



中国船级社

材料与焊接规范

2020 年第 2 次

生效日期：2021 年 1 月 1 日

北京

简要编写说明

纳入 IACS UR W24、W27、W32、W34 的最新修订内容，IACS UR W24、W27、W34 于 2021 年 7 月 1 日生效，UR W32 于 2022 年 1 月 1 日生效。

目 录

第 1 篇 金属材料.....	3
第 6 章 铸 钢 件.....	3
第 5 节 螺旋桨铸钢件.....	3
第 9 章 其他有色金属.....	4
第 1 节 铜质螺旋桨.....	4
第 3 篇 焊 接.....	6
第 4 章 焊工资格考试.....	6
第 1 节 一 般 规 定.....	6
第 8 章 重要机件的焊接.....	7
第 4 节 螺旋桨的无损检测与焊补.....	7
附录 2 材料和焊缝的先进无损检测.....	13

第 1 篇 金属材料

第 6 章 铸 钢 件

第 5 节 螺旋桨铸钢件¹

6.5.2 化学成分

6.5.2.1 碳钢和碳锰钢螺旋桨铸钢件的熔炼分析化学成分应符合本节表 6.5.2.1 的规定。

碳钢和碳锰钢螺旋桨铸钢件的化学成分

表 6.5.2.1

钢 种	化学成分(%)								
	C	Si	Mn	P	S	残余元素 ^①			
						Ni	Cr	Mo	Cu
碳钢和碳锰钢	≤0.25	≤0.60	0.50~1.60	≤0.04	≤0.04	≤0.40	≤0.30	≤0.15	≤0.30

注：① 残余元素总量不超过 0.80%。

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表 6.5.2.2 的规定，[化学成分不足下表规定的铸件应经 CCS 同意](#)。

6.5.4 力学性能

6.5.4.1 通常每个螺旋桨铸件应制取 1 个代表其性能的试件。若采用同炉钢水浇铸，且同炉进行热处理，批量制造的直径不大于 1m，[试件的厚度应符合相应的公认标准](#)，且尺寸相同的螺旋桨，则每 5 个铸件中至少应制取 1 个适当尺寸的试件。

6.5.5 检验

6.5.5.2 所有螺旋桨均应进行无损检测。[铸件上的微小缺陷如夹沙、夹渣、冷疤等均应予以修饰；较大的影响使用的缺陷如非金属夹杂、缩孔、气孔和裂纹等应用适当的方法予以消除](#)，螺旋桨的重要部位的划分和相应的无损检测应符合本规范第 3 篇第 8 章第 4 节 8.4.2 和 8.4.3 的规定。

6.5.5.3 [制造厂应检测螺旋桨的尺寸，并将检测报告提交验船师现场确认制造厂应对产品的尺寸、形状公差和表面粗糙度进行检查。尺寸检查的报告应提交验船师审核，验船师可要求在其在场时核查。检查结果应符合认可图纸的要求。](#)

6.5.6 标记和证书

6.5.6.1 每个螺旋桨铸件应由制造厂做下列适当标记：

- a) 炉号或其他能追溯铸件整个制造经过的标记；
- b) CCS 证书号；
- c) [铸件材料等级或相应缩写](#)；
- d) 冰级符号，当适用时；
- e) 大侧斜角螺旋桨的侧斜角；
- f) 最终检验的日期；
- g) [当铸件已验收通过，应打上 CCS 的标记。](#)

¹ 本内容于 2021 年 7 月 1 日生效。

第9章 其他有色金属

第1节 铜质螺旋桨²

9.1.3 化学成分

9.1.3.1 铜质螺旋桨及其部件材料的化学成分一般应符合如表 9.1.3.1 所示。如果采用表 9.1.3.1 以外的铜合金,应提交有关技术资料(包括化学成分、热处理工艺、力学性能和耐海水腐蚀性能等),经 CCS 同意,可按公认的有关标准验收。

螺旋桨用铜合金的典型化学成分

表9.1.3.1

合金	化 学 成 分 (%)							
	Cu	Al	Mn	Zn	Fe	Ni	Sn	Pb
1级锰青铜(CuU1)	52~62	0.5~3.0	0.5~4.0	35~40	0.5~2.5	≤1.0	≤1.5	≤0.5
2级镍锰青铜(CuU2)	50~57	0.5~2.0	1.0~4.0	33~38	0.5~2.5	3.0~8.0	≤1.5	≤0.5
3级镍铝青铜(CuU3)	77~82	7.0~11.0	0.5~4.0	≤1.0	2.0~6.0	3.0~6.0	≤0.1	≤0.03
4级锰铝青铜(CuU4)	70~80	6.5~9.0	8.0~20.0	≤6.0	2.0~5.0	1.5~3.0	≤1.0	≤0.05

9.1.3.2 对于CuU1和CuU2合金,制造厂应测定其 α 相和 β 相的含量。 α 相应不低于25%, β 相应保持低含量以保证足够的冷加工塑性和耐腐蚀疲劳性能。

9.1.3.3 为保证 CuU1 和 CuU2 的金相组织中 α 相的比例,可控制铜合金的锌当量不超过 45%。锌当量按下式确定:

$$\text{锌当量} = 100 - \frac{100 \times \text{Cu}\%}{100 + A} \quad (\%)$$

式中: $A = 1 \times \text{Sn}\% + 5 \times \text{Al}\% - 0.5 \times \text{Mn}\% - 0.1 \times \text{Fe}\% - 2.3 \times \text{Ni}\%$ 。

若能保证 α 相达到或超过 25% 时,可不考虑锌当量的要求。

9.1.4 制造与热处理

9.1.4.4 螺旋桨或其部件的铸件可采用后续的退火热处理消除残余应力,其详细工艺资料应经审核。消应力热处理的温度和保温时间可参见表 9.1.4.4。

消应力热处理的温度和保温时间

表 9.1.4.4

消除应力热处理 温度(°C)	合金类别 保温 时间	CuU1 和 CuU2		CuU3 和 CuU4	
		每 25mm 厚度 保温时间 (h)	推荐最大总热 处理时间 (h)	每 25mm 厚度 保温时间 (h)	推荐最大总热 处理时间 (h)
350		5	15	—	—

² 本内容于 2021 年 7 月 1 日生效。

消除应力热处理温度(°C)	合金类别 保温时间	CuU1 和 CuU2		CuU3 和 CuU4	
		每 25mm 厚度保温时间 (h)	推荐最大总热处理时间 (h)	每 25mm 厚度保温时间 (h)	推荐最大总热处理时间 (h)
400		1	5	—	—
450		1/2	2	5	15
500		1/4	1	1	5
550		1/4 ^①	1/2 ^①	1/2 ^②	2 ^②
600		—	—	1/4 ^②	1 ^②

注：① 适用于 CuU2 合金。

② 仅适用于 CuU4 合金。

9.1.5.6 如要从整体铸件中提取试样，应经 CCS 同意。尽可能将试样放置在叶片 0.5-0.6R 的位置（R 为螺旋桨的半径），同时测试样品必须经过非加热程序从铸件中取出。

9.1.6 试验与检验

9.1.6.2 CuU1 和 CuU2 型合金的螺旋桨产品应逐炉取样进行金相检验，测定 α 相的比例。 α 相的比例应取 5 次读数的平均值。测定结果应符合 9.1.3.2 的要求。

9.1.6.3 力学性能试验应测定其抗拉强度、0.2% 规定非比例延伸强度和断后伸长率。分离试样的试验结果应符合表 9.1.6.3 所示的数值要求。连体浇铸试样的力学性能要求应经 CCS 特别同意。

螺旋桨铜合金的力学性能

表 9.1.6.3

合金类型	规定非比例延伸强度	抗拉强度	断后伸长率
	$R_{p0.2}$ N/mm ²	R_m N/mm ²	A_5 %
1级锰青铜(CuU1)	≥175	≥440	≥20
2级镍锰青铜(CuU2)	≥175	≥440	≥20
3级镍铝青铜(CuU3)	≥245	≥590	≥16
4级锰铝青铜(CuU4)	≥275	≥630	≥18

9.1.7.2 每一已验收通过的螺旋桨铸件应具有下列内容的合格证书：

- a) 订货方名或订货号；
- b) 船名，当已知时；
- c) 螺旋桨图纸的图号(图纸中对铸件进行详细描述)；
- d) 螺旋桨的直径、桨叶数、螺距、旋向；
- e) 大侧斜角螺旋桨的侧斜角；
- f) 成品桨重量；
- g) 合金型号、各炉的化学成分；
- h) 铸件的炉号或浇铸批号；
- i) 铸件的标识号；
- j) 无损检测方法及其结果；
- k) 力学性能试验结果；
- l) 金相检查中 α 相的比例(仅适用于CuU1和CuU2合金)。

第 3 篇 焊 接

第 4 章 焊工资格考试³

第 1 节 一 般 规 定

4.1.1 适用范围

4.1.1.1 本章的规定适用于船舶及海上设施的结构、机械、锅炉与受压容器及管系等的碳钢、碳锰钢、合金钢及铝合金的熔化焊（包括焊条电弧焊、半自动焊和TIG焊）焊工考试。^注

注：①本章要求适用于2018年1月1日及以后焊工或焊接操作者资格考试（初次或复证）。

②在2018年1月1日前CCS颁发和接受的焊工资格证书在有效期内仍有效，但有效期满（最迟不超过2020年12月31日）的焊工应按本章要求重新考试。

③20182022年1月1日及以后期满的证书应按本章要求更新。

④对2018年前无证书要求的焊工或焊接操作者，最迟至2020年12月31日应按本章要求初次考试和发证。

4.1.2 一般要求

4.1.2.4 根据国家标准或国际标准考试合格的焊工或焊接操作工，如果考试项目、适用范围和相关要求等同于本章要求，经 CCS 同意，也可以从事船体结构和相关产品的焊接工作。采用国家标准或国际标准时须完全使用，不允许不同的国家标准或国际标准部分使用或交叉使用。

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。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。

4.1.7.4 除定位焊工资格证书长期有效外，所有焊工应由 CCS 定期进行重新验证。焊工技能应由下列之一方法进行周期性验证：

(1) 每 3 年焊工进行重新考试；

(2) 每 2 年进行验证：在 2 年有效期的最后 6 个月期间，对焊工焊接的 2 条焊缝进行射线检测或超声波检测或破坏性试验并作记录。该焊缝应重现初次考试条件（除板厚）。这些试验通过后可使焊工资格延期 2 年。

(3) 在满足 4.1.7.2 的要求下，焊工资格证书一直有效，但必须符合以下条件，并经 CCS 同意。CCS 与船厂或制造厂达成一致的情况下，每不超过 3 年由 CCS 重新验证。

① 焊工在同一个船厂/制造厂从事焊接作业，船厂/制造厂应对其焊工资格负责。

② CCS 应对船厂/制造厂的焊工管理体系进行审核，至少包含以下内容：

- 协调焊工管理体系的负责人；
- 船厂/制造厂焊工和主管的清单；
- 分包商焊工清单（如有）；
- 焊工的资格证书和相关管理体系；
- 焊工资格程序中的培训记录；
- 焊工和焊接工艺的识别体系；

³ 本内容于 2022 年 1 月 1 日生效。

- [监控程序（焊缝的检测记录）。](#)

③ [船厂/制造厂每年必须至少提供一次记录（焊工是否满足焊工证书资格要求），并经 CCS 同意。](#)

第8章 重要机件的焊接

第4节 螺旋桨的无损检测与焊补⁴

8.4.2 螺旋桨的侧斜角及其危险区域划分

8.4.2.1 螺旋桨的侧斜由螺旋桨桨叶的侧斜角来描述。螺旋桨的最大侧斜角为：在桨叶的正投影图上，从叶尖到桨轴中线的直线和从轴中线作出与螺旋桨的桨叶截面弦长中点连线相切的直线的夹角(见图 8.4.2.1)。高侧斜螺旋桨的侧斜角大于 25°，低侧斜螺旋桨的侧斜角不大于 25°。

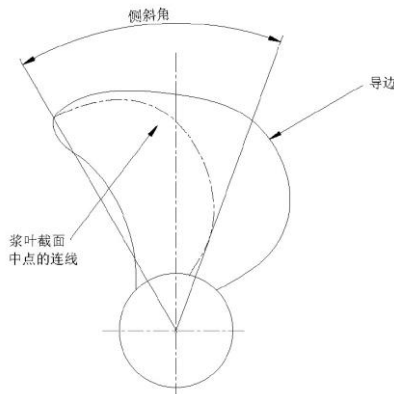


图 8.4.2.1 螺旋桨侧斜角的定义

8.4.2.2 为将检测要求与桨叶中的缺陷极限相联系并减少修补后疲劳裂纹的风险，将桨叶划分为A、B、C三个危险区域：

(1) A区是承受最大工作应力的区域，因此检测要求最高。一般在该区域桨叶的厚度最大，其对修补焊缝的约束度最大，反过来也导致在修补焊缝内部和周围的残余应力最大。高的残余拉应力在以后的服役中经常导致疲劳裂纹，因此在该区域的任何焊接修补后必须经过消除应力热处理。

(2) B区是可能有高工作应力的区域。

(3) C区是工作应力低并且桨叶厚度相对较薄的区域。

8.4.3 无损检测

[8.4.3.1 无损检测人员资质应符合本篇附录 1 的相关要求。](#)

[8.4.3.2 制造商应对所有成品铸件进行 100% 的目视检查。铸件应无裂纹或其他影响铸件使用的缺陷。一般目视检查应由 CCS 验船师进行。](#)

[8.4.3.43](#) 所有螺旋桨成品铸件均应按 8.4.2.3 和 8.4.2.4 规定分为三个区进行表面无损检测。通常 A 区检测应在验船师在场下进行，对 B 和 C 区进行检测时验船师可要求在场。

[8.4.3.24](#) 螺旋桨的表面检测通常用着色液体渗透检测方法进行。着色液体渗透检测应按 ISO 3452-1 或 CCS 认可的标准或规则进行，验收标准应符合本节 8.4.3.5-8.4.3.7 的要求。磁粉检测方法不适用于铜质螺旋桨和奥氏体不锈钢螺旋桨。在马氏体不锈钢铸件的检验中，磁粉检测可以代替液体渗透检测。磁粉检测程序应提交 CCS，并应符合 ISO 9934-1 或相关公认标准。

[8.4.3.35](#) 着色液体渗透检测的显影时间应符合渗透剂生产厂的建议值或不少于 10min。

⁴ 本内容于 2021 年 7 月 1 日生效。

8.4.3.46 对显示进行评定时应以 100cm^2 大小的正方形或长方形(长边不超过 250mm)作为评定区。评定区应选在显示最密集的部位。

8.4.3.57 渗透剂显示按图8.4.3.57划分为圆形、线形和连续形非线型、线型和连续型等三种。不同区域内的缺陷大小和数量应不超过表8.4.3.57所示之值。

缺陷：在液体染料渗透检查测试中，缺陷是指在使用显影剂至少10分钟后，从材料不连续处出现可检测的渗透液体漏出。

相关缺陷：只有直径大于1.5mm的缺陷才被认为是缺陷分类中的相关缺陷。

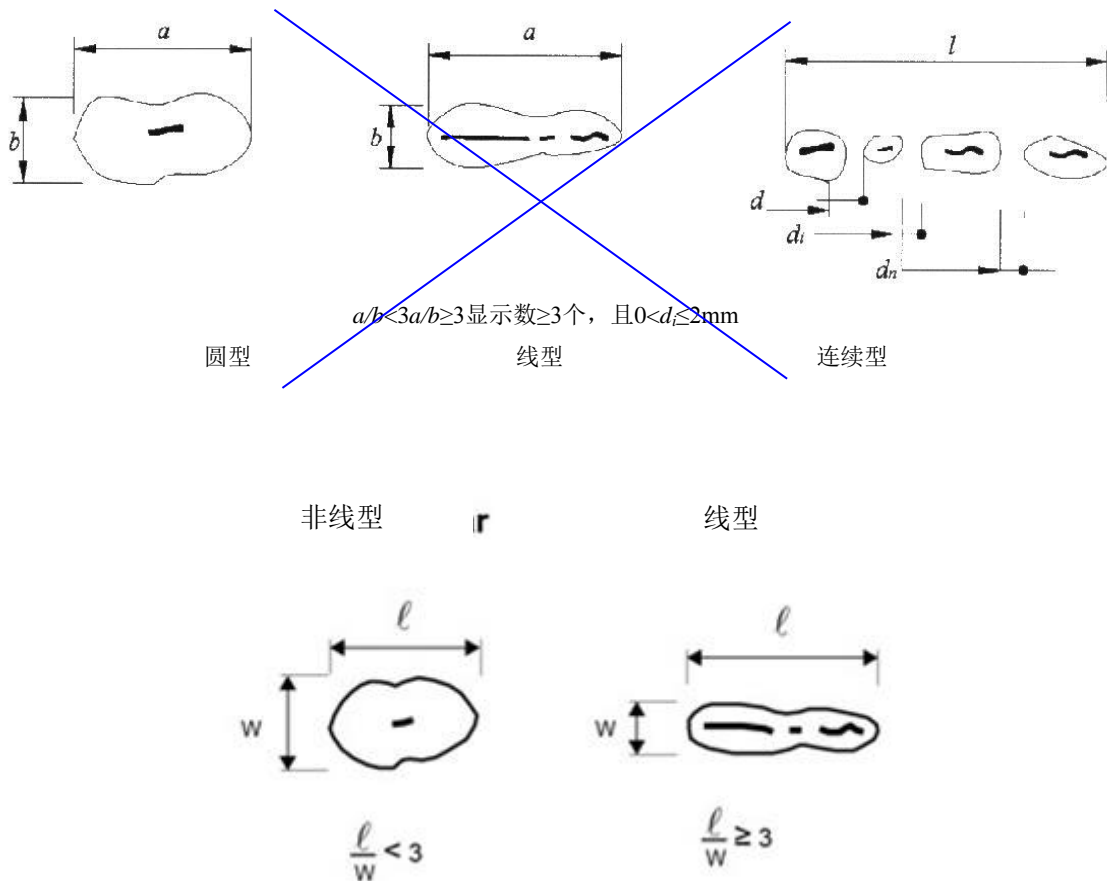
非线型缺陷：缺陷的最大尺寸小于最小尺寸的3倍。

线型缺陷：缺陷的最大尺寸大于等于最小尺寸的3倍。

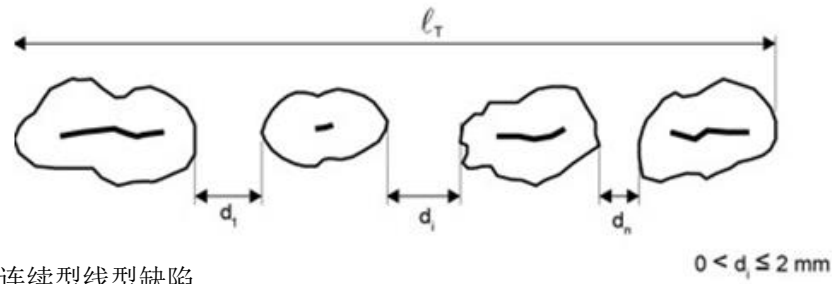
连续型缺陷：

(a) 非线型连续缺陷：缺陷长度小于等于2mm且最少有3个缺陷成排。

(b) 线型连续缺陷：2个缺陷之间的距离小于等于最大缺陷的长度 (l_{\max})。



连续型
连续型非线性型缺陷



连续型线型缺陷

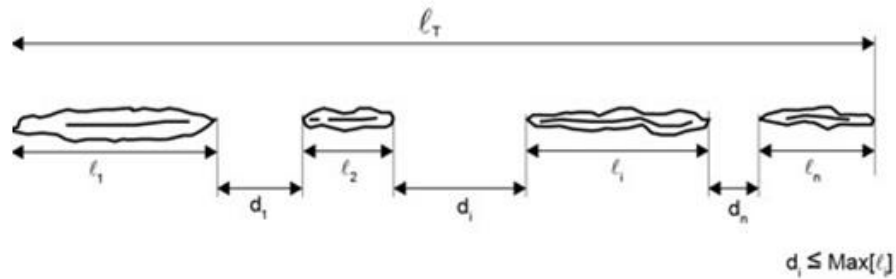


图8.4.3.57 显示的类型

着色液体渗透检测判定区内显示的判定

表8.4.3.57

区域	显示的最大数量	显示类型	每类缺陷的最大数量	缺陷显示的最大尺寸(mm)
A	7	圆非线性型	5	4
		线型	2	3
		连续	2	3
B	14	圆非线性型	10	6
		线型	4	6
		连续	4	6
C	20	圆非线性型	14	8
		线型	6	6
		连续	6	6

注：① A区内小于2mm的单个圆非线性型显示及其他区域内小于3mm的单个圆非线性型显示可以忽略不认为是相关的。

② 如线形型或连续形型显示较少或不存在，圆非线性型显示的总数最多可达到所有显示的最大许可数量，只要保证各种显示的数量之和不超过最大许可数量。

8.4.3.68 当怀疑铸件存在内部缺陷时，验船师可要求进行射线检测和/或超声波检测。射线或超声波检测的验收标准应由厂方与CCS商定。采用射线和/或超声波检测时应注意：

(1) 由于射线检测的厚度限制和其他实际因素，射线检测一般不宜用来检查大型螺旋桨的最厚部分；

(2) 由于材料的高吸收性能，一般对不锈钢、CuU1和CuU2铜合金等材料不采用超声波方法进行检测；但超声波检测可对CuU3和CuU4铜合金材料进行检测。

(3) 由于铸铜合金和奥氏体钢铸件对超声波的衰减作用，超声检测不适用于某些情况，这取决于铸件的形状、型号、厚度以及晶粒生长方向。在这种情况下，超声对铸件的有效穿透应在实际项目上证明，通常是通过底面反射信号和收到信号波形特征来确定的。

8.4.3.79 如果铸件经过修磨、校正或焊补，修补区域不论其所处的位置和/或位于的区域均应进行液体渗透检测。焊缝修补处，不论其所处的位置，均应按A区域要求进行检测。

8.4.3.810 制造厂应保持可追溯每一炉次的检验报告和产品的无损检测报告，并经验船师确认。

8.4.4 缺陷修补的一般要求

8.4.4.4 不采用焊接修补的缺陷，在削、铣处理后应进行打磨。并使打磨出的凹陷轮廓尽可能光滑过渡，以避免应力集中和减轻空泡剥蚀。通过液体渗透检测或磁粉检测来验证缺陷材料已完全消除。

8.4.4.6 螺旋桨 A 区域的修补一般应遵循下列原则：

(1) A 区一般不允许焊接修补，焊接修补只有经 CCS 同意才能进行。如果同意采用焊接修补，则焊后应进行消应力热处理，热处理工艺应经 CCS 验船师同意；

(2) 打磨后桨叶的厚度应保持图纸上批准的桨叶厚度；

(3) 当缺陷的深度大于本条(2)允许修补范围时，其修补应经 CCS 另行考虑；

(4) A 区域修补还可由螺旋桨设计方提交基于详细的水动力载荷和应力分析的建议方案，并经 CCS 另行考虑。

8.4.4.9 对每一作过修补的铸件，制造厂应保留一份记录挖修、焊补、热处理和最终检测结果的报告，该报告应经验船师确认。在开始焊补之前，制造厂应提交螺旋桨修补的范围和位置、焊接工艺、热处理和检验程序，并经 CCS 同意。

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），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应与实际焊补时相同覆盖范围见表 8.4.5.3(2)。焊接工艺规程适用于具有相同技术和质量管理条件的车间。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。

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 ^② (mm)	试验项目 ^③	试验结果要求
铸铜合金螺旋桨	30	目视及表面液体渗透检测 ^④ ：焊缝全长	无表面裂纹
		射线检测：焊缝全长	符合公认标准
		横向拉伸：2 个	C#U1: $R_m \geq 370 \text{N/mm}^2$ C#U2: $R_m \geq 410 \text{N/mm}^2$ C#U3: $R_m \geq 500 \text{N/mm}^2$ C#U4: $R_m \geq 550 \text{N/mm}^2$
		宏观检查：3 个	无裂纹和未熔合；和直径大于 3mm 的气孔、夹渣等缺陷
铸钢螺旋桨	30 -	目视及表面液体渗透检测 ^④ ：焊缝全长	满足表 8.4.3.57 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
		侧弯：2 个 弯曲 ^⑤ ：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 23mm 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
		宏观检查: 2 个	无裂纹或类似裂纹缺陷、夹渣和直径大于 3mm 的气孔
		冲击: 当母材有冲击要求时, 焊缝中心和熔合线处各 1 组	冲击温度和冲击功满足母材要求
		硬度: 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。

③ 试件尺寸和具体取样位置见图 8.4.5.3。在切割试样之前, 测试组件应进行目视和液体渗透检测。如果需焊后热处理, 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。

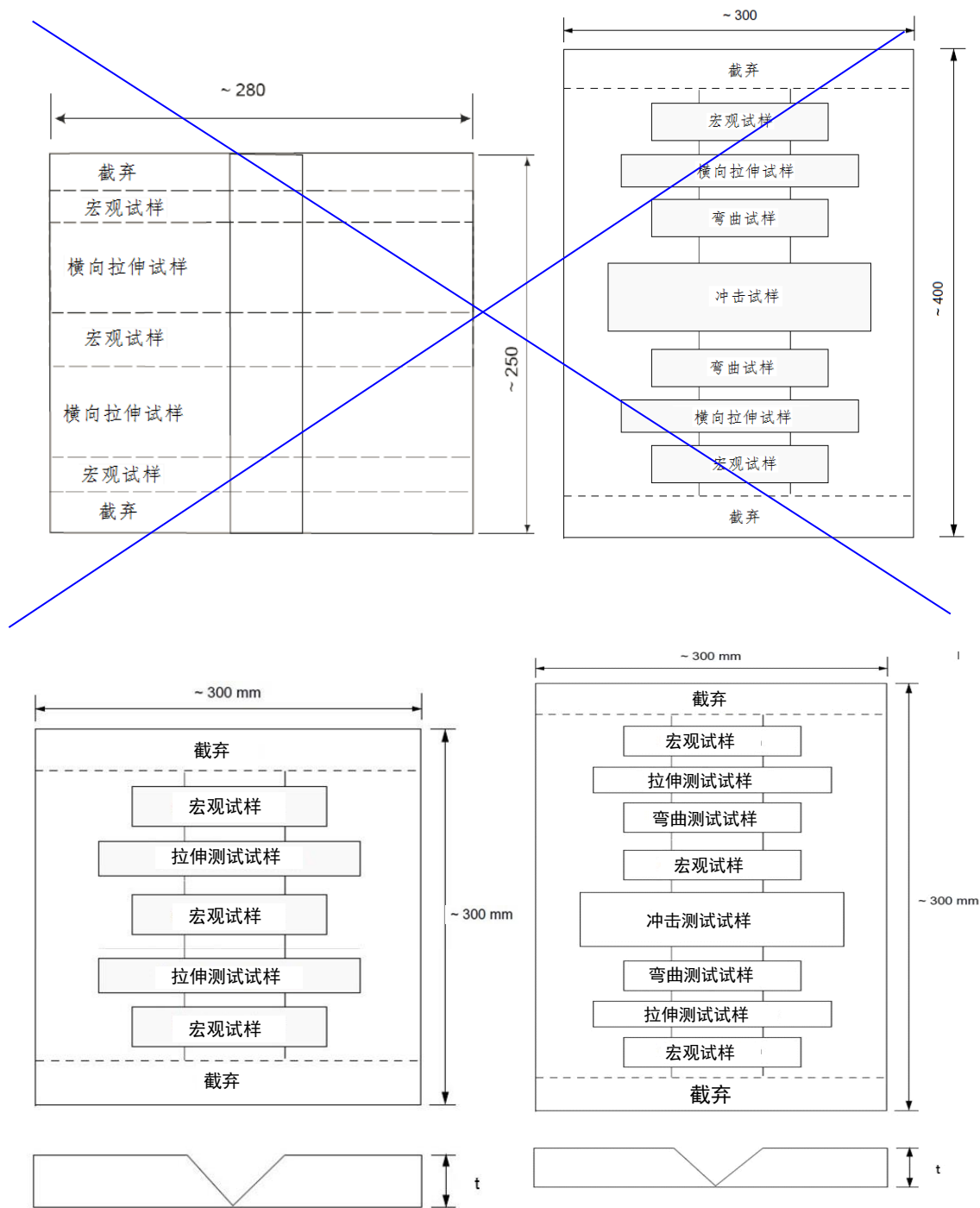
④ 对接接头的横向弯曲试验应符合第 1 篇第 2 章第 2 节或符合公认标准。当厚度大于等于 12mm 时, 可取 4 个侧弯试样代替正反弯试样。

⑤ 如果测试件不符合要求, 应按第 3 篇第 1 章第 2 节中的要求进行复试。

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	
母材	材质	适用材质
	CU1	CU1
	CU2	CU1, CU2
	CU3	CU3
	CU4	CU4
	铸钢	相同钢级
厚度	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 道间温度	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	
	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	



(1) 铸铜合金螺旋桨试件

(2) 铸钢螺旋桨试件

图 8.4.5.3 螺旋桨修补焊接工艺认可试件取样位置

8.4.5.4 需用焊接方法修补时，应将缺陷清除干净，直到呈现良好的材料。为保证完全去除缺陷，打磨区域应在验船师在场情况下进行着色液体渗透检测。

8.4.5.8 螺旋桨的修补应采用熔化极电弧焊，制造厂可根据自身经验，采用药皮焊条电弧焊或熔化极气体保护电弧焊进行螺旋桨焊补。对于铸铜合金螺旋桨，气体保护钨极氩弧焊应谨慎使用。推荐使用熔化极电弧焊对铜质螺旋桨进行各类修补。

对 Cu1、Cu2 合金铜质螺旋桨可使用气焊，但应限制在对螺旋桨外缘 1/3 半径范围内且厚度小于 30mm 处缺陷的修补。

8.4.5.11 为减轻扭曲和产生裂纹的危险，应保持较低的道间温度，特别是 CuU3 合金。

8.4.6 矫正

8.4.6.1 螺旋桨少量的变形可采用加热或不加热进行矫正。[如果可证明其焊接性能不受热矫正的影响，焊接修补区域可进行热矫正。](#)

冷矫正应仅用于对端部或边缘的微小修补。

热矫正和冷矫正只能采用静载荷。

8.4.7 热处理

8.4.7.1 除非制造厂能证明没有必要外，CuU1、CuU2 和 CuU4 铜材料冷矫正或焊补后都应进行消应力热处理。CuU3 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。

8.4.7.3 铜合金浆推荐的消应力热处理温度列于表 8.4.7.3 中。保温时间应符合第 1 篇第 9 章表 9.1.4.4。

推荐的填充金属、预热和热处理温度

表8.4.7.3

合金类型	填充金属	最低预热温度 ℃	最大道间温度 ℃	消应力热处理温度 ℃	热矫正温度 ℃
CuU1	铝青铜 ^① 锰青铜	150	300	350~500	500~800
CuU2	铝青铜 镍锰青铜	150	300	350~550	500~800
CuU3	铝青铜 镍铝青铜 ^② 锰铝青铜	100	250	450~500	700~900
CuU4	锰铝青铜	100	300	450~600	700~850

注：① 镍铝青铜和锰铝青铜均可接受。

② 如使用镍铝青铜不要求消应力。

新增：

附录 2 材料和焊缝的先进无损检测⁵

1 一般要求

1.1 [本附录适用于新造船舶的材料和焊缝的先进无损检测 \(ANDT\) 方法与质量等级的最低要求。本附录范围内可使用的先进检测方法见第 2 节。](#)

1.2 [造船厂、生产商或其分包商应根据本附录要求执行先进无损检测技术。CCS 验船师可以要求对检测过程进行见证。](#)

1.3 [造船厂或生产商应确保在建造过程中遵守相关检测规范和工艺，并向 CCS 提供有效的先进无损检测报告。](#)

1.4 [检测范围、方法以及检查点的数量通常由造船厂和 CCS 共同商定。](#)

1.5 术语和定义

[本附录所用的术语和定义如下：](#)

[ANDT](#) [先进无损检测](#)

[RT-D](#) [射线数字成像检测](#)

⁵ 本内容于 2021 年 7 月 1 日生效。

RT-S 带有数字图像采集器（动态范围 $\geq 12\text{bit}$ ）的射线检测

RT-CR 带有可存储的荧光成像板的计算机射线检测

PAUT 相控阵超声检测

TOFD 衍射时差检测

AUT 自动超声检测。一种超声检测技术，通过使用机械化装配、自主引导、远程控制以及电机控制（驱动）的装置和搜索单元进行检测，无需技术人员调节。用于进行检测的设备能够通过整合的编码装置记录包含扫描位置等信息的超声响应数据，以便能够对所采集的数据进行成像。

SAUT 半自动超声检测。一种超声波检测技术，通过使用机械化装配、自主引导、人工辅助（驱动）的设备和搜索单元进行检测，并可由技术人员手动调节。用于进行检测的设备能够通过整合的编码装置记录包含扫描位置等信息的超声响应数据，以便能够对所采集的数据进行成像。

2 适用范围

2.1 材料

2.1.1 本附录适用于以下材料及工业产品

- (1) 符合 CCS《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》的气体运输船母材及焊缝
- (2) 符合 CCS《材料与焊接规范》第 1 篇第 3 章的一般强度船体结构用钢和高强度船体结构用钢
- (3) 符合 CCS《材料与焊接规范》第 1 篇第 3 章的焊接结构用高强度淬火回火钢
- (4) 符合 CCS《材料与焊接规范》第 1 篇第 5 章 的船体结构用锻钢件
- (5) 符合 CCS《材料与焊接规范》第 1 篇第 6 章 的船体结构用铸钢件和机械结构用铸钢件
- (6) 符合 CCS《船用高强度钢厚板应用指南》的集装箱船用超厚钢板
- (7) 符合 CCS《材料与焊接规范》第 1 篇第 8 章铝合金
- (8) 符合 CCS《材料与焊接规范》第 1 篇第 9 章的铜质螺旋桨
- (9) 符合 CCS《材料与焊接规范》第 1 篇第 6 章的螺旋桨铸钢件
- (10) 符合 CCS《船用高强度钢厚板应用指南》的 EH47 级钢和止裂钢
- (11) 符合 CCS《船舶焊接检验指南》附录 7A 的船舶及其机械用锻钢件
- (12) 符合 CCS《船舶焊接检验指南》附录 7B 的船舶及其机械用铸钢件

2.2 焊接工艺

2.2.1 本附录所述的先进无损检测技术可适用于表 2.2.1 中规定的焊接工艺。未包含在表中的焊接工艺，其先进无损检测应符合 CCS 要求。

适用的焊接工艺

表 2.2.1

焊接工艺		ISO 4063:2009
手工焊接	焊条电弧焊(SMAW)	111
电阻焊接	闪光焊(FW)	24
半自动焊接	(1) 熔化极惰性气体保护焊(MIG) (2) 熔化极活性气体保护焊(MAG) (3) 药芯焊丝气体保护焊(FCAW)	131 135, 138 136
TIG 焊接	钨极气体保护焊(GTAW)	141

自动焊接	(1) 埋弧焊(SAW)	12
	(2) 气电立焊(EGW)	73
	(3) 电渣焊(ESW)	72

2.3 焊缝

2.3.1 本附录适用于全熔透对接焊缝。不同种类的焊缝，例如 T 字形、角形和十字形焊缝（无论是否全熔透）均可使用 PAUT 进行检测。有关焊缝对检测的限制，应在检测前进行确认、记录并经 CCS 同意。

2.4 先进无损检测的时机

2.4.1 先进无损检测（ANDT）应在焊缝冷却至环境温度，并在适当情况下经热处理后进行。

2.4.2 对于最小屈服强度在 420 N/mm² 至 690 N/mm² 范围内的船体钢结构焊缝，先进无损检测的使用应符合 CCS《材料与焊接规范》第 3 篇附件 1《船体钢质焊缝的无损检测》中的 2.4.2。

2.5 检测方法

2.5.1 本附录中提及的先进检测方法包括 PAUT（仅自动/半自动 PAUT）、TOFD、RT-D。

2.5.2 不同类型的材料和焊缝所适用的检测方法如表 2.5.2 所示。

材料与焊缝所适用的检测方法 表 2.5.2

材料与焊缝	母材厚度	适用方法
全熔透铁素体对接焊缝	厚度<6mm	RT-D
	6 mm < 厚度 < 40 mm	PAUT, TOFD, RT-D
	厚度>40mm	PAUT, TOFD, RT-D*
全熔透铁素体 T 形和角焊缝	厚度>6mm	PAUT, RT-D*
全熔透铁素体十字焊缝	厚度>6mm	PAUT*
全熔透奥氏体不锈钢对接焊缝	厚度<6mm	RT-D
	6 mm < 厚度 < 40 mm	RT-D, PAUT*
	厚度>40mm	PAUT*, RT-D*
全熔透奥氏体不锈钢 T 形焊缝和角焊缝 ^①	厚度>6mm	PAUT*, RT-D*
全熔透铝制 T 形焊缝和角焊缝	厚度>6mm	PAUT*, RT-D*
全熔透铝制十字焊缝	厚度>6mm	PAUT*
全熔透铝制对接焊缝	厚度<6mm	RT-D
	6 mm < 厚度 < 40 mm	RT-D, TOFD, PAUT
	厚度>40mm	TOFD, PAUT, RT-D*
铸铜合金	全部	PAUT, RT-D*
锻钢件	全部	PAUT, RT-D*
铸钢件	全部	PAUT, RT-D*
基材/轧制钢、铝合金锻件	厚度<6mm	RT-D
	6 mm < 厚度 < 40 mm	PAUT, TOFD, RT-D
	厚度>40mm	PAUT, TOFD, RT-D*

*此检测方法有限制要求，使用时需由 CCS 对工艺进行特定认可

注：①采用先进检测方法对各向异性材料进行超声检测时需要特定的工艺和技术。此外，也可以使用一些补充技术和设备，如：使用斜入射纵波和/或爬波探头检测近表面缺陷。

3 先进无损检测的人员资质

3.1 造船厂、生产商或其分包商应确保其技术主管和检测人员根据 ISO9712:2012 认证体系取得人员资质，且优先推荐通过第三方认证。

如果造船厂、生产商或其分包商的书面认证计划经过本社的审查并认为可以接受以雇主为基础的资格认证计划的人员资格，例如 SNT-TC-1A, 2016 或 ANSI / ASNT CP-189,2016,除认证机构和/或授权机构的公正性要求外，供方的人员资格至少应符合 ISO 9712: 2012。

技术主管和检测人员的证书和能力应包括造船厂、生产商或其分包商所使用的工业门类和技术。

III 级人员资质应由 CCS 接受的认证机构颁布。

3.2 造船厂、生产商或其分包商应有一名或多名技术主管，负责无损检测的正确执行及检测人员和设备符合相关标准及管理要求。造船厂、生产商或其分包商应按照第 3.1 项的要求，雇用至少一名具有 III 级资格证书的全职技术主管。造船厂、生产商和分包商不允许直接任命 III 级人员，III 级人员需认证机构认可。若造船厂、生产商或其分包商不具备规定无损检测方法的 III 级人员，允许雇用外部经独立认证的非全职 III 级人员。

无损检测技术主管应直接参与无损检测工艺、无损检测报告、无损检测设备和工具校准的审查和验收。每年应代表造船厂、生厂商或其分包商对检测人员的资格进行重新评估。

3.3 进行无损检测操作及数据分析的人员，至少应具有该无损检测方法 II 级人员资格，其资格认证应符合 3.1 条的规定。

若所使用无损检测方法只进行数据收集，并未进行数据判读或分析的检测人员，仅需具有该无损检测方法 I 级人员资质。

检测人员应具备足够的材料、焊接、结构或构件、无损检测设备和专业的知识，以达到正确应用相关无损检测方法的能力。

4 技术和工艺认可

4.1 一般要求

造船厂或生产商必须向 CCS 提交下列文件以供审查：

- (1) 先进无损检测 (ANDT) 的技术文档
- (2) 符合本附录中 7 无损检测方法和工艺流程的要求
- (3) 软件仿真的结果 (如适用)

4.2 软件仿真

当使用 PAUT 或 TOFD 技术时，CCS 可要求进行软件仿真。仿真包括初始检测设置、扫查计划、体积覆盖、人工缺陷结果图像等。在某些情况下，项目可能需要或要求人工缺陷建模/仿真。

4.3 工艺认可试验

先进无损检测 (ANDT) 系统的工艺认可应包含以下步骤：

- (1) 检测系统有效性能数据的审查 (检出能力和缺陷尺寸精度)；
- (2) 重要参数及其波动性的鉴定和评估；
- (3) 重复性和可靠性测试程序^①的规划和执行，包括现场演示；
- (4) 重复性和可靠性测试程序结果的文档。

注：①重复性和可靠性试验程序的数据将根据验证试块检测报告和现场演示进行分析。验证试块应符合 ASME V 第 14 条强制性附录 II 超声检测 (UT) 性能示范标准或经 CCS 同意，且最低应使用中级评定试块。当进行测量误差分布和检出率 (POD) 分析时，应使用更高等级的验证试块，且现场演示过程应由 CCS 验船师见证。

4.4 工艺批准

检测工艺应根据工艺认可结果进行评估，如符合要求，可考虑批准该工艺。

4.5 现场审查

4.5.1 用于试验的焊缝，应按照商定的比例对其进行补充无损检测，并与其他无损检测方法进行交叉验证。此外，可使用其他可记录的参考技术与先进无损检测（ANDT）的结果进行比对。

4.5.2 根据上述工作进行数据分析。在适用情况下，需确定检出率（POD）和尺寸精度。当对检测工作的审查结果不符合批准的工艺时，应立即中止检测。当遇到不一致的情况时，应进行额外的工艺认可和现场演示。当发现严重不符合时，CCS 有权拒绝接受检测结果。

5 表面状况

5.1 待检测区域应无刻痕、疏松锈层、焊接飞溅物、油、油脂、污垢或油漆等可能影响检测灵敏度的物质。

5.2 如需通过油漆层进行 PAUT 或 TOFD 检测的部位，应按照工艺规定的传输修正方法确认检测的适用性和灵敏度。在任何情况下，如传输损耗超过 12dB，应考虑原因，并在适用的情况下对扫查表面进行处理。如通过油漆层进行检测，则工艺认可也应在带有油漆层的试块进行。

5.3 检测表面光洁度是确保缺陷检测准确可靠的因素。对于焊缝检测，如检测表面不规则或具有其他可能干扰检测结果评定的特征，则应对焊缝进行打磨或机加工。

6 检测的总体方案：无损检测方法的选择

6.1 检测范围应由造船厂或生产商根据船舶设计、船舶或设备类型和所用的焊接工艺进行规划，需特别注意高应力区域。检测范围应与相应的材料焊接检验规范或指南一致。

7 检测要求

7.1 一般要求

7.1.1 造船厂或生产商应确保执行无损检测或评定无损检测结果的人员符合第 3 节所述的资质要求。

7.1.2 检测工艺

(1) 所有无损检测应按照典型的被检项目工艺进行。

(2) 检测工艺应明确被检工件、无损检测方法、使用设备以及检测范围，包括所有检测限制条件。

(3) 检测工艺应包括对部件进行明确标识的要求，以及为确保检验的可重复性而采用的基准系统或标记系统的要求。

(4) 检测工艺应包括设备校准和功能检查方法和要求，以及被检测部件所对应的技术表单/扫查计划。

(5) 检测工艺须由相关方法 III 级资质人员根据 CCS 接受的标准进行批准。

(6) 检测工艺应由 CCS 的验船师审查。

7.1.3 本附录所应用的检测方法见 2.5.1 的规定。

7.1.4 PAUT 技术应至少符合本附录 7.2 的要求。根据被测工件的复杂性和其表面可达性，可需额外的扫查和/或辅助性的无损检测技术，以确保实现待检测工件的全覆盖。

7.1.4.1 PAUT 在进行焊缝检测时，应包含针对熔合面的线性扫查以及特定检测技术中规定的其他扫查方式。详情请参照 7.2.2.4 中的线性扫查要求。

7.1.5 TOFD 技术应至少符合本附录 7.3 的要求。根据被测物体的复杂性以及与表面可达性，可需额外的扫查和/或辅助性的无损检测技术，以确保实现待检测工件的全覆盖。

7.1.6 RT-D 技术应至少符合本附录 7.4 的要求。在本附录中，RT-D 主要由以下两种 RT 方法组成：RT-S 和 RT-CR。其他的方法（如射线透视系统），在适用情况下，须符合本附录的相关要求，任何具体的要求应证明与上述要求等效。

7.1.6.1 在所有 RT-D 方法中，除具体要求外，还应在工艺中描述探测器输出质量的控制方法。

7.1.6.2 检测工艺应规定最终评定和报告所需的放大率、后处理工具、图像/数据安全和存储的等级。

7.2 相控阵超声检测（PAUT）

PAUT 应根据检测工艺执行，检测工艺基于 ISO 13588:2019、ISO 18563-1:2015、ISO 18563-2:2017、ISO 18563-3:2015 和 ISO 19285:2017 或公认标准以及 CCS 的具体要求制定。

7.2.1 检测前所需信息

检测工艺至少包含以下信息，见表 7.2.1。当表中的基本参数超出特定值或规定范围时，其工艺应重新进行认可。当非基本参数超出特定值或规定范围时，其工艺则不需要重新进行认可。如有上述情况须对检测工艺进行书面修订或增补。

PAUT 工艺要求

表 7.2.1

要求	基本参数	非基本参数
待检测材料类型或焊接结构，包括厚度尺寸和材料形态（铸件、锻件、管道、板材等）	X	---
待测物表面	X	---
技术（直入射、斜入射、接触和/或沉浸）	X	---
波在材料中传播的角度和模式	X	---
探头类型、频率、晶片大小和数量、中心距、间距以及形状	X	---
焦距（区分平面聚焦、深度聚焦或声程聚焦）	X	---
虚拟孔径的大小（即元件数量、有效高度 ^① 和元件宽度）	X	---
E 扫描和 S 扫描的聚焦法则（即使用的元件数量范围、使用的角度范围、元件或角度步进变化）	X	---
特殊探头、楔块、探头靴或鞍座（使用时）	X	---
超声波仪器	X	---
校准(校准试块和技术)	X	---
扫查方向和范围	X	---
扫查方式（手动与自动）	X	---
指示测量以及几何构造和缺陷的区分方法	X	---
计算机增强数据的采集（使用时）	X	---
扫查重叠（仅减少时）	X	---
必要时的人员绩效要求	X	---
检测等级、验收等级和/或记录等级	X	---
人员资质要求	---	X
表面状况（检测面，校准试块）	---	X
耦合剂（品牌或类型）	---	X
检测后的清洁技术	---	X
自动警报和/或记录设备（在适用情况下）	---	X
记录，包括要记录的最小校准数据（例如：仪器的设置）	---	X
环境和安全问题	---	X

注：①有效高度是聚焦法则中所用的第一个晶片到最后一个晶片的外边缘之间的距离。

7.2.2 检测

7.2.2.1 检测等级

检测工艺中规定的检测等级应符合 CCS 认可的标准。ISO 13588:2019 中规定四个检测等级，每个等级对应不同的缺陷检出概率。

7.2.2.2 焊缝检测

焊缝检测应符合 ISO 13588:2019 和本附录附加的特殊要求。

7.2.2.3 材料检测

材料检测应至少符合本附录 2.1 所述的要求。

7.2.2.4 检测体积

编制检测工艺应先确定检测目的。在此基础上，确定待检物体积。

制定扫查计划。扫查计划需注明波束覆盖率、焊缝厚度和焊缝几何形状等信息。如仅基于波幅进行评定，则要求使用 E 扫描（或线性扫描）来扫查焊缝的熔合面，以便波束能够尽可能垂直于熔合面（±5° 的误差）。如通过演示验证能证明使用 S（或扇形）扫描工艺能够检出和测量熔合面上的不连续性，则可以省略该要求（注：所用的参考试块的熔合区域内应包含反射体）。

7.2.2.5 参考试块

根据检测等级选用参考试块以确定检测的充分性（例如：覆盖率、灵敏度设置）。参考试块的设计和制造应符合 ISO 13588:2019 或公认的等效标准和 CCS 的具体要求。

7.2.2.6 指示评估

在执行检测工艺时，检测到的指示应根据“长度结合自身高度”或“长度结合最大波幅”进行评估。指示评估应符合 ISO 19285:2017 或公认标准和 CCS 的具体要求。尺寸测量的技术包括参考线、时间增益修正（TCG）、距离增益大小（DGS）和 6dB 下降法。6dB 下降法只能用于测量大于波束宽度的指示。

7.3 衍射时差检测（TOFD）

TOFD 应按照 ISO 10863:2011 和 ISO 15626:2018 的工艺流程或公认的标准以及 CCS 具体要求实施。

7.3.1 检测前所需信息

编写工艺至少应包含以下信息，见表 7.3.1。当表中的基本参数超出特定值或规定范围时，其工艺应重新进行认可。当非基本参数超出特定值或规定范围时，其工艺则不需要重新认可。如有上述情况须对工艺进行书面修订或增补。

TOFD 工艺要求

表 7.3.1

要求	基本参数	非基本参数
待检测的焊接结构，包括厚度尺寸和材料形态（铸件、锻件、管道、板材等）	X	---
待检测物件的表面状况	X	---
波在材料中的传播角度	X	---
探头类型、频率和晶片的大小/形状	X	---
特殊探头、楔块、探头靴或鞍座（使用时）	X	---
超声仪器和软件	X	---
校准（校准试块和技术）	X	---
扫查方向和范围	X	---
扫查方式（手动与自动）	X	---
数据采样间隔（仅增加）	X	---
尺寸指示以及几何构造和缺陷的区分显示	X	---
计算机增强数据的采集（使用时）	X	---
扫查重叠（仅减少时）	X	---
必要时的人员绩效要求	X	---
检测等级、验收等级和/或记录等级	X	---
人员资质要求	---	X
表面状况（检测面，校准试块）	---	X
耦合剂（品牌或类型）	---	X
检测后的清洁技术	---	X
自动警报和/或记录设备（在适用情况下）	---	X
记录，包括要记录的最小校准数据（例如：仪器的设置）	---	X
环境和安全问题	---	X

7.3.2 检测

7.3.2.1 检测等级

检测工艺中规定的检测等级应符合 CCS 认可的标准。ISO 10863:2011 中规定四个检测等级，每个等级对应于不同的缺陷检出率。

7.3.2.2 检测体积

编制检测工艺应先确定检测目的。在此基础上，确定待检物体积。

制定扫查计划。扫查计划包含探头位置、波束覆盖率、焊缝厚度和焊缝几何形状等信息。

7.3.2.3 由于 TOFD 方法特性，扫查计划可能存在 TOFD 无法完全覆盖的焊接体积区域（通常称为盲区，存在于直通波、底面或两者）。如扫查计划显示的盲区未能得到充分的检测，则应进一步采用其他 TOFD 扫查方式和/或补充的无损检测方法，以达到全部检测范围。

7.4 射线数字成像检测(RT-D)

RT-D 应按照检测工艺执行，检测工艺需按照 ISO 17636-2:2013 及其引用的标准，或依据公认的标准和 CCS 其他具体要求制定。

在应用标准的过程中发生的任何变动（如像质计位置）都应经 CCS 同意。

编写检测工艺应包括以下信息，见表 7.4。

RT-D 工艺要求

表 7.4

要求
待检测物的材料类型和焊接结构，包括厚度尺寸和材料形态（铸件、锻件、管道、板材等）
数字化系统说明：
数字化系统生产厂家及型号
图像监控器有效区域的实际尺寸
扫查装置的胶片规格
胶片扫查系统的激光束焦点尺寸
由监控器的垂直/水平分辨率限制所定义的图像显示像素大小
视频显示器的亮度
数据存储介质
数字化技术：
使用数字化仪焦点尺寸（微米）
无损数据压缩技术（如使用）
图像采集验证方法
图像处理操作
系统校验时间间隔
使用空间分辨率：
对比灵敏度（获得的密度范围）
使用动态范围
系统空间分辨率
材料类型和厚度范围
使用源类型或最大 X 射线管电压
探测器类型
探测器校准
源与目标之间的最小距离
检测对象与探测器之间的距离
源的尺寸
检测对象的扫查方案（如适用）
图像质量的测量工具
像质指示器（IQI）
单线像质指示器

双线像质指示器
图像识别指示器
检测等级、验收等级和/或记录等级
人员资质要求
表面状况
记录，至少包括要记录的校准数据
环境和安全问题

[7.4.1 检测等级](#)

[关于 ISO 17636-2:2013 中检测等级的选择，请参考本附录 8.4。](#)

[8 验收标准](#)

[8.1 一般要求](#)

[8.1.1 本附录详细说明评估无损检测结果所遵循的验收等级。方法包括但不限于：相控阵超声检测（PAUT）、衍射时差检测（TOFD）、射线数字成像检测（RT-D）。](#)

[8.1.2 必要时可结合多种检测方法，以便根据验收标准来评估指示。](#)

[8.1.3 每种材料和焊缝的验收标准应符合 2.1.1 中所包含的相关规范和指南。](#)

[8.2 相控阵超声检测](#)

[8.2.1 焊缝检测](#)

[验收等级、检测等级和质量等级的关系见表 8.2.1。](#)

[焊缝相控阵超声检测的质量等级和验收等级应符合 ISO 19285:2017 或 CCS 认可的标准。](#)

PAUT 验收等级 **表 8.2.1**

基于 ISO 5817:2014 的质量等级	基于 ISO 13588:2019 的检测等级	基于 ISO 19285:2017 的验收等级
C, D	A	3
B	B	2
双方协商	C	1
特殊应用	D	双方协商

[8.2.2 材料检测](#)

[PAUT 进行材料检测的质量等级和验收等级应符合 CCS 认可的标准。](#)

[材料检测的验收等级应至少符合国际船级社协会相关的统一要求和建议。](#)

[8.3 衍射时差检测](#)

[验收等级、检测等级和质量等级的关系见表 8.3。](#)

[焊缝 TOFD 的质量等级和验收等级应符合 ISO 15626:2018 或 CCS 认可的标准。](#)

TOFD 验收等级

表 8.3

基于 ISO 5817:2014 的 验收等级	基于 ISO 10863:2011 的检测等级	基于 ISO 15626:2018 的验收等级
B (严格)	C	1
C (中等)	至少 B	2
D (适度)	至少 A	3

8.4 射线数字成像检测

验收等级、检测等级和质量等级的关系见表 8.4。

焊缝射线数字成像检测的质量等级和验收应符合 ISO 10675 或 CCS 认可的标准。

RT-D 验收等级

表 8.4

基于 ISO 5817:2014 或 ISO 10042:2018 的 质量等级	基于 ISO 17636-2:2013 的检测技术/ 等级 (级)	基于 ISO 10675-1:2016 和 ISO 10675-2:2017 的验收等级
B (严格)	B (级)	1
C (中等)	B* (级)	2
D (适度)	A (级)	3

*对于环焊缝检测，最小曝光次数应符合 ISO 17636-2:2013 A 级的要求

9 报告

9.1 检测报告至少应包含以下信息：

(1) 参考标准：

(2) 与待测工件有关的信息：

- ① 待测工件的标识；
 - ② 尺寸信息，包括壁厚；
 - ③ 材料类型和产品形态；
 - ④ 几何结构；
 - ⑤ 检测焊缝位置；
 - ⑥ 参考焊接工艺和热处理；
 - ⑦ 表面状况和温度；
 - ⑧ 制造阶段；
- #### (3) 设备有关的信息：

设备信息

表 9.1 (3)

方法	信息
全部	仪器的生产商和类型，包括编号（如需要）
相控阵 超声检测 (PAUT)	①相控阵探头生产商、型号和频率，晶片的数量和尺寸，楔块的材料和角度，以上设备编号（如需要）； ②提供带有识别号的参考试块的详细信息； ③使用的耦合剂类型。
衍射时差检测 (TOFD)	①生产商、类型、频率、元件尺寸和带有识别号的探头的波束角度（如需要）； ②提供带有识别号（如需要）的参考试块的详细信息； ③使用耦合剂类型。

<u>射线数字成像检测 (RT-D)</u>	<u>①使用的标记系统;</u> <u>②辐射源、焦点类型和尺寸以及所用设备的标识;</u> <u>③探测器、屏幕和滤波板及探测器基本空间分辨率;</u>
------------------------	---

(4) 检测技术相关信息:

检测技术相关信息

表 9.1 (4)

<u>方法</u>	<u>信息</u>
<u>全部</u>	<u>①检测等级和参考标准;</u> <u>②检测目的和范围;</u> <u>③基准和坐标系的详细信息;</u> <u>④用于量程和灵敏度设置的方法和数值;</u> <u>⑤信号处理和扫查步进设置的详细信息;</u> <u>⑥接触面限制以及与标准的偏差 (如有时)。</u>
<u>相控阵超声检测 (PAUT)</u>	<u>①步进 (E 扫) 或角度步进 (S 扫);</u> <u>②晶片中心距和相邻晶片间距;</u> <u>③聚焦深度 (校准应与扫查相同);</u> <u>④虚拟孔径大小, 即晶片数量和晶片的宽度;</u> <u>⑤用于聚焦法则的晶片编号;</u> <u>⑥生产商提供的有关允许楔块角度范围的文件;</u> <u>⑦记录的校准、TCG 和角度增益补偿;</u> <u>⑧扫查计划。</u>
<u>衍射时差检测 (TOFD)</u>	<u>①TOFD 设置的详细信息;</u> <u>②偏置扫查的详细信息 (如需要)。</u>
<u>射线数字成像检测 (RT-D)</u>	<u>①探测器位置;</u> <u>②使用时的管电压和电流或源类型及其放射源能量;</u> <u>③曝光时间和源到探测器的距离;</u> <u>④像质计的类型和位置;</u> <u>⑤对于 RT-S 达到和要求的信噪比或对于 RT-CR 达到和要求的灰度值和/或信噪比;</u> <u>⑥对于 RT-S: 类型和参数, 如灰度值、帧像周期、帧数、像素大小、校准工艺;</u> <u>⑦对于 RT-CR: 扫查仪器的类型和参数, 如像素大小、扫查速度、灰度值、激光强度、激光焦点大小;</u> <u>⑧图像处理过程中使用的参数, 如数字滤波器。</u>

(5) 检测结果相关信息:

检测结果相关信息

表 9.1 (5)

<u>方法</u>	<u>信息</u>
<u>全部</u>	<u>①采用的验收标准;</u> <u>②记录相关指示信号的分类、位置和大小以及评估结果的表格数据;</u> <u>③检测结果, 包括所用软件的数据;</u> <u>④检测日期;</u> <u>⑤涉及到的原始数据文件;</u> <u>⑥扫查或曝光和检测报告的日期;</u> <u>⑦人员姓名、签字和资质证书。</u>
<u>相控阵超声检测 (PAUT)</u>	<u>①检测到的相关指示所在位置的图像至少应以硬拷贝的形式进行存储; 所有的图像或数据应以软件形式存储;</u> <u>②参考点和坐标系的详细信息。</u>
<u>衍射时差检测 (TOFD)</u>	<u>检测到相关指示所在位置的图像</u>

9.2 无损检测结果应由造船厂或生产商持续记录和评估，记录需提供给验船师。

9.3 造船厂或生产商负责无损检测结果的审查、解释、评价和接受,并在报告中说明是否符合检测工艺中规定的标准。

9.4 除上述一般报告的要求外，所用无损检测方法的特殊要求和细节，需在报告中列出。具体要求参见所用（检测）方法的相关标准。

9.5 造船厂或生产商应在 CCS 认可的要求期限内保存检测记录。

10 不可接受的指示和维修

超过所用验收标准的指示（不连续）都应归为缺陷，应根据国际船级社协会相关统一要求和建
议的要求进行消除和修复。