

前 言

螺纹刀具的类型繁多,造型虽不甚复杂,但影响其优劣的因素却不少,诸如齿形的异同、结构的合理与否、精度的高低、生产规模的大小、工艺的手段等等。作为一名金属切削刀具工作者,为如何选取其最佳参数,常常要费一番周折,所以希望有一本较为全面而系统的资料,助其思路,引其捷径,是非常必要的。为此,我们承多方帮助,邀请一些具有一定理论水平和丰富经验的工程技术人员,总结经验,推敲机理,编写出《螺纹刀具》一书,以飨读者。

本书所编写的内容较为丰富,就目前螺纹加工所用刀具,从切削加工的车刀、铣刀、丝锥、板牙、螺纹切头,到无屑加工的搓丝板、滚丝轮以及丝杆滚压工具等;从刀具的设计,到制造的重点工艺、正确的使用等方法,尽收篇内。在内容的阐述方面,从基本概念到公式的推导、设计计算程序、典型的工艺特性分析及其二类工具的设计与使用中所出现的弊病及消除方法等,凡对读者有所裨益的,均作了详细论述。为使本书具有一些独特风格,书中在对有关齿形误差的分析、强度计算的分析、切削角度的静态与动态分析以及所用数学手段,都尽量作到论理清楚,通俗易懂。为了贯彻螺纹新标准,书中有关符号、术语、精度等级、公差和技术条件等,均采用了新国标或 ISO 有关规定,为读者阅读提供了方便。

本书在编写过程中,得到第一汽车制造厂、重庆大学、新都机械厂、机械工业部成都工具研究所、自贡摩托车厂、四川工具厂成都刀具站、重庆五一机床厂、重庆标准件工具厂、长江机床厂、长江机床电器公司、第二汽车制造厂、重庆汽车厂、重庆汽车配件厂、成都量具刀具厂、成都科学技术大学、成都峨嵋机械厂、重

庆矿山机器厂等单位的大力支持，在此深表感谢。

本书的主编：肖诗纲、董仁扬、高则烈。参加编写的有：肖诗纲、董仁扬、高则烈、李福庆、朱钦泽、史贤娣、戴富林、姚丽坤、方达儒、龚为民、华鸣山、王秉善等。

本书在审稿时，特请田培棠、倪可成、李锡仁、陶竞业、陈承祉、辛奋成、孙仁宏进行了详细审定，提出了许多宝贵意见；苏泽伟、张爱平为本书作了很多有益的工作，在此一并致以衷心的感谢。

本书系一本基础性的技术读物，可供从事金属切削刀具设计、使用的工程技术人员、工人以及大专院校的师生参考。

恳切希望读者斧正本书所有的缺点与错误。

四川省机械工业厅

目 录

第一章 概论	1
第二章 螺纹车刀	13
第一节 平体螺纹车刀	13
一、种类和结构	13
二、车刀的前、后角	19
三、平体螺纹车刀的前刀面廓形及螺纹牙型精度的分析	26
四、梳形平体螺纹车刀	31
第二节 棱体螺纹车刀	33
一、棱体螺纹车刀的结构	33
二、前角和后角	34
第三节 圆体螺纹车刀	37
一、圆体螺纹车刀的结构	37
二、圆体螺纹车刀的工作后角	43
第四节 螺纹车刀的齿形角及螺纹牙型的精度分析	48
一、径向安装螺纹车刀前刀面的齿形角及被加工螺纹的牙型误差	49
二、法向安装螺纹车刀前刀面的齿形角及被加工螺纹的牙型误差	50
三、棱体螺纹车刀的检查齿形角	54
四、圆体螺纹车刀的检查齿形角	55
五、计算举例	59
第五节 螺纹车刀的使用	64
一、螺纹车刀的安装与调整	64
二、车削螺纹时切削用量的选择	68
三、车削螺纹时切削液的选用	70
四、螺纹车刀的磨损与重磨	72
五、车削螺纹中经常出现的问题及其解决办法	73

第三章 丝锥	74
第一节 概述	74
第二节 普通螺纹丝锥的设计	86
一、机用和手用丝锥	86
一、螺母丝锥	145
第三节 过盈螺纹丝锥的设计	157
一、过盈螺纹特点与螺纹牙型的基本尺寸及公差 (航空工业用螺纹标准HB243-70)	157
二、过盈螺纹丝锥的主要结构特点和参数	164
三、过盈螺纹丝锥螺纹部分尺寸	165
四、设计步骤和计算举例	167
第四节 切削难加工材料的丝锥	170
一、切削难加工材料丝锥的切削特点	170
二、切削难加工材料丝锥的特点	173
三、切削难加工材料的丝锥	175
第五节 管螺纹丝锥设计	190
一、丝锥的结构尺寸设计	191
二、丝锥螺纹部分的设计	193
第六节 锥螺纹丝锥	197
一、锥螺纹丝锥工作的特点	197
二、牙型角 60° 、锥度1:16英制锥螺纹	199
三、齿形角 60° 英制锥螺纹丝锥设计	201
四、牙型角 55° 、锥度1:16英制锥形管螺纹和丝锥	205
五、牙型角 60° 的米制锥螺纹和丝锥	206
第七节 梯形螺纹丝锥	211
一、梯形螺纹丝锥的切削图形	212
二、成组梯形螺纹丝锥的负荷分配	214
三、梯形螺纹丝锥的切削厚度及结构	216
四、丝锥螺纹的尺寸和公差	218
五、梯形螺纹丝锥几何参数的选择	220
六、梯形螺纹丝锥的设计步骤及计算举例	223
第八节 拉削丝锥的设计	230
一、梯形螺纹拉削丝锥的设计	230

二、梯形螺纹拉削丝锥的技术条件.....	245
三、梯形螺纹拉削丝锥设计计算举例.....	246
四、方牙螺纹拉削丝锥.....	250
五、拉削丝锥的特殊制造工艺.....	250
六、拉削丝锥的使用.....	251
第九节 其他丝锥.....	254
一、螺尖丝锥.....	255
二、硬质合金丝锥.....	258
三、大直径大螺距丝锥.....	259
四、螺旋槽丝锥.....	261
五、跳齿丝锥.....	270
第十节 丝锥的使用.....	274
一、攻丝的切削力及攻丝过程的特点.....	274
二、丝锥的进给方法及攻丝夹具.....	278
三、攻丝的切削速度和切削液.....	282
四、攻丝中常见的问题及解决方法.....	286
五、丝锥的磨损与重磨.....	289
第四章 板牙.....	292
第一节 概述.....	292
第二节 圆板牙的设计.....	294
一、圆板牙的结构.....	294
二、圆板牙外廓尺寸.....	295
三、圆板牙的几何参数.....	303
四、技术条件.....	303
第三节 板牙丝锥.....	308
一、板牙丝锥的结构.....	308
二、板牙丝锥的设计.....	317
第四节 其他板牙的设计.....	322
一、锥螺纹板牙.....	322
二、管形板牙.....	329
第五节 圆板牙的使用.....	330
一、圆板牙架.....	330
二、机床上用的板牙架.....	331

三、使用中常出现的问题及解决方法	332
第五章 普通螺纹铣刀	334
第一节 概述	334
第二节 梳形圆柱螺纹铣刀	338
一、铣刀的结构	339
二、铣刀的切削部分	345
三、铣刀前刀面齿形	349
四、主要技术条件	357
第三节 盘形螺纹铣刀	358
一、铣刀的结构尺寸	358
二、铣刀的刀齿和齿槽形状	361
三、铣刀的前角和后角	362
四、铣刀的齿形尺寸	362
第四节 螺纹铣刀几个理论问题的分析	364
一、用双角度螺纹铣刀加工时实际螺纹面的牙型误差	364
二、用盘形螺纹铣刀加工大螺纹升角工件时的轴向理论截形	374
三、用梳形螺纹铣刀加工时实际螺纹面的牙型误差	383
四、锯齿内螺纹梳形铣刀外圆半径 R_0 的计算	387
第五节 错牙梳形螺纹铣刀	397
一、螺旋圆磨法	398
二、螺旋铲磨法	401
第六节 螺纹铣切的切削用量	405
一、铣刀每齿进给量的确定	406
二、切削速度的确定	409
第六章 高速铣削螺纹刀具	413
第一节 概述	413
第二节 旋风铣削头	415
一、结构形式、工作方式与工作原理	415
二、内切法旋风铣削头铣刀盘的设计	418
三、内切法旋风铣削头的调整与使用	429
四、外切法旋风铣削头与内螺纹旋风铣削头	434
五、旋风铣削头加工螺纹精度分析	435
六、内切法旋风铣削头的计算举例	442

第三节 密齿硬质合金螺纹端铣刀·····	443
一、密齿硬质合金螺纹端铣刀的特点·····	443
二、密齿硬质合金螺纹端铣刀的设计·····	444
三、密齿硬质合金螺纹端铣刀的使用·····	456
第七章 螺纹切头·····	460
第一节 圆梳刀螺纹切头·····	461
一、切头的结构及设计原则·····	462
二、圆梳刀与卡爪的设计·····	500
三、切头用其他梳刀的设计·····	513
四、圆梳刀的刃磨·····	519
五、切头的调整与使用·····	524
第二节 圆梳刀内螺纹切头·····	531
一、切头的结构·····	531
二、切头与梳刀的设计·····	534
三、切头的调整、使用与梳刀的刃磨·····	539
第三节 平梳刀螺纹切头·····	540
一、切头的结构及设计原则·····	540
二、梳刀的设计·····	546
三、梳刀的刃磨·····	560
四、切头的调整及使用·····	560
第四节 平梳刀内螺纹切头·····	563
一、切头的结构·····	563
二、切头的主要结构参数与结构尺寸·····	568
三、梳刀的设计与刃磨·····	569
四、切头的调整与使用·····	571
第五节 切向平梳刀螺纹切头·····	572
一、切头的结构及设计原则·····	572
二、梳刀的设计·····	575
三、梳刀的几何参数和刃磨·····	578
四、切头的调整及使用·····	579
第八章 螺纹滚压工具·····	580
第一节 概述·····	580
第二节 滚丝轮·····	588

一、滚丝轮的滚压方法	589
二、普通圆柱滚丝轮的设计	589
三、制造滚丝轮的有关工艺	605
四、其他滚丝轮的设计	625
五、滚丝轮的使用	639
第三节 搓丝板	659
一、搓丝板的工作原理和结构形式	659
二、普通螺纹搓丝板的设计	662
三、搓丝板的加工工艺	676
四、其他搓丝板的设计	682
五、搓丝板的使用	687
第四节 丝杆滚压轮	691
一、滚压器的结构和滚压轮的安装	693
二、滚压轮的设计	697
三、滚压器的使用	713
第五节 螺纹滚压头	719
一、外螺纹滚压头的结构及其设计特点	719
二、滚轮的设计	728
三、滚压头的使用	737
四、内螺纹滚压头的设计特点	743
第六节 无槽挤压丝锥	745
一、无槽挤压丝锥的种类	746
二、无槽挤压丝锥的使用	747
三、无槽挤压丝锥的典型工艺	756
四、无槽挤压丝锥在使用中的几个问题	759
附录 国家标准普通螺纹摘录	764
参考文献	799

第一章 概 论

螺纹, 追溯其历史, 早在公元二世纪末, 就已开始用于生活与生产实践。在现代机械制造业中, 由于其造型简单, 使用方便、可靠, 易于大量生产, 因而极其广泛地应用于紧固联结、管道联结、传递动力、进给运动、位移放大和微调等场合。特别是在联结构件方面, 所占比例甚大, 在某些机器上, 可高达总构件的60~70%以上。螺纹, 就其形状、精度、光洁度、生产批量以及用途的不同, 所用工艺方法和加工的刀具亦有所不同。

随着机器向大功率、轻量化和高速化的发展, 对螺纹构件的可靠性提出了更高的要求。有些螺纹零件是在高温下或在腐蚀性液体中工作的, 这就要求它们具有高的抗蠕变能力和抗腐蚀性能, 因而常常需要用高性能合金钢或合金制造。而这些材料的切削加工性则往往是很差的。

螺纹的形式多种多样。按其牙型不同, 有普通螺纹(三角形螺纹)、矩形螺纹、梯形螺纹、锯齿形螺纹等; 按其位置不同, 有外螺纹和内螺纹; 按其发生线方向不同, 有圆柱形螺纹和圆锥形螺纹等。1963年, 我国公布了第一个螺纹国家标准“GB192~197-63普通螺纹标准”; 1965年公布了“GB784~785-65梯形螺纹标准”。其后, 原第一机械工业部公布了“JB923-66锯齿形螺纹标准”, 原第三机械工业部公布了航空工业用的“HB242-70间隙螺纹标准”、“HB243-70过盈螺纹标准”、“HB247-72锥螺纹标准”等。近年来, 为了扩大对外经济交流, 参照ISO国际标准, 我国于1981年公布了普通螺纹新的国家标准GB192~197-81, 责成各有关部门贯彻实施。在新标准中, 对内螺纹规定了G和H两种螺纹公差带位置, 对外螺纹规定了e、f、g和h四种螺纹公差带位置。决定公差带大小的各直径公差等级为: 内螺纹小径 D_1 和中

径 D_2 分为4、5、6、7、8五级；外螺纹大径 d 分为4、6、8三个等级，外螺纹中径 d_2 分为3、4、5、6、7、8、9七个等级。表1-1所示为新旧普通螺纹国家标准公差带的对照。

螺纹加工的方法很多，但就其形成原理来说，可分为切削加工和基于塑性变形原理的无屑加工两种。切削加工包括螺纹的车削、铣削、磨削及用丝锥、板牙、螺纹切头切螺纹等；无屑加工包括搓丝、滚丝、挤压螺纹等。见图1-1。采用哪一种螺纹加工方法，主要决定于：（1）螺纹牙型和尺寸；（2）零件材料；（3）零件的结构特点；（4）零件的批量；（5）螺纹的精度和光洁度；（6）采用的设备和工具；（7）生产过程的自动化程度；（8）经济效益等。

采用不同的刀具和螺纹加工方法，所能获得的精度、光洁度、生产率和经济效果是很不相同的。

用螺纹车刀和梳刀切削螺纹，在单件和小批生产中被广泛用于加工普通螺纹和大螺距螺纹，既用于切外螺纹，又用于切内螺纹。它的加工范围很广，加工螺纹直径几乎不受什么限制。在用高速钢车刀车削螺纹时，工件材料的强度和硬度不能太高；然而，在用硬质合金特别是高性能硬质合金车刀车削螺纹时，却可加工淬火硬度达HRC62的零件（例如在滚丝轮上修复螺纹）。用车刀加工螺纹的精度可达6~4级（按GB197-81，下同），光洁度一般可达 $\nabla 5 \sim 7$ ，经仔细研磨的车刀或进行高速车削亦可达 $\nabla 8$ 。用高速钢螺纹车刀车削螺纹的生产率低于自动开合螺纹切头，但用硬质合金车刀按自动循环加工时，其生产率可高于切头0.5~1倍。

丝锥是加工内螺纹的常用刀具，无论在单件、小批生产中（手用丝锥），或在成批、大量生产中（机用和螺母丝锥），都极其广泛地应用着。标准丝锥的直径可达100mm。用丝锥加工螺纹的精度可高达4级，光洁度可达 $\nabla 4 \sim 6$ 。

圆板牙虽然加工精度不高（只能达6级），生产率也低，但在单件、小批生产中却应用很广。因为这种刀具成本低，使用简

表1-1 新旧普通螺纹国家标准公差带对照表

GB197-63 精度等级	新国标的 公差带	极限偏差 对比	中径公差对比	顶径公差对比	备 注
1 级	4H5H	下偏差重合 (都是零)	4H 比 1 级 大 25 ~55%	$P \leq 0.8$ 时, 5H 比 1 级 约小 20% $P > 0.8$ 时, 相差 $\pm 10\%$	
2 级	6H或5H6H $P = 0.2$ 时用 4H $P = 0.25$ 时用 5H	下偏差重合 (都是零)	6H 比 2 级 大 25 ~50% 5H 与 2 级 近 似 相 等 4H 比 2 级 小 11% 5H 比 2 级 大 12%	$P \leq 0.8$ 时, 近似相等 $P > 0.8$ 时, 6H 比 2 级 大 20~30%	尽可能优先选用 6H 由于 TD_2 不得大于 $0.25P$, 所以: $P < 0.25$ 时, 大于 4H 的公差 不列出 $P \leq 0.25$ 时, 大于 5H 的公差 不列出
2a 级	6H $P = 0.2$ 时用 4H $P = 0.25$ 时 用 5H	下偏差重合 (都是零)	6H 与 2a 级 近似相等 4H 比 2a 级 小 29%	$P \leq 0.8$ 时, 近似相等 $P > 0.8$ 时, 6H 比 2a 级 大 20~30%	尽可能优先选用 6H 由于 TL_2 不得大于 $0.25P$, 所以: $P < 0.25$ 时, 大于 4H 的公差 不列出 $P \leq 0.25$ 时, 大于 5H 的公差 不列出

内 螺 纹

(续)

GB197-63 精度等级	新国标的 公差带	极限偏差 对比	中径公差对比	顶径公差对比	备 注
3 级	7H $P=0.2$ 时用4H $P=0.25$ 时用 5H $P=0.3\sim0.45$ 用6H	下偏差重合 (都是零)	7H 比 3 级 大 5 ~25%, 小10~15% 4H比 3 级小47% 5H比 3 级小30% 6H比 3 级小15%	7H比 3 级公差大 $P\leq 0.8$ 时, 大25% $P>0.8$ 时, 大45~70%	7H仅用于过渡期, 一般机械 应选 6H 由于TD ₂ 不得大于0.25P, 所以: $P<0.25$ 时, 大于4H的公差 不列出 $P\leq 0.25$ 时, 大于5H的公差 不列出 $P<0.5$ 时, 大于6H的公差 不列出
1 级	4h	上偏差重合 (都是零)	近似相等, P小时 4h稍小 P大时4h稍大, 相 差10%, 个别达20%	4h比 1 级小30~40%	
2 级	6h	上偏差重合 (都是零)	近似相等, P小时, 6h、6g稍小 P大时, 6h、6g稍大, 相差±10%, 个别达 20%	近似相等	应优先选用6g
	6g	2 级上偏差是 6g公差的20~30%			

内 螺 纹

外 螺 纹

2a级	6g	2a级上偏差是 6g 公差 的 20 ~30% 下偏差近似相 等	6g比2a级小25%	近似相等	同螺距时，直径较大的2a与 7h6h或7g6g 的公差近似相等
3级	8h ($P \geq 0.8$ 时) $P \leq 0.3$ 时 用6h $P = 0.35 \sim 0.75$ 时用7h6h	上偏差重合	近似相等， P 小时 稍小， P 大时稍大， 相差 $\pm 10\%$ ，个别达 20% 6h比3级小35% 7h比3级小20%	8h比3级大7~20% 6h比3级差 $\pm 13\%$	过渡期用8h，一般应优先选 用6g6h 由于 Td_2 不得大于 Td ，所 以： $P \leq 0.3$ 时，大于6H的公差 不列出 $P \leq 0.75$ 时，大于7h的公差 不列出

外 螺 纹

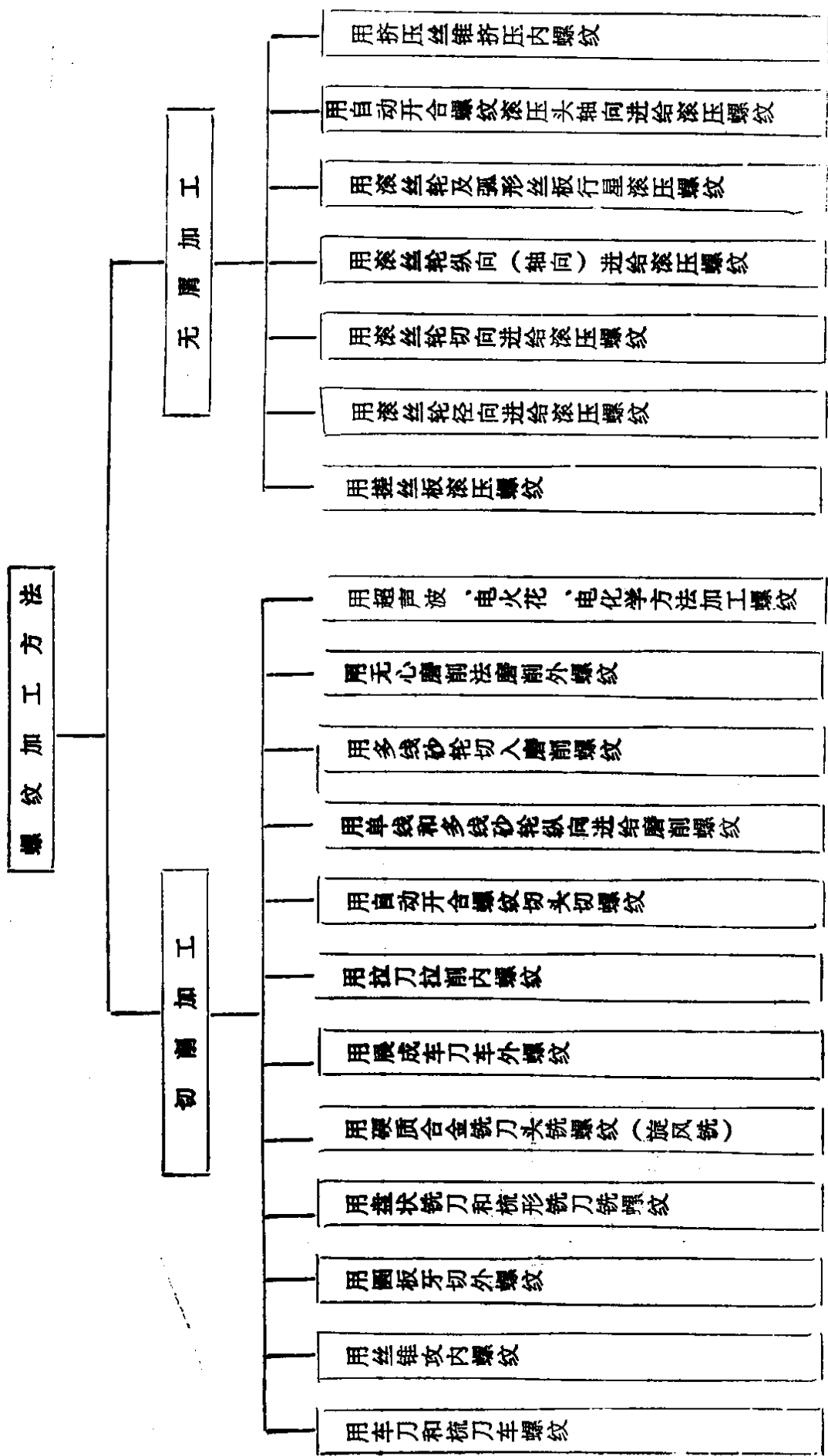


图1-1 螺纹加工方法

单，手用、机用均可。

用螺纹铣刀既可加工外螺纹，又可加工内螺纹，虽然加工精度不高，一般仅能达 8 ~ 6 级，生产率也较低。然而，由于铣削螺纹的精度比较稳定，因此在小批或成批生产中仍被普遍采用。至于用盘状铣刀粗加工和用硬质合金铣削头旋风铣削梯形螺纹，却不失为是一种高效率的切削刀具。

自动开合式螺纹切头是一种广泛应用于成批和流水生产中代替普通圆板牙的高效螺纹加工工具。这种工具既适于加工外螺纹（直径可大至 90mm），也适于加工内螺纹（直径一般不小于 36mm）。加工螺纹精度一般可达 6 级，经仔细调整后可达 4 级。加工螺纹的光洁度一般可达 $\nabla 5 \sim 6$ ，亦可达到 $\nabla 7$ 。

在普通车床上用拉削丝锥加工大螺距和多线螺纹，生产率约可提高 10 倍。

用砂轮磨削螺纹属精加工范畴，加工硬度很高的淬火钢时，精度可达 4 级或更高，光洁度可达 $\nabla 8 \sim 10$ 。普通纵向进给磨削螺纹的生产率虽不高，但用无心磨磨削螺纹时的生产率却比螺纹切头高 2 倍。磨削螺纹时，工件直径可达 250mm；无心磨削螺纹的加工直径在 12~50mm，长度可达 50~150mm。

对于一些难加工材料的螺纹加工，除要对螺纹刀具进行一些特殊设计和采用硬质合金材质外，还常采用一些新的加工方法，如各种电加工方法。

用电腐蚀方法加工螺纹时，加工直径大于 10mm，螺距可达 3mm。这种方法只适用于导电材料。

用电化学方法加工螺纹时，加工直径达 20mm，螺距在 0.25~2 mm 之内。这种方法也只适用于导电材料。

超声波方法可加工 $\sigma_b \leq 130 \text{ kgf} \ominus / \text{mm}^2$ 、硬度达 HRC35 的材料，螺距可达 2mm。

以上所述为切削加工螺纹的各种方法和刀具的加工效果。近几十年来，基于塑性变形原理的滚压加工方法得到了愈来愈广泛

$\ominus 1 \text{ kgf} = 9.807 \text{ N}$ (牛顿)

的应用。滚压加工螺纹有很高的生产率，它比螺纹切头的效率高3~10倍以上，采用行星滚丝时则可提高30倍，因而已广泛应用于成批和大量生产中。滚压螺纹的精度可达6~4级（搓丝板加工达8~6级），加工螺纹的光洁度一般为 $\nabla 8 \sim 9$ ，高的可达 $\nabla 10$ ，赶上和超过了磨削螺纹的光洁度。滚压螺纹的方法还可节约金属20~30%，提高螺纹疲劳强度，成倍地延长零件的使用寿命。滚压方法不仅广泛用于加工普通螺纹，而且也适于加工梯形和方牙螺纹，以及各种复杂形状的回转表面。

生产中还采用了切削和滚压相结合的加工方法，例如先用螺纹切头加工后再用滚压头加工，可稳定地达到4级精度、 $\nabla 8 \sim 9$ 甚至 $\nabla 10$ 光洁度。

各种螺纹刀具常用的加工范围和加工效果如表1-2所示。

螺纹加工的质量除决定于不同加工方法和选择不同螺纹刀具外，还涉及到很多其他因素，如工艺系统刚性、被加工金属机械性能的不一致性、坯件尺寸精度、工件和刀具在加工时的受热状态、工艺系统的几何误差、刀具的磨损、机床调整误差、刀具制造误差等等。因此，要提高螺纹加工质量，除正确地设计和制造刀具外，对坯件的选择、设备的选用和调整、刀具的正确使用（切削用量及切削液选择）等，均应给予必要的注意。

本书详细阐述了各种螺纹刀具（从最简单的螺纹车刀到复杂结构的自动开合式螺纹切头；从最常用的丝锥、板牙到高效率的螺纹滚压头）的设计计算，并就它们的使用及有关特殊工艺作了概要介绍。

在螺纹车刀这一章中，除介绍了各种螺纹车刀（平体、棱体、圆体）的结构和由于前、后角引起的车刀廓形变化而必须进行的设计计算方法外，还用图解解析法对各种类型螺纹车刀的静态角度和工作角度进行了分析计算，求出齿形高度各点上工作后角的数值。用这种方法与用矢量矩阵法比较，对于螺纹这种比较简单的螺旋面来说，具有简单直观、易于理解等特点。螺纹车刀是螺纹刀具的基础。对螺纹车刀理论廓形的求法，以及用直线代替理论廓

表1-2 各种螺纹刀具的常用加工范围及其效果

刀 具 种 类	常用加工范围(mm)	加 工 材 料	螺 纹 精 度	螺 纹 表 面 光 洁 度	相 对 生 产 率
螺纹车刀和梳刀	$d=1\sim 220$ $P=0.2\sim 6$	$\sigma_b\leq 85\sim 160\text{kgf/mm}^2$ $14\text{RC}45\sim 62$	6~4	$\nabla 5\sim 7$	0.5~0.8(硬质合金车 刀可提高0.5~1倍)
梳形螺纹铣刀及旋风铣削头	$d=20\sim 30$ $P\leq 12$	$\sigma_b\leq 100\text{kgf/mm}^2$ $\text{HRC}30\sim 50$	8~6	$\nabla 4\sim 6$	0.2~0.5
丝 锥	$d=1\sim 100$ $P=0.2\sim 6$		7~4	$\nabla 4\sim 6$	0.6
圆 板 牙	$d=1\sim 68$ $P=0.2\sim 6$		6	$\nabla 4\sim 5$	0.5
自动开合式螺纹切头	$d=3\sim 90$ (外螺纹) $d\geq 36$ (内螺纹) $P\leq 4$		6~4	$\nabla 5\sim 6$	1.0
砂轮磨削	$d=1\sim 60$ $P\leq 3$	$\text{HRC}\geq 30$	等于或高于4	$\nabla 8\sim 10$	0.5~1.0 (无心磨为3.0)
搓 丝 板	$d=1\sim 24$ $P=0.2\sim 3$	$\sigma_b=60\text{kgf/mm}^2$	8~6	$\nabla 7\sim 8$	6~8
滚 丝 轮	$d=3\sim 100$ $P\leq 8$	$\sigma_b\leq 120\text{kgf/mm}^2$ $14\text{RC}\leq 37$	7~4	$\nabla 8\sim 9$	2~3
螺纹滚压头	$d=2\sim 52$ $P\leq 5$	$\sigma_b\leq 140\text{kgf/mm}^2$	6~4	$\nabla 8\sim 9$	3~4
先经螺纹切头加工再经滚压头滚压			4	$\nabla 8\sim 9$	1~1.5