

# 陈狄——未来三年研究计划

## 凝胶表面性能的光图案化调控及应用探索

### 研究目标

研究将聚焦凝胶表面理化性质的精准调控，以表面浸润性与微纳物理结构作为两类典型的目标特征来进行分子设计，并建立系统化光调节策略。在此基础上，研究将深入阐述微观分子机制与宏观行为之间的构效关系，并推动材料向实际应用的转化，同时为其他表面性质的调节提供借鉴。

### 研究背景

高分子凝胶拥有三维网络结构并富含液体，其能够方便地通过在内部引入响应性分子基元而表现出对光照、温度以及化学物质等的敏感性，是一类极具发展前景的智能材料，已在生物医药、光学系统以及柔性电子等领域展现出独特的应用优势。其中，相较于传统利用本体在外界刺激下的体积变化来实现功能的模式，凝胶表面作为具体应用中与其他物质发生相互作用的区域，其性质能够直接影响材料对周围环境的适应性，为凝胶功能的拓展带来新的机遇。

目前，通过对凝胶表面理化性质，包括粘附性、浸润性以及发光特性等的调节，研究者探索出了多样化的材料应用出口。然而，表面性质调控在丰富凝胶功能的同时依然面临诸多的挑战。凝胶高含溶剂的状态导致其表面可利用的聚合物密度较低，制约了调控前后性能的转变幅度。此外，已合成的均质凝胶网络往往只能进行整体性质的改变，缺乏区域化调控机制，难以精准匹配应用环境。总体而言，如何在高含液的凝胶中实现表面性能的精准调节仍然需要不断探索。

对此，未来研究拟利用具有非接触、高精度且可快速切换等特点的光照作为调控方法，通过光响应凝胶网络的理性设计，来达到对已成型凝胶性能的光图案化调节，并进一步探索应用出口。

### 研究内容

未来三年将围绕凝胶不同表面特性的区域化调节来展开，并阐述材料的内

在构效关系与寻找应用出口。

**1、凝胶表面图案化浸润性调控。**凝胶的溶胀源自于液体分子经由表面扩散进入本体网络的过程。通过调节表面浸润性即可控制液体扩散速率，进而影响凝胶的宏观变形。这一可控的变形行为可在血管栓塞、软组织扩张等应用中展现优势。对此，研究拟利用光学脱保护的设计思路，将掩蔽后的功能单体共聚到凝胶的交联网络中，通过定点光照来暴露官能团，实现浸润性改变。进一步，拟采用接枝大分子修饰剂、层层自组装等的方式来放大光照区域与非光照区域之间的浸润性差异，并实现凝胶可控的形变速率与变形路径。

**2、表面高高宽比物理微纳结构制造。**微纳加工技术是高端制造业的基础之一。申请人前期基于光动态凝胶网络的设计实现了表面微结构的快速制造，然而所得微结构高宽比低，与现有微加工方法存在差距。因此，研究拟积极利用凝胶在相变前后巨大的体积差异来进行表面微结构制造，以期实现高高宽比结构的构筑。典型的策略为：构筑可光控相变温度的凝胶网络，在光照下引起拓扑结构重排的同时消除收缩相变，达到提高结构高宽比的目的。

**3、面向不同的应用场景实现材料功能。**通过学科的交叉合作，拟将上述表面特性可调的凝胶作为平台材料，探索在组织扩张、干眼治疗以及光学系统构建等方面的应用可能。

### **预期成果**

拟通过分子结构的有效设计，结合光控工艺，建立凝胶表面多种性质的图案化调控工具库，并积极推动材料向实际应用的转化。在研究周期内，预期发表高水平学术论文 3-5 篇，授权发明专利 1-2 项。