

JINSHU QIEXIAO DAOJU SHEJI SHOUC

金属切削刀具设计手册

单行本

孔加工刀具、铣刀、 数控机床用工具系统

袁哲俊 刘华明 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

金属切削刀具设计手册

单行本

孔加工刀具、铣刀、数控机床用工具系统

	袁哲俊	刘华明	主编	
刘华明	曹聚盛	顾祖慰	马彪	编著
汪津泽	孙柏春	袁哲俊		



机械工业出版社

本手册系统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。手册共分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。手册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的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。手册末附有刀具夹持部分的结构和尺寸,作为设计时参考。

本手册可供刀具设计人员作为案头书,并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。

本单行本包括孔加工刀具、铣刀和数控机床用工具系统的结构特点、设计方法及刀具常用数表等。

图书在版编目(CIP)数据

孔加工刀具、铣刀、数控机床用工具系统/袁哲俊,刘华明主编. —北京:机械工业出版社,2009.6

(金属切削刀具设计手册:单行本)

ISBN 978-7-111-27330-1

I. 孔… II. ①袁…②刘… III. ①孔加工刀具—技术手册②铣刀—技术手册③数控刀具—技术手册 IV. TG713-62 TG714-62 TG729-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第089487号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:周国萍 版式设计:霍永明 责任校对:刘志文

封面设计:姚毅 责任印制:李妍

北京振兴源印务有限公司印刷

2009年8月第1版第1次印刷

210mm×285mm·17.25印张·711千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-27330-1

定价:37.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010)88379733

封面无防伪标均为盗版

金属切削刀具设计手册编委会

主 编	袁哲俊	哈尔滨工业大学教授
	刘华明	哈尔滨工业大学教授
编 委	顾祖慰	哈尔滨汽轮机厂副总工艺师、高级工程师
	赵 鸿	航天科工哈尔滨风华有限公司总经理、研究员
	曹聚盛	哈尔滨量具刀具厂仪器分厂厂长、高级工程师
	姚英学	哈尔滨工业大学教授
	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
	王 扬	哈尔滨工业大学教授
	周 明	哈尔滨工业大学教授
	刘献礼	哈尔滨理工大学教授
	孙柏春	哈尔滨先锋机电技术开发有限公司高级工程师

金属切削刀具设计手册编者

第 1 章	刀具几何参数的定义	刘华明
第 2 章	刀具材料	杨立军、王扬、王娜君
第 3 章	车刀和刨刀	赵鸿、周明、刘献礼
第 4 章	孔加工刀具	刘华明、曹聚盛
第 5 章	铣刀	顾祖慰、马彪、汪津泽
第 6 章	拉刀	薄化川
第 7 章	螺纹刀具	刘献礼
第 8 章	数控机床用工具系统	孙柏春
第 9 章	成形齿轮刀具	袁哲俊、张文生
第 10 章	齿轮滚刀	莽纪成、张新国
第 11 章	加工蜗轮、蜗杆的刀具	刘华明、黄劭楠
第 12 章	插齿刀和梳齿刀	袁哲俊、姚英学
第 13 章	剃齿刀	袁哲俊、谢大纲
第 14 章	直齿锥齿轮刀具	袁哲俊、赵航
第 15 章	曲线齿锥齿轮加工刀具	于继龙、王家喜
第 16 章	加工非渐开线齿形工件的刀具	董英武、刘华明、王东鹏
附录	刀具常用数表	袁哲俊

《金属切削刀具设计手册》单行本 出版说明

《金属切削刀具设计手册》注重实用性、先进性、系统性，汇集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，具有“内容先进翔实、设计示例步骤详尽、作者学识丰富专深、标准符合国家最新”的突出特色，是从事刀具设计和使用的工程技术人员必备的案头工具书。

《金属切削刀具设计手册》自2008年出版以来，受到了包括企业、研究院所以及高校等的专业读者的广泛欢迎。从读者的反馈来看，手册能围绕金属切削工具的结构及其设计，为读者提供可靠的数据，详细的设计计算步骤、设计示例和工作图，帮助读者解决工作中遇到的刀具设计和使用问题。

在手册的使用过程中，一些读者提出了手册较厚，使用不方便的问题。为此，我们针对手册的形式进行了调研，结果表明，单行本的模式得到了许多读者、作者的肯定和期待。为了满足设计和使用人员对某类刀具设计和使用的需要，更加方便设计和使用人员查用，我们决定编辑出版《金属切削刀具设计手册》有关章的单行本。

从刀具的种类出发，考虑到一些刀具设计和使用人员从事相对具体、独立的刀具设计和使用工作，《金属切削刀具设计手册》单行本包括《车刀和刨刀》（含刀具几何参数的定义）、《孔加工刀具、铣刀、数控机床用工具系统》（含刀具常用数表）、《拉刀》、《螺纹刀具》、《加工锥齿轮的刀具》、《加工圆柱齿轮和蜗杆副的刀具》，读者可根据需要灵活选购。

机械工业出版社

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、哈尔滨量具刃具厂、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，哈尔滨量具刃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 著

目 录

《金属切削刀具设计手册》单行本出版说明

前言

第4章 孔加工刀具	1
4.1 麻花钻	1
4.1.1 麻花钻的典型结构	1
4.1.2 标准麻花钻的刃磨方法	5
4.1.3 通用标准麻花钻切削部分的改进	8
4.1.4 标准麻花钻的沟形及其改进措施	17
4.1.5 其他类型的麻花钻	26
4.2 深孔钻	28
4.2.1 单刃外排屑深孔钻	28
4.2.2 内排屑深孔钻	29
4.2.3 喷吸钻	31
4.2.4 DF系统	35
4.2.5 深孔环孔钻(套料钻)	35
4.3 浅孔钻与中心钻	37
4.3.1 浅孔钻	37
4.3.2 中心钻	37
4.4 扩孔钻	38
4.4.1 扩孔钻的种类	38
4.4.2 标准扩孔钻	39
4.4.3 整体结构焊硬质合金刀片扩孔钻	41
4.5 铰钻	44
4.5.1 标准铰钻	44
4.5.2 镶硬质合金刀片的专用铰钻	45
4.5.3 复合专用铰钻	45
4.5.4 四方孔及六方孔铰钻	45
4.6 铰刀	48
4.6.1 铰刀的种类	48
4.6.2 铰刀设计中的共性问题	48
4.6.3 加工圆柱孔用的整体手用铰刀	51
4.6.4 加工圆柱孔用整体机用铰刀	52
4.6.5 加工圆锥孔用的铰刀	58
4.6.6 复合加工用的铰刀	64
4.6.7 可调铰刀	64
4.6.8 电镀金刚石铰刀	69
4.7 镗刀	70
4.7.1 整体结构的镗刀及一般机夹刀片镗刀	70
4.7.2 组合式镗刀杆	71
4.7.3 带可微调机构的镗刀头	73
第5章 铣刀	77
5.1 铣刀的种类和用途	77
5.1.1 尖齿铣刀	77
5.1.2 铲齿铣刀	77
5.2 铣削参数和铣刀几何角度的选择	77

5.2.1 铣刀几何角度的选择	77
5.2.2 铣刀的减振设计	78
5.2.3 铣削用量要素及切削层参数	80
5.2.4 顺铣与逆铣	81
5.2.5 铣削的特点	81
5.3 铣刀的连接结构	82
5.4 成形铣刀	83
5.4.1 成形铣刀的种类和用途	83
5.4.2 铲齿成形铣刀	84
5.4.3 铲齿成形铣刀结构参数的确定	85
5.4.4 加工直槽的成形铣刀廓形设计	90
5.4.5 加工螺旋槽的成形铣刀廓形设计	90
5.5 高速钢铣刀	93
5.5.1 高速钢尖齿铣刀结构参数的设计	93
5.5.2 圆柱铣刀	94
5.5.3 立铣刀	96
5.5.4 盘铣刀	102
5.5.5 锯片铣刀	105
5.5.6 角度铣刀	114
5.5.7 半圆键槽铣刀	115
5.5.8 T形槽铣刀	116
5.5.9 凸凹半圆铣刀	118
5.5.10 圆角铣刀	119
5.5.11 模具铣刀	120
5.6 硬质合金铣刀	135
5.6.1 可转位铣刀刀片	135
5.6.2 硬质合金立铣刀	144
5.6.3 硬质合金T形槽铣刀	153
5.6.4 硬质合金锯片铣刀	155
5.6.5 硬质合金槽铣刀	161
5.6.6 硬质合金旋转铣	166
5.6.7 面铣刀	166
5.6.8 高速切削时刀具的动平衡	177
第8章 数控机床用工具系统	179
8.1 概述	179
8.2 机床与工具系统的接口及其标准	179
8.2.1 镗铣类数控机床与工具系统的接口及其标准	179
8.2.2 车削类数控机床与工具系统的接口及其标准	191
8.2.3 带有法兰接触面的空心圆锥接口	206
8.3 TSG工具系统	212
8.3.1 TSG工具系统中各种工具的型号	212
8.3.2 TSG工具系统图	213
8.3.3 接长杆刀柄及其接长杆	213
8.3.4 弹簧夹头刀柄及其接杆	217

8.3.5	7:24 锥柄快换夹头刀柄及其接杆	219	8.4.1	工具柄部	238
8.3.6	钻夹头刀柄	222	8.4.2	接柄	238
8.3.7	无扁尾莫氏锥孔刀柄及其接杆	224	8.4.3	工作部分	238
8.3.8	有扁尾莫氏锥孔刀柄及其接杆	224	8.5	镗铰类模块式工具系统	240
8.3.9	攻螺纹夹头刀柄	225	8.5.1	工具模块型号的编制方法	240
8.3.10	镗刀类刀柄	228	8.5.2	拼装的刀柄型号编写方法	242
8.3.11	铣刀类刀柄	234	附录	刀具常用数表	243
8.3.12	套式扩孔钻和铰刀刀柄	237	参考文献		263
8.4	整体式工具系统的制造与验收技术条件	238			

第4章 孔加工刀具

孔加工刀具按其用途和结构特点划分的种类见表4-1。

表 4-1 孔加工刀具的种类

类别	主要用途及特点
麻花钻	在实体零件上钻孔或对已有的孔进行扩钻。沟为螺旋状,可多次刃磨
深孔钻	在实体零件上钻孔孔深与孔径之比大于5的孔。在其结构设计上重点考虑冷却、排屑和导向
扩孔钻	对已有的孔进行定尺寸扩削,或做精加工孔的过渡工序用。刃多,其刚度和精度优于麻花钻
铰钻	对已有孔的端部加工成一定型面(锥孔、球面、埋头凹孔等)用的工具
中心钻	在旋转实体零件两端加工中心孔用
套料钻	在实体零件上钻环状孔用,可减少切削阻力或节约材料。多用于板状工件上钻较大孔,或特种材料钻孔
铰刀	对已钻、扩过的孔进行最后精加工用的铰削工具,可获得较高精度和较低的表面粗糙度
镗刀	对已有的孔进行扩大用的镗削工具。同一把刀所加工的孔径可变。加工精度及表面质量较高
特殊用途孔加工刀具	为实现某种特殊需求而设计的孔加工刀具
拉刀	详见第6章

每类孔加工刀具按其服务对象及结构特点又分为若干种。

4.1 麻花钻

4.1.1 麻花钻的典型结构

1. 高速钢麻花钻的结构

标准锥柄高速钢麻花钻由三部分组成(图4-1a):

(1) 工作部分 又分为切削部分与导向部分。切削部分担负着主要切削工作;导向部分的作用是当切削部分切入工件孔后起导向作用,也是切削部分的备磨部分。为了提高钻头的刚性与强度,其工作部分的钻心直径 d_0 向柄部方向递增,每100mm长度上钻心直径的递增量为1.4~2mm(图4-1d)。

(2) 柄部 钻头的夹持部分,并用来传递扭矩。柄部分直柄与锥柄两种,前者用于小直径钻头,后者用于大直径钻头。

(3) 颈部 颈部位于工作部分与柄部之间,磨柄部时退砂轮之用,也是钻头打标记的地方。

为了制造方便,直柄麻花钻一般不制有颈部(图4-1b)。

麻花钻的切削部分由两个前面、后面、副后面(临近主切削刃的棱带)、主切削刃、副切削刃及一个横刃组成(图4-1c)。

2. 麻花钻切削部分的几何参数

(1) 基面 p_r 与切削平面 p_c 。

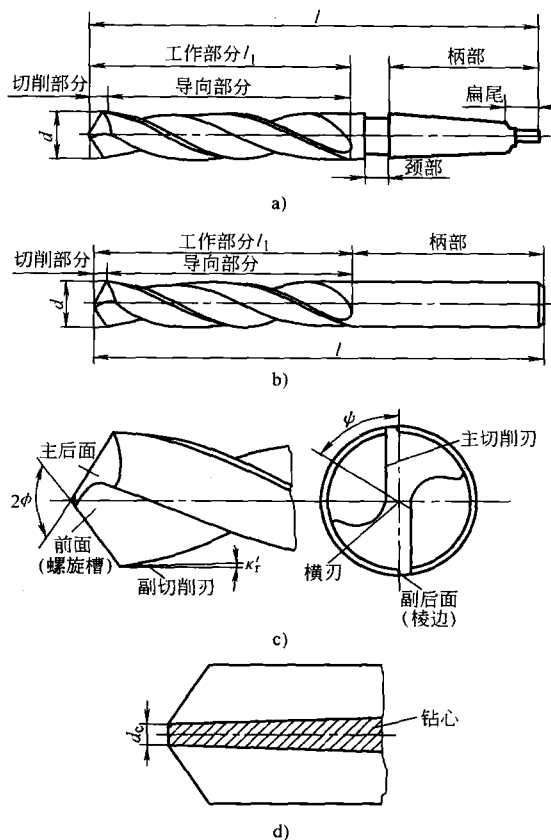


图 4-1 高速钢麻花钻

a) 标准锥柄高速钢麻花钻结构组成 b) 直柄麻花钻结构组成
c) 麻花钻切削部分组成 d) 钻心直径

基面:主切削刃上任意点的基面,即通过该点,垂直于该点切削速度方向的平面。主切削刃上各点因其切削速度方向不同,基面位置也不同(图4-2a)。不难看出,基面总是包含钻头轴线的平面。

切削平面:主切削刃上任意点的切削平面,是包含该点切削速度方向,而又切于该点加工表面的平面。同样,由于主切削刃上各点的切削速度方向不同,切削平面位置也不同。

图4-2b所示是钻头切削部分最外缘A点的基面与切削平面。

(2) 螺旋角 β 钻头外圆柱面与螺旋槽交线的切线与钻头轴线的夹角为螺旋角 β (图4-3b)。图4-3a为钻头螺旋槽的展开图,由图可知:

$$\tan\beta = \frac{2\pi R}{P} \quad (4-1)$$

式中 R ——钻头半径(mm);

P ——螺旋槽的导程(mm)。

由于螺旋槽上各点的导程 P 相等,因而在麻花钻的

主切削刃上沿半径方向各点的螺旋角 β 就不相同。

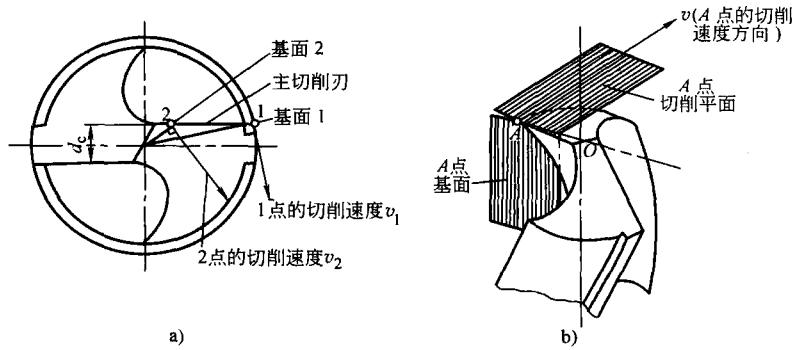


图 4-2 麻花钻的基面与切削平面

a) 基面 b) 切削平面

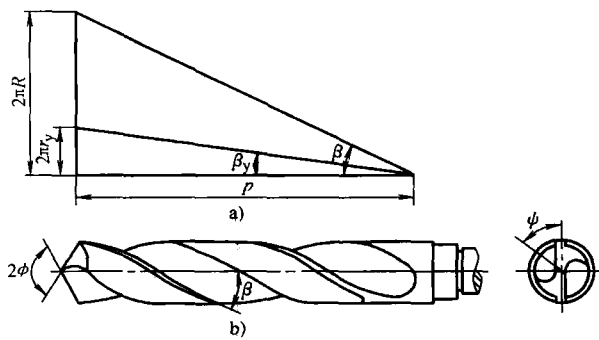


图 4-3 麻花钻的螺旋角

a) 钻头螺旋槽的展开图 b) 螺旋角 β

由图 4-3a 可知，切削刃上任一点 y 的螺旋角 β_y ：

$$\tan \beta_y = \frac{2\pi r_y}{P} = \frac{r_y}{R} \tan \beta \quad (4-2)$$

式中 r_y ——主切削刃上任意点的半径 (mm)。

由式 4-2 可知，钻头外径处的螺旋角最大，越靠近钻头中心，其螺旋角越小。螺旋角实际上就是钻头进给前角 γ_f 。因此，螺旋角越大，钻头的进给前角越大，钻头越锋利。但是螺旋角过大，会削弱钻头强度，散热条件也差。标准麻花钻的螺旋角一般在 $18^\circ \sim 30^\circ$ 范围内，大直径钻头取大值 (见表 4-2)。

(3) 刃倾角 λ_s 与端面刃倾角 λ_y 。由于麻花钻的主切削刃不通过钻头轴线，从而形成刃倾角 λ_s 。它是在切削平面内主切削刃与基面之间的夹角，因为主切削刃上各点基面与切削平面位置不同，因此刃倾角也是变化的。图 4-4 的 P_s 向视图中表示出主切削刃上最外缘处的刃倾角。

麻花钻主切削刃上任意点的端面刃倾角 λ_y ，是该点的基面与主切削刃在端面投影中的夹角 (图 4-4)。由于主切削刃上各点的基面不同，因此各点的端面刃倾角也不相等，

表 4-2 麻花钻的螺旋角

钻头直径 d/mm	0.25 ~ 0.35	0.4 ~ 0.45	0.5 ~ 0.7	0.75 ~ 0.95	1.0 ~ 1.9	2.0 ~ 2.9	3.0 ~ 3.4	3.5 ~ 4.4	4.5 ~ 6.4	6.5 ~ 8.4	8.5 ~ 9.9	10 ~ 80
螺旋角 $\beta/(\circ)$	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	30

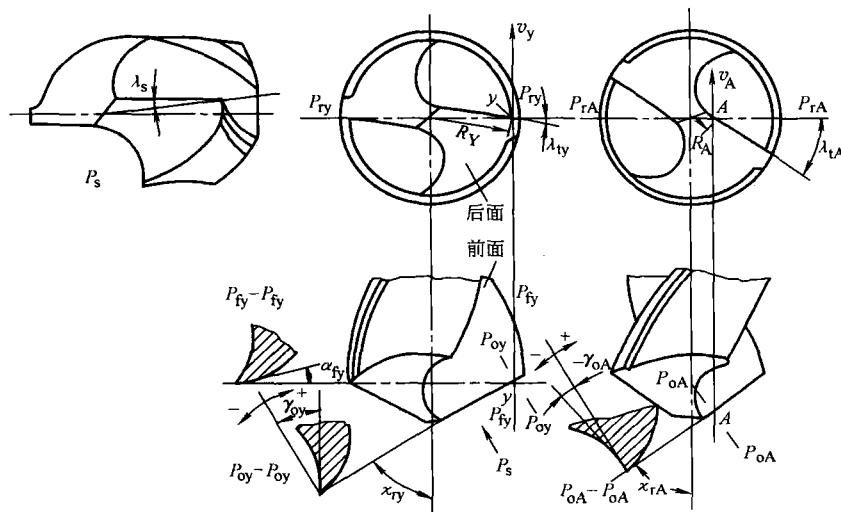


图 4-4 麻花钻的刃倾角、主偏角和前角

外缘处最小，越接近钻芯越大。主切削刃上任意一点 y 的端面刃倾角可按下式计算：

$$\sin \lambda_{iy} = \frac{d_c}{2r_y} \quad (4-3)$$

式中 d_c ——钻芯直径 (mm)；
 r_y ——主切削刃上任意点的半径 (mm)。

麻花钻主切削刃上任意一点 y 的刃倾角与端面刃倾角的关系为

$$\sin \lambda_{sy} = \sin \lambda_{iy} \sin \phi = \frac{d_c}{2r_y} \sin \phi \quad (4-4)$$

式中 ϕ ——标准麻花钻顶角的一半。

(4) 顶角 2ϕ 与主偏角 κ_r 钻头的顶角 2ϕ 是两个主切削刃在与其平行的平面上投影的夹角 (参见图 4-3b)。标准麻花钻取顶角 $2\phi = 118^\circ$ ，顶角与基面无关。不同被加工材料的顶角可按表 4-3 选择。

表 4-3 根据被加工材料选择顶角 2ϕ

[单位: (°)]	
被加工材料	顶角 2ϕ
普通钢、铸铁、硬青铜	116 ~ 120
不锈钢、高强度钢、耐热合金	125 ~ 150
黄铜、软青铜	130
铝合金、巴氏合金	140
纯铜	125
锌合金、镁合金	90 ~ 100
硬橡胶、硬塑料、胶木	90 或更小

钻头的主偏角 κ_r 是主切削刃在基面上的投影与进给方向的夹角 (图 4-4)。由于主切削刃上各点基面位置不同，因此主切削刃上各点的主偏角也是变化的。

主切削刃上任意一点 y 的主偏角 κ_{ry} 可按下式计算：

$$\tan \kappa_{ry} = \tan \phi \cos \lambda_{iy} \quad (4-5)$$

由式 4-5 可见，越接近钻心主偏角越小。

(5) 副偏角 κ'_r 为了减小导向部分与孔壁的摩擦，除了规定直径大于 0.75mm 的麻花钻在导向部分上制有两条窄的棱边，还规定直径大于 1mm 的麻花钻有向柄部方向减小的直径倒锥量 (每 100mm 长度上减小 0.03 ~ 0.12mm)，从而形成副偏角 κ'_r (图 4-1c)。

(6) 前角 γ_o 。麻花钻主切削刃上任意一点 y 的前角 γ_{oy} 是在主剖面 (图 4-4 中 $P_{oy}-P_{oy}$ 剖面) 测量的前面与基面之间的夹角，前角是由螺旋线形成的。前角 γ_{oy} 可用下式计算：

$$\tan \gamma_{oy} = \frac{\tan \beta_y}{\sin \kappa_{ry}} + \tan \lambda_{iy} \cos \kappa_{ry} \quad (4-6)$$

式中 β_y ——任意点的螺旋角；
 κ_{ry} ——任意点的主偏角；
 λ_{iy} ——任意点的端面刃倾角。

从式 4-6 明显看出，麻花钻主切削刃各点前角变化很大，从外缘到钻心，前角由 30° 减到 -30° ，如图 4-5 所示。

(7) 后角 α_f 。麻花钻主切削刃上任意一点 y 的后角 α_{fy} 是在以钻头轴线为轴心线的圆柱面的切平面上测量的，如图 4-6 所示。这是由于主切削刃在进行切削时做圆周运动，进给后角比较能够反映钻头后面与加工表面之间的摩擦关系，同时测量也方便。

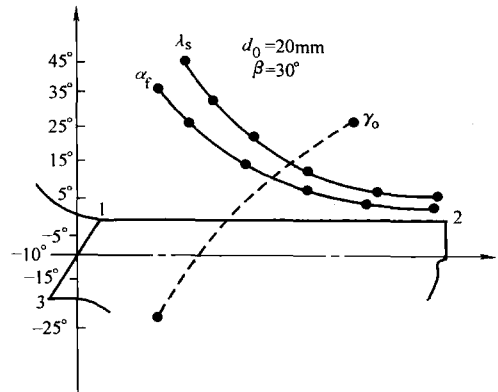


图 4-5 主切削刃上各点角度变化
 1—2—主切削刃位置 1—3—横刃位置

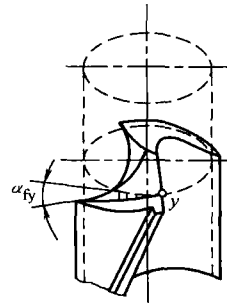


图 4-6 麻花钻的后角

刃磨后角时，应沿主切削刃将后角从外缘到中心逐渐增大 (图 4-5)，这是因为钻削时，除了回转运动外，还有直线进给运动，切削刃上任意点的运动轨迹是螺旋线，展开后如图 4-7 所示为一条倾斜 μ 角的斜线。此时切削刃上该点的工作后角 α_e 要减去一个 μ 角，即

$$\alpha_e = \alpha_{fy} - \mu$$

式中 α_{fy} ——主切削刃上任一点 y 的后角；
 μ ——切削平面所改变的角度， $\mu = \arctan (f/\pi d_y)$ ，
 d_y 为钻头上任一点 y 处的直径 (mm)；
 f ——进给量 (mm/r)。

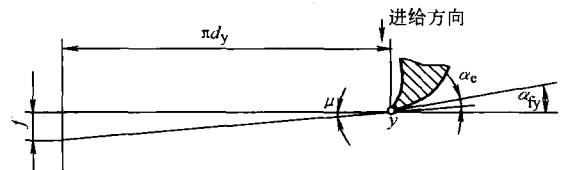


图 4-7 钻头的工作后角

μ 角随 d_y 的减小而增大，故越靠近钻心，工作后角 α_e 越小。这就要求在刃磨后角时，越靠近钻心处后角刃磨得越大，以弥补 μ 角的影响。这样刃磨与前角变化相适应，使主切削刃上各点的楔角保持一定数值，不致相差太大。中心处的后角加大后，可改善横刃处的切削条件。

标准麻花钻外缘处的后角 α_f 可按表 4-4 选取。

表 4-4 标准麻花钻的后角 α_f

钻头直径 d/mm	~1	>1 ~ 15	>15 ~ 30	>30 ~ 80
钻头后角 α_f (外缘处)/(°)	20 ~ 30	11 ~ 14	9 ~ 12	8 ~ 12

注：麻花钻的副后角为零度。

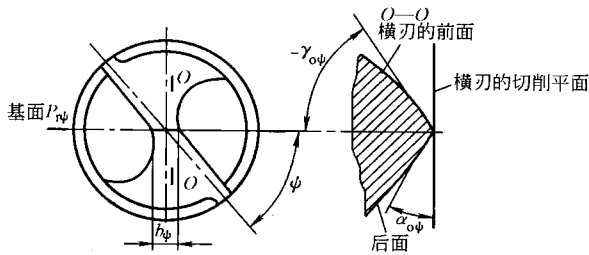


图 4-8 麻花钻的横刃角度

(8) 横刃角度 横刃是两个主后面的相交线(图 4-8)。\$b_{\psi}\$ 为横刃长度;在端面投影上,横刃与主切削刃之间的夹角为横刃斜角 \$\psi\$,标准麻花钻的横刃斜角 \$\psi = 50^{\circ} \sim 55^{\circ}\$。当后角磨得偏大时,横刃斜角减小,横刃长度增大。因此,在刃磨麻花钻时,可以观察 \$\psi\$ 角的大小来判断后角是否磨得合适。

横刃是通过钻头中心的,并且它在钻头端面上的投影为一条直线,因此横刃上各点的基面是相同的。从横刃上任一点的主剖面 \$O-O\$ 可以看出,横刃前角 \$\gamma_{o\psi}\$ 为负值

(标准麻花钻的 \$\gamma_{o\psi} = -(54^{\circ} \sim 60^{\circ})\$, 横刃后角 \$\alpha_{o\psi} \approx 90^{\circ} - |\gamma_{o\psi}|\$ (标准麻花钻的 \$\alpha_{o\psi} = 30^{\circ} \sim 36^{\circ}\$)。由于横刃具有很大的负前角,钻削时横刃处发生严重的挤压而造成很大的轴向力。通常横刃的轴向力约占全部轴向力的 \$1/2\$ 以上。\$\psi\$ 角越小,轴向力越大。由于横刃处切削条件很差,对加工工件孔的尺寸精度有较大影响。

3. 麻花钻的结构尺寸

(1) 麻花钻外径系列及其倒锥度 麻花钻的外圆直径 \$d\$ 是指导向部分上外圆与切削部交界处的直径。为了减少钻头工作部分外圆与孔壁的摩擦,工作部分直径由头到尾逐渐减小,即做成倒锥状,其倒锥度一般取每 \$100\text{mm}\$ 长度上为 \$0.03 \sim 0.10\text{mm}\$ (对直柄钻) 或 \$0.03 \sim 0.12\text{mm}\$ (对锥柄钻)。对于加工弹性变形较大或粘性材料,倒锥度值可以取得较大一些。

标准麻花钻的外圆直径 \$d\$ 系列在 GB/T 1438.1—1996 ~ GB/T 1438.4—1996 中已详列。现参考该标准及有关的相应标准归纳列表于表 4-5 中,供选用参考。\$d\$ 的公差按 GB/T 1801—1999 的 h8。

表 4-5 标准麻花钻外圆直径 \$d\$ 系列

(单位: mm)

标准	名称	外径 \$d\$ 系列			标准	名称	外径 \$d\$ 系列		
		范围	尾数	规格数			范围	尾数	规格数
GB/T 6135.1—1996	粗直柄小麻花钻	0.10 ~ 0.35	每 0.01	26	GB/T 1438.2—1996	锥柄长麻花钻	5.00 ~ 14.00	0, 0.20, 0.50, 0.80	37
GB/T 6135.2—1996	直柄短麻花钻	0.50 ~ 14.00	0, 0.02, 0.50, 0.80	55			> 14.00 ~ 32.00	每隔 0.25	72
		> 14.00 ~ 32.00	每 0.25	72			> 32.00 ~ 50.00	每隔 0.50	36
GB/T 6135.3—1996	直柄麻花钻	0.20 ~ 1.00	0, 0.02, 0.05, 0.08	33	GB/T 1438.3—1996	锥柄加长麻花钻	6.00 ~ 14.00	0, 0.20, 0.50, 0.80	33
		> 1.00 ~ 1.95	每 0.5	19			> 14.00 ~ 30.00	每隔 0.25 (含 15.40, 17.40, 19.40 三个规格)	67
		2.00 ~ 3.00	每隔 0.05	21	GB/T 1438.1—1996	粗锥柄麻花钻	12.00 ~ 14.00	0, 0.20, 0.50, 0.80	9
		> 3.00 ~ 14.00	每隔 0.10	110			18.25 ~ 23.00	每隔 0.25	20
		> 14.00 ~ 20.00	每隔 0.25	24			26.75 ~ 31.75	每隔 0.25	21
GB/T 6135.4—1996	直柄长麻花钻	1.00 ~ 14.00	每隔 0.10	131	GB/T 1438.4—1996	锥柄超长麻花钻	6.00 ~ 10.00	每隔 0.50	9
GB/T 6135.5—1996	直柄超长麻花钻	2.00 ~ 14.00	每隔 0.5	25			11.00 ~ 25.00	每隔 1.00	15
GB/T 1438.1—1996	锥柄麻花钻	3.00 ~ 14.00	0, 0.20, 0.50, 0.80	45	28.00 ~ 50.00	0, 2, 5, 8	10		
		> 14.00 ~ 32.00	每隔 0.25	72					
		> 32.00 ~ 51.00	每隔 0.50	38					
		> 51.00 ~ 100.00	每隔 1.00	49					

(2) 麻花钻的全长 \$l\$ 和沟长(工作部分长度) \$l_1\$

GB/T 1438.1~4—1996 规定了锥柄麻花钻的直径及全长 \$l\$ 与沟长 \$l_1\$ (直径 \$d\$ 及 \$l\$ 与 \$l_1\$ 见图 4-1) 的尺寸。GB/T 6135.1~5—1996 规定了直柄麻花钻的直径及 \$l\$ 与 \$l_1\$ 的尺寸。

读者可查阅上述标准获得上述尺寸。

(3) 麻花钻工作部分的结构尺寸 图 4-9 所示为麻花钻工作部分的结构参数。

麻花钻的心厚 \$d_c\$、刃宽 \$B\$、刃带宽 \$f\$ 均为靠近钻尖处

尺寸, \$B\$ 及 \$f\$ 垂直于麻花钻的螺旋槽方向测量。

\$d_c\$ 值由钻尖向尾部方向做成正锥形, 每 \$100\text{mm}\$ 增加 \$1.4 \sim 2.0\text{mm}\$, 以增加工作部分刚度。

设计时, 这些参数可以按如下经验公式计算出。

$$d_c = 0.22d^{0.87}$$

$$q = 0.93d$$

$$B = 0.682d \cos \beta$$

$$f = 0.174d^{0.675}$$

$$q_1 = q \quad (\text{当 } d < 15\text{mm} \text{ 时})$$

$$q_1 = q - (0.5 \sim 1.5) \quad (\text{当 } d > 15\text{mm} \text{ 时})$$

式中 d ——钻头外径基本尺寸。

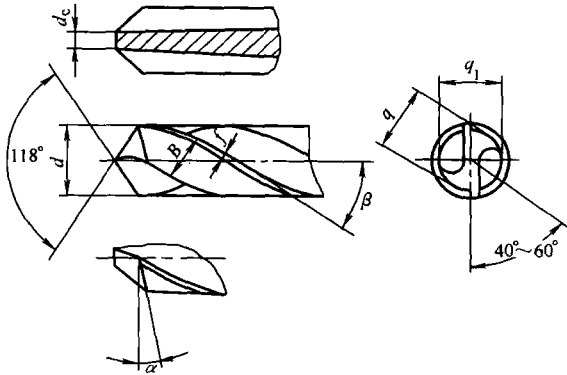


图 4-9 麻花钻工作部分的结构参数

4. 麻花钻的技术条件与表面粗糙度

麻花钻的技术条件如下：

- 1) 麻花钻直径公差按 GB/T 6135.1—1996 ~ 6135.5—1996 和 GB/T 1438.1—1996 ~ 1438.4—1996 的规定。
- 2) 麻花钻工作部分直径倒锥度：每 100mm 长度上为

0.02 ~ 0.08mm，但麻花钻工作部分直径总倒锥量不应超过 0.25mm。

注：钻头直径 $d < 1\text{mm}$ 的麻花钻工作部分可不制倒锥，允许有不大于 0.003mm 的正锥，但应在直径公差范围内。

3) 精密级直柄麻花钻的柄部直径公差为 h11（工作部分直径有倒锥量的精密级直柄麻花钻，其柄部直径公差为 f11），其夹持部分的圆柱度公差为 0.02mm。粗直柄小麻花钻的柄部直径公差为 h8。

4) 锥柄麻花钻的锥柄为带扁尾的莫氏锥柄，莫氏锥柄按 GB/T 1443—1996 中的规定，圆锥公差为 AT7。

5) 麻花钻总长及沟槽长度公差按 GB/T 1804—2000 最粗级的规定。特殊情况下，根据供需双方协议，麻花钻总长和沟槽长度的极限尺寸允许是上、下相邻麻花钻长度的基本尺寸。粗直柄小麻花钻总长及沟槽长度公差按 GB/T 6135.1—1996 的规定。

6) 工作部分对柄部轴线的径向圆跳动最大不应超过按下式计算的值。

$$\delta_r = 0.03 + 0.01(L/d) \quad d \geq 2\text{mm}$$

7) 钻芯对工作部分轴线的对称度、切削刃对工作部分轴线的斜向圆跳动、沟槽分度误差最大不应超过表 4-6 计算公式计算的值。

表 4-6 切削刃对工作部分轴线的斜向圆跳动、沟槽分度误差、钻芯对工作部分轴线的对称度公式

项目	麻花钻		精密级麻花钻	
	普通级麻花钻			
钻芯对工作部分轴线的对称度	$\delta_k = 0.1$	$d \leq 1\text{mm}$	$\delta_k = 0.08$	$d \leq 1\text{mm}$
	$\delta_k = 0.1d^{0.489}$	$d > 1\text{mm}$	$\delta_k = 0.08d^{0.537}$	$d > 1\text{mm}$
切削刃对工作部分轴线的斜向圆跳动	$\delta_h = 0.1$	$d \leq 2.5\text{mm}$	$\delta_h = 0.025$	$d \leq 2.5\text{mm}$
	$\delta_h = 0.075d^{0.317}$	$d > 2.5\text{mm}$	$\delta_h = 0.013d^{0.699}$	$d > 2.5\text{mm}$
沟槽分度误差	$\delta_d = 0.1$	$d \leq 1\text{mm}$	$\delta_d = 0.027$	$d \leq 1\text{mm}$
	$\delta_d = 0.1d^{0.690}$	$d > 1\text{mm}$	$\delta_d = 0.027d^{0.974}$	$d > 1\text{mm}$

8) 麻花钻的几何角度按下列规定。

螺旋角：由制造厂自定，也可按供需双方的协议制造。

顶角：通常麻花钻顶角角度为 118° 。极限偏差为 $\pm 3^\circ$ ，适用于不同顶角角度的麻花钻。

9) 麻花钻的表面粗糙度见表 4-7。

表 4-7 麻花钻表面粗糙度 (GB/T 17984—2000)
(单位: μm)

项目	切削刃后面	刃带	沟槽	柄部表面
普通级麻花钻	6.3	6.3	12.5	0.8
精密级麻花钻	$d \leq 15\text{mm}$	3.2	3.2	0.8
	$d > 15\text{mm}$	6.3	6.3	

4.1.2 标准麻花钻的刃磨方法

标准麻花钻的后面一般磨成平面、锥面或螺旋渐开面的一部分，或其他曲面。

1. 锥面刃磨法

采用锥面刃磨法刃磨钻头时，钻头装夹位置的几何参数如图 4-10 所示。所形成的钻头后面是理想圆锥体的一部分，所形成的后角、横刃斜角及后面与外圆柱表面的交线（简称“后面曲线”）由如下四个因素决定。

1) 锥顶半角 δ （及相应的理想锥体轴线与钻头轴线在它们平行平面上两投影线的夹角 β ， $\beta = \varphi - \delta$ ， φ 是钻头顶角的一半）。

2) 理想锥体轴线与钻头轴线在它们平行平面上两投影线的交点到锥顶的距离 l （简称“锥顶距”），以及相应的距离 $z_D = \frac{\sin \delta}{\sin \varphi} l$ 。

3) 在钻头端视图中，理想锥体的轴线与钻头轴线的错位量 e 。

4) 在钻头的端视图中，钻头的主切削刃对于理想锥体轴线的夹角 θ 。

一般 $\delta = 14^\circ$ ，标准钻头的 $2\varphi = 118^\circ$ ，所以 $\beta = 45^\circ$ ，可用调整 l 、 e 及 θ 办法来控制刃磨出的钻头后角、横刃角及“后面曲线”形状。

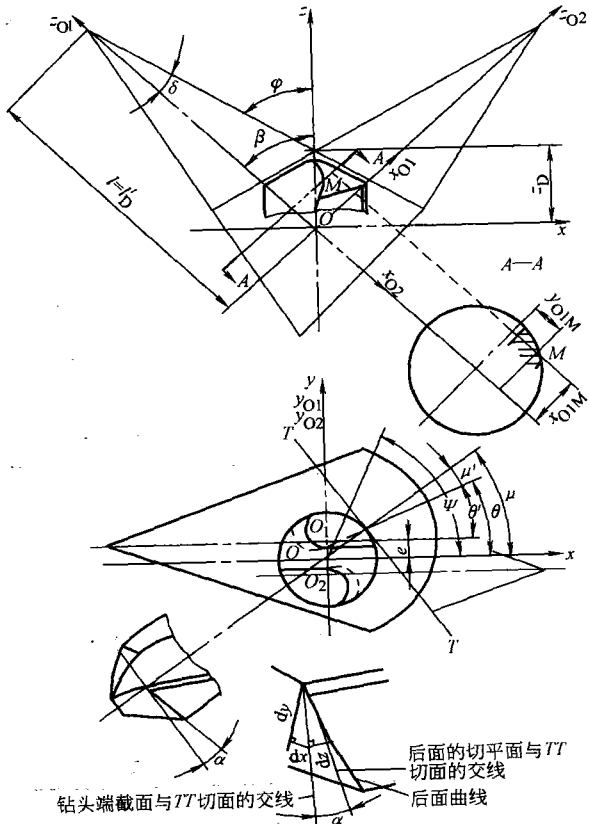


图 4-10 锥面刃磨法刃磨钻头时装夹的理论位置示意图

当 $\theta = 0^\circ$ 时，刃磨出钻头的横刃角 ψ_0 可用如下公式算出：

$$\tan \psi_0 = \frac{\sin 2\beta \left[\sqrt{l^2 - \cos^2 \beta \tan^2 \delta - (l - \sec^2 \beta \cos^2 \beta)(e^2 - l^2 \tan^2 \delta)} - l \cos \beta \tan^2 \delta \right]}{2e(\cos^2 \delta - \cos^2 \beta)} \quad (4-7)$$

当 $\delta = 14^\circ$ 、 $\varphi = 59^\circ$ 、 $\beta = 45^\circ$ 时，利用上式算出不同 l 及 e 组合后的 ψ_0 角如图 4-11 所示。

当 $\theta \neq 0^\circ$ 时，则刃磨出的钻头上的横刃角 ψ 为 $\psi = \psi_0 \pm \theta$ (4-8)

切削刃逆时针旋转时为 (-)，顺时针旋转时为 (+)。

刃磨出的钻头的后角 (圆周侧后角) α_r 可用下式算出：

$$\tan \alpha_r = \frac{1}{2rA} \times \left[B \sin \mu - \frac{B \sin \mu (B \cos \mu + E) - 2A(C \sin 2\mu - F \sin 2\mu + G \cos \mu - P \sin \mu)}{\sqrt{(B \cos \mu + E)^2 - 4A(C \cos^2 \mu + F \sin^2 \mu + H - G \sin \mu - P \cos \mu)}} \right] \quad (4-9)$$

- 式中
- $A = l - \cos^2 \beta \sec^2 \delta$;
 - $B = r \sin^2 \beta \sec^2 \delta$;
 - $C = r^2 (l - \sin^2 \beta \sec^2 \delta)$;
 - $E = 2l \cos \beta \tan^2 \delta$;
 - $H = e^2 - l^2 \tan^2 \delta$;
 - $F = r^2$;
 - $G = 2re$;
 - $P = 2lr \sin \beta \tan^2 \delta$;
 - $\mu = \arcsin \frac{K}{2r} - \theta$;

K ——钻头心厚；
 r ——切削刃上被研究点所在的半径；
 θ ——钻头在其端视图中切削刃的转角。

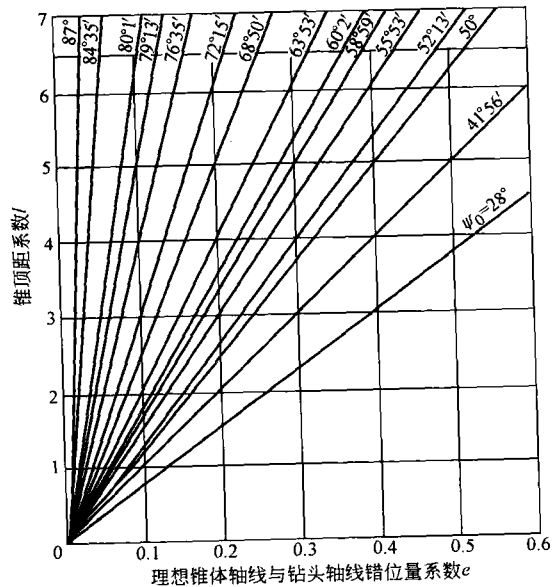


图 4-11 当 $\theta = 0^\circ$ 时，钻头的装夹位置与所形成的横刃角 ψ_0 的关系

图 4-12a~e 是根据式 (4-9) 算出的钻头在不同的装夹位置下刃磨出的钻头后角值。据此图可以很方便地选用钻头装夹参数 (即刃磨终结时的钻头位置)。

根据图 4-11 及图 4-12 分析可见，当采用锥磨法刃磨钻头时，钻头在刃磨终结时装夹在所述位置可以同时达到 $50^\circ \sim 55^\circ$ 的横刃角 ψ ， $11^\circ \sim 14^\circ$ 的外圆圆周后角 α_r 及合理的“后面曲线”，且成批刃磨的钻头，后角工艺稳定性较高，这个装夹位置的参数是 $\delta = 14^\circ$ 、 $\beta = 45^\circ$ 、 $e \approx 0.2D$ 、 $l = 4D$ 与 l 相对应的 $z_0 \approx 1.128D$ (D = 被刃磨钻头的外径)， $\theta = -(10^\circ \sim 15^\circ)$ 。

当装夹位置的几何参数变化时，所刃磨出的钻头的后角、横刃角及“后面曲线”按表 4-8 所列规律变化。

表 4-8 锥面刃磨钻头装夹位置参数对刃磨结果的影响规律

刃磨时钻头参数	装夹位置几何参数		钻头在端视图中逆时针旋转 θ 角时
	e 增加时	l 增加时	
后角 α_r	增加	当 $e' > \frac{1}{2} \sin(\mu' - \theta)$ 时减小 当 $e' = \frac{1}{2} \sin(\mu' - \theta)$ 时不变 当 $e' < \frac{1}{2} \sin(\mu' - \theta)$ 时增加	在 e' 不变的条件下 当 $l' >$ 某一数值时， α 增加； 当 $l' =$ 某一数值时， α 接近不变； 当 $l' <$ 某一数值时， α 减小
横刃角 ψ	减小	增加	减小
“后面曲线”	可以防止“翘尾”现象	易产生“翘尾”现象 (反之，可以防止)	可以防止“翘尾”现象

2. 平面刃磨法

采用平面刃磨法时，即把钻头后面磨成平面的一部分。这种磨法刃磨动作简单，常用于小钻头刃磨，以及群钻靠近横刃处的修磨。近年来流行的“十字钻头”刃磨，也就是将钻头后面磨成双平面，而第二个平面既为了消除翘尾，又可以修磨横刃处的负前角区，使修正后的两段横刃与原主切削刃形成“十”字分布。

采用普通平面刃磨法时，钻头的装夹位置与所形成的后角关系如图4-13所示。这时计算后角的公式为

$$\tan \alpha_{fA} = \frac{\cos(\psi - \mu)}{\tan \theta} \quad (4-10)$$

式中 α_{fA} ——钻头静态在切削刃A点处圆周切面内的后角；

ψ ——钻头横刃斜角（未修磨横刃前）；

μ ——钻头端视图中，切削刃上被研究点与钻心连线与主切削刃的夹角： $\mu = \arcsin \frac{K}{2r_A}$ ；

K ——钻头心厚；

r_A ——被研究点所在半径；

θ ——安装角，即砂轮磨削平面与钻头轴线的夹角： $\tan \theta = \tan \varphi \cdot \sin \psi$ ；

φ ——钻头切削刃主偏角。

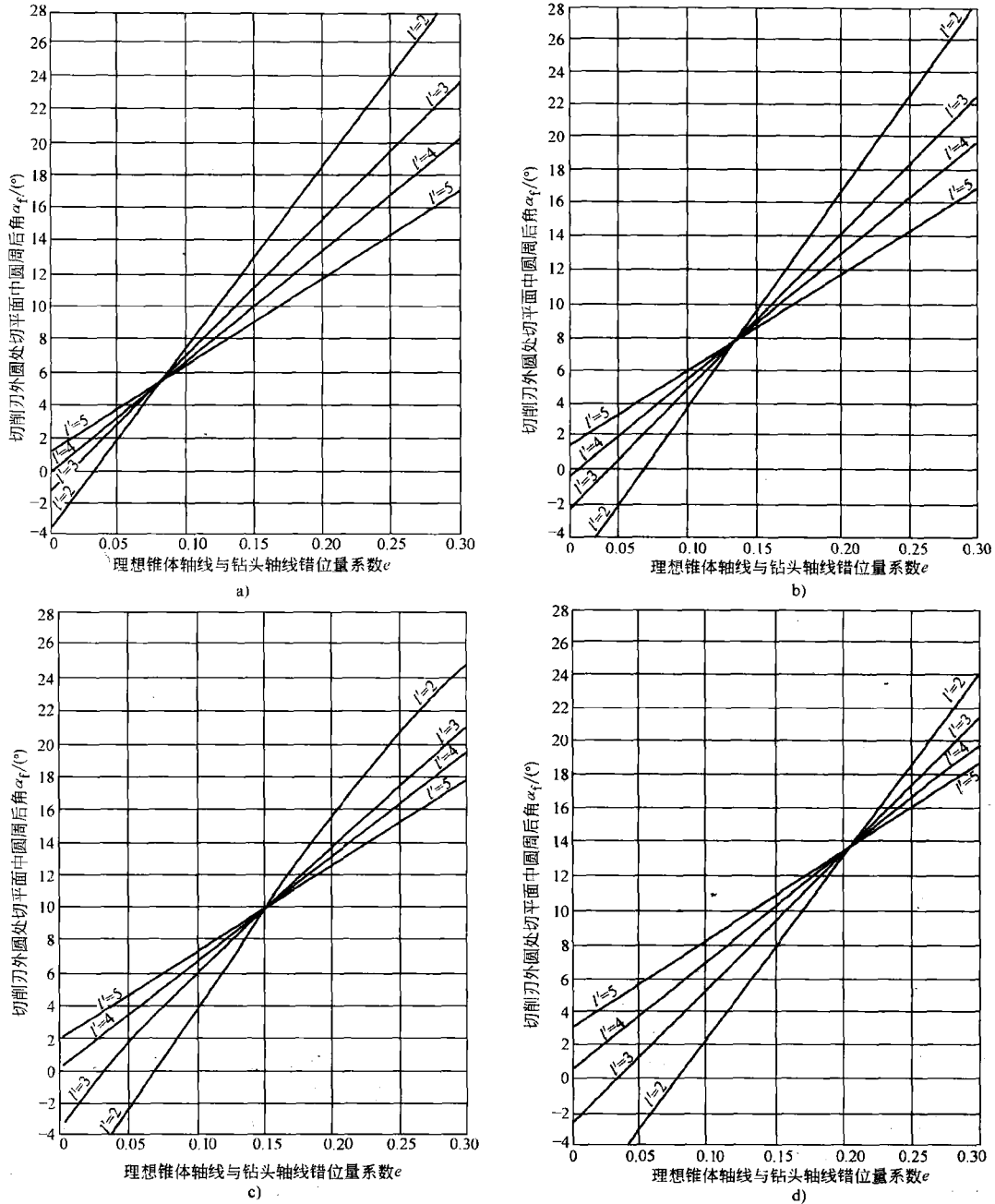


图4-12 当 θ 、 l 及 e 不同时刃磨出的钻头后角 α_f 值

a) $\theta = 0^\circ$ b) $\theta = -5^\circ$ c) $\theta = -10^\circ$ d) $\theta = -15^\circ$

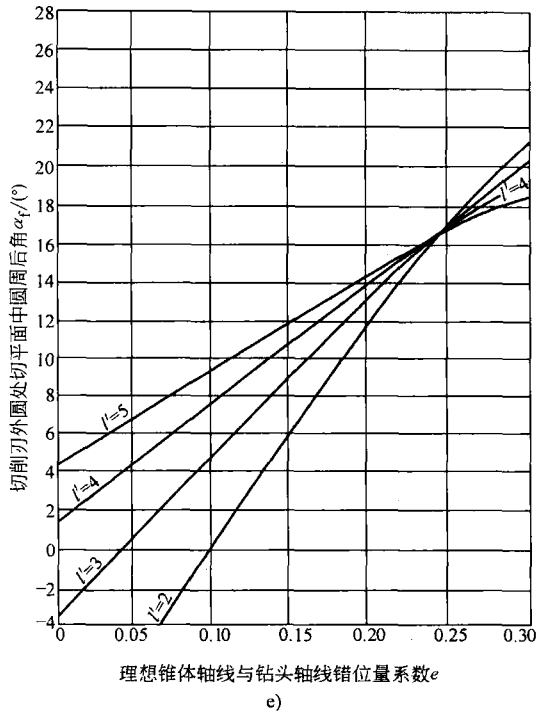


图 4-12 当 θ 、 l 及 e 不同时刃磨出的钻头后角 α_f 值 (续)
e) $\theta = -21^\circ 23'$

3. 螺旋面刃磨法

用螺旋面刃磨法磨出的钻头后面是螺旋面 (实际上一般为渐开螺旋面) 的一部分, 其原理如图 4-14 所示。

这时, 其刃磨出的钻头后角 α_f 可近似地用下式计算:

$$\tan \alpha_f = \frac{k}{\pi r_A} \quad (4-11)$$

式中 k ——钻头在半转范围内, 砂轮在钻头轴向的前进分量;

r_A ——切削刃上被研究点所在的圆的半径。

这种方法刃磨出的钻头横刃是砂轮锥面边缘两个运动轨迹曲面的包络面的交线, 其计算相当复杂 (因砂轮在完成螺旋运动刃磨主切削刃的同时, 还有一个用砂轮边缘修磨横刃的径向偏心运动), 在此不作介绍。

这种方法刃磨钻头的优点是机械化程度高, 且刃磨出的钻头较锋利, 但切削刃的后角变化较大, 特别是大规格钻头由于横刃与主刃交界处后角过大而往往引起崩刃, 而且钻头尖尾部塌尾现象较严重, 削弱了钻尖强度。因此, 有的工厂有时把 k 值设计成非线性的, 这样既减少了刃口上不同直径处后角的差值, 又可起到防止过渡“塌尾”现象。

4. 圆柱面刃磨法

这种刃磨方法其原理如图 4-15 所示, 即把钻头后面刃磨成圆柱表面的一部分。

这种磨法的后角与横刃角由假想圆柱半径及其与钻头的偏心量 e (在端视图看) 和其轴线与钻头之轴

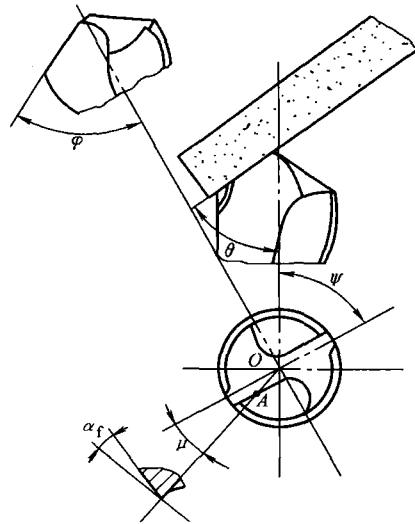


图 4-13 平面刃磨法砂轮与钻头安装示意图



图 4-14 螺旋刃磨法示意图

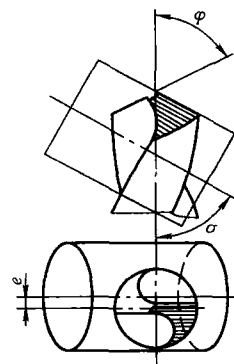


图 4-15 圆柱面刃磨法示意图

线夹角 σ , 以及钻头主刃转角 θ 所决定 (θ 角可参阅图 4-10)。

4.1.3 通用标准麻花钻切削部分的改进

1. 各种修磨方式

通用的标准刃磨的麻花钻由于结构限制, 存在一些缺点, 多年来国内外都在研究改进措施, 尤以我国系统完善的群钻系列堪称集刃磨改进钻头切削性能之大成。

对标准钻头, 通过特殊修磨顶部可以改进其某一方面的切削性能。修磨形式见表 4-9。

