

高等学校交流讲义

金属切削刀具

上海交通大学金属切削机床及刀具教研组编著



中国工业出版社

本書主要內容包括切刀、拉刀、銑刀、孔加工刀具和螺紋刀具的計算和設計方面的基本原理和分析，对一些新型刀具的結構也作了适当的介紹。

本書适合于大專院校的机械制造工艺及其装备專業作为“金属切削刀具”的教学用書，也可供中等專業学校同类專業的教學人員及有关工厂从事刀具工作的技術人員参考。

本書由上海交通大学金属切削机床及刀具教研組編著，参加編著者有高世华、薛秉璋、李云璧、蔣錫藩四位同志。

金 属 切 削 刀 具

上海交通大学金属切削机床及刀具教研組編著

*

中国工業出版社出版（北京佟麟閣路丙10号）

（北京市書刊出版事業許可証出字第110号）

北京市印刷一厂印刷

新华書店科技發行所發行·各地新华書店經售

开本 787×1092 1/16·印張 15 1/4·字數 365,000

1961年10月北京第一版·1961年10月北京第一次印刷

印數 00001—10,037·定价(10-6) 1.85 元

統一書号:15165·392 (一机-62)

前 言

一、本書基本上是按照全国高等工業学校“机械制造工艺及其装备”專業 1959 年指导性教学計劃的要求編写的。

二、本書沒有包括齒輪刀具的內容。有关磨具和鉗工刀具中的銼刀等也未編入。各校在采用本书时，可根据需要自行补充。

三、考虑到本書主要是作为高等工業学校的教材，在編写上，着重在刀具設計和計算的基本原理和分析方面。为节约篇幅，有关刀具設計方面的具体資料如数据表格和各种标准等大都未列入；有关刀具制造工艺方面，本書只叙述部分刀具制造方面的特殊工艺如刃磨、銼齿和銼槽等的基本原理和方法。

四、根据 1959 年指导性教学計劃的精神，本書的內容偏多了些。有些內容（如 §4-5 和 §4-7 等）原拟在审稿过程中精刪，考虑到本教材的通用性，为适应各类学校的不同需要，大都保留下来，以供各校在采用时按具体要求决定取舍和补充。

五、本書第二章“提高刀具生产率途徑和尙須研究的問題”似应放在刀具課程末讲授較合适。考虑到本书的編写系統，目前編在第一篇共同部分內。在使用本书时，可根据情况作調整。

其他如自动綫刀具（本书只在“切刀”章內編写了自动綫車刀）和复合刀具（本书編在孔加工刀具中）等也可考虑綜合其他各种类型单独成章或篇，似更全面些。

六、本書是在我組原編“金屬切削刀具講义”的基础上，根据今年全国性机制专业教材选編、审編會議的精神和对該讲义的意見，結合我校在使用中的体验改編而成。书中主要資料系采自苏联有关的書籍和文献。在改編过程中，曾参考了华中工学院、大連工学院、天津大学、南京工学院和西安交通大学等兄弟学校的有关讲义。

改編工作包括：补充了第一編，改写了緒論和其他各篇。但由于時間非常紧迫，沒有能够更广泛地收集資料加以补充和对全书作更全面深入地考虑，同时限于水平，因此改編后也还存在着一些缺点，如內容偏多、各章节間的分量还不够均衡、叙述还不够精煉和語句文字的修飾工作还做得不够細緻等，甚至还可能存在一些錯誤之处。热忱地希望大家提出批評和指正。

七、本書在审編过程中，承西安交通大学乐兌謙同志、吉林工業大学付敦祺同志、南京工学院章未同志、华中工学院諸兴华同志和北京机械学院裘惠孚同志認真审稿、提供宝贵意見并协助修改，特此說明并敬致謝意。

上海交通大学机械制造系
金屬切削机床及刀具教研組

1961.5.10.

緒 論

金屬切削刀具是用切去金屬層（切屑）的方法加工金屬工件的手動或機動工具。它靠人的手或金屬切削機床的執行機構與勞動對象直接接觸，能直接影響勞動生產率，因為“勞動生產率不僅依存於勞動者如何熟練，且也依存於他所使用的工具如何完備”^①，所以它是人類重要的一種生產工具。

人類社會發展的历史，是生產力與生產關係發展的历史。我們知道生產力是包括“生產物質資料時所用的生產工具，以及因有相當生產經驗和勞動技能而發動着生產工具并實現着物質資料生產的人”^②。而生產方式的特点之一：就是它的改變與發展總是從生產力，首先是從生產工具的改變與發展開始。這就決定了生產工具，其中也包括重要的生產工具之一的金屬切削刀具，在人類社會發展史中的重要作用。

人類社會發展的早期，生產工具為數很少，當時主要的是石斧等石器工具，直至奴隸社會（公元前三千年）人類才開始製造金屬的銼刀、鑽頭和鋸子等刀具。偉大的中華民族自古以來就是勤勞勇敢的。我國周朝時代（公元前1122~249年）青銅工具的製造已達到很高的水平至戰國時代（公元前8~3世紀）和漢代（公元前220~206年）製造的鐵器刀具，且還經過熱處理加工。

封建社會曾製造和使用極大數量的手用刀具：如各種類型的切刀、扁鑽、絲錐、板牙、鉸刀、銼刀、鑿子和磨輪等。此後隨着機器生產的發展，刀具逐漸由手動變為機動，從而成為機床工作的組成部分。

在19世紀後半葉出現了下列刀具：薤花鑽、鉸刀、擴孔鑽、各種類型的銼刀，19世紀末、20世紀初，人們從生產實踐中創造了齒輪滾刀和插齒刀，1920年初，在生產中推廣了高生產率的拉刀和復合刀具。

十月革命後，世界上第一個社會主義國家——蘇聯在蓬勃發展的機器製造工業基礎上，建立了全蘇工具科學研究院（ВНИИ）等一系列的科學研究機關，進行了大量科學總結、試驗研究等工作，對金屬切削刀具這門學科的發展作了很大貢獻，並對我國解放後年青的工具工業給予了援助。

二

馬克思在分析了十八世紀產業革命時代機器生產的特点後，曾經論述了各類由手動變成了機動的工具是一切工具機（即工作機）上不可缺少的部分^③。如果我們仔細觀察現代各類金屬切削機床，如車床、鉋床、鑽床、銑床、磨床和齒輪加工機床等，就可以看到，不論何種機床，其上均須安裝着各種所需要的刀具，才能切削金屬工件，因此也可以說，刀具是金屬切削機床工作時的基本組成部分。

① 馬克思，“資本論”一卷、四篇、十二章，人民出版社1953年第109頁。

② 斯大林，“歷史唯物主義與辯證唯物主義”——“列寧主義問題”707頁人民出版社1957年。

③ 參閱馬克思，“資本論”第一卷，第四篇，第十三章人民出版社1953年。

刀具在金属切削加工进展过程中和金属切削机床结构的改进中起着显著的作用：往往刀具的改变，其切削性能的增高，例如出现了硬质合金刀具和复合刀具后，就要求改变机床的结构和切削加工工艺。当然，机床与工艺的改变，也会反过来影响刀具，例如生产自动线的建立就要求刀具具备所谓“尺寸耐用度”的新性能等。

刀具在机械制造中的意义和作用将直接影响劳动生产率、产品的质量和成本。虽然目前无屑加工工艺已逐渐发展，但在许多场合它不能完全代替金属切削加工，因此刀具还将继续发挥其重要作用，特别是提高工件的加工精度。此外，对一个国家工业化和经济独立而言，工具工业的发展也还有着其特殊作用：因为一个国家的机器制造业，仅当它能以足够的机床和刀具供应自己时，才算摆脱了对外国的依赖。

三

我国解放（1949年）以前，由于国民党反动政府的腐败统治和帝国主义的残酷掠夺，机械工业极为落后，虽然当时也有些工厂制造一些另星的自用刀具和量具，但质量不高，数量也少，而且只限于为数寥寥的几种品种，绝大部分依赖于国外进口，工具生产基本处于非常落后的状态，金属切削刀具领域内的科学研究工作更无从谈起。

解放后，在党和毛主席的领导下，我国也开始建立了近代化的大型工具厂，以适应我国机械工业迅速发展的需要：在发展国民经济的第一个五年计划期间，党提出了逐步实现国家社会主义工业化的过渡时期总路线。与机械工业飞跃发展的同时，工具工业也相应地迅速成长起来：先后改建扩建和新建了一些工具厂和量具刀具厂，在全国范围内改组了为数众多的小型工具厂，使我国刀具制造的数量和水平都得到很大提高。1955年至1957年相继投入生产的大型工厂，它们本身拥有大的工具车间，生产各种复杂、精密的刀具、量具和模夹具等，实质上已相仿于大的工具厂。这些基地的建立为我国工具工业的宏伟建设打下了稳固的基础。

党和政府在大力进行工具工业基本建设的同时，对专门人材的培养也给予了极大的重视：一方面是通过生产实践培育了大批的技术工人和干部，一方面是通过高等学校与中等专业学校进行培养。从1952年起，先后在全国许多高等学校与中等专业学校中设立了“金属切削机床与刀具”专业。在党的领导和关怀下，一支忠于社会主义工具工业建设的队伍，正在逐渐成长和壮大起来，并开始进行着金属切削和刀具科学研究工作。此外成立了工具研究所，在许多工厂中建立了切削试验室，同时加强了各工厂、学校及科研机构间的联系与合作，并着手编制我国的刀具国家标准。

1958年的大跃进使我国工具工业获得了更高速度的发展：在全国各地区，大、中、小工具厂配套生产，工厂、学校、研究机构三结合，大力总结了工人群众在生产实践中的先进经验，广泛开展了金属切削与刀具的科学研究工作。群众的智慧使工具工业中新品种、新技术、新的发明创造和研究成果，有如旭日东升，形成了群众性的、以技术革命为中心的科学研究和试制工作的新气象。生产出3A级齿滚刀、八头蜗轮精滚刀、小模数的齿轮刀具、各类复杂精密的拉刀、高生产率的插齿刀头、新结构的自动开合螺纹滚压头等诸多达较高水平的刀具；进一步改善了陶瓷刀片的质量，试制成具有更高抗弯强度的金属陶瓷刀片。1958年工具研究所进行了国内、外硬质合金刀片质量的比较试验，结果表明，国产的硬质合金刀片无论在耐用度、机械强度和切削性能方面都赶上当前先进水平。

与此同时，还大力进行着刀具制造热加工工艺的試驗与研究，諸如节省原材料的精密鑄造、高速鋼堆焊与搓制鑽头等新方法。

广大工人羣众对金屬切削刀具进行了許多創造性的革新工作，使我国产生了许多新型結構的高生产率的刀具：如朱大仙車刀、倪志福鑽头、李福祥鑽头等，为試驗研究工作提供了新的內容。

1959年出現了絲錐、鋸条、鑽头等生产自动綫，使我国的工具制造业向着高度的机械化、自动化生产方向迈进。1958年12月、1960年2月、1960年12月相繼在上海、哈尔滨、成都等地召开了全国工具專業科研协调會議，會議交流了大躍进以来大、中、小工厂、学校、科研机构三結合大搞羣众运动、猛攻尖端的宝贵經驗，討論了科研技术规划，为工具工業更进一步的发展打下了基础。

四

金屬切削刀具这門学科是在总结生产实践的經驗基础上建立与发展起来的，其任务在于研究金屬切削刀具的設計、制造和使用的实践与理論。探討提高劳动生产率，提高工件精度与降低生产成本的新型結構的刀具，它与机械專業中的許多学科：如金屬切削原理、机械制造工艺学、机床設計等有密切的联系，是“机械制造工艺及其設備”專業的一門專業課程。不熟悉或不懂刀具，很难胜任机床設計与机械制造工艺的工作。

当前，当我們对刀具这門学科作进一步研究与探討的同时，深入生产实际、調查研究、試驗分析、并科学地总结广大群众的先进經驗，是繼續發展金屬切削与刀具学科的重要途径，也是我国所有工具工作者的主要任务。

我們必須更高地举起毛澤东思想的紅旗，更进一步地自力更生，奋發圖强、努力丰富知識与技能，时刻准备以無限忠誠来完成我們偉大的祖国迅速建成社会主义和共产主义的光荣任务。

目次

緒論	4
----------	---

第一篇 共同部份

第一章 刀具設計基礎	1	§ 1-4 刀具設計的共同問題	7
§ 1-1 刀具的分類	1	第二章 提高刀具生產率的途徑	
§ 1-2 刀具的組成部份和標準化	2	和尙須研究的問題	10
§ 1-3 刀具材料	4		

第二篇 切 刀

第三章 普通切刀	14	§ 4-3 成形車刀的前角和後角	37
§ 3-1 車刀設計	14	§ 4-4 徑向成形車刀的廓形設計	40
§ 3-2 硬質合金車刀	20	§ 4-5 斜置成形車刀的廓形設計	45
§ 3-3 自動機和自動綫用車刀	28	§ 4-6 成形車刀的加工誤差	49
§ 3-4 鉋刀與插刀	30	§ 4-7 切向進給的成形車刀	51
第四章 成形切刀	32	§ 4-8 成形車刀的樣板	53
§ 4-1 概述	32	§ 4-9 成形車刀的刃磨	54
§ 4-2 成形車刀的構造和裝夾	34		

第三篇 拉 刀

第五章 內拉刀	56	§ 5-8 各種拉削方式的圓孔拉刀	74
§ 5-1 種類和用途	56	§ 5-9 其它內拉刀	76
§ 5-2 一般結構	58	§ 5-10 圓孔拉刀的刃磨	79
§ 5-3 拉削方式	58	第六章 外拉刀	80
§ 5-4 切削部分	61	§ 6-1 種類和用途	80
§ 5-5 校準部分	69	§ 6-2 一般結構要素	82
§ 5-6 其它部分	71	§ 6-3 拉削方式	82
§ 5-7 拉床牽引力和拉刀強度的檢查	72	§ 6-4 刀齒的裝夾方法	83

第四篇 銑 刀

第七章 整體尖齒銑刀	86	§ 8-4 其他鏟齒銑刀——苞米銑刀	117
§ 7-1 概述	86	第九章 鏟齒銑刀	119
§ 7-2 銑刀的構造和結構要素	87	§ 9-1 概述	119
§ 7-3 各種類型的整體尖齒銑刀	95	§ 9-2 刀齒的夾持	120
§ 7-4 銑刀齒槽的銑制和刃磨工藝		§ 9-3 鏟齒三面刃和鏟齒圓柱平面銑刀	123
簡述	101	§ 9-4 硬質合金端銑刀	128
第八章 鏟齒銑刀	106	§ 9-5 其它新型結構的高生產率銑刀	132
§ 8-1 鏟齒成形銑刀的設計原理	106	第十章 鋸	136
§ 8-2 用作圖法求成形銑刀的廓形	114	§ 10-1 圓鋸	136
§ 8-3 鏟齒成形銑刀的結構	115	§ 10-2 條鋸	137

第五篇 孔加工刀具

第十一章 鑽头.....139

§ 11-1 概述.....139

§ 11-2 麻花鑽的構造和結構要素.....140

§ 11-3 麻花鑽切削部分結構的改善.....145

§ 11-4 麻花鑽螺旋槽銑刀的廓形設計.....148

§ 11-5 硬質合金鑽头.....151

§ 11-6 深孔鑽和環孔鑽.....152

§ 11-7 鑽头的刃磨.....155

第十二章 鉗鑽.....158

§ 12-1 概述.....158

§ 12-2 擴孔鑽的構造和結構要素.....159

§ 12-3 鉗鑽的夾持部分.....162

§ 12-4 几种其他类型的鉗鑽.....162

§ 12-5 鉗鑽的刃磨.....164

第十三章 鉸刀.....164

§ 13-1 概述.....164

§ 13-2 鉸刀的構造和結構要素.....165

§ 13-3 各种主要类型鉸刀的結構特点.....169

§ 13-4 鉸刀的刃磨.....172

第十四章 鏜孔刀具.....172

§ 14-1 概述.....172

§ 14-2 鏜孔刀具的結構設計特点.....174

§ 14-3 几种鏜孔刀具的結構特点.....175

第十五章 孔加工的复合刀具.....176

§ 15-1 概述.....176

§ 15-2 同时加工数个表面的复合刀具.....176

§ 15-3 順序加工数个表面的复合刀具.....177

§ 15-4 复合刀具的設計特点.....178

第六篇 螺紋 刀 具

第十六章 螺紋車刀和螺紋梳刀.....180

§ 16-1 螺紋車刀.....180

§ 16-2 螺紋梳刀.....184

第十七章 絲錐.....186

§ 17-1 概述.....186

§ 17-2 絲錐的構造和結構要素.....187

§ 17-3 絲錐螺紋的公差.....193

§ 17-4 各种主要类型絲錐的結構特点.....195

§ 17-5 絲錐的刃磨.....201

第十八章 板牙.....202

§ 18-1 概述.....202

§ 18-2 圓板牙的構造和結構要素.....202

§ 18-3 板牙螺紋的公差.....207

§ 18-4 各种主要类型板牙的結構特点.....208

§ 18-5 板牙的夾持和刃磨.....210

第十九章 自动开合螺紋切头.....211

§ 19-1 概述.....211

§ 19-2 自动开合板牙头.....212

§ 19-3 帶徑向圓梳刀板牙头的結構、
設計和使用.....213

§ 19-4 自动开合絲錐.....223

第二十章 螺紋銑刀.....224

§ 20-1 概述.....224

§ 20-2 盤形螺紋銑刀.....224

§ 20-3 梳形螺紋銑刀.....226

§ 20-4 高速銑切螺紋用刀盤.....230

第二十一章 螺紋滾壓工具.....232

§ 21-1 概述.....232

§ 21-2 切向進給的螺紋平搓板.....233

§ 21-3 徑向進給的螺紋滾子.....235

§ 21-4 軸向進給的滾壓板牙和自动开
合螺紋滾壓头.....237

第一篇 共同部份

第一章 刀具設計基礎

§ 1-1 刀具的分类

(一) 分类的意义和特征

分类是認識自然界現象的一种方法。

每一門科学，其領域內所包含的物体和現象是多种多样的，但可以适当地归納并划分为若干組，每組內的物体和現象总是具有某些共同性質和特点的。当人們調查研究了該組內的某一物体和現象后，就有可能判断該組其它物体的性質和屬性。所以，分类能帮助人們更容易、更迅速地掌握自然界現象的共同規律，因而也就有可能进一步去探討它們的本質。

分类是每門科学發展必經的道路。它在一定程度上既总结了這門科学过去的發展情况，另一方面又能指出它繼續發展的方向。

但是，要使分类对科学起真正的良好作用，它必須客觀地反映外界某一領域內的正确現象或某組現象所具有的共同規律，而不应是一个物体或現象对另一个物体或現象的机械附加。此外，分类不应是一次确定后固定不变的，而是随着科学發展逐趋全面和完整。

在金屬切削刀具方面，現在有着数量很多，形狀和用途不同的許多种类，这些刀具随着生产的發展，繼續不断地还在創造着。因此，將各种各样的刀具系統地加以分类是很重要的。

刀具的分类可按許多特征进行，例如按切削部份的材料可分高速鋼和硬質合金刀具；按結構可分整体的、鑲齿（鑲片）的刀具等等。但是，最能反映刀具的共同性的特征，是值得研究的。

金屬切削刀具的分类特征，較合适的是其加工工艺的种类及其应用范围。这个分类特征是有现实意义的。例如，在小批生产的工厂中，車間中的設備是按加工种类排列的，如切断工段、車工工段、銑工工段、齒輪工段及其它工段；而大量生产的工厂工具車間及專業工具厂也都按此特征来組織工段和車間的，如切刀及成形車刀工段或車間，銑刀、孔加工、螺紋刀具、齒輪刀具等工段或車間。此外較大的机器制造厂及工具厂的工具設計師也有按此特征分專業化的。所以，这个分类特征，在一定程度上反映了客觀真实情况以及刀具的共同性。

(二) 金屬切削刀具的分类

第一类：切刀——普通切刀及成形切刀等。

第二类：銼刀——如手用銼刀及机用銼刀等。

第三类：拉刀——如內拉刀及外拉刀等。

第四类：銑刀——如尖齒銑刀、鏟齒銑刀及鑲齒銑刀等。

第五类：孔加工刀具——如鑽頭、擴孔鑽和鉸刀等。

第六类：螺紋刀具——如螺紋車刀、絲錐、板牙、螺紋銑刀、螺紋切頭及螺紋輾壓工具等。

第七类：齒輪刀具——如齒輪銑刀、插齒刀、齒輪滾刀、剃齒刀、錐齒輪刀具及非漸開綫刀具等。

第八类：磨具——如砂輪、油石等。

第九类：切斷刀具——如割刀、鋸片銑刀及切割砂輪等。

在本書中，由于篇幅关系，銑刀及磨具兩类并未編入。同时，为講授方便及節約時間，將切斷刀具一类中的割刀、鋸片銑刀等并入有关章节編写。

§ 1-2 刀具的組成部份和标准化

(一) 組 成 部 份

任何刀具虽然它們的工作方式和工作原理各有特点，形狀和結構也有所不同，但都有共同的組成部份。

刀具的組成部份有兩個部份：工作部份和夾持部份。在大多数的刀具上，工作部份又分切削部份和校准部份（如鑽頭、鉸刀、拉刀等）；但有些刀具則無校准部份（如切刀、銑刀等）。

工作部份 是担负切削加工的部份。其中切削部份担负主要切削工作，这部份必須具有鋒利的刀刃、最适宜的几何参数、足够的容屑空間或导出切屑最适宜的溝槽，同时它必須具有高的紅硬性、足够的韌度和强度。校准部份則起着輔助的切削工作，用来修整、刮光工件表面和导向，使工件的形狀和尺寸更精确、表面更光潔，因此它除了要有鋒利的刀刃和适宜的几何参数等外，还应具有高的光潔度及尺寸精度。在一般情况下，校准部份又是切削部份的后备部份。

夾持部份 是使工作部份与机床連接在一起并保持正确位置以及傳遞工作时所必需的各种运动的部份。因此它必須具有足够的强度和剛度。

夾持部份的表面有着不同的作用：有些表面是决定刀具位置的表面，可称为定位基面（或称夾持基面）。有些是用作夾持时的輔助面，或直接承受夾持压力的表面。

刀具上的定位基面可以是外表面，也可以是內表面。定位基面的形狀和尺寸，視刀具的类型和尺寸而有所不同。

外定位基面 又可分为平面、外圓柱面、外圓錐面三种。

1. 平面基面（如圖 1-1）——用于切刀（如車刀、鉋刀及插刀等）、梳齒刀、錐齒輪鉋刀等刀具上。

平面基面应很平整，根据刀具的要求有：

- (1) 未經磨过的平面基面，如粗車刀的基面；
- (2) 磨过的平面基面，如精車刀及自动机用切刀的基面；
- (3) 研磨过的平面基面，如鍵槽拉刀的底面。

2. 外圓柱基面（如圖 1-2）——用于各种作旋轉运动的且直徑較小的刀具上（如鑽頭、

鉸刀、絲錐等), 这种基面不能傳遞很大的扭矩。

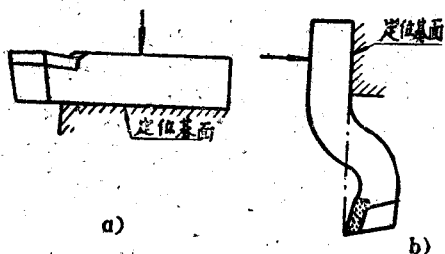


圖 1-1 平面基面

a) — 單刀, b) — 鉋刀

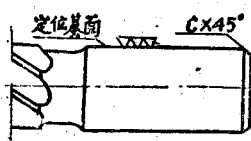


圖 1-2 外圓柱基面

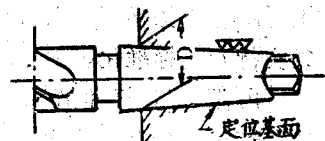


圖 1-3 外圓錐基面

外圓柱基面應滿足下列要求:

(1) 其中心綫應與工作部份保持很高的同心度, 以免由於偏擺影響加工精度以及由於刀刃負荷不一致而影響刀具耐用度。

(2) 應是一個正確的圓柱面, 以保證裝夾精度, 為此, 外圓柱基面必須磨過。

3. 外圓錐基面 (如圖1-3)——用於各種作旋轉運動的且直徑較大的刀具上 (如鑽頭、鉸刀等), 以傳遞較大的扭矩。

外圓錐基面是最簡單可靠的接合方法, 它可使刀具的夾持部份自動對准機床主軸內孔的中心綫而不致偏斜。此外, 就是很小的軸向力也能使錐形接觸面間產生相當大的摩擦結合力, 所以能可靠的傳遞扭矩。

刀具上的錐體通常按莫氏錐度製造, 但直徑較小及較大的錐體則用公制錐度。

為保證錐形接觸面間的精度及與工作部份的同心度, 外圓錐基面必須磨過。

內定位基面 又分內圓柱基面 (圓柱孔基面)、內圓錐基面 (圓錐孔基面) 二種。

1. 內圓柱基面 (如圖1-4)——用於圓柱平面銑刀、齒輪滾刀等一般直徑較大的旋轉刀具上。用鍵或靠端面夾緊來傳遞扭矩。

內圓柱基面應滿足下列要求:

(1) 圓柱孔應與刀具外圓有較高的同心度;

(2) 刀具端面 (夾持支承面) 須與刀具圓柱孔軸綫垂直;

(3) 二端面的平行度應很好, 為此, 圓柱孔及端面都須磨過。

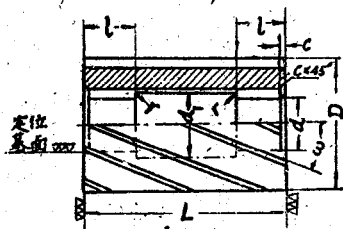


圖 1-4 內圓柱基面

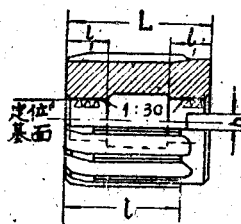


圖 1-5 內圓錐基面

2. 內圓錐基面 (如圖1-5)——用於套式擴孔鑽、套式鉸刀等孔加工刀具上。工作時

用端面鍵傳遞扭矩。這種基面的錐度一般為1:30。其要求與內圓柱基面相同。

(二) 標準化

隨著機械製造業的發展，刀具的種類、規格日益增多，這就給工廠帶來了設計和製造上的麻煩，勢必要投入許多人力、物力和時間，這樣就不能符合多快好省的精神。為此必須實行刀具標準化。

所謂“刀具標準化”就是將刀具的種類、結構、形狀尺寸及技術條件等作出統一的規定。這樣，就有下列優點：

(1) 大大減少了不必要的複雜的品種規格，有利於工廠採用先進工藝及專用設備來成批製造，這就能提高勞動生產率、節約材料、降低製造成本。

(2) 實行刀具標準化，可便利選用刀具。同時也可節省設計及計算刀具的時間。

(3) 有了嚴格明確的技術條件（質量指標），有利於控制和保證刀具的質量。

由此可見，刀具標準化是節約材料、降低成本、提高勞動生產率及保證刀具質量的重要措施之一。

在蘇聯等先進工業國家，都已制訂了刀具標準。我國工具研究所等有關單位結合我國具體情況正在進行制訂我國的刀具國家標準。

§ 1-3 刀 具 材 料

(一) 種 類

刀具材料應保證刀具能完成切削任務並具有高的耐用度。由於刀具是由工作部份及夾持部份組成的，故每部份的要求也有所不同。

對於工作部份所用的材料，要求

- (1) 硬度高；
- (2) 耐磨性好；
- (3) 強度、韌度須足夠；
- (4) 耐熱性（紅硬性）足夠。

對於夾持部份所用的材料，也必須有足夠的強度、韌度和剛度，一定的硬度和耐熱性。

能滿足工作部份要求的材料有碳素工具鋼、合金工具鋼、高速鋼、硬質合金、陶瓷材料等。滿足夾持部份要求的材料有結構鋼、低合金鋼等。用硬質合金作為切削部份材料時，也有用碳素工具鋼製作夾持部份。近年來為了節約鋼材，也有應用球墨鑄鐵來代替低合金鋼等。

碳素工具鋼 它的主要優點是在退火狀態下硬度較低 ($H_{RC}=165\sim175$)，有良好的可加工性，使刀具製造很容易；並由於可淬透性差，在直徑大於12~15毫米的刀具內部還保持着相當韌性，因此就有可能減少炭素工具鋼刀具工作時折斷的危險。但由於其可淬性差，在急劇冷卻淬火時容易產生變形和裂紋，且因紅硬性差，在溫度 $250^{\circ}\sim 300^{\circ}\text{C}$ 時即不能保持高的硬度和耐磨性，故不適用於速度較高、負荷較大的切削加工及製造形狀比較複雜、精度要求高的刀具。常用的牌號有T10 (Y10A)和T12 (Y12A)。

合金工具鋼 它的主要優點是比碳素工具鋼多增加了鎢、鉻、鉬、釩、鎳等合金

元素，提高了耐磨性、耐热性（能承受溫度達 $350\sim 400^{\circ}\text{C}$ ）及韌度；同時可淬性也較好，熱處理變形也較小。但仍不能用於高速切削加工。常用的牌號有力X乙（XBF）及9力丁（9XC）。

力X乙鋼的可淬性較好，且熱處理時不易引起彎曲，可適用於製造較長的刀具（如拉刀）。但其耐热性与碳素工具鋼相差不大，故也不適用於高速切削和加工很硬的材料；其次，形成網狀碳化物的敏感性也較大，因而脆性增高及刀刃崩裂的可能性也較大；此外，用這種材料製成的刀具，耐用度也不够理想，故不適於製造形狀複雜的刀具。

9力丁鋼除具有良好的可淬性外，耐热性較高，碳化物的分佈均勻，故應用較廣泛。但它有下列缺點：容易脫碳；硬度較高，在退火狀態下的可加工性較差。

高速鋼 它的主要優點為由於含錳量及含鉻量的提高（含錳約 $9\sim 20\%$ 、含鉻約 $3\sim 5\%$ ）；耐磨性及耐热性都較高（能承受溫度達 $500\sim 600^{\circ}\text{C}$ ），且熱處理變形也較小，適用於製造形狀複雜的精密刀具（如齒輪刀具等）。它的缺點還是不能用於高速切削以及需要貴重的合金元素（如錳等），故必須注意節約，盡量作成刀片應用。常用的牌號有Z9（P9）及Z18（P18）。

Z9鋼由於含錳量較低，碳化物的分佈比較均勻，故用它製成的刀具強度較高。但其熱處理要求高，必須嚴格控制淬火溫度，如溫度不够則硬度較低，溫度過高則晶粒較粗；且Z9鋼含鈹較多，磨削時容易堵塞砂輪，較難得到很高的表面光潔度。

Z18的可磨性較好，刀刃易得到高的光潔度；同時加工硬度高的鋼時，切削性能好，以及淬火時不易過熱，故應用較廣泛。但由於含錳量大而碳化錳的分佈又不易均勻一致，故強度較Z9略低，對於不能鍛打的細長刀具不宜採用。

硬質合金 它的優點為由於主要成份是碳化錳，故耐磨性及耐热性都較高（能承受溫度達 $900^{\circ}\sim 1000^{\circ}\text{C}$ ），因此能用於高速切削加工；此外，其硬度也很高（ $R_A=88\sim 92$ ），可加工淬硬鋼、玻璃、大理石等硬度很高的材料。但其缺點是抗彎強度較低（ $90\sim 130$ 公斤/毫米²）、性質較脆，目前大多製成刀片應用。常用的牌號有錳鈦鈷類合金 T_5K_{10} 、 $T_{15}K_6$ 、 $T_{20}K_4$ 和錳鈷類合金 BK_8 、 BK_6 、 BK_3 。

錳鈦鈷類合金（TK類）含有大量的游離碳化鈦，硬度、耐磨性及耐热性都較高，但脆性較大，僅適用於加工鋼料。

錳鈷類合金（BK類），由於無碳化鈦存在，韌度較高，但耐磨性及耐热性要差些。適用於加工鑄鐵。但工作條件較沉重或有沖擊時，加工鋼料也用之。

陶瓷材料 它的最大優點是硬度更高（ $R_A=91\sim 93$ ）、耐磨性及耐热性也更高（能承受溫度達 1200°C ），能用於高速切削；同時價格很低廉，極有發展前途。但其最大缺點是韌性很差、抗彎強度很低（ ≈ 30 公斤/毫米²）。目前製成的刀片主要用於半精加工和精加工。我國已有生產。

結構鋼 它的主要特點為價廉，但其硬度、耐磨性及耐热性都差，一般用作夾持部分的材料。但有些低合金鋼如40力因耐磨性尚高、熱處理變形小，故也可用作手用低速刀具的工作部分材料。常用的牌號有40號、45號、50號炭鋼及40力（40X）及45力（45X）低合金鋼，其中尤以45號鋼製造夾持部分、40X製造刀杆應用最廣。

在硬質合金刀具中，由於切削時負荷較高，對夾持部分材料的耐热性和強度的要求也較高。為此，有用碳素工具鋼Z7Y（Y7A）、Z8Y（Y8A）的。

为节约钢材，各方面都在研究代用品，目前也有采用球墨铸铁作切刀刀杆。

(二) 刀具材料选用原则

选择刀具材料，应本着节约原则按刀具种类、形状及使用条件来合理选择。一般原则如下：

(1) 手用的、低速的刀具，目前采用碳素工具钢及低合金钢（如40力）来制造。

(2) 切削速度较高，切削温度达 $550^{\circ}\sim 600^{\circ}\text{C}$ 且耐磨性要求较高的刀具，宜用高速钢制造。

(3) 切削速度虽不高，但耐磨性要求高的且刀刃形状要求准确的复杂精密刀具（如成形刀具、拉刀、齿轮刀具等），宜用高速钢或合金工具钢制造。

(4) 尺寸较大的刀具，为经济起见，宜作成装配结构形式。切削部分用高速钢，夹持部分用结构钢等。

(5) 尺寸须保持得较久或用于高速切削的刀具，其切削部分材料可用硬质合金（高速切削时也可用陶瓷材料）而夹持部分可用碳素工具钢、低合金工具钢或球墨铸铁等。

(三) 节约刀具材料的途径

随着机械制造业的发展，刀具的需要量也愈来愈大，就全国范围来说，每年消耗的刀具材料相当可观。因此节约刀具材料，特别是节约贵重的高速钢与硬质合金，具有重大的国民经济意义。

节约刀具材料的途径基本上有下列几个方面：

(1) 根据刀具的工作条件及不同部分的要求，合理地选用刀具材料；

(2) 改进刀具结构设计以节约刀具材料，例如：

采用镶齿、装配结构形式，这除了能节约大量贵重的工作部分材料外，对于夹持部分材料也是最好的节约方法，如车刀刀杆或铣刀刀体等可连续使用。

采用对焊形式，某些刀具如钻头、立铣刀及拉刀等可用高速钢等制造工作部分，以碳钢等制造夹持部分，然后对焊在一起；剖面较小（在 12×12 毫米以下）的各种切刀，也可采用对焊形式把刀头与刀杆二种不同材料焊接在一起。

采用堆焊形式，利用不能再用的高速钢刀具或高速钢切屑或碎料熔化后堆焊在刀具切削部分上以节约高速钢。

改进刀片的尺寸、形状及安装位置，以增加重磨次数，充分利用刀片材料。

改进某些标准刀具的界限尺寸。如合理缩短丝锥、铰刀及钻头等的长度，缩小板牙的厚度及外径等。

(3) 改进刀具的制造工艺以节约刀具材料：

采用塑性变形法，如热轧、滚制或搓制麻花钻、滚压丝锥等可大大节约刀具材料。

采用浇铸法，如多刃刀具（铣刀、拉刀等）用此法不仅可节约贵重金属，而且可提高劳动生产率。

(4) 采用各种表面处理法来提高刀具的耐用度（如渗炭、渗氮、蒸汽处理，电火花强化法及电镀等），也是节约刀具材料的有效方法。

(5) 尽可能采用代用材料以节约贵重材料。

(6) 合理使用和重磨刀具，避免刀具用到磨損急剧阶段而致重磨时磨去过多的金屬。

§ 1-4 刀具設計的共同問題

(一) 刀具設計的基本要求及方式

設計刀具，首先应考虑滿足零件加工所要求的形狀、尺寸、精度和表面光潔度。同时应力求是高生产率的、高耐用度的和工艺完善的刀具結構，而刀具的成本也必須是最低的。总之設計出的刀具，必須符合多快好省的精神。

設計刀具基本上有二种方式：

1. 按一定的工作条件設計刀具。此时刀具的工作条件已知，加工对象都已明确，故設計工作容易着手，确定的刀具結構及各参数也較合理。
2. 按一般用途設計刀具。此时工作条件未定，加工对象还未明确，在此情况下，全面考虑問題比較困难，进行設計比較复杂，某些尺寸数据有时只能按經驗数据来确定。因此設計出的刀具結構对某一定工作条件可能尚有不够合理之处，此时只能在使用时設法修正。

(二) 設計刀具时应考虑的主要問題

設計每种刀具时要考虑的問題經常是很多的，而这些問題又常常相互連系、前后影响，所以設計方式方法也有所不同，这在以后各篇中將逐一叙述，但总的說来，应考虑下列几个共同問題：

1. 选择合适的刀具类型 对每种工件进行工艺設計和工艺装备設計时，必須考虑选用合适的刀具。大家知道，加工同一个工件，有时可用多种不同刀具，但用那一种刀具最合适，須根据具体情况决定。此时要考虑工件材料、工件要求的精度和光潔度、批量、前后工序的性質和方法、本單位制造刀具的設備和水平等等。从这些情况中找出主要矛盾，决定选择某一种最合适的刀具。

2. 合理地选择刀具材料 在保証刀具得到一定切削性能、剛度和强度的原則下，要精打細算地选择刀具材料种类和計算刀具的尺寸規格以节约刀具材料，如有可能，尽量采用代用材料。

3. 选择合理的切削方式 切削方式是指刀具从工件毛坯上順序的切下金屬層和刀刃上的負荷分配情况的方式。切削方式对于加工生产率、工件表面的質量、切削負荷的大小、刀具的耐用度及刀具的制造工艺性有很大影响。例如平面拉刀由同廓拉削方式（圖 1-6 a）改为节剝拉削方式（圖 1-6 b），

使切削寬度减小而切削厚度加大，則在拉刀刀齿数目相等的情况下，后者可以减小切削負荷和提高刀具耐用度。在保持切削負荷相等的情况下，后者还可以加大切削厚度，减少刀齿数目及縮短拉刀長度，因而可提高生产率，并节约刀具材料。在粗加工平

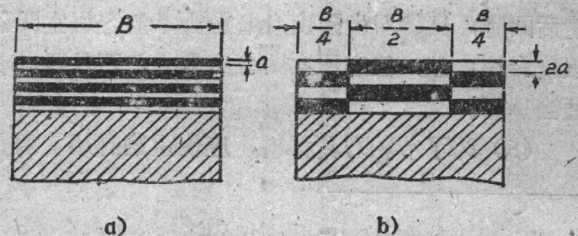


圖 1-6 两种拉削方式

面时，用节刹拉制方式较适宜。总之，在设计刀具时，应按具体情况选择最合理的切削方式。

4. 合理选择刀具工作部分的几何参数 在“切削原理”课程中，已经叙述过刀具几何参数的选择原则。但在设计具体刀具时，除了从切削条件方面考虑选用合理的几何参数外，还要考虑到其他方面。因为对不少刀具来说，当采用切削条件所需的几何参数时，可能会降低这些刀具的精度和总的使用期限。例如，目前插齿刀采用的前角为 5° ，后角为 6° ，就是考虑了多方面因素而定的。

5. 正确地设计刀刃廓形 用作加工成形表面的刀具，必须正确地决定刀刃廓形，才能加工出所要求的工件成形表面。

加工成形表面，一般有两种方法：仿形法及展成法。因此刀具也有两类：成形刀具（仿形刀具）及展成刀具。

(1) 成形刀具（如成形切刀、成形铣刀）。其刀刃廓形视工件表面的廓形而定。当工件廓形已知时，刀具的刀刃廓形一般即是工件的廓形。

(2) 展成刀具（如滚刀、插齿刀等刀具）。其刀刃廓形也视工件表面的廓形而定。在工件与刀具作共轭的展成运动时^①，工件廓形在若干连续位置上包络出的形状即是所要求的刀刃廓形。

有时为制造方便，尚须求出制造剖面中的刀刃廓形。如稜体成形切刀，尚须求出垂直于后面的刀刃廓形。

此外，在选择前角大于零度的刀具上，上述求出的刀刃廓形尚须进行修正。这在以后有关章节都将谈及。

6. 合理选择重磨表面 刀具用钝后，须要重磨前面或后面，以获得锋锐刃口，便于继续使用。但重磨那一个面好，要视具体刀具而定。总的说来，要注意下列几个问题：

(1) 刀具的重磨表面要便于重磨。重磨的表面应采用最简单的表面，例如平面、锥面等。如果重磨的表面很复杂，则不但重磨费时或需专用设备，而且也不易磨得准确，检验也可能发生困难。

(2) 不少刀具要求在重磨后保持刀刃形状不变（例如成形切刀，成形铣刀和齿轮刀具等）。这些刀具往往采用锯齿结构（成形切刀虽非锯齿结构，但相类似）而重磨前面。在锯齿结构的刀具上，有时得不到合适的后角，此时可采用尖齿结构而重磨后面。但一般地说，成形刀具重磨后面要比重磨前面复杂些。

(3) 不少刀具要求在重磨后保持主要尺寸不变或变化很小（例如圆孔拉刀的外径，丝锥的外径等）。这些刀具的校准部分的后角往往做得很小甚至不做后角，并且重磨前面。

(4) 要考虑刀具重磨后，刀齿强度和容屑槽容积的改变。由图1-7可见，当铣刀重磨后面时，虽然刀齿强度愈磨愈大，但容屑空间愈磨愈小；相反的，当重磨前面时，刀齿强度愈磨愈差，但容屑空间愈磨愈大。刀具设计者应根据具体要求并考虑到其他方面加以适当选择。

(5) 为了节约刀具材料，应使重磨时磨去的金属层为最小，亦即使刀具的重磨次数为

① 在無共軛运动滚切加工（即按無瞬心包絡法原理）的刀具上，其刀刃廓形就是当工件与刀具作相对运动时，工件廓形在若干连续位置上所包络出的形状。

最多。由切削原理可知，刀具的磨损有下列三种情况：前面最易磨损、后面最易磨损以及前面和后面同时磨损。因而也有相应的三种重磨方式：仅重磨前面、仅重磨后面以及同时重磨前面与后面，须视不同的磨损情况来处理。但由前述各项可知，这点虽非常重要，但也不是决定重磨表面的唯一原则。

因此，在选择刀具的重磨表面时，应根据具体情况，仔细进行分析研究，寻找矛盾的主要方面，而作最妥善的决定。

7. 合理选择刀具的结构形式及有关尺寸参数：这个问题在以后各章中将按各种刀具结构特点分别谈到。但应注意尽量采用镶装结构的形式以节约贵重材料，且在设计时应考虑下列几点：

- (1) 刀齿（刀片）装夹的强度要高，并且牢固可靠；
- (2) 装夹零件的数量尽可能少；
- (3) 能沿最大磨损方向调整刀齿（刀片）的移动量，以增加刃磨次数；
- (4) 尽可能考虑消除切削过程中产生振动的可能性；
- (5) 尽量利用切削力来夹持刀齿（刀片）；
- (6) 使用、装拆、调整应简便。

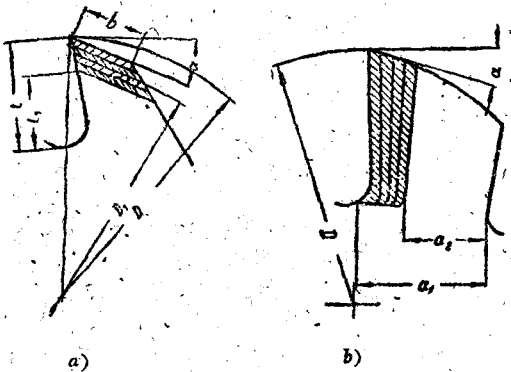


圖 1-7 銑刀的重磨表面
a—重磨后面；b—重磨前面

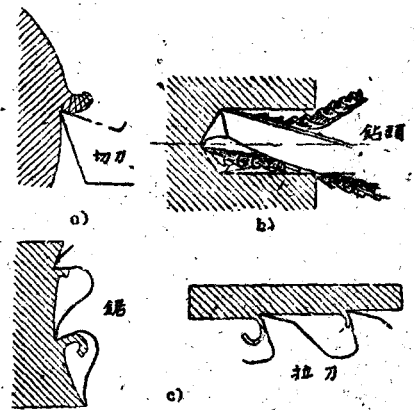


圖 1-8 处理切屑的方式
a—自由容屑空間；b—半封闭容屑空間；c—封闭容屑空間

8. 妥善处理刀具的排屑与容屑等问题，刀具在切削时要切下大量切屑，因此如何把它顺利地排除或自由卷曲容纳在容屑槽中是值得注意的一个重要问题，否则将会产生阻塞现象，甚至会挤坏刀齿或损伤已加工表面。

但是各种刀具所采用的排屑及容屑方式各有特点，这在以后各篇、章中将谈到。本节只归纳谈一下处理切屑的几种方法。

刀具的容屑空间一般可分成三类：

(Y) 自由容屑空间。切刀类刀具的容屑空间都属此类。切屑能在各个方向自由无阻的排出（圖 1-8a），故此类刀具可不必考虑容屑问题。但在高速切削钢料时，切屑呈带状排出，而且速度很高，不但会伤害工人身体、妨碍工作以及损伤已加工表面，而且给清除切屑和运走切屑带来不少麻烦，所以必须设法解决断屑问题。