



中国船级社

材料与焊接规范

2023 年修改通报

(初稿)

中国船级社上海规范研究所

目 录

第1篇	金属材料	1
第2章	材料的性能试验	1
第7节	不锈钢晶间腐蚀试验	1
第5章	锻 钢 件	1
第1节	一 般 规 定	1
第2节	船体结构用锻钢件	2
第3节	轴系与机械结构用锻钢件	3
第4节	曲轴锻钢件	5
第5节	齿轮锻钢件	5
第6章	铸 钢 件	6
第1节	一 般 规 定	6
第2节	船体结构用铸钢件	8
第3节	机械结构用铸钢件	10
第4节	曲轴铸钢件	12
第5节	螺旋桨铸钢件	12
第2篇	非金属材料	1
第3章	纤维增强塑料船体材料	13
第3节	铺敷成型工艺	13
第3篇	焊 接	13
第3章	焊接工艺认可	13
第3节	角接焊工艺认可试验	14
第4章	焊工资格考试	14
第1节	一 般 规 定	14
第2节	焊工考试与评定	14
第3节	焊工资格适用范围	15
第5章	船体结构的焊接	19
第1节	一 般 规 定	19
第3节	焊缝检验与修补	19
第8章	重要机件的焊接	21
第4节	螺旋桨的无损检测与焊补	21
附录1	船体钢质焊缝的无损检测	23

简要说明

第1篇

- 1、修订奥氏体不锈钢敏化处理；
- 2、纳入UR W7，对锻钢件作出更改：（1）将公认标准与IACS的标准更新同步到当前版本；（2）修改了不同厚度锻钢件的取样位置；（3）明确了空心的环锻件的试样选取位置要求；（4）更新了锻钢件的机械性能的要求和一些验收标准；（5）更新了锻钢件一般检查、无损检测制度的规定。
- 3、纳入UR W8，对铸钢件作出更改：更新引用公认标准，修订试件尺寸和取样方式。新增合金铸钢件以及碳钢、碳锰钢等级，其中对铸钢件区分焊接用和非焊接用铸件。新增力学性能夏比冲击测试要求，修订焊接、修补合NDT要求。

第2篇

- 1、新增结构胶施工工艺要求。

第3篇

- 1、明确对于双相不锈钢及节镍型双相不锈钢角接焊工艺硬度试验结果要求。
- 2、完善管板角接焊工考试焊接位置覆盖范围。
- 3、增加无损检测点超声检测的适用。
- 4、完善螺旋桨补焊工艺评定接头形式及相关要求。

第1篇 金属材料

第2章 材料的性能试验

第7节 不锈钢晶间腐蚀试验

2.7.3.1 试验的腐蚀介质溶液应按下述程序制备：

- (1) 将 100g 硫酸铜($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)置于 700mL~800mL 蒸馏水中；
- (2) 将 100mL 密度为 1.84g/mL 的硫酸缓慢加入到(1)所述的溶液中；
- (3) 然后用蒸馏水将(2)所述的溶液稀释至 1L 溶液。

2.7.3.2 将细铜屑加入试验容器中铺成铜屑垫，铜屑与溶液之比至少为 50g/L。

2.7.3.3 对于超低碳不锈钢（碳含量不大于 0.03%）和稳定化不锈钢（添加钛或铌），应将清洁后的试样进行敏化处理（焊接接头试样除外）：对于超低碳不锈钢和稳定化不锈钢，奥氏体不锈钢加热至 $650 \pm 10^\circ\text{C}$ ，保温 120min，随后放置空气中冷却。奥氏体/铁素体双相不锈钢加热至 $700 \pm 10^\circ\text{C}$ ，保温 30min，随后迅速放入水中冷却。然后将试样置于试验容器中的铜屑垫上，加入腐蚀介质溶液至浸没整个试样，溶液应高出试样上表面 20 mm 以上。加热试验容器至溶液沸腾，使试样在沸腾的溶液中浸泡 16h，除非供需双方协议更长的时间。试验过程中应防止溶液因蒸发而浓缩。若溶液中放置多个试样，应保持溶液总量与试样总面积之比不低于 $10\text{mL}/\text{cm}^2$ ，且试样之间应无相互接触。

焊后已进行固溶处理的焊接接头试样，试验前应进行敏化处理。

第5章 锻钢件

第1节 一般规定

5.1.3.8 当用焊接方法将两个及以上锻件，或锻件与其他钢构件连接成一个组合部件时，应将焊接工艺规程提交 CCS 认可。必要时可并要求进行焊接工艺认可试验。

5.1.3.9 从事船体结构锻钢件熔焊的焊工应按《材料与焊接规范》第3篇第4章的要求进行考试并取得由 CCS 颁发或接受的资格证书。

5.1.4.4 如果锻钢件在最终热处理后，需经受局部加热、进行热矫直或冷矫直，则应考虑对该锻钢件作消除残余应力处理。制造厂应对加热温度进行严格控制（不高于回火温度），避免对最终热处理以及锻钢件的最终微观组织和机械性能产生不利影响。

5.1.4.7 为了使锻钢件的交货条件满足设计和应用要求，制造厂有责任选择适当的热处理。

5.1.5.5 除另有规定外，截取试样时，应使试样的轴线位置位于：

(1) 对厚度 t 或直径 D 小于或等于 50mm 的锻件，试样的纵轴线应位于热处理表面下 $t/2$ 或 $D/2$ 处对厚度或直径小于或等于 50mm 的锻件，试样的纵轴线应位于厚度中间或横截面中心处；

(2) 对厚度 t 或直径 D 大于 50mm 的锻件，试样的纵轴线应位于锻件热处理表面下 $t/4$ 或 $D/4$ （中半径）或 80mm 处（取较小值）。试样的纵轴线应与锻件的任何热处理表面保持一定距离的位置，如图 5.1.5.5 所示对厚度或直径大于 50mm 的锻件，试样的纵轴线（中部）应位于锻件热处理表面下 $1/4$ 厚度（或半径的一半）或 80mm 处，（取较小值）；

(3) 对环形和圆盘形锻件（注意这些成型锻件的试样选取位置可能与长条或自由锻件不同），厚度 $\leq 25\text{mm}$ 时，在 $t/2$ 处取垂直和水平方向的切向试样，厚度 $> 25\text{mm}$ 时，在距离表面 12.5mm 处取垂直和水平方向的切向试样。

通常当锻件厚度 $> 25\text{mm}$ ，试样与锻件任意热处理表面的距离 a 不得小于 12.5mm，如图 5.1.5.5 所示。

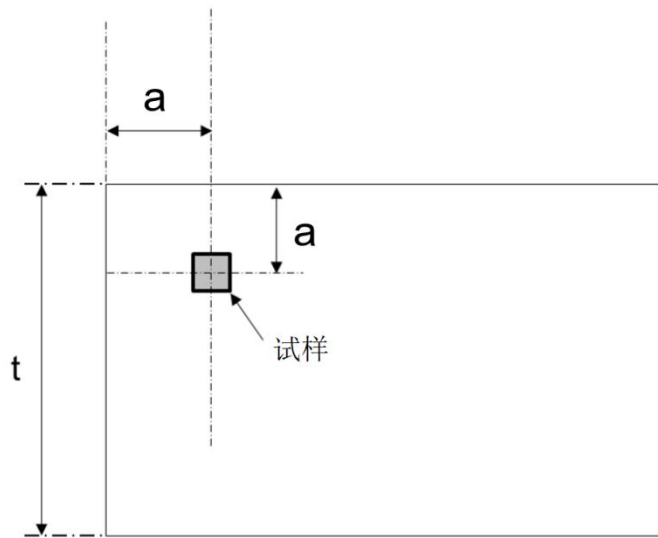


图 5.1.5.5 取样位置

5.1.6.1 验收时，制造厂应负责所有锻钢件应提交验船师作全部外表面的目视检查。如适用，目视检查还应包括内表面和孔的检查。除另有协议外，制造厂应负责锻钢件的尺寸校核。

5.1.6.4 锻钢件在最终热处理后机加工至适当阶段时应按本章各节的有关规定进行无损检测，并满足下列要求：

- (1) 检测的方法和检测范围应符合CCS《船舶焊接检验指南》第7章附录7A的规定；
- (2) 当采用外加电流法磁化工件时，应避免磁化电流损伤电极接触处的工件表面；
- (3) 当进行超声波无损检测时，通常应进行径向和轴向两个方向的检测。当形状或尺寸受限时，可进行轴向或径向检测；
- (4) 除图纸要求或另有协议外，无损检测的结果应符合CCS《船舶焊接检验指南》第7章附录7A的规定或相关公认标准的要求；

(5) 对于大批量生产的锻钢件，检验范围可特殊考虑并经CCS验船师同意。

5.1.6.5 制造厂应负责锻钢件的超声波检查以保证锻钢件的内部质量。

5.1.6.6 如采用先进无损检测（ANDT）技术应满足《材料与焊接规范》第3篇附录2的要求。

5.1.6.57 除CCS验船师同意外，上述无损检测应有验船师在场时进行。

5.1.8.2 制造厂应对经CCS检验合格后的所有锻钢件，在不少于一个位置上清晰地标出下列标记：

- (1) CCS检验标志；
- (2) 炉罐号或可以追溯锻钢件制造过程的标识号；
- (3) 试验压力(如有时)；
- (4) 锻钢件材料的牌号或等级；
- (5) 最终检验时间；
- (5) 检验单位缩写和担当验船师印章；
- (6) 证书号。

当标识面积不允许时，则至少应标出上述(1)~(3)三项。

钢印应用油漆框出，以求明显易认。

第 2 节 船体结构用锻钢件

5.2.3 热处理

5.2.3.1 除另有规定外，碳钢和碳锰锻钢件应采用下列状态之一交货：

- (1) 完全退火；

- (2) 正火;
- (3) 正火加回火(回火温度应不低于550℃);
- (4) 淬火加回火(回火温度应不低于550℃)。

5.2.3.2 除另有规定外,合金钢应以淬火加回火(回火温度应不低于550℃)状态交货采用下列状态之一交货:

- (1) 正火;
- (2) 正火加回火(回火温度应不低于550℃);
- (3) 淬火加回火(回火温度应不低于550℃)。

5.2.4 力学性能

5.2.4.1 锻钢件试样的截取方法如下:

(1) 通常应从每个锻钢件的一端截取1个纵向拉伸试样和一组3个冲击试样。当制造厂有要求时,也可按图5.3.4.4所示的方向或位置截取试样;

(2) 对重量超过4000kg且长度超过3m的锻钢件(锻态,但不包括试料的重量和长度),应从其两端各取1个拉伸试样和一组3个冲击试样。

船体结构用锻钢件的力学性能 表5.2.4.2

钢种	抗拉强度 ^② R_m 不小于 (N/mm ²)	屈服强度 R_{eH} 不小于 (N/mm ²)	伸长率 A_5 不小于 (%)		断面收缩率 Z 不小于 (%)		平均冲击功 ^③ 不小于 (J)		
			纵向	切向	纵向	切向	温度 (°C)	纵向	切向
碳钢 碳锰钢	400	200	26	19	50	35	0	27	18
	440	220	24	18	50	35			
	480	240	22	16	45	30			
	520	260	21	15	45	30			
	560	280	20	14	40	27			
	600	300	18	13	40	27			
合金钢	550	350	20	14	50	35			
	600	400	18	13	50	35			
	650	450	17	12	50	35			

注: ① 对抗拉强度<600N/mm²的各强度级锻钢,其抗拉强度的范围均为 120N/mm²;

对抗拉强度≥600N/mm²的各强度级锻钢,其抗拉强度的范围均为 150N/mm²。

② 当材料的规定最小抗拉强度为中间值时,其所对应其他力学性能要求均可用内插法求得。

③ 根据设计和应用,经CCS同意可接受其他验收要求。

5.2.4.3 对冰区航行的船舶,如其冰级标志为B1*或、B1、B2和B3时,该船暴露在空气中的舵杆和舵轴或舵销所采用的船体结构锻钢件,除应按本节5.2.4.1的规定进行试验外,还应作-10℃的夏比V型缺口冲击试验,试样1组3个,纵向平均冲击功应不低于2720J。

第3节 轴系与机械结构用锻钢件

轴系与机械用锻钢件的化学成分 表 5.3.2.1

钢种	化学成分(%)									
	C	Si	Mn	S	P	Cr	Mo	Ni	Cu ^②	残余元素总量
碳钢 碳锰钢	≤0.650.23 ^①	≤0.45	0.30~1.50	≤0.035	≤0.035	≤0.30 ^②	≤0.15 ^②	≤0.40 ^②	≤0.30	≤0.85
合金钢 ^③	≤0.45	≤0.45	0.30~1.00	≤0.035	≤0.035	≥0.40 ^④	≥0.15 ^④	≥0.40 ^④	≤0.30	—

注：① 不用于焊接结构的碳钢、碳锰钢的含碳量应不大于最大可为 0.2365%；如果按下式计算所得的碳当量(Ceq)不大于 0.41%，则含碳量可以高于此值。

$$C_{eq} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15} \quad (\%)$$

- ② 除有最小量限制外，这些元素作为残余元素考虑。
- ③ 用于焊接结构的合金钢锻钢件，化学成分应提交 CCS 认可。
- ④ 这些元素的一项或多项应符合最低要求。
- ⑤ 如果按下式计算所得的碳当量(Ceq)不大于 0.41%，则含碳量可超过 0.23%的限制。

$$C_{eq} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15} \quad (\%)$$

5.3.3 热处理

5.3.3.1 碳钢和碳锰钢锻钢件应采用下列之一的热处理方法：

- (1) 完全退火；
- (2) 正火；
- (3) 正火加回火；
- (4) 淬火加回火。

其中，回火的温度应不低于 550℃。

对于抗拉强度大于 700N/mm²的锻钢件，应作淬火加回火处理。

5.3.3.2 合金钢锻钢件可采用下列之一的热处理方法：

- (1) 正火；
- (2) 淬火加回火
- (3) 正火加回火

其中，回火的温度应不低于 550℃。

当合金钢采用正火加回火热处理时，其力学性能应符合公认的国际或国家标准的要求。

5.3.4.3 各种锻钢件的试验项目和试样数量应符合表 5.3.4.3 的要求。

轴系与机械用锻钢件的试验项目和试样数量 表 5.3.4.3

锻钢件名称	试验项目和试样数量	
	碳钢和碳锰钢	合金钢
中间轴、推力轴、尾管轴、螺旋桨轴、连杆、活塞杆、十字头、增压器转子、轴类锻钢件、柴油机气缸头螺栓、贯穿螺栓、主轴承螺栓、轴系法兰螺栓、连杆上下端螺栓、进排气阀、轴系传动机械的重要锻钢件	1.化学成分分析； 2.拉伸试验。应至少取1个试样； 3.冲击试验，应至少取1组3个试样。	1.化学成分分析； 2.拉伸试验，应至少取1个试样； 3.冲击试验，应至少取1组3个试样； 4.夹杂物分析。

注：① 适用于本节 5.3.4.5 规定的中间轴锻钢件。

5.3.5.1 轴系与机械结构用锻钢件的力学性能应符合表 5.3.5.1 的规定。

轴系与机械用锻钢件的力学性能 表 5.3.5.1

钢种	抗拉强度 ^② R_m 不小于 (N/mm ²)	屈服强度 R_{eH} 或 $R_{p0.2}$ 不小于 (N/mm ²)	伸长率 A_5 不小于 (%)		断面收缩率 Z 不小于 (%)		硬度 ^③ (HB)	平均冲击功 不小于 (J)		
			纵向	切向	纵向	切向		温度 (℃)	纵向	切向
碳钢 碳锰钢	400	200	26	19	50	35	110~150	AT	27	18
	440	220	24	18	50	35	125~160			
	480	240	22	16	45	30	135~175			
	520	260	21	15	45	30	150~185			
	560	280	20	14	40	27	160~200			

钢种	抗拉强度 ^{①②} R_m 不小于 (N/mm ²)	屈服强度 R_{eH} 或 $R_{p0.2}$ 不小于 (N/mm ²)	伸长率 A_5 不小于 (%)		断面收缩率 Z 不小于 (%)		硬度 ^③ (HB)	平均冲击功 不小于 (J)		
			纵向	切向	纵向	切向		温度 (°C)	纵向	切向
	600	300	18	13	40	27	175~215			
	640	320	17	12	40	27	185~230			
	680	340	16	12	35	24	200~240			
	720	360	15	11	35	24	210~250			
	760	380	14	10	35	24	225~265			
合金钢	600	360	18	14	50	35	175~215			
	700	420	16	12	45	30	205~245			
	800	480	14	10	40	27	235~275			
	900	630	13	9	40	27	260~320			
	1000	700	12	8	35	24	290~365			
	1100	770	11	7	35	24	320~385			

- 注：① 对抗拉强度 $<900\text{N/mm}^2$ 的各强度级锻钢，其抗拉强度的范围均为 150N/mm^2 ；
对抗拉强度 $\geq 900\text{N/mm}^2$ 的各强度级锻钢，其抗拉强度的范围均为 200N/mm^2 。
② 当材料的规定最小抗拉强度为中间值时，其所对应其他力学性能要求均可用内插法求得。
③ 硬度值仅供参考。
④ 根据设计和应用，经 CCS 同意可采用其他试验替代夏比冲击试验。
⑤ AT

5.3.5.3 对具有B1*、和B1、B2和B3冰级的船舶，其表5.3.5.1所列全部钢种的暴露于海水温度的螺旋桨轴机械结构用锻钢件，应作 -10°C 的夏比V型缺口冲击试验。试样为1组3个(取自每根轴安装螺旋桨的一端)，平均纵向冲击功应不小于2720J。

第4节 曲轴锻钢件

5.4.6.2 曲轴合金钢锻钢件在常温下的夏比V型缺口冲击试验要求应符合表5.3.5.15-4.6.2的规定。

曲轴合金钢锻钢件冲击试验要求^①——表 5.4.6.2

规定最小抗拉强度 R_m (N/mm ²)			600	700	800	900	1000	1100
夏比V型缺口冲击试验平均冲击功 (J) 不小于	正火加回火	纵向	25	20	15	—	—	—
		切向	15	12	9	—	—	—
	淬火加回火	纵向	41	32	30	27	25	21
		切向	24	22	20	18	16	13

① 对于材料规定最小抗拉强度为表列值中间时，其所对应的平均冲击功的最小值可用内插法求得。

第5节 齿轮锻钢件

5.5.5.1 每个取样的齿轮锻钢件至少应提供一套试验材料，包括1个拉伸试样，1组3个冲击试样。试样的切取方法应符合下列规定：

(4) 齿圈的取样部位，应按图5.5.5.1(4)所示，在位置A或位置B部位截取切向试样。当成品齿圈直径超过2.5m或重量(热处理状态，不包括其试验材料)超过3t时，应在齿圈直径方向的相对部位截取两套试样，如图5.5.5.1(4)中位置A和位置B所示，试验的力学性能应符合纵向要求；

(6) 环锻钢件（如回转支承）的取样部位应按图 5.5.5.1(6)所示，在位置 A 或位置 B 可截取的部位取切向试样。当成品环锻钢件直径超过 2.5m 或重量(热处理状态，包括其试验材料)超过 3t 时，应在环锻钢件直径方向的相对部位截取两套试样，如图 5.5.5.1(6)中位置 A 和位置 B 所示。

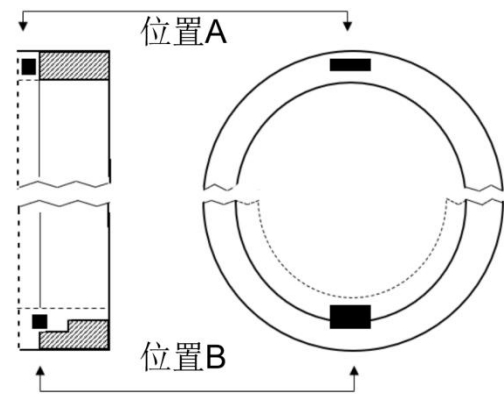


图5.5.5.1(6)

第6章 铸钢件

第1节 一般规定

6.1.1.1 本章规定适用于建造船舶及海上设施船体、机械、锅炉、受压容器和管系的铸钢件。

6.1.1.3 除第6节至第8节另有规定外，本章规定仅适用于焊接用和非焊接用设计和验收试验与环境温度下力学性能相关的铸钢件。若设计和应用有需要，特别是拟在高温或低温下应用时，可要求进行必要的附加试验。

6.1.2.3 凡由2个或以上铸钢件焊接而成一个复合件时，应将焊接工艺规程提交CCS认可，焊工应按第3篇第4章要求进行考试并取得由CCS颁发或接受的资格证书必要时，应进行焊接工艺试验。

6.1.2.5 对于铸钢件起重、搬运等操作中焊接的临时焊缝，应由持有相应资质证书的焊工按照认可的焊接工艺焊接。临时焊缝应去除、打磨并使用合适的无损检测方法进行检查。

6.1.4.2 铸造厂所选用的细化晶粒元素及其含量，应在化学成分报告中说明经CCS同意。

6.1.6.1 每个或每批铸钢件应能提供足够的试验材料，以满足规定的试验和可能进行的复试的需要。试块的尺寸应选取微观组织能够代表整个铸件性能的截面。试件可与铸钢件一起整体浇铸或附带于铸钢件的本体上，也可从铸件的浇道中取出，试件厚度 (t_s) 应不小于铸件的等效截面 (ISO4990) 或 30mm (两者取大)。对薄壁淬火加回火铸钢件，试件厚度至少为 20mm，且应与铸钢件的厚度相适应。

6.1.6.2 如图 6.1.6.2 所示，对于除舵管、舵架、锚和挂舵臂以外的大厚度铸件，试件厚度 t_s 通常应不大于 150 mm。除非与 CCS 另有要求，试件的长度和宽度通常为试件厚度 t_s 的 3 倍。对于宽度或长度在 1 倍厚度 (t_s) 和 3 倍厚度 ($3t_s$) 之间的铸件，试件可以接受较短的宽度或长度。对于合金钢铸件，制造厂应提出试件的尺寸并经 CCS 同意。

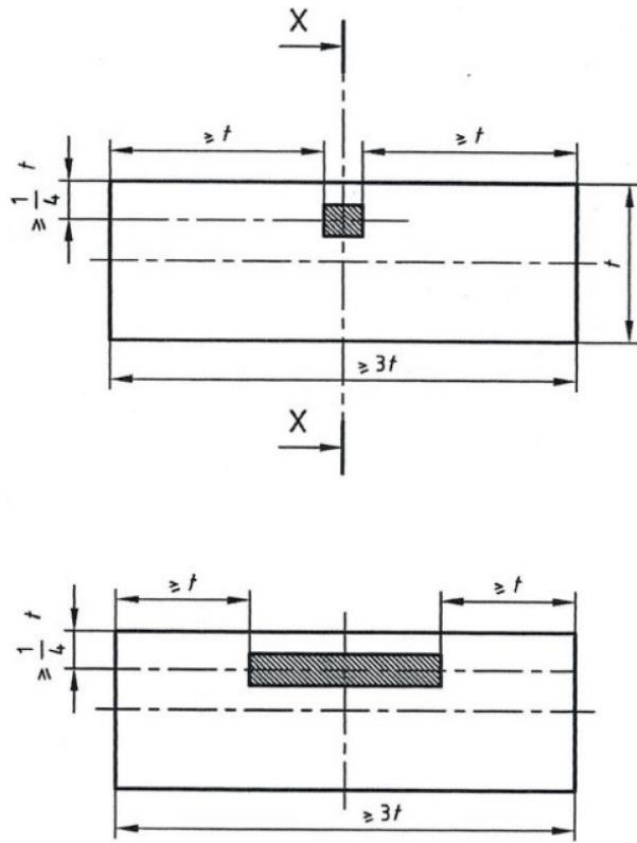


图 6.1.6.2 试样相对于试件的位置 (取自 ISO 4990)

6.1.6.23 试验材料应在最终热处理完成之后才能与铸钢件本体分离。分离之前,应标上明显的标记。

6.1.6.34 按本节6.1.1.5提交作批量检验的小型铸钢件,其试件可用同炉钢水单独浇铸。试件尺寸按公认标准(如ISO 4990)确定,且至少为28mm厚。试件应与其所代表的铸钢件一起作热处理,并标上其所代表的批量的标记。

6.1.6.45 试件通常取自其轴线在试件厚度的1/4处。若试件厚度小于56mm,则试样轴线应位于距表面14mm处。若件厚度大于56mm,则试样轴线应位于距表面不小于 $\frac{1}{4} t_s$ 处。如图6.1.6.2所示,所取试样其他部位都应位于距表面不小于 t_s 。全部试样应按照本篇第2章的规定制备。拉伸试样的横截面积应大于 150mm^2 。

6.1.10.1 铸钢的缺陷可以根据修补程度分级如下:

(1) 大焊补系指当修理深度大于壁厚的25%或25mm(取较小值);或铸件上焊接修补面积超过2%铸件表面积(其中当两条焊缝之间的距离小于其平均宽度时,应作为一条焊缝来考虑)。

(2) 小焊补系指总面积(长×宽)超过 500mm^2 的焊接修补。

(3) 修饰性焊补系指除上述(1)和(2)外的其他焊接修补。

(4) 不必焊补的修理系指非机加工表面处去除缺陷的深度不超过15mm或壁厚的10%(取较小值),且长度不超过100mm的修理。

6.1.10.1 在铸钢件修补时,制造厂应对修补铸钢件的所有修补操作及相关方面进行严格的控制,包括铸钢件的尺寸、热处理、检验和质量控制等方面。铸钢件修补缺陷过程中无论是否使用焊补,均应得到CCS的同意。

6.1.10.2 缺陷必须按如下要求修补:铸钢件的缺陷应采用下列方法之一予以去除:

(1) 打磨;机加工;

(2) 钹凿加打磨;

(3) 气割或碳弧气刨加打磨。

(1) 材料缺陷部分可以采用打磨、钹凿加打磨、碳弧气刨加打磨。热去除金属的方法只应在最终热

处理前进行。

(2) 碳钢和碳锰钢铸件焊补分级如下：

①大焊补：修理深度大于壁厚的25%或25mm（取较小者），或者一个铸钢件的所有焊接面积超过0.125m²（铸钢件表面），其中当两条焊缝之间的距离小于其平均宽度时，应当作一条焊缝来考虑。

②小焊补：除①外为小焊补。CCS可要求关键区域的小焊补按大焊补处理。

(3) 如剔除缺陷后形成的浅槽或凹坑不引起铸钢件强度的明显降低或者影响预期的使用，同时缺陷去除深度不超过15mm或壁厚的10%（取较小者），则不必焊补。由此最终形成的开槽应打磨光滑，并使用磁粉或渗透检测证明缺陷已完全去除。通过焊接密封的不规则小表面应被认为是焊补。

6.1.10.3 铸钢件缺陷剔除后，应进行无损检测以证实缺陷已被完全消除。如属于不必焊补的缺陷，剔除缺陷所产生的浅槽或凹坑应打磨成光滑的圆弧表面，与临近区域表面顺利过渡，并应经验船师检查和验收。所有开槽的底部应有约3倍槽深的半径。如剔除缺陷后需要进行焊补，则剔除缺陷时应使坡口形状能方便后续的焊接操作。铸钢件修补后的无损检测应符合本节6.1.8的要求。

6.1.10.4 采用气割或碳弧气刨铲除重要缺陷时，可视铸钢件的化学成分、缺陷的大小和性质，进行必要的预热。

6.1.10.5 凡拟采用焊补方法对铸钢件的缺陷进行修补时，焊接工艺规程应提交CCS认可。进行大焊补前还应经验船师同意，且应与铸钢件的交货状态匹配。焊接工艺认可应符合CCS《船舶焊接检验指南》、ISO 11970或经CCS同意采用其他公认标准。对于碳含量大于等于0.23%或碳当量大于等于0.45%的铸钢，以此焊接工艺认可试验为基础的焊接工艺规程，可覆盖碳当量不比试验母材碳当量低0.02%的材料。（例如：焊接工艺认可试验的母材实际碳当量为0.5%，可以覆盖碳当量大于等于0.48%的材料。）

6.1.10.6 焊补应按照认可的工艺规程，由考试合格的焊工在平焊位置或能保证焊补质量的位置进行，并应避免气候条件的不良影响。对于大焊补，在焊接开始之前，焊补的范围和位置的所有细节、热处理和检验程序应提交CCS批准，对于小焊补，除合金钢要求按大焊补处理外，无需事先批准。所有焊补应在最终热处理前进行。

6.1.10.9 焊补完毕后，碳钢、碳锰钢铸钢件应进行温度不低于550℃的消除应力的热处理。或对于合金钢铸钢件可根据铸件化学成分、修补尺寸、位置和特点进行适当的热处理，且不影响铸钢件的力学性能。

6.1.10.11 在焊后热处理以后，焊补处及其邻近的母材应打磨光滑，并使用磁粉或渗透检测进行检查。可根据原有缺陷的尺寸和特点，采用超声或射线检测作为补充检查。

6.1.10.12 铸钢曲轴缺陷的焊补，还应符合本章第4节的规定。

6.1.10.13 铸造厂应保持每个修补铸件的修补范围和位置的详细记录以及修补的焊接和热处理过程记录及后继检验报告，各类缺陷焊补的处理结果应经验船师确认，非修饰性所有焊补及相应热处理的报告和/或记录应提交验船师，并根据要求提供复印件。

第2节 船体结构用铸钢件

6.2.1.1 本节规定适用于建造船体结构用的碳钢或、碳锰钢或合金钢铸钢件。

船体结构用铸钢件的化学成分(%)

表6.2.2.1

种类	应用	C	Mn ^①	Si	P	S	残余元素 ^②			
							Cu	Cr	Ni	Mo
碳钢、碳锰钢	焊接结构用	≤0.23	0.50~1.60	≤0.60	≤0.035	≤0.035	≤0.30	≤0.30	≤0.40	≤0.15
	非焊接结构用	≤0.40	0.50~1.60	≤0.60	≤0.035	≤0.035	≤0.30	≤0.30	≤0.40	≤0.15
合金钢	焊接结构用	经 CCS 同意，可按公认的有关标准验收								
	非焊接结构用	≤0.45	0.50~1.60	≤0.60	≤0.035	≤0.035	≤0.30	≤0.30	≤0.40	≤0.15

注：① 锰的含量不宜小于实际含碳量的3倍。

- ② 残余元素的总含量应不大于 0.80%。
 ③ 当按下式计算的碳当量 C_{eq} 不超过 0.41% 时, 则含碳量可超过 0.23% 的限制。

$$C_{eq} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15} \quad (\%)$$

6.2.3 热处理

6.2.3.1 铸钢件 碳钢、碳锰钢 应采用下列之一的热处理:

- (1) 完全退火;
- (2) 正火;
- (3) 正火加回火, 回火温度应不低于 550°C;
- (4) 淬火加回火, 回火温度应不低于 550°C。

6.2.3.2 合金钢铸钢件 应采用下列之一的热处理:

- (1) 正火;
- (2) 正火加回火, 回火温度应不低于 550°C;
- (3) 淬火加回火, 回火温度应不低于 550°C。

6.2.4.1 钢件试样的制备规定如下:

(1) 铸钢件的试件应以与铸钢件同炉的钢水铸成, 可以从铸钢件浇道处截取或与铸钢件附带一起浇铸。一起浇铸时, 试件与铸钢件本体之间应有明显的间隔;

(2) 每一铸钢件或每批铸钢件应至少制备 1 个试件, 每个试件至少制备 1 个拉伸试样 和一组三个夏比 V 型缺口冲击试样;

(3) 当铸钢件的重量超过 10t 或形状复杂时, 应制备 2 个试件。如单个大型铸钢件系由 2 炉或以上的钢水浇铸, 且各炉钢水在浇铸前未曾在同一钢水包内混合时, 则应按炉数截取相应数量的试件。并且这些试件在整个铸件中的位置应尽可能地互相远离。

~~(4) 当按 6.2.4.3 要求进行冲击试验时, 应从试件上制取一组三个夏比 V 型缺口冲击试样进行冲击试验。~~

6.2.4.2 铸钢件的力学性能应符合表 6.2.4.2 的规定。

船体结构 焊接 用铸钢件的力学性能

表 6.2.4.2(a)

种类	抗拉强度 ^① R_m 不小于 (N/mm ²)	屈服强度 R_{eH} 不小于 (N/mm ²)	伸长率 A_5 不小于 (%)	断面收缩率 Z 不小于 (%)	夏比 V 型缺口冲击试验 平均冲击功 ^② 不小于 (J)	
					温度 (°C)	平均冲击功 (J)
碳钢、碳锰钢	400	200	25	40	0	27
	440	220	22	30		
	480	240	20	27		
	520	260	18	25		
	440	300	15	20		
	480	320	13	20		
合金钢	550	355	18	30	0	27
	600	400	16	30		
	650	450	14	30		
	700	540	12	28		

① 抗拉强度的上限应不超过表列要求加 150 N/mm²;

- ② 当材料的规定最小抗拉强度为中间值时，其所对应其他力学性能要求均可用内插法求得；
 ③ 经 CCS 同意，可考虑使用其他试验替代夏比 V 型缺口冲击试验。

船体结构非焊接用铸钢件的力学性能 **表6.2.4.2(b)**

种类	抗拉强度 ^① R_m 不小于 (N/mm ²)	屈服强度 R_{eH} 不小于 (N/mm ²)	伸长率 A_5 不小于 (%)	断面收缩率 Z 不小于 (%)	夏比V型缺口冲击试验 平均冲击功 ^③ 不小于 (J)	
					温度 (°C)	平均冲击功 (J)
碳钢、碳锰钢	400	200	25	40	AT ^④	27
	440	220	22	30		
	480	240	20	27		
	520	260	18	25		
	440	300	15	20		
	480	320	13	20		
合金钢	550	355	18	30	AT ^④	27
	600	400	16	30		
	650	450	14	30		
	700	540	12	28		

- ① 抗拉强度的上限应不超过表列要求加 150 N/mm²；
 ② 当材料的规定最小抗拉强度为中间值时，其所对应其他力学性能要求均可用内插法求得；
 ③ 经 CCS 同意，可考虑使用其他试验替代夏比 V 型缺口冲击试验；
 ④ AT 为适用于冲击试验的室温，为 23±5℃。

6.2.4.3 船体重要结构的铸钢件(如首柱、尾柱、舵承、尾轴支架、挂舵臂、尾轴管毂、舵叶用铸钢件等)应进行夏比冲击试验。试样取自试件距表面 $t/4$ 处，试验温度为0℃。冲击能量应不低于27J。

6.2.4.34 对于6.1.2.4所述经特别认可的制造方法制造的铸件，由CCS根据采用的制造方法确定其试样数量和取样位置。

第 3 节 机械结构用铸钢件

- 6.3.1.1 本节规定适用于机械结构用碳钢或、碳锰钢或合金钢的铸钢件。
 6.3.2.1 铸钢件的熔炼分析化学成分应符合表6.3.2.1的规定。

机械结构用铸钢件的化学成分 **表6.3.2.1**

种类	应用	C	Mn	Si	P	S	残余元素 ^①			
							Cu	Cr	Ni	Mo
碳钢、碳锰钢	焊接结构用	≤0.23	0.50~1.60	≤0.60	≤0.035	≤0.035	≤0.30	≤0.30	≤0.40	≤0.15
	非焊接结构用	≤0.40	0.50~1.60	≤0.60	≤0.035	≤0.035	≤0.30	≤0.30	≤0.40	≤0.15
合金钢	焊接结构用	经 CCS 同意，可按公认的有关标准验收								
	非焊接结构用	≤0.45	0.50~1.60	≤0.60	≤0.035	≤0.035	≤0.30	≤0.30	≤0.40	≤0.15

- ① 残余元素的总含量应不大于 0.80%。

6.3.3 热处理

6.3.3.1 铸钢件应采用下列之一的热处理：

- (1) 完全退火；
- (2) 正火；
- (3) 正火加回火，回火温度应不低于550℃；
- (4) 淬火加回火。

6.3.3.2 合金钢铸钢件应采用下列之一的热处理：

- (1) 正火；
- (2) 正火加回火，回火温度应不低于550℃；
- (3) 淬火加回火，回火温度应不低于550℃。

6.3.3.3 主机底座铸钢件、涡轮机壳体铸钢件和在尺寸稳定和消除残余应力方面有要求的其他铸钢件，均应按下列之一进行消除应力的热处理：

- (1) 将铸钢件加热到550℃以上，然后随炉冷却到300℃或更低的温度；
- (2) 完全退火后，随炉冷却到300℃或更低的温度。

6.3.4.3 碳钢和、碳锰钢或合金钢铸钢件的力学性能应符合表6.3.4.3的规定。

机械结构焊接用铸钢件的力学性能

表6.3.4.3(a)

种类	抗拉强度 ^① R_m 不小于 (N/mm ²)	屈服强度 R_{eH} 不小于 (N/mm ²)	伸长率 A_5 不小于 (%)	断面收缩率 Z 不小于 (%)	夏比V型缺口冲击试验 平均冲击功 ^② 不小于 (J)	
					温度 (°C)	平均冲击功 (J)
碳钢、碳锰钢	400	200	25	40	0	27
	440	220	22	30		
	480	240	20	27		
	520	260	18	25		
	440	300	15	20		
	480	320	13	20		
合金钢	550	355	18	30	0	27
	600	400	16	30		
	650	450	14	30		
	700	540	12	28		

① 抗拉强度的上限应不超过表列要求加 150 N/mm²；

② 当材料的规定最小抗拉强度为中间值时，其所对应其他力学性能要求均可用内插法求得；

③ 经 CCS 同意，可考虑使用其他试验替代夏比 V 型缺口冲击试验。

机械结构非焊接用铸钢件的力学性能

表6.3.4.2(b)

种类	抗拉强度 ^① R_m 不小于 (N/mm ²)	屈服强度 R_{eH} 不小于 (N/mm ²)	伸长率 A_5 不小于 (%)	断面收缩率 Z 不小于 (%)	夏比V型缺口冲击试验 平均冲击功 ^② 不小于 (J)	
					温度 (°C)	平均冲击功 (J)
碳钢、碳锰钢	400	200	25	40	AT ^③	27
	440	220	22	30		

	480	240	20	27		
	520	260	18	25		
	440	300	15	20		
	480	320	13	20		
合金钢	550	355	18	30	AT ^④	27
	600	400	16	30		
	650	450	14	30		
	700	540	12	28		

① 抗拉强度的上限应不超过表列要求加 150 N/mm²；

② 当材料的规定最小抗拉强度为中间值时，其所对应其他力学性能要求均可用内插法求得；

③ 经 CCS 同意，可考虑使用其他试验替代夏比 V 型缺口冲击试验。

④ AT 为适用于冲击试验的室温，为 23±5℃。

第 4 节 曲轴铸钢件

6.4.1.1 本节规定适用于半组合和全组合式的碳钢和、碳锰钢或合金钢曲轴铸钢件。~~对合金钢，其抗拉强度应不大于700N/mm²。~~

6.4.5.3 碳钢和、碳锰钢或合金钢曲轴铸钢件的力学性能应符合表6.3.4.26-4.5.3的规定。

曲轴铸钢件的力学性能——表6.4.5.3

抗拉强度 ^① R_m 不小于 (N/mm ²)	屈服强度 ^② R_{eH} 不小于 (N/mm ²)	伸长率 ^③ A_5 不小于 (%)	断面收缩率 ^④ Z 不小于 (%)	夏比V型缺口冲击试验 平均冲击功 不小于 (J)
400	200	28	45	32
440	220	26	45	28
480	240	24	40	25
520	260	22	40	20
550	275	20	35	18

注：①—表中各强度级铸钢的抗拉强度范围均为120N/mm²。

②—当材料的规定最小抗拉强度为中间值时，其所对应其他力学性能要求均可用内插法求得。

③—冲击试验的温度为室温(18℃~25℃)。

第 5 节 螺旋桨铸钢件

6.5.2.2 不锈钢螺旋桨铸钢件的熔炼分析化学成分应符合本节 6.5.2.2 的规定，化学成分不满足下表规定的铸件应经 CCS 同意。

不锈钢螺旋桨铸钢件的化学成分

表 6.5.2.2

钢 种	类型 ^①	化学成分(%)							
		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo ^②
1Cr12NiMo	M F	≤0.15	≤1.5	≤2.0	≤0.035	≤0.030	≤2.0	11.5~17.0	≤0.5
0Cr13Ni4Mo	M F	≤0.06	≤1.0	≤2.0	≤0.035	≤0.030	3.5~5.0	11.5~17.0	≤1.0
0Cr16Ni5Mo	M F	≤0.06	≤1.5	≤2.0	≤0.035	≤0.030	3.5~6.0	15.0~17.5	≤1.5
1Cr18Ni12Mo	A	≤0.12	≤1.5	≤1.6	≤0.035	≤0.030	8.0~13.0	16.0~21.0	≤4.0

注：① 表中：M—马氏体、~~F—铁素体~~、A—奥氏体

② 钼的最小值应满足国际或国家标准的规定。

第7章 铸铁件

第1节 一般规定

7.1.1.1 本章规定适用于建造船舶结构、机械、锅炉、受压容器和管系的灰铸铁、球墨铸铁、合金铸铁或其他高强度铸铁。

第2篇 非金属材料

第3章 纤维增强塑料船体材料

第3节 铺敷成型工艺

3.3.12 二次连粘

3.3.12.1 二次连粘是把湿树脂层片铺敷至已固化的表面上的施工方法。通常只有在整体成型不能实现或内部构件连粘至船体或修理时采用。

3.3.12.2 铺敷应尽可能按连续方法实施。逐层铺敷的时间间隔应最小而切实可行。如应进行二次连粘应按树脂生产厂建议进行。并应将其施工细节纳入质量管理文件中。

3.3.12.3 准备二次连粘时，应尽量遵循下列原则：

- (1) 连粘区域应清洁无外来粉粒。如蜡、油脂、灰尘和污物；
- (2) 要求打磨时(尤其高受力区域)，应不损伤任何结构的玻璃纤维，避免造成层板减薄；
- (3) 二次连粘铺敷上去的第一层应为短切原丝毡；
- (4) 经打磨或撕去皮层的表面，铺敷前应用溶剂擦拭并干燥；

3.3.14 层合板的粘接

3.3.14.1 层合板的粘接是把层合板通过结构粘结剂进行连接的施工方法。

3.3.14.2 承重部件的粘接工艺应提交 CCS 审核，并应提交粘接接头的强度满足设计要求的证据(如：同种粘结剂及相同施工工艺的历史测试记录)。如采用新的粘接剂或新的施工工艺则粘接接头的强度应经试验验证，以确认其强度等性能满足设计要求。

3.3.14.3 粘结剂应与待粘合部位所用树脂相容，不得对被粘接材料有任何负面影响。

3.3.14.4 如粘结剂的树脂体系与层合板所用的树脂体系不同时，则层合板在粘接前应完全固化。

3.3.14.5 被粘接材料的表面应干燥且无脱模剂(蜡、油脂、油等)、杂质(灰尘、铁锈等)等影响粘接质量的污染物。

3.3.14.6 光滑表面应通过机械方式(如：打磨等)进行“拉毛”处理。粘接材料表面上的任何可能会对粘接过程产生负面影响的表层(如：成型后树脂表面的结膜剂层或层合板表面的剥离层)都应去除。

3.3.14.7 粘结剂应按照制造商的说明进行现场加工(混合)，填料比例不应超过允许限度。混合粘结剂时，可通过搅拌的方式使其均匀混合，应注意避免混入空气。

3.3.14.8 粘结剂应尽可能均匀的涂在待粘接表面上，施工时应避免产生气泡。如果使用高触变粘结剂，可在待粘接的表面预先施涂一层薄树脂。

3.3.14.9 施涂粘接剂后，应迅速将待粘接材料连接并固定。

3.3.14.10 在粘接剂充分固化前，不应对接头施加荷载。热固性粘接剂施工后，应按照说明书的要求进行相应后固化。

3.3.14.11 固化后，粘接接头应采用适当的方法加以保护，以避免外来介质(如水汽)等的渗透。

第3篇 焊 接

第3章 焊接工艺认可

第3节 角接焊工艺认可试验

3.3.4 试验结果要求

3.3.4.3 钢质结构硬度测定的结果要求见本章第2节表3.2.5.6。对于双相不锈钢及节镍型双相不锈钢硬度测定的结果要求见本章第2节3.2.7.2。

第4章 焊工资格考试

第1节 一般规定

4.1.4 考试科目分类

4.1.4.3 对船用锅炉压力容器焊工，需要时还应进行插入式管板角接焊的专门考试。

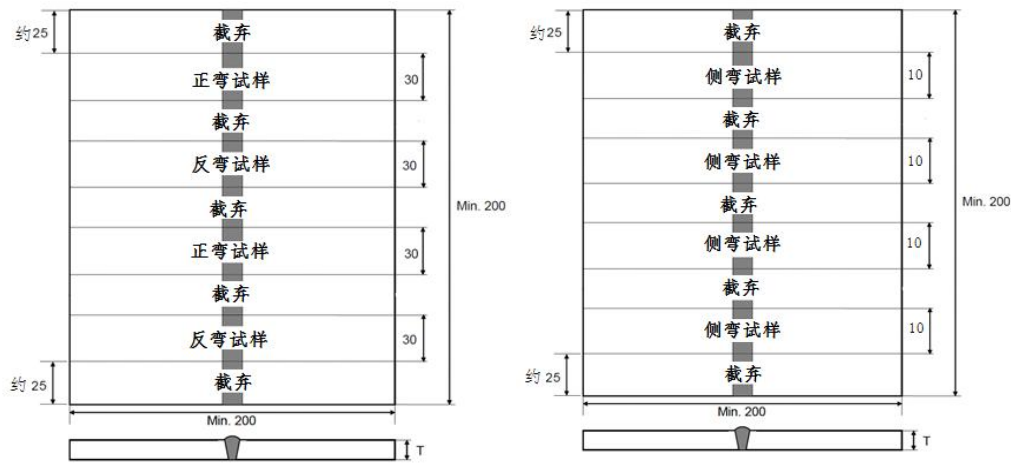
4.1.7 有效期

4.1.7.3 如果上述条件中任何一条不满足，应通知 CCS，取消焊工资格证书。经 CCS 同意，如用 4.1.7.4 方法之一进行重新验证并通过，焊工资格证书有效性可延续，并在签发证书注明所选用的方法。根据国家或国际标准考试合格的焊工，在重新验证时应使用 4.1.7.4 方法之一进行重新验证。

第2节 焊工考试与评定

4.2.2 试件形式与尺寸

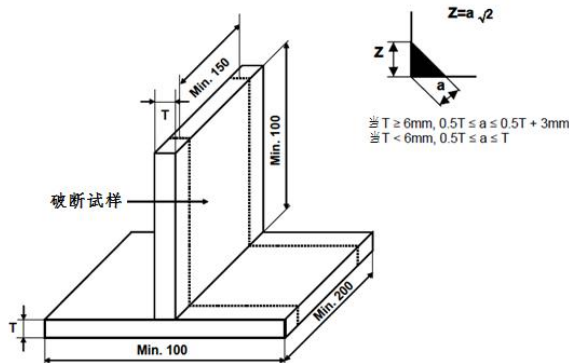
4.2.2.1 板对接、角接、管对接、管板角接头试件尺寸分别见图 4.2.2.1(a)、(b)、(c)、(d)。



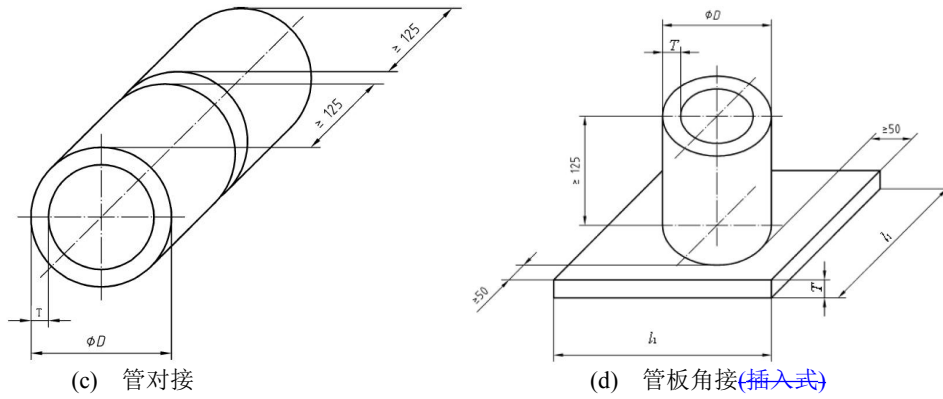
$T < 12\text{mm}$

$T \geq 12\text{mm}$

(a) 板对接



(b) 板角接



单位: mm
图 4.2.2.1 试件尺寸

4.2.2.5 管板角接头应采用插入式，接头型式见图 4.2.2.5。

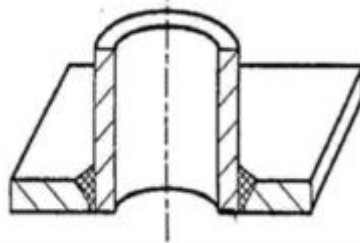


图 4.2.2.5 插入式管板角接试件接头型式

第 3 节 焊工资格适用范围

4.3.3 焊接接头型式

4.3.3.3 外径大于 25mm 的管对接可以覆盖相应位置的板对接。

4.3.3.4 板对接可以覆盖相应位置的外径不小于 600mm 的管对接，以及水平滚动焊位置的外径不小于 150mm 的管对接。

4.3.7 焊接位置

4.3.7.1 根据焊工考试的实际焊接位置，认可的焊接位置分别见表 4.3.7.1a、表 4.3.7.1b 和表 4.3.7.1c 和表 4.3.7.1d（用于表中的焊接位置定义见图 4.3.7.1 和表 4.3.7.1de）。

仅从事填角焊工作的焊工可进行填角焊考试。但需从事部分熔透或全熔透 T 形接头/管板角接的焊工应进行对接焊考试。

板对接焊工考试焊接位置覆盖范围

表 4.3.7.1a

板对接考试焊接位置	适用于焊接生产中的实际焊接位置	
	板对接焊	板填角焊
F	F	FF、FH
H	F、H	FF、FH、FH _a
Vu	F、Vu	FF、FH、FVu
Vd	Vd	FVd
O	F、H、O	FF、FH、FH _a 、FO、FO _a

注：①经 CCS 同意，板对接可以覆盖相应位置的外径不小于 600mm 的管对接和管板角接，以及水平滚动焊位置的外径不小于 150mm 的管对接。

板填角焊焊工考试焊接位置覆盖范围

表 4.3.7.1b

板填角焊考试焊接位置	适用于焊接生产中的实际板填角焊位置
FF	FF
FH	FF、FH

FHa	FF、FH、FHa
FVd	FVd
FVu	FF、FH、FVu
FO	FF、FH、FHa、FO、FOa
FOa	FF、FH、FHa、FO、FOa

注：①经 CCS 同意，板填角焊可以覆盖相应位置的外径不小于 600mm 的管板角接填角焊。

管对接焊工考试焊接位置覆盖范围

表 4.3.7.1c

管对接考试 焊接位置	适用于焊接生产中的实际焊接位置			
	板对接 ^①	管对接	板角接 ^①	管板角接 ^②
1G	F	1G	FF、FH	-1FG
2G	F、H	1G、2G	FF、FH、FHa	1FG、2FG
5G	F、Vu、O	1G、5G	FF、FH、FVu、FO、FOa	1FG、2FG、4FG、5FG
2G+5G	F、H、Vu、O	1G、2G、5G、6G	FF、FH、FHa、FVu、FO、FOa	1FG、2FG、4FG、5FG、6FG
6G	F、H、Vu、O	1G、2G、5G、6G	FF、FH、FHa、FVu、FO、FOa	1FG、2FG、4FG、5FG、6FG
6GR	F、H、Vu、O	1G、2G、5G、6G	FF、FH、FHa、FVu、FO、FOa	1FG、2FG、4FG、5FG、6FG

注：①管对接覆盖相应焊接位置的板对接和板角接仅限于管子外径大于 25mm 的情况。

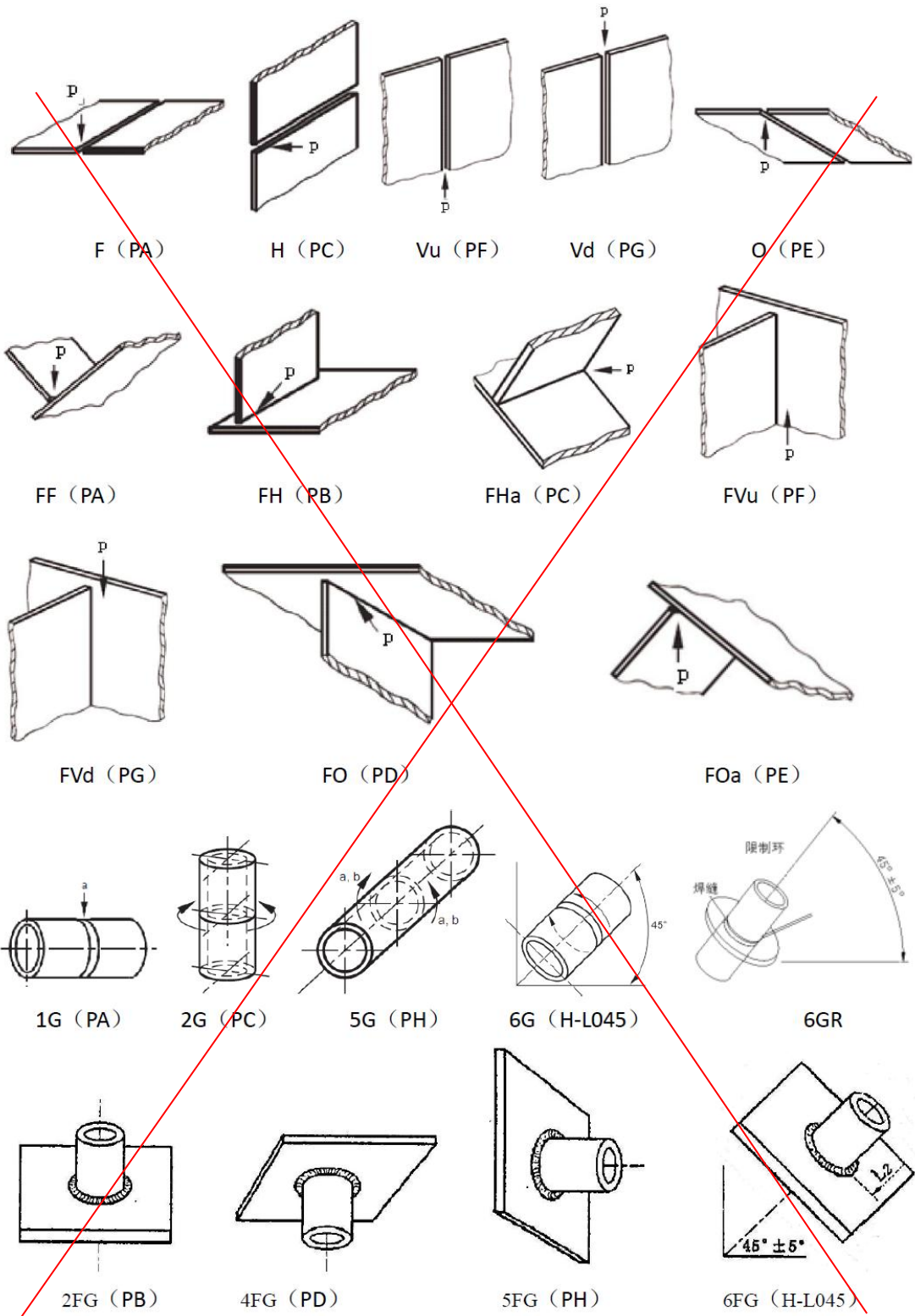
②对锅炉压力容器专用插入式管板角接不适用。

③对全熔透倾斜或 T 形管节点应采用 6GR 焊接位置。

管板角接填角焊工考试焊接位置覆盖范围

表 4.3.7.1d

管板角接填角焊考 试焊接位置	适用于焊接生产中的实际角接焊接位置	
	管板角接填角焊	板填角焊
1FG	1FG	FF
2FG	1FG、2FG	FF、FH
4FG	1FG、2FG、4FG	FF、FH、FHa、FO、FOa
5FG	1FG、2FG、4FG、5FG	FF、FH、FHa、FVu、FO、FOa
6FG	1FG、2FG、4FG、5FG、6FG	FF、FH、FHa、FVu、FO、FOa
4FG+5FG	1FG、2FG、4FG、5FG、6FG	FF、FH、FHa、FVu、FO、FOa



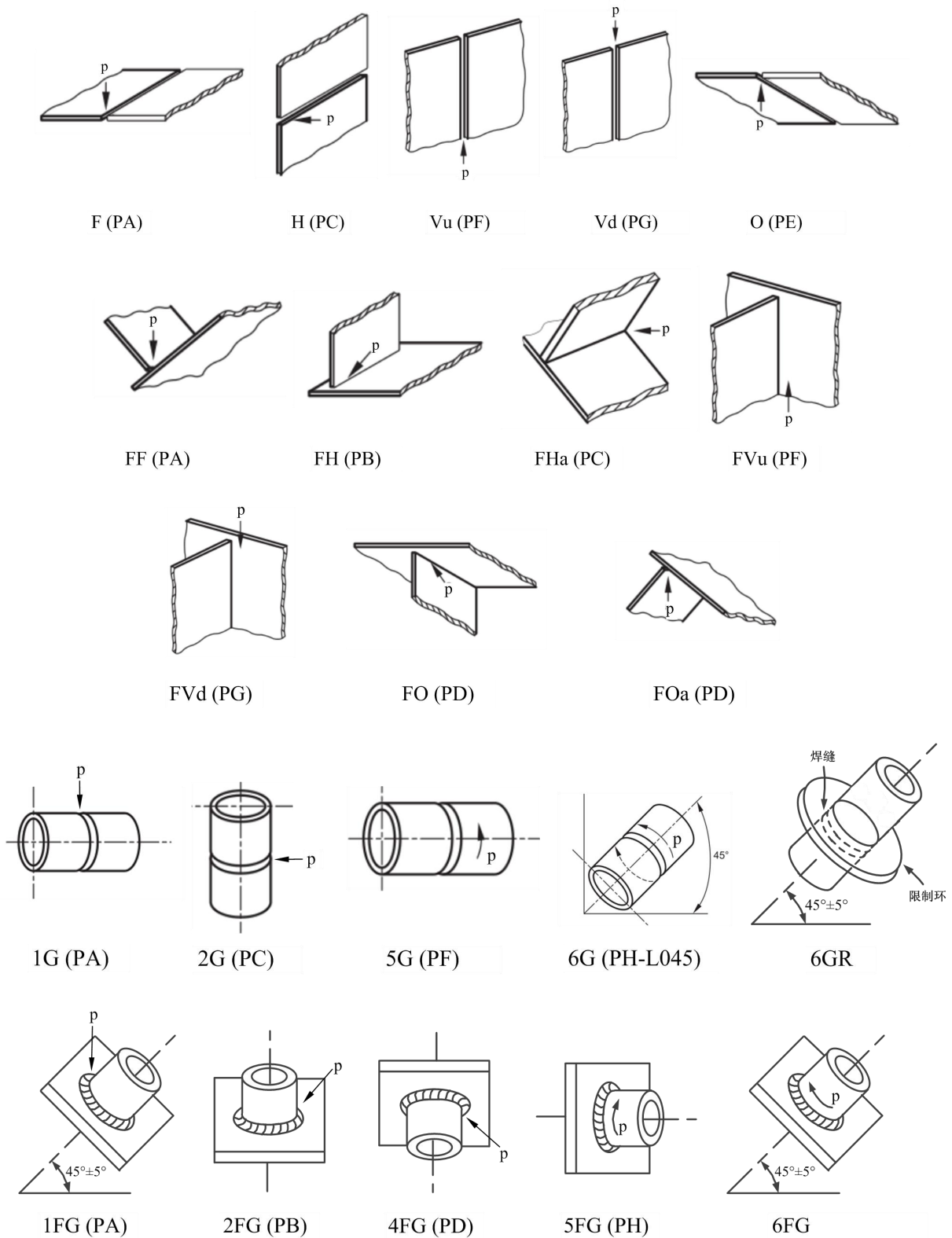


图 4.3.7.1 焊接位置示意图

焊接位置代号

表 4.3.7.1de

试件形式	焊接位置代号	焊接位置	ISO 6947 的对应代号
板材对接焊	F	平焊	PA
	Vu	立向上焊	PF
	Vd	立向下焊	PG

试件形式	焊接位置代号	焊接位置	ISO 6947 的对应代号
	H	横焊	PC
	O	仰焊	PE
管子对接焊	1G	管子水平滚动焊	PA
	2G	管子垂直固定焊	PC
	5G	管子水平固定焊	PH
	6G	管子倾斜 45° 固定焊	PH-L045
	6GR	带有限制环的管子倾斜 45° 固定焊	-
板填角焊	FF	船型角焊	PA
	FH	平角焊	PB
	FHa	横角焊	PC
	FVu	立向上角焊	PF
	FVd	立向下角焊	PG
	FO	仰角焊	PD
	FOa	仰角焊	PE
管板角接焊	1FG	倾斜 45° 滚动焊	PA
	2FG	垂直固定平焊	PB
	4FG	垂直固定仰焊	PD
	5FG	水平固定焊	PH
	6FG	倾斜 45° 固定焊	PH-L045

第 5 章 船体结构的焊接

第 1 节 一般规定

5.1.4 焊接材料选用

5.1.4.2 当不同强度的母材被焊接连接时，除在结构不连续处或应力集中区域内应选用较高强度等级的焊接材料外，一般可选用与较低强度级别的母材相适应的焊接材料。当母材的连接强度相同，韧性级别不同时，除结构受力情况复杂或施工条件恶劣者外，一般可选用与较低韧性级别相适应的焊接材料。

第 3 节 焊缝检验与修补

5.3.2 焊缝质量检验

5.3.2.4 对于在船中0.6L范围内的船体强力甲板和外板(除5.3.2.6规定加强检验者外)，无损检测点的数量(n)可以按下式计算：

$$n = 0.16k(i + 0.1W_T) + 0.04W_L$$

式中： n —— 船中0.6L内的无损检测点，个；

k —— 船中0.6L内板列的平均宽度，m，可按下式计算：

$$k = \frac{\text{船中横剖面处的周长（开口除外）}}{\text{横剖面处见到的板列数}}$$

i —— 船中0.6L内的纵、横向对接焊缝交叉处的总数；

W_T —— 船中0.6L内的横向对接焊缝的总长，m；

W_L —— 船中0.6L内的分段合拢的纵向对接焊缝的总长 （对于无纵向对接焊合拢缝的船为船中0.6L范围内所有纵向对接焊缝长度），m。

上述 L 系指沿夏季载重水线，由首柱前缘量至舵柱后缘的长度；对无舵柱的船舶，由首柱前缘量至舵杆中心线的长度；但均不应小于夏季载重水线总长的96%，且不必大于97%。对于箱形船体， L 为沿夏季载重线自船首端壁前缘量至船尾端壁后缘的长度。对于无舵杆的船舶，为夏季载重水线总长的97%。

无损检测点的布置密度应按结构的重要性和受力大小从高到低递减。

纵横向对接焊缝交叉处的检测方向应平行于横向对接焊缝。

检测点一般应采用射线方法进行检测，经CCS同意，也可采用超声检测，超声检测点长度为500mm。

5.3.2.5 在船中0.6L以外船体强力甲板和外板，拍片检测点数量约为5.3.2.4规定区域数量的10%~20%，且允许采用适量的超声波检测方法进行检测。

其中，关键区域(如轴包板、艏艉柱区域、艏部波浪抨击区和冰区加强区域等)的检测密度应大于其他区域。

5.3.2.6 下列重要部位的焊缝应按下列要求采用射线或超声波(除另有规定者外)进行无损检测：

- (1) 液舱水密舱壁、内底板、底边舱斜板上的对接焊缝交叉点，每4个检测1个。
- (2) 位于船底、舷侧以及甲板上的纵骨和纵桁对接接头，在船中0.4L范围内每10个检测1个，0.4L范围外每20个检测1个。
- (3) 强力甲板舱口角隅嵌补板周界对接焊缝，每一角隅转角处至少进行2处无损检测，如图5.3.2.6(3)。

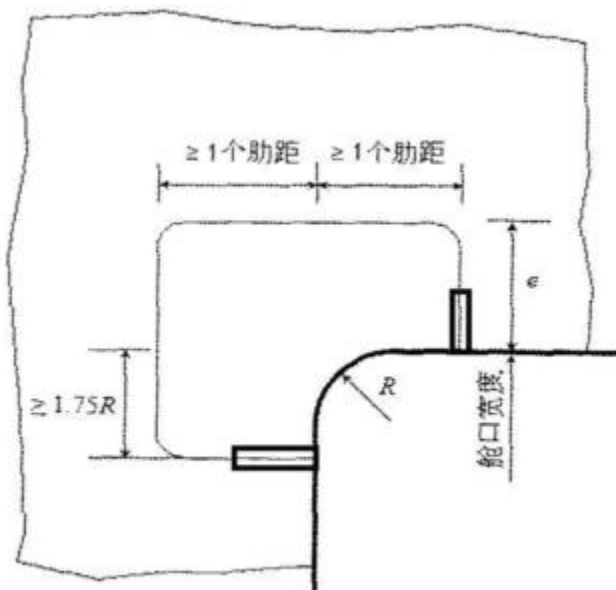


图5.3.2.6(3)

- (4) 厚度50mm及以上对接接头(例如尾柱、尾轴架、减摇鳍舱、桅柱等)，100%无损检测。
- (5) 以下部位当使用全焊透角焊缝时，应按下列要求进行无损检测：
 - a. 主机座面板与腹板连接：100%；
 - b. 挂舵臂和尾轴架对船体结构外板：100%；
 - c. 舵封板对舵铸件连接区域：100%；
 - d. 当开口尺寸超过300 mm时，船中0.6L以内的强力甲板、舷顶列板和船底板上的开口边缘补强部位或管道贯穿处：100%；
 - e. 纵向舱口围板端部肘板与甲板板的趾端连接：在船中0.6L内，100%检测；船中0.6L外，每2处检测1处；
 - f. 内底与横舱壁、船底纵桁与内底板、底墩或横向肋板间连接，或底墩与横舱壁间连接：35%；
 - g. 底边舱斜板与内底或内壳间连接：25%；
 - h. 横向槽形舱壁与顶边舱连接：35%；
 - i. 甲板边板和舷顶列板连接：10%，另在船中0.6L内每一合拢焊缝处增加检测1m。
- (6) 此外，以下部位还应进行表面裂纹检测：
 - a. 铸钢件和锻钢件的焊缝，以及在应力下或低温下焊接的焊缝，应进行100%表面裂纹检测；
 - b. 板厚30mm及以上的重要部位焊缝(例如艉柱、焊接的桅和舱壁墩座上的焊缝等)应进行100%表面裂纹检测；
 - c. 位于高应力区域的焊缝应进行100%表面裂纹检测；

d. 其他坡口深度30mm及以上的焊缝进行不低于20%的表面裂纹检测。

5.3.2.7 下列部位应抽样进行无损检测：

- (1) 自动焊对接焊缝(电渣焊、气电焊、埋弧焊等)的引/熄弧接头处；
- (2) 舵龙骨的对接接头；
- (3) 油船的内壳、水密舱壁上的对接焊缝；
- (4) 集装箱船纵向连续舱口围板、顶板上的对接焊缝；
- (5) 除集装箱船外，长度超过0.15L的纵向连续舱口围板及其顶板上的对接焊缝；
- (6) 邻近上层建筑结构突变处的对接焊缝；
- (7) 由结构强度直接计算或疲劳强度评估确定的关键部位的焊缝；
- (8) 营运检验不可达的熔透焊缝(如船舶球鼻首内尖角处焊缝等)；
- (9) 其他重要的、承受高应力的或失效后可能影响重大的受力焊缝。

第 8 章 重要机件的焊接

第 4 节 螺旋桨的无损检测与焊补

8.4.5 焊接修补工艺

8.4.5.3 未经认可的焊接工艺应在验船师在场的情况下进行焊接工艺认可试验（具体试验要求见表 8.4.5.3(1)及图 8.4.5.3(1)、图 8.4.5.3(2)），该试验所使用的母材、焊接方法、填充金属、预热和焊后热处理等覆盖范围见表 8.4.5.3(2)。焊接工艺规程适用于具有制造厂的相同技术和质量管理条件的车间或现场焊接。试验报告应由见证验船师签署。试验合格方能用于螺旋桨的焊补。焊接修补应严格按照已认可的工艺，由持证的焊工施焊。焊工考试应符合公认标准。

螺旋桨焊补工艺认可试验要求^① 表 8.4.5.3(1)

螺旋桨材料	最小试件厚度 ^④ (mm)	试验项目	试验结果要求 ^⑤
铸铜合金螺旋桨	30	目视及液体渗透检测 ^⑥ ：焊缝全长	无表面裂纹，且满足表 8.4.3.7 中对 A 区域的要求
		射线检测：焊缝全长	符合公认标准
		横向拉伸：2 个	CU1: $R_m \geq 370\text{N/mm}^2$ CU2: $R_m \geq 410\text{N/mm}^2$ CU3: $R_m \geq 500\text{N/mm}^2$ CU4: $R_m \geq 550\text{N/mm}^2$
		宏观断面检查：3 个	焊缝及热影响区无裂纹和未熔合、夹渣和直径大于 3mm 的气孔和夹渣等缺陷
		弯曲或断裂试验（如有要求时）	符合公认标准
铸钢螺旋桨	-	目视及液体渗透检测 ^⑥ ：焊缝全长	无表面裂纹，且满足表 8.4.3.7 中对 A 区域的要求
		射线检测：焊缝全长	符合公认标准
		横向拉伸：2 个	R_m 满足母材规定最低要求，并在报告中记录断裂位置
		弯曲 ^④ ：2 个正弯和 2 个反弯	弯曲角度：180° 弯芯直径：奥氏体不锈钢 3t，其他材料 4t； 试样弯曲后，表面不应有超过 3mm 的开裂；试样在试验过程中出现的边角缺陷应经 CCS 特殊考虑
		宏观断面检查 ^⑦ ：23 个	焊缝及热影响区无裂纹或类似裂纹缺陷未熔合、夹渣和直径大于 3mm 的气孔
		冲击：当母材有冲击要求时，焊缝中心和热影响区(距熔合线 1-2mm 处)各 1 组进行夏比 V 型冲击试验	冲击温度和冲击功满足母材要求
		硬度 ^⑧ ：焊接开始地方的截面	记录报告

注 ① 对于铸铜合金螺旋桨修补，表中规定的试验项目和要求同样适用于焊工考试。

② 坡口为V型坡口，允许背面封底焊。焊接位置一般为平焊。

③① 在切割试样之前，试件应进行目视和液体渗透检测。如需焊后热处理，应在热处理后进行无损检测。马氏体不锈钢可由磁粉检测代替液体渗透检测。

④② 当厚度大于等于12mm时，可取4个侧弯试样代替正反弯试样。

③ 宏观试样在一侧腐蚀，能清楚地显示焊缝金属、熔合线和热影响区。对于铸铜合金，推荐的腐蚀剂为：5g 三氯化铁，30mL 盐酸，100mL 水。

④ 采用维氏硬度计，施加98N力，测试点应横穿表面以下2mm处，在焊缝金属、两侧热影响区及两侧母材上至少有三个互不干扰的测试点。

⑤ 试样的制备及试验应符合第3篇第1章第2节或其他公认标准。如果试验结果不符合要求，应按第3篇第1章第2节中的要求进行复试。

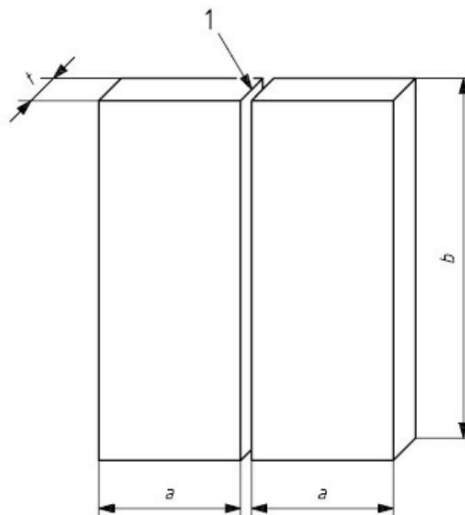
⑥ 试件的焊接条件和试验结果应记录在焊接工艺试验报告中，每个报告应包含每个试件的结果评定(包括复试)。焊接工艺试验报告及焊接工艺规程等文件按照第3篇第3章第1节相关要求。

螺旋桨焊补工艺认可试验适用范围

表 8.4.5.3(2)

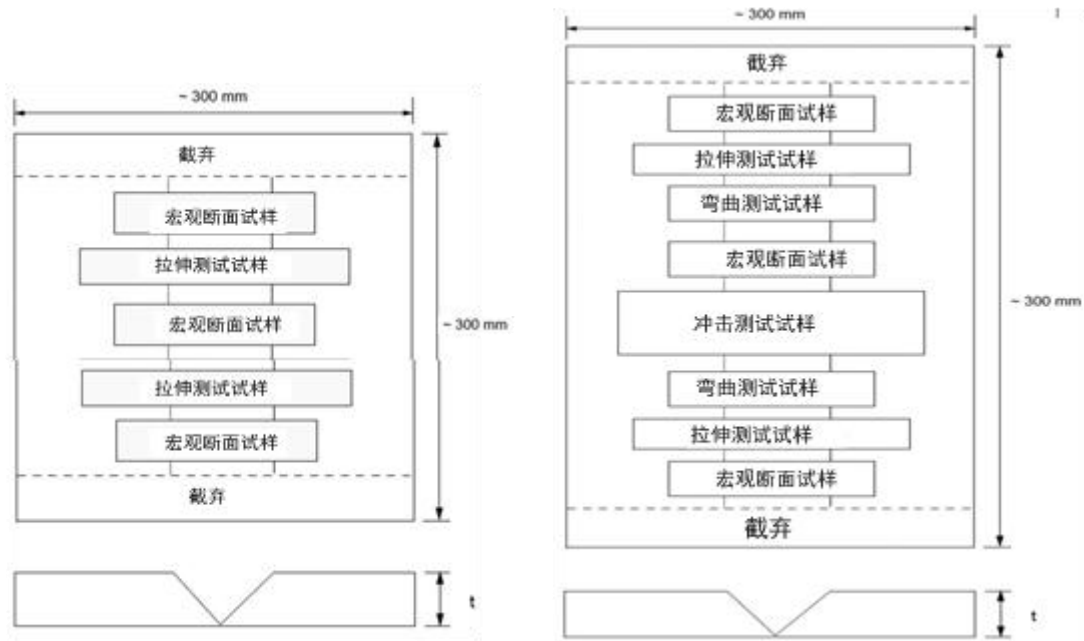
参数	适用范围 ^a	
	母材	材质
	CU1	CU1
	CU2	CU1, CU2
	CU3	CU3
	CU4	CU4
	铸钢	相同钢级
厚度	铸铜合金 $t \geq 30\text{mm}$	$\geq 3\text{mm}$
	铸钢 $15 < t \leq 30\text{mm}$	$3\text{mm} - 2t$
	铸钢 $t > 30\text{mm}$	$0.5t$ to $2t$ 或 200mm , 取较大者
焊接位置	只限于焊接试验的焊接位置	
焊接方法	只限于认可试验所用的方法。认可的多道平对接焊不能应用于单道焊	
填充金属	只限于焊接试验的填充金属	
热输入	铸铜合金：焊接工艺认可试验时使用值的 $\pm 25\%$	
	铸钢：焊接工艺认可试验时使用值的 $\pm 15\%$	
预热温度	最低预热温度不得低于焊接工艺认可试验时所使用的预热温度	
道间温度	最高道间温度不得高于焊接工艺认可试验时所使用的道间温度	
焊后热处理	焊接工艺认可试验用到的热处理应在焊接工艺计划书中明确。保温时间可随厚度予以调整	

注：①所有参数条件的有效性都应当相互独立地得到满足，超出规定范围的变更应进行新的焊接工艺认可。



试件由铸造样品组成，应具有足够的尺寸保证合理的热量分布，图中a最小值150mm，b最小值300mm，t为试件厚度。预焊接工艺规程中应详细说明接头准备和装配细节。坡口的形状和尺寸应能代表实际的修补工作。试件的准备和焊接应能代表的焊接修补的一般情况。

图 8.4.5.3(1) 螺旋桨修补焊接工艺认可试件



(1) 铸铜合金螺旋桨试件

(2) 铸钢螺旋桨试件

图 8.4.5.3(2) 螺旋桨修补焊接工艺认可试件取样位置

8.4.7 热处理

8.4.7.1 除非制造厂能证明没有必要外，CU1、CU2 和 CU4 铜材料冷矫正或焊补后都应进行消应力热处理。CU3 合金的螺旋桨铸件在进行 B 区域的修补(和经特别认可的 A 区域的焊接修补)或使用了易引起应力腐蚀裂纹的焊接材料后，可要求进行消应力热处理。[在这种情况下，根据修补的范围在 450-500℃ 的温度下进行消应力热处理，或者在 650-800℃ 的温度范围内进行退火。](#)

附录 1 船体钢质焊缝的无损检测

8.5 除基本项目外，RT 的报告还应包括以下项目：

- (1) 射线的类型和大小（辐射源的宽度），X 射线管电压；
- (2) 胶片类型/名称和每个胶片夹/盒中的胶片数量；
- (3) 射线检测数（曝光量）；
- (4) 增感屏的类型；
- (5) 曝光方法，曝光时间和[如下所述的](#)射线源到胶片的距离：
~~(6)~~ ① 射线源到焊缝源侧的距离；
~~(7)~~ 焊缝源侧②焊缝到射线照相胶片的距离；
~~(8)~~ (6) 射线穿过焊缝的角度（与垂直方向夹角）；
~~(9)~~ (7) 像质计的灵敏度，型号和位置（源侧或胶片侧）；
~~(10)~~ (8) 密度；
~~(11)~~ (9) 几何不清晰度；
~~(12)~~ (10) RT 的具体验收等级标准。