

信义山证汇通天下

证券研究报告

集成电路

芯动联科 (688582.SH)

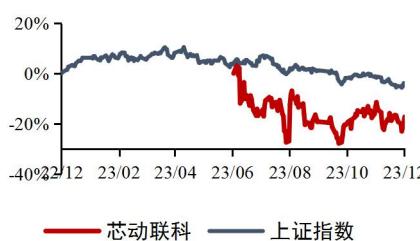
增持-A(首次)

MEMS 惯性传感核心元件自主可控，立足高可靠并拥抱新兴市场

2023年12月29日

公司研究/深度分析

公司上市以来股价表现



市场数据：2023年12月29日

收盘价（元）:	38.67
总股本（亿股）:	4.00
流通股本（亿股）:	0.46
流通市值（亿元）:	17.82

基础数据：2023年9月30日

每股净资产（元）:	5.11
每股资本公积（元）:	3.38
每股未分配利润（元）:	0.66

资料来源：最闻

分析师：

叶中正

执业登记编码：S0760522010001

电话：

邮箱：yezhongzheng@sxzq.com

高宇洋

执业登记编码：S0760523050002

邮箱：gaoyuyang@sxzq.com

谷茜

执业登记编码：S0760518060001

电话：0351-8686775

邮箱：guqian@sxzq.com

研究助理：

投资要点：

- 公司是国内领先的高性能硅基 MEMS 惯性传感器生产厂商。公司是国内较早从事高性能 MEMS 惯性传感器研发的芯片设计公司，拥有丰富的行业经验，已成为国内少数实现高性能硅基 MEMS 惯性传感器稳定量产的企业。公司主要产品为 MEMS 陀螺仪和 MEMS 加速度计，并提供 MEMS 惯性传感器相关的技术服务。从产品收入构成来看，MEMS 陀螺仪始终是公司的第一大收入来源，收入占比基本维持 80%左右；从产品应用情况来看，公司产品主要应用于高可靠领域，收入占比约 70%。公司业绩增长稳健，2022 年营收及净利润分别为 2.27、1.17 亿元，同比分别增长 36.58%、41.16%；公司盈利能力优异，毛利率和净利率分别维持在 85%、50%左右。
- MEMS 惯性传感器市场空间广阔，但高端产品仍被进口品牌垄断。^① MEMS 惯性传感器是 MEMS 行业中的主要产品类型，2021 年加速度计、陀螺仪、磁力计、惯性传感组合四类产品合计占 MEMS 产品总市场规模的 25.81%。^②得益于低成本、小体积、易于批量化生产等优势，MEMS 陀螺仪及加速计将逐步成为中长期主流产品，应用领域有望持续拓展。^③MEMS 惯性传感器市场空间广阔，预计 2027 年全球及中国市场规模将分别达到 50 亿美元、超过 125 亿元，伴随自动驾驶、机器人等新技术、新应用迅速发展，MEMS 惯性传感器市场规模还将持续增长。^④全球及中国 MEMS 惯性传感器市场集中度均较高，博世、TDK、意法半导体、ADI、Honeywell 等国际巨头长期占据主导地位。其中，高性能 MEMS 惯性传感器的全球核心供应商是 Honeywell、ADI、Northrop Grumman/Litef，CR3 在 50%以上。
- 公司 MEMS 惯性传感核心元件自主可控，产品性能已达行业先进。公司专注于硅基 MEMS 技术路线，是为数不多全面布局惯性传感核心元件产品的国产厂商。公司核心研发团队曾在头部公司任职，拥有丰富的行业经验和技术创新实力，在行业通用技术的基础上自主研发形成区别于可比公司的专有技术。MEMS 陀螺仪方面，公司 33 系列产品主要性能指标已处于国际先进水平；MEMS 加速度计方面，公司 35 系列产品主要性能指标也处于国际先进水平。
- 公司深耕高可靠及高端工业市场，并快速拓展新兴应用领域。^①高可靠领域是高性能惯性传感器的主要应用领域，主要用来替代激光、光纤产品，预计到 2027 年全球市场规模将达到 34 亿美元。通过与行业资源较为丰富的经销商合作，公司已经将产品顺利导入部分大型央企集团及科研院所。^②高端工业是高性能惯性传感器的另一重要应用领域，预计到 2027 年全球市场规模将达到 11 亿美元。公司作为国内少数可以满足高端工业客户对于 MEMS



请务必阅读最后一页股票评级说明和免责声明



冯瑞

邮箱: fengrui@sxzq.com

惯性传感器精度要求的厂商，已开发多个高端工业领域客户，并顺利拓展产品品类和应用范围。③无人系统智能化水平不断提升或将为高性能 MEMS 惯性传感器带来新的机遇：惯性测量单元（IMU）是汽车中市场需求仅次于激光雷达（Lidar）的重要传感器部件，预计 2024 年汽车领域 IMU 市场需求达到 2.3 亿美元；惯性测量单元（IMU）也是人形机器人姿态稳定和航位推算的关键部件，粗略测算 2035 年全球人形机器人用 IMU 市场规模有望达到 34.34 亿美元。目前公司在汽车自动驾驶领域拓展较快，人形机器人领域蓄势待发。

盈利预测、估值分析和投资建议：预计公司 2023-2025 年营业收入分别为 3.17、4.63、6.56 亿元，增速分别为 39.6%、46.2%、41.7%，净利润分别为 1.64、2.32、3.22 亿元，增速分别为 40.4%、41.7%、38.8%，对应 EPS 分别为 0.41、0.58、0.80 元，以 12 月 29 日收盘价 38.67 元计算，对应 PE 分别为 94.5X、66.7X、48.1X。公司是国内较为稀缺的 MEMS 惯性传感核心元件生产商，业绩增长较为稳健，并且自动驾驶等新兴领域未来有望创造业绩增长新动能，我们看好公司未来的发展，但考虑到自动驾驶等新兴领域对价格更为敏感、验证周期长且仍处于持续探索成熟方案阶段，在需求起量和毛利率稳定等方面存在较大不确定性，因此对公司首次覆盖给予“增持-A”评级。

风险提示：产品研发失败以及技术升级迭代风险、新客户及新市场开拓风险、晶圆代工及封测厂商管控风险、市场占有率、经营规模等方面和行业龙头存在差距的风险。

财务数据与估值：

会计年度	2021A	2022A	2023E	2024E	2025E
营业收入(百万元)	166	227	317	463	656
YoY(%)	53.0	36.6	39.6	46.2	41.7
净利润(百万元)	83	117	164	232	322
YoY(%)	59.2	41.2	40.4	41.7	38.8
毛利率(%)	85.4	85.9	85.0	84.9	84.8
EPS(摊薄/元)	0.21	0.29	0.41	0.58	0.80
ROE(%)	16.0	19.0	7.7	9.8	12.0
P/E(倍)	187.3	132.7	94.5	66.7	48.1
P/B(倍)	30.0	25.2	7.3	6.5	5.8
净利率(%)	49.7	51.4	51.7	50.1	49.1

资料来源：最闻，山西证券研究所



目录

1. 公司是国内领先的高性能硅基 MEMS 惯性传感器生产厂商.....	7
1.1 公司深耕高性能 MEMS 惯性传感器十余年，行业地位显著.....	7
1.2 公司核心产品为 MEMS 陀螺仪和加速度计，主要应用于高可靠领域.....	8
1.3 公司业绩稳健增长，研发费率高于国内同行.....	11
2. MEMS 惯性传感器市场空间广阔，但高端产品仍被进口品牌垄断.....	13
2.1 惯性传感器是 MEMS 产品的主要类型，小体积、高性能为发展大势.....	13
2.2 MEMS 陀螺仪及加速计是中长期主流产品，应用领域将持续拓展.....	16
2.2.1 MEMS 陀螺仪技术日趋成熟，预期将逐步替代激光/光纤陀螺.....	16
2.2.2 加速度计是 MEMS 领域最为成熟的器件之一，市场份额有望持续扩大.....	19
2.3 MEMS 惯性传感器市场空间广阔，自动驾驶等新技术将成为重要驱动.....	22
2.4 MEMS 高性能惯性传感器仍被进口品牌垄断，国产替代空间巨大.....	26
3. 公司 MEMS 惯性传感核心元件自主可控，产品性能已达行业先进.....	28
4. 公司深耕高可靠及高端工业市场，并快速拓展新兴应用领域.....	33
4.1 高可靠领域：持续替代激光、光纤产品，提升 MEMS 产品渗透率.....	33
4.2 高端工业领域：持续提升产品性能，不断拓宽产品应用范围.....	35
4.3 无人系统领域：自动驾驶积极拓展，人形机器人蓄势待发.....	36
5. 盈利预测.....	40
5.1 收入拆分及盈利预测.....	40
5.2 可比公司估值对比.....	42
6. 风险提示.....	43

图表目录

图 1： 公司发展历程.....	7
------------------	---



图 2: 公司股权结构.....	8
图 3: 公司主营产品收入结构（%）.....	10
图 4: 公司主营产品收入及同比（亿元，%）.....	10
图 5: 营业收入及增速（亿元，%）.....	11
图 6: 归母净利润及增速（亿元，%）.....	11
图 7: 公司综合毛利率（%）.....	12
图 8: 分产品毛利率水平（%）.....	12
图 9: 公司综合净利率（%）.....	13
图 10: 销售、管理、财务、研发费用率（%）.....	13
图 11: 全球 MEMS 行业市场规模（亿美元）.....	14
图 12: 中国 MEMS 行业市场规模（亿元）.....	14
图 13: 陀螺仪技术演进路径.....	17
图 14: 陀螺仪基本分类概述.....	18
图 15: 陀螺仪应用情况概述.....	18
图 16: MEMS/集成光学微机械陀螺仪将逐步占据绝大部分市场.....	19
图 17: 加速度计基本分类概述.....	20
图 18: 微加速度计分类情况概述.....	20
图 19: 各类型微加速度计原理及结构.....	21
图 20: MEMS 加速度计将逐步占据机械摆式加速计现有市场份额.....	22
图 21: 全球 MEMS 惯性传感器市场结构（亿美元）.....	23
图 22: 全球 MEMS 惯性传感器市场结构（亿颗）.....	23
图 23: 中国民用 MEMS 惯性传感器市场规模（亿元，%）.....	24
图 24: 中国民用 MEMS 惯性传感器市场拆分（亿元）.....	24



图 25: 全球 MEMS 惯性传感器市场结构 (%)	26
图 26: 中国 MEMS 惯性传感器市场结构 (%)	26
图 27: MEMS 高性能惯性传感器在高可靠领域应用广泛.....	33
图 28: 2021-2027 高可靠领域全球高性能惯性传感器市场空间预测.....	33
图 29: MEMS 产品在高端工业领域的市场规模及预测 (亿美元)	35
图 30: 2021-2027 高端工业领域全球高性能惯性传感器市场空间预测.....	35
图 31: MEMS 产品在无人系统领域的市场规模及预测 (亿美元)	37
图 32: 无人领域应用情况拆分.....	37
图 33: 汽车主要的传感器部件.....	38
图 34: 汽车传感器部件需求量及预测.....	38
图 35: 全球人形机器人市场空间预测.....	39
图 36: 5 个 IMU 或为比较好的姿态解决方案之一.....	39

表 1: 公司 MEMS 陀螺仪及加速计基本情况.....	9
表 2: 公司产品根据下游应用领域划分的主营业务收入、占比、毛利率情况 (万元, %)	10
表 3: 公司与同行业 A 股公司研发费用率对比.....	13
表 4: MEMS 产品类型概况.....	15
表 5: MEMS 惯性传感器及高性能 MEMS 惯性传感器应用.....	16
表 6: MEMS 惯性传感器主要应用场景及功能实现.....	25
表 7: 2021 年惯性传感器全球前五大厂商及其市占率.....	26
表 8: 2022 年惯性传感器中国前五大厂商及其市占率.....	27
表 9: 2021 年全球高性能 MEMS 惯性传感器市场竞争格局.....	28
表 10: 全球主要玩家惯性传感产品布局.....	29



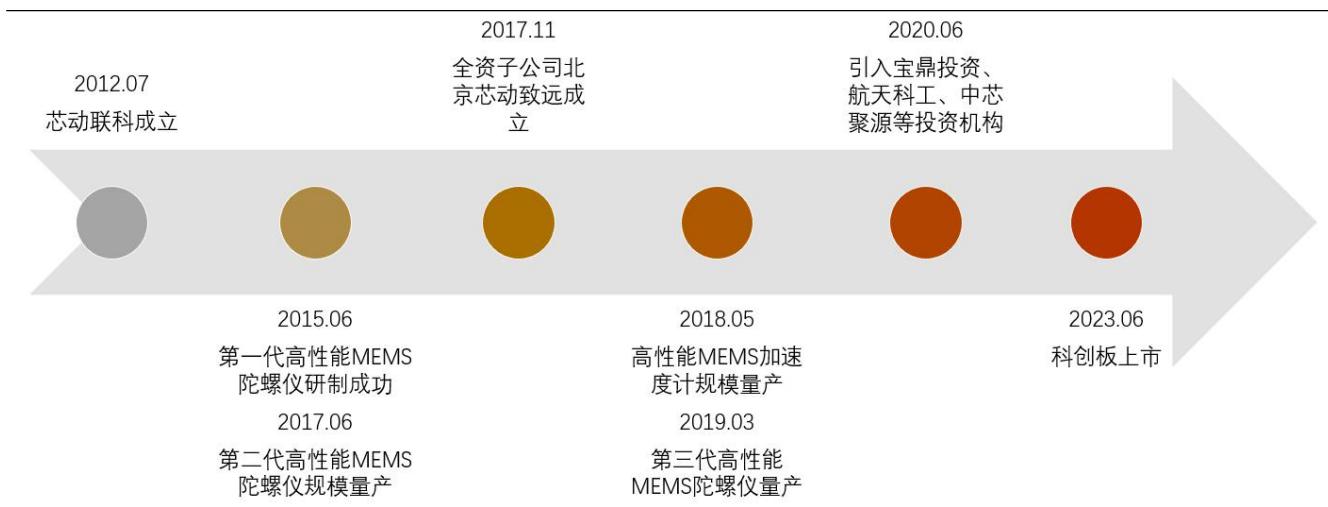
表 11: MEMS 结构、电路设计、电路技术各公司对比.....	30
表 12: MEMS 陀螺仪各主要厂家性能指标对比.....	31
表 13: MEMS 加速计各主要厂家性能指标对比.....	32
表 14: MEMS 陀螺仪与激光/光纤陀螺仪对比.....	34
表 15: 公司与部分客户在压力传感器领域合作情况及进展.....	36
表 16: 公司与部分汽车自动驾驶合作情况及进展.....	39
表 17: 公司处于测试阶段的项目数量、收入占比情况.....	41
表 18: 2023-2025 年公司主营业务收入及毛利率预测（百万元，%）	41
表 19: 2022-2025 年可比公司估值对比.....	42

1. 公司是国内领先的高性能硅基 MEMS 惯性传感器生产厂商

1.1 公司深耕高性能 MEMS 惯性传感器十余年，行业地位显著

公司深耕高性能 MEMS 惯性传感器十余年，具有一定行业地位。公司成立于 2012 年，是国内较早从事高性能 MEMS 惯性传感器研发的芯片设计公司，拥有多年 MEMS 惯性传感器芯片设计、MEMS 工艺方案开发、封装与测试等主要环节的行业经验，已成为国内少数实现高性能硅基 MEMS 惯性传感器稳定量产的企业。公司高性能 MEMS 惯性传感器具有小型化、高集成、低成本的优势，其核心性能指标达到国际先进水平，有力推动了 MEMS 惯性器件在高性能惯性领域的广泛应用，在 MEMS 惯性传感器的市场竞争中占有一定的行业地位。

图 1：公司发展历程



资料来源：公司官网，山西证券研究所

公司无控股股东，实控人及一致行动人合计持股 **37.88%**。公司前三大股东 MEMSLINK、北方电子院、北京芯动持有公司的股份比例相近且均未超过 30%，因此公司无控股股东。截至 2023 年三季报，MEMSLINK 直接持股占比 20.20%，金晓冬、毛敏耀分别持有 MEMSLINK 70%、30% 的股权；北方电子研究院直接持股占比 20%；北京芯动直接持股占比 13.48%，金晓冬、宣佩琦各持有北京芯动 50% 的股权，金晓冬、宣佩琦直接持有公司 1.32%、2.88% 的股份。公司实际控制人为金晓冬，宣佩琦、毛敏耀为金晓冬的一致行动人，金晓冬直接持有公司股份、并通过控制 MEMSLINK、北京芯动以及宣佩琦与其一致行动合计实际支配公司股份表决权为 37.88%。



图 2：公司股权结构



资料来源：芯动联科招股书，芯动联科 2023 半年报，芯动联科 2023 三季报，山西证券研究所

公司共拥有 3 家全资子公司，分别为芯动致远、Moving Star 和芯动科技。母公司芯动联科全面负责公司各项业务开展；芯动致远为 MEMS 传感器产品研发设计子公司，经营业务是公司主营业务的重要组成部分；芯动科技是面向汽车智能驾驶行业，为各车企和智能驾驶解决方案供应商提供高精度、高质量、低成本的车载组合导航定位系统及相关产品而新设立的子公司；Moving Star 是公司为了拓展海外业务而新设立的销售子公司，计划从事 MEMS 传感器产品的国际市场销售及服务。

1.2 公司核心产品为 MEMS 陀螺仪和加速度计，主要应用于高可靠领域

公司主要产品为 MEMS 陀螺仪和 MEMS 加速度计，并提供 MEMS 惯性传感器相关的技术服务。陀螺仪和加速度计是惯性系统的基础核心器件，其性能高低直接决定惯性系统的整体表现：陀螺仪用于感知物体运动的角速率，加速度计用于感知物体运动的线加速度，二者辅以时间维度进行运算后可得出物体相对于初始位置的偏离，进而获得物体的运动状态，包括当前位置、方向和速度。公司提供的主要产品为 MEMS 陀螺仪和 MEMS 加速度计，均由一颗微机

械（MEMS）芯片、一颗专用控制电路（ASIC）芯片及应力隔离封装构成，基本原理是采用半导体加工技术在硅晶圆上制造出 MEMS 芯片，在 ASIC 芯片的驱动控制下感应外部待测信号并将其转化为电容、电阻、电荷等信号变化，ASIC 芯片再将上述信号变化转化成电学信号，最终通过封装将芯片保护起来并将信号输出，从而实现外部信息获取与交互的功能。公司产品的优势在于：①MEMS 陀螺仪基于 SOI 体硅工艺采用独特的多质量块全对称解耦合结构设计及自校准自补偿电极，在保持高性能的前提下易生产，对温度不敏感，同时能够起到对冲击和振动的抑制作用。其数模混合 ASIC 具备自校准、自诊断、自标定、自适应等智能算法，相比传统惯性器件易使用、低成本、更智能。②MEMS 加速度计通过分散式多单元结构的设计，使 MEMS 敏感结构具有高灵敏度、低漂移、低温度系数、良好的重复性等特性，基于 SOI 体硅工艺制造，配以高性能 ASIC 电路，可以实现 μg 级加速度测量精度。除 MEMS 陀螺仪和 MEMS 加速度计以外，公司也会为客户 MEMS 工艺开发验证需求或特定产品需求提供定制设计服务。

表 1：公司 MEMS 陀螺仪及加速计基本情况

产品类型	产品图示	用途	行业典型应用场景
MEMS 陀螺仪		惯性导航	飞行体、车、船、测绘
		平台稳定	吊舱、车、船、飞机、动中通、雷达
		姿态感知	航姿仪、微纳卫星、石油勘探、寻北仪、动中通
		状态监测	5G 基站、高速铁路、机器人
MEMS 加速度计		惯性导航	飞行体、车、船、机器人等平台导航
		平台稳定	飞行体、车、船、机器人等平台稳定
		姿态感知	飞行体、车、船、机器人、卫星等姿态感知
		状态监测	工业设备、桥梁、高铁轨道、5G 基站等设备的监测
技术服务		根据客户 MEMS 工艺开发验证需求进行定制设计，通过验证后转化为能用于 MEMS 芯片制造的工艺方案，并向客户交付一定数量的样品。另外，公司也会根据客户特定产品需求，根据设定的技术指标进行定制化开发。	

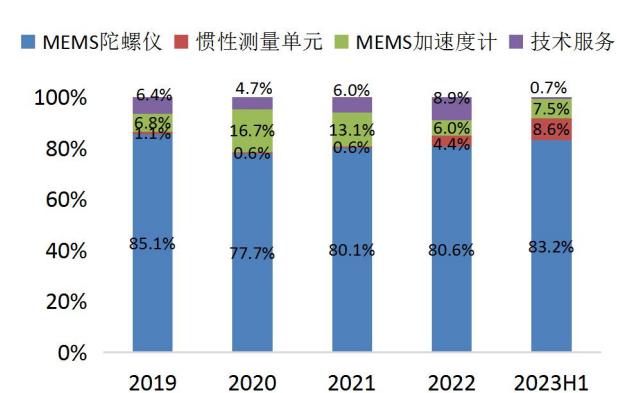
资料来源：芯动联科官网、芯动联科招股书，山西证券研究所

从产品收入构成来看，MEMS 陀螺仪始终是公司的第一大收入来源，收入占比基本维持 80% 左右。公司业务重点在于基础惯性器件的研发与销售，主要收入来源于 MEMS 陀螺仪和



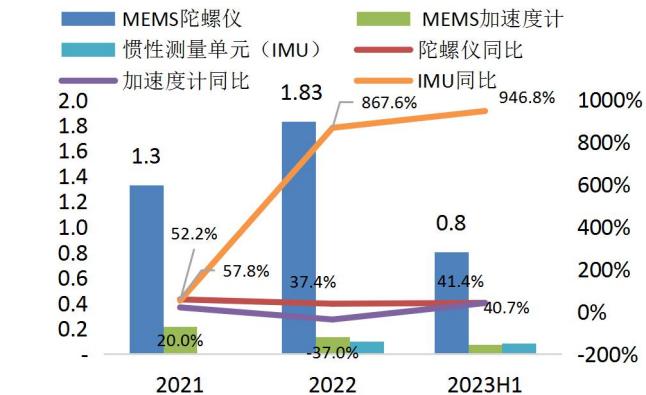
MEMS 加速度计，其中 MEMS 陀螺仪始终是公司的第一大收入来源。2020-2023H1，陀螺仪收入占比分别为 77.7%、80.1%、80.6%、83.2%；加速度计收入占比分别为 16.7%、13.1%、6.0%、7.5%；惯性测量单元收入占比逐渐攀升，2020-2023H1 占比分别为 0.6%、0.6%、4.4%、8.6%；技术服务收入占比呈现波动，2020-2023H1 占比分别为 4.7%、6.0%、8.9%、0.7%。

图 3：公司主营产品收入结构（%）



资料来源：Wind、公司招股书，山西证券研究所

图 4：公司主营产品收入及同比（亿元，%）



资料来源：Wind、公司招股书，山西证券研究所

从产品应用情况来看，公司产品主要应用于高可靠领域，收入占比约 70%。公司整体下游应用领域的收入结构保持相对稳定，高端工业领域占比在 10%-15% 左右，无人系统领域占比在 5%-20% 左右，高可靠领域占比在 70% 左右。高可靠领域内的直接客户主要包括阿尔福、客户 A、客户 C。整体情况上看，产品应用于高可靠领域毛利率高于高端工业和无人系统领域，主要原因系应用于高可靠的产品性能要求较高，该类产品的毛利率较高，拉升了该领域应用产品毛利率。

表 2：公司产品根据下游应用领域划分的主营业务收入、占比、毛利率情况（万元，%）

年度	下游应用领域	主营业务收入（万元）	收入占比（%）	毛利率（%）	主要直接客户
2022 年	高端工业	3,304.01	14.58	86.39	西安北斗、阿尔福
	无人系统	2,313.36	10.21	80.96	海为科技、上海新跃联汇
	高可靠	17,049.65	75.22	86.57	客户 C、客户 A、阿尔福
2021 年	高端工业	2,122.11	12.8	83.84	西安北斗、北京星网宇达、陕西瑞特测控
	无人系统	1,814.20	10.94	85.73	航宇测通、北京四威智联、苏州容启传感器
	高可靠	12,648.83	76.27	85.7	阿尔福、客户 A、客户 C、中科航星
2020 年	高端工业	1,470.76	13.59	86.17	西安北斗、北京点志众元、北京杰信导航
	无人系统	732.35	6.77	86.09	航宇测通、客户 A、苏州遨航



	高可靠	8,618.04	79.64	88.78	阿尔福、客户 A、客户 C、深圳市恩洲技术
--	-----	----------	-------	-------	-----------------------

资料来源：芯动联科 8-1 发行人及保荐机构关于第二轮审核问询函的回复意见(2022 年年度数据更新版)，山西证券研究所

1.3 公司业绩稳健增长，研发费率高于国内同行

公司主营产品陆续进入量产阶段，营收及归母净利润稳健增长。经过多年研发和验证，公司高性能 MEMS 惯性传感器芯片逐渐取得相应成果，主要产品陆续被下游用户验证导入，进入试产及量产阶段的项目增加，客户对公司产品的需求快速增长，公司收入及净利润均呈现大幅增加状态。2020-2023 前三季度，公司营业收入分别为 1.08、1.66、2.27、1.92 亿元，同比分别增长 35.92%、52.96%、36.58%、45.27%，2020-2022 年收入复合增长率为 44.54%；2020-2023 前三季度，公司归母净利润分别为 0.52、0.83、1.17、0.97 亿元，同比分别增长 36.84%、59.16%、41.16%、52.80%，2020-2022 年净利润复合增长率为 49.89%。

图 5：营业收入及增速（亿元，%）

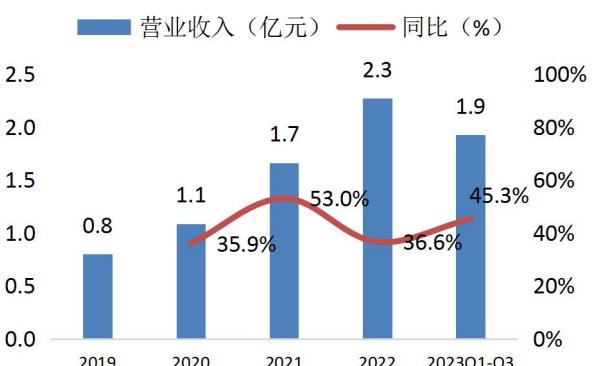


图 6：归母净利润及增速（亿元，%）



资料来源：Wind，山西证券研究所

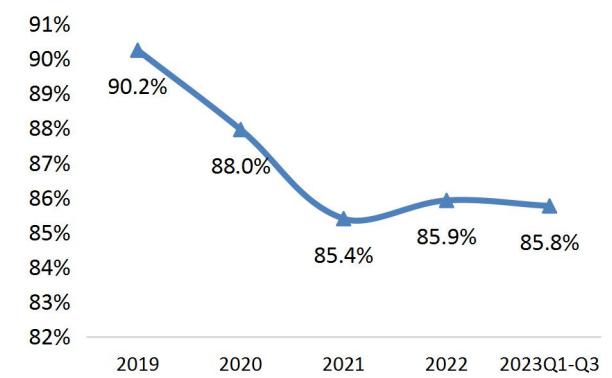
资料来源：Wind，山西证券研究所

公司综合毛利率趋于稳定，2021 年至今基本维持在 85%左右。公司产品具有小型化、低重量等特点，并且借助半导体技术，实现了批量化生产，生产成本相对较低，整体毛利率水平较高。2021-2023 前三季度，公司综合毛利率分别为 85.39%、85.92%、85.76%，整体保持稳定。分产品来看：①2020-2022 年公司 MEMS 陀螺仪的毛利率分别为 89.18%、86.48%、86.50%，总体略有下降，主要系毛利相对较低的 20L 系列产品占比提升影响；②MEMS 加速度计毛利率分别为 82.38%、76.75%、78.71%，2021 年毛利率下降主要是因为公司给予客户阶梯定价优惠，2022 年毛利率有所回升主要系晶圆成本下降影响；③惯性测量单元毛利率分别为 95.17%、



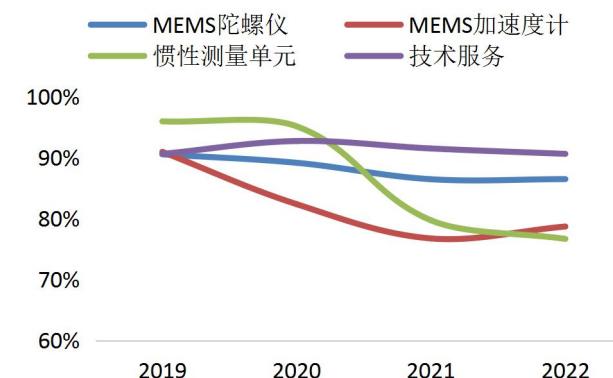
79.73%和76.68%，由于定制化程度高、产品种类、销量均较少，需求差异导致毛利率呈现明显波动。

图7：公司综合毛利率（%）



资料来源：Wind，山西证券研究所

图8：分产品毛利率水平（%）

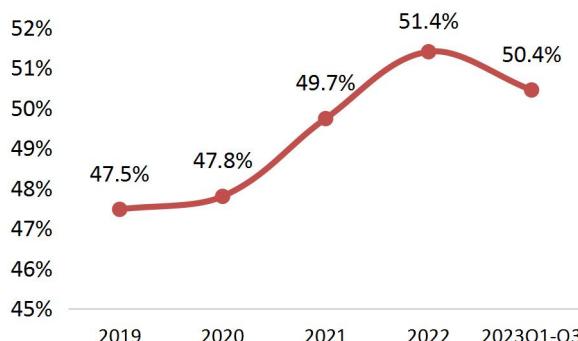


资料来源：Wind、公司招股书，山西证券研究所

公司各项费用率总体稳定，综合净利率维持在50%左右。公司销售费用率较低，2021-2023前三季度分别为1.9%、1.8%、2.6%，主要是因为公司产品性能优异、专业度高，市场营销需求较少，同时客户数量较少且相对集中，客户维护的销售人员较少。公司管理费用率小幅增长，2021-2023前三季度分别为9.8%、10.5%、11.3%，主要系IPO聘请中介机构费用所致。公司财务费用率较低，2021-2023前三季度分别为0.1%、0.2%、-2.8%，2023前三季度财务费用率转负主要系公司利息收入增加所致。研发投入是公司主要的费用来源，2021-2023前三季度公司研发费用率分别为24.4%、24.6%、29.3%，2023前三季度研发费用率提升较快主要系公司研发人员数量和薪酬增长所致。总体看来，公司各项费用率总体稳定，综合净利率维持在50%左右。

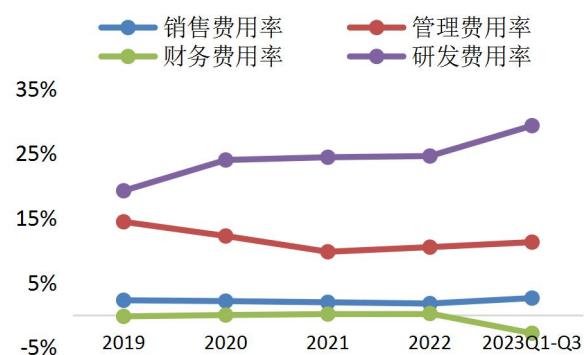


图 9：公司综合净利率（%）



资料来源：Wind，山西证券研究所

图 10：销售、管理、财务、研发费用率（%）



资料来源：Wind，山西证券研究所

公司高度重视技术研发工作，研发费率高于同行业 A 股公司平均水平。公司高度重视技术研发工作，与同行 A 股公司相比，公司研发费用率较高：一方面，公司主要产品高性能 MEMS 陀螺仪和加速度计的相关产品研发周期长且研发投入大，研发费用中研发人员的薪酬占比过半；另一方面，为保持产品性能与核心技术的优势地位，公司持续加大对研发活动的投入力度；此外，公司收入规模较小，研发费用占营业收入的比例较大。未来公司仍将持续投入 MEMS 惯性传感器相关技术研究，提高公司的竞争优势和持续盈利能力。

表 3：公司与同行业 A 股公司研发费用率对比

		2020 年	2021 年	2022 年	2023 年 1-9 月
688286.SH	敏芯股份	12.74%	21.50%	23.83%	22.33%
688002.SH	睿创微纳	14.62%	23.47%	20.27%	17.35%
688282.SH	理工导航	6.34%	6.49%	11.27%	151.24%
002829.SZ	星网宇达	13.11%	14.82%	9.07%	6.51%
	均值	11.70%	16.57%	16.11%	49.36%
688582.SH	芯动联科	23.96%	24.39%	24.57%	29.27%

资料来源：Wind、芯动联科招股书，山西证券研究所

2. MEMS 惯性传感器市场空间广阔，但高端产品仍被进口品牌垄断

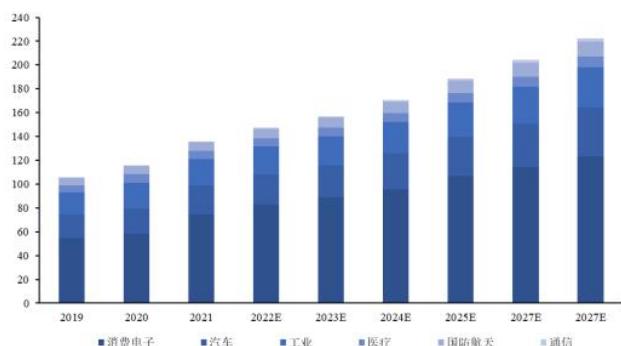
2.1 惯性传感器是 MEMS 产品的主要类型，小体积、高性能为发展大势

得益于自动驾驶、5G 以及物联网等技术快速发展，MEMS 产品的市场空间进一步扩大。



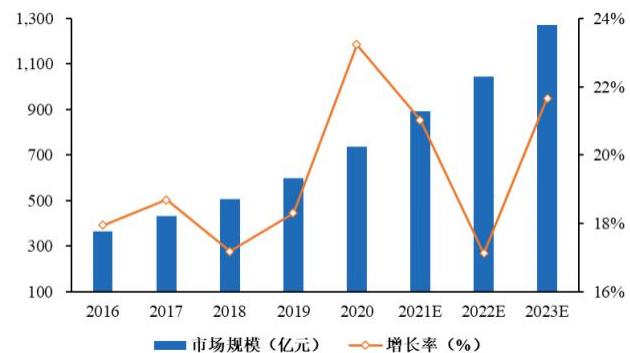
①从全球市场来看，MEMS 的全球销售量从 2018 年的 201.68 亿颗增加至 2021 年的 303.59 亿颗，预计 2027 年将达到 487.08 亿颗，2021-2027 年复合增长率达 8.20%；MEMS 的全球市场规模从 2018 年的 99.94 亿美元增加至 2021 年的 135.95 亿美元，预计 2027 年将达到 222.53 亿美元，2021-2027 年复合增长率达 8.56%。②就中国市场而言，2020 年中国 MEMS 市场保持快速增长，整体市场规模达到 736.70 亿元，同比增长 23.24%，国内市场增速持续高于全球；预计 2022 年中国 MEMS 市场规模将突破 1000 亿元，2020-2022 年复合增长率为 19.06%。

图 11：全球 MEMS 行业市场规模（亿美元）



资料来源：Yole Intelligence, Status of MEMS Industry 2022, 芯动联科招股书，山西证券研究所

图 12：中国 MEMS 行业市场规模（亿元）



资料来源：赛迪顾问，芯动联科招股书，山西证券研究所

MEMS 产品可分为传感器和执行器两大类，广泛应用于消费电子、汽车、工业等领域。MEMS 产品可以分为 MEMS 传感器和 MEMS 执行器两大类：①MEMS 传感器是用来检测物理、化学或生物现象的器件，由于应用环境具有多样性，MEMS 传感器种类众多、需求及工艺差异大，且大多需要匹配复杂的 ASIC 芯片；②MEMS 执行器是用来产生机械运动、力和转矩的器件，通常只是完成单一的动作，结构较为简单且无需或只需要简单的驱动电路，但对于材料制备以及加工工艺的一致性要求较高。MEMS 传感器是使用最广泛的 MEMS 产品，其基本原理是通过微传感元件和传输单元将输入的信号转换并导出另一种可监测的信号。与传统工艺制造的传感器相比，其具有体积小、重量轻、成本低、功耗低、可靠性高、适于批量化生产、易于集成和实现智能化等特点。MEMS 器件已经被广泛应用于消费电子、汽车、医疗、工业、通信等多个领域，其中消费电子、汽车电子、工业控制为主要应用领域，2018 年上述三类市场占 MEMS 总市场规模的比例一直在 80%以上，其中消费电子占比最高，一直保持在 50%以上。



表 4：MEMS 产品类型概况

类别	主要产品类型
MEMS 传感器	惯性传感器：加速度计、陀螺仪、磁力计
	压力传感器
	声学传感器：MEMS 麦克风、超声波传感器
	环境传感器：气体传感器、颗粒传感器、湿度传感器、温度传感器
	光学传感器：热释电/热电堆红外传感器、环境光传感器、颜色传感器、微幅射热计、指纹识别、超光谱传感器、傅里叶红外光谱仪、视觉传感器、3D 感应
MEMS 执行器	射频 MEMS：RF 滤波器、MEMS 开关、MEMS 振荡器
	微流控：激光打印头、药物输送、生物芯片
	光学 MEMS：微镜、自动对焦、光具座
	微结构：微探针
	MEMS 扬声器
	超声波指纹

资料来源：芯动联科招股书，山西证券研究所

惯性传感器是 MEMS 产品的主要类型，其中高性能 MEMS 惯性传感器主要应用于高端工业，并逐步向高可靠领域拓展。MEMS 惯性传感器属于 MEMS 传感器的重要分支，主要包括加速度计、陀螺仪、磁力计、惯性传感组合，2021 年上述四类产品市场规模合计 35.09 亿美元，占比 25.81%，是 MEMS 行业中的主要产品类型。目前 MEMS 惯性传感器已被广泛应用于工业与通信、高可靠、汽车电子、医疗健康、消费电子等多个领域，随着 MEMS 惯性技术的持续进步，高性能 MEMS 惯性传感器应用逐渐拓展到无人系统、自动驾驶、高端工业、高可靠等领域，而中低性能 MEMS 惯性传感器主要应用于消费电子和汽车等领域：①2021 年高性能 MEMS 陀螺仪在工业级应用领域使用较为广泛，占据了该应用领域 86% 的市场份额，具体应用场景包括资源勘探、测量测绘、光电吊舱等；②在战术级和导航级应用领域，两光陀螺应用比较广泛，分别占据了该应用领域 78% 和 92% 的市场份额，具体应用场景包括无人系统、卫星姿态控制系统、动中通等；③在战略级应用领域，激光陀螺仪的适用性较强，占据了该应用领域 72% 的市场份额，具体应用场景为航天航海等领域。



表 5：MEMS 惯性传感器及高性能 MEMS 惯性传感器应用

MEMS 惯性传感器应用		高性能惯性传感器应用																																			
工业与通信	无人系统、工业机器人、石油勘探、测量测绘、高速铁路、精密农业、工程机械、寻北仪、光电吊舱、动中通、天线姿态监测、光伏跟踪系统、结构健康监测、振动监测等	<p>2021年高性能陀螺仪细分市场情况（百万美元）</p> <table border="1"><caption>2021年高性能陀螺仪细分市场情况（百万美元）</caption><thead><tr><th>类别</th><th>MEMS陀螺仪</th><th>光纤陀螺仪</th><th>激光陀螺仪</th><th>半球共振陀螺仪</th><th>其他</th><th>总计</th></tr></thead><tbody><tr><td>工业级</td><td>~400</td><td>~100</td><td>~50</td><td>~50</td><td>~50</td><td>~450</td></tr><tr><td>战术级</td><td>~250</td><td>~250</td><td>~100</td><td>~50</td><td>~50</td><td>~650</td></tr><tr><td>导航级</td><td>~200</td><td>~200</td><td>~100</td><td>~50</td><td>~50</td><td>~550</td></tr><tr><td>战略级</td><td>~150</td><td>~150</td><td>~100</td><td>~50</td><td>~50</td><td>~450</td></tr></tbody></table>	类别	MEMS陀螺仪	光纤陀螺仪	激光陀螺仪	半球共振陀螺仪	其他	总计	工业级	~400	~100	~50	~50	~50	~450	战术级	~250	~250	~100	~50	~50	~650	导航级	~200	~200	~100	~50	~50	~550	战略级	~150	~150	~100	~50	~50	~450
类别	MEMS陀螺仪	光纤陀螺仪	激光陀螺仪	半球共振陀螺仪	其他	总计																															
工业级	~400	~100	~50	~50	~50	~450																															
战术级	~250	~250	~100	~50	~50	~650																															
导航级	~200	~200	~100	~50	~50	~550																															
战略级	~150	~150	~100	~50	~50	~450																															
高可靠	卫星姿态控制、航姿备份系统等																																				
汽车电子	安全气囊、车身稳定系统、TPMS 胎压传感器、GPS 辅助导航、自动驾驶高精定位等																																				
医疗健康	健康监测设备、植入式心脏起搏器、手术机器人、康复训练设备等																																				
消费电子	智能手机、平板电脑、游戏机、智能手表、智能手环、TWS 耳机、笔记本电脑、数码相机、智能玩具等																																				

资料来源：Yole Intelligence, High-End Inertial Sensing 2022, 芯动联科招股书, 山西证券研究所

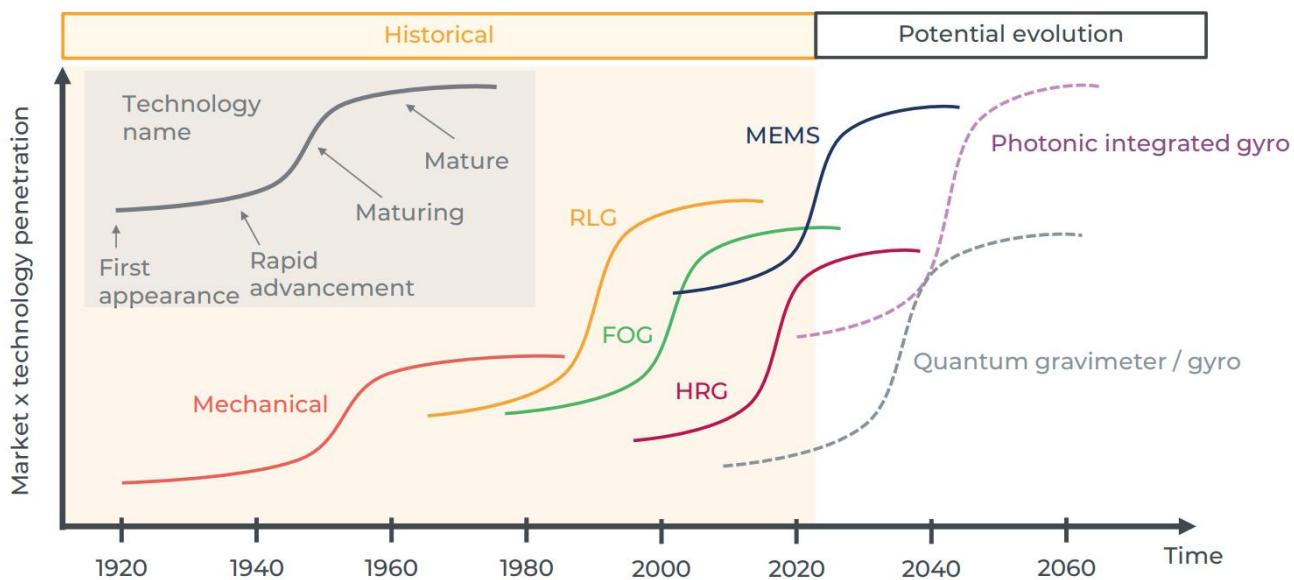
2.2 MEMS 陀螺仪及加速计是中长期主流产品，应用领域将持续拓展

2.2.1 MEMS 陀螺仪技术日趋成熟，预期将逐步替代激光/光纤陀螺

MEMS 陀螺仪是日益成熟的第三代产品，逐步在陀螺仪市场中占据重要位置。从陀螺仪技术演进的路径来看，大致可以分为四个阶段：①基于牛顿经典力学原理的以静电陀螺以及动力调谐陀螺为代表的机械陀螺，其特点是种类多、精度高、体积质量大、系统组成结构复杂、性能受机械结构复杂性和极限精度制约、产品制造维护成本昂贵；②基于萨格奈克效应的以激光陀螺和光纤陀螺为代表的光学陀螺，其特点是反应时间短、动态范围大、可靠性高、环境适应性强、易维护、寿命长；③基于哥氏振动效应和微纳加工技术的是半球谐振陀螺和 MEMS 陀螺，其中，半球谐振陀螺受限于结构及制造技术市场上可规模化生产的企业较少，而 MEMS 陀螺的特点是体积小、重量轻、环境适应性强、价格低、易于大批量生产；④基于现代量子力学技术的核磁共振陀螺、原子干涉陀螺等，其特点是可实现高精度、高可靠、小型化和更广泛应用，但是目前仍处于早期研究阶段。目前 MEMS 陀螺仪的技术逐步成熟，随着精度和稳定性持续提升，其在陀螺仪市场中占据了重要的位置。



图 13：陀螺仪技术演进路径

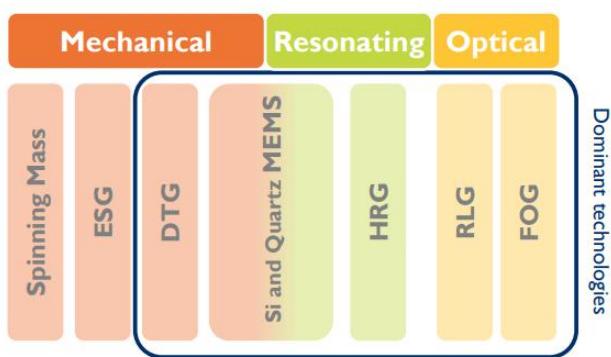


资料来源：Yole Intelligence, High-End Inertial Sensors 2022, 山西证券研究所

得益于低成本、小体积，MEMS 陀螺仪相比机械陀螺和光学陀螺在批量化生产方面更有优势。按照基本技术原理，陀螺仪可划分为机械陀螺、谐振陀螺、光学陀螺三大类，并可进一步细分为机械/旋转质量陀螺仪、电悬架（静电）陀螺仪（ESG）、环形激光陀螺（RLG）、光纤陀螺仪（FOG）、半球谐振陀螺仪（HRG）、石英陀螺仪（非 MEMS）、微机械陀螺仪（MEMS，石英或硅）、机械动态调谐陀螺仪（DTG），其中，MEMS 陀螺仪也是目前的主流技术之一。与传统的机械陀螺仪相比，MEMS 陀螺仪的优势在于：①比机械陀螺仪更小、更轻，在限制尺寸和重量的领域有非常重要的意义；②得益于微细加工工艺，MEMS 陀螺仪在生产过程中比传统陀螺仪更具成本效益；③MEMS 陀螺仪比机械陀螺仪功耗更低，对于供电设备和节能系统的压力更小；④MEMS 陀螺仪比机械陀螺仪损耗更小，具有更高的可靠性和更长的使用寿命。与激光和光纤陀螺仪相比，MEMS 陀螺仪的优势在于低成本、小体积、高可靠、易批产，得益于此，MEMS 陀螺仪除在消费级、工业级领域实现广泛应用以外，也已逐步切入激光和光纤陀螺仪的优势领域（如无人系统、高端工业、高可靠等）。

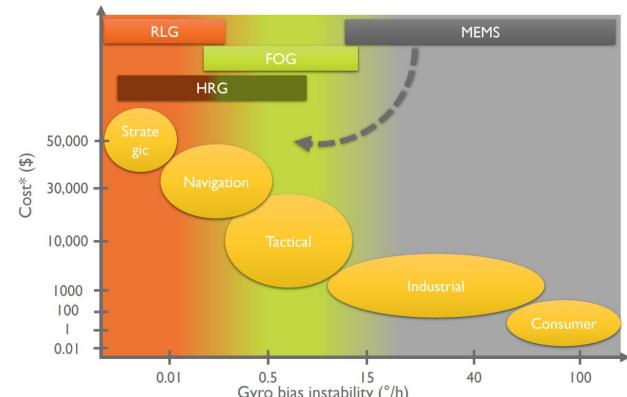


图 14：陀螺仪基本分类概述



资料来源：Yole Intelligence，High-End Inertial Sensors for Defense, Aerospace & Industrial Applications，山西证券研究所

图 15：陀螺仪应用情况概述

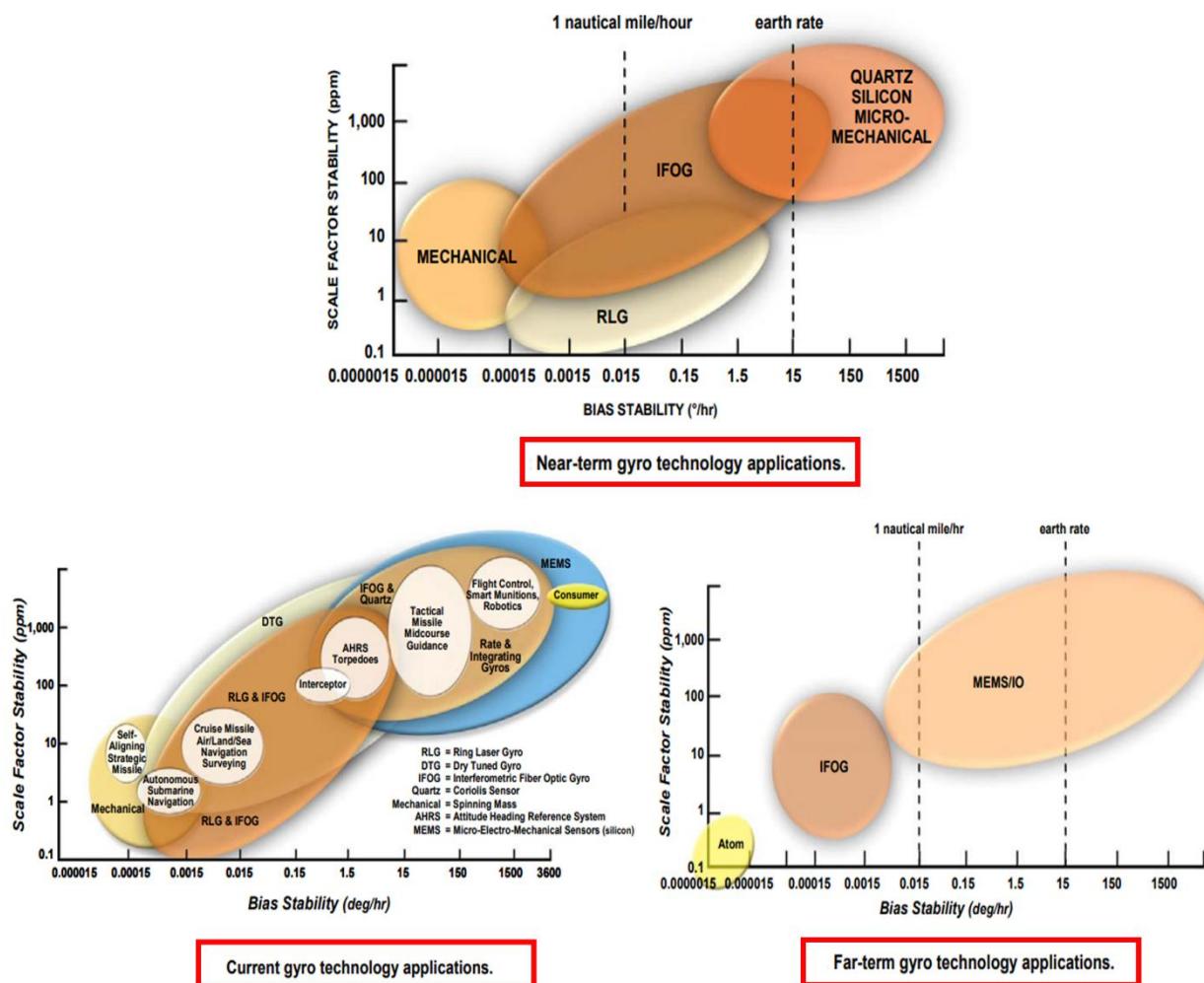


资料来源：Yole Intelligence，High-End Inertial Sensors for Defense, Aerospace & Industrial Applications，山西证券研究所

中长期 MEMS 陀螺仪与光学陀螺仪并存的态势仍将持续，远期 MEMS/集成光学微机械陀螺仪或将逐步占据绝大部分市场。根据不同的精度范围，陀螺仪可以划分为消费级、工业级、战术级、导航级、战略级五大类：①在消费级领域，MEMS 陀螺仪几乎占据全部市场份额，具体应用场景包括手机、AR/VR 等；②在工业级领域，MEMS 陀螺仪应用较为广泛，占据了 86% 的市场份额，具体应用场景包括资源勘探、测量测绘、光电吊舱等；③在战术级和导航级领域，两光陀螺应用比较广泛，分别占据 78% 和 92% 的市场份额，具体应用场景包括无人系统、卫星姿态控制系统、动中通等；④在战略级领域，激光陀螺仪的适用性较强，占据了 72% 的市场份额，具体应用场景为航天航海等领域。中长期来看，随着高性能 MEMS 陀螺仪技术的进一步成熟，MEMS 陀螺仪在高端工业、无人系统和高可靠领域的具体应用场景也将逐渐丰富，在工业级陀螺仪的主导地位将进一步强化，可进一步应用到两光陀螺的战术级应用领域，并逐渐渗透到导航级应用领域。远期来看，MEMS/集成光学微机械陀螺仪或将主导绝大部分市场，并将倒逼光学陀螺仪与原子干涉陀螺仪等新技术共同竞争更高精度市场。



图 16: MEMS/集成光学微机械陀螺仪将逐步占据绝大部分市场



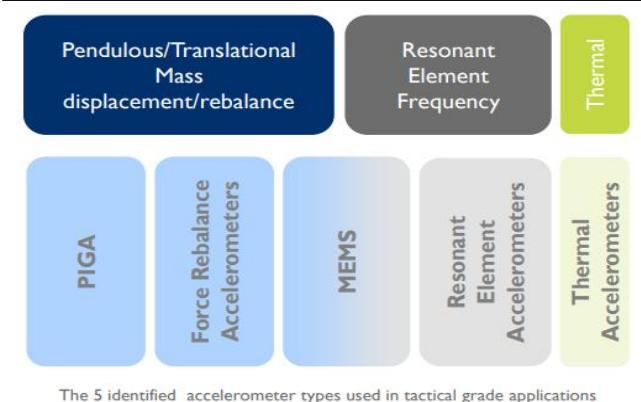
资料来源: INS/GPS Technology Trends, 山西证券研究所

2.2.2 加速度计是 MEMS 领域最为成熟的器件之一，市场份额有望持续扩大

加速度计是 MEMS 领域最为成熟的器件之一，MEMS 及 MOEMS 快速发展使微加速度计技术更加成熟。加速度计是 MEMS 领域最早研究、最成熟、最常见的器件之一，主要用于测量物体线加速度，通常由质量块、阻尼器、弹性元件、敏感元件和适调电路等部分组成。加速度计的理论基础是牛顿第二定律，传感器在加速过程中，通过对质量块所受惯性力的测量计算出加速度值。如果初速度已知，就可以通过加速度对时间积分得到线速度，再次通过线速度对时间积分可计算出直线位移。按照基本技术原理，加速度计可分为悬移/平移质量位移/再平衡加速计、谐振元件加速度计、热能加速度计三大类，并可进一步细分为悬吊式再平衡加

速度计（特别是 PIGA）、力平衡加速度计、谐振元件加速度计、热加速度计、MEMS 加速度计。就微加速度计而言，微机电系统（MEMS）和微光机电系统（MOEMS）技术快速发展使得微加速度计日趋成熟，按照敏感原理微加速度计可以进一步划分为压阻式、压电式、电容式、隧道式、热敏式、谐振式、光学式等多种类型。

图 17: 加速度计基本分类概述



资料来源：Yole Intelligence，High-End Inertial Sensors for Defense, Aerospace & Industrial Applications, 山西证券研究所

图 18: 微加速度计分类情况概述

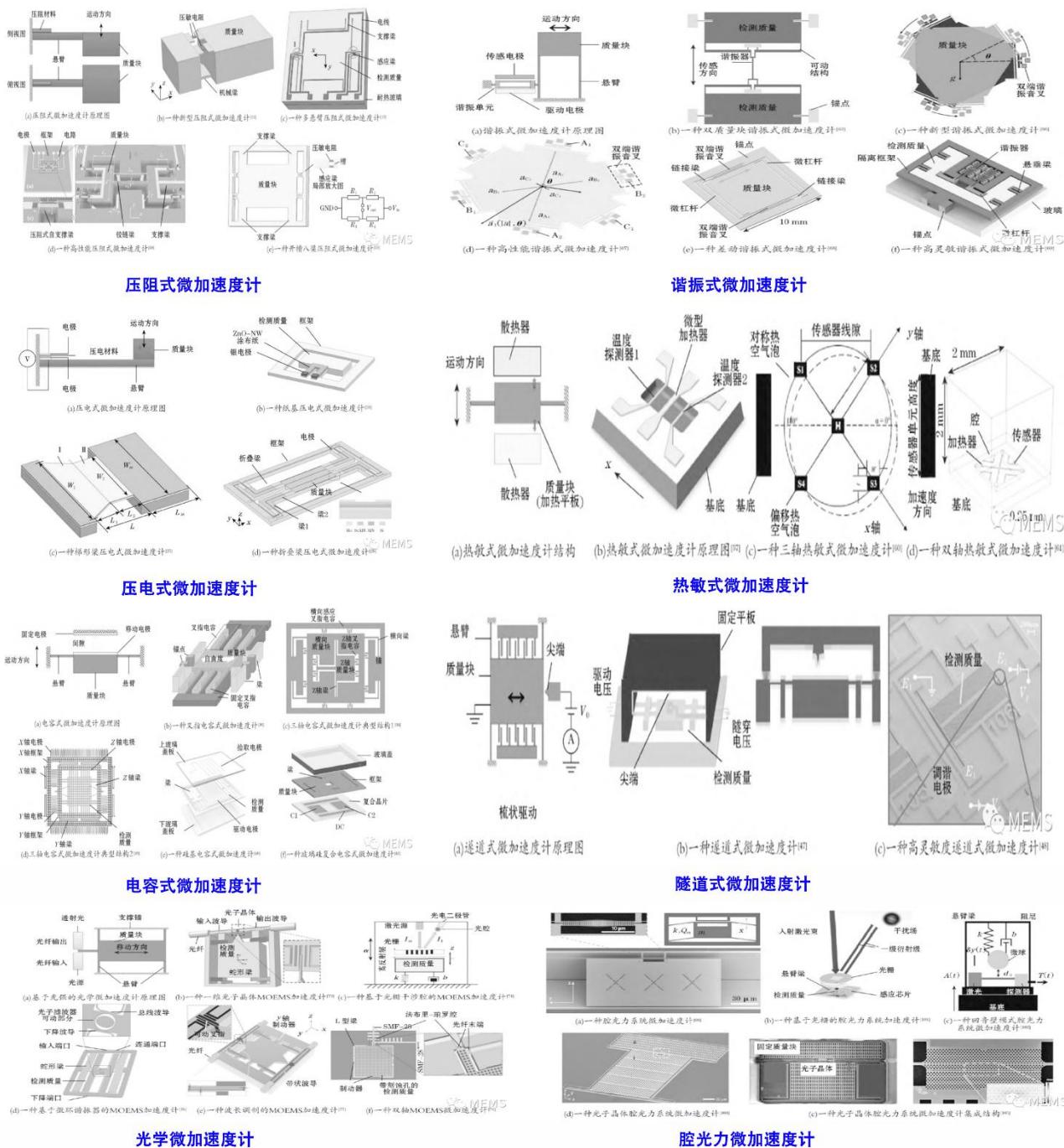


资料来源：麦姆斯咨询《综述：新型微加速度计研究进展》，山西证券研究所

不同类型的微加速度计均有各自的优缺点，其中电容式 MEMS 加速度计是目前应用最多的类型。各类 MEMS 加速度计在探测灵敏度、精度、测量范围、稳定性等性能指标上，以及在加工成本、器件质量和体积、环境适应性等方面有着各自的优缺点，且相互制约：①压阻式微加速度计结构简单，制作相对简易，但其对温度敏感，且灵敏度较低、蠕变和迟滞效应较大；②压电式微加速度计工作频带宽、功耗低、抗摔性好、温度稳定性高，但低频噪声性能差；③电容式微加速度计结构简单、漂移率低、温度敏感性低，但抗电磁干扰性差；④隧道式微加速度计灵敏度高，但温度依赖性高，制造工艺复杂、工作电压高；⑤热敏式微加速度计不需要大体积的运动质量块，但灵敏度较低、工作带宽较窄；⑥谐振式微加速度计测量谐振频率信号的准确度和精度高，但只能应用于随时间缓慢变化的加速度量值测量；⑦光学微加速度计结合光学测量和微机电系统的优点，可实现高精度、高灵敏度、小体积和抗电磁干扰的加速度测量；⑧腔光力微加速度计灵敏度高、精度高、稳定度高、动态范围大，但也存在散粒噪声、量子反作用噪声等噪声源影响探测精度的问题。目前，电容式 MEMS 加速度计仍是应用最多的类型，被广泛应用于消费电子、汽车、工业、高可靠等各个领域。



图 19：各类型微加速度计原理及结构



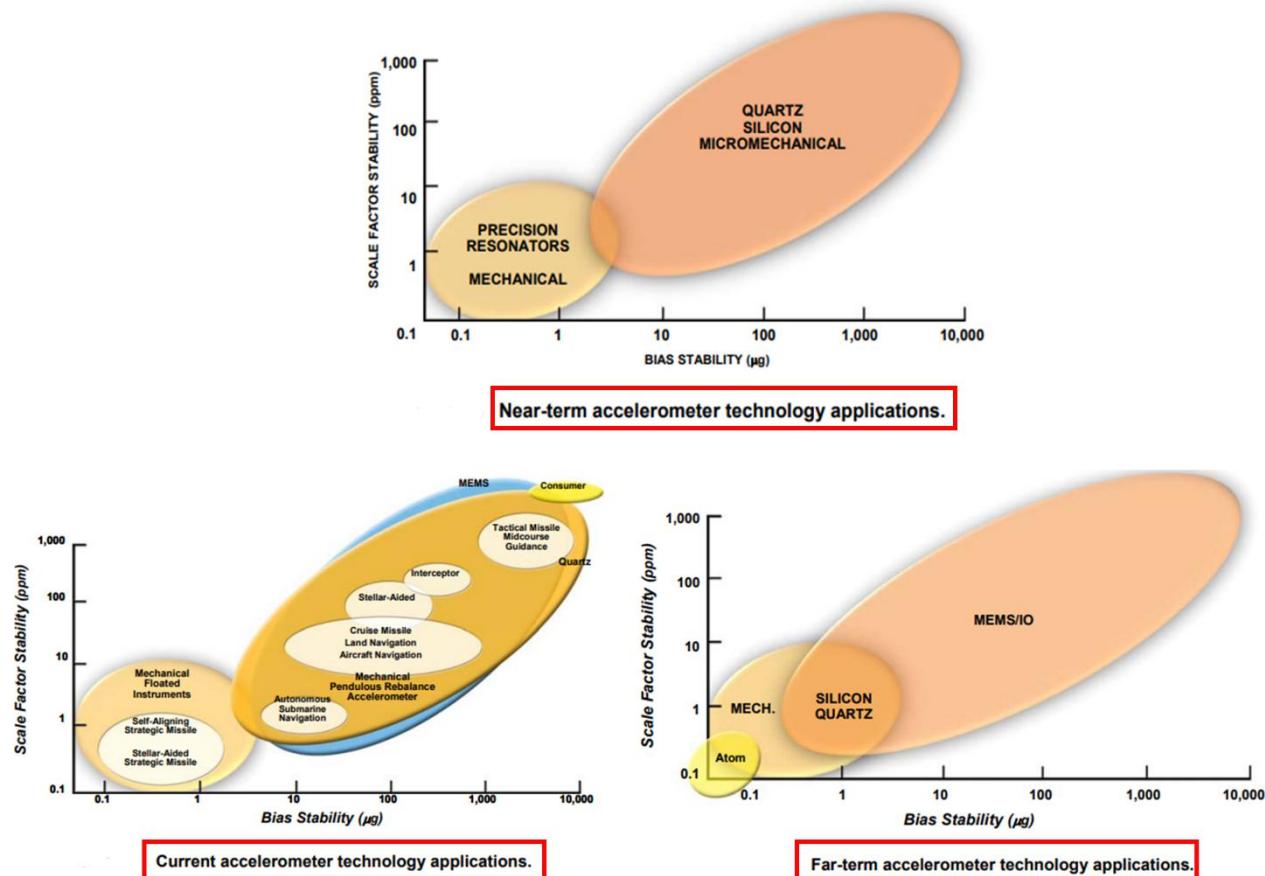
资料来源：麦姆斯咨询《综述：新型微加速度计研究进展》，山西证券研究所

目前 MEMS 加速度计已经是主流加速度计产品之一，随着技术持续升级，MEMS/集成光学微加速度计的市场份额还将继续扩大。根据不同的精度范围，加速度计可以划分为消费级、战术级、导航级、战略级四大类：①机械摆式加速度计及高精度石英谐振加速度计按照性能主



要归类为战略级和导航级，主要应用于航天、航海陆地巡航等领域；②MEMS 加速度计和石英加速度计主要属于战术级和导航级加速度计，主要用于航空、长航时无人系统及高端工业领域。目前 MEMS 加速度计已经是主流加速度计产品之一，并且其精度范围及应用场景与石英加速度计重合度较高。未来，MEMS/集成光学微机械陀螺仪有望主导绝大部分市场，伴随原子加速度计等新技术涌现，传统的机械摆式加速度计市场份额将被进一步压缩。

图 20：MEMS 加速度计将逐步占据机械摆式加速计现有市场份额



资料来源：INS/GPS Technology Trends，山西证券研究所

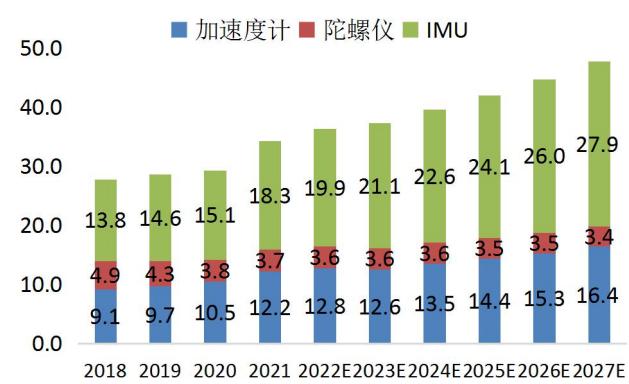
2.3 MEMS 惯性传感器市场空间广阔，自动驾驶等新技术将成为重要驱动

全球 MEMS 惯性传感器市场规模有望于 2027 年达到 50 亿美元，2018-2027 年复合增长率为 6.39%。根据 Yole Intelligence Intelligence 的统计，全球 MEMS 惯性传感器的市场规模从 2018 年的 28.31 亿美元、31.21 亿颗增长至 2021 年的 35.09 亿美元、39.39 亿颗，预计该市场将于 2027 年增长至 49.43 亿美元、60.60 亿颗，2018-2027 年销售额及销售量的复合增长率分



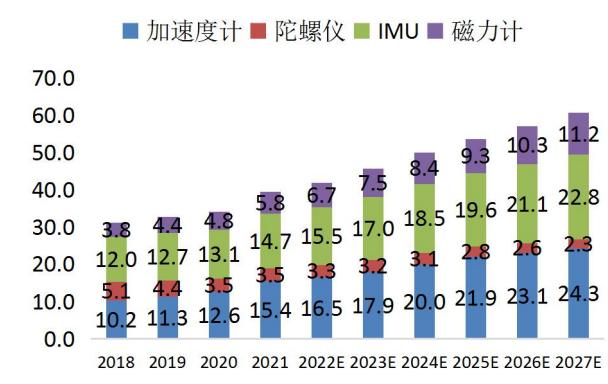
别为 6.39% 和 7.65%。拆分来看，IMU 是主要的 MEMS 惯性传感器产品，2021 年 IMU、加速度计、陀螺仪、磁力计的占比分别为 52.15%、34.74%、10.66%、2.45%，预计未来 IMU 的优势地位还将继续维持：①2021 年全球 MEMS IMU 的市场规模增长至 18.30 亿美元，预计到 2027 年将增长至 27.92 亿美元，2018-2027 年的复合增长率为 8.15%；②2021 年全球 MEMS 加速度计的市场规模增长至 12.19 亿美元，预计到 2027 年将增长至 16.41 亿美元，2018-2027 年的复合增长率为 6.72%；③2021 年全球 MEMS 陀螺仪的市场规模为 3.74 亿美元，预计到 2027 年将回落至 3.41 亿美元；④由于磁力计市场规模相对较小，故数据未列入市场结构图中。

图 21：全球 MEMS 惯性传感器市场结构（亿美元）



资料来源：Yole Intelligence，明皵传感招股书，山西证券研究所

图 22：全球 MEMS 惯性传感器市场结构（亿颗）



资料来源：Yole Intelligence，明皵传感招股书，山西证券研究所

中国 MEMS 惯性传感器市场规模有望于 2027 年超过 125 亿元，2018-2027 年复合增速为 11.90%，快于全球复合增速 6.39%。根据芯谋研究数据，中国 MEMS 惯性传感器的市场规模从 2018 年的 45.7 亿元增长至 2022 年的 77.4 亿元，预计该市场将于 2027 年增长至 125.7 亿元，2018-2027 年复合增长率 11.90%。拆分来看，IMU 是主要的 MEMS 惯性传感器产品，2022 年 IMU、加速度计、陀螺仪的占比分别为 55.7%、34.2%、10.1%，预计未来 IMU 的优势地位还将进一步扩大：①2022 年中国 MEMS IMU 的市场规模增长至 43.1 亿元，预计到 2027 年将增长至 75.5 亿元，2018-2027 年的复合增长率为 14.3%；②2022 年中国 MEMS 加速度计的市场规模增长 26.5 亿元，预计到 2027 年将增长至 41.1 亿元，2018-2027 年的复合增长率为 11.9%；③2021 年中国 MEMS 陀螺仪的市场规模增长至 7.8 亿元，预计到 2027 年将增长至 9.1 亿元，2018-2027 年的复合增长率为 1.4%。

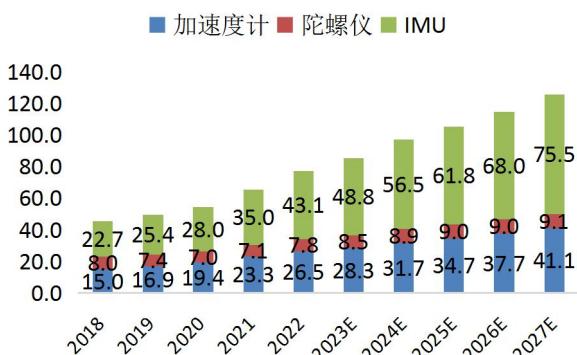


图 23：中国民用 MEMS 惯性传感器市场规模（亿元，%）



资料来源：芯谋研究《中国 MEMS 惯性传感器市场分析》，山西证券研究所

图 24：中国民用 MEMS 惯性传感器市场拆分（亿元）



资料来源：芯谋研究《中国 MEMS 惯性传感器市场分析》，山西证券研究所

从总量来看，自动驾驶、机器人等新技术、新应用有望驱动 MEMS 惯性传感器市场规模快速增长。根据 Yole Intelligence Intelligence 的统计数据，MEMS 惯性传感器主要应用于消费电子及汽车电子领域，2021 年销售量分别为 32.76、6.57 亿颗，销售量占比分别为 83.16% 和 16.68%；预计 2027 年销售量分别为 51.81、8.61 亿颗，销售量占比分别为 85.50% 和 14.21%；2021-2027 年销售量复合增长率分别为 7.94%、4.61%。具体而言：①在消费电子领域，MEMS 惯性传感器已广泛应用于智能手机、智能手表、智能手环、TWS 耳机、平板电脑、笔记本电脑等产品中用于实现屏幕旋转、抬腕亮屏、敲击操作等功能，除现有应用场景稳健增长以外，未来 AR、VR 等新产品放量有望成为新的增长点。②在物联网领域，MEMS 惯性传感器主要通过感知、敲击等方式实现人机交互和机器间的交互，随着智能化水平不断提升以及物联网渗透率持续加大，MEMS 惯性传感器的市场空间还将进一步扩大。③在汽车电子领域，MEMS 惯性传感器在安全气囊、侧翻检测、车辆导航等方面的应用已经较为成熟，根据博世的统计，一辆汽车中有超过 50 颗 MEMS 传感器芯片，其中压力传感器 20 颗、加速度计 23 颗、陀螺仪 4 颗。未来，自动驾驶等新技术的推进需要汽车智能度的进一步提升，MEMS 惯性传感器作为自动驾驶汽车定位的关键元件之一，将随汽车智能化的提升而快速发展。除此以外，考虑到人形机器人与智能汽车之间的技术同源性，未来人形机器人商业化也将为 MEMS 惯性传感器创造新的市场空间。

表 6：MEMS 惯性传感器主要应用场景及功能实现

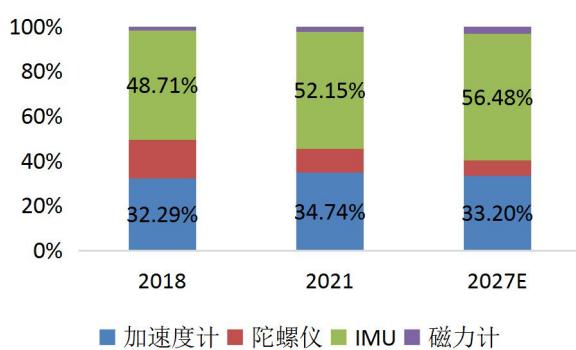
应用领域	具体场景	功能实现
消费电子	智能手机	MEMS 加速度计已成为大部分手机的标准配置，主要用于实现屏幕旋转、抬起亮屏、甩动切歌、翻转静音、科学计步、敲击截屏等功能；部分高端机型配备 IMU，可以实现 GPS 无信号或信号弱时的惯性导航，并可增强游戏体验、交互能力及实现相机防抖
	智能穿戴	在智能手表、手环中可实现计步、抬腕亮屏功能，并可检测跌倒动作并触发警报；在 TWS 耳机中可用于双击操作、佩戴检测等
	平板/笔记本电脑	屏幕旋转、敲击检测、抬起亮屏等
物联网	智能家居	通过感知敲击等行为，实现人机交互和机器间的交互
	智慧畜牧	主要应用于动物定位器、耳标、脚环等设备中，可以得到动物活动轨迹和运动量，实现智能养殖，提高产量和品质
汽车电子	功能安全类	碰撞感测发射安全气囊、侧翻检测、车辆导航系统
	非功能安全类	防盗系统、智能钥匙、T-BOX、行车记录仪

资料来源：明皝传感招股书，山西证券研究所

从结构来看，目前 IMU 是 MEMS 惯性传感器的主流产品，基于高集成度优势，IMU 的份额有望进一步提升。从 MEMS 惯性传感器的市场结构来看，IMU 占比将持续增大（全球占比由 2021 年的 52.15% 增至 2027 年的 56.48%；中国占比由 2021 年的 53.52% 增至 2027 年的 60.06%），陀螺仪和加速度计的占比逐步缩小（陀螺仪全球占比由 2021 年的 10.66% 降至 2027 年的 6.90%，中国占比由 2021 年的 10.86% 降至 2027 年的 7.24%；加速度计全球占比由 2021 年的 34.74% 降至 2027 年的 33.20%，中国占比由 2021 年的 35.63% 降至 2027 年的 32.70%），主要原因系独立的 MEMS 陀螺仪在高端消费电子和汽车电子市场中逐渐被 IMU 所替代：①在消费电子领域，单个 IMU 配备辅助 SPI 接口可以实现手机定位算法功能，替代了过去采用加速度计与磁力计结合实现的应用，一定程度上会限制加速度计的增长。②在汽车电子领域，由于 IMU 集成了多种 MEMS 惯性传感器的功能，且在功耗、尺寸和信号处理上更有优势，将被更多地用于主动转向、翻滚检测、ESC 以保障 ADAS/AV 高度自动化和完全自动化驾驶，从而对独立的 MEMS 惯性传感器进行替代。

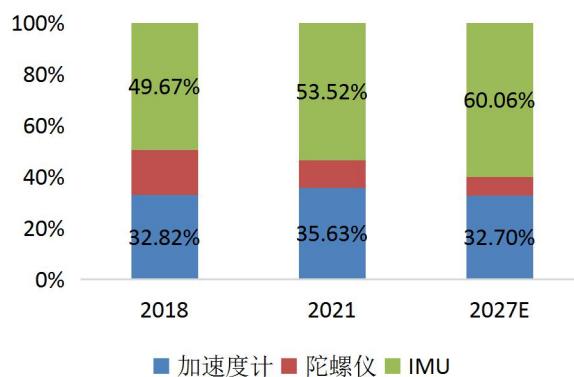


图 25：全球 MEMS 惯性传感器市场结构（%）



资料来源：Yole Intelligence，明皜传感招股书，山西证券研究所

图 26：中国 MEMS 惯性传感器市场结构（%）



资料来源：芯谋研究《中国 MEMS 惯性传感器市场分析》，山西证券研究所

2.4 MEMS 高性能惯性传感器仍被进口品牌垄断，国产替代空间巨大

全球 MEMS 惯性传感器市场集中度较高，博世、TDK、意法半导体、ADI、Honeywell 等国际巨头占据主导地位。MEMS 产业是典型的技术、资金及智力密集型行业，技术、资金和人才等壁垒较高，从全球竞争格局来看，目前少数国际巨头企业占据市场主导地位，市场集中度较高。根据 Yole Intelligence 的统计数据，2021 年度 MEMS 惯性传感器市场仍由国际大厂主要占据，MEMS 加速度计、MEMS 陀螺仪、IMU 市场的前五大厂商均为国际大厂，包括博世、TDK、意法半导体、ADI、Honeywell 等，CR5 分别为 84%、83%、88%。得益于国内智能手机、智能穿戴、物联网及汽车电子市场的快速发展和对传感器日益提升的需求，国内的 MEMS 惯性传感器公司也得到了快速的发展，目前主要的国内市场参与者包括上海矽睿、美新半导体、士兰微等公司。但由于国内的 MEMS 惯性传感器行业起步较晚，整体的销售规模相比国外龙头企业仍有较大差距。

表 7：2021 年惯性传感器全球前五大厂商及其市占率

序号	MEMS 加速度计		MEMS 陀螺仪		IMU	
	厂商	市占率 (%)	厂商	市占率 (%)	厂商	市占率 (%)
1	ROBERT BOSCH	32%	TDK	24%	ROBERT BOSCH	35%
2	ST	21%	ADI	18%	ST	20%
3	MURATA	13%	HONEYWELL	19%	TDK	20%
4	NXP	11%	ROBERT BOSCH	12%	HONEYWELL	6%
5	ADI	7%	ST	10%	ADI	7%

序号	MEMS 加速度计		MEMS 陀螺仪		IMU	
总计	-	84%	-	83%	-	88%

资料来源：Yole Intelligenc, 明皜传感招股书，山西证券研究所

中国 MEMS 惯性传感器市场份额主要被博世、ST、TDK 等巨头占据，但国产厂商的竞争力也在持续提升。①国内 MEMS 加速度计市场份额主要被国际厂商占据，2022 年中国 MEMS 加速度计市场排名前三的厂商为博世、意法半导体和 Murata，份额分别为 28%、18% 和 12%。相比国际领先企业，本土企业营收规模小、技术积累少、客户资源少，市场占有率较低，但国产厂商通过加大投入、加强自主创新持续提升市场竞争力。其中，士兰微和美新半导体在本土厂商中份额最大，在中国整体市场中位列第五、第六，占比分别为 9%、7%，其余前五大本土厂商为明皜传感、矽睿科技和敏芯股份，市场份额分别为 4%、1% 和 <1%。②国内 MEMS 陀螺仪市场主要厂商为博世、意法、TDK 等国际巨头，国内企业有深迪半导体、美新半导体、矽睿科技等，但市场较为细分、各厂商销售额较小。③国内 MEMS IMU 市场格局相对集中，国际厂商占据垄断地位，CR3 将近 80%，CR5 超过 90%。其中，博世以 33% 的市场份额排名第一，ST 和 TDK 分别以 25% 和 21% 的市场份额紧随其后。相较于 MEMS 加速度计市场，国内 MEMS IMU 市场的国产厂商更少且市场份额更低：2022 年中国 IMU 市场最大本土厂商为矽睿科技，市场份额占比为 2%；其余厂商如深迪半导体等，市场份额占比均小于 1%。但考虑到国产厂商在本地化服务、供应链整合等方面具有明显的优势，随着 MEMS IMU 在智能化、自动化等领域渗透率不断提升，国产厂商的竞争力有望进一步增强。

表 8：2022 年惯性传感器中国前五大厂商及其市占率

序号	MEMS 加速度计（整体市场）		MEMS 加速度计（本土企业）		IMU	
1	BOSCH	28%	士兰微	9%	BOSCH	33%
2	ST	18%	美新半导体	7%	ST	25%
3	MURATA	12%	明皜传感	4%	TDK	21%
4	NXP	11%	矽睿科技	1%	ADI	7%
5	士兰微	9%	敏芯股份	<1%	HONEYWELL	7%
总计	-	78%	-	22%	-	93%

资料来源：芯谋研究《中国 MEMS 惯性传感器市场分析》，山西证券研究所

就高性能 MEMS 惯性传感器而言，全球核心供应商是 Honeywell、ADI、Northrop Grumman/Litef，CR3 在 50% 以上。根据 Yole Intelligence 统计，2021 年全球高性能 MEMS

惯性传感器市场规模约 7.1 亿美元（按照 2021 年 12 月 31 日 1 美元兑换 6.37 元人民币的汇率换算为 45.23 亿元），占全球高性能惯性传感器市场规模的比例为 22.90%。全球高性能 MEMS 惯性产品市场份额集中在 Honeywell、ADI、Northrop Grumman/Litef 等行业巨头手中，合计占有 50%以上的份额。芯动联科 2021 年惯性传感器销售收入为 1.66 亿元，根据销售额情况测算，公司在全世界高性能 MEMS 惯性传感器市场的占有率不足 5%，与国际巨头相比公司整体规模较小，仍处于快速发展期。

表 9：2021 年全球高性能 MEMS 惯性传感器市场竞争格局

排名	厂商	销售额（亿元）	市占率
1	Honeywell	15.38	34%
2	Analog Devices	5.88	13%
3	Northrop Grumman/Litef	3.62	8%
--	其他公司	20.35	45%
总计		45.23	100%

资料来源：Yole Intelligence, High-End Inertial Sensing 2022, 芯动联科招股书, 山西证券研究所

3. 公司 MEMS 惯性传感核心元件自主可控，产品性能已达行业先进

公司专注于硅基 MEMS 技术路线，是为数不多全面布局惯性传感核心元件产品的国产厂商。根据 High-End Inertial Sensors for Defense, Aerospace and Industrial Applications 2020 列明的全球主要玩家惯性传感产品布局情况，目前全球主要厂商中拥有硅基 MEMS、石英 MEMS、光纤、激光、半球谐振、动力调谐技术的厂商数量分别为 27、5、21、12、5、9 家，硅基 MEMS 已成为惯性传感领域主要的技术路线。国内拥有硅基 MEMS 惯性传感产品的厂商主要有美泰科技、星宇网达、芯动联科，其中美泰科技和芯动联科专攻硅基 MEMS 技术路线，二者的差别在于：①美泰科技更加侧重于后端集成，产品涵盖陀螺仪、惯性测量单元、惯导系统，主要应用于工业级领域；②芯动联科更加侧重于前端元件，产品涵盖加速度计、陀螺仪、惯性测量单元，主要应用于工业级、战术级、导航级领域。

表 10：全球主要玩家惯性传感产品布局

公司	产品类别						技术路线				性能等级				
	加速 度计	陀螺 仪	惯 性 单 元	惯 性 系 统	导 航	硅基 MEMS	石英 MEMS	光 纤	激 光	半 球 谐 振	动 力 调 谐	工 业	战 术	导 航	战 略
 cielo			√	√					√				√	√	
 ANALOG DEVICES	√	√	√		√							√			
 China Aerospace Science & Technology Corporation			√	√	√				√	√		√	√		
 CIVITANAVI SYSTEMS®			√	√	√				√				√	√	
 Eltel Systems				√	√	√							√		
 DAELKPO			√	√	√				√				√	√	
 emcore <small>SYSTON DÖNNER</small>			√	√	√			√	√				√	√	
 MEGITT Endeavor						√	√					√	√		
 SEIKO EPSON			√	√				√				√	√		
 FIBERPRO			√	√					√			√	√		
 Fizoptika			√						√			√	√	√	
 NXP	√				√							√			
 GEM elektronica			√	√	√				√				√	√	
 Qualitron Technologies			√	√	√	√						√	√		
 Honeywell	√	√	√	√	√	√		√	√			√	√	√	√
 IAI			√	√	√	√		√	√				√	√	
 iMAR				√	√			√	√	√			√	√	
 Innolabs	√	√									√	√	√	√	
 IXBLUE			√	√	√			√					√	√	
 JAE				√	√	√		√	√			√	√	√	
 Kearfott	√	√	√					√	√					√	√
 KVH			√	√	√			√				√	√		
 KONGSBERG				√	√					√			√	√	
 L3 Technologies			√	√	√			√	√				√	√	
 LORD MicroStrain				√	√	√						√	√		
 MEMSENSE				√		√						√			
 美泰科技 MTMicrosystems			√	√	√	√						√			
 muRata	√					√						√	√		
 NAVTECH INC			√	√	√	√		√	√			√	√		
 NORTHROP GRUMMAN	√	√	√	√	√	√		√		√	√		√	√	√
 Phidget logic	√					√						√	√		
 Raytheon Anschütz			√	√	√				√	√	√			√	√
 SAFRAN Sagm Colbys	√	√	√	√	√	√		√	√	√	√	√	√	√	√
 SBG			√	√	√	√						√			



公司	产品类别					技术路线					性能等级				
	加速 度计	陀螺 仪	惯 性 单 元	惯 性 系 统	硅基 MEMS	石英 MEMS	光 纤	激 光	半 球 谐 振	动 力 调 谐	工 业	战 术	导 航	战 略	
sensoror			√	√		√					√	√			
SDI	√					√					√	√			
SILICON SENSING	√	√	√		√						√	√			
星网达 StarNeto		√	√	√	√			√	√		√	√	√		
TDK tronics	√	√			√						√				
THALES		√	√	√	√			√		√		√			√
TOKYO KEIKI		√								√	√	√	√		
UTC Aerospace Systems Collins Aerospace	√	√	√		√	√							√		
VICTRONAV				√		√						√			
Yvesens		√	√	√	√					√	√				
芯动联科	√	√	√		√						√	√	√		

资料来源：Yole Intelligence, High-End Inertial Sensors for Defense, Aerospace & Industrial Applications, 芯动联科招股书，山西证券研究所

公司核心研发团队拥有头部公司任职经验，并在行业通用技术的基础上自主研发形成区别于可比公司的专有技术。公司具有强大的研发实力，公司研发人员共有 50 人，占员工总数的比例为 50.00%。其中，核心技术人员为华亚平、张晰泊、顾浩琦 3 人，分别负责 MEMS 芯片、ASIC 芯片及产品测试工作，并且华亚平和顾浩琦 2 人曾在美新半导体（无锡）任职、张晰泊曾在德州仪器半导体技术（上海）有限公司任职，拥有丰富的行业经验和技术实力。基于行业通用技术，公司自主研发形成了 MEMS 芯片结构设计技术、正交误差补偿技术、模态匹配技术、去耦合技术等专有技术，具有独特的技术特征、技术优势、技术内涵。公司将自主研发的专有技术应用于高性能 MEMS 惯性传感器中，经过数次技术迭代，公司主要产品性能已达到行业先进水平。

表 11：MEMS 结构、电路设计、电路技术各公司对比

公司名称及主要产品	MEMS 设计结构	电路设计	主要电路技术	公司专有技术优势
波音（研发暂停）	环结构	分立电路，闭环控制工作模式	正交耦合误差补偿，模态匹配	MEMS 芯片结构：四质量块全解耦音叉结构具备四质量块结构的优点，同时有效抑制振动对驱动模态的影响，充分考虑产品易量产性和环境适
Honeywell（在研项目）	双质量块音叉	分立电路，开环控制工作模式	正交误差补偿	

公司名称及主要产品	MEMS 设计结构	电路设计	主要电路技术	公司专有技术优势
Honeywell (HG4930)	双质量块音叉	分立电路, 开环控制工作模式	正交误差补偿	应性。 电路设计: 采用闭环检测技术提升零偏稳定性,并通过标度因数自补偿技术提高闭环检测模式下标度因数的重复性。
诺格 (在研)	四质量音叉结构	在研发中, 电路设计情况未知	正交误差补偿, 模态匹配, 自校准	去耦合: 通过驱动和检测的精准时分工作,一定程度上降低 MEMS 芯片结构设计、封装引入的驱动和检测的耦合。
ADI (ADIS16547)	四质量音叉结构	ASIC 电路, 开环控制工作模式	正交误差补偿	模态匹配: 采用基于导频信号的实时模态匹配环路进行模态匹配, 环境适应能力强。
Sensornor (STIM210)	蝶型结构	ASIC 电路, 闭环控制工作模式	正交误差补偿, 模态匹配	正交误差补偿: 四质量块可实现分区控制
Silicon Sensing (CRH03-010)	环形结构	分立电路, 闭环控制工作模式	正交误差补偿, 模态匹配	抗高过载: 根据仿真和实验结果, 结合弹性阻挡结构, 以及闭环反馈结构, 设置不同阻挡间隙/尺寸
芯动联科 (MEMS 陀螺仪)	四质量全解耦音叉结构	ASIC 电路, 闭环控制工作模式	正交误差补偿, 模态匹配, 标度因数自补偿, 标度因数自校准, 去耦合	

资料来源：芯动联科 8-2 会计师审核问询函回复意见(2022 年年度数据更新版), 山西证券研究所

MEMS 陀螺仪方面, 公司 33 系列产品主要性能指标已处于国际先进水平。陀螺仪 33 系列是公司目前性能较高的一款产品, 通过与 Honeywell、Silicon Sensing、Sensornor 已量产性能最优的产品比较可知:①在零偏稳定性方面, 陀螺仪 33 系列的指标优于 Honeywell 的 HG4930 系列陀螺仪以及 Sensornor 的 STIM210 陀螺仪, 与 Silicon Sensing 的 CRH03 系列陀螺仪接近;②在角度随机游走方面, 陀螺仪 33 系列的指标优于 Sensornor 的 STIM210 陀螺仪, 与 Honeywell 的 HG4930 系列陀螺仪接近, 较 Silicon Sensing 的 CRH03 系列陀螺仪还有一定差距; ③在标度因数精度方面, 陀螺仪 33 系列的指标优于 Silicon Sensing 的 CRH03 系列陀螺仪以及 Sensornor 的 STIM210 陀螺仪。

表 12: MEMS 陀螺仪各主要厂家性能指标对比

性能指标	Honeywell (HG4930)	Silicon Sensing (CRH03)	Sensornor (STIM210)	芯动联科 (陀螺仪 33 系列)	指标说明	技术水平
零偏稳定性 (° /h)	0.25	0.03~0.10	0.3	≤0.1	零偏稳定性指标越小, 自主导航时间越长	国际先进
角度随机游走 (° / √h)	0.04	0.005~0.010	0.15	≤0.05	反映角速率信号中白噪声的特性, 姿态	国际先进



性能指标	Honeywell (HG4930)	Silicon Sensing (CRH03)	Sensoror (STIM210)	芯动联科 (陀螺仪 33 系列)	指标说明	技术水平
					控制系统精度的主要误差源	
标度因数精度 (ppm)	--	200	500	≤100	动态输入下衡量陀螺测量是否准确, 数值越小测量精度越高	国际先进

资料来源：芯动联科招股书，Silicon Sensing 官网，山西证券研究所

注：CRH03 系列含 5 款产品，分别为 CRH03-010、CRH03-025、CRH03-100、CRH03-200、CRH03-400。

MEMS 加速度计方面，公司 35 系列产品主要性能指标也处于国际先进水平。加速度计 35 系列为公司目前主要量产的 MEMS 加速度计系列产品，通过与 Honeywell、Colibrys、美泰科技、ADI 主要量产的产品比较可知：①在零偏稳定性方面，加速度计 35 系列的指标优于 Honeywell 的 HG4930 系列加速计、Colibrys 的 MS1030 系列加速计、美泰科技 8000D 系列加速计，与 ADI 的 ADXL357 系列产品较为接近；②在线速度随机游走和标度因数精度方面，加速度计 35 系列的指标优于 Honeywell 的 HG4930 系列、Colibrys 的 MS1030 系列、美泰科技 8000D 系列以及 ADI 的 ADXL357 系列。

表 13：MEMS 加速计各主要厂家性能指标对比

性能指标	Honeywell (HG4930)	Colibrys (MS1030)	美泰科技 (8000D)	ADI (ADXL357)	芯动联科 (加速度计 35 系 列)	指标说明	技术水平
零偏稳定 性 (μg)	25	30	≤100	10	≤20	零偏稳定性指 标越小, 自主导 航时间越长	国际先进
线速度随 机 游走 ($\mu\text{g}/\text{hz}$)	30	100	50	110	≤30	反映加速度信 号中白噪声的 特性, 姿态控制 系统精度的主 要误差源	国际先进
标度因数 精度(ppm)	500	2000	3000	13000	≤500	动态输入下衡 量加速度计测 量是否准确, 数 值越小测量精 度越高	国际先进



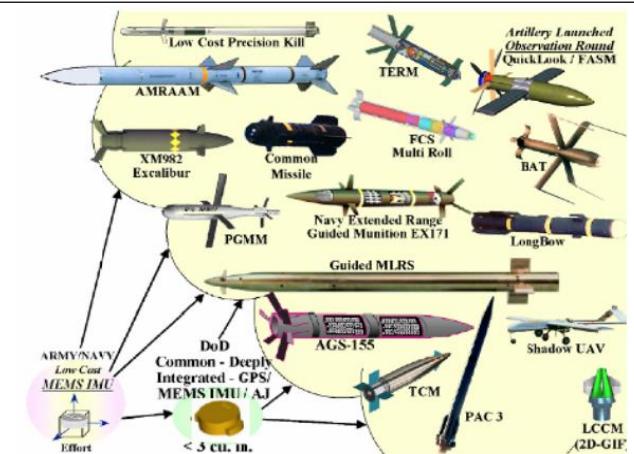
资料来源：芯动联科招股书，山西证券研究所

4. 公司深耕高可靠及高端工业市场，并快速拓展新兴应用领域

4.1 高可靠领域：持续替代激光、光纤产品，提升 MEMS 产品渗透率

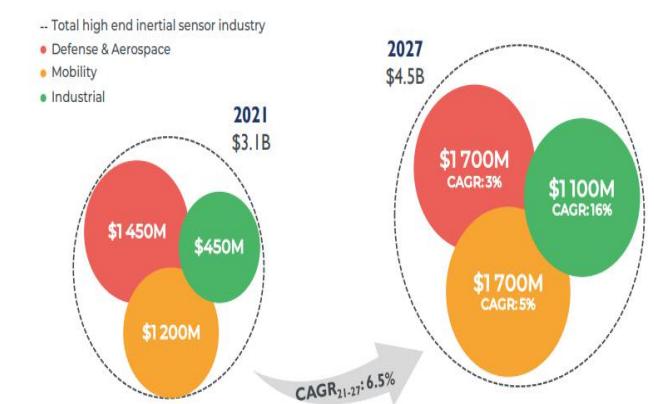
高可靠领域是高性能惯性传感器的主要应用领域，预计到 2027 年全球市场规模将达到 34 亿美元，其中 MEMS 产品市场规模 10.2 亿美元。Yole Intelligence 报告显示，高性能惯性传感器主要应用于国防军事、商业航天、商业航海、高端工业四大领域，考虑到国防军事、航天、航海对于惯性传感器的精度均有较高要求，故合并称为高可靠领域。目前，高可靠领域已成为高性能惯性传感器的主要应用领域：2021 年全球高性能惯性传感器市场规模为 31 亿美元，其中高可靠领域市场规模 26.5 亿美元（国防军事 14.5 亿美元，航天和航海合计 12.0 亿美元）；预计到 2027 年全球高性能惯性传感器市场规模将达到 45 亿美元，其中高可靠领域市场规模 34 亿美元（国防军事 17 亿美元，航天和航海合计 17 亿美元）。2021-2027 全球高性能惯性传感器市场规模 CAGR 为 6.41%，高可靠领域市场规模 CAGR 为 4.24%。假定 2027 年全球高性能 MEMS 惯性传感器占高性能惯性传感器整体市场规模的比例提升至 30%，则可估算全球 MEMS 高性能惯性传感器市场规模为 13.5 亿美元，其中高可靠领域市场规模 10.2 亿美元。

图 27：MEMS 高性能惯性传感器在高可靠领域应用广泛



资料来源：《高性能 MEMS 惯性器件工程化关键技术研究》，山西证券研究所

图 28：2021-2027 高可靠领域全球高性能惯性传感器市场空间预测



资料来源：Yole Intelligence，High-End Inertial Sensors 2022，山西证券研究所

伴随精度不断提升，MEMS 惯性传感器切入高可靠领域并逐步替代激光、光纤产品。

MEMS 惯性传感器具有小型化、高集成、低成本的优势，随着其精度的提升，MEMS 惯性传感器逐步适用于对精度要求较高的高可靠领域。MEMS 产品用于高可靠领域的核心壁垒是：①需要根据产品最终应用领域设计、生产出对应性能的产品，如平台稳定需要超低噪声和高带宽处理技术做支撑，复杂环境导航需要抗高过载和温度补偿技术做支撑等；②需要在保证 MEMS 惯性传感器高性能的同时，从系统级角度保证产品工程化、可测性及环境适应性。相较于激光、光纤产品，MEMS 产品的成本更低、体积更小、可靠性更高且更易于批量化生产，对于发展卫星互联网等市场具有重要意义。以陀螺仪为例，随着高性能 MEMS 陀螺仪精度提升，其在部分战术级应用场景已经可以替代两光陀螺，并逐渐渗透至导航级应用场景。

表 14：MEMS 陀螺仪与激光/光纤陀螺仪对比

类型	优势	劣势	应用场景	市场竞争情况
MEMS 陀螺仪	低成本，小体积，高可靠，易量产	精度接近中低精度两光陀螺	主要应用场景以及客户群体面向于消费领域、汽车、无人系统、高端工业、高可靠等；高性能 MEMS 陀螺仪主要面向无人系统、高端工业、高可靠等	消费类、汽车、高端工业、无人系统、高可靠等领域中对精度要求较低的应用场景主要应用 MEMS 陀螺仪，无人系统、高端工业、高可靠等领域中对精度要求较高的应用场景，主要应用两光陀螺，但目前随着高性能 MEMS 陀螺仪精度提升，其在部分战术级应用场景已经可以替代两光陀螺，并逐渐渗透至导航级应用场景
激光陀螺仪/光纤陀螺仪	超高精度	体积大，成本高，功耗大，难量产	主要应用场景以及客户群体面向于无人系统、高可靠等，部分光纤陀螺仪也用于高端工业领域	

资料来源：芯动联科招股书，山西证券研究所

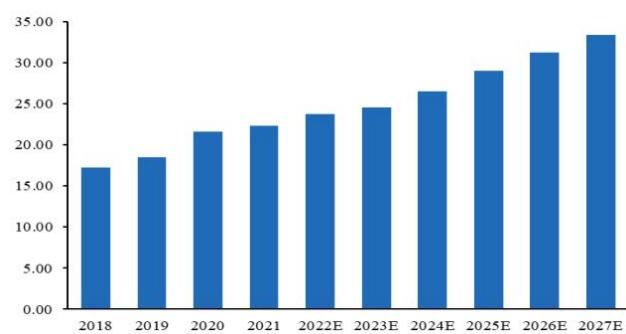
通过与行业资源较为丰富的经销商合作，公司已经将产品顺利导入部分大型央企集团及科研院所。公司下游客户为惯性模组和系统厂商，考虑到惯性系统对应的产品技术路线确定和产品导入完成后，一般不会轻易更换作为组件的 MEMS 惯性传感器，因此惯性系统厂商对作为组件、模组的供应商和产品的选择较为谨慎，同时也需要较长的测试验证周期。因此，公司通过阿尔福等经销商将产品导入大型央企和科研院所等终端客户用于其集成模组、系统和配套设备并最终用于高可靠等领域。公司产品已导入央企集团甲、央企集团乙、央企集团丙等单位下属科研院所，且部分单位项目已进入量产应用阶段。



4.2 高端工业领域：持续提升产品性能，不断拓宽产品应用范围

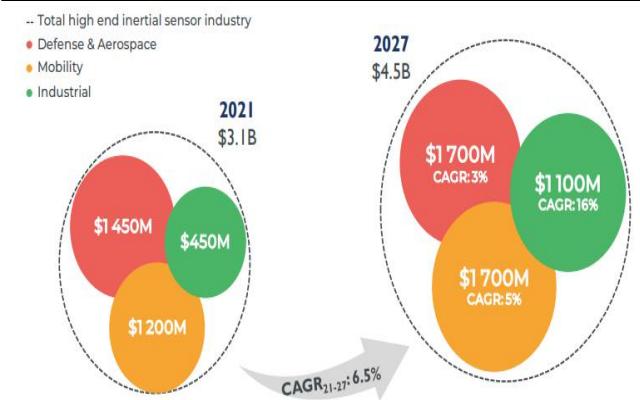
高端工业是高性能惯性传感器的另一重要应用领域，预计到 2027 年全球市场规模将达到 11 亿美元，其中 MEMS 产品市场规模 3.3 亿美元。MEMS 产品在高端工业领域应用较广，市场较大：根据 Yole Intelligence 发布的 Status of MEMS Industry 2022，2021 年全球高端工业领域中 MEMS 产品的市场规模为 22.34 亿美元，预计到 2027 年全球高端工业领域中 MEMS 产品的市场规模将达 33.40 亿美元，2021-2027 年复合增长率为 7.00%。就高性能 MEMS 惯性传感器而言，高端工业也是其主要应用领域之一，并且中短期增速较快：2021 年全球高性能惯性传感器市场规模为 31 亿美元，其中高端工业领域市场规模 4.50 亿美元；预计到 2027 年全球高性能惯性传感器市场规模将达到 45 亿美元，其中高端工业领域市场规模 11 亿美元。2021-2027 全球高性能惯性传感器市场规模 CAGR 为 6.41%，高端工业领域市场规模 CAGR 为 16.06%。假定 2027 年全球高性能 MEMS 惯性传感器占高性能惯性传感器整体市场规模的比例提升至 30%，则可估算全球 MEMS 高性能惯性传感器市场规模为 13.5 亿美元，其中高端工业领域市场规模 3.3 亿美元。

图 29：MEMS 产品在高端工业领域的市场规模及预测（亿美元）



资料来源：Yole Intelligence，Status of the MEMS Industry 2022，芯动联科招股书，山西证券研究所

图 30：2021-2027 高端工业领域全球高性能惯性传感器市场空间预测



资料来源：Yole Intelligence，High-End Inertial Sensors 2022，山西证券研究所

在高端工业领域，公司是国内少数可以满足高端工业客户对于 MEMS 惯性传感器精度要求的厂商，竞争力较强。MEMS 产品用于高端工业领域的核心壁垒在于产品在复杂、多变的环境中持续保持高精度感知和传递外部环境变化，其中，MEMS 产品长时间在高温及高振动

的外部环节中保持有效工作成为衡量行业内公司技术先进性的重要依据，已成为 MEMS 产品进入高端工业领域的核心壁垒。目前，MEMS 产品已经在资源勘探、压力传感等多个场景进行了应用，并且世界知名机构的产品在高端工业领域具有相对优势，而公司是为数不多可以满足高端工业客户对于 MEMS 惯性传感器精度要求的厂商之一。

公司已开发多个高端工业领域客户，并顺利拓展产品品类和应用范围。2019-2022H1，公司高端领域客户数量由 12 家增至 23 家，包括北京星网宇达、陕西瑞特测控、陕西华燕航空仪表、陕西航天长城测控、陕西新荣佳业、武汉利科夫等，其中收入贡献较大的客户是西安北斗测控（2019-2022H1 收入贡献分别为 17.89 万元、973.82 万元、1514.94 万元和 334.38 万元），其采购公司产品主要用于资源勘探领域的国有企业及科研院所销售，采购需求较大且相对稳定。除开发新客户以外，一方面公司积极挖掘原有高可靠领域客户在高端工业领域的需求，如代表性客户阿尔福、西安凌凯电子、北京云燕长空科技采购公司产品分别用于管道监测、石油探测、煤炭勘测等具体应用场景；另一方面公司积极与部分企业在压力传感器领域开展深入合作，公司的集成谐振式 MEMS 绝对压力传感器具有体积小、数字输出、系统简单等独特优点，可应用于气象监测、压力控制器、大气数据计算机等领域。

表 15：公司与部分客户在压力传感器领域合作情况及进展

客户名称		客户介绍	合作阶段	预计规模化收入时间及收入金额预测
客户 1	已发展成以传感器技术、仪表技术、电子技术、网络技术为基础，以传感器与仪表设计制造为特色的现代新型高科技企业	测试评估	预计 2024 年，收入金额千万元左右	
客户 2	已发展飞机大气数据系统、飞机集成数据系统、仪表及传感器、无线数据传输系统研发与制造的航空机载设备骨干企业	测试评估	预计 2024 年，收入金额百万元左右	
客户 3	致力于为船舶、高校、科研院所提供光纤测试、应变测试、冲击爆炸测试、超高速测温、传感器定制、硅压阻压力测试及与其相关的产品和技术工程服务	测试评估	预计 2024 年，收入金额百万元左右	
终端客户 1	主要从事惯性仪表、惯性系统工作、是集研究、设计、试验和生产于一体的导航与控制系统专业单机构	测试评估	预计 2024 年，收入金额百万元左右	

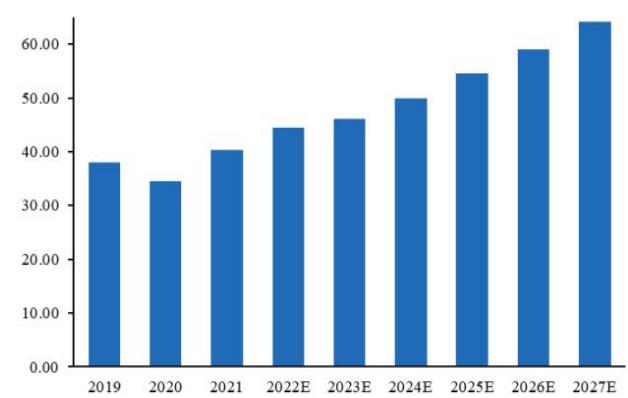
资料来源：芯动联科 8-1 发行人及保荐机构关于第二轮审核问询函的回复意见(2022 年年度数据更新版)，山西证券研究所

4.3 无人系统领域：自动驾驶积极拓展，人形机器人蓄势待发

无人系统领域对于 MEMS 惯性传感器精度的要求相对较低，预期无人系统智能化水平不

断提升将为高性能 MEMS 惯性传感器带来新的机遇。MEMS 产品在无人系统领域有广泛的应用场景及广阔的市场空间：根据 Yole Intelligence 数据，2021 年全球无人系统领域中 MEMS 产品的市场规模为 40.26 亿美元，预计到 2027 年达到 64.21 亿美元，2021-2027 年复合增长率为 8.09%。就其具体应用而言，又可进一步划分为国防用、工业用、安防用、医用、交通用、商业用、消费用等无人产品。除国防用无人产品及部分高端工业用无人产品外，其余行业的无人产品对于 MEMS 惯性传感器精度的要求相对较低并且非常注重性价比，一定程度上限制了高性能 MEMS 惯性传感器在上述领域的拓展。考虑到目前各行各业的智能化水平持续提升，市场对于无人产品的工作效果及工作稳定性提出了更高要求，或将为高性能 MEMS 惯性传感器带来新的机遇。当前阶段，公司在无人系统领域拓展的重点是汽车自动驾驶，考虑到人形机器人在姿态稳定及定位导航方面的需求与汽车自动驾驶相似，后续也有可能会拓展人形机器人领域。

图 31：MEMS 产品在无人系统领域的市场规模及预测（亿美元）



资料来源：Yole Intelligence，Status of the MEMS Industry 2022，High-End Inertial Sensing 2022，芯动联科招股书，山西证券研究所

图 32：无人领域应用情况拆分



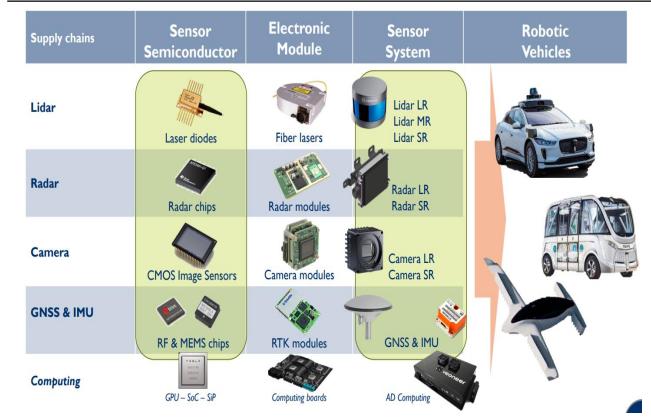
资料来源：Yole Intelligence，Sensors for Robotic Mobility 2020，山西证券研究所

在汽车自动驾驶领域，公司主要产品为惯性测量单元（IMU），该产品是汽车中市场需求仅次于激光雷达（Lidar）的重要传感器部件，预计 2024 年汽车领域 IMU 市场需求达到 2.3 亿美元。Lidar、Radar、Camera、GNSS、IMU 等是汽车中主要的传感器部件。其中，惯性测量单元（IMU）通常由 1 个三轴陀螺仪和 1 个三轴加速度计构成，分别测量三个自由度的角速率和线加速度，主要用于自主测量和反馈物体运动速度和角度的变化。通过与卫星等其他导控



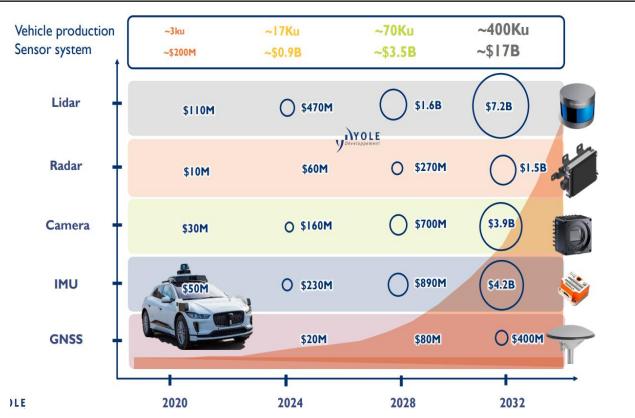
模块结合，惯性测量单元（IMU）最终可用于惯性导航系统、组合惯性系统等，经下游应用端客户集成在相关设备中发挥惯性导航、惯性测量和惯性稳控的作用。目前惯性测量单元（IMU）已成为汽车中市场需求仅次于激光雷达（Lidar）的重要传感器部件，伴随自动驾驶渗透率持续提升以及自动驾驶水平不断优化，汽车中惯性测量单元（IMU）的市场需求还将保持较快增长：2020 年 IMU 的市场需求为 5000 万美元，预计 2024 年达到 2.3 亿美元，2032 年达到 42 亿美元。

图 33：汽车主要的传感器部件



资料来源：Yole Intelligence，Sensors for Robotic Mobility 2020，山西证券研究所

图 34：汽车传感器部件需求量及预测



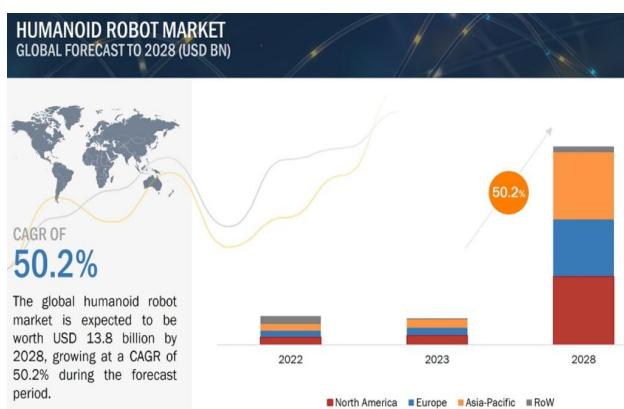
资料来源：Yole Intelligence，Sensors for Robotic Mobility 2020，山西证券研究所

在人形机器人领域，公司的惯性测量单元（IMU）也有较大的应用空间，该产品主要用于姿态稳定和航位推算，预计 2035 年全球人形机器人用 IMU 市场规模将达到 34.34 亿美元。特斯拉 Optimus 人形机器人惊艳亮相之后，市场对于人形机器人市场空间的预期也逐步趋于乐观：①Research Dive Analysis 于 2023 年 5 月发布的报告显示，2021 年全球人形机器人市场规模为 3.08 亿美元，预计到 2031 年达到 6.10 亿美元；②Markets and Markets 于 2023 年 7 月发布的报告显示，全球人形机器人市场规模将从 2023 年的 18 亿美元增长至 2028 年的 138 亿美元；③近期国际投资银行高盛预测，到 2035 年全球人形机器人市场规模有望达到 1540 亿美元。据全球数字贸易博览会相关新闻，特斯拉机器人售价约为 2 万美元，按照高盛的预测数据进行推算销售量为 770 万台。惯性测量单元（IMU）是人形机器人的重要组成部件之一，主要作用是航位推算、姿态和航向参考、惯性导航、维持机器人稳定。目前，人形机器人解决方案尚在持续改进和优化之中，关于 IMU 的使用数量及放置位置仍未有定论，“Multi-IMU Proprioceptive State Estimator for Humanoid Robots”一文研究发现，在人形机器人身体结构中放入 5 个 IMU



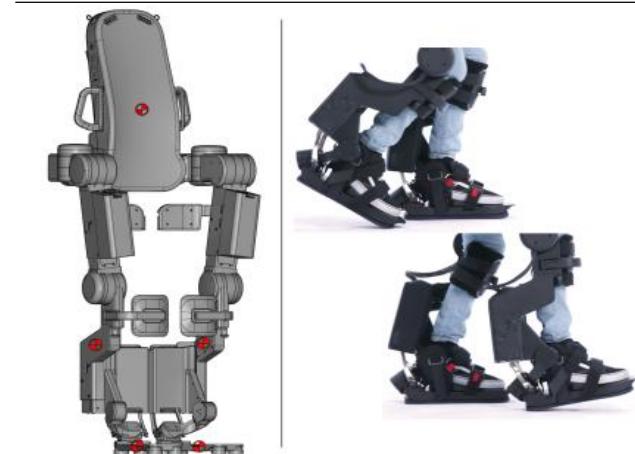
(放置位置如图 36 所示)能够改进运动学模型, 比单个 IMU 性能更好, 所获得的轨迹估计更为精确, 并且可以构建相对于地面实况几乎没有失真的高程图, 故假定人形机器人合理的 IMU 使用数量为 5 个。以 ADIS16IMU4/PCBZ 的价格 89.20 美元/个为参考, 则可计算得到 2035 年全球人形机器人用 IMU 市场规模为 34.34 亿美元。

图 35: 全球人形机器人市场空间预测



资料来源: Markets and Markets, Humanoid robot market by component, motion type, application and region, 山西证券研究所

图 36: 5 个 IMU 或为比较好的姿态解决方案之一



资料来源: Multi-IMU Proprioceptive State Estimator for Humanoid Robots, 山西证券研究所

目前公司在汽车自动驾驶领域拓展较快, 人形机器人领域蓄势待发。在汽车自动驾驶领域, 公司在积极推进辅助驾驶、自动驾驶领域应用的市场拓展, 积极向各主机厂及一级供应商送样 IMU 产品, 以及推进车用 IMU 的研发迭代。在人形机器人领域, 目前或主要由公司下游的模组客户来提供相应的产品, 公司目前没有与人形机器人厂家直接签署合同。

表 16: 公司与部分汽车自动驾驶合作情况及进展

客户名称	客户介绍	公司产品介绍	公司产品在客户产品中的作用	合作阶段	预计规模化收入时间及收入金额预测
合作客户 4	知名智能电动汽车厂商	主要产品微惯性测量组合为通用化、微型化惯性组件, 满足汽车功能安全要求。包含三轴陀螺和三轴加速度计信息。通过对每个轴的零偏和标度进行温度补偿, 同时	IMU 系统内部采用了多传感器冗余措施, 可以及时进行 IMU 故障诊断处理, 可以为汽车功能安全提供支撑。同时 IMU 可以在卫星失锁及里程计辅助下, 实现车辆	目前项目正在 A 样件交付过程中。项目预计在 2023 年完成 MP 样件 (B 样件) 交付, 2024 年 3	2024 年量产, 主要两个品牌年用量在 10 万套以上, 预计 2025 年可以产生千万元及以上的收入



客户名称	客户介绍	公司产品介绍	公司产品在 客户产品中的作用	合作阶段	预计规模化收入 时间及收入金额 预测
		对两两轴向间的交叉耦合也进行补偿，提高其测量精度	的长航时高精度的航位推算。为车辆自动驾驶系统提供长航时高精度的位置及车辆姿态信息	月份 SOP 上线 量产	
合作中客户 5	公司致力于将无人驾驶技术应用于智慧城市建设	主要产品惯性测量组合是一款专门为自动驾驶应用而设计的高性能惯性测量单元。作为一个 6 轴惯性传感器，可以测量载体的三个轴向的角速度和加速度信息，满足新一代自动驾驶汽车对惯性传感器的要求	为无人驾驶车辆提供定位、航位推算及车身控制信息，通过集成 Z 轴超高精度 MEMS 陀螺，极大提升了惯性测量组合的航位推算能力	已经完成项目定 点及小批量产品 交付	预计 2023 年产 生收入 200 万左 右。至 2025 年可 产生近千万元收 入

资料来源：芯动联科 8-1 发行人及保荐机构关于第二轮审核问询函的回复意见(2022 年年度数据更新版)，山西证券研究所

5. 盈利预测

5.1 收入拆分及盈利预测

我们按照产品类型进行拆分来预测公司未来的业绩，具体包括 MEMS 陀螺仪、MEMS 加速度计、惯性测量单元、技术服务、其他业务。

一、营业收入预测。

公司的客户项目一般经过测试、试产和量产阶段，2020-2022 年公司测试项目数量成逐年上升态势，叠加公司持续加大研发投入，预期未来将有更多的项目进入测试、试产、量产阶段，公司营业收入将稳健增长。2022 年公司营业收入为 2.27 亿元，2020-2022 年复合增长率为 44.54%，以 2020 年为基数，我们假设 2023、2024、2025 年复合增长率分别为 42.89%、43.71%、43.30%，则 2023、2024、2025 年营业收入分别为 3.17、4.63、6.56 亿元。2023H1，MEMS 陀螺仪、MEMS 加速度计、惯性测量单元、技术服务的收入占比分别为 83.24%、7.47%、8.56%、0.73%，假定公司收入占比维持不变，则：①2023、2024、2025 年 MEMS 陀螺仪收入分别为 2.64、3.86、5.46 亿元；②2023、2024、2025 年 MEMS 加速度计收入分别为 2366、3460、4901 万元；③2023、2024、2025 年惯性测量单元收入分别为 2711、3965、5616 万元；④2023、2024、2025 年技术服务收入分别为 231、338、479 万元。



表 17：公司处于测试阶段的项目数量、收入占比情况

产品项目	2020 年			2021 年			2022 年		
	数量	收入(万元)	收入占比	数量	收入(万元)	收入占比	数量	收入(万元)	收入占比
陀螺仪	92	5023.18	49.02%	130	3373.53	21.79%	137	3214.85	16.35%
加速度计	35	936.22	9.14%	58	1044.72	6.75%	60	470.29	2.39%
合计	127	5959.40	58.16%	188	4418.25	28.54%	197	3685.14	18.74%

资料来源：芯动联科 8-2 会计师关于第二轮审核问询函回复意见(2022 年年度数据更新版)，山西证券研究所

二、毛利率预测。

参考公司往年的毛利率情况可知公司整体毛利率水平较高，并且近两年 MEMS 陀螺仪和技术服务毛利率较为稳定、惯性测量单元毛利率趋于下降、MEMS 加速度计毛利率明显提升。基于此，我们假设：①MEMS 陀螺仪 2023-2025 年毛利率分别为 86.51%、86.52%、86.53%；②MEMS 加速度计 2023-2025 年毛利率分别为 79.71%、80.71%、81.71%；③惯性测量单元 2023-2025 年毛利率分别为 74.68%、72.68%、70.68%；④技术服务 2023-2025 年毛利率分别为 91.09%、90.87%、90.98%。

基于上述假设，我们预测公司 2023-2025 年营业收入分别为 3.17、4.63、6.56 亿元，增速分别为 39.6%、46.2%、41.7%，净利润分别为 1.64、2.32、3.22 亿元，增速分别为 40.4%、41.7%、38.8%，对应 EPS 分别为 0.41、0.58、0.80 元，以 12 月 29 日收盘价 38.67 元计算，对应 PE 分别为 94.5X、66.7X、48.1X。

表 18：2023-2025 年公司主营业务收入及毛利率预测（百万元，%）

项目	2020	2021	2022	2023E	2024E	2025E
营业总收入	108.58	166.09	226.86	316.76	463.18	656.12
yoy	35.92%	52.96%	36.58%	39.63%	46.23%	41.65%
毛利率	87.95%	85.39%	85.92%	85.02%	84.93%	84.85%
一、MEMS 陀螺仪	84.36	133.09	182.92	263.67	385.55	546.16
yoy		57.76%	37.43%	44.15%	46.23%	41.65%
毛利率	89.18%	86.48%	86.50%	86.51%	86.52%	86.53%
二、MEMS 加速度计	18.11	21.74	13.69	23.66	34.60	49.01
yoy		20.03%	-37.02%	72.84%	46.23%	41.65%
毛利率	82.38%	76.75%	78.71%	79.71%	80.71%	81.71%
三、惯性测量单元	0.67	1.02	9.88	27.11	39.65	56.16
yoy		52.24%	868.14%	174.58%	46.23%	41.65%
毛利率	95.17%	79.73%	76.68%	74.68%	72.68%	70.68%
四、技术服务	5.07	10.00	20.19	2.31	3.38	4.79



项目	2020	2021	2022	2023E	2024E	2025E
yoy		97.36%	101.90%	-88.55%	46.23%	41.65%
毛利率	92.76%	91.53%	90.65%	91.09%	90.87%	90.98%
五、其他业务	0.37	0.24	0.19			
yoy		-35.12%	-23.14%			
毛利率	3.38%	34.99%	16.39%			

资料来源：Wind，山西证券研究所

5.2 可比公司估值对比

目前国内A股上市公司中暂无与芯动联科在细分业务领域完全可比的竞争对手，故选取两类型企业作为可比公司：①产品均属于MEMS传感器但应用领域不同的企业，包括敏芯股份（688286.SH，主要产品为消费级MEMS传感器产品）、睿创微纳（688002.SH，产品包括非制冷红外热成像MEMS芯片等）；②从事MEMS或同类产品产业链下游应用领域的企业，包括星网宇达（002829.SZ，信息感知产品中包含MEMS组合导航）、理工导航（688282.SH，主要产品为惯导系统及光纤陀螺仪等）。

表19：2022-2025年可比公司估值对比

代码	名称	股价	EPS				PE			
			2022A	2023E	2024E	2025E	2022A	2023E	2024E	2025E
688286.SH	敏芯股份	71.70	-1.03	(1.10)	0.42	0.99	--	--	170.9	72.4
688002.SH	睿创微纳	44.22	0.70	1.21	1.68	2.26	52.9	36.7	26.4	19.5
002829.SZ	星网宇达	27.04	1.38	1.47	1.91	2.36	24.9	18.4	14.2	11.4
688282.SH	理工导航	39.30	0.63	0.94	2.14	3.28	72.0	41.7	18.4	12.0
	可比公司平均						50.0	32.3	57.5	28.8
688582.SH	芯动联科	38.67	--	0.41	0.58	0.80	--	94.5	66.7	48.1

注：芯动联科EPS及PE值为自行测算，其余均为Wind一致预期

资料来源：Wind一致预期（截至12月29日），山西证券研究所

我们预测2023-2025年公司的估值分别为94.5X、66.7X、48.1X，明显高于可比公司平均估值32.3X、57.5X、28.8X。基于1)公司是国内较为稀缺的MEMS惯性传感核心元件生产商，MEMS芯片、ASIC芯片等关键技术自主可控；2)公司业绩增长主要依托于高可靠领域渗透率提升，整体较为稳健；3)公司积极拓展汽车自动驾驶等新兴领域，未来有望创造业绩增长新动能；我们看好公司未来的发展，但考虑到自动驾驶等新兴领域对价格更为敏感、验证周期长且仍处于持续探索成熟方案阶段，在需求起量和毛利率稳定等方面存在较大不确定性，因此

对公司首次覆盖给予“增持-A”评级。

6. 风险提示

产品研发失败以及技术升级迭代风险、新客户及新市场开拓风险、晶圆代工及封测厂商管控风险、市场占有率及经营规模等方面和行业龙头存在差距的风险。



财务报表预测和估值数据汇总

资产负债表(百万元)

会计年度	2021A	2022A	2023E	2024E	2025E
流动资产	448	551	2060	2176	2431
现金	9	123	1162	1084	1115
应收票据及应收账款	166	215	307	463	622
预付账款	17	24	28	52	59
存货	29	50	86	114	170
其他流动资产	228	139	477	464	465
非流动资产	94	111	131	242	332
长期投资	0	0	0	0	0
固定资产	6	7	26	72	128
无形资产	67	61	50	54	56
其他非流动资产	22	43	55	116	148
资产总计	542	662	2191	2418	2763
流动负债	24	39	50	45	69
短期借款	0	0	0	0	0
应付票据及应付账款	2	3	5	7	10
其他流动负债	22	36	46	38	59
非流动负债	4	8	8	8	8
长期借款	0	0	0	0	0
其他非流动负债	4	8	8	8	8
负债合计	28	47	58	53	77
少数股东权益	0	0	0	0	0
股本	345	345	400	400	400
资本公积	52	52	1351	1351	1351
留存收益	118	218	382	614	936
归属母公司股东权益	515	615	2133	2365	2687
负债和股东权益	542	662	2191	2418	2763

利润表(百万元)

会计年度	2021A	2022A	2023E	2024E	2025E
营业收入	166	227	317	463	656
营业成本	24	32	47	70	99
营业税金及附加	2	2	3	5	6
营业费用	3	4	6	8	12
管理费用	16	24	33	49	69
研发费用	41	56	78	114	161
财务费用	0	0	-5	-9	-12
资产减值损失	-4	-2	-7	-10	-12
公允价值变动收益	1	0	4	4	4
投资净收益	5	4	3	3	4
营业利润	86	117	164	232	322
营业外收入	0	0	0	0	0
营业外支出	0	0	0	0	0
利润总额	86	117	164	232	322
所得税	4	0	0	0	0
税后利润	83	117	164	232	322
少数股东损益	0	0	0	0	0
归属母公司净利润	83	117	164	232	322
EBITDA	97	126	163	227	326

主要财务比率

会计年度	2021A	2022A	2023E	2024E	2025E
成长能力					
营业收入(%)	53.0	36.6	39.6	46.2	41.7
营业利润(%)	45.5	35.6	40.4	41.7	38.6
归属于母公司净利润(%)	59.2	41.2	40.4	41.7	38.8
获利能力					
毛利率(%)	85.4	85.9	85.0	84.9	84.8
净利率(%)	49.7	51.4	51.7	50.1	49.1
ROE(%)	16.0	19.0	7.7	9.8	12.0
ROIC(%)	15.8	18.2	7.0	8.8	11.1
偿债能力					
资产负债率(%)	5.1	7.1	2.7	2.2	2.8
流动比率	18.6	14.1	40.9	48.4	35.4
速动比率	16.7	12.2	38.3	44.7	32.1
营运能力					
总资产周转率	0.3	0.4	0.2	0.2	0.3
应收账款周转率	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
应付账款周转率	7.4	12.1	12.1	12.1	12.1
估值比率					
P/E	187.3	132.7	94.5	66.7	48.1
P/B	30.0	25.2	7.3	6.5	5.8
EV/EBITDA	157.4	121.2	85.1	61.3	42.6

资料来源：最闻、山西证券研究所

分析师承诺：

本人已在中国证券业协会登记为证券分析师，本人承诺，以勤勉的职业态度，独立、客观地出具本报告。本人对证券研究报告的内容和观点负责，保证信息来源合法合规，研究方法专业审慎，分析结论具有合理依据。本报告清晰准确地反映本人的研究观点。本人不曾因，不因，也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点直接或间接受到任何形式的补偿。本人承诺不利用自己的身份、地位或执业过程中所掌握的信息为自己或他人谋取私利。

投资评级的说明：

以报告发布日后的 6--12 个月内公司股价(或行业指数)相对同期基准指数的涨跌幅为基准。其中：A 股以沪深 300 指数为基准；新三板以三板成指或三板做市指数为基准；港股以恒生指数为基准；美股以纳斯达克综合指数或标普 500 指数为基准。

无评级：因无法获取必要的资料，或者公司面临无法预见的结果的重大不确定事件，或者其他原因，致使无法给出明确的投资评级。(新股覆盖、新三板覆盖报告及转债报告默认无评级)

评级体系：**——公司评级**

- 买入： 预计涨幅领先相对基准指数 15%以上；
- 增持： 预计涨幅领先相对基准指数介于 5%-15%之间；
- 中性： 预计涨幅领先相对基准指数介于-5%-5%之间；
- 减持： 预计涨幅落后相对基准指数介于-5%--15%之间；
- 卖出： 预计涨幅落后相对基准指数-15%以上。

——行业评级

- 领先大市： 预计涨幅超越相对基准指数 10%以上；
- 同步大市： 预计涨幅相对基准指数介于-10%-10%之间；
- 落后大市： 预计涨幅落后相对基准指数-10%以上。

——风险评级

- A： 预计波动率小于等于相对基准指数；
- B： 预计波动率大于相对基准指数。

免责声明：

山西证券股份有限公司(以下简称“公司”)具备证券投资咨询业务资格。本报告是基于公司认为可靠的已公开信息，但公司不保证该等信息的准确性和完整性。入市有风险，投资需谨慎。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，公司不对任何人因使用本报告中的任何内容引致的损失负任何责任。本报告所载的资料、意见及推测仅反映发布当日的判断。在不同时期，公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。公司或其关联机构在法律许可的情况下可能持有或交易本报告中提到的上市公司发行的证券或投资标的，还可能为或争取为这些公司提供投资银行或财务顾问服务。客户应当考虑到公司可能存在可能影响本报告客观性的利益冲突。公司在知晓范围内履行披露义务。本报告版权归公司所有。公司对本报告保留一切权利。未经公司事先书面授权，本报告的任何部分均不得以任何形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，或以任何侵犯公司版权的其他方式使用。否则，公司将保留随时追究其法律责任的权利。

依据《发布证券研究报告执业规范》规定特此声明，禁止公司员工将公司证券研究报告私自提供给未经公司授权的任何媒体或机构；禁止任何媒体或机构未经授权私自刊载或转发公司证券研究报告。刊载或转发公司证券研究报告的授权必须通过签署协议约定，且明确由被授权机构承担相关刊载或者转发责任。

依据《发布证券研究报告执业规范》规定特此提示公司证券研究业务客户不得将公司证券研究报告转发给他人，提示公司证券研究业务客户及公众投资者慎重使用公众媒体刊载的证券研究报告。

依据《证券期货经营机构及其工作人员廉洁从业规定》和《证券经营机构及其工作人员廉洁从业实施细则》规定特此告知公司证券研究业务客户遵守廉洁从业规定。

山西证券研究所：**上海**

上海市浦东新区滨江大道 5159 号陆家嘴滨江中心 N5 座 3 楼

太原

太原市府西街 69 号国贸中心 A 座 28 层
电话：0351-8686981

<http://www.i618.com.cn>

深圳

广东省深圳市福田区林创路新一代产业园 5 栋 17 层

北京

北京市丰台区金泽西路 2 号院 1 号楼丽泽平安金融中心 A 座 25 层

