**《镍锰酸锂》**

**国家标准编制说明**

**（送审稿）**

一、工作简况

1.1 任务来源与计划要求

根据《国家标准委关于下达2016年第一批国家标准制修订计划的通知》（国标委综合[2016]39号）的文件精神，由广东邦普循环科技有限公司负责起草《镍锰酸锂》国家标准，项目计划编号：20160772-T-610，计划完成年限2018年。

1.2 产品简介

目前已经实用化的锂离子电池正极材料可以根据其结构大致分成三大类，第一类是具有六方层状结构的锂金属氧化物LiMO2（M=Co、Ni、Mn），属(R‾3m)空间群，其代表材料主要为钴酸锂（LiCoO2）、三元镍钴锰（NCM）酸锂和镍钴铝（NCA）酸锂材料（NCM: LiNixCoyMnzO2，x+y+z=1和NCA: LiNixCoyAlzO2，x+y+z=1）；第二类是尖晶石型结构，其代表材料主要有4 V级的LiMn2O4和LiNixMn2-xO4（0＜x＜2），还有作为负极的Li4Ti5O12；第三类是具有聚阴离子结构的化合物，其代表材料主要有橄榄石结构的磷酸亚铁锂LiFePO4。镍锰酸锂为第二类，属于尖晶石结构的锂金属氧化物。其电化学性能与锰酸锂和钛酸锂类似但又有差别，具体如表1所示。

表1常见尖晶石锂离子电池正极材料及其性能对比

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 中文名称 | 锰酸锂 | 镍锰酸锂 | 钛酸锂 |
| 化学式 | LiMn2O4 | LiNixMn2-xO4 | Li4Ti5O12 |
| 晶体结构 | 尖晶石状 | 尖晶石状 | 尖晶石状 |
| 空间点群 | Fd3m | Fd3m | Fd3m |
| 实际容量/mAh.g-1（3.0~4.2V） | 90~100 | 120~148 | 120~170（1.5~2.4V） |
| 循环性/次 | 差 | 优 | 良好 |
| 安全性能 | 差 | 尚好 | 尚好 |
| 主要应用领域 | 传统3C电子产品 | 3C电子产品、电动工具、电动自行车、电动汽车及储能 | 3C电子产品、电动工具、电动自行车、电动汽车及储能 |

商品化的镍锰酸锂是尖晶石型结构，化学式可表示为LiNi0.5Mn1.5O4，其SEM图如图1所示。

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

图1 镍锰酸锂产品SEM图

镍锰酸锂作为正极材料制作成的锂离子电池被广泛应用于电动汽车，无人机、军工等领域。该类电池具有以下特点：

长循环寿命和日历寿命；

高安全性；

高电压平台；

快速充放电。

1.3 标准编写的目的和意义

镍锰酸锂材料绿色环保，符合国家新能源材料产业政策的导向，各国都把动力电池的发展放在国家战略层面高度，配套资金和政策支持的力度很大。作为一种新型的材料，镍锰酸锂随着存量市场的开发和增量市场的渗透，增长速度明显快于电池行业整体发展速度。

当前国内还没有一个统一的标准对各个镍锰酸锂企业进行统一的生产规范，因此，尽快制订锂离子电池正极材料镍锰酸锂的相关标准，对促进该材料的制作工艺标准化具有重要意义，同时也给客户选择材料提供可依据的三方标准。

1.4 承担单位情况及主要工作过程

1.4.1 承担单位情况

邦普，创立于2005年。企业总部（广东邦普循环科技有限公司）位于广东南海新材料产业基地核心区，总注册资本9 481.477 8万元人民币；循环基地（湖南邦普循环科技有限公司）位于湖南长沙国家节能环保新材料产业基地，总注册资本6 000万元人民币。邦普，是全球专业的废旧电池及报废汽车资源化回收处理和高端电池材料生产的国家级高新技术企业。

通过几年的快速发展，邦普已形成“电池循环、载体循环和循环服务”三大产业板块，专业从事数码电池（手机和笔记本电脑等数码电子产品用充电电池）和动力电池（电动汽车用动力电池）回收处理、梯度储能利用；传统报废汽车回收拆解、关键零部件再制造；以及高端电池材料和汽车功能瓶颈材料的工业生产、商业化循环服务解决方案的提供。

其中，邦普年处理废旧电池总量超过20 000吨、年生产镍钴锰氢氧化物10 000吨，总收率超过98.58%，回收处理规模和资源循环产能已跃居亚洲首位。邦普通过独创的“逆向产品定位设计”技术，在全球废旧电池回收领域率先破解“废料还原”的行业性难题，并成功开发和掌握了废料与原料对接的“定向循环”核心技术，一举成为回收行业为数不多的新材料企业。

邦普是国内同时拥有电池回收和汽车回收双料资质的资源综合利用企业。邦普围绕电池和汽车回收产业，邦普作为广东省创新型试点企业和战略性新兴产业骨干培育企业，已全面投入电动汽车全产业链循环服务解决方案的研究，以“静脉回收”推动“动脉制造”产业升级，为国家“循环经济”和“低碳经济”多做贡献。

1.4.2 主要工作过程

2016年6月，广东邦普循环科技有限公司接受《镍锰酸锂》任务后，成立了标准编制工作组，由于该标准为首次制订，标准编制工作组成员查阅了大量的国内外相关文献资料，收集、整理、对比分析了相关企业的专业技术资料，结合目前国内镍锰酸锂的生产和用户需求情况，形成了标准草案。本标准草案完成后，在编制组及公司内部进行了多次交流，广泛征求意见，对本标准进行了认真的修改和完善，最后形成了该标准的讨论稿。

2016年8月，全国有色金属标准化技术委员会与广东邦普循环科技有限公司针对该标准起草进度、起草单位以及标准框架及内容进行了详细的沟通，同时签订书面项目落实任务书。

2017年6月，全国有色金属标准化技术委员会在山东省东营市组织召开了有色金属工作会议，来自有色金属技术经济研究院、全国有色粉末冶金标准化分析技术委员会、广东邦普循环科技有限公司、济宁无界科技有限公司、西安瑞福莱钨钼有限公司、西安工业大学、北京矿冶研究总院、深圳市注成科技股份有限公司、株洲硬质合金集团有限公司、广东应用工业分析检测中心、成都易态科技有限公司、西部宝德科技股份有限公司、飞而康快速制造科技有限责任公司、西安塞隆金属材料有限责任公司14家单位的17位专家对本标准的讨论稿进行了认真细致的讨论，提出了修改意见和建议。标准编制小组根据建议，对本标准进行了认真的修改和完善，最终形成本标准的征求意见稿。

2017年6月，全国有色金属标准化技术委员会在山东省东营市组织召开了有色金属工作会议，来自有色金属技术经济研究院、全国有色粉末冶金标准化分析技术委员会、广东邦普循环科技有限公司、济宁无界科技有限公司、西安瑞福莱钨钼有限公司、西安工业大学、北京矿冶研究总院、深圳市注成科技股份有限公司、株洲硬质合金集团有限公司、广东应用工业分析检测中心、成都易态科技有限公司、西部宝德科技股份有限公司、飞而康快速制造科技有限责任公司、西安塞隆金属材料有限责任公司14家单位的17位专家对本标准的讨论稿进行了认真细致的讨论，提出了修改意见和建议。标准编制小组根据建议，对本标准进行了认真的修改和完善，最终形成本标准的征求意见稿。

2017年7~8月，广东邦普循环科技有限公司标准编制工作组通过函送宁德时代新能源科技有限公司、北京当升材料科技股份有限公司、深圳沃特玛电池有限公司、东莞市迈科新能源有限公司、合肥国轩高科动力能源有限公司、比亚迪股份有限公司、兰州金川新材料科技股份有限公司、烟台卓能电池材料有限公司8家单位对本标准的征求意见稿进行了广泛的征求意见，收到了各单位的修改意见和建议。标准编制小组根据建议，对本标准进行了认真的修改和完善，最终形成本标准的预审稿。

2017年9月，由全国有色金属标准化技术委员会主持的行业标准《镍锰酸锂》预审会在山东省青岛市召开。来自广东邦普循环科技有限公司、中国有色金属工业标准计量质量研究院、济宁市无界科技有限公司、格林美股份有限公司、株洲硬质合金集团有限公司、广东省材料与加工研究所、安泰天龙（津）钨钼科技有限公司、四川科能锂电有限公司、中信国安盟固利电源技术有限公司、浙江新华机械制造有限公司、西北有色金属研究院、中南大学粉末冶金研究院、北京矿冶研究总院、北京当升材料科技股份有限公司、深圳市注成科技股份有限公司、安徽鑫佳铜业有限公司、自贡长城硬面材料有限公司17家单位的共22名代表参加了此次会议。会议对广东邦普循环科技有限公司牵头起草的标准预审稿进行了认真、热烈的讨论，标准编制小组根据建议，对本标准进行了认真的修改和完善，最终形成本标准的审定稿。预审会上提出的意见和建议如下：

1、封面的“ICS”改为“ICS 77.160 H71”；

2、章节号4.1 化学成分表1中，“含量（质量分数）/%”改为“含量/%（质量分数）”；

3、章节号4.1 化学成分表1中，降低杂质元素K的允许含量；

4、章节号4.1 化学成分表1中，增加对杂质元素Zn的要求；

5、章节号4.4 外观质量，将“黑色”改为“黑色或黑灰色”；

6、章节号4.5 晶体结构，在原先的基础上添加JCPDS标准（30-0581）和JCPDS标准（32-0573）；

7、章节号4.8 比表面积，将范围 “0.2 m2/g ~1.0 m2/g”调整为“0.2 m2/g ~1.5 m2/g”；

8、章节号4.9 pH值，将范围“8.0 ~11.0”调整为“7.0~11.0”；

9、章节号4.12 平台容量比率和6.3.4.1 表2 逐批检验和周期检验的项目及取样数量中，删除关于“平台容量比率”的内容；

10、章节号5.10 首次放电比容量、5.11 首次充放电效率和6.4.3中，将“按GB/T 23365的规定进行”改为“按GB/T 23365的规定或由供需双方协商认可的方法进行”；

11、章节号5.13 循环寿命和6.4.4中，将“按GB/T 23366的规定进行”改为“按GB/T 23366的规定或由供需双方协商认可的方法进行”。

二、编制原则

2.1 符合性

1）以满足国内镍锰酸锂的实际生产和使用的需要为原则。提高标准的适用性。

2）以与实际相结合为原则，提高标准的可操作性。

3）完全按照GB/T 1.1—2009的要求编写。

2.2 先进性

镍锰酸锂是新型锂离子电池用正极材料，属于国家发改委《产业结构调整指导目录（2011年本）》中轻工类第十七条“锂离子电池用磷酸铁锂等正极材料、中间相炭微球和钛酸锂等负极材料、单层与三层复合锂离子电池隔膜、氟代碳酸乙烯酯（FEC）等电解质与添加剂；废旧铅酸蓄电池资源化无害化回收，年回收能力5万吨以上再生铅工艺装备系统制造”的鼓励类产品。国务院《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》[国发〔2016〕67号]中专栏14明确大力推进动力电池技术研发，着力突破电池成组和系统集成技术，超前布局研发下一代动力电池和新体系动力电池，实现电池材料技术突破性发展。

镍锰酸锂为高电压材料，其化学成分、松装密度、振实密度、激光粒度、比表面积等指标与传统正极材料有较大差异。本标准制定，将对镍锰酸锂的各项参数作出符合行业水平的规定，这对规范行业生产，维护行业稳定，减少贸易摩擦，促进终端材料升级具有重要的作用。

本标准的制定符合国家政策导向，符合目前国内镍锰酸锂的生产和用户需求情况。

三、标准主要内容的论据

3.1 企业生产和使用情况

3.1.1 国内主要生产企业产品主要指标质量情况

国内生产镍锰酸锂主要有广东邦普循环科技有限公司、济宁市无界科技有限公司、四川兴能新材料有限公司、哈尔滨博尔特能源科技有限公司、合肥国轩高科动力能源有限公司、东莞迈科新能源有限公司、中信大锰矿业有限责任公司大新锰矿分公司、中海油能源发展股份有限公司、四川科能锂电有限公司等。镍锰酸锂产品主要生产企业产品主要指标质量情况见表2.1和表2.2。

表2.1主要生产企业产品的主要指标质量情况

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 企业 | | A | B | | | C | D | E |
| 化学指标 | | | | | | | | |
| Ni/% | | 15.0~16.0 | 15.6~16.0 | 15.9~16.3 | 15.9~16.3 | 16.0~18.0 | 14.0~16.0 | 14.0~16.0 |
| Mn/% | | 44.8 ~46.3 | 44.9~45.3 | 44.9~45.3 | 44.9~45.3 | 45.0~46.0 | 44.0~46.0 | 44.0~46.0 |
| Li/% | | 3.7~3.9 | 3.6~3.9 | 3.7~3.8 | 3.7~3.8 | 3.8~4.0 | 3.7~3.9 | 3.6~4.0 |
| 磁性异物/% | | -- | -- | -- | -- | -- | ≤0.000 03 | ≤0.000 05 |
| K/% | | ≤0.03 | -- | -- | ≤0.02 | ≤0.02 | -- | -- |
| Na/% | | ≤0.03 | ≤0.02 | ≤0.02 | ≤0.02 | ≤0.05 | ≤0.03 | ≤0.02 |
| Ca/% | | ≤0.03 | ≤0.0015 | ≤0.0015 | ≤0.0015 | ≤0.03 | ≤0.005 | ≤0.02 |
| Fe/% | | ≤0.01 | ≤0.005 | ≤0.005 | ≤0.005 | ≤0.03 | ≤0.005 | ≤0.015 |
| Cu/% | | ≤0.01 | ≤0.0015 | ≤0.0015 | ≤0.0015 | ≤0.03 | ≤0.005 | ≤0.005 |
| Si/% | | ≤0.03 | ≤0.01 | -- | ≤0.03 | -- | ≤0.02 | -- |
| Cr/% | | -- | ≤0.001 | -- | -- | ≤0.001 | -- | ≤0.000 5 |
| Cd/% | | -- | ≤0.001 | -- | -- | -- | -- | ≤0.000 5 |
| Pb/% | | -- | ≤0.001 | -- | -- | -- | -- | ≤0.000 5 |
| SO42-/% | | ≤0.01 | ≤0.5 | ≤0.5 | ≤0.5 | -- | ≤0.05 | -- |
| Cl-/% | | -- | ≤0.03 | ≤0.05 | ≤0.03 | ≤0.01 | ≤0.05 | -- |
| H2O/% | | ≤0.05 | ≤0.08 | ≤0.08 | ≤0.08 | ≤0.08 | ≤0.08 | ≤0.02 |
| 物理指标 | | | | | | | | |
| 振实密度g/cm3 | | ≥1.8 | ≥2.00 | ≥1.60 | ≥2.15 | ≥2.0 | ≥1.8 | ≥1.6 |
| 粒度分布/μm | D10 | ≥1.5 | ≥3.0 | ≥0.7 | ≥5.0 | 1.50~2.00 | ≥1.0 | ≥2.0 |
| D50 | 4.0~10.0 | 5.0~8.0 | 1.0~3.0 | 9.0~12.0 | 3.0~4.0 | 6.0~12.0 | 4.0~6.0 |
| D90 | ≤35.0 | ≤15.0 | ≤8.0 | ≤20.0 | ≤10.00 | ≤35.0 | ≤9.0 |
| 比表面积/(m2/g) | | ≤2.0 | 0.4~0.6 | 0.8~1.5 | 0.2~0.4 | ≤1.5 | 0.4~0.6 | ≤1.8 |
| pH | | 8.0~11.0 | 7.0~10.5 | 8.0~11.0 | 7.0~11.0 | ≤10.50 | 7.5~10.0 | ≤11.0 |
| 微观形貌 | | 球形或  类球形 | 球形或  类球形 | 球形或  类球形 | 球形或  类球形 | 球形或  类球形 | 球形或  类球形 | 球形或  类球形 |

表2.2主要生产企业产品的主要指标质量情况

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 企业 | | F | G | H | | I | J | | |
| 化学指标 | | | | | | | | | |
| Ni/% | | 15.5~16.1 | 15.2~15.7 | | 15.1~15.5 | 15.0~16.0 | 15.9~16.3 | 15.9~16.3 | 15.9~16.3 |
| Mn/% | | 44.6~45.2 | 44.8~45.6 | | 44.7~45.2 | 44.5~46.5 | 44.9~45.4 | 44.9~45.4 | 44.9~45.4 |
| Li/% | | 3.7~4.0 | 3.6~3.9 | | 3.6~3.8 | 3.6~3.8 | 3.7~3.9 | 3.7~3.9 | 3.7~3.9 |
| 磁性异物/% | | ≤0.000 01 | ≤0.000 03 | | -- | ≤0.000 03 | ≤0.000 01 | -- | ≤0.000 03 |
| K/% | | ≤0.05 | ≤0.03 | | -- | ≤0.02 | ≤0.02 | ≤0.03 | ≤0.01 |
| Na/% | | ≤0.03 | ≤0.05 | | ≤0.02 | ≤0.05 | ≤0.05 | ≤0.05 | ≤0.05 |
| Ca/% | | ≤0.03 | ≤0.05 | | ≤0.02 | ≤0.02 | ≤0.02 | ≤0.02 | ≤0.02 |
| Fe/% | | ≤0.01 | ≤0.005 | | ≤0.008 | ≤0.01 | ≤0.01 | ≤0.01 | ≤0.01 |
| Cu/% | | ≤0.01 | ≤0.005 | | ≤0.008 | ≤0.01 | ≤0.01 | ≤0.01 | ≤0.01 |
| Si/% | | ≤0.005 | -- | | ≤0.02 | ≤0.01 | ≤0.008 | ≤0.008 | ≤0.008 |
| Cr/% | | ≤0.001 | ≤0.006 | | ≤0.008 | ≤0.005 | ≤0.001 | ≤0.002 | ≤0.003 |
| Cd/% | | -- | ≤0.001 | | ≤0.005 | -- | ≤0.001 | ≤0.000 5 | ≤0.000 8 |
| Pb/% | | -- | ≤0.001 | | ≤0.005 | -- | ≤0.005 | ≤0.000 5 | ≤0.005 |
| SO42-/% | | ≤0.01 | -- | | ≤0.02 | ≤0.03 | ≤0.01 | ≤0.01 | ≤0.01 |
| Cl-/% | | ≤0.01 | -- | | -- | -- | ≤0.02 | ≤0.02 | ≤0.02 |
| 物理指标 | | | | | | | | | |
| H2O/% | | ≤0.05 | ≤0.05 | | ≤0.05 | ≤0.05 | ≤0.02 | ≤0.02 | ≤0.02 |
| 振实密度g/cm3 | | ≥1.80 | ≥1.8 | | ≥2.0 | ≥2.0 | ≥1.8 | ≥1.8 | ≥2.1 |
| 粒度分布/μm | D10 | ≥1.0 | 1.0~2.0 | | ≥1.5 | 1.50~2.00 | ≥1.0 | ≥2.0 | ≥3.0 |
| D50 | 5.0~8.0 | 4.0~10.0 | | 5.0~15.0 | 8.0~13.0 | 3.0~5.0 | 4.0~7.0 | 9.0~15.0 |
| D90 | ≤15.0 | ≤20.0 | | ≤30.0 | ≤25.00 | ≤20.0 | ≤15.0 | ≤25.0 |
| 比表面积/(m2/g) | | 0.4~0.6 | 0.5~1.0 | | 0.4~1.5 | 0.2~1.2 | 0.6~0.8 | 0.4~0.6 | 0.3~0.5 |
| pH | | 7.0~11.0 | ≤11.5 | | 7.5~11.0 | ≤11.0 | 7.5~10.5 | 7.0~11.0 | 7.5~10.5 |
| 微观形貌 | | 球形或  类球形 | 球形或  类球形 | | 球形或  类球形 | 球形或  类球形 | 球形或  类球形 | 球形或  类球形 | 球形或  类球形 |

3.1.2 国内主要使用企业产品主要指标质量情况

镍锰酸锂在国内已逐渐被使用，主要使用客户为国内一些电池制造厂家，如合肥国轩高科动力能源有限公司、宁德时代新能源科技股份有限公司、深圳沃特玛电池有限公司、四川剑兴锂电池有限公司、上海中聚佳华电池科技有限公司、河南鹏辉能源科技有限公司、河南科隆集团有限公司等单位。表3.1及表3.2为镍锰酸锂产品国内主要使用企业指标情况。

表3.1主要使用企业产品主要指标质量情况

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 企业 | | K | L | | M | | N |
| 化学指标 | | | | | | | |
| Ni/% | | 15.5~16.5 | 15.0~16.5 | 14.0~16.0 | 16.0~18.0 | 16.0~18.0 | 16.0~17.0 |
| Mn/% | | 45.0~46.5 | 45.5~46.5 | 44.5~46.0 | 45.0~46.0 | 45.2~45.6 | 46.0~46.5 |
| Li/% | | 3.6~3.8 | 3.6~4.0 | 3.8~4.0 | 3.7~3.9 | 3.6~3.8 | 3.6~3.8 |
| 磁性异物/% | | 0.000 03 | 0.000 02 | 0.000 05 | 0.000 05 | 0.000 1 | 0.000 1 |
| K/% | | ≤0.03 | ≤0.05 | -- | ≤0.03 | -- | ≤0.02 |
| Na/% | | ≤0.1 | ≤0.1 | -- | -- | ≤0.08 | ≤0.08 |
| Ca/% | | ≤0.08 | ≤0.1 | -- | -- | -- | ≤0.05 |
| Fe/% | | ≤0.08 | ≤0.02 | ≤0.08 | ≤0.08 | ≤0.1 | ≤0.05 |
| Cu/% | | ≤0.08 | ≤0.02 | ≤0.08 | ≤0.08 | ≤0.1 | ≤0.05 |
| Si/% | | -- | -- | ≤0.02 | ≤0.05 | ≤0.05 | ≤0.03 |
| Cr/% | | ≤0.01 | ≤0.005 | -- | ≤0.01 | -- | -- |
| Cd/% | | ≤0.01 | -- | ≤0.006 | -- | ≤0.008 | ≤0.000 5 |
| Pb/% | | ≤0.01 | -- | ≤0.01 | -- | ≤0.008 | ≤0.000 5 |
| SO42-/% | | ≤0.1 | -- | ≤0.05 | ≤0.1 | -- | ≤0.06 |
| Cl-/% | | ≤0.05 | -- | ≤0.1 | ≤0.05 | ≤0.05 | -- |
| H2O/% | | ≤0.05 | ≤0.08 | ≤0.05 | ≤0.05 | ≤0.05 | ≤0.1 |
| 物理指标 | | | | | | | |
| 振实密度g/cm3 | | ≥1.6 | ≥1.6 | ≥1.8 | ≥1.8 | ≥2.0 | ≥2.0 |
| 粒度分布/μm | D10 | ≥1.0 | ≥1.0 | ≥2.0 | ≥1.5 | ≥1.0 | ≥1.0 |
| D50 | 5.0~18.0 | 3.0~8.0 | 5.0~12.0 | 3.0~10.0 | 7.0~15.0 | 3.0~15.0 |
| D90 | ≤30.0 | ≤25.0 | ≤30.0 | ≤25.0 | ≤30.0 | ≤30.0 |
| 比表面积m2/g | | 0.2~0.5 | 0.6~0.8 | 0.4~0.5 | ≤1.0 | 0.5~0.7 | 0.3~0.7 |
| pH | | 7.0~10.0 | ≤11.0 | 8.0~11.0 | ≤10.5 | 9.0~11.0 | ≤11.0 |
| 微观形貌 | | 球形或  类球形 | 球形或  类球形 | 球形或  类球形 | 球形或  类球形 | 球形或  类球形 | 球形或  类球形 |

表3.2 主要使用企业产品主要指标质量情况

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 企业 | | O | P | Q | R | S | |
| 化学指标 | | | | | | | |
| Ni/% | | 15.0~16.5 | 15.2~16.5 | 15.5~16.5 | 15.0~16.2 | 15.4~15.8 | 16.0~16.5 |
| Mn/% | | 45.0~47.0 | 45.0~46.8 | 44.0~46.0 | 45.0~46.0 | 45.0~46.5 | 44.0~46.0 |
| Li/% | | 3.5~4.0 | 3.8~4.0 | 3.6~3.8 | 3.5~3.8 | 3.6~3.8 | 3.7~4.0 |
| 磁性异物/% | | -- | ≤0.000 08 | ≤0.000 1 | -- | -- | ≤0.000 1 |
| K/% | | -- | ≤0.02 | ≤0.05 | ≤0.02 | -- | ≤0.03 |
| Na/% | | ≤0.06 | ≤0.06 | ≤0.08 | ≤0.03 | ≤0.05 | ≤0.05 |
| Ca/% | | ≤0.005 | ≤0.05 | -- | ≤0.05 | -- | ≤0.05 |
| Fe/% | | ≤0.08 | ≤0.08 | ≤0.06 | ≤0.03 | ≤0.06 | ≤0.05 |
| Cu/% | | ≤0.08 | ≤0.08 | ≤0.06 | ≤0.03 | ≤0.06 | ≤0.05 |
| Si/% | | ≤0.03 | -- | ≤0.02 | ≤0.03 | ≤0.01 | ≤0.03 |
| Cr/% | | -- | -- | ≤0.01 | ≤0.006 | ≤0.01 | ≤0.006 |
| Cd/% | | -- | ≤0.01 | -- | -- | ≤0.006 | ≤0.005 |
| Pb/% | | -- | ≤0.01 | -- | -- | ≤0.006 | ≤0.005 |
| SO42-/% | | ≤0.1 | ≤0.08 | ≤0.05 | ≤0.08 | -- | ≤0.03 |
| Cl-/% | | ≤0.1 | -- | -- | ≤0.08 | ≤0.1 | ≤0.06 |
| H2O/% | | ≤0.1 | ≤0.06 | ≤0.08 | ≤0.08 | ≤0.05 | ≤0.1 |
| 物理指标 | | | | | | | |
| 振实密度g/cm3 | | ≥1.6 | ≥1.6 | ≥1.3 | ≥2.0 | ≥2.0 | ≥1.6 |
| 粒度分布/μm | D10 | ≥1.0 | ≥0.6 | ≥1.5 | ≥1.0 | ≥1.0 | ≥1.0 |
| D50 | 5.0~10.0 | 1.0~4.0 | 3.0~6.0 | 8.0~15.0 | 5.0~20.0 | 3.0~6.0 |
| D90 | ≤30.0 | ≤12.0 | ≤15.0 | ≤30.0 | ≤40.0 | ≤20.0 |
| 比表面积m2/g | | ≤1.5 | 0.8~1.0 | 0.5~0.7 | 0.2~1.5 | ≤1.5 | 0.5~1.2 |
| pH | | ≤11 | ≤10.5 | 9.0~11.0 | 8.5~10.5 | 9~10.5 | 9.5~11.0 |
| 微观形貌 | | 球形或  类球形 | 球形或  类球形 | 球形或  类球形 | 球形或  类球形 | 球形或  类球形 | 球形或  类球形 |

3.2 主要技术指标确定依据

3.2.1 化学成分

镍锰酸锂所含元素中Li、Ni、Mn三个元素为主含量，依据常规要求，其标准范围的制定是根据镍锰酸锂的生产和使用行业需求的整体水平而定。杂质元素标准范围主要是依据客户的技术规格书、生产工艺的实际水平来制定的，杂质元素规定了K、Na、Ca、Fe、Cu、Si、Cr、Cd、Pb、SO42-和Cl-的要求。镍锰酸锂化学成分指标具体见表4。

表4镍锰酸锂化学成分

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 化学成分 | | 含量（质量分数）/% |
| 主元素 | Ni | 44.5~46.5 |
| Mn | 3.6~4.0 |
| Li | 15.0~17.0 |
| 杂质元素 | K | ≤0.03 |
| Na | ≤0.05 |
| Ca | ≤0.05 |
| Fe | ≤0.05 |
| Cu | ≤0.05 |
| Si | ≤0.01 |
| Cr | ≤0.005 |
| Cd | ≤0.005 |
| Pb | ≤0.005 |
| SO42- | ≤0.05 |
| Cl- | ≤0.05 |

3.2.2水分含量

水分对电池级片制备和电池性能影响较大。材料水分超标，会引起浆料团聚，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，所以应严格控制产品水分含量。考虑生产企业生产产品水分含量和使用企业水分要求，产品中的水分含量应不大于0.05%。

3.2.3 磁性异物

根据客户需要，镍锰酸锂中磁性异物含量应不大于0.000 03%。

3.2.4 外观质量

镍锰酸锂的主要元素是Li、Ni、Mn三种元素，如果把这些元素均匀地混合成高性能的电池材料，在外观上也有一定的要求——颜色灰黑色粉末，流动性好，不能有结块。

3.2.5晶型结构

镍锰酸锂的晶型卡片包括JCPDS（32-0581）、JCPDS标准（80-2183）、JCPDS标准（80-2184）和JCPDS标准（80-2162），其中JCPDS标准（80-2162）为无序型的卡片。作为电池正极材料活性物质的镍锰酸锂产品为无序型的尖晶石结构，因此其晶型结构应符合JCPDS标准（80-2162）。

3.2.6 振实密度

为了满足客户的使用要求，同时考虑到目前的生产工艺实际水平，鉴于不小于1.8 g /cm3的振实密度已能满足目前绝大部分生产企业产品和客户使用产品的要求，本标准规定镍锰酸锂的振实密度应不小于1.8 g /cm3。

3.2.7 粒度分布

锂离子电池正负极材料均为微纳米级粉体材料，粒度分布要求呈正态分布。根据目前生产工艺水平以及镍锰酸锂自身的特点，除了个别生产和使用企业规定的D10和D50粒度分布较小外，整体上镍锰酸锂的粒度分布特征值范围满足：D10不小于1.0 μm，D50应在4.0 μm~ 18.0 μm范围内，D90应不大于40.0 μm。

3.2.8 比表面积

考虑到客户使用时更好控制浆料水分，避免比表面积过大时对电池极片制作的影响，同时参考国内生产企业和使用企业中产品比表面积范围较大，少部分企业产品要求不小于2.0 m2/g，大部分要求不大于1.5 m2/g，其中C、I、K、R企业规定的比表面积均以0.2 m2/g为最低限，故标准规定了镍锰酸锂的比表面积在0.2 m2/g ~1.5 m2/g范围内。

3.2.9 pH值

与其他锂离子电池极材料类似，因为Li元素的存在，镍锰酸锂的pH值为碱性，目前国内镍锰酸锂pH 基本在7.0~10.0左右，根据元素组成、生产工艺水平及实际测试结果，标准规定了镍锰酸锂的pH值应在7.0~11.0范围内。

3.2.10 首次放电比容量

镍锰酸锂的电化学性能根据目前国内生产工艺水平和实际试验测试情况，标准规定了镍锰酸锂在环境温度25 ℃，电压范围3.0 V~5.0 V，0.2 C充放电倍率或按由供需双方认协商认可的方法规定的条件下：以锂片为负极的半电池的首次可逆比容量应不小于130 mAh/g。

3.2.11首次充放电效率

在环境温度25 ℃，电压范围3.0 V~5.0 V，0.2 C充放电倍率或按由供需双方认协商认可的方法规定的条件下：以锂片为负极的半电池的首次充放电效率应不小于90%。

3.2.12 循环寿命

在电压范围为3.0 V~5.0 V，0.5 C充放电倍率下，放电容量达到第一次循环放电容量的80%时，循环次数应不低于500次。

3.3 试验方法

3.3.1 化学成分

镍锰酸锂还未有分析方法，测定镍、锰和锂含量方法按双方协商认可方法进行，水分按GB/T 6284的规定进行，样品烘干温度提高到110 ℃。

3.3.2 外观质量

产品外观质量直接通过目视检查，方便快速。

3.3.3 晶体结构

产品的晶体结构用X射线检测仪检测，参照JCPDS（32-0581）、JCPDS标准（80-2183）、JCPDS标准（80-2184）和JCPDS标准（80-2162）。

3.3.4 物理性能

参照其它电池材料如镍钴锰酸锂和钴酸锂中产品振实密度的测定方法，规定本标准中产品的振实密度测定按照 GB/T 5162 的规定测定。

参照其它电池材料如镍钴锰酸锂和钴酸锂中产品粒度分布的测定方法，规定本标准中产品的粒度分布测定按照 GB/T 19077.1 的规定进行。

参照其它电池材料如镍钴锰酸锂和钴酸锂中产品比表面积的测定方法，规定本标准中产品的比表面积测定按照 GB/T 13390 的规定进行。

参照其它电池材料如镍钴锰酸锂和钴酸锂中产品pH的测定方法，规定本标准中产品的pH测定按照 GB/T 1717 的规定进行。

3.3.5 电化学性能

参照其它电池材料如镍钴锰酸锂和钴酸锂中产品首次放电比容量的测定方法，规定本标准中产品的首次放电比容量测定按照GB/T 23365的规定或由供需双方认协商认可的方法进行。根据供需双方常用充电电压指标，规定其中充放电电压范围为3.0 V~5.0 V。

参照其它电池材料如镍钴锰酸锂和钴酸锂中产品首次充放电效率的测定方法，规定本标准中产品首次充放电效率测定按照GB/T 23365的规定或由供需双方认协商认可的方法进行。根据供需双方常用充电电压指标，规定其中充放电电压范围为3.0 V~5.0 V。

参照其它电池材料如镍钴锰酸锂和钴酸锂中产品平台容量比率的测定方法，规定本标准中产品平台容量比率测定按照GB/T 23366的规定进行。根据供需双方常用充电电压指标，规定其中充放电电压范围为3.0 V~5.0 V。

参照其它电池材料如镍钴锰酸锂和钴酸锂中产品产品循环寿命的测定方法，规定本标准中产品循环寿命测定按照GB/T 23366的规定进行。根据供需双方常用充电电压指标，规定其中充放电电压范围为3.0 V~5.0 V。

3.3.6 周期检查和逐批检测的项目及样品数量

表5周期检查和逐批检测的项目及样品数量

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 检验项目 | 取样数量 | 要求的章条号 | 试验方法的章条号 | 检验类别 |
| 化学成分 | 每批1份 | 4. 1 | 5. 1 | 逐批检验 |
| 水分 | 每批1份 | 4. 2 | 5. 2 | 逐批检验 |
| 磁性异物 | 每批2份 | 4. 3 | 5. 3 | 逐批检验 |
| 外观质量 | 逐桶 | 4. 4 | 5. 4 | 逐批检验 |
| 晶体结构 | 每批1份 | 4. 5 | 5. 5 | 周期检验 |
| 振实密度 | 每批1份 | 4. 6 | 5.6 | 逐批检验 |
| 粒度分布 | 每批5份 | 4. 7 | 5. 7 | 逐批检验 |
| 比表面积 | 每批1份 | 4. 8 | 5. 8 | 逐批检验 |
| pH值 | 每批1份 | 4. 9 | 5. 9 | 逐批检验 |
| 首次放电比容量 | 每批1份 | 4. 10 | 5. 10 | 周期检验 |
| 首次充放电效率 | 每批1份 | 4. 11 | 5. 11 | 周期检验 |
| 循环寿命 | 每批1份 | 4. 12 | 5. 12 | 周期检验 |

四、标准水平分析

4.1 采用国际标准和国外先进标准的程度

经查，国外无相同类型的标准。

4.2 国际、国外同类标准水平的对比分析

经查，国外无相同类型的标准。

4.3 与现有标准及制定中标准协调配套的情况

经查，标准与现有标准及制定中的标准无重复交叉情况。

经查，本标准不涉及国内外专利。

五、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

与有关的现行法律、法规和强制性国家标准没有冲突。

六、重大分歧意见的处理经过和依据

无重大分歧。

七、标准作为强制性标准或推荐性标准的建议

建议作为推荐性有色行业标准。

八、贯彻标准的要求和措施建议

由于本标准反映了镍锰酸锂行业的需求，因此可积极向厂家及国内外用户推荐采用本标准。

九、废止现行有关标准的建议

无。

十、其他应予说明的事项

无。

《镍锰酸锂》标准编制组

二〇一七年十一月