

---

# 新型自驱动传感阵列突破轻微脑震荡诊断障碍

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/23324.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！*

**新型自驱动传感阵列突破轻微脑震荡诊断障碍。**

统计表明，滑雪、拳击、橄榄球为代表的各种运动及生活意外，每年造成全球约4200万人轻微脑震荡。然而，轻微脑震荡通常不会导致器质性病变，因此计算机断层扫描(CT)及核磁共振成像(MRI)在诊断中起的作用有限，患者自我症状描述成为轻微脑震荡诊断的主要信息来源。轻微脑震荡诊断缺乏客观评估标准和便携式监测技术，成为目前临床诊治的主要困扰。

基于此，中国科学院北京纳米能源与系统研究所王中林院士、陈宝东研究员团队提出了一种策略，通过3D打印的多角度纳米发电机(TENG)组成的柔性曲面传感阵列，实现对头部撞击的实时监测。这在个性化医疗、智能运动和航空航天领域展现出良好的前景。近日，相关论文在《科学进展》上发表。

---

## 纳米发电机展现传感优势

轻微脑震荡经常发生，并可能伴有长期的认知、情感和身体后遗症。且不同类型的撞击对头部的能量转移，会使颅骨内大脑发生剪切、压缩、旋转和撕裂，导致不同的脑震荡。因此，客观、精准地进行脑震荡程度和类型评估非常必要。

纳米发电机利用摩擦、压力的电效应和静电感应的耦合工作。因此，从电路电效的变化即可判断其冲击(摩擦)力的变化。纳米发电机具有自驱动传感、高灵敏度和材料多样性等特性，使其成为提供静态和动态压力主动监测的理想选择。

在前期研究基础上，该团队设计出可穿戴传感阵列，用于实现头部撞击的位置追踪和等级评估。陈宝东告诉《中国科学报》，该阵列由32个摩擦纳米发电机单元组成。与其他笨重且布线复杂的解决方案相比，该设备更轻、灵活、便携。

这种传感阵列结构设计不仅有助于传感器表现出最佳性能，而且使摩擦纳米发电机具备多角度运动的能力。实验中，研究人员用摩擦纳米发电机从不同方向收集机械能，并识别剪切力，旋转力和压缩力。经过3万次工作循环后，发现整体灵敏度仅下降2%。

此外，该传感器具有超高灵敏度和超宽压力带宽。该论文第一作者、中国科学院北京纳米能源与系统研究所博士生昝璐璐解释说，超高灵敏度和超宽压力带宽是衡量传感器感知能力和测试范围的重要性能指标，我们的柔性传感阵列可以在0~200千帕(Kpa)的外部压力(冲击力)范围内正常工作，如果以电压作为传感信号时，能够以平均0.214 V/Kpa的灵敏度精准分辨压力变化。

研究人员利用6个传感指标(稳定性、均匀性、线性度、重复性、灵敏度和迟滞性)来评估该传感器的整体性能，发现摩擦纳米发电机可以在没有外部电源的情况下将来自多个方向的力(压缩、旋转或剪切)转换为电信号。且响应时间为30毫秒，最小分辨率为1.415千帕，在0至200千帕的宽范围内表现出出色的传感能力。此外，该阵列还可以通过无线蓝牙预警系统实现头部撞击的可视化映射。在机器学习算法的辅助下，它还展示了对伤害等级的评估(准确率为98%)。

这些数据优于目前文献中报道的其他摩擦电和压电的压力传感器。陈宝东说，通过收集标准化数据，我们希望建立一个大数据平台，以便在未来深入研究头部撞击和轻微脑震荡之间的直接和间接影响。

## 3D打印拓展应用空间

虽然纳米发电机在传感方面优势明显，但作为一种新兴传感器，仍然缺乏标准的生产工艺，实验室的手工产品成为该传感器大规模应用的一项重大挑战。而3D打印技术的进步，不仅使各种材料(如导体、半导体和生物材料)生产的传感器标准化生产成为可能，还能适应不规则的身体结构。结合3D打印技术，不仅简化了纳米发电机的加工并降低了成本，而且还允许一体化集成到各种应用场景中。

研究人员将电极线制成柔性印刷电路板，并设置上下铜屏蔽层，以减少或最小化串扰影响。施加压力后，预加载接触点的阵列可以通过彩虹色图成像为字母LX和N。通过成功演示平面阵列压力分布，距离实现曲面传感的目标又近了一步。

头部的复杂曲率决定了传感装置必须具有精确的表面几何形状和稳定性。因此，我们采用逆向工程，结合3D扫描创建头部点云，3D打印出近似人头轮廓且符合人体工程学的软阵列。陈宝东补充说，3D打印为纳米发电机的商业化提供了一条可行的途径，并在个性化医疗，智能运动和航

---

空航天方面表现出良好的前景。

### 智能体育和可穿戴医疗的机遇

为更精准评估头部撞击程度，该团队使用深度卷积神经网络(DCNN)分析和识别多维和海量的数据。

DCNN可以预测一个或多个响应变量，在模型预测方面取得了显著成功。训练后的6倍交叉验证混淆矩阵和预测结果混淆矩阵表明，经过训练的模型对伤害等级的分类准确率为100%，对预测集的预测准确率为98%。 俎璐璐说。

基于此，该团队提出一个由摩擦纳米发电机传感阵列、数据处理模块和移动终端组成的头部撞击遥感系统(HIRS)。此外，还增加了一个经过拓扑优化的支撑结构，与摩擦纳米发电机传感阵列配合使用，以创建更适合减少轻微脑震荡影响的智能头盔。结果表明，该头部撞击遥感系统系统能在临床诊断轻微脑震荡之前，快速查明损伤区域并提供准确直观的建议，这有助于避免延误诊断和治疗。

利用自驱动传感阵列并借助机器学习方法构建DCNN作为决策模型，再创建头部撞击遥感系统以在实际应用中提供预诊断参考。例如，在运动员受伤的情况下，教练和医务人员可以通过智能手机显示的结论来判断是否需要终止比赛。陈宝东说，此外，全3D打印传感器技术的突破，让该系统适合各种结构和不同场景的压力传感设备。因此，这种摩擦纳米发电机传感阵列有望在智能体育和可穿戴医疗领域得到广泛应用。(来源：中国科学报 张双虎)

相关论文信息：<https://doi.org/10.1126/sciadv.adg5152>

作者：王中林等 来源：《科学进展》

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](https://www.iikx.com)转发