



西南证券
SOUTHWEST SECURITIES

创新器械专题——手术机器人

从一马当先到万马奔腾，
500亿高壁垒赛道看国产龙头蓄势待发

西南证券研究发展中心
2021年8月



分析师：杜向阳
执业证号：S1250520030002
电话：021-68416017
邮箱：duxy@swsc.com.cn

联系人：周章庆
电话：021-68416017
邮箱：zzq@swsc.com.cn

核心观点

- **从“一马当先”到“万马奔腾”，手术机器人赛道潜力巨大。** 机器人辅助手术（RAS）是临床医学发展的里程碑，相比第一代开放手术和第二代传统微创手术（MIS），RAS具有灵活精准、抗疲劳辐射、视野大且清晰、过滤震颤、创口小恢复快、出血少并发症少、直觉自然、易于学习等优势，在高难度手术中具备必要性，在简单的良性手术中具备消费升级属性，运用场景有望不断突破。**2010年以前，以达芬奇为主的腹腔镜手术机器人“一马当先”**，在泌尿科、妇科、普外科领域不断渗透，发展迅猛，近年来以骨科手术机器人、泛血管手术机器人、经自然腔道手术机器人等不同产品在不同手术领域不断商业化，目前RAS行业呈现“万马奔腾”的趋势，过去20年的起步阶段即将开启更远的故事，预计2020年到2026年，全球手术机器人行业将从83.2亿美元增长到335.9亿美元，复合增速26.2%。
- **商业模式+技术壁垒构筑好赛道，国内十年500亿潜力空间看国产龙头蓄势待发。** **商业模式方面**，手术机器人行业“设备+耗材+服务”的模式壁垒高于纯耗材模式，且设备保有量和单设备产出的增加带来收入增长的稳健性和可预测性。**技术壁垒方面**，在竞争初期阶段，技术基础决定临床比较，而临床比较的优劣是影响商业化的重要因素，目前以主从遥控操作手术机器人为例，技术难点主要在系统和机械臂上，其中系统方面关键技术包括控制系统、视觉临场感主从控制等，机械臂关键技术包括从操作手臂构型、远心机构、手术器械等，这些技术涉及多学科运用，国产仍有差距，但随着未来手术机器人越来越与5G远程、AR、人工智能等国内外差距小的技术产生融合，国产龙头依然前景可期。参考Frost&Sullivan数据，预计2026年国内手术机器人市场规模约250亿元，复合增速44.3%；根据我们简单模型测算，预计2030年国内腹腔镜手术机器人和关节手术机器人渗透率分别为8.2%和12%，对应手术量分别为191万例和42万例，单手术耗材费用均价下降至1万元以内，预计国内腹腔镜手术机器人市场为260亿元，关节手术机器人为65亿元，按比例关系推算国内手术机器人行业市场规模为495亿元，相比目前27亿元接近10年20倍的潜力。
- **腹腔镜手术机器人：是商业化最成功的手术机器人代表**，凭借微创、精细、灵活、滤抖等显著优势，可以极大地扩展外科医生的手术能力，有效解决传统手术所面临的各种问题，因此在泌尿外科、妇科、普外科拥有很好的运用前景。**复盘直觉外科公司（ISRG.O）**，通过其系统四代更迭和术式演变，为腹腔镜手术机器人的发展已经参考，2000-2020年ISRG收入从0.27亿美元增长至43.6亿美元，复合增速29%，净利润从0.23亿美元增长到10.7亿美元，复合增速26.9%，达芬奇装机量、耗材产出、服务收入稳健增长，其中耗材占比逐渐提升。目前达芬奇系统销售单价约150万美元左右，2020年全球装机保有量5989台，其中美国3720台，2007~2020年单系统年手

核心观点

术量从125提升至205台，2020年单手术平均耗材收入1976美元，近年来基本维持1800-2000美元之间，单系统年耗材产出从28万美元增至40万美元左右，利用度逐渐提升。从手术费用看，国外RAS比MIS手术成本高2000-3000美元，基本都有医保覆盖，国内RAS比传统腹腔镜手术贵2-4万元，目前医保报销有望逐步打开。2020年国内腔镜手术机器人保有量189台，相比美国还有极大的空间，2013年以前国内年装机量基本低于5台，2014~2018年新增在10台左右，2019、2020年增加值50台以上，后续有望呈现爆发式增长。根据Frost&Sullivan数据，预计2026年全球腔镜手术机器人市场规模约180亿美元，国内市场有望从2020年的20亿元增长到2026年的150亿元，潜力巨大。

- **骨科手术机器人：有望成为下一个广泛使用的RAS领域。**从类型看，目前脊柱手术机器人主要为共享操作型，关节置换手术机器人主要是半自动机器人；从技术看，骨科手术机器人关键技术主要在控制系统、定位导航装置、机械臂装置三个部分，其中控制系统的比较难以量化，定位导航系统和机械臂装置则可根据技术路线做出一定比较；中国近年来骨科手术机器人领域技术积累较快，专利量仅次于美国，国产龙头具备较大商业化潜力。从市场看，脊柱手术机器人功能以导航定位为主，当前局限性较多，未来仍有提升的潜力；关节手术机器人则属于应用最广泛、难度最大的一类，当前主流产品在THA、TKA、UKA适应症领域已证明由于人工关节置换手术的结果，市场放量最为确定，预计2026年国内关节手术机器人市场增长至3.3亿美元（约21.5亿元），渗透率3%。
- **其他手术机器人：**1) **泛血管手术机器人：**能够减少辐射、提高精度，在血管介入手术中逐渐渗透，预计2026年全球16亿美元，国内11.7亿元（渗透率3%）；2) **经自然腔道手术机器人：**具备更好的视野和灵巧操作能力，有望应用于自然腔道腔镜手术，如支气管镜检查、结肠镜检查及胃镜检查，预计2026年全球17.9亿美元，国内8.4亿元（渗透率0.01%）；3) **经皮穿刺手术机器人：**凭稳定性和精度适用于经皮穿刺组织活检和治疗手术（如肾取石），预计2026年全球14.9亿美元，国内17.1亿元（渗透率9.5%）；
- **投资建议。**国内手术机器人行业具备10年500亿潜力，国内企业布局广泛，按腔镜、骨科手术机器人领域优先筛选优先企业。从标的看，1) **腔镜手术机器人领域**建议关注**微创医疗机器人（即将上市）、威高机器人、康多机器人**；2) **骨科手术机器人领域**建议关注**微创医疗机器人（即将上市）、天智航（688277）、键嘉、元化智能、鑫君特**等。3) 此外**微创医疗机器人**在泛血管手术机器人、经自然腔道手术机器人、经皮穿刺手术机器人等领域均有布局。
- **风险提示：手术机器人装机不及预期、政策配置证限制、医保报销不及预期、竞争加剧、医疗事故。**

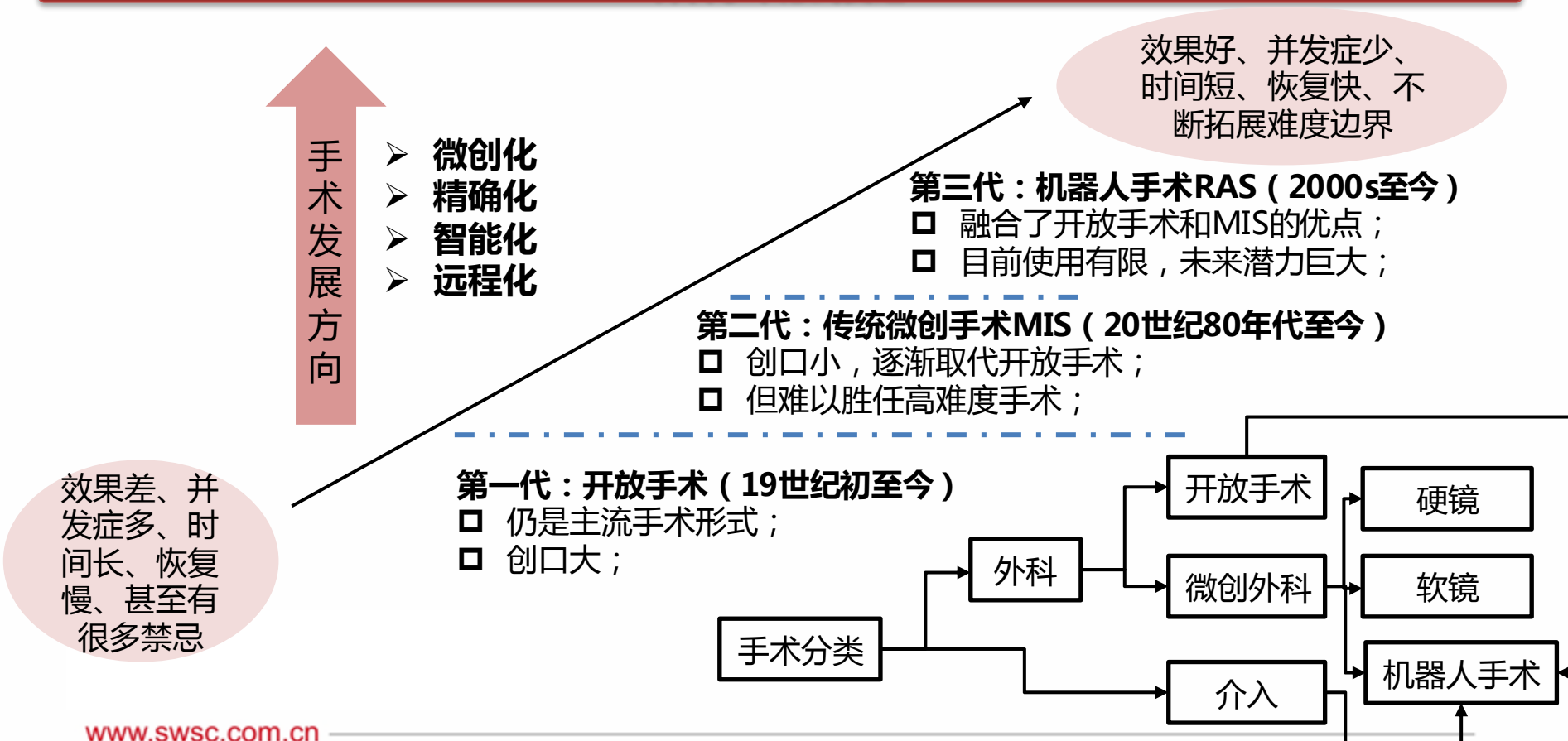
目 录

- ◆ 1、手术机器人行业概览
- ◆ 2、腹腔镜手术机器人和直觉外科公司复盘
- ◆ 3、骨科手术机器人
- ◆ 4、其他手术机器人发展概览
- ◆ 5、投资建议和标的

1.1 手术机器人时代的来临

- 机器人辅助手术 (robot-assisted surgery , RAS) 作为第三代外科手术形式，在强化传统微创手术 (Minimally Invasive Surgery , MIS) 的优势的同时，又克服了MIS的局限性，促进了更多的开放手术往微创转变。

外科手术形式变迁



1.1 手术机器人时代的来临

手术机器人发展历程：运用场景不断突破

- 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。
- 近年来手术机器人的运用场景不断多元化：1) 腔镜手术机器机器人在泌尿科、妇科、普外科等领域不断拓展；2) 骨科、泛血管等手术机器人逐渐走向商业化。

机器人的发展史



www.swsc.com.cn

数据来源：微创医疗机器人招股书，西南证券整理

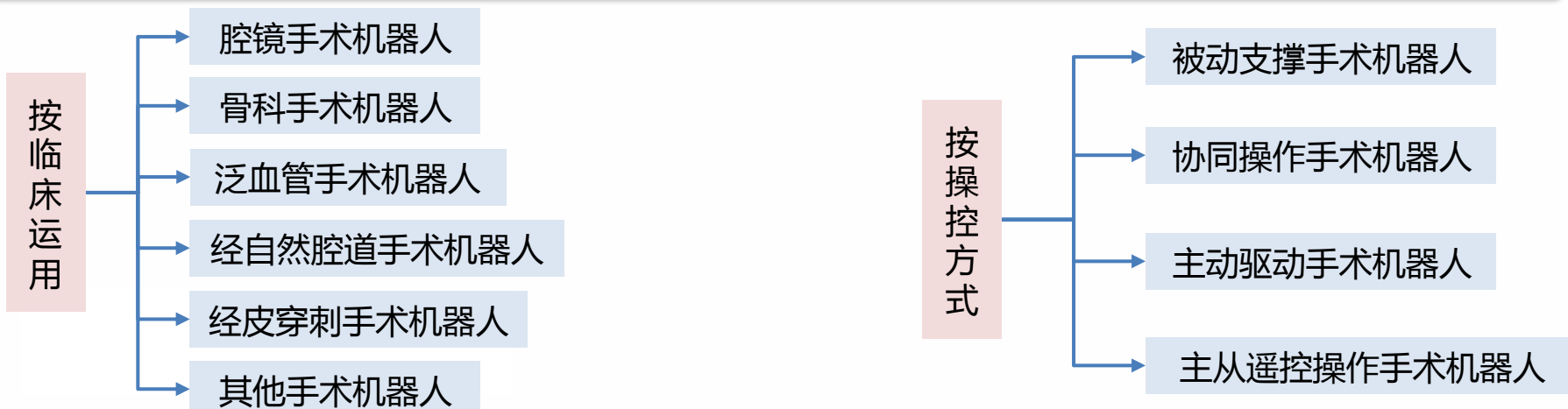
1.1 手术机器人时代的来临

□ **手术机器人的定义**：是集医学、机械学、生物力学及计算机科学等多学科于一体的医疗器械产品，借助微创手术和相关底层技术发展，能从视觉、听觉和触觉上为医生进行手术操作提供支持，被用于高于人类能力的微创手术领域实现对手术器械的精准控制。

□ **常见分类**：

1. 从临床医学应用角度分类。手术机器人可分为腹腔镜手术机器人、骨科手术机器人、泛血管手术机器人、经自然腔道手术机器人、经皮穿刺手术机器人和其他手术机器人（如神经外科手术机器人）。
2. 按操控方式分类。可分为被动支撑手术机器人、协同操作手术机器人、主动驱动手术机器人以及主从遥控操作手术机器人。**其中主从遥控操作手术机器人为最常见的手术机器人**，主端一般为主刀医生控制，从端为机械臂控制，主端通过从端进入人体体内进行手术操作，同时通过从端上的视频成像系统获得高清目标图像。

手术机器人的常见分类



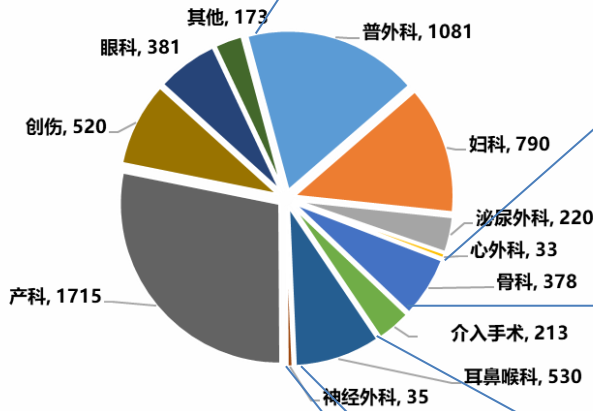
WWW.SWSC.COM.CN

数据来源：李治非，杨阳，苏月，等. 我国外科手术机器人研究应用现状与思考[J]. 中国医学装备 2019年16卷11期, 177-181页, ISTIC, 2019. 西南证券整理

1.1 手术机器人的场景和分类

2017年全国手术6069万例。

中国2017年手术分类 (万例)



目前普外科、妇科、泌尿科、骨科是使用手术机器人的重点领域。

科室	手术分类	手术量 (万)	可用机器人类型	主要机器人产品 (标红为已上市)
普外科	胆囊切除术	96	腹腔镜手术机器人	Zeus (Computer Motion, FDA, 被直觉收购) da Vinci (Intuitive Surgical, FDA, CE, NMPA) Senhance (Asensus Surgical, FDA, CE) Revo-I (Meere company, MFDS) Versius (CMR Surgical, CE) Avatera (Avatera Medical, CE) RAVEN (华盛顿大学) Hugo RAS (美敦力) MiroSurge (德国宇航中心) Robin Heart (波浪罗兹理工大学) SPRINT (意大利圣安娜大学) 图迈 (微创机器人) 妙手-S (威高-天津大学) 康多系统 (康多) 华鹊-II (哈工大) 神刀华佗 (上海交通大学) 在研 (北京术锐、重庆博恩、重庆金山、杭州术创、深圳精锋、淄博科智星)
	阑尾切除术	83.4		
	疝修补	86.6		
	减重手术	0.4		
	结直肠手术	98.5		
	胃肠手术	425.6		
	肝脏手术	54.5		
	胰腺手术	18.8		
	甲状腺手术及其他	216.9		
妇科	阴道镜检查	45	腹腔镜手术机器人	Zeus (Computer Motion, FDA, 被直觉收购) da Vinci (Intuitive Surgical, FDA, CE, NMPA) Senhance (Asensus Surgical, FDA, CE) Revo-I (Meere company, MFDS) Versius (CMR Surgical, CE) Avatera (Avatera Medical, CE) RAVEN (华盛顿大学) Hugo RAS (美敦力) MiroSurge (德国宇航中心) Robin Heart (波浪罗兹理工大学) SPRINT (意大利圣安娜大学) 图迈 (微创机器人) 妙手-S (威高-天津大学) 康多系统 (康多) 华鹊-II (哈工大) 神刀华佗 (上海交通大学) 在研 (北京术锐、重庆博恩、重庆金山、杭州术创、深圳精锋、淄博科智星)
	开腹子宫切除术	116.4		
	开腹输卵管-卵巢切除术	86.1		
	开腹子宫肌瘤	149.9		
泌尿外科	肾结石手术	37.1	腹腔镜手术机器人	Zeus (Computer Motion, FDA, 被直觉收购) da Vinci (Intuitive Surgical, FDA, CE, NMPA) Senhance (Asensus Surgical, FDA, CE) Revo-I (Meere company, MFDS) Versius (CMR Surgical, CE) Avatera (Avatera Medical, CE) RAVEN (华盛顿大学) Hugo RAS (美敦力) MiroSurge (德国宇航中心) Robin Heart (波浪罗兹理工大学) SPRINT (意大利圣安娜大学) 图迈 (微创机器人) 妙手-S (威高-天津大学) 康多系统 (康多) 华鹊-II (哈工大) 神刀华佗 (上海交通大学) 在研 (北京术锐、重庆博恩、重庆金山、杭州术创、深圳精锋、淄博科智星)
	前列腺增生手术	3.5		
	前列腺切除术	0.5		
	输尿管切除手术	179.2		
	心脏搭桥手术	4.6		
心外科	心脏瓣膜手术	7.9	腹腔镜手术机器人	Zeus (Computer Motion, FDA, 被直觉收购) da Vinci (Intuitive Surgical, FDA, CE, NMPA) Senhance (Asensus Surgical, FDA, CE) Revo-I (Meere company, MFDS) Versius (CMR Surgical, CE) Avatera (Avatera Medical, CE) RAVEN (华盛顿大学) Hugo RAS (美敦力) MiroSurge (德国宇航中心) Robin Heart (波浪罗兹理工大学) SPRINT (意大利圣安娜大学) 图迈 (微创机器人) 妙手-S (威高-天津大学) 康多系统 (康多) 华鹊-II (哈工大) 神刀华佗 (上海交通大学) 在研 (北京术锐、重庆博恩、重庆金山、杭州术创、深圳精锋、淄博科智星)
	先天性心脏病	15.8		
	其他	4.7		
骨科	髋关节	31.3	骨科手术机器人	RIO (MAKO-Stryker, FDA, CE, NMPA) 天玑 (天智航, NMPA) Mazor X (美敦力, FDA, CE) ROSA (捷迈邦美, FDA, CE) Tsolution One (Think Surgical, FDA, CE) 鸿浩 (微创机器人)、ARTHROBOT (键嘉)、骨圣元化 (元化智能)、HURWA (和华睿博)
	膝关节	25.6		
	脊柱	57.2		
介入手术	其他	263.9	泛血管手术机器人	R-ONE (Robocath, FDA, CE) CorPath (Siemens, FDA, CE) Genesis RMN (Stereotaxis, FDA, CE) Senise Robotics (Hansen Medical, FDA, CE) Amigo (Catheter Precision) 在研 (奥朋、爱博医疗等)
	PCI	75.3		
耳鼻喉	扁桃体切除	27.1	经自然腔道手术机器人	Ion (Intuitive Surgical, FDA) Monarch (强生, FDA) Flex (MedRobotics, FDA, CE)
	功能性内镜鼻窦手术	21.7		
	气管造口术	26.6		
	鼻骨骨折	11		
	颈淋巴结手术	10.7		
	鼻中隔成形术	10.5		
	其他	30.4		
神经外科	脑室分流	13.1	神经外科手术机器人	睿米 (柏惠维康, NMPA) ROSA ONE Brain (捷迈邦美, FDA) Neuromate (Renishaw, FDA, CE) SinoRobot (华科精准)
	创伤性脑震荡和其他	21.9		

www.swsc.com.cn

数据来源: Life Science Intelligence, 西南证券整理

1.2 如何看待手术机器人的潜力

高难度手术和良性手术

- 手术大体可以分为1) 癌症或其他高难度手术；2) 简单的良性手术。
- **高难度手术：手术紧迫，价格不敏感，报销高等特点，这部分手术这是初期实现机器人手术渗透的重点。**在卫健委《医疗机构手术分级管理办法》中，根据风险性和难易程度不同，手术分为四级。其中三、四级手术往往难度较大、过程复杂、风险较大，因此需要高级别的医院和高级别的医生才能开展。比如妇科中的腹腔镜下子宫切除术（四级）、复杂卵巢癌根治术（四级）、阴道骶骨固定术（四级）；普外科的腹腔镜下结直肠癌根治术（四级）；泌尿外科的前列腺癌根治术（四级）和腹腔镜下肾切除术（四级）；骨科中的特殊类型疾病的人工主髌置换术（四级）和人工全膝关节置换术（四级），以上术式是初期逐项转向机器人手术的重点。

中国医院手术分级管理制度

手术分级	定义	手术医生级别	开展医院限制
一级	技术难度较低、手术过程简单、风险度较小的各种手术	低年资住院医师	一级医院、乡镇卫生院
二级	技术难度一般、手术过程不复杂、风险度中等的各种手术	高年资住院医师逐步开展，低年资主治医师主持	二级医院、医院医院、乡镇卫生院
三级	技术难度较大、手术过程较复杂、风险度较大的各种手术	低年资主治医师逐步开展，高年资主治医师和低年资副主任医生主持	三级医院、二级医院
四级	技术难度大、手术过程复杂、风险度大的各种手术	低年资副主任医师逐步开展，高年资副主任医师和主任医师主持	三级医院

- **良性手术：手术一般可择期、价格敏感、报销低等特点。**这部分手术量很大，需要提供性价比的机器人手术方案，比如在住院时间减少、不留疤、辐射减少等方面吸引医院、患者、医生等。目前在腹腔镜手术领域，高难度手术和良性手术约各占一半。

1.2 如何看待手术机器人的潜力

手术机器人的优缺点：

- 相比于传统的开放式手术，微创外科手术具有创口小、痛苦少、恢复快以及感染率低的优点，但也存在医生手眼不协调、学习长、易疲劳、手部抖动影响手术质量、手术器械不灵活不稳定、无法精确分离和缝合等缺点。机器人手术**既保存了微创手术的优势，又加强了操作复杂手术的能力**，具有灵活精准、抗疲劳辐射、视野大且清晰、过滤震颤、创口小恢复快、出血少并发症少、直觉自然、易于学习等优势，手术机器人主要的缺点包括缺乏触觉反馈、术前调试时间长、费用贵、手术器械不够丰富等。

机器人微创手术与传统微创手术、开放手术优缺点比较

特點	開放手術	傳統微創傷手術	機器人微創傷手術
成像方式	裸眼	二維圖像	三維高清圖像
進行複雜手術的能力	●	◐	●
手術結果的穩定性高	◐	◐	●
操作精準	◐	◐	●
高靈活性	◐	◐	●
震顫濾除的器械運動	○	◐	●
傷口創面小且恢復快	○	◐	●
出血少且術後併發症少	◐	◐	●
降低外科醫生疲憊	◐	◐	◐
減少輻射暴露	○	◐	●



優勢較少 → 優勢較多

WWW.SWSC.COM

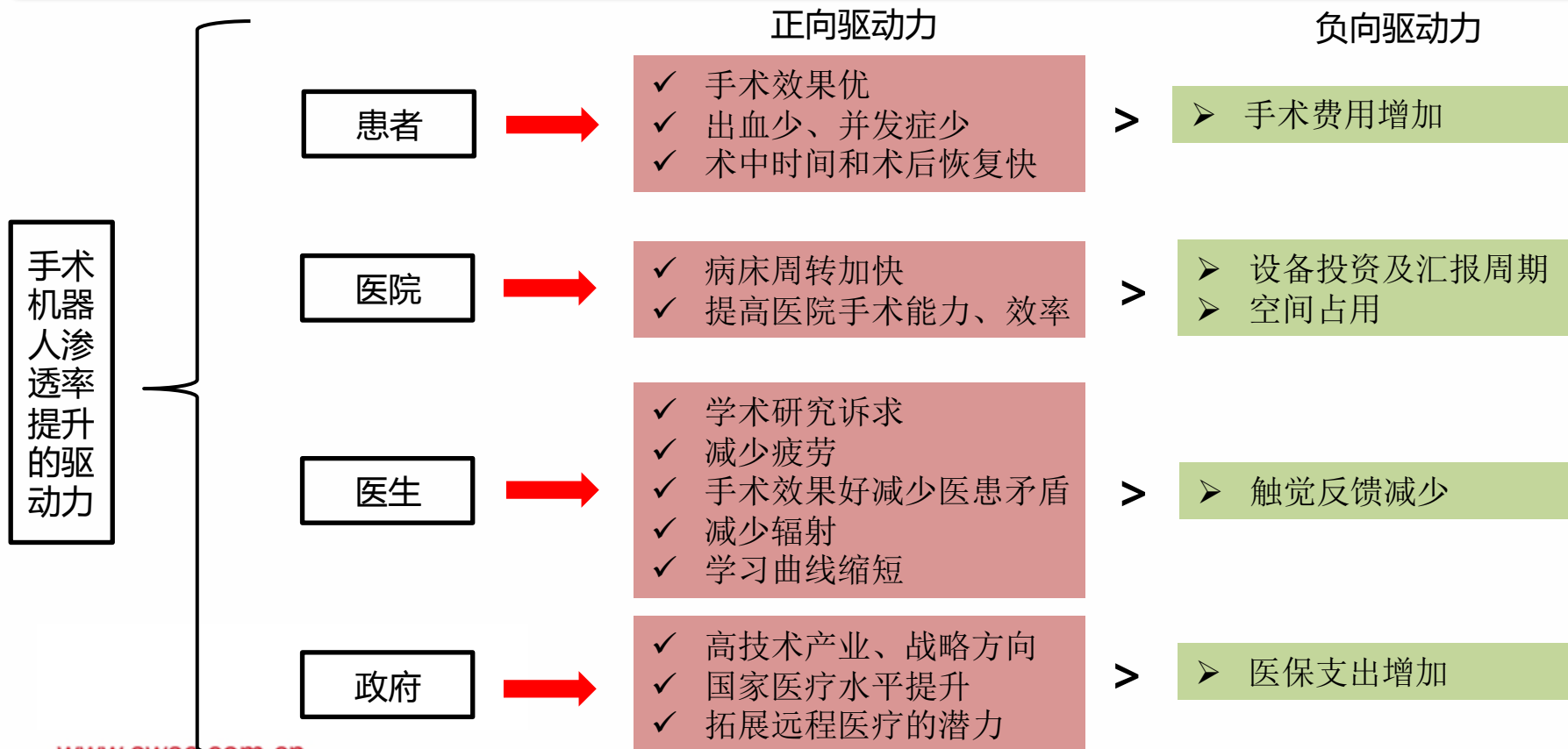
数据来源：微创医疗机器人招股书，西南证券整理

1.2 如何看待手术机器人的潜力

多因素促进手术机器人渗透率提升

- 根据机器人手术对患者、医院、医生、政府四个主要相关人的积极和消极影响分析，经济原因是主要限制机器人手术渗透率提升的关键，而其可以通过医保报销、增加手术规模摊薄成本、发展国产产业链得到解决。而其余利好的因素较多，短期在经济条件许可的地区渗透是必然的趋势。

手术机器人渗透率提升的正向和负向驱动力



1.2 如何看待手术机器人的潜力

政策明确发展机器人产业

- 目前手术机器人的产业发展是得到国家支持的重要方向。
- 在国产产品出来之前，机器人配置率偏低。主要原因是卫健委对大型设备（甲类+乙类）的配置有明确的规划（具体到每个省配额）。根据《国家卫生健康委关于调整2018—2020年大型医用设备配置规划的通知》，2020年底机器人计划配置268台，其中2018-2020年规划225台。后续随着国产竞品出来，配置有望加速或放宽。

手术机器人相关政策

政策	发布时间	主要内容
《国务院关于引发<中国制造2025>的通知》	2015.5.8	鼓励新一代信息技术、高端装备、新材料、生物医药等战略重点，引导社会各类资源集聚，推动优势和战略产业快速发展。其中，针对高性能医疗器械领域，重点发展影像设备、 医用机器人 等高性能诊疗设备，全降解血管支架等高值医用耗材，可穿戴、远程诊疗等移动医疗产品。
《关于促进医药产业健康发展的指导意见》	2016.3.4	鼓励国产医疗器械企业加强技术创新，提高核心竞争力，明确提出发展 医用机器人 等高端医疗器械，实现进口替代，加快医疗器械转型升级。
《战略性新兴产业重点产品和服务指导目录》（2016版）	2017.1.25	明确认定术中定位、术中成像、术中监护、影像导航等设备及其信息系统；数字化、一体化的外科手术、介入治疗、术中治疗、微创治疗等混合手术室设备及其信息系统；腹腔、胸腔、泌尿、骨科、介入等 手术辅助机器人 及其配套微创手术器械为战略新兴产业重点产品。
《增强制造业核心竞争力三年行动计划（2018-2020年）》	2017	提出加快发展先进制造业，保障支持高端医疗器械和药品关键技术产业化实施。具体到医疗器械领域，有4大类27小类医疗器械产业化项目获得重点支持，其中， 手术机器人 属于重点支持的高端治疗设备。
《高端医疗器械和药品关键技术产业化实施方案（2018-2020年）》	2017.12.13	提出聚焦使用量大、应用面广、技术含量高的高端医疗器械，在治疗设备领域， 鼓励腔镜手术机器人、神经外科手术机器人 等创新设备产业化，推动 骨科手术机器人 等产品的升级换代和质量性能提升。
《促进新一代人工智能产业发展三年行动计划(2018-2020)》	2017.12.13	提出加快人工智能产业发展，推动人工智能和实体经济深度融合。该文件支持培育包括智能服务机器人在内的智能产品，重点发展三维成像定位、智能精准安全操控、人机协作接口等关键技术，支持 手术机器人 操作系统研发，推动 手术机器人 在临床医疗中的应用。
《关于推动先进制造业和现代服务业深度融合发展的实施意见》	2019.11.10	提出推进消费服务重点领域和制造业创新融合，重点发展 手术机器人 、医学影像、远程诊疗等高端医疗设备等，逐步实现设备智能化、生活智慧化。
《国务院关于深化“证照分离”改革进一步激发市场主体发展活力的通知》	2021.6.30	社会办医疗机构乙类大型医用设备配置许可实行告知承诺制；自由贸易试验区内社会办医疗机构乙类大型医用设备配置由审批改为备案管理；进一步优化社会办医疗机构甲类大型医用设备配置许可审批服务。

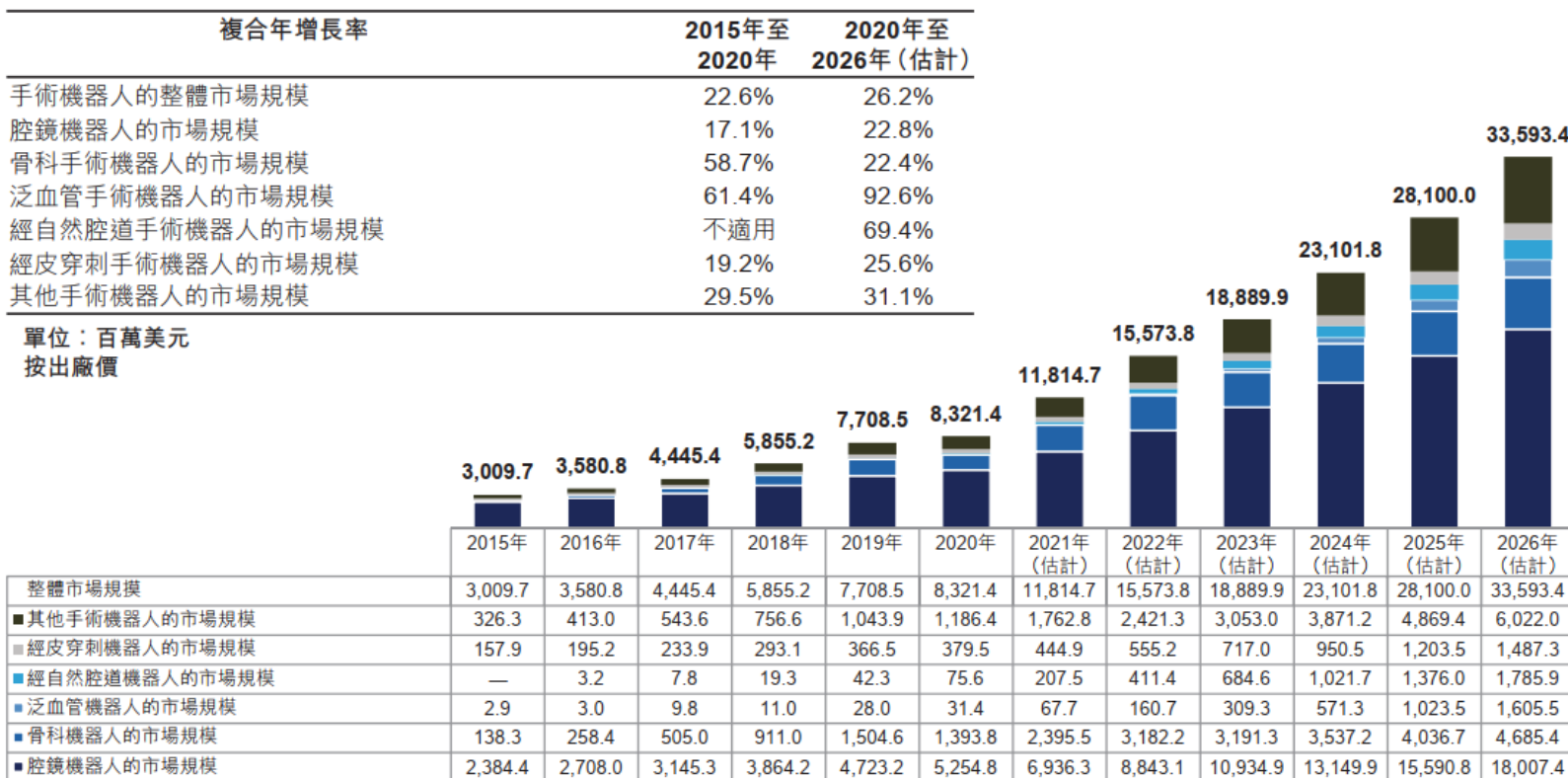
www.swsc.com.cn

1.3 国内外手术机器人市场规模

全球手术机器人市场高速发展，腹腔镜手术机器人和骨科手术机器人为主要市场

- 2015~2020年，全球手术机器人市场规模从30亿美元增加到83.2亿美元，复合增速22.6%，估计到2026年将达到335.9亿美元，复合增速26.2%；
- 2020年全球腹腔镜手术机器人市场规模52.5亿美元，骨科手术机器人市场规模13.9亿美元，为主要的运用领域。

全球手术机器人的市场规模

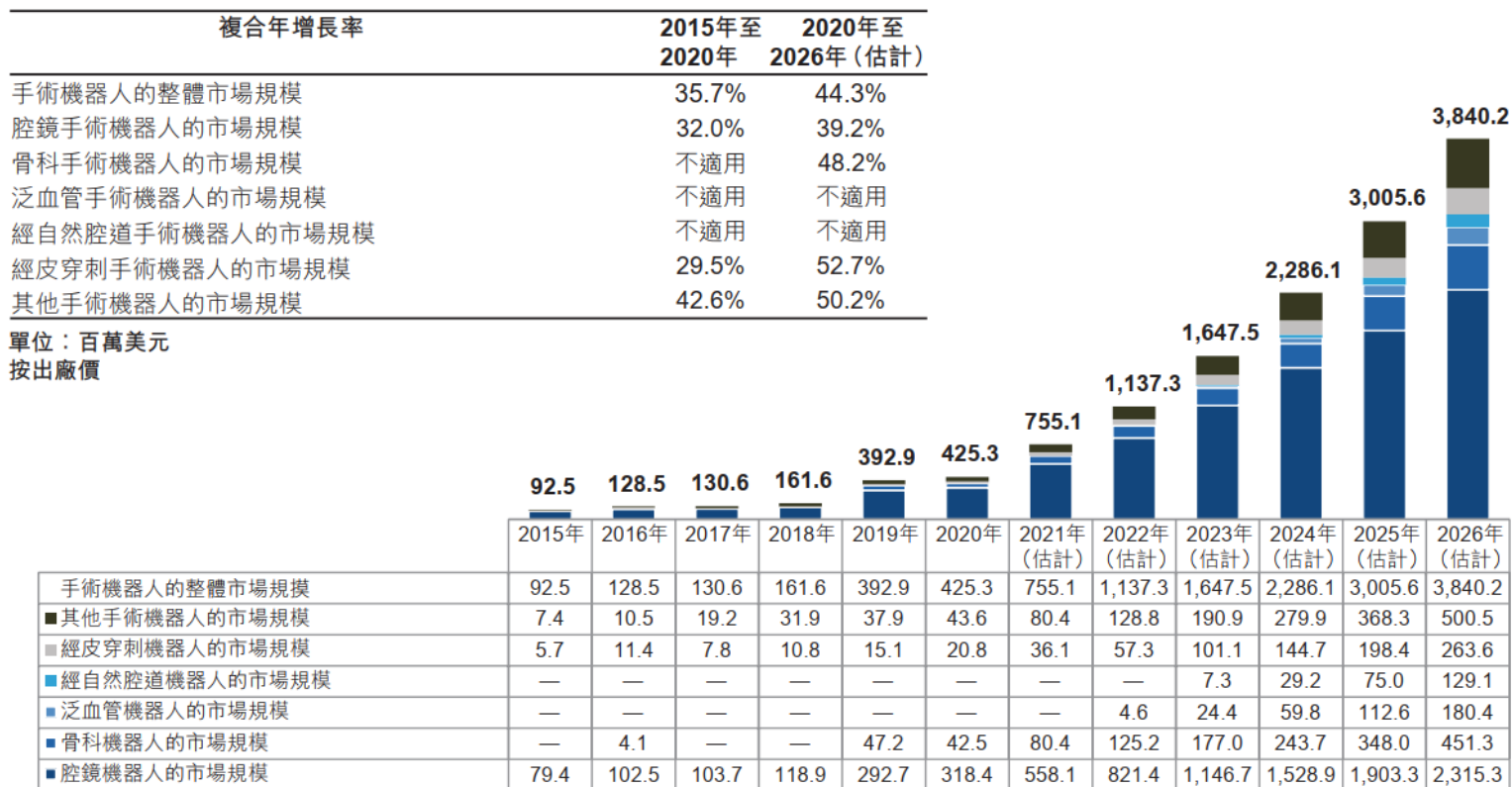


1.3 国内外手术机器人市场规模

国内手术机器人市场：绽放前夜

- 2015~2020年，中国手术机器人市场规模从0.93亿美元增加到4.25亿美元（约27.6亿元），复合增速35.7%，估计到2026年将达到38.4亿美元（约250亿元），复合增速44.3%；占全球市场份额从2020年的5.1%提升到11.4%。
- 2020年中国腔镜手术机器人市场规模3.18亿美元，骨科手术机器人市场规模0.43亿美元，处于绽放前夜。

中国手术机器人的市场规模

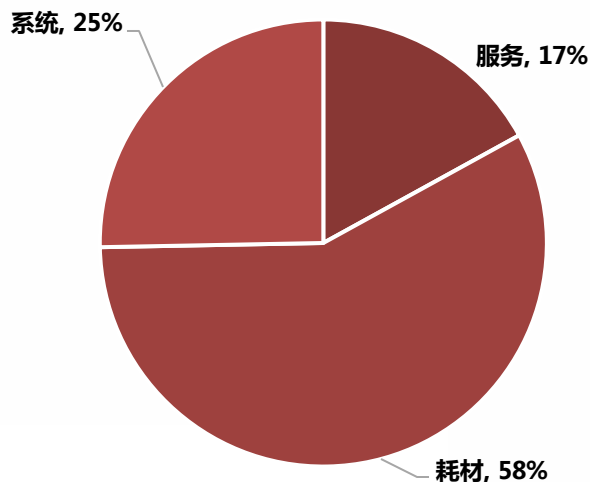


1.3 国内外手术机器人市场规模

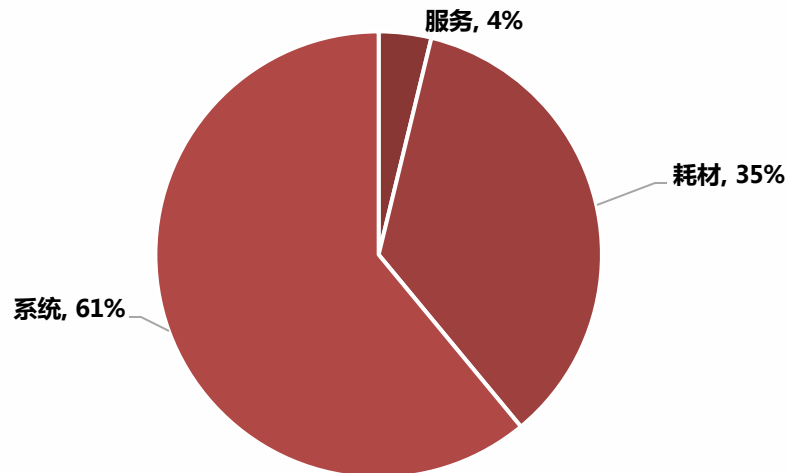
手术机器人商业模式：设备+耗材+服务构筑极强壁垒

- **装机量带动耗材的模式有两个好处**：1) 壁垒高于纯耗材模式，叠加控制软件的技术迭代积累，医院设备更换的成本高，后发者很难超越，行业格局的变化会是一个缓慢的过程。2) 设备保有量稳健上升（每年新增一定装机）*单设备收入增长（手术量增长*机器人手术渗透率提升）。
- **以手术机器人最成熟的腔镜和关节领域看，耗材+系统+服务是主要的收入来源**。2020年美国腔镜手术机器人市场中，耗材占比58%，系统占比25%，服务占比17%，近年来耗材占比持续提升（2015年为51%）；2020年美国关节手术机器人市场中，系统占比61%，耗材占比35%，服务占比4%，目前仍以提高装机量为主，手术渗透率还有待提升（和耗材相关）。

2020年美国腔镜手术机器人市场构成



2020年美国关节手术机器人市场构成

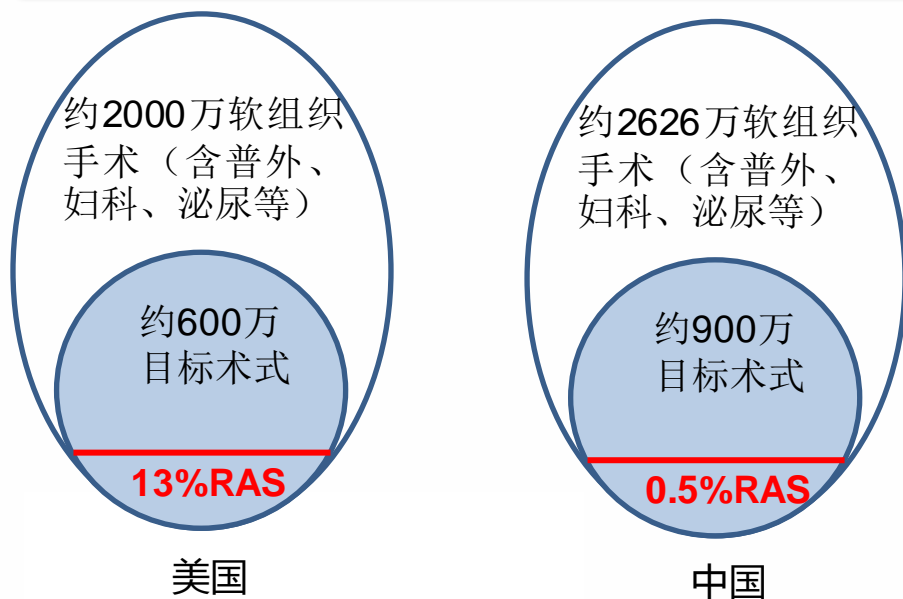


1.3 国内外手术机器人市场规模

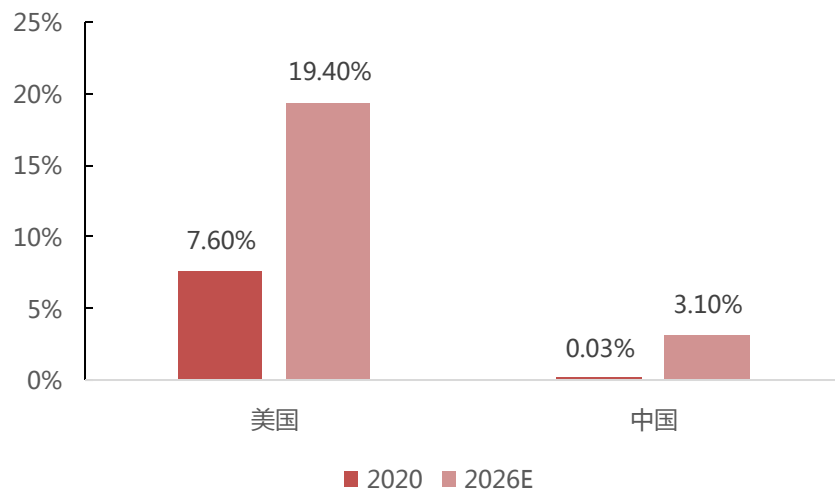
未来潜力：国内10年20倍500亿元行业空间

- 从目前腔镜手术机器人和关节手术机器人渗透率来看，中国和美国差距较大，美国两个大类渗透率分别为13%和7.6%，国内均低于1%。
- 根据我们测算（见下页），预计2030年国内腔镜手术机器人和关节手术机器人渗透率分别为8.2%和12%，对应手术量分别为191万和42万例，单手术耗材费用均价稳健下降至1万元以内，预计腔镜手术机器人和关节手术机器人市场分别为260亿元和65亿元，骨科手术机器人为86亿元，预计腔镜手术机器人和骨科手术机器人占行业比重稳定在70%，则行业市场规模为495亿元，相比目前27亿接近10年20倍的潜力。

美国和中国机器人辅助腔镜手术渗透率-2020年



美国和中国机器人辅助关节手术渗透率



1.3 国内外手术机器人市场规模——国内10年20倍500亿元行业空间

中国手术机器人的市场规模空间

年份	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
腔镜手术机器人市场测算											
普外+妇科+泌尿+心外手术量合计 (万例)	2626	2810	3007	3217	3442	3683	3941	4217	4512	4828	5166
yoy	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%
目标术式手术量 (万例)	900	1012	1112	1222	1342	1473	1616	1771	1940	2124	2325
目标术式占比	34.3%	36%	37%	38%	39%	40%	41%	42%	43%	44%	45%
机器人辅助腔镜手术量 (万例)	4.7	8.8	13.7	21.6	33.7	48.1	68.1	92.4	120.6	153.3	191.0
渗透率	0.5%	0.9%	1.2%	1.8%	2.5%	3.3%	4.2%	5.2%	6.2%	7.2%	8.2%
单手术耗材费用 (万元)	1.67	1.53	1.41	1.30	1.19	1.10	1.01	0.93	0.86	0.79	0.72
yoy		-8%	-8%	-8%	-8%	-8%	-8%	-8%	-8%	-8%	-8%
手术耗材市场规模 (亿元)	7.9	13.4	19.3	28.1	40.3	52.9	68.9	85.9	103.2	120.7	138.4
手术耗材市场规模占比	38.2%	39.7%	41.2%	42.7%	44.2%	45.7%	47.2%	48.7%	50.2%	51.7%	53.2%
腔镜手术机器人市场规模 (亿元)	20.7	33.8	46.8	65.8	91.2	115.7	145.9	176.5	205.6	233.5	260.1
yoy		63.4%	38.5%	40.4%	38.6%	27.0%	26.1%	20.9%	16.5%	13.5%	11.4%
骨科手术机器人市场测算											
关节手术量合计 (万例)	86.5	99	114	132	151	174	200	230	265	304	350
yoy	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%
机器人辅助关节手术量 (万例)	0.02	0.10	0.28	0.71	1.66	3.63	8.00	13.8	21.2	30.4	42.0
渗透率	0.0%	0.1%	0.2%	0.5%	1.1%	2.1%	4.0%	6%	8%	10%	12%
单手术耗材费用 (万元)	1.74	1.70	1.66	1.64	1.50	1.38	1.27	1.17	1.08	0.99	0.91
yoy		-2.58%	-1.89%	-1.55%	-8.43%	-7.92%	-8%	-8%	-8%	-8%	-8%
关节手术机器人耗材市场规模 (亿元)	0.0	0.2	0.5	1.2	2.5	5.0	10.2	16.1	22.8	30.1	38.2
占关节手术机器人市场规模比重	4.4%	6.9%	11.9%	17.8%	24.8%	32.0%	47.1%	50.1%	53.1%	56.1%	59.1%
关节手术机器人市场规模 (亿元)	1.0	2.4	3.9	6.5	10.0	15.7	21.6	32.3	42.9	53.7	64.8
占骨科机器人市场规模比重	34.8%	45.6%	48.1%	56.5%	63.4%	69.4%	73.6%	75.0%	75.0%	75.0%	75.0%
骨科手术机器人市场规模 (亿元)	2.8	5.2	8.1	11.5	15.8	22.6	29.3	43.0	57.2	71.6	86.3
yoy		89.2%	55.7%	41.4%	37.7%	42.8%	29.7%	46.6%	33.1%	25.2%	20.5%
手术机器人市场规模测算											
腹腔镜+骨科手术机器人市场规模 (亿元)	23.5	39.0	55.0	77.3	107.0	138.3	175.3	219.5	262.9	305.1	346.4
占手术机器人市场规模	85%	80%	74%	72%	72%	71%	70%	70%	70%	70%	70%
手术机器人市场规模 (亿元)	27.6	49.1	73.9	107.1	148.6	195.4	249.6	313.5	375.5	435.9	494.9

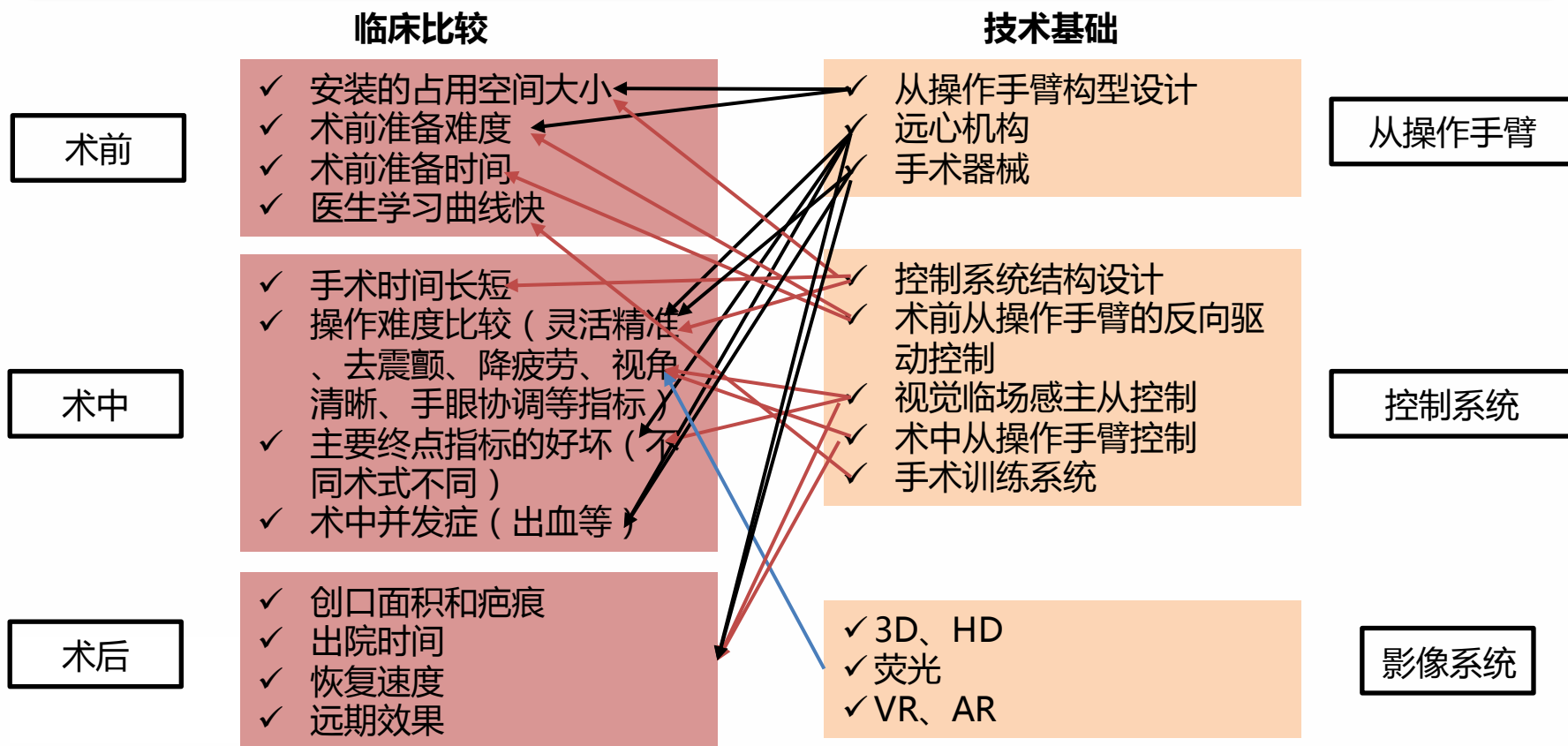
www.swsc.com.cn

数据来源：2026年前手术量参考Frost&Sullivan，2027-2030根据份额测算，西南证券测算整理

1.4 如何看待手术机器人的壁垒

- 决定一个手术机器人产品未来商业化竞争力的因素主要包括**临床比较、产品更迭、适应症开发能力、定价、销售和售后能力、专利、医保、国际化能力**等。
- 临床比较优势是竞争的关键，而技术基础决定临床比较的好坏。**

从技术基础到临床比较分析手术机器人的壁垒



1.4 手术机器人的技术基础

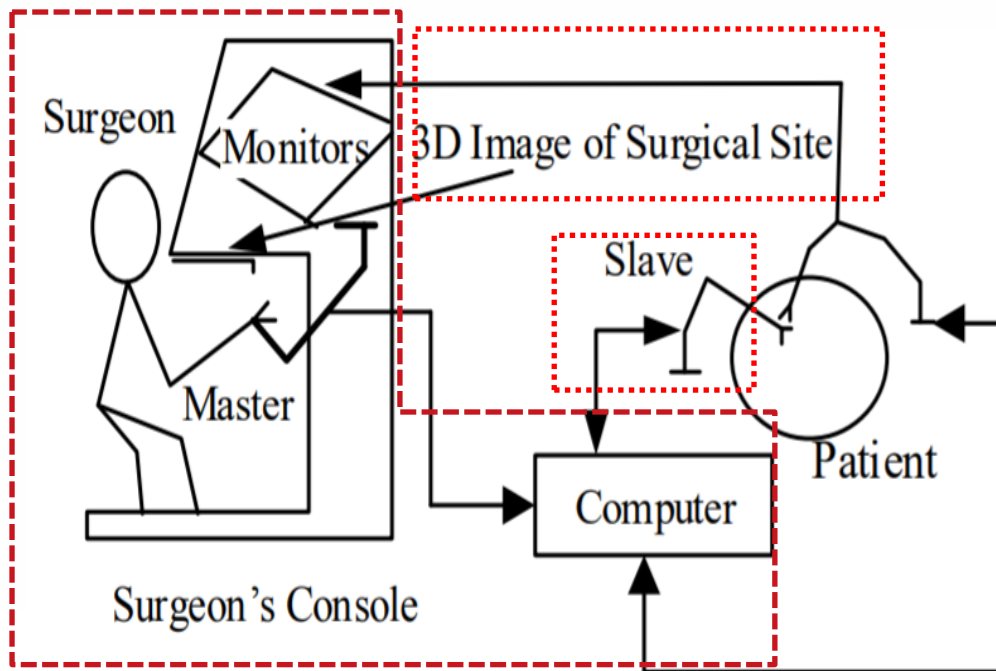
分析手术机器人的关键技术基础

- **主从遥控操作手术机器人组成**：通常由手术控制台及控制系统、从操作手臂和影像系统组成。
- 技术难点主要在系统和机械臂上，其设计、结构、控制软件系统、精密传动等一些专利和know-how涉及多个学科，会综合影响临床比较的结果，因此需要从技术基础和临床结果两个角度一起比较好坏。

主从遥控操作手术机器人的构成和关键技术

控制台和控制系统技术：

- ✓ 控制系统结构设计
- ✓ 术前从操作手臂的反向驱动控制
- ✓ 视觉临场感主从控制
- ✓ 术中从操作手臂控制
- ✓ 力反馈主手的机构设计
- ✓ 力反馈主手重力补偿
- ✓ 力反馈控制策略
- ✓ 抖动消除技术
- ✓ 半自主手术技术
- ✓ 手术训练系统



影像系统的技术：

- ✓ 3D、HD
- ✓ 荧光
- ✓ VR、AR

从操作手臂的技术：

- ✓ 从操作手臂构型设计
- ✓ 远心机构的设计
- ✓ 手术器械设计（多关节VS连续体机构）
- ✓ 手术器械力感知技术
- ✓ 手术器械的生物兼容性

1.4 手术机器人的技术基础——从操作手臂构型设计

- 一般从操作手端需要具备夹持手术器械和内窥镜，并且将它们的摆动支点定位在手术切口的功能。
- **手臂构型**：微创外科手术从操作手臂构型主要分为**分体式**、**一体式**；分体式从操作手臂基座位置相互独立，一体式从操作手臂都固连在一个基座上。

从操作手臂构型设计

从操作手臂构型	优点	缺点	代表产品
分体式从操作手臂	术前摆位灵活，易于选择器械合适的插入位置和角度	占用手术室较大的空间，且难于确定从操作手臂间的相对位置关系	ZEUS、华鹊-Ⅱ、Senhance
一体式从操作手臂	结构紧凑，占用空间小，机械臂间相对位置确定。	机械臂间容易发生干涉，增加术前摆位的难度	da Vinci、Sophie、Revo-I、妙手-S

da Vinci一体式从操作手臂设计



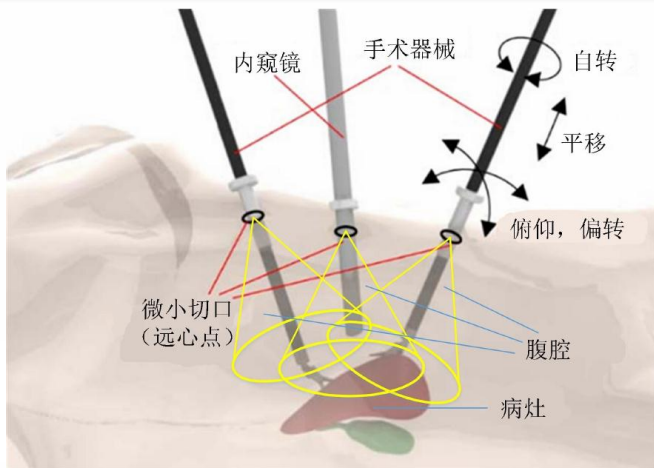
Senhance分体式从操作手臂



1.4 手术机器人的技术基础——远心机构RCM

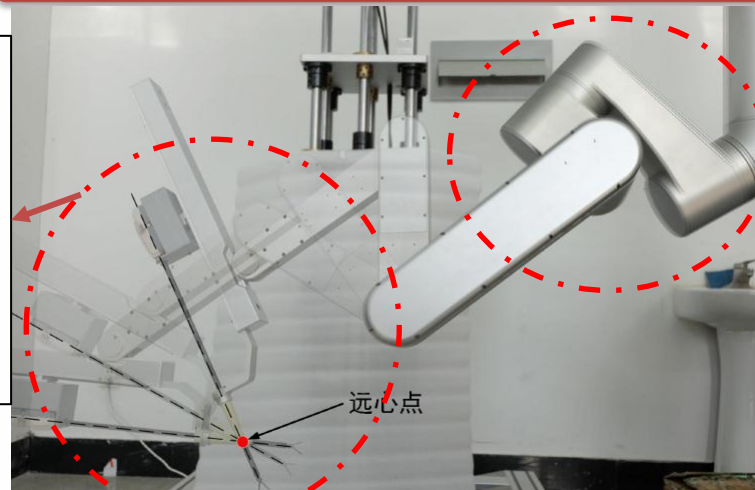
- 为防止在手术中对人体组织造成伤害，**手术器械及腹腔镜在人体内只允许存在四个自由度的运动**：分别绕体表小切口横滚和俯仰的两个摆动自由度，一个沿器械自身轴线的平移自由度和一个绕器械自身轴线的旋转自由度。根据临床手术经验，在四个自由度中，要求绕体表切口的摆动角度各为 $\pm 80^\circ$ ，平移自由度的平移范围为 300mm，而旋转自由度的旋转角度则为 360° 。由此可见，**手术器械的可操作空间为锥度 160° ，深度 300mm 的球内锥空间**。而为保证安全性使器械在工作空间的边缘不发生干涉，理论得出的工作空间要大于实际器械的可操作空间。
- **远心机构**：四个自由度的运动轴线相交于体表小切口处，使得器械围绕定点即体表切口而运动，把这种运动叫做远心运动，体表切口处定点称为远心点，实现这种远心运动的机构则称之为远心机构（RCM，remote center of motion mechanism）。
- 机器人从操作手臂功能分部：分为**位置调整机构**和**远心定位机构**两部分。

微创手术器械运动自由度示意图



www.swsc.com.cn

机械臂分为位置调整机构和远心运动



远心机构，4DOF，实现手术器械在体内的调整

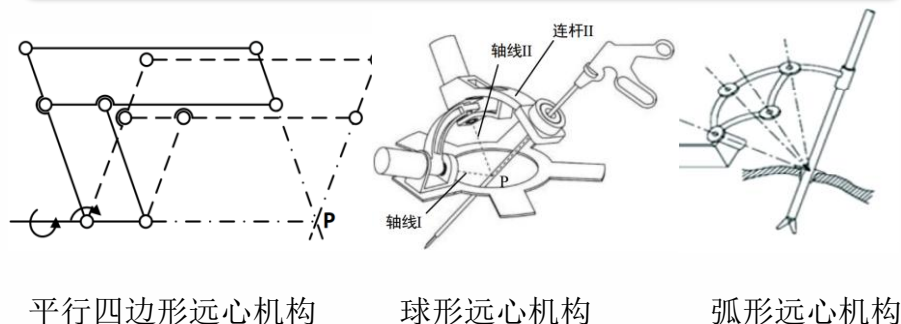
位置调整机构，3DOF，术前手动调整并锁死

1.4 手术机器人的技术基础——远心机构

远心机构的分类

- 远心机构广泛应用于微创手术机器人中，远
程运动中心机构的**刚度、精度、稳定性和灵
活性**直接决定了微创手术机器人从手系统的
性能，因此是从操作手设计的核心问题。
- 微创手术中实现约束远心点的形式有被动式
关节、主动控制和**机械约束式远心机构**。

机械约束式远心机构



远心机构的分类、优缺点和代表产品

远心运动的实现方式	定义和分类		优点	缺点	代表产品	
被动关节式远心运动	一般由二自由度垂直相交的旋转关节构成，通过机械臂主动关节运动，在患者体表切口限制下，实现手术器械的远心运动		足够的 安全性	易受到人体切口处柔性影响，很难确定器械插入点的精确位置，影响手术器械操作 精度	ZEUS、妙手-S	
主动控制式远心运动	通过控制算法实现机械臂绕切口的远心运动		结构简单	运动精度依赖于控制系统精度和稳定性，一旦控制系统出现差错，难以保证 系统安全性	DLR MIRO、Senhance	
机械约束式远心运动	采用特定的机械结构来实现远心运动，具有成本低、安全性高的优点，但机构体积相对较大，对机器人刚度有一定影响	平行四边形机构	双平行四边形	运动可靠性强， 刚度 高，末端的定位 精度 高	关节数和连杆数量较多，占用的 空间体积较大 ，并且有冗余约束，对加工精度要求较高	华鹊-I、神刀华佗
			开环平行四边形	运动可靠性强，关节数和连杆数较少		
		球形机构	并联	结构简单轻便	碰撞及相互干涉的概率较高	较少采用
			串联	关节数和连杆数较少，结构紧凑		
		弧形机构	仅有两个关节，结构简单	体积大，驱动设计比较困难	Probot、妙手-A	
		并联远心机构	刚度强，结构紧凑	运动强耦合、加工精度要求高以及工作空间小	PRAMiSS	
三角形机构	结构简单且有很高的刚度	关节耦合性明显，且容易出现干涉问题	哈工大设计			

www.swsc.com.cn

数据来源：付宜利，潘博. 微创外科手术机器人技术研究进展[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2019, 51(01):1-15. 西南证券整理

1.4 手术机器人的技术基础——手术器械

□ **手术器械**是微创手术机器人系统从手中直接作用于病患部位的部分，它代替传统微创手术中医生直接操作手术工具所具备的所有功能，在腹腔微创手术机器人的机械系统中尤为重要，一般要具有灵活度高、安装便捷、方便做无菌化处理等特点。常包含手术钳、手术剪刀、高频电刀、吻合器等工具。

□ **分类**：可分为**多关节手术器械**和**连续体机构手术器械**。

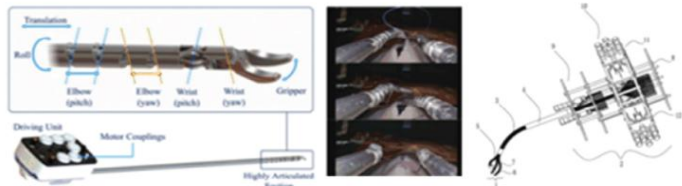
□ **多关节手术器械**：灵活度和精度较高，使用可靠。

□ **连续体机构手术器械**：能简化结构，减小直径，增加灵活度。然而其低刚度的缺点同样限制了该机构的应用范围。

连续体机构手术器械



(a)ARTEMIS 微创手术机器人蛇形工具 (b)da Vinci 系统蛇形手术工具系列 (c)IREP 单孔连续体机构手术器械



(d)伦敦帝国理工学院七自由度 铰接式手术器械 (e)上海交通大学内窥镜无创手术系统

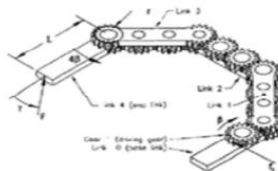
多关节手术器械



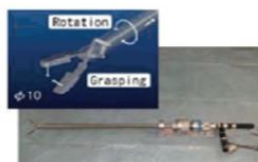
(a)Endowrist 手术钳



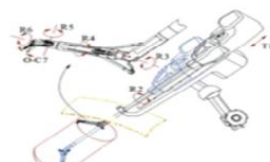
(b)Zeus 系统手术器械



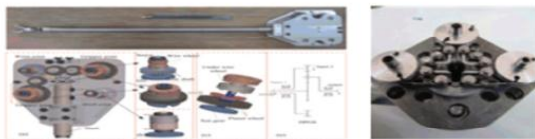
(c)AMMIS 微器械结构图



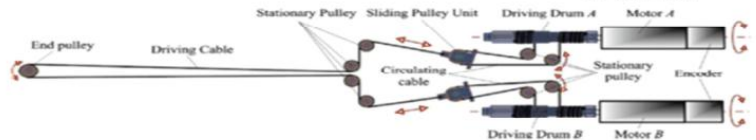
(d)日本刚性杆结构微器械



(e)天津大学研制微器械原理



(f)哈尔滨工业大学微器械外形,传动,行星轮解耦示意图



(g)上海交通大学研制的滑轮传动和减速的手术器械原理图

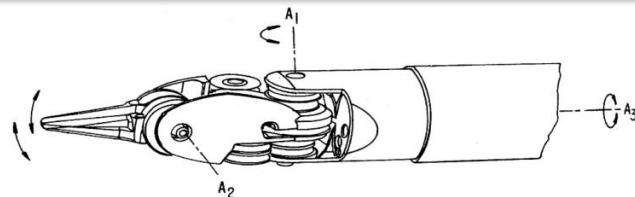
1.4 手术机器人的技术基础——手术器械

- **手术器械的发展方向**：朝着体积小、受力大、精度高、灵活性好、可靠性高方向发展。
- **壁垒**：手术器械的性能主要取决于**器械结构和传动系统**，此外**材料的人体兼容性**也很重要。国产企业在微创手术机器人用手术器械的研究上起步较晚，在**复杂小尺寸传动**上距国外相关产品有一定差距，未来在传动结构紧凑化和运动控制精细化方面缩小与国外产品差距的同时，也有优化手术器械传动链和探索传动机构新原理。
- **分类**：而钢丝绳传动方式的应用，使得微创手术器械在结构上有了很大的改变，减小了器械的体积及器械驱动数，并提高了器械操作的灵活性。
- **代表产品Endowrist**：da Vinci手术机器人系统的Endowrist系列手术器械已经非常成熟，器械本身具有4个自由度，安装在机械臂上可模仿人手腕7自由度运动，并利用钢丝绳传动系统，以满足狭小空间下微创外科手术对精度和灵活性要求。钢丝绳长时间使用会出现磨损松动等现象，因此针对钢丝绳设有张紧装置，并且每使用10次进行更换（更换费用1000-2000美元）

da Vinci手术机器人的配套Endowrist手术钳

手术器械传动方式	优点	缺点	代表产品
钢丝绳	在结构上有了很大的改变，减小了器械的体积及器械驱动数，并提高了器械操作的灵活性	长时间使用会出现磨损松动等现象	Endowrist、妙手-A手术器械
齿轮链	整体弯曲范围达到 $\pm 180^\circ$ ，具有较大运动空间和较高灵活性	对齿轮及齿轮架制造精度要求过高，增加了手术器械的制造成本，另外齿轮传动结构对灰尘较敏感，稍有颗粒物附着在齿轮上就可能造成堵转现象，保养和维护工作较繁琐	AMMIS
刚性杆	传动更直接且保养维护更方便	只包含2个自由度，即操作杆的旋转和手爪的开合，且两手爪运动不独立，使得整体机构的灵活度不高	日本山梨大学、东京大学和九州大学研制

da Vinci手术机器人的配套Endowrist手术钳



(a) Endowrist 手术钳 4 自由度运动



(b) Endowrist 灵活性



(c) Endowrist 钢丝绳传动结构

1.4 手术机器人的技术基础——控制系统结构设计

- 控制系统是实现手术机器人精度高、手术时间短、灵活性好、操作直观性好、安全性高等等特点的关键。
- 手术机器人控制系统类型主要分为集中式处理与连接、集中式处理与分布式连接、分布式处理与连接。从国内外的研究成果可以看出，大多数微创外科手术机器人控制系统均采用分布式的控制结构，这样可以减少控制系统布线和设计复杂度，使机器人整体体积更小，灵活度更高。

手术机器人控制系统结构类型

控制系统结构	集中式处理与连接	集中式处理与分布式连接	分布式处理与连接
定义	高层控制和底层控制都集中在中央模块中，使得所有关节电机的线缆都要与该中央模块并行相连，从而实现集中控制	高层控制和底层控制集中在中央模块中，同时利用高速实时的串行通讯技术实现分布式连接	基于分布式连接，但是高层控制算法与底层控制算法是分开实现的
结构简图	<pre> graph TD CM[中央模块 高层控制算法 底层控制算法] --- J1[关节电机] CM --- J2[关节电机] CM --- J3[关节电机] </pre>	<pre> graph TD CM[中央模块 高层控制算法 底层控制算法] --- I1[接口 电机驱动单元] CM --- I2[接口 电机驱动单元] CM --- I3[接口 电机驱动单元] </pre>	<pre> graph TD CM[中央模块 高层控制算法] --- DC[底层控制器 底层控制算法] DC --- M1[电机驱动单元] DC --- M2[电机驱动单元] DC --- M3[电机驱动单元] </pre>
优点	高层控制和底层控制开发环境相同，提高了算法的灵活性和实时性	高层控制和底层控制开发环境相同，提高了算法的灵活性和实时性；分布式连接线缆数量少，拓展方便	对计算机系统性能要求较低，底层控制器可选用商用设备，开发难度较小，分布式连接线缆数量少，拓展方便
缺点	对中央模块的性能要求较高，布线繁琐，占用空间大，拓展性差	对中央模块的性能要求较高；电机驱动单元和底层控制算法需要自主开发增加了开发难度和开发周期	高层控制和底层控制开发环境不同，影响系统实时性，商用底层控制器降低了算法设计的灵活性
代表产品	RAVEN-II、妙手-A	Robin Heart、SPRINT、神刀华佗	华鹊-II、da Vinci

www.swsc.com.cn

1.4 手术机器人的技术基础——视觉临场感主从控制

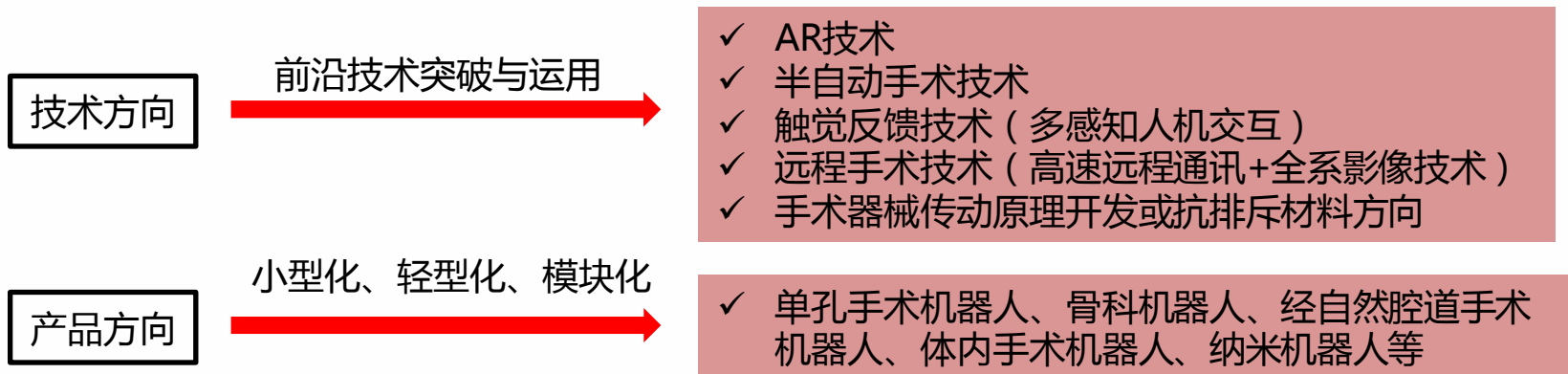
- 在主从式微创手术机器人操作过程中，医生坐在主控台一侧，通过内窥镜成像系统观察3D显示器中的图像，操作主手设备来控制从操作手臂运动，此时图像中的从操作手臂上的手术器械能够完全复现医生的手部动作，这一过程称为视觉临场感主从控制。
- **主手和从操作手臂构型的选择**：按照其构型的相似程度，可分为主从同构系统和主从异构系统。
- **主从控制变量选择**：包括绝对式位姿变量和增量式位姿变量。前者为绝对位姿跟踪，后者为位姿运动增量映射。
- **主从运动映射关系选择**：为主从控制变量设计合适的运动映射关系。使得主手末端在显示器图像坐标系中的位移方向和姿态与手术器械末端在内窥镜末端坐标系中的位移方向和姿态保持一致。实现医生的手眼协调。
- **主从控制空间选择**：通常在关节空间或笛卡尔空间内进行主从控制。

手术机器人主从控制方法

微创手术机器人系统	主手构型	主从控制变量	控制空间
“da Vinci”手术机器人系统 ^[55] （直觉外科公司）	主从异构	位置增量式，姿态绝对式	笛卡尔空间
“MIRO”手术机器人系统 ^[21] （德宇航）	主从异构	位置增量式，姿态绝对式	笛卡尔空间
单孔内窥镜手术机器人 SPRINT ^[43] （意大利圣安娜高等学校）	主从异构	位置增量式，姿态增量式	笛卡尔空间
“Robin Heart”系列手术机器人 ^[41] （波兰）	主从异构	位置增量式，姿态绝对式	笛卡尔空间
“妙手-S”机器人系统 ^[34] （天津大学）	末端同构， 其余关节异构	位置增量式，姿态绝对式	笛卡尔空间与 关节空间混合
“华鹊-II”手术机器人系统 ^[54] （哈尔滨工业大学）	主从异构	位置增量式，姿态增量式	笛卡尔空间
“神刀华佗”手术机器人系统 ^[46] （上海交通大学）	主从异构	位置增量式，姿态绝对式	笛卡尔空间

1.4 如何看待手术机器人的壁垒

- **未来手术机器人的方向**：目前手术机器人发展的20年处于起步阶段，未来新技术和新产品将大幅提升手术机器人的临床场景。机器人手术是临床医学发展的里程碑，未来将开启更远的故事。



- **国内在新技术的积累为国产手术机器人弯道超车提供支撑**：1) 5G与远程；2) AR技术；3) 人工智能
- **微创机器人的布局全球领先**：以微创机器人为例，其布局内镜、骨科、泛血管、经自然腔道、经皮穿刺等众多机器人赛道，是全球布局最全的手术机器人公司，潜力巨大。
- **国内企业劣势**：目前国产企业在技术积累（系统和操作手臂方面）、临床数据、专利、国际化能力、核心零部件等方面与国际龙头存在差距。
- **核心零部件受制于人**：如内镜手术机器人的视觉成像芯片、微型直流精密电机等底层核心元件和高强度航空铝、超硬医用不锈钢以及高韧性聚氨酯封皮等高性能原材料仍需依赖进口。骨科手术机器人中，协作型机械臂和光学定位系统高度依赖进口，尤其是具有力感知、力反馈功能的机械臂，受高性能电机和减速器、关节内力矩传感器等核心元器件的限制，进口依赖度较高。

目 录

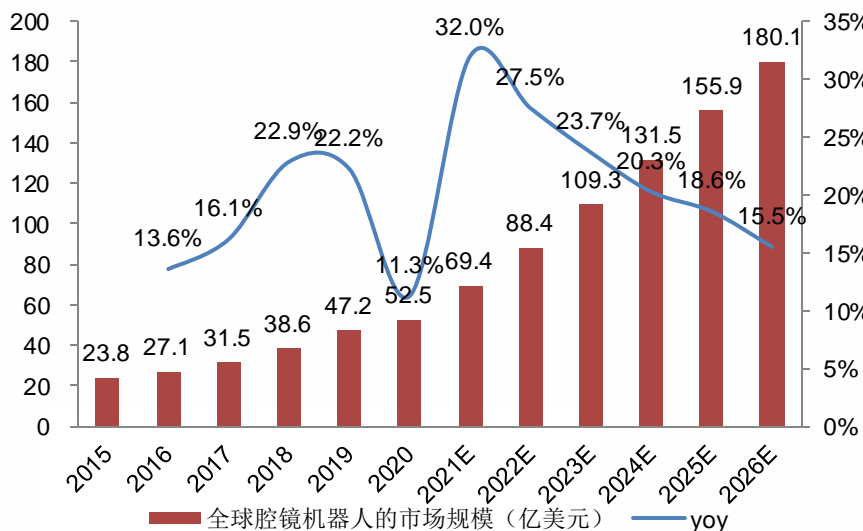
- ◆ 1、手术机器人行业概览
- ◆ 2、腔镜手术机器人和直觉外科公司复盘
- ◆ 3、骨科手术机器人
- ◆ 4、其他手术机器人发展概览
- ◆ 5、投资建议和标的

2.1 腔镜手术机器人概览

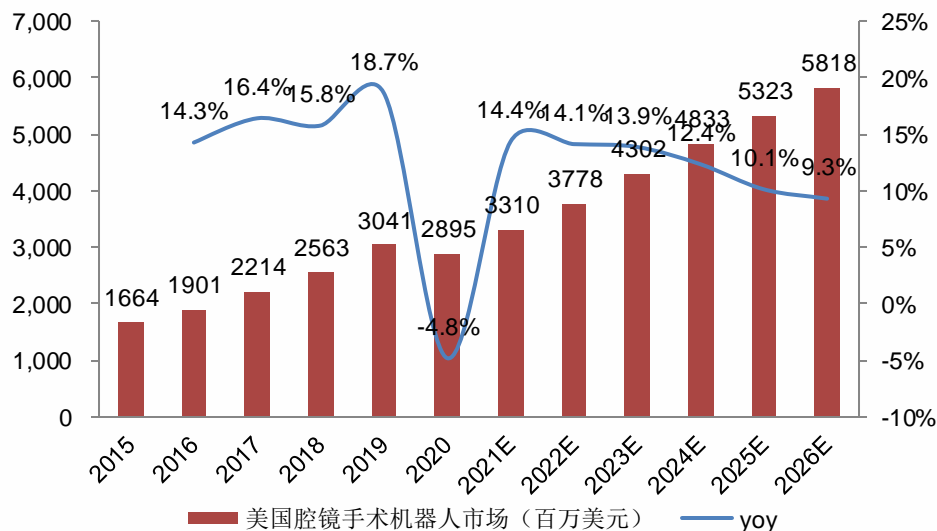
腔镜手术机器人是手术机器人运用领域的代表

- **定义：**腔镜手术机器人是为完成各种复杂的微创手术而设计。通常采用主从遥控操作的操控方式，由外科医生控制台、患者侧手术车和一套三维高清影像系统组成。由于传统微创手术（MIS）主要借用内窥镜和相关器械在人体天生官腔内（腹腔、盆腔、胸腔等）进行手术操作，腔镜手术机器人在人体内的部分与MIS手术较为接近。
- **腔镜手术机器人是商业化最成功的手术机器人代表，2026年全球有望达到180亿美元。**腔镜手术机器人具有微创、精细、灵活、滤抖等显著优势，可以极大地扩展外科医生的手术能力，有效解决传统手术所面临的各种问题，因此在**泌尿外科、妇科、普外科**拥有很好的运用前景（占比90%以上）。

全球腔镜手术机器人市场规模



美国腔镜手术机器人市场规模



2.1 腔镜手术机器人概览

全球腔镜手术机器人主要竞争格局

主要公司	腔镜手术机器人产品	上市	2020年收入	手术量(累计)	机械手臂					控制系统			影像功能	其他特色
					构型	远心机构	手术器械类型	手术器械规格	手术器械次数	主从手构型	震颤过滤	触觉反馈		
直觉外科(美国)	da Vinci	CE(1999)、FDA(2000)、NPMA(2006)、日本等67个国家	43.6亿美元	850万例	一体式	开环平行四边形	多关节和连续体、钢丝绳传动	5mm(蛇形)/8mm/12mm(8、12常见)	10次	封闭双目镜指尖操控	有	无	3D高清、荧	移动手术台、单孔机器人
Asensus Surgical(美国,意大利技术)	Senhance	CE(2012)、FDA(2017)、日本(2019)、俄罗斯等15个国家	316.5万美元	4500例	分体式	主动控制	多关节、铰链传动	3mm/5mm	不限次可重复	开放3D眼镜、腹腔镜手柄	有	有	3D、眼动追踪	ISU™增强智能
Meere company(韩国)	Revo-I	韩国(2018)	忽略不计	100例	一体式	开环平行四边形	多关节、钢丝绳传动	8mm	20次以上	开放3D眼镜、指尖操控	有	有	3D高清	非常像达芬奇
CMR Surgical(英国)	Versius	CE(2019)、澳大利亚、印度、中东	-	1000例	分体式	主动控制	多关节、完全铰链传动	5mm	-	开放3D眼镜,指尖操控	有	有	3D高清	机械臂模块化轻巧便携,人体工程学座椅,手术过程中交流方便
Avatera Medical(德国)	Avatera	CE(2019)	百万欧	-	一体式	-	非关节、铰链传动	5mm	一次性	封闭双目镜指尖操控	有	无	QXGA高分辨率、AR功能	紧凑,手术器械自由度高
美敦力(美国)	Hugo RAS	在研-计划2021年FDA拿证	-	-	分体式	-	-	-	-	开放式3D眼镜、指尖操作	有	无	3D高清、	模块化, Touch Surgery Enterprise解决方案功能
微创机器人(中国)	图迈	在研-CFDA注册申请	-	-	一体式	平行四边形	多关节、钢丝绳传动	-	-	封闭双目镜指尖操控	有	无	3D高清	微创2014年内部分孵化
威高手术机器人(中国)	妙手-S	在研-临床	-	-	一体式	被动关节	多关节、钢丝绳传动	-	-	封闭双目镜指尖操控	有	无	3D高清	天津大学背景
康多机器人(中国)	康多系统	在研-临床	-	-	一体式	-	-	-	-	开放3D眼镜	有	无	3D高清	哈工大背景

2.2 腔镜手术机器人的运用场景

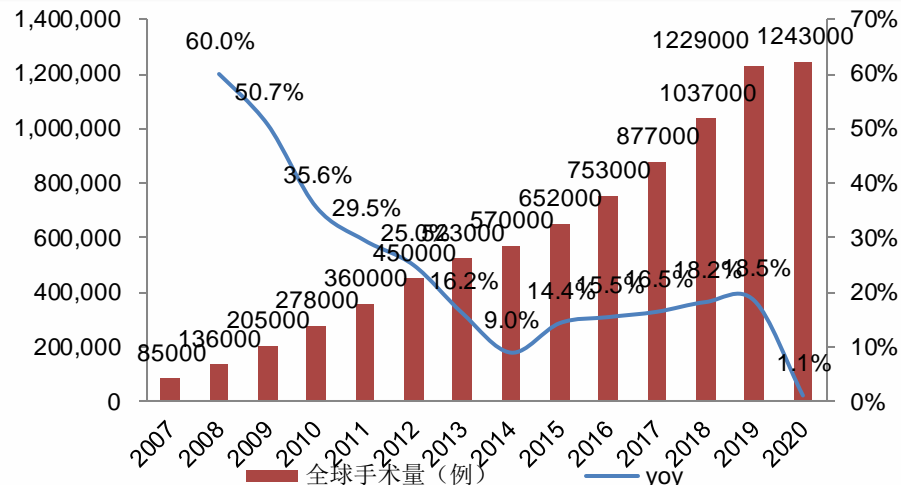
临床场景和手术量增长

- 以da Vinci为例，2005年前基本获批了目前主流的临床适应症，如普外科、泌尿科、妇科。
- 全球RAS手术量稳健增长。

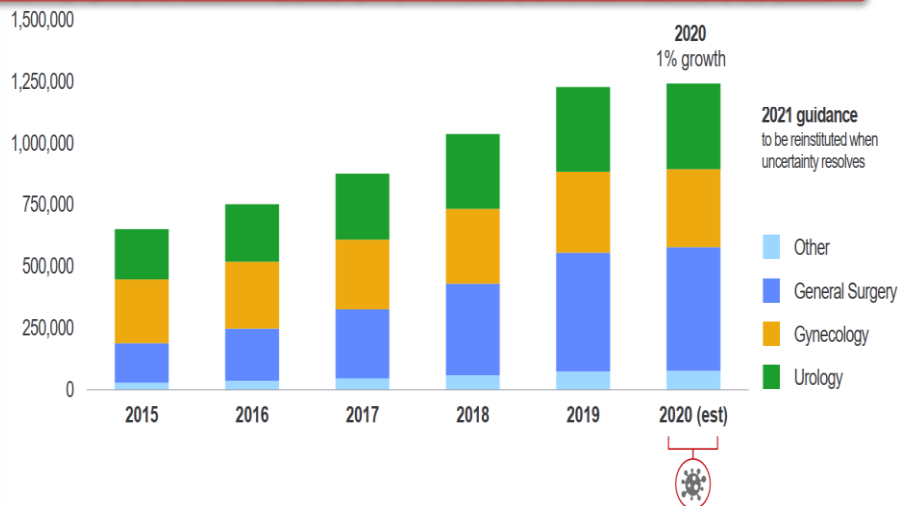
达芬奇手术机器人FDA获批适应症时间表

时间	FDA批准项目
2000年7月	一般腹腔镜手术
2001年3月	非心脏胸腔镜手术
2001年5月	前列腺切除术
2002年11月	心脏切开术
2004年7月	心脏血管重建术
2005年3月	泌尿外科手术
2005年4月	妇科手术
2005年6月	小儿外科手术
2009年12月	进口耳鼻喉外科手术
2011年12月	单孔腹腔镜胆囊切除术
2018年5月	单孔腹腔镜泌尿外科手术

全球达芬奇手术机器人辅助手术量增长情况



达芬奇手术机器人辅助手术以普外、妇、泌尿科为主



2.2 腔镜手术机器人的运用场景

泌尿外科：从RARP到RAPN，手术机器人在泌尿科领域蓬勃发展

手术机器人在泌尿外科领域的发展阶段

时间	发展阶段
1995年	作为首个在泌尿外科应用的机器人 SR 8438 Sankyo Scara，能够将超声定位与前列腺穿刺活检精密结合而应用于临床
1996年	法国科学家 Albert 所开发的 Ablatherm机器人，可准确发射高强度聚焦超声波来治疗前列腺癌
2000年	约翰霍普金斯大学研制的 LARS 机器人可协助外科医师建立经皮肾通道，该机器人在随后的不断改进中其穿刺成功率可达87%
2000年	世界第一例真正意义上的泌尿外科机器人手术，是由美国 Henry Ford 医院的Mani Menon 教授使用达芬奇机器人所完成的机器人辅助根治性前列腺切除术（robot assisted radical prostatectomy, RARP）
2000年至今	泌尿外科机器人手术蓬勃发展，运用领域从前列腺根治术（RARP）拓展到肾部分切除术、根治性膀胱癌切除术（含新膀胱重建及尿流改道）、根治性肾癌切除术、肾盂成形术，以及单纯性肾切除术、活体供肾切除术等

手术机器人在泌尿外科领域的运用

机器人辅助泌尿外科手术	成人	重建类手术（解剖重建+功能重建，操作精细、难度大）	机器人辅助前列腺癌根治术RARP	前列腺癌根治术（radical prostatectomy, RA）是早期局限性前列腺癌最有效的治疗方式，但前列腺特殊的解剖位置及周边的解剖结构决定了该手术的操作难度，利用达芬奇机器人系统可以有效降低手术操作难度，在手术时间、术中失血量、手术并发症发生率、导尿管拔出时间和住院时间等方面存在显著优势，且在控尿功能及性功能恢复方面同样有显著优势，最终实现达到解剖、功能的“双重建”。
		非重建类手术	机器人辅助肾部分切除术PAPN	随着健康检查的普及和彩超、CT及MRI等影像学检查手段的广泛应用，越来越多的小肾癌及良性肾肿瘤在无临床症状的情况下被早期发现，肾部分切除术（partial nephrectomy, PN）已被广泛作为小肾癌（4-7cm）的治疗“金标准”。手术关键在于彻底地切除肿瘤，并在最短的缺血时间内确切地关闭集合系统和血管残端。若创面缝合不确切则会增加术后出血的风险；若手术时间较长导致热缺血时间超过20min，则影响肾功能的保护。RAPN相比LPN和OPN可以较容易地实现肾脏深层髓质和浅层皮质的“双层关闭”。
			机器人辅助膀胱癌根治术RARC	根治性膀胱切除术（radical cystectomy, RC）同时行盆腔淋巴结清扫术作为治疗肌层浸润性膀胱癌标准治疗，但该手术并发症发生率及病死率均在较高水平，RARC和ORC预后无明显差异，但可明显缩短术后肠道功能恢复时间、缩短住院时间且减少术中出血量，以及保护神经血管，利于术后排尿和性功能恢复。
	小儿	先天性发育异常的重建类手术为主	机器人辅助肾盂成形术RALPP	非重建类手术难度低，且传统腹腔镜手术操作技术成熟，因此RAS优势并不明显，然而随着新技术如机器人单孔腹腔镜手术、机器人经自然腔道手术等的成熟，少疤、无疤的需求逐渐兴起
			机器人辅助腔镜肾盂成形术RALPP	机器人手术优势可以缩短住院时间、减少镇痛药物使用量和术后疤痕，由于不用放输尿管内导管，术后避免相关并发症，但手术时间会长、操作器械仍需改进优化。

目前腹腔镜手术机器人在泌尿外科领域以RARP为主（占比50-60%），其优势确定，已成金标准。

www.swsc.com.cn

数据来源：过菲，杨波，许传亮，等. 达芬奇机器人腹腔镜技术在泌尿外科中的应用现状[J]. 中华腔镜泌尿外科杂志（电子版），2014，008（003）：1-2.，西南证券整理

2.2 腔镜手术机器人的运用场景

妇科：当前以子宫切除术为主，未来单孔腹腔镜手术机器人有望进一步打开市场

手术机器人在妇科领域的运用

机器人辅助妇科手术	良性疾病	子宫切除术RAH	腹腔镜下子宫切除术是良性疾子宫切除的标准微创术式，在临床中极为常见。机器人辅助子宫切除术RAH在病态肥胖、子宫过大、盆腔严重粘连等复杂病例子宫切除术中具备视野、仿真、震颤滤过、狭窄空间操作稳定、视觉放大等优势，术后具备住院时间短的优势，但并发症与腹腔镜组没有显著差异，且阴道残端裂开率较高。
		子宫肌瘤剔除术	育龄期妇女子宫肌瘤发病率约 70%，25%的患者有明显症状且需临床干预。与腹腔镜及开腹子宫肌瘤剔除手术相比，机器人手术并发症发生率、估计出血量（Estimated blood loss, EBL）、中转开腹率显著减少，而手术时间较开腹增加，在肌瘤直径大、黏膜下及阔韧带肌瘤的剔除场景中优势更大。
		阴道骶骨固定术RSC	随着女性年龄和产次的增加，盆腔器官脱垂（Pelvic organ prolapse, POP）病发率逐渐上升，阴道骶骨固定术是治疗女性POP的常用术式。手术入路包括经阴道、开腹、腹腔镜、机器人辅助腹腔镜。腹式阴道骶骨固定术（Abdominal sacrocolpopexy, ASC）比经阴道途径具有更低的复发率及术后性交困难发生率，因此ASC被称为标准术式。机器人辅助下阴道骶骨固定术（Robotic sacrocolpopexy, RSC）依靠高清影像技术及灵巧的手臂可以更好地完成骶前区域处理及网片固定，但相比腹腔镜阴道骶骨固定术（LSC）手术时间更长，费用更高，尚未显示明显优势。
		子宫内位症手术	子宫内位症指有活性的内膜细胞种植在子宫内位以外部位，主要临床症状有痛经、月经异常、不孕、性交疼痛等，主要通过识别并清除病灶手术治疗。机器人手术与传统腹腔镜的围手术期疗效（包括出血量，术中、术后并发症，中转开腹率）无明显差异，虽具有视野和灵活性的优势，但高昂成本限制使用。
恶性疾病	子宫内膜癌	子宫内膜癌的高危因素包括：高血压、糖尿病、肥胖，这给开腹手术伤口愈合及传统腹腔镜操作带来挑战。达芬奇机器人手术可视化更高、操作更精细、切口更小，中转开腹率和住院时间少，淋巴结清除率增多两倍，但手术时间增加，总体上临床推荐。	
	宫颈癌	宫颈癌是妇科最常见的恶性肿瘤，根治性子宫切除术为其主要治疗术式。机器人辅助下根治性子宫切除术（Robotic radical hysterectomy, RRH）凭借3D 高清影像、全景视觉、灵活的手臂能更好地对子宫旁及腹膜后组织分离。但2018年NEJM上同时刊出2篇重磅研究研究表明微创根治性子宫切除术（包括RRH及LRH）与开腹根治性子宫切除术相比，无病存活期与总生存期更短，使得RRH的必要性存疑。	
	卵巢癌	卵巢癌发病隐匿，患者确诊时往往已步入晚期，5年生存率仅为30%。晚期卵巢癌标准治疗术式为卵巢癌细胞减灭术+术后化疗满意的减瘤定义为残存病灶<1cm，因此全腹腔镜探查及广泛转移灶的完全切除对患者预后非常重要，这是微创手术治疗晚期卵巢癌的局限性所在。早期卵巢癌手术中，机器人手术系统在近期疗效上存在一定优势，但远期疗效仍需进一步研究。	

□ da Vinci在妇科领域的手术以子宫切除术为主（约占比70-75%），约20-25万例/年，以美国市场为主。其中良性约占80%是良性疾病子宫切除术。

□ 单孔腹腔镜手术机器人有望进一步打开妇科手术市场。机器人辅助经脐单孔腹腔镜手术（Robot-assisted laparoendoscopic single-site surgery, R-LESS）和机器人辅助经阴道自然腔道内镜手术（Transvaginal natural orifice transluminal endoscopic surgery, vNOTES）具备微创、无创等医美概念，技术刚起步，验证可行，未来潜力巨大。

www.swsc.com.cn

数据来源：冯淑杰、曲波、聂夏子、王海琳. 机器人手术在妇科领域的应用现状及进展[J]. 机器人外科学杂志(中英文), 2020, v. 1;No. 3(03):64-71., 西南证券整理

2.2 腔镜手术机器人的运用场景

普外科：已成机器人手术最大赛道，主要术式包括疝修补、结直肠手术、减肥和胆囊切除术

- 手术机器人目前在普外科的临床运用主要在胃肠手术和肝胆胰手术，近年来在美国疝修补手术中运用逐渐兴起。术式包括：胆囊切除术、Nissen胃底折叠术、抗反流手术、胃旁路手术、结直肠手术、疝修补手术、甲状腺切除术等。
- 早期机器人辅助的普外科手术的临床优势并不明显，很多术式的效果、时间、住院、并发症方面和传统MIS手术接近，但费用较高，虽然适应症很早得到批准，但运用并不多，近年来才逐步增多。
- 近年来普外科手术已经成为机器人辅助手术的重点领域，美过看，2018年普外科领域机器人手术为32.5万例，超过妇科成为第一，全球看也在2017年成为最大的领域。根据直觉外科年报，主要术式包括疝修补、结直肠手术、减肥和胆囊切除术。

手术机器人在泌尿外科领域的运用

机器人在普外科的运用	疝修补	疝气主要是腹部和腹股沟疝，可通过开放手术、MIS和机器人辅助手术修补，但目前临床应选择何种方式有不同意见，因患者实际情况（难度和疤痕）而异。
	结直肠癌切除手术	盆腔小区域限制视野和操作空间，手术难度大。直肠癌手术的根治性主要是由清扫淋巴结数、上下切缘和环周切缘以及全直肠系膜切除（TME）完整情况来评价，而术后排尿和性功能则是病人生活质量的主要影响因素。机器人辅助结直肠癌切除手术在术后肛门排气（胃肠功能恢复）和拔出尿管（膀胱功能恢复）时间均较腹腔镜手术显著缩短。
	胆囊切除术	腹腔镜胆囊切除术是治疗良性胆囊疾病的标准术式，但至今仍有不少胆汁漏、血管损伤等并发症发生。早期机器人辅助胆囊切除术和MIS手术，手术时间、住院天数方面无显著差异，但成像更清晰、易操作，考虑费用问题，机器人性价比不突出。近年来荧光技术、单孔技术的使用，机器人辅助手术逐渐有一些优势。
	Nissen 胃底折叠术	腹腔镜Nissen 胃底折叠术在临床中应用较为广泛，是目前治疗胃食管反流病的常用术式，但复杂解剖结构和术后缝合是主要挑战。机器人 Nissen 胃底折叠术在临床中的应用是安全可靠的，为胃食管反流的患者提供了一种新的治疗选择，但其远期疗效和优势亟需更多的随机对照研究来验证。
	肥胖症治疗术	胃旁路 Roux-en-Y 吻合术（RYGB）在很多国家已被视为治疗肥胖症的标准术式，然后术中要行胃肠吻合，技术上难度极大。机器人辅助RYGB与腔镜手术机器人相比严重并发症（吻合口漏）有所减少，尤其是配合直觉外科专门用于减肥手术的一次性全腕式吻合器SureForm 60效果很好。
	甲状腺切除术	机器人甲状腺手术的切口隐蔽，其美容效果有助于减轻患者术后的心理负担，同时在淋巴结探查、学习曲线等方面优于传统的腔镜手术。

www.swsc.com.cn

数据来源：韩彩文、田宏伟、杜斌斌、王涛、胡东平、郭天康、蔡辉、杨熊飞. 机器人辅助技术在普外科的应用现状和前景展望[J]. 中国普外基础与临床杂志, 2020, v. 27(12):136-141., 西南证券整理

2.3 直觉外科公司的复盘

发展历程：聚焦软组织外科手术，成为腔镜手术机器人领路人

□ ISRG “试错的过程+成功的结果”为手术机器人发展提供了参考。

直觉外科公司 (ISRG.O) 的发展历程

INTUITIVE公司 创立于1995年，第一次实现了原型机器的安装使用。

- 2000 FDA 批准达芬奇手术系统运用于外科手术中。截止当年售出40套手术系统。
- 2003 收购Computer Motion。
- 2003四臂更新

开始迈向全球市场，建立第二代平台系统。

- 2011 推出 EndoWrist: Vessel Sealer和 Firefly荧光成像系统
- 2013 推出 EndoWrist: Stapler 45
- 2014 推出第四代系统达芬奇Xi

随着新产品不断推出，进一步拓展市场，以及人才团队的持续建设，公司快速发展。

1995-1999

2000-2004

2005-2009

2010-2014

2015-Present

- 1995 INTUITIVE公司成立
- 1996 开始第一次临床试验
- 1997 完成第一例外科手术
- 1998 安装第一代达芬奇外科手术系统
- 1999达芬奇手术系统获CE批准

5年间扩大了达芬奇系统的应用范围，延伸至胸外科、泌尿外科、心外科领域并获FDA批准。

- 2005 进入韩国市场
- 2006 推出第二代系统，即达芬奇S系统
- 2008 全球累计安装超过1000个达芬奇系统。
- 2009 推出第三代系统，即达芬奇Si系统，双控制台，1080P

随着全球外科医生对机器人辅助手术接受程度的提高，公司仪器配件、系统服务随之快速创新。

- 2017 推出达芬奇X系统
- 2017 与复星医药成立合资公司
- 2018 推出达芬奇SP系统
- 2018 进入印度市场
- 2019 收购Schoelly Fiberoptic的机器人内窥镜业务
- 2020全球已进行了超过850万例使用达芬奇系统辅助的外科手术
- 2020 收购 Orpheus Medical

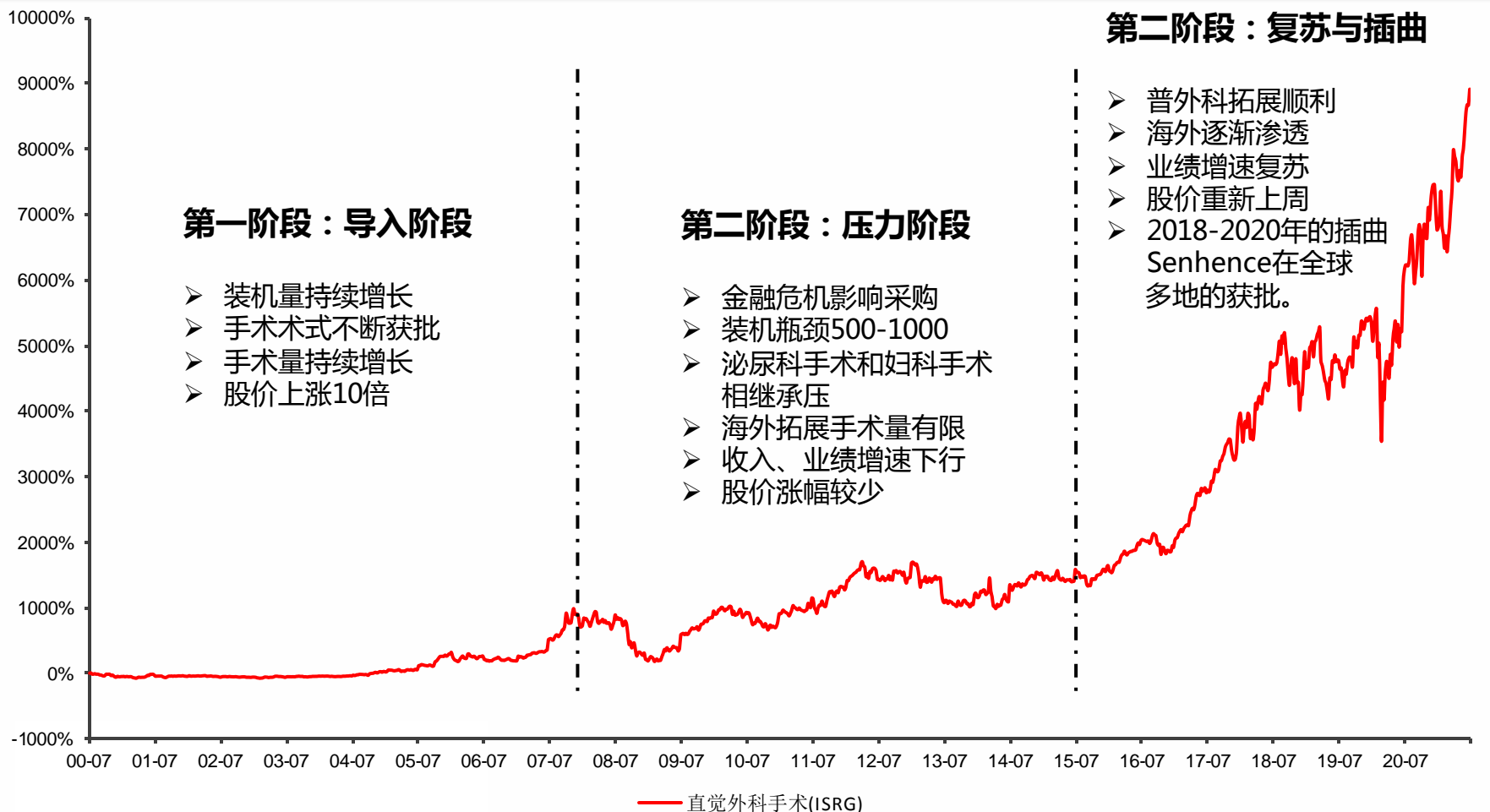
www.swsc.com.cn

数据来源：ISRG官网，西南证券整理

2.3 直觉外科公司的复盘

20年100倍的涨幅

直觉外科公司 (ISRG.O) 的涨跌幅情况



2.3 直觉外科公司的复盘

系统更迭：da Vinci手术机器人系统的已更新至第四代

系统代次	FDA获批时间	更新功能
第一代da Vinci	2000年7月	主控制台、患者测推车（三臂）、3D成像等基础结构；
第一代da Vinci	2003Q2	提供第四臂升级选项；
第二代da Vinci S	2006年1月	快速设置和手术器械更换的功能
第二代da Vinci S	2007年1月	提供3D高清视觉系统升级选项，比之前提升20%的视野，增强可视化
第二代da Vinci S	2007年Q2	推出da Vinci S三臂系统（可升级），简化版本
第三代da Vinci Si	2009年Q2	增强的视觉性能（720P到1080P），新界面，以及符合人体工程学的控制装置提高医生舒适度，增加双外科医生控制台，可开展复杂协作手术
第三代da Vinci Si	2010年Q4	推出达芬奇技能模拟器，通过VR增强培训计划
第三代da Vinci Si	2011年Q1	推出Firefly荧光成像产品（专门摄像头）
第三代da Vinci Single-Site	2011年12月	主要是一套单孔非手腕器械和附件，减少侵入性
第四代 da Vinci Xi	2014年4月	新的器械臂架构、新的内窥镜数字架构（更清晰，可接到任何手臂提高可视化和灵活性）、更小的手臂和大的运动范围、更长的器械轴
第四代 da Vinci Xi	2016年1月	推出da Vinci Xi集成桌面运动，能够实时调整机械臂和患者的位置
第四代 da Vinci X surgical	2017年5月	更低的成本的版本，可升级
第四代da Vinci Xi	2018年5月	推出da Vinci SP，基于第四代X和Xi的单孔技术
第四代da Vinci Xi	2019年7月	推出da Vinci Endoscope Plus，增强清晰度和色彩准确度

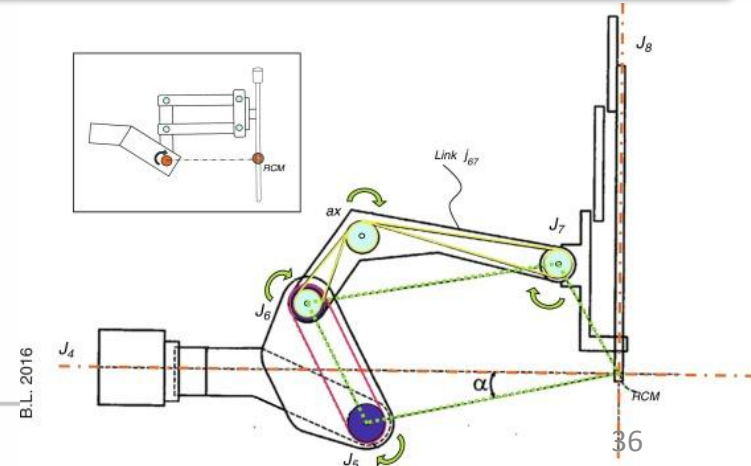
直觉外科公司（ISRG.O）的da Vinci手术机器人产品图示



www.swsc.com.cn

数据来源：ISRG年报、官网，西南证券整理

da Vinci手术机器人的远心机构

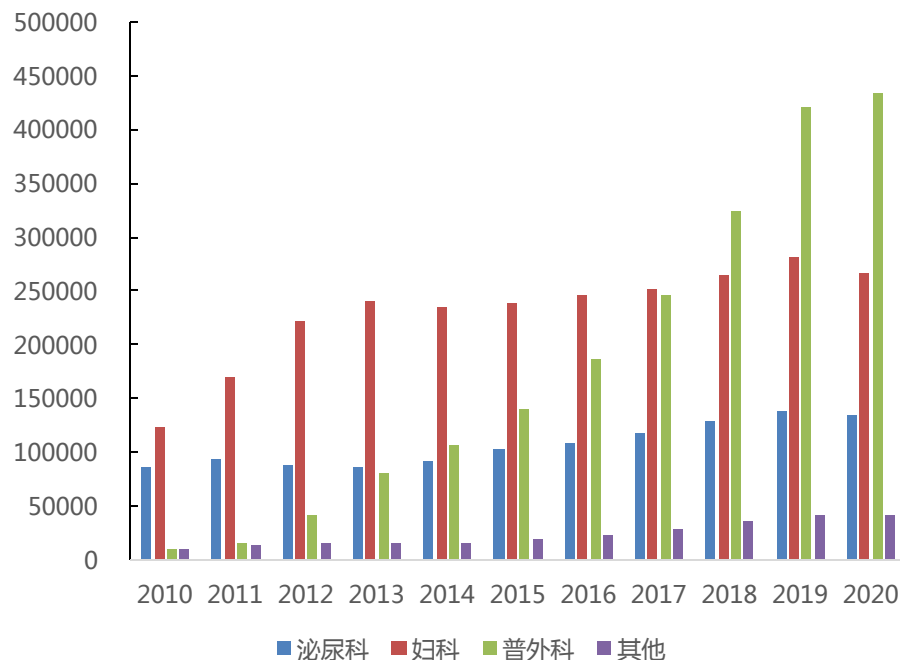


2.3 直觉外科公司的复盘

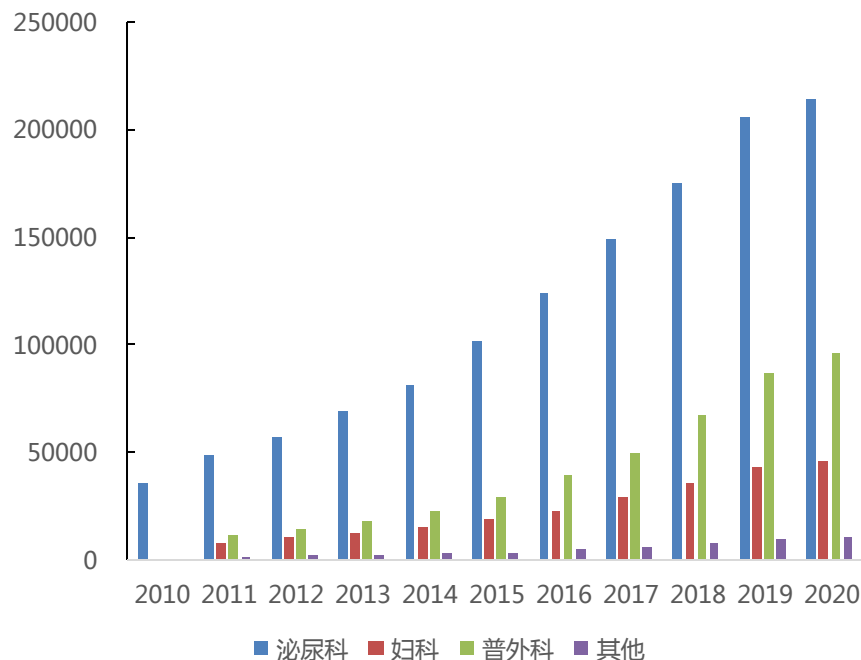
术式演变：先泌尿外科，再延伸至妇科、普外科，三者占90%以上

- **以美国为例**：2008年及以前，以泌尿科（前列腺癌根治术-dVP为主）；2009年妇科成为手术量最大的领域，其中以子宫切除术-dVH为主；2018年，普外科成为最大的手术领域（具体以胆囊切除术和减肥手术为主，疝修补成为增量最快的领域）。
- **美国以外市场**：目前术式仍以泌尿科（dVP）为主，普外科有望直接越过妇科成为下一个主流领域。

美国市场达芬奇机器人辅助手术分类构成变化



非美国市场达芬奇机器人辅助手术分类构成变化

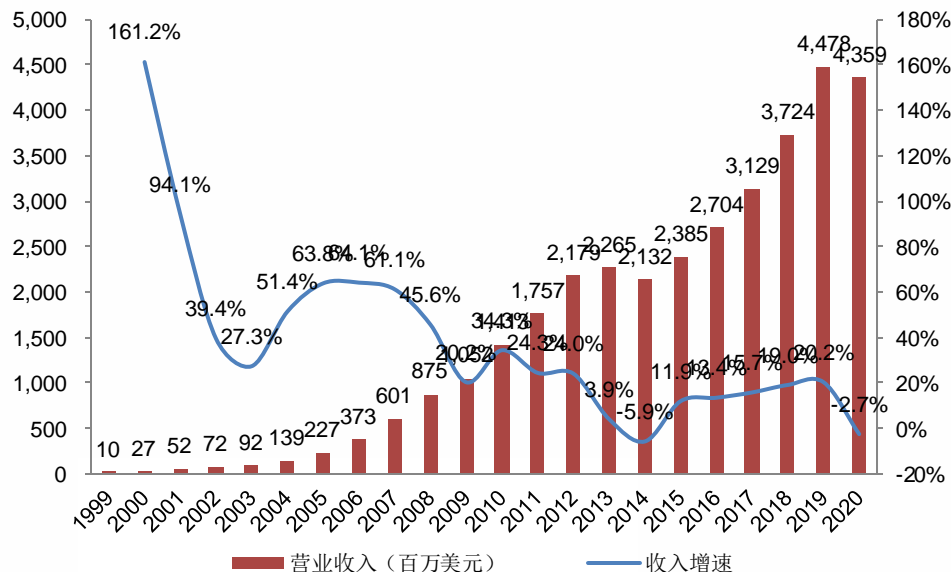


2.3 直觉外科公司的复盘

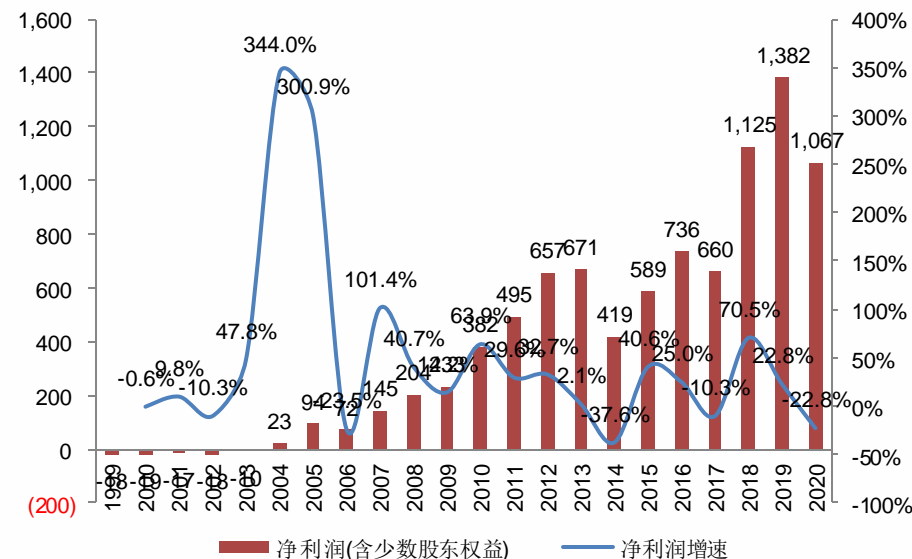
收入、净利润持续增长

- 收入：持续稳健增长。** 2000-2020年收入从0.27亿美元增长至43.6亿美元，复合增速29%。随着达芬奇装机量、耗材产出、服务收入增长，公司收入持续稳健增长，只在2014年（美国平价医疗法案对装机的影响）和2020年（疫情）出现负增长。
- 净利润：2004年扭亏后持续盈利。** 2004~2020年净利润从0.23亿美元增长到10.7亿美元，复合增速26.9%。2004年扭亏为盈，此后持续盈利，2020年受疫情影响出现一定的负增长。

直觉外科公司 (ISRG.O) 的收入及增速



直觉外科公司 (ISRG.O) 的净利润及增速

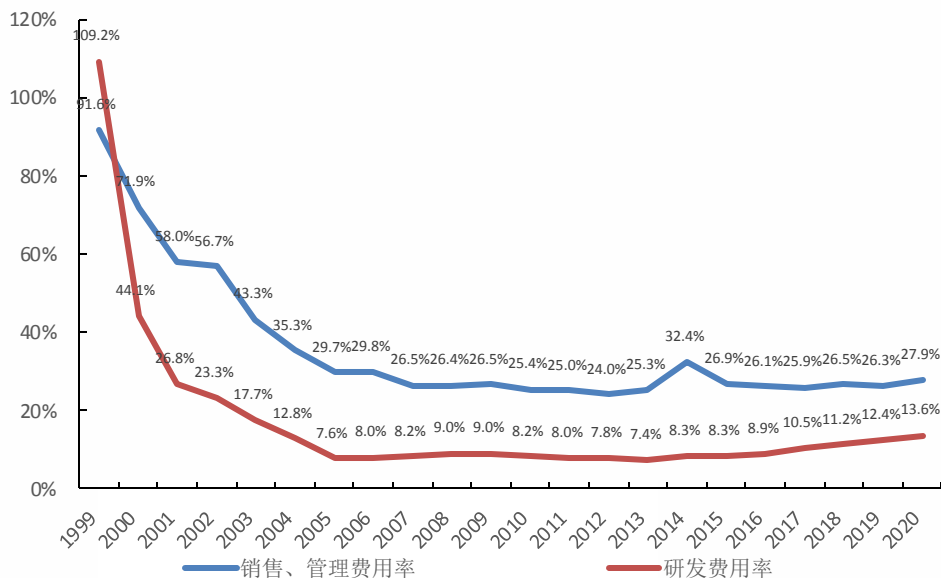


2.3 直觉外科公司的复盘

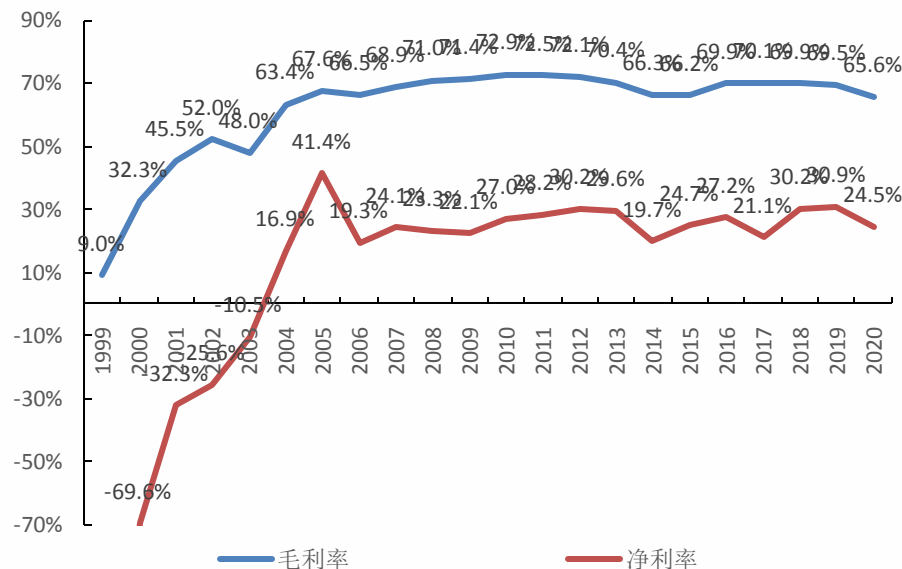
盈利能力在2005年后达到比较稳态的值

- 费用：**公司费用率从上市到2005年主要呈现下降态势。公司近三年销管费用率平均为26.9%，近15年来较为稳定；近三年研发费用率平均为12.4%，近15年来有所提升。
- 毛利率和净利率：**近年来较为稳定。公司近三年毛利率平均为68.3%，近三年净利率28.5%，处于较为稳定且高的状态。

直觉外科公司 (ISRG.O) 的费用率情况



直觉外科公司 (ISRG.O) 的毛利率和净利率

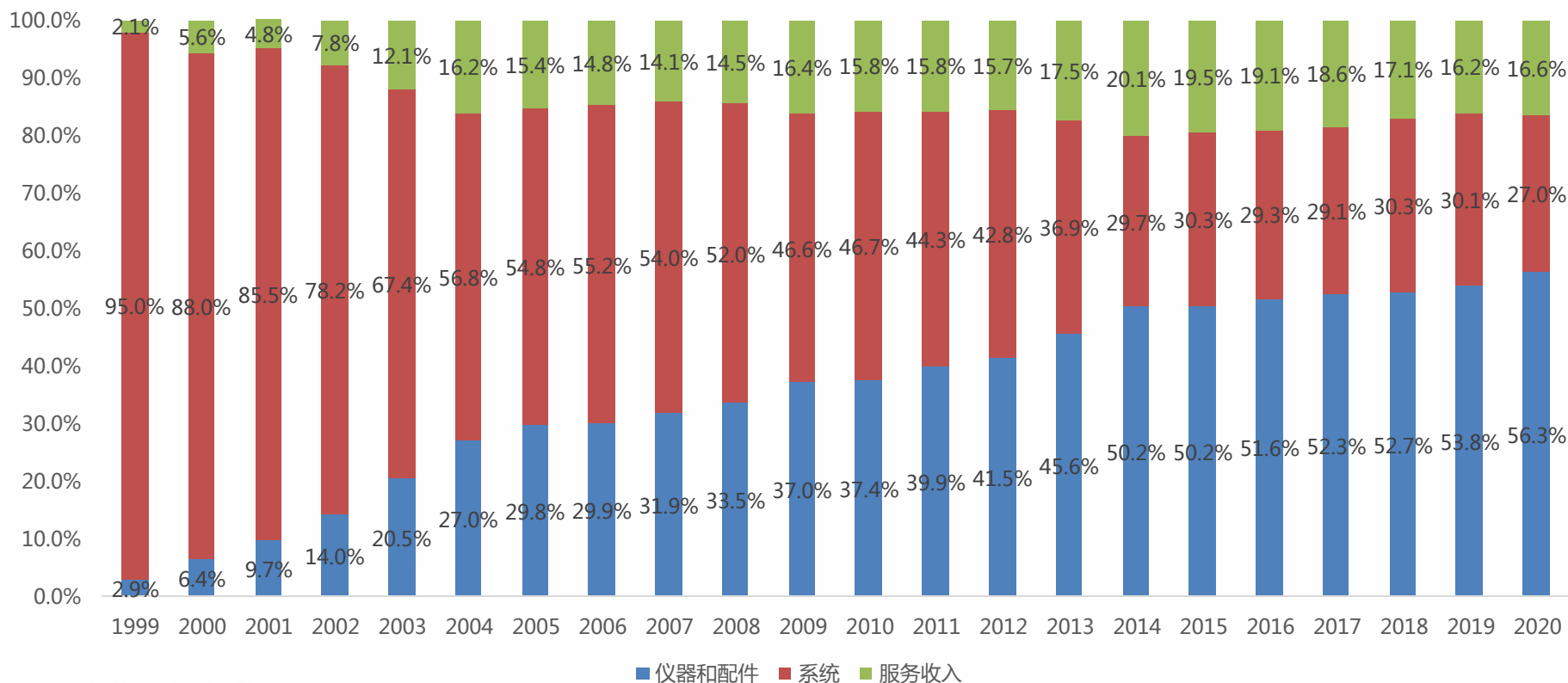


2.3 直觉外科公司的复盘

耗材收入：占比持续提升

- 初期收入以系统为主，随着手术量提升耗材占比大幅提升，而服务收入和存量仪器有关，占比较为稳定。系统收入是靠增量系统销售贡献，随着保有量提升，收入增速放缓，占比逐渐下降。手术量持续上升，耗材收入持续上涨，占比提升。服务收入基本占收入15-20%，较为稳定。

直觉外科公司 (ISRG.O) 的收入构成

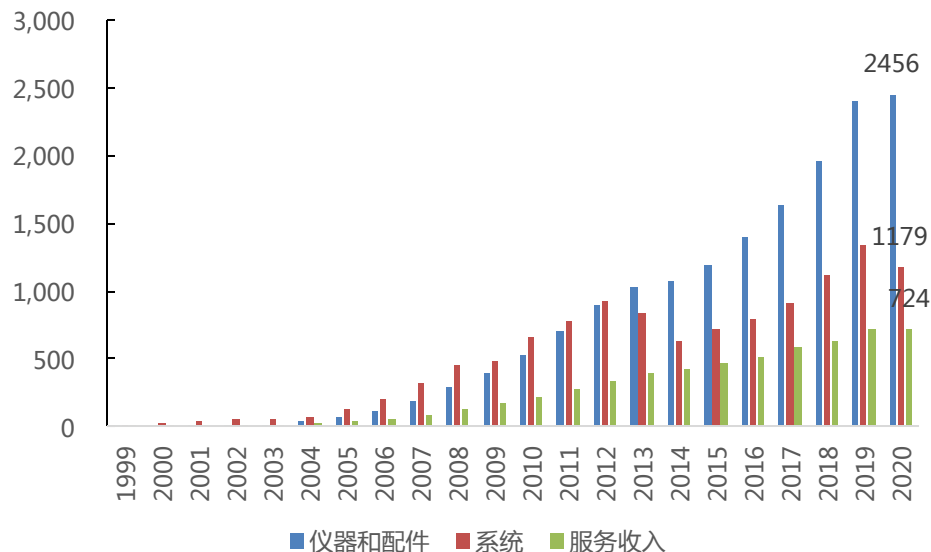


2.3 直觉外科公司的复盘

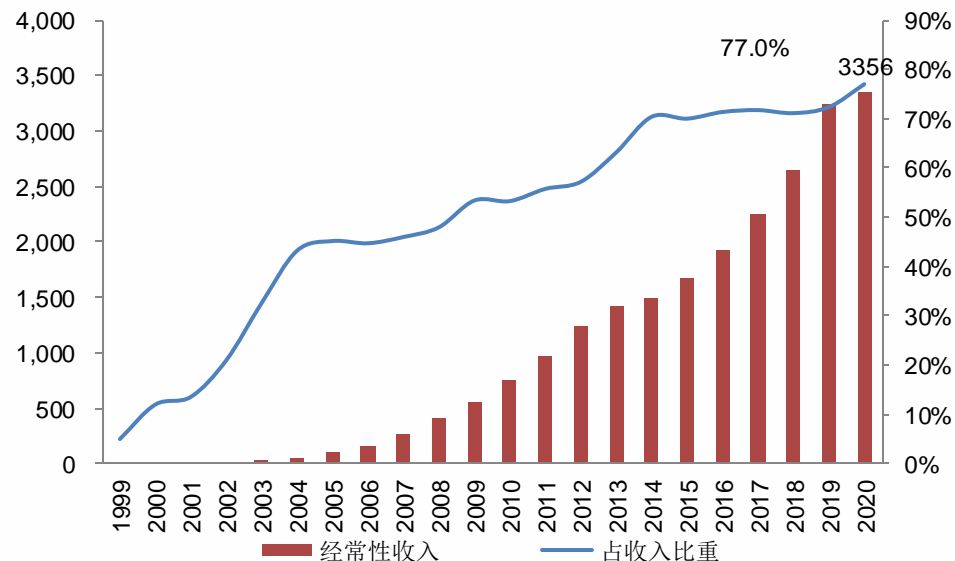
经常性收入：占比持续提升

- 2020年耗材、系统、服务收入分别为24.6、11.8、7.2亿美元。2013年耗材收入超过系统，此后差距越来越大。
- 公司将耗材、服务以及系统收入中经营租赁的部分记录经常性收入，该部分收入增长不会像系统那样随当年采购量大幅波动，从历史看，ISRG的经常性收入占比持续提升，2020年达到33.56亿美元（其中耗材24.6亿美元，服务7.2亿美元，经营租赁1.77亿美元），占比77%。

直觉外科公司 (ISRGO) 三大业务收入变化



直觉外科公司 (ISRGO) 的经常性收入占比逐渐提升

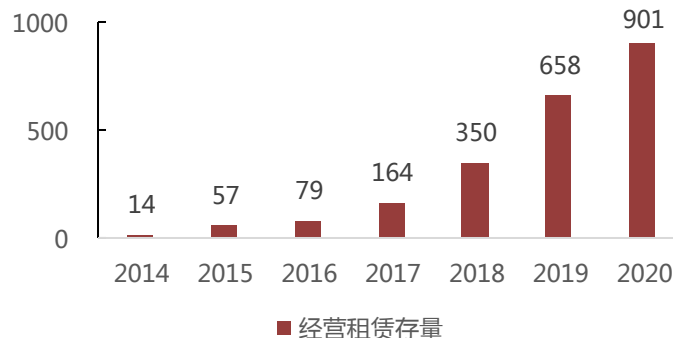


2.3 直觉外科公司的复盘

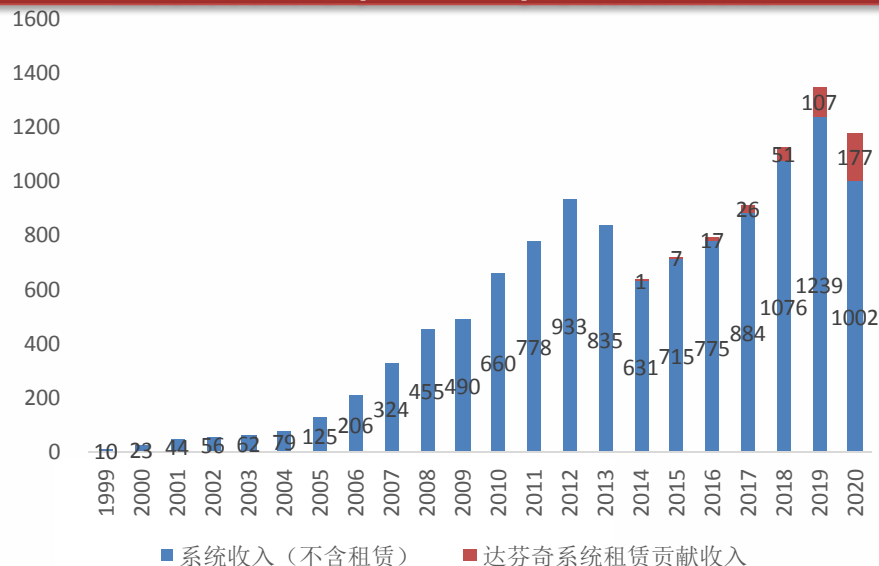
系统收入与销量

- 系统收入和达芬奇系统当年销量息息相关，但近三年全球每年销量在1000台上下，整体收入增长较为乏力。但其中由经营租赁贡献的收入占比逐渐提升，2020年已提升至1.77亿美元，体现公司2014年开始将系统收入从波动较大的订单形态转向较为稳定的合同兑付的形态。
- 2020年经营租赁的销量已经占当年出货量超过34%。经营租赁收入与经营租赁销量存量数量有关，2020年已达901台。

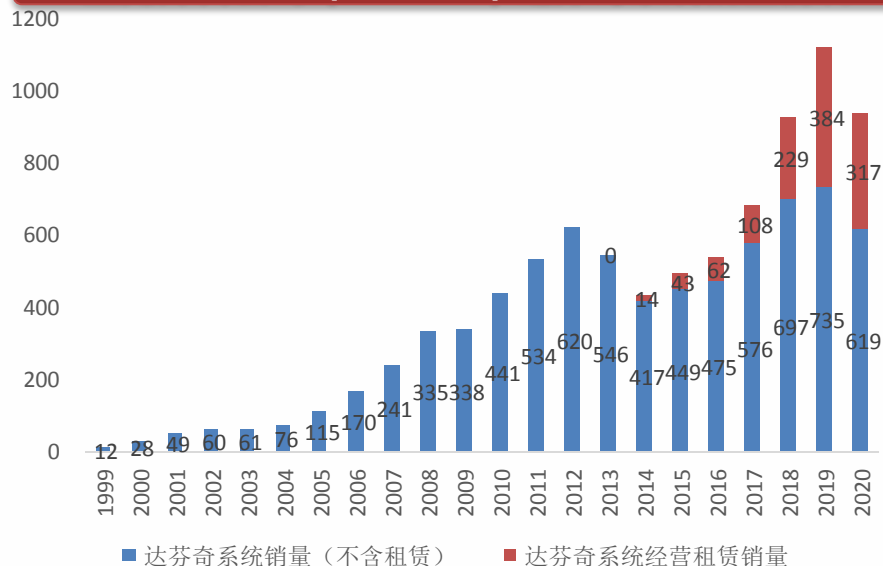
达芬奇系统经营租赁销量存量情况



直觉外科公司 (ISRG.O) 系统收入构成



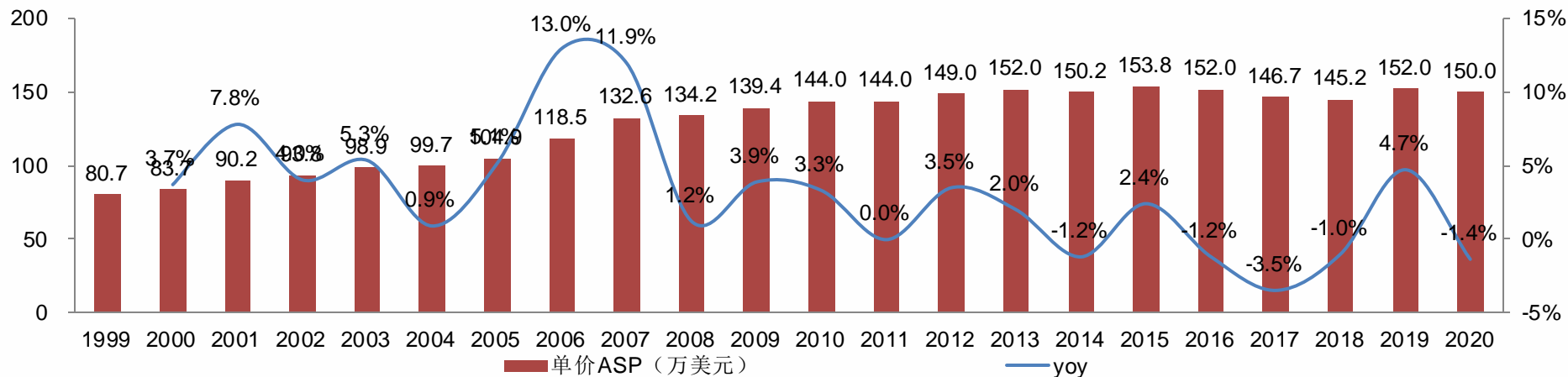
直觉外科公司 (ISRG.O) 达芬奇系统销量情况



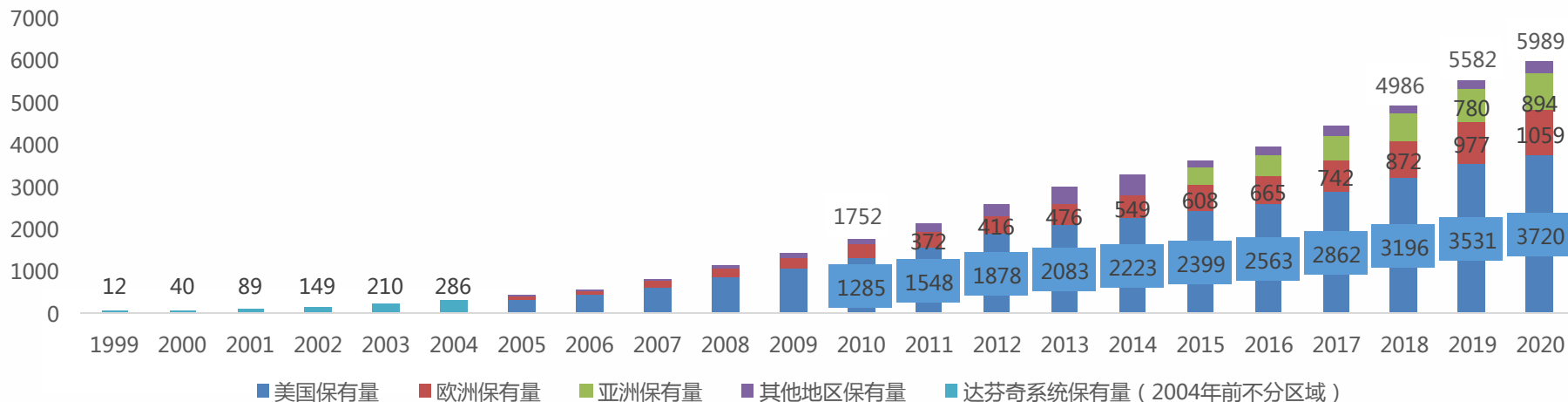
2.3 直觉外科公司的复盘

系统销售单价近年来在150万美元左右，2020年装机保有量5989台，其中美国3720台

达芬奇系统单价情况



达芬奇系统销量及区域分布情况



www.swsc.com.cn

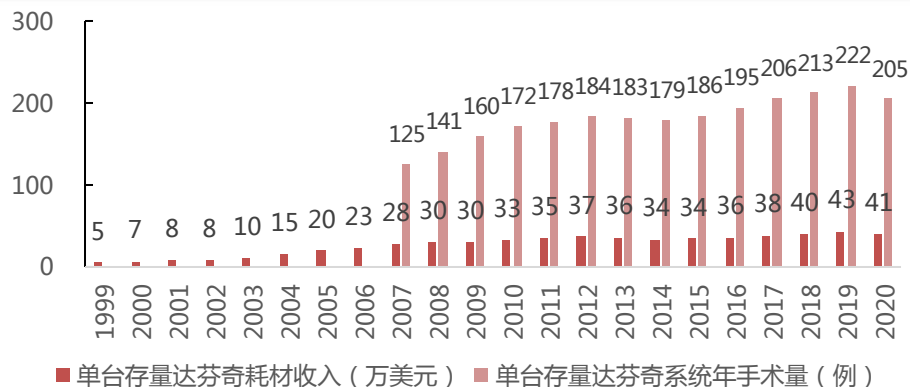
数据来源：ISRG年报，西南证券整理

2.3 直觉外科公司的复盘

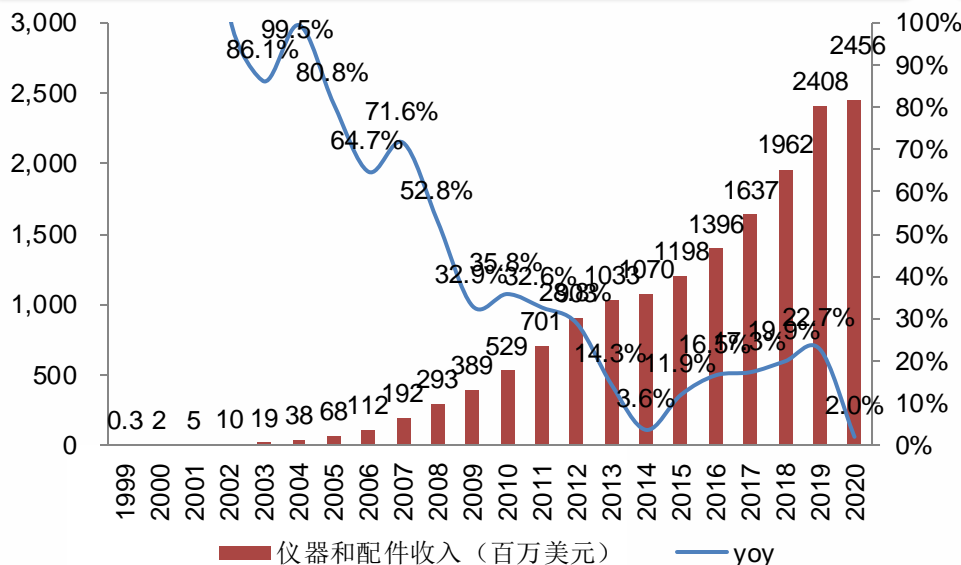
耗材收入与单系统产出情况

- ❑ **耗材收入持续增长**：2020年受疫情影响仍实现收入25.6亿美元（+2%）（手术耗材按此收费，可用10次）。
- ❑ **单台手术贡献耗材收入较为稳定**。2020年单手术耗材收入1976美元，近年来基本维持1800-2000美元之间。
- ❑ **单台达芬奇系统利用度逐年提升**。从2007~2020年单系统年手术量从125提升至205台，单系统年耗材产出从28万美元增至40万美元左右。

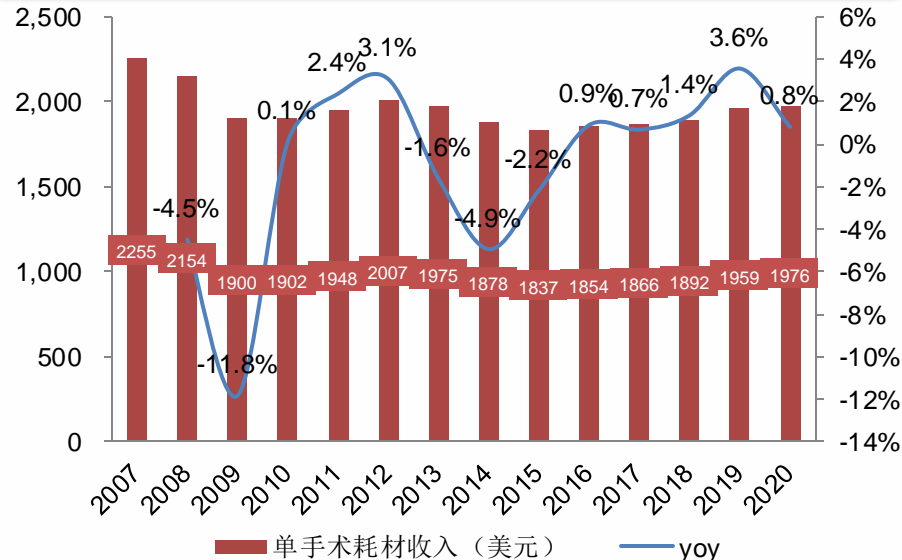
达芬奇系统单台耗材



直觉外科公司 (ISRG.O) 耗材收入及增速



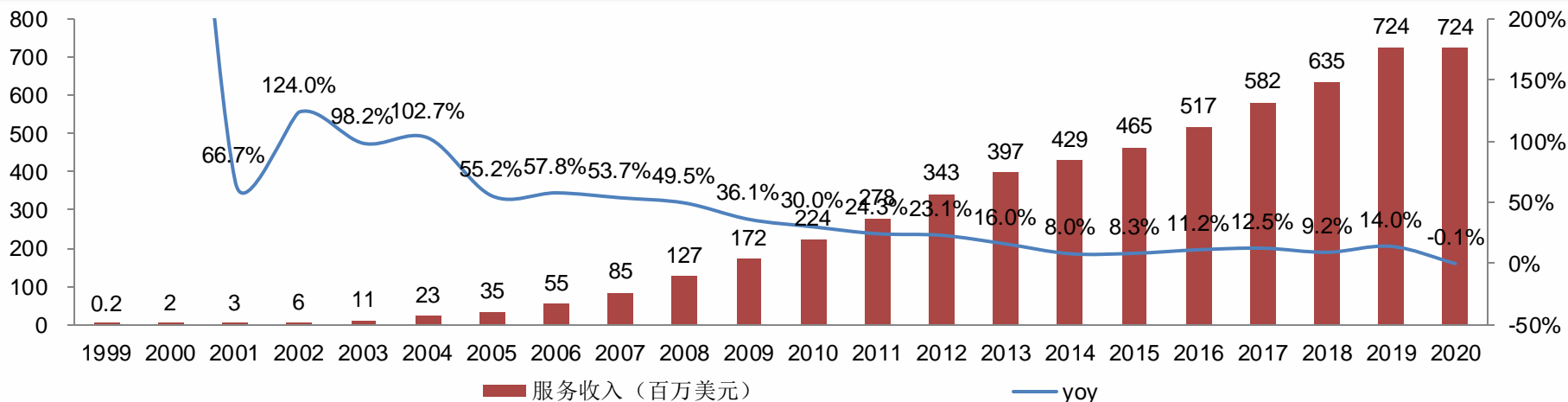
直觉外科公司 (ISRG.O) 单手术耗材手术



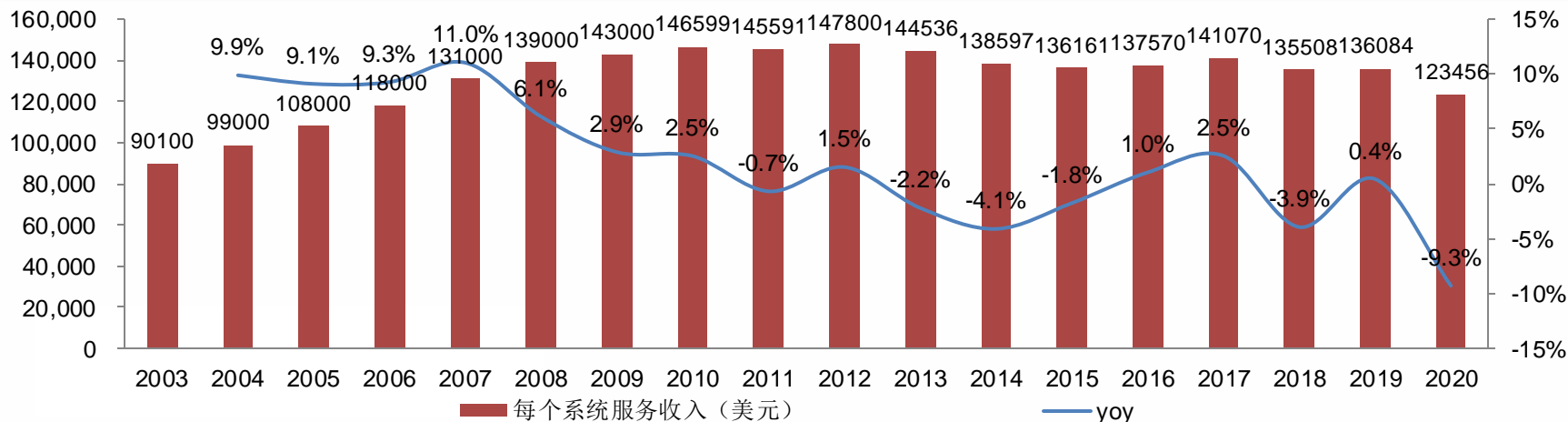
2.3 直觉外科公司的复盘

服务收入随着达芬奇系统保有量提升而稳健增长，经测算单系统年服务合同费用约12-14万美元

达芬奇系统单价情况



达芬奇系统销量及区域分布情况



www.swsc.com.cn

数据来源：ISRG年报，单系统年服务费用2009年前为披露值，2010-2020年为测算值，西南证券整理

2.4 腔镜手术机器人的成本考量——全球市场

机器人手术比MIS手术成本高2000-3000美元

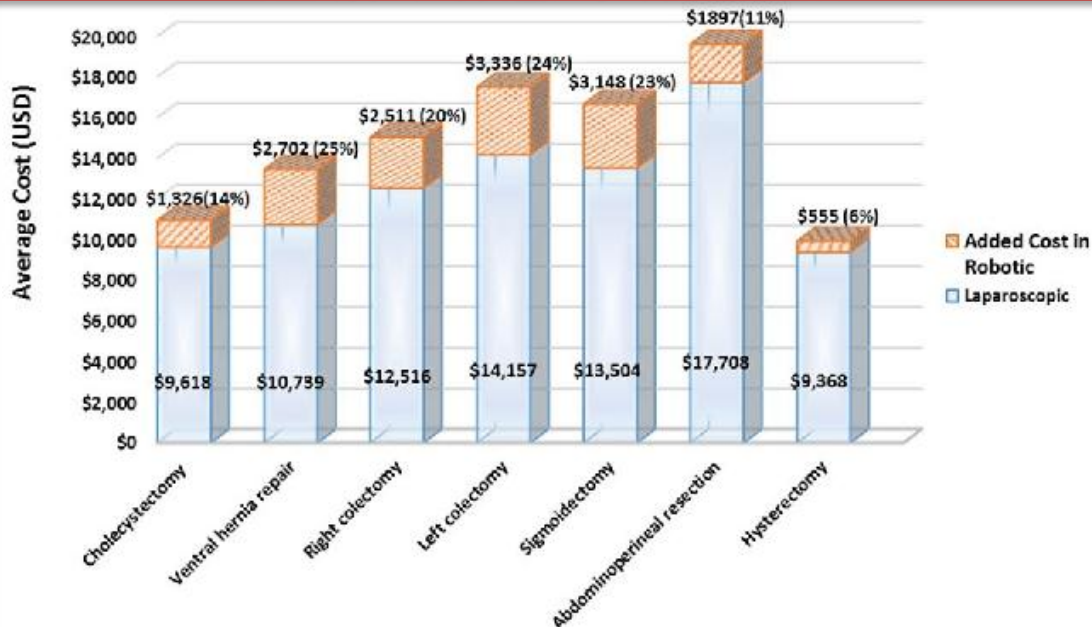
- Khorgami et al (2017) : 腹腔镜组的平均成本为 10,227 美元 ± 4986 美元，而机器人病例的平均成本为 12,340 美元 ± 5880 美元 (+20.7%, p < 0.001)。
- Kim et al (2010) : 机器人手术较MIS高4960美元，报销后高7897美元。
- Jeong et al (2017) : 成本差异主要耗材和手术室费用。

机器人辅助肾切除术与MIS手术成本差异

Services*	Costs, Mean (95% CI), US \$			
	Laparoscopic (n = 18 573)	Robotic (n = 5180)	Difference (95% CI)	P Value
Supply	3891 (3632 to 4150)	4876 (4377 to 5376)	985 (473 to 1498)	<.001
Room and board	4432 (4174 to 4691)	4262 (3691 to 4833)	-170 (-743 to 401)	.56
Pharmacy	1132 (994 to 1270)	1103 (934 to 1272)	-29 (-207 to 150)	.75
Operating room	5378 (5081 to 5676)	7217 (6379 to 8055)	1839 (1050 to 2628)	<.001
90-d Direct hospital	16 851 (16 209 to 17 494)	19 530 (17 617 to 21 443)	2 678 (838 to 4519)	.004

* Adjusted for age, sex, race, Charlson comorbidity index, insurance status, teaching status, number of beds, hospital location, surgery year, and hospital clustering.

腹腔镜手术与机器人手术的成本差异



韩国不同形式直肠癌手术费用比较

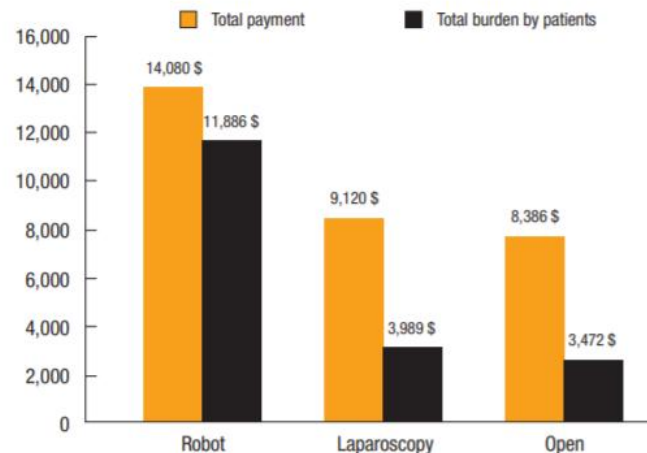
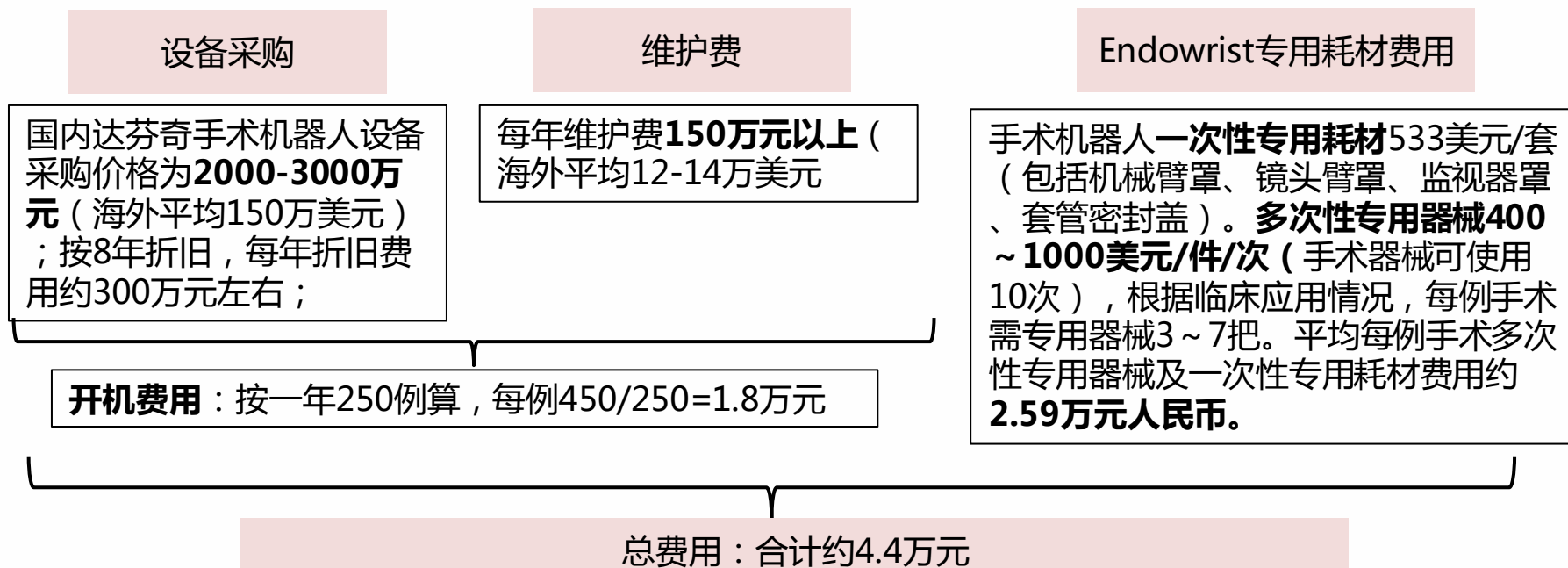


Fig. 3. Comparison of total cost under Korea medical insurance system: robot vs. laparoscopy vs. open surgery for rectal cancer.

2.4 腔镜手术机器人的成本考量——中国市场

国内机器人手术比传统腹腔镜手术贵2-4万元，目前医保报销有望逐步打开



◆**各地机器人手术收费**：基本采用“腹腔镜手术费用+达芬奇机器设备及附件费用”的形式，随地区不同加价会有不同，北上广等经济发达地区一般在传统腹腔镜手术收费基础上加3-4万元，其他地区一般加价2万元。以前列腺根治术为例，腹腔镜手术费用4-5万，医保报销50%左右，加上2-4万元的机器人费用后如果不报销，对患者成本增加较为明显。

◆目前国内基本无报销，2021年4月上海部分RAS手术纳入报销范围（**患者自付比例20%**），目前有前列腺癌根治术、肾部分切除术、子宫全切术和直肠癌根治术4种手术。今后上海市还将根据患者临床需求、医保基金的承受能力等因素，逐步扩大可报销的手术范围。

2.4 腔镜手术机器人的成本考量——中国市场

主要Endowrist手术器械和价格

主要da Vinci手术机器人辅助手术的器械成本

序号	Endowrist器械	单次手术使用价格(美元)	手术门类	手术名称	手术时间(h)	Endowrist器械	Endowrist器械费用(万元人民币)
			心胸外科手术	胸腺肿瘤胸腺切除加脂肪清扫术	2~3	超声刀, 双极电凝抓钳, 大持针(1把), 电钩	2.02
1	超声刀	943.5		胸腺切除术	2~3	超声刀、双极电凝抓钳, 电钩	1.62
2	双极电凝钳	590		剖胸摘除	4~5	超声刀, 双极电凝抓钳, 单极电凝剪刀, 电钩	2.2
3	单极电凝剪刀	699		肺叶切除	3	双极电凝抓钳、剪刀、电钩、电铲	1.78
4	大号持针器	482		房缺手术	3	圆头剪刀、长头镊、针持、心房拉钩	1.72
5	电钩	438		二尖瓣成型术	3	圆头剪刀、长头镊、针持、心房拉钩、组织镊	2.06
6	牵开钳	525		二尖瓣置换术	5	圆头弯剪刀、长头镊、针持、心房拉钩、组织镊	2.07
7	无创单孔心包抓钳	438		乳内动脉获取术	2	电铲、钛夹持夹钳、冠脉刀、组织镊子	1.29
8	有创单孔组织抓钳	482		停跳搭桥手术	3	精细镊子、精细针持、精细血管剪刀、冠脉刀、组织镊、大针持	1.93
9	双极电凝双孔长抓钳	590		不停跳搭桥手术	3	稳定器、精细镊子、精细针持、精细血管剪刀、冠脉刀、组织镊子、大针持	4.85
10	双极电凝单孔长抓钳	590	泌尿外科手术	根治性前列腺切除	2.5	超声刀, 双极电凝抓钳, 单极电凝剪刀, 大针持(2把), 无损伤抓钳, 圆头弯剪	2.6
11	专用双孔长抓钳	438		根治性前列腺切除	2.5~4.5	超声刀, 双极电凝抓钳, 单极电凝剪刀, 电钩	2.2
12	专用长嘴抓钳	536		根治性膀胱切除加原位回肠代膀胱术	5	超声刀, 双极电凝抓钳, 单极电凝剪刀, 大持针, 电钩	2.6
13	电铲	438		肾上腺切除术	2	超声刀, 双极电凝抓钳, 单极电凝剪刀, 电钩	2.2
14	无创组织镊子	406		根治性肾切除术	2.5	超声刀, 双极电凝抓钳, 单极电凝剪刀, 电钩	2.2
15	心房专用牵开器	645		肾盂成形术	2	双极电凝抓钳, 单极电凝剪刀, 大持针(2把), 电钩	2.22
16	腔内递送器	131.8	肝胆外科手术	胰十二指肠切除术		超声刀, 双极电凝抓钳, 大持针(1把), 电钩, 切割闭合器	2.02
17	空筒(配合腔内递送器)	670		胰十二指肠切除术	9	超声刀, 双极电凝抓钳, 单极电凝剪刀, 大持针(2把), 电钩, 牵开抓钳	3.43
18	8MM直径器械套管	1260		胰体尾癌根治手术	5	超声刀, 双极电凝抓钳, 单极电凝剪刀, 大持针(1把), 电钩	2.6
19	8MM直径器械长套管	1340		肝门部胆管癌手术	4	超声刀, 双极电凝抓钳, 单极电凝剪刀, 大持针(2把), 电钩, 牵开抓钳, 切割闭合器	3.43
20	冠脉刀片	294		胆囊癌手术	2	双极电凝抓钳, 大持针(1把), 电钩	1.24
21	稳定器	3550		肝脏部分或半肝切除手术	4	超声刀, 双极电凝抓钳, 单极电凝剪刀, 大持针(1把), 电钩	2.15
22	精细血管剪刀	428	妇科手术	子宫广泛切除加盆腔淋巴结清扫术	4	双极电凝抓钳, 单极电凝剪刀, 大持针(1把), 电钩	1.82
23	精细针持	365		子宫内肌瘤全面分期术	3~4	双极电凝抓钳, 单极电凝剪刀, 大持针(1把), 长抓钳	1.95
24	钛夹持夹钳	460		子宫内异位症卵巢囊肿剥离术	2	双极电凝抓钳, 单极电凝剪刀, 大持针(1把)	1.46
25	长头镊子	536		子宫肌瘤剥除术	3	双极电凝抓钳, 单极电凝剪刀, 大持针(1把), 长抓钳	1.95
26	组织镊子	406		卵巢肿瘤切除术	2	双极电凝, 大持针(1把), 电钩	1.24
				全子宫切除术	3	超声刀、双极电凝抓钳, 单极电凝剪刀, 大持针	2.24

www.swsc.com.cn

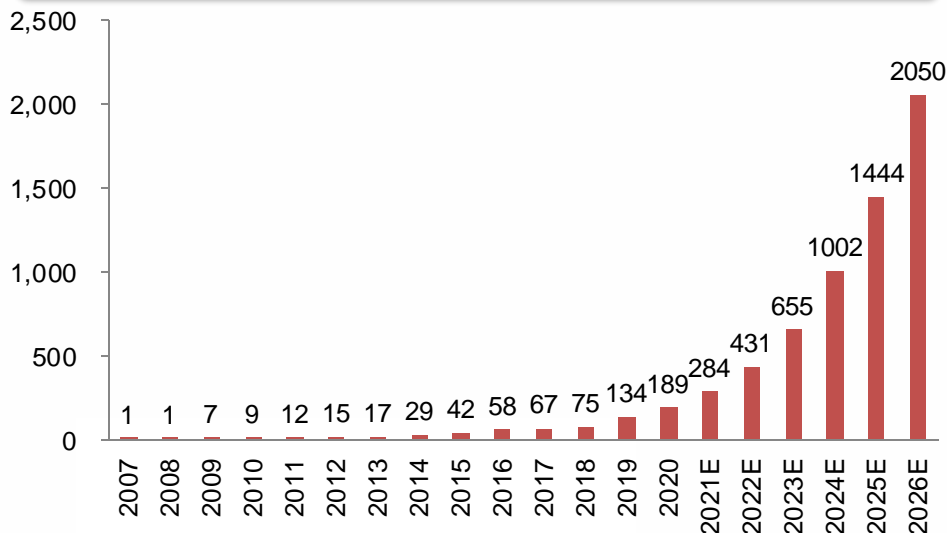
数据来源: CNKI, 西南证券整理

2.5 腔镜手术机器人在中国的发展

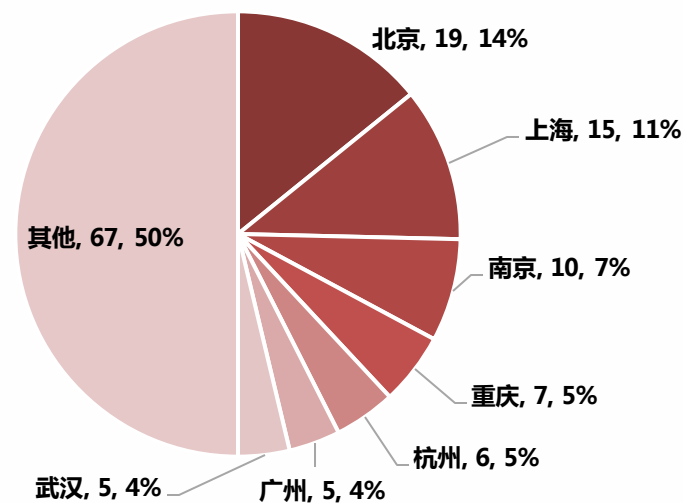
国内装机量开始爆发式增长，未来还有很大的空间

- **发展：2019、2020年装机量爆发式增长。**2006年12月20日中国人民解放军总医院引进第一台达芬奇手术机器人，截止2020年底全国累计装机189台，2013年以前年装机量基本低于5台，2014~2018年新增在10台左右，2019、2020年呈现爆发式增长，分别为59、54台。预计2021年开始年新增有望超过100台，参考美国2020年3720台保有量（年净增200台以上），我国未来手术机器人装机量还有很大的空间（按年均200台，2030年存量需10000台）——目前为止还是达芬奇独占，未来10000台中会有国产的身影。
- **分布：装机集中在核心城市。**截止2019年，国内134台装机中，超过5台的城市有北京（19台）、上海（15台）、南京（10台）、重庆（7台）、杭州（6台）、武汉（5台），合计占比50%。

国内腔镜手术机器人装机情况及预测（台）



截止2019年达芬奇手术机器人在国内装机的分布



www.swsc.com.cn ■达芬奇手术机器人装机量

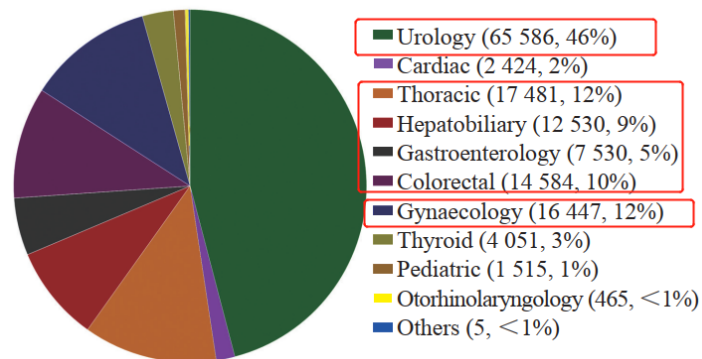
数据来源：Frost&Sullivan, CNKI, 西南证券整理

2.5 达芬奇手术机器人在中国的发展

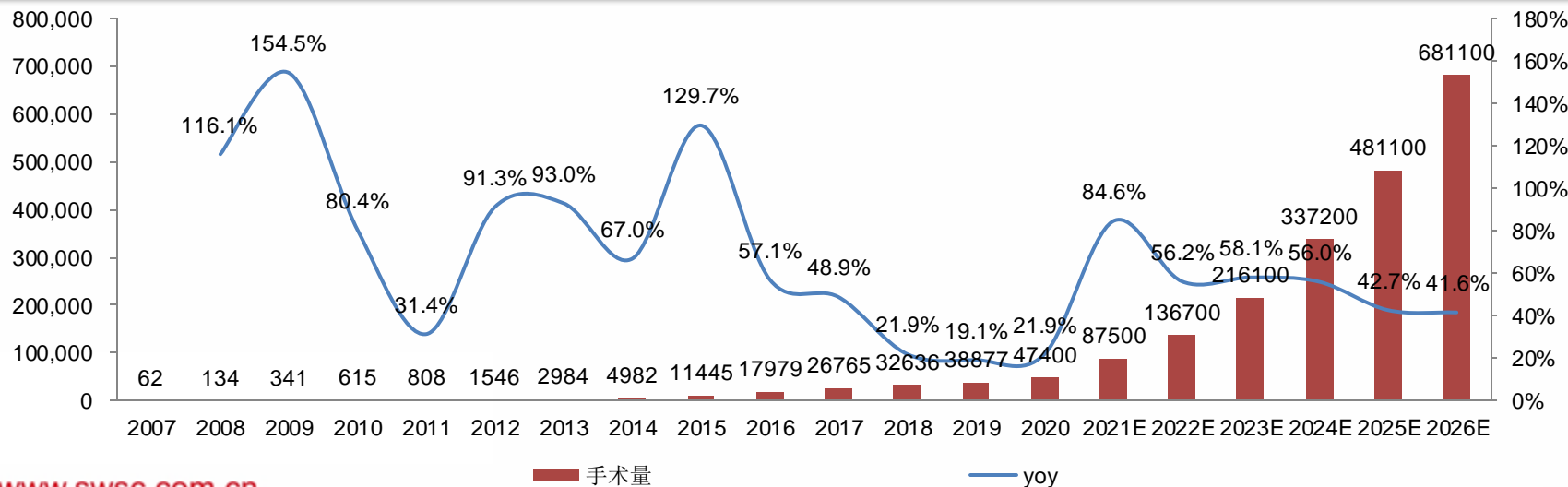
国内术式以泌尿科、普外科和妇科为主

- **手术量即将爆发。** 2020年国内腔镜手术机器人手术例数47400例，近三年稳健增长（2020年疫情一定负面影响），得益于存量装机的爆发，2021~2026年国内RAS手术量有望以复合56%增长至68.1万例。
- 2018~2020年单台仪器年手术量分别为460、372、293例，压力有所缓解。
- **术式分布：**截止2019年14.3万例手术中，泌尿科、普外科、妇科分别占比46%、29%、12%，合计占比87%。

截止2019年国内腔镜手术机器人临床手术构成



国内腔镜手术机器人手术量及预测（例）

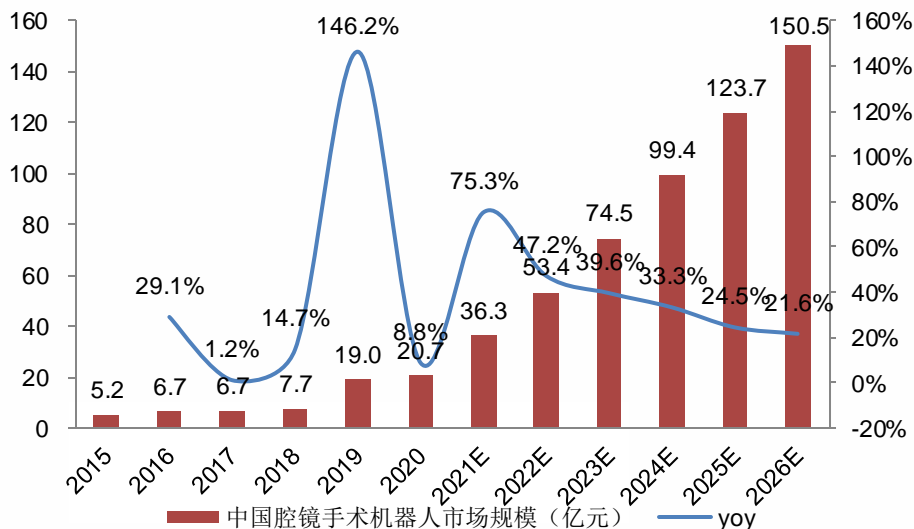


2.5 腔镜手术机器人在中国的发展

国内市场正处起步阶段，国产龙头微创机器人、威高机器人和康多机器人等有望受益

- 国内市场正处起步阶段**：2020年国内腔镜手术机器人市场刚突破20亿元，但目前中国三甲医院中有使用机器人的比率不足10%，未来行业将高速增长，2026年有望达150亿元，根据我们在第一章的测算，2030年行业规模有望达260亿元。
- 从国产进展看，微创机器人进度较快**：微创机器人的图迈目前已处于注册申请阶段，将申请前列腺根治术手术的适应症，未来肾部分切除手术（包括腹膜后入路、单孔）等其他泌尿科、妇科、普外科的临床开展和适应症拓展，将有望作为国产第一梯队获得不错的市场空间。其余竞争者威高的Microhand-S和康多系统目前处于临床阶段。

中国腔镜手术机器人市场规模



中国腔镜手术机器人市场主要布局企业

开发商	产品	发展阶段	国家药监局绿色通道	已知临床应用 RALRP
微创机器人	图迈	已提交国家药监局注册申请	是	是
Intuitive Surgical	达芬奇Xi系统	国家药监局获批上市 (2018年)	/	是
	达芬奇Si系统	国家药监局获批上市 (2011年)	/	是
威高	Microhand-S系统	完成临床试验患者入组	是	否
康多	康多系统	临床试验阶段	是	否

www.swsc.com.cn

数据来源: Frost&Sullivan, 微创医疗机器人招股书, 西南证券整理

目 录

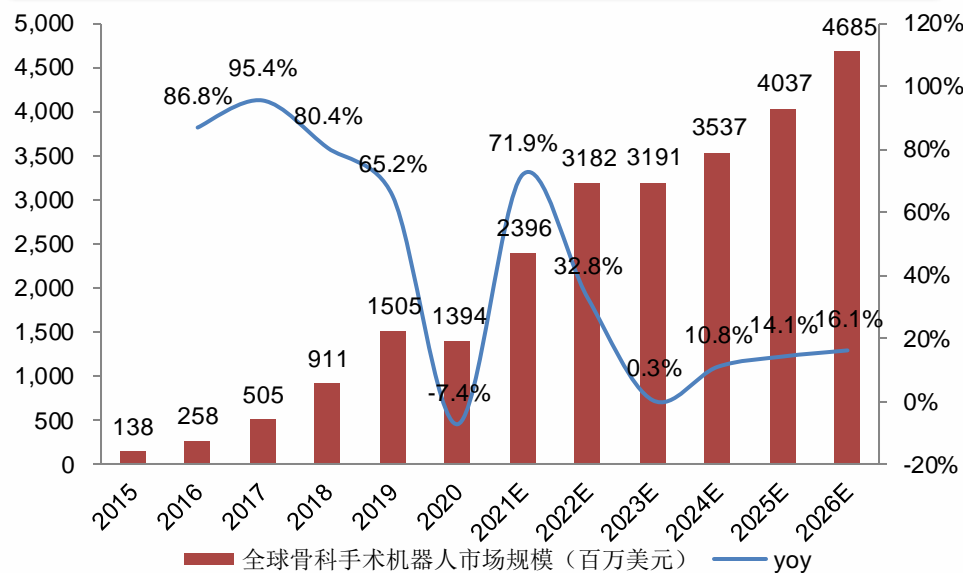
- ◆ 1、手术机器人行业概览
- ◆ 2、腹腔镜手术机器人和直觉外科公司复盘
- ◆ 3、骨科手术机器人
- ◆ 4、其他手术机器人发展概览
- ◆ 5、投资建议和标的

3.1 骨科手术机器人概览

骨科手术机器人有望成为腔镜手术机器人下一个广泛使用的领域

- **定义**：骨科手术机器人是用于辅助骨科手术，理论上其带来的好处包括精准、定制三维术前方案、手术部位更清楚、减少震颤和提高手术精度、减少对健康骨骼和组织的损伤、减少失血、保护神经、缩短住院时间和加快康复；并可指导远程手术和降低术中透视（X射线）来降低辐射。
- **机器人辅助骨科手术的时代正在来临**。根据Frost&Sullivan预测，骨科手术机器人行业兴起于2015年，2020年达13.9亿美元，预计2026年有望达46.9亿美元，将成为继腔镜手术机器人之后下一个广泛使用的领域。

全球骨科手术机器人市场规模



骨科手术的发展三阶段



3.1 骨科手术机器人概览

骨科手术机器人发展

- **运用领域**：主要是**关节置换手术（膝关节或髌关节）、脊柱手术**，创伤主要用于骨折复位，目前多为在研。
- **发展阶段**：第一个原型机产品始于20世纪90年代，经历计算机辅助外科技术的发展、政策支持、骨科龙头不断介入，行业也进入了高速发展期。目前国内外多个机构开发出原型系统，部分已转化成商业化产品在全球推广。

骨科手术机器人主要分类

骨科手术机器人

脊柱手术机器人
创伤手术机器人
关节手术机器人

骨科手术机器人的发展阶段

技术萌芽期

1986-1996

- 1985年美国首次使用工业机器人进行脑肿瘤活体组织切片检查，验证手术机器人精准的优势。
- **1987年首次出现定位机器人应用于骨科的专利申请。**
- 1992年机器人RoboDoc完成了全球第一例机器人辅助人工全髌关节置换手术试验

蓬勃发展期

1997-2009

- 随着计算机辅助外科技术的发展，骨科手术机器人逐渐应用于髌关节和膝关节的置换手术。
- 1998年，英国帝国理工学院 Davis 等研发了用于膝关节手术的 Acrobot 机器人系统。
- 2008年，美国 Mako Surgical 公司研制出 RIO 手术机器人，用于全膝关节或膝关节单髌置换手术，其最大优势是医生和机械臂共同操作手术器械完成手术

高速发展期

2010-至今

- **产品推陈出新，性能也越来越完善，政策不断支持，骨科龙头企业不断介入，商业化逐渐兑现。**
- 2010年，天智航用于脊柱手术的天玑机器人第一代产品取得国内注册，2016年更新至第三代。
- 2013年12月，MAKO被史赛克以12亿美元收购
- 2014年，法国 Medtech 公司推出了应用于脊柱外科的 ROSA Spine 手术机器人，2016年被捷迈邦美收购
- 2017年，强生2017年收购脊柱外科手术公司 Sentio，并于2019年收购骨关节机器人公司 Orthotaxy
- 2018年12月，MAZOR被美敦力以16.4亿美元收购

3.1 骨科手术机器人概览

骨科手术机器人的分类

- 分类：基于人机交互模式，**关节手术机器人**可分为**被动机器人**、**半自动机器人**、**全自动机器人**，目前大多数商用关节机器人属于半自动机器人，早期的全自动机器人Robodoc由于稳定性、安全性问题被淘汰，该路线目前还不成熟，但属于值得探索的方向。脊柱手术机器人主要分为遥控模式、共享操作模式、监督模式，目前主流属于共享操作模式，监督模式技术还不成熟。
- 和脊柱手术机器人分类略有不同，但本质较为相似，如全自动机器人和监督模式基本都是机器人主动操作的概念。

基于人机交互模式下骨科手术机器人的主要分类

关节手术机器人分类	概念		例子	脊柱手术机器人分类	概念	例子
被动机器人	完全依赖医生操作	远程操作	曾用于肩关节手术的达芬奇机器人	遥控模式	远程位置直接控制机器人及其器械	曾用于前腰椎椎间融合术 (ALIF) 等手术的达芬奇机器人
		纯导航、定位	OMNIBotics、NAVIO	共享操作模式	不能自动置针	MAZOR、ROSA ONE、天玑、Cirq
半自动机器人 (主动约束型)	术前规划可以为机器人创建一个精准的切割区，需要医生靠触觉系统施加外力驱动机器人完成切割操作		RIO、ROSA Knee、Acrobot、鸿浩、骨圣元化等		可自动置针或直接置钉	ORTHBOT、Excelsius GPS
全自动机器人 (主动操作型)	直接按预设程序算法和参数进行骨切割，无需人操作		Tsolution One (前身 Robodoc)、CASPAR、	监督模式	机器人在外科医生的密切监督下执行手术	在研

导航定位类

灵巧操作类

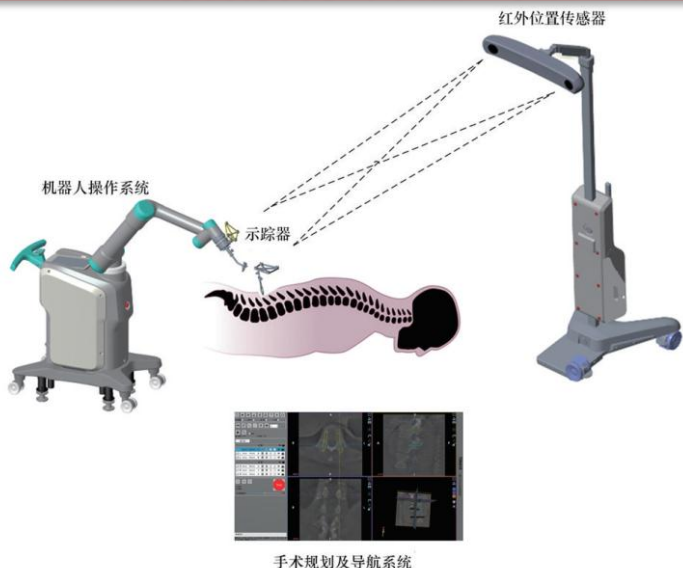
3.1 骨科手术机器人概览

骨科手术机器人重要组成部分及关键技术

骨科手术机器人的关键技术

- **骨科手术机器人的组成**：骨科手术机器人的组成大致上可分为控制系统、定位导航装置、机械臂装置以及配套的工具集。
- **关键技术**：其中控制系统的好坏难以量化，定位导航系统和机械臂装置则可根据路线做出一定比较判断。

以天玑为例骨科手术机器人系统组成



组成部分	描述	核心技术
控制系统	机器人的核心系统，除了各部件的集成之外， 图像处理软件模块、手术规划软件模块、机械臂控制模块 所牵涉到的算法是各个机器人公司独立研发的核心秘密。	图像处理准确性、手术规划合理性、效率、操作手感，这部分技术难以量化， 一般临床应用来验证
定位导航系统	根据术前导入的影像形成三维模型，把三维模型与患者的实际体位、空间中手术器械的实时位置统一在一个坐标系下，利用三维定位系统，对手术器械在空间中的位置实时采集并显示，医生通过观察三维模型中手术器械与病变部位的相对位置关系，对病人进行导航手术治疗。主要包括 成像模块、追踪模块和显示模块 。	精度是导航设备的关键性指标，关键技术点有立体定位系统、空间配准技术、多模影像融合。其中空间配准技术和多模影像融合都是通过软件算法实现，而在立体定位系统方面，目前用于手术导航的主要是 光学定位 ，也有部分器械在研究 磁导航技术 ，而机械臂往往采用机械定位
机械臂装置	目前应用在医疗机器人上的机械臂主要分为 丝传动和齿轮机传动两种 ，MAKO 的 Rio、直觉外科的 da Vinci 机器人都采用的是丝传动机械臂，优点是体积小，能实现一定程度力学反驱，机械臂操作的僵硬感比较少，缺点就是钢缆驱动的易疲劳性，会影响精确度，需要定期更换。另一种是齿轮电机传动系统，优点是能长期保持精度，缺点是体积较大且操作手感僵硬	传动技术

定位导航系统中的关键立体定位的方法

定位方法	原理	优点	缺点
光学定位	直接光学传感器识别	可追踪多个目标，手术器械更换方便	光点和光纤容易被遮挡，光线散射误差
电磁定位	器械上的磁传感器将磁场变化转化为电流，反馈到主机	体积小，穿透性强，不被遮挡	工作范围小，磁性物质干扰
机械定位	机械臂的各个关节都安装传感器实现立体空间定位	技术成熟，精度高 (0.1~2.5 mm)	体积大，灵活性差
超声定位	直接声波反射定位	价格便宜，校准方便	影响因素多，稳定性差，精度差

www.swsc.com.cn

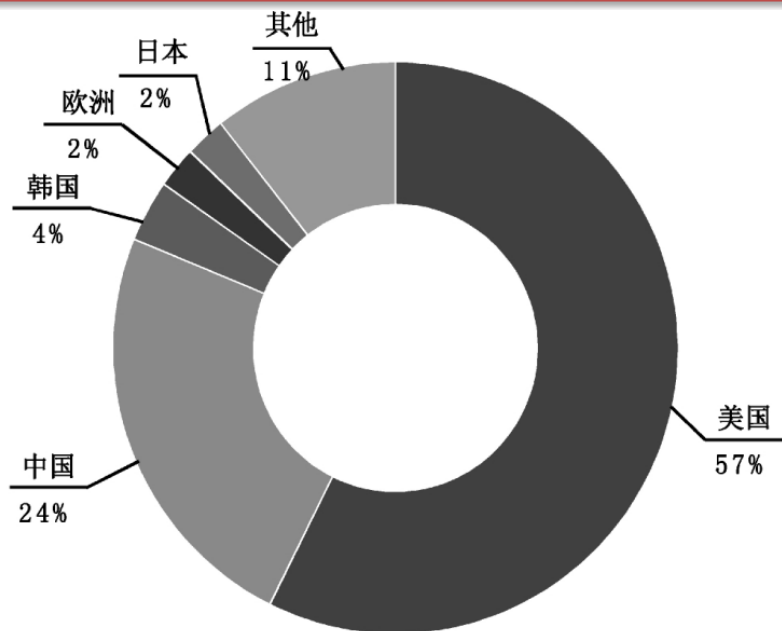
数据来源：刘毅，孙磊青，樊瑜波. 骨科机器人的行业概况与发展[J]. 中国医疗设备, 36(1):5, 西南证券整理

3.1 骨科手术机器人概览

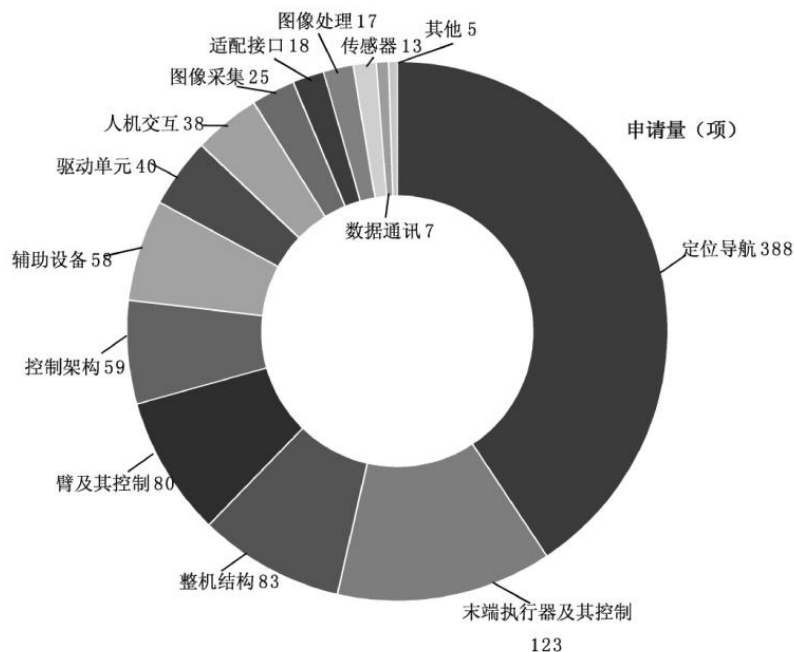
骨科手术机器人的专利分析

- **全球骨科手术机器人专利增长迅猛，国内近年来增长较快。**截至 2016 年 12 月，基于专利数据库检索到涉及骨科手术机器人的申请共计 934 项,其中国外申请 607项,国内申请 327 项。全球专利从2000年开始持续上涨，国内申请起步较晚，主要2013年期突飞猛进，截止2016年占全球比重24%，仅次于美国。
- **定位导航技术为核心专利：**从专利构成看，涉及定位导航技术专利388项，占比41%，是骨科手术机器人技术发展的热点领域，其次是末端执行器及其控制、整机结构、臂及其控制。

骨科手术机器人领域首次专利申请国家/地区分布



骨科手术机器人技术分支的专利分布



3.2 脊柱手术机器人

脊柱手术机器人分类：目前以导航定位类为主

- **按功能分为**导航定位和灵巧操作两类。1) 前者较为成熟，多以经皮椎弓根钉植入等手术为适应证，用于追踪和定位手术过程中的末端手术器械，一般具体分为路径规划（术前、术中成像）和路径定位（坐标系配准、跟踪标记和扰动反馈模型）两个阶段，目前主流产品MAZOR、ROSA、Excelsius GPS、Cirq、天玑都是这种。2) 后者在路径规划基础上能够实现自主操作或主从控制操作，该类型产品多处临床阶段，比如da Vinci曾尝试用于ALIF（前路腰椎椎间融合术），但效果一般。
- **按人机交互模式**分为监督模式、遥控模式和共享操作模式。目前主流产品是第三种。

脊柱手术机器人竞争格局

企业	国家	发展情况	产品名称	获批时间			功能比较								
				FDA	CE	NMPA	操作模式	机械臂自由度	机械臂固定处	需术前CT	需术中透视	术中导航定位	影像	精度	力反馈
MAZOR Robotics	以色列	2018年12月被美敦力以16.4亿美元收购	Renaissance	(2011)	√	√ (2019)	共享操作模式	6	骨骼	是	是	无	术前3D+术中2D配准	1.5mm	无
			Mazor X	(2016)	√ (2017)		共享操作模式	6	骨骼	是	是	有	术前3D+术中3D配准/术中2D配准	1.5mm	无
			Mazor X Stealth	(2018)		√ (2021)	共享操作模式	6	地面推车	是	是	有, 光电导航实时定位	术前3D+术中3D配准/术中2D配准	1.5mm	无
MEDTECH	法国	2016年7月被捷迈邦美收购	ROSA ONE	(2016)	√ (2016)	√ (2019)	共享操作模式	6	地面推车	否	是	有, 实时导航	术中3D配准/术中2D配准	1.5mm	有
Globus Medical	美国	已上市 GMED	Excelsius GPS	(2017)	√ (2017)		共享操作模式, 直接置钉	6	地面推车	是	是	有	术前3D+术中3D配准/术中2D配准	-	无
Brainlab	德国	被施乐辉收购	Cirq	(2019)	√ (2019)		共享操作模式	7	床	是	是	有	术前3D+术中3D配准/术中2D配准	-	无
天智航	中国	已科创板上市	天玑			√ (2016)	共享操作模式	6	地面推出	是	是	有, 红外光学跟踪系统	术前3D+术中3D配准/术中2D配准	1mm	无
鑫君特(上海锋算)	中国	2015年创立于深圳	ORTHBOT			√ (2021)	共享操作模式, 可自动置针	-	地面推车	是	是	有, 可见光定位	术前3D+术中3D配准/术中2D配准	-	无

3.2 脊柱手术机器人

机器人辅助脊柱手术：当前局限性较多，未来仍有潜力

- **脊柱手术量大，精准的椎弓根置钉是脊柱手术成败的关键因素。**全世界每年进行483万例脊柱手术，其中美国为134万例，中国2017年为57万例。理论上脊柱手术机器人比徒手置钉与穿刺，在准确度、并发症和辐射时间等方面具有优势。
- **但实际上存在很多局限：**1) 使用场景有限：目前一般获批用于辅助椎弓根螺钉置入，其他用途有待开发；2) 手术室要求大；3) 手术费用高；4) 术前规划建模受医生主观因素影响较大；5) 临床结果存在争议，如手术时间不能缩短、透视时间不能减少等；6) 置针时打滑便宜等。
- **现状：体量不大，竞争激烈。**因此目前骨科脊柱手术机器人的使用并不多，MAZOR、ROSA、Globus Medical、天玑等产品上市至今植入量累计在1-4万例不等，手术量少加上贡献耗材量不大，而设备年销量合计在100多台（单价50-100万美元），脊柱手术机器人行业规模较小。根据Transparency Market Research report，2017~2026年脊柱手术机器人有望从0.75亿美元增长3.2亿美元，年复合17.5%，**预计2020年行业在1.2亿美元左右，其中MAZOR和ROSA占80%左右。**目前竞争企业较多，竞争格局较为激烈，国内市场龙头目前为天智航，其脊柱手术机器人产品“天玑”于2016年上市，截止2020年底已在国内100多家医院累计完成超10000例手术；此外国产鑫君特的ORTHBOT机器人也于2021年获批上市，具备自动置针功能，国产脊柱机器人也与全球前沿达到同一梯队的水平。
- **趋势：**1) **新技术的使用：**如人工智能、VR、AR、5G远程等，通过自动化、智能化来使脊柱机器人具备更多的功能和使用场景，具体表现在机器自动术前规划、监督模式减少人的操作、遥控模式实现远程手术；2) **耗材的匹配：**目前越来越多骨科耗材企业发展手术机器人业务，未来将骨科耗材与机器人整合也是一个方向。3) **新适应症和新产品的拓展，**如脊柱肿瘤切除、射频消融术、截骨术，以及更轻、更便携、更实惠的机器人。总体而言，脊柱机器人未来仍有巨大潜力。

3.2 脊柱手术机器人

机器人辅助脊柱手术的临床比较

□ **准确度**：9个样本中5个样本提升，3个无差别，1个下降。

□ **医生辐射时间**：6个样本中2个增加、2个无差别，2个减少。

□ **手术时间**：7个样本中2个增加手术时间，5个无差别。

□ **总体而言**，机器人辅助脊柱手术是可行的，但临床获益还需要更多的临床验证和系统改进升级。

www.swsc.com.cn

数据来源：D 'Souza M et al. 2019; 西南证券整理

脊柱手术中机器人辅助和徒手置钉的精确度比较

Authors	Year	n (pts)	Study Type	Accuracy Classification	Accuracy		Outcome (RO vs FH)	P value	Robot Used
					Robot (RO)	Freehand (FH)			
Kantelhardt et al ¹³	2011	112	Retrospective, matched cohort	<3 mm	98.8%	96.5%	Improved accuracy	NA	SpineAssist ^a
Kim et al ⁷⁸	2017	78	Prospective, RCT	< 2 mm	99.4%	99.5%	No difference	0.534	Renaissance ^b
Le et al ¹⁴	2018	58	Retrospective, matched-cohort	< 2 mm	95.3%	86.9%	Improved accuracy	0.038	TiRobot ^c
Lonjon et al ⁶¹	2016	20	Prospective, matched cohort	< 2 mm	97.3%	92%	Improved accuracy	0.639	ROSA ^d
Ringel et al ⁵⁵	2012	60	Prospective, RCT	< 2 mm	85%	93%	Reduced accuracy	0.019	SpineAssist ^a
Roser et al ¹⁶	2013	112	Prospective, RCT	< 2 mm	99%	97.5%	Improved accuracy	NA	SpineAssist ^a
Schatlo et al ⁸¹	2014	95	Retrospective, matched-cohort	< 2 mm	91.4%	87.1%	No difference	0.19	SpineAssist ^a
Solomiichuk et al ⁸³	2017	70	Retrospective, matched-cohort	< 2 mm	84.4%	83.6%	No difference	0.89	SpineAssist ^a
Wang et al ¹⁵	2017	30	Prospective, RCT	Other [*]	100%	95%	Improved accuracy	0.009	TiRobot ^c

^aSpineAssist[®] (Mazor Robotics Ltd., Caesarea, Israel); ^bRenaissance[®] (Mazor Robotics Ltd., Caesarea, Israel); ^cTiRobot[®] (Beijing Tianzhong Medical Technology Co., Ltd., Beijing, China); ^dROSA[®] BRAIN robot (Zimmer Biomet Robotics, Montpellier, France)
Abbreviations: pts, patients; NA, not available; RCT, randomized control trial.

脊柱手术中机器人辅助和徒手置钉的医生辐射时间比较

Study	Year	n (pts)	Study Type	Radiation (mins)		Outcome (RO vs FH)	P value	Robot Used
				Robot (RO)	Freehand (FH)			
Kantelhardt et al ¹³	2011	112	Retrospective, matched cohort	0.56 min/screw	1.28 min/screw	Decreased radiation	0.0001	SpineAssist ^a
Le et al ¹⁴	2018	58	Retrospective, matched-cohort	2.38	1.29	Increased radiation	0.003	TiRobot ^b
Lonjon et al ⁶¹	2015	20	Prospective, matched-cohort	1.23	0.40	Increased radiation	0.008	ROSA ^c
Ringel et al ⁵⁵	2012	60	Prospective, RCT	1.9	1.9	No difference	0.433	SpineAssist ^a
Solomiichuk et al ⁸³	2017	70	Retrospective, matched-cohort	2.3	2.1	No difference	0.61	SpineAssist ^a
Wang et al ¹⁵	2017	30	Prospective, RCT	0.1	0.6	Decreased radiation	<0.001	TiRobot ^b

^aSpineAssist[®] (Mazor Robotics Ltd., Caesarea, Israel); ^bTiRobot[®] (Beijing Tianzhong Medical Technology Co., Ltd., Beijing, China); ^cROSA[®] BRAIN robot (Zimmer Biomet Robotics, Montpellier, France)
Abbreviations: pts, patients; RCT, randomized control trial.

脊柱手术中机器人辅助和徒手置钉的手术时间比较

Study	Year	n (pts)	Study Type	Operative Time (mins)		Outcome (RO vs FH)	P value	Robot Used
				Robot (RO)	Freehand (FH)			
Kantelhardt et al ¹³	2011	112	Retrospective, matched cohort	59.1 min/screw	52.9 min/screw	No difference	N/A	SpineAssist ^a
Le et al ¹⁴	2018	58	Retrospective, matched-cohort	199.1	119.5	Increased operative time	0.000	TiRobot ^b
Lonjon et al ⁶¹	2015	20	Prospective, matched cohort	186	112	Increased operative time	0.0001	ROSA ^c
Ringel et al ⁵⁵	2012	60	Prospective, RCT	151	132	No difference	0.087	SpineAssist ^a
Schatlo et al ⁸¹	2014	95	Retrospective, matched-cohort	205	189	No difference	0.06	SpineAssist ^a
Solomiichuk et al ⁸³	2017	70	Retrospective, matched-cohort	226.1	264.2	No difference	0.13	SpineAssist ^a
Wang et al ¹⁵	2017	30	Prospective, RCT	150.0	104.0	No difference	0.158	TiRobot ^b

^aSpineAssist[®] (Mazor Robotics Ltd., Caesarea, Israel); ^bTiRobot[®] (Beijing Tianzhong Medical Technology Co., Ltd., Beijing, China); ^cROSA[®] BRAIN robot (Zimmer Biomet Robotics, Montpellier, France)
Abbreviations: pts, patients; NA, not available; RCT, randomized control trial.

3.3 关节手术机器人

关节置换手术机器人：应用广泛

- 机器人辅助关节置换是骨科机器人辅助手术中应用最广泛、难度最大的一类。
- **适应症**：在关节置换领域，机器人辅助系统的应用范围包括初次人工全髋关节置换术（total hip arthroplasty, THA），初次全膝关节置换术（total knee arthroplasty, TKA）及初次单髁膝关节置换术（unicondylar knee arthroplasty, UKA）。
- **竞争格局**：目前最主流产品为史赛克旗下MAKO公司的半自动手术机器人，国内在研企业突破可期。

关节手术机器人竞争格局

企业	国家	发展情况	产品名称	获批时间			适应症	操作模式
				FDA	CE	NMPA		
MAKO Surgical	美国	2013年12月被史赛克以12亿美元收购	RIO	√ (2009)	√ (2010)	√ (2014)	THA+TKA+UKA	半自动机器人
MEDTECH	法国	2016年7月被捷迈邦美收购	ROSA Knee	√ (2019)	√ (2019)	-	TKA+UKA	半自动机器人
Bluebelt	美国	2016年被施乐辉收购	NAVIO	√ (2016)	√ (2012)	-	THA+TKA+UKA	无图像半主动机器人
Orthotaxy	法国	2019年被强生 (DePuy)收购	VELYS™	√ (2021)	-	-	TKA	半自动机器人
Think Surgical (Curexo)	美国 (韩国)	前身为开发ROBODOC的ISS公司, 被韩国Curexo收购	Tsolution	√ (2019)	√ (2017)	-	THA+TKA	全自动机器人
Acrobot公司	英国	伦敦帝国理工学院技术支持	Acrobot	-	-	-	-	半自动机器人
OMNI (Corin)	美国 (英国)	被英国Corin收购	OMNIBotics	-	-	-	TKA	无图像被动机器人
微创机器人	中国	提交招股书	鸿浩	-	-	完成临床入组	TKA	半自动机器人
键嘉	中国	-	ARTHROBOT	-	-	完成临床入组	THA	半自动机器人
元化智能科技	中国	-	骨圣元化	-	-	完成临床入组	TKA	半自动机器人
和华瑞博	中国	-	HURWA	-	-	临床试验阶段	TKA	半自动机器人
天智航	中国	-	TiRobot Recon	-	-	临床试验阶段	TKA	半自动机器人

www.swsc.com.cn

数据来源：各公司官网, 西南证券整理

3.3 关节手术机器人

rTKA临床证据：MAKO机器人在TKA手术的结果好于传统人工关节置换手术

- rTKA：相比mTKA具有减轻疼痛、改善早期功能恢复、缩短住院时间。术后0、1、2、3天四个时间疼痛评分降低，相应的阿片类镇痛药需求也减少。功能恢复看，到直腿抬高的中位时间改善（20h VS 31h），平均漆关节屈曲度提高（104° VS 93°）；中位出院时间缩短（77h VS 105h）。

机器人辅助TKA手术和传统人工TKA手术的结果比较

Table II. Study outcomes for patients undergoing conventional jig-based total knee arthroplasty (TKA) and robotic-arm assisted TKA

Outcome	Conventional (n = 40)	Robotic (n = 40)	p-value
Mean operating time (mins)	61.2 (54.6 to 83.1)	70.4 (59.2 to 91.7)	0.34*
Mean fall in Hb (g/L)	26.1 (5.1 to 49.6)	18.7 (8.0 to 37.2)	< 0.001*
Mean postoperative Hb (g/L)	106.7 (77.3 to 138.4)	114.7 (86.4 to 139.1)	0.01*
Mean pain score (NRS) – Day 0	5.4 (3.0 to 7.0)	3.1 (2.0 to 5.0)	< 0.001*
Mean pain score (NRS) – Day 1	6.3 (4.0 to 8.0)	3.6 (2.0 to 6.0)	< 0.001*
Mean pain score (NRS) – Day 2	6.1 (3.0 to 8.0)	3.3 (1.0 to 5.0)	< 0.001*
Mean pain score (NRS) – Day 3	4.5 (2.0 to 7.0)	2.6 (1.0 to 5.0)	< 0.001*
Median analgesia (mg) – Day 0	36.0 (IQR 29.0 to 51.3)	20.0 (IQR 16.0 to 28.5)	< 0.001†
Median analgesia (mg) – Day 1	10.0 (IQR 10.0 to 20.0)	10.0 (IQR 0.0 to 10.0)	< 0.001†
Median analgesia (mg) – Day 2	10.0 (IQR 10.0 to 20.0)	10.0 (IQR 0.0 to 10.0)	< 0.001†
Median analgesia (mg) – Day 3	10.0 (IQR 0.0 to 10.0)	0.0 (IQR 0.0 to 5.0)	< 0.001†
Median time to SLR (hrs)	31.0 (IQR 24.0 to 44.0)	20.0 (IQR 18.0 to 21.0)	< 0.001†
Median knee extension (°)	0.0 (IQR 0.0 to 0.0)	0.0 (IQR 0.0 to 0.0)	0.08†
Mean knee flexion (°)	93.3 (90.0 to 110.0)	104.1 (90.0 to 120.0)	< 0.001*
Median physiotherapy sessions (n)	11.0 (IQR 9.0 to 11.0)	5.0 (IQR 5.0 to 6.0)	< 0.001†
CPM sessions, n (%)	5 (12.5)	2 (5.0)	0.43‡
Median time to discharge (hrs)	105.0 (IQR 98.0 to 126.0)	77.0 (IQR 74.0 to 81.0)	< 0.001†

*Unpaired t-test

†Mann-Whitney U test

‡Fisher's exact test

NRS, numerical rating scale; Hb, haemoglobin concentration; IQR, interquartile range; SLR, straight leg raise;

CPM, continuous passive motion machine

WWW.SWSC.

3.3 关节手术机器人

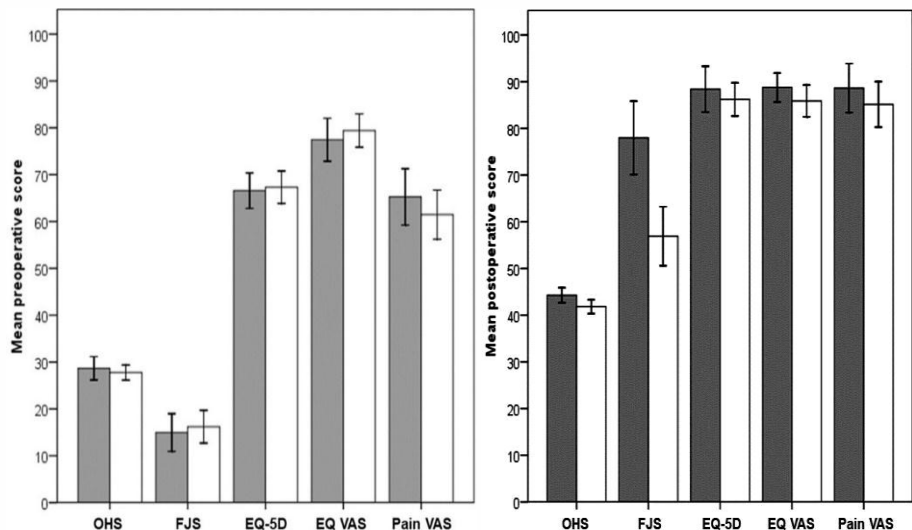
THA临床证据：MAKO机器人在THA手术的结果好于传统人工关节置换手术

- **功能性结果**：术后OHS、FJS、EQ-5D、EQ VAS、Pain VAS五个指标均有改善，其中FJS改善较多，且rTHA组和mTHA组存在21.1分的优势，具有显著性差异。且rTHA组各指标SD值较小，说明手术更可靠。
- **精准度**：组件位置和对齐精度的评估表明tTHA准确度更高。平均腿长增加2.3mm（SD 3mm），小于mTHA组5.9mm（SD 6mm）。组件倾斜度、前倾角、整体组件位置好于mTHA（安全区比率更高）。

术前术后功能性结果评价比较

术前

术后



- 1) 灰色为rTHA，白色为mTHA;
- 2) 评价的5个指标：OHS，牛津髋关节评分；FJS，遗忘关节评分；EQ-5D，EuroQol 五维问卷；EQ VAS，EuroQol 视觉模拟量表；Pain VAS，视觉模拟量表。这些指标值越大表示效果越好。

rTHA和mTHA组件精准度放射学评估

Radiological assessment	rTHA	mTHA	OR/Diff (95% CI)	p-value
Mean horizontal centre of rotation, mm (SD)	0.2 (1.3)	-2.2 (4.5)	Diff: 2.4 (1.3 to 3.3)	< 0.001*
Mean vertical centre of rotation, mm (SD)	0.3 (0.9)	-0.1 (2.0)	Diff: 0.4 (-0.1 to 0.9)	0.132*
Mean combined offset, mm (SD)	0.5 (2.9)	1.0 (3.8)	Diff: 0.5 (-0.7 to 1.7)	0.419*
Mean acetabular offset, mm (SD)	0.2 (1.1)	-2.1 (4.4)	Diff: 2.3 (1.3 to 3.3)	< 0.001*
Mean femoral offset, mm (SD)	0.3 (1.6)	3.1 (4.0)	Diff: 2.8 (1.6 to 4.0)	< 0.001*
Mean leg length, mm (SD)	2.3 (3.0)	5.9 (6.0)	Diff: 3.6 (2.0 to 5.2)	< 0.001*
Component inclination, n (% of group)				
Lewinnek's safe zone	38 (95.0)	65 (81.3)	OR: 4.3 (1.0 to 20.2)	0.052†
Callanan's safe zone	37 (92.5)	62 (77.5)	OR: 3.6 (1.0 to 13.0)	0.072†
Component anteversion, n (% of group)				
Lewinnek's safe zone	39 (97.5)	67 (83.8)	OR: 7.6 (1.0 to 60.1)	0.033†
Callanan's safe zone	39 (97.5)	65 (81.3)	OR: 9.0 (1.1 to 70.8)	0.020†
Overall component position, n (% of group)				
Lewinnek's safe zone	38 (95.0)	55 (68.8)	OR: 8.6 (1.9 to 38.6)	0.002†
Callanan's safe zone	37 (92.5)	53 (66.3)	OR: 6.3 (1.8 to 22.3)	0.003†

* Independent-samples t-test.

† Fisher's exact test.

CI, confidence interval; Diff, difference; mTHA, manual total hip arthroplasty; OR, odds ratio; rTHA, robotic assisted total hip arthroplasty.

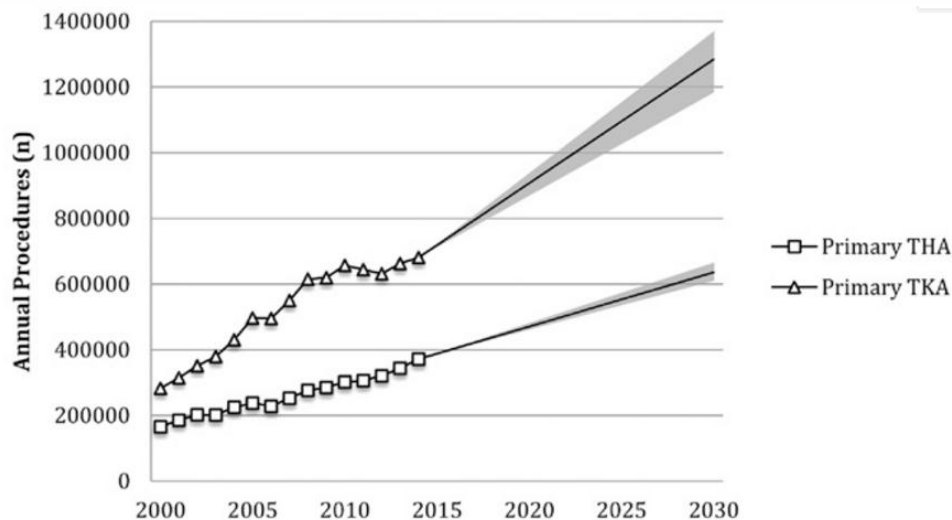
www.swsc.com.cn

3.3 关节手术机器人

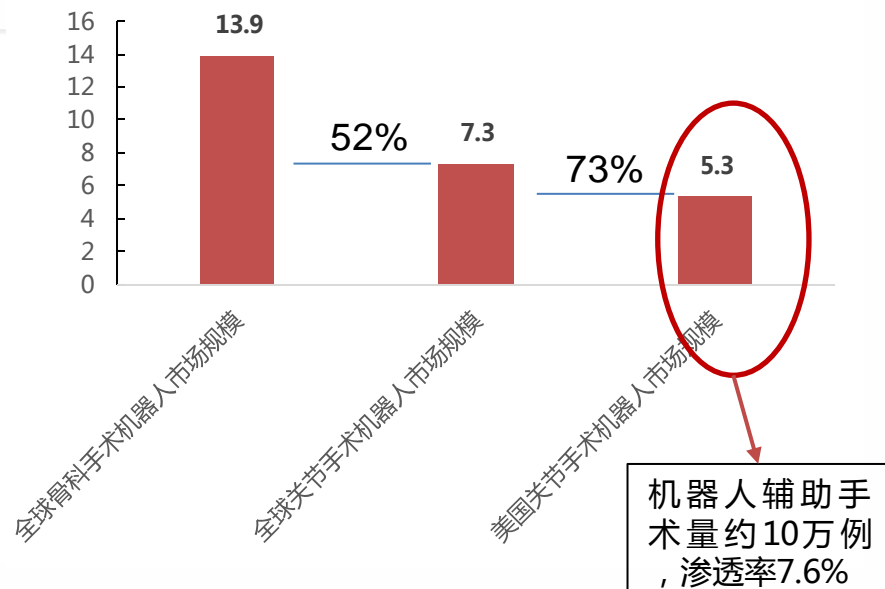
机器人辅助关节手术全球市场空间：全球约7.3亿美元，美国为主要市场

- **美国手术潜力：** 老龄化以及关节炎患病率上升驱动关节手术量持续增长，预计从2014年至2030年，美国初次THA手术量从37.1万例增加到约63.5万例，THA 翻修的需求量也会快速增长；TKA 手术量将从68.1万例增加到约126万例。预计2020年THA、TKA手术量分别为45和85万例。
- 根据Sullivan数据，**关节手术机器人是骨科手术机器人的重要组成部分**，为7.3亿美元，占比72%。
- **美国是关节手术机器人的主要市场**，2020年行业为5.3亿美元，占全球份额73%，其中机器人辅助关节置换手术数量约10万例，渗透率为7.6%。

2014~2030年美国THA和TKA手术线性预测



2020年美国为关节手术机器人主要市场（亿美元）



www.swsc.com.cn

数据来源: Matthew S, Ajay P, Sheth N P. Projected Volume of Primary Total Joint Arthroplasty in the U.S. 2014 to 2030[J]. JBJS, 2018, 100(17): 1455-1460.; Frost&Sullivan; 西南证券整理

3.3 关节手术机器人

美国机器人辅助关节手术市场空间：

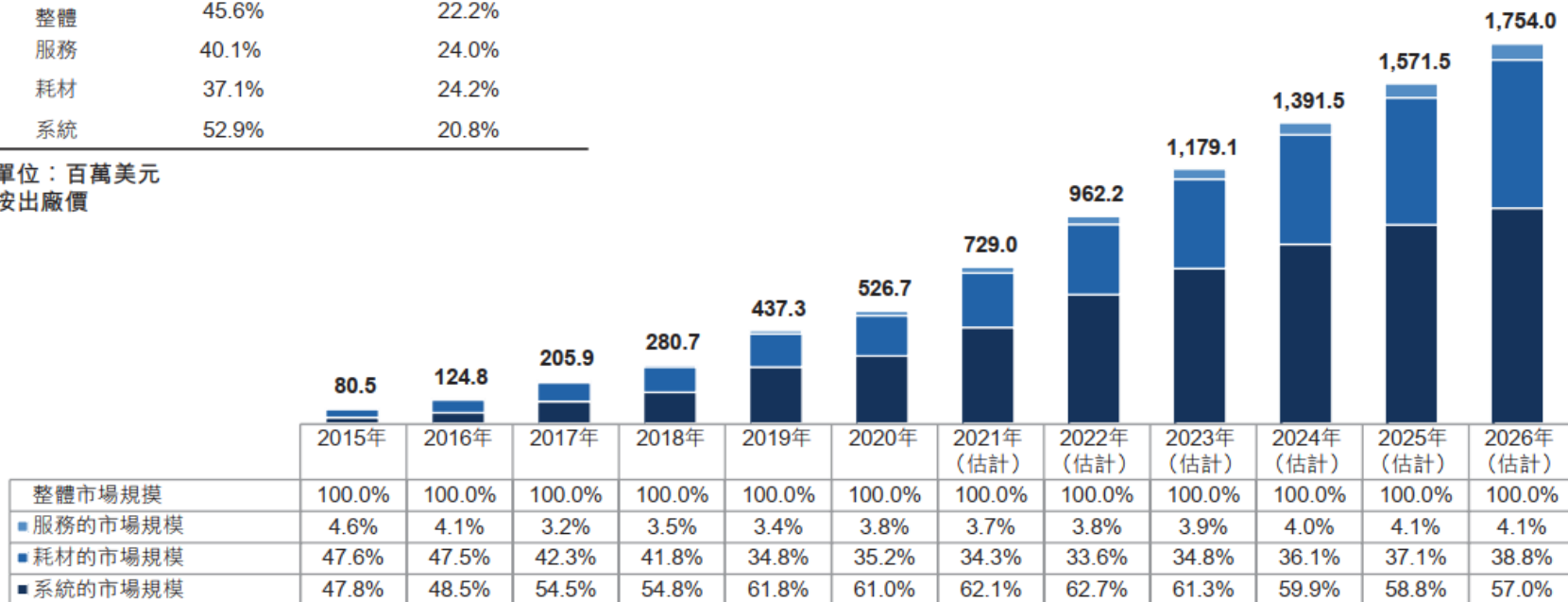
- **手术渗透率提升带动市场规模快速增长**：美国2015~2020年关节置换手术机器人市场规模从0.8亿美元增长到5.3亿美元，复合增速45.6%，预计2020至2026年rTJA手术从10万例增长至40万例，渗透率从7.6%提升至19.4%，市场规模增长至17.5亿美元，复合增速22.2%。
- **2020年行业收入约60%为系统，35%为耗材，3.8%为服务。**——计算单次手术耗材费用约1840美元

美国关节置换手术机器人市场规模及预测

複合年增長率 2015年至2020年 2020年至2026年(估計)

整體	45.6%	22.2%
服務	40.1%	24.0%
耗材	37.1%	24.2%
系統	52.9%	20.8%

單位：百萬美元
按出廠價

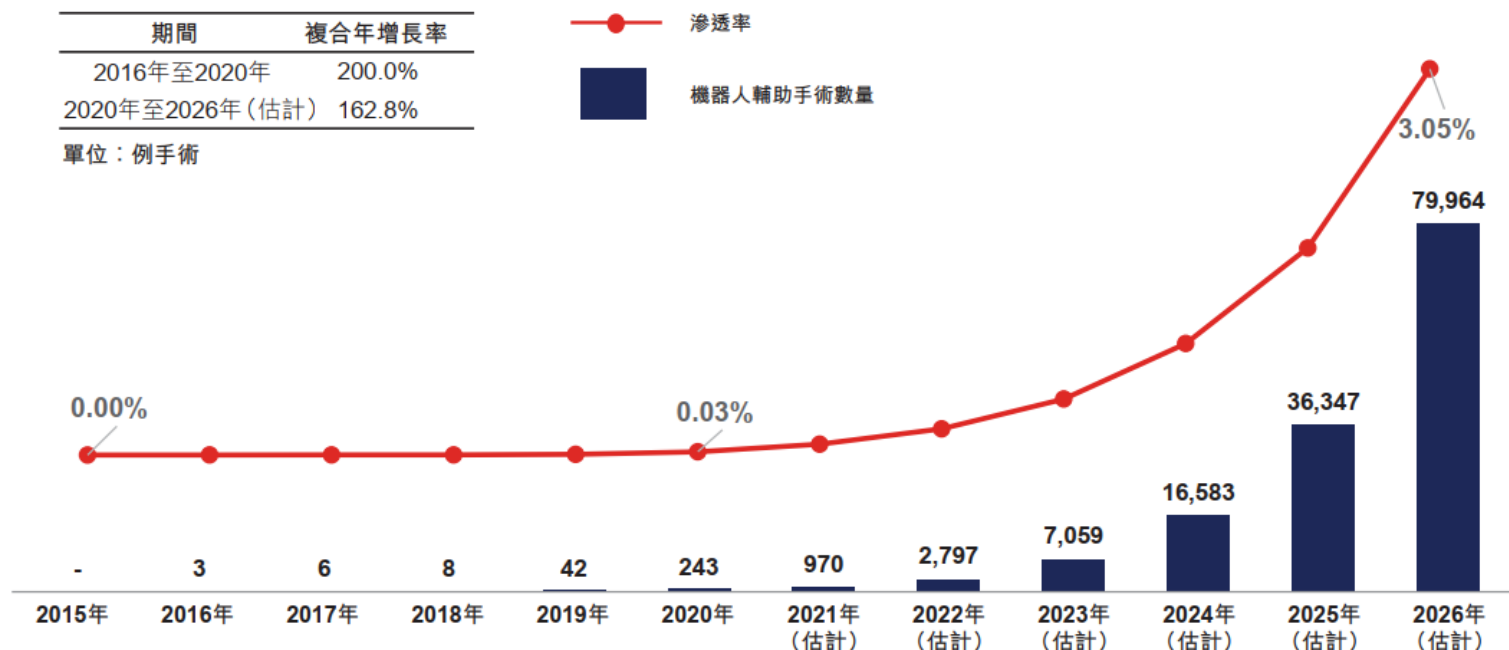


3.3 关节手术机器人

机器人辅助关节手术国内市场空间：

- 中国关节置换手术潜力：** 2018年中国THA手术43.9万例，TKA手术24.9万例，UKA手术1.1万例。不管对标美国还是OCED成员国，都有较大的提升空间，预计2030年总数有望到超300万例（在2018年合计约70万例的基础上复合15%增长）。
- 中国机器人辅助关节置换手术刚起步。** 预计2020年中国机器人辅助关节置手术为243例，渗透率为0.03%，预计2026年手术量约8万例，渗透率为3%。

中国机器人辅助关节置换手术量及预测

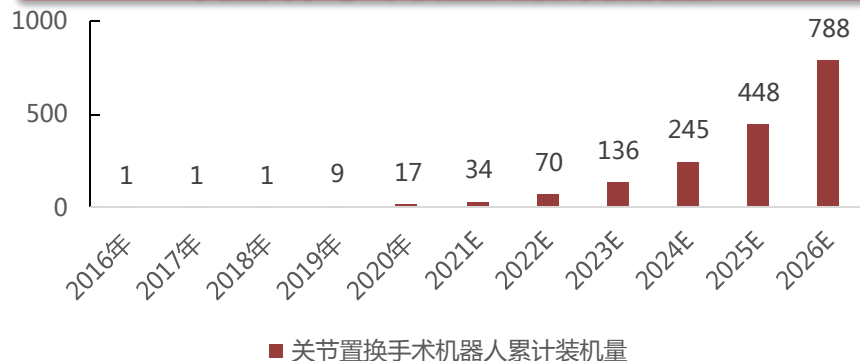


3.3 关节手术机器人

机器人辅助关节手术国内市场空间：

- 2020年中国关节置换手术机器人装机量为17台，预计2026年将增长至788台。
- 2020年中国关节置换手术机器人市场规模为1480万美元（约9600万元人民币），预计2026年增长至3.3亿美元（约21.5亿元）。
- 短期系统占比较高，后续耗材占比逐渐提升。

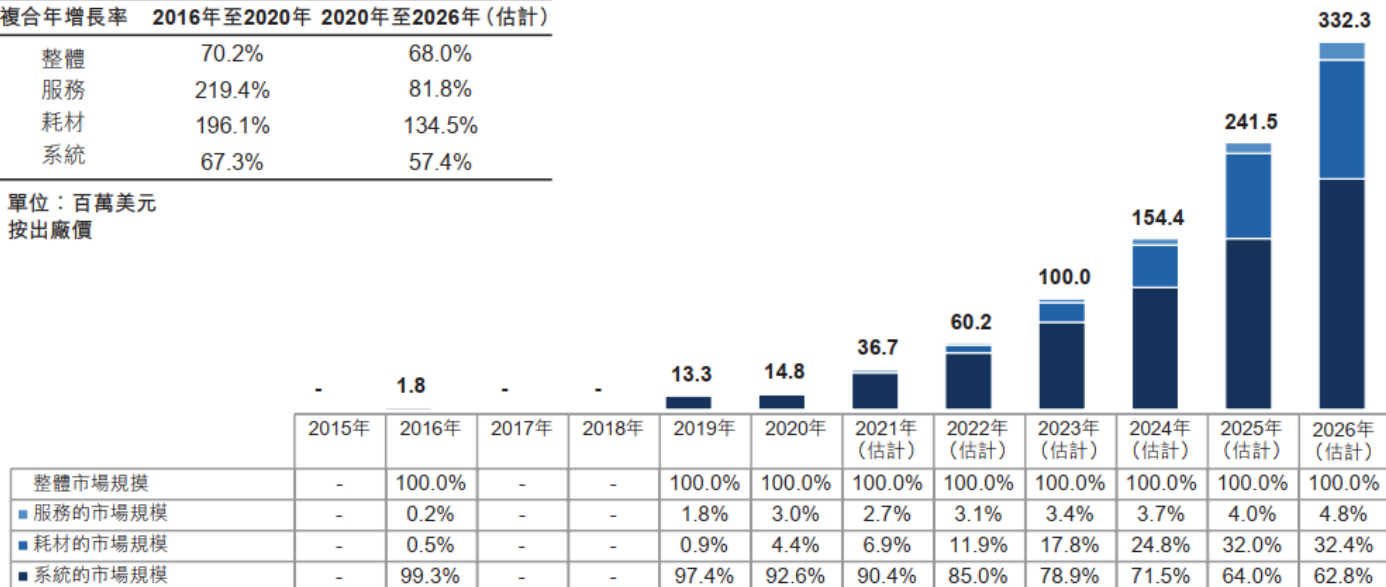
中国关节手术机器人累计装机量



中国关节置换手术机器人市场规模及预测

複合年增長率	2016年至2020年	2020年至2026年(估計)
整體	70.2%	68.0%
服務	219.4%	81.8%
耗材	196.1%	134.5%
系統	67.3%	57.4%

單位：百萬美元
按出廠價



目 录

- ◆ 1、手术机器人行业概览
- ◆ 2、腹腔镜手术机器人和直觉外科公司复盘
- ◆ 3、骨科手术机器人
- ◆ 4、其他手术机器人发展概览
- ◆ 5、投资建议和标的

4.1 泛血管手术机器人

泛血管手术机器人：

- 泛血管手术机器人：**是一种主从式的机电设备，在心脏、脑部、外周血管相关疾病的介入手术中，能够辅助医生远程控制导管导丝进行手术。一般是医生通过主断手柄输入动作，机器人从端复现医生手部动作。
- 优势：辐射和精度。**介入医生在操作舱里操作导管、导丝等器材介入，摆脱了铅衣带来的负担，减少了辐射吸收，实验证明机器人辅助的 PCI 手术能使医生**减少 95% 的辐射，同时使患者减少20%的辐射**。介入医生通过机器人辅助能够对导管**实现毫米级的控制**，能够减少导管与血管壁之间的碰撞，**减少了并发症的发生**，对复杂病例的成功率超过98%，减少一些不必要的耗材使用（比如支架使用减少8.3%）。——来自CorPath GRX 数据
- 竞争格局：**目前比较成功的产品包括R-ONE、CorPath GRX 和Genesis RMN，国内微创机器人、奥朋医疗、爱博医疗在研。

泛血管手术机器人竞争格局

企业	国家	产品	获批时间			功能
			FDA	CE	NMPA	
Robocath	法国	R-One		√ (2019)		辅助PCI手术
Corindus (Siemens)	美国 (德国)	CorPath 200	√ (2012)			辅助PCI手术
		CorPath GRX	√ (2016)	√ (2019)		辅助PCI手术
Stereotaxis	美国	Genesis RMN	√ (2020)			辅助电生理手术
微创机器人	中国	R-One (合资)			设计验证	辅助PCI手术
		TAVR手术机器人			设计开发	辅助TAVR手术
奥朋医疗	中国	ALLVAS™			首次人体临床	辅助神经血管取栓、滤器植入及取出、主动脉支架植入
深圳爱博医疗	中国	血管介入手术机器人系统			临床试验	经皮冠状动脉介入手术 (PCI)、外周血管介入手术 (PVI) 和神经介入手术 (NVI)

www.swsc.com.cn

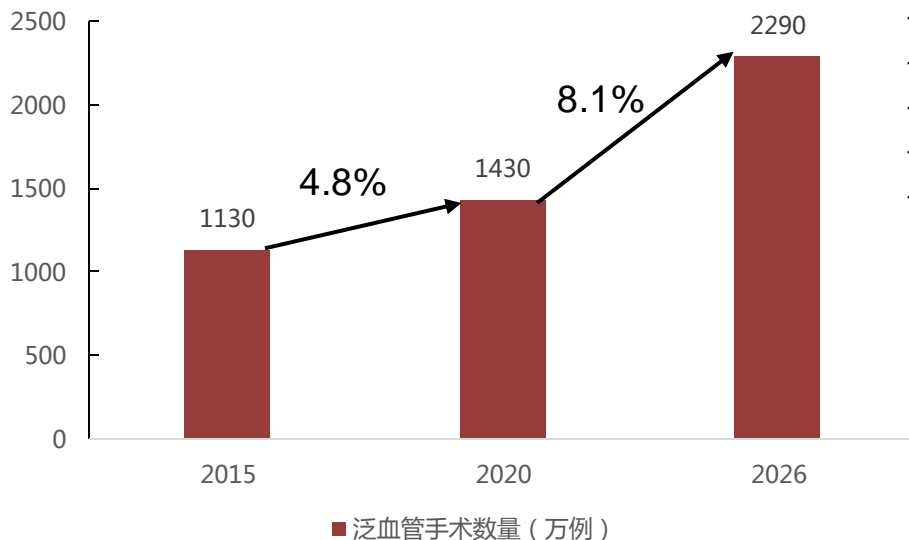
数据来源：各公司官网，西南证券整理

4.1 泛血管手术机器人

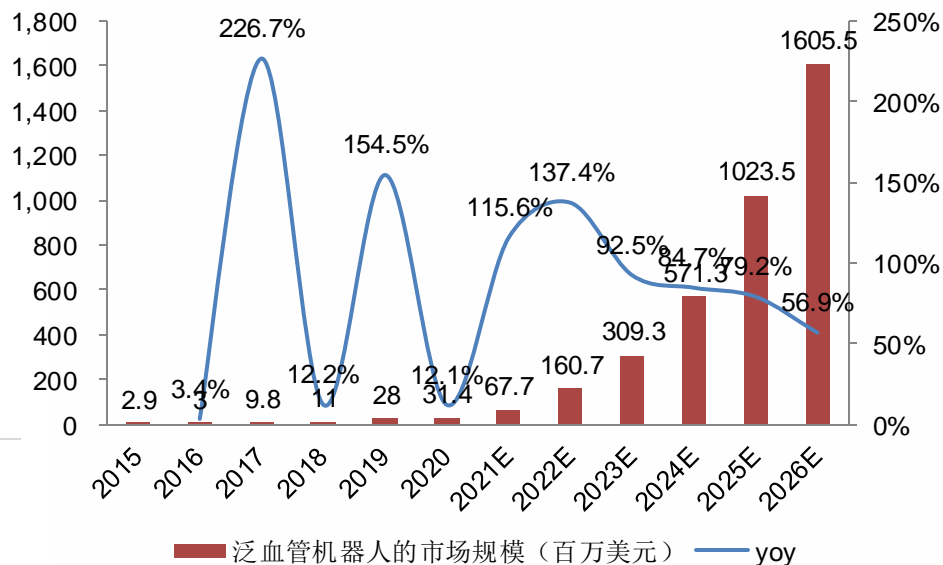
泛血管手术机器人全球市场规模：

- 泛血管手术数量庞大。根据Sullivan数据，2015~2020年，全球泛血管手术从1130万例增长至1430万例（2020年疫情负增长），预计2020~2026年将以8.1%的复合增长到2290万例。
- 庞大手术基数+PCI、电生理手术等部分领域机器人可用性逐步提升，全球泛血管手术机器人市场将蓬勃发展。根据Sullivan数据，预计2020年全球泛血管手术机器人市场规模为0.31亿美元，预计2026年将增长至16亿美元，复合增速92.7%。

全球泛血管手术数量



全球泛血管手术机器人市场空间及预测

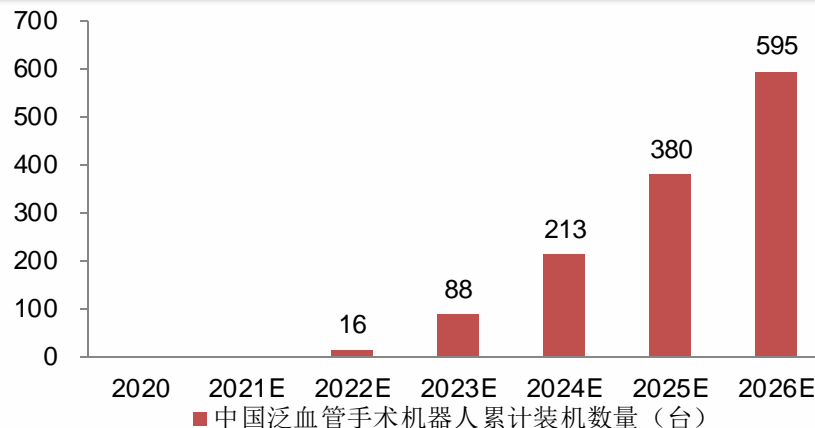


4.1 泛血管手术机器人

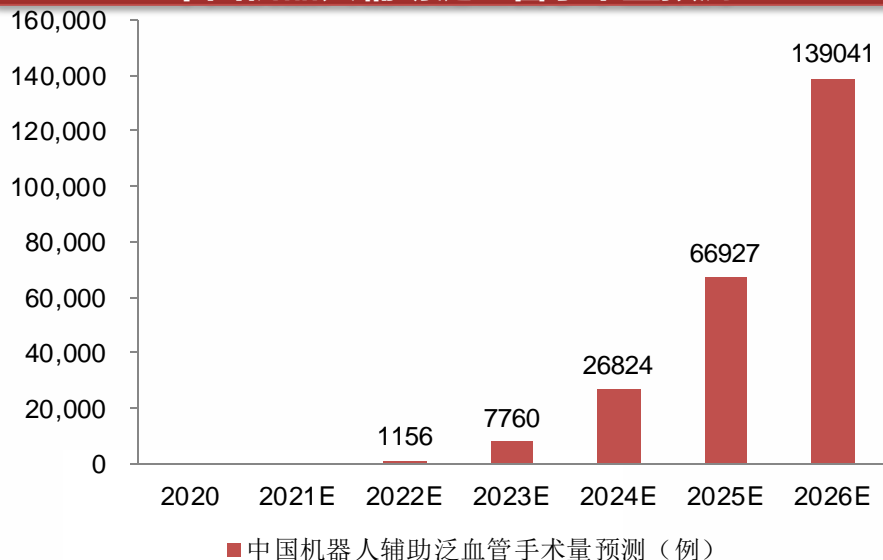
泛血管手术机器人国内市场规模：

- 预计2022年国内泛血管手术机器人开始装机，到2026年累计装机595台。
- 预计2026年中国机器人辅助泛血管手术量约13.9万例，渗透率3%。
- 预计2026年中国泛血管机器人市场规模约11.7亿元。

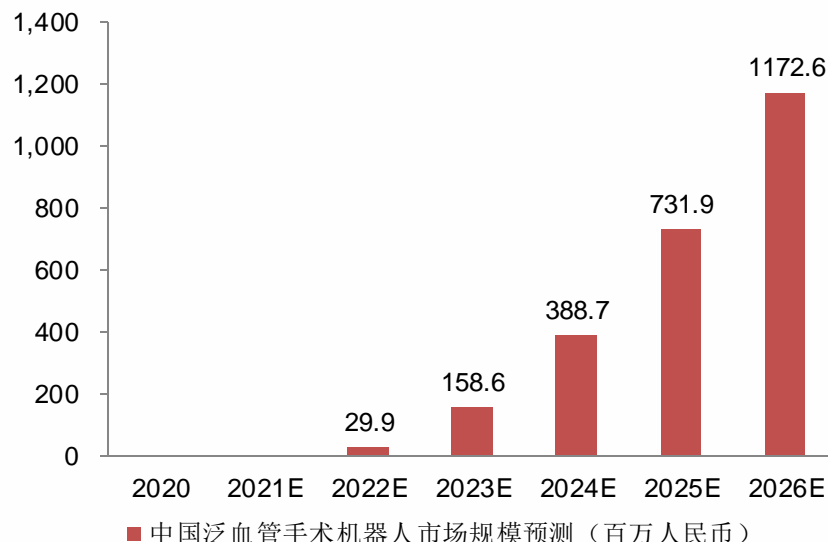
中国泛血管手术机器人累计装机数量预测



中国机器人辅助泛血管手术量预测



中国泛血管手术机器人市场规模预测



4.2 经自然腔道手术机器人

经自然腔道手术机器人

- **经自然腔道手术机器人**：是指通过人体自然路径进入目标部位，并可控制其进行诊断或手术的机器人。
- **应用和优势**。应用于自然腔道内镜手术，如支气管镜检查（肺结核）、结肠镜检查（肠道检查）及胃镜检查（胃检查）。经自然腔道手术机器人能为目标部位提供更清晰的视野，使外科医生能够更灵巧的操作工具。
- **竞争格局**：目前经自然腔道手术机器人主要有直觉外科的Ion、强生的Monarch和MedRobotics。
 - 1) **Ion**：直觉外科除单孔外下一个重点机器人产品，2019年上市，获批用于肺部微创活检，由于肺部许多可疑的微小病变（如肺癌、结核等）难以接近，Ion能够从肺部深处获取组织样本，提供早期诊断的机会。截止2020年底，共安装36台，全部在美国。
 - 2) **Monarch**：强生2019年2月份以34亿美元的价格收购Auris获得该产品，也是用于支气管道检查，创始人Fred Moll博士曾为ISRIG创始人、手术机器人领域领军人物。

经自然腔道手术机器人竞争格局

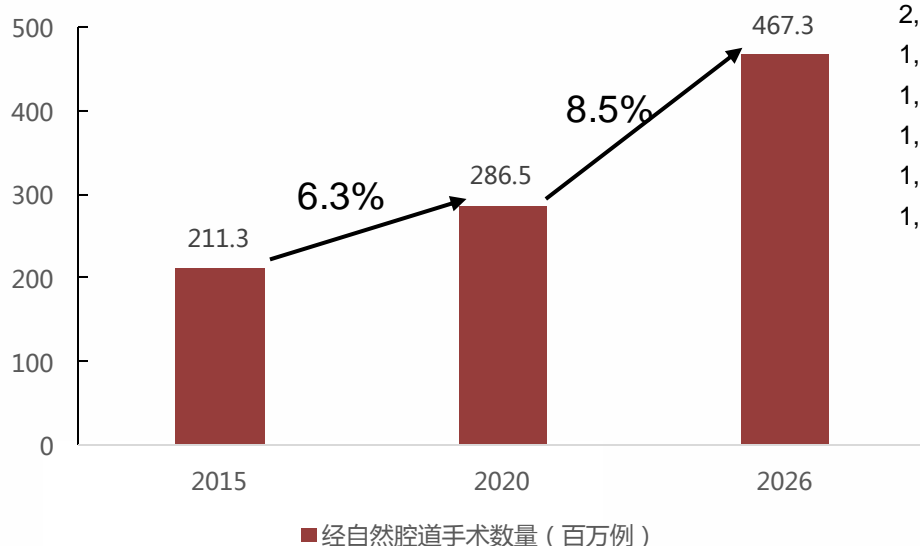
企业	国家	产品	获批时间			功能
			FDA	CE	NMPA	
Intuitive Surgical	美国	Ion	√ (2019)			支气管镜检查（肺部微创活检）
AURIS（强生）	美国	Monarch	√ (2018)			支气管镜检查（肺部微创活检）
MedRobotics	美国	Flex	√ (2015)	√ (2014)		经自然腔道为肛门、直肠和远端结肠的可视化手术提供支持
微创机器人	中国	经支气管手术机器人			设计开发	经支气管诊断及治疗

4.2 经自然腔道手术机器人

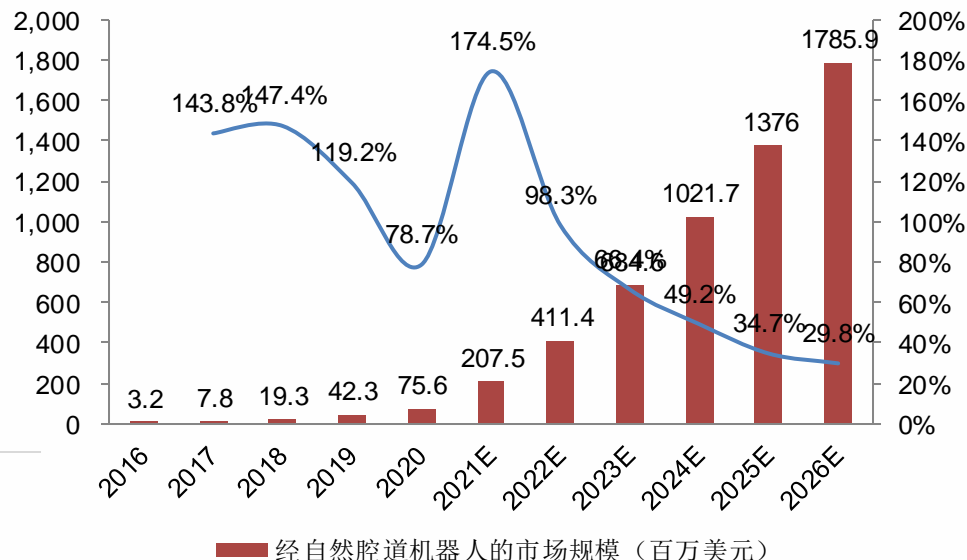
经自然腔道手术机器人全球市场规模：

- **全球泛自然腔道手术需求大。**根据Sullivan数据，2015~2020年，全球经自然腔道手术从2.11亿例增长至2.87亿例，预计2020~2026年将以8.5%的复合增长到4.67亿例。
- **凭借优势+巨头推广，全球经自然腔道手术机器人市场即将兴起。**根据Sullivan数据，预计2020年全球经自然腔道手术机器人市场规模为0.76亿美元，预计2026年将增长至17.9亿美元，复合增速69.4%。

全球经自然腔道手术数量



全球经自然腔道手术机器人市场空间及预测

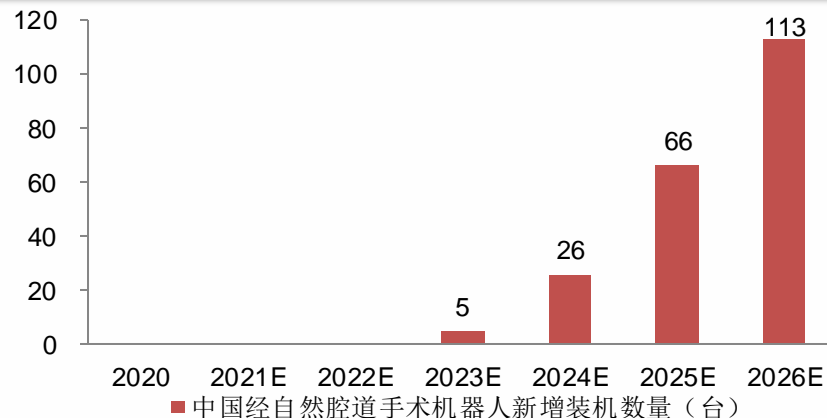


4.2 经自然腔道手术机器人

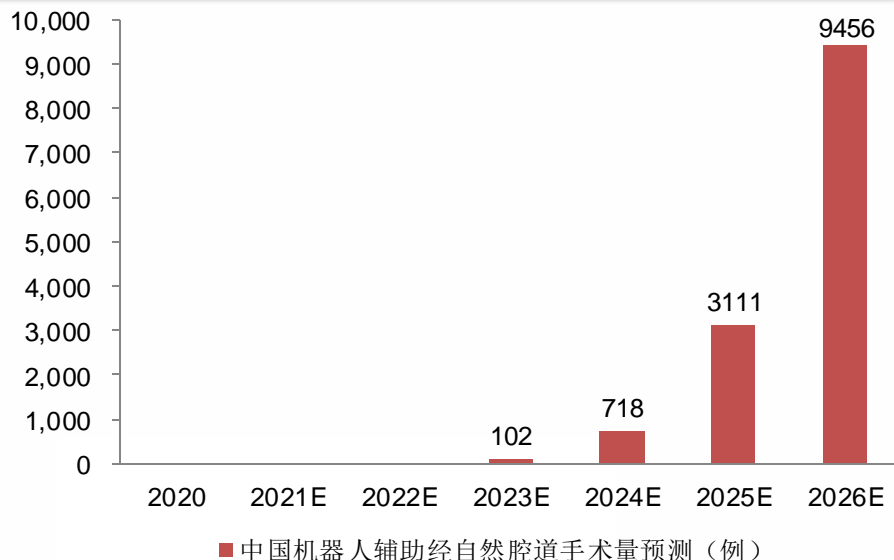
经自然腔道手术机器人国内市场规模：

- 预计2023年国内经自然腔道手术机器人开始装机，到2026年新增装机113台。
- 预计2026年中国机器人辅助经自然腔道手术量约9456例，渗透率约0.01%。
- 预计2026年中国经自然腔道机器人市场规模约8.4亿元。

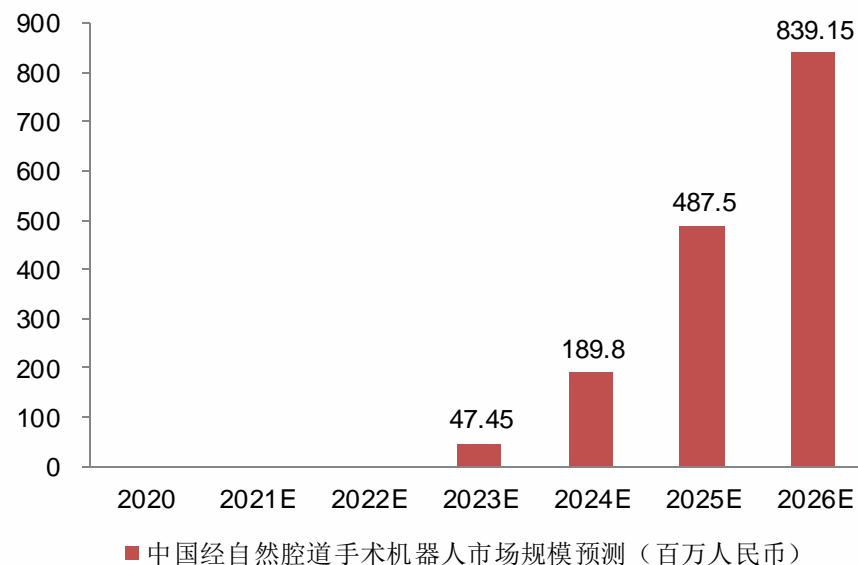
中国经自然腔道手术机器人累计装机数量预测



中国机器人辅助经自然腔道手术量预测



中国经自然腔道手术机器人市场规模预测



www.swsc.com.cn

数据来源: Frost&Sullivan, 西南证券整理

4.3 经皮穿刺手术机器人

经皮穿刺手术机器人

- **经皮穿刺手术机器人**：是通过MRI、超声、CT等成像技术将目标解剖定位，引导反馈针头达到目标解剖结构，辅助完成经皮穿刺手术的机器人。
- **应用**：主要为收集组织样本作为诊断用途的程序，如检测早期肺癌、乳腺癌及前列腺癌。同时经皮穿刺机器人也能够进行治疗程序，如清除肾结石的肾造口碎石术，通过患者背部小切口插入针头，并清除肾结石。
- **优势**。传统活检程序依赖放射科医生人手插入针头，而机器人辅助法通过较人手更稳定的机械臂提供更高的刚度及精确度。
- **竞争格局**：目前经皮穿刺手术机器人主要有Biobot的iSR' obot™ Mona Lisa、NDR的ANT系列、ISYS的XACT和Perfint Healthcare的两款产品（国内已上市）。国内龙头微创机器人通过合作引进两款产品。

经皮穿刺手术机器人竞争格局

企业	国家	产品	获批时间			功能
			FDA	CE	NMPA	
Biobot	新加坡	iSR' obot™ Mona Lisa	√ (2017)	√	和微创机器人合作	前列腺穿刺活检
NDR	新加坡	自动针头瞄准机器人系统ANT	-	√	和微创机器人合作	对肺、肾、胰腺和脊柱等器官进行准确的针刺活检
		ANT X	临床			肾结石切除术
iSYS Medizintechnik GmbH	奥地利	XACT Robotics	√ (2019)	√ (2018)	-	经皮穿刺
Perfint Healthcare	印度	Robio EX	-	-	√ (2014)	定位辅助系统，旨在协助临床医师在CT引导的经皮穿刺手术过程中计划、执行和验证进针轨迹。
		MAXIO	√ (2014)	-	√ (2014)	穿刺活检和肿瘤消融
微创机器人	中国	iSR' obot™ Mona Lisa (合作)			设计验证	前列腺穿刺活检
		自动针头瞄准机器人系统ANT (合作)			设计开发	经皮穿刺肺活检和经皮肾结石切除术

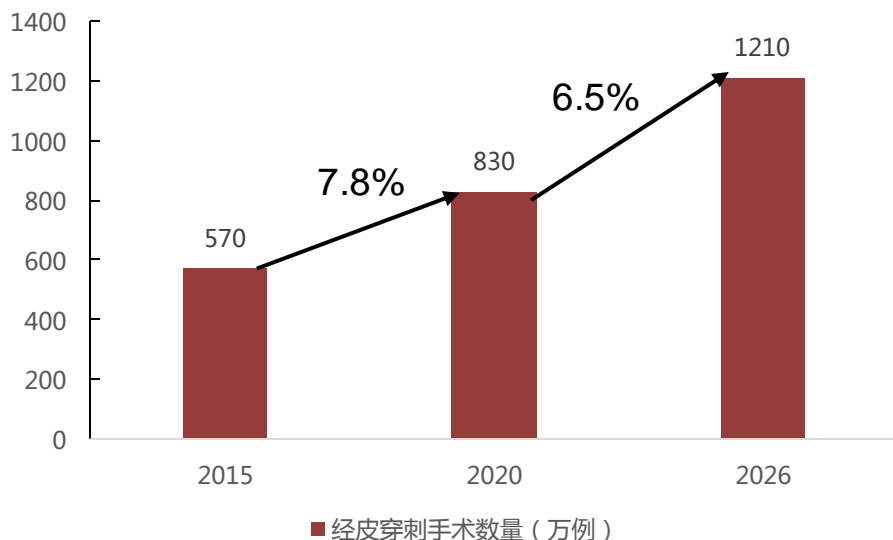
www.swsc.com.cn

4.3 经皮穿刺手术机器人

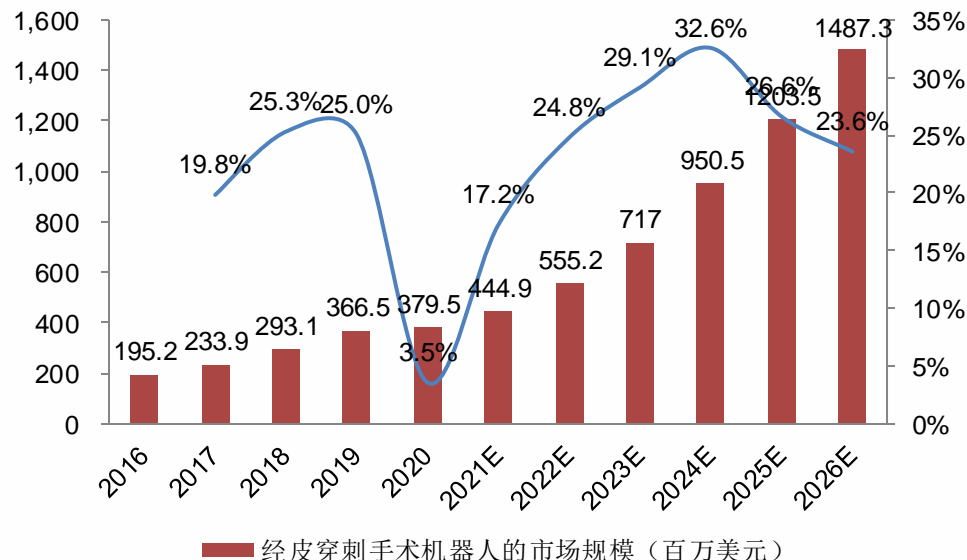
经皮穿刺手术机器人全球市场规模：

- **全球经皮穿刺手术量稳健增长。**根据Sullivan数据，2015~2020年，全球经皮穿刺手术从570万例增长至830万例，预计2020~2026年将以6.5%的复合增长到1210万例。
- **全球经皮穿刺手术机器人市场稳健增长。**根据Sullivan数据，预计2020年全球经自然腔道手术机器人市场规模为3.8亿美元，预计2026年将增长至14.9亿美元，复合增速25.6%。

全球经皮穿刺手术数量



全球经皮穿刺手术机器人市场空间及预测

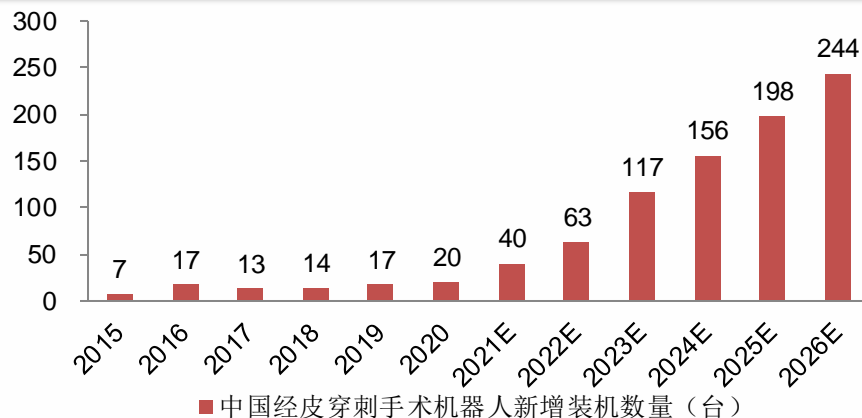


4.3 经皮穿刺手术机器人

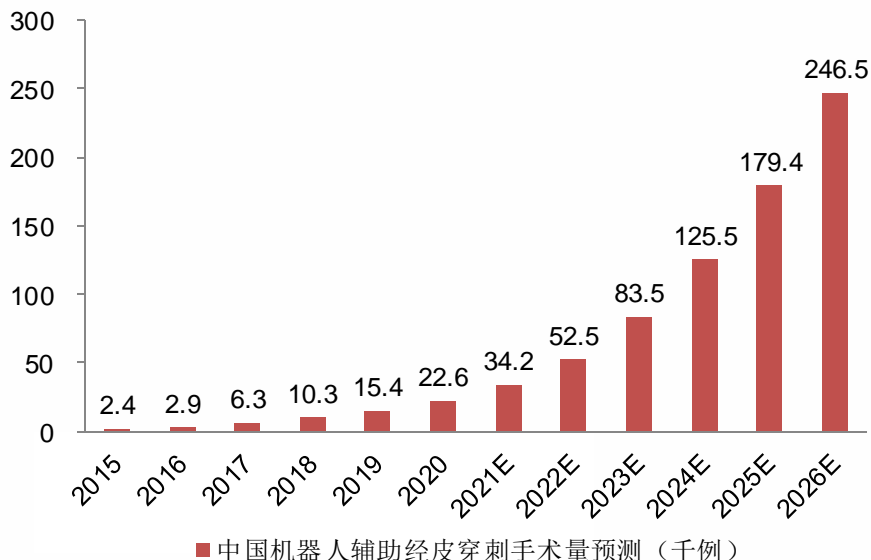
经皮穿刺手术机器人国内市场规模：

- 预计国内经皮穿刺手术机器人装机稳步增长，新增装机从2020年的20台增长到2026年的244台。
- 预计2026年中国机器人辅助经皮穿刺手术量约24.7万例，至2020年起复合增速48.9%，2026年渗透率9.5%。
- 预计2026年中国经皮穿刺机器人市场规模约17.1亿元，2020年复合增速52.7%。

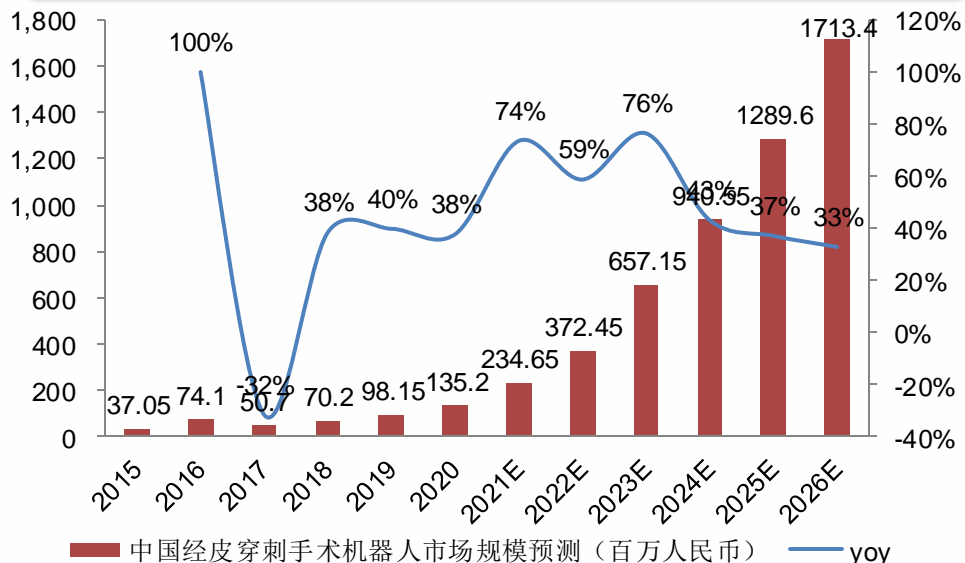
中国经皮穿刺手术机器人累计装机数量预测



中国机器人辅助经皮穿刺手术量预测



中国经皮穿刺手术机器人市场规模预测



www.swsc.com.cn

数据来源: Frost&Sullivan, 西南证券整理

目 录

- ◆ 1、手术机器人行业概览
- ◆ 2、腹腔镜手术机器人和直觉外科公司复盘
- ◆ 3、骨科手术机器人
- ◆ 4、其他手术机器人发展概览
- ◆ 5、投资建议和标的

核心观点

- **从“一马当先”到“万马奔腾”，手术机器人赛道潜力巨大。** 机器人辅助手术（RAS）是临床医学发展的里程碑，相比第一代开放手术和第二代传统微创手术（MIS），RAS具有灵活精准、抗疲劳辐射、视野大且清晰、过滤震颤、创口小恢复快、出血少并发症少、直觉自然、易于学习等优势，在高难度手术中具备必要性，在简单的良性手术中具备消费升级属性，运用场景有望不断突破。**2010年以前，以达芬奇为主的腔镜手术机器人“一马当先”**，在泌尿科、妇科、普外科领域不断渗透，发展迅猛，近年来以骨科手术机器人、泛血管手术机器人、经自然腔道手术机器人等不同产品在不同手术领域不断商业化，目前RAS行业呈现“万马奔腾”的趋势，过去20年的起步阶段即将开启更远的故事，预计2020年到2026年，全球手术机器人行业将从83.2亿美元增长到335.9亿美元，复合增速26.2%。
- **商业模式+技术壁垒构筑好赛道，国内十年500亿潜力空间看国产龙头蓄势待发。** **商业模式方面**，手术机器人行业“设备+耗材+服务”的模式壁垒高于纯耗材模式，且设备保有量和单设备产出的增加带来收入增长的稳健性和可预测性。**技术壁垒方面**，在竞争初期阶段，技术基础决定临床比较，而临床比较的优劣是影响商业化的重要因素，目前以主从遥控操作手术机器人为例，技术难点主要在系统和机械臂上，其中系统方面关键技术包括控制系统、视觉临场感主从控制等，机械臂关键技术包括从操作手臂构型、远心机构、手术器械等，这些技术涉及多学科运用，国产仍有差距，但随着未来手术机器人越来越与5G远程、AR、人工智能等国内外差距小的技术产生融合，国产龙头依然前景可期。参考Frost&Sullivan数据，预计2026年国内手术机器人市场规模约250亿元，复合增速44.3%；根据我们简单模型测算，预计2030年国内腔镜手术机器人和关节手术机器人渗透率分别为8.2%和12%，对应手术量分别为191万例和42万例，单手术耗材费用均价下降至1万元以内，预计国内腔镜手术机器人市场为260亿元，关节手术机器人为65亿元，按比例关系推算国内手术机器人行业市场规模为495亿元，相比目前27亿元接近10年20倍的潜力。
- **腔镜手术机器人：是商业化最成功的手术机器人代表**，凭借微创、精细、灵活、滤抖等显著优势，可以极大地扩展外科医生的手术能力，有效解决传统手术所面临的各种问题，因此在泌尿外科、妇科、普外科拥有很好的运用前景。**复盘直觉外科公司（ISRG.O）**，通过其系统四代更迭和术式演变，为腔镜手术机器人的发展已经参考，2000-2020年ISRG收入从0.27亿美元增长至43.6亿美元，复合增速29%，净利润从0.23亿美元增长到10.7亿美元，复合增速26.9%，达芬奇装机量、耗材产出、服务收入稳健增长，其中耗材占比逐渐提升。目前达芬奇系统销售单价约150万美元左右，2020年全球装机保有量5989台，其中美国3720台，2007~2020年单系统年手

核心观点

术量从125提升至205台，2020年单手术平均耗材收入1976美元，近年来基本维持1800-2000美元之间，单系统年耗材产出从28万美元增至40万美元左右，利用度逐渐提升。从手术费用看，国外RAS比MIS手术成本高2000-3000美元，基本都有医保覆盖，国内RAS比传统腹腔镜手术贵2-4万元，目前医保报销有望逐步打开。2020年国内腔镜手术机器人保有量189台，相比美国还有极大的空间，2013年以前国内年装机量基本低于5台，2014~2018年新增在10台左右，2019、2020年增加值50台以上，后续有望呈现爆发式增长。根据Frost&Sullivan数据，预计2026年全球腔镜手术机器人市场规模约180亿美元，国内市场有望从2020年的20亿元增长到2026年的150亿元，潜力巨大。

- **骨科手术机器人：有望成为下一个广泛使用的RAS领域。**从类型看，目前脊柱手术机器人主要为共享操作型，关节置换手术机器人主要是半自动机器人；从技术看，骨科手术机器人关键技术主要在控制系统、定位导航装置、机械臂装置三个部分，其中控制系统的比较难以量化，定位导航系统和机械臂装置则可根据技术路线做出一定比较；中国近年来骨科手术机器人领域技术积累较快，专利量仅次于美国，国产龙头具备较大商业化潜力。从市场看，脊柱手术机器人功能以导航定位为主，当前局限性较多，未来仍有提升的潜力；关节手术机器人则属于应用最广泛、难度最大的一类，当前主流产品在THA、TKA、UKA适应症领域已证明由于人工关节置换手术的结果，市场放量最为确定，预计2026年国内关节手术机器人市场增长至3.3亿美元（约21.5亿元），渗透率3%。
- **其他手术机器人：**1) **泛血管手术机器人：**能够减少辐射、提高精度，在血管介入手术中逐渐渗透，预计2026年全球16亿美元，国内11.7亿元（渗透率3%）；2) **经自然腔道手术机器人：**具备更好的视野和灵巧操作能力，有望应用于自然腔道腔镜手术，如支气管镜检查、结肠镜检查及胃镜检查，预计2026年全球17.9亿美元，国内8.4亿元（渗透率0.01%）；3) **经皮穿刺手术机器人：**凭稳定性和精度适用于经皮穿刺组织活检和治疗手术（如肾取石），预计2026年全球14.9亿美元，国内17.1亿元（渗透率9.5%）；
- **投资建议。**国内手术机器人行业具备10年500亿潜力，国内企业布局广泛，按腔镜、骨科手术机器人领域优先筛选优先企业。从标的看，1) **腔镜手术机器人领域**建议关注**微创医疗机器人（即将上市）、威高机器人、康多机器人**；2) **骨科手术机器人领域**建议关注**微创医疗机器人（即将上市）、天智航（688277）、键嘉、元化智能、鑫君特**等。3) 此外**微创医疗机器人**在泛血管手术机器人、经自然腔道手术机器人、经皮穿刺手术机器人等领域均有布局。
- **风险提示：手术机器人装机不及预期、政策配置证限制、医保报销不及预期、竞争加剧、医疗事故。**

5.1 微创医疗机器人：全球布局最全面的手术机器人企业

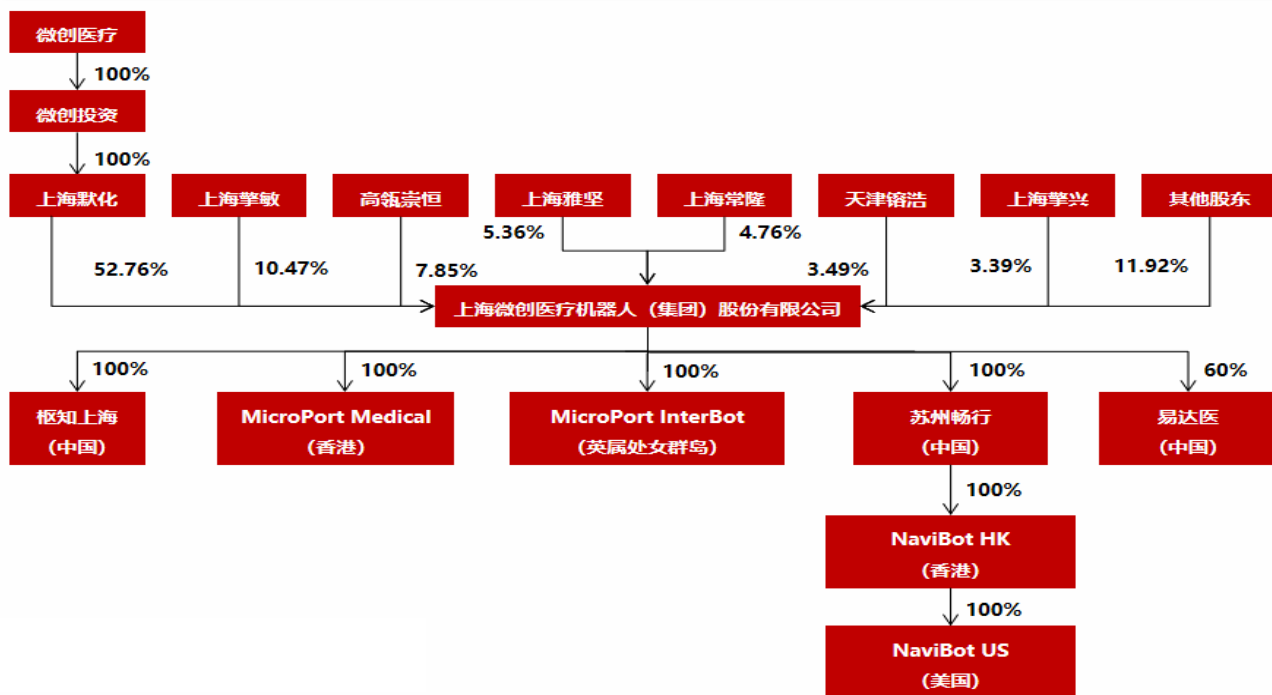
上海微创医疗机器人（集团）股份有限公司，是微创医疗科学有限公司（00853.HK）旗下子集团，2014年开始研发腔镜手术机器人（作为集团的内部孵化项目），2015年在中国成立公司，并开始研发鸿鹄骨科手术机器人。集团致力于面向微创伤手术最前沿发展需求，运用机器人、智能控制、传感与信息领域的前沿研究和产业集成，创新性提供能够延长和重塑生命的机器人智能手术全解方案，引领机器人手术的成熟与发展，塑造机器人智能手术时代。

机器人产品布局领域：腔镜、骨科、泛血管、经自然腔道、经皮穿刺。

微创医疗机器人的融资历程

时间	融资轮数	形式	投资方	融资金额	涉及股权	投后估值
2020年8月31日	A	股份转让	高瓴崇恒、天津镕浩等6家	20亿元	9.52%	210亿元
		注资	高瓴崇恒、天津镕浩等7家	15亿元	6.67%	225亿元
2020年9月7日	A	股份转让	国方微理、润昆投资	1亿元	0.44%	227亿元
2020年10月20日	A	股份转让	海南贝霖	4亿元	1.78%	225亿元
	A	股份认购	STVC集团	852万元	0.04%	225亿元
2020年10月28日	B	股份转让	高瓴崇恒、深圳芯龙等7家	5亿元	2%	250亿元

微创医疗机器人的股权结构（截止2021年3月24日）



www.swsc.com.cn

数据来源：官网，招股书，西南证券整理

5.1 微创医疗机器人：全球布局最全面的手术机器人企业

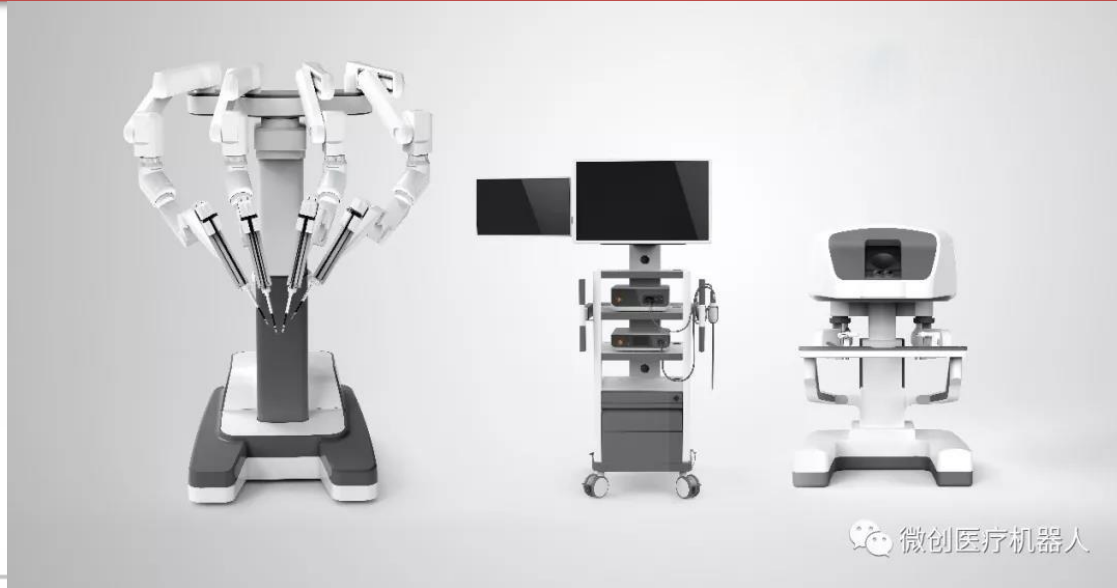


5.1 微创医疗机器人：全球布局最全面的手术机器人企业

核心产品：图迈®Toumai®腔镜手术机器人

- 图迈®Toumai®是一款完全由中国自主研发的腔镜手术机器人，其腕式手术器械高度灵活，3D腔镜系统提供立体真实的手术视野，直觉式主从遥操作灵敏易上手，从而简化手术操作，缩短手术时间，具有极高的临床优势。
2019年11月，上海东方医院成功运用图迈完成一项机器人辅助腔镜前列腺癌根治术（RALRP），**2020年12月在浙江省人民医院**成功完成一项辅助肾部分切除术（RAPN），同月在**复旦大学附属中山医院**完成一项后腹腔入路的RAPN（RARPN）和一项腹膜外入路的RALRP，**同月在浙江省人民医院**完成一项单孔RAPN，为首例由国内企业开发的手术机器人完成该类型手术，目前图迈也是唯一一款由中国企业开发并完成复杂性腔镜手术注册临床试验的手术机器人（21年5月），2021年5月31日已提交注册申请，预计2022Q1获批。预计21年下半年开展妇科、胸科、普外科的注册临床手术。

图迈的产品图示



微创医疗机器人

www.swsc.com.cn

数据来源：官网，西南证券整理

5.1 微创医疗机器人：全球布局最全面的手术机器人企业

图迈临床数据：第一代仍有提升空间

- 公司2021年5月完成RARP注册临床试验属于前瞻性、多中心RCT试验。对照组选择da Vinci Si手术机器人。临床试验于2020年6月开始，2021年1月完成入组，2021年5月完成临床试验，合计102名受试者完成手术。
- 有效性：主要有效性结果非劣（手术成功率98.04% VS 100%）；次要有效性终点看，有显著统计学差异的是平均手术时间，其余指标差异不存在显著统计差异。
- 安全性：研究组和对照组不良事件发生率分别为58.8%和62.75%，严重不良事件发生率分别为1.96%和7.84%，两者统计学差异不显著，显示图迈就有良好的安全性。
- 在术后泌尿功能和新功能恢复未做比较，总体上图迈作为第一代产品，还有改进空间。

主要有效性结果：图迈 VS da Vinci

主要有效性终点	FAS		PPS		P值 ⁽¹⁾
	研究组 n = 51	对照组 n = 51	研究组 n = 51	对照组 n = 51	
整体手术成功率 並無轉換至開放手術或 傳統MIS 並無於手術後24小時內 進行第二次手術	50 (98.04%)	51 (100.0%)	50 (98.04%)	51 (100.0%)	p = 0.317 p = 1.000 不適用

次要有效性结果：图迈 VS da Vinci

次要有效性终点	FAS		PPS		P值 ⁽¹⁾
	研究组 n = 51	对照组 n = 51	研究组 n = 51	对照组 n = 51	
平均失血量(毫升)	123.33 ± 168.63	75.29 ± 43.19	123.33 ± 168.63	75.29 ± 43.19	p = 0.100
平均手術時間(分鐘)	167.82 ± 53.67	110.39 ± 31.39	167.82 ± 53.67	110.39 ± 31.39	p < 0.001
平均住院時間(日)	4.88 ± 1.03	4.63 ± 1.20	4.88 ± 1.03	4.63 ± 1.20	p = 0.065
PSA水平正常比率	94.59%	89.74%	94.59%	89.74%	p = 0.675
手術中併發症發生率	1.96%	1.96%	1.96%	1.96%	p = 1.000
手術後一個月內 不良事件發生率	47.06%	58.82%	47.06%	58.82%	p = 0.234

安全性结果：图迈 VS da Vinci

	研究组(n = 51)			对照组(n = 51)			P值 ⁽¹⁾
	發生次數	受試者人數	發生率	發生次數	受試者人數	發生率	
不良事件	54	30	58.82%	48	32	62.75%	p = 0.839
手術相關不良事件 .. 醫療器械相關的 不良事件	17	12	23.53%	11	11	21.75%	p = 1.000
嚴重不良事件	3	1	1.96%	7	4	7.84%	p = 0.362
醫療器械相關的 嚴重不良事件	0	0	0.00%	0	0	0.00%	不適用
手術處理相關的 嚴重不良事件	2	1	1.96%	3	1	1.96%	p = 1.000

www.swsc.com.cn

数据来源：微创医疗机器人招股书，西南证券整理

5.1 微创医疗机器人：全球布局最全面的手术机器人企业

微创医疗机器人在研管线

	專科手術	產品	手術應用	國家藥監局分類	開發階段			
					設計開發	設計驗證	註冊臨床試驗	註冊申請
自主開發	腔鏡手術	圖邁®腔鏡手術機器人 （「圖邁」）*	泌尿外科手術	III				
			婦科手術					
			胸科手術					
			普外科手術					
		蜻蜓眼®三維電子腹腔內窺鏡 （「蜻蜓眼」）▲	腔鏡手術	III				
	骨科手術	鴻鵠®骨科手術機器人 （「鴻鵠」）	全膝關節置換術	III				
			全髖關節置換術					
	脊柱手術機器人	脊柱手術	III					
	經自然腔道手術	經支氣管手術機器人	經支氣管診斷及治療	III				
國際合作 ⁽⁴⁾	泛血管手術	TAVR手術機器人	心臟瓣膜置換手術	III				
		R-One™血管介入手術機器人（「R-One」）	冠狀動脈血管成形術	III				
	經皮穿刺手術	自動針頭瞄準機器人系統 （「ANT」）	經皮穿刺肺活檢	III				
			經皮腎鏡取石術					
		iSR'obot™Mona Lisa機器人 前列腺穿刺活檢系統 （「Mona Lisa」）	前列腺穿刺活檢	III				

* 我們的核心產品 ▲ 國家藥監局批准的產品 獲納入綠色通道的產品

www.swsc.com.cn

数据来源：微创医疗机器人招股书，西南证券整理

5.2 天智航 (688277) : 骨科手术机器人领军企业

北京天智航医疗科技股份有限公司成立于2005年，是中国骨科手术机器人行业的领军企业，是中国机器人TOP10 成员企业、医疗机器人国家、地方联合工程研究中心依托单位。2020年7月7日，公司在上海证券交易所科创板上市，成为我国首家上市的医疗机器人企业。

核心产品：公司研发的第三代产品天玕骨科手术机器人系统于2016年11月获得CFDA核发的第三类医疗器械注册证，各项性能指标处于国际领先水平，目前已在国内100余家医疗机构进行了常规临床应用，累计完成超万例手术，取得了良好的临床应用效果。

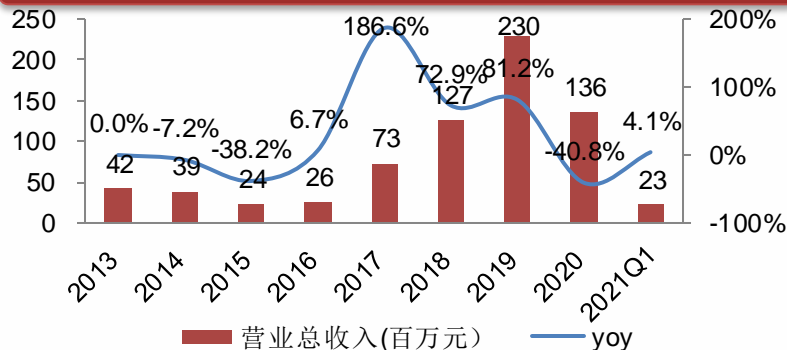
收入：公司2019年收入2.3亿元（+81.2%），其中骨科手术机器人收入2.14亿元，销量41台。2020年受疫情影响，收入1.36亿元（-40.8%）。

在研：天玕®2.0于2021年2月上市，包括重大软硬件升级，可应用于全节段脊柱、创伤等术式，同时天玕®2.0完成国际版样机开发。膝关节产品（TiRobot Recon）通过创新医疗器械特别审查程序，进入临床阶段；髌关节产品处于预研阶段。开发相关骨科手术机器人配套手术工具包。

www.swsc.com.cn

数据来源：公司公告，西南证券整理

天智航收入及增速



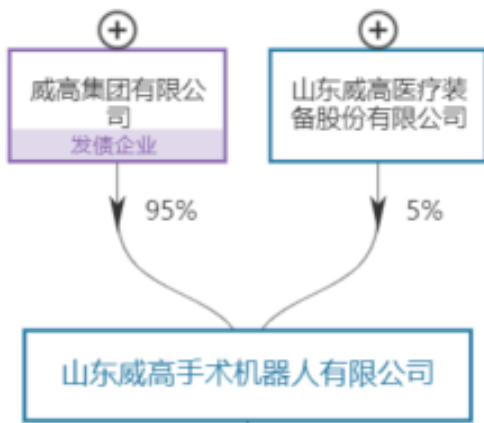
天玕骨科手术机器人图示



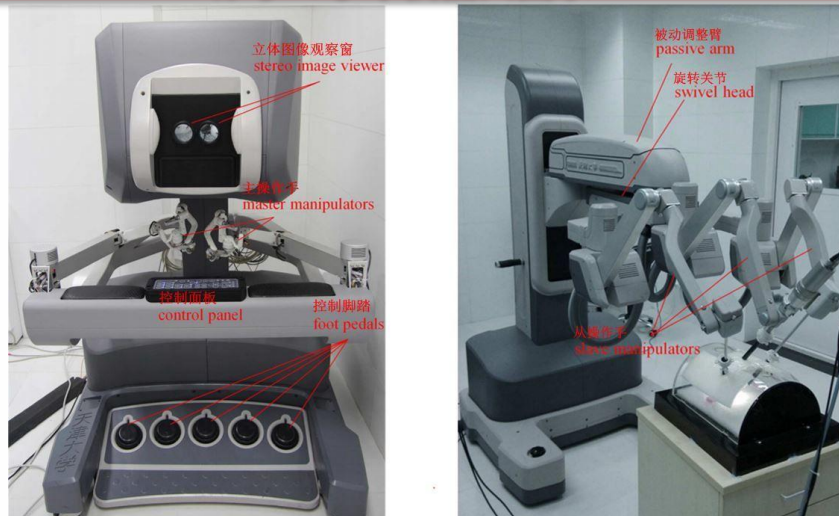
5.3 威高手术机器人：妙手S，基于天津大学技术背景

- **妙手-S腔镜手术机器人。**天津大学机械工程学院王树新老师的团队从2000年开始进行微创手术机器人相关研究和研发，目前正联手威高集团推进“妙手S”系统的商业化。该机器人采用主从控制方式，主从控制具有可调节比例功能，可以完成直径1mm以下的微细血管的剥离、剪切、缝合和打结等手术操作，主操作手采用美国SensAble公司研发的Phantom Desktop(串联力反馈设备)，具有三维力反馈功能，并可通过自身机械结构实现重力平衡。
- **远心机构：**采用**被动不动点机构**，从操作手有3个主动关节和两个自由活动的正交关节，自由关节完全顺应外界力进行运动，实际手术中由病人皮肤戳卡提供约束力。
- **临床进展：**妙手S在中南大学湘雅三医院、青岛医科大学附属医院两医院实施168例手术机器人注册临床实验，2020年10月26日完成了最后一例临床手术，时间跨度一年，适应症为胆囊摘除手术。

威高手术机器人公司股权



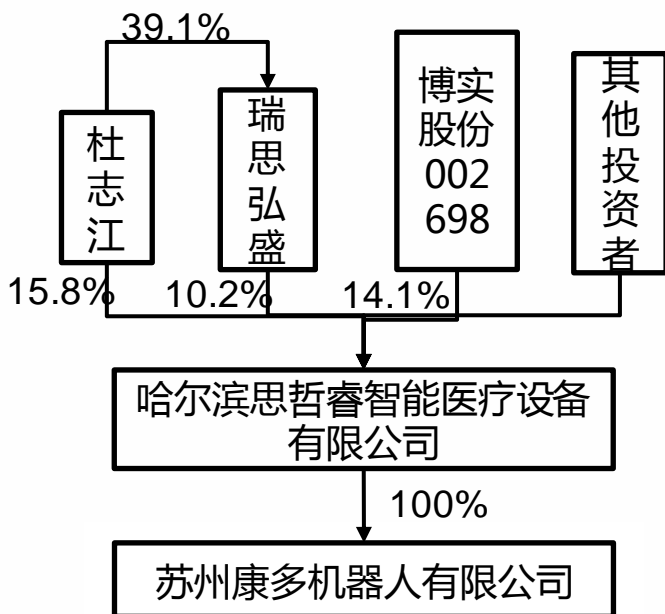
妙手-S手术机器人图示



5.4 康多机器人：康多系统，基于哈工大技术背景

- **苏州康多机器人有限公司**成立于2013年，实控人为杜志江（哈尔滨工业大学机器人研究所副所长），目前研制成功的康多系统腹腔镜手术机器人，机械臂系统摆位灵活，共具有11个自由度，两条器械臂可以装配包括剪刀、电钩等在内的15-20种末端手术器械，具有微创、精细、灵活、滤抖等显著优势，采用**开放式观察的模式**。
- **进展**：目前康多系统处于临床试验阶段，2021年4月1日，由**北京协和医院**泌尿外科纪志刚教授团队顺利完成了第100例国产康多内窥镜手术机器人系统多中心注册临床试验——**机器人辅助肾部分切除术**。

康多机器人公司股权



苏州康多腹腔镜手机机器人图示



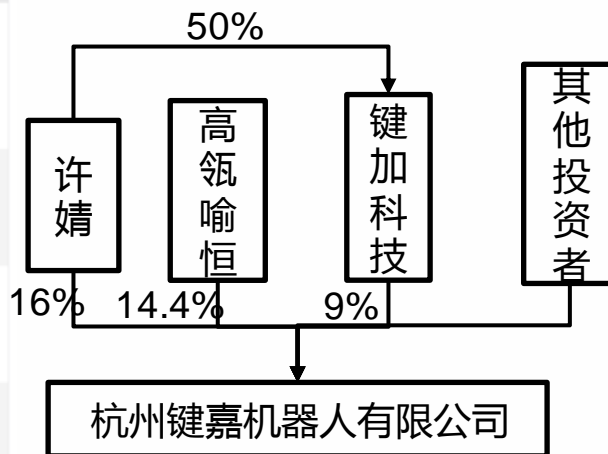
5.5 键嘉机器人：髌关节置换手术机器人进展领先

- 杭州键嘉机器人有限公司**是一家硬组织手术机器人平台型企业，成立于2018年，创始人许靖博士，项目脱胎于国家863计划，核心技术团队来自清华大学智能与系统国家实验室，骨科临床专家参与一线研发。公司进展最快的产品髌关节置换手术机器人ARTHROBOT已完成临床入组及随访（西安交通大学第二附属医院王坤正教授），同时也是中国首家进入NMPA创新医疗器械特别审查程序的“全髌置换手术机器人”产品，有望成为首个获批的国产关节置换手术机器人（预计2021年）。此外，该公司有多款手术机器人等新产品处于研发、送检阶段，其中膝关节机器人近期将开展正式临床试验。
- 进展**：目前已经完成C轮5亿元融资，由LYFE Capital领投，软银中国资本跟投，老股东高瓴创投、复星医药持续加注，投后估值未披露。

键嘉机器人融资历史

序号	融资轮数	融资金额	估值	比例	投资方	披露时间	新闻来源
1	C轮	50,000万人民币	--	--	复星医药 高瓴创投 软银中国资本 LYFE Capital	2021-05-20	硬组织手术机器人平台型企业键嘉机器人获数亿元C轮融资
2	B轮	20,000万人民币	--	--	复星医药 高瓴创投 百度风投	2020-09-07	键嘉机器人获高瓴创投、复星医药超亿元新一轮投资 BV Family
3	A轮	5,000万人民币	--	--	百度风投	2020-04-24	首发 键嘉机器人获数千万元A轮融资，推进核心产品临床试验
4	天使轮	--	--	--	普华资本 科发资本	2019-02-22	--

键嘉机器人公司股权



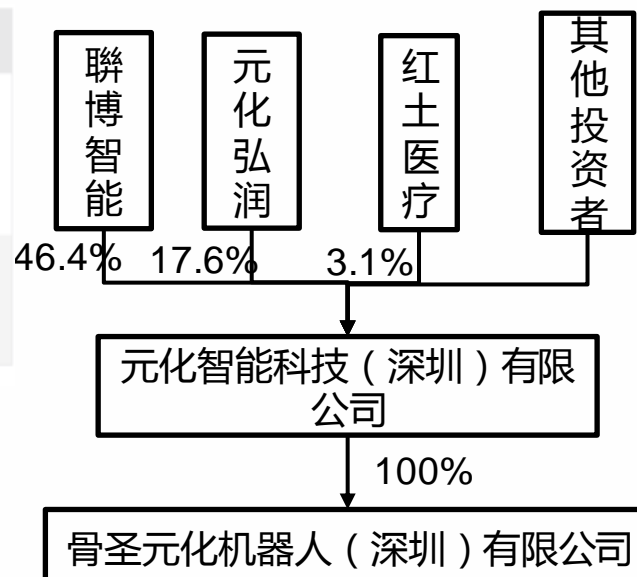
5.6 元化智能：膝关节置换手术机器人进展领先

- 元化智能是一家专注于高端医疗和智能服务机器人的创新型高科技企业。其全资子公司骨圣元化机器人(深圳)有限公司成立于2019年，核心产品是具有世界领先水平的全骨科手术辅助机器人系统，该系统可以辅助医生完成膝/髌关节置换、创伤、脊柱等各类骨科手术。其中全膝关节置换手术机器人系统在国家骨科与运动康复临床医学研究中心牵头组织下，由中国人民解放军总医院第一医学中心联合四川大学华西医院、新疆医科大学第一附属医院、中南大学湘雅医院、中国人民解放军陆军军医大学第二附属医院、上海交通大学医学院附属瑞金医院六家国内顶尖医院共同开展多中心随机对照临床试验研究，2020年12月31日临床入组结束。
- 进展：2021年3月24日，元化智能科技(深圳)有限公司完成2亿元A轮融资。本轮融资由红杉中国、招银国际资本联合领投，原股东深圳市创新投资集团有限公司及旗下红土医疗基金跟投。

元化智能融资历史

序号	融资轮数	融资金额	估值	比例	投资方	披露时间	新闻来源
1	A轮	20,000万人民币	--	--	红土医疗基金 深圳市创新投资集团有限公司 招银国际 红杉中国	2021-03-24	元化智能获2亿元A轮融资，加速布局骨科手术机器人
2	天使轮	5,000万人民币	--	--	深创投 红土天使基金	2020-07-14	元化智能完成数千万元天使轮融资，深创投及旗下基金投资

元化智能公司股权



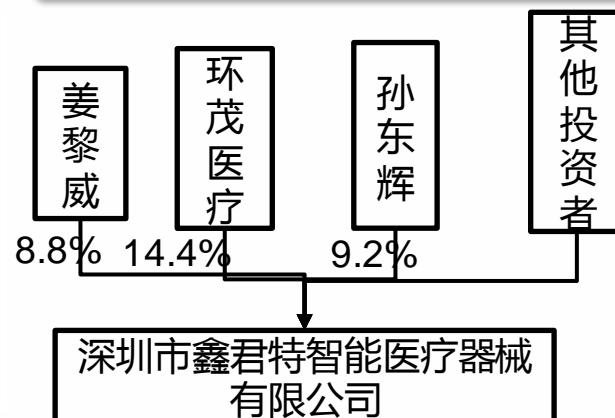
5.7 鑫君特：ORTHBOT，能自动置针的脊柱手术机器人

- **深圳市鑫君特智能医疗器械有限公司**于2015年创立于深圳，为国家高新技术企业，是国内首家自主研发导航+智能辅助手术的高科技医疗器械公司，至今已获得多家知名机构的投资。**创始人姜黎威**有着丰富的行业经验和上市公司管理经验（曾任上海瑞金医院医生、国际骨科巨头ZIMMER以及Smith&Nephew高管），核心研发团队拥有跨学科、医工结合背景，在软硬件方面均由资深人士领衔。已获得专利20项，其中发明专利4项，已申请PCT专利13项。
- **核心产品ORTHBOT（欧博士）**是集术前规划、术中导航和终端执行于一体的脊柱手术机器人，已于2018年成功完成临床试验。手术机械臂采用自动操作装置（智能骨钻），在设备到达导航位置以后，医生通过工作站发出操作指令，手术机器人根据术前规划的参数进行自动置针。
- **进展**：2020年1月14日，完成数千万元A轮融资，由晨兴创投领投，原投资人弘晖资本跟投。

鑫君特融资历史

序号	融资轮数	融资金额	估值	比例	投资方	披露时间	新闻来源
1	A轮	5,000万人民币	--	--	晨兴创投 弘晖资本	2020-01-14	专注于骨科手术机器人研发，「鑫君特」获数千万元A轮融资
2	股权融资	--	--	--	茂榕投资 中关村协同创新基金	2019-11-24	--
3	股权融资	--	--	--	华熙集团	2019-10-10	--
4	股权融资	--	--	--	上海锋算	2018-06-04	--
5	股权融资	--	--	--	弘晖资本	2017-11-13	--

鑫君特公司股权



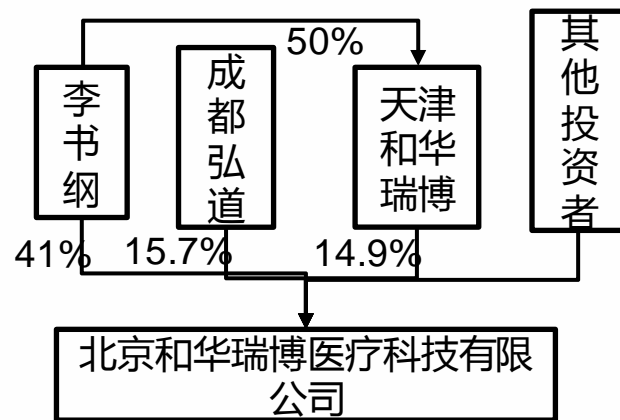
5.8 和华睿博：HURWA，关节置换手术机器人

- **北京和华瑞博医疗科技有限公司**于2018年1月26日成立，是一家手术机器人研发商，致力于在传统骨科手术场景中，根据医生实际需求，设计出协助医生手术的机器人产品，具体包括关节手术机器人、脊柱手术机器人等。团队由北京协和医院、清华大学、GE等70多位产业链高水平技术人才组成。
- **核心产品HURWA**关节手术机器人由北京协和医院骨科医生和清华大学精仪学院教授医工结合团队于2007年共同发起，历经10年核心算法的基础研究和试验，2018年开始进行产业化。2020年1月在北京协和医院完成了国内首例机器人辅助下全膝关节置换手术。
- **进展**：2018年7月天使轮融资，投资方为深创投、弘道资本。

HURWA关节手术机器人图示



和华瑞博公司股权



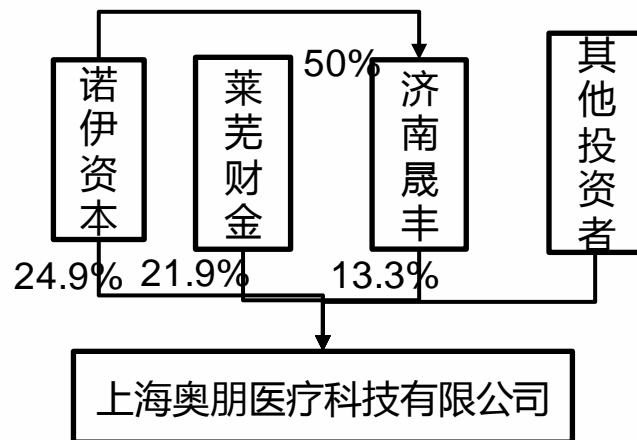
5.9 奥朋医疗：ALLVAS™，泛血管手术机器人

- **上海奥朋医疗科技有限公司**成立于2017年，是一家由国际级机器人专家、临床医学专家、医疗器械行业资深从业者联手打造的国际领先的创新型医疗器械公司，致力于研发血管介入手术机器人项目。
- **核心产品ALLVAS™**：2021年8月1日，奥朋医疗血管腔内介入手术机器人ALLVAS™在中国海军军医大学附属长海医院完成全球首次机器人辅助下主动脉覆膜支架介入手术人体临床实验（陆清声教授）
- **进展**：2020年9月完成A轮融资1亿元，投资方未披露。

奥朋医疗融资历史

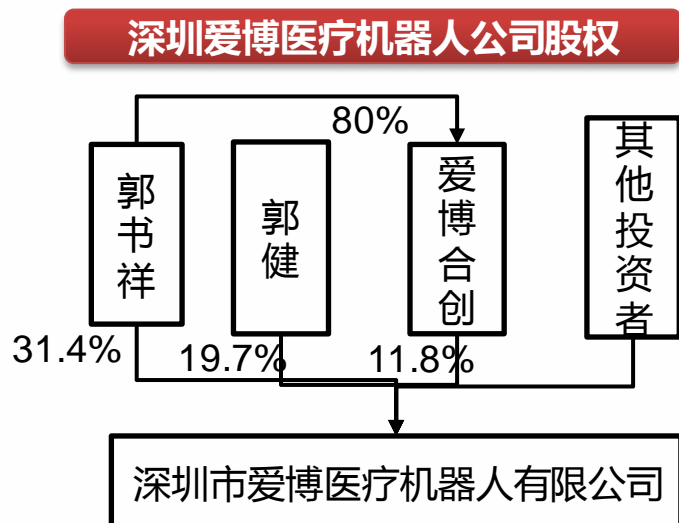
序号	融资轮数	融资金额	估值	比例	投资方	披露时间	新闻来源
1	A 轮	10,000万人民币	--	--	未披露	2020-09-16	【首发】手术机器人公司奥朋医疗完成近亿元A轮融资，致力成为血管腔内介入领域的“达芬奇”
2	股权融资	--	--	--	常熟国发创投	2019-06-25	--
3	股权融资	--	--	--	同晟资本	2019-01-01	--

奥朋医疗公司股权



5.10 爱博医疗机器人：布局血管介入手术机器人

- **深圳市爱博医疗机器人有限公司**成立于2020年6月，业务为自主研发血管介入手术机器人系统，原创性地提出了线性拖曳推送、基于多源力信息融合的遥操作等技术，达到国际领先水平。公司是由海外高层次人才引进计划专家、日本工程院院士及团队联合创办的医疗机器人高技术企业，核心技术成果来自于国家「863 计划」项目，技术团队是全球血管介入式手术机器人领域优秀的研究团队之一，公司拥有多项国家发明专利和国际专利，部分原创性技术达到国际水平，并在北京天坛医院完成4例人体临床试验。
- **进展**：目前暂无融资行为。



5.11 海外腔镜手术机器人标的介绍合集

- **Intuitive Surgical (代码ISRG.O)** : 成立于1995年, 为全球腔镜手术机器人绝对龙头, 核心产品da Vinci已更新至第四代, 目前正在开拓单孔腔镜手术机器人、支气管机器人等新领域。2020年收入43.6亿美元, 市值1182亿美元(2021年8月11日)。
- **Asensus Surgical (代码为ASXC.A)** : 美国公司, 成立于2006年, 原公司名为TransEnterix, 2021年2月改名。主要获批产品为Senhence腔镜手术机器人(前身为意大利公司SOFAR的产品ALF-X, 公司收购获得), 目前已在FDA、CE、日本多地拿证, 累计手术量4500例左右。2020年收入2072万美元, 市值5.6亿美元(2021年8月11日)。
- **Meere company (代码为049950.KS)** : 韩国公司, 2017年推出腔镜手术机器人Revo-i, 并获得韩国医疗主管部门MFDS批准上市。Revo-i与da Vinci极为相近, 但手术器械直径略小一些。目前手术量累计100例左右。
- **CMR Surgical** : 英国腔镜手术机器人独角兽, 目前已完成D轮融资6亿美元, 由软银、汇桥资本领投, **投后估值30亿美元**。核心产品Versius®腔镜手术机器人已在CE(2019)、澳大利亚、印度、中东等地获批上市, 凭借机械臂模块化轻巧便携、人体工程学座椅等优势, 目前已累计执行1000例手术。
- **Avatera Medical** : 德国公司, 核心产品Avatera系统于2019年获得CE认证, 手术器械为一次性。
- **美敦力(代码MDT.N)** : hugo系统, 模块化系统, 即有多个独立组件, 可以适应特定患者或医院病床的需求, 并且可以随着技术的发展而升级。Hugo系统另一特点是配有4个装在推车上的手术臂, 这让其具有极大的灵活性, 预计2021年获得FDA批准。

西南证券投资评级说明

公司评级	买入：未来6个月内，个股相对沪深300指数涨幅在20%以上
	持有：未来6个月内，个股相对沪深300指数涨幅介于10%与20%之间
	中性：未来6个月内，个股相对沪深300指数涨幅介于-10%与10%之间
	回避：未来6个月内，个股相对沪深300指数涨幅介于-20%与-10%之间
	卖出：未来6个月内，个股相对沪深300指数涨幅在-20%以下
行业评级	强于大市：未来6个月内，行业整体回报高于沪深300指数5%以上
	跟随大市：未来6个月内，行业整体回报介于沪深300指数-5%与5%之间
	弱于大市：未来6个月内，行业整体回报低于沪深300指数-5%以下

分析师承诺

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并注册为证券分析师，报告所采用的数据均来自合法合规渠道，分析逻辑基于分析师的职业理解，通过合理判断得出结论，独立、客观地出具本报告。分析师承诺不曾因，不因，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获取任何形式的补偿。

重要声明

西南证券股份有限公司（以下简称“本公司”）具有中国证券监督管理委员会核准的证券投资咨询业务资格。

本公司与作者在自身所知情范围内，与本报告中所评价或推荐的证券不存在法律法规要求披露或采取限制、静默措施的利益冲突。

《证券期货投资者适当性管理办法》于2017年7月1日起正式实施，本报告仅供本公司客户中的专业投资者使用，若您并非本公司客户中的专业投资者，为控制投资风险，请取消接收、订阅或使用本报告中的任何信息。本公司也不会因接收人收到、阅读或关注自媒体推送本报告中的内容而视其为客户。本公司或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或争取提供投资银行或财务顾问服务。

本报告中的信息均来源于公开资料，本公司对这些信息的准确性、完整性或可靠性不作任何保证。本报告所载的资料、意见及推测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可升可跌，过往表现不应作为日后的表现依据。在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告，本公司不保证本报告所含信息保持在最新状态。同时，本公司对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，投资者应当自行关注相应的更新或修改。

本报告仅供参考之用，不构成出售或购买证券或其他投资标的的要约或邀请。在任何情况下，本报告中的信息和意见均不构成对任何个人的投资建议。投资者应结合自己的投资目标和财务状况自行判断是否采用本报告所载内容和信息并自行承担风险，本公司及雇员对投资者使用本报告及其内容而造成的一切后果不承担任何法律责任。

本报告及附录版权为西南证券所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制和发布。如引用须注明出处为“西南证券”，且不得对本报告及附录进行有悖原意的引用、删节和修改。未经授权刊载或者转发本报告及附录的，本公司将保留向其追究法律责任的权利。



西南证券研究发展中心

西南证券研究发展中心

上海

地址：上海市浦东新区陆家嘴东路166号中国保险大厦20楼

邮编：200120

北京

地址：北京市西城区南礼士路66号建威大厦1501-1502

邮编：100045

重庆

地址：重庆市江北区桥北苑8号西南证券大厦3楼

邮编：400023

深圳

地址：深圳市福田区深南大道6023号创建大厦4楼

邮编：518040

西南证券机构销售团队

区域	姓名	职务	座机	手机	邮箱
上海	蒋诗烽	地区销售总监	021-68415309	18621310081	jsf@swsc.com.cn
	张方毅	高级销售经理	021-68413959	15821376156	zfy@swsc.com.cn
	付禹	销售经理	021-68415523	13761585788	fuyu@swsc.com.cn
	黄滢	销售经理	18818215593	18818215593	hying@swsc.com.cn
	蒋俊洲	销售经理	18516516105	18516516105	jiangjz@swsc.com.cn
	刘琦	销售经理	18612751192	18612751192	liuqi@swsc.com.cn
	崔露文	销售经理	15642960315	15642960315	clw@swsc.com.cn
	陈慧琳	销售经理	18523487775	18523487775	chhl@swsc.com.cn
	王昕宇	销售经理	17751018376	17751018376	wangxy@swsc.com.cn
北京	李杨	地区销售总监	18601139362	18601139362	yfly@swsc.com.cn
	张岚	地区销售副总监	18601241803	18601241803	zhanglan@swsc.com.cn
	彭博	销售经理	13391699339	13391699339	pbyf@swsc.com.cn
	来趣儿	销售经理	15609289380	15609289380	lqe@swsc.com.cn
广深	林芷璇	高级销售经理	15012585122	15012585122	linzw@swsc.com.cn
	陈慧玲	高级销售经理	18500709330	18500709330	chl@swsc.com.cn
	郑龔	销售经理	18825189744	18825189744	zhengyan@swsc.com.cn
	杨新意	销售经理	17628609919	17628609919	yxy@swsc.com.cn