



中国船级社

材料与焊接规范

RULES FOR MATERIALS AND WELDING

修改通报

AMENDMENTS

2014



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co.,Ltd.



中 国 船 级 社

材料与焊接规范

RULES FOR MATERIALS
AND WELDING

修 改 通 报

AMENDMENTS

2014

北 京
Beijing

目 录

《材料与焊接规范》2014年修改通报1月版.....	1
第1篇 金属材料.....	2
第3章 钢板、扁钢与型材.....	2
第3节 高强度船体结构用钢.....	2
第5章 铸钢件.....	2
第2节 船体结构用锻钢件.....	2
第10章 设备.....	3
第2节 船用锚链及附件.....	3
第3篇 焊接.....	4
第1章 通则.....	4
第1节 一般规定.....	4
《材料与焊接规范》2014年修改通报7月版.....	5
第1篇 金属材料.....	6
第1章 通则.....	6
第2节 试验与检验.....	6
第2章 材料的性能试验.....	7
第1节 一般规定.....	7
第2节 拉伸试验.....	7
第3节 冲击试验.....	7
第6节 管材延性试验.....	7
第10节 金属材料落锤试验.....	8
第3章 钢板、扁钢与型钢.....	9
第1节 一般规定.....	9
第12节 锚链及其附件用轧制圆钢.....	9
第5章 锻钢件.....	10
第1节 一般规定.....	10
第3节 轴系与机械结构用锻钢件.....	11
第5节 齿轮锻钢件.....	11
第6章 铸钢件.....	12
第1节 一般规定.....	12
第3节 机械结构用铸钢件.....	13

第7章	铸铁件	14
第2节	灰铸铁件.....	14
第8章	铝合金	15
第1节	一般规定.....	15
第2节	铝合金板材与型材.....	15
第4节	铝合金活塞.....	16
第9章	其他有色金属	17
第1节	铜质螺旋桨.....	17
第2节	铸铜合金.....	18
第10章	设备	19
第2节	船用锚链及其附件.....	19
第3节	海上设施定位用系泊链及其附件.....	19
第2篇	非金属材料	21
第1章	通则	21
第2节	试验与检验.....	21
第2章	塑料材料	22
第2节	原材料.....	22
第3章	纤维增强塑料船体材料	23
第1节	一般规定.....	23
第2节	原材料.....	23
第5章	围裙材料及其连接件	25
第3节	裙布的试验与力学性能.....	25
第7章	纤维绳	26
第2节	海工用纤维绳.....	26
第3篇	焊接	27
第1章	通则	27
第2节	试验.....	27
第2章	焊接材料	28
第2节	焊接材料的力学性能.....	28
第3节	电弧焊焊条.....	28
第4节	埋弧自动焊的焊丝-焊剂.....	30

第6节	电渣焊或气电立焊的焊接材料.....	31
第8节	不锈钢焊接材料.....	31
第3章	焊接工艺认可.....	33
第1节	一般规定.....	33
第2节	对接焊工艺认可试验.....	33
第3节	角接焊工艺认可试验.....	34
第4节	倾斜或T形管节点全焊透工艺认可试验.....	34
第5章	船体结构的焊接.....	35
第1节	一般规定.....	35
第3节	焊缝检验与修补.....	36
第8章	重要机件的焊接.....	39
第4节	螺旋桨的无损检测与焊接.....	39
第11章	有色金属的焊接和铆接.....	40
第1节	一般规定.....	40
第2节	铝合金的焊接.....	40
第3节	钛及钛合金的焊接.....	42
第4节	铆接.....	45



中 国 船 级 社

材料与焊接规范

RULES FOR MATERIALS
AND WELDING

修 改 通 报

AMENDMENTS

2014 年 1 月 版

2014 年 1 月 1 日 生 效
Effective from January 1 2014

北 京
Beijing

第1篇 金属材料

第3章 钢板、扁钢与型材

第3节 高强度船体结构用钢

新增3.3.1.2如下：

“3.3.1.2 大型集装箱船用厚度为50mm~100mm、屈服强度不小于460N/mm²的高强度船用结构钢应满足CCS《船用高强度钢厚板检验指南》的要求。”

第5章 铸 钢 件

第2节 船体结构用锻钢件

5.2.1.1和5.2.4.3中“舵梢”改为“舵销”。

第10章 设 备

第2节 船用锚链及附件

10.2.9.2修改如下:

“10.2.9.2 符合要求的锚链或附件应由CCS签发证书,证书上应至少有下列各项:

- (1) 制造厂名称;
- (2) 等级;
- (3) 炉号(适用于附件);
- (4) 化学成分(包括铝的总含量);
- (5) 名义直径/重量;
- (6) 拉力载荷/破断载荷;
- (7) 热处理;
- (8) 锚链或附件的标记;
- (9) 长度(适用于锚链);
- (10) 力学性能(如适用)。”

第3篇 焊 接

第1章 通 则

第1节 一 般 规 定

新增1.1.1.4如下：

“1.1.1.4 大型集装箱船用厚度为50mm~100mm，屈服强度不小于460N/mm²的高强度船用结构钢的焊接，除应符合本篇相关规定外，还应满足CCS《船用高强度钢厚板检验指南》的要求。”



中 国 船 级 社

材料与焊接规范

RULES FOR MATERIALS
AND WELDING

修 改 通 报

AMENDMENTS

2014 年 7 月 版

2014 年 7 月 1 日 生 效
Effective from July 1 2014

北 京
Beijing

第1篇 金属材料

第1章 通 则

第2节 试验与检验

新增1.2.2.2如下：

“1.2.2.2 熔炼化学成分通常应在每炉钢出钢时取样。当产品以不同炉次钢水在钢包中混合时，则应在钢包中取样。熔炼化学成分应以重量百分比报告。”

原后续条文号顺延。

新增1.2.8.1如下：

“1.2.8.1 制造厂应采用一套能够有效追溯产品生产过程的标识系统。并在产品和证书上予以标识。”

原后续条文号顺延。

第2章 材料的性能试验

第1节 一般规定

2.1.3.1修改如下：

“2.1.3.1 制取试样的试件应在材料最终状态下分割。若采用分离试件，则试件应与所代表的材料同时进行相同的处理。试样制备的方式应尽可能不影响原材料的性能。”

新增2.1.4.4如下：

“2.1.4.4 夏比摆锤冲击试验机的校验应符合ISO 148-2或等效标准的要求。”

新增2.1.5如下：

“2.1.5 试验程序

2.1.5.1 除本章规定外，不同试验的试验程序可遵循相应国际或国家标准所确定的习惯做法。”

原后续条文号顺延。

第2节 拉伸试验

表2.2.2.1注②、⑦修改如下：

“② 对轧制产品的全厚度试样，应保留原轧制面。若试验机能力不足时，可对一个轧制面进行加工，将厚度减薄至25mm；当钢板厚度大于40mm时，可改取序号2的圆形试样。

⑦ 试样沿管轴纵向截取，试样平行段长度部分不应被压平，而试样的夹持部分则允许压平。当壁厚足够时，可改取序号2的圆形试样。圆形试样的轴线应位于管壁厚度中心处。”

第3节 冲击试验

2.3.1.3修改如下：

“2.3.1.3 在任何情况下均应就材料厚度尽可能加工出最大尺寸的试样。标准辅助试样与标准试样的冲击功换算关系如表2.3.1.3所示。对小于5mm的试样，一般不要求进行冲击试验。”

第6节 管材延性试验

新增2.6.1如下：

“2.6.1 一般要求

2.6.1.1 管材延性试验一般用于检验金属管状材料的延展性能和冶金缺陷。

2.6.1.2 除本节规定的延性试验外，若需进行圆环扩展试验或圆环拉伸试验，则应分别按ISO8495或ISO 8496进行。”

原后续条文号顺延。

第10节 金属材料落锤试验

2.10.2.2修改如下：

“2.10.2.2 试样的尺寸如表2.10.2.2所示。取样时应尽材料的厚度可能制取最大厚度的试样。除下列要求外，试样的制备(包括尺寸偏差、启裂焊道堆焊和缺口加工)应符合公认标准(如GB/T6803)的要求。

(1) 试样的边缘应以锯切或机加工形成。若采用火焰切割方法，则试样边缘距火焰切割边至少25mm；

(2) 当材料厚度大于试样厚度要求时，应仅在板的一侧进行机加工减薄。”

第3章 钢板、扁钢与型钢

第1节 一般规定

3.1.7.3修改如下：

“3.1.7.3 材料的合格证书应包括下列内容：

- (1) 订货方的名称和合同号以及使用该材料的船名或机号(可能时)；
- (2) 材料运往的目的地；
- (3) 材料的说明书和尺寸；
- (4) 交货数量和重量；
- (5) 材料的技术规格或等级；
- (6) 炉罐号和熔炼化学成分；
- (7) 力学性能试验结果；
- (8) 除轧制状态以外的供货状态。”

第12节 锚链及其附件用轧制圆钢

3.12.8.2修改如下：

“3.12.8.2 每批圆钢应由CCS验船师签署相应的合格证书。合格证书的内容除本章3.1.7.3所要求的内容外，当按本节3.12.5.1规定进行了成品锚链所要求的热处理，则还应包括试样热处理的详情、试样数量和相应的力学试验结果。对于OM4S和OM5级系泊链用圆钢还应列出氢脆试验和无损检测等检查的结果以及奥氏体显微晶粒度、非金属夹杂物和淬透性检查结果的信息。”

第5章 锻 钢 件

第1节 一 般 规 定

5.1.2.1修改如下：

“5.1.2.1 锻钢件的熔炼分析化学成分通常是在每炉钢出钢适当时候取样，当多炉混合时则应在混合的钢包中取样。试样的熔炼分析化学成分应符合本章各节的规定。具体化学成分应适合于锻制钢材的种类、锻钢件的尺寸和规定的力学性能。”

5.1.5.1修改如下：

“5.1.5.1 锻钢件试件的大小应满足所需试验和可能进行复试的需要，其横截面尺寸应不小于所代表的锻钢件的那一部分截面。除5.1.5.2和5.1.5.3另有规定外，试件应与锻件为一个整体。分离锻制的试样应与其所代表的锻件具有相似的锻造比。”

新增5.1.5.2如下：

“5.1.5.2 当一个锻件锻后被分为数个部件，所有这些部件又在同一炉内进行热处理时，则可视其为一个锻件，应按原始锻件的总长度和总重量确定试件的数量。”

原后续条文号顺延。

原5.1.5.6中最后一句“除另有规定外，制造厂可自行决定选用夏比V型缺口或夏比U型缺口的冲击试样。”修改为：“冲击试样应选用夏比V型缺口的试样。”

5.1.5.7修改如下：

“5.1.5.7 拉伸试验和冲击试验应符合本篇第2章的要求。凡本章各节中有要求时，应进行硬度试验。除另有协议外，所有试验应在验船师在场下进行。”

新增5.1.6.4如下：

“5.1.6.4 当结构规范有要求，或以按本章5.1.3.8规定获得认可的焊接工艺焊接组合成一个锻钢组合部件，在验收前工厂应进行适当的无损检测，并报告检测结果。”

原后续条文号顺延。

原“5.1.6.5 锻钢件在机加工到适当阶段和最终热处理后，通常应进行径向和轴向两个方向超声波检测。当形状或尺寸受限时，可进行轴向或径向超声波检测，并符合公认的检测方法与判定标准。”修改如下：

“5.1.6.6 锻钢件在机加工到适当阶段和最终热处理后，通常应进行径向和轴向两个方向超声波检测。当形状或尺寸受限时，可进行轴向或径向超声波检测。检测应按公认的检测方法进行，并应满足CCS《船舶焊接检验指南》第7章附录7A或公认验收标准的要求。”

5.1.7.2修改如下：

“5.1.7.2 除曲轴锻钢件外，经CCS同意，锻钢件表面可进行焊接修补。此时，修补范围和位置、拟采用的焊接工艺、热处理以及随后的检查程序应提交CCS认可。”

5.1.8.2修改如下:

“5.1.8.2 制造厂应对经CCS检验合格后的所有锻件,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件制造过程的标识号;
- (3) 试验压力(如有时);
- (4) 锻件材料的牌号或等级;
- (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。”

5.1.9.1修改如下:

“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);
- (9) 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

5.3.5.3修改如下:

“5.3.5.3 对具有B1*和B1冰级的船舶,其表5.3.5.1所列全部钢种的螺旋桨轴锻件,应作-10℃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),平均冲击功应不小于27J。”

第5节 齿轮锻钢件

5.5.5.3中最后一句“锻件制造厂或齿轮制造厂可决定大截面试样是否进行渗碳处理或伪渗碳处理,但均应在最终淬火加回火处理前机加工至所要求的直径。”改为:“锻件制造厂或齿轮制造厂可选择采用大截面的试样,进行渗碳处理或伪渗碳处理,但均应在最终淬火加回火处理前机加工至所要求的直径。”

第6章 铸 钢 件

第1节 一 般 规 定

新增6.1.1.2如下:

“6.1.1.2 除第6节至第8节另有规定外,本章规定仅适用于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。”

原后续条文号顺延。

删除6.1.8.4中的最后一句“超声波检测完毕,制造厂应提交报告,检测结果应符合批准图纸要求或公认的有关标准要求。”

新增6.1.8.5如下:

“6.1.8.5 铸钢件的无损检测通常应按公认的检测方法进行,并应满足CCS《船舶焊接检验指南》第7章附录7B或公认验收标准的要求。

原“6.1.8.5铸钢件的射线检测,可按本节6.1.8.4的规定部位进行。射线检测工艺应经CCS同意,检测结果应符合批准图纸要求或公认的有关标准要求。”修改为6.1.8.6:

“6.1.8.6 若采用射线方法对6.1.8.4规定的铸钢件部位进行检测时,射线检测工艺应经CCS认可。检测结果应满足公认的有关标准要求。”

原6.1.10修改如下:

“6.1.10 铸钢件缺陷的修补

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500mm²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。

6.1.10.2 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。

热去除金属的方法只应在最终热处理前进行。

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。

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。

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。

6.1.10.7 铸钢件缺陷的焊补应采用经认可的低氢型焊接材料，其焊缝的熔敷金属应具有不低于铸钢件母材规定的力学性能。

6.1.10.8 所有合金钢铸件和曲轴铸件在焊补前均应进行适当的预热。碳钢和碳锰钢铸钢件也可根据其化学成分、缺陷的大小和位置进行预热。如果拟焊补的是重大缺陷，则在焊补前，铸钢件应进行细化晶粒处理。

6.1.10.9 焊补完毕后，铸钢件应按原热处理要求，进行热处理；至少进行温度不低于550℃的消除应力的热处理。对修饰性焊补可采用焊后局部消除应力热处理。

6.1.10.10 在焊后热处理以后，焊补处及其邻近的母材应打磨光滑，并根据原来缺陷的数量、大小和部位的草图，并用原定的无损检测方法作复查，以确保修补处的质量满足要求。

6.1.10.11 铸钢曲轴缺陷的焊补，应符合本章第4节的规定。

6.1.10.12 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。这些报告应提交验船师。”

第3节 机械结构用铸钢件

6.3.3.1中增加“(4) 淬火加回火”。

第7章 铸 铁 件

第2节 灰 铸 铁 件

7.2.2.3修改如下：

“7.2.2.3 除7.2.2.4规定外，铸铁件可按以下原则组批进行试验。每批至少应取一个试件进行试验。

- (1) 以同1炉铁水浇铸，具有相同类型和尺寸，总重量不超过2t的铸件可进行批量试验；
- (2) 对单个重量不低于2t的铸件，单个成批。
- (3) 对于同一等级大批量连续熔化和浇铸的铸铁件，每批重量可增加到2h浇铸的产量。”

删除原7.2.2.4，后续条文号顺序前移。

表7.2.4.1下注中的“① 表列各强度级铸铁件的抗拉强度范围均为100N/ mm²”删除。

第8章 铝合金

第1节 一般规定

8.1.4.1中“尺寸规格相近”改为“尺寸规格相近(对板材为相同厚度)”

第2节 铝合金板材与型材

表8.2.5.3修改如下:

名义宽度 B (mm) 名义厚度 t (mm)	$B \leq 1500$	$1500 < B \leq 2000$	$2000 < B \leq 3500$
$3 \leq t < 4$	0.10	0.15	0.15
$4 \leq t < 8$	0.20	0.20	0.25
$8 \leq t < 12$	0.25	0.25	0.25
$12 \leq t < 20$	0.35	0.40	0.50
$20 \leq t < 50$	0.45	0.50	0.65

原“8.2.5.5轧制产品每批的重量应不超过2000kg。每批制取1个试件。若单件重量大于2000kg，则仅取1个试件。”修改如下:

“8.2.5.5每批轧制材料应制取一个拉伸试样。当一批重量超过2000kg时，应每2000kg和余量各取一个拉伸试样。若单件产品(板材或卷材)重量大于2000kg，则仅取一个拉伸试样。”

8.2.5.7修改如下:

“8.2.5.7 制造厂对每批闭合型材应采用宏观断面试验或扩口试验证明其压合焊缝无未熔合。扩口试验可按下列要求进行:

(1) 最终热处理后，以每五根或不足五根为一批，取一根作试验材料。当型材长度超过6m时，应对开始生产的每根型材均作为试验材料；如最初的3~5根型材试验结果可接受，则可改为每五根取一根。

(2) 每根试料应从头尾两端载取两个试样。

(3) 试样应使其端面垂直于型材的轴线。边缘可用锉刀倒圆。

(4) 试样的长度应符合本篇第2章2.6.2的规定。

(5) 采用锥角至少为60°的硬质钢锥，在环境温度下，对型材进行扩口试验。

(6) 如果试样沿焊缝线开裂，确认系焊缝熔合不良，应判为不合格。”

8.2.5.11第一行中“制造厂应建立材料……”改为“制造厂一般应建立材料……”

第 4 节 铝合金活塞

表8.4.3.1(1)和(2)分别修改为:

铝合金活塞的化学成分

表8.4.3.1(1)

材料牌号	合金代号	化学成分 %					
		Si	Cu	Mn	Mg	Ni	Al
ZAlSi12Cu2Mg1	ZL108	11~13	1~2	0.3~0.9	0.4~1.0	-	余量
ZAlSi12Cu1Mg1Ni1	ZL109	11~13	0.5~1.5	-	0.8~1.3	0.8~1.5	余量
ZAlSi5Cu6Mg	ZL110	4~6	5~8	-	0.2~0.5	-	余量

铝合金活塞的力学性能

表8.4.3.1(2)

材料牌号	合金代号	抗拉强度 R_m (N/mm ²) 不小于	硬度 HBW 不小于	交货态
ZAlSi12Cu2Mg1	ZL108	200	85	人工时效(T5)
	ZL108	260	90	固溶处理加完全人工时效(T6)
ZAlSi12Cu1Mg1Ni1	ZL109	195	90	人工时效(T5)
	ZL109	245	100	固溶处理加完全人工时效(T6)
ZAlSi5Cu6Mg	ZL110	170	90	人工时效(T5)

第9章 其他有色金属

第1节 铜质螺旋桨

9.1.3.3修改如下:

“9.1.3.3 为保证Cu1和Cu2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。”

9.1.6.3修改如下:

“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应经CCS特别同意。”

9.1.6.8中“对额定转速在500 r/min 以上的螺旋桨一般可要求进行动态平衡试验。”改为“对额定转速在500 r/min 以上的螺旋桨应进行动态平衡试验。”

9.1.7.1修改如下:

“9.1.7.1 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) 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修改如下：

“9.1.7.2 每一已验收的螺旋桨铸件应具有下列内容的检验证书：

- 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Cu1和Cu2合金)。”

第2节 铸铜合金

9.2.6.1 修改如下：

“9.2.6.1 重量小于250kg的小型铸造铜合金的铸件以相同炉号，相近尺寸，每炉不超过1吨为一批，取样进行试验。力学性能试件可按本章图9.1.5.1吉尔型试件单独浇铸，也可从产品上直接取样。”

第10章 设 备

第2节 船用锚链及其附件

10.2.7.1修改如下：

“10.2.7.1 所有的成品锚链应在验船师在场时，按公认的标准进行拉力和破断试验，不应断裂或出现裂纹。应对闪光焊缝处的外观检查特别注意，为此检验前不可在锚链上涂有油漆或防腐涂料。如果制造厂有拉力试验记录程序，并能使验船师满意，则验船师可不必见证所有拉力试验，但验船师应确认试验机已经校准并处于良好的工作状态。”

表10.2.7.5修改如下：

完工锚链和附件的力学性能试验取样数量

表10.2.7.5

等级	制造方法	供货状态	试样数量		
			母材拉伸试验	夏比冲击试验	
				母材	焊缝
1	闪光对接焊	焊接、正火	不要求	不要求	不要求
2	闪光对接焊	焊接	1	3	3
		正火	不要求	不要求	不要求
	锻造或铸造	正火	1	3 ^①	不适用
3	闪光对接焊	正火、正火加回火、淬火加回火	1	3	3
	锻造或铸造	正火、正火加回火、淬火加回火	1	3	不适用

注：① 仅适用于附件。

10.2.8.4修改如下：

“10.2.8.4 对相同炉批号、同炉热处理、尺寸相似的锻造或铸造锚链附件可作为一个制造批量。在热处理后每批至少应抽取一个附件按本节10.2.7.5的规定截取试样，进行力学性能试验。试验结果和复试要求均应满足表10.2.8.4的规定。”

第3节 海上设施定位用系泊链及其附件

10.3.5.1修改如下：

“10.3.5.1 系泊链制造厂应经CCS认可，并从CCS认可的钢厂购买制造系泊链用的圆钢。”

10.3.8.5(1)修改如下：

“(1) 整根系泊链应能承受表10.3.8.5(1)中规定的拉力载荷的试验，且闪光焊缝中无裂纹，横档应无明显松动。拉链时所施加的载荷应不超过规定拉力试验负荷的110%。如果采用塑性变形法紧固横档时，则施加载荷应不超过认可试验时所确定的值，且应在试验报告中记录；”

新增10.3.11.9如下：

“10.3.11.9 铸造卸扣和铸造肯特卸扣可用附件的直段制取试样。取样位置参照图10.3.8.8(1)，拉伸性能和冲击值应满足表10.3.8.8(3)的要求。”

原后续条文顺延。

第2篇 非金属材料

第1章 通 则

第2节 试验与检验

1.2.2.1“.....可按公认的有关标准进行.....。”改为：“.....可按CCS给定标准或其他等效标准进行.....。”

第2章 塑料材料

第2节 原材料

表2.2.7.7改为：

环氧机座垫片浇注体性能要求

表2.2.7.7

压缩强度 N/mm ²	压缩模量 N/mm ²	巴柯尔硬度	热变形温度 ℃	可燃性	吸水率 ^① %	吸油率 ^① %
ASTM D695-2010	ASTM D695-2010	ASTM D2583-2013	ISO 75-2-2013	ASTM D635-2010	ISO 62-2008	ISO 62-2008
≥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50mm × 50mm × 4mm。

表2.2.8.5改为：

高分子轴承材料物理性能要求

表2.2.8.5

压缩应力 ^① MPa	压缩模量 ^① MPa	摩擦系数	耐温性及耐海水性	润滑介质中的体积膨胀率 ^④ %	拉伸强度 MPa
ISO 604-2002	ISO 604-2002	-	-	ISO 175-2010	ISO 527-2-2012
≥120 ^② ≥85 ^③	≥1500 ^②	≤0.25	不小于2.2.8.4(1) 试验值的80%	≤3	≥70

注：① 25%压缩应变条件下。

② 垂直于轴承受压面方向。

③ 平行于轴承受压面，仅针对板条形轴承。

④ 润滑介质中的体积膨胀率测试，样品尺寸为50mm × 50mm × *t*，*t*一般为4mm，也可采用最小产品厚度。

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) 改为：“上述性能实验结果应不低于表3.1.3.3(5)的要求，并提交验船师确认”。

表3.1.3.3(5)修改如下：

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 527-4-1997	800 G ² - 80 G + 37
拉伸模量(N/mm ²)	ISO 527-4-1997	38000 G - 5000
弯曲强度(N/mm ²)	ISO 14125-1998	502 G ² + 107
弯曲模量(N/mm ²)	ISO 14125-1998	38000G-6500
压缩强度(N/mm ²)	ISO 604-2002	150 G + 72
压缩模量(N/mm ²)	ISO 604-2002	38 000 G - 5 000
层间剪切强度(N/mm ²)	ISO 14130-1997	23.2- 17.5 G
玻璃纤维含量(%, 重量)	ISO 1172-1999	G
巴柯尔硬度	ASTM D2583-2013	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一位，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2节 原材料

3.2.3.3 改为：“每批取样对胶衣树脂、铺敷用树脂、罩面层树脂(如有时)进行液态树脂、固化浇铸体及标准玻璃钢层板(仅针对铺敷用树脂)的下列性能测试：”

新增：3.2.3.3(3)标准玻璃钢层板性能：

- ① 弯曲强度；
- ② 弯曲弹性模量。

3.2.3.4修改如下：

“3.2.3.4 铺敷用不饱和聚酯树脂、乙烯基树脂及其胶衣树脂/罩面树脂浇铸体应具有如下性能：

铺敷用树脂浇铸体性能

表3.2.3.4

项目	标准	不饱和聚酯/乙烯基树脂	胶衣树脂/罩面树脂
拉伸强度(N/mm ²)	ISO 527-4-1997	≥45	≥55
拉伸断裂伸长率(%)	ISO 527-4-1997	≥1.5	≥2.5
弯曲弹性模量(N/mm ²)	ISO 178-2010	≥2700	≥2700
弯曲强度(N/mm ²)	ISO 178-2010	≥80	≥100
热变形温度(°C)	ISO 75-2-2013	≥60	≥60
巴柯尔硬度	ASTM D2583-2013	≥35	≥35
吸水性(mg)	ISO 62-2008	≤≤100	≤≤80

注1: 试验所用试样应经50°C下后固化24h制备。
注2: 吸水性测试试样尺寸为50mm×50mm×4mm,试验条件为在23°C下浸泡672h。

”

新增：“3.2.3.5 铺敷用不饱和聚酯树脂、乙烯基树脂其标准玻璃钢层板的制作及测试结果应满足GB/T8237-2005的要求。”

原3.2.3.5改为3.2.3.6，后续条文号顺延。

表 3.2.6.2 (7) 修改如下：

硬质泡沫塑料芯材基本力学性能

表3.2.6.2(7)

材料	密度 (kg/m ³)	压缩强度 (N/mm ²)	压缩弹性模量 (N/mm ²)	剪切强度 (N/mm ²)	剪切弹性模量 (N/mm ²)
	ISO 845-2009	ISO 844-2007	ISO 844-2007	ISO 1922-2012	ISO 1922-2012
聚氨酯泡沫 塑料(PU)	80	0.40	11.0	0.34	5.20
	100	0.60	16.0	0.47	8.70
	120	0.86	21.0	0.60	12.0
	140	1.15	27.0	0.74	17.0
聚氯乙烯泡沫塑料 (PVC)	80	0.40	12.0	0.35	7.60
	100	0.57	18.0	0.47	11.0
	120	0.75	25.0	0.60	14.6
	140	1.00	33.0	0.75	18.8

表3.2.6.3(7)修改如下：

轻木芯材基本力学性能

表3.2.6.3(7)

密度 (kg/m ³)	强度 (N/mm ²)				压缩弹性模量 (N/mm ²)	剪切弹性模量 (N/mm ²)		
	压缩		拉伸				剪切	
ISO 845-2006	应力方向				ISO 1922-2012	ISO 1922-2012		
	平行木纹	垂直木纹	平行木纹	垂直木纹			应力方向	
	平行木纹	垂直木纹	平行木纹	垂直木纹	平行木纹	垂直木纹		
96	5.00	0.35	9.00	0.44	1.10	2300	35.20	105
144	10.60	0.57	14.60	0.70	1.64	3900	67.80	129
176	12.80	0.68	20.50	0.80	2.00	5300	98.60	145

第5章 围裙材料及其连接件

第3节 裙布的试验与力学性能

表5.3.2.1修改如下：

围裙裙布的力学性能

表5.3.2.1

围裙裙布等级	扯断强度 不小于(N/5cm)		撕裂强力不小于(N)		剥离强度不小于 (N/5cm)	搭接接头强度不小于 (N/5cm)
	ISO 1421-1998		-		ISO 2411-2000	ISO 1421-1998
	经向	纬向	经向	纬向		
A	2940	2940	340	340	590	2940
B	4410	4410	585	585	680	4410
C	4900	4900	780	780	680	4900

第7章 纤维绳

第2节 海工用纤维绳

表7.2.2.4修改如下：

检验项目	标准	抽样方法及数量
干态破断强力及伸长率	ASTM D885-2010	每5000kg纤维材料中至少抽取1个样品。
湿态纱线间摩擦性能	ISO18692-2007	每20000kg纤维原材料抽取1个样品，每个纤维绳订单至少进行一次抽样试验。
线密度	ISO18692-2007	每5000kg纤维原材料中抽取1个样品
整理剂含量	ASTM D2257-2012	每20000kg纤维原材料抽取1个样品，每个纤维绳订单至少进行一次抽样试验。

第3篇 焊 接

第1章 通 则

第2节 试 验

1.2.5.1 最后加一句：“对接接头拉伸试验结果还应记录断裂位置。”

1.2.5.2“对不合格项目制取双倍试样进行复试”改为“对不合格试样制取双倍试样进行复试”。

第2章 焊接材料

第2节 焊接材料的力学性能

表2.2.2.3修改如下：

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	3Y42 4Y42 5Y42	3Y46 4Y46 5Y46	3Y50 4Y50 5Y50	3Y55 4Y55 5Y55	3Y62 4Y62 5Y62	3Y69 4Y69 5Y69	0.5Ni	1.5Ni	3.5 Ni	5 Ni	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	≥375				
抗拉强度 ^⑧ R_m (N/mm ²)	400-560		490-660	510-690	530-680	570-720	610-770	670-830	720-890	770-940	≥460	≥420	≥500	≥600			
伸长率A(%)	≥22		≥20		≥18			≥17		≥22		≥25					
夏比V型缺口冲击试验	试验温度(°C)		②										-60	-80	-100	-120	-196
	平均冲击功 ^⑥ (J)	≥47 ^③		≥47		≥50	≥55	≥62	≥69	≥34							
对接焊缝试验	接头抗拉强度 R_{eH} (N/mm ²)	≥400	≥490	≥510	≥530	≥570	≥610	≥670	≥720	≥770	≥490	≥450	≥540	≥640			
	夏比V型缺口冲击试验	试验温度(°C)	②										-80	-80	-100	-120	-196
		平均冲击功 ^⑥ (J)	≥47 ^④		≥47		≥50	≥55	≥62	≥69	≥34						
		弯曲试验	试验后。试样表面上出现的裂纹或其他缺陷长度应不大于3mm。⑤														

注：① 手工焊条应符合2Y级及以上要求。

② 1、1Y级焊接材料的冲击试验温度为20℃；

2、2Y、2Y40级焊接材料的冲击试验温度为0℃；

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

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

5Y42、5Y46、5Y50、5Y55、5Y62、5Y69级焊接材料的冲击试验温度为-60℃。

③ 自动焊熔敷金属冲击试验的平均冲击功，对 $R_{eH} < 400$ N/mm²的焊接材料应不低于34J；对 $R_{eH} \geq 400$ N/mm²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 $R_{eH} < 400$ N/mm²的焊接材料应不低于34J；对 $R_{eH} \geq 400$ N/mm²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%。

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节 电弧焊焊条

2.3.1.1“并经测氢试验符合本节2.3.6.6要求的焊条”改为“并经测氢试验符合本节2.3.6.3要求的焊条”。

新增2.3.2.6如下：

“2.3.2.6 对仅用于自动重力式工具或类似焊接工具的焊条，应根据焊条制造厂推荐的方法，进行类似于普通手工焊条的熔敷金属试验、角焊缝试验以及对接焊试验(如适用时)。对兼用于普通手工焊和自动重力式工具或类似焊接工具的焊条，除按普通焊条试验外，还应使用制造厂推荐的重力式工具或类似焊接工具进行角接焊试验以及对接焊试验(如适用时)。”

当利用自动重力式工具或类似焊接工具进行角接焊试验时，应使用制造厂生产的最长焊条和推荐的焊接工艺。生产厂对各种尺寸焊条推荐的电流范围应予以报告。

当认可的焊条同时适用于一般强度钢和高强度钢时，试件应采用高强度钢来制备。”

2.3.4.4中“所有对接焊试件均应清根，然后用直径为4mm或该型号中直径较小的焊条，按原焊接位置进行封底焊。”改为：“所有对接焊试件均应清根，然后用直径为4mm的焊条按原焊接位置进行封底焊。”

2.3.6修改如下：

“2.3.6 测氢试验

2.3.6.1 扩散氢试验应使用ISO3690-2012规定的水银法或热导法。对含氢量等级为H10和H15的焊接材料，也可使用2.3.6.2规定的甘油法。

2.3.6.2 甘油法测氢程序如下：

(1) 制备4块任何等级的结构钢钢板作测氢试验的试板。试板厚度为12mm，宽度为25mm，长度为125mm。

(2) 焊前，试板应予以清洁并称重，重量精确到0.1g。

(3) 焊条应按制造厂推荐的焙烘方法进行焙烘，使焊条充分干燥。施焊的焊条直径为4mm，焊接电流约为150A，以短弧在试板宽度为25mm的表面上堆焊一道长约100mm的焊道(约用去150mm焊条长度)。

(4) 每一试样焊完后应在30s内脱渣完毕，然后将试样浸入温度为20℃的清水中冷却，过30s后将试样清洗干净、擦干并放入一个适宜于用甘油置换法收集氢气的装置中。4个试样应(由一个操作人员)在30min内焊毕并置入收集氢气的装置中。

(5) 试样应在温度为45℃的甘油中浸放48h，然后取出，再分别在酒精和水中清洗干净，待干燥后称重(精确到0.1g)，以确定熔敷金属的重量。

应仔细测定被收集的氢气的体积，精度应达到0.05cm³，然后将测得的体积换算成标准状态(0℃，101.325kPa)下的体积。

2.3.6.3 测得的每100克熔敷金属的扩散氢平均含量应符合表2.3.6.3的规定：

含氢量等级	水银法/热导法	甘油法
H15	15cm ³	10cm ³
H10	10cm ³	5cm ³
H5	5cm ³ ^①	

注：① 对含氢量等级为H5的焊接材料，仅可使用水银法”

2.3.9.2(4)修改如下:

“2.3.9.2(4) 凡认可仅可用于重力焊的焊条, 至少应以焊条生产厂推荐的重力式工具或类似焊接工具焊制一个熔敷金属试件, 进行各项试验。如果该焊条同时也认可作普通焊条时, 应按本条(1)要求进行。”

第4节 埋弧自动焊的焊丝-焊剂

2.4.3.3第1句修改为: “按图2.4.3.2所示, 从试件上截取2个纵向拉伸试样(当同时认可为双面单道焊工艺的焊丝-焊剂时, 仅需1个纵向拉伸试样)和1组3个V型冲击试样, 进行拉伸和冲击试验。”

2.4.5.4第1句修改为: “按图2.4.5.4(1)所示, 从每个试件上截取2个横向拉伸试样、2个弯曲试样和1组3个V型冲击试样, 并在较厚的试件中截取1个纵向拉伸试样。冲击试样的截取位置见图2.4.5.4(2)所示。”

图2.4.5.4(1)修改如下:

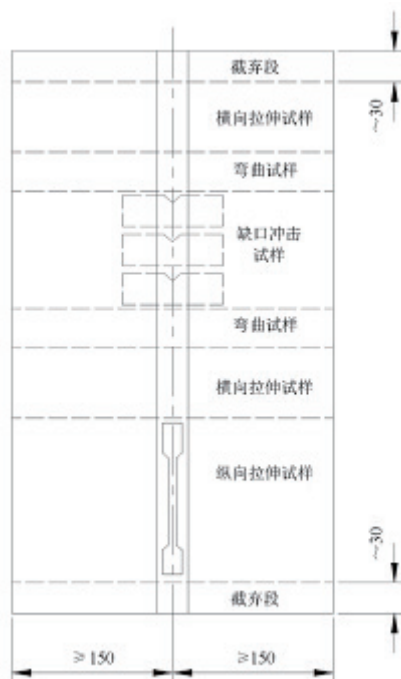


图2.4.5.4(1)

2.4.5.5修改如下:

“2.4.5.5 若焊接材料仅适用于双面单道焊工艺时, 除本节2.4.5.4所规定的试样外, 还应在较厚的试件中截取熔敷金属化学成分分析试样, 进行化学成分分析。化学成分分析报告中应包括所有重要合金元素的成分, 其结果应不超过标准规定或制造厂指定的极限值。”

第6节 电渣焊或气电立焊的焊接材料

2.6.2.1修改如下：

“2.6.2.1 对接焊试验应焊制2个试件，1个试件的试板厚度为20~25mm，另1个试件的试板厚度为35~40mm，每块试板的宽度应不小于250mm，长度应足够提供截取本节2.6.2.3所规定数量和尺寸的试样。”

图2.6.2.3(1)修改如下：

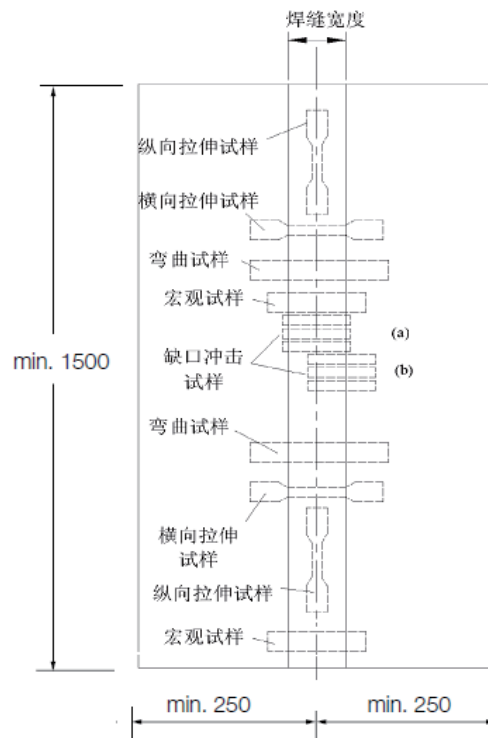


图2.6.2.3(1)

2.6.3.2最后一句修改为：“在该试件上截取1个纵向拉伸试样、1个横向拉伸试样、2个弯曲试样、2组冲击试样(V型缺口分别位于焊缝中心和距熔合线2mm的焊缝金属上)和1个宏观试样，分别进行拉伸、弯曲、冲击试验和宏观检验。”

第8节 不锈钢焊接材料

2.8.2.1修改如下：

“2.8.2.1 不锈钢焊接材料根据其适用的不锈钢母材进行分级。具体分级符号如下：304、304L、304LN、316、316L、316LN、317、317L、317LN、309、309L、347、2205、2550、2750。”

删除表2.8.2.1。

表2.8.3.4修改如下：

不锈钢焊接材料熔敷金属的力学性能

表2.8.3.4

焊接材料级别		奥氏体不锈钢			奥氏体-铁素体双相不锈钢		
		304L 316L 317L 309L	304LN 316LN 317LN 347	304 316 317 309	2205	2550	2750
规定非比例延伸强度(N/mm ²)	$R_{p0.2}$	≥270	≥290	≥290	≥450	≥550	≥550
	$R_{p1.0}$ ^①	≥310	≥330	≥330	≥490	≥590	≥590
抗拉强度 R_m (N/mm ²)		≥500	≥550	≥550	≥620	≥690	≥790
伸长率 A_5 (%)		≥25	≥22	≥25	≥25	≥15	≥15
夏比V型缺口冲击试验	试验温度(°C)	-20/-196 ^②			-20		
	平均冲击功(J)	≥29					

注：① 表中规定非比例延伸强度 $R_{p1.0}$ 值，除另有协议外，一般不作验收依据；

② 奥氏体不锈钢应在-20℃条件下进行冲击试验；当奥氏体不锈钢用于深冷条件时，应在-196℃条件下进行冲击试验。当协议有要求时，也可按协议的规定进行冲击试验。

表2.8.4.3修改如下：

不锈钢焊接材料对接接头的力学性能

表2.8.4.3

焊接材料级别		奥氏体不锈钢			奥氏体-铁素体双相不锈钢		
		304L 316L 317L 309L	304LN 316LN 317LN 347	304 316 317 309	2205	2550	2750
接头抗拉强度 R_m (N/mm ²)		≥480	≥550	≥520	≥620	≥690	≥790
夏比V型缺口冲击试验	试验温度(°C)	-20/-196 ^①			-20		
	平均冲击功(J)	≥27					
弯曲试验	弯心直径	3t				6t	
	弯曲角度	120°					
	要求	试样弯曲后。表面上出现的裂紋或其他缺陷长度应不大于3mm。					

注：① 奥氏体不锈钢应在-20℃条件下进行冲击试验；当奥氏体不锈钢用于深冷条件时，应在-196℃条件下进行冲击试验。当协议有要求时，也可按协议的规定进行冲击试验。

新增2.8.4.5

“2.8.4.5 对双相不锈钢，除上述要求外，还应参照本规范第1篇第2章第7节取样进行焊接接头的点蚀试验。”

第3章 焊接工艺认可

第1节 一般规定

3.1.3.2第1句“通常在采用新材料、新工艺时，应进行工艺认可试验。”改为：“通常在采用新材料、新工艺时，应进行工艺认可试验，以验证制造厂具备使用该工艺进行焊接作业的适当资质。”

3.1.4.3(2)中“规定屈服强度小于或等于390N/mm²的钢”改为“规定屈服强度最小值小于或等于390N/mm²的钢”。

表3.1.4.5a修改如下：

试件厚度 ^① (mm)	认可范围	
	单面单道焊或双面单道焊的对接接头和T型接头	多道焊的对接接头和T型接头以及填角接焊 ^②
$t \leq 3$	$(0.7 \sim 1.1)t$	$(1 \sim 2)t$
$3 < t \leq 12$	$(0.7 \sim 1.1)t$	$3\text{mm} \sim 2t$
$12 < t \leq 100$	$(0.7 \sim 1.1)t$ ^③	$(0.5 \sim 2)t$ (最大150mm)
$t > 100$	不适用	$50\text{mm} \sim 2t$

注：① 对组合焊工艺，记录的每种方法所涉及厚度可作为确定各独立焊接方法厚度认可范围的基础。

② 对填角焊缝，认可范围适用于两个母材金属的厚度。

③ 对热输入超过50kJ/cm的焊接方法，认可的厚度上限是 $1.0 \times t$ 。

第2节 对接焊工艺认可试验

表3.2.2.3修改如下：

焊接方法	试板尺寸 (mm)	
	长度 L	宽度 b
手工焊、半自动焊	$\geq 350(6t)$ ^①	$\geq 150(3t)$ ^①
自动焊	≥ 1000	$\geq 200(4t)$ ^①

注：① 两者中取大者(t —试板厚度，mm)。当试板厚度超过100mm时，经CCS同意可适当减小试板尺寸。

3.2.3.2修改如下：

“3.2.3.2 钢和铝合金试件的外观和无损检测结果应分别满足ISO5817和ISO10024的B级(焊缝超高、凸度过大和根部下塌可接受C级)或其他相当标准的要求。”

3.2.5.2修改如下：

“3.2.5.2 焊缝金属纵向抗拉试验结果要求如下：

(1) 在焊接材料未认可的情况下，其性能指标一般应满足本篇第2章所规定的适用的焊接材料认可级别的最低要求。若使用的焊接材料不在第2章规定范围内，其性能指标应不低于所用母材规定的最小值。

(2) 对散装液化气体船的C型独立液货舱，其性能指标应不低于所用母材规定或设计时所考虑的最小值。”

3.2.5.5修改如下：

“3.2.5.5 焊缝断面宏观检验应显示焊缝成形良好，焊缝完全焊透，无裂纹和未熔合缺陷。”

删除3.2.5.7。

3.2.6.3修改如下：

“3.2.6.3 焊缝断面宏观检验应显示焊缝成形良好，焊缝完全焊透，无裂纹和未熔合缺陷。”

删除3.2.6.4。

第3节 角接焊工艺认可试验

3.3.4.1修改如下：

“3.3.4.1 焊缝断面宏观检验应显示焊缝成形良好，有足够的熔深，无裂纹和未熔合缺陷。”

3.3.4.4修改如下：

“3.3.4.4 钢和铝合金试件的外观和无损检测结果应分别满足ISO5817和ISO10024的B级(焊缝超高、凸度过大和根部下塌可接受C级)或其他相当标准的要求。”

第4节 倾斜或T形管节点全焊透工艺认可试验

3.4.4.3修改如下：

“3.4.4.3 无损检测结果应满足ISO5817 B级(焊缝超高、凸度过大和根部下塌可接受C级)或其他相当标准的要求。”

第5章标题修改为：

第5章 船体结构的焊接

第1节 一般规定

5.1.1.1条文中删除“、铝材”。

表5.1.4.4修改如下：

钢板表面线加热或点加热时最高加热温度

表5.1.4.4

项目	标准
传统工艺AH32-EH32、AH36-EH36	加热后水冷 低于650℃
TMCP型AH36-EH36 (Ceq.>0.38%)	加热后空冷 低于900℃
	加热后空冷并随后水冷 低于900℃(水冷起始温度低于500℃)
TMCP型AH32-DH32、AH36-DH36 (Ceq. ≤0.38%)	加热后仅水冷或空冷 低于1000℃
TMCP型EH32、EH36 (Ceq. ≤0.38%)	加热后仅水冷或空冷 低于900℃

新增5.1.5如下：

“5.1.5 焊接材料选用

5.1.5.1 船体结构所用的焊接材料应符合本篇第2章的规定。所选用焊接材料的级别应与船体结构用的钢级相适应，并符合表5.1.5.1的规定。

焊接材料选用表

表5.1.5.1

焊接材料级别	船体结构钢级												
	A	B	D	E	AH32 AH36	DH32 DH36	EH32 EH36	FH32 FH36	AH40	DH40	EH40	FH40	
1	×												
2	×	×	×										
3	×	×	×	×									
1Y	×				× ^②								
2Y	×	×	×		×	×							
3Y	×	×	×	×	×	×	×						
4Y	×	×	×	×	×	×	×	×					
2Y40	①	①	①		×	×			×	×			
3Y40	①	①	①	①	×	×	×		×	×	×		
4Y40	①	①	①	①	×	×	×	×	×	×	×	×	

注：“×”为适用的钢级；

- ① 在普通强度结构钢焊接中不宜采用过高强度级别的焊接材料。
- ② 当采用1Y级焊接材料焊接时，母材的厚度不大于25mm。

5.1.5.2 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。

5.1.5.3 当焊接高强度钢或钢材碳当量大于0.41%时，一般应采用低氢焊接材料。”

原后续条文号顺延。

第3节 焊缝检验与修补

5.3.2.2修改如下：

“5.3.2.2 焊缝的内部质量可采用射线、超声波或其他适当的方法进行无损检测。必要时有些焊缝还应增加适当数量的磁粉或渗透检测。无损检测通常应满足CCS《船舶焊接检验指南》第7章或公认的检测方法和验收标准的要求。”

5.3.2.4修改如下：

“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，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。”

5.3.2.6和5.3.2.7分别修改如下：

“5.3.2.6 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)。

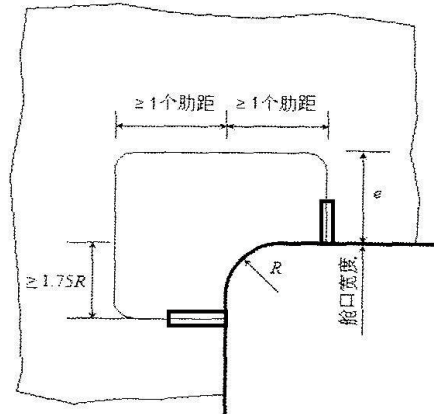


图5.3.2.6(3)

(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、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) 对大截面的焊缝，特别是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，大容积单面坡口或双面坡口焊缝(板厚约为30mm或以上者)和厚的角接焊缝，例如艉柱、焊接的桅和舱壁墩座上的焊缝，应进行100%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) 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、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5节~第7节整节内容移入第11章。

第8章 重要机件的焊接

第4节 螺旋桨的无损检测与焊接

8.4.3.7第1句改为：“如果铸件经过修磨或焊补，修补区域不论其所处的位置和/或位于的区域均应进行渗透检测。”

8.4.4.3最后1句改为：“若确有焊补的必要，应事先提交详细的修补资料(包括显示待焊接坡口位置和主要尺寸的草图或照片)及检验程序，并经CCS同意。”

8.4.5.3修改如下：

“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)，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焊接工艺，由持证的焊工施焊。”

新增表8.4.5.3如下：

螺旋桨焊补工艺认可试验要求

表8.4.5.3

螺旋桨材料	最小试件尺寸 (mm)	试验项目	试验结果要求
铸铜螺旋桨	30×300×250	目视及表面渗透检测：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	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：3个	无裂纹和直径大于3mm的气孔
铸钢螺旋桨	30×300×400	目视及表面渗透检测：焊缝全长	满足表8.4.3.5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
		侧弯：2个	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2mm的开裂
		宏观：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

8.4.7.2后半句改为：“对很小的焊补，经事先同意可考虑进行局部消除应力处理。”

8.4.8.1改为：“焊接修补和热处理(如采用)后，焊缝和相邻材料应打磨光滑，且应按本节8.4.3的有关要求重新进行检验。”

新增第11章：

第11章 有色金属的焊接和铆接

第1节 一般规定

11.1.1 适用范围

11.1.1.1 本章规定适用于船体和海洋工程用铝材和钛材的焊接和铆接。

11.1.2 材料

11.1.2.1 铝合金结构焊接所选用的焊接材料应满足本篇第2章的有关要求。

11.1.2.2 钛及钛合金材质焊接选用焊接材料的原则应满足本章第3节的有关要求。

11.1.3 工艺规程与检验标准

11.1.3.1 施工前应按本篇第3章的要求，将工艺规程和检验标准提交CCS认可，并进行焊接工艺认可试验(必要时)。生产施工和检验应按CCS认可的图纸、工艺规程和检验标准进行。

11.1.3.2 钛及钛合金的焊接工艺认可试验参照CCS《船舶焊接检验指南》相关要求执行。

第2节 铝合金的焊接

11.2.1 一般要求

11.2.1.1 本节适用于符合本规范第1篇第8章中可焊铝合金的焊接。

11.2.1.2 铝合金的焊接工艺规程应提交CCS认可，焊接工艺规程中应包括防止焊接变形和变形矫正的措施。

11.2.1.3 铝合金焊接工艺认可试验应按本篇第3章有关规定进行。

11.2.1.4 从事铝合金焊接的焊工应经铝合金焊接的操作技能培训和考试，并应取得相应的合格证书。

11.2.2 焊前准备

11.2.2.1 铝合金焊接场地应有防潮、防尘、防寒和防风设施。施工时的风速应小于1.5m/s。

11.2.2.2 铝合金材料可采用机械或等离子方法进行切割。坡口一般可采用刨或磨等机加工方法制备。若采用其他方法，应经CCS验船师同意。

11.2.2.3 焊丝、焊缝坡口及其临近区域应彻底清洁(必要时可采用化学方法清洁),并保持干燥。清洁后应尽快进行焊接。通常清洁部位应在24h内施焊,否则应对该部位采取有效的保护措施或重新进行清洁。

11.2.2.4 凡符合下列情况之一者,可考虑对焊接区域进行预热:

- (1) 当铝合金材料的厚度大于8mm时;
- (2) 环境温度低于0℃时;
- (3) 环境湿度大于80%时。

铝合金的预热不宜采用火焰加热的方法。

铝镁系合金的预热温度通常为 $50^{\circ}\text{C}\pm 10^{\circ}\text{C}$ 。

11.2.2.5 当采用惰性气体保护焊时,焊前应检查保护气体的成分是否符合工艺规程的要求。

11.2.3 焊接

11.2.3.1 建议采用钨极惰性气体保护焊(TIG)或熔化极惰性气体保护焊(MIG)方法焊接铝合金结构。重要焊缝的两端应装有引弧板和熄弧板。

11.2.3.2 主要对接焊缝应尽量采用倾角小于 20° 的位置进行平对接焊。

11.2.3.3 为使变形减至最小程度,焊接时应:

- (1) 单条长焊缝应采用分中对称焊或逐步退焊法;
- (2) 密集性的多条长焊缝应采用中间向四周对称焊的方法;
- (3) 在满足设计要求的基础上尽可能不加大焊缝的尺寸。

11.2.3.4 施焊时应保持焊接的连续性。若有中断,引弧前应清洁接缝处,接缝应有一定长度的重叠。多道焊时,应注意前后焊道之间的清洁和道间温度。

11.2.3.5 清理焊缝根部和清除焊缝缺陷应采用铲、刨等机加工方法。

11.2.3.6 对全焊透对接焊缝,在正面焊毕后应对反面清根,直至焊缝没有缺陷为止。

11.2.3.7 多道焊时,在后续焊道进行前应将前道焊缝表面清理干净,道间温度尽可能控制在 60°C 以下。

11.2.3.8 采用MIG焊时，如喷嘴附有明显的飞溅物，应更换喷嘴或予以清洁。采用TIG焊时，如发现钨极氧化或形状不良，应及时更换钨极或进行修磨。焊接时如钨极触及熔池或焊丝，应立即停止焊接，夹钨焊缝应彻底清除。沾污的焊丝和钨极也应清洁。

11.2.3.9 当焊接钢铝过渡接头时，应严格控制焊接的热输入量，防止对过渡接头产生不良影响。

11.2.3.10 对主要结构的小角度相交部位，一般应在反面开坡口进行焊接，并保证角焊缝的焊脚高度符合设计规定。铝合金结构的变形不宜用铁锤直接锤击矫正。若采用加热矫正，应按铝合金制造厂的说明进行。

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，检测的方法和验收标准应经CCS同意。

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接受的标准的规定。

11.2.4.3 焊缝表面不应有裂纹、夹钨、未填满、气孔、过烧和焊瘤等缺陷。板厚小于或等于3mm者，不应有咬边；板厚大于3mm者，咬边深度不应大于0.5mm，其累计长度应不超过单条焊缝长度的10%，且不大于100mm。

11.2.4.4 铝合金的焊补不应超过2次，超过2次的焊补应经CCS同意。

11.2.4.5 补焊应采用与原焊缝相同的焊接材料和工艺进行。修补后的焊缝应重新进行检验。

第3节 钛及钛合金的焊接

11.3.1 一般要求

11.3.1.1 本节适用于本规范第1篇第9章中可焊钛合金的焊接。

11.3.1.2 钛合金构件的设计应保持结构的连续性和焊接接头的平滑过渡，应避免出现应力集中。

11.3.1.3 钛及钛合金的焊接应按相应的焊接工艺规程执行。

11.3.1.4 从事钛及钛合金焊接的焊工应经钛合金焊接的操作技能培训和考试，并取得相应的合格证书。

11.3.1.5 从事焊接质量检验人员应经技术培训，能正确掌握质量评判标准。

11.3.2 焊接材料

11.3.2.1 钛及钛合金氩弧焊焊丝，通常选用与母材同质的材料。

11.3.2.2 为改善焊接接头塑性，可选用比母材合金化程度稍低的焊丝。

11.3.2.3 不同牌号的钛材焊接时，应按耐腐蚀性能较好和强度级别较低的母材选择焊丝材料，或按设计规定选取。

11.3.3 焊前准备

11.3.3.1 应根据接头型式、母材厚度、焊接位置，焊接方法，有无衬垫及使用条件等综合因素确定焊接坡口形式和尺寸，尽可能采用填充金属少的焊接坡口。

11.3.3.2 钛合金材料及焊接坡口可采用机械、火焰切割、水刀或等离子方法等进行切割，其中火焰切割和等离子切割应避免火花溅落在钛合金材料表面，且切割边缘和坡口仍应用机械方法加工和去除污染层。已用于钢切割的砂轮、锯条、锉刀不能再用于钛合金的切割。加工后的坡口表面应光滑、平整，不得有影响质量的表面缺陷和杂质。坡口表面应呈银白色金属光泽。

11.3.3.3 焊丝表面、坡口表面及其两侧20mm~50mm范围内的油污、水分和灰尘等污物及氧化皮应清除。可根据表面污染程度和氧化皮厚度选用脱脂、机械清理或化学清洗法。

11.3.3.4 清理干净焊丝和焊件应保持清洁、干燥，避免再次受到污染，端部已被氧化的部分应切除，焊丝表面如有氧化应进行化学清洗。清理后应尽快施焊，如4 h未施焊，焊前应重新清洗。

11.3.3.5 焊接钛合金应在如下环境中施焊：

(1) 钛材一般应在独立场所进行焊接。如在钢铁作业的车间内施焊，应与钢铁作业区隔开，形成一个独立、封闭的钛材焊接区；

(2) 焊接应远离通风口和敞开的门窗，场地应铺设橡胶等软垫；

(3) 工作环境温度大于等于5℃.相对湿度不大于80%；

(4) 施工时的风速应小于1.5m/s。

11.3.4 装配与定位

11.3.4.1 应采用铜制或其他无磁性材料作为焊接接头的定位或用来冷却焊道的邻近区域的夹具。

11.3.4.2 装配时必须保持所用工具及焊接坡口的清洁。定位焊所采用的工艺应与正式焊缝相同。定位焊缝不得有裂纹，气孔、夹渣等缺陷，否则应及时清除并重焊，重焊应在附近区域进行。

11.3.4.3 定位焊缝应清除其表面的氧化层(只允许银白色和黄色)等,并使焊缝两端平滑过渡以便于接弧,否则应予修整。

11.3.5 焊接

11.3.5.1 钛合金构件的常用焊接方法有钨极氩弧焊、熔化极氩弧焊及等离子焊等。

11.3.5.2 钛和钢等许多金属不能熔焊,钛在熔焊中严禁混入钢铁和其他金属。

11.3.5.3 选择焊接工艺参数应保证足够的熔透深度,保证良好的保护,避免产生缺陷,并尽量采用线能量小的焊接规范。

11.3.5.4 应采用合理的焊接顺序、施焊方法或刚性固定,以减少焊接变形与应力。

11.3.5.5 钨极氩弧焊焊接过程中应避免钨极触碰到焊缝金属。如有触碰,应去除污染层,并修磨钨极尖端后再焊。

11.3.5.6 施焊时应保持焊缝的连续性。若有中断,重新焊接时焊缝应重叠10mm~20mm。多道焊接时,应注意前后道焊缝之间的清洁和道间温度,弧坑应填满,接弧处应熔合焊透。

11.3.5.7 采用氩弧焊时,氩气纯度不应低于99.99%,同时应对焊缝正反两面进行可靠的氩气保护,焊缝正面保护应同时采用焊炬保护和附加拖尾保护。焊缝反面保护可根据焊件形状尺寸,采用夹具垫板槽内通保护气、背面保护气罩或焊件内腔充氩保护等方法。

11.3.5.8 焊接过程应提前送气、滞后停气,滞后停气时间以确保熄弧处的焊缝冷却后为银白色和浅黄色来确定。

11.3.5.9 多层多道焊时,每层焊缝金属表面都应按要求进行检查和清理,以保证每道焊缝的质量。对于淡黄和浅蓝色的氧化皮,应使用不锈钢钢丝刷清除,同时用洁净白绸布加丙酮(或酒精)除去残余杂物;对焊接过程中产生的夹钨、裂纹等缺陷,应及时使用电动硬质合金刀清理。对接焊缝和全焊透角接焊缝为双面连续焊接时,在焊接第二面焊缝前应进行清根,清根后的坡口形状应符合焊接工艺要求。钛合金焊缝不能采用碳弧气刨方式而应采用铲、刨、磨等方式进行清根处理。

11.3.5.10 焊后应清除焊件表面的焊渣、焊瘤、飞溅物以及其他污物。必要时应对焊缝进行局部修整。

11.3.5.11 为防止出现延迟裂纹,焊接过程应严格控制焊接气氛中氢含量。对于厚壁或重要构件应进行焊后消除应力处理。

11.3.6 焊缝检查与修补

11.3.6.1 完工焊缝应进行外观检查 and 无损检测，检测的方法和验收标准应经CCS同意。

11.3.6.2 应对所有的钛焊缝和热影响区原始状态的表面颜色进行检验，焊缝和近缝区颜色应为银白色或黄色，其他颜色应去除氧化色或进行返修。

11.3.6.3 焊缝内部质量一般应经无损检测方法检查(射线探伤或超声波检测)。焊缝无损检测的范围、数量及其所采用的工艺和标准应符合CCS接受的标准的要求(如：JB/T4730。)

11.3.6.4 焊缝表面应均匀、致密、平滑地向母材过渡，不应有裂纹、未熔合以及超出规定的咬边、气孔、夹渣、弧坑等缺陷。

11.3.6.5 钛合金焊缝表面不允许存在深度大于等于0.5mm的划伤。若有大于等于0.5mm的划伤应清除。清除后的焊缝表面不应低于母材表面。

11.3.6.6 钛合金焊缝补焊应采用与原焊缝相同的焊接材料和焊接工艺参数。同一部位返修次数不应超过2次，超过2次的焊补应经CCS同意；修补后的焊缝应重新进行表面渗透探伤检测。

11.3.6.7 用于临时固定连接焊缝的工夹具，拆除后的焊痕表面也应进行表面渗透探伤检测。

第4节 铆 接

11.4.1 一般要求

11.4.1.1 本节仅用于铝合金船体结构的铆接。

11.4.1.2 铆接施工应按认可的工艺规程进行。

11.4.1.3 生产厂应制定详细的铆接工艺规程并提交CCS认可。

11.4.1.4 铆接用的铆钉应与结构材料相适应，并符合本规范第1篇第8章的有关要求。铆接缝中的密封填料应与结构材料相适应，不会产生电化腐蚀或化学反应。

11.4.2 铆钉孔的加工

11.4.2.1 铆钉孔的加工通常只能用电钻或风钻进行。对冷作硬化材料加工时，应慎重而正确地操作。

11.4.2.2 采用沉头或半沉头铆钉而需对构件进行镗孔时，镗孔的锥角应与铆钉相配合。当板厚与镗孔深度相同时，孔深可减小0.5mm。

11.4.2.3 构件之间的铆钉孔应对准并与铆钉有良好的配合，铆钉孔四周应光洁，不应有毛刺或棱角。

11.4.2.4 加工后的铆钉，其直径、不圆度和中心偏差应符合有关标准的公差规定，铆钉孔中心线垂直度偏差应小于构件厚度的十分之一。

11.4.3 铆前准备

11.4.3.1 一般情况下，铆接工作应在待铆接部位及其相邻部位的焊接、开孔和矫正等工作完毕后才能进行。

11.4.3.2 铆接的结合面应平顺、清洁、紧密，不应夹有杂物。干燥后才可涂刷防锈漆或密性填料。密性填料应在整个长度内厚度保持基本一致。

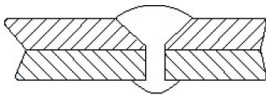
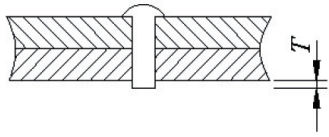
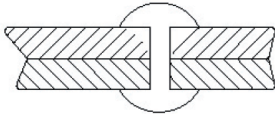
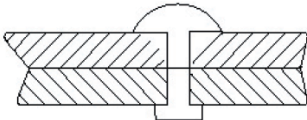
11.4.3.3 为保证铆接工作的顺利进行，铆前应取适当的间隔，在铆钉孔位开直径略小于铆钉的定位孔，用螺钉作临时固定。

11.4.3.4 铆接前，应对铆钉、铆钉孔、镗孔等进行检查。符合规定要求后才能进行铆接作业。

11.4.4 结构铆接

11.4.4.1 铆接应由中央向前后对称进行。

11.4.4.2 铆钉的钉杆露出长度应符合表11.4.4.2的有关规定。

铆钉钉杆露出长度				表11.4.4.2
钉直径 d (mm)	墩头种类	墩头形状	露出长度 T (mm)	备注
3~25	半沉头		$0.8d-1.2d$	平墩头应取表中较大值，三层重叠露出长度应有1mm左右余长 
3~25	圆头		$1.5d-1.7d$	
3~13	平头		$1.3d-1.4d$	

11.4.4.3 使用的气锤及顶铁应与铆钉的直径相匹配。

11.4.4.4 平墩头铆钉的平墩头方向应按下列规定施工，若有特殊情况应经验船师同意：

- (1) 板材与型材铆接时，平墩头位于型材一侧；
- (2) 厚度不同时，平墩头位于较厚材料的一侧；
- (3) 硬度不同时，平墩头位于较硬材料的一侧。

11.4.4.5 不同材料进行铆接时，在两种不同的金属材料之间应加上耐腐蚀绝缘材料，以防止产生电化学腐蚀。

11.4.4.6 铆接时应尽可能一次成形，不宜重复修整。

11.4.5 铆接缝检验

11.4.5.1 铆接的各铆钉间距、排距及铆钉直径应符合图纸的要求。

11.4.5.2 铆固后铆钉周围的构件表面应紧贴，被铆位置应无明显的压痕。

11.4.5.3 铆钉的钉头尺寸应符合有关标准的要求。铆钉不应有松动、墩头偏心、裂纹等现象。