

# 中华人民共和国国家标准

GB/T 42661—2023

## 金属和合金的腐蚀 模拟海洋环境中钢筋 应力腐蚀敏感性试验方法

Corrosion of metals and alloys—Test method for determining  
susceptibility to stress corrosion of steel reinforcement in simulated  
marine environment

2023-08-06 发布

2024-03-01 实施

国家市场监督管理总局 发布  
国家标准化管理委员会

## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国钢铁工业协会提出。

本文件由全国钢标准化技术委员会(SAC/TC 183)归口。

本文件起草单位：中冶建筑研究总院有限公司、冶金工业信息标准研究院、中国科学院宁波材料技术与工程研究所、青岛钢研纳克检测防护技术有限公司、中冶检测认证有限公司。

本文件主要起草人：吕尚霖、侯捷、许亚男、王立平、丁国清、田子健、林春来、毛飞雄、马晨、李倩、汪海波。

qejc.cn、jcvba.cn、微信qejc21

# 金属和合金的腐蚀 模拟海洋环境中钢筋 应力腐蚀敏感性试验方法

## 1 范围

本文件规定了钢筋在模拟海洋环境中应力腐蚀敏感性试验方法的原理、试验溶液、试样、试验步骤和试验报告。

本文件适用于模拟大气区、浪溅区、潮差区(水位变动区)、海水浸泡区等海洋环境中的钢筋在混凝土孔隙液条件下,采用恒载荷单轴加载拉伸、慢应变速率方法进行应力腐蚀敏感性测试。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB/T 1499.1 钢筋混凝土用钢 第1部分:热轧光圆钢筋
- GB/T 1499.2 钢筋混凝土用钢 第2部分:热轧带肋钢筋
- GB/T 10123 金属和合金的腐蚀 术语
- GB/T 15970.1 金属和合金的腐蚀 应力腐蚀试验 第1部分:试验方法总则
- GB/T 15970.4 金属和合金的腐蚀 应力腐蚀试验 第4部分:单轴加载拉伸试样的制备和应用
- GB/T 15970.7 金属和合金的腐蚀 应力腐蚀试验 第7部分:慢应变速率试验
- GB/T 16825.1—2022 金属材料 静力单轴试验机的检验与校准 第1部分:拉力和(或)压力试验机 测力系统的检验与校准

## 3 术语和定义

GB/T 10123、GB/T 15970.1 和 GB/T 15970.7 界定的术语和定义适用于本文件。

## 4 原理

应力腐蚀开裂是金属在拉应力和腐蚀介质共同作用下,经过一段时间后所产生的应力脆断现象。在钢筋混凝土结构中,由于混凝土呈强碱性,会令钢筋表面形成一层致密的钝化膜,使钢筋处于不被腐蚀的钝化状态。但是,钝化膜一旦遭到破坏,钢筋就会处于脱钝状态,在有足够水和氧气的条件下,便会发生电化学反应而导致钢筋腐蚀。钢筋表面局部形成的孔、坑、裂纹等缺陷往往是应力腐蚀断裂的裂纹源。由于在钢筋表面呈现不连续的腐蚀坑,导致裂纹的形成、扩展和最终断裂。本方法通过对钢筋暴露在模拟海洋环境中进行恒载荷或慢应变速率试验,依据破断时间或试验进行至规定时间后,测试裂纹数目、剩余强度或断后伸长率等指标,来评定钢筋的应力腐蚀敏感性。

## 5 试验溶液

除非另有规定,所用试剂应为分析纯化学试剂。试验用水应为蒸馏水或去离子水。所用的水在

25 ℃±2 ℃下的电导率不高于 2 mS/m(等于 20 μS/cm)。不应使用含防结块剂的氯化钠,因为这些添加剂可能起到缓蚀剂或促进剂的作用。试验溶液要求见表 1。

表 1 试验溶液要求

海洋环境	氯化钠质量分数 %	溶液 pH 值
大气区	0.8	11.0~11.5
浪溅区	3	8.5~9.5
潮差区(水位变动区)	2.5	10.0~10.5
海水浸泡区	3	11.8~12.3

注:在 10 ℃~35 ℃的室温下进行溶液配制,通过加入氢氧化钙调节 pH。

## 6 试样

### 6.1 一般要求

6.1.1 应采用符合 GB/T 1499.1、GB/T 1499.2 规定的钢筋。钢筋横截面通常为圆形,钢筋表面为光圆或带肋,规格为 6 mm~50 mm。

6.1.2 若试验机满足要求,建议采用钢筋原材进行试验。推荐试样规格为 16 mm,长度 2 000 mm。可对钢筋夹持端进行加工来满足试验机要求。夹持部位之间的平行长度表面不应进行任何加工处理。

6.1.3 经试验双方协商,也可对钢筋表面进行切削加工。加工中应避免外加应力集中的影响,试样的形状和尺寸应符合 GB/T 15970.4 的要求。

例如,规格 16 mm 的钢筋加工后试样尺寸的标距可为 50 mm,截面尺寸 10.0 mm。也可采用小截面试样,标距大于 10 mm,截面尺寸小于 3.0 mm。

6.1.4 试验前应对试样进行外观检验,无目视可见裂纹或其他可能影响断裂的缺陷。

6.1.5 试样数量一般为 3 个~5 个,或按相关产品标准规定或经试验双方协商。

### 6.2 试样制备

对钢筋进行处理,可在 10 ℃~35 ℃的室温条件下采用 10%的硫酸洗 10 min~15 min,并用蒸馏水或去离子水冲洗至表面显露金属本色,吹风机热风吹干。

钢筋原材试样在进入容器内至少 50 mm 长的部分应用涂漆等防腐蚀方法进行防护。

试样宜打上永久的识别标记或数字。为了避免影响试验结果,要注意标记在试样上的位置,应尽可能地远离试验区域。

试样制备过程中应避免过热或过压,否则会在表面引起残余应力或冶金学上的变化,热处理、化学抛光或电解抛光在某些情况下可用于克服这种效应。还应注意减少抛光残留物对表面的污染。

其他要求应符合 GB/T 15970.1、GB/T 15970.4 的规定。

## 7 恒载荷单轴加载拉伸应力腐蚀试验

### 7.1 腐蚀溶液的选择

根据试验目的,按第 5 章要求选择配制对应的试验溶液。试验溶液需现用现配,不可重复使用。

## 7.2 原材试样试验步骤

### 7.2.1 试验装置

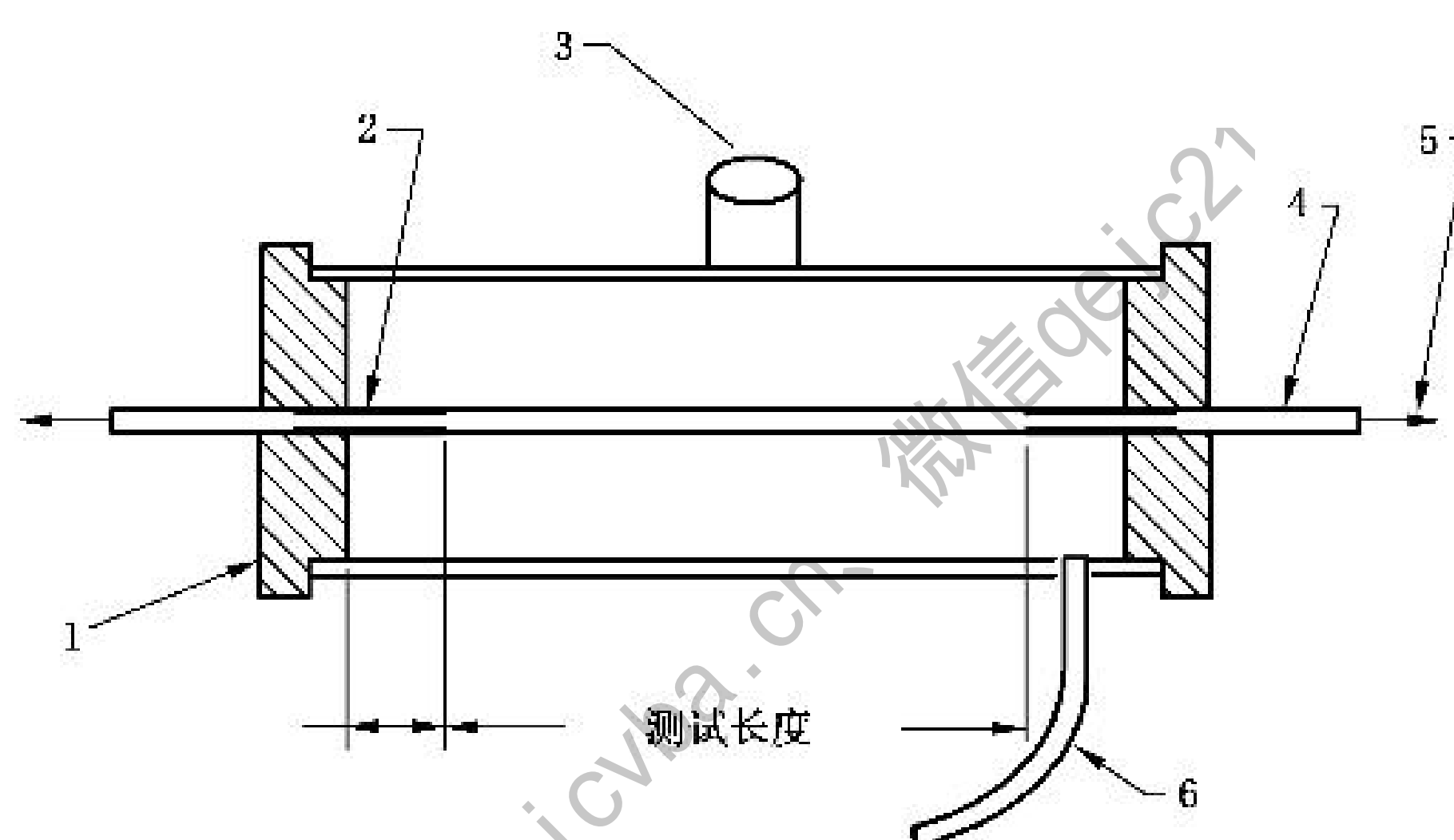
#### 7.2.1.1 试验容器

试验容器制作材料在 60 °C 时应能抵抗试验溶液浸蚀。与试验接触的结构材料应不受腐蚀剂的影响,避免污染溶液并改变溶液的腐蚀性。如可行,推荐使用惰性材料。容器应在试验中保持封闭并避免空气进入。

容器应为圆柱形,内径尺寸的设计应保证与溶液接触的试样每 100 mm<sup>2</sup> 表面积至少含有 5 mL 溶液。

容器应具有足够的长度,使得浸在溶液中的测试长度不小于 200 mm。容器的设计应使试样穿过,同时试样末端应充分暴露在容器之外,以便施加拉力。

试验容器示意图见图 1。



标引序号说明:

- 1——密封端;
- 2——涂层防护;
- 3——试验溶液进口;
- 4——钢筋试样;
- 5——施加力值;
- 6——试验溶液出口。

图 1 试验容器示意图

#### 7.2.1.2 试验机

应使用刚性机架,使用杠杆、液压或机械装置进行加载,载荷作用于封闭框架的水平方向或垂直方向。试验力应平稳无冲击地施加在试样上,应避免加载装置对试样施加弯曲和扭曲载荷。

#### 7.2.1.3 测力装置

测力装置应按照 GB/T 16825.1—2022 进行校准,校准及使用中的精确度至少为±2%。

#### 7.2.1.4 时间测量装置

时间测量装置能精确到±1 min,能自动控制,能停止、保留或记录断裂时的时间,也可以人工记录断裂前的最终断裂时间。

### 7.2.2 加载要求及试验时间

试样放到机架中,从容器中穿过,对试样加载,5 min 内加载至初始力。在整个试验期间试验力的变化应保持在初始力 $\pm 2\%$ 之内。

推荐加载初始力值及规定的试验时间见表 2。

表 2 加载初始力值及规定的试验时间

初始力值 kN	试验时间 d
$70\%F_m$	90
$80\%F_m$	30
$90\%F_m$	10

注： $F_m$  为钢筋原材最大力实测值,选用同批钢筋 2 支试样进行测试获得。

### 7.2.3 溶液的填充

加载及试验时间设定完成之后,容器应密封好以防泄露,试验溶液应预先加热到试验温度,再注入容器中。溶液的填充应在 1 min 内完成。溶液填充完成后试验计时开始。

### 7.2.4 试验温度

在试验开始 5 min 内,溶液温度应调整到试验温度 $\pm 2\text{ }^\circ\text{C}$ 以内,在试验过程中温度应保持在设定温度 $\pm 2\text{ }^\circ\text{C}$ 以内。推荐海洋环境各区域溶液试验温度见表 3,或由试验双方协商确定。

表 3 推荐溶液试验温度

海洋环境	试验温度 $^\circ\text{C}$
大气区	50
浪溅区	40
潮差区(水位变动区)	25
海水浸泡区	15

### 7.2.5 无外加应力对比试验

按 6.2 要求制备对比钢筋样品,浸入同配置的溶液并设定相同的试验温度,不加载外加应力,经历相同的试验时间,以比较所得结果,证实外加应力的影响。

### 7.2.6 试验的终止

试样发生破断时,试验完成,应及时取下试样,保护断口,必要时对断口进行观察。

试验进行至规定时间后,即使试样没有破断,也可中止试验。此时试样可能已包含裂纹,但还没有扩展到完全破断的程度。所有未破断的试样,都应进行裂纹检查。试样用清水洗净表面残留物,吹风机热风吹干。在放大倍数 8 倍~16 倍下进行外观检查,选取腐蚀最严重区域,记录试样表面 1 cm 及以上

长度裂纹的数目。也可截取裂纹最严重区域截面,测量最长裂纹的长度,必要时用金相显微镜或扫描电镜工具测量。

如果需要去除试样表面腐蚀产物,可采用 GB/T 16545 中所述方法。

对于无裂纹的试样,截取试样的溶液浸泡区域和无外加应力对比试验后的钢筋在同一条件下进行拉伸试验,对抗拉强度、断后伸长率进行比较,差值分别记为剩余强度和剩余断后伸长率。

注:试验终止时无外加应力对比钢筋试样不应断裂,否则此试验条件不适用于应力腐蚀敏感性的测试。

### 7.3 加工试样试验

加工试样加载要求及试验时间按 7.2.2 要求,试验温度按 7.2.4 要求,其他要求应符合 GB/T 15970.4 的规定。

### 7.4 结果评定

试验结果评定如下:

- a) 试样断裂时,应力腐蚀敏感性可采用试样完全破断的时间表示。
- b) 若试样未断裂,可采用试样表面 1 cm 及以上长度裂纹的数目、最长裂纹长度进行评定。
- c) 若试样未断裂,也可将腐蚀后钢筋进行拉伸试验,通过剩余强度和剩余断后伸长率进行评定。

## 8 慢应变速率应力腐蚀试验

### 8.1 试验装置

采用可控制拉伸速率为  $10^{-3} \text{ S}^{-1} \sim 10^{-7} \text{ S}^{-1}$  的应力腐蚀试验机,或对拉伸试验机改进,试样通过腐蚀槽与试验机的两个夹具连接,各项拉伸参数,如载荷、位移、时间等,均由连接试验机的微机系统控制采集。

### 8.2 试验步骤

钢筋试样按第 6 章要求进行加工与制样,试验可在开路条件下进行,也可通过恒电位或恒电流方法对试样施加阴极极化。试样断裂后,应及时取下试样,保护断口,必要时对断口进行观察。其他步骤按照 GB/T 15970.7 要求进行。

### 8.3 非溶液环境试验

在一般大气环境下进行试验,不添加腐蚀溶液和不控制试验温度,其他试验条件与测试钢筋试样要求相同。

### 8.4 结果评定

可用将暴露在试验环境中与暴露在非溶液环境中的相同试样进行比较的方法来评定应力腐蚀敏感性。比值偏离越远,则开裂敏感性越高,比值计算方法按式(1)。

$$\text{比值} = \frac{\text{试样在试验环境中得到的结果}}{\text{试样在非溶液环境中得到的结果}} \dots\dots\dots (1)$$

结果可用同一初始应变速率下的一个或多个参数来表示:

- 断裂时间;
- 断裂塑性应变;
- 延性,用断面收缩率或断后伸长率评定;
- 达到的最大载荷。

## 9 试验报告

试验报告应包括以下内容：

- a) 本文件编号；
- b) 试验日期和报告日期；
- c) 试样材料的完整描述，包括产品名称、牌号、规格、编号等；
- d) 试样的取样数量、部位、方向等；
- e) 使用仪器以及型号，加载方法和海洋环境选择；
- f) 试验初始力值；
- g) 评定试验结果所采用的方法（如完全破断时间、裂纹数目、裂纹长度、断裂塑性应变、剩余强度和剩余断后伸长率等）；
- h) 敏感性结果；
- i) 断口形貌。

qejc.cn、jcvba.cn、微信qejc21



参 考 文 献

- [1] GB/T 16545 金属和合金的腐蚀 腐蚀试样上腐蚀产物的清除
- 

qejc.cn、jcvba.cn、微信qejc21