



国家级职业教育规划教材
劳动保障部培训就业司推荐

高等职业院校机械设计制造类专业

金属切削原理与刀具

GZ_H

Jixie Sheji Zhizao Lei Zhuanye

劳动和社会保障部教材办公室组织编写

Gaodengzhiye Jishuyuanxiao



中国劳动社会保障出版社

国家级职业教育规划教材
劳动保障部培训就业司推荐
高等职业院校机械设计制造类专业

金属切削原理与刀具

主 编 洪惠良

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

金属切削原理与刀具/洪惠良主编. —北京: 中国劳动社会保障出版社, 2006
高等职业技术学院机械设计制造类专业教材
ISBN 7-5045-2448-4

I. 金… II. 洪… III. ①金属切削-高等学校: 技术学校-教材 ②刀具(金属切削)-高等学校: 技术学校-教材 IV. TG

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 065728 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出版人: 张梦欣

*

新华书店经销

国防工业出版社印刷厂印刷 北京助学印刷厂装订

787 毫米×1092 毫米 16 开本 8 印张 193 千字

2006 年 7 月第 1 版 2006 年 7 月第 1 次印刷

定价: 14.00 元

读者服务部电话: 010-64929211

发行部电话: 010-64927085

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64911344

前 言

为了贯彻落实全国职业教育工作会议精神，切实解决目前机械设计制造类专业（包括数控技术、模具设计与制造）教材不能满足高等职业院校教学改革和培养高等技术应用型人才需要的问题，劳动和社会保障部教材办公室组织一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师与行业、企业一线专家，在充分调研的基础上，共同研究、制订机械设计制造类专业培养计划和教学大纲，并编写了相关课程的教材，共有 40 余种。

在教材的编写过程中，我们贯彻了以下编写原则：

一是充分汲取高等职业技术学院在探索培养高等技术应用型人才方面取得的成功经验和教学成果，从职业（岗位）分析入手，构建培养计划，确定相关课程的教学目标；二是以国家职业标准为依据，使内容分别涵盖数控车工、数控铣工、加工中心操作工、车工、工具钳工、制图员等国家职业标准的相关要求；三是贯彻先进的教学理念，以技能训练为主线、相关知识为支撑，较好地处理了理论教学与技能训练的关系，切实落实“管用、够用、适用”的教学指导思想；四是突出教材的先进性，较多地编入新技术、新设备、新材料、新工艺的内容，以期缩短学校教育与企业需要的距离，更好地满足企业用人的需要；五是以实际案例为切入点，并尽量采用以图代文的编写形式，降低学习难度，提高学生的学习兴趣。

在上述教材的编写过程中，得到有关省市教育部门、劳动和社会保障部门以及一些高等职业技术学院的大力支持，教材的诸位主编、参编、主审等做了大量的工作，在此我们表示衷心的感谢！同时，恳切希望广大读者对教材提出宝贵的意见和建议，以便修订时加以完善。

劳动和社会保障部教材办公室

2005 年 6 月

内 容 简 介

本书为国家级职业教育规划教材。

本书根据高等职业技术学院教学实际,由劳动和社会保障部教材办公室组织编写,主要包括:刀具材料与切削加工基本知识、金属切削加工中的主要现象及规律、金属切削加工质量及刀具几何参数的选择、车刀、孔加工刀具、铣刀、螺纹刀具与砂轮和数控机床用刀具。

本书为高等职业技术学院机械设计制造类专业教材,也可作为成人高校、本科院校举办的二级职业技术学院和民办高校的机械设计制造类专业教材,或作为自学用书。

本书由洪惠良主编,陈宏、张忠华参编,杜兰萍主审。

目 录

《国家级职业教育规划教材》 CONTENTS

模块一 刀具材料与切削加工基本知识	1
课题一 刀具材料的选用	1
课题二 切削运动和切削用量	6
课题三 刀具的组成及其主要角度	10
课题四 常用车刀的绘制及刃磨	15
课题五 车刀的工作角度	18
模块二 金属切削加工中的主要现象及规律	23
课题一 切削中的变形	23
课题二 切屑的种类及断屑	26
课题三 积屑瘤	30
课题四 加工硬化	34
课题五 切削力与切削热	37
课题六 刀具磨损与刀具耐用度	41
模块三 金属切削加工质量及刀具几何参数的选择	46
课题一 工件材料的切削加工性	46
课题二 已加工表面质量	50
课题三 刀具几何参数的合理选择	54

模块四 车刀	59
课题一 机械夹固式车刀及其使用	60
课题二 径向成形车刀	67
模块五 孔加工刀具	73
课题一 标准麻花钻	74
课题二 标准麻花钻的修磨与群钻	77
课题三 深孔加工刀具与铰刀	80
模块六 铣刀	86
课题一 铣刀的种类和用途	86
课题二 铣刀的几何参数和铣削用量	90
模块七 螺纹刀具与砂轮	96
课题一 螺纹刀具	96
课题二 砂轮的合理选择	101
模块八 数控机床用刀具	107
课题一 数控车床用刀具	107
课题二 数控铣床用刀具	111
课题三 数控加工中心用刀具	115

模块一

刀具材料与切削加工基本知识

金属切削加工是指利用切削刀具从工件上切除多余材料的加工方法，其目的是使工件的加工精度和表面质量达到图样规定的技术要求。进行切削加工时，除了要有一定切削性能的切削刀具外，还要有机床提供工件与切削刀具间所必需的相对运动，而且这种相对运动还要与工件各种表面的形成规律和几何特征相适应。本模块就来学习金属切削刀具材料的选用、切削运动和切削用量、刀具的组成及其几何参数、常用车削刀具的绘制、车刀的工作角度及其计算等内容。

课题一 刀具材料的选用

知识点

- ◎ 常用刀具材料的选用
- ◎ 刀具材料应具备的性能
- ◎ 其他刀具材料

技能点

- ◎ 能够根据加工实际选用刀具材料

一、课题引入

现要求在车床上以 70 m/min 的切削速度精加工如图 1—1 所示的零件，已知零件材料为 45 钢，试选用合理的刀具材料。

二、课题分析

在切削加工中，刀具直接承担着切除加工余量，形成零件表面的任务。刀具切削部分的材料不仅对加工表面质量，而且对刀具寿命、切削效率和加工成本均有直接影响。在选择刀具材料时，需要考虑的因素主要包括：被加工零件的材料、切削加工速度和切削加工阶段。对于不同的被加工材料，如钢和铸铁，由于它们具有不同的切削特点，故需要选择不同的刀具材料；对于不同的加工阶段，如粗加工、半精加工和精加工等，由于加工要求不同，在选用具体刀具牌号时，也应有所不同；另外，需要指出的是切削速度在很大程度上决定着刀具材料的选用。总之，我们应当重视刀具材料的合理选用。

下面就来学习刀具材料的选用方法。

三、相关知识

（一）常用刀具材料的选用

一般来说，选择刀具材料时主要考虑的因素是工件材料和切削速度。目前，我国常用的刀具材料有工具钢和硬质合金两种类型。

1. 低速切削时的刀具材料

低速切削时，选择工具钢作为刀具材料较为适宜，部分刀具常用工具钢见表 1—1。

表 1—1 部分刀具常用工具钢

刀具种类	碳素工具钢	合金工具钢	高速钢
车刀、镗刀	—	—	W18Cr4V, W6Mo5Cr4V2
成形车刀	—	—	W18Cr4V, W6Mo5Cr4V2
麻花钻	—	—	W18Cr4V, W6Mo5Cr4V2
机用铰刀	—	—	W18Cr4V, W6Mo5Cr4V2
手用铰刀	T12A	9SiCr	—
拉刀	—	CrWMn	W18Cr4V
圆板牙	T12A, T10A	9SiCr	—

由表 1—1 不难看出，碳素工具钢和合金工具钢仅适合于制作诸如手用铰刀、圆板牙等手用刀具，而手用刀具工作时的切削速度一般不会高于 10 m/min。所以，在工具钢中高速钢才是机加工刀具的主要材料。高速钢刀具能加工碳素结构钢、合金结构钢、铸铁等常用金属，不过，由于受材料耐热温度（普通高速钢为 600~700℃）的制约，对于像 W18Cr4V 和 W6Mo5Cr4V2 这样的普通高速钢，在使用时仍然必须注意切削速度的限制。切削中碳钢时，切削速度一般不能大于 30 m/min。需要强调的是，由于高速钢具有良好的综合性能，目前在形状复杂刀具，如标准麻花钻、丝锥、铰刀、拉刀、成形车刀、成形铣刀、齿轮刀具的制

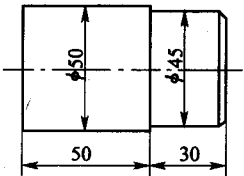


图 1—1 加工轴零件图

造中,仍占有主要地位。

课题引入中的例子由于要求切削速度为 70 m/min,所以不适宜采用工具钢(包括普通高速钢)作为刀具材料,当然,若采用高性能高速钢等则应另当别论。

【知识链接】高速钢是一种加入了较多的钨、铬、钒、钼等合金元素的高合金工具钢,因其强度和韧性在现有刀具材料中最高,并且制造工艺简单,容易刃磨出锋利的切削刃,锻造、热处理变形小,所以有着良好的综合性能。高速钢按其用途和切削性能,可分为普通高速钢和高性能高速钢。高性能高速钢是在普通高速钢成分中添加碳、钒、钴、钼等合金元素后而成,由于进一步提高了材料的耐热性,其使用寿命约为普通高速钢的 1.5~3 倍,并能用于切削加工不锈钢、耐热钢、钛合金及高强度钢等难加工材料。我国推广使用的高性能高速钢牌号是 W6Mo5Cr4V2Al。随着粉末冶金高速钢的出现,清除了碳化物的偏析现象,大大改善了高速钢的物理、力学性能和工艺性能,特别适用于制造切削难加工材料的形状复杂的刀具。另外,高速钢的表面处理与涂层技术的采用,大大提高了刀具的耐磨性和使用寿命。

2. 高速切削时的刀具材料

高速度、高精度一直是切削加工的追求目标。硬质合金刀具材料因其具有较高的耐热性(耐热温度达 800~1 000℃),较高的切削速度(为高速钢的 4~10 倍,切削中碳钢时可达 100 m/min 以上),在生产实际中得到了普遍的应用,已成为主要的刀具材料。根据 GB/T 18376.1—2001,常用的硬质合金分为 3 类,其牌号及用途见表 1—2。

表 1—2 常用硬质合金的牌号及用途

种类	牌号	相近旧牌号	主要用途
P 类 (钨钛钴类)	P30	YT5	粗加工钢料
	P10	YT15	半精加工钢料
	P01	YT30	精加工钢料
K 类 (钨钴类)	K30	YG8	粗加工铸铁、有色金属及其合金
	K20	YG6	半精加工铸铁、有色金属及其合金
	K10	YG3	精加工铸铁、有色金属及其合金
M 类 [钨钛钽(铌)钴类]	M10	YW1	半精加工、精加工难加工材料
	M20	YW2	粗加工、断续切削难加工材料

【知识链接】硬质合金是将高硬度、高熔点的金属碳化物粉末,用钴等金属作为黏结剂在高温下压制、烧结而成的粉末冶金制品。硬质合金的性能取决于碳化物(也称硬质相)和黏结剂(也称黏结相)的比例,碳化物的多少决定了硬质合金的硬度和耐磨性,黏结剂的多少决定了硬质合金的强度。含碳化物多,适用于精加工,含黏结剂多,适用于粗加工。

(1) P 类硬质合金

相当于我国原钨钛钴类(YT)硬质合金,主要成分为 WC+TiC+Co。常用牌号有 P01、P10、P20、P30、P40。P 类硬质合金具有较高的耐热性、较好的抗黏结、抗氧化能力,主要用于加工长切屑的黑色金属,用蓝色作标志。其中, P01 适合精加工, P10、

P20 适合半精加工, P30、P40 适合粗加工。特别需要指出的是, P 类硬质合金不适宜切削含 Ti 元素的不锈钢, 这是因为刀具和工件中的 Ti 元素之间的亲和作用会加剧刀具磨损。

【知识链接】 各类硬质合金牌号中的数字越大, Co 的含量越多, 韧性越好, 适用于粗加工; 如果碳化物的含量越多, 则热硬性越高, 韧性越差, 适用于精加工。

课题引入中的例子要求精加工一个 45 钢零件, 且切削速度为 70 m/min, 因为要求高速车削, 所以选择硬质合金作刀具材料较为适宜, 由于工件材料为 45 钢, 所以最好选择 P 类硬质合金作为刀具材料, 考虑到精加工对刀具材料的耐磨性要求较高, 所以最终刀具牌号选择耐磨性较好的 P01。

如果要求车削的零件材料为 Cr18Ni9Ti 的不锈钢, 又该如何选择刀具材料呢? 我们知道, Cr18Ni9Ti 不锈钢为塑性材料, 从表面上看可以选择 P 类硬质合金作为刀具材料, 但稍加思考就会发现, 该零件材料是含有 Ti 元素的不锈钢, 若采用 P 类硬质合金材料刀具进行加工会因黏结而加剧刀具磨损, 使工件表面变得粗糙, 所以选用 K 类硬质合金作为刀具材料比较合理。

(2) K 类硬质合金

相当于我国原钨钴类 (YG) 硬质合金, 主要成分为 WC+Co。常用牌号有 K01、K10、K20、K30、K40 等。K 类硬质合金主要用于加工短切屑的黑色金属、有色金属和非金属材料, 以及含 Ti 元素的不锈钢, 用红色作标志。

例 1—1 现要求以 50 m/min 的切削速度粗加工一铸铁件, 试选择恰当的刀具牌号。

解: 一般情况下, 加工铸铁零件可以选用普通高速钢或硬质合金中的 K 类作为刀具材料, 但是, 由于切削速度高于 30 m/min, 故不适宜采用普通高速钢作为刀具材料, 选择硬质合金刀具材料较为合适。又因为是粗加工, 考虑到粗加工对刀具强度要求较高, 所以最终选择牌号为 K30 的硬质合金作为刀具材料。

(3) M 类硬质合金

相当于我国原钨钛钽 (铌) 钴类 (YW) 硬质合金, 主要成分为 WC+TiC+TaC(NbC)+Co。常用牌号有 M10、M20、M30、M40。M 类硬质合金主要用于加工黑色金属和有色金属, 用黄色作标志。其中, 精加工可用 M10、半精加工可用 M20、精加工可用 M30。

【知识链接】 由于该类硬质合金具有高的耐热性和高温硬度, 能用来切削钢或铸铁, 所以又称通用硬质合金。

(二) 刀具材料应具备的性能

前面学习了常用刀具材料及其应用场合, 那么, 为什么它们适合作为刀具材料, 而不选用其他材料 (如木头、塑料等) 作为刀具材料呢? 这是因为金属切削刀具是在极其恶劣的条件下工作的, 刀具在切削过程中通常要承受较大的切削力、较高的切削温度、剧烈的摩擦及冲击振动, 所以很容易造成磨损或损坏。要胜任切削加工, 刀具材料必须具备相应的性能。

1. 足够的硬度和耐磨性

刀具材料的硬度必须高于被加工材料的硬度才能切下金属, 这是刀具材料必须具备的基本性能, 通常要求常温下刀具材料硬度在 60HRC 以上。刀具材料越硬, 其耐磨性越好, 但由于切削条件较复杂, 材料的耐磨性还决定于它的化学成分和金相组织的稳定性。

2. 足够的强度和冲击韧性

强度是指刀具抵抗切削力的作用而不至于刀刃崩碎或刀杆折断所应具备的性能,一般用抗弯强度来表示。冲击韧性是指刀具材料在间断切削或有冲击的工作条件下保证不崩刃的能力。一般来说,硬度越高,冲击韧性越低,材料越脆。硬度和韧性是一对矛盾,也是刀具材料所应克服的一个关键问题。

3. 高的耐热性

耐热性又称红硬性,是指刀具材料在高温下保持硬度、耐磨性、强度、抗氧化、抗黏结和抗扩散的能力。耐热性是衡量刀具材料切削性能的主要指标。刀具材料的耐热性越好,高温硬度越高,允许的切削速度就越高。

【知识链接】常用刀具材料的耐热温度如下:碳素工具钢 200~250℃,合金工具钢 300~400℃,普通高速钢 600~700℃,硬质合金 800~1 000℃。

4. 工艺性和经济性

为了便于刀具的制造,刀具材料还应具有良好的工艺性,如锻造、热处理及磨削加工性能等。当然在选用刀具材料时还应综合考虑经济性。目前,超硬材料及涂层刀具材料费用较高,不过其使用寿命很长,在成批生产中,分摊到每个零件中的费用反而有所降低。因此,在选用时一定要综合考虑。

(三) 其他刀具材料

随着科学技术的发展,新的刀具材料层出不穷,应充分重视新型刀具材料的应用。这些材料包括陶瓷、人造金刚石、立方氮化硼等。

1. 陶瓷

陶瓷是一种快速发展的刀具材料,主要应用于高硬度材料工件的半精车、精车,或用于低硬度、高韧性材料工件的加工。由于陶瓷材料刀具的抗弯强度和冲击韧性差,对冲击非常敏感,故不适用于断续切削和重切削加工。我国研制的牌号有 AM、AMF 复合陶瓷刀片。

2. 人造金刚石

人造金刚石又称为聚晶金刚石,金刚石刀具是目前高速切削(2 500~5 000 m/min)铝合金较理想的刀具材料,但由于碳对铁的亲和作用,特别是在高温下,金刚石能与铁发生化学反应,因此它不适宜于切削铁及其合金工件。金刚石刀具主要适合于非铁合金的高精度加工,现已广泛应用于制造加工高硬度、高耐磨的机械密封件的精密磨削用砂轮。近来研制成的复合人造金刚石刀片,则是在硬质合金基体上烧结上一层约 0.5 mm 的金刚石制作而成的,更是金刚石刀具的一种发展方向。

3. 立方氮化硼(CBN)

立方氮化硼有很高的硬度(仅次于金刚石)和耐热性(1 300~1 500℃),优良的化学稳定性(远优于金刚石)和导热性,低的摩擦系数。CBN 与 Fe 族元素亲和性很低,所以它是高速切削黑色金属、加工淬硬钢及高温合金等难加工材料较理想的刀具材料,很有发展前途。

练习与思考

1. 精加工铸铁工件采用什么牌号的刀具材料比较合适?

2. 为什么加工含钛不锈钢工件采用 K 类硬质合金刀具更合理?
3. 为什么不可忽视刀具材料必须具备的性能?

课题二 切削运动和切削用量

知识点

- ◎ 切削运动、切削用量的概念
- ◎ 切削用量三要素及其计算
- ◎ 切削用量的选择

技能点

- ◎ 切削用量的计算和一般选用

一、课题引入

在上一个课题中,我们学习了如何选择刀具材料,如果下一步着手车削外圆,准备以 40 m/min 的速度,将外圆尺寸由 $\phi 50$ mm 车削到 $\phi 45$ mm。那么,车削时需要哪些运动?加工表面能否一次走刀加工完成呢?刀具移动的速度和主轴转动的速度又该怎样选择和计算呢?

二、课题分析

要完成相应零件表面的加工,首先,离不开机床和刀具之间的相对运动,例如车削外圆时需要车床主轴(工件)的旋转运动和刀具的纵向(轴向)移动;其次,在切削加工前,必须根据加工阶段的不同,合理确定和计算切削运动参数(切削用量)的大小。这是因为:一方面,切削运动参数是切削加工前操作者调整机床的依据,例如,在车削加工前通常需要调整主轴的转速等;另一方面,切削运动参数的合理与否还影响着切削加工效率、零件加工精度和加工成本,例如,粗加工时如果切削运动速度过高,加工材料切除量过大等都会给加工带来极为不利的影响,轻则加快刀具磨损,重则引起加工振动甚至崩刃、断刀;反之,加工效率低下,加工成本提高。

下面就来学习切削运动和切削用量三要素的有关内容。

三、相关知识

(一) 切削运动

要完成切削加工任务,离不开刀具和工件的运动。切削过程中工件和刀具之间的相对运动称为切削运动。根据在切削过程中所起的作用不同,切削运动分为主运动和进给运动。如图 1—2 所示,车削外圆时,工件的旋转运动为主运动,刀具的轴向移动为进给运动。

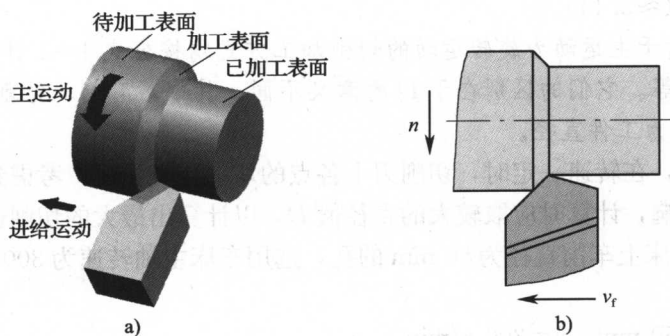


图 1—2 外圆切削

a) 加工外圆 b) 运动简图

1. 主运动

主运动是指直接切除工件上多余材料（切削层），使之转变为切屑，以形成工件新表面的运动。金属切削过程中，无论哪种切削运动，主运动只有一个，且它的速度通常较高，功率消耗也较大，约占功率总消耗的 90% 左右。主运动可以由工件完成，例如，车削加工时工件的旋转运动；也可以由刀具完成，例如，铣削、钻削加工中的铣刀、钻头的旋转运动。

2. 进给运动

使新的切削层不断投入切削的运动称为进给运动。切削运动中，进给运动可以是一个（如钻削加工时）或多个（如磨削加工时），进给运动通常速度较低、功率消耗较小，例如，车削外圆时，刀具进给运动仅消耗切削总功率的 10% 左右。

【知识链接】 切削过程中，随着切削运动的进行，在工件上形成了 3 个不断变化着的表面（见图 1—2a）。它们是已加工表面、待加工表面和加工表面（也称过渡表面）。工件上即将被切去金属层的表面称为待加工表面；工件上经刀具切除多余金属后形成的新表面称为已加工表面；工件上由切削刃正在切削的表面称为加工表面。在以后定义和判别刀具上的刀面时要用到这些概念，务必弄清。

（二）切削用量三要素

我们已经知道，切削加工中必须考虑切削运动的大小，以满足切削加工生产率、工件的加工质量、切削加工的经济性等方面的要求。用来表征切削运动大小的参数称为切削用量，它也是金属切削加工之前操作者调整机床的依据。一般来说，切削用量包括切削速度、背吃刀量和进给量 3 个要素。

1. 切削速度

主运动的线速度称为切削速度，它是用来表示主运动大小的参数。车削时的切削速度为：

$$v_c = \frac{\pi D n}{1000} \quad (1-1)$$

式中 v_c ——切削速度，m/min；

n ——主轴（工件）每分钟转速，r/min；

D ——工件待（已）加工表面直径，mm；

π ——常数 (≈ 3.14)。

【知识链接】对于主运动为旋转运动的切削加工方式均按公式 1—1 计算 v_c ，例如磨削、钻削、铣削、镗削等。它们的区别在于 D 的意义不同，其中，磨削、钻削、铣削时 D 为刀具直径，镗削时 D 为工件直径。

需要指出的是，在转速一定时，切削刃上各点的切削速度不同，考虑到对刀具磨损和已加工表面质量的影响，计算时应取较大的直径值 D ，以计算出最大的切削速度。

例 1—2 在车床上车削直径为 50 mm 的孔，选用车床主轴转速为 300 r/min，这时的切削速度是多少？

解：由于 $D=50$ mm， $n=300$ r/min

$$\text{所以，} v_c = \frac{3.14 \times 50 \times 300}{1\,000} = 47.1 \text{ m/min}$$

【知识链接】对于上例，若工件孔径为 80 mm，车床主轴转速仍选择为 300 r/min，则此时的切削速度为 75.4 m/min。不难看出，在相同转速下，加工表面直径越大，切削速度越大，若要保证相同的切削速度，加工大直径工件时，应选用比较低的主轴转速。

在实际工作中，往往是已知工件直径（或刀具直径）和由加工条件确定的切削速度，来计算车床（或铣床等）主轴的转速，本课题引入的实例就属于这种情况，此时：

$$n = \frac{1\,000 v_c}{\pi D}$$

就本课题引入中的实例而言，已知 $v_c=40$ m/min， $D=50$ mm，则 $n=254.8$ r/min。

总之，应用切削速度公式（1—1）可完成以下工作：确定切削速度和确定主轴转速，前者可用于检验所选刀具材料是否符合加工的要求，后者则可作为调整机床主轴转速的依据。

2. 背吃刀量

已加工表面和待加工表面间的垂直距离称为背吃刀量，单位为 mm。车削时的计算公式如下：

$$a_p = \frac{D-d}{2} \quad (1-2)$$

式中 a_p ——背吃刀量，mm；

D ——待加工表面直径，mm；

d ——已加工表面直径，mm。

就课题引入中的实例而言，若采用一次走刀完成粗加工，由于 $D=50$ mm， $d=45$ mm，则 $a_p=2.5$ mm。

【知识链接】以上仅给出了外圆车削时的计算公式，内孔车削时的背吃刀量为已加工表面直径与待加工表面直径之差的一半。

3. 进给量

进给量是指工件（或刀具）每转一转，刀具沿进给方向移动的距离，单位为 mm/r。加工时，一般根据加工性质来选取其大小。粗加工时，可选择较大的进给量以提高加工效率；精加工时则应选择较小的进给量以保证工件的表面质量。通常将每分钟刀具沿进给方向移动的距离称为进给速度，单位为 mm/min。进给量与进给速度的关系如下：

$$V_f = n f \quad (1-3)$$

式中 V_f ——进给速度, mm/min;

n ——主轴转速, r/min;

f ——进给量, mm/r。

【知识链接】进给量的完整概念是指工件或刀具每转一转（或往复一次）或刀具每转过一齿时，工件与刀具在进给方向的相对位移，这里涵盖了各种切削加工方法，以上仅给出了车削加工时进给量的含义。另外，在数控加工中，进给运动的单位通常有转进给和分进给两种表示方式，其实，就是以上所说的进给量和进给速度。

（三）切削用量选择

处理好效率与精度的关系是选择切削用量的关键所在。切削用量总的选择原则是：粗加工以效率为主，精加工以精度为主。一般选择顺序为：先选择背吃刀量，再选择进给量，最后选择切削速度。

粗加工时优先采用大的背吃刀量，其次采用较大的进给量，最后选择合理的切削速度。

精加工时首先选择较小的背吃刀量，再选择较小的进给量，最后选择较高（对于硬质合金刀具）或较低（对于高速钢刀具）的切削速度。

1. 背吃刀量的选择

背吃刀量应根据机床、工件和刀具的刚度来确定，在刚度允许的条件下，除留给下道工序的余量外，其余的材料尽可能一刀切除，这样可以减少走刀次数，提高生产效率，例如，课题引入中的粗加工实例通常情况下可以考虑一刀完成。当余量太大或工艺系统刚性较差时，所有余量（A）分两次（或多次）切除。具体安排如下：

第一次进给的背吃刀量 a_{p1} 为：
$$a_{p1} = \left(\frac{2}{3} \sim \frac{3}{4} \right) A$$

第二次进给的背吃刀量 a_{p2} 为：
$$a_{p2} = \left(\frac{1}{3} \sim \frac{1}{4} \right) A$$

为了保证加工表面质量，可留少量精加工余量，一般取 0.2~0.5 mm。

2. 进给量的选择

当工件的质量要求能够得到保证时，为提高生产效率，可选择较高的进给速度。一般在 100~200 mm/min 范围内选取；在切断、加工深孔或用高速钢刀具加工时，宜选择较低的进给速度，一般在 20~50 mm/min 范围内选取；当加工精度、表面粗糙度要求高时，进给速度应选小些，一般在 20~50 mm/min 范围内选取。

3. 切削速度的选择

切削速度应根据加工性质和刀具材料进行选择，普通高速钢刀具一般不超过 30 m/min，在精加工时硬质合金刀具则可达 100 m/min 以上。

总之，切削用量的具体数值应根据加工要求、机床性能、相关的手册并结合实际经验用类比方法确定。同时，使切削速度、背吃刀量及进给量三者能相互配合，以形成最佳切削用量。

练习与思考

1. 试分析车削端面时的主运动和进给运动。
2. 在车床上车削 $\phi 55$ mm 的铸铁件外圆，转速为 400 r/min，若再用同样的切削速度精

车 $\phi 20$ mm 的外圆，试完成以下任务：

- (1) 计算车削 $\phi 55$ 外圆的切削速度；
- (2) 计算车削 $\phi 20$ 外圆的主轴转速；
- (3) 选择车削时的刀具牌号。

课题三 刀具的组成及其主要角度

知识点

- ◎ 刀面、刀刃、参考平面、刀具几何角度的概念
- ◎ 刀具的图示方法

技能点

- ◎ 刀具几何角度的识别

一、课题引入

刀具是切削加工中不可缺少的切削工具，如图 1—3 所示为切削加工中的常用刀具。那作为刀具它们是如何具备切削能力的呢？刀具的几何形状和切削能力又是如何来描述的呢？

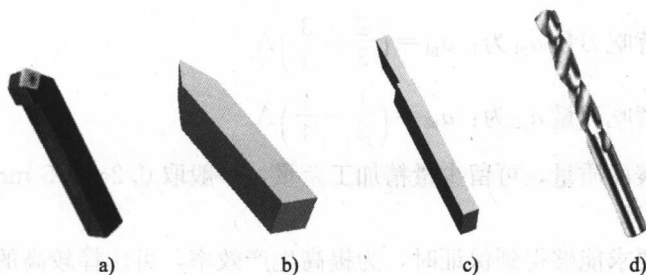


图 1—3 常用刀具

a) 外圆车刀 b) 螺纹车刀 c) 切断刀 d) 标准麻花钻

二、课题分析

各种刀具形状迥异，使用场合不一，但都能用来切除毛坯上多余的材料，完成零件的切削加工，这显然与它们的结构组成有关。此外，为了满足不同的切削要求，如外圆车削、切断和螺纹车削等，刀具的切削部分往往做成不同的几何形状；即使是同种类型的刀具（如外圆车刀），在不同的加工条件下，如车削细长轴和车削粗短轴等，也要做成不同的几何形状，而不同几何形状的刀具有着不同的切削性能。要描述刀具的几何形状和切削性能，就离不开刀具的几何参数。所以，我们有必要掌握刀具的结构、组成，掌握刀具的几何角度。

普通外圆车刀是最典型的简单刀具，其他种类的刀具都可以看作是它的变形或组合。下面就以普通外圆车刀为例来介绍刀具切削部分的结构、组成以及刀具的几何角度。