

焊接技術上的革新^{*}

洛 達 石 銳編著

水利電力出版社

內 容 提 要

本書介紹了在焊接技術方面的一些革新，如不開坡口焊接法、單面坡口焊接法、混合點焊連續焊接法、用多面焊接法焊接大小汽包聯絡管道及反變形、分層對稱焊接法等，所有這些方法都大大提高了焊接效率，縮短了工期。在焊接設備的改革方面如將一台電焊機改作兩台使用，兩台改作三台使用等。最後介紹了如何培養多面焊接手及實行多管徑焊接。

本書可供各電廠建築工地及其他單位的焊接工人閱讀。

*

787×1092 $\frac{1}{16}$ 開本 16印張 * 16千字

1958年10月北京第1版

1958年10月北京第1次印刷(0001—8,100冊)

統一書號：15143·1125 定價(第9類)0.07元

目 录

前 言	1
第一章 焊接方法的革新	3
一、低压管道焊接方法的革新	3
1. 不开坡口焊接法	3
2. 單面坡口焊接法	6
二、鍋爐加热面管道焊接方法的革新	8
1. 混合点焊, 連續焊接法	8
2. 减少焊缝的寬度和減低焊缝的厚度	9
3. 取消清扫飞溅、焊瘤、熔渣的工序	10
4. 取消取磷剂	11
5. 用多面焊接法, 焊接大小汽包联络管道	11
三、鍋爐鋼架焊接方法的革新	13
1. 分段和反变形焊接法	13
2. 分层对称焊接法	14
四、高压給水管道焊接方法的革新	15
1. 加大电流, 使用短弧焊	15
2. 加厚焊层	15
3. 不清扫飞溅、焊瘤和熔渣	15
第二章 焊接设备的改革	16
一、創制电流調整器, 减少焊工輔助時間, 兩台电焊机 作三台使用	16
二、改革电焊机, 一合作兩台使用	16
第三章 敢想敢干, 培养多面焊接手	26
一、把中压焊工培养成能干高压活, 低压焊工培养成能 干中压活	20
二、打破陈規, 实行多管徑焊接	22

前 言

偉大的全民整風運動和橫掃三風五氣，砲打浪費保守的“雙反”運動，特別是黨中央提出“15年趕過英國”的壯嚴號召，以及“鼓足幹勁，力爭上游，多快好省地建設社會主義”的總路線，更加鼓舞了大家加速祖國社會主義建設的革命幹勁。為了響應黨的號召，貫徹實現社會主義建設總路線，在黨的正確領導下，洛陽熱電廠的職工，掀起了一个轟轟烈烈的、羣眾性的建設高潮。比先進、學先進、趕先進的風氣已普遍到每个角落，他們提出“幹勁賽武松，智慧賽孔明，進度賽火箭，質量賽日月，工藝賽牡丹”的响亮口號，從而很快就形成了建設工程上大躍進的局面。

在大躍進中，建設洛陽熱電廠的焊工們遵循着黨指出的方向，真正作到了“幹勁加鑽勁，技術大革新”。在短短的50多天里，在3號機組的安裝過程中，他們以敢作敢為的英雄氣魄，突破陳規舊律，革新了14項焊接技術，挖掘了設備潛力，提高了焊接效率。我們知道，焊接是建設電廠的一項重要工作，它的進度的快慢和質量的好壞，直接影響着整個工程的質量和工期的長短。例如，洛陽熱電廠安裝的每台TII-170噸/時高溫高壓鍋爐和TII-25,000瓩汽輪發電機，僅管道就有近萬道口需要進行焊接。躍進中，焊工們改進了焊接設備，使焊接效率提高2~6.5倍，並且保證了質量。這樣就使3號爐能22天試水壓，并一次成功，到57天時就移交生產，3號機亦將在25天內建成。3號爐的工期和1號、2號爐比較，試水壓工期縮短25~65天，移交生產工期縮短40~116天。不論在工期和質量上，都達

到了世界先进水平，苏联專家称讚說：“工期很短，質量很好，成績优良，苏联就是这样干的。”

在改革焊接技术和焊接設備的过程里，洛阳热电厂的焊接技师郑玉田同志，始終站在运动的前面，不仅自己积极动脑筋，想办法，改进了5項焊接方法和焊接設備，而且深入生产，帮助和支持焊工們的革新，使这些改进更加完整和具有技术理論上的依据，并很快地發揮了作用。同志們夸奖地說：“焊工是好汉，技师是英雄；他們縮短工期，提高質量，供献大，是我們学习的好榜样。”

为了及时交流焊接工作的經驗，促进焊接技术上的革命，我們編写了这本小冊子。由于編者缺乏写作經驗，特別是缺乏焊接的技术理論知識，錯誤的地方，在所难免，希讀者給予指教。

第一章 焊接方法的革新

一、低压管道焊接方法的革新

1. 不开坡口焊接法

在建設洛陽熱電廠的設計里，規定油管道和各種管徑的低壓管道焊接時，均採用V形坡口焊接法，即在管子對口的地方開一個 $60^{\circ}\sim 70^{\circ}$ 的角(如圖1)，並使用蘇聯出產的Э42型優質量電焊條。用這種方法進行焊接，焊接前鉗工須在對口處鏤坡口，焊接中焊工需用一定的時間以焊條填充熔池，這樣做既費工又費料。針對上述缺點，考慮對薄管壁的油管道及低壓管道($\phi 57\times 3.5\sim \phi 2.9\times 4$)採用不開坡口的焊接方法。不開坡口焊接法，就是管子在對口時，不用鉗工鏤坡口，僅在對口處留 $2\sim 3$ 公厘的間隙(如圖2)就行了，並用國產三角牌電焊條，代替蘇聯Э42型電焊條。



圖1 V形坡口焊接

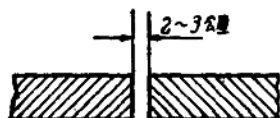


圖2 不開坡口焊接

為了保證焊接質量，使焊接處有足夠的熔深和嚴密性，在採用不開坡口焊接法之前，進行了焊接熔深的計算和焊縫間隙等試驗。

(1) 計算公式和計算結果：

公式：

$$H = \sqrt{\frac{0.48 \beta_{np} IV}{\pi \gamma v (C_m (T_{пл} - T_{нач}) + S)}}$$

H = 熔深, 公厘; S_{np} = 总热系数。

γ = 金属比重, 克/公分³; v = 焊接速度, 公厘/秒;

C_m = 金属平均比热, 卡/克[°]C; $T_{пл}$ = 金属的熔点;

$T_{нач}$ = 焊件的初温; S = 被焊金属的熔化潜热卡/克;

I = 电流; V = 电压。

結果:
$$H = \sqrt{\frac{0.48 \times 0.24 \times 120 \times 60}{3.14 \times 7.8 \times 2.5(0.167(1515 - 20) + 65)}}$$

= 6.5 公厘。

这个计算, 说明管壁在 5 公厘以下的管子, 采用不开坡口的方法进行焊接, 能够保证它的透度。

(2) 焊缝要求和操作注意事项: 经过计算后, 便在 $\phi 108 \times 4 \sim \phi 57 \times 3.5$ 的各种直径的油管道和低压管道上进行横、立位置的焊接试验, 得出焊缝要求和焊接操作注意事项如下:

焊缝要求(如表1)。

表 1

焊缝位置	管壁厚度 (公厘)	电流(安)	对口间隙 (公厘)	焊缝高度 (公厘)	备 注
立 焊	3.5	115	2~2.5	1.5~2.5	試驗鋼管都是10 号鋼的管子
橫 焊	3.5	130	2~2.5	1.5~2.5	
立 焊	4	120	2.5~3	1.5~2.5	
橫 焊	4	135	2.5~3	1.5~2.5	

操作注意事项:

1) 管口加工用锯割或用乙炔切割均可, 边缘公差为 ± 1 公厘。

2) 管端处的油锈用火焰烤去, 焊口处及焊口边缘用刷子刷至光亮为止。

3) 焊接的电流比 V 形焊缝要大 10~15 安培, 而焊接方法与

∇形焊接相同，即环形焊或月牙形焊。

(3) 金相檢查和机械性能試驗：

金相檢查(宏觀与微观檢查)情况如下：

- 1) 未发现不透現象，熔深达管壁的100%；
- 2) 熔化情况良好；
- 3) 过热区的組織均匀分布，晶粒度为5~6号。

机械性能試驗結果如表2。

表 2

序号	管壁厚(公厘)	焊接方式	抗拉强度 (公斤/公分 ²)	冷弯角度(度)	备 注
1	4	立	51.5	180	
2	4	立	48.0	180	
3	4	橫	40.6	180	
4	4	橫	40.6	180	

注：1. 試驗鋼管为10号鋼管子。

2. 抗拉强度規程規定34公斤/公分²即合格。

3. 冷弯角度規程規定120度即合格。

一系列試驗結果是令人滿意的，經過苏联專家的审核，同意將这一焊接方法使用在薄管徑的油管道和低压管道的焊接上。3号机組的实际运用也証明不开坡口焊接法，有很多优点，主要的是：

1) 取消了鉗工銼坡口的工序，使鉗工的工作效率提高40%左右。

2) 节省焊条35~40%，提高焊工的工作效率35~40%左右，例如焊 $\phi 57 \times 3.5$ 的管子，用∇形坡口焊接法，需要三根焊条和7分鐘才能焊一个口，用不开坡口焊接法，有二根焊条和三分半鐘就行了。并可用国产三角牌焊条代替苏联出产的342型焊条，国产焊条和苏联焊条比較，每公斤就节省4角錢。

2. 單面坡口焊接法

对于厚管壁($\phi 273 \times 12$)的除灰、低压给水、软化水、循环水、化学水等低压管道的焊接, 改革了原设计一律要用V形坡口焊接法的规定, 采用單面坡口焊接法。所謂單面坡口焊接法, 就是在管子对口处, 仅在一侧的管子上开一个40度角的坡口, 进行焊接, 如图3。

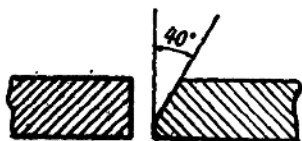


圖3 單面坡口焊接

采用結果証明: 在保證焊接質量的基础上, 焊接工作压力为8ata以下, 温度小于 300°C 的厚管壁低压管道, 确实是一项既节约料又省工, 迅速提高焊接效率的技术改革。它和V形坡口焊接法比較, 主要优点如下:

(1) 單面坡口比V形坡口容易掌握, 有利于技术等級低的焊工。例如, 采用單面坡口焊接法进行横焊, 由于上面有坡口下面沒有坡口, 溶液不会因技术不良而控制不住, 工艺上亦較V形坡口好掌握。事实証明, 用單面坡口焊接, 轉动焊由1級以上的焊工, 立、横焊由2~3級的焊工进行焊接, 都可以获得滿意的結果。

(2) 單面坡口比V形坡口节约, 如火焊工少割一側坡口, 鉄工少鏟一側坡口, 节约了氧气、电石等材料。

(3) 單面坡口比V形坡口节约电焊条30%, 并大大地提高了焊接效率, 加快了焊接速度, 如焊接 $\phi 273 \times 12$ 的除灰管道, 用V形坡口焊接法, 每人每天只能焊接6~7个口, 現在用單面坡口焊接法, 每人每天就能焊接10~11个口, 提高效率50%以上。

單面坡口焊接的質量, 也是很好的。經机械性能試驗和宏觀檢查, 其情况是:

机械性能(如表 3):

表 3

焊接方式	抗拉强度(公斤/公分 ²)	弯曲角度(度)	备 注
立 焊	45.00	180	
	46.65	180	
横 焊	47.15	180	
	47.50	180	

宏观检查:

1)粗视缺陷——除发现少量小气孔外,未发现严重的因单面坡口引起的不透现象。

2)熔化情况——未发现夹渣物和熔化不良现象。熔化深度约 2~3 公厘。

苏联专家聶伯尼西亞同志,对单面坡口焊接法相当满意,认为应该在工作压力小于 8ata,温度小于 300°C 的管道上广泛使用。

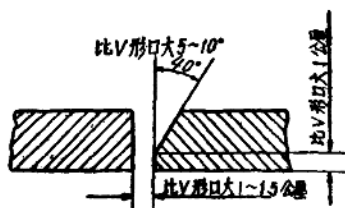


图4 单面坡口焊接时的对口标准

(4)根据实际运用情况,经过研究总结,单面坡口焊接法的操作与注意事项是:

对口标准(如图 4):

操作特点:

1)单面坡口的对焊类似搭焊形式。

1.坡口角度,比V形坡口大5~10°,就能最大限度的保证焊条自由摆动。

2.钝边,比V形坡口所规定的值大1公厘,是因为单面坡口焊接要保证熔化良好,必须要求足够的热量,这就要焊接的速度比V形焊接慢,如不加大坡口侧的钝边,往往因焊接速度过慢而发生烧穿现象。

3.间隙,比V形坡口大1~1.5公厘,能保证不同单面坡口的熔深与透度。

2) 焊条垂直位置改变。过去V形坡口焊接是縱向調整焊条角度，現在單面坡口焊接是橫向調整焊条的角度，如图5。

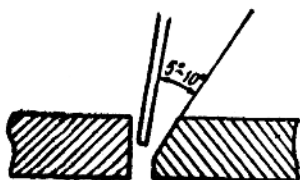


图5 單面坡口焊接时橫向調整焊条的角度

这一改变，主要是使电弧的热量大部分消耗在未开坡口側的基本金屬上，以达到兩側基本金屬的熔化率接近相等，而保証未开坡口側的熔化深度。

3) 增大焊接电流。虽然因焊条垂直位置的改变，而弧柱热度过分的消耗在未开坡口側，但为了保証原有的焊接速度和开坡口側的熔化度，必須加大焊接电流10~15安培。

4) 对口間隙一定要比V形坡口大1~1.5公厘。低級工初焊时最好練習3~4个口，或者跟技工1~2天的現場观摩，再进行正式焊接。

二、鍋爐加热面管道焊接方法的革新

1. 混合点焊，連續焊接法

按照規程的規定，各种管道的焊接是誰点誰焊，这一規定的主要理由是：責任分明，容易檢查。过去，由于对焊工不信任，怕出質量事故，也願意这样做。所以，在实际工作中，往往形成焊工等待鉗工，即对口跟不上点焊的現象，影响焊接效率的提高。經過整风，焊工的覺悟大大提高，为了加快建設速度，在3号炉安裝中建議采用混合点焊。經過員工們共同研究，認為每个焊工在点焊时只要：①使用的电流合适，保証点透；②不要打出洞；那末完全可以突破这条規定，采用混合点焊方法。由于这一方法的采用，每个焊工既能点焊 $\phi 108 \times 12$ 的

管子，又能点焊 $\phi 76 \times 6$ 的管子，等等，从而使鉄工对口的效率提高20%左右，焊接的速度也相应的加快了。

焊接 $\phi 76 \times 6$ 的水冷壁管道和 $\phi 38 \times 4.5$ 的过热器管道，規程上規定連續焊接不得超过5个，理由是避免管子振动，焊缝发生裂紋，影响質量。但这样作，焊工在地面組合的管子上，爬上爬下，焊接輔助時間过長，浪費精力，影响工作效率。3号炉安裝中，焊工要求改变这一規定。領導根据实际焊接情况，发现連續焊接时，焊工先从管子下部开始焊接，焊接程度达管徑的 $\frac{2}{3}$ 时才到管子上部进行焊接。照理論計算，焊接已达管徑 $\frac{2}{3}$ ，管子已經固定，加以工作現場没人走动，管子不会振动，既不会振动，当然不必担心发生裂紋。經請示苏联專家聶伯尼西亞同志，專家也認為連續焊接不得超过5个的規定，是没有什么根据的，完全可以一次点焊半天所能焊接好的管子，四小时都采用連續焊接。現在水冷壁管道焊接(地面組合)已不是一次点焊5个焊口而是一次点焊27个焊口了(即上午点焊27个焊口后进行連續焊接，下午再点焊27个焊口，进行連續焊接)。这就减少了焊工爬上爬下的輔助時間，提高了焊接效率。

2. 減少焊缝的寬度和減低焊缝的厚度

提高焊接效率，加快焊接速度的一个重要途徑，就是尽量减少焊着金屬量，因为焊着金屬量减少，不仅可以节省很多焊条，而且能节省焊工进行焊接的时间。但是，焊工們一般都觉着焊缝越寬越厚越好，認為只要焊缝既寬且厚，就能保証焊接質量。实际并非如此。苏联專家魯涅夫斯基就指示焊缝要薄要窄，他說：“焊缝过寬过厚的話，基本金屬受热就要过大，那么焊缝中存在的应力也就大，从而使得：1. 焊缝在动負荷时会发生裂紋；2. 造成焊缝附近組織变粗，热影响增大，虽然焊缝

强度稍有增大，但塑性和伸延率大大降低。所以，焊缝薄和窄，并不影响质量。”为了提高焊接效率，进行了焊缝要薄要窄的宣传教育，并教会了焊工正确确定焊缝宽度的计算方法，这就是：

焊缝宽度(公厘)=[坡口角的三角函数正切系数×(管壁厚度-钝边)]×2+间隙+压边×2。

以 $\phi 76 \times 6$ 的水冷壁管子为例，其计算方法如下(参阅图6)：

坡口角度为 35° ；三角函数正切系数为0.7；
管壁厚度为6公厘；
钝边为0.5公厘；
焊缝间隙2公厘；
压边平均5公厘。

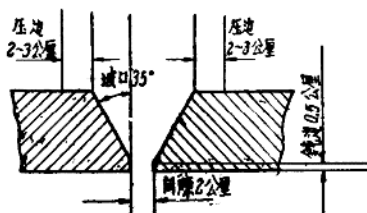


图6 焊缝宽度的计算

代入公式：

$$[0.7 \times (6 - 0.5)] \times 2 + 2 + 5 = 14.7.$$

所以， $\phi 76 \times 6$ 的管子，焊缝宽度应为14.7公厘。

由于焊工们了解到焊缝减薄减窄，并不影响质量，并掌握了确定焊缝宽度的计算方法，3号炉安装中所有管道的焊接，都推行了薄、窄焊缝。例如， $\phi 76 \times 6$ 的水冷壁管道，过去焊缝宽18~20公厘，高2~3公厘，现在是14~14.7公厘，高是1.5~2.5公厘。这就节约了焊条，加快了焊接速度，提高了焊接效率。

3. 取消清扫飞溅、焊瘤、熔渣的工序

规程中规定每焊完一层焊缝必须彻底清扫飞溅、焊瘤、熔渣，如果不彻底清理，焊口容易出现夹渣物和熔化不良现象，

影响焊接質量。过去，焊工是按照这一規定进行的，但这一清理工作相当費事，往往佔去焊工40~50%的焊接時間。为了提高焊接效率，在洛阳热电厂3号炉水冷壁管道焊接中，試行取消了这一工序，創造了每天焊85~42个口的記錄。再經慎重地研究了这一大胆的嘗試，从技术理論上找到制造焊条时，所选择的被复剂，其熔点比鋼材低，其比重比鋼材輕，那么經過高热熔化，被复剂自然上浮，不会影响質量的論据；并对焊接情况进行了金相檢查和 γ 綫射視，証明質量良好，便决定全面推广。由于焊工在焊缝处焊完一层后，只把大药皮打掉，不再清扫飞濺、焊瘤、熔渣等物，就节省了焊接時間的35~40%左右，大大地提高了焊接效率。

4. 取消取磷剂

規程規定用瓦斯切割的高压管道，切割时必须用三氧化铬、硫酸、砂藻土配制成的取磷剂，清洗因乙炔所存在的磷和硫两种元素。1公斤取磷剂能清洗14~15个焊缝坡口，配一次需要一小时的时间。根据实际焊接情况，切割高压管道，乙炔所产生的磷和硫，只能在管道坡口的表面上，其熔化深度不会大于0.2公厘。但用乙炔切割的管道坡口焊接前都要进行修正，一般是用砂輪將坡口表面磨去0.7公厘，才进行焊接。那么，乙炔所产生的磷和硫已經清除。根据以上分析，取消了取磷剂的使用，这样不仅节约了購置取磷剂的費用，而且提高了切割手的有效工作時間，加快了切割速度。

5. 用多面焊接法，焊接大小汽包联絡管道

洛阳热电厂的设计里，規定鍋炉大小汽包联絡管要从中心

橫向兩側對口焊接(如图7)，但因这种管道管子与管子間的距離只有400公厘，鉗工對口的工作面展不開，影响焊工工作效率

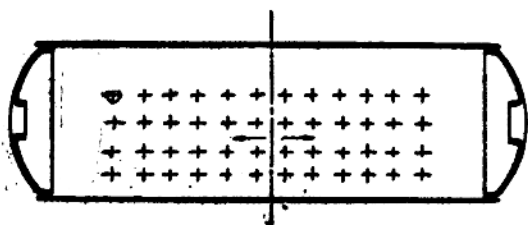


图7 从汽包中心向兩側對口焊接(箭头為對口焊接方向)

率的提高。例如，用这种方法焊接洛陽熱電廠1號爐的大小汽包聯絡管，每个焊工每天只能焊接3~4个焊口。在3號爐安裝中，焊工提出用八面對口焊接法(如图8)，使大小汽包到处开花。这种方法的主要好处，是能使鉗工的對口工作全面展开，鉗工們可以任意對口，焊工也不受焊口限制，管口對到那里就焊到那里，从而大大提高焊接效率，使每个焊工每天能焊接35个焊口了。

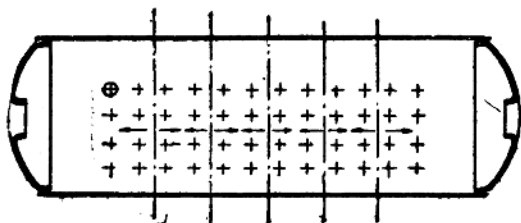


图8 汽包八面對口焊接(箭头為同時對口焊接方向)

上述几种焊接方法的改革，就大大地加快了鍋爐加熱面管道的焊接速度，使这些管道的焊接效率分別提高2~3倍，節約人工124个台班，而且由于工作面舒展得开可以更細緻的进行，

因而質量優良，在鍋爐水压試驗時，沒有一個滲漏水的。詳情如表 4 所示：

表 4

	水冷壁管道($\varnothing 76 \times 6$)			大小汽包膜給管($\varnothing 76 \times 6$)			過熱器管道($\varnothing 38 \times 4.5$, $\varnothing 42 \times 5$)		
	焊工 (每人每 天/個)	工期 (天)	人工 (台班)	焊工 (每人每 天/個)	工期 (天)	人工 (台班)	焊工 (每人每 天/個)	工期 (天)	人工 (台班)
2號鍋爐	17	10	110	13~14	20	77	38		52
3號鍋爐	53	5	41	34~35	10	43	103		31

三、鍋爐鋼架焊接方法的革新

1. 分段和反變形焊接法

過去，對鍋爐鋼架(地面組合)的焊接都是採用從鋼架的框架與鐵板接觸處一端開始，連續一周焊完(如圖 9)。這種焊接方法的主要毛病，是金屬結構經電焊高溫弧柱作用，由熱脹冷縮原理造成變形，以致在焊完後，不得不用千斤頂頂住錘打，費力不小，往往還是達不到標準要求。在 3 號爐的安裝中，焊工們想出了兩種方法，來改變這種現象。事實證明這兩種方法都是很有效的。

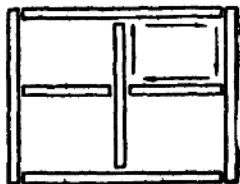


圖 9 鋼架與鐵板連續一周焊接，極易變形

第一種是分段焊接法(如圖 10)，就是把焊件分成若干段，每段長 250 公厘，焊接時先焊中心段 1，再焊兩邊 2、3，最後焊其他兩段 4、5。這樣，使鋼架金屬受熱均勻，達到不變形的目的。

第二种是反变形焊接法(如图11),就是在焊接前把框架预弯20公厘,在弯度中心线两旁一公尺处垫上枕木,再进行焊接。这种方法主要是利用钢架本身的重量和焊接收缩应力,消除变形状态,达到所要求的标准。

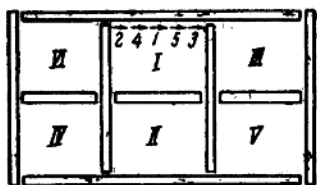


图10 钢架与铁板分段焊接
按1、2、3、4、5及I、II、III、IV、V
次序,防止变形。

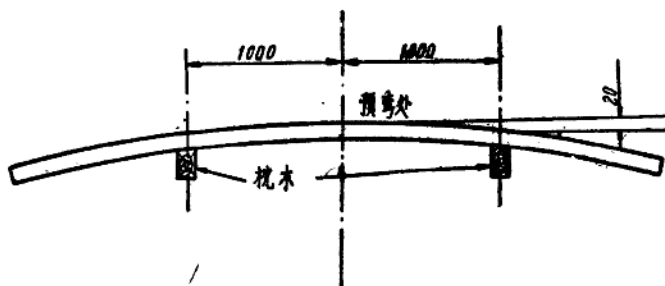


图11 反变形焊接

2. 分层对称焊接法

洛阳热电厂1号、2号锅炉钢架起吊后,所有的横梁卡头焊接都是一层一层干的,干完了一个再干一个,效率很低,全部焊完需要25~26天。3号锅炉安装前,锅炉工人提出“八天起吊大汽包”的战斗口号,如果仍用旧的办法进行焊

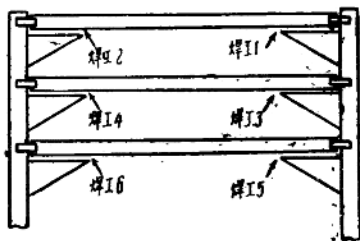


图12 分层对称焊接示意图