



中国船级社

材料与焊接规范

2016 年修改通报

2016 年 7 月 1 日生效

中国船级社

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 3 章 钢板、扁钢与型钢	2
第 2 节 一般强度船体结构用钢	2
第 3 节 高强度船体结构用钢	3
第 8 节 奥氏体不锈钢和双相不锈钢	5
第 4 章 钢 管	6
第 5 节 低温铁素体钢压力管	6
第 6 节 奥氏体和奥氏体-铁素体双相不锈钢压力管	8
第 5 章 锻 钢 件	9
第 3 节 轴系与机械结构用锻钢件	9
第 6 章 铸 钢 件	10
第 7 节 低温铁素体铸钢件	10
第 8 节 奥氏体不锈钢铸钢件	11
第 8 章 铝 合 金	12
第 2 节 铝合金板材与型材	12
第 10 章 设备	12
第 1 节 锚	12
第 2 篇 非金属材料	13
第 2 章 塑料材料	13
第 2 节 原材料	13
第 3 章 纤维增强塑料船体材料	13
第 1 节 一 般 规 定	13
第 3 篇 焊接	14
第 1 章 通 则	14
第 2 节 试 验	14
第 3 章 焊接工艺认可	15
第 2 节 对接焊工艺认可试验	15
第 3 节 角接焊工艺认可试验	16
第 4 章 焊工资格考试	16
第 2 节 焊工考试与评定	16
第 5 章 船体结构的焊接	17
第 2 节 船体构件的焊接	17
第 7 章 受压壳体的焊接	17
第 1 节 一 般 规 定	17
第 2 节 受压壳体的产品焊接试验	17
第 3 节 受压壳体的制造	19
第 4 节 热 处 理	19
第 5 节 检 验 与 修 补	19

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

2.7.2 试样制备

2.7.2.2 晶间腐蚀试验的试样总面积应在 $12\text{cm}^2 \sim 35\text{cm}^2$ 。对于轧制板材和外径大于 56mm 的管，应采用应为厚度或直径不大于 12mm ，宽度不小于 10mm 的矩形或圆形截面弯曲试样。对于直径不大于 12mm 的棒材，可直接截取圆形截面的弯曲试样。若产品厚度大于 6mm 或直径大于 12mm ，则可从一面减薄至 6mm 。弯曲时应使试样保留原轧制面侧受拉。

对外径不大于 56mm 的小直径的不锈钢管材可截取管段直接作为压扁试样。

2.7.3 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 $700\text{mL} \sim 800\text{mL}$ 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。

2.7.3.3 将清洁后的试样加热至 $700 \pm 10^\circ\text{C}$ ，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。加热试验容器使试样在沸腾的腐蚀介质中浸泡不少于 16sh (也不必超过 $\sim 24\text{h}$)。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。

2.7.3.4 浸泡后的试样应按表 2.7.3.4 条件在常温下进行弯曲试验。

不锈钢晶间腐蚀试样的弯曲半径与弯曲角度

表 2.7.3.4

产品形式	弯芯半径	弯曲角度
轧制产品	试样的直径或厚度	90°
铸造产品	试样厚度的 2 倍	90°

—以试样直径或厚度的 2 倍的弯芯直径，弯曲 90° 。

小直径管段试样则可按本章第 6 节的要求进行压扁试验。

2.7.3.5 弯曲或压扁试验后，用不大于 10 倍的放大镜观察试样的受拉表面。受拉的试样表面应无裂纹(角裂及不伴有裂纹的滑移线、皱纹和表面粗糙不计)。

第3章 钢板、扁钢与型钢

第2节 一般强度船体结构用钢

3.2.1.1 本节规定了A、B、D、E 4个等级的一般强度船体结构用钢。这些规定适用于厚度不超过1500mm的钢板和宽扁钢以及厚度不超过50mm的型钢和棒材。

一般强度船体结构用钢的交货状态 表3.2.3.1

钢材等级	脱氧方法	产品型式	交货状态 ^{①②}				
			厚度t(mm)				
			t≤12.5	12.5<t≤25	25<t≤35	35<t≤50	50<t≤1500
A	沸腾钢	型材	A(-)	不适用			
	t≤50mm, 除沸腾钢外任何方法; t>50mm, 镇静处理	板材	A(-)			N(-), TM(-), CR(50), AR*(50)	
		型材	A(-)			不适用	
B	t≤50mm, 除沸腾钢外任何方法; t>50mm, 镇静处理	板材	A(-)	A(50)		N(50), TM(50), CR(25), AR*(25)	
		型材	A(-)	A(50)		不适用	
D	镇静处理	板材, 型材	A(50)	不适用			
	镇静和细化晶粒处理	板材	A(50)		N(50), CR(50), TM(50)		N(50), TM(50), CR(25)
		型材	A(50)		N(50), CR(50), TM(50), AR*(25)		不适用
E	镇静和细晶处理	板材	N(每件), TM(每件)				
		型材	N(25), TM(25), AR*(15), CR*(15)				不适用

注：① 交货状态：A：任意； N：正火； CR：控制轧制； TM(TMCP)：热机械控制轧制；

AR*：经CCS特别认可后，可采用热轧状态交货； CR*：经CCS特别认可后，可采用控制轧制状态交货。

② 括号中的数值表示冲击试样的取样批量(单位为t)，(-)表示不作冲击试验。每一批量应取1组3个夏比V型缺口冲击试样进行试验。

3.2.4.3 一般强度船体结构用钢的力学性能应符合表3.2.4.3的规定。

一般强度船体结构用钢的力学性能 表3.2.4.3

钢材等级	屈服强度 R_{eH} 不小于 (N/mm ²)	抗拉强度 R_m (N/mm ²)	伸长率 A_5 不小于 (%)	夏比V型缺口冲击试验						
				试验温度 (°C)	平均冲击功不小于(J)					
					厚度t(mm)					
					t≤50		50<t≤70		70<t≤1500	
				纵向 ^②	横向 ^②	纵向	横向	纵向	横向	
A	235	400-520 ^①	22	20	—	—	34 ^④	24 ^④	41 ^④	27 ^④
B				0	27 ^③	20 ^③				

钢材等级	屈服强度 R_{eH} 不小于 (N/mm^2)	抗拉强度 R_m (N/mm^2)	伸长率 A_5 不小于 (%)	夏比V型缺口冲击试验						
				试验温度 ($^{\circ}C$)	平均冲击功不小于(J)					
					厚度 t (mm)					
					$t \leq 50$		$50 < t \leq 70$		$70 < t \leq 150$	
					纵向 ^②	横向 ^②	纵向	横向	纵向	横向
D			-20							
E			-40							

注：① 经CCS同意后，A级型钢的抗拉强度的上限可以超出表中所规定的值。

② 除订货方或CCS要求外， $t \leq 50$ mm时冲击试验一般只做纵向试验，但钢厂应采取措施保证钢材的横向冲击性能。

③ 对厚度不大于25mm的B级钢，经CCS同意可不作冲击试验。

④ 厚度大于50mm的A级钢，如经过细化晶粒处理并以正火状态交货，可以不做冲击试验；经CCS同意，以温度-形变控制轧制状态交货的A级钢亦可不做冲击试验。

⑤ 型钢一般不进行横向冲击试验。

第3节 高强度船体结构用钢

3.3.1 钢材等级

3.3.1.1 高强度船体结构用钢按其最小屈服强度划分强度级别，每一强度级别又按其冲击韧性的不同分为A、D、E、F4级。本节规定适用于厚度不超过1500mm的AH32、DH32、EH32、FH32、AH36、DH36、EH36、FH36、AH40、DH40、EH40和FH40等级的钢板和宽扁钢；本节规定还适用于上述等级厚度不大于50mm的型钢和棒材。

3.3.2.3 对于以热机械控制轧制状态交货的钢材，还应符合下列要求：

(1) 应根据钢材的熔炼分析化学成分，按本节3.3.2.2所列之公式计算碳当量 C_{eq} ，碳当量应符合表3.3.2.3(1)的要求。

(2) 根据需要，可采用按下列公式计算出的冷裂纹敏感系数 P_{CM} 代替碳当量，来衡量钢材的可焊性：

$$P_{CM} = C + \frac{Si}{30} + \frac{Mn}{20} + \frac{Cu}{20} + \frac{Ni}{60} + \frac{Cr}{20} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10} + 5B \quad (\%)$$

按上述公式计算出的 P_{CM} 值应符合公认的有关标准。

厚度小于等于100mm的温度-形变轧制高强度钢的碳当量 C_{eq} 表3.3.2.3(1)

钢材等级	碳当量 C_{eq} (%)		
	厚度 t (mm)		
	$t \leq 50$	$50 < t \leq 100$	$100 < t \leq 150$
AH32, DH32, EH32, FH32	≤ 0.36	≤ 0.38	≤ 0.40
AH36, DH36, EH36, FH36	≤ 0.38	≤ 0.40	≤ 0.42
AH40, DH40, EH40, FH40	≤ 0.40	≤ 0.42	≤ 0.45

注：① 钢厂和船厂可以根据具体情况协商制定更严格的碳当量要求。

3.3.3 热处理

3.3.3.1 钢材的交货状态应符合表3.3.3.1要求。

高强度船体结构用钢的交货状态

表3.3.3.1

钢材等级	细化晶粒元素	产品型式	交货状态(冲击试验取样批量) ^{①②}					
			厚度t(mm)					
			t≤12.5	12.5<t≤20	20<t≤25	25<t≤35	35<t≤50	50<t≤1500
AH32	Nb和/或V	板材	A(50)	N(50), CR(50), TM(50)			N(50), CR(25), TM(50)	
		型材	A(50)	N(50), CR(50), TM(50), AR*(25)			不适用	
AH36	Al或Al和Ti	板材	A(50)	AR*(25)		不适用		
				N(50), CR(50), TM(50)		N(50), CR(25), TM(50)		
		型材	A(50)	N(50), CR(50), TM(50), AR*(25)			不适用	
AH40	任意	板材	A(50)	N(50), CR(50), TM(50)			N(50), TM(50), QT(每热处理长度)	
		型材	A(50)	N(50), CR(50), TM(50)			不适用	
DH32	Nb和/或V	板材	A(50)	N(50), CR(50), TM(50)			N(50), CR(25), TM(50)	
		型材	A(50)	N(50), CR(50), TM(50), AR*(25)			不适用	
DH36	Al或Al和Ti	板材	A(50)	AR*(25)	不适用			
				N(50), CR(50), TM(50)		N(50), CR(25), TM(50)		
		型材	A(50)	N(50), CR(50), TM(50), AR*(25)			不适用	
DH40	任意	板材	N(50), CR(50), TM(50)			N(50), TM(50), QT(每热处理长度)		
		型材	N(50), CR(50), TM(50)			不适用		
EH32	任意	板材	N(每件), TM(每件)					
		型材	N(25), TM(25), AR*(15), CR*(15)			不适用		
EH40	任意	板材	N(每件), TM(每件), QT(每热处理长度)					
		型材	N(25), TM(25), QT(25)			不适用		
FH32	任意	板材	N(每件), TM(每件), QT(每热处理长度)					
		型材	N(25), TM(25), QT(25), CR*(15)			不适用		
FH40	任意	板材	N(每件), TM(每件), QT(每一热处理长度)					
		型材	N(25), TM(25), QT(25)			不适用		

注：① 交货状态：A：任意；N：正火；CR：控制轧制；TM(TMCP)：热机械控制轧制；QT：淬火加回火；AR*：经CCS特别认可后，可采用热轧状态交货；CR*：经CCS特别认可后，可采用控制轧制状态交货。

② 括号中的数值表示冲击试样的取样批量(单位为t)。每一批量应取1组3个夏比V型冲击试样。

3.3.4.3 高强度船体结构用钢的力学性能应符合表3.3.4.3的规定。

高强度船体结构用钢的力学性能

表3.3.4.3

钢材等级	屈服强度 R_{eH} 不小于 (N/mm ²)	抗拉强度 R_m (N/mm ²)	伸长率 A_5 不小于 (%)	夏比V型缺口冲击试验 ^①						
				试验温度 (°C)	平均冲击功不小于(J)					
					厚度t(mm)					
					t≤50		50<t≤70		70<t≤1500	
				纵向	横向	纵向	横向	纵向	横向	
AH32	315	440~570	22	0	31 ^②	22 ^②	38	26	46	31
DH32				-20						
EH32				-40						
FH32				-60						

06Cr19Ni10	205	245	515	40
022Cr19Ni10	175	215	480	40
022Cr19Ni10N	245	285	550	40
06Cr17Ni12Mo2	205	245	515	40
022Cr17Ni12Mo2	175	215	480	40
022Cr17Ni12Mo2N	245	285	550	40
06Cr19Ni13Mo3	205	245	515	40
022Cr19Ni13Mo3	205	245	520	40
022Cr19Ni13Mo4N	275	315	570	40
06Cr18Ni11Nb	205	245	520	40

注：① 一般测定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$ 。如合同另有规定，允许以非比例延伸强度 $R_{p1.0}$ 为交货条件。

② 奥氏体不锈钢的抗拉强度上限应不超过表列值加 200 N/mm²。

3.8.6 晶间腐蚀试验

3.8.6.1 当不锈钢用于某些特定环境，如存放腐蚀性化学品的液舱或储罐要求进行不锈钢晶间腐蚀试验时，应按本章 3.5.4.1 的组批要求，与拉伸试验同时制取晶间腐蚀试验的试样，进行试验。

第 4 章 钢 管

第 5 节 低温铁素体钢压力管

4.5.1 适用范围

4.5.1.1 本节规定适用于设计温度低于 0℃ 和至 -165℃ 的液化气体运输船的液货舱和加工处理设备用的，由碳钢、碳锰钢或镍合金钢制造的钢管。

4.5.2 制造和化学成分

4.5.2.1 钢管的制造方法应符合表 4.5.2.1 的规定。

4.5.2.2 使用纵向焊接和螺旋焊接的管子，除满足本节要求外，还应满足本章第 3 节焊接压力管的相关要求。

低温铁素体钢压力管的制造方法

表 4.5.2.1

钢种	制造方法
碳钢和碳锰钢	热轧或冷拔无缝工艺或电阻焊或高频焊工艺
镍合金钢	热轧或冷拔无缝工艺

4.5.2.2.3 钢材的脱氧方法和熔炼分析化学成分应符合表 4.5.2.2.3 的规定。

低温铁素体钢压力管钢材的脱氧方法和化学成分

表 4.5.2.2.3

钢种	强度级	脱氧	化学成分 (%)

	(N/mm ²)	方法	C	Si	Mn	P	S	Ni	残余元素	其他元素 ①②	
碳钢	360	全镇静	≤0.17	0.10~0.35	0.40~1.00	≤0.045	0.03	≤0.045	0.025	Cr≤0.25 Cu≤0.30 Mo≤0.10	A1≥0.015 (酸溶)
碳锰钢	410 460	细化晶粒处理	≤0.20	0.10~0.35	0.60~1.40	≤0.045	0.03	≤0.045	0.025	Ni≤0.30 总量≤0.70	A1≥0.015 (酸溶)
3.5Ni	440	全镇静	≤0.15	0.10~0.35	0.30~0.90	≤0.040	≤0.040	3.25~3.75	Cr≤0.25 Cu≤0.30 Mo≤0.10 总量≤0.60	—	
9Ni	690		≤0.13	0.10~0.35	0.30~0.90	≤0.040	≤0.040	8.50~9.50	—		

注：① 可用其他细晶元素部分或全部代替铝。
② 当规定最低含铝量为0.015%时，测出的总含铝量应不低于0.018%。

4.5.3 热处理

4.5.3.1 钢管的热处理应符合表4.5.3.1的规定。

低温铁素体钢压力管的热处理 表4.5.3.1

钢种	热处理规程 交货状态
碳钢或碳锰钢①	正火或正火加回火 经同意的热处理方法
3.5Ni	正火或正火加回火或 淬火加回火
9Ni	两次正火加回火或 淬火加回火

注：①碳钢或碳锰钢允许以热轧状态交货。

4.5.4 力学性能和工艺性能

4.5.4.1 钢管应按本章4.1.6.2和4.1.6.3所规定的试样数量按批抽样试验，试验的每根钢管应进行拉伸和压扁或弯曲试验。

若钢管的壁厚能够取出宽度为5mm或以上的标准试样时，还应按本节表4.5.4.2所规定的温度对每根试验的钢管进行冲击试验。冲击试验应取1组3个的夏比V型缺口冲击试样，试样应沿钢管纵向截取，且缺口应垂直于钢管表面。试样尺寸和试验方法应符合本篇第2章第3节的有关规定。

4.5.4.2 试验结果应符合表4.5.4.2的规定。

低温铁素体钢压力管的的力学性能和工艺性能 表4.5.4.2

钢种	强度级 (N/mm ²)	抗拉强度 ^① R_m 不小于 (N/mm ²)	屈服强度 ^① R_{eH} 不小于 (N/mm ²)	伸长率 A_5 不小于 (%)	压扁试验 系数 C	弯曲试验 弯芯直径 (mm)	夏比V型缺口冲击试验	
							试验温度 (°C)	平均冲击能量 ^② 不小于(J)
碳钢	360	360	210	24	0.10	4t ^③ (t为厚度)	③	27
碳锰钢	410	410	235	22	0.08	4t		27
	460	460	260	21	0.07			34
3.5Ni	440	440	245	16	0.08	4t	-100~95	34
9Ni	490/690	490/690	310/510	15	0.08	4t	-196	41

注：① 对碳钢和碳锰钢，表中各强度级钢管的抗拉强度范围均为120N/mm²；对镍合金钢，表中各强度级钢管的抗拉强度范围均为150N/mm²。

② t为试样厚度。冲击试样的冲击功，一个单值可以低于上表所规定的平均值，但应不低于该值的70%。

③ 试验温度应低于设计温度5°C或为-20°C，取其较低者。

第 6 节 奥氏体和奥氏体-铁素体双相不锈钢压力管

4.6.1 适用范围

4.6.1.1 本节规定适用于设计温度不低于-165℃的液化气体运输船和散装化学品船的货舱和加工处理设备用的奥氏体不锈钢钢管和适用于腐蚀环境的奥氏体不锈钢和奥氏体-铁素体双相不锈钢钢管。

4.6.1.3 奥氏体-铁素体双相不锈钢通常用于设计温度在0℃~300℃的使用条件。

4.6.2 制造和化学成分

4.6.2.2 钢材的熔炼分析化学成分应分别符合表4.6.2.2(1)或4.6.2.2(2)的规定。

奥氏体不锈钢压力管钢材的化学成分

表4.6.2.2(1)

牌号	统一数字代号	化学成分 (%)									
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	N	其他
06Cr19Ni10	S30408	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.045	≤0.030	18.0~20.0	8.0~11.0	—	—	—
022Cr19Ni10	S30403	≤0.03	≤1.00	≤2.00	≤0.045	≤0.030	18.0~20.0	8.0~12.0	—	—	—
06Cr17Ni12Mo2	S31608	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.045	≤0.030	16.0~18.0	10.0~14.0	2.0~3.0	—	—
022Cr17Ni12Mo2	S31603	≤0.03	≤1.00	≤2.00	≤0.045	≤0.030	16.0~18.0	10.0~14.0	2.0~3.0	—	—
06Cr19Ni13Mo3	S31708	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.045	≤0.030	18.0~20.0	11.0~15.0	3.0~4.0	—	—
022Cr19Ni13Mo3	S31703	≤0.03	≤1.00	≤2.00	≤0.045	≤0.030	18.0~20.0	11.0~15.0	3.0~4.0	—	—
06Cr18Ni11Ti	S32168	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.045	≤0.030	17.0~19.0	9.0~12.0	—	—	5C≤Ti≤0.80
06Cr18Ni11Nb	S34778	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.045	≤0.030	17.0~19.0	9.0~12.0	—	—	10C≤Nb≤1.10

说明：由于GB对06Cr18Ni11Ti的牌号规定，因此作此修改。

双相不锈钢的化学成分

表4.6.2.2(2)

钢号	统一数字代号	化学成分 (%)									
		C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	N	其他
022Cr22Ni5Mo3N	S22253	≤0.03	≤2.0	≤1.0	≤0.030	≤0.020	21.0~23.0	4.5~6.5	2.5~3.5	0.08~0.20	
022Cr23Ni5Mo3N	S22053	≤0.03	≤2.0	≤1.0	≤0.030	≤0.020	22.0~23.0	4.5~6.5	3.0~3.5	0.14~0.20	
03Cr25Ni6Mo3Cu2N	S25554	≤0.04	≤1.5	≤1.0	≤0.035	≤0.030	24.0~27.0	4.5~6.5	2.9~3.9	0.10~0.25	1.5≤Cu≤2.5
022Cr25Ni7Mo4N	S25073	≤0.03	≤1.2	≤0.8	≤0.035	≤0.020	24.0~26.0	6.0~8.0	3.0~5.0	0.24~0.32	Cu≤0.50

4.6.4 力学性能和工艺性能

4.6.4.1 对Ⅰ级和Ⅱ级奥氏体不锈钢或奥氏体-铁素体双相不锈钢压力管应按本章4.1.6规定的试样数量按批试验。进行试验的每根钢管应进行拉伸试验和压扁或弯曲试验，试验结果应符合表4.6.4.1(1)或4.6.4.1(2)的规定。

奥氏体不锈钢压力管的力学性能和工艺性能

表4.6.4.1(1)

牌号	统一数字代号	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$	规定非比例延伸强度 $R_{p1.0}$	抗拉强度 R_m	伸长率 A_5	压扁试验 系数	弯曲试验弯心 直径
----	--------	-------------------------	-------------------------	---------------	--------------	------------	--------------

		不小于 (N/mm ²)	不小于 (N/mm ²)	(N/mm ²)	不小于 (%)	C	D
06Cr19Ni10	S30408	205	245	520~720	35	0.09	3t (t为厚度)
022Cr19Ni10	S30403	175	205	480~680	35	0.09	3t
06Cr17Ni12Mo2	S31608	205	245	520~720	35	0.09	3t
022Cr17Ni12Mo2	S31603	175	205	480~680	35	0.09	3t
06Cr19Ni13Mo3	S31708	205	245	520~720	35	0.09	3t
022Cr19Ni13Mo3	S31703	175	205	480~680	35	0.09	3t
06Cr18Ni11Ti	S32168	205	245	520~720	35	0.09	3t
06Cr18Ni11Nb	S34778	205	245	520~720	35	0.09	3t

注：① 表中各强度级钢管的抗拉强度范围均为200 N/mm²。
② R_{p1.0}仅作参考。除另有协议外，一般不要求测定该项数据。

双相不锈钢的力学性能 表 4.6.4.1(2)

钢号	统一数字代号	规定非比例延伸强度 R _{p0.2} 不小于 (N/mm ²)	抗拉强度 R _m 不小于 (N/mm ²)	伸长率 A _g 不小于 (%)	压扁试验系数 C	弯曲试验 弯心直径 D
022Cr22Ni5Mo3N	S22253	450	620	25	0.09	3t ³
022Cr23Ni5Mo3N	S22053	450	620	25	0.09	3t ³
03Cr25Ni6Mo3Cu2N	S25554	490	690	25	0.09	3t ³
022Cr25Ni7Mo4N	S25073	550	790	20	0.09	4t

注：对于焊接管的焊缝部位弯曲试验，其弯芯直径可为4t。

4.6.5.1 凡用于散装化学品船的钢管，应按本篇第2章第7节的规定进行晶间腐蚀试验，试样制备应符合下列规定：—

- (1) 按本章4.1.6所规定的批量，从每批钢管中选取1%根数(至少1根)的钢管制备试样；
- (2) 试样总面积应不小于1500 mm²，但不大于3500 mm²；对外径不大于40mm的钢管，应采用全截面试样；而对较大的钢管，应沿圆周方向截取全厚度的、宽度不小于12.5mm的条状试样。

凡用于直接接触腐蚀性化学品的钢管，应按本章4.1.6所规定的批量，从每批钢管中选取1%根数(至少1根)，按本规范第2章第7节的规定制备试样进行晶间腐蚀试验。

第5章 锻钢件

第3节 轴系与机械结构用锻钢件

5.3.1 适用范围

5.3.1.2 如采用合金钢锻钢件，应将其化学成分、力学性能和热处理规程提交CCS认可并应符合下列规定：

- (1) 用作主推进轴时，其抗拉强度一般应不超过800N/mm²；
- (2) 用作其他机械锻钢件时，其抗拉强度一般应不超过1100N/mm²。

5.3.2 化学成分

5.3.2.3 当锻钢件有纯净度要求时，应严格控制有害元素及气体含量。

5.3.4 力学性能试验与试样

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。	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 ^a 。

① 适用于本节5.3.4.5规定的中间轴锻钢件。

5.3.4.5 对按《钢质海船入级规范》第3篇11.2.2.1规定，采用 R_m 值大于 $800N/mm^2$ 计算轴径的抗拉强度超过 $800N/mm^2$ ，但低于 $950N/mm^2$ ，用于中间轴的合金钢锻钢件，应每炉在一个代表性锻件(或轧件)上尽可能位于相应于铸锭的头部位置制取夹杂物分析试样。试样按ISO 4967方法A进行分析，钢中的夹杂物应不超过表5.3.4.5的要求。

锻钢件的纯净度要求

表5.3.4.5

夹杂物类别	A		B		C		D		DS
	细	粗	细	粗	细	粗	细	粗	
合格等级	1	1	1.5	1	1	1	1	1	1

第6章 铸钢件

第7节 低温铁素体铸钢件

6.7.1 适用范围

6.7.1.1 本节规定适用于设计温度低于 $0^{\circ}C$ 的液化气体管系和其他要求保证低温冲击性能的碳锰钢和镍合金钢的铸钢件。

6.7.2 化学成分

6.7.2.1 铸钢件的熔炼分析化学成分应符合表6.7.2.1的规定。

低温铁素体铸钢件的化学成分

表6.7.2.1

钢种	化学成分(%)						
	C	Si	Mn	S	P	Ni	其他元素

碳锰钢	≤0.25	≤0.60	0.70~1.60	≤0.04 0.035	≤0.04 0.035	≤0.80	Cr≤0.25 Cu≤0.30
2.5~2.25Ni	≤0.25	≤0.60	0.50~0.80	≤0.04 0.03	≤0.04 0.03	2.0~3.0	
3.5Ni	≤0.15	≤0.60	0.50~0.80	≤0.04 0.03	≤0.04 0.03	3.0~4.0	

注：碳锰钢应进行细化晶粒处理。

6.7.3 热处理

6.7.3.1 铸钢件应采用下列之一的热处理：

- (1) 正火；
- (2) 正火加回火；
- (3) 淬火加回火。

6.7.4 力学性能

6.7.4.1 每个铸钢件或每批铸钢件应至少提供一套试样。

6.7.4.2 1套试样应包括：1个拉伸试样和1组3个夏比V型缺口冲击试样。

6.7.4.3 铸钢件的力学性能应符合表6.7.4.3的规定。

低温铁素体铸钢件的力学性能

表6.7.4.3

钢种	抗拉强度 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	
					试验温度 (°C)	平均冲击功 不小于 (J)
碳锰钢	400	200	25	40	-40 ^②	27
	430	215	23	35		
	460	230	22	30		
2.5~2.25Ni	490	275	20	35	-60~70	34
3.5Ni	490	275	20	35	-70~95	34

注：①对抗拉强度<430N/mm²的铸钢件，其抗拉强度范围为100N/mm²；对抗拉强度≥430N/mm²的各强度级铸钢件，其抗拉强度的范围为150N/mm²。

②试验温度应比设计温度低5°C，或为-20°C，取其低者。具体试验温度应在订货时确定。

6.7.5 无损检测

6.7.5.1 铸钢件应按批准图纸的要求进行无损检测。

第8节 奥氏体不锈钢铸钢件

6.8.1 适用范围

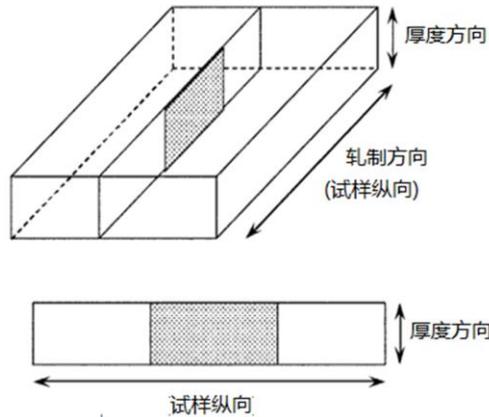
6.8.1.1 本节规定适用于有低温设计温度不高于-165°C，如液化气体运输船和抗腐蚀(如散装化学品船)要求的管系用奥氏体不锈钢铸钢件。

第8章 铝合金

第2节 铝合金板材与型材

8.2.6.5 腐蚀试验或金相检查照片的试样应从下列部位制取。试样的取样方向参见图 8.2.6.5，长度方向其纵截面垂直于材料的轧制表面方向：

- (1) 对卷材：在每一卷材的端部的宽度中间；
- (2) 对板材：从一批板材中随机抽取一张，在其端部的宽度中间。



图中阴影部分为腐蚀和评估区域

图 8.2.6.5 腐蚀试样的取样

第10章 设备

第1节 锚

10.1.5.3 锚的拉力试验载荷应按锚的重量确定，并符合表 10.1.5.3 的规定。对不同类型的锚，表中锚的重量 m_a 按下列规定计算：

- (1) 对于无杆锚，为锚的实际总重量；
- (2) 对于有杆锚，为不包括横杆的锚实际重量；
- (3) 对于大抓力锚，名义重量等于按锚实际重量的 1.33 倍计。除另有协议外，否则系泊锚的重量也应按此要求同样计算；
- (4) 对于超大抓力锚，为按锚实际重量的 2 倍计。

10.1.6.2 设计为大抓力锚或超大抓力锚系列，进行系列尺寸认同时，对大抓力锚至少应选取两种规格的锚在海上进行抓力试验。两种规格中较小的一个应不小于较大一个锚的重量的 10%；而较大的一个应不

小于该系列中最大规格锚的重量的 10%；对超大抓力锚至少应在锚重量的低端、高端和中间各选取一个进行试验。

第 2 篇 非金属材料

第 2 章 塑料材料

第 2 节 原材料

2.2.9 低温液罐用浇注型环氧腻子

2.2.9.1 用于 LEG、LPG、LNG 等低温液化气罐鞍座与支承架填充粘接的双组分热固性环氧腻子在使用前应取得 CCS 认可。

2.2.9.2 产品生产厂应提供完整的施工技术文件，包括建议的设计原则、施工操作方法和要求等供备查。

2.2.9.3 应按施工工艺浇注样品，固化后测定下列性能：

- (1) 巴柯尔硬度；
- (2) 密度；
- (3) 压缩强度和压缩弹性模量（在 20℃，-50℃，-110℃，-195℃ 温度下进行测试）；
- (4) 剪切强度（在 20℃，-50℃，-110℃，-195℃ 温度下进行测试）；
- (5) 线膨胀系数（-30℃~+30℃）；
- (6) 蠕变（70℃，2000h 条件下，分别测定 2.5MPa 和 7MPa 负荷的蠕变量）；
- (7) 压缩变形（20℃，-195℃）；
- (8) 压缩屈服强度（20℃，-195℃）。

第 3 章 纤维增强塑料船体材料

第 1 节 一般规定

3.1.3.3(5) 以玻璃纤维作为增强材料制造的船体，上述性能实验结果应不低于表 3.1.3.3(5) 的要求；以芳纶纤维或碳纤维作为增强材料制造的船体，应进行上述性能试验，且各项测试结果应不低于强度计算书的要求，并提交验船师确认。

3.2.3.1 铺敷用的树脂应为认可的船用不饱和聚酯树脂、乙烯基酯树脂或环氧树脂等。如采用碳纤维材料进行船体制造，则不应使用不饱和聚酯树脂进行船体制造。

第 3 篇 焊接

第 1 章 通 则

第 2 节 试 验

1.2.4.2 弯曲试验是在常温条件下，把一个规定直径的压头对准焊缝中心线，通过该压头使试样弯曲。对焊缝与母材、或两种母材的屈服强度相差较大的情况（如铝合金、异种钢接头）推荐使用如图 1.2.4.2 所示的辊筒弯曲试验方法。正、反或侧弯试验是将焊缝的正、反或侧面分别置于受拉位置进行试验。除另有规定外，焊缝弯曲试验的压头直径和试样的弯曲角度规定如下：

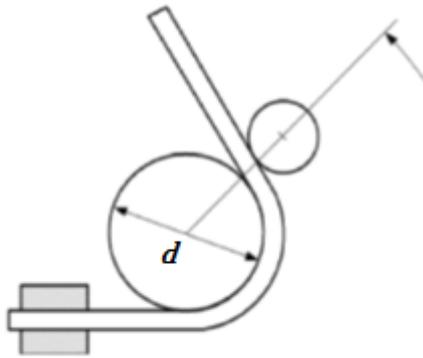


图 1.2.4.2 辊筒弯曲试验方法

(1) 结构钢焊缝弯曲试验应符合表 1.2.4.2(1) 要求。

结构钢焊缝弯曲试验要求

表 1.2.4.2(1)

试验类别	试样材料最小屈服强度规定值 (N/mm ²)	压头直径 d	弯曲角度 a
焊接材料认可试验	$R_{eH} \leq 400$	$3t$	120°
	$400 < R_{eH} \leq 500$	$4t$	
	$500 < R_{eH} \leq 690$	$5t$	
焊接工艺认可试验	$R_{eH} \leq 400$	$4t$	180°
	$400 < R_{eH} \leq 500$	$5t$	
	$500 < R_{eH} \leq 690$	$6t$	

注：① 表中 t 为试样的厚度。

② 锅炉与受压容器的焊接工艺认可试验时，试验压头直径应符合本篇表 7.2.3.4 的规定。

(2) 铝合金焊缝弯曲试验推荐使用卷缠弯曲试验方法，并应符合下列要求：

a、焊接材料认可试验应符合本篇表 2.9.3.7 要求。

b、焊接工艺认可试验弯曲角度为 180°，压头直径应不大于按以下公式确定的值：

$$d = \frac{(100 \times t_s)}{A} - t_s$$

其中：d—最大压头直径，mm；

t_s —弯曲试样厚度(包括侧弯试样)，mm；

A—试样材料的合金级别、交货状态、厚度所要求的规定最低伸长率(对不同合金组成的焊缝取较小值)，%。

(3) 奥氏体不锈钢和双相不锈钢焊缝弯曲试验应符合下列要求：

a、焊接材料认可试验应符合本篇表 2.8.4.3 要求。

b、焊接工艺认可弯曲试验应符合表 1.2.4.2(3) 要求。

奥氏体不锈钢和双相不锈钢焊缝弯曲试验要求 表 1.2.4.2(3)

试验材料	压头直径 d	弯曲角度 α	
奥氏体不锈钢	$4t$	180°	
双相不锈钢	S22253	$4t$	180°
	S22053		
	S25554	$6t$	180°
	S25073		

注：t 为试样厚度

第 3 章 焊接工艺认可

第 2 节 对接焊工艺认可试验

3.2.4.3 除上述3.2.4.1和3.2.4.2中的试验外，如验船师认为有必要，可根据实际情况要求增加检查和试验项目，如：

- (1) 焊缝金属的化学成分；
- (2) 试件母材的化学成分；
- (3) 放大倍数为100和不低于300倍的焊接接头微观金相组织。←
- (4) 不锈钢晶间腐蚀试验。←

3.2.7 不锈钢焊接工艺认可试验的附加要求

3.2.7.1 对奥氏体不锈钢，除上述3.2.4.1、3.2.5相关要求外，还应满足下列规定：

(1) 冲击试验一般仅做焊缝中心（试验温度为-20℃）。当用于深冷条件时，应在焊缝中心、熔合线和距熔合线2mm的热影响区各做1组冲击试验（试验温度为-196℃）。冲击能量应不小于27J；

(2) 硬度试验可免除；

(3) 焊缝晶间腐蚀试验（使用于非腐蚀性介质条件下的奥氏体不锈钢可以免除），按本规范第1篇第2章第7节要求进行。

3.2.7.2 对双相不锈钢，除上述3.2.4.1、3.2.5相关要求外，还应满足下列规定：

- (1) 冲击试验取焊缝中心、熔合线和距熔合线2mm的热影响区各1组（试验温度为-20℃），冲击能量应不小于27J；
- (2) 硬度试验结果应不超过HV420；
- (3) 焊缝点蚀试验(与其它不锈钢或碳钢之间的焊缝除外)，按本规范第1篇第2章第9节要求进行；
- (4) 焊缝及热影响区微观检验，应无晶间碳化物和金属间化合物的析出物；
- (5) 对最后焊道和根部焊道的焊缝和热影响区分别测定铁素体含量。其铁素体含量应在30~70%范围内。

第3节 角接焊工艺认可试验

3.3.3 试验项目

3.3.3.2 平板角接焊应按图3.3.3.2所示截取试样。在试件的两端截弃长度约为50mm的截弃段，然后取出两个长度约25mm的焊缝断面宏观试样，一个位于试件长度中间处，另一个位于含有熄弧/引弧点处。对规定最小屈服强度大于或等于355N/mm²的钢材(含双相不锈钢)，有熄弧/引弧点的试样又用作硬度测试试样。剩余试件中取较长一段作为角焊缝破断试样。

3.3.3.3 除另有规定外，管子角接和管板角接的试样一般应按图3.3.3.3(1)或(2)所示四等分截取。对每个焊缝断面作宏观检查(至少其中一个断面应包含熄弧/引弧点)。对规定最小屈服强度大于或等于355N/mm²的钢材，有熄弧/引弧点的试样又用作硬度测试试样。

第4章 焊工资格考试

第2节 焊工考试与评定

4.2.4.1 不同形式试件应进行的试验、检验项目和试样数量见表4.2.4.1。

试验、检验项目和试样数量

表 4.2.4.1

试件形式	试验或检验项目	试样数量
板对接焊	1. 目视检验 2. 弯曲试验和/或射线检测 ^{①②}	目检：焊缝全长 射线检测：被检焊缝全长 ^③ 弯曲：正、反弯各1 ^④
管对接焊	1. 目视检验 2. 弯曲试验和/或射线检测 ^{①②}	目检和射线检测：焊缝全长 弯曲：1G、2G时正、反弯各1 ^④ 5G、6G、6GR时正、反弯各2 ^④
板填角焊	1. 目视检验 2. 破断试验或宏观检验	目检：焊缝全长 破断：被检焊缝全长 ^③ 宏观：2个
管板角接头	1. 目视检验	目检：焊缝全长

	2. 宏观检验	宏观：2 个
定位焊	1. 目视检验 2. 弯曲试验	目检：所有焊点 弯曲：试板与垫板成整体弯曲，焊缝表面为受拉面

- 注：① 钢材实芯焊丝 CO₂ 气体保护焊和铝合金焊接(含铝合金)不能免除弯曲试验。
- ② 对船用锅炉压力容器焊工为射线检测+弯曲试验。
- ③ 被检焊缝全长指试件两端各去除 25mm 后的长度。
- ④ 当试件厚度大于或等于 12mm 时可用侧弯代替。

第 5 章 船体结构的焊接

第 2 节 船体构件的焊接

5.2.6 柴油机主机基座的焊接

5.2.6.1 主机基座纵桁腹板厚度大于或等于 14mm 时，水平面板与纵桁腹板的角接处，应在该腹板的边缘开坡口，达到最大限度的焊透。两侧角焊缝的外形尺寸应均匀对称。

5.2.6.2 与主机基座相连接的其他各构件(如船底板、肋板、肘板、隔板等)的角焊缝，其焊喉厚度应不小于 $0.44t_p$ (t_p 为构件的最小厚度，指角焊缝连接构件中较薄一块板的厚度) 满足 CCS《钢质海船入级规范》第 2 篇第 1 章第 4 节的相关要求。

第 7 章 受压壳体的焊接

第 1 节 一般规定

7.1.1 适用范围

7.1.1.1 本章适用于锅炉与压力容器、潜水系统和潜水器等承受内压或外压封闭结构的受压壳体的焊接和检验。散装运输液化气体船舶 C 型独立液货舱及处理用压力容器的焊接和检验，应符合 CCS《散装运输液化气体船舶结构与设备规范》第 4 章和第 6 章的相关规定。

7.1.1.2 本章规定仅适用于碳钢、和低合金钢、奥氏体不锈钢和双相不锈钢钢质容器以手工、自动或半自动电弧熔化焊的焊接联接。如采用其他方法，应经 CCS 同意。

7.1.1.3 当使用除 7.1.1.2 规定以外的材料，其试验、制造和检验应满足公认标准要求。

7.1.3 认可

7.1.3.1 制造受压壳体 (III 级容器除外) 的工厂应向 CCS 申请工厂认可。

第 2 节 受压壳体的产品焊接试验

7.2.3 试样与试验

7.2.3.1 各个级别的受压壳体所需制备的试样应按图7.2.3.1和表7.2.3.1的规定截取。

各级受压壳体的试样

表7.2.3.1

序号	试样名称	受压壳体	
		I级	II级
1	熔敷金属拉伸	要求	要求
2	正弯 ^①	要求	要求
3	反弯 ^①	要求	要求
4	接头横向拉伸	要求	要求
5	断面宏观检查	要求	要求
6~8	焊缝中心冲击试验 ^②	要求	

注：① 当试板厚度超过20mm时，改取侧弯试样，进行侧弯试验。

② 对潜水系统和潜水器受压壳体，下列情况应增加1组3个缺口位于熔合线上的冲击试样。

- a. 潜水系统和潜水器受压壳体；
- b. 所有设计温度在0℃及以下的受压壳体；
- c. 使用合金钢制造的受压壳体（奥氏体不锈钢除外）。

7.2.3.4 弯曲试验的压头直径和支辊边缘的内间距应符合表7.2.3.4的规定。

弯曲试验的压头直径与支辊间距

表7.2.3.4

试板规定的最小抗拉强度 R_m (N/mm ²)	压头直径	支辊边内间距
$R_m < 460$	$2t$	$4.2t$
$460 \leq R_m < 510$	$3t$	$5.2t$

注：表中 t 为弯曲试样的厚度，mm。

弯曲试验的压头直径与支辊间距

表7.2.3.4

母材最小规定伸长率 A_5 (%)	压头直径 (mm)	支辊边内间距 (mm)
$A_5 \geq 20$	$4t$ ^①	$6t+3$ ^①
$A_5 < 20$	d ^②	$d+2t+3$ ^{①②}

注：① t 为弯曲试样的厚度，mm。

② $d = \frac{(100 \times t)}{A_5} - t$ ，mm。

7.2.4 验收与复试

7.2.4.1 各项试验的结果应符合表7.2.4.1的规定。

产品焊接试验的要求

表7.2.4.1

试验项目	受压壳体	
	I级	II级
熔敷金属拉伸试验	(1) 抗拉强度 R_m ：不小于母材规定的最小抗拉强度，或符合设计文件规定的技术要求，且不大于母材规定的最小抗拉强度加上145N/mm ² 。 (2) 伸长率 A_5 ：不小于下列两项数值中的较小值：20%； $4820/R_m+10$ (R_m 为母材规定的最小抗拉强度) $A_5 \geq (980-R_m)/21.6$ ，且不低于母材规定最小伸长率的80%。	
弯曲试验	按本节表7.2.3.4的规定，选取压头直径和支辊边缘内间距。压头垂直于试样加压直至试样完全弯曲为止。试样弯曲后，试样受拉表面出现的任何方向开裂长度应不大于3mm。	
接头横向拉伸试验	对接接头的抗拉强度应不低于母材规定的最小抗拉强度，或符合设计文件规定的技术要求。	
断面宏观检查	不应有裂纹、未焊透、未熔合、较大的夹渣或其他缺陷。	
冲击试验	常温冲击试验，其平均冲击功应不低于母材要求27J。	不要求冲击试验。

	①	
--	---	--

注：①除锅炉与一般常温受压力容器用试样的冲击试验温度为常温外，不锈钢受压力容器冲击试验温度见本篇第3章3.2.7，其他受压壳体试样的冲击试验温度应符合母材规定的冲击温度。

7.2.4.2 任一试样的试验结果不合格时，应查明其不合格的原因，并在原试件上另行截取2个试样进行复试，具体试样数量应满足本篇第1章1.2.5.2和1.2.5.3要求。

第3节 受压壳体的制造

7.3.2 坡口

7.3.2.1 受压壳体各构件的待焊接板边应有良好的坡口。坡口可采用气割火焰切割、等离子切割、机加工、凿削或打磨的方法来加工。当采用气割火焰切割方法时，气切割的坡口表面应用机加工或打磨的方法清除所有的熔渣和氧化物。对奥氏体不锈钢和双相不锈钢，应避免使用火焰切割方法。

7.3.4 焊接

7.3.4.13 当受压壳体使用奥氏体不锈钢或双相不锈钢时，除上述要求外还应满足本篇第5章第4节的相关要求。

第4节 热处理

7.4.1 一般要求

7.4.1.4 除设计文件另有规定，奥氏体不锈钢、双相不锈钢焊接接头可不进行热处理。

第5节 检验与修补

7.5.4 焊缝无损检测

7.5.4.1 受压壳体的焊缝应进行无损检测。检测的方法、数量和部位应符合表7.5.4.1的规定。无损检测的工艺应经CCS同意。

受压力容器检测要求

表7.5.4.1

检测类别	锅炉与一般受压力容器		潜水系统与潜水器
	I级	II级	
射线检测	所有受压壳体、鼓筒、联箱、接管的所有对接缝 ^① ，连同试板应	试板应100%检测；对接缝应至少10%抽查。	壳体对接缝应100%检测。

	100%检测。		
	锅炉炉胆、燃室以及其他类似的受压部件应局部抽查。		
超声波检测	板厚超过50mm, 经CCS同意, 可用超声波代替射线进行检测。必要时仍应选择局部焊缝进行射线检测。 承压壳体上的全焊透角焊缝应100%进行超声波检测。		壳体上的全焊透角焊缝应100%超声波检测。
磁粉或渗透检测	管柱、复板、短管和支管等焊缝未经射线检测者, 应10%磁粉或渗透检测抽查。必要时, 验船师可要求增加检测的部位和数量。		抽查全部焊缝的10%; 在开孔处或接管处的加强焊缝100%检测。

注: ① 对外径 $\leq 170\text{mm}$ 的筒形构件, 联箱对接环缝应25%射线检测, 其他管对接环缝应10%射线检测抽查。

② III级受压容器可由验船师根据实际用途确定是否需要进行无损检测。

③ 对低温压力容器壳体上外径 $\leq 57\text{mm}$ 的接管的全焊透角焊缝, 应100%磁粉或渗透检测。

7.5.4.5 射线检测和超声波检测技术等级应满足公认标准的适用等级的要求。其中射线检测灵敏度、黑度和几何不清晰度应符合下列规定:

(1) 当使用阶梯孔型像质计时, 射线照相的灵敏度要求见表 7.5.4.5(1)。

阶梯孔型像质计照相的灵敏度要求

表 7.5.4.5(1)

检测工件的名义厚度(mm)	照片上可见的孔号 (孔径,mm)
$3.5 < t \leq 6$	H5(0.320)
$6 < t \leq 10$	H6(0.400)
$10 < t \leq 15$	H7(0.500)
$15 < t \leq 24$	H8(0.630)
$24 < t \leq 30$	H9(0.800)
$30 < t \leq 40$	H10(1.000)
$40 < t \leq 60$	H11(1.250)
$60 < t \leq 100$	H12(1.600)
$100 < t \leq 150$	H13(2.000)

(2) 当使用线型像质计时, 射线照相的灵敏度要求见表7.5.4.5(2)。

线型像质计照相的灵敏度要求

表 7.5.4.5(2)

检测工件的名义厚度(mm)	照片上可见的丝号 (丝径,mm)
$3.5 < t \leq 5$	W15(0.125)
$5 < t \leq 7$	W14(0.16)
$7 < t \leq 10$	W13(0.20)
$10 < t \leq 15$	W12(0.25)
$15 < t \leq 25$	W11(0.32)
$25 < t \leq 32$	W10(0.40)
$32 < t \leq 40$	W9(0.50)

40<t≤55	W8(0.63)
55<t≤85	W7(0.80)
85<t≤150	W6(1.00)

(3) 除有专门规定外，底片的黑度通常应在2.0~4.5之间。

(4) 几何不清晰度 $f \geq 10d \cdot b^{2/3}$

式中， f —射线源到工件表面距离；

d —有效焦点尺寸；

b —工件表面到胶片距离)

7.5.4.7 超声波和磁粉检测的灵敏度应根据具体检测部位而定，并应得到验船师的同意。