

机电工人实用技术丛书

数控铣工实用技术

SHUKONG XIGONG
SHIYONG JISHU

● 徐 衡 主 编



辽宁科学技术出版社

LIAONING SCIENCE AND TECHNOLOGY PUBLISHING HOUSE

数控铣工实用技术

徐 衡 主编

辽宁科学技术出版社

沈 阳

图书在版编目(CIP)数据

数控铣工实用技术/徐衡主编. —沈阳:辽宁科学技术出版社,
2003.9

(机电工人实用技术丛书)

ISBN 7-5381-4029-8

I.数… II.徐… III.铣床—数控机床 IV.TG659

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第059332号

出版者: 辽宁科学技术出版社

(地址:沈阳市和平区十一纬路25号 邮编:110003)

印刷者: 沈阳市北陵印刷厂

经销者: 各地新华书店

幅面尺寸: 203mm×140mm

印 张: 10.125

字 数: 260千字

印 数: 1~5000

出版时间: 2003年9月第1版

印刷时间: 2003年9月第1次印刷

责任编辑: 韩延本

封面设计: 庄庆芳

版式设计: 于 浪

责任校对: 刘 庶 刘 姮

定 价: 16.00元

联系电话:024-23284360

邮购热线:024-23284502 23284357

E-mail:lkzbb@mail.lnpgc.com.cn

http://www.lnkj.com.cn

出版说明

当前国际上处于新一轮的产业调整中，制造业逐渐向发展中国家转移，我国正在成为世界上制造业的大国，机械制造业更是如此。机械制造业是技术密集型产业，它的发展离不开高素质的技术工人。目前，我国有技术工人8 000万左右，其中初级工为60%，中级工为35%，高级工（包括技师和高级技师）为5%；而发达国家则为高级工35%，中级工50%，初级工15%，我国的中、高级技术工人短缺现象非常严重。劳动力市场急需掌握现代机械制造技术的技工，已经出现了高薪聘请不到高级技工的现象。

为适应机械工业大发展的形势和劳动力市场的需求，培养一大批掌握现代化机械制造技术的高素质的技工是当务之急。而图书市场上，真正针对技术工人的实用技术辅导读物寥寥无几，鉴于这种状况，我们组织一些有丰富的教学和实践经验的作者，包括职业技术学院的教师、科研院所和工矿企业的高级工程师以及生产一线的高级技师，合作编写了“机电工人实用技术丛书”。

“机电工人实用技术丛书”按工种分类，选择的考虑是：从业人员较多，技术含量较高，多数企业急需。第一批出版8种，分别是《车工实用技术》、《冷作钣金工实用技术》、《数控铣工实用技术》、《铸造工实用技术》、《金属热处理工实用技术》、《电机修理实用技术》、《焊工实用技术》和《模具工实用技术》。

这套书在编写内容及方式上力争做到通俗易懂，具有先进性、科学性和可操作性，具体体现在：

(1) 实用性。汇集近年来的现场经验技术、技术资料与工艺数据；

(2) 新颖性。采用新国标，或向国际标准（ISO）靠拢；

(3) 先进性。体现新技术、新工艺等知识；

(4) 简明性。语言精炼，多用图表，便于读者阅读；

(5) 普及性。通俗易懂，适合读者自学提高，通过典型示例介绍，起到举一反三的作用。

这套书编排科学，通俗易懂，图文并茂，非常适合中、高级技术工人及现场技术人员阅读。实用、新颖是这套丛书的特色。相信这套书为生产一线的技术工人和技术人员，在提高技术水平和解决实际问题方面，能够有一些有益的帮助。

前 言

数控铣床、加工中心是典型的现代化加工设备，目前其操作及维护水平的落后，正制约着机械制造业的发展。编著本书的目的是为了适应中、高级数控铣工自学和培训的需要，可供职业技术学院（校）的学生学习数控加工技术之用，还可作为中、高级数控加工技术人员学习数控理论和实践操作的参考书。

本书根据编者从事多年的生产实践和教学的经验，深入浅出地介绍了数控加工工艺的理论知识；数控程序的编制；数控铣床的操作和数控铣床的结构与维护，并与生产实践密切结合，书中着重阐述数控技术的应用性、实用性、操作性，提供了大量加工操作及数控铣床维修的实例与技巧，论述步骤清晰，图文并茂，便于读者学习和操作。

本书主要内容包括：铣削原理；数控镗铣加工常用刀具；数控铣床、加工中心机床；工件的装夹和数控铣床常用附件；数控加工工艺知识；数控镗铣加工手工编程；数控加工自动编程；数控铣床、加工中心的基本操作；数控铣床、加工中心的维护与常见故障的诊断和排除。

本书由徐衡主编和统稿，并编写第一、二、五、六、八章；钱珊编写第三、九章；胡育辉编写第四、七章。

在本书的编写过程中，焦洪钧、兰阳、王洋、阎宏胜、王雪蛟、李信义、赵刚、张国强、徐勇鹏等同志提供了大量的建议与帮助，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，加之时间仓促，书中难免存在缺点和错

误，恳请读者批评指正。您的建议和意见可发送到 [xuhengi @ mail. sy. ln. cn](mailto:xuhengi@mail.sy.ln.cn) 。

编 者

目 录

出版说明

前言

第一章 铣削原理	1
第一节 切削运动与切削要素.....	1
第二节 铣刀的几何参数.....	5
第三节 铣削力和铣削功率.....	11
第四节 铣刀磨损与刀具耐用度.....	15
第五节 铣刀切削部分常用材料.....	18
第六节 铣削方式.....	22
第七节 铣削用量的选择.....	25
第二章 数控铣床、加工中心常用刀具	29
第一节 数控镗铣床常用铣刀.....	29
第二节 数控镗铣床常用孔加工刀具.....	37
第三节 数控铣床加工中心刀具的装夹.....	44
第三章 数控铣床、数控加工中心	52
第一节 数控加工技术基本概念.....	52
第二节 数控铣床、加工中心布局与参数.....	58
第三节 数控机床机械结构特点.....	63
第四节 数控机床常用其他装置.....	81
第四章 工件装夹及数控镗铣床常用附件	94
第一节 工件在数控镗铣床上的装夹.....	94
第二节 平口虎钳的应用.....	103
第三节 压板、弯板、V形块、三爪卡盘的使用.....	109

第四节	拼装夹具	114
第五节	机外对刀仪	121
第五章	数控加工工艺知识	125
第一节	机械加工工艺过程基本概念	125
第二节	定位基准的选择	133
第三节	金属切削加工操作规范	145
第四节	数控镗铣加工工艺基础	147
第六章	数控镗铣加工手工编程	154
第一节	数控编程基础	154
第二节	刀具进给编程	164
第三节	刀具补偿编程	171
第四节	孔加工固定循环	176
第五节	子程序	182
第六节	加工中心编程实例	188
第七章	自动编程	200
第一节	自动编程概述	200
第二节	二维走刀路线的编制	203
第三节	三维走刀路线	222
第八章	数控铣床加工中心的基本操作	228
第一节	FANUCO - M 数控系统数控铣床操作	228
第二节	西门子数控系统加工中心操作	242
第三节	数控铣床、加工中心的基本操作	261
第九章	数控铣床、加工中心的维护与常见故障的 诊断和排除	272
第一节	数控铣床、加工中心的安全操作	272
第二节	数控铣床、加工中心的维护	275
第三节	数控铣床、加工中心常见故障的诊断与排除	293
参考文献		316

第一章 铣削原理

第一节 切削运动与切削要素

一、切削运动

金属切削加工就是用金属切削刀具从工件上切除多余的金属材料，使工件的形状、尺寸精度及表面质量达到预定要求的加工方法。在金属切削加工过程中，刀具和工件之间的相对运动称为切削运动。切削运动可分为主运动和进给运动。

1. 主运动

切削运动中直接切除工件上的切削层，使之转变为切屑，以形成工件新表面的运动是主运动。主运动速度即为切削速度，用符号 v_c 表示。一般来说，主运动是由机床主轴提供的，其运动速度高，消耗的切削功率大。如车削时的工件回转运动，钻削和铣削时的刀具回转运动，刨削时的工件或刀具往复运动等，都是主运动。

2. 进给运动

把切削层不断地投入切削，以完成对一个表面的切削的运动是进给运动。进给运动的速度称为进给速度，用 v_f 表示。进给速度还可以用进给量 f 表示。如钻削加工中的钻头、铰刀的轴向移动，铣削时工件的纵向、横向移动等，都是进给运动。

通常切削加工的主运动只有一个，而进给运动可能有一个或几个。

车削加工中的横向进给（也称为吃刀）及铣削加工中的横

向进给是一种间歇的运动，是由机床的吃刀机构提供的，也称为吃刀运动，车削加工中的吃刀的深度称为背吃刀量，用 a_p 表示（圆周铣削中的吃刀深度为侧吃刀量 a_e ）。

切削速度 v_c 、进给量 f 和背吃刀量 a_p 三者是切削用量的三要素，总称为切削用量。

二、切削时的工件表面

切削加工中，工件上存在三个表面（见图 1-1）。

(1) 加工表面：工件上即将被切除的表面。

(2) 已加工表面：工件上经刀具切削后形成的新表面。

(3) 过渡表面：切削刃正在切削的表面。

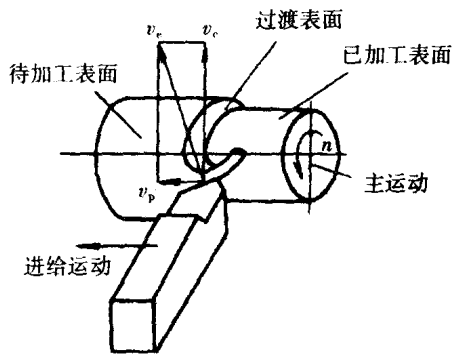


图 1-1 切削时的工件表面

三、铣削用量

在铣床（或加工中心）上采用铣刀加工称为铣削。铣削加工是以铣刀的旋转运动为主运动，工件在垂直于铣刀轴线方向的直线运动为进给运动。铣刀是一种多齿（刃）刀具，具有较高的生产率。铣削加工中的切削用量称为铣削用量，铣削用量包括以下一些内容。

1. 铣削速度 v_c

铣削速度是铣刀旋转主运动的线速度。单位为 m/min 。计算公式为：

$$v_c = \pi dn / 1000 \quad (1-1)$$

式中 d ——铣刀的直径（mm）；
 n ——铣刀的转速（r/min）。

2. 进给速度 v_f

进给速度是单位时间内铣刀在进给运动方向上相对工件的位移量。单位是 mm/min ，也称为每分钟进给量。铣削采用多刃刀具，所以铣削进给量还分为每转进给量 f 和每齿进给量 f_z ，其中：

f ——铣刀每转一转，铣刀相对工件在进给运动方向上移动的距离 (mm/r)；

f_z ——铣刀每转一个刀齿，铣刀相对工件在进给运动方向上移动的距离 (mm/z)。

每分钟进给量 v_f 与每转进给量 f 、每齿进给量 f_z 之间的关系是：

$$v_f = fn = f_z zn \quad (1-2)$$

式中 n ——铣刀主轴转速 (r/min)；

z ——铣刀齿数。

吃刀量一般指工件上已加工表面和待加工表面间的垂直距离。铣削中分为背吃刀量 a_p 和侧吃刀量 a_e 。

3. 铣削背吃刀量 a_p

在通过切削刃基点并垂直于已加工平面的方向上测量的吃刀量。它是平行于铣刀轴线方向测量的切削层尺寸，单位是 mm 。例如用立铣刀铣削时，立铣刀端面的吃刀量。

4. 铣削侧吃刀量 a_e

通过切削刃基点，在平行于已加工平面并垂直于进给运动方向上测量的吃刀量。它是垂直于铣刀轴线方向测量的切削层尺寸，单位是 mm 。例如用立铣刀铣削时，立铣刀侧面的吃刀量。

铣削用量如图 1-2 所示。

四、铣削时的切削层

铣削时铣刀相邻两个刀齿在工件上形成的两个过渡表面间的金属层称为切削层。如图 1-3 所示。表示切削层的参数有切削厚

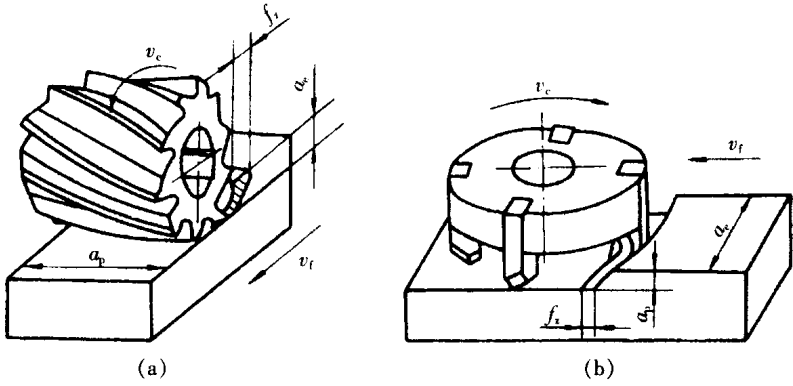


图 1-2 铣削用量
(a) 圆周铣削 (b) 端铣

度、切削宽度、切削面积。

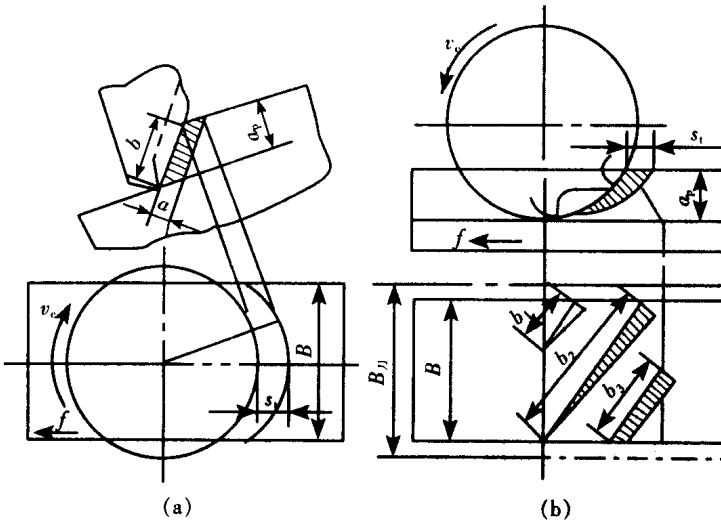


图 1-3 铣刀切削层参数
(a) 面铣刀铣削 (b) 螺旋齿圆柱铣刀铣削

切削层上的两个过渡表面间的垂直距离称为切削厚度，用 a

表示。单位是 mm。沿铣刀主切削刃测量的切削层尺寸，也就是主切削刃参加工作的长度称为切削宽度，用 b 表示。单位是 mm。切削厚度与切削宽度的乘积，就是该刀齿切削层的切削面积。

同时工作的各刀齿切削面积之和称为铣刀总的切削面积。由于铣削过程中，切削厚度、切削宽度及同时工作的齿数都是变化的，因此铣刀总切削面积也是不断变化的，所以常采用平均切削面积 $A_{\text{平均}}$ 这一参数，其计算公式如下：

$$A_{\text{平均}} = a_e a_p v_f / \pi d n = a_e a_p f_z z / \pi d \quad (\text{mm}^2) \quad (1-3)$$

式中各参数的含义同公式 (1-1) 和公式 (1-2)。

第二节 铣刀的几何参数

一、铣刀刀齿的组成

铣刀是一种多齿刀具，在每一个刀齿上都磨有切削刃，刃口分布在刀体的圆周面和端面上。铣刀的每一个刀齿相当于一把车刀，是由刀面和切削刃组成的，如图 1-4 所示。

(1) 铣刀上每一个刀齿的刀面包括：

前面。刀具上切屑流过的表面，也称前刀面；

主后面。刀具上与工件上过渡表面相对的表面；

副后面。刀具上与工件已加工表面相对的表面；

过渡后刀面。通过过渡刃和前刀面相邻的表面。

(2) 铣刀刀齿的切削刃包括：

主切削刃。前面与主后面相交而得到的刃边。在切削加工过程中，它承担主要的切削任务，切除大量的材料并形成工件上的过渡表面；

副切削刃。前面与副后面相交而得到的刃边。它配合主切削刃完成切削工作，并最终形成工件已加工表面；

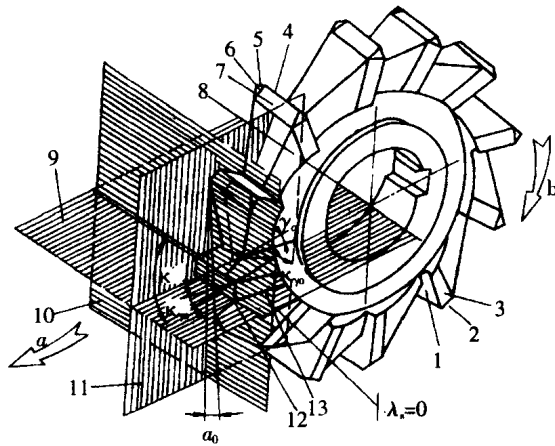


图 1-4 直齿三面刃铣刀的切削部分

a. 铣刀相对工件的进给方向 b. 铣刀主运动旋转方向

1—前面 2—副切削刃 3—副后面 4—主切削刃 5—过渡刃 6—过渡后刀面 7—主后面 8—铣刀轴线 9—基面（通过轴线） 10—切削平面 11—正交平面 12—过渡刃在基面的投影 13—副切削刃在基面内的投影

过渡刃。交于主切削刃和副切削刃之间的切削刃，又称为刀尖。在实际应用中，为增强刀尖的强度与耐磨性，多数刀具在刀尖处磨出直线或圆形的过渡刃。如图 1-5 所示。

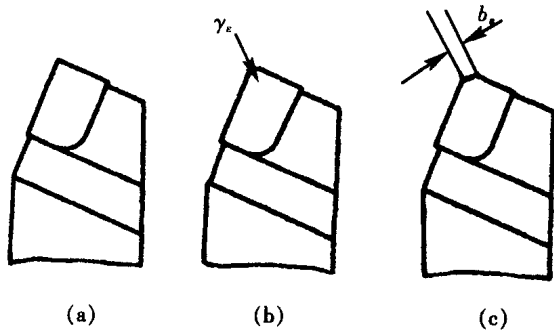


图 1-5 刀尖形状

二、铣刀标注参考坐标系

铣刀的几何角度需要在一个静止坐标系中标注，这一静止坐标系称为铣刀标注参考系，它是由基面、切削平面、正交平面、

法平面等平面组成的。圆柱铣刀的标注坐标平面如图 1-6 (a) 所示。它们是：

基面 P_r 。通过切削刃上选定点并垂直于该点切削速度的平面。由于切削速度方向是铣刀旋转圆周的切线方向，所以圆柱铣刀的基面是包含铣刀轴线的平面；

切削平面 P_s 。通过切削刃上选定点与切削刃相切并垂直于基面的平面；

正交平面 P_o 。通过切削刃上选定点并同时垂直于该点基面和切削平面的平面。圆柱铣刀的正交平面也是铣刀的端面；

法平面 P_n 。通过切削刃上选定点并垂直于切削刃的平面。

由基面 P_r 、切削平面 P_s 和正交平面 P_o 组成的参考系称为正交平面参考系。而基面 P_r 、切削平面 P_s 和法平面 P_n 组成的参考系称为法平面参考系。

三、铣刀的主要几何角度

在刀具的设计图样上标出的角度称为刀具标注角度。它是刀具制造、刃磨和测量的依据。在铣刀刀齿上的每个切削刃上都有四个主要标注角度，它们是在正交平面参考系和法平面参考系中

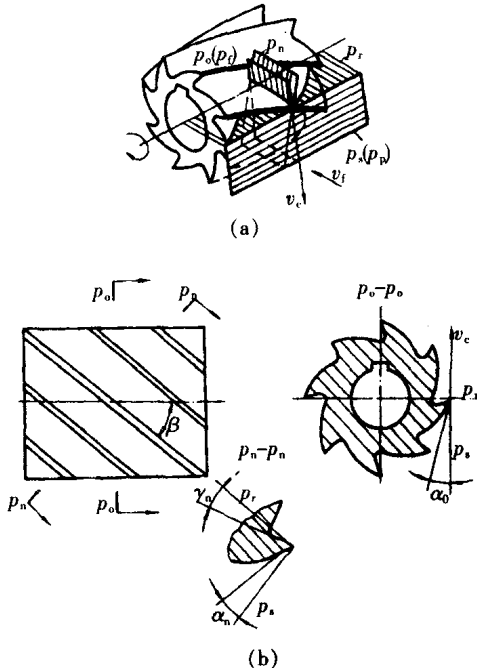


图 1-6 圆柱铣刀的几何角度

注的。面铣刀主切削刃上的四个标注角度如图 1-7 所示；圆柱铣刀的标注角度如图 1-6 (b) 所示。铣刀刀齿的主要几何角度如下。

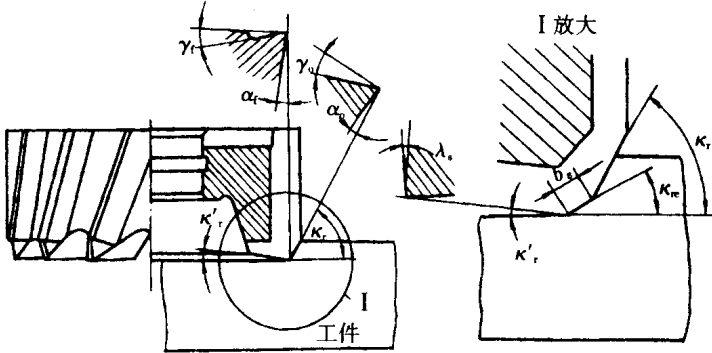


图 1-7 面铣刀的几何角度

1. 前角 γ 。

刀齿前面与基面的夹角称为前角。前角是在正交平面内测量的角度，有正前角和负前角之分。在正交平面内，前面与切削平面之间夹角小于 90° 时，前角为正值；大于 90° 时前角为负值。

对螺旋齿圆柱铣刀，为了便于制造和测量，在刀具图样上均标注法前角 γ_n （在法平面内测量的前角），如图 1-6 (b) 所示。但在检验时，通常测量正交平面内前角 γ_o ， γ_o 与 γ_n 的关系如下：

$$\tan \gamma_o = \tan \gamma_n / \cos \beta \quad (1-4)$$

式中 β ——圆柱铣刀螺旋角。

2. 后角 α 。

刀齿后面与切削平面之间的夹角称为后角。后角同前角一样，是在正交平面内测量的角度。

3. 主偏角 k_p 。

刀齿主切削刃在基面上的投影与进给运动方向的夹角称为主