



钙钛矿产业化渐近，激光设备需求有望高增

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

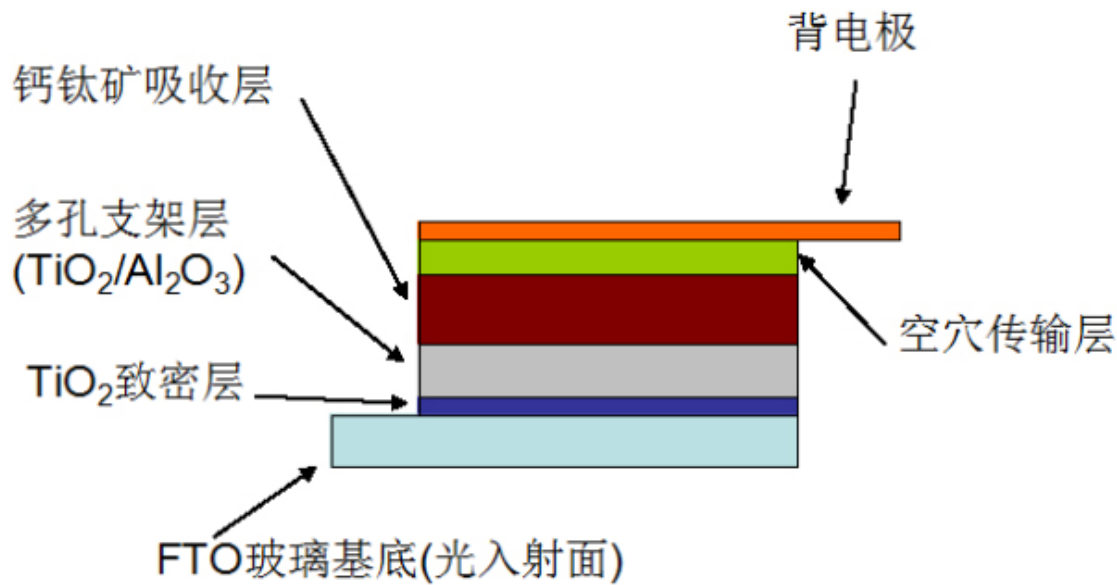
研究助理：唐保威
证券执业证书号：S0640121040023

- **重点推荐：**奥联电子、航锦科技、华伍股份、德龙激光、金辰股份、天通股份、捷佳伟创、双良节能、高测股份、天准科技、联赢激光、科德数控
- **核心个股组合：**奥联电子、航锦科技、华伍股份、协鑫能科、双良节能、西子洁能、德龙激光、联赢激光、骄成超声、东威科技、奥特维、罗博特科、高测股份、宇晶股份、百利科技、至纯科技、先导智能、杭可科技、星云股份、天宜上佳、迈为股份、捷佳伟创、金辰股份、禾望电气、科威尔、绿的谐波、埃斯顿
- **本周专题研究：**钙钛矿为第三代太阳能电池，具有转换效率高、生产成本低等优势，其核心设备包括镀膜设备、涂布设备、激光设备及封装设备。激光设备在钙钛矿制备中主要用于P1、P2、P3激光划线及P4激光清边，而激光划线的能量和精度等影响钙钛矿从小面积电池到大面积组件的效率转化，因此激光设备的热控制、精度等要求较传统光伏激光设备更为苛刻。钙钛矿产业化逐渐加速，据我们测算，若钙钛矿渗透率到2030年达到50%，则钙钛矿设备供应市场空间将突破1000亿元，其中激光设备约229亿元。**投资方面，钙钛矿渗透率提升将带动激光设备快速放量，技术领先、具备激光器等核心部件自产能力的企业将获取竞争优势，建议关注德龙激光、杰普特、大族激光等。**
- **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：钙钛矿为第三代太阳能电池，转换效率高、生产成本低

- **钙钛矿：第三代太阳能电池。** 钙钛矿型太阳能电池是利用钙钛矿型有机金属卤化物半导体作为吸光材料的太阳能电池，化学式为 ABX_3 结构（如 $CaTiO_3$ ），通过改变A、B、X三种离子的种类和混合比，可以达到带隙从1.17-3.11eV之间的连续调控。2009年钙钛矿电池提出时转化效率仅为3.8%，经过十多年发展，目前NREL记录的钙钛矿最高实验室效率已达25.7%，即钙钛矿仅通过十余年就几乎追赶上晶硅电池半个世纪所取得的效率。
- **生产流程较短，可通过一条产线实现原材料到组件的制备。** 钙钛矿电池包括常规的n-i-p或倒置的p-i-n结构，以p-i-n结为例，从上到下依次为透明导电玻璃、空穴传输层、钙钛矿吸收层、电子传输层、背电极，制备工艺为在玻璃层向上镀膜，最终通过封装测试完成钙钛矿电池制作。钙钛矿电池的核心设备包括镀膜设备、涂布设备、激光设备及封装设备，相较于晶硅电池由硅料、硅片、电池厂、组件的多厂组合生产结构，钙钛矿电池产线可在一家工厂完成，缩短流程的同时也降低了生产成本。

图表：钙钛矿型薄膜太阳能电池结构



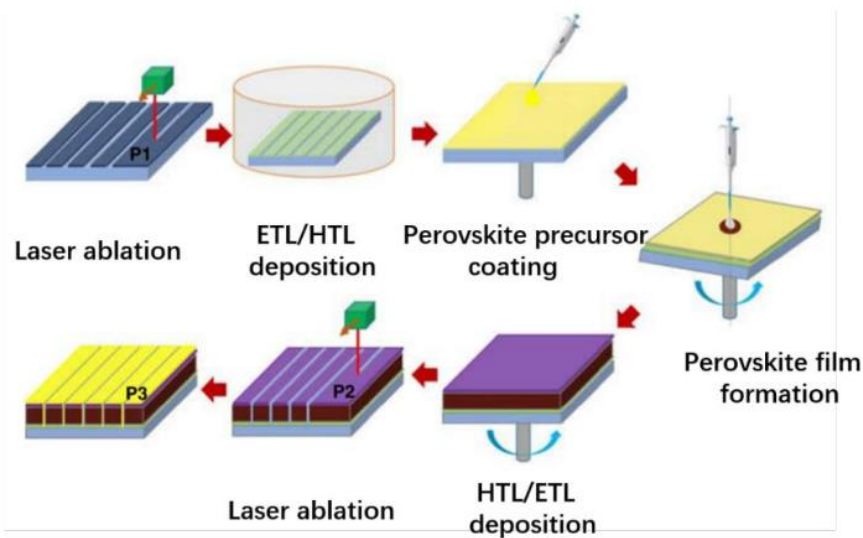
图表：钙钛矿电池生产工艺流程及对应设备

序号	工艺步骤	所需设备
1	制备CTO	PVD/RPD
2	磨抛	磨边机
3	清洗	清洗一体设备
4	制备CTL层	PVD
5	P1激光	激光设备
6	制备钙钛矿层	涂布机/ALD
7	制备CTL层	PVD
8	P2激光	激光设备
9	制备背电极	PVD
10	P3激光	激光设备
11	测试分选	检测设备
12	清边	清边机
13	封装层压	层压设备
14	检测	检测设备

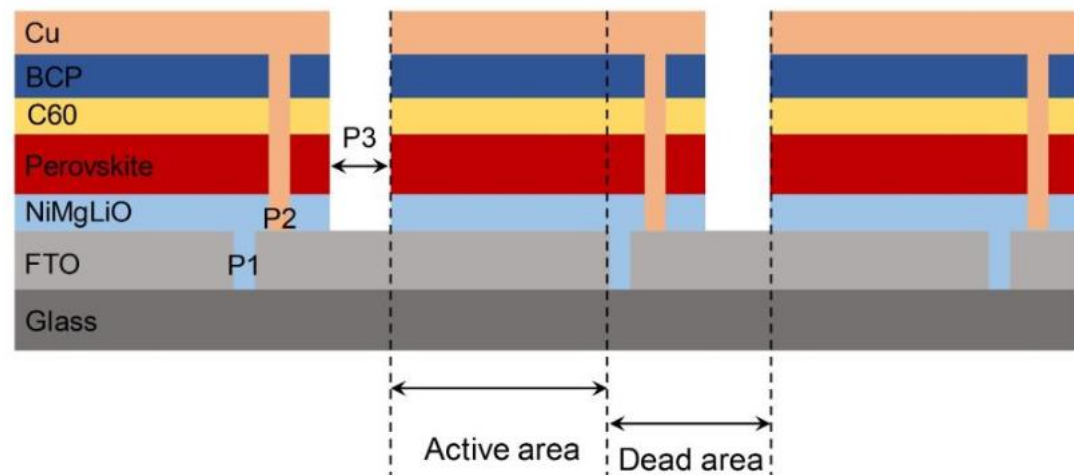
1.本周专题研究：激光设备在钙钛矿制备中用于划线及清边，热控制与精度要求高

- **激光设备在钙钛矿制备中主要用于P1、P2、P3激光划线及P4激光清边。** 1) 激光划线：钙钛矿模组的制备过程中，P1、P2、P3激光划线的目的是将钙钛矿电池分割成多节子电池，前一个电池的金属电极与后一个电池的ITO相连，形成串联电池，从而增大电压；2) 激光清边：制作钙钛矿电池过程中印刷或涂布的各个层级存在差异，利用激光刻蚀在边缘清理出1-10mm的区域，保证各层级的一致性。
- **钙钛矿产业化难点之一为小面积电池到大面积组件的效率损失，对激光加工的热控制、精度要求苛刻。** 钙钛矿电池中FTO对光纤激光或绿光吸收较好，传统的光伏电池激光加工工艺难以适用，催生激光设备新需求。当前激光刻蚀过程中造成效率损失的原因包括：1) 激光刻蚀P2时，激光刻蚀能量对钙钛矿活性层造成损伤；2) 激光刻蚀P3时，钙钛矿层再次暴露于环境中受到氧气、水分等破坏；3) P1最外侧与P3最外侧之间不能发电，故称为死区，死区面积增大导致串联电阻增大、并联电阻减小，而死区面积与加工精度密切相关。综上，激光设备的热控制、精度成为推动钙钛矿产业化发展的关键因素，也是激光设备厂竞争的核心。

图表：激光划线制备钙钛矿电池模块示意图



图表：钙钛矿串联 PSMs P1-P2-P3 刻蚀及活性和死区面积的示意图



■ **钙钛矿产业化加速，多企业进行产能布局。**钙钛矿电池有着高效率、低成本和对环境影响较小的特点，是近年来具有高效率低成本的光伏技术之一，已逐渐成为世界光伏研究领域的重点方向，逐步由实验室走向工厂实现产业化。2022年12月8日，机电光能150MW钙钛矿产线投产，成为目前全球产能最大的钙钛矿产线，项目总投资超过2亿元。多家企业对钙钛矿行业进行布局，奥联电子力争5年内形成8GW钙钛矿装备和2GW钙钛矿电池组件生产能力；宁德时代于2022年10月公布一批钙钛矿专利；纤纳光电于2022年年初投资建设的100MW钙钛矿规模化产线建成投产，2022年公司规划GW级生产线建设，有望2023年投产；宝鑫科技钙钛矿项目计划于2023年完成实验室建设，2024年进入中试阶段。随着钙钛矿电池技术发展，度电成本逐步降低，未来钙钛矿电池有望应用于BIPV、分布式电站、集中式电站等多元化场景。

图表：多企业进行钙钛矿行业产能布局

序号	时间	公司	内容
1	2022年7月	宝鑫科技	公司钙钛矿项目将于2023年年中完成实验室建设，预计2024年进入中试阶段，5年内会完成钙钛矿异质结电池叠层量产的目标
2	2022年7月	杭萧钢构	子公司合特光电计划于2022年底投产首条晶硅薄膜+钙钛矿叠层电池的中试线，目标转化率在28%以上，应用于BIPV
3	2022年10月	纤纳光电	于2022年年初投资建设的100MW钙钛矿规模化产线建成投产，目前公司正在规划GW级生产线建设，有望2023年投产
4	2022年10月	宁德时代	公布了其“钙钛矿太阳能电池的制备方法、用电设备”的专利，启动钙钛矿中试线
5	2022年12月	极电光能	150MW钙钛矿产线投产
6	2022年12月	奥联电子	计划2023年50MW钙钛矿中试线投产，2024年600MW钙钛矿装备和120MW钙钛矿电池组件生产线投产，力争5年内形成8GW钙钛矿装备和2GW钙钛矿电池组件生产能力。

1.本周专题研究：钙钛矿渗透率提升将带动激光设备快速放量，关注领先布局的优质企业

- **钙钛矿相关市场空间广阔，关注激光等核心设备供应商。**根据测算，若钙钛矿渗透率到2030年达到50%，则全球潜在空间约8800亿元，而钙钛矿设备供应市场空间将突破1000亿元；按照激光设备在设备投资额中占比20%测算，则钙钛矿激光设备2025年市场空间约20亿元，2030年市场空间约229亿元。
- **相关标的：**钙钛矿为第三代太阳能电池，其渗透率提升将带动相关激光设备需求快速增加，技术领先、具备激光器等核心部件自产能力的企业将获取竞争优势，建议关注领先布局的钙钛矿激光设备供应商：德龙激光、杰普特、大族激光等。

图表：钙钛矿渗透率及市场空间测算

年份	2022	2023E	2024E	2025E	2026E	2027E	2028E	2029E	2030E
全球年发电量(万亿瓦时)	29460	30488	31552	32653	33793	34972	36193	37456	38763
yoy	3.5%	3.5%	3.5%	3.5%	3.5%	3.5%	3.5%	3.5%	3.5%
光伏发电量/全球发电量	4.3%	5.3%	6.8%	8.5%	10.5%	12.5%	14.5%	16.8%	19.0%
全球光伏年发电量(万亿瓦时)	1252	1616	2130	2776	3548	4372	5248	6281	7365
全球光伏年利用小时数h	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300
全球光伏累计装机量(GW)	1078	1408	1868	2402	3057	3668	4406	5258	6073
全球光伏新增装机量(GW)	229	330	460	533	656	611	737	852	815
容配比	1.32	1.34	1.36	1.38	1.40	1.42	1.44	1.46	1.48
全球组件需求量(GW)	303	443	626	736	918	868	1062	1245	1206
价格(元/W)	1.9	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.5	1.5	1.5
全球组件市场(亿元)	5602.1	7745.9	10642.0	12214.1	14869.4	13707.4	16352.1	18669.0	17603.2
钙钛矿渗透率	0%	0.3%	1%	3%	5%	10%	20%	30%	50%
钙钛矿产品市场(亿元)		23	106	366	743	1371	3270	5601	8802
yoy		0%	358%	244%	103%	84%	139%	71%	57%
钙钛矿最低产能(GW)		1	6	22	46	87	212	373	603
钙钛矿新增产能(GW)		1	5	16	24	41	126	161	229
单GW钙钛矿设备投资额(亿元)	9	8	7	6	5	5	5	5	5
钙钛矿设备市场空间(亿元)		11	36	100	127	204	628	805	1147
yoy			227%	177%	27%	61%	207%	28%	43%
钙钛矿激光设备市场空间(亿元)		2	7	20	25	41	126	161	229
yoy			227%	177%	27%	61%	207%	28%	43%

- **光伏设备：**1) HJT多项目落地，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：隆基股份、明阳智能、亿华通等。**

- **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成长机遇。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、上证报和金牛奖等也多次第一。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



唐保威

先进制造行业 研究员（手机/微信：18017096787）
浙江大学工学硕士，CPA，2021年4月加入中航证券研究所，覆盖光伏设备、自动化行业。
SAC: S0640121040023



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：

买入
持有
卖出

- ：未来六个月的投资收益相对沪深300指数涨幅10%以上。
- ：未来六个月的投资收益相对沪深300指数涨幅-10%-10%之间
- ：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：

增持
中性
减持

- ：未来六个月行业增长水平高于同期沪深300指数。
- ：未来六个月行业增长水平与同期沪深300指数相若。
- ：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。