沈建峰　于晓平　朱勤惠　编著

SHUKONG XIGONG SHIYONG JIQIAO JIJIN

数控铣工实用技巧集锦

化学工业出版社

沈建峰　于晓平　朱勤惠　编著

SHUKONG XIGONG SHIYONG JIQIAO JIJIN

数控铣工实用技巧集锦

化学工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

数控铣工实用技巧集锦 / 沈建峰，于晓平，朱勤惠编著. —北京：化学工业出版社，2009.6

ISBN 978-7-122-05393-0

Ⅰ. 数… Ⅱ. ①沈… ②于… ③朱… Ⅲ. 数控机床：铣床 Ⅳ. TG547

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2009）第 063565 号

责任编辑：黄 滢　　文字编辑：张绪瑞
责任校对：蒋 宇　　装帧设计：王晓宇

出版发行：化学工业出版社
（北京市东城区青年湖南街 13 号　邮政编码 100011）
印　　装：大厂聚鑫印刷有限责任公司
850mm×1168mm　1/32　印张 7　　字数 160 千字
2009 年 8 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询：010-64518888（传真：010-64519686）　售后服务：010-64518899
网　　址：http: // www. cip. com. cn
凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。

定　　价：20.00 元

版权所有　违者必究

前言

随着机电一体化技术的迅猛发展，数控技术在现代机械制造业中的应用越来越广，数控技术在提高工件的加工精度和生产效率方面具有独特的优势。因此，数控机床的应用也已日趋普及，其中数控车床、数控铣床和数控加工中心的应用最为广泛。

随着数控机床的大量使用，社会急需大批熟练掌握现代数控机床编程、操作及维修技术的高技能型专业人才。而当今社会对高技能型人才的基本要求是：应具有技术全面、一专多能、经验丰富的技术素质。

对于数控技术工人来说，一般应具备以下四个方面的知识和技能：一是具备基本的机械加工工艺知识；二是熟悉基本的编程知识；三是能熟练操作机床，并熟悉机床性能和参数的选择；四是能对机床进行正确的保养与维护。

鉴于此，为了进一步提高数控机床操作和编程技术人员的专业技能，以满足社会对高技能型人才的迫切需求，以及读者迫切需要实用性和技巧性强的数控技术类图书，我们组织编写了《数控车工实用技巧集锦》和《数控铣工实用技巧集锦》两本书。

本书是编者结合多年企业和教学实践经验以及在辅导学生参加全国数控大赛过程中所总结的一些实践经验和技巧，经提炼并整理后编著而成的，是编者工作经验的积累。

另外，本书还从数控技术工人应具备的四个方面的知识和技能入手，不仅总结了数控铣床/加工中心的加工工艺、编程、操作和机床维护等各个方面的技巧，而且通过各种生产实例加以体现，将技巧和实例有机地结合在一起，内容由浅入深、简明扼要、图文并茂、通俗易懂，对广大数控铣工，尤其是初、中级数控铣工具有较强的借鉴和指导作用。

本书可供企业数控铣工提高专业技能使用，也可作为中、高等职业技术院校的培训与教学用书，还可供从事机械相关工作的有关人员参考。

本书由常州技师学院的沈建峰、朱勤惠和武进职教中心的于晓平编著。此外，本书编写过程中借鉴了国内外同行的最新资料与文献，在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，书中不妥之处在所难免，请广大读者朋友批评指正。

编著者

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

目录

1 数控铣削刀具的选择 ……1
2 铣削用量选择 ……17
3 精加工余量的选择 ……20
4 切削液的选择 ……22
5 正确使用立铣刀 ……26
6 数控铣床/加工中心刀具系统选择 ……29
7 数控铣床/加工中心自动换刀 ……34
8 数控铣床/加工中心夹具系统选择 ……39
9 数控铣床/加工中心量具选择 ……45
10 顺铣和逆铣的选择 ……51
11 轮廓加工路线选择 ……55
12 内轮廓 Z 向切入 ……59
13 孔加工方法及加工路线选择 ……63
14 曲面加工路线选择 ……68
15 高速切削选择 ……73
16 轮廓加工表面质量与加工精度的提高 ……77
17 孔加工表面质量与加工精度的提高 ……79
18 曲面表面质量与加工精度的提高 ……83
19 刀具半径补偿编程 ……86
20 刀具长度补偿编程 ……92
21 子程序编程 ……98
22 孔加工固定循环编程 ……103

23 极坐标编程……109
24 坐标平移(坐标零点偏移)编程……113
25 坐标旋转编程……119
26 坐标镜像编程……122
27 坐标变换与宏程序结合编程……125
28 用宏程序完成多孔加工……129
29 用宏程序加工非圆曲线……133
30 用宏程序加工规则曲面……137
31 导入刀具半径补偿值参数编程……142
32 攻螺纹加工……148
33 铣螺纹编程……151
34 自动编程软件选择及编程……154
35 手工输入程序……159
36 计算机传输程序……163
37 系统参数手动设定……168
38 系统参数备份与恢复……172
39 报警和自诊断功能使用……175
40 超程报警解除……179
41 程序报警解除……182
42 刀具补偿参数及工件坐标系设定……187
43 程序的再启动……192
44 图形显示功能使用……196
45 数控机床日常维护……199
46 数控机床安全操作与使用……204
47 常规故障的处理……208
48 快速通过等级工鉴定……211
参考文献……214

1 数控铣削刀具的选择

（1）刀具类型选择

铣刀的种类很多，在实际加工时，通常根据不同的加工轮廓形状来选择刀具。

1）平面和轮廓加工铣刀

① 面铣刀　如图 1-1 所示，面铣刀的圆周表面和端面上都有切削刃，端部切削刃为副切削刃。面铣刀多制成套式镶齿结构，刀齿为高速钢或硬质合金，刀体为 40Cr。根据国家标准，面铣刀的直径 d=80～250mm，螺旋角 β=10°，刀齿数 z=10～20。

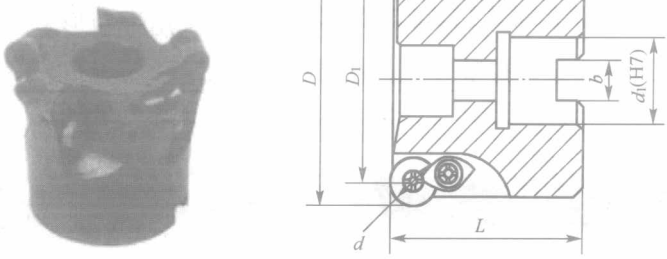


图 1-1　面铣刀

刀片和刀齿与刀体的安装方式有整体焊接式、机夹焊接式和可转位式三种，其中可转位式是当前最常用的一种夹紧方式。采用可转位式夹紧方式时，当刀片的一个切削刃用钝后，可直接在机床上将刀片转位或更换新刀片，操作使用方便，还能提高加工效率和产品质量，降低加工成本。

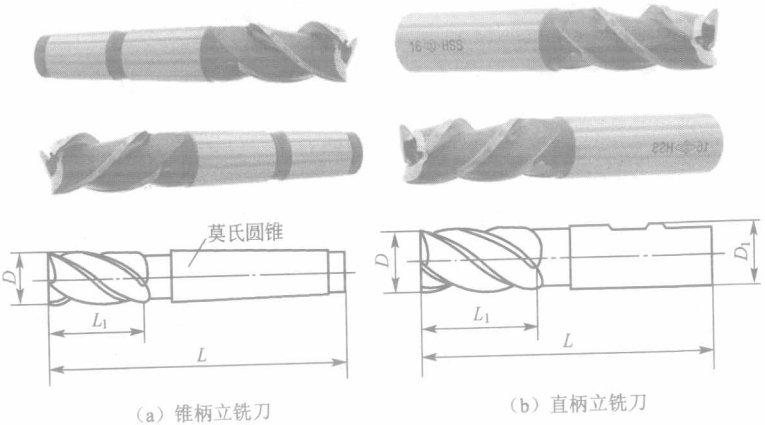
② 立铣刀　立铣刀是数控机床上用得最多的一种铣刀。如

图 1-2 所示，立铣刀的圆柱表面和端面上都有切削刃，圆柱表面的切削刃为主切削刃，端面上的切削刃为副切削刃，它们可同时进行切削，也可单独进行切削。主切削刃一般为螺旋齿，这样可以增加切削平稳性，提高加工精度。由于普通立铣刀端面中心处无切削刃，所以立铣刀不能作轴向进给，端面刃主要用来加工与侧面相垂直的底平面。

标准立铣刀的螺旋角 β 为 40°～45°（粗齿）和 30°～35°（细齿），套式结构立铣刀的 β 为 15°～25°；

粗齿立铣刀齿数 z=3～4，细齿立铣刀齿数 z=5～8，套式结构 z=10～20；容屑槽圆弧半径 r=2～5mm。当立铣刀直径较大时，还可制成不等齿距结构，以增强抗振作用，使切削过程平稳。

立铣刀的刀柄有锥柄[图 1-2（a）]和直柄[图 1-2（b）]之分。对于直径较大的立铣刀，一般做成 7∶24 的锥柄形式。还有一些大直径（ ϕ25～80mm）的立铣刀，除采用锥柄形式外，还可采用内螺孔来拉紧刀具。直径较小的立铣刀，一般做成直柄形式。



（a）锥柄立铣刀　　（b）直柄立铣刀

图 1-2　立铣刀

③ 键槽铣刀　如图 1-3 所示，键槽铣刀一般只有两个刀齿，圆柱面和端面都有切削刃，端面刃延伸至中心，既像立铣刀，又像钻头。加工时先轴向进给达到槽深，然后沿键槽方向铣出键槽全长。

按国家标准规定，直柄键槽铣刀直径 d=2～22mm，锥柄键槽铣刀直径 d=14～50mm。键槽铣刀直径的精度要求较高，其偏差有 e8 和 d8 两种。键槽铣刀重磨时，只需刃磨端面切削刃，因此重磨后铣刀直径不变。

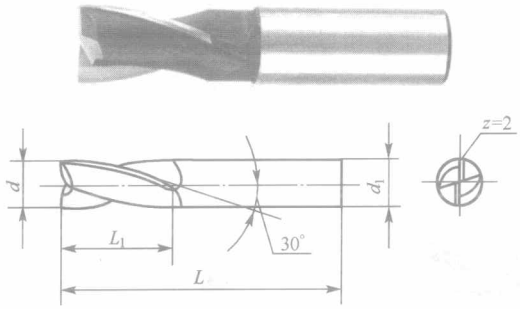


图 1-3　键槽铣刀

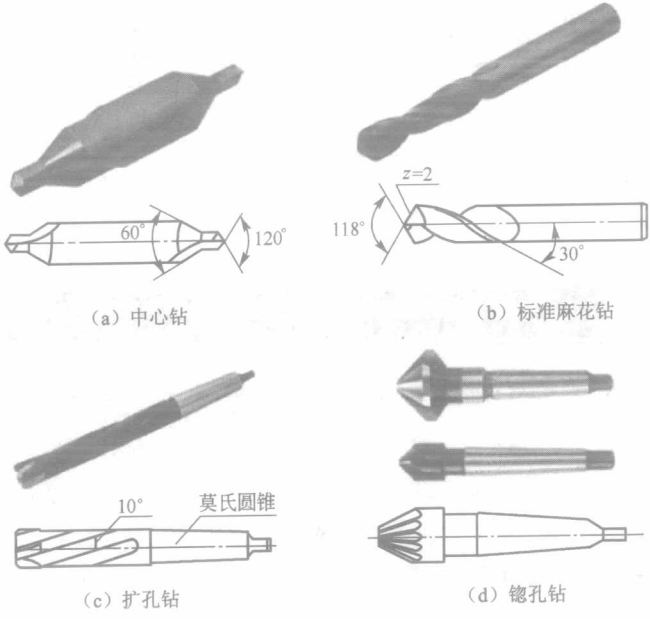
技巧提示

在数控铣床或加工中心上加工平面时，应采用可转位式硬质合金面铣刀进行加工。加工过程一般进行两次切削，一次粗加工和一次精加工。粗加工时，应选择较小直径的面铣刀，以减小切削扭矩。精加工时，应选择较大直径的面铣刀，最好能包容待加工表面的加工宽度，以保证加工质量。此外，当加工余量大或加工余量不均匀时，应选择较小直径的面铣刀，以减小粗加工表面的接刀痕迹。

加工外轮廓时，可直接在轮廓之外进行 Z 向进刀，通常选用立铣刀进行加工。加工内轮廓时，如需进行 Z 向切深进刀时，需采用键槽铣刀进行加工。另外，加工精度要求较高的标准键槽时，既可直接用键槽铣刀进行加工，也可用比键槽尺寸小的立铣刀采用轮廓铣削的方式进行加工。

2）孔加工刀具

① 钻头　如图 1-4 所示，加工中心常用的钻头有中心钻、标准麻花钻、扩孔钻、锪孔钻等。麻花钻由工作部分和柄部组成。工作部分包括切削部分和导向部分，而柄部有莫氏锥柄和圆柱柄两种。刀具材料常使用高速钢和硬质合金。



（a）中心钻　（b）标准麻花钻　（c）扩孔钻　（d）锪孔钻

图 1-4　常用钻头

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

中心钻主要用于孔的定位，由于切削部分的直径较小，所以中心钻钻孔时，应选取较高的转速。

标准麻花钻的切削部分由两个主切削刃、两个副切削刃、一个横刃和两个螺旋槽组成。在加工中心上钻孔，因无夹具钻模导向，受两切削刃上切削力不对称的影响，容易引起钻孔偏斜，故要求钻头的两切削刃必须有较高的刃磨精度（两刃长度一致，顶角 2φ 对称于钻头中心线）。

标准扩孔钻一般有 3～4 条主切削刃，切削部分的材料为高速钢或硬质合金，结构形式有直柄式、锥柄式和套式等。在小批量生产时，常用麻花钻改制。

锪钻主要用于加工锥形沉孔或平底沉孔。锪孔加工的主要问题是所锪端面或锥面产生振痕。因此，在锪孔过程中要特别注意刀具参数和切削用量的正确选用。

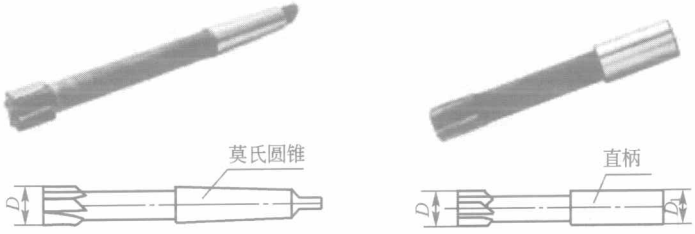
② 铰刀　如图 1-5 所示，标准铰刀有 4～12 齿，由工作部分、颈部和柄部三部分组成。铰刀工作部分包括切削部分与校准部分。切削部分为锥形，担负主要切削工作。切削部分的主偏角为 5°～15°，前角一般为 0°，后角一般为 5°～8°。校准部分的作用是校正孔径、修光孔壁和导向。校准部分包括圆柱部分和倒锥部分。圆柱部分保证铰刀直径和便于测量，倒锥部分可减少铰刀与孔壁的摩擦和减小孔径扩大量。整体式铰刀的柄部有直柄和锥柄之分，直径较小的铰刀，一般做成直柄形式，而大直径铰刀则常做成锥柄形式。

铰孔的加工精度可达 1T6～IT9 级、表面粗糙度 R_a 可达 0.8～1.6μm。

③ 镗刀　如图 1-6 所示，镗孔所用刀具为镗刀。镗刀种类很多，按加工精度可分为粗镗刀和精镗刀。

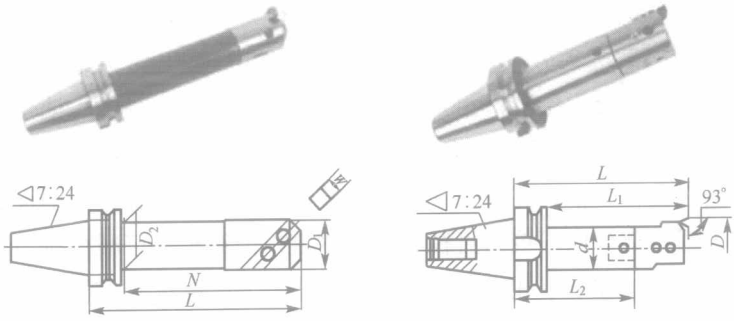
粗镗刀结构简单，用螺钉将镗刀刀头装夹在镗杆上。刀杆顶

部和侧部有两只锁紧螺钉，分别起调整尺寸和锁紧作用。根据粗镗刀刀头在刀杆上的安装形式，粗镗刀又分为倾斜型粗镗刀和直角型粗镗刀。镗孔时，所镗孔径的大小要靠调整刀头的悬伸长度来保证，调整麻烦，效率低，大多用于单件小批量生产。



（a）锥柄铰刀　　（b）直柄铰刀

图 1-5　铰刀

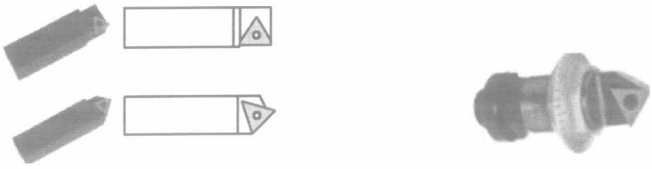


（a）粗镗刀　　（b）精镗刀

图 1-6　镗刀

精镗刀目前较多地选用精镗可调镗刀和微调精镗刀。这种镗刀的径向尺寸可以在一定范围内进行微调，调节方便，且精度高。调整尺寸时，先松开锁紧螺钉，然后转动带刻度盘的调整螺母，等调至所需尺寸，再拧紧锁紧螺钉。

粗镗刀和精镗刀选用的刀头如图 1-7 所示，刀具磨损后，直接更换刀头。



（a）粗镗刀刀头　　（b）精镗刀刀刀头

图 1-7　镗刀刀头

技巧提示

加工孔系时，在钻孔前通常先用中心钻进行定位。从而保证孔系加工后的孔距等位置精度。当加工深度较大的孔时，如直接钻孔至孔底，则容易折断钻头，为此，在加工过程中应多次进退加工，以利于冷却和排屑。锪孔加工时，由于锪孔过程中容易产生振动，应采用较短的锪刀进行加工，以提高刀具的刚性。

对于精度较低（IT8 级以下，表面粗糙度 R_a3.2μm 以下）且直径较小的标准系列孔，可采用直接钻孔的方式进行加工。对于精度较高（精度为 IT8～IT6，表面粗糙度 R_a1.6μm 以下）的小直径标准系列孔，可在钻孔后直接用铰刀进行铰孔加工。对于精度较高且直径较小的非标准系列孔，加工方法有两种：如果批量较小，可用小直径镗刀进行加工；如果批量较大，则可定制非标准铰刀进行铰孔加工。

对于精度较高的大直径孔，通常采用精镗孔的加工方式进行加工。精加工前的粗加工有多种加工方式，当批量较小时，可采用钻孔和铣孔的方式进行粗加工；当批量较小时，可采用钻孔和粗镗孔方式进行粗加工。

3）曲面加工刀具

在曲面加工过程中，通常选用模具铣刀进行加工。模具铣刀由立铣刀发展而成，可分为圆锥形立铣刀（圆锥半角$\frac{\alpha}{2}$=3°、5°、7°、10°）、圆柱形球头立铣刀和圆锥形球头立铣刀三种。这三种模铣刀中最常用的模具铣刀为图 1-8 所示的球头铣刀，这种刀具的结构特点是刀具切削部分制作成圆球形状或端面上布满圆弧切削刃（切削刃的材料为高速钢或硬质合金），既可以作径向进给，也可以作轴向进给。小规格的硬质合金模具铣刀多制成整体结构，ϕ16mm 以上直径的模具铣刀制成焊接或机夹可转位刀片结构。

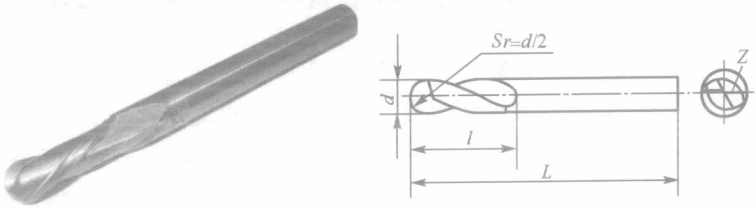


图 1-8　球头铣刀

对于轮廓的倒圆及倒角加工，除了采用模具铣刀进行加工外，还可采用图 1-9 所示的成形铣刀进行加工。成形铣刀是为特定的工件或加工内容专门设计制造的刀具，其加工对象为角度面、凹槽、特形孔或台等。

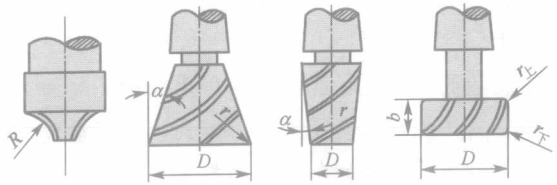


图 1-9　成形铣刀

技巧提示

加工不规则曲面时，通常用球头铣刀进行加工，加工过程中的编程方式为自动编程。加工固定斜角平面（如模具零件的拔模面）时，通常采用圆锥形立铣刀进行加工。加工一些特殊规则表面（如轮廓的倒圆及倒角）时，如果批量较大，则可制作专门的成形铣刀进行加工。

采用球头铣刀加工不规则曲面时，刀具的球头半径对所加工轮廓的加工精度和表面质量有直接的影响。通常，球头半径越大，轮廓表面的残留高度就越小。因此，选择球头铣刀时应尽可能选择较大的球头半径，但应注意所选择的球头刀具半径应小于所加工曲面的最小内凹曲率半径。

（2）刀具材料选择

1）刀具材料应具备的基本性能

① 高硬度　刀具材料的硬度应大于工件材料的硬度。通常高速钢的硬度为 60～70HRC，硬质合金的硬度为 89～93HRA。

② 足够的强度和韧性　刀具切削部分在切削过程中承受很大的切削力和冲击力，因此刀具材料必须具有足够的强度和韧性。

③ 高耐磨性和高耐热性　刀具材料的耐磨性是指刀具抵抗磨损的能力。刀具的耐热性是指刀具在高温下保持较高硬度的性能，又称为“高温硬度”或“红硬性”。

④ 良好的导热性　刀具的导热性越好，则切削过程中产生的热量就越容易传导出去，从而降低切削部分的温度，减轻刀具磨损。

⑤ 良好的工艺性和经济性　为了便于制造，要求刀具材料具有较好的可加工性。另外刀具的制造成本也是选择刀具的关键。

⑥ 抗黏结性和化学稳定性　刀具的抗黏结性是指工件与刀具材料分子在高温高压作用下抵抗互相吸附而产生黏结的能力。刀具的化学稳定性是指刀具材料在高温下不易与周围材料发生化学反应的能力。

2）常用刀具材料

常用的数控刀具材料有高速钢、硬质合金、涂层硬质合金、陶瓷、立方氮化硼、金刚石等。其中，高速钢、硬质合金和涂层硬质合金在数控铣削刀具中应用最广。

① 高速钢　高速钢是指加了较多的钨、钼、铬、钒等合金元素的高合金工具钢，其常用的牌号有 W18Cr4V、W14Cr4VCo5 和 W6Mo5Cr4V2 等。高速钢铣刀具有较高的强度和韧性，主要用于复杂刀具和精加工刀具，但刀具耐热性差。该刀具材料的适用性较广，能适用各种金属的加工，由于其耐热性差，因此不适用于高速切削。

② 硬质合金　硬质合金分为钨钴（K）类（代号为 YG）、钨钛钴（P）类（代号为 YT）、钨钛钽钴（M）类（代号为 YW）等几种。常用刀具牌号有 YG3、YG6、YG8、YT5、YT15、YT30、YW1、YW2 等。硬质合金具有高硬度、高耐磨性、高耐热性的特点，但其抗弯强度和冲击韧性较差，因此该材料适用于精加工或加工钢及韧性较大的塑性金属。

涂层硬质合金是在普通硬质合金的基体上通过“涂镀”新工艺而得到的，使得其耐磨、耐热和耐腐蚀性能得到大大提高。因此，其使用寿命比普通硬质合金至少可提高 1～3 倍。

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com