

船体焊接原则工艺规范

1 范围

本规范规定了船体建造过程中船体焊接的焊接前准备、人员、工艺要求、工艺过程和检验。

本规范适用于船体建造焊接工艺。编写其他各类焊接工艺文件时，亦可参照使用。

2 规范性引用文件

CB999-82 焊缝表面检查要求

Q/SWS 42-010-2003 焊缝返修通用工艺规范

Q/SWS 60-001.2-2001 船舶建造质量标准建造精度

G16-SWS004 焊接材料保管要求

G16-SWSH001 焊接坡口型式

3 焊接前准备

3.1 原则要求

3.1.1 本规范所提供的焊接材料和焊接方法，均应取得国内外船级社认可。

3.1.2 应用 CO_2 气体保护半自动和自动焊、重力焊、下行焊、垂直气电焊及各类衬垫单面焊双面成型等高效焊接方法，应在产品相关工艺文件和施工图中加以明确。

3.1.3 本规范所提供的船体各种规格的板厚，材料级别以及所应用的焊接方法，焊接材料，焊接接头的坡口型式和尺寸、焊接位置等方面的内容，均应获得船级社认可。

3.2 钢种等级与焊接材料的选配

钢种等级与焊接材料的选配，见表 1。

表 1 钢材等级与焊接材料的选配

序号	焊接方法	焊接材料	钢材等级	适用范围
1	手工电弧焊	E4315.01 (SH427.01) E5015.01 (SH507.01) 其它等效焊材	A、B、D AH32~DH36	构架对接 全位置角焊 外板对接
		E5015.02 (SH507.02) 其它等效焊材	EH32、EH36	外板对接 构架全位置角焊
2	埋弧自动双面焊	焊丝：H08A 焊剂：SHJ431 其它等效焊材	A、B、D	拼板
		焊丝/焊剂 H10Mn2/HJ101 (CHJ101) H10Mn2G/HJ331 (SHJ331) 其它等效焊材	AH32 AH36 DH32 DH36 EH32 EH36	
3	CO ₂ 气体保护半自动焊	E71T-1 (DW-100) (2Y) E70T-1 (MX-200) E71T-1 (SM-1F) (2Y) E71T-1 (KFX-712C) E501T-1 (YJ-502) (Q) E71T-1 (TWE-711) 其它等效焊材	A、B、D、 AH32 AH36 DH32 DH36 EH36	外板及构架对接， 构架与板平角，立角焊
4	CO ₂ 气体保护单面焊	焊丝： E71T-1 (TWE-711) E71T-1 (KFX-712C) 衬垫： TC-1 JN-4 其它等效焊材	A、B、D、 AH32 AH36 DH32 DH36 EH32、E36	中、大组立板材对接及总组立中合拢对接缝

表 1 (续)

序号	焊接方法	焊接材料	钢材等级	适用范围
5	手工衬垫 单面焊	焊条： E5015.01 (SH507.01) 衬垫： JN-1 其它等效焊材	A、B、D AH32 AH36 DH32 DH36	中、大、总 组立中板材 对接及合拢 对接缝
6	高效铁粉 重力焊	E4313 (CJ421FeZ) 其它等效焊材	A、B、D	中、大组立 中的构件平 角焊缝
		E5024 (CJ501FeZ) 其它等效焊材	AH32 AH36 DH32 DH36	
7	手工下行 焊	E5015 (CJ507Fe) 其它等效焊材	A、B、D AH32 DH32	船体构件合 拢垂直角焊 缝
8	垂直气电 焊	焊丝： EG70T-2 (DWS-43G) 衬垫：KL-4GT 其它等效焊材	A、B AH32、 AH36 DH32、 DH36	总组立合拢 旁板，纵、 横舱壁的垂 直对接焊
		焊丝： EG70T-2 (DWS-43G) 衬垫： JN-10 其它等效焊材	A、B、D AH32 DH32 AH36 DH36	
9	FCB 三丝 埋弧自动 单面焊	焊丝：Y-A 表面焊剂： NSH-50 底面焊剂： NSH-IR 其它等效焊材	A、B、D AH32 DH32 AH36 DH36	平面分段流 水线中板材 的对接焊

3.3 典型结构用焊接材料和焊接方法的规定：

3.3.1 当采用手工电弧焊接时，下列结构的焊接必须选用低氢型焊条焊接。

- a) 船体总组立时的环形对接缝和纵桁对接；
- b) 具有冰区加强级的船舶，船体外板端接缝和边接缝；
- c) 主、辅机座、桅杆、吊货杆、拖钩架、系缆桩等承受强大载荷的舾装件及其所有承受高拉力的零部件；
- d) 要求具有较大刚度的构件。如首框架、尾框架、以及其与外板和船体骨架的接缝。

3.3.2 在中、大及总组立的焊接中，下列结构不允许采用立向下行焊（包括手工电弧焊和 CO₂ 气体保护半自动焊）。

- a) 船体中所有板材的立对接拼缝；
- b) 具有冰区加强级的船舶，冰刀区域内的所有立对接拼缝和所相关联的立角焊缝；
- c) 受强大载荷或具有较大刚度的构件立角焊缝。如：主、辅机座，吊货杆等；
- d) 位于 0.5L 区域内属于横向构件连续，纵向构件不连续的部位角焊。

3.4 焊接材料的焙烘、保管及使用

3.4.1 一般焊接材料的焙烘、保管及使用，按 G16-SWS004《焊接材料保管要求》执行。

3.4.2 特殊焊接材料的焙烘、保管及使用，应编制专用工艺文件。

4 人员

4.1 凡是参与焊接工作的焊工必须持有船级社颁发的考试合格证上岗，并只能从事与其考试相应等级范围内的焊缝焊接。

4.2 各种高效焊接方法焊接的焊工（CO₂ 气体保护焊，衬垫单面焊等）都必

须经过短期培训，并取得合格证书后，方能从事该焊接方法工作

4.3 当验船师或船东驻厂代表要求查阅焊工合格证时，均应出示证件。

5 工艺要求

5.1 焊接坡口型式及加工尺寸应按 G16-SWSH001《焊接坡口型式》规定进行。安装精度应符合 Q/SWS 60-001.2-2001《船舶建造质量标

准 《建造精度》要求。

5.2 焊前，焊工必须对焊接坡口及坡口两侧各宽 20mm 范围内，角焊缝在焊接宽度方向两侧各宽 20mm 内，清除氧化物，水份，油污等。

5.3 当焊缝清理后未能及时焊接并因气候或其他原因影响而积水，受潮、生锈时，在焊接前应重新清理。

5.4 定位焊所用焊材应与正常焊接所用焊材相一致，定位焊中不允许有裂纹、气孔、夹渣存在、当定位焊中有焊接缺陷存在时，在施焊前，必须予以剔除重新定位焊接。一般强度钢的定位焊长度为 30mm 以上；高强度钢的定位焊长度不小于 50mm。

5.5 施焊规范和要求，应严格按工艺规范要求执行。

5.6 当焊接采用多道或多层焊时，焊工在每一焊道焊后须清除焊渣与飞溅，每焊道的接头应相互错开至少（30~50）mm。

5.7 当焊接环境温度低于-5℃施焊一般强度钢的船体结构（船体外板和甲板等）和环境温度低于 0℃施焊高强度钢时，均需进行预热，预热温度一般大于 80℃左右。对有特殊要求的钢种或大厚板（ $t \geq 50\text{mm}$ ）的构件，焊接时应编制焊接专用工艺，并严格按照要求执行。

5.8 当采用自动埋弧焊焊接时，焊缝起始端与末端（自由端）必须安装引、熄弧板。其大小尺寸为（150×150）mm，厚度与焊件相同。当采用单面焊时，引、熄弧板应按特殊要求选用。

5.9 当采用手工电弧焊或 CO₂ 自动、半自动焊时，焊缝起始端与末端必须安装引、熄弧板。其大小尺寸为（100×100）mm，厚度应符合表 2 要求。

表 2 引熄弧板选用的厚度

单位为毫米

拼板板厚	$14 \leq t$ ≤ 16	$16 < t$ ≤ 18	$18 < t$ ≤ 20	$20 < t$ ≤ 22	$22 < t$ ≤ 24	$24 < t$ ≤ 26	$26 < t$ ≤ 28	$28 < t$ ≤ 30
引熄弧板	16	18	20	22	24	26	28	30

5.10 船体分段在焊接中，分段两端的纵向构件应留有 300mm 长度的距离暂不焊接。待分段与分段合拢后再进行焊接。

5.11 在拼板上安装构件时,由于拼板焊缝余高的存在而影响构件与拼板的安装紧密,在构件安装前,应对构件与板缝交接处的板缝余高批平长度应不少于构架板厚;随后安装构件,或将跨过对接焊缝的构件腹板边缘开通焊孔,以使构件与板材安装紧密,保证焊接质量。当该处采用单面角焊或间断焊时,则在构件与板缝的交接处采用双面焊接,焊缝长度大于 75mm。

5.12 焊缝末端收弧处应填满弧坑,通焊孔或止漏孔应具有良好的包角。

5.13 合金钢的焊接则按其专用工艺执行。

6 工艺过程

6.1 船体焊接顺序的原则

6.1.1 应考虑起始焊接时,不能对其他焊接形成强大的刚性约束。

6.1.2 每条焊缝焊接时,尽量保持其一端能自由收缩。

6.1.3 当采用手工焊接,焊缝长度 $>2000\text{mm}$ 时,应采用分中逐步退焊法焊接。

6.1.4 分段构架焊接,焊工应成双数由中间向四周分散焊接。

6.1.5 焊接顺序举例

a) 长方形或圆形工艺孔封板焊接顺序,见图 1。

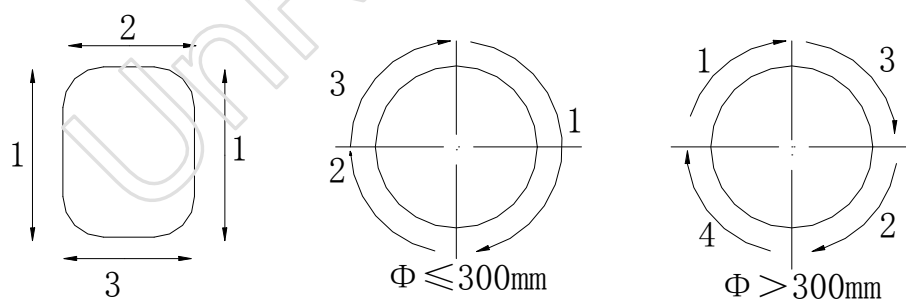
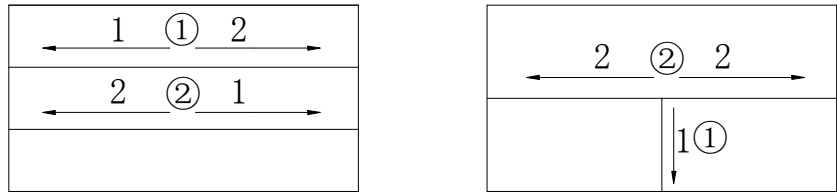


图 1 长方形或圆形工艺孔封板焊接顺序

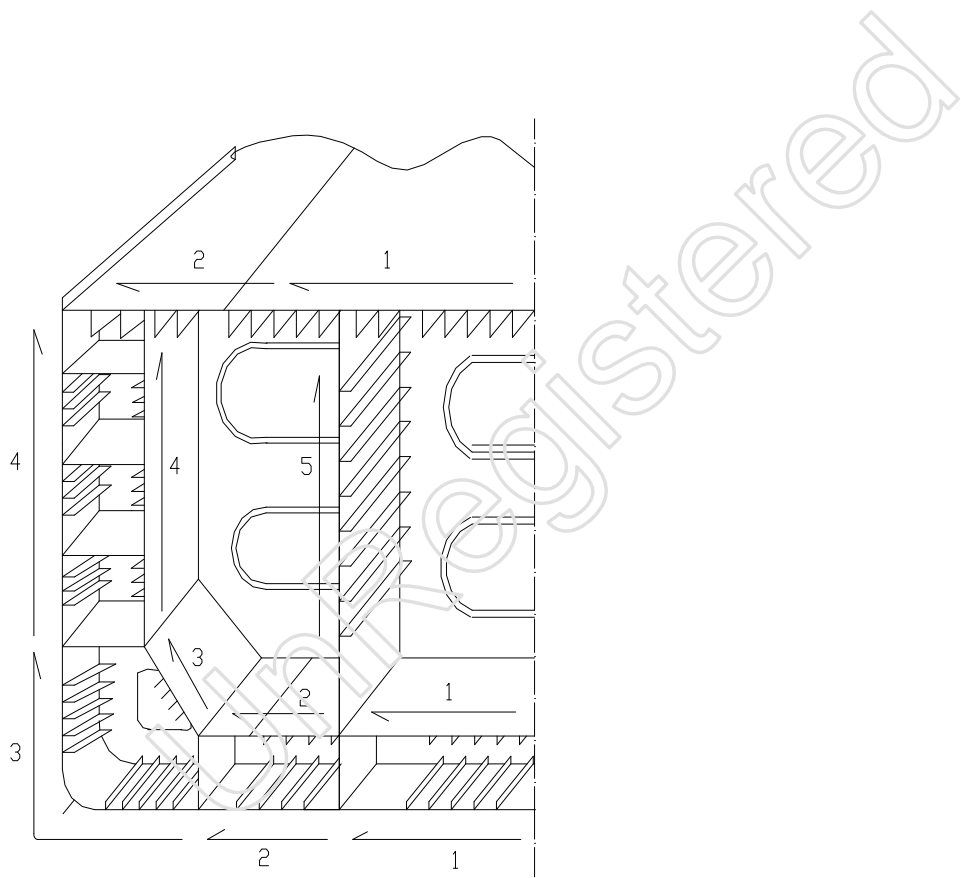
b) 拼板焊接顺序,见图 2。



(图中圆圈数字表示焊工代号)

图 2 拼板焊接顺序

c) c) 总段环缝焊接顺序,见图 3。



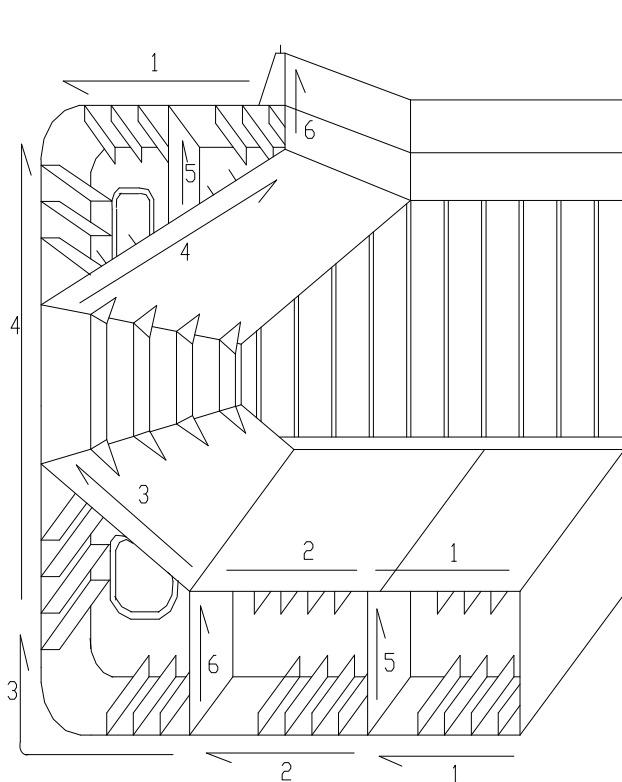


图 3 总段环缝焊接顺序

d) 分段焊接顺序，见图 4。

先焊外板与外板之间的拼板焊缝，然后焊构架之间的对接焊缝，再焊构架与构架间的角焊缝，最后焊构架与外板之间的角焊缝。

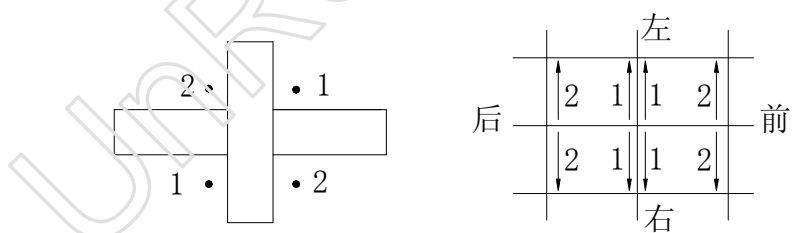


图 4 分段焊接顺序

6.2 船体焊接优先采用的焊接方法

6.2.1 小、中组立优先采用的焊接方法，见图 5 和表 3。

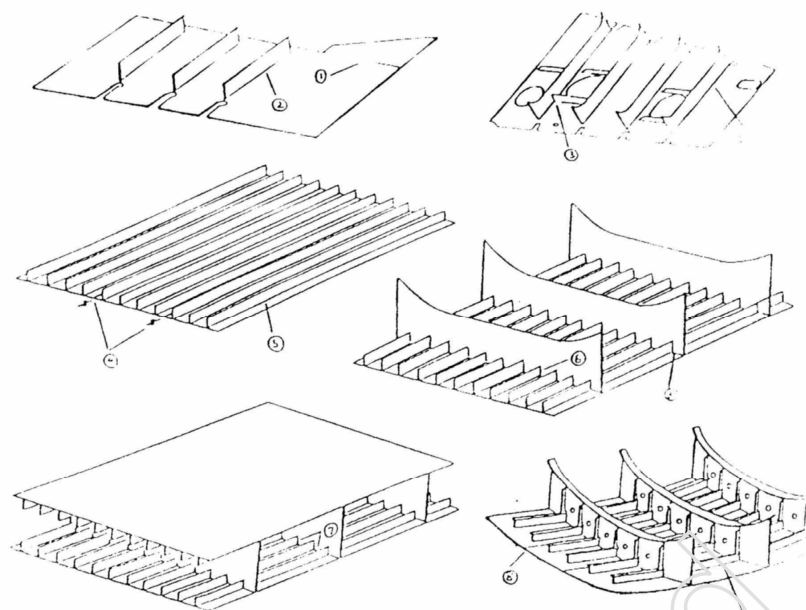


图 5 中、小组立工程中的主要焊接接头

表 3 小、中组立优先采用的焊接方法

编号	制造工程	部件和接头	焊接方法	备注
1	小组立	平板对接	CO ₂ 单面焊 埋弧自动焊	自动
2		加强筋角焊	CO ₂ 自动角焊 CO ₂ 半自动焊	自动 半自动
3		纵骨的角焊	HS-MAG 法双面双 头 CO ₂ 自动角焊 CO ₂ 半自动焊	
4		大拼板对接	FCB 法三丝焊	自动
5		纵骨的角焊	HS-MAG 法双面双 头 CO ₂ 自动角焊	
6	中组立	横向构件槽 口角焊	CO ₂ 半自动焊	半自动
7		双层底舱内 部		
8		曲面拼板对 接	CO ₂ 单面焊	
9		曲面肋骨肋 板角焊	CO ₂ 半自动焊	

6.2.2 总组立优先采用的焊接方法

a) 双底双壳船舶，见图 6 和表 4。

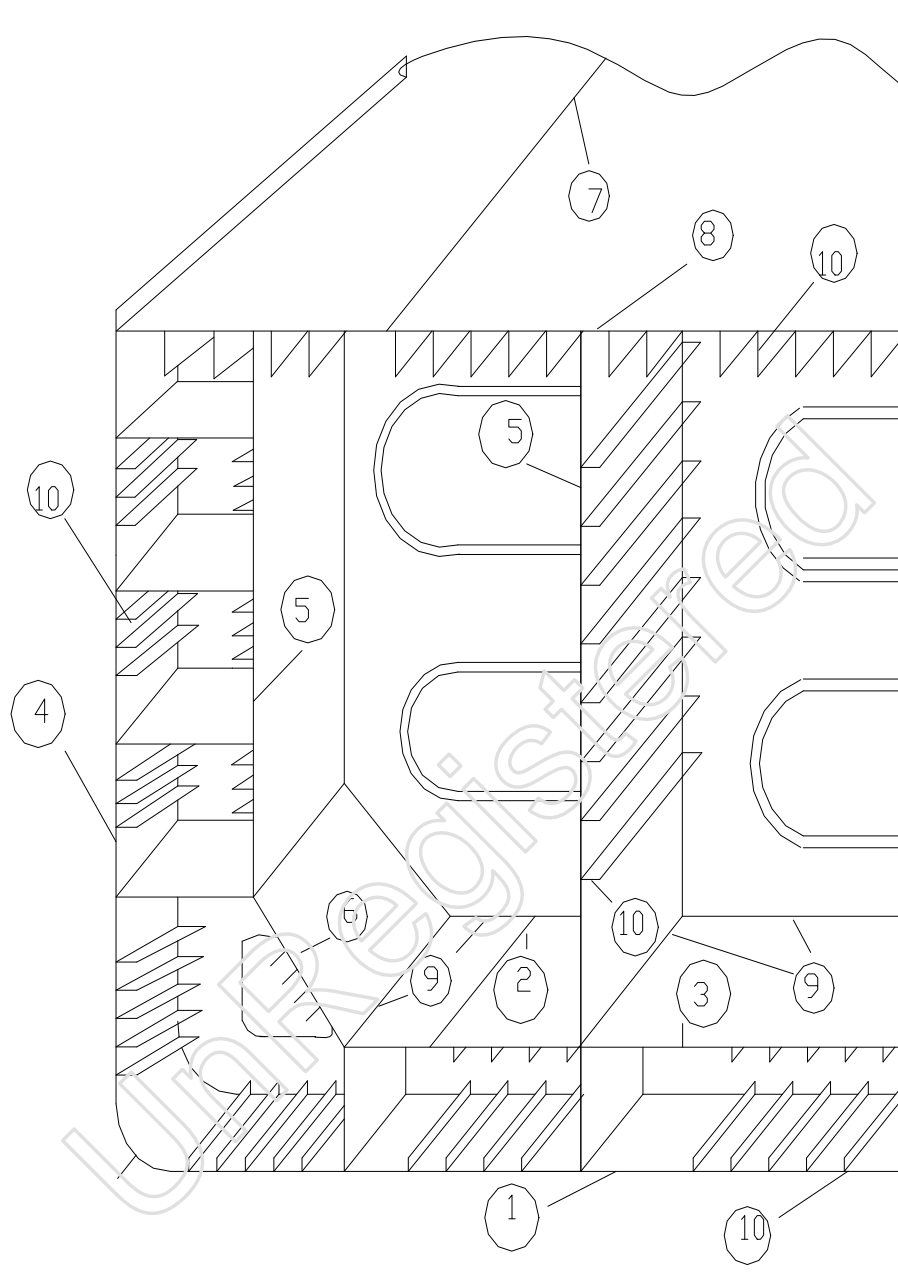


图 6 双层底舱中的主要焊接接头表

表 4 双底双壳船舶总组立优先采用的焊接方法

编号	分段接头	焊接位置	焊接方法	备注
1	船体外板对接	平位置	CO ₂ 陶瓷衬垫焊	半自动
2	内底板对接（纵向）		CO ₂ 衬垫焊+埋弧焊	半自动/自动
3	内底板对接（横向）		CO ₂ 衬垫焊+埋弧焊	
4	傍板对接	立向	垂直气电焊	自动
5	肋骨隔板对接		CO ₂ 衬垫焊或垂直气电焊	半自动自动
6	舱底边隔板对接		CO ₂ 衬垫焊	半自动
7	上甲板对接（纵向）	平位置	CO ₂ 衬垫焊+埋弧自动焊	半自动+自动自动
8	上甲板对接（横向）		CO ₂ 衬垫焊+埋弧自动焊	半自动+自动
9	内底板上与之相关联的角焊	水平位置	CO ₂ 自动角焊 CO ₂ 半自动焊	自动 半自动
10	纵骨对接	平、立位置	CO ₂ 衬垫焊	半自动

b) 散装货轮船舶，见图 7 和表 5

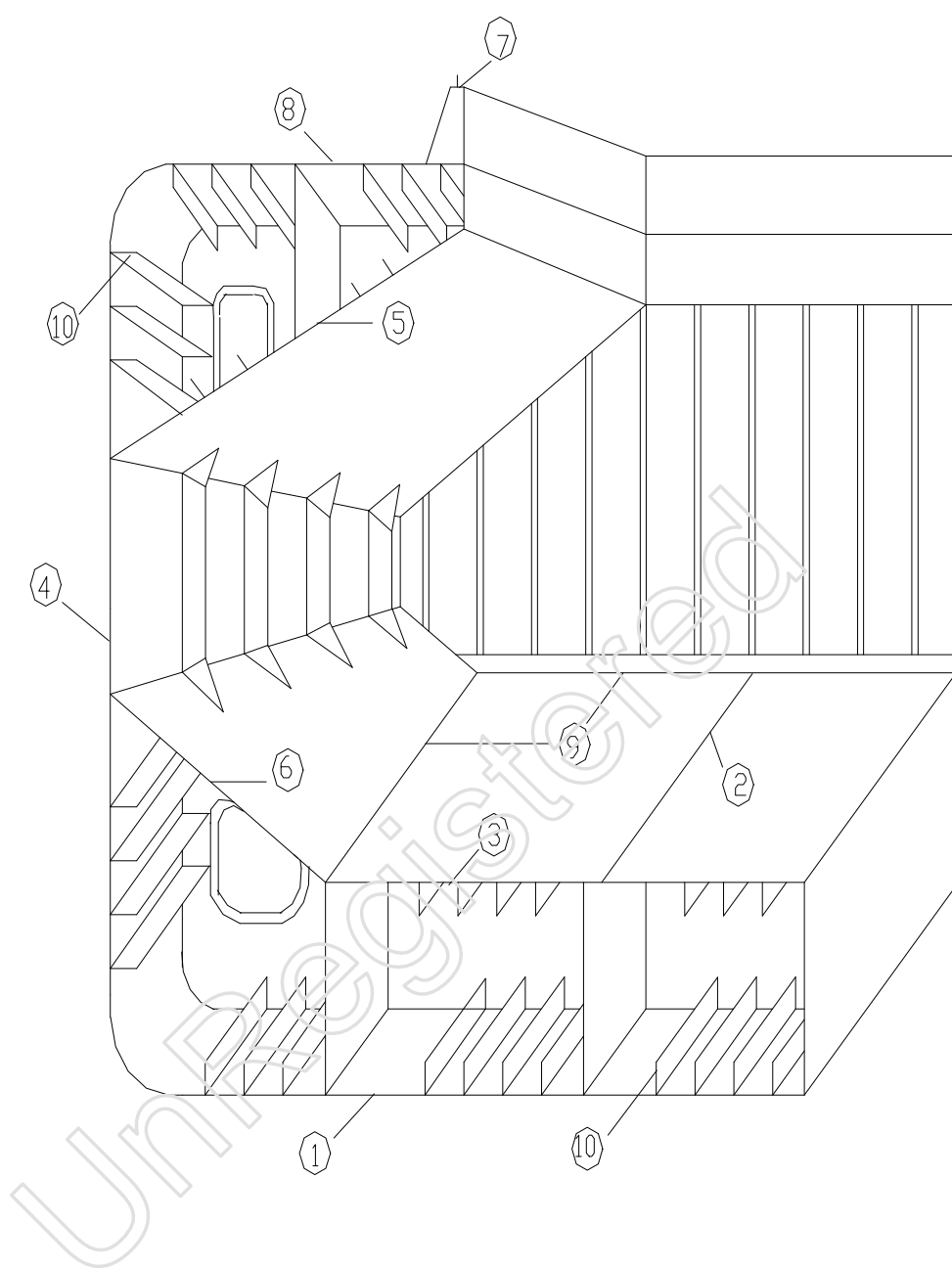


图 7 散货轮中的主要焊接接头

表 5 散装货轮船舶总组立优先采用的焊接方法

编号	分段接头	焊接位置	焊接方法	备 注
1	船体外板对接	平位置	CO ₂ 衬垫焊	半自动
2	内底板对接接头 (纵向)		CO ₂ 衬垫焊+埋弧焊	半自动/自动
3	内底板对接接头 (横向)		CO ₂ 衬垫焊+埋弧焊	
4	傍板对接	立向	垂直气电焊	自动
5	上边水舱底板对接		CO ₂ 衬垫焊	半自动
6	下边水舱隔板对接		CO ₂ 衬垫焊 垂直气电焊	半自动 自动
7	补强橡胶轨道角接	平位置	CO ₂ 半自动焊	半自动
8	上甲板对接 (横向)		CO ₂ 衬垫焊+埋弧焊	半自动/自动
9	双层底顶板角焊缝	水平角焊	CO ₂ 半自动焊 CO ₂ 自动角焊	半自动 自动
10	纵骨对接	平位置 立向	CO ₂ 衬垫焊	半自动

7 焊缝检验

7.1 焊缝外观检验

7.1.1 焊缝尺寸按 CB999-82《焊缝表面检查要求》或有关施工图和工艺文件的要求。

7.1.2 焊工焊接结束后，必须对自己所焊的焊缝，敲清焊渣及焊缝周围的飞溅，并检查焊缝外表质量是否符合验收质量要求。

7.1.3 当焊缝外表存在焊接缺陷时，焊工必须先剔除焊接缺陷，并修补完整。

7.2 焊缝内部检验

7.2.1 焊缝内部检查应根据有关施工图或工艺文件中的要求执行，并由检验员根据本船焊缝无损检验检查要求按比例进行抽查，评定标

准按该船施工工艺文件要求执行。

7.2.2 当无损检验检查后，焊缝存在超标的焊接缺陷，焊工必须进行返修。焊缝返修按 Q/SWS 42-010-2003 《焊缝返修通用工艺规范》。

7.2.3 当检查段在一端或两端存在危险性缺陷时，应在其延伸方向追加一检查段。

7.3 焊接密性检查

7.3.1 当分段全部焊接结束后，应对需密性的舱室周边焊缝进行气密性试验，当确认焊缝无渗漏时方算结束。

7.3.2 当焊缝中存在渗漏时，焊工应对渗漏的焊缝，采用碳刨或风铲剔除，随后补焊，并重新进行气密性检查，直至焊缝无渗漏产生。
