



国联证券
GUOLIAN SECURITIES

国防军工周报(1.8-1.12): 惯性导航专题&四季度业绩前瞻

国联证券国防军工研究团队

2024年1月14日

证券研究报告

报告评级: 强于大市 | 维持

目 录

第一部分

惯性导航的基本概念梳理及当前时点为什么需
要关注此行业

第二部分

军品/民品对惯性导航系统精度要求的不同以
及惯导系统的迭代升级

第三部分

市场空间及相关公司梳理

第四部分

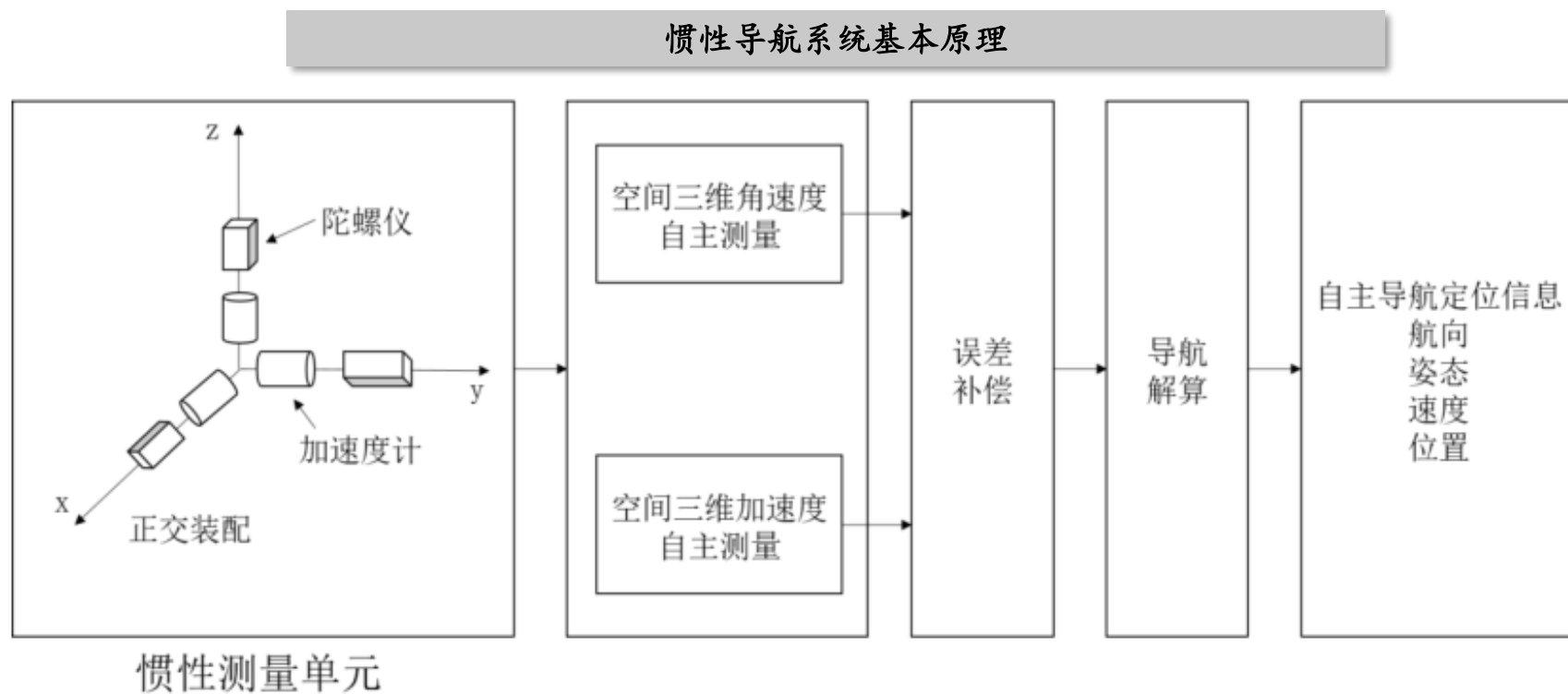
四季度业绩前瞻



1、惯性导航的基本概念梳理及当前时点为什么需要关注此行业

何谓惯性导航？：不依赖外部导航信息的自主式导航定位技术

- ▼ 惯性导航（Inertial Navigation System, INS）是一种不依赖外部导航信息的自主式导航定位技术，其基本工作原理是通过测量线加速度和角速度来解算运载体位置信息并实现定位导航；由于不向外部辐射能量、不依赖于外部信息，因而具备不与外界交互而自主独立工作的能力。
- ▼ 惯性导航系统是以测量角速度的陀螺仪和测量线加速度的加速度计为敏感元件，根据陀螺仪的输出建立导航坐标系，根据加速度计的输出并结合初始运动状态，推算出运载体的实时速度、位置和航向、姿态等导航参数的解算系统。



惯性导航的分类：捷联式逐步发展为主流导航方式

- 按照陀螺仪和加速度计在航行体上安装方式的不同，惯性导航系统可分为平台式和捷联式两种。
- 平台式**：平台式系统的加速度计安装在由陀螺仪稳定的惯性平台上，平台的作用是为加速度计提供一个参考坐标，同时隔离航行体的角运动。这样既可简化导航计算，又能为惯性仪表创造良好的工作环境。
- 捷联式**：捷联式系统是将相互正交的加速度计和陀螺仪直接安装在航行体上，这样测得的加速度、姿态角域角速度必须经过计算机进行坐标变换和计算才能得到所需的导航参数。由于捷联式对复杂机电平台依赖度低，逐渐发展为主流发展趋势。

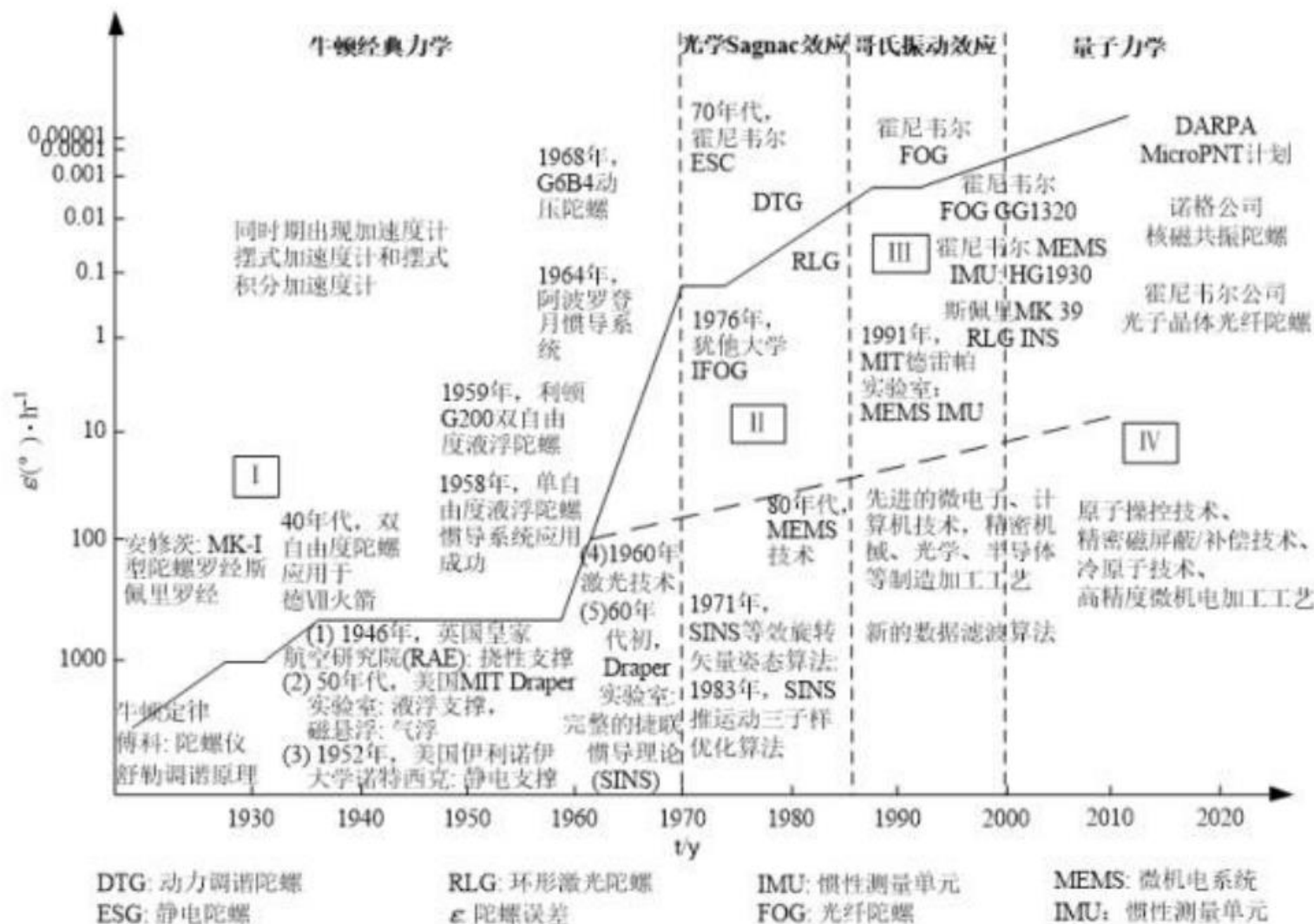
平台式/捷联式惯导系统特点

类型	主要应用级别	定位误差典型值	定向误差典型值	技术特征	环境适应性	发展前景
平台式惯导系统	中高导航级、运动隔离	1-2海里/小时	0.1-0.2°	机电一体化系统，系统内部有三到四个实体框架	抗震、抗冲击能力有限	局部被淘汰、市场萎缩
捷联式惯导系统	中高低导航级、稳定控制	<1海里/小时	0.05-0.1°	电子数字化系统，系统内部没有活动部件	抗震、抗冲击能力强	主流应用趋势

惯性导航的发展：技术迭代四代，MEMS出现推动产品应用范围扩张

- 根据薛连莉的《2016年国外惯性技术发展回顾》。惯性技术已有百余年历史，按各类陀螺仪、理论，惯性技术发展通常分为4代。
- 第一代基于牛顿经典力学原理，典型代表有三浮陀螺仪、动力调谐陀螺仪。特点是种类多、精度高、体积质量大。
- 第二代基于Sagnac效应，典型代表是激光陀螺仪和光纤陀螺仪。特点是反应时间短、动态范围大、可靠性高。光学陀螺的出现有力推动了捷联惯性系统发展。
- 第三代基于哥氏振动效应和微米/纳米技术，典型代表是MEMS陀螺仪。特点是体积小、成本低、中低精度、环境造应性强、易于大批量生产和产业化。MEMS惯性仪表的出现，使得惯性系统应用领域大大扩展。
- 第四代基于现代量子力学技术，典型代表有核磁共振陀螺、原子干涉陀螺。其特点是高精度、高可靠性、微小型、环境适应性强。

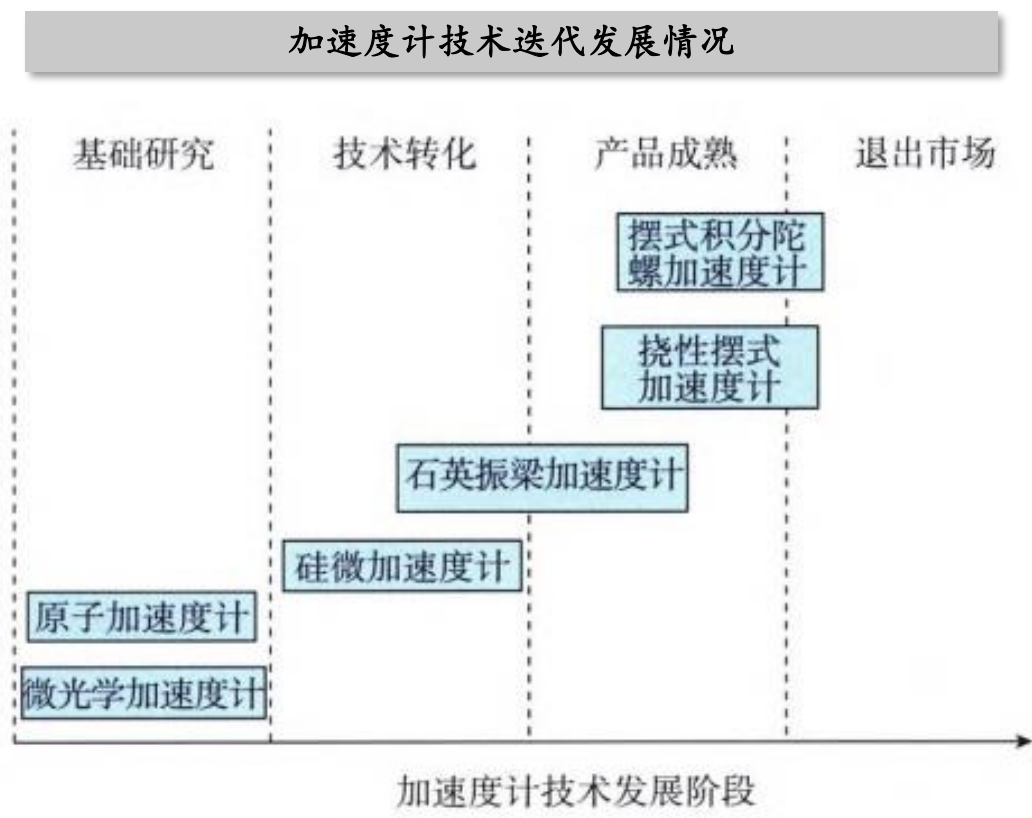
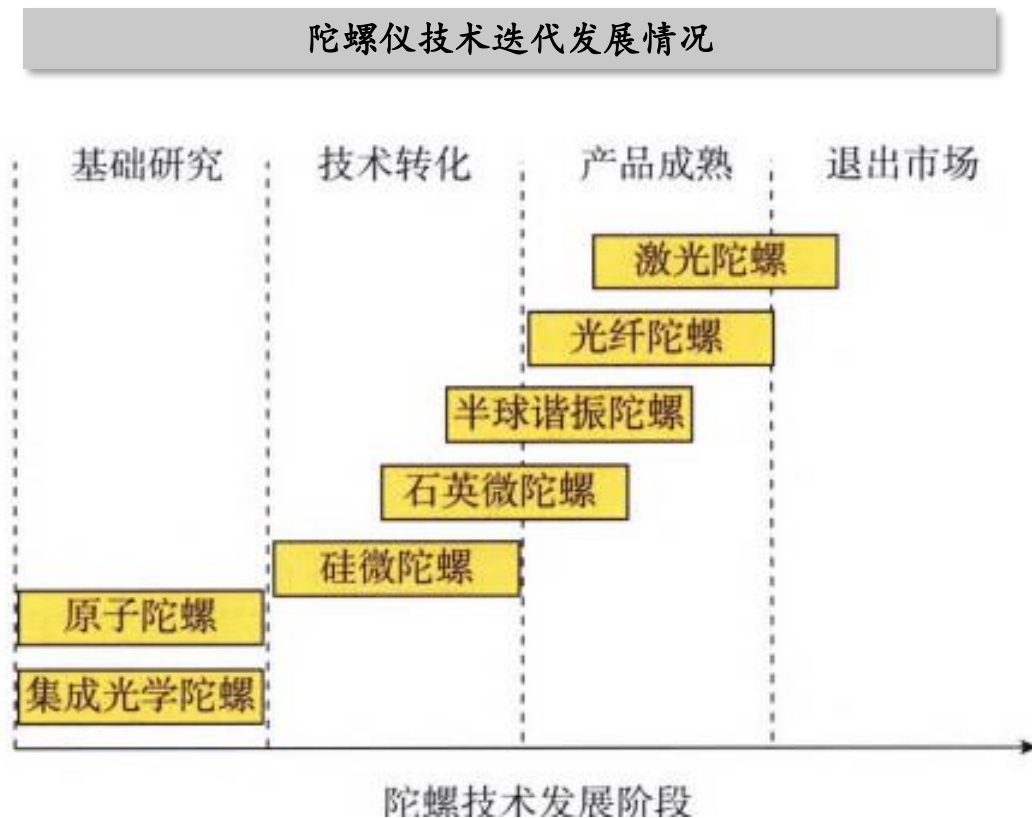
惯性导航技术发展历程



资料来源：薛连莉《2016年国外惯性技术发展回顾》，国联证券研究所

当前时点为什么我们关注到惯性导航这一产业发展趋势？

- 惯性导航主要由陀螺仪及加速度计组成。惯导系统迭代发展四轮，每一轮产品的基础物理原理均不相同，产品对应组成部件的工作原理也不相同。现阶段，惯导系统正在从基于Sagnac效应向基于哥氏振动效应和微米/纳米技术过渡，新产品替代老产品的过程中，带来新的投资机会。
- 由于新一代惯导系统往往体积小、成本低、环境造应性强，使用范围会向更多民用领域扩展，市场空间更加广阔。





2、军品/民品对惯性导航系统精度要求的不同以及惯导系统的迭代升级

惯导系统组成之陀螺仪：四种技术类别，MEMS为最新发展趋势

- ▼ 高端惯性传感器包括加速度计、陀螺仪，其中陀螺仪为核心零部件。陀螺仪主要分为激光陀螺、光纤陀螺、半球谐振陀螺和MEMS惯性传感器四类：
 - **环形激光陀螺**：航空航天及其他高端导航与战略应用的重要选择，2020年全球市场规模达15.22亿美元。
 - **光纤陀螺**：在各种战术与导航级应用领域和部分工业级应用领域中应用较广，2020年全球的市场规模达6.51亿美元。
 - **半球谐振陀螺**：在技术研究领域未披露突破性的进展，未来，随着成本降低或能改变陀螺仪领域的应用分布现状。
 - **MEMS陀螺**：在工业应用领域占主导地位，并不断发展，对陀螺仪市场前景影响较大，2020年全球的硅微机电陀螺市场规模达4.51亿美元。
- ▼ MEMS陀螺仪具有小型化、高集成、低成本的优势，解决了第一、二代陀螺仪体积质量大、成本高的不足，并随着精度和稳定性的持续提升，在陀螺仪市场中占据了重要的位置。

四种常见的惯导陀螺仪



激光陀螺



光纤陀螺



半球谐振陀螺

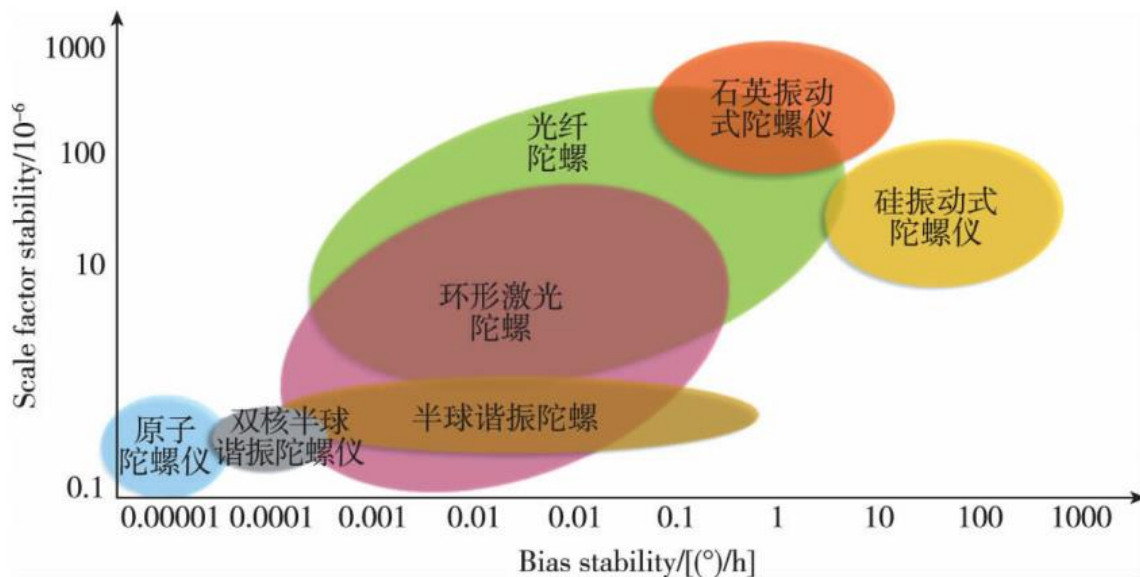


MEMS惯性传感器

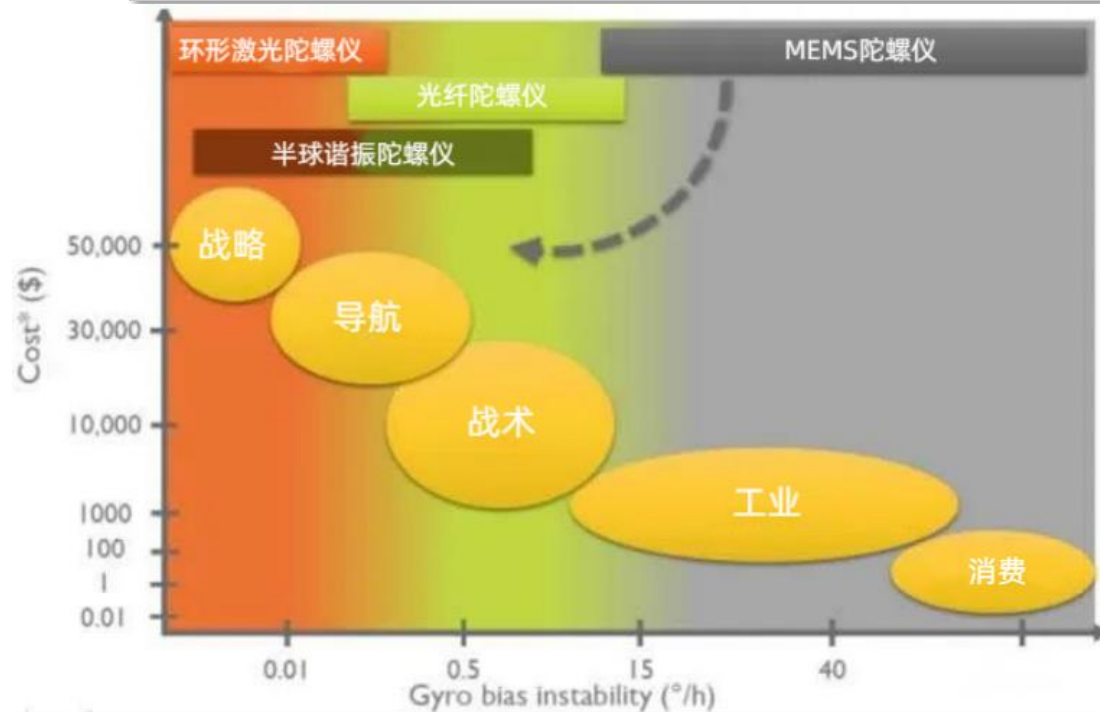
惯导系统组成之陀螺仪：四种技术类别，MEMS为最新发展趋势

根据D Damianos的《High-end inertial sensors for defense, aerospace & industrial applications 2020》分析，战略级陀螺仪成本及精度最高，约50000美元，偏差小于 $0.01^{\circ}/h$ ；导航级陀螺仪成本约30000美元，精度可达 $0.01^{\circ}/h-0.5^{\circ}/h$ ；战术级陀螺仪成本约10000美元，精度约在 $0.1^{\circ}/h-15^{\circ}/h$ 区间；工业级陀螺仪成本从几十到几百美元不等，精度普遍在 $10^{\circ}/h$ 以上；消费级陀螺仪成本可达约1美元，偏差超过40度/小时，精度最低。

不同种类陀螺仪对应零偏稳定性区间

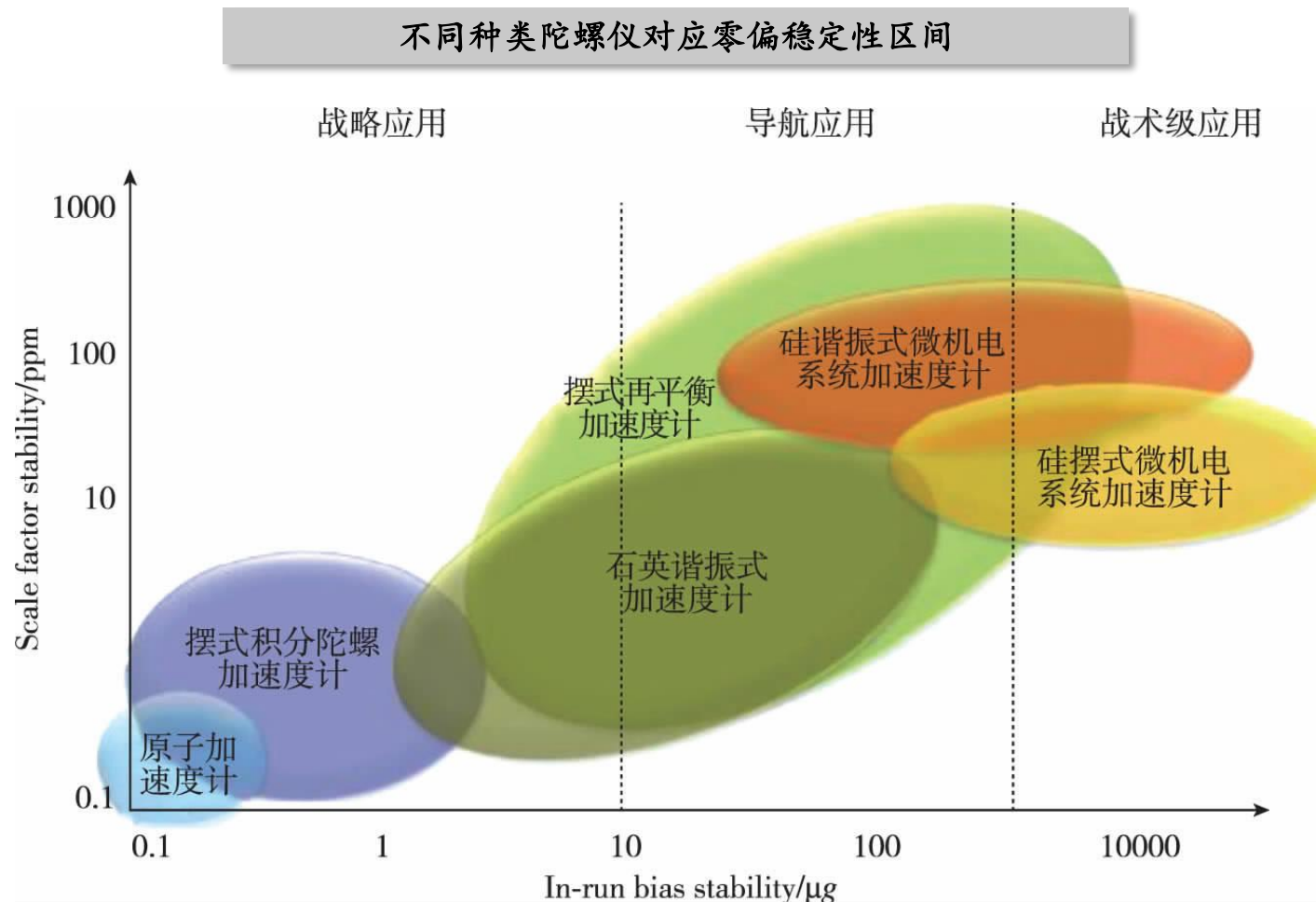


不同种类陀螺仪对应价格



惯导系统组成之加速度计：军用向高端化发展，民用向高性价比发展

- ▶ 加速度计现阶段正向两级化发展，消费级加速度计的应用领域不断拓展，随着制造商的增多，成本不断下降；军用级加速度计精度不断提高，性能也不断提升。
- **摆式积分陀螺加速度计**：精度最高，可达到 $0.1 \mu\text{g}$ ，但结构复杂、体积大、价格贵，主要用于战略导弹等高端武器装备。
- **挠性摆式加速度计**：精度范围覆盖 $5 \sim 1000 \mu\text{g}$ ，是目前主流的工程应用加速度计，在多个领域中得到大量应用。
- **石英振梁加速度计**：正处于技术转化至成熟应用的快速发展阶段，极具发展潜力，精度已达到 $10 \mu\text{g}$ ，最高精度接近 $1 \mu\text{g}$ ，广泛应用于战术级导航应用领域，近期有望进入战略级应用领域。
- **硅微机电加速度计**：在体积、质量、功耗和成本方面综合优势明显，在制导弹药、机器人、汽车消费电子应用的牵引下，性能日益提升，工程产品精度可达 $0.1 \sim 1\text{mg}$ 。特别在高g传感和高分辨振动感应的细分应用领域中，微机电加速度计能够充分发挥其优势。
- **微光学加速度计、原子加速度计**等新型加速度计正在逐步走出基础科学实验室，应用于更广阔世界。



军用惯导系统性能要求：以海玛斯火箭弹为例，判断精度需求及可满足精度的系统类别

- 1987年，美国总统里根和苏联领导人戈尔巴乔夫签署中导条约，销毁中、短程弹道导弹和巡航导弹，直至2019年该条约废除。由于中导条约影响，截至2021年美国陆军仅有一款战役战术导弹系统（ATACMS）在役，ATACMS系统多次参加实战，美陆军一直对其十分依赖。
- ATACMS系统对应发射平台经历了M270（MLRS）→M270A1→M142（HIMARS）系统的技术迭代，2003年M142（HIMARS）通过定型测试后，M142制式编号开始进入低速量产，同年M270停产，故此M142（HIMARS，又名海玛斯）在很长一段时间内成为美陆军ATACMS唯一在产发射平台。

M270发射平台系统



M142发射平台系统



军用惯导系统性能要求：以海玛斯火箭弹为例，判断精度需求及可满足精度的系统类别

- 海玛斯平台能够发射导弹及火箭弹两类武器，其中导弹先后发展形成了6个弹种系列。该弹最远射程300千米，可攻击敌战役纵深的装甲集群等。
- 海玛斯系统配置的火箭弹上经历了M26→M26A1→M30→M31的迭代过程，主要是通过优化发动机性能，增加INS/GPS组合制导体制，实现火箭弹的增程和命中精度方面的提高。

美国陆军精确制导弹药发展系列及主要性能

主要性能	装备型号		
	GMLRS制导火箭弹	“神剑”155mm精确制导炮弹	120mm精确制导迫击炮弹
发射平台	MLRS、HIMRS	155mm榴弹炮	120mm迫击炮
弹药型号	M30、M31	BLOCKIa-1、Ia-2	APMI
	GMLRS+	BLOCKIb	PGMM(XM395)
最大射程 /km	70	24、40	7
	120	48~60	7.2~12
精度CEP/m	10-30	10-30	5~10
			0.5
制导方式	INS/GPS	INS/GPS	INS/GPS制导
			半主动激光末制导
进展情况	已装备	已装备	正发展
	正发展	正发展	暂停发展

军用惯导系统性能要求：以海玛斯火箭弹为例，判断精度需求及可满足精度的系统类别

- 海玛斯作为美军现役主力火箭炮，火箭弹主要型号为M30与M31，M30/31两种制导火箭弹统称GMLRS。根据张世展的《美国“海马斯”火箭弹抗干扰能力分析》，GMLRS火箭弹的装置制导为HG1700，GMLRS的精度是军事机密，早期的测试结果或可达到2.1米。火箭弹飞行速度达到3马赫，电磁干扰系统的干扰时间窗口短，海玛斯接收不到GPS后自动转入惯性制导方式，经计算惯性制导误差为3.75米。
- 查询霍尼韦尔官方网站，HG1700惯导系统包含四类产品，其陀螺仪工作模式为环式激光陀螺（RLG），零偏稳定性指标最高精度为 $1^{\circ}/h$ ；加速度计工作模式为石英振梁式加速度计，零偏稳定性指标最高精度为 $1000\mu g$ 。即，海玛斯上火箭弹使用的陀螺仪最高精度不超过 $1^{\circ}/h$ ，加速度计最高精度不超过 $1000\mu g$ ，就可以达到70km对应约4米误差。
- 零偏稳定性指标为 $1^{\circ}/h$ ，除激光陀螺能够达到外，部分光纤陀螺及MEMS陀螺也可以达到，且指标相同情况下往往价格更低。故此，光纤陀螺及MEMS陀螺随着全系列指标的优化，也有望能够在火箭弹领域推广使用。

霍尼韦尔HG1700产品特点及精度

产品型号	产品编号	产品特点	应用情况	陀螺仪		加速度计	
				工作模式	Bias stability ($^{\circ}/hr$)	工作模式	bias stability (μg)
HG1700	HG1700AG37	采用外部环境环境隔离器过滤现实应用的不必要的传感器输入，简化系统集成，不需外部散热器	武器、无人机、稳定平台和商业应用	RLG	1	RBA	1000
	HG1700AG72				2		1000
	HG1700AG60				3		2000
	HG1700AG68				5		3000



3、市场空间及相关上市公司梳理

惯导系统市场规模大，未来MEMS系统或在军用领域快速普及

- 行业空间方面，2014-2022年，受益于全球各国无人系统规模增长，以及新型弹道导弹系统、火炮系统等精确制导武器需求的持续增加，全球惯性导航系统市场维持较高增长，CAGR达8.84%；2022年全球惯性导航系统市场规模达195.88亿美元。
- 随着MEMS技术的发展，惯导产品的成本逐渐降低，惯性导航技术在民用领域也开始被广泛使用，2022年市场规模约为274.1亿元。

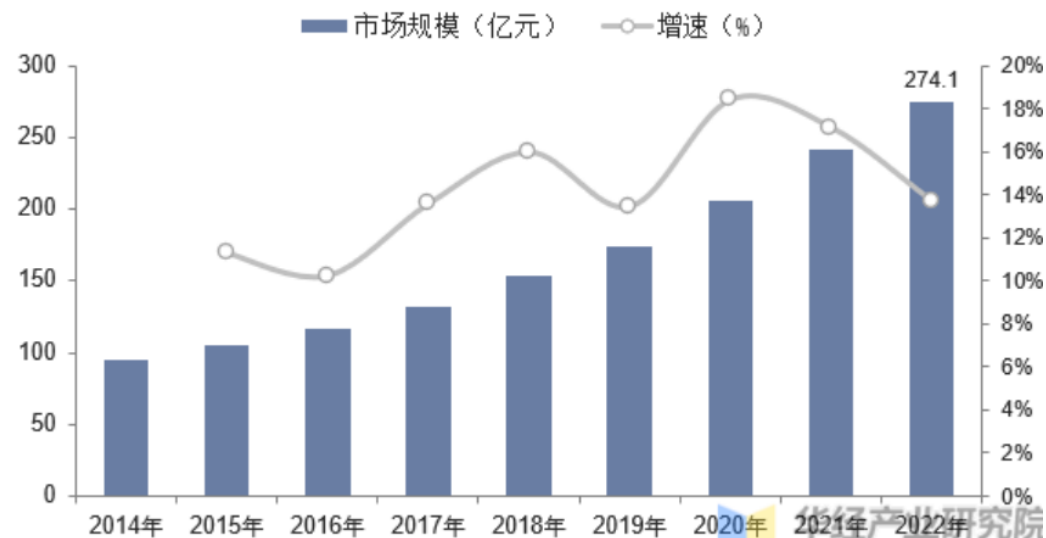
全球惯性导航市场规模

2014-2022年全球惯性导航系统市场规模及增速



中国惯性导航市场规模

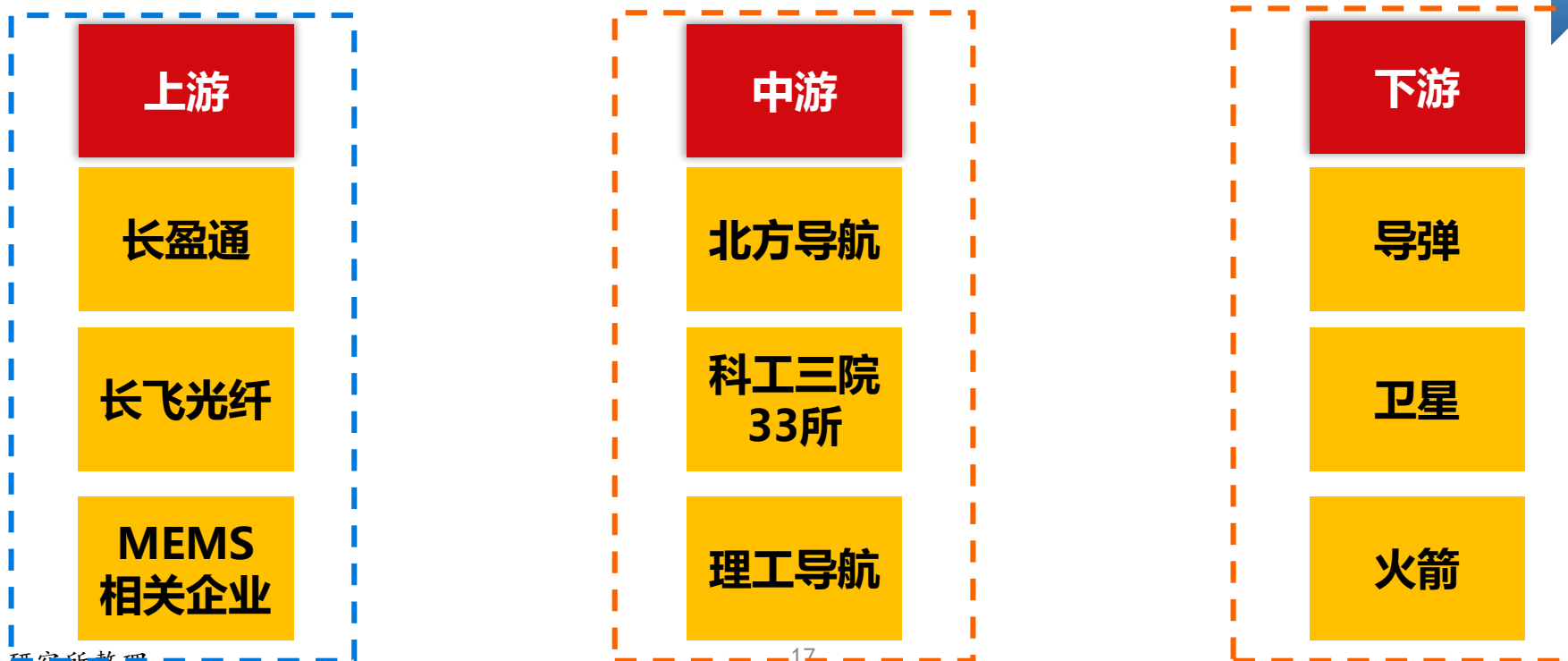
2014-2022年中国惯性导航系统市场规模及增速



行业观点：安全可靠是发展主旋律，若产能出现窄口，甄选当前产能响应度高的供应商

- 海玛斯火箭弹M30/M31使用的HG1700惯导系统，其陀螺仪工作模式为环式激光陀螺（RLG），零偏稳定性指标最高精度为 $1^{\circ}/h$ 。此精度部分光纤陀螺及MEMS陀螺也可以达到，而MEMS还具有成本低、体积小等有点，未来有望在火箭弹等军用领域快速普及。

总体单位：航天科工二院、三院、四院，航天科技一院、五院、七院，兵器集团等





4、四季度业绩前瞻

四季度业绩前瞻

预计军工行业2023年需求尚未落地，整体业绩在四季度依然承压，上游开始有部分价格压力的传导落地，利润率将有所下滑，因此预计四季度业绩全行业是略微下滑的。

代码	名称	市值/亿	净利润/亿		业绩增速	PE	前三季度业绩	前三季度业绩增速	23Q4预计业绩	23Q4预计业绩增速
			22A	23E	23E	23E	233Q	233Q	23Q4	23Q4
002049.SZ	紫光国微	505	26.3	27.0	3%	19	20.31	-0.5%	6.69	13.2%
000733.SZ	振华科技	280	23.8	26.0	9%	11	20.58	10.5%	5.42	4.4%
688439.SH	振华风光	166	3.0	4.8	58%	35	3.97	74.9%	0.83	9.3%
688270.SH	臻镭科技	87	1.1	1.1	2%	79	0.40	-44.1%	0.70	93.0%
001270.SZ	铖昌科技	91	1.3	1.4	5%	65	0.52	-13.1%	0.88	20.9%
002179.SZ	中航光电	715	27.2	34.2	26%	21	28.94	26.7%	5.26	21.6%
002025.SZ	航天电器	192	5.6	7.4	33%	26	5.95	34.7%	1.45	27.4%
300395.SZ	菲利华	160	4.9	5.3	8%	30	4.10	9.7%	1.20	4.4%
688375.SH	国博电子	278	5.2	6.0	15%	46	4.50	12.0%	1.50	26.1%
688122.SH	西部超导	285	10.8	8.0	-26%	36	5.83	-32.1%	2.17	-1.9%
300775.SZ	三角防务	151	6.2	8.0	28%	19	6.16	31.5%	1.84	17.8%
688239.SH	航宇科技	61	1.8	2.5	36%	24	1.67	24.5%	0.83	68.7%
600399.SH	抚顺特钢	165	2.0	4.6	134%	36	2.82	-5.6%	1.78	不适用
300034.SZ	钢研高纳	146	3.4	3.5	4%	42	2.35	8.4%	1.15	-4.0%
600765.SH	中航重机	237	12.0	12.6	5%	19	10.27	12.2%	2.33	-18.7%
000768.SZ	中航西飞	557	5.2	10.4	99%	54	8.04	22.3%	2.36	不适用
600760.SH	中航沈飞	1,074	23.0	30.5	32%	35	23.64	35.9%	6.86	21.5%

风险提示

- ▼ 国防预算不及预期：受国家经济及外部环境影响，若国防预算不及预期，则会对武器装备采购造成严重不利影响。
- ▼ 行业需求不及预期风险：若军工行业整体需求不及预期，则对行业盈利能力产生影响。
- ▼ 行业竞争加剧风险：若行业竞争较为激烈，各公司为保障市场份额而采取降价措施，则行业利润率将下降。
- ▼ 价格压降风险：若下游客户压低产品价格，则会对行业盈利能力产生不利影响。

分析师声明

本报告署名分析师在此声明：我们具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力，本报告所表述的所有观点均准确地反映了我们对标的证券和发行人的个人看法。我们所得报酬的任何部分不曾与，不与，也将不会与本报告中的具体投资建议或观点有直接或间接联系。

评级说明

投资建议的评级标准	评级	说明	
报告中投资建议所涉及的评级分为股票评级和行业评级（另有说明的除外）。评级标准为报告发布日后6到12个月内的相对市场表现，也即：以报告发布日后的6到12个月内的公司股价（或行业指数）相对同期相关证券市场代表性指数的涨跌幅作为基准。其中：A股市场以沪深300指数为基准，新三板市场以三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的）为基准；香港市场以摩根士丹利中国指数为基准；美国市场以纳斯达克综合指数或标普500指数为基准；韩国市场以柯斯达克指数或韩国综合股价指数为基准。	股票评级	买入	相对同期相关证券市场代表指数涨幅20%以上
		增持	相对同期相关证券市场代表指数涨幅介于5%~20%之间
		持有	相对同期相关证券市场代表指数涨幅介于-10%~5%之间
		卖出	相对同期相关证券市场代表指数跌幅10%以上
	行业评级	强于大市	相对同期相关证券市场代表指数涨幅10%以上
		中性	相对同期相关证券市场代表指数涨幅介于-10%~10%之间
弱于大市		相对同期相关证券市场代表指数跌幅10%以上	

一般声明

除非另有规定，本报告中的所有材料版权均属国联证券股份有限公司（已获中国证监会许可的证券投资咨询业务资格）及其附属机构（以下统称“国联证券”）。未经国联证券事先书面授权，不得以任何方式修改、发送或者复制本报告及其所包含的材料、内容。所有本报告中使用的商标、服务标识及标记均为国联证券的商标、服务标识及标记。

本报告是机密的，仅供我们的客户使用，国联证券不因收件人收到本报告而视其为国联证券的客户。本报告中的信息均来源于我们认为可靠的已公开资料，但国联证券对这些信息的准确性及完整性不作任何保证。本报告中的信息、意见等均仅供客户参考，不构成所述证券买卖的出价或征价邀请或要约。该等信息、意见并未考虑到获取本报告人员的具体投资目的、财务状况以及特定需求，在任何时候均不构成对任何人的个人推荐。客户应当对本报告中的信息和意见进行独立评估，并应同时考量各自的投资目的、财务状况和特定需求，必要时就法律、商业、财务、税收等方面咨询专家的意见。对依据或者使用本报告所造成的一切后果，国联证券及/或其关联人员均不承担任何法律责任。

本报告所载的意见、评估及预测仅为本报告出具日的观点和判断。该等意见、评估及预测无需通知即可随时更改。过往的表现亦不应作为日后表现的预示和担保。在不同时期，国联证券可能会发出与本报告所载意见、评估及预测不一致的研究报告。

国联证券的销售人员、交易人员以及其他专业人士可能会依据不同假设和标准、采用不同的分析方法而口头或书面发表与本报告意见及建议不一致的市场评论和/或交易观点。国联证券没有将此意见及建议向报告所有接收者进行更新的义务。国联证券的资产管理部门、自营部门以及其他投资业务部门可能独立做出与本报告中的意见或建议不一致的投资决策。

特别声明

在法律许可的情况下，国联证券可能会持有本报告中提及公司所发行的证券并进行交易，也可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问和金融产品等各种金融服务。因此，投资者应当考虑到国联证券及/或其相关人员可能存在影响本报告观点客观性的潜在利益冲突，投资者请勿将本报告视为投资或其他决定的唯一参考依据。

联系我们

江苏省无锡市太湖新城金融一街8号国联金融大厦9层

电话：0510-82833337

传真：0510-82833217

上海市浦东新区世纪大道1198号世纪汇广场1座37层

电话：021-38991500

传真：021-38571373



THANK YOU!

吴爽分析师

执业证书编号：S0590523110001

电话：17816861655

邮箱：wushuang@glsc.com.cn

叶鑫 联系人

电话：17326980915

邮箱：yex@glsc.com.cn



国联证券股份有限公司
GUOLIAN SECURITIES CO., LTD.

成为受人尊重的投资银行