

高分子科学实验学生自主设计实验改革初探

——以“温敏性水凝胶的制备及其动态退溶胀性能探究”为例

郑 绩¹, 吴悦童¹, 田语舒¹, 李相元^{1,2*}, 冯岸超^{1,2,3*}, 张立群^{1,3}

(1. 北京化工大学 材料科学与工程学院, 北京 100029; 2. 北京化工大学 高分子科学与工程教学实验示范中心, 北京 100029; 3. 北京化工大学 先进弹性体材料研究中心, 北京 100029)

摘要: 高分子科学实验是高分子材料专业的核心实验课程, 随着社会发展, 人才培养要求的不断提高, 结合领域前沿热点, 引导学生去自主学习, 自主设计实验是课程教学改革的方向。本文以本科生自主设计的高分子科学实验“温敏性水凝胶的制备及其动态退溶胀性能探究”为例, 提出了新的实验教学改革思路: 教师选定前沿研究热点, 学生组成“研究小组”, 通过查阅资料并结合教学实验室条件, 自主设计教学实验, 分工合作完成实验。通过把前沿性研究转化为本科教学的实验教学改革模式, 使学生的实验设计能力、创新能力和综合素质都得到了有效训练。

关键词: 高分子科学实验; 水凝胶; 自主设计实验; 教学改革

1 高分子科学实验教学现状

随着科技水平的提高及行业需求的不断发展, 高分子材料领域对科技人才的设计、研究及创新能力提出了更高的要求。我校高分子专业培养的目标是使学生具备较强的设计、研究能力以及自主学习、终身学习的能力, 在毕业后既可以从事材料科学与工程基础理论研究, 新材料、新工艺和新技术研发, 生产技术开发和过程控制, 材料应用等材料科学与工程领域的科技工作, 也可以承担相关专业领域的教学、科技管理和经营工作^[1~3]。为了更好地实现专业培养的目标, 围绕学生设计能力、自主学习能力的提升, 对高分子科学实验课程进行了改革探索^[4~6]。

目前, 实验主要分为验证型实验、设计型实验和综合型实验, 且大多为传统经典实验, 与目前领域的研究热点结合不密切^[7,8]。同时, 设计型实验占比较低, 通常由教师担任“设计者”角色, 学生“被动”参与设计型实验。由于本科实验大多采取同批同操作的方式, 实验条件和数据单一, 无法形成群组性对比分析, 使实验的探索总结趣味性降低且易导致实验时间过长^[9,10]。现有的设计型实验的开设模式, 离人才培养目标中所要求的设计能力、自主学习能力及创新能力培养, 还有较大差距。针对上述问题, 本文尝试对高分子科学实验中设计型实验的进行改革, 思路如下: (1) 由教师选取领域内研究热点, 设定研究范围, 学生自行查阅文献, 进行实验方案设计, 包括实验目的、原理、原料试剂、仪器、操作步骤、研究内容等; (2) 教师结合教学实验的学时及实验室条件, 对实验方案的可行性进行评估, 与学生讨论后确定最终实验方案; (3) 教师提供相应实验条件, 供学生进行实验; (4) 学生以学术小论文的形式完成实验报告的撰写。本文以本科生自主设计的“温敏性水凝胶的制备及其动态退溶胀性能探究”实验为例, 对高分子科学实验

10.14028/j.cnki.1003-3726.2020.04.008

收稿: 2020-01-02; 修回: 2020-01-14;

作者简介: 郑绩, 北京化工大学高分子材料与工程专业本科生。E-mail: zhengji@mail.buct.edu.cn; 吴悦童, 北京化工大学高分子材料与工程专业本科生。E-mail: wuyuetong@mail.buct.edu.cn; 田语舒, 北京化工大学高分子材料与工程专业本科生。E-mail: tianyushu@mail.buct.edu.cn;

* **通讯联系人:** 李相元, 北京化工大学材料科学与工程学院工程师, 高分子科学与工程教学实验示范中心高化实验室负责人。E-mail: lxyuan@mail.buct.edu.cn; 冯岸超, 北京化工大学材料科学与工程学院副教授, 可控活性自由基聚合前沿研究中心负责人。E-mail: fengac@mail.buct.edu.cn.

中的设计型实验改革进行探索。

2 实验设计

2.1 实验目的

- (1)了解水凝胶的基本制备方法及其应用；
- (2)测绘同一温度下不同水凝胶的退溶胀比曲线,理解温度响应性的概念；
- (3)进一步掌握真空实验操作,熟悉分析天平、红外光谱仪的使用。

2.2 实验原理

水凝胶是一类通过共价键、离子键、范德华力或氢键作用交联形成的三维网络聚合物材料,能在保持结构的同时固定大量的水分,即溶胀而不溶解^[11~16]。其中,温度敏感性水凝胶在药物控制释放^[17]、生物工程材料^[18,19]等领域有广阔的应用前景。以丙烯酸与 *N*-异丙基丙烯酰胺为原料,制备的聚(*N*-异丙基丙烯酰胺)(PNIPAM)温度敏感性水凝胶,由于具有接近人体温度(32℃)的最低临界共溶温度(LCST),受到广泛关注^[20~22]。

本实验以自由基共聚合为反应机理,采用氯化钠(NaCl)水溶液作为造孔剂,以 *N,N'*-亚甲基双丙烯酰胺(BIS)为交联剂,过硫酸钾(KPS)为引发剂,*N,N,N',N'*-四甲基乙二胺(TEMED)为促进剂,通过溶液聚合的方式制备温度快速响应性的大孔水凝胶 P(NIPAM-*co*-AAc),在聚合过程中,所形成的凝胶中的高分子链不能在 NaCl 水溶液中完全溶解,因此 PNIPAM 的分子链呈卷曲状,相互缠绕,最终形成核状,而反应溶液仍然是连续相。随着聚合和交联的进行,由于生成聚合物的不断分离,新的核相继出现,这种团聚现象导致了非均匀大孔结构的形成^[23~25]。

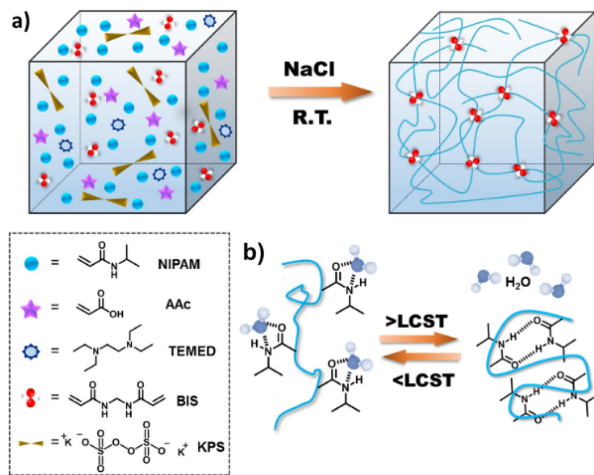


图 1 (a) P(NIPAM-*co*-AAc)水凝胶的制备示意图;(b)水凝胶的温度响应原理

Figure 1 (a) Scheme of preparation of P(NIPAM-*co*-AAc) hydrogels; (b) Thermosensitive mechanism of hydrogels

利用红外光谱法(FT-IR)^[26]可对制备的大孔水凝胶进行结构表征。近红外光谱主要是由于分子振动的非谐性使分子振动从基态向高能级跃迁时产生的,主要记录了分子中单个化学键的基频振动的倍频和合频信息,它常常受含氢基团 X—H(X = C、N、O)的倍频和合频的重叠主导,所以在近红外光谱范围内,测量的主要是含氢基团 X—H 振动的倍频和合频吸收。特征基团在红外光谱区的吸收往往具有相似性,吸收峰出现在一定范围内,相差不大,因此分析时可以与已知标准吸收谱相对比得到结果。测定实验所得水凝胶在波数 400~4000cm⁻¹ 范围内的红外光谱,找到特征峰并与标准样品特征峰进行比较,可以明确凝胶的化学结构。

此外,通过研究水凝胶的退溶胀动力学即动态溶胀比,绘制退溶胀曲线,可以方便、快捷地评价水凝

胶的温度敏感性。水凝胶的动态溶胀比(SR)^[23,27]由以下公式得到:

$$SR = \frac{m_s - m_d}{m_d} \quad (1)$$

(1)式中, m_s 为溶胀状态下凝胶的质量, m_d 为干凝胶的质量。

2.3 仪器与药品

试剂:*N*-异丙基丙烯酰胺(NIPAM):牌号 NP-1;丙烯酸(AAc):分析纯,使用前减压蒸馏备用;四甲基乙二胺(TEMED):生物试剂;过硫酸钾(KPS)、*N,N'*-亚甲基双丙烯酰胺(BIS)等试剂均为分析纯。

仪器:傅里叶变换红外谱仪(FT-IR):Nicolet 5700 型(Thermo Electron Scientific Instruments Corp)。

2.4 实验步骤

2.4.1 P(NIPAM-*co*-AAc)水凝胶的制备 (1)称取两份 0.4875g NIPAM(s)、0.0100g BIS(s)、0.0147g AAc (l),分别依次加入到 50mL 平底管 A 和 B 中,用移液管移取 5mL NaCl(aq)(0.4mol · L⁻¹)至平底管 A,同时移取等量去离子水至平底管 B。用橡胶圈密封平底管。搭建氮气保护装置,排空气 15min。

(2)使用 1mL 针管分别依次加入 0.0047g 引发剂 KPS 与 1mL NaCl 混合溶液,及 0.0147g 促进剂 TEMED 与 1mL NaCl 混合溶液至两平底管中。

(3)取大小适当的密封条对橡胶塞进行密封,在常温(约 25℃)下聚合约 1.5h。

将上述在常温下制备得到的水凝胶放置 24h 后,转移至常温下的蒸馏水中。3d 后换一次水,待一周后,取出溶胀平衡后的两份水凝胶,将每份分为 15×10×20(mm)的两块,记为 A 凝胶样品(Gel0.0)、A'凝胶样品(Gel0.4)和 B 凝胶样品(Gel0.0)、B'凝胶样品(Gel0.4)。

2.4.2 P(NIPAM-*co*-AAc)水凝胶的结构表征 取 A 组样品(Gel0.0、Gel0.4)放入 80℃ 真空烘箱中,干燥 1~2h 至恒重后与 KBr 研磨压制样,测定 400~4000cm⁻¹ 范围内的红外光谱。

2.4.3 P(NIPAM-*co*-AAc)水凝胶的动态退溶胀比测定 取在 20℃ 蒸馏水中溶胀平衡后的 B 组样品(Gel0.0、Gel0.4)并称重,然后将其浸泡在另一恒温的蒸馏水中,每隔一定的时间取出并称重,连续称量 6 组,共计 100min。称重前用湿的滤纸快速擦去其表面的水分。最后将其放入 80℃ 真空烘箱中,干燥 0.5h 至恒重。按照公式(1),分别测定并计算 30℃,40℃,50℃,60℃ 下水凝胶的动态退溶胀比。

2.5 实验结果

2.5.1 水凝胶的制备 实验表明,当加入促进剂 TEMED 后,聚合与交联反应同时开始,0.5h 后开始生成 P(NIPAM-*co*-AAc)凝胶,由于造孔剂 NaCl 的加入,出现颜色的差别,如图 2 所示。



图2 添加造孔剂的大孔水凝胶(左)及不添加造孔剂的水凝胶(右)对比图

Figure 2 Porous hydrogel (left) and nonporous hydrogel (right)

Gel0.0 为无色透明状,Gel0.4 为白色不透明状,这是因为在水溶液中,P(NIPAM-*co*-AAc)高分子链在水中得以充分伸展,不会发生蜷曲形成核,所形成的凝胶内部结构均匀,因而呈透明状;但当反应介质中 NaCl 浓度为 0.4mol · L⁻¹ 时,由于 NaCl 的加入,降低了 P(NIPAM-*co*-AAc)的溶解度,导致其沉淀或盐析,形成非均匀相。

2.5.2 水凝胶的红外光谱分析 本实验测得红外光谱图,如图 4 所示。由图可知,在 3329cm^{-1} 处附近对应的基团为 $-\text{NH}-$ 和 $-\text{OH}-$ 的伸缩振动峰; 2973cm^{-1} 处附近的峰是甲基和次甲基的 $\text{C}-\text{H}$ 振动峰; 1718cm^{-1} 处为酰胺 I 带,属于 $\text{C}=\text{O}$ 的伸缩振动峰,以肩峰的形式出现; 1572cm^{-1} 与 1338cm^{-1} 处为酰胺 II 带 $-\text{NH}-$ 的面内弯曲振动峰和酰胺 III 带 $\text{C}-\text{N}$ 的伸缩振动峰。而 1387cm^{-1} 和 1459cm^{-1} 处为典型的 $-\text{CH}(\text{CH}_3)_2$ 中双甲基的对称振动耦合分裂峰,再加上 1130cm^{-1} 处的 $\text{C}-\text{C}$ 骨架振动吸收峰,可以证明 $-\text{CH}(\text{CH}_3)_2$ 的存在。综上可知,该聚合物为 *N*-异丙基丙烯酰胺与丙烯酸的共聚物。

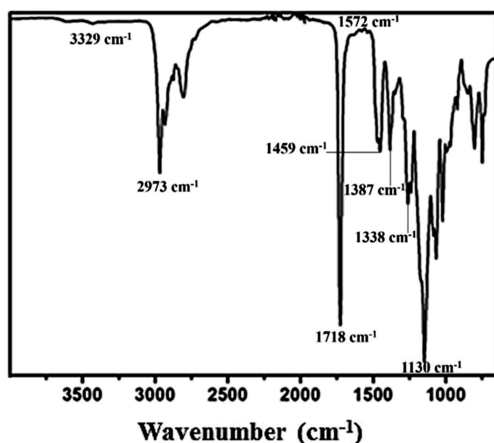


图 3 P(NIPAM-co-AAc)水凝胶的红外光谱

Figure 3 FT-IR spectrum of P(NIPAM-co-AAc) hydrogel

2.5.3 温敏性评价结果 图 4 表明,在 100min 内,同一温度下, Gel0.4 的动态溶胀比 (SR) 高于 Gel0.0。同时,大孔水凝胶 Gel0.4 实验前后的 SR 变化幅度较大。如 60°C 时, Gel0.4 的 SR 总体降低了 58.5%, 大于 Gel0.0 降低了 45.5%。可以说明,与 Gel0.0 相比, Gel0.4 对温度的变化更加敏感,即大孔水凝胶的温度响应性优于非孔水凝胶。

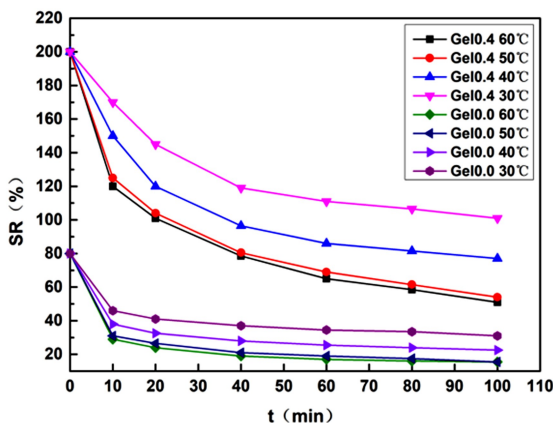


图 4 P(NIPAM-co-AAc)水凝胶的动态退溶胀比曲线

Figure 4 Dynamic deswelling ratio curve of P(NIPAM-co-AAc) hydrogel

经分析可知,在 Gel0.0 中,其表面部分先失去水而相分离,形成致密层。而在大孔凝胶 Gel0.4 中,其细孔结构和羧基的解离阻碍致密层在凝胶表面的生成,有利于其内部自由水的迅速析出,因此其溶胀速度快。

另外,在 100min 内,对同一种水凝胶,其动态溶胀比 (SR) 随温度的升高而降低,说明凝胶的温度响应性随温度升高而降低。由公式 (1) 可知, SR 越小,表明溶胀状态下凝胶的质量 (m_s) 越小,即失水较多。同时,对比可知 $30\sim 40^\circ\text{C}$ 之间 SR 降低较为显著,即在 $30\sim 40^\circ\text{C}$ 温度范围内水凝胶收缩明显,失水严重。

分析可知,在 30~40℃,凝胶发生相转变,使 SR 发生突变而急剧降低。在 PNIPAM 水凝胶中,侧链上含有亲水的酰胺基和疏水的异丙基,导致其存在一个亲水-疏水平衡。当外界温度在临界温度(LCST)(约 32℃)以下时,水分子与酰胺基之间的氢键与其侧链相互作用,凝胶处于溶胀状态;当温度上升至 LCST 时,氢键作用被破坏,此时疏水作用占主导,高分子链的聚集引起凝胶的明显收缩。因此,随着温度不断上升,水凝胶开始失水,SR 逐渐减小。

3 实验设计创新点

3.1 实验设计基本思路

在本科生教学实验中,温敏性水凝胶的制备与评价作为实验的实例较少,且传统水凝胶制备实验设计和操作难度稍大,需要较为苛刻的实验条件、实验试剂、实验装置等,其长时间、高成本、难实现等特点时限制了教学实验中的开展^[28~30]。

本实验由教师选定温敏性水凝胶 PNIPAM 为设计目标,学生通过查阅文献,确定实验设计方案。通过本实验的设计,学生与教师共同解决了从科研到本科教学实验的过渡中遇到的困难,为温敏性水凝胶等高分子新材料的制备从“科研实验室”走向“教学实验室”的转变提供了新思路。对于自由基共聚合的机理、水相引发剂,甚至红外光谱仪器的使用有较深刻的理解。

本文实验原理、实验设计、实验结果均为学生自主完成。其中,自由基共聚合^[31]、溶液聚合^[32]、相分离^[33]等概念都是《高分子化学》、《高分子物理》理论课所涉及的知识点。较好地实现了理论知识在实验中的应用。

3.2 简化科研实验方案

表 1 文献方案与本实验设计方案对比表				
Table 1 Comparison between the literature scheme and the experimental design scheme				
对比项目	文献方案 ^[34]		本实验方案	
	文献	特点	本实验	特点
1、水凝胶的制备				
药品用量	NIPAM 1.0g BIS 0.03g KPS 0.015g AAc 40μL TEMED 30μL	药品用量较大, 实验成本较高。	NIPAM 0.4875g BIS 0.0100g KPS 0.0047g AAc 0.0147g TEMED 0.0147g	保证实验结果情况下, 按比例减少药品用量。
反应时长	反应 24 h 后浸泡 每 1 天换 1 次水 共浸泡 6 天	换水次数频繁, 不符合教学课时要求。	反应 24 h 后浸泡 3 天后换 1 次水 共浸泡 6 天	保证实验结果情况下, 延长浸泡时间, 仅换 1 次水。
对照实验	NaCl 溶液浓度范围: 0~1.0mol·L ⁻¹ 共 6 组样品	浓度梯度跨度较大, 工作量及时长要求较高。	A:0.4mol·L ⁻¹ NaCl* B:0mol·L ⁻¹ NaCl 共 2 组样品	选取实验最适的 NaCl 浓度, 同时设置空白对照。
2、水凝胶的温敏性响应探究				
实验操作	分别放入不同温度蒸馏水中 浸泡,每隔 12h 取出并称重。	产物溶胀比测定实验 周期较长,工作量及时 长要求较高。	分别放入不同温度蒸馏水中浸泡, 每隔 20min 取出并称重。	产物退溶胀比测定实验 周期适中,且同样可以 体现产物的温度响应性, 适用于本科生实验教学。
结果分析	测定并绘制多组水凝胶的 平衡溶胀比曲线。		测定并绘制两组水凝胶的 动态退溶胀比曲线。***	
3、水凝胶的结构表征				
表征方法	SEM 观察水凝胶产物 微观形貌、红外光谱分析 水凝胶产物的特征峰。	SEM 操作要求较高, 操作成本较大,不适用于 本科生实验教学。	红外光谱分析水 凝胶产物特征峰, 与标准样品比较。	红外光谱仪的操作为 本科实验教学内容,可帮助 学生进一步掌握该操作。

* 研究小组依照文献选取浓度为 0~1.0mol·L⁻¹(浓度梯度为 0.1mol·L⁻¹)的 NaCl 溶液共 10 组作为造孔剂探索实验,最终发现 0.4mol·L⁻¹ 样品满足后续实验要求。* 研究小组分别在 30~60℃(温度梯度为 10℃)下测量并绘制 6 组溶胀比(SR)随时间(t)、NaCl 浓度的变化曲线。

3.3 教学课时设计

表 2 随堂教学实验设计方案
Table 2 Design of classroom teaching experiment

随堂教学实验(8 学时*)		
实验进程	实验内容	教学时长
第一阶段	P(NIPAM-co-AAc)水凝胶的制备**	4 学时
第二阶段	P(NIPAM-co-AAc)水凝胶的动态退溶胀比测定***	3 学时
第三阶段	P(NIPAM-co-AAc)水凝胶的结构表征	1 学时

* 本实验按照为期 2 周的 8 课时教学实验进行设计。* * 本实验以教学班为单位,过程中 2 人为一小组,分别制备 Gel0.0 和 Gel0.4 两份样品。聚合反应 24 h 后,需将本组制得的水凝胶产物转移至蒸馏水中浸泡。3 天后,进行一次换水操作。* * * 以 30 人教学班为例,将小组编号 1~15,共 15 组。分别将几台玻璃恒温水浴装置设定为 30℃、40℃、50℃、60℃,30~50℃ 每个温度有 4 组同学进行 Gel0.0 和 Gel0.4 的动态退溶胀比测定,60℃有 3 组同学进行测定。

4 结束语

(1)学生通过自主设计实验,成功制备温度快速响应性的聚(*N*-异丙基丙烯酰胺-co-丙烯酸)水凝胶,探究了该凝胶的形成机理,并利用红外光谱仪对其进行结构表征,绘制凝胶动态退溶胀曲线,探究水凝胶的温度敏感性;

(2)为了将科研实验转型成为高分子实验教学,提前设定具体教学班人数和分组情况,对于本反应的温度梯度和教学时长和实验仪器等都做出了探索和改进,使其成为教学实验的可行性大大提高。另外,通过不同组之间的数据共享和综合分析,可以高效率地完成梯度对照实验并锻炼学生横向分析数据和得出结论的能力;

(3)实验教学改革模式坚持知识与能力的有机融合,既在教学内容上体现了前沿性与时代性,又在教学方法上体现了先进性与互动性,积极引导学生进行自主学习,培养学生分析能力与思辨能力,增强了学生在实验课程中的获得感与成就感。

参考文献:

[1] 龚建良,吴宇雄,谭惠平,吴志平. 高教论坛,2006,4:56~58.

[2] 李新娟,徐桂清,胡志国. 高分子通报,2011,7:113~115.

[3] 赵颖,罗美香,蒋智杰,姜蕾,张安强,吴水珠. 高分子通报,2016,6:90~94.

[4] 李青山,杨庆祥,张士良,于金库,王明智. 高分子通报,2008,12:80~84.

[5] 张兴宏,曾素林,张滢滢,涂克华,王齐. 高分子通报,2016,4:104~108.

[6] 徐琰. 高分子通报,2019,6:77~80.

[7] 王新平,杨菊萍,张丽,张伟,叶鹏. 高分子通报,2010,7:97~102.

[8] 施燕琴,陈思,马猛,吴波震,王旭. 高分子通报,2016,2:102~106.

[9] 刘艳丽,陈建芳,黄先威,刘拥君,邱建霞. 高分子通报,2015,11:83~85.

[10] 刘宁,李田,王小丹,刘丰收. 高分子通报,2011,7:110~112.

[11] 刘锋,卓仁禧. 高分子通报,1995,4:205~216.

[12] Peng L, Zhang H J, Feng A C, Huo M, Wang Z L, Hu J, Gao W P, Yuan J Y. Polym Chem, 2015, 6(19): 3652~3659.

[13] 李贤真,李彦峰,朱晓夏,李柏年,刘刚. 功能材料,2003,4:382~385.

[14] Galperin A, Long T J, Ratner B D. Biomacromolecules, 2010, 11(10): 2583~2592.

[15] 尹大伟,周英,刘玉婷,苗东琳. 化工新型材料,2012,40(2):21~23,71.

[16] 刘文广,姚康德,戚务勤. 高分子材料科学与工程,2002,5:54~57.

[17] 王标兵. 高分子通报,2006,11:87~93.

[18] 江春梅,牟建新,刘利明,王婷婷,张春玲. 高分子材料科学与工程,2014,30(3):144~148.

- [19] Shin H, Ruhe P Q, Mikos A G, Jansen J A. *Biomaterials*, 2003, 24(19): 3201~3211.
- [20] 秦爱香,吕满庚,刘群峰,张平. *高分子通报*, 2006, 6: 57~63.
- [21] Feng A C, Zhan C B, Yan Q, Liu B W, Yuan J Y. *Chem Commun*, 2014, 50(64): 8958~8961.
- [22] 刘阳,尹玉利,贺艳. *高分子通报*, 2019, 7: 13~19.
- [23] Xue W, Hamley I W, Huglin M B. *Polymer*, 2002, 43(19): 5181~5186.
- [24] Liu H L, Bian F L, Liu M Z, Chen S L. *J Appl Polym Sci*, 2008, 109(5): 3037~3043.
- [25] 董晓臣,贺继东,王存国,郭红革. *高分子通报*, 2003, 4: 53~56.
- [26] 高荣强,范世福. *分析仪器*, 2002, 3: 9~12.
- [27] 陈兆伟,陈明清,刘晓亚,杨成,朱雪燕. *功能高分子学报*, 2004, 1: 46~50.
- [28] 赵孔银,赵义平,陈莉,赵永男,宋俊,周晓峰. *高分子通报*, 2013, 12: 108~112.
- [29] 江献财,项南平,向晓彤,侯琳熙. *高分子通报*, 2019, 6: 72~76.
- [30] 黄浩,周欣然,唐波,杜奕. *高分子通报*, 2018, 4: 100~105.
- [31] 丘坤元. *高分子通报*, 2008, 7: 15~28.
- [32] 潘祖仁. *高分子化学*. 第五版. 北京:化学工业出版社, 2011.
- [33] 赵孝彬,杜磊,张小平,郑剑. *高分子通报*, 2001, 4: 75~81.
- [34] 薛玉华,赵文元. *功能高分子学报*, 2009, 4: 80~85.

A Preliminary Study on the Experiment Reform Designed by Students of Polymer Science Experiment—Taking “Study on the Preparation of Thermosensitive Hydrogel and Its Dynamic Deswelling Property” as An Example

ZHENG Ji¹, WU Yue-tong¹, TIAN Yu-shu¹, LI Xiang-yuan^{1,2*}, FENG An-chao^{1,2,3*},
ZHANG Li-qun^{1,3}

(1. *School of Materials Science and Engineering, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China*; 2. *Polymer science and Engineering Experiment Center, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China*; 3. *Center of Advanced Elastomer Materials, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China*)

Abstract: Polymer science experiment is the core experiment course of polymer material specialty. Under the guidance of the training requirements of engineering education and certification system talents in colleges and universities, combined with the cutting-edge hot spots in the field, it is the direction of teaching reform to guide students to study independently and design experiments scientifically and reasonably. In this paper, the design of “thermosensitive hydrogel preparation and its dynamic swelling property” is taken as an example. A new experimental teaching reform idea is put forward: teachers choose the forefront of research hotspots, and students form a “research group”. Through the transformation of scientific research experiments into experiments to meet the needs of undergraduate teaching, students’ experimental design ability, innovation ability and comprehensive quality have been effectively trained.

Key words: Polymer science experiment; Hydrogel; Independent design experiment; Teaching reform