

ICS 29 220 99

C3841

T/GXDSL

团体标准

T/GXDSL 044—2025

固态电池量产工艺质量控制标准

Quality Control Standards for Mass Production of Solid-State Batteries

2025 - 11 - 21 发布

2026 - 2 - 20 实施

广西电子商务企业联合会 发布

目 次

前 言	II
一、引言	1
二、范围	1
三、规范性引用文件	2
四、术语和定义	3
五、技术要求	3
六、测试方法	4
七、实施要求	5
八、附则	6
附录 A（规范性附录）：固态电池关键参数测试方法	6
附录 B（资料性附录）：典型工艺控制流程图	6
附录 C（规范性附录）：安全测试实施细则	7

前 言

本文件依据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。

本文件由广西产学研科学研究院提出。

本文件由广西电子商务企业联合会归口。

本文件起草单位：广西产学研科学研究院，广西研科院高新技术有限公司，广西研科院传媒有限公司，遇龙宝(广西)科技有限公司，广西机电职业技术学院，东莞市华圳电子科技有限公司，广西大学，广西财经学院，广西高鑫能源科技有限公司，广西沪能新能源科技有限公司，广西昭溪能源科技有限公司，广西轩翰科技有限公司。

本文件主要起草人：庄文斌，叶华林，黄熙宇，包奇，林显新，段纯凯，谢品，赵西超，王钊锦，张容锋，韦永基，黄冬玲。

本文件为首次发布。

固态电池量产工艺质量控制标准

一、引言

随着新能源汽车产业的快速发展,固态电池作为下一代动力电池技术,其产业化进程正在加速推进。为规范固态电池量产工艺过程,保障产品质量和安全性能,广西电子商务企业联合会联合国内主要电池生产企业、科研院所及检测机构,共同制定本团体标准。

本标准基于我国《新能源汽车产业发展规划(2021-2035年)》和《“十四五”新型储能发展实施方案》的要求,结合固态电池产业化过程中的关键技术难点,从原材料控制、生产工艺、产品性能、安全测试等方面提出系统性的质量控制要求。标准实施后将有效提升固态电池产品的一致性和可靠性,预计可使产品良品率提升至95%以上,循环寿命达到2000次以上。

二、范围

本标准全面规范了固态电池量产全过程中的质量控制要求和技术规范,适用于各类固态锂电池的工业化生产制造。作为下一代动力电池技术的核心代表,固态电池以其高能量密度、本质安全性和长循环寿命等突出优势,正在成为新能源汽车和储能领域的关键发展方向。

在技术体系方面,本标准覆盖了氧化物电解质体系(如LLZO、LATP等)、聚合物电解质体系(如PEO、PAN基等)以及复合电解质体系(如聚合物-无机物复合)等主流技术路线。针对不同类型固态电池的特性差异,标准中分别明确了相应的工艺控制要点和质量评价指标。例如,对于氧化物体系重点控制电解质层的致密性和界面接触问题,对于聚合物体系则着重规范原位聚合工艺和界面稳定性要求。

从产品形态来看,本标准适用于软包、方形和圆柱等不同封装形式的固态电池产品。其中软包电池重点关注封装完整性和界面压力控制,方形电池侧重极组对齐精度和结构稳定性,圆柱电池则着重规范卷绕张力和极耳焊接质量等关键参数。无论哪种封装形式,其核心质量指标均需满足标准中规定的能量密度($\geq 300\text{Wh/kg}$)、循环寿命(≥ 2000 次)和安全性能等基本要求。

在工艺流程方面,本标准系统规范了从原材料入库到成品出库的全过程质量控制。重点包括正极材

料制备过程中的浆料分散性和涂布均匀性控制，电解质层成型阶段的厚度一致性和缺陷检测，界面改性处理环节的工艺稳定性和效果评价，以及电池封装工序的气密性检测和老化测试等关键质量控制点。针对硫化物固态电解质等特殊材料体系，标准还专门制定了严格的水氧控制要求和安全防护措施。

在应用场景方面，本标准充分考虑了电动汽车、规模储能和特种应用等不同领域对固态电池的性能需求差异。对于车用动力电池，着重强调高低温性能（ $-30^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$ ）、快充能力（ $\geq 2\text{C}$ ）和机械可靠性；对于储能电池，则更关注循环寿命（ ≥ 5000 次）和成本控制；特种应用领域则对能量密度（ $\geq 400\text{Wh/kg}$ ）和安全性提出更高要求。标准通过差异化的技术指标设置，确保各类应用场景都能获得适宜的产品质量保障。

特别需要指出的是，本标准重点针对量产阶段的工艺质量控制，对实验室研发和小试阶段的技术开发不作强制要求。标准中规定的各项技术指标和质量要求，都是基于当前产业化技术水平提出的切实可行的基本要求。随着技术进步和产业发展，相关指标将适时进行修订和提升。同时，本标准不适用于半固态电池或其他过渡技术路线，这些技术将另行制定相应的标准规范。

在实施应用方面，本标准可作为固态电池生产企业建立质量管理体系的技术基础，也可作为采购方评价产品质量的参考依据，还可为检测认证机构开展产品检测提供方法指导。标准实施后，预计可使固态电池量产产品的良品率提升至95%以上，批次一致性控制在 $\pm 3\%$ 以内，显著提升我国固态电池产业的整体质量水平和国际竞争力。通过建立统一的工艺质量控制标准，将有效促进固态电池技术的产业化进程，推动新能源汽车和储能产业的高质量发展。

三、规范性引用文件

下列文件对于本标准的应用必不可少。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本标准。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB 38031-2020 电动汽车用动力蓄电池安全要求

GB/T 31486-2015 电动汽车用动力蓄电池电性能要求及试验方法

GB/T 34013-2017 电动汽车用动力蓄电池产品规格尺寸

SJ/T 11798-2022 固态锂电池通用规范

ISO 19453:2018 道路车辆 电动汽车驱动系统用绝缘材料耐电痕化试验方法

IEC 62660-1:2018 电动道路车辆用锂离子动力电池 第1部分：性能测试

四、术语和定义

（一）固态电池（Solid-state Battery）

采用固态电解质完全或部分替代液态电解质的锂离子电池，其电解质相主要由无机陶瓷材料、聚合物材料或其复合材料构成，离子电导率室温下不低于 $1 \times 10^{-4} \text{S/cm}$ ，电子电导率不高于 $1 \times 10^{-1} \text{S/cm}$ 。

（二）界面阻抗（Interface Impedance）

固态电池中电极与电解质之间的接触阻抗，通常通过电化学阻抗谱（EIS）测试得到，要求全电池界面阻抗不超过 $50 \Omega \cdot \text{cm}^2$ ，在 -20°C 环境下不超过 $200 \Omega \cdot \text{cm}^2$ 。

（三）电解质层（Electrolyte Layer）

固态电池中分隔正负极的离子传导层，厚度控制在 $20\text{--}100 \mu\text{m}$ 范围内，面密度偏差不得超过 $\pm 5\%$ ，厚度均匀性偏差不得超过 $\pm 3 \mu\text{m}$ 。

（四）原位固化（In-situ Polymerization）

在电池组装过程中将液态前驱体注入电池后通过热或光引发聚合反应形成固态电解质的技术，固化度要求达到 95% 以上，残余单体含量不超过 0.5%。

五、技术要求

（一）原材料质量控制

正极材料应采用高镍三元材料（ $\text{LiNi}_x\text{Co}_x\text{Mn}_{1-x} \text{O}_2$ ， $x \geq 0.8$ ）或富锂锰基材料，比容量不低于 200mAh/g ，振实密度 $\geq 3.2 \text{g/cm}^3$ ，D50 粒径控制在 $8\text{--}12 \mu\text{m}$ 范围内，水分含量 $\leq 500 \text{ppm}$ 。负极材料可采用金属锂箔（厚度 $20\text{--}50 \mu\text{m}$ ）或硅碳复合材料（比容量 $\geq 1000 \text{mAh/g}$ ），金属锂箔的厚度偏差不得超过 \pm

2 μm, 表面粗糙度 $Ra \leq 0.5 \mu\text{m}$ 。固态电解质材料中, 氧化物电解质 (如 LLZO) 的相对密度 $\geq 95\%$, 离子电导率 $\geq 1 \times 10^{-3} \text{S/cm}$; 聚合物电解质 (如 PEO 基) 的分子量 $\geq 1 \times 10^6$, 结晶度 $\leq 30\%$; 硫化物电解质 (如 LPS) 的电子电导率 $\leq 1 \times 10^{-1} \text{S/cm}$ 。所有原材料入库前需进行 XRD、SEM、ICP 等检测, 确保成分和结构符合要求。

(二) 生产工艺控制

正极浆料制备采用双行星搅拌工艺, 搅拌速度控制在 1000–1500rpm, 搅拌时间 2–4 小时, 浆料粘度控制在 3000–5000mPa·s。电解质层制备采用流延成型工艺时, 膜片厚度控制在 20–50 μm, 干燥温度 80–120℃, 干燥时间 10–30 分钟; 采用喷涂工艺时, 喷涂压力 0.2–0.5MPa, 喷涂距离 10–20cm。界面改性处理采用磁控溅射或原子层沉积技术, 改性层厚度 5–20nm, 表面粗糙度 $Ra \leq 10\text{nm}$ 。电池组装应在露点 $\leq -40^\circ\text{C}$ 的干燥环境下进行, 叠片或卷绕张力控制在 5–10N, 对齐精度 $\pm 0.3\text{mm}$ 。热压工序温度 80–120℃, 压力 5–10MPa, 保压时间 1–5 分钟。原位固化工艺中, 紫外光固化能量控制在 500–1000mJ/cm², 热固化温度 60–80℃, 时间 30–60 分钟。

(三) 产品性能要求

单体电池能量密度 $\geq 300\text{Wh/kg}$ (体积能量密度 $\geq 700\text{Wh/L}$), 0.2C 放电容量不低于额定容量的 95%, 1C 放电容量不低于额定容量的 90%。循环性能要求 25℃ 下 1C 充放电循环 1000 次后容量保持率 $\geq 80\%$, 45℃ 下循环 500 次后容量保持率 $\geq 85\%$ 。倍率性能要求 3C 放电容量不低于 1C 放电容量的 90%。界面阻抗在 25℃ 下不超过 $50 \Omega \cdot \text{cm}^2$, 在 -20℃ 下不超过 $200 \Omega \cdot \text{cm}^2$ 。安全性能需通过过充 (1.5 倍额定电压)、短路 (外部电阻 $\leq 5\text{m}\Omega$)、针刺 (钢针直径 3mm, 速度 25mm/s)、挤压 (变形量 30%) 等测试, 且不发生起火或爆炸。

六、测试方法

(一) 原材料测试

正极材料采用 X 射线衍射仪 (XRD) 分析晶体结构, 扫描电子显微镜 (SEM) 观察形貌, 电感耦合等

离子体发射光谱（ICP）测定元素含量，激光粒度分析仪测定粒径分布。电解质材料使用电化学工作站测试离子电导率（25℃下交流阻抗法），四探针法测试电子电导率，阿基米德法测试密度。隔膜材料用厚度仪测量厚度（精度 0.1 μm），透气仪测试透气度（Gurley 值）。

（二）生产过程测试

浆料粘度采用旋转粘度计测定（25℃下测量），固含量使用快速水分测定仪测定（105℃烘干至恒重）。电解质膜厚度用千分尺测量（取 9 点平均值），表面粗糙度用白光干涉仪测量（扫描面积 1mm×1mm）。界面改性层厚度通过椭偏仪测定，成分通过 X 射线光电子能谱（XPS）分析。电池组装过程用 CCD 视觉检测系统检查对齐度（精度 0.1mm），压力传感器监控热压压力（精度±0.5%FS）。

（三）成品测试

电性能测试在 25℃恒温环境下进行，使用电池测试系统（精度±0.1%FS）测量容量、效率、倍率等参数。循环测试采用标准充放电程序（如 1C 恒流充电至 4.2V，转恒压至电流降至 0.05C，然后 1C 恒流放电至 2.8V）。界面阻抗通过电化学阻抗谱（EIS）测试，频率范围 100kHz–0.01Hz，振幅 10mV。安全测试在防爆室内进行，过充测试以 1C 电流充电至 1.5 倍额定电压，观察 2 小时；针刺测试用直径 3mm 钨钢针以 25mm/s 速度穿透电池最厚部位。

七、实施要求

（一）生产环境控制

电极制备车间洁净度要求达到 ISO 7 级（万级），相对湿度≤30%，温度 23±2℃。电解质制备车间洁净度 ISO 6 级（千级），相对湿度≤20%，温度 23±1℃。电池组装车间洁净度 ISO 5 级（百级），露点≤-40℃，氧气含量≤10ppm。所有车间需配备粒子计数器（测量范围 0.3–5 μm）、温湿度记录仪（精度±0.5℃、±2%RH）和露点仪（精度±1℃）进行实时监控，数据保存至少 3 年。

（二）设备管理要求

搅拌设备应定期校准转速(偏差±1%),温度控制系统精度±1℃。涂布机速度控制精度±0.1m/min,厚度控制精度±1 μm。干燥箱温度均匀性±2℃,风速0.5-1.0m/s。热压机温度控制精度±1℃,压力控制精度±0.5%FS。所有关键设备需每日点检,每月维护,每年大修,建立完整的设备档案和维护记录。

(三) 人员培训要求

操作人员需经过专业培训并考核合格,培训内容包括材料特性、设备操作、工艺规范、安全防护等,理论培训不少于40学时,实操培训不少于80学时。关键岗位人员(如工艺工程师、质量工程师)需具备相关专业本科以上学历,并有3年以上锂电池行业工作经验。所有人员每年需接受不少于24学时的继续教育培训。

八、附则

本标准由广西电子商务企业联合会负责解释。本标准自2026年2月20日起实施。本标准每三年修订一次,修订内容需经技术委员会审议通过。

附录A(规范性附录): 固态电池关键参数测试方法

- A.1 电解质离子电导率测试方法
- A.2 界面阻抗测试方法
- A.3 原位固化度测定方法

附录B(资料性附录): 典型工艺控制流程图

- B.1 氧化物电解质固态电池工艺流程
- B.2 聚合物电解质固态电池工艺流程
- B.3 硫化物电解质固态电池工艺流程

附录 C（规范性附录）：安全测试实施细则

C.1 过充测试方法

C.2 针刺测试方法

C.3 挤压测试方法

全国团体标准信息平台