

中等专业学校试用教材

金属切削原理与刀具

咸阳机器制造学校 韩步愈 主编

ZHONGDENG
ZHUANYE
XUEXIAO
JIAOCAI



机械工业出版社

表3 光洁度等级、代号与表面粗糙度 R_a 、 R_z 值对照表

| 表面光洁度等级 | 级别代号 | 轮廓的算术平均偏差值 $R_a/\mu\text{m}$ | 微观不平度十点平均高度值 $R_z/\mu\text{m}$ | 表面粗糙度代号 |
|---------|-------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------|
| 1 | $\nabla 1$ | $>40\sim 80$ | $>160\sim 320$ | $R_z 200$ |
| 2 | $\nabla 2$ | $>20\sim 40$ | $>80\sim 160$ | $R_z 100$ |
| 3 | $\nabla 3$ | $>10\sim 20$ | $>40\sim 80$ | $R_z 50$ |
| 4 | $\nabla 4$ | $>5\sim 10$ | $>20\sim 40$ | 6.3 |
| 5 | $\nabla 5$ | $>2.5\sim 5$ | $>10\sim 20$ | 3.2 |
| 6 | $\nabla 6$ | $>1.25\sim 2.5$ | $>6.3\sim 10$ | 1.6 |
| 7 | $\nabla 7$ | $>0.63\sim 1.25$ | $>3.2\sim 6.3$ | 0.8 |
| 8 | $\nabla 8$ | $>0.32\sim 0.63$ | $>1.6\sim 3.2$ | 0.4 |
| 9 | $\nabla 9$ | $>0.16\sim 0.32$ | $>0.8\sim 1.6$ | 0.2 |
| 10 | $\nabla 10$ | $>0.08\sim 0.16$ | $>0.4\sim 0.8$ | 0.1 |
| 11 | $\nabla 11$ | $>0.04\sim 0.08$ | $>0.2\sim 0.4$ | 0.05 |
| 12 | $\nabla 12$ | $>0.02\sim 0.04$ | $>0.1\sim 0.2$ | 0.025 |
| 13 | $\nabla 13$ | $>0.01\sim 0.02$ | $>0.05\sim 0.1$ | $R_z 0.1$ |
| 14 | $\nabla 14$ | ≥ 0.01 | ≥ 0.05 | $R_z 0.05$ 或 $R_z 0.025$ |

注：新标准规定用 R_a （常用在相当于原表面光洁度 $\nabla 4\sim \nabla 12$ ）及 R_z （常用在相当于原表面光洁度 $\nabla 1\sim \nabla 3$ 、 $\nabla 13\sim \nabla 14$ ）表示表面粗糙度的大小。为使本教材能逐渐过渡适应新标准，特附上表以供对照参考。

前 言

本书是根据 1986 年 8 月, 国家机械委中等专业学校机械制造专业教材编审委员会通过的“金属切削原理与刀具”教学大纲, 为中等专业学校编写的试用教材(必修)。也可供从事机械制造专业的科技人员参考。

本书由“金属切削原理”与“金属切削刀具”两部分组成。原理部分主要以车削为中心, 系统地阐明车削过程的基本规律与应用, 然后介绍钻削、铣削及磨削过程的特点。刀具部分以常用刀具的类型、结构特点及其选用和常用非标准刀具的设计为主。在各章后附有思考与习题。

本书是按讲课时数 60 学时编写的, 对可供课堂讨论、课外阅读的内容用 * 号表示, 各校可根据教学时数灵活安排。在编写过程中, 紧紧围绕中专特点, 遵循“加强应用, 培养能力”和教学的适用性以及便于自学等原则。

本书各章节作者为: 绪论、第一、三、四、§ 6-1、§ 7-1、十、十二章咸阳机器制造学校韩步愈; 二、八、九章内蒙古工业学校刘长义; 五、六、七、十一章福建机电学校吴林禅。

本书由韩步愈主编, 南京机械专科学校周志明主审。刘长义参与最后统稿工作。参加审稿会议的课程组成员及兄弟学校老师有: 刘正言、杨家乐、范荣礼、张兆怀、朱国桓、袁瑞先、姬桂英、王桂荣、华坚、龚荪兰、詹国华、张桂宁、高波、郭开础、袁广、廖仕标、王金祥、赵国明等。

在编写过程中包头机械工业学校朱国桓老师提出了许多宝贵意见, 有关院校、工厂给予大力支持与帮助, 咸阳机器制造学校有关同志协助绘图工作, 谨此一并表示衷心感谢。

由于编写时间较仓促, 水平有限。书中错误和不妥之处在所难免, 恳请广大读者批评指正。

编 者
1988.7 于咸阳

表1 本书采用的名词、术语和符号

| 符 号 | 名 称 | 符 号 | 名 称 |
|----------|------------------|-----------|----------------------|
| A_a | 主后刀面 | F_M | 在基面内垂直于切削刃的切削分力 |
| A_r | 前刀面 | F_N | 在切削平面内垂直于切削刃的切削分力 |
| A'_r | 副后刀面 | f | 每转进给量 |
| A_c | 切削面积 | G | 刀具制造公差 |
| A | 加工余量; 刀槽偏距 | h_a | 齿顶高 |
| a | 中心距 | h_f | 齿根高 |
| a_{10} | 被切齿轮与刀具的中心距 | h | 全齿高 |
| a_{12} | 被切齿轮与共轭齿轮的中心距 | h_s | 刀具全齿高 |
| a_c | 切削厚度 | H | 容屑槽高度; 端铣刀槽底高度; 刀杆高度 |
| a_f | 每齿进给量; 齿升量 | K | 铲削量 |
| a_{ch} | 切屑厚度 | K_T | 前刀面磨损深度 |
| a_p | 切削深度 | L | 刀具总长 |
| a_w | 切削宽度 | l | 被切削层长度 |
| B | 刀杆截面宽度 | m_n | 法向模数 |
| b_{a1} | 后刀面上刃带 | m | 模数 |
| b_{r1} | 负倒棱宽度 | n | 工件转速 |
| b_s | 过渡刃长度 | n_0 | 刀具(砂轮)转速 |
| C | 工序生产成本 | P_f | 进给剖面 |
| C_F | 主切削力 F_x 公式的系数 | P_m | 切削功率 |
| C_l | 刀具成本 | P_n | 切削刃法剖面 |
| C_v | 切削速度公式的系数 | P_o | 主剖面 |
| d | 刀孔直径 | P_p | 切深剖面 |
| d_m | 已加工表面直径 | P_r | 基面 |
| d_0 | 刀具直径; 分圆直径 | P_s | 切削剖面 |
| d_w | 工件待加工表面直径 | P_u | 单位切削功率 |
| d_g | 齿轮刀具外径 | P_z | 螺旋槽导程 |
| e | 偏距 | p | 单位切削力 |
| F_f | 前刀面上的摩擦力 | Q | 切屑重量 |
| F_H | 水平(纵向)分力 | R_a | 粗糙度算术平均偏差 |
| F_n | 前刀面上的法向力 | R_{max} | 残留面积高度 |
| F_o | 横向分力 | r_β | 刃口钝圆半径 |
| F_r | 切削合力 | r_s | 刀尖圆弧半径 |
| F'_r | 切屑形成力 | T | 刀具耐用度; 力偶矩 |
| F_s | 剪切面上的剪切力 | T_e | 经济耐用度 |
| F_x | 进给抗力(轴向力) | T_p | 最高生产率耐用度 |
| F_y | 切深抗力(径向力) | t_{ct} | 换刀时间 |
| F_z | 主切削力 | t_m | 切削时间 |
| F_V | 垂直分力 | t_{st} | 辅助时间 |
| F_L | 在切削平面内沿切削刃的切削分力 | | |

| 符 号 | 名 称 | 符 号 | 名 称 |
|----------------|----------------|----------------|-------------|
| t_w | 工序工时 | γ_n | 法向前角 |
| V_B | 后刀面磨损带中部平均磨损量 | γ_o | 前角 |
| v | 切削速度 | γ_{o1} | 工作前角 |
| v_c | 切屑流出速度 | γ_{opt} | 合理前角 |
| v_f | 进给速度 | γ_{o1} | 负倒棱前角 |
| r_{a0} | 齿轮刀具顶圆半径 | γ_p | 切深前角 |
| r_{b0} | 齿轮刀具基圆半径 | γ_{so} | 刀具分度圆柱螺旋升角 |
| s | 齿厚 | δ | 接触角 |
| W | 公法线长度 | e | 相对滑移 |
| x_o | 径向变位系数 | e_r | 刀尖角 |
| z | 齿数 | η_m | 机床效率 |
| z_k | 容屑槽数 | | 切削温度; 容屑槽夹角 |
| z_s | 同时工作齿数 | $\bar{\theta}$ | 平均切削温度 |
| Z_w | 单位时间内的金属切除量 | κ_r | 主偏角 |
| α | 齿形角 | κ_{rs} | 过渡刃主偏角 |
| α_o | 后角 | κ'_r | 副偏角 |
| α_f | 进给平面后角 | λ_s | 刃倾角 |
| α_{o1} | 工作后角 | μ | 摩擦系数 |
| α_{opt} | 合理后角 | | 变形系数 |
| α_p | 切深后角 | ρ | 曲率半径; 密度 |
| α_n | 法向后角 | σ | 表面残余应力 |
| α_{rs} | 齿轮滚刀轴向剖面的齿形角 | σ_b | 抗弯强度 |
| α_{10} | 被切齿轮与刀具啮合时的啮合角 | σ_y | 前刀面的正应力 |
| α_{12} | 被切齿轮与共轭齿轮的啮合角 | σ_p | 剪切面的正应力 |
| β | 前刀面上的摩擦角; 螺旋角 | τ_y | 前刀面的剪应力 |
| β_o | 刀具分度圆柱螺旋角 | τ_p | 剪切面的剪应力 |
| β_k | 容屑槽螺旋角 | ϕ | 剪切角 |
| β_{b0} | 刀具基圆柱螺旋角 | ψ_k | 切屑流出方向角 |
| β_b | 基圆柱螺旋角 | Σ | 轴交角 |
| γ_f | 进给前角 | φ | 切入角; 安装角 |

表 2 下脚标 (标志在符号的右下角)

| 符 号 | 意 义 | 符 号 | 意 义 |
|-----|----------|-----|-----|
| 1 | 小齿轮上的 | a | 齿顶的 |
| 2 | 大齿轮上的 | f | 齿根的 |
| L | 左侧的, 左旋的 | max | 最大的 |
| R | 右侧的, 右旋的 | min | 最小的 |

目 录

| | | | |
|----------------------------|-----|------------------------------|-----|
| 绪论 | 1 | § 7-1 铣削 | 144 |
| 第一章 基本定义 | 3 | § 7-2 尖齿铣刀 | 160 |
| § 1-1 切削运动及形成的表面 | 3 | § 7-3 硬质合金端铣刀 | 164 |
| § 1-2 刀具切削部分的几何角度 | 4 | § 7-4 成形铣刀 | 167 |
| § 1-3 切削用量与切削层参数 | 15 | 思考与习题 | 173 |
| 思考与习题 | 17 | 第八章 拉刀 | 174 |
| 第二章 刀具材料 | 18 | § 8-1 拉刀的组成 | 174 |
| § 2-1 刀具材料应具备的性能 | 18 | § 8-2 拉削概述 | 175 |
| § 2-2 高速钢 | 19 | § 8-3 圆孔拉刀的结构要素 | 177 |
| § 2-3 硬质合金 | 21 | § 8-4 花键拉刀 | 183 |
| § 2-4 其它刀具材料或超硬度刀具材料 | 25 | § 8-5 拉刀的刃磨 | 185 |
| 思考与习题 | 26 | 思考与习题 | 185 |
| 第三章 金属切削的基本规律 | 27 | 第九章 螺纹刀具 | 186 |
| § 3-1 切削变形 | 27 | § 9-1 加工外螺纹的刀具 | 186 |
| § 3-2 切削力 | 39 | § 9-2 丝锥 | 189 |
| § 3-3 切削温度 | 52 | § 9-3 螺纹滚压工具 | 192 |
| § 3-4 刀具磨损 | 56 | 思考与习题 | 193 |
| 思考与习题 | 63 | 第十章 齿轮刀具 | 194 |
| 第四章 提高金属切削效益的途径 | 65 | § 10-1 成形齿轮铣刀 | 194 |
| § 4-1 改善工件材料的切削加工性 | 65 | § 10-2 齿轮滚刀 | 196 |
| § 4-2 合理选择切削液 | 67 | § 10-3 蜗轮滚刀 | 208 |
| § 4-3 刀具合理几何参数的选择 | 70 | § 10-4 插齿刀 | 211 |
| § 4-4 切削用量的合理选择与优化 | 80 | § 10-5 剃齿刀简介 | 218 |
| 思考与习题 | 89 | 思考与习题 | 219 |
| 第五章 车刀 | 90 | 第十一章 自动线和数控机床刀具 | 220 |
| § 5-1 焊接车刀 | 91 | § 11-1 自动线刀具 | 220 |
| § 5-2 机夹车刀 | 97 | § 11-2 数控机床刀具 | 222 |
| § 5-3 可转位(刀片)车刀 | 98 | 思考与习题 | 224 |
| § 5-4 成形车刀 | 103 | 第十二章 砂轮与磨削 | 225 |
| 思考与习题 | 113 | § 12-1 砂轮 | 225 |
| 第六章 钻削与孔加工刀具 | 111 | § 12-2 磨削运动 | 228 |
| § 6-1 钻削与麻花钻 | 115 | § 12-3 磨粒与磨削切削层参数 | 229 |
| § 6-2 深孔钻 | 129 | § 12-4 磨削力 | 232 |
| § 6-3 扩孔钻与镗钻 | 132 | § 12-5 磨削温度及其对磨削表面的损伤 | 234 |
| § 6-4 铰刀 | 133 | § 12-6 砂轮的磨损、损耗、耐用度及修整 | 236 |
| § 6-5 孔加工复合刀具 | 139 | § 12-7 磨削质量 | 238 |
| § 6-6 镗刀 | 141 | § 12-8 特种磨削 | 238 |
| 思考与习题 | 142 | 思考与习题 | 239 |
| 第七章 铣削与铣刀 | 144 | 主要参考文献 | 240 |

绪 论

金属切削加工,是利用金属切削刀具,从工件表面上切除去一层多余的金属层(这层金属称为加工余量),以获得所要求的尺寸、几何形状精度和表面质量的一种加工技术。在机械制造业中,凡精度和表面质量要求较高的机械零件,一般都要经过切削加工。因此,金属切削加工是机械制造业中应用最为广泛地一种主要加工方法。

“金属切削原理与刀具”是讨论金属切削加工过程中主要物理现象的变化规律、控制与应用,和常用金属切削刀具的选择、使用与常用非标准刀具的设计的一门专业课。它也是学习“机械制造”专业中有关金属切削加工工艺及其设备等专业课的基础。

本书主要由两大部分内容组成:

一、金属切削原理

1. 基本定义(一章)

主要阐明切削运动、刀具几何形状、切削用量和切削层参数的基本定义。由于金属切削加工是依赖具有一定几何形状的刀具与被切削工件间产生相对切削运动来实现的,因此,掌握这些基本定义,是学习本课程的基础。

2. 金属切削的基本规律(三章)

切削变形、切削力、切削温度和刀具磨损等是金属切削过程中的主要物理现象。讨论和揭示这些现象的本质和各因素间的联系,以获得其变化规律,作为控制和应用金属切削加工这一加工技术的理论依据。

3. 提高金属切削效益的途径(四章)

学习切削理论并掌握其规律的目的在于应用,在于提高金属切削的效益。从控制金属切削过程中的各因素来看,提高金属切削效益的途径,通常是改善工件材料的可加工性,合理选择刀具几何参数和切削用量等。

4. 钻削(§6-1)、铣削(§7-1)和磨削(十二章)

这部分内容是以车削为主,系统地阐明了有关问题,而对钻削、铣削及磨削则侧重于特殊性方面的说明,有关共同性的问题采用概略提示(几何角度、切削力等)或省略(切削温度、刀具磨损等)的方法,需要学生应用车削有关定义、原理和方法去理解与掌握。之所以这样作,是希望学生在掌握车削的基本知识与分析问题的方法之后,能很容易去适应其它切削加工方法。这在当前课程时数较少,要培养学生能力方面来说,无疑是十分重要的。

这部分内容,理论较多。要注意与实验课密切配合,并要引导学生面向生产实际,重视应用。

二、金属切削刀具

1. 常用刀具的合理选择与使用

车刀(五章)、孔加工刀具(六章)、铣刀(七章)、螺纹刀具(九章)及齿轮刀具(十章)等是生产中常用的刀具。本书在介绍这些刀具的种类、结构特点与应用的同时,并着重阐明其切削刃(或前、后刀面)的形成方法和刃磨方法,使学生对该刀具的合理选择与使用

有较具体的理解。也介绍了相应地先进刀具。

2. 常用非标准刀具的设计

对成形车刀（五章）、机用铰刀（六章）、成形铣刀（七章）和拉刀（八章）等非标准刀具，本书在介绍它们的设计时，以该刀具的主要结构要素为基点，阐明它们在设计时应考虑的主要问题。至于设计顺序、所需的资料及举例，则由有关辅助教材去解决。这对培养学生查阅资料、设计方法等独立工作能力，是会有益的。

这部分内容较实际。在教与学时，要多与生产实际相结合，使学生在直观上能体会到该刀具的结构与用途。不可停留在书本上，要作好练习，完整地设计所要求的刀具。

研究金属切削的历史还不长。但当人们将所得的规律，应用于生产实际之后，就已发现其强大作用。正如国际生产技术研究会（CIRP）在一项研究报告中指出：“由于刀具材料的改进，刀具允许的切削速度，每隔十年，几乎提高一倍；由于刀具结构和几何参数的改进，刀具耐用度，每隔十年，几乎提高二倍”。向高效率（或高切削速度）（图0-1）及高精度（图0-2）方向发展趋势，表明了金属切削加工发展的历史与未来。

当前世界正处于电子技术飞跃发展、数控机床和新材料普遍应用于生产，我国正处于改革的年代。学好本门课，以便能运用金属切削加工的基本理论，去观察、分析和解决金属切削加工中的实际生产问题；学会如何根据具体条件选择刀具材料、刀具几何参数和切削用量；以及按工艺要求合理选用刀具和设计刀具。以提高金属切削效益，为改革服务、为生产建设服务。

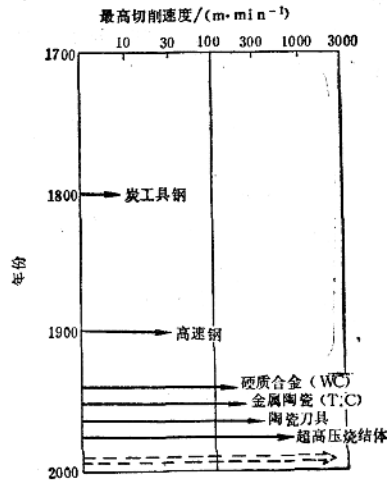


图0-1 最高切削速度和刀具材料

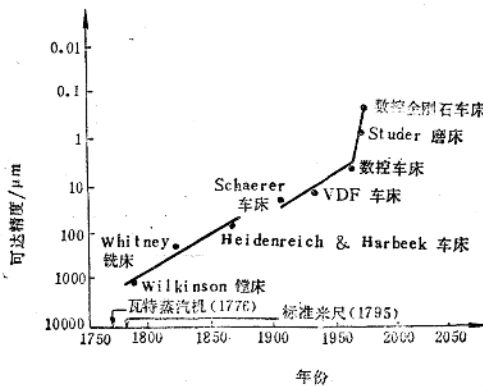


图0-2 各种切削加工机床的可达精度及发展情况

第一章 基本定义

金属切削加工是使用具有一定几何形状的刀具，切入工件一定深度，使刀具和工件间产生相对切削运动来实现的。因此，掌握切削运动、刀具几何角度、切削用量和切削层参数等的基本定义，是学习本课程的基础。本章主要以外圆车削为对象来讨论这些问题，但其定义也适于其它切削加工方法。

§ 1-1 切削运动及形成的表面

一、切削运动

金属切削时，刀具和工件间的相对切削运动，按其作用可分为主运动和进给运动。

1. 主运动

切削时最主要的运动称为主运动。这个运动的速度最高，消耗功率最大。外圆车削时工件的旋转运动就是主运动。主运动速度即切削速度 v (单位为 m/min)。

2. 进给运动

使新的金属层不断投入切削，以便切除工件表面上全部余量的运动称为进给运动。用进给速度 v_f (单位为 mm/min , mm/s) 或进给量 f (单位为 mm/r) 表示。

3. 合成切削运动

切削时，主运动与进给运动同时进行。这时，刀具切削刃上一点相对于工件的合成运动称为合成切削运动，可用合成切削运动向量 v_c 表示。由图 1-1 b 可知： $v_c = v + v_f$ 。

显然，沿切削刃各点的合成切削速度向量各不相同。

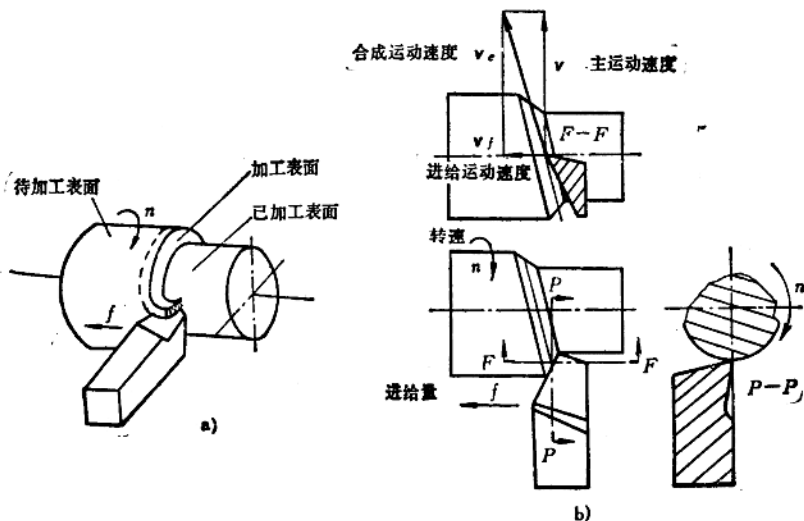


图1-1 车削时的相对切削运动和形成的表面

二、工件上的几个表面

在切削过程中，工件上有三个不断变化的表面（图 1-1 a）：

1. 待加工表面

即将被切除的表面；

2. 加工表面

切削刃正在切削的表面，也称切削表面；

3. 已加工表面

切削后形成的新表面。

§ 1-2 刀具切削部分的几何角度

切削刀具的种类繁多，形状各异。但从切削部分的几何特征上看，却具有共性。外圆车刀切削部分的形态，可作为其它各类刀具切削部分的基本形态。其它各类刀具是在此基本形态上，按各自的切削特点演变而来；另外，切削加工是依靠刀具的切削刃进行的，若以切削刃为单元，各类刀具都是切削刃的不同组合。

一、车刀切削部分的组成

图 1-2 所示是常见的直头外圆车刀，它由刀杆和刀头（刀体和切削部分）组成。切削部分包括以下部分：

1. 前刀面 (A_r)

切屑流经的刀面；

2. 后刀面 (A_s)

与加工表面相对的刀面；

3. 副后刀面 ($A_{r'}$)

与已加工表面相对的刀面；

4. 切削刃 (S)

前、后刀面的交线，它担负主要切削工作，也叫主切削刃，或主刀刃。

5. 副切削刃 (S')

前刀面与副后刀面的交线，它配合切削刃完成切削工作，并形成已加工表面；

6. 刀尖

切削刃与副切削刃的交点，它可以是一个点、直线或圆弧。

不同类型车刀，其切削部分的组成，可能不相同，如图 1-3 所示的切断刀，除前刀面、后刀面、切削刃外，有两个副后刀面，两个副切削刃和两个刀尖。

二、刀具标注角度坐标系

(一) 基准坐标平面

为了确定切削部分各刀面在空间的位置，要人为的建立基准坐标平面，作为组成坐标系的基准。用坐标平面与刀具各刀面间形成相应的角度，定出刀具的几何角度以确定各刀面在空间的位置。

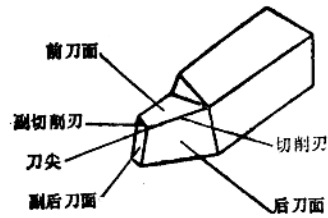


图 1-2 车刀切削部分的组成

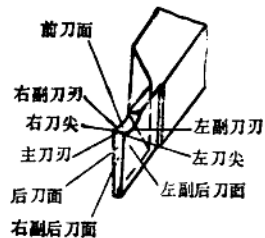


图 1-3 切断刀切削部分的组成

刀具的几何角度是要在切削过程中起作用，因而基准坐标平面的建立应以切削运动为依据。

刀具标注角度坐标系是设计刀具时，为标注刀具几何角度而采用的坐标系。也是制造、刃磨刀具时采用的坐标系。这时，刀具虽无切削运动，也要结合刀具的定位情况，判定出刀具的假定运动方向，以此为依据建立基准坐标平面。

1. 假定运动方向

(1) 假定主运动方向

以切削刃上选定点，位于工件中心高上时的主运动方向作为假定主运动方向。假定主运动方向垂直于车刀刀杆底面（图 1-4）。

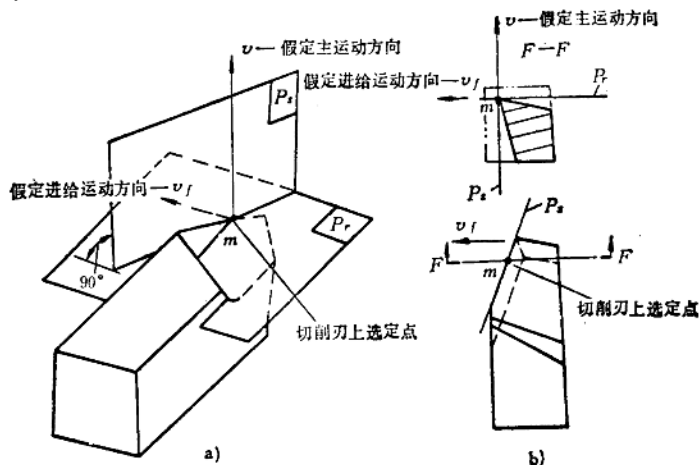


图 1-4 假定主运动方向和进给运动方向与基准坐标平面

(2) 假定进给运动方向

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，假定进给运动方向平行于车刀刀杆底面（图 1-4）。

2. 基准坐标平面

以假定主运动方向 (v) 为依据，建立基准坐标平面，所组成的坐标系称为刀具标注角度坐标系。基准坐标平面包括：基面 P_s 和切削平面 P_r 。（图 1-4）。

(1) 基面 P_s 。过切削刃上选定点垂直于假定主运动方向的平面。车刀的基面 P_s 平行于刀杆底面。假定进给方向在基面 P_s 内。

(2) 切削平面 P_r 。过切削刃上选定点，包括切削刃或切于切削刃（曲线刃）且垂直于基面 P_s 的平面。车刀的切削平面 P_r 垂直于刀杆底面，假定主运动方向在切削平面 P_r 内。

由图 1-4 可见，由于建立了相互垂直的基面 P_s 和切削平面 P_r ，它们各自与前刀面和后刀面间组成了相应的角度。但是两平面间夹角的大小，随所选用测量平面而不同。为了测量出两平面间的夹角，还应规定出测量平面。由基面 P_s 、切削平面 P_r 和测量平面，组成空间坐标系。从下面的讨论中将会看出，坐标系所用的测量平面各不相同，但无论选用哪一个测量平面组成相应的坐标系，基面 P_s 和切削平面 P_r 却是共同的，是固定不变的。

(二) 刀具标注角度坐标系及其角度

在刀具标注坐标系中，按选用的测量平面不同分为四个坐标系：主剖面系、法剖面系、（假定）进给、切深剖面系和最大前角、最小后角剖面系。下面分别讨论我国常用的前三种剖面系及其角度。

1. 主剖面系 ($P_r-P_s-P_n$) (图 1-5)

(1) 主剖面 P_s 。过切削刃上选定点，同时垂直于基面 P_r 和切削平面 P_n 的平面。

(2) 在主剖面系中的刀具标注角度。

1) 在基面 P_r 内的角度 (R 向，刀具在基面 P_r 上的投影)

主偏角 κ_r 。切削刃与进给运动方向间的夹角；

副偏角 κ'_r 。副切削刃与进给运动反方向间的夹角；

刀尖角 ε_r 。 $\varepsilon_r = 180^\circ - (\kappa_r + \kappa'_r)$ 。

2) 在切削平面 P_n 内的角度 (S 向，刀具在切削平面上的投影)

刃倾角 λ_r 。切削刃与基面 P_r 间的夹角。刃倾角 λ_r 正负的判定按：前刀面在基面 P_r 之上为负，前刀面在基面 P_r 之下为正（以刀尖为切削刃上选定点）；或刀尖为切削刃上最低点时， λ_r 为负，刀尖为切削刃上最高点时， λ_r 为正。

3) 在主剖面 P_s 内的角度 ($O-O$ 剖面 P_s 内)

前角 γ_r 。前刀面与基面 P_r 间的夹角。前角 γ_r 的正负的判定按：前刀面在基面 P_r 之上为负；前刀面在基面 P_r 之下为正。

后角 α_r 。后刀面与切削平面 P_n 之间的夹角。

楔角 β_r 。前、后刀面的夹角。 $\beta_r = 90^\circ - (\gamma_r + \alpha_r)$ 。

同理，对副切削刃，也可建立副基面 P'_r ，副切削平面 P'_n 和副主剖面 P'_s ，以定出其相应的角度。由于副切削刃和切削刃共处于同一前刀面内，当切削刃的前角 γ_r 和刃倾角 λ_r 确定后，副切削刃的 γ'_r 和 λ'_r 也同时被确定。因此，副切削刃通常只确定副偏角 κ'_r 和副后角 α'_r 。

副后角 α'_r 。在副剖面内，副后刀面与副切削平面 P'_n 间的夹角。

外圆车刀在主剖面系中有六个独立角度，两个派生角度。

2. 法剖面系 ($P_r-P_n-P_n$) (图 1-6)

(1) 法剖面 P_n 。过切削刃上选定点与切削刃（或该点的切线）相垂直的平面 ($P_n \perp P_r$ ；但 P_n 不垂直于 P_s)。

(2) 在法剖面系中的标注角度

1) 在基面 P_r 内的主偏角 κ_r 、副偏角 κ'_r ；在切削平面 P_n 内的刃倾角 λ_r 和主剖面系相同。

2) 在法剖面中的角度 ($N-N$ 剖面 P_n 内)

法前角 γ_n 。前刀面与基面 P_r 间的夹角；

法后角 α_n 。后刀面与切削平面间的夹角。

法剖面 P_n 与主剖面 P_s 间的夹角为 λ_n 。当 $\lambda_n = 0$ 时， P_n 与 P_s 重合。

3. 进给、切深剖面系 ($P_r-(P_s)-P_f-P_f$) (图 1-7)

(1) 进给剖面 P_f 。过切削刃上选定点，平行于进给运动方向且垂直于基面 P_r 的平面；

(2) 切深剖面 P_f 。过切削刃上选定点，垂直于进给运动方向且垂直于基面 P_r 的平面。

(3) 进给、切深剖面系中的刀具标注角度

1) 在基面 P_r 中的主偏角 κ_r 和副偏角 κ'_r 与主剖面系相同。

2) 在进给剖面内的角度 ($F-F$ 剖面 P_f)

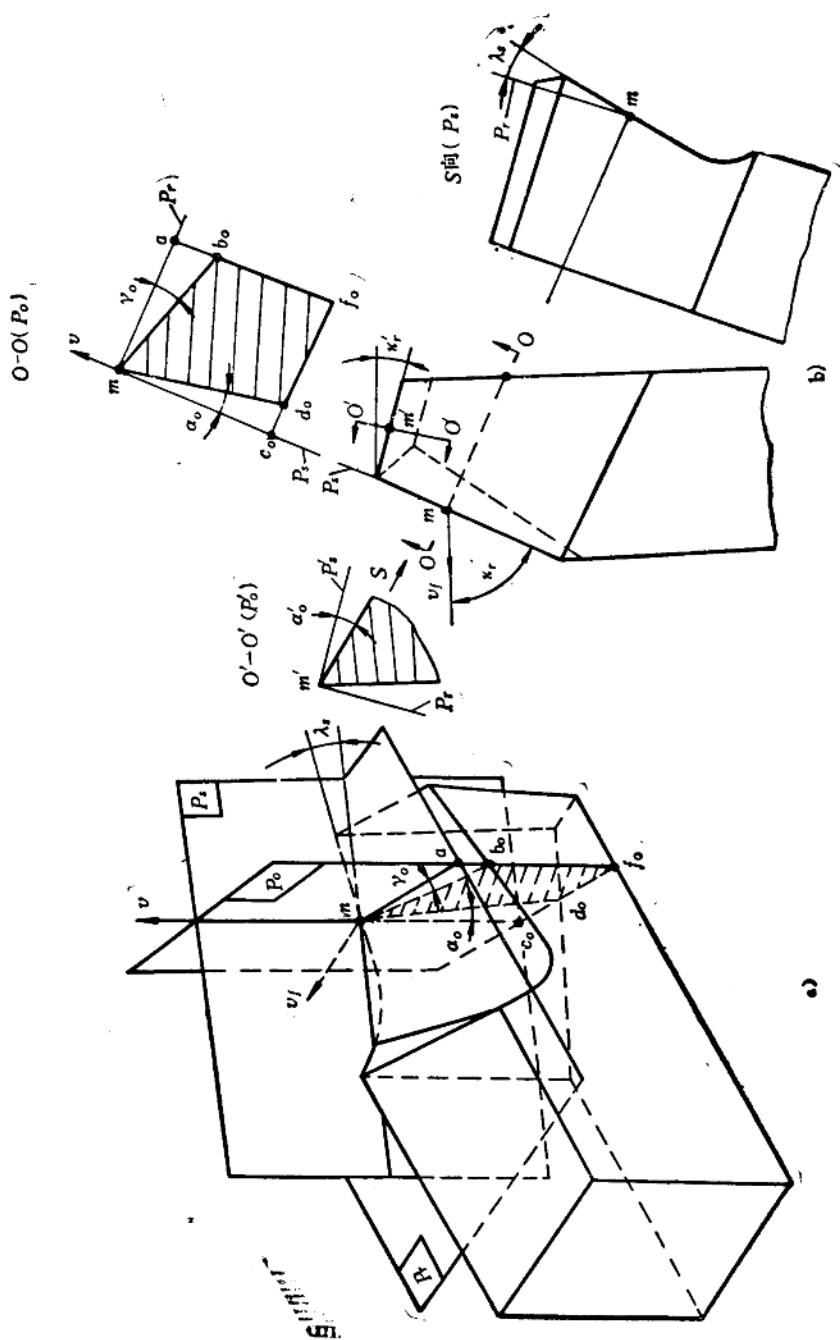


图1-5 主剖面及其角度

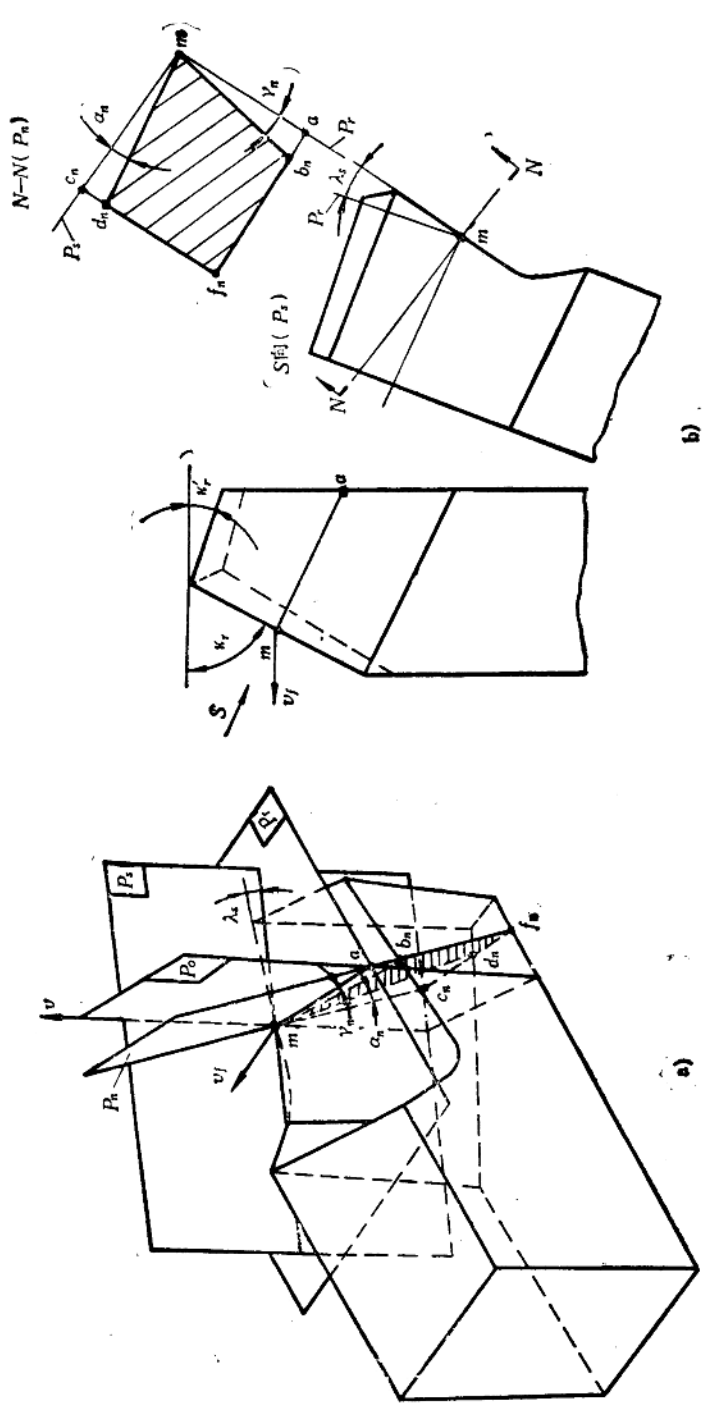


图1-6 法剖面系及其角度

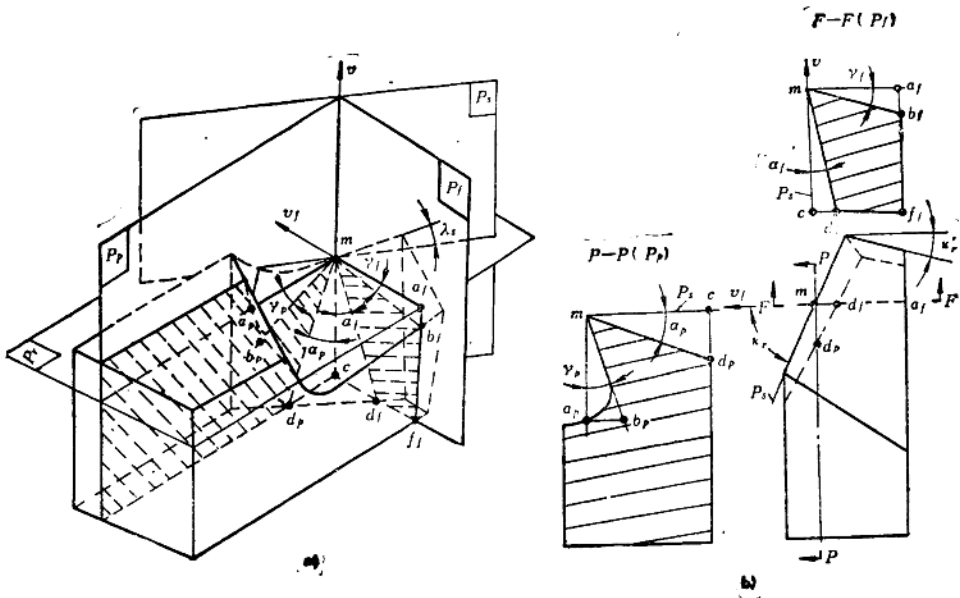


图1-7 进给、切深剖面系及其角度

进给前角 γ_f 前刀面与基面 P_r 间的夹角；

进给后角 α_f 后刀面与切削平面 P_s 间的夹角。

3) 在切深剖面内的角度 ($P-P$ 剖面, P_p)

切深前角 γ_p 前刀面与基面 P_r 间的夹角；

切深后角 α_p 后刀面与切削平面 P_s 间的夹角。

以上讨论了主剖面等三个剖面系及其角度。我国主要采用主剖面系，即在图纸上标注 κ_r 、 κ'_r 、 λ_s 、 γ_o 、 α_o 和 α'_o 等6个角度，有时应补充标注 γ_s 、 α_s 。

由以上讨论可知，确定刀具几何角度的步骤为：以切削刃为单元，定出切削刃上选定点，判定出选定点的假定主运动方向和假定进给运动方向，作出基面和切削平面，选取测量平面以建立坐标系，从而确定其相应角度。

(三) 车刀几何形状的图形画法

*1. 切削部分的投影作图法 (图 1-8)

用投影法画车刀切削部分的几何形状，是学习和理解刀具几何形状的重要方面。下面讨论刀具主剖面系几何形状的投影作图法。已知： κ_r 、 κ'_r 、 λ_s 、 γ_o 、 α_o 、 α'_o 。

(1) 基面 P_r 投影图 (刀具俯视图)

- 1) 作进给运动方向 v_f 或 f ；
- 2) 作刀杆宽度 B ；
- 3) 作刀尖位置 m ；
- 4) 根据定义作 κ_r 、 κ'_r ；
- 5) 确定切削刃上选取 m_r 。

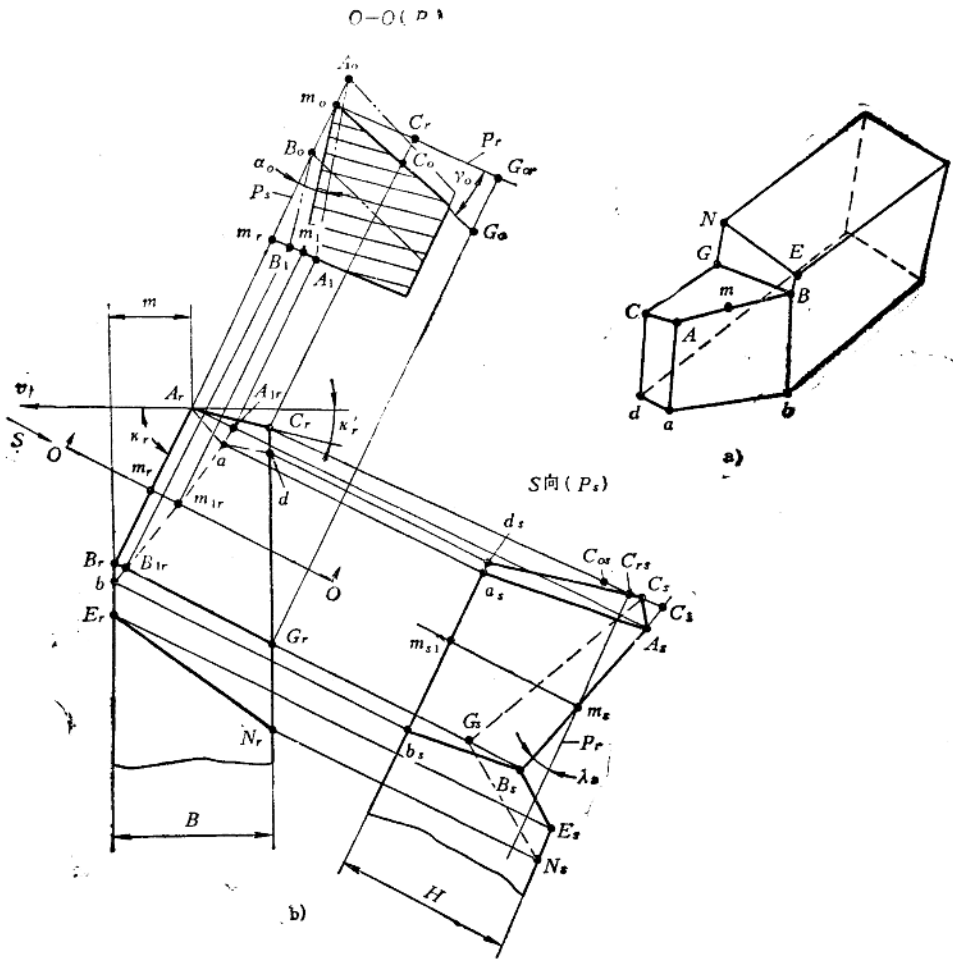


图1-8 车刀投影作图法

(2) 切削平面P, 投影图(S向视图)

- 1) 平行于切削刃在基面 P_r 上的投影作刀杆底面线;
- 2) 按刀杆高度 H , 作刀杆顶面线;
- 3) 自基面投影图, 将 A_r 、 B_r 分别投影于刀杆顶面上, 根据刃倾角 λ 的“+”(或“-”), 自 A_r 点(或 B_r 点)作 λ , 定出 B_s (或 A_s), 投影 m_r 与 $A_r B_r$ 相交于 m_s , 与刀杆底面交于 m_{s1} .

(3) 主剖面图(O-O剖面, P_s)

- 1) 过 m_r 作O-O剖面;
- 2) 沿切削刃在基面 P_r 上的投影, 作切削平面 P_s , 选取 m_o 点。过 m_o 作基面 P_r 、前角 γ_o 和后角 α_o 。
- 3) 自切削平面 P_s 投影图量 $\overline{m_s m_r} = \overline{m_s m_{s1}}$ (m 点的高度)。自 m_r 点作垂直于 P_s 的直线, 与 m_o 点后刀面交于 m_1 , 得O-O剖面中(选定点 m)的刀杆底面; 同理, 若切削刃上选定点

为 A_1 , 可得 A_1 ; 选定点为 B_1 , 可得 B_1 。

(4) 再作基面投影图

1) 将 A_1, m_1, B_1 分别投影于基面 P_1 投影图, 得 $\overline{A_1, m_1, B_1, b}$ 直线(图中为虚线)此直线即后刀面与刀杆底面的交线。由图可见, 此虚线与切削刃在基面 P_1 上的投影 $\overline{A_1 B_1}$ 不平行。图中所示 λ_1 为“+”时的情况; 当 λ_1 为“-”时, 斜向相反; 当 $\lambda_1 = 0$ 时, 此虚线平行于 $\overline{A_1 B_1}$ 。

2) 作副后刀面与刀杆底面的交线, 其方法与上述相同。为简化, 可作一平行于 $\overline{A_1 C_1}$ 的虚线 \overline{ad} , 分别与 $\overline{A_1, m_1, B_1}$ 和刀杆侧底面交于 a 与 d 。

(5) 再作切削平面 P_2 投影图

1) 副切削刃 C 点在切削平面 P_2 投影图上的位置 自 C_1 向主剖面图作投影得 $\overline{C_1 C_2}$, 这是由于 γ_1 的影响, 使 C 比选定点 m 低 $C_1 C_2$ 值; 自 C_1 向切削平面作投影得 $\overline{C_1 C_2}$, 这是由于 λ_1 的影响使 C 点比 m 点高 $\overline{C_1 C_2}$ 。自基面 P_1 上的 C_1 向下量 $\overline{C_1 C_2}$ 得 C_2 , 自 C_2 向上量 $\overline{C_1 C_2}$ 得 C_3 点。 C_3 点即 C 点在切削平面 P_2 投影图上的位置。连接 $\overline{A_2 C_3}$, 即副切削刃 AC 在切削平面上的投影。

2) 自 P_2 投影图上, 将 a, d, b 投影于 P_2 投影图, 与刀杆底面相交于 a_2, d_2, b_2 。分别与 A_2, C_2, B_2 点连接, 得 $\overline{A_2 a_2}, \overline{C_2 d_2}, \overline{B_2 b_2}$ 。

(6) 前刀面与刀杆顶面相交的位置 设在 P_2 投影图上, B_2 处的刀杆顶面为 E_2 , 投影 E_2 于 P_2 投影图, 得 E_2 , 连接 $\overline{B_2 E_2}$ 。设刃磨前刀面的砂轮轨迹垂直于切削刃, 在 P_2 投影图上为 $\overline{B_2 G_2}$ 。自 G_2 向 P_2 剖面作投影, 得 $\overline{G_2 G_3}$ 。自 G_2 向 P_2 投影图作投影得 B_3 , 自 B_3 向下量 $\overline{G_2 G_3}$ 得 G_3 。连接 $\overline{C_3 G_3}$, 此线即 CG 在 P_2 投影图上的投影; 过 G_3 作 $\overline{G_3 N_2} \parallel \overline{B_2 E_2}$ 与刀杆顶面相交得 N_2 , 将 N_2 投影于 P_2 投影图上得 N_2 。连接 $\overline{N_2 E_2}$, 即棱面与刀杆顶面的交线。

2. 切削部分的简略画法

刀具切削部分几何角度的投影作图相当繁琐, 通常均按简略画法, 即取基面投影图为俯视图, 切深平面(外圆车刀)或进给平面(端面车刀、切槽刀)投影为正视图, 切削平面为向视图, 同时作出主、副切削刃的主剖面。在这些图上标出车刀的标注角度(独立角度)及刀杆尺寸。视图应大体符合投影关系, 但不画出投影线, 角度与尺寸应按比例绘制。图1-9及1-10是其例子。

三、刀具工作角度坐标系

以刀具切削时的合成切削运动方向(ψ_0)为依据建立工作基准坐标平面, 所组成的坐标系, 称为刀具工作角度坐标系。工作基准坐标平面包括:

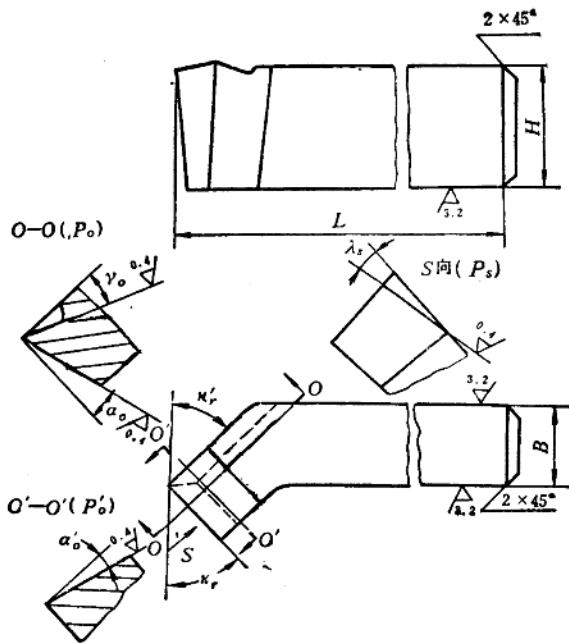


图1-9 45°弯头车刀