

## 1 什么是焊接接头？它有哪些类型？

用焊接方法连接的接头称为焊接接头（简称为接头）。它由焊缝、熔合区、热影响区及其邻近的母材组成。在焊接结构中焊接接头起两方面的作用，第一是连接作用，即把两焊件连接成一个整体；第二是传力作用，即传递焊件所承受的载荷。

根据 GB/T3375—94《焊接名词术语》中的规定，焊接接头可分为 10 种类型，即对接接头、T 形接头、十字接头、搭接接头、角接头、端接头、套管接头、斜对接接头、卷边接头和锁底接头，示于图 1。其中以对接接头和 T 形接头应用最为普遍。

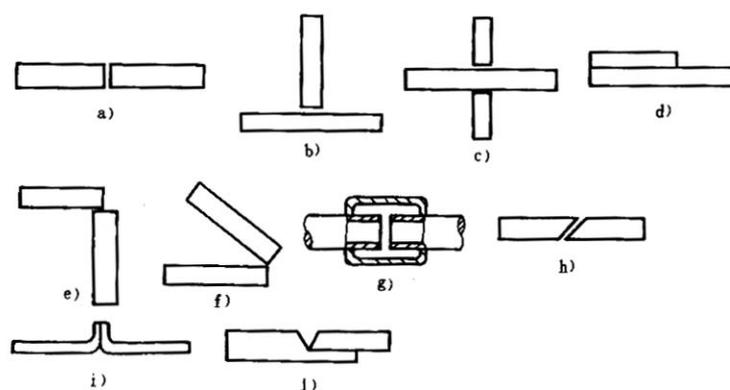


图 1  
a) 对接接头 b) T形接头 c) 十字接头 d) 搭接接头 e) 角接头  
f) 端接头 g) 套管接头 h) 斜对接接头 i) 卷边接头  
j) 锁底接头

图表 1

## 2 什么是坡口？常用坡口有哪些形式？

根据设计或工艺需要，将焊件的待焊部位加工成一定几何形状的沟槽称为坡口。开坡口的目的是为了得到在焊件厚度上全部焊透的焊缝。

坡口的形式由 GB985—88《气焊、手工电弧焊及气体保护焊焊缝坡口的基本形式与尺寸》、GB986—88《埋弧焊焊缝坡口的基本形式及尺寸》标准制定的：常用的坡口形式有 I 形坡口、Y 型坡口、带钝边 U 形坡口、双 Y 形坡口、带钝边单边 V 形坡口等，见图 2。

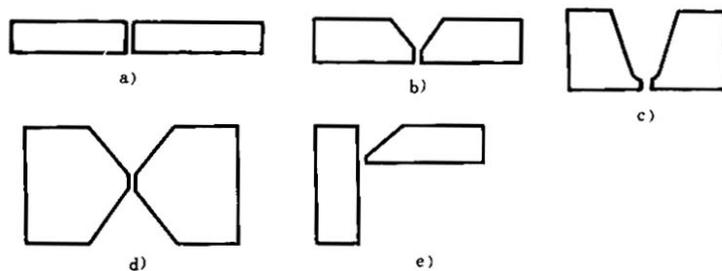


图 2

a) I形坡口 b) Y形坡口 c) 带钝边U形坡口  
d) 双Y形坡口 e) 带钝边单边V形坡口

3 表示坡口几何尺寸的参数有哪些？它们各起什么作用？

(1)坡口面 焊件上所开坡口的表面称为坡口面，见图3。

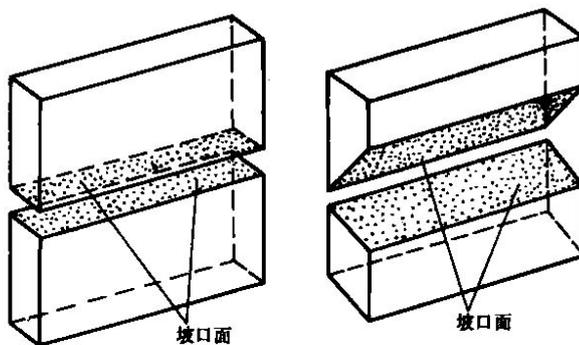


图 3

(2)坡口面角度和坡口角度 焊件表面的垂直面与坡口面之间的夹角称为坡口面角度，两坡口面之间的夹角称为坡口角度，见图4。

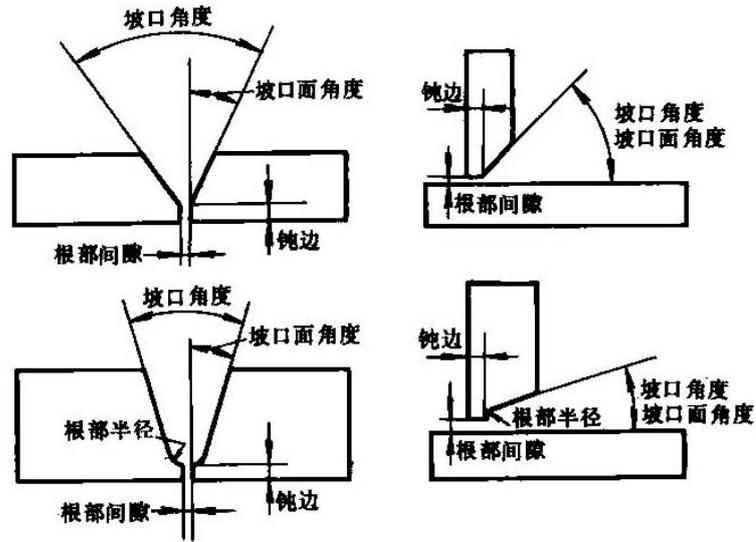


图 4

开单面坡口时，坡口角度等于坡口面角度；开双面对称坡口时，坡口角度等于两倍的坡口面角度。坡口角度（或坡口面角度）应保证焊条能自由伸入坡口内部，不和两侧坡口面相碰，但角度太大将会消耗太多的填充材料，并降低劳动生产率。

(3)根部间隙 焊前，在接头根部之间预留的空隙称为根部间隙。亦称装配间隙。根部间隙的作用在于焊接底层焊道时，能保证根部可以焊透。因此，根部间隙太小时，将在根部产生焊不透现象；但太大的根部间隙，又会使根部烧穿，形成焊瘤。

(4)钝边 焊件开坡口时，沿焊件厚度方向未开坡口的端面部分称为钝边。钝边的作用是防止根部烧穿，但钝边值太大，又会使根部焊不透。

(5)根部半径 U形坡口底部的半径称为根部半径。根部半径的作用是增大坡口根部的横向空间，使焊条能够伸入根部，促使根部焊透。

#### 4 试比较 Y 形、带钝边 U 形、双 Y 形三种坡口各自的优缺点？

当焊件厚度相同时，三种坡口的几何形状见图 5。

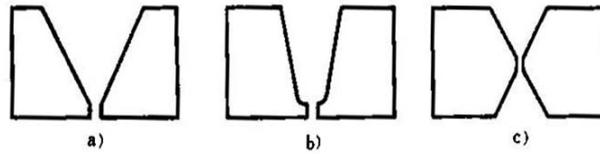


图 5

a) Y形坡口 b) 带钝边U形坡口 c) 双Y形坡口

(1)Y形坡口

- 1) 坡口面加工简单。
- 2) 可单面焊接，焊件不用翻身。
- 3) 焊接坡口空间面积大，填充材料多，焊件厚度较大时，生产率低。
- 4) 焊接变形大。

(2)带钝边U形坡口

- 1) 可单面焊接，焊件不用翻身。
- 2) 焊接坡口空间面积大，填充材料少，焊件厚度较大时，生产率比Y形坡口高。
- 3) 焊接变形较大。
- 4) 坡口面根部半径处加工困难，因而限制了此种坡口的大量推广应用。

(3)双Y形坡口

- 1) 双面焊接，因此焊接过程中焊件需翻身，但焊接变形小。
- 2) 坡口面加工虽比Y形坡口略复杂，但比带钝边U形坡口的简单。
- 3) 坡口面积介于Y形坡口和带钝边U形坡口之间，因此生产率高于Y形坡口，填充材料也比Y形坡口少。

##### 5 常用的垫板接头有哪几种形式？它有什么优缺点？

在坡口背面放置一块与母材成分相同的垫板，以便焊接时能得到全焊透的焊缝，根部又不致被烧穿，这种接头称为垫板接头。

常用的垫板接头形式有：I形带垫板坡口、V形带垫板坡口、Y形带垫板坡口、单边V形带垫板坡口等

见图 6。

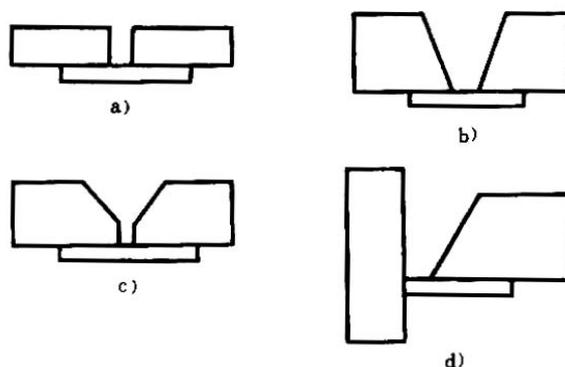


图 6

a) I形带垫板坡口 b) V形带垫板坡口  
c) Y形带垫板坡口 d) 单边V形带垫板坡口

垫板接头的操作技能比单面焊双面成形简单，容易掌握，常用于背面无法施焊（如小直径圆筒环缝、夹套容器环缝）的场合，缺点是当垫板和筒体的椭圆度不一致时，两者之间装配在一起时局部会留有缝隙，焊接时，熔渣流入此缝隙时无法上浮，因此易形成夹渣。

JB4708—92《钢制压力容器焊接工艺评定》中规定，有衬垫的单面焊的弯曲角度可按双面焊的弯曲角度标准。

## 6 焊件对接时有什么技术要求？

焊件对接时的要求如下：

1) 不同厚度钢板对接时，如果两侧钢板厚度相差太大，则连接后由于连接处的截面变化较大，将会引起严重的应力集中。所以对于重要的焊接结构，如压力容器，应对厚板进行削薄。根据有关技术标准规定：当薄板厚度 $\leq 10\text{mm}$ ，两板厚度差超过 3mm 或当薄板厚度 $> 10\text{mm}$ ，两板厚度差大于薄板厚度的 30% 或超过 5mm 时，对厚板边缘应进行削薄，削薄的长度应大于或等于板厚差的 3 倍，见图 7。

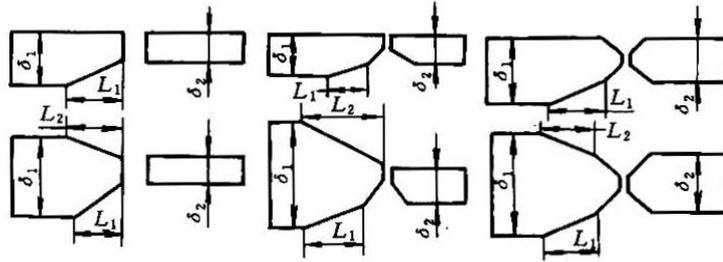


图 7  
 $L_1、L_2 \geq 3(\delta_1 - \delta_2)$

2) 直线形焊件和曲线形焊件对接时, 焊缝正好处于交界处, 产生较大的焊接应力, 成为整个结构的薄弱面。为此, 对接处的曲线形焊件应有一段平直部分, 便于焊缝处于平对接位置见图 8。

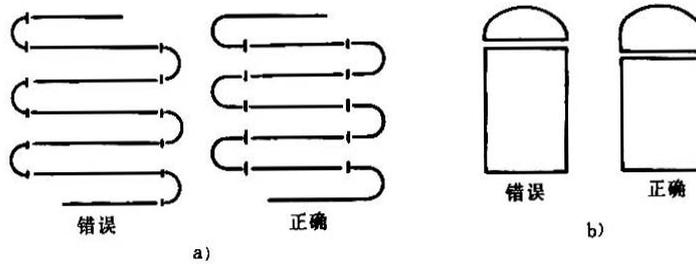


图 8  
 a) 蛇形管的连接 b) 容器封头筒体的连接

## 7 试述焊缝的种类。

焊接后焊件中所形成的结合部分称为焊缝。按结合形式, 焊缝可分为对接焊缝、角焊缝、塞焊缝和端接焊缝四种。

(1) 对接焊缝 构成对接接头的焊缝称为对接焊缝。对接焊缝可以由对接接头形成, 也可以由 T 形接头 (十字接头) 形成, 后者是指开坡口后进行全焊透焊接而焊脚为零的焊缝, 见图 9。

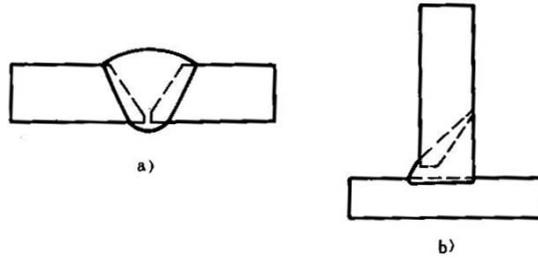


图 9  
a) 对接接头形成的对接焊缝 b) T形接头形成的对接焊缝

(2)角焊缝 两焊件接合面构成直交或接近直交所焊接的焊缝，见图 10。

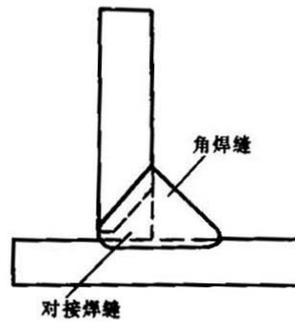


图 10

同时由对接焊缝和角焊缝组成的焊缝称为组合焊缝，T形接头（十字接头）开坡口后进行全焊透焊接并且具有一定焊脚的焊缝，即为组合焊缝，坡口内的焊缝为对接焊缝，坡口外连接两焊件的焊缝为角焊缝，见图 11。

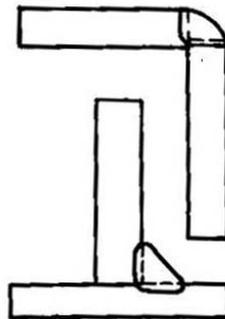


图 11

(3)塞焊缝 是指两焊件相叠，其中一块开有圆孔，然后在圆孔中焊接所形成的填满圆孔的焊缝，见图

12a。

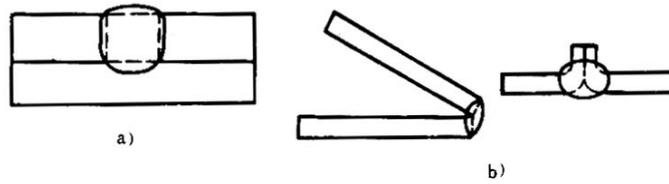


图 12  
a) 塞焊缝 b) 端接焊缝

(4)端接焊缝 构成端接接头的焊缝，见图 12b。

### 8 表示对接焊缝几何形状的参数有哪些？

表示对接焊缝几何形状的参数有焊缝宽度、余高、熔深，见图 13。

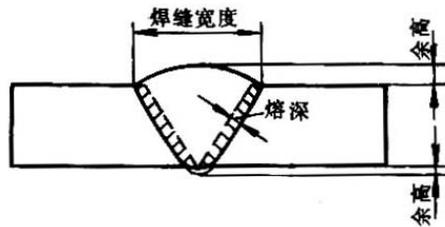


图 13

(1)焊缝宽度 指焊缝表面与母材的交界处称为焊趾。而单道焊缝横截面中，两焊趾之间的距离称为焊缝宽度。

(2)余高 指超出焊缝表面焊趾连线上面的那部分焊缝金属的高度称为余高。焊缝的余高使焊缝的横截面增加，承载能力提高，并且能增加射线摄片的灵敏度，但却使焊趾处会产生应力集中。通常要求余高不能低于母材，其高度随母材厚度增加而加大，但最大不得超过 3mm。

(3)熔深 在焊接接头横截面上，母材熔化的深度称为熔深。一定的熔深值保证了焊缝和母材的结合强度。当填充金属材料（焊条或焊丝）一定时，熔深的大小决定了焊缝的化学成分。不同的焊接方法要求不同的熔深值，例如堆焊时，为了保持堆焊层的硬度，减少母材对焊缝的稀释作用，在保证熔透的前提下，应要求较小的熔深。

### 9 表示角焊缝几何形状的参数有哪些？

根据角焊缝的外表形状，可将角焊缝分成两类：焊缝表面凸起带有余高的角焊缝称为凸角焊缝；焊缝表面下凹的角焊缝称为凹角焊缝，见图 14。表示角焊缝几何形状的参数有焊脚、角焊缝凸度和角焊缝凹度。

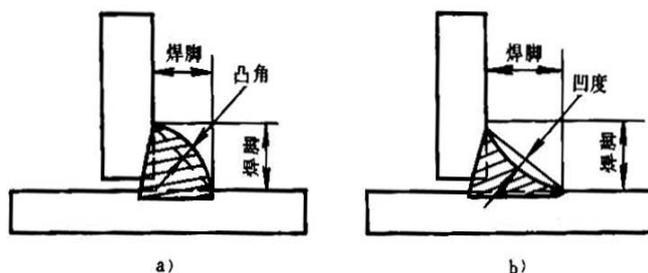


图 14  
a) 凸形角焊缝 b) 凹形角焊缝

(1)焊脚 角焊缝的横截面中，从一个焊件上的焊趾到另一个焊件表面的最小距离称为焊脚。焊脚值决定了两焊件的结合强度，它是最主要的一个参数。

(2)凸度 凸角焊缝截面中，焊趾连线与焊缝表面之间的最大距离。

(3)凹度 凹角焊缝横截面中，焊趾连线与焊缝表面之间的最大距离。

### 10 什么是焊缝成形系数？

熔焊时，在单道焊缝横截面上焊缝宽度（c）与焊缝计算厚度（s）的比值称为焊缝成形系数，即

$$\text{焊缝成形系数} = \frac{c}{s}$$

焊缝宽度和焊缝计算厚度在各种接头中的表示见图 15。焊缝成形系数小时形成窄而深的焊缝，在焊缝中心由于区域偏析会聚集较多的杂质，抗热裂纹性能差，所以形成系数值不能太小，如自动埋弧焊时焊缝的成形系数要大于 1.3，即焊缝的宽度至少为焊缝计算厚度的 1.3 倍。

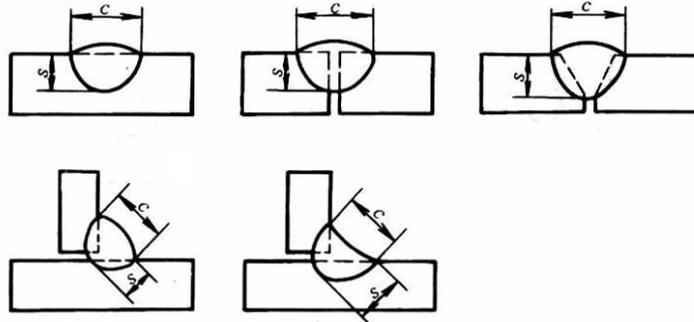


图 15

11 试述焊接工艺参数对焊缝形状的影响。

焊接时，为保证焊接质量而选定的诸物理量（例如，焊接电流、电弧电压、焊接速度、线能量等）的总称为焊接工艺参数。工艺参数对焊缝形状的影响如下：

(1)焊接电流 当其它条件不变时，增加焊接电流，焊缝厚度和余高都增加，而焊缝宽度则几乎保持不变（或略有增加），见图 16a。

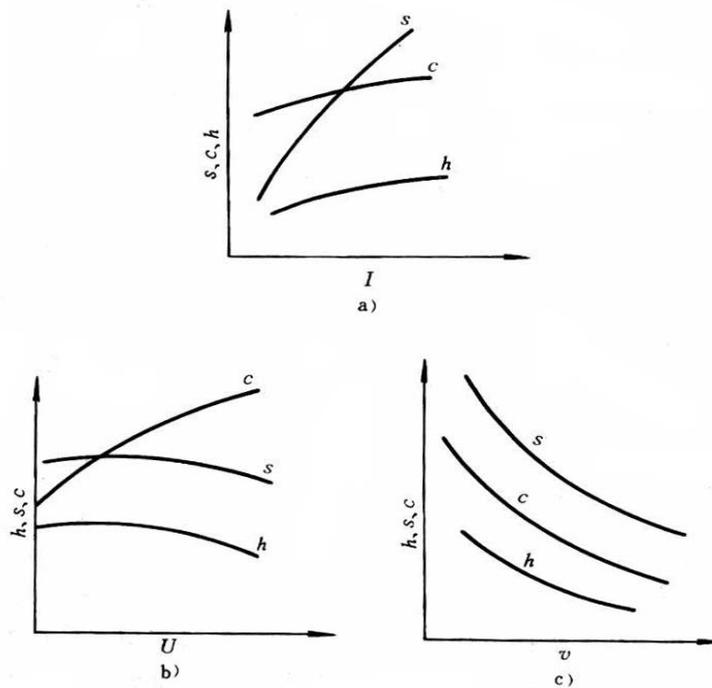


图 16

a) 焊接电流对焊缝形状的影响 b) 电弧电压对焊缝形状的影响

c) 焊接速度对焊缝形状的影响

$I$ —焊接电流  $U$ —电弧电压  $v$ —焊接速度

$s$ —焊缝厚度  $c$ —焊缝宽度  $h$ —余高

(2)电弧电压 当其它条件不变时，电弧电压增大，焊缝宽度显著增加，而焊缝厚度和余高略有减少，

见图 16b。

(3)焊接速度 当其它条件不变时，焊接速度增加，焊缝宽度、焊缝厚度和余高都减少，见图 16c。

焊接电流、电弧电压和焊接速度是焊接时的三大焊接工艺参数，选用时，应当考虑到这三者之间的相互适当配合，才能得到形状良好，符合要求的焊缝。

## 12 焊接方法在图样上如何表示？

根据《金属焊接及钎焊方法在图样上的表示代号》中的规定，焊接方法用特定的数字表示。几种主要焊接方法的数字表示，见表 1。表中同时列出了旧标准 GB324—64 焊接方法的字母表示，以作对照。

表 1 焊接方法新旧代号的表示。

名称	标准	GB5185—85	GB324—64
焊接方法			
手弧焊		111	S
埋弧焊		121	Z
熔化极气保焊 (MIG)		131	C
非熔化极气保焊 (TIG)		141	A
气焊		311	Q
磨擦焊		42	M
冷压焊		48	L
电渣焊		72	D
电阻对焊		25	J
硬钎焊		91	H

在图样上焊接方法代号标注在焊缝符号指引线的尾部。

13 什么是焊缝符号？焊缝符号由几部分组成？

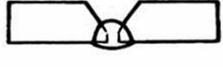
在图样上标注焊接方法、焊缝形式和焊缝尺寸的代号称为焊缝符号。

根据 GB324—88《焊缝符号表示法》的规定，焊缝符号一般由基本符号与指引线组成。必要时还可以加上辅助符号、补充符号和焊缝尺寸符号。

14 试述焊缝符号中基本符号的表示方法。

基本符号是表示焊缝横截面形状的符号。几种常用的基本符号表示法，见表 2。

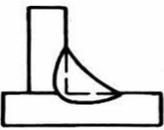
表 2 几种常用的基本符号

名称	示意图	符号
I 形焊缝		
Y 形焊缝		Y
带钝边单边 V 形焊缝		Y
带钝边 U 形焊缝		U
封底焊缝		⌒
角焊缝		△
塞焊缝		⌊

15 试述焊缝符号中辅助符号的表示方法。

辅助符号是表示焊缝表面形状特征的符号，见表 3。不需要确切地说明焊缝表面的形状时，可以不用辅助符号。

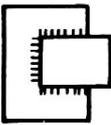
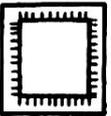
表 3 辅助符号

名称	示意图	符号	说明
平面符号		—	焊缝表面齐平 (一般通过加工)
凹面符号		⌒	焊缝表面凹陷
凸面符号		⌒	焊缝表面凸起

16 试述焊缝符号中补充符号的表示方法。

补充符号是为了补充说明焊缝的某些特征而采用的符号，见表 4。

表 4 补充符号

名称	示意图	符号	说明
带垫板符号		▭	表示焊缝底部有垫板
三面焊缝符号		⌏	表示三面带有焊缝
周围焊缝符号		○	表示环绕焊件周围焊缝
现场符号		▲	表示在现场或工地上进行焊接
尾部符号		<	可以参照 GB5185—85 标注焊接工艺方法等内容

17 试述焊缝符号中指引线的表示方法及应用。

指引线一般由带有箭头的指引线（简称箭头线）和两条基准线（一条为实线，另一条为虚线）两部分

组成，见图 17。

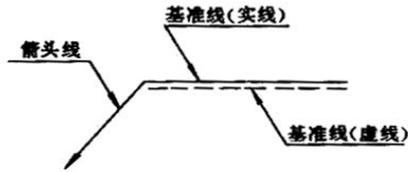


图 17

指引线使用时应与基本符号相配合：

- 1) 如果焊缝在接头的箭头侧，则将基本符号标在基准线的实线侧，见图 18a。
- 2) 如果焊缝在接头的非箭头侧，则将基本符号标在基准线的虚线侧，见图 18b。
- 3) 标对称焊缝及双面焊缝时，可不加虚线，见图 18c、图 18d。

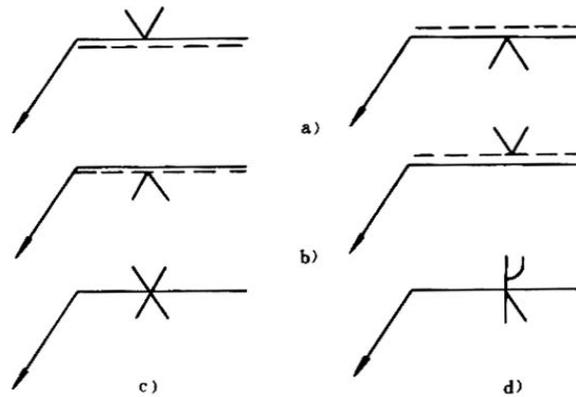


图 18

- a) 焊缝在接头的箭头侧    b) 焊缝在接头的非箭头侧  
c) 对称焊缝    d) 双面焊缝

### 18 试述焊缝尺寸符号及其标注位置。

焊缝尺寸符号的表示，见表 5。

表 5 焊缝尺寸符号

名 称	符 号	名 称	符 号
焊件厚度	$\delta$	焊缝间距	E
坡口角度	$\alpha$	焊脚	K

根部间隙	b	熔核直径	D
钝边	p	焊缝计算厚度	S
焊缝宽度	c	相同焊缝数量符号	N
根部半径	R	坡口深度	H
焊缝长度	L	余高	H
焊缝段数	n	坡口面角度	$\beta$

焊缝尺寸符号标注位置，见图 19。标注原则是：

- 1) 焊缝横截面上的尺寸标在基本符号的左侧。
- 2) 焊缝长度方向上的尺寸标在基本符号的右侧。
- 3) 坡口角度、坡口面角度、根部间隙等尺寸标在基本符号的上侧或下侧。
- 4) 相同焊缝数量符号、焊接方法代号等标在尾部。

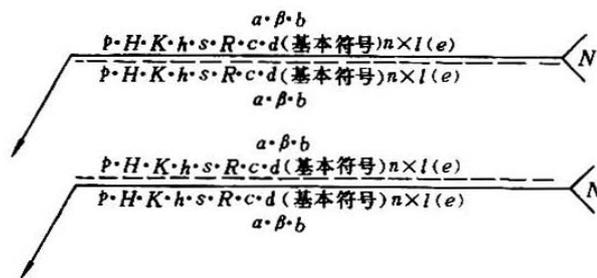


图 19

19 试说明图 20 中焊缝符号的意义。

图 20a 表示为双面角焊缝，周围焊，焊脚尺寸 6mm，手弧焊。图 20b 表示为单面 Y 形坡口，坡口角度 60° 装配间隙 2mm，钝边 2mm，焊后焊缝表面须加工成与母材平齐，相同焊缝有四条。图 20c 表示为带垫板的对接接头，单面焊，I 形坡口，装配间隙 2mm。图 20d 表示为交错断续角焊缝，焊脚尺寸 8mm，焊缝长 100mm，共 20 条，焊缝之间距离 50mm，在工地焊接。

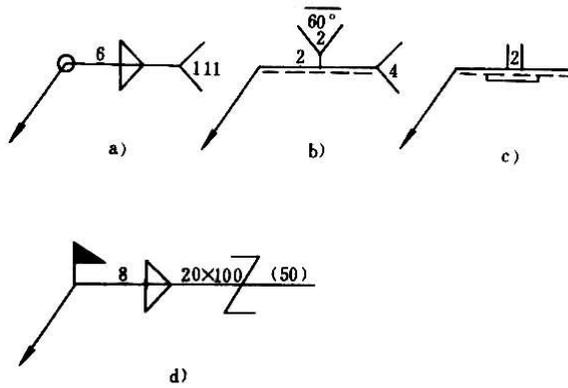


图 20

## 20 什么是焊接位置？焊接位置又如何表示？

熔焊时，焊件接缝所处的空间位置称为焊接位置，可用焊缝倾角和焊缝转角来表示。

焊缝轴线与水平之间的夹角称为焊缝倾角，见图 21a。

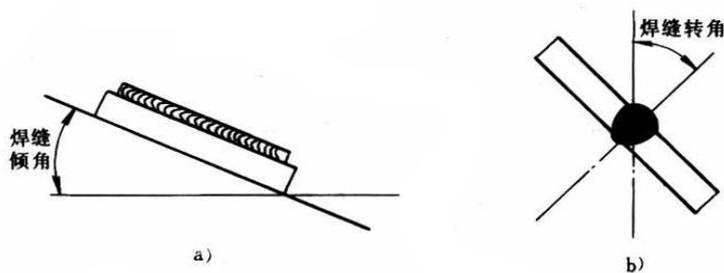


图 21  
a) 焊缝倾角 b) 焊缝转角

通过焊缝轴线的垂直面与坡口的等分平面之间的夹角称为焊缝转角，见图 21b。

根据焊缝倾角和焊缝转角大小的不同数值，可将焊接位置分为平焊、立焊、横焊和仰焊四种。

## 21 什么是平焊、立焊、横焊、仰焊和全位置焊？

(1)平焊 焊缝倾角  $0^\circ \sim 5^\circ$ 、焊缝转角  $0^\circ \sim 10^\circ$  的焊接位置称为平焊位置，见图 22a。在平焊位置进行的焊接就称为平焊。

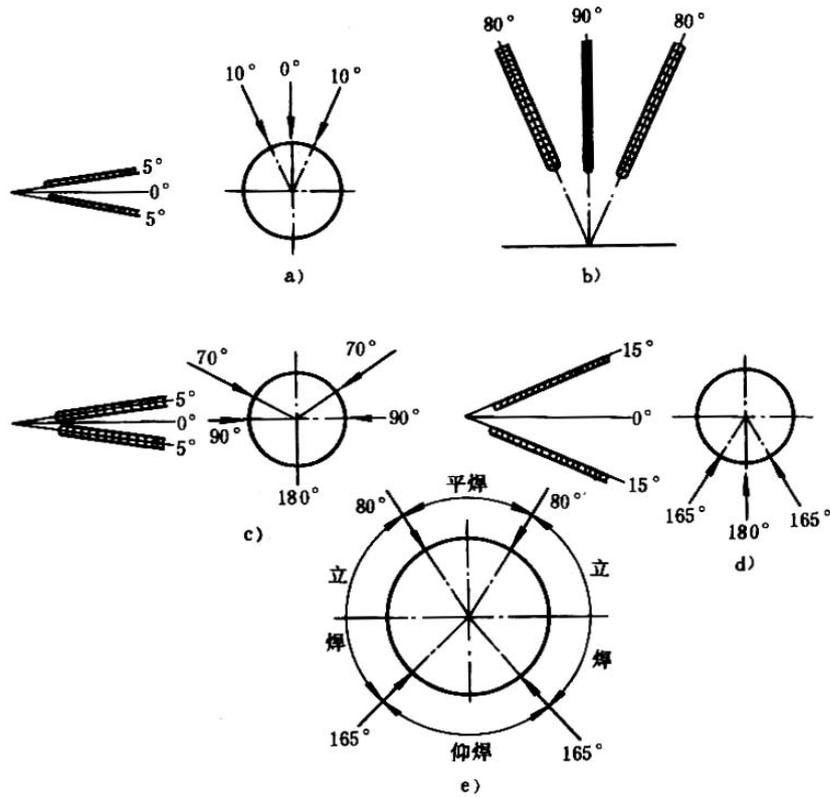


图 22

a) 平焊位置 b) 立焊位置 c) 横焊位置 d) 仰焊位置 e) 全位置

(2)立焊 焊缝倾角  $80^\circ \sim 90^\circ$ 、焊缝转角  $0^\circ \sim 180^\circ$  的焊接位置称为立焊位置，见图 22b。在立焊位置进行的焊接就称为立焊。

(3)横焊 焊缝倾角  $0^\circ \sim 5^\circ$ ，焊缝转角  $70^\circ \sim 90^\circ$  的焊接位置称为横焊位置，见图 22c。在横焊位置进行的焊接就称为横焊。

(4)仰焊 焊缝倾角  $0^\circ \sim 15^\circ$ ，焊缝转角  $165^\circ \sim 180^\circ$  的焊接位置称为仰焊位置，见图 22d。

(5)全位置焊 管子水平固定对接焊时，因同时包含仰、立、平三种焊接位置，所以称为全位置焊，也称管子的水平固定焊，见图 22e。

## 22 什么是船形焊？它有什么优点？

T形、十字形和角接接头处于平焊位置进行的焊接称为船形焊，亦称平位置角焊，见图 23。

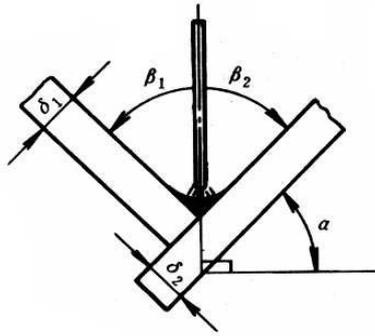


图 23

船形焊相当于开  $90^\circ$  角Y形坡口内的水平对接焊，焊后焊缝成形光滑美观，一次焊成的焊脚尺寸范围较宽，对焊工的操作技能要求也较低，但一次焊成的焊缝凹度较大。调节  $\alpha$  角即可调节底板和腹板内熔合面积的分配比例。当  $\delta_1 = \delta_2$  时，取  $\alpha = \beta_1 = \beta_2 = 45^\circ$ ，

当  $\delta_1 < \delta_2$  时，取  $\alpha < 45^\circ$  使熔合区偏于厚板一侧。

### 23 什么是正接、反接？如何选用？

采用直流电源施焊时，焊件与电源输出端正、负极的接法称为极性。极性有正接和反接两种：

正接——焊件接电源正极，焊条接电源负极的接线法，也称正极性。见图 24a。

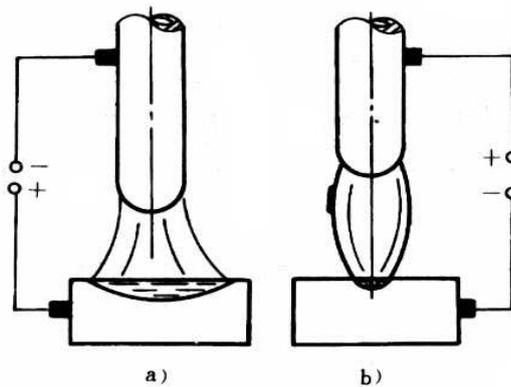


图 24

a) 正接 b) 反接

反接——焊件接电源负极，焊条接电源正极的接线法，也称反极性，见图 24b。

选用原则：

1) 碱性焊条手弧焊采用反接。因为碱性焊条手弧焊采用正接时，电弧燃烧不稳定，飞溅很大，电弧声音暴躁，并且容易产生气孔。使用反接时，电弧燃烧稳定，飞溅很小，而且声音较平静均匀。

同理，埋弧焊使用直流电源施焊时，也采用反接。

2) 钨极氩弧焊焊接钢、黄铜时采用正接。因为阴极的发热量远小于阳极，所以用直流正接焊接时，钨极因发热量小，不易过热，同样大小直径的钨极可以采用较大的电流，钨极寿命长；焊件发热量大，熔深大，生产率高。而且，由于钨极为阴极，热电子发射能力强，电弧稳定而集中。

## 24 什么是焊接电弧的偏吹？磁偏吹？又如何克服？

焊接过程中，因气流的干扰、焊条偏心的影响和磁场的作用，使电弧中心偏离焊条轴线的现象称为焊接电弧的偏吹。偏吹不仅使电弧燃烧不稳定，飞溅加大，熔滴下落时失去保护，还会严重影响焊缝的成形。

直流电弧焊时，因受到焊接回路所产生的电磁力的作用而产生的电弧偏吹称为磁偏吹。因为用直流电施焊时，除了在电弧周围产生自身磁场外，还有通过焊件的电流也会在空间产生磁场。如果导线位置在焊件左侧，则在电弧左侧的空间为两个磁场相迭加，而在电弧右侧为单一磁场，电弧两侧的磁场分布失去均衡，因此磁力线密度大的左侧将对电弧产生推力，使电弧偏离轴向右侧倾斜，产生磁偏吹见图 25a。反之，将导线接在焊件右侧，则电弧将向左侧偏吹，见图 25c。同理，如果导线在电弧中心线下面将不会产生磁偏吹，见图 25b。如果在电弧附近有铁磁性物质存在，如焊接 T 形接头的角焊缝时，则电弧也将偏向铁磁性物质引起偏吹。

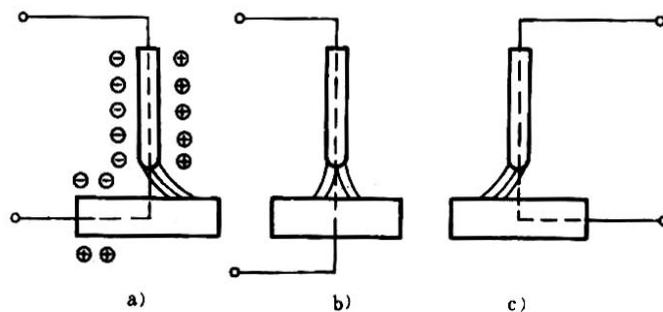


图 25

目前，克服电弧的磁偏吹还没有较完善的办法，通常是适当降低焊接电流值（因为磁偏吹的力量几乎与焊接电流的平方值成正比）、随时变换地线位置，使其更靠近焊条轴线和操作时将焊条朝偏吹的方向倾斜一个角度。

采用交流电源施焊时，焊接电弧的磁偏吹现象很弱，通常可不予考虑。

## 25 什么是熔合比？

熔焊时，被熔化的母材部分在焊道金属中所占的比例称为熔合比。

熔合比可以以焊道金属中母材金属熔化的横截面积 $S_B$ 与焊道横截面积 $S_A+S_B$ 之比来计算，即

$$\text{熔合比} = \frac{S_B}{S_A + S_B}$$

式中  $S_A$ ——焊道金属中焊材金属熔化的横截面积；

$S_B$ ——焊道金属中母材金属熔化的横截面积；

$S_A+S_B$ ——整个焊道金属横截面积。熔合比的表示，见图 26。

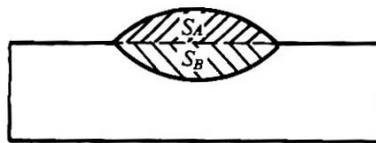


图 26

熔合比的大小会影响焊道金属的化学成分和力学性能。焊接接头开坡口与 I 形坡口相比较，会显著地降低熔合比，见图 27。因此，生产中可以用开坡口和合理选择坡口形式来调节熔合比的大小。

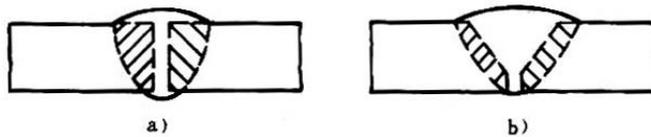


图 27  
a) I形坡口, 熔合比大 b) Y形坡口, 熔合比小

## 26 什么是熔滴和熔滴过渡?

弧焊时, 在焊条 (或焊丝) 端部形成的和向熔池过渡的液态金属滴称为熔滴。熔滴通过电弧空间向熔池转移的过程称为熔滴过渡。

根据国际焊接学会 (IIW) 的分类, 熔滴过渡主要有自由过渡、短路过渡和混合过渡三大类。

## 27 什么是熔滴的自由过渡?

熔滴从焊丝端头脱落后, 通过电弧空间自由运动一段距离后落入熔池的过渡形式称为自由过渡。因条件不同, 熔滴的自由过渡又可分为滴状过渡和喷射过渡两种形式。

(1) 滴状过渡 焊接电流较小时, 熔滴的直径大于焊丝直径, 当熔滴的尺寸足够大时, 主要依靠重力将熔滴缩颈拉断, 熔滴落入熔池, 熔滴的这种过渡形式称为滴状过渡。滴状过渡有两种形式:

1) 轴向滴状过渡 手弧焊、富氩混合气体保护焊时, 熔滴在脱离焊条 (丝) 前处于轴向 (下垂) 位置 (平焊时), 脱离焊条 (丝) 后也沿焊条 (丝) 轴向落入熔池的过渡形式称为滴状过渡, 见图 28a。

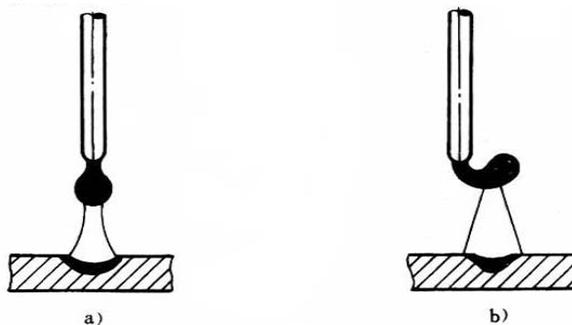


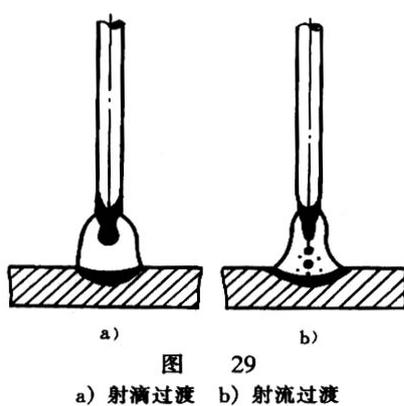
图 28  
a) 轴向滴状过渡 b) 非轴向滴状过渡

2) 非轴向滴状过渡 在多原子气氛中 ( $\text{CO}_2$ 、 $\text{N}_2$ 、 $\text{H}_2$ ), 阻碍熔滴过渡的力大于熔滴的重力, 熔滴在脱

离焊丝之前就偏离焊丝轴线，甚至上翘，在脱离焊丝之后，熔滴一般不能沿焊丝轴向过渡，形成飞溅称为熔滴非轴向滴状过渡。

(2)喷射过渡 熔滴呈细小颗粒并以喷射状态快速通过电弧空间向熔池过渡的形式称为喷射过渡。喷射过渡还可分为射滴过渡和射流过渡两种形式：

1) 射滴过渡 在某些条件下，形成的熔滴尺寸与焊丝直径相近，焊丝金属以较明显的分离熔滴形式和较高的加速度沿焊丝轴向射向熔池的过渡形式称为射滴过渡，见图 29a。



2) 射流过渡 在某些条件下，因电弧热和电弧力的作用，焊丝端头熔化的金属被压成铅笔尖状，以细小的熔滴从液柱尖端高速轴向射入熔池的过渡形式称为射流过渡。这些直径远小于焊丝直径的熔滴过渡频率很高，看上去好像在焊丝端部存在一条流向熔池的金属液流，见图 29b。

## 28 什么是熔滴的短路过渡？

焊条（或焊丝）端部的熔滴与熔池短路接触，由于强烈过热和磁收缩的作用使熔滴爆断，直接向熔池过渡的形式称为短路过渡，见图 30。熔滴的短路过渡频率可达 20~200 次/s。

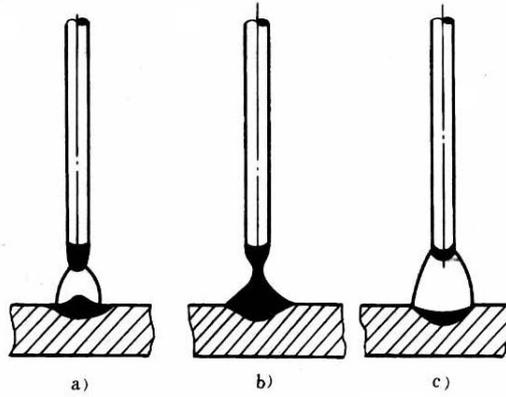


图 30

### 29 什么是熔滴的混合过渡?

在一定条件下，熔滴过渡不是单一形式，而是自由过渡与短路过渡的混合形式，这就称为熔滴的混合过渡。例如，管状焊丝气体保护电弧焊及大电流 $\text{CO}_2$ 气体保护电弧焊时，焊丝金属有时就是以混合过渡的形式向熔池过渡。

### 30 试述熔滴过渡时产生飞溅的原因。

熔焊时，在熔滴过渡过程中，一部分熔滴溅落到熔池以外的现象称为飞溅。

产生飞溅的原因有以下几个方面：

(1)气体爆炸引起的飞溅 用涂料焊条焊接及活性气体保护焊时，由于冶金反应在液体内部将产生大量 $\text{CO}$ 气体，气体的析出十分猛烈，犹如爆炸，使液体金属发生粉碎形的熔滴，溅落在焊缝两侧的母材上，成为飞溅。

(2)斑点压力引起的飞溅 电弧中的带电质点——电子和阳离子，在电场的作用下向两极运动，撞击在两极的斑点上产生机械压力，称为斑点压力。斑点压力是阻碍熔滴过渡的力，焊条端部的熔滴在斑点压力的作用下，十分不稳定，不断地跳动，有时被顶到焊丝的侧面，甚至使熔滴上挠，最终在重力和斑点压力的共同作用下，脱离焊丝成为飞溅。手弧焊和 $\text{CO}_2$ 气体保护焊采用直流正接时经常会发生这种类型的飞溅。

(3)短路过渡引起的飞溅  $\text{CO}_2$ 气体保护焊采用短路过渡时，在短路的最后阶段，如果还继续增大焊接电流，这时的电磁收缩力使熔滴往上飞起，引起强烈飞溅。

