



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 41232.6—2024

## 纳米制造 关键控制特性 纳米储能 第6部分：纳米电极材料中的碳含量 测定 红外吸收法

Nanomanufacturing—Key control characteristics—Nano-enabled electrical energy storage—Part 6: Determination of carbon content for nano-enabled electrode materials—Infrared absorption method

(IEC TS 62607-4-6: 2018, Nanomanufacturing—Key control characteristics—Part 4-6: Nano-enabled electrical energy storage—Determination of carbon content for nano-enabled electrode materials, infrared absorption method, MOD)

2024-08-23 发布

2025-03-01 实施

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会 发布

## 目 次

前言 .....	III
引言 .....	IV
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 .....	1
4 试剂和材料 .....	2
4.1 分析气 .....	2
4.2 载气 .....	2
4.3 助熔剂 .....	2
4.4 有证标准物质 .....	2
5 仪器 .....	2
5.1 分析天平 .....	2
5.2 粉末压片机 .....	2
5.3 高频红外碳硫分析仪 .....	2
5.4 马弗炉 .....	3
5.5 坩埚 .....	3
5.6 干燥箱 .....	3
6 测试方法 .....	3
6.1 概述 .....	3
6.2 样品制备 .....	3
6.3 开机 .....	3
6.4 空白试验验证与测定 .....	3
6.5 检查和校准 .....	4
6.6 测试分析 .....	4
6.7 结果 .....	4
7 数据验证 .....	4
8 不确定度分析 .....	4
9 测试报告 .....	4
附录 A（资料性） 实例分析 .....	5
参考文献 .....	9

## 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6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；
- 第3部分：纳米材料接触电阻率和涂层电阻率的测试；
- 第6部分：纳米电极材料中的碳含量测定 红外吸收法。

本文件修改采用 IEC TS 62607-4-6：2018《纳米制造 关键控制特性 第4-6部分：纳米储能 纳米电极材料中的碳含量测定 红外吸收法》，文件类型由 IEC 的技术规范调整为我国的国家标准。

本文件与 IEC TS 62607-4-6：2018 相比做了下述结构调整：

- 增加了第8章，第9章对应 IEC TS 62607-4-6：2018 中的第8章。

本文件与 IEC TS 62607-4-6：2018 的技术差异及其原因如下：

- 用 ISO 80004-1 替换了 ISO/TS 80004-1：2010，以确保引用最新版本的文件（见第2章和3.1）；
- 增加了分析天平的分辨力，以明确分析天平的分辨力要求（见表1）；
- 增加了干燥箱的内容，以明确干燥箱的温度范围（见5.6和6.2.1）；
- 增加了不确定度分析的内容，以明确与测量纳米电极材料的碳含量有关的不确定度来源（见第8章）；
- 增加了测试报告应包含的内容，以明确测试对象、测试人员及日期、测试仪器及型号[见第9章中的a)～c)]。

本文件做了下列编辑性改动：

- 为与现有标准协调，将标准名称改为《纳米制造 关键控制特性 纳米储能 第6部分：纳米电极材料中的碳含量测定 红外吸收法》；
- 删除了缩略语“IR”；
- 增加了缩略语“LMFP”（见3.2）；
- 将测试仪器的参数进行了归类（见表1）。

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、宁波锋成先进能源材料研究院有限公司、佛山市德方纳米科技有限公司、深圳市标准技术研究院、山东精工电子科技股份有限公司、深圳市德方创域新能源科技有限公司、曲靖市德方纳米科技有限公司、清华大学深圳国际研究生院、中国计量大学、锂源（深圳）科学研究所有限公司。

本文件主要起草人：孔令涌、孙言、王远航、葛广路、高洁、王耀国、俞波、陈燕玉、樊阳波、金青青、邱志平、张敬捧、贾永鹏、周永辉、龚昊、陈心怡、李宝华、张淑琴、岳海峰。

## 引 言

与一般材料相比，纳米储能材料表现出了优越的性能，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8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方法的标准，拟由8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·费休库伦滴定法。目的在于确立采用卡尔·费休库伦滴定法测定纳米电极材料中水分含量的相关规定。

纳米储能技术已广泛应用于便携式电子设备、电动汽车和储能系统等领域。这些应用的持续快速发展对纳米储能器件的性能提出了更高的要求。电能储存器件的主要性能取决于电极材料。

纳米电极材料的碳含量是一个重要控制指标，碳含量会影响电极材料的性能和质量。碳作为导电剂，能提高粒子间的电子传导性能，因此合适的碳含量是必要的。一方面，当碳含量不足时，导电性能得不到有效改善，导致电池的内阻高、放电平台低或容量小，从而使得其倍率性能和循环寿命下降。但另一方面，碳含量过高则容易相互聚集且难以分散，会影响后续加工，因为过量的碳会降低活性物质的占比，影响电池的能量密度。

由于纳米电极材料的颗粒粒径较小、表观密度低，测试过程中，样品在炉膛内很容易被气体吹走，不仅影响碳含量的测定，而且可能污染测试系统。本文件通过特殊的制样方式——粉末压片，提供了一种应用于电能储存装置中的纳米电极材料碳含量的测定方法，用于评估纳米电极复合材料配方的最佳组合，避免样品损失的同时保护了仪器。依据该方法，能比较不同研究团队的结果。

本方法仅适用于比较研究阶段纳米电极材料中的碳含量，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能显著提高电储能器件的性能。

# 纳米制造 关键控制特性 纳米储能

## 第6部分：纳米电极材料中的碳含量测定 红外吸收法

### 1 范围

本文件描述了一种采用红外光谱吸收法测定纳米电极材料中碳含量的方法，包含样品制备、纳米电极材料性能测试的试验过程、数据分析与结果解释、实例分析。

本文件适用于质量分数为0.001%~100%的碳含量的检测，用于对纳米电极材料的判断，以及对纳米电极材料碳含量的选择。

### 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 41232.2—2021 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（IEC TS 62607-4-2；2016，IDT）

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

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 80004-1界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

##### 3.1.1

**纳米电极材料 electrode nanomaterial**

包含一部分具有纳米功能或性能的用于纳米储能器件的材料。

注1：如锂离子电池或超级电容器中的材料。

注2：在本文件中，指未添加助剂（纳米碳材料如CB、碳纳米管或碳纤维）或有机黏结剂（PVDF或SBR）的原材料粉末（如LCO、NCA、NCM、LFP和LFMP等）。

[来源：GB/T 41232.3—2023，3.1.1，有修改]

#### 3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

CB：炭黑（carbon black）

LCO：钴酸锂（lithium cobalt oxide，LiCoO<sub>2</sub>）

LFP：磷酸铁锂（lithium iron phosphate，LiFePO<sub>4</sub>）

LFMP：磷酸锰铁锂（lithium ferromanganese phosphate，LiFe<sub>x</sub>Mn<sub>1-x</sub>PO<sub>4</sub>）