

第 **2** 版

金属切削刀具 设计手册

主编 袁哲俊 副主编 刘献礼

权威刀具专家倾力打造
设计方法全面、便查
全新国家及行业标准贯彻

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



金属切削刀具设计手册

第 2 版

主 编 袁哲俊

副主编 刘献礼

机械工业出版社

本手册系统、全面地介绍了各种金属切削刀具的结构及其设计,包括普通刀具和复杂刀具的设计。本手册共分 17 章,介绍了刀具几何参数的定义、刀具材料和与刀具相关的高速切削技术;普通刀具部分介绍了车刀、孔加工刀具、铣刀和螺纹刀具;复杂刀具部分介绍了拉刀、数控机床用工具系统、齿轮刀具和加工非渐开线齿形工件的刀具。对常用的标准刀具,扼要地介绍了刀具的结构特点和设计方法。对非标准刀具和一些参考资料中叙述较少的先进高效刀具,则较详细地介绍它们的设计原理和方法。手册除附有大量的图表、数据、标准资料和技术要求外,还对不少刀具列有详细的设计计算步骤,并附有设计示例和工作图。手册最后附有刀具夹持部分的结构和尺寸以及国家、行业的刀具标准号,供设计时参考。

本手册可作为刀具设计人员的案头工具书,也可供刀具制造和使用的工程技术人员以及机械制造专业的师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

金属切削刀具设计手册/袁哲俊主编。—2 版。—北京:机械工业出版社,2018.10

ISBN 978-7-111-60319-1

I. ①金… II. ①袁… III. ①刀具 (金属切削)-设计-技术手册
IV. ①TG710.2-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 129488 号

机械工业出版社 (北京电百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:周国萍 责任编辑:周国萍 杨明远 雷云辉

责任校对:张晓蓉 刘志文 王 延 封面设计:马精明

责任印制:张 博

三河市宏达印刷有限公司印刷

2019 年 1 月第 2 版第 1 次印刷

184mm×260mm·72 印张·2532 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-60319-1

定价:239.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88361066

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-68326294

机工官博:weibo.com/cmp1952

010-88379203

金书网:www.golden-book.com

封面防伪标均为盗版

教育服务网:www.cmpedu.com

《金属切削刀具设计手册 第2版》编委会

- 主 编 袁哲俊 哈尔滨工业大学教授
副主编 刘献礼 哈尔滨理工大学教授
编 委 顾祖慰 哈尔滨汽轮机厂原副总工艺师、高级工程师
赵 鸿 航天海鹰(哈尔滨)钛业有限公司总工程师、研究员
薄化川 哈尔滨工业大学教授
于继龙 哈尔滨第一工具厂总工程师、高级工程师
董英武 哈尔滨第一工具厂高级工程师
马 彪 哈尔滨汽轮机厂高级工程师
王 扬 哈尔滨工业大学教授
周 明 哈尔滨工业大学教授
陈 涛 哈尔滨理工大学教授
杨立军 哈尔滨工业大学副教授

《金属切削刀具设计手册 第2版》编者

各章编写的负责人如下:

- | | | |
|------|---------------|-------------|
| 第1章 | 刀具几何参数的定义 | 袁哲俊、杨立军 |
| 第2章 | 刀具材料 | 杨立军、王扬 |
| 第3章 | 高速切削刀具材料和工具系统 | 张为、陈涛 |
| 第4章 | 车刀 | 赵鸿、周明 |
| 第5章 | 孔加工刀具 | 岳彩旭 刘献礼 |
| 第6章 | 铣刀 | 顾祖慰、马彪、汪津泽 |
| 第7章 | 拉刀 | 薄化川 |
| 第8章 | 螺纹刀具 | 胡景姝、刘献礼 |
| 第9章 | 数控机床用工具系统 | 马彪、顾祖慰 |
| 第10章 | 成形齿轮刀具 | 袁哲俊 |
| 第11章 | 齿轮滚刀 | 董英武、谷源林 |
| 第12章 | 加工蜗轮蜗杆的刀具 | 袁哲俊 |
| 第13章 | 插齿刀和梳齿刀 | 袁哲俊 |
| 第14章 | 剃齿刀 | 袁哲俊 |
| 第15章 | 直齿锥齿轮刀具 | 袁哲俊 |
| 第16章 | 曲线齿锥齿轮加工刀具 | 于继龙、王家喜、袁哲俊 |
| 第17章 | 加工非渐开线齿形工件的刀具 | 董英武 |
| 附录 | | 袁哲俊 |

第2版前言

本手册第1版自2008年出版以来，受到了全国从事刀具设计、制造和使用的工程技术人员以及机械制造专业师生的欢迎。随着我国制造业的高速发展，涌现了大量新结构高效硬质合金刀具、新型精密刀具等，此外数控机床用工具系统和专用刀具等均有较大发展。由于正确设计和选用先进高效精密刀具能大大提高机械制造的生产率，提高产品质量，降低生产成本，对整个机械制造工业影响极大。因此，迫切需要对2008年出版的《金属切削刀具设计手册》进行修订再版。

近年来，硬质合金和超硬刀具材料在更多不同品种刀具中获得应用，大大提高了刀具切削效率，高速切削技术已成为多种刀具的共同设计基础，因此这次手册修订新增了“高速切削刀具材料和工具系统”一章。对“刀具材料”一章，因近年技术发展迅速，做了较大修改。此外，智能制造技术在现代机械制造业中的应用日益广泛，因此数控机床用刀具和工具系统也随之迅速发展，此次修订对这一章也做了较大修改并重点增添了这方面的新资料。第1版手册中“车刀和刨刀”一章，因现在生产中刨刀和插刀已用得不多，内容很少，且其结构和原理与车刀类似，因此章名改为“车刀”。这次修订还增添了新发展的各种高效新结构刀具和新发展的齿轮刀具等。

本次修订仍继承了原来的、注重实用的刀具设计方法的精神，取材尽量采用经过生产实际检验过的资料，同时也适当注意国内外刀具技术的新发展。手册除附有大量的图表、数据和标准资料外，对不少刀具列有详细的设计计算步骤和技术条件，并对部分较复杂的刀具附有设计示例和工作图。手册最后附有多种刀具共用的刀具夹持部分的结构和尺寸，以及国家及行业的刀具标准号，设计时可作为参考。

参加《金属切削刀具设计手册 第2版》修改编写的有哈尔滨工业大学、哈尔滨理工大学、哈尔滨第一工具厂、哈尔滨汽轮机厂、哈尔滨风华工具厂等单位的多名专家、教授及科技人员。本手册由袁哲俊担任主编、刘献礼担任副主编。编写中得到很多工厂、学校和科研院所专家、教授及科技人员的帮助，他们提供了大量的资料和宝贵的意见，在此一并致谢。

由于我们水平有限，时间仓促，手册中难免有缺点和错误之处，希望广大读者批评指正。

袁哲俊

第1版前言

我国的刀具制造业已有较长的历史，改革开放以来，特别是近几年随着我国机械制造业的蓬勃发展，刀具工业已发展到相当大的规模，不仅有数量较多的专业工具厂，而且大量的机械制造厂都在使用和生产刀具。我国现在的生产总值和制造业规模，仅次于美国、日本，最近又超过了德国，已居世界第三位。我国已是世界制造大国，机床拥有量世界第一，年消耗刀具近20亿美元。提高切削技术、正确设计和选用先进高效精密刀具，能大大提高机械制造的生产率，提高产品质量，降低生产成本，对整个机械制造工业影响极大。先进高效刀具是提高机械制造业水平和提高加工效率的最积极因素之一。

但是国内专门的刀具设计书还比较少，系统全面地介绍各种刀具设计的书更缺。为解决刀具设计的急需，为从事刀具设计的工程技术人员提供一本实用的案头书，我们组织编写了本书。本书系统全面地介绍了各种金属切削刀具的结构及其设计，包括普通刀具和复杂刀具的设计。全书共分16章，介绍了刀具的共同问题：刀具几何参数的定义和刀具材料；普通刀具部分介绍了车刀、孔加工刀具、铣刀和螺纹刀具；复杂刀具部分介绍了拉刀、数控刀具、齿轮刀具和加工非渐开线齿形工件的刀具。对常用的标准刀具，扼要地介绍了刀具的结构特点和设计方法。对非标准刀具和一些参考资料中叙述较少的先进高效刀具，则较详细地介绍了它们的设计方法。本书编写取材，尽量采用经过生产实际检验过的资料，同时也适当注意国内外刀具技术的新发展。书中除附有大量的图表、数据、标准资料、部分刀具合理正确使用经验资料和技术要求外，对不少刀具列有详细的设计计算步骤，并附有设计示例和工作图。书末附有刀具夹持部分的结构和尺寸，作为设计时参考。

参加本手册编写的有哈尔滨工业大学、哈尔滨第一工具厂、哈尔滨量具刀具厂、哈尔滨汽轮机厂、哈尔滨风华有限公司、哈尔滨理工大学、哈尔滨先锋机电有限公司、黑龙江科技学院等单位的多名同志。本书由袁哲俊、刘华明担任主编。编写中得到很多工厂、学校和科研院所同志的帮助，并提供资料和意见，在此一并致谢。本次手册编写过程中，哈尔滨量具刀具厂曹聚盛高工不幸因病去世，对此我们深表哀悼。

由于受到本书篇幅限制，还有不少刀具设计内容未能编入。由于我们水平有限，编写仓促，书中缺点错误在所难免，希望广大读者批评指正。

编者

目 录

第2版前言

第1版前言

第1章 刀具几何参数的定义 1

1.1 切削运动和切削用量 1

1.1.1 工件的加工表面 1

1.1.2 切削运动 1

1.1.3 切削用量 1

1.2 刀具切削部分的构造要素 2

1.3 确定刀具角度的参考系 4

1.3.1 刀具静止参考系 4

1.3.2 刀具工作参考系 4

1.4 刀具角度的定义与各角度间的关系 6

1.4.1 刀具角度(刀具的标注角度) 7

1.4.2 刀具在静止参考系内各角度间的 关系 7

1.4.3 刀具的工作角度 7

1.4.4 刀具工作角度与标注角度的关系 10

1.5 刀具几何角度及刃部参数的选择原则 12

第2章 刀具材料 14

2.1 概述 14

2.1.1 刀具材料应具备的性能 14

2.1.2 常用刀具材料的种类 14

2.1.3 不同刀具材料的基本性能分析 15

2.2 刀具材料的改性和涂层 17

2.2.1 刀具的表面化学热处理 17

2.2.2 刀具表面涂层 17

2.3 工具钢 27

2.3.1 非合金工具钢(原碳素工具钢) 27

2.3.2 合金工具钢 27

2.3.3 高速工具钢 29

2.4 硬质合金 37

2.4.1 硬质合金的性能特点 37

2.4.2 硬质合金的种类 40

2.4.3 硬质合金的选用 48

2.5 陶瓷及超硬刀具材料 54

2.5.1 陶瓷刀具材料 54

2.5.2 金刚石和立方氮化硼刀具材料 65

第3章 高速切削刀具材料和工具 系统 74

3.1 高速切削刀具材料 74

3.2 高速切削的工具系统 74

3.2.1 HSK刀柄 74

3.2.2 KM刀柄 75

3.2.3 BT、HSK和KM刀柄的对比 75

第4章 车刀 77

4.1 整体、焊接和机夹车刀 77

4.1.1 车刀的种类和用途 77

4.1.2 车刀的结构设计 78

4.1.3 焊接式硬质合金车刀 85

4.1.4 机夹式硬质合金车刀 105

4.1.5 切断刀 105

4.1.6 几种典型车刀的制图 109

4.2 可转位车刀 109

4.2.1 可转位车刀的设计特点 109

4.2.2 硬质合金可转位刀片与刀垫 110

4.2.3 可转位刀片的选择 138

4.2.4 可转位车刀几何角度的选择与 计算 146

4.2.5 可转位车刀的型号表示规则 148

4.2.6 可转位车刀的型式与尺寸 151

4.2.7 主要夹紧元件的尺寸与计算 159

4.2.8 硬质合金可转位车刀技术条件 162

4.2.9 硬质合金可转位车刀设计示例 164

4.3 重型车刀 166

4.3.1 重型车削的定义与刀具结构 特点 166

4.3.2 刀片的夹紧方式选择与设计 要点 166

4.3.3 重型车刀刀片 168

4.3.4 模块式重型车刀系统 169

4.4 超硬材料车刀 170

4.4.1 结构型式、特点及适用范围 171

4.4.2 复合刀片 174

4.4.3 金刚石车刀与立方氮化硼车刀的 几何角度与切削用量 176

4.4.4 单晶金刚石车刀设计示例 180

4.5 插刀 180

4.5.1 插刀的种类、用途和结构特点 180

4.5.2 插刀的切削角度与插削用量 181

4.6 成形车刀 182

4.6.1 成形车刀的种类和用途 182

4.6.2 成形车刀的前角与后角 182

4.6.3	成形车刀廓形设计和检验样板	184	5.7.4	带可微调机构的镗刀	283
4.6.4	成形车刀的结构尺寸与夹固结构	186	5.7.5	镗刀的刀柄	287
4.6.5	成形车刀的刃磨与技术要求	192	第6章 铣刀		289
4.6.6	成形车刀设计示例	194	6.1	铣刀的种类和用途	289
第5章 孔加工刀具		202	6.1.1	尖齿铣刀	289
5.1	麻花钻	202	6.1.2	铲齿铣刀	289
5.1.1	麻花钻的典型结构	202	6.2	铣削参数和铣刀几何角度的选择	289
5.1.2	标准麻花钻的刃磨方法	207	6.2.1	铣刀几何角度的选择	289
5.1.3	标准麻花钻切削部分的刃磨改进	212	6.2.2	铣刀的减振设计	289
5.1.4	标准麻花钻的沟形及其改进	221	6.2.3	铣削用量要素及切削层参数	293
5.1.5	其他类型的麻花钻	228	6.2.4	顺铣、逆铣及铣削的特点	295
5.2	深孔钻	233	6.3	铣刀的连接结构和常用标准	296
5.2.1	单刃外排屑深孔钻	234	6.4	成形铣刀	297
5.2.2	内排屑深孔钻	236	6.4.1	成形铣刀的种类和用途	297
5.2.3	喷吸钻	237	6.4.2	铲齿成形铣刀	297
5.2.4	深孔环孔钻(套料钻)	242	6.4.3	铲齿成形铣刀结构参数的确定	299
5.3	浅孔钻与中心钻	244	6.4.4	加工直槽的成形铣刀廓形设计	304
5.3.1	浅孔钻	244	6.4.5	加工螺旋槽的成形铣刀廓形设计	305
5.3.2	中心钻	245	6.5	高速工具钢铣刀	308
5.4	扩孔钻	246	6.5.1	高速工具钢尖齿铣刀结构参数的设计	308
5.4.1	扩孔钻的种类	246	6.5.2	圆柱铣刀	309
5.4.2	标准扩孔钻	247	6.5.3	立铣刀	311
5.4.3	焊硬质合金刀片扩孔钻	249	6.5.4	盘铣刀	318
5.5	铰钻	253	6.5.5	锯片铣刀	321
5.5.1	铰钻的种类	253	6.5.6	角度铣刀	322
5.5.2	标准铰钻	253	6.5.7	半圆键槽铣刀	323
5.5.3	镶硬质合金刀片的专用铰钻	254	6.5.8	T形槽铣刀	324
5.5.4	复合专用铰钻	254	6.5.9	凸凹半圆铣刀	327
5.5.5	四方孔及六方孔铰钻	254	6.5.10	圆角铣刀	328
5.6	铰刀	258	6.5.11	模具铣刀	329
5.6.1	铰刀的种类	258	6.6	硬质合金铣刀	332
5.6.2	铰刀设计与选用	258	6.6.1	可转位铣刀刀片	332
5.6.3	加工圆柱孔用的整体手用铰刀	262	6.6.2	硬质合金立铣刀	340
5.6.4	加工圆柱孔用的整体机用铰刀	263	6.6.3	微型硬质合金立铣刀	356
5.6.5	加工圆锥孔用的铰刀	270	6.6.4	硬质合金T形槽铣刀	356
5.6.6	复合铰刀	273	6.6.5	硬质合金锯片铣刀	358
5.6.7	可调铰刀	273	6.6.6	硬质合金槽铣刀	362
5.6.8	电镀金刚石铰刀	278	6.6.7	硬质合金旋转锉	368
5.6.9	使用铰刀时出现的问题原因以及解决措施	280	6.6.8	面铣刀	374
5.7	镗刀	281	6.6.9	插铣刀	388
5.7.1	镗刀分类	281	6.6.10	高速切削时铣刀的动平衡	390
5.7.2	整体结构的镗刀	281	第7章 拉刀		394
5.7.3	组合式镗刀	283	7.1	概述	394
			7.1.1	拉刀的种类	394

7.1.2	拉刀的结构要素	395	7.10	拉刀刀齿的廓形(齿形)修正	516
7.1.3	拉削的特点及拉削方式	395	7.11	拉刀的技术要求	521
7.2	拉刀参数确定	399	7.12	拉刀的合理使用	525
7.2.1	拉削余量及齿升量	399	7.12.1	拉刀使用前的准备工作	525
7.2.2	容屑槽及分屑槽	401	7.12.2	拉刀的正确使用	530
7.2.3	拉刀几何参数	405	7.12.3	拉刀的刃磨	531
7.2.4	拉刀校准齿、过渡齿和精切齿	405	7.12.4	拉削缺陷及消除方法	535
7.2.5	拉刀无刀齿的光滑部分	407	第8章 螺纹刀具		539
7.2.6	拉刀总长度和成套拉刀的设计	414	8.1	螺纹刀具的分类、特点和用途	539
7.2.7	拉削力及其验算	415	8.2	螺纹车刀	539
7.3	圆拉刀和圆推刀	417	8.2.1	机夹刀片螺纹车刀	539
7.3.1	普通圆拉刀	417	8.2.2	螺纹梳刀	542
7.3.2	圆推刀	421	8.2.3	圆体螺纹车刀	543
7.3.3	挤光圆拉刀和圆推刀	423	8.2.4	特型螺纹车刀举例	544
7.3.4	螺旋齿圆拉刀	424	8.3	丝锥	545
7.3.5	深孔圆拉刀	426	8.3.1	丝锥结构设计中的共性问题	545
7.4	键槽拉刀	429	8.3.2	丝锥的螺纹公差	550
7.4.1	键槽的种类与加工	429	8.3.3	机用和手用丝锥	550
7.4.2	键槽拉刀的结构型式和特点	429	8.3.4	长柄机用丝锥和长柄螺母丝锥	557
7.4.3	键槽拉刀的设计	438	8.3.5	短柄和弯柄螺母丝锥	561
7.5	矩形花键拉刀	446	8.3.6	螺旋槽丝锥	567
7.5.1	普通矩形花键拉刀	446	8.3.7	螺尖丝锥	570
7.5.2	螺旋花键拉刀	455	8.3.8	内容屑丝锥	577
7.5.3	矩形花键推刀	457	8.3.9	挤压丝锥	581
7.6	渐开线花键拉刀	458	8.3.10	梯形螺纹丝锥	583
7.6.1	渐开线花键拉刀设计要点	458	8.3.11	拉削丝锥	587
7.6.2	渐开线花键拉刀齿形的量棒 测量法	462	8.3.12	55°圆柱管螺纹丝锥	591
7.6.3	梯形齿粗拉刀的设计	464	8.3.13	55°和60°圆锥管螺纹丝锥	595
7.6.4	直线齿形(45°压力角)渐开线 花键拉刀设计	465	8.3.14	统一螺纹丝锥和螺母丝锥	598
7.6.5	渐开线花键拉刀设计示例	467	8.3.15	丝锥切削图形的改进及丝锥的 正确使用	604
7.7	成形孔拉刀	484	8.4	板牙	609
7.7.1	四方孔拉刀和六方孔拉刀	484	8.4.1	圆板牙	609
7.7.2	矩形孔拉刀	492	8.4.2	G系列圆柱管螺纹圆板牙	621
7.7.3	复合孔拉刀	493	8.4.3	R系列和60°圆锥管螺纹圆板牙	623
7.8	装配式内拉刀	495	8.4.4	圆板牙架型式和互换尺寸	625
7.8.1	装配式矩形花键拉刀	495	8.4.5	六方板牙	625
7.8.2	几种装配式拉刀实例	497	8.5	螺纹铣刀	627
7.9	外拉刀	503	8.5.1	圆盘形螺纹铣刀	627
7.9.1	概述	503	8.5.2	梳形螺纹铣刀	628
7.9.2	刀齿设计	503	8.6	滚丝轮和搓丝板	636
7.9.3	刀块的截面尺寸及长度	506	8.6.1	滚丝轮	636
7.9.4	刀块的固定方法、支承及调整	507	8.6.2	搓丝板	639
7.9.5	组合式外拉刀的典型刀块	509	8.7	螺纹切头	642
7.9.6	几种外拉刀的拉削工作量分配	514	8.7.1	圆梳刀螺纹切头的典型结构及 设计	642

8.7.2 径向平梳刀螺纹切头的结构及设计	653	9.6.2 工作部分	727
8.7.3 切向平梳刀螺纹切头	659	第10章 成形齿轮刀具	731
第9章 数控机床用工具系统	663	10.1 成形齿轮刀具的种类和应用	731
9.1 概述	663	10.1.1 基本工作原理	731
9.1.1 工具系统的组成及分类	663	10.1.2 成形齿轮刀具的主要种类	731
9.1.2 工具系统的设计要求	663	10.2 盘形齿轮铣刀	732
9.2 机床与工具系统的接口及其标准	663	10.2.1 盘形齿轮铣刀的主要类型	732
9.2.1 7:24 及其他锥度接口	663	10.2.2 标准齿轮铣刀的齿形确定和铣刀刀号	734
9.2.2 Capto 刀柄	666	10.2.3 加工斜齿轮时盘形铣刀(磨轮)齿形的确定	739
9.2.3 带有法兰接触面的空心圆锥接口	670	10.2.4 标准盘形齿轮铣刀的结构尺寸和技术条件	741
9.2.4 其他锥度接口	679	10.2.5 镶齿盘形齿轮铣刀	744
9.2.5 车削类数控机床与工具系统的接口及其标准	680	10.2.6 硬质合金盘形齿轮铣刀	745
9.3 模块式工具系统接口及公称尺寸系列	696	10.3 指形齿轮铣刀	747
9.3.1 概述	696	10.3.1 指形齿轮铣刀的主要类型	747
9.3.2 模块式工具系统接口型号和结构简介	697	10.3.2 指形齿轮铣刀齿形的确定	748
9.3.3 TMG21 和 TMG10 模块式接口的特点	698	10.3.3 指形齿轮铣刀的刀齿结构	750
9.3.4 镗铣类模块式工具系统	700	10.3.4 指形齿轮铣刀的夹固部分和其他尺寸	752
9.3.5 模块式工具系统实用举例	702	10.3.5 粗加工用指形齿轮铣刀	755
9.4 TSG 工具系统	703	10.3.6 精加工螺旋齿指形铣刀	756
9.4.1 TSG 工具系统中各种工具的型号和系统图	703	10.3.7 指形齿轮铣刀的技术要求	757
9.4.2 接长杆刀柄及其接长杆	704	第11章 齿轮滚刀	759
9.4.3 弹簧夹头刀柄及其接杆	708	11.1 整体齿轮滚刀	759
9.4.4 锥柄快换夹头刀柄及其接杆	710	11.1.1 齿形设计	759
9.4.5 钻夹头刀柄	713	11.1.2 滚刀的结构参数	761
9.4.6 无扁尾和有扁尾莫氏锥孔刀柄及其接杆	715	11.1.3 标准齿轮滚刀的公称尺寸	763
9.4.7 攻螺纹夹头刀柄	717	11.1.4 齿轮滚刀的技术要求	763
9.4.8 铣刀类刀柄	718	11.1.5 齿轮滚刀的设计步骤及计算示例	767
9.4.9 刀具锥柄转换过渡套	721	11.2 其他结构齿轮滚刀	770
9.4.10 套式扩孔钻和铰刀刀柄	722	11.2.1 大模数镶齿齿轮滚刀	770
9.4.11 减振刀杆	723	11.2.2 圆磨法齿轮滚刀	770
9.5 工具系统的动平衡	723	11.2.3 小模数齿轮滚刀	771
9.5.1 刀具的动平衡	723	11.2.4 渐开线花键滚刀	773
9.5.2 工具系统的不平衡量和离心力	724	11.3 剃前滚刀和磨前滚刀	774
9.5.3 工具系统的动平衡方法	725	11.3.1 剃前齿轮滚刀	774
9.5.4 工具系统的合理平衡质量等级	726	11.3.2 磨前齿轮滚刀	778
9.6 整体工具系统的制造与验收技术条件	727	11.4 硬质合金滚刀	781
9.6.1 工具系统的柄部和接柄	727	11.4.1 硬质合金滚刀的结构	782
		11.4.2 硬质合金滚刀的齿形和切削角度	782
		11.4.3 硬质合金滚刀的公称尺寸和计算尺寸	782

11.5 滚齿切削过程分析和几种特殊齿轮滚刀	784	飞刀	834
11.5.1 滚齿切削过程分析和滚刀技术发展	784	12.6.4 环面蜗轮剃齿刀	838
11.5.2 长度加大、正前角、齿高修正、小压力角齿轮滚刀	785	第13章 插齿刀和梳齿刀	839
11.6 滚刀的重磨与检验	788	13.1 插齿刀的工作原理和种类用途	839
11.6.1 滚刀重磨时的技术要求	788	13.1.1 插齿刀的工作原理	839
11.6.2 滚刀重磨后的检验	789	13.1.2 插齿刀的种类和应用	839
第12章 加工蜗轮蜗杆的刀具	792	13.1.3 插齿工艺和插齿刀的技术进展	841
12.1 普通蜗轮滚刀	792	13.2 外啮合直齿插齿刀	843
12.1.1 ZA、ZN、ZI、ZK型圆柱蜗杆的几何特性	792	13.2.1 插齿刀的后角、前角和齿形修正	843
12.1.2 蜗轮滚刀的工作原理和加工方法	792	13.2.2 插齿刀变位系数的确定	845
12.1.3 蜗轮滚刀的结构设计	794	13.2.3 插齿刀齿顶圆角半径的确定	850
12.1.4 ZA、ZN、ZI、ZK型蜗轮滚刀的齿形设计	798	13.2.4 直齿外插齿刀结构和主要参数的确定	852
12.1.5 蜗轮滚刀的技术条件	802	13.2.5 标准直齿外插齿刀的精度等级、结构尺寸、齿形尺寸和通用技术条件	860
12.1.6 普通蜗轮滚刀的设计步骤及示例	807	13.3 内啮合直齿插齿刀	874
12.1.7 点接触非对偶型蜗轮滚刀设计方法的发展	809	13.3.1 内啮合插齿刀的特点	874
12.2 普通蜗轮剃齿刀	810	13.3.2 内啮合插齿刀最大变位系数 $(x_0)_{\max}$ 的确定	875
12.3 普通蜗轮飞刀	811	13.3.3 内啮合插齿刀最小变位系数 $(x_0)_{\min}$ 的确定	878
12.3.1 蜗轮飞刀的工作原理与应用范围	811	13.3.4 少齿数插齿刀本身根切的避免	879
12.3.2 蜗轮飞刀的齿形计算	811	13.3.5 内啮合直齿插齿刀结构参数的确定和设计步骤	880
12.3.3 蜗轮飞刀及刀杆的结构	812	13.4 几种专门用途的直齿插齿刀	889
12.4 加工圆弧齿圆柱蜗轮副的刀具	813	13.4.1 渐开线花键孔插齿刀	889
12.4.1 ZC3型轴向圆弧齿圆柱蜗轮滚刀	814	13.4.2 谐波齿轮插齿刀	894
12.4.2 ZC1型圆弧齿圆柱蜗轮滚刀与飞刀	816	13.4.3 修缘插齿刀	896
12.4.3 ZC2型圆弧齿圆柱蜗轮滚刀与飞刀	820	13.4.4 剃前插齿刀	898
12.5 加工多头圆柱蜗轮的单头蜗轮滚刀和双导程蜗轮滚刀	823	13.5 斜齿插齿刀	904
12.5.1 加工多头圆柱蜗轮的单头蜗轮滚刀	823	13.5.1 斜齿插齿刀概述	904
12.5.2 双导程蜗轮滚刀	825	13.5.2 人字齿轮插齿刀	904
12.6 加工环面蜗轮副的刀具	828	13.5.3 斜齿轮插齿刀	906
12.6.1 直廓环面蜗轮蜗杆传动简介	828	13.5.4 加工斜齿插齿刀的专用滚刀齿形计算	910
12.6.2 加工直廓环面蜗杆的切刀盘与切刀	831	13.6 插齿刀制造和使用中的若干问题	911
12.6.3 加工直廓环面蜗轮的滚刀与		13.6.1 插齿刀侧刃齿形表面的磨制	911
		13.6.2 插齿刀公称直径的选择	912
		13.6.3 插齿切削用量的优选	913
		13.6.4 插齿刀的刃磨	913
		13.7 梳齿刀	914
		13.7.1 梳齿刀概述	914
		13.7.2 直齿梳齿刀	914
		13.7.3 斜齿梳齿刀	916

13.7.4 梳齿刀的技术要求	918	15.2 成对展成锥齿轮刨刀	984
13.7.5 加工非标准齿轮	920	15.2.1 成对展成锥齿轮刨刀的工作原理	984
第14章 剃齿刀	922	15.2.2 锥齿轮刨刀结构尺寸的确定	986
14.1 普通剃齿刀	922	15.2.3 标准锥齿轮精刨刀的结构尺寸	987
14.1.1 剃齿方法概述	922	15.2.4 直齿锥齿轮精刨刀的技术条件	988
14.1.2 剃齿技术的发展	922	15.2.5 直齿锥齿轮粗刨刀	990
14.1.3 剃齿时的螺旋齿轮啮合原理	923	15.3 成对展成锥齿轮铣刀	991
14.1.4 剃齿时的进给方式和轴交角	927	15.3.1 成对展成锥齿轮铣刀的工作原理	991
14.1.5 剃齿刀重要结构参数的分析和确定	931	15.3.2 铣刀盘直径和内凹角的确定	991
14.1.6 专用剃齿刀设计	936	15.3.3 铣刀盘和刀齿的结构	992
14.1.7 已有的通用剃齿刀的适用性检验	937	15.3.4 铣刀盘刀齿的主要技术要求	994
14.1.8 盘形剃齿刀的结构尺寸、精度和技术要求	937	15.4 成形定装锥齿轮滚刀	995
14.2 径向剃齿刀	961	15.4.1 成形定装锥齿轮滚刀的工作原理	995
14.2.1 径向剃齿刀的特点	961	15.4.2 成形定装锥齿轮滚刀的齿形计算	995
14.2.2 径向剃齿刀齿面分析	962	15.4.3 成形定装锥齿轮滚刀的其他结构尺寸	998
14.2.3 径向剃齿刀齿面坐标求解的计算框图与程序	963	15.5 成形锥齿轮铣刀	999
14.2.4 径向剃齿刀齿面坐标计算示例	964	15.5.1 盘形锥齿轮铣刀	999
14.2.5 径向剃齿刀齿面的修形量	966	15.5.2 指形锥齿轮铣刀	1001
14.2.6 径向剃齿刀容屑槽的排列及错距计算	968	15.6 用标准刀具加工非标准锥齿轮	1002
14.2.7 径向剃齿刀的齿面磨削	970	15.6.1 用标准锥齿轮刨刀加工非标准锥齿轮	1002
14.2.8 盘形径向剃齿刀的结构尺寸和技术要求	971	15.6.2 用标准成对齿轮铣刀加工非标准锥齿轮	1003
14.3 内齿轮剃齿刀	972	15.6.3 用标准锥齿轮刨刀加工鼓形齿锥齿轮	1003
14.3.1 内齿轮剃齿刀的啮合特点	972	第16章 曲线齿锥齿轮加工刀具	1005
14.3.2 内齿轮剃齿刀齿面的形成	972	16.1 弧齿锥齿轮铣刀	1005
14.3.3 内齿轮剃齿刀齿形计算示例	973	16.1.1 弧齿锥齿轮加工方法概述	1005
14.4 其他剃齿法和所用剃齿刀	975	16.1.2 弧齿锥齿轮铣刀盘	1006
14.4.1 对角剃齿法——斜向进给	975	16.1.3 小直径整体弧齿锥齿轮铣刀盘	1017
14.4.2 切向剃齿法——切向进给	976	16.1.4 圆盘拉刀	1018
14.4.3 鼓形齿剃齿法和所用剃齿刀	976	16.1.5 铣刀盘的刀齿	1018
14.5 剃齿精度和剃齿刀齿形修正	978	16.1.6 弧齿锥齿轮铣刀盘技术条件	1020
14.5.1 剃齿精度	978	16.1.7 几种改进的弧齿锥齿轮铣刀盘	1022
14.5.2 剃齿刀齿形的修正	978	16.2 长幅外摆线齿锥齿轮铣刀盘	1024
第15章 直齿锥齿轮刀具	981	16.2.1 长幅外摆线齿锥齿轮加工原理	1024
15.1 直齿锥齿轮刀具概述	981	16.2.2 长幅外摆线齿锥齿轮的分类	1025
15.1.1 直齿锥齿轮简介	981	16.2.3 长幅外摆线齿锥齿轮铣刀盘	1026
15.1.2 直齿锥齿轮的仿形加工法和刀具	981		
15.1.3 按无瞬心包络法加工的圆拉铣削法	983		
15.1.4 展成法加工直齿锥齿轮	984		

16.2.4	几种改进的长幅外摆线齿锥齿轮 铣刀盘	1036	17.7	钟表齿轮滚刀	1078
第17章 加工非渐开线齿形工件的 刀具		1040	17.7.1	钟表齿轮的齿形特点及计算	1078
17.1	用展成法加工非渐开线齿形的滚刀 齿形求法	1040	17.7.2	钟表齿轮滚刀的齿形计算	1078
17.2	矩形花键滚刀设计	1042	17.7.3	钟表齿轮滚刀的结构尺寸	1081
17.2.1	矩形花键轴齿形的主要参数	1042	17.7.4	钟表齿轮滚刀的设计步骤及计算 示例	1081
17.2.2	矩形花键滚刀设计	1044	17.8	定装滚刀	1084
17.2.3	矩形花键滚刀的主要技术 要求	1047	17.8.1	按成形展成组合原理工作的滚刀 (长齿花键滚刀)	1084
17.2.4	矩形花键滚刀的设计步骤及 计算示例	1052	17.8.2	按成形滚切法工作的成形 滚刀	1087
17.3	三角花键滚刀	1057	17.9	非渐开线插齿刀	1092
17.4	滚子链和套筒滚子链链轮滚刀	1058	17.9.1	花键轴插齿刀	1092
17.4.1	链轮端面齿形	1058	17.9.2	花键孔插齿刀	1095
17.4.2	链轮滚刀设计	1059	17.9.3	矩形花键插齿刀侧齿面逼近 加工	1097
17.4.3	链轮滚刀的技术要求	1060	17.9.4	矩形花键插齿刀设计示例	1098
17.4.4	链轮滚刀的设计步骤及计算 示例	1062	17.10	展成车刀	1103
17.5	摆线针轮滚刀	1065	17.10.1	展成车刀齿形的求解	1104
17.5.1	摆线针轮齿形的形成原理	1065	17.10.2	工件节线位置的选择	1104
17.5.2	摆线齿轮滚刀的法向齿形 计算	1067	17.10.3	展成车刀节圆半径的选取	1105
17.5.3	摆线齿轮滚刀的公称尺寸及 主要技术要求	1068	17.10.4	展成车刀的切削角度和结构 型式	1106
17.5.4	摆线齿轮滚刀的设计步骤及计算 示例	1068	17.10.5	展成车刀加工实例——齿条 加工	1106
17.6	圆弧齿轮滚刀	1071	17.10.6	按空间啮合原理工作的展成 车刀——车齿刀	1107
17.6.1	单圆弧齿轮滚刀	1071	附录	附录	1108
17.6.2	双圆弧齿轮滚刀	1076	附录A	刀具常用数表	1108
			附录B	刀具国家、行业标准	1129
			参考文献	参考文献	1137

第1章 刀具几何参数的定义

各种刀具几何参数的名词与术语必须有统一的定义。为此，国际标准化组织制定了有关的标准，即 ISO 3002 《切削和磨削的基本参量》。它规定了刀具几何参数的通用术语、基准坐标系、刀具角度、切削中的运动参数、力、能、功率等的定义。我国也制定了国家标准 GB/T 12204—2010 《金属切削基本术语》，它修改采用了 ISO 3002 的主要部分。本章按照 GB/T 12204—2010 和 ISO 3002 介绍刀具基本几何参数的定义、所定义的刀具各角度之间的关系和换算公式。

1.1 切削运动和切削用量

1.1.1 工件的加工表面

在切削过程中，工件上的加工余量不断地被刀具切除，从而在工件上形成三个不断变化着的表面。这三个表面的定义见表 1-1 和图 1-1 所示。

表 1-1 工件的加工表面 (GB/T 12204—2010)

术语	定义
待加工表面	工件上有待切除的表面
已加工表面	工件上经刀具切削后产生的表面
过渡表面	工件上由切削刃正在形成的那部分表面，它在下一切削行程，刀具或工件的下一转里被切除，或者由下一切削刃切除

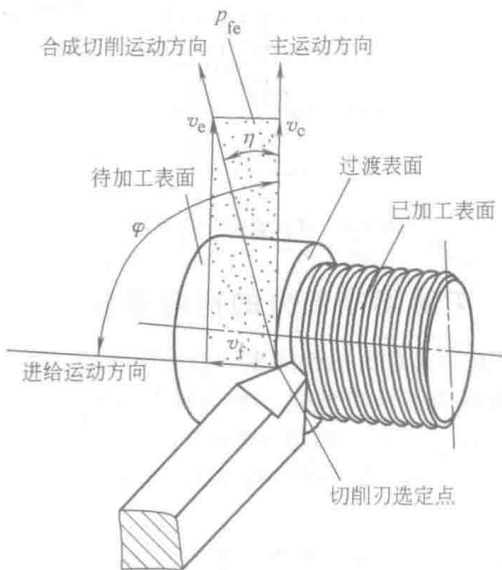


图 1-1 工件的加工表面和外圆车刀的切削运动

p_{fe} —工作平面

1.1.2 切削运动

切削运动是指切削过程中刀具相对于工件的运动。其速度和方向都是相对于工件定义的。

外圆车刀的切削运动、圆柱形铣刀的切削运动和麻花钻的切削运动如图 1-1、图 1-2、图 1-3 所示。其定义见表 1-2。表 1-2 的定义不仅适用于以上三种刀具，而且适用于所有刀具。

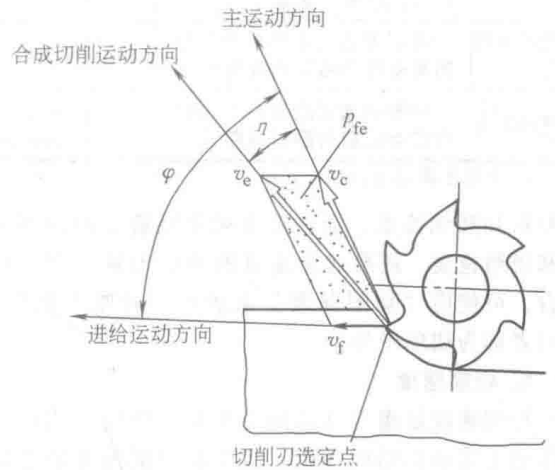


图 1-2 圆柱形铣刀的切削运动

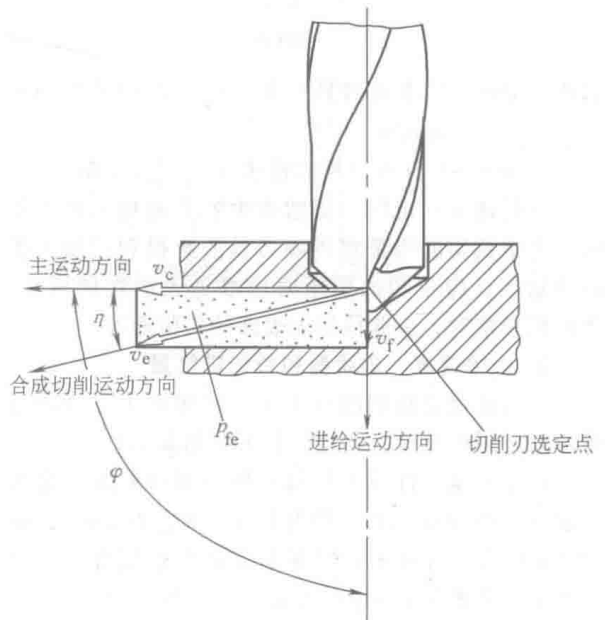


图 1-3 麻花钻的切削运动

1.1.3 切削用量

在切削加工中，需要根据不同的工件材料、刀

表 1-2 切削运动 (GB/T 12204—2010)

术语	定义	符号	计量单位	术语	定义	符号	计量单位
主运动	由机床或人力提供的主要运动,它促使刀具和工件之间产生相对运动,从而使刀具前面接近工件	—	—	合成切削运动	由主运动和进给运动合成的运动	—	—
主运动方向	切削刃选定点相对于工件的瞬时主运动方向	—	—	合成切削运动方向	切削刃选定点相对于工件的瞬时合成切削运动的方向	—	—
切削速度	切削刃选定点相对于工件的主运动的瞬时速度	v_c ①	m/s 或 m/min	合成切削速度	切削刃选定点相对于工件的合成切削运动的瞬时速度	v_c	m/s(或 m/min)
进给运动	由机床或人力提供的运动,它使刀具与工件之间产生附加的相对运动,加上主运动,即可不断地或连续地切削,并得出具有所需几何特性的已加工表面	—	—	进给运动角	同一瞬间进给运动方向和主运动方向之间的夹角,在工作平面中测量	φ	(°)
进给运动方向	切削刃选定点相对于工件的瞬时进给运动的方向	—	—	合成切削速度角	同一瞬间主运动方向与合成切削运动方向之间的夹角,在工作平面 p_{rc} 中测量	η	(°)
进给速度	切削刃选定点相对于工件的进给运动的瞬时速度	v_f	mm/s 或 mm/min				

① 切削速度也允许用 v 表示。

具材料和其他技术、经济要求来选定适宜的切削速度和进给速度,还要选定适宜的背吃刀量(在一些场合,可使用“切削深度”来表示“背吃刀量”)。这三者称为切削用量。

1. 切削速度

切削速度是指刀具切削刃上某一选定点相对于工件的主运动的瞬时速度。大多数切削加工的主运动采用回转运动。回转体(刀具或工件)上外圆或内孔某一选定点的切削速度 v_c 的计算公式为

$$v_c = \frac{\pi dn}{1000}$$

式中 d ——工件或刀具上某一选定点的回转直径(mm);

n ——工件或刀具的转速(r/s 或 r/min)。

在转速 n 一定时,切削刃上各点的切削速度不同。考虑到切削用量将影响刀具的磨损和已加工表面质量等,确定切削用量时应取最大的切削速度,如外圆车削时,应取待加工表面的切削速度。

2. 进给速度、进给量和每齿进给量

进给速度是指切削刃上某一点相对于工件的进给运动的瞬时速度,其符号和单位见表 1-2。

进给量是工件或刀具每回转一周时两者沿进给运动方向的相对位移。符号用 f , 单位为 mm/r, 如图 1-4 所示。而对于刨削等主运动为往复直线运动的加工,进给量 f 的单位为 mm/双行程。

对于铣刀、铰刀、拉刀等多齿刀具,还应规定每齿进给量,即刀具每转或每行程中,每齿相对于工件在进给运动方向上的位移量。符号为 f_z , 单位为 mm/z。

v_f 、 f 与 f_z 之间存在如下关系:

$$v_f = fn = f_z z n$$

式中 z ——刀具齿数。

3. 背吃刀量

背吃刀量为工件已加工表面和待加工表面间的垂直距离,单位为 mm,如图 1-4 中的 a_p 。它表示切削刃切入工件的深度。

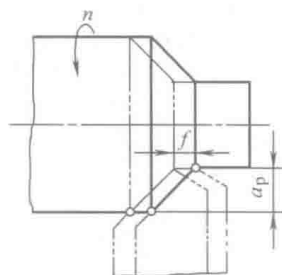


图 1-4 进给量和背吃刀量

1.2 刀具切削部分的构造要素

切削刀具是由一个或多个刀齿构成的。每个刀齿的切削刃都是由前面(也可称前刀面)与后面(也可称后刀面)形成的刀楔形成的。最简单的刀具是单齿的,如车刀。而多齿刀具皆可视作单齿刀具的演变。

车刀切削部分的构造要素如图 1-5 与图 1-6 所示,套式立铣刀切削部分的构造要素如图 1-7 所示,麻花钻切削部分的构造要素如图 1-8 所示。各个术语的定义见表 1-3。

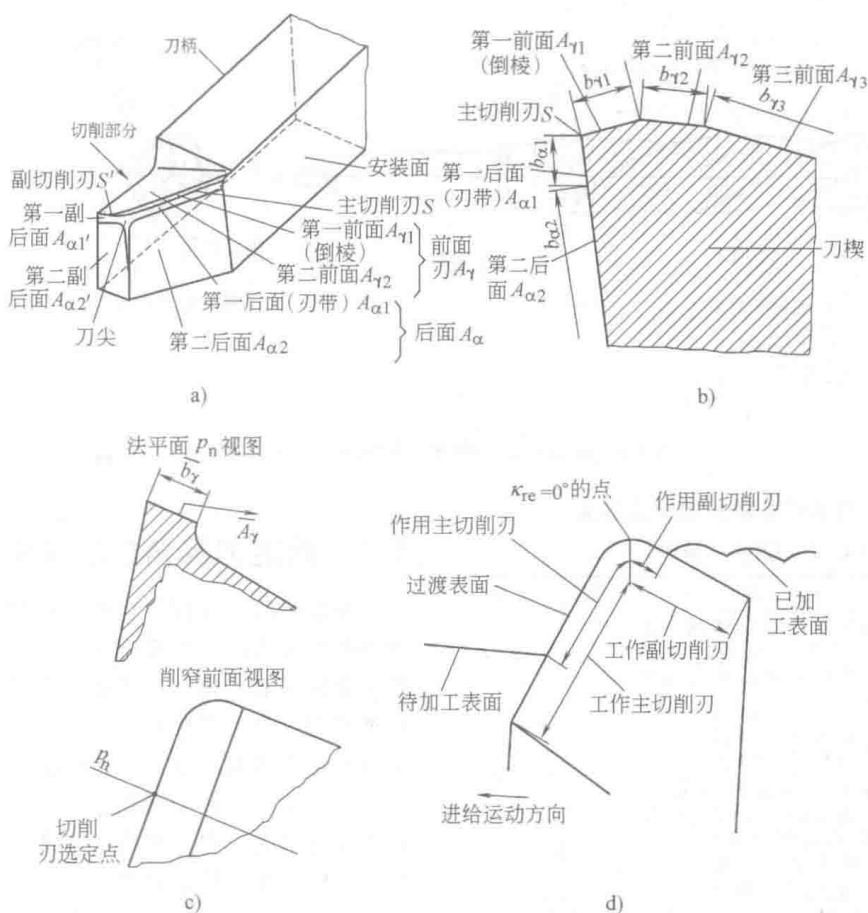


图 1-5 车刀切削部分的构造要素

- a) 车刀切削部分上的切削刃和表面
- b) 有倒棱或刃带的刀楔
- c) 削窄前面视图
- d) 与刀具和工件有关的几个术语的图示

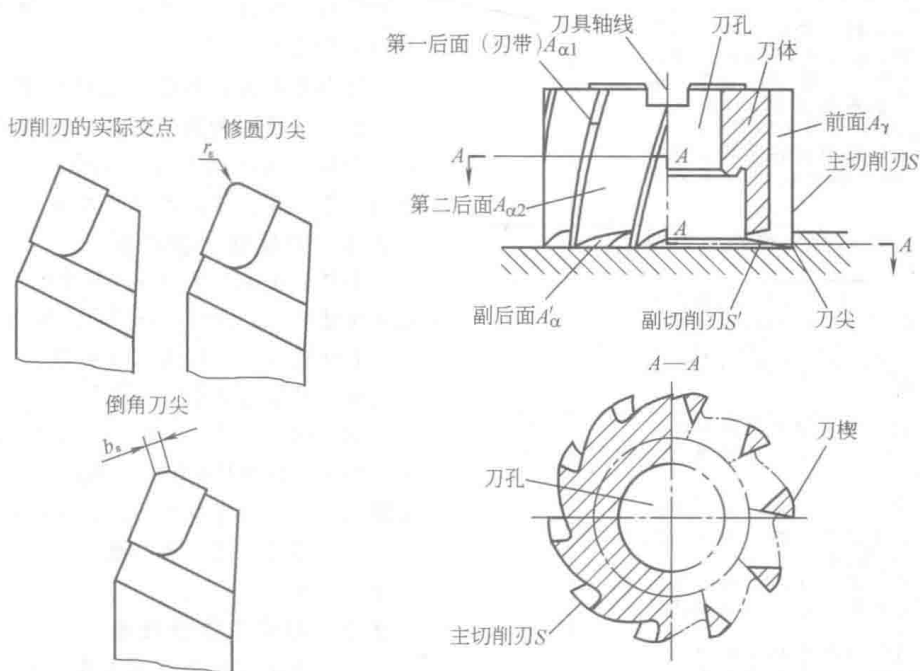


图 1-6 刀尖在基面上的视图

图 1-7 套式立铣刀切削部分上的切削刃和刀具表面

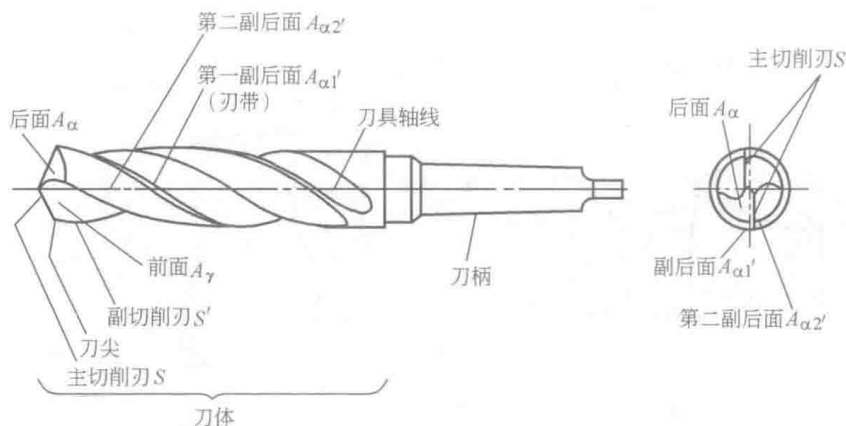


图 1-8 麻花钻切削部分上的切削刃和刀具表面

表 1-3 刀具切削部分的构造要素
(GB/T 12204—2010)

术语	定义	符号	计量单位
切削部分	刀具各部分中起切削作用的部分,由切削刃、前面和后面等产生切屑的各要素所组成(见图 1-5a)	—	—
刀楔	切削部分夹于前面和后面之间的部分(见图 1-5b)	—	—
前面	<p>刀具上切屑流过的表面。如果前面是由几个相交面组成的,则从切削刃开始,依次把它们称为第一前面 $A_{\gamma 1}$、第二前面 $A_{\gamma 2}$、第三前面 $A_{\gamma 3}$ 等(见图 1-5b)</p> <p>图 1-5c 所示的 \bar{b}_{γ} 部分是一个特制的削窄前面,用台阶使它与前面的其余部分分开,而切屑只同它相接触,所以只有这部分是前面</p> <p>第一前面的宽度 $b_{\gamma 1}$ 称为倒棱宽(见图 1-5b)</p>	A_{γ}	—
后面	<p>与工件上切削中产生的表面相对的表面。同样也可以分为第一后面、第二后面。第一后面称为刃带,其宽度用 $b_{\alpha 1}$ 表示(见图 1-5a 和 b)</p> <p>主切削刃的后面称为主后面,副切削刃的后面称为副后面</p>	A_{α}	—
切削刃	刀具前面上拟作切削用的刃	—	—
主切削刃	起始于切削刃上主偏角为 0° 的点,并至少有一段切削刃拟用来在工件上切出过渡表面的那个整段切削刃(见图 1-5a、图 1-7 和图 1-8)	S	—
副切削刃	切削刃上除主切削刃以外的刃,亦起始于主偏角为 0 的点	S'	—
刀尖	<p>指主切削刃与副切削刃的连接处相当少的一部分切削刃(见图 1-6)</p> <p>具有曲线状切削刃的刀尖称为修圆刀尖, r_{E} 为刀尖圆弧半径</p> <p>具有直线切削刃的刀尖称为倒角刀尖,其长度称为倒角刀尖长度 b_{E}</p>	r_{E} b_{E}	—

1.3 确定刀具角度的参考系

确定前面、后面和切削刃的空间位置,可以用刀具角度来表示。而要定义这些角度,需要一系列基准坐标平面,称为参考系。刀具角度就是刀面和切削刃相对参考系的角度。为了反映刀具角度在切削过程中的作用,参考系需依据切削运动建立。

刀具角度可分为两类:一类是刀具标注角度或称为静态角度,它是制造、刃磨和测量刀具所需要的,并标注在刀具设计图上。它不随刀具工作条件而变化。另一类是刀具的工作角度,它与刀具工作条件、安装情况和切削运动有关。刀具工作条件变化,角度也随之变化,它能反映刀具实际工作情况下的角度。由于有两类角度,因此定义刀具角度的参考系也分为两类,一类称静止参考系,用来定义刀具的标注角度;一类称工作参考系,用来定义刀具的工作角度。

参考系和刀具角度都是对切削刃上某一选定点而言的。这是因为同一切削刃上各个不同点的空间位置和切削运动状态往往不相同,因此各点应建立各自的参考系,表示各自的角度。

1.3.1 刀具静止参考系

刀具静止参考系中各基准坐标平面是根据下列假定条件建立的,即对车刀而言,切削刃上选定点的主运动方向垂直于刀具底面(或轴线),称为假定主运动方向;进给运动方向垂直于刀体轴线,称为假定进给运动方向。同时,车削时切削刃上选定点在工件的中心高上,使刀具定位平面或轴线(如车刀底面、钻头轴线等)与参考系的坐标平面垂直或平行。

刀具静止参考系各基准坐标平面的定义见表 1-4 和图 1-9 所示。

1.3.2 刀具工作参考系

刀具静止参考系在定义基面和切削平面(这是决定前角和后角的最主要的基准平面)时,都只考虑