

## 基础化工行业周专题（4.22—4.28）

投资建议：强于大市（维持）  
 上次建议：强于大市

### 如何看待 COFs 在锂电领域的应用前景？

我们在3月15日发布了报告《COFs 专题研究：大有可为的有机多孔材料》，就 COFs 的性能和应用做了简单介绍。COFs 的结构可设计性和孔道均一性使其在多个领域具备应用潜力，规划化制备迎来突破，COFs 站在了产业化前夕。本篇报告意在阐述我们对 COFs 在锂电领域发展前景的看法。

#### ➤ COFs 作为固态电解质应用尚需时日

相比硫化物和氧化物，COFs 的主要痛点在于电导率较低，但其界面阻抗较小，且由于结构可设计性，电导率具备提升空间，材料可发展潜力较大。用于固态电解质的 COFs 对结构设计要求较高，若未来在电导率和成本两方面皆有所突破，可能是具备竞争力的一类固态电解质，但或仍需时日。

#### ➤ COFs 正极复合材料更易落地，神行电池或是第一站

相比固态电解质，正极复合材料对 COFs 的性能要求更低，具备率先落地的可能。宁德时代已有 COFs 作为正极复合材料的相关专利公布，其可解决浆料静置凝胶的问题，同时保持电池的低温功率性能无恶化。我们推测神行电池和神行 PLUS 电池的性能提升或与此类材料有所关联。

#### ➤ 27 年 COFs 在正极领域的市场空间或达 50 亿

COFs 可能是神行电池实现快充突破的关键材料之一，具备大规模商业化可能。我们测算 COFs 在神行电池中的价值量约为 0.5 亿元/Gwh，假设 27 年使用了 COFs 复合正极的电池出货量占比为 10%，则彼时 COFs 在锂电领域的市场规模将至少达到 50 亿元。

#### ➤ 投资建议：关注具备 COFs 量产能力的相关标的

COFs 作为正极材料或已实现产业化，市场空间可达 50 亿，而其在负极/隔膜/固态电解质中的应用仍未打开，未来可能是锂电产业不可或缺的关键材料。此外，锂电领域只是冰山一角，COFs 在核污染处理、气体存储与吸附、催化和生物医学领域都有广阔的应用，对传统吸附树脂和分子筛具备较强替代能力。结合本篇，我们认为具备 COFs 量产能力的相关标的值得关注。

**风险提示：**COFs 材料规模化生产遭遇瓶颈，市场拓展不及预期，固态电池产业化进程缓慢，市场空间测算偏差风险。

#### 相对大盘走势



#### 作者

分析师：郭荆璞  
 执业证书编号：S0590523070003  
 邮箱：jgguo@glsc.com.cn

联系人：申起昊  
 邮箱：shenqh@glsc.com.cn  
 联系人：李绍程  
 邮箱：lishch@glsc.com.cn

#### 相关报告

- 1、《基础化工：TMA 价格上涨弹性、持续性如何？》2024.04.20
- 2、《基础化工：海外农化企业龙头 2023 年经营情况分析》2024.04.12

## 正文目录

1. COFs 固态电解质尚需时日 .....	3
1.1 聚合物电解质具备发展潜力 .....	3
1.2 COFs 仍面临电导率和成本问题 .....	3
2. COFs 正极或率先落地 .....	5
2.1 COFs 正极复合材料更易落地 .....	5
2.2 神行电池或是 COFs 产业化应用第一站 .....	6
2.3 27 年 COFs 作为正极材料的市场空间或达 50 亿 .....	7
3. 投资建议：关注具备 COFs 量产能力的相关标的 .....	8
4. 风险提示 .....	8

## 图表目录

图表 1：不同种类固态电解质的性能对比 .....	3
图表 2：COFs 固态电解质的发展历程 .....	4
图表 3：部分 COFs 固态电解质的电导率情况 .....	4
图表 4：宁德时代专利采用 COFs 作为复合正极材料 .....	6
图表 5：宁德时代发布神行 PLUS 电池 .....	7
图表 6：神行电池中 COFs 价值量测算 .....	7
图表 7：COFs 作为正极材料的市场空间测算 .....	7

## 1. COFs 固态电解质尚需时日

相比硫化物和氧化物，聚合物虽然电导率较低，但界面阻抗较小，且由于结构可设计性，电导率具备提升空间，可被视为发展潜力较好的一类固态电解质选择。

COFs 作为聚合物的一种，已有多个固态电解质应用的研究被报道，部分电导率已可媲美硫化物。但相关技术更多仍处于实验室阶段，且大概率将面临产业化成本的问题。

因此我们认为，固态电解质对 COFs 的结构设计要求较高，若其未来在电导率和成本两方面皆有所突破，可能是具备竞争力的一类固态电解质，但或仍需时日。

### 1.1 聚合物电解质具备发展潜力

固态电池的核心技术就是固态电解质的设计开发技术，是实现固态电池高能量密度、高循环稳定性和高安全性能的关键。理想的电解质材料应具备高离子电导率、宽电化学窗口、对正负极材料均具有良好的化学和机械稳定性等。其中，**离子电导率为首要核心指标，而界面阻抗亦是需要解决的棘手问题。**

目前，主流的固态电解质可分为**氧化物、硫化物和聚合物**。**氧化物**具有较高的离子电导率，综合性能相对优异，且成本较低，是目前国内主流路线；**硫化物**的离子电导率最高，烧结成陶瓷后的室温离子电导率接近液态电解液，但成本昂贵；**聚合物**虽然离子电导率较低 ( $10^{-6}$ - $10^{-5}$  S·cm<sup>-1</sup>)，但界面阻抗远小于氧化物和硫化物，可最大程度避免锂枝晶的问题。

因此，不同固态电解质性能各有优劣。而我们认为，虽然聚合物存在电导率痛点，但由于其结构可设计性，且可以与锂盐和无机填料形成有机/无机复合固态电解质，电导率具备较大的提升空间，可被视为发展潜力较好的一类固态电解质选择。

图表1：不同种类固态电解质的性能对比

电解质类型	离子电导率	热稳定性	空气稳定性	对锂的稳定性	机械稳定性
常规电解液	★★★★★	★	★	★★	★★★★★
氧化物	★★★	★★★★★	★★	★★★	★
硫化物	★★★★★	★★★	★★	★★★	★★
聚合物	★★★	★★	★★★	★★★	★★

资料来源：《固态电池技术发展现状综述》（张春英），国联证券研究所

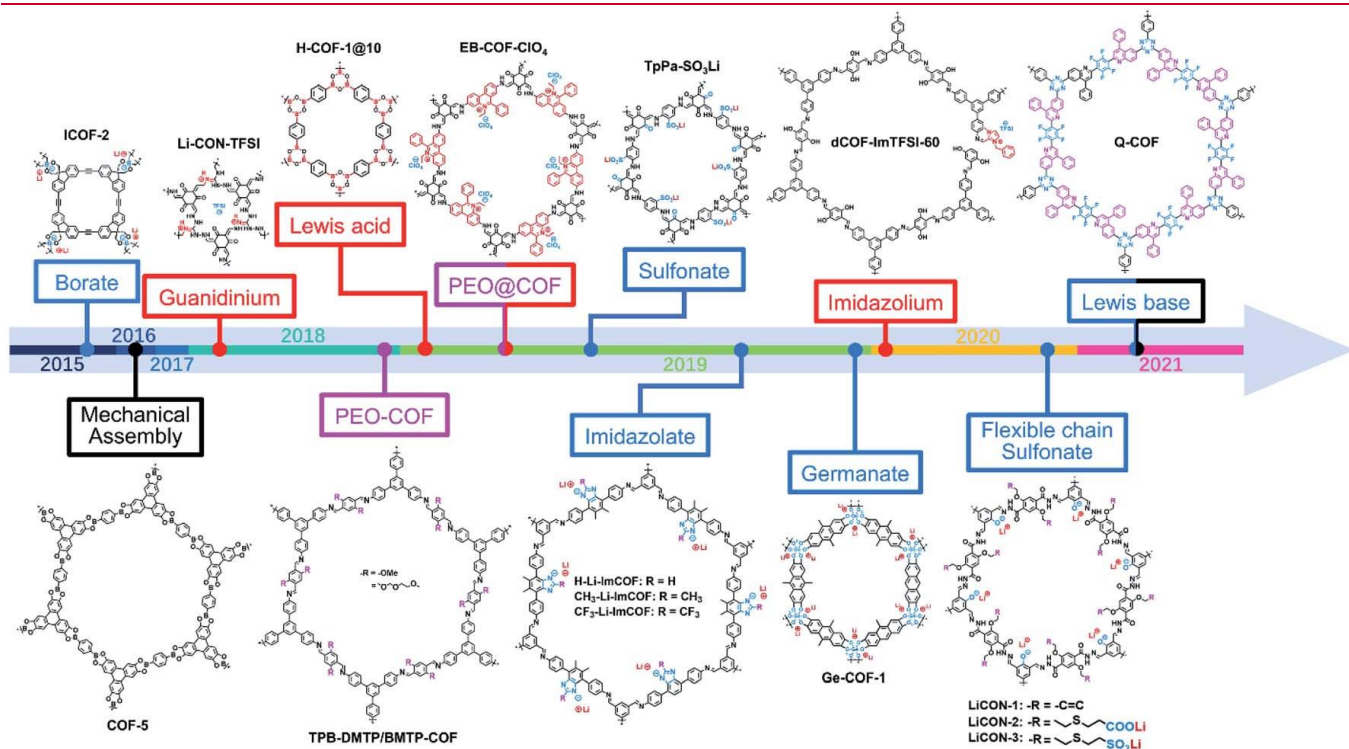
### 1.2 COFs 仍面临电导率和成本问题

COFs 可被划分为一类聚合物电解质。COFs 的密度较低，易于功能化，具备有序的孔道，能够容纳 Li<sup>+</sup>，从而与 Li<sup>+</sup>或成对阴离子形成弱键，通过介电屏蔽效应，实现

离子的快速传输，便于离子穿梭，适用于构造各类离子迁移通道，可用于制备高离子导电性能的固态电解质。

近十年来，科研工作者们利用 COFs 材料的结构可设计性、结构单元多元化、孔结构特性等优点，并结合聚合物链段和不同功能化修饰策略制备得到一系列 COFs 型固态电解质材料。

图表2: COFs 固态电解质的发展历程



资料来源:《Covalent organic frameworks for solid-state electrolytes of lithium metal batteries》(J. Mater. Chem. A, 2022, 10, 7497–7516), 国联证券研究所

根据文献《共价有机框架型固态电解质研究进展》，COFs 可设计为聚合物链段-COFs 型固态电解质和离子基团-COFs 型固态电解质，两者均可提升锂离子传导性能。

根据文献《共价有机框架材料应用于锂硫电池的进展》，通过研究设计，COFs 的离子电导率较传统聚合物有了大幅提升，部分在室温下可展现出媲美硫化物的表现。

从目前的研究进展看，COFs 确实具备电导率不断优化的潜力，但这对分子结构的设计和孔径均一性的要求极高，相关技术更多仍处于实验室阶段，且大概率将面临产业化成本的问题。

因此我们认为，固态电解质对 COFs 的结构设计要求较高，若其未来在电导率和成本两方面皆有所突破，可能是具备竞争力的一类固态电解质，但或仍需时日。

图表3: 部分 COFs 固态电解质的电导率情况

COFs	离子电导率/ $10^{-4} \text{ S} \cdot \text{cm}^{-1}$
$\text{CF}_3\text{-Li-ImCOF/PC}$	72 (25 °C)
$\text{PEG-Li}^+\text{@EB-COF-ClO}_4$	17.8 (120 °C)

COF-5	2.6 (25 °C)
Li-CO <sub>2</sub> -TFSI	2.09 (70 °C)

资料来源:《共价有机框架型固态电解质研究进展》(汪灿),《共价有机框架材料应用于锂硫电池的进展》(官绮慧),国联证券研究所

## 2. COFs 正极或率先落地

相比固态电解质,正极复合材料对 COFs 的性能要求更低,具备率先落地的可能。

宁德时代已有 COFs 作为正极复合材料的相关专利公布,神行电池和神行 PLUS 电池的性能提升或与此有所关联。

COFs 正极复合材料具备大规模商业化可能,假设 27 年使用了 COFs 复合正极的电池出货量占比为 10%,则彼时 COFs 在锂电领域的市场规模将至少达到 50 亿元。

### 2.1 COFs 正极复合材料更易落地

根据宁德时代专利《一种纳米磷酸铁锂材料、正极极片及二次电池》,以纳米磷酸铁锂、COFs 和单臂碳纳米管为原料,制备一种新的正极复合材料,可解决浆料静置凝胶的问题,同时保持电池的低温功率性能无恶化。

专利中所述,“本发明将纳米磷酸铁锂颗粒固定在共价有机框架的孔道内,限制了纳米磷酸铁锂颗粒静置过程中的团聚”,我们推测,COFs 在该正极材料中的“载体属性”更明显,对其结构设计和孔道均一性的要求或低于固态电解质,因此 COFs 作为正极材料的产业化或更易落地。



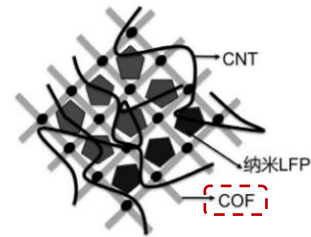
图表4：宁德时代专利采用 COFs 作为复合正极材料

(21) 申请号	202111361139.5	B82Y 30/00 (2011.01)
(22) 申请日	2021.11.17	B82Y 40/00 (2011.01)
(71) 申请人	宁德时代新能源科技股份有限公司	
地址	352100 福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号	
(72) 发明人	杜香龙 高鹏飞	
(74) 专利代理机构	中国贸促会专利商标事务所有限公司 11038	
专利代理师	闫业超	
(51) Int. Cl.	H01M 4/62 (2006.01) H01M 4/58 (2010.01) H01M 4/136 (2010.01) H01M 4/1397 (2010.01) H01M 10/05 (2010.01)	
	权利要求书3页 说明书15页 附图8页	

(54) 发明名称  
一种纳米磷酸铁锂材料、正电极片及二次电池

(57) 摘要

本申请提供了一种纳米磷酸铁锂材料、正电极片及二次电池,特别涉及一种纳米磷酸铁锂材料,其包含纳米磷酸铁锂颗粒、共价有机框架以及单臂碳纳米管;所述纳米磷酸铁锂颗粒位于所述共价有机框架的孔道中;所述单臂碳纳米管材料分布于所述共价有机框架的骨架上,或填充于所述共价有机框架与所述纳米磷酸铁锂颗粒之间的空隙内。



资料来源:《一种纳米磷酸铁锂材料、正电极片及二次电池》,国联证券研究所

## 2.2 神行电池或是 COFs 产业化应用第一站

2023年8月,宁德时代发布了神行电池,为全球首个在磷酸铁锂上做到4C超充的电池,实现了充电10分钟、续航400km。

我们推测神行电池运用了前述专利技术,COFs作为正极复合材料中的一员,其多孔结构对纳米磷酸铁锂起到了较好的分散作用,加速了其脱出及嵌入速率,因此提升了充电速度。

2024年4月25日,宁德时代发布了神行PLUS电池,快充能力则提高到了充电10分钟,600公里续航。据宁德时代国内乘用车事业部CTO高焕介绍,神行PLUS在正极采用颗粒级配的技术,“将每一颗纳米颗粒放在适当的位置”。相关描述进一步验证了我们关于神行电池使用了COFs正极复合材料的猜想。

图表5：宁德时代发布神行 PLUS 电池



资料来源：高工锂电，国联证券研究所

### 2.3 27 年 COFs 作为正极材料的市场空间或达 50 亿

根据富临精工在投资者互动平台的回答，1Gwh 电池需要磷酸铁锂正极材料约 2200-2500 吨，我们取 2500 吨计算；根据宁德时代专利，正极复合材料中 COFs 的质量添加比例为 0.6%-2%，我们谨慎取 1% 计算；根据张振杰教授 2023 年发表在《Jacs》期刊上的文献，公斤级熔融聚合法制备 COFs 的成本约 69 美元/kg，考虑到 COFs 作为电池材料应具备一定溢价，我们假设其单价为 200 万元/吨。

依此计算，COFs 在神行电池中的价值量约为 0.5 亿元/Gwh。

图表6：神行电池中 COFs 价值量测算

测算项	测算结果
正极用量 (吨/Gwh)	2500
COFs 用量	1%
单价 (万元/吨)	200
COFs 价值量 (亿元/Gwh)	0.5

资料来源：富临精工公告，《Kilogram-Scale Fabrication of a Robust Olefin-Linked Covalent Organic Framework for Separating Ethylene from a Ternary C2 Hydrocarbon Mixture》(J. Am. Chem. Soc. 2023, 145, 21483)，《一种纳米磷酸铁锂材料、正极极片及二次电池》，国联证券研究所

我们假设 27 年国内动力电池出货量达到 1000Gwh，其中神行电池占比约 3%（大概率仅中高端车型会使用）。则 27 年神行电池的放量将带来约 15 亿元的 COFs 市场。

若其他厂商跟进相关技术，假设 27 年使用了 COFs 复合正极的电池出货量占比为 10%，则彼时 COFs 在锂电领域的市场规模将至少达到 50 亿元。

图表7：COFs 作为正极材料的市场空间测算

测算项	神行电池	使用 COFs 复合正极的电池
-----	------	-----------------

27 年国内动力电池出货量 (Gwh)	1000	
27 年市场占比	3%	10%
出货量 (Gwh)	30	100
COFs 价值量 (亿元/Gwh)	0.5	
COFs 市场空间 (亿元)	15	50

资料来源：富临精工公告，《Kilogram-Scale Fabrication of a Robust Olefin-Linked Covalent Organic Framework for Separating Ethylene from a Ternary C2 Hydrocarbon Mixture》(J. Am. Chem. Soc. 2023, 145, 21483)，《一种纳米磷酸铁锂材料、正极极片及二次电池》，国联证券研究所

### 3. 投资建议：关注具备 COFs 量产能力的相关标的

COFs 作为正极材料或已实现产业化，市场空间可达 50 亿，而其在负极、隔膜和固态电解质中的应用仍未打开，未来可能是新能源产业不可或缺的关键材料。更为重要的是，锂电领域只是冰山一角，COFs 在核污染处理、气体存储与吸附、催化和生物医学领域都有广阔的应用，对传统吸附树脂和分子筛具备较强替代能力。结合本篇，我们认为具备 COFs 量产能力的相关标的值得关注。

### 4. 风险提示

#### 1) COFs 材料规模化生产遭遇瓶颈

虽然已有利用熔融聚合实现千克级生产 COFs 的方法被报道，但其大规模工业化生产仍具备不确定性，这有可能成为阻碍 COFs 材料推广的一大阻力。

#### 2) 市场拓展不及预期

COFs 材料适用于多种领域，但在进行市场推广时，下游企业不仅要考虑材料的性能因素，还包括材料的使用成本，以及对已有材料进行替代带来的连锁风险，多维度的因素有可能导致 COFs 材料市场拓展缓慢。

#### 3) 固态电池产业化进程缓慢

固态电池产业化仍处相对早期，电解质方案尚未明确，COFs 材料或不具备竞争优势。

#### 4) 市场空间测算偏差风险

报告内市场空间测算依据为公司公告、专利及文献，部分假设带有一定主观性，可能与实际情况有所偏差。



## 分析师声明

本报告署名分析师在此声明：我们具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力，本报告所表述的所有观点均准确地反映了我们对标的证券和发行人的个人看法。我们所得报酬的任何部分不曾与，不与，也将不会与本报告中的具体投资建议或观点有直接或间接联系。

## 评级说明

投资建议的评级标准		评级	说明
报告中投资建议所涉及的评级分为股票评级和行业评级（另有说明的除外）。评级标准为报告发布日后6到12个月内的相对市场表现，也即：以报告发布日后的6到12个月内的公司股价（或行业指数）相对同期相关证券市场代表性指数的涨跌幅作为基准。其中：A股市场以沪深300指数为基准，新三板市场以三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的）为基准；香港市场以摩根士丹利中国指数为基准；美国市场以纳斯达克综合指数或标普500指数为基准；韩国市场以柯斯达克指数或韩国综合股价指数为基准。	股票评级	买入	相对同期相关证券市场代表指数涨幅20%以上
		增持	相对同期相关证券市场代表指数涨幅介于5%~20%之间
		持有	相对同期相关证券市场代表指数涨幅介于-10%~5%之间
	行业评级	卖出	相对同期相关证券市场代表指数跌幅10%以上
		强于大市	相对同期相关证券市场代表指数涨幅10%以上
		中性	相对同期相关证券市场代表指数涨幅介于-10%~10%之间
		弱于大市	相对同期相关证券市场代表指数跌幅10%以上

## 一般声明

除非另有规定，本报告中的所有材料版权均属国联证券股份有限公司（已获中国证监会许可的证券投资咨询业务资格）及其附属机构（以下统称“国联证券”）。未经国联证券事先书面授权，不得以任何方式修改、发送或者复制本报告及其所包含的材料、内容。所有本报告中使用的商标、服务标识及标记均为国联证券的商标、服务标识及标记。

本报告是机密的，仅供我们的客户使用，国联证券不因收件人收到本报告而视其为国联证券的客户。本报告中的信息均来源于我们认为可靠的已公开资料，但国联证券对这些信息的准确性及完整性不作任何保证。本报告中的信息、意见等均仅供客户参考，不构成所述证券买卖的出价或征价邀请或要约。该等信息、意见并未考虑到获取本报告人员的具体投资目的、财务状况以及特定需求，在任何时候均不构成对任何人的个人推荐。客户应当对本报告中的信息和意见进行独立评估，并应同时考量各自的投资目的、财务状况和特定需求，必要时就法律、商业、财务、税收等方面咨询专家的意见。对依据或者使用本报告所造成的一切后果，国联证券及/或其关联人员均不承担任何法律责任。

本报告所载的意见、评估及预测仅为本报告出具日的观点和判断。该等意见、评估及预测无需通知即可随时更改。过往的表现亦不应作为日后表现的预示和担保。在不同时期，国联证券可能会发出与本报告所载意见、评估及预测不一致的研究报告。

国联证券的销售人员、交易人员以及其他专业人士可能会依据不同假设和标准、采用不同的分析方法而口头或书面发表与本报告意见及建议不一致的市场评论和/或交易观点。国联证券没有将此意见及建议向报告所有接收者进行更新的义务。国联证券的资产管理部门、自营部门以及其他投资业务部门可能独立做出与本报告中的意见或建议不一致的投资决策。

## 特别声明

在法律许可的情况下，国联证券可能会持有本报告中提及公司所发行的证券并进行交易，也可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问和金融产品等各种金融服务。因此，投资者应当考虑到国联证券及/或其相关人员可能存在影响本报告观点客观性的潜在利益冲突，投资者请勿将本报告视为投资或其他决定的唯一参考依据。

## 版权声明

未经国联证券事先书面许可，任何机构或个人不得以任何形式翻版、复制、转载、刊登和引用。否则由此造成的一切不良后果及法律责任有私自翻版、复制、转载、刊登和引用者承担。

## 联系我们

**北京：**北京市东城区安定门外大街208号中粮置地广场A塔4楼

**无锡：**江苏省无锡市金融一街8号国联金融大厦12楼

电话：0510-85187583

**上海：**上海浦东新区世纪大道1198号世纪汇一座37楼

**深圳：**广东省深圳市福田区益田路4068号卓越时代广场1期13楼