

团体标准

T/SWS 0001—2023

集装箱船高强度钢窄间隙

焊接工艺标准

Welding procedure for high-tensile steel narrow gap of container vessel

2023-07-01 发布

2023-08-01 实施



上海市焊接学会 发布

目次

前言.....	2
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.....	4
4.1 人员.....	4
4.2 环境.....	4
5 技术要求.....	4
5.1 焊接设备.....	5
5.2 焊接材料.....	6
5.3 保护气体.....	6
5.4 焊缝设计及焊接坡口型式.....	6
6 焊接工艺.....	6
6.1 一般要求.....	6
6.2 工件加工.....	7
6.3 工件装配.....	7
6.4 焊前准备.....	7
6.5 焊接.....	8
7 焊后检验.....	9
7.1 检验要求.....	9
7.2 检验方法.....	9
附录 A（资料性）焊接工艺规程（WPS）	10

前言

本文件按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由上海焊接学会团体标准委员会提出并归口。

本文件起草单位：中远海运重工有限公司、扬州中远海运重工有限公司、舟山中远海运重工有限公司、江苏弧翰科技股份有限公司、大连鑫宏利船舶工程有限公司、济南职业学院中德技术学院、上海中巽科技股份有限公司。

本文件主要起草人：李新、杨文华、张雅茹、阚永赞、代飞、于泉、胡传扬、马上录、王铭秋、刘冲、赵小刚、王建。

本文件为首次发布。

集装箱船高强度钢窄间隙焊接工艺标准

1 范围

本文件规定了集装箱船高强度钢窄间隙焊接的术语和定义，并规定了焊接的一般要求、焊接工艺评定、焊缝设计及焊接坡口型式、焊前准备、焊接方法、焊缝质量、焊接检验以及焊缝返修等技术要求。

本文件适用于厚度 $\geq 20\text{mm}$ 的高强度船体结构钢（AH32、DH32、EH32、AH36、DH36、EH36、EH40、EH47），也适用于一般强度船体结构钢（A、B、D和E）及其他化学成分相近且力学性能相当的管、板对接焊缝的二氧化碳气体保护焊窄间隙焊接。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 39255 焊接与切割用保护气体

JB/T 3223 焊接材料质量管理规程

T/CWAN 0008—2018 焊接术语-焊接基础

T/CWAN 0010—2018 焊接术语-焊接检验

ISO 5817—焊接—钢、镍、钛及其合金的熔化焊接头（束焊除外）—缺欠质量等级（Welding—Fusion-welded joints in steel, nickel, titanium and their alloys (beam welding excluded) —Quality levels for imperfections)

CCS 材料与焊接规范

CCS 船用高强度钢厚板应用指南

3 术语和定义

T/CWAN 0008-2018、T/CWAN 0010-2018 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

二氧化碳气体保护窄间隙焊 CO₂ narrow-gap welding

厚板对接接头，焊前不开坡口或只开小角度坡口，并留有窄而深的间隙。采用二氧化碳气体保护焊进行多层焊的高效率焊接方法。见图1。

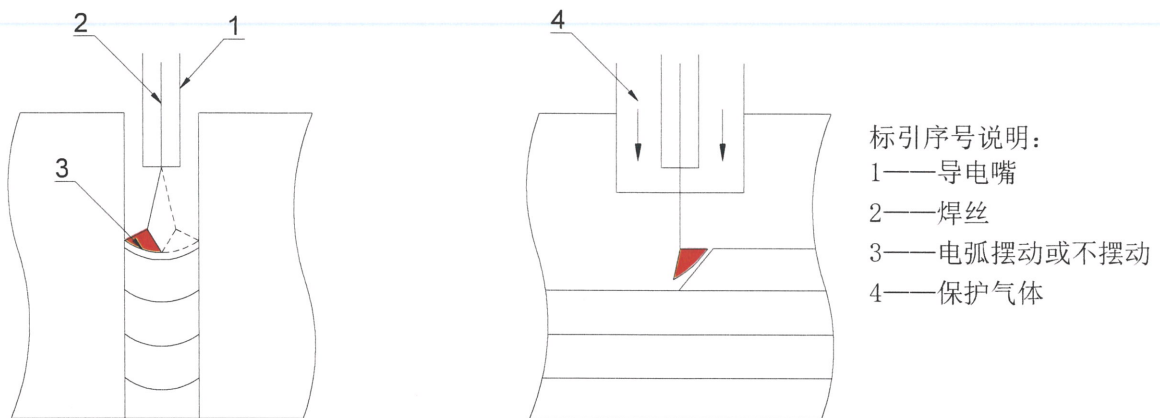


图1 二氧化碳气体保护窄间隙焊接应用示意图

3.2

焊丝干伸长 length of welding wire

焊丝干伸长是指在焊接过程中，从导电嘴到焊丝端头的距离。

4 一般要求

4.1 人员

- 4.1.1 从事船舶焊接的焊工，应通过中国船级社焊工资格考试，并取得相应资格证书后，方可在有效期内承担合格项目范围内的焊接工作。
- 4.1.2 窄间隙自动化设备操作人员应经过专业培训，取得相应的船级社操作资格证书。
- 4.1.3 窄间隙自动化设备操作人员和设备维护人员应熟悉设备基本构造和功能。
- 4.1.4 窄间隙自动化设备操作人员施工前应熟悉相关工艺文件，施工过程中应严格遵守工艺纪律，按照工艺要求进行施工。

4.2 环境

- 4.2.1 窄间隙自动化设备应安装在车间、厂房等非露天的环境中，避免遭受雨、雪等恶劣天气的损害，且应满足工件焊接所必备的生产空间。
- 4.2.2 施工场地应保持干净、整洁，材料堆放整齐。
- 4.2.3 焊接作业区的相对湿度应不大于90%。
- 4.2.4 焊接环境温度应不低于0℃，当环境温度低于0℃时，对工件采取预热措施。
- 4.2.5 焊接作业区最大风速不宜超过2m/s，如果风速超过上述范围，应采取有效措施以保障焊接电弧区域不受气流影响。
- 4.2.6 放置保护气体气瓶的区域以及保护气体输送管路应避免靠近高温热源或被烈日暴晒，以免发生爆炸事故。

5 技术要求

5.1 焊接设备

5.1.1 窄间隙自动化设备包含设备机架、窄间隙焊枪、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、控制系统等。窄间隙自动化设备组成见表 1，窄间隙系统组成见图 2。

5.1.2 焊接电源采用直流焊机。

表 1 窄间隙自动化设备组成

序号	系统名称	主要功能
1	设备机架	能够承载整体机构，满足一定的空间要求，确保准确到达所需要的焊接位置，并保证焊接过程的运行稳定性
2	窄间隙焊枪	能够满足电弧摆动深入窄间隙坡口内部，为保护气体提供流道，得到优异的焊接质量
3	跟踪探测机构	能够识别焊缝位置，并能够反馈跟踪焊缝位置，确保焊接位置准确；能够控制电弧高低，保证焊接填充的均匀性
4	焊接电源（直流反接）	能够为焊接电弧提供能量，提供稳定的电源特性
5	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
6	供气系统	能够为焊接过程提供稳定流量的保护气体
7	焊枪冷却水循环系统	能够降低焊枪温度，确保生产过程中焊枪的安全
8	控制系统	能够控制设备各驱动轴按照指令要求运动，控制窄间隙焊接按照程序要求稳定运行

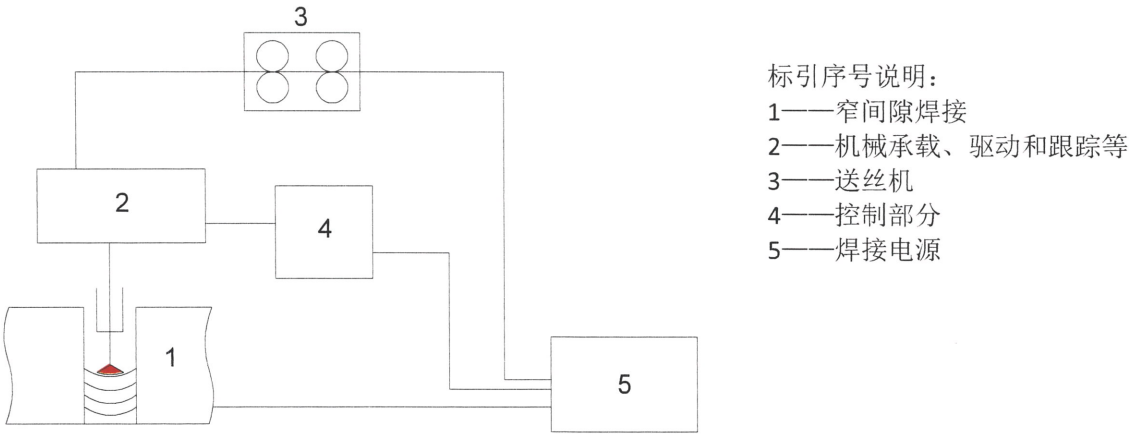


图 2 窄间隙系统组成示意图

5.2 焊接材料

- 5.2.1 焊接材料的生产企业应建立可靠的质量体系，具备可满足用户需求的生产能力。
- 5.2.2 焊接材料包括二氧化碳气保焊丝、保护气体和衬垫等。
- 5.2.3 焊接材料应有质量证明书，符合相应标准或规范的要求。且焊丝应取得船级社等级认证。

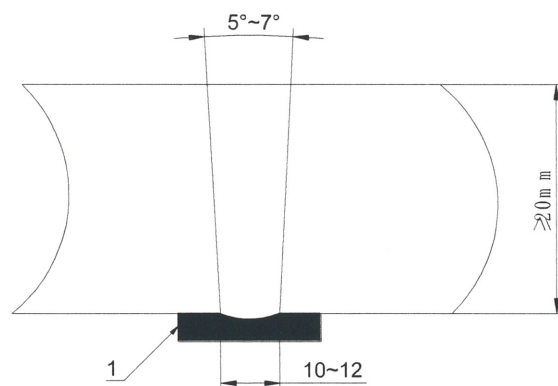
- 5.2.4 对于未取得船级社等级认证的焊丝,在使用前应按船级社有关规定进行认可试验,试验结果应符合焊接材料所适用的标准相关要求,且应得到船级社认可。
- 5.2.5 焊丝表面不应存在油污、锈蚀、水分等杂质以及其他影响焊接质量的缺陷。
- 5.2.6 焊接材料在使用过程中,为了保证焊接材料的使用性能,使用企业除了具备必要的贮存、烘干、清理设施之外,应保证其标签完好,以备查证。
- 5.2.7 焊接材料及其包装盒中不应含有石棉成分。
- 5.2.8 焊接材料的验收入库等管理应按 JB/T 3223 的有关规定执行。

5.3 保护气体

- 5.3.1 焊接保护气体采用纯度 $\geq 99.8\%$ 的 CO_2 气体,且应符合 GB/T 39255 的要求。
- 5.3.2 保护气体应干燥处理。
- 5.3.3 采用管道或瓶装保护气体进行焊接时,应采取适当的防冻措施。

5.4 焊缝设计及焊接坡口型式

- 5.4.1 大厚板集装箱船窄间隙的焊缝应采用对接焊缝。
- 5.4.2 焊接坡口设计时应充分考虑实际工艺条件,坡口的型式应按设计图样或满足制造厂工艺的要求,还应得到中国船级社的认可,推荐的焊接坡口型式见图 3。



标引序号说明:

1——陶瓷衬垫

平焊/立焊 1G/3G

图 3 焊接位置及坡口型式示意图

- 5.4.3 焊接坡口加工可采用火焰切割或机械切削等方法。若采用火焰切割方法进行坡口加工时,坡口加工后应去除坡口面氧化皮等异物。
- 5.4.4 焊接坡口面应平直,坡口面粗糙度应 $\leq 0.8 \text{ mm}$ 。焊接坡口局部缺口深度应 $< 1.5 \text{ mm}$,若焊接坡口局部缺口深度过大时宜采用堆焊法对缺口进行修补,再采用机械打磨方式将修补区域打磨平整。

6 焊接工艺

6.1 一般要求

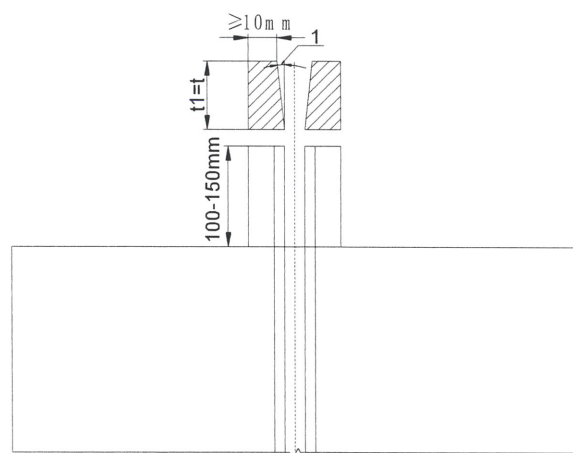
产品施焊前应按照《CCS 材料与焊接规范》和《CCS 船用高强度钢厚板应用指南》的规定进行焊接工艺评定。

6.2 工件加工

- 6.2.1 窄间隙焊接工件车间底漆厚度应 $\leq 25\ \mu\text{m}$ 。
- 6.2.2 窄间隙焊接工件对接面及坡口两侧 10 mm 范围内应平整、清洁，无毛刺、裂纹、氧化皮、油污等；坡口表面切割锯齿凹槽应 0.8 mm。对于个别切割锯齿凹槽 $>0.8\text{mm}$ ， $<1.5\text{mm}$ 的需要做好标记。
- 6.2.3 窄间隙焊接工件应根据厚度设计马板的数量及厚度，保证焊后焊接试板平整和根部不致开裂。

6.3 工件装配

- 6.3.1 装配前，应将待焊区域及其坡口周围 10mm 范围内的锈蚀、油污、割渣、毛刺、氧化皮等对焊接质量有影响的杂物进行清理。
- 6.3.2 马板与工件应垂直安装，马板的装配间隙应控制在 0 mm~1 mm 之间。
- 6.3.3 工件根据坡口及间隙要求装配，根部间隙宜控制在 10~14mm，背面采用陶瓷衬垫。
- 6.3.4 装配马板的定位焊采用半自动二氧化碳气体保护焊焊接，定位焊用焊接材料力学性能等级应与焊接生产用焊接材料等级相当。
- 6.3.5 装配马板的定位焊缝全长焊接，焊脚尺寸控制在 10 mm~12 mm 范围内。
- 6.3.6 装配马板间的间距 300~400mm，每个工件上马板数量不少于 2 个。
- 6.3.7 工件引熄弧板安装：始焊端加引弧板，终焊端加熄弧板，引熄弧板坡口及间隙与待焊试板一致。
- 6.3.8 工件引熄弧板材质与母材材质一致。
- 6.3.9 工件引熄弧板规格要求：长 100mm~150mm，厚度 t_1 与试板厚度 t 一致，见图 4。



标引序号说明：

1——角度与焊缝坡口角度一致

图 4 引熄弧板规格示意图

- 6.3.10 工件引熄弧板安装焊接：采用二氧化碳气体保护焊焊接，焊接材料力学性能等级应与焊接生产用焊接材料等级相当。
- 6.3.11 工件安装衬垫，采用带 U 型槽陶瓷衬垫居中粘贴，并压实。
- ## 6.4 焊前准备
- 6.4.1 准备好焊接记录表，检查工件上的材料跟踪标识。
- 6.4.2 工器具准备，焊前需准备气动清渣工具及相关设备齐全。
- 6.4.3 检查焊材，选择与焊接工艺规程中等级一致的焊接材料，且确保焊丝表面无油污、锈蚀、水分等杂物。

- 6.4.4 检查工件装配和定位焊缝，确保其符合装配和定位焊要求。装配间隙要求见图 3。
- 6.4.5 检查窄间隙焊接设备，确保电路、气路、送丝系统、传感器、控制按钮和指示灯、显示器和参数表、机械运动装置正常运行。
- 6.4.6 测试窄间隙焊接设备，设备在空载状态下试行一段距离，检查行走过程中焊丝端部位置和移动状态，若不正常应及时进行排查处理。
- 6.4.7 检查焊枪状态，若焊枪喷嘴表面有飞溅物、焊丝干伸长异常，应进行焊枪清理和焊丝修剪。
- 6.4.8 检查保护气体气路系统，确保气体管路畅通且连接正确，无漏气现象，保护气体流量能够满足焊接工艺文件要求。
- 6.4.9 检查台车轨道架设是否平行于坡口。

6.5 焊接

- 6.5.1 产品焊接按焊接工艺规程执行，推荐的焊接工艺参数见表 2；

表 2 药芯焊丝二氧化碳气体保护焊工艺参数

焊道	装配间隙 (mm)	电流 (A)	电压 (V)	焊接速度 (cm/min)	焊丝干伸长 (mm)	焊丝摆动幅度 (max: mm)		停留时间 (s)		焊丝倾角 (°)
						左	右	左	右	
打底	11	210~250	27~31	11~13	20~30	4~5	4~5	0.1	0.1	40~60
	12					5~6	5~6			
	13					6~7	6~7			
填充	11	280~320	31~35	18~24	20~30	5~7	5~7	0.1- 0.2	0.1-0.2	50~80
	12					6~8	6~8			
	13					6~8	6~8			
盖面	11	260~300	28~32	27~34	15~25	6~9	6~9	0.1- 0.2	0.1-0.2	50~80
	12					6~9	6~9			
	13					6~9	6~9			

- 6.5.2 窄间隙焊枪置于引弧板坡口前端，焊接状态置于非焊接，焊丝干伸长设定为 15mm~30mm，开摆动后根据坡口间隙预设摆动值及停留值。
- 6.5.3 在距引弧板中心部位 3cm 处起弧，根据焊道形态调整焊丝摆动值、焊接速度，以保证进入正式焊道后焊接参数基本稳定。
- 6.5.4 进入正常焊道后应对焊接过程持续观察，随时进行焊接参数的微调，以保证焊接正常连续进行。
- 6.5.5 熄弧时，引出长度至少达到熄弧板 2/3 长度。
- 6.5.6 当单道焊摆弧宽度不足时，要及时分道焊接。

6.5.7 为保证台车连续行进，应随时关注焊枪线缆的敷设，避免焊接出现中断。

6.5.8 每层焊道结束，应对药渣进行必要清理，确保后续焊道正常焊接。

7 焊后检验

7.1 检验要求

7.1.1 去除焊渣后，对焊缝外观全长进行目视检查，应符合 ISO 5817 或设计要求。

7.1.2 焊缝表面的气孔、夹杂物、焊瘤、飞溅等明显缺陷，焊接缺陷宜在钢板温度不低于焊前预热温度时立即进行修整、补焊。

7.1.3 焊缝正面、背面余高过高或焊缝与母材过渡急剧时，可采用角磨机对余高进行修整至圆滑过渡。

7.1.4 去除马板、引熄弧板，并打磨平整。

7.2 检验方法

焊接接头的检验方法按设计要求进行。

附录 A 焊接工艺规程 (WPS)

(资料性)

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS) 焊接工艺规程

WPS No. 焊接工艺编号 _____		Rev. 版本号 <u>0</u>	Date 日期 _____
Support PQR No. 支持焊评号 _____		Type 类型 _____	
Welding Process 焊接方法 _____		Code 标准 _____	

■ JOINT DETAILS & SEQUENCE 接头型式与焊道布置 Joint Type 节点型式 _____ Backing Material 衬垫材料 _____ Root Treatment 根部处理 _____ ■ BASE METAL 母材金属 Material Spec. 母材等级 _____ material range 适用材质 _____ Thickness Range 厚度范围 _____ Others 其他要求 _____ ■ FILLER METAL 填充金属 AWS Spec. AWS 规格 _____ Brand Name 牌号名称 _____ Class Grade 船级社级别 _____ ■ SHIELDING GAS & FLUX 保护气及焊剂 Flux Tradename 焊剂名称 _____ Flux(class) 焊剂级别 _____ Shielding Gas 保护气体 _____ Gas Composition 气体成分 _____ Gas Flow 气体流量 _____	■ WELDING POSITION 焊接位置 Welding Position 焊接位置 _____ Direction(Up/Down) 方向 _____ ■ PREHEAT&INTERPASS TEMP 预热和层间温度 Preheat Temp. 预热温度 _____ Interpass Temp. 层间温度 _____ Preheat Method. 预热方式 _____ ■ POSTWELD HEAT TREATMENT 焊后热处理 Holding Temperature 保温温度 _____ Holding Time 保温时间 _____ Others 其他要求 _____ ■ TECHNIQUE 技术 String or Weave 固定/摆动 _____ Max. Width of weave 摆动最大宽度 _____ Single or Multipass 单道或多道 _____ Electrode Extension 焊丝伸出长度 _____ Electrode Angle 焊丝角度 _____ Interpass Cleaning 层间清理 _____
---	---

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS) 焊接工艺规程

ELDING PARAMETERS 焊接参数								
Weld Layer 层号	Process 焊接方法	Fillter Metal Brand 填充金属牌号	Dia. 直径 (mm)	Welding Current 焊接电流(A)	Welding Voltage 焊接电压(V)	Type&Polarity 类型和极性	Travel Speed 速度 (mm/min)	Heat Input 热输入量 (KJ/mm)
				~	~		~	~
				~	~		~	~
				~	~		~	~
Joint Details 节点详图				Welding Sequence 焊接顺序				
NOTE 备注:								

Prepared By _____

Approved By _____

Date _____

Date _____