

高分子水凝胶专题

前言

高分子水凝胶作为一种兼具高含水量、良好生物相容性和可调控力学性能的三维网络材料，在生物医学、柔性电子、组织工程和智能器件等领域展现出广阔的应用前景。随着材料设计理念的不断革新与制造技术的快速发展，水凝胶研究正从基础材料开发向功能化、智能化与临床应用方向深入推进。为系统反映该领域的最新研究动态，我们组织了“高分子水凝胶”专题，汇集了2篇专论、12篇综述，分别刊登在2025年第12期和2026年第1期。本专题从分子设计、结构调控、性能优化到前沿应用等多个维度，全面展现了我国科研团队在水凝胶领域的研究进展。

水凝胶3D生物打印：打印技术与水凝胶适配性设计

由于快速发展的3D打印技术与有限的可打印水凝胶体系之间的矛盾，水凝胶墨水的适配性设计成为研究重点。华南理工大学曹晓东和暨南大学黄跃等系统总结了挤出式、光刻基、喷墨和4D打印等主流生物打印技术，重点探讨了水凝胶墨水在物理化学性能方面的可定制化设计策略，为新型墨水材料的开发提供理论指导，为生物打印技术与水凝胶材料的协同创新提供了系统指导，有望推动打印技术在组织工程中的转化应用。

水凝胶取向结构构筑方法及响应变形行为的研究进展

如何实现水凝胶的可编程、多模式变形是智能软材料领域的关键挑战。浙江大学赵骞等聚焦于取向结构构筑策略，从纳米复合、聚集态和网络链段3个层面系统总结了各向异性水凝胶的制备方法，深入探讨了取向结构对变形行为的调控机制及其在软体器件中的应用前景，为设计具有复杂变形能力的水凝胶软体器件奠定了理论基础，拓展了智能材料在仿生与机器人领域的应用边界。

3D打印水凝胶支架构建血管化组织/器官研究进展

构建具有完整血管网络的大尺寸组织仍是组织工程面临的重大难题。华南理工大学施雪涛、柴牧原等系统综述了3D打印水凝胶支架在血管化组织构建中的应用进展，总结了分级血管网络的精准构建技术，并探讨了人工智能优化和微流控技术融合的未来发展方向，为克服组织工程中的血管化瓶颈提供了技术路线图，为复杂器官仿生构建指明了创新路径。

聚 α -硫辛酸基黏附水凝胶的研究进展

开发兼具高效黏附性、生物可降解性和良好生物安全性的新型水凝胶黏合剂是生物医学领域的迫切需求。天津大学刘文广、崔春燕等系统综述了基于聚 α -硫辛酸的黏附水凝胶，重点阐述了其动态共价交联特性、抗氧化性能及其在组织修复和药物递送中的应用潜力。该综述为开发新一代智能生物黏合剂提供了分子设计思路，推动了动态化学在医用材料中的应用发展。

智能聚合物凝胶信息存储材料在防伪领域的研究进展

传统静态防伪材料难以应对日益复杂的伪造技术挑战。中国科学院宁波材料技术与工程研究所陈涛、乐晓霞等系统介绍了智能聚合物凝胶在动态信息存储与防伪领域的最新进展，重点分析了基于化学色和物理色的智能凝胶的加密解密机制，探讨了从单色到多色、单维到多维的防伪模式升级路径，为

信息安全领域提供了材料创新的视角，推动了智能响应材料在高端防伪中的应用拓展。

手性水凝胶构筑及其生物应用

手性作为生命体系的基本属性，如何在水凝胶材料中有效构筑并利用其生物学特异性是重要研究方向。上海交通大学冯传良等系统阐述了手性水凝胶的构建策略，重点探讨了其在组织工程、免疫调控和癌症治疗等生物医学领域的应用进展，揭示了手性结构在生物材料设计中的关键作用，为开发具有生物识别功能的智能水凝胶开辟了新方向。

基于滚环扩增反应的智能DNA水凝胶构建及其生物医用进展

如何构建兼具序列可编程性和生物功能的智能DNA水凝胶是生物材料领域的研究热点。复旦大学仰大勇和天津大学姚池等系统阐述了基于滚环扩增反应的智能DNA水凝胶的构建方法，重点介绍了其在生物颗粒识别与肿瘤诊疗等领域的应用前景。该专论展示了DNA水凝胶在分子识别与精准医疗中的独特优势，为生物医用材料的智能化设计提供了新范式。

解码超分子水凝胶：从可编程力学到生物学效应

如何实现水凝胶力学性能与生物学效应的协同调控是生物医用材料领域的核心问题。华南理工大学边黎明、张琨雨等系统阐述了超分子水凝胶基于动态非共价相互作用的可编程力学特性，深入探讨了其力学调控机制与生物功能适配性在组织工程和药物递送中的应用前景。该综述为超分子水凝胶的理性设计提供了理论框架，促进了材料力学与生物学效应的交叉研究。

高韧性两性离子聚合物水凝胶研究进展

两性离子聚合物水凝胶普遍存在力学性能不足的问题，严重限制了其实际应用。浙江工业大学郑司雨、杨晋涛等聚焦于两性离子水凝胶的增韧机制，从单体结构特征出发，系统分析了静电水合作用对力学性能的影响，并总结了杂化体系和纯体系的增韧设计策略，为解决两性离子水凝胶的力学瓶颈提供了系统性方案，为其在生物器件和防污涂层中的应用奠定了基础。

聚(3,4-乙烯二氧噻吩):聚(苯乙烯磺酸盐)导电水凝胶神经电子界面

传统植入式电极与生物组织间的力学和电学失配导致神经接口稳定性差、信号质量低等挑战。南方科技大学刘吉等系统综述了PEDOT:PSS导电水凝胶在神经电子界面中的应用，重点介绍了其性能调控策略、器件制造方法及在神经信号记录与调控中的研究进展。该综述为新一代生物相容性神经接口的设计提供了重要参考，推动了脑机接口材料向柔性化、高性能化发展。

高强韧明胶水凝胶研究进展

明胶水凝胶固有的脆弱力学性限制了其在承重组织和长期植入中的应用。上海交通大学林秋宁、鲍丙坤等系统总结了高强韧明胶水凝胶的制备策略，包括交联调控、结构设计和复合增强等方法，并探讨了其在组织修复和生物电子领域的应用前景。该综述为天然高分子水凝胶的功能强化提供了技术路径，有望促进明胶基材料在再生医学中的深度应用。

水凝胶在眼部疾病治疗中的研究进展

眼部疾病治疗面临药物生物利用度低、治疗效果不佳的挑战。上海交通大学庞燕、陈焕等系统总结了水凝胶在眼部给药中的多种应用形式，深入分析了不同剂型的设计策略及其在感染炎症、白内障、青光眼等眼病治疗中的作用机制与临床价值。该综述为眼科药物递送系统的创新设计提供了全面指导。

高强韧水凝胶纤维研究进展

随着柔性电子和可穿戴器件的快速发展，对水凝胶纤维的力学强度和结构稳定性提出了更高要求。苏州大学严锋、李维政等系统综述了高强韧水凝胶纤维的制备方法，深入分析了化学交联、物理交联和微观有序结构调控等力学增强策略及其应用前景。该综述为水凝胶纤维的性能优化提供了系统指导，有望推动纤维状水凝胶在智能纺织与柔性电子中的集成应用。

本专题还收到南京大学曹毅等的综述，也将在2026年陆续刊登。本专题涵盖了水凝胶材料从基础研究到前沿应用的多个重要方向，各篇专论、综述从不同角度深入探讨了水凝胶的设计、制备、性能调控与应用拓展。感谢所有作者、审稿专家及编辑团队为本专题顺利出版付出的辛勤努力，期望本专题能为水凝胶领域的研究人员提供有价值的参考，推动该领域的创新发展与学科交叉。



刘文广
专题客座编辑



史林启
专题责任副主编

2026年1月