
宁波材料所在基于智能多色荧光高分子水凝胶的仿生变色皮肤研究中获进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/14120.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！

刺激响应性颜色变化在自然界中较为普遍。例如，海洋软体动物、蝴蝶、鱼、蜘蛛和花等生物已经进化出利用动态颜色变化来实现适应性伪装、隐蔽和警报等功能。受到这些生物体变色现象的启发，研究人员开发了多种基于聚合物薄膜、弹性体和水凝胶等软材料的人工变色体系。其中，高分子水凝胶由于具有类生物组织的模量及本征软、湿特性，以及良好的生物相容性，被认为是模拟生物变色功能的理想软材料。目前，已有关于多色水凝胶系统的报道，但其仍较少被应用于仿生皮肤来增强机器人的功能，可能的原因如下：目前已报道智能水凝胶的变色过程多由pH、金属离子、温度等传统刺激手段调控，依赖于溶液环境或复杂且不方便携带的设备，也难以实现材料光学性能的精确时空控制；pH或金属离子响应体系，酸碱等化学刺激物的不断交替添加，会在水凝胶内残留累积反应生成无机盐，削弱其循环刺激响应的灵敏度，导致变色性能的衰减，限制了其在软体机器人等领域的应用。因此，发展新型“无刺激物残留”的智能变色水凝胶体系以实现其局部发光颜色/强度的精确控制和优异的循环变色性能十分必要。

近年来，中国科学院宁波材料技术与工程研究所智能高分子材料课题组研究员陈涛与路伟致力于智能荧光高分子水凝胶的研究（Cell Reports Physical Science 2021, 2, 100417；Aggregate 2021, 1, e37；Advanced Intelligent Systems 2021, 2000239；Angewandte Chemie International Edition 2021, 60, 8608；Angewandte Chemie International Edition 2021, 60,3640；Angewandte Chemie International Edition 2019, 58, 16243；Advanced Functional Materials 2019, 29, 1905514；Advanced Functional Materials 2018, 28, 1704568等）；该团队在基于碳材料的高分子复合体系研究方面也取得了进展（Nature Communications 2020, 11, 4359；ACS Nano 2019, 13, 4368；Nano Energy 2019, 59, 422；Journal of Materials Chemistry A 2018, 6, 10217；Chemical Communications 2018, 54, 12804；Chemical Communications 2017, 53, 1949；Chemistry of Materials 2016, 28, 7125等）。近期，受到自然界生物控制皮肤颜色变化策略的启发，如头足类动物对色素细胞的选择性激活通常是由神经系统（生物电）控制的，促使科研团队思考，是否有可能将电刺激引入多色荧光水凝胶体系中。如果可以，那么，可以实现“无刺激残留”以及远程和局部地控制变色过程，也可为进一步的系统控制与集成提供便利，例如，可将所制备的变色器件作为仿生皮肤方便地集成到商业电控机器人中，以实现理想的伪装、显示或报警功能。

基于此，该研究设计并制备了一种具有非对称结构的电控荧光色变水凝胶-石墨烯体系，通过电热调控实现了多种荧光颜色的灵活控制。如图1所示，将荧光高分子水凝胶、荧光漆、导电纸以及电极通过层层复合得到非对称水凝胶-石墨烯体系。在该设计中，通过水/空气界面自组装制备单面具有堆叠石墨烯膜的导电纸。将红色稀土铈配合物、绿色稀土铽配合物或具有AIE性能的蓝

色萘酰亚胺类荧光团作为发光中心引入聚N-异丙基丙烯酰胺 (PNIPAM) 基水凝胶中制备温敏性多色荧光高分子水凝胶。利用碳基薄膜层在通电时产生的焦耳热, 诱导温敏性荧光水凝胶层发生可逆相变, 使透光率急剧下降, 对下层荧光漆的大部分入射光和发射光进行遮挡, 同时水凝胶的荧光强度显著增强, 从而使原来荧光水凝胶层与荧光漆层的叠加色变为顶层水凝胶的荧光色, 颜色发生明显改变。通过调节水凝胶层和荧光漆层的颜色组合可以实现多种荧光颜色的变化。该电热刺激过程不使用任何化学刺激物, 是一种理想的“无刺激残留”的响应方式, 且易于控制和调节, 能够实现远程和局部控制。基于水凝胶-石墨烯体系优异的电控变色的性能, 进而构建了柔性仿生皮肤用于模仿生物体皮肤的生理功能, 可以帮助商用机器人实现伪装和显示(图2)。进一步, 将所制备的仿生皮肤与传感器相连接, 通过级联过程, 模拟警报水母的变色警报过程(图3)。该研究构筑的具有伪装、显示和警报能力的水凝胶基仿生变色皮肤, 有望使商用机器人在自然环境中更好地执行探索、检测甚至救援任务。

相关研究成果以Promotion of Color-Changing Luminescent Hydrogels from Thermo to Electrical Responsiveness toward Biomimetic Skin Applications为题, 发表在ACS Nano (DOI: 10.1021/acsnano.1c02720) 上。研究工作得到国家自然科学基金、中德合作国际交流项目、中科院前沿科学重点研究计划、中科院青年创新促进会和王宽诚教育基金等的支持。

图1.电热调控荧光色变水凝胶-石墨烯体系的结构示意图

图3.仿生皮肤的应用，可以帮助人造警报水母实现动态警报功能

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://www.iikx.com)转发