

金属切削刀具设计

[苏] И. И. 謝明欽柯、В. М. 馬秋申、
Г. Н. 薩哈洛夫著

陈章燕、周钟金、克 陈等合译



机械工业出版社

本书是苏联高等院校的数学参考书，也是苏联近代在刀具设计方面的著作。它系统地介绍了各种刀具设计的基本理论和刀具设计的必要资料。内容比较精练、丰富。其中充实了五十年代以来有关刀具的科研成果，以及生产实践中的经验。作者对刀具生产率和加工精度的提高方面，提出了许多新的概念、措施、方向和实用的数据及图表；这对解决生产实际问题和提高现场刀具设计人员业务水平很有帮助。

本书可供高等院校师生和现场的刀具设计人员参考。

И.И. Семенченко, В.М. Матюшин, Г.Н. Сахаров

Проектирование металлорежущих инструментов

МАШГИЗ 1962

(根据苏联国立机器制造科技书籍出版社一九六二年版译出)

* * *

金属切削刀具设计

[苏]И.И.謝明欽柯 В.М.馬秋申 Г.Н.薩哈洛夫著

陈章燕、周钟金、克 陈等合译

*
机械工业出版社出版 (北京苏州胡同141号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

中国工业出版社第四印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*
开本 $850 \times 1168^{1/32}$ ·印张 $31^{9/16}$ ·插页3·字数815千字

1965年9月北京第一版·1965年9月北京第一次印刷

印数00,001—13,000·定价(科六) 5.10元

*
统一书号: 15033·3688

序 言

本书是供机械制造工艺、金属切削机床及刀具专业的师生用的教学参考书。本书不仅包括讲课的内容，而且也包括了解算图解作业、课程设计、毕业设计和实验课的内容。根据讲课和其他教学环节不同的学时数，来确定“金属切削刀具设计”这门课程应当研究的内容。小号印刷体是个别类型刀具中特别复杂的资料。

本书的编写，使学生有可能在基本课文中学到各种类型的刀具，而从小号印刷体的资料中获得本门课程中比较深入的知识和作为课程设计、毕业设计的初步资料（例如：某些类型的拉刀设计；加工具有螺旋槽的刀具和螺旋槽的零件时，铣刀的齿形设计；加工非渐开线齿形零件时，刀具廓形的设计方法等）。对于每一种刀具通常选取一种典型的结构进行详细的研究，而对该类型的其他刀具仅介绍他们的结构特点。

本书资料系根据讲课实际经验编写而成，对于这样的编写次序，教师可根据自己学校的教学特点（授课时数、教材的难易程度、相邻课程讲授的连贯性和完整性等）加以改变。

书中对齿轮刀具特别注意，这不仅是由于这种刀具在机器制造业中起着重要作用，而且还由于它是最复杂的刀具，是培养设计金属切削加工用的刀具和机床的熟练专门人材时，最合适的教材。

本书详尽地研究了圆锥齿轮刀具的设计问题，近年来曲线圆锥齿轮获得了广泛应用，因此根据本书篇幅的许可，对这类刀具尽可能详细地予以介绍。圆弧齿铣刀盘的设计在很大程度上取决于切齿方法和齿轮机床的调整。因此，为了理解切齿过程的实质以及正确地设计刀具，即对机床调整的基本方法及其对铣刀盘设计的影响加以简要的说明是必要的。

书中研究了按滚切法工作的新型刀具（例如車齿刀、加工半圆弧輪廓零件的刀具等）和仿型法的高生产率刀具——插齿刀头。

书中有一些綜合性的資料，例如：刀具在机床上的夹固方法、鑲齿刀具刀齿的夹固結構、刀具的构造要素和几何要素、对刀具质量的要求以及在高等学校中一般未曾学过的新章节，如：金剛石刀具、珩磨刀具、滾压切絲头、加工具有螺旋槽的零件和螺旋槽銑刀的刀具、用滾切法加工成形輪廓的刀具（銑刀、插齿刀、切刀等）的廓形設計等。

几乎在每章中都介紹了刀具的結構，并特別注意每一种刀具的质量要求、提高刀具质量的措施。

本书也可以用来提高刀具設計、制造和使用人員的业务水平。

目 次

序言

刀具在国民經济中的作用 (謝明欽柯著)	1
刀具的几何要素和結構要素 (謝明欽柯著)	8
对刀具质量的要求 (謝明欽柯著)	20
刀具的材料 (謝明欽柯著)	26
工具鋼	26
硬質合金	45
陶瓷	52
磨料和磨具 (謝明欽柯著)	54
砂輪	54
打磨材料	73
金剛石和金剛石刀具 (謝明欽柯著)	75
刀具的夾固和鑲齒結構中刀齒的夾固 (謝明欽柯著)	85
刀具的夾固方法	85
裝配式刀具上刀齒的夾固方法	102
对裝配式刀具及其結構的一般要求	105
銼刀 (謝明欽柯著)	123
用其他方法制造銼紋的銼刀	135
切刀 (謝明欽柯著)	137
切刀結構的基本原理	147
切刀切削部分的几何参数	153
斷屑器	160
刀杆和切削刀的强度及抗振性	170
鑲有硬質合金刀片的切刀	171
車刀	174
刨刀	175
插刀	178

切断刀	178
半自动車床和六角自动車床上用的車刀	183
切向車刀	184
装配式的切刀	185
带有陶瓷刀片的車刀	192
成形車刀	195
拉刀(馬秋申著)	220
拉削时的切削力和拉刀的强度計算	226
金属层的切削图形	230
拉削表面的主要形成方法	240
拉刀的工作部分, 粗切齿	241
拉刀粗切齿的計算	252
拉刀尺寸的公差	262
花鍵拉刀	263
精切齿和校准齿	266
渐开綫拉刀	270
外拉刀	272
鍵槽拉刀	280
銑刀(謝明欽柯著)	284
尖齿銑刀	285
硬质合金尖齿銑刀的结构特点	305
高速鋼尖齿銑刀	322
鏟齿銑刀	342
孔加工刀具(謝明欽柯著)	372
钻头	372
钻头的型式	393
钻沟銑刀刃形的求法	409
搪刀	439
扩孔钻	453
其他型式的扩孔钻	474
鉸刀	479
圓柱形鉸刀	480
錐鉸刀	502

加工孔的复合刀具	503
珩头	508
螺紋刀具 (謝明欽柯著)	525
螺紋車刀和螺紋梳刀	526
絲錐	542
絲錐的結構要素	543
絲錐螺紋的尺寸和公差	556
成套絲錐切削工作的分配	564
其他类型絲錐的結構特点	571
板牙	586
圓板牙	587
其他类型板牙的結構特点	606
螺紋切头	609
切头的結構	612
圓梳刀	616
切向板牙	644
螺紋銑刀	648
圓柱形的梳形螺紋銑刀	649
盤形螺紋銑刀	657
螺紋滾压工具	663
搓絲板	669
螺紋滾压头	680
切削圓柱齒輪的刀具	684
加工方法、刀具类型、应用范围	684
切齿的基本原理 (馬秋申著)	686
按仿形法和无瞬心的包絡法切削圓柱齒輪的刀具 (馬秋申著)	698
梳齿刀 (薩哈洛夫著)	714
齒輪滾刀 (薩哈洛夫著)	722
滾刀的結構	728
各种結構的滾刀	753
蝸輪滾刀	768
插齿刀 (馬秋申著)	779
切削外嚙合齒輪的直齿插齿刀	781
插齿刀与被切削齒輪的嚙合几何学	788

設計插齒刀的基本任務	795
切削斜齒齒輪的插齒刀(斜齒插齒刀)	809
加工人字齒輪用的插齒刀	813
切削內嚙合齒輪的插齒刀	814
剃齒刀(薩哈洛夫著)	816
盤形剃齒刀的結構	820
加工剃前齒輪的刀具	837
小模數的剃齒刀	838
加工大尺寸齒輪的剃齒刀	839
其他剃齒方法用的盤形剃齒刀的結構特點	839
用包絡法加工非漸開綫齒形工件的刀具	
(薩哈洛夫著)	845
一般原理和加工的可能性	845
加工直綫齒形工件的滾刀(花鍵滾刀)	850
加工直綫齒形軸的插齒刀(花鍵插齒刀)	882
加工成形工件的滾刀和插齒刀	887
展成車刀	891
新型的展成法齒輪刀具	897
圓錐齒輪刀具(謝明欽柯著)	901
切削曲綫齒圓錐齒輪的刀具	901
切削圓弧齒齒輪的刀具	902
銑刀盤	904
圓弧嚙合的理論基礎	918
用于小批生產的圓錐齒輪切削法	948
切削曲綫齒齒輪的錐形滾刀	953
切削直齒錐齒輪的刀具	959
刨齒刀	960
用雙銑刀切削直齒錐齒輪	964
用圓拉削法切削直齒錐齒輪	966
自動化刀具(謝明欽柯著)	970
刀具對自動化生產的意義	970
刀具的尺寸耐用度	973

刀具在国民經济中的作用

广义地讲，刀具是机器制造业、矿山工业、木材加工工业、农业、医学和日常生活中用来加工各种材料的手动和机动的工具。从狭义上来說，刀具是金属切削机床的一部分，用来直接改变被加工零件的形状；例如钻床上的钻头，車床上的車刀，銑床上的銑刀。

刀具在国民經济中起着很大的作用，几乎没有一个部門不需要应用各种各样的刀具。

远在人类社会发展的最早阶段，就已經出现了工具。当时，原始人因为不滿足于只用本身的躯体来劳动，于是就開始利用石头、骨头、木头和其他材料制成的原始工具来进行生产劳动。

在远古时代，已經大量地使用工具。金属对工具的发展起着重大的影响。起初是用青銅，后来又用鉄来制造工具。在中世紀时期，随着手工业生产的发展，工具的种类逐漸增多，形状也有所改变。但是工具在这以前基本上是用于手动加工的。

手工业作坊时期的特点是进行劳动分工，这就使劳动生产率得到提高。細致的生产分工要求同一类型的工具具有多样性。每一类型工具的形状，只适宜于完成某一个或者若干个固定的工序。但是在这个时期內，工具基本上也还是手动的。

机器的出现对工具的发展起了巨大的作用，它使工具的使用范围显著地扩大，对工具的要求也改变了，从而出现了新型的工具。K. 馬克思在《資本論》中分析工具的作用和意义时写道：「一切已經发展的机器，都由三个本质上不同的部分——发·动·机，传·动·机·构，和工·具·机·或·工·作·机——构成。……，机构的这二部分，專門是为了要把运动传到工作机去，以便捉住劳动对象，使它发生

适合目的的变化。工具机，机器的这个部分，才是18世纪产业革命的出发点。现在，在有手工业经营或手工制造业经营过渡到机器经营的地方，工具机也还不断是这样的出发点。①

随着机器使用的扩大，用机械方法来制造机器的必要性成熟了，因为手工加工已经不能满足这些生产手段在精度、生产率和降低价格等方面日益增长的要求。于是加工机器零件的专用机器——机床，开始起着巨大的作用。由于有了机床，所以恰如 K. 马克思所指出的，②“机器各个部分所必要的几何学形式，就能“便利地，准确地，并且迅速地生产出来了。一个最熟练的工人，无论在手中积累了怎样丰富的经验，也是做不到这样的”③。

④“车床的这个附属装置看起来是这样简单的，这样不关重要的。但我们相信，就说这种附属装置在机器改良和推广上所生的影响，不下于瓦特对蒸汽机本身所作的各种改良，也不算过分。这种附属装置的采用，立即使所有的机器完善起来了，使它们变得便宜了，并刺激起了后来的各种发明和改良。⑤

马克思远在机器技术发展初期（1855年）作出的这个精辟分析，成为天才的预言，并在以后整个机器技术发展期间得到了证实。

实践表明，工具对于现代机器制造具有巨大的革命意义。现在，谁也不致于把工具当作机床的某种附属物来看待了。相反，一系列的实例证明，刀具的日益完善、新型刀具的发明，总是不可避免地要引起新结构机床的产生。可以举齿轮加工刀具和机床的发展过程为例，新刀具如滚刀、插齿刀、梳齿刀、插齿刀头、展成车刀、剃齿刀、圆弧齿铣刀盘、直齿锥齿轮拉铣刀盘等等的发明，是使一系列专用齿轮机床出现的原因。还应该指出，采用切削性能较高的材料制成的刀具，对于机床结构起着巨大的影响

① K. 马克思著：资本论第一卷 396 页，人民出版社，1965 年版。

② K. 马克思著：资本论第一卷 409 页，人民出版社，1965 年版。

③ K. 马克思著：资本论第一卷 409 页的页末注，人民出版社，1965 年版。

(最初是高速鋼，以后是硬质合金，现在是陶瓷)。还可举出許多例子，来証明刀具的革命作用。但是不能由此认为，刀具不受机床和加工方法的影响而孤立地发展。在某些情况下，由于刀具結構不完善，也会使机床不能充分發揮生产能力。总而言之，不要忘記，机床、刀具、工艺过程这三个因素組成了一个不可分割的整体。只有正确处理这三方面的关系，才能成功地进行机械加工。

刀具的意义不限于此。在每种生产中，刀具預先决定了工艺过程、設備的选择，甚至被加工零件本身的形状（如在設計新的生产类型时）。

忽略了刀具，就难以想像任何工艺过程能合理地实现。只有采用了完善的刀具結構，才能从根本上改进工艺过程，从而提高劳动生产率和产品质量。

分摊在每一件产品上的刀具費用是相当大的。同时，由于刀具质量不合要求而經常換刀重磨，就会迫使机床經常停歇，以及零件废品增多。必須指出，当刀具质量很低或者使用不当时，这种間接費用(通常未予估計)可能比直接費用高好几倍。

刀具生产与机器制造、金属加工工业的发展有紧密联系。各种生产的順利发展，在很大程度上取决于是否保證了足够数量的工具(刀具和量具)、夹具、模具等。这是正确組織生产的基础。国家沒有自己的工具生产工业，要实现工业化是不可想像的。因此，无怪乎机器制造业高度发达的国家也有着最发达的工具工业。

苏联的工具工业沿着两个方向发展：

1) 組織专业的工具厂，生产标准化工具，以供应市場的需要；

2) 組織工厂內部生产，重点是机器制造和金属加工企业的自用工具車間，由这些車間制造专用工具、夹具和模具。

在工具工业高度发展的国家中，厂內生产的工具规模不大，

因为从外部购入工具总比企业自己制造来得合算。专业工具厂生产的工具比厂内生产的便宜，而且质量較高。这种情况迫使人們特别注意工具工业的发展。

苏联的每个金属加工企业都有自己的工具生产基地。除了制造切削刀具以外，还制造該厂必需的工具和工艺装备。从用于生产工具成品的机床数量和工人人数来看，工具車間比专业工具厂多出好几倍。这是有历史原因的。在国内战争結束后的恢复时期里，工具工业处于萌芽阶段，那时当然不能充分供应机器制造业的需要。因此，要由国外輸入工具，或者每个工厂除生产車間以外，同时成立工具車間。不言而喻，苏联工厂选择了后一条道路，以减少国家的工具輸入量。为了使生产車間順利而及时投入生产，往往要求工具和工艺装备的设计与制造走在前面一些。因此，在新建的工厂，首先要建設工具車間。

革命前的俄国沒有工具工业。它和机床制造业一样，乃是苏維埃政权的产物，而且在头几个五年計劃期間，它就获得了迅速的发展。在十月革命以前，苏联的工具生产無論在质量方面或者在数量方面，水平都很低。由于沒有專門的工具厂，所以市場上的工具，都集中在图拉、普提洛夫、依日夫斯克、謝斯特罗列茨基、茲拉托烏斯托夫斯基等几个机器制造厂的工具車間里制造。当时苏产刀具的品种极为有限，主要是一些像木材加工（木工和家俱工）用的和修配鉗工用的、技术要求很低的工具。根据现有統計資料，1912年俄国生产的全部切削刀具商品总值仅为六百万卢布（換算成1926~1927年的稳定价格），而有90%的消費刀具都由国外輸入。

1919年成立的莫斯科工具厂（МИЗ），是第一个专业工具工厂。該厂在掌握工具的品种上做出了重大的貢獻，又是在苏联推行刀具大量生产原則的首創者。它实行了生产方面的精細分工，利用了附有各种夹具的通用机床。这样，在不用高度熟练工人的情况下，工厂获得了有效的成果。这些由莫斯科工具厂的实践很

好验证过的方法，在以后新建工厂和改建旧厂时都获得了广泛应用。莫斯科工具厂，在培养高度熟练的工具制造人材方面，也起了一定的作用。

在国民經济恢复时期，除莫斯科工具厂外，还有下列一些专门工厂：謝斯特罗列茨基的伏斯柯夫工具厂，茲拉托烏斯的列宁联合工厂，米阿斯和卢干斯克的两个銼刀工厂。

在第一个五年计划后期，在莫斯科建成了规模宏大的切削刀具生产工厂——М.И.加里宁“銼刀”工厂。

“銼刀”工厂成立后，要求修改莫斯科工具厂的生产品种和进一步确定专门化的方向问题。为了避免重复生产，所有标准化的刀具，都从莫斯科工具厂划归“銼刀”工厂和伏斯柯夫工厂去生产。而莫斯科工具厂则开始出产拉刀、齿輪刀具和各种非标准型的复杂刀具。

在几个五年计划期间，不但工具厂的数量增多了，而且产品的品种和产值也提高了。从1928年到1940年的十二年内，总产值增加了五倍多。

伟大的卫国战争时期，在困难的生产条件和艰苦的生活条件下（厂房内扩大工具生产的设备很少），曾建立了许多大型工具厂。战后第二个五年计划初期，工具工业已经拥有二十多个生产单位，其中有十四个单位生产切削刀具（包括銼刀）。

自从有了自己的工具工业以来，就对掌握高级精密刀具和高生产率刀具方面，进行了巨大的工作。专业工具厂已能生产所有的标准化刀具（钻头、絲錐、板牙、切刀、鉸刀、銼刀、銼刀），种类繁多的非标准化刀具和复杂刀具（拉刀、插齿刀、剃齿刀、梳刀、齿輪刨刀和梳齿刀、錐齿輪銼刀盘、滾刀、各种结构的展成滾刀），鑲齿的組合刀具（銼刀、鉸刀、扩刀），加工内外螺紋用的装有平板牙或圓板牙的螺紋切头，石油工业中采用的联軸节切头和管切头，滾絲头等等。

在苏維埃政权的年代里，工具工业已经成长为一个强大的工

业部門，而且是苏联国民經济的重要部門之一了。

在苏联，切削刀具的生产集中在少数几个专业工厂里进行。这样，既可在生产中采用先进的工艺过程（利用塑性变形、切割、鑄造、焊接、钎焊等方法来准备坯件；在机械加工和热处理工序中采用自动机床或半自动机床，例如焊接、钎焊、清理、淬火、回火、車削、銑削、磨削等），又可采用先进的組織方法（专业生产和集中生产；采用流水綫大量生产原則，并逐步发展到自动綫等）。对劳动量大的作业，实行全盘自动化和机械化的問題，具有特殊的意义。为了提高刀具的质量和切削性能的稳定性，刃磨工序自动化具有特殊的意义。这就要求創造专用的自动机床。檢驗工序大都是徒手和肉眼进行的，需要很多檢驗員。应该采用自动仪器，来代替人工檢驗。采取这些措施以后，可以增加产品数量，改进产品质量和稳定性，提高劳动生产率和降低刀具成本。

为了增加标准化刀具的产量，苏联各地人民經济委员会应当考虑本地区的特点，安排生产一些标准化刀具，例如切刀等，主要用来供应本地区。

在机器制造中广泛地組織自动綫生产，就要求創造出尺寸耐用度很高的高生产率刀具。

只有在广泛推行刀具标准化和规格化的条件下，才有可能順利地組織刀具的大量生产。在苏联，所有普通刀具都已标准化了。不仅外廓尺寸，而且包括用戶驗收刀具的技术条件，都已列入苏联通用标准。国家标准具规定刀具尺寸和质量的法律性文

究院的工具研究所。

各个科学研究单位，在成立以来的短时期内[●]，就与工具工业、先进机器制造及金属加工企业的生产革新者一起，在金属切削过程、刀具計算和設計以及制造工艺的基本問題方面，已經进行了大量的研究工作。

● 短时期是指 1930 年~1950 年期间（当时苏联人民在革命領袖斯大林号召下，开展了斯达汉諾夫式的群众技术革命运动），近几年来苏联科学研究单位已很少与生产革新者一起开展群众性科学研究工作。——譯者

刀具的几何要素和结构要素

刀具是切削过程运动学的因素 零件的切削加工，就是从毛坯上切去一定数量的材料，制出所要求的零件形状，得出技术条件中所规定的尺寸精度和已加工表面质量。后两者决定于许多工艺因素(机床和刀具的精度；坯件和刀具装夹的正确性和可靠性；刀具切削刃的锋利程度；机床的振动及其他因素)以及工人的熟练程度等等。零件几何形状的获得(即零件表面的形成)乃是切削加工过程的几何——运动学因素。和研究理论力学一样，在研究这个因素时，不应该考虑切削过程中所发生的物理现象和机械现象。比如說，在加工过程中刀具几何要素不是固定不变的，而是由于切削刃的摩擦和磨損在不断地变化着。但在研究几何要素、运动学要素时，却应该认为刀具是刃磨得很锋利的，并且在一定时间内是不会改变自身形状的。

因此，切削加工过程的运动学是研究切削过程和零件表面形成过程中，刀具和工件相互位置和相对运动问题的一门科学。

由此可见，零件的形状一方面取决于刀具的几何形状，另一方面也取决于两个刚体(刀具和工件)的相对运动。这相对运动是由机床运动图所规定的。坯件的几何形状不影响零件形状的形成。坯件只决定切削加工过程中所切除的切屑的数量。

在金属切削加工过程中，刀具起着主要作用。当研究切削刀具的结构问题时，必须涉及刀具的几何形状。这个几何形状应该理解为将切削刀具当作几何体来论述时形状问题的总和。应该分清刀具的几何要素和运动学要素：几何要素只与刀具形状有关而在移动或运动中不变；运动学要素则是决定于刀具与被加工工件之间的相互位置和相对运动的要素，即存在于运动状态中的要

素。

刀具切削部分的几何参数有：后角 α 、前角 γ 、主偏角 φ 、副偏角 φ_1 、切削刃斜角 λ 和圆角半径 r 。

刀具組成部分和要素 在实际中可以遇到各种类型的切削刀具。尽管它们各有特点，但却存在着许多共同的几何要素和结构要素。切削刀具几何要素的统一性，基本上是由金属切削规律的统一性所决定的。对每种切削刀具，划分出共同的几何要素和结构要素，并依据切削规律加以分析，就可在设计刀具时正确地选取它们的数值，从而保证实现对切削刀具提出的要求。

每种切削刀具都有两个功用：

- 1) 从坯件上切除加工余量(多余金属)；
- 2) 形成被加工表面，即保证获得正确的形状、尺寸精度和表面质量。

由此可见，刀具要由两个单独的部分来组成：一部分用来进行预先加工，另一部分用来进行最终加工(也就是校准)。

因此，切削刀具的基本部分相应地为：1)切削部分；2)校准部分。在有些刀具(例如所有的孔加工刀具以及除螺纹铣刀以外的所有螺纹刀具)上，这两部分分得很明显。另一些刀具的校准部分则不易察觉，例如切刀的刀尖和副切削刃。还有一些刀具，例如锉刀和齿轮刀具，其切削部分和校准部分则合并一起。从切削条件来看，这些刀具显然是不够完善的。因为它们只能用于粗加工，或者用于精加工；而所要求的加工性质，只能依靠改变刀具的结构，或者选择适当的切削用量来保证。

每一组成部分通常包括若干结构要素，它们在切削加工过程中各完成一项或几项特定的功用。

刀具的基本结构要素有：

- a) 包含切削部分的刀齿；
- b) 用以容屑和排屑的槽；
- b) 便利排屑的断屑器和卷屑器；