**《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不可持续发展的挑战。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60～80GWh。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：NaNixMnyFe(1-x-y)O2

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的中，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NiO6、FeO6、MnO6八面体结构，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NaO6八面体，不同的NaO6八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。

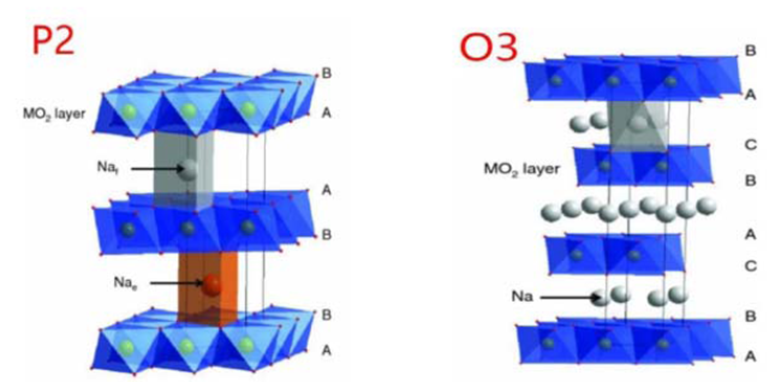


图1 两种晶体结构示意图

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、Fe2O3、MnO2 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》行业标准的任务后，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

O3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：钠和镍铁锰合量的摩尔比一般为0.8～1.2。

为便于理解，本标准定义了“O3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、镍铁锰合量、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/cm3）、粒度分布（D50）/μm、比表面积/（m2/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 镍铁锰合量

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合量作为控制指标。根据国内实际生产和使用情况，镍铁锰合量设定为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/cm3）

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 g/cm3。

8.4.9 粒度分布（D50）/μm

产品的粒度分布要求呈正态分布，D50是粒度分布的核心指标，根据国内实际生产和使用情况，D50设定为3.0 μm～18 μm。

8.4.10 比表面积/（m2/g）

根据国内实际生产和使用情况，产品的比表面积设定为为0.2～1.4 m2/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2V～4V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 V～4 V，0.1C充放电倍率条件下的首次充电比容量应不小于130 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 V～4 V，0.1 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℃下，产品在电压范围2 V～4 V，0.1C、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，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、镍铁锰合量

本标准的制定根据国内实际生产和使用情况，钠、镍铁锰合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/cm3）

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（D50）/μm

粒度分布（D50）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/（m2/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）合量*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/cm3） |  | ≥1.5 |
| 粒度分布（D50）/μm |  | 3.0～18.0 |
| 比表面积/（m2/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）合量*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/cm3） |  | 振实密度法 |
| 粒度分布（D50）/μm |  | 激光衍射法 |
| 比表面积/（m2/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）合量*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/cm3） | 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（D50）/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/（m2/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）合量*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/cm3） | 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（D50）/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/（m2/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）合量*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/cm3） | 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（D50）/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/（m2/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）合量*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/cm3） | 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（D50）/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/（m2/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）合量*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/cm3） | 2.02 | 2.44 | 2.51 | 2.50 | 2.44 | 2.53 | 2.66 | 2.42 | 2.42 | 2.40 |
| 粒度分布（D50）/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/（m2/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）合量*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/cm3） | 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（D50）/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/（m2/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）合量*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/cm3） | 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（D50）/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/（m2/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）合量*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/cm3） | 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（D50）/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/（m2/g） | 0.497 | 0.494 | 0.511 | 0.495 | 0.503 | 0.516 | 0.492 | 0.499 | 0.501 | 0.0086 | 1.7% |