高 分 子 通 报
POLYMER BULLETIN

教育与教学 / Education DOI: 10.11687/j.issn1003-3726.2026.26323

光引发聚合法制备“毛巾状”高吸水树脂
——推荐一个高分子综合实验

朱 唐* 黄海锋 李俊彦 梁晓思 陈彦涛*

(深圳大学化学与环境工程学院 深圳 518060)

摘 要 针对高吸水树脂传统教学实验反应周期长、后处理繁琐、构效关系探究不足等困境，设计了耦合紫外光引发聚合与气泡模板法的教学方案。方案以丙烯酸钠和丙烯酰胺为共聚单体，以2-羟基-4'-(2-羟乙氧基)-2-甲基苯丙酮(Irgacure 2959)为光引发剂，利用碳酸氢钠与冰醋酸原位生成的CO_2为气泡模板，仅需15 min室温聚合即可制得多孔柔性“毛巾状”高吸水树脂。产物干燥后可直接裁剪测试，大幅简化后处理流程，有效破解课时受限的教学瓶颈。在教学安排上设置不同共聚单体配比的对照实验，将构效关系探究升格为课堂主线，引导学生从验证性实验向探究设计性实验转变。该教学方案已连续实施两个教学周期，成功率超90%，教学成效良好。

关键词 光引发聚合；高吸水树脂；气泡模板法；高分子化学实验

Preparation of “Towel-like” Superabsorbent Resin by Photoinitiated Polymerization
—Recommended Polymer Comprehensive Experiment

Tang Zhu*, Hai-feng Huang, Jun-yan Li, Xiao-si Liang, Yan-tao Chen*

(*College of Chemistry and Environmental Engineering, Shenzhen University, Shenzhen 518060*)

Abstract To address the difficulties in traditional teaching experiments for superabsorbent resins, such as long reaction cycles, cumbersome post-treatment, and insufficient exploration of structure-property relationships, a teaching scheme coupling ultraviolet photoinitiated polymerization with a bubble templating method was designed. Using sodium acrylate and acrylamide as comonomers, 2-hydroxy-4'-(2-hydroxyethoxy)-2-methylpropiophenone (Irgacure 2959) as the photoinitiator, and *in situ* generated CO_2 from the reaction between sodium bicarbonate and glacial acetic acid as the bubble template, a porous and flexible “towel-like” superabsorbent resin was prepared *via* room-temperature polymerization in 15 min. After drying, the product can be directly cut and tested, significantly simplifying the post-treatment process and effectively overcoming the teaching bottleneck of limited class time. In terms of teaching arrangement, control experiments with different comonomer ratios were set up to elevate the investigation of structure-property relationships to the main theme of the class, guiding students to transition from confirmatory experiments to inquiry-based and design-oriented experiments. This teaching scheme has been implemented for two consecutive teaching cycles with a success rate exceeding 90%, achieving satisfactory teaching outcomes.

Keywords Photoinitiated polymerization; Superabsorbent resin; Bubble templating method; Polymer chemistry experiment

2026-07-06 收稿, 2026-08-03 录用

基金项目: 广东省高等学校教学名师培育项目; 深圳大学教学改革研究项目(项目号 JG2025083)

* 通信联系人: 朱唐, E-mail: zhutang@szu.edu.cn; 陈彦涛, E-mail: ytchen@szu.edu.cn

引用: 朱唐, 黄海锋, 李俊彦, 梁晓思, 陈彦涛. 光引发聚合法制备“毛巾状”高吸水树脂：推荐一个高分子综合实验. 高分子通报, doi: 10.11687/j.issn1003-3726.2026.26323
Citation: Zhu, T.; Huang, H. F.; Li, J. Y.; Liang, X. S.; Chen, Y. T. Preparation of “towel-like” superabsorbent resin by photoinitiated polymerization: Recommended polymer comprehensive experiment. *Polymer Bulletin* (in Chinese), doi: 10.11687/j.issn1003-3726.2026.26323

高吸水树脂(Superabsorbent Polymer, SAP)是一类具有适度交联三维网络结构的功能高分子材料。与依赖毛细管效应物理储水的海绵、棉布等传统材料不同，SAP的分子链上富含羧酸(－COOH)、羧酸盐(－COO^-)、羟基(－OH)及酰胺基(－$CONH_2$)等强亲水性基团，可通过化学键合与氢键作用吸收自身重量数百至数千倍的水，且在加压下亦不易释出[1]。自20世纪70年代美国农业部率先开发淀粉接枝聚丙烯腈类高吸水材料以来，SAP的应用已从个人卫生护理(如尿不湿、卫生巾)扩展至生物医药(伤口敷料、药物缓释)、农业(土壤保水与沙漠化治理)、建筑(混凝土内养护)和环境工程(重金属吸附与油污固化)等多个领域[2]。

树脂的吸水本质是热力学驱动的受限溶胀过程。以最常见的聚丙烯酸钠类SAP为例，其吸水机理可归纳为“静电扩张—渗透压驱动—氢键锁定”三位一体过程：遇水后，羧酸钠电离产生固定在链上的羧酸根负离子(－COO^-)，其间的静电斥力驱动交联网络扩张；为维持电中性，Na^+无法向外部溶剂扩散，在树脂网络内外形成浓度差，产生渗透压驱动水分子持续渗入；同时，各亲水性基团与水分子形成氢键，进一步强化吸水性能[3]。交联网络在此过程中发挥双重功能——提供储水空间，同时以弹性回缩力防止无限溶胀，确保材料吸水后仍为不溶解的凝胶态。理解这一“化学基团→物理驱动力→宏观性能”的联动逻辑，是实现高分子化学教学从微观认知跃迁至材料设计思维的关键。

然而，现有吸水树脂实验教学普遍面临工艺适配性的困境。教材中常见的溶液聚合、反相悬浮聚合等方法，均需在60~80 °C下反应数小时，且产物须经挤出造粒、粉碎筛分等多步后处理才能获得粉末状树脂，吸水测试前还需过滤或离心，数据偏差较大[4,5]。此外，这些环节大量消耗有限的课堂学时(通常4~5学时)，使学生陷入重复性操作而忽略对核心化学原理的思考。

为解决上述困境，本实验将光引发聚合与气泡模板法相耦合，旨在开发一种适用于本科教学的“毛巾状”高吸水树脂制备新方法。在技术路线上，利用紫外光常温引发自由基聚合，并引入CO_2原位造孔技术同步构建多孔结构，以期在温和、快速的反应条件下实现产物的高效制备。在工艺设计上，直接选用丙烯酸钠为共聚单体，省去传统丙烯酸中和制盐的预处理步骤，使产物干燥后即为多孔柔性薄片，可任意裁剪，从而规避粉末状SAP繁琐的后处理流程。在教学策略上，实验设置了四组不同共聚单体配比的对比方案，将构效关系探究作为贯穿课堂的主线，实现从“验证性实验”向“探究性-设计性实验”的转变。

1 实验设计

1.1 实验目的

掌握光引发自由基聚合的原理与操作，理解其相比于热引发聚合的技术优势。

学会气泡模板法构建多孔结构的原理与工艺，独立完成吸水树脂的制备。

熟悉吸水性能的测试流程，能基于结果阐释影响吸水性能的关键因素。

1.2 实验原理

1.2.1 光引发自由基聚合原理

光引发聚合是一类在室温下通过光照产生活性种引发单体聚合的技术，具有条件温和、速率快、反应可控等优势。本实验选用2-羟基-4'-(2-羟乙氧基)-2-甲基苯丙酮(商品名Irgacure 2959)作为光引发剂。如图1所示，该引发剂在365 nm紫外光(ultraviolet，UV)照射下，分子内的苯甲酰发色团吸收光能跃迁至激发态，裂解生成1个苯甲酰自由基和1个烷基自由基。这些初级自由基进攻单体中的碳碳双键，形成单体自由基，进而引发链增长反应[6]。

本实验采用丙烯酸钠(AAS)和丙烯酰胺(AAM)为共聚单体。AAS的羧酸钠基团(－COONa)赋予聚合物强离子型亲水性；AAM的酰胺基团(－$CONH_2$)则提供非离子型亲水性氢键位点。两种单体均含有可参与自由基聚合的碳碳双键，在光引发条件下可发生自由基共聚反应。选用*N*,*N*′-亚甲基双丙烯酰胺(MBAA)作为交联剂，其分子含有2个可聚合双键，在链增长过程中通过共聚反应将不同高分子链以化

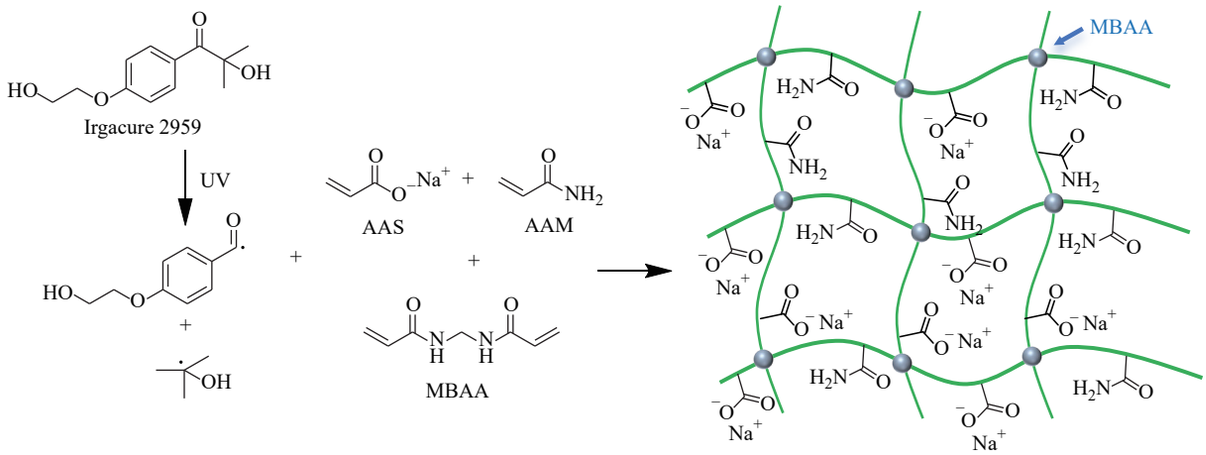

图 1 光引发聚合反应机理示意图

Fig. 1 Schematic illustration of the mechanism of the photoinitiated polymerization reaction

学键连接起来，构建稳定的三维交联网络。MBAA用量约为总单体质量的0.5%，形成的交联网络既为水分子提供了储留空间，又通过弹性回缩力限制了无限溶胀。

1.2.2 原位气泡模板法制孔原理

本实验采用气泡模板法构建多孔结构。将碳酸氢钠($NaHCO_3$)预先溶解于预聚液中，随后注入冰醋酸(CH_3COOH)，两者迅速反应原位生成CO_2气体。反应方程式为：$NaHCO_3 + CH_3COOH \rightarrow CH_3COONa + CO_2\uparrow + H_2O$。产生的气泡均匀分散于预聚液内，充当原位模板[7,8]。在紫外光照射下，单体围绕气泡表面快速聚合，将气泡的球形形貌“固定”于凝胶网络中。经干燥脱水后，气泡占据的空间原位转化为相互连通的孔道。这种多孔结构赋予材料柔韧可弯折的性能，并提供快速吸水的毛细通道，从而有望同时提升材料的吸水性能(图2)。

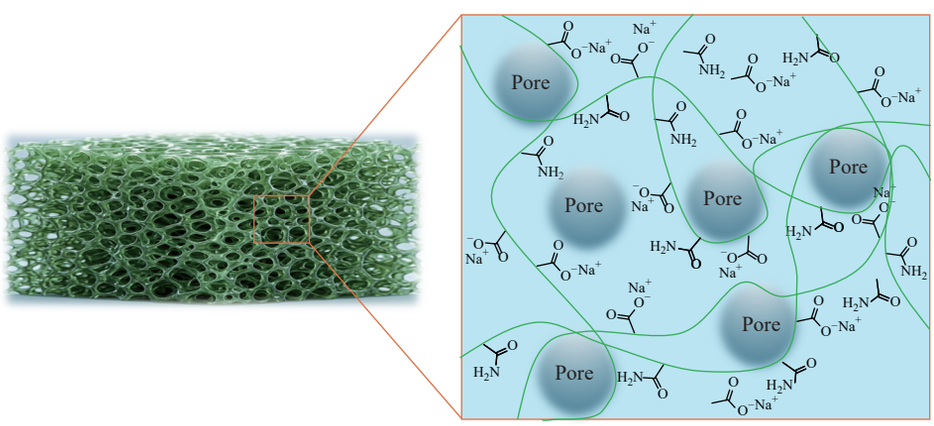

图 2 气泡模板法制备多孔吸水树脂的示意图

Fig. 2 Schematic illustration of the preparation of porous superabsorbent resin by the bubble templating method

1.3 实验试剂与仪器

丙烯酸钠(AAS，分析纯)、丙烯酰胺(AAM，分析纯)、氯化钠(分析纯)、碳酸氢钠(分析纯)、冰醋酸(分析纯)，购自上海麦克林生化科技有限公司；*N*,*N*'-亚甲基双丙烯酰胺(MBAA，分析纯)，购自阿拉丁试剂(上海)有限公司；Irgacure 2959 (纯度 ≥98%)，购自上海毕得医药科技有限公司；去离子水为实验室自制。所有市售试剂均为分析纯，无需进一步纯化处理。

电子天平(型号FA1004，上海上平仪器有限公司，精度0.001 g)、暗箱式紫外灯(ZF-20D，上海宝山顾村电光仪器厂，365 nm，50 W)、电热恒温烘箱(型号SY101BS-0，天津市三水科学仪器有限公司)、100 mL烧杯、50 mL烧杯、磁力搅拌器、玻璃棒、镊子、滤纸、透明密封袋(宽8 cm × 长12 cm)、直尺、剪刀、计时器。

1.4 实验步骤

1.4.1 预聚液配制

在100 mL烧杯中加入15.0 mL去离子水；开启磁力搅拌，依次加入6.5 g AAS、0.5 g AAM、0.03 g

MBAA、0.03 g Irgacure 2959和0.5 g $NaHCO_3$，持续搅拌至所有固体组分完全溶解，获得均一透明的预聚液。

1.4.2 光聚合反应

将预聚液转移至透明密封袋内，加入3.0 mL冰醋酸，避免搅拌或晃动。在15 s内排出袋内空气，并立即封口。将密封袋置于暗箱式紫外灯下，用玻璃板轻压使液面均匀铺展，然后开启365 nm紫外光，正式启动反应。光照期间可透过暗箱观察窗监控反应进程：体系由透明转为白色，表明聚合反应正在进行。紫外光照射15 min后，关闭紫外灯，反应结束。

1.4.3 产物后处理

从暗箱中取出密封袋，剪开封口后用镊子取出片状水凝胶。将该水凝胶置于60 ℃的烘箱中干燥至恒重(>10 h)，得到干燥的“毛巾状”树脂。

1.4.4 吸水/盐水性能测试

将干燥样品剪成约1 cm × 1 cm的薄片，用电子天平称重，记为m_0。随后将样品分别浸入50 mL去离子水和50 mL 0.2 mol/L NaCl溶液中。在预设时间点(1、5、10、15、20、30、40、50、60、90 min)用镊子取出样品，用滤纸轻轻吸去表面水分后称重，记为m_t。按式(1)计算纯水吸收率与盐水吸收率：

$$Q = \frac{m_t - m_0}{m_0} \tag{1}$$

式中，Q为样品的吸液率，g/g；m_0为样品干燥至恒重后的初始质量，g；t为浸泡时间，min；m_t为样品浸泡t时间并去除表面游离液体后的质量，g。每组样品在去离子水和NaCl溶液中的吸液率测定均设置不少于3个平行样。在各预设时间点分别测定平行样质量，计算吸液率后取平均值，并以标准差表示数据离散程度。通过测定的实验数据，进一步绘制纯水吸收率与盐水吸收率随时间的变化曲线。需要说明的是，本实验为简化实验教学流程，采用光聚合后直接干燥至恒重的样品进行吸液性能测试，未设置洗涤除盐(醋酸钠)步骤。因此，式(1)中m_0为未洗涤干燥样品质量。由于$NaHCO_3$与冰醋酸反应会生成可溶性副产物醋酸钠，后者可能残留于干燥树脂中，并在吸水测试过程中溶出。若将醋酸钠质量计入m_0，会使计算所得吸液率低于聚合物网络本体的实际吸液能力。因此，本研究中的吸液率主要用于比较不同测试介质和不同共聚单体组成下样品吸液行为的相对变化趋势，可视为该简化教学流程下的表观吸液率。

2 结果与讨论

2.1 “毛巾状”高吸水树脂的制备与形貌

按照1.4节所述实验步骤配制反应液，向预聚液中加入冰醋酸后，溶液中迅速产生大量气泡(图3a)。经365 nm紫外光照射15 min后，形成具有多孔结构的“毛巾状”水凝胶(图3b)。水凝胶烘干后，得到薄片状多孔吸水树脂(图3c)。该干燥产物具有良好的柔性和可裁剪性，可通过剪刀轻松裁剪成圆形、心形、正方形、三角形等任意形状，样品边缘整齐无碎裂，展现出良好的加工性能(图3d)。

2.2 吸水过程形态演变与定量测试

将2块干燥样品分别放入去离子水和0.2 mol/L盐水溶液中，树脂的形态随即发生明显变化(图4)：浸入去离子水5 min后，样品由干燥薄片状迅速变为透明，体积显著膨胀，厚度增加；浸泡30 min后，样品进一步溶胀，体积显著增加，但仍保持完整的凝胶结构。这是由于高吸水树脂分子骨架上具有大量亲水基团以及三维交联结构，水分子可以被稳定地固定在高吸水树脂内部。

定量测试结果(图5)表明，树脂在去离子水与盐水中展现出显著不同的溶胀行为。在去离子水中，浸

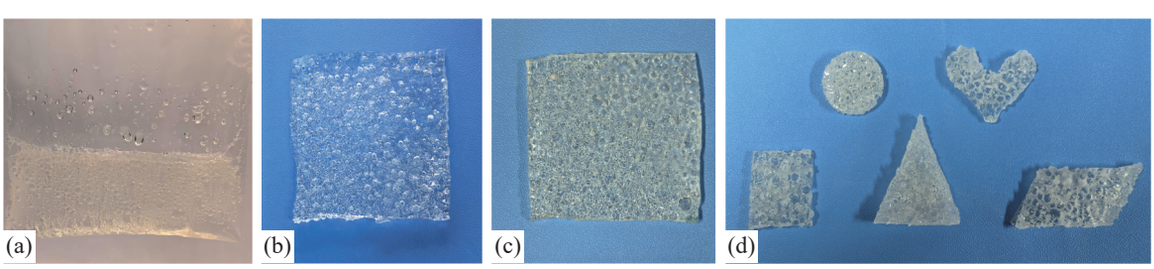

图 3 反应过程及产物外观照片：(a)加入冰醋酸后产生气泡的预聚液；(b)光聚合得到的“毛巾状”水凝胶(干燥前)；(c)干燥后的"毛巾状"高吸水树脂；(d)干燥后的树脂可裁剪成不同形状

Fig. 3 Photographs of the process and product: (a) Prepolymer solution with bubbles after adding acetic acid; (b) “Towel-like” hydrogel after photopolymerization; (c) Dried SAP sheet; (d) Sheets cut into various shapes

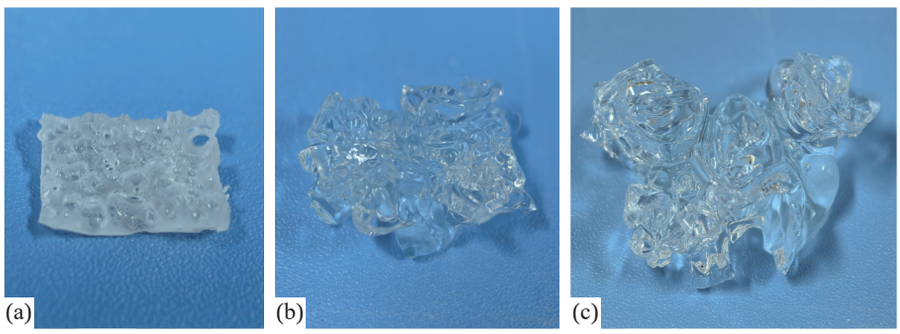

图 4 树脂在吸水过程中的形态变化: (a)干燥的片状样品; (b)浸水5 min后, 样品膨胀变透明; (c)浸水30 min后, 样品持续溶胀但保持完整

Fig. 4 Morphological changes during the water absorption process of the superabsorbent resin: (a) Dried sheet-like sample; (b) After immersion in deionized water for 5 min, the sample became transparent and swelled in volume; (c) After immersion in deionized water for 30 min, the sample continued to swell while maintaining an intact gel

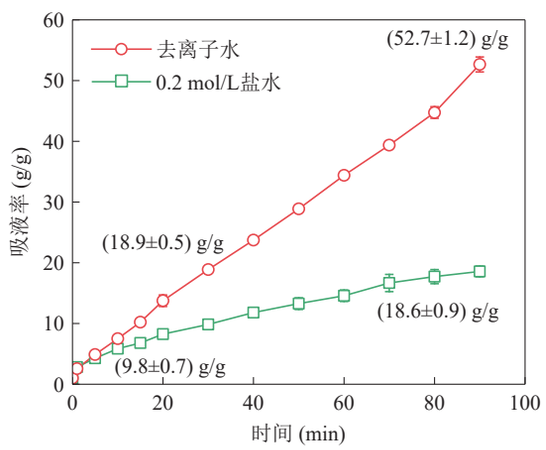

图 5 吸液率与时间的关系曲线

Fig. 5 Relationship between liquid absorbency and time

泡30 min吸水率达(18.9±0.5) g/g，延长至90 min升至(52.7±1.2) g/g；而在盐水中，30 min吸盐水率仅(9.8±0.7) g/g，90 min升至(18.6±0.9) g/g，约为去离子水体系的1/3。上述差异源于渗透压效应与电荷屏蔽效应的共同作用[9]。在去离子水中，网络内部－COO^-的电离使Na^+浓度远高于外部，形成高渗透压驱动力，推动水分子向网络内部扩散；同时链间－COO^-的静电斥力促使网络扩张，进一步提升了吸水能力。而在盐水中，外部高离子强度大幅削弱了树脂内外的渗透压差，同时溶液中的阳离子对－COO^-的电荷屏蔽抑制了链段间静电排斥，抑制网络的溶胀行为，最终导致吸液率下降。因此，本研究中的吸液率主要用于比较不同测试介质和不同共聚单体组成下样品吸液行为的相对变化趋势，可视为该简化教学流程下的表观吸液率。

2.3 共聚单体组成对吸水性能的影响

为系统探究共聚单体组成对吸水性能的影响，本实验设计了4种不同AAS/AAM配比的配方。具体配方见表1，通过改变共聚组成这一变量，保持其余条件(引发剂、交联剂、反应时间、光照强度等)一致，以单变量方式揭示2种单体的相对含量对吸液性能的影响规律。

共聚单体配比(AAS/AAM)对树脂吸液性能的影响如图6所示。各配方在去离子水中90 min的吸水率数据如下：纯AAS体系(1#，7.0 g)为(22.2±1.6) g/g；引入0.5 g AAM (2#，6.5 g/0.5 g)后跃升至(52.7±1.2) g/g，为各组最高；继续增加AAM用量，配方3# (6.0 g/1.0 g)和4# (5.0 g/2.0 g)的吸水率分别回落至(27.3±1.6) g/g和(24.1± 1.7) g/g，呈现清晰的先升后降趋势。这一现象可从分子层面加以解释：在纯AAS体系中，链上密集的离子化羧酸钠基团(－COO^-Na^+)之间存在强烈的静电作用，导致分子链缠结紧密，抑制了网络的溶胀扩张趋势。适量引入AAM (2#)

表 1 不同共聚单体(AAS/AAM)配比实验设计[a]

Table 1 Experimental design with different comonomer (AAS/AAM) ratios [a]

配方	*m*(AAS) (g)	*m*(AAM) (g)	*m*(MBAA) (g)	*m*(Irgacure 2959) (g)	*m*($NaHCO_3$) (g)	*V*(冰醋酸) (mL)	*V*(H_2O) (mL)
1#	7.0	0	0.03	0.03	0.5	3.0	15.0
2#	6.5	0.5	0.03	0.03	0.5	3.0	15.0
3#	6.0	1.0	0.03	0.03	0.5	3.0	15.0
4#	5.0	2.0	0.03	0.03	0.5	3.0	15.0

[a]各组均在365 nm紫外光照射下反应15 min，其他实验条件保持一致

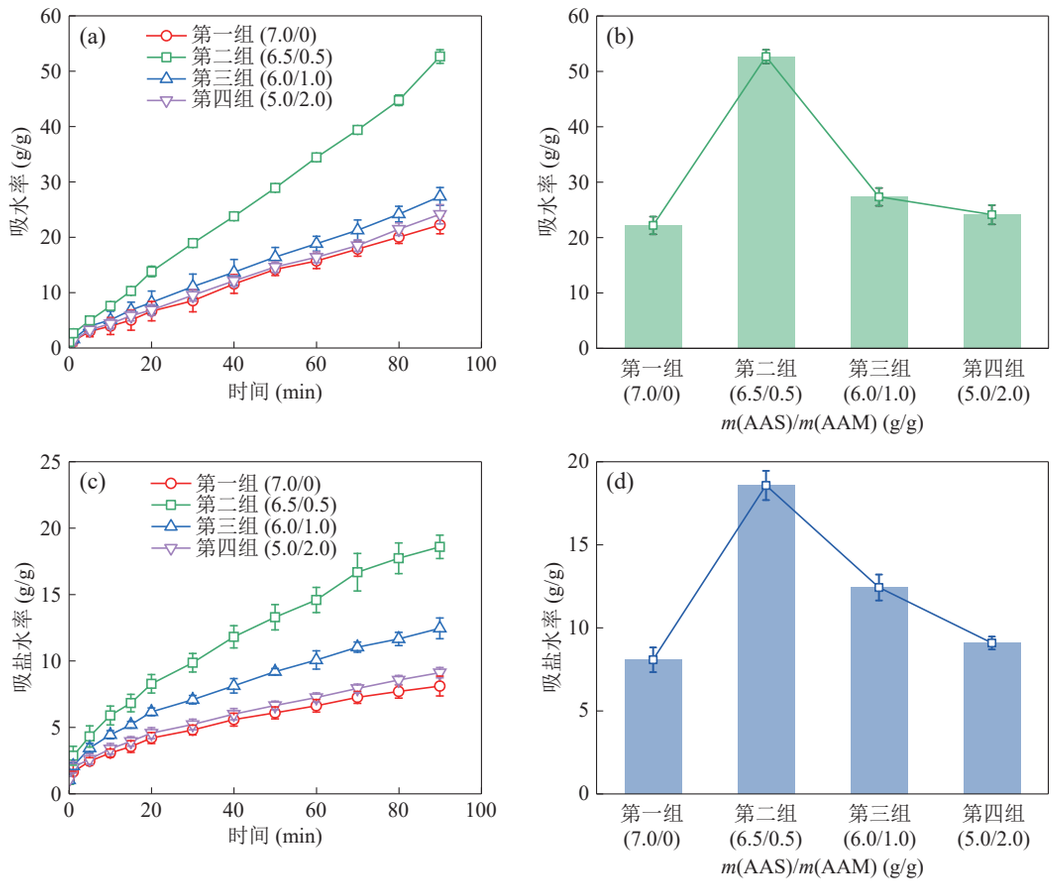

图 6 共聚单体组成对树脂吸液性能的影响: (a) 在去离子水中吸水率随时间的变化曲线; (b) 90 min时吸水率与共聚单体组成的关系; (c) 在盐水中吸液率随时间的变化曲线; (d) 90 min时吸盐水率与共聚单体组成的关系

Fig. 6 Effects of comonomer composition on the absorption performance of the superabsorbent: (a) Water absorbency as a function of time; (b) Water absorbency at 90 min versus comonomer composition; (c) Absorbency in NaCl solution as a function of time; (d) Saline absorbency at 90 min versus comonomer composition

后，其提供的非离子型酰胺基(－$CONH_2$)带来了双重协同效应：其一，－$CONH_2$均匀穿插于网络中，有效稀释了－COO^-的局部密度，削弱了链间静电引力，使网络更易扩展；其二，－$CONH_2$基团中的N－H 和C＝O 与水分子形成额外的氢键，增强了亲水驱动力。二者的协同作用使吸水率从22.6 g/g 激增至 53.3 g/g。然而，过量AAM将导致强离子性的－COO^-Na^+基团的相对比例下降，渗透压驱动力减弱，吸水率转而降低[10]。

在盐水体系中，各配方在90 min时的盐水吸收率分别为(8.1±0.7) g/g、(18.6±0.9) g/g、(12.4±0.8) g/g和(9.1±0.4) g/g (图6d)，趋势与纯水体系一致，表面适量AAM的引入可提升树脂的耐盐性。整体而言，树脂在盐水中的吸液率显著低于在去离子水中的表现，这主要归因于盐水中的Na^+对－COO^-产生的电荷屏蔽效应，削弱了网络内外的渗透压差，抑制了离子驱动型溶胀。相比之下，非离子型的－$CONH_2$基团以氢键为亲水机制，受外部离子环境影响较小，因此在盐水中贡献更为稳定[11]。

3 注意事项

(1)气体控制：密封袋预留至少1/5空间，防止生成的CO_2气体胀破密封袋。(2)气泡均一性：加冰醋酸后须在15 s内完成排气封口，否则气泡可能聚集逸出，导致产物孔径不均。(3)紫外防护：紫外灯工作期间需关闭暗箱门，且开关暗箱门均需佩戴防紫外护目镜，待紫外灯完全熄灭后取出样品。(4)试剂防护：冰醋酸具有腐蚀性，丙烯酰胺具有一定毒性并存在皮肤吸收和神经毒性风险。称量、配液、转移及清理相关试剂时，应全程佩戴实验手套、护目镜和实验服，避免试剂接触皮肤、眼睛和黏膜；若发生洒漏或接触，应立即按实验室安全规范处理，并及时报告指导教师。(5)废弃物处理：含丙烯酰胺和冰醋酸等试剂的废液应倒入指定废液回收容器；污染耗材、残余凝胶等固体废弃物应按化学固

体废弃物分类处理，不得作为普通垃圾丢弃。

4 思考题

(1)结合树脂的吸水机理，分析其在去离子水与盐水溶液中吸水性能差异的本质原因。

(2)本实验选择紫外光引发聚合而非传统热引发，请从反应速率、实验安全和操作便捷性等方面论述光引发聚合的独特之处。

(3)除共聚单体组成外，交联剂用量、光引发剂浓度、光照时间等因素也可能影响 SAP 性能。请选择其一，设计单变量实验方案(含实验组设置、控制变量、预期趋势及理由)。

5 课程实施建议

本实验可采用分组探究模式，可将全班分为多个小组，每组4人，分别按表1的一个配方平行操作。实验结束后，各小组汇总数据，以AAM占比为横坐标，在同一图中分别绘制90 min时纯水吸水率与盐水吸液率的趋势曲线，从而建立共聚组成与吸水/耐盐性能之间的定量关联。通过横向对比，学生可将“共聚组成→亲水基团类型→网络结构→吸液性能”的构效关系从定性印象上升为定量认识，实现从“做出一个产品”到“理解一类规律”的教学目标升华。此外，鼓励学有余力的学生自主设计补充实验(如改变交联剂用量等)，并给予额外加分激励。

本实验课堂总耗时约5学时，建议按照“课前预习—课堂实操—课后干燥—性能测试与数据分析—课后拓展”的流程组织实施，具体课程实施安排见表2。课前阶段由教师发布实验原理、安全须知和预习问题，引导学生提前理解高吸水树脂吸水机理、光引发聚合原理和气泡模板法的作用。第一阶段约3学时，主要包括教师讲解与学生实操：教师讲解实验原理、构效关系探究思路和安全规范，并演示暗箱式紫外灯的正确使用方法；学生按照分配配方完成预聚液配制、加酸发泡、快速排气封口、紫外光聚合及产物转移等操作。第二阶段为产物干燥，安排在课后进行，干燥时间超过10 h，建议由教师或实验助理统一管理烘箱，关注烘箱温度、样品编号、样品放置顺序和干燥状态，以避免样品混淆并保证后续测试的可比性。第三阶段约2学时，主要开展吸水/盐水性能测试与数据分析：学生裁剪并称量干燥样品，测定不同时间点的吸液率，绘制吸液曲线并比较不同配方样品的性能差异；教师组织全班数据汇总和课堂讨论，引导学生从亲水基团类型、网络结构和盐效应等角度分析吸液性能变化规律。由于本实验采用未洗涤干燥样品进行测试，残留醋酸钠可能被计入初始干重W_0，并在吸水过程中溶出，从而影响吸液率计算和测试介质离子强度。因此，所得吸液率宜理解为该简化教学流程下的表观吸液率，主要用于比较不同样品之间的相对变化趋势。教师可进一步引导学生区分“表观吸液率”与“聚合物网络本体吸液能力”，并将洗涤除盐或比较洗涤前后吸液性能等作为拓展实验思路。该阶段也可与其他需较长等待时间的实验，如乳液聚合等穿插安排，以提高课堂时间利用效率。实验实施过程

表 2 “毛巾状”高吸水树脂综合实验课程实施安排

Table 2 Implementation plan for the comprehensive experimental course on “towel-shaped” superabsorbent polymers

教学阶段	建议时间	主要教学活动	学生任务	教师关注点
课前预习	课前	发布实验原理、安全须知和预习题	完成预习，了解超吸水树脂吸水机理、光引发聚合和气泡模板法	检查预习情况，完成安全准入
第一阶段：教师讲解与学生实操	约3学时	讲解实验原理、构效关系探究思路和安全规范；演示暗箱式紫外灯使用方法；组织分组实验	按分配配方配制预聚液，加入冰醋酸后快速排气封口，完成紫外光聚合，并将产物转移至烘箱	关注丙烯酰胺和冰醋酸操作防护、气泡均一性、密封袋预留空间、紫外防护及样品编号
第二阶段：产物干燥	课后>10 h	统一安排样品干燥和烘箱管理	做好样品标识，记录样品配方和干燥前后状态	关注烘箱温度、干燥时间、样品放置顺序避免交叉混淆风险
第三阶段：吸水性能测试与数据分析	约2学时	组织吸水/盐水性能测试、数据汇总、趋势曲线绘制和课堂讨论	裁剪并称量干燥样品，测定不同时间点吸液率，绘制曲线并分析配方差异	关注样品尺寸与称量规范、滤纸吸去表面水分的一致性、数据记录准确性和构效关系讨论深度
课后拓展	课后	布置实验报告或开放性思考题	完成数据处理、结果讨论和实验反思	评价学生的数据分析能力和实验设计能力

中，教师应重点提醒学生关注易错和危险环节。预聚液转移和吸取时应避免提前引入大量气泡；滴加冰醋酸时应做好防护并缓慢加入，避免剧烈扰动导致气泡聚并、逸出或体系外溢；加酸后需快速排气封口，并为CO_2生成预留空间。紫外聚合过程中应严格执行暗箱操作和防紫外防护要求。吸水率测试时，应统一浸泡时间、取样间隔、表面水分去除方式和称量节奏，避免因挤压样品、读数延迟或表面水残留造成数据偏差。教师可将上述问题作为课堂巡视和数据误差分析的重点，以提高实验成功率和教学结果的可重复性。

6 结语

本实验以紫外光引发聚合为核心技术，以丙烯酸钠和丙烯酰胺为共聚单体，利用碳酸氢钠与冰醋酸原位生成CO_2作为气泡模板，在室温下快速制备柔性可裁剪的“毛巾状”高吸水树脂。产物在去离子水中的吸水率达(52.7±1.2) g/g，在0.2 mol/L NaCl溶液中吸盐水率达(18.6±0.9) g/g。相比传统溶液法或反相悬浮法，光引发聚合与气泡模板法协同耦合，将传统数小时的加热反应压缩至室温15 min完成，反应条件温和、能耗低、无需复杂装置，契合绿色化学理念。在工艺层面，本实验直接选用丙烯酸钠为共聚单体，免去了丙烯酸中和制盐的预处理步骤；产物呈多孔柔性薄片状，可直接裁剪为任意形状称重测试，消除了传统粉末SAP制备的繁琐后处理。在教学层面，4组对比配方设计将构效关系探究从教学的附属环节提升为课堂主线，使学生通过亲手调控共聚单体比例，直观感受“亲水基团组成→网络结构→吸水性能”的内在关联，从“做出一个产品”走向“理解一类规律”。本实验设备简单、操作安全，学生成功率超过90%，可为高校高分子化学实验教学提供一个兼具创新性、实用性与可推广性的改革案例。

参 考 文 献

1 李云龙, 林松柏, 肖春妹. 高吸水树脂吸水机理的探讨. *材料导报*, **2004**, 18, 230−232.

2 汤建伟, 胥巽文, 全宏冬, 杨秀国, 赵先明, 陈浩, 刘咏, 王保明, 游韶玮, 刘鹏飞. 高吸水性树脂的研究进展. *精细化工*, **2025**, 42(11), 2392−2406.

3 申莹珲. 复合高吸水树脂的制备及对水泥基材料性能的影响研究. 杭州: 浙江大学, **2022**.

4 郑云香, 宗丽娜, 张春晓, 王向鹏. 模拟工业生产的高分子化学实验改进: 高吸水性树脂的制备. *化学教育*, **2024**, 45(8), 48−54.

5 张卫英, 李晓, 刘健昌, 黄荣荣. 聚丙烯酸钠高吸水性树脂的制备及性能研究. *精细化工*, **2000**, 17(9), 531−533.

6 罗志河, 杨万泰, 杨正根. 紫外光引发制备高吸水树脂研究进展. *高分子通报*, **2010**, (5), 12−16.

7 张昊翔, 赵之翰, 金永成, 牛志强, 田金磊. 高效吸水性凝胶的制备: 推荐一个综合化学实验. *大学化学*, **2024**, 39(11), 251−258.

8 Wu, P.; An, X. F.; Zheng, B. H.; Wang, W. Q.; Wang, K. X.; Liu, H. B.; Yao, Y.; Zhou, H. W. *In situ* generated bubble-mediated porous ionically conductive hydrogels for hydrogel-based electronics. *Mater. Horiz.*, **2026**, 13(2), 1044−1055.

9 赵绘婷, 董龙浩, 谢梅竹, 方玉美, 张国艳, 肖进彬. 高吸水性树脂的合成、改性及应用研究进展. *塑料科技*, **2025**, 53(2), 180−186.

10 董志慧, 曲楠, 张雪, 韩櫂濂, 程志强. 聚丙烯酸钠/桑黄菌段复合高吸水树脂的制备及溶胀性能研究. *中国塑料*, **2024**, 38(12), 48−53.

11 胡颖兰, 冉瑾, 崔鹏, 郝文涛, 窦焰, 姚路路. 丙烯酰胺对丙烯酸系高吸水树脂耐盐性的影响. *高分子材料科学与工程*, **2024**, 40(6), 25−32.