



中国船级社

# 钢质远洋渔船建造规范

变更通告

2020年11月版，2020年第2次

生效日期：2021年7月1日

北京

# 目录

第7篇 材料 .....	7-0
第5章 铸钢件 .....	7-1
第6节 螺旋桨铸钢件 .....	7-1
第9章 其他有色金属 .....	7-4
第1节 螺旋桨铜铸件 .....	7-4
第8篇 焊接 .....	8-0
附录1 船体钢质焊缝的无损检测 .....	8-1



中国船级社

# 钢质远洋渔船建造规范

变更通告

第7篇 材料

## 第5章 铸钢件

### 第6节 螺旋桨铸钢件

#### 5.6.1 适用范围

5.6.1.1 本节规定适用于碳钢、碳锰钢、低合金钢和不锈钢铸造的螺旋桨(包括桨叶和桨毂)和桨叶的铸钢件。~~如采用合金钢,应将其化学成分、力学性能和热处理规程提交本社认可。~~

5.6.1.2 铸钢螺旋桨及其部件的制造应符合本章第1节的有关规定。

#### 5.6.2 化学成分

5.6.2.1 ~~碳钢和碳锰钢螺旋桨铸钢件的桶样化学成分,应符合本篇表5.3.2.1的规定,但其碳含量应不大于0.25%。~~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5.6.2.1的规定。

碳钢和碳锰钢螺旋桨铸钢件的化学成分 表5.6.2.1

钢种	化学成分(%)								
	C	Si	Mn	P	S	残余元素 <sup>①</sup>			
						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%。

5.6.2.2 不锈钢螺旋桨铸钢件的熔炼分析化学成份应符合本节表5.6.2.2的规定。

不锈钢螺旋桨铸钢件的化学成份 表5.6.2.2

钢种	类型 <sup>①</sup>	化学成分(%)							
		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo <sup>②</sup>
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。

#### 5.6.3 热处理

5.6.3.1 碳钢及碳锰钢的螺旋桨及其桨叶的铸钢件, 均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℃。

5.6.3.2 不锈钢螺旋桨铸件应根据其钢材种类进行下列热处理:

- (1) 马氏体铸钢应进行奥氏体化并进行回火;

(2) 奥氏体铸钢应进行固溶热处理。

## 5.6.4 力学性能

5.6.4.1 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，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。~~试件应与螺旋桨的桨毂或桨叶法兰的铸钢件本体一起浇铸。~~

5.6.4.2 试件一般应与铸钢件本体一起整体浇铸，桨叶上的附连试件应位于桨叶半径的0.5至0.6倍处。经CCS同意，也可采用同炉材料与本体分开浇制的试件。~~每个铸钢件应至少截取1个拉伸试样和1组3个夏比V型缺口冲击试样。~~

5.6.4.3 试件应与铸件同炉进行热处理。在最终热处理完成前，附连试件不能从铸件上取下。附连试件应采用机加工的方法截取。

5.6.4.4 每个试件应至少截取1个拉伸试样和一组3个夏比V型缺口冲击试样，分别按本篇第2章有关规定进行试验。

~~5.6.4.3~~5.6.4.5 螺旋桨铸钢件的力学性能应符合表5.6.4.3~~5~~规定。

螺旋桨铸钢件的力学性能

表5.6.4.3~~5~~

钢种	抗拉强度 $R_m$ 不小于 (N/mm <sup>2</sup> )	屈服强度 $R_{eH}$ 或 $R_{p0.2}$ 不小于 (N/mm <sup>2</sup> )	伸长率 $A_5$ 不小于 (%)	断面收缩率 Z 不小于 (%)	夏比V缺口 冲击试验 平均冲击功 ① 不小于 (J)	
碳钢和碳锰钢	400	200	25	40	20	
低合金钢	400	225	19	25	20	
不锈钢	1Cr12NiMo	590	440	15	30	20
	0Cr13Ni4Mo	750	550	15	35	30
	0Cr16Ni5Mo	760	540	15	35	30
	1Cr18Ni12Mo	440	180 <sup>②</sup>	30	40	—

注：① 对无冰级要求的船舶或具有B级冰级要求船舶，其使用的螺旋桨铸钢件的冲击试验应在0℃进行；对具有其他冰级要求的船舶，其使用的螺旋桨铸钢件的冲击试验应在-10℃进行。奥氏体不锈钢铸钢件可不作冲击试验。

② 奥氏体不锈钢若采用1.0%规定非比例延伸强度，则 $R_{p1.0}$ 应不小于205 N/mm<sup>2</sup>。

## 5.6.5 检验

5.6.5.1 所有螺旋桨产品铸件均应进行外观成形检查和100%表面检查，其最终产品表面应符合批准图纸规定的粗糙度，且无裂纹或其他影响其使用性能的缺陷。

5.6.5.2 所有螺旋桨均应进行无损检测。螺旋桨的重要部位的划分和相应的无损检测应符合本社《材料与焊接规范》第3篇第8章第4节相关要求。

5.6.5.3 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。

5.6.5.4 所有螺旋桨均应按图纸要求进行静平衡试验。对额定转速超过500r/min的螺旋桨应进行动平衡试验。

5.6.5.5 检查中发现的缺陷应按本社《材料与焊接规范》[第3篇第8章第4节](#)相关要求要求进行修复。验船师可要求对焊补区域进行酸蚀试验以检查焊补情况。

## 5.6.6 标记和证书

5.6.6.1 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) 本社证书号；
- c) 冰级符号，当适用时；
- d) 大侧斜角螺旋桨的侧斜角；
- e) 最终检验的日期；
- f) 当铸件已验收通过，应打上本社的标记。

5.6.6.2 凡经检验合格的螺旋桨铸件均应具有下列内容的船用产品证书或等效证明文件：

- a) 订货方名或订货号；
- b) 船名(当已知时)；
- c) 带图号的铸件详细描述文件；
- 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、炉号、化学成分；
- h) 铸件的浇铸号；
- i) 详细的热处理时间和温度；
- j) 力学性能试验结果和无损检测结果。

## 第9章 其它有色金属

### 第1节 螺旋桨铜铸件

#### 9.1.1 适用范围

9.1.1.1 本节规定适用于制造铜合金铸造螺旋桨(包括桨毂和桨叶)的铜合金铸件。

9.1.1.2 铸造铜合金螺旋桨及其部件的制造和试验, 铸件按应符合本篇第1章和第2章及本节的規定进行制造和检验。

#### 9.1.2 认可

9.1.2.1 制造厂(包括铸造厂和机加工厂)应按本社规定申请工厂认可。

9.1.2.2 认可的螺旋桨生产厂应接受本社年度复查。年度复查应核查工厂的质保体系、生产、试验、检测设备的技术状况和精度。对不经常生产的工厂除前述外,尚应按认可试验内容进行考核。

#### ~~9.1.3 质量~~

~~9.1.3.1 铸件上应无裂纹、气孔、缩孔、冷隔、结疤和较大的非金属夹杂等影响其使用的各种缺陷。~~

#### ~~9.1.4~~9.1.3 化学成分

~~9.1.4.1~~9.1.3.1 铜质螺旋桨及其部件材料的桶样化学成分一般应符合表9.1.3.1的规定。如采用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),经本社同意,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

铜合金种类	化学成分 (%)							
	Cu	Al	Mn	Zn	Fe	Ni	Sn	Pb
1级锰青铜(Cu1)	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(Cu2)	50~57	0.5~2.0	1.0~4.0	33~38	0.5~2.5	2.5~8.0	≤1.5	≤0.5
3级镍铝青铜(Cu3)	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(Cu4)	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Cu1和Cu2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。

~~9.1.4.2~~9.1.3.3 为保证Cu1和Cu2的金相组织中α相的比例,Cu1和Cu2铜合金应按下式确定其锌当量,可控制铜合金的锌当量应不超过45%。锌当量按下式确定:

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

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

若能保证 $\alpha$ 相达到或超过25%时，可不考虑锌当量的要求。

~~A为下列各项的代数和： $1\times Sn\%$ ；~~

~~————— $5\times Al\%$ ；~~

~~————— $0.5\times Mn\%$ ；~~

~~————— $0.1\times Fe\%$ ；~~

~~————— $2.3\times Ni\%$ 。~~

~~9.1.4.3 若铸件是用同一种铜合金的铸锭熔化浇铸，则可采用铸锭生产厂提供的化学成分报告。~~

#### 9.1.5 9.1.4 制造与热处理

9.1.4.1 浇铸螺旋桨或其部件的铜合金应采用干燥的砂型进行浇铸，液态金属一般应经脱气处理，浇铸时应控制浇铸速度，防止产生过大的紊流；同时也应有适当的装置并防止炉渣进入型腔。

9.1.4.2 浇铸方法应确保其内部不存在降低其使用性能的铸造缺陷，如气孔、缩孔、裂纹和较大的非金属夹渣。

9.1.4.3 若采用单独浇铸的试样时，浇铸试样的模具材料应与制造螺旋桨的模具材料相同，并在与螺旋桨相同的条件下冷却。

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	Cu1和Cu2		Cu3和Cu4	
		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	—	—
400		1	5	—	—
450		1/2	2	5	15
500		1/4	1	1	5
550		1/4 <sup>①</sup>	1/2 <sup>①</sup>	1/2 <sup>②</sup>	2 <sup>②</sup>
600		—	—	1/4 <sup>②</sup>	1 <sup>②</sup>

注：①适用于Cu2合金。

②仅适用于Cu4合金。

~~9.1.5.1~~9.1.4.5 铸件可以铸态或适当的热处理状态交货。

#### 9.1.5 试样

9.1.5.1 铜质螺旋桨一般采用如图9.1.5.1所示的单独浇铸的吉尔型试件。若采用附连的试件，则试件应尽可能位于桨叶的0.5R与0.6R之间(R为螺旋桨的半径)。也可采用其他公认

的标准规定的单独浇铸的试样。

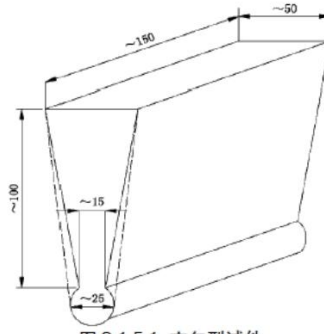


图 9.1.5.1 吉尔型试件

9.1.5.2 通常每一炉液体金属应至少制取1个力学试件。且通常在浇铸过程即将结束时浇铸试件。

9.1.5.3 对于同炉浇铸和热处理，且形状和尺寸相同，批量制造的螺旋桨，满足如下条件时，可按每5个产品中至少浇制1个试件进行批量试验：

- (1)整体铸造螺旋桨，其直径不大于1m；
- (2)可调距螺旋桨，单个桨叶或桨毂的重量不大于200kg；

9.1.5.4 如螺旋桨需经热处理，则试件应与之一起进行处理。切取试样时，不应使用热加工方法。

9.1.5.5 每个试件应按本社《材料与焊接规范》第1篇第2章表2.2.2.1中序号2的规定制取圆形比例拉伸试样。

### 9.1.6 试验与检验力学性能

9.1.6.1 铜质螺旋桨及其部件应逐炉进行化学成分分析，其结果应符合本节9.1.3的有关规定。铸件应按下列要求制备试样：

- 1 试件应采用与螺旋桨铸件的铸型相同的铸型材料，并应在同样的冷却条件下单独浇铸，如图9.1.6.1.1所示的吉尔型试件；若一个铸件由几炉铜水合浇而成，则每炉或每包铜水都要取样；
- 2 若仅需一个试件时，应在浇铸过程即将结束时浇铸试件；若需要几个试件时，则应在浇铸过程开始和结束时分别浇铸；
- 3 拉伸试样的尺寸应符合本篇表2.2.2.1中序号1的规定。

9.1.6.2 Cu1和Cu2型合金的螺旋桨产品应逐炉取样进行金相检验，测定 $\alpha$ 相的比例。 $\alpha$ 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。拉伸试验结果应符合表9.1.6.2的规定。

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 Rp0.2 N/mm <sup>2</sup>	抗拉强度 Rm N/mm <sup>2</sup>	断后伸长率 A5 %
1级锰青铜(Cu1)	≥175	≥440	≥20

2级镍锰青铜(Cu2)	$\geq 175$	$\geq 440$	$\geq 20$
3级镍铝青铜(Cu3)	$\geq 245$	$\geq 590$	$\geq 16$
4级锰铝青铜(Cu4)	$\geq 275$	$\geq 630$	$\geq 18$

~~注：除特殊规定外，表中的规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$ 仅供参考。~~

9.1.6.4 螺旋桨铸件宜在制造过程的所有阶段均进行外观检查。并且在最终裸露状态下提交验船师进行整个外表面的全面目视检查。此项检查还应包括桨毂。

9.1.6.5 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。

9.1.6.6 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，并按本社《材料与焊接规范》第3篇第8章第4节的有关规定进行修补。

9.1.6.7 每个螺旋桨及其产品应按本社《材料与焊接规范》第3篇第8章第4节的有关规定进行无损检测，并提供无损检测报告。

9.1.6.8 若发现有必须修补的缺陷，应按本社《材料与焊接规范》第3篇第8章第4节的有关规定进行修补，并对修补处进行无损检测，证实产品符合要求。

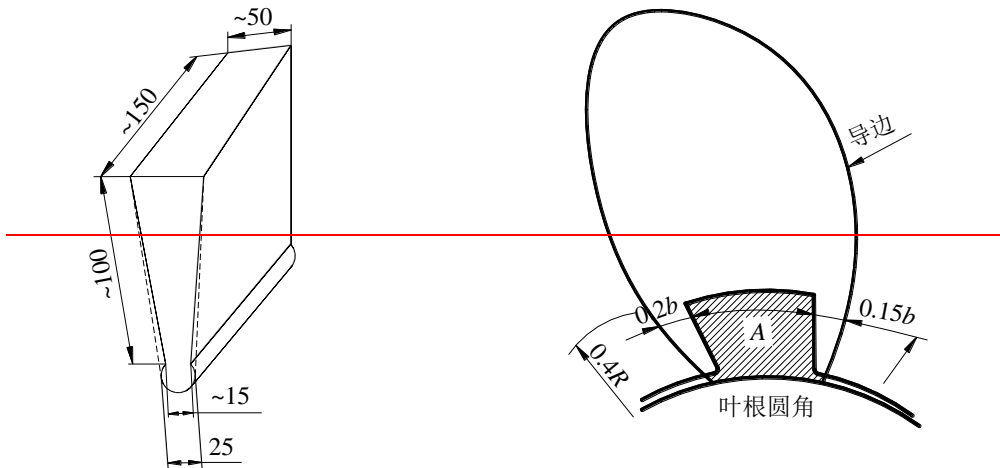
9.1.6.9 若对焊补范围有怀疑时，验船师可要求对怀疑区域进行酸蚀(例如用氯化铁)观察。

9.1.6.10 所有螺旋桨均应根据批准的图纸进行静态平衡试验。对额定转速在500 r/min以上的螺旋桨应进行动态平衡试验。

#### ~~9.1.7 目检和无损检测~~

~~9.1.7.1 所有的成品铸件应提交本社验船师进行内外表面检查。~~

~~9.1.7.2 成品质量超过3t的单铸桨叶，应在每一桨叶的压力面上磨光一块表面进行目检和着色检测。磨光的表面区域应包括图9.1.7.2所示的A区和叶根圆角区。~~



~~图9.1.6.1.1 吉尔型试件~~

~~图9.1.7.2 A区和叶根圆角示意区~~

~~9.1.7.3 着色检测的结果，应符合公认的其他标准。~~

#### ~~9.1.8 金相组织检验~~

~~9.1.8.1 1级锰青铜和2级镍锰青铜应逐炉检验金相组织，试样可由拉伸试样的一端截取。为保证足够的韧性，由五个读数计算出的平均值至少应含有25%的 $\alpha$ 相组织。~~

### 9.1.9 缺陷的修补

~~9.1.9.1 对于不影响强度的小缺陷，一般可不修补。对桨毂端面或内孔表面的局部气孔，经适当处理后，可采用适当的塑性填料进行填充。~~

~~9.1.9.2 当铸件中发现超标的缺陷时，可用机械方法将其去除，并将由此产生的凹坑打磨光滑。缺陷除去后应作着色检测，以证明缺陷已经消除。~~

~~9.1.9.3 螺旋桨一般不应焊补，若确有必要，应按本社《材料与焊接规范》相关要求要求进行修补，并对修补处进行无损检测，证实产品符合要求~~

### 9.1.740 标记和证书

9.1.740.1 每个螺旋桨铸件应由制造厂做下列适当标记：

- a) 材料等级或其缩写符号；
- b) 制造厂标记；
- c) 炉号或其他能追溯铸件整个制造过程的标记；
- d) 试样号；
- e) 本社证书号；
- f) 冰级符号(当适用时)；
- g) 大侧斜角螺旋桨的侧斜角；
- h) 最终检验的日期；
- i) 当铸件已验收通过，应打上本社的标记。

9.1.740.2 每一已验收通过的螺旋桨铸件应具有下列内容的船用产品证书或等效证明文件：

- 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 $\alpha$ 相的比例(仅适用于Cu1和Cu2合金)。



中国船级社

# 钢质远洋渔船建造规范

变更通告

第8篇 焊接

新增:

## 附录1 船体钢质焊缝的无损检测

### 1 一般要求

1.1 本附录适用于新造船体结构钢焊缝的无损检测（NDT）所采用的方法和质量等级的最低要求（“船体结构”参见本社《钢质海船入级规范》第1篇第4章附录1）。

1.2 本附录给出的质量等级是指产品（焊缝）的质量等级，而不是焊缝的适用性等级。

1.3 无损检测由造船厂或其分包商根据相关要求执行。验船师必要时需现场见证。

1.4 造船厂应确保在建造过程中遵守检测规范和工艺，并向CCS提供无损检测报告。

1.5 检测范围和检测点数量应由造船厂与本社商定。

1.6 本附录涵盖常规NDT方法。相控阵超声检测（PAUT）、衍射时差检测（TOFD）、数字射线检测（RT-D）、带有数字采集器的射线检测（RT-S）和计算机辅助射线检测（RT-CR）等先进无损检测方法将另行规定。

1.7 下列术语和定义适用于本附录：

NDT 无损检测：为了测量几何特征以及检测、定位、测量和评估缺陷，以不损害材料或构件未来使用性能和用途而发展和应用的一种技术方法。NDT也称为无损探伤(NDE)、无损检查(NDI)和无损评价(NDE)。

RT 射线检测

UT 超声波检测

MT 磁粉检测

PT 渗透检测

PWHT 焊后热处理

VT 目视检测

### 2 适用范围

#### 2.1 母材

2.1.1 本附录适用于本规范一般和高强度船体结构用钢、焊接结构用高强度钢、船体锻钢件的连接焊缝以及铸钢件。经本社同意，也可使用上述以外的母材。

#### 2.2 焊接工艺

2.2.1 本附录适用于手工电弧焊（焊条电弧焊，111）、气体保护焊（金属极气体保护焊，包括药芯焊丝气体保护焊，13x）、非熔化钨极气体保护焊（钨极气体保护焊，14x）、埋弧焊（12x）、电渣焊（72x）和气电立焊工艺（73），符合ISO 4063:2009的术语和数字

（“x”表示包含相关子组）。除上述焊接工艺，本附录也可应用于本社认可的其他焊接工艺。

### 2.3 焊接接头

2.3.1 本附录适用于全熔透对接焊缝、全熔透和未熔透的T型、L型、十字型接头和角焊缝。

### 2.4 无损检测时机

2.4.1 无损检测应在焊缝冷却至环境温度后进行。如适用，应在焊后热处理后进行。

2.4.2 对于规定最小屈服强度范围为420 N /mm<sup>2</sup>至690 N /mm<sup>2</sup>的焊接结构用高强度钢，在焊接完成后48小时内不得进行无损检测。对于规定最小屈服强度大于690 N /mm<sup>2</sup>的钢，在焊接完成后72小时之内不得进行无损检测。无论屈服强度大小，若在焊接中观察到延迟开裂的迹象，应考虑延迟检测。

2.4.3 经验船师判断，可延长焊后检测时间间隔和/或在以后进行额外的抽检（如：厚板焊缝）。

2.4.4 若焊接完成72小时并冷却到环境温度后的全长外观检查、MT或PT抽检达到CCS验船师要求，无延迟裂纹迹象，则经验船师判断后，对同类焊缝的RT或UT可由72小时的间隔缩短为48小时。

2.4.5 经验船师判断，在进行PWHT时，可放宽延迟期后的检测要求。

### 2.5 焊接接头适用检测方法

2.5.1 本附录适用于表面缺陷的检测方法为目视检测（VT），渗透检测（PT）和磁粉检测（MT）。用于内部缺陷的检测方法为超声波检测（UT）和射线检测（RT）。

2.5.2 各种类型焊接接头的适用检测方法见表2.5.2。

焊接接头适用检测方法

表2.5.2

焊接接头	母材厚度	适用测试方法
全熔透对接焊缝	厚度<8mm <sup>①</sup>	VT, PT, MT, RT
	厚度≥8mm	VT, PT, MT, UT, RT
全熔透T型, L型和十字型接头	厚度<8mm <sup>①</sup>	VT, PT, MT, RT <sup>③</sup>
	厚度≥8mm	VT, PT, MT, UT, RT <sup>③</sup>
未熔透T型接头、L型接头、十字型接头和角焊缝	全部	VT, PT, MT, UT <sup>②</sup> , RT <sup>③</sup>

注：①如果厚度小于8mm，本社可考虑采用先进的UT方法。

②UT可用于检查T型，L型和十字型接头的熔透程度。应用时应与本社商定。

③有条件地使用RT。

## 3 无损检测人员资质

3.1 造船厂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或其分包商所使用的工业门类和技术。

Ⅲ级人员资质应由本社所认可的认证机构颁布。

3.2 船厂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。检测人员及设备需符合相关标准及管理要求。造船厂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。船厂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级人员资格。

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 表面状况

4.1 被检测区域应清除氧化皮、熔渣、锈迹、焊接飞溅、油、油脂、污垢或油漆，以保证检测灵敏度。

4.2 无损检测焊缝准备和清洁应符合接受的无损检测工艺，并经验船师同意。妨碍正确判断的表面状态可能会导致焊接区域的拒收。

## 5 检测总体方案：无损检测方法选择

5.1 检测范围和质量等级应由造船厂根据船舶设计、船型和所用焊接工艺制定。对于新造船的无损检测，参见本社《钢质海船入级规范》第1篇第4章附录1的无损检测要求及适用部分。

5.2 对于新造船，造船厂应提交一份无损检测计划供本社批准，其中应详细说明待检测的区域、检测范围和质量等级、拟使用的无损检测工艺，并应特别注意检测高应力区域的焊缝以及本规范第2篇中涉及的一般及特定结构的焊缝。无损检测工艺应符合本附录6的规定要求和本社的具体要求。该检测计划应提供给负责无损检测人员和技术主管。

5.2.1 在选择检测点时，应重点注意以下检测点：

- (1)高应力区域的焊缝
- (2)疲劳敏感区;
- (3)其他重要结构件;
- (4)在使用中难以接近或很难检测的焊缝;
- (5)现场安装焊缝;
- (6)疑似问题区域.

5.2.2 在选择检测点时,应考虑在船厂或分包船厂/设施进行的分段施工焊接。

5.2.3 若发现不合格的显示,则应增加无损检测范围。

5.3 识别系统应识别所检测焊缝的准确位置和长度。

5.4 所有焊缝应由造船厂指定的人员进行全长VT,造船厂可免除第3节规定的人员资质要求。

5.5 在可行的情况下,当检测焊缝的外表面、中间焊道和焊道熔覆前的已清根接头时,应使用PT或MT。铁磁性材料焊缝的检测应使用MT(除本社另有规定)。重要三通或角型接头的表面检测,应采用经批准的MT或PT。

5.6 大型铸造或锻造部件(如船尾框架、船尾凸台、舵部件、轴支架……)的焊接连接件应在其全长范围内使用MT(首选MT)或PT(适用于有色金属),并在商定的位置使用RT或UT。

5.7 如表2.5.2所示,UT或RT或UT和RT的组合可用于检测8mm或更厚的全熔透对接焊缝。所用方法应适用于检测不连续性缺陷的性质和方向并得到本社认可。RT和UT用于检测内部不连续性,二种方法互补。通常RT有效地检测体积不连续性(如气孔和熔渣),而UT更有效地检测平面不连续性(如分层、未熔合和裂纹)。虽两种方法不直接相关,但各方法都能表明焊接过程控制不足的情况。

5.8 通常,使用自动(机械化)焊接工艺的焊缝的起点/终点应使用RT或UT进行检测,但内部构件除外,其测试范围应与验船师商定。

5.9 若验船师认定无损检测位置已返修过而没有原始缺陷记录,造船厂应对维修区域的相邻区域进行额外的检测,并经验船师确认。(相关内容参见《钢质海船入级规范》第1篇第4章附录1)。

## 6 测试

### 6.1 一般要求

6.1.1 检测方法、设备和条件应符合公认的国家或国际标准或本社认可的其他文件。

6.1.2 提交本社认可的无损检测技术,应在书面无损检测艺中提供具体细节。

6.1.3 检测区域应包括焊缝和母材，焊缝每侧至少10mm或热影响区（HAZ）的宽度，以较大者为准。在任何情况下，检测应覆盖整个检测区。

6.1.4 若需要，验船师应见证检测，核查检测报告和记录（例如射线底片）。

## 6.2 目视检测（VT）

6.2.1 在检测前，负责VT的技术人员应确认表面状况符合要求。VT应按造船厂与本社之间商定的标准进行。

## 6.3 渗透检测（PT）

6.3.1 PT应根据ISO 3452-1: 2013或公认的标准以及本社的具体要求进行。

6.3.2 PT检测范围应符合与验船师商定的计划，并经验船师确认。

6.3.3 待检测表面应清洁，且无氧化皮、油、油脂、污垢或油漆等杂质，以免污染和夹杂物妨碍检测介质的渗透。

6.3.4 被检测零件的温度通常在5℃至50℃之间，在此温度范围外，应使用特殊的低温/高温渗透剂和参考校准试块。

## 6.4 磁粉检测（MT）

6.4.1 MT应按照ISO 17638: 2016或公认的标准以及本社的具体要求进行。

6.4.2 MT的范围应符合与验船师商定的计划，并经验船师确认。

6.4.3 待检测表面应清洁干燥，无氧化皮，焊渣，油，油脂，污垢或油漆等杂质。通常，检测焊缝表面应充分避免可能掩盖或干扰解释的不确定因素。

## 6.5 射线检测（RT）

6.5.1 RT应按照ISO 17636-1: 2013或公认的标准以及本社的具体要求进行。

6.5.2 每个检测点的最小检测焊缝长度应在批准的无损检测计划中规定（见5.2），并应遵守本社的要求。对于船体焊缝，RT的最小检测长度通常为300mm。

6.5.2.1 RT的范围应符合批准的计划，并经验船师认可。

6.5.2.2 在保证质量和一致性的情况下，可以考虑减少自动焊接的检测频率。若不合格的比例异常高，则要增加检测点的数量。

6.5.3 进行射线检测的焊缝内表面和外表面应充分避免可能掩盖或干扰判读的不确定因素。妨碍对射线底片进行正确判读的表面条件可能会导致该焊接区域的拒收。

## 6.6 超声波测试（UT）

6.6.1 UT应根据ISO 17640: 2018（检测程序），ISO 23279: 2017（特性表征）和ISO 11666: 2018（验收等级）或公认的标准以及本社的具体要求进行。

6.6.2 每个检测点的最小检测焊缝长度应在批准的无损检测计划（见5.2）中规定，并

应符合CCS的要求。

6.6.2.1 UT的范围应符合批准的计划，并经验船师认可。

6.6.2.2 检测点应包括整条焊接长度或本社同意的长度。

## 7 验收等级（标准）

### 7.1 一般要求

7.1.1 本节详述评定无损检测结果所遵循的验收等级（标准）。技术包括但不限于：VT、MT、PT、RT和UT。

7.1.2 必要时，应根据所选无损检测技术，确定验收标准，评定显示。

7.1.3 本附录未包括的评定显示的验收等级应按照与本社达成的标准进行。若确定等效性，可以与本社商定替代验收标准。

表7.1.3（1）和表7.1.3（2）分别提供表面和内部不连续性的焊缝检测通用方法。参见ISO 17635：2016。

**表面不连续性的检测方法（所有类型的焊缝，包括角焊缝）** 表7.1.3（1）

材料	测试方法
铁素体钢	VT
	VT, MT
	VT, PT

**内部不连续性的无损检测（全熔透对接接头和T形接头）** 表7.1.3（2）

接头的材料和类型	待焊接母材的标准厚度（t）（mm）		
	t < 8	8 ≤ t ≤ 40	t > 40
铁素体对接接头	RT或UT <sup>1</sup>	RT或UT	UT或RT <sup>2</sup>
铁素体T型接头	UT <sup>1</sup> 或RT <sup>2</sup>	UT或RT <sup>2</sup>	UT或RT <sup>2</sup>

注：① 在8mm以下，本社可考虑采用适当的先进UT方法。

② 有限制地应用RT。

### 7.2 质量等级

检测要求按照ISO 5817:2014熔焊接头缺陷的特定质量规定了三个质量等级(B、C和D)

7.2.1 通常，船体结构应采用C级质量等级。

7.2.2 质量等级B对应于成品焊缝的最高要求，用于关键焊缝。

7.2.3 本附录适用于厚度大于0.5mm的钢材。ISO 5817：2014表1列出了质量等级的缺陷限制要求。ISO 5817：2014附件A提供确定缺陷百分比（表面百分比中的孔数）的示例。

7.2.4 所有级别（B、C和D）指的是产品质量，而非适用性（产品、过程或服务在特定条件满足特定目的的能力）。ISO 5817：2014中定义的质量等级，检测等级/技术和验收等级（每种NDT技术）之间的相关性有助于在特定条件下定义适用性。检测所需的验收等级应与本社商定。质量等级可根据所选择的无损检测确定，见表7.5.1至表7.9.1（2）。

### 7.3 检测等级

7.3.1 检测覆盖范围和检出率从检测等级A增加到检测等级C。检测等级应与本社商定。检测等级 D应用于特殊情况，在规范规定的情况下使用。ISO 17640:2018附录A表A.1至A.7提供了有关母材厚度和检测要求的所有类型接头检测等级的选择指南。

7.3.2 确定用于评定显示的检测技术。

#### 7.4 验收等级

7.4.1 根据检测技术确定验收等级。所采用标准应符合表7.5.1至表7.9.1（2）中的相关标准（或与本社认可的可接受的公认标准）。

7.4.2 检出率（POD）表示某种检测技术对于给定缺陷的检出概率。

#### 7.5 目视检测（VT）

7.5.1 《钢质海船入级规范》第1篇第4章附录2验收要求和表7.5.1中提供了VT的验收等级和质量等级。

**目视检测**

**表7.5.1**

质量等级 (适用ISO 5817:2014) <sup>a</sup>	检测技术/等级 (适用ISO 17637:2016) <sup>a</sup>	验收等级 <sup>b</sup>
B	未指定等级	B
C		C
D		D
<sup>a</sup> 或经本社认可并证明可接受的公认标准		
<sup>b</sup> VT的验收等级与ISO 5817:2014的质量等级相同		

#### 7.6 渗透检测（PT）

7.6.1 表7.6.1中提供PT的验收等级和质量等级：

**渗透检测**

**表7.6.1**

质量等级 (适用ISO 5817:2014) <sup>a</sup>	检测技术/等级 (适用ISO 3452-1:2013) <sup>a</sup>	验收等级 (适用ISO 23277:2015) <sup>a</sup>
B	未指定等级	2X
C		2X
D		3X
<sup>a</sup> 或经本社认可并证明可接受的公认标准		

#### 7.7 磁粉检测（MT）

7.7.1 表7.7.1提供MT的验收等级和质量等级：

**磁粉检测**

**表7.7.1**

质量等级 (适用ISO 5817:2014) <sup>a</sup>	检测技术/等级 (适用ISO 17638:2016) <sup>a</sup>	验收等级 (适用ISO 23278:2015) <sup>a</sup>
B	未指定等级	2X
C		2X
D		3X
<sup>a</sup> 或经本社认可并证明可接受的公认标准		

#### 7.8 射线检测（RT）

7.8.1 表7.8.1提供了RT的验收等级和质量等级。评定焊接缺陷的射线底片应按照ISO

5817: 2014或本社认可的可接受的公认标准。

**射线检测**

**表7.8.1**

质量等级 (适用ISO 5817:2014) <sup>a</sup>	检测技术/等级 (适用ISO 17636-1:2013) <sup>a</sup>	验收等级 (适用ISO 23278:2015) <sup>a</sup>
B	B (级)	1
C	B <sup>b</sup> (级)	2
D	至少A (级)	3
<sup>a</sup> 或经本社认可并证明可接受的公认标准		
<sup>b</sup> 对于环形焊缝检测, 最小曝光次数应符合ISO 17636-1: 2013 A类的要求		

**7.9 超声波测试 (UT)**

7.9.1 表7.9.1(1)和表7.9.1(2)提供了UT的验收等级和质量等级:

**超声波检测**

**表7.9.1 (1)**

质量等级 (适用ISO 5817:2014) <sup>a,b</sup>	检测技术/等级 (适用ISO 17640:2008) <sup>a,b</sup>	验收等级 (适用ISO 11666:2018) <sup>a,b</sup>
B	至少B	2
C	至少A	3
D	至少A	3 <sup>c</sup>
<sup>a</sup> 或经CCS认可并证明可接受的公认标准		
<sup>b</sup> 当需要特性表征时, 应采用ISO 23279: 2017		
<sup>c</sup> 不建议使用UT, 但 (如果使用UT进行检测) 可以在规程中定义为与质量等级C相同的要求		

**推荐检测和质量等级 (ISO 17640)**

**表7.9.1 (2)**

检测等级 <sup>a,b,c</sup> (适用ISO 17640:2018)	质量等级 (适用ISO 5817:2014)
A	C, D
B	B
C	通过协商
D	特殊应用
<sup>a</sup> POD从检测等级A到C随着测试覆盖率的增加而增加	
<sup>b</sup> 特殊应用的检测等级D 应与本社达成协议	
<sup>c</sup> ISO中针对各种类型的接头规定检测等级A-C的具体要求见ISO 17460: 2018附件A	

7.9.2 UT验收等级适用于厚度为8mm至100mm的全熔透铁素体钢焊缝的检测。使用探头的标准频率应在2MHz至5MHz之间。其他类型焊缝、材料、厚度大于100mm的焊缝的检测工艺和检测条件应提交本社认可。

7.9.3 焊缝UT的验收等级应根据ISO 11666: 2018或与本社认可的可接受标准确定。本附录规定了铁素体钢全熔透焊接接头的验收等级2和3所对应的质量等级B和C (见表7.9.1 (1))。

7.9.4 灵敏度设置和级别。灵敏度级别通过以下技术设置:

- (1) 基于3mm直径的侧钻孔;
- (2) 基于平底孔 (盘形反射体) 的距离-增益-缺陷尺寸 (DGS) 曲线;
- (3) 使用深度为1mm, 宽度为1mm的矩形刻槽的距离-波幅-校正 (DAC) 曲线;
- (4) 使用串联技术, 用于直径6mm的平底孔 (盘形反射体)。

7.9.5 ISO 11666: 2018附录A中规定评定级别 (参考, 评定, 记录和验收)。

## 8 报告

8.1 无损检测报告应由造船厂编制，并提供给本社。

8.2 无损检测报告应包括以下一般项目：

- (1) 检测日期；
- (2) 船体号，焊缝位置和长度；
- (3) 检测人员的姓名，资格等级和签名；
- (4) 检测部件的标识；
- (5) 检测焊缝的标识；
- (6) 钢材等级，接头类型，母材厚度，焊接工艺；
- (7) 验收标准；
- (8) 检测标准；
- (9) 检测设备和布置；
- (10) 任何检测限制、观察条件和温度；
- (11) 根据验收标准，所示缺陷位置和大小检测结果；
- (12) 接受/不接受声明，评定日期，评定人员的姓名和签名；
- (13) 返修次数，若特定区域返修了两次以上。

8.3 除一般项目外，PT的报告应包括以下项目：

- (1) 使用渗透液，清洗剂和显像剂类型；
- (2) 渗透时间和显像时间。

8.4 除一般项目外，MT的报告还应包括以下项目：

- (1) 磁化类型；
- (2) 磁场强度；
- (3) 检测介质；
- (4) 观察条件；
- (5) 消磁（需要时）。

8.5 除一般项目外，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，曝光时间和射线源到胶片的距离；

- (6) 射线源到焊缝源测的距离；
- (7) 焊缝源侧到射线照相胶片的距离；
- (8) 射线穿过焊缝的角度（与垂直方向夹角）；
- (9) 像质计的灵敏度，型号和位置（源侧或胶片侧）；
- (10) 密度；
- (11) 几何不清晰度；
- (12) RT的具体验收等级标准。

8.5.1 用于焊缝验收或拒收的检测应记录在可接受的介质中。书面记录提供以下信息：焊缝、使用工艺、设备的识别和说明、记录介质内的位置和结果。未经处理的原始图像和数字处理图像的文件控制应得到验船师的认可。

8.6 除通用项目外，UT报告还应包括以下具体项目：

- (1) 使用的超声波设备的类型和标识（仪器制造商，型号，序列号），探头（仪器制造商，序列号），换能器类型（角度，序列号和频率）和耦合剂的类型（品牌）；
- (2) 不同探头的校准灵敏度；
- (3) 参考试块校正时传输损耗；
- (4) 用于缺陷检测的信号响应；
- (5) 不符合验收标准的回波。

8.6.1 为控制质量，需对UT报告进行审阅和评定，并经验船师确认。

8.7 船厂应保存本附录8.2至8.6规定的检测记录至少5年。

## 9 不合格显示和修复

9.1 不合格显示应及时消除，并在必要时进行修复。经修补的焊缝应由验船师确定适当的无损检测方法对其全长进行检测。

9.2 当发现不合格显示时，应检测相同焊缝长度的附加区域，除非与验船师和制造商达成一致，确定显示已被隔离。如果是自动焊接接头，则应将额外的无损检测扩展到相同焊缝长度的所有区域。

不合格显示的射线底片均须提请验船师注意。此类焊缝应按照验船师的要求进行修复和检验。射线底片两端发现不合格显示时，需要额外的RT来确定其范围。除此，可经验船师批准后，通过开挖确定不合格焊缝的范围。

9.3 当发现重复不可接受的不连续时，验船师可决定延长检测范围。

9.4 第8节规定的检验记录应包括焊缝的修复记录。

9.5 造船厂应采取适当措施，监测焊接质量并将其提高到要求的水平。修复率由造船

厂记录，任何必要的纠正措施应在造船厂的质量保证体系中确定。