
宁波材料所在水凝胶可编程化智能变形领域取得进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/11586.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！

自然界中种类繁多的动植物不仅有着纷繁多变的形态，而且能根据外界环境的变化而改变自身的形态。水凝胶由于其软、湿特性，长期以来被认为是智能仿生的理想材料之一，并被用于软体机器人、组织工程及药物递送等诸多领域。目前，水凝胶驱动器实现智能变形的方式主要有形状记忆与驱动两种，形状记忆水凝胶需在外力的作用下变形，并在外界刺激下通过可逆作用的形成固定其临时形状；而驱动水凝胶则可在外界的刺激下自发产生形变。传统的水凝胶驱动器由于使用模板法制备，因此只能在外界的刺激下实现简单的弯曲形变。近年来科研人员利用光掩模板、图案化等一系列方法实现了水凝胶多维度的复杂变形，但是由于水凝胶的各向异性结构在制备时即被赋予，导致水凝胶驱动器的变形行为（变形程度）无法根据需要进行再次调整。因此实现水凝胶驱动器的可编程、多维度复杂变形对于水凝胶在软体机器人等领域的应用具有重大意义。

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、张佳玮一直致力于智

能变形水凝胶研究

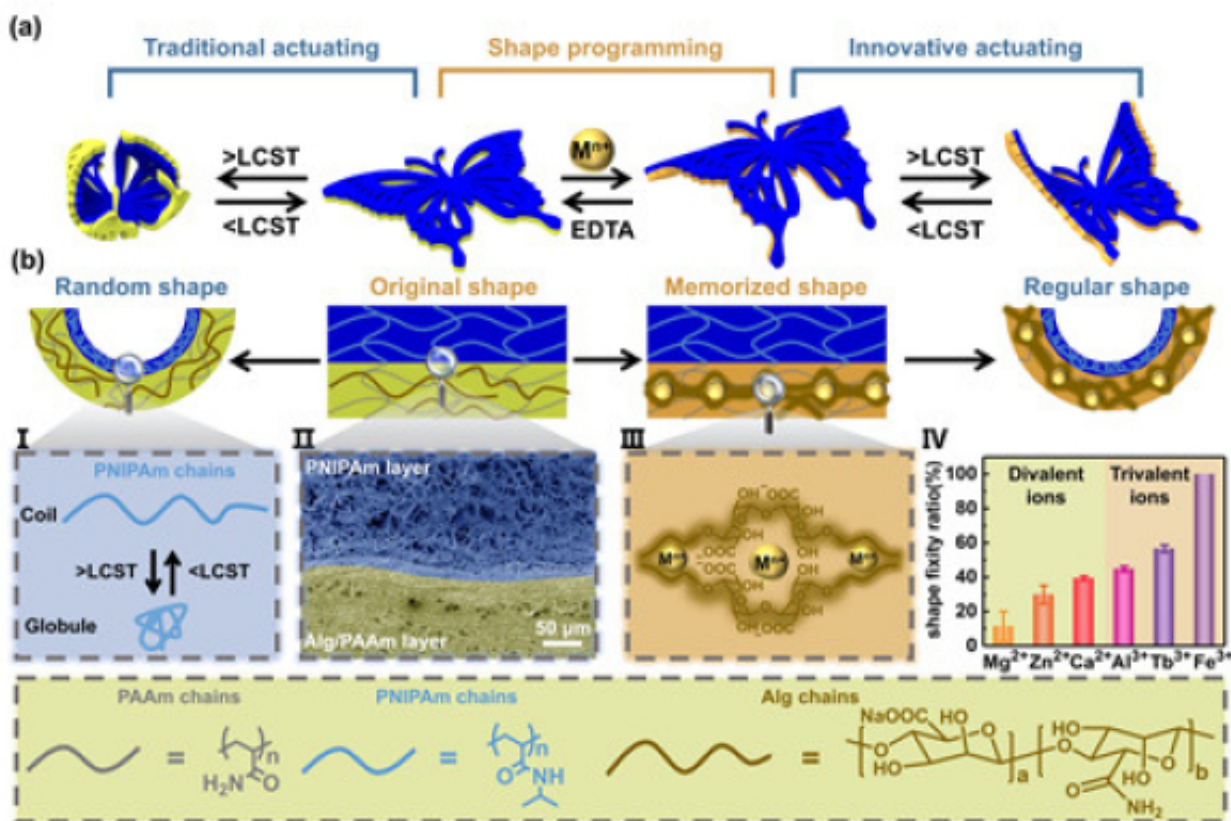
。近期，该团队成功结合水凝胶的形状记忆与驱动功能，在Small上发表题为Actuating supramolecular shape memorized hydrogel toward programmable shape deformation的研究论文。

研究人员利用紫外光分步聚合的方法制备具有双层结构的水凝胶，首先通过光引发聚合构建具有形状记忆能力的海藻酸钠-聚丙烯酰胺（Alg-PAAm）水凝胶，随后在其顶部灌入N-异丙基丙烯酰胺（NIPAm）预聚液并再次光引发聚合，最终得到具有形状记忆与驱动功能的Alg-PAAm/PNIPAm双层水凝胶驱动器。

传统的双层水凝胶由于其各向异性结构仅分布在垂直于凝胶的方向上，因而在外界刺激作用下只能产生简单的弯曲变形。研究人员结合水凝胶的形状记忆与驱动功能，通过Alg-PAAm水凝胶的形状记忆过程赋予了水凝胶多种可擦除的临时各向异性，而后通过PNIPAm水凝胶的温度响应驱动过程实现了可编程的多维度复杂形变。具体而言，例如首先将条状的凝胶通过外力变形为拐杖状，而后将其局部浸没在铁离子的溶液中以固定其临时形状，随后将凝胶置于60℃的热水中，伴随着PNIPAm水凝胶层的收缩，拐杖状双层凝胶会自发地变形成为音符状。当外界溶液温度降为15℃时，PNIPAm水凝胶层溶胀，双层凝胶还会恢复到初始的拐杖状，最后使用乙二胺四乙酸（EDTA）浸泡该凝胶以除去凝胶中的金属络合作用，拐杖状凝胶将会恢复到初始的条状，并可用于下一次的形状编程。除此之外，当条状凝胶被记忆成扭转状后，水凝胶还可从一维形状直接变形为三维螺旋状，并且只需简单改变扭转方向和扭转角度，水凝胶即可形成诸如左螺旋与右螺旋、以及不同螺旋程度等一系列形状。

利用水凝胶形状记忆与驱动功能的结合，不仅适用于条状凝胶，也可以实现片状凝胶的可编程化变形。研究人员将二维水凝胶薄片沿着Y轴的方向弯曲成圆筒状并在铁离子的溶液中将此形状固定，当温度上升水凝胶发生驱动时，由于圆筒状结构在Y轴方向上弯曲受阻，使得水凝胶只能沿着X轴方向释放应力，从而导致了圆筒状水凝胶沿着X轴展开成为平板状，此时Y轴方向的收缩力不再受到水凝胶三维结构限制，从而实现了在Y轴方向收缩重新变为圆筒状。同样，若将水凝胶沿X轴弯曲记忆，水凝胶将先沿Y轴展开为平板再沿X轴收缩为圆筒。该过程表现出对水凝胶驱动方向的良好控制，并且通过有限元分析印证了结果的有效性。受剪纸艺术的启发，研究人员利用激光切割机制备得到了具有剪纸图案的凝胶。通过外力将凝胶卷起并用铁离子固定其两端，水凝胶能保持良好的三维圆筒状结构，随后升高外界温度，中部凝胶发生收缩并自发形成三维的灯笼状。除此之外，也可将凝胶中部记忆成三维拱形结构，同样在升高外界温度后，端部水凝胶发生收缩也可形成三维的灯笼状，该过程通过合理的形状编程实现了水凝胶不同三维形状之间的转变。该工作结合水凝胶超分子形状记忆与驱动功能，实现了水凝胶驱动器可编程、多维度的形状转变，为新型智能变形材料的制备与发展提供了新思路。

该工作得到了国家自然科学基金、中国国家重点研究开发计划、中科院青年创新促进会等项目的资助。



双层水凝胶的形状记忆与驱动功能协同

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