# 第一章 绪论

## §1.1 课题的研究背景及意义

2020年柳叶刀出版的全球疾病负担研究(GBD2019)显示，全球心血管疾病和死亡率自1990年来持续上升，中国心血管疾病死亡率最高。静脉栓塞(venous thromboembolism,VTE)包括深静脉血栓(deep venous thrombosis,DVT)和肺栓塞(pulmonary embolism,PE)，是最常见的心血管事件之一。DVT栓子脱落，极易引发急性PE。GDB2019已将肺栓塞作为间接死亡原因纳入疾病负担分析，进一步肯定了VTE是导致死亡的一个全球性重要因素，已成为全球范围的重要公共卫生问题。

中国肺栓塞与肺血管病防治协作组与国家“十三五”肺栓塞精准研究团队对中国近十年的VTE流行病学数据的研究显示我国VTE病例数持续不断攀升，从2007年的1.2/10万人到2016年7.1/10万人整体例数增加了近5倍。另一项全国性研究显示：在13609例住院患者中，内科36.6%为VTE高风险人群，外科53.4%，而且内科VTE预防率6.0%，外科VTE预防率11.8%显著低于国际10年前研究结果(内科43%,外科55%)。这反映出目前我国VTE预防情况不佳，实施率低，相当一部分患者存在VTE风险，政府及临床工作者均需要加强意识，预防为主，防治结合，把早期筛查和防治作为工作核心，以应对日益加重的VTE负担。IDTechEx Research在其最新报告《2020-2030年心血管疾病：趋势、技术与展望》中称随着对心血管疾病认识的不断深入，对可利用设备范围的扩大，对市场潜力的深入挖掘，到2030年CVD技术市场规模将超400亿美元。

众所周知，VTE检测缺乏实验室依据，DVT的临床评估不可靠，大多数时期DVT是无临床表现的，有症状的事件只是DVT的冰山一角。DVT临床表现的演变是无法被预测的，出现临床特征时又往往是PE猝死。同时，VTE也是孕产妇严重的并发症之一,0.1%-0.2%的孕产妇VTE发病率却导致了约10%-15%的产妇死亡，孕产妇由于缺乏血清学筛查标志物，目前只能通过影像学技术对可疑的孕产妇做出诊断，但大多数影像学技术会让胎儿暴露危险环境中如辐射，显像剂毒性，增大了不良妊娠风险。因此，如何进行及时，快速，可靠，无创无害的VTE筛查方式成为了研究的热点。

目前静脉血栓的检测主要分为体外生化检测，体内血管造影，和体外无创检测三种。体外生化检测主要以D-二聚体为主，D-二聚体检测为阴性就可以排除病理生理过程，有阴性排除诊断价值，对疑似VTE判断非常有用；体内血管造影是传统血栓检测的“黄金标准”，对操作人员要求高，且造影剂对人体有害；体外无创检测主要有MRI核磁造影，CT造影，多普勒超声，ABI检测法和静脉阻塞体积描记术。MRI核磁造影仪体积大，且不能有金属物，不适合急诊或重症；CT造影伪影多，辐射大；多普勒成像不清晰；ABI法无法判断阻塞性质,无技术提升空间；静脉阻塞体积描记术无法判断阻塞性质,提升潜力由实现技术决定。

因此要想实现及时，快速，可靠，无创无害的检测可以从MRI，多普勒超声和体积描记术三个技术进行突破。MRI的突破首先是体积上的，要将庞大的全身核磁共振仪向小型化，局部化转变。其次是MRI附近不能出现金属，导致MRI无法与其他医用仪器共同使用；多普勒超声的突破则是要考虑增强分辨率，多普勒超声的分辨率可能受限于算法和多普勒超声原理本身，很难再有突破；静脉阻塞体积描记术的突破则是在实现技术上。静脉阻塞体积描记术相对其他几种方式来说还很稚嫩，尚处于理论验证与实际检验阶段。

静脉阻塞体积描记术通过静脉阻塞法，短暂阻塞和释放局部静脉血管，造成静脉容积大幅变化，观察静脉容积变化分析静脉状况。现有静脉阻塞体积描记术依实现方式分为阻抗体积描记术(阻抗血流图)和压变仪体积描记术。压变仪是利用压变传感器获取压力变化数据，记录静脉压力变化。而阻抗血流图技术则利用人体生物细胞的电特性，记录生物电阻抗变化。由于电阻抗是电流穿过人体组织后得到的，与压力相比，包含更多的生理和病理信息。

## §1.2 静脉阻抗血流图的发展与研究现状

1.2.1 国外发展与研究现状

1.2.2 国内发展与研究现状

## §1.3 本文主要工作及结构

本文内容共分为六个章节，针对静脉血流图的采集，识别及血栓模型的建立展开研究工作，主要章节安排如下：

第一章 绪论

通过介绍静脉血栓的危害，论述静脉阻抗血流图的研究意义，国内外研究现状，研究目的和主要工作。

第二章 静脉血流图基本原理

介绍静脉血流图的基本原理和数学模型，分析了静脉血流图波形与生理关系，静脉血流图检测系统设计与血栓模型建立提供了理论基础。

第三章 静脉血流图检测系统硬件设计

第四章 静脉血栓检测软件设计

第五章 实验与分析

第六章 总结与展望