

无负极技术：负极的终局路线

——固态电池专题（二）

民生电新 邓永康团队



01

无负极技术概念

02

无负极技术的产业进展

03

相关标的

04

风险提示

CONTENTS

目录



摘要

- 无负极电池负极集流体表面不预置活性材料，锂离子从正极脱出后，直接在集流体表面沉积与剥离，区别于传统石墨和锂金属电池。**该技术具备更高能量密度与更低的成本**，但面临锂枝晶生长和 SEI 膜破裂重组导致的死锂问题，主要解决方向集中在**集流体改性、电解液优化、人工SEI膜构建及补锂技引入**四个方面。
- 在产业进展方面，**宁德时代**于2025年4月推出“**自生成负极**”技术，在提升能量密度与循环寿命方面表现显著。该技术通过纳米级界面层提高离子传导速度百倍，将锂沉积粒径提升10倍，并构建自保护层以抑制副反应，显著增强电池稳定性。**比亚迪**公开了一项**无负极电池专利**，采用多孔海绵状集流体，亲锂性由一面向另一面逐步增强，并掺杂锂、钠、镁等亲锂金属元素，显著降低电化学反应的动力学壁垒，引导锂离子优先在底部沉积，实现自下而上的稳定生长。
- **建议关注：【中一科技】**，公司是无负极技术核心标的，深耕铜箔领域十余年，聚焦高性能电解铜箔，产品分锂电铜箔和电子电路铜箔，**其专利布局的锂 - 铜一体化复合负极材料**，层状结构能抑制锂枝晶生长、减少阻抗、改善锂离子电化学性能，电池循环稳定性更优。
- **风险提示**：新技术进展不及预期、下游需求不及预期、技术路线改变风险。

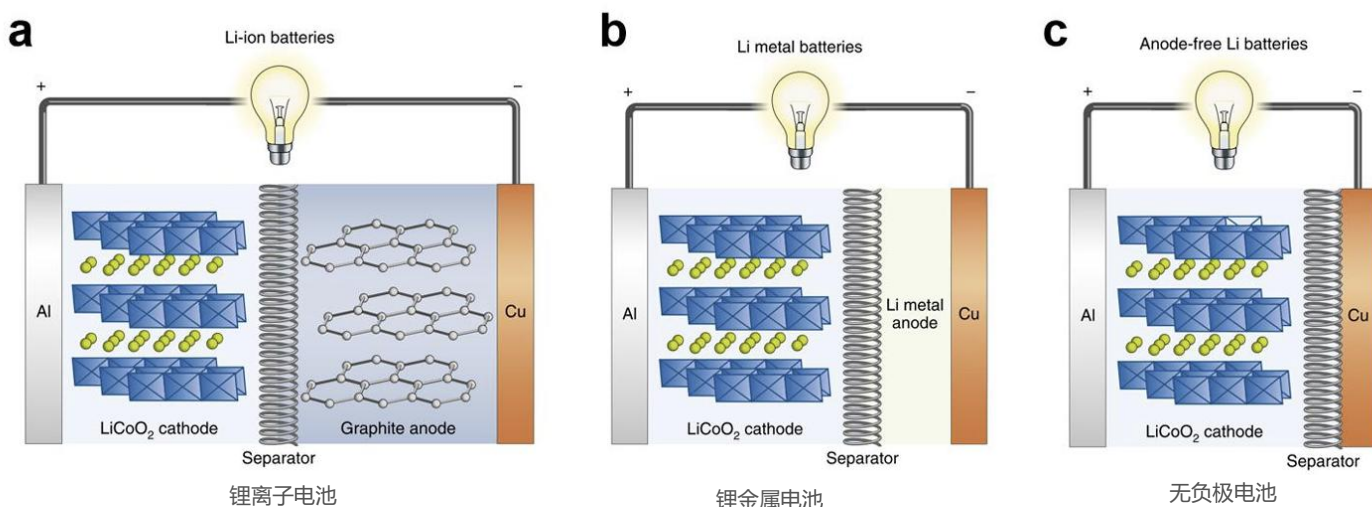
01. 无负极技术概念

01

无负极技术概念

- 常规锂离子电池由正极极片、**负极极片（石墨/硅碳）**、正极集流体（Al）、负极集流体（Cu）、隔膜、电解液6个部分组成，锂离子运动轨迹为：充电时， Li^+ 从正极脱出嵌入负极石墨层，形成 LiC_6 ，放电时， Li^+ 从负极石墨层脱出，重新嵌入正极。
- 锂金属电池则是将负极极片的材料由**传统石墨或硅碳改成金属锂负极**，锂离子运动轨迹与锂离子电池相同，区别在于：充电时， Li^+ 从正极脱出，以金属锂的形式直接沉积在负极表面预制的锂箔上，放电时，金属锂从锂箔表面离子化，回到正极。
- 无负极电池的**负极集流体表面不预置任何活性材料**，锂离子的运动轨迹与金属锂类似，区别在于：锂离子在负极侧的脱嵌和剥离，不是在锂箔表面进行的，而是直接在负极集流体表面进行， Li^+ 从正极脱出，直接沉积在负极集流体表面。

图表1：锂离子电池的三种结构



资料来源：《高循环稳定性准固态无负极锂金属电池的设计构筑及性能研究》邢建博，民生证券研究院

01

无负极技术的优势：更高的能量密度和更低的成本

• 更高的能量密度：

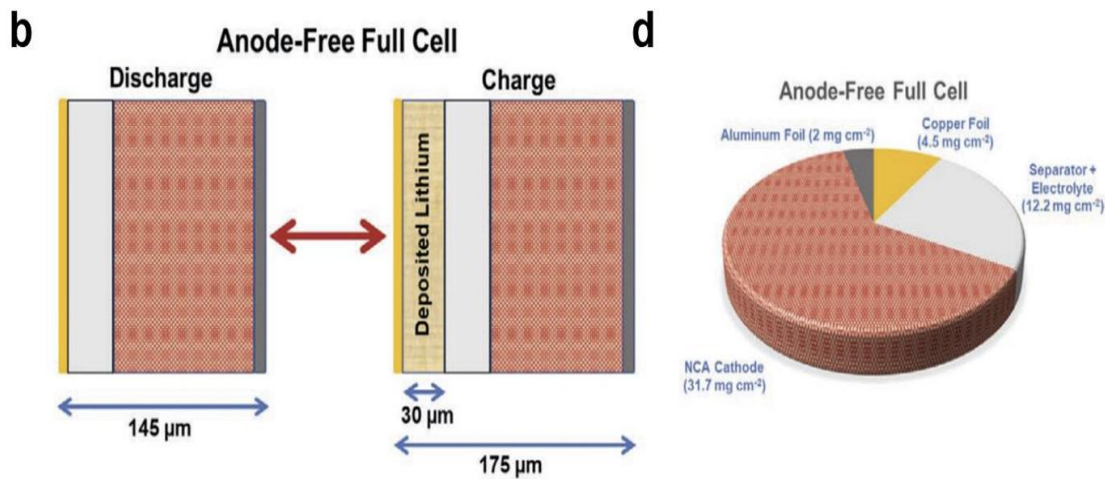
1) 更高的放电电压。实际上，无负极电池是锂金属电池的一种特殊存在，金属锂具备高理论比容量（3860mAh/g）和低氧化还原电位（-3.04V vs标准氢电极），因此放电电压平台远高于传统锂离子电池。

2) 更轻的重量和更小的体积。与金属锂电池相比，电池的重量和厚度显著降低，因此相比金属锂电池（500Wh/Kg，1200Wh/L），无负极电池具备更高的质量能量密度（650Wh/kg）和体积能量密度（1300Wh/L）。

• 更低的成本：

和锂金属电池相比，无负极电池对金属锂的需求降低，制备流程得到简化，可以有效降低电池成本。

图表2：无负极电池体积占比示意图和重量占比示意图



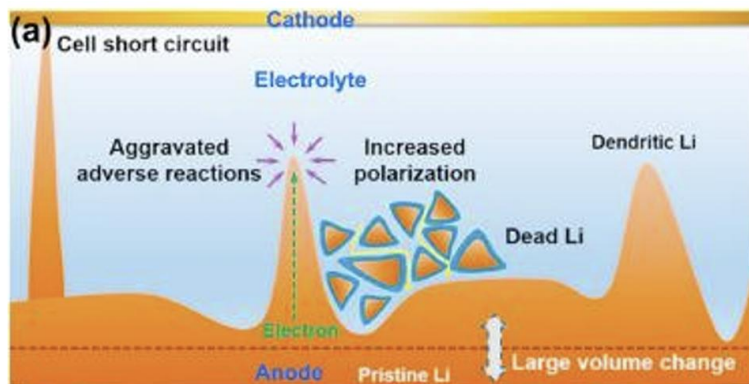
资料来源：《高循环稳定性准固态无负极锂金属电池的设计构筑及性能研究》邢建博，民生证券研究院

01

无负极技术的主要问题

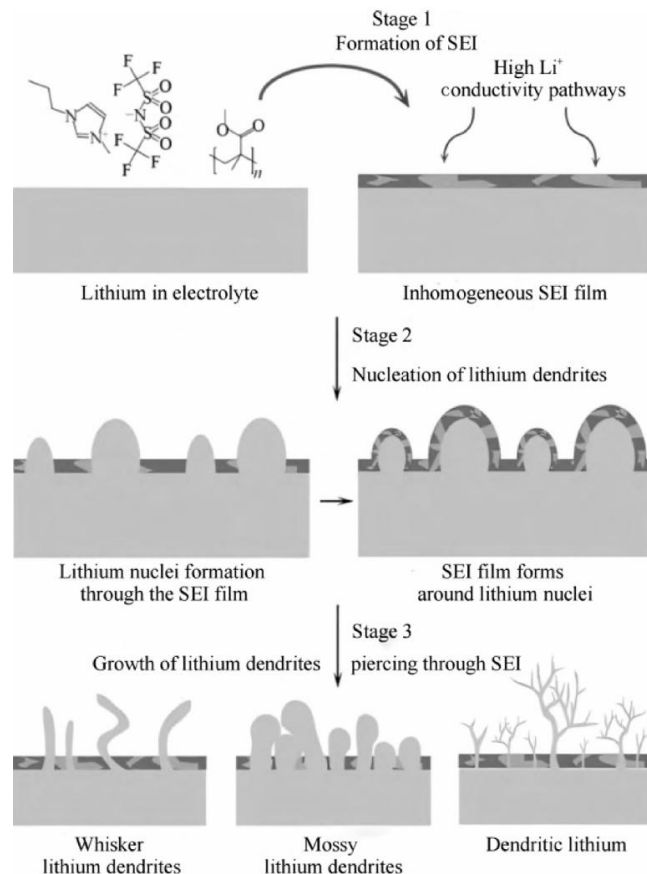
- **锂枝晶问题：**
- 在无负极电池中，由于没有负极材料， Li^+ 直接沉积在集流体表面形成金属锂，这可能导致锂的成核势垒较高，需要克服大的成核过电势，造成锂沉积的不均匀，从而形成锂枝晶。锂枝晶的无序生长可能会刺破电解质膜，造成电池内部短路。
- **SEI膜的破裂重组：**
- 金属锂具有极强的还原性，因此容易与电解质在界面层发生反应，形成固态电解质（SEI）膜。锂枝晶的生长和锂沉积/剥离产生的体积效应会造成SEI膜的破裂。SEI膜破裂后，金属锂会进一步反应生成新的SEI膜，SEI膜的破裂-再生将消耗电池内活性锂离子的含量，降低电池容量。

图表4：死锂的生长机理



资料来源：《无负极锂电池的泡沫铜集流体表面及电解液改性》白煜玮，民生证券研究院

图表3：锂枝晶的形成过程



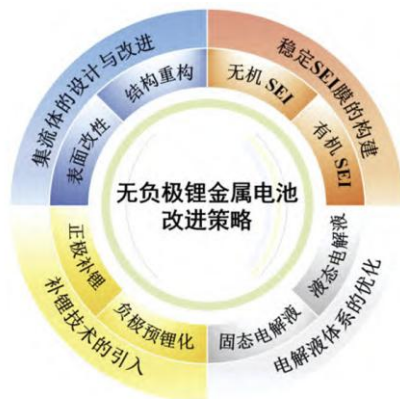
资料来源：《高能量密度无负极锂金属电池研究进展》梁淑贞，民生证券研究院

01

无负极技术的解决方案

- 围绕“**锂枝晶**”和“**死锂**”2个问题，目前解决方案主要围绕四个方面：集流体的改进、稳定SEI膜的构建、补锂技术的引进、电解液体系的优化。
- **集流体的改性**：主要2个方案，1、构造三维结构，增加集流体的比表面积，2、引入人工表层，增强集流体表面亲锂性。
- **电解液的优化**：采用高浓度电解液减少溶剂和金属锂的副反应或直接采用固态电解质。
- **SEI膜的构建**：原生SEI膜结构不稳定且分布均匀，搭建人工SEI膜，可以有效提高无负极电池在循环过程中的稳定性，并提升界面层的离子电导率。
- **补锂剂的引入**：采用补锂剂，提升电池首次库伦效率，减缓“死锂”问题。

图表5：无负极电池的改进策略



资料来源：《无负极锂金属电池的挑战与发展》孙培松，民生证券研究院

01

集流体的改性

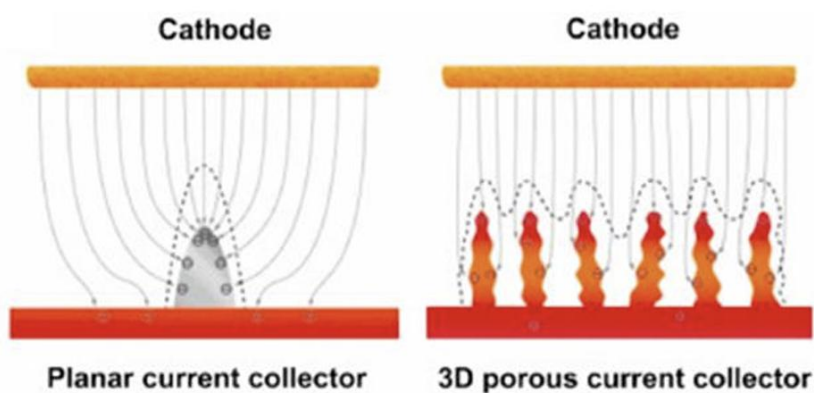
• 构造三维结构

- 在集流体表面构造三维结构，使得集流体具备多孔结构和较大的比表面积，能够有效优化电极表面电流密度分布，提供更多的活性反应位点和离子传输通道，有利于抑制锂枝晶生长和缓解锂在沉积/剥落过程中的体积膨胀。

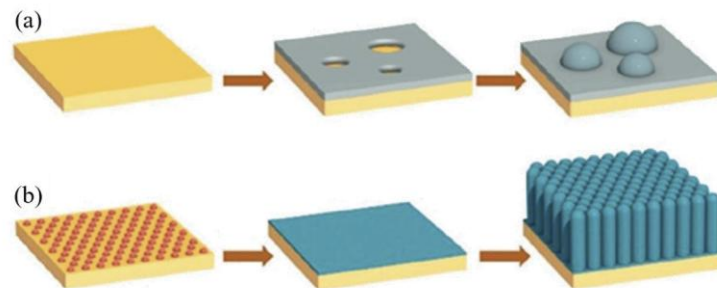
• 引入人工表层

- 铜箔和金属锂之间的界面能较高，锂离子在集流体表面沉积时不均匀，因此构建**亲锂基体**，可以降低成核势垒，诱导锂离子通量均匀分布，促进锂离子在集流体表面均匀沉积。

图表6：三维多孔集流体上的锂沉积行为



图表7：不同集流体上锂沉积的形态 (a) 空白铜箔，(b) 表面修饰铜箔



资料来源：《无负极锂金属电池锂沉积行为调控研究》韩雨，民生证券研究院

资料来源：《无负极锂金属电池锂沉积行为调控研究》韩雨，民生证券研究院

02. 无负极技术的产业进展

02

无负极技术的产业进展

➤ 宁德时代

- 25年4月21日，宁德时代在超级科技日上发布“自生成负极”技术。
- 性能参数上，该技术使得体积能量密度提升**60%**，质量能量密度提升**50%**。
- 通过纳米级界面层，提升离子传导速度**100倍**，沉积粒径相比行业提升**10倍**，降低活性离子的消耗速率**90%**，有效提升循环寿命。
- 通过自生成界面保护层，将活性离子渗透率降低**93%**，从而降低**85%**的副反应消耗（也就是前面的**SEI膜破碎问题**），将电池的存储性能提升**300%**。

图表8：宁德时代自生成负极技术性能提升显著



资料来源：鑫椤锂电，民生证券研究院

图表9：纳米级界面层提升离子电导率，提升循环寿命

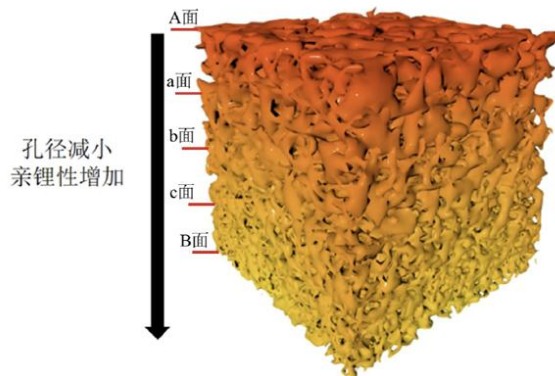


资料来源：鑫椤锂电，民生证券研究院

➤ 比亚迪

- 比亚迪公开了一项无负极技术专利，主要是一种集流体，具备多孔海绵状体结构，且从集流体的一面到另一面，亲锂性在逐步增加。
- 专利中，所述集流体的孔隙率可达40-60wt%，高于现有公开的集流体孔隙率。较高的孔隙率可以保证集流体完全容纳正极脱出的锂离子，并且增加了比表面积，降低实际电流密度，减缓锂枝晶生长，提升循环寿命。
- 专利中，在集流体中掺杂亲锂性金属元素（锂、钠、镁、铝、锌等），可以显著降低锂离子进行电化学反应的动力学壁垒，使自由锂离子优先在底部沉积，确保金属锂自下而上生长。

图表10：比亚迪无负极技术对集流体的改性



图表11：比亚迪无负极技术的对照表

序号	电池	形貌
实施例1	S1	表面无明显锂沉积
实施例2	S2	表面无明显锂沉积
实施例3	S3	表面无明显锂沉积
实施例4	S4	表面无明显锂沉积
实施例5	S5	表面无明显锂沉积
实施例6	S6	表面无明显锂沉积
实施例6	S7	表面无明显锂沉积
对比例1	DS1	表面有大量锂沉积,存在枝晶状锂
对比例2	DS2	表面有少量疏松锂沉积
对比例3	DS3	表面有大量锂沉积,存在枝晶状锂

资料来源：《集流体及其制备方法和无负极锂金属电池》比亚迪，民生证券研究院

资料来源：《集流体及其制备方法和无负极锂金属电池》比亚迪，民生证券研究院

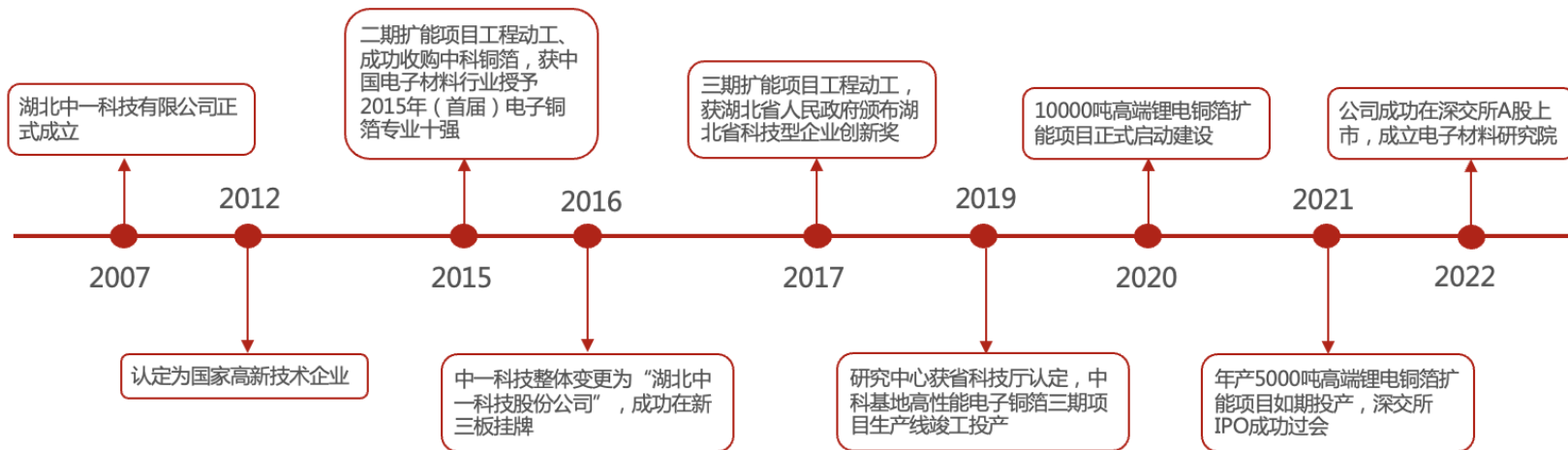
03. 相关标的

03

中一科技：无负极技术进展领先

- 深耕铜箔领域十余载，逐阶扩能上市促发展。**2007 年，湖北中一科技有限公司正式成立；2012 年，被认定为国家高新技术企业。2015 年，二期扩能项目工程动工，还成功收购湖北中科铜箔科技有限公司，荣获中国电子材料行业授予2015年（首届）电子铜箔专业十强；2016 年，中一科技整体变更为“湖北中一科技股份公司”，成功在新三板挂牌。2017 年，三期扩能项目工程动工，获湖北省人民政府颁布湖北省科技型企业创新奖；2019 年，研究中心获省科技厅认定，中科基地高性能电子铜箔三期项目生产线竣工投产。2020 年，10000 吨高端锂电铜箔扩能项目正式启动建设；2021 年，年产 5000 吨高端锂电铜箔扩能项目如期投产，深交所 IPO 成功过会。2022 年，公司成功在深交所 A 股上市，成立电子材料研究院，各阶段关键动作推动着企业持续发展。

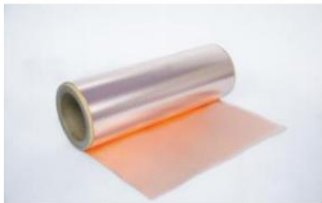
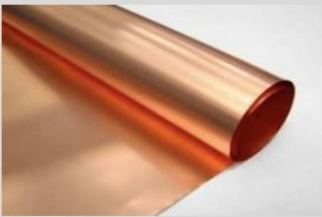
图表12：公司发展历程



资料来源：公司官网，民生证券研究院

- 公司聚焦高性能电解铜箔，产品分锂电与电子电路两类。**公司主要从事各类单、双面光高性能电解铜箔系列产品的研发、生产与销售。其产品按应用领域分为锂电铜箔和电子电路铜箔。锂电铜箔作为锂离子电池的负极集流体，广泛应用于新能源汽车、储能设备及电子产品，当前以 $6\mu\text{m}$ 及以下极薄产锂电铜箔为公司主要产品；电子电路铜箔则是覆铜板和印制电路板的重要基础材料之一，应用于通讯、光电、消费电子、汽车、航空航天等领域，产品规格覆盖 $8\mu\text{m}$ 至 $210\mu\text{m}$ 电子电路铜箔产品，覆盖规格广泛。

图表13：公司主要产品

产品名称	示例图	产品规格	产品描述与应用场景
锂电铜箔		各类双面光 $4.5\mu\text{m}$ 、 $5\mu\text{m}$ 、 $6\mu\text{m}$ 、 $8\mu\text{m}$	$6\mu\text{m}$ 及以下极薄锂电铜箔为公司主要产品，具有较良好的综合物理特性，组成电池负极的电阻小，双面表面结构对称，适用于较高质量锂离子电池制造，主要用于新能源汽车用动力电池领域。公司双面光 $4.5\mu\text{m}$ 、 $5\mu\text{m}$ 、 $6\mu\text{m}$ 、 $8\mu\text{m}$ 锂电铜箔产品双面表面结构对称，适用于普通电池制造，主要应用于新能源汽车用动力电池、3C电子产品用锂离子电池、应急电源、储能电池中未对锂电铜箔性能有较高要求的场景。
电子电路铜箔		$8\mu\text{m}$ 至 $210\mu\text{m}$	电子电路铜箔是覆铜板、印制电路板的重要基础材料之一，印制电路板广泛应用于通讯、光电、消费电子、汽车、航空航天等众多领域。

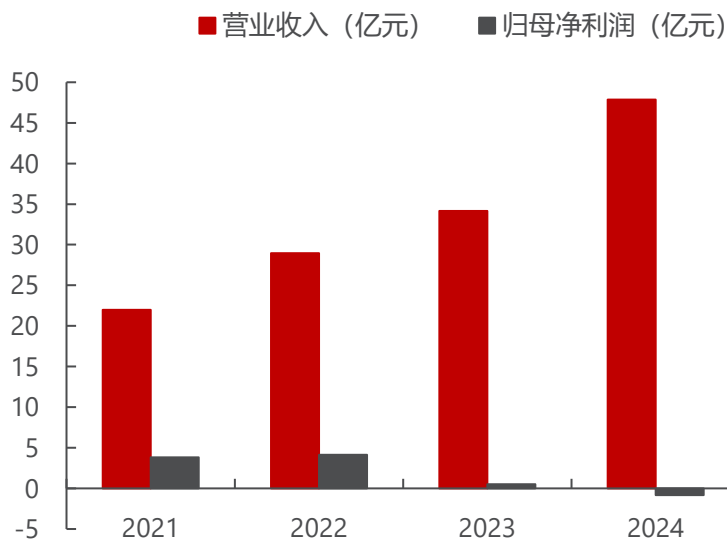
资料来源：公司年报，民生证券研究院

03

中一科技：无负极技术进展领先

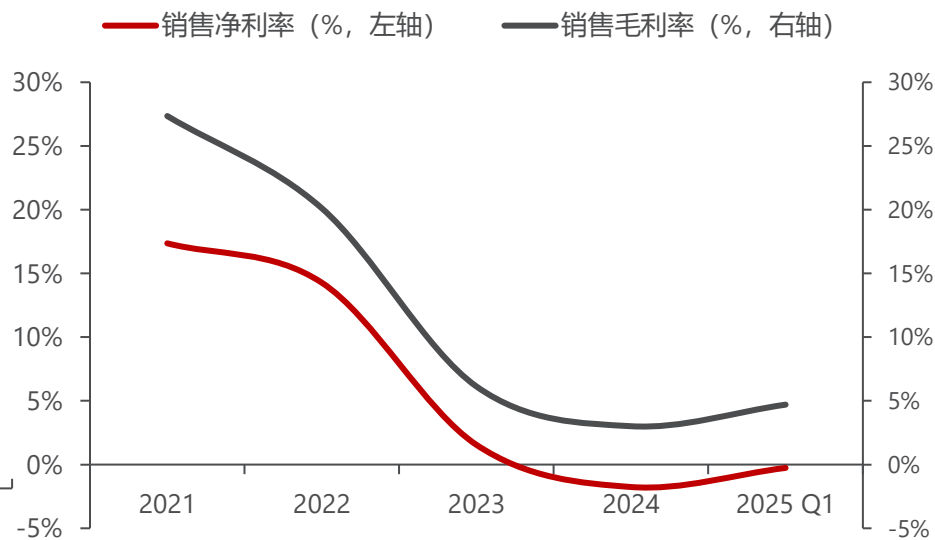
- 公司21-25年Q1营业收入分别为21.97、28.95、34.15、47.86、12.49亿元，同比上升88%、32%、18%、40%、30%，公司营收逐年持续增加。21-25年Q1归母净利润分别为3.81、4.13、0.53、-0.84、-0.03亿元，同比+208%、+8%、-87%、-259%、+94%，23年开始利润利润同比下滑的主要原因是行业供给过剩，加工费下滑所致。21-25年Q1净利率分别为17%、14%、2%、-2%、-0.2%，毛利率分别为27%、20%、6%、3%、5%，毛利率与净利率在25年Q1呈现回升态势。

图表14：公司营业收入与归母净利润



资料来源：iFind，民生证券研究院

图表15：公司销售毛利率、销售净利率变化



资料来源：iFind，民生证券研究院

03

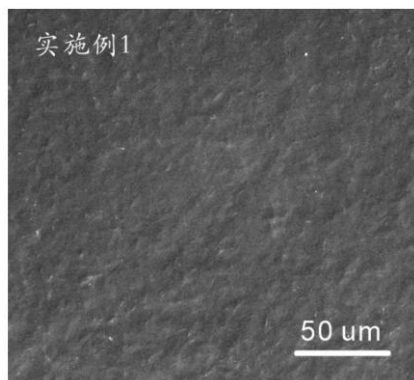
中一科技：无负极技术进展领先

• 专利布局

- 公司公开了一种《锂-铜一体化复合负极材料》的制备方法，主要为“铜箔、锂合金层和碳层”的层状结构，各复合层的作用为：

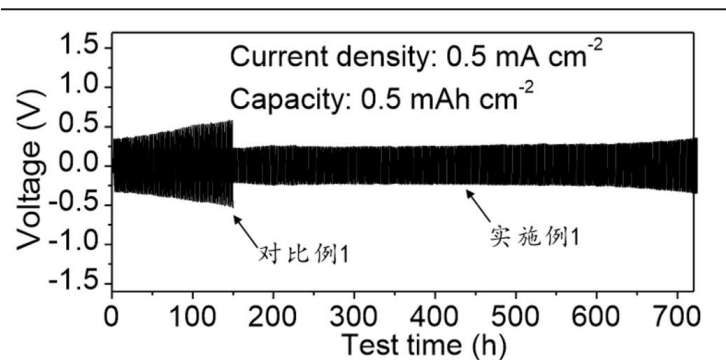
- 1) 锂合金层由锂金属和亲锂金属组成，亲锂金属包括银、锌、锡、铝、镁等，亲锂金属周围有较大的电子云，在充放电循环中，可以和金属锂结合形成合金，抑制锂枝晶生长，并增加金属锂和铜箔之间的结合力，减少金属锂和铜箔之间的阻抗。
- 2) 碳层由热还原处理后的碳材料制成，经过热处理的碳层具有碳缺陷位和空位，能垒较低，增加锂离子在表面的吸附和扩散速率，改善锂离子的电化学性能，减少锂枝晶的形成。

图表16：集流体表面形貌图



资料来源：中一科技专利文件，民生证券研究院

图表17：电池循环性能测试，实施例具备更好的稳定性



资料来源：中一科技专利文件，民生证券研究院

04. 风险提示

04

风险提示

- **新技术进展不及预期：**无负极技术的核心难题如锂枝晶抑制、SEI 膜稳定性等尚未完全攻克，若集流体改性、电解液优化等关键技术突破缓慢，将导致电池循环寿命、安全性不达标，直接延缓量产进程。
- **下游需求不及预期：**因初期成本过高导致性价比不足，可能削弱下游车企/消费电子厂商的采购应用意愿，使得市场需求难以释放。
- **技术路线改变风险：**行业标准或政策导向变化可能引发替代风险，同时集流体路线分化，若任一技术被证无效或行业倾向于某一路线，可能冲击无负极技术的产业化。

THANKS 致谢

民生电新研究团队：



分析师 邓永康
执业证号：S0100521100006
邮箱：dengyongkang@mszq.com



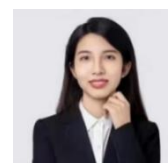
分析师 朱碧野
执业证号：S0100522120001
邮箱：zhubiye@mszq.com



分析师 王一如
执业证号：S0100523050004
邮箱：wangyiru@mszq.com



分析师 赵丹
执业证号：S0100524050002
邮箱：zhaodan@mszq.com



分析师 李佳
执业证号：S0100523120002
邮箱：lijia@mszq.com



分析师 李孝鹏
执业证号：S0100524010003
邮箱：lixiaopeng@mszq.com



分析师 席子屹
执业证号：S0100524070007
邮箱：xiziyi@mszq.com



分析师 林誉韬
执业证号：S0100524070001
邮箱：linyutao@mszq.com



分析师 许浚哲
执业证号：S0100123020010
邮箱：xujunzhe@mszq.com

民生证券研究院：

上海：上海市虹口区杨树浦路188号星立方大厦7层； 200082

北京：北京市东城区建国门内大街28号民生金融中心A座18层； 100005

深圳：深圳市福田区中心四路1号嘉里建设广场1座10层 01室； 518048

分析师声明：

本报告署名分析师具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格并登记为注册分析师，基于认真审慎的工作态度、专业严谨的研究方法与分析逻辑得出研究结论，独立、客观地出具本报告，并对本报告的内容和观点负责。本报告清晰准确地反映了研究人员的研究观点，结论不受任何第三方的授意、影响，研究人员不曾因、不因、也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接收到任何形式的补偿。

评级说明：

投资建议评级标准	评级	说明
以报告发布日后的12个月内公司股价（或行业指数）相对同期基准指数的涨跌幅为基准。其中：A股以沪深300指数为基准；新三板以三板成指或三板做市指数为基准；港股以恒生指数为基准；美股以纳斯达克综合指数或标普500指数为基准。	推荐	相对基准指数涨幅15%以上
	谨慎推荐	相对基准指数涨幅5%~15%之间
	中性	相对基准指数涨幅-5%~5%之间
	回避	相对基准指数跌幅5%以上
	推荐	相对基准指数涨幅5%以上
	中性	相对基准指数涨幅-5%~5%之间
	回避	相对基准指数跌幅5%以上

免责声明：

民生证券股份有限公司（以下简称“本公司”）具有中国证监会许可的证券投资咨询业务资格。

本报告仅供本公司境内客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。本报告仅为参考之用，并不构成对客户的投资建议，不应被视为买卖任何证券、金融工具的要约或要约邀请。本报告所包含的观点及建议并未考虑获取本报告的机构及个人的具体投资目的、财务状况、特殊状况、目标或需要，客户应当充分考虑自身特定状况，进行独立评估，并同时考量自身的投资目的、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，不应单纯依靠本报告所载的内容而取代自身的独立判断。在任何情况下，本公司不对任何人因使用本报告中的任何内容而导致的任何可能的损失负任何责任。

本报告是基于已公开信息撰写，但本公司不保证该等信息的准确性或完整性。本报告所载的资料、意见及预测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，且预测方法及结果存在一定程度局限性。在不同时期，本公司可发出与本报告所刊载的意见、预测不一致的报告，但本公司没有义务和责任及时更新本报告所涉及的内容并通知客户。

在法律允许的情况下，本公司及其附属机构可能持有报告中提及的公司所发行证券的头寸并进行交易，也可能为这些公司提供或正在争取提供投资银行、财务顾问、咨询服务等相关服务，本公司的员工可能担任本报告所提及的公司的董事。客户应充分考虑可能存在的利益冲突，勿将本报告作为投资决策的唯一参考依据。

若本公司以外的金融机构发送本报告，则由该金融机构独自为此发送行为负责。该机构的客户应联系该机构以交易本报告提及的证券或要求获悉更详细的信息。本报告不构成本公司向发送本报告金融机构之客户提供的投资建议。本公司不会因任何机构或个人从其他机构获得本报告而将其视为本公司客户。

本报告的版权归归本公司所有，未经书面许可，任何机构或个人不得以任何形式、任何目的进行翻版、转载、发表、篡改或引用。所有在本报告中使用的商标、服务标识及标记，除非另有说明，均为本公司的商标、服务标识及标记。本公司版权所有并保留一切权利。