



实 验 实 训 中 心

EXPERIMENTAL AND TRAINING CENTER

工程认知课程教学系列

## 铣削加工技术实验指导书



河北工业大学实验实训中心

2017.11

# 目录

第一节 铣削加工技术概述 .....	1
一、铣工在机械加工中的地位和作用 .....	1
二、铣床加工范围 .....	1
三、机床的切削运动 .....	2
四、铣床种类及编号 .....	2
五、铣刀及其安装 .....	6
六、铣床附件 .....	7
七、铣工安全操作守则 .....	8
第二节 铣削加工 .....	9

## 第一节 铣削加工技术概述

### 一、铣工在机械加工中的地位和作用

铣工主要是用铣床来加工金属零件的各种平面、槽等各种表面。铣工在机械加工中具有非常重要的地位，各种机械，如汽车、轮船、飞机、机床等等都离不开铣工。提高学生的学习兴趣和求知欲望，使学生在兴趣爱好中学习专业知识，解决实际问题，提高综合思考问题的能力。

### 二、铣床加工范围

在铣床上用铣刀对工件进行的切削加工称为铣削加工。铣削加工具有加工范围广、生产率高等优点，因而得到广泛的应用。

铣削可加工水平面、斜面、垂直面、各种沟槽及成形面，与分度头配合可进行分度加工。图 1 所示为铣削加工应用举例。

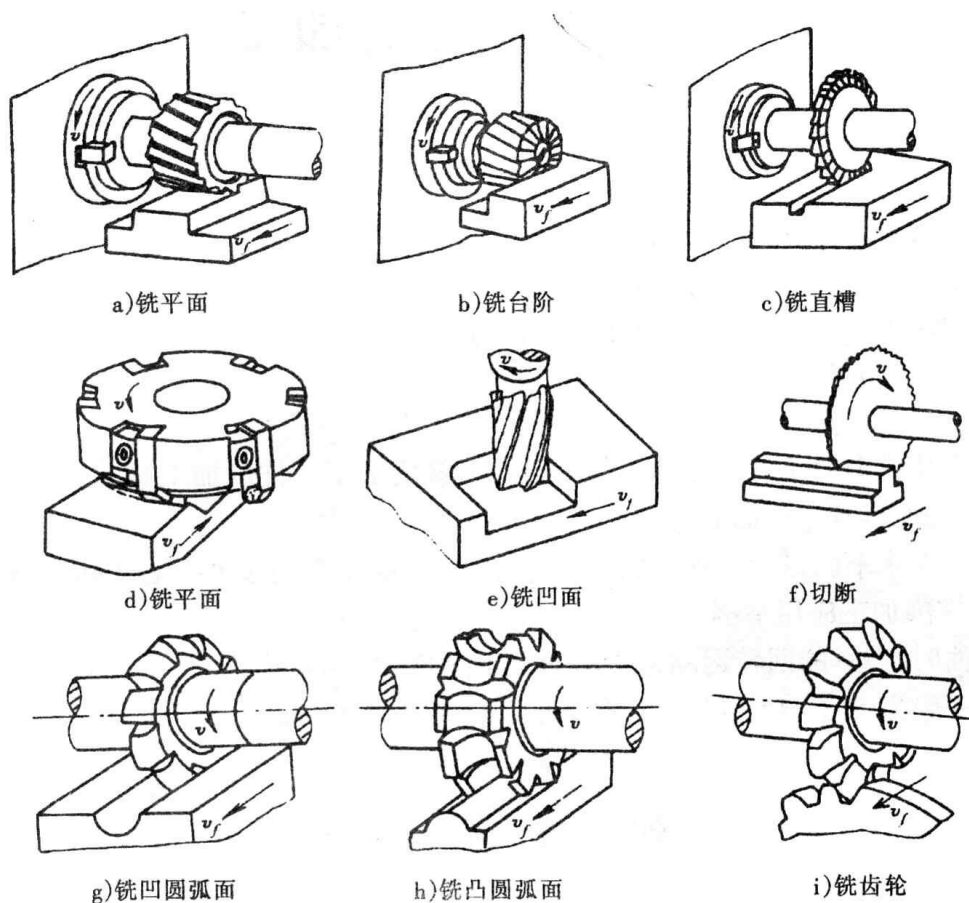


图 1 铣床加工范围

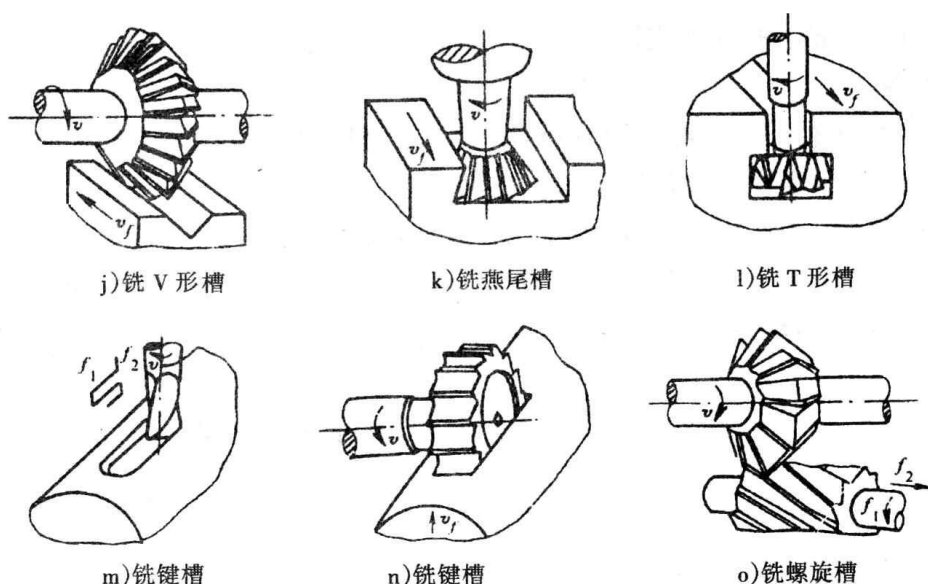


图 1 铣床加工范围 (续)

### 三、机床的切削运动

铣削平面时，刀具的回转运动是主运动，工件的直线移动是进给运动，如图 2 所示。铣削加工精度一般为 IT8~IT9，表面粗糙度可达  $Ra6.3\sim1.6\mu m$ 。

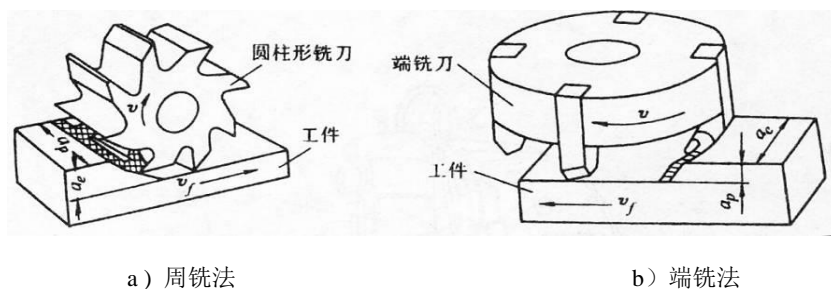


图 2 铣削运动

### 四、铣床种类及编号

铣床种类很多，常用的有卧式铣床、立式铣床和龙门铣床等。

卧式铣床：主轴与工作台平行的铣床。铣削时，铣刀安装在主轴或与主轴连接的刀轴上，随主轴作旋转运动；工件装夹在工作台面或工作台面的夹具上，随工作台作纵向、横向或垂向的直线运动。

#### 1、X6125 型万能卧式铣床主要组成部分

现以 X6125 型万能卧式铣床为例，介绍铣床的组成及其功用。图 3 所示为其外形图。在型号中，X 为铣床类代号；61 为万能升降台组系代号；25 为主参数工作台

面宽度的  $1/10$ ，即工作台面宽为 250 mm。

(1)床身 床身用来支撑和固定铣床的各部件。顶面上有供横梁移动的水平导轨，前壁有供升降台上下移动的垂直导轨。床身内部装有主轴、主轴变速箱、电器设备及润滑油泵等部件。

(2)横梁 横梁上装有吊架，用来支撑刀杆外伸的一端，以增强刀杆的刚性。横梁的伸出长度可根据刀杆长度进行调整。

(3)主轴 主轴前端有 7: 24 精密锥孔，用来安装刀杆并带动铣刀旋转。主轴为空心轴，轴心孔用来穿过拉杆在尾端将刀杆拉紧。

(4)工作台 工作台由上中下三层组成。上层为纵向工作台，可沿导轨作纵向移动，用来带动工件作纵向进给；中层为转台，可使纵向工作台在水平面内扳转一定角度(正、反向最大均可转动  $45^\circ$ )，用来铣削螺旋槽等；下层为横向工作台，可沿导轨作横向移动，用来带动转台和纵向工作台一起横向进给。

(5)升降台 升降台位于工作台下面，可带动整个工作台沿床身上的导轨作上下移动，用来调整工作台面和铣刀之间的距离，也可进行垂直进给。

(6)底座 底座用来固定和支撑床身和升降台，内部装有切削液。

## 2. X6125 万能卧式铣床调整及手柄使用

(1)主轴转速调整。改变主轴高、低速手柄 13 和变速手柄 16 的位置，可以得到从  $65 \sim 1800 \text{ r/min}$  的 16 种不同的转速。注意：变速时一定要停车，且在主轴停止旋转之后进行；若变速手柄扳不到正常位置，可按一下主轴点动按钮 14。

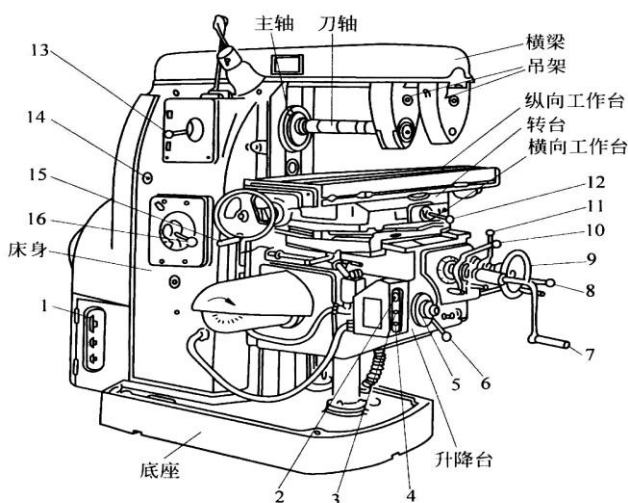


图 3 X6125 万能卧式铣床

1-总开关；2-主轴电机启动按钮；3-进给电机启动按钮；4-机床总停按钮；

5-进给高、低速调整盘；6-进给数码转盘手柄；7-升降手动手柄；

8-纵向、横向、垂向快动手柄；9-横向手动手轮；10-升降自动手柄；11-横向自动手柄；

12-纵向自动手柄；13-主轴高、低速手柄；14-主轴点动按钮；15-纵向手动手轮；16-主轴变速手柄

(2)进给量调整。先转动进给高、低速调整盘 5 指向蓝点(低速挡)或红点(高速挡),然后再扳转进给数码转盘手柄 6,可使工作台在纵向、横向和垂向分别得到 35~980mm/min 的 16 种不同的进给量。注意,垂向进给量只是数码转盘上所列数值的 1/2。

(3)手动手柄的使用。操作者面对铣床,顺时针摇动工作台左端纵向手动手轮 15,工作台向右移动;逆时针摇动,工作台向左移动。顺时针摇动横向手动手轮 9,工作台向前移动;逆时针摇动,工作台向后移动。顺时针摇动手动升降手柄 7,工作台上;逆时针摇动,工作台下。

(4)自动进给手柄的使用。在进给电机启动的状态下,向右扳动纵向自动手柄 12,工作台向右自动进给;向左扳动,工作台向左自动进给;中间是停止位置。向前推横向自动手柄 11,工作台向前进给;向后拉,工作台向后进给;中间是停止位置。向前推升降自动手柄 10,工作台向上进给;向后拉,工作台向下进给;中间是停止位置。

(5)快动手柄的使用。在某一方向自动进给状态下,向上提起快动手柄 8,即可得到工作台该方向的快速移动。注意:快动手柄只在表面的一次走刀完毕之后空程退刀时使用。

立式铣床:主轴与工作台垂直的铣床。

立铣和卧铣的主要区别是其主轴轴线与工作台面垂直。图 4 为 X5030 立式铣床。编号 X5030 中,X 表示铣床类,5 表示立铣,0 表示立式升降台铣床,30 表示工作台宽度的 1/10,即工作台的宽度为 3

#### 1、X5030 立式铣床主要组成部分

X5030 立铣的主要组成部分与 X6125 万能卧铣基本相同,除主轴所处位置不同外,它没有横梁、吊架和转台。铣削时,铣刀安装在主轴上,由主轴带动作旋转运动;工作台带动工件作纵向、横向或垂向的直线运动。

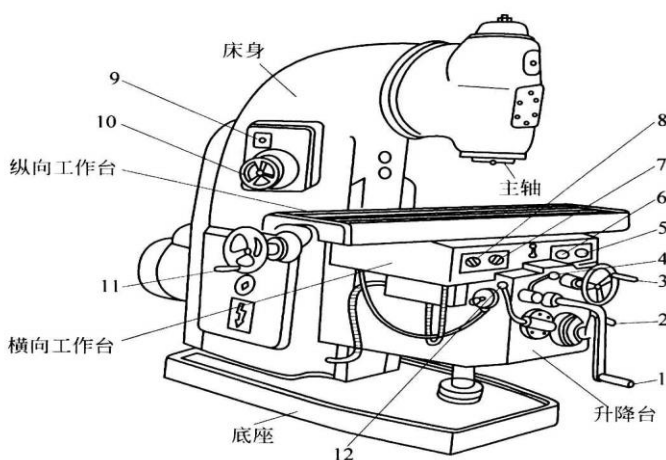


图 4 X5030 立式铣床

1-升降手动手柄；2-进给量调整手柄；3-横向手动手轮；4-纵、横、垂向自动进给选择手柄；5-机床启动按钮；6-机床总停按钮；7-自动进给换向旋钮；8-切削液泵开关旋钮；9-主轴点动按钮；10-主轴变速手轮；11-纵向手动手轮；12-快动手柄

## 2、X5030 立式铣床调整及手柄使用

(1)主轴转速调整。转动主轴变速手轮 10，可以得到从 40~1500r / min 的 12 种不同的转速。变速时必须停车，且在主轴停止旋转之后进行。若变速手轮转不到位，可按一下主轴点动按钮 9。

(2)进给量调整。顺时针扳转进给量调整手柄 2，可获得数码盘上标示的 18 种低速挡进给量；若先顺时针扳转手柄 2，然后逆时针锁紧，则可获得 18 种高速挡进给量。总共可得到从 5~800mm / min 的 36 种进给量。注意，垂向进给量只是数码盘所列数值的 1 / 3。

(3)手动手柄的使用。使用方法与 X6125 卧式铣床相同。操作者面对铣床，顺时针摇动工作台左端纵向手动手轮 11，工作台向右移动；反之则向左移动。顺时针摇动横向手动手轮 3，工作台向前移动；反之则向后移动。顺时针摇动升降手动手柄 1，工作台上升；反之则下降。

(4)自动进给手柄的使用。在机床启动的状态下，配合使用纵、横、垂向自动进给选择手柄 4 和进给换向旋钮 7。手柄 4 向右扳动，选择纵向自动进给，旋钮 7 向左转动则工作台向左进给，向右转动则向右进给；手柄 4 向左扳动，选择垂向自动进给，旋钮 7 向左转动则工作台向上进给，向右转动则向下进给；手柄 4 向前推，选择横向自动进给，旋钮 7 向左转动则工作台向前进给，向右转动则向后进给。手柄 4 和旋钮 7 的中间位置均为停止位置。

(5)快动手柄的使用。在机床启动和某一方向自动进给状态下，向外拉动快动手柄 12，即可得到工作台该方向的快速移动。快动手柄的用途与 X6125 卧铣相同，只在表面的一次走刀完毕之后空程退刀时使用。

龙门铣床：属于大型机床，用于加工卧式、立式铣床无法加工的大型工件。图 5 所示为龙门铣床的外形图。

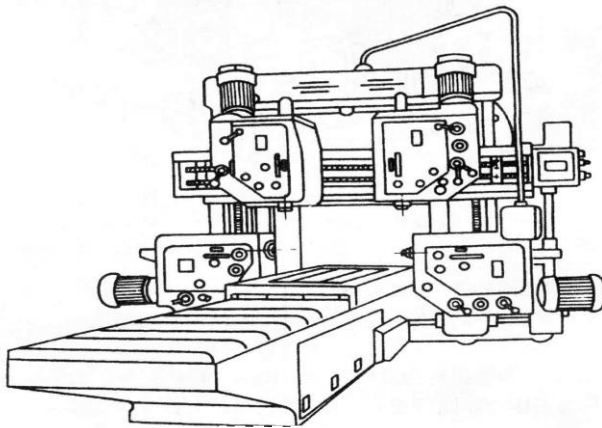


图 5 龙门铣床

## 五、铣刀及其安装

### 1、铣刀

铣刀是一种多齿刀具。在铣削过程中，铣刀旋转一周每个刀齿参加一次切削，其余时间处于非工作状态，因此刀具散热状况好，利于提高切削速度；同时有多个刀齿参加切削，所以生产率较高。铣刀整体虽然很复杂，但就一个刀齿的切削部分而言，其几何形状与功能都与车刀相似。刀齿材料有高速钢和硬质合金两种。

铣刀的分类方法很多，按照铣刀的装夹方法可分为两类，即带孔铣刀和带柄铣刀。带孔铣刀多用在卧式铣床上，带柄铣刀多用在立式铣床上。

#### 1) 带孔铣刀

(1)圆柱铣刀 如图 1-a)所示。刀齿分布在圆柱面的表面上，主要用于加工平面。标准圆柱铣刀有直齿和斜齿两种。

(2)圆盘铣刀 图 1-c)所示为三面刃铣刀，主要用于加工各种宽度的直槽、台阶面或小平面等。图 1-f)所示为锯片铣刀，主要用于铣窄槽和切断材料。

(3)角度铣刀 如图 1-j)、o)所示，有各种不同的角度，用以加工各种角度的沟槽及斜面等。

(4)成形铣刀 如图 1-g)、h)、i)所示，其刀齿切削刃呈曲线状，用于加工与切削刃相对应的成形面，如凹半圆、凸半圆、齿轮齿槽等。

#### 2) 带柄铣刀

(1)立铣刀 图 1-e)所示，多用于加工沟槽、小平面、台阶面、内凹面等。一般直径较小的柄部为圆柱形，称为直柄立铣刀；直径较大的柄部为圆锥形，称为锥柄立铣刀。

(2)键槽铣刀和 T 形槽铣刀 图 1-m)所示为键槽铣刀，用于加工轴上封闭式键槽。图 1-l)所示为 T 形槽铣刀，用于加工 T 形槽。

(3)镶齿端铣刀 图 1-d)所示，刀齿分布在圆盘端面上，用于加工较大平面。

### 2、铣刀的安装

#### 1) 带孔铣刀的安装

带孔铣刀多安装在长刀杆上，如图 6 所示。长刀杆一端有 7: 24 锥度，与铣床主轴锥孔配合，另一端安装在吊架孔中。安装刀具的刀杆部分，可根据铣刀孔的大小分为  $\phi 16$ 、 $\phi 22$ 、 $\phi 32$  等几种不同型号。

安装带孔铣刀时应注意以下几点：

①铣刀应尽可能靠近主轴或吊架，否则由于刀杆细长，切削时容易产生较大的弯曲变形；

②为减小铣刀的端面跳动，套筒的端面和铣刀的端面必须擦干净；

③拧紧刀杆端部螺母时，必须先装上吊架，以防止刀杆弯曲。



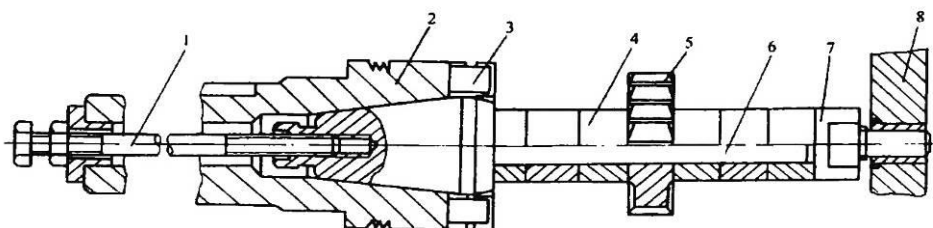


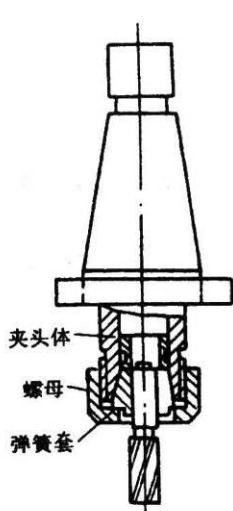
图6 带孔铣刀的安装

1-拉杆；2-主轴；3-端面键；4-套筒；5-铣刀；6-刀杆；7-螺母；8-吊架

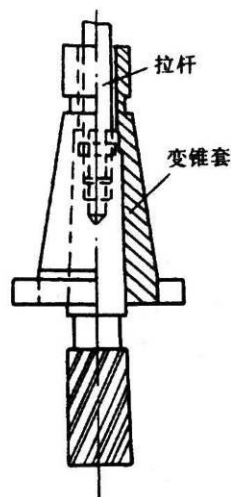
## 2) 带柄铣刀的安装

(1)直柄立铣刀的安装 如图7-a)所示，铣刀的柱柄插入弹簧套的光滑圆孔中，用螺母压紧弹簧套的端面，使弹簧套的外锥面受压而缩小内孔径，从而夹紧铣刀刀柄。弹簧套有多种孔径，以安装不同尺寸的立铣刀。这种夹头可以安装 $\phi 20$  以内的直柄立铣刀。

(2)锥柄立铣刀的安装 如图7-b)所示，根据铣刀锥柄的大小，选择合适的变锥套，将配合锥面擦干净。安装时，先将铣刀柄插入变锥套，再把变锥套插入铣床主轴锥孔中，最后用拉杆把变锥套连同铣刀一起拉紧在主轴上。



a)直柄立铣刀的安装



b)锥柄立铣刀的安装

图7 带柄铣刀的安装

## 六、铣床附件

铣床常用附件有平口钳、回转工作台、分度头和万能铣头。其中前三种附件用于安装工件，万能铣头用于安装刀具。

### 1、平口虎钳

如图 6-12 所示，平口虎钳上有固定钳口和活动钳口，通过转动丝杆带动活动钳口夹紧不同宽度的工件。

## 2、回转工作台

回转工作台又称转盘、平分盘或圆形工作台，其外形如图 8 所示。回转工作台内部有一套蜗轮蜗杆传动机构。摇动手轮 4，通过蜗杆轴 3 直接带动与转台 2 相连接的蜗轮转动，从而使转台转动。转台周围有刻度，可以用来观察和确定转台位置。拧紧螺钉 5，转台即被锁定。转台中央有一孔，利用它可以方便地确定工件的回转中心。当底座 1 上的槽与铣床工作台上的 T 形槽对齐后，即可用螺栓把回转工作台固定在铣床工作台上。

铣圆弧槽时，工件安装在回转工作台上，如图 6-9 所示，首先找正工件上的圆弧槽回转中心，使之与转台中心重合，然后夹紧工件。铣刀旋转，用手均匀缓慢地摇动手轮即可铣出圆弧槽。

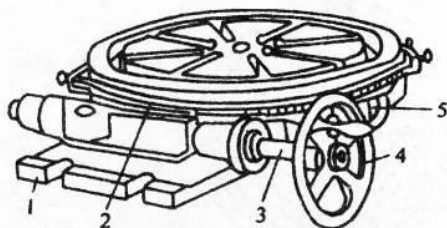


图 8 回转工作台

1-底座；2-转台；3-蜗杆轴；4-手轮；5-螺钉

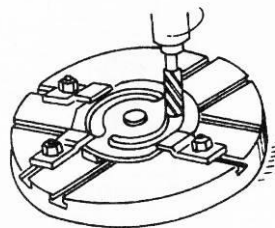


图 9 铣圆弧槽

## 3、分度头

在铣削加工中，经常遇到铣方头、花键槽、齿轮等。这时，工件每铣过一个面或一个槽之后，需转过一个角度，再铣第二面或第二槽，依此类推，这种工作叫分度。在铣床上用来分度的机构就是分度头。它可以对工件在水平、垂直或倾斜位置进行分度。分度头还可以配合工作台的移动使工件连续转动，从而铣出螺旋槽，如铣螺旋齿轮、麻花钻等。

## 七、铣工安全操作守则

1. 进入实训场地必须穿戴工作服，操作时不准戴手套，女同学须戴工作帽；不准穿裙子，高跟鞋，拖鞋。
2. 操作时，不许触摸旋转的部件。
3. 离开机床时，要停车向老师报告；出现事故要停车请示指导老师，不要擅自处理。
4. 开车前要检查各手柄位置是否正确。
- 5 切削时先开车，如中途停车应先停止进给，才能退刀，然后再停车。

- 6.开车时，不准测量部件，不准用棉纱擦拭部件，也不准用手触摸部件。
- 7.工作台上不准堆积过多的铁屑。工作台及轨面上禁止摆放工具或其它物件，工具应放在指定位置。
- 8.切削中，禁止用毛刷在与刀具转向相同的方向清理铁屑或加冷却液。
- 9.机床变速、更换铣刀以及测量工件尺寸时，必须停车。
- 10.严禁两个方向同时自动进给。
- 11.铣刀距离工件 10 毫米内，禁止快速进刀，不得连续点动快速进刀。
- 12.经常注意各部件润滑情况，如发现各运转的联接件有异常情况或异常声音应立即停车报告。
- 13.工作结束后，将各手柄摇到零位，关闭总电源开关，将工、卡量具擦净放好；擦净机床，做到工作场地清洁整齐。

## 第二节 铣削加工

一、训练项目：手锤头坯料。

二、产品图纸

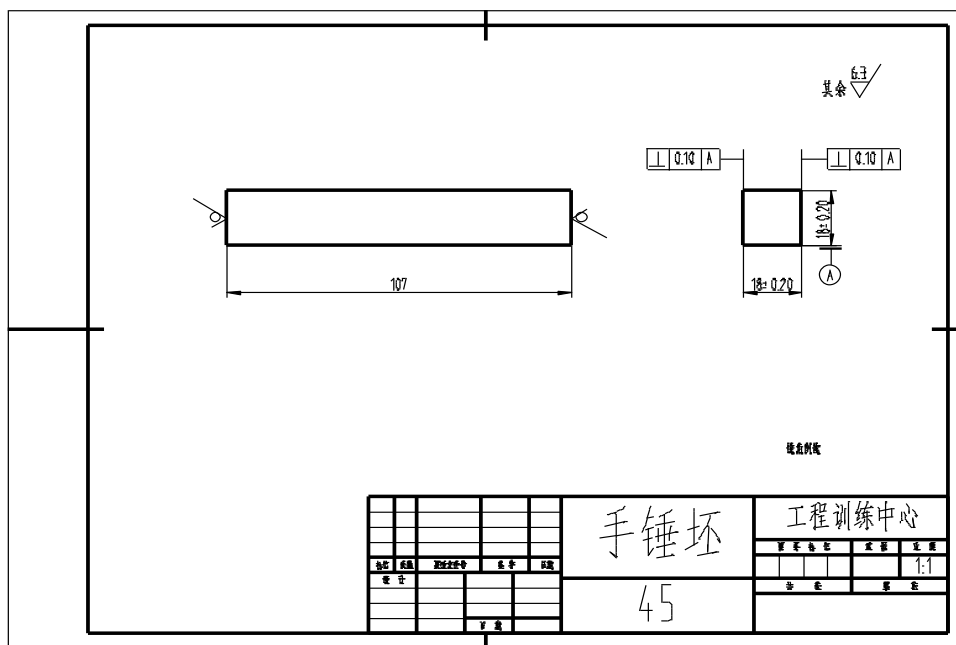


图 10 手锤坯

## 三、工艺及步骤

表 1 工艺卡片

序号	工种	加 工 过 程	量具	机床
1	锯	下料尺寸： $\phi 28 \times 107$	钢板尺	锯床
2	铣	粗铣至尺寸： $20 \pm 0.4 \times 20 \pm 0.4$		
		①用平口虎钳装夹，铣第一基准面	目测	铣床
		②用平口虎钳装夹，以第一面为基准铣第二面，保证两面垂直	直角尺	铣床
		③用平口虎钳装夹，以铣后基准角为基准铣第三面，保证尺寸 $20 \pm 0.4$	游标卡尺	铣床
		④用平口虎钳装夹，铣第四面，保证尺寸 $20 \pm 0.4$	游标卡尺	铣床
		精铣至尺寸： $18 \pm 0.2 \times 18 \pm 0.2$		
		①用平口虎钳装夹，铣第一基准面	目测	铣床
		②用平口虎钳装夹，以第一面为基准铣第二面，保证两面垂直	直角尺	铣床
		③用平口虎钳装夹，以铣后基准角为基准铣第三面，保证尺寸 $18 \pm 0.2$	游标卡尺	铣床
		④用平口虎钳装夹，铣第四面，保证尺寸 $18 \pm 0.2$	游标卡尺	铣床
3	检	成品检验	游标卡尺	