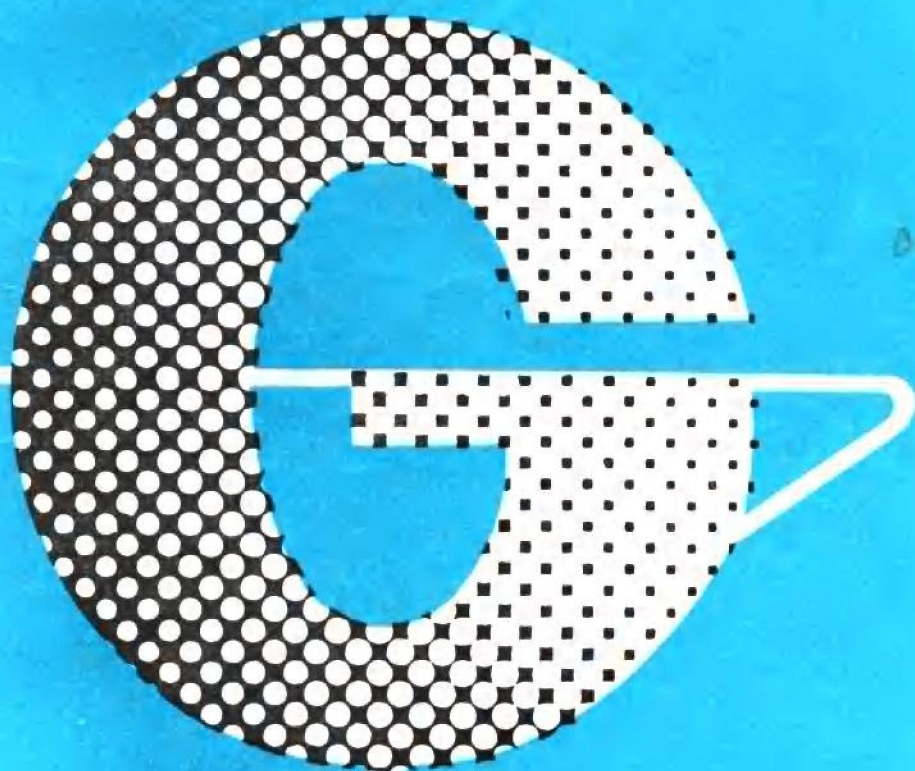


普通高等专科学校教育机电类规划教材

# 金属切削原理



上海机械专科学校  
南京机械专科学校

陆剑中 主编  
周志明

机械工业出版社

TGT501-43  
1

普通高等专科学校教育机电类规划教材

# 金属切削原理

上海机械专科学校 陆剑中 主编  
南京机械专科学校 周志明



机械工业出版社

## 前 言

本书是高等专科学校机械制造专业用教材，是根据全国高等专科学校机械制造专业教学计划和“金属切削原理与刀具”课程教学大纲编写的。为了适应各地区不同类型学校教改的要求，除本教材外，还编写了《金属切削刀具》教材、《非标准刀具设计手册》辅助教材以供选用。

本书也适作为大学专科班、职业大学、电视大学、工厂企业职工大学、函授及自学用教材，并可供中等专业学校师生、工厂工程技术人员参考。

本书主要介绍刀具几何问题（刀具几何角度的定义、图示和相互关系）；切削过程基本规律及其应用；钻削、铣削、磨削原理和特点。在内容取材和编写方面力求反映以下特点：

1) 适应培养专科生的业务范围要求，贯彻理论联系实际，突出切削理论用于解决切削加工过程中出现的工艺技术问题，并列举与之有关的计算及应用实例。

2) 加强基础理论，适当扩大知识面并反映国内外新技术。

3) 初步总结多年来教学和实践经验，介绍了科研和切削实验资料、图片，以便更直观地表示切削规律。

4) 简要介绍切削实验原理和数据处理方法。

5) 贯彻国家新标准、ISO 标准和法定计量单位制。

6) 篇幅适量，文字简练，深入浅出，便于自学。

本书由上海机械专科学校陆剑中主编、南京机械专科学校周志明副主编、哈尔滨机电专科学校刘安琴协编。编写分工为，陆剑中绪论、第三、四章，周志明第一、二、六章，刘安琴第五、七章。

本书由南京金陵职业大学卢庆熊主审。参加审稿会的有：盛善权、孙家宁、吴善元、崔永茂、叶伟昌、宋明义、贺超、许先绪、黄启宽、刘楠蟠、王敏之。最后经全国高等专科学校机制专业教材编审委员会审定通过。并作为“推荐教材”。

在编写过程中得到有关大专院校、研究所和工厂的大力支持帮助，谨此表示衷心感谢。

由于编写水平所限和编写时间仓促，书中难免有错误和不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

1990.11

## 本书常用名词、术语、符号和单位 (按章、节次序)

符 号	名 词、术 语	单 位
$A_r$	前刀面 (face)	
$A_a$	后刀面 (major flank)	
$A_a'$	副后刀面 (minor flank)	
$S$	主切削刃 (tool major cutting edge)	
$S'$	副切削刃 (tool minor cutting edge)	
$P_r$	基面 (tool reference plane)	
$P_s$	切削平面 (tool cutting edge plane)	
$P_o$	主剖面 (tool orthogonal plane)	
$P_n$	法剖面 (cutting edge normal plane)	
$P_f$	进给剖面 (assumed working plane)	
$P_p$	切深剖面 (tool back plane)	
$\kappa_r$	主偏角 (tool cutting edge angle)	度, °, deg
$\lambda_s$	刃倾角 (tool cutting edge inclination)	度, °, deg
$\gamma_o$	前角 (tool orthogonal rake)	度, °, deg
$\alpha_o$	后角 (tool orthogonal clearance)	度, °, deg
$\kappa_r'$	副偏角 (tool minor cutting edge angle)	度, °, deg
$\alpha_o'$	副后角 (tool minor orthogonal clearance)	度, °, deg
$\beta_o$	楔角 (tool orthogonal wedge angle)	度, °, deg
$\varepsilon_r$	刀尖角 (tool included angle)	度, °, deg
$\gamma_n$	法前角 (tool normal rake)	度, °, deg
$\alpha_n$	法后角 (tool normal clearance)	度, °, deg
$\gamma_f$	进给前角 (tool side rake)	度, °, deg
$\alpha_f$	进给后角 (tool side clearance)	度, °, deg
$\gamma_p$	切深前角 (tool back rake)	度, °, deg
$\alpha_p$	切深后角 (tool back clearance)	度, °, deg
$P_{re}$	工作基面 (working reference plane)	
$\gamma_{oe}$	工作前角 (working orthogonal rake)	度, °, deg
$\alpha_{pe}$	工作切深后角 (working back clearance)	度, °, deg
$\kappa_{re}$	工作主偏角 (working cutting edge angle)	度, °, deg
$\kappa_{re}'$	工作副偏角 (working minor cutting edge angle)	度, °, deg
$\gamma_{fe}$	工作进给前角 (working side rake)	度, °, deg

符 号	名 词、术 语	单 位
$\alpha_{re}$	工作进给后角 (working side clearance)	度, °, deg
$d_w$	工件待加工表面直径 (diameter of the cylindrical workpiece surface)	
$f$	进给量 (feed per revolution)	mm/r
$v$	切削速度 (cutting speed)	m/s或m/min
$n$	转速 (number of rotations)	r/min
$v_f$	进给速度 (feed speed)	m/s或m/min
$a_p$	切削深度 (depth of cut)	mm
$a_c$	切削厚度 (undeformed chip thickness)	mm
$a_w$	切削宽度 (width of the uncut chip)	mm
$A_c$	切削面积 (cross-sectional area of the uncut chip)	mm <sup>2</sup>
$t_m$	切削时间 (machining time)	s或min
$Z_w$	金属切除率 (metal-removal rate)	mm <sup>3</sup> /s或mm <sup>3</sup> /min
$F$	切削力 (cutting force)	N
$F_r$	切削合力 (resultant tool force)	N
$\epsilon$	相对滑移 (shear strain)	
$\phi$	剪切角 (angle of the shear plane)	
$\xi$	变形系数 (shortening coefficient)	
$a_{ch}$	切屑厚度 (chip thickness)	mm
$l_{ch}$	切屑长度 (length of chip)	mm
$\beta$	前刀面上摩擦角 (mean angle of friction on tool face)	
$\mu$	摩擦系数 (coefficient of friction)	
$\tau_s$	屈服强度 (yield strength)	Pa
$H_1$	已加工表面硬度值 (hardness number of the machined surface)	
$H$	工件硬度值 (hardness number of workpiece)	
$F_c$	主切削力 (cutting component of the resultant tool force)	N
$F_v$	吃刀抗力 (radial thrust force)	N
$F_s$	走刀抗力 (axial thrust force)	N
$P_m$	切削功率 (power required to perform the machining operation)	kW
$P_E$	电动机功率 (power of the machine tool motor)	kW
$\eta_m$	机床效率 (overall efficiency of the machine-tool motor and drive systems)	
$p$	单位切削力 (specific cutting force)	N/mm <sup>2</sup> 或Pa
$p_s$	单位切削功率 (specific cutting energy)	kW/(mm <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> )
$Q$	切削热 (heat in metal cutting)	J

符 号	名 词、术 语	单 位
$\theta$	切削温度 (cutting temperature)	$^{\circ}\text{C}$
$r_{o1}$	倒棱前角 (rake on the first face, land measured in plane $P_0$ )	度, $^{\circ}$ , deg
$br_1$	倒棱宽度 (land width of the first face)	mm
$VB$	后刀面磨损量 (width of the flank wear land in the major flank)	mm
$KT$	月牙洼磨损深度 (crater depth)	mm
$VB_{max}$	后刀面磨损带中部最大磨损量 (maximum width of the flank wear land in the central portion of the active cutting edge)	mm
$T$	刀具耐用度 (tool life)	s或min
$T_p$	最高生产率耐用度 (tool life for the maximum production rate)	s或min
$T_c$	最低生产成本耐用度 (tool life for the minimum production cost)	s或min
$t_1$	辅助时间 (nonproductive time)	s或min
$v_T$	刀具耐用度允许切削速度 (cutting speed giving a tool life of $T$ )	m/s或m/min
$K_T$	相对加工性 (relative machinability)	
$L_{Bn}$	断屑槽宽度 (chip-breaker groove width)	mm
$C_{Bn}$	断屑槽深度 (chip-breaker groove depth)	mm
$r_{Bn}$	断屑槽底半径 (chip-breaker groove radius)	mm
$\beta_{Bn}$	断屑槽倾斜角 (angle between the chip-breaker groove edge and the cutting edge)	度, $^{\circ}$ , deg
$Ra_{max}$	残留面积高度 (maximum height of surface irregularities)	mm
$b_{\theta 1}$	后刀面倒棱宽度 (land width of the first flank)	mm
$\alpha_{01}$	倒棱(刃带)后角 (clearance on the first flank)	度, $^{\circ}$ , deg
$\beta$	螺旋角 (helix angle)	度, $^{\circ}$ , deg
$L$	螺旋槽导程 (lead of the helical groove)	mm
$z$	齿数 (number of teeth of cutting tool)	
$a_{cav}$	平均切削厚度 (mean undeformed chip thickness)	mm
$n_T$	单位时间内往复次数 (number of reciprocations per unite time)	双行程/s或双行程/min

# 目 录

## 本书常用名词、术语、符号和单位 (按章、节次序)

绪 论 .....	1
§1 本课程的性质、内容和任务 .....	1
§2 我国金属切削发展概况 .....	1
§3 本课程内容特点与学习本课程的方法 .....	2
第一章 基本定义 .....	3
§1-1 切削运动和切削过程中的工件表面 .....	3
§1-2 刀具切削部分几何参数 .....	4
§1-3 切削用量、切削层要素和切削方式 .....	16
复习思考题 .....	19
第二章 刀具材料 .....	20
§2-1 高速钢 .....	20
§2-2 硬质合金 .....	22
§2-3 涂层刀具材料 .....	26
§2-4 其它刀具材料 .....	27
复习思考题 .....	29
第三章 金属切削过程的基本规律 .....	30
§3-1 金属切削过程的变形 .....	30
§3-2 切削力 .....	42
§3-3 切削热与切削温度 .....	53
§3-4 刀具磨损与刀具耐用度 .....	58
复习思考题 .....	71
第四章 切削规律的应用 .....	73
§4-1 切削液 .....	73

§4-2 切屑的控制 .....	76
§4-3 工件材料的切削加工性 .....	82
§4-4 已加工表面质量 .....	86
§4-5 刀具几何参数的合理选择 .....	95
§4-6 切削用量的合理选择 .....	103
复习思考题 .....	112
第五章 钻削 .....	113
§5-1 麻花钻的几何参数 .....	113
§5-2 钻削过程特点 .....	119
§5-3 麻花钻的修磨与群钻 .....	123
复习思考题 .....	127
第六章 铣削 .....	128
§6-1 铣刀的几何参数 .....	128
§6-2 铣削要素 .....	131
§6-3 铣削力 .....	133
§6-4 铣削方式 .....	136
§6-5 铣刀的磨损及耐用度 .....	138
§6-6 铣削用量的合理选择 .....	143
复习思考题 .....	145
第七章 磨削 .....	146
§7-1 砂轮 .....	146
§7-2 磨削运动和磨削厚度 .....	151
§7-3 磨削过程的特点 .....	151
§7-4 磨削表面的质量 .....	158
§7-5 先进的磨削方法 .....	160
复习思考题 .....	162
主要参考文献 .....	162

# 绪 论

## §1 本课程的性质、内容和任务

在机械制造业中有许多金属加工方法,例如:切削加工、精密铸造和锻造、冷挤压、电加工、化学加工和粉末冶金等。切削加工是利用切削刀具在被加工零件上切除多余的金属层,从而可获得很高的零件几何精度、尺寸精度和表面质量要求。因此,切削加工是被广泛采用的一种加工方法。有资料表明,在近几年机械加工总的劳动量中,切削加工约占30%~40%。

金属切削原理是研究金属切削加工过程基本规律的一门科学,具体研究切削过程中产生的各种物理现象、切削规律的产生、变化及其控制的方法,以便为解决切削过程中产生的有关工艺技术问题建立必要的理论基础。本门科学与金属工艺学、工程材料学、工程力学、化学、热力学、工程数学、机械制图以及生产劳动实践具有紧密联系。掌握本课程理论与实践知识可为学习金属切削刀具、机械制造工艺学、生产过程自动化等专业课程提供重要的基础知识。

因此,金属切削原理课程是机械制造专业的一门专业基础课。

金属切削原理研究的主要内容有:切削刀具材料和刀具几何参数的知识;切削过程中产生的变形、切削力、切削温度和刀具磨损等基本规律;介绍车削原理和钻削、铣削、磨削的特点;切削试验的基本原理和方法等。掌握金属切削原理的基本理论,对于在切削加工过程中合理选择刀具材料、刀具几何参数和切削用量,合理选用切削液、控制切屑、解决难加工材料的切削加工、控制切削力和切削温度对切削加工的影响等具有指导意义。

学习金属切削原理课程的主要任务是,解决切削过程中产生的与上述内容有关的工艺技术问题,并能更好地找出提高切削效率、改善加工表面质量、降低加工成本的途径及为设计、改进刀具,创造先进的切削技术打下基础。

## §2 我国金属切削发展概况

我国古代在金属切削方面具有光辉的成就。据历史记载,在距今50万~60万年的北京猿人已使用了带刃口的石器作为砍砸器和刮削器,这是人力加工的起始。到了新石器时代,已利用石刀、石斧、石镰等在石器、木、骨上进行加工,能加工出圆度高的孔。它具备了刀具、被加工材料和切削运动三个切削加工条件。在青铜器时代出现了金属切削加工的萌芽。当时的青铜刀、锯、锉的结构和形状,类似近代切削刀具,并用于对金、银和铜的金属材料加工。春秋战国时期,发明了生铁冶铸、渗碳、淬火、炼钢技术,出现了坚硬锋利的铁质工具,使金属切削加工进入一个新阶段。春秋中晚期的最早一部工程技术著作《考工记》记载着制造工艺知识,其中包括金属切削加工方法。西汉时代出土文物中有铁锉、青铜钻、经渗碳处理的铁剑、经抛光的青铜箭头、精度和光度很高的青铜弩机,由此可见,切削加工已达到一定水平。到了明代已发展成与近代接近的切削加工方法,如车、铣、刨、钻和磨削等。用铣和磨削来加工天文仪器上两米多直径的大铜环,其加工精度和光度均达到很高水平。此外,制成了铣刀刀片的刃磨装置。在明代张自烈著的《正字通》中对“刀”、“刃”、“切”、



“挤”已有论述，强调刀刃的重要性，并正确地阐述了刀刃的“利”和“坚”的关系。

明代以后，由于封建制度腐败，外国帝国主义的侵略，使金属切削加工技术处于非常落后状态。自19世纪中叶起，才有少量机械制造工业。到1947年仅有金属切削机床两万余台，只有少数机床修造厂和工具制造厂，并自制一些普通车床、刨床和铣床等，制作了少量的麻花钻、丝锥等简单刀具。

建国以来，我国的金属切削加工技术得到飞速的发展。自50年代起，广泛地使用了高速钢、硬质合金刀具，切削速度由原来的10m/min提高到100m/min；大力推广先进的切削方法，如高速切削、强力切削、多刀多刃切削；普遍地开展技术革新和技术革命活动，创造了大量先进刀具，如群钻、强力铣刀、拉铰丝锥、深孔钻。成都工具研究所和有关切削和刀具研究单位、高等院校已进行了许多切削理论研究，在切削变形、切削力、切削温度、刀具磨损、难加工材料切削加工性、断屑机理、加工表面质量、切削过程监控等领域均有许多成果。许多硬质合金制造厂和工具厂开发和使用了各种新型刀具材料，如高性能高速钢、涂层高速钢、细晶粒硬质合金、涂层硬质合金、陶瓷刀具材料、立方氮化硼和人造金刚石等。上海工具厂、哈尔滨第一工具厂、成都量具刃具厂等分布在全国各地的数十家工具厂生产制造的各种类型刀具，其中有些达到80年代水平，许多刀具已远销国外。

80年代我国在金属切削方面已达到较高水平，例如：已制造并推广使用各种可转位刀具、数控刀具；计算机已在切削理论研究和刀具设计中应用；切削数据库正在筹建；对各种金属和非金属难加工材料的切削性能进行研究；各种先进的测试仪器，如扫描电镜、高速摄影机、X射线衍射仪等已用于切削机理的研究；国内切削与刀具各学术团体、高等院校与国际金属切削学术组织、专家学者的交流活动，促进了我国金属切削水平的进一步提高。

为适应机械工业、现代科学技术发展的需要，根据我国金属切削的现状和国外发展趋势，对金属切削原理尚须深入研究，其中主要包括：切削过程中变形理论、刀具磨损和破损的机理、切削热与切削温度理论；各种新型刀具材料的开发和研制；利用切削力、切削温度和刀具磨损对切削过程进行自动监控；采用现代化测试仪器，计算机的普及应用；建立切削数据库。收集国内外工厂生产的先进数据及利用计算机优化设计，确定切削用量、刀具几何参数等合理数据，以供工厂生产调用；先进切削加工技术的推广应用等。

### §3 本课程内容特点与学习本课程的方法

金属切削原理是在长期生产实践和大量切削试验研究基础上发展和总结而成的一门科学。它具有较强的理论性和实践性。对高等工程专科机械类学生学习金属切削原理的要求是，应掌握金属切削原理的基础理论，重点用它解决生产实际问题。学习本课程应注意：刀具几何问题是一个难点，应先从简单的车刀入门，通过生产劳动、实验和大型作业逐渐深入理解，再进一步弄懂铣刀、钻头几何角度特点。切削变形是个较强的理论性课题，但主要应了解切削变形的基础知识，掌握切削变形与切削过程物理现象、切削规律的内在联系；较熟练地运用各切削参数对切削过程的影响规律，并应采用抓主要矛盾的分析问题方法，和综合考虑各参数的相互影响；重视运用切削原理的理论，解决生产问题的实例。

此外，应利用生产实践、切削实验、电化教学和课外阅读并熟悉手册资料来巩固课堂理论教学内容，以扩大知识面。

# 第一章 基本定义

切削加工方法很多，有车削、刨削、钻削、铣削和磨削等。其中以车削较为典型，因此本章以车削为例，介绍有关切削运动、刀具几何参数、切削用量和切削层要素等的名词术语及其基本定义。这些基本定义也适用于其它加工方法。它是学习金属切削原理与刀具设计和使用的基礎。通过后继各章节学习，将进一步理解和掌握这些基本定义。

## §1-1 切削运动和切削过程中的工件表面

金属切削加工是用刀具从工件表面上切除多余的金属，从而获得所要求的几何形状、尺寸精度和表面质量的加工。常用切削加工方法及其运动如图 1-1 所示。要从工件毛坯上切除多余金属，刀具与工件之间必须具有相对运动。切削运动按其所起作用可分为主运动和进给运动。

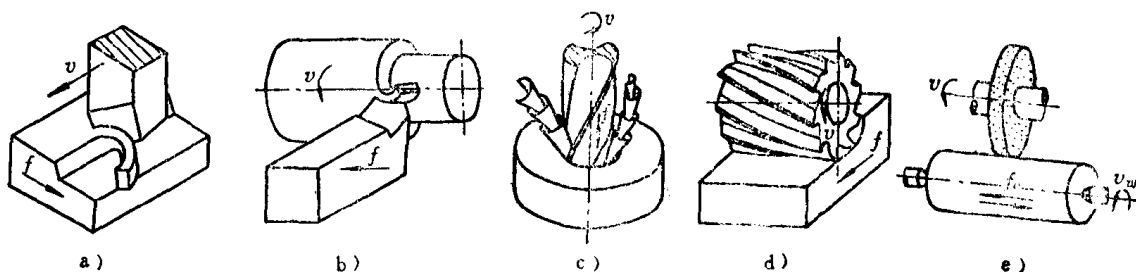


图1-1 常用切削加工方法及其运动  
a)刨削 b)车削 c)钻削 d)铣削 e)磨削

### 一、主运动

主运动是从工件上切除多余金属层所必需的基本运动。主运动的主要特征是速度最高、消耗的功率最多。在各种切削加工方法中，主运动只有一个。车削时的主运动是工件的旋转运动（图 1-2）。由于切削刃上各点的主运动的大小和方向不一定相同，为了便于分析问题，通常选取某一合适点来分析其运动，将该点称为选定点。

因此主运动为切削刃上选定点相对于工件的瞬时运动，其大小和方向可用矢量  $v$  来表示。

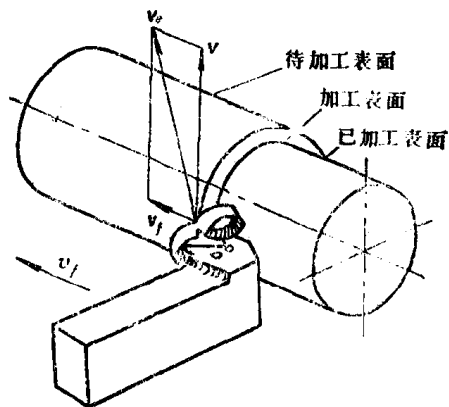


图1-2 车削运动和工件上表面

### 二、进给运动

进给运动是与主运动相配合，使新的金属切削层不断地投入切削，从而形成所需几何形状的已加工表面的运动。进给运动的速度较小，消耗的功率很少。进给运动可由一个或几个

运动所组成。例如纵车外圆时，有纵向连续进给运动和横向间歇进给运动。

因此，进给运动为切削刃上选定点相对于工件的瞬时进给运动，其大小和方向用矢量 $v_f$ 来表示。

### 三、合成切削运动

在切削加工中，同时存在主运动和进给运动。切削刃上选定点相对于工件瞬时切削运动应为主运动和进给运动的合成运动。其大小和方向用矢量 $v_c$ 来表示。矢量 $v_c$ 为主运动矢量 $v$ 和进给运动矢量 $v_f$ 的矢量和，即

$$v_c = v + v_f \quad (1-1)$$

### 四、切削过程中的工件表面（图1-2）

切削过程中，在刀具和工件之间的相对切削运动的作用下，工件表面上的金属层不断地被刀具切除而变为切屑，从而在工件上形成新的表面。在新表面的形成过程中，工件上出现三个表面。

#### 1. 待加工表面

工件上即将被切除的表面。

#### 2. 已加工表面

工件上已经切除多余金属层后所形成的新表面。

#### 3. 加工表面

工件上切削刃正在切削着的表面。它是待加工表面和已加工表面之间的过渡表面。

## §1-2 刀具切削部分几何参数

### 一、刀具的组成

金属切削刀具的种类虽然很多，但其切削部分几何形状和参数都具有共性内容。不论刀具结构如何复杂，就其切削部分来说，都可看成是由外圆车刀的切削部分演变而来。因此外圆车刀的切削部分是各种刀具切削部分的基本形态。

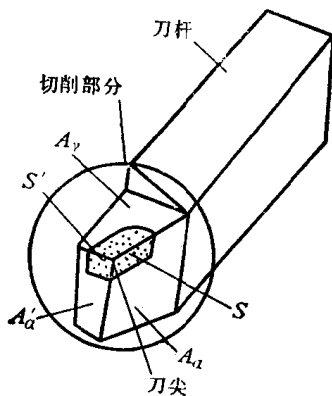


图1-3 车刀切削部分的组成

如图1-3所示，外圆车刀由切削部分和刀杆所组成。刀杆是用来将车刀夹固在车床上，而切削部分用以切除金属。外圆车刀切削部分由以下几个刀面和切削刃组成。

(1) 前刀面  $A_\gamma$  切屑沿着它流出的刀面。

(2) 后刀面  $A_\alpha$  与加工表面相面对的刀面。

(3) 副后刀面  $A'_\alpha$  与已加工表面相面对的刀面。

(4) 主切削刃  $S$  前刀面和后刀面的相交部位。它担任主要切削工作。

(5) 副切削刃  $S'$  前刀面和副后刀面的相交部位。在一般情况下，仅在靠近刀尖处的副切削刃参加少量切削工作。

(6) 刀尖 主、副切削刃之间的联接部位。即主、副切削刃之间的转折部位。刀尖可以

是主、副切削刃的交点，如图 1-4 所示。但大多数刀具在刀尖处磨出圆弧或直线切削刃（图 1-4c），以增加刀尖强度和散热性。通常将它称为过渡刃。

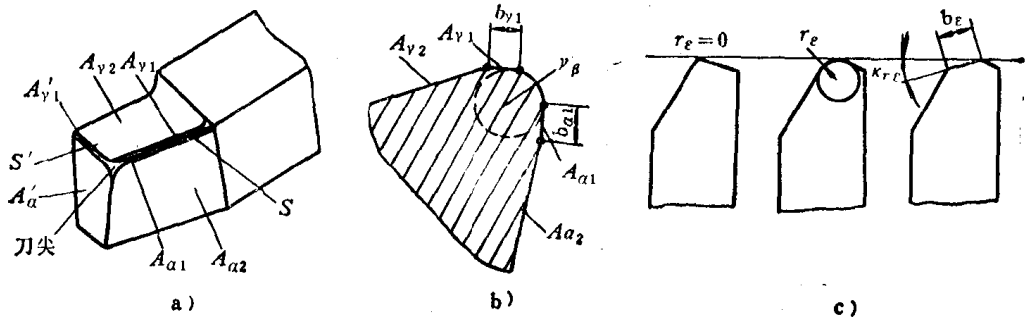


图1-4 刀尖形状

a)车刀示意图 b)刀楔剖面形状 c)刀尖形状

不同类型刀具切削部分上的刀面和切削刃的数量可能有许多，但只要具有两个刀面（ $A_y$ 、 $A_a$ ）和一个切削刃（ $S$ ），就能构成最简单的切削部分结构，这是组成刀具的基本单元。任何多刃复杂刀具都可以将它分解成若干个基本单元，然后一个个地来分析。

### 二、刀具标注几何角度的坐标系

刀具几何角度是用来表示前、后刀面和切削刃的空间位置的。各刀面和切削刃的空间位置对刀具的切削性能、加工质量和切削效率有很大影响。确定刀具几何角度需要有坐标平面和测量平面，由这些平面构成坐标系。

刀具几何角度可分为标注角度和工作角度。刀具标注角度是在刀具制造工作图上所要标注的角度，即刀具在制造、刃磨和测量时要控制的角度。刀具标注角度是在标注坐标系内确定。建立标注坐标系时，不考虑进给运动，假定车刀切削刃和工件中心线等高，并且车刀刀杆垂直于工件轴线安装。其目的是排除工作条件改变对几何角度的影响。刀具工作角度是刀具工作状态下的角度。它的大小与切削运动和刀具安装位置有关。

#### (一)主剖面标注坐标系

所选择的坐标平面应便于对几何角度的刃磨、测量，并能反映刀具的切削性能。刀具主剖面标注坐标系有三个坐标平面：基面、切削平面和主剖面，它们的定义如下（图1 5a）。

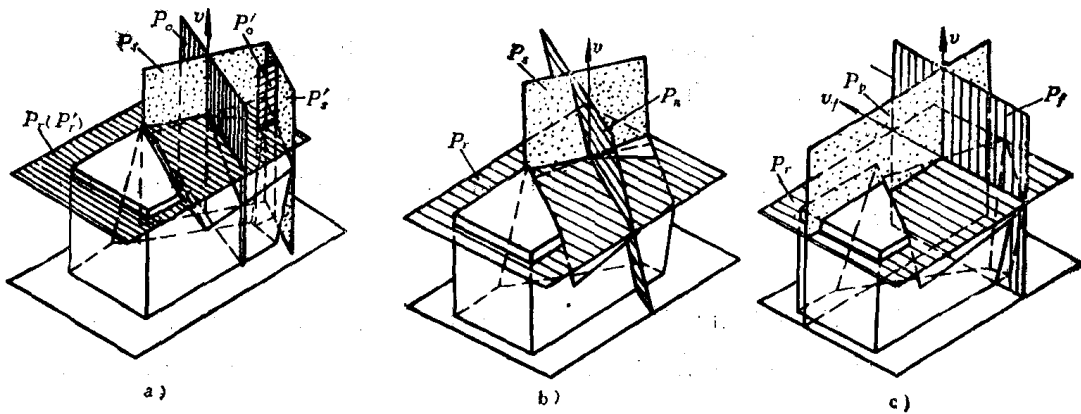


图1-5 标注角度坐标系

a)主剖面坐标系 b)法剖面坐标系 c)进给、切深剖面坐标系

### 1. 基面 $P_r$

通过切削刃上选定点，垂直于假定主运动方向的平面。由此可见，车刀的基面为通过切削刃上选定点平行于刀杆底面的平面。钻头、铣刀等旋转体类刀具的基面为通过切削刃上选定点，包含刀具轴线的平面。基面是刀具制造、刃磨和测量时的定位基准面。

### 2. 切削平面 $P_s$

通过切削刃上选定点，与切削刃相切，并垂直于基面的平面。也就是过切削刃上选定点，切于工件加工表面的平面。

### 3. 主剖面 $P_o$

通过切削刃上选定点，同时垂直于基面和切削平面的平面。

$P_r$ 、 $P_s$ 和 $P_o$ 构成主剖面坐标系。 $P_r$ 、 $P_s$ 和 $P_o$ 互相垂直，也称为正交剖面系。它是生产中最常用的一个坐标系。同样过副切削刃上选定点也可以建立 $P'_r$ 、 $P'_s$ 和 $P'_o$ （图1-5a）。

#### (二) 法剖面标注坐标系（图1-5b）

除用主剖面标注坐标系来表示刀具几何角度外，由于设计制造的需要还采用法剖面标注坐标系和进给、切深剖面标注坐标系。

法剖面坐标系由基面  $P_r$ 、切削平面  $P_s$ 和法剖面  $P_n$ 组成，其中  $P_r$ 和  $P_s$ 与主剖系相同。

法剖面  $P_n$ 是通过切削刃上选定点与切削刃相垂直的平面。

#### (三) 进给、切深剖面标注坐标系（图1-5c）

进给、切深剖面系由基面  $P_r$ 、进给剖面  $P_f$ 和切深剖面  $P_p$ 所组成。其中  $P_r$ 和主剖面系相同。

### 1. 进给剖面 $P_f$

通过切削刃上选定点，垂直于基面  $P_r$ ，并平行于假定进给运动方向的平面。

### 2. 切深剖面 $P_p$

通过切削刃上选定点同时垂直于基面  $P_r$ 和进给剖面  $P_f$ 的平面。

## 三、刀具标注角度

### (一) 主剖面系标注角度

刀具几何角度用来确定切削刃及其前、后刀面的空间方位。一个平面在空间坐标系内可以用二个角度来确定其方位，所以用四个角度就可以决定切削刃及其前、后刀面的空间方位。

在主剖面坐标系内确定刀具几何角度时，首先画出表示切削刃和刀面方位的两个基本视图，即在基面  $P_r$ 和切削平面  $P_s$ 上的投影图，如图1-6b所示。

#### 1. 主偏角 $\kappa_r$

在基面上测量的切削平面和进给剖面之间的夹角，也即切削刃和进给方向在基面上投影之间夹角。

#### 2. 刃倾角 $\lambda_s$

在切削平面上测量的切削刃和基面之间夹角。刀尖是切削刃上最高点时，刃倾角 $\lambda_s$ 为正值，见图1-7；与此相反，刀尖是切削刃上最低点时，刃倾角 $\lambda_s$ 为负值；切削刃平行于车刀基面时，刃倾角等于零。

上述的主偏角 $\kappa_r$ 和刃倾角 $\lambda_s$ 确定了切削刃的空间位置，与切削刃毗邻的前刀面和后刀面各还剩下一个旋转自由度。如果再用二个适当角度来分别限定前刀面和后刀面旋转自由

度，则前、后刀面的空间位置就可完全确定。这二个角度就是下述的前角和后角。

在图1-6中画出主剖面视图。主剖面与基面、前刀面、切削平面和后刀面的交线(图1-6a)分别为  $xa$ 、 $xb$ 、 $xc$  和  $xd$ 。在主剖面视图中， $xa$ 、 $xb$ 、 $xc$  和  $xd$  分别代表基面、前刀面、切削平面和后刀面。

### 3. 前角 $\gamma_0$

在主剖面中测量的基面和前刀面之间夹角。在主剖面中，前刀面与切削平面之间夹角小于  $90^\circ$  时，前角为正；大于  $90^\circ$  时前角为负；前刀面与基面平行时前角为零。

### 4. 后角 $\alpha_0$

在主剖面中测量的切削平面和后刀面之间夹角。在主剖面中，后刀面与基面夹角小于  $90^\circ$  时，后角为正；大于  $90^\circ$  时后角为负。

用上述的四个角度 ( $\gamma_0$ 、 $\lambda_s$ 、 $\kappa_r$  和  $\alpha_0$ ) 便可确定切削刃及其毗邻的前、后刀面方位。其中  $\gamma_0$  和  $\lambda_s$  确定前刀面方位， $\kappa_r$  和  $\alpha_0$  确定后刀面方位， $\kappa_r$  和  $\lambda_s$  确定切削刃方位。

同理，副切削刃及其毗邻的前刀面、后刀面也需要用四个角度 (副偏角  $\kappa'_r$ 、副刃倾角  $\lambda'_s$ 、副前角  $\gamma'_0$  和副后角  $\alpha'_0$ ) 来决定其方位。由图1-6a可知，主、副切削刃共处在同一个前刀面上。主切削刃的  $\lambda_s$  和  $\gamma_0$  已确定了前刀面方位。因此没有必要再标注  $\gamma'_0$  和  $\lambda'_s$ 。副偏角  $\kappa'_r$  和副后角  $\alpha'_0$  是用来表示副后刀面方位的，它们的定义与主偏角  $\kappa_r$  和后角  $\alpha_0$  相似。

### 5. 副偏角 $\kappa'_r$

副切削刃和进给反方向在基面上投影之间夹角，见图1-6b。

要表示出副后刀面空间方位，必须作出副切削刃的副主剖面图  $P'_0-P'_0$ ，见图1-6b。

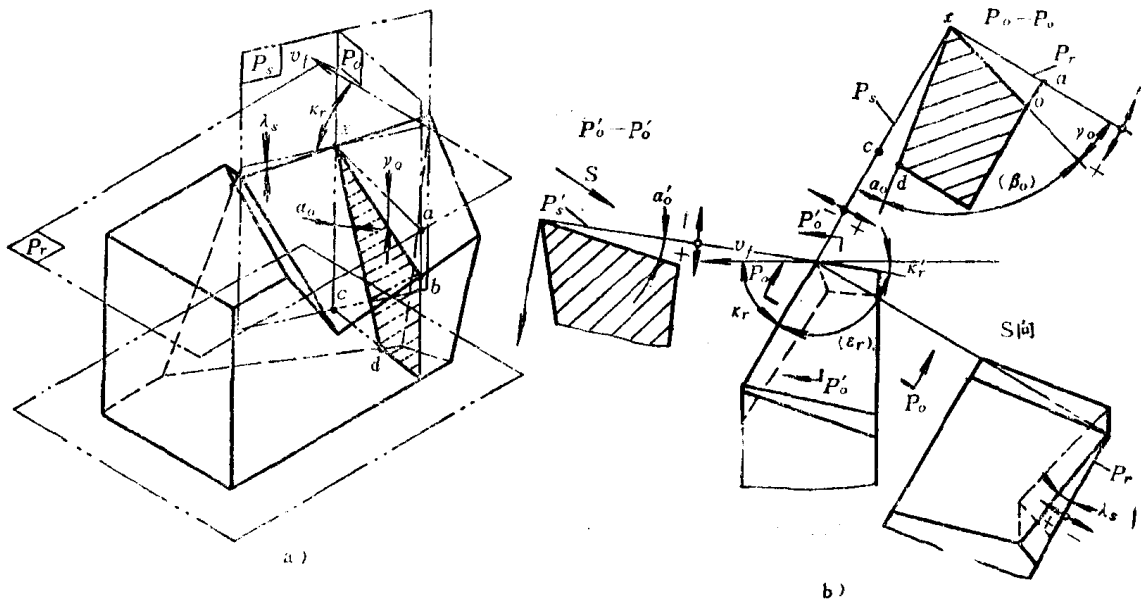


图1-6 外圆车刀主剖系的标注角度

### 6. 副后角 $\alpha'_0$

在副主剖面中测量的副切削平面和副后刀面之间夹角。

综合上述，普通外圆车刀切削部分由三个刀面和二个切削刃组成。在主剖面系中要表示

它们的空间方位，需要用六个独立的标注角度。根据实际需要还经常用到下列派生角度：

7. 楔角  $\beta_0$ 。

在主剖面中测量的前刀面和后刀面之间夹角。

由图1-6 b 可知： $\beta_0 = 90^\circ - (\gamma_0 + \alpha_0)$

$$(1\ 2)$$

8. 刀尖角  $\epsilon_r$ 。

主、副切削刃在基面上投影之间的夹角。

由图1-6 b 可知： $\epsilon_r = 180^\circ - (\kappa_r + \kappa'_r)$

$$(1\ 3)$$

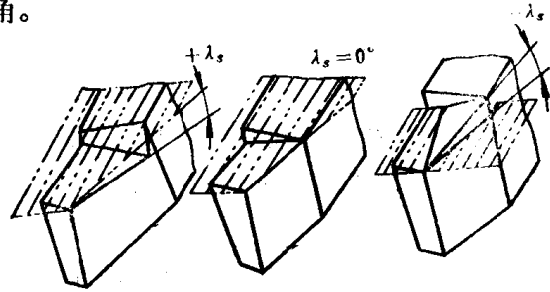


图1-7 刃倾角正负的决定

法剖面系标注角度与主剖面系标注角度的主要区别是前角和后角在法剖面内测量，如图1-8所示。而在基面  $P_r$  和切削平面  $P_s$  上测量的角度  $\kappa_r$  和  $\lambda_s$  仍与主剖面系相同。

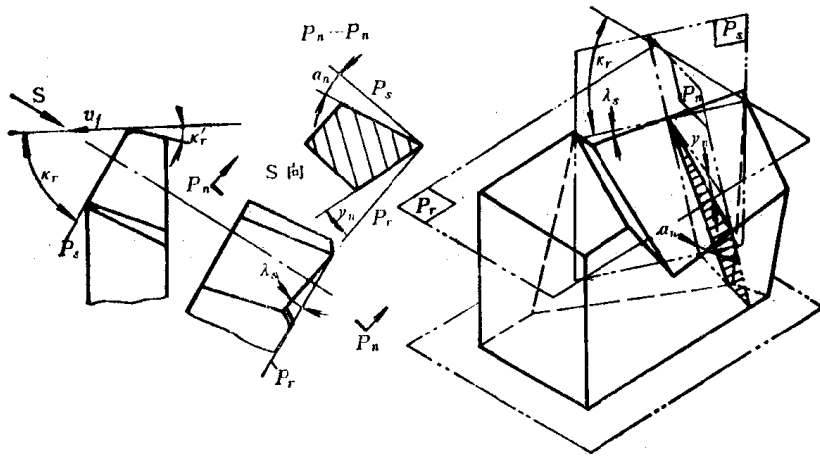


图1-8 法剖面系标注角度

1. 法前角  $\gamma_n$

在法剖面中测量的基面和前刀面之间夹角。

2. 法后角  $\alpha_n$

在法剖面中测量的后刀面和切削平面之间夹角。

(三) 进给、切深剖面系标注角度

在基面中测量的角度与主剖面系相同。而前角和后角分别在进给剖面  $P_f$  和切深剖面  $P_p$  中测量，见图1-9。

1. 进给前角  $\gamma_f$

在进给剖面中测量的基面和前刀面之间夹角。

2. 进给后角  $\alpha_f$

在进给剖面中测量的切削平面和后刀面之间夹角。

3. 切深前角  $\gamma_p$

在切深剖面中测量的基面和前刀面之间夹角。

4. 切深后角  $\alpha_p$

在切深剖面中测量的切削平面和后刀面之间夹角。

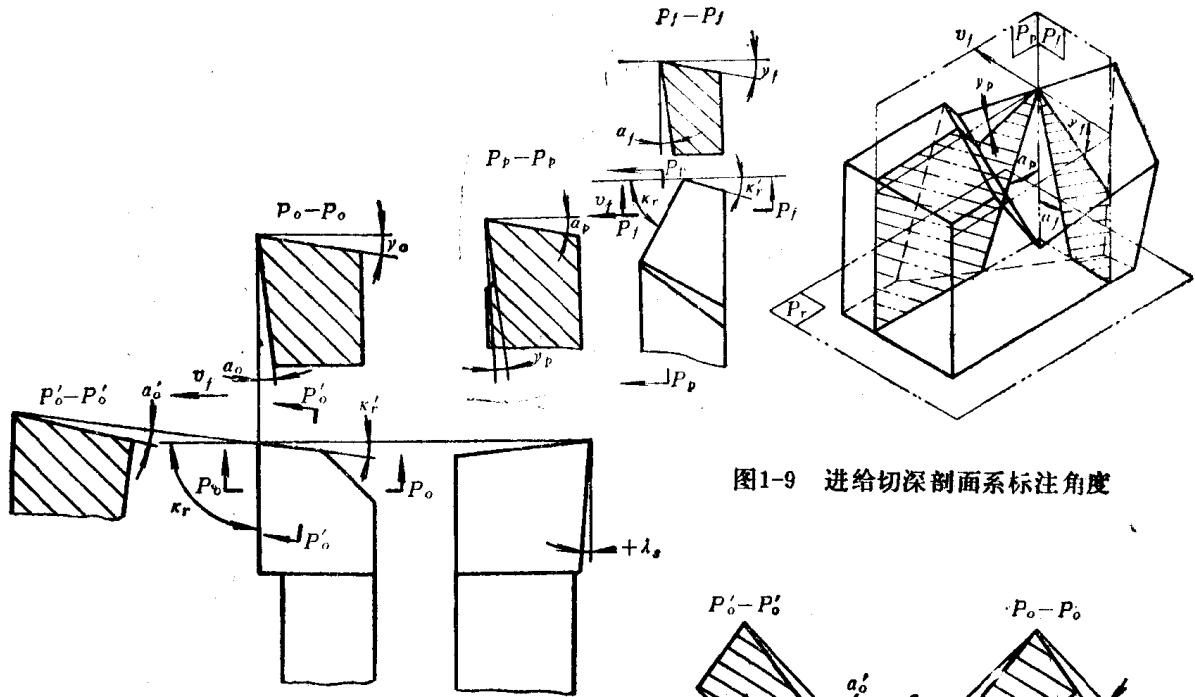


图1-9 进给切深剖面系标注角度

图1-10 90°外圆车刀几何角度

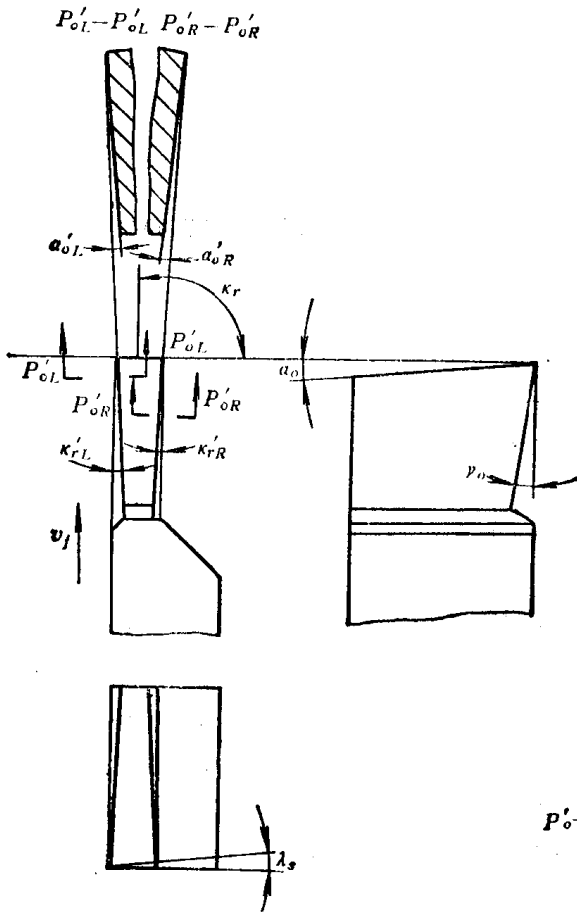


图1-12 切断刀几何角度

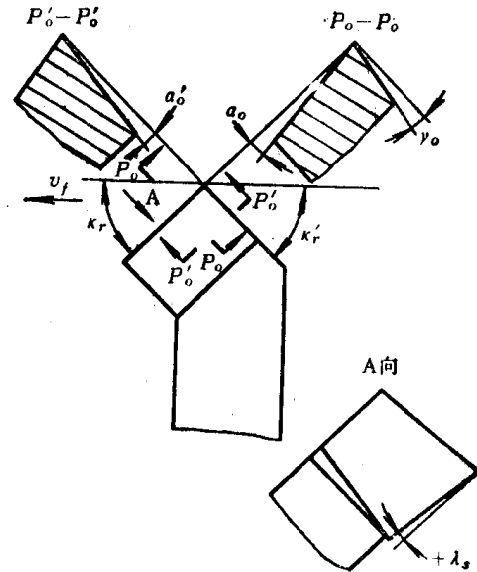


图1-11 45°弯头车刀几何角度

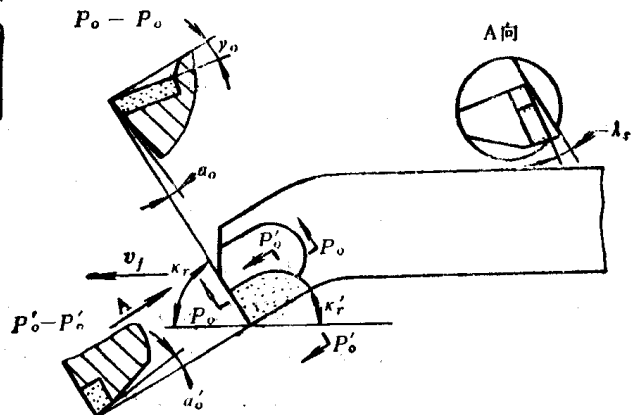


图1-13 通孔镗刀几何角度



#### (四) 常用车刀标注角度举例

车刀的种类很多，下面画出四把常用车刀的标注角度：90°外圆车刀（图1-10）、45°弯头车刀（图1-11）、切断刀（图1-12）和通孔镗刀（图1-13）。

#### 四、各坐标系标注角度间的关系

常用的刀具标注角度有主剖面系标注角度、法剖面系标注角度和进给、切深剖面系标注角度。其中以主剖面系标注角度应用最多。在刀具设计、制造时，往往需要将某一坐标系标注角度换算成另一坐标系标注角度。本节将推导主、法剖面系标注角度间关系，并通过主剖面、任意剖面系标注角度的换算找出主剖面系和进给、切深剖面系标注角度间的关系。

##### (一) 主、法剖面系标注角度间的关系

设计、制造、刃磨大刃倾角和螺旋刃刀具时，需要知道刀具法剖面系标注角度，并将它标注在刀具图纸上。

图1-14为具有刃倾角的外圆车刀。过切削刃上 $x$ 点作坐标平面 $P_r$ 、 $P_s$ 、 $P_o$ 和 $P_n$ 。 $P_r$ 、 $P_s$ 和 $P_o$ 构成主剖面系，而 $P_r$ 、 $P_s$ 和 $P_n$ 构成法剖面系。主剖面 $P_o$ 与基面 $P_r$ 的交线为 $xa$ ，与前刀面的交线为 $xb$ ； $xa$ 和 $xb$ 间夹角为前角 $\gamma_o$ 。法剖面 $P_n$ 与基面的交线为 $xa$ ，与前刀面的交线为 $xc$ ； $xa$ 与 $xc$ 之间夹角为 $\gamma_n$ 。主、法剖面之间夹角为 $\lambda_s$ 。由直角三角形 $xac$ 和 $abc$ 可得：

$$\operatorname{tg} \gamma_n = \frac{ac}{xa} = \frac{abc \cos \lambda_s}{xa} \quad (1-4)$$

由直角三角形 $xab$ 可得：

$$\operatorname{tg} \gamma_o = \frac{ab}{xa} \quad (1-5)$$

将式(1-5)代入式(1-4)中得：

$$\operatorname{tg} \gamma_n = \operatorname{tg} \gamma_o \cos \lambda_s \quad (1-6)$$

同理可得：

$$\operatorname{ctg} \alpha_n = \operatorname{ctg} \alpha_o \cos \lambda_s \quad (1-7)$$

##### (二) 主剖面、任意剖面系标注角度间的关系

图1-15 a 为普通外圆车刀选定点 $O$ 各剖面内角度。 $P_o$ 为主剖面。 $P_o'$ 为任意剖面，它与切削刃在基面上投影 $OC$ 之间夹角为 $\theta$ 。该剖面内的前角为 $\gamma_o'$ ，后角为 $\alpha_o'$ 。现求任意剖面内的前角 $\gamma_o'$ 。为了清楚起见，将 $OAE C$ 部分画成立体图，如图1-15 b 所示。由图可知，前刀面空间位置取决于前角 $\gamma_o$ 和刃倾角 $\lambda_s$ 。图中 $P_o$ 、 $P_o'$ 、 $P_s$ 与 $P_r$ 的交线分别为 $OA$ 、 $OE$ 、 $OC$ ，而 $P_o$ 、 $P_o'$ 、 $P_s$ 与前刀面的交线分别为 $OB$ 、 $OG$ 、 $OD$ 。 $OA$ 与 $OB$ 之间夹角为 $\gamma_o$ ， $OE$ 与 $OG$ 之间夹角为 $\gamma_o'$ ， $OC$ 与 $OD$ 之间夹角为 $\lambda_s$ 。由图1-15 b 可得：

$$\operatorname{tg} \gamma_o' = \frac{EG}{OE} = \frac{EF + FG}{OE} = \frac{AB + CD}{OE}$$

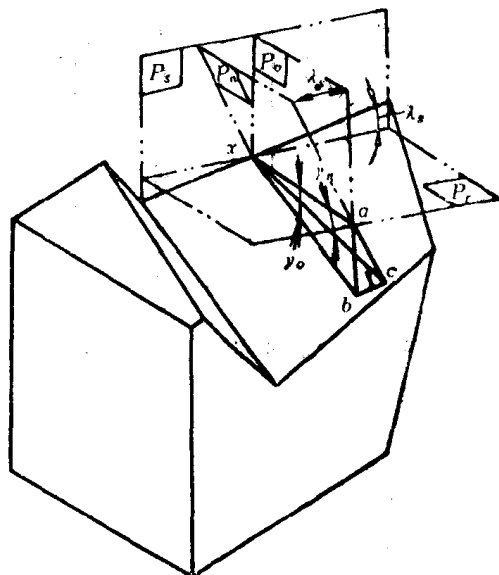


图1-14 主、法剖面系间前角关系