



中 国 船 级 社

# 材料与焊接规范

RULES FOR MATERIALS

AND WELDING

修 改 通 报

AMENDMENTS

**2010**

2010年7月1日生效  
Effective from July 1 2010

北 京  
**Beijing**

# 目 录

第1篇	金属材料.....	1
第2章	材料的性能试验.....	1
第3节	冲击试验.....	1
第4节	弯曲试验.....	1
第9节	双相不锈钢点蚀试验.....	1
第3章	钢板、扁钢与型钢.....	2
第9节	复合钢板.....	2
第10节	Z向钢.....	2
第4章	钢管.....	3
第1节	一般规定.....	3
第2节	无缝压力管.....	3
第5章	锻钢件.....	3
第4节	曲轴锻钢件.....	3
第5节	齿轮锻钢件.....	3
第8章	铝合金.....	3
第5节	钢-铝过渡接头.....	3
第9章	其他有色金属.....	5
第3节	铜管.....	5
第2篇	非金属材料.....	6
第2章	塑料材料.....	6
第2节	原材料.....	6
第3章	纤维增强塑料船体材料.....	7
第1节	一般规定.....	7
第2节	原材料.....	7
第3节	铺敷成型工艺.....	8
第3篇	焊接.....	9
第1章	通则.....	9
第1节	一般规定.....	9

<b>第2章</b>	<b>焊接材料</b> .....	<b>9</b>
第2节	焊接材料的力学性能.....	9
第3节	电弧焊焊条.....	9
第4节	埋弧自动焊的焊丝-焊剂.....	9
第5节	半自动、自动焊的焊丝与焊丝-气体.....	9
第7节	单面焊接双面成型的焊接材料.....	9
<b>第4章</b>	<b>焊工资格考试</b> .....	<b>10</b>
第1节	一般规定.....	10
第2节	焊工考试与评定.....	11
第3节	焊工资格适用范围.....	11
第4节	水下焊工考试与评定.....	12

# 第 1 篇 金属材料

## 第 2 章 材料的性能试验

### 第 3 节 冲击试验

2.3.1.2中“试样通常为近表面试样，其缺口应垂直原轧制面”。改为“试样缺口的方向通常垂直于工件的原始表面”。

2.3.1.3删除“缺口方向应垂直于轧制面。”

### 第 4 节 弯曲试验

2.4.2.2中两处“原轧制面”改为“原始表面”。

### 第 9 节 双相不锈钢点蚀试验

#### 2.9.1 一般要求

2.9.1.1 双相不锈钢点蚀试验主要用于评价奥氏体/铁素体双相不锈钢成品和焊接接头的耐点蚀性能。

#### 2.9.2 试样制备

2.9.2.1 试样应尽可能保留一个原始表面。对于平板，推荐试样尺寸为25mm×50mm×(1.5mm~5.0mm)；对于其他形状产品，可选用便于试验的尺寸。对于焊接接头应去除焊缝余高。

2.9.2.2 试样的截取方法一般采用机械加工方法。若采用热加工切割方法，则应用机械方法对断面进一步加工，以消除高温对材料性能的影响。

2.9.2.3 试样表面应用砂纸进行研磨，研磨时应避免过热。

2.9.2.4 测量试样尺寸，并计算总暴露表面积。

2.9.2.5 将试样表面清洗后，用丙酮或无水乙醇除油，并吹干。

2.9.2.6 试样称重，精确到1mg。

#### 2.9.3 试验程序

2.9.3.1 试验的腐蚀介质应按每100g分析纯三氯化铁（ $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ）溶于900mL蒸馏水的比例，配制成约6%三氯化铁溶液。溶液的pH值通常控制在约1.3，若有偏差时可通过加入HCl或NaOH来调整。

2.9.3.2 将配制好的溶液倒入试验容器中，每平方毫米试样表面积所需的试验溶液量应在0.2mL以上，且溶液应浸没试样。将试验容器放入恒温槽中，加热到规定温度。不同材料的试验温度见表2.9.3.2。

不同双相不锈钢材料母材和焊缝的试验温度 表2.9.3.2

钢号	统一数字代号	状态	试验温度 (°C)
022Cr22Ni5Mo3N	S22253	母材	25
		焊接件	22
022Cr23Ni5Mo3N	S22053	母材	25
		焊接件	22
03Cr25Ni6Mo3Cu2N	S25554	母材/焊接件	40
022Cr25Ni7Mo4N	S25073	母材/焊接件	40

2.9.3.3 试验溶液达到规定温度后，把装有试样的玻璃支架放入溶液中，连续进行24h的浸泡，并在试验容器上盖上表面皿等以防止溶液蒸发。试验过程中应保持溶液温度恒定，精确到±1°C。

2.9.3.4 试验结束后，取出试样，清除试样上的腐蚀产物，洗净，干燥后称重（精确到1mg）。

## 2.9.4 试验结果

2.9.4.1 在试样表面应无肉眼可见的点蚀。

2.9.4.2 除非另有规定，腐蚀率（即24小时浸泡时间后的单位面积失重）应不大于10 mdd。具体计算公式如下：

$$CR = \frac{W_1 - W_2}{S} \times 10^4$$

式中：CR —— 腐蚀率，mdd；

$W_1$  —— 试验前试样的重量，mg；

$W_2$  —— 试验后试样的重量，mg；

$S$  —— 试样总表面积，mm<sup>2</sup>。

## 第 3 章 钢板、扁钢与型钢

### 第 9 节 复合钢板

3.9.5.2中“50mm<sup>2</sup>”改为“4000mm<sup>2</sup>”。

### 第 10 节 Z 向 钢

表3.10.4.1的第一行中“S≥0.005%”改为“S>0.005%”；“S<0.005%”改为“S≤0.005%”。

## 第 4 章 钢 管

### 第 1 节 一般规定

4.1.2.2 中的“热轧”改为“热轧/扩”，“冷拔”改为“冷拔/轧”。

### 第 2 节 无缝压力管

4.2.2.1中“热轧或冷拔”改为“热轧/扩或冷拔/轧”。

## 第 5 章 锻 钢 件

### 第 4 节 曲轴锻钢件

5.4.7.2修改为：

“5.4.7.2 所有曲柄销直径不小于150mm的曲轴锻钢件应进行超声波探伤”。

### 第 5 节 齿轮锻钢件

5.5.7.1中最后一句中“所有冲击试验……不适用。”改为“所有冲击试验的结果均应符合表5.4.6.2中相应强度等级对淬火加回火钢锻件的规定。”

## 第 8 章 铝 合 金

新增第5节如下：

### 第 5 节 钢-铝过渡接头

#### 8.5.1 适用范围

8.5.1.1 本节规定适用于船舶的钢结构和铝合金结构间连接用的过渡接头。

#### 8.5.2 一般要求

8.5.2.1 钢-铝过渡接头应由CCS认可的工厂生产。

8.5.2.2 制造厂应提供过渡接头的技术说明书（包括焊接过程中界面处允许承受的最高温度）。

8.5.2.3 钢-铝过渡接头由两层或三层金属组成，基层是钢板，覆层是铝合金。对三层的过渡接头，中间过渡层可以是钛或铝。

8.5.2.4 基层材料通常应为符合本篇第3章第2节相关要求的一般强度船体结构用钢。

8.5.2.5 覆层材料通常应为符合本章第2节相关要求的船用铝合金。

8.5.2.6 用于过渡层的工业纯钛或纯铝应符合公认的标准。

### 8.5.3 制造方法

8.5.3.1 应采用爆炸焊方法制成复合板。

8.5.3.2 用机加工方法将复合板加工成条状、块状或其他形状的过渡接头。

### 8.5.4 目视检查和超声波检测

8.5.4.1 每张复合板应采用100%目视检查和超声波检测，以确定界面未复合区域的范围。未复合区域及其周围各25mm范围内的板材应予截弃。

8.5.4.2 超声波检测方法应符合公认标准。

### 8.5.5 力学性能试验

8.5.5.1 按批取样提交检验。每批由3张或3张以下同时生产且具有相同的材质、相同尺寸和相同的爆炸焊工艺的复合板组成。在其中的1张板两对角处各取1组试样进行试验。

8.5.5.2 每组试样包括以下试验项目：

(1) 拉伸试验2个：用厚度方向拉伸试验或粘结试验（见图8.5.5.2）测界面分离时的极限拉伸强度，且其中1个试样应在试验前加热到界面允许承受的最高温度并保温约15min，冷却到室温后进行试验；

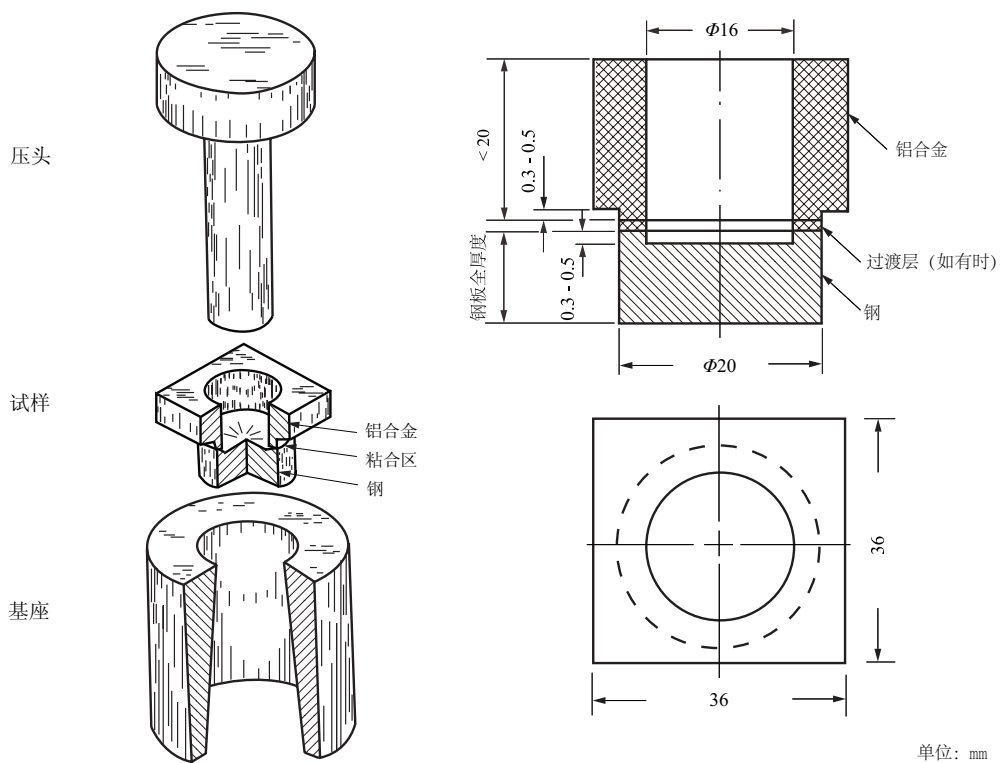
(2) 剪切试验2个：测界面的剪切强度，且其中1个试样应在试验前加热到界面允许承受的最高温度并保温约15min，冷却到室温后进行试验。若中间过渡层为钛时应增加2个试样，在两个界面处分别测上述条件下的剪切强度；

(3) 侧弯试验1个：压头直径为 $6t$ （ $t$ 为试样厚度），弯曲角度为 $90^\circ$ 。

8.5.5.3 以上试验的试验方法应符合公认标准。

8.5.5.4 试验结果应符合制造厂技术条件的规定。

8.5.5.5 当以上任一项力学性能试验结果不符合要求时，对不合格的项目，允许在原板上再取2倍数量的试样进行复试，复试结果均合格者，则这批产品可以验收。若复试结果仍有不合格，则对该批产品逐张进行检验。



(a) 粘结试验示意图

(b) 粘结试验试样推荐尺寸

图8.5.5.2 粘结试验图

## 第 9 章 其他有色金属

### 第 3 节 铜 管

9.3.8.1中“试验压力应为管子设计压力的1.5倍或7.0MPa，取两者的较大值。”改为“试验压力应为管子设计压力的1.5倍，最大一般不必超过7.0MPa。”

## 第 2 篇 非金属材料

### 第 2 章 塑料材料

#### 第 2 节 原材料

增加2.2.8条:

#### “2.2.8 舵杆、舵销、舵轴及尾轴用高分子轴承材料

2.2.8.1 舵杆、舵销、舵轴及尾轴用高分子轴承材料在使用前应该经CCS认可。

2.2.8.2 舵杆、舵销、舵轴及尾轴用高分子轴承材料通常可加工成圆筒形或板条形。

2.2.8.3 应对轴承材料的以下物理性能进行检验:

- (1) 压缩应力和压缩弹性模量 (25%应变);
- (2) 耐温性(50℃时25%压缩应变下的压缩应力及模量);
- (3) 在相应润滑介质(海水或油)中(4周/672小时)的体积膨胀率;
- (4) 耐海水性(在海水中浸泡4周后25%应变下的压缩应力及模量);
- (5) 热膨胀系数(垂直于受压面方向);
- (6) 磨损率(体积);
- (7) 硬度;
- (8) 悬臂梁冲击强度(无缺口);
- (9) 摩擦系数(20℃及80℃下,材料的干态及湿态条件下的动、静态摩擦系数)。

2.2.8.4 舵杆、舵销、舵轴及尾轴用高分子轴承材料的物理性能应满足表2.2.8.4的要求,硬度及磨损率数据应提交CCS备查。

高分子轴承物理性能要求

表2.2.8.4

压缩应力 <sup>①</sup> MPa	悬臂梁冲击强度 kJ/m <sup>2</sup>	压缩模量 <sup>①</sup> MPa	摩擦系数	耐温性及耐海水性	润滑介质中的体积 膨胀率(%)
≥120 <sup>②</sup> ≥85 <sup>③</sup>	≥90 <sup>②</sup>	≥1500 <sup>②</sup>	≤0.25	不小于常温下试验 值的80%	≤3

注: ① 25%压缩应变条件下。

② 垂直于受压面方向。

③ 平行于受压面, 仅针对板条形轴承。

2.2.8.5 舵杆、舵销、舵轴及尾轴用高分子轴承材料的最大许用表面压力一般为不大于 $5.5\text{N/mm}^2$ ；如需认可大于 $5.5\text{N/mm}^2$ 的许用表面压力，则材料除满足2.2.8.3及2.2.8.4的要求外，还需提交材料在海水干湿交替条件下的膨胀数据。”

## 第 3 章 纤维增强塑料船体材料

### 第 1 节 一般规定

3.1.3.3(1)改为：“对于采用新的建造工艺或新的铺层方式或新的树脂及增强材料建造的纤维增强塑料船，开工前，建造厂应在与成型车间条件相同的施工条件下，由铺敷人员按送审的工艺流程糊制一块试板，用于玻璃钢船体设计的验证。试板厚度应为船体（船壳）最薄处的厚度。”

### 第 2 节 原材料

3.2.3.5 改为：“对于救生艇及救助艇等有耐火要求的船艇，应采用阻燃级的树脂进行船艇的建造。”

3.2.5.1后加一句“不应使用中碱玻璃纤维及其织物作为玻璃钢船建造所用增强材料”。

3.2.5.2整条删除，之后的条文号前提一位。

增加3.2.8条：

#### **“3.2.8 结构胶粘剂**

3.2.8.1 用于玻璃钢船建造的结构用胶粘剂应经CCS认可。

3.2.8.2 结构用胶粘剂的种类和用量应按照胶粘剂厂家的推荐，且应与待粘合部位所用树脂相容。

3.2.8.3 结构用胶粘剂不可用于船壳合拢的连接。

3.2.8.4 在进行结构胶粘剂施工之前，应将待粘合处清理干净，去除灰尘、油脂、树脂或增强纤维的残渣。

3.2.8.5 结构用胶粘剂的施工方法、最大粘结厚度、蠕变及耐水性等数据应提交CCS备查。

3.2.8.6 结构用胶粘剂应能在环境温度至 $60^\circ\text{C}$ 范围内保证其最小剪切强度不小于 $7\text{N/mm}^2$ 。”

### 第 3 节 铺敷成型工艺

3.3.2.2后加一句：“对凡用同一图纸型号、同一工艺规程、同一生产条件成批生产的小艇，允许每10条艇进行一次试板测试。”

# 第 3 篇 焊 接

## 第 1 章 通 则

### 第 1 节 一 般 规 定

1.1.3.1“……只有持有CCS颁发或承认的《焊工合格证书》的焊工……”改为“……只有持有CCS颁发或承认的《焊工资格证书》的焊工……”。

## 第 2 章 焊 接 材 料

### 第 2 节 焊 接 材 料 的 力 学 性 能

表2.2.2.3注③④中的“自动焊”改为“埋弧自动焊”。

### 第 3 节 电 弧 焊 焊 条

2.3.4.5 在“……进行拉伸、正反弯曲和冲击试验”后加“（试样轴线位于板厚中心）”。

2.3.7.3 在“……进行拉伸、弯曲和冲击试验”后加“（试样轴线位于板厚中心）”。

### 第 4 节 埋 弧 自 动 焊 的 焊 丝 - 焊 剂

2.4.4.3 在“……进行拉伸、正反弯曲和冲击试验”后加“（试样轴线位于板厚中心）”。

### 第 5 节 半 自 动、自 动 焊 的 焊 丝 与 焊 丝 - 气 体

增加2.5.2.4如下：

“2.5.2.4 对兼用于多道半自动和多道自动焊的焊丝与焊丝-气体配合，可按2.5.2.1要求进行试验，不必增加多道自动焊试验项目。”

2.5.8.2(1)“……应按本节2.5.3的规定焊制多道半自动焊熔敷金属试件1个……”改为“……应使用认可范围内直径焊丝按本章2.5.3规定焊制多道半自动焊熔敷金属试件1个……”。

### 第 7 节 单 面 焊 接 双 面 成 型 的 焊 接 材 料

2.7.2.1 “……另1个试件的试板厚度为35~40mm……”改为“……另1个试件的试板厚度为30~35mm……”。

## 第 4 章 焊工资格考试

### 第 1 节 一般规定

4.1.3.2(2)修改如下:

“(2) 除水下焊工外,焊工实际从事本等级工作六个月以上,方可申请高一等级的升级考试。对于申请Ⅲ级的人员,必须持Ⅱ级证书且连续工作满1年以上。”

新增4.1.3.2(3)如下:

“(3) 对水下焊工,须持本等级证书且连续工作满1年以上方可申请高一等级的升级考试。”

4.1.6修改为4.1.6和4.1.7如下:

#### “4.1.6 证书

4.1.6.1 焊工考试合格后,由CCS发给《焊工资格证书》,焊工应严格按照证书所规定的工作范围进行焊接操作。

4.1.6.2 焊工资格证书应包含下列内容:

- (1) 焊工个人信息(姓名、身份证号及照片);
- (2) 工作单位名称;
- (3) 焊接方法、接头形式、母材的材质和规格、焊接位置等的认可范围,水下焊工的工作水深;
- (4) 有效期满日期;
- (5) 工厂6个月考察记录;
- (6) CCS批准的延期记录。

4.1.6.3 焊工在进行焊接操作时,验船师可随时检查其《焊工资格证书》。

4.1.6.4 各制造厂应对焊工证书的适用范围和有效期进行控制。

#### 4.1.7 有效期

4.1.7.1 焊工资格有效期应从发证之日开始。

4.1.7.2 除定位焊科目的焊工资格证书为长期有效外，各类焊工资格证书有效期均为3年（包括水下湿法T类），并应同时满足下列条件：

- (1) 焊工在现有认可范围内连续从事焊接工作，间断时间应不超过6个月；
- (2) 焊工的产品焊接工作应与考试的技术条件相一致；
- (3) 有效期内未发生因焊工的知识或技能欠缺而导致的重大质量问题。

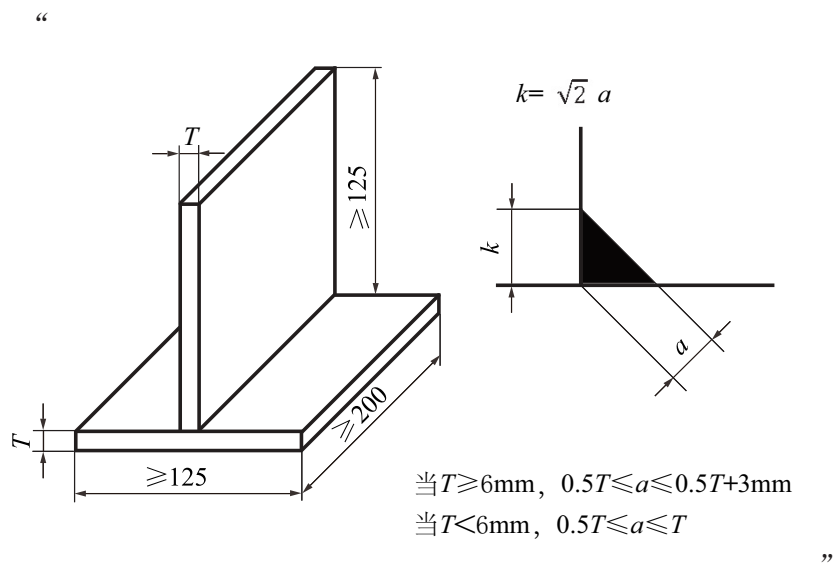
4.1.7.3 焊工（包括定位焊工）若连续6个月未从事焊接操作，则应在重新操作前，先焊一件本人证书规定科目中最难位置的试件，经试验合格后，方能从事焊接操作。

4.1.7.4 在有效期满之前，焊工应重新参加考试，重新考试可着重于操作技能考试。经考试合格，可再取得有效期3年。

4.1.7.5 焊工在证书有效期内焊接质量一贯良好，无损检测合格率保持在90%以上，且具有产品质量记录，经验船师审查，由焊工考试委员会提名并报CCS认可后，其证书有效期可延长1年。”

## 第 2 节 焊工考试与评定

图4.2.2.1(b)改为：



## 第 3 节 焊工资格适用范围

4.3.2.1 修改如下：

“4.3.2.1 焊工资格适用的焊接方法划分为3类，见表4.3.2.1。不同类别中焊接方法的资格不可相互覆盖。

焊接方法分类

表4.3.2.1

分类		焊接方法
焊条电弧焊		焊条电弧焊
熔化极保护焊 <sup>①</sup>	第1组	药芯焊丝自保护焊 药芯焊丝活性气体保护焊 药芯焊丝惰性气体保护焊
	第2组	实芯焊丝活性气体保护焊 实芯焊丝惰性气体保护焊
非熔化极气体保护焊		钨极气体保护焊

注：① 在熔化极保护焊中，组别第2组可覆盖第1组的焊接方法。”

表4.3.4.2修改如下：

钢材焊工资格适用范围

表4.3.4.2

试件的 材料组别 <sup>①</sup>	适用范围					
	W01	W02	W03	W04	W05	W11
W01	*	×	×	×	× <sup>②</sup>	—
W02	×	*	×	×	× <sup>②</sup>	—
W03	×	×	*	×	× <sup>②</sup>	—
W04	×	×	×	*	× <sup>②</sup>	—
W05	×	×	×	×	*	—
W11	× <sup>③</sup>	× <sup>③</sup>	× <sup>③</sup>	× <sup>③</sup>	× <sup>③</sup>	*

注：① 试件用的焊接材料应与母材的材料组别相同。

② 仅适用于焊接材料与母材的材料组别相同的情况。当使用其它焊材时应另行考试。

③ 仅适用于使用W11组别焊接材料的情况。

符号说明：\* 表示进行考试的材料组

× 表示考试对其同样适用的材料组

— 表示考试对其不适用的材料组

增加4.3.4.4如下：

“4.3.4.4 当使用的母材或焊接材料的材质超出4.3.4.1和4.3.4.3的范围，应进行专门考试。”

第4节整节修改如下：

## “第 4 节 水下焊工考试与评定

### 4.4.1 一般要求

4.4.1.1 水下焊工考试内容分基本知识和操作技能两种。焊工应先进行基本知识考试，合格后才能参加操作技能考试。

4.4.1.2 基本知识考试内容一般包括：水下焊接常用母材、焊接材料、焊接设备、焊接工艺、常见水下焊接缺陷和检测技术、海洋工程结构及水下焊接安全等基础知识。考试范围应报CCS认可。

4.4.1.3 操作技能考试前，考试委员会应将拟考的焊工等级、材料组别、试件厚度（管径）、接头形式和坡口尺寸报CCS确认。

4.4.1.4 焊工应按本节规定参加操作技能考试，考试应在验船师监督下完成。

4.4.1.5 操作技能考试分为湿法和局部干法两种。

水下湿法焊接是指在水下不采取任何排水措施直接在试件上进行焊接的方法。水下局部干法焊接是指在水下把试件待焊部位的水人为地排去，形成一个局部气相区以进行焊接的方法。

4.4.1.6 按水下湿法焊接考试合格者，只能从事水下湿法焊接；按水下局部干法焊接考试合格者，只能从事水下局部干法焊接。

4.4.1.7 考试所用的焊接材料应与母材相适应。

4.4.1.8 应考者可根据实际工作条件自行选择考试水深。

#### 4.4.2 试件形式和尺寸

4.4.2.1 各种类型试件的形状和尺寸规定如下（见图4.4.2.1）：

(1) 板材对接：长度 $L \geq 300\text{mm}$ ，宽度 $B \geq 125\text{mm}$ ；

(2) 管子对接：长度 $L \geq 125\text{mm} \times 2$ ；

(3) T类（水下湿法点固焊）：长度 $L \geq 400\text{mm}$ ，宽度 $B \geq 100\text{mm}$ 。

T类试件的板厚为6 mm，其他对接试件的板厚可由报考单位根据生产实际确定。

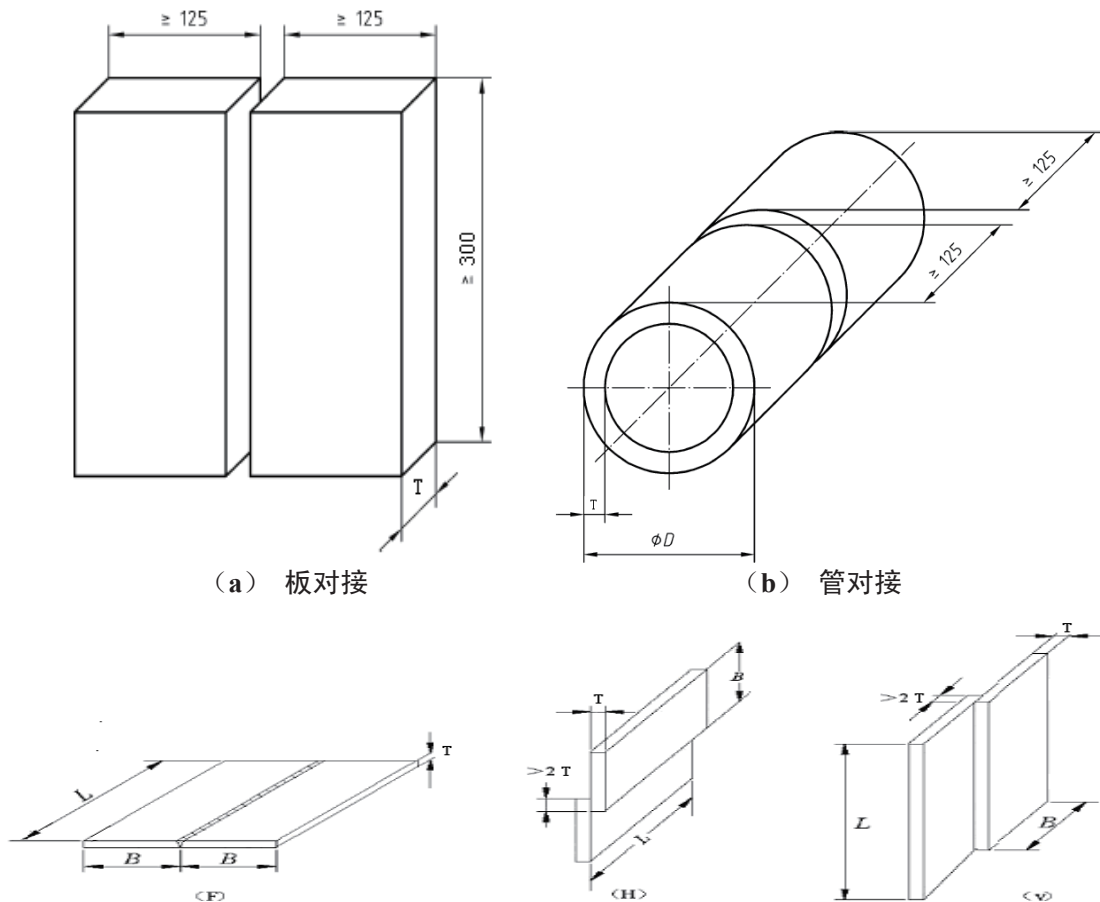
4.4.2.2 对接一般采用单面焊，分带垫板和不带垫板两种，具体接头型式和坡口尺寸可由报考单位根据生产实际确定。

#### 4.4.3 试件制作

4.4.3.1 考试应在所报考的水深范围或在相当的模拟环境中进行。

4.4.3.2 湿法T类考试只要求按图4.4.2.1（c）规定的接头形式焊一道焊缝。

4.4.3.3 除上述要求外，还应符合本章4.2.3.1~4.2.3.8的要求。



(a) 板对接

(b) 管对接

(c) T类试件

单位: mm

图4.4.2.1 试件尺寸

#### 4.4.4 试验或检验

4.4.4.1 不同形式试件应进行的试验、检验项目和试样数量见表4.4.4.1。

水下焊工考试试验、检验项目和试样数量

表4.4.4.1

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. 射线检测 3. 弯曲试验 4. 宏观检验	焊缝全长 被检焊缝全长 <sup>①</sup> 正、反弯各2 <sup>②</sup> 1个
管对接焊	1. 目视检验 2. 射线检测 3. 弯曲试验 4. 宏观检验	焊缝全长 焊缝全长 正、反弯各2 <sup>②</sup> 1个
湿法T类	目视检验	焊缝全长

注: ① 被检焊缝全长指试件两端各去除25mm后的长度。

② 当试件厚度大于或等于12mm时可用两个侧弯试样代替。

4.4.4.2 外观目检时，焊缝表面应为焊后原始状态，不应进行任何加工。

4.4.4.3 试样的截取方法一般采用机械加工方法。若采用气割方法，则每侧应留有不少于5mm的机加工余量。

4.4.4.4 制备弯曲试样时，焊缝余高和垫板（如有时）应采用机械加工方法加工至与母材轧制面齐平，焊缝边缘的咬边不应去除。弯曲试样具体取样位置参见图4.2.4.5(a)和(b)。试样尺寸和要求见本篇第1章图1.2.3.3和图1.2.3.4。

4.4.4.5 宏观试样制备应符合本篇第1章1.2.3.7要求。

#### 4.4.5 试件的评定

4.4.5.1 外观目检应满足下列条件：

(1) 焊缝表面成形良好，焊缝边缘应平顺过渡到母材，焊缝宽度均匀；

(2) 焊缝表面应无裂纹、未熔合、夹渣、气孔和焊瘤等缺陷；

(3) 焊缝表面凹陷深度应不低于母材表面0.8 mm；

(4) 焊缝咬边深度应不大于0.8mm。焊缝两侧咬边累计总长度对于板试件应不超过焊缝全长的10%；对于管试件应不超过焊缝全长的20%；

(5) 无衬垫的试件焊接后，不应有未焊透，但允许有深度不超过0.1t（t为试件厚度）且不大于1.5 mm、累计长度不超过焊缝全长的10%的局部内凹；

(6) 平焊位置的焊缝余高应不大于3 mm，其他位置应不大于4 mm；每侧焊缝宽度应不大于坡口宽度2.5 mm；

(7) 无衬垫的试件，焊后其根部焊瘤应不大于3 mm。

4.4.5.2 射线检测应符合ISO 5817中B级或其他相当的标准的要求。

4.4.5.3 弯曲试验应满足下列条件：

(1) 压头直径为4 t（t为试样厚度），弯曲角度为120°；

(2) 试样经过弯曲试验，在其受拉面的任何方向上均不应有超过3mm的裂纹和其他开口缺陷。

4.4.5.4 宏观检验应显示出焊缝成形良好，无裂纹、未熔合缺陷。

#### 4.4.6 适用范围

4.4.6.1 母材适用范围仅限于同组别材料（钢材分组参见本章第3节表4.3.4.1）。

4.4.6.2 对接焊材料规格适用范围见表4.4.6.2(a)和表4.4.6.2(b)。

材料厚度适用范围

表4.4.6.2(a)

试件厚度 $T$ (mm)	适用厚度范围 $t$ (mm)
$T \leq 6$	$T \leq t \leq 6$
$T > 6$	$0.5 T < t \leq 2T$ (最小6mm)

管径适用范围

表4.4.6.2(b)

试件管子外径 $D$ (mm)	适用管子外径范围 $d$ (mm)
$D \leq 100$	$0.7D \leq d \leq 2D$
$100 < D \leq 300$	$0.5D \leq d \leq 2D$ (最小75)
$D > 300$	$d > 0.5 D$

4.4.6.3 当焊接材料有如下变化时应重新进行考试：

- (1) 改变焊条/焊丝的型号（牌号）或焊条的防水涂层；
- (2) 改变焊条/焊丝直径；
- (3) 改变保护气体的成分。

4.4.6.4 焊接位置的覆盖原则为高的焊工等级可以覆盖低的焊工等级。不同等级的焊工考试合格后适用的角接焊的焊接位置见表4.4.6.4。

各种接头形式考试科目适用的焊接位置

表4.4.6.4

焊工等级	适用的板角接范围	适用的管板角接范围
I	FF、FH	-
II	FF、FH、FVd	-
III	FF、FH、FVd、FO	-
I <sub>p</sub>	FF、FH	2FG
II <sub>p</sub>	FF、FH、FVd、FO	2FG、4FG、5FG
III <sub>p</sub>	FF、FH、FVd、FO	2FG、4FG、5FG、6FG

4.4.6.5 管对接可以覆盖相应位置的板对接。

4.4.6.6 板对接可以覆盖相应位置的外径不小于600mm的管对接。

4.4.6.7 不带垫板考试合格者可从事相应等级的带垫板焊接。

4.4.6.8 水深的覆盖范围见表4.4.6.8。

水深的覆盖范围

表4.4.6.8

焊接材料	适用最大水深 <sup>①</sup> (m)
碳钢及低合金钢	X+10
奥氏体不锈钢	X+3

注：① X为考试时水深。

4.4.6.9 湿法T类焊工资格仅适用于定位焊和应急性修补。”