

复合铜箔全产业链发力，应用进程加速

分析师：杨 睿 SAC NO: S1120520050003

分析师：李唯嘉 SAC NO: S1120520070008

研究助理：哈成宸 邮箱：hacc@hx168.com.cn

2022年12月16日

请仔细阅读在本报告尾部的重要法律声明

市场对新能源汽车性能、经济性及安全性的需求，催生行业持续进行技术升级，以推进新能源汽车的应用扩大和渗透率提升。

我们认为，复合铜箔将有助于提升电池安全性和能量密度，同时规模化量产有望带来成本的下降。目前复合铜箔正处于技术应用的前夕，由0到1并即将突破1的发展阶段，在全产业链的推进下应用有望提速，带来行业的结构性机会。

本文将从五个复合铜箔领域的核心问题出发，讨论为何看好以及如何抓住复合铜箔产业的发展机遇。

- ✓ 为什么需要复合铜箔？
- ✓ 复合铜箔的市场空间如何？
- ✓ 复合铜箔的工艺流程和产业链情况？
- ✓ 复合铜箔的产业化进程如何？
- ✓ 应抓住哪些投资机遇？

01 复合铜箔优势显著，具备可观市场空间

锂电铜箔作为负极集流体，用于汇集传输电流

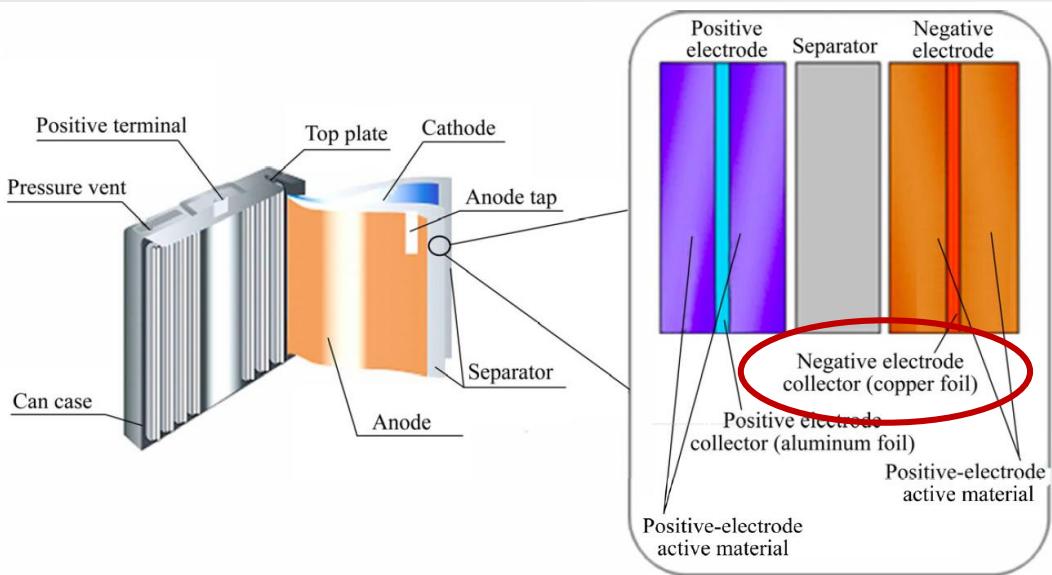
➤ 电解铜箔为主要产业化方向，可分为标准铜箔和锂电铜箔。

- ✓ 根据加工工艺不同，铜箔可分为压延铜箔和电解铜箔。与电解铜箔采用电解原理相比，压延铜箔是将厚铜板多次重复压延，工艺难度较大、成本较高。因此，从产业化生产的角度而言，电解铜箔具备优势，是制作覆铜板、印制电路板和锂离子电池制造中重要的原材料。
- ✓ 根据应用领域不同，电解铜箔可以分为标准铜箔和锂电铜箔。

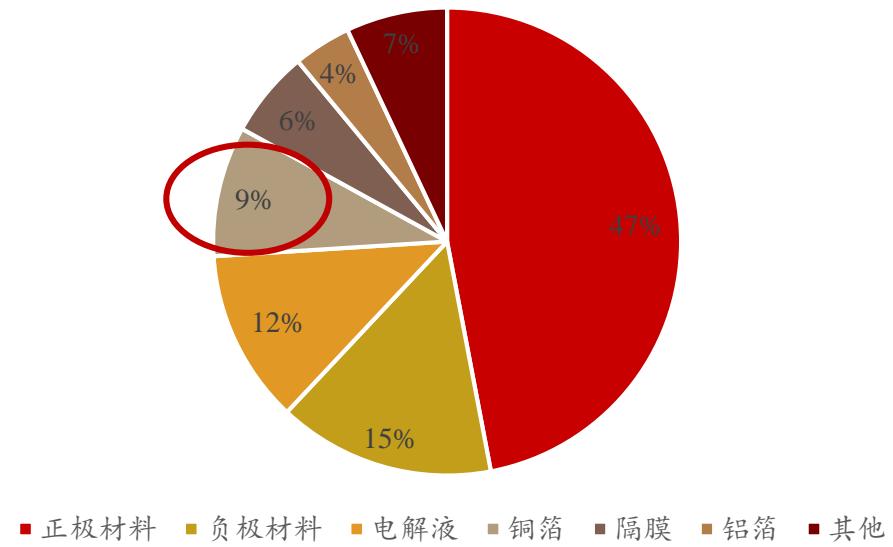
➤ 锂电铜箔在电池中被用作负极集流体，为锂电池重要组成部分。

- ✓ 锂电池负极集流体在电池中作为电极负极活性物质的载体，用于汇集传输电流，是锂离子电池中电极结构的重要组成部分。铜箔凭借其导电性较好、质地较软、成本具有优势等特点，成为负极集流体的首选。
- ✓ 假设单GWh锂电池的6μm铜箔用量约为650吨左右，结合2021年9.8万元/吨左右的单价，单GWh锂电池的6μm铜箔价值量接近6400万元。从成本构成来看，6μm铜箔在锂电池成本中占比约为9%+，仅次于正负极和电解液，是构成锂离子电池的核心材料之一。

图：锂电池结构示意图（铜箔为负极集流体）



图：6μm传统铜箔在锂电池成本中占比9%



资料来源：《铜箔在锂离子二次电池中的应用与发展》，华西证券研究所

资料来源：高工锂电，华西证券研究所

1.2 多因素叠加，催生新型集流体技术诉求



- **锂电铜箔要求严苛，轻薄化趋势显著。**由于锂电池工作环境严苛，锂电铜箔的性能需满足相关要求。
 - ✓ 新能源汽车续航里程焦虑下，提升动力电池能量密度逐渐成为主流趋势。而铜箔的厚薄/重量影响着电池的能量密度，因此，铜箔正朝着轻薄化的方向发展，以满足锂离子电池的高体积容量要求。
 - ✓ 锂电池应用高安全性的诉求，使得铜箔还需具备一定的抗拉强度和抗氧化性，以免影响电池内阻及其容量。
- **能量密度叠加安全需要，催生新型集流体技术诉求。**
 - ✓ 随着传统锂电铜箔的厚度持续减薄，铜箔的抗拉强度和抗压变形能力降低，成品率随之降低。而铜箔更薄也会带来工艺和配方要求的提升，成本随之增大。随着传统锂电铜箔的加工厚度逐渐到达极限，锂电池能量密度的提升受到了制约。
 - ✓ 目前作为动力电池材料的6-8μm铜箔在遭遇外力碰撞时，产生的毛刺较大，易产生内短路并引发热失控安全隐患，研制更加安全的新型集流体材料已成为未来发展的趋势。

表：锂电铜箔相关指标对电池性能的影响

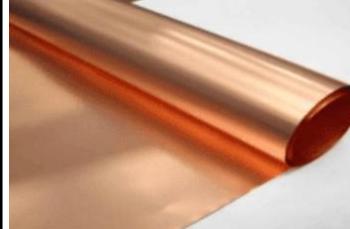
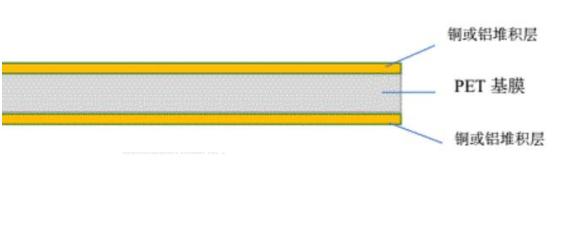
铜箔性能指标	直接影响	对锂离子电池性能的间接影响
厚度	铜箔的厚薄程度	影响电池的能量密度
抗拉强度及伸长率	铜箔断裂或裂缝	影响负极制作的成品率、可操作性电池容量、内阻和循环寿命等
表面粗糙度（轮廓）	负极活性物质在铜箔表面的附着力	影响电池内阻和循环寿命等电池性能
表面质量	负极活性物质在铜箔表面的附着力	影响电池容量、内阻、循环寿命等
厚度均匀性	负极涂敷活性物质的质量的波动	影响电池容量和一致性
抗氧化性及耐蚀性	铜箔氧化膜的厚度，耐腐蚀性	影响电池内阻、电池容量等
孔隙率	负极活性物质在铜箔表面的附着力	影响电池的倍率性能和长循环寿命

资料来源：嘉元科技招股书，华西证券研究所

➤ 复合铜箔拥有三明治结构，主流核心工艺包含磁控溅射、水电镀。复合铜箔与传统铜箔在构成和制造工艺流程上具有显著差异：

- ✓ 构成方面：传统铜箔基本由纯铜构成。复合铜箔则为“金属导电层-高分子支撑层-金属导电层”的三明治结构；具体而言，中间层可以采用3-8μm的PET/PP/PI等高分子材料作为基膜，上下两面沉积金属铜层，分别增厚至1μm（或以上）。
- ✓ 工艺方面：电解铜箔是通过电化学沉积原理在阴极辊上生成铜箔，而复合铜箔是通过磁控溅射或真空蒸镀的方式在基膜双面镀制铜层，进行薄膜表面金属化处理，然后电镀增厚铜层。根据工艺流程的不同，复合铜箔制备包含多种技术路径，包括：①“磁控溅射+水电镀”的“两步法”②“磁控溅射+蒸镀+水电镀”的“三步法”，其中，蒸镀是指在真空条件下，采用一定的加热蒸发方式使得镀膜材料气化，粒子在基材表面沉积凝聚为膜的工艺方式。③多种技术路径的“一步法”：“磁控溅射一体机”的“一步法”（道森股份），即利用磁控溅射一体机一次性完成双面镀1μm铜层的步骤。“蒸镀”的“一步法”，即采用真空蒸发镀膜技术实现一步法制备。“化学镀”的“一步法”（三孚新科），即利用化学反应沉积铜层。

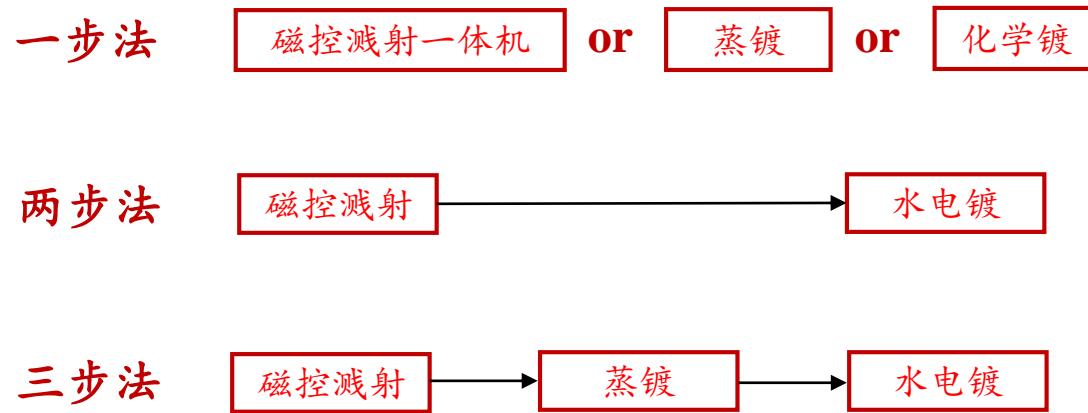
表：传统铜箔与复合铜箔对比

	传统铜箔	金美MC膜
工艺原理	溶铜电解+电镀	真空镀膜+离子置换（水电镀）
组成	99.5%的纯铜组成	高真空下将铜分子堆积到基膜上，再经过离子置换产出成品
产品图		

资料来源：重庆金美环评报告，华西证券研究所

注：MC即为复合铜箔，对应产品图若为铝堆积层，则为复合铝箔

图：复合铜箔现有工艺流程



资料来源：各公司公告，华西证券研究所

安全性优势：改善热失控，提升电池安全性

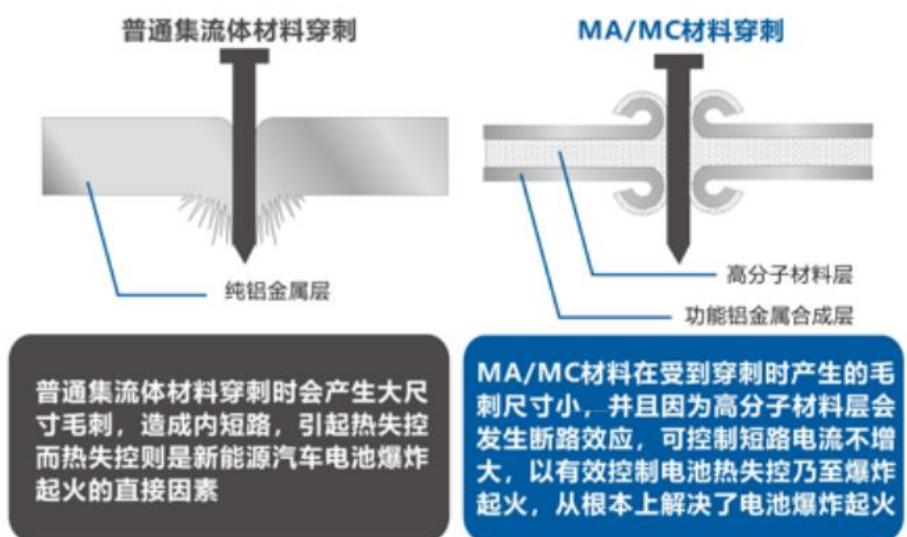
➤ 充放电使得铜箔抗拉强度降低，内外部穿刺易引发热失控。

- ✓ 在电池充放电过程中，铜箔会伴随负极材料体积的变化而不断处于拉伸-恢复的过程，叠加电解液中残留HF会腐蚀铜箔，铜箔的抗拉强度会逐渐降低，导致电池的容量和性能下降并可能引发电阻增加、产热增加等隐患。
- ✓ 此外，若电池中电离迁移的锂离子数量超过负极能承载的嵌入量，负极表面会生成锂枝晶，而如果锂枝晶持续生长以至刺穿隔膜，电池内部将出现短路情形。除了内部穿刺外，外部撞击等导致的穿刺同样会造成内短路。而无论是内部还是外部的穿刺造成的内短路都有可能引发热失控，从而引发电池的爆炸起火。

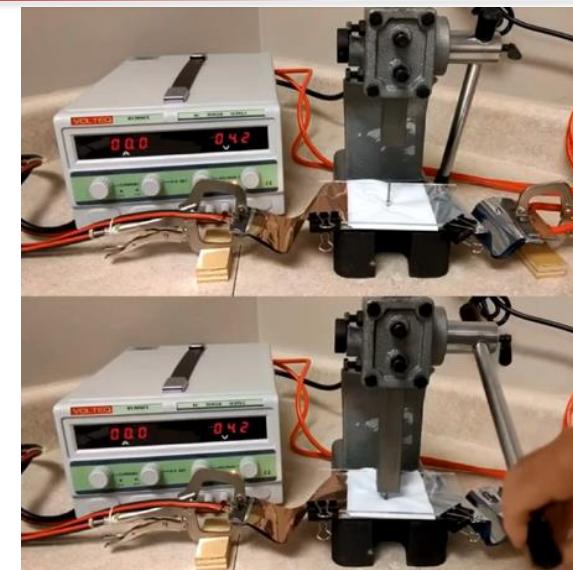
➤ 复合铜箔具备“断路效应”，改善热失控安全隐患。

- ✓ 由于较薄的铜层可以在短路产生的大电流下瞬间熔断，中间的高分子材料也会受热熔融，从而整体形成断路效应，控制继续增大的电流。
- ✓ 即使铜层未能熔断，而是断裂产生了毛刺，单面1μm铜层产生的毛刺尺寸也相对较小，不容易刺穿隔膜，从而有效规避内短路的风险。

图：复合集流体较普通集流体可以有效控制热失控



图：采用复合集流体的电池在针刺测试中没有冒烟着火



能量密度优势：集流体重量较轻，提升电池重量能量密度

- 传统铜箔质量占比较高，叠加安全性诉求制约能量密度提升。新能源汽车的续航里程与电池重量能量密度有着紧密的联系。目前负极所使用的传统6μm铜箔，在电池质量中占比约为13%，影响着电池重量能量密度的提升。此外，上文提到由于铜箔的能量密度诉求和安全性诉求相互制约，轻薄化趋势不能无限持续，由此也会使得能量密度提升空间受限。
- 基膜材料密度低，能够减轻集流体重量从而提升电池重量能量密度。由于复合铜箔采用PET等材料作为中间层，密度较金属铜轻。根据我们的假设和测算，若复合铜箔采用4.5μm的PET+2μm铜层的结构，传统铜箔由6μm铜构成，同为一平方米箔材的情形下，复合铜箔的总质量约为24克，较传统铜箔质量下降一半以上。而质量的减轻有望带来电池重量能量密度的提升。

图：复合铜箔与传统6μm锂电铜箔质量对比

成分		复合铜箔	传统铜箔
铜	厚度（微米）	2	6
	面积（平方米）	1	1
	密度（克/立方厘米）	8.92	8.92
	质量（克）	17.84	53.52
PET	厚度（微米）	4.5	---
	面积（平方米）	1	
	密度（克/立方厘米）	1.40	
	质量（克）	6.30	
总质量（克）		24.14	53.52

表：采用复合铜箔能够提升电池重量能量密度

	负极片	正极片	重量能量密度增加率
电池0	6μm铜箔层+活性材料	10μm铝箔+活性材料	对照组
电池1	1μm铜箔层+2μm主体层+1μm辅助层+1μm铜箔层+活性材料	3μm铝箔层+3μm主体层+1μm辅助层+3μm铝箔层+活性材料	6.10%
电池2	1μm铜箔层+2μm主体层+1μm辅助层+1μm铜箔层+活性材料	10μm铝箔+活性材料	3.30%
电池3	6μm铜箔层+活性材料	3μm铝箔层+3μm主体层+1μm辅助层+3μm铝箔层+活性材料	2.60%

资料来源：长江有色网，富临塑胶，华西证券研究所测算

资料来源：比亚迪专利，华西证券研究所

成本优势：PET基膜较铜材价廉，原材料成本下降

复合铜箔原材料成本较传统铜箔具备明显优势。

以(4.5μmPET+2μm铜)结构的复合铜箔和6μm传统铜箔为例计算，我们假设：

- ✓ 磁控溅射使用较贵的铜靶材，厚度为单面20-70nm（取成本更高的70nm计算以说明复合铜箔成本优势），双面即为0.14μm；
- ✓ 剩余电镀环节用铜采用一般铜价，双面厚度为2μm-0.14μm=1.86μm。
- ✓ 一般铜价采用2022年前11个月长江有色市场平均铜价的均价，约为6.7万元/吨；
- ✓ 参考宝明科技公告信息，按照铜靶材价格为铜价3倍计算，折算后约为20.1万元/吨；PET基膜价格约为2-3万元/吨，取范围内较高的3万元/吨。

通过假设上述取值，测算得出6μm传统铜箔原材料成本为3.59元/平方米，而复合铜箔原材料成本仅为1.55元/平方米，较传统6μm铜箔低一半以上。

表：复合铜箔与传统铜箔原材料成本测算对比

	原材料	复合铜箔	传统铜箔
铜	厚度（微米）	1.86	6
	密度（克/立方厘米）	8.92	8.92
	按质量单价（元/吨）	67000	67000
	按面积单价（元/平方米）	1.11	3.59
铜靶材	厚度（微米）	0.14	
	密度（克/立方厘米）	8.92	
	按质量单价（元/吨）	201000	
	按面积单价（元/平方米）	0.25	
PET	厚度（微米）	4.5	
	密度（克/立方厘米）	1.40	
	按质量单价（元/吨）	30000	
	按面积单价（元/平方米）	0.19	
以上原材料价格合计（元/平方米）		1.55	3.59

资料来源：Wind，宝明科技公告，长江有色网，富临塑胶，华西证券研究所测算

渗透率提升下，复合铜箔具备高成长空间

- 复合铜箔未来的成长空间在于下游锂电池需求的增长和自身渗透率的不断提升。我们对复合铜箔渗透率分别进行保守、中性、乐观的预测，对应2025年渗透率分别为10%、15%、20%。在中性预测下，2025年复合铜箔市场空间有望达到161亿元；而在乐观情形下，2025年复合铜箔市场空间有望达到214亿元。

表：复合铜箔空间测算

	2022E	2023E	2024E	2025E
全球动力电池出货量 (GWh)	531	759	1085	1551
全球储能电池出货量 (GWh)	110	183	303	503
全球小型电池（3C+小动力）出货量 (GWh)	144	163	183	202
全球锂电池出货量 (GWh)	784	1105	1571	2257
复合铜箔渗透率（悲观）	0.10%	1%	5%	10%
复合铜箔渗透率（中性）	0.10%	3%	8%	15%
复合铜箔渗透率（乐观）	0.10%	5%	15%	20%
复合铜箔电池需求 (GWh, 保守)	0.8	11	79	226
复合铜箔电池需求 (GWh, 中性)	0.8	33	126	339
复合铜箔电池需求 (GWh, 乐观)	0.8	55	236	451
单GWh6.5μm复合铜箔用量 (万平方米)	1186	1186	1186	1186
复合铜箔出货量 (亿平方米, 保守)	0.1	1	9	27
复合铜箔出货量 (亿平方米, 中性)	0.1	4	15	40
复合铜箔出货量 (亿平方米, 乐观)	0.1	7	28	54
复合铜箔价格 (元/平方米)	6.5	5.5	4.5	4
复合铜箔市场空间 (亿元, 保守)	0.6	7	42	107
复合铜箔市场空间 (亿元, 中性)	0.6	22	67	161
复合铜箔市场空间 (亿元, 乐观)	0.7	36	126	214

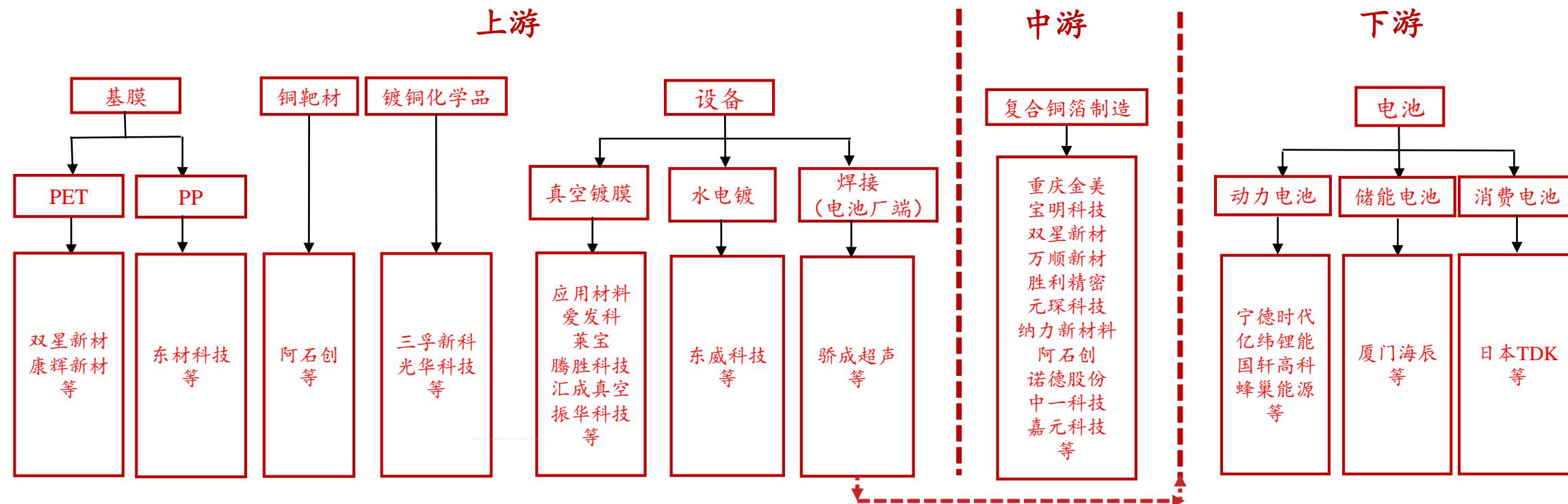
资料来源：GGII, EVTank, 公司公告, 华西证券研究所测算

02 全产业链齐发力，新老玩家纷纷布局

➤ 复合铜箔的产业链可划分为：

- ✓ 上游，基膜、靶材、辅材以及相关设备厂商（磁控溅射设备、水电镀设备、焊接设备等）；
- ✓ 中游，新老企业入局复合铜箔制造，包括重庆金美、宝明科技、中一科技、诺德股份等；
- ✓ 下游，主要应用于锂电池，厂商主要包括动力电池、储能电池和消费电池厂商。

图：复合铜箔产业链



资料来源：各公司公告、官网、专利等，华西证券研究所整理

注：动力电池/储能电池厂列示有复合铜箔相关专利的公司

工艺核心：磁控溅射+水电镀，与传统铜箔差异明显

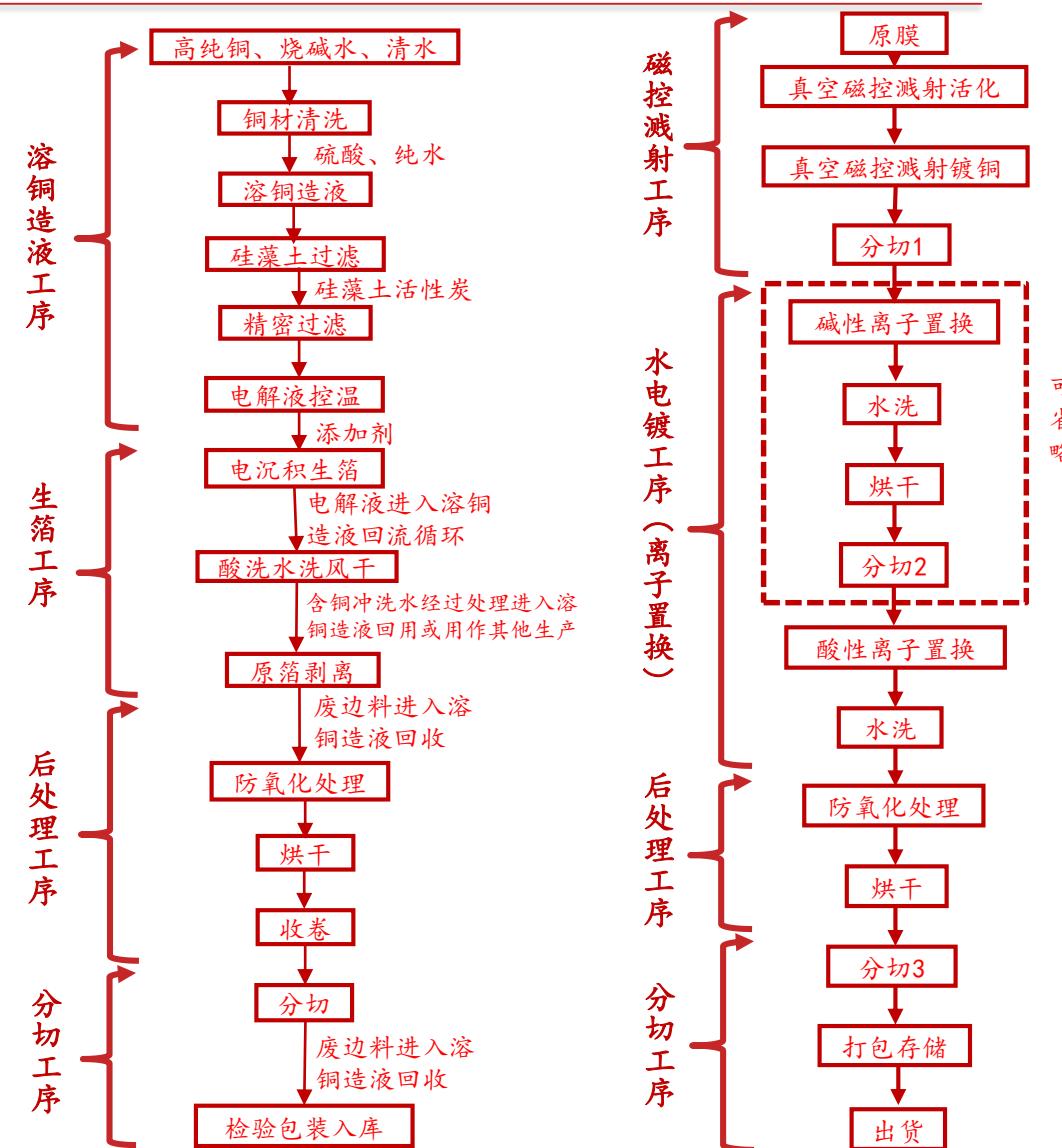
➤ 电解铜箔的核心工序为溶铜与生箔。

- ✓ 电解铜箔主要分为四道生产工序：溶铜造液工序、生箔工序、后处理工序和分切工序。
- ✓ 主要生产流程是将铜材溶解后制成硫酸铜电解液，然后将硫酸铜电解液通过直流电沉积制成原箔，再对其进行防氧化等处理，最后经分切、检测后制成成品并包装。
- ✓ 其中，锂电铜箔与标准铜箔的后处理工序存在一定差异，锂电铜箔的后处理工序包括防氧化处理、烘干、收卷等，标准铜箔的后处理工序包括酸洗、粗化、固化、水洗、防氧化处理、收卷等。

➤ 复合铜箔的核心工序为磁控溅射与水电镀（离子置换）。

- ✓ 复合铜箔的主要生产流程包括，首先利用氩离子轰击铜靶材，使靶材溅射出铜原子或铜离子在基膜上；然后采用无氧铜/磷铜球作为阳极，以膜面金属层为阴极，进行离子迁移置换。上述步骤间会穿插分切等工序，主要是切除镀铜不均匀的膜面。
- ✓ 上文提过的三步法会在磁控溅射和水电镀（离子置换）步骤间加入蒸镀的工序。无论两步法和三步法，均需进行磁控溅射和水电镀（离子置换）的工序，最后进行后处理和分切。

图：锂电铜箔（左）与复合铜箔（右，两步法）生产流程对比（虚线框内步骤可略过）



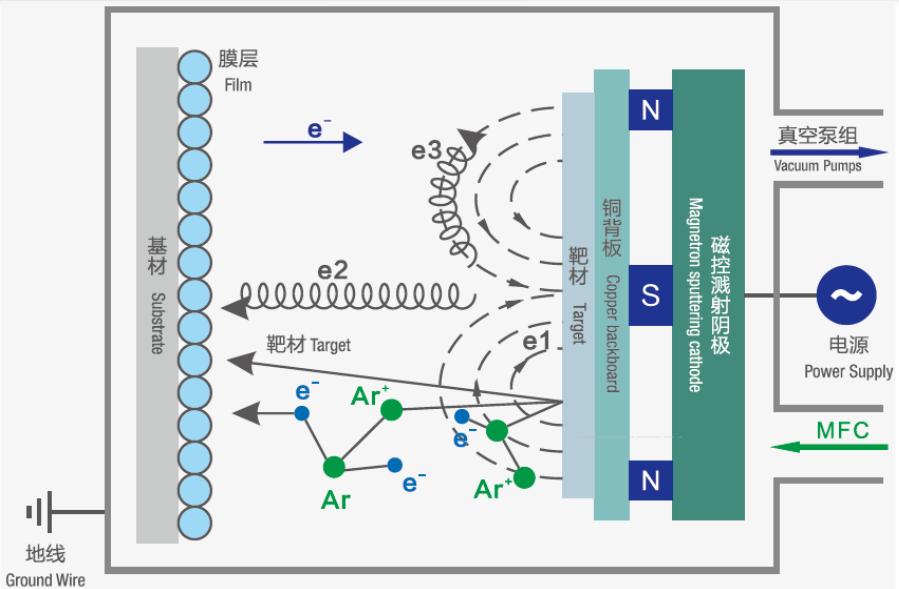
资料来源：中一科技招股说明书，重庆金美环评报告，华西证券研究所

设备端：磁控溅射镀与蒸镀等同属PVD真空镀膜技术

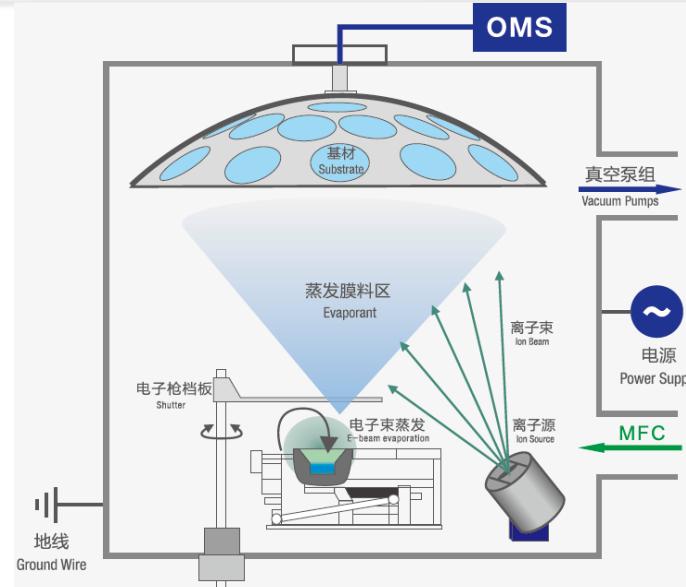
➤ PVD真空镀膜可分为磁控溅射镀、蒸镀、离子镀。

- ✓ PVD (Physical Vapor Deposition) 真空镀膜技术，或称为物理气相沉积技术，是指在真空环境下通过物理方式将材料沉积在被镀材料表面的薄膜制备过程。
- ✓ PVD技术包含三种镀膜方法，分别为真空磁控溅射镀膜、真空蒸发镀膜、真空离子镀膜。其中，
 - ✓ 真空磁控溅射镀膜对应前文“两步法”和“三步法”中的第一步，原理是用高能等离子体轰击靶材，并使表面组分以原子团或离子形式溅射出并沉积在基膜表面；
 - ✓ 真空蒸发镀膜对应前文“三步法”中的第二步，原理是加热膜材使表面组分以原子团或分子团形式被蒸发出并沉降在基膜表面；
 - ✓ 真空离子镀目前尚未在复合铜箔制造中涉及，其原理是利用气体放电使工作气体或被蒸发物质部分离化，在工作气体离子或被蒸发物质的离子轰击下，把蒸发物或其反应物沉积在被镀基膜的表面。

图：真空磁控溅射镀膜图示



图：真空蒸发镀膜图示



设备端：国外厂商真空镀膜设备市场领先，国产设备加速替代

➤ 国外厂商具备先发优势，占据真空镀膜领先地位。

- ✓ 真空镀膜工艺起源于国外，国外厂商凭借技术积累与设备材料优势，在真空镀膜的设备和技术应用等方面占据领先地位，主要设备供应商包括美国应用材料、日本爱发科、日本光驰、德国莱宝等。
- ✓ 面对真空镀膜多元的应用市场，国内厂商也在持续追赶。目前，国内厂商在传统的五金、塑胶、钟表卫浴等领域具备低成本、服务便捷的优势，并已参与消费电子领域的市场份额竞争，在集成电路、高端光学等领域正在持续追赶。
- ✓ 我国的真空镀膜设备供应商主要有宏大真空、振华科技、汇成真空、腾胜科技等。

➤ 国内企业切入布局复合铜箔镀膜设备。

- ✓ 针对复合铜箔这块新领域，国内设备厂正积极研发开拓。其中，腾胜科技于2021年研发出第二代可镀 $4.5\mu\text{m}$ 超薄膜的复合铜箔真空镀膜设备并出口，实现国内首台真空镀膜大型装备出口发达国家。除腾胜科技之外，汇成真空也是国内少数实现复合铜箔量产的设备企业之一，并且其针对当前行业难点对镀膜技术和设备进行研发，持续推动复合铜箔的产业化进程。

表：真空镀膜行业主要企业

公司名称	所在地	主营业务
应用材料 (Applied Materials Inc.)	美国	主要向半导体、显示器及相关行业提供制造设备、服务和软件，在半导体领域的主要产品为芯片制造领域的各种制造设备
日本光驰株式会社 (OPTORUN)	日本	主要从事光学薄膜设备及其相关零部件的制造和销售，产品广泛应用于LED显示、光通信、半导体、消费电子等领域。
德国莱宝 (Leybold)	德国	主要从事真空泵、真空系统、以及包括真空镀膜设备在内的真空应用设备的制造和销售，该公司产品目前主要为光学、光伏、半导体、医疗器械等。
冯·阿登纳	德国	主要产品为玻璃、晶片、金属带和聚合物薄膜等材料上的真空镀膜开发和生产工业设备，应用于太阳能热电站建筑玻璃，智能手机和触摸屏的显示屏等领域。
爱发科 (ULVAC)	日本	主要从事真空机械业务、真空应用等业务等，产品主要应用在能源、环保、运输、医药、食品、化工、生物工程等领域。
湘潭宏大真空技术股份有限公司	中国	主营大型连续镀膜生产线为主的各类真空镀膜设备研发、设计、生产、销售及技术服务，主要包括建筑装饰玻璃连续镀膜生产线、平板显示导电膜玻璃连续镀膜生产线、非晶硅薄膜太阳能电极连续镀膜生产线、装饰连续镀膜生产线等。
广东振华科技股份有限公司	中国	主营业务包括真空设备制造与销售，技术服务与支持，主要产品有蒸发系列镀膜设备、磁控系列镀膜设备、光学系列镀膜设备、连续性镀膜生产线以及其他真空设备等。
广东汇成真空科技股份有限公司	中国	主要从事真空镀膜设备研发、生产、销售及其技术服务的真空应用解决方案的提供，主要产品或服务为真空镀膜设备以及配套的工艺服务支持。
广东腾胜科技创新有限公司	中国	主要从事研制各类真空应用设备、半导体设备、锂电池设备以及纳米材料设备等。

资料来源：汇成真空招股书（申报稿），华西证券研究所

设备端：电镀技术应用广泛，东威科技量产进度领先

➤ 电镀下游应用广泛，安美特行业地位领先。

- ✓ 电镀工艺是指利用电流的电解作用，将金属沉积在电镀件的表面，最终形成金属涂层的流程。电镀设备可用于PCB电镀和通用五金电镀等多个领域，也可以用于锂电池等行业的柔性材料金属化处理。
- ✓ 电镀设备的主要参与厂商包括安美特、台湾竞铭、东莞宇宙、深圳宝龙、东威科技等，其中安美特为电镀行业全球规模较大的综合类供应商。

➤ 东威科技复合铜箔水电镀设备国内量产进度领先，产品已供货。

- ✓ 东威科技的复合铜膜电镀装备包括卷式水平膜材电镀设备（滚筒导电）、卷式水平膜材电镀设备（双边夹导电），主要用于锂电动力电池和储能电池行业制作阴极载流板，同时也可以应用镀铜膜材基材生产，也可用于各个行业柔性材料的金属化处理。东威科技是国内复合铜箔水电镀设备量产进度领先的厂商。目前，东威科技已和十多家公司签订了供货合同和部分公司的量产框架协议，部分设备已经发货，主要客户包括膜材、铜箔、电池以及转型企业等。

表：电镀行业主要厂商

公司	主要产品	生产基地
安美特	化学药水、水平连续电镀设备等表面处理相关设备	全球共16个生产基地，其中14个用于化学品制造，2个用于设备制造（德国福伊希特、中国广州）
台湾竞铭	PCB电镀设备、水平式表面处理设备、龙门式电镀设备等	广东惠州、江苏昆山和台湾桃园设有生产基地，面积超过2.2万m ²
东莞宇宙	PCB沉铜、清洗、电镀、蚀刻、显影等多工序的自动化加工设备	广东东莞设有生产基地，面积超过10.2万m ²
深圳宝龙	垂直升降式电镀设备等电镀设备	广东深圳设有生产基地
东威科技	垂直连续电镀设备、水平式表面处理设备、龙门式电镀设备、滚镀类设备	江苏昆山和安徽广德设有生产基地，面积超过3.0万m ²

资料来源：东威科技招股书，华西证券研究所

图：东威科技双边夹卷式水平连续镀膜设备



资料来源：东威科技官网，华西证券研究所

设备端：复合集流体新增焊接工序，超声波焊接具备优势

复合集流体中间为绝缘层，需增加极耳转印焊工序。

✓ 复合集流体应用创造设备工序增量空间。由于复合集流体中间采用的是高分子绝缘层，两侧的金属层无法导通电流，因此单纯进行极耳超声焊接工序并不可行，而需在前段工序中增加极耳转印焊工序。具体常用的方法是，用两层金属极耳夹住复合集流体的极耳进行焊接，再将多层金属极耳分别与锂电池的正极极耳或负极极耳焊接在一起。由此通过金属极耳的转接，电芯中的电流得以输送。

超声波焊接具备优势，骄成超声布局复合集流体滚焊设备。

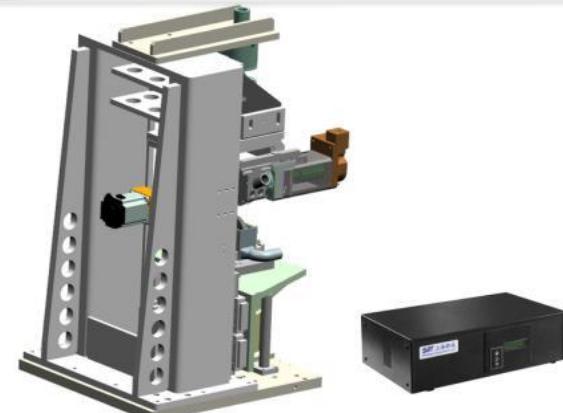
✓ 相较于激光焊接，超声波焊接具有不产生高温、效率高、不需要助焊剂等优势，因此多层极耳焊接的工序首选超声波焊接。而由于激光焊接温度过高，容易导致含有高分子基膜的箔材收缩变形，次品率提升。因此，复合集流体的多层极耳焊接工序和增加的极耳转印焊工序，都比传统集流体焊接更加需要注重温度的控制。因此，超声波焊接在复合集流体的焊接工序上具备优势。

✓ 目前，国内布局复合集流体超声焊接设备的有骄成超声、新栋力等厂商。其中，骄成超声在极耳超声焊接领域是宁德时代、比亚迪新增产线的主要供应商（2021年在其新增产线上的同类产品采购份额均超50%），且其在宁德时代的验证周期长达五年（从客户接洽至获取大批量订单），供应商验证体系较为严密。而骄成超声的复合集流体超声波滚焊设备也已应用到宁德时代新型动力电池生产制造工序中，在复合集流体电池量产线上的应用占据领先地位。

表：各类焊接技术对比

焊接方法	材料	热形变	是否产生高温	焊接强度	是否需要助焊剂	焊接条件
超声波焊接	金属、非金属	极小	否	高	否	对焊接金属表面要求低，氧化或电镀均可焊接
激光焊接	金属、非金属	极小	是	高	否	需使用惰性气体以防熔池氧化
电阻焊接	金属	显著	是	低	否	有火花喷溅，需要隔离
电弧焊接	金属	显著	是	低	是	在焊接部位覆有起保护作用的焊剂层
电子束焊接	金属、非金属	极小	是	高	否	需要真空环境和消磁处理

图：骄成超声超声波滚焊机



➤ 基膜要求严苛，材料选择多元并行。

- ✓ 基膜作为重要载体，要求严苛。首先是复合铜箔不穿孔的要求，由于 $4.5\mu\text{m}$ 基膜材料很薄，在极薄基膜上要进行磁控溅射和水镀两道工序，并且在全面完成后，2000倍电镜下不能观察到针孔。此外，针对基膜还有持续加工过程不打褶皱、后续应用端不断带等等要求。
- ✓ 复合铜箔可采用的基膜材料包括PI（聚酰亚胺）、PP（聚丙烯）和PET（聚对苯二甲酸乙二酯）。PI耐温性较好，但是成本较高；PP耐强酸强碱，但是其抗拉强度较低；PET不耐强酸强碱，但其具有良好的耐高温性能和抗拉强度。三种材料中从当前厂商选择上看PET应用相对成熟。

➤ 国产厂商布局基膜，部分厂商向下延伸至复合铜箔制造。

- ✓ 目前，国内部分厂商针对复合铜箔用基膜进行了布局，部分公司也具备相关技术储备。其中，双星新材镀铜用基膜已对外销售；康辉新材目前已通过下游厂商前期验证，多条产线具备量产能力。
- ✓ 部分膜材料厂商将业务向下延伸至复合铜箔制造。其中，上文提到镀铜用基膜已对外销售的双星新材，其复合铜箔产品目前处于送样阶段，并预计在12月中旬进行量产评价。根据双星新材今年11月的调研活动信息披露，其复合铜箔磁控溅射端的良率在98%，整体良率达到92%。

表：基膜材料性能指标对比

产品材料	热变形温度 (1.8MPa, °C)	抗拉强度 (Mpa)	密度 (g/cm ³)
聚对苯二甲酸乙二醇酯 (PET)	80-100	45-70	1.3-1.4
聚丙烯 (PP)	40-152	29	0.89-0.92
聚酰亚胺 (PI)	315-360	72-120	1.31-1.43

资料来源：富临塑胶，炜林纳官网，Lyuechem官网，华西证券研究所

表：国内厂商相关基膜布局及技术储备情况

公司	基膜布局情况
双星新材	镀铜所用的基膜已经对外销售。
东材科技	公司拥有生产薄型聚丙烯薄膜的能力。此外，其子公司河南华佳凭借在聚丙烯薄膜的金属化镀膜上多年的技术积累，已跻身国内厂商第一梯队，并与国内新能源汽车龙头企业比亚迪合作。
康辉新材	公司2020年开始立项开发PET复合铜箔用基膜，现已通过下游厂商前期验证。目前多条产线具备量产 $4.5\text{-}6\mu\text{m}$ PET复合铜箔用基膜能力，并可根据客户需求定制化生产。

资料来源：各公司公告、官网，华西证券研究所

➤ 新玩家入局，依靠自身积累显优势。

- ✓ 除传统铜箔厂之外，众多其他领域的玩家也纷纷踏入复合铜箔制造领域，凭借各自在包括材料、设备、工艺等环节的积累，有望共同推动复合铜箔的加速产业化。
 - 箔材、高分子膜材等：万顺新材、元琛科技、方邦股份等原有业务涉及箔材、高分子膜材等方面，对于材料端的技术理解、材料改性等方面具备经验积累。
 - 镀膜工艺：如胜利精密、万顺新材、方邦股份均具备磁控溅射的工艺经验，宝明科技、元琛科技也分别拥有类似镀膜、制膜的技术经验。
- ✓ 我们认为，复合铜箔产业的新入局者在原材料、工艺路线等方面具备一定的积累，有望顺利切入复合铜箔行业，并通过借鉴前期经验缩短产品的研发时间或优化产品品质，加速实现产业化应用。同时，各公司的原有优势有望实现放大，形成在复合铜箔市场竞争中的有力优势。

表：部分切入复合铜箔领域的新入局者的主营业务与技术优势

公司名称	主营业务	切入复合铜箔技术来源
胜利精密	公司消费电子产品包括精密金属结构件及结构模组、塑胶结构件及结构模组等；汽车零部件产品以光学玻璃盖板、复合材料显示盖板和镁合金结构件为主。	锂电池隔膜技术、磁控溅射工艺经验
宝明科技	公司专业从事 LED背光源 的研发、设计、生产和销售以及 电容式触摸屏 主要工序深加工， LED背光源 和 电容式触摸屏 是平板显示屏的重要组成部分。	金属镀膜技术
万顺新材	公司主要从事 铝加工、纸包装材料和功能性薄膜 三大业务。	磁控溅射、真空蒸镀工艺经验
元琛科技	公司主营产品是 高分子过滤滤袋、膜材料和催化剂 ，主营服务是第三方检测服务和双碳服务。	膜材料的制备与改性工艺经验
方邦股份	公司主营业务为高端电子材料的研发、生产及销售，现有产品包括 电磁屏蔽膜、挠性覆铜板、超薄铜箔 等，属于高性能复合材料。	电磁屏蔽膜（真空溅射技术、电化学技术）
阿石创	公司专业从事 PVD镀膜材料 的研发、生产与销售，自主研发200多款高端镀膜材料。	PVD（蒸镀法、溅镀法和离子镀法）镀膜材料

资料来源：各公司公告，华西证券研究所

制造端：电池箔&标箔厂商具备深厚经验，优势可延伸至复合铜箔领域

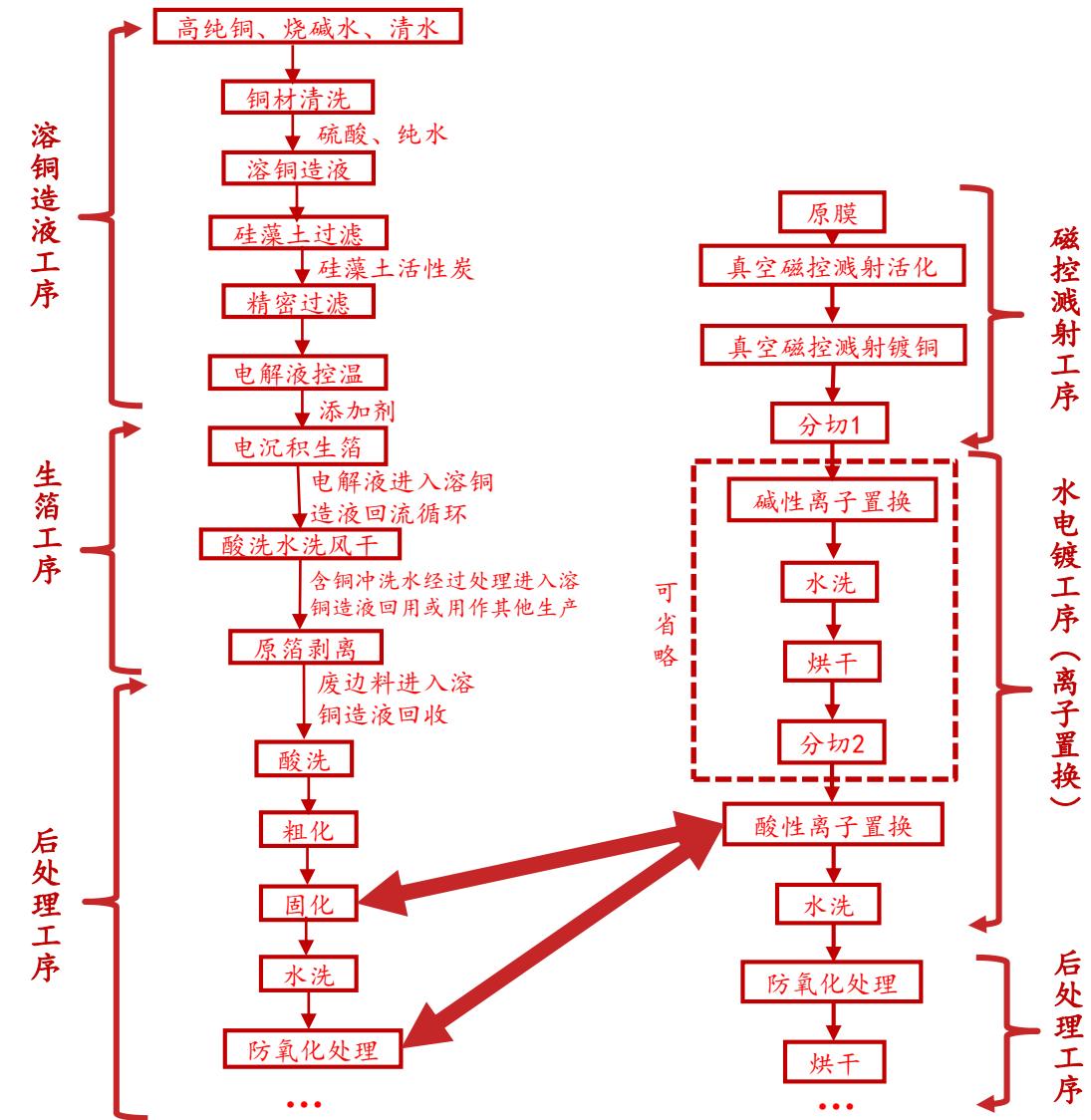
➤ 锂电铜箔端：锂电应用经验丰富，客户合作基础牢固

✓ 铜箔厂在传统电池箔的技术、成本、规模、供应链以及客户端具备成熟的经验，在箔材的应用与技术优化、客户黏性等方面更具优势。目前，嘉元科技、诺德股份、中一科技等传统铜箔厂公告切入复合铜箔领域，有望实现供应产品品类的丰富，同时凭借与电池厂长期合作关系，有望在复合铜箔的技术交流以及导入方面获得助力。

➤ 标准铜箔端：固化与钝化工序与水电镀类似，技术端可延伸

- ✓ 标准铜箔主要用于CCL及PCB制造，其作为导电体沉积在线路板基底层上。标准铜箔的一面光亮用于印制电路，而另一面用于与基材相结合。
- ✓ 为了增强铜箔与基材的结合能力，制备流程中需加入粗化和固化的工序，以提升与基材结合的那面铜箔的粗糙度。此后再对铜箔进行防氧化处理以免影响铜箔的使用寿命。
- ✓ 据中一科技公告，标准铜箔的固化与钝化（防氧化）工序的原理、工艺与复合铜箔的水电镀工序基本相同。因此布局标准铜箔业务的厂商在复合铜箔的水电镀工序上具备类似工艺基础，可以实现技术上的延伸。

图：标准铜箔（左）与复合铜箔（右，两步法）生产流程对比（不完全展示）



资料来源：中一科技招股说明书，重庆金美环评报告，华西证券研究所

03 产业化进程持续推进，工艺Know-How推动降本

下游应用端布局技术及设备，推动复合集流体进程加速

➤ 下游布局集流体应用及焊接设备，推进产业化进程。

- ✓ 根据国家知识产权局专利系统，包括亿纬锂能、国轩高科、蜂巢能源、厦门海辰、天合储能在内的多家动力电池和储能厂商，以及中国一汽、蔚来等整车厂，均在近三年内布局复合集流体以及配套电池的专利。
- ✓ 此外，由于复合集流体中间高分子薄膜形成的绝缘层使得两侧金属镀层无法导通，传统的焊接方式不再适用。因此多家电池厂商也对复合集流体的加工焊接等设备装置进行了专利布局。

我们认为，复合铜箔在安全、成本、性能上的优势对电池厂具备明确吸引力，起到一定的需求倒逼作用；同时，下游端对复合集流体在电池里的应用的清晰和精准的认知以及设备上的准备，有望加速推动复合集流体的产业化进程。

表：下游厂商复合集流体相关专利

申请人	申请时间	专利名称
比亚迪	2020/12/18	一种复合集流体、电池极片、电池和车辆
亿纬锂能	2021/5/26	一种复合集流体及其制备方法和应用
亿纬锂能	2020/10/13	一种复合集流体、其制备方法和用途
国轩高科	2022/5/31	一种复合集流体、制备方法及其制得的电板和电池
国轩高科	2022/5/30	一种负极复合集流体的制备方法及其制得的产品
国轩高科	2022/3/21	一种复合集流体的制备方法
国轩高科	2022/3/21	一种复合集流体电芯的制备方法及应用
国轩高科	2021/11/3	一种超薄复合集流体的制备方法
国轩高科	2020/7/28	一种复合集流体及其制备方法、锂电池极片
国轩高科	2019/12/11	一种柔性复合集流体的制作方法
蜂巢能源	2022/7/15	一种复合集流体电芯及锂电池
蜂巢能源	2022/5/17	一种复合集流体、极片和锂电池
蜂巢能源	2022/3/31	复合集流体及其制备方法与应用
厦门海辰	2022/1/28	复合集流体、极片和电池
厦门海辰	2022/1/28	复合集流体及其制备方法和应用
厦门海辰	2020/12/7	复合集流体及二次电池
厦门海辰	2020/12/7	复合集流体及其制备方法、二次电池
厦门海辰	2020/10/30	一种复合集流体、极片、电芯及二次电池
天合储能	2022/3/18	一种锂电池用复合集流体及其制备方法
中国一汽	2022/2/10	一种复合集流体、制备方法及锂离子电池
蔚来汽车	2022/3/11	复合集流体、锂离子电池和车辆

资料来源：国家知识产权局专利检索及分析系统，华西证券研究所

表：下游厂商布局复合集流体相关设备端的专利

申请人	申请时间	专利名称
宁德时代	2021/3/30	复合集流体、电化学装置以及电子装置
宁德时代	2021/1/23	复合集流体、应用所述复合集流体的电池和电子装置
宁德时代	2020/12/29	复合集流体及其制备方法以及电化学装置
宁德时代	2020/9/23	复合集流体、电极极片及电化学装置
宁德时代	2020/3/27	复合集流体及包含其的极片、锂电子电池和电子装置
宁德时代	2019/5/31	复合集流体、电极极片及电化学装置
国轩高科	2020/4/7	一种锂电池复合集流体与箔材焊接装置
国轩高科	2019/10/25	一种复合集流体滚焊模切一体化设备及滚焊模切方法
国轩高科	2019/10/25	一种锂电池复合集流体极耳焊接的方法
国轩高科	2019/10/11	一种锂离子电池复合集流体与箔材的焊接装置
蜂巢能源	2022/6/27	一种复合集流体的电池极片焊接设备
蜂巢能源	2022/6/27	一种复合集流体的电池极片焊接方法及焊接设备
蜂巢能源	2022/3/31	复合集流体的电芯成型装置
蜂巢能源	2019/12/31	电池极耳焊接结构及其制备方法、电池
厦门海辰	2022/1/28	复合集流体的加工设备和微盲孔复合集流体的加工方法
厦门海辰	2022/1/28	复合集流体的加工设备
厦门海辰	2022/1/25	复合集流体的极耳结构及其焊接方法和应用

资料来源：国家知识产权局专利检索及分析系统，华西证券研究所

产业化进程持续推进，先送样/量产厂商具备先发优势

➤ 产业化0-1前夕，多家企业公布送样/量产规划。

- ✓ 据各公司公告等公开信息，产业链各环节均积极推进复合铜箔的送样、量产规划以及应用，包括设备厂商、膜材料厂商、传统及新进入的铜箔制造商和下游电池厂商，复合铜箔的产业化进程有望持续推进。
- ✓ 目前，包括宝明科技、胜利精密、中一科技、重庆金美、纳力新材料等多家企业已经公布量产规划，双星新材、万顺新材、诺德股份等厂商也已经进行送样交流。

我们认为，在复合铜箔大规模量产应用的前夕，持续的技术交流验证和量产规划的积极布局准备，有望为相关企业带来先发优势。

表：已有送样进展/量产规划的复合铜箔厂商（不完全统计）

公司	最新进展	未来规划
宝明科技	2022年半年报披露，已经送样多家客户，部分客户已经下达小批量订单。	公司在赣州经开区项目计划总投资60亿元人民币。项目一期拟投资11.5亿元，项目二期拟投资48.5亿元，赣州一期项目达产后年产约1.5~1.8亿平米锂电复合铜箔（相当于传统铜箔约一万吨）。
双星新材	前期送样测试反馈良好。目前PET铜箔整体良率达到92%，磁控溅射的良率在98%。	预计2022年11月底完成PET铜箔主产线建设，12月中旬将再次向下游客户送样，进行量产评价。
万顺新材	已开发出应用于电池负极的载体铜膜样品，正在配合下游电池企业放大卷长进行验证。现有产能可以满足批量要求。	---
元琛科技	目前公司复合铜箔产线已完成通讯和动力测试、空跑膜张力系统测试和工艺参数调试验证，目前正在进入试生产工作。公司已经和下游电池厂针对送样规格和时间完成交流，实验室样品的送样工作已经开始。	量产线产品计划于12月中下旬开始送样。
胜利精密	目前第一条全制程生产线（1台磁控溅射+1条水电镀）已在安徽舒城产业园安装调试完成，第二条水电镀产线也在安装调试中。预计现阶段每条产线月设计产能在40万平方米。	预计到23年中旬的月设计产能可达到1300-1500万平方米左右，到23年底可达到每月4500万平方米左右的产能。
中一科技	目前复合集流体处于中试线建设阶段。	设立全资子公司武汉中一，先期计划建设500万平方米复合铜箔生产线。
嘉元科技	目前已完成中试设备的市场调研、技术交流、工艺参数论证、中试生产线订购等工作。	后期将会送样给下游客户进行产品验证。
诺德股份	2022年7月公告与道森股份合作开展复合铜箔研发，目前在和客户小量送样进行技术交流。	---
重庆金美	主打产品为多功能复合集流体铝箔(MA)和多功能复合集流体铜箔(MC)。	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（复合铜箔2.95亿平米），年产值17.5亿元。未来，重庆金美二期三期项目产值将达30亿。
纳力新材料 (未上市)	---	扬州江都锂电池新型功能复合集流体材料项目，项目建成后，企业将形成年产1400万平方米原子沉积铜集流体产品的生产能力。

资料来源：各公司公告，重庆金美官网，扬州市江都区政府官网，爱企查，华西证券研究所

降本推进应用提速，工艺流程的Know-How是核心

➤ 复合铜箔核心在于降本，产业链合力推动。

- ✓ 成本是决定复合铜箔应用速度与规模的关键因素，良率、幅宽、速度是影响制造成本的重要指标，从目前水平来看，仍有较大的改进和提升空间。例如在电镀速度方面，不同应用水平下前期整体范围约为6-10米/分钟；据东威科技12月8日公告介绍，其与胜利精密合作开发的新型复合铜箔电镀设备，设计生产速度可达20米/分钟，保底15米/分钟，速度提升明显。另外，设备国产化替代也将助推成本下探，据东威科技公告，若前后道工序的技术配套更加完整，全套使用其设备，技术配套+产品良率提高，未来综合镀膜成本可降至2块多。
- ✓ 除PVD和水电镀设备外，工艺水平及对工艺流程的理解应用、基膜品质、焊接设备匹配等均对复合铜箔制造成本和品质造成影响，我们认为，复合铜箔未来的产业化和降本速度需要全产业链合力推动。

➤ 技术路径多元并行，设备进步与工艺优化有望持续推进。

- ✓ 上文提过目前主流工艺为“磁控溅射+水电镀”的两步法，但也有提出在两步之间加上真空蒸镀的三步法，还有有诸如三孚新科主推的一步法。目前技术路径多条并行，每条路径各自存在不足与优势，而同种技术路径的厂商所用设备来源也有所区别。我们认为，设备的性能及供应能力将成为推进复合铜箔产业化应用的核心要素，对工艺流程的理解和应用将决定复合铜箔的制造水平，相关工艺技术的Know-How、自身工艺持续优化、绑定优质设备来源的厂商有望显著受益。

表：复合铜箔的现有工艺

	优点	缺点
一步法 (化学镀)	良品率高、镀膜厚度均匀、结合力好	沉积速度慢、成本高
两步法	满足点焊、穿孔、延展性等技术指标	速度等方面尚有提升空间
三步法	蒸镀步骤成膜速率快	蒸镀时金属蒸汽可能损伤基膜等

资料来源：各公司公告、专利，华西证券研究所整理

表：布局复合铜箔厂商的工艺和设备来源（不完全统计）

公司	工艺	设备来源
三孚新科	一步法	
双星新材	两步法	磁控溅射设备：进口欧美，在尝试国内； 水电镀：东威科技
万顺新材	两步法	磁控溅射设备：进口；水电镀：东威科技
元琛科技	两步法	磁控溅射设备：腾胜科技；水电镀：东威科技
胜利精密	两步法	
中一科技	两步法	
阿石创		设备：腾胜科技、东威科技

资料来源：各公司公告、互动问答，华西证券研究所

04 投资建议

- ✓ 相比于传统锂电铜箔，复合铜箔具备高能量密度、高安全性、低理论成本等诸多优势，成为锂电领域重要的技术革新方向之一。目前，产业链上中下游齐发力，技术呈现多元化并行发展趋势，基材端的应用包括PET、PP等，工艺端包括“一步法”、“两步法”、“三步法”等，参与者覆盖在相关制造工艺技术具备经验的新入局者以及传统电池箔厂商，共同推动复合铜箔的产业化应用。当前复合铜箔处于0到1的发展阶段，随着渗透率的持续深化，行业具备可观成长空间，将有望享受动力+储能电池的高成长叠加加速渗透的结构性机遇。
- ✓ 我们认为：
 - 1) 核心设备性能与供应能力是实现产业化突破的重要保障，对行业放量进程及空间起支撑作用，同时设备端也将是复合铜箔放量的率先受益环节。
 - 2) 除复合铜箔制造设备外，电池端新增极耳转印焊工序创造增量设备需求空间，超声波路线在焊接设备端具备高确定性，将受益于复合铜箔产业化应用，特别是绑定头部以及应用进程领先的电池厂商的设备供应商。
 - 3) 新老玩家纷纷布局，工艺Know-how是核心，送样/量产的先发优势有望收获超额利润。
 - 4) 设备工艺百花齐放，基膜材料多元并行，重点关注全产业链各环节的持续创新与实现产业化应用的重要拐点，复合铜箔的大规模应用将带动基膜、辅材、设备等环节的需求提升。
- ✓ 受益标的：骄成超声、东威科技、宝明科技、双星新材、万顺新材、胜利精密、元琛科技、道森股份、三孚新科、诺德股份、嘉元科技、中一科技等。

05 风险提示

- (1) 新能源汽车等下游行业发展不达预期;
- (2) 复合铜箔产业化进度以及应用渗透不达预期;
- (3) 相应技术迭代及成本下降不达预期等;
- (4) 产能释放不达预期;
- (5) 价格快速变化风险;
- (6) 政策、新技术变化等风险。

分析师及研究助理简介

杨睿，华北电力大学硕士，专注能源领域研究多年，曾任民生证券研究院院长助理、电力设备与新能源行业首席分析师。2020年加入华西证券研究所，任电力设备与新能源行业首席分析师。第三届新浪财经金麒麟电力设备与新能源行业新锐分析师第一名。

李唯嘉，中国农业大学硕士，曾任民生证券研究院电力设备与新能源行业分析师，2020年加入华西证券研究所。第三届新浪财经金麒麟电力设备与新能源行业新锐分析师第一名团队成员。

哈成寰，美国康奈尔大学硕士，2022年加入华西证券研究所。

分析师承诺

作者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，保证报告所采用的数据均来自合规渠道，分析逻辑基于作者的职业理解，通过合理判断并得出结论，力求客观、公正，结论不受任何第三方的授意、影响，特此声明。

评级说明

公司评级标准	投资评级	说明
以报告发布日后的6个月内公司股价相对上证指数的涨跌幅为基准。	买入	分析师预测在此期间股价相对强于上证指数达到或超过15%
	增持	分析师预测在此期间股价相对强于上证指数在5%—15%之间
	中性	分析师预测在此期间股价相对上证指数在-5%—5%之间
	减持	分析师预测在此期间股价相对弱于上证指数5%—15%之间
	卖出	分析师预测在此期间股价相对弱于上证指数达到或超过15%
行业评级标准		
以报告发布日后的6个月内行业指数的涨跌幅为基准。	推荐	分析师预测在此期间行业指数相对强于上证指数达到或超过10%
	中性	分析师预测在此期间行业指数相对上证指数在-10%—10%之间
	回避	分析师预测在此期间行业指数相对弱于上证指数达到或超过10%

华西证券研究所：

地址：北京市西城区太平桥大街丰汇园11号丰汇时代大厦南座5层

网址：<http://www.hx168.com.cn/hxzq/hxindex.html>

华西证券股份有限公司（以下简称“本公司”）具备证券投资咨询业务资格。本报告仅供本公司签约客户使用。本公司不会因接收人收到或者经由其他渠道转发收到本报告而直接视其为本公司客户。

本报告基于本公司研究所及其研究人员认为的已经公开的资料或者研究人员的实地调研资料，但本公司对该等信息的准确性、完整性或可靠性不作任何保证。本报告所载资料、意见以及推测仅于本报告发布当日的判断，且这种判断受到研究方法、研究依据等多方面的制约。在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及预测不一致的报告。本公司不保证本报告所含信息始终保持在最新状态。同时，本公司对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，投资者需自行关注相应更新或修改。

在任何情况下，本报告仅提供给签约客户参考使用，任何信息或所表述的意见绝不构成对任何人的投资建议。市场有风险，投资需谨慎。投资者不应将本报告视为做出投资决策的惟一参考因素，亦不应认为本报告可以取代自己的判断。在任何情况下，本报告均未考虑到个别客户的特殊投资目标、财务状况或需求，不能作为客户进行客户买卖、认购证券或者其他金融工具的保证或邀请。在任何情况下，本公司、本公司员工或者其他关联方均不承诺投资者一定获利，不与投资者分享投资收益，也不对任何人因使用本报告而导致的任何可能损失负有任何责任。投资者因使用本公司研究报告做出的任何投资决策均是独立行为，与本公司、本公司员工及其他关联方无关。

本公司建立起信息隔离墙制度、跨墙制度来规范管理跨部门、跨关联机构之间的信息流动。务请投资者注意，在法律许可的前提下，本公司及其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。在法律许可的前提下，本公司的董事、高级职员或员工可能担任本报告所提到的公司的董事。

所有报告版权均归本公司所有。未经本公司事先书面授权，任何机构或个人不得以任何形式复制、转发或公开传播本报告的全部或部分内容，如需引用、刊发或转载本报告，需注明出处为华西证券研究所，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。

THANKS

