



农民进城务工制造业指导系列丛书

XIGONGJINENG

铣工 基本技能

郭成操 主编



■ 适用于:

- ▲ 农村劳动力转移培训
- ▲ 就业与再就业岗前培训
- ▲ 新农村建设“农家书屋”配书
- ▲ 在职人员培训



哈尔滨工程大学出版社
Harbin Engineering University Press

农民进城务工制造业指导系列丛书

铣工基本技能

主 编 郭成操

哈尔滨工程大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

铣工基本技能/郭成操主编. —哈尔滨: 哈尔滨
工程大学出版社, 2010.3

ISBN 978 - 7 - 81133 - 700 - 6

I . ①铣… II . ①郭… III . ①铣削 - 基本知识
IV . ①TG54

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 042868 号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号
邮政编码 150001
发行电话 0451 - 82519328
传 真 0451 - 82519699
经 销 新华书店
印 刷 肇东粮食印刷厂
开 本 850mm × 1 168mm 1/32
印 张 5.25
字 数 140 千字
版 次 2010 年 3 月第 1 版
印 次 2010 年 3 月第 1 次印刷
定 价 12.00 元
<http://press.hrbeu.edu.cn>
E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

前 言

目前,我国职业教育已初步形成了“在国务院领导下分级管理,地方为主、政府统筹、社会参与”的职业教育新体系。为认真贯彻落实全国职业教育工作会议精神,更好地服务于职业教育这项国家工程,我社积极组织各行各业职业教育教师、一线职业专家,根据职业教育“突出技能教育,重实践、多动手、强训练,真正培养学员动手能力”的教学特点,编写了该套教材。

该套教材遵循“买得起、看得懂、操作得来”的基本要求,包含引导性培训和职业技能培训两个方面。在引导性培训方面,主要包括基本权益保护、法律知识、城市生活常识、寻找就业岗位的技巧、职业道德教育等方面的教材,目的在于提高培训对象遵守法律法规和依法维护自身权益的意识,树立新的就业观念;在职业技能培训方面,教材根据国家职业标准和不同行业、不同工种、不同岗位对从业人员必须掌握的基本技能和技术标准的要求编排内容,以提高学员的岗位工作能力,增强学员的就业竞争力。特别适合用于农村劳动力转移培训以及工、矿、企业为培养、培训初级技能型工人的专业教材。

该套教材的出版,为规范职业技能培训、更好地实施“阳光工程”以及配套“农家书屋”的建设都有积极的作用。

目 录

第 1 章 铣削加工基础知识	1
1.1 金属切削基础知识	1
1.2 铣削加工的基本知识	11
第 2 章 铣削加工的工艺装备	17
2.1 铣床的基础知识	17
2.2 铣刀的基本知识	22
2.3 铣削夹具	32
第 3 章 铣工常用工、量具	52
3.1 铣工常用工具	52
3.2 铣工常用量具	56
第 4 章 铣削平面和连接面	63
4.1 平面的铣削	63
4.2 矩形工件的铣削	79
4.3 斜面的铣削	83
第 5 章 铣削台阶面和沟槽	89
5.1 台阶面的铣削	89
5.2 直角槽的铣削	95
5.3 键槽的铣削	98
5.4 V 形槽的铣削	106
5.5 T 形槽的铣削	112

第 1 章 铣削加工基础知识

1.1 金属切削基础知识

各种机器都是由零件、组件和部件组装的。零件制造是机器制造过程中最基本、最重要的阶段。由于绝大部分机器零件都是用金属材料制造，并且都有相应的尺寸、形状、位置精度和表面质量的要求，因此金属切削加工是使用最广泛、最主要的机器零件加工方法，这种方法又称为机械加工。由金属切削机床、刀具、夹具和工件（被加工机器零件）组成的系统，称为金属切削工艺系统，简称工艺系统。工件在工艺系统中，被切削加工成为符合设计图要求的合格机器零件的过程，称为切削加工过程。

金属切削加工是将工件安装在机床上，利用刀具相对于工件的运动将工件毛坯上多余材料切除，以获得工件所要求的形状、位置、尺寸精度和表面质量的方法。金属切削加工的形式很多，如车削加工、铣削加工、磨削加工等。掌握金属切削加工的基本规律，对我们的生产实践活动有着重要的指导意义。

1.1.1 金属切削表面

在金属切削过程中工件上存在三种表面：待加工表面、过渡表面和已加工表面，如图 1-1 所示。

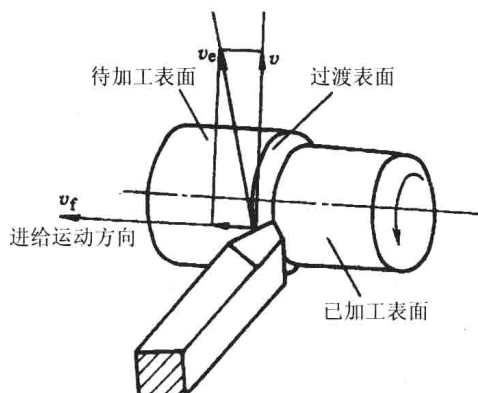


图 1-1 切削过程中工件上的表面

1.1.2 金属切削刀具

1. 刀具的组成

金属切削加工中使用的刀具种类很多，形状用途各不相同，其中车刀是一种应用广泛的基本刀具，其他刀具可以看做是由车刀演变或组合形成的。现以外圆车刀为例来说明刀具的组成和刀具切削部分的几何参数等基本概念，如图 1-2 所示，外圆车刀由刀头和刀体组成。

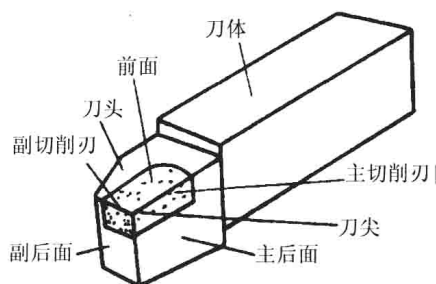


图 1-2 刀具的组成

刀体用来将车刀夹固在刀架上；刀头又称切削部分，用来切削工件。刀头由三个刀面、两个刀刃和一个刀尖组成。

其中，前刀面是切屑流出接触的刀面；主后面是与工件上过渡表面相对的刀面；副后面是与工件上已加工表面相对的刀面；主切削刃是前刀面与主后面相交形成的切削刃，又称主刀刃，它担负着主要的切削工作；副切削刃是前刀面与副后面相交形成的切削刃，又称副刀刃；刀尖是主切削刃与副切削刃的相交部分。常用的刀尖有尖角刀尖、圆弧刀尖和倒角刀尖三种形式，其中尖角刀尖最简单，但刀尖强度最低。

2. 刀具材料

刀具材料是指刀具切削部分的材料。在切削加工中，刀具的切削部分直接完成切除余量和形成已加工表面的任务。刀具材料是工艺系统中影响加工效率和加工质量的重要因素，也是最灵活的因素。采用合理的刀具材料可大大提高切削加工生产率，降低刀具的消耗，保证加工质量。

刀具材料应具备的性能：

(1) 硬度和耐磨性 硬度是刀具材料应具备的最基本特性。刀具材料硬度必须高于被加工材料硬度。切削过程中为了抵抗刀具不断受到的切屑和工件的摩擦引起的磨损，刀具材料必须具有高的耐磨损性能。

(2) 强度和韧性 切削工件时，刀具要承受很大的切削抗力，为了不产生脆性破坏和塑性变形，刀具材料必须有足够的强度。在切削不均匀的加工余量或断续加工时，刀具受很大的冲击载荷，脆性大的刀具材料易产生崩刃和打刀，因此要求刀具材料有足够的冲击韧性和疲劳强度。

(3) 耐热性 耐热性是指刀具材料在高温下能保持高硬度的能力，以适应切削速度提高的要求。

(4) 导热性和耐热冲击性 刀具材料应具有良好的导热性，以便切削时产生的热量能迅速传散。为适应断续切削时瞬间反复的热力和机械的冲击形成的热应力和机械应力，刀具材料应具有良好的耐热冲击能力。

(5) 良好的工艺性和经济性 刀具材料应便于制造, 具有良好的被切削性能、热处理性能、焊接性能等。经济性是指刀具材料应结合本国资源, 少用贵重合金元素, 降低成本。

1.1.3 切削运动与切削用量

1. 切削运动

在机械加工过程中, 依靠刀具与工件之间的相对运动(表面成形运动)才能加工出工件的表面。成形运动包括主运动和进给运动。

(1) 主运动 是进行切削的最基本、最主要的运动, 也称为切削运动。通常其速度最高, 消耗功率最多。一般机床只有一个主运动。如图 1-3 所示的铣削加工中, 刀具的旋转运动就是主运动。

(2) 进给运动 进给运动与主运动配合, 使切削工作能够连续地进行以获得所需要的工件表面。通常其消耗动力较少, 可由一个或多个运动组成。根据刀具相对于工件被加工表面运动方向的不同, 进给运动分为纵向进给、横向进给、圆周进给、径向进给和切向进给运动。进给运动可以是连续的, 也可以是周期性连续的。如图 1-3 所示的铣削加工中, 工作台的上下、前后、左右的直线运动(有时也会有工件的回转运动)就是进给运动。

2. 切削用量

在切削过程中, 随着刀具和工件的相对运动, 工件表面的金属层不断被刀具切下转变为切屑, 从而形成已工作表面。

在切削过程中, 针对不同工件的材料、结构、加工精度和刀具材料, 所需要的成形运动量值也不相同。根据加工要求选定适宜的成形运动量值, 就是切削用量的选择。切削速度、进给量和背吃刀量称为切削用量三要素。

切削速度是主运动的线速度, 主运动为回转运动时, 运动着的刀具或工件上某一点的瞬时线速度为切削速度, 单位是

mm/min; 进给量是刀具在进给方向上相对工件的位移量。可用刀具或工件每转或每行程位移量来表示, 单位为 mm/r。车削时进给量为工件每转一转刀具沿进给运动方向移动的距离。背吃刀量是在与主运动和进给运动方向相垂直的方向上测量的工件上已加工表面和待加工表面的距离, 单位为 mm。切削用量见图 1-3 所示。

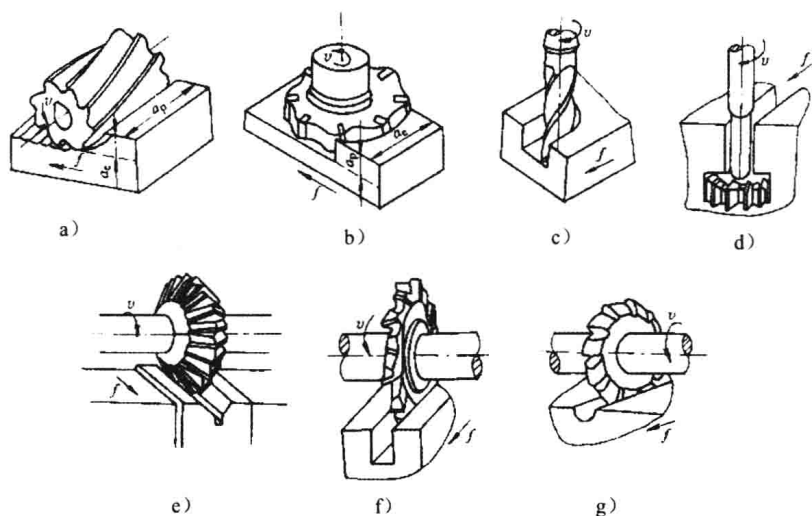


图 1-3 铣削运动

1.1.4 加工硬化现象

在切削加工过程中, 由于刀具的摩擦和挤压, 使工件表面产生强烈的塑性变形, 从而使工件强度和硬度急剧增加的现象称为加工硬化。

加工硬化使工件表层塑性下降, 并在表层产生残余内应力, 降低了工件已加工表面质量, 增加了后续加工难度, 加速刀具磨损。加工硬化程度与工件材料性能密切相关, 材料塑性越好, 加工硬化现象越严重。钢件表面的加工硬度可达加工前硬度的 3~4 倍, 硬化层可达数百微米, 而铸件的硬化程度和硬化厚度要小得多。

减小刃口钝圆半径，增大前角和后角，合理使用切削液，减轻切削变形和摩擦都可以减小加工硬化。

1.1.5 切削热与切削温度

在切削过程中所消耗的功绝大部分转变为热，即切削热。切削热的产生和传散，影响切削区域的温度。切削区域的平均温度称为切削温度。

切削热通过切屑、工件、刀具及周围介质（空气、切削液等）传散。传入切屑和介质的切削热越多，对加工越有利。传入工件的切削热会引起工件的热变形，影响其尺寸和形状精度。特别是加工薄壁或细长轴类零件时，热变形的影响最大。传入刀具的切削热会使其切削部分的温度升高。高速切削时，前刀面上靠近主切削刃和刀尖处的温度最高，可达 1000℃ 以上。切削温度过高，将加快刀具磨损。

工件材料是影响切削温度的重要因素。一般而言，工件材料强度、硬度越高，切削温度越高。在强度、硬度大致相同的条件下，工件材料的塑性、韧性好，在切削时塑性变形大，产生的切削热较多，切削温度会升高。工件材料的导热性好，切屑传散的热量多，可降低切削温度。

在切削用量三要素中，切削速度对切削温度的影响最大，进给量次之，背吃刀量影响最小。从保证切削效率、降低切削温度的角度考虑，应优先选择大的背吃刀量和进给量，再确定合理的切削速度。这就是粗加工时，切削用量的选择原则。

合理使用切削液可使切削温度明显下降。

1.1.6 切削液

合理选用切削液可以改善切削、工件与刀具间的摩擦情况，

降低切削力和切削温度，减小工件热变形，减小刀具磨损，提高刀具耐用度和零件的加工精度，改善已加工表面质量。

1. 切削液的作用

(1) 冷却作用 切削液浇注到切削区域后，可使通过介质传导的热量增加，降低切削温度。在刀具材料的耐用度较差、导热性较差以及工件材料的热膨胀系数较大、导热性较差的情况下，切削液的冷却作用显得尤为重要。

(2) 润滑作用 切削液可以在切屑、工件与刀具界面间形成润滑油膜，减小摩擦。当各界面间由于载荷作用、温度的影响，使油膜厚度减薄、连续性破坏，导致金属表面局部凸起的尖峰相接触时，由于润滑液的渗透和吸附作用，仍能在摩擦副表面存在润滑液的吸附膜，起到减小摩擦的作用。在切削液中加入极压添加剂可以形成极压化学吸附膜，提高切削液在切削过程中的承载能力。

(3) 清洗作用 切削液具有清洗的作用，可以清除金属切削过程中产生的碎屑或粉末，防止划伤工件的表面和机床的导轨面。清洗性能的好坏，与切削液的渗透性、流动性和使用的压力有关。加入大剂量的表面活性剂和少量矿物油、保持足够的流量可提高清洗效果。

(4) 防锈作用 为了减小工件、机床、刀具等受周围介质（空气、水分等）的腐蚀，要求切削液具有一定的防锈作用。其作用的好坏取决于切削液本身的性能和加入的防锈添加剂的作用。

除以上四个方面外，对切削液还有价廉、配制方便、性能稳定、不污染环境、不易燃烧、对人体无害等要求。随着具体的加工条件变化，对切削液作用要求的侧重点也不相同。

2. 切削液的种类

切削时使用的切削液可分为水溶液、乳化液和油类三大类。

(1) 水溶液 水溶液主要成分是水，其冷却性能较好，但易使机床和工件锈蚀，需加入防锈剂。

(2) 乳化液 乳化液是乳化油和水的混合体。乳化油由矿物油和乳化剂配制而成。乳化剂的分子有两个头，一端向水，一端向油，把油和水连接起来，形成以水包油的乳化液。乳化液具有良好的乳化作用，若再加入一定比例的油性剂和防锈剂，则可成为既能润滑又可防锈的乳化液。低浓度乳化液主要起冷却作用，高浓度乳化液主要起润滑作用，适用于精加工和复杂工序的加工。

使用时，取质量分数为 2%~5% 的乳化油和水配制即可。

(3) 油类 油类切削液主要成分是矿物油。机油适用于普通车、攻螺纹；煤油或与矿物油的混合油适用于精加工有色金属或铸铁；煤油或与机油的混合油用于普通孔或深孔加工；蓖麻油或豆油也用于螺纹加工；轻柴油用于自动机床上，做自身润滑液或切削液用。

矿物油的油性差，不能形成牢固的吸附膜，润滑能力差，在切削时须加入极压添加剂，即成为极压切削油。极压切削油常用于精加工或加工高强度钢、高温合金等难加工材料。

粗铣时，产生的切屑较多，热量也大，应选用冷却和润滑性能较好的切削液，如乳化液等；精加工时，为了保证被加工表面的质量，一般使用润滑性能良好的切削液，如极压乳化液或极压切削油等。乳化液是一种使用性能较好的切削液。它除了具有良好的冷却作用和一定润滑作用外，在其成分中含有微量的亚硝酸钠、碳酸钠类物质，有着防腐蚀和防锈的功能，所以这种溶液对铣刀和工件在一定程度上还起着防护的作用。

1.1.7 刀具的磨损及刀具耐用度

1. 刀具磨损

刀具在切削过程中，由于与切屑、工件之间产生剧烈的挤压、摩擦，使其切削刃由锋利逐渐变钝以致失掉切削能力，这种现象称为刀具磨损。刀具磨损是影响切削加工的效率、质量和成本的

重要因素。正常切削情况下，刀具磨损量随切削时间增加而逐渐扩大，刀具磨损过程可分为初期磨损、正常磨损和急剧磨损三个阶段。为了保证刀具的合理使用，必须在刀具的实际磨损量达到急剧磨损阶段以前就停止切削，进行刃磨或换刀。所谓刀具磨钝标准就是规定刀具后刀面磨损量 VB 允许达到的最大值，即衡量刀具是否应该刃磨或更换刀刃的标准。

2. 刀具耐用度

刀具磨损量达到规定的磨钝标准所用的切削时间，称为刀具耐用度，用 T (min) 表示。一般情况下，简单刀具耐用度要比复杂刀具确定的低一些；如硬质合金车刀的耐用度 $T=60\sim90$ ；钻头 $T=80\sim120$ ；硬质合金端铣刀 $T=90\sim180$ ；齿轮刀具 $T=200\sim300$ 。刀具耐用度的确定与生产率、成本有直接关系。在切削用量三要素中，切削速度对耐用度的影响很大；若确定高的耐用度，会限制切削速度，这就会影响到生产率；若选用过低的耐用度，则必然会增加磨刀次数，增加磨刀、换刀等辅助时间，同样影响到生产率和生产成本。因此，应根据切削条件选用合理的刀具，以提高生产率、节约刀具费用、降低生产成本。影响刀具耐用度的因素很多，主要有工件和刀具材料、刀具角度、切削用量以及切削液。在切削速度、进给量和背吃刀量三个切削用量中，切削速度对耐用度影响最大。

在刀具耐用度一定的情况下，选择切削用量的顺序是：先选最大的背吃刀量，再选最大的进给量，然后计算出相应的切削速度。

1.1.1.8 机床夹具

机械加工过程中，用以确定工件相对于刀具和机床的正确位置、使这个位置在加工过程中不因外力的影响而变动的工艺装备，称为机床夹具，六点定则是夹具设计的基本依据。

在机床上确定工件相对于刀具的正确加工位置，以保证其被加工表面达到所规定的各项技术要求的过程称为定位。在已定好的位置上将工件固定下来可靠地夹住，防止在加工时工件受到切削力、惯性力、离心力、重力及冲击和振动等的影响，发生位置移动而破坏定位的过程称为夹紧。工件在夹具中的装夹包括定位和夹紧两方面的工作。

夹具由以下几部分构成：

定位夹紧装置 由于夹具的首要任务是对工件进行定位和夹紧，因此，夹具必须有用以确定工件正确位置的定位元件和将工件夹牢的夹紧装置。常见定位方式是以平面、圆孔和外圆定位。夹紧装置要保证定位可靠，不能破坏原定位精度，还要使用方便、安全。

对刀、引导元件 用专用夹具进行加工时，为了预先调正刀具的位置，在夹具上设有确定刀具（铣刀、刨刀等位置）或导引刀具（孔加工刀具）方向的元件，如对刀块、钻套等。

联接元件 为了使夹具在机床上占有正确的位置，一般夹具设有供夹具本身在机床上定位和夹紧用的联接元件。

夹具体 夹具上所有组成部分都必须最终通过一个基础件使之联接成一个有机整体，这个基础件称为夹具体。

1.1.9 工件材料的切削加工性

切削加工性是指材料被切削加工的难易程度。它具有一定的相对性，某种材料切削加工性能的好坏一般是相对另一种材料而言的。

工件材料的强度和硬度高，则切削力大、切削温度高、刀具易磨损，故切削加工性差；材料塑性高，则不易断屑，难获得好的表面质量，故切削加工性差；材料的热导性差，切削热不易散发，切削温度高，故切削加工性差。

随着钢的碳质量分数增加，其强度、硬度增加，塑性、韧性

降低，低碳钢塑性、韧性高，高碳钢强度、硬度高，都对切削加工不利。硫、铅等元素能改善切削加工性，常用来制造易切削钢。铝、硅、钛等元素在钢中形成硬的氮化物、硅酸盐和氧化物，使刀具磨损加剧，含这些元素的钢，切削性能变差。锰、磷、氮等元素可改善低碳钢切削加工性能，对高碳钢、高合金钢，则会使其切削性能变差。材料的组织结构，也直接影响材料的切削加工性。

对材料进行适当的热处理，是改善切削加工性的重要途径。

1.2 铣削加工的基本知识

铣削加工是利用相切法成形原理，用多刃回转体刀具在铣床上对平面、台阶面、沟槽、成形表面、型腔表面、螺旋表面进行加工的一种切削方法。如图 1-3 所示。它是目前应用最广泛的加工方法之一。

1.2.1 铣削加工的特点

1. 铣削加工的特点

(1) 铣刀是一种多齿刀具，在铣削时，铣刀的每个刀齿不像车刀和钻头那样连续地进行切削，而是间歇地进行切削，刀具的散热和冷却条件好，铣刀的耐用度高，切削速度可以提高。

(2) 铣削时经常是多齿进行切削，可采用较大的切削用量，与刨削相比，铣削有较高的生产率，在成批及大量生产中，铣削几乎已代替了刨削。

(3) 由于铣刀刀齿的不断切入、切出，铣削力不断地变化，故而铣削容易产生振动。

2. 铣削加工的工艺特点

与其他切削加工方法相比，铣削加工的工艺有以下特点：

(1) 加工范围广 铣削和刨削相比,虽然都是以平面和沟槽为主的加工,但是由于铣削的主运动是刀具的旋转运动,铣刀类型多、铣床的附件也较多,特别是分度头的应用,使得铣削方式机动灵活、适应性强,加工范围比刨削广泛。因此,在许多情况下铣削是刨削无法代替的。

铣削可以加工箱体、支架、底座上的大平面,也可以加工这些零件上的小凸台;可以加工外凸的平面、内凹的平面和圆弧面;可以加工直线型的平面和沟槽,也可以加工螺旋槽;利用分度头,不仅可以加工齿轮、螺旋槽,而且可以加工轴和盘套类零件上的对称的或具有等分要求的小平面或沟槽,还可以加工花键轴、凸轮、离合器等工件;有时,还可以在铣床上进行钻、扩、铰和镗孔的工作。

(2) 精铣平面时,两平面之间的尺寸公差等级可达 IT8~IT9;粗糙度可以达到 Ra1.6;利用镶齿端铣刀加工大平面,其直线可达 0.04~0.08mm/m。

(3) 镶齿端铣刀一般用硬质合金刀头,适合于高速铣削,生产率比刨削高。

(4) 铣床结构比刨床复杂,铣刀的刃磨和制造也比刨刀复杂,成本较高。在单件小批生产中,对于具有一定位置精度要求的多表面零件,铣削没有刨削灵活、简便。

铣削加工既适合于大批量生产,也适合于小批量生产。经常用于加工支架、箱体、底座、六面体(如压板、平行垫铁)等零件上的平面及沟槽,轴或盘套类零件上的局部小平面和具有等分要求的平面或沟槽。

1.2.2 铣削加工的方式

1. 周铣和端铣

用刀齿分布在圆周表面的铣刀进行铣削的方式叫做周铣(图