

学科前沿讲座研究报告

**腹腔微创手术机器人的关键技术**

电子工程与自动化学院

自动化

施天龙

1900800620

邹水中

讲师

主 题：

院 （系）：

专 业：

学生姓名：

学 号：

指导教师：

职 称：

2021年12月10日

研究综述

* 1. 研究背景及意义

创手术机器人是机器人技术应用到微创外科手术中的创新进展，该领域是集医学、机械学、材料学、控制学、计算机图形学等诸多学科为一体的新型交叉研究领域，具有重要的研究价值和广阔的应用前景。与传统微创手术相比，采用机器人辅助微创手术一方面可以借助于机器人技术解决传统微创手术中手眼不协调、手术器械灵活性低、医生操作易疲劳等问题，提高医生进行微创手术的舒适度；另一方面，医生基于主从方式控制机械臂进行手术操作，既可以发挥医生的手术经验，同时也提高了手术的安全性。对于腹腔微创手术机器人，其控制系统直接影响着操作者的体验和手术质量，研究其控制系统及控制方法有着至关重要的意义。针对实验室自主研发的“华鹊II”腹腔微创手术机器人，对其主从控制的直觉性、精确性、安全性等关键技术进行研究，并搭建实  
验平台进行性能验证。

与传统微创手术相比，机器人辅助微创手术利用主从控制式机械臂或其它辅助机构，改变了传统微创手术的操作方式，使医生能够不再受到手术器械“支点效应”的困扰，可以实现手眼协调的手术操作。由于腹腔镜可以由专门的机械臂进行把持，减少了医生的疲劳程度。微创手术机器人可以配备运动自由度更高的手术器械来代替传统的手术器械，使得手术操作更加灵活。除此之外，微创手术机器人还可以减小医生受到病菌感染的概率、缩短医生培训周期、为实现远程医疗奠定技术基础。然而，微创手术机器人技术仍然存在一些不足，例如：系统缺少力反馈，医生无法如传统手术般直接感受手术器械夹持力大小；系统维护成本高；手术器械重复利用率低；完成操作复杂的手术比较困难等。研究和应用微创手术机器人技术，不仅可以完善该项技术，而且可以带动医学技术的革新，并且推动机器人研究领域新技术与新理论的发展，同时更好地促进国民经济发展。

* 1. 国内外发展现状

随着科学技术的进步，学者们对于机器人的研究已经从最早的针对工业环境的工业机器人逐渐扩展到与人类健康相关的医疗机器人，实现了医疗领域和机器人领域的重大变革。在20世纪80年代中期，世界上第一台用于辅助手术的机器人诞生[6]，该手术机器人是由一台 PUMA200 工业机器人改装而成的，并被第一次用在脑肿瘤活检手中实现辅助探针定位。而世界上第一台真正意义上的机器人辅助微创手术系统是由英国皇家理工学院于1980年研制的Probot机器人[7]，它被应用于泌尿外科微创手术，这也标志着微创手术机器人时代的到来。如今，越来越多的国家政府、企业和研究机构投入大量的人力资源和财力资源进行微创手术机器人系统相关技术的研发，并获得了丰富的研究成果，特别是美国在微创手术机器人领域处于领先地位[8-10]。  

智能假肢膝关节概述

手术机器人系统搭建的关键基础是机器人结构的设计，机械结构的合理性将决定手术机器人能否实现需要功能。对应不同的手术任务要求，手术机器人应设计特定的结构满足。如专用型手术机器人便是针对某一手术开发的机器人系统，能够替代医生完成对患者特定病灶的手术处理；通用型手术机器人则是对某一类手术研制的机器人系统，它能够替代医生完成对人体不同位置的器官操作手术。这些手术操作具有很大相似性，如子宫切除手术、心脏修复、前列腺切除以及肠胃手术可以用 DaVinci 机器人完成。无论哪种类型的机器人，在机械结构设计的过程中都需要保证手术的安全性并考虑以下问题。   
（1）手术机器人替代医生完成一系列的手术任务，将医生大部分时间从手术床上解放出来，但同时术中医生还需要接近机器人，更换手术机器人末端的手术器械，这就要求手术机器人结构设计尽可能紧凑，将降低机器人的质量，利于手术操作稳定。

2)机器人机构的设计要基于人体工程学，其设计便于医生操作，符合人类医学操作习惯。   
（3）选择合理的机构构型。常用的机械构型为并联机构和串联机构。并联机器人机构具有2个或者2个以上的自由度，承载能力高、强度大、灵活度高、动态性能优良且精度较高。其中的并联微动机器人便因为精度较高应用于脑部手术。串联机构则具有结构简单、工作范围大和摆动灵活特点。在胸腹腔微创手术中，可以将机械臂设计为串联机构，适应手术活动空间大的要求。   
（4）手术机器人应用于手术操作，与人体接触的机械结构都要求严格消毒，以避免造成患者的感染，如达芬奇机器人系统的三条机械臂均被无菌袋子包裹，同时每次手术操作，都要对手术器械和套管进行消毒。   
（5）手术机器人运动由各类关节完成，关节类型分为被动式、主动式或者主被动结合方式，被动式关节可以在外部力作用下运动，实现术前定位功能；主动关节在医生控制下，由电机驱动旋转，实现相应的运动。 在腹腔微创手术操作中，手术机器人需要夹持内窥镜设备完成患者病灶的成像，在图像信息导引下，机器人夹持手术器械对病灶牵拉、剪切及缝合等任务。因此手术机器人应具备3、4条机械臂夹持器械。根据手术要求，可以将机械臂固定在手术床上或者装配在可以移动、锁死的小车上。 微创手术中，在患者体表切出 10mm 左右的切口，手术器械穿过切口进入患者体内进行操作，实现手术任务。为避免器械对切口处的组织造成伤害，手术器械绕切口做探入运动和沿切口切线方向两个转动。这种特殊的运动要求使手术机器人系统大部分采用远心定点运动机构。远心机构一般由三个或者四个关节构成，关节具有主动和被动模式。驱动组件可以设置在远离远心点的位置，减轻机器人末端的质量以提高机构活动的灵活性。同时远心机构能够实现手术操作需要的大范围活动，并且不需要复杂的控制。当前，手术机器人常用的远心机构包括圆弧形机构、球形机构、轴驱机构和平行四边形机构。平行四边形机构具有较大运动角度范围而被广泛应用，并由此延伸出复合平行四边形机构和钢丝传动式单平行四边形机构等。

参考文献

1. VENNERJ.Pro Hadoop[M],New York:Apress,2009.
2. Mei Feng Yili Fu,Bo Pan,et al.A medical robot system for celiac minimally invasive surgery.In Proceedings of the IEEE International Conference on Information and Automation.Shenzhen,China,2011,33.38(EI IN SPECAccession Number:20111313856009)
3. 王树国,冯美,付宜利,等.基于钢丝传动的腹腔微创手术机器人手术器械的设计和实  
   现高技术通讯.(EI检索INSPEC Accession Number: 20114714541719)
4. 张林安.微创手术机器人柔性工具机构综合与主-从控制策略研究[D].天津大学,2014.
5. 马如奇.微创腹腔外科手术机器人执行系统研制及其控制算法研究[D].哈尔滨工业大  
   学,2013.
6. Feng M, Fu Y, Pan B, et al. Development of a medical robot system for minimallysurgery[J]. International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery, 2012,8(1):85.96.
7. 钱文文,郑建,何涛.医用机器人在微创手术领域的发展概况[J].医疗装备,2014,27(06):1.5.
8. Lingtao Yu; Wenjie Wang; Fengfeng Zhang, External Force Sensing Based on Cable Tension  
   Changes in Minimally Invasive Surgical Micromanipulators IEEE  
   Access,vol.6,pp.5362–5373,2018.doi：10.1109/ACCESS.2017.2788498.
9. Ozanan Meireles; Santiago Horgan,”Applications of surgical robotics in general surgery,” in  
   Surgical Robotics. New York, NY,USA：Springer,2011,pp.743–761.
10. Nebot P B, Jain Y, Haylett K, et al. Comparison of task performance of the camera-holder  
    robots EndoAssist and Aesop[J]. Surgical Laparoscopy Endoscopy & Percutaneous  
    Techniques, 2003, 13(5): 334.338.
11. Kraft B M, Jäger C, Kraft K, et al. The AESOP robot system in laparoscopic surgery:  
    increased risk or advantage for surgeon and patient[J]. Surgical Endoscopy and Other  
    Interventional Techniques, 2004, 18(8): 1216-1223.