

船体结构变形的矫正

——局部加热矫正方法——

黄尚武 編著



人民交通出版社

船体结构变形的矫正

—局部加热矫正方法—

黄尚武 编著

本書敘述了船體結構變形矯正的一般方法并着重介紹了局部加熱矯形的各種方法，矯形工具和技术要求以及防止和減少結構變形的措施。本書可供船舶中等專業學校學生以及船廠工人、技術人員學習參考之用。

船體結構變形的矯正

——局部加熱矯形方法——

黃尚武 編著

*

人民交通出版社出版

(北京安定門外和平里)

北京市書刊出版業營業許可証出字第〇〇六號

新華書店發行

人民交通出版社印刷廠印刷

*

1960年2月北京第一版 1960年2月北京第一次印刷

開本：787×1092 $\frac{1}{32}$ 印張：1 $\frac{1}{2}$ 張

全書：27,000字 印數：1—1,500冊

統一書號：15044·6179

定價(9)：0.23元

目 录

一、概 述.....	2
二、局部加热矫形.....	6
(一)局部加热矫形方法.....	7
1. 圆点加热矫形.....	9
2. 带形加热矫形.....	18
3. 楔形及条形加热矫形.....	25
(二)矫形工具.....	32
(三)矫形技术要求.....	39
1. 技术公差.....	39
2. 验收条件.....	41
三、防止和减少船体结构变形的措施.....	42
(一)在结构上的措施.....	42
(二)在工艺上的措施.....	43
四、安全技术.....	47

一、概 述

船体结构变形不仅对结构强度有着不良影响，而且因为结构形态和尺度上的变异以致实际线型和理论线型不符，因而会改变船舶吃水，增加船体阻力，影响船体性能并损害船体外形美观。同时在船舶建造过程中也将使装配工作复杂化并增加了船体矫形的工作量。因此，寻求防止和减少船体结构变形的最有效的方法乃是造船技术中的一个很重要的问题。

船体结构变形的原因大致可以概括为：

1. 由于船体结构焊接时发生的热和力的效应所引起的内力破坏了结构原有的平衡和稳定状态，因而产生变形。

2. 由于薄板在轧制时冷却的不均匀性，已经具有分布在不定平面的内应力，焊缝通过板内存在应力的区域后，使其应力重新分布而增加了局部变形。

3. 由于某种原因而形成板的初弯曲或残留变形的不平偏向是促使、扩大和加剧变形的根源之一。

4. 由于板材结构的吊移、翻身、运输和存放的不当以及在建造过程中所引起的变形积累（如剪切、气割所形成的弯曲、扭变；零件尺寸过大或过小，或由于划线、加工或切割上的偏差所造成的装配不良；对接焊缝坡口、间隙、焊缝增强量及宽度过大；填角焊缝焊足尺寸过大，焊缝截面两边不等；焊接规范选用不当；焊接程序不当；变形控制不力等等）。

5. 由于局部载荷集中和其他外力的影响或因受力状态的改

变而引起的结构变形。

6. 薄板结构还可能由于气候的变化，夏季熾烈阳光的照射和其他热能的影响而产生变形。

当船体结构总的或局部的变形超过了允许的技术公差范围时，即必须进行矫形，俾使板材结构达到一定的线型要求。

船体矫形就是以新的变形来抵偿或消除由于焊接的热力效应或其他外力的作用所引起的结构变形。

船体结构变形矫正方法大致可以分为：

1. 机械矫形——对于金属平板、型钢、个别简单焊接的基座、组合T型和I型截面构件的变形常利用压力机床——辊压机床、撑直机床、油（水）压机床进行矫正。

2. 人工矫正——对某些结构不大的局部变形也常利用人工

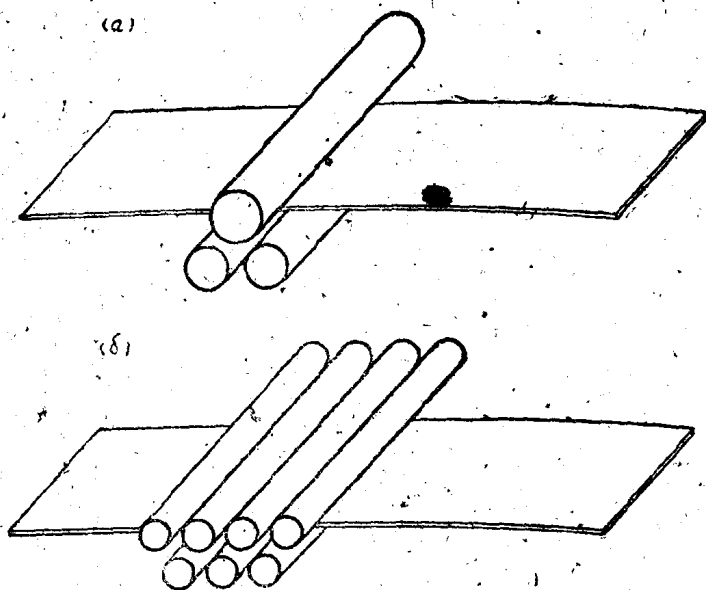


图1 在多辊辊压机床上矫正金属平板变形

錘击进行矫正。

3. 熔焊加热矫正——利用补加多余的，没有意义的焊道形成与原变形相反的变形来矫正结构的变形。

4. 火工加热矫正——利用氧炔火焰进行局部加热矫正。

利用多辊（三、五、七、九、十一辊）辊压机床来矫正金属平板变形的工作原理大致如图1所示。在经过多辊机床辊压以后，钢板不平处即渐趋平直。为了获得足够的压力，上下辊間隙应稍小于被辊金属平板厚度。同时，为了有效地施加压力可在被辊平板上适当放置0.5~2.0毫米厚度的软钢垫板。

对于較小的零件如各种肘板、間断桁材、狭条扁钢及其他零星板料，通常是将其排列在一块20~30毫米厚的、平直的大型钢板上并同辊入辊压机床内进行矫正，如图2所示。由于这些零件变形情况的复杂和多样性，往往需将零件辊轉反复地进行辊压，最后尚須酌施手工錘击，直到完全平直为止。

对于型钢的变形多在矫直机床上进行矫正。其工作情况如图3所示。其推撑和支撑間的垂直距离略小于型钢的宽度，由于推撑的推力作用，型钢的弯曲即趋于平直。

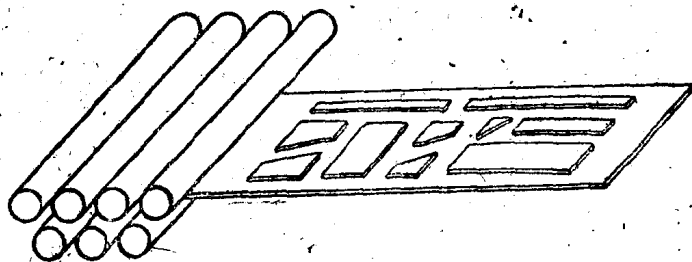


图2 在七辊辊轧机床上矫正零星板料变形

利用液压机床（油压机、水压机）来矫正焊接組合的T型和I型截面构件以及简单的基座的总变形的工作原理大致如图

4 所示。其实質就是将那些由于焊接收縮的影响而縮短了的焊縫及其邻近区域的基本金属纖維拉伸到原来的长度。

在冷的状态下利用机械方法进行矫正是省事且收效大。在具备压力机床的情况下，是值得广泛推广的。但是，压力机床矫正的适用范围是受到很大的局限性的。

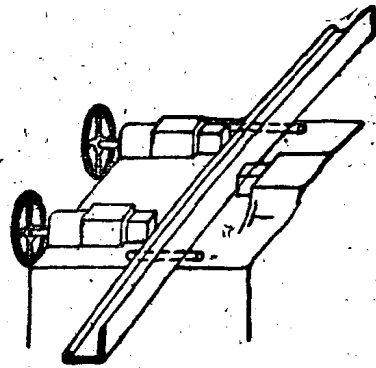


图3 在矯直机床上矯正型鋼变形

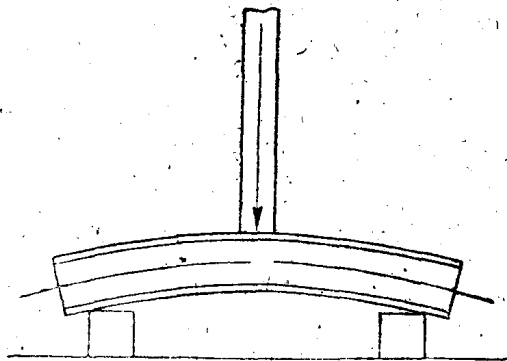


图4 在压力机床上矯正焊接組合型材变形

对于弯曲变形不大的即弯曲挠度在8毫米/米以下的鋼板或型钢、較短的型材和具有扁平方向弯曲的扁鋼，也有用人工矫正的。被矫板材用“碼”或重物紧压在鑄鉄平台或置于圓筒鉄墩上，用鎚或垫以平鎚用大鎚槌击其不平处。应该注意的是：对于平板的矫正不宜在凸弯的中心开始槌击，否則将会由于凸起处的弹动而使凸形加剧。由于在冷的状态下用人工矫正需要较

大的劳动量和較高的劳动强度，因此，只有在压力机床难能进行矫正或在某种特殊的条件下才用人工进行矫正。

利用熔焊焊道加热来矫正鋼板結構的变形，如图5所示，不能認為是适当的。这种矫正方法不仅由于大量熔焊的必要性，需要化費很多的劳动量、电能和焊条，并且也会使結構的外形醜化。

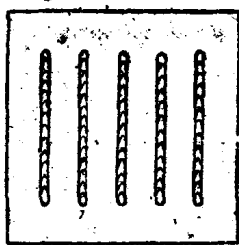


图5 利用熔焊焊道加热矯正鋼板变形

最有效的、最普遍采用的并且日渐完善的方法是局部加热矫正法。

二、局部加热矫正

局部加热矫正系在板材結構变形的地方进行局部加热并以木槌或鉄錘敲击之。板材的变形即示意着板材的伸长，由于在凸弯区域加热，則加热区域板材产生局部增厚的塑性压缩变形。随着加热区域的冷却所产生的紧縮現象要求收缩板材的凸弯或伸长部份。因此，在凸弯区域反复进行加热，板的凸弯則因其不断形成的紧縮現象的收缩作用而逐渐消除。

局部加热矫正的效果与在被矫金属板材的这一面或那一面（凸面或凹面）加热无关，而与加热的形式与温度有关。因此，倘若加热的温度、加热的位置和程序、加热綫的寬度、火圈的大

小和密度以及矫正的操作和方法等采用不当，将可能弄巧反拙甚至导致不可收拾的境地，或者致使板材发生碎裂以致报废。

(一) 局部加热矫正方法

船体矫正工作可视具体情况和需要结合着各个建造步骤进行。一般地讲，除了个别有碍矫正操作的座架和构件以外，应力求在这一分段或这一总段内的全部零件或部件的装配和焊接工作结束后再行矫正。以免因电焊引起的再一次变形而必须进行重复的、多次的矫正。

局部加热矫正可用圆形、带形、楔形和条形等不同的加热形状加热。圆形和带形常用于板型结构的矫正；楔形和条形则多用于组合 T 型和 I 型截面构件、骨架、切口边缘和自由边缘的矫正。

由于局部加热具有显著的局限性，这一特征和为了能够获得足以引起金属塑性变形因而能在钢板平面内建立起必要的收缩作用，通常均用氧炔气焰作为加热热源，氧炔焰咀如图 6 所

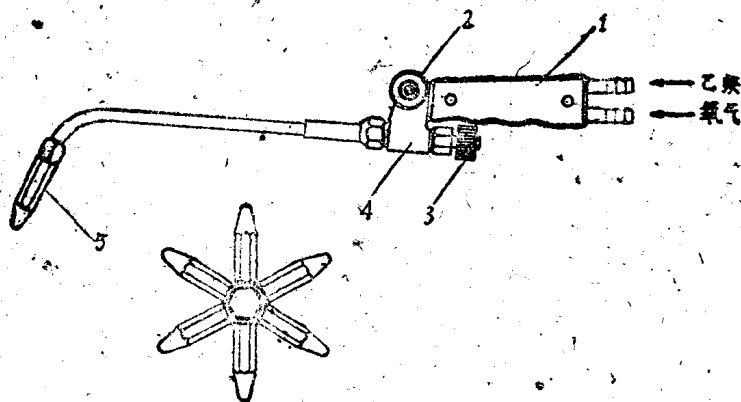


图 6 氧炔加热焰咀

1-把手；2-乙炔气阀；3-氧气阀；4-混合室；5-焰咀

示。但在获得氧炔气非常困难的情况下，也可以利用煤油或石油喷灯进行加热，如图7所示。利用炭极电弧加热只是在很个别的特殊的场合下才容许，这是因为炭极电弧加热引起的钢板表面渗碳和在运行停滞位置所形成的金属浓渣状态对钢板起着非常有害作用的缘故。

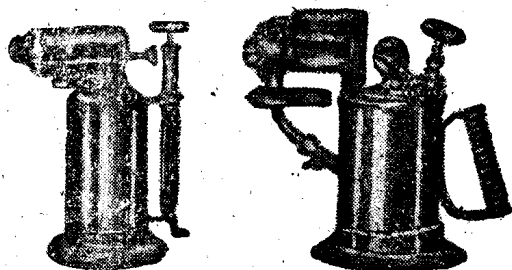


图7 喷灯

结构矫形顺序必须严格遵循下列基本原则：

1) 在矫正两个毗连的，刚性不同的结构时，应首先矫正具有较大刚性的结构。即必须首先矫正较大厚度或较大构架截面的板壁。

2) 在矫正两个毗连的，刚性相同但板幅不等的结构时，应首先矫正较小板幅面积的结构。

3) 在矫正板架结构时，应首先矫正骨材，然后再矫正板壁。

4) 在矫正具有切口或自由边缘的板架结构时，应首先矫正板架，然后再矫正切口或自由边缘。

遵循以上的矫正顺序原则，就不致因矫正后者而引起前已矫正结构的再一次的新的变形，因而可以化费较少的劳力和时间而获得较好的矫形效果。

为了避免由于局部加热矫形可能引起的结构总的弯曲变

形，在矫正船体立体结构或分段时应儘可能在截面的中和轴两边对称位置同时进行矫正。

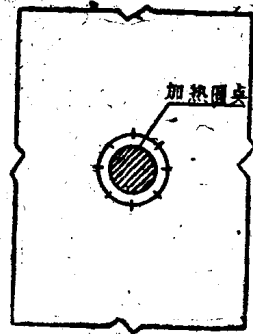
在加热矫正以前，应对板架结构及其变形情况詳加观察。矫正的方法必須因变而异。在矫正的过程中应作多次的检查，以免矫枉过正而形成新的凸变。

茲将局部加热矫形方法分述如下：

1. 圆点加热矯形

圆点加热即在板型结构变形区域以氧炔气炬作圆环游动均匀地加热使成圆点状。火圈呈樱紅色时，即用木槌或鉄錘敲击火圈周围。其背面应撑以鉄垫，以防止火圈区域急剧皺折。随着火圈颜色的渐变，槌击也渐輕渐緩，槌击中心也渐由火圈外围移至火圈区域，如图 8 所示，直至火圈暗紅（ $200^{\circ}\text{C}\sim 350^{\circ}\text{C}$ ）即停止槌击。俟冷却至 $40^{\circ}\sim 50^{\circ}\text{C}$ 时（用手触摸，无烫感），复行槌击。这样的操作，往往能获得良好的矫形和减除内应力的效果。并且板材也不致出現槌击伤痕或使板材有厚薄不匀的现象。

氧炔焰咀的大小应按被矫金属平板的厚度选定。其大小及其气体消耗量見表 1。



錘的类型和重量，也决定于被矫金属平板厚度。錘重 W （公斤）与板厚 T （毫米）的关系大致可以表为：

$$W = 0.3 \sim 0.4 T \text{ (公斤)}$$

厚度在 6 毫米以下的板多用木槌，6 毫米以上的板和骨架

表 1

被矯金屬板厚 (毫米)		2	3	4	5	6
氧炔焰咀號碼 CY		3	4	5	5	6
氣體消耗 (立升/時)	乙炔	500	750	1200	1200	1700
	氧氣	550	825	1300	1300	1850

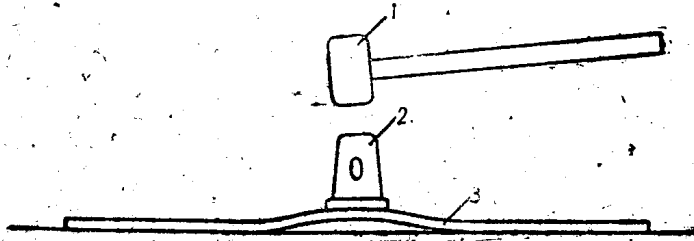


图 9 垫以金屬平錘矯正鋼板变形
1-大錘；2-金屬平錘；3-被矯鋼板。

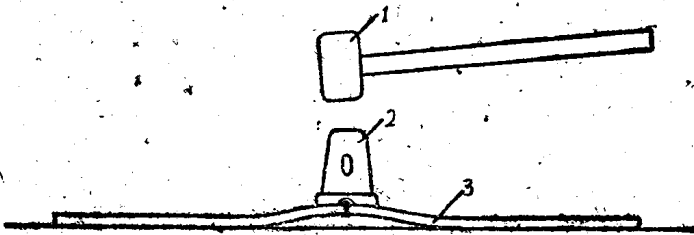


图10、垫以槽形平錘矯正焊縫区域变形
1-大錘；2-槽形平錘；3-被矯鋼板

多用鉄錘。为了避免被矫板材出現尖銳錘跡，其錘击面应成圓弧形并宜滲以銅。

对于厚板，为了减少錘击伤痕，最好垫以平錘用大錘間接錘击之。如图 9 所示。对于焊縫位置的矫平則应垫以槽形平錘进行錘击，如图10所示。若以大錘直接錘击，金属焊波質量将会受到极大的伤害。

为了有效地进行矫正，火圈的大小应与被矫板厚相适应。板愈厚，火圈愈大；板愈薄，火圈愈小。若失之过大，则受热区域会丧失稳定性而形成更大的变形；若失之过小，则会由于四周过大的刚性而产生很大的局部平面应力，甚至可能发生龟裂。火圈的密度，不仅与被矫板厚度有关而且与被矫平板弯曲的挠度有关，即挠度愈大，火圈密度愈大；挠度愈小，火圈密度愈小。根据下列关于火圈大小及火圈间距的公式，可以得到良好的矫形效果。

$$D = 8s + 10$$

$$a = D + 150 - 4f$$

式中： D ——火圈直径；
 s ——被矫平板厚度；
 a ——火圈间距；
 f ——弯曲挠度。

其火圈的排列和加热矫正顺序如图11 (a) 所示。如不能矫正到预期的公差范围以内，还可补加圆点。

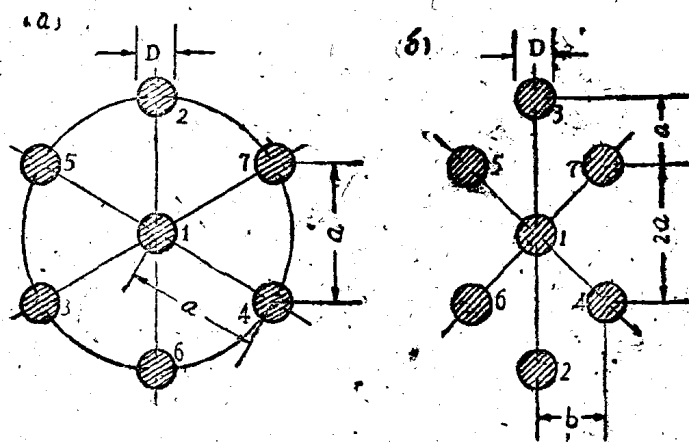


图11 圆点加热矫正顺序及其排列位置

火圈的排列和加热矫正的顺序也可以如图 11 (6) 所示。
火圈的大小及其在垂轴和水平轴上的间距列于表 2。

表 2

被矫金属板厚度 (毫米)	火圈直径 (毫米)	凸弯挠度 (毫米)	火圈间距(毫米)	
			垂轴间距 “a”	水平轴间距 “b”
2~3	30~40	5~10	350	175
		11~15	300	150
		16~20	250	125
		21~25	200	100
4~6	40~50	5~10	400	200
		11~15	350	175
		16~20	300	150

为了提高矫正效率，可采用双焰加热咀加热见图 12，焰咀间距为 55 毫米。火圈加热顺序和排列形式如图 13 所示。采用双焰加热咀，矫正工作效率可提高到将近 2 倍。

对于钢板不大的凸弯也常采用二行平行的成线状排列的分

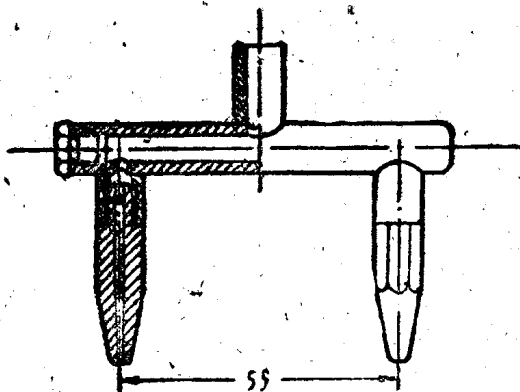


图 12 双焰加热咀



加热的温度取决于被矫金属平板厚度，见表4。加热的温

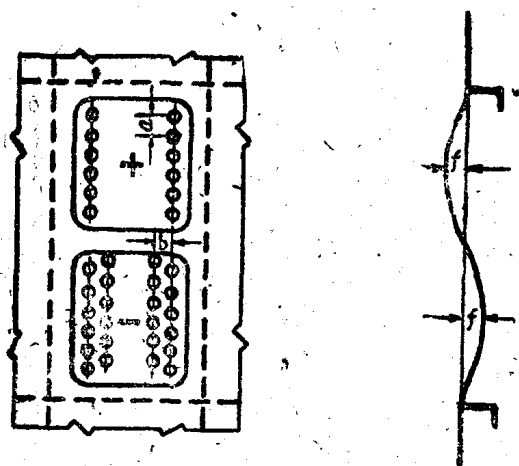


图14 矯正鋼板不大的凸弯时加热火圈之線状排列形式

表 3

被矯金屬板厚 (毫米)	火 圈 直 徑 (毫米)	火圈間距 "a" (毫米)	行 間 距 "b" (毫米)
2~3	20~30	80~120	40~60
4~6	30~40	120~180	60~90

表 4

被矯金屬板厚 (毫米)	加 热 温 度 $^{\circ}\text{C}$	火 色
2~3	$600^{\circ}\sim 700^{\circ}$	深 櫻 紅
4~6	$800^{\circ}\sim 900^{\circ}$	淡 櫻 紅

度是以火圈的顏色來鑑別的，見圖 15。火圈加熱溫度應該在 800°C （淡櫻紅色），即應該達到足以引起必要的金屬塑性變形的程度。但不允許有過熱或超過引起不良的粗晶粒結構的溫度界限—— 900°C （橘黃色）。應該注意的是：在晴朗的天氣條