

2019 年 中国手术机器人行业概览

行业走势图



医疗研究团队

李乐怡 高级分析师

郑敏仪 分析师

邮箱 : cs@leadleo.com

相关热点报告

- 医疗生物系列研究——2019年中国可穿戴医疗设备行业概览
- 医疗生物系列研究——2019年医疗健康领域最吸金行业总结与展望
- 医疗生物系列研究——2019年中国跨境医疗旅游行业研究

报告摘要

手术机器人是融合多学科和多项高新技术为一体，用于手术影像导航定位和临床微创手术的综合化医疗器械。中国手术机器人行业虽然起步较晚，但得益于终端需求的不断扩大、技术水平的持续提升以及国家相关政策的支持，手术机器人行业于2010年进入快速发展阶段，市场规模持续增长。2014年至2018年，中国手术机器人行业市场规模从0.5亿元人民币增长至1.5亿元人民币，年复合增长率为39.2%（见图2-4）。未来五年，中国手术机器人行业市场规模仍将保持29.8%的年复合增长率持续增长，并于2023年达到4.1亿元人民币规模。

热点一：人口老龄化问题凸显，激活行业需求

中国老龄化的不断加速，导致患病率和手术量的加剧提升，未来庞大的老年群体对中国医疗服务的可及性和质量提出了更高要求。由于目前中国外科手术的供需不平衡和地域医疗资源分配不均，难以满足患者需求。手术机器人的出现是微创外科手术的革命性创新，为解决人口老龄化导致手术需求量剧增提供良好的解决方案。

热点二：中国外行业差距明显，核心零部件依赖进口

虽然中国企业已经开始自主研发手术机器人，但被视为机器人制造的三大核心零部件，（控制器、伺服电机和减速机）主要依赖进口，成为制约中国手术机器人行业发展的重要因素。目前本土品牌的手术机器人的核心零部件大量依赖进口，导致采购成本高和生产成本大，在下游推广中缺乏市场竞争力。

热点三：行业融资热度上升，正处于蓬勃发展

中国手术机器人处于新型发展阶段，龙头企业来主要以非上市公司为主导。尽管中国手术机器人的技术门槛高和投资周期回报较长，但受行业的发展前景良好、中国市场需求空间大以及得到国家政策的支持等因素驱动，手术机器人市场吸引了大量资本的关注。

目录

1	方法论.....	3
1.1	研究方法	3
1.2	名词解释	4
2	中国手术机器人行业市场综述	5
2.1	手术机器人的定义与分类	5
2.1.1	骨科手术机器人	6
2.1.2	神经外科手术机器人	7
2.1.3	窥镜手术机器人	7
2.1.4	血管介入治疗手术机器人	8
2.2	中国手术机器人行业的发展历程	9
2.3	中国手术机器人行业的市场规模	11
2.3.1	全球手术机器人行业的市场规模	11
2.3.2	中国手术机器人行业的市场规模	12
2.4	中国手术机器人产业链分析	13
2.4.1	上游分析	14
2.4.2	下游分析	15
3	中国手术机器人行业驱动因素分析	16
3.1	人口老龄化问题凸显，激活行业需求	16
3.2	中国技术持续创新，促进产品升级	17
3.3	政府项目支持，助力行业加速发展	18
4	中国手术机器人行业制约因素分析	19

4.1	产品技术落后于国外企业，核心零部件依赖进口	19
4.2	医工结合研发路漫长，复合型人才缺口大	19
4.3	成本高昂制约推广应用，安全性问题引发关注	20
5	中国手术机器人行业政策及监管分析	22
5.1	中国手术机器人行业支持政策分析	22
5.2	中国手术机器人行业监管政策分析	23
6	中国手术机器人行业发展趋势	25
6.1	智能化和远程化	25
6.2	行业融资热度上升	26
6.3	产学研融合发展	27
7	中国手术机器人行业市场竞争格局	28
7.1	中国手术机器人行业竞争现状分析	28
7.2	中国手术机器人行业主要参与者分析	30
7.2.1	柏惠维康	30
7.2.2	三坛医疗	32
7.2.3	华志微创医疗	34

图表目录

图 2- 1 手术机器人分类.....	6
图 2- 2 手术机器人行业的发展历程.....	10
图 2- 3 全球手术机器人行业市场规模，2014-2023 预测.....	12
图 2- 4 中国手术机器人行业市场规模，2014-2023 预测.....	13
图 2- 5 手术机器人产业链.....	13
图 5- 1 中国锂电池隔膜行业支持政策.....	23
图 5- 2 中国锂电池隔膜行业监管政策.....	24
图 6- 1 中国手术机器人企业融资情况，2017-2018.....	26
图 7- 1 中国手术机器人行业参与者.....	29
图 7-2 “睿米” 神经外科手术机器人.....	31
图 7- 3 “智微天眼” 手术机器人.....	33
图 7- 4 CAS-R-2 型无框架脑立体定向手术系统.....	35

1 方法论

1.1 研究方法

头豹研究院布局中国市场，深入研究 10 大行业，54 个垂直行业的市场变化，已经积累了近 50 万行业研究样本，完成近 10,000 多个独立的研究咨询项目。

- ✓ 研究院依托中国活跃的经济环境，从医疗行业，信息科技行业，新能源行业等领域着手，研究内容覆盖整个行业的发展周期，伴随着行业中企业的创立，发展，扩张，到企业走向上市及上市后的成熟期，研究院的各行业研究员探索和评估行业中多变的产业模式，企业的商业模式和运营模式，以专业的视野解读行业的沿革。
- ✓ 研究院融合传统与新型的研究方法，采用自主研发的算法，结合行业交叉的大数据，以多元化的调研方法，挖掘定量数据背后的逻辑，分析定性内容背后的观点，客观和真实地阐述行业的现状，前瞻性地预测行业未来的发展趋势，在研究院的每一份研究报告中，完整地呈现行业的过去，现在和未来。
- ✓ 研究院秉承匠心研究，砥砺前行的宗旨，从战略的角度分析行业，从执行的层面阅读行业，为每一个行业的报告阅读者提供值得品鉴的研究报告。
- ✓ 头豹研究院本次研究于 2019 年 06 月完成。

1.2 名词解释

- **医疗机器人**：被应用于诊断、治疗、手术、康复、护理等多个医疗领域内的智能型服务机器人。
- **手术机器人**：融合多学科和多项高新技术为一体，用于手术影像导航定位和临床微创手术的综合化医疗器械。
- **世界卫生组织**：世界卫生组织（World Health Organization，简称 WHO），联合国下属的一个专门机构，总部设置在瑞士日内瓦，只有主权国家才能参加，是世界上最大的政府间卫生组织。
- **NMPA**：国家药品监督管理局（National Medical Products Administration），负责贯彻落实党中央关于药品监督管理工作的方针政策和决策部署，在履行职责过程中坚持和加强党对药品监督管理工作的集中统一领导。
- **863 计划**：国家高技术研究发展计划（863 计划），中华人民共和国的一项高技术发展计划，这个计划是以政府为主导，以一些有限的领域为研究目标的一个基础研究的国家性计划。

2 中国手术机器人行业市场综述

2.1 手术机器人的定义与分类

医疗机器人是指医院、诊所等医疗机构用于医疗或辅助医疗的专业服务机器人。根据医疗应用领域的不同，医疗机器人可分手术机器人、康复机器人、诊疗机器人、辅助机器人和其他类型医疗机器人。其中，手术机器人是融合多学科和多项高新技术为一体，用于手术影像导航定位和临床微创手术的综合化医疗器械。

手术机器人通常由医生操控台、机械臂手术系统和三维成像系统三部分组成。外科医生可远离手术台，通过三维成像系统观察病况，控制操纵杆带动手术台上的仿真机械臂完成复杂的手术操作。手术机器人不仅解决了传统开放式手术中存在的定位精准度低、手术耗时过长和缺乏三维高清图像视野等问题，且具有手术成功率更高、创伤面积更小、出血量更少和恢复速度更快的优势。手术机器人是医疗领域的一次革命性创新，随着技术的不断进步，手术机器人行业将迎来发展热潮。

经过 30 余年的发展，手术机器人已在骨科、脑神经外科、泌尿外科，妇科和普通外科等多个领域有着广泛的应用。按照医疗应用领域划分，可将手术机器人分为骨科手术机器人、神经外科手术机器人、窥镜手术机器人和血管介入治疗手术机器人（见**错误!书签自引用无效**。）。

图 2- 1 手术机器人分类

	骨科手术机器人	神经外科手术机器人	窥镜手术机器人	血管介入治疗手术机器人
功能特点	高精度定位； 辅助医生完成脊柱、 关节等假体置入和 修复手术	神经系统的 精准定位和导航； 辅助医生夹持和 固定手术器械	通过主控制台、 机械臂系统 和高清摄像系统 辅助医生精确完成 微创腹腔镜手术	导管推进系统精确、稳定地完成 导管进退和旋转等手术动作，导 航系统实现定位跟踪，以及导管 推进中的力反馈系统辅助医生确 保掌握导管与血管壁的相互作用
关键技术	机械系统 影像系统 计算机系统	手术规划软件 导航定向系统 机器人辅助器械定位 操作系统	三维高清手术视觉系统 仿真机械手 运动控制技术	图像导航系统 机械装置与控制系统 力反馈系统
国外 代表产品	(1) MAKO Surgical 公司 RIO 机器人系统 (2) Mazor 公司 Renaissance 机器人	(1) Renishaw 公司 NeuroMate 机器人系统 (2) Prosurcics 公司 Pathfinder 机器人系统	(1) Intuitive Surgical 公司 da Vinci (达芬奇) 系统 (2) SOFAR S.p.A Telelap ALF-X 机器人	(1) Hansen 公司 Sensei X 力传感系统 (2) Steretaxis 公司 Niobe 远程磁导航机器人系统
中国国内 代表产品	(1) 天智航公司： “天玑”骨科手术机器人 (2) 三坛医疗公司： “智微天眼”手术机器人	(1) 柏惠维康公司： “睿米”神经外科手术机器人 (2) 华志微创公司： “CAS-R-2”型无框架脑立体 定向手术系统	(1) 思哲睿 公司： 微创外科手术机器人 (2) 金山科技公司： 腹腔微创手术机器人	中国国家863项目，海军总医院、 北京航空航天大学 and 北京医院共 同合作完成了中国首例微创血管 介入手术机器人动物实验

来源：头豹研究院绘制

2.1.1 骨科手术机器人

骨科手术涉及人体运动系统中复杂的骨骼和肌肉组织。骨科手术机器人主要运用于脊柱、膝关节和髋关节等假体置换和修复手术。骨科手术机器人由精准定位系统和操作系统组成，能有效克服传统手术中遇到的高风险、低精准度、术中辐射和创伤面积大等问题。同时，骨科手术机器人的高精度假体植入能有效降低患者术后产生的疼痛感，以及延长植入假体的使用寿命。

骨科手术机器人的核心技术包括机械系统、影像系统和计算机系统。其中，机械系统的手术机械臂主要用于辅助医生完成精细的手术操作；影像系统为手术医生提供高清同步的影像图，以确保导航定位准确；计算机系统辅助医生设计手术方案和管理手术设备。

从 20 世纪 90 年代中期开始，美国、英国和法国等发达国家的多个机构开始骨科机器人领域的研究，临床成果显著，并成功将部分原型系统转为商业化产品和推广应用。最近 10 年，国外具有代表性的产品包括用于膝关节置换手术的 RIO 交互式骨科机器人系统（美国 MAKO Surgical 公司）和用于脊柱手术的 ROSA Spine 机器人（法国 Medtech 公司）。

中国对骨科手术机器人的研发起步较晚,自 2010 年起,经历 10 年的研发积累和临床应用,中国天智航公司最具代表性的产品“天玑”骨科手术机器人已在中国手术机器人市场占据领先地位。

2.1.2 神经外科手术机器人

神经外科手术机器人主要用于脑部和神经系统手术。受到脑部手术空间小,定位困难和传统的手术装置庞大复杂等因素的制约,传统神经外科手术难度高,因此对医疗机器人的潜在需求大,手术机器人较早地应用在神经外科领域。

神经外科手术机器人核心技术包括手术规划软件、导航定向系统、机器人辅助器械定位和操作系统。手术规划软件能辅助医生在术前获得患者的病灶图像和制定相应的手术方案;导航定向和辅助器械定位系统帮助医生导航定向;机器人操作系统用于确保每个关节都能按照规划的步骤进行精确操作。

1985 年,美国 PUMA 机器人是一台工业机器人臂,最早用于神经外科。随着机器人技术的不断发展,神经外科手术机器人的种类日渐丰富,目前发达国家具有代表性的产品包括: Pathfinder 机器人(美国 Prosurge 公司)和 NeuroMate 机器人(英国 Renishaw 公司)。2018 年,中国首个神经外科手术机器人即北京柏惠维康科技公司研发的“睿米”神经外科手术机器人获得 NMPA 批准上市,其可完成脑出血、脑囊肿、癫痫、帕金森病等十二类神经外科疾病的治疗。

2.1.3 窥镜手术机器人

内窥镜手术机器人应用领域最广泛,主要应用于心脏外科、泌尿外科、普通外科、妇科等微创手术。与传统手术需要切开较大创口放入手术工具的方式不同,内窥镜手术机器人只

需切开小创口将机械手进入准确的手术位置并完成手术操作,有助于减小创口面积和缩短患者术后恢复时间。

内窥镜手术机器人的核心技术包括三维高清成像系统、仿真机械手臂和运动控制技术。三维高清成像系统为医生提供患者体腔清晰的组织结构影像,提高手术精确度;仿真机械臂和运动控制技术能提供比人类手臂自由度更高,更精准的动作,有利于提高手术操作的灵活性和稳定性。

手术机器人经历了 30 多年的发展,在全球市场上已有不同的内窥镜手术机器人进入医疗商用,其中最常见的是美国 Intuitive Surgical 公司研发的达芬奇机器人。Intuitive Surgical 公司通过不断的技术更新和改良,已在 2017 年推出融入声控系统,镭射系统等功能的第五代达芬奇机器人。2013 年,中国哈尔滨工业大学成功自主研发微创腹腔镜外科手术机器人系统,打破了进口达芬奇机器人的国外技术垄断,走出了国产手术机器人的创新道路。

2.1.4 血管介入治疗手术机器人

血管介入治疗手术机器人主要应用在治疗心血管疾病。血管介入治疗手术机器人的三大核心技术包括机械装置、图像导航系统与控制系统和力反馈系统,能有效解决传统的血管介入手术操作步骤复杂、耗时长、医生疲劳和医生受 X 射线辐射等问题。血管介入手术机器人的机械装置具有导管推进功能,能辅助医生精确稳定地完成导管进退和旋转等手术动作;图像导航系统实现定位跟踪和实时形成图像;导管推进中的力反馈系统辅助医生确保掌握导管与血管壁的互相作用力。

与骨科手术机器、神经外科手术机器人和内窥镜手术机器人相比,血管介入手术机器人的研究起步时间较晚。2006 年,以色列研发首例血管介入手术机器人。随着不断的研究和发展,目前常见的系统有 SenseiX 手术机器人(英国 Hansen 医疗公司)和 EPOCH 手术机器人(美国 Stereotaxis 公司)。2009 年,中国海军总医院、北京航空航天大学 and 北京医院

共同合作完成了中国首例微创血管介入手术机器人动物实验。

2.2 中国手术机器人行业的发展历程

➤ 起步阶段 (1997-2001 年)

相比欧美发达国家国家，中国手术机器人行业起步较晚。1985 年，美国工业机器人手臂 PUMA560 完成了历史上首次机器人手术。1992 年，美国 IBM 研究中心和加州大学合作研发了世界第一台正式的手术机器人 ROBODOC，其主要功能是关节置换和修复手术的应用。在国外手术机器人行业迅速发展的背景下，1997 年，中国海军总医院与北京航空航天大学机器人研究所联合研发了中国第一台手术机器人“CRAS”，并利用其完成了立体定向颅咽管癌放射治疗术。1999 年，“CRAS”第二代研制成功，实现了无框架立体定向手术，为中国手术机器人的后续研发和应用铺下了第一块基石。

➤ 初期探索阶段 (2002-2010 年)

2002 年，国产“CRAS”手术机器人经过多次的技术升级和迭代，使其手术误差更小和操作更安全，并获得 NMPA 认证。2005 年，第五代 CRAS 利用互联网成功完成了 2 例立体定向远程手术。同年，中国北京航空航天大学 and 积水潭医院合作研发了双平面骨科手术机器人，主要适用于股骨颈空心钉内固定术，解决传统手术中需要反复 X 射线透射、定位困难和操作却反稳定性问题。2006 年，美国 Intuitive Surgical 公司研发的第二代达芬奇 S 手术机器人推出后，中国人民解放军 301 医院引进了首台达芬奇手术机器人。同年，北京积水潭医院联合北京航空航天大学利用小型模块机器人，完成中国首例长骨骨折髓内钉内固定远程遥控手术。此阶段，中国手术机器人行业通过不断地借鉴国外先进技术和提升自身技术，国产手术机器人精准度和安全度提高，适用范围扩大。

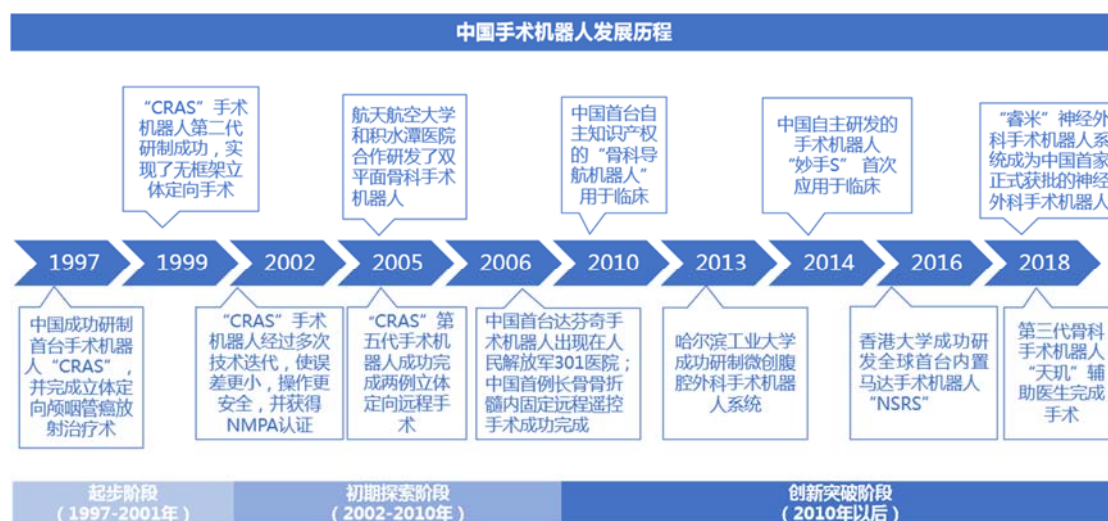
➤ 创新突破阶段 (2010 年以后)

2010年，中国首台自主知识产权的“骨科导航机器人”诞生，专门用于脊柱微创手术，且获得了国家医疗器械注册许可证和完成相关模拟手术，标志着中国手术机器人行业发展步入了自主创新的新阶段。

在国家政策支持下，中国各大高校研究所和企业手术机器人行业加大了研发力度。2013年，哈尔滨工业大学机器人研究所成功研制微创腹腔镜外科手术机器人系统，并通过国家“863”计划专家组的验收。此款手术机器人在机器人系统设计、三维腹腔镜、系统集成等关键技术上有重大突破，并成功申请了多项国家发明专利。2014年，天津大学和中南大学联合研发具有自主知识产权的“妙手S”微创手术机器人，中南大学湘雅三医院利用其成功完成了3例手术。2016年，香港理工大学成功研发了全球首台内置马达手术机器人“NSRS”，可经通过单一切口进入人体进行腹腔手术。2018年，由北京柏惠维康科技有限公司研发的“睿米”神经外科手术机器人成为中国首个正式获批的神经外科手术机器人。同年，第三代国产骨科手术机器人“天玑”辅助医生完成手术。

由此可见，中国的手术机器人行业经历了从无到有，从国外引进逐步发展为自主创新研发，不断提升技术创新能力，有望进一步实现国产替代（见图2-2）。

图 2-2 手术机器人行业的发展历程



来源：头豹研究院绘制

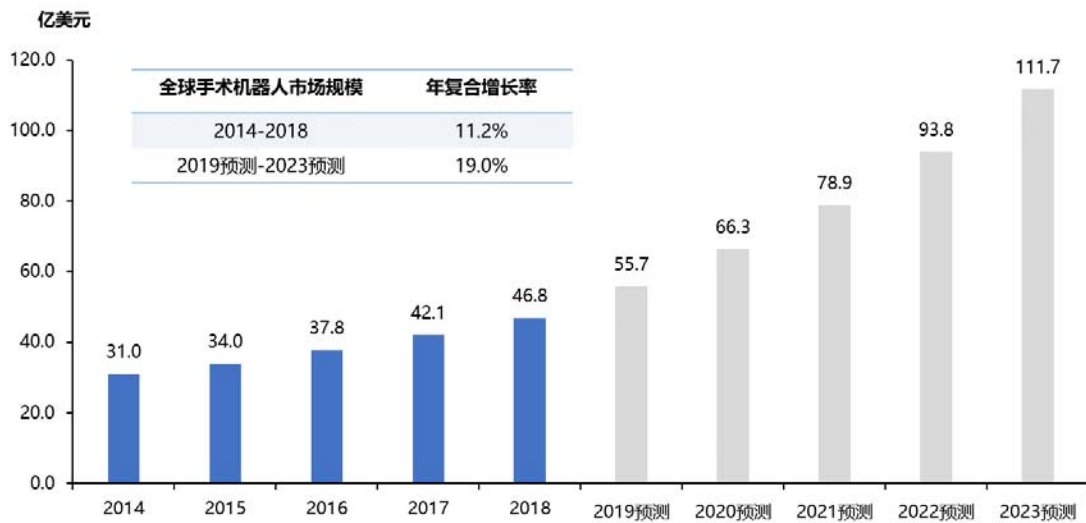
2.3 中国手术机器人行业的市场规模

2.3.1 全球手术机器人行业的市场规模

根据国际机器人联合发布的全球手术机器人研究报告数据显示，2014年至2018年全球手术机器人市场规模从31.0亿美元增长至46.8亿美元，年复合增长率为11.2%（见图2-3）。预计未来五年，全球手术机器人规模将以19.0%的年复合增长率增长，到2023年，全球手术机器人可达到111.7亿美元的市场规模。

未来全球手术机器人市场规模持续高速增长主要有三大原因：（1）根据联合国数据统计，截止到2018年，全球60岁及以上人口为9.6亿，占全球人口总数的12.8%。到2050年，全球人口老年人数量预计将增值31亿，占总人口总数的31%。老年化人口迅速增加，癌症、心脏病、骨科病症等也随之大幅攀升，引起医疗手术需求的增长。按照当前的医疗效率和医护人员短缺无法满足日益增长的手术医疗需求。手术机器人具有高精准，安全和高效率的特点，通过提高手术机器人的普及率是解决此难题的有效途径；（2）根据世界卫生组织数据统计，在2004年到2012年间，全球外科手术总量从2.26亿台上升至3.13亿台，增长率超过38%。手术总量的增加为手术机器人的普及和应用提供了先决条件；（3）随着全球人们提高对疾病处理的认知和可支配收入水平的上升，患者对能提供高成功率、创伤更小的机器人手术的需求也随之增长。

图 2- 3 全球手术机器人行业市场规模，2014-2023 预测



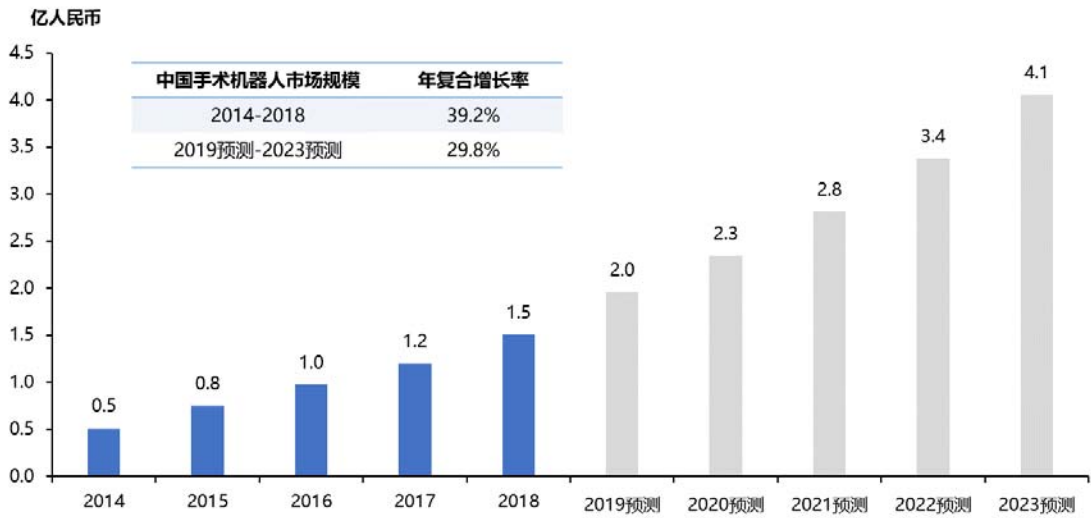
来源：国际机器人联合会，头豹数据中心编制

2.3.2 中国手术机器人行业的市场规模

中国手术机器人行业虽然起步较晚，但得益于终端需求的不断扩大、技术水平的持续提升以及国家相关政策的支持，手术机器人行业于 2010 年进入快速发展阶段，市场规模持续增长。2014 年至 2018 年，中国手术机器人行业市场规模从 0.5 亿元人民币增长至 1.5 亿元人民币，年复合增长率为 39.2% (见图 2-4)。未来五年，中国手术机器人行业市场规模仍将保持 29.8%的年复合增长率续增长，并于 2023 年达到 4.1 亿元人民币规模。

具体而言，中国手术机器人行业市场规模未来保持持续性增长，主要受以下三方面因素驱动：（1）截至 2017 年，中国 65 岁及以上老年人口达到 1.58 亿，占总人口的 11.4%。老龄化速度加快对手术服务产生巨大的需求。目前中国医疗供给能力无法在短期内迅速有效提升，而解决医疗供需不平衡问题的有效手段就是引入手术机器人，提高手术医疗效率；（2）中国政府不断出台推动医疗机器人行业发展的相关政策，并启动了多项发展手术机器人的项目及资金支持，有助于促进中国手术机器人行业的自主创新及普及应用；（3）中国产学研一体化模式结合中国拥有丰富的临床数据，能为研发阶段和临床阶段提供优势，有利于提升手术机器人的创新研发速度和产业化效率。

图 2- 4 中国手术机器人行业市场规模，2014-2023 预测

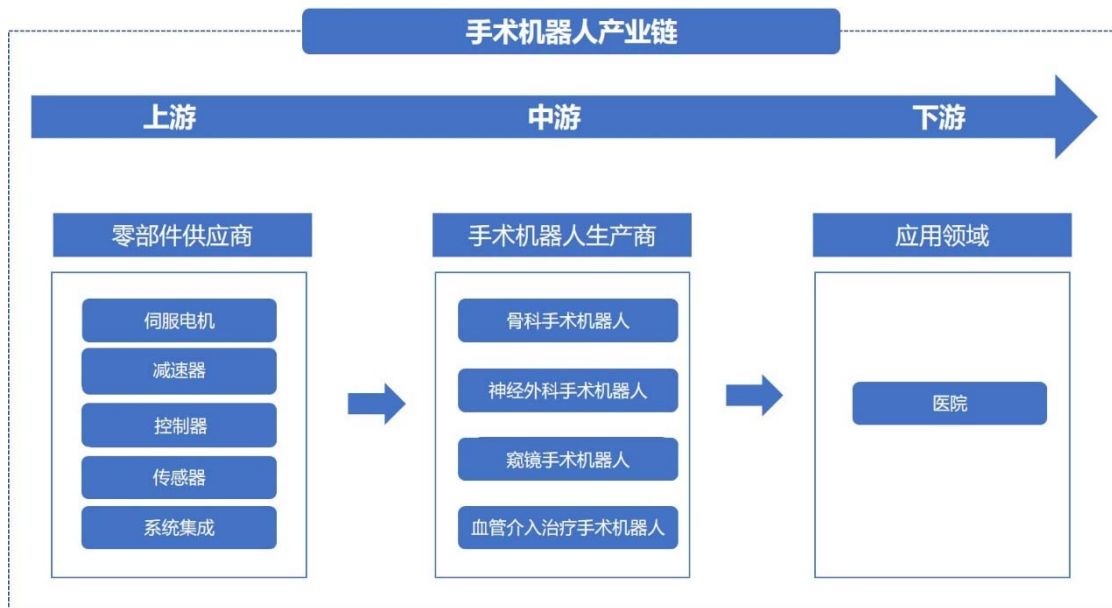


来源: tbTEAM 软件采编, 头豹数据中心编制

2.4 中国手术机器人产业链分析

中国手术机器人产业链分为三部分：产业链上游参与者为伺服电机、减速器、控制器、传感器及系统集成等零部件供应商，产业链中游环节主体为手术机器人生产商，生产的产品包括骨科手术机器人、神经外科手术机器人、窥镜手术机器人和血管介入治疗手术机器人，产业链下游由各级医院构成（见图 2-5）。

图 2- 5 手术机器人产业链



来源: 头豹研究院绘制

2.4.1 上游分析

手术机器人属于高度智能化的医疗器械，核心零部件不仅需要高性能，而且需具备高稳定性和安全性。从结构上看，手术机器人主要由控制系统、驱动系统和执行系统构成，分别对应伺服电机、减速器和控制器三大核心零部件。从成本角度看，上游核心零部件占机器人成本的 70%，其中伺服电机的成本约占 20%，减速器的成本约占 35%，控制器的成本约占 15%。与发达国家相比，中国这三大核心零部件的技术水平有较大差距，难以满足中游企业的生产需求，因此这三大核心零部件主要从美国、日本和德国等发达国家进口，整体议价能力低。

原材料对进口依赖度高是制约中国手术机器人行业发展的主要因素，具体而言：（1）伺服电机是机器人的“神经”，需要通过它完成机器人运动。2017 年数据显示，中国伺服电机市场中，日本和欧美企业占主导地位，中国本土企业市场占比仅有 10%。中国机器人伺服电机起步晚，功率偏中小型、存在技术较低端、主芯片需要进口等弊端，因此在短期内中国手术机器人行业难以避免对进口伺服电机的依赖；（2）机器人减速器用于提高机器人动作精确度，主要分为 RV 减速器与谐波减速器。机器人采用的精密减速器技术一直被欧美和日本等发达国家高度垄断，中国只能依然靠进口减速器；（3）控制器可以比喻为机器人的“大脑”，负责向机器人发布和传递动作指令，对机器人性能具有决定性影响。相比减速器和伺服电机，中国机器人控制器产品与国外差距较小，但在稳定性、响应速度和二次开发平台的易用性开发方面有待进一步升级。

总体而言，中国手术机器人行业上游仅有控制器可实现自产，伺服电机和精密减速器仍以进口为主，导致中游企业存在产品稀缺和成本昂贵的问题，不利于下游的应用发展。国产手术机器人若需要形成成熟的产业化、全面自主研发和降低机器人成本，上游核心部件加速国产化和供应力必须加速提上日程。

2.4.2 下游分析

中国手术机器人仅占中国医疗机器人中的 16%。导致中国手术机器人普及率低的原因有以下两点：（1）从供应端分析，手术机器人本身研发周期长和产业发展缓慢，叠加中国手术机器人受到上游原材料供应和技术水平的制约，中国无法进行大规模生产从而导致下游普及率低；（2）从需求端分析，国外进口手术机器人成本高，耗材和维护费昂贵，目前只有少部分一级医院有购买能力，直接导致中国手术机器人普及率低。以达芬奇手术机器人为例，其设备价格高达 2000 万人民币，每年需要支付 150 万人民币的维护保养费用，此外还有高消耗的手术机械材料。另一方面，与传统的手术相比，使用机器人进行的手术费用要高出 2-3 万人民币。

受短期价格昂贵和普及率不足的因素影响，中国手术机器人行业需求增长缓慢。但未来手术机器人行业下游需求将加速提升，主要原因为：（1）随着国产手术机器人的逐步技术升级和国产替代化，医院购买机器设备和耗材的费用将大幅下降，从而降低患者的机器人手术费用。解决了手术机器人费用昂贵的问题，行业将会迎来普及率和应用率的大幅提升。例如，与法国进口的 ROSA 神经外科手术机器人相比，中国华志医疗公司自主研发的手术机器人的价格仅为 ROSA 机器人的 30%，不仅打破了手术机器人市场被国外垄断的局面，还有助于优质手术医疗器械资源下沉到更多的基层医院和普及大众；（2）在 2005 年，华志医疗的神经外科导航定位手术机器人已纳入北京医疗保险范围，并成功完成了十万多例手术。受到中国医疗政策利好改革和扩大医疗保障范围，手术机器人行业的需求将会被进一步激发；（3）目前，大部分手术机器人仅在中国一线城市的一级医院使用。未来，伴随医护人员水平的提高和机器人产业的进一步发展，手术机器人有望逐渐渗透到二线、三线城市的医院。

综合而言，通过产品国产替代化、医疗政策改革、产业化发展将会激发下游需求的爆发，行业规模效益提升，产业链形成自下而上的反馈，从而拉动整个行业蓬勃发展。

3 中国手术机器人行业驱动因素分析

3.1 人口老龄化问题凸显，激活行业需求

中国人口老龄化问题持续加剧带来市场需求增加。根据《2017 中国健康城市建设报告》数据显示，中国老年人患有心脑血管、肿瘤性疾病、心脏病、神经系统、骨骼肌肉系统等疾病日益增加，其发病率比中青年高 3-4 倍，住院率高 2 倍。老年人高发病率使手术需求量提升，然而中国医疗服务严重不足，无法满足日益增长的手术需求量。

手术机器人具有精准性和高效性的特点，全方面推广和应用手术机器人是解决手术治疗供需不平衡的有效途径。另一方面，大部分在传统手术后的老年患者恢复能力差，身体虚弱，甚至会引起一系列并发症，然而手术机器人微创技术下具有出血小，更精准，恢复快的优势，可极大程度降低老年患者的手术风险，因此手术机器人将优先成为为老年人实施手术的选择对象。

国家统计局的数据显示，在 2000 年，中国 60 岁及以上人口占总人口的比重为 7%，意味着中国正式成为老年型人口国家。截至 2018 年末，中国老龄人口达到 1.66 亿，占总人口比例的 11.9%。中国老龄化速度快，基数大，预计到 2050 年，中国老年人口将有 4.8 亿，占全球老年人的四分之一。

中国老龄化的不断加速，导致患病率和手术量的加剧提升，未来庞大的老年群体对中国医疗服务的可及性和质量提出了更高要求。由于目前中国外科手术的供需不平衡和地域医疗资源分配不均，难以满足患者需求。手术机器人的出现是微创外科手术的革命性创新，为解决人口老龄化导致手术需求量剧增提供良好的解决方案。人口老龄化驱动手术需求加速增加，为手术机器人市场孕育增长空间。

3.2 中国技术持续创新，促进产品升级

中国手术机器人起步较国外稍晚，然而随着中国近年来人工智能技术和医疗技术的不断突破，本土企业手术机器人正朝着微创化和精准化方向迅速发展，使手术具有更安全、更精准和更高效等特点，国产手术机器人的推广应用进步迅速。

中国手术机器人在关键技术已有丰富的研究积累，在某些技术领域上已经超越国际水平。自 2000 年起，美国达芬奇手术机器人开启商业化，成为手术机器人行业的标杆者和驱动者。2014 年，天津大学自主研发的“妙手”手术机器人系统面世，打破了达芬奇手术机器人垄断局面，其核心软件、硬件和材料均由中国自主研发，是一款与达芬奇手术机器人类型相同的腔镜式手术机器人。与达芬奇系统相比，“妙手”系统在以下两方面有所突破：（1）材料制作方面，“妙手”系统利用融合柔性材料制作，体积比达芬奇系统更小，有效提高手术操作的灵活性；加之，成本也相对更低，高性价比有利于增强医院的购买意愿；（2）在技术开发方面，美国达芬奇手术机器人是与其他公司合作开发微创手术影像屏中的三维立体视觉技术，而“妙手”系统从镜片膜制造和组装的工艺到成像系统均为自主研发，提高了系统集成时减少传输的延迟和提高技术融合的可行性。2014 年开始“妙手”手术机器人进行临床试验，到 2018 年“妙手”手术机器人已经通过检测和顺利完成将近 50 例临床试验，有望在五年内实现产业化，这将大幅降低患者医疗费用，为患者提供更多选择。基于达芬奇手术机器人的应用，中国天津大学团队对手术机器人进行技术改良，使“妙手”手术机器人有潜力成为达芬奇系统在中国的竞争对手，突破手术机器人行业国外垄断，并有机会走向国际市场。

中国本土品牌的手术机器人已在中国市场初步应用。天智航公司自主研发的“天玑”是全球首台能够开展脊柱全节段、骨盆及四肢骨折手术的骨科机器人系统，手术定位精度达到 0.8 毫米，其技术处于国际领先水平。通过“天玑”的术前精准的规划设计和术中实时的导

航系统,可使复杂的手术过程更安全,辐射量减少超 70%,并减少创伤和出血量。2018 年,“天玑”已分别在安徽省和广东省的多家医院成功完成了手术,意味着中国手术机器人逐步得到了中国医生和患者的认可。

中国企业在人工智能、人机交互和机器人方面等技术逐渐发展成熟,为高端、功能差异化的国产手术机器人崛起提供可能,进一步推动了国产手术机器人在下游市场的普及应用。

3.3 政府项目支持,助力行业加速发展

面对全球各国手术机器人行业的蓬勃发展和激烈的国际竞争,中国政府和相关机构陆续出台一系列政策方针推动了中国制造升级,以及提高中国高端医疗装备的研发技术和产业化水平,为手术机器人行业发展营造良好的发展环境。

在技术研发方面,中国科技部在 2013 年启动了国家“863 计划”智能机器人主题“微创医疗机器人”项目,为手术机器人的研发项目提供资金、信息技术和专业人才资源整合,有助于孵化科研项目,转化成医疗设备成品。在此计划的助力下,同年 12 月,哈尔滨工业大学正式宣布完成具有自主知识产权的微创腹腔镜外科手术机器人。2017 年,重庆科技有限公司自主研发的腹胸腔微创手术机器人已通过国家科技部机器人专家组的技术验收。

在产业化方面,2017 年,工业和信息化部、国家卫生计生委决定组织创建骨科手术机器人应用中心,主要为了搭建骨科手术机器人临床应用的工作环境和创建医研企协同创新机制,从而进一步推动骨科手术机器人设备发展和提升精准医疗服务。在该政策的引导下,2017 年 11 月,北京积水潭医院等 21 家牵头医院创建骨科手术机器人应用中心,同时成立了应用中心技术指导委员会。这一政策的落地有助于建立骨科手术机器人临床应用系统和标准,搭建技术人才培养体系,推动骨科手术机器人产业创新升级,从而提升中国医疗服务水平、实现手术机器人国产化和价格合理化。

在国家相关利好政策的背景下，企业、医院和研究所合作的积极性增强，手术机器人的研发技术水平提高，临床应用资源扩充，手术机器人产业化进程加速。

4 中国手术机器人行业制约因素分析

4.1 产品技术落后于国外企业，核心零部件依赖进口

中国手术机器人企业因研发起步时间晚，长期缺乏技术积累、资金和专业人才支持，导致整体行业的技术水平无法在短期内迅速提高，行业规模较小。手术机器人研发技术壁垒高，安全性和稳定性需要经过多年的临床试验，中国绝大部分手术机器人依然处于技术研发或临床试验阶段，未能形成有效的产业化和商业化，未来还需要克服多重困难，完全实现进口替代尚需时日。

虽然中国企业已经开始自主研发手术机器人，但被视为机器人制造的三大核心零部件：控制器、伺服电机和减速机主要依赖进口，成为制约中国手术机器人行业发展的重要因素。目前本土品牌的手术机器人的核心零部件大量依赖进口，导致采购成本高和生产成本大，在下游推广中缺乏市场竞争力。

4.2 医工结合研发路漫长，复合型人才缺口大

除薄弱的技术基础和核心零部件依赖进口的问题，缺乏具有多领域和技术背景的复合型人才和难以突破医工结合的模式是手术机器人行业发展面临的第二大挑战。手术机器人作为终端医疗设备，由医生来进行使用操作，其设计应该以医生使用需求为主要导向。然而，多数研发制造机器人的工程师不了解医学，无法及时、有效地了解医生进行手术操作的需求，会导致闭门造车的情况。反之亦然，医生虽清楚治疗方案和手术流程，却不了解如何运用机器人操作程序完成手术。

手术机器人的研发设计涉及医学、机械制造、人工智能、大数据等多学科交叉，在缺乏复合型人才下，中国手术机器人企业采用医工结合的方式实现手术机器人研发。医生向工程师提供关于产品在功能、安全和工艺方面的需求，随后工程师根据医生的需求进行产品设计方案初步规划，转化成技术的语言，再变为机器人语言。在研发过程中需经过医生和工程师反复测试和修改，需克服合作中遇到关于医学和理工科在不同层次上重重障碍。医工结合可有效解决中国复合型人才短缺的燃眉之急，但弊端为研发时间成本增加，不利于推进行业的整体发展进程。

现阶段，中国采用医工结合模式去研发新技术的同时也应该加快培养复合人才。据 2017 年教育部发布的《制造业人才发展规划指南》显示，到 2025 年，中国机器人领域人才缺口将突破 450 万。中国天津大学、南开大学两所高校已在 2018 年秋季首次开设智能医学工程专业，首期仅招生 30 名。中国虽已具备多元化人才培养体系，但中国高校的智能医疗机器人相关学科设立尚不健全，少量的人才培养不足以支撑巨大的人才缺口。

4.3 成本高昂制约推广应用，安全性问题引发关注

尽管手术机器人具有微创化、精准化和稳定化等优势，但手术机器人前期研发的高成本分摊到患者身上，导致手术价格整体提高。加之，受到机器人本体昂贵和耗材成本费用高的因素影响，患者使用手术机器人进行手术比普通手术治疗价格高出 2-3 万人民币。例如，患者在安徽第一附属医院通过国产骨科手术机器人“天玑”进行手术，仅开机费（不包括术中耗材费）就达到 2 万人民币。患者在上海做当囊切除手术，普通手术费用大约 8000 人民币，然而利用手术机器人辅助手术费用高达 3.8 万。由于目前大部分中国机器人手术项目并未被纳入医疗保险的，收入水平一般的患者面对高昂的手术费用，只能对手术机器人服务望而却步。手术机器人的购置费用高，维护费用高和手术成本高等核心因素，导致中国医院手

术机器人的应用普及率远远低于欧美日国家。

另外，目前手术机器人的收费方式与标准主要分为 3 种，分别是固定开机费另加实际耗材费用、省市固定价格打包收费和自主定价。在不同的省市采用不同的收费方式和标准，机器人手术费用存在较大差异，对设备应用推广也将产生较大的影响。

手术机器人的安全性和应用差异性引发人们广泛的关注。在 2000 年到 2013 年之间，手术机器人主导进行的手术导致 144 名患者致死，1391 病人受伤，期间，共发生 8061 次机械故障。中国手术机器人处于发展初期，依然存在精准感控，柔性控制和缺失触觉反馈等问题，这导致患者面对新兴的医疗机器人手术安全性产生怀疑。

在 2019 年 1 月，国家卫生健康委为规范医疗手术机器人临床应用，提高医疗质量，保障医疗安全，决定成立手术机器人临床应用管理专家委员会。中国手术机器人的临床应用逐渐走向规范化，但距离形成一个完善的应用管理标准和质量控制体系尚需时日。

5 中国手术机器人行业政策及监管分析

5.1 中国手术机器人行业支持政策分析

中国政府出台一系列政策鼓励和支持手术机器人行业发展，从整体规划、产品应用和产业化等方面助力手术机器人行业逐步发展成熟（见图 5-1）。

在整体规划方面，2016 年 3 月，全国人大常委颁布《“十三五”规划纲要》，明确提出大力发展手术机器人，推动高精密减速器、高度高性能控制器、高性能伺服电机及驱动器等关键零部件自主化，推动人工智能技术在各领域商用。该规划将手术机器人的发展列入重点发展领域，大力支持手术机器人上游零部件材料精细化、自主化发展，为国产机器人实现自主创新研发奠定了重要基础。2016 年 10 月，工业和信息化部颁布《医药工业发展规划指南》，明确提出重点发展骨科和腹腔镜手术机器人；2018 年 10 月，财政部颁布《关于发布 2018—2020 年大型医用设备配置规划的通知》，计划到 2020 年底，全国配置内窥镜手术器械控制系统（手术机器人）197 台内，其中新增 154 台；这两大政策重点关注手术机器人行业的细分领域，提出具体的配置规划，有效助力手术机器人在下游的医疗机构推广，推动手术机器人合理化应用。

在产品应用方面，2016 年 3 月，工信部、国家发改委和财政部联合发布《“十三五”机器人产业发展规划（2016-2020 年）》，明确提出重点发展手术机器人，开展手术机器人在三甲医院智能手术中心的试点示范。2017 年 5 月，工业和信息化部办公厅联合卫生计生委办公厅发布《关于组织创建骨科手术机器人应用中心的通知》，明确提出骨科手术机器人应用中心建设的申报主体、申报条件、创建周期和相关配套等要求，以及申报程序和支持措施。从建立手术中心的试点示范向手术机器人应用中心发展，手术标准化流程和规范化培训体系逐步建立，手术机器人辅助技术应用环境得以改善，有助于促进手术机器人在下游市

场的普及应用。

在产业化方面，2017年11月，国家发改委颁布《增强制造业核心竞争力三年行动计划(2018-2020年)》，明确提出加快高端医疗器械产业化及应用，重点支持手术机器人等创新医疗器械产业化。在以上规划的支持下，手术机器人相关产业有望实现协同发展，推动手术机器人创新升级，向高端产品方向转型。

图 5-1 中国手术机器人行业支持政策

层面	政策名称	颁布日期	颁布主体	主要内容及影响
整体规划	《“十三五”规划纲要》	2016-03	全国人大常委	明确提出大力发展手术机器人，推动高精密减速器、高度高性能控制器、高性能伺服电机及驱动器等关键零部件自主化，推动人工智能技术在各领域商用
	《医药工业发展规划指南》	2016-10	工业和信息化部	明确提出重点发展骨科和腹腔镜手术机器人
	《关于发布2018—2020年大型医用设备配置规划的通知》	2018-10	财政部	计划到2020年底，全国配置内窥镜手术器械控制系统（手术机器人）197台内，其中新增154台
产品应用	《“十三五”机器人产业发展规划（2016-2020年）》	2016-03	工信部、 国家发改委 财政部	明确提出重点发展手术机器人，开展手术机器人在三甲医院智能手术中心的试点示范
	《关于组织创建骨科手术机器人应用中心的通知》	2017-05	工业和信息化部办公厅 卫生计生委办公厅	明确提出骨科手术机器人应用中心建设的申报主体、申报条件、创建周期和相关配套等要求，以及申报程序和支持措施
产业化	《增强制造业核心竞争力三年行动计划(2018-2020年)》	2017-11	国家发改委	明确提出加快高端医疗器械产业化及应用，重点支持手术机器人等创新医疗器械产业化

来源：头豹研究院绘制

5.2 中国手术机器人行业监管政策分析

为促进中国手术机器人行业健康、规范成长，中国政府发布一系列政策在标准化、技术规范和产品配置等方面监管手术机器人行业的发展（见图 5-2）。

在标准化方面，2016年1月，国务院颁布《国家标准化体系建设发展规划(2016-2020年)》，提出开展医疗机器人、家用健康监护诊疗器械等诊疗设备领域的标准化工作。

在技术规范方面，2018年1月，工业和信息化部颁布《首台（套）重大技术装备推广应用指导目录（2017年版）》，明确手术导航系统和脑立体定向仪/手术计划系统的主要技术指标。

在产品配置方面，2018年3月，原国家卫计委发布《关于发布大型医用设备配置许可管理目录（2018年）的通知》，内窥镜手术器械控制系统（手术机器人）被列入乙类（省

级卫生计生委负责配置管理)。

通过在标准化、技术规范和产品配置方面对手术机器人行业加强监管,有助于手术机器人企业明确生产和经营要求,生产出符合标准规范的产品,同时有利于营造良好的市场竞争环境,推动手术机器人产业规模向上增长。

图 5- 2 中国手术机器人行业监管政策

层面	政策名称	颁布日期	颁布主体	主要内容及影响
标准化	《国家标准化体系建设发展规划(2016-2020年)》	2016-01	国务院	提出开展医疗机器人、家用健康监护诊疗器械等诊疗设备领域的标准化工作
技术规范	《首台(套)重大技术装备推广应用指导目录(2017年版)》	2018-01	工业和信息化部	明确手术导航系统和脑立体定向仪/手术计划系统的主要技术指标
产品配置	《关于发布大型医用设备配置许可管理目录(2018年)的通知》	2018-03	原国家卫计委	内窥镜手术器械控制系统(手术机器人)被列入乙类(省级卫生计生委负责配置管理)

来源: 头豹研究院绘制

6 中国手术机器人行业发展趋势

6.1 智能化和远程化

随着人工智能技术进步和不同类型的医疗机器人在全球迅速的发展,智能化和远程化将会是未来手术机器人的发展趋势。目前市面上的大部分手术机器人的触觉反馈系统不完善,无法让医生了解机械操作力度和患者的组织软硬程度,增加了手术不确定性和风险。

结合人机交互系统和智能感知的研究进展可以进一步提高手术机器人的智能化,有利于提升医生做手术时的操作精准度。2019年,天津大学机械工程学院研发的“妙手”微创手术机器人是中国首台具有触觉功能的柔性手术机器人。与人类医生相比,“妙手”能更精准地控制“刚”与“柔”的力量。它不仅能以柔顺方式经过鼻、口、结直肠等人体自然腔道入口精确抵达病灶,也能使用刚性手术器材进行高强度和力度的手术操作。微创手术机器人的“刚柔并济”能减少体内健康组织破坏程度和表面留下的伤疤面积,实现内外科融合一体的创新手术方式。

“看病难、看病贵”和中国医疗资源明显不均衡一直是困扰人们的难题,结合虚拟现实技术和手术机器人技术实现远程手术治疗成为解决这一问题的有效办法。早在2001年,美国医生为身处法国的患者进行了世界首例跨洋远程胆囊切除手术。2003年,中国北京海军总医院和沈阳医院共同完成了中国首次异地遥控机器人手术,但受限于传统的通信网络和机械装备,目前远程机器人手术技术难以得到推广应用。据报道,5G通信技术的大带宽和低延迟将能有效的解决远程手术操作延迟问题,优化医生的手术体验和提高手术操作准确度,实现远程手术治疗技术的落地普及。在2018年底,中国医生已完成世界首例5G远程外科手术动物测试。虽然这次远程手术只运用在一只实验猪上,不过这是中国远程机器人手术领域上的一大突破,从动物实验迈向临床应用指日可待。在未来,利用智能感应、人机交互技

术以及 5G 通信技术，医生为身在异地的患者进行精准的远程手术和治疗将成为可能。

6.2 行业融资热度上升

现阶段，中国手术机器人处于新型发展阶段，龙头企业来主要以非上市公司为主导。尽管中国手术机器人的技术门槛高和投资周期回报较长，但受行业的发展前景良好、中国市场需求空间大以及得到国家政策的支持等因素驱动，手术机器人市场吸引了大量资本的关注。

2017 年至 2018 年期间，柏慧维康和天智航因其产品已成功上市并与多家医院渠道达成合作关系，从而获得投资机构的认可和上亿人民币的融资。博恩思已步入产品注册认证和准备商业化阶段，所以获得了 1 亿元人民币的融资（如图 6-1），研发领域集中在骨科与脑神经外科微创手术机器人。事实上，资本市场对于取得 NMPA 认证的手术机器人公司更为认可和信赖。接受大规模融资的手术机器人企业便可实现扩大研发和经营生产规模。随着未来中国医疗技术的突破和进步，将会有更多企业进入手术机器人行业，打破国外引进为主格局。国产手术机器人的产业化，商业化，全球资本化的局面将逐步扩大。

图 6-1 中国手术机器人企业融资情况，2017-2018

公司名称	核心产品定位	城市	获投时间	轮次	融资金额	投资人
柏惠维康	神经外科手术机器人	北京	2018-10	C	1.3亿	浙江诸暨联创永钧医疗器械基金
华志微创	神经外科手术机器人	北京	2019-03	A	数千万	同晟资本、和盟创投
华科精准	神经外科手术机器人	北京	2018-02	数千万	未披露	凯风投资、品驰医疗
天智航	骨科机器人	北京	2018-07	新三板定增	4亿	先进制造产业投资基金、京津冀产业协同发展投资基金
思哲睿	微创手术机器人	哈尔滨	2017-12	未披露	未披露	深创投
新博医疗	微创手术导航系统	北京	2017-07	A	1.2亿	仙瞳资本
博恩思	微创手术机器人	重庆	2018-04	A	1亿	德屹资本、瑞华控股
术创机器人	手术机器人	杭州	2018-10	B	未披露	雷雨投资、和达投资、泰恒投资
和华瑞博	手术机器人	北京	2018-03	天使轮	未披露	弘道资本、深谷床

来源：头豹数据中心编制

6.3 产学研融合发展

对于中国手术机器人的发展而言，中外技术差距、研发成本高、性能安全性和产业化发展缓慢构成中国手术机器人发展障碍。克服发展难点、推动产业发展走向成熟的核心在于通过加速产学研的融合发展模式突破技术、人才和资金因素上的缺陷。

产学研一体化的模式可充分发挥企业、高校研究所和医疗机构各自优势，优势互补。由于手术机器人需要较高的技术和理论知识门槛，手术机器人龙头企业多从高校研究项目成果转化发展而来，如“妙手”机器人是通过天津大学机器人团队的研究项目转化而成，柏惠维康的创始人是北京航空航天大学机器人领域的核心人物，高校团队在手术机器人的研发起到举足轻重的作用。作为中国骨科手术机器人的佼佼者，天智航公司与清华大学、北京航空航天大学和人民解放军总医院建立产学研协同创新平台。其中，天智航公司主要负责手术机器人的设计研发和产品落地推广；高校研究所为其提供工程技术支撑；医院为其提供临床技术支持。企业通过与领域内具有前沿技术研究的高校、研究实验室和医疗机构共同合作，形成产学研一体化模式，有助于推进手术机器人科技研发成果转化和产品技术迭代升级的进程，将会利好国产手术机器人行业发展。

7 中国手术机器人行业市场竞争格局

7.1 中国手术机器人行业竞争现状分析

在全球手术机器人市场中，欧美国家占主导地位。其中，北美地区占全球市场份额的 68%，欧洲及中东地区占比为 16.8%，亚太地区为 10.7%。现阶段，全球手术机器人市场化程度较高，竞争比较激烈，拥有核心技术以及突破性理念的企业将更容易抢占据市场份额，并长时间能在全球市场上领先。未来，随着亚太地区的市场需求增长和技术进步，市场重心将逐渐从欧美地区转向新兴的亚洲市场。

在中国，手术机器人行业处于发展初期，行业具有高门槛、前期开发费用高以及研发难度大等特点，手术机器人市场规模仅为中国整体医疗机器人产品的 16%。中国手术机器人行业存在产业链不完善、整体产品水平不高和参与者大部分为中小型民营企业的特点，本土品牌市场竞争力相对薄弱。在这样的市场环境下，中国高端手术机器人市场被欧美国家的产品垄断，中国本土企业与欧美竞争对手之间仍存在较大差距。受国家发展战略影响，近年来中国手术机器人市场出现了一批优秀的企业（见图 7-1），其中天智航、柏惠维康、思哲睿和妙手机器人占据领先地位。

以已上市的两家企业为例：（1）博实股份（代码：002698）的主营业务是工业机器人、自动化成套装备及系统解决方案。博实股份为了推动机器人技术为代表的高端医疗设备领域的战略目标，于 2015 年，设立全资子公司博实高端医疗装备有限公司，并认购思哲睿医疗股权。目前旗下产品是由哈工大与思哲睿医疗共同研发的微创外科手术机器人。该机器人系统与到达芬奇机器人相似，有望打破达芬奇机器人在中国的垄断。在 2019 年 4 月，博实股份向投资者回应，此款手术机器人研发水平处于中国领先地位，已完成定性和检验工作，目前进入临床测试准备阶段。（2）天智航成立于 2005 年，2015 年 11 月在新三板上市（代

码：834360），主营业务是骨科手术机器人的研发、生产和销售。其核心产品是天玑骨科手术机器人，在2010年获得NMPA认证，成为中国首家，全球第五家获得医疗机器人注册许可证的公司，填补了中国市场的空白。2017年，天智航的营业总收入比去年同期增长186.58%，净利润为2415万。天智航在2019年4月1日终止挂牌新三板，拟在科创板上市。以上两家上市的手术机器人企业凭借着较高的技术研发水平、差异化的发展战略和充足的资金等优势在手术机器人行业中脱颖而出，其产品将有望在未来中国手术机器人市场长期占据领导地位。

由于脑神经外科手术机器人、骨科手术机器人和微创手术机器人应用在不同的医疗科目领域，以及中国手术机器人行业尚处于初步发展期，目前行业集中度低，竞争格局较分散。随着行业技术不断提升和国家政策进一步规范，行业准入门槛的提高，具有自主研发技术、产品成功上市、占有多医院渠道优势的企业将来会在进一步占有市场份额或成为行业龙头。

图 7-1 中国手术机器人行业参与者

领域	公司名称	城市	创立时间	轮次	融资金额	主要业务
神经外科 手术机器人	柏惠维康	北京	2010-08	C	1.3亿	神经外科机器人，实现微创、精准、高效的无框架立体定向手术，手术平均用时仅30分钟，定位精度达到1mm，患者只留下1个2mm以内的创口
	华志微创	北京	2017-01	A	数千万	研发自主知识产权的新型手术导航设备，提供精准、安全和低费用的无框架立体定向手术系统
	华科精准	北京	2015-08	A	数千万	研发、生产和销售高端创新医疗器械为核心，提供神经外科手术机器人和医用电极
骨科机器人	天智航	北京	2010-10	新三板定增	4亿	以医疗机器人为核心，配套系列模块化智能辅助装备，建设洁净化、数字化、智能化手术环境，提供智能微创手术中心整体工程解决方案
	三坛医疗	杭州	2011-04	A	600万	拥有自主知识产权的新型手术导航设备及其他系列相关产品，包括“影航”和智微天眼手术机器人
微创 手术机器人	思哲睿	哈尔滨	2013-09	未披露	未披露	研发出两款微创外科手术机器人和系列化机器人手术器械，能够提供腹、胸、盆腔外科手术一揽子解决方案
	术创机器人	杭州	2016-11	B	未披露	医疗技术开发领域，将通过利用机器人辅助系统，开发最新一代模块化、轻量、智能且具成本效益的医疗外科机器人系统
	博恩思	重庆	2018-04	A	1亿	微创手术机器人的国产化研发、制造、临床及市场应用，提供全新数字诊疗解决方案
	新博医疗	北京	2011-06	A	1.2亿	研发和生产基于分子影像及多模式影像技术肿瘤早期筛查和诊断产品，和应用于精准微创治疗手术中的实时精准导航产品
	和华瑞博	北京	2018-01	天使轮	未披露	研发关节手术机器人和脊柱手术机器人，实现诊疗效果、效率双重提升

来源：头豹研究院绘制

7.2 中国手术机器人行业主要参与者分析

7.2.1 柏惠维康

➤ 公司简介

北京柏惠维康科技有限公司（以下简称：柏惠维康）成立于 2010 年，总部位于北京，是一家专业从事医疗机器人研发、生产、销售、运营的高科技公司，其主要产品是神经外科手术机器人。柏惠维康目前已获得相关领域 8 项发明专利，10 余项软件著作权和其他专利。在手术机器人临床方面创造了多项中国首次记录，包括：首次在中国成功应用于临床，首次在中国实现远程手术和首个获得 NMPA 认证的神经外科手术机器人。

2018 年 10 月 26 日，柏惠维康获得 1.3 亿人民币 C 轮融资，投资方为联创永宣等。

➤ 主要产品

柏惠维康的主要产品是神经外科手术机器人。经历了 20 年的技术积累，17 年的临床探索，2 万多例临床手术和 6 次产品迭代，柏惠维康在 2015 年推出最新产品——“睿米”神经外科手术机器人（见图 7-1）。“睿米”神经外科手术机器人用于神经外科微创手术，广泛应用于脑出血、脑囊肿、帕金森、癫痫等近百种疾病的手术治疗。“睿米”神经外科手术机器人由实时摄像头、自动机械臂和自主研发的计算机软件三部分构成，集合三维模型自动生成、手术规划、实时导航和手术操作全流程，为中国首创。“睿米”神经外科手术机器人是全球第二款在原产地获批的神经外科手术机器人，能协助医生在不开颅的情况下定位到颅内的细微病变，大幅降低了手术给患者带来的生理和心理负担，实现高精度的微创手术。目前，“睿米”目前已在中国 20 多家医院成功完成 2 万多例脑出血、帕金森病、癫痫等疾病。

图 7-2 “睿米” 神经外科手术机器人



来源：柏惠维康公司官网，头豹研究院绘制

“睿米”神经外科手术机器人具有以下核心优势：

- (1) 微创：通过“睿米”神经外科手术机器人辅助医生进行微创手术，给患者带了的创口仅 2mm 左右，术后观察 1-2 天即可出院，大程度缩短患者住院时间和恢复能力。
- (2) 精准：由于手术需要局部麻醉，患者的持续震颤以及术中的第一根电极测试会导致空间位置发生偏移。通过借助“睿米”的定位技术，可最大限度降低手术误差。“睿米”机器人定位精度达 1mm,充分满足手术临床需要。
- (3) 高效：“睿米”手术机器人操作方便快捷，手术平均用时仅 30 分钟，减轻了医生和患者的负担。以脑出血治疗为例，及时性是关键，此时“睿米”的高效能很大程度地减少患者后遗症。

➤ 核心优势

柏惠维康的核心优势主要来源于团队竞争力强和资金充足。

- (1) 团队竞争力强：柏惠维康的核心团队成员团队先后担任国家 863 计划、国家科技重大专项、科技部国际合作等研究课题任务，获得国家技术进步二等奖。专业技术人员占公司总人数的 37.72%，意味着柏惠维康的团队专业技术水平高，为产品研发、产品迭代和技术升级提供重要保障。

(2) 资金充足：柏惠维康是目前未上市企业中唯一走进了 C 轮融资阶段的公司，目前“睿米”手术机器人已在中国多个省份的医院使用，资金充足有利于柏惠维康加快扩大生产、经营规模和继续拓展研发新领域。

7.2.2 三坛医疗

➤ 公司简介

杭州三坛医疗科技有限公司（以下简称：三坛医疗），成立于 2011 年，是一家结合了研发、设计、生产、销售和服务为一体的高科技医疗设备研发企业。三坛医疗拥有一支覆盖机械、电子、医学、美学，自动化及计算机系统工程方面多学科高端人才的研发团队，具备软件、电子、精密机械的协同研发能力。三坛医疗拥有 50 多项中国、国际专利，产品包括“智微天眼” 激光手术导引系统，骨科手术机器人、麻醉机器人。

2014 年 1 月，三坛医疗获得 600 万人民币 A 轮融资，投资方为同创伟业。

➤ 主要产品

三坛医疗的主要产品是拥有独立知识产权的“智微天眼”系列激光手术导引系统（见图 7-3），能为医生提供灵活和有效的骨科手术解决方案。其具有强实时性，能直达术中靶向目标，兼容二维和三维手术规划模式，主要应用在骨折微创治疗、脊柱微创手术、异物摘除术、骨不愈合、疼痛科及其他微创手术。“智微天眼”手术机器人融合了三大模块的技术优势，将人工智能技术的手术规划系统，自主研发的激光手术引导系统，以及先进传感技术的机械臂系统集成为一体，协助医生精准定位和实行精细化操作。

图 7-3 “智微天眼”手术机器人



来源：三坛医疗公司官网，头豹研究院绘制

“智微天眼”手术机器人具有以下核心优势：

(1) 智能：传统的骨科手术借助射线透视，经过投射看到的位置存在偏差。“智微天眼”手术机器人融合了多模态图像技术，提升了对病灶定位的实时性和精准度。其对单一病灶点的定位时长仅需要 2 秒钟，比传统手术定位时间长和定位不精确具有极大优势。

(2) 精准安全：“智微天眼”手术机器人通过激光追踪及传感技术，能提升机械臂通道建立的精度和速度。同时，医生在手术中通过机器人实时检测及动态反馈技术的辅助，有效提高精准度和降低手术风险。

(3) 高效实用：“智微天眼”手术机器人简化了工作流程，安装和使用方式非常简单，产品的使用学习时间仅需要 10-15 分钟，降低了医生的工作强度和提升手术室的利用率。

➤ 核心优势

杭州三坛医疗科技有限公司主要核心优势是持续创新能力和具有提前海外布局的前瞻性公司战略。

(1) 持续创新能力：在 2016 年，三坛医疗被评为第五届中国创新创业大赛优秀企业。三坛医疗的产品应用了全球首创的极光导航技术和模块化技术，而且不断地升级创新各模块的技术，这意味着三坛医疗的产品具有不断迭代的能力和创新能力，从而能持续提升竞争力。

(2) 海外布局实力：2019 年，三坛医疗通过英国标准协会（BSI）认证，表明三坛医

疗生产质量体系已经达到国际标准, 对其品牌建设和拓展海外医疗设备市场具有重大意义。

7.2.3 华志微创医疗

➤ 公司简介

华志微创医疗科技有限公司(以下简称: 华志医疗), 创立于 2000 年, 总部位于北京, 结合了研发、生产、销售为一体的高新技术企业, 也是国家高新技术研究发展计划(八六三计划)智能机器人主题产业化基地。华志医疗已有 19 年技术积累, 目前专注于神经外科手术和腹腔介入手术类型的立体定向手术机器人的研发生产。

2019 年 2 月, 华志医疗获得数千万 A 轮融资, 投资方为和盟创投和同晟资本。在 2018 年 1 月, 还曾获得了天士力资本的 5000 万元首轮融资。

➤ 主要产品

华志医疗的核心产品为神经外科导航定位手术机器人——“CAS-R-2”型无框架脑立体定向手术系统(见图 7-4)。“CAS-R-2”手术机器人是从国家 863 项目转化而成, 具有对脑外科手术规划、导航和立体定向等功能, 能协助医生完成脑脓肿、脑活检、颅内异物、颅内肿瘤内放疗、等多类神经外科疾病的治疗。2002 年, “CAS-R-2”已取得产品注册证并上市推广, 近百家医院完成装机和使用, 迄今为止已经成功完成 10 万例手术。其将手术导航软件系统、五自由度机械臂和开放化的手术工具平台结合在一起, 简化了手术过程, 保证手术精度。无框架设计避免了手术死角, 扩大了手术适应症, 而且通过多次的技术提升和迭代升级, 解决了传统手术不适用婴幼儿的问题, 能让患有先天性神经疾病的儿童在早期就能及时治疗。

图 7-4 CAS-R-2 型无框架脑立体定向手术系统



来源：华志医疗公司官网，头豹研究院绘制

“CAS-R-2”型无框架脑立体定向手术系统具有以下核心优势：

- (1) 精准微创：“CAS-R-2”手术机器人可让患者在清醒状态下完成手术，创口只有 2mm，术后 3-5 天即可出院，且不留瘢痕。临床中精度可到达 0.8mm 以内，是中国目前临床数据精度较高的外科手术机器人。经过 10 万手术案例中，无任何不良事件报告，足以验证了此手术机器人的安全度。
- (2) 效率高：传统的神经外科手术，纯靠医生手工操作，费时费力，通常一天只能做 2-3 台手术。借助“CAS-R-2”手术机器人的辅助，一般只用 30 分钟就能成功完成一例手术。这很大程度上减轻了患者的心理压力和医生的工作量，以及提高了医院病床周转率。
- (3) 费用较低：“CAS-R-2”手术机器人是 100% 国产研发，自主掌握核心技术和关键零部件的生产，其机身售价仅为法国 ROSA 神经外科手术机器人的 30%。而且，在 2005 年，此机器人手术项目已纳入北京医疗保险范围。这不仅降低了医院引进设备的费用和运营成本，而且为患者减轻了费用负担。

➤ **核心优势：**

- (1) 自主研发创新实力：华志医疗拥有 19 年技术积淀，是目前中国唯一握有完全自主知识产权，取得 NMPA 认证，且核心零部件 100% 国产化的神经外科手术机器人研发商，

提高产品的核心价值和竞争力。

(2) 医院渠道广：产品上市后，已落地中国百家医院和完成超过 10 万临床病例。华志医疗拓展医院渠道快和广，快速占领市场份额，有利于其在中国手术机器人市场巩固领先地位，保持竞争力，并加速盈利。

头豹研究院简介

- 头豹研究院是中国大陆地区首家 B2B 模式人工智能技术的互联网商业咨询平台,已形成集行业研究、政企咨询、产业规划、会展会议行业服务等业务为一体的一站式行业服务体系,整合多方资源,致力于为用户提供最专业、最完整、最省时的行业和企业数据库服务,帮助用户实现知识共建,产权共享
- 公司致力于以优质商业资源共享为基础,利用大数据、区块链和人工智能等技术,围绕产业焦点、热点问题,基于丰富案例和海量数据,通过开放合作的研究平台,汇集各界智慧,推动产业健康、有序、可持续发展



四大核心服务:

企业服务

为企业提供定制化报告服务、管理咨询、战略调整等服务

云研究院服务

提供行业分析师外派驻场服务,平台数据库、报告库及内部研究团队提供技术支持服务

行业排名、展会宣传

行业峰会策划、奖项评选、行业白皮书等服务

园区规划、产业规划

地方产业规划,园区企业孵化服务



报告阅读渠道

头豹科技创新网 —— www.leadleo.com PC端阅读全行业、千本研报



头豹小程序 —— 微信小程序搜索“头豹”、手机扫右侧二维码阅读研报



图说



表说



专家说



数说

详情请咨询



客服电话

400-072-5588



上海

王先生：13611634866

李女士：13061967127



南京

杨先生：13120628075

唐先生：18014813521



深圳

李先生：18916233114

李女士：18049912451