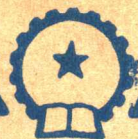


# 工业管道的电弧焊接

李秀山編著



机械工业出版社

內容提要 这本小冊子細致地介紹了工业管道的手工电弧焊法，內容有管道的焊接程序，消除內应力的方法，管道接头的质量檢查以及技术定額和安全規則等；可供三級焊工参考。

編著者：李秀山

NO. 3259

---

1960年5月第一版    1960年5月第一版第一次印刷

787×1092  $1/32$  字数 12 千字    印張  $1/2$  0,001—10,350 册

机械工业出版社(北京阜成門外百万庄)出版

机械工业出版社印刷厂印刷    新华书店发行

---

北京市书刊出版业营业  
許可証出字第008号

統一书号T15033·2163

定 价 (9-3) 0.07元





在建厂工程中，管道的焊接是多种多样的，例如，鍋炉管道、煤气管道、水道以及工业网路等。在这多项工程中，技术条件是很复杂的，操作过程也是十分艰苦的。进行焊接时，有的在几十米的高空，有的需在深达数米的泥土下、或者在鋼骨水泥的网路中。在焊接无缝鋼管时，对质量要求非常严格，不但要达到各种机械强度标准，而且外表还得平整光滑。因此，对于管道的焊接，必須采用特殊的操作方法。現在，我把管子的焊接步骤，焊接中应注意的事项和必須采取的措施，分別写在下面。

## 一 管道的焊接步骤

1. 焊条的选定 焊条牌号对管道的接縫质量有很大关系。焊条牌号的选择一定要根据基体金屬的化学成分。在焊接瓦斯排尘管、梯子、平台、給水箱等工件时，可以用薄药皮焊条；焊接受热面的管子、給水管、蒸气管、建筑物金屬承重結構、鍋炉鋼管及与此类似的重要制品时，应采用优质厚药皮焊条。在焊条說明书中可以查出以下各項資料：

甲、塗药种类；

乙、操作位置；

丙、本批焊条的使用效果；

丁、制作日期。

如果沒有焊条說明书或对該批焊条某些性能有所怀疑时，必須先将焊条作焊接强度試驗或化学試驗，以弄清楚它的机械性能和化学成分。否則不能隨便使用。

試驗合格之后，再确定該牌号焊条的技术性能是否滿足下列

要求:

- 1) 电弧应易于引燃, 并能保持稳定燃烧, 飞溅不太厉害。
- 2) 涂药和焊条芯同时均匀地熔化, 不应成块地剥落和形成焦泡, 影响电弧连续燃烧。
- 3) 熔渣流动性良好, 能均匀地复盖在焊波上面, 冷却后应易于除去。

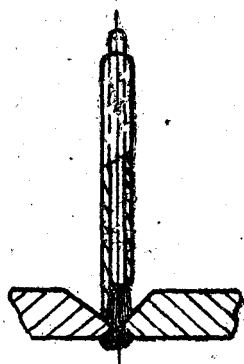


图1 偏心涂药层焊条。

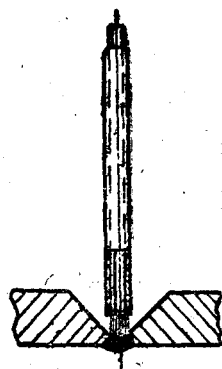


图2 正常的涂药层焊条。

4) 熔化金属内不应有气泡或裂缝。如果是由于涂药受潮而引起, 则应将焊条加热到 $180\sim 220^{\circ}\text{C}$ 约30分钟。如果技术性能还没有改进时, 那末就不能用该种焊条来焊接重要结构。

5) 焊条不能有很大的偏心, 否则药皮薄的一边一定熔化得

表1 钢管的焊接规范

| 钢管厚度<br>(毫米) | 2~4     |         | 4~6     |         | 6~8     |         | 10~12   |         |
|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 焊条直径<br>(毫米) | 3       | 4       | 4       | 5       | 4       | 5       | 4       | 5       |
| 焊接电流<br>(安培) | 100~150 | 140~200 | 140~200 | 170~250 | 170~250 | 210~350 | 210~350 | 245~350 |

快,而药皮厚的一面熔化得慢,这样就自然地形成[帽沿](见图1)。

这种[帽沿]能阻挡焊条及时下降,因而使电弧拉长,以致熄灭。药皮均匀的焊条不会出现[帽沿]现象(图2),因此,焊接时弧长可保持最短,从而保证了接头有良好的穿透度。

圆管的焊接规范见表1。

**2. 定位和装配规格** 在校准焊件装配位置和准备好电焊工具以后,将摆准的焊件作定位焊接。焊缝长度应为20~50毫米(这和金属的厚度及焊件的形状有关)。要求各个焊点均匀地分布在同一圆周上,一般有4~8个焊点就够了。

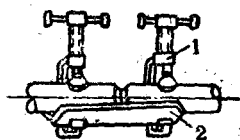


图3 找管子中心线的卡具。

为了保证管子二头的中心线在一直线上,装配时需用专门卡具。找中心线的卡具形状如图3所示。

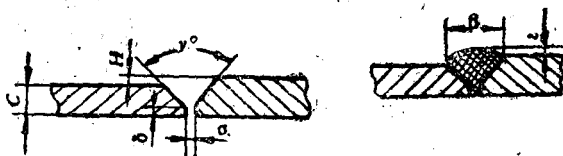


图4 管壁厚度在10毫米以内的坡口。

表2 管壁厚度在10毫米以内的坡口

| $C$<br>(毫米) | $\delta$ (毫米) | $\beta$ (毫米) | $H$ (毫米)<br>(不大于) | $e$ (毫米) | $\alpha$ (毫米) | $\gamma^\circ$ (角度) |
|-------------|---------------|--------------|-------------------|----------|---------------|---------------------|
| 3           | 0~0.5         | 4~6          | 0.15C             | 1.5~2.5  | 0.5~1.5       | 70 $\pm$ 5          |
| 4           | 0~0.5         | 6~8          |                   |          |               |                     |
| 5           | 0~0.5         | 8~10         |                   |          |               |                     |
| 6           | 0.5~1.0       | 9~13         |                   |          |               |                     |
| 8           | 1.0~1.5       | 12~16        | 0.1C              |          |               |                     |
| 10          | 1.0~1.5       | 15~20        |                   |          |               |                     |

表3 管壁厚度在10~20毫米之間的坡口

| C (毫米) | $\delta$ (毫米) | $\beta$ (毫米) | H (毫米)<br>(不大于) | z (毫米)  | $\sigma$ (毫米) | $\gamma^\circ$ (角度) |
|--------|---------------|--------------|-----------------|---------|---------------|---------------------|
| 11     | 1.5~2         | 17~23        |                 |         |               |                     |
| 12     | 1.5~2         | 18~26        |                 |         |               |                     |
| 14     | 1.5~2.5       | 22~30        | 0.1C            | 1.5~2.5 | 1~2           | 70±5                |
| 16     | 1.5~2.5       | 24~32        |                 |         |               |                     |
| 18     | 2~3           | 26~36        |                 |         |               |                     |
| 20     | 2~3           | 30~40        |                 |         |               |                     |

在外場工作时，檢查焊件的装配质量是十分重要的。应将焊件接縫拭出光亮（不应有氧化层、銹、油脂、油漆及其它髒物），再檢查接縫的坡口角度、鈍边和間隙，然后确定焊波应达到的尺寸。

管壁厚度在10毫米以內的坡口，參看图4和附表2。

管壁厚度在10~20毫米之間的坡口，參看图5和附表3。

管壁厚度超过20毫米的坡口，參看图6和下列尺寸：

$$3 = 1 \sim 3 \text{ 毫米}$$

$$\phi = 10 \pm 2.5^\circ$$

$$\delta = 1 \sim 3 \text{ 毫米}$$

$$\beta = 0.4(c-8) + 20 \text{ 毫米}$$

$$P = 4 \sim 6 \text{ 毫米}$$

$$z = 1 \sim 2 \text{ 毫米}$$

$$H = 0.1C$$

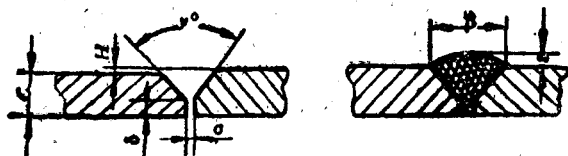


图5 管壁厚度在10~20毫米之間的坡口。

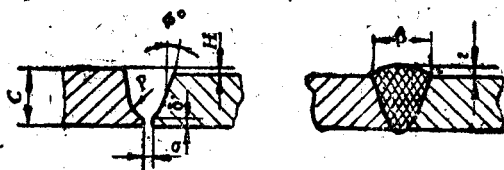


图6 管壁厚度在20毫米以上的坡口。

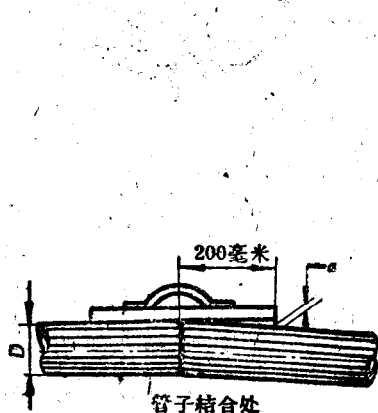


图7 检查对接管子直度。

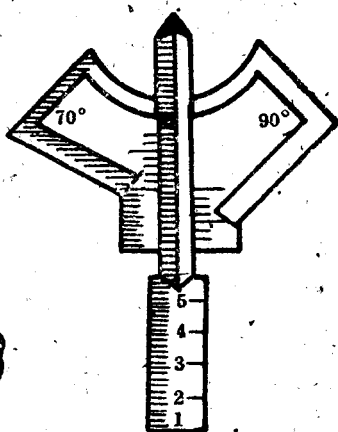


图8 检查管子找正样板。

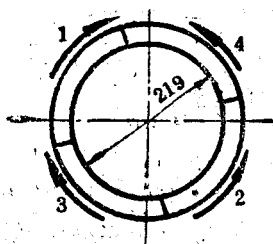


图9 第一层接縫焊接順序。

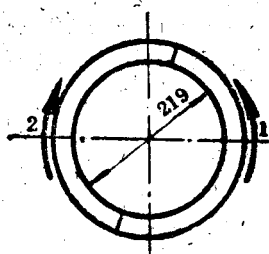


图10 第二层接縫焊接順序。

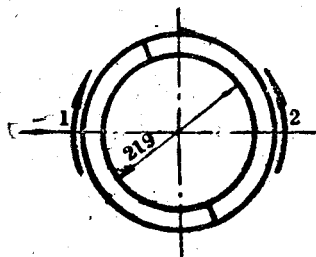


图11 第三层接缝焊接顺序。

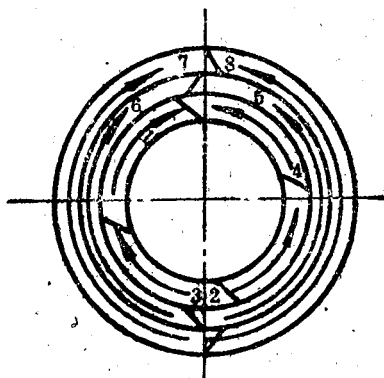


图12 大直径厚管壁固定堆焊次序。

对接的两个管子的中心线应该成一直线。在距离焊缝 200 毫米处，当管子直径不到 100 毫米时，管的中心线与水平之间的偏差不得大于 1 毫米；当管子直径大于 100 毫米时，则偏差不得超过 2 毫米。此偏差可用 400 毫米长的金属尺按图 7 所示的方法测量。为了迅速地测知偏差的程度、斜坡角度、焊波高度及管壁内凹的深度等可用样板尺（图 8）检查。

**3. 焊接技术** 这里举例的是  $219\phi \times 8$  无缝钢管的焊接。焊前，必须首先检查接缝装配的正确性，上节已经谈过。然后动手焊接。

在清除接缝到发出亮色的时候，可以开始焊第一层。焊接顺序分为四步（图 9 所示），这样可以防止收缩变形。第二层可以由二条相反方向的焊波组成（图 10 所示）。熔敷金属将第一层完全盖上，焊波高度要低于表面 0.5~2 毫米才好。

焊第三层时，同焊第二层的步骤一样，所不同的是开头地方要离开第二层开头处相反方向 50 毫米左右（图 11 所示）。图 12 为大直径圆管的堆焊次序。各层焊波的开头接头及收口要互相错开。



焊接法兰盘和管子接縫时，其堆焊次序大致与焊管子接縫时相似，它的焊接规范可参看表4：

表4 法兰盘和管子的焊接规范

| 管子直径<br>(毫米) | 管子和法兰盘<br>間隙<br>(毫米) | 焊条直径<br>(毫米) | 焊接层数 | 焊接宽度<br>(毫米) | 焊缝高度<br>(毫米) |
|--------------|----------------------|--------------|------|--------------|--------------|
| 32~38        | 1                    | 3~4          | 1    | 6            | 1.5          |
| 52~58        | 1                    | 3~4          | 1    | 6            | 1.5          |
| 76~83        | 1                    | 3~4          | 1    | 6            | 1.5          |
| 94~102       | 1                    | 3~4          | 1    | 6            | 1.5          |
| 98~108       | 1                    | 3~4          | 1~2  | 8            | 1.5~2        |
| 121~133      | 1.5                  | 4~5          | 1~2  | 8            | 1.5~2        |
| 146~159      | 1.5                  | 4~5          | 1~2  | 9            | 1.5~2        |
| 203~219      | 1.5                  | 4~5          | 1~2  | 10           | 1.5~2        |
| 203~221      | 1.5                  | 4~5          | 2~3  | 12           | 2~3          |
| 255~276      | 1.5                  | 4~5          | 2~3  | 12           | 2~3          |
| 308~330      | 1.5~2                | 4~5          | 3~4  | 15           | 2~3          |
| 344~376      | 1.5~2                | 4~5          | 3~4  | 18           | 2~3          |

法兰盘的焊接示意图如图13所示。

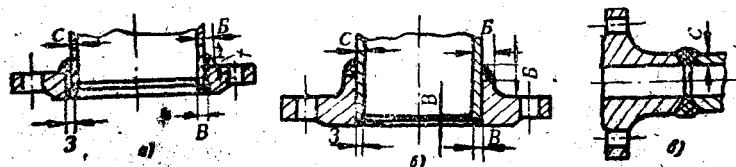


图13 法兰盘的焊接：

a—圆盘平面法兰盘；b—高装法兰盘；c—法兰盘的接縫。

## 二 防止和消除内应力的方法

当焊接鉬鋼、鉻鉬鋼或含碳量高于0.27%的碳鋼管子时，为了防止变形和龟裂，焊前应将接头預热到250~300℃。直径小的

( $<100$ 毫米)圓管，管壁厚度如為 $3\sim4$ 毫米，可焊兩層；管壁厚度在 $4\sim6$ 毫米時，可焊三層。焊前預熱可用噴燈或電熱爐。

在嚴寒地區進行焊接時，工場應有防寒設備，且在焊接完畢以後要立刻將接頭用石棉繩纏起來，或用砂、灰蓋上，以便緩冷，直到完全冷卻到與周圍空氣溫度相同為止。

在管子直徑較大、管壁較厚而又不能轉動的情況下，焊接多層焊縫時，應以反階梯式方法進行。它的接縫的堆焊次序如圖14所示。

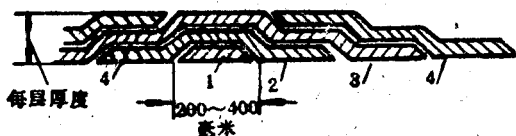


圖14 山形分段焊法。

圖中數字代表各段焊接次序，箭頭表示焊接方向。每段焊波長度應為 $150\sim300$ 毫米。各個焊波間的開頭、接頭和收口不要互相重疊。

**1. 小直徑鋼管的热处理** 直徑小於 $100$ 毫米的鋼管接頭進行退火時，可用白鐵皮做一個傘形圓罩套在管子上，這樣不但可防風，而且加熱溫度不易散失。鉄斗的形狀可參看圖15，它的尺寸可按照所要退火的圓管直徑確定。可用氣焊火焰或噴燈進行加熱，加熱到一定程度時，用热电偶或帶色測熱筆來測定。在加熱處將適宜的測熱筆畫上線條，該線條在一定溫度下驟然改變顏色。如№5鉛筆在

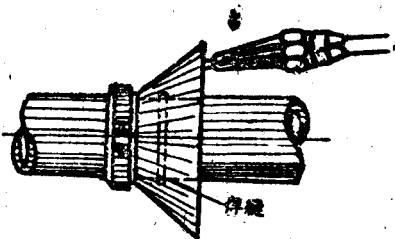


圖15 小直徑管道熱處理。

450°C溫度下由白色變為黃色。測熱筆有很多顏色，可以測知金屬的不同溫度。

在接头加熱到650~710°C以後，可以停止加熱，並在200~250毫米範圍內包上8~12毫米厚的石棉片，或蓋上熱灰砂，使其慢慢冷卻。

**2. 大直徑鋼管的熱處理** 直徑大於100毫米的鋼管接头進行退火時。可用同一類型的電焊變壓器四台並聯起來，接通纏在管子外壁石棉板上的高溫電阻絲。通電以後，可以產生高溫，使接头得到同樣高的溫度。可以調節電流來控制溫度，使溫度能均勻地升降。（可參看示意圖16）。

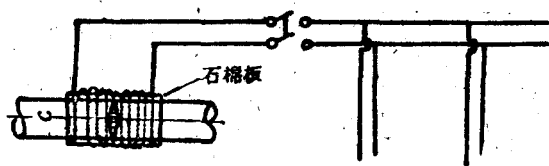


圖16 大直徑管道退火。

### 三 管道接头的質量檢查

**1. 接头的機械強度試驗** 焊接接头的機械強度試驗是測定管道質量的重要環節，同時也是測驗焊工技術水平的好方法。機械強度的試驗方法很多，通常有拉力和彎曲試驗二個項目。

試驗的方法是：將焊好的管子接头切成數塊，其中一部分做拉力試驗，另一部分做彎曲或沖擊試驗。採取試樣的方式如圖17所示。試樣加工的規格，應符合圖18的規定。

拉力試驗在專門的拉斷機上進行，計算的方法是依據拉斷時所加的力（以公斤表示），用試樣的橫截面積（毫米<sup>2</sup>）來除，就得

出强度极限数字。通常这数字与焊条所标志的数值相同。比如用苏联342号焊条作试焊，则经过拉力试验所得出的数字也应该是42公斤/毫米<sup>2</sup>。

弯曲试验主要是为了确定焊缝金属的韧性。将样板放到压力机下，一直弯到出现第一个裂缝为止。根据弯曲角度的数值来判定金属的韧性。冷弯角度以达到180°为最高标准。

如果焊工技术能力达到上述要求，就可以参加高压蒸汽主管网路的焊接工作，并发给准许施工合格证。

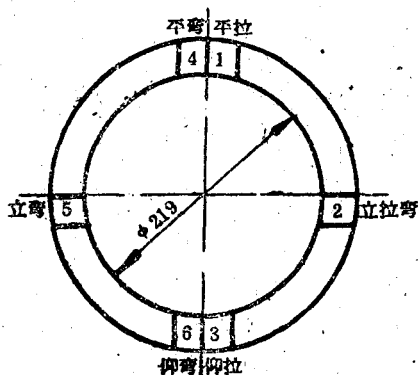


图17 选取试样。

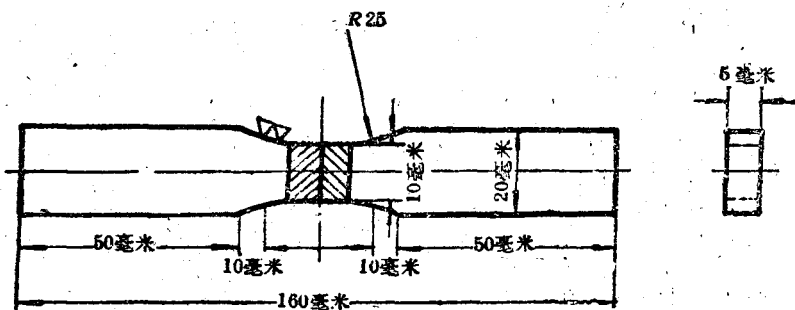


图18 拉力弯曲试样。

2. 接头的压力试验和煤油试验 工业中输送水、油、蒸汽、煤气等原料或燃料的管道，要有耐压性。大致可分低压和高压二种类型。在焊接这类承受压力的管道以后，需要进行压力试验。倘若管

道有泄漏或缺陷之处，不加以焊补和修正就会造成很大的损失。

管道的試压順序如下所述：

- 1) 被檢驗的容器除进水和放气二个洞孔之外全部封閉。
- 2) 用水泵把水灌入容器，一直到灌滿，然后将出气孔堵塞。
- 3) 向进水管增加水压，直到达到預定的压力讀数。根据試驗技术条件来确定容器保持在水压状态下的時間。

4) 在保持工作压力状态下用1~1.5公斤手錘敲击焊縫二側約150毫米範圍內的金屬。如发现有漏水之处，应錘去重焊。

也可以用压缩空气檢驗，焊波外側塗上肥皂水。如有漏气，就会出现皂泡。

在焊波上塗一层白堊溶液，背面塗以煤油。由于高度毛細管作用，煤油从接縫的滲漏处显现出来，在干固的白堊塗料上产生暗黑色的污点。根据这些污点可判定接縫的致密性（參看图19）。

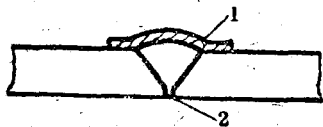


图19 用煤油試驗焊接接头。

在进行压力試驗时，压力讀数

相同，但容器的体积不同，由于受压面积的不同，管子耐压程度也不相等。管子的受压面积随着管子的直径增大而增加。管壁內所产生的內应力是与管子直径大小成正比的。

計算管子內应力的公式为：

$$f_t = \frac{P \times D}{2H}。$$

式中  $f_t$ ——管子焊縫受压后的应力；

$D$ ——管子的平均直径；

$P$ ——单位面积上所受的壓力；

$H$ ——管壁厚度。

3. 新旧管道焊后质量比較 在管路中，常常利用一部分旧管

来代替新管。編著者在安装五号鼓風机和蒸汽管道时,預先計劃大部分利用 $219\phi \times 8$ 及 $360\phi \times 12$ 的无縫鋼管,后来因为設計变更才部分地換用了苏联出品的 $219\phi \times 8$ 及 $325\phi \times 11$ 的新管。經机械强度試驗結果,二者相差較大。現列于表5。

表5 新旧管道焊接后机械性能比較

| 品 名                        | 机 械 試 驗                 |                    |          |
|----------------------------|-------------------------|--------------------|----------|
|                            | 拉力(公斤/毫米 <sup>2</sup> ) | 弯 曲                | 压 扁      |
| 219 $\phi \times 8$ 旧管道焊接  | 43.5~54                 | 弯至180°, 好的占試样总数83% | 50%完好    |
| 219 $\phi \times 8$ 新管道焊接  | 44                      | 弯至180°, 全好         | 压至32毫米完好 |
| 325 $\phi \times 11$ 新管道焊接 | 48.5                    | 两个試样中有一个表面起层       | 微 裂      |

化学成分的比較可參看表6。

表6 新旧管道化学成分比較

| 品 名                       | 化 学 成 分       |               |               |                     |                     |              |               |               |
|---------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------------|---------------------|--------------|---------------|---------------|
|                           | C             | Si            | Mn            | S                   | P                   | Ni           | Cr            | Cu            |
| 219 $\phi \times 8$ 旧管性质  | 0.18~<br>0.29 | 0.20~<br>0.33 | 0.02~<br>0.62 | 0.021<br>~<br>0.039 | 0.013<br>~<br>0.024 | 0.07~<br>0.1 | 0.03~<br>0.08 | 0.06~<br>0.12 |
| 219 $\phi \times 8$ 新管性质  | 0.12          | 0.25          | 0.48          | 0.025               | 0.028               |              |               |               |
| 325 $\phi \times 11$ 新管性质 | 0.18          | 0.292         | 0.55          | 0.016               | 0.023               |              |               |               |

## 四 技术定額和安全規則

1. 电弧焊接的技术定額 焊接的定額有三种: 一为時間定額; 一为产量定額; 一为焊条消耗定額。

時間定額: 在一个固定的工作範圍內完成一米焊縫所需的时



間(以小时計)。例如, 在平焊位置完成每米厚12毫米V形对接焊縫時間定額是4.9小时。这就意味着一个焊工需用4.9小时方可完成。

产量定額: 在单位時間中(一小时或一班)一个焊工能完成焊縫的数量(以米計算)。例如, 焊工在一天中完成接縫69米。这个数字就是一个人一天中的产量定額。

焊条消耗定額: 整根焊条并非完全熔化到接縫中去。例如, 焊条头占5%, 因燃燒飞溅而損失的金屬占10%。这样非生产損失就占了15%, 換句話說, 只有85%的焊条熔入接縫中去。由此可見, 如果焊縫需要1公斤金屬的填充量, 就要拿1公斤以上的焊条才行; 即需要 $100/85 = 1.17$ 公斤焊条。

至于焊敷的金屬数量, 可以用下列公式計算:

$$Q = aIt$$

$Q$ ——焊着金屬总重量(克);  $I$ ——电流强度(安);  $t$ ——時間(小时);  $a$ ——焊着系数(克/安培小时)。

焊着系数要根据各种不同电流强度、焊条牌号等因素来决定, 一般在7~12克之間。

表7 焊縫长度和焊条用量計算表

| 焊条直径<br>(毫米) | 焊縫长度<br>(毫米) | 重 量     |                | 重10公斤的焊条<br>数 目 |
|--------------|--------------|---------|----------------|-----------------|
|              |              | 一根焊条(克) | 100根焊条<br>(公斤) |                 |
| 2            | 300          | 7.4     | 0.74           | 1350            |
| 3            | 350          | 19.3    | 1.93           | 510             |
| 4            | 450          | 44.2    | 4.42           | 226             |
| 5            | 450          | 58.8    | 5.88           | 146             |
| 6            | 450          | 99.2    | 9.92           | 101             |
| 7            | 450          | 135.1   | 13.51          | 74              |
| 8            | 450          | 169.6   | 16.96          | 59              |
| 10           | 450          | 276.5   | 27.65          | 36              |

**2. 提高焊接速度** 为了提高焊接速度,应从增加焊接电流开始。在焊接大直径圆管时,曾先用110~120安培电量,第二层用140~150安培,第三层用160~180安培。但是这样小的电流用量焊接仰焊位置接缝,达不到较高的生产定额。后来根据苏联专家的提議,各层焊接电量改为145~155安; 180~195安; 205~215安。这样大的电流用量,使我们提高了工作效率,不只缩短了焊接操作时间,同时保证了接缝的熔透。

表 8 一公斤焊着金属平均耗电量

| 电 焊 机 类 别 | 1 公斤焊着金属平均耗电量(度) |
|-----------|------------------|
| 交流电焊机     | 3.5~4.0          |
| 直流电焊机     | 6.0~8.0          |

在堆置接头的仰焊部分时,焊工躺在管子下面,管与地面距离很近,若以整根焊条施焊,比较困难,因此常常将整根焊条折弯,药皮自然剥落,这样差不多半根焊条浪费掉。为了避免这种现象,可以设法在接头的地面挖一个浅坑,为使运棒方便起见,坑的深度应不小于0.5米(参看图20)其总长为2.5米,宽度1米,形状可参看图中所示。

严格遵守劳动纪律是获得工作成绩的重要条件,团结一致也

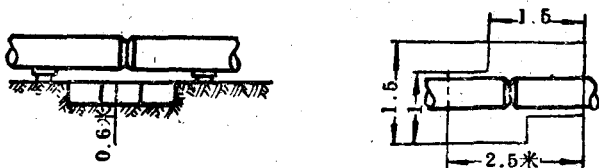


图20 浅坑尺寸和形状。

是保證計劃完成和超額的因素。

### 3. 安全技术規則

1) 工作前檢查一下电焊机放置地点是否适宜，电焊机内外有无障碍物，电綫接头接触点是否紧密。工作处所不准放置易燃物品，如有，至少搬到15米以外的地方。

2) 开閉閘刀式电門时，要帶手套，臉不能朝向电門，地上潮湿应鋪上橡皮或絕緣物体。

3) 工作前必須穿好工作服，戴好手套和脚盖以及口罩等防护用品。

4) 电焊机的負荷很大时，要經常檢查机身的溫度，通常不得超过 $70\sim 80^{\circ}\text{C}$ 。

5) 雨天在室外工作时，必須穿橡胶鞋，电焊机上要盖上帆布套子，焊条不能受雨打。

6) 高空作业时，要系好防护带，将电綫綁在牢固的建筑物上。地上有易燃物时，应事先搬走。

7) 焊接管道时，如管道中含有易燃气体或油脂殘余时，严格禁止施焊。必須洗刷干淨，方可施焊。

8) 在鍋炉或容器中工作时，必須穿胶鞋、胶皮手套及胶帽子。要有通風設備，溫度不可太高，必要时可輪換休息。除有良好照明設備之外，需要有人在外留守，監視焊工的安全。

9) 电綫有破皮，立即用橡胶粘布包扎。

10) 电焊机外壳接电綫不可太松，要保證不会脫落。

11) 要按照电流强度来選擇保險絲的規格，不能用粗銅絲代替。

12) 下班时，必須先关掉电焊机，然后将电綫盘起。

13) 搬运电焊机时，要小心輕放。电焊机要定期檢修。