

ICS 29.220.99

CCS K 82

T

团体标准

T/CEATEC XXX—2026

可充电海水电池性能评价与测试方法

Performance evaluation and test methods for rechargeable seawater batteries

(草案)

2026-X-XX 发布

2026-X-XX 实施

中国欧洲经济技术合作协会 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 总体要求 2

 4.1 评价原则 2

 4.2 测试环境条件 2

 4.3 测试设备要求 2

5 性能评价指标 3

 5.1 指标体系结构 3

 5.2 评价指标及要求 3

6 评价方法 3

 6.1 单项评价 4

 6.2 综合评价 4

 6.3 评价报告 4

7 测试方法 4

 7.1 电化学性能 4

 7.2 安全性能 6

 7.3 环境适应性 6

 7.4 测试报告 7

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。

本文件由中国欧洲经济技术合作协会提出并归口。

本文件主要起草单位：

本文件主要起草人：

本文件为首次编制。

可充电海水电池性能评价与测试方法

1 范围

本文件规定了可充电海水电池（以下简称“海水电池”）的总体要求、性能评价指标、评价方法、测试方法。

本文件适用于以天然海水或模拟海水为电解质的可充电海水电池单体、电池模块及电池系统的性能评价与测试。

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 2828.1 计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限（AQL）检索的逐批检验抽样计划

GB/T 2900.41 电工术语 原电池和蓄电池

GB/T 31484 电动汽车用动力蓄电池循环寿命要求及试验方法

GB/T 31486 电动汽车用动力蓄电池电性能要求及试验方法

GB/T 36276 电力储能用锂离子电池

GB 38031 电动汽车用动力蓄电池安全要求

GB/T 38661 电动汽车用电池管理系统技术条件

ISO 11130:2010 金属和合金的腐蚀 盐溶液周浸试验 (Corrosion of metals and alloys-Alternate immersion test in salt solution)

IEC 62620 含碱性或其他非酸性电解质的二次电池和电池组 工业用二次锂电池和电池组 (Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes - Secondary lithium cells and batteries for use in industrial applications)

IEC 62660-1 道路车辆用二次锂离子电池 第 1 部分：锂离子电池性能测试 (Secondary lithium-ion cells for the propulsion of electric road vehicles - Part 1: Performance testing)

3 术语和定义

GB/T 2900.41界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

可充电海水电池 rechargeable seawater battery

一种以海水作为电解质溶液，或同时利用海水中的溶解氧、氯离子等作为反应物，在放电后可通过外部电源进行充电还原，循环使用的电化学储能器件。

3.2

额定容量 rated capacity

制造商宣称的、在规定条件下海水电池能够释放的电荷量，单位为Ah。

3.3

库仑效率 coulombic efficiency

放电过程中通过电池的总电荷量与充电过程中通过电池的总电荷量之比，以百分数表示。

3.4

能量效率 energy efficiency

放电过程中输出的总能量与充电过程中输入的总能量之比，以百分数表示。

3.5

循环寿命 cycle life

在规定的充放电条件下，海水电池容量衰减至初始容量的80%时所经历的完整充放电循环次数。

3.6

倍率性能 rate capability

海水电池在不同充放电倍率下保持其额定容量的能力。

4 总体要求

4.1 评价原则

海水电池性能评价应遵循以下原则：

- a) 科学性：测试方法应基于电化学原理，测试条件应能真实反映电池性能；
- b) 可比性：相同类型海水电池应在统一测试条件下进行评价，确保结果具有可比性；
- c) 可操作性：测试方法应具备实验室可实施性，仪器设备要求应明确；
- d) 安全性：测试过程中应采取必要的安全防护措施，防止电解液泄漏、短路等风险。

4.2 测试环境条件

除非另有规定，所有测试应在以下环境条件下进行：

- a) 温度：20℃～25℃；
- b) 相对湿度：45%～85%；
- c) 大气压力：86 kPa～106 kPa；
- d) 测试用海水：天然海水或符合 ISO 11130 规定的模拟海水，温度与测试环境温度一致。

4.3 测试设备要求

主要测试设备应满足以下要求：

- a) 电池测试系统：电压测量精度不低于±0.1% FS，电流测量精度不低于±0.2% FS；
- b) 温度控制设备：控温精度±1℃，温度均匀性±2℃；
- c) 电化学工作站：频率范围 10 μHz～1 MHz，电位分辨率≤1 μV；

d) 交流阻抗测试仪：频率范围 1 mHz～100 kHz，阻抗精度±0.1%。

5 性能评价指标

5.1 指标体系结构

海水电池性能评价指标体系分为三个层级：

- a) 一级指标：电化学性能、安全性能、环境适应性；
- b) 二级指标：容量特性、效率特性、循环特性、倍率特性、热安全、电安全、机械安全、温度适应性、盐度适应性、长期稳定性；
- c) 三级指标：各二级指标下的具体测试项目。

5.2 评价指标及要求

海水电池性能评价指标及技术要求应符合表1的规定。

表 1 海水电池性能评价指标及技术要求

一级指标	二级指标	三级指标	单位	技术要求
电化学性能	容量特性	额定容量	Ah	≥标称值
		质量比容量	mAh/g	≥50（基于正极活性物质）
	效率特性	库仑效率	%	≥85
		能量效率	%	≥60
		电压效率	%	≥70
	循环特性	循环寿命	次	≥500（容量保持率≥80%）
		容量保持率（28天）	%	≥85
	倍率特性	高倍率容量保持率	%	≥60（2C/0.2C）
		功率密度	W/kg	≥1000
		能量密度	Wh/kg	≥50（全电池）
安全性能	热安全	热稳定性	—	无起火、无爆炸
	电安全	过充电	—	无起火、无爆炸
		过放电	—	无起火、无爆炸
		短路	—	无起火、无爆炸
	机械安全	挤压	—	无起火、无爆炸
		针刺	—	无起火、无爆炸
环境适应性	温度适应性	低温放电容量	%	≥60（0℃/25℃）
		高温放电容量	%	≥95（45℃/25℃）
	盐度适应性	不同盐度容量保持率	%	≥90（盐度20～40 g/L）
	长期稳定性	海水浸泡稳定性	—	浸泡30天后性能无明显衰减

6 评价方法

6.1 单项评价

各测试项目的单项评价结果分为合格与不合格两种：

- a) 合格：测试结果满足表 1 中对应的技术要求；
- b) 不合格：测试结果不满足表 1 中对应的技术要求。

6.2 综合评价

海水电池综合评价等级按表2划分。

表 2 海水电池综合评价等级

评价等级	电化学性能	安全性能	环境适应性
优等（A级）	全部合格，且能量密度 ≥ 80 Wh/kg	全部合格	全部合格
良好（B级）	全部合格，且能量密度 ≥ 60 Wh/kg	全部合格	全部合格
合格（C级）	全部合格		
不合格（D级）	任一项不合格		

6.3 评价报告

评价报告应至少包含以下内容：

- a) 样品信息（型号、规格、制造商、生产日期等）；
- b) 测试依据（本文件编号及版本）；
- c) 测试环境条件；
- d) 测试设备信息；
- e) 各测试项目的测试结果及单项评价结论；
- f) 综合评价等级及结论；

7 测试方法

7.1 电化学性能

7.1.1 额定容量测试

按 GB/T 36276 中规定的方法测试。

7.1.2 质量比容量测试

7.1.2.1 试验原理

在规定的充放电条件下测得电池的额定容量，通过拆解电池获取正极活性物质质量，计算单位质量活性物质所能释放的电荷量。

7.1.2.2 试验条件

试验条件应符合如下要求：

- a) 测试温度： $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 充放电倍率： 0.2 C ；
- c) 拆解环境：露点温度 $\leq -30^{\circ}\text{C}$ 的干燥间或充氩手套箱。

7.1.2.3 试验步骤

按以下步骤进行质量比容量测试：

- a) 按 7.1 的规定对完整电池进行额定容量测试，记录额定容量 C_{rated} ；
- b) 在干燥环境中拆解电池，取出正极片；
- c) 用碳酸二甲酯（DMC）或乙醇清洗正极片表面残留的电解液和盐分；
- d) 将正极片置于 60℃真空干燥箱中干燥至恒重（质量变化率 $\leq 0.1\%$ ）；
- e) 用精度不低于 0.1 mg 的分析天平称量干燥后正极片总质量 m_{total} ；
- f) 刮除正极片上的活性物质，称量集流体（铝箔）质量 $m_{current}$ ；
- g) 按公式（1）计算正极活性物质质量：

$$m_{active} = m_{total} - m_{current} \dots\dots\dots (1)$$

- h) 按公式（2）计算质量比容量：

$$C_{mass} = \frac{C_{rated}}{m_{active}} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- C_{mass} —— 质量比容量，单位为mAh/g；
 C_{rated} —— 额定容量，单位为Ah；
 m_{active} —— 正极活性物质质量，单位为g。

7.1.2.4 结果表示

质量比容量结果保留至整数位，取3次平行测试的算术平均值作为最终结果。

7.1.3 库仑效率测试

按 GB/T 31486 中规定的方法测试。

7.1.4 能量效率测试

按 GB/T 36276 中规定的方法测试。

7.1.5 电压效率测试

基于7.1.3与7.1.4的测试结果计算平均电压，按公式（3）计算：

$$\eta_{VE} = \frac{U_{d,avg}}{U_{c,avg}} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

式中：

- η_{VE} —— 平均电压；
 $U_{d,avg}$ —— 为放电平均电压；
 $U_{c,avg}$ —— 为充电平均电压。

7.1.6 循环寿命测试

按 GB/T 31484 中规定的方法测试。

7.1.7 容量保持率测试

按 GB/T 36276 中规定的方法测试。

7.1.8 倍率性能测试

按 GB/T 31486 中规定的方法测试。

7.1.9 功率密度测试

7.1.9.1 试验原理

基于7.1.8的测试结果计算功率密度，按公式（4）计算：

$$P_{density} = \frac{U_{max} \times I_{max}}{m_{total}} \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

式中：

$P_{density}$ —— 功率密度，单位为W/kg；

U_{max} —— 为最大放电电压，单位为V；

I_{max} —— 为最大放电电流，单位为A；

m_{total} —— 为电池总质量，单位为kg。

7.1.10 能量密度测试

基于7.1.1的测试结果计算功率密度，按公式（5）计算：

$$E_m = \frac{U_{avg} \times C_{rated}}{m_{total}} \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

式中：

E_m —— 质量能量密度，单位为Wh/kg；

U_{avg} —— 放电平均电压，单位为V；

C_{rated} —— 额定容量，单位为Ah；

m_{total} —— 电池总质量，单位为kg。

7.2 安全性能

7.2.1 热稳定性测试

按 GB 38031 中规定的方法测试。

7.2.2 过充电测试

按 GB 38031 中规定的方法测试。

7.2.3 过放电测试

按 GB 38031 中规定的方法测试。

7.2.4 短路测试

按 GB 38031 中规定的方法测试。

7.2.5 挤压测试

按 GB 38031 中规定的方法测试。

7.2.6 针刺测试

按 GB 38031 中规定的方法测试。

7.3 环境适应性

7.3.1 低温放电测试

按 GB/T 31486 中规定的方法测试。

7.3.2 高温放电测试

GB/T 31486 中规定的方法测试。

7.3.3 盐度适应性测试

按 GB 38031 中规定的方法测试。

7.3.4 海水浸泡稳定性测试

按 GB 38031 中规定的方法测试。

7.4 测试报告

7.4.1 报告内容

完成全部测试后，应按以下要求编制测试报告：

- a) 样品信息：名称、型号、编号、制造商、生产日期；
- b) 测试依据：本文件编号及版本；
- c) 测试条件：环境温度、湿度、海水类型及盐度；
- d) 测试设备：名称、型号、编号、校准有效期；
- e) 测试结果：各测试项目数据、单项结论；
- f) 综合评价：电化学性能、安全性能、环境适应性结论及综合等级；
- g) 签字：编制人、审核人、批准人签字及日期。

7.4.2 数据保存

原始数据记录和测试报告应至少保存 6 年。
