

专利视角下介入手术机器人技术发展研究

Research on the Development of Interventional Surgical Robot Technology from a Patent Perspective

朱江岩

Zhu Jiangyan

(国家知识产权局专利局专利审查协作江苏中心 215000)

(Patent Examination Cooperation Center of the Patent Office of the China National Intellectual Property Administration 215000)

摘要：介入手术以其具备的创伤小、恢复快、应用便捷等特点，已经成为目前疾病治疗的重要手段之一。近些年随着医学技术的不断发展，介入手术水平也在不断提高，与其相关的机器人技术被研发并且应用于实践中，为介入手术领域的进一步发展提供了支持。目前介入手术机器人可以辅助医生远程控制导管、导丝等实施手术，已经成为医疗领域手术机器人的研究热点。因此，为了能够进一步促进相关领域的技术发展，有必要基于专利视角，分析介入手术机器人技术的具体实践，为今后专利技术的进一步发展提供参考。以下主要通过对中国专利公开数据库的检索和统计分析，将有关介入手术机器人的技术从三个技术分支进行深入分析，明确目前技术的发展弊端，使相关领域能够明确未来发展方向。

Abstract: Interventional surgery has become one of the important methods for disease treatment due to its characteristics of minimal trauma, fast recovery, and convenient application. In recent years, with the continuous development of medical technology, the level of interventional surgery has also been continuously improved. The related robot technology has been developed and applied in practice, providing support for further development in the field of interventional surgery. At present, interventional surgical robots can assist doctors in remotely controlling catheters, wires, and other surgical procedures, and have become a research hotspot in the medical field of surgical robots. Therefore, in order to further promote the technological development in related fields, it is necessary to analyze the specific practices of interventional surgical robot technology from a patent perspective, providing reference for the further development of patent technology in the future. The following is an in-depth analysis of the technology related to interventional surgical robots from three technical branches, mainly through searching and statistical analysis of the Chinese patent disclosure database, to clarify the current development drawbacks of the technology and enable relevant fields to clarify the future development direction.

关键词：专利视角；介入手术；机器人技术

Keywords: Patent perspective; Interventional surgery; robot technology

按照国际机器人联合会(International Federation of Robotics, IFR)的分类标准，可以将机器人分为工业机器人和服务机器人两大类，其中服务机器人可被进一步的分为专用服务机器人和个人/家庭服务机器人两个类型，而专用服务机器人可被细分为物流机器人、医疗机器人、国防机器人、农场机器人等，而医疗机器人可以根据其用途分为手术机器人、康复机器人、陪护机器人和服务机器人等四个大类。其中医疗机器人虽然销售数量较低，但是由于其高价值的特性，销售额已经接近了专用服务机器人的半数[1]，而手术机器人则占了医疗机器人市场份额的超过 65%。而由于专利壁垒[2]（美国直观公司的在华合资企业——直观复星（IntuitiveFosun）公司目前在 11 个专利分类大组下拥有超过 700 项有效的中国发明专利）、先发优势（目前已经基本形成了闭环的耗材生态）等因素，国内的手术机器人行业发展比起工业机器人和个人/家庭服务机器人来，发展较为滞后，竞争地位也较为弱势。

随着人口老龄化程度的提高，心血管疾病的发病率逐年攀升，同时人们对手术恢复的预期也越来越高，这些都对介入手术的开展提出了需求。但是介入医生培养时间长，同时由于手术环境难以避免的存在辐射，而长时间穿着沉重的辐射服进行精细操作对体力的要求也更好，因此造成了介入医生的职业寿命较短，因此介入手术机器人越来越成为人们关注的重点。

作者通过对中国专利公开数据库的检索和统计分析，将有关介入手术机器人的技术主要分为三个技术分支：从动端：包括提高末端执行器自由度，改善力感知，改善导丝导管夹持可靠性等；主动端：包括改善力反馈，补偿患者心跳呼吸的因素干扰；智能辅助：包括实时规划速度（角速度、线速度），无碰撞路径等。1、从动端：

介入手术机器人对于从动端的改进主要集中在通过改进机械结构、新材料等手段，提高末端执行器的动作自由度和精度，以及在末端执行器上合适的位置集成力感知器，以向主动端提供数据供其提供精确的反馈方面。相关专利有：申请号：CN202210293574.7，

发明名称：导管形状与力感知方法、手术导航方法和介入手术系统，其特点在于：形状与力感知方法包括获取每一所述传感器所感测到的实时位置信息和实时方向信息，以获取所述导管的实时形状信息和所述导管所受到的实时应力信息；传感器 200 为能够感测到至少五个自由度(可以不包含该传感器 200 所在导管段绕自身轴线旋转方向的自由度)的位置和姿态信息的磁感应器；根据所述导管所受到的实时应力信息，能够为操作者提供参考，避免由于导管与解剖通道之间的相互作用力过大而引起的解剖通道被损伤或导管被损坏的现象的发生。申请号：CN202010642416.9，发明名称：一种用于主从式血管介入手术机器人系统的反馈力融合再现方法，其特点在于：手术导管受力信息检测部分用于测量导管在血管中运动时所受不同方向，不同类型力的大小；检测力融合部分用于将测量得到的不同类型的力融合转换为一种综合力；融合力反馈再现部分采用电磁感应的原理，将融合后的综合力反馈再现给医生操作侧，以增加医生在介入式手术过程中的触觉临场感，保证手术操作的安全性。

2、主动端：

早期的介入手术机器人主动端通常采用 PID 控制方法，而介入手术机器人的控制包括了采用不同材料且高度柔性的导丝导管等设备，其运动学模块构造困难，且很难补偿复杂的人体环境对系统稳态的影响，因此对操纵性的改进也是技术热点之一。相关专利有：申请号：CN201310512479.2，发明名称：微创血管介入手术导管机器人三维模糊控制装置及方法。其特点在于：针对 PID 控制方法和二维模糊控制方法在控制导管操作机器人时存在的不足，提出了三维模糊控制方法；三维模糊控制器根据推理规则公式进行计算获得导管末端位置的补偿量，并根据逆雅克比矩阵，将导管末端位置补偿量转换成导管轴向位移补偿量、导管旋转角度补偿量和导管弯曲段弯曲角度补偿量；提高对导管的操作精度，降低患者呼吸心跳等环境因素对导管运动的影响，减少操作者操作导管时产生的超调，使手术更精确、安全。

(下转第 135 页)

(上接第 15 页)

3、智能辅助:

人体的血管网络拓扑复杂,且个体差异较大,在介入手术前,需要有丰富经验的介入医师花费大量时间确定最优的手术路径,因此如何提高介入手术机器人的自主化程度,辅助医师进行手术路径的规划,也是一个研究重点。相关专利有:申请号:CN202310154582.8,发明名称:心血管介入手术路径规划方法、系统、存储介质及终端,特点在于:利用深度学习模型进行血管语义分割,同时利用 YOLO V4 模型识别病灶点,再利用知识图谱对血管弯曲、血管宽度进行判断,最后利用路径规划算法进行路径规划;实现在医生监督下,从诊断识别到规划手术再到手术实施的任务自主化操作,大幅简化了从手术规划到手术执行的介入手术全工作流程,且能够实时输出当前时刻的“手术路径地图”。

总结

目前在医用机器人领域,技术的垄断性明显,技术集中度高,关键技术主要掌握在少数创新主体手中,美国强生集团下属的爱惜康(Ethicon)公司和直觉外科手术公司(Intuitive Surgical)在医疗机器人技术专利上占据了绝对优势,两者合计占了相关 PCT 专利申请总数的 63%[3],前者的技术重点更偏向于耗材、配件领域,而后者的达芬奇(Da Vinci)手术机器人在通用外科机器人市场上占据了垄断地位。

特别是由于近年来的贸易战、疫情等特殊原因,导致国内手术机器人不仅设备和耗材价格畸高,而且维修和补充耗材也出现了严重的延迟,不仅给医院和患者带来了很大不便,还在一定程度上影响了国内手术机器人的推广运用。值得庆幸的是,随着年初工信部等 17 部门联合发布了《“机器人+”应用行动实施方案的通知》,国

内企业正在努力加快推进手术机器人的国产化替代,同时不仅天智航、微创机器人、润迈德等三家手术机器人企业已经上市,2023 年内还有精锋医疗、术锐机器人、思哲睿、键嘉医疗启动了上市程序。

在国内相关创新主体开拓市场时,必然需要规避在先公司的专利壁垒,构建自身的专利池,因此从起步晚且需求稳定的细分市场——介入手术机器人着手,是一个可行性较高且风险可控的竞争策略。

笔者从专利的视角简要的分析了目前在介入手术机器人技术领域中的几个重点技术分支,希望能够帮助各个创新主体了解本领域的技术创新状况和趋势,以促使其全面分析自身技术竞争优势,从而确定更能发挥其优势的技术发展方案,或者通过并购、合作等方式弥补自身的竞争缺陷,从而激发各创新主体的活力,以推动介入手术机器人产业的发展,以造福大众,提高人民的生活幸福水平。

参考文献:

[1]Wolf.A,Shvalb.N,Shoham.M.Medical.automation.and.robotics[M]//Springer.handbook.of.automation.Cham:Springer International Publishing, 2023: 1235-1247.

[2]Noury.G.A,Walmsley.A,Jones.R,et.al.The.Barriers.of.the.Assistive Robotics Market-What Inhibits Health Innovation?[J].Sensors (Basel, Switzerland), 2021, 21(9):3111

[3]孙茜,李晶晶.内镜手术机器人两大巨头公司的专利布局竞争态势分析[J].中国发明与专利, 2021, 18(04):48-54.