

ICS 25.160.20

J 33



CWA

# 团 体 标 准

T/CWAN 0041—XXXX

---

## 中组立机器人焊接工艺规范

Code for Welding Procedure of Middle Assembling Robot

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

---

中国焊接协会发布

## 目 次

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

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2020 给出的规则起草。

本标准的附录 A、B 为资料性附录。

本标准由中国焊接协会提出并归口。

本标准起草单位：。

本标准起草人：。

# 中组立机器人焊接工艺规范

## 1 范围

本标准规定了船舶块体构件的中组立机器人焊接的术语和定义、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）的船舶平面分段敞口块体构件中面板、横隔板、纵隔板角焊缝的横角焊、立角焊及包角焊位置的焊接。

## 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。

CB/T 3761	船体结构焊缝缺陷修补技术要求
CB/T 3802	船体焊缝表面质量检验要求
GB/T 8110-2008	气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝
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 19418	钢的弧焊接头 缺陷质量分级指南（GB/T 19418-2003，ISO 5817:1992，IDT）
GB/T 34000	中国造船质量标准

## 3 术语和定义

### 3.1

#### 母材 Base Metal

分段制作采用的本体材料。

### 3.2

#### 块体构件 Cubic Block

船舶分段的组成构件。

### 3.3

#### 焊接机器人 Welding Robot

由多关节多轴（多自由度）机械本体、控制器、伺服驱动系统和传感装置构成的一种仿人操作、自动控制、可重复编程、能在三维空间完成各种作业的光机电一体化生产设备。

### 3.4

#### 干涉 Interference

机器人执行检测动作或焊接动作以外的作业姿态调整时触碰到工件或夹具的现象。

### 3.5

#### 隔板 Bulkhead

组成分段各舱室的片体构件，如横隔板、纵隔板。

### 3.6

#### 离线编程 Off-Line Programming

在仿真软件的虚拟环境内，根据工艺等相关要求，自动生成焊接机器人控制指令并传输给焊接机器人的过程。

## 4 一般要求

### 4.1 环境要求

- 4.1.1 施工场地应干净整洁，材料应堆放整齐。施工中产生的余料、碎料和垃圾应及时清理。
- 4.1.2 施工现场应做好环境温度的监控和控制，温度应不低于10℃，空气相对湿度应不高于80%，风速应不大于2m/s时。
- 4.1.3 中组立机器人应建设在车间、厂房等非露天环境中，避免设备遭受雨、雪等恶劣天气的影响，同时应能满足分段建造所必备的生产空间。

### 4.2 人员要求

- 4.2.1 施工人员应经过专业的中组立机器人基本操作培训，熟悉中组立机器人控制台各操作按钮的功能，能够控制中组立机器人运行到工作范围内的任意指定位置并能够控制中组立机器人进行焊接施工。
- 4.2.2 施工人员在焊接前应熟悉相关的图纸及工艺技术要求，如焊接材料、焊接坡口形式、焊接顺序、焊脚尺寸等。

## 5 焊接设备系统

5.1 中组立机器人包括门架系统、机器人系统、焊接系统、传感及识别系统、总控系统、安全防护系统、测量系统、软件系统、防尘系统、清枪系统。

表1 中组立机器人组成

序号	系统名称	主要功能
1	门架系统	能够驱动中组立机器人在三维方向上进行移动，扩大中组立机器人的运行范围
2	机器人系统	能够操作焊枪实施焊接生产，确保焊枪运动的稳定性
3	焊接系统	能够为焊接电弧提供能量，确保电源特性和焊丝给进的稳定性
5	传感及识别系统	能够为块体构件的输送、中组立机器人的运行提供反馈和控制型号
6	总控系统	能够协调控制各系统进行有序作业
7	安全防护系统	能够为中组立机器人的故障提供警告信号和安全防护措施
8	测量系统	能够准确识别和测量工位参考点的位置
9	软件系统	能够为中组立机器人的运行提供控制指令，为焊接生产提供工艺指令，为生产管理提供可视化数据指导。
10	除尘系统	能够收集焊接过程中产生的烟尘并进行固定处理。
11	清枪系统	能够自动清理焊枪，并修剪焊枪中伸出的焊丝。

5.2 中组立机器人应能够根据块体构件图纸导入的三维模型进行自动编程，实现焊缝的识别、跟踪和自动焊接。

## 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或其他相当标准的要求

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，领用的焊条必须采用有良好保温性能的保温筒保温，随用随取。

### 6.2 焊丝

6.2.1 所用的实心焊丝应符合GB/T 8110中ER50-6型号的技术要求或其他相当标准要求。所用的药芯焊丝应符合GB/T 10045中T492T1-1C1A型号的技术要求或其他相当标准要求。

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，应取得第三检验方认可。

6.2.3 焊丝应保持干燥、清洁，无其他杂物污染。

### 6.2 保护气体

6.2.1 保护气体可采用80%Ar+20%CO<sub>2</sub>混合气体，或纯度≥99.5%的CO<sub>2</sub>气体。

6.2.2 保护气体应保持干燥。

6.2.3 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 工艺要求

### 7.1 构件要求

7.1.1 待焊构件为船舶平面分段敞口块体构件，其面板为平直板材，其横隔板、纵隔板为平直片体构件，焊缝主要包括横隔板、纵隔板与面板的横角焊缝以及横隔板与纵隔板的立角焊缝。

7.1.2 待焊构件中横隔板、纵隔板的档距应能满足焊接机器人施焊空间要求。

### 7.2 装配

7.2.1 构件待焊区域中由于切割产生的尖锐缺口应打磨平顺，然后采用补焊方式填补，再将补焊焊缝打磨平整。

7.2.2 构件待焊区域内不应存在水、油、切割氧化皮、铁屑、灰尘、锈以及厚度超标的油漆等。

7.2.3 构件的装配间隙应≤2 mm，同时应符合GB/T 34000的要求。

7.2.4 构件的装配应采用定位焊方式装配，定位焊缝可直接焊接在待焊区内。

7.2.5 定位焊可采用焊条电弧焊或熔化极气体保护焊实施，定位焊缝长度应≥50 mm，定位焊缝间距应控制在250 mm~300 mm之间，且定位焊缝与焊缝端部或交叉位置的距离应≥50 mm。

### 7.3 焊前检查

7.3.1 检查结构件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。

7.3.2 检查焊接系统、门架系统、送丝系统等运转是否正常。

7.3.3 检查各按钮、指示灯、电流表、电压表、急停开关等是否正常。

7.3.4 检查焊丝与保护气体是否符合焊接工艺要求，保护气体流量应控制在20 L/min~25 L/min之间。

7.3.5 清理焊缝位置及其附近20 mm~30 mm范围内的灰尘、油污、铁锈、氧化皮、水分、飞溅等杂质。

7.3.6 清理各焊枪导电嘴和气嘴上的飞溅物，若零件已损坏应及时更换。

### 7.4 焊接

7.4.1 焊接控制流程框架如图1所示。

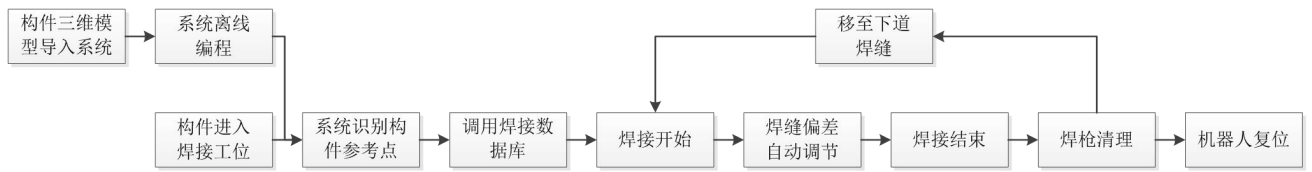


图1 焊接控制流程框架

7.4.2 构件输送系统应具有良好的刹车系统，以防构件在生产过程中发生意外移动或转动现象。

7.4.3 系统识别构件参考点后，直至构件所有焊缝焊接完成前，应保持输送系统保持刹车状态，以防构件在生产过程中发生意外移动或转动，造成构件参考点信息的误差。

7.4.4 构件焊接顺序中，应先焊横隔板和纵隔板的立角焊缝，再焊横隔板、纵隔板与面板的横角焊缝，同时尽可能由双数数量的焊接机器人从构件中部逐渐向左右、前后对称施焊，以保证构件均匀的收缩，减少构件焊接变形量。

7.4.5 焊接过程中，操作人员应注意监控机器人运行状态，有异常情况应按下暂停或者急停按钮，进行排障处理。

7.4.6 焊接过程中发生故障而中止时，完成故障排除工作后，应将焊接机器人驱动至下道焊缝，开始下道焊缝的焊接，避免影响构件焊接生产节拍。待焊接机器人焊接结束并复位后，因中断而未完成焊接的焊缝可采用手工或半自动的焊接方式继续完成焊接。

7.4.7 焊接完成后，待焊接机器人复位完毕再进行焊后检测。

## 8 焊后检测和返修

8.1 焊接结束后，施工人员或其他检验人员应对焊缝表面进行外观检验，针对气孔、裂纹、咬边等缺陷位置，采用明显的标识进行标注，并反馈给返修施工人员。

8.2 焊缝修复可采用熔化极气体保护焊或焊条电弧焊进行。

8.3 焊接缺陷的清除和返修工艺应按CB/T 3761的要求执行。

8.4 焊缝返修结束后，施工人员应将返修焊缝表面打磨光滑，并清理返修焊缝周围的飞溅物、灰尘等。

8.5 焊缝允许重复返修，但同一部位的返修不宜超过两次。第三次返修需经过技术部门确认，采用专用工艺实施返修作业。

8.6 常见焊缝缺陷原因以及处理措施见附表B。

## 9 安全事项

### 9.1 人员安全

9.1.1 施工人员上岗前，应穿戴好劳动保护用品。

9.1.2 不能接近强磁场的人员要远离设备和电缆。

9.1.3 施工人员应熟悉车间布局，应随时关注车间内设备运行状态，防止发生砸伤、挤伤、摔伤、烫伤等事故。

9.1.4 生产相关管理人员应当做好交叉作业的管理工作，做好事故防范措施。

9.1.5 中组立机器人运行过程中，所有人员应远离施工区域。

### 9.2 设备安全

9.2.1 中组立机器人的接线应由专业电工操作，应接好保护地线，其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 设备工作时应保证设备通风畅通，通风口应远离墙壁灯障碍物。

9.2.5 操作人员在控制中组立机器人运行前，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 现场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 中组立机器人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。



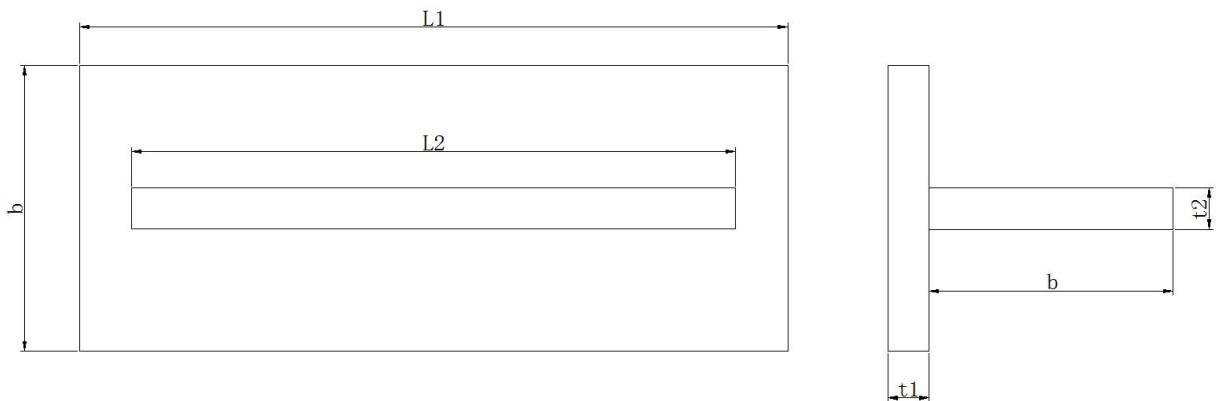
**附录A**  
(资料性附录)  
**焊接工艺调试试验方法**

### 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

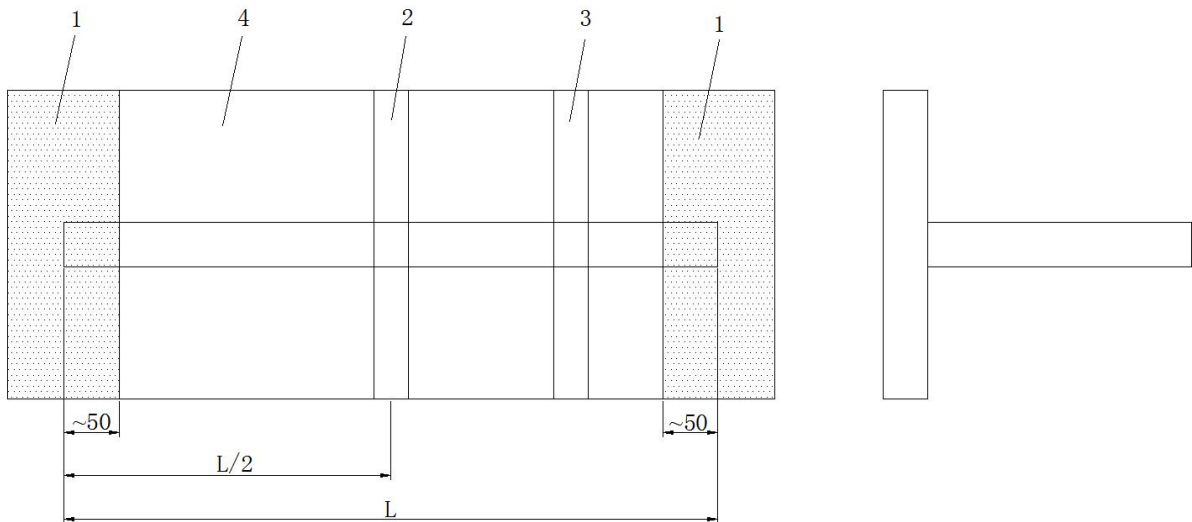
试件	试验种类	试验内容	备注
全焊透的 T 型接头	外观检测	100%	—— a b —— ——
	渗透检测或磁粉检测	100%	
	超声波或射线检测	100%	
	硬度检测	按要求进行	
	低倍金相检测	2 个试样	
	破断试验	2 个试样	
角焊缝	外观检测	100%	—— a —— ——
	渗透检测或磁粉检测	100%	
	硬度检测	按要求进行	
	低倍金相检测	2 个试样	
	破断试验	2 个试样	

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)**  
**常见焊接缺陷**

B.1 常见焊接缺陷如表 B.1 所示。

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 (3) 设备扫描数据偏差	(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) 车间底漆干膜厚度过大，或车间底漆不具备可焊性能 (3) 保护气体流量过大或过小 (4) 保护气体中水分含量超标	(1) 严格进行焊前清理工作 (2) 严格控制车间底漆厚度，或焊前清理车间底漆 (3) 选择合适的气体流量 (4) 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) 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装配的根部间隙
断焊	(1) 未扫描到焊缝 (2) 设备送丝系统故障	(1) 对比扫描数据和构件，检验扫描系统 (2) 焊前检查和维修送丝系统