



## 电镀铜：HJT降本增效关键技术，产业化渐近关注设备端投资机会

行业评级：增持

分析师：邹润芳  
证券执业证书号：S0640521040001

研究助理：闫智  
证券执业证书号：S0640122070030

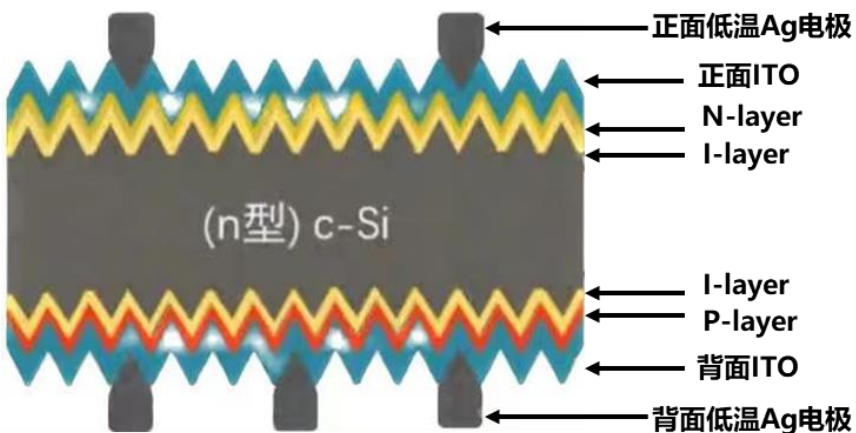
分析师：卢正羽  
证券执业证书号：S0640521060001

- **重点推荐：**华中数控、国茂股份、中科创达、航锦科技、双良节能、超图软件、纽威股份、天通股份、西子洁能、捷佳伟创、天准科技
- **核心个股组合：**华中数控、国茂股份、中科创达、贝斯特、五洲新春、禾川科技、航锦科技、双良节能、纽威股份、华伍股份、西子洁能、骄成超声、奥特维、罗博特科、高测股份、宇晶股份、捷佳伟创、科威尔、绿的谐波、埃斯顿、双环传动、柯力传感、瀚川智能
- **本周专题研究：**HJT电池有着转化效率高、低功耗、工艺步骤少的优势，但由于HJT电池制备为低温工艺，在制作金属电极中只能使用低温银浆，且银浆耗量更高，截止2022年末HJT银浆成本为0.10元/W，占据非硅成本的40%。电镀铜作为去银化重要路线，其制备的铜栅线具有直接材料成本低、栅线窄、高宽比高、降低遮光面积及栅线电阻更低的优点，可实现降本增效。根据海源复材中试结果，采用电镀铜工艺，相对电池银浆，成本降低50%，效率提升0.3%。图形化及金属化环节是铜电镀的核心，目前传统掩膜光刻技术及激光直写为图形化环节主流技术，金属化环节中垂直电镀、VDI电镀量产进程较快。根据SMM数据，截止2023年7月底HJT产能38.8GW，预计2023年底，国内HJT产能有望达到66.8GW，随着HJT产能扩张加速，电镀铜作为降本增效的重要手段，量产化渐进有望带来设备需求。建议关注：1) HJT整线供应商：迈为股份、捷佳伟创、金辰股份；2) 布局电镀铜图形化设备：苏大维格、芯碁微装、帝尔激光、天准科技；3) 布局电镀铜金属化设备：东威科技，罗博特科。
- **重点跟踪行业：**
  - **锂电设备**，全球产能周期共振，预计21-25年年均需求超千亿，国内设备公司优势明显，全面看好具备技术、产品和规模优势的一二线龙头；
  - **光伏设备**，设备迭代升级推动产业链降本，HJT渗透率快速提升，同时光伏原材料价格下降有望刺激下游需求，看好电池片、组件设备龙头；
  - **换电**，2025年换电站运营空间有望达到1357.55亿元，换电站运营是换电领域市场空间最大的环节，看好换电站运营企业；
  - **储能**，储能是构建新型电网的必备基础，政策利好落地，发电、用户侧推动行业景气度提升，看好电池、逆变器、集成等环节龙头公司；
  - **半导体设备**，预计2030年行业需求达1400亿美元，中国大陆占比提高但国产化率仍低，看好平台型公司和国产替代有望快速突破的环节；
  - **自动化**，下游应用领域广泛的工业耗材，市场规模在400亿左右，预计2026年达557亿元，看好受益于集中度提高和进口替代的行业龙头；
  - **氢能源**，绿氢符合碳中和要求，光伏和风电快速发展为光伏制氢和风电制氢奠定基础，看好具备绿氢产业链一体化优势的龙头公司；
  - **工程机械**，强者恒强，建议关注行业龙头，看好具备产品、规模和成本优势的整机和零部件公司。

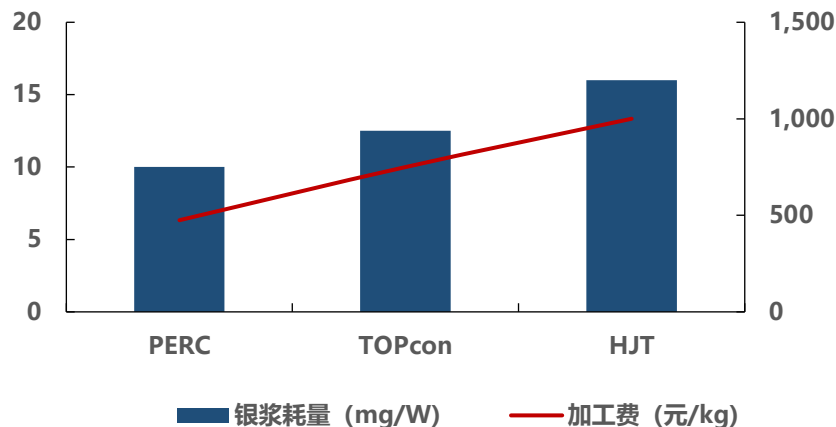
# 1.本周专题研究：银浆在HJT电池非硅成本占据首位，成为降本的关键

- HJT电池具有多重优势。** HJT技术较好解决常规电池掺杂层和衬底接触区域的高度载流子复合损失的问题，其核心工艺在PN结中插入本征非晶硅层作为缓冲层。HJT电池有着转化效率高、低功衰、工艺步骤少的优势契合光伏行业发展规律，其制备工序只有四道，有利于减化制备流程，更容易实现产业化。
- 银浆在非硅成本占比达到40%，成为HJT降本关键。** HJT电池由N型硅片、非晶硅薄膜、透明导电薄膜以及金属电极构成，非晶硅薄膜含氢量高导致其对温度较为敏感，因此生产环节需要低温银浆，烧结温度在250度以下，目前HJT行业均采用树脂固化的低温银浆制作电池电极。根据聚和材料披露数据，HJT银单耗超过15mg/W，而PERC及TOPcon银浆单耗分别为9mg/W、12mg/W；此外，低温银浆工艺复杂，HJT银浆加工费高达1000元/kg，大幅高于PERC及TOPcon，因此HJT银浆成本处于高位。根据《全球光伏HJT技术及能源发展前景白皮书》，截止2022年末HJT银浆成本为0.10元/W，银浆在非硅成本中占比达到40%，成为降本的关键。

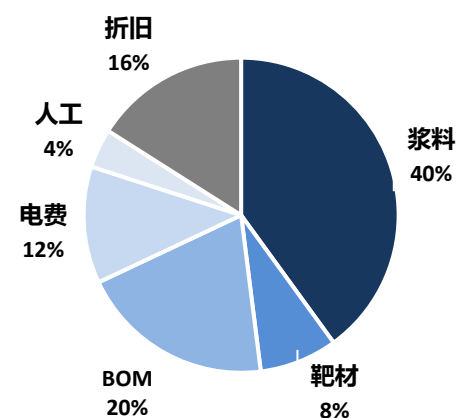
图表：HJT电池结构示意图



图表：各电池技术银浆耗量及加工费水平



图表：2022年末HJT电池片非硅成本构成 (元/W)



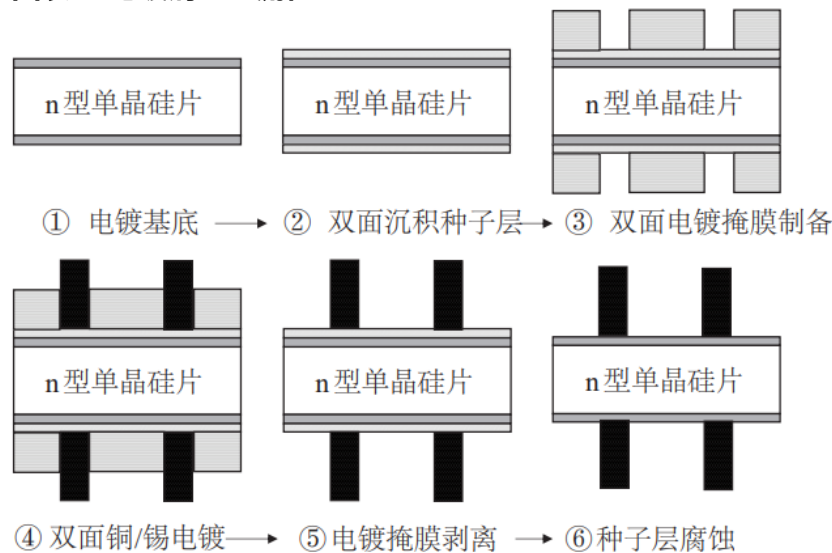
# 1.本周专题研究：电镀铜作为去银化重要路线，具备降本增效的优势

- **电镀铜采用完全去银化技术，同时具有提效优势。** 电镀铜采用铜代替银浆，大幅降低直接材料成本，成为去银化的重要手段，其工作原理是在基体金属表面通过电解方法沉积金属铜制作铜栅线，进而收集光伏效应产生的载流子。相比采用银粉与有机物的混合物成的低温银浆，铜有着更低的电阻率，这使得电镀铜形成栅线导电性更好；铜栅线可实现20um宽度，而银栅线仅能达到30um，更窄的栅线有着更高的高宽比，从而降低遮光面，实现效率的提升。根据海源复材的中试结果，采用电镀铜工艺，相对电池银浆，成本可以降低50%，效率提升0.3%。
- **电镀铜代替丝网印刷，主要包括种子层制备、图形化、金属化三大工序。** 1) 种子层制备：通过在电池片表面通过磁控溅射PVD设备沉积一层铜种子层，而后进行快速烧结，实现增强铜栅线与TCO之间的附着力；2) 图形化：通过运用图形转移技术，实现获取设计图案，根据是否使用掩膜，光刻可分为掩膜光刻与直写光刻；3) 金属化：将电池片放入硫酸铜溶液里电解，通过电解制得铜电极，电镀方式可分为垂直电镀、水平电镀、VDI电镀。

图表：铜栅线较银栅线对比具有优势

	银栅线	铜栅线	铜栅线优势
材料价格 (23/8/11)	银价：5559元/kg	铜价：68元/kg	直接材料成本低
栅线宽度	30-40um	≤20um	栅线窄，高宽比高，降低遮光面积及栅线电阻
电阻率	3-10Ω/m	1.7Ω/m	电阻率低
低温工艺	是	是	/
增效		0.3%	效率有所提升

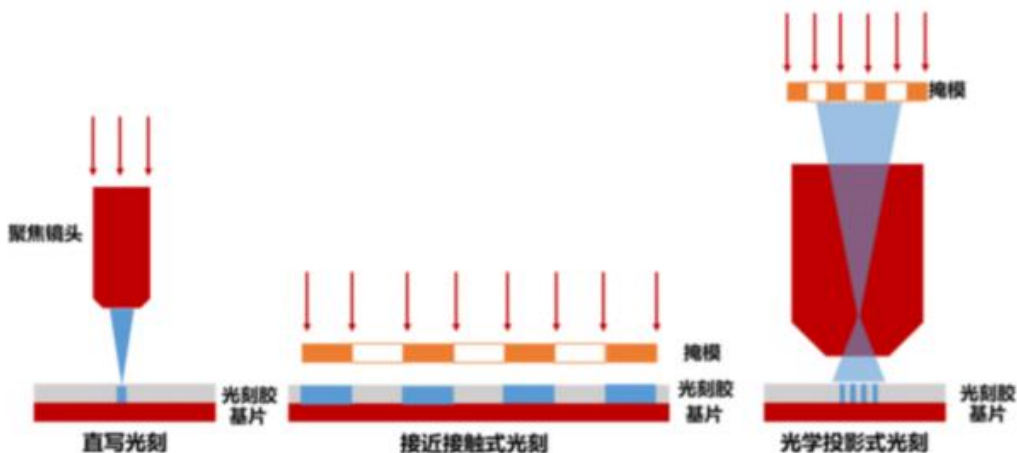
图表：电镀铜工艺流程



# 1.本周专题研究：图形化及金属化环节是核心，量产化进程逐步推进

- **曝光显影为图形化环节的主要工序，传统掩膜光刻技术及激光直写为主流技术。**掩膜光刻由光源发出的光束，经掩膜版在感光材料上成像，具体可分为接近、接触式光刻以及投影光刻，其中投影式光刻技术更加先进，通过投影的原理能够在使用相同尺寸掩膜版的情况下获得更小比例的图像，从而实现更精细的成像；直写光刻是指计算机控制的高精度光束聚焦投影至涂覆有感光材料的基材表面上，无需掩膜直接进行扫描曝光。投影式光刻需要使用掩膜版，并需要在一定时间内进行更换，相比之下直写光刻有着无需掩膜版、图形易修改的优势。
- **金属化环节中垂直电镀、VDI电镀进展较快。**受益于在PCB领域的广泛应用，垂直电镀技术路线成熟，工艺较为简单，目前东威科技第三代设备产量提升至8000片/小时，同时保证更低碎片率、更高电镀均匀性。VDI电镀由罗博特科研发，单线产能可达到14000整片/小时，破片率<0.02%，6月13日，罗博特科单体GW级太阳能电池铜电镀设备实现出货，单台产能从600MW提升至1GW并减少20%占地面积，量产化进程加速推进。

图表：直写光刻、接近/接触式光刻以及投影式光刻示意图



图表：相关公司量产化进程

序号	公司	环节	量产化进程
1	苏大维格	图形化	23年7月，公司自行研发的高速低成本投影扫描光刻设备已顺利搭建完成，在与下游客户进行验证工作
2	芯碁微装	图形化	23年4月，公司光刻设备量产机型SDI-15H已经发货至光伏龙头企业，支持HJT铜电镀、XBC电池工艺
3	帝尔激光	图形化	公司电镀工艺设备主要是激光高精超细图形化设备，已应用于TOPcon\XBC量产工艺，已有量产订单交付，HJT图形化工艺在研发中
4	天准科技	图形化	22年启动光伏镀铜图形化设备研发，预计将在23年交付客户试用
5	东威科技	金属化	第三代铜电镀设备除了应用在HJT技术路径上，在TOPcon、IBC技术路径均可以适用，至8000片/小时，同时保证更低碎片率、更高电镀均匀性，计划将于23年9月发货至客户处
6	罗博特科	金属化	22年12月电镀设备成功交付；23年1月，与国电投建立战略合作，项目前期已完成第一阶段可行性测试，并于3月开始第二阶段测试，力争Q3建立首条大产能铜栅线HJT生产线；23年6月，单体GW级太阳能电池铜电镀设备实现出货，单台产能从600MW提升至1GW并减少20%占地面积



# 1.本周专题研究：HJT产能扩张加速，电镀铜产业化渐进关注设备投资

■ **HJT产能逐步落地，23年年底有望超过60GW。**根据SMM数据，截止2023年7月底HJT产能38.8GW，其中包含已进厂调试及中试线产能，23年设备待进厂的产线产能为27.9GW，预计2023年底，国内HJT产能有望达到66.8GW，产能落地显著加快，此外国内规划产能达到308GW，相较年初规模增长163%。随着HJT产能扩张的加速，电镀铜作为降本增效的重要手段，量产化加速有望带来设备需求。建议关注：1) HJT整线供应商：迈为股份、捷佳伟创、金辰股份；2) 布局电镀铜图形化设备：苏大维格、芯碁微装、帝尔激光、天准科技；3) 布局电镀铜金属化设备并进行客户认证：东威科技，罗博特科。

图表：HJT产能扩张加速

公司	当前产能	在建产能	2023E	备注
华晟新能源	宣城1-4期 8.1GW	大理5GW+无锡 3.6GW	14.2GW	宣城4期转化效率25.58%
东方日升	金坛4GW	滁州6GW+宁波 5GW	15GW	金坛采用210半片
金刚光伏	苏州1.2GW+酒 泉4.8GW	/	6GW	酒泉采用210半片双面微晶
宝馨科技	/	蚌埠2GW+内蒙古 2GW	4GW	
爱康科技	/	湖州2.42GW	2.42GW	中试线效率最高达25.5%
润海新能源	/	舟山3GW	3GW	7月设备调试中
三五互联	/	眉山3.2W	3.2GW	
中建材	/	江阴2GW	2GW	

图表：电镀铜各环节设备厂商

设备	环节	作用	主要设备厂商
PVD	种子层制备	增强铜栅线与TCO之间的附着力	迈为股份、捷佳伟创、金辰股份、钧石能源等
贴膜及层压设备	图形化	将抗刻蚀材料涂覆在电池片表面保护不需要被电镀的部分	/
曝光设备	图形化	将所需图形转移到感光材料上	苏大维格、芯碁微装、帝尔激光、天准科技、捷得宝、太阳井等
显影设备	图形化	将感光胶上图形显现出来	/
电镀设备	金属化	在硅片正、背面的栅线图案上电镀铜，形成铜栅线电极	东威科技、罗博特科、捷得宝、太阳井等

## 2.重点跟踪行业：光伏、储能、锂电

- **光伏设备**：1) N型电池片扩产项目多点开花，光伏设备企业技术持续突破，需求与技术共振，推动光伏产业高景气增长。**建议关注：迈为股份、捷佳伟创等**。2) 光伏产业链价格调整将会使产业链利润重新分配，同时刺激下游需求，有望引导整个产业链向好发展。在产业链调整的过程中，看好以下几个方向：靠近下游的电池组件、电站运营环节；非硅辅材、耗材环节；光伏设备等。**建议关注：双良节能、奥特维等**。
- **锂电设备**：从新技术带来新需求、扩产结构性加速度和打造第二成长曲线等角度出发筛选公司，2023年重点推荐以下方向：1、新技术：①复合集流体从0到1加速渗透，推荐关注相关设备商**东威科技、骄成超声**；②若大圆柱渗透率提升，激光焊接等环节有望受益，推荐关注**联赢激光**；2、锂电储能：2023年或成为国内大储高增速元年，重点关注电池、逆变器、温控、消防等环节；3、主业拓展：锂电设备是少有的能出现千亿级别大市值公司的领域，推荐关注平台型公司**先导智能**；电力电子、激光加工技术具备延展性，需求增长持续性有望更强，推荐关注**星云股份**等；4、出口链：海外扩产有望出现结构加速，推荐关注**杭可科技**。
- **储能**：发电侧和用户侧储能均迎来重磅政策利好，推动储能全面发展。1) 发电侧：2021年8月10日，《关于鼓励可再生能源发电企业自建或购买调峰能力增加并网规模的通知》出台，首次提出市场化并网，超过保障性并网以外的规模按15%的挂钩比例（4小时以上）配建调峰能力，按照20%以上挂钩比例进行配建的优先并网，抽水蓄能、电化学储能都被认定为调峰资源，为发电侧储能打开。2) 用户侧全面推行分时电价，峰谷价差达3到4倍，进一步推动用户侧储能发展。**星云股份**是国内领先的以锂电池检测系统为核心的智能制造解决方案供应商，与锂电池、储能行业头部企业进行战略合作并推广储充检一体化储能电站系列产品。**科创新源**通过液冷板切入新能源汽车和储能赛道，已进入宁德时代供应商体系，随着下游需求不断提升，未来有望放量增长。
- **氢能源**：绿氢符合碳中和要求，随着光伏和风电快速发展，看好光伏制氢和风电制氢。**建议关注：隆基绿能、亿华通、兰石重装、科威尔等**。

## 2.重点跟踪行业：工程机械、半导体设备、自动化、碳中和、氢能源

- **激光设备**：激光自动化设备市场格局分散，且其通用属性较强，下游分散，行业集中度提高难度较大。激光加工相对于传统方式，优势明显，重点关注其在锂电、光伏等高成长性行业的大规模应用。以锂电池激光焊接为例，若按照激光焊接设备占比10%计算，2021-2025年合计新增需求约487亿元。重点关注深耕细分高景气赛道的激光加工设备龙头，**帝尔激光、联赢激光、大族激光、海目星等**。（详见《2023年投资策略：复苏可期，成长主导，星光渐亮》报告）
- **工程机械**：强者恒强，建议关注龙头公司。**推荐关注：三一重工、恒立液压、中联重科等**。
- **半导体设备**：全球半导体设备市场未来十年翻倍增长，国产替代是一个长期、持续、必然的趋势：1) 根据AMAT业绩会议，预计2030年半导体产业规模将达到万亿美元，即使按照目前14%的资本密集度，设备需求将达到1400亿美元，而2020年为612亿美元。2) 2020年，中国大陆首次成为全球半导体设备最大市场。2021Q1，中国大陆出货额为59.6亿美元，环比增长19%，同比增长70%，仅次于韩国。3) 在瓦森纳体系下，中国半导体设备与材料的安全性亟待提升，而国产化率水平目前仍低。**建议关注：中微公司、北方华创、华峰测控、长川科技、精测电子、芯源微、万业企业、至纯科技、华海清科等**。
- **自动化**：刀具是“工业牙齿”，其性能直接影响工件质量和生产效率。根据中国机床工具工业协会，我国刀具市场规模在400亿元左右，预计到2026年市场规模将达到557亿元。该市场竞争格局分散，CR5不足10%；且有超1/3市场被国外品牌占据。刀具属于工业耗材，下游应用领域广泛，存量的市场需求比较稳定，伴随行业集中度提高和进口环节替代，头部企业有望迎来高速增长机遇。**建议关注华锐精密、欧科亿**。
- **碳中和**：1) 换电领域千亿市场规模正在形成；2) 全国碳交易系统上线在即，碳交易市场有望量价齐升。**建议关注移动换电及碳交易受益标的一一协鑫能科**，公司拥有低电价成本，切入移动能源领域具备优势；坐拥2000万碳资产，碳交易有望带来新的业绩增长。



- 产品和技术迭代升级不及预期
- 海外市场拓展不及预期
- 海外复苏不及预期、国内需求不及预期
- 原材料价格波动
- 零部件供应受阻
- 客户扩产不及预期
- 市场竞争加剧。



**邹润芳**

中航证券总经理助理兼研究所所长  
先后在光大、中国银河、安信证券负责机械军工行业研究，在天风证券负责整个先进制造业多个行业小组的研究。作为核心成员五次获得新财富最佳分析师机械（军工）第一名、上证报和金牛奖等多次第一。在先进制造业和科技行业有较深的理解和产业资源积淀，并曾受聘为多家国有大型金融机构和上市公司的顾问与外部专家。团队擅长自上而下的产业链研究和资源整合。  
SAC: S0640521040001



**卢正羽:**

先进制造行业 研究员 (手机/微信:15517207789)  
香港科技大学理学硕士，2020年初加入中航证券研究所，覆盖通用设备、军民融合和计算机板块。  
SAC: S0640521060001



**闫智:**

先进制造行业 研究员 (手机/微信:13121190503)  
南京大学工学硕士，2022年7月加入中航证券研究所，覆盖锂电设备、激光设备板块。  
SAC: S0640122070030

**我们设定的上市公司投资评级如下:**

- |           |                                   |
|-----------|-----------------------------------|
| <b>买入</b> | : 未来六个月的投资收益相对沪深300指数涨幅10%以上。     |
| <b>持有</b> | : 未来六个月的投资收益相对沪深300指数涨幅-10%-10%之间 |
| <b>卖出</b> | : 未来六个月的投资收益相对沪深300指数跌幅10%以上。     |

**我们设定的行业投资评级如下:**

- |           |                            |
|-----------|----------------------------|
| <b>增持</b> | : 未来六个月行业增长水平高于同期沪深300指数。  |
| <b>中性</b> | : 未来六个月行业增长水平与同期沪深300指数相若。 |
| <b>减持</b> | : 未来六个月行业增长水平低于同期沪深300指数。  |

**分析师承诺**

负责本研究报告全部或部分内容的每一位证券分析师，再次申明，本报告清晰、准确地反映了分析师本人的研究观点。本人薪酬的任何部分过去不曾与、现在不与、未来也将不会与本报告中的具体推荐或观点直接或间接相关。

风险提示：投资者自主作出投资决策并自行承担投资风险，任何形式的分享证券投资收益或者分担证券证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。

**免责声明**

本报告由中航证券有限公司（已具备中国证券监督管理委员会批准的证券投资咨询业务资格）制作。本报告并非针对意图送发或为任何就送发、发布、可得到或使用本报告而使中航证券有限公司及其关联公司违反当地的法律或法规或可致使中航证券受制于法律或法规的任何地区、国家或其它管辖区域的公民或居民。除非另有显示，否则此报告中的材料的版权属于中航证券。未经中航证券事先书面授权，不得更改或以任何方式发送、复印本报告的材料、内容或其复印本给予任何其他人。未经授权的转载，本公司不承担任何转载责任。

本报告所载的资料、工具及材料只提供给阁下作参考之用，并非作为或被视为出售或购买或认购证券或其他金融票据的邀请或向他人作出邀请。中航证券未有采取行动以确保于本报告中所指的证券适合个别的投资者。本报告的内容并不构成对任何人的投资建议，而中航证券不会因接受本报告而视他们为客户。

本报告所载资料的来源及观点的出处皆被中航证券认为可靠，但中航证券并不能担保其准确性或完整性。中航证券不对因使用本报告的材料而引致的损失负任何责任，除非该等损失因明确的法律或法规而引致。投资者不能仅依靠本报告以取代行使独立判断。在不同时期，中航证券可发出其它与本报告所载资料不一致及有不同结论的报告。本报告及该等报告仅反映报告撰写日分析师个人的不同设想、见解及分析方法。为免生疑，本报告所载的观点并不代表中航证券及关联公司的立场。

中航证券在法律许可的情况下可参与或投资本报告所提及的发行人的金融交易，向该等发行人提供服务或向他们要求给予生意，及或持有其证券或进行证券交易。中航证券于法律容许下可于发送材料前使用此报告中所载资料或意见或他们所依据的研究或分析。