

行业报告：先进制造行业周报

2023年7月23日



中航证券有限公司

AVIC SECURITIES CO., LTD.

人形机器人引领丝杠新需求，国内供应商有望加速突围

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
- **本周专题研究：**特斯拉人形机器人包括三类共14个线性执行器，分布在肘部、腕部、髌部等部位，其中丝杠为线性执行器的重要组成部分，据我们估计，当前丝杠约占人形机器人成本的24%。丝杠是将旋转运动变成直线运动的传动附件，主要应用于机床、航空航天、汽车、机器人等领域。据Persistence Market Research数据，2023年全球滚柱丝杠市场规模预计为3.00亿美元，2033年市场规模有望达到5.57亿美元，年均复合增速约为6.4%。进一步，若考虑人形机器人放量给滚柱丝杠带来的新需求，滚柱丝杠全球市场规模有望持续高增。丝杠生产难度大，对原材料、设备、加工工艺等要求较高，中高端领域大部分为外资企业占据，我们认为，未来随着机器人等领域需求放量、高端制造领域自主可控迫切，我国供应商有望加速突围。建议关注精密机械领域积累深厚、布局领先的相关企业，如：恒立液压、贝斯特、秦川机床、禾川科技、鼎智科技/江苏雷利、长盛轴承等。
- **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。

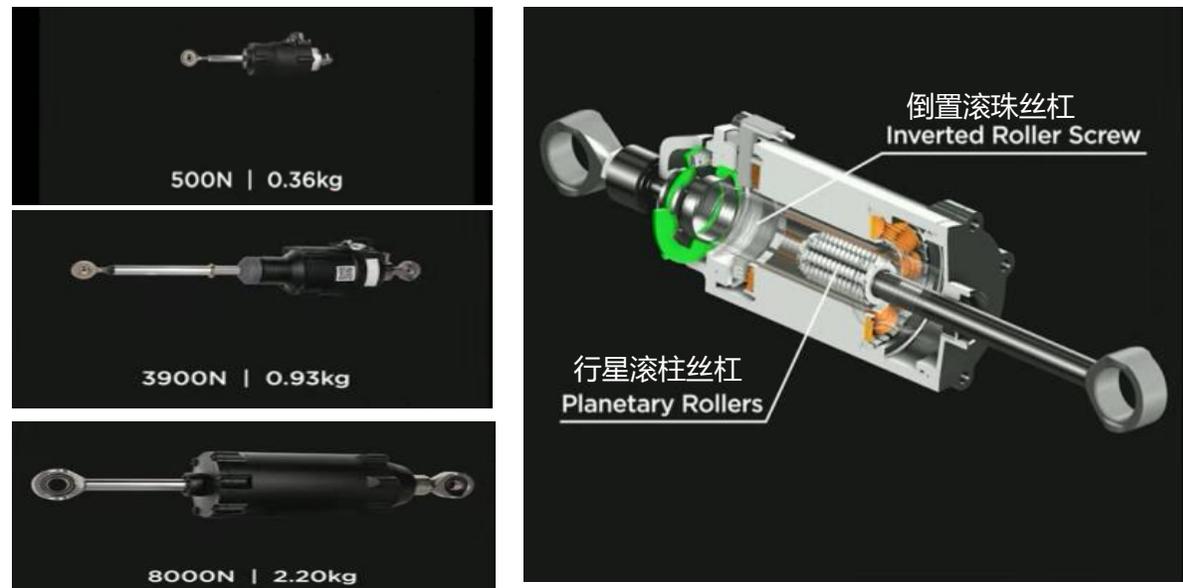
1.本周专题研究：滚柱/滚珠丝杠是人形机器人线性执行器的重要组成部分

- **特斯拉人形机器人包括三类共14个线性执行器，分布在肘部、腕部、髌部等部位。**根据特斯拉AI Day示意图，特斯拉机器人包括40个自由度，其中有14个旋转关节、14个线性关节、12个手部关节。线性关节具体包含三种类型的执行器，出力/重量分别为500N/0.36kg、3900N/0.93kg、8000N/2.20kg，具体应用在人形机器人的肘部、腕部、髌部、膝盖、脚踝。
- **滚柱/滚珠丝杠现阶段成本较高，未来有下降空间。**线性执行器由“驱动器+无框力矩电机+行星滚柱丝杠+倒置滚珠丝杠+力矩传感器+编码器+轴承”组成，其中滚柱/滚珠丝杠为其重要组成部分。根据我们估算，现阶段滚柱/滚珠丝杠在特斯拉人形机器人成本中占比约为24.4%，终局成本占比预计为15.5%。当前阶段丝杠价格高的原因一方面是特斯拉人形机器人执行器需定制后才能量产，另一方面是当前滚柱丝杠整体市场规模不大、生产难度高、参与者较少。

图表：特斯拉人形机器人关节自由度及类型拆分

自由度	旋转关节	手部关节	直线关节
灵巧手 6 (*2)		6 (*2)	
肩部	3 (*2)		
手臂 7 (*2)			1 (*2)
肘部			
腕部	1 (*2)		2 (*2)
腰部 2	2		
髌部	2 (*2)		1 (*2)
腿部 6 (*2)			1 (*2)
膝盖			
脚踝			2 (*2)
合计	14	12	14
		40	

图表：特斯拉人形机器人线性关节及结构示意图



1.本周专题研究：行星滚柱丝杠负载高、寿命长、速度大，更适用于人形机器人场景

■ **与滚珠丝杠相比，滚柱丝杠负载高、寿命长、转速与加速度大、导程小，更适合应用于人形机器人。**丝杠是将旋转运动变成直线运动的传动附件，根据摩擦特性可分为滑动丝杠、滚动丝杠和静压丝杠三类，其中滚动丝杠又可以分为滚珠丝杠和行星滚柱丝杠两大类，区别在于行星滚柱丝杠负载传递单元为螺纹滚柱，是典型的线接触；而滚珠丝杠负载传递单元为滚珠，是点接触。与滚珠丝杠相比，行星滚柱丝杠拥有更多接触点，因而能够承受更高静态负载和动态负载，静载为滚珠丝杠的3倍，寿命为滚珠丝杠的15倍；刚度和抗冲击能力更强，因而转速和加速度更大；螺距设计范围更广，导程可设计更小。

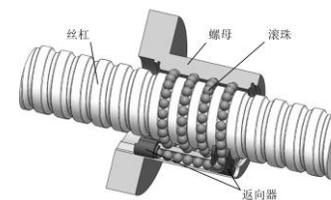
图表：行星滚柱丝杠与滚珠丝杠对比示意图



行星滚柱丝杠与滚珠丝杠对比图

Comparison of planetary roller screw and ball screw

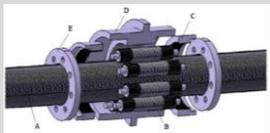
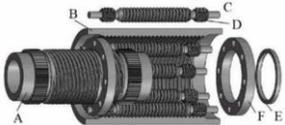
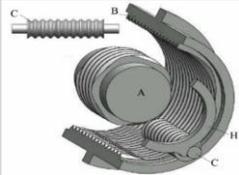
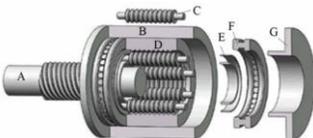
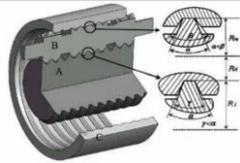
图表：滚柱丝杠与滚珠丝杠运动机理和受力状态对比

分类	行星滚柱丝杠	滚珠丝杠
示意图		
滚动体	滚柱	滚珠
滚动体循环运动方式	滚柱围绕丝杠轴心做行星运动	借助反向机构实现循环滚动
滚动体受力状态	滚动体受载面积大，任何时候都同时受载，无循环交变力。	滚珠受载面积小，且轮流受载，产生循环交变应力。
滚动体的离心力	行星机构阻止离心力	高速运转时会产生较大离心力
纯滚动比率	很高	较高

1.本周专题研究：标准式滚柱丝杠适用于高负载、高速等场景，应用最为广泛

行星滚柱丝杠根据其结构组成和零部件相对运动关系的不同，可分为标准式、反向式、循环式、轴承环式、差动式五大类。标准式滚柱丝杠适用于环境恶劣、高负载、高速等场景，主要应用于精密机床、机器人、军工装备等领域，是目前主要的应用类型。

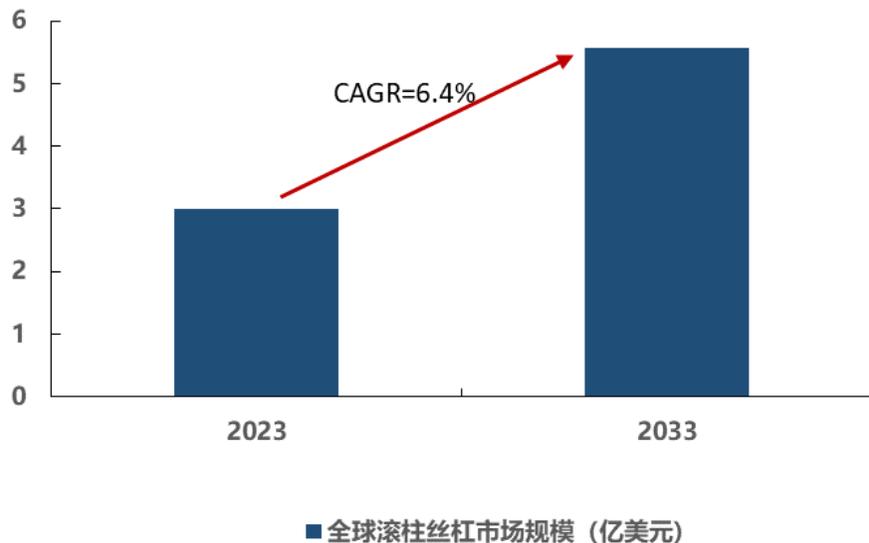
图表：滚柱丝杠可分为标准式、反向式、循环式、轴承环式、差动式五大类

分类	示意图	结构组成	运动方式	适用场景
标准式		丝杠、滚柱、内齿圈、螺母、保持架	以丝杠旋转为驱动，通过丝杠与滚柱之间的螺旋运动带动螺母做直线运动。	适用于环境恶劣、高负载、高速等场景，主要应用于精密机床、机器人、军工装备等领域，是目前应用最广泛的类型。
反向式		丝杠、螺母、滚柱、弹簧挡圈	通过螺母的旋转运动输入动力源，以丝杠运动直线运动作为输出，滚柱和丝杠之间没用相对轴向位移。	多用于恶劣环境、较大负载、要求高速度和大传动比的场合，如航空、航天、船舶、电力等领域。
循环式		丝杠、螺母、滚柱（螺纹升角为零的圆弧沟槽）、凸轮环	当发生旋转运动时，滚柱被凸轮环推入凹槽，完成一个循环运动，而整个国产滚柱始终与螺母保持啮合，使得滚柱回到开始啮合的位置。	适用于高刚度、高承载、高精度、中低速运行场合，如医疗器械、光学精密仪器等领域。
轴承环式		丝杠、滚柱、轴承环、圆柱滚子轴承、螺母	由丝杠将动力传递给滚柱，再由滚柱通过轴承环的自由旋转运动将动力传递到推力圆柱滚子轴承上，最后再传输到螺母壳体表面。	主要适用于高承载、高效率等场合，如石油化工、重型机械等领域。
差动式		丝杠、滚柱、螺母（均采用不同牙型角的螺纹）	通过改变丝杠与滚柱、滚柱与螺母的啮合接触位置，来改变整个结构的导程（传动比）。	更适应高速重载的工作场合

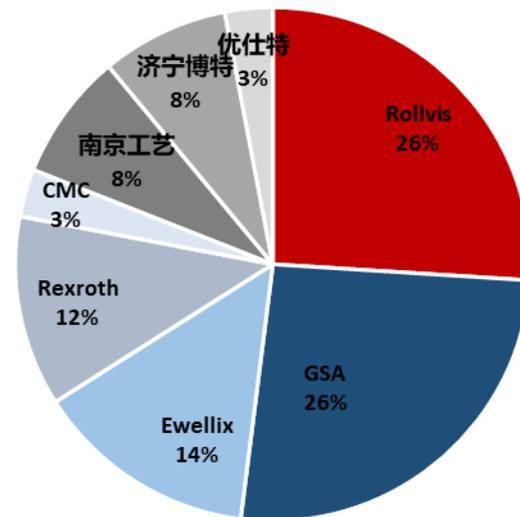
1.本周专题研究：人形机器人将打开滚柱丝杠长期空间，国内相关供应商较为稀缺

- **人形机器人将进一步打开滚柱丝杠市场空间。**据Persistence Market Research数据，2023年全球滚柱丝杠市场规模预计为3.00亿美元，伴随工业自动化对精密机械的需求增长，滚柱丝杠将在机床、航空航天、汽车、机器人等领域加速应用，2033年市场规模有望达到5.57亿美元，年均复合增速约为6.4%。进一步，若考虑人形机器人放量给滚柱丝杠带来的新需求，滚柱丝杠全球市场规模有望持续高增。
- **滚柱丝杠制造壁垒高，供应商数量少、目标下游分散。**目前全球滚柱丝杠的供应商主要包括Ewellix、Rollvis、GSA、Rexroth、CMC、南京工艺、济宁伯特、优仕特，据《E公司滚柱丝杠产品营销策略研究》数据，2022年Rollvis、GSA、Ewellix、Rexroth四家公司在我国合计市占率约为78%，而国内厂商在供货质量方面与欧美企业存在较大差距。

图表：2023-2033年全球滚柱丝杠市场规模CAGR约6.4%



图表：2022年我国滚柱丝杠市场竞争格局



1.本周专题研究：建议关注精密机械领域积累深厚、布局领先的相关企业

- **滚柱丝杠生产难度大，建议关注精密机械领域积累深厚、布局领先的相关企业。** 此前滚柱丝杠较多应用在机床、航空航天、汽车等领域，高端制造领域自主可控大趋势下，贝斯特、秦川机床等企业加速布局；此外，滚柱丝杠因其优越性能对其他直线传动的替代也将带来新增产能布局，如恒立液压拟投入14亿元布局线性驱动器项目。滚柱丝杠生产难度大，对原材料、设备、加工工艺等要求较高，未来随着机器人等领域需求放量、高端制造领域自主可控迫切，我国供应商有望加速突围，建议关注精密机械积累深厚、布局领先的相关企业，如：恒立液压、贝斯特、秦川机床、禾川科技、鼎智科技/江苏雷利、长盛轴承等。

图表：国内企业滚柱/滚珠丝杠布局进展情况

主要厂商	滚珠/滚柱丝杠进展
恒立液压	拟投入14亿建设线性驱动器项目，达产后将形成年产10.4万根标准滚珠丝杠电动缸、4500根重载滚珠丝杠电动缸、750根行星滚柱丝杠电动缸、10万米标准滚柱丝杠和10万米重载滚珠丝杠的生产能力。
贝斯特	公司大力布局直线滚动功能部件领域。
秦川机床	拟投入2亿元建设新能源汽车领域滚动功能部件研发与产业化建设项目，计划增加滚珠丝杠/精密螺杆副产能28万件/年、滑动直线导轨产能13万米/年、配套的螺母及滑块产能30万件/年及26万件/年。
禾川科技	拟投资5.64亿元建设高效工业传动系统及精密传动部件研发及产业化项目，主要包括滚珠丝杠副和滚动直线导轨副等部件。
鼎智科技（江苏雷利）	公司线性传动产品包括滑动丝杠、滚动丝杠、行星滚柱丝杠。微型行星滚柱丝杠的研发与生产已有里程碑式进展，应用领域包括机器人、飞机起落架、部分工业场景等。
长盛轴承	拟投2.65亿元建设自润滑轴承技改扩产项目，达产后将形成包括3万套滚珠丝杠等轴承相关产能。

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



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 | : 未来六个月的投资收益相对沪深300指数涨幅10%以上。 |
| 持有 | : 未来六个月的投资收益相对沪深300指数涨幅-10%-10%之间 |
| 卖出 | : 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 | : 未来六个月行业增长水平高于同期沪深300指数。 |
| 中性 | : 未来六个月行业增长水平与同期沪深300指数相若。 |
| 减持 | : 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。