

○高级**技工**丛书

吴国梁 / 主编

温文源 / 主审

g
a
o
j
i
j
i
g
o
n
g
c
o
n
g
s
h
u

G

GAOJI XIGONG JISHU YU SHILI

高级铣工 技术与实例

凤凰出版传媒集团
江苏科学技术出版社

○高级技术

吴国菊

温文源 / 主审



GAOJI XIGONG JISHU YU SHILI

内容



GAOJI XIGONG JISHU YU SHILI

高级铣工 技术与实例

凤凰出版传媒集团
江苏科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

高级铣工技术与实例 / 吴国梁主编. —南京: 江苏科学技术出版社, 2005. 11

(高级技工丛书)

ISBN 7-5345-4720-2

I. 高... II. 吴... III. 铣削—基本知识
IV. TG54

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 130894 号

高级铣工技术与实例

主 编 吴国梁
主 审 温文源
责任编辑 王剑钊

出版发行 江苏科学技术出版社(南京市湖南路 47 号, 邮编: 210009)
网 址 <http://www.jsjpub.com>
集团地址 凤凰出版传媒集团(南京市中央路 165 号, 邮编: 210009)
集团网址 凤凰出版传媒网 <http://www.ppm.cn>
经 销 江苏省新华发行集团有限公司
照 排 南京展望文化发展有限公司
印 刷 徐州新华印刷厂

开 本	850 mm×1168 mm	1/32	印 张	22.625
插 页	2		字 数	555000
版 次	2006 年 1 月第 1 版		印 次	2006 年 1 月第 1 次印刷

标准书号 ISBN 7-5345-4720-2/TH·105
定 价 45.00 元

图书如有印装质量问题,可随时向我社出版科调换。

内容提要

本书是高级铣工或技师进一步提高自己的理论知识与操作技能的专业读物。内容包括铣床的调整与铣削加工基本知识,铣床夹具设计,铣削加工基本技术,特种结构零件铣削加工技术,刀具齿槽铣削加工技术,超精铣削、可转位铣刀铣削与组合铣刀铣削技术,难切削材料的铣削加工技术,数控铣削加工技术,高速铣削加工技术和提高铣削劳动生产率的途径等。

本书简明扼要、图文并茂,可用作高级铣工或技师的培训教材以及自学之用,也可供有关工程技术人员参考。

高级技工丛书

编委会

主 任 温文源

顾 问 江建春

秘 书 凌正珠

编 委 (以姓氏笔画为序)

王 玲 王克鸿 王辰宝

王剑钊 许 超 李集仁

吴国梁 杨文保 恽君璧

前 言

我国加入 WTO 后,不仅技术、管理、服务要和国际接轨,而且生产技术人员素质也要与国际接轨。没有优秀的技术人才,经济建设将成为纸上谈兵。世界经济的竞争,最终归结为人才的竞争。人力资源的素质,直接影响企业的建设、产品的开发、科研成果的转化、产品的质量和市场的份额。技术工人是产品的直接创造者和生产者,他们的技术水平如何,直接关系到产品的技术含量和质量,这对机械这样一个技术密集型行业尤其重要。在机械行业的职工队伍中,有一半以上是技术工人,他们是振兴和发展我国机械行业的一支重要力量。目前我国城镇企业的 1.4 亿名职工中,高级技工和技师仅占 3.5%,不足 500 万人。低技能的职工队伍,必然造成低水平的劳动生产率。我国目前职工的人均劳动生产率是日本的 1/26,美国的 1/25。所以,高技能工人的培养已经刻不容缓。为适应高级技术工人岗位培训和不断提高操作技能的需要,应江苏科学技术出版社的委托,南京市机械工程学会和江苏机械工程学会科普教育委员会组织编写了高级技工丛书,为提高我国技术工人的素质尽绵薄之力。

《高级铣工技术与实例》共分 10 章,包括铣床的调整与铣削加工基本知识,铣床夹具设计,铣削加工基本技术,特种结构零件铣削加工技术,刀具齿槽铣削加工技术,超精铣削、可转位铣刀铣削与组合铣刀铣削技术,难切削材料的铣削加工技术,数控铣削加工技术,高速铣削加工技术和提高铣削劳动生产率的途径。

本书编写的宗旨是实用性、科学性与先进性相结合,以实用性为主。全书着重介绍高级铣工和技师必须掌握的专业知识与操作技能,以及国内外成熟的先进经验,将专业知识和操作技能有机地融于一体,力求解决生产实际问题。同时,特别注重反映当今铣削加工中的新工艺与新技术。书中有关专业术语、技术标准全部采用我国现行最新标准。

本书图文并茂、浅显易懂、实用性强,既便于技术工人在生产实际中自学,又可供高级铣工或技师培训之用。通过对本书的系统学习,将帮助你迅速地掌握有关专业知识和操作技能,信步迈入高级铣工或技师的行列。

本书由吴国梁教授任主编。参加各章编写的有:第 1 章吴国梁,第 2 章虞尔九,第 3 章吴国梁、刘炳凯,第 4、5 章虞极、虞尔九,第 6、7 章吴慕杰、吴国梁,第 8 章王庆,第 9、10 章吴国梁、郭玲玲。全书由东南大学温文源教授主审。

本书在编写过程中,得到了南京四开电子有限公司、南京数控机床有限公司等工厂企业、大专院校和科研院所的许多专家的帮助与指导,在此一并表示衷心感谢。

由于水平所限,书中如有不足或错误之处,诚恳希望专家和广大读者批评指正。

编 者

2005 年 10 月

目 录

1 铣床的调整及铣削基本知识	1
1.1 铣床精度的检测与调整方法	1
1.1.1 铣床主要精度的检测	1
1.1.2 铣床精度对加工质量的影响及超差原因	15
1.1.3 铣床主要结构与调整	19
1.1.4 铣床一般故障的分析与排除	28
1.2 铣刀的几何角度及铣削要素	31
1.2.1 铣刀的几何角度	31
1.2.2 铣削要素	35
1.3 铣削力、铣削热与铣刀的磨损	38
1.3.1 铣削力及其对铣削过程的影响	38
1.3.2 铣削热及其对铣削过程的影响	43
1.3.3 铣刀的磨损与刀具耐用度	45
1.4 铣刀几何角度与铣削用量的选择	47
1.4.1 铣刀类型与铣刀尺寸的选择	48
1.4.2 铣刀几何角度的选择	49
1.4.3 铣削用量的选择	56
2 铣床夹具设计	61
2.1 铣床夹具的分类和组成	61
2.1.1 铣床夹具的分类	61
2.1.2 铣床夹具的组成	62

2.2 工件的定位与定位元件	63
2.2.1 工件的定位	63
2.2.2 常用定位方法及定位元件	65
2.2.3 定位误差	87
2.3 工件的夹紧与夹紧机构	90
2.3.1 夹紧力的确定	90
2.3.2 常用夹紧机构	96
2.4 铣床夹具的定位与对刀	110
2.4.1 夹具的定位	110
2.4.2 对刀装置	111
2.5 分度装置	115
2.5.1 分度对定机构	116
2.5.2 分度销的操纵机构	117
2.5.3 分度盘的锁紧机构	118
2.5.4 分度销操纵和分度盘锁紧的联合机构	121
2.6 专用铣床夹具设计	122
2.6.1 夹具设计的基本要求和设计步骤	122
2.6.2 专用铣夹具设计实例	126
2.6.3 机床夹具的计算机辅助设计简介	130
2.6.4 专用铣床夹具的典型结构	137
2.7 成组夹具简介	142
2.7.1 设计成组夹具要考虑的问题	143
2.7.2 成组夹具的典型结构示例	145
3 铣削加工基本技术	151
3.1 平面铣削加工技术	151
3.1.1 平面铣削加工技术	151
3.1.2 斜面铣削加工技术	160

3.1.3 平行面与垂直面铣削加工技术	171
3.1.4 台阶面、四方面及六方面铣削加工技术	177
3.2 沟槽铣削加工技术	184
3.2.1 直角槽铣削加工技术	184
3.2.2 V形槽铣削加工技术	187
3.2.3 T形槽铣削加工技术	190
3.2.4 燕尾槽铣削加工技术	195
3.2.5 圆弧槽铣削加工技术	199
3.3 键槽铣削加工技术	203
3.3.1 普通键槽铣削加工技术	203
3.3.2 月牙槽铣削加工技术	213
3.3.3 外花键铣削加工技术	214
3.4 曲面铣削加工技术	221
3.4.1 球面铣削加工技术	221
3.4.2 椭圆面铣削加工技术	229
3.4.3 成形面铣削加工技术	231
4 特种结构零件铣削加工技术	239
4.1 牙嵌离合器铣削加工技术	239
4.1.1 矩形齿牙嵌离合器的铣削	240
4.1.2 尖齿形齿和锯齿形齿牙嵌离合器的铣削	244
4.1.3 梯形齿牙嵌离合器的铣削	247
4.1.4 螺旋齿牙嵌离合器的铣削	253
4.1.5 离合器的检验和质量分析	256
4.2 链轮铣削加工技术	258
4.2.1 滚子链链轮的铣削	258
4.2.2 齿形链链轮的铣削	267
4.2.3 链轮铣削质量分析	272

4.3 齿轮、齿条铣削加工技术	272
4.3.1 直齿圆锥齿轮的铣削	272
4.3.2 螺旋圆锥齿轮的铣削	287
4.3.3 齿条的铣削	290
4.4 蜗轮、蜗杆铣削加工技术	298
4.4.1 蜗杆的铣削	299
4.4.2 蜗轮的铣削	302
5 刀具齿槽铣削加工技术	314
5.1 圆柱面直齿刀具齿槽的铣削	314
5.1.1 前角 $\gamma_0 = 0^\circ$ 的圆柱面直齿刀具齿槽和齿背铣削 ...	315
5.1.2 前角 $\gamma_0 > 0^\circ$ 的圆柱面直齿刀具齿槽和齿背铣削 ...	318
5.2 圆柱面螺旋刀具齿槽的铣削	322
5.2.1 选择工作铣刀	322
5.2.2 工作台转角	324
5.2.3 工件切削位置的调整	325
5.2.4 铣螺旋槽时的交换齿轮计算	325
5.3 端面齿齿槽的铣削	326
5.3.1 直齿刀具端面齿槽的铣削	326
5.3.2 铣削三面刃铣刀齿槽实例	329
5.3.3 螺旋齿刀具端面齿槽的铣削	333
5.3.4 铣削端面齿槽时应注意的几点	334
5.4 锥面齿直齿刀具齿槽的铣削	335
5.4.1 前角 $\gamma_0 = 0^\circ$ 的锥面直齿槽铣削	335
5.4.2 前角 $\gamma_0 > 0^\circ$ 的锥面直齿槽铣削	337
5.5 等前角、等螺旋角锥度刀具齿槽的铣削	342
5.5.1 等前角锥度刀具的特点及铣削方法	342
5.5.2 等螺旋角锥度刀具的特点及铣削方法	344

5.6 刀具齿槽铣削加工质量分析	348
5.6.1 铣削后刀具齿槽的检验	348
5.6.2 刀具齿槽铣削的质量分析	351
6 超精铣削、可转位铣刀铣削与组合铣刀铣削技术 ...	353
6.1 超精铣削技术	353
6.1.1 铣刀材料的选择	353
6.1.2 铣刀结构的确定与铣刀的刃磨方法	354
6.1.3 铣头主轴轴线倾斜角 ψ 的大小与方向的确定	356
6.1.4 超精铣削中的工艺措施	357
6.1.5 超精铣削加工实例	358
6.2 可转位铣刀铣削技术	363
6.2.1 可转位铣刀的特点	364
6.2.2 可转位铣刀的结构形式	364
6.2.3 硬质合金可转位面铣刀的几何参数与切削 用量的选择	373
6.2.4 硬质合金可转位铣刀的使用技巧	375
6.3 组合铣刀铣削技术	379
6.3.1 组合铣刀铣削的特点	379
6.3.2 组合铣刀的设计与选用	381
6.3.3 组合铣刀的安装与调整	383
6.3.4 组合铣刀的铣削用量选择	387
7 难切削材料的铣削加工技术	389
7.1 难切削材料的基本知识	389
7.1.1 可加工性与难切削材料的相对可加工性	389
7.1.2 影响难切削材料可加工性的主要因素	393
7.2 难切削材料铣削加工的特点及其改善措施	394

7.2.1 难切削材料铣削加工的特点	394
7.2.2 改善难切削材料铣削加工的措施	397
7.3 典型难切削金属材料的铣削加工	402
7.3.1 高锰钢的铣削加工	402
7.3.2 不锈钢的铣削加工	408
7.3.3 钛合金的铣削加工	415
7.3.4 高温合金的铣削加工	423
7.3.5 高强度钢的铣削加工	430
7.3.6 纯金属材料的铣削加工	435
7.4 典型难切削非金属材料的铣削加工	435
7.4.1 塑料的铣削加工	435
7.4.2 复合材料的铣削加工	442
8 数控铣削加工技术	447
8.1 数控铣削概述	447
8.1.1 数控铣削的特点	447
8.1.2 数控铣床的类型	450
8.1.3 数控铣床的基本结构及重要部件	454
8.2 数控铣床的编程与实例	460
8.2.1 编程前的准备工作	460
8.2.2 程序中的地址符、代码及其含意	462
8.2.3 手工编程	473
8.2.4 手工编程实例	525
8.2.5 自动编程实例	539
8.3 数控铣床的操作方法	557
8.3.1 南京四开数控系统简介	557
8.3.2 SKY 数控系统显示装置外观、键盘及鼠标	558
8.3.3 SKY 数控系统启动及关闭过程	561

8.3.4	SKY 数控系统操作方式及功能	562
8.3.5	对刀块使用说明	581
8.3.6	手摇脉冲发生器的使用	582
8.3.7	软件控制限位的设置	584
8.3.8	进行计算机的网络设置	584
8.3.9	“程序再开”使用说明	585
8.4	数控铣床的精度检测及误差补偿	587
8.4.1	数控铣床精度的检测	587
8.4.2	数控铣床的直线运动精度补偿	598
8.5	数控铣床保养及一般故障维修	604
8.5.1	日常维护保养的基本规则	604
8.5.2	日常维护保养的内容	605
8.5.3	常见故障分析及维修	607
8.5.4	SKY2004 数控系统铣床故障显示代码及一般故障 排除方法	608
9	高速铣削技术	626
9.1	高速铣削的机理、特点与应用场合	626
9.1.1	高速铣削的机理	628
9.1.2	高速铣削的特征与优点	629
9.1.3	高速铣削中存在的问题	632
9.1.4	高速铣削最适用的场合	632
9.2	高速铣削的机床	633
9.2.1	对高速铣削机床的要求	633
9.2.2	选购高速铣削机床的原则与注意事项	635
9.3	高速铣削刀具	641
9.3.1	高速铣削刀具材料	641
9.3.2	高速铣刀的结构与几何参数	644

9.3.3	高速铣削刀具与机床主轴的连接	648
9.3.4	高速铣削刀具的安全技术	658
9.3.5	高速铣削刀具的选用原则	663
9.4	高速铣削的数控编程	664
9.4.1	高速铣削的编程方法	664
9.4.2	高速铣削数控编程的注意点	669
9.5	典型材料的高速铣削加工技术	670
9.5.1	轻金属材料的高速铣削技术	670
9.5.2	淬硬钢高速铣削技术	673
9.5.3	铸铁高速铣削技术	678
10	提高铣削劳动生产率的途径	681
10.1	时间定额的组成与基本时间的计算公式	681
10.1.1	时间定额 t_d 的组成	682
10.1.2	基本时间的计算公式	683
10.2	提高铣削生产率的途径	686
10.2.1	采用高速铣削、强力铣削或阶梯铣削技术	687
10.2.2	采用多刀多刃铣削、组合铣削或成形铣削技术 ...	688
10.2.3	将工件串联或并联起来进行多件铣削加工	690
10.2.4	采用先进的铣削刀具	691
10.2.5	采用快速高效夹具	695
10.2.6	使辅助时间与基本时间重合	697
10.2.7	铣削加工自动化	700
10.2.8	采用数控铣削加工技术或仿形铣削加工技术	705
10.2.9	搞好文明生产合理布置工作位置	706
参考文献		707



铣床的调整及铣削基本知识

1.1 铣床精度的检测与调整方法

在铣削加工中,铣床本身的误差是一项非常重要的加工误差来源,它几乎是1:1地反映到被加工的工件上去。为了保证铣削加工质量,操作者必须了解铣床精度对铣削加工质量的影响、铣床主要精度的检测方法以及允许的范围,从而控制铣床误差对铣削加工的影响。

1.1.1 铣床主要精度的检测

机床精度检测包括机床的几何精度和工作精度。几何精度检测,就是检验机床某些基础零件工作表面的几何精度、决定加工精度零部件之间及其运动轨迹之间的相对位置精度。机床工作精度,是通过在一定条件下,试切削加工出的工件精度来考核的,它比较确切地反映了机床精度对加工精度的影响。

1.1.1.1 铣床主要几何精度的检测

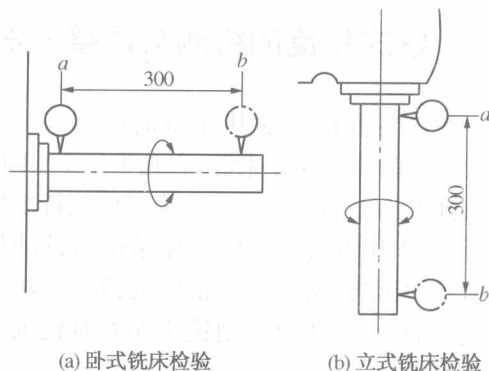
铣床主要几何精度的检测,下面以常用的卧式与立式升降台铣床为例进行介绍。主

要依据标准有 ZBJ54017—89、JB/T5599—91、JB/T2800—92 和 GB3933—83。具体检查项目和检查方法如下。

1. 主轴锥孔轴心线的径向跳动

(1) 检验方法

在主轴锥孔中插入检验棒(图1.1-1),固定百分表,使其测量头触及检验棒表面, a 点靠近主轴端面, b 点距主轴端面



300 mm,旋转主轴进行检验。为提高测量精度,应拔出检验棒,相对主轴旋转 90° ,重新插入主轴孔中,再依次检测3次。 a 、 b 的误差分别计算,4次测量结果的算术平均值即为 a 、 b 处的径向跳动。

图 1.1-1 检验主轴锥孔轴线的径向圆跳动

(2) 允差

a 处允差为 0.01 mm; b 处允差为 0.02 mm。

2. 主轴的轴向窜动

(1) 检验方法

如图 1.1-2 所示,固定百分表,使测量头触及插入主轴锥孔的专用检验棒端面的中心处,中心处粘一钢球,旋转主轴进行检测,百分表读数的最大差值,就是主轴轴向

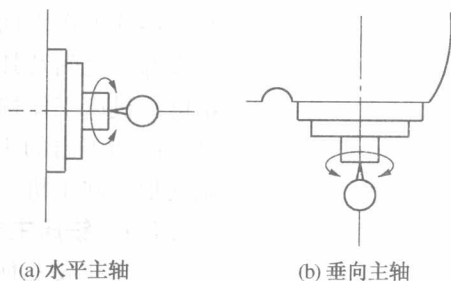


图 1.1-2 检验主轴的轴向窜动