

## 医疗器械

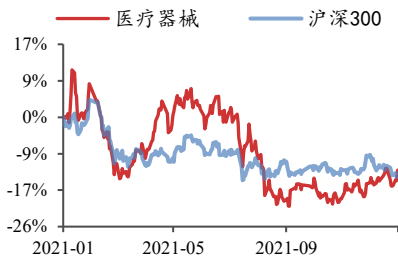
2022 年 01 月 15 日

# 手术机器人系列报告一：手术机器人方兴未艾，迎来行业底部布局机会

投资评级：看好（维持）

—— 行业深度报告

## 行业走势图



数据来源：聚源

## 相关研究报告

《行业点评报告-《“十四五”医疗装备产业规划》出台，医疗器械板块全面受益》-2021.12.29

蔡明子（分析师）

caimingzi@kysec.cn

证书编号：S0790520070001

### ● 手术机器人切实解决临床需求，行业处于初期，未来成长空间达数百亿

**临床需求方面**，手术机器人是集成众多学科，应用于大部分临床术式的医疗设备，具有微创操作、灵活度高、三维高清成像、滤震、学习周期短、减少辐射等优点。随着手术机器人的广泛应用，我们认为行业操作标准将更替，未来将重新定义手术操作。**卫生经济学方面**，应用手术机器人能精简医护人员数量，手术整体费用并未大幅增长甚至减少的情况下降低手术难度、减小创伤、提升手术质量。**行业发展阶段方面**，行业内诞生了诸如直觉外科（2000 年上市以来，公司股价涨幅达 182 倍）、美敦力、史塞克、微创机器人等业内领先公司，形成了以耗材和服务费收入为主，系统收入为辅的商业模式，目前国内行业仍处于初级阶段。**市场空间方面**，根据 Frost & Sullivan 数据，2020 年全球市场规模约为 83 亿美元，美欧市场占比 76.5%，中国仅占 5.1%，渗透率提升空间较大。预计到 2026 年全球手术机器人市场将增至 336 亿美元。国内手术机器人 2020 年市场基数为 4 亿美元，预计至 2026 年达到 38 亿美元，约合人民币 242 亿元，年复合增速高达 44.3%。

### ● 政策导向+医保加持+产品力提升+5G 远程创新术式，促进行业迈向繁荣

2015 年以来，国家大力支持创新医疗器械发展，医用机器人等高性能诊疗设备被列入重点支持方向。鉴于手术机器人费用偏高，京沪等地相继出台将手术机器人纳入医保，大幅降低手术机器人应用门槛，我们认为这类地方政策未来在其它地区存在较大推广可能性。截至 2021 年底，国家药监局已批准国产手术机器人相关的创新医疗器械 3 项，国内企业在产品力及创新术式方面取得长足进步，我们坚定认为随着越来越多创新产品获批上市，手术机器人行业将迎来繁荣发展。

### ● 腔镜、骨科手术机器人引领市场，其它各领域手术机器人百花齐放

全球来看，腔镜、骨科手术机器人占据主导，预计到 2026 年，腔镜市场份额达 180.1 亿美元，骨科手术机器人达 46.9 亿美元。以达芬奇手术腹腔镜机器人为例，目前全球装机 5989 台，年收入 43.6 亿美元，扣非后净利润达 10.6 亿美元。我们认为在未来较长时间内，腔镜和骨科仍是国内手术机器人的主要应用和投资领域。其它领域，如泛血管手术机器人、经自然腔道手术机器人、经皮穿刺手术机器人均有相关上市公司布局，建议积极关注业内产品注册及获批上市进展。

**● 受益标的：**手术机器人因优势众多，切实有效解决临床需求，成长空间广阔，受到市场广泛关注。2021 年两款重磅手术机器人相关创新医疗器械获批上市，标志着国内手术机器人行业进入元年，中国迈入手术机器人大时代。随着国内政策支持、医保覆盖以及国产品牌产品创新及注册上市，手术机器人渗透率将快速提升，我们认为 5 年内行业将进入高速增长期，国内潜在市场规模将达数百亿。建议积极跟踪具有产品创新能力、研发管线丰富、具备渠道优势的手术机器人公司。**受益标的：**微创机器人、天智航、爱博医疗、润迈德医疗。

**● 风险提示：**行业政策审批收紧风险，产品推广不及预期，疫情带来手术业务增长不及预期。

## 目 录

1、 手术机器人行业壁垒高，替代传统手术正当时 .....	5
1.1、 临床需求：手术机器人适用大多数临床手术应用场景，优点众多 .....	5
1.2、 技术壁垒：手术机器人结构复杂，具备较高的行业壁垒 .....	7
1.3、 进化路径：新技术革命带来手术机器人行业无限潜力 .....	9
1.4、 商业模式：手术机器人收入多样化，耗材和维护费用占比大 .....	9
2、 手术机器人市场前景广阔，国内处于行业发展早期 .....	10
2.1、 全球手术机器人发展迅猛，腔镜和骨科是主要临床应用领域 .....	10
2.2、 国内手术机器人未来渗透率有望迅速提升 .....	12
2.3、 手术机器人产业支持政策持续加码，助力行业供需扩容 .....	13
2.4、 直觉外科公司（ISRG）的启示：坚持创新，不断适应新的临床需求 .....	17
2.4.1、 发展历程：达芬奇手术机器人坚持迭代优化，终成行业标杆 .....	17
2.4.2、 财务分析：非系统性收入占比提升，商业模式逐渐优化 .....	18
2.4.3、 启示：唯有坚持底层创新，国产品牌才能实现弯道超车 .....	21
3、 腔镜、骨科机器人引领市场，其它领域机器人百花齐放 .....	23
3.1、 腔镜手术机器人是市场空间最大、商业化最成功的手术机器人代表 .....	23
3.2、 骨科手术机器人是国内发展最早，竞争最激烈的细分品类 .....	25
3.3、 泛血管手术机器人是未来成长潜力最大，快速增长的细分品类 .....	28
3.4、 经自然腔道手术机器人是适应症丰富，高速发展中的细分品类 .....	30
3.5、 经皮穿刺手术机器人是保持稳定增长，助力肿瘤早期检测的细分品类 .....	31
4、 受益标的及投资建议 .....	33
4.1、 微创机器人（2252.HK）是产线最全，国内最具潜力手术机器人公司 .....	33
4.2、 威高手术机器人是率先实现 5G 远程腹腔镜手术的行业创新者 .....	35
4.3、 天智航（699277.SH）是国内骨科手术机器人行业的领军企业 .....	36
4.4、 润迈德医疗（H01726.HK）是掌握核心科技，国内领先的血管介入手术机器人 .....	38
4.5、 荃博医疗（2216.HK）是国内领先的经自然腔道手术机器人公司 .....	40
5、 风险提示 .....	42

## 图表目录

图 1： 手术机器人构成复杂 .....	8
图 2： 手术机器人行业受益于技术创新，正迈向繁荣 .....	9
图 3： 达芬奇手术机器人后期使用费用可持续性高 .....	10
图 4： 2020 年全球手术机器人市场美国一马当先，中国等新兴市场有望追赶 .....	10
图 5： 2020 年全球手术机器人市场份额欧美占比高，中国等新兴市场有望追赶 .....	10
图 6： 全球手术机器人 2026 年预测市场规模将达到 336 亿美元，腔镜和骨科机器人占主导（单位：百万美元） .....	11
图 7： 2015-2026 年，全球泛血管手术机器人及经自然腔道手术机器人市场占比快速扩大 .....	12
图 8： 中国手术机器人 2026 年预测市场规模将达到 38 亿美元，腔镜和骨科机器人占主导（单位：百万美元） .....	13
图 9： 2015-2026 年，中国骨科、泛血管、经自然腔道机器人占比快速扩大 .....	13
图 10： 手术机器人中游产业链竞争激烈 .....	15
图 11： 2021H1 全球手术机器人领域融资轮次以早期轮次为主 .....	15
图 12： 直觉外科公司发展历程成为业内重要参考 .....	17
图 13： 直觉外科公司产品迭代推动股价攀升 .....	18

图 14: 达芬奇当年手术量保持稳定增长, 2020 年受疫情影响增速下降 .....	18
图 15: 达芬奇手术机器人系统主要分布在美国本土 .....	19
图 16: 直觉外科公司国内营收占比约 7 成 .....	19
图 17: 达芬奇手术机器人累计安装量保持稳定增长 .....	19
图 18: 达芬奇手术机器人当年安装量 2020 年暂下降 .....	19
图 19: 直觉外科公司耗材收入占比过半 (亿美元) .....	20
图 20: 直觉外科公司耗材收入增长较快 .....	20
图 21: 公司经营性租赁收入年复合增速高达 90.8% .....	20
图 22: 2011-2020 年, 公司营业收入年复合增速 10.6% .....	20
图 23: 2011-2020 年, 公司扣非净利润年复合增速 17.4% .....	20
图 24: 直觉外科公司 2020 年研发支出 6 亿美元, 研发费用占营业收入比例 13.7% .....	21
图 25: 直觉外科公司 ROE 维持较高水平 .....	21
图 26: 直觉外科公司保持较高销售毛利率和销售净利率 .....	21
图 27: 直觉外科公司专利公布数量数近年快速增长 .....	23
图 28: 美敦力 Hugo 手术机器人覆盖泌尿外科、妇科疾病手术治疗 .....	24
图 29: 全球腹腔镜手术机器人行业保持高速增长, 预计 2026 年市场达 180.1 亿美元 .....	24
图 30: 中国腹腔镜手术机器人行业保持高速增长, 预计 2026 年市场达到 150.5 亿元 .....	25
图 31: 骨科手术机器人实现精确导航定位为医生手术提供便利 .....	26
图 32: 导航系统是骨科手术机器人关键组成之一 .....	26
图 33: 全球骨科手术机器人行业保持高速增长, 预计 2026 年市场达 46.9 亿美元 .....	27
图 34: 全球泛血管手术机器人行业保持高速增长, 预计 2026 年市场达 16.1 亿美元 .....	29
图 35: 中国泛血管手术机器人行业保持高速增长, 预计 2026 年市场达到 11.7 亿元 .....	29
图 36: Hominis 机器人可实现无痕手术 .....	30
图 37: 全球经自然腔道手术机器人行业保持高速增长, 预计 2026 年达 17.9 亿美元 .....	30
图 38: 中国经自然腔道手术机器人行业保持高速增长, 预计 2026 年达 8.4 亿元 .....	31
图 39: 经皮穿刺手术机器人可实现快速获取组织样本 .....	32
图 40: 全球经皮穿刺手术机器人行业保持稳定增长, 预计 2026 年达 14.9 亿美元 .....	32
图 41: 中国经皮穿刺手术机器人行业保持高速增长, 预计 2026 年达 17.1 亿元 .....	33
图 42: 公司旗舰产品为图迈、蜻蜓眼三维电子腹腔镜及鸿鹄骨科手术机器人 .....	34
图 43: 微创机器人产品线覆盖五大手术专科领域 .....	34
图 44: 微创机器人公司研发支出快速增长 .....	35
图 45: 微创机器人公司处于发展早期, 仍未盈利 .....	35
图 46: 威高手术机器人由医生操作台、患者操作台、手术器械等组成 .....	35
图 47: 威高“妙手 S”手术机器人实现远程手术 .....	36
图 48: 天玑骨科手术机器人实现脊柱外科手术治疗 .....	37
图 49: 天智航营收稳定增长, 年复合增速 25.4% .....	37
图 50: 天智航扣非后归母近利润表现亏损 .....	37
图 51: 天智航研发支出维持高速增长 .....	37
图 52: 天智航手术机器人销售毛利率保持高位 .....	37
图 53: 润迈德医疗研发管线丰富 .....	38
图 54: 打造血管介入手术机器人是润迈德医疗未来五年目标 .....	39
图 55: 润迈德医疗营收 2021 年较大增长 .....	39
图 56: 润迈德扣非后净利润表现为亏损增大 .....	39
图 57: 润迈德研发支出稳步提升 .....	40
图 58: 润迈德销售毛利率维持高位 .....	40

图 59: 堃博医疗产品用于肺部疾病的热蒸汽能量消融.....	40
图 60: 堃博医疗产品线丰富, 覆盖大多数肺部疾病 .....	41
图 61: 堃博医疗营收高速增长, 2022 年预计 1896 亿元.....	41
图 62: 堃博医疗扣非后净利润表现为亏损 .....	41
图 63: 堃博医疗 2021 年研发支出提升 .....	42
图 64: 堃博医疗销售毛利率保持高位 .....	42
表 1: 手术机器人应用场景丰富 .....	5
表 2: 手术机器人优势明显 .....	6
表 3: 使用手术机器人有利于精简手术医护人员 .....	6
表 4: 骨科手术机器人手术时间和住院时间少于传统手术.....	6
表 5: 骨科手术机器人费用少于传统手术 .....	6
表 6: 腹腔镜机器人组术后并发症少于腹腔镜组 .....	7
表 7: 腹腔镜机器人组术后住院时间明显少于腹腔镜组 .....	7
表 8: 腹腔镜机器人医疗费用略高于腹腔镜组 .....	7
表 9: 手术机器人关键技术构筑高行业壁垒 .....	8
表 10: 全球手术机器人的历史及预测年复合增长率均超 20% .....	11
表 11: 中国手术机器人的历史及预测年复合增长率均超 35%, 远超全球增速.....	12
表 12: 手术机器人行业支持政策频出 .....	14
表 13: 京沪将手术机器人纳入医保 .....	15
表 14: 国内手术机器人行业融资火热(截至 2021 年 12 月) .....	16
表 15: 达芬奇手术机器人适用术式广泛 .....	22
表 16: 达芬奇手术机器人系统代次加速 .....	22
表 17: 国产腹腔镜手术机器人注册审批进展较快 .....	25
表 18: 骨科手术机器人主要应用在关节和脊柱外科领域.....	26
表 19: 骨科手术机器人关键技术为图像与规划、导航配准、目标跟踪.....	27
表 20: 脊柱外科和关节置换领域手术机器人竞争激烈.....	28
表 21: 泛血管手术机器人关键技术为机械装置与控制、图像导航和力反馈技术.....	28
表 22: 泛血管手术机器人公司处于早期发展阶段 .....	29
表 23: 经自然腔道手术机器人以海外公司为主 .....	31
表 24: 国内经皮穿刺手术机器人市场由进口品牌主导.....	33
表 25: 受益标的 .....	42



## 1、手术机器人行业壁垒高，替代传统手术正当时

### 1.1、临床需求：手术机器人适用大多数临床手术应用场景，优点众多

手术机器人是将机器人技术应用在医疗领域，根据医疗领域的特殊应用环境和医患之间的实际需求，编制特定流程、执行特定动作，然后把特定动作转换为操作机构运动的设备。手术机器人集成了医学、材料学、自动控制学、数字图像处理学、生物力学、机器人学等诸多学科为一体的新型交叉科学。从临床医学应用角度可将手术机器人分为腔镜手术机器人、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它手术机器人（如神经外科手术机器人）。一般情况下，手术机器人可实现遥控操作，主刀医生控制主端，机械臂为从端，主端控制进入人体体内的从端进行手术操作，通过配套的实时成像系统进行实时手术操作。

表1：手术机器人应用场景丰富

分类	应用场景
腔镜手术机器人	可进行广泛类型的手术，例如泌尿外科、妇科、胸外科及普外科手术。腔镜令外科医生的视线可延伸至病人的体内，而机械臂则模仿其双手以握住及指示腔镜及手术器械。
骨科手术机器人	骨科手术机器人用于协助骨科手术，例如关节置换手术及脊柱手术中的螺钉内固定手术。骨科手术机器人提供更佳的手术区域影像、对健康骨头的损伤性较低及更快康复。
泛血管手术机器人	泛血管手术机器人是辅助医生远程控制导管导丝进行手术的机电系统，主要用于治疗心脏、外周血管系统及脑部中的血管或相关器官疾病。
经自然腔道手术机器人	将有关手术器械通过人体自然腔道送达手术区域，并可控制其进行诊断或手术的机器人，可用于检查肺、肠及胃等手术。
经皮穿刺手术机器人	经皮穿刺手术机器人主要收集组织样本用作诊断用途，例如早期肺癌、乳腺癌及前列腺癌的检测。此外，经皮穿刺机器人亦用于某些治疗程序，例如经皮肾镜取石术，该手术通过在患者背部的切口去除肾结石。

资料来源：微创机器人招股书、开源证券研究所

相对于开放手术及传统微创手术，手术机器人克服了众多限制。开放手术有创口大、手术时间长、失血量大、感染率高、术后留痕等缺点。传统微创手术也因为缺少机器辅助，影响自然手眼的协调和灵活度，手术过程中手部的生理震颤很容易通过硬性工具传递，大大限制了手术的精细程度。手术机器人自诞生以来，被寄予厚望。对比之下，手术机器人具有以下优点：(1) **微创操作，减少伤口及术后并发症**。机器人微创手术一般切口较小，大幅减少手术失血量和术后并发症风险，病人恢复期短。

(2) **灵活的机械臂可实现高度复杂手术操作**。手术机器人机械臂通常可实现6个自由度的操作，通过算法处理，医生通过操作机械臂实现设备的细微运动，提高了手术的精准度及稳定性。(3) **三维高清成像系统**。手术机器人提供的三维高清图像使手术领域有自然视觉景深，使得操作医生手术视野放大，从而精准的进行组织识别和区分组织层次。(4) **震颤滤除功能**。手术机器人通过计算机算法自动过滤外科医生手部固有的震颤，降低操作失误的风险。(5) **缩短医生的学习曲线及术中疲惫**。机器人微创手术允许外科医生直观地操作器械，辅以本身具备的震颤过滤、三维高清图像及高灵活度的特点，大大缩短了外科医生的学习曲线，通常仅需要完成20台手术就可成为认证的手术机器人操作医生。(6) **减少辐射及暴露风险**。手术机器人带有可指示植入物放置位置的光学导航系统，大幅减少X光片的使用，从而减少医生的辐射暴露伤害。同时还能避免医生和病人的直接接触，减少手术医生感染（如乙肝、艾滋病等）的风险。(7) **加速医院运营周转，提升医务人员效率，降低患者治疗及预后负**

担。

**表2：手术机器人优势明显**

特点	开放手术	传统微创手术	机器人微创手术
成像方式	裸眼	二维成像	三位成像
进行复杂手术的能力	5	3	5
手术结果的稳定性	3	3	5
操作精准	4	3	5
高灵活度	3	2	5
震颤滤除的器械运动	1	1	5
伤口创面小且恢复快	1	4	5
出血少且术后并发症少	2	4	5
降低外科医生疲惫	2	2	4
减少辐射暴露	1	1	5

注：1→5 表示优势较少→优势较多

资料来源：微创医疗招股说明书、开源证券研究所

在手术效率及人员配备方面，使用手术机器人可以节省手术时间，最大限度的减少了操作人员数量，提升医生效率。甚至完成一台高难度的外科手术只需要外科医生、麻醉师及护士各一名。以达芬奇手术机器人为例，作为当今最先进的微创外科治疗平台，它使外科手术的精度超越了人手的极限，经过精密仪器计算过的每一步操作使手术更加有保障地顺利进行。

**表3：使用手术机器人有利于精简手术医护人员**

传统腹腔镜手术	腹腔镜手术机器人
主刀医师 1 人	主刀医师 1 人
第一助手	助手 1 人
第二助手	麻醉师 1 人
麻醉师 1 人	手术中巡回护士或器械护士 1 人
手术中巡回及器械护士 2 人	

资料来源：好大夫网、开源证券研究所

在住院平均时间和手术费用方面，对比传统手术治疗股骨胫骨骨折，运用某品牌骨科手术机器人具有治疗手术时间、术后住院时间及总住院时间短，住院总费用、药物治疗费用低，直接疾病经济负担轻等优势。

**表4：骨科手术机器人手术时间和住院时间少于传统手术**

组别	手术时间 (d)	术后住院时间 (d)	平均住院时间 (d)
手术机器人组	65.65±13.06	6.65±2.27	10.13±3.01
传统手术组	78.48±14.62	8.15±4.67	12.11±6.84

数据来源：《骨科临床与研究杂志》、开源证券研究所

**表5：骨科手术机器人费用少于传统手术**

组别	住院总费用 (元/例)	药物治疗费用 (元/例)
手术机器人组	37671.93±5992.90	8367.95±3337.64
传统手术组	44455.62±26046.98	10220.80±6422.81

数据来源：《骨科临床与研究杂志》、开源证券研究所

再如腹腔镜手术费用和效果方面，达芬奇手术机器人在食管癌复杂手术方面较传统开放手术和腔镜手术有明显优势，腔内缝合更加简便省时，极大降低其操作难度，手术安全性明显增加，而医疗费用并未大幅增加。具体来看，术后吻合口瘘发生率、术后肺炎发生率、术后重返重症监护室发生率均低于腔镜组。

**表6：腔镜机器人组术后并发症少于腔镜组**

组别	例数	术后吻合口瘘 (%)	术后肺炎 (%)	术后重返 ICU (%)
机器人组	65	4.6	9.23	6.15
腔镜组	112	7.1	10.7	8.03

数据来源：《中国医学装备》、开源证券研究所

手术机器人平均住院时间为 13.3 天，而腹腔镜组平均住院时间为 15.5 天，表明机器人组患者住院天数明显优于腔镜组。

**表7：腔镜机器人组术后住院时间明显少于腔镜组**

组别	例数	住院最短时间 (d)	住院最长时间 (d)	平均住院时间 (d)
机器人组	65	8	32	13.3
腹腔镜组	112	9	53	15.5

数据来源：《中国医学装备》、开源证券研究所

达芬奇机器人手术患者平均住院费用为 12.2 万元/例，腔镜手术患者平均住院费用为 11.08 万元/例。因达芬奇手术机器人手术与腔镜手术相比更加精准，创伤更小，每例达芬奇手术机器人手术平均住院费比腔镜手术高 1.12 万元，增长率为 10%。达芬奇手术机器人在患者整体费用并未大幅增长的基础上降低了腔镜手术难度、减小创伤、提升了手术质量。海外，Briony K. Varda 等人在《Journal of Pediatric Urology》上发表的研究成果表明，对美国 2003-2015 年间，利用开放、腹腔镜和机器人进行的 11,899 例儿科肾盂成形术进行统计，其中 75% 开放、10% 腹腔镜和 15% 机器人。通过对比，开放手术费用平均中位数为 10,817 美元，手术机器人费用平均中位数为 11,877 美元，绝对差异仅为 1,060 美元。

**表8：腔镜机器人医疗费用略高于腔镜组**

组别	例数	医用耗材费用 (万元/例)	总住院费用 (万元/例)	医用耗材费用占比
机器人组	65	2.46	12.2	20.16%
腔镜组	112	1.9	11.08	17.14%

数据来源：《中国医学装备》、开源证券研究所

## 1.2、技术壁垒：手术机器人结构复杂，具备较高的行业壁垒

手术机器人一般是由三部分组成，包括患者侧手推车、三维高清影像系统和外科医生控制台，与一系列器械和配件兼容使用。患者侧手推车一般由 3-4 个机械臂和基座组成。其中，两个机械臂分别替代医生的左手和右手。第三个机械臂可安装腔镜，可在体内移动、传输实时影像。第四个机械臂可作为辅助进行若干复杂的额外工作，扩大手术能力。机械臂可由外科医生操作控制台上的控制器和脚踏式开关协同控制。三维高清影像系统主要由显示器、图像处理器、光缆电源、三维电子腹腔镜内窥镜组成。显示器用于控制系统设置和手术部位实时影像的显示，图像处理器用于处理加工实时影像，光缆电源用于提供手术部位照明，三维电子腹腔镜内窥镜在腔镜顶端装有高清摄像头，包括双物镜，可提供具有自然景深的图像。一般情况下内窥镜镜头设计为广角视野，可提供高达 15 倍的电子光学放大效果。

图1：手术机器人构成复杂



资料来源：Healthcare 网

手术机器人融合了机器人学、机构学、机械学、生物力学、医学、智能材料、计算机视觉等多种学科。考虑到微创外科手术机器人设计过程中的复杂度、精确性和安全性，众多技术被使用到手术机器人的设计制当中，其中**力反馈技术、精密运动控制技术、控制系统结构与控制方法**是影响手术机器人性能的关键技术。这些技术的应用使得微创手术机器人系统具有比传统手术具有精度高、灵活性好、操作直观性好、安全性高等优势。

表9：手术机器人关键技术构筑高行业壁垒

名称	要点
机器人本体构型设计	主要为机械约束式 RCM 结构（RCM，远程运动中心），末端手术器械设计具备高灵活度、结构轻巧、操作便捷，且方便做无菌化处理的特性，主要是采用刚性离散体手术器械和连续体手术器械两大类。
操作手臂构型设计和结构设计	微创外科手术从操作手臂构型主要分为分体式和一体式、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。
力反馈技术	力感知：直接测量技术以及间接估算的方法，需要建立精确的数学模型（包含动力学和摩擦力等因素）。力反馈：直接反馈和感知替代直接反馈即通过触觉反馈装置将采集到的力信息通过物理接触方式直接作用到操作者的手上。
精密运动控制技术	包括直角坐标控制和关节坐标控制，传统的控制方法例如 PID（比例-积分-微分）控制由于其结构简单、实时性好、鲁棒性好，且计算量小，在工业中得到了广泛应用。现代控制方法代表性的有滑模控制、自适应控制、最优控制等。智能控制方法是將一些智能算法加入到控制系统中，代表性的有模糊控制、神经网络控制、专家控制、学习控制等。
手术导航技术	AR 手术导航技术将组织表面下的重要解剖结构可视化后实时配准到内窥镜视野中，以提高手术的准确性和安全性。
图像导航系统	如磁共振血管造影（MRA）和计算机断层扫描血管造影（CTA）可用于三维血管重建等。
控制系统结构与控制方法	控制系统结构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。

资料来源：CNKI、开源证券研究所

随着外科医学技术革命的发展，使得外科手术朝着微创、精准、智能化方向迈进。手术机器人未来朝着几个方向发展：**（1）小型化和轻型化**。研究结构紧凑、小巧、模块化的新型从操作手臂，在保持较大运动空间的基础上，使其具有较好的刚度及较高的运动分辨率，满足微创手术需要。**（2）远程医疗**。随着 5G 通讯技术、全息影像



技术、新电子技术和计算机多媒体技术的快速发展，将使得微创外科手术机器人的远程医疗技术成为其未来发展的趋势。远程微创外科手术机器人技术可以实现远程外科手术，打破地域限制，使社会医疗资源得到充分共享。(3) **多感知信息融合**。基于传感器技术、医学图像信息技术、虚拟现实技术的发展，多感知信息人机交互控制技术成为未来发展趋势，使操作者能够获取临床手术视觉、力觉、触觉等信息，增强医生实施手术临场感。(4) **智能化控制技术**。基于视觉信息的手术器械自动跟踪技术、基于先验知识的器官运动跟踪与补偿技术、基于虚拟导向和安全屏障的自动导航技术以及基于医疗机器人局部自主作业技术能够提升微创外科手术机器人的智能程度，进一步提高机器人微创外科手术的有效性和安全性，最大限度地减轻操作者的劳动强度。

### 1.3、进化路径：新技术革命带来手术机器人行业无限潜力

1985 年，PUMA560 首次应用于临床手术标志着手术机器人行业的诞生，该机器人可更精准地进行神经外科活检。2000 年直觉外科公司开发达芬奇手术机器人获 FDA 批准，在此后 10 年时间里几乎垄断了全球腹腔镜手术机器人市场，包括前列腺癌手术、心脏瓣膜修复及妇科手术等领域的应用。除了腹腔镜手术机器人，其它领域手术机器人在 2010 年后开始涌现，如 MAKO 骨科机器人成为行业的代表性产品，主要用于脊柱、关节置换等手术。未来，随着 5G 通讯技术、人机交互技术、人工智能等先进技术应用于手术机器人领域，有望实现更高手术精准度、灵敏度及智能远程控制，覆盖更多的临床应用场景。

图2：手术机器人行业受益于技术创新，正迈向繁荣



资料来源：微创机器人招股书

### 1.4、商业模式：手术机器人收入多样化，耗材和维护费用占比大

手术机器人业务收入主要包括系统、耗材和服务。系统收入指手术机器人的销售收入。耗材收入包含镊子、剪刀、超声手术刀及无菌保护罩等销售收入，仅能使用有限次数。服务收入指提供维护、培训和其他售后服务的收入。耗材以及服务收入非常可观，且比系统收入具有更高的利润率，随着新机量的增加，耗材服务预期会保持快速增长。

手术机器人商业模式：

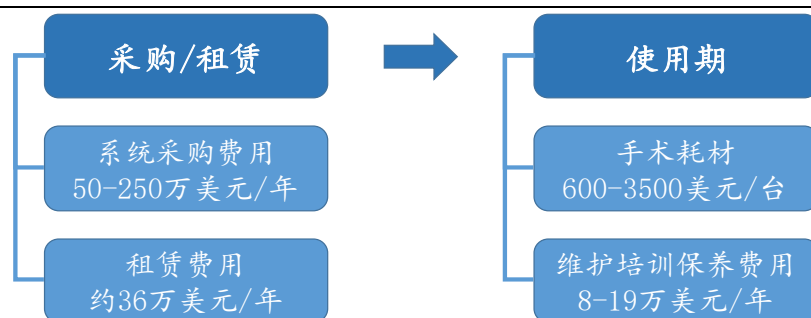
(1) 系统销售=出货量\*系统单价

(2) 耗材销售= (上年系统保有量+新增系统出货量-淘汰系统量) \*单系统手术量\*手术耗材均价

(3) 维修服务= (上年系统保有量+新增系统出货量-淘汰系统量) \*维修服务费均价

以直觉外科为例，根据公司 2020 年报，在初期，公司系统费用为 50-250 万美元，近三年系统租赁价均价为 36 万美元/年。中后期，在持续 10-15 年的时间段里，手术耗材费用为 600-3500 美元/台，维修培训保养等费用为 8-19 万美元/年。公司在销售系统初期就与客户签订维修及培训服务协议，该协议一般 3-4 年更新。通过初期销售或者租赁的方式公司可以一次性完成渠道铺货，后期以耗材销售和维修服务的方式持续为公司创造可观收入。总体来看，耗材销售及维修服务费用相对系统收入更具有可持续性。

**图3：达芬奇手术机器人后期使用费用可持续性高**



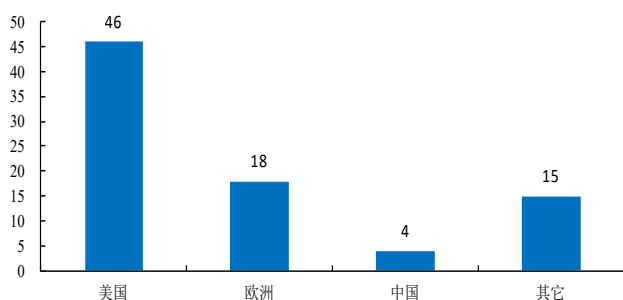
资料来源：直觉外科公司年报、开源证券研究所

## 2、手术机器人市场前景广阔，国内处于行业发展早期

### 2.1、全球手术机器人发展迅猛，腔镜和骨科是主要临床应用领域

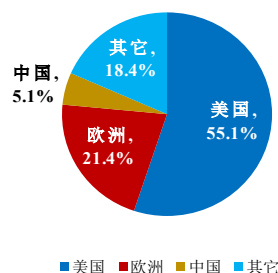
根据 Frost & Sullivan 报告，2015-2020 年，全球手术机器人市场规模从 30 亿美元增加到 83.2 亿美元，复合增长率为 22.6%。2020 年全球手术机器人前三大市场分别为美国、欧洲和中国，分别占据 55.1%、21.4%和 5.1%。中国患者基数庞大，需要使用手术机器人进行微创手术的手术量庞大，然而 2020 年中国手术机器人市场规模仅为 4 亿美元，显著低于美国及欧盟市场，具有较大成长空间。

**图4：2020 年全球手术机器人销售额美国一马当先，中国等新兴市场有望追赶（单位：亿美元）**



数据来源：Frost & Sullivan、开源证券研究所

**图5：2020 年全球手术机器人市场份额欧美占比高，中国等新兴市场有望追赶**



数据来源：Frost & Sullivan、开源证券研究所

根据 Frost & Sullivan 的预测，全球手术机器人市场 2020-2026 年预估复合增长

率为 26.2%。按照细分市场来看，腔镜手术机器人手术机器人占据最大的市场份额，可用于包括泌尿外科、妇科、胸外科及普外科手术等领域。骨科手术机器人增速较快，受人口老龄化影响，关节炎患者数量逐年增加，导致关节置换机器人手术需求量增长。其它如泛血管、经自然腔道及经皮穿刺手术机器人日益普及，都将带来行业提速。

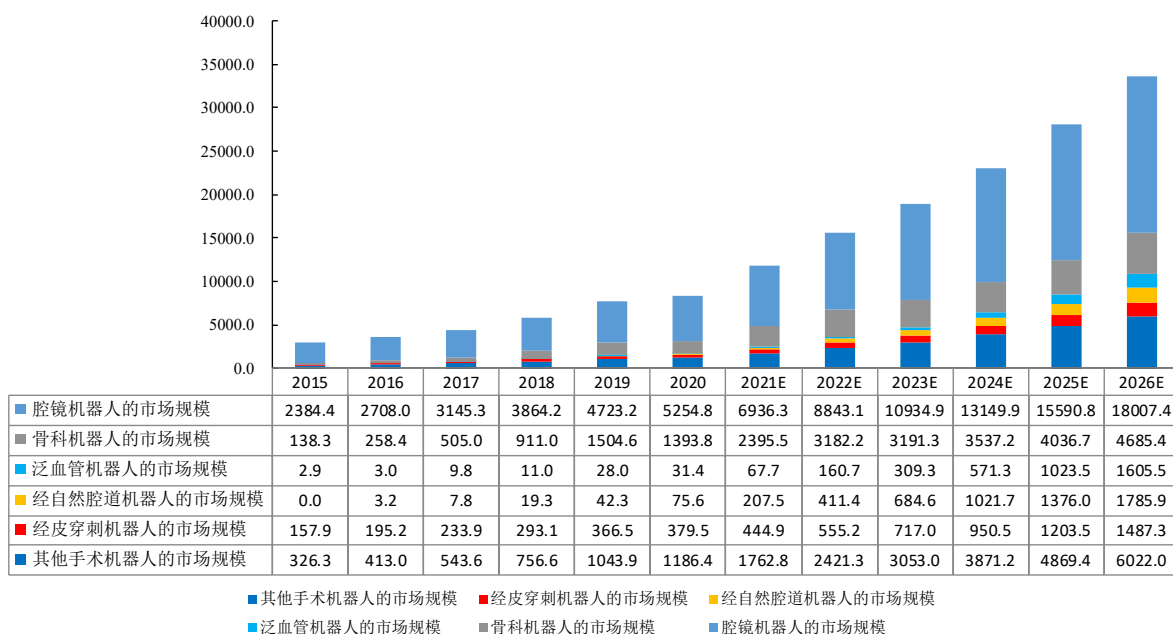
**表10：全球手术机器人的历史及预测年复合增长率均超 20%**

复合年增长率	2015 年至 2020 年	2020 年至 2026 年（估计）
手术机器人整体市场	22.6%	26.2%
腔镜机器人市场	17.1%	22.8%
骨科手术机器人市场	58.7%	22.4%
泛血管手术机器人市场	61.4%	92.6%
经自然腔道手术机器人市场	不适用	69.4%
经皮穿刺手术机器人市场	19.2%	25.6%
其他手术机器人市场	29.5%	31.1%

数据来源：Frost & Sullivan、开源证券研究所

2020 年全球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，两者占据 80% 市场份额，腔镜和骨科在未来仍是手术机器人的主要发展领域。预计到 2026 年腔镜和骨科手术机器人市场分别为 180.1 亿美元和 46.9 亿美元，总市场规模将达到 336 亿美元。

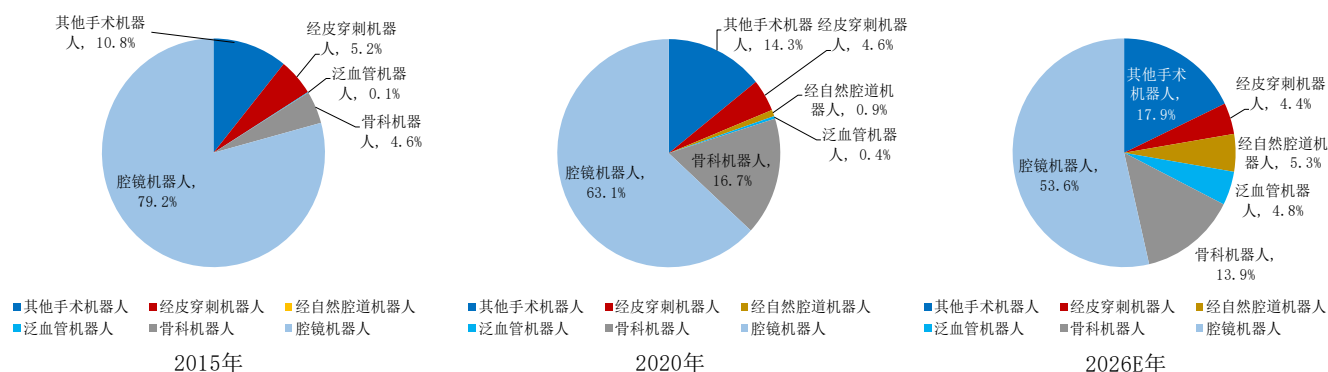
**图6：全球手术机器人 2026 年预测市场规模将达到 336 亿美元，腔镜和骨科机器人占主导（单位：百万美元）**



数据来源：Frost & Sullivan、开源证券研究所

同时，通过统计 2015-2026 年不同种类手术机器人占比情况，我们发现全球泛血管手术机器人及经自然腔道手术机器人市场占比快速扩大，相关领域公司值得重点关注。

图7：2015-2026 年，全球泛血管手术机器人及经自然腔道手术机器人市场占比快速扩大



数据来源：Frost & Sullivan、开源证券研究所

## 2.2、国内手术机器人未来渗透率有望迅速提升

中国手术机器人行业处于早期发展阶段，增长潜力较大。根据 Frost & Sullivan 的数据,2020 年国内手术机器人市场基数为 4 亿美元,2015-2020 年复合增速 35.7%，至 2026 年预期年复合增速 44.3%，达到 38 亿美元。按细分市场来看，2020 年腔镜手术机器人和骨科手术机器人占市场主导，分别占比 60.7%和 10.1%。2020 年 7 月，国家卫健委发布《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》，显示 2018 年至 2020 年间向国内医疗机构销售 225 台腔镜手术机器人，相对 2018 年以前增速加快。Frost & Sullivan 显示中国手术机器人市场的历史及预测增长如下：

表11：中国手术机器人的历史及预测年复合增长率均超 35%，远超全球增速

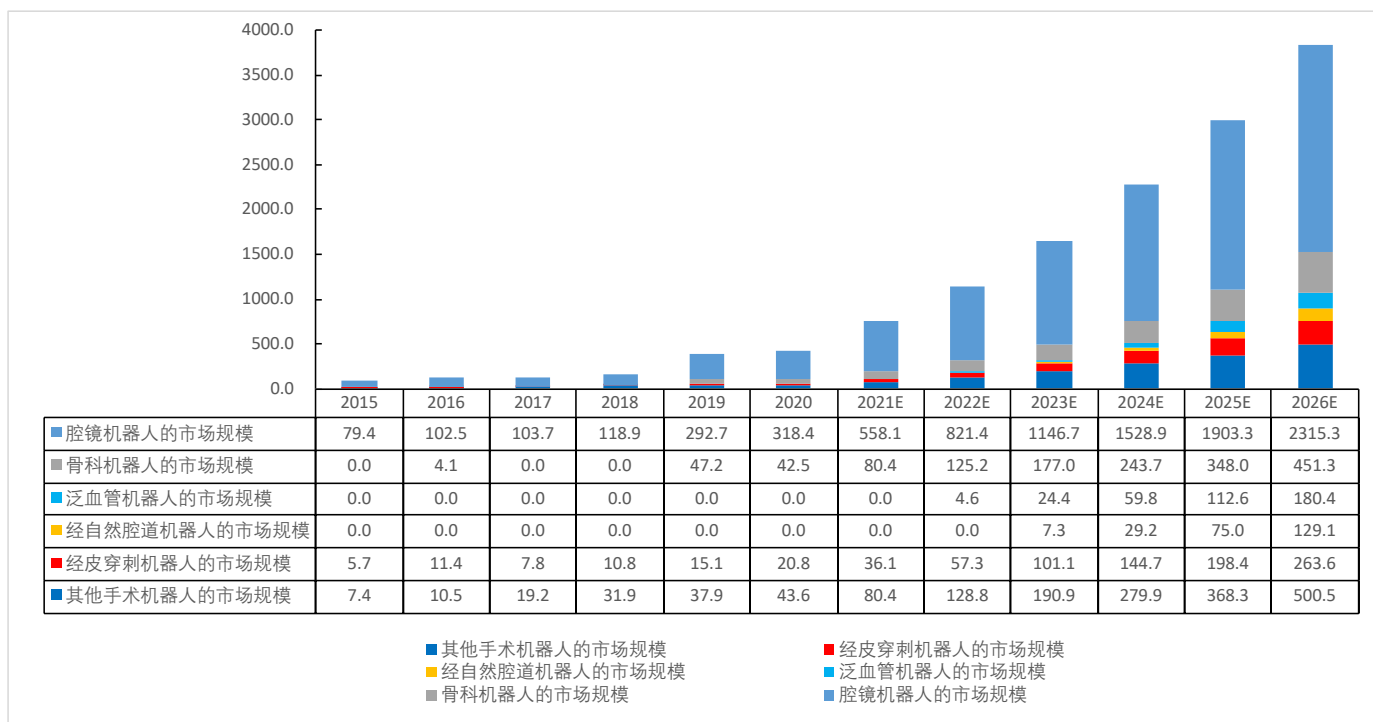
复合年增长率	2015 年至 2020 年	2020 年至 2026 年（估计）
手术机器人整体市场	35.7%	44.3%
腔镜机器人市场	32.0%	39.2%
骨科手术机器人市场	不适用	48.2%
泛血管手术机器人市场	不适用	不适用
经自然腔道手术机器人市场	不适用	不适用
经皮穿刺手术机器人市场	29.5%	52.7%
其他手术机器人市场	42.6%	50.2%

数据来源：Frost & Sullivan、开源证券研究所

2020 年中国腔镜手术机器人市场规模 3.2 亿美元，骨科手术机器人市场规模 0.4 亿美元，腔镜和骨科在未来仍占据主要市场。



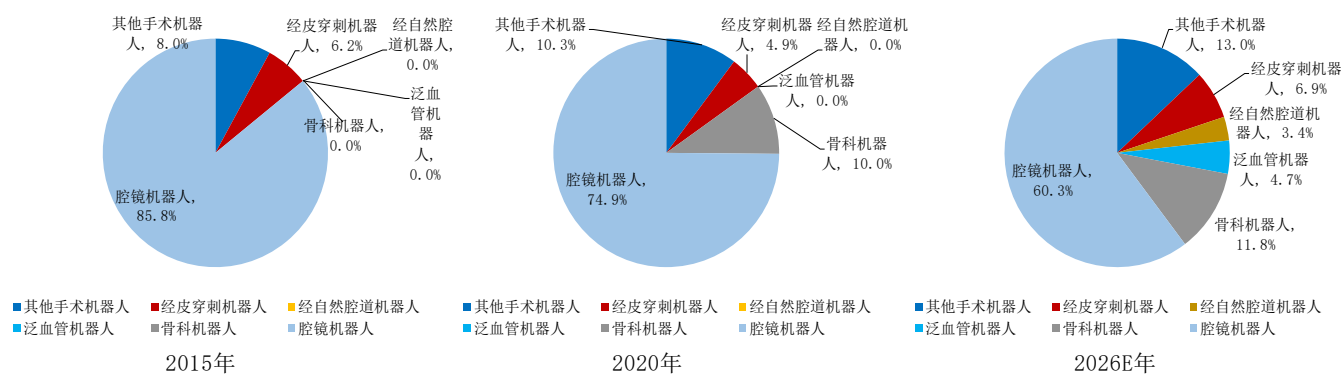
图8：中国手术机器人 2026 年预测市场规模将达到 38 亿美元，腔镜和骨科机器人占主导（单位：百万美元）



数据来源：Frost & Sullivan、开源证券研究所

同时，通过统计 2015-2026 年不同种类手术机器人占比情况，显示中国泛血管手术机器人及经自然腔道手术机器人市场占比快速扩大。与全球情况不同的是，2020-2026 年中国骨科机器人占比仍略微增加，国内该赛道参与者众多，产生优质公司的可能性较大，相关公司值得重点关注。

图9：2015-2026 年，中国骨科、泛血管、经自然腔道机器人占比快速扩大



数据来源：Frost & Sullivan、开源证券研究所

## 2.3、手术机器人产业支持政策持续加码，助力行业供需扩容

2015 年以来，国家大力支持创新医疗器械发展，医用机器人等高性能诊疗设备被列入重点支持方向。大型医疗器械采购一般有明确的配置规划，如《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。随着国产品牌的崛起，配置有望加速。

表12：手术机器人行业支持政策频出

发布机构	发布时间	文件	要点
国务院	2015 年 5 月	国务院关于印发《中国制造 2025 的通知	要重点发展医用机器人等高性能诊疗设备，积极鼓励国内医疗器械创新。
国务院	2016 年 3 月	《关于促进医药产业健康发展的指导意见》	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。
国家发改委	2017 年 1 月	《战略性新兴产业重点产品和服务指导目录》(2016 版) 征求修订意见	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；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。
工信部和卫健委	2017 年 5 月	《关于组织创建骨科手术机器人应用中心的通知》	<b>号召国内各大医院引进骨科手术机器人。</b>
国家发改委	2017 年 12 月	《高端医疗器械和药品关键技术产业化实施方案 (2018-2020 年)》	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。
国家发展改革委、工业和信息化部、中央网信办、教育部等 15 部委	2019 年 11 月	《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》	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。这一实施意见的发布， <b>简化了手术机器人购置审批流程，放宽了采购限额，从医院端让手术机器人得以快速的推广使用。</b>
工信部	2021 年 2 月	《医疗装备产业发展规划 (2021-2025)》	提出“推进手术机器人在重大疾病治疗中的规范应用”。
国务院	2021 年 6 月	《国务院关于深化“证照分离”革进一步激发市场主体发展活力的通知》	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。
北京市医保局、北京市卫健委以及北京市人力资源和社会保障局	2021 年 8 月	《关于规范调整物理治疗类等医疗服务价格项目的通知》	<b>从 2021 年 10 月 23 日起，将“机器人辅助骨科手术”作为辅助操作纳入北京医保支付目录。</b>
工业和信息化部等 10 部委	2021 年 12 月	《“十四五”医疗装备产业发展规划》	<b>攻关智能手术机器人，加快突破快速图像配准、高精度定位、智能人机交互、多自由度精准控制等关键技术。</b>

资料来源：各部委网站、开源证券研究所

2021 年 2 月工信部发布的《医疗装备产业发展规划 (2021-2025)》征求意见稿，鼓励有条件的地方对相关医疗装备在医保支付、收费定价等方面先行尝试，推动手术机器人产品的推广和应用。2021 年 4 月上海公布将达芬奇手术机器人纳入医保收费，项目限制在肾部分切除术、前列腺根治术、子宫全切术和直肠癌根治术四种。2021 年 8 月，北京将天智航机器人手术纳入医保，且不限报销的手术种类。与上海政策不同，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，极大扩展了手术机器人应用领域，更多的患者和手术机器人厂商可从中获益。我们预计这类地方政策在其它地区存在较大推广可能性。

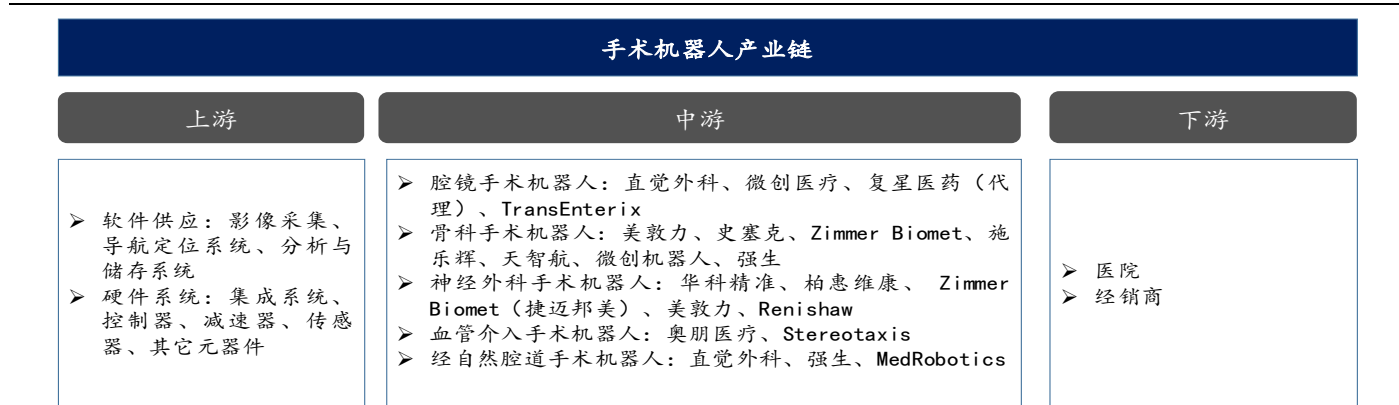
表13：京沪将手术机器人纳入医保

地域	时间	收费标准	医保范围
上海	2021 年 4 月	纳入医保支付范围，比例	达芬奇手术机器人前列腺根治术、人肾部分切除术、子宫全切术和直肠癌根治术 4 种
北京	2021 年 8 月	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	天智航机器人手术纳入医保，且不限报销的手术种类

资料来源：京沪医保局、开源证券研究所

手术机器人行业经历近 30 年的发展，形成以上游软、硬件为主的供应商，中游机器人设计及生产制造厂家，下游以医院、经销商为主的共生产业链。目前，国产厂家主要集中在中游的手术机器人生产制造环节，腔镜手术机器人和骨科手术机器人领域，上游元器件主要依赖进口，也是《“十四五”医疗装备产业发展规划》重点提及的发展领域，元器件行业的发展一方面增强自主知识产权，另一方面减少海外出口限制风险。下游主要对接医院市场，未来手术机器人配置数额一旦放大，将刺激中游厂家销售放量。

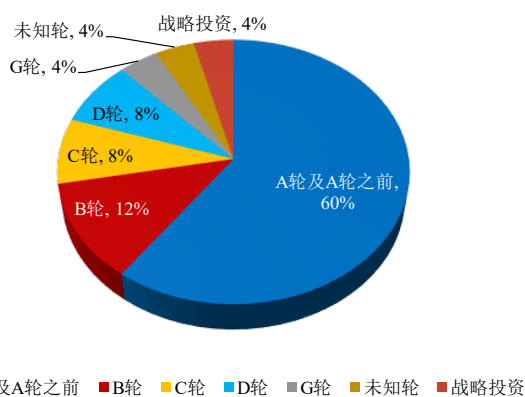
图10：手术机器人中游产业链竞争激烈



资料来源：塔坚研究、开源证券研究所

新工业洞察数据统计，仅 2021 年上半年，手术机器人领域的融资金额近 20 亿美元，A 轮及 A 轮之前的早期融资项目占比 60%，其中也不乏 6 亿美元（CMR Surgical）、1 亿欧元（eCential Robotics）等的大额融资。

图11：2021H1 全球手术机器人领域融资轮次以早期轮次为主



数据来源：新工业洞察、开源证券研究所

鉴于市场和政策推动，国内手术机器人行业近年来蓬勃发展，涌现出一系列创业公司。随着手术机器人早期市场教育完成，国内公司技术创新能力，创新链和产业链的不断完善，微创机器人、天智航、妙手机器人、瑛博医疗、润迈德医疗、柏惠维康等为代表的企业不断为国产手术机器人赛道增砖添瓦。

**表14：国内手术机器人行业融资火热（截至 2021 年 12 月）**

类别	企业	融资日期	当前融资轮次及融资额	最近一轮融资方	NMPA
骨科	爱立峰医疗	2018 年 1 月	天使轮，未披露	深创投	无
	上海锋算（宝葫芦）	2019 年 3 月	Pre-A 轮，千万级人民币	中关村协同创新母基金、茂榕投资、弘晖资本	无
	铸正机器人	2019 年 4 月	A 轮，未披露	博实股份、泰煜投资	无
	<b>天智航</b>	2020 年 7 月	科创板上市，融资 5.04 亿	公开发行	通过
	罗森博特	2021 年 2 月	A 轮，千万级人民币	沸点资本、雅惠精准医疗基金	无
	元化智能	2021 年 3 月	A 轮，2 亿人民币	红衫资本中国、招银国际、深创投	无
	三坛医疗	2021 年 4 月	C 轮，数千万人民币	天堂硅谷、西湖科创直投基金	通过
	键嘉机器人	2021 年 5 月	C 轮，数亿元	LYFE Capital、软银中国、高瓴资本、复星医药	无
	和华瑞博	2021 年 9 月	B 轮，未披露	国投招商、创丰资本、美的集团	无
	鑫君特	2021 年 10 月	B 轮，数亿人民币	软银愿景基金、华泰紫金、创新工场、农银国际、晨兴创投、浩悦资本	无
	龙慧医疗	2021 年 11 月	B 轮，近亿人民币	山蓝资本、国药资本、上海自贸区基金	无
	长木谷	2021 年 11 月	B 轮，5.4 亿人民币	中金启德、IDG 资本、鼎晖投资、元生创投、中关村启航基金、易凯资本	无
	柳叶刀机器人	2021 年 12 月	Pre-A+轮，数千万人民币	浦信健康医疗产业股权投资基金	无
	直观复星	2017 年 5 月	直观医疗和复星医药共同注资 1 亿美元成立（分别占股 60%、40%）		
	术康医疗	2017 年 5 月	天使轮，数百万人民币	紫牛基金、明势资本	无
神经外科	IHS 智触	2019 年 11 月	天使轮，数百万人民币	洪泰智造、元真价值投资	无
	华志微创	2020 年 4 月	B 轮，近亿元人民币	国投创合、联想创投	通过
	柏惠维康	2020 年 12 月	D 轮，4.3 亿人民币	中关村龙门基金、九弦资本、经纬创投、中信建投资本、新鼎资本等	通过
	华科精准	2020 年 12 月	战略融资，数千万人民币	高瓴创投、北极光创投、凯风创投、华创资本	通过
	思哲睿	2017 年 11 月	A 轮，未披露	久有股权基金、深创投	无
腹腔镜	博思思	2018 年 4 月	A 轮，1 亿人民币	德屹资本、瑞华控股、天翼投资	无
	哈工大机器人	2018 年 7 月	B 轮，数亿人民币	盛世景、大正投资集团、国新思创	无
	精锋医疗	2021 年 11 月	C 轮，2 亿美元	博裕资本、淡马锡 Temasek、红衫资本中国等	无
	术锐机器人	2021 年 11 月	B+轮，未披露	美敦力	无
	<b>微创机器人</b>	2021 年 11 月	IPO，14.57 亿港元	公开发行	通过
	康诺思腾	2021 年 11 月	B 轮，5 亿元	礼来亚洲基金、美团龙珠和新世界发展集团、启明创投、清松资本、鲁信创投	无
	威高手术机器人		战略融资，8470 万人民币	威高集团	通过
支气管镜	朗合医疗	2017 年 7 月	A 轮，未披露	协立投资、泰格医药	无
	<b>瑛博医疗</b>	2021 年 9 月	港股上市，15.52 亿港元	公开发行	通过
血管介入	Robocath	2020 年 4 月	C 轮，4000 万欧元	微创医疗（领投）、Supernova Invest、Go Capital	无
	唯迈医疗	2021 年 4 月	D 轮，3 亿人民币	清池资本、苏州隆门创投、朗玛峰创投等	通过
	奥朋医疗	2021 年 8 月	B 轮，近亿人民币	保利资本、浩悦资本	无



歌锐手术机器人	2021 年 9 月	天使轮，数千万元	英诺天使基金	无
润迈德医疗	2021 年 12 月	D 轮，近亿美元	平安资本、Seresia Asset Management、Lighthouse Canton	无

资料来源：IT 桔子、动脉网、生辉、开源证券研究所

## 2.4、直觉外科公司（ISRG）的启示：坚持创新，不断适应新的临床需求

### 2.4.1、发展历程：达芬奇手术机器人坚持迭代优化，终成行业标杆

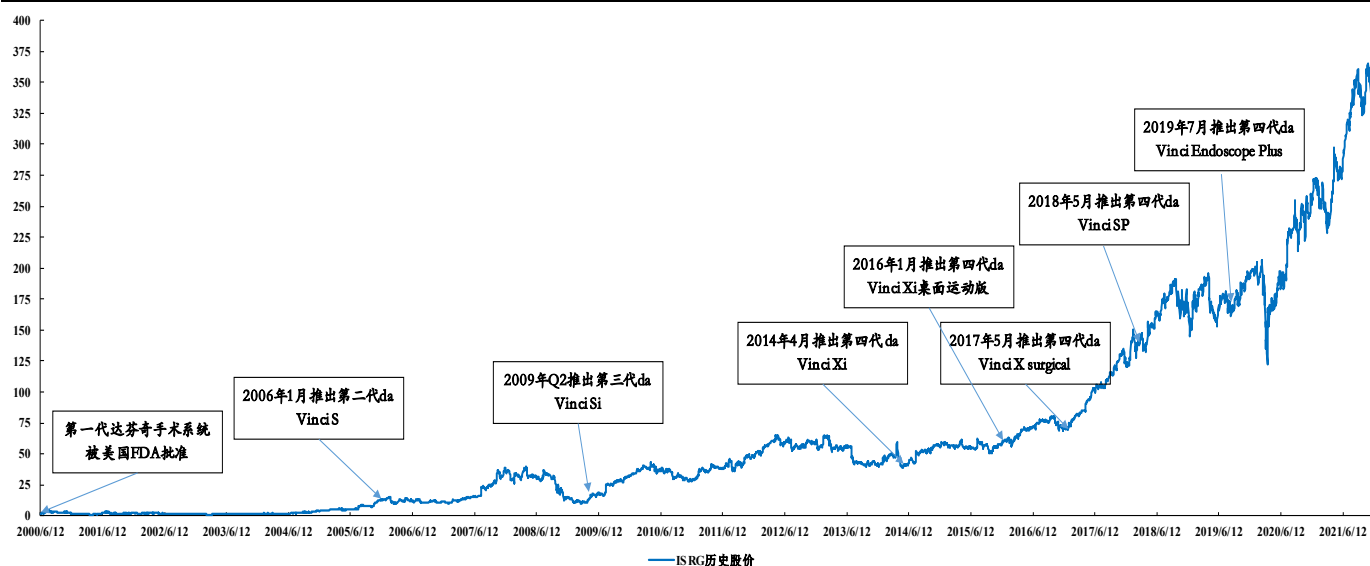
直觉外科公司是全球商业化最成功的手术机器人公司，在腔镜手术机器人领域处于市场垄断地位。手术机器人起源于一项军方技术研究，美国斯坦福研究院（SRI）在 1990 年收到了美国国家卫生研究院的投资，用于研制一项设备系统来改善战地手术条件，降低战争导致的伤亡率。系统早期原型有很多不足的地方，比如手术机械的灵活性，成像的保真度。通过大量的模拟手术实验测试开发了原型机 lenny。1994 年 Fred Moll 博士与 SRI 的协商买下了 lenny 的知识产权，并于 1995 年成立直觉外科公司，专注手术机器人系统开发。自此直觉外科公司通过一系列产品更迭及并购，成为手术机器人行业内的翘楚。

图12：直觉外科公司发展历程成为业内重要参考

1995-1999年	2000-2004年	2005-2013年	2014-至今
创始期	成长期	稳定增长期	快速扩张期
<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 1990年，斯坦福研究院的 Phil Green 和 John Bowersox 开始从事手术机器人研究。</li> <li>➢ 1995 年公司创始人 Frederic Moll 购买达芬奇机器人的知识产权，成立直觉外科公司。</li> <li>➢ 1996年推出第一代达芬奇机器人。</li> <li>➢ 1999年成功研制出第一代达芬奇机器人外科手术系统。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 2000年公司在纳斯达克上市，第一代达芬奇手术系统被美国FDA批准，成为世界第一个机器人腹腔镜手术系统。</li> <li>➢ 2001年FDA批准胸腔手术和前列腺切除术中应用。</li> <li>➢ 2003年，直觉外科并购了最大的竞争对手 Computer Motion，从此奠定了手术机器人细分行业的霸主地位。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 2006年公司第二代系统S系列推出。</li> <li>➢ 2009年公司第三代系统Si系列推出。</li> <li>➢ 2011年推出EndoWrist Vessel Sealer和Firefly荧光成像系统。</li> <li>➢ 2011年，复星医药获得达芬奇机器人的中国独家代理权。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 2014年公司第四代系统Xi系列推出。</li> <li>➢ 2017年公司X型号推出。</li> <li>➢ 2017年与复星医药成立合资公司（直觉外科公司占股60%）。</li> <li>➢ 2018年公司SP型号推出。</li> <li>➢ 2018年进入印度市场。</li> <li>➢ 2019 年收购 Schoelly Fiberoptic 的机器人内窥镜业务。</li> <li>➢ 2020 年收购 Orpheus Medical 公司。</li> </ul>

资料来源：直觉外科公司公告、开源证券研究所

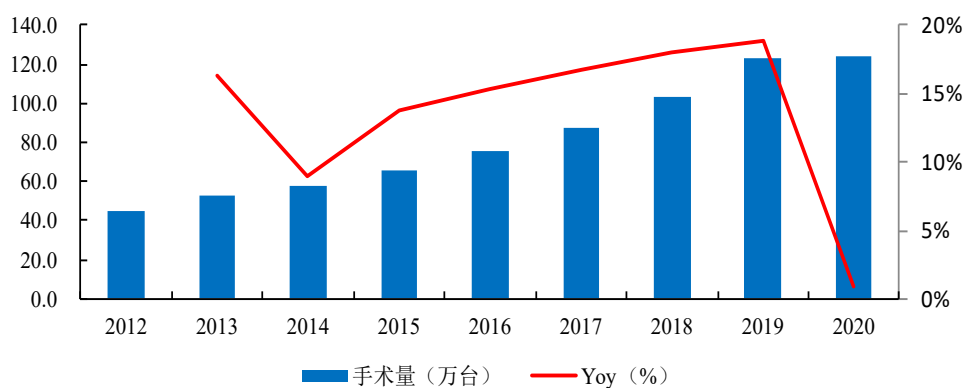
从公司历史股价数据看，随着新一代产品以及同代次不同版本产品的推出，都会带来长时间的股价提振效应，特别是第四代 da Vinci Xi 推出以来，股价上涨幅度达 563.6%。反映出公司产品在日趋受到临床端接受的情况下，销量的增长能获得投资者的长期认可。

**图13：直觉外科公司产品迭代推动股价攀升**


资料来源：Bloomberg、开源证券研究所

#### 2.4.2、财务分析：非系统性收入占比提升，商业模式逐渐优化

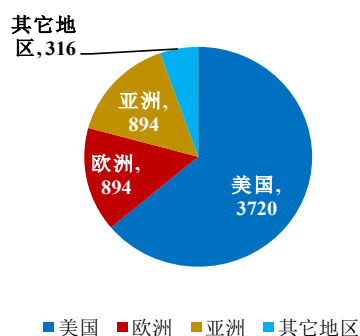
根据公司《2020 年可持续发展报告》，截止 2020 年底达芬奇手术机器人在全球 67 个国家，销售 5989 套手术机器人系统，共完成约 850 万台微创手术，仅 2020 年完成约 124.3 万台手术，平均 25.4 秒开一台达芬奇手术。

**图14：达芬奇当年手术量保持稳定增长，2020 年受疫情影响增速下降**


数据来源：直觉外科公司年报、开源证券研究所

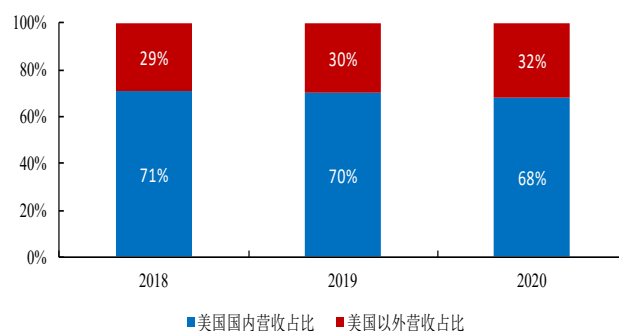
截至 2020 年底，达芬奇手术机器人在美国本土安装量累计 3720 台，全球占比 68%。从历年数据看，美国国内收入占比有下降趋势，亚欧及其它地区营收占比有进一步增长趋势。

图15：达芬奇手术机器人系统主要分布在美国本土



数据来源：直觉外科公司年报、开源证券研究所

图16：直觉外科公司国内营收占比约 7 成



数据来源：直觉外科公司年报、开源证券研究所

截至 2020 年,全球达芬奇手术机器人累计安装量达到 5,989 台,同比增长 7.3%,保持较稳定增速。受疫情后,院内手术业务减少的影响,2020 年达芬奇手术机器人系统安装量下降至 407 台。根据公司最新 2021 年三季报披露,收入增速显著提升至 37.3%,我们认为随着疫情的控制,未来达芬奇手术机器人装机量将得到快速回升。

图17：达芬奇手术机器人累计安装量保持稳定增长



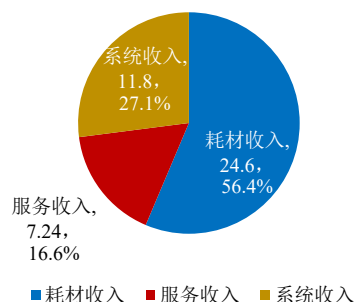
数据来源：直觉外科公司年报、开源证券研究所

图18：达芬奇手术机器人当年安装量 2020 年暂下降



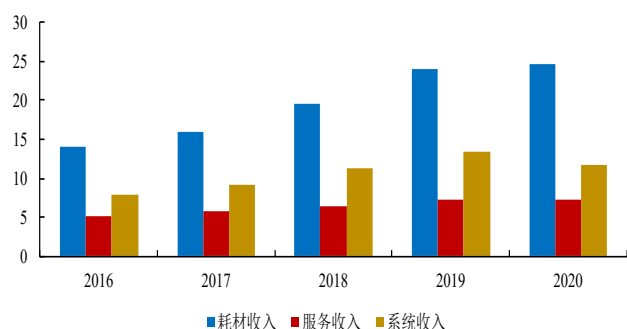
数据来源：直觉外科公司年报、开源证券研究所

达芬奇手术机器人费用包含三部分：系统收入、服务收入和耗材收入。根据系统型号、配制及地域不同，一台达芬奇手术机器人售价为 50-250 万美元之间。系统出售时会与购买方签订服务协议，提供维修保养等服务，年收费在 8-19 万美元之间。手术机械臂每使用 10 次，就需强制性更换，平摊下每台手术的耗材收入在 600-3,500 美元之间。达芬奇手术机器人价格在各地域差别较大，例如 da Vinci X 在美国售价为 250 万美元，考虑进口关税和运输、销售成本等，在中国售价高达 350 万美金。2020 年公司耗材收入为 24.6 亿元，占比 56.4%；服务收入 7.24 亿美元，占比 16.6%；系统收入 11.8 亿美元，占比 27.1%。

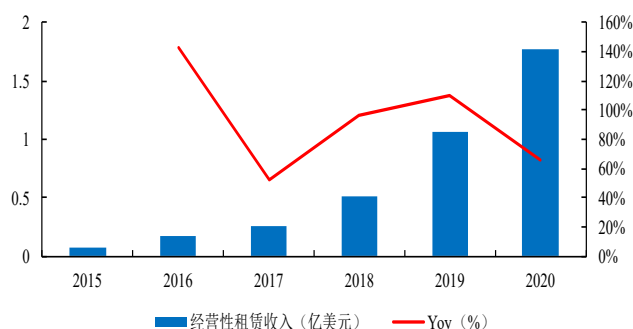
**图19：直觉外科公司耗材收入占比过半（亿美元）**


数据来源：直觉外科公司年报、开源证券研究所

从各项收入占比来看，经常性收入（耗材收入和服务收入）超过七成，成为公司创造营收的主要组成。值得一提的是，达芬奇手术机器人经营性租赁收入近年来显著提升，近三年租赁平均单价为 36 万美元，2015-2020 年复合增长率高达 90.8%，增速远高于其它收入类型，2020 年达到 1.77 亿美元。

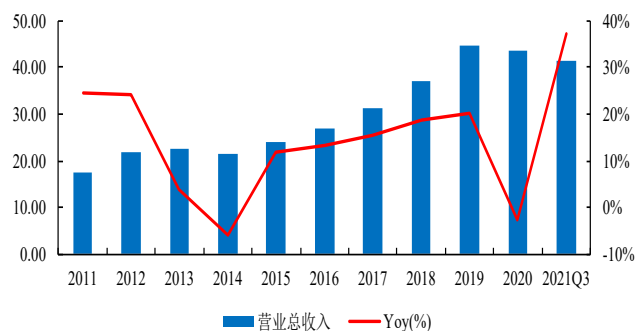
**图20：直觉外科公司耗材收入增长较快**


数据来源：直觉外科公司年报、开源证券研究所

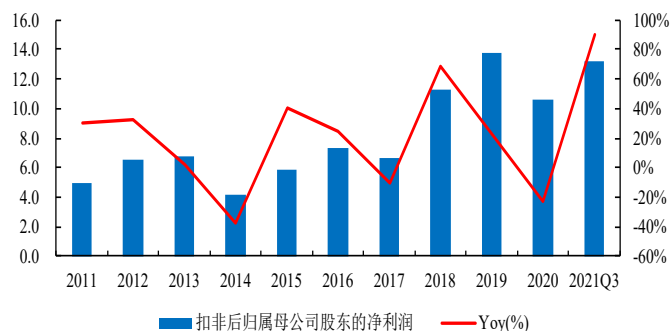
**图21：公司经营性租赁收入年复合增速高达 90.8%**


数据来源：直觉外科公司年报、开源证券研究所

财务方面，公司 2021 年前三季度营业收入为 41.59 亿美元，同比增长 37.3%，改变 2020 年受疫情影响带来的增速下降趋势。2021 年前三季度扣非净利润收入为 13.2 亿美元，同比增速高达 90.4%。可见，疫情控制后随着医院住院数量的恢复，手术量的提升，公司营收和扣非净利润将得到恢复性增长。

**图22：2011-2020 年，公司营业收入年复合增速 10.6%**


数据来源：Wind、开源证券研究所

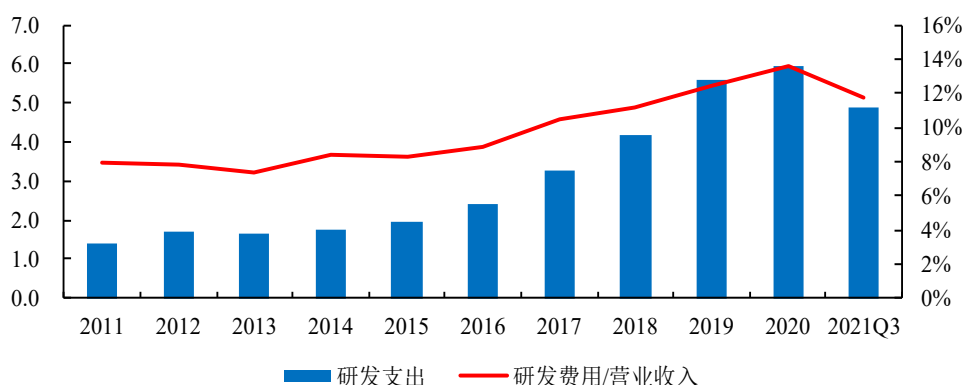
**图23：2011-2020 年，公司扣非净利润年复合增速 17.4%**


数据来源：Wind、开源证券研究所

公司为持续在技术和产品上保持全球领先，研发费用逐年提升，2020 年研发支出高达 6 亿美元，占总营业收入比例达 13.7%。



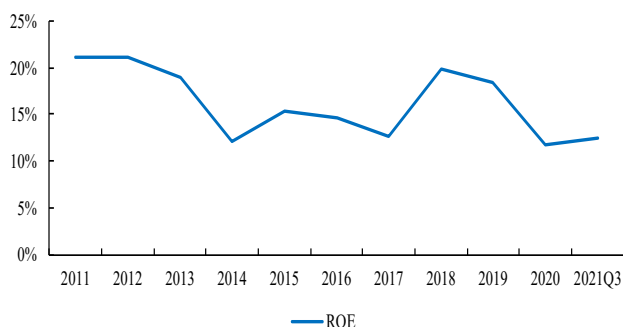
图24：直觉外科公司 2020 年研发支出 6 亿美元，研发费用占营业收入比例 13.7%



数据来源：Wind、开源证券研究所

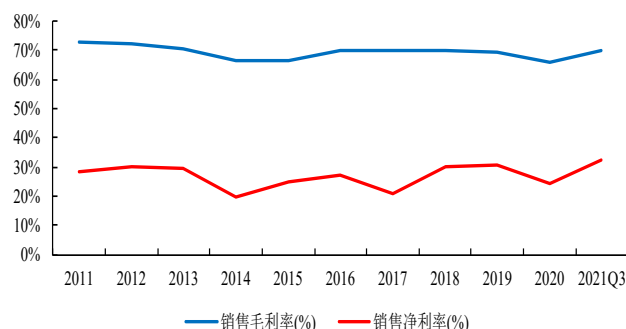
手术机器人市场虽然有众多市场竞争者，但受益于产品技术领先和强大品牌力，直觉外科公司销售毛利率和净利率分别高达 69.7%、32.4%，持续为公司带来丰厚利润回报，为公司研发和发展提供支撑。

图25：直觉外科公司 ROE 维持较高水平



数据来源：Wind、开源证券研究所

图26：直觉外科公司保持较高销售毛利率和销售净利率



数据来源：Wind、开源证券研究所

### 2.4.3、启示：唯有坚持底层创新，国产品牌才能实现弯道超车

我们总结直觉外科公司成功经验：

**一、坚持临床需求为导向，不断拓宽产品适应症。**第一代达芬奇手术机器人适应症仅包含泌尿外科和胸腔外科，经历多年发展，达芬奇手术机器人获批的手术范围越来越广，包括：妇产科腹腔镜手术、泌尿外科腹腔镜手术、普通外科腹腔镜手术、心胸外科胸腔镜手术、头颈外科腔镜手术等。使用达芬奇手术大大降低传统腹腔镜手术难度，减少术后并发症等，一些复杂的手术，如前列腺切除术、袖状胃切除等应用手术机器人进行具有较大优势。适应症的拓展，丰富了产品应用领域，形成了平台效应，扩大了营收范围。

**表15：达芬奇手术机器人适用术式广泛**

临床应用	可实施适应症及优点
妇科手术	子宫切除术，用于各种潜在的良性和癌症病症，避免了开放性手术带来的创伤；骶骨固定术，可通过合成的网状物将阴道连接并支撑到骶骨（尾骨）上，而传统腹腔镜手术操作起来困难且繁琐。
泌尿外科	前列腺切除术，用于临床上诊断为前列腺癌患者中切除前列腺，标准方法为开放式外科手术，或者选用腹腔镜也面临非常大的挑战，手术机器人可大大降低手术难度；部分肾切除术，用于切除肾癌患者部分肾脏，手术机器人目前用于该术式比例较高。
普通外科	疝气修补术，应用手术机器人，弱化组织得到固定，缺陷得到修复；结直肠手术，涉及下消化系统的良性或癌性病症，常见手术包括半结肠切除术、乙状结肠切除术、低位前切除术和腹会阴直肠切除术；胆囊切除术，包括胆结石和其它胆囊疾病手术，达芬奇手术机器人的 Firefly 技术用于三维成像更便于医生操作；减肥手术，包括袖状胃切除和旁路术，使用达芬奇手术机器人可减少并发症，如吻合口漏等。
心胸外科	胸外科，包括肺楔形切除术、肺叶切除术、胸腺切除术、纵隔肿块切除术和食管切除术；二尖瓣修复，包括二尖瓣置换术或二尖瓣修复术。
头颈外科	经口手术，达芬奇经口手术允许他们通过口腔和喉咙对发生在口咽部（即扁桃体和舌根）和喉部的肿瘤进行手术克服传统经口手术的一些视线限制。

资料来源：直觉外科公司年报，开源证券研究所

**第二，坚持产品创新为标准，不断丰富产品使用功能。**第一代达芬奇手术机器人搭建了基础的三大部件，成像系统、外科医生控制台、床旁机械臂系统；第二代提升了 3D 视觉系统及 da Vinci S 机械臂系统；第三代增加双外科医生控制台、VR 增强培训计划及单孔技术；第四代推出桌面运动，实时调整机械臂和患者位置，增强视觉系统清晰度和色彩准确度。从临床上，随着达芬奇手术机器人的迭代优化，它不断提升复杂手术的可操作性、机器人手术的精准度以及医生的操作便利性。

**表16：达芬奇手术机器人系统代次加速**

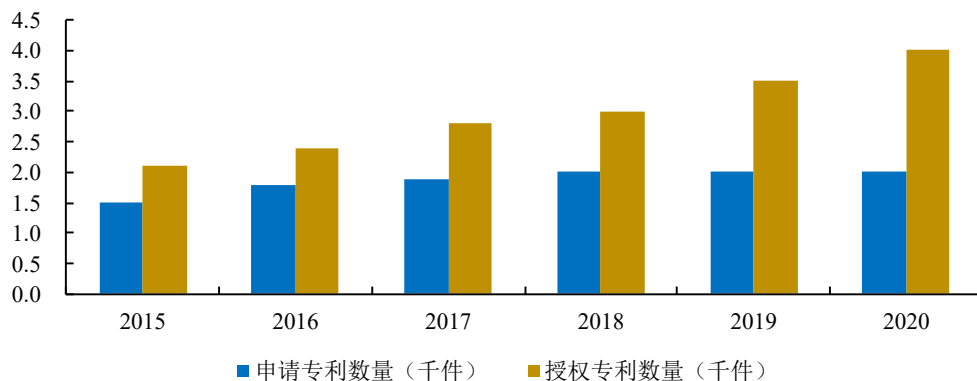
代次	时间	要点
第一代 da Vinci	2000 年 7 月	建立手术机器人的基础结构，主控制台、患者测推车（三臂）、3D 成像等
第一代 da Vinci	2003 年 Q2	将机械臂由三臂升级为四臂
第二代 da Vinci S	2006 年 1 月	提供快速设置和手术器械更换的功能
第二代 da Vinci S	2007 年 1 月	提供 3D 高清视觉系统升级选项，视野提升 20%
第二代 da Vinci S	207 年 Q2	推出简化版本 da Vinci S，三臂系统（可升级）
第三代 da Vinci Si	2009 年 Q2	增加双外科医生控制台，可开展复杂协作手术；增强视觉性能，由 720P 到 1080P
第三代 da Vinci Si	2010 年 Q4	推出达芬奇模拟器，提供 VR 培训功能
第三代 da Vinci Si	2011 年 Q1	增加视觉性能，推出 Firefly 荧光成像产品
第三代 da Vinci Single Site	2011 年 12 月	提供一套单孔非手腕器械和附件，减少创伤
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	推出桌面运动功能，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	推出 da Vinci Xi 简化版本（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

资料来源：直觉外科公司年报，开源证券研究所

**第三，坚持专利布局为根基，不断构筑公司核心壁垒。**手术机器人公司发展初期应该重视技术创新，专利布局，建立其核心壁垒。在过去的 20 多年间，达芬奇手术机器人能够在市场中一家独大的原因在于其在实时计算和成像、机械交互、仪器制造等方面构建的坚实基础，离不开公司专利布局形成的核心壁垒。根据公司年报

披露，截至 2020 年 12 月底公司拥有专利 4,000 多项，包括多自由度机械臂、前端器械、三维视觉、人机交互等方面，几乎覆盖了所有同类外科手术机器人的技术保护点，甚至手术控制台的踏板颜色都已申请专利。

**图27：直觉外科公司授权专利数量数近年快速增长**



数据来源：直觉外科公司年报、开源证券研究所

**第四，坚持商业模式创新为引导，不断提供公司现金流。**手术机器人公司发展中期应当创新性创造适用于本地医疗系统的商业模式。通过多年的积累，直觉外科公司的营收不仅只依赖于售卖手术系统。从收入结构方面来看，直觉外科公司以经常性收入为主，包括耗材收入、服务收入和经营性租赁收入，且呈现逐年放大的趋势。达芬奇手术机器人系统机械臂是耗材设备，只能复用 10 次，在系统出售时签订服务协议收取长达数年的服务费用，以及后期逐渐成长起来的经营性租赁收入，这种独特的商业模式为达芬奇带来源源不断的营收，为公司长期发展提供动力。

因此，坚持从产品性能本身着手，不断推陈出新，发展更多产品适应症，满足更加丰富的临床需求，给医生带来便捷的操作体验是手术机器人公司发展的根基。短期内，成长初期的公司可能面临入不敷出的情况，但随着产品获得各类认证审批，产品市场认可度、销量不断提高，盈利能力迅速改善，实现公司、终端、市场的共赢。

### 3、腔镜、骨科机器人引领市场，其它领域机器人百花齐放

#### 3.1、腔镜手术机器人是市场空间最大、商业化最成功的手术机器人代表

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、减震、学习周期短、辐射减少等显著优势，极大地扩展了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、心胸外科、头颈外科等领域得到了广泛的应用。以直觉外科公司为例，通过其机器人系统不断更迭和术式演变，为腔镜手术机器人的发展形成重要参考。2000-2020 年直觉外科公司收入从 0.27 亿美元增长至 43.6 亿美元，复合增速为 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。腹腔镜手术机器人是市场空间最大的细分品类，长期以来被直觉外科公司垄断。2021 年 10 月，医疗器械巨头美敦力宣布 Hugo 手术机器人获得 CE 批准上市，用于泌尿科和妇科手术（此两类手术量约占所有机器人手术的一半），结束了直觉外科全球一家独大的局面。

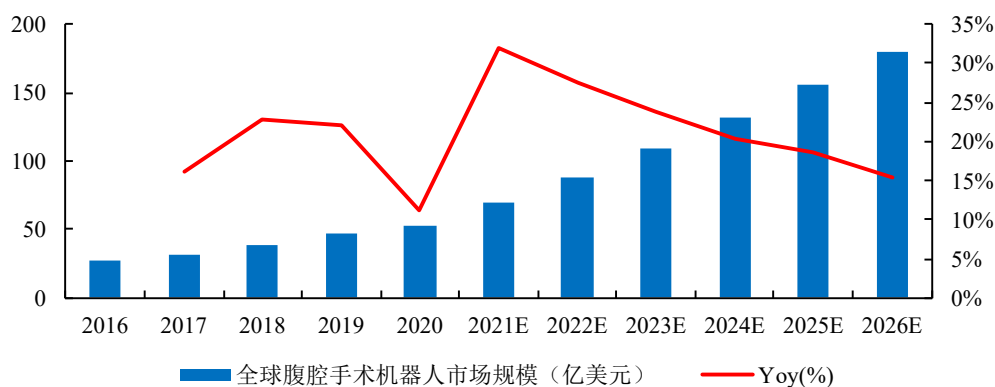
图28：美敦力 Hugo 手术机器人覆盖泌尿外科、妇科疾病手术治疗



资料来源：Massdevice 网

全球腔镜手术机器人市场高速发展。根据 Frost & Sullivan 数据，2016~2020 年，全球腔镜手术机器人市场规模从 27.1 亿美元增加到 52.5 亿美元，复合增速为 18.0%，预计到 2026 年将达到 180.1 亿美元，复合增速 22.8%。

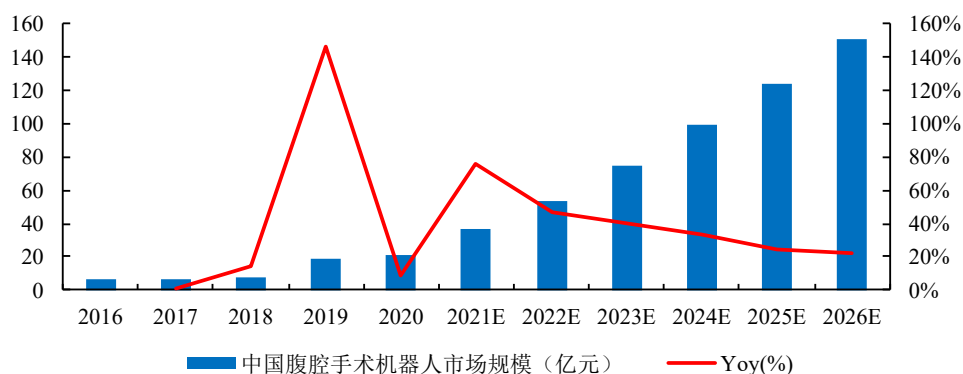
图29：全球腹腔镜手术机器人行业保持高速增长，预计 2026 年市场达 180.1 亿美元



数据来源：Frost & Sullivan、开源证券研究所

2016-2020 年，中国手术机器人市场规模从 6.7 亿元增加到 20.7 亿元，年复合增速 52.9%，估计到 2026 年将达到 150.5 亿元，复合增速 39.2%。2020 年国内腔镜手术机器人保有量 189 台，相比美国等海外国家还有极大的空间。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 年增加至 50 台以上，后续有望呈现高速增长。目前中国腔镜手术机器人处于绽放前夜。



**图30：中国腹腔镜手术机器人行业保持高速增长，预计 2026 年市场达到 150.5 亿元**


数据来源：Frost & Sullivan、开源证券研究所

国产腔镜手术机器人厂家较多，2021 年 10 月 26 日，NMPA 批准了威高手术机器人公司生产的创新产品“腹腔镜内窥镜手术设备”的注册申请。此前，微创机器人的蜻蜓眼®DFVison®三维电子腹腔镜内窥镜于 2021 年 6 月 8 日获批上市，微创图迈手术机器人正在注册申请阶段。我们预计 5 年内年，将有多家国产机器人完成临床试验并获批，国产腔镜机器人进入大时代。

**表17：国产腔镜手术机器人注册审批进展较快**

公司	产品名称	适应症
微创机器人	图迈	泌尿外科、妇科、胸外科、普外科
威高手术机器人	腹腔镜内窥镜手术设备	普外科
精锋医疗	MP-1000	泌尿外科、妇科
术锐机器人	SURS	泌尿外科、妇科
康多机器人	KD-SR-01	泌尿外科

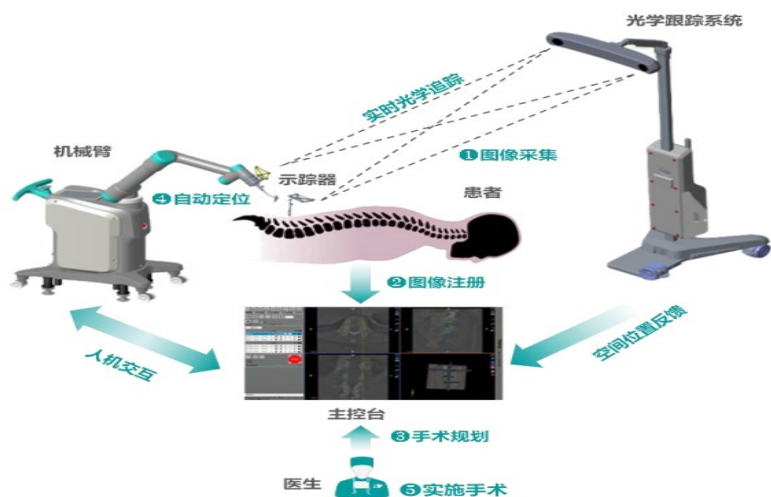
资料来源：各公司官网、开源证券研究所

### 3.2、骨科手术机器人是国内发展最早，竞争最激烈的细分品类

骨科手术机器人是利用机器人、导航定位、自动控制、先进传感器等新技术，为外科医生提供稳定的操作平台、精确的定位和智能的操作手段的创新医疗设备。就应用场景而言，骨科机器人在脊柱外科、关节外科和创伤复位等领域发展较为成熟。

骨科手术机器人通常包括主控台、机械臂、光学跟踪系三大主体结构，以及导航定位工具包和手术计划与控制软件。手术操作流程如下：（1）通过影像设备扫描得到患者损伤部位图像，将图像传至主控台完成识别，医生通过主控台设计手术螺钉方向、入点及深度设计，完成手术规划；（2）在手术过程中，机械臂可辅助医生进行手术区域精确定位；（3）同时光学跟踪系统进行实时位置监控，一旦出现定位差错，可引导机械臂自动纠错。骨科手术机器人精度可达到亚毫米级，在微创术式、高危险区域具有明显优势，降低传统手术精度低风险高、创伤大等难点，有效减少术后并发症，以及降低医生辐射等。

图31：骨科手术机器人实现精确导航定位为医生手术提供便利



资料来源：天智航招股说明书

骨科手术机器人可分为关节骨科、创伤骨科与脊柱外科手术机器人。

表18：骨科手术机器人主要应用在关节和脊柱外科领域

分类	要点
关节骨科手术机器人	关节骨科手术机器人是最早实现技术和商业应用的骨科手术机器人。首个骨科手术机器人系统 ROBODOC 于 2008 年获得 FDA 许可。2013 年全球骨科医疗科技公司巨头 Stryker 收购 MAKO Surgical 公司及其 RIO 关节手术机器人系统，该系统于 2015 年获得 FDA 许可。
脊柱外科手术机器人	脊柱外科手术机器人主要用于椎弓根钉固定术，机器人通过借助医学影像规划实现空间精准定位，自主完成或引导医生完成植入通道钻制操作。脊柱手术机器人可以减少手术过程中创口大小，降低神经损伤风险，实现手术的基准操作和安全性。以色列 Mazor Robotics 的 SpineAssist 机器人系统是最早实现临床应用的脊柱外科手术机器人，定位精度可达到 0.01 mm，国内天智航公司的天玑机器人属于此类机器人。
创伤骨科手术机器人	创伤骨科手术机器人主要应用于长肢骨骨折复位手术，通过医学影像的引导，实现对断骨的复位操作。创伤骨科手术机器人是较早开展研究的手术机器人系统，然而骨折手术分型的多样性，造成手术需求复杂，使得现有机器人系统难以满足实际需求，因此创伤骨科机器人目前还没有实现临床应用与产品化推广。

资料来源：《机器人技术与应用》、开源证券研究所

在骨科手术机器人操作过程中，计算机虚拟对象、导航系统和病灶物理对象是 3 个必不可少的重要组成部分，与之对应的图像与规划技术、导航配准技术和目标跟踪技术是手术过程中的几个关键技术。

图32：导航系统是骨科手术机器人关键组成之一



资料来源：《机器人技术与应用》

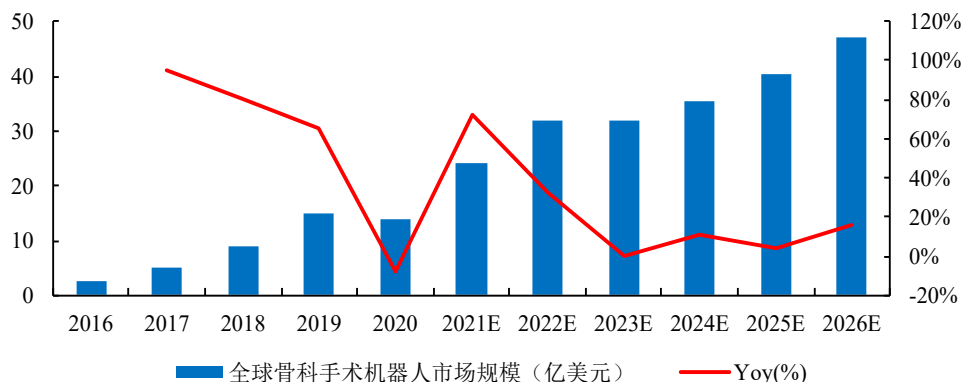
**表19：骨科手术机器人关键技术为图像与规划、导航配准、目标跟踪**

技术名称	要点
图像与规划技术	由电机和 C 型臂组成，在短时间内连续采集 50-100 张二位透视图像，利用系统算法重建出三位 CT 数据，对患者损伤部位、解剖结构进行图像分割处理以及三维重建，以更加直观的形式展示病灶。
导航配准技术	导航系统是骨科手术机器人系统的核心部分，它可以连接病灶物理对象和计算机虚拟对象，将医生在计算机虚拟对象上的规划转换到病灶物理对象的坐标系上。具体过程为，医生首先在虚拟对象上建立解剖标志点，同时通过跟踪仪的探头拾取病灶物理对象上的对应点，利用算法转换两者之间的对应关系，进而完成手术操作。
目标跟踪技术	由于患者在手术中可能出现的位移或者呼吸运动，手术操作时会采用相应的跟踪设备。早期基于声学、磁学和机械方法等的跟踪设备被使用，现在大多数骨科手术机器人系统使用基于红外光的主动或被动跟踪设备。

资料来源：《机器人技术与应用》、开源证券研究所

全球手术机器人市场近年来保持高速增长，从 2016 年 2.6 亿美元增长至 2020 年 13.9 亿美元，预计到 2026 年将达到 46.9 亿美元，是手术机器人第二大市场。Persistence Market Research 的数据显示，每台骨科手术机器人价值 50-150 万美元，2018 年全球骨科手术机器人新增装机量为 700-1,000 台。我国骨科手术机器人起步较晚，2018 年新机安装量仅为 26 台，占全球 4%。目前我国骨科手术机器人起步较晚，处于产业化初期。

**图33：全球骨科手术机器人行业保持高速增长，预计 2026 年市场达 46.9 亿美元**



数据来源：Frost & Sullivan、开源证券研究所

骨科手术机器人是竞争激烈的手术机器人细分领域，以以色列 Mazor Robotics（2018 年被美敦力收购）、法国 MEDTECH（2016 年被捷迈邦美收购）、美国 MAKO Sugical（2013 年被史塞克收购）公司为主的外企占据全球主要市场份额。同时，美敦力、史塞克、博医等公司单独出售手术导航系统。在国内市场，Mazor Robotics 公司的骨科机器人 Renaissance 在 2014 年 8 月获得 NMPA 审批，用于脊柱外科手术。MEDTECH 公司的 Rosa 也获批应用于脊柱外科领域。MAKO Surgical 公司的 RIO 手术机器人亦通过 NMPA 审批，用于关节外科领域。天智航的天玑骨科机器人是首家获得 NMPA 评审的三类医疗器械注册的国产品牌骨科机器人。

**表20：脊柱外科和关节置换领域手术机器人竞争激烈**

适用术式	公司
脊柱外科	以色列 Mazor Robotics 公司
	法国 MEDTECH 公司
	中国天智航医疗科技公司
关节置换	英国 Smith & Nephew 公司
	美国 MAKO plasty 公司
	美国 Integrated Surgical Systems 公司

资料来源：各公司官网、开源证券研究所

### 3.3、泛血管手术机器人是未来成长潜力最大，快速增长的细分品类

泛血管手术机器人辅助医生远程控制导管导丝进行手术的机电系统，主要用于治疗心脏、外周血管系统及脑部中的血管或相关器官疾病。手术具体操作为，医生首先穿刺患者的皮肤，将穿刺针和穿刺鞘插入大血管，长而细的导管轻轻引导至血管，最终到达心脏、外周血管系统或脑部的病灶部位进行手术处理。传统血管介入手术暴露出医生长期收到 X 射线辐射、医生培训周期长、手术准确率低等缺点。而利用手术机器人，外科医生可遥控操作介入手术机器人将导丝送入体内，在手术过程中实现对导管的推进、后退和旋转，手术完成后能将导管拉离人体等功能，大大降低了医务人员的劳动强度，也在一定程度上减少了手术对医生个人技术熟练程度的依赖，提高了手术成功率，减轻病人痛苦。由于主手端的医生可以在监控室操作，从而避免了医生受到 X 射线辐射。系统结构方面，泛血管手术机器人关键组成包括机械装置与控制系统、图像导航系统和力反馈系统等。

**表21：泛血管手术机器人关键技术为机械装置与控制、图像导航和力反馈技术**

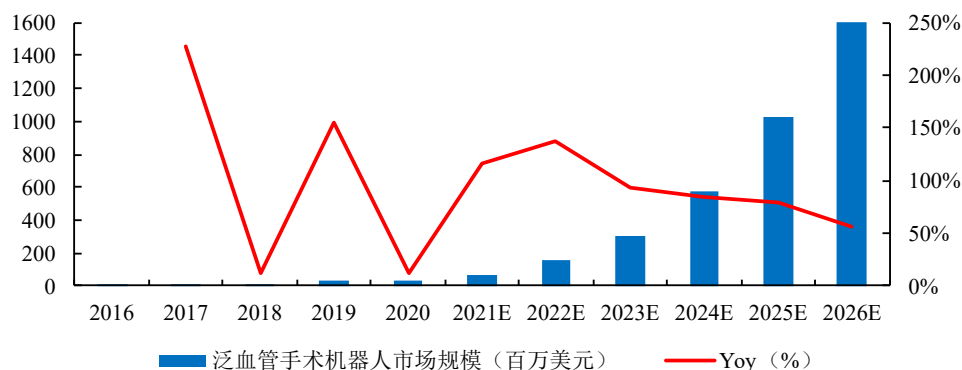
名称	要点
机械装置与控制技术	泛血管机器人机械装置及控制系统通常采用主从式结构，主控制台位于远离病人的监控室，从动装置位于病床的手术台，从而保护医生避免受 X 射线照射。介入手术要求高精度，一般采用步进电机来驱动机械装置。在主手端，医生在荧光图像的指导下控制操纵杆，从手端复现医生的动作，控制导丝的轴向和旋转运动。
图像导航技术	在传统的血管介入手术，外科医生在二维数字减影血管造影（DSA）的指导下操纵导丝。然而，由于血管重叠和透视，很多时候根据几个二维投影图像并不能准确确定血管系统的分布。外科医生只有在解剖学为基础的主观经验上重建三维血管，这会延长手术时间，增加患者和医务人员接触 X 射线的时间。因此，需要能够集成显示导丝和血管并确保手术安全性的三维血管模型。磁共振血管造影（MRA）和计算机断层扫描血管造影（CTA）可用于三维血管重建。
力反馈技术	在传统的微创介入手术中，医生根据图像用手来操作导丝，可以准确地感觉到导丝在血管中的受力情况，能在引导图像不够直观的情况下保证导丝的安全介入。目前研究的主从式介入手术系统中，医生脱离手术现场，借助主手柄来实现导丝介入，不能很好地感知导丝在血管中的受力情况。所以需要将导丝在介入过程中的受力情况反馈回来，作为参考信息提供给控制室内的医生，辅助其进行更加安全的导丝介入操作。通常情况下，利用固定在导丝头部微力传感器来测量血管和导丝头部之间的接触力。

资料来源：《中国医疗器械杂志》、开源证券研究所

根据 Frost & Sullivan 数据，2020 年全球进行的泛血管手术数量达 1,430 万例，但使用机器人辅助泛血管手术尚处于早期阶段。随着冠状动脉血管疾病的患病率日益增长，泛血管手术机器人的产品性能逐渐提升，手术机器人辅助泛血管手术操作的渗透率将快速提升。

根据 Forst & Sullivan 数据，2020 年全球泛血管手术机器人市场规模为 3,140 万美元，预计 2026 年将增长至 16.1 亿美元，2016-2026 年复合增长率为 87.4%。

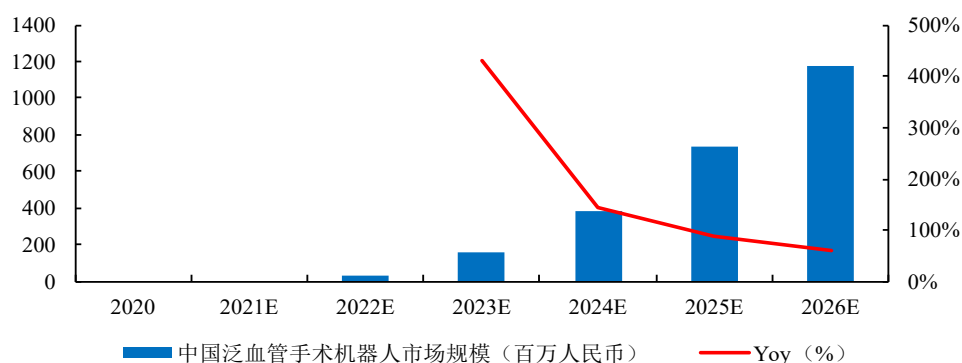
图34：全球泛血管手术机器人行业保持高速增长，预计 2026 年市场达 16.1 亿美元



数据来源：Frost & Sullivan、开源证券研究所

中国泛血管手术机器人市场处于起步阶段，预计 2022 年市场规模可达到 2,990 万元，2026 年市场规模为 11.7 亿元，2022-2026 年复合增长率为 150.2%。

图35：中国泛血管手术机器人行业保持高速增长，预计 2026 年市场达到 11.7 亿元



数据来源：Frost & Sullivan、开源证券研究所

目前，国内尚无国家药监局批准的泛血管手术机器人，有五款泛血管手术机器人处于早期研发阶段，相关公司包括微创机器人、润迈德医疗、Siemens、奥朋、爱博医疗。全球仅有四款泛血管手术机器人获得FDA批准或取得CE认证，包括Robocath、Siemens、CorPath GRX、Stereotaxis。

表22：泛血管手术机器人公司处于早期发展阶段

公司	产品	发展阶段
Siemens	CorPath® grx	创新医疗器械特别审批
Stereotaxis	Genesis RMN	
微创机器人	合作伙伴 Robocath 开发的 R-One	设计验证
润迈德医疗	caFFR 系统	研发设计
唯迈医疗	ETcath 血管介入机器人	临床试验
奥朋医疗	血管腔内介入手术机器人 ALLVAS	临床试验



爱博医疗	心脑血管介入手术机器人	
汇禾医疗	介入手术机器人	研发设计
心玮医疗	介入手术机器人	研发设计

资料来源：各公司官网、动脉网、开源证券研究所

### 3.4、经自然腔道手术机器人是适应症丰富，高速发展中的细分品类

经自然腔道手术机器人是指通过人体自然腔道，如支气管、胃、肠道、泌尿生殖系统等途径进入目标位置，并可进行手术操作的机器人。如以色列 Memic 公司的 Hominis 手术机器人在美国首先用于妇科手术治疗，其市场规模约为美国 100 万台手术，全球 400 万台手术。Hominis 系统是目前同类系统中唯一能实现无疤痕手术的机器人系统，相对于其他手术机器人系统，以及人工进行的腹腔镜检查及剖腹手术，具备独特的优势。Hominis 的微型柔性手术臂完美解决了这些问题，随着人工智能、大数据和机器人技术的发展，其无创手术方式必将是未来妇科微创诊疗技术的发展趋势。

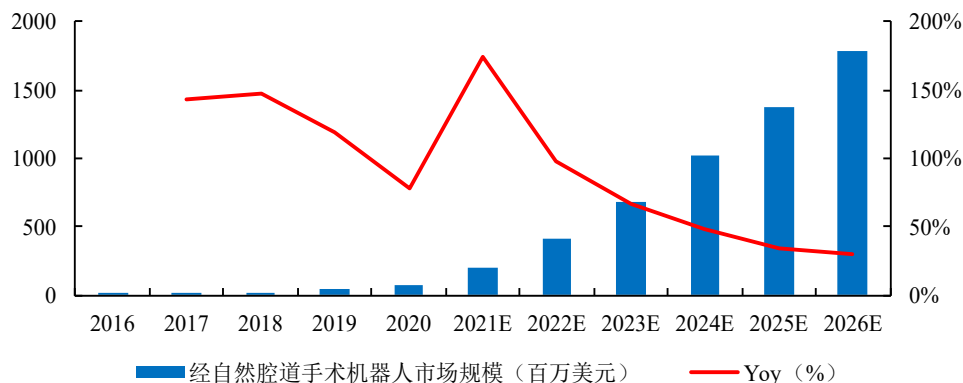
图36：Hominis 机器人可实现无痕手术



资料来源：Memic 官网

根据 Frost & Sullivan 数据,2020 年全球经自然腔道手术机器人市场规模为 7,560 万美元，预计到 2026 将增长至 17.9 亿美元，2016-2026 年复合增长率为 88.2%。

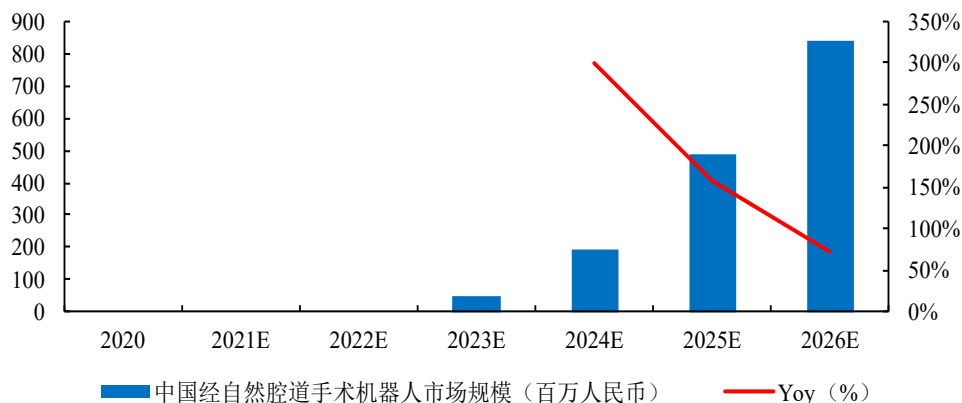
图37：全球经自然腔道手术机器人行业保持高速增长，预计 2026 年达 17.9 亿美元



数据来源：Frost & Sullivan、开源证券研究所

中国经自然腔道手术机器人起步较晚，目前国内暂无 NMPA 批准的经自然腔道手术机器人。预计 2023 年有望形成手术量（假设因素包括国外品牌可能进入中国市场），市场规模预计为 4,745 万元，到 2026 年增长至 8.4 亿元，2023-2026 年复合增长率为 160.5%。随着自然腔道手术机器人在国内获批上市，新安装的经自然腔道手术机器人数量未来将快速增长。

**图38：中国经自然腔道手术机器人行业保持高速增长，预计 2026 年达 8.4 亿元**



数据来源：Frost & Sullivan、开源证券研究所

目前获批上市的经自然腔道手术机器人产品只有三项，包括 MedRobotics 的 FLex、强生的 Monarch、直觉外科的 Ion，均为美国公司，中国微创机器人公司的产品在临床前阶段。

**表23：经自然腔道手术机器人以海外公司为主**

公司	产品	获批时间	产品形态
MedRobotics（美国）	Flex	CE2014、FDA2015	消化道机器人，
强生（美国）	Monarch	FDA2018	支气管机器人
直觉外科（美国）	Ion	FDA2019	支气管机器人
微创机器人（中国）		临床前阶段	支气管机器人

资料来源：各公司官网、开源证券研究所

### 3.5、经皮穿刺手术机器人是保持稳定增长，助力肿瘤早期检测的细分品类

经皮穿刺手术机器人是一种通过 MRI、CT、超声等成像手段将目标解剖位置定位，引导反馈枕头达到病灶，辅助完成经皮穿刺的手术机器人。在活检中，经皮穿刺手术机器人可精确从病灶获取样本组织，进一步进行病理检查等操作，目前主要用于肿瘤早期检测，适应症覆盖肺癌、乳腺癌、前列腺癌等。

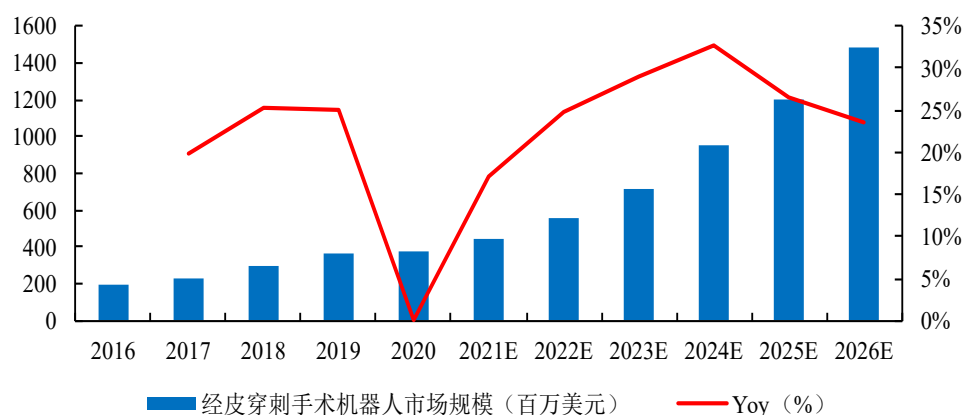
图39：经皮穿刺手术机器人可实现快速获取组织样本



资料来源：微创机器人官网

根据 Frost & Sullivan 数据，全球经皮穿刺手术机器人 2020 年市场规模为 3.8 亿美元，预计到 2026 年增长至 14.9 亿美元，2016-2026 年复合增长率为 22.5%。

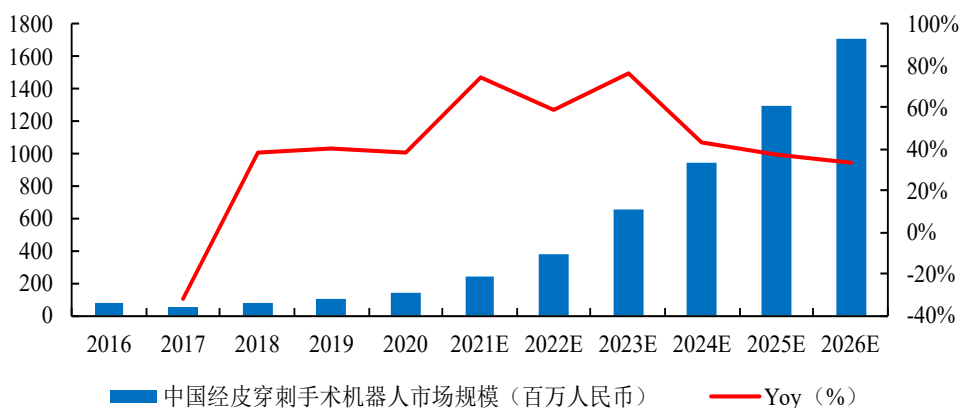
图40：全球经皮穿刺手术机器人行业保持稳定增长，预计 2026 年达 14.9 亿美元



数据来源：Frost & Sullivan、开源证券研究所

国内经皮穿刺手术机器人装机量稳步增长，2020 年为 20 台，预计 2026 年增加至 244 台。根据 Frost & Sullivan 数据，2020 年经皮穿刺手术机器人市场规模为 1.4 亿元，鉴于经皮穿刺在活检领域的丰富应用，预计到 2026 年增长至 17.1 亿元，2016-2026 年复合增长率为 36.9%。

图41：中国经皮穿刺手术机器人行业保持高速增长，预计 2026 年达 17.1 亿元



数据来源：Frost & Sullivan、开源证券研究所

目前，经皮穿刺手术机器人供给企业主要为国外企业。在中国获批的主要经皮穿刺手术机器人有 Perfint Health care 开发的 Robio EX 及 MAXIO；Veran 开发的 IG4；Biobot 开发的 MonaLisa 机器人前列腺穿刺活检系统；NDR 开发的自动针头瞄准机器人系统 ANT。国内龙头微创机器人通过合作引进两款经皮穿刺产品，主要针对经皮穿刺肺活检和经支背结石切除。

表24：国内经皮穿刺手术机器人市场由进口品牌主导

公司	产品名称	要点
Perfint Healthcare	Robio EX、MAXIO	肿瘤、射频消融
Veran	IG4	前列腺穿刺活检
Biobot	iSRobot™ Mona Lisa	前列腺穿刺活检
NDR	自动针头瞄准机器人系统	活检或消融
	ANT-C	
微创机器人	引进合作	经皮穿刺肺活检和经支背结石切除

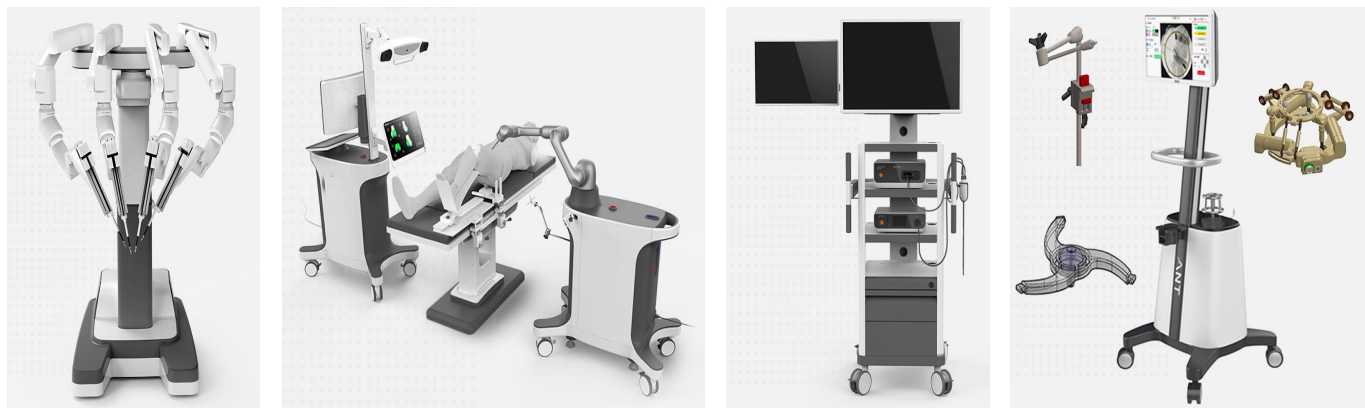
资料来源：各公司官网、开源证券研究所

## 4、受益标的及投资建议

### 4.1、微创机器人 (2252.HK) 是产线最全，国内最具潜力手术机器人公司

公司于 2015 年创立，是一家致力于设计、开发及商业化手术机器人，以协助外科医生完成复杂的外科手术。公司研发的图迈腔镜手术机器人，主要应用于泌尿外科、妇科、胸科及普外科手术等。机械臂与传动机构以及手术器械是公司的两大核心专利。公司的三款旗舰产品，即图迈、蜻蜓眼三维电子腹腔镜及鸿鹄骨科手术机器人，均已被纳入国家药监局创新医疗器械特别审查程序（绿色通道）。蜻蜓眼®DFVison®三维电子腹腔镜于 2021 年 6 月 8 日获批上市，图迈腔镜手术机器人及鸿鹄骨科手术机器人处于注册批准阶段。

图42：公司旗舰产品为图迈、蜻蜓眼三维电子腹腔镜及鸿鹄骨科手术机器人



图迈®Toumai®腔镜手术机器人

鸿鹄®骨科手术机器人

蜻蜓眼®DFVision®三维电子腹腔镜

经皮穿刺手术机器人

资料来源：微创机器人官网、开源证券研究所

除旗舰产品外，公司亦有六款处于不同发展阶段的在研产品。根据 Frost & Sullivan 的资料，公司是全球行业中唯一一家拥有覆盖五大主要和快速增长的手术专科（即腔镜、骨科、泛血管、经自然腔道及经皮穿刺手术）产品组合的公司。

图43：微创机器人产品管线覆盖五大手术专科领域

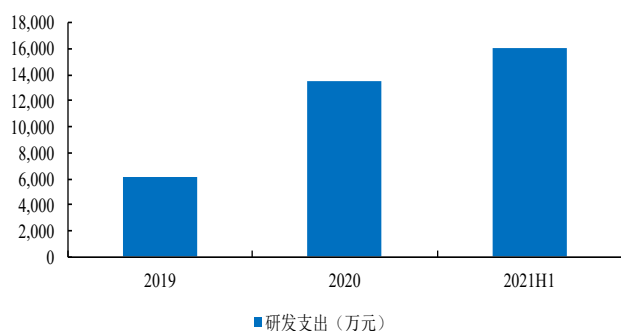
	专科手术	产品	手术应用	国家药监局分类	開發階段			
					設計開發	設計驗證	註冊臨床試驗	註冊申請
自主開發	腔鏡手術	圖邁®腔鏡手術機器人（「圖邁」）*	泌尿外科手術	III	(1)			
			婦科手術					
			胸科手術					
			普外科手術					
		蜻蜓眼®三維電子腹腔內窺鏡（「蜻蜓眼」）*	腹部、胸腔及骨盆區等器官的腔鏡手術	III	(2)			
	骨科手術	鴻鹄®骨科手術機器人（「鴻鹄」）	全膝關節置換術	III	(3)			
			全髖關節置換術					
		脊柱手術機器人	脊柱手術	III				
國際合作 <sup>(4)</sup>	經自然腔道手術	經支氣管手術機器人	經支氣管診斷及治療	III				
	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

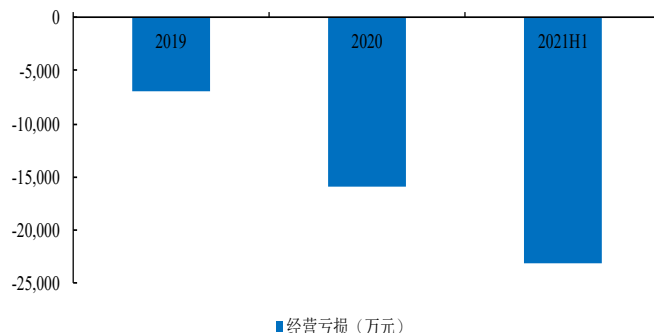
资料来源：微创机器人招股书

由于国内手术机器人行业处于起步阶段，公司作为行业细分龙头一直高度重视研发，根据招股书显示，公司研发费用由 2019 年 6,188 万元增长到 2020 年 1.4 亿元，2021 年公司大幅增加研发费用，仅上半年研发支出 1.6 亿元。由于暂无商业化产品，公司仍处于亏损状态，2020 年公司亏损值为 1.6 亿元。



**图44：微创机器人公司研发支出快速增长**


数据来源：微创机器人招股说明书、开源证券研究所

**图45：微创机器人公司处于发展早期，仍未盈利**


数据来源：微创机器人招股说明书、开源证券研究所

## 4.2、威高手术机器人是率先实现 5G 远程腹腔镜手术的行业创新者

山东威高手术机器人公司是威高集团旗下子公司，公司成立于 2015 年，专注于研发、生产与销售“妙手 S”微创手术机器人、3D 内窥镜摄像系统等高端医疗装备。产品在关键技术取得了重大突破，打破美国产品的行业垄断，并实现远程医疗，提升医疗服务水平。2021 年 10 月 26 日，山东威高手术机器人有限公司生产的创新产品“腹腔镜内窥镜手术设备”正式获得 NMPA 批准，获准上市，注册证号：国械注进 20213010848。获批上市的“腹腔镜内窥镜手术设备”于 2017 年 9 月顺利通过创新医疗器械特别审查，成功进入绿色审批通道。威高手术机器人的“腹腔镜内窥镜手术设备”也成为国内首家获批上市的腔镜手术机器人系统，填补了国内空白，打破了国外技术垄断。

威高腹腔镜内窥镜手术设备由医生操作台、患者操作台、手术器械、电源线和线缆组成。由医师利用主从操控系统对于微创手术器械进行控制，用于胆囊切除术、腹股沟疝手术、食道裂孔疝修补及胃底折叠术、肝囊肿开窗术、阑尾切除术和袖状胃切除术。该产品为国内首个采用主从控制进行腹腔镜手术操作的设备，采用末端解耦的丝传动多自由度手术器械设计，增强了医生操作的灵活性；折展式远端定心器械操作臂设计使其具有小型轻量化的优点；基于异构端端映射的主从操作模式，可以实现位姿分离控制。该产品上市有利于减少手术并发症，提升患者生活质量，缓解医生疲劳，降低应用成本。

**图46：威高手术机器人由医生操作台、患者操作台、手术器械等组成**


资料来源：医疗器械创新网

威高腹腔镜手术机器人在远程治疗方面在国内处于领先水平。2021 年 10 月 7 日央视《焦点访谈》栏目播出，威高“妙手 S”手术机器人为患者实施远程手术的场景。通过 5G 技术，青岛大学附属医院副院长牛海涛教授操作威高“妙手 S”手术机器人，对 200 多公里外的临沂市一位患者进行左侧肾上腺肿瘤切除术，仅仅半小时，手术成功完成。利用远程医疗，实现了优质的医疗资源下沉。截至 2021 年底，公司开展的 49 例远程泌尿外科手术均获成功。以地级市医院为核心，以至少 200 公里为辐射半径，可实现优质医疗资源全山东乃至全国覆盖，以“山东模式”继续拓展，探索远程手术“中国模式”。接受手术的患者术中未出现手术并发症，术中未更换手术方式。业界给予较高评价，威高手术机器人主从操作性好，从手操作台机械臂操作平稳灵活，无停顿，术中 3D 图像及音频信号传输及时、顺畅。手术总延迟时间符合国际认可标准。

图47：威高“妙手 S”手术机器人实现远程手术



资料来源：威高集团官网、开源证券研究所

#### 4.3、天智航（699277.SH）是国内骨科手术机器人行业的领军企业

公司专注于骨科手术机器人的研发、生产、销售和服务。以骨科手术机器人为核心产品，为医疗机构提供产品和服务，主要涵盖骨科手术机器人、手术中心专业工程、配套设备与耗材、技术服务四个方面，公司第三代产品于 2016 年 11 月上市，是首家获得 NMPA 核发的第三类医疗器械注册证的“骨科机器人导航定位系统”。公司是“国家机器人标准化总体组”成员单位，参与编制了骨科机器人手术临床指南和诊疗规范，并参与制定了相关国家标准。

天玑骨科手术机器人目前主要应用于脊柱外科和创伤骨科领域，以机械臂辅助完成手术中的手术器械或植入物的定位。公司独有入钉点及钉道计算智能算法，在临床精度上可达到亚毫米级别（ $<1\text{ mm}$ ），实现了骨科手术机器人辅助医生实现高难度的临床应用需求，可提升 20% 手术效率，减少 70% 术中辐射。

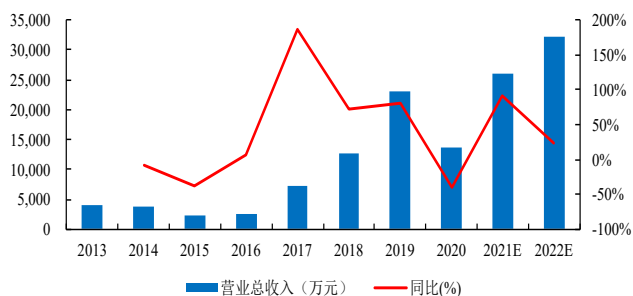
图48：天玑骨科手术机器人实现脊柱外科手术治疗



资料来源：天智航官网

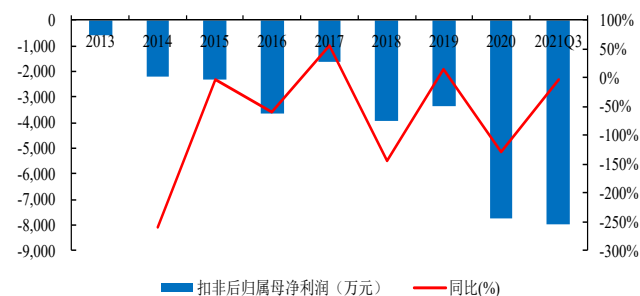
公司收入端由骨科机器人、配套设备及耗材、技术服务构成。2020 年公司收入为 1.4 亿元，根据 Wind 数据，预计 2022 年公司营收达到 3.2 亿元，2013-2026 年复合增长率达到 25.4%。因为手术机器人行业处于早期阶段，公司高研发投入和商业推广费用占比高，扣非后归母近利润表现为亏损。随着公司新产品推广范围扩增，以及政策利好的情况下，我们认为公司产品渗透率将得到提升。

图49：天智航营收稳定增长，年复合增速 25.4%



数据来源：Wind、开源证券研究所

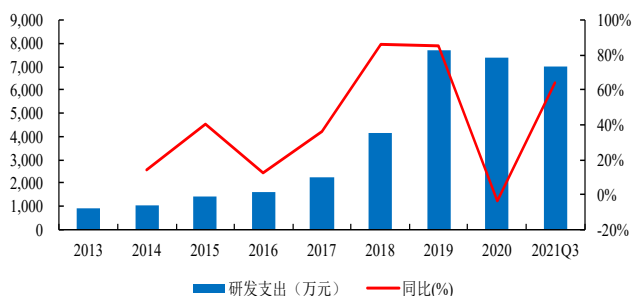
图50：天智航扣非后归母近利润表现亏损



数据来源：Wind、开源证券研究所

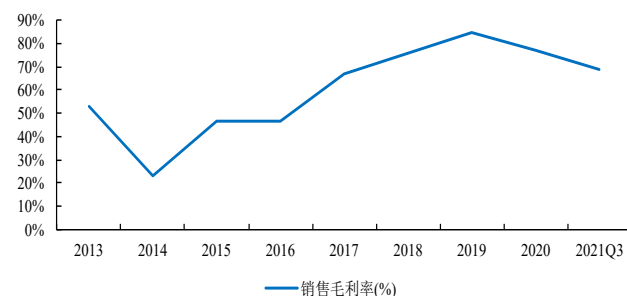
公司持续投入高研发费用，用于后续产品升级换代及新适应症产品的研发。2021 年前三季度研发支出达到 6988 万元，同比增长 63.9%。销售毛利率维持在高位，近三年分别为 85.0%、77.0%、68.6%，体现公司产品良好的定价能力和较强的成本控制能力。

图51：天智航研发支出维持高速增长



数据来源：Wind、开源证券研究所

图52：天智航手术机器人销售毛利率保持高位



数据来源：Wind、开源证券研究所

## 4.4、润迈德医疗（H01726.HK）是掌握核心科技，国内领先的血管介入手术机器人

公司致力成为全球领先的血管介入手术机器人公司，目前专注于基于冠状动脉造影的血流储备分数系统（caFFR 系统）及基于冠状动脉造影的微血管阻力指数系统（caIMR 系统）的设计、开发及商业化。公司的核心产品（即 caFFR 系统及 caIMR 系统）是高度创新的医疗器械，用于评估冠状动脉狭窄和微循环功能障碍（冠心病（CAD）的相关起因）引起的心肌缺血的严重程度，其设计旨在替代压力导丝的使用，大幅减少技术误差风险和操作时间，从而改善冠脉生理评估。这两个系统目前各自单独用于 CAD 的精准诊断，有望成为公司未来血管介入手术机器人的核心及关键模块。根据灼识咨询的资料，公司的 caFFR 系统是首个同时在中国取得 CE 认证及国家药监局批准证书的国内血流储备分数（FFR）测量系统。公司的 caFFR 系统有超过 95% 的高准确率及需时少于五分钟的便捷操作流程，成为国内领先的 FFR 测量产品，并与国际领先的医疗器械公司现时紧密竞争中国 FFR 测量市场的国内领先地位。

公司产品所用的关键技术均为公司内部开发，涵盖数字化功能诊断及自动化介入手术。公司 caFFR 系统（包括 FlashAngio caFFR 系统及 Flash Pressure caFFR 压力传感器），并已推出市场销售。为扩大 caFFR 系统的适应症，公司开发另外四种在研产品，包括 caIMR 系统（包括 FlashAngio caIMR 系统及 Flash Pressure caIMR 压力传感器）、智能血管造影注射系统、Flash Robot 血管介入导航手术系统和 Flash 肾动脉去交感神经消融（RDN）系统。

图53：润迈德医疗研发管线丰富

	产品及在研产品 <sup>(2)</sup>	适应症	阶段				下一个里程碑	预期商业化时间
			临床前研究	临床试验	提交注册	获批		
血管介入诊断手术机器人	★ 数字化功能 学诊断模块	caFFR系统 (包括FlashAngio caFFR系统及 FlashPressure caFFR压力传感器)	冠心病	中国	国家药监局批准 第三类医疗器械		不适用	已商业化
				中国	拓展适应症的上市后临床试验 <sup>(1)</sup>		提交注册 (2025)	2026
				欧洲	CE认证		不适用	已商业化
				日本、 韩国			临床试验 (2022Q4)	2024Q4
				美国			临床试验 (2022Q4)	2026
	★ caIMR系统 (包括FlashAngio caIMR系统及 FlashPressure caIMR压力传感器)	冠心病	中国	第三类医疗器械		可行性临床试验完成 确定性临床试验进行中	提交注册 (2022Q1)	2022Q4
			欧洲	CE认证：豁免进行 临床试验			提交注册 (2022Q2)	2023Q3
			日本、 韩国				临床试验 (2022Q4)	2024Q4
			美国				临床试验 (2022Q4)	2026
自动化 介入模块	▲ 智能血管造影 注射系统	血管疾病		豁免进行临床试验			提交注册 (2022Q4)	2023Q4
	Flash Robot 血管介入导航手术系统	冠心病					临床试验 (2022Q4)	2024Q4
		外周血管疾病					临床试验 (2024Q3)	2027
		神经血管疾病					临床试验 (2024Q3)	2027
	Flash RDN系统	高血压					临床试验 (2023Q2)	2025

资料来源：润迈德医疗招股说明书



借助作为核心及关键诊断模块的 caFFR 系统及 caIMR 系统，公司最终产品形态为生产业界领先的血管介入手术机器人，该机器人将具备血管造影成像、功能精准诊断和手术导航以及 PCI 手术等全套功能，可应用于包括冠状动脉疾病和高血压等不同的血管疾病领域。以下是公司在未来五年内打造血管介入手术机器人的路线图：

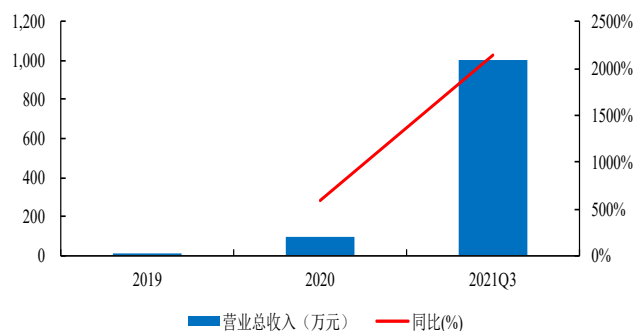
图54：打造血管介入手术机器人是润迈德医疗未来五年目标



资料来源：润迈德医疗招股说明书

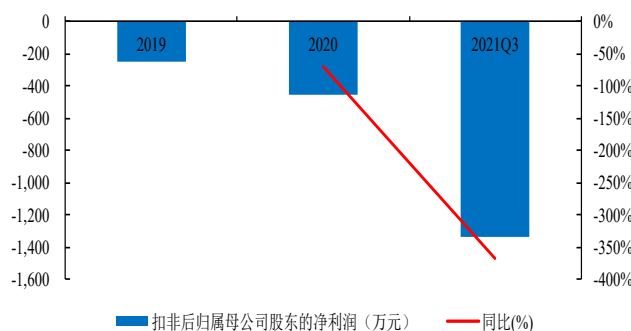
公司 2021 前三季度收入为 1,001 万元，较 2020 年同期增长 2,141.6%。由于公司处于早期阶段，产品推广及研发投入较大，暂未产生盈利，2021 前三季度亏损 1,337 万元。

图55：润迈德医疗营收 2021 年较大增长



数据来源：Wind、开源证券研究所

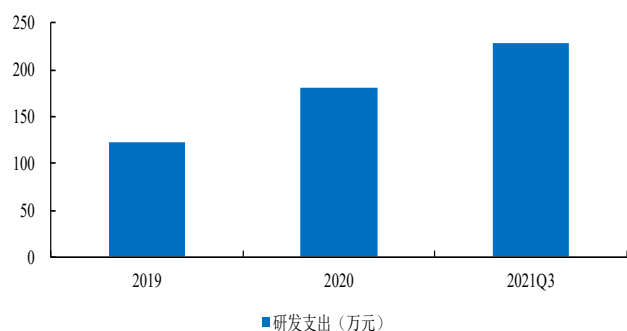
图56：润迈德扣非后净利润表现为亏损增大



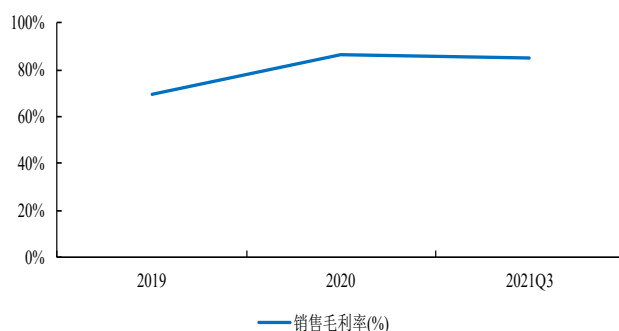
数据来源：Wind、开源证券研究所

公司在研发方面不断提高投入，2021 前三季度研发支出为 228.4 万元，呈现上升趋势。销售毛利率方面，近三年分别为 69.3%、86.3%和 85.3%，表现出较高的产品附加值。



**图57：润迈德研发支出稳步提升**


数据来源：Wind、开源证券研究所

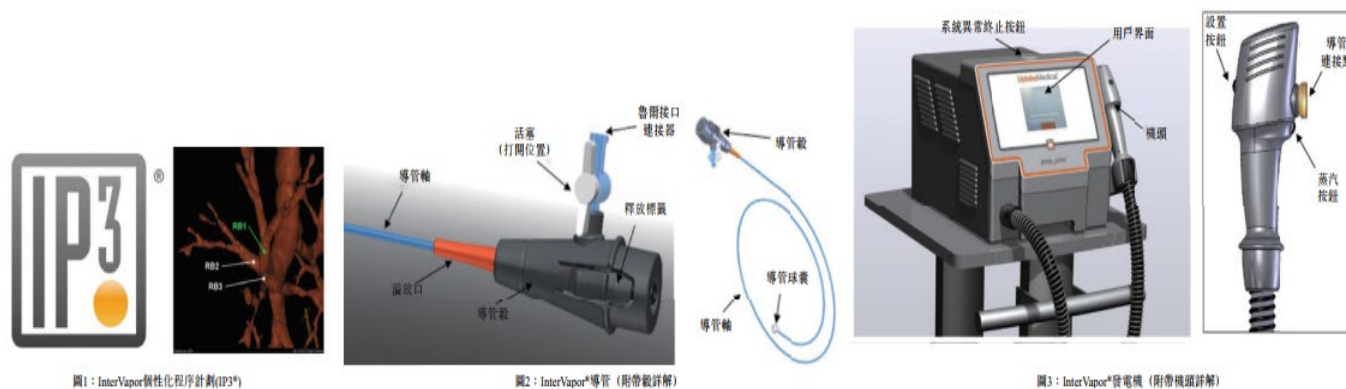
**图58：润迈德销售毛利率维持高位**


数据来源：Wind、开源证券研究所

#### 4.5、莛博医疗（2216.HK）是国内领先的经自然腔道手术机器人公司

公司是介入性肺病学领域的开拓者，在中国和全球范围内提供创新型肺部疾病解决方案。公司利用专有的全肺抵达导航技术，开发了一款包括导航、诊疗的综合介入性肺病学平台，解决了现有诊疗模式的痛点以及众多未得到满足的肺病医疗需求。公司产品主要用于慢性阻塞性肺病和肺癌的治疗。公司董事会及管理团队成员拥有在中国、美国及欧洲对外周血管介入产品及公司经导管主动脉瓣置换系统等医疗器械进行商业化的经验。公司获得 Intuitive Surgical 等战略投资者的支持。

在导航系统的支持下，公司建立肺病综合诊疗产品组合。公司的全肺抵达导航系统能够进入全肺任何部位，无论是否位于气道内部或外部，开发出创新医疗器械和解决方案，改变肺病的诊疗模式。根据 Frost & Sullivan 的资料，公司的 LungPoint ATV 系统（在中国内地和中国内地以外分别被称为 LungPro 系统和 Archimedes 系统）（即“Archimedes 系统”），是全球唯一一个全肺抵达增强现实实时图像导航的导航系统，并已于美国、欧盟和中国获批准上市。公司的 InterVapor 系统（“InterVapor”）是世界上第一个，也是唯一一个用于治疗慢性阻塞性肺病及肺癌等肺病的热蒸汽能量消融系统。同时，公司正在开发的 RF 发生器+RF 消融导管（“RF-II”）系统，是一种与一次性肺射频消融导管结合使用的射频消融系统及唯一一种专门针对肺癌的射频消融系统。InterVapor 系统由三个主要部分组成，包含 InterVapor 发生器、InterVapor 个性化程序 IP3 和 InterVapor 导管。

**图59：莛博医疗产品用于肺部疾病的热蒸汽能量消融**


资料来源：莛博医疗招股说明书

此外，公司还开发了一种肺部手术标记物 H-Marker，在外科肺切除术过程中用

于标记肺结节的位置，实现精确定位。公司还提供各种医用诊断耗材。公司的诊断解决方案有助于肺病的早期诊断及治疗，进而有助于提高患者的生存率。公司的三合一肺病学平台提供了导航、诊疗功能，具有高精度、最小副作用和较低成本的优势，给市场追随者打造了高进入壁垒，并令医生或患者在这三个维度中的各转换成本提高，从而巩固了公司在中国和全球介入呼吸病学医疗器械领域的市场地位。

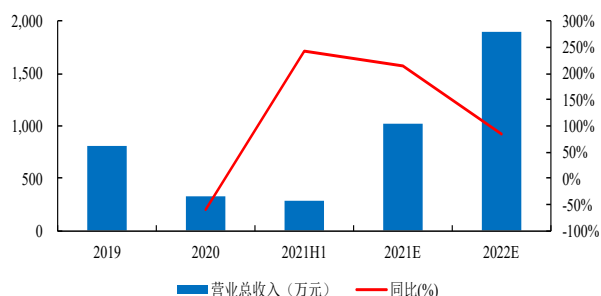
图60：堃博医疗产品线丰富，覆盖大多数肺部疾病

适应症	产品组合	地区	临床前	临床试验	注册
慢性阻塞性肺病	InterVapor用于治疗慢性阻塞性肺病 <sup>(200809)</sup>	中国	临床前及专家审核完成、技术审核进行中		2021年10月
		美国			2023年3月
		欧盟			上市销售，欧盟（2018年1月）
		其他			上市销售，英国、瑞士、中国台湾、中国香港、印度、澳大利亚
	靶向肺去神经消融系统 <sup>(6)</sup>	中国	自2021年8月开始临床试验		2025年9月
		中国			2026年12月
		中国			2027年3月
		美国/欧盟			2023年6月（用于欧盟）
		美国/欧盟			2024年3月
		中国			2023年6月（用于欧盟）
肺癌/肺结节	InterVapor用于治疗肺癌 <sup>(200809)</sup>	中国	设计阶段		2025年12月
		美国/欧盟			2023年3月
		中国			2023年6月（用于欧盟）
		中国			2024年3月
	RF-SEG发生器+RF-iCon消融导管(RF-II) <sup>(8)</sup>	中国	临床前及专家审核完成、技术审核进行中		2023年6月
		美国/欧盟			2023年6月（用于欧盟）
	EMPOWER射频消融导管(RF-I) <sup>(9)</sup>	美国	上市销售，美国（2019年2月）		上市销售，美国（2019年2月）
		欧盟			上市销售，欧盟（2019年3月）
	H-Marker <sup>(608)</sup>	中国	上市销售，中国（2021年6月）		上市销售，中国（2021年6月）
		中国			上市销售，中国（2021年6月）
导航平台 <sup>(1)</sup>	LungPoint <sup>(6)</sup>	中国	上市销售，中国（2014年12月）		上市销售，中国（2014年12月）
		美国			上市销售，美国（2009年3月）
		欧盟			上市销售，欧盟（2010年6月）
		中国			上市销售，中国（2020年12月）
	LungPoint Plus/Archimedes Lite <sup>(6)</sup>	美国/欧盟	上市销售，美国/欧盟（2021年3月）		上市销售，美国/欧盟（2021年3月）
		中国			上市销售，中国（2017年10月）
	LungPro/Archimedes系统 <sup>(6)</sup>	美国	上市销售，美国（2014年2月）		上市销售，美国（2014年2月）
		欧盟			上市销售，欧盟（2014年7月）
	新一代导航平台 <sup>(6)</sup>	中国	设计阶段		2023年6月
		中国			2025年12月
肺癌/肺结节	FlexNeedle <sup>(6)</sup>	中国	上市销售，中国（2014年12月）		上市销售，中国（2014年12月）
		美国			上市销售，美国（2009年4月）
		欧盟			上市销售，欧盟（2013年7月）
		中国			上市销售，中国（2019年11月）
	ATV FlexNeedle CN <sup>(708)</sup>	中国	上市销售，中国（2020年6月）		上市销售，中国（2020年6月）
		中国			上市销售，中国（2018年6月）
	ATV鞘管 <sup>(6)</sup>	美国	上市销售，美国（2013年10月）		上市销售，美国（2013年10月）
		欧盟			上市销售，欧盟（2014年7月）
	ATV球囊 <sup>(6)</sup>	中国	上市销售，中国（2018年6月）		上市销售，中国（2018年6月）
		美国			上市销售，美国（2013年10月）
可控鞘管 <sup>(6)</sup>		美国	上市销售，美国（2013年10月）		上市销售，美国（2013年10月）
		欧盟			上市销售，欧盟（2014年7月）

资料来源：堃博医疗招股说明书

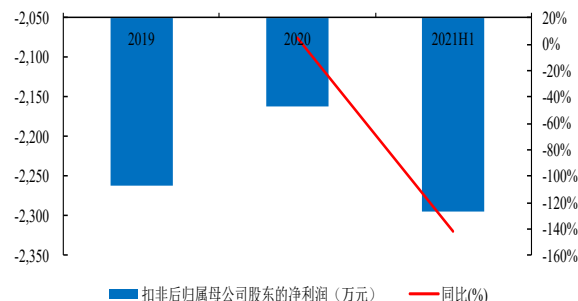
公司 2021 上半年营收为 285.3 万元，预计未来两年公司业绩出现较大增长，根据 Wind 一致性预期数据，公司 2022 年营收为 1,896 万元。由于公司持续进行全球商业化活动以及对候选产品进行研发投入，公司目前扣非后净利润仍然亏损。

图61：堃博医疗营收高速增长，2022 年预计 1896 亿元



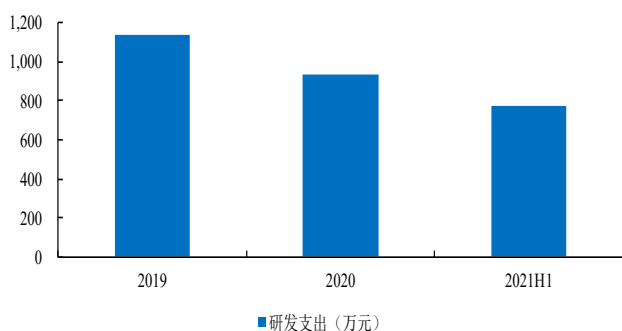
数据来源：Wind、开源证券研究所

图62：堃博医疗扣非后净利润表现为亏损

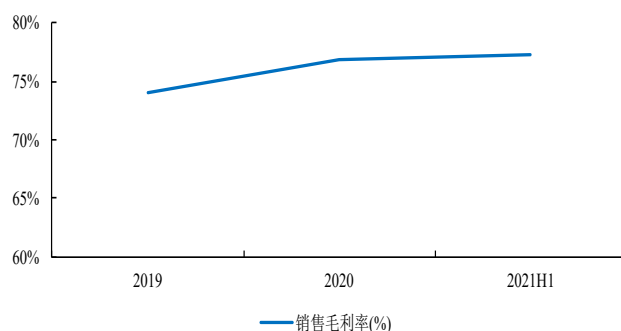


数据来源：Wind、开源证券研究所

公司 2021 上半年研发支出为 776 万元，同期呈现上升趋势。销售毛利率方面，近三年分别为 74.1%、76.9% 和 77.2%。

**图63：莒博医疗 2021 年研发支出提升**


数据来源：Wind、开源证券研究所

**图64：莒博医疗销售毛利率保持高位**


数据来源：Wind、开源证券研究所

综上，手术机器人因优势众多，切实有效解决临床需求，成长空间广阔，受到市场广泛关注。2021 年两款重磅手术机器人相关创新医疗器械获批上市，标志着国内手术机器人行业进入元年，中国迈入手术机器人大时代。随着国内政策大力支持、医保覆盖以及国产品牌产品创新及注册上市，手术机器人渗透率将快速提升。从公司来看，国内公司基本处于发展早期，产品研发及商业推广成本较高，目前盈利水平较低。建议积极跟踪具有产品创新能力、研发管线丰富、具备渠道优势的手术机器人公司。**受益标的：**微创机器人、天智航、莒博医疗、润迈德医疗。

**表25：受益标的**

证券代码	证券简称	收盘价	净利润同比增长率			P/E			评级
			20A	21E	22E	20A	21E	22E	
2252.HK	微创机器人	52.90	-199.24	-214.06	-40.09	--	-63.20	-45.11	未评级
688277.SH	天智航	24.56	-75.95	-8.31	106.78	-292.91	-174.80	2,585.26	未评级
2216.HK	莒博医疗	8.68	-41.3	52.24	15.63	--	-25.44	-30.20	未评级
H01726.HK	润迈德医疗	--	--	--	--	--	--	--	未评级

数据来源：Wind、开源证券研究所

注：公司数据来自 Wind 一致预期，收盘日期为 2022 年 1 月 14 日。

## 5、风险提示

行业政策审批收紧风险，产品推广不及预期，疫情带来手术业务增长不及预期。

## 特别声明

《证券期货投资者适当性管理办法》、《证券经营机构投资者适当性管理实施指引（试行）》已于2017年7月1日起正式实施。根据上述规定，开源证券评定此研报的风险等级为R4（中高风险），因此通过公共平台推送的研报其适用的投资者类别仅限定为境内专业投资者及风险承受能力为C4、C5的普通投资者。若您并非专业投资者及风险承受能力为C4、C5的普通投资者，请取消阅读，请勿收藏、接收或使用本研报中的任何信息。因此受限于访问权限的设置，若给您造成不便，烦请见谅！感谢您给予的理解与配合。

## 分析师承诺

负责准备本报告以及撰写本报告的所有研究分析师或工作人员在此保证，本研究报告中关于任何发行商或证券所发表的观点均如实反映分析人员的个人观点。负责准备本报告的分析师获取报酬的评判因素包括研究的质量和准确性、客户的反馈、竞争性因素以及开源证券股份有限公司的整体收益。所有研究分析师或工作人员保证他们报酬的任何一部分不曾与，不与，也将不会与本报告中具体的推荐意见或观点有直接或间接的联系。

## 股票投资评级说明

	评级	说明
证券评级	买入（Buy）	预计相对强于市场表现 20%以上；
	增持（outperform）	预计相对强于市场表现 5%~20%；
	中性（Neutral）	预计相对市场表现在-5%~+5%之间波动；
	减持	预计相对弱于市场表现 5%以下。
行业评级	看好（overweight）	预计行业超越整体市场表现；
	中性（Neutral）	预计行业与整体市场表现基本持平；
	看淡	预计行业弱于整体市场表现。
备注：评级标准为以报告日后的 6~12 个月内，证券相对于市场基准指数的涨跌幅表现，其中 A 股基准指数为沪深 300 指数、港股基准指数为恒生指数、新三板基准指数为三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的）、美股基准指数为标普 500 或纳斯达克综合指数。我们在此提醒您，不同证券研究机构采用不同的评级术语及评级标准。我们采用的是相对评级体系，表示投资的相对比重建议；投资者买入或者卖出证券的决定取决于个人的实际情况，比如当前的持仓结构以及其他需要考虑的因素。投资者应阅读整篇报告，以获取比较完整的观点与信息，不应仅仅依靠投资评级来推断结论。		

## 分析、估值方法的局限性说明

本报告所包含的分析基于各种假设，不同假设可能导致分析结果出现重大不同。本报告采用的各种估值方法及模型均有其局限性，估值结果不保证所涉及证券能够在该价格交易。



## 法律声明

开源证券股份有限公司是经中国证监会批准设立的证券经营机构，已具备证券投资咨询业务资格。

本报告仅供开源证券股份有限公司（以下简称“本公司”）的机构或个人客户（以下简称“客户”）使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。本报告是发送给开源证券客户的，属于机密材料，只有开源证券客户才能参考或使用，如接收人并非开源证券客户，请及时退回并删除。

本报告是基于本公司认为可靠的已公开信息，但本公司不保证该等信息的准确性或完整性。本报告所载的资料、工具、意见及推测只提供给客户作参考之用，并非作为或被视为出售或购买证券或其他金融工具的邀请或向人做出邀请。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、价值及投资收入可能会波动。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。客户应当考虑到本公司可能存在可能影响本报告客观性的利益冲突，不应视本报告为做出投资决策的唯一因素。本报告中所指的投资及服务可能不适合个别客户，不构成客户私人咨询建议。本公司未确保本报告充分考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需要。本公司建议客户应考虑本报告的任何意见或建议是否符合其特定状况，以及（若有必要）咨询独立投资顾问。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议。在任何情况下，本公司不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。若本报告的接收人非本公司的客户，应在基于本报告做出任何投资决定或就本报告要求任何解释前咨询独立投资顾问。

本报告可能附带其它网站的地址或超级链接，对于可能涉及的开源证券网站以外的地址或超级链接，开源证券不对其内容负责。本报告提供这些地址或超级链接的目的纯粹是为了客户使用方便，链接网站的内容不构成本报告的任何部分，客户需自行承担浏览这些网站的费用或风险。

开源证券在法律允许的情况下可参与、投资或持有本报告涉及的证券或进行证券交易，或向本报告涉及的公司提供或争取提供包括投资银行业务在内的服务或业务支持。开源证券可能与本报告涉及的公司之间存在业务关系，并无需事先或在获得业务关系后通知客户。

本报告的版权归本公司所有。本公司对本报告保留一切权利。除非另有书面显示，否则本报告中的所有材料的版权均属本公司。未经本公司事先书面授权，本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。所有本报告中使用的商标、服务标记及标记均为本公司的商标、服务标记及标记。

## 开源证券研究所

### 上海

地址：上海市浦东新区世纪大道1788号陆家嘴金控广场1号楼10层  
邮编：200120  
邮箱：research@kysec.cn

### 深圳

地址：深圳市福田区金田路2030号卓越世纪中心1号楼45层  
邮编：518000  
邮箱：research@kysec.cn

### 北京

地址：北京市西城区西直门外大街18号金贸大厦C2座16层  
邮编：100044  
邮箱：research@kysec.cn

### 西安

地址：西安市高新区锦业路1号都市之门B座5层  
邮编：710065  
邮箱：research@kysec.cn