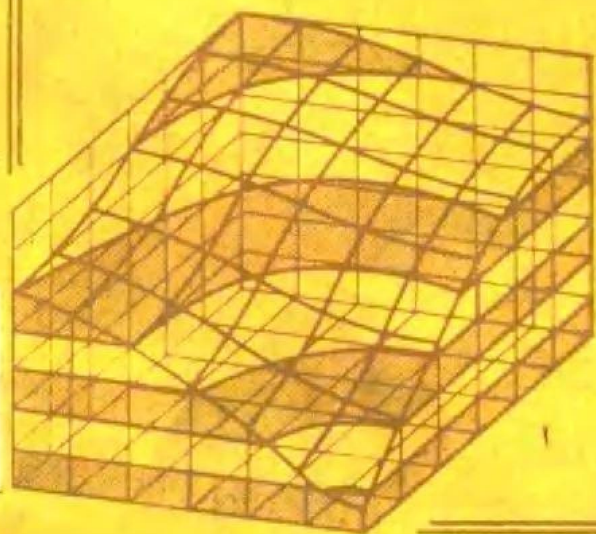


[东德] 邓格纳 等著

# 切削 加工

# SPANENDE FORMUNG



机械工业出版社

## 第一版序言

本书扼要地综述了切削成形、现代切削力计算法和功率的计算，但没有进一步深入到理论关系中去。与此相关的有机动时间的计算公式和最重要的数据表格，它们对实际工作有很重要的意义。

此书的前身是《切削加工》，卡尔·马克思工学院机械制造工艺系1963年作为内部发行的讲义使用，从1961至1964年作者在教学中又将其补充和完善。此小册子原仅作卡尔·马克思工学院教材之用，在短期内销售一空。不料各机械厂和工程学校均纷纷来函索取教材，作者因而下定决心，将此小册子彻底改造，增添内容以适应广大感兴趣者之需要。长期以来技术资料中存在的空白赖以填补并决定出版问世。

本书的任务首先是使大学和工学院的学生对关于《切削加工》课程中最重要的计算基础，包括相应的有关数据作为补充教材去掌握。再进一步推广，可作为机器制造厂的工程师、工长和有兴趣的行家日常工作的手册，以便企业内的切削加工更符合经济规律。可以假定，此书的使用者已掌握切削学的一般基础知识，因为该书已将这部分内容排除在范围之外了。

作者并不企图通过此书之出版创造新的切削学或关于切削加工的通用教材。我们的愿望仅仅是手头如若备用此书，无异在涉及切削领域工作方面请来了良师益友。

作者

## 译 者 的 话

《切削加工》一书经德意志民主共和国高教部批准为该国的大学和工学院的正式教科书。作者们多年执教于卡尔·马克思城工学院机械系，经过对原有的《切削加工》讲义进行反复的修改补充和讲授实践才完成此一著作。前后共经历了八版的修订。本书的内容共分切削原理，公式计算以及推荐数据三大部分。原理部分的内容虽然大受缩减，但主要的技术概念，如切削过程中的运动学，刀具的几何关系和参考系，力、功率和磨损等都已扼要地阐述清楚了。第二部分是计算，其中对每一工种的公式来源，使用方法和具体实例（包括特例）作了介绍，最后还有计算举例备作参考之用。第三部分的数据是为计算服务的，被编在一书之中确属罕见，但对使用者来说得心应手，集教科书和数据手册为一体，其中方便之处自无庸赘述。

过去我国有关切削加工方面的专著和技术资料偏重于苏联的和英美等国。通过本书的翻译也许为德国资料的引进，为扩大同行们的眼界提供一些帮助。本书的服务对象显然是大专院校机械系机制专业师生或研究人员以及厂矿有关的技术人员。

本书是由大连工学院刘培德教授推荐并最后审定的；序言、绪论、第一部分切削原理的翻译和全书的校阅由大连工学院张信担任；第二部分中车、刨、插、铣由汪文友翻译，钻、锯、拉、磨由王小华翻译，齿轮加工由姚南珣翻译；第三部分推荐数据由第一机械工业部教材编辑室高文龙翻译。本书责任编辑高文龙。

所有的单位都采用英文，这在国内科技书籍中已屡见不鲜，使用和理解上都不会有何困难。此外原书有个别之处经多次查证确有差错的都经译者改正注明。由于译者水平有限译文如有不当希望广大读者批评指正。

1981年9月

## 第八版序言

《切削加工》一书的第七版本在短期内又告脱销了。对出版者和作者来说业已证实，经多年考验的这本书的立论点是站得住脚的。其指导思想是从第三版开始就把全书分为原理、计算和数据三个部分。

虽然内容大受限制的原理部分远未能满足切削成形原理的要求，但它毕竟能为高等院校学生在工艺教学和进修方面提供巨大的帮助。

计算部分无论对大学生或技术员特别是机械制造厂的技术员都是有用的。

此书第三部分的数据汇编首先对工厂工程师们的日常工作带来帮助，也考虑到一般工作所牵涉的数据问题。

由于询问太多，第八版还来不及做普遍的广泛的修订工作。仅提供了某些数据出处，介绍供深造的参考资料，以及重新设计了若干课文说明和表格。当前的资料收集将一如既往为合理化作出贡献。

作者们满怀热忱愿本书对读者能有所裨益。

本版本承出版社的努力根据大量来信的意见尽量完美地在短期内得以实现。

作者

# 目 录

绪论 .....	1	1.3.5.2. 应用 .....	34
1. 切削加工的原理 .....	2	1.3.6. 超硬刀具材料(金刚石, 碳化硼) .....	35
1.1. 切削加工概念 .....	2	1.3.7. 磨料 .....	35
1.1.0. 基础和前提 .....	2	1.4. 温度、磨损和耐用度 .....	37
1.1.1. 切削过程的运动和几何学 .....	2	1.4.1. 切削温度 .....	37
1.1.1.1. 工件与刀具刀刃之间的运动 .....	3	1.4.2. 磨损原因 .....	38
1.1.1.2. 运动的方向 .....	4	1.4.2.1. 机械磨损 .....	38
1.1.1.3. 刀具相对于工件的路程 .....	4	1.4.2.2. 热磨损 .....	38
1.1.1.4. 速度 .....	4	1.4.3. 磨损种类 .....	38
1.1.1.5. 辅助概念 .....	5	1.4.4. 磨损的后果 .....	39
1.1.1.6. 切削平面 .....	5	1.4.5. 磨损标准 .....	39
1.1.1.7. 切削用量 .....	5	1.4.6. 耐用度 .....	39
1.1.1.8. 切削尺寸 .....	7	1.4.6.1. 耐用度概念的定义 .....	39
1.1.2. 刀具在切削部分的几何关系 .....	9	1.4.6.2. 耐用度的线图和影响因素 .....	39
1.1.2.1. 切削部分的表面、刀刃和过渡刃 .....	9	1.4.6.3. 耐用度方程 .....	40
1.1.2.2. 切削部分确定角度的参考系 .....	11	1.5. 主切削力和功率 .....	43
1.1.2.3. 切削部分的角度 .....	12	1.5.1. 切削力及其分力 .....	43
1.1.3. 力与功率 .....	16	1.5.2. 主切削力和单位主切削力 .....	43
1.1.3.1. 切削中的力 .....	16	1.5.3. 影响主切削力和单位主切削力的因素 .....	44
1.1.3.2. 切削时的功率 .....	17	1.5.4. 主切削力的计算 .....	47
1.1.4. 磨损和耐用度概念 .....	18	1.5.5. 进给抗力和吃刀抗力 .....	49
1.1.4.1. 磨损 .....	18	1.5.5.1. 影响因素 .....	49
1.1.4.2. 耐用度值 .....	19	1.5.5.2. 切削分力之计算 .....	49
1.1.4.3. 耐用度标准 .....	19	1.5.6. 功率 .....	50
1.2. 切屑形成的过程 .....	19	1.5.7. 切屑体积和单位切屑体积 .....	53
1.2.1. 切屑形成的力学 .....	19	1.5.8. 机床负荷 .....	53
1.2.1.1. 切屑形成的塑性力学理论 .....	19	1.6. 表面质量 .....	54
1.2.1.2. 剪切角的关系 .....	20	1.6.1. 表面形状 .....	54
1.2.1.3. 切屑收缩 .....	21	1.6.2. 表面性质 .....	55
1.2.1.4. 速度关系 .....	22	1.6.3. 表面关系 .....	55
1.2.1.5. 力的关系 .....	22	1.7. 钢料的加工性和加工试验 .....	55
1.2.2. 切屑类别和切屑形状 .....	23	1.8. 辅助材料 .....	57
1.2.2.1. 切屑类别 .....	23	1.8.1. 性能和应用 .....	57
1.2.2.2. 切屑形状 .....	24	1.8.2. 辅助材料对耐用度、表面质量和切削力的作用 .....	59
1.2.3. 切削形成过程的作用 .....	27	1.9. 切削研究的历史 .....	59
1.3. 刀具材料及其应用 .....	28	2. 计算 .....	62
1.3.0. 一般的介绍 .....	28	2.1. 车削 .....	62
1.3.1. 合金的及非合金的工具钢 .....	29	2.1.1. 切削力和功率计算 .....	62
1.3.2. 高速钢 .....	30	2.1.1.1. 计算公式 .....	62
1.3.3. 铸造硬质合金 .....	31	2.1.1.2. 公式一览 .....	63
1.3.4. 烧结硬质合金 .....	31	2.1.2. 机动时间的计算 .....	63
1.3.5. 陶瓷刀具 .....	33		
1.3.5.1. 性能 .....	33		

2.1.2.1. 纵向车削	63	2.6.2.4. 拉刀刀齿的其他数值	103
2.1.2.2. 车螺纹	64	2.6.3. 公式一览	104
2.1.2.3. 车锥度	65	2.6.4. 机动基本时间的计算	105
2.1.2.4. 车端面	66	2.6.5. 计算举例	105
2.1.2.5. 车圆环端面	67	2.7. 磨削	108
2.1.2.6. 仿形车削	67	2.7.1. 磨削力与功率计算	108
2.1.2.7. 自动车削	69	2.7.2. 机动基本时间的计算	109
2.1.3. 计算举例	70	2.7.2.1. 周磨	109
2.2. 刨和插	71	2.7.2.2. 平面磨削	111
2.2.1. 切削力和功率计算	71	2.7.3. 计算举例	112
2.2.1.1. 计算公式	71	2.8. 齿轮加工	113
2.2.1.2. 公式一览	72	2.8.1. 切削力和功率的计算	113
2.2.2. 机动时间的计算	72	2.8.1.1. 滚齿(直齿轮和斜齿轮)	113
2.2.3. 计算举例	73	2.8.1.2. 插齿(直齿轮)	114
2.3. 铣削	74	2.8.1.3. 磨齿形(直齿轮)	115
2.3.1. 切削力和功率计算	74	2.8.1.4. 计算举例	115
2.3.1.1. 计算公式	74	2.8.2. 机动时间的计算	116
2.3.1.2. 公式一览	79	2.8.2.1. 圆柱齿轮加工	116
2.3.2. 机动时间的计算	81	2.8.2.2. 蜗轮副加工	125
2.3.2.1. 周铣	81	2.8.2.3. 锥齿轮加工	128
2.3.2.2. 端铣	82	2.8.2.4. 计算举例	137
2.3.2.3. 在铣槽机床上铣槽	83	3. 推荐数据	142
2.3.2.4. 铣螺纹	84	3.1. 单位切削力, 修正系数和工种系	
2.3.3. 计算举例	85	数(表3.1和3.2)	142
2.3.3.1. 端铣	85	3.2. 车削(表3.3~3.26)	145
2.3.3.2. 周铣	87	3.3. 刨削和插削(表3.27和3.28)	164
2.4. 钻、铰、铰孔	89	3.4. 铣削(表3.29~3.48)	165
2.4.1. 切削力与功率计算	89	3.5. 钻孔、铰孔、铰孔(表3.49~3.63)	178
2.4.1.1. 计算公式	89	3.6. 锯削(表3.64和3.65)	184
2.4.1.2. 公式一览	93	3.7. 拉削(表3.66~3.68)	185
2.4.2. 机动基本时间的计算	95	3.8. 磨削(表3.69~3.72)	186
2.4.2.1. 用麻花钻钻孔与扩孔	95	3.9. 齿轮加工(表3.73~3.84)	187
2.4.2.2. 铰孔与铰孔	96	3.10. 特种材料的加工	192
2.4.3. 计算举例	96	3.10.1. 塑料的切削加工(表3.85	
2.5. 锯削	97	~3.95)	192
2.5.1. 切削力与功率计算	97	3.10.2. 高合金钢的切削加工	
2.5.1.1. 计算公式	97	(表3.96~3.108)	196
2.5.1.2. 公式一览	99	3.11. 加工余量(表3.109~3.117)	201
2.5.2. 机动基本时间的计算	99	3.12. 刀具材料	212
2.5.3. 计算举例	100	3.12.1. 高速钢(表3.118和3.119)	212
2.6. 拉削	101	3.12.2. 硬质合金(表3.120)	214
2.6.1. 切削力与功率计算	101	3.12.3. 陶瓷刀具(表3.121)	215
2.6.2. 拉刀的齿距计算	102	4. 深造用的参考资料	217
2.6.2.1. 容屑槽容量的考虑	102	5. 资料索引	218
2.6.2.2. 机床拉力或压力的考虑	102	6. 专业名词索引及缩写、角标、代号	233
2.6.2.3. 拉刀强度的考虑	102		

## 绪 论

本书的第一章述及切削学的概要。首先探讨了切削加工的概念。

切削加工的原理中，切削理论与切削技术之间是无法截然分割的。在现阶段的切削学中这种分割几乎不可能。第1.2.章所采用的形式（切屑形成的过程）对大学生和技术员都能理解。如欲深入钻研，列举的大量参考资料将有很大帮助（尤其注意第1.9.节）。

第2.章是计算。切削加工中最重要的各加工法以少而精的原则介绍了切削力，切削功率和机动时间的算法。复杂的切削速度和耐用度等算法已被删减，因为这方面的已有数据（见第3.章）实用上已足够精确的了。关于切削力计算，各种加工法（除切齿以外）均以第1.5.4.节的 Kienzle 公式为基础〔111〕。按此公式进行计算可看作最适用的算法，因为 Kienzle 和 Victor〔115〕所介绍的  $k_v$  值不仅对车削——公式由此推导而来——而且允许应用于所有其他加工方法，只需考虑到某加工法特征即行。特别是切深  $h$  之决定确属举足轻重，因为单位切削力除与加工材料有关外，首先与切深有关。

表3.1.中有切削加工的单位切削力数据。表3.1.的附注应倍加注意，因为单位切削力是在车削试验中求得的，而且仅对实验时所具备的切削条件才为有效。只要在各加工法计算切削力时注意到相应的加工法修正系数，那末其他加工法，如刨、插、铣、拉、钻、镗孔、锯和磨等都能应用。关于机动时间的计算，没有附注之必要，因大部分公式是人所共知的，仅局部地扩大和具体化并系统地加以整理而已。为了便于理解，齿形加工的机动时间算法就比加工法本身写得更详细些。

第3.章是切削加工的各种数据，其目的是为各种各样的材料加工和加工法提供数据。不仅收集了已知常用的加工法，还有些不常见的，以帮助查找者解决困难。

很多专家指出了许多数据的不足之处，其分散性以及有些已经过时了〔148〕〔149〕〔442〕。因此书中有些加工数据将要删去〔110〕〔115〕。另一方面专家们，机械厂和工具厂还有其他各种团体都要求整理出一套完整无疵的数据。后者实行起来虽有各种困难，但仍不失为一较有利的途径，前提是应该把各数据看作可调整的参考数据。

如果考虑到影响切削过程的数值，那就是：

1. 加工方法；
2. 工件（材料、强度、组织、均一性、尺寸、形状、稳定性）；
3. 刀具（种类、刃磨、磨损、尺寸、刚性）；
4. 机床（夹具、刚性和振动关系、操作情况）；
5. 切削条件（刀具角度、冷却和润滑）；

显而易见，现有条件下列出具体的数据是不可能的。为使实际工作者对某一专门的加工任务测试出最有利的参数，看来还是介绍一些指示精神更合适些，因为数据本身是不可靠的。此外还应注意，数据作为相应公式的计算值必须考虑适合切削加工的各种实际算法，如果不能用此数据进行计算，那末再好的切削加工的公式也是毫无意义的。我们曾致力于使第2.章所引用的公式都真正适用第3.章的各数据，以便能实际进行计算。



# 1. 切削加工的原理

## 1.1 切削加工概念

### 1.1.0. 基础和前提〔16〕〔17〕〔19〕〔20〕

技术名词和工艺说明的涵义是从早先很多对切削几何学问题的文章和出版物中得出的。

此项工作过去大都局限于车刀刀刃角度的定义和术语表。也曾做过努力，将此种定义推广至所有的切削加工法〔6〕至〔13〕。

切削技术的概念必须考虑下列的要求：

1. 它必须可应用和推广于全部切削加工法。
2. 它必须处于逻辑的几何关系中。
3. 被引入的和组成的概念应尽量统盘考虑。

各种切削加工法都同时适用的概念有可能把实践中需用的概念缩减至最少量。

分类和概念的基础是以进给方向不垂直于切削方向这一切削过程的一般情况出发的。这里所举的例，车削仅为特殊情况。对一般情况进行观察使我们得到“进给方向角 $\varphi$ ”这样的决定性概念，人们早先对它并不认识。通过它才建立起不同切削法之间的关系。

此外应把有效运动即切削运动和进给运动之合成运动包括在考察之中，从而导出“有效”的概念。即使有效方向和切削方向之间的差别大都小得可忽略不计，可是通过有效方向角 $\eta$ ，其几何关系变得很清楚了，它说明有效方向和切削方向之间的差别。因为切削过程的运动学为新观察法建立了基础，就产生了包含各运动的那些平面作为切削几何的参考面。我们称之为工作平面。用新的概念（进给方向角，有效方向角和工作平面）建立普遍适用于各切削法的基本概念。

### 1.1.1. 切削过程的运动和几何学〔16〕〔17〕

从1.1.1.1.到1.1.1.4.这几节都是探讨切削运动学等问题作为基础。由此而导出的进一步概念将在第1.1.1.5.节中讨论。第1.1.1.6.节包括切削面积的具体定义，而1.1.1.7.节中引入了切削用量的新概念。

特别要注意第1.1.1.7.3.节中关于切深或切宽 $a$ 的定义概念以免与吃刀深度 $e$ （第1.1.1.7.4.节）的概念相混淆。数值 $a$ 总是指与进给 $s$ 相乘而得到切削面积的那个数值。因进给量是在加工平面中或平行于它而测得的， $a$ 值应垂直于加工平面去测量。它又象切深又象切宽，根据具体情况选出其中之一，但总用同一符号 $a$ 。

铣削和磨削时，要用到吃刀深度 $e$ ，它垂直于 $a$ 和进给方向。不可将它与切深（例如盘铣刀铣槽时）混为一谈。

1.1.1.8.节所命名的，从切削用量导出的切削大小并不与所取下的切屑尺寸相等，应有专门的标准讨论之〔18〕。切屑断面由统一的含义为各类切削法下定义。在切削技术的基本概



念中“调整值”也即直接在机床上为加工过程所调整的数值，不作专门的讨论。显然按机床运动学，例如速度、切削用量或切屑大小都属“调整值”。

此概念总是牵涉到所观察的刀刃点。

#### 1.1.1.1. 工件与刀具刀刃之间的运动

切削过程中的运动是工件和刀具刀刃间的相对运动。把工件看作是静止的。还应区分开直接产生切屑的那些运动（见1.1.1.1.至1.1.1.3.节）与非直接产生切屑的运动两者之间的差别（见1.1.1.4.至1.1.1.6.节）。

切屑由切削运动和进给运动所合成的有效运动直接产生的。

##### 1.1.1.1.1. 切削运动

切削运动是指工件与刀具之间无进给的运动，即工件回转一周或走一个行程只进行一次切削的运动。切削运动可由几个分运动所组成。

##### 1.1.1.1.2. 进给运动

进给运动是指工件与刀具间与切削运动合成的运动，即工件回转多次或走若干行程能进行多次或连续切削的运动。它可能是步进式也可能是连续式的。进给运动可以由若干分运动合成（图1.1至1.4）。

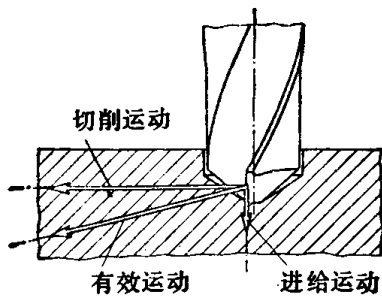


图1.1 钻削时的切削运动、进给运动和有效运动

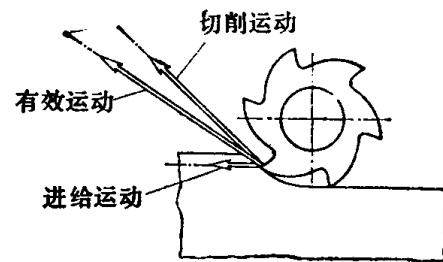


图1.2 铣削时的切削运动、进给运动和有效运动

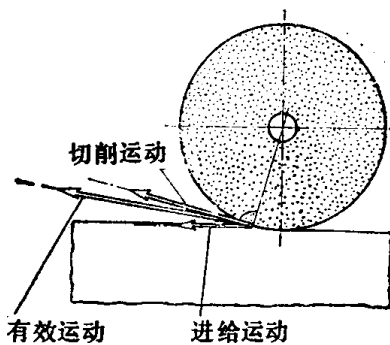


图1.3 磨削时的切削运动、进给运动和有效运动

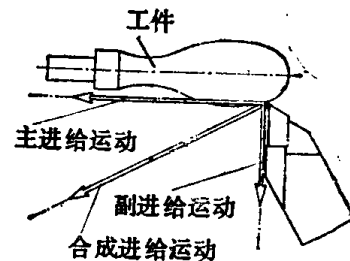


图1.4 合成进给运动之一例

##### 1.1.1.1.3. 有效运动

有效运动是由切削运动和同时参予的进给运动所合成的一种运动。

如不同时产生进给运动，那末切削运动也即有效运动。

不直接产生切屑的运动有切入运动，调整运动和补偿运动。

##### 1.1.1.1.4. 切入运动

工件和刀具间，在切削之前刀具向工件靠拢的运动称为切入运动。

#### 1.1.1.1.5. 调整运动

工件与刀具间，预先决定要去除的材料厚度的运动称为调整运动。

#### 1.1.1.1.6. 补偿运动

工件与刀具间的修正运动，例如补偿刀具磨损的修正运动称为补偿运动。

### 1.1.1.2. 运动的方向

需要区别：切削方向、进给方向和有效方向。

#### 1.1.1.2.1. 切削方向

切削运动的瞬时方向叫切削方向。

#### 1.1.1.2.2. 进给方向

进给运动的瞬时方向叫进给方向。

#### 1.1.1.2.3. 有效方向

有效运动的瞬时方向叫有效方向。

切入方向，调整方向和补偿方向可根据1.1.1.1.4.至

1.1.1.1.6.几节的定义加以区别。

### 1.1.1.3. 刀具相对于工件的路程

要区别开切削路程，进给路程和有效路程。

#### 1.1.1.3.1. 切削路程 $w$

所观察的刀尖在切削方向所经过的切削路程叫切削路程(图1.5)。

#### 1.1.1.3.2. 进给路程 $l$

刀具在进给方向所经过的路程叫进给路程  $l$  (图1.5)。需要时，要区分进给路程的不同分量。

#### 1.1.1.3.3. 有效路程 $w_e$

所观察的刀尖在工件的有效方向所经过的切削路程叫有效路程  $w_e$ 。

### 1.1.1.4. 速度

要区分：切削速度、进给速度和有效速度。

#### 1.1.1.4.1. 切削速度 $v$

所观察的刀尖在切削方向的瞬时速度叫切削速度  $v$ 。需要时，应区分切削速度的各种分量。

#### 1.1.1.4.2. 进给速度 $u$

刀具在进给方向的瞬时速度叫进给速度  $u$ 。需要时，应区别进给速度的各种分量，例如磨削中  $u_v$  与  $u_t$  之间<sup>⊖</sup>。

#### 1.1.1.4.3. 有效速度 $v_e$

所观察的刀尖在有效方向的瞬时速度叫有效速度  $v_e$ 。

$$v_e = \frac{v \sin \varphi}{\sin(\varphi - \eta)} = \frac{u + v \cos \varphi}{\cos(\varphi - \eta)} \quad (1.1)$$

很多情况下  $u/v$  比例甚小，可近似写为

$$v_e \approx v \quad (1.2)$$

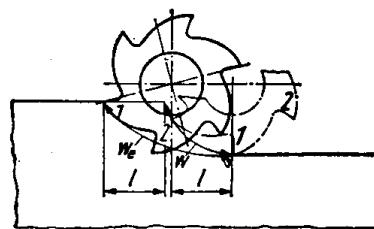


图1.5 逆铣时的切削路程  $w$ 、进给量  $l$  和有效路程  $w_e$ 。  
1 和 2 表示铣刀齿的运动

⊖ 在参考资料中，进给速度  $u$  至今还用  $s'$  和当磨削时用  $v_v$  或  $v_t$  表示。

根据1.1.1.1.4.至1.1.1.1.6.节可区分切入速度、调整速度和补偿速度。

### 1.1.1.5. 辅助概念

统一地观察各种切削加工法需引入若干辅助概念：

#### 1.1.1.5.1. 工作平面

包含切削方向和进给方向（在每个观察的刀尖上）的一个假想面叫工作平面。参与形成切屑的运动在此平面上完成（图 1.6 至1.8）。

#### 1.1.1.5.2. 进给方向角 $\varphi$

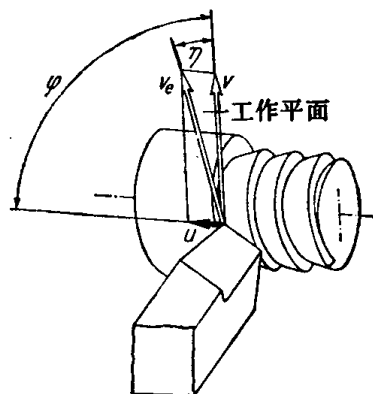


图1.6 车削时的工作平面，进给方向角  $\varphi$  和作用方向角  $\eta$

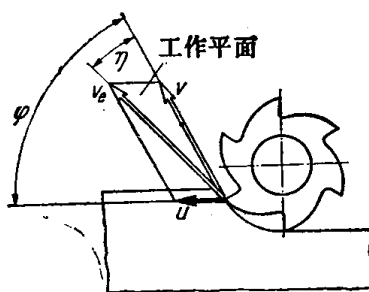


图1.7 用圆柱铣刀 ( $\varphi < 90^\circ$ ) 逆铣时的工作平面、进给方向角  $\varphi$  和有效方向角  $\eta$

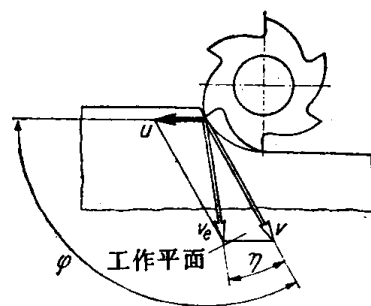


图1.8 用圆柱铣刀 ( $\varphi > 90^\circ$ ) 顺铣时的工作平面、进给方向角  $\varphi$  和有效方向角  $\eta$

进给方向与切削方向之间的夹角叫进给方向角  $\varphi$  (图 1.6 至1.10)。

很多切削过程中如铣削时， $\varphi$ 角在切削中随时在变化着(图 1.7 至 1.8)。相反在车削时  $\varphi$ 角不变等于  $90^\circ$  (图1.6)。

#### 1.1.1.5.3. 有效方向角 $\eta$

有效方向与切削方向之间的夹角叫有效方向角  $\eta$  (图 1.6 至1.8)；

$$\tan \eta = \frac{\sin \varphi}{v/u + \cos \varphi} \quad (1.3)$$

当  $\varphi = 90^\circ$  时， $\tan \eta = \frac{u}{v}$  (1.4)

### 1.1.1.6. 切削平面

工件被刀刃瞬时形成的面叫切削平面。

在工件上保留下来的切削平面，按 TGL0-4760 形成已加工零件的实际表面。

#### 1.1.1.6.1. 主切削平面

由主刀刃（见1.1.2.1.2.1.节）瞬时形成的表面叫主切削平面（图1.11）。

#### 1.1.1.6.2. 副切削平面

由副刀刃瞬时形成的表面叫副切削平面(图1.11)。因为在磨削时不可能把每个砂粒的主切削刃和副切削刃分清，在此情况必须把砂轮当作整体来看待。

### 1.1.1.7. 切削用量

切削用量是指为去除切屑所需直接或间接调整之数值。

#### 1.1.1.7.1. 进给量 $s$

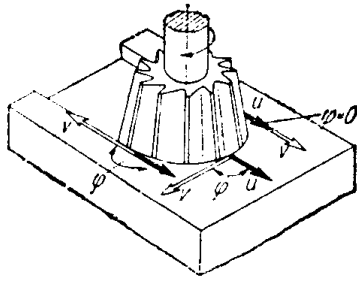


图1.9 用立铣刀铣削时的进给方向角  $\varphi$

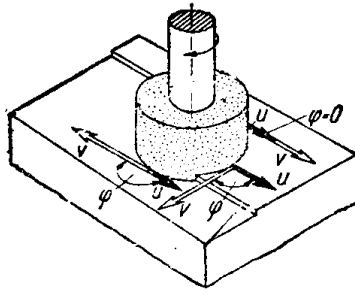


图1.10 磨削时的进给方向角  $\varphi$

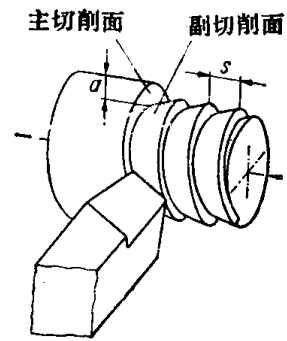


图1.11 车削时的主切削平面和副切削平面

每回转一周或走一行程的进给路程叫进给量  $s$  (图1.11)。

#### 1.1.1.7.2. 每齿进给量 $s_z$

两直接挨次形成切削平面之间的进给路程，即每一齿或一刀刃的进给，叫每齿进给量  $s_z$  (图1.12)

$$s_z = \frac{s}{z} \quad z \text{ 齿数} \quad (1.5)$$

如  $z = 1$ ，单齿铣刀铣削时或车削时，则

$$s_z = s \quad (1.6)$$

拉削时，每齿升高量符合于每齿进给量。切削进给量  $s_s$  和有效进给量  $s_e$  是从每齿进给量导来的。

##### 1.1.1.7.2.1. 切削进给量 $s_s$

两直接前后相邻的切削平面之间的距离叫切削进给量  $s_s$ ，此值在工作平面中垂直于切削方向测量(图1.12)。

$$s_s \approx s_z \sin \varphi \quad (1.7)$$

在切削过程中如

$\varphi = 90^\circ$  (例如在车削时或刨削时)，则

$$s_s = s_z \quad (1.8)$$

##### 1.1.1.7.2.2. 有效进给量 $s_e$

两直接前后相邻的切削平面之间的距离，在工作平面上并垂直于有效方向测量所得值叫有效进给量  $s_e$  (图 1.12)

$$s_e \approx s_z \sin(\varphi - \eta) \quad (1.9)$$

很多情况下  $u/v$  值很小， $\eta$  可忽略不计，则足够准确度下

$$s_e \approx s_z \sin \varphi \approx s_s \quad (1.10)$$

每齿进给量  $s_z$ ，切削进给量  $s_s$  和有效进给量  $s_e$ ，在磨削时也可近似地掌握，但只是对切削研究中才有意义。

##### 1.1.1.7.3. 切深或切宽 $a$

主切削刃所包络的深度或宽度叫切深或切宽  $a$ ，应垂直于工作平面测量 (图 1.11 至 1.14)。

车外圆和车端面，铣端面和磨外圆时， $a$  值即切深(吃刀深度)。

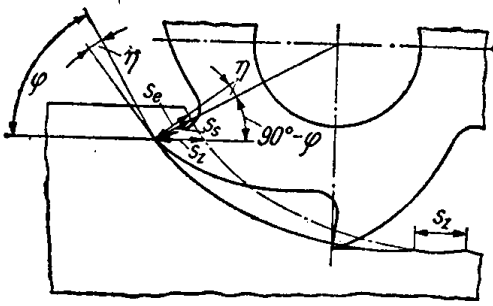


图1.12 逆铣时的每齿进给量 $s_e$ 、切削进给量 $s_s$ 及有效进给量 $s_z$ 。

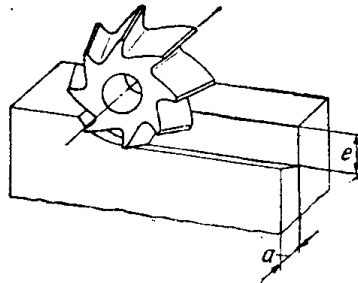


图1.13 切深或切宽 $a$ 和吃刀深度 $e$ （也可见图1.14）

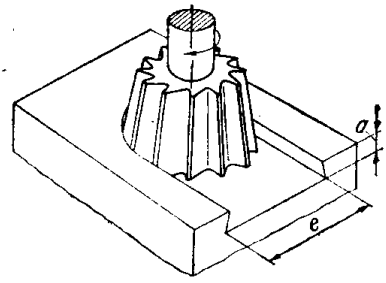


图1.14 切深或切宽 $a$ 和吃刀深度 $e$ （也可见图1.13）

切槽，拉削，平铣和圆周磨， $a$ 值即吃刀宽度。钻削时， $a$ 即钻头的半径。

#### 1.1.1.7.4. 吃刀深度 $e$

吃刀深度 $e$ 主要是在铣削或磨削时才有意义(图1.13至1.14)。刀刃在每个行程或回转一周时咬合的尺寸，在工作平面和垂直于进给方向测量。

#### 1.1.1.8. 切削尺寸

切削尺寸是从切削用量导来的尺寸。它与形成的切屑尺寸并不完全相同。

##### 1.1.1.8.1. 切削宽度 $b$

切削宽度 $b$ 是待切除的垂直于切削方向在切削面上量得的切屑宽(图1.16)。

直刃又无圆角的刀具

$$b = \frac{a}{\sin \kappa} \quad (1.11)$$

$\kappa$ 是主切削刃的偏角(见1.1.2.3.1.1.节)。

##### 1.1.1.8.1.1. 有效切削宽度 $b_e$

有效切削宽度 $b_e$ 是垂直于有效方向，在切削面上量得的待切除的切屑宽。

$$b_e = b \sqrt{1 - \cos^2 \kappa \sin^2 \eta} \quad (1.12)$$

$\kappa$ 是主切削刃的偏角。

很多情况下 $u/v$ 的比值很小， $\eta$ 可忽略不计。有足够准确度可写成

$$b_e \approx b \quad (1.13)$$

如 $\kappa = 90^\circ$

$$b_e = b$$

##### 1.1.1.8.2. 切削厚度 $h$

切削厚度 $h$ 是在垂直于切削平面量得的(图1.16)，是垂直于切削方向、待切除的切屑的厚度。

直刃又无圆角的刀具

$$h = s_z \sin \kappa \quad (1.14)$$

$\kappa$ 主切削刃的偏角。

##### 1.1.1.8.2.1. 有效切削厚度 $h_e$

有效切削厚度 $h_e$ 是在垂直于切削平面量得的，垂直有效方向待切除的切屑的厚度。

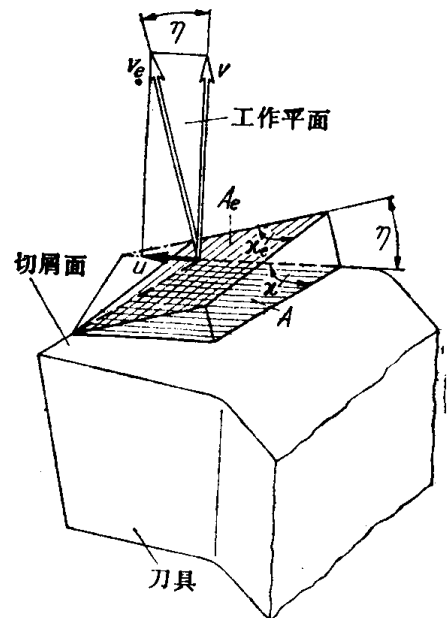


图1.15 切削截面 $A$ 和有效切削截面 $A_e$ 。

切削截面 $A$ 垂直于切削运动(切削速度 $v$ )；有效切削截面 $A_e$ 垂直于有效方向(有效速度 $v_e$ )。为了能更好地表达切削截面 $A$ ，未画出刀具的前角和倾角

$$h_e = \frac{h}{\sqrt{1 + \sin^2 \kappa \tan^2 \eta}} \quad (1.15)$$

$\kappa$  主切削刃的偏角

很多情况下比值  $u/v$  很小, 故  $\eta$  可忽略不计, 有足够的准确度可写成

$$h_e \approx h \quad (1.16)$$

对于  $\kappa = 90^\circ$ , 则

$$h = s_s \quad \text{和} \quad (1.17)$$

$$h_e = s_e \quad (1.18)$$

因此

$$h_e = h \cos \eta \quad (1.19)$$

切削宽度  $b$ , 有效切削宽度  $b_e$ , 切削厚度  $h$  和有效切削厚度  $h_e$ , 对磨削来说只有在研究工作中才有意义。

1.1.1.8.3. 切削截面  $A$

垂直于切削方向的, 待切除的切屑的截面叫切削截面(图1.15至1.16)。

1.1.1.8.3.1. 有效切削截面  $A_e$

垂直于有效方向的待切除的切屑的截面叫有效切削截面(图1.15和1.17)。

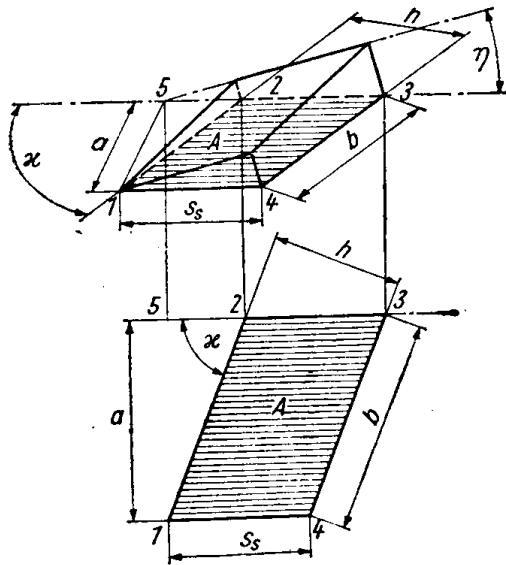


图1.16 切削宽度  $b$  切削厚度  $h$  和切削截面  $A$

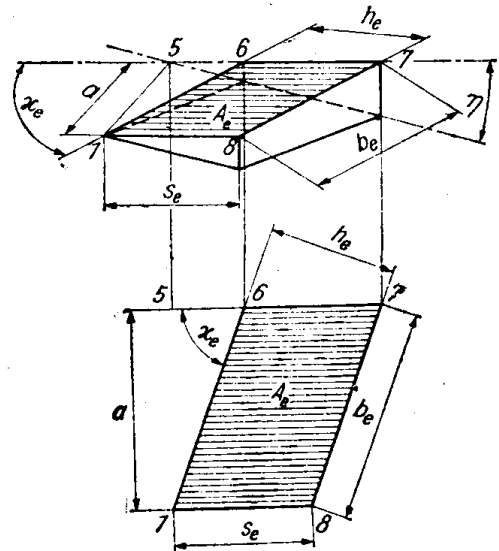


图1.17 有效切削宽度  $b_e$ 、有效切削厚度  $h_e$  和有效切削截面  $A_e$ 。

很多情况下

$$A = a s_s \quad \text{和} \quad (1.20)$$

$$A_e = a s_e \quad (1.21)$$

直刀刃而无圆角的刀具则

$$A = b h \quad (1.22)$$

$$A_e = b_e h_e \quad (1.23)$$

车削和刨削时 ( $\varphi = 90^\circ$ ), 按1.1.1.7.2.和1.1.1.7.2.1.各节。

$$A = a s \quad (1.24)$$

仔细观察时, 则应考虑切削截面的详细几何形状。

### 1.1.2. 刀具在切削部分的几何关系〔17〕

切削部分的面积，刀刃和圆角等概念见1.1.2.1.节的定义。

谈到角度，有必要在有效参考系和刀具参考系的角度之间加以区别。有效角度关连到刀具和工件相互作用，并用以描述切屑形成过程。而刀具角度则关连到不是在工作着的刀具。它主要对刀具的制造和保养才有用。为确定有效角度，选择参考系时要使得参考面垂直于有效方向上。为确定刀具角度，参考系大都处于近似垂直于原先切削方向的位置上，并在刀具上自行确定。有效参考系和刀具参考系之区别仅在于参考平面的位置不同，它们的定义是一样的。旧标准 DIN768 中最大的改动是倾角  $\lambda$  的符号与从前的相反，因此与前角的符号相符合了。同时通过这次更改使之更适合于国际习惯。此外对“背角”和“侧角”的概念也下了定义。背角从前也称为轴向角，侧角则称径向角(主要是多刀头)。这种名称将来必须避免，因为轴心对工作平面的位置就各种回转刀具来说都不一样。只是在标准的铣削工作才垂直于工作平面；而钻削刀具却是平行于工作平面的。靠模铣削时轴心对工作平面的位置是变化着的。背角与侧角的定义因此必须下得与轴心的位置无关。

#### 1.1.2.1. 切削部分的表面、刀刃和过渡刃

工件与刀具之间因相对运动能产生切屑的那部分刀具叫做切削部分。切削部分若干界面的相交线叫做刀刃。刀刃可能是直线，折线或曲线。

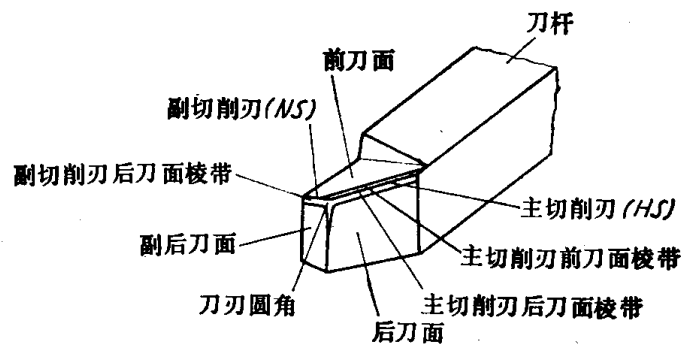


图1.18 车刀或刨刀的各表面、刀刃和过渡刃

##### 1.1.2.1.1. 表面

###### 1.1.2.1.1.1. 后刀面

切削部分，朝向已加工面 $\ominus$ 的那个表面叫后刀面（见图 1.18 至 1.20）。

如在后刀面靠近刀刃处倒角，则称这部分后刀面为后刀面棱带（见图 1.18 至 1.21）。

后刀面棱带的宽度用  $b_{r\alpha}$  表示。要区别开主切削刃上的主后刀面棱带和付切削刃上的付后刀面棱带（见 1.1.2.1.2.2.）。

###### 1.1.2.1.1.2. 前刀面

切削部分，流过切屑的那个表面叫前刀面（见图 1.18 至 1.20）。

如果在前刀面的靠近刀刃处倒角，就称这部分前刀面为前刀面棱带（见图 1.18 至 1.21）。

如果前刀刃已倒角，则刀刃倒角属于前刀面棱带。前刀面棱带的宽度用  $b_{r\gamma}$  表示之。

##### 1.1.2.1.2. 刀刃

###### 1.1.2.1.2.1. 主切削刃

工作平面上 $\ominus$ ，切削楔中朝向进给方向的刀刃叫主切削刃（见图 1.18、1.19、1.20、1.22）。

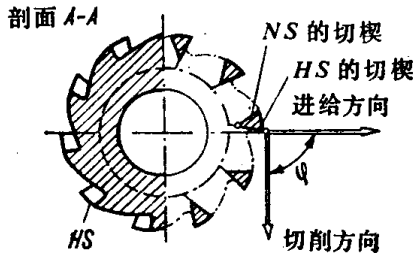
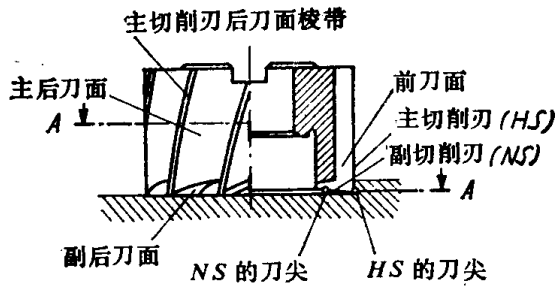
###### 1.1.2.1.2.2. 副切削刃

工作平面上，切削楔中不朝向进给方向的刀刃叫副切削刃。（见图 1.18、1.19、1.20、1.22）。

$\ominus$  切削平面定义见 1.1.1.6. 部分。

$\omin�$  工作平面的定义见 1.1.2.1.5.1. 部分。





图面 // 工作面 | 图面 = 工作面

图1.19 圆柱形端面铣刀上的表面、刀刃和过渡刃

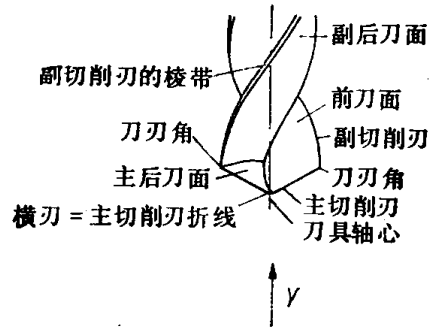
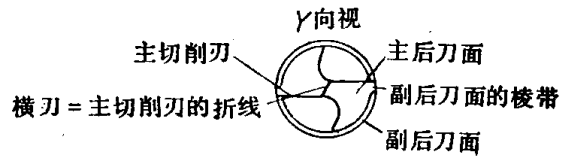


图1.20 麻花钻的表面、刀刃和过渡刃

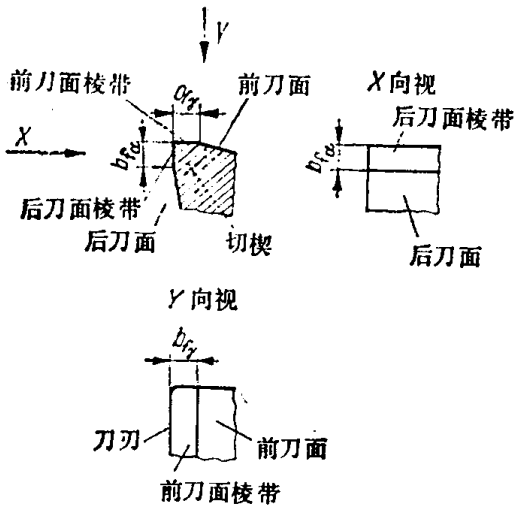


图1.21 后刀面棱带和前刀面棱带

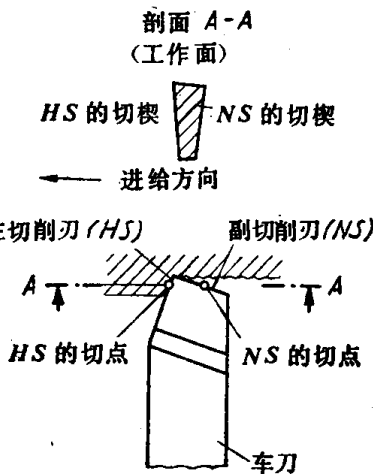
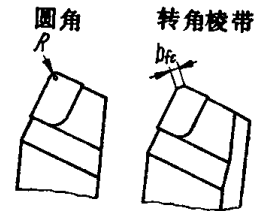


图1.22 车刀的主切削刃、副切削刃和它在工作平面上的切削楔



图面 = 刀具-参考面 | 图面 = 前刀面

图1.23 圆角或直线过渡刃

附注：铣削刀具的主、副切削刃的确定，以进给方向角  $\varphi \ominus$  等于  $90^\circ$  为前提(见图1.19)。

1.1.2.1.3. 过渡刃

1.1.2.1.3.1. 刀刃过渡刃

主、副切削刃相遇处具有共同前刀面的那部分刀刃叫过渡刃(见图 1.18、1.19、1.20、1.22)。过渡刃常以圆角或直线出现。

圆角

刀刃的圆弧部分叫圆角(见图 1.23)。它的半径应在刀具参考面上量得，并以  $R$  表示之。

直线过渡刃

⊖ 进给方向角  $\varphi$  的定义见 1.1.1.5.2. 部分。

刀刃转折处的刀刃叫直线过渡刃（见图 1.23）。直线过渡刃的宽度应在前刀面上测量，并以  $b_{fe}$  表示。

1.1.2.2. 切削部分确定角度的参考系

为确定切削部分各种角度，应用直角参考系，它由参考面，切削面和主剖面组成。

工作平面用作附加的平面。应该在为工作着的刀具的有效参考系和不在工作的刀具的刀具参考系之间加以区别。这两个参考系均由不同的参考面组成（见图 1.24 至 1.27）。

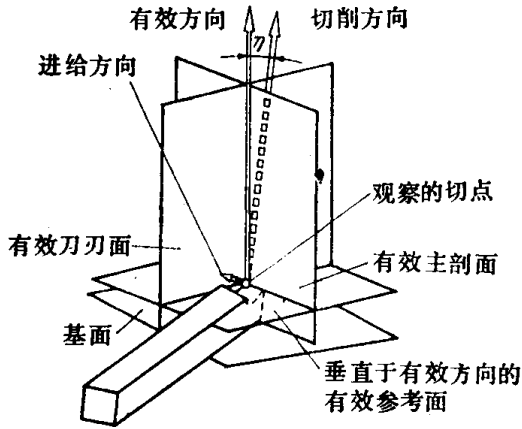


图1.24 在车刀上的有效参考系

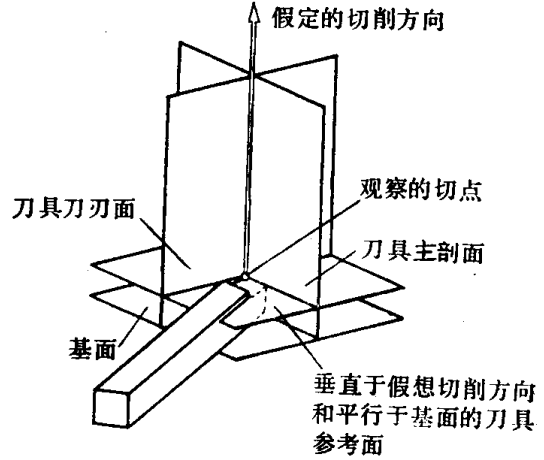


图1.25 在车刀上的刀具参考系

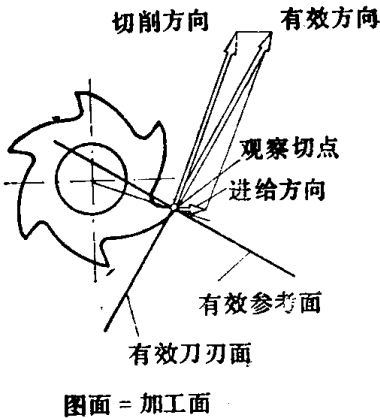


图1.26 铣刀的有效参考系， $\kappa = 90^\circ$

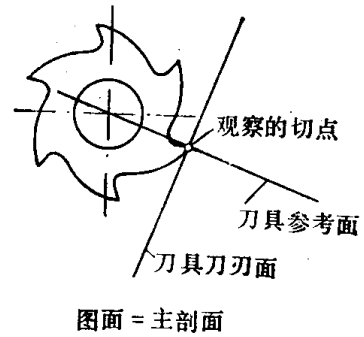


图1.27 铣刀的刀具参考系， $\kappa = 90^\circ$

下列概念同样适合于两个参考系：其一，适合于工作着的刀具（即有效参考系）的概念，为了便于区别起见都使用“有效”二字，并使用角标  $e$ 。

其次，对那些不在工作的刀具，为了便于区别，使用“刀具”二字。假如没有其它说明，它专指主切削刃而言。如果在主切削刃和副切削刃的概念之间要加以区别，那末在副切削刃概念使用标号“n”。

各种概念都针对所观察的切点而言。

1.1.2.2.1. 参考面

1.1.2.2.1.1. 有效参考面