

# Interpretation of the Industry Standard for YS/T 1027-2024 *Lithium Iron Phosphate*

Zhiping Qiu<sup>1</sup> Yan Sun<sup>1</sup> Qingqing Jin<sup>1</sup> Yonghui Zhou<sup>1</sup> Yineng Li<sup>2</sup>

1. Shenzhen Dynanonic Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518000, China

2. Qujing Dynanonic Co., Ltd., Qujing, Yunnan, 655011, China

## Abstract

Lithium iron phosphate ( $\text{LiFePO}_4$ ) is widely used in energy storage systems and new energy vehicles because of its excellent performance, low price and no pollution to the environment. With the progress of technology and changes in market demand, the performance requirements for lithium iron phosphate materials and their battery products are also changing and improving. The industry urgently needs to revise the "lithium iron phosphate" industry standards, aimed at further standardizing the development of lithium iron phosphate materials, improving product quality, promoting technological progress of lithium iron phosphate batteries and meeting market demand. This article interprets the newly revised "lithium iron phosphate" industry standard, explains the background of the development of the standard, and analyzes the basis for determining the main indicators in the standard, in order to help users understand the new standard easily.

## Keywords

lithium-ion battery; lithium iron phosphate; industry standard

## YS/T 1027-2024《磷酸铁锂》行业标准解读

邱志平<sup>1</sup> 孙言<sup>1</sup> 金青青<sup>1</sup> 周永辉<sup>1</sup> 李意能<sup>2</sup>

1. 深圳市德方纳米科技股份有限公司, 中国·广东 深圳 518000

2. 曲靖市德方纳米科技有限公司, 中国·云南 曲靖 655011

## 摘要

磷酸铁锂 ( $\text{LiFePO}_4$ ) 具有综合性能优良、价格便宜、对环境无污染等优点, 在储能系统和新能源汽车方面得到广泛应用。随着技术的进步和市场需求的变化, 对磷酸铁锂材料及其电池产品的性能要求也在不断变化和提高。为进一步规范磷酸铁锂材料发展, 提高产品质量, 推动磷酸铁锂电池技术进步, 满足市场需求, 亟需修订《磷酸铁锂》行业标准。本文对新修订的《磷酸铁锂》行业标准进行解读, 阐释标准修订的背景, 对标准中主要技术指标确定的依据进行解析, 以帮助用户更好地理解新标准。

## 关键词

锂离子电池; 磷酸铁锂; 行业标准

## 1 引言

磷酸铁锂作为一种新型的锂离子电池正极材料, 因其结构稳定、容量高、安全性好、价格便宜等优良特性, 在电动汽车、电动工具、储能系统等领域应用日益广泛<sup>[1-2]</sup>。自2015年YS/T1027-2015《磷酸铁锂》行业标准首次发布实施后<sup>[3]</sup>, 该标准对行业的规范发展起到了重要的支撑作用。随着技术的进步和市场需求的变化, 对磷酸铁锂材料及其电池产品的性能要求也在不断提高, YS/T 1027-2015 由于部分

指标缺失、老化滞后, 无法满足当下市场需求。为满足行业发展的需要, 工业和信息化部于2022年正式立项修订《磷酸铁锂》行业标准(计划编号2022-0061T-YS), 该项目由常州锂源新能源科技有限公司、四川锂源新材料有限公司、深圳市德方纳米科技股份有限公司、湖北万润新能源科技股份有限公司等磷酸铁锂主要生产企业联合起草, 旨在更新产品技术指标、保证标准内容与俱进, 新标准已于2024年10月24日正式发布。YS/T1027-2024《磷酸铁锂》行业标准对于推动行业技术进步、提高产品质量、保障市场公平竞争具有重要意义。本文主要分析YS/T 1027《磷酸铁锂》新旧版本的技术内容变化, 以帮助相关从业人员更好地理解新标准的技术指标, 避免在执行新标准时产生疑惑。

【基金项目】云南省标准化研究项目“锂离子电池用磷酸盐系正极材料标准体系研究”。

【作者简介】邱志平(1991-), 男, 中国广东云浮人, 硕士, 工程师, 从事锂离子电池材料及其标准化研究。

## 2 《磷酸铁锂》行业标准解读

## 2.1 新旧标准技术指标对比

经过对比, YS/T 1027-2024 相对于 YS/T 1027-2015 发

生较大变化, YS/T 1027-2024 按用途将产品分为储能型产品和动力型产品, 调整了 12 项技术指标值, 新增了 10 项技术指标, 4 项技术指标不变, 详见表 1。

表 1 YS/T 1027 新旧标准技术指标对比

| 技术指标                      |                                 | YS/T 1027-2015        | YS/T 1027-2024        |        | 变化内容              |
|---------------------------|---------------------------------|-----------------------|-----------------------|--------|-------------------|
|                           |                                 |                       | 储能型产品                 | 动力型产品  |                   |
| 主元素含量 (%)                 | Li                              | 3.9~5.0               | 3.9~5.0               |        | 不变                |
|                           | Fe                              | 33.0~36.0             | 33.0~36.0             |        | 不变                |
|                           | P                               | 18.0~20.0             | 18.0~20.5             |        | 上限提高              |
|                           | C                               | /                     | 1.0~1.6               |        | 新增                |
| 杂质元素含量 <sup>a</sup> (%)   | Ca                              | ≤0.03                 | ≤0.03                 |        | 不变                |
|                           | Na                              | ≤0.03                 | /                     |        | 改为 Na+K 总量        |
|                           | Na+K                            | /                     | ≤0.06                 |        |                   |
|                           | Cu                              | ≤0.005                | /                     |        | 改为 Ni+Cr+Cu+Zn 总量 |
|                           | Zn                              | ≤0.03                 | /                     |        |                   |
|                           | Ni+Cr+Cu+Zn                     | /                     | ≤0.025                |        |                   |
| 水分含量 (%)                  |                                 | ≤0.2                  | ≤0.1                  |        | 缩小范围              |
| 磁性异物                      | 磁性异物含量 (%)                      | /                     | ≤0.0003               |        | 新增                |
|                           | 大颗粒磁性异物个数 <sup>b</sup> (Pcs/kg) | /                     | ≤200                  |        | 新增                |
| pH 值                      |                                 | 9.0~11.0              | 8.0~10.0              |        | 缩小范围              |
| 外观质量                      |                                 | 颜色均一, 无结块、无夹杂物        | 颜色均一的灰黑色粉末, 无结块、无夹杂物  |        | 新增“灰黑色”           |
| 晶体结构                      |                                 | 符合 JCPDS (01-83-2092) | 符合 JCPDS (01-83-2092) |        | 不变                |
| 粒径分布 (μm)                 | D <sub>10</sub>                 | /                     | ≥0.20                 |        | 新增                |
|                           | D <sub>50</sub>                 | 2.0~5.0               | 0.50~2.00             |        | 缩小范围              |
|                           | D <sub>90</sub>                 | /                     | ≤15.00                |        | 新增                |
|                           | D <sub>99</sub>                 | /                     | ≤25.00                |        | 新增                |
|                           | D <sub>max</sub>                | ≤40                   | /                     |        | 删除                |
| 振实密度 (g/cm <sup>3</sup> ) |                                 | ≥0.70                 | ≥0.60                 | ≥0.70  | 细分                |
| 压实密度 (g/cm <sup>3</sup> ) |                                 | /                     | ≥2.30                 | ≥2.45  | 新增                |
| 粉末电阻率 (Ω·cm)              |                                 | /                     | ≤80                   | ≤50    | 新增                |
| 比表面积 (m <sup>2</sup> /g)  |                                 | ≤20.0                 | 8.0~15.0              |        | 缩小范围              |
| 电化学性能                     | 0.1C 首次放电比容量 (mAh/g)            | ≥140.0                | ≥153.0                | ≥154.0 | 提高                |
|                           | 0.1C 首次充电效率 (%)                 | ≥85.0                 | ≥95.0                 |        | 提高                |
|                           | 1C 放电比容量 (mAh/g)                | /                     | /                     | ≥130   | 新增                |
|                           | 循环寿命 <sup>c</sup> (次)           | ≥2000                 | ≥5000                 | ≥4000  | 提高                |

<sup>a</sup>因需要掺杂的元素不能视为杂质, 如 Ti、V、Mg、Zr 等。

<sup>b</sup>大颗粒磁性异物为粒径不小于 10 μm 的磁性异物。

<sup>c</sup>循环至达到第一次放电容量 80% 时的循环次数为产品的循环寿命。

## 2.2 化学成分

在化学成分方面, YS/T 1027-2024 主要发生以下变化:

①将磷含量的上限放宽至 20.5%; ②磷酸铁锂需进行碳包覆以提高导电率, YS/T 1027-2024 增加了碳含量的指标, 规定碳含量在 1.0%~1.6% 范围内; ③Li、Na 和 K 元素为同族元素, 在循环过程中 Na 和 K 元素可能通过扩散作用影响锂离子与正极材料之间的作用, 导致正极材料的结构破坏, 加速电池性能的衰退, YS/T 1027-2024 将 Na 含量指标改为 (Na+K) 总含量, 规定 (Na+K) 的含量应不大于 0.06%; ④当正极材料中存在 Ni、Cr、Cu、Zn 等金属杂质时, 电池化成阶段的电压达到这些金属元素的氧化还原电位后, 这些金属就会先在正极氧化再到负极还原, 当负极处的金属单质累积到一定程度时, 其沉积金属坚硬的棱角就会刺穿隔膜, 造成电池自放电, 严重影响电池的性能和使用寿命, YS/T 1027-2024 将 Cu、Zn 含量指标改为 (Ni+Cr+Cu+Zn) 总含量, 规定 (Ni+Cr+Cu+Zn) 含量应不大于 0.025%。

## 2.3 水分含量

磷酸铁锂中的水分含量过高时, 会导致结构发生变化, 形成不稳定的氢氧化物, 从而影响其比容量和稳定性。同时, 过高的水分还可能引起磷酸铁锂电池的膨胀或开裂, 降低其循环稳定性。水分含量对电池的电化学性能也有显著影响, 例如, 在充放电过程中, 正极材料中的水分可能参与电化学反应, 生成对电池性能有害的物质, 如氢氟酸 (HF), 这会进一步导致电池容量衰减、安全性下降、循环性能恶化。YS/T 1027-2024 对水分含量要求更为严格, 要求水分含量应不大于 0.1%。

## 2.4 磁性异物

磷酸铁锂中的磁性异物, 如 Fe、Cr、Ni、Zn 的单质或化合物, 在电池充放电过程中可能会引发电池内部短路, 导致电池迅速发热, 甚至可能引发火灾或爆炸, 从而降低电池的安全性。磁性异物还可能引起电池的自放电现象, 即电池在存储或未使用状态下自行放电, 导致电池容量的损失和寿命的缩短。因此, 在生产过程中, 磷酸铁锂生产企业应尽最大能力降低磁性异物含量, 提高产品的品质。YS/T 1027-2024 新增了磁性异物含量和大颗粒磁性异物个数的要求, 规定磁性异物含量应不大于 0.0003%, 大颗粒磁性异物个数应不大于 200 Pcs/kg。

## 2.5 pH 值

pH 值过高, 表明材料含碱量高, 在配制正极浆料时会导致黏度过高, 不利于正极片的涂布。而适宜的 pH 值有助于确保磷酸铁锂在充放电过程中保持稳定, 避免发生不必要的化学反应, 从而延长电池的使用寿命。YS/T 1027-2024 缩小了 pH 值的范围, 规定 pH 值在 8.0~10.0 范围内。

## 2.6 外观质量

YS/T 1027-2024 在外观质量方面明确要求产品的颜色为“灰黑色”, 因为经过碳包覆工艺处理的磷酸铁锂呈现灰

黑色。

## 2.7 晶体结构

YS/T 1027-2015 和 YS/T 1027-2024 都规定产品的晶体结构应符合 JCPDS (01-83-2092), 无变化。

## 2.8 粒径分布

理想的粒度分布可以优化锂电池的能量容量和倍率性能, 一般来说, 倍率型材料通常具有较小的  $D_{50}$  值, 以缩短  $\text{Li}^+$  在正极颗粒内部固相扩散的距离。而高压实型材料则采用较大的  $D_{50}$  值, 并通过双峰分布等方式实现最密堆积效果, 提高电池的体积能量密度。YS/T 1027-2024 在粒径分布方面有较大变化, 新增了  $D_{10}$ 、 $D_{90}$ 、 $D_{99}$ , 缩小  $D_{50}$  的范围值, 删去  $D_{\max}$ , 规定粒度分布特征值范围满足:  $D_{10}$  不小于  $0.20 \mu\text{m}$ ,  $D_{50}$  应在  $0.50\sim 2.00 \mu\text{m}$  范围内,  $D_{90}$  应不大于  $15.0 \mu\text{m}$ ,  $D_{99}$  应不大于  $25.0 \mu\text{m}$ 。

## 2.9 振实密度

振实密度是材料形貌和粒度分布的外在表现, 会间接影响电池的能量密度。振实密度较高的磷酸铁锂能够在单位体积内填充更多的活性物质, 从而提高电池的能量密度。YS/T 1027-2024 对储能型产品和动力型产品有不同的振实密度要求, 新能源汽车更为关注动力电池的体积, 因此规定动力型产品的振实密度应不小于  $0.70 \text{g/cm}^3$ , 而储能电池对体积要求就没那么高, 规定储能型产品的振实密度应不小于  $0.60 \text{g/cm}^3$ 。

## 2.10 压实密度

压实密度与电池的容量密切相关, 一般来说, 压实密度越大, 单位体积内能堆积的活性物质质量就越大, 从而电池的容量也就越高。适当的压实密度可以提高电池的放电容量, 降低内阻, 减少极化损耗, 从而延长电池的循环寿命。YS/T 1027-2024 新增了压实密度的指标, 规定储能型产品的压实密度应不小于  $2.30 \text{g/cm}^3$ , 动力型产品的压实密度应不小于  $2.45 \text{g/cm}^3$ 。

## 2.11 粉末电阻率

磷酸铁锂粉末电阻率是评估其导电性能的重要参数, 直接影响锂离子电池的充放电性能、循环寿命以及安全性。磷酸铁锂本身的电子导电性较差, 这导致其在实际应用中, 尤其是在高倍率充放电时, 其实际比容量较低, 这是制约磷酸铁锂电池产业发展的一个难点。通过优化颗粒形貌、粒度分布、碳包覆以及添加导电剂等措施, 可以降低电阻率, 提高电池的导电性能和整体性能。YS/T 1027-2024 新增了粉末电阻率的指标, 规定储能型产品的粉末电阻率应不大于  $80 \Omega \cdot \text{cm}$ , 动力型产品的粉末电阻率应不大于  $50 \Omega \cdot \text{cm}$ 。

## 2.12 比表面积

比表面积反映了单位质量材料颗粒的总表面积。比表面积较大的磷酸铁锂颗粒具有更多的表面活性位点, 有利于锂离子的嵌入和脱嵌, 从而提高电池的电化学性能。然而, 比表面积过大也可能导致材料的电化学性能过于活跃,

引起团聚、极片加工困难等问题。YS/T 1027-2024 缩小了比表面积的范围值,规定磷酸铁锂的比表面积应在  $8.0 \text{ m}^2/\text{g} \sim 15.0 \text{ m}^2/\text{g}$  的范围内。

## 2.13 电化学性能

### 2.13.1 0.1C 首次放电比容量

磷酸铁锂的首次放电比容量是一个重要的电化学性能指标,受到多种因素的影响,包括制备工艺、材料纯度、颗粒尺寸、烧结温度以及测试条件等,其理论比容量为  $170 \text{ Ah/kg}$ 。YS/T 1027-2024 提高了首次放电比容量的指标值,规定了储能型磷酸铁锂的首次放电比容量不小于  $153.0 \text{ mAh/g}$ ,动力型磷酸铁锂的首次放电比容量不小于  $154.0 \text{ mAh/g}$ 。

### 2.13.2 0.1C 首次充放电效率

首先,从材料结构来看,磷酸铁锂材料本身具有较好的电化学性能,包括较高的理论比容量、较好的循环稳定性和较高的安全性等,这些特性使得磷酸铁锂电池在首次充放电过程中能够保持较高的效率。其次,从实际应用中的测试数据来看,磷酸铁锂电池的首次充放电效率也表现出了较高的水平。YS/T 1027-2024 提高了首次充放电效率的指标值,规定磷酸铁锂的首次充放电效率应不小于  $95.0\%$ 。

### 2.13.3 1C 放电比容量

应用于新能源汽车的锂离子电池往往需要瞬时大功率供电,这就要求应用于动力电池的正极材料具有优异的倍率性能。YS/T 1027-2024 新增了动力型产品大倍率放电比容量的指标,规定动力型产品 1C 放电比容量应不小于  $130.0 \text{ mAh/g}$ ,而储能电池很少大功率放电的应用场景,因此对储能型产品的 1C 放电比容量不作要求。

### 2.13.4 循环寿命

磷酸铁锂由于其稳定的晶体结构,电池的容量衰减速度相对较慢,提高了电池的循环寿命。YS/T 1027-2024 提高了循环寿命的指标值,规定放电容量达到第一次循环放电容量的  $80\%$  时,储能型产品循环次数应不小于  $5000$  次,动力型产品循环次数应不小于  $4000$  次。

## 3 标准实施展望

《2024—2029 年中国磷酸铁锂产业链需求预测及发展趋势前瞻报告》显示,2023 年磷酸铁锂产能不断释放,截至 2023 年年底,中国磷酸铁锂产能达到  $341.7$  万吨,整体产能利用率不足  $50\%$ ,从规划产能来看,2026 年年底各企业合计规划磷酸铁锂产能将达到  $1297.9$  万吨<sup>[4]</sup>。产能的严

重过剩影响了行业的健康发展,《磷酸铁锂》行业标准的修订和实施可在淘汰落后产能方面发挥着关键作用,促进落后产能的退出,增强优势产品的竞争力,保证行业整体的可持续发展。此外,淘汰落后产能有助于减少能源消耗和污染物排放,从而改善环境质量。对于提高整个社会的资源利用效率、经济效益,以及实现内循环的可持续发展具有深刻的意义。

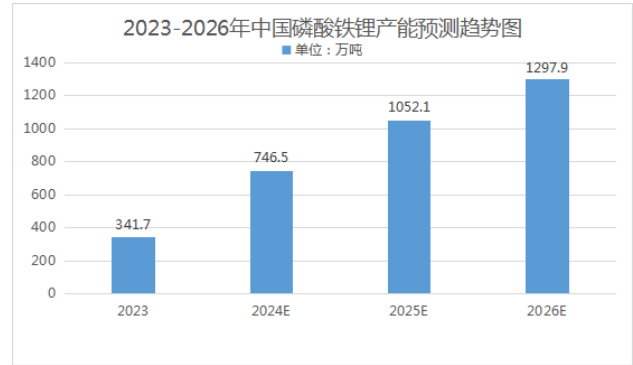


图 1 中国磷酸铁锂产量预测趋势图

## 4 结语

本文对新修订的《磷酸铁锂》行业的技术指标进行解读,旨在帮助标准从业者和相关企业更好地理解新标准的主要技术内容,使该标准真正成为更多相关配套标准的制定依据。通过上述解读可以发现,在修订《磷酸铁锂》行业标准的过程中,充分考虑了当前磷酸铁锂技术水平和未来发展趋势,提出了合理的技术指标,这有助于引导企业加大研发投入,推动技术创新,提高产品的竞争力。标准的修订和实施有助于推动磷酸铁锂生产企业不断提升产品质量,确保产品符合标准要求。随着标准的不断完善和推广,磷酸铁锂产业将朝着更加规范化、标准化的方向发展。

## 参考文献

- [1] 梅洋,张强.锂离子电池磷酸铁锂正极材料的研究进展[J].化工科技,2024,32(02):88-92.2024.02.005.
- [2] 林鹤,马亮,王全恒,等.磷酸铁锂电池的优势及其性能对比分析[J].专用汽车,2024,(05).1004-0226.2024.05.028.
- [3] YS/T 1027-2015 磷酸铁锂[S].
- [4] 2024—2029年中国磷酸铁锂产业链需求预测及发展趋势前瞻报告[Z].