

电力设备及新能源行业

设备工艺逐步成熟，复合集流体量产进入倒计时

投资要点：

➤ **复合集流体可改善安全性、降低成本，将逐步替代传统集流体。**复合集流体采用三明治结构，由中间的高分子材料和两侧的金属堆积层组成。复合集流体具有高安全性、高比能量、低成本、长寿命、强兼容五大优势。复合铝箔强调安全性与减薄，可以防止电池热失控，做到只冒烟不起火。复合铜箔兼顾安全性同时可以降低成本、提高能量密度，将逐步替代传统铜箔。

➤ **老技术新应用，复合铜箔设备工艺逐步定型。**复合集流体的工艺目标是将铜层与高分子材料稳定、均匀、致密的结合，核心工艺是高分子表面金属化，在消费电子、半导体领域已有成熟应用。复合铝箔主要采用一步法蒸镀工艺，复合铜箔最适合量产的工艺路线是磁控溅射+水电镀，现阶段成本可以达到3元/平左右。

➤ **产业按预期推进，各路玩家快马加鞭，共同推进产品成熟量产。**工艺端，材料与设备企业协同改进，推进设备成熟与工艺定型；应用端，高温循环和高倍率快充问题，材料厂也有相应方案和电池厂积极协调共同解决。2023年有望成为复合铜箔量产元年，伴随宝明赣州一期项目投产，最早有望在Q2材料应用。

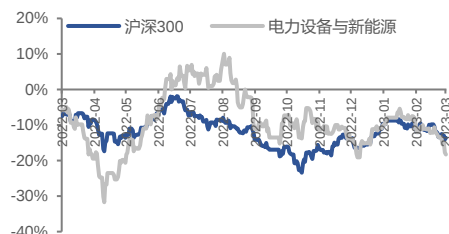
➤ **2023年有望成为量产元年，2025年复合铜箔市场空间超300亿元。**箔材端，单GWh电池对应复合集流体需求约为1000万平，我们预测2025、2030年复合铜箔的需求分别为62、465亿平，2023-2025年复合增速为382%、2025-2030年复合增速为50%。按照2025、2030年5.4元/平、4.3元/平定价，复合铜箔2025年、2030年市场空间分别为329亿元、1982亿元。设备端，磁控、水电镀、滚焊设备需求有望爆发，2025年市场空间分别为88、96、58亿元。

➤ **建议关注复合铜箔从0-1的机会。**重点关注送样进度领先、产能扩张积极的企业宝明科技；确定性强，壁垒高的设备龙头东威科技、骄成超声；关注积极布局的胜利精密、阿石创、英联股份、元琛科技、三孚新科等

➤ **风险提示：**复合铜箔材料性能改善进度较慢，导致产业化应用普及程度低于预期；更多玩家加入复合铜箔赛道，竞争格局恶化；行业产能过剩，盈利快速下降

强于大市(维持评级)

一年内行业相对大盘走势



团队成员

分析师 邓伟
执业证书编号：S0210522050005
邮箱：dw3787@hfzq.com.cn

分析师 陈栋熙
执业证书编号：S0210523030003
邮箱：cyx3975@hfzq.com.cn

相关报告

- 1、《【华福电新】周跟踪：光伏新能源车排产持续爬坡，持续看好南非储能》— 2023.03.12
- 2、《【华福电新】周跟踪：2月全球新能源车销量数据亮眼，关注PMI持续回暖、数字经济催化下的工控板块》— 2023.03.05
- 3、《【华福电新】周跟踪：钠电乘用车首次亮相，关注硅料价格拐点带来的光储底部布局时机》— 2023.02.26

正文目录

1	复合集流体成本更低、性能更优，将逐步替代传统集流体	4
1.1	集流体主要用于汇集电流、承载正负极活性物质	4
1.1.1	铜箔影响电池能量密度、成本，向轻薄化方向发展	4
1.1.2	传统铝箔主要为压延铝箔，发展趋势是持续减薄	6
1.2	复合铜箔可降本、减重，复合铝箔显著提高电池安全性	7
1.2.1	复合集流体采用三明治结构，中间为高分子材料、两侧为金属堆积层	7
1.2.2	复合铝箔极大提高电池安全，做到只冒烟不起火	8
1.2.3	复合铜箔兼顾性能与成本，将率先普及	10
2	设备工艺逐步成熟、下游加速认证	12
2.1	高分子材料金属化底层技术成熟，锂电领域提出更高要求	12
2.2	工艺路线：老技术新应用，复合铜箔两步法、复合铝箔一步法较成熟	14
2.2.1	磁控溅射：金属化打底，复合铜箔生产最核心工艺	14
2.2.2	真空蒸镀：复合铝箔生产唯一工艺，也可用于增厚铜层	16
2.2.3	化学沉铜：一步法工艺简单，现阶段成本较高	17
2.2.4	水电镀：增厚铜层手段之一，目前工艺最成熟、成本最低	18
2.3	工艺总结：老技术新应用，两步法较为成熟	20
2.4	材料端：基材是复合集流体的地基，主要有 PET、PP 两种路线	21
3	2023 年有望成为行业量产元年，远期空间近 2000 亿元	22
3.1	需求预测：材料端和设备端	22
3.1.1	复合铜箔将迎来快速渗透，2025 年空间超 300 亿元	22
3.1.2	磁控、水电镀、滚焊设备需求有望爆发，子赛道 2025 年空间均近百亿	24
3.2	产业进入送样测试加速期，2023 年有望成为量产元年	25
4	投资机会	26
4.1	产业链	26
4.2	公司梳理	27
5	投资建议	31
6	风险提示	32

图表目录

图表 1：锂电池集流体内部结构	4
图表 2：锂电铜箔性能指标	5
图表 3：电解铜箔生产工艺	5
图表 4：电池质量结构	6
图表 5：铁锂电池成本结构	6
图表 6：锂电铜箔厚度占比分布	6
图表 7：电池铝箔生产工艺流程	7
图表 8：复合集流体结构情况介绍	8
图表 9：电池内短路成因	8
图表 10：内短路发生类型	8
图表 11：电池内短路不同阶段情况	9
图表 12：复合集流体技术在冲击测试中的保护	10

图表 13: 复合集流体技术在针刺过程中阻断效果	10
图表 14: 复合铜箔五大优势	10
图表 15: 复合铜箔减重效果	11
图表 16: 传统铜箔成本构成占比	11
图表 17: 复合铜箔成本测算	12
图表 18: 复合铜箔对比传统铜箔经济性 (元/平)	12
图表 19: 高分子表面金属化工艺方法	13
图表 20: 复合铜箔、复合铝箔生产工艺	13
图表 21: 动力电池测试体系	14
图表 22: 磁控溅射设备工作原理	15
图表 23: 磁控溅射设备在复合铜箔应用各项性能指标存在矛盾	16
图表 24: 复合铝箔生产真空蒸镀设备示意图	17
图表 25: 复合铝箔生产真空蒸镀工艺流程	17
图表 26: 化学沉铜工艺流程	18
图表 27: PCB 沉铜前后的对比	18
图表 28: PCB 沉铜设备	18
图表 29: 电镀工艺原理	19
图表 30: 电镀设备在 PCB 领域的应用	19
图表 31: 东威科技双边夹卷式水平连续镀膜设备	20
图表 32: 复合铜箔水电镀工艺	20
图表 33: 复合铜箔水电镀工艺	21
图表 34: 复合铜箔两步制备工艺	21
图表 35: 高分子材料性能对比	22
图表 36: 复合铜箔&铝箔市场空间	23
图表 37: 复合铜箔市场空间	24
图表 38: 设备需求关键假设	24
图表 39: 磁控&水电镀市场空间测算	24
图表 40: 超声波镀膜设备市场空间	25
图表 41: 各家复合集流体进展情况及规划	26
图表 42: 复合集流体产业链	27
图表 43: 公司水电镀设备意向订单&框架协议情况	28
图表 44: 宝明传统业务技术同源	29

1 复合集流体成本更低、性能更优，将逐步替代传统集流体

1.1 集流体主要用于汇集电流、承载正负极活性物质

集流体主要起到汇集电流、承载正负极活性物质的作用。集流体在锂离子电池中起到不可或缺的作用，一方面承载正负极活性物质，一方面将电池在充放电过程中正负极活性物质产生的电流汇集并进行传输，减小电池内阻同时提高电池库伦效率、循环稳定性及倍率性能。

图表 1：锂电池集流体内部结构



数据来源：《锂离子电池内短路机理与检测研究进展》，华福证券研究所

目前正极集流体是铝箔，负极集流体是铜箔。铜、铝等金属由于电导率高、电化学稳定性好、机械强度高优点被广泛应用于锂电集流体，其中铜在高电位比较容易氧化，主要用于负极集流体，铝作为负极集流体腐蚀较为严重，主要用于正极集流体。电解铜箔由 99.5% 的纯铜组成，由于其良好的导电性、机械加工性能，质地较软、制造技术较成熟、成本优势，成为锂电池负极集流体的首选。

1.1.1 铜箔影响电池能量密度、成本，向轻薄化方向发展

铜箔性能直接影响电池的能量密度、循环寿命、安全性等关键性能。铜箔占锂电池总重量比重约 13%，其质量与体积直接决定了电池的能量密度，在电池能量密度持续提升的过程中，对铜箔轻薄化提出了更高的要求；铜箔集流体作为载体，和负极材料结合紧密度直接影响着电池导电性、内阻、循环寿命。为了使两者紧密结合，电池集流体在与活性材料辊压过程中，会承受比较大的应力，因此对铜箔抗拉伸强度、伸长率等机械性能提出较高要求，而铜箔表面性能如粗糙度、表面质量、孔隙率等等都会影响到与活性材料的结合度；另外，电池成分较为复杂，在充放电过程中，要求铜箔自身化学及电化学稳定性好，不会与电解液等物质发生副反应也比较重要；集流体的均一性也直接决定了正负极的均一性，进而影响电池一致性。

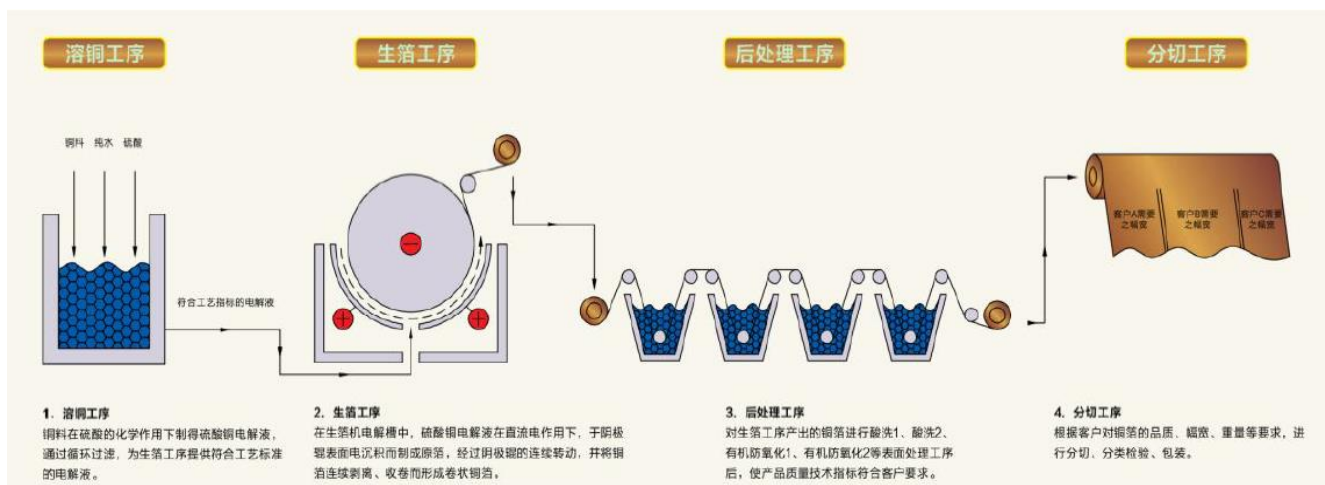
图表 2：锂电铜箔性能指标

性能分类	铜箔性能指标	直接影响	对锂离子电池性能的间接影响
物理指标	厚度	铜箔厚薄程度	影响电池能量密度
	抗拉强度及伸长率	铜箔断裂或裂缝	负极成品率、电池容量、内阻、循环寿命等
	厚度均匀性	负极涂敷活性物质质量波动	直接影响电池容量、一致性
化学指标	抗氧化性及耐蚀性	铜箔氧化膜的厚度，耐腐蚀性	电池内阻、电池容量
	表面粗糙度	负极活性物质在铜箔表面的附着力	电池内阻和循环寿命等电池性能
表面指标	表面质量	负极活性物质在铜箔表面的附着力	极大影响电池容量、内阻、循环寿命
	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

数据来源：嘉元科技招股说明书，华福证券研究所

电解铜箔生产主要有溶铜、生箔、后处理、分切四大工序。溶铜工序是将电解液制备，在特种造液槽罐内，用硫酸、去离子水将铜料制成硫酸铜溶液，为生箔工序提供符合工艺标准的电解液；生箔工序是在生箔机电解槽中，硫酸铜电解液在直流电的作用下，铜离子获得电子于阴极辊表面电沉积而制成原箔，经过阴极辊的连续转动、酸洗、水洗、烘干、剥离等工序，并将铜箔连续剥离、收卷而形成卷状原箔；后处理工序是对原箔进行酸洗、有机防氧化等表面处理工序后，使产品质量技术指标符合客户要求；分切工序是根据客户对于铜箔的品质、幅宽、重量等要求，对铜箔进行分切、检验、包装。

图表 3：电解铜箔生产工艺

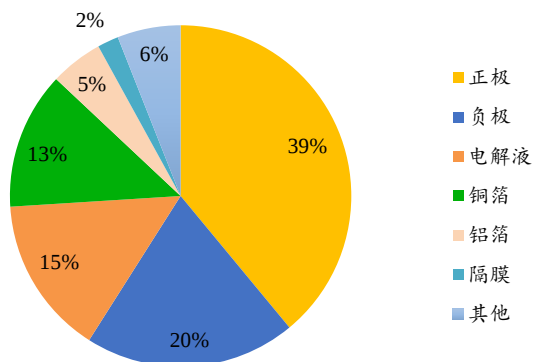


数据来源：嘉元科技招股书，华福证券研究所

铜箔约占电池成本 15%、质量 13%左右，极薄化有利于提升能量密度、降低成本。铜箔作为锂电池关键组成部分，成本占比与其他主材接近。对于铁锂电池而言，铜箔占电池总成本比重约 15%，三元电池略低于铁锂电池，而铜箔成本重要组成是

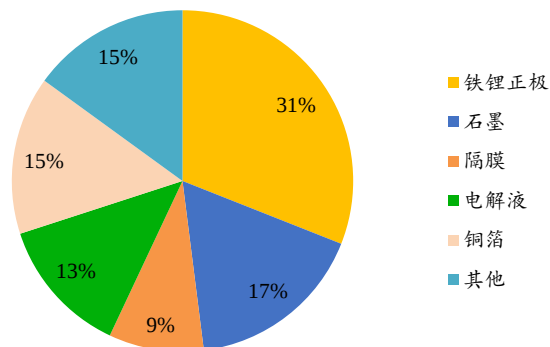
原材料铜的成本。另外，铜箔质量占电池质量 13% 左右，铜箔轻薄化对于提高电池能量密度和降低成本有重要意义，也成为必然趋势。

图表 4：电池质量结构



数据来源：远川研究所，华福证券研究所

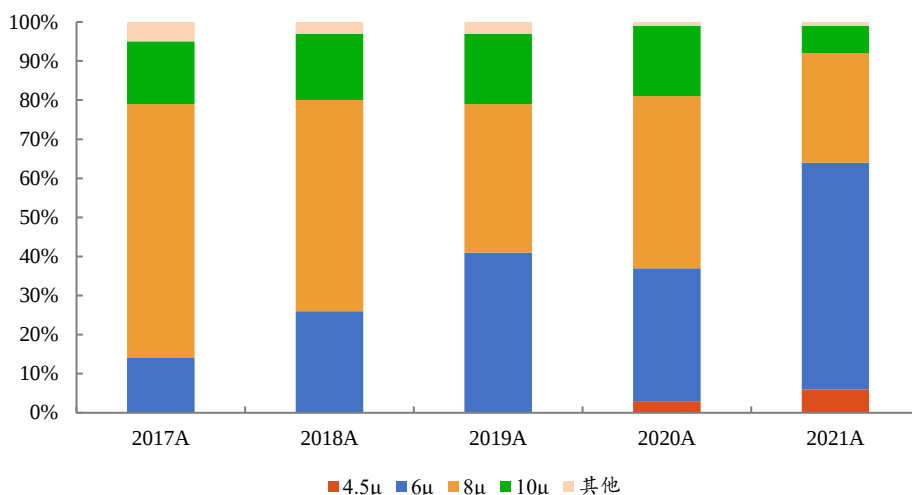
图表 5：铁锂电池成本结构



数据来源：远川研究所，华福证券研究所

铜箔轻薄化趋势明显。下游动力电池企业的技术发展和产品需求决定了铜箔的技术升级。早期动力电池企业以 8 μ 铜箔为主，主要由于动力电池企业在涂布、卷绕等环节使用极薄铜箔存在工艺难度。目前国际三大电池厂商 LG、三星、松下仍然以 8 μ 铜箔为主，而国内电池厂商率先推动了极薄铜箔的应用。宁德针对 6 μ 铜箔专门研发了涂布机和全球首台 6 μ 高速卷绕机，在 2018 年开始规模化应用 6 μ 铜箔，国内其他一线企业如比亚迪、国轩高科也逐步实现导入。目前宁德开始从 6 μ 向 4.5 μ 切换。

图表 6：锂电铜箔厚度占比分布



数据来源：中国电子铜箔资讯网，华福证券研究所

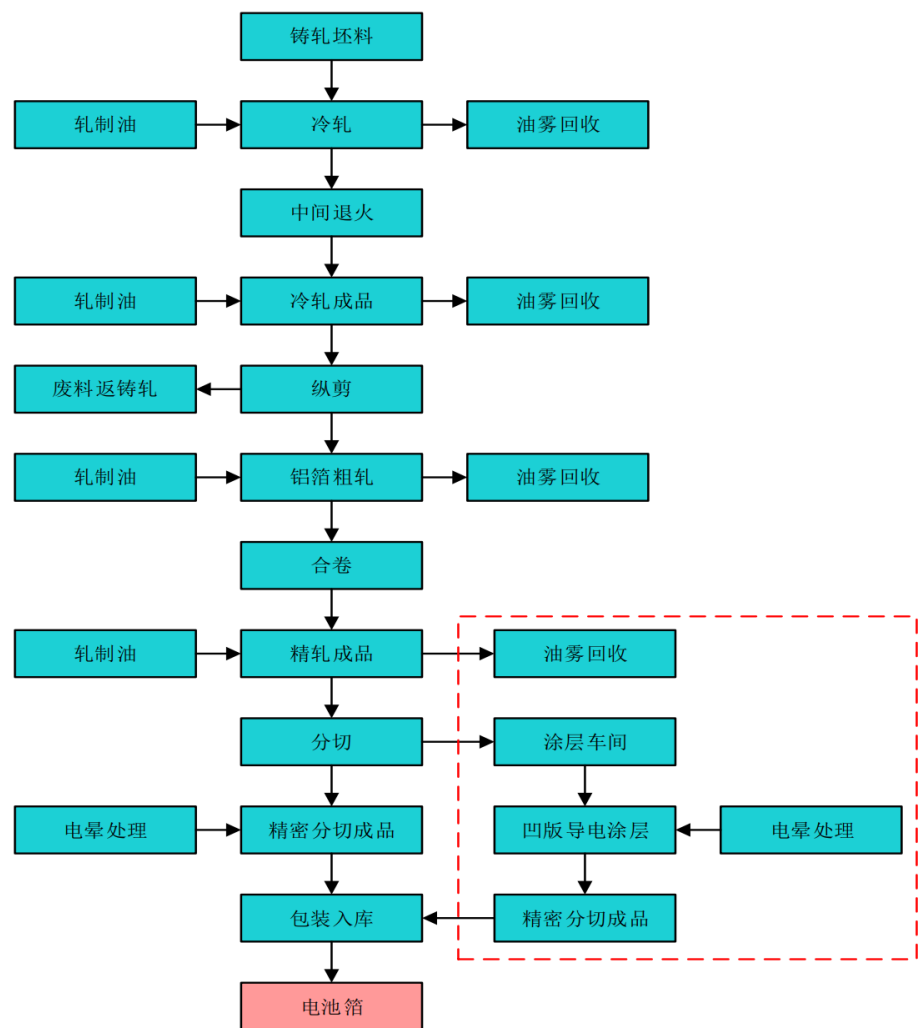
1.1.2 传统铝箔主要为压延铝箔，发展趋势是持续减薄

传统铝箔主要为压延铝箔，发展趋势是持续减薄。由于铝箔具有密度低、耐腐蚀性强、延展性较好等优点，被广泛应用于建筑、食品包装领域，后其应用进一步向锂电领域拓展。传统铝箔占电池成本 3-5%，前几年主要为 15-20 μ m 后进一步减薄至

12-13 μm ，目前 8-10 μm 的铝箔在部分电池厂商中也得到应用。

铝箔生产工序繁多，提高良率是竞争核心。电池级别的铝箔对于材料的针孔、切边、毛刺、凸度率、抗拉和延伸强度均有严格的要求。目前铝箔主要采用压延工艺，生产过程涉及合金熔铸、均匀化、铸轧、冷轧、中间退火、箔轧等多个轧制工艺和热处理工序。每一道工序环环相扣，每个环节都影响制约着下一个步骤的良品率。随着电池能量密度越来越高，对于铝箔厚度也要求进一步减薄，而随着铝箔从 15 μm 减薄到 10 μm 以下，针孔数量迅速增加，成为铝箔不良的核心原因。对于铝箔生产企业而言，提高生产效率及压延良率是成本竞争的关键。

图表 7：电池铝箔生产工艺流程



数据来源：万顺新材招股说明书，华福证券研究所

1.2 复合铜箔可降本、减重，复合铝箔显著提高电池安全性

1.2.1 复合集流体采用三明治结构，中间为高分子材料、两侧为金属堆积层

复合集流体采用三明治结构，由中间的高分子材料和两侧的金属堆积层组成。其中，复合铜箔中间基膜主要为 PET、PP 等高分子材料，厚度一般为 4-4.5 μm ，双面镀铜层一般为 0.8-1.5 μm 左右，合计为 5.6-7.5 μm ，导电性可 $\leq 20\text{m}\Omega$ ，制作工艺

主要包含磁控溅射、铜层堆积、清洗抗氧化保护；复合铝箔主要采用真空镀膜工艺，通过蒸发釜先镀上 8-15nm 金属氧化铝，然后加厚 1 μm 左右铝层。考虑到铝离子的附着力，复合铝箔基膜主要采用 PET 材料。

图表 8：复合集流体结构情况介绍



数据来源：金美环评书，华福证券研究所

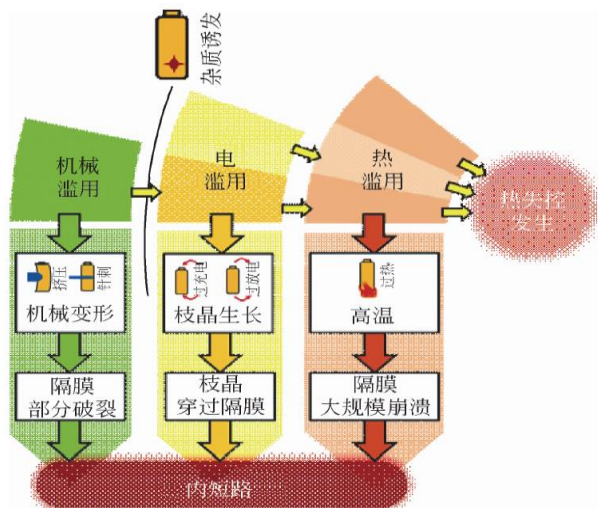
1.2.2 复合铝箔极大提高电池安全，做到只冒烟不起火

电动汽车自燃热失控主要原因之一在于正负极内部短路带来的热失控，锂电池通过短路点进行大电流放电，产生较高温度，从而导致热失控。而复合集流体可以从基本原理上杜绝内短路的发生。

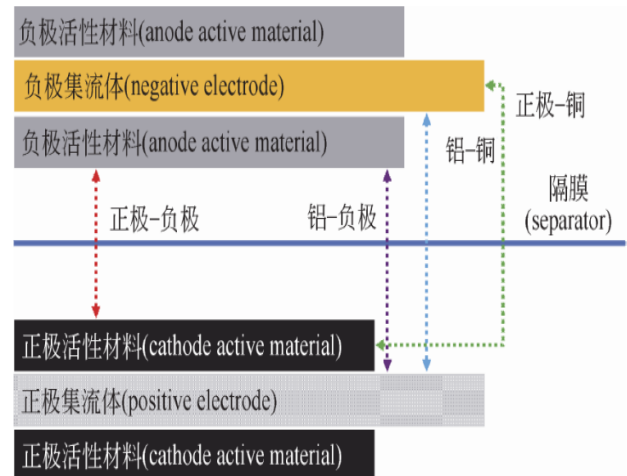
电池最危险的内短路为正极集流体与负极接触，成因可以分为机械滥用、热滥用、电滥用三种。根据正负极短路的类型来看，可以分为正极集流体铝和负极集流体铜接触短路、正极材料和负极集流体铜接触短路、正极集流体铝和负极材料短路、正极材料和负极材料发生短路。从内短路成因来看，机械滥用是指外部挤压、针刺等使得电池隔膜破裂，正负极之间直接接触；电滥用是指电池内部金属析出，形成锂枝晶刺穿隔膜从而导致正负极接触；热滥用则是隔膜受热大规模收缩崩溃，导致正负极接触。电池的内短路带来的局部发热若持续累积就会触发热失控连锁反应，带来起火爆炸等安全事故。

图表 9：电池内短路成因

图表 10：内短路发生类型



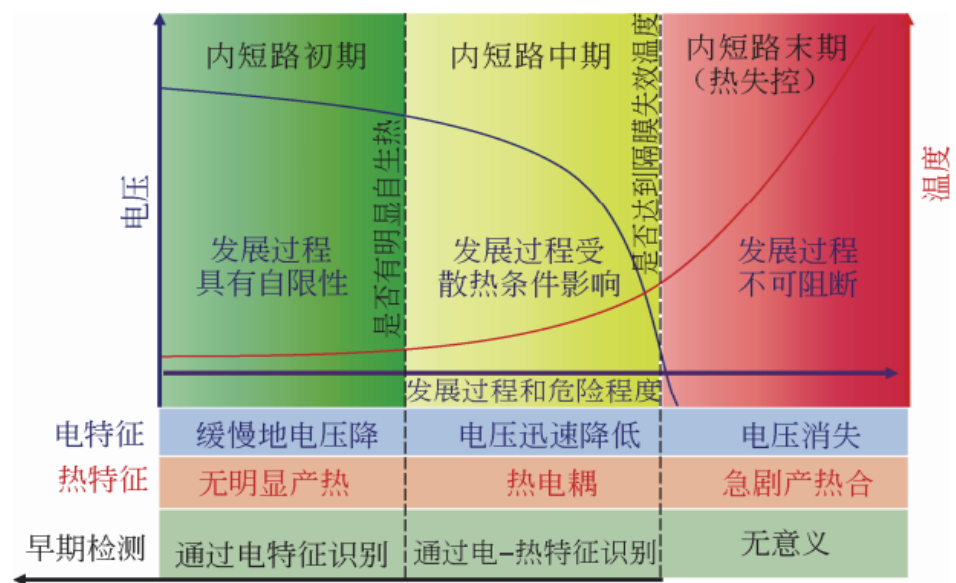
数据来源：《锂离子电池内短路机理与检测研究进展》，华福证券研究所



数据来源：《锂离子电池内短路机理与检测研究进展》，华福证券研究所

内短路过程中阻值降低、产热能力上升，可以分为初期、中期、末期。内短路发展演化可达数百小时，初期现象不明显，末期可导致电池热失控。内短路初期阻值很高、电压缓慢降低，产热现象不明显；中期阶段，伴随内阻的逐步降低，电压明显下降，产热开始聚积；内短路末期，电池温度达到隔膜崩溃温度，电池正负极大面积短路，使电池发生热失控。

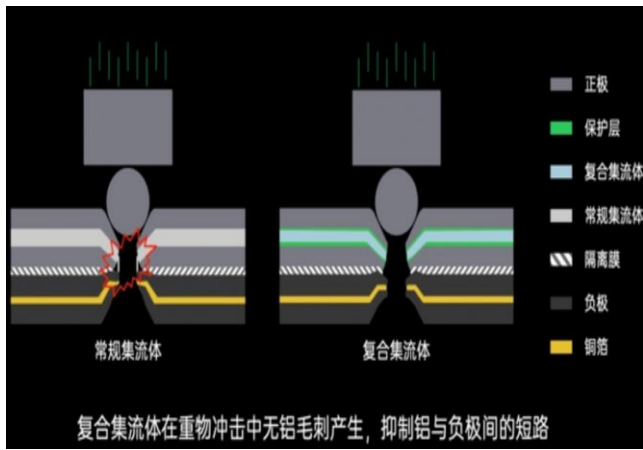
图表 11：电池内短路不同阶段情况



数据来源：《锂离子电池内短路机理与检测研究进展》，华福证券研究所

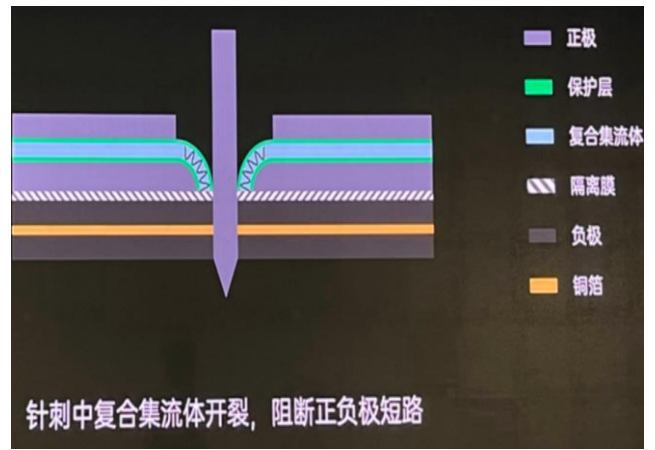
复合集流体能起到保险丝的作用，做到只冒烟不起火。复合集流体采用了金属层与高分子层机械-电-热性能的多重耦合结构关系。在内短路初期，点接触时由于表面导电金属层较薄，可以在短路大电流瞬间熔断或受力开裂，毫秒内切断电流回路；在内短路继续积累，发生面接触时，高分子材料受热熔融收缩，形成结构局部坍塌，在进一步发生热失控之前切断电路回路。

图表 12：复合集流体技术在冲击测试中的保护



数据来源：OPPO 发布会，华福证券研究所

图表 13：复合集流体技术在针刺过程中阻断效果



数据来源：OPPO 发布会，华福证券研究所

1.2.3 复合铜箔兼顾性能与成本，将率先普及

复合铜箔对比传统电解铜箔具有五大优势。通过低密度、低杨氏模量、高可压缩性以及低造价的高分子材料替代普通金属铜，复合铜箔面密度较传统铜箔降低 77%，在挤压、碰撞中起到缓冲作用、缓解负极材料充放电过程中体积形变，降低原材料成本。在制造端，复合铜箔相比传统电解铜箔生产可将制程消耗能量降低 50%，废水、废渣、废弃等有害物质降低 30%。总结来看，复合铜箔对比传统铜箔具有高安全性、高比能量、低成本、长寿命、强兼容五大优势。

图表 14：复合铜箔五大优势



数据来源：金美官网，华福证券研究所

复合铜箔密度更低，可显著提高能量密度。由于高分子材料密度低于铜、铝等金属，复合集流体面密度显著低于传统集流体。其中， 6μ 复合铜箔面密度仅为 24g/m^2 ，相比传统铜箔实现 55% 减重，复合铝箔面密度为 27g/m^2 ，相对于传统铝箔在减薄 2μ 的同时减重 57%。复合集流体使用可显著减低电池能量密度，且电池自身能量密度越高、提升效果越明显。同时使用复合铜箔和铝箔，可将原能量密度 250Wh/kg 的三元电池提升至 282Wh/kg ，同比提升 13%；将 180Wh/kg 的铁锂电池能量密度提升

至 196Wh/kg，同比提升 9%。核心是因为电池能量密度越高，铜箔、铝箔、结构件等不提供电量的结构在重量中的占比就越高。

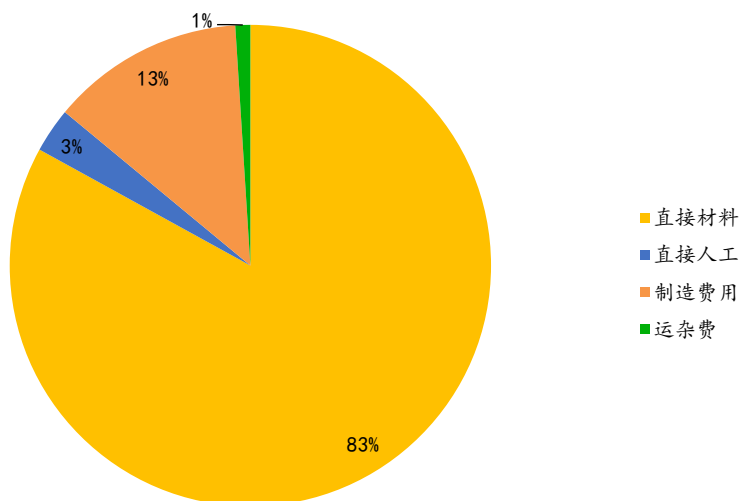
图表 15：复合铜箔减重效果

电池类型	正极	负极	能量密度 (Wh/kg)	能量密度提升
三元电池 250Wh/kg	10 μ 铝箔	6 μ 铜箔	250	0%
	10 μ 铝箔	4 μ pet+2 μ 铜	270	8%
	4 μ pet+2 μ 铝	6 μ 铜箔	260	4%
	4 μ pet+2 μ 铝	4 μ pet+2 μ 铜	282	13%
铁锂电池 180Wh/kg	10 μ 铝箔	6 μ 铜箔	180	0%
	10 μ 铝箔	4 μ pet+2 μ 铜	190	6%
	4 μ pet+2 μ 铝	6 μ 铜箔	185	3%
	4 μ pet+2 μ 铝	4 μ pet+2 μ 铜	196	9%

数据来源：华福证券研究所测算

复合铜箔理论成本远低于传统铜箔，具有较大的降本潜力。对于纯铜铜箔而言，原材料成本占比较高。在铜价 6 万元吨的条件下，传统铜箔单位成本为 3.91 元/平（不含税），其中铜的成本为 3 元/平，占比 70%以上。而 PET 铜箔可降低 2/3 铜的用量，原材料成本下降显著。根据测算，在良率为 80%的情况下，大规模 6A21 量产后 PET 铜箔成本约为 3.14 元/平，比传统铜箔（3.91 元/平）下降 0.77 元/平，后续伴随良率持续提升，成本还有持续下降的空间。

图表 16：传统铜箔成本构成占比



数据来源：华福证券研究所测算

图表 17：复合铜箔成本测算

原材料	成本 (元/m ²)	单耗 (g/m ²)	单价 (元/kg)	利用率	原材料	6μ (元/平)	利用率	单耗 (g/m ²)	成本 (万元/吨)
	1.50	24.13				3.00			5.58
基膜	0.24	6.2	35.4	92%	铜	2.88	99%	53.76	5.36
铜层	1.26	17.9	55.8	85%	辅材	0.12			0.22
折旧	成本 (元/m ² *年)	设备售价	产能	线速度	折旧	6μ (元/平*年)	投资强度 (亿/万吨)	折旧期限 (年)	折旧成本 (元/吨*年)
	0.72					0.43			
磁控溅射	0.23	1500	648	15	设备	0.38	7	10	0.7
水电镀	0.39	1000	259.2	6	厂房	0.05	1.5	15	0.1
厂房	0.10								
电费	成本 (元/m ²)	电耗	电价		电费	6μ (元/平)	电耗 (Kwh/吨)	电价 (元/Kwh)	成本 (万元/吨)
	0.6	1	0.6			0.34	7910	0.8	0.63
其他	成本 (元/m ²)	环保成本	包装+运输	人力等	其他人工 及制造	6μ (元/平)			成本 (万元/吨)
	0.23	0.05	0.1	0.08		0.13			0.25
复合铜箔成本合计	良率 100%	良率 90%	良率 80%		传统铜箔成本合计	6μ (元/平)	良率 90%	良率 80%	成本 (万元/吨)
	2.91	3.01	3.14			3.91	4.01	4.13	6.47

数据来源：华福证券研究所测算

铜价越高，复合铜箔经济性越强。在综合良率超过 65%时，复合铜箔在大部分场景下对比传统铜箔已经具备经济性。根据测算，当铜价大于 5 万/吨时，复合铜箔综合良率超过 65%即具备经济性；当铜价在 4.5 万元/吨时，复合铜箔综合良率超过 70%即具备经济性；当铜价在 4 万元/吨时，复合铜箔综合良率超过 80%即具备经济性。

图表 18：复合铜箔对比传统铜箔经济性（元/平）

		铜价（万元/吨）						
		4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
良率	60%	(0.61)	(0.49)	(0.37)	(0.25)	(0.13)	(0.01)	0.11
	65%	(0.41)	(0.28)	(0.16)	(0.03)	0.09	0.21	0.34
	70%	(0.23)	(0.10)	0.03	0.15	0.28	0.41	0.54
	75%	(0.08)	0.05	0.19	0.32	0.45	0.59	0.72
	80%	0.06	0.20	0.33	0.47	0.60	0.74	0.88
	85%	0.18	0.32	0.46	0.60	0.74	0.88	1.02
	90%	0.29	0.44	0.58	0.72	0.86	1.00	1.14

数据来源：华福证券研究所测算

2 设备工艺逐步成熟、下游加速认证

2.1 高分子材料金属化底层技术成熟，锂电领域提出更高要求

复合集流体的工艺目标是将铜层与高分子材料稳定、均匀、致密的结合，核心工艺是高分子表面金属化。高分子材料金属化是利用物理或化学手段在高分子材料表面镀上一层金属，使其表面呈现出金属的某些性质，目前主要有干法和湿法两类技术方法。干法镀膜又称为真空镀膜法，应用较多的是真空蒸镀和磁控溅射，磁控结合力强、均一度高，被应用于第一道基膜金属化，但镀厚铜生产效率较高、成本较低。蒸镀结合力弱于磁控，生产效率高于磁控；湿法镀膜分为化学镀和水电镀，化学镀优势在于能耗低、均一性高、幅宽长，但生产效率低、镀液成本高；水电镀镀铜速度快，目前被应用于两步法后道金属化基膜加厚，存在潜在环保问题。复合集流体镀铜现阶段往往选择其中一种或配合使用。

图表 19：高分子表面金属化工艺方法

类型	方法	工艺原理	优势	劣势
干法镀膜	真空蒸镀	真空环境下对金属材料进行加热，使其在短时间内蒸发，在高分子材料表面均匀沉积形成镀层	成膜方法简单、趁热效率高；膜小，膜层易脱落；只能使用纯度、致密性高；膜结构、性能独特	工艺重复性差；电子动能较低熔点金属；不能控制厚度、不适用于大规模生产；蒸镀的膜中心点厚，四周薄
	磁控溅射	真空环境通入惰性气体，通过高压直流电辉光放电的电子激发惰性气体产生等离子体，轰击金属靶材使金属离子沉积在基材上	原子动能大、与基膜结合力好；电镀层细密，均匀性好；可适应大规模工业化生产	设备结构复杂、靶材利用率低下；等离子体不稳定
	离子镀膜	镀覆利用荷能离子轰击膜层已获得较好的粘接力	解决了高分子材料在电镀时受限温度的问题；可利用高隔热金属及合金，金属涂布细密均匀	涂布速度较慢，成本较高
湿法镀膜	化学镀	在基础液中添加特定还原剂，待镀金属离子在高分子基材表面的自催化作用下还原成镀膜层的金属沉积过程	对基材材质与形状没有要求，无需提供电力；金属离子利用率高、镀层硬度高、均镀能力好	镀液循环周期短、沉积速度满、环境污染
	水电镀	利用电解是金属覆盖在基材表面，形成结构致密、均匀且与基材结合力良好的镀层	结构致密、表面平滑光亮，内应力较化学镀小，工艺成本低，使用工业化生产	以酸碱溶液侵蚀，易使基材结构、物性改变；有废水排放环保问题

数据来源：姚卫国《高分子表面金属化技术》，华福证券研究所

复合铜箔生产底层技术磁控溅射、真空蒸镀、化学沉铜、水电镀等 PCB 制造、五金镀膜等领域均有成熟应用，目前的生产工艺为其中一种或集中技术的组合，根据使用技术的数量有可以分为一步、两步、三步法。铝的导电性较差，复合铝箔主要采用真空蒸镀。

图表 20：复合铜箔、复合铝箔生产工艺

材料	工艺分类	技术路线
复合铝箔	一步法	真空蒸镀
	一步法	磁控溅射
		化学沉铜
复合铜箔	两步法	磁控溅射+水电镀
	三步法	磁控溅射+真空蒸镀+水电镀

数据来源：华福证券研究所

锂电铜箔的生产对于传统技术提出新的工艺要求。电池厂一般会对材料做物性测试和电池兼容性测试，工艺难点在于快速在膜材表面大面积、均匀镀膜，对于工艺控制能力提出极高要求。同时，基膜材料（pp）和电池体系兼容问题，也要求工艺做出更多的改进。

图表 21：动力电池测试体系

测试环节	测试项
物性测试	外观、方阻、面密度、抗拉强度、断裂伸长率、热收缩性能、抗氧化性、抗腐蚀性等
电池测试	不同电池体系中常温循环、高温循环、倍率性能、安全性、针刺等测试

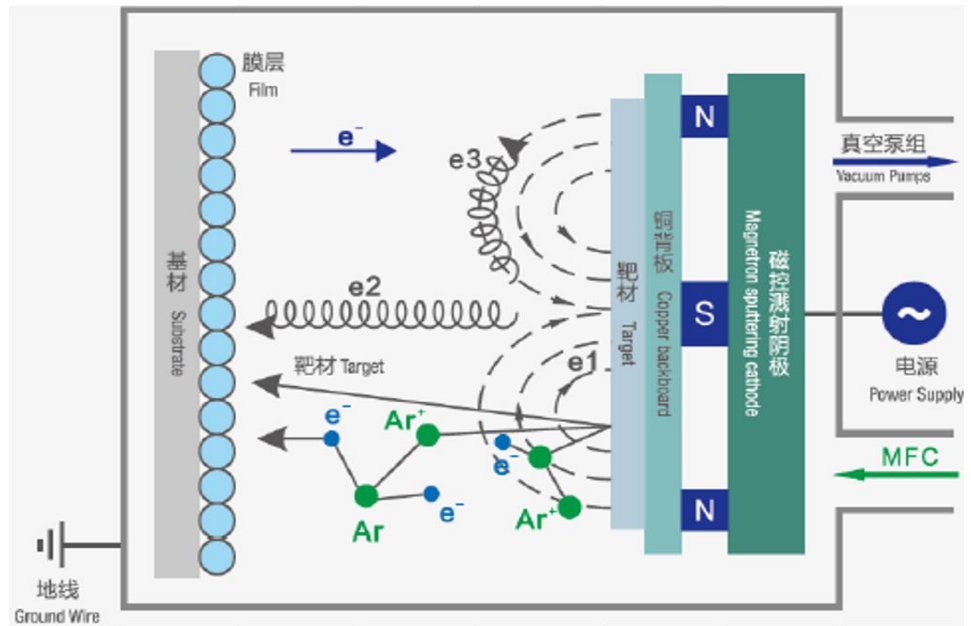
数据来源：CBEA，华福证券研究所

2.2 工艺路线：老技术新应用，复合铜箔两步法、复合铝箔一步法较成熟

2.2.1 磁控溅射：金属化打底，复合铜箔生产最核心工艺

磁控溅射广泛应用于基膜金属化打底，具有效率高、结合力强、温升低等优势。磁控溅射原理是低压气体中的辉光放电现象，在 1870 年开始应用镀膜技术，1930 年之后由于沉积效率提升而逐步开始应用于工业生产。磁控溅射设备是一个腔体，内部包含阴阳两极，其工作原理是，在阴极放置靶材、阳极放置基膜，在工作过程中将腔体内抽真空并通入氩气，在阴极和阳极中间施加千伏电压，Ar⁺在辉光放电的作用下飞向阴极轰击靶材原子，使靶材发生溅射。中性靶材金属离子沉积在阳极基材上成膜。磁控溅射具有沉积效率高、基材温升低、结合力高、可实现大面积成膜等优势，目前被广泛应用于光学、显示面板、半导体、太阳能电池等领域。

图表 22：磁控溅射设备工作原理



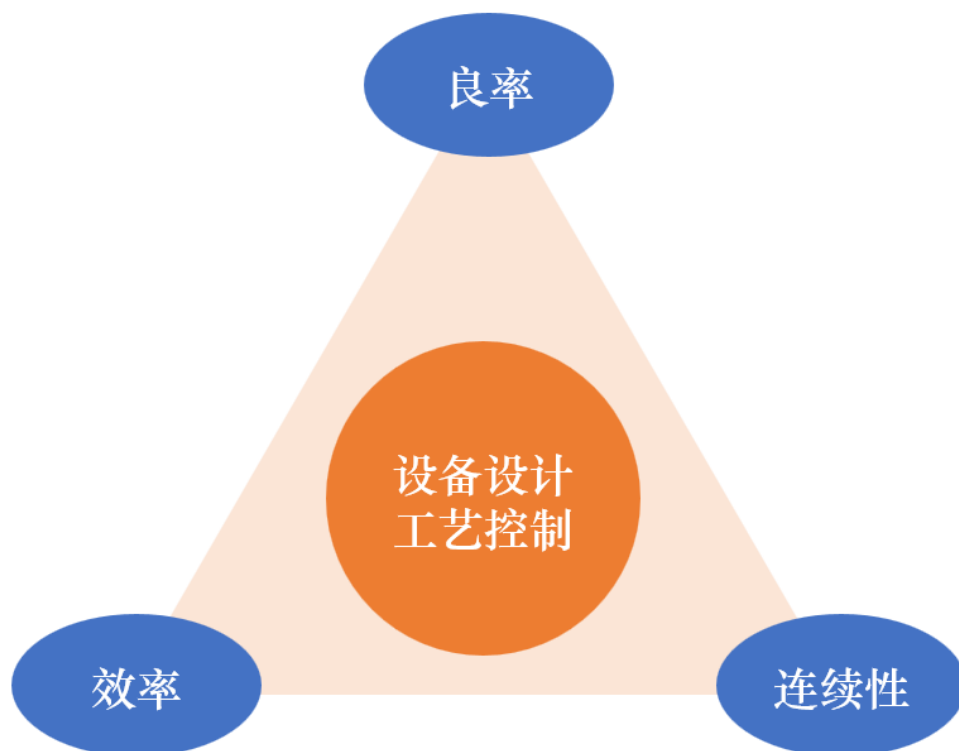
数据来源：汇成真空招股书，华福证券研究所

磁控应用于基膜金属化打底，直接决定材料关键性能。磁控溅射使用高能等离子体轰击靶材，使得表面组分以原子团或者离子的形式被溅射出来沉积在基材表面。磁控溅射温度相对较低、与基材结合力强、均一性强等特点，因此被应用于前道基膜金属化打底环节，这一环节的误差在后道铜层增厚过程会被进一步放大，直接影响材料方阻、均一性、致密度等关键指标。

磁控溅射被应用于复合铜箔生产的 1、2、3 步法。一步法主张通过磁控直接镀上双面 1 μ 厚铜，镀层质量好、不产生环境污染，但工艺难度大、成本高；两步法和三步法是将磁控作为金属化打底手段，后续通过蒸镀、水电镀等增厚铜层。

目前磁控溅射被应用于复合铜箔前道基膜金属化打底环节，对比其他领域的应用，提出了新的考验，核心在于良率、生产效率、连续性等指标之间的互斥性。一方面，复合铜箔作为电池级产品，对于大面积镀膜一致性要求较高，整卷产品不能出现厚度不均、点渍、穿孔等情况，否则会对设备长期连续、稳定运行提出了很高的要求，但长期运行磁控设备腔体内热量累计，又会影响到设备运行；另外，为降低复合铜箔生产成本，需要提高设备生产效率和运行速率，相应的需要提高运行功率，更高的能量又会对基膜造成伤害，降低产品良率，这对工艺控制又提出了更高的考验；同时，磁控溅射设备每次开关机都需要进行抽真空、腔体清洗等环节，影响产品的生产效率，但连续化生产的温升又会影响到良率。

图表 23：磁控溅射设备在复合铜箔应用各项性能指标存在矛盾



数据来源：华福证券研究所

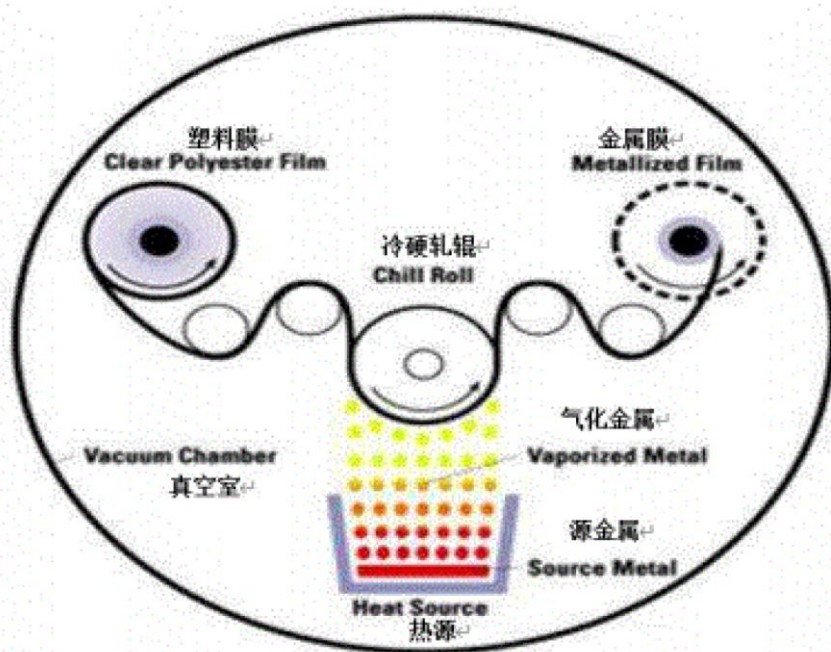
2.2.2 真空蒸镀：复合铝箔生产唯一工艺，也可用于增厚铜层

真空蒸镀是指在真空条件下将金属材料加热使之在短时间内气化，沉积在高分子材料表面形成镀层。真空镀膜目前主要用于复合铝箔的生产，沉积速度快、镀膜效率高，但蒸镀工艺金属和基膜结合力较差、温度高易引起基膜疲劳、工艺重复性差，存在良率低、电耗大、成本高的问题。

金美已经实现复合铝箔的量产。真空蒸镀是使用蒸发舟作为铝的蒸发载体向高温的蒸发舟上送入铝丝，通过电加热利用热传导的方式在 950-1000℃ 的条件下，将固态铝变成气态铝，最终沉积在基材表面。在镀膜时，为了防止膜的形变，一般会在冷却主鼓的钢辊中通入零下 20-零下 30℃ 的冷却液进行急速降温，使分子迅速凝结在膜面。复合铝箔生产核心工艺步骤有两点，首先通过真空反应镀膜在膜材表面蒸镀一层 Al₂O₃，形成致密性好、抗蚀辅助层。其次再蒸镀一层 800-1000nm 厚的金属铝，为了将铝层加厚至 1 μ，可能需要重复蒸镀 20-30 次，极易引起基膜疲劳。

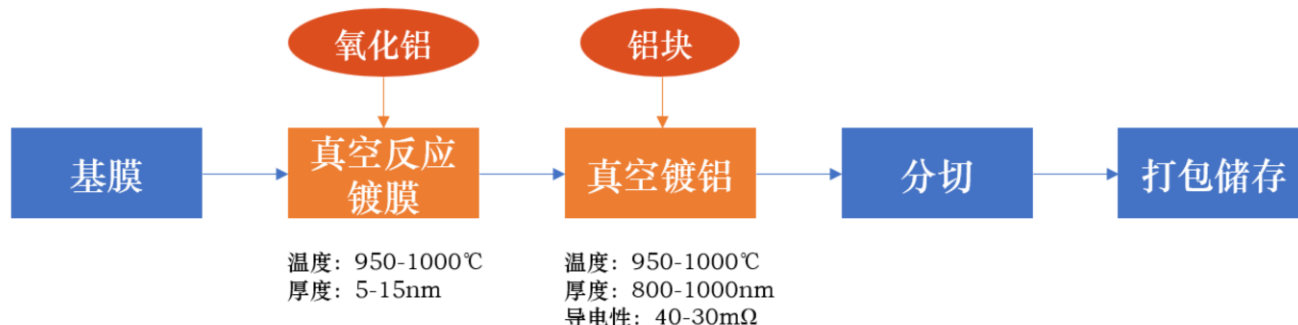
三步法复合铜箔的生产中，也会在磁控、水镀中间环节引入蒸镀工序，核心是提高生产效率、增强结合力。

图表 24：复合铝箔生产真空蒸镀设备示意图



数据来源：金美环评书，华福证券研究所

图表 25：复合铝箔生产真空蒸镀工艺流程



数据来源：金美环评书，华福证券研究所

2.2.3 化学沉铜：一步法工艺简单，现阶段成本较高

化学镀是指在基础液中加入某种特定的还原剂，使得金属离子在高分子材料表面自催化作用下还原成镀膜层的金属沉积过程。具体到铜的沉积上则是应用活化剂使基材表面吸附活性离子（一般为钯），铜离子在钯粒子上被还原形成金属铜晶核，铜晶核自身作为催化剂促进铜离子进一步沉积。反应原理为：还原(阴极)反应： $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu} + \text{L}$ ；氧化(阳极)反应： $\text{R} \rightarrow \text{O} + 2\text{e}^-$ 。

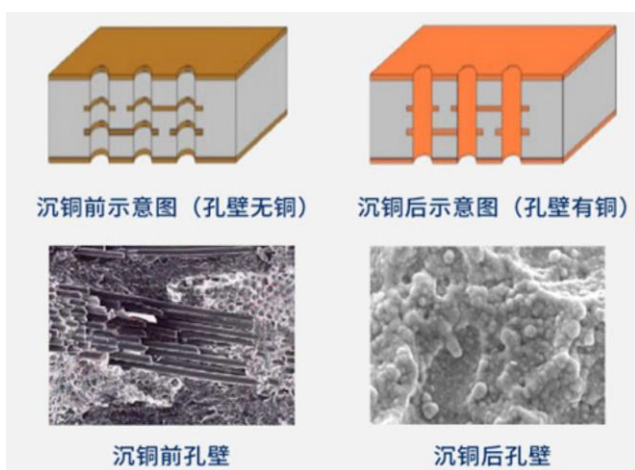
化学沉铜被广泛用于印制线路板的通孔镀中，一般工艺流程为：镀件前处理，包含去应力处理、除去镀件表面的油污；其次对表面进行粗化、活化等处理；最后进行化学镀工序。

图表 26：化学沉铜工艺流程

环节	目的
碱性除油	除去板面油污、指印、氧化物、粉尘，便于后工序中胶体钯吸附
微蚀	除去板面氧化物，粗化板面，保证后续沉铜层与基材底铜结合力，促进胶体钯吸附
预浸	保护钯槽免受前处理槽液的污染，延长使用寿命；润湿孔壁，便于后续活化液及时进入孔内
活化	带正电的孔壁吸附负电荷的胶体钯，保证后续沉铜均一、连续、致密性
解胶	去除胶体钯外层杂质、暴露钯核，使其催化启动化学沉铜反应
沉铜	通过钯核诱发自催化反应，后续沉积铜层和氢气可以持续催化，使沉铜反应不断加厚镀层

数据来源：捷多邦，华福证券研究所

图表 27：PCB 沉铜前后的对比



数据来源：IHY，华福证券研究所

图表 28：PCB 沉铜设备



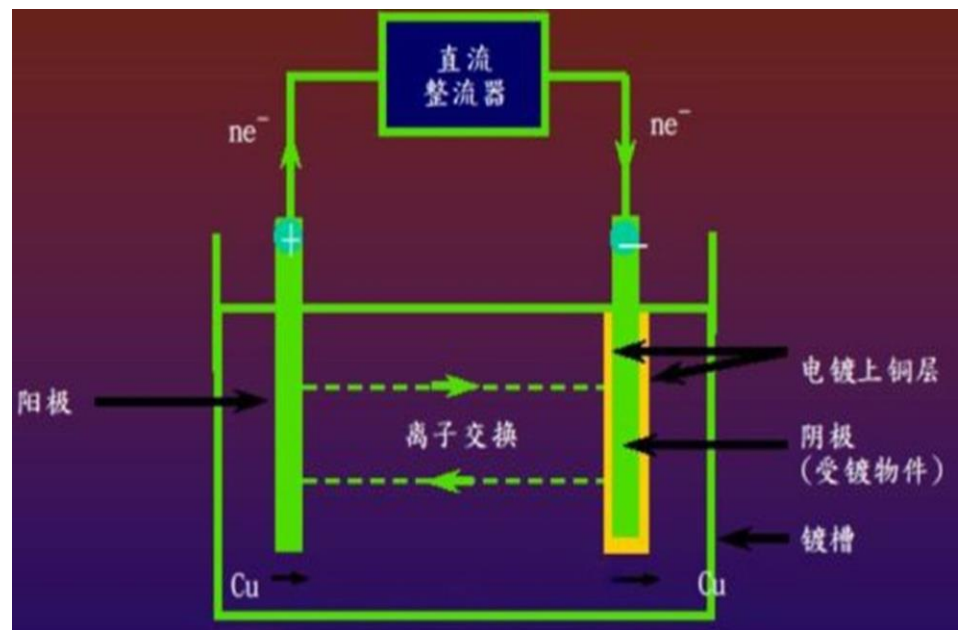
数据来源：捷多邦，华福证券研究所

三孚新科复合铜箔生产设备为“一步式”全湿法复合铜箔化学镀铜设备。三孚新科为表面工程专用化学品提供商，主要产品有电子化学品和通用电镀化学品。三孚利用自己在电镀液配方上的优势，进一步向设备领域拓展，提供设备+镀液的一体化解决方案。一步法优势在于缩短了工序，流程更加简单，降低了设备维护成本；反应温度比较低良率比较高；工艺没有边缘效应，更加适合大宽幅生产。目前化学镀一步法配方中存在贵金属钯，因此成本较高，同时铜层沉积速度较慢。

2.2.4 水电镀：增厚铜层手段之一，目前工艺最成熟、成本最低

水电镀以镀层金属或不溶性材料做阳极，待镀工件做阴极，镀层金属离子溶液为电镀液；通电后，金属离子在阴极得电子还原成金属沉积在阴极表层，从而形成结构致密、均匀，且与基材表面结合力良好的金属镀层。通过电镀法得到的金属镀层表面致密光滑，内应力较化学镀小，工艺制造成本低，适用于工业化生产。

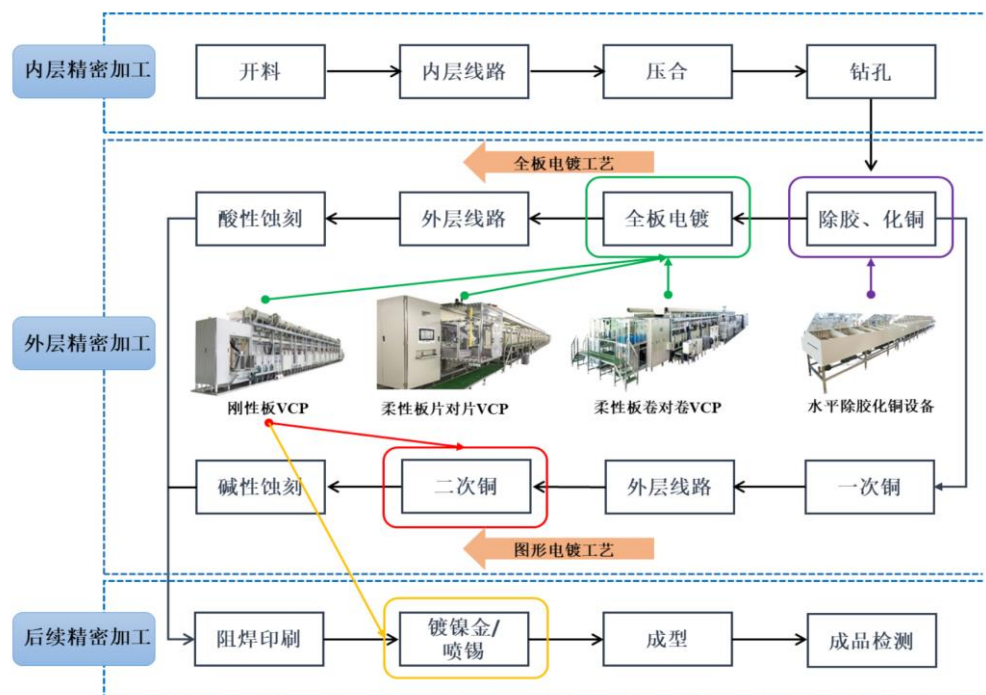
图表 29：电镀工艺原理



数据来源：锂电产业通，华福证券研究所

水电镀可应用于镀铬锌铜镍等，被广泛应用于 PCB 电镀。外层精密加工环节的全板电镀或图形电镀工艺的二次铜、包括后续精密加工的镀镍金或喷锡等表面处理均需要 VCP 设备的参与。

图表 30：电镀设备在 PCB 领域的应用



数据来源：东威科技招股书，华福证券研究所

水电镀被用于复合铜箔金属化后铜层的增厚。水电镀是复合集流体两步法第二道生产环节重要工艺，以纯铜为阳极，膜面金属层作为阴极，膜面在药剂槽下辊之间

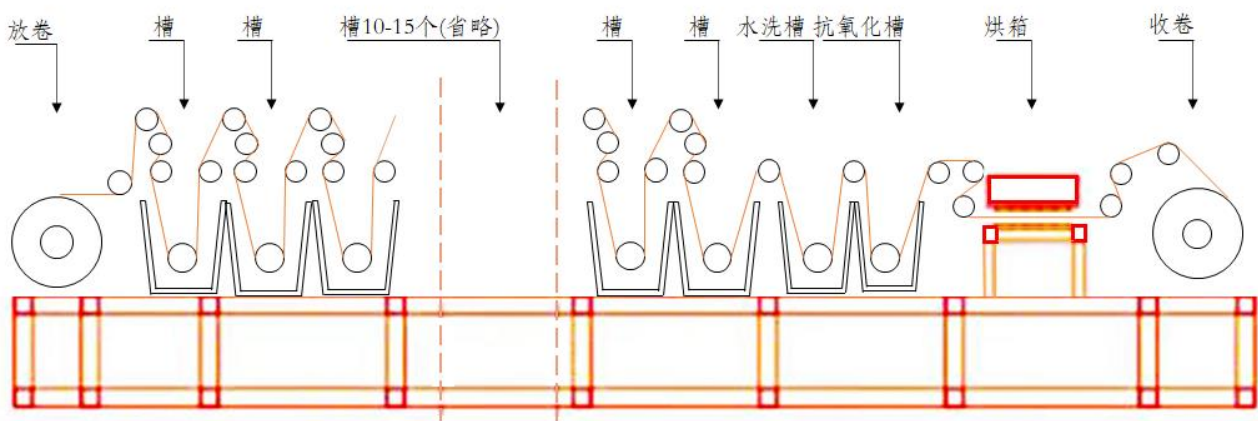
穿行，铜离子在膜面得到电子沉积为纯铜。这一道工序将膜的厚度从几十纳米进一步加厚到 1μ 。本道工艺的核心难点在于镀膜的均一性、金属层和膜的结合力。东威双边夹卷式水平连续镀膜设备解决了传统滚轮式送电对膜的擦伤影响良率的问题，单机设备良品率达 90%。

图表 31：东威科技双边夹卷式水平连续镀膜设备



数据来源：东威科技官网，华福证券研究所

图表 32：复合铜箔水电镀工艺



数据来源：金美环评书，华福证券研究所

2.3 工艺总结：老技术新应用，两步法较为成熟

复合铜箔工艺路线一步法、两步法、三步法，两步法是现阶段最有可能实现量产的路线。综合来看，一步法是利用真空蒸镀、磁控溅射、化学镀等方式直接在高分子材料表面镀上 $1\mu\text{m}$ 金属层，特点在于现阶段生产效率较低、成本较高，这三种方式内部比较来看，蒸镀生产效率相对较高，但温度较高、生产过程中膜易疲劳造成不良，并且金属与高分子材料附着性一般；磁控溅射耗电量大、成本中等；化学镀现阶段成本较高，降本还需要设备和配方端进一步的突破。两步法是使用一步法工艺先将薄膜镀上几十纳米厚的铜层进行金属化，然后利用水电镀将铜层增厚至 $1\mu\text{m}$ 。目前最成熟、最适合量产的工艺路线是磁控溅射+水电镀，现阶段成本可以达到 3 元/平左右。

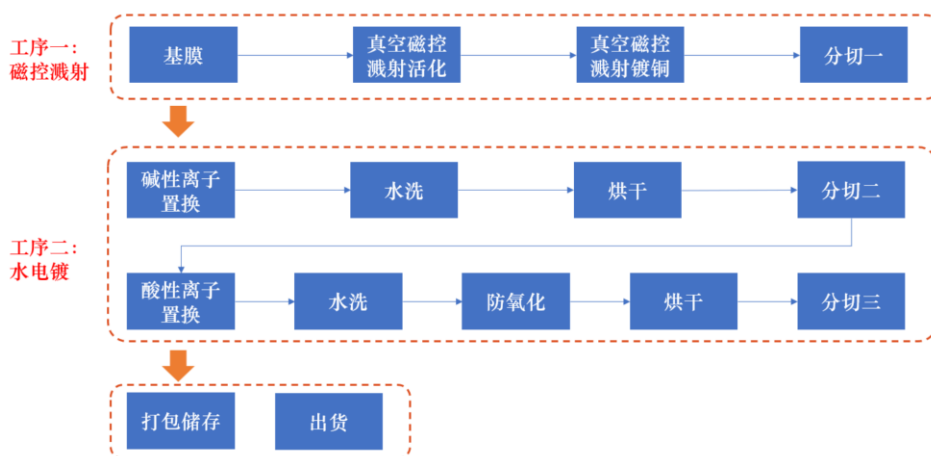
三步法则是在磁控溅射和水电镀中间环节增加真空蒸镀，这一步骤核心是想解决铜离子在 PP 表面附着力较差的问题，但量产的良率与效率仍待研究。

图表 33：复合铜箔水电镀工艺

材料	工艺分类	技术路线	评价	代表企业
复合铝箔	一步法	真空蒸镀	复合铝箔生产唯一技术路线，但存在镀膜温度极高，只能采用短时多次的方式，需要蒸镀 20-30 次，容易造成基膜碳化鼓包，生产效率低、良率低；电耗大、成本高	金美新材料
		磁控溅射	长时间运作腔体内累计温度较高，设备要求高，电耗大、电费、靶材成本高	磁控设备企业推进：道森股份、振华真空
		化学沉铜	镀膜均一性低；沉铜速率慢，生产效率低；药水成本高；药水中含污染物，环评压力大，产能扩张慢	三孚新科、智动力
复合铜箔	两步法	磁控溅射+水电镀	技术成熟、成本适中，目前行业领先企业的良率可以达到 80%，量产后可做到 3 块出头	大部分材料企业：宝明科技、胜利精密、英联股份、元琛科技、阿石创
		磁控溅射+真空蒸镀+水电镀	蒸镀温度在 2000℃ 左右，膜材容易热失效；工序复杂、工艺控制要求极高、良率低；难以大规模量产	金美新材料，蒸镀环节主要为了解决 pp 材料结合力差的问题
	三步法	磁控溅射+真空蒸镀+水电镀		

数据来源：公司公告、新闻总结，华福证券研究所

图表 34：复合铜箔两步制备工艺



数据来源：金美环评书，华福证券研究所

2.4 材料端：基材是复合集流体的地基，主要有 PET、PP 两种路线

基材是复合集流体的地基，直接影响材料一致性。在复合集流体生产中，金属层直接附着在基膜上，基膜的分子结构、强度、平整度、厚薄均匀、延展性等技术指标，直接影响着复合箔材的性能。均一性和平整度是对基膜最基础的性能，同时还需要具

备一定的耐热性，承受磁控等加工过程中的产热；另外，基膜还需要同时具备柔韧性和机械强度，后续电池生产过程中，复合集流体需要涂布活性材料并且辊压，需要一定的机械强度防止破损翘边，同时在后续辊压过程中，基膜会发生延展需要较好的柔韧性防止断裂。

复合集流体基膜有三大难点：1) 控制材料形变程度：高分子薄膜厚度极小，材料张力控制难，收卷时容易形变；**2) 控制材料热收缩：**真空蒸馏使基材受到热影响，需要精密控制热收缩率；**3) 表面处理对于后续加工较为关键。**

目前行业主流材料有 PET 和 PP 两种，PET 材料加工简单，现阶段被广泛采用。从材料的力学性能看，PET 在拉伸强度、断裂伸长率、杨氏模量等指标上均优于 PP 材料，并且对于金属离子的结合力更强。因此 PET 基膜更加易于后续的磁控溅射和水电镀加工，成为目前企业量产的主要选择。电池加工过程中，少量结晶水难以避免，和电解液反应生产会生成氢氟酸，而 PET 材料不耐强酸强碱。PP 材料相对柔软，加工性能相对较差、与金属离子结合力较弱，现阶段量产难度略高。但 PP 材料具备密度较低、成本低、耐强酸强碱等优势，随着后续工艺成熟，有较大应用潜力。

图表 35：高分子材料性能对比

指标		单位	PET	PP
密度		g/cm ³	1.4	0.9
拉伸强度	纵向	N/mm ²	200	150
	横向	N/mm ²	200	250
断裂伸长率	纵向	%	100	150
	横向	%	100	50
杨氏模量	纵向	N/mm ²	4500	2500
	横向	N/mm ²	4500	4500
熔点		°C	260	166
热缩性能	纵向	%	1-3% (150°C)	3-5% (120°C)
	横向	%	0-2 (150°C)	0-2% (120°C)
耐酸碱性能		-	耐弱酸弱碱	耐强酸强碱

数据来源：researchgate，华福证券研究所

3 2023 年有望成为行业量产元年，远期空间近 2000 亿元

3.1 需求预测：0-1 的赛道，预计 2030 年市场空间千亿级别

3.1.1 复合铜箔将迎来快速渗透，2025 年空间超 300 亿元

电池出货量层面：在全球碳中和的大趋势下，我们认为交通领域及能源领域的低碳化将推动新能源车和光配配储渗透率不断提升。我们预计 2025、2030 年全球新能源车需求 2523、5237 万辆，对应动力电池出货 1779、4390GWh；储能电池出货量 420、1352GWh。

复合集流体渗透率：复合铜箔安全性、成本优于传统铜箔，我们预计在产品、技术成熟之后将会大规模推广应用、替代传统铜箔。另外，复合铜箔电阻略高于传

统铜箔，在 4-5C 快充领域相对受限。我们假设 2030 年 4-5C 快充应用在 25% 左右，则复合铜箔在动力领域渗透率为 75%；储能对成本和循环寿命敏感度高，对于快充要求不高，我们预计复合铜箔在 2030 年渗透率 100%；消费电池对于安全性和循环性能要求略低于动力，理论上复合铜箔可以实现 100% 替代。复合铝箔具有安全性和减薄的优势，但成本相对较高、降本空间有限，我们预计主要在高端动力及对空间利用率要求高的消费领域使用。预计 2025、2030 年复合铝箔在动力领域的渗透率为 7%、25%，在消费领域的渗透率为 25%、50%。

复合集流体需求：单 GWh 电池对应复合集流体需求约为 1000 万平，我们预测 2025、2030 年复合铜箔的需求分别为 64、504 亿平，2023-2025 年复合增速为 360%、2025-2030 年复合增速为 51%。2025、2030 年复合铝箔的需求分别为 16.8、130 亿平，2023-2025 年复合增速为 393%、2025-2030 年复合增速为 50%。

图表 36：复合铜箔&铝箔市场空间

应用	指标	单位	2022E	2023E	2024E	2025E	2026E	2027E	2028E	2029E	2030E
动力 电池	出货量	GWh	743	972	1,337	1,779	2,313	2,891	3,470	3,990	4,390
	—yoy	%	34%	31%	38%	33%	30%	25%	20%	15%	10%
	复合铜箔渗透率	%	0.1%	1.5%	10%	20%	40%	55%	65%	70%	75%
	复合铜箔需求	亿平	0.1	1.5	13	36	93	159	226	279	329
	复合铝箔渗透率	%	0.03%	1%	3%	7%	13%	18%	22%	23%	25%
	复合铝箔需求	亿平	0.02	0.5	4	12	31	53	75	93	110
电力 储能	出货量	GWh	168	235	318	420	588	794	1,032	1,198	1,352
	—yoy	%	161%	39%	35%	32%	40%	35%	30%	16%	13%
	复合铜箔渗透率	%	0.5%	5%	25%	45%	60%	85%	90%	95%	100%
	复合铜箔需求	亿平	0.08	1	8	19	35	67	93	114	135
消费 锂电	出货量	GWh	114.1	136.9	164.3	197.2	236.6	279.2	321.1	367.0	396.6
	—yoy	%	-10%	20%	20%	20%	20%	18%	15%	14%	8%
	复合铜箔渗透率	%	0.3%	3%	30%	50%	65%	75%	85%	95%	100%
	复合铜箔需求	亿平	0.03	0.4	4.9	9.9	15.4	20.9	27.3	34.9	39.7
	复合铝箔渗透率	%	0.2%	2%	15%	25%	33%	38%	43%	48%	50%
	复合铝箔需求	亿平	0.02	0.2	2.5	4.9	7.7	10.5	13.6	17.4	19.8
合计	出货量	GWh	1,025	1,344	1,819	2,397	3,138	3,965	4,823	5,555	6,138
	复合铜箔渗透率	%	0.2%	2%	14%	27%	46%	62%	72%	77%	82%
	复合铜箔需求	亿平	0.2	3.0	26.3	64.4	143	247	346	428	504
	—yoy	%		1479%	763%	145%	123%	73%	40%	24%	18%
	复合铝箔渗透率	%	0.04%	0.5%	3.8%	7.0%	12.3%	16.0%	18.4%	19.9%	21.1%
	复合铝箔需求	亿平	0.04	0.7	6.9	16.8	39	63	89	111	130
	—yoy	%		1575%	936%	141%	122%	63%	35%	20%	16%

数据来源：华福证券研究所

复合铜箔对比传统铜箔可以提高安全性和能量密度，在新产品推广应用的初期，可以享受一定的技术溢价。我们预计复合铜箔 2023、2024、2025 年价格分别为 7、6.5、5.3 元/平，2030 年复合铜箔渗透率达到 82%，产品盈利回归合理水平，预计单平价格将会低于传统铜箔，在 4.3 元/平。对应的，复合铜箔 2025 年、2030 年市场空间分别为 341 亿元、2148 亿元。

图表 37：复合铜箔市场空间

指标	单位	2023E	2024E	2025E	2030E
复合铜箔渗透率	%	2%	14%	27%	82%
电解铜价格	万元/吨	7.0	6.5	5.5	5.5
传统铜箔价格(含税)	元/平	5.9	5.5	4.8	4.6
复合铜箔价格(含税)	元/平	7.0	6.5	5.3	4.3
复合铜箔市场空间	亿元	21	171	341	2,148

数据来源：华福证券研究所

3.1.2 磁控、水电镀、滚焊设备需求有望爆发，子赛道 2025 年空间均近百亿

我们假设现阶段磁控溅射设备线速度约 12m/min，对应年产能 475 万平，售价约为 1500 万元；水电镀设备线速度为 6m/min，对应年产能 238 万平，售价约为 1000 万元。我们预计伴随着设备与工艺持续进步，设备线速度将会持续提升，单 GWh 设备投资将会持续下降，我们预计 2025、2030 年单 GWh 电池对应磁控溅射设备投资约为 2470、1500 万元，水电镀设备投资约为 3000、2000 万元。

图表 38：设备需求关键假设

设备	指标	单位	2022E	2023E	2024E	2025E	2026E	2027E	2028E	2029E	2030E
磁控设备	线速度	m/min	12	13	15	16	18	20	22	24	25
	年产能	万平	475	515	594	634	713	792	871	950	990
	单 GWh 设备需求	台	2.1	1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.1	1.1	1.0
	单 GWh 设备投资	万元	3,157	3,080	2,650	2,470	2,180	1,950	1,750	1,600	1,500
	单台售价	万元	1,500	1,586	1,574	1,565	1,554	1,544	1,525	1,521	1,485
水电镀设备	线速度	m/min	6	8	10	12	13	13.5	14	14.5	15
	年产能	万平	238	317	396	475	515	535	554	574	594
	单 GWh 设备需求	台	4.2	3.2	2.5	2.1	1.9	1.9	1.8	1.7	1.7
	单 GWh 设备投资	万元	4,209	3,500	3,200	3,000	2,800	2,600	2,400	2,200	2,000
	单台售价	万元	1,000	1,109	1,267	1,426	1,441	1,390	1,331	1,263	1,188

数据来源：华福证券研究所

我们预计磁控溅射及水电镀设备市场需求 2024 年将迎来爆发式增长，磁控溅射设备当年新增需求 383 台，水电镀设备新增需求 567 台。2027 年磁控溅射设备当年需求 1116 台，对应空间 172 亿元；水电镀设备 1847 台，对应空间 257 亿元。

图表 39：磁控&水电镀市场空间测算

市场需求	指标	单位	2022E	2023E	2024E	2025E	2026E	2027E	2028E	2029E	2030E
复合铜箔需求	电池出货量	GWh	1,025	1,344	1,819	2,397	3,138	3,965	4,823	5,555	6,138
	复合铜箔渗透率	%	0.2%	2%	14%	27%	46%	62%	72%	77%	82%
	复合铜箔需求	亿平	0.19	3	26	64	143	247	346	428	504
磁控溅射设备市场空间	存量需求	台	4.1	59	442	1,016	2,009	3,125	3,969	4,503	5,091
	当年新增需求	台	4	55	383	574	993	1,116	844	534	589
	当年新增规模	亿元	0.6	8.7	60.3	89.8	154.4	172.3	128.7	81.2	87.4
水电镀设备市场空间	存量需求	台	8	96	663	1,354	2,782	4,629	6,236	7,453	8,486
	当年新增需求	台	8	88	567	691	1,427	1,847	1,607	1,217	1,033
	当年新增规模	亿元	0.8	9.8	71.8	98.6	205.8	256.8	213.8	153.7	122.7

数据来源：华福证券研究所

相比起传统集流体，复合集流体需要额外焊接箔材，催生超声波滚焊设备需求。超声波滚焊单元价值量在 300 万元/台，单 GWh 复合铜箔或铝箔需要 4 台滚焊单元，则每亿平复合集流体对应滚焊单元价值量在 1.2 亿元，对应百亿的市场空间。

图表 40：超声波镀膜设备市场空间

设备	单位	2022E	2023E	2024E	2025E	2026E	2027E	2028E	2029E	2030E
复合集流体合计	亿平	0.2	3.7	33.2	81.1	181.7	311.0	434.6	538.5	633.6
设备存量需求	台	9	149	1,327	3,246	7,269	12,438	17,383	21,539	25,345
当年新增需求	台	9	140	1,178	1,919	4,024	5,169	4,944	4,157	3,806
当年新增市场空间	亿元	0.3	4	35	58	121	155	148	125	114

数据来源：华福证券研究所

3.2 产业进入送样测试加速期，2023 年有望成为量产元年

复合集流体行业快速推进，2023 年有望成为量产元年。复合集流体行业的发展可以分为三个阶段：1) 2017-2022H1 为行业研发阶段，设备、工艺待定型，行业参与者较少。复合集流体概念最初诞生于某头部电池企业，其应用面临材料生产、电池极耳转印焊两方面问题。骄成超声在 2017 年研发了超声波滚焊设备，解决了复合集流体极耳焊接的问题；金美早期即开展复合集流体的研发、生产，2018 年其复合集流体产品已实现欧洲车企高镍三元车型的装车使用；材料本身优越性已经得到验证，但由于设备、工艺端的不成熟，良率、生产效率成为限制复合集流体量产的瓶颈。2) 2022H2 至今，设备成熟、工艺定型，多名玩家入局，进入送样验证阶段。两步法设备逐步完善，工艺定型。2022 年 7 月宝明科技率先宣布扩产，胜利精密、纳力新材料、元琛科技等企业宣布入局，开始设备购置及送样。大部分企业有望在 2023 年走完电池物性测试及循环测试流程。3) 2023 年行业将进入量产应用阶段，宝明科技赣州基地一期有望在 2023Q2 投产。公司送样测试结果反馈积极，在具备规模化供应能力后，有望获得下游客户订单，补齐量产应用最后一环。而其他企业在推进送样的同时，也在积极进行产能准备，测试送样通过之后有望快速量产。

图表 41：各家复合集流体进展情况及规划

公司名称	传统主业	产能/进度	企业进度&规划
诺德股份	电解铜箔	进展情况	技术交流阶段，中试线设备选型下定
嘉元科技	电解铜箔	进展情况	技术交流阶段，中试设备选型下定，根据生产调试进度安排客户送样
道森股份	铜箔设备制造	进展情况	公司真空磁控溅射一体机通过实验测试，双面镀铜 1 微米的设计生产速度为 10 米/min，预计 2023Q1 量产交付
中一科技	电解铜箔	产能规划	武汉设立全资子公司中一新材料，采用两步法工艺先期建设 500 万平产能
双星新材	BOPET 薄膜龙头	进展情况	送样验证阶段，首条线已完成安装调试开始市场对接，近期新一批产品送样验证；签订一期设备合同，2023 年 5 月底陆续进场安装调试
东材科技	绝缘材料、光学膜等	进展情况	技术交流阶段，拥有 3 条 PP 膜产线，在建 2 条，最薄可以生产 2.5μPP 膜
元琛科技	过滤材料、脱硝催化剂	进展情况	送样验证阶段，2022 年 12 月底产品生产下线，与东威科技签订框架协议采购 2.5 代水电镀设备
宝明科技	LED 背光源、触摸屏	产能规划	赣州投资 60 亿元，一、二期 11.5、48.5 亿元；一期 1.5 亿平计划 2023Q2 量产；马鞍山基地投资 62 亿元，项目分两期建设
金美新材料	复合集流体	产能规划	送样验证下游反馈良好，与东威签订 2.13 亿元设备订单，预计 2023Q2 量产
阿石创	PVD 镀膜靶材	产能规划	重庆金美一期产能 3.5 亿平，2、3 期重庆綦江预计 6 亿平产能，规划 2025 年产值 100 亿元，预计对应产能 20 亿平
英联股份	金属易拉盖	进展情况	目前已经完成设备的选型和下定工作。10 月 27 日与腾胜科技和东威科技签署协议
三孚新科	PCB 表面化学品	进展情况	技术交流阶段，完成设备选型下定，水镀线到场安装
胜利精密	消费电子精密制造	产能规划	高邮基地投资 30.89 亿元溅射 100 条复合铜箔、10 条复合铝箔产线
纳力新材料	复合集流体	进展情况	设备、药水研发、改进过程中，与智动力签订战略合作框架协议
		产能规划	公司总投资 56 亿元，投资建设 115 条复合铜箔产线和 2 条 3A 光学膜产线，2022-2025 年底累计完成固定资产投资 5、15、28、37 亿元
		进展情况	送样验证阶段，与东威合作开发新一代水电镀设备
		产能规划	二期总投资约 112 亿元，将分三批建设，预计达产后收入 200 亿
		产能规划	江阴纳力年产 2.2 亿平米新型复合铜箔铝箔项目在盐城建湖签约

数据来源：公司公告、新闻整理，华福证券研究所

4 投资机会

4.1 产业链

复合集流体产业链可以分为上游设备和原材料、中游制造、下游电池。

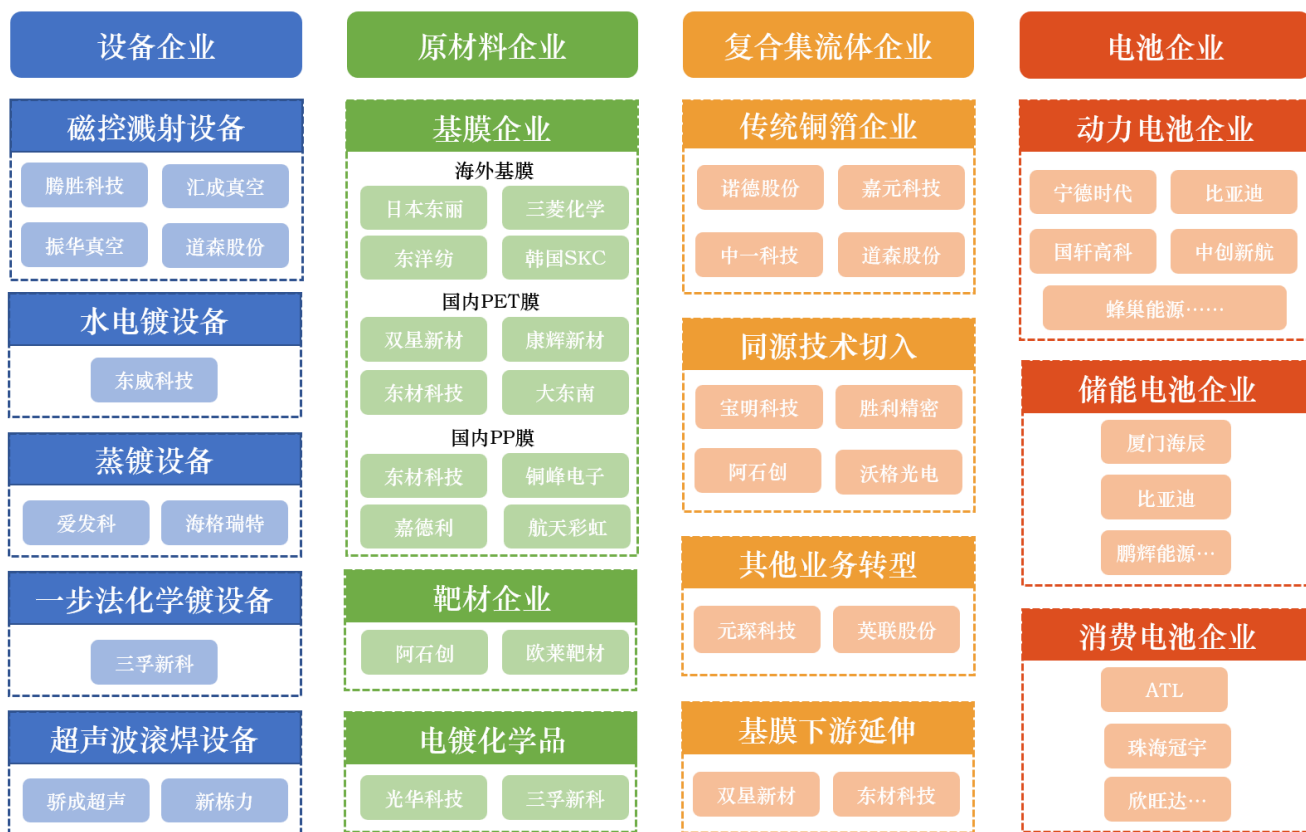
设备端，磁控溅射设备目前以国产为主，腾胜科技、汇成真空等已经有量产设备出货，道森预计在 2023Q2 推出一部法设备；目前东威科技能批量供应水电镀设备，在手订单金额约 20 亿元；使用蒸镀工艺的企业相对较少，海外爱发科设备实力较强，金美采用海格瑞特设备；三孚新科独创了一部法的工艺路线，并收购设备企业明毅电子，完善一部法设备+耗材的布局；复合集流体极耳转印焊环节需要新增超声波滚焊设备，目前骄成超声较为领先，焊接速度可以实现 80m/min。

原材料环节，目前国内国外基膜均有使用，双星新材可以实现自给，降低 50% 基膜成本的同时，可以通过膜层面的改性提高后道生产的良率；磁控溅射靶材目前供应企业有阿石创、欧莱靶材等；电镀化学品，光华科技自主研发生产氧化铜粉、硫酸铜，品质达到国际领先水平，其水镀 SP 系列镀铜光剂应用于水镀增厚铜层环节，在较宽电流密度范围内均具有优异的镀层厚度一致性。三孚新科自研一步法镀铜液，第一代由于含有贵金属钯成本较高，第二代配方有望使用更便宜的金属替代，降低成本。

复合集流体制造端，目前入局的玩家可以分为传统铜箔企业、同源技术切入、其他业务转型、基膜下游延伸等类型。传统铜箔玩家优势在于对于锂电环节标准熟悉，下游客户资源丰富；同源技术迁移有宝明科技、胜利精密、阿石创等，对磁控溅射工艺、技术有一定积累，在复合铜箔领域具备一定的先发优势；基膜企业可以实现基膜自给，从源头改善膜材性能，提高后道工序良率并降低成本。

下游电池端，复合集流体可以应用动力、消费、储能电池。

图表 42：复合集流体产业链



数据来源：华福证券研究所

4.2 公司梳理

东威科技：PCB 电镀设备龙头，率先受益于复合铜箔量产

公司成立于 2001 年，成立之初便专注于 PCB 电镀设备研发制造。公司主要产品包括应用于 PCB 电镀领域的垂直连续电镀设备、水平式表面处理设备，应用于五金表面处理专用设备的龙门式电镀设备、五金连续电镀设备等。公司在业内率先实现

VCP 电镀设备设计标准化与规模化，电镀均一性、贯孔率等指标由于行业水准，市占率超过 30%。

公司可以批量生产双边夹卷式水电镀设备，充分收益复合铜箔产业化推进。公司在电镀设备领域积累深厚，成功研发了国内首台用于复合铜箔的后道镀铜设备，生产良率可以达到 90% 以上。截至 2022 年 11 月，公司公告在手订单（含框架协议）规模接近 20 亿元。另外，公司在 2022 年 12 月成功实现首台磁控溅射设备出货，未来有望实现“磁控+水镀”一体化产线交付。

图表 43：公司水电镀设备意向订单&框架协议情况

客户名称	公告日期	金额 (亿元)	主要内容
胜利精密	2022/12/9	-	以 2023 上半年 10 台、下半年 30 台订单锁定新型高速高效水平夹持式电镀设备产能
客户 L	2022/9/21	10	2024 年底前交付完成
宝明科技	2022/8/30	2.13	2023 年 4 月底前交付完成
客户 D	2022/8/27	5	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。

数据来源：公司公告，华福证券研究所

另外，公司还推出了第三代光伏垂直电镀设备，设备速度可到 8000 片，相较于上一代产品速度提升 20 倍，硅片厚度能够满足 110-180 μm 、电镀均匀性 $R \leq 10\%$ 、破片率 $< 1\%$ 。公司已经与国电投签署了框架协议，2023 年有望迎来光伏电镀铜元年。

骄成超声：超声波设备龙头，滚焊设备核心供应商

骄成超声成立于 2007 年，自成立之初便专注于功率超声领域，公司主要产品可以分为超声波裁切与超声波焊接两块，具体包括动力电池超声波焊接设备、汽车轮胎超声波裁切设备、其他领域超声波焊接设备、动力电池制造自动化系统、检测及其他设备、配件等。

超声波金属焊接具有温度低、电阻低、时间短等特点，被广泛应用于动力电池多层极耳焊接。公司是国内少有的可以与国际高端超声波工业设备厂商进行竞争的企业，动力领域下游客户包括宁德时代、比亚迪、中创新航、国轩高科、蜂巢能源、亿纬锂能等一线电池厂商，今年在宁德供应链中占比超过 50%。

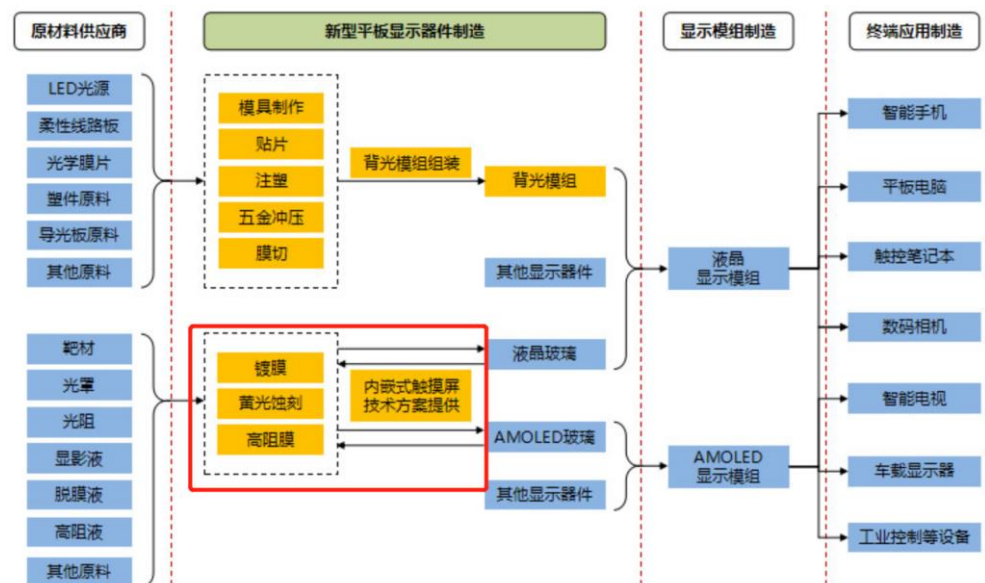
超声波滚焊设备独供宁德时代。复合集流体对比传统集流体新增极耳转印焊工序，对于超声波焊接设备效率提出了更高的要求。公司自主研发的超声波滚焊设备能够实现复合集流体与箔材之间的高速焊接，速率能实现 80m/min。单 GWh 滚焊设备设备投资是传统点焊设备 3 倍，公司斩获宁德时代 2024 年底前独供协议。复合铜箔量产应用将为公司带来巨大的弹性。

宝明科技：复合铜箔性能、产能领先行业，龙头之势隐现

公司成立于 2006 年，2020 年在深交所上市。公司传统主业为 LED/CCFL 背光源及触摸屏深加工，应用于智能手机、平板电脑、车载显示器等领域。伴随智能手机进入存量市场，公司加大中大尺寸车载显示、MiniLED 背光源研发和市场推广力度。

ITO 镀膜与复合铜箔生产技术共通，公司产品性能、产能规划领先。公司电容式触摸屏加工业务利用镀膜和黄光蚀刻等工艺使不带触控功能的液晶玻璃或 AMOLED 封装玻璃形成具有触控功能的显示触控一体化面板。玻璃基板镀膜使用磁控溅射工艺，与目前复合铜箔金属化打底工艺技术同源。公司复合铜箔样品已经对全球领先的电池企业进行送样，产品性能获得下游客户认可。公司进行了积极的产能规划。2022 年 7 月发布公告，在赣州投资 60 亿元建设复合铜箔生产基地，预计产能 8 亿平，项目分两期建设，一期 1.5 亿平预计 2023Q2 达产。另外，公司 2023 年 1 月发布公告，计划总投资 62 亿元在马鞍山溅射生产基地，预计产能与赣州规模相近，公司已规划产能 16 亿平。

图表 44：宝明传统业务技术同源



数据来源：公司公告，华福证券研究所

胜利精密：传统业务赋能复合铜箔，公司重新启航

公司成立于 2003 年，2010 年深交所上市。公司初期主要从事 TV 结构件加工，通过一系列收购，逐步将业务拓展到笔记本、手机领域精密精密结构件加工。2019 年以来，胜利精密进行战略转型，聚焦消费电子同时，开启汽车中控玻璃、镁合金压铸等第二成长曲线。

传统业务赋能复合铜箔。公司传统主业具备隔膜生产和 PVD 镀膜相关生产经验，一方面，对于基膜性能以及生产过程中的展平、张力控制有深入理解；另外，复合铜箔生产核心工艺为磁控溅射，公司前期中控玻璃盖板类产品涉及磁控溅射工序，

具备关键环节设备能力和工艺能力的经验积累。凭借前期在技术与工艺上的积累，公司在较短时间内完成了产线调试和样品生产工作，将技术积累进一步转化为产业化初期进度上的先发优势。

公司复合产品送样测试中，积极进行产能准备。根据公司公告，公司拟以公司全资子公司安徽飞拓为单位，在安徽舒城建立生产基地投建 2 条 3A 光学膜生产线和 115 条复合铜箔生产线，对应 3A 光学膜产能 85 万平，复合铜箔产能 12 亿平。项目累计投资金额 56 亿元，分两期进行，一期 8.5 亿元、二期 47.5 亿元。投资节奏为 2022 年底前完成固定资产投资 5 亿元，2023 年底完成 15 亿元，2024 年底完成 28 亿元，2025 年底完成 37 亿元。根据公司最新公告，现阶段单产线月产能在 40 万平，年化约 500 万平；预计 2023 年中月产能 1300-1500 万平，年化约 1.5 亿平到 2023 年底月产能 4500 万平，年化 5 亿平。

阿石创：PVD 镀膜材料供应商，对磁控工艺理解深刻

阿石创成立于 2002 年，于 2017 年上市。公司专业从事 PVD 镀膜材料，包括溅射靶材和蒸镀材料，是国内设备最全、技术最先进、产品多元化的龙头企业之一。公司自主研发 200 多款高端镀膜材料，覆盖新型显示、光学光通讯、太阳能光伏、半导体等多个领域。

凭借在 PVD 领域积累的深厚经验，公司布局复合铜箔。2022 年 10 月，公司与腾胜科技和东威科技签署了复合铜箔设备装备协议，完成了设备的下定选型。公司目前持续与下游电池厂商进行技术交流，复合铜箔设备预计 3 月到场安装，1 个月调试完成之后可以正式开始送样。

双星新材：PET 基膜龙头企业，下游拓展复合铜箔业务

双星新材成立于 1997 年，于 2011 年在深交所上市。公司专注于 BOPET 行业近 20 年，主要生产聚酯功能膜材料、光学材料、新能源材料、信息材料、节能窗膜材料、热收缩材料，成长为全球行业龙头。

PET 铜箔项目 2020 年开始在公司内部立项，经过 2 年的开发，公司已经完成了磁控+水电镀设备的安装调试，样品送样测试中。公司对于膜材理解深刻，自主研发改性 PET 基膜材料，节约成本的同时可以提高后道箔材的良率。目前公司已有 5 台磁控溅射设备，水电镀设备与东威科技签订一期设备合同，2023 年 5 月底陆续进场安装调试。

英联股份：中国易开盖第一股，斥资 30 亿进军复合集流体

英联股份成立于 2006 年，于 2017 年在深交所上市。公司是国内易开盖领域龙头企业，拥有覆盖到食品（含干粉）、饮料、日化用品等领域的全品类产品线。客户

涵盖了欧美及国内知名企业，包括雀巢、王老吉、联合利华、中粮、养元智汇、飞鹤乳业等。

公司 2022 年 9 月发布公告，开始进军复合铜箔领域。目前公司拟在江苏高邮设立子公司开展复合集流体业务，计划投资 30.89 亿元建设 100 条复合铜箔和 10 条复合铝箔产线，预计总产能 5 亿平。项目分两期建设，预计公司 2024、2025 年底产能分别达到 2.5 亿平、5 亿平。

元琛科技：环保新材料领军企业，积极布局复合铜箔

元琛科技成立于 2005 年，于 2021 年 5 月在上交所上市。公司自成立以来专注于环保领域，主要产品包括脱硝催化剂、高分子过滤滤袋、膜材料，主营业务包含第三方检测服务和双碳服务。水泥脱硝改革市场进一步发展，垃圾焚烧使用的过滤材料以及催化剂在做国产替代

公司从 2020 年开始关注复合集流体，2021 年年底正式立项。2022 年 11 月底，公司与东威科技签订 2.5 代双边夹卷式水平镀膜线设备采购框架协议。12 月底，公司召开复合箔材新产品发布会，首条复合铜箔产线达产，首批产品顺利下线，并开始进行送样测试。

三孚新科：差异化布局化学镀一步法，设备+配方一体化

三孚新科成立于 2009 年，于 2021 年上市。公司业务前身三孚化工 1997 便开始从事表面工程化学品的研究，是国内较早成立、具备较强影响力的表面工程专用化学品提供商之一。公司主要产品分为电子化学品和通用电镀化学品，广泛应用于 PCB、通讯基站设备、手机零部件、五金卫浴、汽车零部件等产品的表面处理。

公司利用在化学品领域的独特优势，差异化开发一步法方案。对比传统两步法具备工艺简单、良率高、幅宽更宽等优势。另外，公司 2022 年 11 月发布公告，收购明毅电子，目前已经持有明毅电子 51% 股权。明毅电子为线路板设备专业制造公司，公司此次收购可进一步工艺、材料和设备端的协同优势，为客户提供设备+镀液的一体化解决方案。公司于 2022 年 11 月 16 日与智动力签订战略合作框架协议，向三孚采购首批“一步式”全湿法复合铜箔化学镀铜设备，预计金额不超过 3.2 亿元。

5 投资建议

产业按预期推进，各路玩家快马加鞭，共同推进产品成熟量产。工艺端，材料与设备企业协同改进，推进设备成熟与工艺定型；**应用端**，高温循环和高倍率快充问题，材料厂也有相应方案和电池厂积极协调共同解决。2023 年有望成为复合铜箔量产元年，伴随宝明赣州一期项目投产，最早有望在 Q2 材料量产。

建议关注复合铜箔从 0-1 的机会。重点关注送样进度领先、产能扩张积极的企业宝明科技；确定性强，壁垒高的设备龙头东威科技、骄成超声；关注积极布局的胜利精密、阿石创、英联股份、元琛科技、三孚新科等

6 风险提示

复合铜箔材料性能改善进度较慢，导致产业化应用普及程度低于预期

更多玩家加入复合铜箔赛道，竞争格局恶化

行业产能过剩，盈利快速下降

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并注册为证券分析师，以勤勉的职业态度，独立、客观地出具本报告。本报告清晰准确地反映了本人的研究观点。本人不曾因，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。

一般声明

华福证券有限责任公司（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。本报告仅供本公司的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。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所引致的任何损失负任何责任。

本报告的信息均来源于本公司认为可信的公开资料，该等公开资料的准确性及完整性由其发布者负责，本公司及其研究人员对该等信息不作任何保证。本报告中的资料、意见及预测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，之后可能会随情况的变化而调整。在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见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，对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，投资者应当自行关注相应的更新或修改。

在任何情况下，本报告所载的信息或所做出的任何建议、意见及推测并不构成所述证券买卖的出价或询价，也不构成对所述金融产品、产品发行或管理人作出任何形式的保证。在任何情况下，本公司仅承诺以勤勉的职业态度，独立、客观地出具本报告以供投资者参考，但不就本报告中的任何内容对任何投资做出任何形式的承诺或担保。投资者应自行决策，自担投资风险。

本报告版权归“华福证券有限责任公司”所有。本公司对本报告保留一切权利。除非另有书面显示，否则本报告中的所有材料的版权均属本公司。未经本公司事先书面授权，本报告的任何部分均不得以任何方式制作任何形式的拷贝、复印件或复制品，或再次分发给任何其他人，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。未经授权的转载，本公司不承担任何转载责任。

特别声明

投资者应注意，在法律许可的情况下，本公司及其本公司的关联机构可能会持有本报告中涉及的公司所发行的证券并进行交易，也可能为这些公司正在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。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。

投资评级说明

类别	评级	评级说明
公司评级	买入	未来 6 个月内，个股相对市场基准指数涨幅在 20%以上
	持有	未来 6 个月内，个股相对市场基准指数涨幅介于 10%与 20%之间
	中性	未来 6 个月内，个股相对市场基准指数涨幅介于-10%与 10%之间
	回避	未来 6 个月内，个股相对市场基准指数涨幅介于-20%与-10%之间
	卖出	未来 6 个月内，个股相对市场基准指数涨幅在-20%以下
行业评级	强于大市	未来 6 个月内，行业整体回报高于市场基准指数 5%以上
	跟随大市	未来 6 个月内，行业整体回报介于市场基准指数-5%与 5%之间
	弱于大市	未来 6 个月内，行业整体回报低于市场基准指数-5%以下

备注：评级标准为报告发布日后的 6~12 个月内公司股价（或行业指数）相对同期基准指数的相对市场表现。其中，A 股市场以沪深 300 指数为基准；香港市场以恒生指数为基准；美股市场以标普 500 指数或纳斯达克综合指数为基准（另有说明的除外）。

联系方式

华福证券研究所上海

公司地址：上海市浦东新区浦明路 1436 号陆家嘴滨江中心 MT 座 20 层

邮编：200120

邮箱：hfyjs@hfzq.com.cn