

机械设备

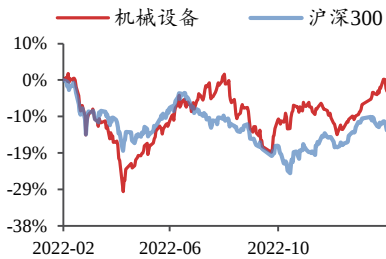
2023 年 02 月 19 日

核电设备迎景气周期，ChatGPT 开启机器人新纪元

——行业周报

投资评级：看好（维持）

行业走势图



数据来源：聚源

相关研究报告

《工业母机、碳化硅设备国产化再迎利好—行业周报》-2023.2.12

《制造业基础核心部件、底层软件高端自主化战略意义提升—行业点评报告》-2023.2.7

《火电投资额增长叠加核电需求，冷却塔凭风起—行业周报》-2023.2.6

孟鹏飞（分析师）

mengpengfei@kysec.cn

证书编号：S0790522060001

熊亚威（分析师）

xiongyawei@kysec.cn

证书编号：S0790522080004

● 核电设备迎景气周期，ChatGPT 开启机器人新纪元

我国核电机组核准加速，第三代机组装机时代价值量较大，EPC（Engineering Procurement Construction，工程总承包）投资约为 200 亿/台，设备投资占比约为 33%，核电设备有望迎来景气周期。由 OpenAI 开发的聊天机器人 ChatGPT 基于算力强大的语言模型，具有惊艳的文本理解和对话能力，开启了人机交互新时代。其所代表的 AI 认知交互能力跃升有望大幅推动人形机器人落地。随特斯拉人形机器人进一步降本量产，滚珠丝杠、伺服电机、轴承等运动执行关节厂商有望受益。

● 核电机组核准节奏加快，核电设备投资迎景气周期

我国核电机组核准加速。目前我国在运核电机组 54 个，根据目前核准情况，乐观预期下，我国在运核电机组将余 2025 年和 2030 年分别达 62 个和 96 个。第三代装机时代价值量较大，EPC（Engineering Procurement Construction，工程总承包）投资约为 200 亿/台。其中设备投资占比约为 33%。目前我国新燃料运输容器国产替代业已开启，乏燃料后储运容器受乏燃料离堆贮存需求推动增量可观。乏燃料后处理项目中设备投入占比约为 39.84%，智能装备在设备中占比约为 20%。实体清单限制下，核工业设备自主可控紧迫。

● ChatGPT 能力跃升，人形机器人服务场景落地再下一城

2022 年 11 月，由 OpenAI 开发的基于 GPT-3 的聊天机器人 ChatGPT 正式公测，当即在世界范围内引起轩然大波。基于算力强大的语言模型，ChatGPT 具有惊艳的文本理解和对话能力，开启了人机交互新时代。其所代表的 AI 认知交互能力跃升有望大幅推动人形机器人落地。

北美时间 2022 年 9 月 30 日，特斯拉发布 Optimus 原型机。预计价格在 2 万美元，低于整车价格，与国产中负载六轴工业机器人价格相当，降本能力超预期。关节执行器方案与汽车一脉相承，有益量产实现。预计 2023 年能够交付初步产品。Optimus 全身共有 28 个电机关节，目前其主要关节采用旋转关节及线性关节设计，其中旋转关节零部件主要包括无框力矩电机及谐波减速器，线性关节主要由力矩电机和丝杠导轨构成。随特斯拉人形机器人进一步降本量产，滚珠丝杠、伺服电机、轴承等运动执行关节厂商有望受益。

● 受益标的

核工业：

科新机电、景业智能、江苏神通、中密控股、川仪股份、兰石重装。

运动执行关节：

汉宇集团、步科股份、兆威机电、鸣志电器、江苏雷利、力星股份、秦川机床、恒立液压。

● **风险提示：**核电机组核准及开工进度不及预期，核电设备国产替代进度不及预期，人形机器人降本落地不及预期。

目 录

1、 核电机组核准节奏加快，核电设备投资迎来景气周期.....	3
1.1、 我国核电机组核准加速	3
1.2、 三代装机时代价值量较大，设备投资占比 33%	3
1.3、 核燃料运输容器国产替代开启，乏燃料智能设备可期.....	4
2、 ChatGPT 能力跃升，人形机器人服务场景落地再下一城.....	5
2.1、 认知能力跃升，人形机器人落地再下一城.....	5
2.2、 特斯拉机器人降本超预期，滚珠丝杠、电机等环节受益.....	6
3、 受益标的	7
4、 风险提示	7

图表目录

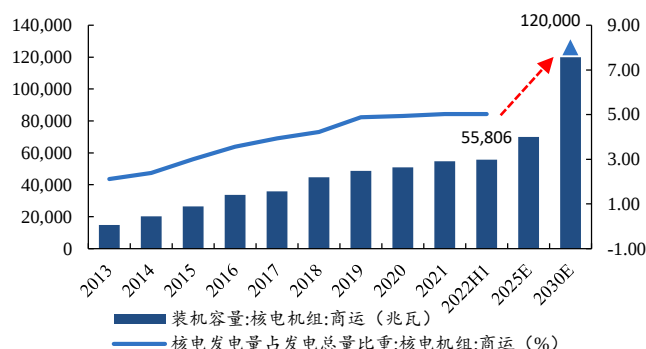
图 1： 预计 2030 年中国核电机组装机容量将实现翻倍.....	3
图 2： 预计 2030 年我国在运核电机组将达 90-96 台	3
图 3： 美国的标准压水堆（PWR）建设成本中，结构及设备占比约达 33%.....	3
图 4： 核燃料组件安装在反应堆堆芯中	4
图 5： NAC-STC 型乏燃料运输容器结构复杂	4
图 6： 我国坚持核燃料闭式循环处理（后处理）路线.....	4
图 7： 预计 2025 年将有 5591 吨乏燃料离堆储存.....	5
图 8： 政府性乏燃料后处理基金支出快速增加.....	5
图 9： 三大核心技术迭代推动机器人革新浪潮.....	6
图 10： 旋转关节使用谐波减速器	6
图 11： 旋转关节采用双编码器+力矩传感器	6
图 12： 线性关节使用 4 点接触球轴承使得结构更紧凑.....	7
图 13： 线性关节使用滚珠丝杠	7
图 14： 预计 2030 年人形机器人成本将下降至 2-3 万美元	7

1、核电机组核准节奏加快，核电设备投资迎来景气周期

1.1、我国核电机组核准加速

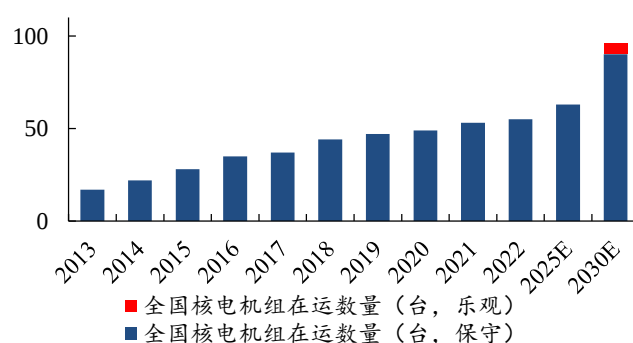
我国核电机组核准加速，2030 年核电机组装机容量有望翻倍。2011 年-2014 年，由于日本福岛核事故的系列影响，我国核电核准几乎停滞；2015 年核准 8 台机组后再次沉寂。2022 年，我国核电机组核准加速，全年共核准 5 个核电项目总计 10 台核电机组。截至 2022 年底，我国在运核电机组 55 台；截至 2022 年 9 月，在建核电机组 23 台，为全球第一。

图1：预计 2030 年中国核电机组装机容量将实现翻倍



数据来源：Wind、经济参考报、开源证券研究所

图2：预计 2030 年我国在运核电机组将达 90-96 台



数据来源：Wind、21 世纪经济报道、上海证券报等、开源证券研究所

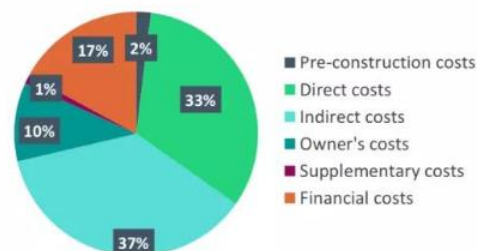
1.2、三代装机时代价值量较大，设备投资占比 33%

三代核电价值量增大，设备投资占比约 33%。目前我国核电设备以第三代核电设备为主。三代核电每台机组的 EPC (Engineering Procurement Construction, 工程总承包) 投资约为 200 亿，价值量较大。根据英国能源技术研究所 (Energy Technologies Institute) 数据，美国的标准压水堆 (PWR) 建设成本中，直接成本占比约达 33%，包括结构和改进；反应堆设备；涡轮发电机设备；电气设备；散热系统；杂项设备；特殊材料；模拟器；直接成本的不可预见费等。

图3：美国的标准压水堆 (PWR) 建设成本中，结构及设备占比约达 33%

Table 1. Cost Breakdown of PWR Benchmark

Capitalised Costs	Gen IV Acct Codes	Cost
Pre-construction costs	10s	\$133 /kW
Direct costs	20s	\$2,255 /kW
Indirect costs	30s	\$2,512 /kW
Owner's costs	40s	\$715 /kW
Supplementary costs	50s	\$79 /kW
Financial costs	60s	\$1,175 /kW
Capitalised Costs Total		\$6,780 /kW



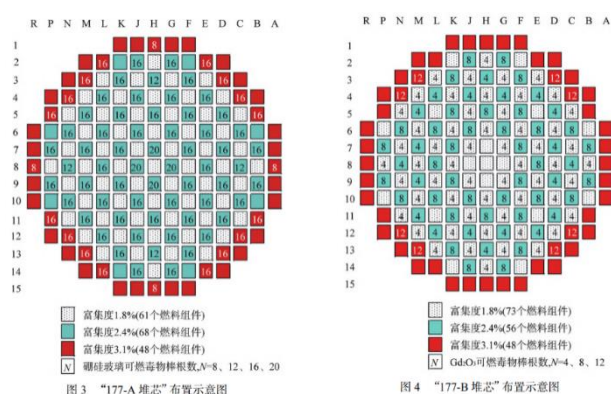
资料来源：Energy Technologies Institute

1.3、核燃料运输容器国产替代开启，乏燃料智能设备可期

核燃料组件运输容器用于装载未经辐照、未发生核链式反应的燃料组件。核燃料安装于核电站反应堆堆芯中，可分为天然六氟化铀直接加工及乏燃料后处理加工（MOX 燃料）两种；新燃料组件一般由数百根圆柱形燃料棒束组成，内部装载含有 2%-4% 铀 235 或铀 238 的燃料。

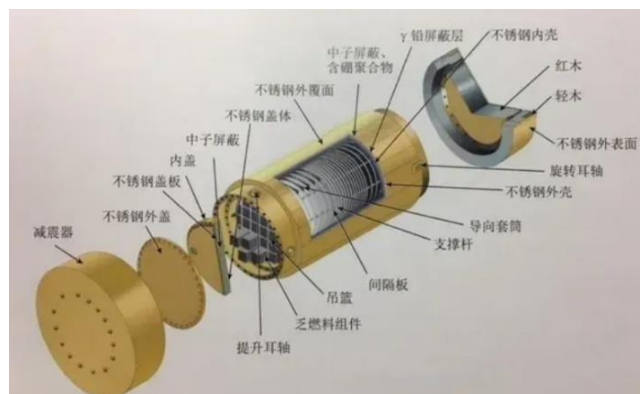
新燃料运输容器国产替代开启，乏燃料运输容器国产替代空间广阔。核燃料换料周期一般为 12-18 个月，单次更换 1/3 的燃料。2022 年 9 月，中核工程自主研发的 CNFC-HL01 华龙一号新燃料运输容器样机完成验证试验，打破了海外新燃料运输设备的垄断，新燃料运输容器国产替代开启。截至 2019 年，乏燃料的运输工作主要由中国核工业集团下的中核清原环境技术有限责任公司（以下简称中核清原公司）承担。该公司仅拥有从美国购买的两种商业压水堆乏燃料运输容器，容量分别为 26 组和 12 组，运输能力严重不足，国产替代空间广阔。

图4：核燃料组件安装在反应堆堆芯中



资料来源：华龙一号“177堆芯”特点分析（李冬生 2022 年）

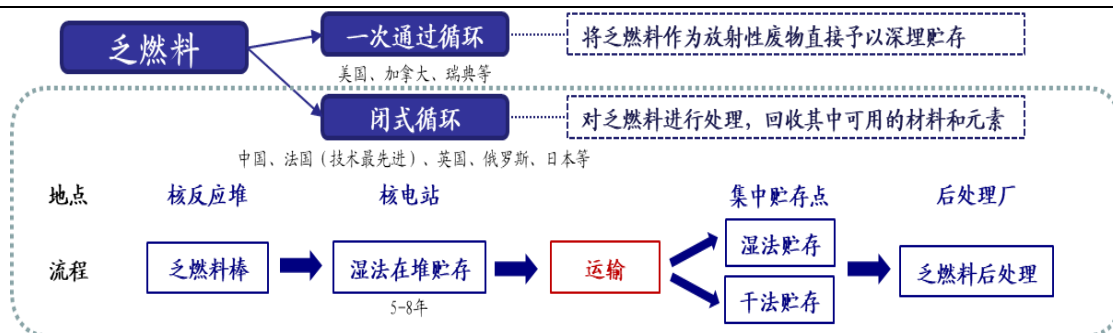
图5：NAC-STC 型乏燃料运输容器结构复杂



资料来源：我国乏燃料运输现状探讨（李越 2016 年）

乏燃料是在核电站反应堆中经受过辐射照射、使用过的核燃料。一方面，乏燃料中含有的元素具备强放射性，需要妥善处理或存放；另一方面，乏燃料中含有可观的铀和钚，回收价值高。我国坚持核燃料闭式循环处理（后处理），闭式循环是指对乏燃料进行处理，回收其中可用的材料和元素。

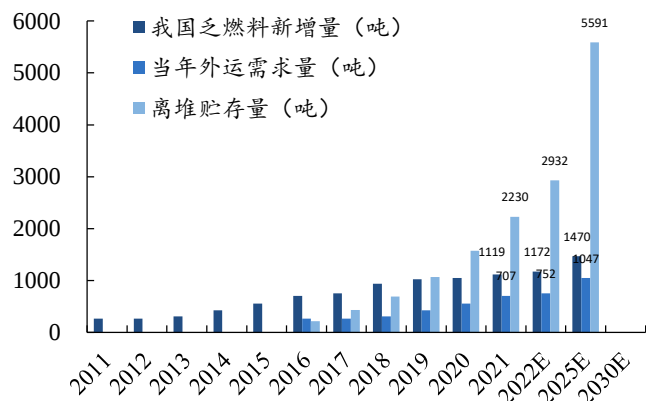
图6：我国坚持核燃料闭式循环处理（后处理）路线



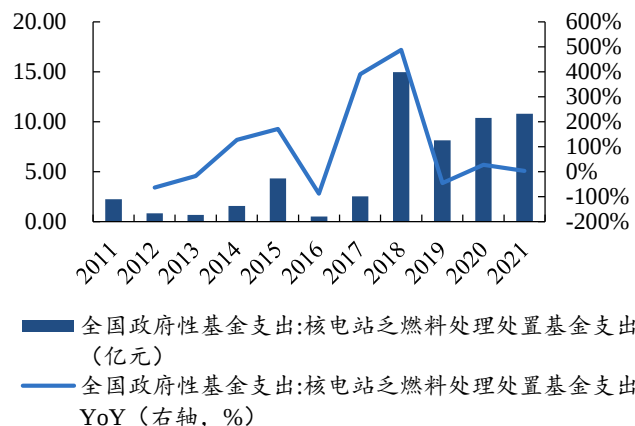
资料来源：清华大学核能与新能源技术研究院、开源证券研究所

我国乏燃料处理能力亟待提升。我国早期投入运行的多台核电机组已处于堆水池饱和或即将饱和的困境，政府乏燃料后处理基金支出快速增加，乏燃料离堆贮存的需求十分紧迫。目前秦山第二核电厂一、二号机组、大亚湾核电厂和岭澳核电厂在堆贮存水池已饱和或即将饱和。秦山核电厂、岭澳核电厂（二期）的核电机组在

堆贮存水池在 2021-2025 期间将陆续达到饱和。目前我国后处理产能仅 50 吨/年，在建产能仅有 200 吨/年（预计 2025 年运营）；此外，中核龙瑞乏燃料 200t 处理项目二期厂区规划于 2022 年开始建设。

图7：预计 2025 年将有 5591 吨乏燃料离堆储存


数据来源：《中国核电发展与乏燃料贮存及后处理的关系》肖雨生
2020 年、国家统计局、Wind、开源证券研究所

图8：政府性乏燃料后处理基金支出快速增加


数据来源：国家统计局、Wind、开源证券研究所

实体清单限制，核工业设备自主可控紧迫。乏燃料后处理项目中，设备投入占比约为 39.84%，智能装备在设备中占比约为 20%。近年来，中美贸易摩擦不断加剧，2018 年 10 月美国能源部限制对中国出口核技术，2020 年 6 月美国国防部将中核集团等企业列入“实体清单”，但国内核工业领域部分进口设备已达到使用寿命期限，面临设备无法迭代更新的困难局面。我国乏燃料关键设备进口替代需求迫切。

2、ChatGPT 能力跃升，人形机器人服务场景落地再下一城

2.1、认知能力跃升，人形机器人落地再下一城

2022 年 11 月，由 OpenAI 开发的基于 GPT-3 的聊天机器人 ChatGPT 正式公测，当即在世界范围内引起轩然大波。其基于算力强大的语言模型，具有惊艳的文本理解和对话能力，开启了人机交互新时代。

纵观历史，我们不难发现，机械设备的每次革新都与技术突破密切相关。从 18 世纪末的工业革命开始，到后来的电气革命、信息革命，乃至近 10 年来由大数据和人工智能推动，以科技融合为代表的第四次工业革命，机器本体按照**传动装置→感知部件→认知（决策）单元**的顺序单线或多线并行迭代，本身的功能也由减轻人类简单的体力劳动→从事一项或多项专业或作业任务转变。在此，我们将服务机器人的核心技术归集为**导航感知技术、认知交互技术和运动控制技术**三类，每种技术的每一次产业化迭代都将引起服务机器人市场的革新浪潮。

图9：三大核心技术迭代推动机器人革新浪潮



资料来源：思岚科技、开源证券研究所

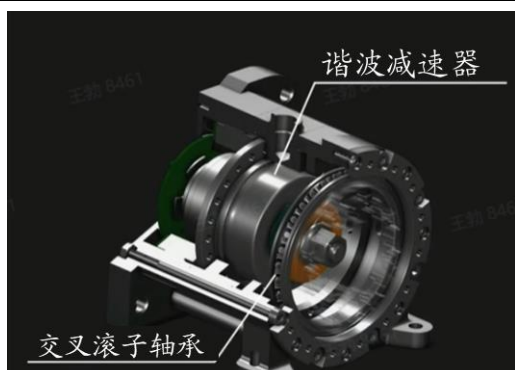
以 20 世纪 90 年代以来上述三种技术的产业化突破为节点，服务机器人发展大致可以分为 5 个阶段。除成本外，目前人形机器人落地的限制因素主要包括**算法训练、芯片算力、运动模型、储能技术、机电一体化能力等**。我们认为，人形机器人有望先从汽车总装厂开始渗透，后续算法水平及降本能力得到提升后，应用场景将逐渐扩展到高端住宿和部分家庭场景及娱乐教育领域。以 GPT-3（Generative Pre-training Transformer 3）模型为代表的自然语言处理模型实现可 AI 认知交互能力跃升，有望大幅推动人形机器人落地。

2.2、特斯拉机器人降本超预期，滚珠丝杠、电机等环节受益

特斯拉机器人降本能力超预期，关节方案有望量产实现。北美时间 2022 年 9 月 30 日，特斯拉发布 Optimus 原型机。预计价格在 2 万美元，低于整车价格，与国产中负载六轴工业机器人价格相当，降本能力超预期。关节执行器方案与汽车一脉相承，有望量产实现。预计 2023 年能够交付初步产品。

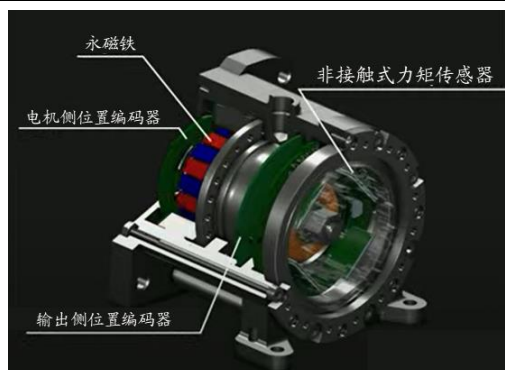
Optimus 全身共有 28 个电机关节，滚珠丝杠大量应用。其整体硬件架构采用大电池组+电机驱动+刚性金属传动+串并联关节分布+视/力/位传感器。关节设计与汽车一脉相承，其中旋转关节零部件主要包括**无框力矩电机及谐波减速器**，线性关节主要由**力矩电机和丝杠导轨**构成。滚珠丝杠应用超预期。

图10：旋转关节使用谐波减速器



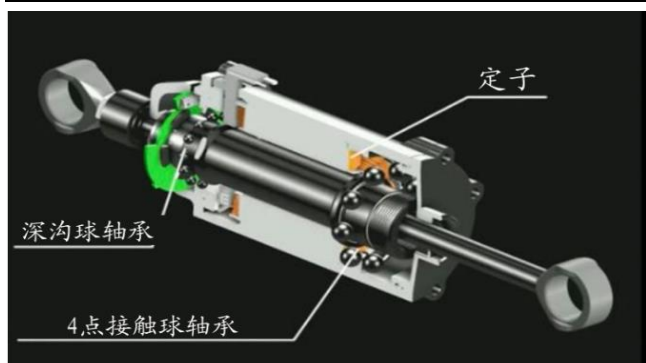
资料来源：特斯拉官网

图11：旋转关节采用双编码器+力矩传感器



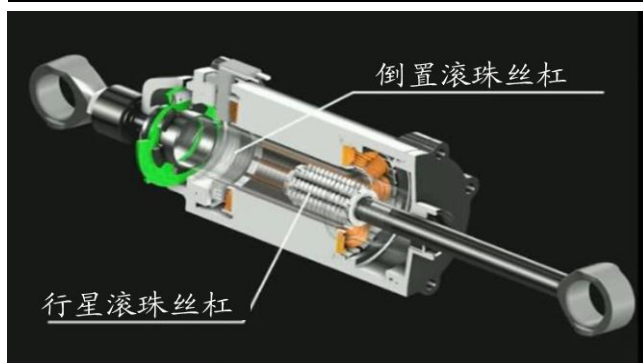
资料来源：特斯拉官网

图12：线性关节使用4点接触球轴承使得结构更紧凑



资料来源：特斯拉官网

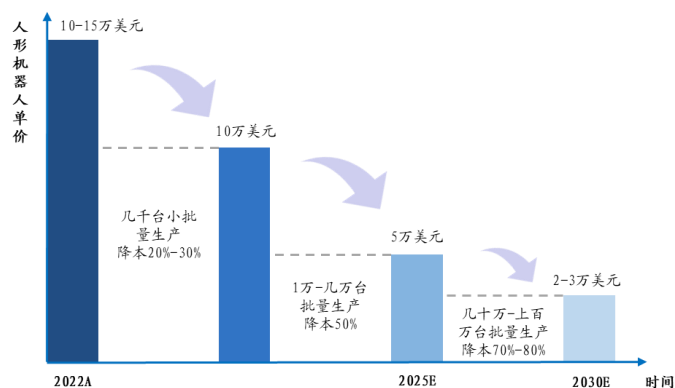
图13：线性关节使用滚珠丝杠



资料来源：特斯拉官网

目前人形机器人成本约为 10-15 万美元左右,根据优必选科技副总裁付春江预测,根据量产规模不同,人形机器人降本进程大致分为 3 个阶段:(1)几千台小批量生产,降本 20%-30%至约 10 万美元;(2)1 万-几万台量产,降本 50%至 5 万美元;(3)几十万至上百万台大规模量产,降本 70%-80%至 2-3 万美元。未来量产落地后,滚珠丝杠、伺服电机、轴承等运动执行关节厂商有望受益。

图14：预计 2030 年人形机器人成本将下降至 2-3 万美元



数据来源：优必选、开源证券研究所

3、受益标的

核工业：科新机电、景业智能、江苏神通、中密控股、川仪股份、兰石重装。

运动执行关节：汉宇集团、步科股份、兆威机电、鸣志电器、江苏雷利、力星股份、秦川机床、恒立液压。

4、风险提示

核电机组核准及开工进度不及预期；

核电设备国产替代进度不及预期；

人形机器人降本落地不及预期。

特别声明

《证券期货投资者适当性管理办法》、《证券经营机构投资者适当性管理实施指引（试行）》已于2017年7月1日起正式实施。根据上述规定，开源证券评定此研报的风险等级为R3（中风险），因此通过公共平台推送的研报其适用的投资者类别仅限定为专业投资者及风险承受能力为C3、C4、C5的普通投资者。若您并非专业投资者及风险承受能力为C3、C4、C5的普通投资者，请取消阅读，请勿收藏、接收或使用本研报中的任何信息。因此受限于访问权限的设置，若给您造成不便，烦请见谅！感谢您给予的理解与配合。

分析师承诺

负责准备本报告以及撰写本报告的所有研究分析师或工作人员在此保证，本研究报告中关于任何发行商或证券所发表的观点均如实反映分析人员的个人观点。负责准备本报告的分析师获取报酬的评判因素包括研究的质量和准确性、客户的反馈、竞争性因素以及开源证券股份有限公司的整体收益。所有研究分析师或工作人员保证他们报酬的任何一部分不曾与，不与，也将不会与本报告中具体的推荐意见或观点有直接或间接的联系。

股票投资评级说明

	评级	说明
证券评级	买入（Buy）	预计相对强于市场表现 20%以上；
	增持（outperform）	预计相对强于市场表现 5%~20%；
	中性（Neutral）	预计相对市场表现在-5%~+5%之间波动；
	减持（underperform）	预计相对弱于市场表现 5%以下。
行业评级	看好（overweight）	预计行业超越整体市场表现；
	中性（Neutral）	预计行业与整体市场表现基本持平；
	看淡（underperform）	预计行业弱于整体市场表现。

备注：评级标准为以报告日后的 6~12 个月内，证券相对于市场基准指数的涨跌幅表现，其中 A 股基准指数为沪深 300 指数、港股基准指数为恒生指数、新三板基准指数为三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的）、美股基准指数为标普 500 或纳斯达克综合指数。我们在此提醒您，不同证券研究机构采用不同的评级术语及评级标准。我们采用的是相对评级体系，表示投资的相对比重建议；投资者买入或者卖出证券的决定取决于个人的实际情况，比如当前的持仓结构以及其他需要考虑的因素。投资者应阅读整篇报告，以获取比较完整的观点与信息，不应仅仅依靠投资评级来推断结论。

分析、估值方法的局限性说明

本报告所包含的分析基于各种假设，不同假设可能导致分析结果出现重大不同。本报告采用的各种估值方法及模型均有其局限性，估值结果不保证所涉及证券能够在该价格交易。

法律声明

开源证券股份有限公司是经中国证监会批准设立的证券经营机构，已具备证券投资咨询业务资格。

本报告仅供开源证券股份有限公司（以下简称“本公司”）的机构或个人客户（以下简称“客户”）使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。本报告是发送给开源证券客户的，属于商业秘密材料，只有开源证券客户才能参考或使用，如接收人并非开源证券客户，请及时退回并删除。

本报告是基于本公司认为可靠的已公开信息，但本公司不保证该等信息的准确性或完整性。本报告所载的资料、工具、意见及推测只提供给客户作参考之用，并非作为或被视为出售或购买证券或其他金融工具的邀请或向人做出邀请。本报告所载的资料、意见及推测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可能会波动。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。客户应当考虑到本公司可能存在可能影响本报告客观性的利益冲突，不应视本报告为做出投资决策的唯一因素。本报告中所指的投资及服务可能不适合个别客户，不构成客户私人咨询建议。本公司未确保本报告充分考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需要。本公司建议客户应考虑本报告的任何意见或建议是否符合其特定状况，以及（若有必要）咨询独立投资顾问。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。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。若本报告的接收人非本公司的客户，应在基于本报告做出任何投资决定或就本报告要求任何解释前咨询独立投资顾问。

本报告可能附带其它网站的地址或超级链接，对于可能涉及的开源证券网站以外的地址或超级链接，开源证券不对其内容负责。本报告提供这些地址或超级链接的目的纯粹是为了客户使用方便，链接网站的内容不构成本报告的任何部分，客户需自行承担浏览这些网站的费用或风险。

开源证券在法律允许的情况下可参与、投资或持有本报告涉及的证券或进行证券交易，或向本报告涉及的公司提供或争取提供包括投资银行业务在内的服务或业务支持。开源证券可能与本报告涉及的公司之间存在业务关系，并无需事先或在获得业务关系后通知客户。

本报告的版权归本公司所有。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。所有本报告中使用的商标、服务标记及标记均为本公司的商标、服务标记及标记。

开源证券研究所

上海

地址：上海市浦东新区世纪大道1788号陆家嘴金控广场1号楼10层

邮编：200120

邮箱：research@kysec.cn

深圳

地址：深圳市福田区金田路2030号卓越世纪中心1号楼45层

邮编：518000

邮箱：research@kysec.cn

北京

地址：北京市西城区西直门外大街18号金贸大厦C2座9层

邮编：100044

邮箱：research@kysec.cn

西安

地址：西安市高新区锦业路1号都市之门B座5层

邮编：710065

邮箱：research@kysec.cn