

客滚船上层建筑薄板火工矫正

康秋联 刘永前

(广船国际造船事业部)

摘 要:介绍了客滚船上层建筑薄板火工矫正的工艺要领和几个典型部位的火工矫正方法,并对创造的新火工矫正现场工艺进行了总结。

关键词:上层建筑 薄板 火工矫正

1 前言

客滚船是我公司为瑞典船东建造的一艘客滚多用途船。其上层建筑设有 112 间旅客房间,可载乘客约 1 500 人,上建还设有商店、酒吧、餐厅等公共场所。

与一般的成品油轮相比(见表 1),客滚船上建分段有两个特征:一是上建各层板厚在 4.0 mm~6.0 mm 之间,且均采用 AH36 高强度钢;二是需要火工的分段多、面积大。由于板材薄,上建分段在运输、吊装、装配、焊接及铁舾件的装焊等过程中会引起壁板变形,因此,变形矫正是本船船体建造必须克服的难关。

表 1 客滚船与成品油轮上建对照表

对比项目	客滚船	35 000 DWT
上建分段数量(个)	136	13
钢板板厚(mm)	5.0	8.0
钢材级别	AH36	A
甲板露天面积(m ²)	2 690	614
甲板和围壁总面积(m ²)	12 568	4 076

对于船台区域火工人员来说,大多数没有薄板及高强度钢的火工经验,在生产建造中,遇到不少问题,也克服了许多问题。现就该船在火工矫正操作过程中工艺要领及几个典型部位的火工方法作一基本的阐述。

2 上建薄板火工矫正的工艺要领

我们为了提前适用生产,在分段上船台前 3 个月里进行了诸多薄板矫形实验,取得

了一定的操作实际经验。

2.1 火工矫正基本工艺参数的选择

在薄板火工矫正操作中,加热方法、加热温度、加热嘴号、水火距、焰心距离等基本工艺参数的选择对薄板火工矫正尤其重要。

(1)加热方法的选择

由于客滚船上层建筑的甲板和围壁结构是横向结构,每隔三档设置一强横梁,纵向结构(少量 T 型材和大量球扁钢)和强横梁交织成几百上千块 2 400 mm×650 mm 的“板格”。板格的火工矫正选择三种局部加热方法。

①带状加热法

这种方法有直线和曲线两种方法,在本船上建大量的“板格”火工矫正中,曲线应用较少。带状加热冷却时与板格焊接时的情况相似,会引起加热线纵、横向的收缩,大量的试验证明,加热线横向收缩量及应力都比纵向大得多,所以当板格采用带状加热法时,所产生的周围拉应力看作是垂直于加热线的单向应力。由于板格四周是可以视为刚性固定的骨架,这个单向拉应力的作用使得钢板展平,也不容易诱发新的变形。用相互垂直的直线型加热,使板格内纵横向均有拉应力,以达到矫正两向变形的目的。

从钢板水火弯曲原理可以知道,带状加热法在加热终端的横向收缩量总要比始端大,产生的拉伸应力也较始端大,所以不要直接在变形较大的部位加温,避免诱发比较大的隆起变形。故在实际操作中,带状加热

线的加热方向由变形小的部位向变形较大的部位过渡。加热温度从低到高逐渐提高,使变形较大的部位产生较大的拉伸应力。实际操作中,一开始用温度底的加热,使板格内先产生拉伸应力,防止“烘僵”,但温度不应超过 700 ℃。上建板格绝大部分采用此法。

矫正薄板时,加热带宽度过大,则易产生加热带板材的表面失稳起皱的现象。参照我们多年的在成品油轮上建火工矫正的经验,对本船的薄板上建(4.0 mm~6.0 mm),带状加热带的宽度范围取值为 15 mm~25 mm 在实际操作中常采用 20 mm。

②圆圈点加热法

圆圈点加热法冷却时,由于加热时塑性变形的存在,冷却以后要产生向加热中心收缩的趋势,板格四周的钢板受到通过加热区中心的拉应力使钢板趋于展平。由于圆圈点加热区面积很小,引起钢板的变形量也很小,在不加外力的情况下多采用密集的圆圈点加热(蜂窝状)。传统做法是使用木锤轻敲加热部位,使其平整,为了提高矫正效果,加热后用木锤在加热区来回敲击,使加热区产生较多的塑性变形。同时由于圆圈点加热部位面积较小,冷却后“印痕”较带状加热法不明显,故上建外围壁多采用圆圈点加热的火工方法。圆圈点加热矫正用在上建外围壁时,用氧-乙炔焰炬,在被矫正的部位作圆环状游动,均匀加热,木锤锤击时,其背面常撑以铁垫,以防止火圈区域急剧皱折。

③三角形加热法

此法应用较少,只是在甲板、围壁开口处火工矫正时偶而采用。

(2)加热温度的选择

从金属学可以知道(见图 1),当钢材局部加热温度到 200 ℃~500 ℃之间时突然快速冷却,钢材容易变脆,其塑性急剧降低,尤其加热温度在 200 ℃~300 ℃时尤为突出,金属学称之为蓝脆现象。

当局部加热温度在 450 ℃~700 ℃之间

时,钢材中的珠光体与铁素体的含量没有发生多大的变化,冷却过程中进入再结晶段,水冷时,珠光体与铁素体再结晶晶粒变细,使钢材的强度、强度均有提高,而其他的机械性能没有发生多大的变化。

当局部加热温度在 700 ℃~850 ℃之间称未完全重结晶段,此时温度较高,铁素体渐渐溶入奥氏体(未全部溶入),水冷却时,从奥氏体析出晶粒微细的铁素体,而未溶入奥氏体的铁素体依然是晶粒粗大,形成了晶粒微细的铁素体和晶粒粗大铁素体并存的状况,由于晶粒的大小有很大的差别,使钢材的抗拉强度和可塑性降低。

因此,对薄板火工局部加热温度 450 ℃~700 ℃是一个基本的理论温度。通过多次的现场实验,发现 600 ℃~650 ℃范围时 AH36 高强度钢薄板火工状态最稳定。

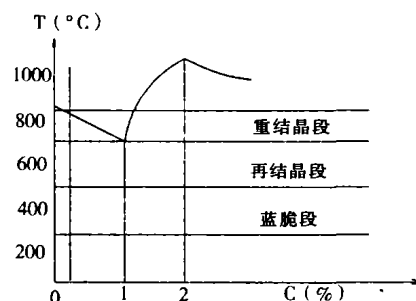


图 1 铁碳平衡图

(3)加热嘴号、水火距的选择

由于薄板在加热过程中较易产生失稳现象,我们在加热温度严格控制在 600℃~700 ℃ 的同时采用 1 号加热嘴。

如果固定加热炬嘴号、假设氧-乙炔气体流量、压力、加热炬移动速度等加热要素相对稳定,仅改变水火距(浇水部位到热源中心之间的距离),参照小型船舶船用薄板钢材水火弯曲理论,水火距与横向收缩量值的关系见图 2。

从图 2 可知,水火距为 100 mm~120 mm 时薄板火工矫正效果最佳,考虑到薄板传热快,我们取最大值 120 mm。

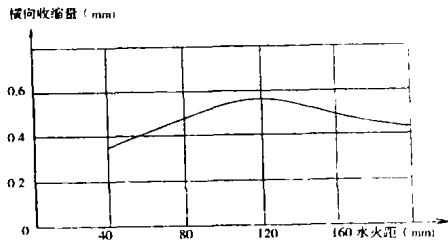


图2 水火距与横向收缩值关系图

一般的火工理论认为圆圈点直径为 $D \leq 4\delta + 10$ mm (式中 δ 为板厚)。火圈太大，其中心的板易熔，且板会像馒头一样拱起来，对于薄板我们采用最小值(见表2)。

表2 圆圈点加热水火距和间距 (单位:mm)

被矫正板厚	火圈直径	火圈横向间距	火圈纵向间距
4 ~ 6	10 ~ 20	100 ~ 160	40 ~ 80

(4) 加热嘴的流量、加热速度的选择

带状加热法矫正薄板时，如加热速度过慢，则易将薄板熔化且生产率降低。实际操作中，在采用1号加热嘴，对4 mm、5 mm的薄板火工矫正，加热嘴流量、加热速度的选择见表3。

表3 加热嘴的流量和加热速度

板厚 (mm)	加热嘴流量 (l/min)	加热速度 (mm/s)
4	8 ~ 10	15 ~ 25
5	15 ~ 20	10 ~ 16

(5) 焰心距离

焰心距离是指从火焰的白亮点到钢板表面的距离。对于薄板，采用氧化火焰，要求加热速度快些，焰心离钢板远一些。对于4 mm、5 mm的薄板，通常取值为0 mm。

所以，薄板火工矫正时，基本工艺参数选定为：加热温度控制在600℃~650℃左右；火工操作时选用1号加热嘴，加热速度控制在10 mm/s~25 mm/s范围内；水火距选择120 mm；圆圈点加热矫正直径为10 mm~20 mm，带状加热矫正宽度为20 mm。

2.2 上建薄板火工矫正的主要原则

(1) 先矫上下层的甲板，后矫上下层间的围壁。

(2) 整个上层建筑矫正从下层向上依次矫正。

(3) 上层建筑甲板、围壁矫正时，先进行整体粗矫，使构架保持正确形状，后对每一板架内凹凸度进行精矫。在围壁靠近上下甲板的地方，各留200 mm的距离不作加热处理。

(4) 局部加热方法的采用。薄板火工局部加热方法采用圆圈点加热法和带状加热法，特殊部位采用三角形加热法。

(5) 局部火工矫正顺序。① 先骨架、后板格。要板格的不平度达到要求，首先要使骨架本身达到要求。通过对骨架的矫正，使板格内产生一定量的拉应力，起到矫正板不平整度的作用。反过来，当矫正板格变形时，加热面离骨架中和轴位置较近，不易引起骨架的变形。② 先易后难，逐步矫正。从变形较小的板开始矫形，逐步向变形较大的部位过渡，以及从刚性较大的部位逐步向刚性较小的部位过渡来进行火工矫正。在一个甲板区域(包括许多板格)，从周围变形小的板格开始矫形，通过力的传递对该板格产生一定的影响，使其没有矫正就已经产生有利于矫形的拉伸应力，然后再矫正这块板格时便可产生事半功倍的效果，这样做不仅可以使加热线分散在整个板架上、产生较小的残余应力，有利于板架的总体变形矫正，又不会因加热线过于集中而造成局部“烘僵”或产生其他缺陷。这种矫正方法在客滚船10层、11层甲板(包括直升机平台)应用较多，既保证了甲板梁拱不下塌，又保证了甲板的外观美。

(6) 辅助工具的使用。薄板传热快，因此薄板收缩率较小，我们规定所有分段的薄板火工矫形，辅助锤击工具必须为木锤。若采用圆圈点加热后矫平时，要分二步进行，先在火圈周围敲击，后在二个火圈之间敲击。当甲板分段或外板在吊运中受意外撞击产生瘪扁变形或本身变形较大时，采用其他辅

助工具如:螺栓、吊马、千斤顶等。

3 几个典型部位火工矫正方法

3.1 上建外围壁板变形矫正

在上建前后分段或前后总段装焊完毕后,在大接缝处,由于纵向结构的气割、装配以及大接缝处的焊接引起外围壁内凹或外凸变形。火工矫正为:

(1) 先在纵向结构反面进行带状加热(背烧),接着在纵向结构一侧向变形最大处进行圆圈点加热;一边加热,一边用木锤敲击,其背面用铁锤垫住。

(2) 壁板变形较大时,采用图3所示的专用工装顶。每次顶3 mm~4 mm,最后顶出可超过板平2 mm~3 mm,作为冷却后除去外力时的回弹量。一人在壁板外火工,一人在壁板内操作,两人协调操作。

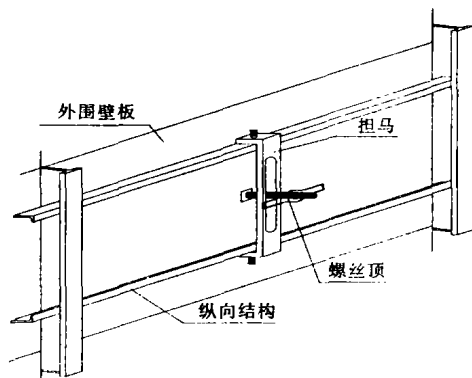


图3 外围壁板火工矫正示意图

3.2 甲板变形的矫正

甲板的变形,一是板格内大量存在的凹凸变形,二是一些尺寸较小的甲板、纵骨的变形。板格的凹凸变形较大时,以甲板下的纵横壁或强横梁处的高低位置作为矫正基面(见图4);而甲板壁板纵骨的变形适当采用圆管加油泵的方法(见图5)。

① 在强横梁纵桁处背面采取带状加热矫正;

② 在甲板凹变形一侧的横梁上进行背烧;

③ 在凸变形处进行圆圈点加热,用木槌槌平;

④ 在纵骨(球扁钢)变形处前后两侧进行缩火操作。

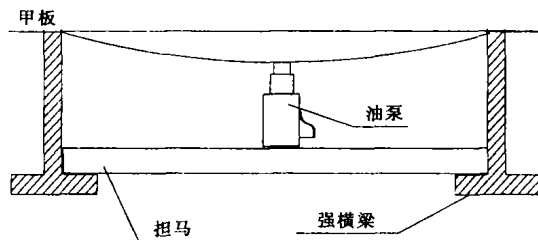


图4 甲板板火工矫正示意图

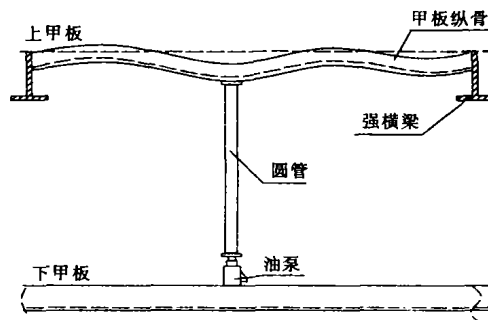


图5 甲板纵骨火工矫正示意图

3.3 甲板走廊通道火工矫正

在8层、9层甲板,主要是旅客及船员房间,在此区域分布着总长超过300 m的纵横走廊通道,这些走廊通道整体不平度要求较高,要达到4 mm,同时要保证房间纵向木作的顺利安装。在此区域的甲板变形,主要是分段与分段之间的大接缝处的波浪形变形、甲板纵骨的波浪形变形以及甲板板格的凹凸变形,火工矫正方法同甲板变形一样。

3.4 甲板、围壁开口处火工矫正

在纵横壁板、甲板平台上,开有约45个窗户、27扇门,有房间门、走廊门、电梯、盘梯开口等。薄板上的门窗开口处变形,主要是由于板失稳所致。火工矫正方法是:

① 先在门窗开口的四周结构(扶强材)上背烧,水冷;

② 门窗四周板有波浪变形时,在门窗的四角进行三角形局部加热,水冷;

③ 在其它变形处进行圆圈点加热处理,

(见图 6)。

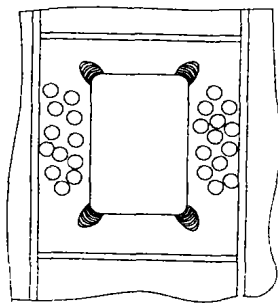


图 6 外围壁开口处火工矫正示意图

3.5 板格的多种组合火工矫正方法

在板格矫正中, 为了达到板格内板材矫正要求, 在实际火工施工中, 创造了多种圆圈点加热和带状加热组合的矫正方法。现场

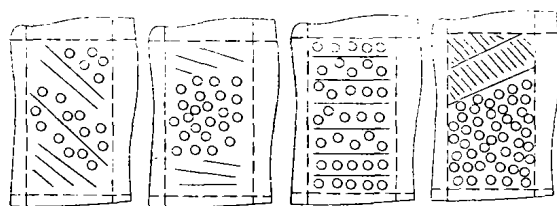


图 7 板格组合火工矫正示意图

的操作实践证明, 这样的组合火工矫正效果也很明显(见图 7)。

4 结束语

经过长达近一年的薄板火工矫正, 客滚船 1 号、2 号船薄板上建顺利通过了对外报验, 上建安装、外观质量满足规格书的要求。但由于船台外场区域是第一次面对如此大面积薄板火工矫正, 难免会造成少量上建分段有一定的火工缺陷, 这有待在今后总结提高。

以上是我们在客滚船船上建薄板火工矫正过程中取得的一些经验, 可为后续类似船舶火工矫正提供一定的理论和操作基础, 供同行们参考。由于火工矫正过程中较复杂, 错漏在所难免, 不当之处请指正。

参考文献

- 1 造船技术, 1978, 4, 5
- 2 船舶工程, 1981, 4
- 3 船体工艺手册, 国防工业出版社出版, 1978

(收稿日期: 2002-08-21)

广船科技 2002 年(总第 75 期~78 期)总目次

工作报告		浅谈船载自动识别系统		4-1
精细管理 扎实工作 走出困境 再创辉煌	1-1	38 000 t 成品油轮内装设计的一些新问题		4-4
设计开发		38 000 t 系列船发电机缸套的预热问题		4-6
半潜船操作性试验及试航问题探讨	1-9	40 000 t 油船专用系统及货油联调试验		4-8
38 000 t 油船结构设计中的几个问题	1-15	谈谈 903 船机舱区的综合布置		4-13
1 600 m 车道客滚船全船电缆布置	1-20	903 船海水系统防腐防漏技术要求		4-16
船舶密封件的发展和应用	1-23	制造技术		
主滑油串油周期的控制	1-26	水火弯板的研究		1-29
18 000 t 半潜船舶首下水技术	2-9	滚轴轮吊机路轨制作		1-34
37 500 t 化学品船液货系统	2-14	SSP 电力推进系统座架安装精度及焊接变形控制		2-32
1 600 m 车道客滚船特种处所喷淋系统设计	2-19	客滚船的长轴系安装		3-20
船舶管路综合布置要点	2-22	20 碳钢 A-TIG 焊剂研制及单面焊双面成形工艺试验		3-26
中海 40 000 t 船内舾装设计特点	2-25	客滚船上层建筑薄板火工矫正		4-20
油船排油监控系统设计	2-27	SAF2205 双相不锈钢 GTAW 焊接工艺		4-25
华海 40 000 t 油船泵舱优化设计	3-7	大型座架的焊接工艺		4-27
18 000 t 半潜船交流中压电缆、单芯电缆的敷设技术要求	3-13	关于电梯运行舒适感的调试		4-29
1 600 m 客滚船救生系统	3-17			

(下转第 48 页)