ICS 29.220.01
CCS K 80

T

团 体 标 准

T/CEATEC XXX—2026

微型核电池性能评价规程

Code for performance evaluation of micro nuclear 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 III
1 范围 1
2 规范性引用文件 1
3 术语和定义 1
4 符号和缩略语 2
5 分类与代号 3
5.1 产品分类 3
5.2 产品代号 3
6 评价总体原则 4
7 技术要求 4
7.1 电性能技术要求 4
7.2 安全性能技术要求 5
7.3 环境适应性技术要求 5
8 电性能评价方法 5
8.1 测量装置与仪器 5
8.2 测试条件 5
8.3 开路电压 V_{oc}的测定 6
8.4 短路电流 I_{sc}的测定 6
8.5 伏安特性与最大输出功率的测定 6
8.6 能量转换效率 η 的测定 6
8.7 质量能量密度与体积功率密度的测定 6
9 安全性能评价方法 7
9.1 表面剂量当量率测量 7
9.2 表面污染测量 7
9.3 封装完整性（泄漏率）测试 7
9.4 耐事故能力试验 7
10 环境适应性与寿命评价方法 7
10.1 环境适应性试验 7
10.2 加速老化试验与寿命预测 7
10.3 寿命预测模型 8
11 评价报告 8
11.1 报告基本要求 8
11.2 报告内容 8
11.3 报告的保存与追溯 9

附　录　A　　（规范性） 标准参考条件与测量不确定度评定 10

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。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

本文件为首次编制。

微型核电池性能评价规程

1 范围

本文件规定了微型核电池的符号和缩略语、分类与代号、评价总体原则、技术要求、电性能评价方法、安全性能评价方法、环境适应性与寿命评价方法、评价报告。

本文件适用于以低能β放射性同位素（碳-14、镍-63、氚、钷-147等）为放射源，以宽禁带半导体（碳化硅、氮化镓、金刚石等）为换能材料，基于辐射伏特效应实现能量转换的输出功率范围在纳瓦至毫瓦量级的微型核电池。以热电转换、辐致光伏等其他转换机制为主的同位素电源，其电性能与寿命评价方法可参照执行。

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 2423.1 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A： 低温
GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温
GB/T 2423.5 环境试验 第2部分:试验方法 试验Ea和导则:冲击
GB/T 2423.10 环境试验 第2部分：试验方法 试验Fc：振动（正弦）
GB/T 2423.22 环境试验 第2部分：试验方法 试验N：温度变化
GB/T 2900.41 电工术语 原电池和蓄电池
GB/T 6495.1 光伏器件 第1部分：光伏电流-电压特性的测量
GB/T 6495.2 光伏器件 第2部分：标准光伏器件的要求
GB/T 6495.3 光伏器件 第3部分：基于标准光谱辐照度数据的地面光伏器件测量原理
GB/T 8897.2 原电池 第2部分：外形尺寸和电性能
GB 18871 电离辐射防护与辐射源安全基本标准
JJF 1059.1 测量不确定度评定与表示
JJG 1009 X、γ辐射个人剂量当量HP(10)监测仪检定规程

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

微型核电池 micro nuclear battery

以放射性同位素衰变能为基础能量来源，通过非链式物理转换机制（包括但不限于辐射伏特效应）将衰变能直接或间接转换为电能的微型化能源器件，其外形尺寸通常为毫米至厘米量级，输出功率在纳瓦至毫瓦量级。

3.2

辐射伏特效应 betavoltaic effect

放射性同位素衰变释放的β粒子进入半导体PN结或肖特基结耗尽区，通过非弹性碰撞产生电子-空穴对，并借助结区内建电场实现载流子分离与收集，形成可持续直流电流的物理过程。

3.3

换能器 energy conversion unit

以宽禁带半导体材料为核心，承担β粒子能量沉积与载流子收集功能的结型器件或器件阵列，是微型核电池的能量转换核心部件。

3.4

开路电压 open-circuit voltage

微型核电池在无外接负载条件下，正负极之间的稳定电位差，单位为伏特（V）。

3.5

短路电流 short-circuit current

微型核电池正负极经近似零阻抗回路连接时流经回路的稳定电流，单位为安培（A）。折算到单位有效换能面积的短路电流称为短路电流密度 J_{SC}，单位为安培每平方厘米（A/cm²）。

3.6

填充因子 fill factor

微型核电池的最大输出功率与其开路电压和短路电流乘积之比，是表征伏安特性矩形程度的无量纲参数。填充因子越接近 1，表明换能器的串联电阻损耗与结漏电损耗越小，器件品质越高。

3.7

能量转换效率 energy conversion efficiency

微型核电池输出的最大电功率与放射源衰变释放的β粒子携带总功率之比，为无量纲参数。该参数综合反映放射源利用效率、源-器件耦合效率与半导体器件换能效率的整体水平。

3.8

质量能量密度 specific energy density

微型核电池在设计寿命期内累计输出的电能与其总质量之比，单位为瓦时每克（Wh/g）。

3.9

体积功率密度 volumetric power density

微型核电池最大输出功率与其有效几何体积之比，单位为瓦每立方厘米（W/cm³）。

3.10

性能设计寿命 performance design lifetime

在额定工作条件下，微型核电池最大输出功率衰减不超过规定限值时所能维持的时间。

3.11

比活度 specific activity

单位质量放射源材料中所含的放射性活度，单位为贝可每克（Bq/g）或毫居里每克（mCi/g）。

4 符号和缩略语

下列符号适用于本文件。

A_{eff}——换能器有效受照面积，单位为平方厘米（cm²）；

D_m——质量能量密度，单位为瓦时每克（Wh/g）；

$E_{\beta,avg}$——β粒子平均能量，单位为焦耳（J）；

FF——填充因子；
I_{SC}——短路电流，单位为安培（A）；
J_{SC}——短路电流密度，单位为安培每平方厘米（A/cm²）；
L——寿命期内功率衰减率；
P_{max}——最大输出功率，单位为瓦特（W）；
R_s——表面剂量当量率，单位为微西弗每小时（μSv/h）；
V_{OC}——开路电压，单位为伏特（V）；
Φ_β——β粒子注量率，单位为每平方厘米秒（$cm^{-2} \cdot s^{-1}$）。

5 分类与代号

5.1 产品分类

5.1.1 按换能材料分类

微型核电池按换能器半导体材料分为下列类别：

——SC 类：以碳化硅为换能材料；
——GN 类：以氮化镓为换能材料；
——DM 类：以单晶金刚石或类金刚石薄膜为换能材料；
——SI 类：以单晶硅为换能材料；
——OT 类：以其他宽禁带或新型半导体材料为换能材料。

5.1.2 按放射源类型分类

微型核电池按所用β放射性同位素放射源分为下列类别：

——C14 类：碳-14 放射源；
——NI63 类：镍-63 放射源；
——TRI 类：氚放射源；
——PM147 类：钷-147 放射源；
——OT 类：其他适用的β放射源。

5.1.3 按封装结构分类

微型核电池按封装结构分为下列型式：

——S 型：单结平面封装；
——M 型：多结平面叠层封装；
——T 型：三维叠层全封闭封装；
——F 型：模块化堆叠封装；
——X 型：其他类型封装。

5.2 产品代号

产品代号由换能材料类别代号、放射源类别代号、封装结构型式代号和输出功率规格代号四部分构成，各代号之间以短横线“-”连接，其排列顺序如下：

〔换能材料代号〕—〔放射源代号〕—〔封装型式代号〕—〔输出功率规格代号〕

其中：

a)换能材料代号取 5.1.1 中规定的类别代号（SC、GN、DM、SI、OT）；

b)放射源代号取 5.1.2 中规定的类别代号（C14、NI63、TRI、PM147、OT）；

c)封装型式代号取 5.1.3 中规定的型式代号（S、M、T、F、X）；

d)输出功率规格代号由功率数值与量级符号组成，功率量级符号按表 1 规定选取，功率数值取标准参考条件下实测最大输出功率的标称值，按对应量级单位以阿拉伯数字表示，保留 1 位有效数字。

表 1 输出功率量级代号

量级代号	最大输出功率 P_{max} 范围
nW	1 nW≤P_{max}＜1 μW
μW	1 μW≤P_{max}＜1 mW
mW	1 mW≤P_{max}＜1 W

示例 1：

换能材料为碳化硅、放射源为碳-14、封装结构为三维叠层全封闭封装、最大输出功率为 7 μW 的微型核电池，其产品代号标记为：

SC-C14-T-7 μW

代号释义：

SC——换能材料为碳化硅；

C14——放射源为碳-14；

T——封装结构为三维叠层全封闭封装；

7 μW——最大输出功率为 7 μW。

示例 2：

换能材料为单晶金刚石、放射源为镍-63、封装结构为多结平面叠层封装、最大输出功率为 25 nW 的微型核电池，其产品代号标记为：

DM-NI63-M-25nW

代号释义：

DM——换能材料为单晶金刚石；

NI63——放射源为镍-63；

M——封装结构为多结平面叠层封装；

25 nW——最大输出功率为 25 nW。

6 评价总体原则

微型核电池性能评价应遵循以下原则：

a)可溯源原则：所有电学量、辐射量测量应通过国家计量标准或国际公认基准进行量值溯源，测量仪器应在检定或校准有效期内；

b)环境一致性原则：电性能参数应在标准参考条件（见附录 A）下测量；非参考条件下的测量应做温度修正并明确标注；

c)长时序原则：针对输出功率呈长期自然衰减的特性，应采用加速老化与实时监测相结合的方法，建立寿命预测模型；

d)安全优先原则：所有性能测试应在满足 GB 18871 要求的辐射控制场所进行，测试人员应接受辐射安全培训并持证上岗；

e)技术前瞻原则：评价体系应能体现宽禁带半导体换能、三维叠层封装、智能电源管理等先进技术路线的性能优势，鼓励高效率、高功率密度、低衰减的技术方案；

f)数据完整性原则：评价全过程应保留原始数据记录、仪器校准证书与试验影像资料，确保评价结果可复核、可追溯。

7 技术要求

7.1 电性能技术要求

在标准参考条件下，微型核电池电性能应满足表 2 要求。

表 2 微型核电池基本单元的电性能技术要求

序号	指标	一级	二级	三级
1	开路电压 V_{OC}（V）	≥2.0	≥1.5	≥1.0
2	短路电流密度 J_{SC}（nA/cm²）	≥20	≥10	≥5
3	填充因子 FF	≥0.75	≥0.65	≥0.55
4	能量转换效率 η （%）	≥8.0	≥5.0	≥3.0
5	质量能量密度 D_m（Wh/g）	≥2000	≥1000	≥500
6	体积功率密度 ρ_P（μW/cm³）	≥50	≥20	≥10
7	寿命期内功率衰减率 L（50 年设计寿命，%）	≤5	≤10	≤20

7.2 安全性能技术要求

微型核电池在正常工作与规定事故条件下，安全性能应符合下列要求：

a)表面剂量当量率：距电池外表面 10 cm 处，β+γ辐射剂量当量率应不大于 0.5 μSv/h，距表面 1 m 处不大于 0.1 μSv/h；

b)表面污染：β放射性污染不超过 0.4 Bq/cm²，符合 GB 18871 的规定；

c)封装完整性：全封闭封装结构在加速老化试验后，气态放射性核素年泄漏率不大于密封源初始活度的 10^{-5}；

d)耐事故能力：电池在 1.5 m 跌落、5 MPa 静水压、200 ℃短时过温等规定事故工况下，应保持结构完整、无放射性物质外泄；

e)年有效剂量约束：正常使用条件下，对公众成员产生的年有效剂量应不大于 0.1 mSv，对职业人员应不大于 5 mSv，符合 GB 18871 剂量约束值要求。

7.3 环境适应性技术要求

微型核电池应能在规定环境条件下保持电性能与封装完整性，具体要求见表 3。

表 3 环境适应性技术要求

序号	试验项目	试验条件	判定要求
1	高温工作	+200 ℃，持续 24 h	电性能参数变化不超过初始值±10%
2	低温工作	-100 ℃，持续 24 h	电性能参数变化不超过初始值±10%
3	温度循环	-100℃～+200℃，10 次循环，转换时间≤3 min	无封装开裂，电性能变化≤±15%
4	恒定湿热	40 ℃/95 %RH，48 h（非工作态）	外观无锈蚀，绝缘电阻≥100 MΩ
5	正弦振动	10 Hz～500 Hz，2 g，3 轴向各 10 min	无结构松动、引线断裂
6	机械冲击	100 g，6 ms，半正弦，3 轴向各 3 次	封装完整，电性能变化≤±10%
7	真空环境	10^{-4} Pa，24 h（航天应用）	电性能无异常，无挥发物污染
8	静水压	5 MPa，24 h（深海应用）	封装完整，无渗漏

8 电性能评价方法

8.1 测量装置与仪器

电性能测试应使用以下装置：

a)电学测量系统：高精度源表（SMU），电压测量分辨率不低于 1 μV，电流测量分辨率不低于 1pA，输入阻抗不低于 10^{14} Ω（用于 V_{OC} 测量时）。源表、标准器件及接线方式应符合 GB/T 6495.1 对电流-电压特性测量装置的要求；

b)法拉第杯：用于β粒子注量率绝对测量，配合低本底电流计使用；

c)温度控制箱：温控范围-150 ℃～+250 ℃，温度均匀度±1 ℃，控温精度±0.5 ℃；

d)电磁屏蔽箱：屏蔽效能不低于 60 dB（100 kHz～1 GHz），内壁敷设低本底导电材料；

e)本底屏蔽腔：内衬 10 mm 以上低本底铅板与铜板，用于降低宇宙射线与天然本底对 pA 级电流测量的干扰。

8.2 测试条件

微型核电池电性能测试应在规定的环境条件、试样状态与设备状态下进行，以确保测试结果的一致性与可重复性。测试过程中应满足下列条件：

a)试样在测试前应在标准参考条件下（见附录 A）静置不少于 24 h；

b)测试前应使用无水乙醇与无尘布清洁电池引出端，避免接触电阻影响；

c)测试系统应在每次测量前使用标准电阻与标准电压源进行校准，量值溯源应符合 GB/T 6495.2 对标准器件校准溯源的要求；

d)测量时电池应处于自然散热状态，避免外加强制冷却或加热。

8.3 开路电压 V_{OC} 的测定

开路电压按 GB/T 6495.1 规定的方法测定。将电池正负极接入高阻抗电压表或源表的高阻抗电压测量模式，待读数稳定（变化率小于 0.1 %/min）后，连续记录不少于 60 s，取算术平均值作为 V_{OC} 测量值。测量过程中环境光照应小于 1 lx，避免光电干扰。

8.4 短路电流 I_{SC} 的测定

短路电流按 GB/T 6495.1 规定的方法测定。将电池正负极经低阻抗电流表短接，电流表内阻应小于电池内阻的 1%，待读数稳定后连续记录不少于 60 s，取算术平均值作为I_{SC}。同步测量电池有效换能面积A_{eff}，短路电流密度J_{SC}按式（1）计算：

$$J_{SC}=\frac{I_{SC}}{A_{eff}} \qquad \cdots\cdots（1）$$

注：式（1）为单位面积电流密度的通用折算式，折算原则与 GB/T 6495.1 对电流密度的处理方式一致。

8.5 伏安特性与最大输出功率的测定

伏安特性曲线（I-V 曲线）、最大输出功率P_{max}及填充因子 FF 按 GB/T 6495.1 规定的方法测定。通过可编程电子负载或源表，对电池施加连续扫描负载，覆盖从开路到短路的全区间；扫描步长应保证最大功率点附近至少采集 20 个数据点。同步记录电流-电压（I-V）曲线与功率-电压（P-V）曲线，P_{max}由 P-V 曲线峰值确定。填充因子按式（2）计算：

$$FF=\frac{P_{max}}{V_{OC}\times I_{SC}} \qquad \cdots\cdots（2）$$

注：式（2）为填充因子的通用定义式，与 GB/T 6495.1、GB/T 6495.3 中的处理方式一致。

8.6 能量转换效率 η 的测定

最大输出功率P_{max}按 GB/T 6495.1 规定的方法测定；效率计算原理参照 GB/T 6495.3 规定的能量转换效率测量原则，将入射光功率项替换为入射 β 粒子能流项。具体按以下步骤进行：

a)使用法拉第杯和低本底电流计实测到达换能器表面的 β 粒子注量率Φ_{β}；

b)所用放射源的 β 粒子平均能量$E_{\beta,avg}$按该放射源的核数据文件（如 ENSDF 衰变数据、IAEA 核数据手册）取值；

c)能量转换效率按式（3）计算：

$$\eta=\frac{P_{max}}{A_{eff}\times \Phi_{\beta}\times E_{\beta,avg}} \qquad \cdots\cdots（3）$$

注 1：式（3）为本文件确立的 β 伏特器件效率计算方法。目前 β 伏特器件效率测量尚无直接适用的国际标准或国家标准，本条公式结构参照 GB/T 6495.3 规定光伏效率测量原理构建，将入射光功率密度替换为 β 粒子能流密度（$\Phi_{\beta}\times E_{\beta,avg}$）。

注 2：对于碳-14、镍-63 等纯 β 源，Φ_{β}可采用液体闪烁计数法测定源活度，结合几何因子与自吸收修正计算得到。

8.7 质量能量密度与体积功率密度的测定

使用精度不低于 0.1 mg 的天平测量电池总质量 m，使用精度不低于 0.01 mm 的量具测量电池几何尺寸并计算有效体积 V。质量能量密度D_m与体积功率密度 ρP 分别按式（4）、式（5）计算：

$$D_m=\frac{\int_0^T P(t)\,dt}{m} \qquad \cdots\cdots（4）$$

$$FF=\frac{P_{max}}{V} \qquad \cdots\cdots（5）$$

式中：

T——设计寿命，单位为年；

$P(t)$——时刻 t 的输出功率，单位为瓦特（W）；

m——电池总质量，单位为克（g）；

P_{max}——电池最大输出功率，单位为瓦特（W）；

V——电池有效体积，单位为立方毫米（mm^3）。

注：微型核电池设计寿命长达数十年，GB/T 8897.2 对原电池能量密度以额定容量定义的处理方式不直接适用，式（4）、式（5）为本文件确立的定义式，概念上与 GB/T 8897.2 对电池电性能参数的规定相衔接。对于设计寿命超过评价周期的产品，可采用基于半衰期与实测功率衰减规律的积分外推法计算D_m，并在评价报告中明确标注所用外推模型。

9 安全性能评价方法

9.1 表面剂量当量率测量

使用经 JJG 1009 检定合格的便携式 β+γ 剂量当量率仪，在距电池外表面 10 cm 与 1 m 处各设置 3 个测点（正对源区、侧面、背面），每点连续测量不少于 60 s，取最大值作为判定依据。测量前应扣除本底剂量率。

9.2 表面污染测量

按 GB 18871 规定的方法，使用 α / β 表面污染仪对电池外表面进行擦拭法或直接法测量，擦拭法使用直径 25 mm 滤纸，测量面积不小于 100 cm²，分别记录 α 污染与 β 污染水平，与 GB 18871 限值比对。

9.3 封装完整性（泄漏率）测试

采用氦质谱检漏法或放射性示踪法进行：

a)氦质谱法：将电池置于氦压 1.0 MPa 环境中加压 2 h 后转移至氦质谱检漏仪，测得氦漏率 Q_{He}，按材料分子扩散系数换算为气态放射性核素泄漏率；

b)放射性示踪法：将电池浸入 20 ℃去离子水中静置 72 h，取样用液体闪烁计数器测量水样中碳-14 或氚的比活度，按密封源初始活度归一化计算年泄漏率。

9.4 耐事故能力试验

按以下顺序依次进行，每项试验后应立即测量电性能并检查封装完整性：

a)跌落试验：电池由 1.5 m 高度自由跌落至混凝土表面，三个正交方向各 1 次；

b)耐水压试验：电池置于加压容器中，施加 5 MPa 静水压并保持 24 h；

c)短时过温试验：电池置于 200 ℃恒温箱中保温 1 h，随后自然冷却至室温；

d)穿刺试验（可选，用于模块化产品）：使用直径 3 mm 钢针以 10 mm/min 速度穿刺电池封装层至穿透深度 3 mm，检查放射性外泄情况。

e)上述试验全部完成后，应复测表面剂量当量率与表面污染水平，确认仍满足 7.2 a)、b)要求。

10 环境适应性与寿命评价方法

10.1 环境适应性试验

按表 2 规定的条件，依次开展各项环境试验，其中低温试验按 GB/T 2423.1 执行，高温试验按 GB/T 2423.2 执行，冲击试验按 GB/T 2423.5 执行，振动试验按 GB/T 2423.10 执行，温度变化试验按 GB/T 2423.22 执行。每项试验后立即恢复至标准参考条件并静置 2 h，然后测量 V_{OC}、I_{SC}、P_{max} 三项电性能参数，按表 2 判定要求进行符合性判定。

注：高低温工作试验应使用温度控制箱，电池在箱内达到设定温度后保温 30 min 再进行电性能测量，测量应在温度稳定窗口内完成。

10.2 加速老化试验与寿命预测

加速老化试验的高温应力加载方法按 GB/T 2423.2 规定执行，加速因子按式（6）阿伦尼乌斯模型计算：

$$AF=exp[\frac{E_a}{k}\times\left(\frac{1}{T_{use}}-\frac{1}{T_{stress}}\right)] \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots（6）$$

式中：

AF——加速因子；

E_a——主导退化机制的激活能，对宽禁带半导体器件通常取 0.7eV；

k——玻尔兹曼常数，8.617×10^{-5}eV/K；

T_{use}、T_{stress}——使用温度与加速应力温度，单位为 K。

注：式（6）为可靠性加速试验领域通行的阿伦尼乌斯加速模型，其应力加载方法由 GB/T 2423.2 规定，模型参数取值为本文件确立的适用于宽禁带半导体换能器件的加速老化计算方法。推荐加速应力温度为 150 ℃、200 ℃两档，试验周期不少于 1000 h。试验过程中每隔 168 h 测量一次 P_{max}，建立功率-时间退化曲线。

10.3 寿命预测模型

对加速老化数据与实时监测数据进行拟合，常用模型包括：

a)指数衰减模型：$P(t)=P_0\cdot\exp(-\lambda\cdot t)$，适用于以载流子损伤为主的退化机制；

b)幂律模型：$P(t)=P_0\cdot(1-\alpha\cdot t_{\beta})$，适用于以半导体界面态累积为主的退化机制；

c)复合模型：考虑 β 源自然衰变（指数规律）与器件老化效应的乘积形式；

d）公式计算：寿命期内功率衰减率 L 按式（7）计算：

$$L=\left(1-\frac{P(T_{design})}{P_0}\right)\times 100\ \% \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots（7）$$

式中：

$P(T_{design})$——由所选模型外推得到的设计寿命时刻输出功率，单位为瓦特（W）；

T_{design}——设计寿命，单位为年；

P_0——初始最大输出功率，单位为瓦特（W）。

注 1：式（7）为本文件确立的寿命衰减率定义式，无直接适用的上位标准。

注 2：对于碳-14 放射源产品，由于半衰期长达 5730 年，放射源本身衰变对 50 年设计寿命内功率的影响小于 0.6%，寿命预测应以器件老化项为主导。

11 评价报告

11.1 报告基本要求

评价报告应满足以下基本要求：

a)报告应采用书面形式，可附电子版本，电子版本应采取防篡改措施；

b)报告内容应完整、准确、客观，数据应与原始记录一致，修改处应签注；

c)报告应由评价人、审核人、批准人三级签字，并加盖评价机构公章或评价专用章；

d)报告涉及测量结果时，应按 JJF 1059.1 给出扩展不确定度与包含因子；

e)对本文件方法的任何偏离，应在报告中明示并说明理由。

11.2 报告内容

评价报告宜包括以下内容：

a)基本信息：委托方名称、评价机构名称、报告编号、报告日期、样品收样日期与评价日期；

b)样品描述：产品型号与代号、放射源种类与标称活度、换能器材料与结构、封装类型、几何尺寸、质量、设计寿命、产品照片；

c)测试条件：标准参考条件及其偏离说明、所用仪器设备名称、型号、编号及检定/校准证书信息、测试场所辐射安全许可信息；

d)评价依据：本文件名称与版本号，以及所引用的其他标准文件；

e)评价方法：所采用的试验方法、加速老化模型、寿命外推模型及适用性说明；

f)评价结果：

——电性能参数（V_{OC}、I_{SC}、J_{SC}、P_{max}、FF、η、D_m、ρ_P）实测值及按表 2 的等级判定；

——安全性能参数（表面剂量当量率、表面污染水平、泄漏率）实测值及按 7.2 的符合性判定；

——环境适应性试验前后电性能对比及按表 2 的符合性判定；

——寿命预测结果（衰减率 L 及预测依据）；

g)不确定度声明：各测量项目的扩展不确定度、包含因子及主要不确定度来源；

h)附图附表：V-I 曲线、P-V 曲线、加速老化退化曲线、环境试验前后电性能对比表；

i)结论：产品等级判定、符合性结论及适用范围建议；

j)签字与盖章：评价人、审核人、批准人签字及评价机构盖章。

11.3 报告的保存与追溯

评价机构应将评价报告连同原始记录、仪器校准证书副本一并归档，保存期限不少于产品性能设计寿命，且不少于 10 年。归档资料应支持对任一评价结果的完整追溯与复核。

附 录 A
（规范性）
标准参考条件与测量不确定度评定

A.1 标准参考条件

电性能测试的标准参考条件为：环境温度 23 ℃±2 ℃，相对湿度 45%～75%，大气压 86 kPa～106 kPa，无强迫对流，环境光照小于 1 lx，环境电磁场强度小于 1 V/m（10 kHz～1 GHz），环境γ剂量率小于 0.2 μSv/h。

A.2 测量不确定度评定

各测量项目应按 JJF 1059.1 进行不确定度评定，并按扩展不确定度（k=2）报告。主要分量的典型贡献为：

表 A.1 不确定度评定参考值

项目	主要不确定度来源	典型扩展不确定度（k=2）
V_{OC}	源表电压准确度、温漂	≤0.5%
I_{SC}	源表电流准确度、漏电流	≤1.5%
P_{max}	负载扫描分辨率	≤2.0%
FF	V-I 曲线拟合误差	≤2.5%
η	β粒子注量率、源谱平均能量	≤8%
R_s	剂量仪校准因子、几何偏差	≤15%

T/CEATEC XXX—XXXX

中 华 人 民 共 和 国
团 体 标 准
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
T/CEATEC XXXX－XXXX
*
中国欧洲经济技术合作协会
网址 https://www.ceatec.org.cn/
*
开本 880×1230 1/16 印张 1.5 字数 XXX 千字
2026 年 X 月第一版 2026 年 X 月第一次印刷
*
如有印装差错 由中国欧洲经济技术合作协会调换
版权专有 侵权必究
举报电话：010-64516951

T/CEATEC XXX—2026