**行业标准《固态锂离子电池正极材料》**

**编**

**制**

**说**

**明**

**（讨论稿）**

**湖南长远锂科新能源有限公司**

**2025年2月21日**

行业标准《固态锂离子电池正极材料》

编制说明

一、工作简况

1.1任务来源与计划要求

1.1.1任务下达

根据工业和信息化部办公厅关于印发2024年第四批行业标准制修订计划的通知（工信厅科函[2024]352号），行业标准《固态锂离子电池正极材料》由全国有色金属标准化技术委员会（SAC/TC 243）提出并归口，项目计划编号：2024-1059T-YS，由湖南长远锂科新能源有限公司牵头起草，该标准计划完成年限2025年。

1.1.2项目编制组单位

标准编制组单位包括：湖南长远锂科新能源材料有限公司、金驰能源材料有限公司、广东邦普循环科技有限公司、天津国安盟固利新材料科技股份有限公司、北京当升材料科技股份有限公司、华友新能源科技（衢州）有限公司、长沙矿冶研究院有限责任公司、中伟新材料股份有限公司、格林美股份有限公司、厦门厦钨新能源材料股份有限公司、宁波容百新能源科技股份有限公司、元能科技（厦门）有限公司、巴斯夫杉杉电池材料有限公司等单位。

1.2 主要参加单位和工作成员及其所做工作

1.2.1 起草单位简介

湖南长远锂科新能源有限公司成立于2019年，是世界500强企业中国五矿集团有限公司旗下直管企业——五矿新能源材料（湖南）股份有限公司（简称：五矿新能，股票代码：688779）的全资子公司，注册资本100,000万元。公司专注于高效电池材料的研究与生产，主要产品包括多元正极材料、磷酸铁锂、钴酸锂等锂电正极材料，拥有多元锂电正极材料完整产品体系，在动力三元材料市场占有率行业领先。公司总部位于长沙高新开发区，下辖高新、麓谷两个生产基地，具备年产9万吨三元正极材料、6万吨磷酸铁锂材料产能。

公司投资近90亿元，在高新基地建设车用锂电池正极材料扩产项目。项目分两期建设，年产能4万吨的车用锂电池正极材料扩产一期项目于2021年底投产、2022年达产达效，获评中国有色金属工业协会“2022-2023年度第一批有色金属工业优质工程”；二期项目建有4万吨/年三元正极材料和6万吨/年磷酸铁锂正极材料生产线，2023年4月份全面建成投产。

1.2.2主要参编单位情况

湖南长远锂科新能源材料有限公司，作为标准牵头编制单位，负责组织开展标准的研制工作，包括前期调研、文献查询、框架内容调整、技术分析、样品收集和试验验证等工作。湖南长远锂科新能源材料有限公司、金驰能源材料有限公司、广东邦普循环科技有限公司、天津国安盟固利新材料科技股份有限公司、北京当升材料科技股份有限公司、华友新能源科技（衢州）有限公司、长沙矿冶研究院有限责任公司、中伟新材料股份有限公司、格林美股份有限公司、厦门厦钨新能源材料股份有限公司、宁波容百新能源科技股份有限公司、元能科技（厦门）有限公司、巴斯夫杉杉电池材料有限公司等单位均为固态锂离子电池正极材料产品的生产、使用及研究企业，在标准编制过程中，积极参与标准的调研工作，为标准编制提供了大量的实测数据。同时，针对标准的讨论稿和征求意见稿提出修改意见，确保产品的指标能满足生产、使用要求，确保产品的检测方法能实际应用于企业。

1.2.3主要工作成员所负责的工作情况

本标准主要起草人及其工作职责见表1。

**表1 主要起草人及工作职责**

|  |  |
| --- | --- |
| 起草人 | 工作职责 |
|  | 负责标准的工作指导及组织协调，标准关键指标的把控 |
|  | 负责标准的调研、标准文本、标准编制说明的撰写，意见汇总处理，参加标准讨论和审定会议 |
|  | 负责产品指标及试验方法的把控，对讨论稿和征求意见稿提出修改意见 |

1.3主要工作过程

1.3.1立项阶段

2021年12月，湖南长远锂科新能源材料有限公司向全国有色金属标准化技术委员会粉末冶金分会（SAC/TC243/SC4）提交行业标准《固态锂离子电池正极材料》项目建议书。

1.3.2起草阶段

2024年9月至2025年1月，湖南长远锂科新能源材料有限公司、金驰能源材料有限公司、广东邦普循环科技有限公司、天津国安盟固利新材料科技股份有限公司、北京当升材料科技股份有限公司、华友新能源科技（衢州）有限公司、长沙矿冶研究院有限责任公司、中伟新材料股份有限公司、格林美股份有限公司、厦门厦钨新能源材料股份有限公司、宁波容百新能源科技股份有限公司、元能科技（厦门）有限公司、巴斯夫杉杉电池材料有限公司等单位，接到《固态锂离子电池正极材料》起草编制工作任务后，成立了标准编制工作组，展开了标准讨论稿和编制说明的工作分配及实施工作计划等事项。本文件在起草过程中，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技术资料，结合目前国内外固态锂离子电池正极材料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，在标准编制工作组进行了多次交流，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和编制说明。

1.3.3征求意见阶段

2025年3月5日，全国有色金属标准化技术委员会在安徽省合肥市组织召开了有色标准工作会议，会议对《固态锂离子电池正极材料》进行了讨论。

1.3.4审查阶段

…..

1.3.5报批阶段

……

二、 编制原则、主要内容及其确定依据

2.1 编制原则

1、本标准按照GB/T 1.1—2020的要求编写。

2、遵循科学性、先进性、统一性，以与实际相结合为原则，提高标准的可操作性。满足国内锂离子电池正极补锂添加剂材料的研究、生产和使用的需要为原则，提高标准的适用性。

3、对产品的化学成分、外观、水分、物理等指标进行了规定，保证了产品的质量。

4、对产品首次充放电比容量和首次充放电效率进行了规定，保证了产品的适用性。

5、规定了产品的试验方法、检验规则，避免了供需双方的冲突，促进了本行业健康发展。

2.2主要内容及其确定依据

2.2.1 范围

本文件规定了固态锂离子电池正极材料的术语和定义、产品分类、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输、贮存和随行文件及订货单内容。

本文件适用于固态锂离子电池正极材料。

2.2.2 产品分类

根据产品的性能和用途分为低电压型、高电压型两类。

2.2.3 主要技术指标及确定依据

2.2.3.1 化学成分

低电压型产品的化学成分应符合表1的规定；中电压型产品的化学成分应符合表1的规定；高电压型产品的化学成分应符合表2的规定。

1. 低电压型产品的化学成分

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 化学成分 | | 含量（质量分数） | |
| 钛酸锂 | 磷酸铁锂 |
| 主元素，% | Li | 10.7±0.5 | 4.4±0.3 |
| Ti | 35.8±1.0 |  |
| Fe |  | 35.4±1.0 |
| 杂质元素，% | Na | ≤0.0300 | ≤0.0300 |
| Mg | ≤0.0300 | ≤0.0300 |
| Ca | ≤0.0300 | ≤0.0300 |
| Fe | ≤0.0300 | \ |
| Zn | ≤0.0300 | ≤0.0300 |
| Cu | ≤0.0050 | ≤0.0050 |
| S | ≤0.10 | ≤0.10 |
| Cr | ≤0.0300 | ≤0.0300 |
| 包覆物，ppm | / | 500-10000 | 500-10000 |

1. 中电压型产品的化学成分

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 化学成分 | | 含量（质量分数） | | | | |
| 磷酸锰铁锂 | 锰酸锂 | 钴酸锂Ⅰ | 镍钴锰酸锂Ⅰ | 富锂锰Ⅰ |
| 主元素，% | Li | 4.4±0.3 | 3.8±0.3 | 7.2±0.5 | 7.2±0.5 | 9.5±1.0 |
| Ni |  |  |  | Ni/Co/Mn：60-63 | 43.5±1.0 |
| Co |  |  | 60.2±1.5 |  |
| Mn | ≥15 | 60.7±1.5 |  |  |
| Fe | ≤20 |  |  |  |  |
| Ti |  |  |  |  |  |
| P | 19.6±0.8 |  |  |  |  |
| 杂质元素，% | Na | ≤0.0300 | | | | |
| Mg | ≤0.0300 | | | | |
| Ca | ≤0.0300 | | | | |
| Zn | ≤0.0300 | | | | |
| Cu | ≤0.0050 | | | | |
| S | ≤0.10 | | | | |
| Cr | ≤0.0300 | | | | |
| 包覆物，ppm | / | 500-10000 | | | | |

1. 高电压型产品的化学成分

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 化学成分 | | 含量（质量分数） | | | |
| 镍锰尖晶石 | 钴酸锂Ⅱ | 镍钴锰酸锂Ⅱ | 富锂锰Ⅱ | |
| 主元素，% | Li | 3.8±0.3 | 7.2±0.5 | 7.2±0.5 | 9.5±1.0 | |
| Ni | 16.0±1.0 |  | Ni/Co/Mn：60-63 | 43.5±1.0 | |
| Co |  | 60.2±1.5 |
| Mn | 45±1.0 |  |
| 杂质元素，% | Na | ≤0.0300 | | | | |
| Mg | ≤0.0300 | | | | |
| Ca | ≤0.0300 | | | | |
| Zn | ≤0.0300 | | | | |
| Cu | ≤0.0050 | | | | |
| S | ≤0.10 | | | | |
| Cr | ≤0.0300 | | | | |
| 包覆物，ppm | / | 500-10000 | | | | |

2.2.3.2 外观质量

产品的外观应颜色均一，无结块和夹杂物。

2.2.3.3晶体结构

产品的晶体结构应符合JCPDS标准（09-0063）。

2.2.3.4水分含量

产品的水分含量应不大于0.02%。

【条文说明】材料的水分超标，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。

2.2.3.5磁性异物

产品的磁性异物应不大于0.0000003%。

【条文说明】磁性异物对电池性能影响很大，正/负极材料中残留的磁性异物，在电池中可能会刺穿隔膜，造成短路、自放电现象，严重降低电池的安全性，因此要严格控制正极材料中磁性异物的含量。

2.2.3.6残余碱含量

产品的残余碱含量应符合表4的规定。

表4 残余碱含量

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 产品分类 | 低电压型 | 中电压型 | 高电压型 |
| 残余碱含量（%） | ≤0.20 | ≤0.20 | ≤0.10 |

2.2.3.7 粒度分布

产品的粒度应符合表5的规定。

表5 粒度分布

|  |  |
| --- | --- |
| 产品分类 |  |
| D50，μm | 1-20 |
| Dmax，μm | ≤30 |

【条文说明】从大量的制浆经验以及行业交流反馈来看，粒度分布几乎决定了材料的加工性能。

2.2.3.8 离子扩散系数

产品的离子扩散系数应符合表6的规定。

表6 离子扩散系数

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 产品分类 | 低电压型 | | 中电压型 | | | | | 高电压型 | | | | |
| 钛酸锂 | 磷酸铁锂 | 磷酸锰铁锂 | 锰酸锂 | 钴酸锂Ⅰ | 镍钴锰酸锂Ⅰ | 富锂锰Ⅰ | 镍锰尖晶石 | 钴酸锂Ⅱ | 镍钴锰酸锂Ⅱ | 富锂锰Ⅱ |
| 离子扩散系数（cm2/s） | 10-10-10-9 | 10-13-10-11 | 10-13-10-11 | 10-10-10-9 | 10-12-10-9 | 10-12-10-9 | 10-12-10-11 | 10-10-10-9 | 10-12-10-9 | 10-12-  10-9 | 10-12-  10-11 |

2.2.3.9 粉末电阻率

产品的粉末电阻率应符合表7的规定。

表7 粉末电阻率

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 产品分类 | 低电压型 | | 中电压型 | | | | | 高电压型 | | | | |
| 钛酸锂 | 磷酸铁锂 | 磷酸锰铁锂 | 锰酸锂 | 钴酸锂Ⅰ | 镍钴锰酸锂Ⅰ | 富锂锰Ⅰ | 镍锰尖晶石 | 钴酸锂Ⅱ | 镍钴锰酸锂Ⅱ | 富锂锰Ⅱ |
| 粉末电阻率（Ω˙m） | ≤104 | ≤50 | ≤50 | ≤103 | ≤105 | ≤104 | ≤104 | ≤102 | ≤105 | ≤104 | ≤104 |

2.2.3.10 离子电导率

产品的离子电导率应符合表8的规定。

表8 离子电导率

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 产品分类 | 低电压型 | | 中电压型 | | | | | 高电压型 | | | | |
| 钛酸锂 | 磷酸铁锂 | 磷酸锰铁锂 | 锰酸锂 | 钴酸锂Ⅰ | 镍钴锰酸锂Ⅰ | 富锂锰Ⅰ | 镍锰尖晶石 | 钴酸锂Ⅱ | 镍钴锰酸锂Ⅱ | 富锂锰Ⅱ |
| 离子电导率（S/cm） | 10-10-10-9 | 10-10-  10-9 | 10-10-  10-9 | 10-6-  10-5 | 10-6-  10-5 | 10-7-  10-5 | 10-7-  10-5 | 10-5-  10-4 | 10-6-  10-5 | 10-7-10-5 | 10-7-10-5 |

2.2.3.11振实密度

产品的振实密度应符合表9的规定。

表9 振实密度

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 产品分类 | 低电压型 | | 中电压型 | | | | | 高电压型 | | | | |
| 钛酸锂 | 磷酸铁锂 | 磷酸锰铁锂 | 锰酸锂 | 钴酸锂Ⅰ | 镍钴锰酸锂Ⅰ | 富锂锰Ⅰ | 镍锰尖晶石 | 钴酸锂Ⅱ | 镍钴锰酸锂Ⅱ | 富锂锰Ⅱ |
| 振实密度（g/cm3） | ≥1.5 | ≥1.0 | ≥1.0 | ≥1.8 | ≥2.0 | ≥2.0 | ≥1.8 | ≥1.8 | ≥2.0 | ≥2.0 | ≥1.8 |

【条文说明】振实密度是衡量活性材料的一个重要指标，因为锂离子电池的体积是有限的，如果振实密度太低，单位体积的活性物质质量偏少，使得体积容量偏低。

2.2.3.12比表面积

产品的比表面积应符合表10的规定。

表10 比表面积

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 产品分类 | 低电压型 | | 中电压型 | | | | | 高电压型 | | | | |
| 钛酸锂 | 磷酸铁锂 | 磷酸锰铁锂 | 锰酸锂 | 钴酸锂Ⅰ | 镍钴锰酸锂Ⅰ | 富锂锰Ⅰ | 镍锰尖晶石 | 钴酸锂Ⅱ | 镍钴锰酸锂Ⅱ | 富锂锰Ⅱ |
| 比表面积（m2/g） | ≥1.0 | ≥1.0 | ≥1.0 | ≥0.3 | ≥0.2 | ≥0.2 | ≥1.0 | ≥1.0 | ≥0.2 | ≥0.2 | ≥1.0 |

【条文说明】材料比表面积大时，电池的倍率特性较好，但通常更易与电解液发生反应，使得循环和存储变差。材料比表面积与颗粒大小及分布、表面孔隙度、表面包覆物等密切相关。

2.2.3.13 pH值

产品的pH值应符合表11的规定。

表11 pH值

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 产品分类 | 低电压型 | | 中电压型 | | | | | 高电压型 | | | | |
| 钛酸锂 | 磷酸铁锂 | 磷酸锰铁锂 | 锰酸锂 | 钴酸锂Ⅰ | 镍钴锰酸锂Ⅰ | 富锂锰Ⅰ | 镍锰尖晶石 | 钴酸锂Ⅱ | 镍钴锰酸锂Ⅱ | 富锂锰Ⅱ |
| pH | ≤10 | ≤10 | ≤10 | ≤11 | ≤12 | ≤12 | ≤12 | ≤11 | ≤12 | ≤12 | ≤12 |

【条文说明】pH值反映的是碱量的大小。

2.2.3.14首次放电比容量

产品的首次放电比容量应符合表12的规定。

表12 首次充放电容量

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 产品分类 | 低电压型 | | 中电压型 | | | | | 高电压型 | | | | |
| 钛酸锂 | 磷酸铁锂 | 磷酸锰铁锂 | 锰酸锂 | 钴酸锂Ⅰ | 镍钴锰酸锂Ⅰ | 富锂锰Ⅰ | 镍锰尖晶石 | 钴酸锂Ⅱ | 镍钴锰酸锂Ⅱ | 富锂锰Ⅱ |
| 首次放电比容量（mA˙h/g） | ≥135 | ≥135 | ≥135 | ≥100 | ≥140 | ≥160 | ≥200 | ≥100 | ≥160 | ≥180 | ≥230 |

【条文说明】

2.2.3.15首次充放电效率

产品的首次充放电效率应符合表13的规定。

表13 首次充放电效率

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 产品分类 | 低电压型 | 中电压型 | 高电压型 |
| 首次充放电效率（%） | ≥80 | ≥80 | ≥75 |

2.2.3.16首次放电比容量

产品的循环寿命应符合表14的规定。

表14 循环寿命

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 产品分类 | 低电压型 | | 中电压型 | | | | | 高电压型 | | | | |
| 钛酸锂 | 磷酸铁锂 | 磷酸锰铁锂 | 锰酸锂 | 钴酸锂Ⅰ | 镍钴锰酸锂Ⅰ | 富锂锰Ⅰ | 镍锰尖晶石 | 钴酸锂Ⅱ | 镍钴锰酸锂Ⅱ | 富锂锰Ⅱ |
| 循环寿命（次） | ≥2000 | ≥1500 | ≥800 | ≥800 | ≥3000 | ≥2000 | ≥500 | ≥300 | | | |

2.2.3.17其他要求

需方如对固态锂离子电池正极材料有特殊要求，可由供需双方协商确定。

2.2.4 试验方法

2.2.4.1 化学成分

产品的化学成分按GB/T 23942的规定进行，也可按照供需双方协商认可的方法进行。

2.2.4.2 外观质量

产品外观质量用目视检查。

2.2.4.3 晶体结构

产品的晶体结构用X射线粉末衍射仪检测。

2.2.4.4 水分含量

产品水分含量的测定按GB/T 6283的规定进行。

2.2.4.5 磁性异物

产品磁性异物含量的测定按GB/T 24533-2019中附录K的规定进行 。

2.2.4.6残余锂含量

产品的残余锂含量的测定由供需双方认可的方法进行。

2.2.4.7 粒度分布

产品粒度分布的测定按GB/T 19077的规定进行。

2.2.4.8 离子扩散系数

产品离子扩散系数的测定按附录A的规定进行。

2.2.4.9 粉末电阻率

产品离子扩散系数的测定按附录B的规定进行。

2.2.4.10 离子电导率

产品离子电导率的测定按附录C的规定进行。

2.2.4.11 振实密度

产品振实密度的测定按GB/T 5162的规定进行。

2.2.4.12 比表面积

产品比表面积的测定按GB/T 19587的规定进行。

2.2.4.13 pH值

产品pH值的测定按GB/T 1717的规定进行。

2.2.4.14 首次放电比容量

产品首次放电比容量的测定按GB/T 23365的规定进行。

2.2.4.15 首次充放电效率

产品首次充放电效率的测定按GB/T 23365的规定进行

2.2.4.16 循环寿命

产品循环寿命的测定按GB/T 23366的规定进行。

三、试验验证的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效益、社会效益和生态效益

......

四、与国际、国外同类标准技术内容的比对情况，或者与测试的国外样品、样机的有关数据对标情况

经查，国外无相同类型的标准。本标准达到了国内先进水平。

五、以国际标准为基础的起草情况，以及是否合规引用或者采用国际国外标准，并说明未采用国际标准的原因

经查，国外无相同类型的标准。

六、与有关法律、行政法规及相关标准的关系

与有关法律、行政法规及相关标准没有冲突。

七、重大分歧意见的处理经过和依据

无重大分歧。

八、涉及专利的有关说明

经查，本标准不涉及国内外专利。

九、实施国家标准的要求，以及组织措施、技术措施、过渡期和实施日期的建议等措施建议

由于本标准反映了固态锂离子电池正极材料行业的需求，因此可积极向厂家及国内外用户推荐采用本标准。

十、其他应当说明的事项

无。

**《固态锂离子电池正极材料》行业标准编制工作组**

2025-2-21