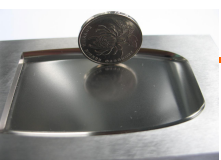
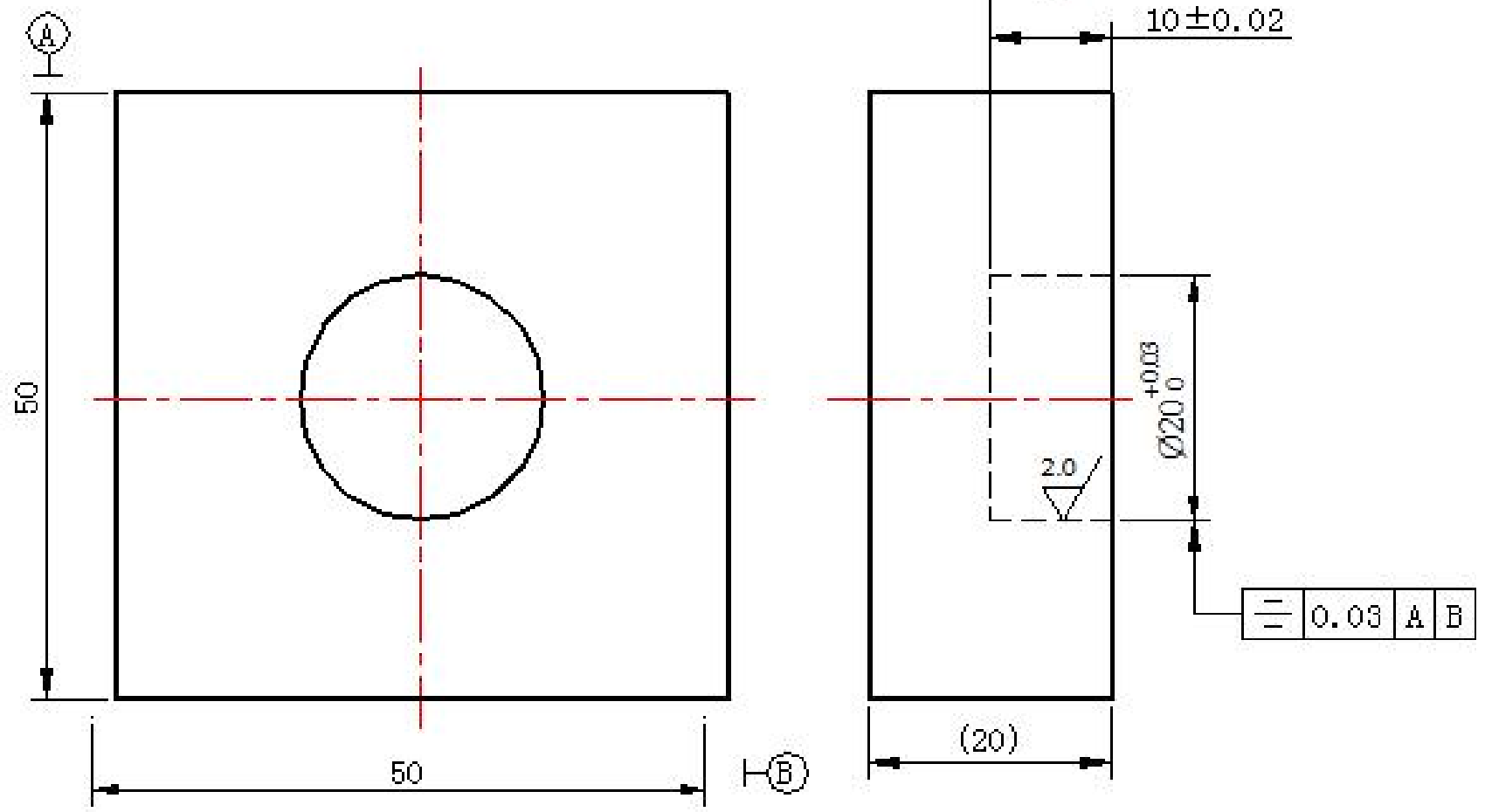




# 1. 项目导入

其余Ra2.0





## 项目分析

|   | 零件要求           | 实施要点                          | 相关知识   |
|---|----------------|-------------------------------|--|
| 1 | 表面光滑，<br>表面粗糙度 | 先粗加工后精加工                      | 1. ISO代码；<br>2. 电极的精确定位方法；<br>3. 电火花加工方法<br>4. 电极的平动 |
| 2 | 位置尺寸精<br>度要求高  | 电极的精确定位<br>工件的校正方法<br>电极的校正方法 |  |
| 3 | 形状尺寸精<br>度高    | 先粗加工再精加工<br>电极的平动             |  |





## 二、相关知识

### (一) 电火花加工方法

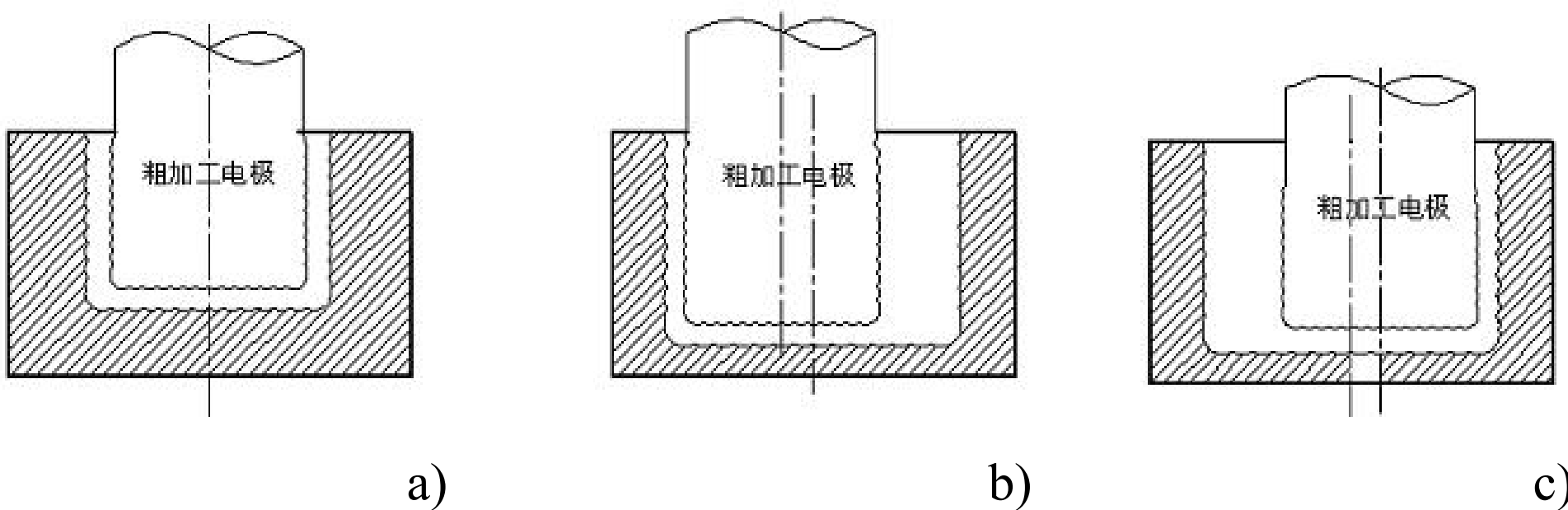
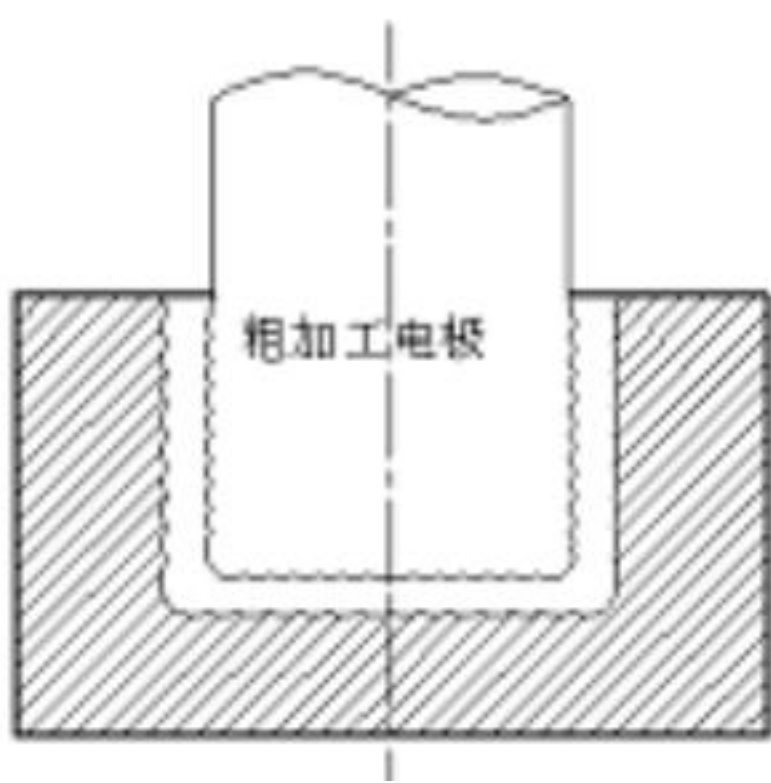


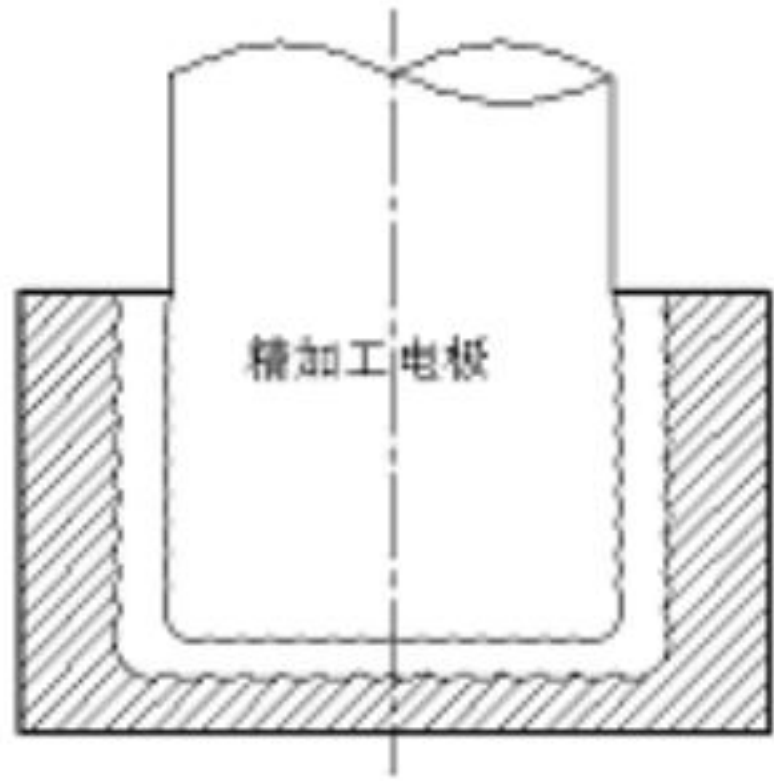
图4-2 单工具电极直接成型法

a) 粗加工 b) 精加工型腔（左侧） c) 精加工型腔（右侧）





(a)



(b)

图4-3 多电极更换法

(a) 粗加工

(b) 更换大电极精加工





分解电极加工法



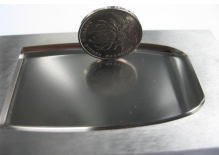


## (二) 电极的平动

### 1. 自由平动:

- 所谓自由平动，即主轴在加工时，其它二轴反复进行特定程序的合成动作。这种加工方法简称为自由平动。共有五种平动轨迹。
- 自由平动只需输入平动方式和平动半径

| 图形<br>伺服平面 |        | 不平动 |  |  |  |  |  |
|------------|--------|-----|---|--|---|---|---|
|            |        |     |   |  |   |   |   |
| 自由平动       | XOY 平面 | 000 | 001   | 002  | 003   | 004   | 005   |
|            | XOZ 平面 | 010 | 011   | 012  | 013   | 014   | 015   |
|            | YOZ 平面 | 020 | 021   | 022  | 023   | 024   | 025   |





## 2. 伺服平动:

所谓伺服平动即主轴加工到指定深度后，再做扩大运动。有圆形和**20**边以内的正多边形。

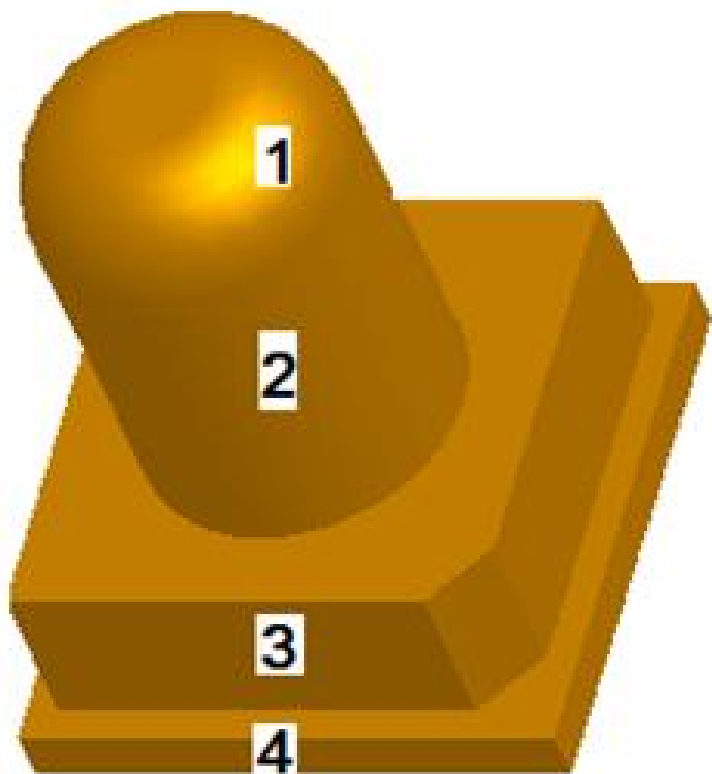
- 开始角度:** 起始轨迹与X正向的夹角。
- 平动半径:** 输入平动的半径或矢量的长度。  
范围0—5mm。
- 角数:** 输入正多边形的角数，数值1—20。  
圆形伺服平动无需输入





## (三) 电火花的设计

### 1. 电极的结构形式

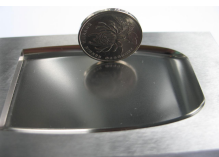


1-加工部分；

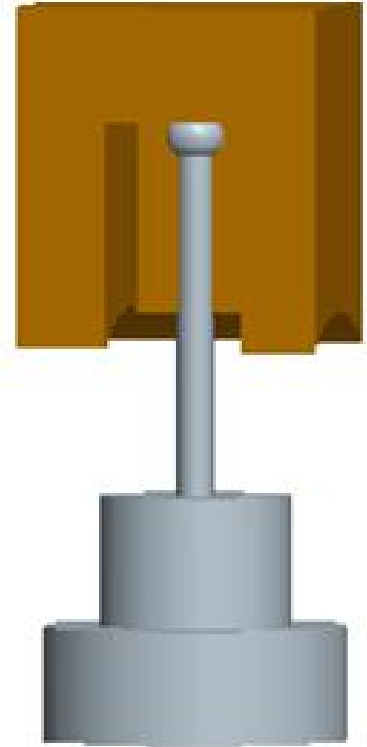
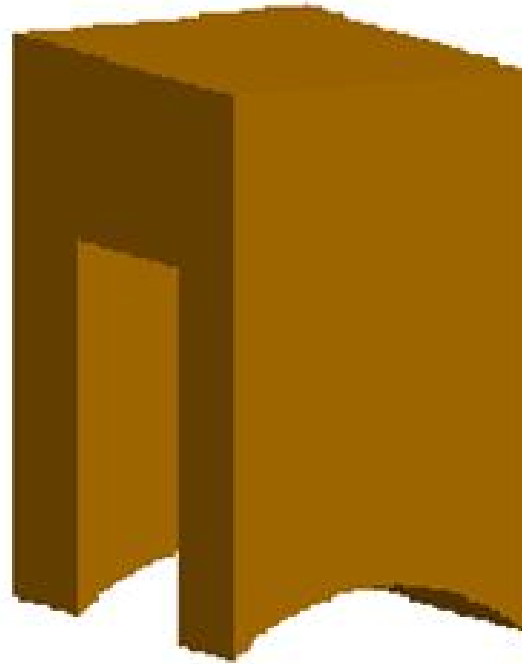
2-延伸部分；

3-校正部分；

4-装夹部分。

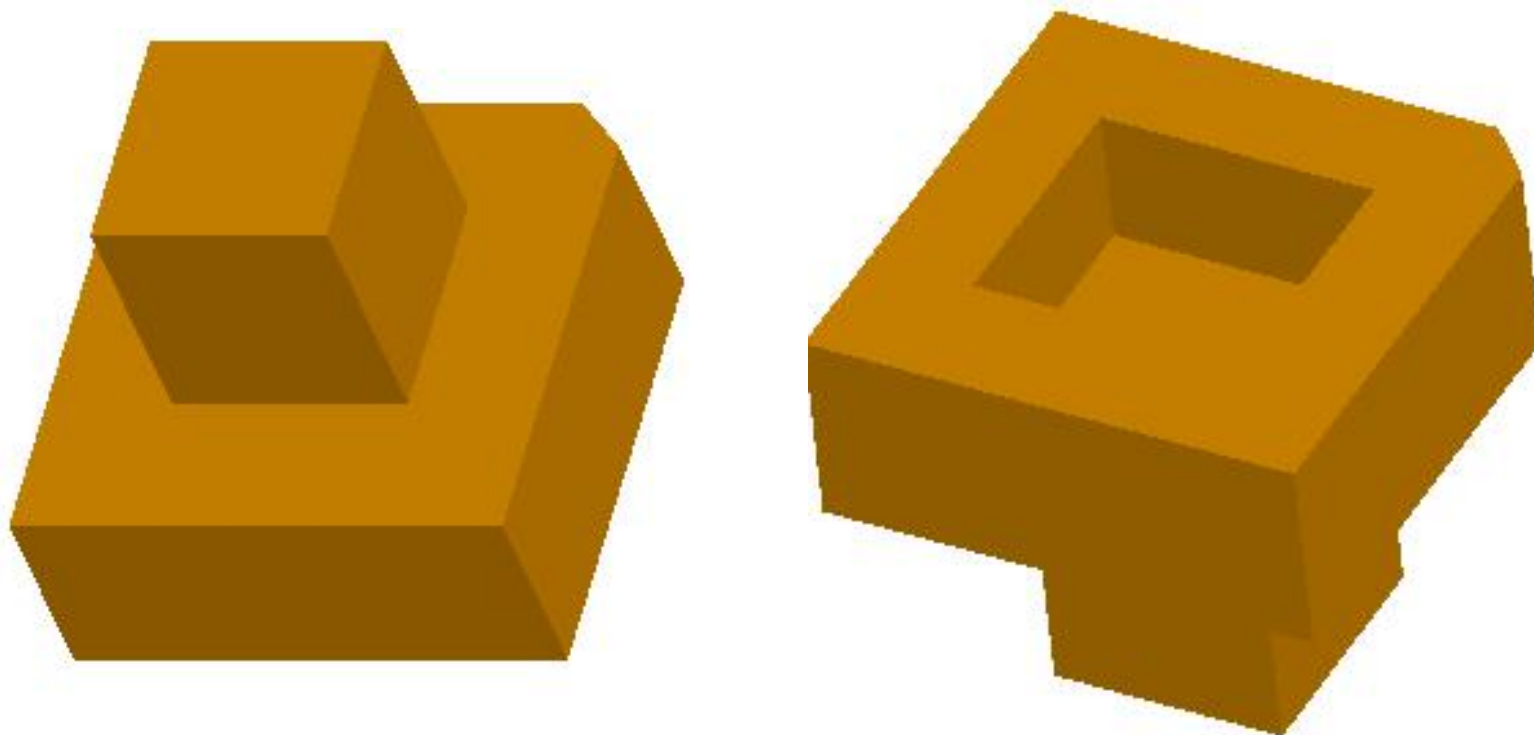






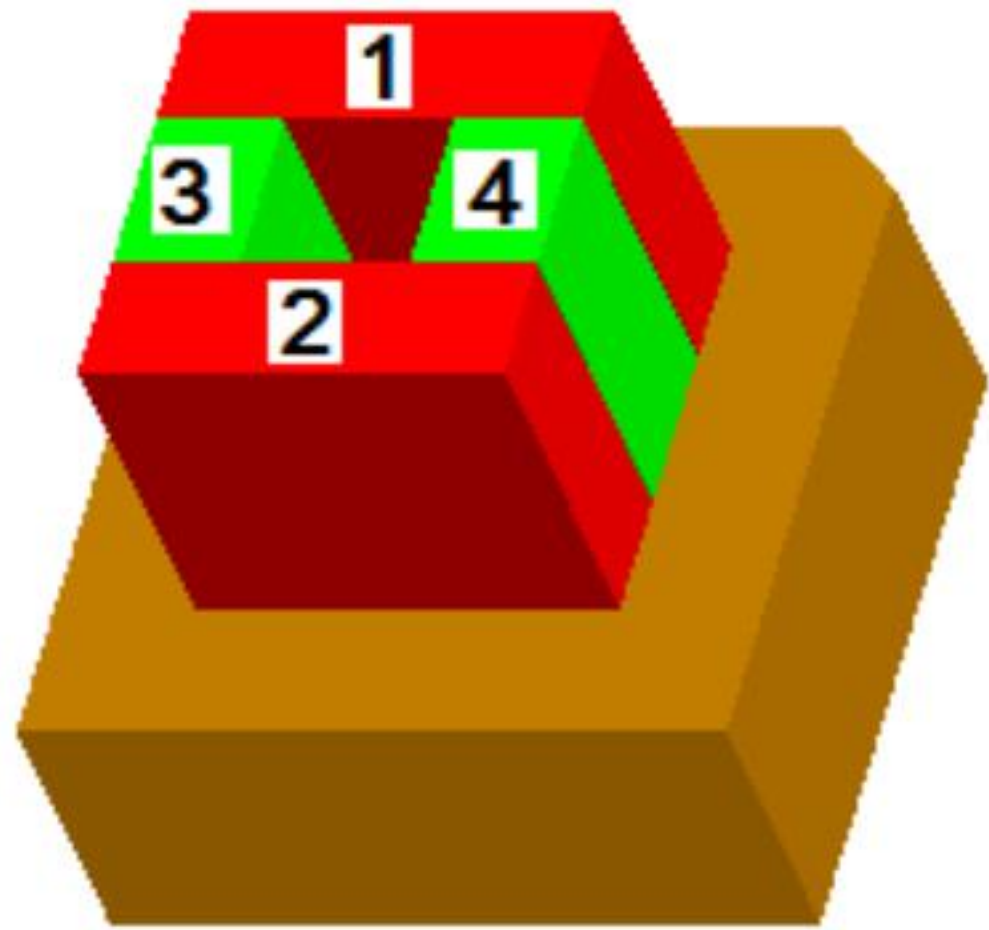


## 1) 整体电极





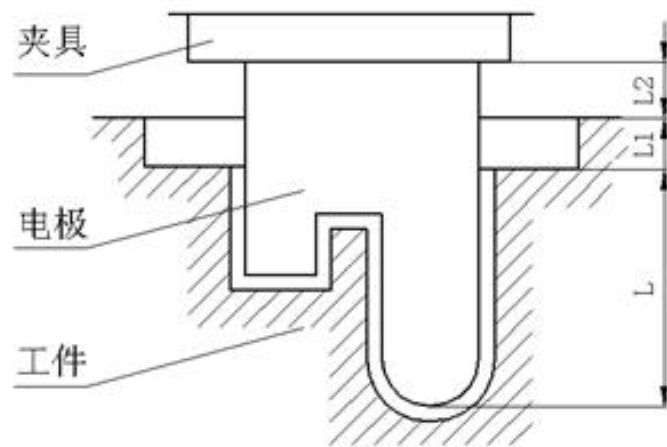
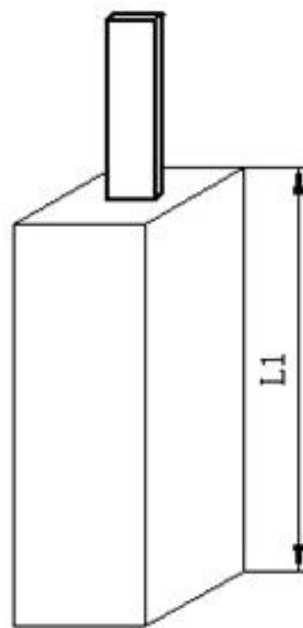
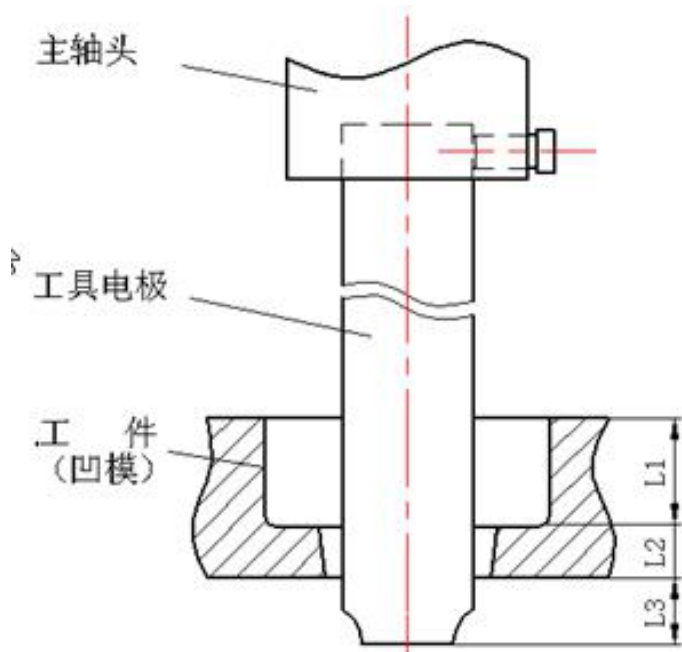
## 2) 镶拼电极





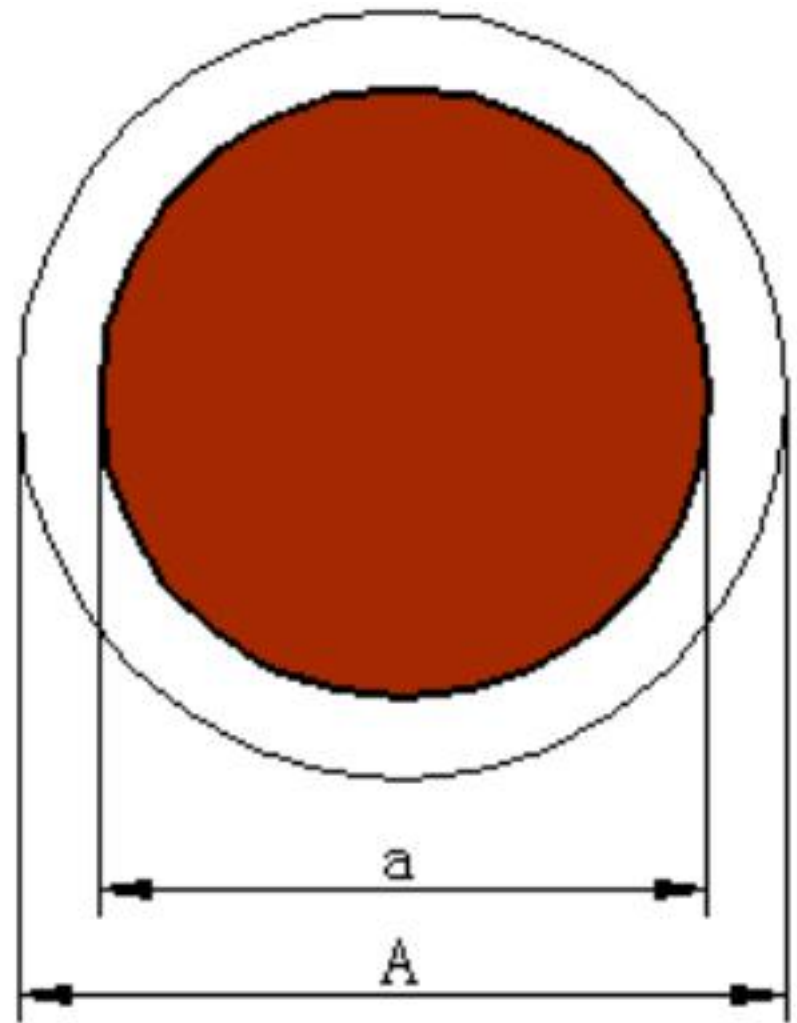
## 2. 电极的尺寸

### 1) 电极的垂直尺寸





## 2) 电极的水平尺寸



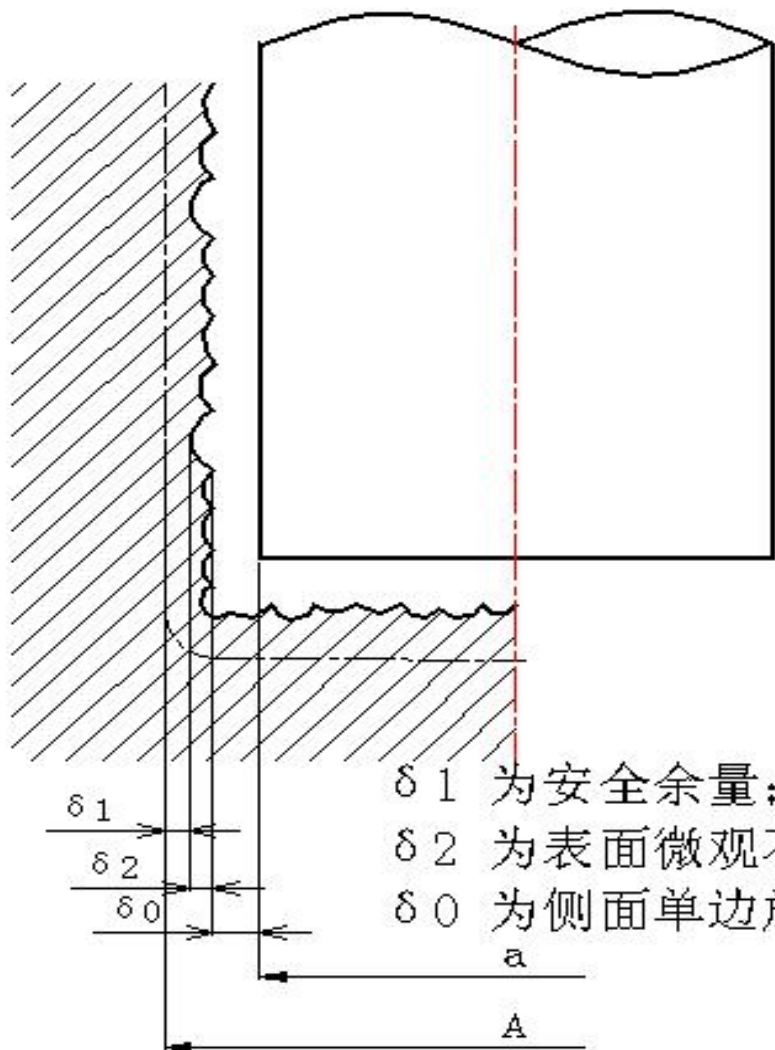


## 电极的减寸量

无平动时，精加工  $2\delta_0$ ；

粗加工时，主要由安全间隙  $M$  决定。

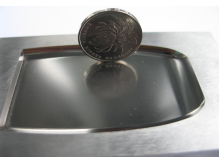
$$M = 2 \times (\delta_0 + \delta_1 + \delta_2)$$





## 注NOTICE意

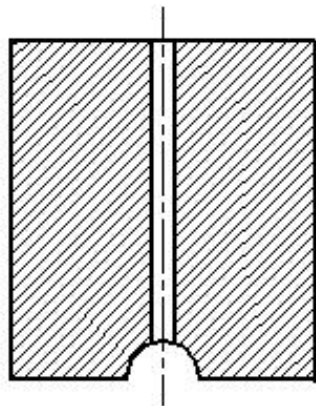
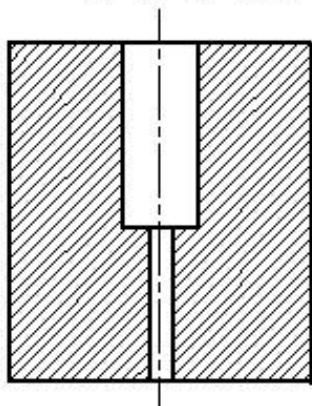
如果工件加工后需要抛光，那么在水平尺寸的确定过程中需要考虑抛光余量等再加工余量。在一般情况下，加工钢时，抛光余量为精加工粗糙度 $R_{max}$ 的3倍；加工硬质合金钢时，抛光余量为精加工粗糙度 $R_{max}$ 的5倍。



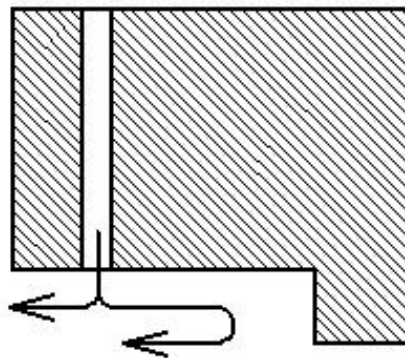


### 3) 电极的排气孔和冲油孔

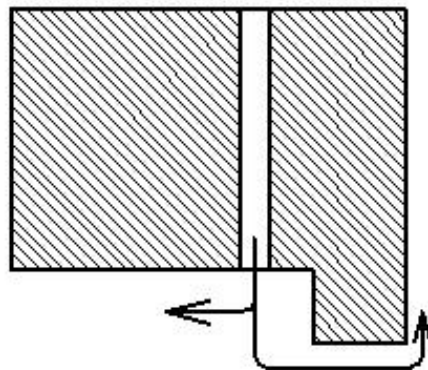
在电极端部有凹入部位开排气孔



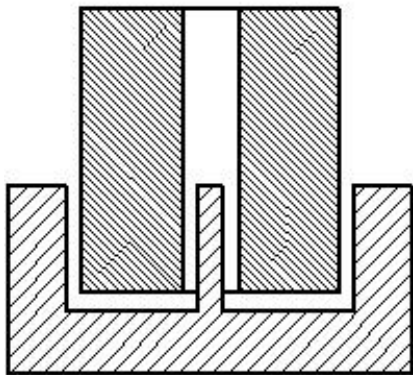
冲液困难



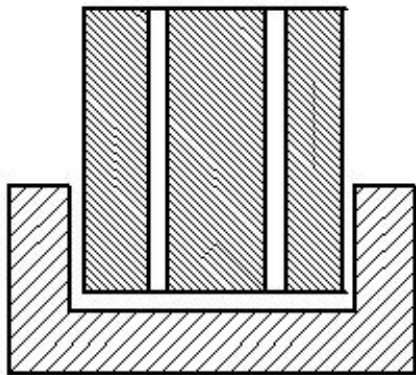
冲液较好



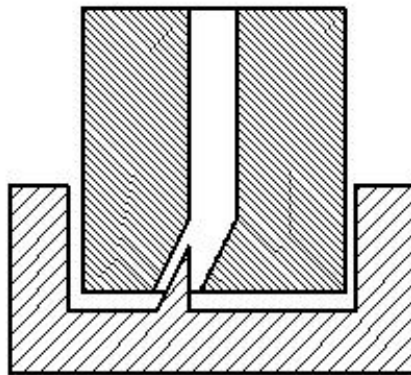
冲液孔过大，出现铁屑



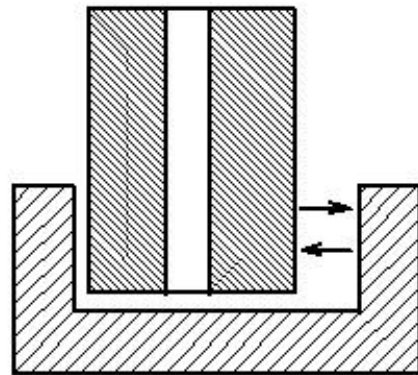
小冲液孔 (直径 < 2 倍单边放电间隙)



倾斜冲液孔



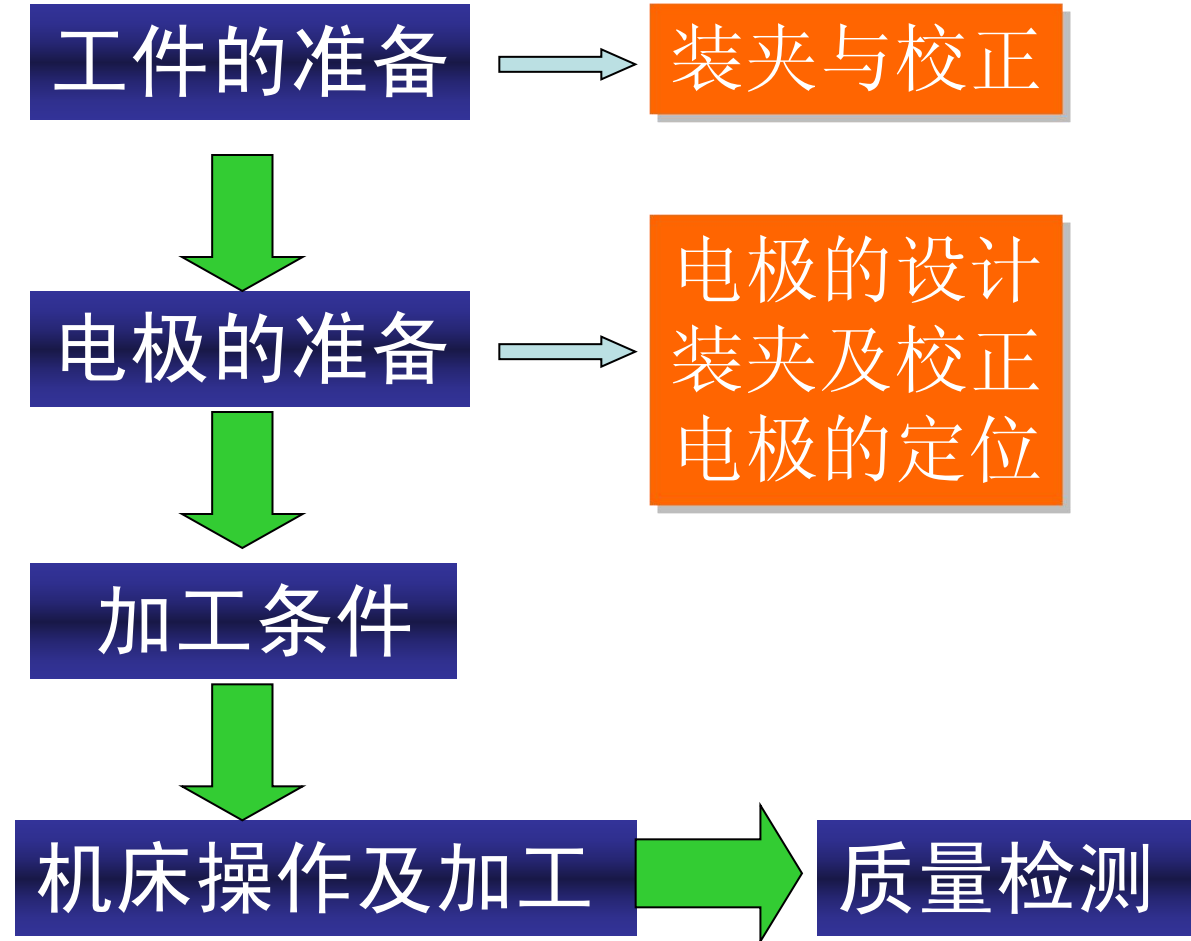
平动 (电极必须小一点)







# 三、项目实施



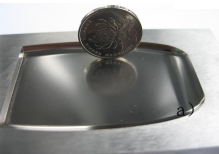
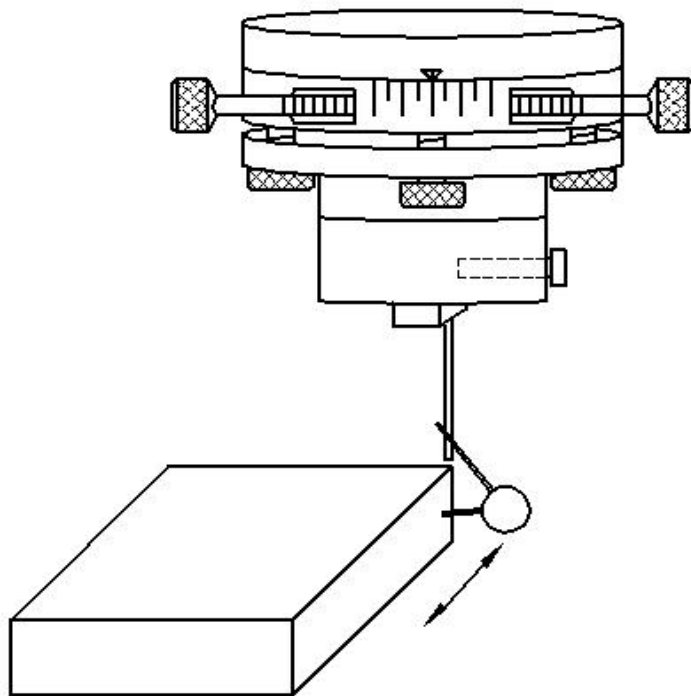
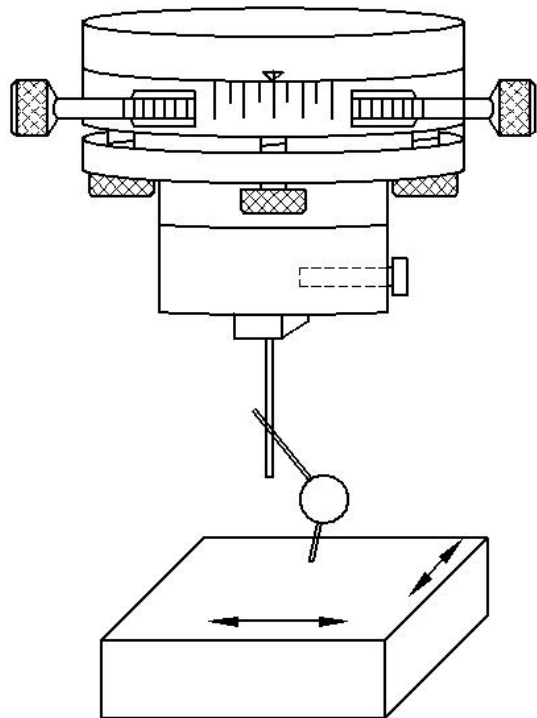


# (一) 加工准备

## 1. 工件的准备

### 1) 工件材料的选用

### 2) 工件的准备



b)



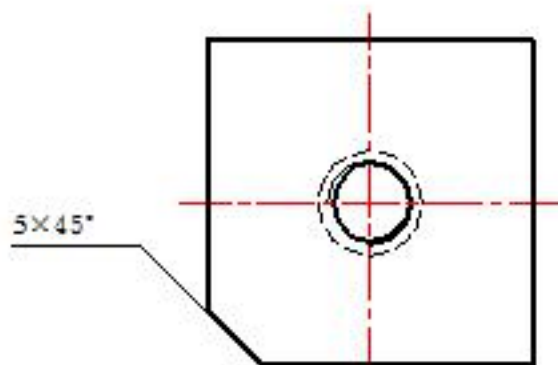
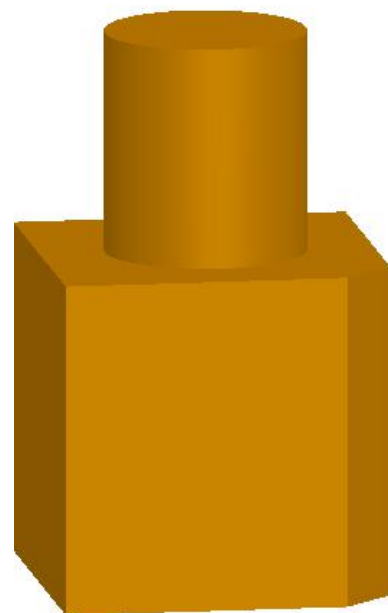
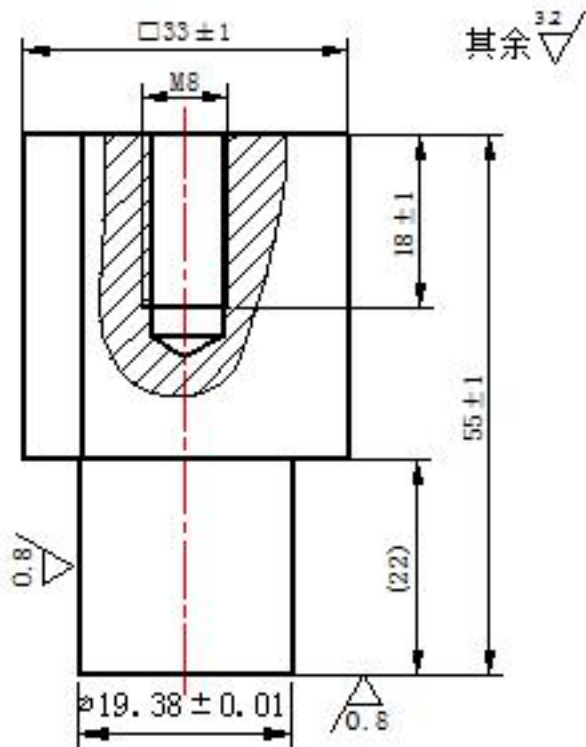
## 2. 电极的准备

1) 电极材料选择

2) 电极的设计

3) 结构分析

4) 尺寸分析



说明  
单位: mm  
材料: 紫铜

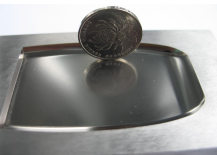




表 4-3 铜打钢（标准型参数表）

| 条件号 | 面积<br>cm <sup>2</sup> | 安全<br>间隙<br>mm | 放电<br>间隙<br>mm | 加工<br>速度<br>mm <sup>3</sup> /Min | 损<br>耗<br>% | 侧<br>面<br>Ra | 底<br>面<br>Ra | 极<br>性 | 电<br>容 | 高<br>压<br>管数 | 管<br>数 | 脉<br>冲<br>间<br>隙 | 脉<br>冲<br>宽<br>度 | 模<br>式 | 损<br>耗<br>类<br>型 | 伺<br>服<br>基<br>准 | 伺<br>服<br>速<br>度 | 极<br>限<br>值      |                  |
|-----|-----------------------|----------------|----------------|----------------------------------|-------------|--------------|--------------|--------|--------|--------------|--------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|     |                       |                |                |                                  |             |              |              |        |        |              |        |                  |                  |        |                  |                  |                  | 脉<br>冲<br>间<br>隙 | 伺<br>服<br>基<br>准 |
| 121 |                       | 0.045          | 0.040          |                                  |             | 1.1          | 1.2          | +      | 0      | 0            | 2      | 4                | 8                | 8      | 0                | 80               | 8                |                  |                  |
| 123 |                       | 0.070          | 0.045          |                                  |             | 1.3          | 1.4          | +      | 0      | 0            | 3      | 4                | 8                | 8      | 0                | 80               | 8                |                  |                  |
| 124 |                       | 0.10           | 0.050          |                                  |             | 1.6          | 1.6          | +      | 0      | 0            | 4      | 6                | 10               | 8      | 0                | 80               | 8                |                  |                  |
| 125 |                       | 0.12           | 0.055          |                                  |             | 1.9          | 1.9          | +      | 0      | 0            | 5      | 6                | 10               | 8      | 0                | 75               | 8                |                  |                  |
| 126 |                       | 0.14           | 0.060          |                                  |             | 2.0          | 2.6          | +      | 0      | 0            | 6      | 7                | 11               | 8      | 0                | 75               | 10               |                  |                  |
| 127 |                       | 0.22           | 0.11           | 4.0                              |             | 2.8          | 3.5          | +      | 0      | 0            | 7      | 8                | 12               | 8      | 0                | 75               | 10               |                  |                  |
| 128 | 1                     | 0.28           | 0.165          | 12.0                             | 0.40        | 3.7          | 5.8          | +      | 0      | 0            | 8      | 11               | 15               | 8      | 0                | 75               | 10               | 5                | 52               |
| 129 | 2                     | 0.38           | 0.22           | 17.0                             | 0.25        | 4.4          | 7.4          | +      | 0      | 0            | 9      | 13               | 17               | 8      | 0                | 75               | 12               | 6                | 52               |
| 130 | 3                     | 0.46           | 0.24           | 26.0                             | 0.25        | 5.8          | 9.8          | +      | 0      | 0            | 10     | 13               | 18               | 8      | 0                | 70               | 12               | 6                | 50               |
| 131 | 4                     | 0.61           | 0.31           | 46.0                             | 0.25        | 7.0          | 10.2         | +      | 0      | 0            | 11     | 13               | 18               | 8      | 0                | 70               | 12               | 5                | 48               |
| 132 | 6                     | 0.72           | 0.36           | 77.0                             | 0.25        | 8.2          | 12           | +      | 0      | 0            | 12     | 14               | 19               | 8      | 0                | 65               | 15               | 5                | 48               |
| 133 | 8                     | 1.00           | 0.53           | 126.0                            | 0.15        | 12.2         | 15.2         | +      | 0      | 0            | 13     | 14               | 22               | 8      | 0                | 65               | 15               | 5                | 45               |
| 134 | 12                    | 1.06           | 0.544          | 166.0                            | 0.15        | 13.4         | 16.7         | +      | 0      | 0            | 14     | 14               | 23               | 8      | 0                | 58               | 15               | 7                | 45               |
| 135 | 20                    | 1.581          | 0.84           | 261.0                            | 0.15        | 15.0         | 18.0         | +      | 0      | 0            | 15     | 16               | 25               | 8      | 0                | 58               | 15               | 8                | 45               |

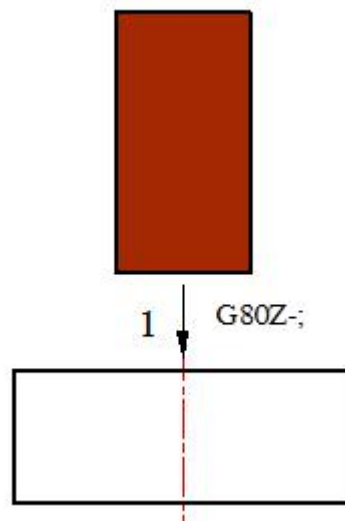
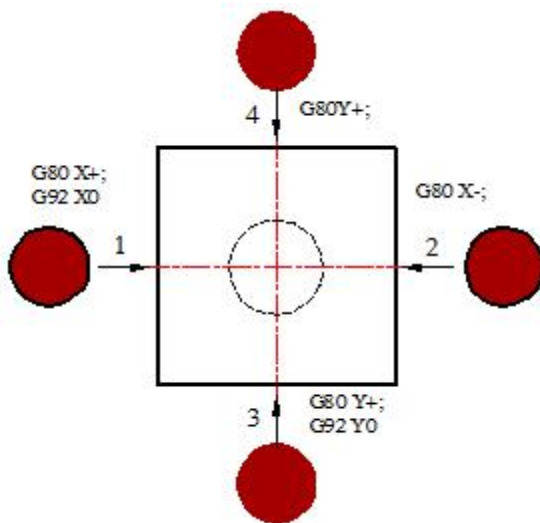
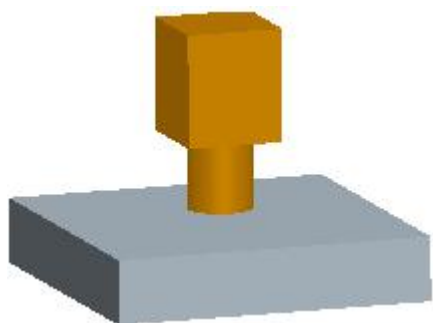
$$A=3.14 \times 1=3.14$$

$$20-0.61=19.39\text{mm}$$



5) 电极装夹与校正

6) 电极的定位





### 3.加工条件的选择

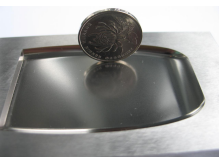
理想尺寸为  $\phi 19.39\text{mm}$

设计尺寸为  $\phi 19.38 \pm 0.01\text{mm}$

实际电极尺寸为**19.41**

**19.39**

**19.37**





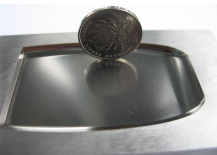
# 实际电极尺寸为19.41

表 4-3 铜打钢（标准型参数表）

| 条件号 | 面积<br>cm <sup>2</sup> | 安全间隙<br>mm | 放电间隙<br>mm | 加工速度<br>mm <sup>3</sup> /Min | 损耗<br>% | 侧面<br>Ra | 底面<br>Ra | 极性 | 电容 | 高压<br>管数 | 管数 | 脉冲<br>间隙 | 脉冲<br>宽度 | 模式 | 损耗<br>类型 | 伺服<br>基准 | 伺服<br>速度 | 极限值      |          |
|-----|-----------------------|------------|------------|------------------------------|---------|----------|----------|----|----|----------|----|----------|----------|----|----------|----------|----------|----------|----------|
|     |                       |            |            |                              |         |          |          |    |    |          |    |          |          |    |          |          |          | 脉冲<br>间隙 | 伺服<br>基准 |
| 121 |                       | 0.045      | 0.040      |                              |         | 1.1      | 1.2      | +  | 0  | 0        | 2  | 4        | 8        | 8  | 0        | 80       | 8        |          |          |
| 123 |                       | 0.070      | 0.045      |                              |         | 1.3      | 1.4      | +  | 0  | 0        | 3  | 4        | 8        | 8  | 0        | 80       | 8        |          |          |
| 124 |                       | 0.10       | 0.050      |                              |         | 1.6      | 1.6      | +  | 0  | 0        | 4  | 6        | 10       | 8  | 0        | 80       | 8        |          |          |
| 125 |                       |            |            |                              |         |          |          |    |    |          |    |          |          |    |          |          |          |          |          |
| 126 |                       |            |            |                              |         |          |          |    |    |          |    |          |          |    |          |          |          |          |          |
| 127 |                       |            |            |                              |         |          |          |    |    |          |    |          |          |    |          |          |          |          |          |
| 128 | 1                     | 0.28       | 0.165      | 12.0                         | 0.40    | 3.7      | 5.8      | +  | 0  | 0        | 8  | 11       | 15       | 8  | 0        | 75       | 10       | 5        | 52       |
| 129 | 2                     | 0.38       | 0.22       | 17.0                         | 0.25    | 4.4      | 7.4      | +  | 0  | 0        | 9  | 13       | 17       | 8  | 0        | 75       | 12       | 6        | 52       |
| 130 | 3                     | 0.46       | 0.24       | 26.0                         | 0.25    | 5.8      | 9.8      | +  | 0  | 0        | 10 | 13       | 18       | 8  | 0        | 70       | 12       | 6        | 50       |
| 131 | 4                     | 0.61       | 0.31       | 46.0                         | 0.25    | 7.0      | 10.2     | +  | 0  | 0        | 11 | 13       | 18       | 8  | 0        | 70       | 12       | 5        | 48       |

电极尺寸宁小勿

大！





加工条件 C130-C129-C128-C127-C126-C125

平动半径的确定：平动半径为电极尺寸收缩量的一半

E079
加工
放电加工

Job Name: TEMP\_NC  
程序号 0

|    |    |        |    |  |  |
|----|----|--------|----|--|--|
| 1  | 放电 | -1.000 | 13 |  |  |
| 2  |    |        | 14 |  |  |
| 3  |    |        | 15 |  |  |
| 4  |    |        | 16 |  |  |
| 5  |    |        | 17 |  |  |
| 6  |    |        | 18 |  |  |
| 7  |    |        | 19 |  |  |
| 8  |    |        | 20 |  |  |
| 9  |    |        | 21 |  |  |
| 10 |    |        | 22 |  |  |
| 11 |    |        | 23 |  |  |
| 12 |    |        | 24 |  |  |

按【Home】键返回

|      |         |       |         |
|------|---------|-------|---------|
| 条件号  | : 100   | 抬刀速度  | : 1     |
| 脉冲宽度 | : 02    | 放电时间  | : 20    |
| 脉冲间隙 | : 02    | 抬刀高度  | : 02    |
| 管数   | : 03    | 平动类型  | : 000   |
| 伺服基准 | : 85    | 平动半径  | : 0000  |
| 高压管数 | : 00    | 模拉弧基准 | : 08    |
| 电极容性 | : -     | 拉弧类型  | : 00    |
| 伺服速度 | : 08    | R轴转速  | : 00    |
| 安全间隙 | : 0.009 | 放电间隙  | : 0.009 |
| 底面Ra | : 0.86  | 侧面Ra  | : 0.86  |

|        |       |
|--------|-------|
| 条件号    | 100   |
| No.=01 |       |
| 平动类型   | 圆形    |
| 开始角度   | 0.000 |
| 平动半径   | 0.200 |
| 角数     | 00    |
| 间隙补偿量  | 放电间隙  |

装入  
1

存贮  
2

删除  
3

放电加工  
4

放电记录  
5

单段加工  
6

文件加工  
7

设零  
8







表 4-4 加工条件与底面留量对应表

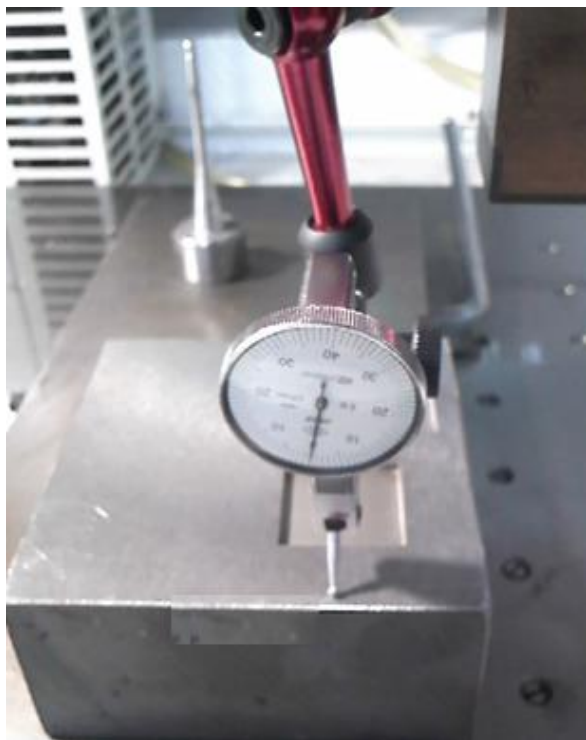
单位 mm

| 加工条件<br>项 目 | C130                          | C129                          | C128                            | C127                           | C126                          | C125                           |
|-------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| 底 面 留 量     | 0.23                          | 0.19                          | 0.14                            | 0.11                           | 0.07                          | 0.0275                         |
| 电极在 Z 方向位置  | -10+0.23                      | -10+0.19                      | -10+0.14                        | -10+0.11                       | -10+0.07                      | -10+0.0275                     |
| 放电间隙        | 0.24                          | 0.22                          | 0.165                           | 0.11                           | 0.06                          | 0.055                          |
| 该条件加工完后孔深   | -10+0.23<br>-0.24/2<br>=-9.89 | -10+0.19<br>-0.22/2<br>=-9.92 | -10+0.14<br>-0.165/2<br>=-9.943 | -10+0.11<br>-0.11/2<br>=-9.945 | -10+0.07<br>-0.06/2<br>=-9.96 | -10+0.0275<br>-0.055/2<br>=-10 |
| Z 方向加工量     | 9.89                          | 0.03                          | 0.023                           | 0.002                          | 0.015                         | 0.04                           |





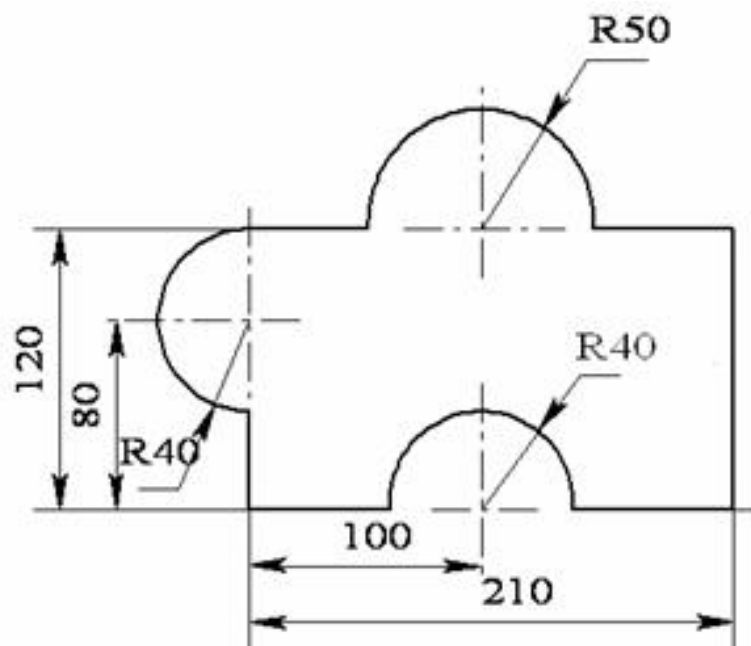
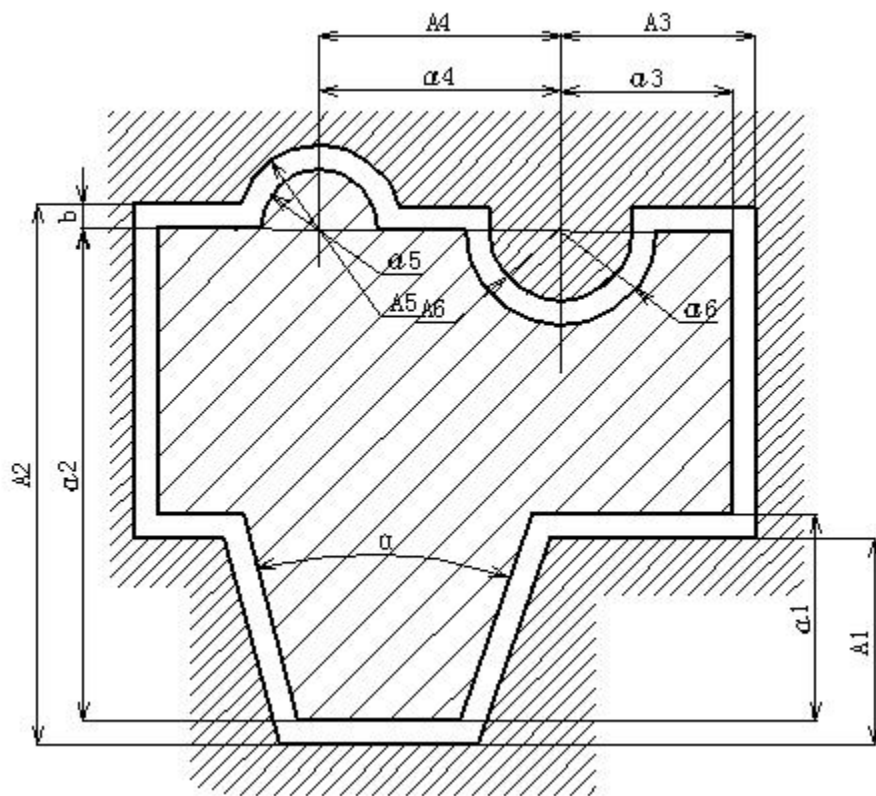
# (二) 加工





# 四、拓展知识

## (一) 复杂电极的水平尺寸

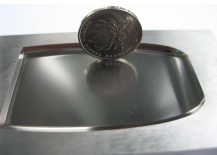




## (二) 电参数对加工速度的影响

体积加工速度  $v_w = V / t$  ( $mm^3 / min$ )

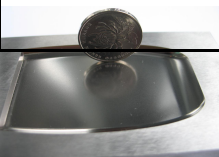
1. 脉冲宽度的影响
2. 脉冲间隔的影响
3. 峰值电流的影响





### (三) 电参数对电极损耗的影响

| 因素   | 说明  | 减少损耗条件                     |
|------|---|----------------------------|
| 脉宽宽度 | 脉宽愈大，损耗愈小，至一定数值后，损耗可降低至小于1%                   | 脉宽足够大                      |
| 峰值电流 | 峰值电流增大，电极损耗增加                                 | 减小峰值电流                     |
| 加工面积 | 影响不大  | 大于最小加工面积                   |
| 极性   | 影响很大。应根据不同电源、不同电规准、不同工作液和不同的电极材料、工件材料，选择合适的极性 | 一般脉宽大时用正极性，小时用负极性，钢电极用负极性。 |
| 电极材料 | 常用电极材料中黄铜的损耗最大，紫铜、铸铁、钢次之，石墨和铜钨、银钨合金较小。        | 石墨做粗加工电极、紫铜做精加工电极          |





| 因素        | 说明   | 减少损耗条件              |
|-----------|--|---------------------|
| 工件材料      | 加工硬质合金工件时电极损耗比钢工件大   |                     |
| 工作液       | 常用的煤油、机油获得低损耗加工需具备一定的工艺条件；水和水溶液比煤油容易实现低损耗加工（在一定条件下），如硬质合金工件的低损耗加工，黄铜和钢电极的低损耗加工 |                     |
| 排屑条件和二次放电 | 在损耗较小的加工时，排屑条件愈好则损耗愈大，如紫铜，有些电极材料则对此不敏感，如石墨。损耗较大的规准加工时，二次放电会使损耗增加               | 在许可条件下，最好不采用强迫冲（抽）油 |





## （四）影响表面粗糙度的主要因素

## （五）影响加工精度的主要因素

1. 放电间隙
2. 加工斜度
3. 工具电极的损耗

