



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 41232.2—2021/IEC/TS 62607-4-2:2016

---

## 纳米制造 关键控制特性 纳米储能 第2部分:纳米正极材料的密度测试

Nanomanufacturing—Key control characteristics—  
Nano-enabled electrical energy storage—Part 2: Density measurement of cathode  
nanomaterials

(IEC/TS 62607-4-2:2016, Nanomanufacturing—Key control characteristics—  
Part 4-2: Nano-enabled electrical energy storage—Physical characterization of  
cathode nanomaterials, density measurement, IDT)

2021-12-31 发布

2022-07-01 实施

---

国家市场监督管理总局 发布  
国家标准化管理委员会

# 目 次

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| 前言 .....                        | I  |
| 引言 .....                        | II |
| 1 范围 .....                      | 1  |
| 2 规范性引用文件 .....                 | 1  |
| 3 术语、定义和缩略语 .....               | 1  |
| 3.1 术语和定义 .....                 | 1  |
| 3.2 缩略语 .....                   | 2  |
| 4 样品准备 .....                    | 2  |
| 4.1 筛分 .....                    | 2  |
| 4.2 干燥 .....                    | 2  |
| 5 测试方法 .....                    | 2  |
| 5.1 压实密度 .....                  | 2  |
| 5.2 辊压密度 .....                  | 4  |
| 6 不确定度分析 .....                  | 5  |
| 附录 A (资料性) 实例分析 .....           | 6  |
| A.1 样品制备 .....                  | 6  |
| A.2 辊压密度样品制备实例分析 .....          | 10 |
| 参考文献 .....                      | 12 |
| <br>                            |    |
| 图 1 模具 .....                    | 3  |
| 图 2 压片机 .....                   | 3  |
| 图 A.1 压实密度测量模具三维示意图 .....       | 6  |
| 图 A.2 压实密度测量模具工程示意图 .....       | 7  |
| 图 A.3 辊压密度测量所用辊压机示意图 .....      | 8  |
| 图 A.4 样品 A 测试结果一致性分析 .....      | 9  |
| 图 A.5 样品 B 测试结果一致性分析 .....      | 9  |
| 图 A.6 辊压密度样品制备流程 .....          | 10 |
| 图 A.7 样品 C 测试结果一致性分析 .....      | 11 |
| <br>                            |    |
| 表 A.1 样品 A 的测试结果及测试方法的一致性 ..... | 8  |
| 表 A.2 样品 B 的测试结果及测试方法的一致性 ..... | 9  |
| 表 A.3 样品 C 的测试结果及测试方法的一致性 ..... | 11 |

## 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。

本文件是 GB/T 41232《纳米制造 关键控制特性 纳米储能》的第 2 部分。GB/T 41232 已经发布了以下部分：

——第 2 部分：纳米正极材料的密度测试。

本文件等同采用 IEC/TS 62607-4-2:2016 《纳米制造 关键控制特性 第 4-2 部分：纳米储能器件中纳米正极材料的密度测试》，文件类型由 IEC 的技术规范调整为我国的国家标准。

本文件做了下列最小限度的编辑性改动：

——为与现有标准化文件协调，将标准名称改为《纳米制造 关键控制特性 纳米储能 第 2 部分：纳米正极材料的密度测试》。

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。

本文件由中国科学院提出。

本文件由全国纳米技术标准化技术委员会(SAC/TC 279)归口。

本文件起草单位：深圳市德方纳米科技股份有限公司、国家纳米科学中心、重庆市计量质量检测研究院、深圳市标准技术研究院、佛山市德方纳米科技有限公司。

本文件主要起草人：孔令涌、葛广路、徐健、王远航、王益群、尚伟丽、孙言、邱志平、李意能。

## 引 言

与一般材料相比,纳米储能材料体现出了优越的性能,为了加快纳米储能这一新兴产业的健康发展,规范纳米储能材料性能测试方法成为业内亟需完成的工作。在这方面,国际电工委员会电工产品和系统纳米技术委员会(IEC/TC 113)已经发布了八项关于纳米储能材料性能测试的标准化文件,结合国内产业发展需要,拟对相关标准进行采标。GB/T 41232《纳米制造 关键控制特性 纳米储能》是指导纳米储能材料物理性能和化学性能测试的方法标准,拟由八个部分构成。

- 第1部分:纳米正极材料的电化学性能测试 两电极电池法。目的在于确立采用两电极电池法测试纳米正极材料电化学性能的相关规定。
- 第2部分:纳米正极材料的密度测试。目的在于确立测试纳米正极材料密度的相关规定。
- 第3部分:纳米材料接触电阻率和涂层电阻率的测试。目的在于确立测量纳米电极材料接触电阻率和涂层电阻率的相关规定。
- 第4部分:纳米材料的热性能测试 针刺法。目的在于确立采用针刺法测试纳米储能器件热失控水平的相关规定。
- 第5部分:纳米正极材料的电化学性能测试 三电极电池法。目的在于确立采用三电极电池法测试纳米正极材料电化学性能的相关规定。
- 第6部分:纳米电极材料中的碳含量测定 红外吸收法。目的在于确立采用红外光谱吸收法测定纳米电极材料碳含量的相关规定。
- 第7部分:纳米正极材料中磁性杂质的测定 ICP-OES法。目的在于确立使用电感耦合等离子体发射光谱仪(ICP-OES)测定纳米正极材料中磁性杂质的相关规定。
- 第8部分:纳米电极材料中水分含量的测定 卡尔·费休法。目的在于确立采用卡尔·费休库仑滴定法测定纳米电极材料中水分含量的相关规定。

与普通尺寸材料相比,纳米材料在力学、热学、磁学、光学和电化学等方面具有许多独特的性能。正极材料(如磷酸铁锂)的粒径减小至纳米尺寸,其电化学性能会极大地提高。例如,材料粒度越小,将缩短锂离子在其中嵌入/脱嵌的扩散路径。比表面积越大,将增加电极与电解液的接触面积,从而提高电流充/放电倍率。而且,颗粒表面会产生亚间隙带,使得电极的放电曲线更加平滑,有助于延长电极的循环寿命。

密度是纳米正极材料的关键控制特性之一,对电储能器件的性能有着重要的影响。合适的密度,电化学性能如高低温充/放电性能、充/放电倍率性能等将显著增强。

在纳米正极材料的诸多密度性能中,合适的压实密度会增加充电容量,降低内阻,降低极化效应,提高电储能器件的循环寿命和可用性。因此,电储能器件设计时选择最优压实密度显得尤为重要。如果压实密度太大或者太小,离子的嵌入与脱嵌都会受到影响。一般而言,压实密度与储能器件的比容量是正相关关系,是决定材料能量密度的关键参数之一。

辊压密度同样会影响纳米正极材料的电化学性能。辊压密度是涂覆混合浆料的质量与其体积的比值,它不仅可以用于评估体积能量密度,还可以为混合动力交通工具或者纯电动交通工具选择正极材料提供依据。

在评估纳米电储能器件时,这两种密度性能均需要考虑。两种密度性能的对比结果可用于判断纳米正极材料的一致性,这与储能器件的性能与安全息息相关。因此,对于使用者来说,制定一个用于比较不同供应商的纳米正极材料的密度测试标准十分必要。

本标准化方法仅适用于比较研究阶段纳米正极材料的性能,而不适用于评估终端产品中的电极材料。本方法适用于只有通过纳米技术才能展现出功能或性能的材料,有意地将其添加到活性材料中可量化或显著地改变电储能器件的性能。

# 纳米制造 关键控制特性 纳米储能

## 第 2 部分:纳米正极材料的密度测试

### 1 范围

本文件描述了一种测试电储能器件中粉末状纳米正极材料密度的方法。本文件包含术语和定义、样品制备的推荐方法、纳米正极材料性能测试的主要过程、数据分析与结果解释和实例分析等。

本文件适用于判断纳米正极材料的可用性及适用性。

### 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。

ISO/TS 80004-1 纳米科技 术语 第 1 部分:核心术语(Nanotechnologies—Vocabulary—Part 1:Core terms)

注:GB/T 30544.1—2014 纳米科技 术语 第 1 部分:核心术语(ISO/TS 80004-1:2010, IDT)。

### 3 术语、定义和缩略语

#### 3.1 术语和定义

ISO/TS 80004-1 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

##### 3.1.1

**纳米正极材料 cathode nanomaterial**

用于储能器件正极的纳米材料,该材料具有纳米功能或性能。

注:正极是一种包含铝集流体、碳涂层(必要时添加,可提高正极涂层的粘附力)和正极涂层的多层箔材。其中正极涂层包含活性相(例如含锂的混合氧化物或磷酸盐,如 LFP)、导电相(炭黑)和有机粘结剂(PVDF)。

##### 3.1.2

**压实密度 compacted density**

粉末样品在一定压力下压实后质量与其所占体积之比。

##### 3.1.3

**辊压密度 rolling density**

活性材料涂覆在基材上经辊压后质量与其所占体积之比。

##### 3.1.4

**模具 die**

在压实过程中用来装填粉末样品并使粉末成型的器具,一般采用具有一定硬度的材料制成(例如碳化钨)。

注:模具一般是圆柱形,包含两个用于压实的冲头,并且冲头是浮动型或悬挂在弹簧上,可以施加双向压力。