

宁波材料所等开发出自修复、可粘附高分子水凝胶 柔性触摸屏

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/11775.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！

信息和物联网技术的迅速发展，催生了对电子系统的柔性化需求。触摸屏是十分普及的人机交互媒介，其中最关键的材料之一是透明导电薄膜。传统的触摸屏基于氧化铟锡（ITO）透明导电薄膜制备，存在硬、易碎、不能弯曲折叠、不能共形贴合于曲面或人体以及碎裂后不可自修复等不足。设计具有自修复和可逆粘附功能的柔性透明导电材料，结合位置传感技术，制作柔性触摸屏，实现其贴附于任意曲面或穿戴于人体的应用，是柔性电子领域的迫切需求。水凝胶是含水聚合物网络材料，具有双连续相结构，其中，聚合物网络赋予其柔性固体性质，水和溶解的可移动离子赋予其离子导电性。如何进行分子和网络结构设计，使离子导电水凝胶具有高透光性，良好的力学、自修复和粘附性能，在此基础上构建高分辨触摸屏，具有重要科学意义和使用价值。

基于近年来在 高分子水凝胶分子设计以及在形状记忆、智能驱动、柔性传感等领域应用的研究基础，中国科学院宁波材料技术与工程研究所研究员陈涛团队与中科院北京纳米能源与系统研究所研究员潘曹峰、中科院外籍院士王中林团队合作，开发了一种可粘附于任意曲面使用的自修复水凝胶触摸屏。相关成果发表在Advanced Materials上。

这样的水凝胶是在纳米粘土（ $[\text{Mg}_{5.34}\text{Li}_{0.66}\text{Si}_8\text{O}_{20}(\text{OH})_4]\text{Na}_{0.66}$ ）水溶液中原位聚合两性离子单体（3-[[2-（甲基丙烯酰氧基）乙基]二甲铵基]丙烷-1-磺酸盐（DMAPS））合成的。其中的可移动离子为 Na^+

（图1a）。聚合物/粘土间的非共价吸附交联作用，以及聚合物分子链上的正负电荷基团吸引，赋予水凝胶自修复功能（图1b-c）。两性离子基团与皮肤等被粘物的极性相互作用，赋予其可逆粘附性（图1d-e）。研究人员采用表面电容触控（SCT）技术，首先构建了1D水凝胶触摸条（图1f-g）。其电路搭接方法如图1a：在水凝胶条两端分别接电极、外部电阻，再接入交流电源。手指定位原理如下：手指触碰凝胶时，与凝胶间形成耦合电容（ C_{finger} ），因此，电流可以经手指接地，形成通路；凝胶可看作电阻（ R_h ），该电阻被手指分为左、右两部分，各部分电阻值与其归一化长度（ x 、 $1-x$ ）成正比；左、右两部分凝胶电阻并联，且分别串联一个外部电阻（ R_e ）。

然后接入同一交流电源；因为并联电路两端电压相等，所以，当手指移向凝胶右侧，则右侧凝胶分得的电压减小，而右侧外部电阻上电压增大，相应地，左侧凝胶分得的电压增大，左侧外部电阻上电压减小；从而，根据外部电阻上的电压值可以确定 x 值，即手指位置（图1f-g）。

水凝胶触摸屏具有良好的力学性能和透明度，断裂伸长率 > 1500%，对可见光（400-800nm）的平均透过率为98.8%，经折叠、弯卷、扭转后或在拉伸状态下仍能保持高度透明。为提供舒适的触碰体验，并延缓凝胶水份挥发，可在凝胶表面覆盖PDMS薄膜。水凝胶可粘附在滤纸、玻璃、丁腈橡胶、木头、棉布、PET、ABS、VHB胶带、硅橡胶、尼龙、PMMA、PS、PE等多种塑料、橡胶、织物或天然绝缘材料上。影响粘附牢固程度的因素包括水凝胶-基材间的静电、氢键、偶极等作用强度，基材表面粗糙度，凝胶高分子链-基材间拓扑缠结，以及粘附界面的能量耗散能力。随基材种类不同，粘附强度在1.941kPa，粘附韧性在38 ~ 18Jm⁻²之间变化。水凝胶触摸屏具有快速的导电性自修复能力，和优异的拉伸性能自修复效率（图2）。在凝胶中通直流电，切断，再拼接，电流经21s恢复。拼接24h，断裂伸长率回复至98%。拼接后的凝胶条仍具有手指定位功能，可用于弹奏电脑钢琴游戏。

研究人员进一步将表面电容触控技术应用于2D水凝胶方片，实现了手指定位功能，构建了水凝胶触摸屏（图3）；将触摸屏集成到计算机上，实现了文字、图像、指令输入功能。这样的触摸屏可用于写字、画画，或穿戴于手臂用于操控电脑游戏。

本工作为自修复、可粘附柔性触摸屏的开发提供了新材料设计思想和位置传感的技术支持。该研究得到了国家重点研发计划、国家自然科学基金、中科院前沿科学重点研究项目、中科院青年促进创新会、北京市科技委项目、北京市自然科学基金等项目资助。

[论文链接](#)

图1 自修复、可粘附位置传感器：(a) 1D水凝胶触摸条构筑结构；切断-拼接的水凝胶经(b) 静电吸引和(c) 高分子链/粘土非共价吸附交联而自修复；(d) 水凝胶与皮肤间的极性非共价作用，和(e) 粘附于皮肤的照片；(f) 手指在1D触摸条上逐点移动，V1电压随手指位置的变化；(g) 手指触碰 $x=14/15$ 前后，V1电压的变化

图2 自修复1D水凝胶触摸条：(a) 不同修复时间水凝胶的拉伸曲线；(b) 水凝胶断面拼接-拉伸照片；(c) 切断-拼接前后，水凝胶上电流的变化；D触摸条切断-拼接(d) 前(e) 后，V1电压随手指滑动位置的变化；粘附于尼龙棒的触摸条(f) 被切断-拼接，并用于(g) 弹奏游戏钢琴

图3 2D水凝胶触摸屏：(a) 触摸屏电路图和触碰位置（输入位置）；(b) 与触碰位置对应的V1、V2、V3、V4电压峰值；(c) 由电压值算得的触碰位置（输出位置）；触摸屏(d) 集成于个人电脑系统，并(e) 用于写字

研究团队单位：宁波材料技术与工程研究所

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](http://iikx.com)转发