

# 化学品船双相不锈钢舱室换板工艺

胡华参, 陈家国, 胡钊杰

(广州文冲船舶修造有限公司, 广东 广州 511462)

**摘要** 化学品船液货舱的舱壁一般为双相不锈钢材料 (2205 或者 S31803), 双相不锈钢具有高强度、良好的冲击韧性以及良好的整体和局部的抗应力腐蚀能力。化学品船双相不锈钢舱壁或主甲板有时会因舱室压力过大而发生局部变形, 在进行双相不锈钢舱壁或主甲板换板修理时, 施工工序较复杂、施工工装工具较特殊、焊接变形控制难度大。采用分期换板, 可有效避免结构变形; 采用分段安装与现场散装相结合的施工方式, 尽量保持原船管路和电缆不动, 可大大降低现场施工难度。

**关键词** 化学品船; 双相不锈钢; 施工分期; 换板

中图分类号: U672

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2023)05-0007-03

## 1 工程概述

某化学品船 NO.5 舱右、NO.6 舱右主甲板损坏, 需要换新。原船主甲板材质为 2205 双相不锈钢, 板厚为 9.5mm、11mm。主甲板上面的纵桁、纵骨、横梁均为 AH36 碳钢板。

## 2 总体施工方案

1. 施工分期及分段划分: 为保证船舶在浮态状态下拆换主甲板的强度, 减少变形, 主甲板换板分两期进行, 主甲板分期换新顺序如下: 第一步, 拆割一期旧主甲板, 二期旧主甲板不动; 第二步, 安装一期新主甲板分段, 并完成新、旧主甲板合拢口焊接工作; 第三步, 拆割二期旧主甲板; 第四步: 安装二期新主甲板分段, 并完成新、旧主甲板合拢口焊接工作。

2. NO.6 舱右新主甲板分两个分段进行预制及安装; NO.5 舱右新主甲板现场散装; NO.6 舱右旧主甲板分两个分段进行切割。

## 3 双相不锈钢主甲板分段预制

### 3.1 材料

原船主甲板材质为 2205 双相不锈钢, 板厚为 9.5mm、11mm; 新主甲板材质为 S31803 双相不锈钢, 板厚为 10mm、11mm。

### 3.2 施工场地

施工现场需做好防污染措施。地面立好胎架后, 需要对地面进行清洁, 并刷油漆, 防止地面起灰。

### 3.3 胎架

1. 分段胎架采用底部碳钢立柱 + 上部不锈钢网格平面的胎架形式, 胎架同时兼顾双相不锈钢主甲板拼

板以及分段预制要求, 注意分段胎架采用专用不锈钢胎架, 避免双相不锈钢与碳钢直接接触。

2. 胎架制作步骤如下: (1) 立胎架支柱: 在地牛上立胎架支柱 (角钢 L75×75×10), 支柱间隔 1400×700mm, 高度 1000mm; (2) 做一个不锈钢平面: 在支柱角钢顶端, 使用不锈钢圆钢 (圆钢直径 Φ16mm, 材质为 316 不锈钢) 铺设成 1400×700mm 的不锈钢网格平面, 网格四周边缘缩进双相不锈钢板自由边 10mm。胎架平面度 ±1mm; (3) 清洁胎架和地面。胎架及地面清洁后, 在胎架立柱及地面刷油漆。

### 3.4 钢板吊运

双相不锈钢板需使用专用不锈钢夹具进行吊运, 吊运钢丝绳需镀锌处理, 严禁直接使用普通的碳钢夹具和钢丝绳吊运不锈钢板。

### 3.5 下料

1. 双相不锈钢板到厂后, 按照分段结构图纸尺寸进行号料和下料。双相不锈钢板下料时, 拼板缝板边 (板边无余量) 使用数控等离子切割机进行切割; 合拢缝板边 (板边留有余量) 待分段完工后, 再使用便携式等离子切割工具进行切割。

2. 数控等离子切割注意事项: (1) 切割前, 等离子切割机水池里面的旧水需抽掉并更换为清水; (2) 切割前, 需在等离子切割机的铁平台上铺设不锈钢垫板或不锈钢圆钢, 避免双相不锈钢板与铁平台直接接触; (3) 切割前, 需使用不锈钢余料试切, 现场检查切割效果 (板边的光滑度、直线度、尺寸偏差等), 再根据切割效果合理调整切割参数, 做好各项数据记录。试切合格后, 才能进行正式切割; (4) 切割过程中,

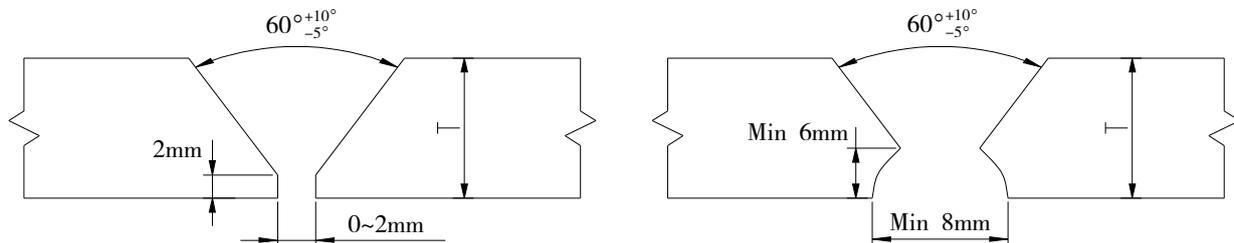


图1 焊接坡口形式

安排专人进行检查,检查内容包括但不限于板边的光滑度、直线度、尺寸偏差等。

### 3.6 开坡口

双相不锈钢主甲板下料后,按照工艺要求使用等离子切割工具开出拼板缝的焊接坡口。典型坡口形式有以下四种:

第一种,新主甲板拼板对口,为减小双相不锈钢主甲板拼板的焊接变形,双相不锈钢主甲板的拼板对口采用“Y”型坡口双面焊接方式:先焊接坡口正面焊缝,拼板坡口正面焊完后翻身,然后在坡口背面扣槽清根,再焊接坡口背面的焊缝,焊接坡口形式见图1所示;第二种,船上新、旧主甲板对口,双相不锈钢新、旧主甲板对口采用CO<sub>2</sub>衬垫焊焊接方式;第三种,双相不锈钢主甲板与AH36碳钢管材的角焊缝;双相不锈钢主甲板与AH36碳钢管材为双面连续角焊缝;第四种,双相不锈钢主甲板与双相不锈钢槽型壁的角焊缝;双相不锈钢主甲板与双相不锈钢槽型壁的角焊缝为深熔焊焊接型式,采用单面坡口焊接:先焊接坡口正面焊缝,然后在坡口反面清根,再焊接坡口反面焊缝。<sup>[1]</sup>

### 3.7 拼板

双相不锈钢主甲板在分段胎架上拼板,拼板装配完成后,进行拼板焊前精度测量及装配检验,并报验,报验合格后方可进行拼板对接缝焊接;主甲板拼板对接缝焊接时,先焊拼板对接焊缝坡口正面,然后拼板翻身,进行坡口背面扣槽,再焊拼板对接焊缝坡口背面;双相不锈钢主甲板在不锈钢胎架上拼板焊接。先焊接坡口正面焊缝,拼板正面焊完后翻身,然后在坡口背面扣槽清根,再焊接坡口背面的焊缝。

主甲板拼板前,现场施工人员需对双相不锈钢板进行外观检查(要求无缺陷、剥落、锈蚀、疤痕、刮痕、麻点、变色、沾染、灰尘、油漆、油污、水渍或其它痕迹和变形,且应平整。表面应无油脂、油漆飞溅等);抛光焊缝区域(距焊缝中心30mm范围内的区域应抛光),清除表面油污、毛刺等杂物;拼板时应将板厚理论边对齐,调整板差时用压载墩压或用油泵顶等方法,

尽量不用码板装配。

拼板精度要求错边量 $\leq 1\text{mm}$ ,坡口间隙 $0\text{mm}\sim 2\text{mm}$ ;装配、焊接不锈钢时注意保护不锈钢表面,尽量避免对不锈钢表面造成弧伤、划伤、撞击、污染等;定位焊要求长度 $50\text{mm}$ ,间距 $300\text{mm}$ ,定位焊不允许存在气孔、裂纹、夹渣等缺陷;若发现存在以上缺陷时,应在正式焊接前一定要清理干净,决不要寄希望于能在正式焊接中被熔化掉;在焊缝两端安装引熄弧板,引(熄)弧板规格为长 $\times$ 宽 $=100\times 100(\text{mm})$ ,其材质为双相不锈钢,并在正对焊缝处开(打磨出)对应焊缝宽度的间隙。

正式焊接前,应打磨清除定位焊的熔渣、不锈钢板表面灰尘、杂物等,并经检验认可后才能施焊;正式焊接前,为控制焊接变形,应在适当位置加荷载墩,要求在压载墩与主甲板之间垫铝合金板或木板进行隔离;选择合适的电流、电压、焊速等焊接参数,以保证焊接热输入值 $0.5\sim 2.5\text{KJ}/\text{mm}$ ,层间温度小于 $150^\circ\text{C}$ ;每一层焊缝焊接完后,应打磨清理干净表面的熔渣及氧化层,若发现有气孔、夹渣、裂纹及焊角过度拱圆等缺陷,应用打磨的办法将缺陷彻底清除后才能焊接。

焊接顺序原则:不能对其它焊缝形成强大的刚性约束(尽量不要一次焊太长,不同区域按实践经验区别对待);拼板结束后,进行双相不锈钢主甲板水密焊缝抽真空密试。

### 3.8 构件安装及焊接

1.分段以双相不锈钢主甲板为基面,在平面胎架上反造。双相不锈钢主甲板在胎架上拼板焊接完成后,先进行拼板焊后精度测量,然后根据测量数据进行构件划线,再依次安装纵桁、纵骨、横梁(材质均为AH36),最后合拢成两个主甲板分段。

2.分段装配完成后,先对分段进行必要的加强及防变形措施,然后按照焊接顺序进行纵桁、纵骨、横梁与主甲板的角焊缝焊接。

焊接要做到这些要求,双相不锈钢的焊前是不需要预热的,只有当遇到潮湿天气或潮湿条件下为避免

坡口中含有水份,可做低温除湿预热( $\leq 40^{\circ}\text{C}$ );双相不锈钢焊接时的层间温度不得大于  $150^{\circ}\text{C}$ ,焊后不可进行热处理,更不可使用火焰直接对双相不锈钢进行加热;平焊时,建议采用不摆动焊接;如需要摆动时,建议摆幅不超过  $16\text{mm}$ 。立向上焊接时进行画圈摆动,最大幅度为  $20\text{mm}$ ;起/熄弧点必须被打磨,且每道焊缝,特别是焊道根部要被打磨,以防止未熔透。每道焊缝接头之间错开  $20\text{mm}\sim 30\text{mm}$ ;禁止在十字焊缝上进行起熄或熄弧的操作。

除此之外,碳钢和双相不锈钢的异种钢焊接时,为将碳钢的稀释影响减小到最小,根据实际情况,焊枪位置应向不锈钢母材方位偏移  $1\text{mm}\sim 2\text{mm}$  或角度适当倾斜  $5^{\circ}\sim 10^{\circ}$ ;对于较长的焊缝,焊接时应采用逐步退焊法焊接,即把整个焊缝划分为若干个等分的焊段,每段长约  $2\text{m}$  左右,各焊段的焊接尽可能对称进行,焊接速度尽量协调一致;当采用多层多道焊时,除打底层外,其他各层的厚度应控制在  $2\text{mm}\sim 4\text{mm}$  内。

为防止打底层开裂,焊接打底层焊道时,可采用重叠焊或减慢焊接速度,以加厚打底层焊道;为增强焊缝自回火能力,减少焊趾的应力集中,改善焊缝热影响区的组织和性能,盖面层应采用退火焊道。(退火焊:即盖面层焊缝采用较窄焊道,多道焊接)。分段翻身时,进行双相不锈钢主甲板反面扣槽、清根、封底焊。

### 3.9 分段吊耳及临时加强

分段吊耳需安装在 AH36 碳钢骨材上,不可直接安装在双相不锈钢主甲板上;分段临时加强可使用碳钢型材,碳钢临时加强与双相不锈钢主甲板接触点需使用双相不锈钢码板进行连接固定,严禁碳钢临时加强与双相不锈钢板直接点焊固定。

### 3.10 分段运输

分段运输时,先在平板车上垫一层木头,然后在木头上垫胶皮,再将分段放到胶皮上,禁止双相不锈钢板直接与卡车的铁质表面接触。

## 4 双相不锈钢主甲板船上换新

### 4.1 船上施工准备工作

主甲板换板区域舱室通风,并进行气体检测,气体检测合格后方可安排人员进入舱室施工;主甲板换板区域舱室内外不锈钢表面清洁,然后在不锈钢表面刷生石灰(N0.5 右货油舱需刷一半舱室,N0.6 右货油舱需刷整个舱室);脚手架进舱前,所有脚手架要翻新、清洁并刷一遍油漆,避免存在锈迹;所有脚手架底脚要装橡胶罩;所有脚手架与双相不锈钢舱壁接触位置

要包橡胶进行隔离,严禁脚手架与双相不锈钢舱壁直接接触;不锈钢表面做好防护措施后,拆除旧主甲板换板区域的管路、支架及舾装件。<sup>[2]</sup>

### 4.2 旧主甲板切割

旧主甲板分两期切割。先切割一期旧主甲板,然后安装一期的新主甲板分段,再切割二期旧主甲板,最后安装二期的新主甲板分段;旧主甲板切割前,需对非换板区域的主甲板合拢口进行临时加强,防止板边切割变形;旧主甲板切割前,需提前做好保护措施;旧主甲板切割时,需使用等离子切割工具进行切割。

### 4.3 新主甲板分段安装

主甲板分段分两期安装。先安装一期的新主甲板分段并完成分段合拢口焊接工作,然后切割二期旧主甲板,再安装及焊接二期的新主甲板分段。分段安装时,严格按照工艺要求进行装配及焊接。

### 4.4 焊缝检验及探伤

双相不锈钢在焊接过程中,每一道焊缝焊完后,焊工要自己目测检查,发现有缺陷立即进行清除;双相不锈钢焊缝外观和内部质量检查要求按 ISO 5817。

全部焊缝焊接完成后,根据 NDT 图的要求对所指定位置进行焊缝无损探伤检查,以发现内部缺陷。具体探伤方式,由船厂与现场验船师商定;焊后修补、焊缝的返修按公司已有的焊接返修工艺进行操作。

### 4.5 舱室密性

新主甲板分段预制时,主甲板对接焊缝采用抽真空密性试验,新主甲板分段安装及焊接完成后,采用压风进行舱室密性试验。

### 4.6 不锈钢酸洗钝化

主甲板换板工程全部完工后,对换板区域的不锈钢表面进行酸洗钝化处理。

## 5 结语

化学品船双相不锈钢舱室换板施工工序较复杂、施工工装工具较特殊、焊接变形控制难度大。本文采取相应工艺措施,实现了双相不锈钢主甲板高质量更换任务,为后续类似项目提供了施工经验。

## 参考文献:

- [1] 中国船级社.材料与焊接规范 2021[DB/OL].<https://www.docin.com/p-2639973027.html>.2021-07-01.
- [2] 黄浩.船体工艺手册[M].北京:国防工业出版社,2013.