

# T/CMEEEA

团 体 标 准

T/CMEEEA XXXX—2026

## 固态电池锂金属负极材料质量规范

Quality specification for lithium metal anode material in solid-state batteries

(征求意见稿)

2026 - XX - XX 发布

2026 - XX - XX 实施

中国机电设备工程协会 发布

## 目 次

前 言 .....	II
1 范围 .....	3
2 规范性引用文件 .....	3
3 术语和定义 .....	3
4 工作要求 .....	4
4.1 生产环境要求 .....	4
4.2 原材料要求 .....	4
4.3 生产过程控制要求 .....	4
5 技术要求与杂质要求 .....	4
5.1 技术要求 .....	4
5.2 杂质元素含量限量 .....	5
6 试验方法 .....	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。

本文件由天津中能锂业有限公司提出。

本文件由中国机电设备工程协会归口。

本文件起草单位：天津中能锂业有限公司、北京中研华采技术服务有限公司、北京六只猫创意科技有限公司、北京彬诚科技有限公司、北京骏宇汽车科技有限公司。

本文件主要起草人：黄银霞、乐志斌、夏卫彬、杨笛、朱军。

# 固态电池锂金属负极材料质量规范

## 1 范围

本文件规定了固态电池用锂金属负极材料（以下简称“锂金属负极材料”）的工作要求、技术要求与杂质要求、试验方法。

本文件适用于采用物理轧制、气相沉积等工艺制备的，用于固态锂离子电池、全固态锂金属电池等固态电池的锂金属负极材料。其他类型固态电池用锂金属负极材料可参照本文件执行。

## 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 223.4 钢铁及合金 锰含量的测定 电位滴定或可视滴定法
- GB/T 223.5 钢铁 酸溶硅和全硅含量的测定 还原型硅钼酸盐分光光度法
- GB/T 223.11 钢铁及合金 铬含量的测定 滴定法和分光光度法
- GB/T 223.12 钢铁及合金化学分析方法 碳酸钠分离-二苯碳酰二肼光度法测定铬量
- GB/T 223.71 钢铁及合金化学分析方法 管式炉内燃烧后重量法测定碳含量
- GB/T 1031 产品几何技术规范（GPS） 表面结构 轮廓法 表面粗糙度参数及其数值
- GB/T 1040.3 塑料 拉伸性能的测定 第3部分：薄膜和薄片的试验条件
- 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 4372.1 直接法氧化锌化学分析方法 第1部分：氧化锌量的测定 Na<sub>2</sub>EDTA滴定法
- GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定
- GB/T 14849.1 工业硅化学分析方法 第1部分：铁含量的测定
- GB/T 25915.1 洁净室及相关受控环境 第1部分：按粒子浓度划分空气洁净度等级
- GB/T 31484 电动汽车用动力蓄电池循环寿命要求及试验方法
- SJ/T 11723 锂离子电池用电解液
- YS/T 568.1 氧化锆、氧化钪化学分析方法 氧化锆和氧化钪含量的测定 苦杏仁酸重量法

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**固态电池锂金属负极材料** solid-state battery lithium metal anode material

金属锂为主要成分，经特定工艺制备，用于固态电池中承担锂离子脱嵌和电子传导功能的负极材料。

### 3.2

**纯度** purity

锂金属负极材料中锂元素的质量分数，不包含杂质元素的质量占比。

### 3.3

**面密度** surface density

单位面积锂金属负极材料的质量，单位为 g/m<sup>2</sup>。

### 3.4

**厚度均匀性** thickness uniformity

同一批次锂金属负极材料不同位置厚度的差异程度，用厚度极差与平均厚度的比值表示。

## 3.5

**充放电循环稳定性 charge-discharge cycle stability**

锂金属负极材料在规定的充放电条件下，经过多次循环后保持其电化学性能的能力，用循环特定次数后的容量保持率表示。

## 3.6

**杂质含量 impurity content**

锂金属负极材料中除锂以外的其他元素（如铁、铜、硅、碳、锰、铬、锌、铝、锆等）的质量分数。

## 4 工作要求

## 4.1 生产环境要求

锂金属负极材料的生产应在洁净车间内进行，洁净度等级不低于 GB/T 25915.1 规定的 ISO 8 级。车间内温度应控制在  $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度不大于 30%，避免锂金属与水、氧气发生反应。生产过程中应采用惰性气体（如氩气，纯度不低于 99.999%）保护，惰性气体露点不高于  $-60^{\circ}\text{C}$ 。

## 4.2 原材料要求

生产锂金属负极材料所用的金属锂原料纯度应不低于 99.99%（质量分数），其杂质含量应符合表 1 的规定。其他辅助原材料（如惰性气体、轧制油等）应符合相关国家标准或行业标准的要求，且不得对锂金属负极材料的质量产生负面影响。

表1 原材料杂质含量

杂质元素	铁	铜	硅	碳	锰	铬	锌	铝	锆	其他单个杂质	总杂质
最大允许含量	0.002	0.001	0.002	0.003	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.01

## 4.3 生产过程控制要求

生产过程控制要求应符合下列规定。

a) 原料预处理：金属锂原料在投入生产前，应进行表面清理，去除表面氧化层及油污，清理过程应在惰性气体保护下进行，避免二次污染。

b) 轧制工艺：采用轧制工艺制备锂金属负极材料时，轧制温度应控制在  $25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ ，轧制速度为  $0.5\text{m}/\text{min} \sim 2\text{m}/\text{min}$ ，轧制压力根据目标厚度调整，压力波动范围不超过  $\pm 5\%$ 。每道次轧制厚度减薄量不超过 30%，避免锂金属出现裂纹、分层等缺陷。

c) 气相沉积工艺：采用气相沉积工艺制备时，沉积温度应控制在  $300^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$ ，沉积压力为  $1\text{Pa} \sim 10\text{Pa}$ ，氩气流量为  $50\text{sccm} \sim 200\text{sccm}$ ，沉积速率为  $0.1\mu\text{m}/\text{min} \sim 1\mu\text{m}/\text{min}$ ，确保沉积层厚度均匀、致密。

d) 裁切工序：成品裁切时，裁切尺寸公差应符合  $\pm 0.5\text{mm}$  的要求，裁切边缘应平整、无毛刺，毛刺高度不超过  $0.1\text{mm}$ 。

e) 质量监控：生产过程中应每 2 小时对产品的厚度、面密度进行抽样检测，每批次产品应对杂质含量、电化学性能进行全项检测，检测结果应记录存档，存档期限不少于 3 年。

## 5 技术要求与杂质要求

## 5.1 技术要求

锂金属负极材料的技术要求应符合表 2 的规定，数值修约按 GB/T 8170 的规定执行。

表2 技术要求

项目	指标要求	备注
主成分含量	$\geq 99.98\%$	锂元素质量分数
杂质含量(质量分数)	-	具体指标见表 3
厚度均匀性	$\leq 3\%$	同一试样不同位置测量 10 点，计算极差/平均值 $\times 100\%$
面密度	$4.3\text{g}/\text{m}^2 \sim 43.0\text{g}/\text{m}^2$	对应厚度(5~50) $\mu\text{m}$ ，锂密度按 $0.534\text{g}/\text{cm}^3$ 计算
面密度均匀性	$\leq 3\%$	同一试样不同位置测量 10 点，计算极差/平均值 $\times 100\%$

表面粗糙度 (Ra)	$\leq 0.5 \mu\text{m}$	采用原子力显微镜测量, 测量范围 $10 \mu\text{m} \times 10 \mu\text{m}$
充放电循环稳定性	$\geq 85\%$	25℃下, 0.1C 充放电, 循环 100 次后容量保持率
首次库仑效率	$\geq 98\%$	25℃下, 0.05C 恒流充电至 4.2V, 再 0.05C 恒流放电至 2.0V
力学性能-拉伸强度	$\geq 7.5\text{MPa}$	拉伸速率 2mm/min, 试样尺寸按 GB/T 1040.3 规定
力学性能-延伸率	$\geq 150\%$	同拉伸强度测试条件
外观质量	表面平整、无裂纹、无气泡、无杂质斑点, 边缘无毛刺	目测, 观察距离 30cm, 光线充足 (照度 $\geq 500\text{lX}$ )

## 5.2 杂质元素含量限量

锂金属负极材料中各杂质元素的质量分数应符合表 3 的规定, 各杂质元素检测结果均不得超出表中对应的最大允许含量。

表3 锂金属负极材料杂质元素含量限量

杂质元素	铁	铜	硅	碳	锰	铬	锌	铝	锆	钙	镁	其他单个杂质	总杂质
最大允许含量	0.005	0.003	0.005	0.008	0.003	0.003	0.003	0.005	0.003	0.005	0.005	0.002	0.02

## 6 试验方法

锂金属负极材料各技术指标的试验方法应符合表 4 的规定。

表4 试验方法

试验项目	试验方法	执行标准	试验设备要求	试验注意事项
主成分含量 (锂)	采用差减法计算: 锂含量=100%-总杂质含量。总杂质含量为各杂质元素含量之和	GB/T 8170	各杂质元素检测所需设备	确保各杂质元素检测结果准确, 计算时保留 4 位小数
杂质含量	a) 铁: 1, 10-二氮杂菲分光光度法, 检测范围 0.0001%~0.01%; b) 铜: 新亚铜灵分光光度法, 检测范围 0.0001%~0.01%; c) 硅: 还原型硅钼酸盐分光光度法, 检测范围 0.0001%~0.01%; d) 碳: 重量法, 检测范围 0.001%~0.1%; e) 锰: 电位滴定法, 检测范围 0.0001%~0.01%; f) 铬: 电位滴定法, 检测范围 0.0001%~0.01%; g) 锌: 滴定法, 检测范围 0.0001%~0.01%; h) 铝: 分光光度法, 检测范围 0.0001%~0.01%; i) 锆: 苦杏仁酸重量法, 检测范围 0.0001%~0.01%; j) 其他杂质: 采用电感耦合等离子体发射光谱仪 (ICP-OES) 测定, 检测下限 0.0001%	GB/T 223. 71、 GB/T 223. 4、 GB/T 223. 5、 GB/T 223. 11、 GB/T 223. 12、 GB/T 4372. 1、 GB/T 14849. 1、 YS/T 568. 1	分光光度计 (精度 $\geq 0.001\text{A}$ )、 电位滴定仪 (精度 $\geq 0.01\text{mV}$ )、 电子天平 (精度 $\geq 0.1\text{mg}$ )、 ICP-OES (检测下限 $\leq 0.0001\%$ )、 马弗炉 (控温精度 $\pm 5^\circ\text{C}$ )	a) 样品前处理应在惰性气体保护下进行, 避免锂金属氧化; b) 所用试剂均为优级纯, 实验用水为超纯水 (电导率 $\leq 18.2\text{M}\Omega \cdot \text{cm}$ ); c) 每个样品平行测定 3 次, 取平均值作为检测结果, 相对偏差 $\leq 5\%$
厚度及厚度均匀性	a) 取样: 在同一试样上随机选取 10 个测量点, 点间距不小于 2cm, 边缘测量点距离边缘不小于 1cm; b) 测量: 采用螺旋测微器 (精度 $0.01 \mu\text{m}$ ) 或激光测厚仪 (精度 $0.01 \mu\text{m}$ ) 测量各点厚度; c) 计算: 厚度均匀性	SJ/T 11723	螺旋测微器 (量程 $0 \mu\text{m} \sim 25\text{mm}$ , 精度 $0.01 \mu\text{m}$ ) 或激光测厚仪 (量程 $0 \mu\text{m} \sim 100 \mu\text{m}$ , 精度 $0.01 \mu\text{m}$ )	a) 测量前应校准仪器, 校准用标准块精度不低于测量仪器精度的 1/3; b) 测量时避免施加过大压力, 防止样品变形; c) 每个测量点测量 3 次, 取平均值作为该点厚度
面密度及面密度均匀性	a) 取样: 在同一试样上按厚度测量点位置, 用精度 $0.01\text{mm}$ 的裁刀裁切 10 个 $10\text{cm} \times 10\text{cm}$ 的样品; b) 称重: 采用电子天平 (精度 $0.1\text{mg}$ ) 称量每个样品质量; c) 计算: 面密度、面密度均匀性	SJ/T 11723	电子天平 (量程 $0\text{g} \sim 200\text{g}$ , 精度 $0.1\text{mg}$ )、裁刀 (精度 $0.01\text{mm}$ )、直尺 (精度 $0.01\text{mm}$ )	a) 裁切样品时应保持边缘整齐, 避免样品损耗; b) 称重前应将样品放在惰性气体保护的干燥器中平衡 2h; c) 每个样品称重 3 次, 取平均值作为样品质量
表面粗糙度 (Ra)	a) 取样: 选取样品中间区域作为测量区域, 面积不小于 $10 \mu\text{m} \times 10 \mu\text{m}$ ; b) 测量: 采用原子力显微镜 (AFM), 以轻敲模	GB/T 1031	原子力显微镜 (分辨率 $\leq 0.1\text{nm}$ )	a) 样品表面应清洁, 无杂质污染; b) 测量前应校准 AFM 探针,

	式扫描, 扫描速率 0.5Hz~1Hz, 扫描点数 512×512; c) 数据处理: 采用仪器自带软件计算表面粗糙度 Ra 值, 每个样品测量 3 个不同区域, 取平均值			确保探针状态良好; c) 测量环境应无振动、无电磁干扰
充放电循环稳定性、首次库仑效率	a) 电池制备: 以锂金属负极材料为负极, LiFeP04 为正极, 固态电解质(如 Li6.4La3Zr1.4Ta0.6O12) 为电解质, 组装 CR2032 型扣式电池, 电池组装在惰性气体手套箱中进行; b) 充放电测试: 采用电池测试仪, 在 25℃ 恒温环境下, 首次库仑效率测试: 0.05C 恒流充电至 4.2V, 静置 10min, 再 0.05C 恒流放电至 2.0V, 计算首次库仑效率; 循环稳定性测试: 0.1C 充放电, 充电至 4.2V, 放电至 2.0V, 循环 100 次, 计算第 100 次放电容量与第 1 次放电容量的比值, 即为容量保持率	SJ/T 11723、 GB/T 31484	电池测试仪(电流精度±0.1%FS, 电压精度±0.01%FS)、惰性气体手套箱(水氧含量≤1ppm)、恒温箱(控温精度±0.5℃)	a) 电池组装过程中应避免短路、漏液等问题; b) 充放电前, 电池应在 25℃ 恒温环境下静置 24h; c) 每个测试项目至少制备 3 个平行电池, 取平均值作为测试结果, 相对偏差≤3%
力学性能 (拉伸强度、延伸率)	a) 取样: 按 GB/T 1040.3 规定, 制备哑铃型试样, 试样尺寸: 总长度 75mm, 标距长度 25mm, 标距宽度 6mm, 厚度为样品实际厚度; b) 测试: 采用电子万能试验机, 拉伸速率 2mm/min, 记录试样断裂时的最大拉力和断裂时的标距长度; c) 计算: 拉伸强度、延伸率	GB/T 1040.3	电子万能试验机(量程 0~500N, 力值精度±0.5%)、引伸计(精度±0.001mm)、裁刀(符合 GB/T 1040.3 要求)	a) 试样制备过程中应避免损伤样品, 边缘无毛刺; b) 测试前应校准试验机和引伸计; c) 每个力学性能指标至少测试 5 个平行试样, 去除异常值后取平均值, 相对偏差≤5%
外观质量	在照度≥500lx 的环境下, 目测样品表面及边缘, 观察距离 30cm, 观察时间不少于 10s, 检查是否存在裂纹、气泡、杂质斑点、毛刺等缺陷	GB/T 2423.1	标准光源箱(照度≥500lx)、直尺(精度 0.01mm)	a) 观察时应逐面、逐边缘进行, 避免遗漏; b) 对于疑似缺陷, 可借助放大镜(放大倍数 10 倍)进一步观察确认