

ICS 25.160.20

J 33



CWA

# 团 体 标 准

T/CWAN 0039-XXXX

---

## 船舶纵骨角焊缝机器人焊接工艺规范

Code for welding procedure of ship longitudinal fillet welding robot

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

---

中国焊接协会发布

## 目 次

前言.....	II
1 范围.....	3
2 规范性引用文件.....	3
3 术语和定义.....	3
4 一般要求.....	3
6 焊接材料.....	4
7 焊接工艺要求.....	5
8 焊后检测和返修.....	6
9 安全事项.....	6
附录 A（资料性附录）焊接工艺调试试验方法.....	7
附录 B（资料性附录）常见焊缝缺陷.....	10

## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020 给出的规则起草。

本文件的附录 A、B 为资料性附录。

本文件由广州黄船海洋工程有限公司提出，中国焊接协会归口。

本文件起草单位：。

本文件起草人：。

# 船舶纵骨角焊缝机器人焊接工艺规范

## 1 范围

本标准规定了船舶平面分段中纵骨角焊缝横角焊位置的多电极自动焊接装备的术语和定义、一般要求、焊接设备、焊接材料及工艺要求、焊后检测及安全防护等。

本标准适用于一般强度船体结构钢（A、B、D和E）、高强度船体结构钢（AH32、DH32、EH32、AH36、DH36和EH36）的船舶平面分段中纵骨角焊缝横角焊位置的多电极自动焊接。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 3375	焊接术语
GB/T 10045	非合金钢及细晶粒钢药芯焊丝（GB/T 10045-2018，ISO 17632:2015，MOD）
GB/T 34000	中国造船质量标准
CB/T 3761	船体结构钢焊缝修补技术要求
CB/T 3802	船体焊缝表面质量检验要求

## 3 术语和定义

GB/T 3375界定的以及下列术语和定义适用于本标准。

### 3.1

#### 自动焊 Automatic Welding

采用设备代替人工实施的焊接过程。

### 3.2

#### 电极 Electrode

焊接设备中用作导电并产生电弧的金属构件。

### 3.3

#### 纵骨 Longitudinal

船舶结构中，用于板材加强的骨材结构。

### 3.3

#### 车间底漆 Shop Primer

钢材经过表面除锈处理后喷涂的一层防锈漆。

## 4 一般要求

### 4.1 环境要求

4.1.1 纵骨角焊缝机器人应建设在车间、厂房等非露天的环境中，避免设备遭受雨、雪等恶劣天气的损害，同时应满足分段建造所必备的生产空间。

4.1.2 施工场地应干净、整洁，材料堆放整齐，施工过程中产生的余料、碎料和垃圾应及时进行清理。

- 4.1.3 做好施工现场环境温度和湿度的监控和控制，温度应高于10℃，空气相对湿度应低于80%。  
4.1.4 施工环境风速大于2m/s时，应做好防风措施。

## 4.2 人员要求

- 4.2.1 纵骨角焊缝机器人操作人员应具备相关专业技能资格证书并经考核合格后持证上岗，施工前应熟悉相关工艺文件，严格遵守工艺纪律，按照工艺要求进行施工。  
4.2.2 纵骨角焊缝机器人操作人员应经过专门的焊接技能培训，了解设备基本构成，并能熟练操作装备。  
4.2.3 工程技术人员应熟悉纵骨角焊缝机器人设备，能够将合理的焊接规范参数记录和存储在设备中。

## 5 焊接设备

- 5.1 纵骨角焊缝机器人包含焊接门架、焊接台车、跟踪探测装置、焊接电源、焊丝输送系统、供气系统、焊枪冷却水循环系统等。

表1 纵骨角焊缝机器人组成

序号	系统名称	主要功能
1	焊接门架	能够为焊接作业提供足够的场地空间。
2	焊接台车	为焊接作业的执行者，应能够满足焊枪运动的稳定性要求。
3	跟踪探测装置	能够识别焊缝位置，并能够反馈跟踪焊缝位置，确保焊缝焊接的准确性。
5	焊接电源	能够为焊接电弧提供能量，提供稳定的电源特性。
6	焊丝输送系统	能够为焊接过程中焊丝的送进提供稳定的动力和输送路径。
7	供气系统	能够为焊接过程提供稳定流量的保护气体。
8	焊枪冷却水循环系统	能够降低焊枪温度，确保焊枪的安全生产过程。

- 5.2 设备维护人员应定期对纵骨角焊缝机器人进行维护和保养，定期清理纵骨角焊缝机器人内的灰尘，定期给纵骨角焊缝机器人导轨更换或添加润滑油。

## 6 焊接材料

### 6.1 焊条

- 6.1.1 焊条应满足表2的要求，如表2所示。

表2 焊条要求

序号	焊接工艺	焊条参考标准及型号
1	焊条电弧焊	GB/T 5117 E5015或E5018

- 6.1.2 焊条主要应用在定位焊接，使用前应按照说明书推荐烘焙要求进行加热，领用的焊条应采用具有良好保温性能的保温筒保温，随用随取。

### 6.2 焊丝

- 6.2.1 焊丝应满足表3的要求，如表2所示。

表3 焊丝要求

序号	焊接工艺	焊丝参考标准及型号
1	单电极气体保护焊	GB/T 10045 T492T15-0C1A或相当标准要求
2	双电极气体保护焊	GB/T 10045 T492T15-0C1A或相当标准要求
		GB/T 10045 T492T15-1C1A或相当标准要求(第一电极) GB/T 10045 T492T15-0C1A或相当标准要求(第二电极)

- 6.2.2 焊丝在焊接生产应用前，应经过相关的焊接工艺评定试验，并取得第三检验方认可。  
6.2.3 焊丝表面不应存在油污、锈蚀、水分等杂质。  
6.2.4 焊丝在使用过程中，应保证其标签完好，以备查证。

### 6.3 保护气体

- 6.3.1 焊接保护气体采用纯度 $\geq 99.5\%$ 的 $\text{CO}_2$ 气体。  
 6.3.2 使用过程中的保护气体应保持干燥。  
 6.3.3 采用瓶装保护气体进行焊接时，应采取适当的防冻或加热措施。

## 7 焊接工艺要求

### 7.1 构件要求

- 7.1.1 待焊构件为平面分段板架构件，其面板为平直板材，其纵骨为平直型材构件，焊缝为纵骨和面板的横焊位置角焊缝。  
 7.1.2 待焊构件中纵骨与纵骨的档距应能满足焊接台车施焊空间要求，以防各台车之间发生干扰。

### 7.2 装配

- 7.2.1 纵骨与面板的焊缝位置及其周围20 mm~30 mm范围内的油污、水汽、铁锈等杂质应去除干净，车间底漆厚度应 $\leq 25 \mu\text{m}$ 。  
 7.2.2 定位焊采用焊条电弧焊或熔化极气体保护焊，将定位焊接区域去除影响焊接质量的杂质后，方可进行定位焊接。焊脚尺寸控制在 $4\text{mm} \pm 0.5 \text{mm}$ 范围，且不应影响纵骨角焊缝机器人行走。  
 7.2.3 纵骨和面板装配时，间隙应不大于1mm，纵骨和面板的垂直度偏差应不超过 $2^\circ$ 。  
 7.2.4 定位焊缝的焊渣、飞溅、焊瘤等在装配完成后应打磨清理干净。

### 7.3 焊前检查和清理

- 7.3.1 确认纵骨角焊缝机器人运行完好，各个操作箱面板显示清晰。  
 7.3.2 确认纵骨角焊缝机器人各电缆无破损。  
 7.3.3 确认供气系统输气管路通畅，无阻塞，气体流量计读数准确，使用保护气体种类及质量等级符合焊接工艺要求。  
 7.3.4 检查纵骨流水孔、过焊孔等影响焊缝连续性的结构位置，做明显的标识。流水孔、过焊孔周围的毛刺、割渣等应打磨干净，以防损坏跟踪监测装置。  
 7.3.5 检查纵骨上是否存在阻碍正常焊接过程的因素，如工具、卡码、加强结构等。  
 7.3.6 检查焊接电源、焊接门架、焊丝输送系统等运转是否正常。检查各按钮、指示灯、电流表、电压表、急停开关等是否正常。  
 7.3.7 检查供气系统的保护气体流量，焊接时保护气体流量应为20 L/min~25 L/min。  
 7.3.8 检查焊丝牌号是否在正式焊接工艺文件的覆盖范围内。  
 7.3.9 清理坡口内及坡口附近20 mm~30 mm范围内有无灰尘、油污、铁锈、氧化皮、水分、飞溅等杂质。  
 7.3.10 清理各焊枪导电嘴和气嘴，如有损坏应及时更换。

### 7.4 焊接

- 7.4.1 焊枪电极配置参数如图1所示。

单位为mm

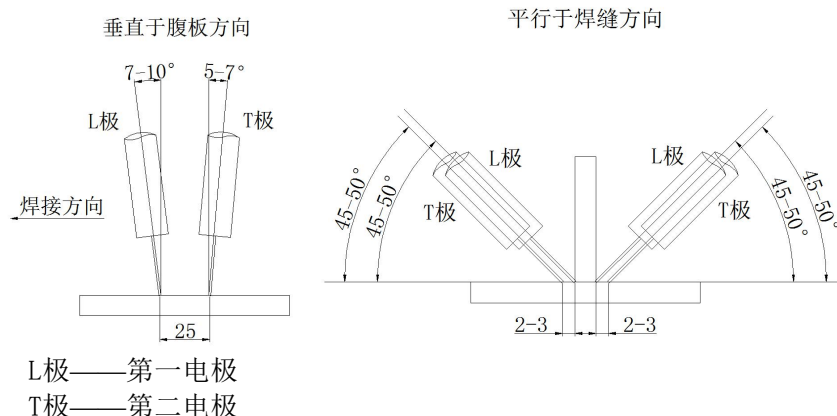


图1 焊接电极配置

7.4.2 焊丝干伸长度为15 mm~20 mm。

7.4.3 纵骨角焊缝机器人空载试行一段距离，检查行走过程中焊丝端部位置和移动过程。确认正常后，再移至焊接起始位置。

7.4.4 焊接控制流程框架如图2所示。

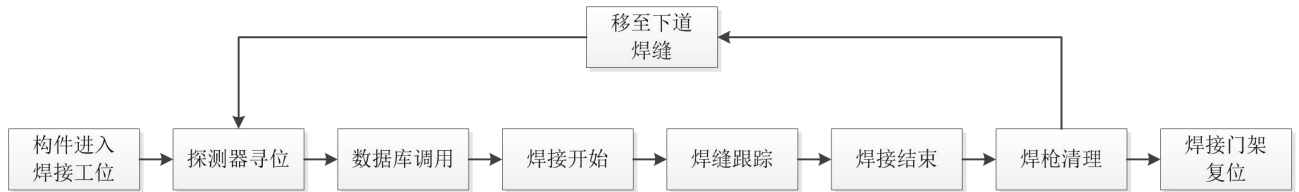


图2 焊接控制流程框架

7.4.4 纵骨角焊缝机器人操作人员根据设计图纸规定的焊脚尺寸，在系统内部选择焊接规范参数进行焊接。

7.4.5 纵骨角焊缝机器人内部焊接规范参数的修改应由技术部门专业工程师进行修改，并满足焊接工艺评定认可范围。

7.4.6 焊缝首尾两端的焊接盲区，可采用焊条电弧焊或熔化极气体保护焊进行焊接。

## 8 焊后检测和返修

8.1 焊接结束后按照GB/T 19418中B级要求检查焊缝表面质量，采用明显标识对气孔、裂纹、咬边、焊瘤等缺陷进行标注。

8.2 焊缝的返修应满足CB/T 3761的规定。

8.3 焊缝返修结束后，应将返修焊缝表面打磨光滑，确保其与原焊缝圆滑过渡。

## 9 安全事项

### 9.1 人员安全

9.1.1 现场人员上岗时，应穿戴好劳动保护用品，特别注意穿好绝缘、防滑鞋，戴好安全帽。

9.1.2 不能接近强磁场的人员应远离设备和电缆。

9.1.3 操作人员应当了解车间布局，并随时关注车间内设备运行状态，防止发生砸伤、挤伤、摔伤、烫伤等安全事故。

9.1.4 生产管理人员应做好交叉作业的管理工作，做好事故防范措施。

### 9.2 设备安全

9.2.1 纵骨角焊缝机器人接线应由专业电工操作，并接好保护地线，电源箱应有漏电保护功能。

9.2.2 所有电器接头及电缆接线柱应具有良好的导电作用，如电器接头及电缆接线柱发生生锈、断裂等现象时应及时更换。

9.2.3 非专业的设备维护人员不应私自打开设备机壳，设备的维护应由经过培训的专业维护人员定期进行。

9.2.4 纵骨角焊缝机器人工作时应保证设备通风畅通，通风口应远离墙壁等障碍物。

9.2.5 纵骨角焊缝机器人为焊接门架驱动，操作人员在进行焊接门架移动前，应确认设备状态以及可能阻碍设备运行的障碍物、人员等，避免造成安全事故。

### 9.3 环境安全

9.3.1 生产相关管理人员按照公司相关作业规定进行环境确认，并实施监护。

9.3.2 设备应与易受电磁场干扰的物品保持安全距离，如磁卡、手表、电脑、敏感仪器等。

9.3.3 在进行焊缝返修过程中，应执行人员监护制度，应注意防范气刨、打磨、焊接等造成烫伤事故。

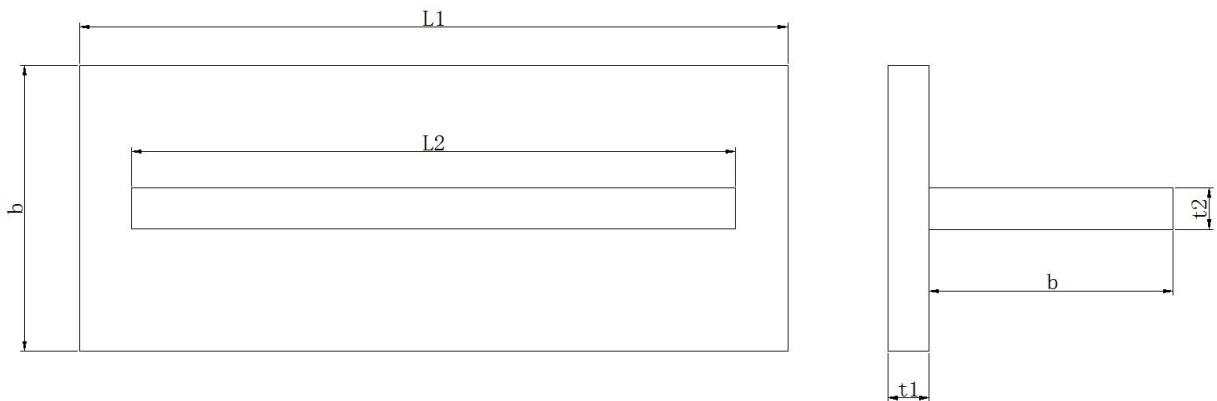
**附录A**  
**(资料性附录)**  
**焊接工艺调试试验方法**

### A.1 试验前准备

试验前，焊接工程师编制焊接工艺方案，用以指导焊接工艺调试。可编制多个焊接工艺方案，设置对比试验。焊接工艺方案应包含但不限于以下内容：

- (1) 母材的牌号、级别、厚度和交货状态；
- (2) 焊接材料的型号、等级和规格；
- (3) 焊接设备的型号和主要性能参数；
- (4) 坡口设计、加工要求及衬垫材料（如有时）；
- (5) 焊道布置和焊接顺序；
- (6) 焊接位置（平、横、立、仰焊等）；
- (7) 焊接规范参数（电源极性、焊接电流、焊接电压、焊接速度、送丝速度、保护气体流量等）；
- (8) 焊前预热和道间温度、焊后热处理及焊后消除应力的措施等；
- (9) 施焊环境要求；
- (10) 其他有关的特殊要求。

试件所选用的母材和焊接材料应符合焊接工艺方案的要求，母材强度等级不高于EH36级别，或其他相当标准的要求，试件要有足够的尺寸以保证合理的散热，通常应符合图A.1的要求。



L1——面板长度，取 $L1 \geq L2 + 60\text{mm}$ ；

L2——腹板长度，取 $L2 \geq 1000\text{mm}$ ；

t1——面板厚度；

t2——腹板厚度；

b——面板、腹板宽度，取 $b \geq 150\text{mm}$ （设t1、t2中最大值为t，若 $3t > 150\text{mm}$ ，则 $b$ 应 $\geq 3t$ ）。

图A.1 试件尺寸图

### A.2 焊接试验

按照焊接工艺方案的要求，将焊接方案的焊接工艺参数新增到焊接系统数据库，调用数据库相关焊接工艺数据对试件进行焊接。焊接过程应使试件中的定位焊缝熔入成形接头中。

### A.3 试验项目

A.3.1 试验包括无损检测和破坏性试验，见表A.1。



表 A.1 试验项目

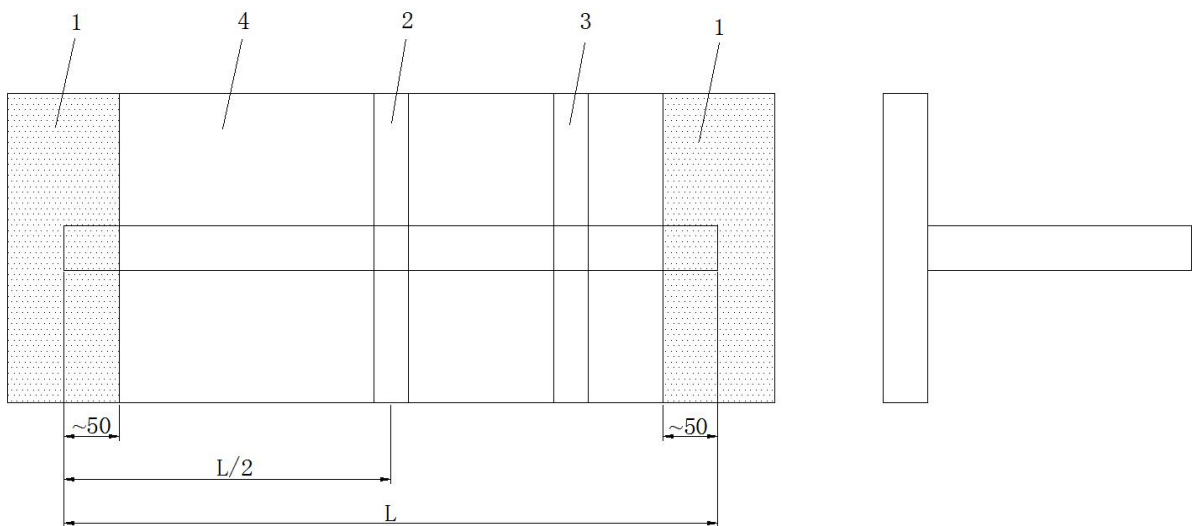
试件	试验种类	试验内容	备注
全焊透的 T 型接头	外观检测	100%	— a b — —
	渗透检测或磁粉检测	100%	
	超声波或射线检测	100%	
	硬度检测	按要求进行	
	低倍金相检测	2 个试样	
	破断试验	2 个试样	
角焊缝	外观检测	100%	— a — —
	渗透检测或磁粉检测	100%	
	硬度检测	按要求进行	
	低倍金相检测	2 个试样	
	破断试验	2 个试样	

a 对于非磁性材料，采用渗透检测。  
b 超声波检测不适用于小于 8 mm ( $t < 8$  mm) 的厚度。

A. 3. 2 试件焊接结束后，进行外观检查和表面渗透或磁粉检测。其中，无损检测应在焊接结束24小时后进行。

A. 3. 3 在试件两端截取约为50mm的截弃端，然后取出两个长度约25mm的焊缝断面宏观试样，一个位于试件长度中间处，另一个位于终端接头处，终端接头处的试样又用作硬度测试试样，剩余试样中取较长的两段作为角焊缝破断试样。一个破断试样保留一侧角焊缝，另一个破断试样则保留另一侧角焊缝，两个试样中不保留的角焊缝应在破断试验前采用气刨或打磨方式进行清除。试样取样位置如图A. 2所示。

单位为mm



- 1——截弃端；  
2——宏观金相试样；  
3——宏观金相和硬度试样（终端接头处）；  
4——破断试样；  
L——腹板长度。

图A. 2 试样取样位置示意图

#### A. 4 试验结果要求

- A. 4.1 焊缝外观和无损检测结果均应满足GB/T 19418中B级（焊缝超高、凸度过大时可接受C级）或其他相当标准的要求。
- A. 4.2 焊缝断面宏观检测应显示焊缝成形良好，有足够的熔深，无裂纹和未熔合缺陷。
- A. 4.3 破断试样的破断面观察无裂纹和未熔合等缺陷，夹渣和气孔的要求应符合GB/T 19418中B级或其他相当标准的要求。
- A. 4.4 接头的硬度测试结果应 $\leq$ HV350。
- A. 4.5 若试验结果不符合上述要求，则相应的焊接工艺达不到生产可行性要求，应予以舍弃。若试验结果符合上述要求，则相应的焊接工艺参数可录入系统数据库。

**附录B**  
(资料性附录)  
**常见焊缝缺陷**

## B.1 纵骨角焊缝常见焊接缺陷件表 B.1

表 B.1 常见焊接缺陷

缺陷名称	产生原因	防止措施
咬边	(1) 焊接电压过高 (2) 电极角度、位置不当	(1) 选择合适的焊接参数 (2) 焊前注意检查和调整焊枪位置、角度
气孔	(1) 焊丝、焊接区存在油污、水分、铁锈等 (2) 焊接电流和电压不匹配 (3) 车间底漆干膜厚度过大，或车间底漆不具备可焊性能 (4) 保护气体流量过大或过小 (5) 保护气体中水分含量超标	(1) 严格进行焊前清理工作 (2) 选择合适的焊接参数 (3) 严格控制车间底漆厚度，或焊前清理车间底漆 (4) 选择合适的气体流量 (5) 采用经过干燥处理的保护气体
焊瘤	(1) 电极角度、位置不当 (2) 焊接电流不当	(1) 焊前注意检查和调整焊枪位置、角度 (2) 选择合适的焊接参数
裂纹	(1) 焊丝、焊接区存在油污、水分、铁锈等 (2) 纵骨装配的根部间隙过大	(1) 焊前更换表面干净的焊丝，严格清理焊接区域及其附近的污物 (2) 按照工艺要求严格控制纵骨装配的根部间隙
焊脚过小	(1) 焊接电流、电压、速度不匹配 (2) 设备送丝系统故障	(1) 选择合适的焊接参数 (2) 焊前检查和维修送丝系统
弧坑	(1) 收弧不当	(1) 选择合适的收弧参数