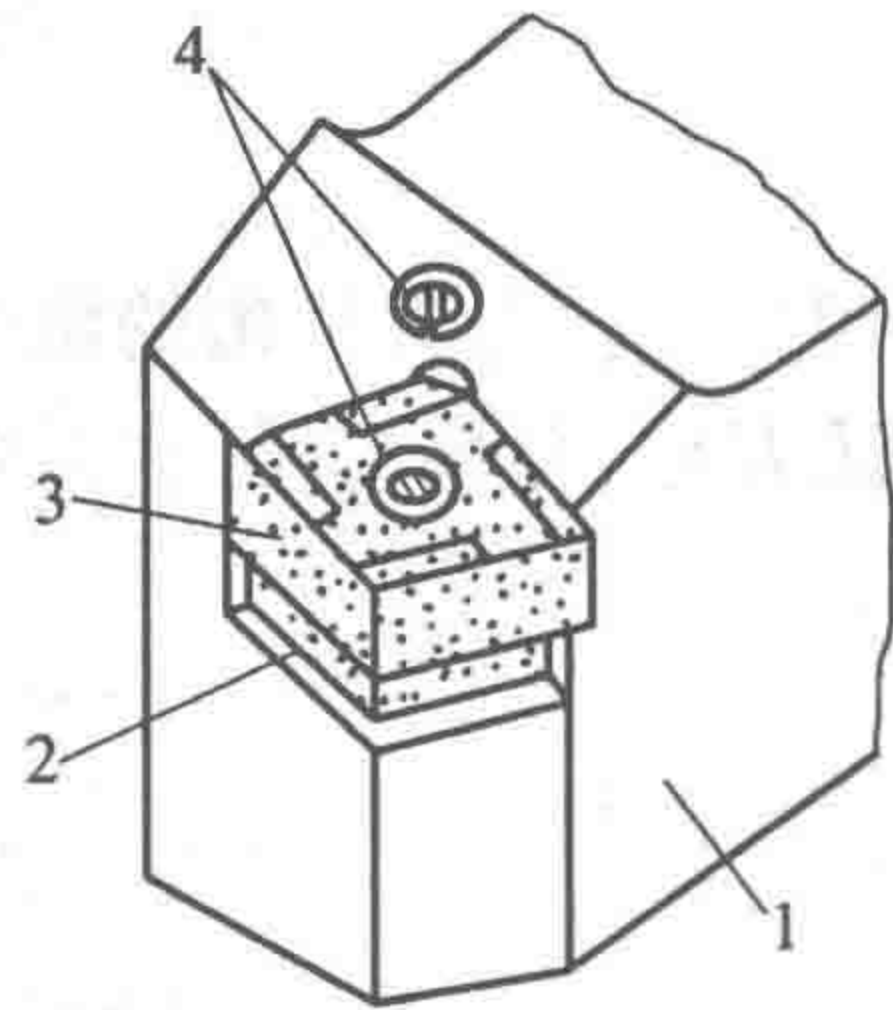


图 2.1 可转位车刀的组成

1—刀杆;2—刀垫;3—刀片;4—夹固元件

可转位车刀有如下优点:

(1) 刀具寿命高。由于刀片避免了由焊接和刃磨时高温引起的缺陷,刀具几何参数固定,切削性能稳定,因而提高了刀具寿命。

(2) 生产率高。由于不需要操作人员磨刀,同时,一条切削刃磨钝后,可迅速更换新的切削刃,因此可以大大减少停机换刀等非机动时间。

(3) 刀具成本低。刀杆反复使用,使用寿命长,减少库存量,简化了刀具管理,降低了刀具成本。

(4) 有利于推广新技术、新工艺。由于可转位刀片是用机械夹固形成组合在刀杆上,刀片更换方便,有利于推广使用各种涂层、陶瓷等新型刀具材料。

(5) 有利于刀具的标准化和系列化。目前,机夹可转位车刀绝大部分已有标准的可转位刀片和相应的刀杆。

可转位车刀目前已广泛应用于切削加工,还广泛用于数控切削加工刀具的结构中,特别在柔性加工工艺中,基本全部采用可转位刀具结构。

2.1.1.2 可转位车刀的设计特点

(1) 保证一定的定位精度。可转位刀片在刀杆上定位,多数靠刀片的周边,有时也用刀片上的孔来定位。前者的定位精度较高,也能实现一定的重复精度。夹紧时,施力方向指向定位面。刀片转位或更换新刀片后,刀尖位置的变化最好在工件精度允许的范围内。

(2) 夹紧刀片要可靠。夹紧后,保证刀片、刀垫和刀杆的接触面贴合紧密。在切削力的冲击、振动和切削热的作用下不松动。但夹紧力不宜过大,应力要均匀,以免压碎刀片。需

松开刀片时,车刀上的其他元件不脱落、失散。

结构设计时,应注意如下两点:

(1) 保证装配后,切削刃离开刀杆的定位面一定距离,以防止刀片夹紧时,切削刃受力造成崩刃。一般采用“凸出式”、“空刀式”两种方式,如图 2.2 所示。

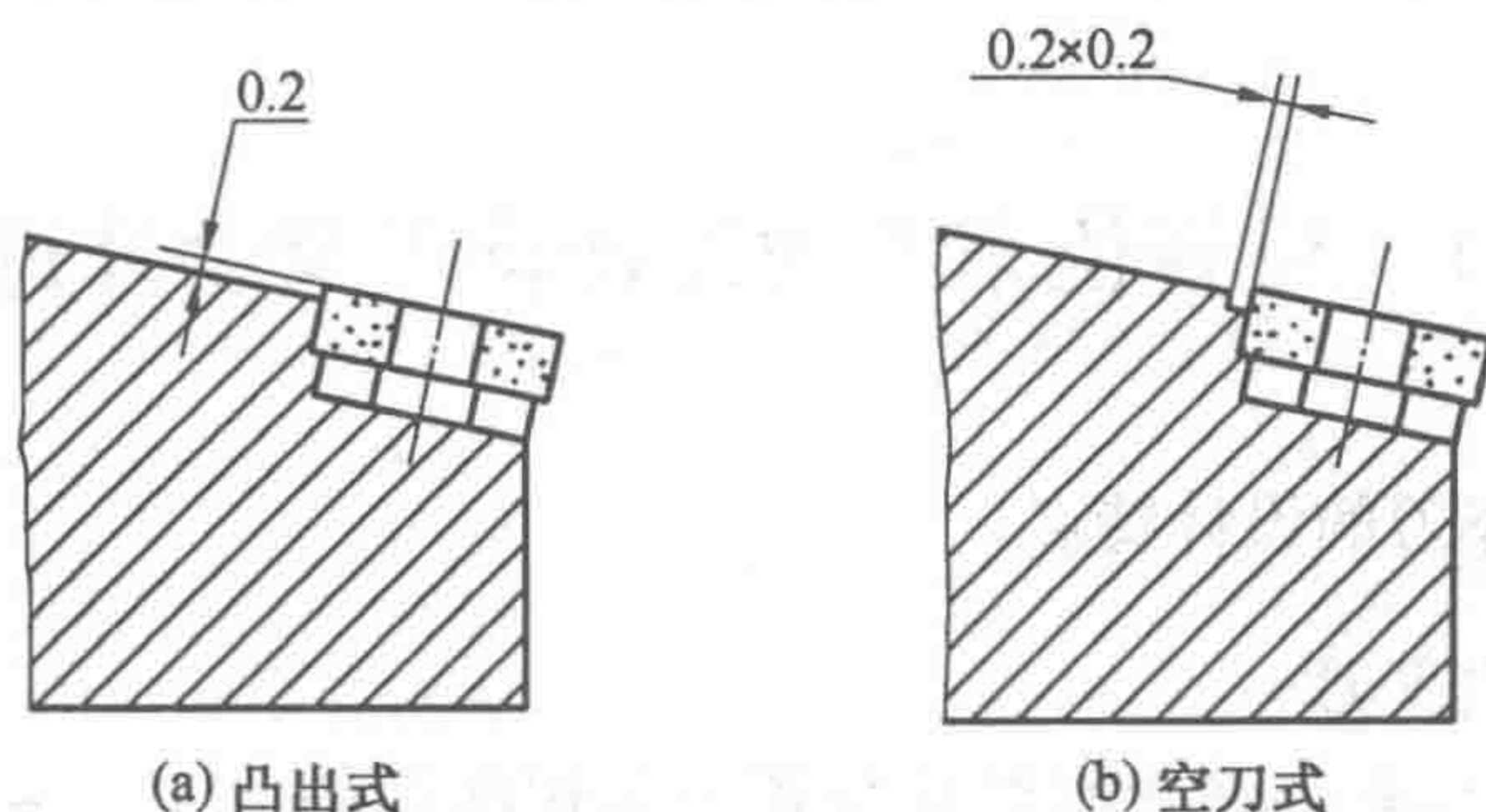


图 2.2 刀片夹紧时防崩刃措施

(2) 刀杆上刀片槽的两个定位面间的角度尺寸,要比刀片的实际角度小 1° (2.3(a)), 以保证刀片、刀垫、刀杆在刀尖附近的接触面贴合紧密。在有孔刀片装夹时,这种措施尤为必要。

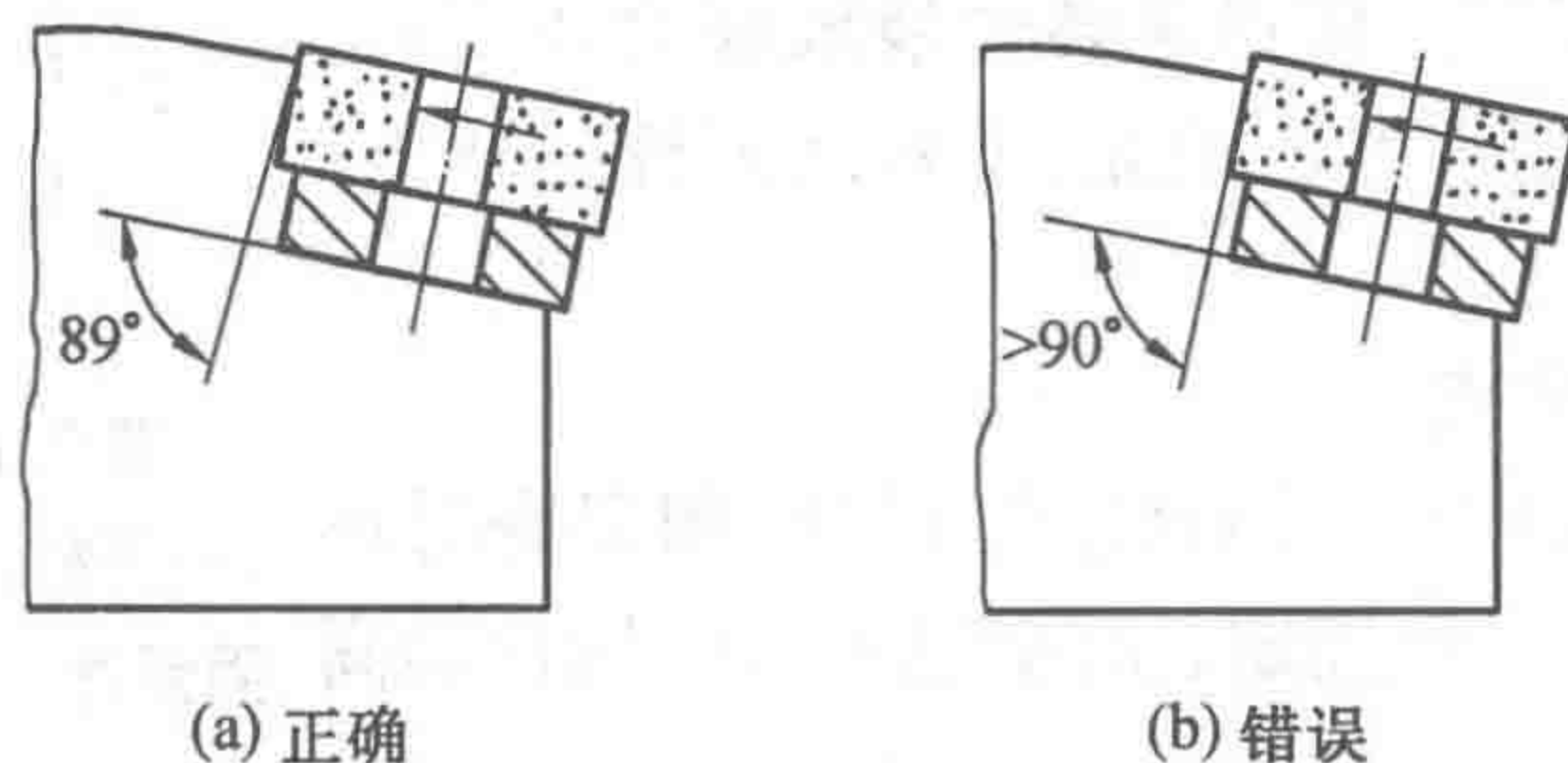


图 2.3 刀杆槽角度尺寸

(3) 刀杆转位方便。结构设计应保证在刀片需要更换或转位时,能尽快地缩短操作时间。在切削热的作用下,也应保证刀片能顺利松开或转位。

(4) 刀片的前面应尽可能无障碍。保证切屑能顺利排走,并有利于操作人员观察切削加工情况。这一点在内表面加工与使用多刀机床加工时,更应引起重视。

(5) 夹紧元件应有足够的硬度和强度。满足这一条件,可避免刀具在使用中的变形和损坏。

(6) 结构简单、制造方便。在保证可转位刀具高精度、高可靠性、高效率的前提下,尽量简化车刀结构。积极采用“标准化、系列化、通用化”的原则。

2.1.2 可转位车刀的设计过程

可转位车刀是用机械夹固的方法,将可转位刀片夹固在刀杆上的一种机夹车刀。设计这种车刀时,除了应考虑普通车刀的一般性问题外,还要考虑可转位车刀设计的特殊性问题。

根据教师给定的设计题目,应按照如下过程进行可转位车刀设计:

- (1) 根据加工余量及加工条件,选定合适的夹固结构;
- (2) 根据被加工工件材料及加工条件,选择刀片材料;
- (3) 根据工件材料、几何形状及加工表面质量,选择刀具合理几何参数;
- (4) 根据加工余量及加工条件,选择切削用量;
- (5) 选择刀片及刀垫型号;
- (6) 计算刀槽角度及选择刀杆尺寸;
- (7) 验算刀具角度及机床负荷;
- (8) 绘制工作图;
- (9) 编写设计说明书。

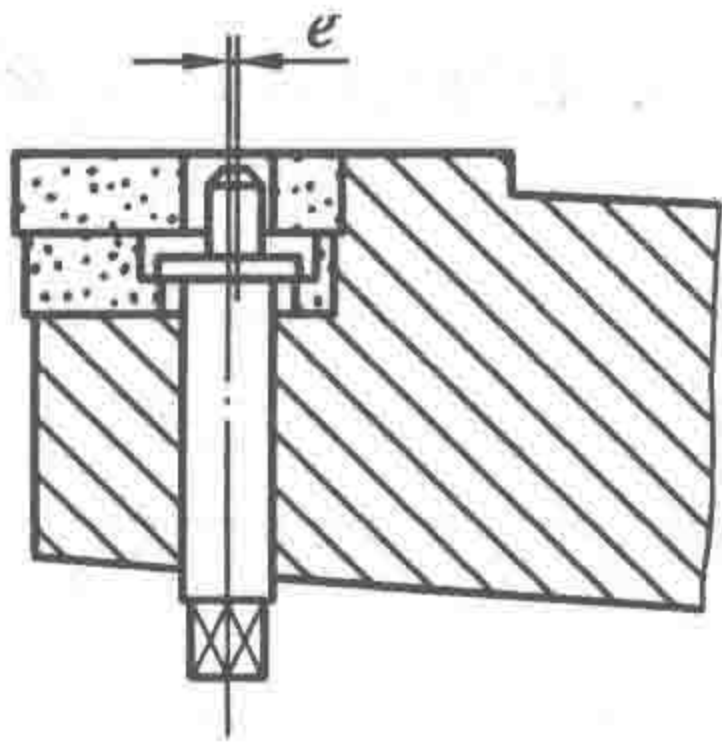
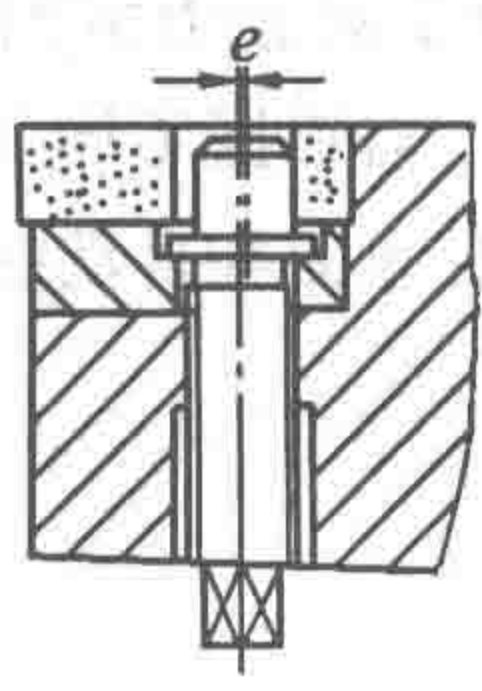
2.2 可转位车刀的典型刀片夹固结构及设计

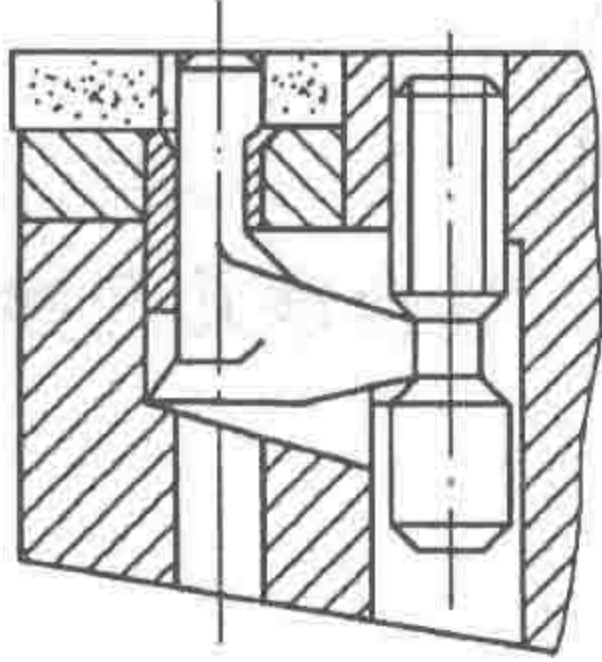
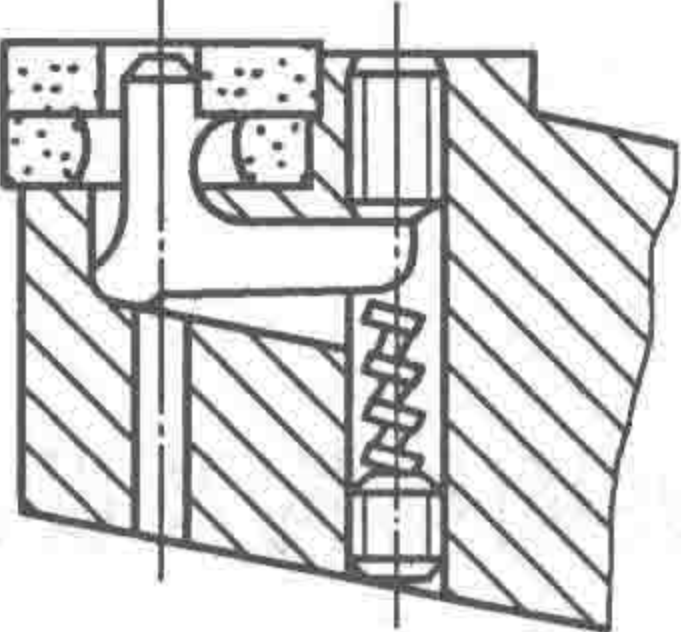
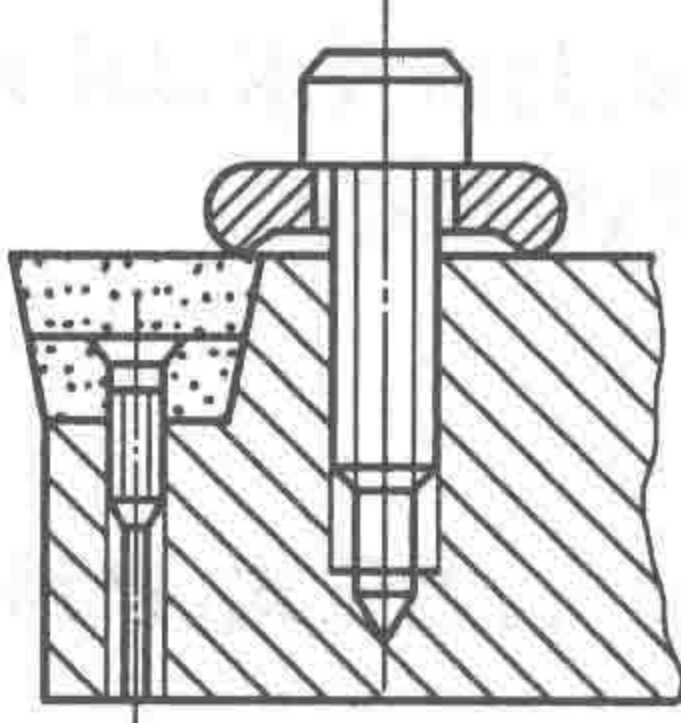
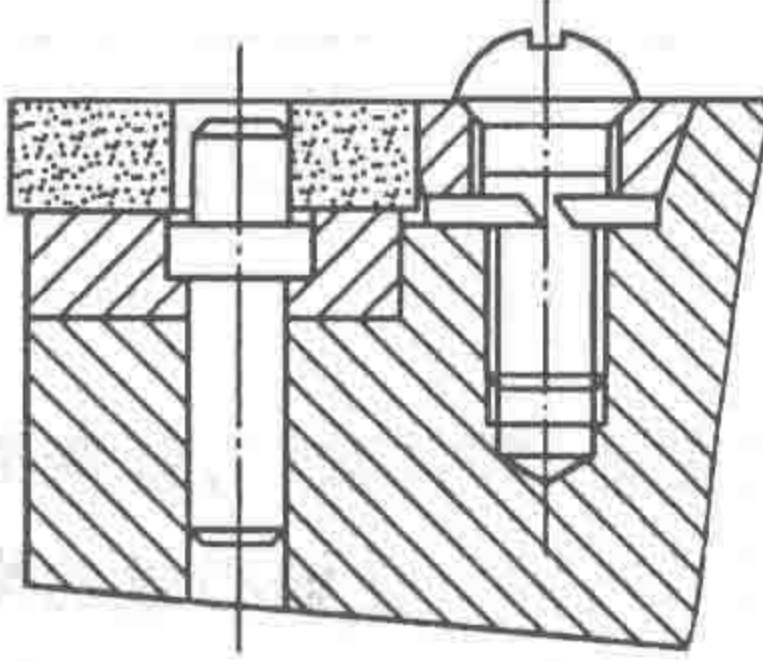
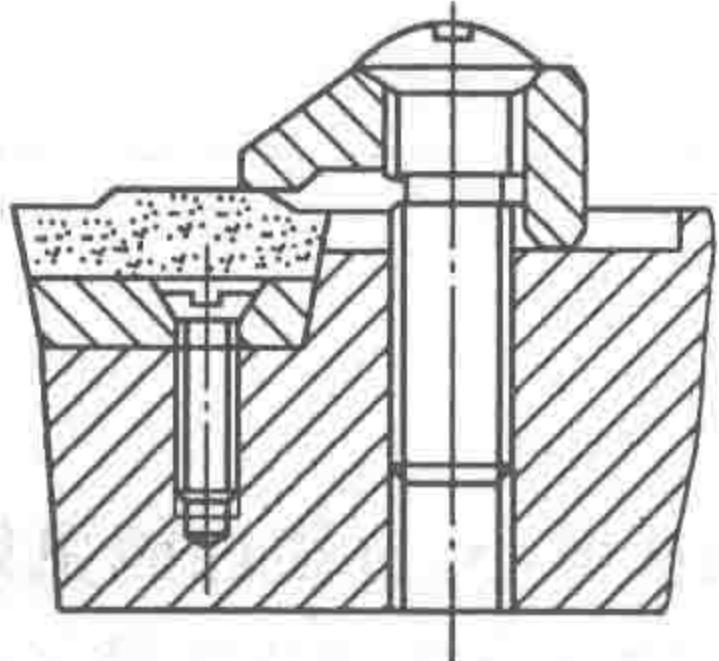
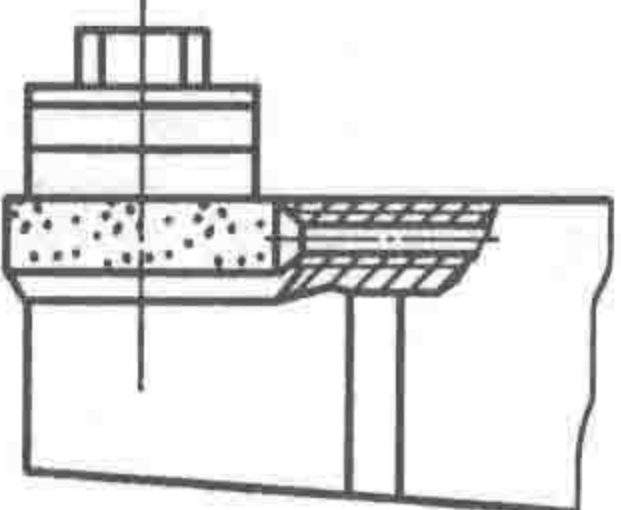
可转位车刀上的刀片在磨钝后需要转位和重新夹固,这就要求刀片夹固结构应该定位精确、调整灵活、夹固可靠、使用方便,而且力求结构简单,制造容易。

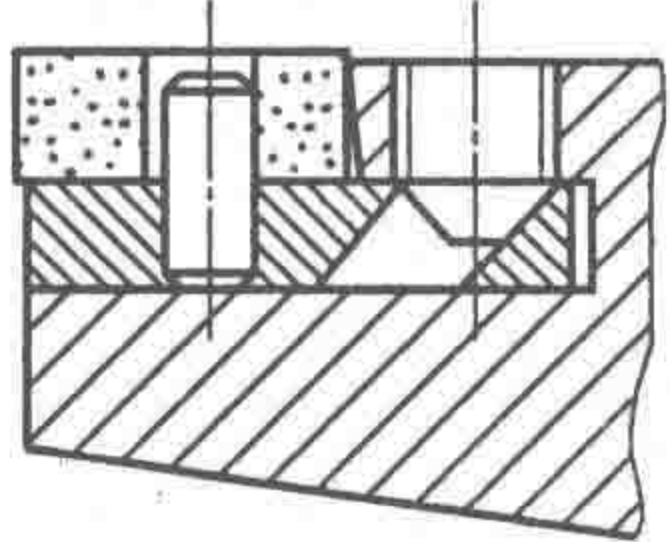
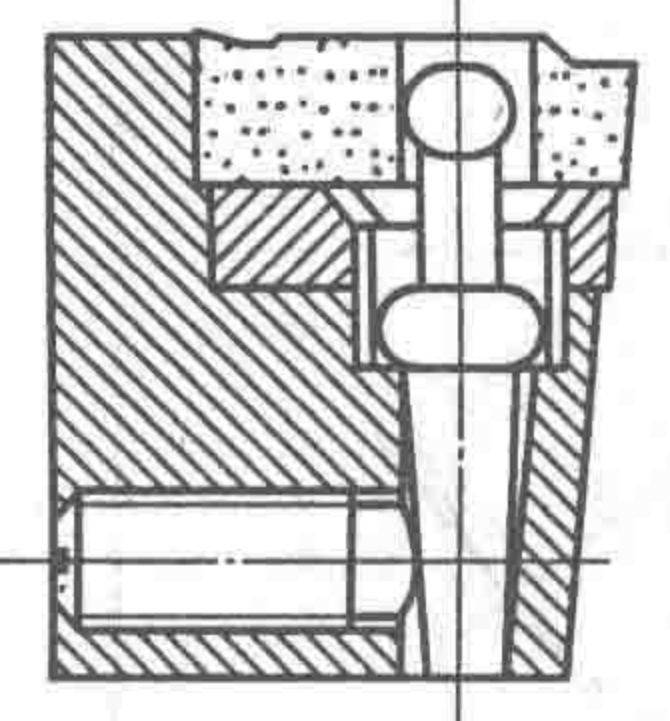
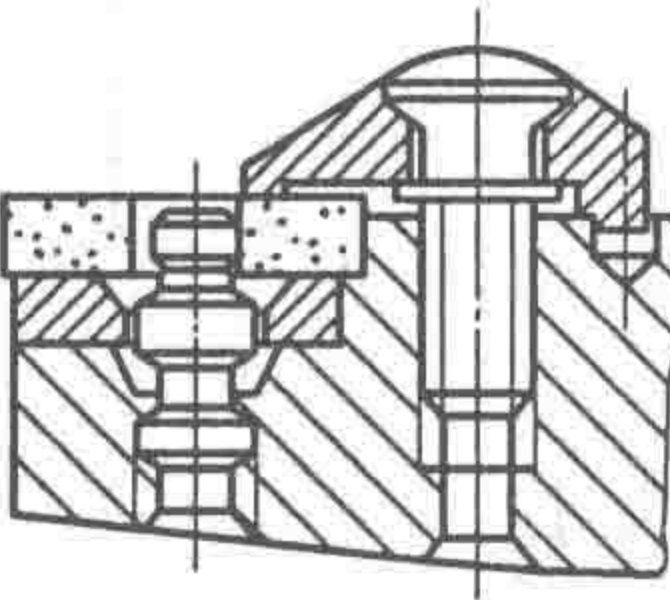
2.2.1 可转位车刀典型刀片夹固结构

可转位车刀的典型刀片夹固结构包括:偏心式、杠杆式、上压式、楔销式、拉垫式和杠销式,其结构简图和特点见表 2.1。

表 2.1 可转位车刀的典型刀片夹固结构简图和特点

名称	结构简图	特点
偏心式		光杆偏心,零件数少,制造简单,刀片装卸方便。刀片夹紧力受偏心量的影响,刀片尺寸误差对夹紧的影响较大。适于轻、中型连续车削的车刀
		螺纹杆偏心,自锁性能更好,且夹紧时有一个向下的分力使刀片贴紧刀垫

杆 杆 式		<p>夹紧螺钉为腰鼓形,上下两端都有内六角孔,当刀杆反装时装卸也方便,是可转位车刀中应用最广泛的结构形式</p>
		<p>夹紧螺钉为一平端紧定螺钉,下端增加了调节螺钉与弹簧,杠杆与夹紧螺钉的接触面加大,增加了夹紧的可靠性</p>
上 压 式		<p>用桥式压板上压,夹紧可靠,拆装方便,但压板有阻碍排屑现象,并可能被切屑擦坏。夹紧时需用手推刀片定位。压板可作断屑块用。通常用于无孔刀片的夹紧</p>
		<p>用钩形压板上压,压板的头部设计尺寸小,外观优美,容屑空间较大。适用于无孔刀片的夹紧</p>
		<p>用桥式压板上压,刀片带有压紧槽,压紧点固定,改善了夹紧力方向,刀片定位与夹紧都更为可靠。需根据不同的压紧槽型设计压板。常用于数控车刀和自动线上的车刀</p>
		<p>刀片为长条形,可调节伸出量,重磨多次。压板也可调节位置作断屑块用。常用于外圆车刀</p>

拉垫式		用螺钉的斜面使带圆柱销的刀垫移动夹紧刀片。结构简单,刀片的尺寸允差较大,但刀杆头部削弱较多,刚度较小,刀尖易出现缝隙
杠销式		杠杆是直的,制造较简单,但夹紧力较小,适用小切削用量的车刀,一般应用得不太多
螺销上压式		是偏心加上压式复合夹紧结构,螺销的圆锥体与刀杆的锥孔有偏心,螺销旋入时,上端小圆柱压向刀片,压板又从上面压紧刀片。常用于数控车床用车刀

2.2.2 刀片夹固零件的设计和计算

刀片夹固零件应根据所选用的刀片夹固结构需要与硬质合金可转位刀片的形状和尺寸进行设计和计算。下面以偏心式的刀片夹固结构为例,设计和计算偏心销及其相关尺寸。

2.2.2.1 刀片夹固零件材料的选择

由于刀片夹固零件要经受反复交变应力的作用,其材料可采用45钢或40Cr钢,热处理硬度为40~45 HRC,发黑处理。

2.2.2.2 偏心销直径和偏心量的选择

偏心式硬质合金可转位车刀的偏心销及其相关尺寸,如图2.4所示。

为了保证可转位刀片装卸及转位方便,并使偏心销在夹固刀片时转动自如,刀片孔和偏心销之间必须有一定的间隙,这个间隙应大于两者直径的最大偏差之和,一般取为0.2~0.4 mm。这样,偏心销直径 d_c 为

$$d_c = d_1 - (0.2 \sim 0.4) \text{ mm} \quad (2.1)$$

式中 d_1 ——刀片孔直径(mm)。

偏心销直径确定后,其偏心量 e 可按下式计算

$$e = \frac{1}{(7 \sim 10)} \frac{d_c}{2} \text{ mm} \quad (2.2)$$

式中 d_c ——偏心销直径(mm)。

2.2.2.3 刀槽前刀面上偏心销转轴孔中心位置的确定

为使刀片紧靠刀槽的两个侧定位面,应使偏心销转轴孔中心 O_2 (如图2.1)在距侧定位面I为 m 和距侧定位面II为 n 的位置上。

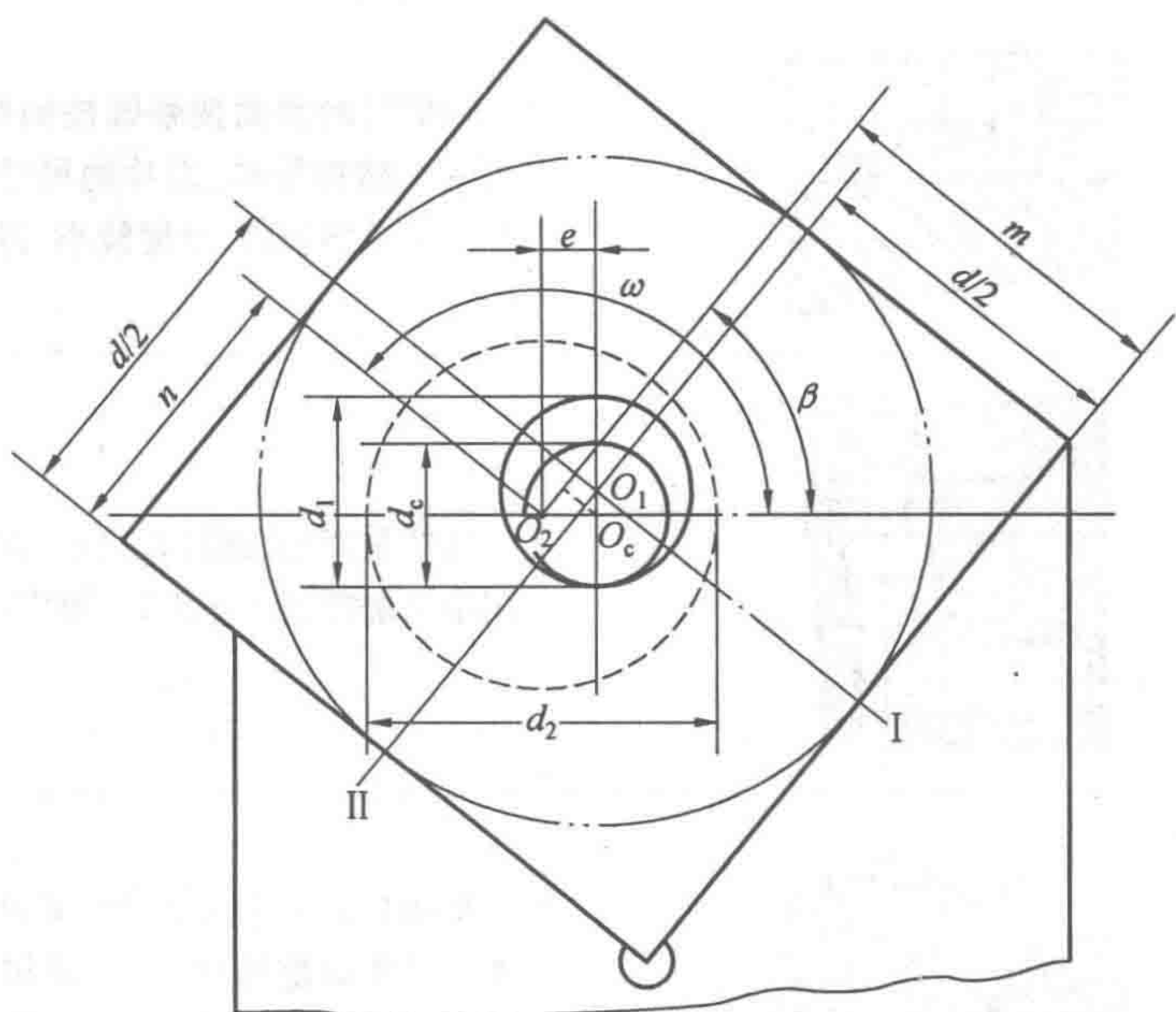


图 2.4 偏心销及其相关尺寸

计算 m 和 n 的公式为

$$m = \frac{d}{2} + e \sin \beta - \frac{d_1 - d_c}{2} \cos \beta \text{ mm} \quad (2.3)$$

$$n = \frac{d}{2} - e \cos \beta - \frac{d_1 - d_c}{2} \sin \beta \text{ mm} \quad (2.4)$$

式(2.2)和式(2.4)中:

d ——刀片内切圆直径(mm);

d_1 ——刀片孔直径(mm);

d_c ——偏心销直径(mm);

e ——偏心量(mm);

β ——偏心销的理论转角,一般取 $\beta = 30^\circ \sim 45^\circ$ 。

2.3 刀具合理几何参数的选择及切削用量的选择

2.3.1 刀具合理几何参数的选择

2.3.1.1 前、后角的选择

可转位车刀的前角和后角的选择,原则上根据工件材料及加工条件按照附录Ⅲ选择。

2.3.1.2 主、副偏角的选择

可转位车刀主要是根据加工工件的形状和条件确定主偏角后选择合适的刀片。如车外圆时,主偏角 $\kappa_r = 75^\circ$,可选四方形刀片,副偏角 $\kappa'_r \approx 90^\circ \sim 75^\circ$;车阶梯轴时,主偏角 $\kappa_r = 90^\circ$,可选三角形刀片,副偏角 $\kappa'_r \approx 90^\circ \sim 30^\circ$ 。也可参考附录Ⅲ进行选择。

2.3.1.3 刃倾角的选择

为了获得大于0的后角 α_0 和大于0的副刃后角 α'_0 ,可转位车刀均选用小于0的刃倾角 λ_s 。

应该注意的是:可转位车刀的角度是由刀片的角度和刀槽的角度合成的,所以在刀片选择后,刀片的前、后角就已确定,刀具的前、后角选择受到刀片角度的限制(详见图2.5)。

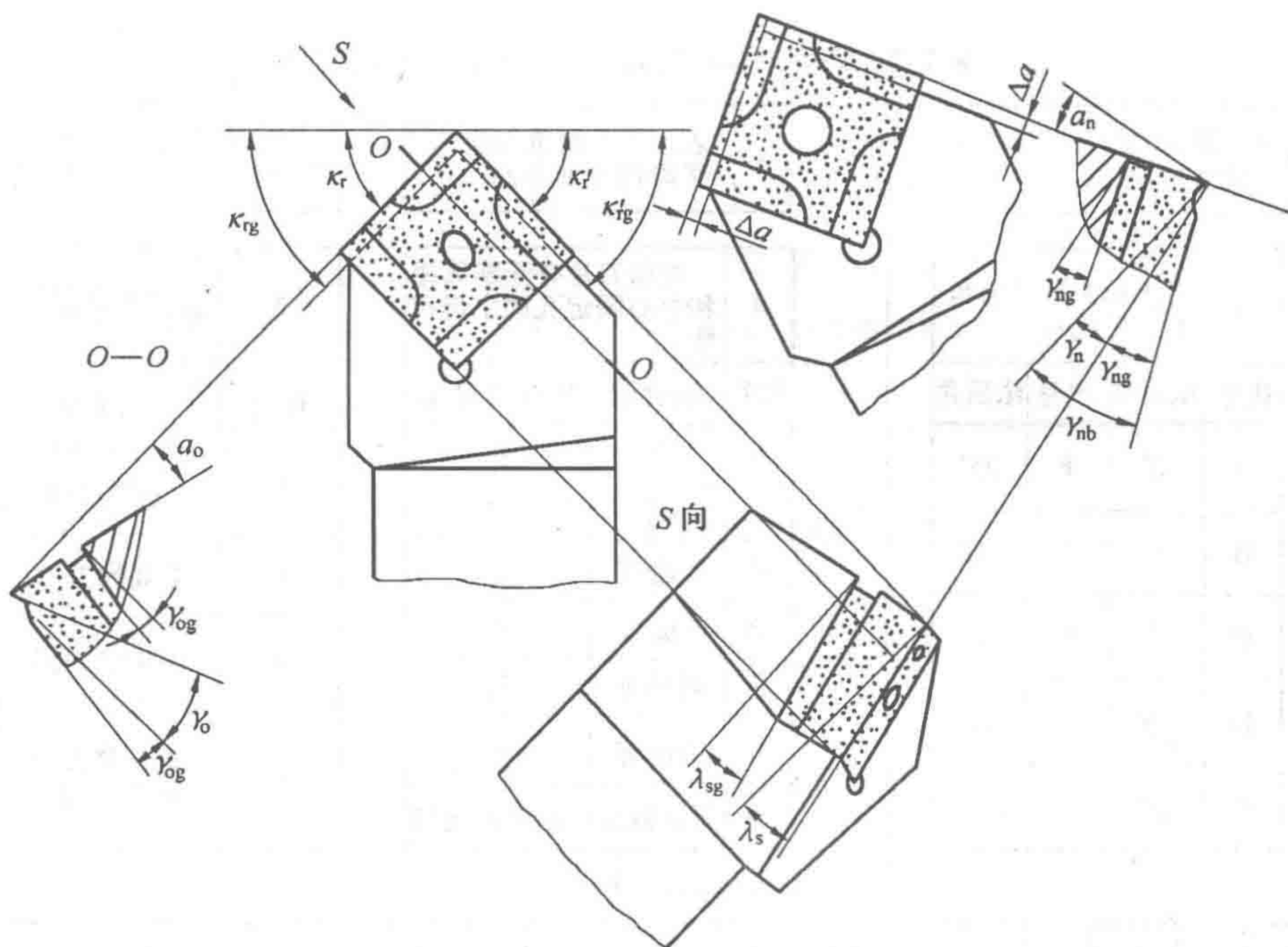


图 2.5 可转位车刀几何角度关系

2.3.2 切削用量的选择

根据工件所给的加工余量,确定粗车、半精车、精车各工序的切削用量,见附录 II。

2.4 硬质合金可转位刀片、刀垫型号和基本参数

2.4.1 可转位刀片型号表示规则

现已颁布实施的硬质合金可转位刀片的国家标准有:GB/T 2076—2007《切削刀具用可转位刀片型号表示规则》;GB/T 2077—1987《硬质合金可转位刀片圆角半径》;GB/T 2078—2007《带圆角圆孔固定的硬质合金可转位刀片尺寸》;GB/T 2079—1987《无孔的硬质合金可转位刀片》;GB/T 2080—2007《带圆角沉孔固定的硬质合金可转位刀片尺寸》;GB/T 2081—1987《硬质合金可转位铣刀片》。

GB/T 2076—2007 规定了我国可转位刀片的形状、尺寸、精度、结构特点等内容。

规则中指出:可转位刀片的型号由按一定顺序位置排列的、代表一给定意义的字母和数

字代号组成。共有十位代号,如 SNUM1506 $\frac{12}{EP}$ ER-A4,每位代号的含义见表 2.2。任何一个型号都必须用前七个号位表示,后三个号位在必要时才使用。第八、九如只用其中一位,则都写在第八号位上。表 2.3 表示刀片形状的字母代号。表 2.4 表示刀片精度等级的字母代号。表 2.5 表示刀片断屑槽形式和宽度的代号。

表 2.2 切削刀具用可转位刀片型号表示规则



表 2.3 表示刀片形状的字母代号

刀片形状	代 号	刀片形状	代 号
三角形	T	35°菱形	V
凸三边形	W	55°菱形	D
偏 8°三边形	F	75°菱形	E
正方形	S	80°菱形	C
五边形	P	86°菱形	M
六边形	H	55°平行四边形	K
八边形	O	82°平行四边形	B
矩 形	L	85°平行四边形	A
圆 形	R		

表 2.4 表示刀片精度等级的字母代号

精度等级代号	允 许 偏 差/mm		
	<i>m</i>	<i>S</i>	<i>d</i>
A	±0.005 ^①	±0.025	±0.025
F	±0.005 ^①	±0.025	±0.013
C	±0.013 ^①	±0.025	±0.025
H	±0.013	±0.025	±0.013
E	±0.025	±0.025	±0.025
G	±0.025	±0.13	±0.025
J	±0.005 ^①	±0.025	±0.06 ~ ±0.13 ^②
K	±0.013 ^①	±0.025	±0.05 ~ ±0.13 ^②
L	±0.025 ^①	±0.025	±0.05 ~ ±0.13 ^②
M	±0.08 ~ ±0.18 ^②	±0.13	±0.05 ~ ±0.13 ^②
U	±0.13 ~ ±0.38 ^②	±0.13	±0.08 ~ ±0.25 ^②

注:① 这些允许偏差通常用于具有修光尺的可转位刀片;

② 允许偏差取决于刀片尺寸大小,每种刀片必须按其尺寸将允许偏差值表示出来。

表 2.4 中的 *m*、*S*、*d* 是刀片的主要尺寸,其中:

d——刀片的内切圆公称直径(mm);

S——刀片的厚度(mm);

m——刀尖位置尺寸(检查尺寸)(mm),分下列三种情况:

① 刀片边数为奇数、刀尖为圆角时,*m* 值如图 2.6(a)所示;

② 刀片边数为偶数、刀尖为圆角时,*m* 值如图 2.6(b)所示;

③ 刀片有修光刃时,*m* 值如图 2.6(c)所示。

刀片断屑槽型式和宽度代号见表 2.5。

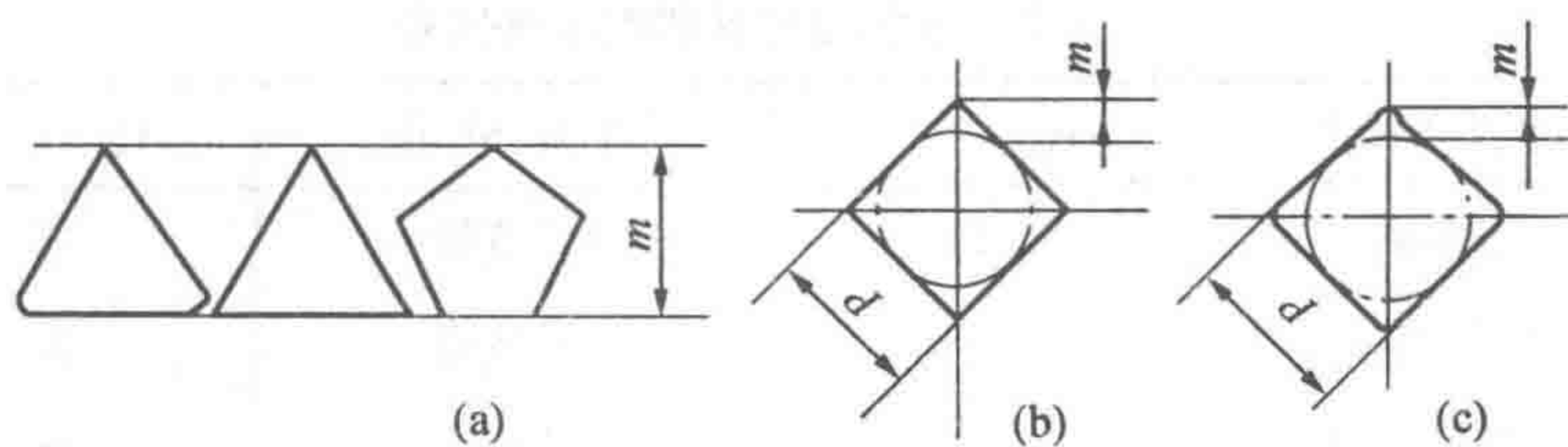


图 2.6 检查尺寸 m 的三种情况

表 2.5 表示刀断屑槽型式和宽度的代号

断屑槽型式				
代号	A	Y	K	H
断屑槽型式				
代号	J	V	M	W
断屑槽型式				
代号	U	P	B	G
断屑槽型式				
代号	C	Z	D	O
断屑槽宽度的数字代号	用舍去小数位部分的宽度毫米数表示,例如槽宽为 3.2~3.5 mm,则代号为 3。对前宽后窄或前窄后宽的断屑槽,其宽度均指刀刃开口端的宽度			