

## 研究目标

围绕软物质基微纳通道体系中离子可控传输这一重要科学问题，系统研究离子与功能基元的动态相互作用和离子连续跨介质的迁移能垒效应，揭示动态高分子门控实现多元信号区分的物理化学本质，丰富软物质基微纳通道体系的物质传输理论，推动低能耗、高性能的多模态生物-非生物信号交互体系的发展。

## 研究背景

离子与分子的可控传输是软物质基生命体维系生理稳态、行使特殊功能的核心机制。针对软物质基微纳通道体系开展物质传递与信号转导研究，不仅能够从分子水平揭示生命活动的本质规律，加速仿生材料设计及生物医学诊疗技术的革新，还能为能量转换存储系统优化、高效物质分离纯化工艺开发等关键领域提供创新性理论依据与技术解决方案，助力突破传统技术瓶颈，开辟多学科交叉应用的新方向。因此，仿生构筑软物质基微纳通道体系，并研究其结构形态变化与离子界面迁移能垒差异的协同作用，最终实现离子门控、可调差异化传输，对于实现仿生能量转换及多级神经信号转导具有重要意义。

## 研究内容

(1) 拟采用与生物体系模量相近，生物相容性优异的水凝胶材料为平台，延用仿神经突触门控界面结构的策略，引入目标离子选择性分子和多级次门控界面，研究并解析功能基元和层级结构与可控离子传输的构效关系；

(2) 选择性能优异的软物质基体系用于多模态信号转换，以多元离子作为信号载体，拟针对力、热、光等刺激设计特异性响应传输的离子通道体系，实现上述多元信号到离子信号的识别、处理和并行传输；

(3) 开展基于多元离子的神经形态记忆效应研究，探索多元离子的可控富集-耗散机制及耦合作用规律。在此基础上，构筑离子基生物-电子信号转换界面，开发仿神经突触器件，并探索其与小型动物神经连接及信号交互。

## 预期成果

完成系列响应性功能基元(光/压/温敏感凝胶)及多级门控结构设计与制备，

解析级联界面门控协同作用，建立多模态神经信号传导理论模型，并优化信号转换体系至生物相容场景，支持离体组织信号交互。预计发表高水平论文 3-5 篇，培养研究生 3-5 名。