

1. 博士论文研究方向： 能量收集与应用

选题类别： ☒ 基础性研究

☐ 应用性研究

☐ 工程技术攻关研究

☐ 新开辟的研究方向

☐ 已有研究方向的继续

☐ 其他

2. 博士论文的选题背景及意义和主要研究内容简介

本研究旨在以研究可穿戴自驱动系统结合多种能量收集机制进行人体运动的感知和收集为目的，为康复训练、 运动监测等医疗保健以用提供有效手段。 在研究中，结合压电振动能量收集技术，采用基于压电材料的悬臂梁结构，构建多向振动采集结构，制备一种基于氧化锌压电薄膜的压电振动能量收集器和改进的同步电荷提取能量收集电路，重点研究其振动收集输出性能和电荷产生能力。在研究中，以能量收集技术在可穿戴设备中的应用为切入点，构建一种可穿戴式自驱动系统，能量转化单元和信号采集单元具有压电-摩擦电能量收集技术的机械结构，将装置与人体关节相结合，首先考虑摩擦电部分的主要作用：作为传感器用于测量关节运动的角度、速度等为物理量；其次将电磁及压电能量收集部分加入，在同一装置内完成同步运动同时进行传感-发电过程。探索压电能量收集装置在人体运动过程中以动能为来源发电的结构和水平，及摩擦电传感装置在监测和记录人体活动参数中输出电信号的评测和总结；将压电供能模块、摩擦电传感模块与无线传输模块(蓝牙或射频模块)组合，利用压电模块为无线传输模块供电，摩擦电传感模块将监测到的电信号利用无线模块导入电脑进行分析；为不同功能的电信号构建后续应用研究，包括利用机器学习个性化识别个人身份、监测身体健康状况、判断康复治疗效果等。最终建立一个结合运动监控、健康检测、虚拟现实等应用的自功能传感-发电体系，为智能生活的进一步发展提供范例。本研究的关键技术在于：聚焦于可穿戴自驱动系统的建立，针对人体上下肢运动时产生的动能，实现能量收集转化和信号捕获，为基于物联网技术的无线传输和信号分析提供了可行方案，可以广泛应用于康复训练，运动监测和虚拟现实领域。首先，能量转化单元采用充电效率更高的压电能量收集技术将人体正常运动中产生的动能转化为电能供给后续无线传输模块，这个过程基于不同机械结构的可靠性和多样性，完成了升频、拓频及延长发电时长等效果；其次，信号收集单元采用输出更明显的摩擦电能量收集技术，针对人体上下肢运动中关节转动信息进行捕获，实现对关节运动角度、速度、方向等参数的追踪，并可拓宽至与之相关的加速度、力等物理量的动力学分析，为研究人体运动状态、完成动作追踪提供了技术支撑；最后，与后端应用单元相结合，能量转化单元供给电能驱动无线传输模块供电，信号收集单元利用后端模块实现信号无线传输，后端应用单元与计算。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

课题经费结余，用于此项研究。

1. 博士论文研究方向： 压电材料能量收集技术及其在宇航空间结构状态监测中的应用

选题类别：☐ 基础性研究                      ☒ 应用性研究                      ☐ 工程技术攻关研究

☐ 新开辟的研究方向                      ☐ 已有研究方向的继续                      ☐ 其他

2. 博士论文的选题背景及意义和主要研究内容简介

随着以航空航天领域为代表的精密制造、微电子、大型结构等高新技术行业的不断发展，在实际工程实践中，对振动控制技术提出高精度、高稳定性和可靠性、复杂工况适应性等要求。 在航天领域中，随着重型运载、载人登月、天地往返和高速飞行器的发展需求，轻质、复合材料、大尺寸、薄壁结构应用越来越广泛，但伴随着大推力、长航时、高速飞行，航天飞行器的振动、噪声环境越来越恶劣。而对振动噪声环境更加敏感的大尺寸薄壁结构可能产生更大振动，结构更容易因疲劳产生破坏。投入使用后不能实施动态监控，且结构参数不易改变的传统被动振动控制，既不能适应不断发展的空间结构要求，又不能针对外部环境的变化做出适当的调整。主动控制的实现方法是在原集体结构上附加作动器和控制器，特别是复杂庞大的控制器，会使可靠性难于保证，让主动控制的应用范围受到了限制。而不断发展的智能材料为振动控制技术的进步提供了可能性。由智能材料集成的传感元件、作动元件和控制系统可用来实现主动控制技术。压电材料因其机电转换特性可作为传感器和动作器使用，可以组成优秀的智能材料。压电材料可用于振动控制中的主动控制、半主动控制、被动控制及混合振动控制[2]。将压电材料用于主/被动控制，并与结构进行一体化设计，形成环境自适应的智能结构，对于改善飞行器的力学环境，提高飞行器的环境适应性，具有重要意义。基于压电智能材料的振动控制是材料、电磁、力学、控制等多学科交叉领域，在航天飞行器中的应用具有许多新的挑战。

以永久集成在复合材料表面或嵌入结构内的分布式传感器网络为基础的结构健康监测（SHM）技术是确定结构完整性的革命性创新技术。SHM技术通过在复合材料中内置传感器网络，可实时获取其结构状态以及服役环境等信息，从而实时掌握其结构的健康状况，并在此基础上对可能发生的损伤和故障进行预判，以便能及时采取措施，建立基于结构实际健康状况与性能的视情维护策略，从而提高飞行安全性并降低运营维护成本。近年来，国内外学者在SHM的基础理论、关键技术以及工程应用等方面开展了大量研究，并逐步将SHM技术应用于先进飞行器结构的安全维护中。

本研究对飞行器复合材料结构在制造、服役及维护的全寿命周期内对SHM的需求，研究基于能量收集技术的SHM技术应用于飞行器复合材料结构时的主要挑战及其解决方案。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

经费自筹。