



技工学校机械类通用教材

铣工工艺学



劳动人事出版社

87
TG54
25
3

铣 工 工 艺 学

劳动人事部培训就业局编

16471 / 10

劳 动 人 事 出 版 社



B 427237

铸 工 工 艺 学
劳动人事部培训就业局编

劳动人事出版社出版
(北京市和平里中街12号)
1201工厂印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092毫米 16开本 23.5印张 586千字

1987年5月北京第1版 1987年5月北京第1次印刷

ISBN 7-5045-0001-1/TG·001 统一书号: 7238·208

印数: 1-25200册 定价: 3.65元

本书是根据劳动人事部培训就业局审定颁发的《铣工工艺学教学大纲》编写，供技工学校招收初中毕业生使用的统编教材。

本书主要包括：铣工基本知识、平面和连接面的铣削、台阶和沟槽的铣削、特形沟槽的铣削、分度方法、多面体、花键轴和离合器的铣削及刻线、特形表面的铣削、钻孔、铰孔和铰孔、螺旋槽和凸轮的铣削、圆柱内轮和蜗轮的铣削、圆锥直齿轮的铣削、刀具开刃、铣削原理、铣床、铣床夹具、工艺过程的编制和提高铣削效率的途径等。

本书也可作为青工培训和职工的自学用书。

本书由周炳章、侯慧人、胡湘铤、倪庆善编写，周炳章、侯慧人主编；孙成松、陈希柱审稿，孙成松主审。



前 言

我局于一九八三年七月委托部分省、市劳动人事厅(劳动局),分别组织编写了适合初中毕业生使用的技工学校机械类通用工种各课程所需的教材。这次组织编写的有语文、数学、物理、化学、工程力学、公差与配合、机械基础、金属材料与热处理、电工学、机械制图(配套使用的有机械制图习题集)、车工工艺学(配套使用的有车工工艺学习题集)、车工生产实习、铣工工艺学、铣工生产实习、磨工工艺学、磨工生产实习、钳工工艺学、钳工生产实习、焊工工艺学、焊工生产实习、铆工工艺学、铆工生产实习、锻工工艺学、热处理工艺学、铸工工艺学、铸工生产实习、木模工工艺学、油漆工工艺学、机械制造工艺基础、工业企业管理、微电脑基础与应用(选学)等三十一一种。其中语文、数学、物理、化学、工业企业管理非机械类工种也可以选用。其他课程的教材,以后将陆续组织编写。

上述教材是按照党的教育方针,本着改革的精神组织编写的。在内容上,力求做到理论与实际相结合,符合循序渐进的要求,从打好基础入手,突出机械类技工学校生产实习教学的特点,密切联系我国机械工业的生产实际,并且尽量反映工业生产中采用新材料、新设备、新技术、新工艺的成就,以便使培养出来的学生,能够具有一定的文化知识,比较系统地掌握专业技术理论和一定操作技能。

本套教材也适合培训在职的中级技术工人使用。

这次组织编写教材的工作,由于时间比较紧促,经验不足,缺点和错误在所难免,希望使用教材的同志提出批评和改进意见,以便再版时修订。

劳动人事部培训就业局

目 录

绪 论	1
第一章 铣工基本知识	3
§1.1 铣床的基本知识	3
§1.2 铣刀	9
§1.3 铣削用量	23
§1.4 切削液	25
§1.5 常用量具	26
§1.6 安全技术	37
习题	37
第二章 平面和连接面的铣削	39
§2.1 平面的技术要求	39
§2.2 平面的铣削方法	39
§2.3 工件的装夹	42
§2.4 工作台的移动和尺寸控制	45
§2.5 顺铣和逆铣	46
§2.6 铣平面	48
§2.7 用圆周铣加工连接面	50
§2.8 用端铣加工连接面	54
§2.9 铣斜面	56
§2.10 平面和连接面铣削的质量分析	62
习题	62
第三章 阶台、沟槽的铣削	64
§3.1 阶台和沟槽的技术要求	64
§3.2 阶台的铣削	64
§3.3 直角沟槽的铣削	68
§3.4 平键和半圆键槽的铣削	70
§3.5 铣窄槽	77
§3.6 工件的切断	78
§3.7 阶台沟槽铣削的质量分析	80
习题	80
第四章 特形沟槽的铣削	81
§4.1 V形槽的铣削	81
§4.2 T形槽的铣削	84

§4.3 燕尾槽的铣削	55
§4.4 特形沟槽铣削的质量分析	57
习题	58
第五章 分度方法	59
§5.1 万能分度头	59
§5.2 简单分度法	92
§5.3 角度分度法	95
§5.4 差动分度法	106
§5.5 直线移距分度法	112
习题	115
第六章 多面体、花键轴和离合器的铣削及刻线	117
§6.1 多面体的铣削	117
§6.2 花键轴的铣削	120
§6.3 离合器的铣削	125
§6.4 刻线	134
习题	137
第七章 特形表面的铣削	138
§7.1 用圆转台铣曲线外形	138
§7.2 按划线铣曲线外形	141
§7.3 按靠模铣曲线外形	142
§7.4 特形表面的铣削	144
§7.5 球面的铣削	146
习题	149
第八章 钻孔、铰孔和镗孔	150
§8.1 孔的技术要求	150
§8.2 钻孔	152
§8.3 铰孔	157
§8.4 镗孔	160
§8.5 孔的质量检查	168
习题	169
第九章 螺旋槽和凸轮的铣削	170
§9.1 基本概念	170
§9.2 圆柱螺旋槽的铣削	183
§9.3 等速盘形凸轮的铣削	186
§9.4 等速圆柱凸轮的铣削	190
§9.5 铣削螺旋槽和凸轮的质量分析	192
习题	192
第十章 圆柱齿轮和蜗轮的铣削	194
§10.1 圆柱直齿轮的基本尺寸计算	195

§10.2	齿轮铣刀的构造和选择	197
§10.3	圆柱直齿轮的测量	198
§10.4	圆柱直齿轮的铣削	203
§10.5	圆柱斜齿轮及其铣削	205
§10.6	蜗轮的铣削	215
§10.7	齿条的铣削	220
§10.8	斜齿条的铣削	224
§10.9	圆柱直齿轮质量分析	225
习题		226
第十一章	圆锥直齿轮的铣削	227
§11.1	圆锥直齿轮各部分名称和基本尺寸	227
§11.2	圆锥直齿轮铣刀及其选择	229
§11.3	圆锥直齿轮的铣削	230
习题		235
第十二章	刀具开刃	236
§12.1	圆柱直齿铣刀的开刃	236
§12.2	直齿三面刃铣刀的开刃	241
§12.3	圆柱螺旋齿铣刀的开刃	244
§12.4	刀具开刃的质量分析	246
习题		247
第十三章	铣削原理	249
§13.1	基本定义	249
§13.2	铣削过程的基础知识	252
§13.3	铣削力对铣削工作的影响	260
§13.4	铣刀的磨损和刃磨	262
§13.5	高速切削和强力切削	265
§13.6	铣刀几何参数的选择原则	266
§13.7	铣削用量的选择原则	269
习题		272
第十四章	铣床	273
§14.1	铣床型号的编制方法	273
§14.2	X62W型铣床的性能和主要技术规格	277
§14.3	X62W型铣床主轴变速箱	278
§14.4	进给变速箱	284
§14.5	升降台和工作台的结构和操纵	288
§14.6	X53T型立式升降台铣床	292
§14.7	铣床精度的检验	295
§14.8	铣床合理使用和保养	298
§14.9	铣床的调整	299

习题	302
第十五章 铣床夹具	303
§15.1 夹具的基本概念	303
§15.2 工件定位和定位元件	305
§15.3 工件的夹紧和夹紧机构	321
§15.4 铣床的典型夹具介绍	330
§15.5 组合夹具简介	333
习题	337
第十六章 工艺过程的编制	339
§16.1 工艺规程的组成	339
§16.2 定位基准的选择	341
§16.3 工艺过程的安排	346
§16.4 铣削加工的质量分析	348
§16.5 典型零件的工艺分析	351
§16.6 工艺规程的内容和格式	355
习题	358
第十七章 提高铣削效率的途径	359
§17.1 单件时间定额	359
§17.2 铣刀改进的基本途径和先进铣刀	360
§17.3 提高铣削用量和改进加工方法	362
§17.4 采用先进夹具和测量工具	363
§17.5 采用合理的工艺结构	363
§17.6 采用先进设备和先进技术	364
习题	364

绪 论

复杂的机器是由各种类形的零件装配而成。而这些不同类形的零件大多要经过各种切削加工来完成,铣削就是其中的一种加工形式。

铣削加工就是在铣床上利用刀具的旋转运动和工件的移动(或转动),使工件得到图样所要求的精度(包括尺寸、形状和位置精度)和表面质量的加工方法。铣削加工的主要特点是用多刀刃的铣刀来进行切削,故效率较高,加工范围广,如铣平面、阶台、沟槽、特形面、特形槽、齿轮、螺旋槽、离合器,以及切断和镗孔等(图0.1)。另外,铣工的加工精度也较高,其经济加工精度一般为IT9~IT8级、表面粗糙度为 $R_{a}12.5\sim R_{a}1.60$ 。必要时加工精度可高达IT5级、表面粗糙度可达 $R_{a}0.20$ 。因此铣工是机械制造业中的主要工种之一。

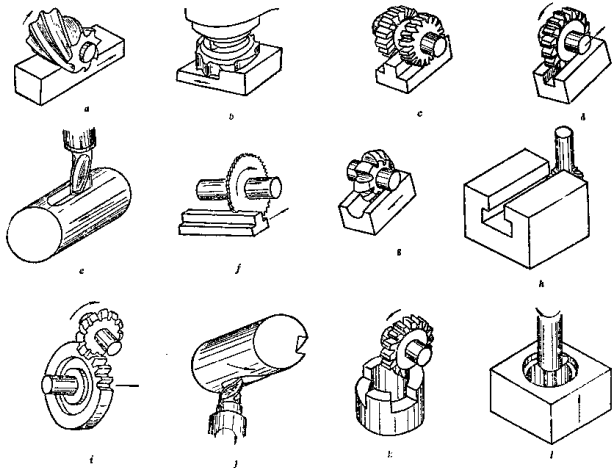


图0.1 铣削加工的基本内容

a—圆柱铣刀铣平面 b—端铣刀铣平面 c—铣阶台 d—铣直角通槽 e—铣键槽 f—切断
g—铣特形面 h—铣特形槽 i—铣齿轮 j—铣螺旋槽 k—铣离合器 l—镗孔

铣工工艺学是总结探讨铣削加工规律的课程。它总结了广大工人和科技工作者的实践经验和理论知识,所以对生产有指导作用,并能解决生产中的实际问题。因此在学完本课程之后,应达到如下的要求:

1. 懂得典型铣床的结构、传动原理、操作使用方法、维护保养和安全技术知识。
2. 能合理地选择和使用夹具、刀具和量具，并了解其结构、性能和维护保养知识。
3. 懂得加工中等复杂程度工件的方法，并掌握有关技术理论知识和计算技能。
4. 懂得金属切削原理，并能合理地选择切削用量。
5. 能看懂中等复杂程度零件的工艺规程和有关其他技术文件，并能制订一般零件的工艺过程。

6. 能分析铣削加工中工件产生废品的原因，及其预防措施。
7. 能吸收和应用一般的先进工艺和先进技术。
8. 能查阅有关的技术手册。
9. 能做好铣床的一级保养，合理布置工作场地，搞好文明生产。

在学习中要力求理论联系实际，将学到的知识运用到生产实践中去，并能通过实践对理论加深理解，达到学以致用目的。

第一章 铣工基本知识

§ 1.1 铣床的基本知识

铣床是机械制造行业的重要设备，是一种应用广、类型多的金属切削机床。

1. 铣床基本部件的名称及其应用

铣床的类型虽然很多，但各类铣床的基本部件都大致相同，都必具有一套带动铣刀作旋转运动和使工件作直线运动或回转运动的机构。因此在对某一典型铣床的部件和操作方法了解和掌握以后，再去操作其他类型的铣床就比较容易了。

X62W型卧式万能铣床(图1.1)，是国产典型铣床之一，现将其各基本部件的名称和作用及操作方法，简单介绍如下：

(1) 主轴 主轴1是前端带锥孔的空心轴。锥度一般是7:24，铣刀刀轴就安装在锥孔中。主轴前端有两个键槽，通过键可传递较大的扭矩。主轴前端的外径是 $\phi 128.57$ 毫米($5\frac{1}{16}$)，大直径套装式铣刀可直接安装在轴端上。主轴是铣床的主要部件，要求旋转时平

稳，无跳动和刚性好，所以要用优质结构钢来制造，并需经过热处理和精密加工。在主轴两端和中部均有轴承支承，在中部有的还装有飞轮，使铣削时更为平稳。

(2) 主轴变速机构 主轴变速机构安装在床身内，作用是将主电动机的旋转运动传给主轴，并通过外面的手柄和转盘等操纵机构，得到十八种不同的转速，以适应铣削的需要。

(3) 横梁及挂架 横梁3安装在床身的顶部，可沿顶部导轨移动。横梁上装有挂架2。横梁和挂架的主要作用是支持刀轴的外端，以增加刀轴的刚性。横梁向外伸出的长度可任意调整，借以适应各种长度的刀轴。

(4) 纵向工作台 纵向工作台4是用来安装夹具和工件，并作纵向移动。工作台上上面有三条T形槽，用来安放T型螺钉以固定夹具和工件；T形槽上部是宽为18F17的直角槽，通过键可对夹具和工件作定位用。工作台前侧面上的一条T形槽，用来安装自动挡铁，以控制铣削长度。工作台的台面、导轨和T形槽等的精度都要求很高，以保证工件、夹具的安装和加工的准确性。X62W型铣床的工作台规格是：长1250毫米，宽320毫米。

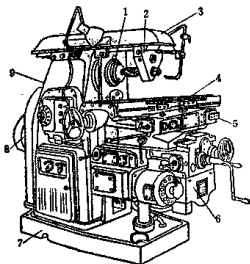


图1.1 X62W型铣床的外形及各部分名称

1—主轴 2—挂架 3—横梁 4—纵向工作台
5—横向工作台 6—升降台 7—底座 8—主
传动电动机 9—床身

(5) 横向工作台 横向工作台 5 在纵向工作台的下面, 用来带动纵向工作台作横向移动。万能铣床上, 在横向工作台与纵向工作台之间设有回转盘, 可使纵向工作台在 $\pm 45^\circ$ 范围内转到需要的位置。

(6) 升降台 升降台 6 安装在床身前侧垂直导轨上, 借助升降丝杠可支持工作台, 并带动工作台作上下移动。机床进给系统中的电动机、变速机构和操纵机构等都安装在升降台内。升降台的精度和刚性都要求很高, 否则在铣削时会造成很大的振动, 影响工件的加工精度。

(7) 进给变速机构 进给变速机构安装在升降台内。电动机通过进给变速机构将运动传至工作台, 并通过外部的手柄等操纵机构, 使工作台获得 18 种进给速度, 以适应铣削的需要。

(8) 床身和底座 床身 9 是机床的主体, 是用来安装和连接机床其他部件的。其刚性、强度和精度对铣削效率和加工质量影响很大。因此床身一般用优质灰口铸铁做成箱体形结构, 内壁有筋条, 以增加刚性和强度。床身上的导轨和轴承孔为重要部位, 必须经过精密加工和时效处理, 以保证其精确度和耐用度。床身前壁的燕尾形垂直导轨, 升降台可沿着它上下移动; 顶部的水平导轨, 横梁可沿着它移动而调整位置。

底座 7 在床身的下面, 并把床身紧固在上面。升降丝杠的螺母座也安装在底座上。底座的内腔作切削液的油箱。

2. 铣床的操纵和调整

学习操纵和调整铣床的步骤如下:

(1) 仔细了解铣床上每一个手柄、操纵杆、按钮和操纵调整机构的用途和使用规则。尤其是这些手柄和按钮等的作用不能混错。

(2) 将各锁紧手柄松开, 用手动摇动纵向、横向和升降手柄, 直到方向不会出现错误为止。

(3) 将总开关旋钮旋到“通”的位置, 接通电源, 并使开关指向主轴需要的旋转方向上。

(4) 将主轴转速旋钮旋到最低转速挡(30转/分)再按“起动”按钮, 使主轴低速运转 30 分钟。主轴转速的选择方法是: 先把图 1.2a 所示的手柄下压, 并向左转约 90° 左右后, 转动转盘, 使转盘上的“30”与指针对准, 然后再把手柄退回到原处。主轴其他转速的选择只要使转盘上需要的数值对准指针即可。转盘上的数值有: 30、37.5、47.5、60、75、95、118、150、

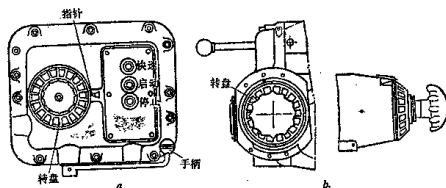


图1.2 变速操纵机构

190、235、300、375、475、600、750、950、1180及1500(转/分)，故主轴共有18种转速。

(5) 把进给量调整到较低的速度(如60毫米/分)，推动进给手柄，使工作台自动进给。分别推动三个进给手柄，可使工作台作纵向、横向和升降的自动进给运动。调整进给速度时，把图1.2b所示的圆形手柄拉出，并转动手柄和转盘，使转盘上的“60”与指针对准，然后再把手柄推入即可。若要获得其他数值的进给速度，只要使转盘上需要的数值对准指针，即能得到需要的进给速度。转盘上的数值有：23.5、30、37.5、47.6、60、75、95、118、150、235、300、375、475、600、750、950和1180(毫米/分)。X62W型铣床的纵向和横向各有18种进给量，升降进给量也有18种，其速度为纵向和横向的三分之一。按动快速进给按钮时，纵向和横向进给速度为2300毫米/分；升降为765毫米/分。

变速前必须停车，否则容易碰毛和打坏齿轮、离合器等传动件。

3. 铣床的种类

铣床的种类很多，常用的有下面几种：

(1) 升降台式铣床 升降台式铣床又称曲座式铣床，它的主要特征是有沿床身垂直导轨运动的升降台(曲座)。工作台可随着升降台上下(垂直进给)运动。工作台本身在升降台上面又可作纵向和横向运动，故使用灵便，适宜于加工中小型零件。因此，升降台式铣床是用得最多和最普遍的铣床。这类铣床按主轴位置可分为卧式和立式两种。

① 卧式铣床(图1.1)。其主要特征是主轴与工作台台面平行，成水平位置。铣削时，铣刀和刀轴安装在主轴上，绕主轴轴线作旋转运动；工件和夹具装夹在工作台台面上作进给运动。卧式铣床根据加工范围的大小又可分为卧式升降台铣床和卧式万能升降台铣床。

1) 卧式升降台铣床俗称平铣，它的纵向工作台和纵向进给方向与主轴轴线垂直，而且垂直度很准确。因此，这种铣床在使用过程中，不需对纵向进给方向进行校正，但工作范围较小。

2) 卧式万能升降台铣床俗称万能铣，由于在纵向工作台和横向工作台之间有一个回转盘，并刻有度数。使用时，可根据需要，使纵向工作台在 45° 左右的范围内，转到所需要的位置。卧式万能铣床还带有较多的附件，故加工范围比较广。X62W型卧式万能铣床是国产万能铣床中较为典型的一种。

② 立式铣床。其主要特征是主轴与工作台台面垂直，主轴呈竖直立式状，如图1.3所示。立式铣床安装主轴的部分称为立铣头。立铣头与床身有成一体的(图1.3a)，这种铣床的铣头刚性较好，但加大范围较小。立铣头与床身由两部分结合而成的(图1.3b)，结合处呈转盘状，并有刻度。立铣头可按工作需要，向左右扳转一个角度，使主轴与工作台台面倾斜一个所需的角度，加工范围较广。

立式铣床，由于操作时观察、检查和调整铣刀位置等都比较方便，生产率较高，故在生产车间用得很多。

(2) 工作台不升降铣床 铣床的工作台安装在支座上，支座与底座联在一起，如图1.4所示。这种铣床是没有升降台，故又称无升降台式铣床(或固定台座式铣床)。工作台只作纵向和横向运动，其升降运动是由立铣头沿床身的垂直导轨作上下移动来实现的。由于工作台直接安装在支座上，故刚性好、承载能力大，适宜于进行高速切削和强力切削，也适宜于加工重量较大的大型和重型工件。

(3) 龙门铣床 图1.5所示是一台四轴龙门铣床，在龙门的水平导轨上安装有两个立铣

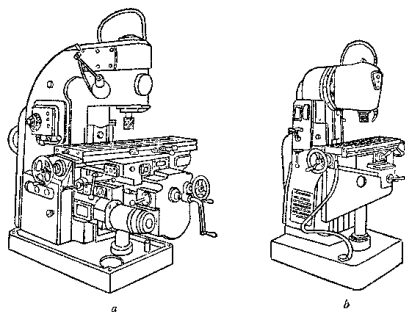


图1.3 立式铣床

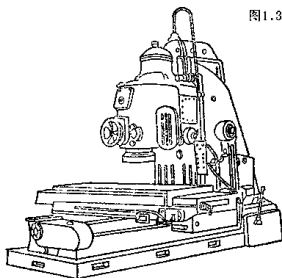


图1.4 工作台不升降铣床

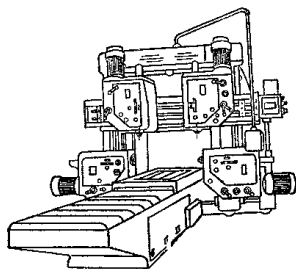


图1.5 龙门铣床

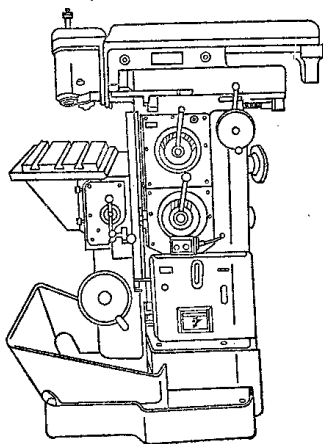


图1.6 万能工具铣床

头；在两侧的垂直导轨上各装有一个卧式铣头。铣削时，可同时安装四把铣刀，铣削工件的四个表面，也可按需要只装一把、二把或三把铣刀。龙门铣床的工作台一般只能作纵向运动，垂直和横向运动，则由铣头和龙门框架来完成。根据铣头轴数的不同而有单轴、双轴和四轴等多种型式。这类铣床是一种大型铣床，也是无升降台的，适合加工大型和重型工件，生产效率高。

(4) 万能工具铣床 是一种能完成多种铣削工作的铣床。图 1.6 所示的是 X8126 型万能工具铣床，工作台不仅可以作三个方向的平移，还可以作多方向的回转。这种铣床还具备较多的附件，故特别适用于加工刀具、样板和其他各种工具，以及较复杂的小型零件。

(5) 特种铣床 又叫专用铣床，是完成一个特定工序的专用铣床，一般以加工工序的名称命名。如图 1.7a 所示是专门加工键槽的键槽铣床；图 1.7b 所示是专门加工 2 特形表面用的平面仿形铣床。

(6) 多功能铣床 这类铣床的特点是具有广泛的万能性和适应性，并附有较多的附件，

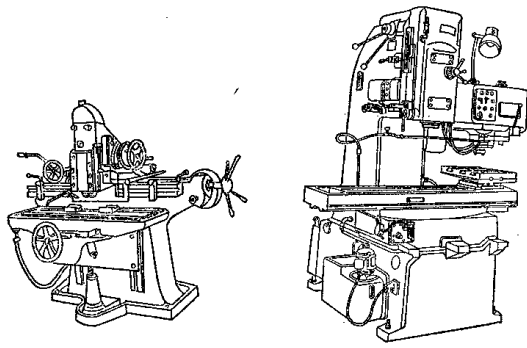


图 1.7 特种铣床
a—键槽铣床 b—平面仿形铣床

以适应加工各种类型的零件。如图 1.8 所示的摇臂万能铣床，能进行立铣、卧铣、镗和插等工序的工作。

(7) 数字程序控制铣床 简称数控铣床，是采用电子技术自动控制的新型铣床。以数字编排好程序，输入控制柜后，按照要求，自动地加工出所需要的零件。因此数控铣床适宜于加工形状复杂和精度高的零件，以及由平面曲线和立体曲线组成的曲面。数控铣床的外形如图 1.9 所示。

4. 铣床的日常维护和保养

铣床维护保养的优劣，对机床使用寿命、精度保持性和生产率高低有十分密切的关系。一台长期维护保养得好的铣床，虽使用数年，但还能保持良好的精度和动作灵活准确，并且还能节省大量的机修时间，提高其利用率。因此维护保养好机床是每个铣工的职责。铣床的

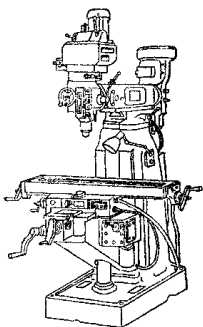


图1.8 摇臂万能铣床

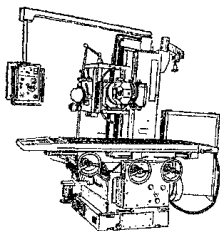


图1.9 数控铣床

维护保养工作主要有以下几方面:

(1) 操作之前必须把机床各部揩拭干净。

(2) 对机床的润滑系统,应根据说明书要求按期加油或更换润滑油。对每天要加油的地方,如各注油孔、手拉油泵或按钮式滑阀等,都应按时注油或拉、掀。对丝杠、导轨等,在每天开始和结束时,均应擦清和加润滑油,在工作中也要经常清除切屑和脏物,保持机床清洁。对各类油标和油窗,要经常观察是否正常。图1.10所示是普通铣床润滑系统的位置和说明。

(3) 工作前应先检查机床各部机构和运动部件是否完好,并检查各手柄和旋钮是否处在合理的位置。

(4) 工作台和主轴部件不能用硬物大力敲击,工件和夹具要轻放。工作台上不准乱放工具和毛坯等杂物。

(5) 严格执行岗位责任制。操作时要集中精力,绝不能机床运转时离开工作岗位。

(6) 不能超负荷工作。工件和夹具的重量不能超过机床的载重量,如X62W和X52K型铣床的载重量不应超过500千克,X53T型铣床的载重量不应超过800千克。

(7) 及时排除机床故障。在工作过程中,如发现机床有异常现象和不规则响声,应立即停机,并请机修工及时排除故障。

(8) 精度较高的铣床,切削量不能太大,也不宜用大直径单齿或双齿刀盘作冲击性切削。

(9) 工作完后应将机床擦拭干净,应用软布和毛刷来清除切屑和油污,切忌用压缩空气吹,以免细小的切屑和灰尘等杂物嵌入运动部分。

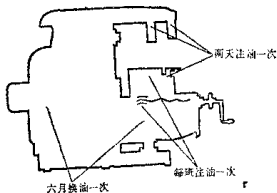


图1.10 铣床润滑图