



中华人民共和国国家标准

GB/T 17848—2026

代替 GB/T 17848—1999

牺牲阳极电化学性能试验方法

Test methods for electrochemical properties of sacrificial anodes

2026-01-28 发布

2026-08-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 试验方法分类	1
5 试验装置	2
6 阳极试样的制备	3
7 试验条件	4
8 试验程序	5
9 试验结果的表示方法	5
10 试验报告	6
附录 A (资料性) 铜电量计的制备方法	8
附录 B (资料性) 人造海水的配置方法	9

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。

本文件代替 GB/T 17848—1999《牺牲阳极电化学性能试验方法》，与 GB/T 17848—1999 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 增加了范围中试验方法的分类及适用条件(见第 1 章)；
- b) 增加了术语和定义(见第 3 章)；
- c) 更改了常规试验法和加速试验法的描述(见 4.1 和 4.2,1999 年版的 2.1)；
- d) 增加了长周期试验法(见 4.3)；
- e) 更改了辅助阴极的要求(见 5.2,1999 年版的 3.1)；
- f) 更改了常规试验法和加速试验法容器的要求(见 5.3,1999 年版的 3.2)；
- g) 增加了长周期试验法容器的要求、电源的要求、电量计的种类(见 5.3、5.6、5.7)；
- h) 增加了参比电极的种类(见 5.9)；
- i) 增加了常规试验法及加速试验法试样尺寸偏差(见 6.1)；
- j) 更改了试样要求(见 6.1,1999 年版的 4.1)；
- k) 增加了长周期试验法试样尺寸要求(见 6.2)；
- l) 增加了用于其他环境时试验介质的要求(见 7.1.3)；
- m) 增加了介质温度和压力的要求(见 7.2.3、7.3)；
- n) 增加了长周期试验法的电流密度值、工作电位测试频率和试验时间(见 8.3、8.4、8.5)；
- o) 增加了长周期试验法试验介质的温度和盐度的记录频率(见 8.6)；
- p) 增加了长周期试验法自放电试验中电流表的要求(见 8.7)；
- q) 增加了对处理后试样拍照的要求(见 8.11)；
- r) 删除了注意事项(见 1999 年版的第 8 章)；
- s) 增加了试验报告(见第 10 章)；

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。

本文件由全国海洋船标准化技术委员会(SAC/TC 12)提出并归口。

本文件起草单位：洛阳船舶材料研究所(中国船舶集团有限公司第七二五研究所)、青岛双瑞海洋环境工程股份有限公司、中国船级社青岛分社。

本文件主要起草人：周娟、隋永强、赵永韬、许佳宁、仝宏韬、周建元、张迪、王洪仁、李相波、马力、管晓颖、郑国华、张海兵。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——1999 年首次发布为 GB/T 17848—1999；

——本次为第一次修订。

牺牲阳极电化学性能试验方法

1 范围

本文件规定了采用常规试验法、加速试验法以及长周期试验法测试牺牲阳极电化学性能的试验装置、试样制备、试验条件、试验程序、试验结果的表示方法、注意事项。

本文件适用于测试锌合金、铝合金、镁合金牺牲阳极在海水中的电化学性能,以及测试镁合金牺牲阳极在模拟土壤中的电化学性能,对牺牲阳极在其他介质中的电化学性能的测试参照使用。

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 33373 防腐蚀 电化学保护 术语

3 术语和定义

GB/T 33373 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

实际电容量 practical current capacity

实际测得的消耗单位质量的牺牲阳极所产生的电量。

3.2

理论电容量 theoretical current capacity

根据法拉第定律计算消耗单位质量的牺牲阳极所产生的电量。

3.3

电流效率 current efficiency

牺牲阳极实际电容量与理论电容量的比值。

3.4

开路电位 open circuit potential

无电流输出时,牺牲阳极相对于参比电极所测得的电位。

3.5

工作电位 working potential

有保护电流输出时,牺牲阳极的电位。

注:也称为闭路电位。

4 试验方法分类

4.1 常规试验法

在规定的试验周期内,对阳极试样通以恒定电流,每天测量阳极试样的工作电位。试验结束后,计

算阳极试样的实际电容量和电流效率,并观测阳极试样的溶解情况。

4.2 加速试验法

在规定的试验周期内,按顺序改变阳极试样的电流密度,每天测量阳极试样在工作电位,试验结束后,计算阳极试样的实际电容量和电流效率,并观测阳极试样的溶解情况。

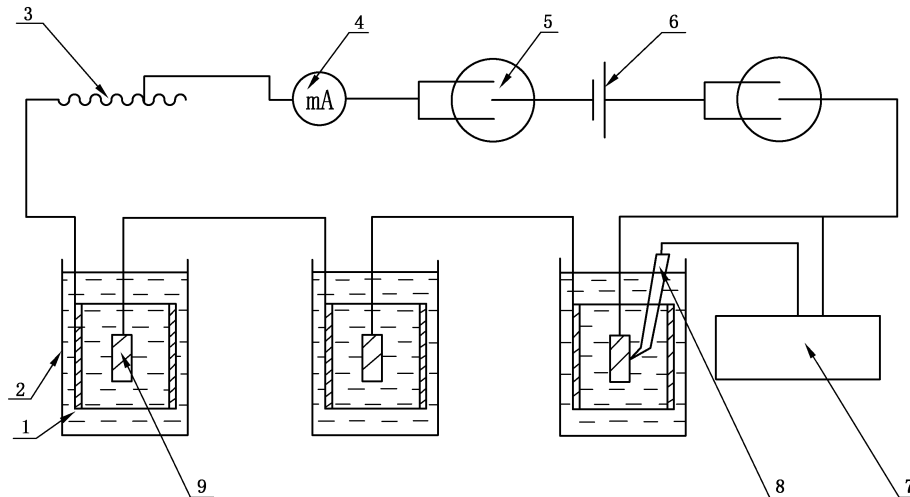
4.3 长周期试验法

在规定的试验周期内,采用自放电或者对阳极试样通以恒定电流,按照测试频次要求测量阳极试样在工作电位,试验结束后,计算阳极试样的实际电容量和电流效率,并观测阳极试样的溶解情况。

5 试验装置

5.1 试验装置示意图

牺牲阳极电化学性能试验装置主要由辅助阴极、试验容器、可调电阻、直流电流表、电量计、电源、直流电压表、参比电极、阳极试样组成。如需温度或压力控制应在试验容器外部加温控或压力控制设备。试验装置示意图见图 1。



标引序号说明:

- 1——辅助阴极;
- 2——试验容器;
- 3——可调电阻;
- 4——直流电流表;
- 5——电量计;
- 6——电源;
- 7——直流电压表;
- 8——参比电极;
- 9——阳极试样。

图 1 试验装置示意图

5.2 辅助阴极

辅助阴极宜采用不锈钢围成的圆筒,内外均为工作面,阴极筒与试样工作面积之比不小于 30。

5.3 试验容器

常规试验法和加速试验法中试验容器的容积不小于 5 L, 阳极试样和辅助阴极应完全浸没在试验介质中。长期试验法样品应在能保持海水持续流动更换(至少 1 L/min)的试验容器中, 试验容器宜采用玻璃钢等性能稳定的材料。

5.4 可调电阻

可调电阻选用十进制电阻值, 电阻值不小于 11.11 k Ω 为宜。

5.5 直流电流表

直流电流表采用精确度高于 0.5 级的毫安表。

5.6 电源

常规试验法和加速试验法采用直流电源, 额定输出电流不小于 60 mA, 输出电压不小于 40 V, 长周期试验法采用直流电源, 额定输出电流不小于 500 mA, 输出电压不小于 60 V。

注: 如果采用误差为千分之一的恒电流源, 不需使用可调电阻、直流电流表、电量计。

5.7 电量计

电量数值可选用铜电量计、电子电量计或用软件实时电流积分。铜电量计的制备方法参见附录 A。电子电量计或其他可自动记录电量的设备, 精确度应不低于全量程的 0.5%。

5.8 直流电压表

采用输入阻抗大于 10 M Ω 、最小分度值为 1 mV 以上的数字电压表或高精度电位差计。

5.9 参比电极

采用饱和甘汞电极或者银/氯化银电极/饱和氯化钾。

5.10 阳极试样

阳极试样按照制备要求加工。

6 阳极试样的制备

6.1 常规试验法和加速试验法的阳极试样加工成圆棒状, 可采用图 2 规格的试样, 直径为 16 mm \pm 1 mm, 长度 48 mm \pm 3 mm。试样应采用机械加工制备。在试样的端面应钻 1 个 M4 的孔并攻丝用于连接金属导电棒。每组试验需用至少 3 个试样。

单位为毫米

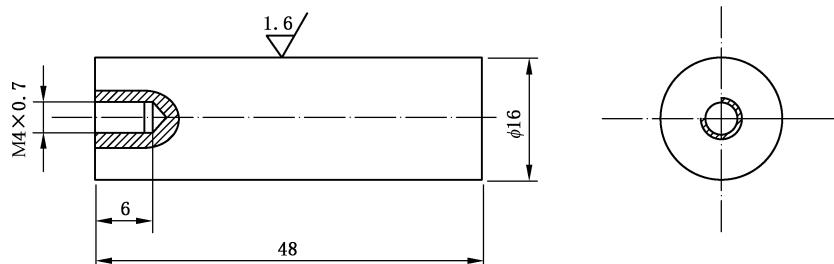


图 2 常规试验法和加速试验法阳极试样结构图

6.2 长周期试验法的阳极试样加工成圆棒状,直径至少 $25\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$,长度至少 $100\text{ mm} \pm 5\text{ mm}$ 。可采用图 3 规格的试样。试样应采用样品机械加工制备。在试样的端应钻 1 个 M4 的孔并攻丝用于连接金属导电棒。每组试验需用至少 5 个试样。恒电流法阳极试样推荐直径 110 mm ,长度 150 mm ,自放电法阳极试样推荐直径 50 mm ,长度 120 mm 。

单位为毫米

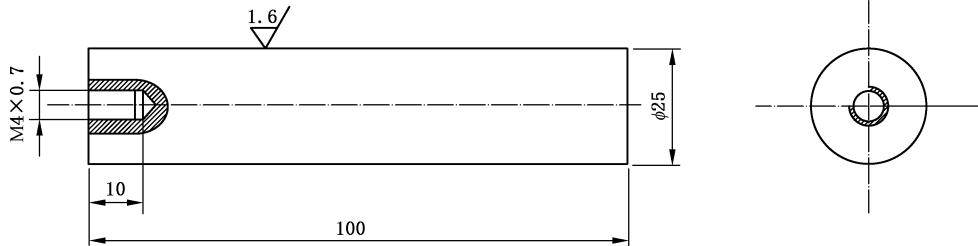


图 3 长周期试验法阳极试样结构图

6.3 阳极试样用蒸馏水清洗,然后用无水乙醇或者丙酮清除油污。

6.4 放入烘箱内在 $105\text{ }^\circ\text{C} \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$ 下烘干 30 min,取出后放入干燥器内。

6.5 阳极试样冷却至室温后进行第一次称量;然后重复烘干、称量程序。两次称量结果相差应不大于 0.4 mg ,取两次称量的平均值为阳极试样质量。如果两次称量结果相差大于 0.4 mg ,应进行第 3 次烘干和称量,并取两次最接近的称量结果的平均值为阳极试样质量。称量使用最小分度值为 0.1 mg 的分析天平。

6.6 如果试验采用铜电量计,则铜电量计的阴极铜片应按 6.3~6.5 规定的方法进行处理,阳极铜片应进行清洗、烘干。

6.7 阳极试样两端非工作面和连接导电棒的浸水部分,应采用绝缘性强的材料进行密封,阳极试样密封面和工作面之间应避免产生缝隙腐蚀。

7 试验条件

7.1 试验介质

7.1.1 当用于海水环境中时,锌合金、铝合金、镁合金阳极试样的试验介质采用人造海水(见附录 B)或洁净的天然海水,海水盐度应为 3%(质量分数)以上。

7.1.2 当用于土壤环境中时,镁合金阳极试样的试验介质采用氢氧化镁饱和的人造海水或氢氧化镁饱和的洁净天然海水。

7.1.3 用于其他环境时也可根据客户提供的技术要求进行配制。

7.2 介质温度

7.2.1 常规试验法和加速试验法介质温度宜为 $15\text{ }^\circ\text{C} \sim 30\text{ }^\circ\text{C}$ 。

7.2.2 长周期试验法介质温度宜为 $7\text{ }^\circ\text{C} \sim 20\text{ }^\circ\text{C}$ 。

7.2.3 介质温度可根据客户提供的技术要求进行选择。

7.3 介质压力

如有需要,介质压力可根据客户提供的技术要求进行试验。

7.4 辅助阴极和阳极试样的配置

辅助阴极固定在离水面和底面各 10 mm 以上的位置,阳极试样悬吊在阴极筒的中心部位。

8 试验程序

8.1 将试验装置按图 1 连接。

8.2 铝阳极试样浸入介质中 3 h 后测量阳极试样的开路电位, 锌、镁阳极试样浸入介质中 1 h 后测量阳极试样的开路电位。

8.3 通电, 调节阳极电流密度保持在表 1 的规定值。

表 1 电流密度值

常规试验法		加速试验法		长周期试验法(恒电流法)		长周期试验法(自放电法)	
试验时间 d	电流密度 mA/cm ²	试验时间 d	电流密度 mA/cm ²	试验时间 月	电流密度 mA/cm ²	试验时间 月	电流密度 mA/cm ²
10	1.0	1	1.5	≥12	≤1	≥12	—
		2	0.4				
		3	4.0				
		4	1.5				

8.4 常规试验法和加速试验法每天测量 1 次阳极试样的工作电位。长周期试验法前两周每天测量 1 次阳极试样的工作电位, 之后每周测试 1 次阳极试样的工作电位。测量时参比电极应尽可能靠近阳极试样表面, 以不碰触阳极试样上形成的腐蚀产物为宜。

8.5 常规试验法的试验时间为 10 d。加速试验法的每个电流密度下的试验时间为 1 d, 总试验时间应在 4 d。长周期试验法的时间为不短于 12 个月。

8.6 长周期试验法的试验介质温度和盐度每周记录两次, 盐度测试应采用符合量程的高精度数显盐度计。整个试验过程需要通空气, 溶液需要保持持续流动, 流动速度至少 1 L/min, 海水需每周更换 1 次。

8.7 长周期试验法采用自放电试验时, 试验中应采用零电阻电流表进行电流的记录, 误差为千分之一。

8.8 试验结束后, 将阳极试样清除密封材料, 将铜电量计的阴极铜片用蒸馏水清洗干净。

8.9 清除密封材料后, 阳极试样表面的腐蚀产物应进行化学处理, 处理方法见表 2。

表 2 阳极试样腐蚀产物的处理方法

阳极试样名称	腐蚀产物处理方法
铝合金阳极	浸入 68%(质量分数)浓硝酸中 5 min~10 min, 用水冲洗
锌合金阳极	浸入饱和乙酸铵溶液中 2 h~3 h, 用毛刷轻轻清除腐蚀产物, 直至腐蚀产物完全清除后, 用水冲洗
镁合金阳极	在 60 °C~80 °C 的 20%CrO ₃ 溶液中浸泡 10 min 或在室温下 20%CrO ₃ 溶液中浸泡 30 min 后, 用水冲洗

8.10 将处理后的阳极试样和铜电量计的阴极铜片按 6.3~6.5 的要求烘干、称量。

8.11 对处理后的阳极试样进行拍照。

9 试验结果的表示方法

9.1 图表

9.1.1 列表表示出阳极试样的开路电位。

9.1.2 列表表示出试验期间阳极试样在工作电位或绘制阳极试样在工作电位-时间曲线。

9.1.3 记录试验后阳极试样的表面形貌照片。

9.2 计算

9.2.1 计算实际电容量

计算实际电容量时,按照以下两种方式计算。

a) 当采用铜电量计测量阳极试样通过的电流时,阳极试样的实际电容量按公式(1)计算:

$$Q = K \times (M_2 - M_1) / (m_1 - m_2) \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

Q ——牺牲阳极试样实际电容量,单位为安时每千克(A·h/kg);

K ——系数; $K=843.3$,单位为安时每千克(A·h/kg);

M_1 ——试验前铜电量计阴极铜片质量,单位为克(g);

M_2 ——试验后铜电量计阴极铜片质量,单位为克(g);

m_1 ——试验前阳极试样质量,单位为克(g);

m_2 ——试验后阳极试样质量,单位为克(g)。

b) 当采用电子电量计或用软件实时电流积分测量阳极试样通过的电流时,阳极试样的实际电容量按公式(2)计算:

$$Q = 1\,000 \times C / (m_1 - m_2) \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

Q ——牺牲阳极试样实际电容量,单位为安时每千克(A·h/kg);

C ——试验周期内阳极试样通过的电量,单位为安时(A·h);

m_1 ——试验前阳极试样质量,单位为克(g);

m_2 ——试验后阳极试样质量,单位为克(g)。

9.2.2 计算电流效率

9.2.2.1 根据合金的主要成分按公式(3)计算牺牲阳极的理论电容量:

$$Q_0 = a \times X + b \times Y + c \times Z \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

Q_0 ——牺牲阳极的理论电容量,单位为安时每千克(A·h/kg);

a, b, c ——合金成分的质量分数,以%表示;

X, Y, Z ——合金成分的理论电容量,单位为安时每千克(A·h/kg)。

9.2.2.2 按公式(4)计算牺牲阳极试样的电流效率:

$$\eta = (Q / Q_0) \times 100 \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

η ——牺牲阳极的电流效率,以%表示。

10 试验报告

试验报告至少应包含以下内容:

a) 本文件编号及试验方法分类;

b) 试验条件;

- c) 试验设备；
- d) 试样信息；
- e) 试验结果,包括开路电位、工作电位、电容量；
- f) 试验后阳极试样表面形貌照片。

附 录 A
(资料性)
铜电量计的制备方法

A.1 电极的材质、形状和阴极电流密度

铜电量计的电极材料选用纯度不低于 99.95% (质量分数) 的电解铜。电极的形状采用板状。阴极电流密度取 $2 \text{ mA/cm}^2 \sim 20 \text{ mA/cm}^2$ 。

A.2 电极的布置与容器

在两个阳极中间设置一个阴极,阴、阳极之间的距离为 $1.0 \text{ cm} \sim 1.5 \text{ cm}$,容器用玻璃或塑料制成,其容量在 100 mL 以上并且应加盖密封。

A.3 电解液的组成

配制 1 L 电解液的组成见表 A.1,各成分均采用分析纯级的化学试剂。

表 A.1 电解液的化学成分

成分	用量	浓度 mol/L
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	125 g	0.50
H_2SO_4 ($\rho, 1.84 \text{ g/mL}$)	27 mL	0.51
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ($\rho, 0.789 \text{ g/mL}$)	63 mL	1.08

A.4 试验前后阴极铜片的处理

试验前,阴极表面经砂纸磨光,用乙醇或丙酮洗净、烘干、称量。阳极铜片也应进行清洗、烘干。试验完成后,从电解液中取出阴极,经蒸馏水、乙醇或丙酮洗净、烘干、称量。

附 录 B
(资料性)
人造海水的配置方法

B.1 储备溶液 A

表 B.1 中各成分用分析纯级试剂,按指定量溶解到纯水或蒸馏水中,总量用蒸馏水稀释到 7.0 L,然后倒入褐色瓶中密封贮存。

表 B.1 储备溶液 A 的化学成分

成分	质量 g
$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	3 889.0
CaCl_2	405.6
$\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	14.8

B.2 储备溶液 B

表 B.2 中各成分用分析纯级试剂,按指定量溶解到纯水或蒸馏水中,总量用蒸馏水稀释到 7.0 L,然后倒入褐色瓶中密封贮存。

表 B.2 储备溶液 B 的化学成分

成分	质量 g
KCl	486.2
NaHCO_3	140.7
KBr	70.4
H_3BO_3	19.0
NaF	2.1

B.3 人造海水的配制

配制 10.0 L 人造海水的方法如下:首先将 245.34 g 的 NaCl 和 40.94 g 的 Na_2SO_4 ,溶解到 8.0 L~9.0 L 蒸馏水中,然后慢慢加入 200 mL 储备溶液 A 和 100 mL 储备溶液 B,并充分搅拌,总量用蒸馏水稀释到 10.0 L。最后,用 0.1 mol/L 的 NaOH 溶液将人造海水的 pH 值调整至 8.2。

B.4 人造海水的化学成分

人造海水的化学成分见表 B.3。

表 B.3 人造海水的化学成分

成分	NaCl	MgCl ₂	Na ₂ SO ₄	CaCl ₂	KCl	NaHCO ₃	KBr	H ₃ BO ₃	SrCl ₂	NaF
浓度/(g/L)	24.53	5.20	4.09	1.16	0.695	0.201	0.101	0.027	0.025	0.003
注：氢氧化镁饱和人造海水为表 B.3 中加入过量氢氧化镁。										

