



规范文件
R002AM01-2025

中国船级社

材料与焊接规范

修改通报

2025

2025年7月1日生效

北京

目 录

第 1 篇 金属材料	1
第 3 章 钢板、扁钢与型钢	1
第 1 节 一般规定	1
第 9 节 复合钢板	1
第 5 章 锻钢件	1
第 1 节 一般规定	1
第 3 节 轴系与机械结构用锻钢件	2
第 4 节 曲轴锻钢件	2
第 5 节 齿轮锻钢件	2
第 6 章 铸钢件	2
第 3 节 机械结构用铸钢件	2
第 8 章 铝合金	3
第 2 节 铝合金板材与型材	3
第 9 章 其他有色金属	3
第 1 节 铜质螺旋桨	3
第 4 节 钛合金板	4
第 10 章 设备	4
第 4 节 钢丝绳	4
第 2 篇 非金属材料	5
第 2 章 塑料材料	5
第 2 节 原材料	5
第 3 章 纤维增强塑料船体材料	6
第 1 节 一般规定	6
第 3 篇 焊接	7
第 2 章 焊接材料	7
第 2 节 焊接材料的力学性能	7
第 3 章 焊接工艺认可	8
第 1 节 一般规定	8
第 2 节 对接焊工艺认可试验	8
第 5 章 船体结构的焊接	8
第 3 节 焊缝检验与修补	8
第 9 章 压力管系的焊接	9
第 1 节 一般规定	9
第 3 节 焊接质量检查	9
第 11 章 有色金属的焊接和铆接	9
第 2 节 铝合金的焊接	9

第1篇 金属材料

第3章 钢板、扁钢与型钢

第1节 一般规定

3.1.1.4 对制造钢板、型钢、系泊链钢材的工厂，应根据 CCS《产品检验指南》的要求进行工厂认可。

第9节 复合钢板

3.9.3.1 凡适合于预定用途的材料，均可作为覆层金属，如奥氏体不锈钢、铬钢、铝合金、钛合金或铜镍合金等。

3.9.6.3 拉伸试验应按下述步骤进行：

先对一个完整的复合钢板(包括两面机加工减薄者)试样进行试验，测得的屈服强度或抗拉强度 R_c 应不小于按下式计算所得之值：

$$R_c = \frac{t_1 R_1 + t_2 R_2}{t_1 + t_2} \quad \text{N/mm}^2$$

式中： t_1 ——基体材料的公称厚度，mm；

t_2 ——覆层材料的公称厚度，mm；

R_1 ——基体材料的规定最小屈服强度(R_{eH})或非比例延伸强度($R_{p0.2}$)或抗拉强度(R_m)，N/mm²；

R_2 ——覆层材料的规定最小屈服强度(R_{eH})或非比例延伸强度($R_{p0.2}$)或抗拉强度(R_m)，N/mm²；

R_c ——复合钢板的规定最小屈服强度(R_{eH})或非比例延伸强度($R_{p0.2}$)或抗拉强度(R_m)，N/mm²。

如果 R_c 小于按上式计算所得之值，则应对另1个试样(去除覆层金属后的基体材料试样)进行试验，试验结果应符合基体材料的规定。测得的伸长率 A 应不小于基体材料的标定值，当覆层材料的伸长率标定值小于基体材料时，允许复合钢板伸长率小于基体材料标定值，但不小于覆层材料标定值，同时应补充进行一个基体材料试样的拉伸试验，其伸长率 A 不小于基体材料的标定值。

3.9.7.1 当覆层材料为有耐腐蚀要求的不锈钢材料时，应按本篇第2章第7节的规定取样，对覆层材料进行耐晶间腐蚀试验。

3.9.7.2 当覆层材料为有耐点蚀要求的双相不锈钢材料时，应按本篇第2章第9节的规定取样，对覆层材料进行点蚀试验。

第5章 锻钢件

第1节 一般规定

~~5.1.6.5 对于锻态交货的锻钢件，制造厂应采用超声波检测等措施保证质量。~~

5.1.6.56 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。

5.1.6.67 除CCS验船师同意外，上述无损检测应有CCS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)；~~
- (3) 锻钢件材料的牌号或等级；
- (4) 最终检验时间；
- (5) 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。

5.1.9.1 制造厂应对每一锻钢件或成批量交验的锻钢件提供包括下列内容的合格证书：

- (1) 订货方的名称和合同号；
- (2) 锻钢件的描述(名称)和钢级(牌号)和追溯锻钢件制造过程的标识号；
- (3) 炼钢方法、炉罐号和熔炼化学成分分析；
- (4) 热处理详细资料，包括热处理温度和保温时间；
- (5) 力学性能试验结果；
- (6) 低倍组织检查结果(如有时)；
- (7) 锻造比；
- ~~(8) 试验压力(如有时)；~~
- (8) 无损检测的方法及结果(如适用)。

第 3 节 轴系与机械结构用锻钢件

5.3.6.3 其余锻钢件可按CCS审批的图纸要求或公认标准，进行无损检测。

第 4 节 曲轴锻钢件

5.4.5.2 曲轴锻钢件的试样数量应符合下列规定：

(4) 一套试样应包括：~~对碳钢和碳锰钢曲轴锻钢件应取1个拉伸试样，对合金钢曲轴锻钢件应取1个拉伸试样和1组3个冲击试样。~~

第 5 节 齿轮锻钢件

5.5.1.2 采用碳钢和碳锰钢锻造齿轮时，其抗拉强度应不小于400N/mm²，且应不超过760N/mm²。凡抗拉强度超过760N/mm²的齿轮、齿圈和齿轮套锻钢件，均应采用合金钢锻造，~~并将有关技术资料提交CCS备查。~~

5.5.6.1 碳钢和碳锰钢齿轮锻钢件和合金钢齿轮锻钢件的力学性能应分别符合本章表5.3.5.1和表5.4.6.2的规定。但表5.3.5.1中的抗拉强度上限不适用于采用低温回火处理的合金钢渗碳锻钢件。

第 6 章 铸 钢 件

第 3 节 机械结构用铸钢件

6.3.4.1 每一铸钢件或同炉浇铸的每批铸钢件至少应截取1个试件，每个试件制备1个拉伸试样和一组3个夏比V型缺口冲击试样。

第8章 铝合金

第2节 铝合金板材与型材

8.2.4.2 铝合金一般以下列状态交货：

- O —退火状态
- H111—退火后经过轻微加工硬化处理(如矫正等)
- H112—热加工成形的状态
- H116—镁含量不小于 3.0%的铝合金，[加工硬化后](#)进行防腐蚀处理后的状态
- H32 —加工硬化后进行稳定化处理的状态
- H321—镁含量不小于 3.0%的铝合金加工硬化后进行稳定化处理的状态
- T5 —高温成形冷却后进行人工时效处理
- T6 —固溶热处理后进行人工时效处理

第9章 其他有色金属

第1节 铜质螺旋桨

9.1.7 标记和证书

9.1.7.1 每个[铸造螺旋桨铸件](#)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) ~~试样号成品桨重量~~；
- e) CCS 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~~ CCS 的标记。

9.1.7.2 每一已[验收通过检验合格](#)的[铸造螺旋桨铸件](#)应具有下列内容的合格证书：

- a) 订货方名或订货号；
- b) 船名或船舶工程号，当已知时；
- c) [螺旋桨图纸的图号](#)(图纸中对铸件[进行详细的相关描述\(如图号等\)](#))；
- 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；

第 4 节 钛合金板

9.4.5.2 每块试料中应按如下要求制取 1 个拉伸试样和 1 组 3 个夏比冲击试样(对板厚大于 10mm 者)和 2 个弯曲试样:

(1) 拉伸试样应采用本篇第 2 章表 2.2.2.1 中序号 1 的板状比例试样 (但试样宽度可[按相关公认标准](#)或为 12.5mm 的 P7 试样); 对厚度大于 40mm 者也可采用序号 2 的圆棒形比例试样(但试样直径可为 5mm), 此时试样的轴线应位于板的 1/4 厚度处;

(2) 对板的厚度不大于 40mm 时, 冲击试样应为试样边缘距板轧制表面不大于 2mm 处; 若产品厚度超过 40mm 时, 试样的轴线应位于板材的 1/4 厚度处。试样轴线应垂直于轧制方向, 试样的缺口应垂直于轧制面;

(3) 2 个弯曲试样的受拉面应至少各保持一个原轧制面, 且其轴线应垂直于轧制方向。试样宽度为 15mm, 对于厚度超过 5mm 的板, 可单面减薄至 5mm。

第 10 章 设 备

第 4 节 钢 丝 绳

10.4.2.3 吊艇索应是防旋转结构型式及耐腐蚀的钢丝绳。

钢丝绳的结构型式

表10.4.2.2

用途	钢丝绳规格			股结构					
	股数	钢丝数	绳芯	股芯	中心丝	内层	中层	外层	股结构型式
尾锚索 拖索 系船索	6	24	纤维	纤维	0	—	9	15	(0+9+15)
	6	37	纤维	钢丝	1	6	12	18	(1+6+12+18)
	6	26	纤维	钢丝	1	5	(5+5)	10	$(1+5+\frac{5}{5}+10)$
	6	31	纤维	钢丝	1	6	(6+6)	12	$(1+6+\frac{6}{6}+10\textcircled{2})$
	6	36	纤维	钢丝	1	7	(7+7)	14	$(1+7+\frac{7}{7}+10\textcircled{4})$
	6	41	纤维	钢丝	1	8	(8+8)	16	$(1+8+\frac{8}{8}+10\textcircled{6})$
	6	30	纤维	纤维	0	—	12	18	(0+12+18)
与绞车配合 的拖索和系 船索	6	31	钢芯	钢丝	1	6	(6+6)	12	$(1+6+\frac{6}{6}+12)$
	6	36	钢芯	钢丝	1	7	(7+7)	14	$(1+7+\frac{7}{7}+14)$
	6	41	钢芯	钢丝	1	8	(8+8)	16	$(1+8+\frac{8}{8}+16)$

第 2 篇 非金属材料

第 2 章 塑料材料

第 2 节 原材料

2.2.7.6 拟认可的环氧机座垫片的使用条件为：在使用过程中由设备本身自重产生的静载荷通常应不大于 0.7N/mm^2 （对额定转速低于 300r/min 的柴油机应不大于 0.9N/mm^2 ），环氧垫片承受的最大静载荷(设备自重加螺栓紧固力)通常应不大于 4.5N/mm^2 ，使用温度不超过 80°C 。浇注体的性能要求见表 2.2.7.6。对表中未提及的项目其结果应满足标准或制造厂制定的极限值。

环氧机座垫片浇注体性能要求

表 2.2.7.6

压缩强度 (N/mm^2)	压缩模量 (N/mm^2)	巴柯尔硬度	热变形温度 ($^\circ\text{C}$)	可燃性	吸水率 ^① (%)	吸油率 ^① (%)
ASTM D695	ASTM D695	ASTM D2583	ISO 75-2	ASTM D635	ISO 62	ISO 62
≥ 120	≥ 5000	≥ 35	≥ 80	自熄	≤ 0.9	≤ 0.9

注：① 吸水率及吸油率测试的样品尺寸为 $50\text{mm} \times 50\text{mm} \times 4\text{mm}$ 。

2.2.7.7 如浇注料拟使用于尾轴管和尾轴衬套安装，除 2.2.7.7 2.2.7.6 规定外，还应提供其拉伸强度和拉伸弹性模量的测定数据。其中拉伸强度应不小于 34MPa (ASTM D638)。

2.2.9 低温液罐用浇注型环氧腻子

2.2.9.1 用于 LEG、LPG、LNG 等低温液化气货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，结果应满足公认标准或制造厂制定的极限值：

- (1) 巴柯尔硬度；
- (2) 密度；
- (3) 压缩强度和压缩弹性模量（在 -20°C ， ~~-50°C~~ ， ~~-110°C~~ ， ~~-1956°C~~ 温度下进行测试）；
- (4) 剪切强度（在 -20°C ， ~~-50°C~~ ， ~~-110°C~~ ， ~~-1956°C~~ 温度下进行测试）；
- (5) 线膨胀系数（ $-30^\circ\text{C} \sim +30^\circ\text{C}$ ）；
- (6) 蠕变（ 70°C ，2000h 条件下，分别测定 2.5MPa 和 7MPa 负荷的蠕变量）；
- (7) 压缩变形（ 20°C ， ~~-1956°C~~ ）；
- (8) 压缩屈服强度（ 20°C ， ~~-1956°C~~ ）。

2.2.10 货舱承木

2.2.10.1 货舱承木系指采用榉木、桦木等硬质木材薄片，通过浸渍热固性树脂高温压制而成的层压制品。适用于 LEG、LPG、LNG 等低温液货罐的支承。

2.2.10.2 货舱承木应经 CCS 认可。

2.2.10.3 货舱承木的质量证明文件和包装上应标明尺寸、密度、所用木材的种类及树脂种类。

2.2.10.4 货舱承木应无鼓泡、裂缝、死节、虫孔、腐朽、污染和沾附异物等缺陷。加工切口应表面平滑、板层均匀。不得有胶层分离、表面剥离、鼓包等缺陷。

2.2.10.5 设计方应考虑货舱承木长期承受动态压缩之后的变形仍能满足设计要求。

2.2.10.6 应对货舱承木的如下性能进行检验，结果应满足标准或制造厂制定的极限值：

(1)密度

- (2)压缩强度(垂直和平行方向) (20℃, -196℃)
- (3)压缩形变率(垂直和平行方向) (20℃, -196℃)
- (4)吸水率
- (5)吸油率(润滑油)
- (6)耐水性(在人造海水中浸泡4周, 测试垂直和平行方向的压缩强度)。
- (7)耐油性(在润滑油中浸泡4周, 测试垂直和平行方向的压缩强度)。
- (8)导热系数(垂直方向)
- (9)线膨胀系数(垂直方向)
- (10)剪切强度(垂直、平行方向及层间方向, 在20℃和-196℃)
- (11)摩擦系数(适用于滑动支撑时。对安装后的摩擦副组合测定常温下的摩擦系数, 如: 货舱承木与不锈钢组成的摩擦副或承木与承木组成的摩擦副等)

2.2.10.7 如货舱承木使用在可能接触水和油的区域时, 可采取防护措施, 采取的防护措施应与承木兼容, 不得影响承木的木材及树脂成分, 采取防护措施后对承木进行 2.2.10.6(6)(7)中的浸泡以验证防护措施的有效性, 浸泡后压缩强度的测试结果不应低于浸泡前结果的 97%; 或取承木在水中及油中浸泡性能稳定之后的数据进行设计。

2.2.10.8 如货舱承木在甲板以上使用还应测试其 80℃ 的压缩强度、剪切强度及形变率, 以上测试的方向与 2.2.10.6 中的方向相同, 结果应满足公认标准或制造厂制定的极限值。

第 3 章 纤维增强塑料船体材料

第 1 节 一般规定

3.1.3 工艺认可

试板的性能指标

表3.1.3.3(5)

项目	标准	短切毡与无捻粗纱正交布交替 / 无捻粗纱正交布型复合毡/短切毡与无捻粗纱正交布型复合毡交替
拉伸强度(N/mm ²)	ISO 527-4	800 G ² - 80 G + 37
拉伸模量(N/mm ²)	ISO 527-4	38000 G - 5000
弯曲强度(N/mm ²)	ISO 14125	502 G ² + 107
弯曲模量(N/mm ²)	ISO 14125	38000G - 6500
压缩强度(N/mm ²)	ISO 604	150 G + 72
压缩模量(N/mm ²)	ISO 604	7000
层间剪切强度(N/mm ²)	ISO 14130	玻璃纤维 ≥20 碳纤维及芳纶纤维 ≥17
纤维重量含量(% , 重量)	ISO 1172(玻璃纤维) ASTM D3171 (碳纤维/ 芳纶纤维)	G
巴柯尔硬度	ASTM D2583	40

注: ① 表中拉伸、压缩性能指面内性能, 不得使用面外压缩代替面内性能试验。

② 表中 G 为总名义玻璃纤维含量, 应四舍五入至小数点后—3 位, 例如: 0.502。其计算公式可采用 2.2.3.4(4) 中 G 的计算公式。也可采用 2.2.3.4(4) 中复合毡一栏的公式作为简化公式计算, 将层板简化为一个大的复合毡, 其中的毡与布分别予以计算, 如铺层结构中本身含有复合毡, 则将复合毡简化为单独的毡与布的结构进行计算。

第3篇 焊 接

第2章 焊接材料

第2节 焊接材料的力学性能

2.2.2 结构钢焊接材料

2.2.2.3 结构钢焊接材料的力学性能应符合表 2.2.2.3 的要求。

结构钢焊接材料的力学性能

表2.2.2.3

焊接材料级别		1、2、3	1Y、2Y 3Y、4Y ^①	2Y40 3Y40 4Y40 5Y40	3Y42 4Y42 5Y42	3Y46 4Y46 5Y46	3Y50 4Y50 5Y50	3Y55 4Y55 5Y55	3Y62 4Y62 5Y62	3Y69 4Y69 5Y69	3Y89 4Y89 5Y89	3Y96 4Y96 5Y96	1.5Ni	3.5Ni	5Ni	9Ni	
熔敷金属试验	屈服强度 ^⑦ $R_{eH}(N/mm^2)$	≥305	≥375	≥400	≥420	≥460	≥500	≥550	≥620	≥690	≥890	≥960	≥375			≥400	
	抗拉强度 ^⑧ $R_m(N/mm^2)$	400-560	490-660	510-690	520-680	540-720	590-770	640-820	700-890	770-940	940-1100	980-1150	≥460	≥420	≥500	≥640	
	伸长率 A(%)	≥22			≥20			≥18			≥17	≥14	≥13	≥22	≥25		
	夏比V型缺口冲击试验	试验温度 (°C)	②											-80	-100	-120	-196
平均冲击功 ^⑧ (J)		≥47 ^③			≥47			≥50	≥55	≥62	≥69	≥69	≥69	≥34			
对接焊接试验	接头抗拉强度 (N/mm ²)	≥400	≥490	≥510	≥520	≥540	≥590	≥640	≥700	≥770	940	980	≥490	≥450	≥540	≥640	
	夏比V型缺口冲击试验	试验温度 (°C)	②											-80	-100	-120	-196
		平均冲击功 ^⑧ (J)	≥47 ^④			≥47			≥50	≥55	≥62	≥69	≥69	≥69	≥34		
	弯曲试验	试验后，试样表面上任何方向应不出现长度超过3mm的开口缺陷。 ^⑥															

注：① 手工焊条应符合 2Y 级及以上要求（即 1Y 等级不适用于手工焊条）。

② 1、1Y 级焊接材料的冲击试验温度为 20°C；

2、2Y、2Y40 级焊接材料的冲击试验温度为 0°C；

3、3Y、3Y40、3Y42、3Y46、3Y50、3Y55、3Y62、3Y69、3Y89、3Y96 级焊接材料的冲击试验温度为 -20°C；

4Y、4Y40、4Y42、4Y46、4Y50、4Y55、4Y62、4Y69、4Y89、4Y96 级焊接材料的冲击试验温度为 -40°C；

5Y40、5Y42、5Y46、5Y50、5Y55、5Y62、5Y69、5Y89、5Y96 级焊接材料的冲击试验温度为 -60°C。

③ 自动焊熔敷金属冲击试验的平均冲击功，对 $R_{eH} < 400N/mm^2$ 的焊接材料应不低于 34J；对 $R_{eH} \geq 400N/mm^2$ 的焊接材料应不低于 39J。

④ 立焊及自动焊对接接头冲击试验的平均冲击功，对 $R_{eH} < 400N/mm^2$ 的焊接材料应不低于 34J；对 $R_{eH} \geq 400N/mm^2$ 的焊接材料应不低于 39J。

⑤ 除 5Ni 和 9Ni 钢试件用直径为 4 倍板厚的压头对试样进行弯曲试验外，压头直径应符合本篇 1.2.4.2 的规定。

⑥ 冲击试验的单个值应不低于规定值的 70%。5Y89、5Y96 级焊接材料的冲击试验验收值由 CCS 另行考虑。

⑦ 当材料无明显屈服点时，则应为规定非比例伸长应力 $R_{p0.2}$ 。

⑧ 当抗拉强度超过上限时，由 CCS 另行考虑。

第3章 焊接工艺认可

第1节 一般规定

3.1.4 认可焊接工艺的适用范围

3.1.4.9 热输入量的适用范围为焊接工艺认可试验时使用的值的±25%，但上限最高不超过 55kJ/cm。对热输入超过 50 kJ/cm 的焊接方法，其使用上限为不超过焊接工艺认可试验时使用值的 10%。焊接热输入一般应按下式计算：

$$HI = \frac{U \times I \times 60}{v \times 1000}$$

其中：HI：焊接热输入(kJ/cm) U:电弧电压(V) I:焊接电流(A) v:焊接速度(cm/min)。

如热输入经热效率系数修正或采用其他计算方式，需说明，一般可不考虑热效率系数修正。对于多丝焊接方法及复合热源焊接方法，热输入为各焊丝或各热源的总和。

第2节 对接焊工艺认可试验

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（-100℃及以下）时，一般应在焊缝中心、熔合线、距熔合线1mm、距熔合线3mm和距熔合线5mm的热影响区各做1组（3个）冲击试验（试验温度为-196℃），经CCS同意可仅做焊缝中心。冲击能量功应不小于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。

第5章 船体结构的焊接

第2节 焊缝检验与修补

5.3.2 焊缝质量检验

5.3.2.1 船体结构施焊完工后，船厂或制造厂应对所有焊缝进行外观检查。焊缝表面应成型均匀、平顺地向母材过渡，无过大的余高，不应有裂纹、未熔合、单面焊根部未焊透等缺陷存在。表面气孔和咬边等应在允许范围以内。

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) 舳龙骨的对接接头；
- (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) 双体船或多体船横向合拢的纵向对接焊缝；
- (10) 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 9 章 压力管系的焊接

第 1 节 一般规定

9.1.2 材料

9.1.2.1 本章焊接要求适用于常温或高温下工作的I、II级管系制造，中适用的钢种分别如下：

- (1) 最小抗拉强度为320、360、410、460和490N/mm²的碳钢和碳锰钢；
- (2) 0.3Mo、1Cr0.5Mo、2.25CrMo和0.5Cr0.5Mo0.25V低合金钢。

9.1.2.2 本章焊接要求也可用于以上材料也可用于III级管系制造和管系的修理。

第 3 节 焊接质量检查

9.3.2 外观检查

9.3.2.1 管系焊接完成后，船厂或制造厂应对所有焊缝进行外观检查。焊缝表面不应有裂纹、焊瘤、气孔、咬边以及未填满的弧坑和凹陷存在。如有上述缺陷应进行修补。

第 11 章 有色金属的焊接和铆接

第 2 节 铝合金的焊接

11.2.4 焊缝检查与修补

11.2.4.1 完工焊缝应进行外观检查 and 无损检测，无损检测的方法和验收标准应经 CCS 同意，通常应满足 CCS《船舶焊接检验指南》第 7 章或公认的标准。

11.2.4.2 主要船体结构的焊缝无损检测范围由工厂与验船师商定。主船体焊缝射线检测范围建议不少于主船体对接焊缝的 5%。重要结构的角焊缝应经超声波检测，缺陷的评定应符合 CCS 所接受标准的规定。无损检测的范围一般应符合如下要求：

(1) 主船体强力甲板及外板的对接焊缝在船中 0.5L 范围内一般进行不少于 5%的射线检测，船中 0.5L 范围以外一般不少于 2%。射线检测位置应根据结构特点布置在合适的位置，主要分布于交叉焊缝和高应力区焊缝；

(2) 重要结构的角焊缝应经超声波检测；

(3) 必要时，验船师可要求增加无损检测数量。