

# 《钠离子电池用正极材料镍铁锰酸钠》 化工行业标准制定编制说明

（征求意见稿）

《钠离子电池用正极材料镍铁锰酸钠》起草小组

2025 年 4 月

## 一、任务来源

根据工业和信息化部工信厅科〔2023〕42号《2024年第三批行业标准制修订计划的通知》，在2025年完成《钠离子电池用镍铁锰酸钠》化工行业标准的修订工作，计划编号为2024-0918T-HG。该行业标准由全国化学标准化技术委员会无机化工分会、全国有色金属标准化技术委员会共同技术归口。本标准的起草单位有：。

## 二、制定标准的意义

随着全球新能源汽车产业的发展，带动了锂离子电池正极材料的需求，锂作为锂离子电池必备元素，需求量持续增加。中国既是全球最大的锂电池生产国，也是全球最大的锂消费国，然而国内的锂资源储量却明显跟不上市场需求。我国对锂的需求全球第一，然而70%都要依靠进口。随着新能源汽车行业的快速增长，未来我国的锂资源缺口将持续增加，自给率持续走低，我国电池行业面临卡脖子及可持续发展的挑战。为保障我国电池行业发展需求，研究替代锂离子电池的新型电池成为一种重要方式。地壳中钠储量达2.74%，而锂储量仅为0.0065%，是锂资源的440倍，钠储藏量要比锂丰富，具有更好的可持续发展性，而且钠离子电池的原理与锂离子电池相似。因此，使用钠离子电池成为锂离子电池的替代或备选储能技术，具有重要的经济价值和战略意义。

目前钠离子电池在正极材料主要有过渡金属氧化物、聚阴离子型化合物和普鲁士蓝类化合物等种类。层状氧化物钠离子电池正极材料镍铁锰酸钠和镍钴锰酸锂相比，其结构、合成工艺相似。由于不含钴、锂金属，其成本只有镍钴锰酸锂的35%左右。因此成为钠离子电池正极材料的热点之一。其中镍铁锰酸钠是层状氧化物中的镍基材料，与三元锂电池材料类似，在层状氧化物材料中具有极高的比容量，其比容量可达150 mAh/g，可实现150 Wh/kg和高达3000~4000次的循环寿命的电芯开发，满足动力电池的运用条件，快速成为目前钠离子电池材料的主流，主要用于动力电池领域。

随着我国钠离子电池中试线、量产线预计将陆续落地，小批量产品陆续下线，以宁德时代为首的各电池厂均已逐渐实现钠离子动力电池的量产。奇瑞汽车、雅迪电动车、思皓新能源等多家乘用车和两轮电动车企业宣布钠离子电池上车，行业进入爆发期，各企业产能逐步释放，据财联社调查显示，2023年钠离子电池需求量约为5.90 GWh，预计到2025年，我国钠离子动力电池领域需求量预计将达到60~80 GWh。在此背景下，作为主流正极材料之一的镍铁锰酸钠具有广阔的市场前景，并且由于能够适配三元锂电池产线实现快速转型，市场需求量也在不断攀升，镍铁锰酸钠在钠离子电池产业已极具发展前景。因此，为了促进产品的技术发展，提高产品品质，方便厂家与客户对标，制定出适合生产厂家和客户需求的镍铁锰酸钠行业标准迫在眉睫，也可弥补行业空白。对加快新产品，新技术转化为标准的步伐，促进新型钠离子电池行业的良性发展具有重要意义。

## 三、产品概况

### 1 产品性质

产品名称：镍铁锰酸钠

分子式： $\text{NaNi}_x\text{Mn}_y\text{Fe}_{(1-x-y)}\text{O}_2$

锂离子电池在储能领域得到了广泛应用，但由于全球锂资源匮乏、成本高，制约了锂离子电池的可持续发展。钠离子电池的工作原理与锂离子电池类似，钠比锂的储量更为丰富且价格低廉，因此近年来钠离子电池的发展得到了前所未有的推动，成为锂离子电池的替代或备选的储能技术，具有重要的经济价值和战略意义。

在高性能钠离子电池正极材料中，如层状过渡金属氧化物、聚阴离子化合物、普鲁士蓝已成功实现商业化应用。其中，层状过渡金属氧化物具有成本低、容量高、合成方法简单等特点，非常适用于工业化生产。含有多金属的层状过渡金属氧化物因其可提供更高的电压、更高的可逆容量及减少相变的发生而备受关注。其中，**Mn**、**Fe**金属因其成本低廉、无毒无害等特性，具有很好的应用前景。尤其是O3型镍铁锰酸钠得到了广泛而深入的研究。

常见镍铁锰酸钠的构型有O3相和P2相两种，如下图所示，O3相镍铁锰酸钠，过渡金属位的镍、铁、锰离子与周围的6个氧结合形成 $\text{NiO}_6$ 、 $\text{FeO}_6$ 、 $\text{MnO}_6$ 八面体结构，金属氧化物八面体通过共棱的连接方式构成过渡金属层。而钠离子占据了过渡金属层之间的间距层，**Na**与**O**形成 $\text{NaO}_6$ 八面体，不同的 $\text{NaO}_6$ 八面体通过共棱连接形成钠层。过渡金属层和钠层沿着C轴交替排列构成主体结构，其间宽阔的钠层间距利于 $\text{Na}^+$ 的自由脱嵌。目前绝大部分企业产品均为O3相。

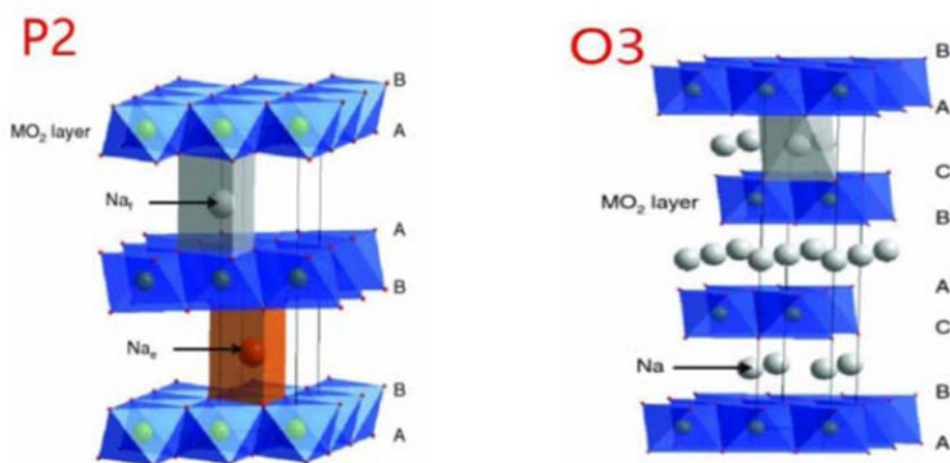


图1 两种晶体结构示意图

## 2 生产工艺

### 2.1 共沉淀法

将所需沉淀的金属离子配成溶液A，混合均匀，将相应的沉淀剂配成溶液B后缓慢加至溶液A中，边滴加边搅拌，得到具有沉淀的混合体系，将沉淀物离心洗涤、烘干获得三元前驱体材料。加入钠源，混合均匀后，采用高温烧结。

### 2.3 喷雾干燥法

将镍源、铁源、锰源、钠源等原料经过研磨或球磨等步骤充分混合均匀，然后将其转移至喷雾干燥设备，喷出所得材料即为NFM三元前驱体材料，采用高温烧结。

### 2.3 固相法

将不同的金属氧化物NiO、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、MnO<sub>2</sub> 或者将镍盐、铁盐、锰盐通过球磨或者研磨，使其混合均匀，然后将钠源加入其中，将混合原料充分研磨混匀，采用高温烧结。

### 3 国内生产状况

目前，钠离子电池已逐步开始了从实验室走向实用化应用的阶段，国内外已有超过二十家企业正在进行钠离子电池产业化的相关布局，并取得了重要进展，主要包括英国FARADION公司、法国NAIADES计划团体、美国Natron Energy公司、日本岸田化学、丰田、松下、三菱化学，我国的北京中科海钠科技有限公司、浙江钠创新能源有限公司、辽宁星空钠电电池有限公司、广东邦普循环科技有限公司、格林美股份有限公司、贝特瑞新材料集团股份有限公司、厦门厦钨新能源材料股份有限公司、贵州振华新材料有限公司、巴斯夫杉杉电池材料有限公司、宁德时代、容百科技、湖北万润、蜂巢能源等。近年来层状氧化物产能不断增长，已成为目前钠离子电池的主流正极材料，目前各企业已公开宣布的产能已达18万吨以上。

### 四、国内外标准状况

目前未查阅到国外相关标准。

### 五、制定标准原则

- ①有利于促进技术进步，提高产品质量的原则；
- ②有利于合理利用资源，提高经济效益的原则；
- ③符合用户要求，保护消费者利益，促进对外贸易的原则；
- ④遵循科学性、先进性、统一性的原则。

### 六、制定标准的依据

- ①国内厂家生产质量月报（见附表4）及客户要求；
- ②制定标准过程生产厂家的试验验证数据。

### 七、简要编制过程

全国化学标准化技术委员会无机化工分会接到制定《钠离子电池用正极材料镍铁锰酸钠》行业标准任务后，首先向生产厂家发函进行调查，广泛征求对制定该行业标准的意见，同时征集起草单位，组建起草工作小组。查阅了国内外有关标准及技术资料，起草小组在此基础上提出了文献小结。于2025年1月通过“腾讯会议”召开了工作方案会，会上标注起草小组进行了认真仔细的讨论，初步确定了指标项目和试验方法的内容，并制定了工作方案和工作进度。并2025年3月13日于天津召开标准工作组会，会上对工作组讨论稿进行了认真细致地讨论，根据讨论意见对工作组讨论稿进行了修改、完善。

### 八、标准内容的确立

外观：灰黑色粉末，颜色均一，无结块。

### 8.1 范围

本文件规定了钠离子电池用镍铁锰酸钠的要求、试验方法、检验规则、标志和随行文件、包装、运输、贮存。

本文件适用于钠离子电池用O3相晶体结构的镍铁锰酸钠，其他晶体结构的镍铁锰酸钠产品可参照执行。

注：该产品主要用作钠离子电池的正极材料。

## 8.2 术语和定义

### 03相镍铁锰酸钠 Sodium nickel iron manganate of octahedron 3 phase

具有碱性阳离子八面体配位、晶胞内含有3个过渡金属层的面心立方堆积晶体结构的镍铁锰酸钠。

注：钠和镍铁锰含量的摩尔比一般为0.8~1.2。

为便于理解，本标准定义了“03相镍铁锰酸钠”术语，同时根据调研结果，给出其一般的摩尔比范围。

## 8.3 指标项目的设定

本次标准的制定设定了钠、镍铁锰含量、钙、镉、铬、铜、镁、铅、锌、硫、水分、残余钠（Na）、磁性异物、pH（100 g/L上清液）、振实密度/（g/cm<sup>3</sup>）、粒度分布（D<sub>50</sub>）/μm、比表面积/（m<sup>2</sup>/g）共17项理化指标和首次放电比容量、首次充放电效率、循环寿命/次3项电化学指标。

## 8.4 指标参数

### 8.4.1 钠含量

根据国内实际生产和使用情况，钠含量设定为16.7%~24.3%。

### 8.4.2 镍铁锰含量

考虑钠离子电池发展，镍锰铁比例不同会存在多种产品类型，因此本标准仅以镍铁锰含量作为控制指标。根据国内实际生产和使用情况，镍铁锰含量设定为48.3%~53.8%。

### 8.4.3 钙、镉、铬、铜、镁、铅、锌、硫含量

本次标准的制定根据国内实际生产和使用情况将镉设定为不大于0.01%，铬设定为不大于0.01%，铅设定为不大于0.01%，硫含量设定为不大于0.5%。钙、铜、镁、锌的指标设定为商定。镍铁锰酸钠可通过改性来提高其结构稳定性。通常可以对镍铁锰酸钠进行金属掺杂或者表面包覆改性来稳定晶格，进而提高结构稳定性，从而表现出更好的循环性能。考虑到钙、铜、镁、锌可作为掺杂和包覆的元素改善产品质量。因此将钙、铜、镁、锌的指标设定为商定。

### 8.4.4 水分

水分对电池极片制备和电池性能影响较大。材料水分超标，会产生残碱，并引起浆料团聚，导致极片涂覆性能差，极片掉粉等问题，多余的水分带入电池中，会和电解液反应产生氢氟酸，腐蚀电池引发安全问题，所以应控制产品水分含量。根据国内实际生产和使用情况，水分含量设定为不大于0.05 %。

### 8.4.5 残余钠（Na）

与残余锂含量类似，产品中的残余钠会影响极片制浆、电池首次充放电效率和产气等电池产品质量控制，需要对残余钠含量的上限做出限制，行业内对该指标普遍有质量控制要求。根据国内实际生产和使用情况，残余钠含量设定为不大于2 %。

### 8.4.6 磁性异物

由于镍铁锰酸钠中含有铁元素，极易与磁性异物混淆，但是考虑到磁性异物是影响电池安全性能的关键指标之一，产品中的磁性异物含量设定为不大于0.000 3%。

### 8.4.7 pH（100 g/L上清液）

根据国内实际生产和使用情况，产品的pH值应不大于13.5。

### 8.4.8 振实密度/（g/cm<sup>3</sup>）

振实密度是衡量活性材料的一个重要指标，因为钠离子电池的体积是有限的，振实密度不能过低，根据国内实际生产和使用情况，产品的振实密度设定为不小于 $1.5\text{ g/cm}^3$ 。

#### 8.4.9 粒度分布 ( $D_{50}$ ) / $\mu\text{m}$

产品的粒度分布要求呈正态分布， $D_{50}$ 是粒度分布的核心指标，根据国内实际生产和使用情况， $D_{50}$ 设定为 $3.0\text{ }\mu\text{m}\sim 18\text{ }\mu\text{m}$ 。

#### 8.4.10 比表面积/ ( $\text{m}^2/\text{g}$ )

根据国内实际生产和使用情况，产品的比表面积设定为 $0.2\sim 1.4\text{ m}^2/\text{g}$ 。

#### 8.4.11 电化学性能（首次放电比容量、首次充放电效率、循环寿命/次）

目前，正极材料电性能的评价指标主要包括首次放电比容量、首次充放电效率和循环寿命。其中首次充电比容量和充放电电压范围息息相关，电池容量为活性物质所能放出的电量，计算方法为一定电压范围内电流随时间的积分，因此同等条件下充放电电压范围越宽，比容量越高，而比容量一般只做最低要求，因此电压范围按照 $2\text{V}\sim 4\text{V}$ 设定。首次放电比容量按照国内实际生产情况设定为：产品在电压范围 $2\text{ V}\sim 4\text{ V}$ ， $0.1\text{C}$ 充放电倍率条件下的首次充电比容量应不小于 $130\text{ mAh/g}$ 。

首次充放电效率根据国内实际生产情况设定为：产品在电压范围 $2\text{ V}\sim 4\text{ V}$ ， $0.1\text{ C}$ 充放电倍率条件下的首次充放电效率应不小于 $92\%$ 。

循环寿命测试，目前行业以扣电测试方法为主，综合考虑行业发展现状设定为：常温 $25^\circ\text{C}$ 下，产品在电压范围 $2\text{ V}\sim 4\text{ V}$ ， $0.1\text{C}$ 、 $1\text{ C}$ 充放电倍率条件下，放电容量达到首次循环放电容量的 $80\%$ 时，循环次数应不低于 $100$ 次。

### 8.5 分析方法的设定

#### 8.5.1 钠含量、镍铁锰含量

本标准的制定根据国内实际生产和使用情况，钠、镍铁锰含量的测定采用电感耦合等离子体发射光谱法。试样用王水溶解后，使用电感耦合等离子体发射光谱仪，采用标准曲线法，对钠、镍、铁、锰进行定量。

#### 8.5.2 钙、镉、铬、铜、镁、铅、锌、硫

本标准的制定钙、镉、铬、铜、镁、铅、锌、硫含量的测定采用电感耦合等离子体发射光谱法。试样用王水溶解后，使用电感耦合等离子体发射光谱仪，采用标准曲线法进行定量。

#### 8.5.2 水分

本标准的制定水分含量的测定采用 GB/T 6283 化工产品中水分含量的测定 卡尔·费休法（通用方法）。即试样中的水分与已知滴定度的卡尔·费休试剂进行定量反应。该方法精度更高、误差小，适用于本产品水分含量的测定。

#### 8.5.3 残余钠 (Na)

2025 年 3 月工作组会议经讨论，残余钠含量测定参照 GB/T 41704—2022 锂离子电池正极材料检测方法 磁性异物含量和残余碱含量的测定第 5 章规定方法进行测定。用无水乙醇将试样表面的残余碱溶解，过滤后，使用电位滴定仪，用盐酸标准滴定溶液对滤液进行滴定，以二级微商法确定滴定终点。会后有企业提出碳酸钠在无水乙醇中微溶，导致碳酸钠测定结果偏低。将方法修改为：用无水乙醇将试样中氢氧化钠溶解，过滤后，用盐酸标准滴定溶液对滤液滴定测定氢氧化钠。用水将

试样中残余钠溶解，过滤后，用盐酸标准滴定溶液对滤液滴定碳酸钠。目前该方法在试验验证中。

#### 8.5.4 磁性异物

磁性异物含量按照GB/T41704-2022 锂离子电池正极材料检测方法 磁性异物含量和残余碱含量的测定中第4章规定进行测定。在不含磁性杂质的洁净环境中，用磁棒吸附并富集正极材料中磁性异物，用水清洗富集后的磁棒，出去表面附着的试样，用酸溶解磁棒上的磁性异物，使用电感耦合等离子体发射光谱仪，采用标准曲线法对磁性异物进行定量。2025年3月工作组会议上，经参会代表讨论将磁性异物暂定为铁、镍、锌、铬。当锌为掺杂元素时，磁性异物暂定为铁、镍、铬。（由于镍铁锰酸钠中含有铁、镍元素，极易与磁性异物混淆，不可避免的会对测定结果产生影响）

#### 8.5.5 pH（100 g/L上清液）

pH的测定按照GB/T 9724 化学试剂 pH值测定通则的规定进行测定。将试样制备为100 g/L溶液后，用酸度计测定上清液pH。

#### 8.5.6 振实密度/（g/cm<sup>3</sup>）

振实密度按 GB/T 5162 的规定进行测定。即将一定质量的试样放在容器中，通过震动装置振动，直至试样的体积不再减少。用试样的质量除以振实后的体积得到振实密度。

#### 8.5.7 粒度分布（D<sub>50</sub>）/μm

粒度分布（D<sub>50</sub>）按GB/T 19077 粒度分布 激光衍射法的规定进行测定。试样以合适的浓度分散于适宜的液体中，使其通过激光，光遇到颗粒后以不同角度散射，由多元探测器测量散射光，通过适当的光学模型和数学过程，得到一系列离散的粒径段上的颗粒体积相对于颗粒总体积的百分比，从而得出颗粒粒度体积分布。

#### 8.5.8 比表面积/（m<sup>2</sup>/g）

比表面积按GB/T 19587气体吸附BET法测定固态物质比表面积的规定进行测定。即放到气体体系中的样品，其物质表面（颗粒外部和内部通孔的表面积）在低温下将发生物理吸附。当吸附达到平衡时，测量平衡吸附压力和吸附的气体量，根据BET方程式求出试样单分子层吸附量，从而计算出试样的比表面积。

#### 8.5.9 电化学性能 首次放电比容量、首次充放电效率、循环寿命/次

钠离子电池和锂离子电池电化学性能测试流程基本一致，都是制浆、涂片、干燥、电池装配和采用电池测试系统测试，只是电池装配过程中材料使用和电化学测试参数存在少许差异，本标准的制定电化学性能测试参照GB/T 23365《钴酸锂电化学性能测试方法 首次放电比容量及首次充放电效率测试方法》和 GB/T 23366《钴酸锂电化学性能测试方法 放电平台容量比率及循环寿命测试方法》进行。但是钠离子电池扣式电池对电极需要改成钠片，电解液调整为六氟磷酸钠，由于钠离子半径大于锂离子，隔膜需要采用孔更大、离子传导率更好的玻璃纤维隔膜，电压范围按照镍铁锰酸钠的需求设为2V~4V。

附表 1 理化指标表

项目	本标准设定
钠 (Na, 以干基计) w/%	16.7~24.3
镍铁锰 (Ni+ Fe + Mn, 以干基计) 含量w/%	48.3~53.8
钙 (Ca, 以干基计) w/%	协商
镉 (Cd, 以干基计) w/%	≤0.01
铬 (Cr, 以干基计) w/%	≤0.01
铜 (Cu, 以干基计) w/%	协商
镁 (Mg, 以干基计) w/%	协商
铅 (Pb, 以干基计) w/%	≤0.01
锌 (Zn, 以干基计) w/%	协商
硫 (S, 以干基计) w/%	≤0.5
水分w/%	≤0.05
残余钠 (Na) w/%	≤2.0
磁性异物w/%	≤0.000 3
pH (100 g/L上清液)	≤13.5
振实密度/ (g/cm <sup>3</sup> )	≥1.5
粒度分布 (D <sub>50</sub> ) /μm	3.0~18.0
比表面积/ (m <sup>2</sup> /g)	0.2~1.4

附表 2 电化学性能设指标表

项目	条件	指标
首次放电比容量/( mA·h/g)	电压范围2.0 V~4.0V, 0.1 C 充放电倍率条件下	≥130
首次充放电效率/%	电压范围2.0 V~4.0V, 0.1 C 充放电倍率条件下	≥92
循环寿命/次	电压范围2.0V~4.0 V, 1 C 充放电倍率条件下, 放电容量达到首次循环放电容量的80 %时	≥100

附表 3 试验方法表

项目	试验方法
钠 (Na, 以干基计) w/%	ICP-OES
镍铁锰 (Ni+ Fe + Mn, 以干基计) 含量w/%	ICP-OES
钙 (Ca, 以干基计) w/%	ICP-OES
镉 (Cd, 以干基计) w/%	ICP-OES
铬 (Cr, 以干基计) w/%	ICP-OES
铜 (Cu, 以干基计) w/%	ICP-OES
镁 (Mg, 以干基计) w/%	ICP-OES



铅（Pb，以干基计）w/%	ICP-OES
锌（Zn，以干基计）w/%	ICP-OES
硫（S，以干基计）w/%	ICP-OES
水分w/%	卡尔•费休容量法
残余钠（Na）w/%	酸碱滴定法
磁性异物w/%	ICP-OES
pH（100 g/L上清液）	酸度计法
振实密度/（g/cm <sup>3</sup> ）	振实密度法
粒度分布（D <sub>50</sub> ）/μm	激光衍射法
比表面积/（m <sup>2</sup> /g）	气体吸附BET法

附表 4 质量月报

企业 1 2023 年钠离子电池用镍铁锰酸钠质量月报

项目	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
钠 (Na, 以干基计) w/%	19.55	19.58	19.49	19.62	19.60	19.57	19.54	19.65	19.52	19.53	19.65	19.63
镍铁锰 (Ni+ Fe + Mn, 以干基计) 含量 w/%	49.48	49.62	49.43	49.69	49.52	49.51	49.49	49.68	49.47	49.58	49.61	49.69
钙 (Ca, 以干基计) w/%	0.0041	0.0036	0.0036	0.0038	0.0042	0.0044	0.0045	0.0043	0.0039	0.0044	0.0043	0.0042
镉 (Cd, 以干基计) w/%	0.00013	0.00017	0.00022	0.00025	0.00018	0.00020	0.00021	0.00024	0.00019	0.00025	0.00014	0.00016
铬 (Cr, 以干基计) w/%	0.0014	0.0011	0.0012	0.0015	0.0011	0.0013	0.0012	0.0008	0.0006	0.0007	0.0006	0.0006
铜 (Cu, 以干基计) w/%	0.0016	0.0014	0.0014	0.0015	0.0012	0.0019	0.0009	0.0010	0.0012	0.0013	0.0013	0.0014
镁 (Mg, 以干基计) w/%	0.0024	0.0019	0.0014	0.0021	0.0018	0.0016	0.0016	0.0011	0.0009	0.0011	0.0013	0.0012
铅 (Pb, 以干基计) w/%	0.0026	0.0022	0.0030	0.0014	0.0015	0.0021	0.0015	0.0012	0.0014	0.0016	0.0018	0.0021
锌 (Zn, 以干基计) w/%	0.0013	0.0011	0.0009	0.0009	0.0011	0.0013	0.0011	0.0008	0.0009	0.0012	0.0012	0.0011
硫 (S, 以干基计) w/%	0.158	0.134	0.122	0.145	0.129	0.162	0.138	0.120	0.149	0.168	0.156	0.137
水分 w/%	0.003	0.003	0.002	0.001	0.002	0.002	0.003	0.002	0.002	0.003	0.004	0.003
残余钠 (Na) w/%	0.21	0.23	0.19	0.19	0.22	0.25	0.24	0.18	0.19	0.19	0.22	0.23
磁性异物 w/%	0.00009	0.00010	0.00006	0.00012	0.00007	0.00006	0.00008	0.00007	0.00008	0.00009	0.00011	0.00012
pH (100 g/L 上清液)	12.3	12.3	12.4	12.2	12.5	12.4	12.1	12.5	12.3	12.4	12.4	12.3
振实密度/ (g/cm <sup>3</sup> )	1.57	1.56	1.56	1.55	1.56	1.56	1.54	1.58	1.57	1.57	1.56	1.55
粒度分布 (D <sub>50</sub> ) /μm	8.1	8.1	8.2	8.1	8.1	8.1	8.3	8.4	8.4	8.3	8.4	8.3
比表面积/ (m <sup>2</sup> /g)	0.38	0.37	0.39	0.41	0.41	0.40	0.41	0.38	0.42	0.44	0.39	0.39

企业 1 2024 年钠离子电池用镍铁锰酸钠质量月报

项目	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
钠 (Na, 以干基计) w/%	19.56	19.62	19.57	19.57	19.49	19.62	19.59	19.64	19.63	19.59	19.54	19.49
镍铁锰 (Ni+ Fe + Mn, 以干基计) 含量 w/%	49.56	49.49	49.61	49.60	49.56	49.48	49.58	49.52	49.63	49.51	49.52	49.58
钙 (Ca, 以干基计) w/%	0.0038	0.0039	0.0043	0.0034	0.0032	0.0038	0.0035	0.0029	0.0034	0.0041	0.0044	0.0034
镉 (Cd, 以干基计) w/%	0.00018	0.00021	0.00011	0.00009	0.00013	0.00011	0.00013	0.00008	0.00009	0.00015	0.00010	0.00009
铬 (Cr, 以干基计) w/%	0.0012	0.0008	0.0007	0.0005	0.0009	0.0003	0.00013	0.00009	0.00007	0.0015	0.0017	0.0012
铜 (Cu, 以干基计) w/%	0.0021	0.0013	0.0011	0.0009	0.0012	0.0019	0.0016	0.0014	0.0005	0.0009	0.0010	0.0012
镁 (Mg, 以干基计) w/%	0.0019	0.0029	0.0028	0.0018	0.0017	0.0020	0.0015	0.0016	0.0009	0.0013	0.0014	0.0015
铅 (Pb, 以干基计) w/%	0.0021	0.0019	0.0024	0.0013	0.0017	0.0009	0.0012	0.0009	0.0008	0.0011	0.0013	0.0013
锌 (Zn, 以干基计) w/%	0.0014	0.0011	0.0013	0.0016	0.0009	0.0009	0.0011	0.0005	0.0006	0.009	0.0011	0.0008
硫 (S, 以干基计) w/%	0.135	0.153	0.145	0.129	0.163	0.145	0.154	0.155	0.142	0.139	0.123	0.130
水分 w/%	0.003	0.003	0.001	0.001	0.002	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.003
残余钠 (Na) w/%	0.18	0.14	0.16	0.16	0.17	0.13	0.15	0.15	0.10	0.13	0.14	0.14
磁性异物 w/%	0.00008	0.00010	0.00007	0.00005	0.00006	0.00008	0.00011	0.00009	0.00007	0.00012	0.00010	0.00008
pH (100 g/L 上清液)	12.4	12.4	12.3	12.1	12.3	12.4	12.3	12.5	12.2	12.2	12.4	12.3
振实密度/ (g/cm <sup>3</sup> )	1.57	1.59	1.58	1.56	1.58	1.58	1.58	1.57	1.55	1.57	1.58	1.56
粒度分布 (D <sub>50</sub> ) /μm	8.3	8.4	8.1	8.6	8.4	8.4	8.3	8.2	8.1	8.5	8.4	8.4
比表面积/ (m <sup>2</sup> /g)	0.35	0.39	0.41	0.36	0.38	0.41	0.40	0.41	0.38	0.39	0.39	0.38

企业 2 2023 年钠离子电池用镍铁锰酸钠质量月报

项目	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
钠 (Na, 以干基计) w/%	18.56	19.16	19.57	19.20	18.85	19.98	19.92	18.07	18.21	18.50	19.53	18.86
镍铁锰 (Ni+ Fe + Mn, 以干基计) 含量 w/%	50.75	51.87	52.25	50.94	52.06	52.38	51.86	51.96	52.46	52.39	52.03	51.67
钙 (Ca, 以干基计) w/%	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
镉 (Cd, 以干基计) w/%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
铬 (Cr, 以干基计) w/%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
铜 (Cu, 以干基计) w/%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
镁 (Mg, 以干基计) w/%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
铅 (Pb, 以干基计) w/%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
锌 (Zn, 以干基计) w/%	0.0004	0.0003	0.0006	0.0004	0.0005	0.0003	0.0006	0.0005	0.0003	0.0004	0.0006	0.0004
硫 (S, 以干基计) w/%	0.0990	0.1161	0.1236	0.1184	0.1219	0.1245	0.1021	0.0991	0.1231	0.1291	0.1145	0.1293
水分 w/%	0.0339	0.0198	0.0163	0.0173	0.0186	0.0136	0.0137	0.0311	0.0209	0.0163	0.0249	0.0224
残余钠 (Na) w/%	0.22	0.74	0.22	0.15	0.59	0.12	0.15	0.72	0.12	0.07	0.37	0.3
磁性异物 w/%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pH (100 g/L 上清液)	12.62	12.59	12.67	12.44	12.63	12.67	12.45	12.41	12.32	12.53	12.43	12.33
振实密度/ (g/cm <sup>3</sup> )	1.54	1.59	1.45	1.44	1.5	1.86	1.88	1.54	1.75	1.07	1.72	1.55
粒度分布 (D <sub>50</sub> ) /μm	7.56	8.19	8.02	8.04	8.05	7.79	7.5	7.89	7.67	8.83	7.34	7.22
比表面积/ (m <sup>2</sup> /g)	0.58	0.55	0.57	0.56	0.6	0.59	0.62	0.58	0.56	0.57	0.55	0.63

企业 2 2024 年钠离子电池用镍铁锰酸钠质量月报

项目	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
钠 (Na, 以干基计) w/%	18.85	19.11	19.94	19.4	19.56	19.75	18.07	19.86	18.21	18.72	19.86	18.24
镍铁锰 (Ni+ Fe + Mn, 以干基计) 含量 w/%	50.60	52.23	51.68	52.50	50.64	51.39	51.31	51.62	51.59	51.62	51.50	50.82
钙 (Ca, 以干基计) w/%	0.002	0.001	0.001	0.003	0.002	0.002	0.002	0.003	0.002	0.002	0.001	0.002
镉 (Cd, 以干基计) w/%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
铬 (Cr, 以干基计) w/%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
铜 (Cu, 以干基计) w/%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
镁 (Mg, 以干基计) w/%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
铅 (Pb, 以干基计) w/%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
锌 (Zn, 以干基计) w/%	0.0006	0.0006	0.0006	0.0004	0.0003	0.0004	0.0003	0.0004	0.0003	0.0003	0.0004	0.0005
硫 (S, 以干基计) w/%	0.1101	0.1068	0.1075	0.1277	0.1164	0.1217	0.1166	0.1109	0.1283	0.1106	0.0982	0.1060
水分 w/%	0.0316	0.0270	0.0139	0.0322	0.0325	0.0143	0.0328	0.0142	0.0216	0.0123	0.0283	0.0264
残余钠 (Na) w/%	0.00	0.34	0.17	0.99	0.23	0.85	0.52	0.45	0.55	0.72	0.43	0.26
磁性异物 w/%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pH (100 g/L 上清液)	12.26	12.42	12.45	12.65	12.52	12.62	12.32	12.54	12.74	12.65	12.43	12.52
振实密度/ (g/cm <sup>3</sup> )	1.33	1.1	1.04	1.64	1.97	1.24	1.09	1.35	1.75	1.47	1.89	1.77
粒度分布 (D <sub>50</sub> ) /μm	7.86	8.24	7.79	7.70	7.75	7.36	7.72	8.91	7.59	7.99	8.14	7.53
比表面积/ (m <sup>2</sup> /g)	0.62	0.58	0.56	0.57	0.55	0.63	0.577	0.55	0.57	0.56	0.6	0.59

企业 3 2023 年、2024 年钠离子电池用镍铁锰酸钠质量月报

项目	2023 年 10 月	11 月	12 月	2024 年 1 月	3 月	5 月	7 月	9 月	11 月	12 月
钠 (Na, 以干基计) w/%	20.5	19.9	19.9	20.2	20.5	20.3	20.2	20.5	20.4	20.4
镍铁锰 (Ni+ Fe + Mn, 以干基计) 含量 w/%	48.8	49.4	49.7	50.9	50.8	49.2	50.8	50.6	49.9	49.8
钙 (Ca, 以干基计) w/%										
镉 (Cd, 以干基计) w/%	0.0003	0.0002	0.0002	≤0.0002	0.0006	≤0.0002	≤0.0002	≤0.0002	≤0.0002	≤0.0002
铬 (Cr, 以干基计) w/%	≤0.0002	0.0003	≤0.0002	≤0.0002	0.0010	0.0002	≤0.0002	0.0003	≤0.0002	≤0.0002
铜 (Cu, 以干基计) w/%	0.0055	0.0036	0.0013							
镁 (Mg, 以干基计) w/%										
铅 (Pb, 以干基计) w/%	≤0.005	≤0.005	≤0.005	≤0.005	0.0123	≤0.005	≤0.005	≤0.005	≤0.005	≤0.005
锌 (Zn, 以干基计) w/%	0.0041	0.0011	0.0003	0.0012	0.0003	0.0015	0.0007	≤0.0002	≤0.0002	≤0.0002
硫 (S, 以干基计) w/%	0.161	0.154	0.129	0.124	0.129	0.111	0.123	0.106	0.124	0.105
水分 w/%	210	298	313	250	227	54	170	133	120	133
残余钠 (Na) w/%							0.557	0.789	0.769	0.674
磁性异物 w/%										
pH (100 g/L 上清液)	13.05	13.04	13.12	13.05	13.10	12.80	12.95	12.61	12.63	12.51
振实密度/ (g/cm <sup>3</sup> )	2.02	2.44	2.51	2.50	2.44	2.53	2.66	2.42	2.42	2.40
粒度分布 (D <sub>50</sub> ) /μm	11.22	11.55	10.57	10.40	11.89	11.86	11.28	11.56	11.35	11.33
比表面积/ (m <sup>2</sup> /g)	0.47	0.49	0.65	0.59	0.40	0.24	0.26	0.27	0.21	0.25

企业 1 同一样品 8 次平行试验

	1	2	3	4	5	6	7	8	均值	标准 偏差	RSD
钠 (Na, 以干基计) w/%	19.50	19.49	19.55	19.60	19.63	19.47	19.51	19.68	19.55	0.0754	0.4%
镍铁锰 (Ni+Fe+Mn, 以干基计) 含量 w/%	49.30	49.50	49.70	49.90	49.72	49.81	49.64	49.73	49.66	0.1874	0.4%
钙 (Ca, 以干基计) w/%	0.0041	0.0038	0.0035	0.0058	0.0049	0.0055	0.0038	0.0046	0.0045	0.0008	18.8%
镉 (Cd, 以干基计) w/%	0.0002	0.0001	0.0004	0.0002	0.0003	0.0002	0.0001	0.0003	0.0002	0.0001	46.0%
铬 (Cr, 以干基计) w/%	0.0019	0.0015	0.0008	0.0012	0.0006	0.0008	0.0011	0.0009	0.0011	0.0004	38.9%
铜 (Cu, 以干基计) w/%	0.0008	0.0015	0.0010	0.0012	0.0018	0.0020	0.0014	0.0011	0.0014	0.0004	30.2%
镁 (Mg, 以干基计) w/%	0.0032	0.0021	0.0019	0.0021	0.0016	0.0020	0.0018	0.0017	0.0021	0.0005	24.3%
铅 (Pb, 以干基计) w/%	0.0035	0.0029	0.0018	0.0045	0.0028	0.0041	0.0025	0.0035	0.0032	0.0005	27.4%
锌 (Zn, 以干基计) w/%	0.0013	0.0009	0.0017	0.0005	0.0011	0.0013	0.0014	0.0009	0.0011	0.0004	32.5%
硫 (S, 以干基计) w/%	0.147	0.155	0.165	0.168	0.157	0.622	0.160	0.149	0.2154	0.1645	76.4%
水分 w/%	0.003	0.001	0.002	0.001	0.002	0.003	0.003	0.002	0.0021	0.0008	39.3%
残余钠 (Na) w/%	0.26	0.28	0.26	0.25	0.21	0.23	0.25	0.26	0.25	0.0214	8.6%
磁性异物 w/%	0.00010	0.00008	0.00007	0.00012	0.00015	0.00010	0.00009	0.00012	0.0001	0.0000	24.7%
pH (100 g/L 上清液)	12.2	12.3	12.2	12.1	12.4	12.3	12.3	12.2	12.25	0.0926	0.8%
振实密度/ (g/cm <sup>3</sup> )	1.54	1.55	1.57	1.55	1.56	1.55	1.54	1.56	1.5525	0.0104	0.7%
粒度分布 (D <sub>50</sub> ) /μm	8.2	8.3	8.2	8.2	8.4	8.3	8.2	8.1	8.2375	0.0916	1.1%
比表面积/ (m <sup>2</sup> /g)	0.42	0.4	0.39	0.4	0.41	0.41	0.4	0.41	0.405	0.0093	2.3%

企业 2 同一样品 8 次平行试验

	1	2	3	4	5	6	7	8	均值	标准偏差	RSD
钠 (Na, 以干基计) w/%	18.79	18.81	18.67	18.64	18.73	18.61	18.81	18.76	18.7275	0.0787	0.4%
镍铁锰 (Ni+ Fe + Mn, 以干基计) 含量 w/%	51.95	51.92	51.89	52.19	52.05	51.92	52.03	51.88	51.9788	0.1053	0.2%
钙 (Ca, 以干基计) w/%	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.0020	0.0000	0.0%
镉 (Cd, 以干基计) w/%											
铬 (Cr, 以干基计) w/%	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0000	0.0000	0.0%
铜 (Cu, 以干基计) w/%	0.00028	0.00029	0.0003	0.00032	0.0003	0.00029	0.00032	0.0003	0.0003	0.0000	4.7%
镁 (Mg, 以干基计) w/%	0.007	0.0071	0.007	0.0071	0.0069	0.007	0.0071	0.0069	0.0070	0.0001	1.2%
铅 (Pb, 以干基计) w/%											
锌 (Zn, 以干基计) w/%	0.00004	0.00005	0.00006	0.00004	0.00008	0.00004	0.00003	0.00005	0.00005	0.00002	31.8%
硫 (S, 以干基计) w/%	0.1371	0.1357	0.1349	0.1352	0.1342	0.1364	0.1366	0.1347	0.1356	0.0010	0.8%
水分 w/%	0.0339	0.0388	0.0384	0.0387	0.0354	0.0391	0.0338	0.0352	0.0367	0.0023	6.3%
残余钠 (Na) w/%	0.37	0.355	0.356	0.355	0.367	0.379	0.333	0.34	0.3569	0.0152	4.3%
磁性异物 w/%											
pH (100 g/L 上清液)	12.81	12.82	12.84	12.84	12.76	12.82	12.8	12.67	12.7950	0.0566	0.4%
振实密度/ (g/cm <sup>3</sup> )	1.404	1.4032	1.3959	1.3948	1.4387	1.4104	1.4235	1.3999	1.4088	0.0152	1.1%
粒度分布 (D <sub>50</sub> ) /μm	8.312	8.361	8.399	8.154	7.986	8.183	8.327	8.102	8.2280	0.1443	1.8%
比表面积/ (m <sup>2</sup> /g)											



企业 3 同一样品 8 次平行试验

	1	2	3	4	5	6	7	8	均值	标准 偏差	RSD
钠 (Na, 以干基计) w/%	20.30	20.24	19.85	20.56	20.53	19.91	20.42	20.37	20.27	0.2651	1.3%
镍铁锰 (Ni+ Fe + Mn, 以干基计) 含量 w/%	49.77	50.02	50.11	49.86	50.05	50.22	49.63	49.54	49.90	0.2404	0.5%
钙 (Ca, 以干基计) w/%	0.0055	0.0056	0.0056	0.0053	0.0055	0.0056	0.0054	0.0055	0.0055	0.0001	1.9%
镉 (Cd, 以干基计) w/%	0.0006	0.0003	0.0001	0.0005	0.0002	0.0006	0.0005	0.0003	0.0004	0.0002	48.6
铬 (Cr, 以干基计) w/%	0.0005	0.0005	0.0004	0.0006	0.0005	0.0006	0.0005	0.0005	0.0005	0.0001	12.5
铜 (Cu, 以干基计) w/%	0.0008	0.0005	0.0004	0.0004	0.0004	0.0006	0.0007	0.0006	0.0006	0.0002	27.5%
镁 (Mg, 以干基计) w/%	0.0203	0.0231	0.0221	0.0212	0.0236	0.0207	0.0219	0.0211	0.0218	0.0012	5.3%
铅 (Pb, 以干基计) w/%	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0	0.0001	0	0.0001	0	61.7%
锌 (Zn, 以干基计) w/%	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0	0
硫 (S, 以干基计) w/%	0.1324	0.1331	0.1366	0.1328	0.1359	0.1327	0.1384	0.1352	0.1346	0.0022	1.6%
水分 w/%	259	262	243	238	257	268	272	256	256.9	11.544	4.5%
残余钠 (Na) w/%	0.406	0.398	0.399	0.402	0.401	0.4	0.407	0.403	0.402	0.0032	0.8%
磁性异物 w/% (Cr、Zn)	0.000002	0.000002	0.000002	0.000002	0.000002	0.000002	0.000002	0.000002	0.000002	0	0
pH (100 g/L 上清液)	12.62	12.64	12.65	12.68	12.63	12.61	12.65	12.66	12.64	0.0225	0.2%
振实密度/ (g/cm <sup>3</sup> )	1.85	1.86	1.85	1.84	1.85	1.85	1.85	1.86	1.85	0.0064	0.3%
粒度分布 (D <sub>50</sub> ) /μm	5.31	5.3	5.33	5.31	5.32	5.28	5.31	5.29	5.30	0.016	0.3%
比表面积/ (m <sup>2</sup> /g)	0.497	0.494	0.511	0.495	0.503	0.516	0.492	0.499	0.501	0.0086	1.7%