

机器人 vs 汽车系列报告(二) 买入 (维持评级)

行业深度研究

证券研究报告

新能源汽车组

分析师: 陈传红 (执业 S1130522030001) 联系人: 江莹
chenchuanhong@gjzq.com.cn jiangying2@gjzq.com.cn

机器人 0-1 在即, 汽车精密齿轮有望迎来双击

基本结论

新能源渗透率提升导致齿轮市场萎缩, 人形机器人带来庞大市场增量。

人形机器人齿轮 VS 汽车齿轮: 齿轮性能和工艺有别, 设备价格与壁垒双高。齿轮传动被广泛应用于汽车与机器人的动力模块中, 主要为汽车实现变速与变距效果, 为机器人关节提高灵活度。将两种应用场景中的齿轮进行对比:

(1) 性能方面, 车端齿轮的扭矩和转速更高, 机器人端要求更小体积和更高精度。同时, 由于新能源汽车没有发动机噪音, 对齿轮噪音敏感性提升, 对噪声控制的要求更高。

(2) 工艺角度, 车端与机器人端齿轮的前段加工工序相似, 机器人用齿轮后段难度提升, 需要使用硬滚齿切割, 对工件的公差要求为汽车齿轮的 1/10; 但油泵齿轮加工精度已达到机器人水平, 因此该类供应商转型难度较低。

(3) 设备对比, 机器人用高精度齿轮为重资产行业, 设备资金壁垒较高, 传统汽车齿轮供应商转型高精度齿轮厂商需要另外购买珩齿机等高价加工设备, 还需要重新进行设备调校。

机器人用减速器需求提升, 标准化齿轮量产由齿轮公司接力。车端变速器结构件为标准件, 叠加齿轮行业较高的资金和技术壁垒, 主机厂的成本压力较大。因此主机厂将成熟的量产齿轮外协给齿轮厂商以分担资产压力。我们认为从经济性和轻资产角度出发, 人形机器人量产减速器公司也将复刻主机厂的做法, 经检验后, 将标准化齿轮的批量生产交给专业的齿轮公司。目前行星减速器的结构件外购已成行业惯例, 凸显标准化齿轮外购趋势。

车用齿轮市场逐渐萎缩, 机器人带领行业步入蓝海。新能源车辆传动结构较燃油车有所简化, 单车齿轮用量从 10-12 个降低至 5-7 个。因此随着新能源车占比提升, 全球车用齿轮市场空间逐步被压缩。经测算, 当每万人保有的人形机器人达到 45 台时, 全球机器人用谐波/行星减速器市场空间分别为 4495/719 亿元, 相较万人保有量 0.07 台 (对应总量 6 万台) 时, 分别增长 540 倍/552 倍。对于齿轮企业而言, 随着人形机器人快速起量, 齿轮部件将逐步标准化, 大量减速器供应商将开始外采齿轮, 利好齿轮行业。预计万人保有量达 45 台时, 人形机器人齿轮市场空间将达到近 3800 亿元, 相当于 2022 年车用市场空间 4 倍左右。

投资建议

汽车领域的齿轮赛道估值偏低, 人形机器人给予新增空间。齿轮于新能源车中的用量大幅低于油车, 随新能源车渗透率逐步提升, 齿轮市场空间骤缩。人形机器人的大规模量产将为精密齿轮市场打开全新空间。

车用齿轮公司有望切换产能至人形机器人齿轮。车用齿轮仅需更改后道的磨齿与表面处理工艺并替换部分设备, 即可制造机器人齿轮, 相关公司转型具备较大可能性。我们预计齿轮企业的发展未来有两个分支: 其一为齿轮厂商进阶为减速器总成厂商, 其二进阶为机器人齿轮的第三方供应商。建议关注投资机会可能被重塑的传动齿轮赛道公司, 如双环传动、中马科技、蓝黛科技等。

风险提示

人形机器人落地不及预期风险, 人形机器人需求不及预期风险, 减速器生产转向第三方齿轮厂不及预期风险。

内容目录

一、车用齿轮市场逐渐萎缩，机器人带领行业步入蓝海.....	4
二、机器人齿轮 VS 汽车齿轮：齿轮性能和工艺有别，设备价格与壁垒双高.....	7
2.1 性能对比：车端齿轮扭矩和转速高，机器人端齿轮精细.....	7
2.2 工艺对比：前段工艺相似，后段难度提升.....	9
2.3 设备对比：高精齿轮为重资产行业，设备壁垒与技术成本高.....	10
三、机器人用减速器需求提升，齿轮量产可能由齿轮公司接力.....	11
四、投资建议：传动齿轮产业将被机器人重塑.....	13
五、风险提示.....	14

图表目录

图表 1： 齿轮在油车、电动车与机器人中的布局显示，机器人带来新增市场空间.....	4
图表 2： 圆柱齿轮分为直齿式或斜齿式.....	4
图表 3： 行星轮系结构采用齿轮较多.....	4
图表 4： 2020 年国内谐波减速器市场竞争格局.....	5
图表 5： 2021 年国内谐波减速器市场竞争格局.....	5
图表 6： 电动车（左）和燃油车（右）的传动系统对比显示电动车用齿轮的地方减少.....	5
图表 7： 全球车用齿轮空间在缩减（亿元）.....	6
图表 8： 个人/家庭服务机器人形成规模化市场后的产品需求（部分国家）.....	6
图表 9： 全球人形机器人用减速器/齿轮带来新增空间（亿元）.....	7
图表 10： 内燃机（左）与电动机（右）的结构对比.....	7
图表 11： NVH 在特斯拉电车中的传递方向.....	8
图表 12： 国产谐波减速器核心参数.....	8
图表 13： 常见六轴工业机器人示意图.....	8
图表 14： 特斯拉 Optimus 拥有 28 个关节.....	8
图表 15： 机器人对齿轮的加工精度要求提升.....	9
图表 16： 齿轮制造工艺上，机器人和车端齿轮在热后段加工上有差距.....	9
图表 17： 机器人的齿轮加工公差要求比车端要求更高.....	10
图表 18： 磨齿机（左）、珩齿机（中）和滚齿机（右）.....	10
图表 19： 磨齿加工与珩齿加工的区别.....	10
图表 20： 滚齿机加工原理.....	10
图表 21： 珩齿模型.....	11
图表 22： 磨齿机加工原理.....	11

图表 23: 齿轮后段工序所需设备	11
图表 24: 齿轮后段工序所需设备价格	11
图表 25: 车端成熟的量产产品逐步由第三方齿轮公司供应	12
图表 26: 减速器企业料将复刻主机厂做法, 外购标准化齿轮	12
图表 27: 行星齿轮外购结构件较多	13
图表 28: 传动环节相关标的	13

一、车用齿轮市场逐渐萎缩，机器人带领行业步入蓝海

齿轮传动主要用于传递两根轴之间的运动和动力。齿轮指能互相啮合的有齿的传动机械零件，齿轮传动可以实现任意两轴之间的传动。其优点为对运动速度和功率的要求低，传动准确稳定，工作可靠性高且工件寿命较长。但该传动方式也存在难以克服的不足，如对制造与安装精度的要求高，设计或安装不当容易产生较大的噪声，且不适用于距离较远的轴间传动。

齿轮被广泛应用于汽车与机器人的动力模块中。齿轮为汽车的行进与转向等运动，以及机器人的行走与关节活动提供传动效果。（1）燃油车：齿轮数较多，且不同车型的价值量差距较大，主要分布在发动机、变速器、减速器、差速器和油泵中。（2）新能源汽车：与传统燃油汽车不同的是，新能源汽车简化掉了变速器这一结构。常规的纯电车一般有四大齿轮，分别为电机轴的输入齿轮、中间轴齿轮组件和主减速齿轮，主要分布在驱动电机、差速器与减速器中，用于降低驱动电机的转速，提高转矩，提高电机与电车行驶的适配度等。（3）人形机器人：齿轮主要位于机器人关节处，以特斯拉的人形机器人Optimus为例，其14个旋转关节总成都将使用减速器齿轮，如谐波减速器齿轮。

图表1：齿轮在油车、电动车与机器人中的布局显示，机器人带来新增市场空间



来源：汽车之家，太平洋汽车网，特斯拉发布会，国金证券研究所

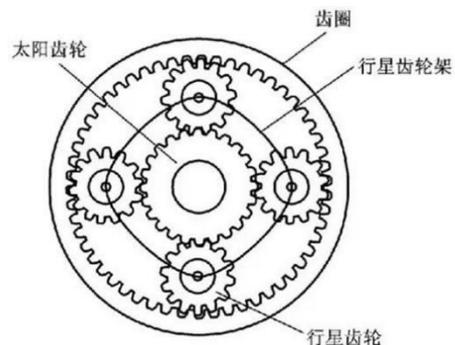
汽车的变速箱与减速器齿轮主要用于实现变速与变矩效果。应用于汽车上的机械式变速器的轮系分为两轴式和三轴式（又称中间轴式），各轴之间相互平行，一般通过直齿式或斜齿式的圆柱齿轮传动。汽车差速器与减速器则多使用圆锥齿轮，其中主减速器的轮系分为定轴与行星两种形式：定轴轮系中各齿轮几何轴线位置固定，传动比等于所有齿轮传动比的乘积；行星轮系则如其名，在轮系运转时，至少有一个齿轮几何的轴线位置发生变化，绕着其它齿轮的轴线运动，该形式使用的齿轮个数较少且结构紧凑，应用范围广。

图表2：圆柱齿轮分为直齿式或斜齿式

齿轮类型	斜齿式	直齿式
轴向力	有	无
寿命	长	短
噪声	低	高
适用档位	二档以上	低档、倒档
制造工艺	复杂	简单

来源：《机械式变速器设计说明书》，国金证券研究所

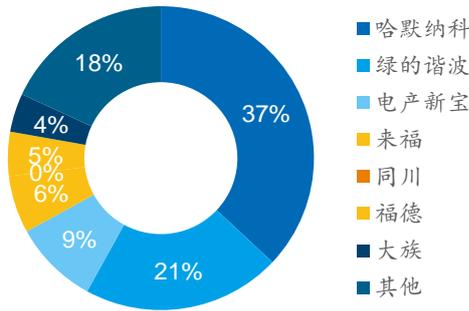
图表3：行星轮系结构采用齿轮较多



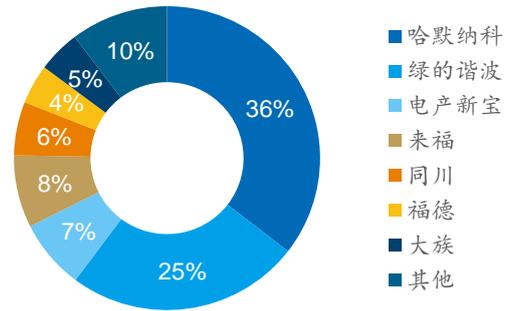
来源：车天下汽车，国金证券研究所

人形机器人主要使用减速器提高灵活度。减速器利用齿轮的速度转换器，使伺服电机在一个合适的速度下运转，并精确地将转速降到工业机器人各部位需要的速度，提高机械体刚性的同时输出更大的力矩。人形机器人由于关节体积小，需要使用小体积和高扭矩的减速器，如谐波减速器。谐波减速器具备体积小、传动比高、精密度高的特点。国内目前表现较好的高端精密齿轮企业有绿的谐波、来福、同川和大族等。

图表4: 2020年国内谐波减速器市场竞争格局



图表5: 2021年国内谐波减速器市场竞争格局

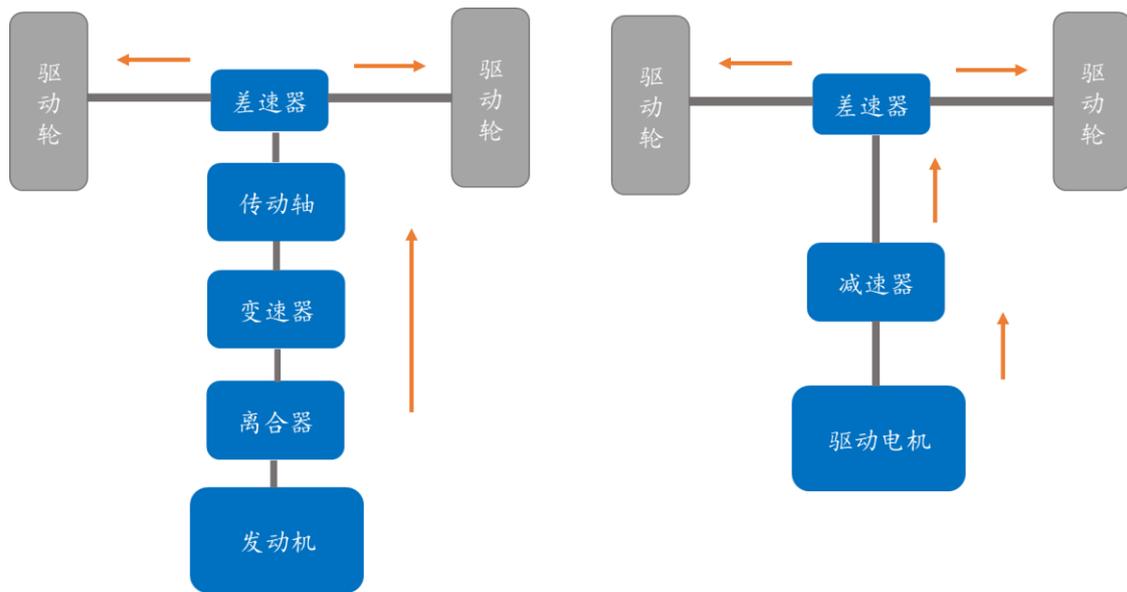


来源: GGII, 国金证券研究所

来源: GGII, 国金证券研究所

新能源车使用齿轮数量较燃油车减少。传统燃油车的传动结构较为复杂，包括发动机、离合器、变速器、传动轴和差速器五个部分，单车齿轮用量为10-12个，单车价值量约1200元；新能源车的传动结构则较为简单，取消了变速器模块，单车齿轮用量5-7个，单车价值量约600元。

图表6: 电动车(左)和燃油车(右)的传动系统对比显示电动车用齿轮的地方减少



来源: 华经情报网, 太平洋汽车, 国金证券研究所

新能源车占比提升, 车用齿轮空间逐步被压缩。近年来, 由于燃料消耗、排放等问题不断凸显, 燃油车的未来发展空间受到了越来越大的限制。加之国内政策的支持与电动车本土品牌的高速发展, 新能源车逐渐获得了越来越多消费者的青睐。随着汽车市场中新能源车占比的提升, 齿轮的单车价值量下滑, 全球车用齿轮市场空间逐步被压缩, 预计2026年市场空间将仅为755亿元, 相较22年下降13%。

图表7: 全球车用齿轮空间在缩减 (亿元)

销量(万辆)	2021	2022	2023E	2024E	2025E	2026E
电动车销量	660	1077	1476	1909	2502	2992
燃油车销量	6924	6650	6547	6257	5808	5465
齿轮						
电动车						
单车价值量 (元/辆)	600	588	576	565	553	542
市场空间 (亿元)	40	63	85	108	138	162
燃油车						
单车价值量 (元/辆)	1200	1176	1152	1129	1107	1085
市场空间 (亿元)	831	782	755	707	643	593
齿轮合计市场空间	870	845	840	814	781	755

来源: Marklines, 双环传动公司公告, 国金证券研究所

机器人用齿轮市场广阔。人形机器人的应用场景十分丰富, 在家庭、工业甚至军事领域都有较强的发展性。特斯拉 CEO 马斯克曾在公司的股东大会上称: 未来人类和人形机器人的比例将不只是 1:1, 人形机器人可能超过人类数量, 人形机器人行业长期的价值可能比汽车方面更有价值。鉴于美国以及日本机器人技术较为先进, 我们选取 2021 年美、日、中三国家庭户数作为基数, 考虑到个人/家庭服务机器人本身定位高端, 价格较贵, 具备该消费能力的家庭占比总户数 10%, 每家一台用作协助人们日常生活, 则大致测算可得在机器人规模化市场成熟后, 其产品需求可接近 6800 万台量级左右。

图表8: 个人/家庭服务机器人形成规模化市场后的产品需求(部分国家)

项目	指标
美国家庭户数(万户)	12680
日本家庭户数(万户)	5572
中国家庭户数(万户)	49416
合计家庭户数(万户)	67668
渗透率假设(%)	10%
使用服务机器人家庭户数(万户)	6767
对应个人/家庭服务机器人台数(万台)	6767

来源: 美国人口普查局, 日本统计, 中国统计年鉴, 国金证券研究所

人形机器人齿轮迎来千亿市场空间。人形机器人的快速发展为减速器和齿轮企业带来了新机会: 从减速器公司角度出发, 假设单台机器人需要使用 10 个谐波减速器和 4 个行星减速器, 当每万人保有的人形机器人达到 45 台时, 全球机器人用谐波/行星减速器市场空间分别为 4495/719 亿元, 相较万人保有量 0.07 台时, 分别增长 540 倍/552 倍。对于齿轮企业而言, 随着人形机器人快速起量, 齿轮部件将逐步标准化, 大量减速器供应商将开始外采齿轮, 利好齿轮行业。预计万人保有量达 45 台时, 人形机器人齿轮市场空间将达到近 3800 亿元, 相当于 2022 年车用市场空间 4 倍左右。

图表9：全球人形机器人用减速器/齿轮带来新增空间（亿元）

机器人销量（万台）	6	80	200	363	651	982	1358	1821	2332	2930	3785
全球人口（亿人）	79	80	80	81	81	82	82	83	83	84	84
机器人渗透率（台/万）	0.07	1	2.5	4.5	8	12	16.5	22	28	35	45
减速器											
谐波减速器市场空间（亿元）	8.3	119.4	300.7	534.2	937.2	1385.9	1859.5	2419.4	3004.8	3623.7	4495
单价（元/个）	1500	1500	1500	1470	1441	1412	1369	1328	1289	1237	1187
单台机器人使用数量（个）	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
行星减速器市场空间（亿元）	1.3	19.1	48.1	85.5	149.9	221.7	297.5	387.1	480.8	579.8	719.2
单价（元/个）	600	600	600	588	576	565	548	531	515	495	475
单台机器人使用数量（个）	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
齿轮											
谐波减速器齿轮市场空间（亿元）	5.8	83.6	210.5	373.9	656	970.1	1301.7	1693.6	2103.3	2536.6	3146.6
单价（元/个）	1050	1050	1050	1029	1008	988	959	930	902	866	831
单台机器人使用数量（个）	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
行星减速器市场空间（亿元）	1.1	16.2	40.9	72.6	127.5	188.5	252.9	329	408.6	492.8	611.3
单价（元/个）	510	510	510	500	490	480	466	452	438	421	404
单台机器人使用数量（个）	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
齿轮市场空间合计（亿元）	7	100	251	447	784	1159	1555	2023	2512	3030	3757

来源：太平洋汽车，绿的谐波公司公告，国金证券研究所

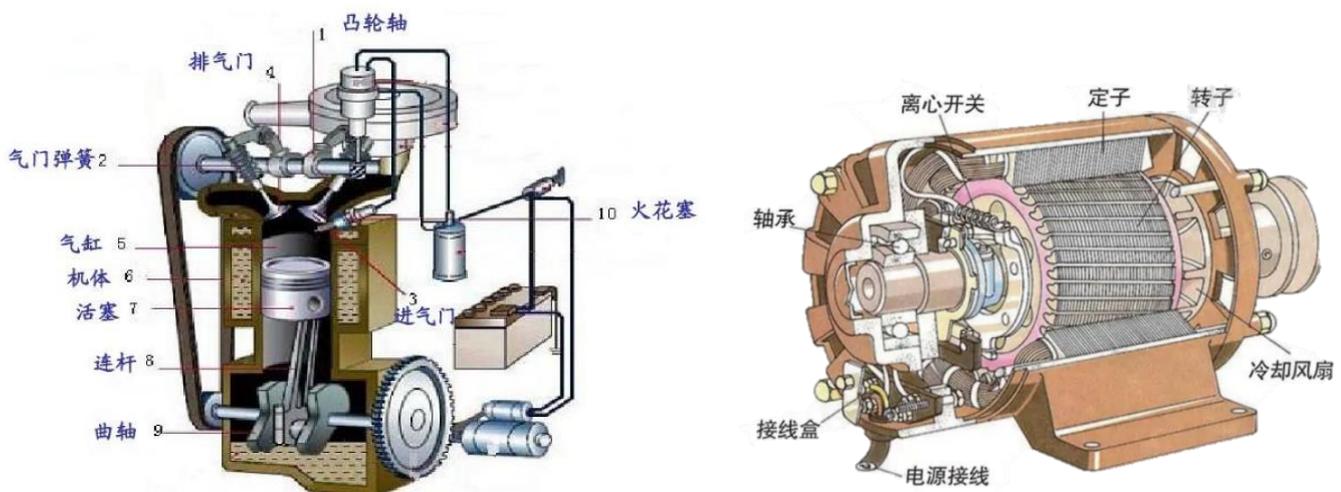
注：零部件价格来源于调研内容，根据马斯克发表的言论，机器人销量将与全球人口具备协同关系。

二、机器人齿轮 VS 汽车齿轮：齿轮性能和工艺有别，设备价格与壁垒双高

2.1 性能对比：车端齿轮扭矩和转速高，机器人端齿轮精细

区别一：转速，机器人<车端。机器人端转速一般小于 5000 转，而车端每分钟能超万转，电动车的减速器齿轮转速甚至能够达到 20000 转。电动车齿轮比传统燃油车齿轮转速更高的原因有二：（1）从部件磨损的角度考虑，电机的摩擦主要为滚动摩擦，摩擦系数较小，因此齿轮的高速转动对其的磨损较小，而内燃机工作时进行活塞运动，齿轮转速过高容易加速活塞的磨损。（2）从电动车动力的角度考虑，由于电机体积小，想要实现较高的功率可以通过增加转速来实现。

图表10：内燃机（左）与电动机（右）的结构对比

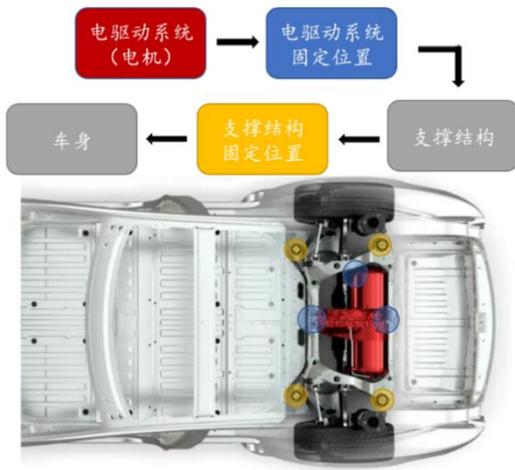


来源：宝发动力官网，中国先进制造技术论坛，国金证券研究所

区别二：噪声要求，机器人<车端。车端零部件的噪声更易被察觉，因此要求较高。普通的砂轮修形会导致两个齿轮的表面纹路相近，因此在汽车行驶过程中齿轮容易发出规律的啸叫声，也就是出现 NVH 问题。尤其是新能源汽车，由于没有发动机噪声的干扰，齿轮噪声更容易被电车驾驶人所察觉，因此对其噪声的控制要求更高。而机器人的功能实

现与使用者体验皆与噪声相关性较低，故在研发过程中可以忽略一般的摩擦噪声对产品带来的影响。目前国产谐波减速器的噪声已经可以控制在 75dB 以内，与国际水平接轨。

图表11: NVH 在特斯拉电车中的传递方向



来源：汽车测试网，国金证券研究所

图表12: 国产谐波减速器核心参数

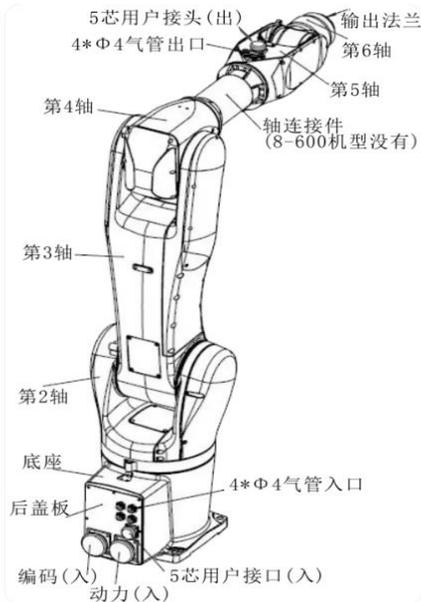
性能指标	绿的谐波 (LHS-32)	来福 (LHT-32)	钩兴 (KSHG-32)	HD (HPG-32)
齿隙精度	<1arcmin	<1arcmin	<1arcmin	<1arcmin
传动精度	<1arcmin	<1arcmin	<1arcmin	<1arcmin
效率	≥80%	≥80%	≥80%	≥85%
温升	<40°C	<40°C	<40°C	<40°C
噪声	<75dB(A)	<75dB(A)	<75dB(A)	<75dB(A)
允许最高输入转速 (rads/min)	4500	4000	4800	5000

来源：《运动控制，机器人供应链关键环节》(2022年8月15日)，国金证券研究所

注：图中红色的部分是电机，蓝色圈内为电驱动系统的固定位置，黄色代表支撑结构的固定位置。

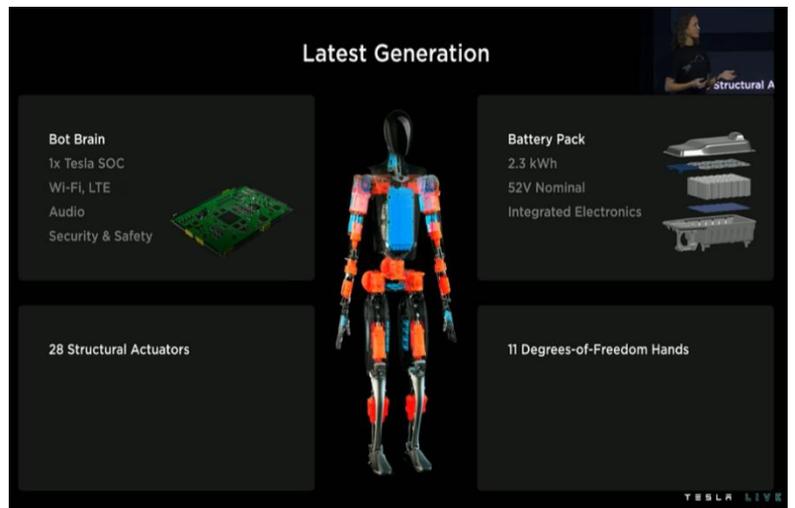
区别三：体积，机器人<车端。机器人关节多、体积小，因此减速器环节的零部件更小。与汽车体积庞大的发动机与减速器系统相比，机器人关节体积更小，且整机具有重量控制目标，因此对电机的体积与重量要求更高。与已有丰富研究经验的工业机器人相比，目前飞速发展的人形机器人拥有的关节数量更多，关节体积更小。普通工业机器人的关节数量通常为 6 个，即工业六轴机器人，而特斯拉发布的人形机器人 Optimus 则拥有 28 个关节。为了尽可能实现减速器的轻量化，人形机器人的关节减速器需要配置重量与体积更小的齿轮。

图表13: 常见六轴工业机器人示意图



来源：广东科源自动化系统公司官网，国金证券研究所

图表14: 特斯拉 Optimus 拥有 28 个关节



来源：Tesla AI Day 2022，国金证券研究所

区别四：精度，机器人>车端。机器人齿轮体积更小，需要更精细的加工工艺和配套设备。齿轮加工精度分为 3 个等级，其中 0 级为最高等级，12 级为最低等级。车用齿轮的精度一般为 6-8 级，该级别的齿轮在硬化后仅需通过简单的剃削或滚插刨等加工便可成型。而机器人使用则对齿轮精度要求更高，5-6 级齿轮的生产需要经过磨削和剃削两道工序，其中 5 级齿轮还需要额外的单齿感应、火焰或渗碳硬化工艺。车用齿轮中，小部分已经达到机器人齿轮的加工精度，比如油泵齿轮，因此为过渡到机器人齿轮供应提供了较好基础。

图表15: 机器人对齿轮的加工精度要求提升

齿轮参数对比	传统燃油车齿轮	新能源汽车齿轮	机器人		
	自动变速箱齿轮	电动车减速器齿轮	谐波减速器	行星减速器	RV 减速器
转速(转/分钟)	6000-8000	8000-20000	小于 3000	25~4000	不超过 1500
噪音	要求高 (<70db)		要求较低		
扭矩 (Nm)	-	-	4.4-1236	0.4-22	2.5-66.4
体积	大	大	小	小	小
寿命	1-2 年	较长	由于柔轮的反复变形, 存在疲劳强度问题, 正在改善	啮合齿轮数多, 负载能力强	同时与多个齿轮啮合, 负载能力强于一般齿轮
加工精度	7-8 级	6-7 级	5-6 级	5-6 级	5-6 级
单机价值量	1000-2000 元	1000-2000 元	9800 元	3600 元	-
齿轮数量	18 个	混动汽车 23 个, 纯电汽车 7 个	14 个	-	-
主要供应商	双环传动	双环传动	绿的谐波、丰立智能、步科股份	中大力德、双环传动	双环传动、中大力德、上海机电、恒丰泰

来源: 《汽车齿轮制造技术及研究方向》, 《节能与新能源汽车技术路线图》, 双环传动公司公告, 国金证券研究所

2.2 工艺对比: 前段工艺相似, 后段难度提升

车用齿轮与机器人用齿轮制造的前段工艺相近。锻坯下料、锻坯加热、等温正火、机加工、齿形加工、淬火、磨齿等操作都是齿轮生产的必经工序, 高低精度齿轮的制造仅在部分工序细节上有所差异。两种应用场景的齿轮毛坯都使用锻钢的标准工业制造流程制作, 该流程主要包括下料、锻造、热前加工、热处理等主要步骤。

图表16: 齿轮制造工艺上, 机器人和车端齿轮在热后段加工上有差距

工艺	下料	锻造			热前加工					热处理			热后加工				检测			主要用途			
		模锻	辗扩	楔横轧	齿形精锻	齿坯加工	铣齿	刨或拉齿	滚齿	插齿	剃齿	渗碳	碳氮共渗	直接淬火	压淬	磨定位面	珩齿	磨齿	研齿		几何	综合	配对
圆柱齿轮	●	●	○	○	●			●	○	●	●	○	●		●				●			○	变速器
	●	●		○	●				●	●	●	○	●		●	●			●			○	
	●	●	○		●			●	○		●	○	●		●		●		●			○	
直齿锥齿轮	●	●			●	○	●				●		●		●				○	●		○	差速器
	●				●						●		●		●				○	●		○	
螺旋锥齿轮	●	●	○	○	●	●					●		●	○	●			●	●		●	○	减速器
	●	●	○	○	●	●					●		●	○	●		●		●		●	○	

注: ●表示主要选择的工艺方法; ○表示根据部分齿轮结构等要求可选择替代的工艺方法

来源: 《汽车齿轮制造技术及研究方向》, 汽车之家, 国金证券研究所

车用齿轮到机器人用齿轮的升级需要更换设备、重新调校或主动降低加工速度。由于人形机器人使用到的高精度、小尺寸齿轮主要以冷精锻的工艺制成, 其后段制造工艺的难度会因此提升。除了精锻温度以外, 在磨削方面, 车用齿轮的体积较大, 可以直接用砂轮磨削塑形; 而机器人用齿轮小而精致, 需要用硬滚齿切割; 在精度方面, 对于齿形和内孔等参数, 车用齿轮需要的精度较低, 公差为 10 μ 级别, 而机器人则需要公差在 1-3 μ 左右的高精度齿轮。

图表17: 机器人的齿轮加工公差要求比车端要求更高

环节		切磨	公差	标准化程度
车		大齿, 用砂轮磨	低精度, 10 μ 级	标准
机器人	行星减速器	小齿, 硬滚齿	高精度, 1 μ 级	标准
	RV 减速器			标准
	谐波减速器			钢轮标准 柔轮非标

来源: 汽车之家, 高工业机器人, 国金证券研究所

2.3 设备对比: 高精齿轮为重资产行业, 设备壁垒与技术成本高

齿轮生产主要需要磨齿机、珩齿机和滚齿机等加工设备。磨齿机是利用砂轮加工圆柱齿轮及齿轮加工刀具的机床, 主要用于消除工件热处理后的变形, 提高齿轮精度。根据磨齿原理的不同, 磨齿机可分为展成型和成形型两类, 磨削产品精度一般在 3-6 级。对于新能源车而言, 其电机较燃油车转速更快, 对减速箱齿轮的转速、扭矩、稳定性等要求更高, 因此为了生产精度更高的新能源车用齿轮, 齿轮厂对磨齿机性能的需求极高。

图表18: 磨齿机(左)、珩齿机(中)和滚齿机(右)



来源: 各公司官网, 国金证券研究所

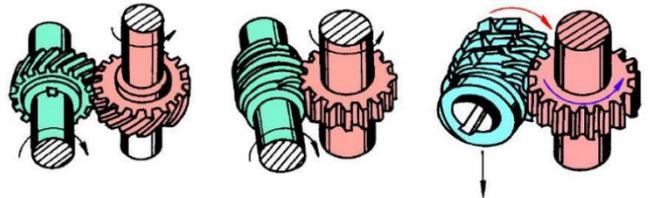
珩齿机与磨齿机加工的产品性能存在差异。珩齿机的工作原理为螺旋齿轮的啮合原理, 由珩轮带动工件自由旋转, 用其加工的齿轮与磨齿机加工的产品纹路不同, 且在噪声、残余应力以及工件的粗糙程度上都存在差异。滚齿机则是根据滚切斜齿轮的传动原理设计的, 在加工过程中模拟一对螺旋齿轮的啮合过程, 该机器在齿轮加工中应用广泛, 可用于切削直齿、斜齿圆柱齿轮等。

图表19: 磨齿加工与珩齿加工的区别

	磨齿加工	珩齿加工
噪音性能	转速高时易出现 NVH	抗噪性能优秀
表面纹路	与齿向平行	与齿向成一定夹角
残余压应力	在高切削速度下较低	高, 800-1200N/mm ²
粗糙程度	Ra<0.5μm	Ra<0.3μm

来源: 汽车之家, 国金证券研究所

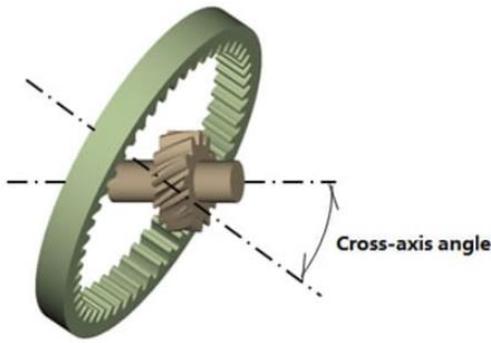
图表20: 滚齿机加工原理



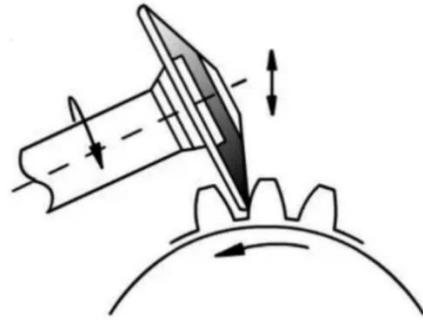
来源: 《现金制造技术基础》, 国金证券研究所

高端齿轮生产设备价格高昂, 传统汽车齿轮供应商转型困难。传统汽车齿轮企业若想转型生产机器人齿轮, 首先要储备能够生产高精度齿轮的相关设备。以磨齿机为例, 高端进口磨齿机的均价为 700 万-1500 万元/台, 普通国产设备的价格也在百万元以上。一些较小的传统齿轮厂商由于资金积累不足, 难以承受高昂的设备费用, 因此无法生产高精度齿轮。

图表21: 珩齿模型



图表22: 磨齿机加工原理



来源: 洋马株式会社官网, 国金证券研究所

来源: 沐风网, 国金证券研究所

高精度机器加工工序复杂, 人员技术成本高。由于高端齿轮的加工需要用到更精密的设备, 对于生产人员的操作技能和问题解决能力要求较高, 其中涉及的人员培训的经济与时间成本都不容小觑。以双环传动为例, 双环从 2005 年开始布局 RV 减速机业务, 直到 2021 年才实现了高质量的产品产出和可观的业绩, 其中存在长时间的技术经验积累过程。

图表23: 齿轮后段工序所需设备

图表24: 齿轮后段工序所需设备价格

主要齿轮加工设备	设备核心优势
德国 Kaap 磨齿机	自动精确对刀, 可稳定生产 DIN 标 5 级高精度齿轮 可以实现三截面反扭曲功能 齿面粗糙度可达 Ra0.4 加装侧头, 可以实现在线测量齿形齿向
德国 PRAWEMA 强力珩齿机	缩短加工节拍 珩前检测, 识别毛坯质量, 优化珩齿工艺, 配置在机测量装置, 大幅减少产品切换或更换刀具后的待机时间。
美国格里森螺旋伞齿轮设备	刀盘主轴和工件主轴采用了大功率的直接驱动电机, 实现高效强力干切

来源: 各公司官网, 各公司公告, 汽车之家, 国金证券研究所

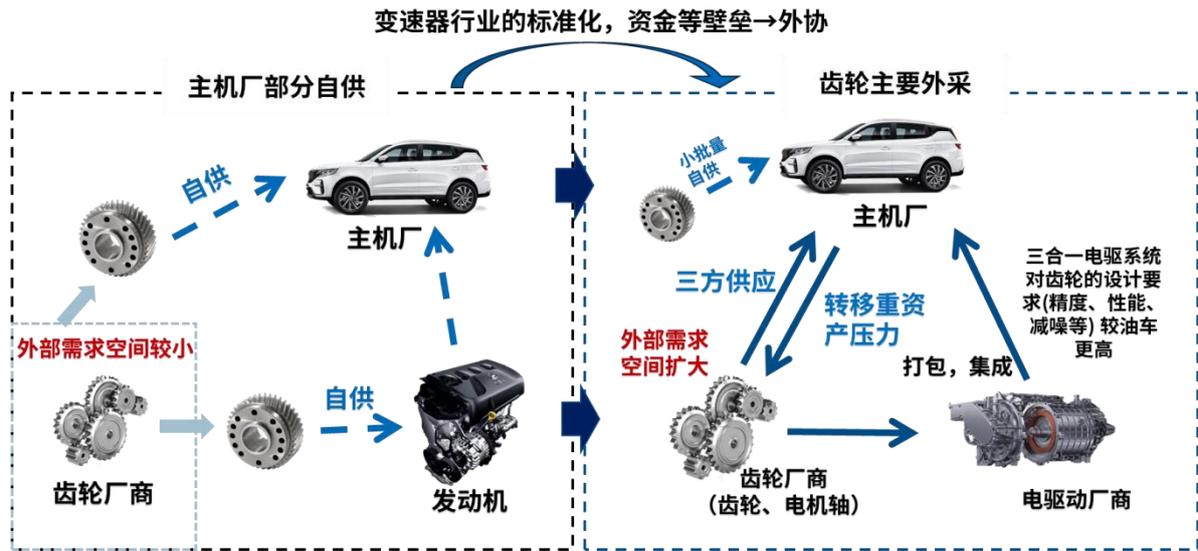
竞争地位	代表公司	核心产品	均价 (万元)
高端	美国格里森	磨齿机	700-1500
	德国霍夫勒	磨齿机	
	德国利勃海尔	磨齿机	
中高端	日本三菱	磨齿机	300-500
	日本卡希富基	滚齿机	
中端	秦川机床	磨齿机	200-300
	韩国 S&T	滚齿机	
中低端	重庆机床、天津机床、南京二机等	滚齿机	100-200

来源: 各公司官网, 各公司公告, 汽车之家, 国金证券研究所

三、机器人用减速器需求提升, 齿轮量产可能由齿轮公司接力

汽车主机厂已通过外采齿轮实现降本。鉴于自主生产齿轮具有重资产和低效率的弊端, 汽车主机厂逐渐选择将成熟的量产齿轮外协给专业齿轮厂商, 以期分担资产压力。同时, 主机厂仍保留一部分齿轮自主生产的能力, 该部分自制齿轮将主要用于未规模化生产的新产品的研发。由于新车前期开发时对齿轮的需求量较小且需要随时进行试验与调整, 采取自研自制齿轮的手段可以有效提高性价比。

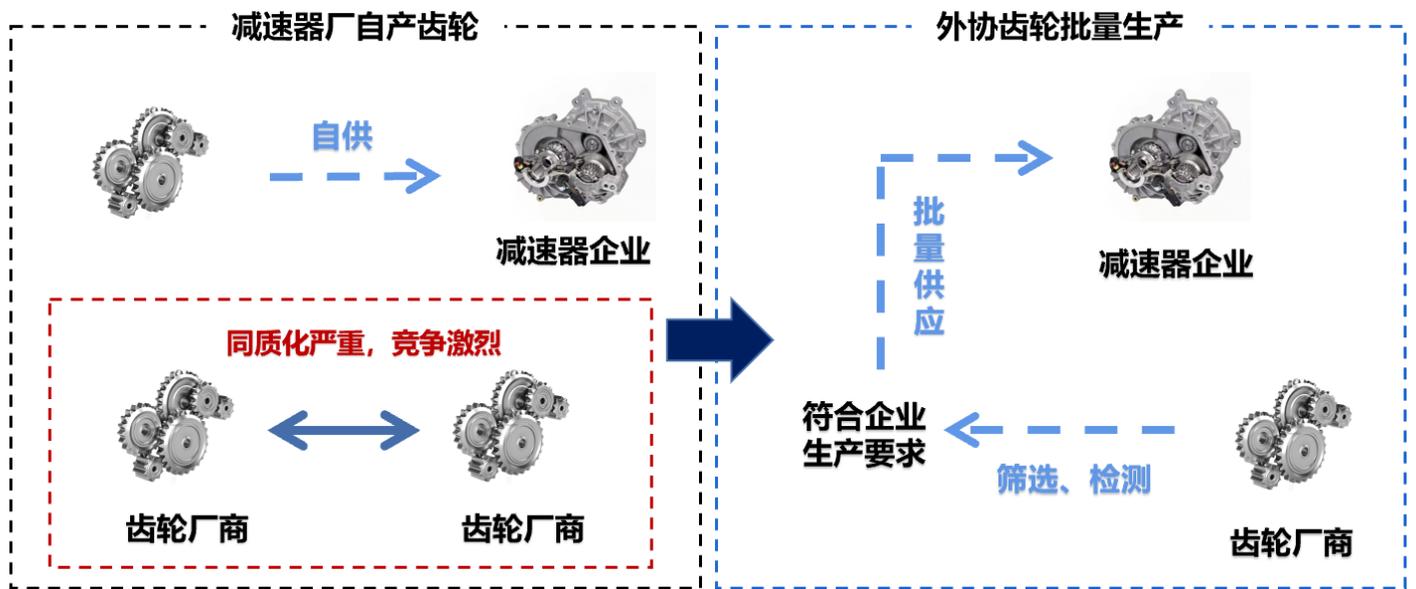
图表25：车端成熟的量产产品逐步由第三方齿轮公司供应



来源：太平洋汽车，国金证券研究所

大规模量产后，机器人标准齿轮外购趋势明显。齿轮的技术壁垒低，但同质化竞争激烈、生产周期长、成本高且利润小，给减速器公司带来较大的降本挑战。因此，从经济性和轻资产角度出发，我们认为人形机器人量产后，减速器公司将通过市场采购符合其生产要求的齿轮零件来构成完整的供应链，进而实现批量化生产。

图表26：减速器企业将复刻主机厂做法，外购标准化齿轮



来源：太平洋汽车，国金证券研究所

行星减速器齿轮外包，齿轮公司受益于人形机器人趋势确立。行星齿轮外购结构件较多，但最后一道二次精滚工艺会由减速器厂商完成。因为机械加工不是高附加值的工序，如车床的投入成本高，毛利只有不到 15%，因此行星减速器中有不少外购的结构件，但是最后一道工序一般会由减速器厂商自行完成。最后一道工序每个厂家都不同，行业内最多的是二次精滚的工艺。最后一道精成型厂商自己必须管控，原因如下：1) 控制成本，最后一道工序的成本较高；2) 保证产品一致性。我们预测，由于壁垒相对较低，未来可能主机厂会自己设计行星减速器并将齿轮外包给第三方齿轮供应商。

图表27: 行星齿轮外购结构件较多



来源: 太平洋汽车, 各公司公告, 国金证券研究所

四、投资建议: 传动齿轮产业将被机器人重塑

关注汽车传动齿轮产业被机器人重塑的机会。汽车领域的齿轮赛道估值偏低, 人形机器人给予新增空间。齿轮于新能源车中的用量大幅低于油车, 随新能源车渗透率逐步提升, 齿轮市场空间骤缩。人形机器人的大规模量产将为精密齿轮市场打开全新空间。

车用齿轮公司有望切换产能至人形机器人齿轮。车用齿轮仅需更改后道的磨齿与表面处理工艺并替换部分设备, 即可制造机器人齿轮, 相关公司转型具备较大可能性。我们预计齿轮企业的发展未来有两个分支: 其一为齿轮厂商进阶为减速器总成厂商, 其二进阶为机器人齿轮的第三方供应商。建议关注投资机会可能被重塑的传动齿轮赛道公司, 如双环传动、中马科技、蓝黛科技等。

图表28: 传动环节相关标的

亿元	企业名称	代码	市值	归母净利润-TTM	23年PE	减速器业务占比	齿轮供应商	
减速器	谐波减速器	绿的谐波	688017.SH	260.95	1.43	182	93.43%	自制
		丰立智能	301368.SZ	62.67	-	-	24.78%	自制
		中技克美	871601.NQ	0.00	-	-	99.67%	
	RV 减速器	双环传动	002472.SZ	272.04	6.34	43	5.59%	自制
		中大力德	002896.SZ	65.38	0.64	102	22.60%	自制
		上海机电	600835.SH	143.20	10.47	14	0.00011%	
		恒丰泰	839755.NQ	1.90	-	-	4.99%	
	行星减速器	中大力德	002896.SZ	65.38	0.64	102	22.60%	自制
		双环传动	002472.SZ	272.04	6.34	43	5.59%	自制
	通用减速器	国茂股份	603915.SH	133.44	4.30	31	90.48%	自制
中大力德		002896.SZ	65.38	0.64	102	22.60%	自制	
通力科技		301255.SZ	40.05	-	-	70.99%	自制	
差速器	豪能股份	603809.SH	42.72	1.73	25	54.42%	自制	
	精锻科技	300258.SZ	59.40	2.51	24	16.67%	自制	
	富临精工	300432.SZ	135.32	-0.88	-	5.44%		
	双环传动	002472.SZ	272.04	6.34	43	5.88%	自制	
变速器	中马传动	603767.SH	36.80	-	-	55.22%	自制	
	蓝黛科技	002765.SZ	52.51	1.66	32	34.72%	自制	
	巨一科技	688162.SH	57.40	1.34	43	31.25%	株洲齿轮	
	山子股份	000981.SZ	148.96	-	-	33.96%	和大工业、浙江巨跃	
	万里扬	002434.SZ	111.11	3.38	33	91.57%	自制	
	泉峰汽车	603982.SH	40.53	-	-	26.86%	自制	

来源: Wind, 国金证券研究所 (注: 市值基准日为 2023 年 6 月 27 日)

五、风险提示

1. 人形机器人落地不及预期风险。特斯拉人形机器人目前尚存在运动控制能力不足和成本过高的情况，我们初步预期 2024 年底有望达到 100 台/周的产量，售价上特斯拉目标做到 2 万美元/台，若技术和成本发展情况低于预期将导致量产无法按预期推进，进而影响齿轮环节的投资机会。
2. 人形机器人需求不及预期风险。特斯拉人形机器人目前定位于替代人们从事重复枯燥、具有危险性的工作，但其最终性能能否达到该目标以及是否能找到大批量应用的场景还具有不确定性，从而给上游传动环节带来需求不及预期风险。
3. 减速器生产转向第三方齿轮厂不及预期风险。主流的谐波减速器方案目前的齿轮主要自供，未来可能由于外采比例不及预期导致第三方齿轮供应商的出货量不及预期。行星减速器后期外采比例上涨不及预期也可能导致第三方齿轮供应商的市场空间较小。

行业投资评级的说明：

买入：预期未来 3—6 个月内该行业上涨幅度超过大盘在 15%以上；

增持：预期未来 3—6 个月内该行业上涨幅度超过大盘在 5%—15%；

中性：预期未来 3—6 个月内该行业变动幅度相对大盘在 -5%—5%；

减持：预期未来 3—6 个月内该行业下跌幅度超过大盘在 5%以上。

特别声明：

国金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。

何形式的复制、转发、转载、引用、修改、仿制、刊发，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。经过书面授权的引用、刊发，需注明出处为“国金证券股份有限公司”，且不得对本报告进行任何有悖原意的删节和修改。

本报告的产生基于国金证券及其研究人员认为可信的公开资料或实地调研资料，但国金证券及其研究人员对这些信息的准确性和完整性不作任何保证。本报告反映撰写研究人员的不同设想、见解及分析方法，故本报告所载观点可能与其他类似研究报告的观点及市场实际情况不一致，国金证券不对使用本报告所包含的材料产生的任何直接或间接损失或与此有关的其他任何损失承担任何责任。且本报告中的资料、意见、预测均反映报告初次公开发布时的判断，在不作事先通知的情况下，可能会随时调整，亦可因使用不同假设和标准、采用不同观点和分析方法而与国金证券其它业务部门、单位或附属机构在制作类似的其他材料时所给出的意见不同或者相反。

本报告仅为参考之用，在任何地区均不应被视为买卖任何证券、金融工具的要约或要约邀请。本报告提及的任何证券或金融工具均可能含有重大的风险，可能不易变卖以及不适合所有投资者。本报告所提及的证券或金融工具的价格、价值及收益可能会受汇率影响而波动。过往的业绩并不能代表未来的表现。

客户应当考虑到国金证券存在可能影响本报告客观性的利益冲突，而不应视本报告为作出投资决策的唯一因素。证券研究报告是用于服务具备专业知识的投资者和投资顾问的专业产品，使用时必须经专业人士进行解读。国金证券建议获取报告人员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。报告本身、报告中的信息或所表达意见也不构成投资、法律、会计或税务的最终操作建议，国金证券不就报告中的内容对最终操作建议做出任何担保，在任何时候均不构成对任何人的个人推荐。

在法律允许的情况下，国金证券的关联机构可能会持有报告中涉及的公司所发行的证券并进行交易，并可能为这些公司正在提供或争取提供多种金融服务。

本报告并非意图发送、发布给在当地法律或监管规则下不允许向其发送、发布该研究报告的人员。国金证券并不因收件人收到本报告而视其为国金证券的客户。本报告对于收件人而言属高度机密，只有符合条件的收件人才能使用。根据《证券期货投资者适当性管理办法》，本报告仅供国金证券股份有限公司客户中风险评级高于 C3 级（含 C3 级）的投资者使用；本报告所包含的观点及建议并未考虑个别客户的特殊状况、目标或需要，不应被视为对特定客户关于特定证券或金融工具的建议或策略。对于本报告中提及的任何证券或金融工具，本报告的收件人须保持自身的独立判断。使用国金证券研究报告进行投资，遭受任何损失，国金证券不承担相关法律责任。

若国金证券以外的任何机构或个人发送本报告，则由该机构或个人为此发送行为承担全部责任。本报告不构成国金证券向发送本报告机构或个人的收件人提供投资建议，国金证券不为此承担任何责任。

此报告仅限于中国境内使用。国金证券版权所有，保留一切权利。

上海	北京	深圳
电话：021-60753903	电话：010-85950438	电话：0755-83831378
传真：021-61038200	邮箱：researchbj@gjzq.com.cn	传真：0755-83830558
邮箱：researchsh@gjzq.com.cn	邮编：100005	邮箱：researchsz@gjzq.com.cn
邮编：201204	地址：北京市东城区建内大街 26 号	邮编：518000
地址：上海浦东新区芳甸路 1088 号	新闻大厦 8 层南侧	地址：深圳市福田区金田路 2028 号皇岗商务中心
紫竹国际大厦 7 楼		18 楼 1806