



机器人新技术专题

买入（维持评级）

行业年度报告

证券研究报告

国金证券研究所

分析师：陈传红（执业 S1130522030001） 分析师：苏晨（执业 S1130522010001）

chenchuanhong@gjzq.com.cn

suchen@gjzq.com.cn

冷锻工艺极限精度 C3，兼具高效率低成本优势

——机器人新技术专题（三）

行业观点

冷锻工艺是制作行星滚柱丝杠螺纹的主流路线之一，应用场景与车铣磨工艺重合度较高。螺纹加工方法最广泛使用的是滚压法（锻压的一种，含搓丝和滚丝）和切削法（含车削、铣削、磨削等）。两类具体用于加工螺纹的方法是（1）车铣磨，指对粗坯件进行热加工后，先用车削和铣削进行粗加工，后续余量精加工由磨削完成，以实现高精度；（2）冷锻+磨削，指先采用冷轧技术直接将粗坯件加工至一定精度，后续余量精加工由磨削完成。

冷锻精度随设备、模具和材料提升，目前极限精度 C3。据宝飞螺官网 2020 年发布文章显示，滚压工艺可以保证 C5 精度的滚珠丝杠生产，使用特别匀质的材料可以生产 C3 精度的滚珠丝杠。目前已开始有冷锻行星滚柱专利和论文发布，学界业界均在积极推进冷锻行星滚柱丝杠工艺落地。

冷锻成本预计比车铣磨低 50%+，主要受益于加工速度提升。冷锻工艺的综合成本在理想情况下比车铣磨低约 58%。据测算，车铣磨的设备折旧成本+材料成本约 1460 元/根，冷锻工艺约 616 元/根。主要差异来自于加工效率上的不同，冷锻加工效率是切削的 2-10 倍。

性能和成本的博弈，中短期车铣磨和冷锻工艺将并存。若机器人的行星滚柱丝杠精度要求为 C5 级，则采用冷锻工艺（前段冷锻，中后段冷锻）最具备经济性；若机器人精度要求 C3-C5，则需要看材料是否能做到较好的匀质性，材料满足情况的情况下选冷锻工艺（前段冷锻，中后段冷锻）；若机器人精度要求 C3 级以上，仍需要在后道叠加磨床工艺进一步提升精度。由于技术尚未成熟，在中短期技术成熟的车铣磨路线和新兴的冷锻路线会并存，最终路线选择由产业链各家公司的工艺积累、设备研发情况等因素共同决定。

投资建议

人形机器人正在迈入快速的技术和成本迭代阶段，与“车铣+磨”工艺相比，“冷锻+磨”工艺具备高效率 and 低成本特性，冷锻精度上已能达到稳定的 C5 级，磨床使用可稳定实现人形机器人滚柱丝杠合格件的加工，是适合高效率批量生产滚柱丝杠的方法。建议关注制造、模具和设备：制造环节建议关注冷锻精密件供应商新坐标（具备模具设计加工、冷锻工艺研发、专用工装与设备设计等全产业链研发能力）；模具环节建议关注恒锋工具（布局多种冷挤压刀具，精密拉削刀具、花键量具等产品市占率第一）；设备环节包括搓丝机、滚丝机和滚压机，核心看点是滚压机国产化，建议关注思进智能（处国内冷成形装备行业的技术领先地位）。

风险提示

技术路线不确定风险，人形机器人放量不及预期风险。

并购家 免费行业报告网

IPOIPO.CN 每日更新 不用注册会员 无广告 永久免费



内容目录

一、量产前夕，产业链急需高一致性&性价比制造丝杠方案	4
二、市场担心问题	7
2.1 极限精度？极限精度随设备、模具和材料提升，目前极限精度 C3	7
2.2 落地时间？实验室阶段，学界业界均在逐步推进冷锻行星滚柱丝杠	9
2.3 成本？冷锻成本预计比车铣磨低 50%+, 主要受益于加工速度提升	10
三、性能和成本的博弈，不同情境下最适合采用的制作方法	11
3.1 丝杠加工工艺的性能&成本四象限图	11
3.2 冷锻是否会替代车铣磨工艺？	11
四、投资建议	12
五、风险提示	13

图表目录

图表 1：人形机器人发展情况	4
图表 2：丝杠是机器人木桶短板，当前设备瓶颈极大	4
图表 3：螺纹加工方法分类	5
图表 4：截至 2021 年行星滚柱丝杠专利分布	5
图表 5：螺纹滚柱通过模具一次性成型	6
图表 6：车铣磨工艺与冷锻工艺加工精度对比	6
图表 7：冷挤压内螺纹相比切削具备较多优势	7
图表 8：挤压技术的国外发展历史	7
图表 9：DIN ISO 3408 标准公差等级	8
图表 10：使用非常匀质的材料可以制作 C3 级别丝杠	8
图表 11：螺纹牙数和运行时间影响行星滚柱丝杠精度	8
图表 12：滚柱丝杠精度损失随表面粗糙度增加而增加	8
图表 13：丝杠精度损失率与材料硬度呈反向关系	9
图表 14：丝杠精度损失率与材料弹性模量呈反向关系	9
图表 15：行星滚柱丝杠专利申请图显示其还在成长期	9
图表 16：滚压行星滚柱丝杠制作流程	10
图表 17：滚压螺纹相比切削具有高效率低成本优势	10
图表 18：滚压螺纹效率较传统车削加工提高近十倍	10
图表 19：车铣磨工艺 VS 冷锻工艺成本对比测算	10
图表 20：丝杠加工工艺的性能&成本四象限图	11



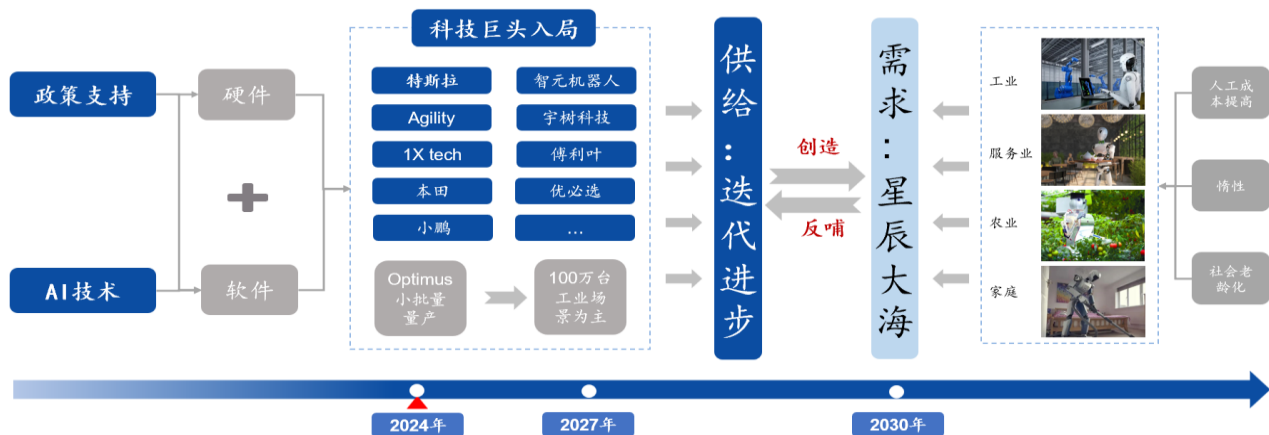
图表 21: 不同丝杠精度要求下, 高性价比丝杠工艺的选择	11
图表 22: 冷锻和车铣磨工艺对比	11
图表 23: 同一个轴上成形螺纹和齿轮的加工工艺的比较	12
图表 24: 行星滚柱丝杠专利技术区域分布	12
图表 25: 主要专利权人排名	12



一、量产前夕，产业链急需高一致性&性价比制造丝杠方案

存在确定性需求，人形机器人成长空间广阔。对人形机器人的需求持续存在，2023 年供给侧变革推动人形机器人关注度提升。需求端，由于劳动力减少（惰性+人口老龄化），人工成本持续提高，叠加国家安全因素，人形机器人具备持续增长的确切需求。供给端，生成式 AI 使具身智能具备落地可能性，产业链配套体系日渐完善，推动人形机器人打开增长空间。

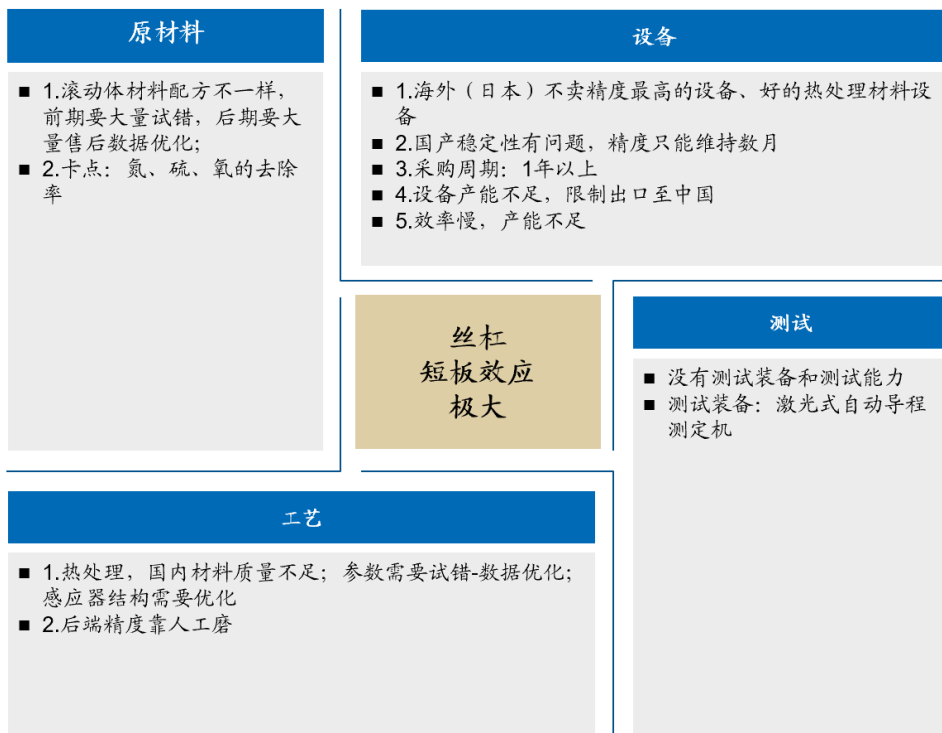
图表1：人形机器人发展情况



来源：国金证券研究所

丝杠是最卡脖子环节，主要卡位在设备和工艺上。设备端，国内缺少高精度磨床设备，基本每家设备厂高精度磨床生产量不超过 20 台/年，且多被订购用于机床、航空航天丝杠等，日本高精度设备对中国有部分禁售。采购周期长，同时磨床生产效率慢，因此亟待寻求更高效和更经济性的技术路线。

图表2：丝杠是机器人木桶短板，当前设备瓶颈极大



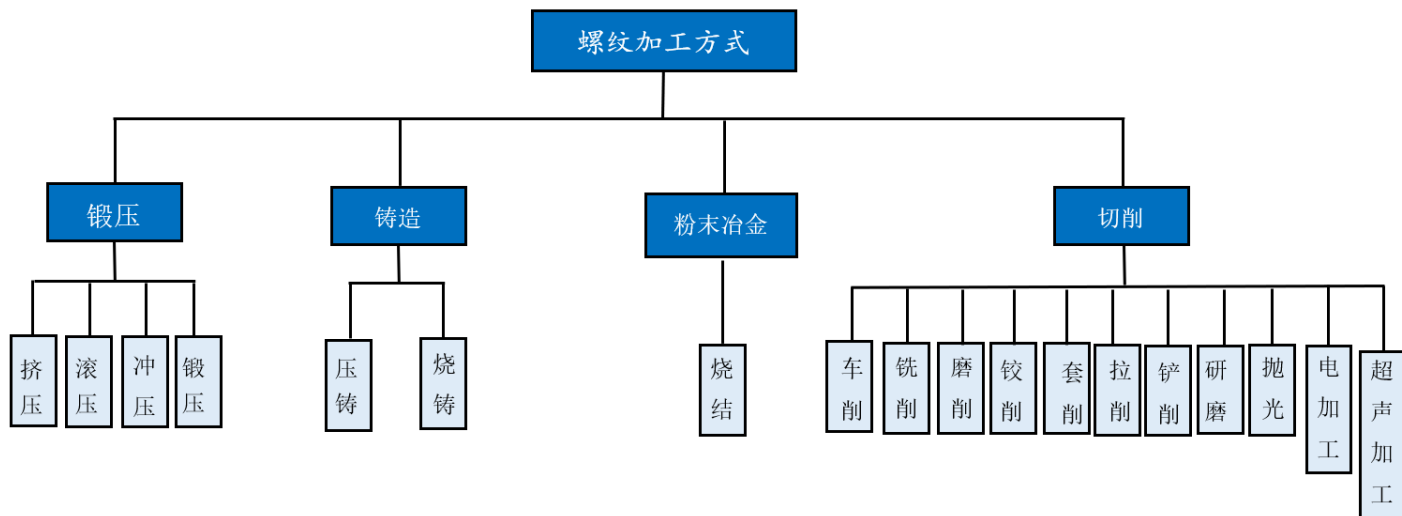
来源：国金证券研究所

螺纹加工方法很多，其中最广泛使用的是滚压法（锻压的一种，含搓丝和滚丝）和切削法（含车削、铣削、磨削等）。两类具体用于加工螺纹的方法是：（1）车铣磨，指对粗坯件进行热加工后，先用车削和铣削进行粗加工，后续余量精



加工由磨削完成，以实现高精度；(2) 冷锻+磨削，指先采用冷轧技术直接将粗坯件加工至一定精度，后续余量精加工由磨削完成。

图表3：螺纹加工方法分类



来源：王旭《行星滚柱丝杠滚柱冷压成形机理与实验研究》，国金证券研究所

行星滚柱丝杠技术仍处于发展期，冷锻行星滚柱丝杠是新技术。根据《行星滚柱丝杠技术专利分析》、合享与德温特专利数据库，从专利申请趋势看，目前行星滚柱丝杠处于技术发展期。从专利申请看 1988-2021 年，专利申请量由多到少分为行星滚柱丝杠螺纹加工工艺研究、行星滚柱丝杠设计研究和行星滚柱丝杠综合性能测量方法三类，其中螺纹加工又以深孔内螺纹制造技术最多，其次是硬态车削工艺螺纹磨削用砂轮廓形修整及保持技术，再次是大长径比外螺纹制造技术和螺纹硬态车削工艺。

图表4：截至 2021 年行星滚柱丝杠专利分布

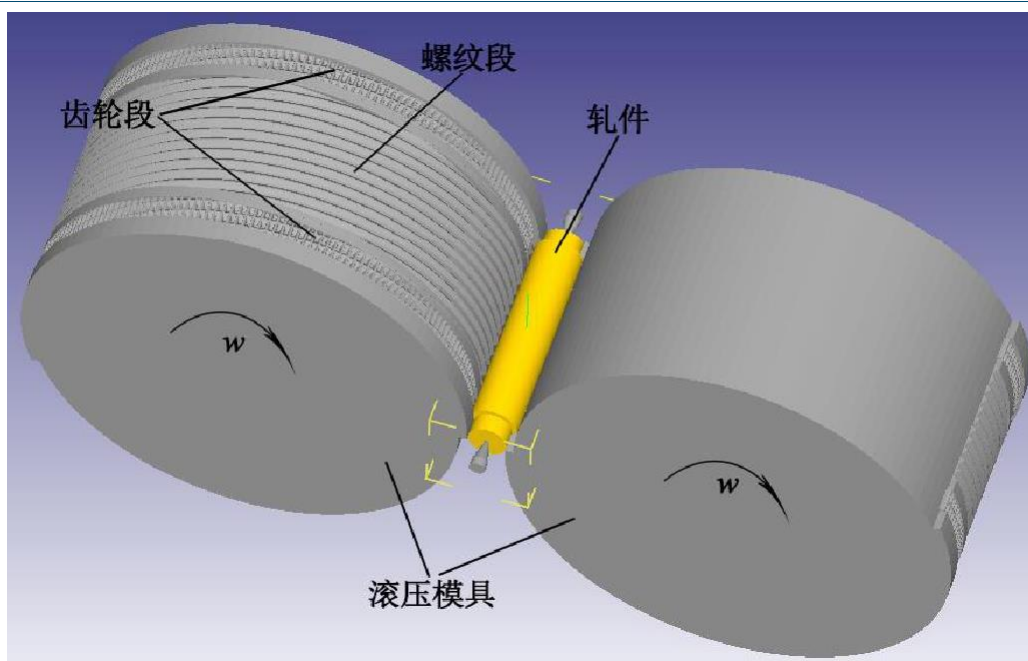
一级技术	二级技术	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1 行星滚柱丝杠设计研究	1.1 总体结构设计	2	1	1	2	3	2	2		7	2	1 1	5	7	3	1 1	4	7	1 0	7	1 3	7	5	1 4	2 2	2 6	1 6	2 3	3 9	3 1	3 8	3 7	2 7	3 6	1 3
	1.2 啮合机理与接触特性研究																															1	5	1	
	1.3 静刚度与变形研究																																	1	
	1.4 载荷分布与均载方法研究																										2		1	1			2	3	
	1.5 摩擦机理与传动效率研究																															1		1	
2 行星滚柱丝杠螺纹加工工艺研究	2.1 螺纹硬态车削工艺研究																1									2		1	1	1		1	1	1	
	2.2 螺纹磨削用砂轮廓形修整及保持技术		1		2	1				1											1	1	1				3	3	4	4		2	8	2	
	2.3 深孔内螺纹制造技术研究	1	3					1		1					1			1		1		3	1	1	4	5	4	3	6	2	1 0	4	1 3	1 4	
	2.4 大长径比外螺纹制造技术研究														1								1	1		1		1	3	3		1	2		

[illegible]

来源：田青《行星滚柱丝杠技术专利分析》，国金证券研究所

切削是当前行星滚柱丝杠螺纹主流加工方式,但总体上并不一定具备最好的经济性。切削(含车削、铣削、磨削)属于材料去除加工,加工过程中金属纤维被切断,导致后续产品容易存在效率低(车削耗时是滚压的5-10倍)、原材料利用率低(车削材料利用率低于70%)、一致性差和寿命短等问题。因此2014年赵升吨和张大伟等采用滚压成形方法试制出螺纹滚柱。2017年段体清提出在一次轧制成形过程中同时生成螺纹部分和齿轮部分。

图表5: 螺纹滚柱通过模具一次性成型



来源：《螺纹滚柱轧制工艺研究》，国金证券研究所

冷成型的行星滚柱丝兼备成本优势和质量优势。冷挤压是最好的材料净成形工艺之一，具备绿色环保、材料利用率高和强化材料等优点，采用冷挤压成形工艺加工的零件具有精度高、强度高和使用寿命长的优势，适用于大批量生产，可大幅降低生产成本和提高生产效率。

与车铣磨工艺相比，冷锻工艺加工的产品有更高的强度和表面质量。车铣磨工艺可以满足对零件尺寸精度和表面光洁度要求较高的应用领域，通常用于制造金属零件的加工。冷锻工艺可以提供更高的材料强度和表面质量，因此对一些对零件性能要求较高的领域得到广泛应用，通常用于生产高强度、高精度的金属零件。

图表6: 车铣磨工艺与冷锻工艺加工精度对比

	极限精度	加工精度	表面粗糙度	加工速度
车	0.1 μ	IT7~IT5	Ra0.04~0.01 μm	快
铣	—	IT16~IT8	Ra0.63~5 μm	快
磨	好于0.01 μ	IT8~IT5 甚至更高	好于 Ra0.01 μm	慢
车+铣+磨	好于0.01 μ			较快
冷锻	—	C5, 极限下 C3,		快
冷锻+磨	好于0.01 μ	—	—	较快



来源：荷兰布雷格机床公司官网，《金属切削刀具与机床》，宝飞螺官网，调研资料，国金证券研究所

冷挤压内螺纹相比切削具备高强度、高精度、高光洁度、低耗材等优势。据《内螺纹冷挤压工艺的研究现状与发展趋势_陈鑫》，冷挤压内螺纹具备的优势包括（1）高强度：内螺纹冷挤压金属产生形变时，材料内部的晶粒发生滑移，晶格扭曲，金属纤维呈连续的流线型，组织结构紧密，使螺纹的强度大幅提升，抗拉强度提升 20%以上，抗剪强度提升 5%-10%，硬度提升 40%以上。（2）高精度：使用冷挤压方式加工内螺纹，螺纹孔扩张量极小，内螺纹行位误差小，成形精度高，质量稳定。（3）高光洁度：挤压丝锥的挤压棱齿表面对内螺纹表面产生挤光作用，成形后的内螺纹表面光洁度极好，表面粗糙度可以达 Ra0.4-0.8。（4）省耗材：加工过程中没有切屑产生，大幅提升材料的利用率。（5）适合深孔和盲孔加工：由于挤压过程中不需要清除切屑，从而避免了因排屑困难或切屑堵塞而导致的丝锥崩刃、折断。

图表7：冷挤压内螺纹相比切削具备较多优势

考核指标	冷挤压相比切削内螺纹优势
强度	提升。抗拉强度提高 20%以上，抗剪强度提高 5%~10%，内螺纹表面的冷作硬化层厚度约为 0.15 mm，硬度提高 40%以上
内螺纹精度	提升。螺纹孔扩张量极小，内螺纹行位误差小，成形精度高，质量稳定
表面质量	提升。挤压丝锥的挤压棱齿表面对内螺纹表面产生挤光作用，成形后的内螺纹表面光洁度极好，表面粗糙度可以达 Ra0.4-0.8
耗材	更省。加工过程中没有切屑产生，大幅提升材料的利用率
深孔和盲孔加工	更适合。由于挤压过程中不需要清除切屑，从而避免了因排屑困难或切屑堵塞而导致的丝锥崩刃、折断

来源：陈鑫《内螺纹冷挤压工艺的研究现状与发展趋势》，国金证券研究所

二、市场担心问题

2.1 极限精度？极限精度随设备、模具和材料提升，目前极限精度 C3

冷锻的精度主要受设备、材料和模具影响。螺纹滚压或螺纹旋锻专利最早于 1831 年由 Hazard Knowles 提出，该专利使用平模制造木螺钉。在起步阶段被认为是一种粗糙的低精度工艺，仅限于制作木螺钉、马车螺栓、炉灶螺栓和其他低精度紧固件。这主要是模具制造精度、模具钢和螺钉毛坯的良好成型钢的可用性的限制导致的。直至一二战航空工业的战时需求，叠加圆柱模滚压机械和模具的进步，螺纹滚压才成为生产高精度形状的方法，后来逐步演变到用圆柱形模具滚压工艺制作精密丝杠和执行器丝杠。

图表8：挤压技术的国外发展历史

时间	应用国家	应用领域	状态
18 世纪末	法国	软金属	铅、锡
第一次世界大战后	德国	有色金属	铝质及锌质 电容器壳体
1937 年	德国	军工	批量冷挤压炮弹壳
1947 年	德国、美国	冷挤压技术正式进入民用企业	迅速得到广泛运用
1957 年	日本	首次引入冷挤压技术用于钟表等精密仪器工业中	很快向汽车、电器行业应用并快速扩大发展

来源：伊作芳《冷锻件生产过程开发项目质量管理研究》，国金证券研究所

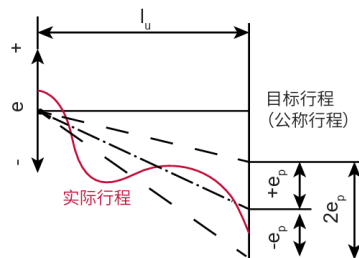
设备端进口已能达到 C5 水平，材料理想的情况下可达到 C3 精度。据宝飞螺官网 2020 年发布文章显示，现行的滚压工艺完全可以保证 C5 精度的滚珠丝杠生产，使用特别匀质的材料可以生产 C3 精度的滚珠丝杠。



图表9: DIN ISO 3408 标准公差等级

图表10: 使用非常匀质的材料可以制作 C3 级别丝杠

工作行程 l_u [mm]		目标行程误差 e_p [μm]					
		公差等级					
>	≤	0	1	3	5	7	10
0	315	4	6	12	23	52	210



图一:行程误差的定义,根据DIN ISO 3408

l_u 工作行程
 e_p 目标行程误差(数值是最大与最小值之差的一半。实际行程允许误差值则为 $2e_p$)

使用传统滚丝机加工的滚珠丝杆可以达到精度等级7级和10级。使用最先进的CNC数控成形滚压机床则可以实现加工精度等级5级的滚珠丝杆,如果使用非常匀质的材料,甚至可以加工精度等级3级的滚珠丝杆。

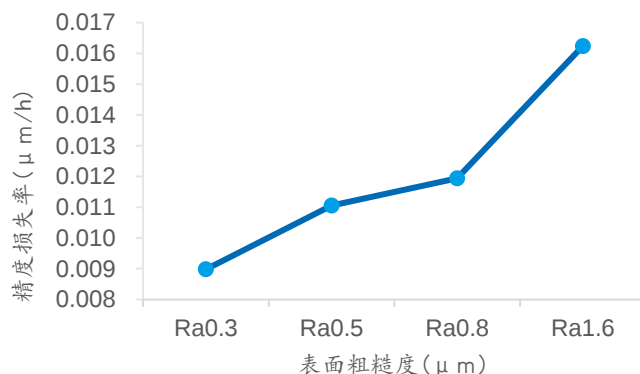
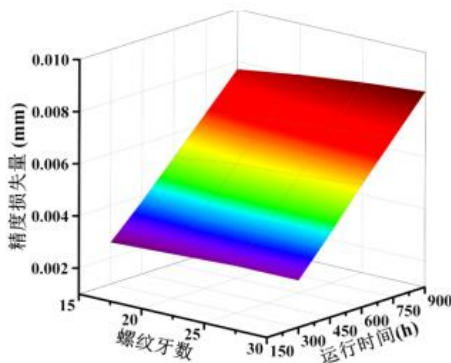
来源:宝飞螺官网,国金证券研究所

来源:宝飞螺官网,国金证券研究所

行星滚柱丝杠的精度受滚柱螺纹牙数和锻造时长的影响,材料表面粗糙度降低丝杠精度。根据《行星滚柱丝杠承载与摩擦特性研究_杜兴》,行星滚柱丝杠的精度损失随着锻造运行时间的增加而增加,同时,随着滚柱螺纹牙数的增加,行星滚柱丝杠的精度损失也呈现缓慢增加的趋势。因此,尽管螺纹牙数的增加有利于减小滚柱螺纹牙接触力,但仍然会导致行星滚柱丝杠的精度降低。同时,材料的表面粗糙度越大,总实际接触面积越大,磨损深度也就越大,导致精度损失增加。

图表11: 螺纹牙数和运行时间影响行星滚柱丝杠精度

图表12: 滚柱丝杠精度损失随表面粗糙度增加而增加



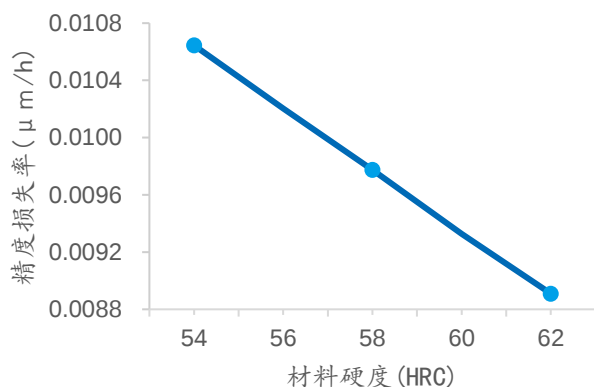
来源:杜兴《行星滚柱丝杠承载与摩擦特性研究》,国金证券研究所

来源:杜兴《行星滚柱丝杠承载与摩擦特性研究》,国金证券研究所

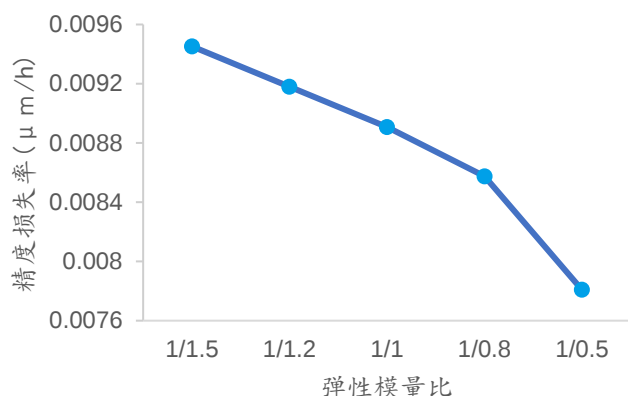
材料的硬度和弹性模量的增加将提高丝杠精度。在行星滚柱丝杠中,丝杆、滚柱和螺母的螺纹滚道表面硬度通常为 58-62 HRC。接触点实际总面积随着材料硬度的降低而增加,而实际总接触面积的减少使得精度损失降低,因此,材料硬度与加工的丝杠精度损失率呈反向关系。随着材料弹性模量比的降低,滚柱螺纹牙接触变形增加,从而载荷分布更均匀,实际接触面积分布更均匀,精度损失率上升。因而材料弹性模量与加工的丝杠精度也呈反向关系。



图表13：丝杠精度损失率与材料硬度呈反向关系



图表14：丝杠精度损失率与材料弹性模量呈反向关系



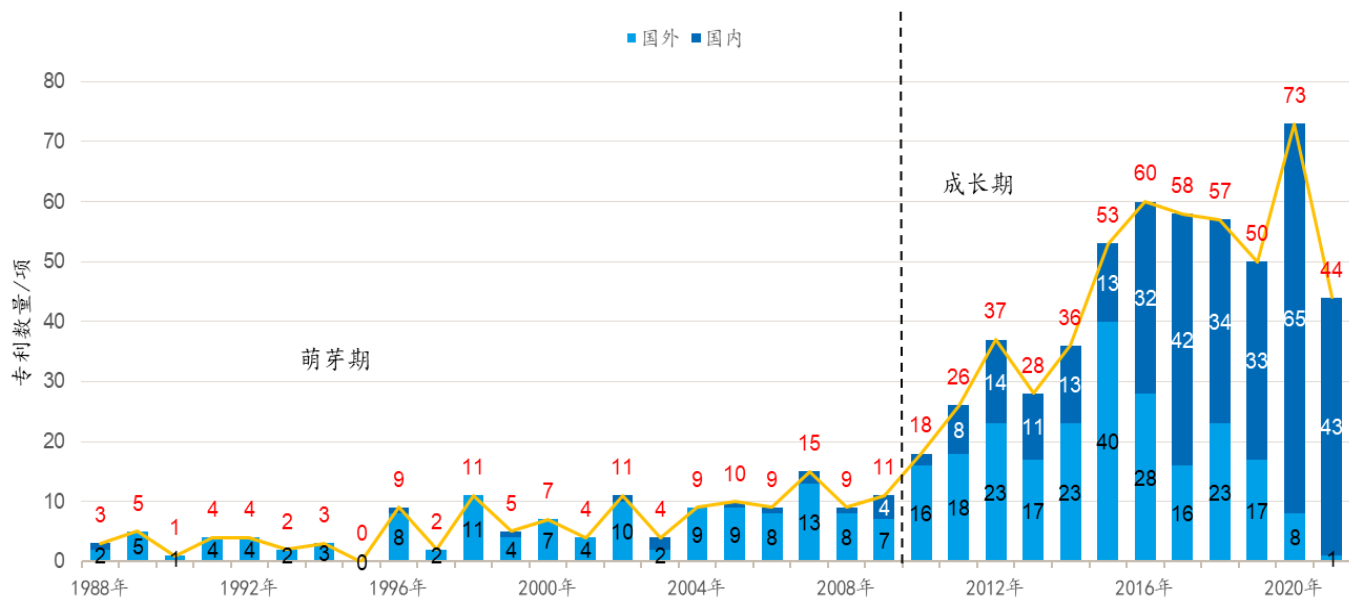
来源：杜兴《行星滚柱丝杠承载与摩擦特性研究》，国金证券研究所

来源：杜兴《行星滚柱丝杠承载与摩擦特性研究》，国金证券研究所

2.2 落地时间？实验室阶段，学界业界均在逐步推进冷锻行星滚柱丝杠

行星丝杠技术发展尚在发展阶段，海外龙头对技术保密性较高，国内尚在初始阶段，由于各家的技术积累、路径依赖性和目标不同，重点攻克冷锻方向的丝杠的公司较少。但不失为一种较好的可行方向，近年国内外的研究也在逐步落地推进。目前滚柱冷滚压成形主要停留在实验研究阶段，距离下一步工业应用还有一定距离。

图表15：行星滚柱丝杠专利申请图显示其还在成长期



来源：田青《行星滚柱丝杠技术专利分析》，国金证券研究所

(1) 学界：冷锻行星滚柱丝杠论文较少，多为与业界合作产物。2015年西安交通大学的张大伟和赵升吨证明了批量化生产螺纹和花键同步滚压精确塑形的可行性；2020年重庆大学的王旭研究了滚压轮的几何设计方法、材料流动机理和力能参数计算等内容，为冷滚压设备的选择和设计提出了理论依据；2022年重庆大学的李承胜研究了行星滚柱丝杠滚柱滚压校直机理与实验验证，对提供滚柱精度和一致性提供了理论依据和工程应用价值。其中王旭论文借用了新剑传动的宝飞螺设备，李承胜论文依托于某企业《冷轧先进制造工程技术研发》项目。

(2) 业界：2020年上海迈道汽配公司申请了一种挤压制造行星滚珠丝杠用滚柱制造方法，通过渗碳或渗氮后大幅提升表面强度和硬度，挤压工艺下的螺纹内应力小且强度大。



图表16：滚压行星滚柱丝杠制作流程



来源：《一种行星滚柱丝杠用滚柱及制造方法》，国金证券研究所

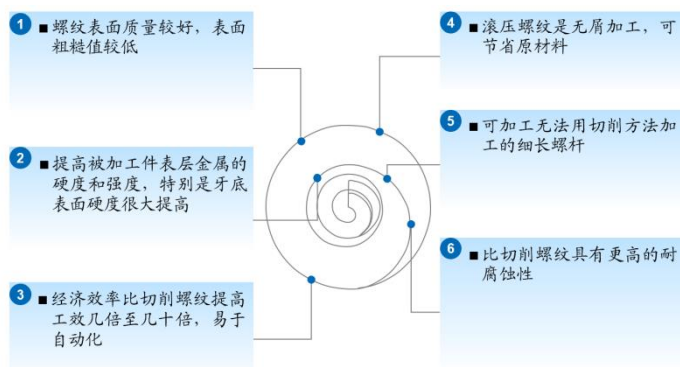
2.3 成本？冷锻成本预计比车铣磨低 50%+, 主要受益于加工速度提升

由于行星滚柱丝杠技术路径不同，各家的参数也处于保密阶段，我们在此对各参数进行假设后测算。

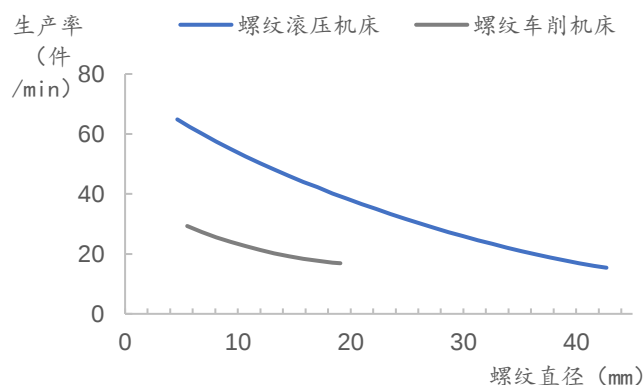
(1) 设备价格：我们假设冷锻设备 20 万元/台，为了减少磨床工作量，采用精度较高的进口车铣床（假设 800 万元/台）或滚压机（假设 500 万元/台）。由于冷锻加工流程只需要低难度的退火，而车铣磨对热处理要求较高，因此假设热处理设备方面，车铣磨工艺假设需要 50 万元，冷锻工艺假设需要 15 万元。假设设备按十年折旧。

(2) 设备数量：由下图可知，冷锻的加工速度是切削加工的 3-10 倍，由于磨床这边的速度较低，假设需要 5 台车床同时工作才能拉平与冷锻床的加工速度，因此对应车铣床相应成本为 4000 万元。

图表17：滚压螺纹相比切削具有高效率低成本优势



图表18：滚压螺纹效率较传统车削加工提高近十倍



来源：齐会萍《螺纹冷滚压理论与工艺参数研究》，国金证券研究所

来源：王旭《行星滚柱丝杠滚柱冷滚压成形机理与实验研究》，国金证券研究所

(3) 加工速度：行星滚柱丝杠由恒星丝杠 1 根、行星小丝杠 8 根和螺母 1 个组成，假设三类的加工时间分别是 8/2/10 分钟/个/台。则单个行星滚柱丝杠综合加工时间为 34 分钟。

(4) 材料成本：假设热处理后钢材价格为 16000 元/吨，机器人滚柱丝杠单根重量假设 1kg，则原材料成本约 16 元。假设车铣磨和冷锻工艺的材料利用率分别为 60%、90%，则对应原材料成本分别为 27、18 元/根。

图表19：车铣磨工艺 VS 冷锻工艺成本对比测算

项目	车铣磨		冷锻		冷锻		
	流程	数值	冷锻	数值	车铣磨	冷锻	
设备价格 (万元)	冷锻	20	冷锻	20	4.72	4.72	
	车铣	4000	滚压机	500	944.44	118.06	
	磨	2000	磨	2000	472.22	472.22	
	热处理	50	热处理	15	11.81	3.54	
总设备成本 (万元)		6070		2535	1,433.19	598.54	-58%
材料利用率		60%		90%	27	18	-33%
合计成本 (元/根)					1,460	616	-58%

来源：国金证券研究所测算

测算结果显示，冷锻工艺的综合成本在理想情况下比车铣磨低约 58%。车铣磨的设备折旧成本+材料成本约 1460 元/根，冷锻工艺约 616 元/根。主要差异来自于加工效率上的不同。



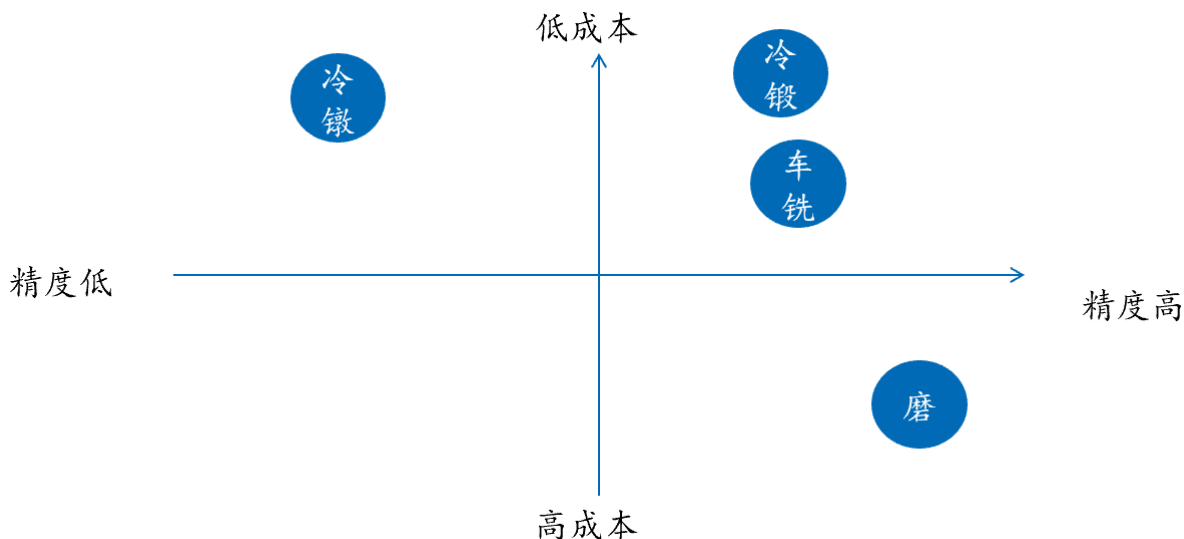
三、性能和成本的博弈，不同情境下最适合采用的制作方法

3.1 丝杠加工工艺的性能&成本四象限图

综上所述，成本上看，行星滚柱丝杠成本是冷锻<车铣<磨；由于冷锻的加工效率是切削加工的 2-10 倍，加工过程中使用的设备量少且材料利用率高，因此具备较低的成本。

精度上看当前冷锻≤车铣<磨。冷锻精度当前稳定精度可做到 C5 级别，材料质地较好时精度可做到 C3 级别。车床若采用荷兰汉布雷格可达到 0.1 μ 精度，综合精度介于冷锻和磨床之间。高精度磨床可以达到 C0 级精度。

图表20：丝杠加工工艺的性能&成本四象限图



来源：国金证券研究所

若机器人的行星滚柱丝杠精度要求为 C5 级，则采用冷锻工艺（前段冷锻，中后段冷锻）最具备经济性；若机器人精度要求 C3-C5，则需要看材料是否能做到较好的匀质性，材料满足情况的情况下选冷锻工艺（前段冷锻，中后段冷锻）；若机器人精度要求 C3 级以上，仍需要在后道叠加磨床工艺进一步提升精度。

图表21：不同丝杠精度要求下，高性价比丝杠工艺的选择

精度要求	高性价比工艺	附加条件
C5	前段冷锻，中后段冷锻	①产业链摩擦成本较低
C3-C5	前段冷锻，中后段冷锻	①+②材料具备较好的匀质性
高于 C3	前段冷锻，中段冷锻，后道磨床	① +②+③先锻后磨的工艺成熟

来源：宝飞螺官网，国金证券研究所

3.2 冷锻是否会替代车铣磨工艺？

制造业本质上追求性价比，所以车铣磨工艺和冷锻工艺未来需要比拼的是谁更具备性价比。因此需要从各方案的瓶颈出发思考。

图表22：冷锻和车铣磨工艺对比

工艺路线	优点	缺点
冷锻	性价比高：成本低，效率高，绿色环保，强度大，一致性好	技术不成熟：冷锻滚柱丝杠尚无批量成熟案例；摩擦成本；产业链配套不成熟
车铣磨	技术较为成熟，产业链当前主流路线	一致性低，加工速度较慢，材料利用率较低

来源：《内螺纹挤压机工艺的研究现状与发展趋势_陈鑫》，国金证券研究所

冷锻的困境在于工艺不成熟，尚在实验室阶段。目前无论是产业界还是学界，对冷锻制作丝杠的积累相比于车铣磨来讲更少，产业链配套也不齐全。在设备上，目前得依赖进口宝飞螺、肯尼迪等公司设备；制作上，只有新坐标和部分未上市公司有相关工艺积累和投入。因此冷锻从实验室走向大批量应用还要经过多重考验：①提升工艺成熟度；②在产业链配套弱势的情况下，证明从车铣磨工艺切换成冷锻工艺的摩擦成本+后期带来的效益低于采用车铣磨工艺的效益；③材料要求提升；④后道精磨配套工艺成熟。



车铣磨技术较为成熟，其困境在于速度较低。若单磨床的效率提升（通过多线磨头工艺、复合磨床工艺等），且高精度磨床实现国产化替代以大幅降低磨床价格，同时大幅提升磨床产量，则采用磨床工艺最优。否则前道还是需要叠加车铣工艺，同样若车铣的技术改进使得加工速度大幅提升至冷锻水平，则车铣磨的方式会持续沿用，并减少换技术路线的摩擦成本。

图表23：同一个轴上成形螺纹和齿轮的加工工艺的比较

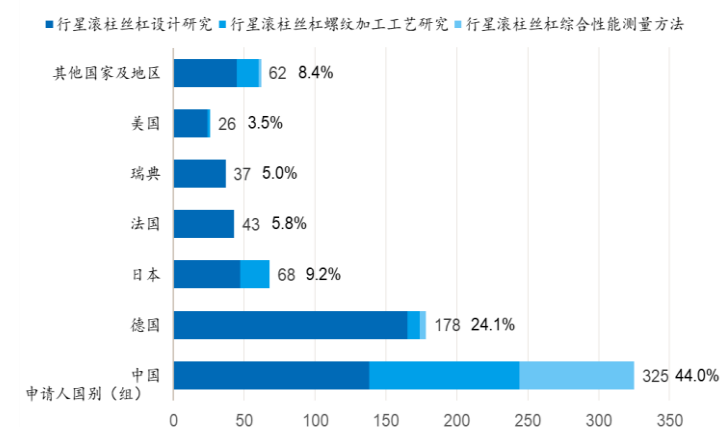
	成形方法	设备数量	设备复杂程度	成形过程	成形时间
现有成形方法	减材/切削加工	≥2	普通设备	按先后顺序切削成形螺纹和齿轮	比较长
	等材/轧制成形	≥2	普通设备	按先后顺序轧制成形螺纹和齿轮	长
	等材/轧制成形	1	设备比较复杂	按先后顺序轧制成形螺纹和齿轮	短
本文方法	等材/轧制成形	1	基于普通设备	同时轧制形成螺纹和齿轮	最短

来源：段体清《螺纹滚柱轧制工艺研究》，国金证券研究所

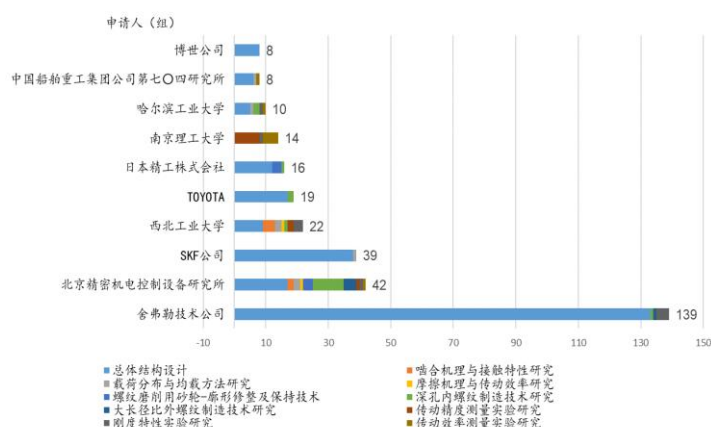
因此在中短期技术成熟的车铣磨路线和新兴的冷锻路线会并存，最终路线选择由产业链各家公司的工艺积累、设备研发情况等共同决定。当前我国申请的行星滚柱丝杠专利数量愈发增加，技术还在发展阶段，尚未完全定型，仍具有较大的自主创新研究空间。

图表24：行星滚柱丝杠专利技术区域分布

图表25：主要专利权人排名



来源：田青《行星滚柱丝杠技术专利分析》，国金证券研究所



来源：田青《行星滚柱丝杠技术专利分析》，国金证券研究所

四、投资建议

人形机器人正在迈入快速的技术和成本迭代阶段，与“车铣+磨”工艺相比，“冷锻+磨”工艺具备高效率 and 低成本特性，冷锻精度上已能达到 C5 级，磨床使用可稳定实现人形机器人滚柱丝杠合格件的加工，是适合高效率批量生产滚柱丝杠的方法。建议关注制造、模具和设备：

(1) 制造环节建议关注冷锻精密件供应商新坐标（具备模具设计加工、冷锻工艺研发、专用工装与设备设计等全产业链研发能力）；

(2) 模具环节建议关注恒锋工具（布局多种冷挤压刀具，精密拉削刀具、花键量具等产品市占率第一）；

(3) 设备环节包括滚丝机和滚压机，核心看点是滚压机国产化，建议关注思进智能（处国内冷成形装备行业的技术领先地位）。



五、风险提示

技术路线不确定风险。由于丝杠螺纹的加工技术路线具备多样化，主流技术路线除冷锻外还包含车铣磨等切削技术路线，随企业实际能力发展具体可能选择非冷锻技术路线，导致相关公司的经营业绩增长不及预期。

人形机器人放量不及预期风险。若人形机器人因其性能或供需方面的原因导致放量不及预期，相关设备厂商和制造厂商的经营业绩增长都可能不及预期。



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。

本报告版权归“国金证券股份有限公司”（以下简称“国金证券”）所有，未经事先书面授权，任何机构和个人均不得以任何方式对本报告的任何部分制作任何形式的复制、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》，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

电话：021-80234211

邮箱：researchsh@gjzq.com.cn

邮编：201204

地址：上海浦东新区芳甸路 1088 号

紫竹国际大厦 5 楼

北京

电话：010-85950438

邮箱：researchbj@gjzq.com.cn

邮编：100005

地址：北京市东城区建内大街 26 号

新闻大厦 8 层南侧

深圳

电话：0755-83831378

传真：0755-83830558

邮箱：researchsz@gjzq.com.cn

邮编：518000

地址：深圳市福田区金田路 2028 号皇岗商务中心

18 楼 1806



【小程序】
国金证券研究服务



【公众号】
国金证券研究