AMT 天津大学陈泽涛：低温适应性全弹性体热自供能穿戴式汗液实时监测技术

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/42191.html

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

AMT 天津大学陈泽涛：低温适应性全弹性体热自供能穿戴式汗液实时监测技术。

研究背景：

在高原、极地或灾难现场等极端寒冷环境中，应急医学救援人员与受灾群体面临着严峻的生理挑战。低温不仅会导致人体代谢率改变、体力耐力下降，还会显著增加医疗急救的难度。然而，传统的医学救援监测设备在这种环境下往往表现不佳：一方面，常规电池在低温下化学反应速率减慢，导致续航能力急剧衰减，无法支持长时间的连续监测；另一方面，现有的监测设备多为刚性或半柔性结构，无法完美贴合人体复杂的动态曲面，在救援过程（如攀爬、搬运）中容易脱落或损坏，极大限制了其在应急救援场景中的应用。

汗液作为一种重要的生物体液，富含电解质、代谢物、激素及pH值等信息，能够无创地反映人体的水合状态、电解质平衡、酸碱平衡及应激水平，是评估救援人员生理负荷或受灾群体健康状态的关键指标。然而，在低温环境下进行汗液监测同样面临两大核心瓶颈，低温会抑制汗腺分泌，导致汗液量极少，难以被传感器有效采集和分析，此外，现有电化学传感器在低温下响应灵敏度会下降，且缺乏有效的汗液微流控管理，难以保证检测数据的准确性和时效性。

虽然目前的柔性可穿戴设备已取得显著进展，但仍存在明显短板。首先，大多数柔性设备仍依赖外部电池或刚性电路板，这限制了设备的柔韧性和舒适度，且未能解决低温下的供电焦虑。此外，许多研究仅优化了单一传感元件或局部柔性，忽视了整个系统（包括互连线、封装层、传感界面）在多轴拉伸下的协同变形能力。传统FPCB只能单向弯曲，无法承受人体运动产生的多向应变，容易因应力集中而断裂。其次，虽然压电、摩擦电和热电等技术可用于自供能，但压电和摩擦电通常需要频繁的运动激励才能产生电能，而人体在低温环境下活动幅度可能受限；热电技术虽可利用人体与环境温差，但传统刚性热电模块与皮肤的机械兼容性差，难以兼顾高输出功率与穿着舒适性。

ADVANCED MATERIALS TECHNOLOGIES

RESEARCH ARTICLE

Fully Elastic Body Heat Powered Wearable Sensing System for Real-Time Sweat Monitoring at Low Temperatures

Qian Chen, Songsong Huang, Liyang Duan, Zhi Yu, Chong Chen, Shike Hou, Haojun Fan, Bin Fan, Shuang Li, Zetao Chen

First published: 01 April 2026 | https://doi.org/10.1002/admt.202501951 | VIEW METRICS

文章概述：

为了突破上述限制，天津大学陈泽涛课题组报道了一种面向低温环境下应急医学救援的全弹性体热自供能穿戴式生化传感系统。可实现低温环境下的汗液提取、富集，以及汗液中钠离子、钾离子、pH、皮质醇等多种生化指标及心电信号的实时监测。本研究结合卡巴胆碱（carbachol）诱导汗液提取，通过柔性微流控芯片实现汗液的富集，采用碲化铋热电腿、蛇形电极和弹性封装，构建了具有良好拉伸性能、低温稳定性和皮肤共形能力的热电发生器，集成多通道全弹性检测电路，通过了30%的拉伸性能和零下30°C的低温耐受性能测试，并最终利用人体表与外界环境之间的温差进行能量采集，实现低温环境中对汗液中钠、钾、pH、皮质醇及心电（ECG）的稳定实时监测。本研究的亮点体现在以下方面：利用人体恒定的体表热量与环境低温形成温差，研究高功率密度的柔性热电发电机；设计全弹性电路和岛?桥结构互连线，实现超30%的稳定拉伸率；结合微流控芯片与药物诱导（卡巴胆碱）技术，主动促进汗液分泌并实现高效采集与实时更新。综上，本研究正是为了在低温应急医学救援这一特定且严苛的场景下，构建一个无需电池、全弹性、耐低温且能主动诱导汗液的多参数实时监测系统，从而填补现有技术在极端环境应用中的空白。

图文导读：

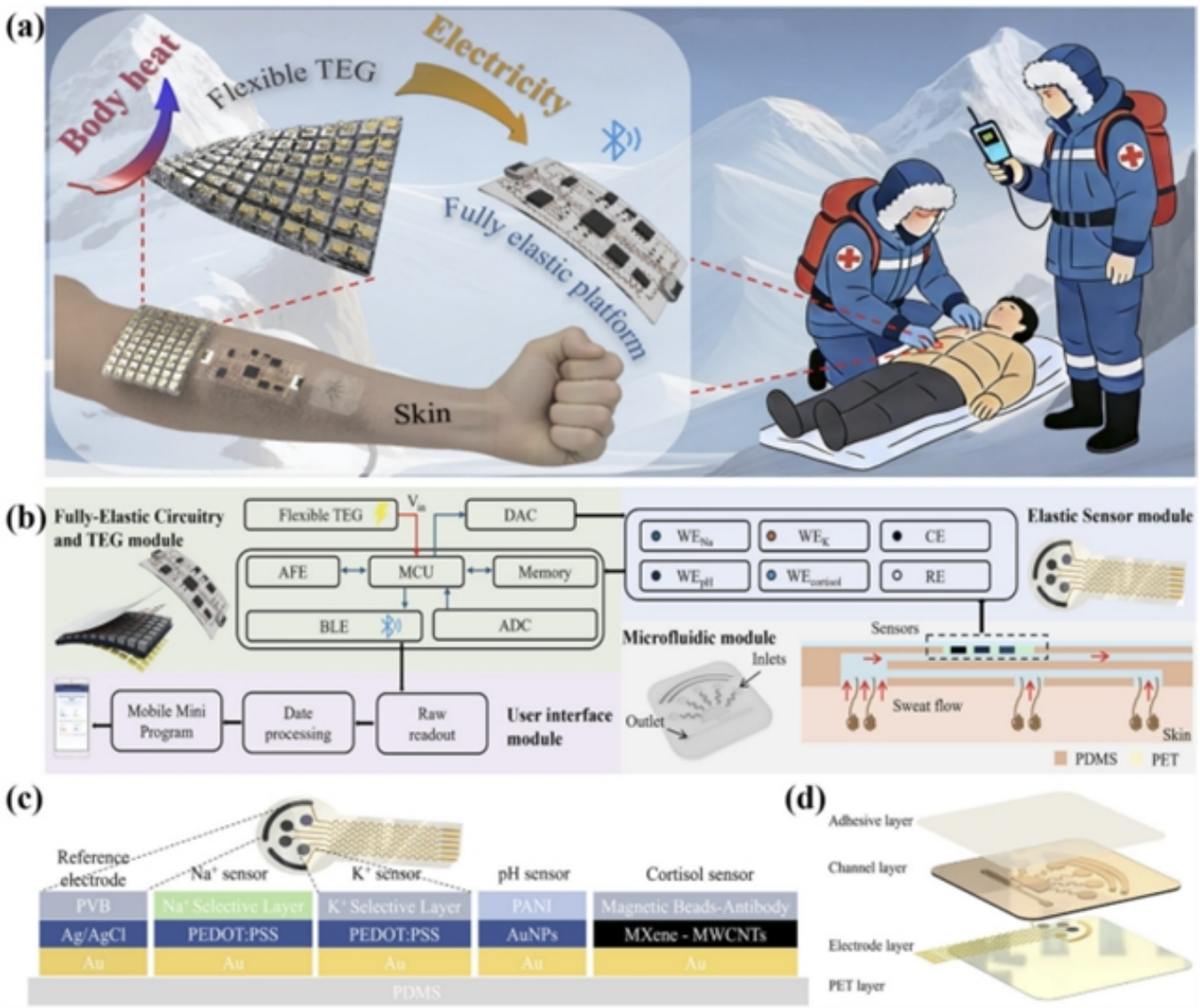


图1.用于无线无创汗液监测的全弹性体热自供能系统。（a）系统示意图，展示了该系统集成了人体能量收集、信号处理、基于微流控的汗液生物传感，以及通过蓝牙将数据传输至移动用户界面以实现实时健康状况追踪的功能。（b）传感系统框图。（c）电化学传感器电极的横截面视图，其中Ag-AgCl电极作为四种离子传感器的共用参比电极。（d）用于汗液诱导、采样和生物传感的微流控模块的示意图及层状组装结构

论文信息：

Fully Elastic Body Heat Powered Wearable Sensing System for Real-Time Sweat Monitoring at Low Temperatures

Qian Chen, Songsong Huang, Liyang Duan, Zhi Yu, Chong Chen, Shike Hou, Haojun Fan, Bin Fan, Shuang Li, Zetao Chen*

Advanced Materials Technologies

DOI:10.1002/admt.202501951

原文链接：

https://doi.org/10.1002/admt.202501951

期刊介绍：



Advanced Materials Technologies聚焦连接材料科学、创新技术与实际应用的多学科研究，涵盖各

类应用材料领域，重点关注先进器件的设计、制备与集成。



来源：Advanced Materials Technologies

更多 科学进展 请访问 https://www.iikx.com/news/progress/

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，爱科学iikx.com转发