

丛书主编 徐鸿本 李银怀
本书主编 姜全新 唐燕华

铣削工艺技术

切削工艺技术丛书

 辽宁科学技术出版社

切削工艺技术丛书

铣削工艺技术

丛书主编 徐鸿本 李银怀

本书主编 姜全新 唐燕华

辽宁科学技术出版社

· 沈阳 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

铣削工艺技术 / 姜全新, 唐燕华主编. — 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2009. 4

(切削工艺技术丛书 / 徐鸿本, 李银怀主编)

ISBN 978-7-5381-5635-5

I. 铣… II. ①姜… ②唐… III. 铣削-工艺 IV. TG54

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 179510 号

出版发行: 辽宁科学技术出版社

(地址: 沈阳市和平区十一纬路 29 号 邮编: 110003)

印刷者: 沈阳市北陵印刷厂有限公司

经销者: 各地新华书店

幅面尺寸: 184mm×260mm

印 张: 18.25

字 数: 380 千字

印 数: 1~4000

出版时间: 2009 年 4 月第 1 版

印刷时间: 2009 年 4 月第 1 次印刷

责任编辑: 宋纯智 楚 才

封面设计: 刘 枫

版式设计: 袁 舒

责任校对: 李淑敏

书 号: ISBN 978-7-5381-5635-5

定 价: 34.00 元

联系电话: 024-23284360

邮购热线: 024-23284502

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

<http://www.lnkj.com.cn>

内 容 简 介

NEIRONG JIANJIE

本书着重阐明铣削工艺中的各种加工方式。主要包括:铣床,铣削基本原理,铣刀,铣削工件的安装,平面及连接面的铣削,沟槽的铣削,铣床上镗孔,铣削特型面,螺纹铣削,齿形铣削,离合器及刀具开齿铣削,提高铣削生产率的途径,难切削材料的铣削加工,数控铣削工艺等。

书中以典型实例、图表并用、文图对照的方法,分析与铣削加工、数控铣削加工、生产效率等密切相关的问题,并详细介绍了具体操作和质量分析方法。

本书是对铣床操作人员丰富工艺知识,提高铣削操作技能有实用价值的参考书;也是大、中专院校、职业技术学院机械类专业学生进行工程实践及学习机械制造基础课程的良好读物,亦可作为培训铣床操作人员的基础教材和从事机械加工工艺技术、管理工作的人员以及工程实践培训指导人员的参考书。

当前,我国正由制造大国向制造强国迈进,“嫦娥一号”的胜利升空、“歼十战斗机”和“一万五千吨水压机”的研制成功等都是重要的标志。这些具有自主知识产权产品的问世,是创新设计和制造的成果。

进入 21 世纪以来,机械制造业有了新的进步与发展,从事机械加工各工种的操作人员日益增多。为适应工艺技术不断发展的需要,操作者的工艺、技能水平亟待提高。编写切削工艺技术丛书,是希望对他们在切削工艺理论、工艺和技能等方面的提高有所裨益。本书注重理论联系实际和工艺分析,力求图文并茂,内容翔实,以便于读者的理解与运用。

《铣削工艺技术》是切削工艺技术丛书中的一册,本书由姜全新、唐燕华主编,参加编写的人员有卢正红(第一章、第二章、第七章),王立强(第四章、第六章),唐燕华(第八章、第十章、第十四章),姜全新(第三章、第五章、第十二章、第十三章)、叶晓苇(第九章、第十一章)。全书由徐鸿本、李银怀进行审定。限于编者的水平,存在的不妥之处,敬请读者批评指正,同时谨向丛书中参考文献的作者,一并表示诚挚的谢意。

编者

2009 年 3 月

目录

M U L U

第一章 铣床及其结构	1
1.1 铣床型号	1
1.1.1 机床型号表示方法	1
1.1.2 机床的分类及类代号	1
1.1.3 机床的特性代号	2
1.1.4 机床的组、系代号	2
1.1.5 机床的主参数	2
1.1.6 铣床型号举例	5
1.2 X6132 型卧式万能升降台铣床基本结构及传动系统	5
1.2.1 X6132 型铣床主要部分的名称用途	6
1.2.2 X6132 型铣床的性能与特点	7
1.2.3 X6132 铣床的主要技术参数	7
1.2.4 X6132 型卧式万能升降铣床传动系统	8
1.3 X6132 型铣床变速系统的结构与操纵	11
1.3.1 X6132 主轴变速箱的结构与操纵	11
1.3.2 X6132 进给变速箱的结构与操纵	14
1.3.3 X6132 纵向进给工作台的结构与操纵	17
1.3.4 升降台的结构与操纵	18
1.4 铣床的合理使用与调整	21
1.4.1 铣床的合理使用	21
1.4.2 铣床的调整	22
1.5 铣床的精度检验、维护保养及常见故障的处理	25
1.5.1 常用铣床的几何精度检验	26
1.5.2 常用铣床的工作精度检验	30
1.5.3 铣床的空转试验	30
1.5.4 铣床的维护保养	31
1.5.5 常用铣床的故障及排除	32
1.6 其他铣床简介	34
1.6.1 X5032 型立式升降台铣床	34
1.6.2 X2010 型龙门铣床	34
第二章 铣削的基本原理	36
2.1 铣削基本概念	36
2.1.1 铣削特点和铣削加工的应用	36

2.1.2 铣削和铣削用量的基本概念	36
2.2 铣削过程的基本规律	38
2.2.1 铣削过程与切屑种类	38
2.2.2 铣削力和铣削功率	41
2.2.3 切削热和切削温度	44
2.2.4 铣削方式	45
2.3 刀具磨损与耐用度	48
2.3.1 刀具磨损的原因和形式	48
2.3.2 刀具磨损过程与铣刀磨钝标准、刀具的耐用度与寿命	49
2.4 材料的切削加工工艺性	52
2.4.1 切削加工性的相对性	52
2.4.2 切削加工性的衡量指标	52
2.4.3 影响工件材料切削加工性的因素	53
2.4.4 改善材料切削加工性的途径	55
2.5 切削液的选用	55
2.5.1 切削液作用	56
2.5.2 切削液种类及其应用	56
2.6 铣削用量的选择	57
2.6.1 铣削用量的选择原则	57
2.6.2 切削层深度的选择	58
2.6.3 进给量的选择	59
2.6.4 铣削速度的选择	59
第三章 铣刀	61
3.1 铣刀的类型	61
3.1.1 按铣刀的种类分类	61
3.1.2 按铣刀的用途分类	62
3.1.3 按铣刀刀齿的构造分类	62
3.2 铣刀的结构要素与几何角度	63
3.2.1 铣刀的几何形状	63
3.2.2 铣刀切削部分几何角度	63
3.2.3 铣刀切削部分常用材料	64
3.3 铣刀的安装	67
3.3.1 带柄铣刀的安装	68
3.3.2 带孔铣刀的安装	68
3.3.3 圆柱铣刀的安装	68
3.3.4 铣刀安装后的检查	69
3.4 铣刀的使用、维护与保养	69
3.4.1 铣刀的变钝现象及原因分析	69

3.4.2 铣刀的维护与保养	70
第四章 铣削工件的安装	72
4.1 夹具概述	72
4.1.1 机床夹具的分类	72
4.1.2 夹具的作用	73
4.1.3 夹具的组成	74
4.2 工件在夹具中的定位	75
4.2.1 工件定位基本原理	75
4.2.2 定位与加工要求的关系	77
4.2.3 铣床夹具常用定位元件	82
4.3 铣床夹具的夹紧装置	88
4.3.1 对夹紧装置的基本要求	88
4.3.2 夹紧力三要素的确定	88
4.3.3 常用的夹紧机构	90
4.4 通用与专用铣床夹具	93
4.4.1 铣床常见通用夹具	93
4.4.2 铣床专用夹具的典型结构	94
4.5 万能分度头及分度方法	96
4.5.1 万能分度头的规格、功用、结构和组成	96
4.5.2 简单分度法	99
4.5.3 角度分度法	101
4.5.4 差动分度法	102
4.5.5 万能分度头的正确使用和维护	104
第五章 铣削平面和连接面	105
5.1 铣床工作台移动及尺寸控制	105
5.1.1 工作台移动距离的控制方法	105
5.2 铣削平面	105
5.2.1 用圆柱铣刀铣平面	105
5.2.2 用端铣刀铣平面	106
5.2.3 铣平面中的加工质量和问题分析	107
5.2.4 平面的检验	109
5.3 铣削垂直面和平行面	110
5.3.1 基准面的概念	110
5.3.2 铣垂直面的方法	111
5.3.3 铣平行面	113
5.4 铣削矩形工件	114
5.4.1 加工步骤	114

5.4.2 工件的检验与质量分析	116
5.5 铣削斜面	117
5.5.1 转动工件铣削斜面	118
5.5.2 转动立铣头铣削斜面	119
5.5.3 用角度铣刀铣削斜面	120
5.5.4 斜面的检验方法与质量分析	121
5.6 铣削阶台工件	122
5.6.1 普通阶台的铣削	122
5.6.2 回字形阶台的铣削	124
5.6.3 台阶检测方法和质量分析	125
第六章 沟槽的铣削	126
6.1 铣削直角沟槽	126
6.1.1 直角沟槽的技术要求	126
6.1.2 直角沟槽的铣削方法	126
6.1.3 铣削实例	127
6.2 铣削 V 形槽	128
6.2.1 铣削 V 形槽方法	128
6.2.2 铣削实例	129
6.3 铣削 T 形槽	131
6.3.1 T 形槽铣刀	131
6.3.2 铣削 T 形槽方法	132
6.3.3 铣刀折断的原因	132
6.3.4 铣削实例	133
6.4 铣削燕尾槽	134
6.4.1 燕尾槽的技术要求	134
6.4.2 铣削燕尾槽和燕尾块的方法	134
6.4.3 燕尾槽和燕尾块的检验方法	135
6.5 切断工件	136
6.5.1 切断用的铣刀	136
6.5.2 切断工作步骤	136
6.5.3 锯片铣刀折断的原因和预防措施	137
6.6 铣削外花键	138
6.6.1 单刀铣外花键	138
6.6.2 成形铣刀及组合铣削加工外花键	145
第七章 铣床上镗孔	148
7.1 镗孔	148
7.1.1 镗刀	148

7.1.2 镗刀杆	149
7.2 镗特种孔	152
7.2.1 镗椭圆孔	152
7.2.2 镗坐标孔的操作实例	152
7.3 镗孔的检测方法与质量分析	153
7.3.1 检测方法	153
7.3.2 质量分析	154
第八章 铣削特形面	155
8.1 按划线铣曲线外形	155
8.1.1 选择铣刀	155
8.1.2 铣削方法	156
8.2 用圆转台铣曲线外形	156
8.2.1 校正方法	156
8.2.2 铣削方法	157
8.3 用靠模铣曲线外形	158
8.3.1 靠模和靠模铣刀	158
8.3.2 铣削方法	159
8.4 曲线外形铣削的检测方法与质量分析	159
8.4.1 检测方法	159
8.4.2 质量分析	159
8.5 铣削外球面	160
8.5.1 铣单柄球面	161
8.5.2 铣带双柄球面	161
8.5.3 铣大半径外球面	162
8.5.4 铣整球面	162
8.5.5 铣削内球面	162
8.5.6 球面的检验及质量分析	163
第九章 螺旋线和蜗杆、蜗轮的铣削	165
9.1 螺旋线的铣削	165
9.1.1 圆柱螺旋线	165
9.1.2 等速平板凸轮	165
9.2 交换齿轮计算	167
9.3 蜗杆的铣削	169
9.3.1 用盘形铣刀铣蜗杆	169
9.3.2 用指状铣刀铣蜗杆	170
9.4 蜗轮的铣削	170
9.4.1 用盘形铣刀铣削蜗轮的操作步骤	170

9.4.2 用蜗轮滚刀精铣蜗轮步骤	172
9.4.3 用飞刀展成铣削蜗轮步骤	172
9.5 蜗杆和蜗轮的测量及质量分析	179
9.5.1 蜗杆蜗轮的齿厚测量	179
9.5.2 蜗杆蜗轮铣削质量分析	180
第十章 齿形铣削	182
10.1 直齿圆柱齿轮的铣削	182
10.1.1 直齿圆柱齿轮各部分名称和计算	182
10.1.2 直齿圆柱齿轮的测量方法	183
10.1.3 直齿圆柱齿轮的铣削方法	183
10.1.4 直齿圆柱齿轮铣削的检测方法与质量分析	184
10.2 齿条的铣削	185
10.2.1 齿条各部分名称和计算	185
10.2.2 利用一把单齿铣刀铣齿条	186
10.2.3 利用多刀或多齿铣刀铣齿条	191
10.2.4 直齿条的检验方法	191
10.3 直齿锥齿轮的铣削	192
10.3.1 锥齿轮的铣削过程	192
10.3.2 铣削锥齿轮的注意事项	195
10.4 链轮的铣削	196
10.4.1 链轮的检测及技术要求	197
10.4.2 链轮的铣削方法	199
10.4.3 链轮的铣削质量分析	202
第十一章 离合器铣削	203
11.1 矩形齿离合器的铣削	203
11.1.1 奇数齿离合器的铣削	203
11.1.2 偶数齿离合器的铣削	204
11.2 尖齿和锯齿离合器的铣削	205
11.2.1 尖齿离合器的铣削	205
11.2.2 锯齿离合器的铣削	205
11.3 梯形齿离合器的铣削	206
11.3.1 梯形收缩齿离合器的铣削	206
11.3.2 梯形等高齿离合器的铣削	207
11.4 螺旋形牙嵌离合器的铣削	208
11.4.1 铣底槽	209
11.4.2 铣螺旋面	209
11.5 离合器铣削的质量分析	210

第十二章 提高铣削生产率的途径	211
12.1 提高铣削效率的主要途径	211
12.1.1 缩短基本时间	211
12.1.2 缩短辅助时间	214
12.1.3 采用高速铣削和进行强力切削	214
12.2 高速铣削	215
12.2.1 高速铣削的特点	215
12.2.2 高速铣削中使用的铣刀	215
12.2.3 铣削用量和刀具耐用度	225
12.2.4 强力铣削法	226
12.2.5 高速铣削应注意事项	227
第十三章 难切削材料的铣削加工	228
13.1 难加工材料的基本知识	228
13.1.1 难加工材料	228
13.1.2 影响难加工材料切削加工性能的主要因素	228
13.2 铣削难加工材料的特点和常用的改善措施	229
13.2.1 铣削难加工材料的特点	229
13.2.2 铣削难加工材料的改善措施	230
13.3 典型难加工材料的铣削	231
13.3.1 高锰奥氏体钢的铣削	231
13.3.2 淬火钢的铣削	232
13.3.3 不锈钢的铣削	232
13.3.4 钛合金的铣削	234
13.3.5 高强度钢的铣削	235
13.3.6 高温合金的铣削	235
13.3.7 铝合金的铣削	235
13.3.8 纯金属材料的铣削	236
13.3.9 非金属工程材料的铣削	236
第十四章 数控铣削加工	237
14.1 数控铣削工艺及编程	237
14.1.1 数控加工编程的概念	237
14.1.2 数控编程的基础知识	238
14.1.3 对刀点与换刀点的确定	243
14.1.4 数控铣削加工工艺的特点及内容	244
14.1.5 数控铣削零件的工艺性分析	244
14.1.6 数控加工工艺路线的确定	245
14.1.7 铣削加工时的刀具路径	246

14.1.8	刀具半径补偿	247
14.1.9	零件的安装定位及夹具选择	250
14.1.10	切削用量的确定	250
14.1.11	数控编程中的数学处理	251
14.1.12	固定循环与子程序	255
14.1.13	综合实例	258
14.2	加工中心编程概述	261
14.2.1	加工中心编程概述	261
14.2.2	加工中心基本指令的编程	264
14.2.3	加工中心应用实例	267
14.3	五轴联动加工简介	273
14.3.1	五轴联动加工的应用范围及其特点	273
14.3.2	五轴联动加工的工艺要点	275
14.3.3	五轴加工中的坐标系	275
14.3.4	五轴加工机床类型及其工艺特点	275
参考文献		277

第一章 铣床及其结构

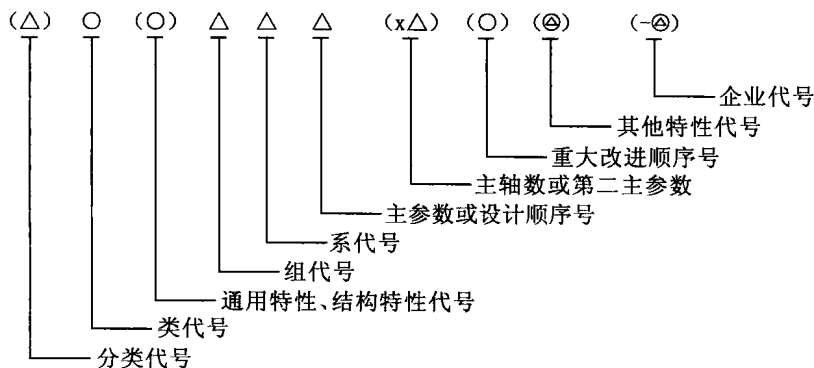
铣床是一种用途广泛的机床,在铣床上可以加工平面(水平面、垂直面、斜面)、沟槽(键槽、T形槽、燕尾槽等)、分齿零件(齿轮、花键轴、链轮)、螺旋形表面(螺纹、螺旋槽)及各种曲面。此外,还可以加工回转体表面、内孔以及进行切断工作等。铣床在工作时,工件装在工作台上或分度头等附件上,铣刀旋转为主运动,辅以工作台或铣头的进给运动,工件即可获得所需的加工表面。由于是多刀齿切削,因而铣削的生产率较高。

1.1 铣床型号

机床型号是机床产品的代号,它简明地表示了机床的一些主要特征(如类别、结构特征、主要性能和主要技术规格等)。

1.1.1 机床型号表示方法

机床型号表示方法如下:



- 注:1. 有“()”的代号或数字,当无内容时,则不表示。若有内容则不带括号;
 2. 有“ $\bigcirc$ ”符号者,为大写的汉语拼音字母;
 3. 有“ Δ ”符号者,为阿拉伯数字;
 4. 有“ $\ominus$ ”符号者,为大写的汉语拼音字母,或阿拉伯数字,或两者兼有之。

1.1.2 机床的分类及类代号

机床按其工作原理、结构性能特点及使用范围划分为车床、钻床、镗床、磨床、齿轮加工机床、螺纹加工机床、铣床、刨插床、拉床、锯床和其他机床共 11 类。机床的类代号用大写的汉语拼音字母表示。铣床的代号是“X”,读做“铣”。机床的类和分类代号见表 1-1。

表 1-1 机床的类和分类代号

类别	车床	钻床	镗床	磨床			齿轮加工机床	螺纹加工机床	铣床	刨插床	拉床	锯床	其他机床
代号	C	Z	T	M	2M	3M	Y	S	X	B	L	G	Q
读音	车	钻	镗	磨	二磨	三磨	牙	丝	铣	刨	拉	割	其

1. 1. 3 机床的特性代号

机床的特性代号,包括通用特性代号和结构特性代号,用大写的汉字字母拼音表示,位于类代号之后。

1. 通用特性代号

当某类型机床除有普通型式外,还有某种通用特性时,则在类代号之后加通用特性代号予以区分。若仅有某种通用特性而无普通型式者,则通用特性不予表示。通用特性代号有统一的固定含义,它在各类机床的型号中所表示的意义相同。机床通用特性代号的含义及读音见表 1-2。

表 1-2 机床的通用特性代号

通用特性	高精度	精密	自动	半自动	数控	加工中心	仿形	轻型	加重型	简式或经济式	柔性加工单元	数显	高速
代号	G	M	Z	B	K	H	F	Q	C	J	R	X	S
读音	高	密	自	半	控	换	仿	轻	重	简	柔	显	速

2. 结构特性代号

对主参数值相同而结构、性能不同的机床,用结构特性代号予以区别。结构特性代号与通用特性代号不同,它没有统一的含义,同一字母在不同机床的含义可能不一样。当型号中有通用特性代号时,结构特性代号应排在通用特性代号之后。通用特性代号已用的字母和“1、O”两个字母均不能用于表示结构特性。

1. 1. 4 机床的组、系代号

每类机床划分为 10 个组。每组又划分为 10 个系,用阿拉伯数字表示,位于类代号或通用特性代号之后。铣床类中的组、系划分见表 1-3。

1. 1. 5 机床的主参数

机床型号中主参数代号一般采用主参数的实际数值或主参数的 1/10 和 1/100 折算值表示,位于系代号之后。当折算值大于 1 时取整数,在折算值之前均不加“0”;当折算值小于 1 时,则取小数后的第一位数,并在数字前加“0”。

表 1-3 铣床的统一名称和组、系划分及主参数表示方法表(摘自 GB/T 15375—1994)

组		系		主参数	
代号	名称	代号	名称	折算系数	名称
0	仪表铣床	0			
		1	台式工具铣床	1/10	工作台面宽度
		2	台式车铣床	1/10	工作台面宽度
		3	台式仿形铣床	1/10	工作台面宽度
		4	台式超精铣床	1/10	工作台面宽度
		5	立式台铣床	1/10	工作台面宽度
		6	卧式台铣床	1/10	工作台面宽度
		7			
		8			
		9			
1	悬臂及滑枕铣床	0	悬臂铣床	1/100	工作台面宽度
		1	悬臂镗铣床	1/100	工作台面宽度
		2	悬臂磨铣床	1/100	工作台面宽度
		3	定臂铣床	1/100	工作台面宽度
		4			
		5			
		6	卧式滑枕铣床	1/100	工作台面宽度
		7	立式滑枕铣床	1/100	工作台面宽度
		8			
		9			
2	龙门铣床	0	龙门铣床	1/100	工作台面宽度
		1	龙门镗铣床	1/100	工作台面宽度
		2	龙门磨铣床	1/100	工作台面宽度
		3	定梁龙门铣床	1/100	工作台面宽度
		4	定梁龙门镗铣床	1/100	工作台面宽度
		5			
		6	龙门移动铣床	1/100	工作台面宽度
		7	定梁龙门移动铣床	1/100	工作台面宽度
		8	落地龙门镗铣床	1/100	工作台面宽度
		9			
3	平面铣床	0	圆台铣床	1/100	工作台面直径
		1	立式平面铣床	1/100	工作台面宽度
		2			
		3	单柱平面铣床	1/100	工作台面宽度
		4	双柱平面铣床	1/100	工作台面宽度
		5	端面铣床	1/100	工作台面宽度
		6	双端面铣床	1/100	工作台面宽度
		7			
		8	落地端面铣床	1/100	最大铣轴垂直移动距离
		9			

续表

组		系		主参数	
代号	名称	代号	名称	折算系数	名称
4	仿形铣床	0			
		1	平面刻模铣床	1/10	缩放仪中心距
		2	立体刻模铣床	1/10	缩放仪中心距
		3	平面仿形铣床	1/10	最大铣削宽度
		4	立体仿形铣床	1/10	最大铣削宽度
		5	立式立体仿形铣床	1/10	最大铣削宽度
		6	叶片仿形铣床	1/10	最大铣削宽度
		7	立式叶片仿形铣床	1/10	最大铣削宽度
		8			
		9			
5	立式升降台铣床	0	立式升降台铣床	1/10	工作台面宽度
		1	立式升降台镗铣床	1/10	工作台面宽度
		2	摇臂铣床	1/10	工作台面宽度
		3	万能摇臂铣床	1/10	工作台面宽度
		4	摇臂镗铣床	1/10	工作台面宽度
		5	转塔升降台铣床	1/10	工作台面宽度
		6	立式滑枕升降台铣床	1/10	工作台面宽度
		7	万能滑枕升降台铣床	1/10	工作台面宽度
		8	圆弧铣床		
		9			
6	卧式升降台铣床	0	卧式升降台铣床	1/10	工作台面宽度
		1	万能升降台铣床	1/10	工作台面宽度
		2	万能回转头铣床	1/10	工作台面宽度
		3	万能摇臂铣床	1/10	工作台面宽度
		4	卧式回转头铣床	1/10	工作台面宽度
		5	广用万能铣床	1/10	工作台面宽度
		6	卧式滑枕升降台铣床	1/10	工作台面宽度
		7			
		8			
		9			
7	床身铣床	0			
		1	床身铣床	1/100	工作台面宽度
		2	转塔床身铣床	1/100	工作台面宽度
		3	立柱移动床身铣床	1/100	工作台面宽度
		4	立柱移动转塔床身铣床	1/100	工作台面宽度
		5	卧式床身铣床	1/100	工作台面宽度
		6	立柱移动卧式床身铣床	1/100	工作台面宽度
		7	滑枕床身铣床	1/100	工作台面宽度
		8			
		9	立柱移动立卧式床身铣床	1/100	工作台面宽度