

2022年11月07日

其他专用机械

# 复合集流体系列报告一：复合铜箔量产前夜已至，设备公司优先受益

■复合铜箔是新型锂电负极集流体材料，具备高安全、高比能、长寿命、低成本、强兼容等优势，有望替代传统铜箔成为主流技术路线。复合集流体为“金属-高分子材料-金属”三明治结构，以高分子绝缘树脂 PET/PP/PI 等材料作为“夹心”层，上下两面沉积金属铝或金属铜。复合铜箔具有五大优势，有望逐步实现对传统电解铜箔的替代：1) **高安全**：高分子层是不易断裂的绝缘材料，受热会发生断路效应，大大降低电池热失控风险；2) **高比能**：高分子层质量更轻，电池内活性物质占比增加，能量密度可提升 5-10%；3) **长寿命**：高分子材料膨胀率更低，表面更均匀，可使电池寿命延长 5%；4) **低成本**：潜在成本相比传统箔材理论上可降低 50% 以上；5) **强兼容**：可广泛应用于消费、动力、储能电池等领域。

■复合铜箔处于量产前夜，商业化难点在于降本。目前复合铜箔已形成完整产业链，上游为原材料+设备厂商，中游为铜箔制造厂商，下游包括动力、消费、储能电池厂。目前由于在制备工艺、设备生产速度、良率等方面仍存在一定难点，复合铜箔制造成本仍高于电解铜箔，成为限制其大规模商业化的主要因素。未来随着设备迭代、工艺技术不断完善，复合铜箔降本空间大。假设磁控溅射设备速率提升至 15m/min，电镀设备速率提升至 13m/min，良率提升至 90%，预计规模量产情形下复合铜箔生产总成本可降至 2.88 元/m<sup>2</sup>，较传统铜箔生产成本低 25% 以上。

■设备优先受益复合铜箔产业化推进，市场空间广阔。复合铜箔核心生产设备包括磁控溅射设备+水电镀设备+超声波滚焊设备，目前单 GWh 电池产能对应 2 台磁控溅射设备（1500 万/台）+3 台镀膜设备（1000 万/台）+6 台滚焊设备（200 万/台），设备合计价值量为 7200 万/GWh。根据我们统计，到 2025 年主流电池厂新增产能超过 2.06TWh，假设到 2025 年复合铜箔在新增产线上渗透率达到 25%，存量产线上渗透率达到 10%，预计 2025 年锂电复合铜箔设备市场规模达到 148.86 亿元，其中，磁控溅射设备市场规模为 58.38 亿元，电镀设备市场规模为 63.24 亿元，超声波滚焊设备市场规模为 27.24 亿元。

■投资建议：复合铜箔产业化加速，量产在即，随着良率逐步提升以及设备工艺瓶颈逐渐解决，我们认为 2023 年有望成为复合铜箔量产元年，建议关注上游龙头设备企业，如【**骄成超声**】等；中游复合铜箔制造企业【**宝明科技**】、【**双星新材**】等。

■风险提示：新能源汽车销量不及预期，电池厂扩产不及预期，复合铜箔产业化进度不及预期，复合铜箔渗透率低于预期，复合集流体技术路线变革超预期，市场竞争加剧。

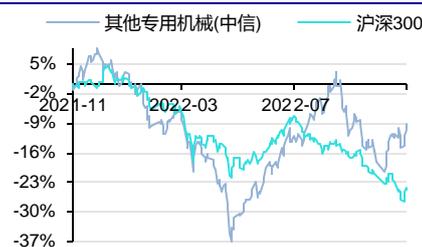
## 行业专题报告

证券研究报告

投资评级 **领先大市-A**  
维持评级

首选股票	目标价	评级
688392 骄成超声	146.40	买入-A

### 行业表现



资料来源：Wind 资讯

%	1M	3M	12M
相对收益	15.01	8.00	15.61
绝对收益	10.88	-3.06	-9.47

郭倩倩

分析师

SAC 执业证书编号：S1450521120004  
guoqq@essence.com.cn

### 相关报告

从 KLA 历史看半导体检测设备国产替代进程 2021-09-11

## 内容目录

<b>1. 复合铜箔是什么？</b> .....	<b>3</b>
1.1. 复合铜箔是一种新型锂电池负极集流体材料 .....	3
1.1. 相较传统铜箔，复合铜箔具备高安全、高比能、长寿命、低成本、应用广等优势 .....	5
1.2. 主流技术路线为两步法，核心工艺为磁控溅射和水电镀 .....	7
<b>2. 商用放量箭在弦上，开启设备百亿市场空间</b> .....	<b>10</b>
2.1. 产业链：产业链齐发力，复合铜箔量产前夜已至 .....	10
2.2. 成本下限：复合铜箔生产成本下探空间大，核心在于设备技术升级 .....	12
2.3. 市场规模：预计 2025 年 PET 复合铜箔设备市场规模破百亿 .....	13
<b>3. 投资建议</b> .....	<b>14</b>
<b>4. 风险提示</b> .....	<b>14</b>

## 图表目录

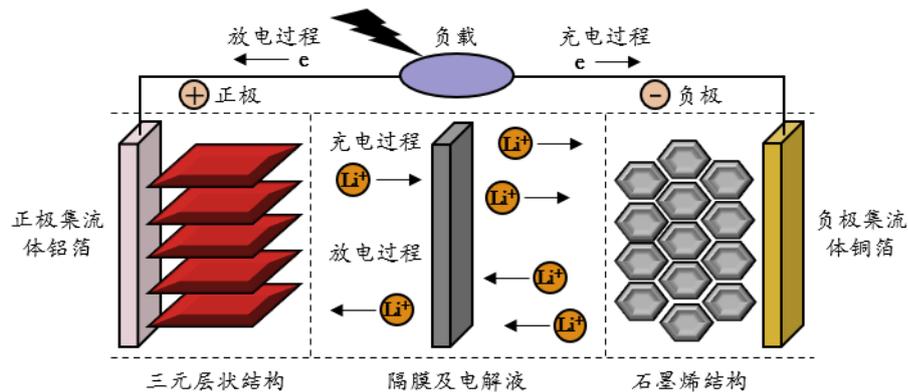
图 1：三元锂电池充放电内部原理图 .....	3
图 2：锂电池结构及负极极片构成 .....	3
图 3：锂电池成本构成 .....	4
图 4：25Ah NCM 三元锂离子动力电池材料质量分数 .....	4
图 5：PET 复合铜箔类似“三明治”结构 .....	5
图 6：热塑性塑料金字塔 .....	5
图 7：针刺中复合集流体开裂，阻断正负极短路 .....	6
图 8：复合集流体在重物冲击中无毛刺产生，抑制短路 .....	6
图 9：截至 2022 年 10 月 21 日，铜价为 6.3 万元/吨，PET 切片价格为 0.8 万元/吨 .....	7
图 10：相较传统铜箔，复合铜箔工艺流程缩短、难度提升 .....	8
图 11：真空磁控溅射镀膜设备工艺原理示意图 .....	8
图 12：腾胜科技感应蒸发式卷绕镀膜设备 .....	9
图 13：日本东丽 KP 薄膜公司蒸镀机原理图 .....	9
图 14：重庆金美水电镀工艺流程及设备示意图 .....	9
图 15：在极耳焊接环节，复合铜箔新增一道采用超声波滚焊的极耳转印焊工序 .....	10
图 16：PET 复合铜箔产业链 .....	11
表 1：传统铜箔与复合铜箔对比 .....	4
表 2：PI、PP、PET 薄膜性能和应用情况对比 .....	5
表 3：PET 复合铜箔较传统铜箔质量减轻约 56% .....	6
表 4：复合集流体电池能量密度得到提升 .....	6
表 5：相同厚度下（6 $\mu$ m）PET 复合铜箔较传统铜箔的原材料成本节省约 58% .....	7
表 6：截至 2022 年 11 月，东威科技累计收到水平镀膜设备订单 17.13 亿元 .....	10
表 7：复合集流体产业链相关参与公司及产业化进度梳理 .....	12
表 8：PET 复合铜箔成本测算 .....	13
表 9：预计 2025 年复合铜箔设备投资规模 150.80 亿元 .....	14

## 1. 复合铜箔是什么？

### 1.1. 复合铜箔是一种新型锂电池负极集流体材料

集流体是锂电池中的关键材料，作用为将电池活性物质产生的电流汇集起来，以产生更大的输出电流。锂电池电芯的主要构成部分包括正极、负极、电解液和隔膜四部分，电池在充放电过程中，电解液中的锂离子在正负极之间往返运动。集流体是锂电池电芯中正负极的重要组成部分，作为汇集电流的结构或零件，其作用为将电化学反应所产生的电子汇集起来导至外电路，从而实现化学能转化为电能的过程。由于放电原理的不同，目前正极采用铝箔，负极采用铜箔。

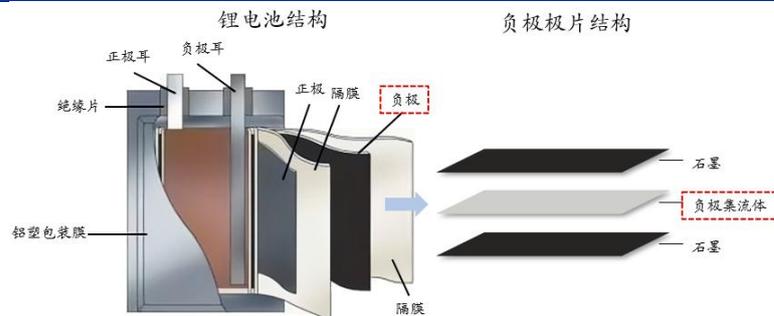
图 1：三元锂电池充放电内部原理图



资料来源：《Nonaqueous liquid electrolytes for lithium-based rechargeable batteries》，恒大研究院，安信证券研究中心

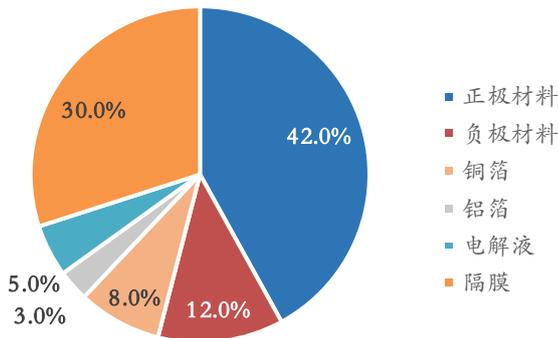
铜箔是锂电池负极材料的重要组成部分，约占锂电池总成本和总质量的 8%和 11%。铜箔具备良好的导电性、抗氧化性、抗腐蚀性、质地柔软、便于粘结等优异属性，叠加其原料丰富、价格低廉、工艺成熟等特点，是锂电池负极材料载体和集流体的首选材料。根据中国有色金属加工工业协会及 YanoResearch 数据，铜箔材料占锂电池总成本 8%；根据《车用锂离子动力电池热失控诱发与扩展机理、建模与防控》，铜箔材料质量占三元锂离子动力电池总质量 11%，因此铜箔是影响锂电池能量密度和成本的关键材料。

图 2：锂电池结构及负极极片构成



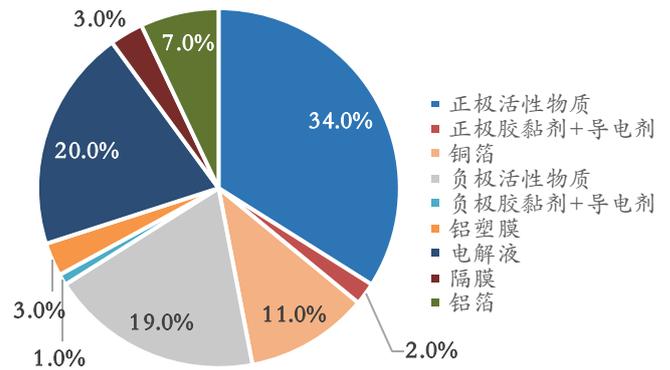
资料来源：电池中国，安信证券研究中心

图 3：锂电池成本构成



资料来源：中国有色金属加工工业协会，YanoResearch，安信证券研究中心

图 4：25Ah NCM 三元锂离子动力电池材料质量分数



资料来源：《车用锂离子动力电池热失控诱发与扩展机理、建模与防控》，安信证券研究中心（注：该款电池总质量为720g）

**锂电铜箔降本、减重趋势明确。**双碳背景下，随着新能源汽车、储能等新兴行业景气高企，锂电池产量呈现爆发式增长，电池厂、整车厂对锂电池材料的高能量密度、高安全性及提质增效等提出更严苛要求。在相同体积的锂离子电池中，铜箔的厚度越薄，浆料涂敷厚度增厚，可增大活性材料的用量，其承载负极活性物质的能力越好，可直接提升电池的能量密度。因此，锂电集流体向极薄、超纯、高抗拉强度和高延伸率方向发展成为大势所趋。

**顺应行业发展趋势，复合铜箔技术应运而生。**负极铜箔按制备方法可分为电解铜箔，压延铜箔和复合铜箔。目前电解铜箔为主流工艺；压延铜箔主要用于柔性覆铜板、电子电路板等；复合铜箔作为一种新型有机材料，能够提升安全性及电芯能量密度，有望成为未来锂电负极集流体的主流材料。

表 1：传统铜箔与复合铜箔对比

项目	电解铜箔	复合铜箔
组成	99.5%的纯铜组成	高真空下将铜分子堆积到超薄基膜上，再经过离子置换产出成品
图例		
特点	①单位面积重量较重，金属铜材使用量高； ②导热性能好	①中间层为高分子基膜，单位面积重量轻，铜材使用量少，降低成本和金属用量； ②中间层为绝缘层，安全性提升
缺点	成本高，安全性欠缺	生产效率低、制造成本高、存在箔材穿孔问题、电池内阻大
基膜	使用铜料，溶铜后生成原箔生产基膜	高分子有机材料作为基膜
工艺原理	溶铜电解+水电镀	真空镀膜+离子置换
工序长度	13-15道	6-8道

资料来源：重庆金美环评，安信证券研究中心

**复合铜箔为“铜-高分子材料-铜”三明治结构**，以高分子绝缘树脂 PET/PP/PI 等材料作为“夹心”层，上下两面沉积金属铝或金属铜。目前行业尚未形成标准化的复合铜箔技术指标参数，对于有机材料基膜的选择尚未明确。综合成本和性能要求，短期看 PET 基膜的工艺进展最快，长期看 PET/PP 或将并行发展：

- PET（聚对苯二甲酸乙二醇酯）：化学性质为耐弱酸弱碱，高分子层表面附着力、材料耐高温性以及材料机械强度优于 PP 材料；

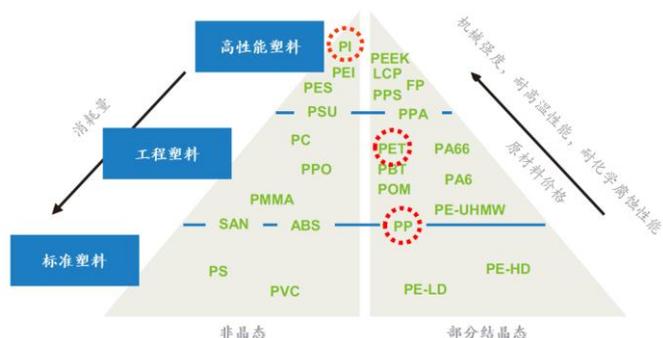
- PP (聚丙烯): 化学性质为耐强酸强碱, 耐腐蚀性优于 PET 材料; 具有很好的光学性能, 透明度好; 在高温下不释放有毒物质。但铜层在高分子层面的附着力较差, 且 PP 熔点较低, 溅射工艺中基膜易被击穿, 导致良品率较低;
- PI (聚酰亚胺): 目前性能最好的薄膜绝缘材料, 也是耐热性最好的品种, 在机械强度、耐高温性能、耐化学腐蚀性能均优于前二者, 但受制于工艺水平与制造生产成本, 目前暂未成为主流路线。

图 5: PET 复合铜箔类似“三明治”结构



资料来源: 重庆金美环评, 安信证券研究中心

图 6: 热塑性塑料金字塔



资料来源: 《面向高分子材料三维表面金属沉积的激光处理工艺研究》, 安信证券研究中心

表 2: PI、PP、PET 薄膜性能和应用情况对比

	PI (聚酰亚胺)	PET (聚对苯二甲酸乙二醇酯)	PP (聚丙烯)
稳定性	极好	好	一般
力学性能	极好	好	一般
使用温度	-269~280 度	-60~120 度	-15~100 度
成本	很高	一般	低
应用	主要应用于航空、航海、宇宙飞船、火箭导弹、原子能、电子电器工业等领域	化学涂布膜可用于印刷行业, PET 高光亮膜可用于高档真空镀铝产品和激光防伪基膜; PET 反光膜可用于反光广告牌、交通反光标识和工业安全标志等	用于印刷、热封膜、食品级镀铝热封膜、高透明胶带、纸类复合的高透明膜

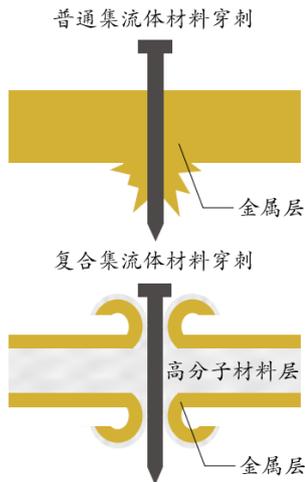
资料来源: 华经情报网, 《面向高分子材料三维表面金属沉积的激光处理工艺研究》, 安信证券研究中心

## 1.1. 相较传统铜箔, 复合铜箔具备高安全、高比能、长寿命、低成本、应用广等优势

### (1) 高安全性: 规避内短路风险, 提升电池安全性

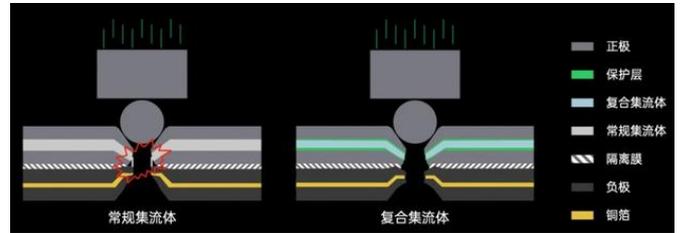
**PET 复合铜箔能显著提升锂电池安全性。**普通集流体材料受压易断裂, 产生大尺寸毛刺后易刺穿隔膜, 造成内短路从而引起热失控。而复合铜箔由于铜导电层厚度较薄, 产生的毛刺尺寸小, 且中间高分子不易断裂, 即使断裂也无法达到刺穿隔膜的强度标准, 有效防止锂枝晶穿透隔膜引发的热失控。此外, 高分子材料为绝缘材料, 受热会发生断路效应, 因此短时间内可大大降低短路电流, 电池安全性能得到大幅提升。

图 7：针刺中复合集流体开裂，阻断正负极短路



资料来源：重庆金美官网，安信证券研究中心

图 8：复合集流体在重物冲击中无毛刺产生，抑制短路



资料来源：高工锂电，安信证券研究中心

**(2) 高能量密度：重量降低 50%-80%，能量密度提升 5%-10%**

由于 PET 层质量较轻，且铜箔层厚度变薄，重量较传统铜箔显著降低。以 6.5 $\mu\text{m}$  厚度的 PET 复合铜箔为例，其中 4 $\mu\text{m}$  的铜被 4.5 $\mu\text{m}$  高分子材料 PET 替代，铜的密度 8.96g/cm<sup>3</sup>，高分子材料 PET 的密度 1.38g/cm<sup>3</sup>，粗略测算复合铜箔电池相较传统电解铜箔电池可减重约 55%。

表 3：PET 复合铜箔较传统铜箔质量减轻约 56%

铜箔类型	材料组成	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	质量 (g)	占电池质量比重 (%)
电解铜箔	6 $\mu\text{m}$ 铜	8.96g/cm <sup>3</sup>	53.76	11.0%
PET 复合铜箔	2 $\mu\text{m}$ 铜	3.91g/cm <sup>3</sup>	6.21	4.9%
	4.5 $\mu\text{m}$ PET 材料	8.96g/cm <sup>3</sup>	17.92	
复合铜箔相比电解铜箔轻				55.1%

资料来源：安信证券研究中心测算

随着重量占比降低，电池内活性物质占比增加，能量密度可提升 5%-10%。电池的能量密度为电池平均单位体积或质量所释放出的电能。根据比亚迪专利显示，若将负极片中 6 $\mu\text{m}$  的铜箔替换成 1 $\mu\text{m}$  铜箔+3 $\mu\text{m}$  PP+1 $\mu\text{m}$  铝箔，重量能量密度可提升 3.3%；若将正极片中 10 $\mu\text{m}$  的铝箔同时替换成 3 $\mu\text{m}$  铝箔+4 $\mu\text{m}$  PP+3 $\mu\text{m}$  铝箔，重量能量密度可提升 6.1%。

表 4：复合集流体电池能量密度得到提升

	负极片	正极片	重量能量密度提升率 (%)
电池 0	6 $\mu\text{m}$ 铜箔	10 $\mu\text{m}$ 铝箔	-
电池 1	1 $\mu\text{m}$ 铜箔+3 $\mu\text{m}$ PP+1 $\mu\text{m}$ 铝箔	3 $\mu\text{m}$ 铝箔+4 $\mu\text{m}$ PP+3 $\mu\text{m}$ 铝箔	6.1%
电池 2	1 $\mu\text{m}$ 铜箔+3 $\mu\text{m}$ PP+1 $\mu\text{m}$ 铝箔	10 $\mu\text{m}$ 铝箔	3.3%
电池 3	6 $\mu\text{m}$ 铝箔	3 $\mu\text{m}$ 铝箔+4 $\mu\text{m}$ PP+3 $\mu\text{m}$ 铝箔	2.6%

资料来源：《复合集流体、电极片及电池》，安信证券研究中心测算

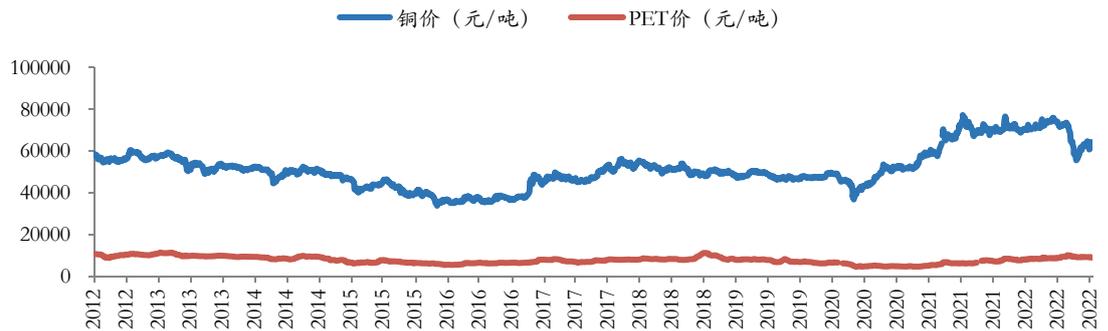
**(3) 长寿命：表面更均匀，循环寿命提升 5%**

高分子材料相比金属具有低弹性模量，围绕电池内活性物质层形成层状环形海绵结构，在电池充放电过程中，可吸收极片活性物质层锂离子嵌入脱出产生的膨胀和收缩应力，从而保持极片界面长期完整性，使电池循环寿命提升 5%。

**(4) 低成本：复合铜箔对铜材价格敏感度更低，目前成本端还存在提升空间**

原材料成本方面，传统铜箔为纯铜构成，而 PET 复合铜箔中采用高分子材料替代部分铜，按照目前铜价 6.3 万元/吨，PET 切片价格为 0.8 万元/吨（截至 2022 年 10 月 20 日数据），结合密度可计算得 6 $\mu$ m 传统铜箔原材料成本为 3.39 元/m<sup>2</sup>；6.5 $\mu$ m PET 复合铜箔原材料成本为 1.41 元/m<sup>2</sup>，较传统铜箔节省约 57%，材料成本优势明显。制造成本方面，当前受限技术发展，复合集流体尚未达到量产阶段，制造成本相较传统铜箔未具备明显优势。根据我们产业链调研，目前复合铜箔总生产成本约 4-5 元/m<sup>2</sup>。随着设备工艺不断优化，产品良率不断提高，叠加大规模量产后摊薄设备与厂房折旧成本，复合铜箔有望占据成本优势。

图 9：铜价为 6.3 万元/吨，PET 切片价格为 0.8 万元/吨



资料来源：Wind，上海期货交易所，安信证券研究中心（截至 2022 年 10 月 20 日数据）

表 5：PET 复合铜箔较传统铜箔的原材料成本节省约 57%

铜箔类型	材料组成	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	价格 (万元/吨)	原材料成本(元/m <sup>2</sup> )
传统铜箔	6 $\mu$ m 铜	8.96g/cm <sup>3</sup>	6.3	3.39
PET 复合铜箔	2 $\mu$ m 铜	3.91g/cm <sup>3</sup>	0.8	0.32
	4.5 $\mu$ m PET 材料	8.96g/cm <sup>3</sup>	6.3	1.13
复合铜箔相比电解铜箔原材料成本低				57.3%

资料来源：上海期货交易所，Wind，安信证券研究中心测算

**(5) 应用广：复合铜箔可广泛应用于消费电池、动力电池以及储能电池等领域。**

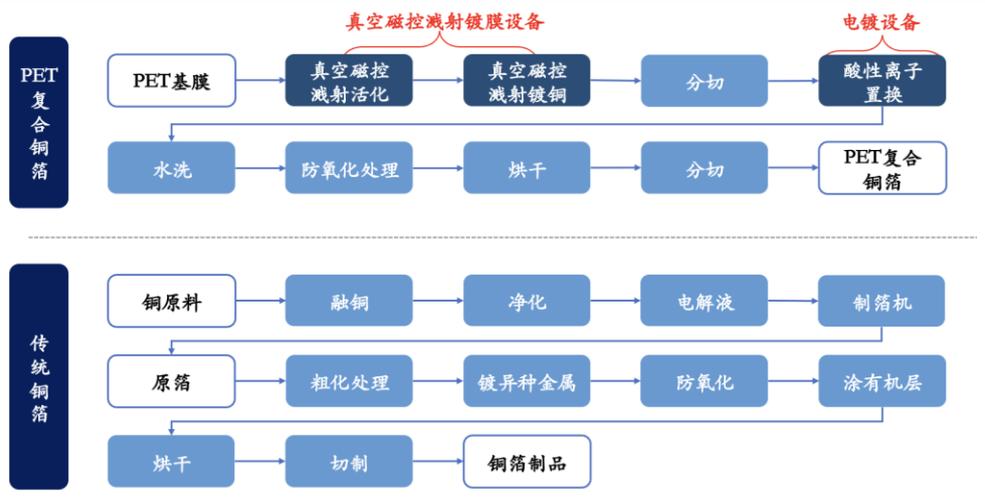
总结：高安全性是复合铜箔的主打优势，高比能、长寿命是其实现产业化的必备条件，中长期看，低成本将为复合铜箔带来更为广阔的应用前景。

**1.2. 主流技术路线为两步法，核心工艺为磁控溅射和水电镀**

复合集流体工艺的核心逻辑在于使高分子材料表面“金属化”。由于高分子材料的结晶度大、极性小、表面光滑等特性，会影响镀层与基材之间的黏合力，且高分子材料大多数为不导电的绝缘体，因此无法直接进行电镀，需要先对高分子材料进行表面处理、活化等，使其表面沉积一层导电的金属膜。

与传统电解铜箔相比，复合铜箔的生产工艺流程缩短，工艺难度大大提升，核心为磁控溅射+水电镀工艺。复合铜箔生产工艺可分为两步法（磁控溅射-水电镀）和三步法（磁控溅射-蒸镀-水电镀），其中磁控溅射和水电镀是核心工艺，具体步骤为：①通过真空磁控溅射镀膜工艺，在聚合物基膜上镀 50nm 厚度左右的超薄铜箔；②采用水电镀的方式加厚铜层，直至铜层达到 1 $\mu$ m 左右的厚度。“三步法”与“两步法”区别点在于在磁控溅射与水电镀之间加入了真空蒸镀环节作为过渡，减少后半段电镀工艺要求。结合产业链调研来看，经过测试，三步法良率较低，两步法（磁控溅射-水电镀）是目前最适合量产的工艺路线。

图 10: 相较传统铜箔，复合铜箔工艺流程缩短、难度提升

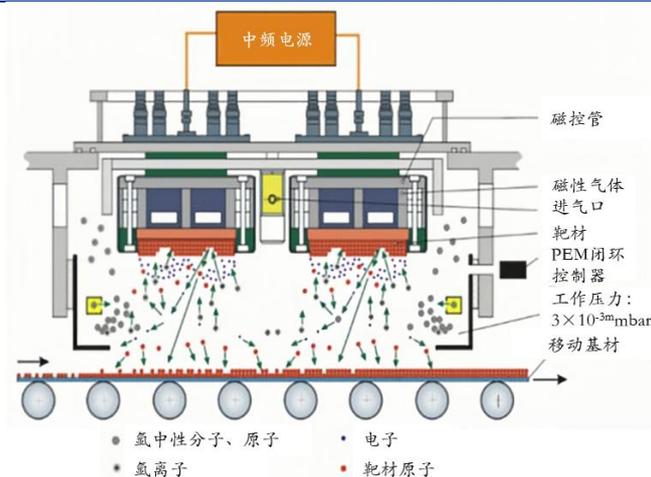


资料来源：重庆金美环评，安信证券研究中心

(1) 第一步：磁控溅射。磁控溅射是一种物理气相沉积技术，通过荷能粒子轰击固体靶材，使靶材原子溅射出来并沉积到基体表面形成薄膜的镀膜技术，具体来看：

1. 真空磁控溅射活化环节：采用  $4.5\mu$ 厚度的 PET 作为基膜，通过 PVD（物理气相沉积）方式，通入纯净的氩气。电子在真空条件下，在飞跃过程中与氩原子发生碰撞，电离产生氩正离子和新的电子；受磁控溅射靶材背部磁场的约束，大多数电子被约束在磁场周围，氩离子在电场作用下加速飞向阴极靶，并以高能量轰击铜合金靶表面，使铜靶材发生溅射，在溅射粒子中，中性的铜靶原子或部分铜离子沉积在基膜上形成薄膜，厚度一般为 5-20nm；
2. 真空磁控溅射镀铜环节：采用前段工艺环节过后的物料作为基膜，重复相同工艺，在基膜上形成铜薄膜，厚度一般为 10-40nm；

图 11: 真空磁控溅射镀膜设备工艺原理示意图



资料来源：真空技术网，安信证券研究中心

磁控溅射环节的主要工艺难点包括：①基膜较薄，收放卷时容易起皱变形；②镀膜过程中温度升高，需要散热；③张力控制方面，因为基膜幅宽较宽，材料容易拉扯变形；④磁控溅射过程需要高压放电，可能存在膜穿孔现象。目前，国内磁控溅射设备厂仍缺乏一定技术经验积累，存在箔材穿孔、镀铜不均、基材起皱变形等问题，且由于磁控和后续步骤的节拍限制，目前复合铜箔的单位设备效率尚不及传统箔材，限制了产品放量。

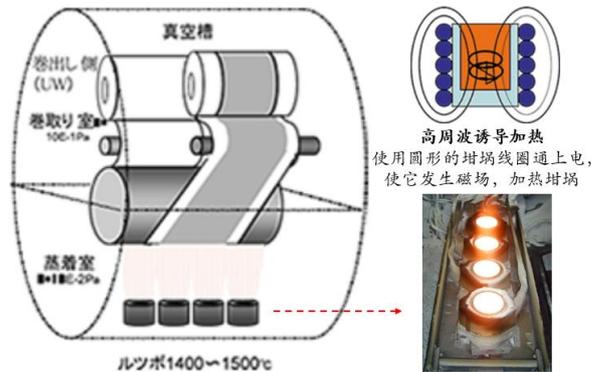
(2) **第二步：真空蒸镀。**真空蒸镀工艺环节是“两步法”与“三步法”技术路线的主要差异。真空蒸镀的原理是：在真空条件下，把金属加热至蒸发，使其均匀蒸发镀在薄膜的表面上。与磁控溅射镀膜相比，蒸镀法蒸发铜的量更大，对铜的沉积效率较高，能够加快复合铜箔生产效率，但缺点是蒸镀法在超高温环境下工作，而 PET 材料耐温性在 180-190 度左右，高温环境下 PET 材料易被烫穿形成孔洞，影响成品良率。

图 12：腾胜科技感应蒸发式卷绕镀膜设备



资料来源：腾胜科技官网，安信证券研究中心

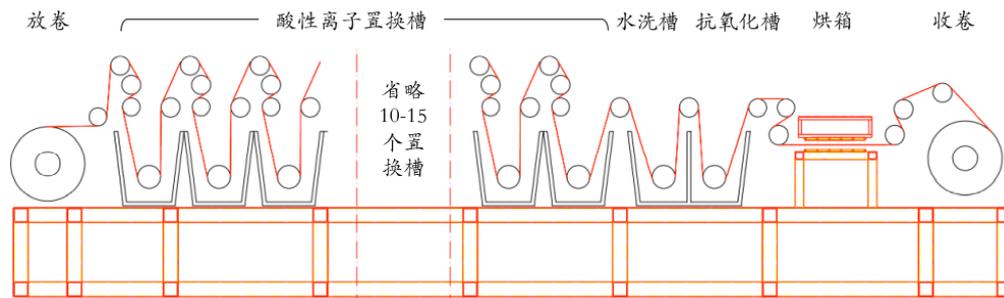
图 13：日本东丽 KP 薄膜公司蒸镀机原理图



资料来源：东丽 KP 薄膜公司官网，安信证券研究中心

(3) **第三步：水电镀。**电镀过程为氧化还原过程，其工作原理为利用电流电解作用将金属沉积于电镀件表面，形成金属涂层。基于前道工艺制成的铜基膜，膜面导电性已满足酸性离子置换条件，此时将待加工的镀件接通阴极放入电解质溶液（例如硫酸铜）中，将金属板接通阳极（例如铜球），在外界直流电的作用下，金属铜以二价铜离子的形式进入镀液，并不断迁移到阴极表面发生还原反应，在阴极上得到电子还原成金属铜，逐步在镀件上形成金属铜镀层，最终将金属化 PET 膜的铜层厚度增加到 1 $\mu$ m，使复合铜箔整体的厚度在 6.5~8 $\mu$ m 之间。

图 14：重庆金美水电镀工艺流程及设备示意图



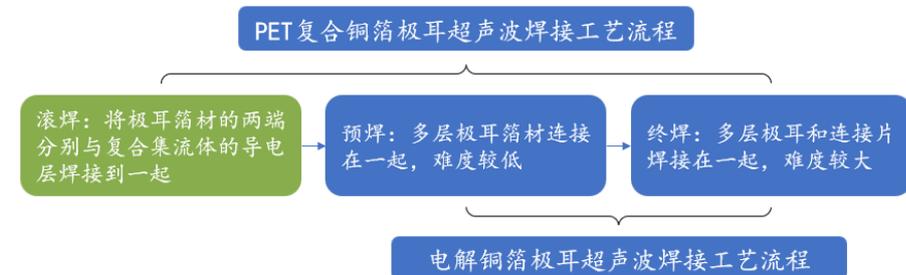
资料来源：重庆金美环评，安信证券研究中心

**水电镀环节的主要工艺难点包括：**①平整性：目前复合铜箔材料幅宽一般达到 1200mm 以上，幅宽越宽，材料张力控制越难。复合铜箔基膜需要在电镀槽液体中持续穿行几十米的距离，传输过程中若传动轮速不均匀，张力控制不当，更薄更宽的材料很容易出现膜拉伸变形现象；②易穿孔：更薄的膜会更容易出现因发热熔穿和电击穿等穿孔现象；③均匀性：复合铜箔镀铜均匀性需要至少达到 1 $\mu$ m $\pm$ 0.1 $\mu$ m；④效率低：复合铜箔电镀设备速度至少需要达到 7m/min 以上，距规模化量产仍有较大提升空间。

此外，在极耳焊接环节，复合铜箔新增一道采用超声波滚焊的极耳转印焊工序。由于高分子基材层的绝缘性能，复合集流体的极耳无法将集流体电芯中的电流输出至电极端子，为

解决这一问题，需将极耳箔材（铝箔或铜箔）的两端分别与复合集流体的导电层焊接到一起，从而输送电芯中的电流。由于复合集流体极耳和箔材之间焊接难度大、焊接效率低下、易撕裂，传统的焊接方式无法实现符合要求的焊接强度，因此，锂电池在前道工序将多出一道采用超声波高速滚焊技术的极耳转印焊工序。

图 15：在极耳焊接环节，复合铜箔新增一道采用超声波滚焊的极耳转印焊工序



资料来源：骄成股份招股说明书，安信证券研究中心

## 2. 商用放量箭在弦上，开启设备百亿市场空间

### 2.1. 产业链：产业链齐发力，复合铜箔量产前夜已至

复合铜箔完整产业链已形成，分环节看：

**上游原材料端：**目前主要使用的基膜为 PET 和 PP。布局 PET 基膜的公司包括日本东丽、帝人、美国 3M 等，国内主要参与企业包括双星新材和乐凯胶片等；布局 PP 基膜的公司包括东材科技等。

**上游设备端：**磁控溅射设备国产替代加速，电镀设备国内企业先发优势明显。

1) 磁控溅射设备：外资企业占据主导地位，主要参与企业包括美国应材、日本发那科、德国莱宝等，国内磁控溅射设备企业包括振华科技、腾胜科技、宏大真空、汇成真空、东威科技等。

2) 电镀设备：东威科技是国内电镀设备龙头，是目前国内唯一一家能实现 PET 镀铜设备量产的企业。订单方面，截至 2022 年 11 月，公司已先后公告与 D 客户、L 客户签订合作框架，合计合同金额为 15 亿元，预计两年内实现交付；与宝明科技签订 2.13 亿元销售合同，向其销售“双边夹卷式水平镀膜设备”，预计 2023 年 4 月底前交货。产能方面，10 月公司签订昆山东威新能源设备扩能项目，项目总投资 10 亿元，预计年产销 300 台/套卷式水平膜材电镀设备和 150 台/套磁控溅射卷绕镀膜设备。项目建设周期为 2 年，公司约定 2 年内每年综合销售额不低于 30 亿元，建成后年销售额达到 50 亿元以上。

表 6：截至 2022 年 11 月，东威科技累计收到水平镀膜设备订单 17.13 亿元

公告日期	客户	订单金额	订单类型	交付时间	产品类型	对应设备台数 (按单台设备 1000 万计算)	对应电池装机量 (按单 GWh 配备 3 台设备计算)
2022 年 8 月 26 日	客户 D	5 亿元	合作框架	首台设备交付并安装调试到应用状态后，余下设备预计在其后两年内交付完成	双边夹卷式水平镀膜设备	50 台	17GWh
2022 年 8 月 29 日	宝明科技	2.13 亿元	销售合同	2023 年 4 月底前交货		21 台	7GWh
2022 年 9 月 20 日	客户 L	10 亿元	合作框架	2024 年底前交货完毕		100 台	33GWh

资料来源：东威科技公告，安信证券研究中心

3) 超声波滚焊设备。骄成超声是国内超声波焊接设备龙头，公司基于超声波高速滚动

焊接系统技术，成功开发超声波滚焊机，能够实现复合集流体和箔材之间的高速滚焊，根据招股书，公司焊接机焊接速度可达 80m/min 以上，同行业未见其他能量产的竞品，目前已向宁德时代供货。

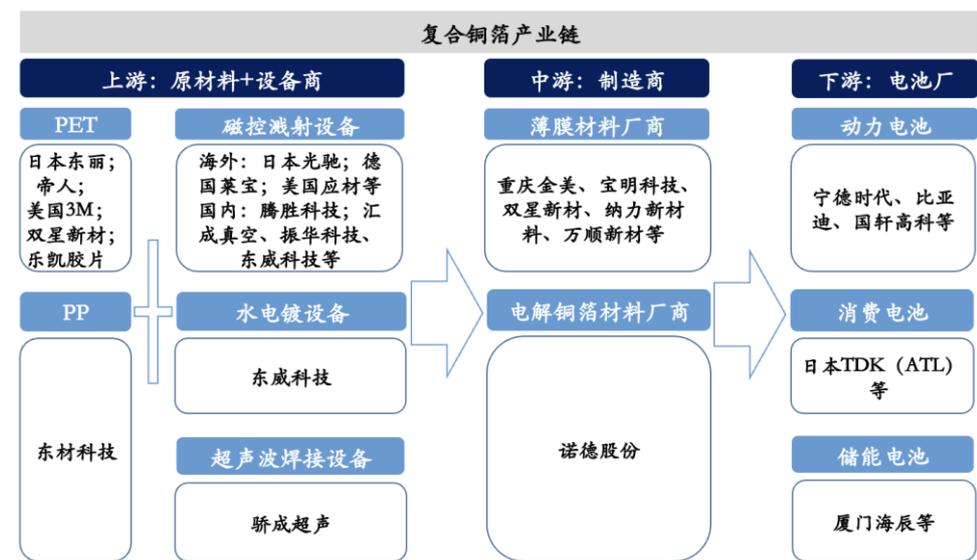
**中游生产端：各路企业加码布局，产业化进程加快。**

1) 膜材料厂商：金美新材料从 2019 年进入多功能复合集流体薄膜材料领域，2020 年与宁德开始合作，目前 PP 基膜产品处于送样测试阶段，根据公司官网，重庆金美项目一期规划总投资 15 亿元，产能 3.5 亿平米，对应年产值 17.5 亿元，预计年内复合铝/铜箔有望实现率先量产，二期、三期项目预计于 2025 年前形成年产值 100 亿元；宝明科技 2021 年布局复合铜箔产品，目前已送样至多家电池厂商，7 月公告投资 60 亿元在江西赣州建设复合铜箔产能，预计一期 1.5 亿平米项目有望于年内投产；双星新材 2020 年着手 PET 复合铜箔立项，计划年内完成 5000 万平米项目建设，2025 年完成 5 亿平米项目建设；

2) 传统电解铜箔材料厂商：诺德股份 PET 铜箔处于实验验证阶段，在下游客户中批量试用；中一科技武汉子公司计划注册资本为 3 亿元，计划建设年产 500 万平方米生产线，进行工艺、技术、设备的验证优化和市场应用推广。

**下游电池端：积极推进复合集流体研发认证，产业趋势明朗。**宁德时代、比亚迪、国轩高科以及海辰新能源等多家电池厂正积极布局复合集流体相关专利，其中，宁德时代通过参股金美布局 PET 复合铜箔，并已在复合集流体技术与产业化方面取得较大进展。

**图 16：PET 复合铜箔已形成完整产业链**



资料来源：各公司公告、各公司官网，安信证券研究中心

**表 7：复合集流体产业链相关参与公司及产业化进度梳理**

产业链	公司名称	业务	是否上市	复合集流体产业进展
上游	双星新材	PET 薄膜	是	2020 年底立项，2021 年研发，目前 PET 复合铜箔基膜已实现销售
	东威科技	磁控溅射设备/电镀设备	是	在 PCB 电镀设备拥有丰富经验，目前产品已拓展至复合铜箔电镀设备，前道磁控溅射设备预计将于 2022H2 开始推出量产，后续有望提供复合铜箔的成套设备
	腾胜科技	磁控溅射设备	否	目前已有磁控溅射镀膜设备、真空蒸镀设备等产品，复合铜箔真空镀膜机已向重庆金美、日本 TDK 等企业供货
	骄成超声	超声焊设备	是	成功研发出超声波滚焊机，为目前唯一一家通过宁德验证的超声波设备商
中游	双星新材		是	2020 年底立项，2021 年研发，PET 复合铜箔成品处于送样环节
	宝明科技		是	目前已送样至多家电池企业进行验证，2022 年 7 月拟投资 60 亿元建设赣州锂电池复合铜箔生产基地，预计一期将于年底达产，达产后年产能约 1.4 亿平米锂电复合铜箔，对应产能 14-15GWh
	重庆金美		否	宁德时代间接控股，2018 年 12 $\mu$ m 的复合铝箔于海外一款车型实现了实车装机，今年量产的 6 $\mu$ m 复合铜箔与 8 $\mu$ m 复合铝箔领先于市场上的主流产品，下一代 4-5 $\mu$ m 复合铜箔目前已启动量产导入准备工作。重庆金美项目一期总投资 15 亿元，一期全部产线满产后可达到年产能 3.5 亿平米
	中一科技		是	电解铜箔龙头企业，投资成立武汉中一，先期规划建设年产 500 万平方米复合铜箔（PET 铜箔）生产线
	胜利精密	PET 铜/铝箔生产	是	隔膜制造企业，拟以全资子公司安徽飞拓为投资单位，计划总投资 56 亿元，分二期投资，项目一期投资额约 8.5 亿，拟投资建设 15 条高性能复合铜箔生产线、2 条 3A 光学膜生产线，项目二期投资额约 47.5 亿，拟投资建设 100 条高性能复合铜箔先进技术生产线
	英联股份		是	拟以 5000 万元的自有资金或自筹资金，在四川设立子公司，用于 PET、PP、PI 等材料复合铜箔及相关材料的研发、生产和销售业务
	万顺新材		是	公司目前已成功开发出应用于电池负极的 PET 复合铜箔样品，并送至下游电池企业验证
	诺德股份		是	电解铜箔龙头企业，PET 铜箔目前在下游客户有小量的试用，目前尚处于实验验证阶段，2022 年 7 月拟投入 2.49 亿元入股铜箔设备供应商道森股份
	扬州纳力		否	从事复合集流体业务，二期拟投资约 112 亿元，在扬州江都打造国际新能源新材料产业园，全部建成达产后，预计可实现年销售 200 亿元
	江阴纳力		否	年产 2.2 亿平米新型复合铜箔铝箔项目在盐城建湖签约
下游	宁德时代	动力电池	是	已有 PET 复合铜箔集流体相关专利，间接控股金美新材料
	比亚迪	动力电池	是	已有 PET 复合铜箔集流体相关专利
	国轩高科	动力电池	是	已有 PET 复合铜箔集流体相关专利
	海辰新能源	储能电池	否	已有 PET 复合铜箔集流体相关专利

资料来源：各公司官网，各公司公告，安信证券研究中心

### 复合铜箔产业化趋势明确，2023 年有望成为量产元年：

**第一阶段：研发布局阶段（2017-2021）：**出于优化电池安全性的目的，电池厂对在集流体中加入有机夹层进行研究并设立研发专利。2017 年宁德时代率先提出了使用 PPTC 作为金属集流体内部的夹层，形成“三明治”结构降低电池短路热失控风险。复合集流体逐渐在动力电池、消费电池等领域替代传统的电解铜箔、铝箔投入试用，进入产业高度关注阶段；

**第二阶段：技术突破阶段（2022-2023H1）：**材料厂商以及电池厂商进行密集的技术验证，磁控溅射、电镀、超声焊等设备工艺持续迭代升级，当前国内多家膜材料厂商以及传统电解铜箔凭借工艺共通性积极布局复合箔材，且已与上游设备厂商签定批量订单，提前锁定优质产能。根据设备的交货节奏来看，复合铜箔的小批量产能有望于 2023H1 形成；

**第三阶段：规模量产阶段（2023H2 后）：**随着焊接工艺、产品良率等难点逐渐解决，复合铜箔产业化进程加快，我们预计 2023H2 复合铜箔有望开启大规模量产，2024 年复合铜箔动力电池有望在主流车型上实现搭载装车，相关入局生产者将持续受益。

### 2.2. 成本下限：复合铜箔生产成本下探空间大，核心在于设备技术升级

相较电解铜箔，复合铜箔原材料成本优势明显，未来随着设备工艺升级和技术不断完善，通过规模效应降低成本的空间更大，有望推动复合铜箔渗透率不断提升。

**电解铜箔：**根据中一科技和铜冠铜箔招股说明书，2021 年上半年锂电铜箔生产平均成本为 6.89 元/吨，根据铜的密度  $8.96\text{g}/\text{cm}^3$  计算，得到  $6\mu\text{m}$  电解铜箔成本约  $3.70\text{元}/\text{m}^2$ 。

**复合铜箔：**根据产业链调研，目前 PET 复合铜箔总生产成本约  $4\text{-}5\text{元}/\text{m}^2$ 。复合铜箔具备更低的成本下限，核心在于设备工艺升级+规模量产，根据我们测算，复合铜箔理论成本可降至  $2.88\text{元}/\text{m}^2$ 。核心假设如下：

①原材料成本：由于 PET 复合铜箔采用  $4.5\mu\text{m}$  高分子材料替代  $4\mu\text{m}$  铜，按铜价 6.3 万元/吨，PET 切片价格为 0.8 万元/吨计算，复合铜箔原材料成本为  $1.67\text{元}/\text{m}^2$ ；

②设备折旧费用：根据产业链调研数据，磁控溅射设备单价 1500 万元/台，生产速度为  $10\text{m}/\text{min}$ ；电镀设备单价 1000 万/台，生产速度为  $8\text{m}/\text{min}$ ，假设产品良率为 70%，设备折旧年限 10 年，则设备折旧成本为  $0.83\text{元}/\text{m}^2$ ；

③人工成本：单台磁控溅射设备和电镀设备分别配备 3 个人和 2 个人，每人工资为 10 万元/年，则人工成本为  $0.40\text{元}/\text{m}^2$ ；

④其他制造费用：根据重庆金美环评，生产  $3.43\text{亿}\text{m}^2$  的复合铜(铝)箔所需水量约 31.93 吨/年，电量 9880 万度，按工业用水  $4.1\text{元}/\text{吨}$ ，工业用电  $1\text{元}/\text{度}$  计算，其他制造费用约  $0.29\text{元}/\text{m}^2$ 。

综上，预计产业化初期，复合铜箔生产总成本为  $3.29\text{元}/\text{m}^2$ ，其中，制造成本占比达 34%。未来随着设备生产效率以及良率提升摊薄固定成本，假设产品良率提升至 90%，磁控溅射设备生产速度提升至  $15\text{m}/\text{min}$ ，电镀设备生产速度提升至  $13\text{m}/\text{min}$ ，预计规模量产情形下，复合铜箔生产总成本可降至  $2.88\text{元}/\text{m}^2$ ，其中，制造成本占比有望降至 24%。

表 8：PET 复合铜箔成本测算

成本构成 (元/m <sup>2</sup> )	传统电解铜箔	PET 复合铜箔	
		情景①：规模化量产	情景②：规模化生产+设备工艺升级
		磁控溅射设备生产速度 $10\text{m}/\text{min}$ ；电镀设备生产速度 $8\text{m}/\text{min}$ ，良率 70%	磁控溅射设备生产速度 $15\text{m}/\text{min}$ ；电镀设备生产速度 $13\text{m}/\text{min}$ ，良率 90%
<b>直接材料</b>	<b>3.24</b>	<b>1.77</b>	<b>1.77</b>
铜	3.24	1.45	1.45
PET	-	0.32	0.32
<b>直接人工</b>	<b>0.09</b>	<b>0.40</b>	<b>0.40</b>
磁控溅射	-	0.10	0.10
电镀	-	0.30	0.30
<b>直接制造</b>	<b>0.38</b>	<b>1.12</b>	<b>0.70</b>
设备折旧成本	-	0.83	0.41
磁控溅射	-	0.45	0.23
电镀	-	0.38	0.18
其他制造费用	-	0.29	0.29
水费	-	0.004	0.004
电费	-	0.29	0.29
<b>生产总成本</b>	<b>3.70</b>	<b>3.29</b>	<b>2.88</b>

资料来源：重庆金美环评，安信证券研究中心（注：原材料价格为 2022.10.20 数据）

### 2.3. 市场规模：预计 2025 年 PET 复合铜箔设备市场规模破百亿

由于设备资本开支前置，在复合铜箔产业化持续推进过程中，设备环节有望优先收益，市场空间广阔。我们预计 2025 年 PET 复合铜箔设备市场规模达到 148.86 亿元，核心假设如下：

①电池厂产能：我们统计了国内 10 家龙头电池厂的产能规划，截至 2021 年底合计产能约 488GWh，至 2025 年新增产能超过 2.06TWh；

②更新产能：根据高工锂电，锂电设备使用周期为 5 年，每年折旧率为 20%；

③复合铜箔渗透率：随着复合铜箔技术逐渐通过验证，渗透率有望加速提升，假设 2021-2025 年，新增市场中复合铜箔渗透率为 1%/5%/10%/15%/25%，存量市场渗透率为

0%/1%/3%/5%/10%;

④设备价值量：根据产业链调研，目前单 GWh 所需 2 台磁控溅射设备+3 台电镀设备+6 台超声波滚焊机，单台设备价值量分别为 1500 万/1000 万/200 万。随着设备良率与效率逐步提升，单 GWh 所需设备台数有望下降，我们预计 2021-2025 年，单 GWh 对应磁控溅射设备台数为 2/1.9/1.8/1.7/1.6 台，电镀设备台数为 3/2.9/2.8/2.7/2.6 台，超声波滚焊设备台数为 6/5.9/5.8/5.7/5.6 台；

根据上述假设，我们预计 2025 年复合铜箔设备市场规模达到 148.86 亿元，其中，磁控溅射设备市场规模为 58.38 亿元，电镀设备市场规模为 63.24 亿元，超声波滚焊设备市场规模为 27.24 亿元。

表 9：预计 2025 年复合铜箔设备投资规模 148.86 亿元

	2021	2022E	2023E	2024E	2025E
主流电池厂规划产能 (GWh)	488	767	1185	1780	2549
新增产能 (GWh)	187	279	418	595	769
替换产能 (GWh)	98	153	237	356	510
复合铜箔新增产线渗透率 (%)	1%	5%	10%	15%	25%
复合铜箔替换产线渗透率 (%)	0%	1%	3%	5%	10%
复合铜箔新增产能需求 (GWh)	1.87	13.95	41.80	89.25	192.25
复合铜箔替换产能需求 (GWh)	0.00	1.53	7.11	17.80	50.98
<b>复合铜箔总产能 (GWh)</b>	<b>1.87</b>	<b>15.48</b>	<b>48.91</b>	<b>107.05</b>	<b>243.23</b>
<b>(一) 复合铜箔磁控溅射设备</b>					
单 GWh 磁控溅射设备配备台数 (台/GWh)	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6
磁控溅射设备价值量 (万元/台)	1500	1500	1500	1500	1500
<b>磁控溅射设备市场规模 (亿元)</b>	<b>0.56</b>	<b>4.41</b>	<b>13.21</b>	<b>27.30</b>	<b>58.38</b>
<b>(二) 复合铜箔电镀设备</b>					
单 GWh 产能对应电镀设备台数 (台/GWh)	3.0	2.9	2.8	2.7	2.6
电镀设备价格 (万元/台)	1000	1000	1000	1000	1000
<b>电镀设备市场规模 (亿元)</b>	<b>0.56</b>	<b>4.49</b>	<b>13.69</b>	<b>28.90</b>	<b>63.24</b>
<b>(三) 超声波滚焊设备</b>					
单 GWh 产能对应超声波滚焊机台数 (台/GWh)	6.0	5.9	5.8	5.7	5.6
超声波滚焊机价值量 (万元/台)	200	200	200	200	200
<b>超声波滚焊机市场规模 (亿元)</b>	<b>0.22</b>	<b>1.83</b>	<b>5.67</b>	<b>12.20</b>	<b>27.24</b>
<b>复合铜箔设备总市场规模 (亿元)</b>	<b>1.35</b>	<b>10.73</b>	<b>32.57</b>	<b>68.40</b>	<b>148.86</b>

资料来源：GGII，SPIR，各公司新闻公告，产业信息网，骄成超声招股说明书，安信证券研究中心

### 3. 投资建议

当前复合铜箔产业呈加速趋势，完整产业链已基本形成，上游设备资本开支需求前置，有望优先受益复合铜箔放量，建议关注上游龙头设备厂商，如【骄成超声】等；中游 PET 铜箔制造厂商建议关注【宝明科技】、【双星新材】等。

### 4. 风险提示

新能源汽车销量不及预期，电池厂扩产不及预期，复合铜箔产业化进度不及预期，复合铜箔渗透率低于预期，复合集流体技术路线变革超预期，市场竞争加剧。

## ■ 行业评级体系

### 收益评级:

领先大市 — 未来 6 个月的投资收益率领先沪深 300 指数 10%以上;

同步大市 — 未来 6 个月的投资收益率与沪深 300 指数的变动幅度相差-10%至 10%;

落后大市 — 未来 6 个月的投资收益率落后沪深 300 指数 10%以上;

### 风险评级:

A — 正常风险, 未来 6 个月投资收益率的波动小于等于沪深 300 指数波动;

B — 较高风险, 未来 6 个月投资收益率的波动大于沪深 300 指数波动;

## ■ 分析师声明

本报告署名分析师声明, 本人具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格, 勤勉尽责、诚实守信。本人对本报告的内容和观点负责, 保证信息来源合法合规、研究方法专业审慎、研究观点独立公正、分析结论具有合理依据, 特此声明。

## ■ 本公司具备证券投资咨询业务资格的说明

安信证券股份有限公司(以下简称“本公司”)经中国证券监督管理委员会核准, 取得证券投资咨询业务许可。本公司及其投资咨询人员可以为证券投资人或客户提供证券投资分析、预测或者建议等直接或间接的有偿咨询服务。发布证券研究报告, 是证券投资咨询业务的一种基本形式, 本公司可以对证券及证券相关产品的价值、市场走势或者相关影响因素进行分析, 形成证券估值、投资评级等投资分析意见, 制作证券研究报告, 并向本公司的客户发布。

## ■ 免责声明

为任何机构或个人接收到本报告而视其为本公司的当然客户。

本报告基于已公开的资料或信息撰写，但本公司不保证该等信息及资料的完整性、准确性。本报告所载的信息、资料、建议及推测仅反映本公司于本报告发布当日的判断，本报告中的证券或投资标的价格、价值及投资带来的收入可能会波动。在不同时期，本公司可能撰写并发布与本报告所载资料、建议及推测不一致的报告。本公司不保证本报告所含信息及资料保持在最新状态，本公司将随时补充、更新和修订有关信息及资料，但不保证及时公开发布。同时，本公司有权对本报告所含信息在不发出通知的情形下做出修改，投资者应当自行关注相应的更新或修改。任何有关本报告的摘要或节选都不代表本报告正式完整的观点，一切须以本公司向客户发布的本报告完整版本为准，如有需要，客户可以向本公司投资顾问进一步咨询。

在法律许可的情况下，本公司及所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券或期权并进行证券或期权交易，也可能为这些公司提供或者争取提供投资银行、财务顾问或者金融产品等相关服务，提请客户充分注意。客户不应将本报告为作出其投资决策的惟一参考因素，亦不应认为本报告可以取代客户自身的投资判断与决策。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见均不构成对任何人的投资建议，无论是否已经明示或暗示，本报告不能作为道义的、责任的和法律的依据或者凭证。在任何情况下，本公司亦不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。

本报告版权仅为本公司所有，未经事先书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制、发表、转发或引用本报告的任何部分。如征得本公司同意进行引用、刊发的，需在允许的范围内使用，并注明出处为“安信证券股份有限公司研究中心”，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。

本报告的估值结果和分析结论是基于所预定的假设，并采用适当的估值方法和模型得出的，由于假设、估值方法和模型均存在一定的局限性，估值结果和分析结论也存在局限性，请谨慎使用。

安信证券股份有限公司对本声明条款具有惟一修改权和最终解释权。

### 安信证券研究中心

深圳市

地址：深圳市福田区福田街道福华一路119号安信金融大厦33楼

邮编：518026

上海市

地址：上海市虹口区东大名路638号国投大厦3层

邮编：200080

北京市

地址：北京市西城区阜成门北大街2号楼国投金融大厦15层

邮编：100034