

ICS 号

CCS J 33

# 团 体 标 准

T/SWS 0001-20XX

---

## 大厚板集装箱船窄间隙焊接工艺规范

Process specification for narrow-gap welding with thick plate of  
container vessel

征求意见稿

(2022.12.28)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

---

上海市焊接学会发布

# 目录

前言.....	3
范围.....	4
规范性引用文件.....	4
术语及定义.....	6
一般要求.....	6
焊接设备.....	7
焊接材料.....	8
焊缝设计及焊接坡口型式.....	9
焊接工艺要求.....	11
焊接检验.....	14
附录A (资料性) 焊接工艺规程.....	16
附录B (资料性) 实验大纲部分.....	17

## 前言

本文件按照 GB/T1.1—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。

本文件的附录 A、B 为资料性附录。

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、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、上海中翼科技股份有限公司、济南职业学院中德技术学院.....

本文件主要起草人：杨文华、王勇、阚永赞、马上录、刘冲、赵小刚、王建、王铭秋、张雅茹.....

## 1 范围

本文件规定了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。

本文件适用于采用焊条电弧焊、埋弧焊、垂直气电焊焊接方法，厚度为 $\geq 20$  mm 以上的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、EH36、EH40、EH47 以上 ) 及其他化学成分相近且力学性能相当钢材的管、板对口焊缝位置的窄间隙焊接。

## 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。

ABS-2022—Rules for Materials and Welding

ABS-2021—GUIDE FOR APPLICATION OF HIGHER-STRENGTH HULL STRUCTURAL THICK STEEL PLATES IN CONTAINER CARRIERS FEBRUARY

CCS-2021—材料与焊接规范

CCS-2020—船用高强度钢厚板应用指南

ISO 5817-2014—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

ISO 22825 焊缝金属的无损检测 超声波检测奥氏体钢和镍基合金的焊缝金属的检测 ( Non-destructive testing of welds—Ultrasonic testing—Testing of welds in austenitic steels and nickel-based alloys )

IACS Rec47 船舶建造维修质量标准 ( Shipbuilding and Repair Quality Standard )

国际船级社协会 ( IACS )

GB/T20066—2006 钢和铁化学成分测定用试样的制样和取样方法

GB/T 34000 中国造船质量标准

GB/T 1591—2018 低合金高强度结构钢

GB/T 19869.1—2005 钢、镍和镍合金的焊接工艺评定试验

GB/T 8110—2020 气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝

GB/T 5293 埋弧焊用非合金钢及细晶粒钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝、焊剂组合  
分类要求

GB/T 18591—2001 预热温度、道间温度及预热维持温度的测量指南

GB/T 26955 金属材料焊缝破坏性试验、焊缝宏观和微观检验

GB/T 2650 焊接接头冲击试验方法

GB/T 2652 焊缝及熔敷金属拉伸试验方法

GB/T 2654 焊接接头硬度试验方法

GB/T 9445 无损检测人员资格鉴定与认证

GB/T 6052—2011 工业液体二氧化碳

GB/T 39255 焊接与切割用保护气体

GB 9448 焊接与切割安全

JB/T 3223 焊接材料质量管理规程

T/CWAN 0002—2018 焊接车间烟尘卫生标准

T/CWAN 0008—2018 焊接术语-焊接基础

T/CWAN 0010—2018 焊接术语-焊接检验

### 3 术语及定义

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

#### 3.1 窄间隙焊 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。采用气体保护焊或埋弧焊的多层焊等完成整条焊缝的高效率焊接法。见图 1

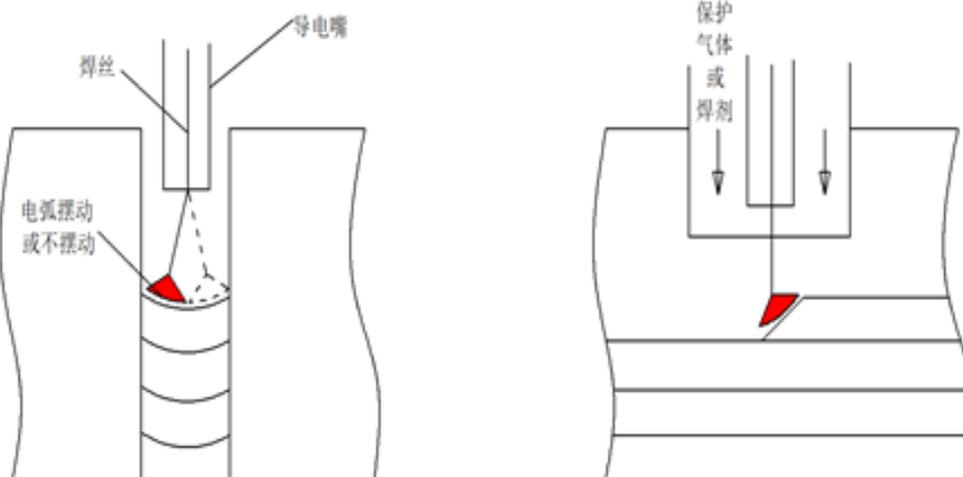


图 1 窄间隙焊接应用示意图

### 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 环境要求

4.2.1 窄间隙自动化设备应建设在车间、厂房等非露天的环境中，避免遭受雨、雪等恶劣天气的损害，同时该环境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，施工过程中产生的余料、碎料和垃圾应及时进行清理。

4.2.3 焊接作业区的相对湿度不宜大于 90%。

4.2.4 焊接环境温度不宜低于 0℃。

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曝晒，以免发生爆炸事故。

## 5 焊接设备

采用的是便携式窄间隙焊枪及控制系统+行走小车，焊接电源采用船厂常用的逆变式直流焊机和半自动直流焊机。

5.1 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。如表1和图2所示。

5.2 设备维护人员应定期对窄间隙设备进行清理灰尘、维护和保养。

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	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

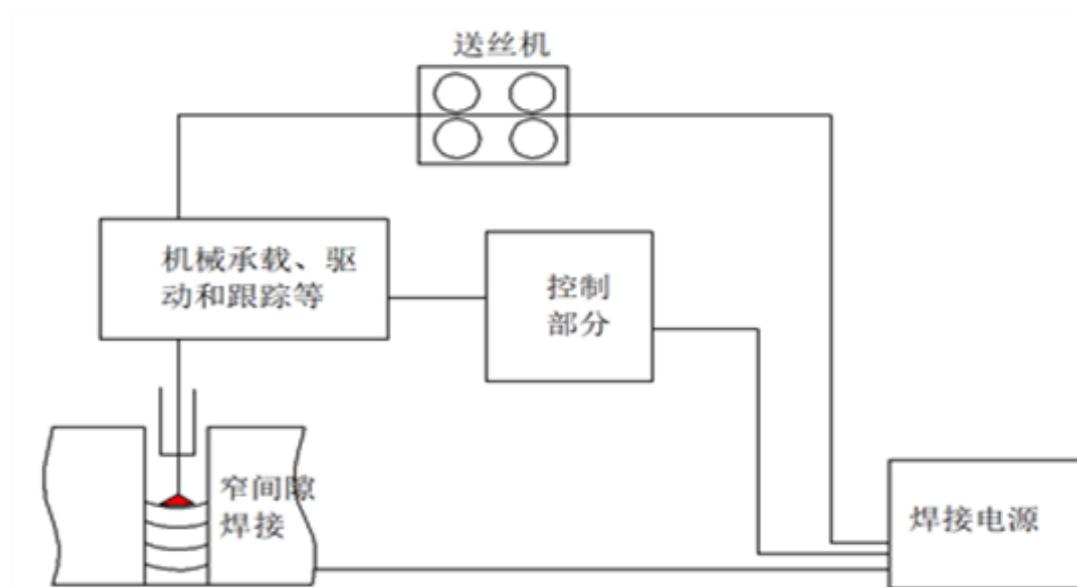


图2窄间隙系统组成示意图

## 6 焊接材料

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。

6.1 焊接材料包括气保焊丝（药芯或实芯）、自保护药芯焊丝、保护气体、电极和衬垫等。

6.1.1 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。

6.1.2 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。

6.1.3 焊接材料在焊接生产应用前，应经过相关的焊接工艺评定试验，并取得第三检验方认可。

6.1.4 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。

6.1.5 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。

6.1.6 焊接材料及其包装盒中不应含有石棉成分。

6.1.7 焊接材料的验收入库等管理应按 JB/T 3223 的有关规定执行。

## 6.2 保护气体

6.2.1 焊接保护气体采用纯度 $\geq 99.5\%$ 的 CO<sub>2</sub> 气体，应符合 GB/T 6052 中焊接用 CO<sub>2</sub> 气体的技术指标要求。

6.2.2 保护气体应干燥处理。

6.2.3 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。

## 7.焊缝设计及焊接坡口型式

## 7.1 焊缝设计

7.1.1 在大厚板集装箱船窄间隙的焊缝采用对接焊缝。

## 7.2 焊接坡口的型式及加工要求

7.2.1 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，推荐焊接坡口形式见图 3。

焊接位置及破口形式

图 3

序号	焊接位置	坡口形式
1	平对接	
2	立对接	
3	横对接	

7.3 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。

7.4 焊接坡口面应平直，坡口面粗糙度应小于或等于 0.8 mm。焊接坡口局部缺口深度应小于 1.5 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。

## 8 焊接工艺要求

### 8.1 构件要求

8.1.1 待焊构件为板架构件，其列板为平直板构件，其纵骨为平直型材构件，焊缝为纵骨和列板的横角焊缝。

8.1.2 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。见船舯横剖面图 4

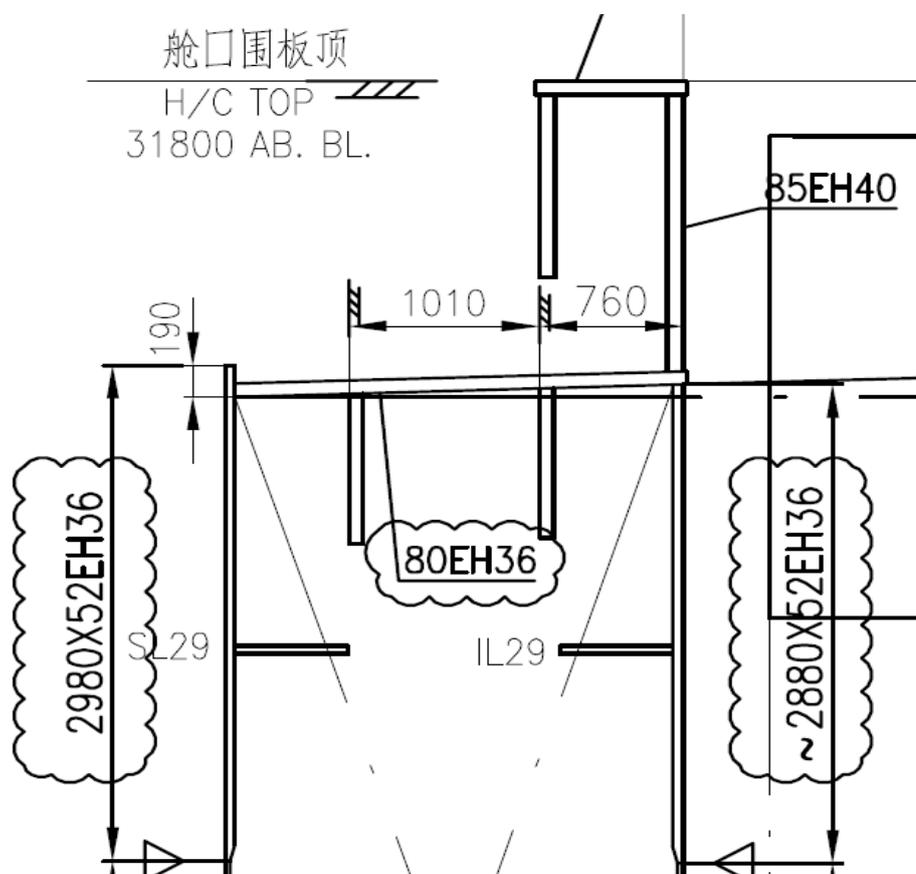


图 4 14000TEU 船舯横剖面图

## 8.2 工艺试板加工

8.2.1 窄间隙试板车间底漆厚度应 $\leq 25 \mu\text{m}$ 。

8.2.2 窄间隙试板对接面及坡口两侧 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小于或等于 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。

8.2.3 窄间隙厚板工艺试板在焊接前需对材料的轧制方向进行区分,焊接方向垂直轧制方向,长度不小于 1000mm,宽度 300-400mm。

8.2.4 窄间隙厚板工艺试板在焊接前需对材料沿厚度方向的力学性能分布均匀性进行检测,以避免厚板焊接接头存在较大的区域性力学性能差异。

8.2.5 窄间隙试板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。

## 8.3 试板装配及焊接条件

8.3.1 试板装配前,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。

8.3.2 马板的装配间隙应控制在 0 mm~1 mm 之间,马板与试板的应垂直安装。

8.3.3.焊件装配成对接接头进行的焊接。根据坡口及间隙要求装配(根部间隙控制在 10-14mm 为宜),反面陶瓷衬垫进行的焊接方法。

8.3.4 装配马板尺寸及规格:

8.3.5 装配马板的定位焊采用手工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。

- 8.3.6 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。
- 8.3.7 装配马板间的距离 300-400mm，每个工艺试板上马板数量不少于 2 个。
- 8.3.8 试板引熄弧板安装：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。
- 8.3.9 试板引熄弧板材质要求：与母材材质一致。
- 8.3.10 试板引熄弧板规格要求：长 100-200mm，宽与板厚一致，厚度 20mm.
- 8.3.11 试板引熄弧板安装焊接：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。
- 8.3.11 工艺试板衬垫安装：带 U 型槽陶瓷衬垫居中粘贴，并压实。

#### 8.4 焊前准备

- 8.4.1 准备好焊接记录表，并在工艺试板上做好标识。
- 8.4.1 工治具准备，焊前需准备气动清渣工具及相关设备齐全。
- 8.4.1 检查焊材，选择与焊接工艺预计划中等级一致的焊材，且确保焊丝表面无油污、锈蚀、水分等杂物等。
- 8.4.2 检查试板装配定位焊缝，确保其符合装配和定位焊要求。装配间隙要求见图 3。
- 8.4.4 检查窄间隙设备，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。
- 8.4.5 测试窄间隙设备在空载状态下试行一段距离，检查行走过程中焊丝端位置和移动状态，若不正常应及时进行排查处理。
- 8.4.6 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。

8.4.7 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。

8.4.8 检查影响焊缝连续性的结构位置，做明显的标识。

8.4.9 检查台车轨道架设是否平行于坡口。

## 8.5 焊接

8.5.1 窄间隙焊枪置于引弧板坡口前端，焊接状态置于非焊接，干伸长设定为 15-30mm，开摆动后根据坡口间隙预设摆动值及停留值。

8.5.2 在距引弧板端部 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。

8.5.3 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。

8.5.4 息弧时，引出长度至少达到熄弧板 2/3 长度。

8.5.5 当单道焊摆弧宽度不足时，要及时分道焊接。

8.5.6 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。

8.5.7 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。

## 8.6 焊后处理

8.6.1 去除药渣后，对焊缝外观全长进行目视检查。

8.6.2 焊缝表面的气孔、夹杂物、焊瘤、飞溅等明显缺陷乘钢板还处于 50°C 以上温度时立即进行修整，并进行手工修补焊接。

8.6.3 焊缝正面、背面余高过高或向母材急剧过渡时，可采用角磨机对余高进行修整至圆滑过渡。

8.6.4 割除马板，并打磨平整，待检测。

## **9 焊接检验**

焊接接头的检验分非破坏性检查（包括外观检查 VT、表面磁粉 MT、内部超声波 UT）和破坏性试验。具体见附录 B

## **附录 A**

### **焊接工艺规程 ( WPS )**

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS) 焊接工艺规程									
WPS No. 焊接工艺编号			Rev. 版本号		0		Date 日期		
Support PQR No. 支持焊评号			Type 类型						
Welding Process 焊接方法			Code 标准						
<b>■ JOINT DETAIL &amp; SEQUENCE 接头型式与焊接位置</b>					<b>■ WELDING POSITION 焊接位置</b>				
Joint Type 节点型式					Welding Position 焊接位置				
Backing Material 衬垫材料					Direction(Up/Down)方向				
Root Treatment 根部处理					<b>■ PREHEAT&amp;INTERPASS TEMP 预热层间温度</b>				
<b>■ BASE METAL 母材金属</b>					Preheat Temp. 预热温度				
Material Spec. 母材等级					Interpass Temp. 层间温度				
Material range 适用材质					Preheat Method. 预热方式				
Thickness Range 厚度范围									
Others 其他要求									
<b>■ FILLER METAL 填充金属</b>					<b>■ POSTWELD HEAT TREATMENT 焊后热处理</b>				
AWS Spec. AWS规格					Holding Temperature 保温温度				
Brand Name 牌号名称					Holding Time 保温时间				
Class Grade 船级社级别					Others 其他要求				
<b>■ SHIELDING GAS &amp; FLUX 保护气及焊剂</b>					<b>■ TECHNIQUE 技术</b>				
Flux Tradename 焊剂名称					String or Weave 固定/摆动				
Flux(class) 焊剂级别					Max. Width of weave 摆动最大宽度				
Shielding Gas 保护气体					Single or Multipass 单道或多道				
Gas Composition 气体成分					Electrode Extension 焊丝伸出长度				
Gas Flow 气体流量					Electrode Angle 焊丝角度				
					Interpass Cleaning 层间清理				
WELDING PARAMETER & 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&Polaritly 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				

推荐焊接工艺参数:药芯焊丝二氧化碳气体保护焊工艺参数按表 A.1 的规定

焊道	装配间隙 ( mm )	电流 ( A )	电压 ( V )	焊接速度 ( cm/min )	焊丝杆长 ( 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			

## 附录 B

### 焊接工艺评定试验

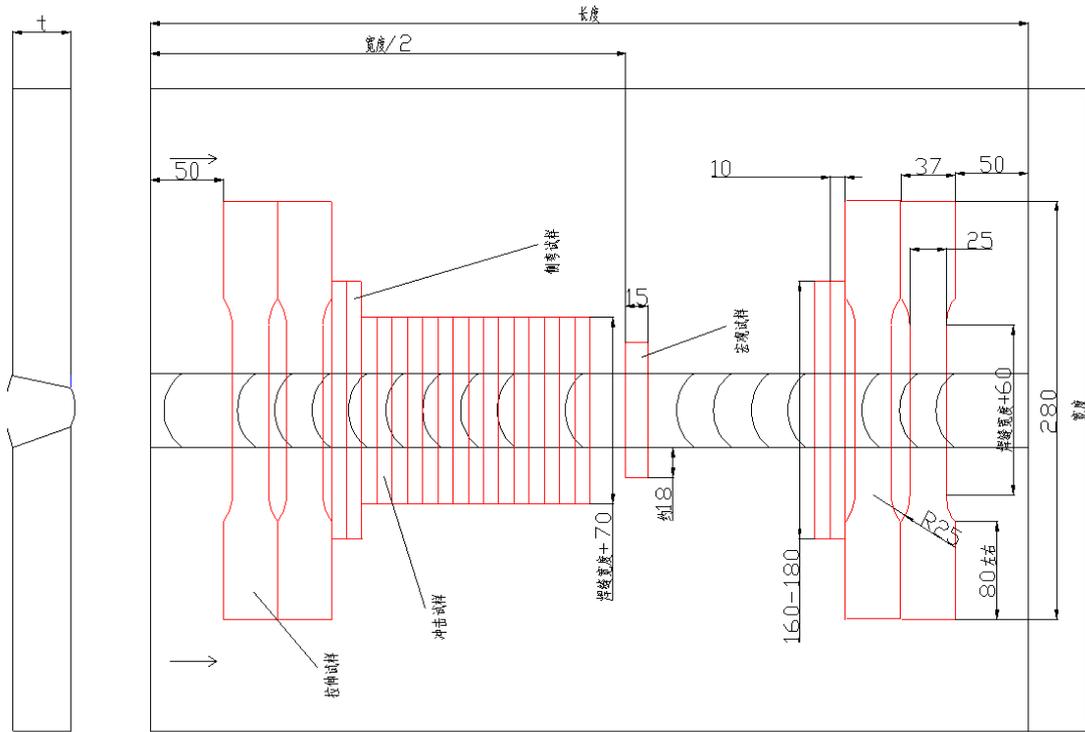
#### B.1 焊接工艺评定试验内容 (以 EH47 钢板焊接工艺评定为例)

##### B.1.1 对接焊接工艺评定试验内容

<b>1、非破坏性检查</b>
1) 目检：焊缝正反面 100%
2) 磁粉探伤：焊缝正反面全部 100% (焊后间隔 72 小时以上检测)
3) 超声波探伤：100% (焊后间隔 72 小时以上检测)
<b>2、破坏性试验</b>
1) 横向拉伸试验：2 件
2) 侧弯：4 件
3) 冲击试验
焊缝根部：焊缝中心、熔合线各 1 组
焊缝表面：EH47、EH47-BCA1 取焊缝中心、熔合线、距熔合线 2mm、距熔合线 5mm、距熔合 20mm 各 1 组；EH40-BCA1 取焊缝中心、熔合线、距熔合线 2mm 各 1 组
4) 宏观检查：1 件
5) 硬度试验：在宏观试样截面上进行维氏硬度测量

#### B.2 焊接工艺评定试样取样位置及要求：

##### B.2.1 对接焊工艺取样位置及要求如图 B.2.1 所示。



板对接焊工艺试样取样位置

图 B.2.1

B.3 加工要求：

B.3.1 试验用试件尺寸和试验的截取位置按图 B.2.1 加工；以上试件加工均采用线切割加工，若试样存在与焊接无关的缺陷时，允许该试样作废，另取试样进行试验。

B.3.2 拉伸试样：焊缝横向拉伸试样的形状尺寸按图 B.3.2 (b) 所示分成 6 个试样进行试验，每个试样尺寸如图 B.3.2 (a)，焊缝上下表面应磨平或机加工至与母材表面齐平。

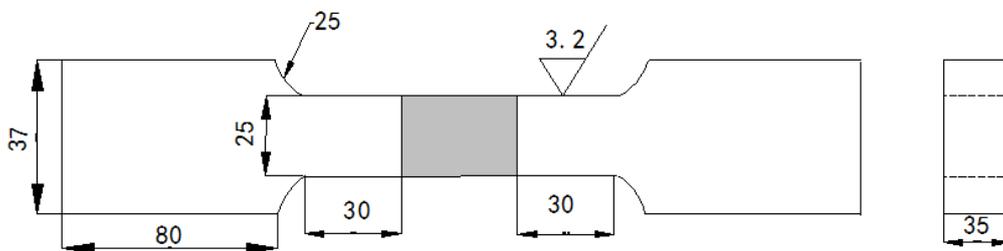


图 B.3.2 (a)

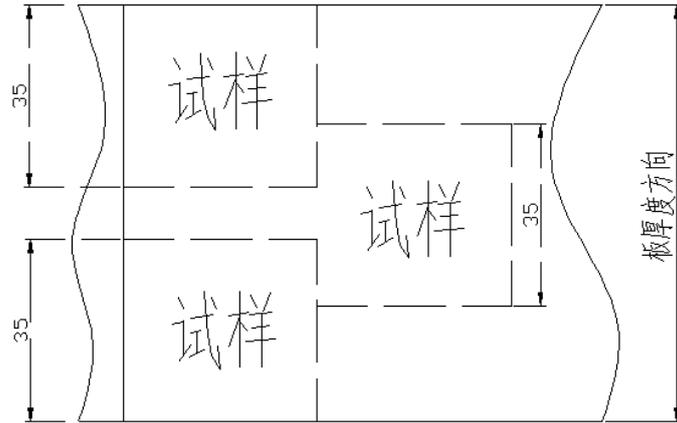


图 B.3.2 (b)

B.3.3 弯曲试样：对接焊缝侧弯试样形状和尺寸按图 B.3.3 所示，试样焊缝的上下表面应机加工至与母材表面齐平，试样的受拉表面两边缘倒角 1mm。

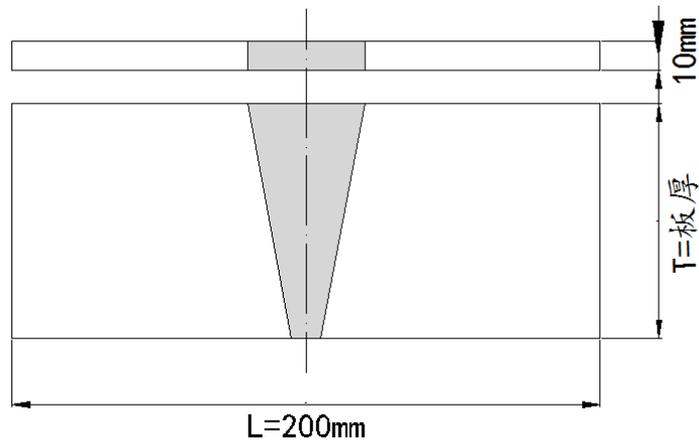


图 B.3.3

B.3.4 冲击试样：焊缝冲击试样的形状和尺寸按照图 B.3.4(a)及表 B.3.4 对夏比 V 型缺口冲击试样的规定制备，V 型缺口的位置按照图 B.3.4(b)要求制备，试样的缺口应位于垂直于试板表面，且垂直于焊缝轴线。

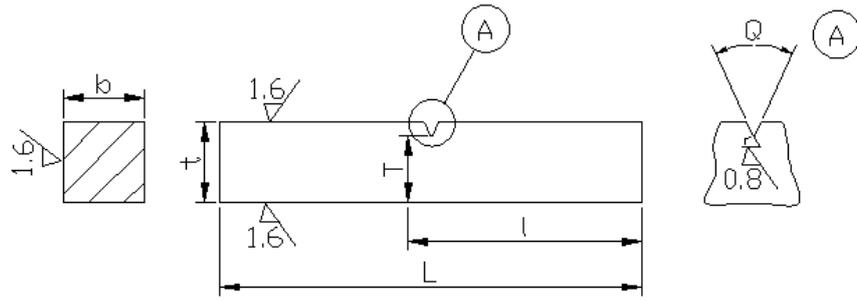


图 B.3.4(a)

表 B.3.4

名称	符号	夏比V型缺口试样	
		公称尺寸	偏差
长度(mm)	$L$	55	$\pm 0.60$
宽度(mm)	$b$	10	$\pm 0.11$
厚度(mm)	$t$	10	$\pm 0.075$
缺口角度( $^{\circ}$ )	$Q$	45	$\pm 2$
缺口宽度(mm)	$U$	-	-
缺口以下的厚度(mm)	$T$	8	$\pm 0.075$
缺口根部半径(mm)	$r$	0.25	$\pm 0.025$
试样端部至缺口中心距离(mm)	$l$	27.5	$\pm 0.42$
缺口对称面与试样纵向轴线间的角度( $^{\circ}$ )	-	90	$\pm 2$

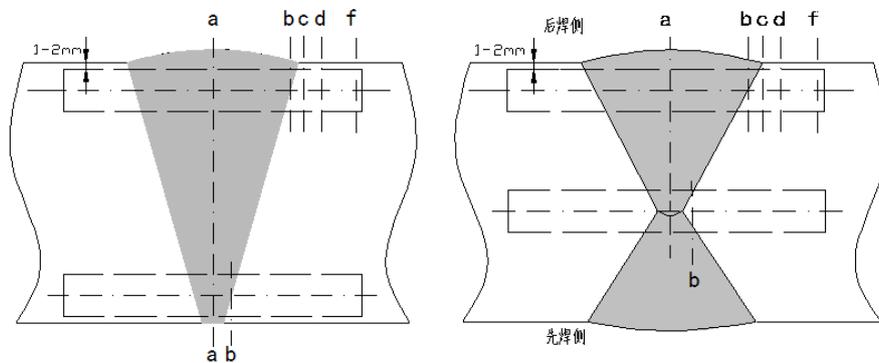


图 B.3.4(b)

图中 a、b、c、d 和 f 是指冲击试样的缺口所处位置。其中 a—焊缝中心、b—熔合线、c—距熔合线 2mm 的热影响区、d—距熔合线 5mm 的热影响区、f—距熔合线 20mm 的热影响区

B.3.5 宏观试验：焊缝断面宏观检查试样按图 B.2.1 加工截取，焊缝表面保持原始状态，断面磨平、抛光，经酸洗后进行检查。

B.3.6 硬度试验：硬度试验在宏观检测面的进行硬度测定。对接焊测量位置如图 B.3.6 (a)

所示，测量点分布如图 B.3.6 (b) 所示。

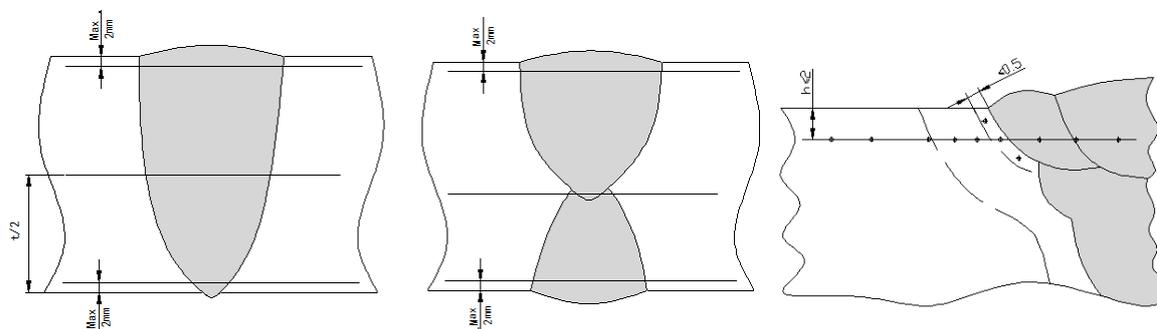


图 B.3.6 (a) 图 B.3.6 (b)

B.4 焊接工艺评定外观和无损检测应满足 ISO 5817 B 级要求。

B.5 焊接工艺评定试验结果应符合表 B.5 要求。

表 B.6

钢材等级/ 厚度 (mm)	抗拉强度 Rm (N/mm <sup>2</sup> )	夏比 V 型缺口冲击试验		弯曲试验			硬度 HV10 值不高于	焊缝断面宏观检验
		试验温度 (°C)	平均冲击功 不小于 (J)	压头 直径 d	弯曲 角度 a	无损检测开 口长度不大 于 (mm)		
EH47 (80)	≥570	-20	64	5t	180°	3	350	应显示焊缝 成形良好， 焊缝完全焊 透，无裂纹 和未熔合缺 陷
EH47- BCA1 (95)	≥570	-20	64	5t	180°	3	380	
EH40- BCA1 (85)	≥510	-20	41 (二氧 立焊、埋弧 自动焊)、 47 (二氧 其他位置)	4t	180°	3	350	

注：1、t 为试样厚度

2、以上要求不包含验船师的额外要求，例如，微观等。