

T 团 体 标 准

T/CECWA xxxx-20xx

船舶热丝埋弧自动焊焊接工艺规范

The submerged hot arc automatic welding procedure for the vsl welding specification

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

中国工程建设焊接协会 发 布

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。

本文件由中船（天津）船舶制造有限公司提出。

本文件由中国工程建设焊接协会归口。

本文件起草单位：中船（天津）船舶制造有限公司、天津大学、山东大学、中石油渤海装备研究院、大连中船新材料有限公司。

本文件主要起草人：朱平、李安戈、张成顺、姜春光、杨文华、刘儒、任宗英、王庆友、姚庆辉、胡术朋、王双、聂现顺、王超、罗震、王晨旭、郭庆、赵波、祁广思。

本文件版权归中国工程建设焊接协会所有。未经事先书面许可，本文件的任何部分不得以任何形式或任何手段进行复制、发行、改编、翻译、汇编或将本文件用于其他任何商业目的等。

目 次

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 人员与环境 2

 4.1 人员资格 2

 4.2 环境要求 2

5 技术要求 3

 5.1 焊接设备 3

 5.2 焊接材料 4

 5.3 焊接坡口型式 5

6 焊接工艺规范 5

 6.1 构件装配要求 5

 6.2 构件装配定位要求 5

 6.3 工艺板装配要求 6

 6.4 焊接前准备 7

 6.5 焊接 8

 6.6 焊接施工的注意事项 8

7 焊后检验及返修 9

 7.1 检验要求 9

 7.2 焊后返修 10

附录 A（资料性） 焊接坡口型式 11

船舶热丝埋弧自动焊焊接工艺规范

1 范围

本文件规定了热丝埋弧自动焊拼板焊接的术语和定义,并规定了焊接的一般要求、焊接工艺评定(包含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。

本文件适用于采用热丝埋弧焊的焊接方法,适用于船舶及海洋结构建造中板厚在3mm~60mm的范围内的碳钢及低合金钢板水平对接焊缝。热丝埋弧焊可用于单层单道焊、厚板多层多道焊接,也可以用于钢板或工件表面堆焊工艺。为了更好地解决导电稳定性、导电嘴耐用性、使用方便性,设计开发了几种专用热丝埋弧焊枪,分别适用不同工况条件,更便于焊接生产应用。

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。

- CCS材料与焊接规范-2023
- 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
- Welding--Fusion-welding joints in steel,nickel,titanium and their alloys(beam welding excluded)--Quality levels for imperfections
- 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
- AWSA5.23/A5.23M:2021 埋弧焊用低合金高锰钢埋弧焊丝和焊剂规范
- Specification for Low-Alloy Steel Electrodes and Fluxes for Submerged Arc Weld
- GB/T20066-2006 钢和铁化学成分测定用试样的取样和制样方法
- 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/T985.2-2008 埋弧焊的推荐坡口
- GB/T 36034-2018 埋弧焊用高强钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝-焊剂组合分类要求
- GB/T 5293-2018 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 36037-2018 埋弧焊和电渣焊用焊剂
- CB/T 3558-2011 船舶钢焊缝射线检测工艺和质量分级
- CB/T 3958-2004 船舶钢焊缝磁粉检测、渗透检测工艺和质量分级
- JB/T 3223-2017 焊接材料质量管理规程
- T/CWAN 0008-2018 焊接术语-焊接基础
- T/CWAN 0009-2018 焊接术语-熔化焊
- JB/T 3223-2017 焊接材料质量管理规程

3 术语和定义

T/CWAN 0008-2018、T/CWAN 0009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

热丝埋弧焊 hot wire submerged-arc welding

焊接电源的两极分别接至导电嘴和焊件。焊接时,颗粒状焊剂由焊剂漏斗经软管均匀地堆敷

到焊件的待焊处，焊丝由焊丝盘经送丝机构和导电嘴送入焊接区，电弧在焊剂下面的焊丝与母材之间燃烧。

热丝埋弧焊采用特殊热丝装置，加大焊丝伸出长度而产生的电阻热，加快焊丝的熔化速度，即提高熔敷率再将焊丝送进焊接坡口内使焊接电弧在焊剂内燃烧的半自动焊接方法。

注：：原理图见图1。

3.2

焊丝伸出长度 wire extention; wire stick-out; electrode stick-out (ESQ)

焊接时，焊丝端头距导电嘴端部的距离，亦称焊丝干伸长。

3.3

热丝连接器 welding wire connector

焊接时，利用加大焊丝伸出长度而产生的电阻热，加快焊丝的熔化速度，来提高熔敷率的连接机构。

3.4

专用热丝埋弧焊枪 Special hot wire submerged arc welding torch

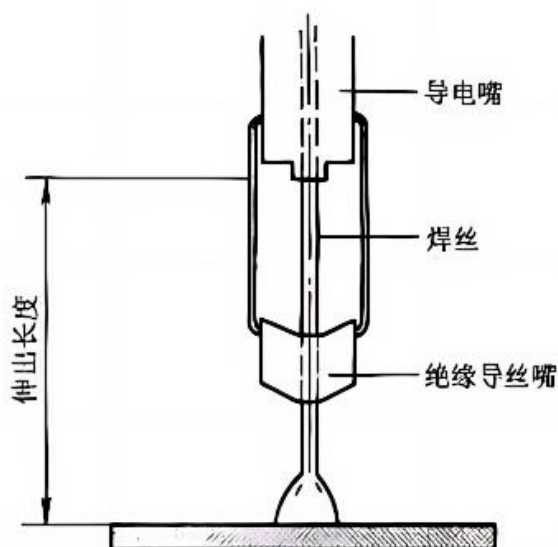


图1 热丝埋弧焊接的热丝装置应用示意图

4 人员与环境

4.1 人员资格

4.1.1 从事船舶焊接的焊工，应按照船级社焊工资格考试要求，取得埋弧自动焊焊工资格证书后并在有效期内方可承担热丝埋弧自动焊的焊接工作。

4.1.2 热丝埋弧自动焊拼板设备操作人员应经过专业理论和实际培训，并要熟悉设备基本构造和功能。

4.1.3 热丝埋弧自动焊拼板设备操作人员施工前应熟悉相关工艺文件，施工过程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 热丝埋弧自动焊拼板设备应建设在车间、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能大于 80%，普通碳素钢环境温度不能低于 0℃，高强度钢及低合金钢环境温度不能低于-5℃。最大风速不宜超过 8m/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。

5 技术要求

5.1 焊接设备

5.1.1 采用的是热丝埋弧焊接自动化设备及控制系统+热丝连接杆，焊接电源采用船厂常用的逆变式直流/交流焊机。

5.1.2 热丝埋弧自动焊拼板设备，包含设备机架、热丝埋弧焊枪、跟踪探测装置、焊接电源、焊丝输送系统、焊剂保护装置和控制箱系统等，见表 1。

5.1.3 设备维护人员应定期对热丝埋弧自动焊拼板设备进行清理、维护和保养。

5.1.4 热丝埋弧自动焊拼板设备除应满足焊接规范的要求外，还应满足下列要求：

- (1) 焊接速度均匀平稳，并具有良好的可调性；
- (2) 焊丝输送均匀；
- (3) 焊嘴与焊丝选配适当，导电嘴和热丝杆接触良好；
- (4) 装有合格的指示电流、电压和焊速的仪表；
- (5) 自动焊机要定期检修；
- (6) 焊接电源电压的上、下波动应小于额定电压的 6%。

表 1 热丝埋弧自动焊拼板机构组成

序号	机构名称	主要功能
1	热丝埋弧连接器	能够满足电弧深入坡口内部，得到优异的焊接质量
2	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
3	设备焊车机架、导轨和回收焊剂装置	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
4	机头参数调节机构	机头、焊接参数控制箱，指示电流、电压和焊速的仪表
5	焊丝输送机构	采用直流电动机拖动，能够为焊接过程中行走机构传动焊丝的送进提供稳定的动力和输送路径
6	焊接电源	可配直流电源和交流电源，均是能够为焊接电弧提供能量，提供稳定的电源特性

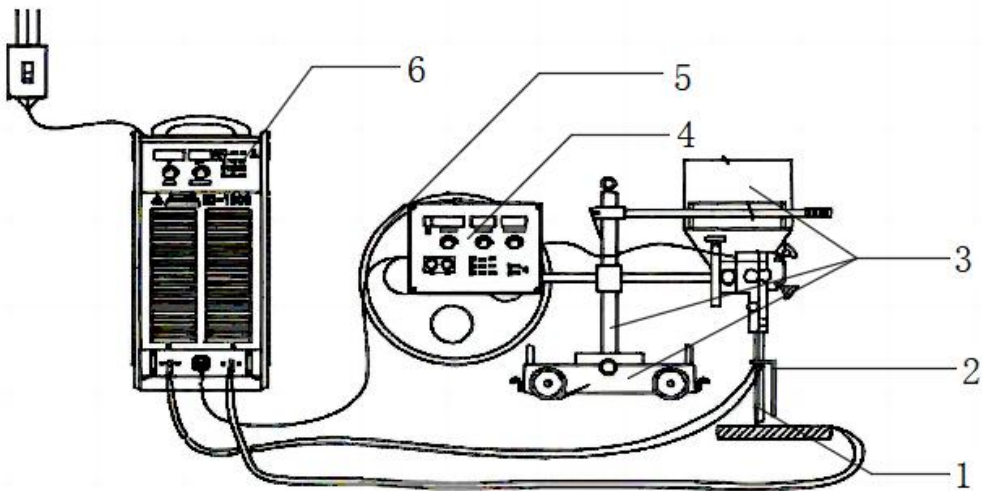


图 2 热丝埋弧自动焊设备

5.2 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。

- 5.2.1 焊接材料包括热丝埋弧焊接焊丝、焊剂。
- 5.2.2 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。
- 5.2.3 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，且取得船级社认可。
- 5.2.4 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。
- 5.2.5 焊接材料在使用过程中，为了保证焊接材料的使用性能，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。
- 5.2.6 焊接材料及其包装盒中不应含有石棉成分；焊剂必须按说明书的要求进行焙烘。
- 5.2.7 当焊接结构件无特殊要求时，母材与焊接材料匹配原则，见表 2。
- 5.2.8 焊接材料的验收入库等管理应按 JB/T 3223-2017 的有关规定执行。

表 2 热丝埋弧自动焊焊接材料匹配表

钢材等级	焊丝与焊剂 匹配等级	定位焊用 焊条等级	常用焊接材料牌号	
			焊丝/焊剂	焊条
A	1M或1TM	1	S49 2UFB-SU34	E4303 E4315
B, D	2M或2TM	2		
E	3M或3TM	3		
AH32, AH36	1YM或1YTM	1Y		E5015 E5016
DH32, DH36	2YM或2YTM	2Y		
EH32, EH36	3YM或3YTM	3Y	S49 4UFB-SU34	E5516-G
FH32, FH36	4YM或4YTM	4Y		

注1：以上仅列举常用的船体结构用钢与焊材的匹配原则。
注2：M表示该匹配形式只能用于多道焊，TM表示该匹配形式既可以用于多道焊也可以用于双面单道焊。

5.3 焊接坡口型式

- 5.3.1 焊接坡口设计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，推荐常用坡口型式见附录 A。
- 5.3.2 焊接坡口加工可采用火焰切割、激光切割、等离子切割和机械切削等方法。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。
- 5.3.3 焊接坡口的直线度偏差应控制在坡口宽度的 1%-2%，坡口面粗糙度应小于或等于 0.8 mm。焊接坡口表面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。
- 5.3.4 当两板厚度 t_1 与 t_2 差大于 0.15 倍的薄板厚度，或板厚度 t_1 与 t_2 差大于 3mm 时，应将厚板削斜，削斜尺寸见图 2。
- 5.3.5 如果两板厚度差小于 5.3 条中的规定值，而且按附录 A 规定薄板不需开坡口，厚板需要开坡口时，按下述两种方法处理：
- a) 如果先焊无板厚差一侧，按照焊接板厚较小一侧的工艺方法焊接，正面不开坡口。正面焊完后，背面焊前用碳弧气刨开坡口；
 - b) 如果先焊有板厚差的一侧，则按照焊接厚板的方法焊接，正面先开坡口。正面焊完后，背面焊前用碳弧气刨开坡口。
- 5.3.6 当采用 C02 焊打底，热丝埋弧焊填充、盖面的焊接方法，坡口按照 C02 焊坡口加工。

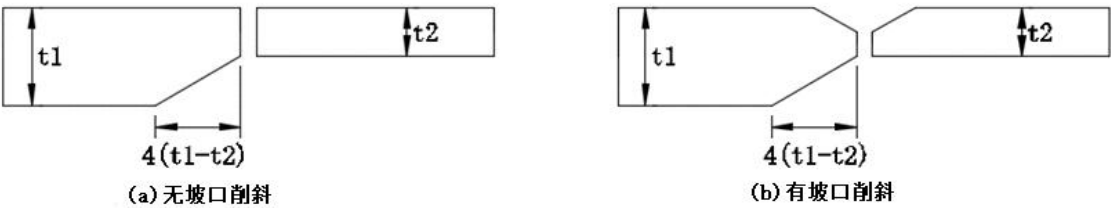


图 3 两板厚度差板削斜要求

6 焊接工艺规范

6.1 构件装配要求

- 6.1.1 构件装配前需将钢板滚平，其允许偏差不得大于 3mm/m。
- 6.1.2 板的装配边缘(坡口)可采用火焰切割、激光切割、等离子切割和机械切削等方法加工。
- 6.1.3 焊前装配必须将板边或坡口及两侧 30mm 范围内的油、水、锈、切割残渣等污物清理干净。

6.2 构件装配定位要求

- 6.2.1 装配定位焊的长度、间距及焊丝尺寸应满足表 3 及下述要求。

表 3 装配定位焊的长度、间距及焊丝尺寸要求

钢板厚度 (mm)	定位焊长度 (mm)	定位焊间距 (mm)	焊丝直径 (mm)
$3 < t \leq 8$	> 50	200~250	1.2
$8 < t < 14$		250~350	1.2
$t \geq 14$		300~400	1.2

- 6.2.2 施焊前，板厚为 3mm~4mm 需去除高出板面的定位焊焊肉，以保证焊接质量；板厚为 5mm~18mm，需提前铲出局部坡口，定位焊后清除熔渣；如有开裂应铲掉裂缝后进行修补焊接；在板缝末端的定位

焊长度要酌情加长，定位焊缝的高度应不超过板面 2mm。

6.2.3 装配错边量：一般错边量不大于板厚的 0.15 倍，且不大于 2mm，见图 4。

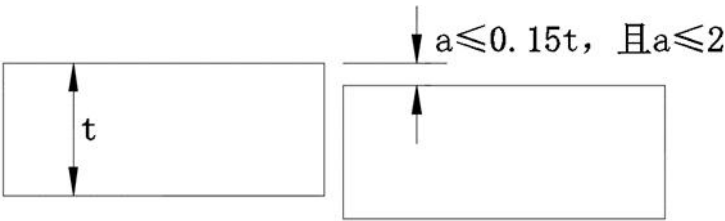


图 4 装配错边量示意图

6.2.4 装配间隙要求见表 4。

表 4 装配间隙要求

板厚 t (mm)	$3 \leq t \leq 4$	$4 \leq t \leq 12$	$12 \leq t \leq 14$	$14 \leq t \leq 18$	> 18
允许间隙 (mm)	0~0.4	0~0.6	0~0.8	0~1	0~1.5

6.2.5 间隙超差处理办法。如果超差部分的长度超过焊接板缝总长度的 50%，重新装配；如果超差部分的长度小于焊接板缝总长度的 50%，则由焊工采用手工或二氧化碳气体保护焊方法修补，修补后的边缘应满足自动焊的要求。厚度 $t \leq 18\text{mm}$ 的板，在补焊前应先用碳弧气刨开坡口，坡口深度为 $(t/2+1)$ mm，但不大于 8mm，见图 5。

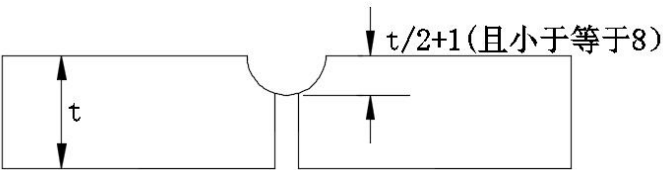


图 5 补焊时碳弧气刨开坡口示意图

6.2.6 定位焊时，当板厚 $t \leq 6\text{mm}$ ，可采用密点钉焊法进行定位焊，见图 6。

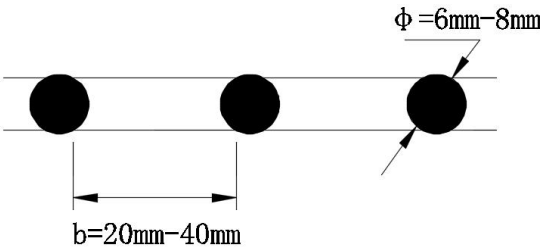


图 6 定位焊示意图

6.3 工艺板装配要求

6.3.1 热丝埋弧自动焊拼板，均应在起弧和收弧端加设工艺板，工艺板材质要求与母材材质一致，工艺板的尺寸见表 5。

表 5 工艺板的尺寸要求

工件厚度（mm）	工艺板尺寸（mm）		备 注
	长×宽	厚 度	
t≤14	100×100	工艺板的厚度与工件相同，但不必超过24mm	工艺板的材质应与工件材质相同
t>14	150×150		

- 6.3.2 工艺板装配的定位焊采用手工或二氧化碳气体保护焊焊接，焊接材料等级应保持一致。
- 6.3.3 工艺板装焊前，应先在工艺板上（与工件连接处）开坡口，坡口深度视工艺板厚度而定，见图 7。

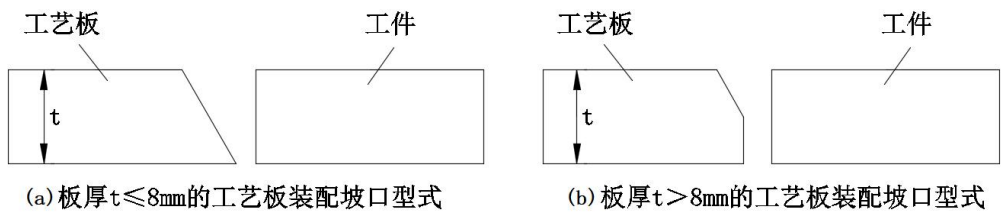


图 7 不同板厚的工艺板装配坡口型式

- 6.3.4 如果工件边缘形状特殊，可采用特殊形状的工艺板，见图 8。

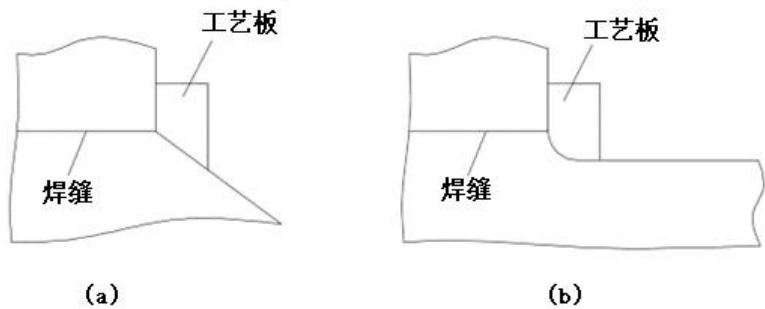


图 8 特殊形状的工艺板装配

6.4 焊接前准备

- 6.4.1 工具准备，焊前需准备气动清渣工具及相关设备齐全。
- 6.4.2 检查焊材，选择与焊接工艺等级一致的焊接材料，且确保焊丝表面无油污、锈蚀、水分等杂物等。
- 6.4.3 检查试板装配定位焊缝，确保其符合装配和定位焊要求，装配间隙要求见表 4。
- 6.4.4 检查热丝埋弧自动焊设备，确保电路、焊机、送丝系统、传感器、控制按钮和指示灯、显示器、参数表和机械运动装置正常运行。
- 6.4.5 测试热丝埋弧焊接自动焊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。
- 6.4.6 检查焊枪状态，主要检查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。
- 6.4.7 检查焊剂装置系统，确保焊剂管路畅通且连接正确，焊剂烘干温度满足焊接工艺文件要求。
- 6.4.8 检查热丝埋弧自动焊轨道架设是否平行于坡口。

6.5 焊接

焊接工艺参数:采用直流反接或交流两种工艺参数按焊接工艺规程执行，见表6。

表 6 焊接工艺规范参数

板厚 t mm	焊道	焊丝直径 D mm	焊接电源 种类	焊接 电流 A	焊接 电压 V	焊接 速度 mm/min
3	1	2	直 流 反 接	180~200	26~28	750~850
	2			210~220	26~28	750~850
4	1	2		200~220	28~29	700~800
	2			220~240	28~29	700~800
5	1	2		220~240	29~31	740~770
	2			240~260	29~31	740~770
5	1	3	交 流 或 直 流	350~400	32~35	780~820
	2			400~450	32~35	780~820
6	1	3		400~450	33~36	680~720
	2			450~500	33~36	680~720
6	1	4		450~500	34~37	740~770
	2			500~550	34~37	740~770
7	1	4		500~650	34~37	740~770
	2			550~600	34~37	740~780
8	1	4		500~550	34~38	680~720
	2			600~650	34~38	680~720
8	1	5		600~650	36~38	700~750
	2			650~700	36~38	700~750
9	1	5		650~700	36~40	620~670
	2			700~750	36~40	620~670
10	1	5		700~750	36~40	620~670
	2			700~750	36~40	620~670
12	1	5		750~800	36~40	580~620
	2			800~850	36~40	580~620
14	1	5		780~800	36~40	550~600
	2			850~890	36~40	550~600
16	1	5		800~820	36~38	440~460
	2			820~850	38~40	440~460
18	1	5		800~820	36~38	400~410
	2			850~890	38~40	440~450
>18	1~n	5		650~850	34~42	400~600

6.6 焊接施工的注意事项

- 6.6.1 板厚 $t \leq 6\text{mm}$ 的板应在焊接平台上施焊。
- 6.6.2 当板缝有纵倾时，应采用上行焊，以免产生夹渣。
- 6.6.3 施焊时要保证正、反两面焊道熔深各超过板厚的 $1/2$ ，以达到充分焊透。
- 6.6.4 板厚相同时焊丝的角度，见图 9。

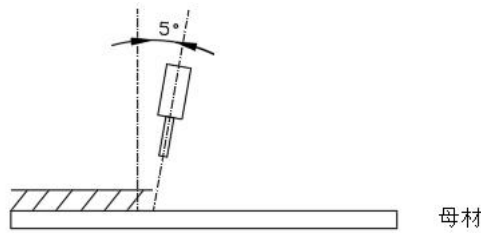


图 9 相同板厚焊丝操作角度

6.6.5 板厚不相同焊丝的角度，见图 10。

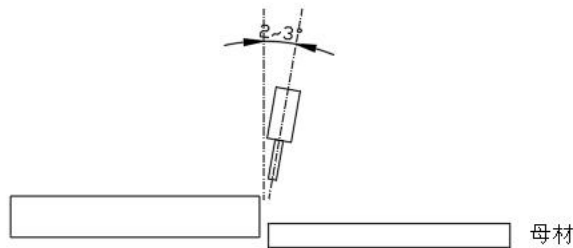


图 10 不同板厚焊丝操作角度

6.6.6 焊接方向，见图 11。

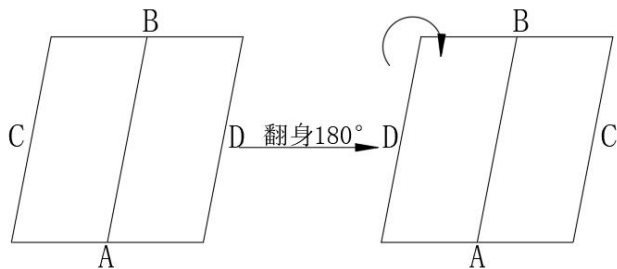


图 11 翻身后焊接方向示意图

- 6.6.7 进入正常焊道后应对焊接过程持续观察，实时进行焊接参数的微调，以保证焊接正常连续进行。
- 6.6.8 熄弧时，引出长度应大于熄弧板 2/3 长度。
- 6.6.9 当单道焊摆弧宽度不足时，要及时多层多道焊接。
- 6.6.10 为保证焊接连续行进，应关注焊枪线缆的敷设，避免焊接出现中断。
- 6.6.11 每层焊道结束，应对焊剂进行必要清理，确保后续焊道正常焊接。
- 6.6.12 当湿度大于 90%或气温低于 0℃的情况下，应进行焊前预热等技术措施，以保证焊接质量，雨、雪天不得在露天作业。

7 焊后检验及返修


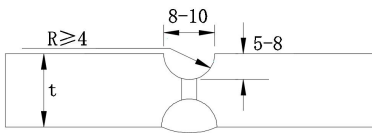
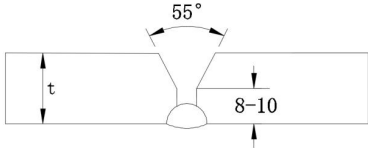
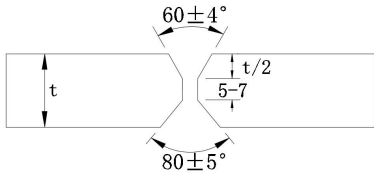
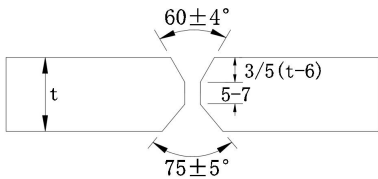
7.1 检验要求

- 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；当焊缝正面、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。
- 7.1.2 焊接接头的检验按设计要求进行,包括外观检查 VT、表面磁粉 MT、内部超声波 UT/RT，满足船舶规范的标准要求。

7.2 焊后返修

焊缝表面超过标准的的气孔、夹杂物、焊瘤、飞溅等缺陷应按返修工艺要求进行修整，并进行修补焊接。

附录 A
(资料性)
焊接坡口形式见表 A. 1

板厚 t (mm)	坡口型式	备 注
$3 \leq t < 16$		双面单道焊
$16 \leq t \leq 18$		正面不开坡口。 正面焊完后，背面用碳弧气刨开坡口。
$18 < t \leq 22$		正面开坡口。 正面焊完后，背面用碳弧气刨开坡口。
$22 < t \leq 36$		双面开坡口。 正面焊完后，背面用碳弧气刨适当背抠。 从控制变形的角度考虑，可适当调整焊接顺序。
$36 < t \leq 46$		
$46 < t \leq 60$	