

蓄势待发，多方参与，产业化元年将临

-- PET铜箔行业深度

电新首席证券分析师：曾朵红
执业证书编号：S0600516080001
联系邮箱：zengdh@dwzq.com.cn

电动车首席证券分析师：阮巧燕
执业证书编号：S0600517120002
联系邮箱：ruanqy@dwzq.com.cn

联系电话：021-60199793
2022年11月27日

- ◆ **复合铜箔理论上兼具安全性、高能量密度和低成本优势，可部分替代传统铜箔，2025年渗透率有望提升至10%。** 传统铜箔减薄存在理论上限，成本和性能难以兼顾。PET复合铜箔采用“三明治”结构，用低密度高分子膜置换金属铜，降低了热失控风险，相比于6μm传统铜箔，单位面积重量降低55%，能量密度提升5%-10%；理论上单位物料成本降低63%，我们测算，当前复合铜箔综合成本偏高，未来希望通过提升良率、设备线速继续降本，预计25年理论上有望降至3元以下（传统铜箔4元/平）。复合铜箔兼容性强，应用范围覆盖消费、动力和储能，相比之下，复合铝箔安全性优异，但成本过高，主要面向高端动力和消费领域。但复合铜箔阻抗较高，不适合快充电池，同时与硅基负极兼容性差，更适于高能量密度电池领域中应用，预计2025年渗透率达到10%，25年复合铜箔/设备的市场规模达到137/144亿元。
- ◆ **复合铜箔工艺路线更加复杂、多元，当前产业内以PET+两步法为主，量产难点在于设备和良率。** 1) 材料端，PET抗拉强度更大、工艺简单成为主流选择；PP电池端性能好更受电池厂青睐，预计工艺成熟后上量。2) 制作端，实践中分为一步法、两步法和三步法。一步法分为全湿法和全干法，产品性能优异、良率高，但尚处于实验室攻关阶段；两步法包括磁控溅射+水电镀环节，成熟度高；三步法增加真空蒸镀提升生产效率和均匀性，但损失良率。目前大多数厂商采用两步法。3) 电池生产端，增加了滚焊，并将极耳焊接改为超声焊接。
- ◆ **目前复合铜箔处于工艺认证中后期，设备先行，加速突破0-1阶段，预计2023年下半年实现批量生产。** 从不同环节看复合铜箔产业链进展：1) **电池环节**，宁德领跑，已研发近5年，专利布局深厚，国轩高科、厦门海辰、比亚迪也在积极推进。2) **设备环节**，基本实现国产化，当下格局最好，未来或呈整线布局趋势。前道设备中腾胜科技占磁控溅射设备半壁江山，设备效率近1年大幅提升，2.5代溅射设备线速提升至50%至20米/min，年底开始交付，未来有望提升至30m/min，良率提升至90%；中道设备仅有东威科技水电镀设备实现量产，新一代设备线速将提升40%至10米，良率有望提升至90%，明年设备预示订单对应70-100gwh；后道设备中，骄成超声受宁德扶持，超声焊设备打开第二增长曲线。3) **制造环节**，验证进展上，重庆金美、宝明科技验证进展靠前，量产在即，双星、元琛、万顺等明年初设备调试，传统铜箔厂嘉元、诺德、中一等也已订购设备。我们预计23年下半年开始批量生产，产量有望达到2亿平，对应15-20gwh电池，24年有望达到8亿平，对应70gwh。
- ◆ **投资建议：**复合铜箔技术加速成熟，23年量产元年即将来临，我们推荐四条主线：1) 看好终端性能提升的电池厂商，推荐**宁德时代、比亚迪**，关注**国轩高科**；2) 看好订单先行的设备龙头厂商，关注**东威科技、骄成超声、三孚新科、道森股份**；3) 看好量产在即的复合铜箔制造厂商，推荐**璞泰来**，关注**元琛科技、宝明科技、双星新材、阿石创、万顺新材**；4) 看好加快布局的传统铜箔厂商，推荐**嘉元科技、诺德股份**，关注**中一科技**。
- ◆ **风险提示：**新技术量产进度不及预期；行业发展不及预期；行业竞争加剧的风险。



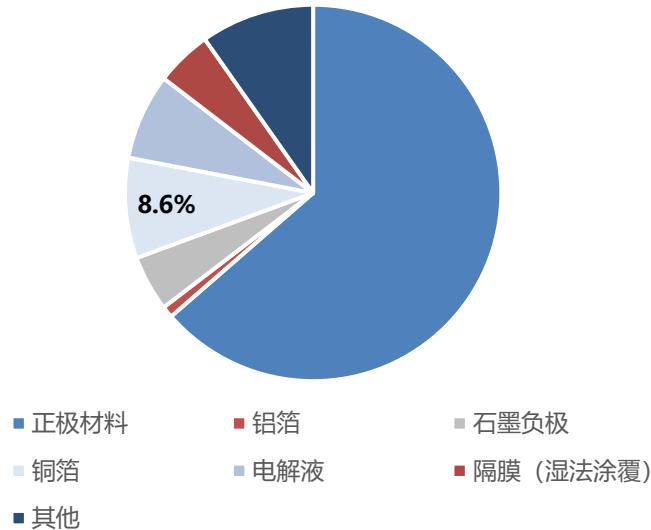
- Part1:蓄势待发，开启负极集流体新时代
- Part2:工艺路线百花齐放，PET膜+两步法当下主流
- Part3:设备先行，上下游加速突破0-1阶段
- Part4:投资建议
- Part5:风险提示

PART1 蓄势待发，开启负极集流体新时代

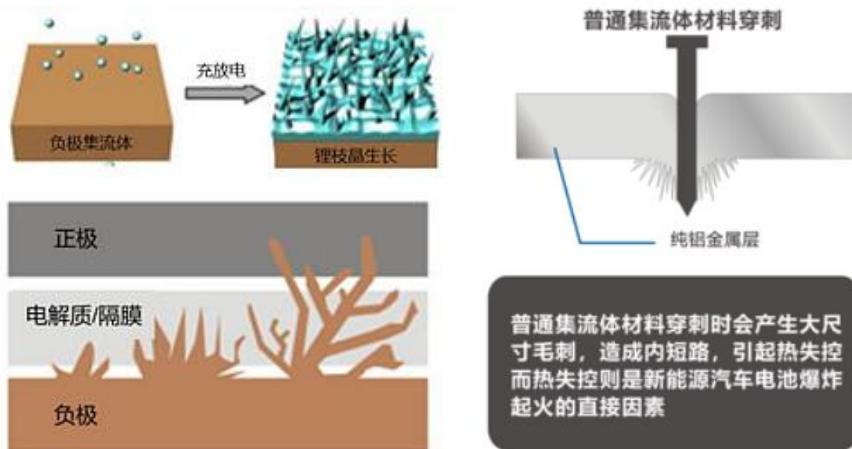
传统铜箔：减薄存在理论上限，成本和性能难以兼顾

- ◆ **铜箔作为锂电池负极集流体，主要起到承载负极活性物质+汇集电流的作用。**传统铜箔以99%高纯度电解铜为主要材料，具有导电性强、散热性好、制造成本低等优势，但也存在着质量占比高、原材料成本高等问题：
 - 传统铜箔占锂电池总重量比例约13%，但在电池的充放电过程中并没有提供任何的容量，因此电池质量能量密度有进一步提升的空间；
 - 当受到穿刺时易内部短路，引起热失控甚至电池自燃，因此存在较严重的安全隐患。
- ◆ **铜箔正向轻薄化发展，以提升能量密度，目前超薄电解铜箔的厚度已经低于4.5μm，从6μm降到4μm，电池能量密度可以提高5%左右，但理论上存在减薄上限：**
 - 铜箔越薄，加工费越高，6微米锂电铜箔的加工费为每吨4万元，而4微米锂电铜箔的加工费至少是每吨6万元，厚度降低2微米，附加值提升50%。
 - 铜箔做的越薄，越容易断裂，越容易形成尖锐的毛刺，刺穿隔膜造成安全问题。

图：铜箔占锂电池成本约9%

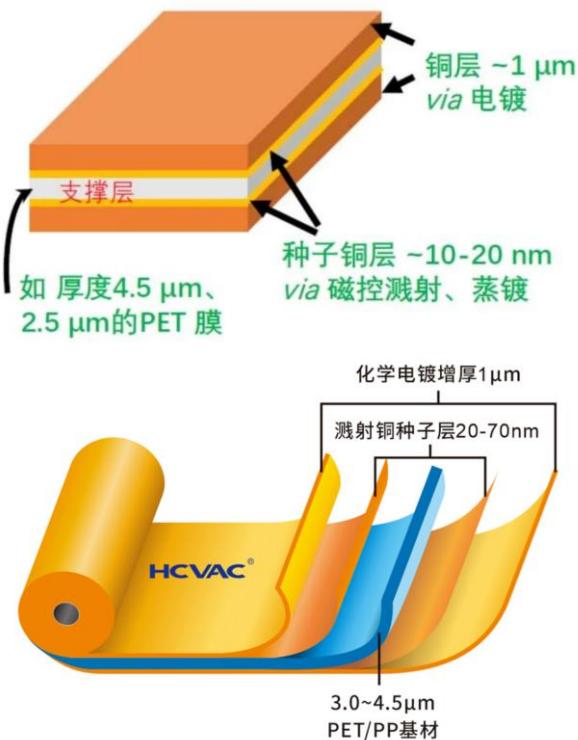


图：充放电后锂枝晶生长→穿刺后易短路



- ◆ 复合铜箔是以PET/PP等高分子材料为基膜、上下两面电镀沉积铜膜，所形成的具有三明治结构的铜箔材料。其在工艺原理、材料构成、性能特点等方面均与传统铜箔不同。目前主流产品为6-6.5μm的PET铜箔以代替6-9μm的传统电解铜箔。
- ◆ 复合铜箔打破了传统铜箔瓶颈，兼具高安全性+高能量密度+低成本优势，从理论上或为当下负极集流体较优解，正在引领新一轮产业趋势。

图：复合集流体的三明治结构



图：传统铜箔与复合铜箔对比

类别	传统铜箔	金美复合铜箔
工艺原理	溶铜电解+电镀	真空镀膜+离子置换
组成	99.5%的纯铜组成	高真空下将铜分子堆积到超薄型PET/PP基膜上，再经过离子置换产出产品
产品图		
特点	<ul style="list-style-type: none">□ 单位面积重量较重，金属铜材使用量高，成本高；□ 导热性能高，用于电池安全性弱；□ 工艺较为成熟；□ 快充性能较优。	<ul style="list-style-type: none">□ 中间层为PET/PP膜，单位面积重量轻，铜材使用量少，降低成本和金属用量；□ 中间层为绝缘层，用于电池安全性好；□ 技术正在发展，工艺尚未成熟；□ 快充性能受限。

高安全性：降低电池内短路概率，做到只冒烟不起火

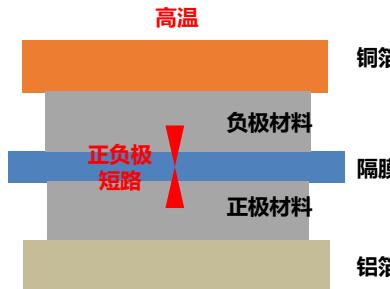
◆ 隔膜被刺破后引发的内短路，会导致热失控的发生：

- 机械滥用，例如挤压、针刺导致隔膜局部破裂；
- 电滥用，引发内部枝晶生长，枝晶挤入隔膜孔隙导致正负极连接形成短路；
- 热滥用，高温条件下隔膜收缩崩溃，正负极短接

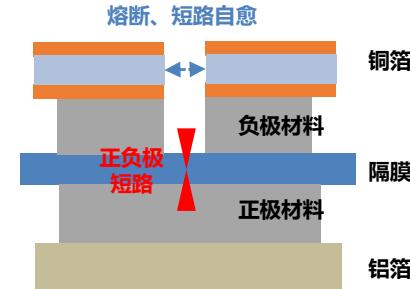
◆ 复合铜箔受热断路效应，可有效降低热失控风险：

- 导电层变薄，短路时更易熔断，快速切断电流；
- 绝缘层熔点低，在高温条件下更快坍缩；
- 硬度变低，毛刺小难以刺穿隔膜；
- 高分子膜不导电，降低电路电流、减少短路热量。

图：传统电解铜箔热失控

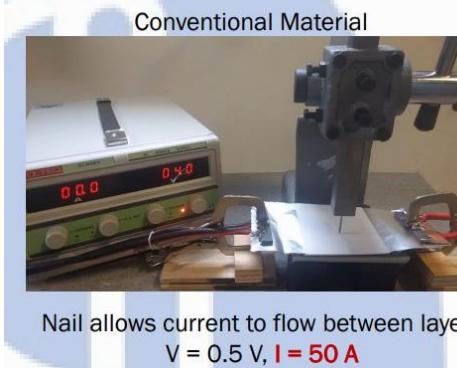


图：复合铜箔短路自愈



图：Soteria针刺实验：复合铜箔针刺后受热断路，阻断电流

Soteria Current Collector Material Performance
Dry Stack Nail Penetration – Voltage and Current



高能量密度：高分子膜置换金属铜，单位重量下降55%



- ◆ 同等厚度下，复合集流铜箔单位重量下降55%，预计可以提升能量密度5%-10%。高分子膜密度远小于金属铜，经我们测算，主流6.5μm复合铜箔产品单位面积重量相对于6μm传统铜箔降低55%；且复合铜箔重量优势明显，仅当传统铜箔厚度下降至2.5μm时，其重量才低于复合铜箔。
- ◆ 比亚迪专利测试，复合集流体可使电池能量密度提升2.6%-6.1%。比亚迪专利显示，正负极复合集流体的运用，使得电池能量密度提升6.10%；仅考虑负极集流体使用复合铜箔，能量密度也提高3.30%。

图：复合集流体有效提升电池能量密度（ 铜箔 铝箔 / 基膜 ）

	负极片			正极片			能量密度增加率
电池0	6μm			10μm			/
电池1	1μm	3μm	1μm	1μm	3μm	1μm	6.10%
电池2	1μm	3μm	1μm	10μm			3.30%
电池3	6μm			1μm	3μm	1μm	2.60%

图：复合铜箔质量优势明显

构成	项目	复合铜箔								传统铜箔							
		铜				PET				铜				PET			
		厚度 (μm)	密度 (kg/m³)	单位面积重量 (g)	厚度 (μm)	密度 (kg/m³)	单位面积重量 (g)	厚度 (μm)	密度 (kg/m³)	单位面积重量 (g)	厚度 (μm)	密度 (kg/m³)	单位面积重量 (g)	厚度 (μm)	密度 (kg/m³)	单位面积重量 (g)	
理论测算	铜	2	8960	17.92	4.5	1380	6.21	8	8960	71.68	4.5	8960	40.32	4	8960	35.84	2.5
	PET							6	8960	53.76				3	8960	26.88	
	重量合计							4.5						35.84	26.88	22.40	

低物料成本：等厚度下，单位面积成本降低约63%



◆ 等厚度下，复合铜箔单位面积物料成本显著降低。PET/PP等基膜成本较低，经过我们测算，同等厚度下， $6.5\mu\text{m}$ 复合铜箔较传统铜箔单位成本物料成本降低约63%。此外， $6.5\mu\text{m}$ PET复合铜箔相比于 $4\text{-}8\mu\text{m}$ 厚度的铜箔具有明显成本优势，与 $2.4\mu\text{m}$ 传统铜箔接近。测算核心假设如下：

- 金属铜价格：取长江有色市场铜22年11月10日价格，约为67.4元/kg。
- 基膜价格：假设国产 $4.5\mu\text{m}$ PET材料约为25元/kg
- 铜靶材价格：靶材利用率假设100%，价格假设为金属铜市场价格的2倍。

图：复合铜箔物料优势明显（长江有色市场铜价截止到2022年11月10日，价格取税后价格，不考虑良率）

	复合铜箔 $6.5\mu\text{m}$	传统铜箔						
铜	厚度 (μm) 2	8	6.5	4.5	4	3	2.4	
	单位价格 (元/kg) 67.4	67.4	67.4	67.4	67.4	67.4	67.4	
	单位面积成本 (元) 1.07	4.28	3.47	2.40	2.14	1.60	1.28	
铜靶材	厚度 (nm) 60.00							
	单位价格 (元/kg) 134.80							
	单位面积成本 (元) 0.06							
PET	厚度 (μm) 4.5							
	单位价格 (元/kg) 25							
	单位面积成本 (元) 0.14							
原材料成本 (元/ m^2)	单位面积成本 (元) 1.27	4.28	3.47	2.40	2.14	1.60	1.28	

综合成本：有望通过线速度+良率提升来降本



- ◆ **当前复合铜箔综合成本偏高，23-24年随设备效率提升及良率提升，将快速降本。**我们测算，在当前设备速度、良率、产能利用率情况下，复合铜箔综合成本约为5.25元/平，尚高于传统铜箔约4.17元/平，但稳定量产将具备成本优势。
- ◆ **未来降本看设备线速度和良率提升。**预计随着设备线速度、良率、产能利用率的提升，23-24年有望降至4元/平以内，成本优势开始提升，25年理论上有望降至2.60元/平，降本路径清晰。

图：传统铜箔综合成本（铜价为税后价格）测算

项目	6μm传统铜箔
铜价 (万元/吨)	6.7
加工费 (万元/吨)	3.5
价格 (万元/吨)	10.2
毛利 (万元/吨)	1.7
成本 (万元/吨)	8.5
单位面积质量 (g/m²)	53.8
单位面积成本 (元/m²)	4.17

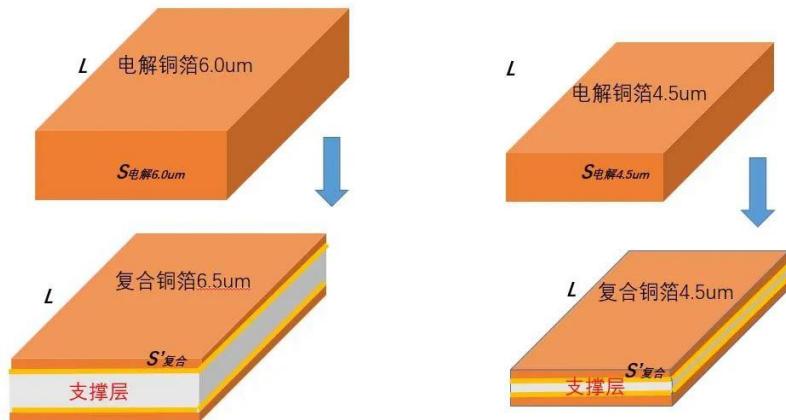
图：复合铜箔综合成本预测

项目	PET铜箔	PET铜箔	2022	2023	2024	2025	
磁控溅射	靶材	厚度 (nm)	60.00	60.00	60.00	60.00	
		单位价格 (元/kg)	134.80	134.80	134.80	134.80	
		利用率	60%	70%	80%	85%	
		单位面积成本 (元)	0.11	0.09	0.08	0.08	
	pet	厚度 (nm)	4.50	4.50	4.50	4.50	
		单位价格 (元/kg)	25.00	25.00	24.50	24.01	
		单位面积成本 (元)	0.14	0.14	0.13	0.13	
	设备	售价 (万元/台)	1,200	2,000	1,900	1,805	
		宽幅 (mm)	1,200	1,300	1,365	1,433	
		线速 (m/min)	13	20	20	24	
		年工作时间 (小时)	7,920	7,920	7,920	7,920	
		良率	80%	85%	90%	90%	
		产能利用率	70%	75%	80%	90%	
		年产量 (万m³)	415.1	1050.2	1112.0	1334.4	
		折旧年限	10	10	10	10	
		单位面积折旧 (元/m³)	0.29	0.19	0.17	0.14	
直接人工	员工 (人)		6	6	6	6	
	人工费用 (万元/年·人)		12.0	12.6	13.2	13.9	
	单位面积人工费用 (元/m³)		0.17	0.07	0.07	0.06	
	电费	用电量 (度)	1,400,000	2,000,000	2,000,000	2,000,000	
其他	工业电价 (元/度)		0.65	0.65	0.65	0.65	
	单位面积电费 (元/m³)		0.22	0.12	0.12	0.10	
	(元/平)		0.10	0.08	0.08	0.07	
	合计成本	(元/平, 考虑良率)	1.43	0.91	0.79	0.65	
	铜	厚度 (μm)	2.00	2.00	2.00	2.00	
水电镀	铜	单位价格 (元/kg)	67.40	67.40	67.40	67.40	
		利用率	85%	90%	95%	95%	
		单位面积成本 (元)	1.26	1.19	1.13	1.13	
		设备	售价 (万元/台)	1,200	1,200	1,200	
		宽幅 (mm)	1,200	1,300	1,365	1,433	
		线速 (m/min)	7	9	10	12	
		年工作时间 (小时)	7,920	7,920	7,920	7,920	
		良率	80%	85%	90%	90%	
		产能利用率	70%	75%	80%	90%	
		年产量 (万m³)	223.5	354.4	467.0	662.0	
直接人工	设备	折旧年限	10	10	10	10	
		单位面积折旧 (元/m³)	0.54	0.34	0.26	0.18	
		员工 (人)	6	6	6	6	
		人工费用 (万元/年·人)	12.0	12.6	13.2	13.9	
水电镀	直接人工	单位面积人工费用 (元/m³)	0.32	0.21	0.17	0.13	
		电费	用电量 (度)	700,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000
		工业电价 (元/度)	0.65	0.65	0.65	0.65	
		单位面积电费 (元/m³)	0.20	0.18	0.14	0.10	
		其他	(元/平)	0.10	0.08	0.08	0.07
水电镀	其他	合计成本	(元/平, 考虑良率)	3.74	2.84	2.30	1.91
		厂房	折旧 (元/平)	0.08	0.05	0.04	0.03
		合计成本		5.25	3.81	3.13	2.60

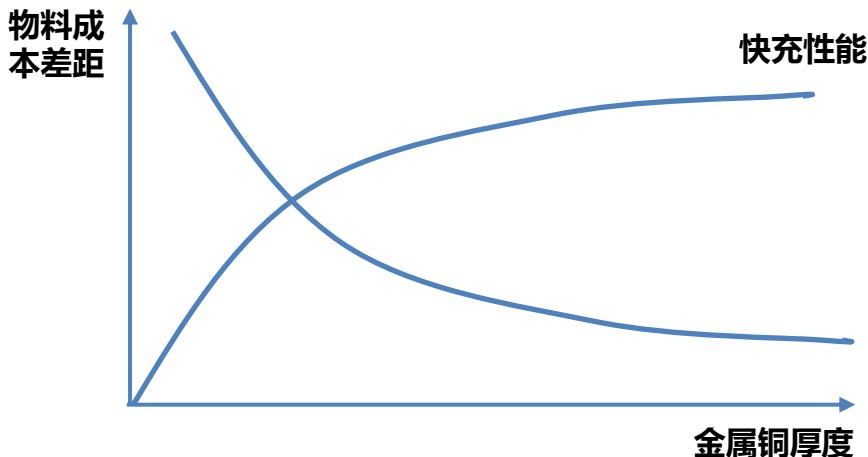
数据来源：重庆金美环评报告，中一科技公告、东吴证券研究所测算

- 复合复合铜箔阻值高、产热高，影响电池整体的充、放电效率，但不影响2C以内电池端应用。根据电阻R的计算公式 $R=\rho L/S$ （ ρ 是电阻率，L是长度，S是横截面积），当铜厚度由电解铜箔的4.5μm、6μm分别降到PET复合铜箔的2μm时，横截面接S下降，相应的铜箔阻值变为原始电解铜箔的4.5倍和6倍，由于电池内阻增大，产生的焦耳热增加，进而影响电池整体的充、放电效率，复合铜箔可满足2C充放电要求。

图：电阻随单面铜箔厚度降低而倍增



图：用铜箔厚度去调节成本与快充性能



图：PET铜箔单位面积阻值变化

比较	单位面积电阻率 ($\mu\Omega \cdot m$)	铜箔厚度 (μm , PET隔断仅看单面)	电流通过截面面积 ($\mu m \times m$)	单位面积电阻值 ($m\Omega$)
传统铜箔6μm	0.02	6	6	3.33
PET铜箔6μm	0.02	1	1	20
倍数	1	0.17	0.17	6

- ◆ **复合铝箔，主打安全性，工艺较简单，开发早于复合铜箔。** 2022年11月，重庆金美宣布实现8微米复合铝箔产品量产，复合铝箔的开发早于铜箔，主要是因为：1) 制作工序更加简单，由于铝和高分子膜的结合力比铜要强，无需进行磁控溅射，只需要在PET或PP等材质的超薄薄膜表面采用真空蒸镀一步法将金属铝层沉积上去即可；2) 早期电池安全性需求高，从产业测试数据来看，单边复合铝箔安全性要略好于复合铜箔，但随着技术发展，选择单边复合箔足即可获得较好的安全性。
- ◆ **复合铝箔在提升能量密度幅度上小于复合铜箔，且目前成本高企，预计应用端以对成本不敏感，对安全要求高的高端车和对减薄要求高的消费类电池为主：**
 - **能量密度：** 铝金属本身密度较低，仅为 $2.7\text{g}/\text{cm}^3$ (VS铜 $8.96\text{g}/\text{cm}^3$)，置换为高分子膜后在能量密度的提升空间上小于复合铜箔。
 - **物料成本：** 铝非贵金属，经测算双面铝模厚度为 $1.2\mu\text{m} \times 2$ 、PET基膜厚度为 $6\mu\text{m}$ 的复合铝箔与 $8\mu\text{m}$ 传统铝箔相比，物料成本仅降低19% (VS铜箔降低63%)
 - **综合成本：** 复合铝箔仅靠真空蒸镀加厚，大幅提升加工成本，目前价格远高于传统铝箔 (7-10倍)。

图：复合铝箔在能量密度和物料成本上改善小于复合铜箔

构成	项目	复合铝箔		传统铝箔			
		厚度 (μm)	密度 (kg/m^3)	14	12	10	8
铝	单位面积重量 (g)	2.4	2700	14	12	10	8
	单位价格 (元/kg)	6.48	2700	2700	2700	2700	2700
	单位面积成本 (元)	18.80	18.80	18.80	18.80	18.80	18.80
	厚度 (μm)	0.11	0.63	0.54	0.45	0.36	
	密度 (kg/m^3)						
PET	单位面积重量 (g)	6	37.8	32.4	27	21.6	
	单位价格 (元/kg)	1380	18.80	18.80	18.80	18.80	
	单位面积成本 (元)	8.28					
	厚度 (μm)	25.0					
重量合计	单位面积重量 (g)	0.18	14.76	37.8	32.4	27	21.6
成本合计	单位面积成本 (元/ m^2)	0.18	0.29	0.63	0.54	0.45	0.36

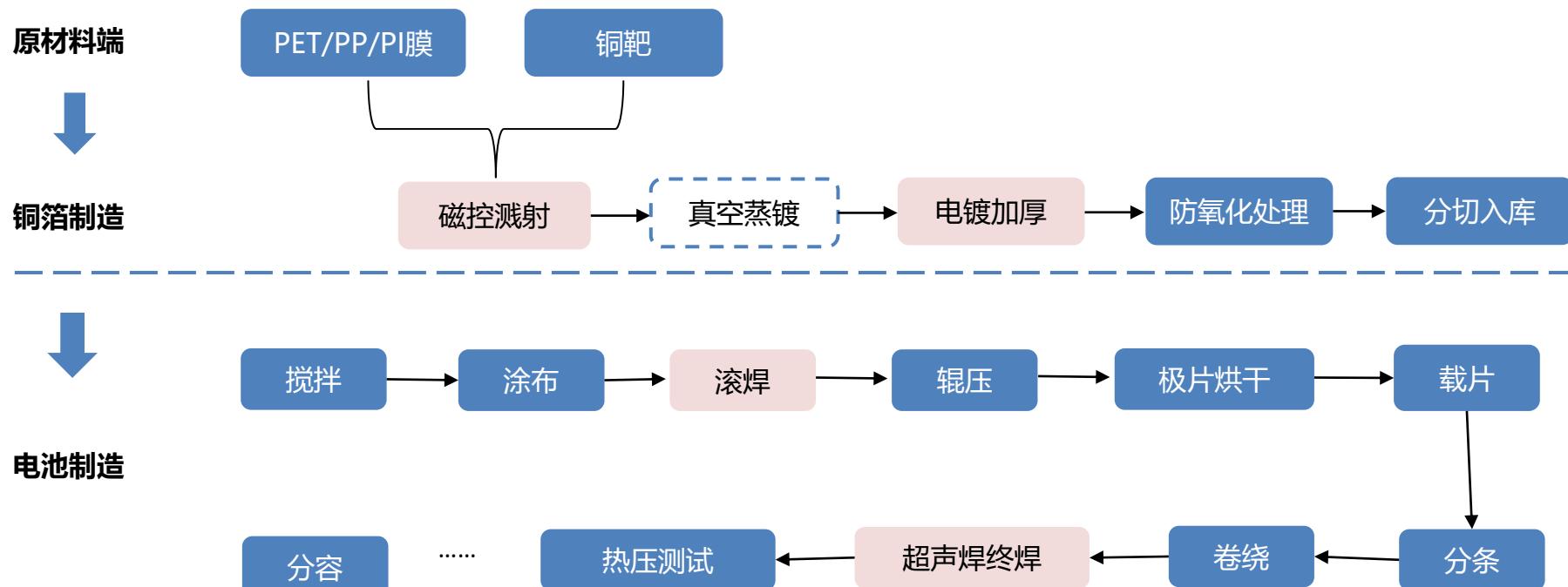
数据来源：Wind、重庆金美环评报告、重庆金美发布会、东吴证券研究所测算

PART2 工艺路线百花齐放，PET膜+两步法当下主流

工艺流程：工艺更加复杂，与传统铜箔显著不同

- ◆ 复合铜箔制造工艺比传统箔材复杂，工艺流程可以分为铜箔制造端和电池制造端，与传统铜箔相比，均有显著差异：
 - **铜箔制造端：**相比于传统铜箔的电解法，PET铜箔的工艺路线是先在基材薄膜上采用PVD真空镀膜方法进行导电预镀铜层加工，“高分子膜金属化”，然后再采用传统湿法电镀铜层加厚。
 - **电池制造端：**主要是焊接方式的改变，其中包括涂布和辊压之间增加超声波滚焊预处理和极耳焊接改用超声焊。
- ◆ 目前复合铜箔尚在产业化初期，工艺尚未完全统一，存在基膜选择分歧和镀膜方式分歧等。

图：复合铜箔工艺流程图



- ◆ **PET和PP表面特性差异大，影响铜箔性能。**由于PET和PP薄膜分属极性和非极性聚合物，表面特性差异大，这种差异对基材与铜膜之间的结合力有明显影响，从而导致与不同基材相对应的PVD镀膜设备的配置及产能指标存在很大不同。
- ◆ **从性能端来看，PP和PET膜各有优势。**具体如下：
 - PET膜：1) 结合力更好、熔点更高、工艺难度较低；2) 抗拉强度更大、原材料成本更低。
 - PP膜：1) 耐酸碱度更好，在电解液中更稳定；2) 密度更低，可提升的能量密度空间更大。
- ◆ **PET膜推进较快，当前产业内以PET膜为主，未来预计PP膜与PET膜路线并行。**由于工艺难度低，目前PET膜产业化进度较快，是当前产业内公司的主要选择。而PP膜在磁控溅射中结合力和抗拉强度较弱，目前仍在改性，预计随着复合箔工艺逐渐成熟，PP膜凭借在电池应用端的优势，被选做复合铜箔基膜的比例会上升。

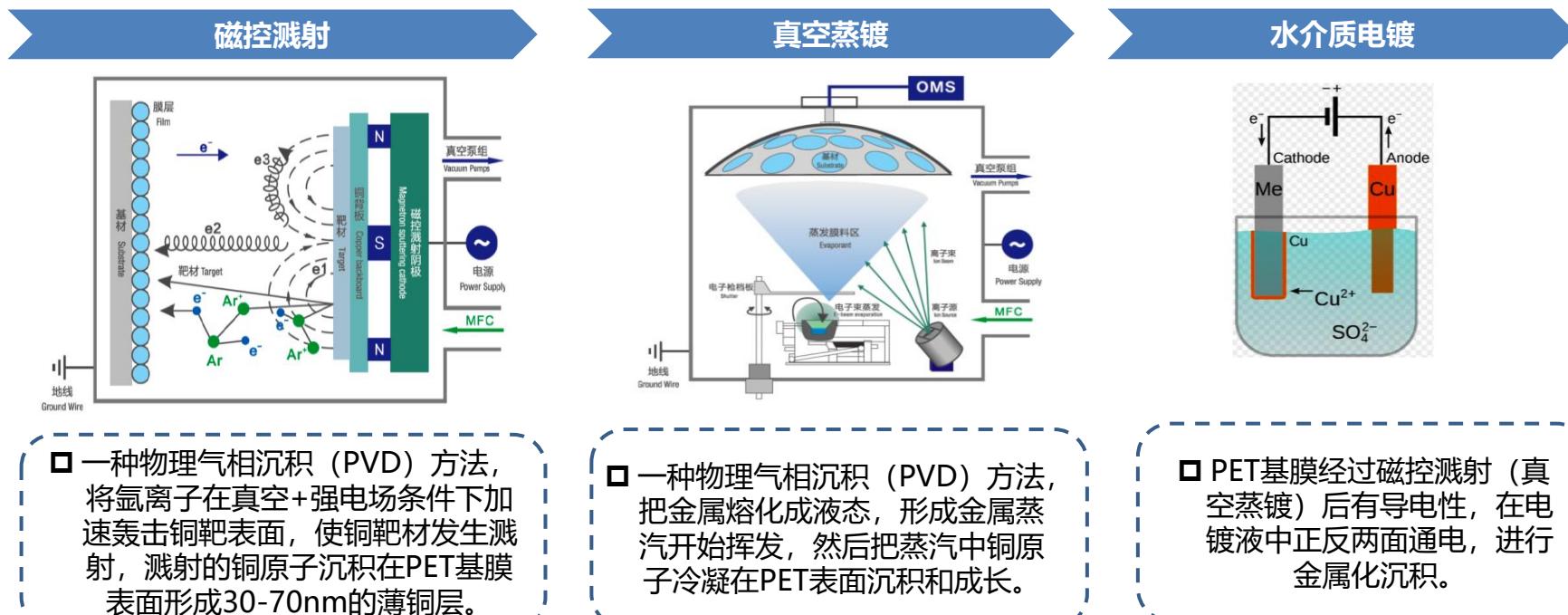
图：PP膜和PET膜性能差异

测试项目	抗拉强度 (Mpa)	延伸率 (%)	面密度 (g/cm ³)	熔点	密度	耐酸碱度	膨胀系数
PET膜	260	3.1	2.51	250	1.37-1.40g/cm ³	弱	高
PP膜	210	1.7	2.5	150	0.90~0.91g/cm ³	高	低

◆ 目前复合铜箔的制备方法主要有两步法和三步法，三步法增加真空蒸镀环节：

- **两步法为磁控溅射+水介质电镀：**1) 磁控溅射对高分子膜进行活化。由于PET/PP表面不导电，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，溅射形成方阻小于 2Ω （厚度约为30nm-70nm）的金属铜膜；2) 水介质电镀加厚金属层至实现导电功能。在磁控溅射形成基础铜膜后，通过水介质电镀的方法将两边铜层分别增厚至 $1\mu\text{m}$ 左右，实现集流体导电的功能，与传统铜箔工艺上具有相通性。
- **三步法为磁控溅射+真空蒸镀+水介质电镀：**在磁控溅射后增加真空蒸镀环节，目的是提高沉积速度，真空蒸镀的沉积速度是磁控溅射的3-4倍，可以快速补足薄铜膜到适合电镀的厚度。

图：复合铜箔制备工艺



- ◆ **一步法横空出世，分为全湿法和全干法。**不管是三步法还是两步法都属于“干法+湿法”组合，目前产业内推出一步法，分别包括全湿法一步法和全干法一步法：
 - **全湿法：**代表厂商为三孚新科，通过对基膜进行清洗、粗化，提升表面粗糙度，后以化学沉积的方式（不通电）在薄膜基材表面覆盖一层均匀的金属铜层。
 - **全干法：**代表厂商为汉嵒新材、道森股份（深圳洪田），使用纯磁控溅射工艺或开发磁控溅射和真空蒸镀一体机镀铜，通过**多靶材、多腔体**提高效率。
- ◆ **一步法优势显著，但成本过高、速度较慢，尚处于研发攻关阶段。**一步法可以提升良率、均匀性、自动化水平以及沉积纯度，但目前尚处于实验室研发阶段，成本较高，且设备尚未打通，目前汉嵒新材、三孚科技和道森股份等公司正在加快研发相关设备和产品。

图：复合铜箔一步法优势

提升均匀性

□一步法工艺通过化学反应沉积/纯真空镀铜，不通电，省去水电镀环节，可以解决边缘效应，从而提升均匀性，使得幅宽做得更宽，目前两步法在1.3-1.5左右的，一步法PET铜箔技术可将宽幅做到比1.55米更宽。

提升纯度

□水电镀沉积铜的同时，电镀液中的有机添加剂与铜一起沉积，一步法不需要夹杂有机添加剂，沉积的是纯铜，因此纯度更高。

提升自动化水平和良率

□一步法自动化程度高，而两步法的两个步骤之间无法通过设备自动衔接，自动化受限，同时由于一步法减少步骤，提升良品率。

磁控溅射：难点在于防击穿，结合力好但均匀性差



- ◆ **磁控溅射的工艺难度在于防止基膜击穿。**由于PET基膜很薄，仅有 $4\mu\text{m}$ ，溅射铜原子仅靠动能穿透嵌进去，基膜很容易被完全打穿，需要找到合适的生产参数、速度、张力控制，做到嵌入高分子却不打穿。
- ◆ **磁控溅射结合力好但均匀性差，是影响复合铜箔良率的关键。**磁控溅射工艺的优势在于沉积紧密，铜层与高分子层结合的好，但是缺点也比较明显，两步法中，一般在磁控溅射环节会损失10%的良率：
 - 表面不均匀，溅射很难去控制每次轰击出来多少个金属原子，会导致表面凹凸不平，影响电池性能；
 - PET基膜非常薄，在进行放/收卷时容易造成薄膜的褶皱，导致薄膜的不平整；
 - 磁控溅射的沉积效率比较低，仅采用磁控溅射镀层成本太高。
- ◆ **磁控溅射设备不断迭代，随着线速度和良率不断提升，单台设备产能成正比增长。**最初磁控溅射设备的线速度不足 10m/min ，目前已经达到 20m/min （腾胜2.5代机），未来会继续提升；除此之外，头部厂商磁控溅射设备的良率已提升至90%，由于线速度和良率的提升，单台磁控溅射设备产能成倍增长。

图：双辊多腔室磁控卷绕真空镀膜机（腾胜科技）

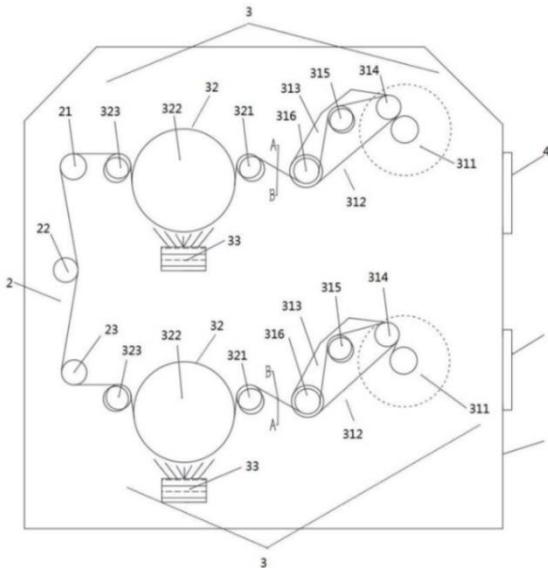


图：磁控溅射优缺点

磁控溅射	特性	原因
优点	薄膜与基底的附着力强	溅射原子能量高
	膜厚可控性和重复性好	通过控制靶电流来控制膜厚
	金属膜层纯度高质量好	不会混入坩埚加热器的材料成分
缺点	成膜速度慢	溅射为点对点碰撞
	装置结构较复杂	高真空，高电压
	均匀度差，缺陷密度高	溅射原子热量高

- ◆ 真空蒸镀主要是为了加快打底速度，其次可以提高沉积均匀性。磁控溅射速度较慢，因此叠加一步真空蒸镀可加快打底速度，同时蒸镀通过把蒸汽冷凝，有填坑的作用，从而提高了铜层的均匀性。
- ◆ 真空蒸镀温度过高，基底容易被烫坏，提高不良率。真空蒸镀的缺点在于：
 - 沉积金属和基底的结合力相对弱；
 - 基底容易烫损或起皱，金属高温蒸汽可达1000°C以上，而PET的熔点仅为250°C左右，因此镀敷过程中极薄的基底易被烫损或受热起皱。

图：双面连续真空蒸镀机（金美新材料）



图：真空蒸镀优缺点

真空蒸镀	特性	原因
优点	成膜速率快，效率高	加热熔化，蒸发附着
	设备比较简单、操作容易	无需高压电场，真空加热
	薄膜厚度均匀	蒸发原子动量低
缺点	薄膜与基底的附着力弱	仅为附着原理
	基底易被烫坏	金属蒸汽可达1000°C以上
	靶材选择范围窄	受熔点限制，高熔点能耗高

水电镀：镀铜一次成型，以双边夹镀膜设备为主

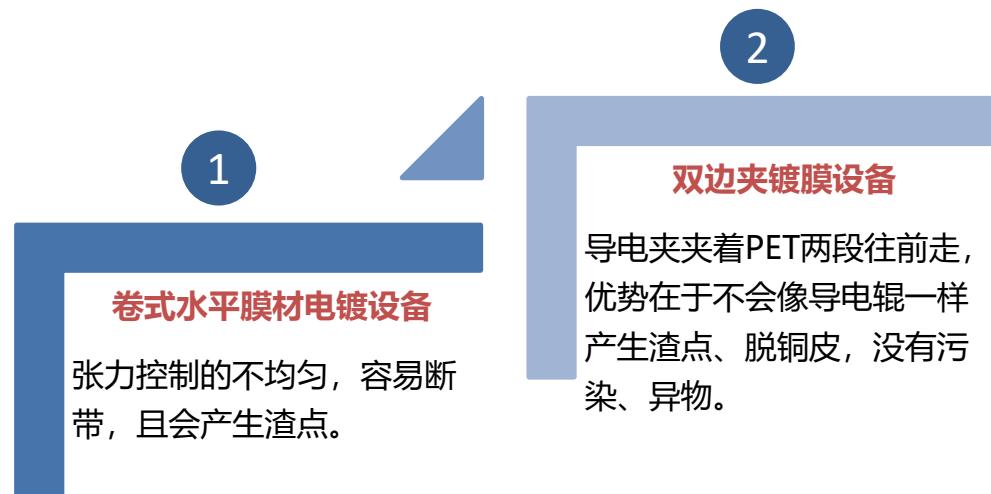


- ◆ **水电镀速度快，生产效率高，微米级镀铜可以一次成型。**磁控溅射和真空蒸镀的沉积效率均为纳米级，如果沉积 $1\mu\text{m}$ ，需要操作几十次才能完成镀铜，生产中一般仅用磁控溅射或真空蒸镀镀种子铜层（小于 $100\mu\text{m}$ ），剩下的由速度快的水电镀一次成型。
- ◆ **水电镀环节也需要工艺know how的积累。**首先要控制拉力均匀且不能过大，PET膜很薄，拉力过大容易拉断，而受力不均匀，高分子容易变形，且不可恢复。其次是电流密度的控制，如果电流密度不均匀，如果电流密度过大，沉积铜层变厚，提高成本；如果电流密度小，可能不满足电池的导电性，影响电池的使用。
- ◆ **水电镀设备属于全新设备，当前以双边夹镀膜设备为主，但线速度较慢，且宽幅存在限制，未来有待进一步改善。**目前头部厂商水电镀设备已经迭代至二代，以双边夹镀膜设备为主，良率可达到90%，但相比于磁控溅射设备，水电镀设备的线速度较慢，目前行业可以做到 10m/min ，且由于存在边缘效应，宽幅限制，主流在 1.3 左右。

图：双边夹卷式水平连续镀膜设备（东威科技）



图：水电镀设备目前以双边夹镀膜设备为主



◆ 两步法和三步法的基本原理相同，但具体的性能、工艺成本、良率有所差别：

- 从性能来看：真空蒸镀颗粒更大、均匀度改善有限、存在烫损基膜的风险，整体看两步法性能更好。
- 从良率来看：步数增加会带来新的工艺控制降低良率，真空蒸镀存在高温烫伤PET基底问题。
- 从生产效率来看：真空蒸镀沉积效率更高，可以更快沉积至种子铜层厚度，因此三步法生产速度更快。
- 从生产成本来看：三步法新增蒸镀设备（预计800万元/台），成本高于两步法。

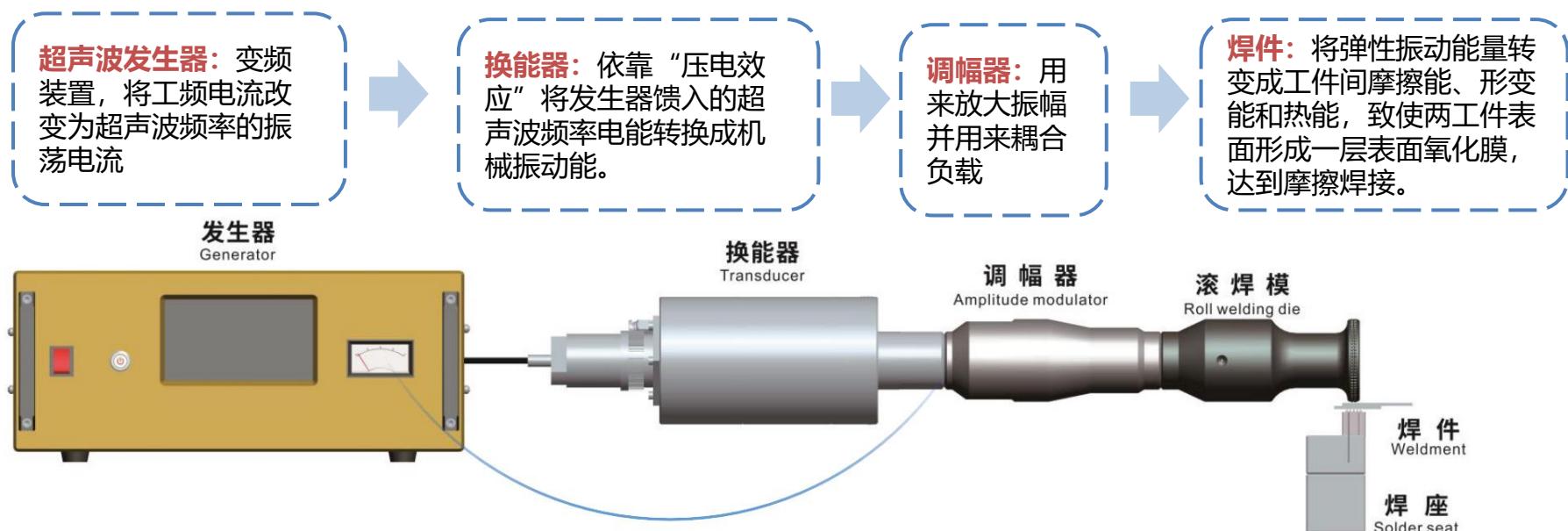
◆ 两步法具备成本低、良率高的优势，随着工艺的成熟，其生产效率不断提高，成为当下主流选择。产业内公司以重庆金美和万顺新材为主使用三步法，其他大多数公司如宝明科技、双星新材、方邦股份等选择两步法，随着工艺的成熟，成本低、良率高的两步法预计成为未来主流选择。

图：两步法和三步法比较



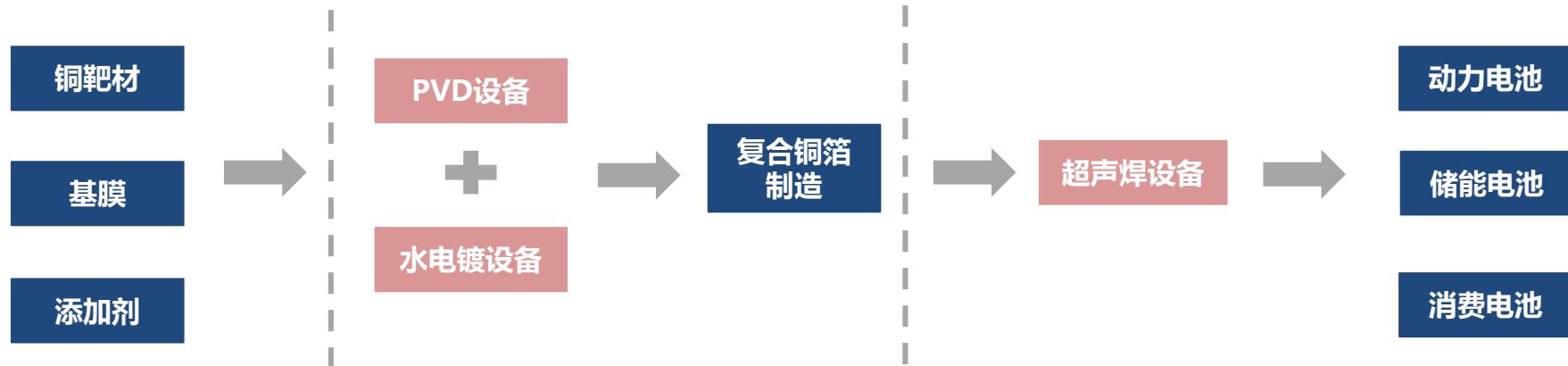
- ◆ 超声波焊接是一种固相焊接方法，焊件之间的连接通过声学系统的高频弹性振动以及在工件之间静压力的夹持作用下实现。
- ◆ PET铜箔极耳焊接只能用超声焊。PET和铜的熔点不同，激光焊接的波长无法同时满足塑料和金属的熔点。因此使用超声波摩擦的物理特性，将PET层与铜铝材熔接。具体在电池制作中：
 - 在辊压之前新增滚焊（超声焊预处理）：PET不导电，若只把极耳焊接在一面铜层，另一面铜层被pet阻隔无法导通，因此先需要进行滚焊（上下再加一层铜箔），为极耳焊接环节做准备。
 - 极耳焊接改为超声波终焊：功率更大、保证焊接强度和焊接效果。
 - 最后由制片厂主导，将超声焊和制片设备做成卷绕一体机。

图：超声波焊接工作原理



PART3 设备先行，上下游加速突破0-1阶段

产业链：复合铜箔制造位于产业链中游



图：复合铜箔产业链

上游：原材料、设备

中游：复合铜箔制造

水平电镀设备



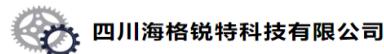
基膜



靶材



磁控溅射设备



焊接设备



空间：25年复合铜箔市场137亿，渗透率提升至10%



◆ **23年开始产业化，渗透率快速提升，复合铜箔行业迎来爆发增长。**我们测算，复合铜箔23年开始产业化，预计行业产量有望达到2亿平，对应17gwh电池需求，24年有望达到8亿平左右，25年全球需求预计29亿平，空间137亿，渗透率提升到10%；PET铜箔设备在25年全球空间144亿。远期来看，2030年复合铜箔的渗透率有望提升至22%，需求达192亿平，市场空间达到771亿元，设备空间达到188亿元。

图：PET复合铜箔未来市场空间测算（设备提前半年）

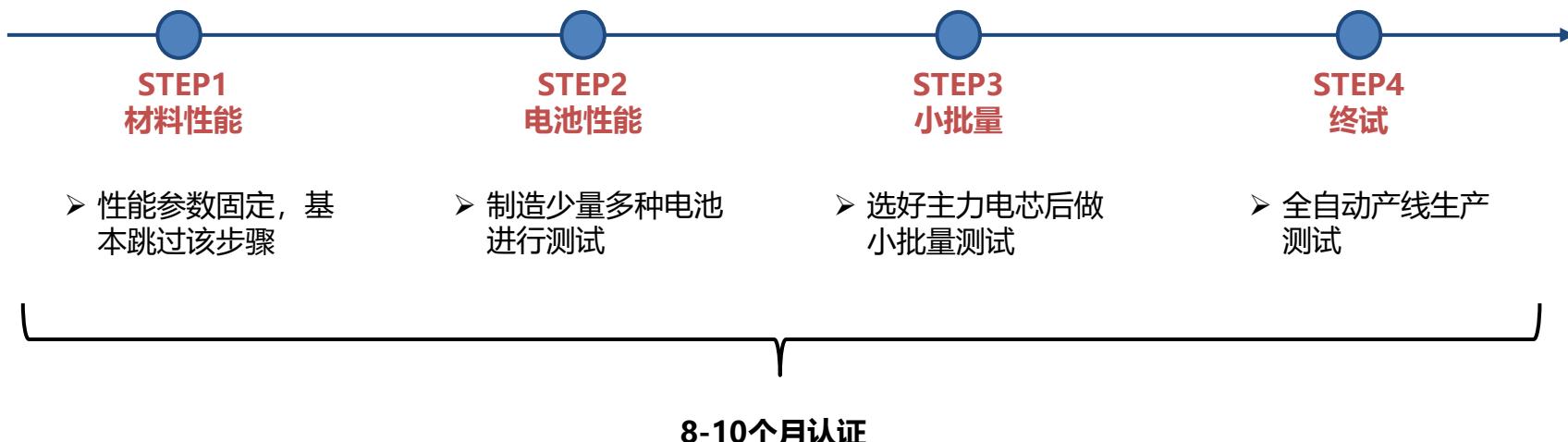
	单位	2022E	2023E	2024E	2025E	2026E	2027E	2028E	2029E	2030E
全球动力+储能锂电池需求	GWh	728	1,114	1,698	2,594	3,489	4,506	5,717	7,118	8,708
复合铜箔渗透率	%	0.1%	1.5%	4.0%	10.0%	15.0%	18.0%	20.0%	21.0%	22.0%
使用复合铜箔的电池	GWh	0	17	68	259	523	811	1,143	1,495	1,916
复合铜箔需求	亿平	0.0	2.0	7.8	28.5	55.0	81.1	114.3	149.5	191.6
<i> yoy</i>			4489%	290%	265%	93%	48%	41%	31%	28%
复合铜箔产能	亿平	0.2	5.7	21.0	47.2	73.7	102.3	134.9	170.5	210.7
<i> yoy</i>			2459%	270%	125%	56%	39%	32%	26%	24%
单位面积复合铜箔价格	元/平	7.0	5.6	5.0	4.8	4.5	4.4	4.3	4.2	4.0
复合铜箔市场空间	亿元	0	11	39	137	250	358	489	621	771
<i> yoy</i>			3572%	251%	247%	83%	43%	37%	27%	24%
单位面积基膜成本	元/平	0.14	0.14	0.14	0.14	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
基膜市场空间	亿元	0.0	0.3	1.1	3.9	7.4	10.8	15.1	19.5	24.7
单位面积铜靶材成本	元/平	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.05
铜靶材市场空间	亿元	0.01	0.20	0.68	2.35	4.30	6.03	8.07	10.03	12.21
单GWh磁控溅射设备需求	台/GWh	2.0	1.5	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
磁控溅射设备需求	台	13	96	208	326	334	368	407	432	472
磁控溅射设备价格	万元/台	1,200	2,000	1,900	1,805	1,787	1,751	1,716	1,682	1,648
磁控溅射设备市场空间	亿元	2	19	40	59	60	64	70	73	78
水电镀设备需求	台/GWh	3.5	3	2.5	2.2	2.2	2.1	2.0	2.0	1.9
水电镀设备需求量 台		22	191	433	629	652	717	794	841	921
水电镀设备价格 万元/台		1,200	1,200	1,200	1,176	1,152	1,118	1,084	1,052	1,020
水电镀设备市场空间 亿元		3	23	52	74	75	80	86	89	94
单GWh超声焊设备价值量		500	450	428	406	386	367	348	331	314
超声焊设备市场空间 亿元		0.4	1.5	3.9	10.9	13.2	12.7	13.9	14.0	15.9
PET铜箔设备市场空间 亿元		5	44	95	144	148	157	170	175	188
<i> yoy</i>			836%	119%	51%	3%	6%	8%	3%	7%

数据来源：东吴证券研究所测算

◆ **宁德时代提前布局，领跑复合铜箔。** 宁德时代自2016年布局至今，积极推进复合铜箔发展：

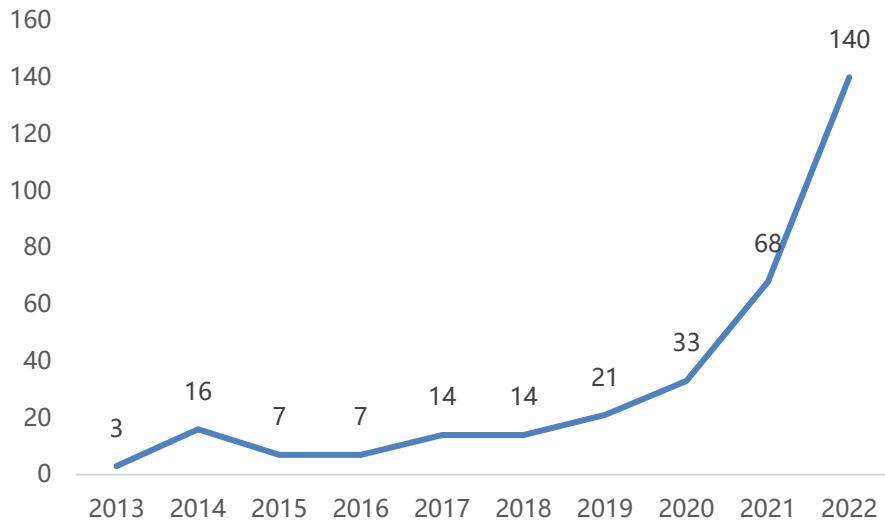
- 2016年，宁德开始布局复合铜箔，并与金美新材料合作研发产品，旗下PE公司长江晨道持有重庆金美15.68%的股权；
- 2018年，重庆金美产品在宁德内部完成动力电池测试；
- 2018年10月，宁德时代研发的多功能复合集流体技术首次应用于其高镍三元版海外车型并量产；
- 2021年10月，宁德时代研发的多功能复合集流体技术在2021年全球新能源汽车前沿及创新技术评选中获评为十大创新技术之一。

图：电池厂测试进展

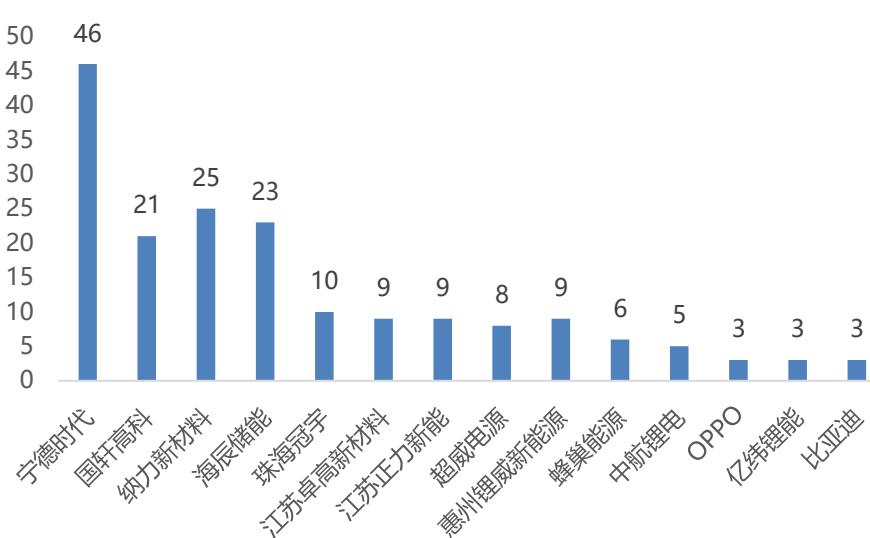


- ◆ **2020年以来，PET铜箔关注度迅速上升。**从专利申请数量来看，21-22年复合集流体相关专利数量指数上升，PET铜箔关注度提升，研发进度加快。
- ◆ **布局PET铜箔的电池厂以动力、储能为主。**从专利权申请人来看，动力、储能电池厂均有布局PET铜箔。其中：
 - ◆ **动力端：**国轩高科在PET铜箔领域专利布局深厚，仅次于宁德，此外比亚迪、中航锂电、亿纬锂能以及蜂巢能源也在积极布局，抢夺先机。
 - ◆ **储能端：**厦门海辰布局超前，厦门海辰总投资60亿以上在重庆成立了新公司，目前已经定有两条线做复合铜箔。

图：复合集流体专利数量（个）变化（截止至2022年11月7日）



图：复合集流体专利数量按申请人排名



◆ 设备环节持续迭代，目前已经基本实现国产化：

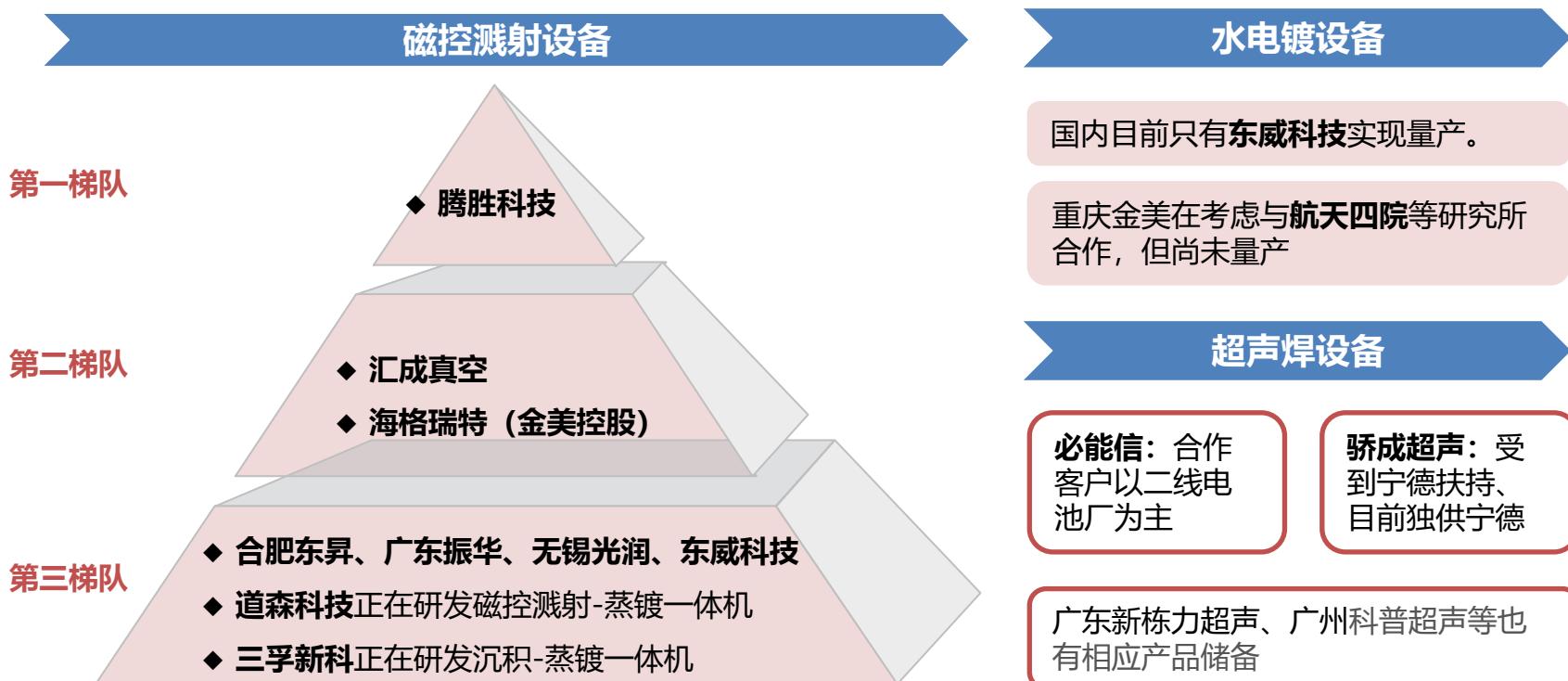
- 初代设备以进口为主，来源包括应用材料、爱发科、德国莱宝等公司，技术水平领先，但是设备造价昂贵，约为国产设备的2.5-3.5倍，生产周期长，拿货周期比国内长，且后续不易维护。
- 国产设备逐渐切入，整个环节设备包括磁控溅射、水电镀以及后道的超声焊已经基本实现国产替代，目前产业内新增产能基本采购国产设备。

图：设备国产替代



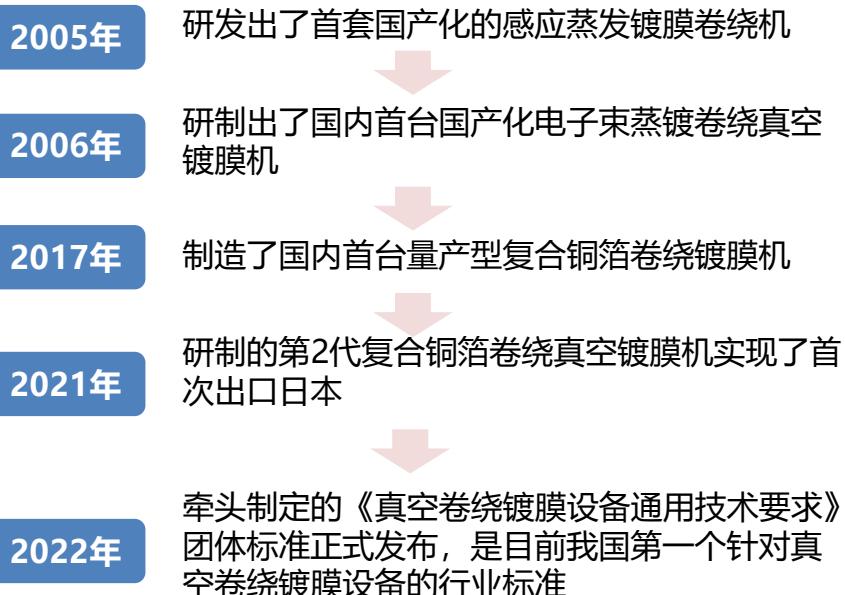
- ◆ 目前处于产业化初期，设备环节格局较为集中。其中前道磁控溅射设备，腾胜科技领跑，占据半壁江山；中道水电镀设备由于属于全新设备，目前只有东威科技实现量产；后道超声焊设备，骄成超声受宁德扶持，与必能信平起平坐。
- ◆ 磁控溅射设备壁垒更高，整体设备厂商未来或呈整线布局趋势。设备整线布局可以提升良率，发挥协同效应，寻找合适参数实现最大产能。目前除了布局一体机的设备厂外，许多单设备厂商开始考虑整线布局，如东威科技由水电镀设备向上布局磁控溅射设备，腾胜科技在磁控溅射设备基础上或将向下布局。

图：国内设备公司梳理（含非上市公司）



- ◆ **腾胜科技积累深厚，产品良率、设计产量领先。** 腾胜科技拥有25年真空镀膜技术与设备的技术沉淀，主要提供大型磁控溅射设备，2016年开始布局复合铜箔设备，2017年推出国内首台量产型复合铜箔真空镀膜设备，2021年推出二代机出口日本TDK。目前公司的产品以2代机和2.5代机为主，良率可达到90%，设计产能是行业同类设备的2.5倍。目前公司订单80%以上都是订购2.5代机。
- ◆ **产能布局领先，预计22/23年底分别实现产能35/100台。** 公司2022年底实现产能35台，新厂区一期工厂完工，产能增加一倍，预计2023年年底实现100台产能。
- ◆ **实现批量出货，目前磁控溅射设备市占率较高。** 公司的客户包括日本TDK、宝明科技、万顺新材、汉科新材等，目前已经实现批量出货，22年1-8月销售15台左右，单台设备价格在1700-2300万元，贡献收入可观。

图：腾胜科技磁控溅射设备工艺发展

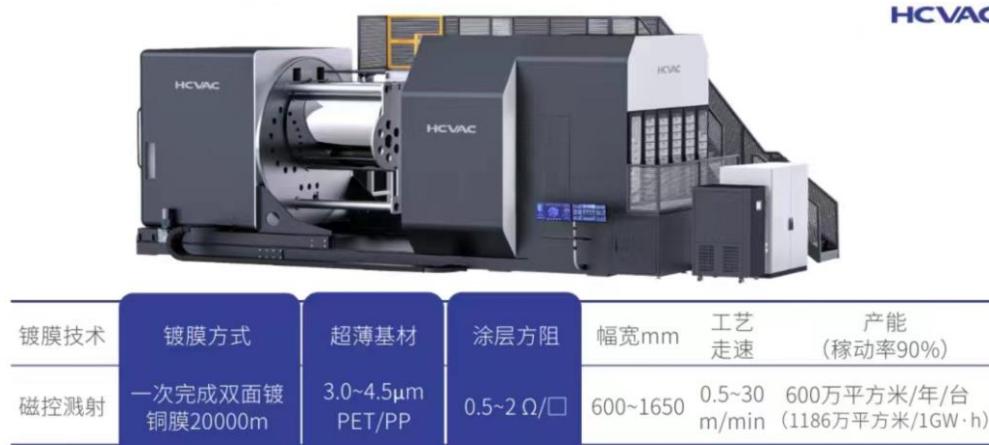


图：腾胜科技二代机迭代至2.5代机

参数	2代机	2.5代机
膜厚 (nm)	30	30
电阻 (Ω)	2.5	2.5
速度 (m/min)	13	20
单机年产能 (万方)	560	1100

- ◆ **广东汇成深耕真空设备，磁控溅射设备已实现量产。** 广东汇成是一家真空镀膜设备研发、生产、销售及其技术服务为主的真空应用解决方案供应商，主要提供小型磁控溅射单体机（均价500万元/台以下），具备HC-IN Line连续式真空镀膜设备等产品，可实现高度定制化。目前汇成真空磁控溅射设备已实现量产， 2Ω 下良率可达到90%，幅宽0.6-1.65m，线速度达12m/min，可连续生产基膜长度达2万米，单台设备价格200万元，产能达600万平方米/年。
- ◆ **海格瑞特与金美合作，持续精进设备。** 海格瑞特掌握真空应用技术及高水准电子自动化控制技术，2017年与重庆金美开始合作，2018年设计出第一代复合铜箔金属化设备，并在当年改进设计了第二代机型，2020年，由于客户对材料提出更高的指标，公司设计第三代机型，在2021年10月份，2台设备均已实现了小规模量产化。

图：广东汇成PVD双面镀铜设备指标



图：海格瑞特复合铜箔设备



后道设备：东威率先量产，基本独家量产水电镀设备



- ◆ **东威科技是国内高端印制电路（PCB）设备龙头，率先量产水电镀设备。**公司深耕电镀设备技术储备，拓展无张力同步传输、电流均匀传导等关键技术，优先切入复合铜箔领域，是目前国内唯一量产水平电镀设备的公司。其拳头产品双边夹卷式水平电镀设备采用非接触基膜方式，标准件大部分都可国产化，单台价格1200万左右，可以实现良率90%+，线速度达7-10m/min。目前公司在水电镀设备环节市占率接近100%，下游客户包括双星新材、宝明科技、纳力新材料等，目前已披露订单达到17.13亿元。公司目前引入了技术团队制作磁控溅射设备，为客户提供一体化服务，进一步提升良品率，公司预计22年底会出产品。
- ◆ **产能弹性大，23年水电镀设备产能100-300台，磁控溅射设备产能50台。**公司在手订单已接近300台，产能弹性大，PCB电镀设备与复合铜箔设备产线可灵活切换，22年底广德5万多平的二期厂房完工投产，叠加与巴城政府签署投资协议用于新能源镀膜设备扩能，将进一步保障公司产能。公司预计23年水电镀设备产能100-300台，磁控溅射设备产能50台，在手订单预计在24年底完成交付。

图：东威科技设备产能规划

时间	项目名称	计划投资	产能规划
10月 21日	昆山东威新能源设备扩能项目	10亿	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 绕镀膜设备达产后年产值 50亿元
募投	水平设备产业化建设项目	1.2	40台水平化铜设备和30 台卷式水平镀膜设备

图：东威科技双边夹卷式水平镀膜设备订单情况

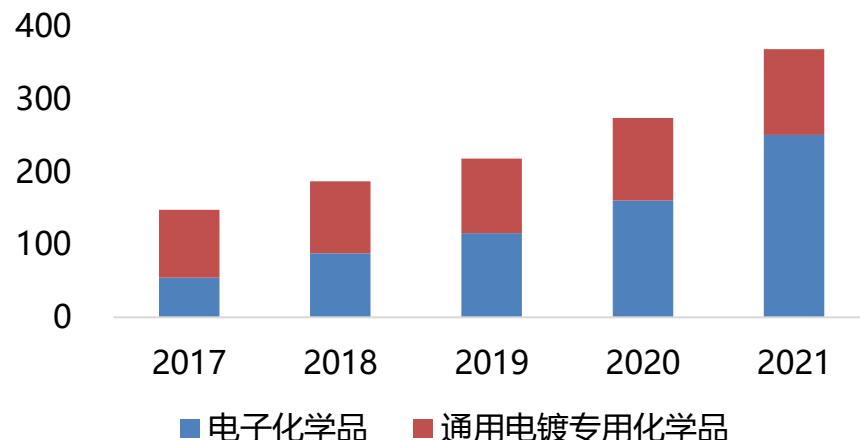
时间	金额 (亿元)	预计 台数	客户	交付时间
2022.8. 27	5	50	-	首台设备交付并安装调试到 应用状态后，余下设备2年 内完成交付
2022.8. 30	2.13	20	宝明科 技	2023年4月底交付
2022.9. 20	10	100	客户 L	2024年底前交付

- ◆ **三孚新科推出一步法全湿法，已获得下游客户认可**公司一步法通过化学反应沉积，反应过程是先在基材表面做清洁、粗化，然后在上面沉积铜层形成较好的结合力，该制作工艺具备良率高、镀膜均匀性好、自动化程度高、沉积纯度高等优势。公司进军复合铜箔设备领域、做一站式方案、实现工艺药剂设备协同，22年11月16日，三孚新科发布关于签订《战略合作框架协议》的公告，智动力向三孚新科预计首期采购一批“一步式”全湿法复合铜箔化学镀铜设备，预计合计金额为不超过人民币32,000万元（含税）。
- ◆ **道森股份布局磁控溅射-蒸镀一体机**。道森股份收购深圳洪田，计划投入将2.48亿元用于研发中心建设，重点研发复合铜箔生产设备和真空镀膜设备，重点针对磁控溅射-蒸镀一体机布局，预计23年Q2出样机，推动一步法全干法工艺的发展。

图：三孚新科复合铜箔相关指标

指标	参数特征
工艺	一步法
速率	0.6m/min
良率	95%
成本	量产3元/平米

图：三孚新科业务结构（百万）



- ◆ **骄成超声是新兴超声设备龙头，首创超声波滚焊方案。**骄成超声是专业提供超声波设备的供应商，掌握全套超声波设备研发技术。其首创超声波滚焊方案，采用全波对称式声学结构设计，声学系统损耗低于5%，使用高强度滚焊主轴系统，实现大压力、低振幅下连续焊接，最大焊接速度可达80m/min，同时配合焊接质量在线监控系统，充分保障焊接质量。
- ◆ **滚焊技术领先，终焊受益于超声焊国产替代，独供宁德。**公司终焊领域竞争对手为必能信和美国Sonics，而预焊领域也与国内超声波设备厂商如新栋力和科普形成竞争。过去PET铜箔用超声焊领域，以进口必能信、Sonics等公司为主。但设备成本更高，价格昂贵，国产替代势在必行。公司抓住风口，迅速推出产品，加上宁德扶持，目前成为宁德时代主要供应商。

图：骄成超声超声波金属焊接系统-20kHz系列



图：新栋力超声超声波焊接机指标

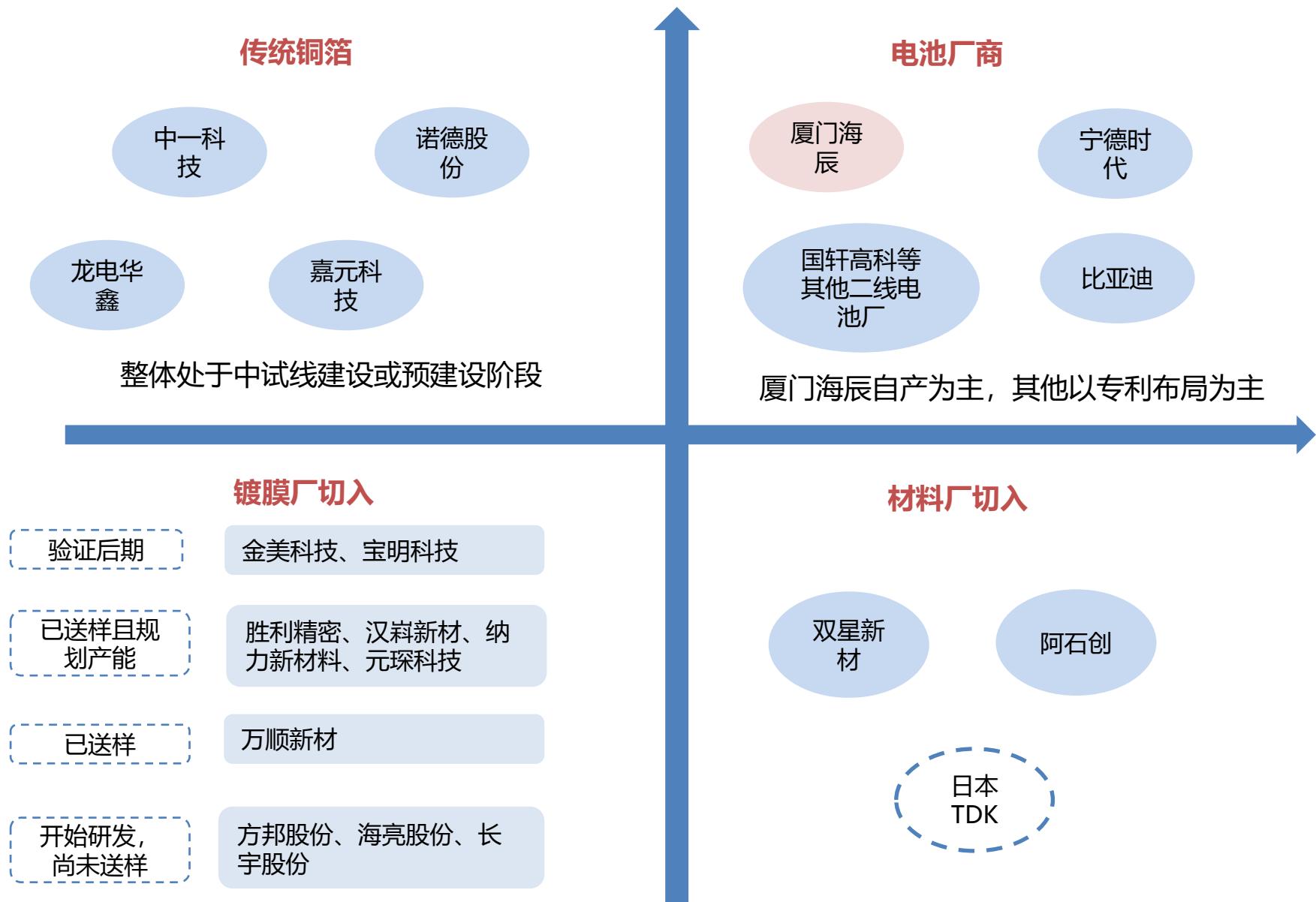
指标	参数特征
速度	单超声：> 20m/min 双超声：> 40m/min
残留率	> 90%
内阻值	< 6毫欧

◆ 复合铜箔的原材料主要包括基膜、金属铜、铜靶材、以及化学药水等，目前基膜正在走向国产化，其他以国内厂商为主：

- **基膜**：目前PET材料主要进口日本东丽，但价格昂贵，进口价6-7万/吨；国内双星新材和康辉新材PET膜进展靠前，价格可以做到2-3万/吨。
- **靶材**：工艺较为简单且技术成熟，以国产为主，供应商包括欧莱新材、尤特新材料、阿石创等。

图：双星新材PET指标VS日本东丽

技术指标	单位	D公司 (东丽)	双星新材第四次测试
平均厚度	μm	4.48	4.51
标准偏差	μm	0.106	0.075
雾度	%	5.7	5.35
湿润张力	mN/m	44	44
热收缩—MD	%	1.92	1.5
热收缩—TD	%	1.06	0.9
摩擦系数—μs	-	0.585	0.407
摩擦系数—μk	-	0.639	0.432
拉伸强度—MD	Mpa	226.2	331
拉伸强度—TD	Mpa	214.7	295
断裂伸长率—MD	%	91.4	97
断裂伸长率—TD	%	75.1	95
价格	万元/吨	6-7	2-3



- ◆ 目前PET铜箔处于0-1阶段，1-N阶段，首看下验证进度，反映技术实力和未来拿订单能力。金美布局最深厚，下游验证速度最快，处于第一梯队，宝明科技在二线电池厂中验证最快，处于1.5梯队，万顺新材和双星新材布局较早，积极送样，验证进展靠前，处于第二梯队。

图：国内主要复合铜箔制造商比较

企业	技术路线	基膜	磁控溅射设备	水电镀设备	良率	客户认证
重庆金美	三步法	PP/PET	海格瑞特	东威科技+航天四院	82%	主供宁德时代，已完成认证
宝明科技	两步法/三步法	PET	自供+腾胜科技	东威科技	80%	已将送样TOP30动力电池厂，二线电池厂评价最高，国轩等多家预计22Q1完成认证
双星新材	两步法	PP	腾胜科技	东威科技	80%	已送样头部电池厂商
万顺新材	三步法	PP	应用材料	应用材料	-	已送样头部电池厂商
纳力新材料	-	-	腾胜科技	东威科技	-	-
汉科新材	一步法		腾胜科技+自产	东威科技	-	-
胜利精密	-	-	-	-	-	已向某新能源公司进行部分送样检测
中一科技、诺德股份、嘉元科技、龙电华鑫等传统铜箔	-	-	-	-	-	与客户交流，建设或预备建设中试线

- ◆ **最早切入复合铜箔领域，先发优势明显。**公司为最早开发PET铜箔企业，2015年项目立项，专注于复合集流体薄膜材料研发，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)，目前已积累200+个相关专利，研发优势领先。
- ◆ **绑定宁德时代大客户，商业化进程领先。**宁德时代通过旗下长江晨道间接持有公司15.68%股权，和公司复合铜箔生产、研发进行紧密合作。2018年公司在宁德时代完成整车安全测试，第一代10μm复合铜箔搭载宁德时代在欧洲某车型量产应用。2020年公司开发了第一代量产设备，并完成中试，2021年11月11日，公司宣布实现8μm复合铝箔产品量产，主供全球动力电池龙头企业客户，率先实现复合集流体的商业化。
- ◆ **产品性能稳定优异，25年前形成年产值100亿元。**公司复合铜箔产品稳定在80%+的良率，现有400万平/年复合铝膜和2400万平/年复合铜膜产能，公司积极扩产，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，年产值17.5亿元，未来产值30亿的二期、三期项目会落户綦江万盛创新经济走廊-永桐新城园区，在25年之前形成年产值100亿元。

图：重庆金美产业化进程



图：重庆金美产能规划

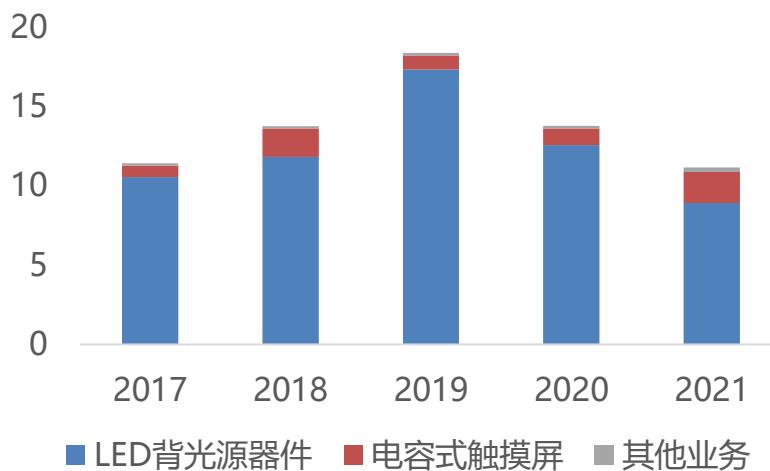
地点	产能规划	投资
綦江区工业园区	高导电性电子铝箔：400万平/年	1.5亿元
	高导电性电子铜箔：2400万平/年	
綦江区工业园区	高导电性电子铝箔：3600万平/年	2.2亿元
	高导电性电子铜箔：3600万平/年	
綦江区古南街道北渡铝工业园区	高导电性电子铝箔：4800万平/年	15亿元
	高导电性电子铜箔：29500万平/年	
永桐新城园区	年产值30亿元，2025年前年产值100亿元	

- ◆ **宝明科技起家于面板镀膜，技术相通性进入PET铜箔赛道，自主设计前端磁控溅射设备。**公司专业从事液晶显示屏领域，主要产品为LED背光源和电容式触摸屏，由镀膜技术相通性切入复合铜箔领域，选择主流路线两步法生产复合铜箔，复合箔技术团队30~40人，公司自主设计前端磁控溅射设备，可以实现80%良率水平，可连续生产基膜长度达15000~18000米。
- ◆ **高举高打，预计22年产能保守5000万平，乐观可看到1亿平。**2022年7月7日，公司宣布计划投资60亿建设2期复合铜箔产线，其中一期投资11.5亿元，目前第一批设备在12月份开始交付，预计23年Q2量产，达产后可实现年产1.5-1.8亿平米复合铜箔，配套电池约12-15GWh；二期投资48.5亿元，预计达产后实现年产能7亿平米复合铜箔，配套电池约60GWh。
- ◆ **客户验证阶段靠前，部分已进入小批量生产阶段。**公司积极送样，送样客户涵盖90%的龙头电池厂，已在部分龙头企业通过认证实现小批量供货，验证进展较快，预计23年Q1可以完成验证。

图：宝明科技复合铜箔投产计划

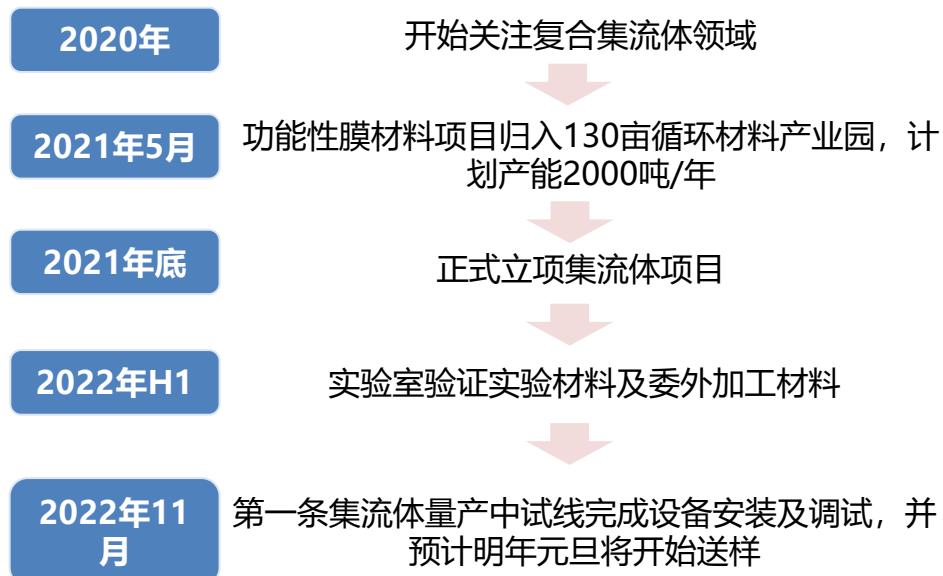
地点	赣州	
期数	一期	二期
投资总额	11.5亿元	48.5亿元
建设期	12个月	根据1期项目投产和运行情况定
达产后产能	年产1.5-1.8亿平米	毛估7个亿

图：宝明科技业务结构（亿元）

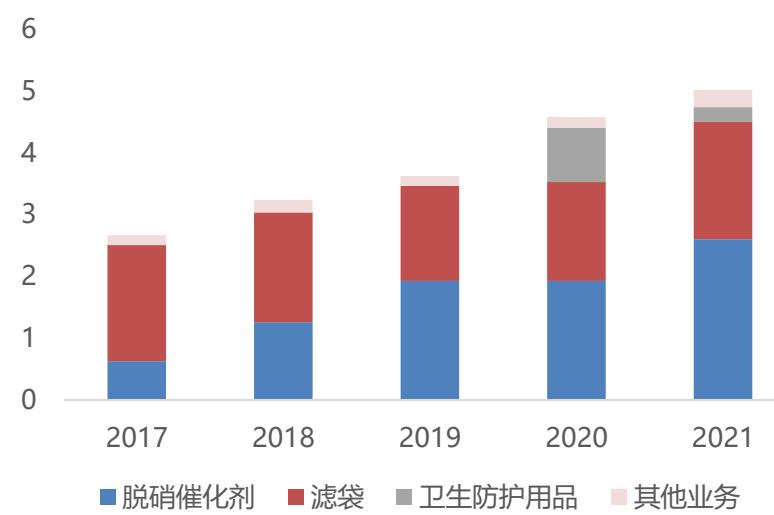


- ◆ 元琛科技起家于滤袋及催化剂，具备丰富的基膜制备经验。公司起家于袋式除尘滤袋及SCR脱硝催化剂制造业务，有多年相关膜材料制备和改性的技术和人才积累，在2020年开始关注复合集流体领域，2021年立项，正式研发相关产品。公司位于合肥市新能源产业链的中心区域，下游电池厂商，以及上游设备厂商，膜材料厂商在100公里内，有望先行享受到产业链成熟。目前公司第一条量产PET铜箔中试线已经安装调试，与东威合作水平电镀设备，腾胜科技第一批磁控设备已经到位，同时也在研发PP铜箔，未来两种路线预计并行，产品即将对下游电池厂送样。

图：元琛科技PET铜箔布局历程



图：元琛科技业务结构（亿元）

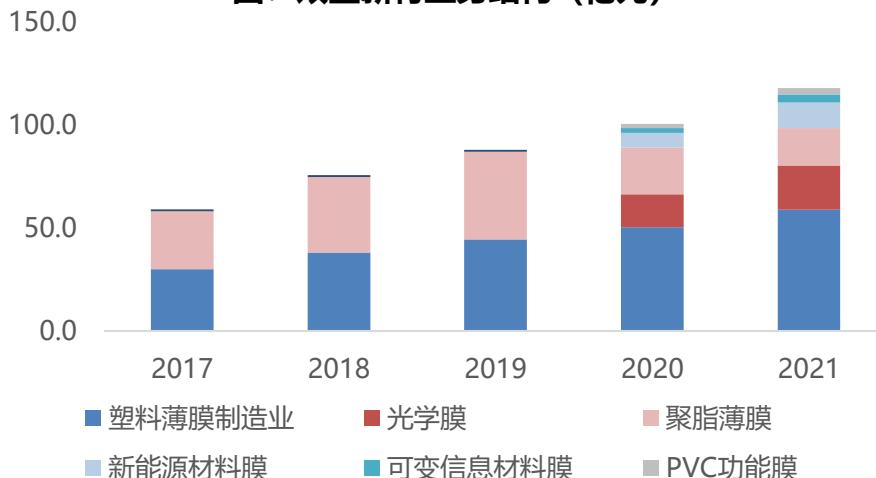


- ◆ **专注BOPET二十年，复合铜箔PET基膜产品领先。**公司专注高分子新材料产品研发，构建原料-PET切片-基膜一体化平台，2020年立项研发复合铜箔基膜，经过多次创新迭代，目前为第四代PET铜箔基膜，实现基膜平均厚度4.51μm，拉伸强度331Mpa，断裂伸长率97%，相比于进口产品，公司产品微观结构更加均匀，延伸率高6pcts，附着力更加。
- ◆ **打造复合铜箔全产业链，享有成本优势。基于自产基膜优势，**公司打造复合铜箔纵向一体化，选择两步法技术路线，进行全卷法双面镀铜膜，水镀后出货产品，成本优势显著，自产基膜节约15%总成本，预计实现综合成本3.5元/m²。
- ◆ **加速复合铜箔产能扩张，预计23年实现5000万平，25年实现5亿平方米。**在产能布局上，公司积极扩产，预计1年内实现5000万平复合铜箔膜产能，计划25年实现5亿平产能；在客户验证上，公司产品处于下游客户认证阶段，已与部分公司签订合作协议，逐步推进量产。

图：双星新材PET铜箔成本测算

名称	单价(万/平方米)
PET基材	0.15
磁控溅射镀	0.9
水镀	2.2
合计	3.25
良品率	制造成本(元/平方米)
95%	3.42
90%	3.61
85%	3.82
80%	4.06

图：双星新材业务结构(亿元)

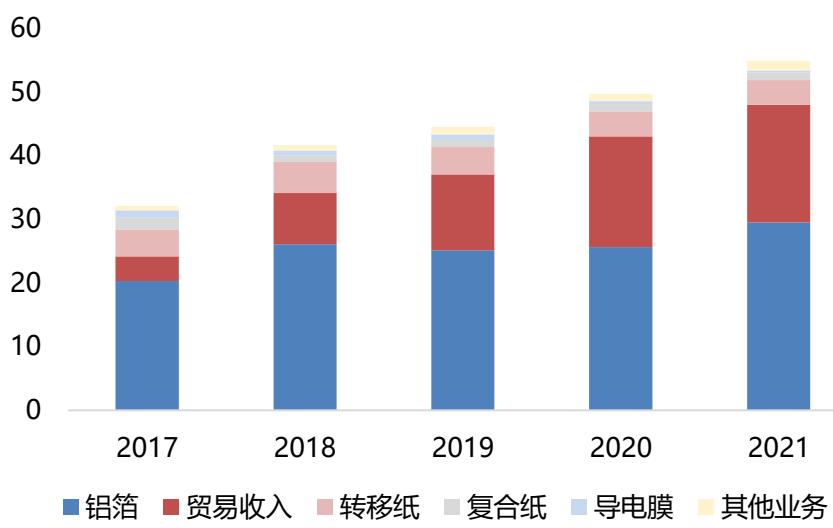


- ◆ **外购应材设备，万顺新材依靠薄膜业务经验切入PET铜箔。** 万顺新材在功能性薄膜领域积累了丰富的技术经验，拥有磁控溅射设备（7台）、电子束镀膜设备（1台）、精密涂布线等进口尖端设备，覆盖多类功能性薄膜产品工艺。公司PET铜箔工艺选择三步法。
- ◆ **送样头部电池厂商，产能布局偏保守。** 万顺新材的PET铜箔已送样宁德时代和比亚迪，进入客户验证阶段。在产能布局上，万顺新材较为保守，目前仅为实验室阶段，资本开支仍然以电池箔为主，预计通过客户验证后，PET铜箔扩产或将加速。

图：万顺新材PET铜箔项目

研发项目	动力电池超薄铜膜
项目目的	<ul style="list-style-type: none"> □ 以膜基材双面铜层结构取代现行铜箔，达到减重、提高单位储电量以及提高电池安全性的目的。
阶段	小试阶段
目标	<ul style="list-style-type: none"> □ 使用磁控溅射或电子束蒸镀方式研发铜膜，起到减重、提高单位储电量及提高电池安全性目的。

图：万顺新材业务结构（亿元）

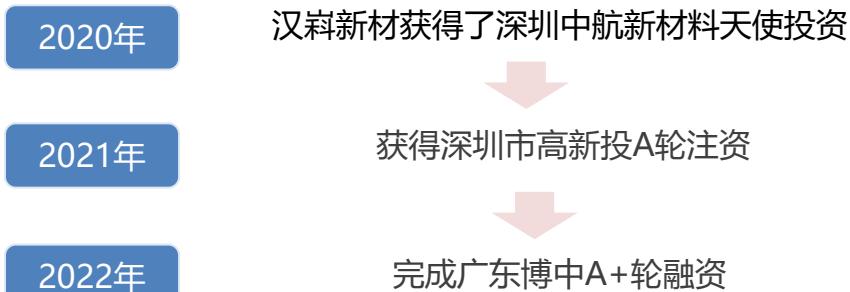


制造环节：汉科新材主打一步法，设备积累深厚



◆ **汉科新材具备工艺和设备持续改进能力，主打一步干法。**汉科新材创始人王荣福从事蒸发、磁控溅射行业近30年，在复合材料溅射金属经验丰富。公司具备复合集流体工艺技术和设备改进能力，是国内第一条2.5代机的使用者兼关键参数制定者，3代设备的首创研发者，目前已申报相关发明专利20余项，其中针对提升复合铜箔关键性能的2项发明专利已获授权。汉科新材主攻一步法（全干法），采用多靶材多腔体提高生产效率和良率，技术由纯磁控溅射向磁控溅射+真空蒸镀转变，目前已经给行业的头部电池企业送样。公司预计22年底第一台2.5代设备到货，23年Q2增至3台设备，对应2000-3000万平米产能，复合铜箔成本5元/平米，复合铝箔成本4元/平米。

图：汉科新材融资历程

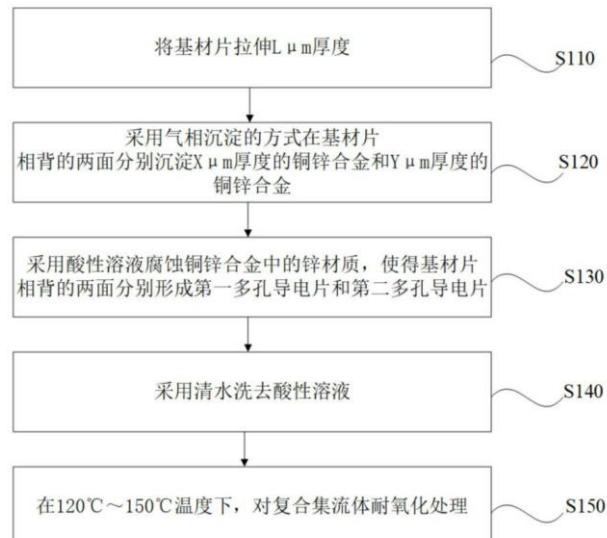


图：汉科新材董事长王荣福



- ◆ **纳力新材料背靠扬州政府，资金实力雄厚，首批复合铝箔产品已投产下线。** 纳力新材料背靠扬州市委市政府和申达集团，落户江阴，为扬州市招商引资重大项目。公司复合集流体专利布局领先，截至21年8月，该公司已提交232件专利申请，其中国内专利申请167件，国外专利申请65件。公司规划22-24年实现新型铜集流体和铝集流体各一亿平米产能和销售目标：1) 22年完成第一批设备的安装和调试，启动产品认证，并实现铝箔产品小批量销售；2) 23年完成第一批铜箔设备的达产并销售，第二批铝箔设备完成安装调试并量产销售；3) 24年底实现一期全部设备的满产满销。22年9月30日，纳力新材料首批复合铝箔产品投产下线。
- ◆ **公司扩产规划激进，未来收入贡献可观。** 纳力新材料目前有两大生产基地：1) 江阴基地一期投资3亿元，预计实现产能1亿平。2) 扬州基地一期投资6.5亿元，预计实现产能2.2亿平。二期投资112亿元，可实现年开票销售200亿元、税收24亿元。同时扬州当地基膜同步建设，博恒新材在江都布局复合集流体用超薄增强膜产品，新增36条高端进口生产线，总投资106亿，年销售收入可超160亿元

图：纳力新材料《复合集流体、极片和锂电池》专利



图：纳力新材料产能基地布局

	厂房面积	投资金额	产能
扬州一期	3.6万平	6.5亿	2.2亿平
扬州二期		112亿	
江阴一期	1.5万平	3亿	1亿平

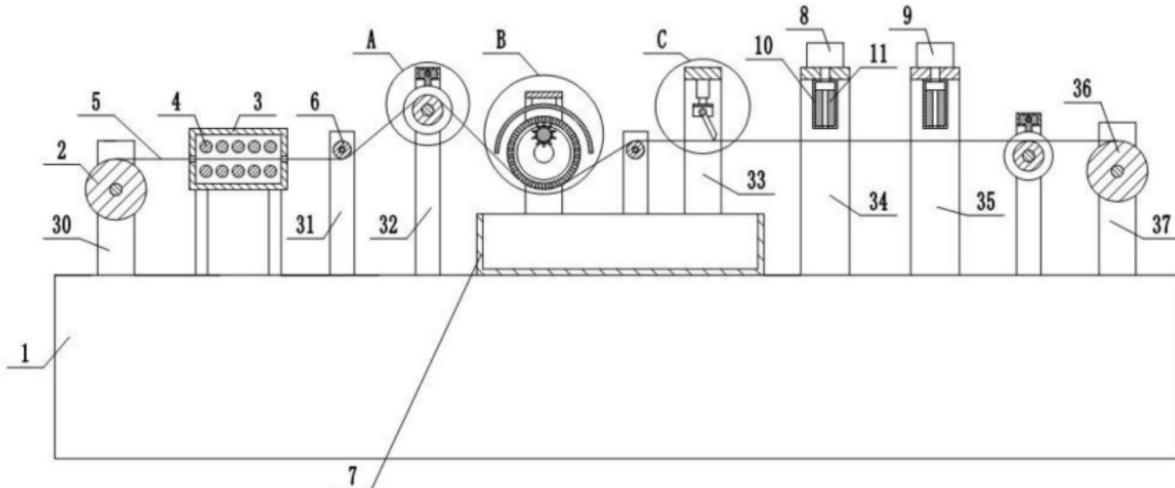
- ◆ **公司深耕PVD镀膜材料，材料、工艺和设备三维度积累切入复合铜箔。**公司作为一家专业从事PVD镀膜材料生产商，可提供各类金属靶材、合金靶材、化合物与氧化物靶材产品，积累了丰富的膜层设计、膜系分析经验；此外，在设备端，与日本爱发科、美国AKT、国内诸多真空厂商保持良好沟通与多维度技术交流；工艺端，公司起步于光学光通讯，拥有完备的膜系分析设备和丰富的膜层设计经验。
- ◆ **从镀膜材料、设备、工艺三端入手，积极研发解决复合铜箔量产难点。**在材料端，公司设计靶材织构，提高导电性能，并设计符合树脂与金属双层材料要求的打底层；在设备端，采用大腔体、少靶位，并引进日本同行经验，后期在冷却中鼓表面更换陶瓷材料；在工艺端，应用PVD溅射+电镀工艺镀铜，应用PVD蒸镀工艺镀铝。
- ◆ **积极采购设备，培育新的利润增长点。**10月27日，阿石创与东威科技、腾胜科技正式签署复合铜箔设备装备协议。标志着公司已完成了项目前期准备，即将进入设备安装调试与试产阶段。

图：阿石创发展历程



- ◆ **传统铜箔磁控溅射经验不足，水电镀环节有know how优势。**水电镀环节与传统电镀有一定技术相通性，传统铜箔厂商存在先发优势，目前正在加快布局，但是传统铜箔和复合铜箔在前道工艺上相差较大，尤其是磁控溅射环节，目前传统铜箔厂商在PET铜箔的良率较低和整体进展偏慢：
- **中一科技：**2022年9月设立子公司从事复合集流体的研究、开发、生产和销售等业务，**目前处于中试线建设阶段。**
- **嘉元科技：**目前已开展复合铜箔立项研发，并取得一定的科技成果，同时**已有计划购置中试生产设备。**2022年4月公司发布《一种多层复合超薄型铜箔制造设备》专利，目前正在实质审查阶段。
- **诺德股份：**同时布局复合铜箔和复合铝箔。1) 在复合铜箔上，公司正与客户小量送样进行技术交流；在复合铝箔的制备工艺上，公司取得了较好的研发结果，复合铝箔的制备工艺较复合铜箔简单，目前公司也在小量给客户送样进行技术交流，**并已规划安装中试线进行量产可行性分析和成本核算。**
- **龙电华鑫：**已购置设备，安装调试中。

图：嘉元科技《一种多层复合超薄型铜箔制造设备》专利



PART4 投资建议

◆ **投资建议：**复合铜箔技术逐步趋于成熟，随着良率的提升、工艺的成熟、规模效应的释放，成本有望进一步降低，我们看好PET铜箔产业链前景。近期产业链持续催化，加速突破0-1阶段，23年量产元年即将来临，我们推荐四条主线：1) 看好终端性能提升的电池厂商，推荐**宁德时代**、**比亚迪**，关注**国轩高科**；2) 看好订单先行的设备龙头厂商，关注**东威科技**、**骄成超声**、**三孚新科**、**道森股份**；3) 看好量产在即的复合铜箔制造厂商，推荐**璞泰来**，关注**元琛科技**、**宝明科技**、**双星新材**、**阿石创**、**万顺新材**。4) 看好加快布局的传统铜箔厂商，推荐**嘉元科技**、**诺德股份**，关注**中一科技**。

表：公司估值表（截至2022年11月27日）

板块	名称	总市值 (亿元)	股价 (元/股)	归母净利润 (亿元)			PE			评级	来源
				2022E	2023E	2024E	2022E	2023E	2024E		
电池厂	宁德时代	9091	372.2	301.9	483.3	655.0	30	19	14	买入	东吴
	比亚迪	7134	245.1	162.5	302.1	394.9	44	24	18	买入	东吴
	国轩高科	553	31.1	4.8	17.9	26.4	116	31	21	-	Wind
设备厂	东威科技	223	151.8	2.3	3.8	5.1	97	58	43	-	Wind
	骄成超声	137	166.5	1.2	2.0	2.8	118	70	48	-	Wind
	三孚新科	83	89.9	-0.1	0.5	1.4	-631	182	61	-	Wind
	道森股份	65	31.2	1.1	2.7	4.0	62	24	16	-	Wind
制造厂	璞泰来	765	55.0	31.1	45.1	63.6	25	17	12	买入	东吴
	元琛科技	41	25.6	0.5	0.9	1.7	79	45	24	-	Wind
	宝明科技	116	62.7	0.2	0.9	2.8	579	124	42	-	Wind
	双星新材	183	15.8	17.7	24.7	32.8	10	7	6	-	Wind
	万顺新材	77	10.7	2.5	3.7	4.8	31	21	16	-	Wind
	阿石创	40	26.4	0.2	0.7	1.1	196	58	36	-	Wind
	诺德股份	161	9.2	4.3	6.5	8.8	37	25	18	买入	东吴
	嘉元科技	155	51.1	6.4	9.6	13.0	24	16	12	买入	东吴
	中一科技	77	75.7	4.4	6.7	10.2	17	11	8	-	Wind

PART5 风险提示

- ◆ **新技术量产进度不及预期。** 目前复合铜箔处于认证中后期，复合铜箔生产厂商根据电池厂反馈进行工艺完善，如果工艺改进低于预期，良率难以达到量产标准，量产进度放缓，将影响复合铜箔渗透率和相关公司盈利。
- ◆ **行业竞争加剧的风险。** 目前行业内各个环节都在持续涌入新玩家，同时拥有客户优势的传统铜箔龙头诺德股份也在积极研发，或将导致PET铜箔行业竞争加剧，降低行业内公司稳态盈利。
- ◆ **工艺路线存在不确定性。** 目前行业内工艺路线尚未完全统一，多家公司选择其中某条路线切入，存在路线更换风险。
- ◆ **下游新能源车销量不及预期。** 下游新能源汽车销量是锂电环节的基本盘，新能源汽车销量不及预期将向上传导，影响上游公司的销量和盈利。

免责声明

东吴证券股份有限公司经中国证券监督管理委员会批准，已具备证券投资咨询业务资格。

本研究报告仅供东吴证券股份有限公司（以下简称“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，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议，本公司不对任何人因使用本报告中的内容所导致的损失负任何责任。在法律许可的情况下，东吴证券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并进行交易，还可能为这些公司提供投资银行服务或其他服务。

市场有风险，投资需谨慎。本报告是基于本公司分析师认为可靠且已公开的信息，本公司力求但不保证这些信息的准确性和完整性，也不保证文中观点或陈述不会发生任何变更，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。

本报告的版权归本公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制和发布。如引用、刊发、转载，需征得东吴证券研究所同意，并注明出处为东吴证券研究所，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。

东吴证券投资评级标准：

公司投资评级：

买入：预期未来6个月个股涨跌幅相对大盘在15%以上；

增持：预期未来6个月个股涨跌幅相对大盘介于5%与15%之间；

中性：预期未来6个月个股涨跌幅相对大盘介于-5%与5%之间；

减持：预期未来6个月个股涨跌幅相对大盘介于-15%与-5%之间；

卖出：预期未来6个月个股涨跌幅相对大盘在-15%以下。

行业投资评级：

增持：预期未来6个月内，行业指数相对强于大盘5%以上；

中性：预期未来6个月内，行业指数相对大盘-5%与5%；

减持：预期未来6个月内，行业指数相对弱于大盘5%以上。

东吴证券研究所
苏州工业园区星阳街5号
邮政编码：215021

传真：(0512) 62938527
公司网址：<http://www.dwzq.com.cn>

东吴证券财富家园