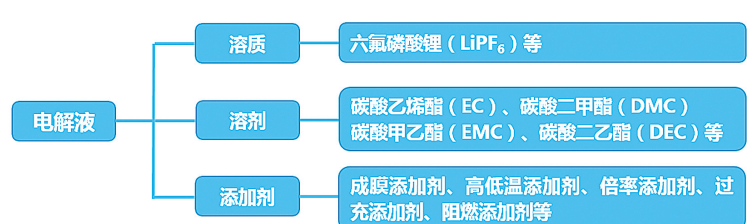


# 电解液

电解液被称为锂离子电池的“血液”，是电池正负极之间用以传导离子的通道，对电池的比容量、工作温度范围、循环性能和安全性起着至关重要的作用。

## 【产品名片】



锂电池电解液主要成分包括有机溶剂、锂盐和添加剂等。其中：  
1. 锂盐为电荷的传输提供锂离子；  
2. 有机溶剂的作用是溶解锂盐，产生溶剂化的锂离子；  
3. 添加剂按功能分类有成膜添加剂、阻燃添加剂、过充保护添加剂等。

## 理想的电解液应该满足的要求：

1. 离子电导率高，且在较宽的温度范围内保持稳定
2. 电子电导率低，减少自放电
3. 与正负极材料之间的相容性好
4. 良好的电化学稳定性，热稳定性
5. 安全性好，不易燃，无毒无污染

## 【市场情况】

受新能源汽车产业和储能市场的高速发展以及“碳达峰、碳中和”政策引导，2020-2025年全球电解液需求量将从33.4万吨增至350万吨以上，复合增速超过60%，届时锂盐、溶剂、添加剂需求量将分别达到42万、280万、28万吨，电解液及相关产品已具备成为大宗化学品的潜力。

中国电解液产业链已相对完善，并有出口海外的发展趋势。电解液行业“龙头效应”明显，市场集中度较高。2018-2020年，我国电解液出货量排名前五的厂商市场份额占比分别为67.8%、75.2%、74%，整体呈现上升趋势并维持高位。随着溶剂、锂盐、添加剂等原材料价格大幅提升，拥有产业链一体化布局的电解液企业将优势凸显。

## 【研究进展】

### 完成功能型电解液的生产与销售

经过多年研发，上海石油化工研究院(简称上海院)以溶剂、添加剂和配方为核心，建立了电解液基础研究—材料合成—评价应用的系统开发流程，已开发针对三元正极材料、石墨和硅碳等负极材料的系列耐高压、长循环、阻燃等功能型电解液，针对未来下一代电池技术，已布局固态电解质、锂金属电池电解液技术的开发。多款电解液产品经过国家检测中心和下游企业认证，性能指标达到国内一线产品技术水平，已于2021年10月完成吨级以上电解液

生产和销售。所开发的基于磷酸类耐高压阻燃型锂金属电池电解液具有高性能、安全、稳定的特点，相关成果已发表于SCI期刊，并被评为热点文章。

此外，上海院开发了电池级碳酸乙烯酯、碳酸二甲酯等溶剂，以及氟代碳酸乙烯酯等功能添加剂的先进合成精制技术，2万吨/年电池级碳酸乙烯酯合成技术已实现工业化应用。在此基础上，进一步完成了单批次吨级以上电解液的生产工艺设计，实现了电解液产业链上下游一体化布局。

## 编者按：

随着“碳达峰、碳中和”的提出，新能源车已不仅是一种新概念交通工具，更是各国发展的战略方向。读者们知道拉开电动车性能差距的核心是什么吗？锂电池便是其中之一。锂电池的好坏直接关系到汽车的续航里程、电池寿命、充电快慢及安全性能。中国石化作为我国能源领域的骨干企业，将保障国家能源安全、引领我国石化工业高质量发展、担当国家战略科技力量作为公司的核心职责，在大力发展油气产业的同时，加快推进新能源技术研发和产业布局，坚持锂电池材料研发和生产协同推进，持续为人们的美好生活贡献石化力量。那么，锂电池究竟包含哪些材料？中国石化在其中发挥着怎样的作用？本期推出专题带您详细了解。本版文字由 周梦瑾 张同宝 孙赛 李骏 陶炎 下海珠 李树鹏 提供

## 专家观点



中国石化科技部副总经理 袁霞光

“经过5年持续攻关，锂电池各种关键材料均取得技术突破，技术研发方面与国外水平相当，但目前还没有全面形成工业化产能。”

作为十分重要的能源资源，我国石油的对外依存度达到70%以上，发展新能源是端牢能源饭碗的重要战略选择。近年来，集团公司组织系统内外优秀科研单位，加强在新能源材料、锂离子电池材料等方面的技术攻关。依托中国石化在新能源和新材料领域的研发优势，经过5年的持续攻关，锂离子电池动力电池关键材料攻关取得阶段性成果，在三元正极材料、硅碳负极材料、隔膜材料、电解液材料等方面均取得技术突破；高镍三元正极材料前驱体基本完成技术研发，计划建设1500吨/年工业化示范装置；硅碳负极材料正在开展吨级中试，样品已在下游用户推广试用；隔膜材料完成工业化生产，成功进入市场；多款电解液产品经过国家检测中心和下游企业认证，性能达到国内一线产品技术水平；软包材料完成进口替代，指标达到进口同类产品水平。

### 问：中国石化研究新能源锂电池材料的背景及现状是什么？对比全球先进，中国石化锂电池材料技术目前处于什么水平？



上海石油化工研究院锂电池正极材料课题组组长 张同宝

“具有本质安全性和快速充放电性能等鲜明特色的电池材料将是重要的发展方向。”

锂电池作为高端应用领域，下游锂电池企业对于关键材料供应商一般都有严格的认证壁垒，中国石化作为最新进入锂电池领域的企业，在某些领域与国际领先企业存在差距，且大批量稳定供应产品的能力有待提升。

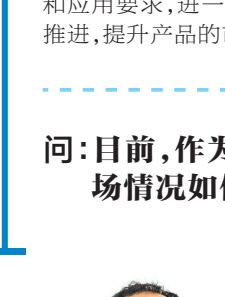
### 问：在正极、负极和电解液材料方面，研发努力的方向是什么？

扬子石化聚烯烃专家 左胜武

“继续往高品质化、系列化、高性能化、专用化方向推进。”

未来，在正负极和电解液等锂电池关键材料开发上，上海院将更加注重材料与主营产品的高端化和高附加值，具有本质安全性和快速充放电性能等鲜明特色的电池材料将是重要的研究方向。将在工艺技术创新、产品结构和配方迭代方面持续攻关，不断优化产品结构，开发出新型电池材料，满足下游客户对于能量密度、安全、快速充放电等定制化应用的需求。

### 问：在隔膜材料方面，下阶段努力的方向是什么？



扬子石化营销室主任 简文忠

“目前，作为中国石化唯一批量销售的锂电池材料，隔膜料市场情况如何？”

“目前国内工业产量规模最大，性能优异、供应稳定、性价比最高，具有较强的竞争优势。”

扬子石化的隔膜料是国内目前工业化量产规模最大的，性能优异、供应稳定、性价比高，具有较强的竞争优势，并与国内龙头隔膜生产厂家签订了长期的合作协议，形成了稳定的供应关系。目前隔膜料市场还是以进口为主，国内产品只占15%的份额，因此具有巨大的市场潜力。由于产品附加值高，国内也有很多厂家加入了隔膜料研发行列，但是存在一定的技术壁垒，投入市场还需要一些时间。客户选择扬子石化隔膜料主要的原因是优异性能和稳定供应，对比进口料有性价比优势。同时扬子石化还开发了系列牌号的隔膜料，得到客户的认可，目前正在市场推广中。

# 为“锂”想加速

当你驾驶着电动车安静地行驶在马路上时，可曾想到，生产汽柴油的中国石化，今天也在为锂电池作着大贡献

## 石化好好说



# 负极材料

负极材料，是电池在充电过程中锂离子和电子的载体，主要影响电池的能量密度、充放电效率。在电池成本中，负极材料约占5%-10%。

## 【产品名片】

负极材料主要可分为人造石墨、天然石墨、硅碳负极三类。

### ·碳材料

以碳材料为原料的石墨负极理论容量372 mA·h·g<sup>-1</sup>(毫安时每克)，但随着国家对锂电池性能要求不断提高，石墨负极显露出它的不足，如质量比容量较低、循环次数多、层状结构易脱落，因此在目前的电池应用中已发挥至极限。

### ·硅负极材料

硅负极材料以其大容量的优点，受到了行业内广泛关注，成为目前各科研院所和企业的研究重点。研究发现，硅负极材料理论容量高达4200mA·h·g<sup>-1</sup>，是石墨材料的10倍以上。然而，硅材料在循环过程中会产生较大体积膨胀，易导致硅负极材料的电池容量衰减。

### ·硅碳负极材料

硅碳负极是将纳米硅和石墨材料两者混合，通过降低硅基材料粒径至纳米级别，缓冲硅在脱嵌锂离子过程中产生的应力和形变，以最大化提高其实用性。

2017年，搭载了硅碳负极锂电池的特斯拉Model 3系列汽车面世，开硅碳电池在电动汽车领域应用的先河，进一步激发硅碳负极材料的市场需求。

## 【市场情况】

2021年，全球负极材料出货量达到90.5万吨，同比增长68.2%；中国负极材料出货量达到77.9万吨，同比增长86.4%。市场仍以人造石墨为主，人造石墨市场占有率接近95%，其余基本为天然石墨。硅碳负极处于发展初期，在国内市场中，仅有一家民营企业实现硅碳负极规模化生产，少数企业实现小批量生产，市场广阔。机构预测2025年全球硅碳负极材料需求量将突破30万吨。

## 【研究进展】

### 持续优化硅碳负极产品性能

上海院项目团队在成功研发硅碳负极的基础上，还开发了硅碳负极配套的石墨导电剂，解决了市售炭黑类导电剂内阻大等问题，显著提升了硅碳负极大倍率放电的循环稳定性，为硅碳负极下游推广试用提供了技术支持。

在前期百公斤级放大试验的基础上，项目团队自2021年10月起开始筹备硅碳负极吨级中试及相关装置的调研建设。预计今年8月底，该项目将完成第一次吨级中试，所得产品一部分将用于验证性能的一致性，其余将送往下游客户进行试用和第三方测评。

下一步，项目团队将持续优化完善吨级中试工艺路线与参数，提升产品性能的一致性。同时，加强与下游企业的交流与合作，共同开发硅碳负极配套锂电池，推动硅碳负极的商业化进程。



# 正极材料

正极材料是锂电池的核心材料之一，是决定电池性能的关键因素，对产品最终的能量密度、电压、使用寿命及安全性等有着直接影响，也是锂电池中成本最高的部分，约占整个动力电池总成本的30%-40%。

## 【产品名片】

### 什么是“三元”正极？

目前锂电池市场上，三元正极与磷酸铁锂平分秋色，其他正极材料在动力电池领域已基本被淘汰。其中，磷酸铁锂安全性高、成本低，但能量密度不高，是经济型车型主流材料，而三元正极材料能量密度高、续航里程长、面向高端车型应用，也是未来发展的主流趋势。

1. 锂可以提高材料的充放电比容量；
2. 钴可以提高材料的倍率性能；
3. 镍(钴)可以提高材料的安全性和结构稳定性。

不同镍、钴、锰(铁)元素的比例可以形成不同牌号的三元正极材料。其中，镍是三元正极材料中具有化学活性的主要组分。镍的含量越高，材料的能量密度越高。此外，镍含量越高的三元正极材料技术壁垒也越高，行业也一般用镍的含量作为技术先进性的区分标准。

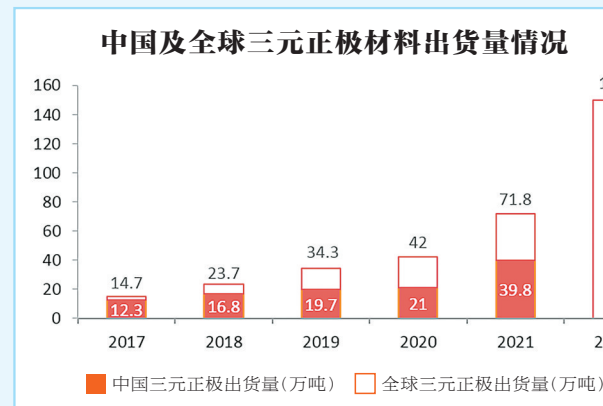
按照镍含量的不同比例，可以分为低镍、中镍和高镍三元正极材料，其中高镍三元正极材料一般是指镍元素含量≥80%的三元正极材料。

## 高镍三元正极材料产品特点

1. 能量密度高  
高镍三元正极材料在目前使用正极材料中具有最高的能量密度，应用在动力电池中可以实现电动汽车500-1000公里的续航里程。
2. 循环寿命长  
采用高镍三元正极材料的动力电池可以实现10年的使用寿命。
3. 充放电速度快  
快速充电只需要10-15分钟，与燃油车加油时间相当；放电速度快，可以使电动汽车拥有强悍的加速能力。
4. 材料成本低  
与中低镍三元正极材料相比，减少了高价钴元素的使用，性能提升的同时材料成本降低。而且，它可被循环利用，进一步降低材料使用成本。
5. 低温性能好  
冬天或者低气温地区同样适用。

## 【市场情况】

作为动力电池正极材料主要技术路线之一，三元正极材料行业出货量也快速增长态势：2021年全球三元正极材料出货量达71.8万吨，比上年增长71%；我国三元正极材料出货量达39.8万吨，比上年增长89.6%，2017-2021年复合增长率为41.3%。随着新能源汽车对于长续航里程、低成本等方面的需求提升，预计2025年全球三元正极材料市场需求将达到150万吨，其中高镍三元正极材料占比预计达到60%。



## 【诞生记】

### 高镍三元正极材料实现初步生产和销售

2019年起，上海院开始了新型高镍三元正极材料的研究和开发工作。项目团队围绕高镍三元正极材料产业链，目前已经开发出多个牌号的高镍三元前驱体和高镍三元正极材料成品及其全流程工艺。已开发的高镍三元前驱体是高镍三元正极材料的基础，具有球形好、粒径分布窄、振实密度高等特点。高镍三元正极材料具有能量密度高、循环稳定性好、充放电速率快等优势，产品主要指标处于国内先进水平，其中高镍三元前驱体在高校进行了试用，高镍三元正极材料实现了初步的生产和销售，在高端电动汽车等领域应用前景广阔。

生产隔膜原料的扬子石化1号聚乙烯装置。李树鹏 摄

## UHMWPE 隔膜料的特点：

1. 优异的耐化学腐蚀性。
2. 良好的拉伸强度。
3. 优异的耐冲击性。
4. 良好的耐高温性、抗老化性。



## 链接：

UHMWPE属于聚乙烯的一种，无毒、无味，通常为白色粉末状固体，被称为“令人惊异”的工程塑料。该产品被广泛应用于弹射材料、人工关节、矿石运输管、油轮锚绳、电池隔膜、机械异形件等高端领域。

## 超高相对分子质量聚乙烯和普通聚乙烯的区别？

通俗来说，UHMWPE就是一个个乙烷分子连接起来形成的很长很长分子链的物质，类似于我们常见的珍珠项链，每一个珍珠即一个乙烷分子，穿成的项链即分子链。超高分子质量聚乙烯的分子链由几个乙烷分子穿起来，而普通的聚乙烯一般有几个乙烷分子，相差几十倍。正是由于超高分子质量聚乙烯具有更长的分子链(更高的分子量)，从而赋予了UHMWPE在韧性、耐磨性和抗应力开裂性等方面的突出性能。

## 【诞生记】

### 国内首次开发锂电池隔膜料

早在2010年前，扬子石化就跟踪先进技术，与国际巨头同步开展新型锂电池隔膜专用聚烯烃原料的开发、生产和提供具有优良加工性能，满足国内锂电池隔膜成型和使用要求的新型聚乙烯和聚丙烯专用料。

2013年，扬子石化研究院开始研发锂离子电池隔膜用特高分子量聚乙烯专用料。经过技术攻关，2017年，扬子石化首次实现了超高分子量聚乙烯隔膜专用料的工业化试生产，填补了国内空白，成为国内首家成功开发锂电池隔膜料的生产企业。

2018年，扬子石化又实现了特高分子量聚乙烯隔膜专用料的工业化试生产。2020年，扬子石化开发的锂电池隔膜原料被作为中国石化的产品“小巨人”。

近几年来，扬子石化加速锂电池隔膜料产品质量提升和新品研发，已经形成系列产品，并实施“定制开发、定量生产、定点销售、特色服务”于一体的运营模式，满足不同用户需求。

## 【市场情况】

目前，全球隔膜产能不断向中国集中，中国市场不断向头部企业靠拢。全球隔膜竞争格局由四个国家主导，中国、韩国、日本和美国拥有市场份额分别为43%、28%、21%和6%。中国份额提升速度明显。海外方面主流隔膜企业集中于日韩，整体扩张节奏放缓，新增产能有限，无法匹配行业需求增速。国内方面，国内主流隔膜企业产能大幅扩张，同时全球化供应的步伐加快，隔膜有成为锂电负极、电解液之后第三个实现全面国产化的锂电中游材料。

统计数据揭示，2018年国内隔膜出货量为20.2亿平方米，2019年出货量为27.4亿平方米，2020年出货量为38.7亿平方米，2021年前三季度出货量为54.5亿平方米，增速惊人。

2018年，扬子石化又实现了特高分子量聚乙烯隔膜专用料的工业化试生产。2020年，扬子石化开发的锂电池隔膜原料被作为中国石化的产品“小巨人”。

近几年来，扬子石化加速锂电池隔膜料产品质量提升和新品研发，已经形成系列产品，并实施“定制开发、定量生产、定点销售、特色服务”于一体的运营模式，满足不同用户需求。



生产隔膜原料的扬子石化1号聚乙烯装置。李树鹏 摄

