



华安证券

HUAAN SECURITIES

手术机器人：高端医疗器械领域的“明珠”，重 构现代外科手术体系

分析师：谭国超（S0010521120002, tangc@hazq.com）

分析师：李婵（S0010523120002, lichan@hazq.com）

2025年3月18日

华安证券研究所

核心要点

- 第一，手术机器人是高端医疗器械领域的“明珠”，正在重构现代外科手术体系，将外科手术带入手术机器人辅助手术时代。手术机器人具有微创操作、灵活度高、三级高清成像、滤震、学习周期短、减少辐射等优点，能切实解决医疗的临床需求。手术机器人通常应用在普外科、骨科、泌尿外科、妇科、胸外科、神经外科和心外科等领域，应用场景也正从普适性手术向专科化、高难度术式延伸。
- 第二，从技术角度看，得益于5G、AI智能技术的发展，未来，小型化、轻量化、模块化将成为手术机器人的发展趋势。而且AI技术快速发展，也促进自主手术机器人更快速发展，在未来可能会进一步减轻外科医生的工作负担。
- 第三，从商业化角度看，“设备+耗材+服务”模式跑通，直觉外科打造行业典范。随着设备装机增加，手术量稳健上升，客户持续购买耗材和服务，医院/医生对设备的依赖度提升，同时通过软件和系统技术迭代优化使用体验，客户粘性得以长久保持。海外市场达芬奇手术机器人母公司直觉外科全球累计装机超10000台，近20年收入体量从1.39亿美元增长到83.52亿美元（复合增速约23%），且其销售净利率长期保持在25-30%区间，市值一度超2000亿美元，目前为美国医疗设备用品行业市值排名第二的大公司。
- 第四，国产手术机器人发展相对较晚，正处在快速追赶中，并且在加快出海进程。如微创机器人在国际市场仅用1年时间，拓展了亚洲、非洲、拉美、欧美等市场，取得超过20台商业化订单。
- 投资建议：关注手术机器人板块上市公司，如微创机器人-B、天智航-U。
- 风险提示：手术机器人商业化进展不及预期；手术机器人的临床事故风险；行业竞争加剧风险。

目录

- 01 | 手术机器人：外科手术新时代的重要推动工具
- 02 | 手术机器人：市场空间广阔，国产厂家加速追进
- 03 | 手术机器人：AI技术促进自主手术机器人智能化发展
- 04 | 重要公司介绍
- 05 | 风险提示

资料来源：wind、华安证券研究所

1.1 手术机器人形态各异，种类繁多

- **手术机器人：**手术机器人是在微创手术领域辅助人类对医疗器械进行精准控制的一种医疗服务机器人。根据应用领域，可将手术机器人分为骨科手术机器人、神经外科手术机器人、血管介入治疗机器人和内窥镜手术机器人。

常见手术机器人列示

种类	腹腔镜机器人	骨科机器人	经自然腔道手术机器人	泛血管手术机器人	经皮穿刺手术机器人	神经外科机器人
治疗领域	泌尿外科、妇科、胸外科及普外	关节置换、脊柱、创伤	支气管镜、结肠镜、胃镜检查	心脏、脑部、外周血管相关疾病	早期肺癌、乳腺癌、前列腺癌检查	开颅手术
代表产品	Da Vinci Xi (Intuitive Surgical)	RIO (Stryker MAKO)	ION (Intuitive Surgical)	CorPath GRX (Corindus)	MSXIO (Perfint Healthcare)	ROSA ONE Brain (Zimmer Biomet)
图示						
分类	软组织	硬组织	软组织	——	——	硬组织

1.2 手术机器人推动外科手术进入机器人辅助手术时代

- **机器人辅助手术快速商业化：**从19世纪下半叶至今，伴随着医学技术的快速进步，外科手术逐步从“哪里不好切哪里”的野蛮期进入到“修复与更换”手术的精细时代，手术室也充满了各种复杂辅助器械和高科技装备。现在，手术室正在向着数字化、智能化、机器人化的方向发展，让手术变得更微创、更精准、更安全、更高效，也更加人性化。机器人手术真正走向商业化是2000年达芬奇手术机器人获批以后。
- **中国手术机器人的发展较晚。**2010年中国首台自主知识产权的骨科手术机器人诞生，其仅适用于长骨骨折的手术处理。2010年后，受国家政策支持，中国各大高校、研究所及企业皆加大对手术机器人的研发力度。2015年后国内各科室手术机器人研发进入百花齐放阶段。

历史上重要的手术机器人诞生时间

时间	手术机器人型号	研发机构	应用范围
1985年	Puma560	美国洛杉矶医院	脑组织活检中探针的导向定位
1992年	ROBODOC	美国ISS公司	髋关节整体置换手术
1987年	NeumMate	美国ISS公司	神经外科立体定向手术中的导向定位
1989年	PROBOT	英国皇家学院机器人技术中心	前列腺切除术
1993年	HIFU	法国Edouard Herriot医院	前列腺癌
1996年	Aesop	美国Computer Motion公司	微创手术
1996年	Zeus	美国Computer Motion公司	微创手术
2000年	达芬奇	美国Intuitive Surgical公司	外科手术

资料来源：动脉网，华安证券研究所

1.3 手术机器人扩展医生的能力边界

- **降低医生的学习曲线：**与医生手工操作比，机器人的机器手定位更准确、更有力，手术过程中外科医生不必长时间站在病人周围，避免长时间手术疲劳，机械手也不会有人体手的手臂颤动，这使得外科医生能够在较小的手术空间内流畅及精准地移动手术器械，这在高难度手术中不可或缺。同时手术机器人可以辅助实现远程手术，拓展各家医院的远程诊疗中心，解决“飞刀”手术的合规难题。

手术机器人辅助手术的临床优势

特点	开放手术	传统微创手术	机器人辅助微创手术
成像方式	裸眼	二维图像	三维高清图像
进行复杂手术的能力	高	低	高
手术结果的稳定性	低	低	高
操作精准	较高	低	高
高灵活度	低	较低	高
震颤滤除的器械运动	偏低	偏低	高
伤口创面小且恢复快	偏低	较高	高
出血少且术后并发症少	偏低	较高	高
降低外科医生疲惫	偏低	偏低	较高
减少幅射暴露	偏低	偏低	高

1.4 机器人辅助手术加速患者恢复，缩短住院周期

- **创口小、出血少、病人恢复周期短：**与开放手术的大切口相比，病人在机器人微创手术中一般仅有一个或几个小切口，用来放入手术器械，手术能以精准及微创伤的方式完成，大幅减少失血及术后并发症的风险，使得病人更快康复。

2组病例术中结果比较

项目	机器人组 (n=80)	腹腔镜组 (n=116)	统计量	P 值
术中失血量 (mL, $\bar{x}\pm s$)	175.06±110.77	123.91 ±99.61	t=3.369	0.031
手术时间 (min, $\bar{x}\pm s$)	206.50 ±59.08	201.68 ±50.49	t=0.612	0.541
淋巴结清扫数 (枚, $\bar{x}\pm s$)	12.00±5.00	12.00±4.00	t=-0.748	0.455
肿瘤距下切缘距离 (cm, $\bar{x}\pm s$)	4.75±1.73	4.45±1.61	t=2.456	0.763
AJCC 分期 [例 (%)]			$\chi^2=1.231$	0.152
0 期	2 (2.50)	3 (2.60)		
I 期	8 (10.00)	25 (21.60)		
II 期	29 (36.30)	39 (33.60)		
III 期	27 (33.80)	38 (32.80)		

2组病例术后结果比较

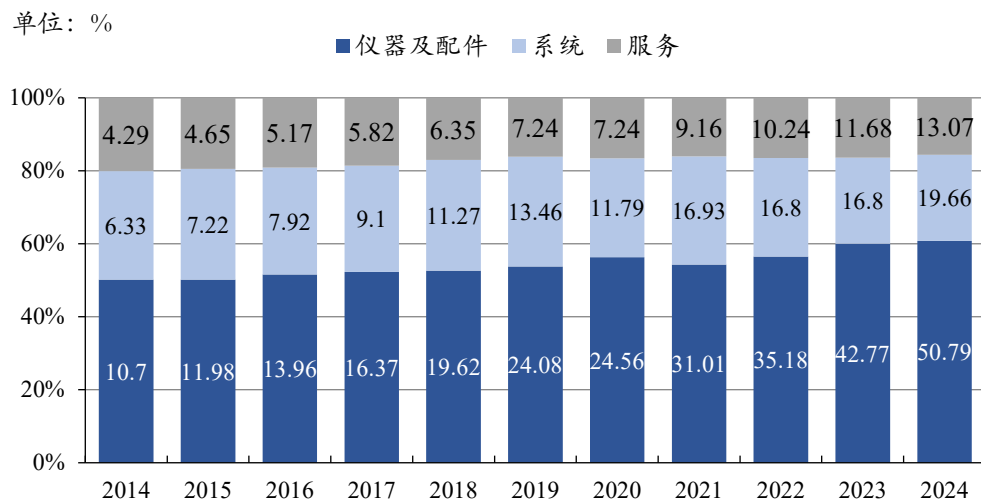
项目	机器人组 (n=80)	腹腔镜组 (n=116)	统计量	P 值
住院时间 (d, $\bar{x}\pm s$)	11.20±5.80	14.72±6.90	t=2.671	0.023
首次进食时间 (d, $\bar{x}\pm s$)	4.46±1.62	6.28±2.74	t=1.678	<0.001
首次肛门通气时间 (d, $\bar{x}\pm s$)	3.28±1.64	6.01±2.77	t=2.675	<0.001
引流管放置时间 (d, $\bar{x}\pm s$)	7.46±2.51	7.42±3.09	t=1.478	0.255
术后总并发症 [例 (%)]	6 (7.50)	24 (20.69)	$\chi^2=1.191$	<0.05
伤口感染 [例 (%)]	0 (0)	2 (1.72)	$\chi^2=1.234$	0.225
尿道感染 [例 (%)]	0 (0)	3 (2.59)	$\chi^2=1.238$	0.628
尿潴留 [例 (%)]	2 (2.50)	9 (7.76)	$\chi^2=1.678$	0.016
吻合口漏 [例 (%)]	1 (1.25)	3 (2.59)	$\chi^2=1.347$	0.355
吻合口出血 [例 (%)]	2 (2.50)	3 (2.5)	$\chi^2=1.947$	>1.000
小肠梗阻 [例 (%)]	1 (1.25)	4 (3.44)	$\chi^2=1.223$	0.117
总费用 (元, $\bar{x}\pm s$)	85 623.91±13 310.50	67 356.79±17 107.68	t=2.543	0.084

资料来源：刘文涵等，机器人与腹腔镜直肠癌全系膜切除手术短期疗效对比分析，华安证券研究所

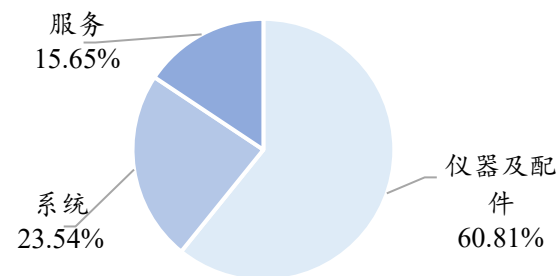
1.5 商业模式走通，“设备+耗材+服务”搭建竞争壁垒

- 从手术机器人的销售产品形态来看，主要分为三个部分：设备系统、技术服务和耗材三部分。系统就是整机销售，即手术机器人本身，包括硬件和软件。
- ✓ 设备/系统：通常以一次性的价格向医院出售手术机器人；近些年厂家也在发展租赁模式，以降低医院设备采购资金压力；
- ✓ 耗材/仪器配件：手术过程中与机器人配套使用的器械，例如机械臂这种高值耗材，与手术量规模成正比；
- ✓ 服务：即与手术机器人销售相关的服务，例如维护保养及医生培训服务等。

直觉外科2014-2024年收入占比及规模（亿元）



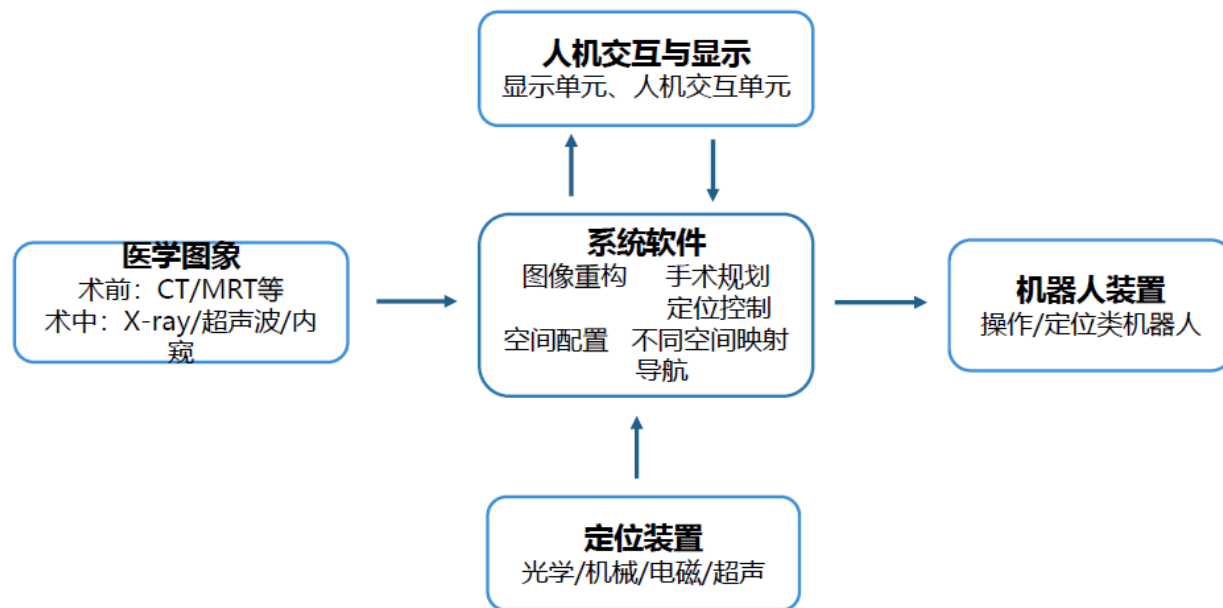
直觉外科2024年收入结构占比



1.6 技术壁垒高，进入难度大

- 手术机器人涉及多个学科的交叉融合，自主研发难度大。其核心部件如机械臂、光学跟踪系统、伺服电机、减速器和控制器等，技术含量高，研发周期长，需要大量的研发投入。而且手术机器人结构复杂，需要精密的加工工艺和高质量的材料来确保其稳定性和可靠性。
- 头部公司专利限制多。国际上，达芬奇手术机器人拥有700余项授权专利，几乎涵盖了手术机器人技术的各个环节，形成了强大的专利壁垒。国产手术机器人企业在研发过程中不仅要面对这些专利限制，还需要投入巨额资金进行原始创新和技术积累。

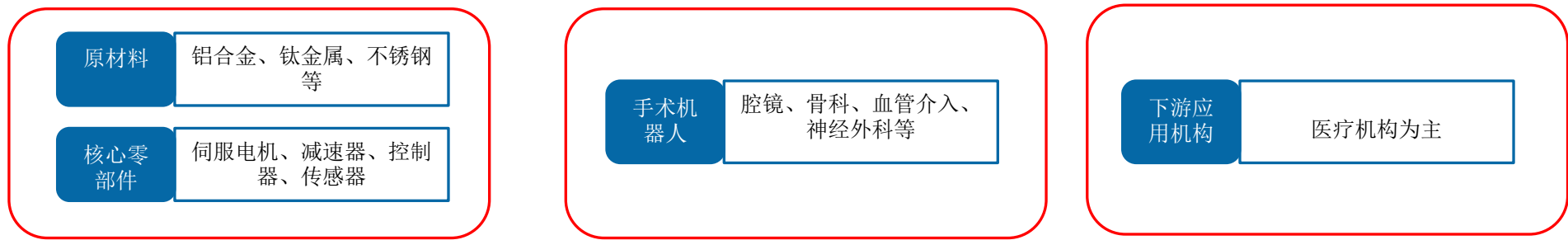
手术机器人底层技术模块



1.7 产业链上游核心零部件仍依赖进口

- 手术机器人的产业链主要分为原材料、核心零部件、机身组装和系统集成等环节。所有环节中壁垒最高的三大核心零部件分别是伺服电机、减速器和控制器。根据 OFweek 机器人网显示，在机器人成本构成中，减速器、伺服电机、控制器分别占 35%、20%、15%，合计占比达 70%。这三大核心零部件主要从美国、日本和德国等发达国家进口，整体议价能力低。
- **控制器**：作为手术机器人最为核心的零部件，相当于机器人的“大脑”，用来接收各组元信号，发布和传递动作指令。一般来说，自由度越高，对控制器的性能要求就越高。手术机器人厂商一般自行开发控制器，以保证机器人的稳定性。
- **伺服电机**：是机器人的“神经”，需要通过它完成机器人运动。
- **机器人减速器**：用于提高机器人动作精确度，主要分为RV减速器与谐波减速器。
- **机械臂**：机械手臂多是采用铝镁合金、碳纤维等。目前国产厂商基本能够满足我国手术机器人厂商的需求。临床医生建议提高国产机械臂性价比，降低机器人成本，研发先进的触觉传感器和反馈系统，进一步提升机器人感知能力。

手术机器人上下游产业链



上游：原材料和核心零部件

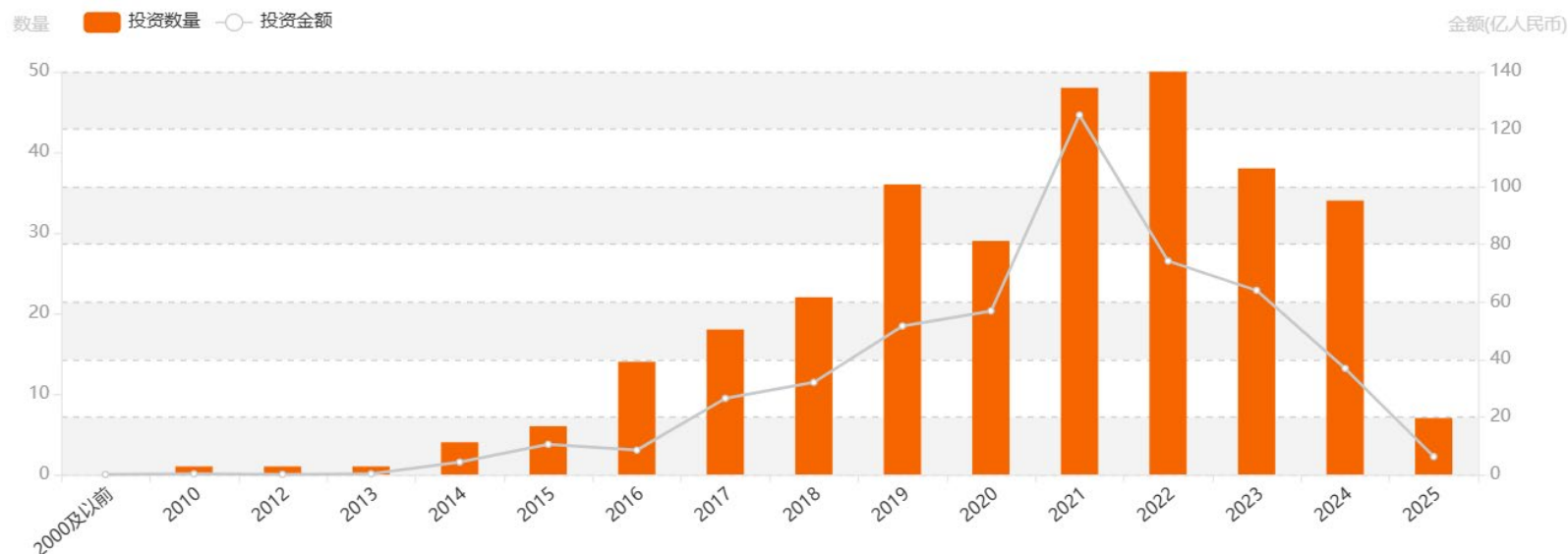
中游：机身组装、系统集成、软件开发

下游：中间渠道及终端使用

1.8 手术机器人一级市场融资进入收获期

- 从国内近10年手术机器人的融资事件来看，2021-2022年到达融资金额顶点，2023年以后开始下行。上市公司中天智航、微创手术机器人、润迈得分别于2020年、2021年和2022年IPO上市。
- 明星项目IPO进展：键嘉医疗（科创板IPO终止）、思哲睿（科创板IPO中）

手术机器人近年来的融资数量及融资金额情况



资料来源：IT桔子数据库，华安证券研究所

目录

- 01 | 手术机器人：外科手术新时代的重要推动工具
- 02 | 手术机器人：市场空间广阔，国产厂家加速追进
- 03 | 手术机器人：AI技术促进自主手术机器人智能化发展
- 04 | 重要公司介绍
- 05 | 风险提示

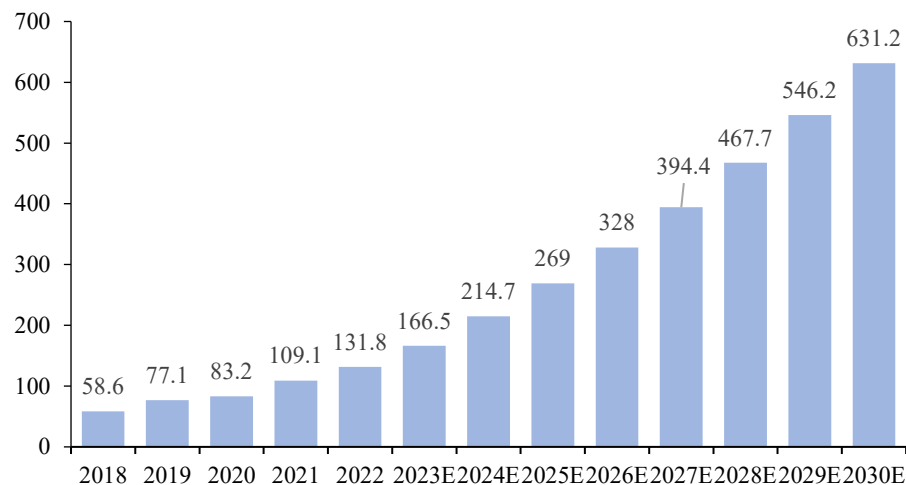
资料来源：wind、华安证券研究所

2.1 手术机器人市场空间大，前景可期

- **全球市场规模及增速：**预计全球整体手术机器人市场规模将于2026年和2030年将分别达到328.0亿美元和631.2亿美元，2022-2026年的复合年增长率为25.6%，2026-2030年的复合年增长率为17.8%。
- **中国市场规模及增速：**预计中国整体手术机器人市场规模将于2026年和2030年将分别达到224.5亿人民币和708.5亿人民币，2022-2026年的复合年增长率为49.7%，2026-2030年的复合年增长率为33.3%。

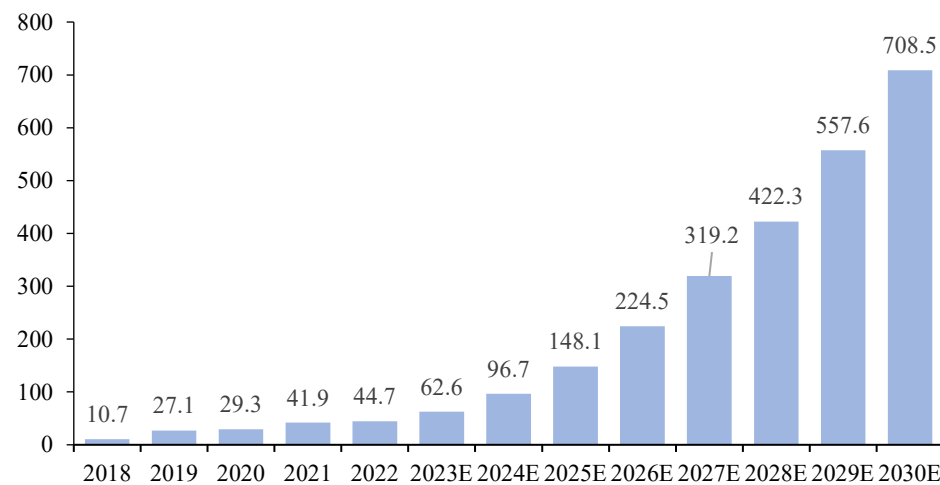
全球手术机器人市场规模

■ 全球市场手术机器人市场规模（亿美元）



中国手术机器人市场规模

■ 中国市场手术机器人市场规模（亿元）

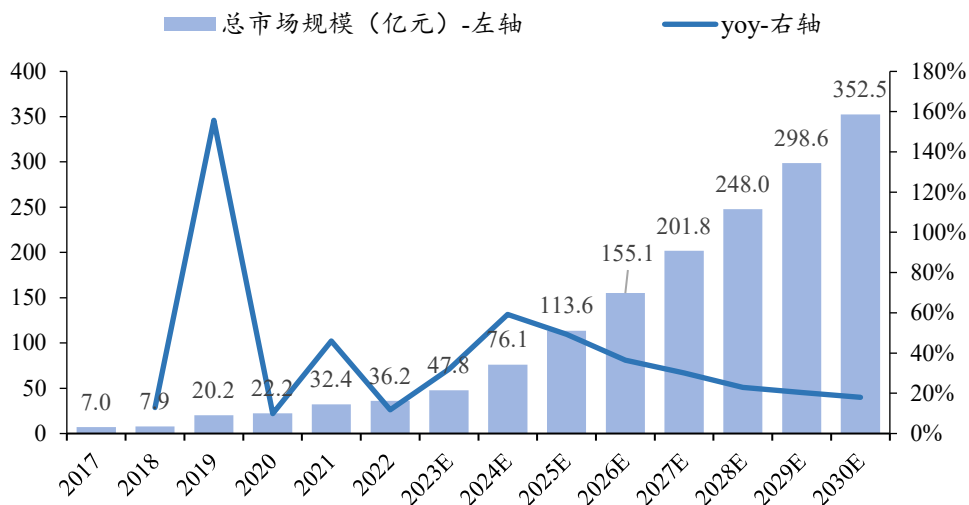


资料来源：弗若斯特沙利文，华安证券研究所

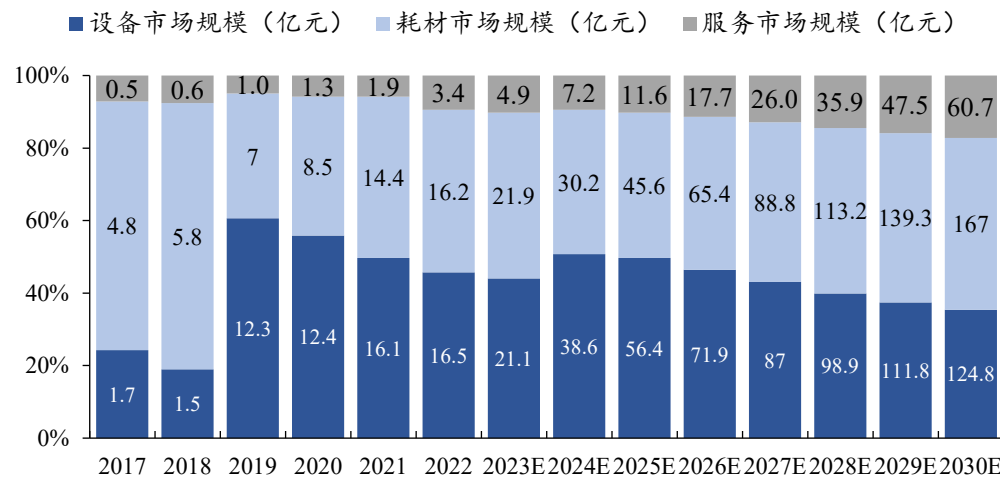
2.2 腔镜手术机器人：2030年中国市场规模超350亿元

■ 整体规模：预计2025年中国腔镜手术机器人市场规模将达到113.6亿元，2021年至2025年中国腔镜手术机器人整体市场的复合年增长率为36.8%，其中设备的复合年增长率为36.8%，耗材为33.4%，服务为56.9%。预计未来中国腔镜手术机器人市场规模将持续增长，2030年中国腔镜手术机器人市场规模将达352.5亿元，2025年至2030年中国腔镜手术机器人整体市场规模的复合年增长率为25.4%，其中设备的复合年增长率为17.2%，耗材为29.7%，服务为39.3%。

中国腔镜手术机器人市场规模及预测



中国腔镜手术机器人市场结构 (亿元)

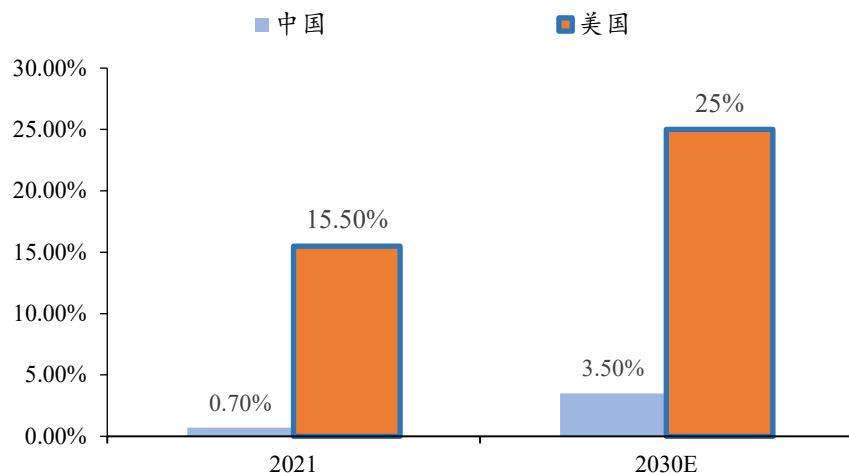


资料来源：思哲睿招股说明书，华安证券研究所

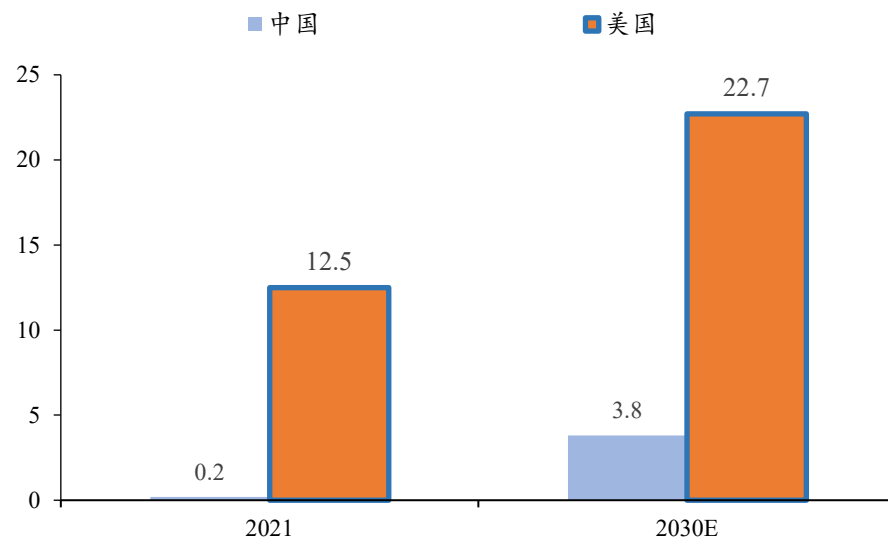
2.3 腹腔镜手术机器人：手术量高速增长，国内渗透率稳步提升

- 机器人腹腔镜辅助手术渗透率：腹腔镜手术机器人使外科医生能够在计算机控制面板、机械臂系统、机械仪器及高清摄像系统的辅助下，精确地进行微创腹腔镜手术。参考弗若斯特沙利文的数据，中国进行的机器人辅助腹腔镜泌尿外科手术数量由2015年的4,578例增至2020年的14,898例，复合年增长率为26.6%，保持强劲增长态势。而与美国相比，2021年我国目前腹腔镜手术RAS渗透率约0.7%，远低于同期美国的15.5%，预计中国市场2030年渗透率也将继续提升至3.5%。

腹腔镜手术机器人中美渗透率对比



腹腔镜手术机器人中美台数对比 (台/每百万人)

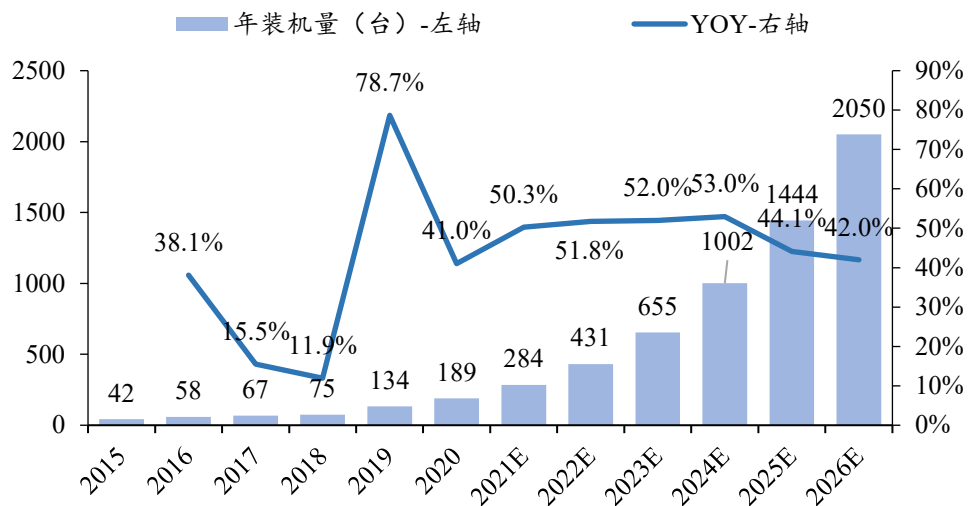


资料来源：思哲睿招股说明书，华安证券研究所

2.4腔镜手术机器人：科室应用范围广，配置证政策放松

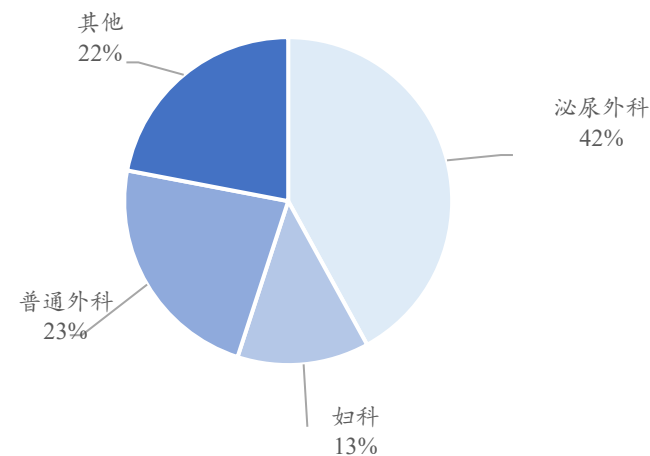
■ 装机：手术机器人价格高，属于乙类大型设备，配置受制于卫健委的配置证，十三五期间配置证放开，18-20年完成了装置约224台。2023年6月，卫健委腹腔镜手术系统规划总数为819台，其中“十四五”规划数559台。

中国腔镜手术机器人装机量（台）



资料来源：微创机器人招股说明书，华安证券研究所

中国腔镜手术机器人应用科室（2022年）



资料来源：弗若斯特沙利文，华安证券研究所

2.5腔镜手术机器人：国产刚刚起步，逐渐突破外资垄断

- 竞争格局：中国腔镜机器人目前有达芬奇Xi和达芬奇Si、威高妙手、微创图迈、思哲睿旗下康多系统以及深圳精锋医疗，以及北京术锐单孔腔镜手术机器人。根据NMPA，截至2025年3月，获批腹腔内窥镜手术系统的公司还包括深圳康诺思腾（2024年）、瑞龙诺赋（上海）医疗科技有限公司（2025年）。

厂商	直觉外科		威高	思哲睿	精锋医疗	微创
产品名称	达芬奇Si系统	达芬奇Xi系统	妙手	康多	MP1000	图迈
首次获批时间	2011	2018	2021	2022	2022	2022
获批适应范围在研临床	泌尿外科、普外、妇科、胸外科、心外科	泌尿外科、普外、妇科、胸外科、心外科	普外	泌尿外科、普外、妇科、胸外科	泌尿外科、普外、妇科、胸外科	泌尿外科、普外、妇科、胸外科
机构臂数量	4	4	3	3	4	4
中标价格(万元)	NA	2300	NA	NA	1500	1500
整体手术成功率	作为对照组	NA	术式：胆囊切除术 研究组(n=83):100%(50) 对照组(n=83):100%(50)	术式： 研究(n=50):100%(50) 对照(n=50):100%(50)	术式：前列腺根治术、肾部分切除术及根治性肾切除术 研究组(n=52):100%(52) 对照组(n=52):98.08%(n=51)	术式：前列腺根治术、肾部分切除术 研究组(n=51):98.04%(50) 对照组(n=51):100%(51)

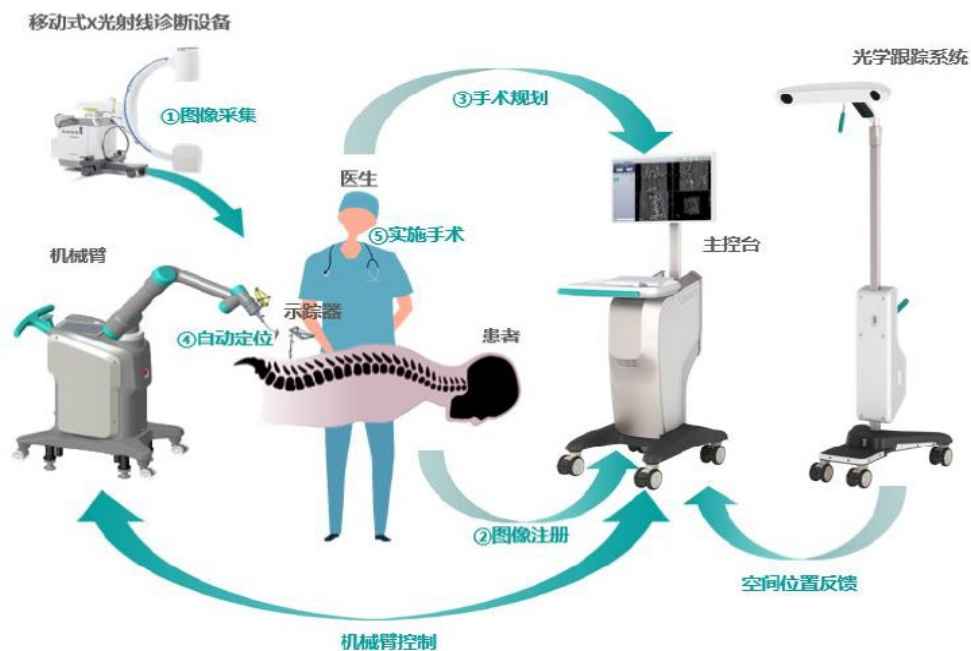
资料来源：NMPA，弗若斯特沙利文，华安证券研究所

注：表中列示的公司的机械臂数量仅为第一代产品的机械臂数量

2.6 骨科手术机器人：适用骨科手术种类多样

- 骨科手术可分为关节手术、脊柱手术及创伤手术，骨科手术机器人可进一步细分为关节置换、脊柱外科及创伤手术机器人。

骨科手术导航定位机器人辅助医生手术示意图



资料来源：天智航招股说明书，华安证券研究所

骨科手术导航定位机器人组成

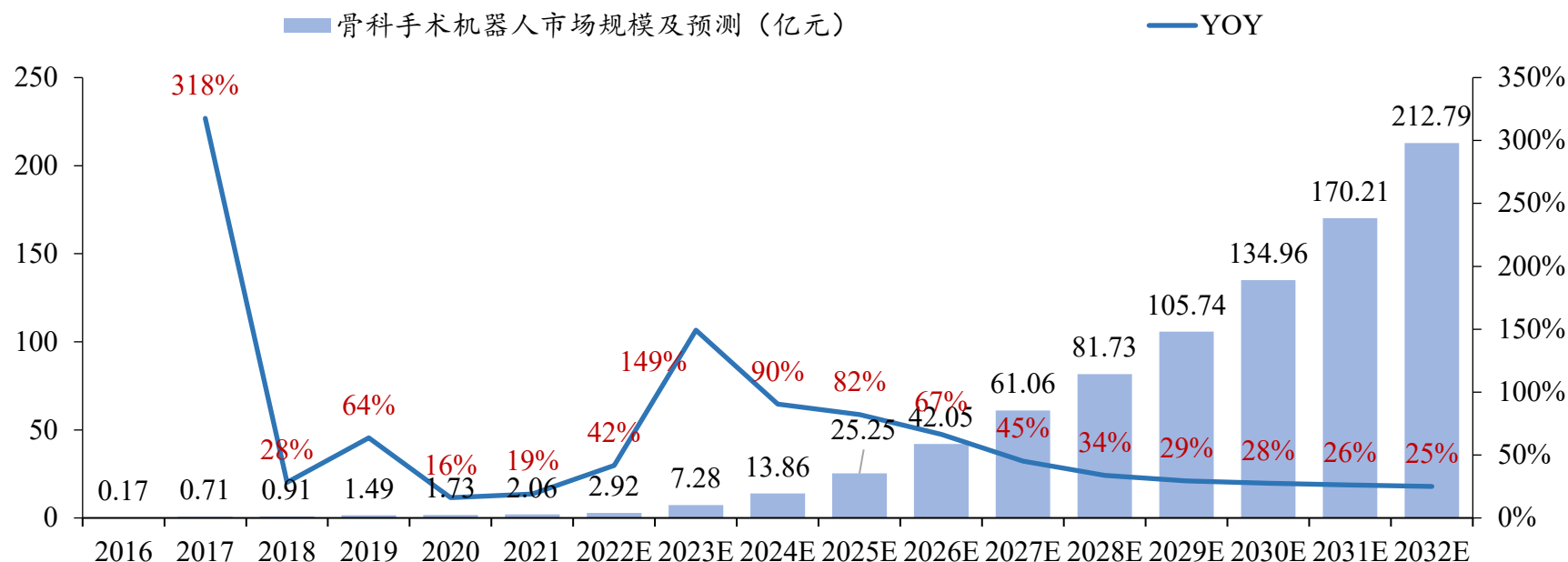


资料来源：键嘉医疗招股说明书，华安证券研究所
注：图为键嘉医疗的ARTHROBOT关节置换手术机器人

2.7 骨科手术机器人：市场规模保持高速增长

■ 根据灼识咨询，中国骨科手术机器人市场在未来一段时间内预计将保持较高水平的增长。2021年中国骨科手术机器人市场约2.06亿人民币，预计未来五年将以82.8%的年复合增长率增长，在2026年市场规模达到约42.05亿人民币，于2032年达到约212.79亿人民币。

国内骨科手术机器人市场规模及预测



2.8 骨科手术机器人：地方医保政策促进渗透率提升

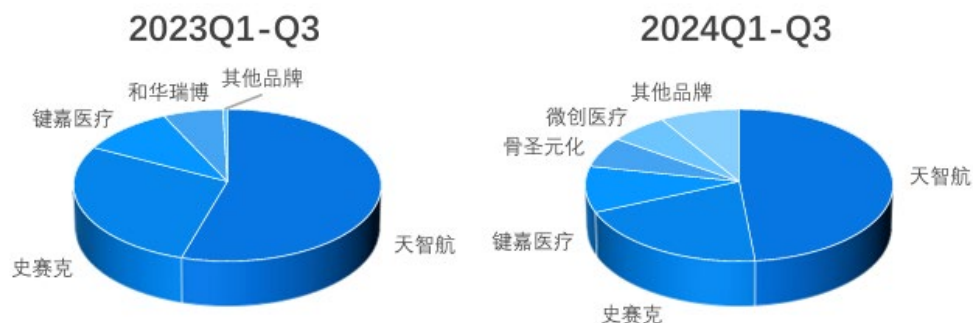
- 政策：2021年北京市等省市将骨科手术机器人辅助手术纳入医保报销范围。广东、河北、河南等省级医保局陆续推出贴合本地水平的骨科手术机器人收费编码，不断完善收费政策建立行业标准。

时间	城市	具体条款
2021年2月	全国	工信部发布的医疗装备产业十四五发展规划中，对于支持手术机器人等创新产品的发展作出明确指示，鼓励有条件的地方可以率先尝试将这类创新产品纳入医保支付范围。
2021年4月	上海	上海市医保部门将“达芬奇手术机器人”等28个医疗新技术、新项目纳入了本市医保支付范围。上海市医疗保障局宣布将手术机器人纳入乙类医保支付范畴，患者自负比例为20%，手术类型被限定为前列腺癌根治术、肾部分切除术、子宫全切术、直肠癌根治术四种。
2021年8月	北京	宣布将手术机器人及其耗材纳入医保支付范畴，相关支付内容被分为两部分，一部分为机器人的使用费用，固定为8000元，可全部使用医保支付；另一部分为配套耗材费用，可部分报销。北京将产品范围限定为骨科手术机器人，但并未限定机器人厂商及手术类型。
2021年10月	北京	《北京医保局北京卫健委北京人社局关于规范调整物理治疗类等医疗服务价格项目的通知》（京医保发〔2021〕23号）发布，规定：2021年10月23日起，机器人辅助骨科手术进入北京甲类医保支付目录（可100%报销），一次性机器人专用器械获得北京乙类医保支付（可部分报销）。
2022年3月	全国	《关于完善骨科“手术机器人”“3D打印”等辅助操作价格及相关政策的指南（征求意见稿）》发布，国家医保部门出面，支持手术机器人进医保。
2022年9月	湖南	规范了手术机器人辅助操作系统的使用和医疗服务收费，规定机器人辅助手术按照机器人设备参与程度最多可加收手术费用的80%至300%。

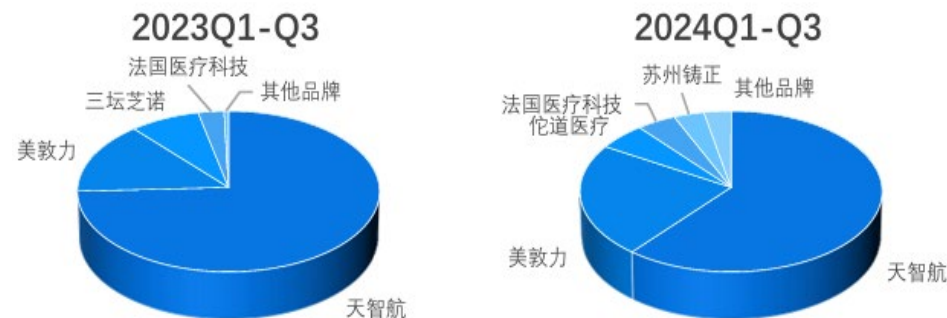
2.9 骨科手术机器人：国内市场竞争格局

- 根据医装数胜，2024年前三季度，在国内骨科手术机器人市场中，天智航、史赛克、美敦力和键嘉医疗市场份额排名稳居前四。前四名品牌市场集中度（CR4）从2023年前三季度的88.25%降至73.52%，下降了15%左右。
- **关节手术机器人**：2024年前三季度，在国内关节骨科手术机器人市场中，天智航、史赛克和键嘉医疗市场份额稳居前三，元化智能跻身第四。其中CR4达到84.75%。
- **脊柱手术机器人**：2024年前三季度，在国内脊柱外科手术机器人市场中，天智航和美敦力市场份额稳居前二，佗道医疗和法国医疗科技跻身前四行列。其中CR4达到93.56%。
- **创伤手术机器人**：2024年前三季度，天智航仍占据主导地位，市场份额达到97.30%。

国内关节手术机器人市场份额情况



国内脊柱手术机器人市场份额情况



目录

- 01 | 手术机器人：外科手术新时代的重要推动工具
- 02 | 手术机器人：市场空间广阔，国产厂家加速追进
- 03 | 手术机器人：AI技术促进自主手术机器人智能化发展
- 04 | 重要公司介绍
- 05 | 风险提示

资料来源：wind、华安证券研究所

3.1 AI技术促进手术机器人向更智能化跃进

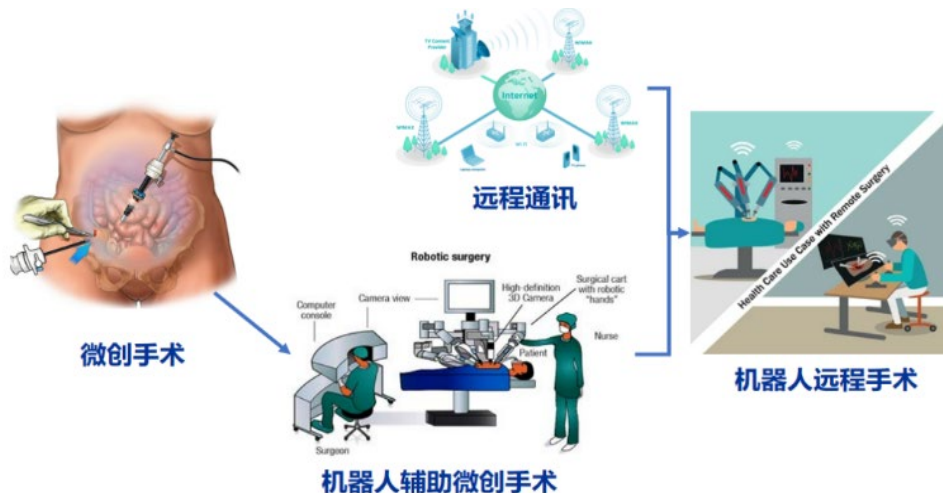
- 手术机器人目前仍然存在一些技术短板，例如缺乏触觉力反馈、性价比低、尺寸大和安装复杂。手术机器人正朝着小型化、远程化、数字化和智能化的方向发展。
- AI+手术机器人+互联网技术+VR/AR技术融合有利于发展远程诊疗，促进优势医疗资源的下沉。而且随着人工智能的不断发展，未来的远程手术可能会引入更多智能化技术，实现机器人自主手术。

大语言模型可能赋能手术机器人

- 通过深度学习和自然语言处理技术，更易懂医生、患者的需求
- 分析海量手术数据和医学文献，为手术机器人提供智能决策支持
- 支持多模态交互，通过语音、图像、手势等多种方式，实时传递手术信息
- 通过架构创新和开源，降低手术机器人训练及推理成本

资料来源：开工开物公众号，华安证券研究所整理

手术机器人与远程诊疗中心



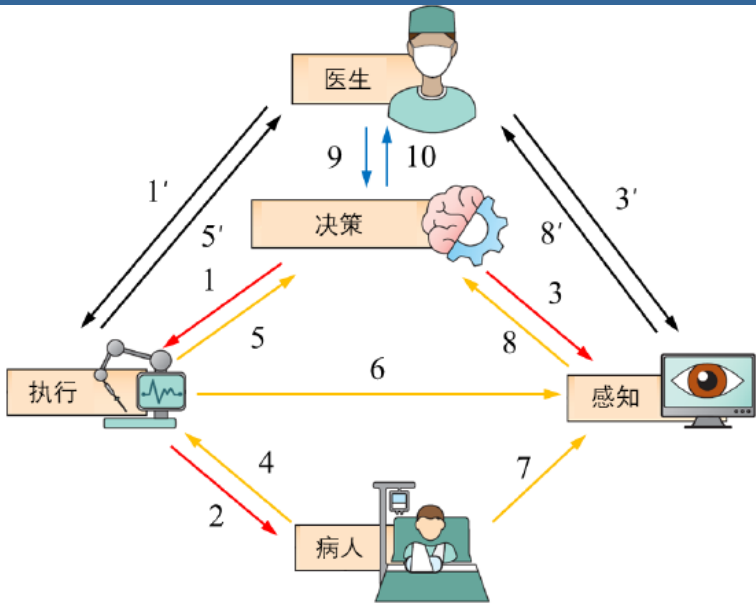
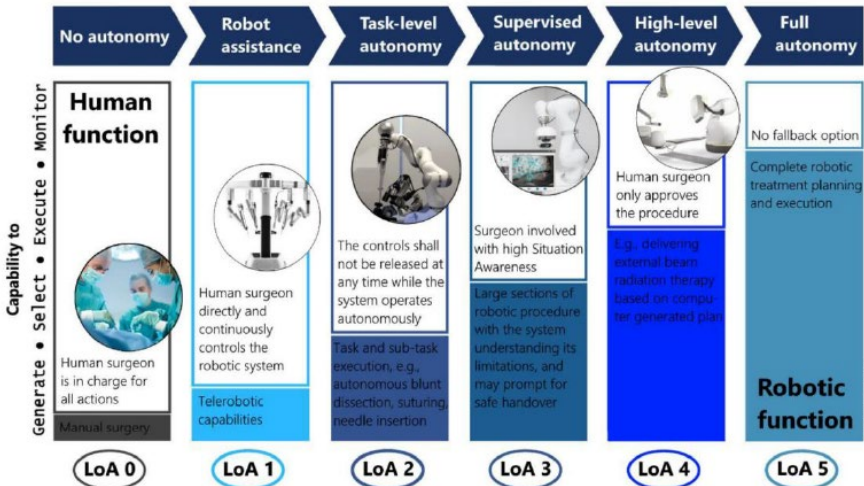
资料来源：天津大学医疗机器人与智能系统研究院，华安证券研究所

3.2 自主手术机器人：行业前沿，已有进展

■ 与汽车自动驾驶领域一样，自主手术机器人也需要采用等级划分的方式来描述手术机器人的自主化的程度。根据手术机器人系统中人类与机器人在规划生成、规划执行、规划监测和规划选择四个方面发挥的作用确定机器人自主性的等级。一个具备自主性的手术机器人系统主要感知系统、决策系统和执行系统三大部分组成。决策系统就是自主手术机器人的“大脑”，执行系统就是自主手术机器人的“手”，感知系统主要是手术机器人系统的“眼睛”。

手术机器人自动化分级

自主手术机器人系统主要组成部分



资料来源：清华五道口自主手术机器人报告，华安证券研究所

注：1-3 是从决策系统到手术环境的正向信息传递，4,8 表示从手术环境到决策系统传递的反馈信息，9-10 表示在自主手术机器人遇到不能解决的问题时由自主手术转换成遥操作手术术式的切换信息，带撇的数字表示术式变换后外科医生和手术机器人的执行系统和感知系统之间的信息传递。

3.2 自主手术机器人：行业前沿，已有进展

- L0：机器人没有自主性：机器人系统的所有的动作，规划生成、规划执行、规划监测和规划选择都是医生完成，可以理解为没有机器人辅助的手术形式。
- L1：机器人辅助：手术机器人只执行特定的、低水平的功能，例如遥操作机器人系统、震颤过滤等。
- L2：任务自主性：系统可以自主地完成某些任务或子任务，例如图像引导的骨钻孔，伤口闭合等。
- L3：有监督的自主性：系统可以自主地完成大部分的手术过程，同时做出低层次的认知决定。所有的行动都在人类的监督下进行。
- L4：高水平的自主性：机器人系统根据人类批准的手术计划执行完整的手术操作，而人类只可以紧急停止机器人系统。即使是在人类未能对干预的请求作出适当的回应，机器人也能完成任务。
- L5：完全自主：机器人系统可以处理所有环境变化和不利条件。该系统在即使是技术最好的人类失败的情况下也能取得成功，因此将不再需要人类任何形式的参与。

3.3 自主手术机器人：“模仿学习”训练手术机器人

- 目前，在手术机器人领域已有的自主手术机器人系统基本属于3级自主性程度。其目标手术场景包括伤口缝合、肠道吻合等。2022年1月美国约翰·霍普金斯大学的研究团队设计的智能组织吻合机器人（STAR）自主完成了腹腔镜下猪肠道吻合术，是该领域的里程碑。
- 2024年，美国约翰霍普金斯大学和美国斯坦福大学的研究人员打造出一台 AI 手术机器人，其已能完成外科手术中的三项基本操作：操纵针头、提起身体组织、缝合。该项成果在2024年11月慕尼黑的机器人学习大会上公布。
- 数据输入：研究人员向他们的模型输入了数百个在手术过程中从放置在达芬奇机器人手臂上的腕部摄像头录制的视频，让它“观看”10000多条长达数千小时的手术视频。并将经过手术视频训练的视觉语言模型（VLM）与da Vinci 机器人手术系统集成。
- 研究结果：为了检验这款机器人的效果，研究人员打造了一台模拟手术，其中使用了合成组织模拟器（synthetic tissue simulators）和手术假人，并将“针头放置精确度”和“组织操作一致性”设为这一模拟手术的考核目标。结果发现，该机器人非常擅长学习那些人类并没有教过它的技能，例如手术针头掉了它会自动捡起并继续手术。只需要图像输入，AI系统就能找到正确的动作，即使只有几百个演示，模型也能够学习手术过程并推广到它从未遇到过的新环境。模仿学习在训练手术机器人方面的成功应用，消除了为机器人编写医疗程序中每个单独动作的程序的需求，并使机器人手术领域更接近真正的自主化，即机器人可以在没有人类帮助的情况下进行复杂手术。

目录

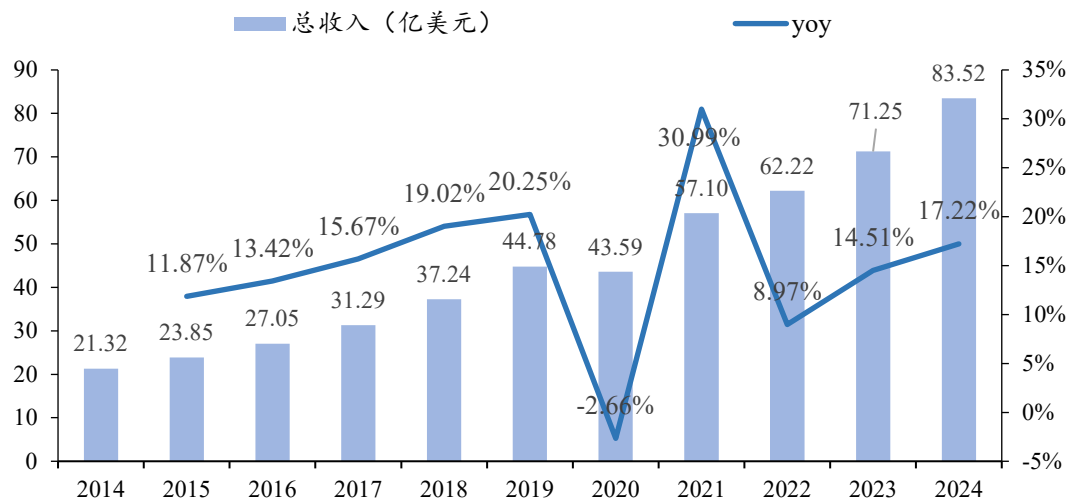
- 01 | 手术机器人：外科手术新时代的重要推动工具
- 02 | 手术机器人：市场空间广阔，国产厂家加速追进
- 03 | 手术机器人：AI技术促进自主手术机器人智能化发展
- 04 | 重要公司介绍
- 05 | 风险提示

资料来源：wind、华安证券研究所

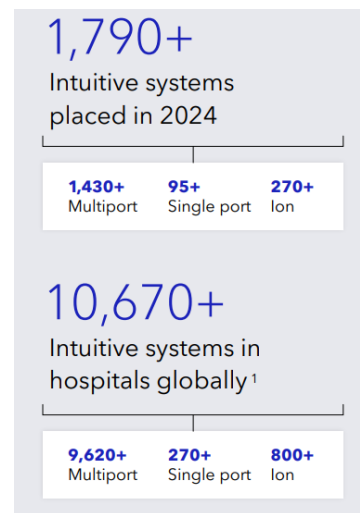
4.1 直觉外科：腔镜手术机器人全球标杆

- 直觉外科(Intuitive Surgical Inc.)是商业化手术机器人的开创者与引领者，由手术机器人之父弗雷德里克·莫尔于1995年创立。1997年，医生首次通过其搭建的手术机器人完成手术，2000年7月达芬奇手术机器人系统通过了美国FDA的上市许可，正式走向商业化。
- 公司产品不断迭代。公司核心产品是腔镜手术机器人达芬奇（da Vinci）系列 早年主要聚焦多孔手术机器人系统的研发及商业化销售，最新一代产品为2024年上市的 da Vinci 5；公司2018年也推出单孔机器人系统（da Vinci SP），用于进入体内深部狭窄的组织进行手术。另一方面，公司2019年在达芬奇产品矩阵外新开拓了Ion产品线，主要用于肺部活检，辅助医生从肺部深处获取组织样本，进行肺部癌症病变的早期诊断。

直觉外科2014-2024年收入情况



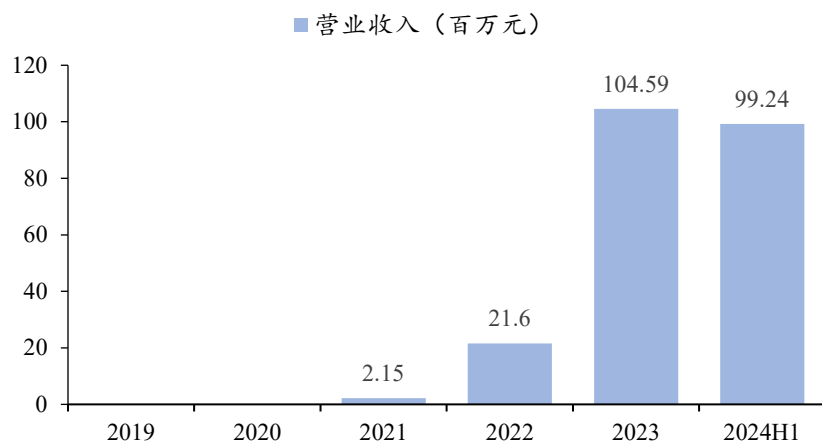
直觉外科手术机器人装机情况



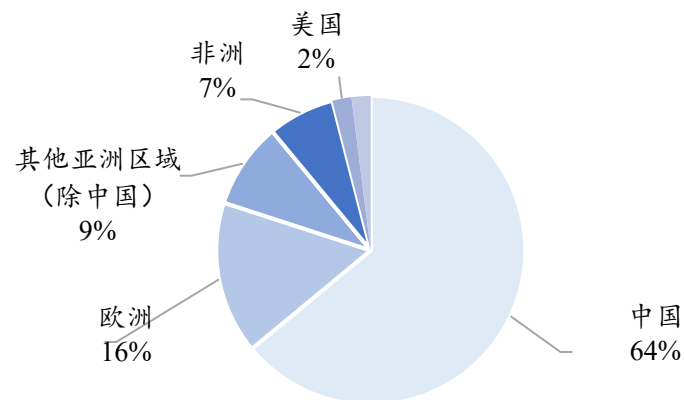
4.2 微创手术机器人-B: “让天下没有难做的手术”

- 公司成立于2015年，2021年从微创医疗集团分拆于港交所上市。公司背靠头部医疗器械平台，渠道、研发、资金高度协同，8年时间实现2款机器人从研发到商业化销售。2022年图迈腹腔镜手术机器人和鸿鹄手术机器人陆续获得NMPA批准，开始展开商业化探索，并于2022年底实现首次商业化装机入院。公司为现有品种最齐全的手术机器人公司，已获批品种包括腹腔镜（图迈）、骨科（鸿鹄）、泛血管（R-ONE）和经皮穿刺（Mona Lisa）。
- 图迈腹腔镜机器人：2022年1月获NMPA批准用于泌尿外科手术，2023年10月获得妇科、胸外科、普外科适用症批准；2025年单臂机器人获得NMPA批准。性能在国产设备中位居前列，性价比高于进口设备，产品竞争力较强。

2019-2024年上半年公司收入水平



2024年上半年公司收入区域结构

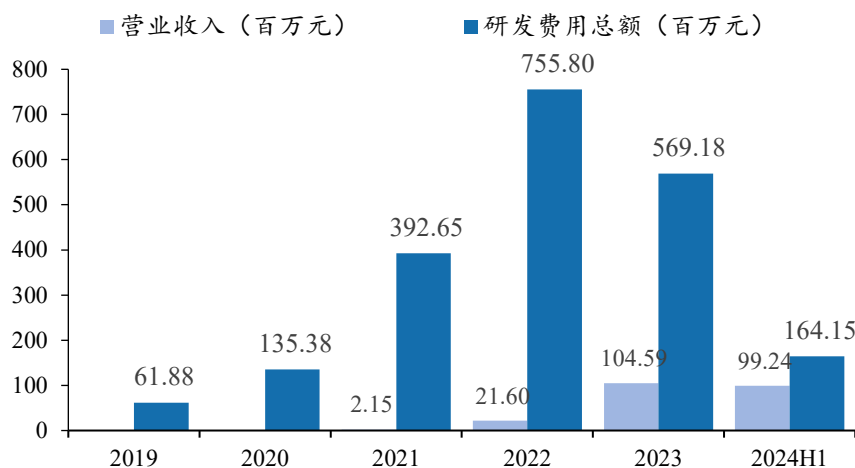


资料来源：微创手术机器人公司公告，华安证券研究所

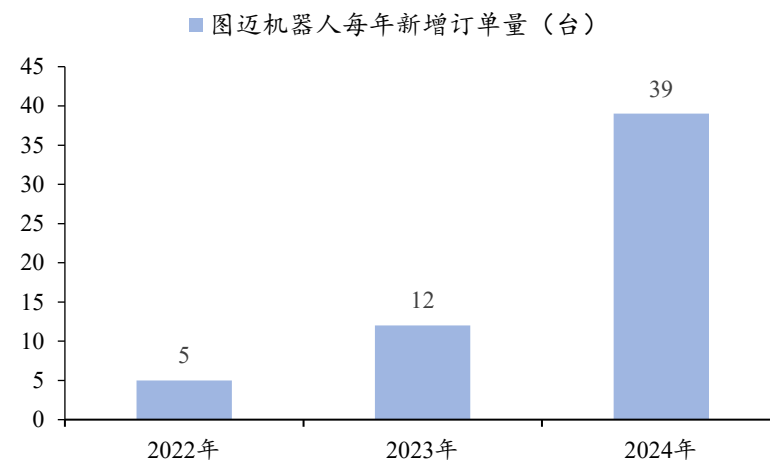
4.2 微创手术机器人-B: “让天下没有难做的手术”

■ 2024年经营情况: (1) 图迈腔镜手术机器人全球订单达39台, 商业化装机突破30台, 全球累计商业化订单近60台。图迈在中国国内市场占有率继续提升, 省级头部三甲医院及全国百强医院占比提升至60%以上; 在国际市场仅用1年时间, 不仅拓展了亚洲、非洲、拉美等新兴市场, 更在欧美高端市场实现突破, 取得超过20台商业化订单。图迈已在20多个国家或地区提交上市认证申请, 预计2025年将密集获批。(2) 鸿鹄骨科手术机器人全球订单达25台, 累计订单超过40台, 覆盖中国、美国、德国、意大利、比利时、希腊、澳大利亚及巴西等五大洲的医疗机构。(3) R-ONE血管介入机器人是目前唯一一款在中国国内上市并销售的冠脉介入手术机器人产品。2024年12月, R-ONE中标复旦大学附属中山医院等5家上海头部公立医院的采购订单, 国内订单达8台及全球18台。

2019-2024年上半年公司收入与研发费用对比



2012-2024年公司图迈手术机器人订单



资料来源: 微创手术机器人公司公告, 华安证券研究所



华安证券

HUAAN SECURITIES

华安研究·拓展投资价值

4.3天智航-U：中国医疗机器人开拓者

- 天智航10余年来专注于骨科领域，致力于为精准智能骨科医学的发展提供更多可能。2020年，天智航公司成功上市IPO科创板。天玑骨科手术机器人是全球首款可在一台设备上实现脊柱、关节、创伤三大领域骨科手术全覆盖，可以实时追踪实现亚毫米级精度，其临床精度可达1mm以内。
- 经营业绩：2024年公司收入1.78亿元，公司营业利润较上年同期亏损收窄4,959.18万元，同比收窄32.97%，利润总额较上年同期亏损收窄4,962.89万元，同比收窄32.93%。



4.4 在医疗机器人领域布局的其他上市公司梳理

细分领域	公司名称	产业布局
腔镜手术机器人	康基医疗	2022年1月，康基医疗收购唯精医疗机器人35%的股权。唯精医疗的腹腔内窥镜手术系统型号为WJ-SR01-200，其配套的穿刺器已经获批上市
	威高股份	2021年10月，威高妙手腔镜手术机器人获得NMPA批准上市
骨科手术机器人	三友医疗	公司创新研发三臂脊柱外科手术机器人“春风化雨骨科手术机器人”，已在北美成功开展临床试验入组
	春立医疗	公司膝关节骨科手术机器人黄河INS-1于2024年获批上市
	爱康医疗	公司iBot 髋关节/膝关节手术机器人分别于2023年11月/2024年4月于国内获批
	美亚光电	公司旗下有脊柱外科手术机器人产品，正在积极推进包括血管介入手术机器人等预研项目
康复医疗机器人	伟思医疗	公司康复机器人系列产品包括已上市的Xwalk系列和X-locom系列，以及在研的医美领域的3A射频机器人
	麦澜德	公司在运动康复领域深耕，目前核心产品为手功能康复机器人系列产品
	翔宇医疗	公司组建机器人子公司，目前团队超100人，有超过20个机器人在研项目
磁导航手术机器人	微电生理	公司独家代理的Genesis RMN™心脏电生理机器人磁导航系统（简称“Genesis RMN™系统”）获NMPA批准上市。该系统在技术、效率和安全性上全面升级，将为复杂心律失常的治疗提供可靠且高效的解决方案。未来Genesis RMN系统将不仅限于复杂心律失常治疗，还将拓展到更多心脏相关介入领域，甚至延伸至神经、外周血管等高精尖医疗领域
血管介入手术机器人	润迈德	公司基于caFFR系统及caIMR系统，计划推出血管介入手术机器人，将PCI全流程自动化。Flash Robot血管介入导航手术系统是公司专有的机器人辅助平台，截至2024年6月30日，Flash Robot血管介入导航手术系统处于研究完善阶段
其他	楚天科技	公司旗下有智能机器人子公司，早年涉及过外骨骼康复机器人研发
	健麾信息	全自动细胞毒类药物配置机器人（Cyto）与全自动静脉用药配置机器人（Twins），均可凭借机械手按照处方要求进行药物的快速化、精准化、自动化调配

资料来源：康基医疗、威高股份、三友医疗、春立医疗、爱康医疗、美亚光电、伟思医疗、麦澜德、翔宇医疗、微电生理、润迈德、楚天科技及健麾信息公司公告及官网，华安证券研究所

华安证券研究所

风险提示

- 手术机器人商业化进展不及预期；
- 手术机器人的临床事故风险；
- 行业竞争加剧风险。



重要声明

分析师声明

本报告署名分析师具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格，以勤勉的执业态度、专业审慎的研究方法，使用合法合规的信息，独立、客观地出具本报告，本报告所采用的数据和信息均来自市场公开信息，本人对这些信息的准确性或完整性不做任何保证，也不保证所包含的信息和建议不会发生任何变更。报告中的信息和意见仅供参考。本人过去不曾与、现在不与、未来也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接接收任何形式的补偿，分析结论不受任何第三方的授意或影响，特此声明。

免责声明

华安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。本报告中的信息均来源于合规渠道，华安证券研究所力求准确、可靠，但对这些信息的准确性及完整性均不做任何保证，据此投资，责任自负。本报告不构成个人投资建议，也没有考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需要。客户应考虑本报告中的任何意见或建议是否符合其特定状况。华安证券及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券并进行交易，还可能为这些公司提供投资银行服务或其他服务。

本报告仅向特定客户传送，未经华安证券研究所书面授权，本研究报告的任何部分均不得以任何方式制作任何形式的拷贝、复印件或复制品，或再次分发给任何其他人，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。如欲引用或转载本文内容，务必联络华安证券研究所并获得许可，并需注明出处为华安证券研究所，且不得对本文进行有悖原意的引用和删改。如未经本公司授权，私自转载或者转发本报告，所引起的一切后果及法律责任由私自转载或转发者承担。本公司并保留追究其法律责任的权利。

投资评级说明

以本报告发布之日起6个月内，证券（或行业指数）相对于同期沪深300指数的涨跌幅为标准，定义如下：

行业评级体系

增持：未来6个月的投资收益率领先沪深300指数5%以上；

中性：未来6个月的投资收益率与沪深300指数的变动幅度相差-5%至5%；

减持：未来6个月的投资收益率落后沪深300指数5%以上；

公司评级体系

买入：未来6-12个月的投资收益率领先市场基准指数15%以上；

增持：未来6-12个月的投资收益率领先市场基准指数5%至15%；

中性：未来6-12个月的投资收益率与市场基准指数的变动幅度相差-5%至5%；

减持：未来6-12个月的投资收益率落后市场基准指数5%至15%；

卖出：未来6-12个月的投资收益率落后市场基准指数15%以上

无评级：因无法获取必要的资料，或者公司面临无法预见结果的重大不确定性事件，或者其他原因，致使无法给出明确的投资评级。市场基准指数为沪深300指数。



谢谢！