

团 体 标 准

T/BYXT 160-2025

稀土核能乘用车电池

Rare earth nuclear energy passenger car battery

(征求意见稿)

2025-XX-XX 发布

2025-XX-XX 实施

包头市白云鄂博矿区市场监督管理局
包头市白云鄂博矿区工信和科技局 发布
包头市白云鄂博矿区稀土产业标准化协会

目 次

前 言 I

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

 3.1 1

 3.2 1

 3.3 1

4 技术要求 1

 4.1 核心组件 1

 4.2 性能指标 2

 4.3 安全要求 2

5 试验方法 2

 5.1 能量转换效率测试 2

 5.2 极端环境试验 2

 5.3 机械滥用测试 2

6 检验规则 2

 6.1 出厂检验 2

 6.2 型式检验 2

7 包装、标志、运输 2

 7.1 标志 2

 7.2 包装 2

 7.3 运输 3

附录 A（规范性附录） 4

编码规则 4

附录 B（资料性附录） 5

分子级耦合验证方法 5

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。

本文件由包头市稀谷科技有限公司提出。

本文件由包头市白云鄂博矿区稀土产业标准化协会归口。

本文件起草单位：……。

本文件主要起草人为：……。

本文件为首次发布。

稀土核能乘用车电池

1 范围

本标准规定了稀土核能乘用车电池的术语定义、技术要求、试验方法、检验规则、标志/包装/运输/储存及安全规范。

适用于以镅-243、镍-63 等放射性同位素为核心，采用稀土荧光材料（如 Tb^{3+} 、 Eu^{3+} 掺杂体系）与钙钛矿光伏层实现能量转换的乘用车动力电池系统，包括电池单体、模块及包组。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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 31467.1 电动汽车用锂离子动力蓄电池包和系统 第1部分：高功率应用测试规程

GB/T 34014 汽车动力蓄电池编码规则

GB/T 36980-2018 电动汽车能量消耗量限值

IAEA SSR-6 放射性物质安全运输条例

T/CREIS 34004-2022 纯电动客车用电容型镍氢动力电池

3 术语和定义

下列术语和定义中的内容适用于本文件。

3.1

稀土核能电池 Rare earth nuclear energy battery

以放射性同位素（Am-243/Ni-63）为能量源，通过稀土荧光材料（ $Tb_2(C_{12}O_{12}) \cdot (H_2O)_8 \cdot 2H_2O$ 等）与钙钛矿光伏层实现三级能量转换的乘用车动力电池系统。

3.2

分子级耦合 Molecular level coupling

Am^{3+} 与 Tb^{3+} 通过离子半径匹配（0.98Å）形成的晶格共掺杂结构，键长误差 $\leq 0.3\%$ 。

3.3

余热回收效率 Efficiency of waste heat recovery

热电层（ $Bi_2Te_3-La_2O_3$ ）在温差 150℃ 条件下的电能转换率 $\geq 12\%$ 。

4 技术要求

4.1 核心组件

同位素层：镅-243 活度 10-50mCi，镍-63 活度 $\leq 100mCi$ ，封装于 Y-Al 合金包壳（厚度 1-5mm）；
能量转换层：铽基荧光陶瓷量子效率 $\geq 92\%$ ，钙钛矿光伏薄膜（ $CH_3NH_3PbI_3$ ）光电转换效率 $\geq 28\%$ ；
防护层： $Gd_2O_3-B_4C$ 复合材料中子吸收截面 $\geq 10^5$ barn，表面辐射剂量 $\leq 1 \mu Sv/h$ 。

4.2 性能指标

能量密度： $\geq 2300\text{Wh/kg}$ （ -60°C 下容量保持率 $\geq 80\%$ ）；
寿命：设计使用寿命 ≥ 50 年（Am-243）或 ≥ 20 年（Ni-63）；
环境适应性：工作温度 $-60^{\circ}\text{C}\sim 200^{\circ}\text{C}$ ，功率波动 $\leq 5\%$ 。

4.3 安全要求

辐射安全：符合 ICRP 103 公众剂量限值，屏蔽层需通过针刺/枪击测试（无泄漏）；
热管理：余热回收系统确保表面温度 $\leq 80^{\circ}\text{C}$ ，紧急散热响应时间 $\leq 10\text{s}$ 。

5 试验方法

5.1 能量转换效率测试

荧光量子效率：采用积分球光谱仪（UV-2600）测试 520nm 发射峰强度；
光伏层效率：按 GB/T 36980 在 AM1.5 光照条件下测试。

5.2 极端环境试验

低温启动： -60°C 环境中冷启动时间 $\leq 2\text{s}$ （参照 MIL-STD-810G 振动标准）；
高温循环： 200°C 下持续 1000 小时，容量衰减 $\leq 2\%$ 。

5.3 机械滥用测试

碰撞测试：模拟 50km/h 正面碰撞，电池模块结构完整性 $\geq 95\%$ ；
挤压测试：施加 200kN 压力（参照 GB/T 31467.1），无泄漏或热失控。

6 检验规则

6.1 出厂检验

100%检测辐射剂量、开路电压及外观尺寸。

6.2 型式检验

每 3 年一次，涵盖寿命测试、极端环境性能及安全项目。

7 包装、标志、运输

7.1 标志

电池外壳需标注放射性标志、制造商编码（按 GB/T 34014）及安全警示。

7.2 包装

防辐射铅复合箱体（厚度 $\geq 5\text{mm}$ ），内部填充 YH₂ 慢化剂。

7.3 运输

符合 IAEA SSR-6 的 A 型货包要求，公路运输时速 $\leq 80\text{km/h}$ 。

附录 A（规范性附录）

编码规则

编码结构：T/BYXT-2025-XXX-YYYYMMDD，其中 XXX 为制造商代码，YYYYMMDD 为生产日期；

数据载体：采用 GB/T 15425 规定的 128 条码，嵌入放射性活度、批次及测试数据

附录 B（资料性附录）

分子级耦合验证方法

XRD 分析：晶格参数 $a=12.3\text{\AA}$ ，晶格畸变率 $\leq 0.5\%$ ；

EXAFS 验证： Am^{3+} 与 Tb^{3+} 配位键长 $1.02\pm 0.03\text{\AA}$ 。