

IACS Rec.47（47号建议案）

船舶建造及修理质量标准

船舶建造及修理质量标准

A 部分新船建造及修理质量标准

B 部分现有船舶修理质量标准

A 部分新船建造及修理质量标准

1. 适用范围
2. 新造船一般要求
3. 焊工及工艺认可
 - 3.1 焊工资格
 - 3.2 焊接工艺认可
 - 3.3 无损探伤人员资格
4. 材料
 - 4.1 构件材料
 - 4.2 厚度负偏差
 - 4.3 表面质量
5. 切割
 - 5.1 气割
 - 5.2 等离子切割
 - 5.3 激光束气割
6. 组装要求
 - 6.1 折边纵骨和折边肘板
 - 6.2 组装型材
 - 6.3 槽型舱壁
 - 6.4 支柱、肘板、扶强材
 - 6.5 表面最高线加热温度
 - 6.6 分段组装
 - 6.7 特殊次分段
 - 6.8 成型
 - 6.9 肋骨间板的安装精度
 - 6.10 板与肋骨的安装精度
7. 校准
8. 焊接
 - 8.1 典型对接焊缝坡口加工(手工焊)
 - 8.2 典型角接焊缝坡口加工(手工焊)
 - 8.3 典型对接和角接焊缝尺寸(手工焊)
 - 8.4 搭接、塞焊、长孔焊
 - 8.5 焊缝间距
 - 8.6 自动焊
9. 修理

- 9.1 典型无校正修理
- 9.2 典型对接焊缝坡口加工修理(手工焊)
- 9.3 典型角接焊缝坡口加工修理(手工焊)
- 9.4 典型角接、对接焊缝外型修理(手工焊)
- 9.5 修理焊缝间的距离
- 9.6 错误开孔的修理
- 9.7 嵌入板修理
- 9.8 焊缝表面修理

参考文献:

- 1. IACS“散货船船体结构检验、评估和修理指导性文件”
- 2. TSCF“双壳油船结构检查和维修指南”
- 3. TSCF“油船结构检查、状态评估指导手册”
- 4. IACS UR w7“船体及机械用锻钢件”
- 5. IACS UR W8“船体及机械用铸钢件”
- 6. IACS UR W11“普通及高强度船体结构钢”
- 7. IACS UR W13“钢板及宽扁钢许用厚度负偏差”
- 8. IACS UR W14“具有改善厚度方向性能的钢板及宽扁钢”
- 9. IACS UR w l 7“普通及高强度船体结构钢焊材认可”
- 10. IACS UR Z10.1“油船船体检验”和 Z10.2“散货船船体检验”附录 I
- 11. IACS 建议 12“热轧板材、宽扁钢表面质量要求指南”
- 12. IACS 建议 20“船体焊缝检查指南”

1. 范围

1.1 本标准对新造船舶船体结构的建造质量做出了规定，并且规定了不满足建造质量标准的修理标准。

本标准通常适用于：

常规船型；

船级社规范包括的船体部件；

用普通及高强度船体结构钢建造的船体结构；

在任何情况下使用本标准均应经船级社同意。

本标准通常不适用于：

特殊船型，如气体运输船；

结构用不锈钢或其他特殊类型钢材或钢级制造的船舶。

1.2 本标准包含了典型的建造方法及其质量标准并阐明了这些建造方法的主要细节，除非在本标准中另有明确的规定，原则上本标准反映出的工艺水平适用于传统船体主要和次要结构的设计。对于的在船体结构临界和高应力区可以采用更加严格的质量标准，但均应经船级社同意。评价船体结构及构件的极限状态参照参考文献 1、2 和 3。

1.3 对于本标准不包括的结构或组装工艺，应由船级社根据资格认可程序和 / 或认可的国家标准经认可。

1.4 本标准对在没有船舶建造标准或船级社认可的国家标准情况下，为船舶建造提供指南。

1.5 在使用本标准时，组装、公差等类似质量特性均为名义值。当明显存在质量偏差时，船厂应采取措施改进工艺。仅仅依靠采取补救措施来减少质量偏差的方法是不能接受的。

2. 新造船一般要求

2.1 通常检验工作应依照船级社规范并在船级社验船师的监督下进行。

2.2 为便于操作，船厂应保证有适当的脚手架、照明及通风。焊接作业应在能避风、雪、雨的场所进行。

2.3 船体结构的焊接应由有资格的焊工担任，并采用由船级社认可、批准的焊接工艺和焊接材料，详见 3。焊接作业应在建造者的监督下进行。

3. 焊接工艺及人员资格

3.1 焊工资格

3.1.1 焊工应根据船级社认可的程序或认可的国家标准、国际标准如：EN287、ISO9606、ASME 第 IX 部分、ANSI / WS D1.1 进行资格认可，除此之外的其他标准应提交船级社审定。

对于分包项目应保留焊工的资格认可记录，如要求应提供有效的认可试验证书。

3.1.2 从事全机械焊或全自动焊的焊工只要其焊接的焊缝达到质量要求，通常可不必进行认可试验。但无论如何焊工应经足够的组装、焊接程序的培训，设备操作培训记录及试验结果均应在焊工的个人案卷和记录中保存，以供船级社要求时查阅。

3.2 焊接工艺评定

焊接工艺应经船级社按船级社的程序或认可的国家标准或国际标准如：EN288、ISO9956、ASME 第 IX 部分、ANSI / AWS D1.1 进行评定确认满足要求。除此之外的其他标准应提交船级社审定。实施的焊接工艺应是根据焊接评定记录制定的。说明书中应包括：焊接工艺过程、焊条类型、焊缝形式、坡口情况、焊接方法及焊接位置。

3.3 无损探伤人员资格

3.3.1 凡从事评价本标准所包含的新造船舶焊缝质量的无损探伤人员，应符合满足船级社规范或认可的国家标准、国际标准的资格要求。焊工应有操作记录及有效资格证书以供验船师检查。

4. 材料

4.1 结构用材料

所有用于结构部分的材料(包括焊材)均应根据建造图纸要求和 IACS 相应的统一要求得到船级社的批准。附加建议包含在以下各条文中。

使用的所有材料(形式、钢级)均应在船级社认可的工厂生产制造。

4.2 厚度负偏差

厚度大于等于 5mm 用于船体结构的普通及高强度钢板、宽扁钢的最大允许厚度负偏差为 0.3mm。厚度测定位置在距板边缘至少 10mm 的任意位置。由于缺陷和消除缺陷而进行打磨造成表面局部的减薄，只要符合 4.3“表面状态”的要求即可忽略不计。

4.3 表面状态

4.3.1 定义

轻微缺陷：凹坑、压入氧化皮、压痕、轧痕、划伤、沟槽等。

缺陷：裂纹、分层、夹砂、棱角及不超过表 1 规定值且缺陷面积不超过总面积 5% 的轻微缺陷。

缺陷深度：从产品的表面测量缺陷的深度。

4.3.2 可不修复缺陷

不超过表 1 规定值的轻微缺陷可不修复。

4.3.3 缺陷的修理

对于缺陷不管其数量多少和尺寸大小均应采用打磨或焊接的方法进行修理，对于深度不超过 4.2 条厚度负偏差规定的缺陷可对整个表面进行打磨修理。

对于采用焊接或打磨修理的缺陷，名义厚度减薄超过 0.3mm 时，其打磨修理面积不得超过总面积的 2%。

4.3.4 打磨修理

对于深度比 4.2 条规定小的区域，其名义厚度减薄不应超过 7% 或 3mm，二者取其小者。每一单独打磨区域不应超过 0.25m²。

打磨应完全去除缺陷，应采用磁粉探伤或渗透探伤的方法验证缺陷是否完全消除。打磨区域应光滑过度到周围区域。

4.3.5 焊接修理

对于不能消除的局部缺陷，可采用气刨和 / 或打磨随后进行补焊的方法修理，其焊接应采用船级社认可的工艺。

任何独立焊接的面积不应超过 0.125m²。焊前母材的减薄不应超过名义厚度的 80%。补焊应为单道焊，补焊后应打磨光滑过度到与母材表面齐平。应通过超声波、磁粉或渗透探伤等方法验证缺陷已被完全消除。

4.3.6 其他缺陷

4.3.6.1 分层

板厚	表面积	100%	15%	5%	2%
3≤t<8mm	N+0.1	0.2		0.4	
	N	0.2		0.3	0.14
	N.0.1	0.2			0.4
	N-0.2	0.1	0.2		0.4
	N-0.3	0.0	0.2		0.4
8≤t<25mm	N+0.2	0.3		0.5	
	N+0.1	0.3		0.4	0.5
	N	0.3			0.5
	N.0.1	0.2	0.3		0.5
	N.0.2	0.1	0.3		0.5
	N.0.3	0.0	0.3		0.5
25≤t<40mm	N+0.3	0.4		0.6	
	N+0.2	0.4		0.5	0.6
	N+0.1	0.4			0.6
	N	0.3	0.4		0.6
	N.0.1	0.2	0.4		0.6
	N.0.2	0.1	0.4		0.6
	N.0.3	0.0	0.4		0.6
40≤t<80mm	N+0.5	0.5		0.8	
	N+0.4	0.5		0.7	0.8
	N+0.3	0.5		0.6	0.8
	N+0.2	0.5			0.8
	N+0.1	0.4	0.5		0.8
	N	0.3	0.5		0.8
	N.0.1	0.2	0.5		0.8
	N.0.2	0.1	0.5		0.8
	N.0.3	0.0	0.5		0.8
80≤t<150mm	N+0.6	0.6		0.9	
	N+0.5	0.6		0.8	0.9
	N+0.4	0.6		0.7	0.9
	N+0.3	0.6			0.9
	N+0.2	0.5	0.6		0.9
	N+0.1	0.4	0.6		0.9
	N	0.3	0.6		0.9
	N.0.1	0.2	0.6		0.9
	N.0.2	0.1	0.6		0.9
	N.0.3	0.0	0.6		0.9

N-名义板厚

表1允许不予修理的轻微缺陷限定值

钢厂应研究夹层的成因及大小，严重的分层应采用局部嵌板的办法进行修理.允许采用嵌板方法修理的最小板宽如下：

船壳和强力甲板板交叉或 T 形连接处用板为 1600mm；

船壳、强力甲板板及其他主要构件用板为 800mm；

其他构件用板为 300mm.

局部有限面积分层可采用铲除和 / 或打磨随后焊补的方法修理，见图 a.局部有限面积分层在靠近钢板表面处，可按图 b 所示修理.规定见 4.3.5.



4.3.6.2 焊接飞溅

以下钢板处的焊接飞溅应采用打磨的方法完全消除：

船壳板；

露天甲板板；

化学品货舱；

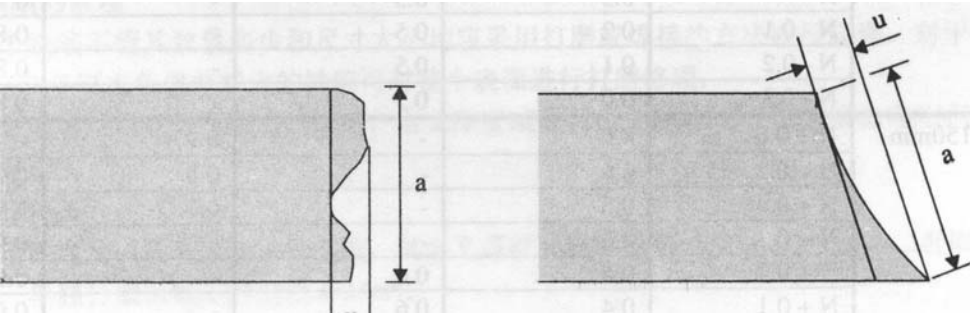
淡水舱和饮水舱；

润滑油、液压油舱室包括服务舱。

5. 切割

5.1 气割

切割边缘的误差(u)、垂直误差、粗糙度误差(R)(见图)应满足如下要求：



机械气割：

切割厚度	标准值	限定值
$a \leq 20\text{mm}$	$u=0.6\text{mm}$ $R=1001.\text{tm}$	$u=1.2\text{mm}$ $R=100 \mu \text{ m}$
$a > 20\text{mm}$	$u=0.75\text{mm}$ $R=1 \ 00\text{gm}$	$u=1.5\text{mm}$ $R=1 \ 50 \mu \text{ m}$

手工气割：焊缝边缘

标准值	限定值
强力构件 $u=1.5\text{mm}$	$u=1.5\text{mm}$

手工气割：自由端(非焊接端)

强力构件：

标准值	限定值
$u=1.5\text{mm}$ $R=1 \ 50 \mu \text{ m}$	$u=1.5\text{mm}$ $R=300 \mu \text{ m}$

其他

标准值	限定值
$u=1.5\text{mm}$ $R=300 \mu \text{ m}$	$u=1.5\text{mm}$ $R=500 \mu \text{ m}$

	R=400μm	R=800μm*
其他	u=1.5mm	u=1.5mm
	R=800μm	R=1500μm*

由割矩造成的非锋利伤痕不应大于 3mm，如大于 3mm 则应用打磨的方法消除掉。

*：除非焊接工艺要求更小的误差。

5.2 等离子切割

切割边缘的误差(u)、垂直误差、粗糙度误差(R)应满足以下要求：

机械等离子切割

切割厚度	标准值	限定值
a. ≤20mm	u=1.0mm R=100 μ m	u=1.5mm R=150μm
a>20mm	u=0.75mm R=100 μ m	u=1.5mm R=150 μ m

手工等离子切割的误差应经相关船级社同意。

5.3 激光束切割

切割边缘的误差、垂直误差、粗糙度误差的标准值范围及偏差要求应经相关船级社的同意。

6. 制作及精度

- 6.1 折边纵向构件和折边肘板(见表 6.1)；
- 6.2 组合型材(见表 6.2)；
- 6.3 槽型舱壁(见表 3.3)；
- 6.4 支柱、肘板及扶强材(见表 6.4)；
- 6.5 表面最大线加热温度(见表 6.5)；
- 6.6 分段装配(见表 6.6)；
- 6.7 特殊初装配(见表 6.7)；
- 6.8 外型(见表 6.8 及 6.9)；
- 6.9 肋骨间板的平整度(见表 6.10)；
- 6.10 带有肋骨的板的平整度(见表 6.11)。

7. 校准

新造船船体结构件校准的质量标准见表 7.1、7.2 和 7.3。对于如下需特殊注意的区域，船级社可提出更严格的建造公差要求，例如：

高应力集中区域；
易于产生疲劳的区域；
施工设计分段连接处；
高强度钢区域。

8. 详细焊接要求

- 8.1 典型手工对接焊缝坡 121 加工(见表 8.1、8.2)；
- 8.2 典型手工角接焊焊缝坡口加工(见表 8.3、8.4)；
- 8.3 典型手工对接、角接焊焊缝坡口形状(见表 8.5)；
- 8.4 搭接焊、塞焊和长孔焊(见表 8.6)；
- 8.5 焊缝间距(见表 8.7)；
- 8.6 自动焊(见表 8.8)。

9. 修理

- 9.1 典型错口修理，见表 9.1 至 9.3:
- 9.2 典型手工对接焊缝坡口加工修理，见表 9.4、9.5:
- 9.3 典型手工角接焊缝坡 121 加工修理，见表 9.6 至 9.8:
- 9.4 典型手工对接、角接焊缝外型修理，见表 9.9;
- 9.5 修理焊缝间距，见表 9.10:
- 9.6 错误开孔修理，见表 9.11:
- 9.7 嵌入板修理，见表 9.12;
- 9.8 焊缝表面修理，见表 9.13.

表 6.1 折边纵向构件及肘板

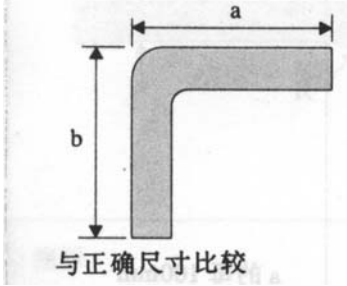
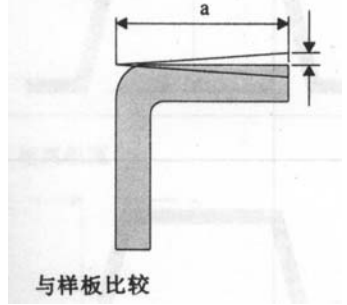
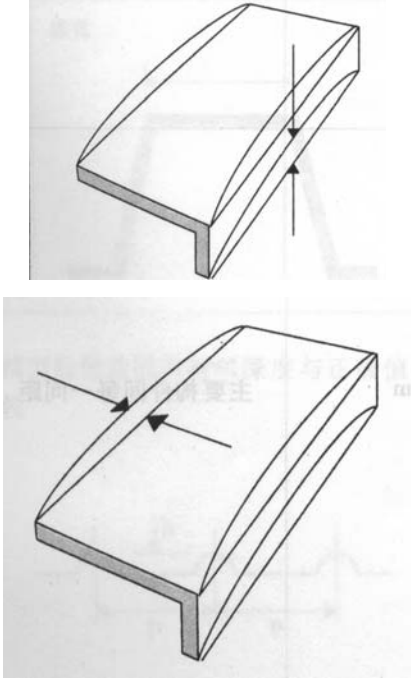
详图	标准	限定值	备注
<p>折边宽度</p> 	± 3	± 5	
<p>折边与腹板间夹角</p> 	$\pm 3\text{mm}$	$\pm 5\text{mm}$	a 的每 100mm
<p>折边及腹板直线度</p> 	$\pm 10\text{mm}$	$\pm 25\text{mm}$	每 10m

表 6.2 组合型材

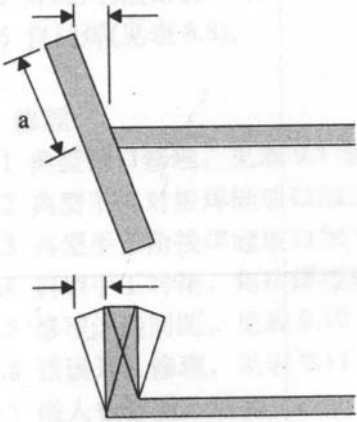
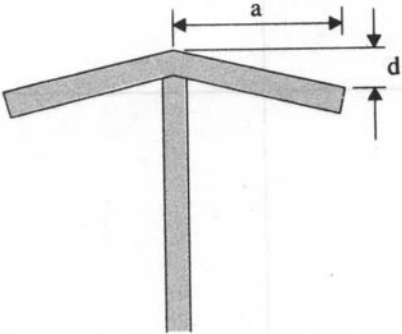
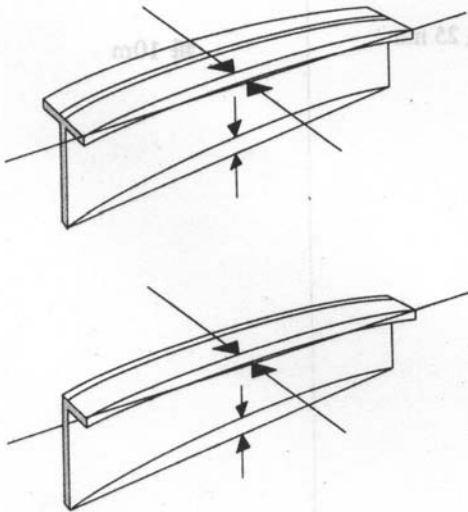
详图	标准	限定值	备注
肋骨和纵向构件 	$\pm 1.5\text{mm}$	$\pm 3\text{mm}$	a 的每 100mm
面板变形度 	$d \leq 3 + a/100\text{mm}$	$a \leq 5 + a/100\text{mm}$	
纵桁, 横向构件上面板, 折边板的变形 	$\pm 5\text{mm}$	$\pm 8\text{mm}$	主要构件间每一间距

表 6.3 槽型舱壁

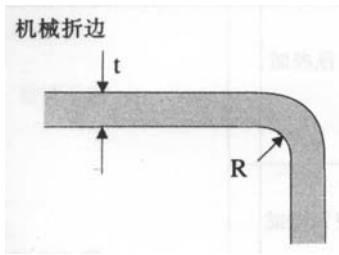
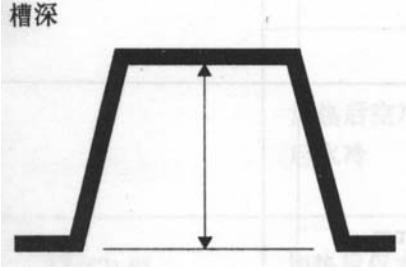
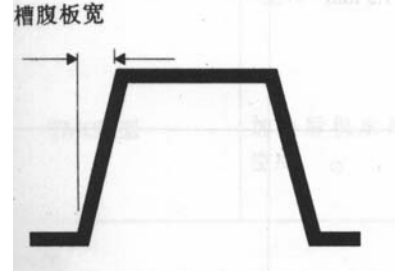
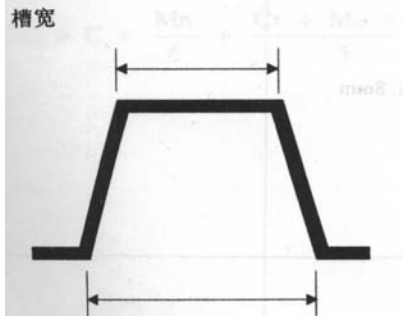
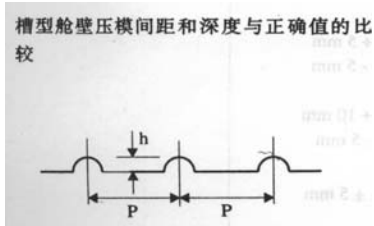
详图	标准	限定值	备注
 <p>机械折边</p> <p>t</p> <p>R</p>	$R \geq 3\text{mm}$		应使用适宜圆角冷弯成型和焊接的材料
 <p>槽深</p>	$\pm 3\text{mm}$	$\pm 6\text{mm}$	
 <p>槽腹板宽</p>	$\pm 3\text{mm}$	$\pm 6\text{mm}$	
 <p>槽宽</p>	$\pm 3\text{mm}$	$\pm 6\text{mm}$	
 <p>槽型舱壁压模间距和深度与正确值的比较</p> <p>h</p> <p>P</p>	$h: \pm 2 \dots 5\text{mm}$ 不与其他舱壁校准 $P: \pm 6\text{mm}$ 不与其他舱壁校准 $P: \pm 2\text{mm}$	$h: \pm 5\text{mm}$ $P: \pm 9\text{mm}$ $P: \pm 3\text{mm}$	

表 6.4 支柱、肘板及扶强材

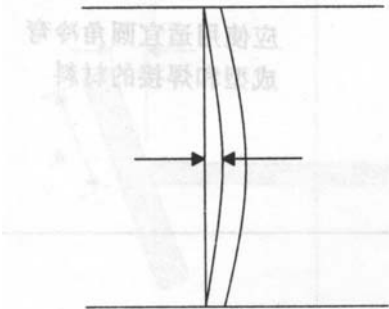
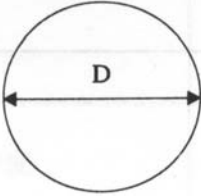
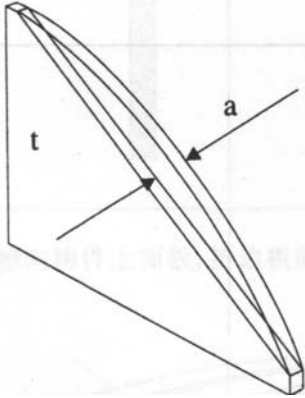
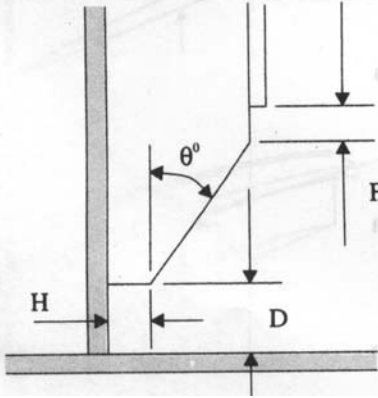
详图	标准	限定值	备注
<p>甲板间支柱</p> 	4mm	6mm	
<p>圆柱结构直径(支柱、管支撑)</p> 	$\pm D/200\text{mm}$ max.+5mm	$\pm D/150\text{mm}$ max.7.5mm	
<p>防倾衬板、小扶强材自由端变形</p> 	$a \leq t/2\text{mm}$	max.8mm	
<p>非主要构件面板、扶强材的斜削端</p> 	$\theta^\circ = 30^\circ$ H=15mm D=25mm F=15mm	+5mm -5mm +10mm -5mm $\pm 5\text{mm}$	

表 6.5

项目		标准	限定值	备注
传统工艺 TMCP 型	加热后水冷	低于 650℃		
	加热后空冷	低于 900℃		
	加热后空冷并随后水冷	低于 900℃(水冷起始温度低于 500℃)		
TMCP 型	加热后仅水冷或空冷	低于 1000℃		
TMCP 型	加热后仅水冷或空冷	低于 900℃		
注： $Ceq = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15} (\%)$				

表 6.6 分段装配

项目	标准	限定值	备注
平板装配 长和宽 变形 正方度 板制内部构件误差	$\pm 2.5\text{mm}$ $\pm 10\text{mm}$ $\pm 5\text{mm}$ 5mm	$\pm 5\text{mm}$ $\pm 20\text{mm}$ $\pm 10\text{mm}$ 10mm	
曲板装配 长和宽 变形 正方度 板制骨部构件的误差	$\pm 2.5\text{mm}$ $\pm 10\text{mm}$ $\pm 10\text{mm}$ 5mm	$\pm 5\text{mm}$ $\pm 20\text{mm}$ $\pm 15\text{mm}$ 10mm	沿曲线周长测量
平板立体分段装配 大和宽 变形 正方度 板制内部构件的误差 扭曲 上下板间偏差	$\pm 2.5\text{mm}$ $\pm 10\text{mm}$ $\pm 5\text{mm}$ 5mm $\pm 10\text{mm}$ $\pm 5\text{mm}$	$\pm 5\text{mm}$ $\pm 20\text{mm}$ $\pm 10\text{mm}$ 10mm $\pm 20\text{mm}$ $\pm 10\text{mm}$	
曲面立体分段装配 长和宽 变形 正方度 板制内部构件误差 扭曲 上下板间误差	$\pm 2.5\text{mm}$ $\pm 10\text{mm}$ $\pm 10\text{mm}$ 5mm $\pm 15\text{mm}$ $\pm 7\text{mm}$	$\pm 5\text{mm}$ $\pm 20\text{mm}$ $\pm 15\text{mm}$ 10mm $\pm 25\text{mm}$ $\pm 15\text{mm}$	沿曲线周长测量

表 6.7 特殊初装配

项目	标准	限定值	备注
上下舵轴间距	±5mm	±10mm	
轴毂后缘与尾尖舱壁距离	±5mm	±10mm	
尾框架初装配的扭曲	5mm	10mm	
舵与轴中心线的误差	4mm	8mm	
舵板扭曲	6 mm	10mm	
主机座顶板平直度	5 mm	10mm	
主机座顶板长度和宽度	±4 mm	6mm	

表 6.8 船舶外型尺度

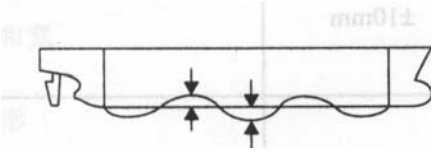
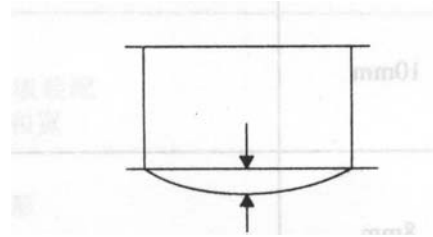
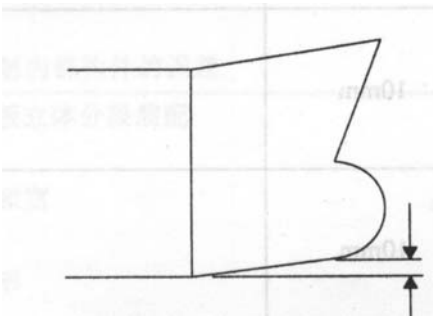
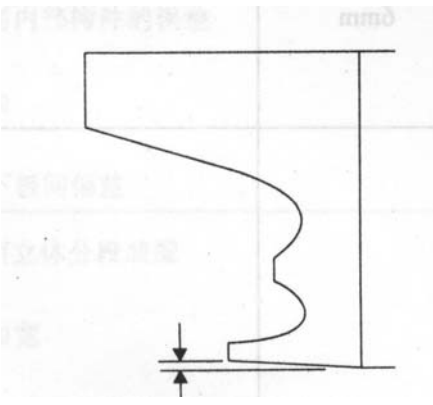
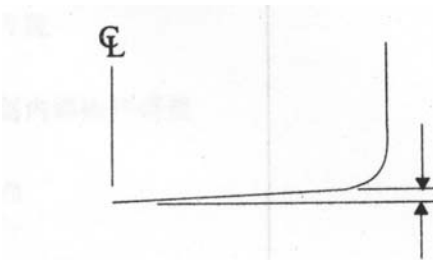
详图	标准	限定值	备注
全长变形 	$\pm 50\text{mm}$		相对龙骨线观察（每 100m）
两相邻舱壁间的距离 	$\pm 15\text{mm}$		
前体翘起 	$\pm 30\text{mm}$		
后体翘起 	$\pm 20\text{mm}$		
船中底部升高 	$\pm 15\text{mm}$		

表 6.9 船舶外型尺度

项目	标准	限定值	备注
垂线间长度	± 50 每 100m		适用于船长 100m 及以上的船舶。 为测量方便可用龙骨 与船尾曲面连接处至 首垂线处距离代为测 量
轴毂后缘与主机间的长度	$\pm 25\text{mm}$		
船中型宽	$\pm 15\text{mm}$		适用于上甲板处测量 宽度 15m 及以上的船 舶。
船中型深	$\pm 10\text{mm}$		适用于船深 10m 及以上的船舶

表 6.10 肋骨间板的平整度

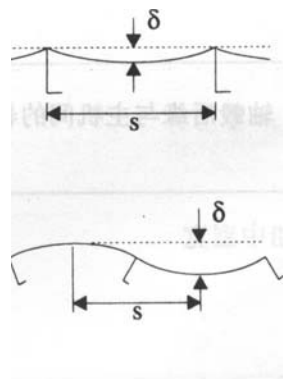
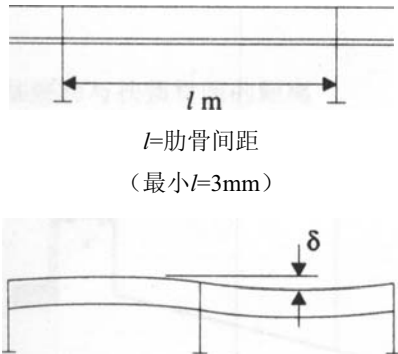
项目		标准		
壳板	平行部分 (舷侧板和船底板)	4mm	8mm	 300 < s < 1000
	首尾部分	5mm		
舱顶板	4mm			
舱壁	纵舱壁横舱壁 制荡舱壁	6mm		
强力甲板	平行部分	4mm	9mm 9mm	
	首尾部 有覆盖部分	6mm 7mm		
第二层甲板	无覆盖部分	6mm	8mm	
	有覆盖部分	7mm	9mm	
首楼甲板	无覆盖部分	4mm	8mm	
尾楼甲板	有覆盖部分	6mm	9mm	
上层建筑甲板	无覆盖部分	4mm	6mm	
	有覆盖部分	7mm	9mm	
舱室壁	外壁	4mm	6mm	
	内壁	6mm	8mm	
	有覆盖部分	7mm	9mm	
内部构件(纵桁、腹板等)		5mm	7mm	
双层底底板和纵桁		5mm	7mm	

表6.11 有肋骨的板的平整度

项目		标准	限定值	备注
壳板	平行部分	$\pm 2/1000\text{mm}$	$\pm 3/1000\text{mm}$	
	首、尾部	$\pm 3 / 1000\text{mm}$	$\pm 4/1000\text{mm}$	
强力甲板(不包括横向甲板)及双层底顶板		$\pm 3/1000\text{mm}$	$\pm 4/1000\text{mm}$	横向间距的测量 (最小 $l=3\text{m}$)
舱壁		$\pm 4/1000\text{mm}$	$\pm 5/1000\text{mm}$	
其他		$\pm 5/1000\text{mm}$	$\pm 6/1000\text{mm}$	
 <p>$l = \text{肋骨间距}$ (最小$l=3\text{m}$)</p>				

7.1 校准

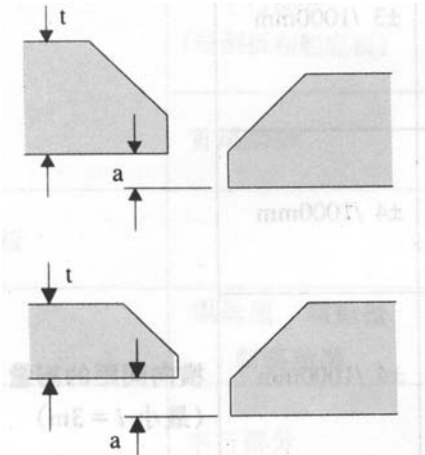
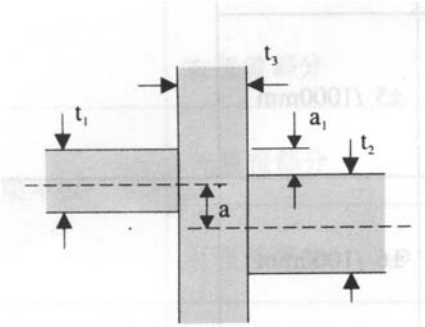
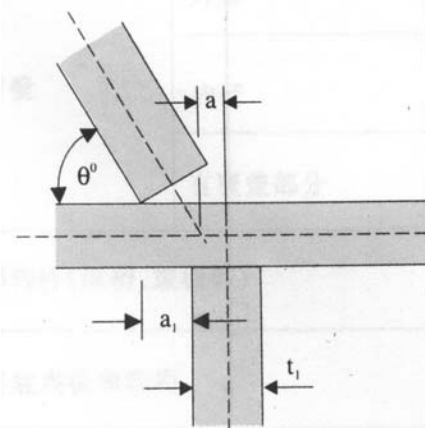
详图	标准	限定值	备注
<p>对接焊的直线校准</p> 	<p>0.15t, 强力构件 $a \leq 0.2t$, 其他</p>	<p>$a \leq 3.0\text{mm}$</p>	
<p>角焊的直线校准</p> 	<p>a) 强力和高强度钢构件 $a \leq t_1 / 3$ 在板中线测量 $a_1 \leq (5t_1 - 3t_2) / 6$ 以根部线测量 b) 其他 $a \leq t_1 / 2$ 以板中线测量 $a \leq (2t_1 - t_2) / 2$ 以根部线测量</p>		<p>如 t_3 小于 t_1, 则用 t_3 代替 t_1</p>
<p>角焊的直线校准</p> 	<p>a) 强力和高强钢构件 $a \leq t_1 / 3$ 以根中线测量 b) 其他 $a \leq t_1 / 2$ 以根部线测量</p>		

表 7.2 校准

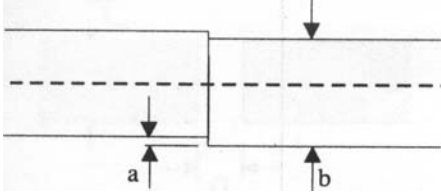
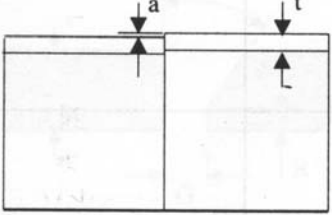
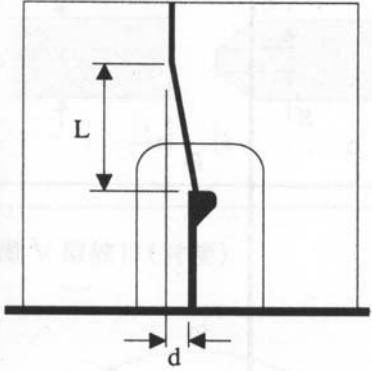
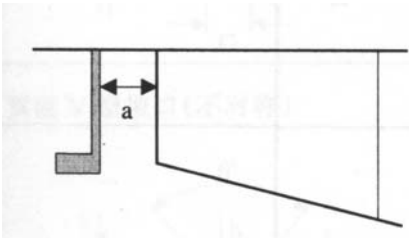
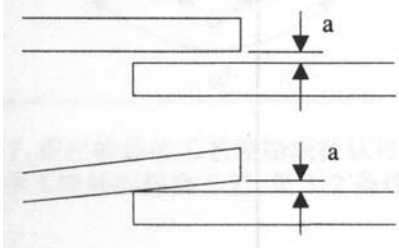
详图	标准	限定值	备注
<p>T 型纵向构件面板的直线校准</p> 	强力构件	$a=8.0\text{mm}$	
<p>T 型纵向构件面板的直线校准</p> 	主要构件 $a \leq 0.15t$ 非主要构件 $a \leq 0.20t$	3.0mm	
<p>板式扶强材的直线校准</p> 	$d \leq L/50$		
<p>肘板 / 加强肋与扶强材间的距离</p> 	$a \leq 2.0\text{mm}$	3mm	
<p>搭接焊的直线校准</p> 	$a \leq 2.0\text{mm}$		

表 7.3 校准

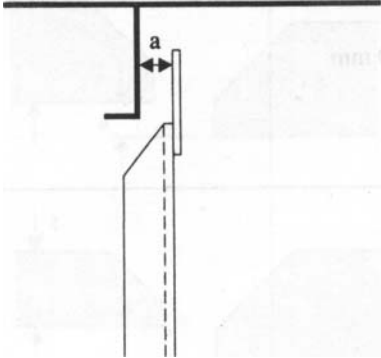
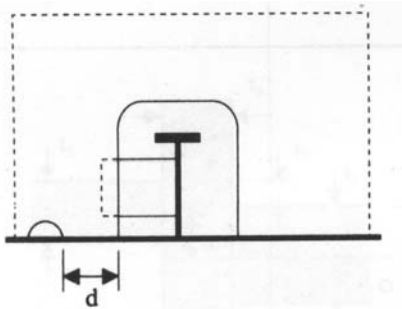
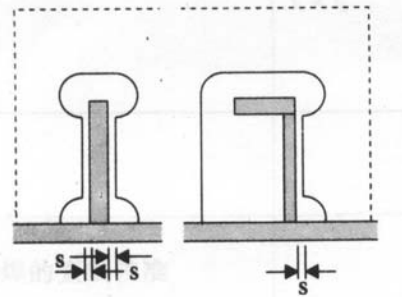
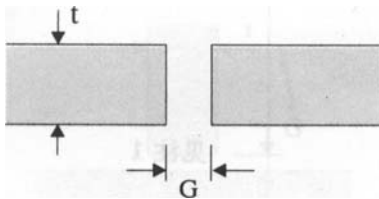
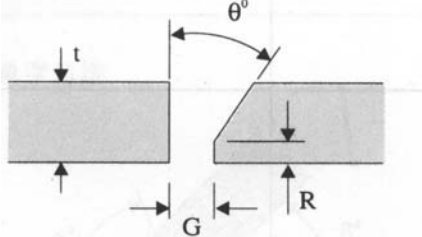
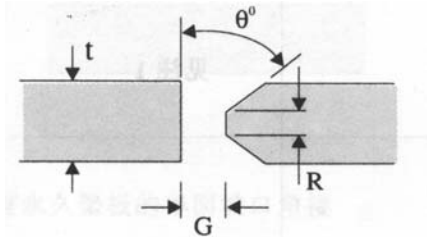
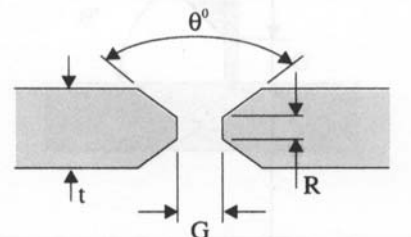
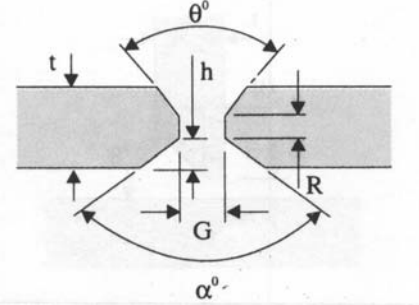
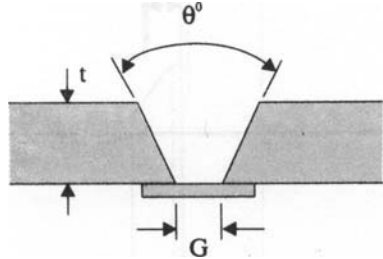
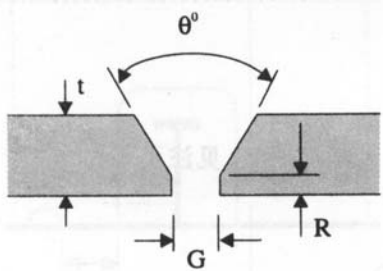
详图	标准	限定值	备注
横梁与肋骨之间的间隙 	$A \leq 2.0\text{mm}$		
扇形孔位置 	$d \geq 75\text{ mm}$		
扶强材周围开孔间隙 	$s \leq 2.0\text{mm}$		

表 8.1 典型对接焊坡口加工（手工焊）

详图	标准	限定值	备注
<p>平板对接</p> 	$t \leq 5\text{mm}$ $G=3$		见注 1
<p>单边坡口对接</p> 	$t > 5\text{mm}$ $G \leq 3\text{mm}$ $R \leq 3\text{mm}$ $\theta = 50^\circ - 70^\circ$		见注 1
<p>双边坡口对接</p> 	$t > 19\text{mm}$ $G \leq 3\text{mm}$ $R \leq 3\text{mm}$ $\theta = 50^\circ - 70^\circ$		见注 1
<p>双面 V 型坡口（对接）</p> 	$G \leq 3\text{mm}$ $R \leq 3\text{mm}$ $\theta = 50^\circ - 70^\circ$		见注 1
<p>双面 V 型坡口（不对称）</p> 	$G \leq 3\text{mm}$ $R \leq 3\text{mm}$ $6 \leq h \leq t/3\text{mm}$ $\theta = 50^\circ$ $\alpha = 90^\circ$		见注 1
<p>注 1：相应的焊接工艺经船级社认可，亦可采用不同的坡口型式； 除手工焊外的焊接工艺，见 3.2 条焊接工艺评定。</p>			

8.2 典型对接焊坡口加工（手工焊）

详图	标准	限定值	备注
	$G=3—9\text{mm}$ $\theta=30^{\circ}\text{-}45^{\circ}$		见注 1
	$G\leq 3\text{mm}$ $\theta=50^{\circ}\text{-}70^{\circ}$ $R\leq 3\text{mm}$		见注 1

注 1：相应的焊接工艺经船级社认可，亦可采用不同的坡口型式；除手工焊外的焊接工艺，见 3.2 条焊接工艺评定。

表 8.3 典型角接焊坡口加工（手工焊）

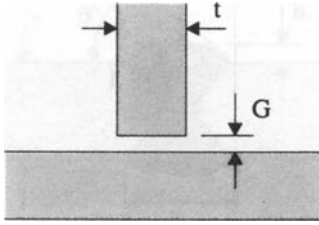
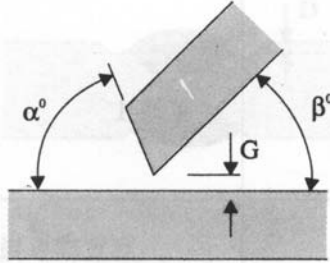
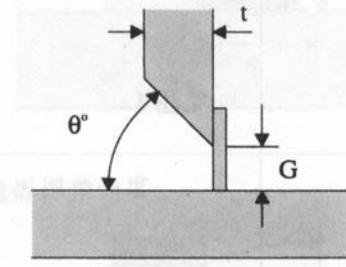
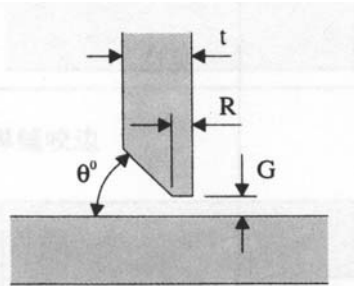
详图	标准	限定值	备注
<p>T 型角接</p> 	$G \leq 2\text{mm}$		见注 1
<p>小角度角接</p> 	$\alpha = 50^\circ - 70^\circ$ $\beta = 70^\circ - 90^\circ$ $G \leq 2\text{mm}$		见注 1
<p>有永久垫板的单面坡口角接</p> 	$G \leq 4-6\text{mm}$ $\theta = 30^\circ - 45^\circ$		不常用于强力构件 同见注 1
<p>单边坡口 T 型角接</p> 	$G \leq 3\text{mm}$ $R \leq 3\text{mm}$ $\theta = 50^\circ$		见注 1
<p>注 1：相应的焊接工艺经船级社认可，亦可采用不同的坡口型式； 除手工焊外的焊接工艺，见 3.2 条焊接工艺评定。</p>			

表 8.4 典型角接坡口加工（手工焊）

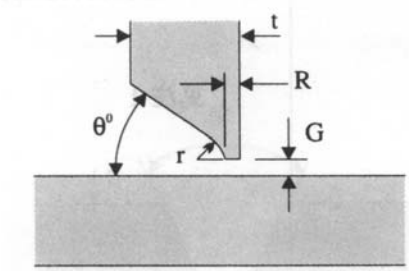
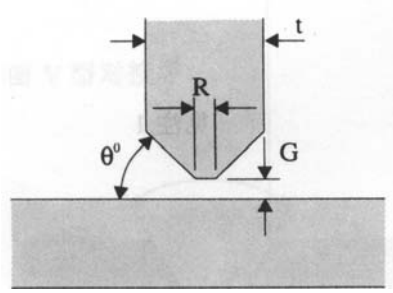
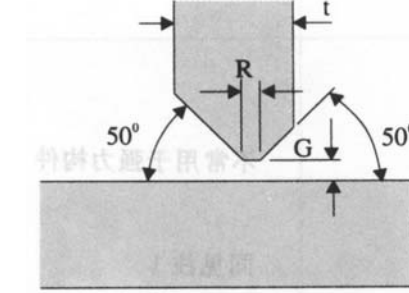
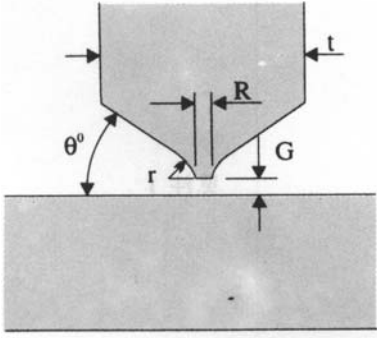
详图	标准	限定值	备注
单面 J 型角接 	$G=2.5-4\text{mm}$ $r=12-15\text{ mm}$ $R=3\text{ mm}$ $\theta\geq 35^\circ$		见注 1
对称双面坡口角接 	$t>19\text{mm}$ $G\leq 3\text{ mm}$ $R\leq 3\text{ mm}$ $\theta\geq 50^\circ$		见注 1
不对称双面坡口角接 	$t>19$ $G\leq 3\text{mm}$ $R\leq 3\text{mm}$		见注 1
对称双面 J 型坡口角接 	$G=2.5-4\text{mm}$ $R\leq 3\text{ mm}$ $r=12-15\text{ mm}$ $\theta\geq 35^\circ$		见注 1
注 1：相应的焊接工艺经船级社认可，亦可采用不同的坡口型式； 除手工焊外的焊接工艺，见 3.2 条焊接工艺评定。			

表 8.5 典型对接和角接焊成形（手工焊）

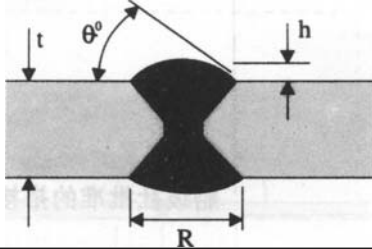
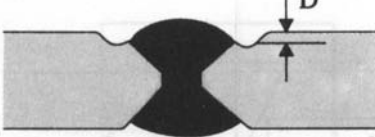
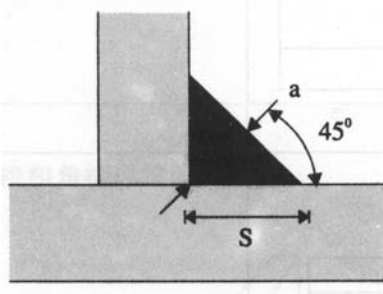
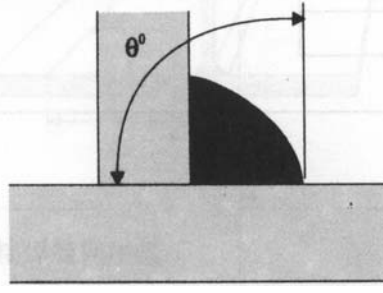
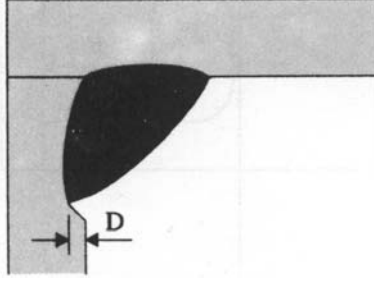
详图	标准	限定值	备注
对接焊缝焊脚角度 	$\theta \leq 60^\circ$ $h \leq 0.2R$	最高 h:6mm	
对接焊咬边 	$D = 0\text{mm}$	0.5mm	
角接焊脚宽度 	S= 焊 脚 宽 A= 焊 喉 厚	$S \geq 0.9S_d$ $A \geq 0.9a_d$ 对于短焊缝长度	S_d :设计 S a_d : 设计a
角焊角角度 		$\theta \leq 90^\circ$	对应力集中和疲劳区船级社可要求更小的角度
角焊缝咬边 	$D = 0\text{mm}$	0.5mm	

表 8.6 典型搭焊，赛焊、长孔焊（手工焊）

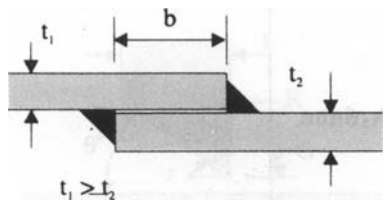
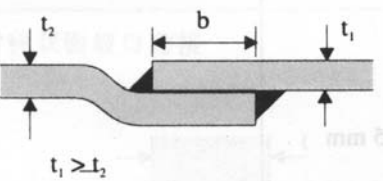
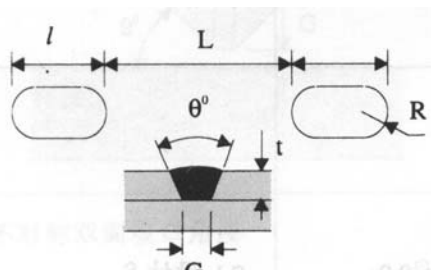
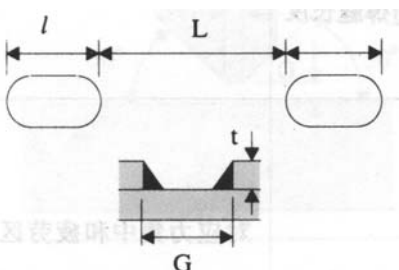
详图	标准	限定值	备注																		
搭接接头角焊 	$B=2t_2+25$		船级社批准的搭接位置																		
折边搭焊角焊缝 	$b\geq 2t_2+25$																				
塞焊 	<table><tr><td></td><td>$t\leq 12\text{mm}$</td><td>$12 < t\leq 25\text{mm}$</td></tr><tr><td>l</td><td>60mm</td><td>80mm</td></tr><tr><td>R</td><td>6mm</td><td>0.5tmm</td></tr><tr><td>θ</td><td>40°-50°</td><td>30°</td></tr><tr><td>G</td><td>12mm</td><td>tmm</td></tr><tr><td>L</td><td colspan="2">$>l$</td></tr></table>		$t\leq 12\text{mm}$	$12 < t\leq 25\text{mm}$	l	60mm	80mm	R	6mm	0.5tmm	θ	40°-50°	30°	G	12mm	tmm	L	$>l$			
	$t\leq 12\text{mm}$	$12 < t\leq 25\text{mm}$																			
l	60mm	80mm																			
R	6mm	0.5tmm																			
θ	40°-50°	30°																			
G	12mm	tmm																			
L	$>l$																				
长孔焊 	<table><tr><td></td><td>$t\leq 12\text{mm}$</td><td>$t> 12\text{mm}$</td></tr><tr><td>G</td><td>20mm</td><td>2tmm</td></tr><tr><td>l</td><td>80mm</td><td>100mm</td></tr><tr><td>L</td><td colspan="2">2l-3lmax.250mm</td></tr></table>		$t\leq 12\text{mm}$	$t> 12\text{mm}$	G	20mm	2tmm	l	80mm	100mm	L	2l-3lmax.250mm									
	$t\leq 12\text{mm}$	$t> 12\text{mm}$																			
G	20mm	2tmm																			
l	80mm	100mm																			
L	2l-3lmax.250mm																				

表 8.7 焊缝间

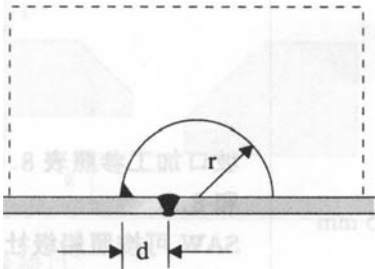
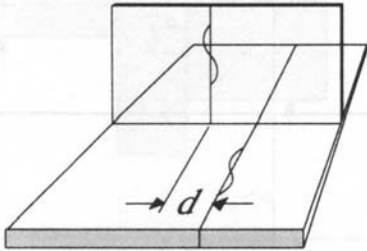
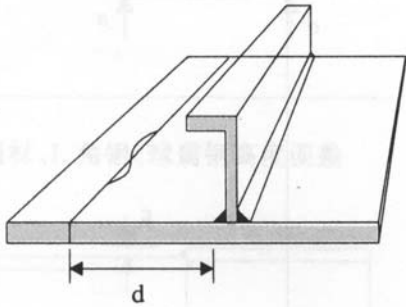
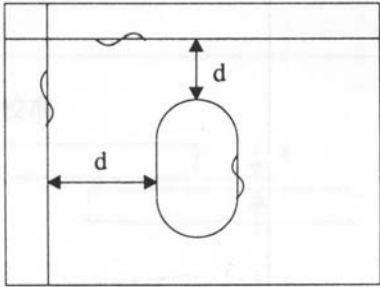
详图	标准	限定值	备注
跨焊缝开孔 	for $r \geq 30\text{mm}$ $d \geq 5\text{mm}$		
两对接焊缝间的距离 	$d \geq 0\text{mm}$		
对接和角接焊缝间距离 	$d \geq 10\text{mm}$		
对接焊缝间距离 	对于开口 $d \geq 30\text{mm}$		
	对于舳部板 $d \geq 300\text{mm}$	150mm	

表 8.8 自动埋弧焊

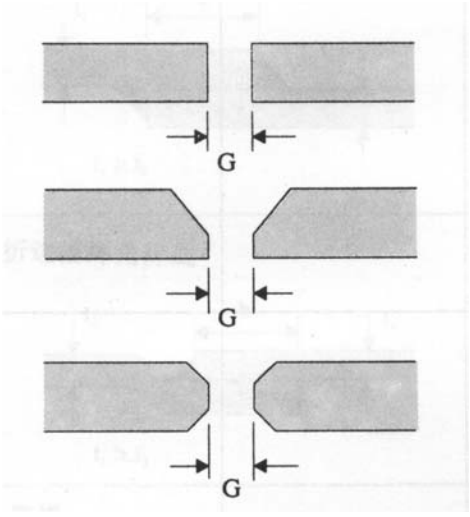
详图	标准	限定值	备注
<p>埋弧焊 (SAW)</p> 	$0 \leq G \leq 0.8\text{mm}$	$G \leq 5\text{mm}$	<p>坡口加工参照表 8.1 和 8.2</p> <p>SAW 可按照船级社认可的 WPS 见注 1</p>

表 9.1 典型错口的修理

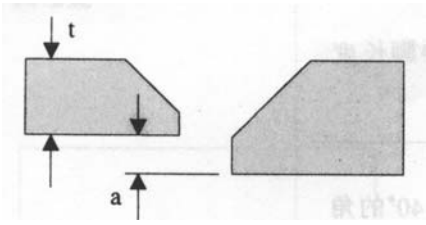
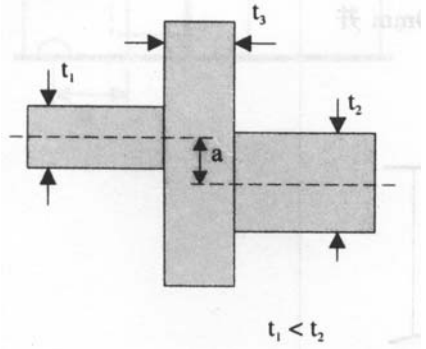
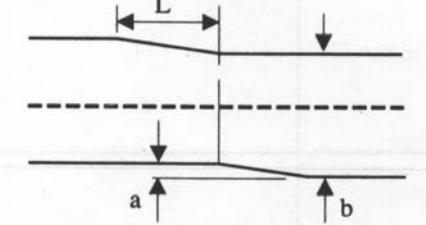
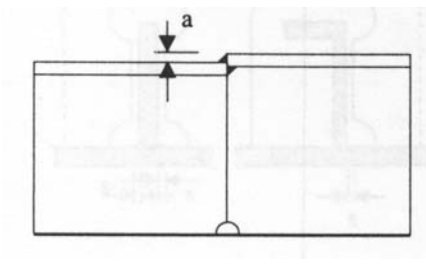
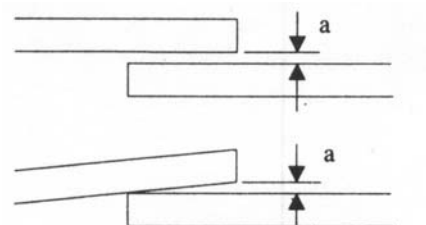
详图	标准	备注
<p>对接焊缝错口</p> 	<p>强力构件 $a > 0.15t_1$ 或 $a > 3\text{mm}$ 放松并调整 其他 $A > 0.2t_1$ 或 $a > 3\text{mm}$</p>	
<p>角焊缝错口</p> 	<p>a) 强力构件及高强钢 $t_1/3 < a \leq t_1/2$- 通常增高 10% 焊喉 $a > t_1/2$- 在至少 $50a$ 范围内放松并调整 b) 其他 $a > t_1/2$- 在至少 $30a$ 范围内放松并调整</p>	<p>如 t_3 小于 t_1, 用 t_3 代替 t_1</p>
<p>T 型纵向构件面板校准</p> 	<p>当 $0.04b < a \leq 0.08b$ 最大为 8mm 的磨削转角, 在最小距离 $L=3a$ 的范围内平滑过渡。 当 $a > 0.08b$ 或 8mm 时, 在 $L=50a$ 范围内放松并调整。</p>	
<p>T 型材、L 角钢、球扁钢高度误差</p> 	<p>当 $3\text{mm} < a \leq 6\text{mm}$ 时焊补; 当 $a > 6\text{mm}$ 时, 主要构件在最小 $L=50a$, 其他结构在 $L=30a$ 范围内放松并调整。</p>	
<p>搭接校准</p> 	<p>$2\text{mm} < a \leq 5\text{mm}$ 时, 补焊焊角的长度应与间隙长度相同, $a > 5\text{mm}$ 时, 构件应重新校准</p>	

表 9.2 典型不校准修理

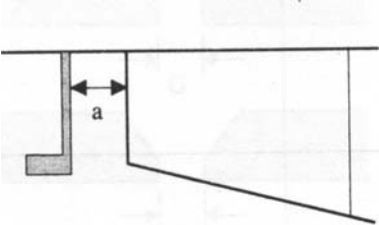
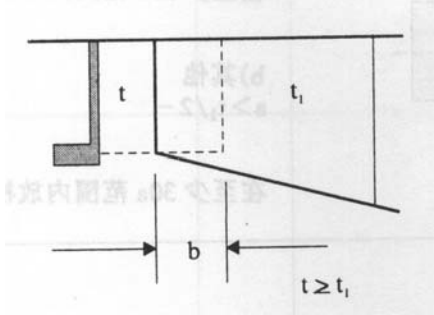
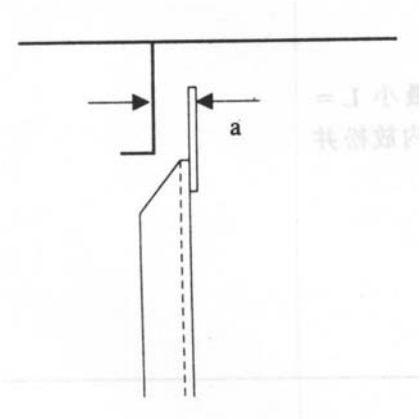
详图	修理标准	备注
<p>肘板/加强肋与扶强材间的间隙</p> 	当 $2\text{mm} < a \leq 5\text{mm}$ 时, 增加的焊脚长度与增加的间隙长度相同	
	当 $5\text{mm} < a \leq 10\text{mm}$ 时, 倒 $30^{\circ}\sim 40^{\circ}$ 的角并堆焊	
	<p>当 $a > 10\text{mm}$ 时, 增加间隙至 50mm 并加垫板</p>  <p>$b = (2t + 25)\text{mm}, \text{min. } 50\text{mm}$</p> <p>$t \geq t_1$</p>	
<p>横梁与肋骨间间隙</p> 	<p>$A > 2\text{mm}$, 松脱并调整</p>	

表 9.3 不校准修理

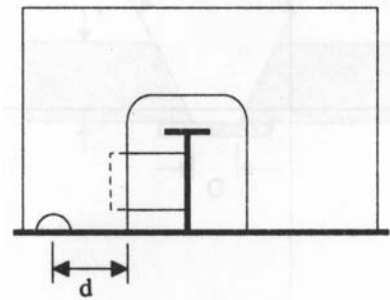
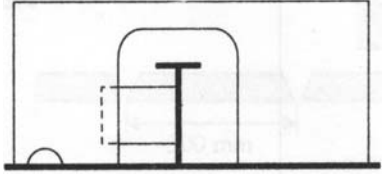
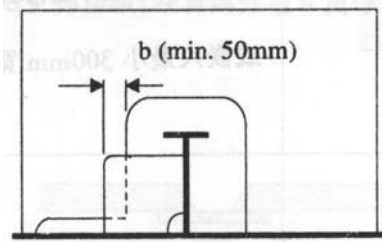
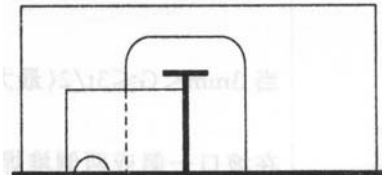
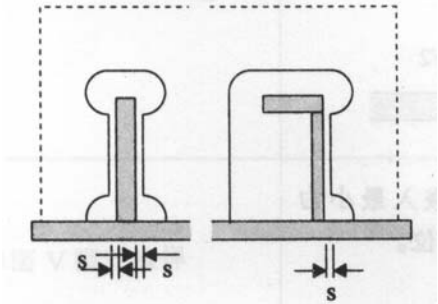
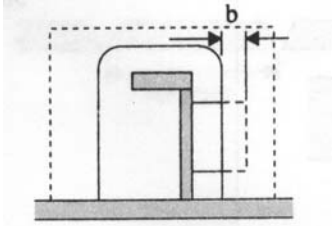
详图	修理标准	备注
开孔位置 	当 $d < 75\text{mm}$ ，腹板与开孔割通，并加垫板。  或在开孔上加小垫板  或在开孔上加垫板 	
扶强材周围切割间隙 	当 $2\text{mm} < s \leq 5\text{mm}$ 时，开大于 2mm 的孔增加与焊脚长相同的间隙 当 $5\text{mm} < s \leq 10\text{mm}$ 时，尖部倒角并堆焊 当 $s > 10\text{mm}$ 时，尖部割掉并安装与尖部相同高度的垫板  $20\text{mm} \leq b \leq 50\text{mm}$	

表 9.4 典型对接焊口加工修理（手工焊）

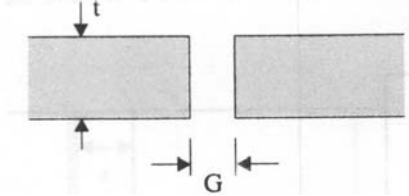
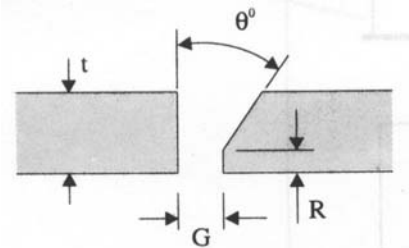
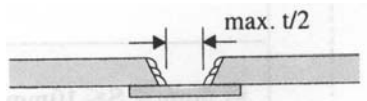
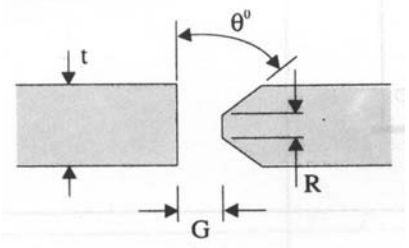
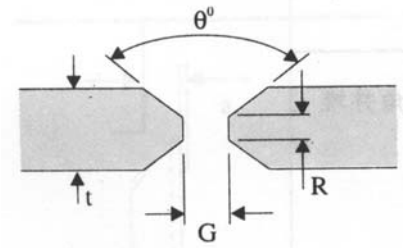
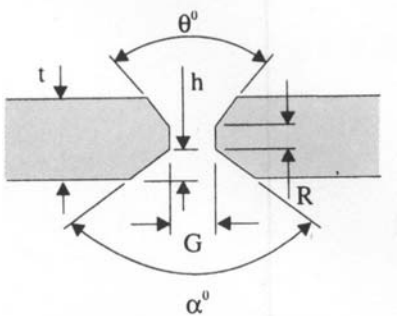
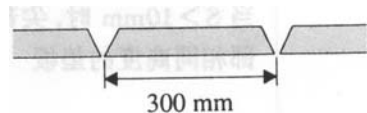
详图	修理标准	备注
<p>板对接（不开坡口）</p> 	<p>当 $G \leq 10\text{mm}$ 时倒 45° 角，并堆焊 当 $G > 10\text{mm}$ 时，背面加垫板，背面开槽，封底焊； 或嵌入最小 300mm 宽的板</p>	
<p>单面坡口对称</p> 	<p>当 $3\text{mm} < G \leq 3t/2$（最大 25mm）时，在坡口一侧或两侧堆焊，填补间隙，按需要可能使用最大 $t/2$ 的背垫板，如使用背垫板，背垫板在焊后应铲除，焊缝背面应开槽并实施封底焊。</p> 	
<p>双面坡口对接</p> 		
<p>对称双面 V 型坡口</p> 		
<p>不对称双面 V 型坡口</p> 		
	<p>当 $G > 25\text{mm}$ 或 $3t/2$ 时，嵌入最小为 300mm 宽的板，焊接固定就位。</p> 	

表 9.5 典型对接焊坡口加工修理（手工焊）

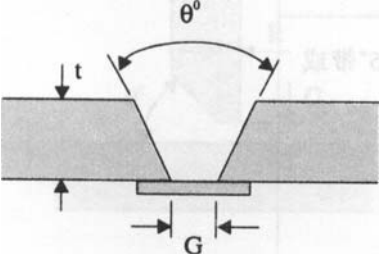
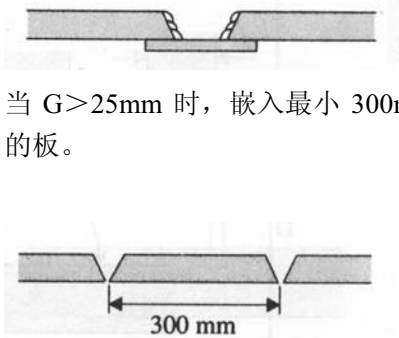
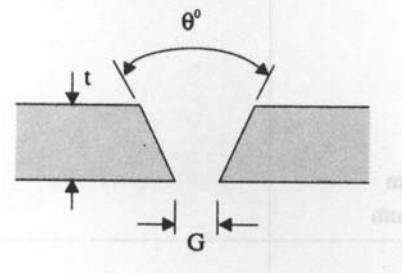
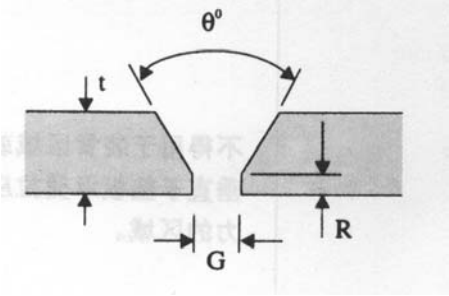
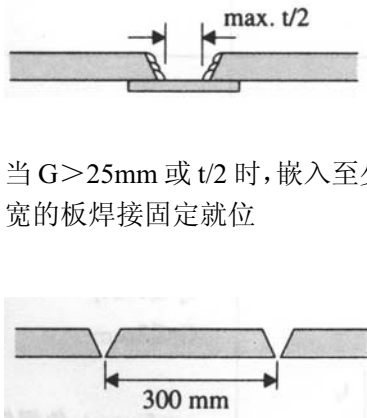
详图	修理标准	备注
<p>单面 V 型坡口，加垫板焊接</p> 	<p>当 $G \leq 25\text{mm}$ 或 $G \leq t/2$ 时，在坡口一边或两边焊接，打磨坡口，加垫板施焊，焊后铲掉垫板，在背面开槽并施焊。</p>  <p>当 $G > 25\text{mm}$ 时，嵌入最小 300mm 宽的板。</p>	
<p>单面对接焊，单面 V 型坡口</p> 	<p>当 $3 < G \leq 3t/2$（最大 25mm）时，在加工的单面或双面焊坡口堆焊填补间隙，按需要使用最大 $t/2$ 的垫板。</p> <p>如采用垫板，焊后铲除掉垫板，在背面开槽并施封底焊。</p>	
<p>单面 V 型对接焊</p> 	 <p>当 $G > 25\text{mm}$ 或 $t/2$ 时，嵌入至少 300mm 宽的板焊接固定就位</p>	

表 9.6 典型对接焊坡口加工修理（手工焊）

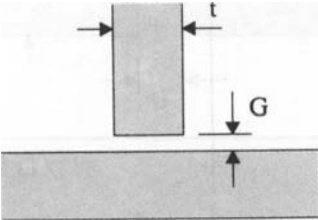
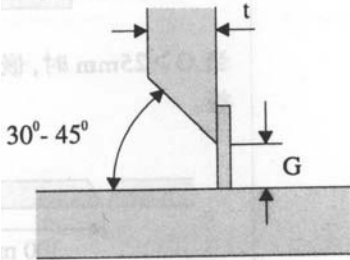
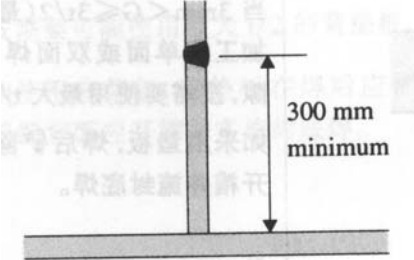
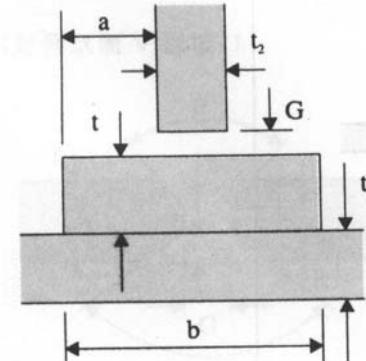
详图	修理标准	备注
<p>T 型角接</p> 	<p>$2\text{mm} < G \leq 5\text{mm}$ 时，焊脚长增至规范要求长+ (G-2)</p>	
	<p>$5\text{mm} < G \leq 16\text{mm}$ 时，削斜 $30^\circ\sim 45^\circ$ 带或不带垫板，打磨并单面堆焊焊接。</p> 	
	<p>$G > 16\text{mm}$ 或 $G > 1.5t$ 时嵌入至少 300mm 宽的新板</p> 	
<p>垫板处理</p> 	<p>$t_2 \leq t \leq t_1$ $G \leq 2\text{mm}$ $a = 5\text{mm} + \text{角焊缝焊脚长}$</p>	<p>不得用于装货区域或垂直于垫板受拉应力的区域。</p>

表 9.7 典型角接焊坡口加工修理（手工焊）

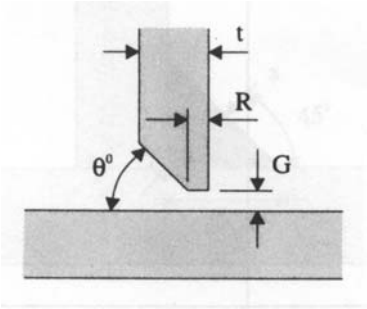
详图	修理标准	备注
<p>单面 T 型角接</p> 	$3\text{mm} < G \leq 5\text{mm}$ 堆焊	
	$5\text{mm} < G \leq 16\text{mm}$ 可带垫板或不带垫板堆焊，如使用垫板，焊后应铲除，在背面开槽并焊接。	
	$G > 16\text{mm}$ 时，嵌入至少宽 300mm 的板。	

表 9.8 典型角焊坡口加工修理（手工焊）

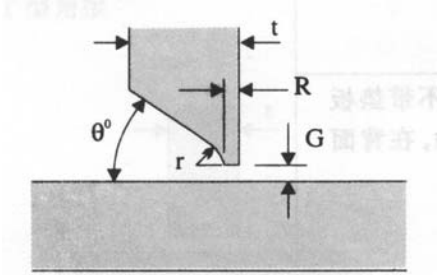
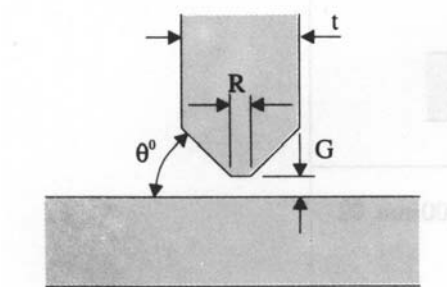
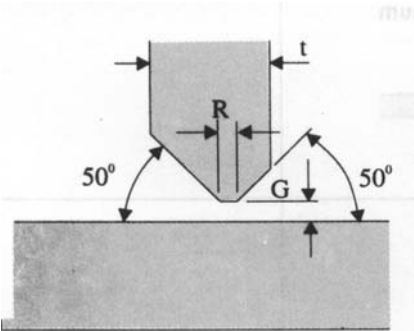
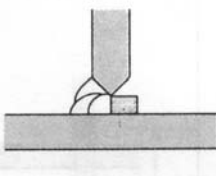
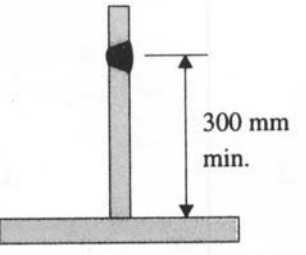
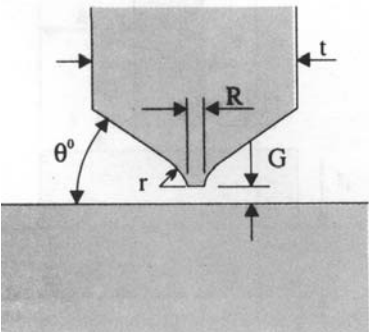
详图	修理标准	备注
<p>单面 J 型角接</p> 	按单面 T 型角接	
<p>双面对称坡口 T 型角接</p> 	当 $3\text{mm} < G \leq 16\text{mm}$ 时，使用陶瓷或其他认可材料作垫板堆焊，焊后铲除，背面开槽并焊接。	
<p>双面不对称 T 型角接</p> 	 <p>当 $> 16\text{mm}$ 时，嵌入至少宽为 300 的板。</p> 	
<p>对称双面 J 型角接</p> 		

表 9.9 典型角接和对接外型修理（手工焊）

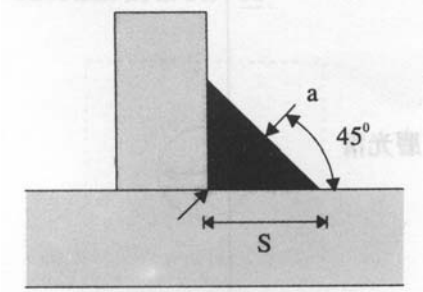
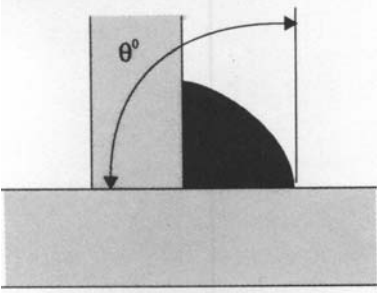
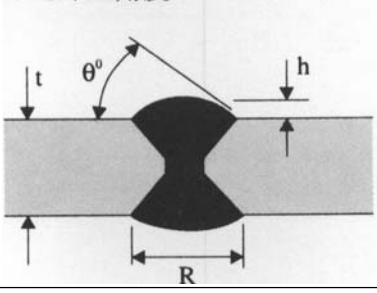
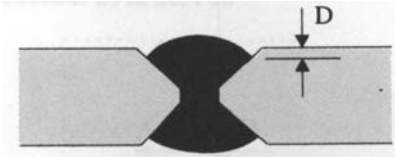
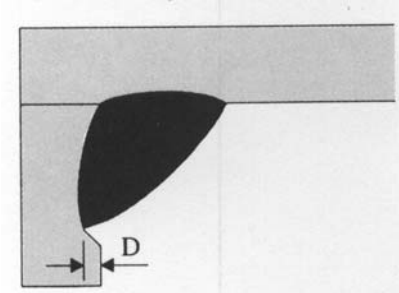
详图	修理标准	备注
<p>角焊缝焊脚长</p> 	补焊增加焊脚或焊喉	高强度钢区域应避免短于50mm的短焊缝。
<p>角焊缝趾角度</p> 	当 $\theta > 90^\circ$ 时，如必要打磨并焊接，使之 $\theta < 90^\circ$ 。	
<p>角焊缝趾角度</p> 	当 $\theta > 90^\circ$ 时，如必要打磨并焊接，使之 $\theta < 90^\circ$ 。	
<p>对接焊咬边</p> 	如 $0.5 < D \leq 1\text{mm}$, 其仅为局部咬边，应打磨平滑。	
<p>角焊缝咬边</p> 	如 $D > 1\text{mm}$ ，咬边应补焊填满。	

表 9.10 修理焊缝间的距离

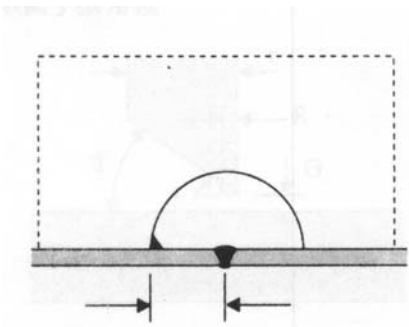
详图	修理标准	备注
<p>焊缝上开孔</p> 	至另一焊缝间应开孔并打磨光滑	

表 9.11 错误开孔的修理

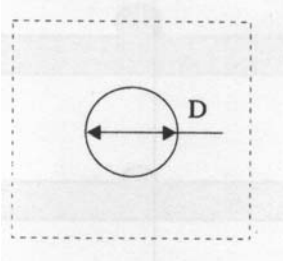
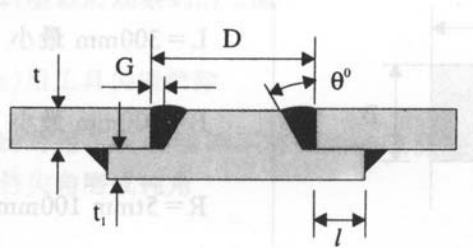
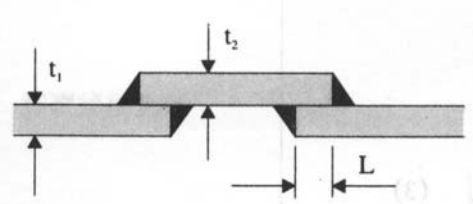
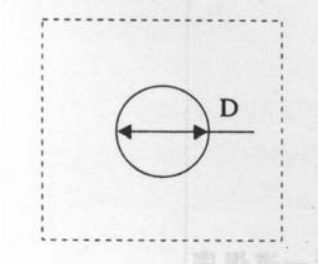
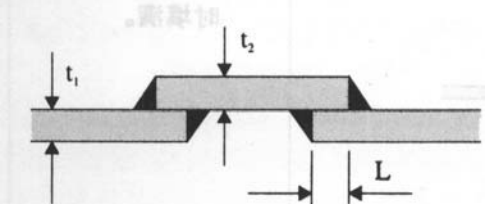
详图	修理标准	备注
<p>D<200mm 的错误开孔</p> 	<p>强力构件，开孔最小直径 75mm 时，安装窝接块并焊接。</p>  <p>$\theta = 40^{\circ} - 50^{\circ}$ $G = 4 - 6\text{mm}$ $1/2t \leq t_1 \leq t_2$ $l = 50\text{mm}$</p> <p>或开孔大于 300mm,嵌入板。</p>	<p>对接焊后再角焊。</p> <p>在高应力集中区域疲劳区，装窝接块，应经船级社认可。</p>
	<p>其他构件，开孔大于 300mm，并嵌入钢板或搭焊钢板</p>  <p>$t_1 = t_2$ $L = 50\text{mm}, \text{min}$</p>	
<p>D>200mm 的错误开孔</p> 	<p>强力构件</p> <p>开孔大于 300mm ,嵌入钢板</p> <p>其他构件，开孔大于 300mm，并嵌入钢板或搭焊钢板</p>  <p>$t_1 = t_2$ $L = 50\text{mm}, \text{min}$</p>	

表 9.12 嵌入板修理

详图	修理标准	备注
<p>嵌板修理</p>	<p>L=300 最小 B=300mm 最小 R=5tmm 100mm 最小</p> <p>(1) 应首先焊接嵌板 (2) 原有焊缝应铲除，并至少焊接 100mm。</p>	
<p>插板修理组合型材</p>	<p>焊接顺序 (1) → (2) → (3) → (4)</p> <p>腹板对接焊的凹坑应在最后一道焊序时填满。</p>	

9.13 焊缝表面修整

详图	修理标准	备注
<p>焊接飞溅</p> 	<p>1.在喷砂前观察到的飞溅,用工具或尖锤将飞溅铲除</p> <p>2.喷砂后观察至的飞溅</p> <p>a)用工具尖锤铲除</p> <p>b)对用工具尖锤等不易铲除的飞溅应将尖角磨成钝角</p>	<p>理论上,焊接后应为非磨削面。</p>
<p>手工焊缝不平整</p> 	<p>表面不平整度超过 3mm 时,将其打磨至小于 3mm</p>	<p>本修理标准同样适用于角焊缝</p>
<p>起弧</p>	<p>打磨掉硬化区</p>	

B 部分 现有船舶的修理质量标准

目 录

1. 范围
2. 修理和修理人员的一般要求
3. 人员资格
 - 3.1 焊工资格
 - 3.2 焊接工艺评定
 - 3.3 NDE 操作人员资格
4. 材料
 - 4.1 材料的一般要求
 - 4.2 材料等级的等效
5. 焊接的一般要求
 - 5.1 船体结构钢焊接材料的相关性
 - 5.2 预热和干燥的一般要求
 - 5.3 船舶漂浮状态水线以下船体板干法焊接
6. 修理质量标准
 - 6.1 焊接一般要求
 - 6.2 板的换新
 - 6.3 板上加复板
 - 6.4 内部构件 / 扶强材的换新
 - 6.5 内部构件 / 扶强材的换新一角钢 / 球扁钢的过渡
 - 6.6 板条端部
 - 6.7 点腐蚀的焊接
 - 6.8 裂纹的焊接修理
 - 6.9 表面裂纹的打磨

参考文献:

1. **IACS**“散货船船体结构检验、评估和修理指导性文件”
2. **TSCF**“双壳油船结构检查和维修指南”
3. **TSCF**“油船结构检查和状态评估指南”
4. **IACS UR W11**“普通和高强度船体结构钢”
5. **IACS UR W13**“钢板和宽扁钢的许用厚度负偏差”
6. **IACS UR W17**“普通和高强船体结构钢焊材认可”
7. **IACS UR Z10.1**“油船船体检验”和 **UR Z10.2**“散货船船体检验”表IV
8. **IACS UR Z13**“航行中修理和维护”
9. **IACS** 推荐指南 **No.12**“热轧钢板和宽扁钢表面质量要求指南”
10. **IACS** 推荐指南 **No.20**“船体焊缝检查指南”

1. 范围

1.1 该标准为船体结构修理质量提供指导。其包括对现有船舶永久性修理的要求。

这些标准一般适用于：

—常规船型

—船级社规范适用的船体部分

—普通和高强度船体结构钢建造的船体结构

在任何情况下使用本标准均应经船级社同意。

该标准一般不适用于下述修理：

—特种船舶，例如气体船

—用不锈钢或其他种类型或等级钢加工的结构

1.2 本标准包括了典型的修理方法并对这些修理中最重要部分的修理质量标准提供了指导。除标准中另有明文说明外，以下所指工艺水平原则上将适用于常规设计的主要结构和非主要结构。然而，对于船体的临界和高应力区域可提出更为严格的标准，在各种下均应经船级社同意。评价船体结构和结构构件的临界性时，请参见参考文献 1、2、3。

1.3 对于由于强度不足或具体设计不当引起的损坏的修理，使之结构修复达到原来的标准，不可能是永久性修理。这种状况下，需要加强或改善的内容可能超出原始设计，本标准中并不包括这样的改进，但是可参考参考文献 1、2、3。

2. 一般情况下，当入级船的船体结构要进行修理时，修理工作应在船级社验船师监督下进行，并在修理工作开始前征得同意。

2.2 修理工作应按照船级社的要求和本标准的规定由工厂、修理厂或证明有能力进行船体修理并能保证质量的人员进行。

2.3 修理应在能便于完成修理的工作条件下进行，应制定有关易于到达，搭脚手架、照明和通风的规定，焊接作业应在能躲避风雨雪的条件下进行。

2.4 船体结构的焊接应由有资格的焊工，按照认可的经签定的焊接程序进行，并使用由船级社认可的焊接材料，见第 3 节。焊接操作应在修理厂的监督下进行。

2.5 若在航行中要进行影响或有可能影响船级的船体修理，应在修理前合理的时间将整套修理程序，包括修理范围和修理顺序，提交船级社验船师征得同意。见参考文献 8。

3. 人员资格

3.1 焊工资格

3.1.1 焊工应按船级社的程序或认可的国家或国际标准，如 **EN287**、**IS09606**、**ASME IX** 节，**ANSI / AWS D1.1** 考核。其他标准应提交船级社评定。修理厂和工厂应保存焊工资格记录，且能按要求提供有效的认可试验证书。

3.1.2 完全使用机械进行全自动程序焊接的操作人员，如这些操作人员所焊焊缝能达到所要求的质量，一般不需要经过认可试验。然而，操作人员应接受有关设备安装或程序制定和操作方面的足够培训，培训记录和产品试验结果将保留在每个操作人员的案卷和记录中，且当需要时可供船级社检查。

3.2 焊接程序评定

焊接程序应按照船级社的程序或认可的国家或国际标准，如 **EN288**、**IS09956**、**ASME IX** 节、**ANSI / AWS D1.1** 进行评定。其他标准应提交船级社评定。焊接程序应有焊接程序评定记录作为支持文件，技术说明书应包括焊接过程、焊条型号、焊缝形式、坡口加工、焊接技术和焊接位置。

3.3 NDE 操作人员的资格

3.3.1 凡从事评价本标准包含的焊缝修理质量的无损探伤人员，应符合满足船级社规范或认可的国家标准、国际标准的资格要求。操作人员的记录及有效证书应保存并可供验船师检查。

4. 材料

4.1 材料的一般要求

4.1.1 对修理所使用材料的要求一般与船级社规范中对新造船的材料要求相同，(参考文献 5)。

4.1.2 换新的材料一般应与原认可材料的等级相同。作为另选择方案，船级社也可接受符合认可的国家或国际标准材料等级，但这些标准与原来所用材料等级要求等效或经船级社同意。4.2 节中的一般要求和指南适用于评估钢材等级的等效性。

4.1.3 除非经船级社特别批准，否则不应以低强度钢置换高强度钢。

4.1.4 普通和高强度船结构钢应由船级社认可的工厂按照供货类型和等级生产。

4.1.5 修理中所使用的材料应由船级社按照规范中新造船的程序和要求进行发证。在特殊状况下和一般限于少量的材料，可以根据其他替换的验证材料特性的程序予以接受。这种程序应根据每次情况分别经船级社同意。

4.2 材料等级的等效

4.2.1 材料等级等效评定应至少包括下述方面的内容：

- 热处理 / 交货状态
- 化学成分
- 机械性能
- 公差

4.2.2 表 4.1 的一般要求适用于评定厚度在 50mm 以内，等级最多到 E40 的普通或高强度船体结构钢的等效性。

4.2.3 表 4.2 中给出了一些认可标准等效于船级社规范中规定的船体结构钢等级的钢材等级选择指南。

5. 焊接的一般要求

5.1 焊接材料与船体结构钢的相关性

5.1.1 不同等级的船体结构钢应按 IACS UR W17(见参考文献 5)选择焊接材料。

5.2 预热和干燥的一般要求

5.2.1 应根据材料的化学成分，焊接过程和程序，接头的约束程度决定是否需要预热。

5.2.2 环境温度低于 0℃时，预热温度应至少为 5℃，所有状况下焊接区均应保证干燥。

5.2.3 表 5.1 中给出有关高强度钢最低预热温度的建议。对于自动焊程序利用较高加热温度，例如，埋弧焊，温度可以降低 50℃。对返修焊或焊缝修理，应按规定值增加 25℃。

5.3 船舶漂浮时水线以下船体板的干法焊接

5.3.1 只有在普通钢或规定的屈服强度不超过 355MPa 的高强度钢上焊接且只限于局部修理时，才允许对漂浮船舶水线以下船体板进行焊接。涉及其他高强度钢的焊接或更大范围修理的防水垫板应予以特别考虑，应确定焊接程序的船级社批准。

5.3.2 在船体防水垫板上焊接时，应使用低氢电焊条或低氢焊接工艺。用于手工金属弧焊的低氢焊条应保证最低湿度。

5.3.3 为保证干燥和降低冷却速率，结构焊接前应用喷灯或类似方式预热，至少达到 5℃或焊接工艺中规定的温度。

项 目	要 求	说 明
化学成分	-C；等于或低于 -P和S；等于或低于 -Mn；大约相同但不超过1.6% -细化晶粒元素；同样数量 -脱氧工艺	Cu、Ni、Cr、Mo等元素的总 合应不超过0.8%
机械性能	-抗拉强度：等于或高于 -屈服强度：等于或高于 -伸长率：等于或高于 -冲击功；在相同或较低的温度下等 于或高于，如适用	实际屈服强度不应超过船级社规范 最低要求80 N / mm ²
交货条件	相同或更好	热处理依次提高 热轧状态(AR) 控轧状态(CR) 正火状态 (N) (TM) ¹⁾ 淬火加回火(QT) ¹⁾ 1)TM和QT钢不适用于热成形
公 差	相同或更严格	允许厚度负偏差： 板材：0.3mm 型材：根据认可的标准确定

表 4.1 评定普通或高强度船体结构钢等级等效的最小范围和最低要求

表 4.2与船级社规范普通和高强度船体结构钢等级相比较的钢材等级指南

船级社规范规定的钢材等级(参考文献5)						可相比较的钢材等级			
等级	最低屈服强度 R _{eH} min. N/mm ²	抗拉强度 R _m N/mm ²	伸长率 A ₅ min. %	平均冲击功		ISO 630..8.. 4950/2/3 1981	EN EN 10025.93 EN 10113—93	ASTM A 13 1	JIS G 3106
				温度 T °C	焦耳 J.min 纵 横				
A B D E	235	400-502	22	+20 0 .20 .40	27 20 27 20	Fe 360B Fe 360C Fe 360D -	S235JRG2 S235J0 S235J2G3 S275NL/ML	A B D E	SM41B SM41B (SM41C、 -
A 27 D 27 E 27	265	400-530	22	0 .20 .40	27 20	Fe 430C Fe 430D -	S275JOG3 S275N/M S275NL/ML	- - -	- - -
A 32 D 32 E 32	315	440-590	22	0 .20 .40	31 22	- - -	- - -	AH32 DH32 EH32	SM50B (SM50C)
A 36 D 36 E 36	355	490-620	21	0 —20 .40	34 24	Fe 510C Fe 510D E 355E	S355N/M S255N//M S355NL/ML	AH36 DH36 EH36	SM50B (SM53C)
A 40 D 40 E 40	390	510-650	20	0 .20 .40	41 27	EE390CC E390DD E390E	S420N/M S420N/M S420NL/ML	AH40 DH40 EH40	(SM58) - -

注：按此表选择可比较钢材时，应注意表 4.1 的要求和船级社规范有关产品尺寸的要求。

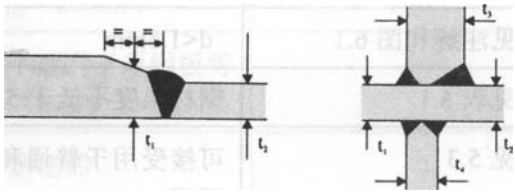
碳当量1)	建议最低预热温度(℃)		
	$t_{\text{comb}} < 50\text{mm}$	$50\text{mm} < t_{\text{comb}} < 70\text{mm} 2)$	$t_{\text{comb}} > 70 2)$
$C_{\text{eq}} < 0.39$	-	-	-
$C_{\text{eq}} < 0.4 1$	-	-	-
$C_{\text{eq}} < 0.43$	-	50	100
$C_{\text{eq}} < 0.45$	50	100	125
$C_{\text{eq}} < 0.47$	100	125	150
$C_{\text{eq}} < 0.50$	125	150	175

表 5.1 预热温度

注

1) $C_{\text{eq}} = C + (\text{Cr} + \text{Mo} + \text{V}) / 5 + (\text{Ni} + \text{Cu}) / 15 (\%)$

2)组合厚度 $t_{\text{comb}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4$ ，如图所示



6. 修理质量标准

6.1 焊接，一般要求

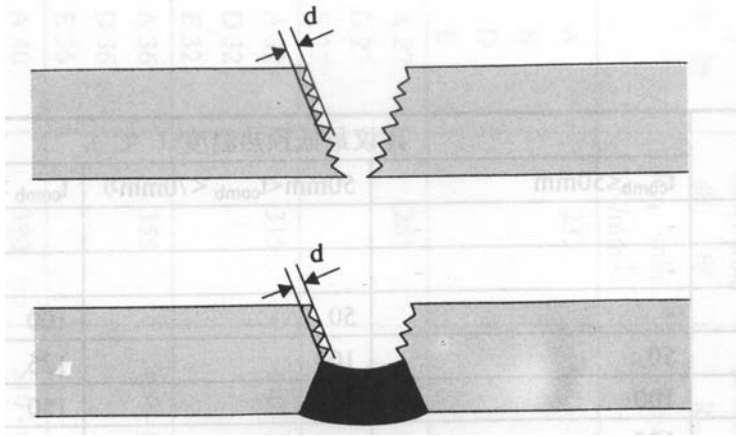


图 6.1 坡口粗糙度

项 目	标 准	限定值	备 注
材料等级	等于或高于原钢板等级		见第4节
焊接材料	IACS UR.W17 (参考文献6)	根据等效的国际标准 认可	
坡口 / 粗糙度	见注解和图6.1	$d < 1.5\text{mm}$	打磨光滑
预热	见表5.1	钢材温度不低于5℃	

船体外部湿法焊接	见5.3	可接受用于普通和高强钢	用喷灯去除水分
校直	同新造船		
焊接表面	IACS船舶船体焊缝检查指南 (参考文献10)		
NDE	IACS指南 (参考文献10)	在到场验船师同意范围内随机抽查	

注：应清除铁渣、油脂、加工氧化皮、铁锈、油漆(底漆除外)。

6.2 钢板换新

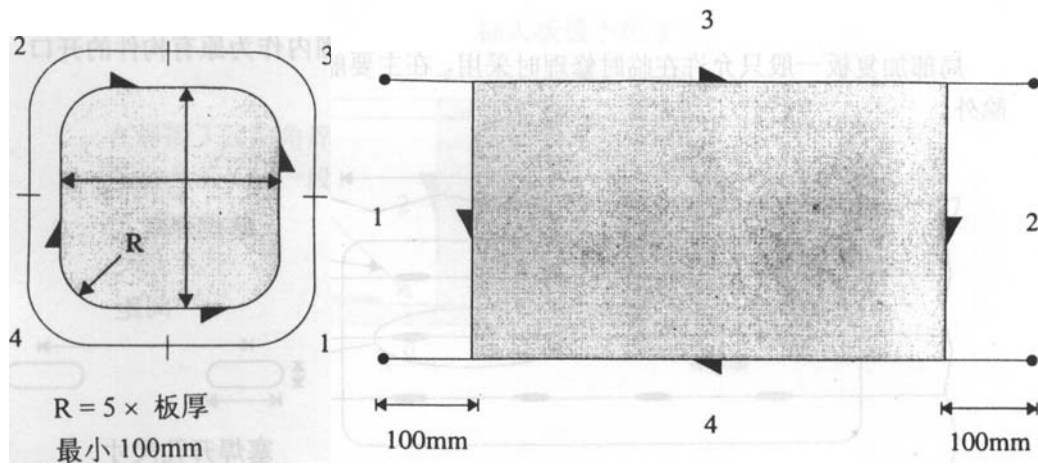


图 6.2 嵌入钢板的焊接顺序

项 目	标 准	限定值	备 注
嵌入板尺寸	Min.300x300mm $R=5 \times \text{厚度}$ 嵌入圆板： $D_{\min}=200\text{mm}$	Min.200×200mm Min R=100mm	
材料等级	等于或高于原钢板等级		见第4节
坡口加工	同新造船		不符合新造船要求则增加NDE数量
焊接顺序	见图6.2 焊接顺序为： 1—2—3—4		主要构件焊接顺序1和2与主应力方向

组装精度	同新造		
焊接表面	IACS船舶船体焊缝检查指南 (参考文献10)		
NDE	IACS指南 (参考文献10)		

6.3 在板上加复板

局部加复板一般只允许在临时修理时采用，在主要船体结构范围内作为原有构件的开口除外。

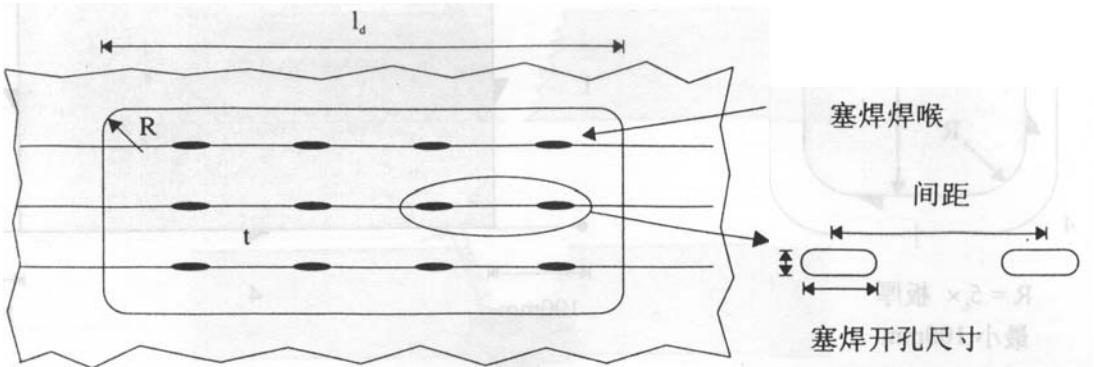


图 6.3 钢板上加复板

项 目	标 准	限定值	备 注
原有船壳板		一般要求: $t \geq 5\text{mm}$	原板 t 小于5mm的区域,应用嵌入板方式进行永久性修理
范围 / 尺寸	成圆角	min 300x300mm $R \geq 500\text{mm}$	
复板厚度(t_d)	$t_d < t_p$ (t_p =现有板的原始厚度)	$t_d > t_p/3$	
材料等级	与原钢板等级相同		见第4节
坡口加工	同新造		焊在强力构件上的复板: $t > L_e + 5\text{mm}$ 时, 应按1: 4坡度加工坡口 (L_e : 焊脚长度)
焊接	同新造船		焊接顺序与嵌入板相似
焊缝尺寸(焊喉厚度)	周边和孔内: $0.6 \times t_d$		

塞焊	一般开槽尺寸： (80.100)x 2 td 复板边缘和开孔间距： $d \leq 15 td$	槽孔间最大中心距： 200mm $d_{max}=500mm$	跨多个支撑构件的复板，见图6-3
NDE	IACS推荐指南20 (参考文献10)		

6.4 内部构件 / 扶强材的换新

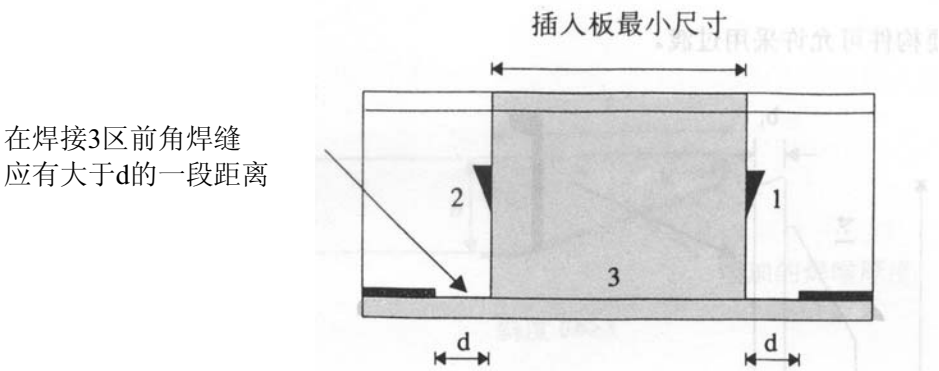


图6.4扶强材嵌入板焊接顺序

项 目	标 准	限定值	备 注
嵌入板尺寸	Min.300mm	Min.200mm	
材料等级	等于或高于原钢板等级		见第4节
坡口加工	同新造船 扶强材角焊腹板 / 板 间应脱开至少 $\min.d=150mm$		
焊接顺序	见图6.4 焊接顺序为： 1—2—3		
校直	同新造船		
焊接表面	IACS船舶船体焊缝 检查指南 (参考文献10)		
NDE	IACS推荐指南 (参考文献10)		

6.5 内部构件 / 扶强材的换新一角钢 / 球扁钢的过渡

非主要构件可允许采用过渡。

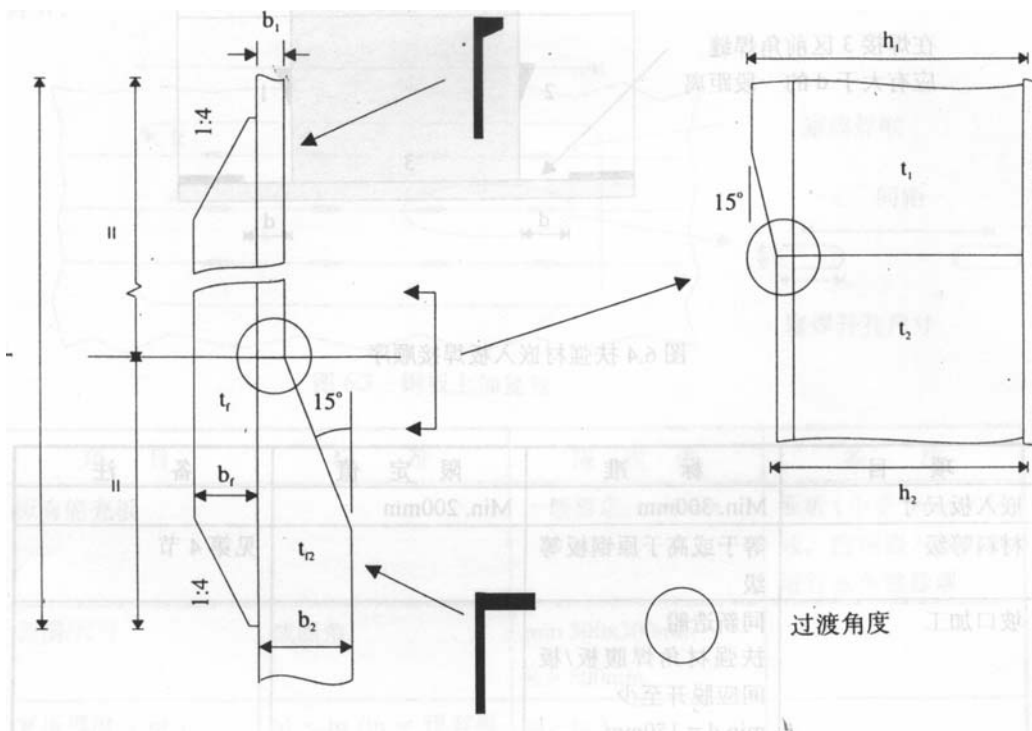


图6.5角钢和球扁钢的过渡

项 目	标 准	限定值	备 注
$(h_1 - h_2)$	$< 0.25 \times b_1$		
$ t_1 - t_2 $	2mm		无斜面过渡
过渡角	15度		任意截面
折边	$t_f = t_2$ $b_f = b_2$		
扁钢长度	$4 \times h_1$		
材料			见第4节

6.6 板条端部

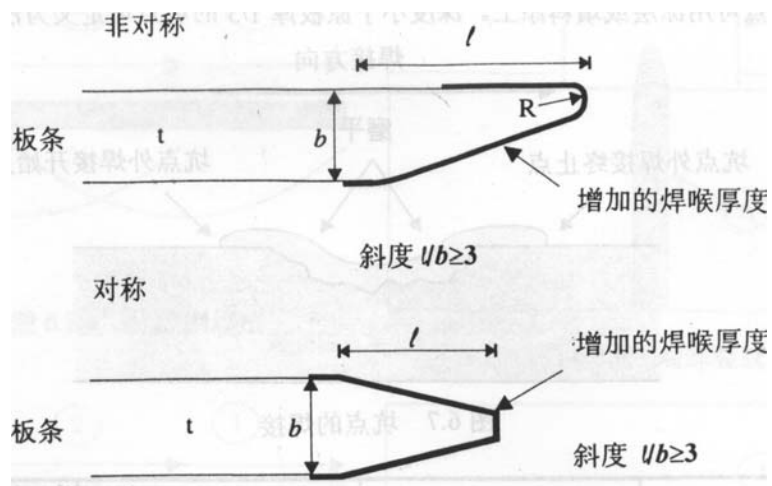


图6.6板条端部

项 目	标 准	限定值	备 注
锥度	$b > 3$		在疲劳敏感区，板条的端部设计应予以特别考虑
半径	$0.1 \times b$	min.30mm	
材料			见2.0关于材料的一般要求
焊缝尺寸			根据板条数目及作用确定。端部焊喉厚度应增加15%
焊接	焊接顺序： 从中间向着自由端		见示意图。 长度大于1000mm的焊缝应采用间断焊

6.7 点腐蚀的焊接

注：

浅的坑点可用涂层或填料添上。深度小于原板厚1/3的坑点可定义为浅坑点。

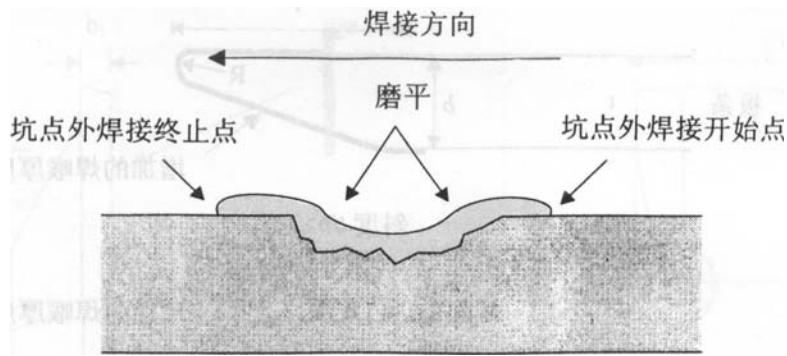


图6.7坑点的焊接

项 目	标 准	限定值	备 注
范围/深度	坑点/磨损应焊至与原表面齐平	如深坑点、沟槽为密集型或所剩余厚度小于6mm，衬板应换新。	见IACS推荐指南N0.12 (参考文献9)
清除	清除严重腐蚀		
预热	见表5.1	环境温度低于5℃时，要求预热	始终要用喷灯或类似方式烤干水分
焊接顺序	焊完每道焊缝后转换方向		见IACS推荐指南N0.12

焊接表面	IACS船舶船体焊缝检查指南 (参考文献10)		
NDE	IACS推荐指南 (参考文献10)	至少10%范围	最好采用MPI(磁粉检验)

参见TSCF指南，参考文件2、3。

6.8 裂纹的焊接修理

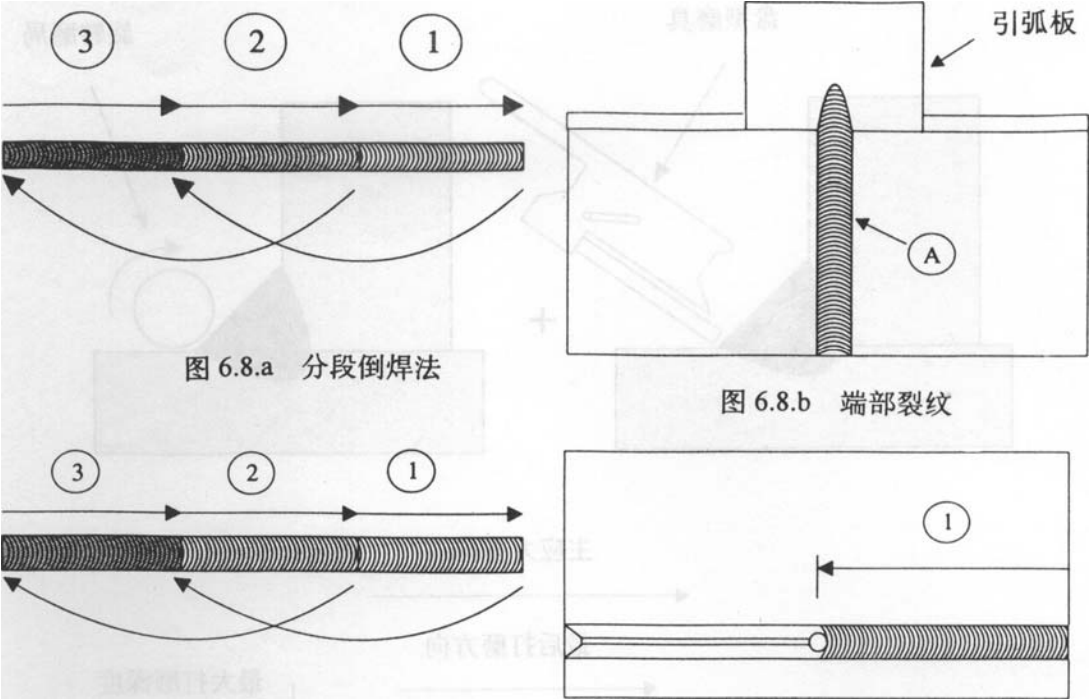


图6.8.C裂纹长度小于300mm的焊接顺序

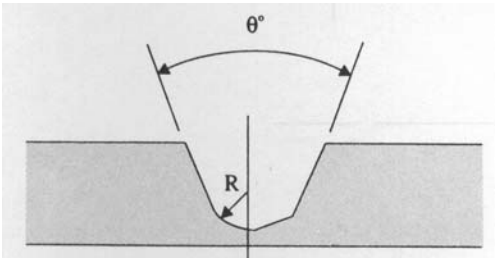


图6.8-d 坡口加工(左：U型坡口；右：v型坡口)

项 目	标 准	限定值	备 注
坡口加工	45-60°		对贯穿板厚的裂纹同新造船要求，其它见图6.9.d
端部	端部坡度为1：3		裂纹末梢在坡口处时，焊接应在引弧板处终止。见图6.9.b

范围	板上裂纹最大长度 max.400mm。裂纹末端分成 “V”形，超过裂纹50mm	板上裂纹max500mm 没有分叉的线状裂纹	
焊接顺序	见图6.9c所示顺序和方向	超过300mm的裂纹 应采用分段倒焊法， 见图6.9.a	全部使用低氢焊接材 料
焊接表面	IACS船舶船体焊缝检查指南 (参考文献10)		
NDE	IACS推荐指南 (参考文献10)	坡口100%MP或PE	对接焊100%表面裂 纹探测+UE或RE

6.9 表面裂纹的打打磨

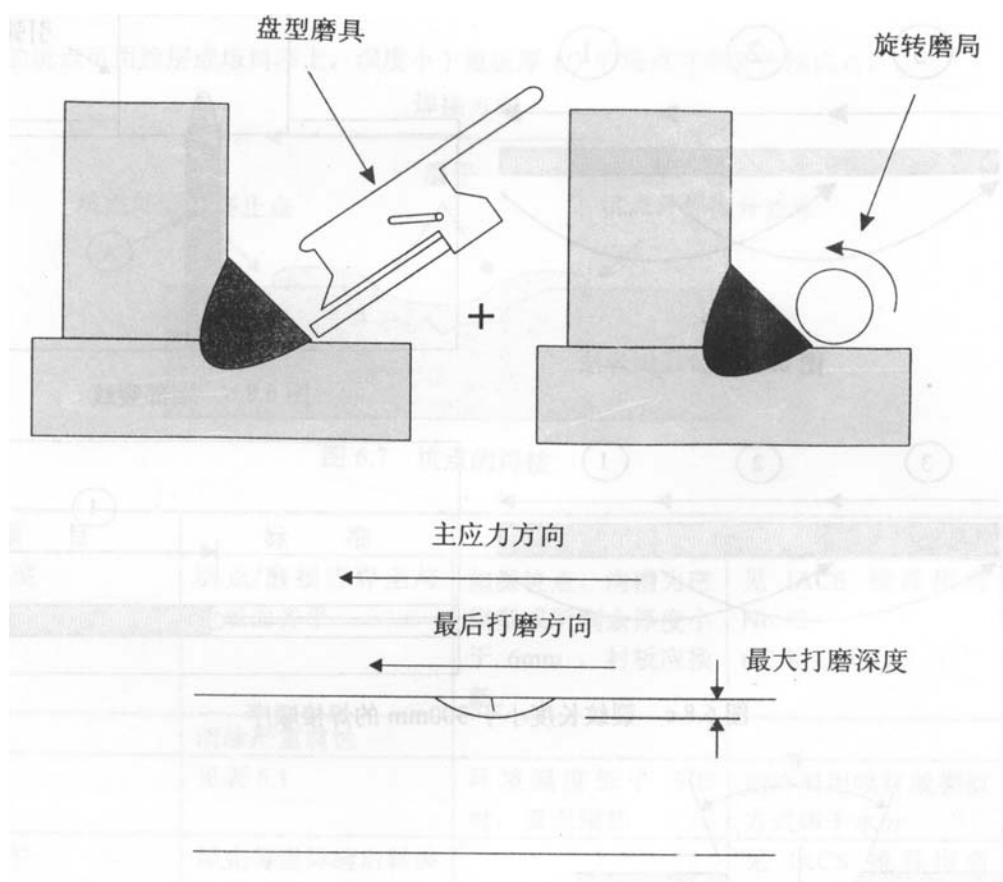


图6.9打磨

项 自	标 准	限定值	备 注
范围	短小裂纹最长为4t, max.=4t t=板厚	最大长度 Max.100mm	见IACS推荐指南12 (参考文献9)
打磨方向	最终打磨磨纹方向平行于主应力方向		最终打磨应使用旋转磨具而不应使用盘形磨具
打磨深度	Max..0.2 t t=板厚		始终保持平稳过度
NDE	IACS船舶船体焊缝检查指南 (参考文献10)		100%MPI