

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2017.07.009

反相悬浮法合成“核-壳”结构超吸水材料

水晨,范传杰,周晓东

(华东理工大学化学工程联合国家重点实验室,上海 200237)

摘要:以反相悬浮法合成聚(丙烯酸/2-丙烯酰胺基-2-甲基丙磺酸),在反应过程中加入油溶性交联剂二甲基丙烯酸甘油酯,利用两相界面设计合成具有“核-壳”结构的超吸水材料,并对产品进行了性能分析。考察了外交联剂加入时间、反应时间及交联剂浓度对产品性能的影响,并对工艺进行了优化。研究表明:在最优工艺条件下制备的产品吸湿率为76.4%,在1600 Pa下可吸收纯水409.2 g/g,吸收3.5% NaCl溶液36.7 g/g,具有良好的抗压性能。

关键词:反相悬浮法;超吸水材料;核壳结构;油溶性交联剂

中图分类号: TQ321 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2017)02-0046-06

Preparation of Superabsorbent with Core-Shell Structure by Inverse Suspension Polymerization

Shui Chen, Fan Chuanjie, Zhou Xiaodong

(State Key Laboratory of Chemical Engineering, East China University of Science and Technology, Shanghai 200237, China)

Abstract: To synthesize core-shell structure superabsorbent, oil-soluble crosslinking agent was added into system of inverse suspension polymerization of P(AA-co-AMPS). The time of adding crosslinking agent, reaction time and concentration of crosslinking agent was studied and optimized. The production was characterized. The results show that absorbent under load (AUL) and moisture absorption is improved. The moisture absorption is 76.4%. The AUL of pure water and 3.5% NaCl could reach 409.2 g/g and 36.7 g/g respectively after optimization, which prove the superabsorbent has good absorbent capability under pressure.

Keywords: inverse suspension polymerization; superabsorbent; core-shell structure; oil-soluble crosslinking agent

超强吸水材料是一种由直链或带有支链的亲水化合物通过交联形成的具有三维网状结构的聚合物,能够吸收远超过自重的液体,并且在一定压力下能够保持较高吸收性能^[1-2],正是由于其出色吸收性能,被广泛应用于卫生用品^[3]、农林园艺^[4]、土木建筑^[5]、废水处理^[6]。超吸水材料在应用过程中,往往需要经历贮藏、运输、加工等工序,而由于它极易吸水的特性,材料表面容易发生潮解,造成颗粒间的团聚,给后续使用带来不便^[7],超吸水材料较低的凝胶强度也使其在加压下的吸收性能较差^[8]。为了解决以上问题,目前研究者^[5]通常在超吸水材料干燥粉碎后,与配制好的交联液混合,在颗粒表面再次进行交联反应,于颗粒表面形成一层致密的交联结构,凝胶强度得到提高、团聚现象也得到了改善,但这种后处理的方法使得工艺变得复杂,生产周期长,效率低。利用反相悬浮法的油水相界面进行结构设计,通过加入油溶性外交联剂,在超吸水材料的合成过程中同时完成外部交联改性,生成致密壳层结构,简化工艺过程,提高生产效率^[9]。

以丙烯酸和2-丙烯酰胺基-2-甲基丙磺酸作

为共聚单体,利用反相悬浮法合成制备超吸水材料,在反应过程中添加油溶性交联剂二甲基丙烯酸甘油酯(GDA),一次反应即可合成具有“核-壳”双层交联结构的超吸水材料,省去了后处理外交联的步骤,简化了工艺流程。利用吸湿率和吸水倍率证明了核壳结构的形成,测定了加压吸收量,并利用傅立叶变换红外光谱(FTIR)仪、扫描电子显微镜(SEM)等对材料进行了表征。

1 实验部分

1.1 主要原材料

丙烯酸、过硫酸钾、氢氧化钠:分析纯,上海凌峰化学试剂有限公司;

2-丙烯酰胺基-2-甲基丙磺酸、环己烷、span60、N,N-亚甲基双丙烯酰胺:分析纯,上海泰坦科技股份有限公司;

GDA:分析纯,上海笛柏化学品技术有限公司。

1.2 主要设备与仪器

恒温水浴槽:HH-S型,常州金坛恒丰仪器厂;

联系人:周晓东,教授,主要从事聚合物加工成型研究

收稿日期:2017-05-01

大功率电动搅拌机:JJ-1型,常州国华电器有限公司;

电子分析天平:FA1104型,上海东南衡器有限公司;

恒温恒湿箱:LHS-150HC-11型,上海一恒科技有限公司;

SEM:S-3400型,日本Hitachi公司;

FTIR仪:6700型,美国Nicolet公司;

热重(TG)分析仪:Pyris 1型,美国Perkin-Elmer公司。

1.3 超吸水树脂的制备

在中和度为64%的丙烯酸溶液中,以100份丙烯酸为基准,依此加入0.05份N,N-亚甲基双丙烯酰胺、57份2-丙烯酰胺基-2-甲基丙磺酸和0.75份过硫酸钾,搅拌成均匀水相。将水相逐滴加入到溶有分散剂的油相中,搅拌分散成反相悬浮体系。升温至74℃开始反应,在一定时间后加入一定量的GDA进行外交联。反应完成后,取出产品,冷却、洗涤、真空干燥后得到超吸水材料聚(丙烯酸/2-丙烯酰胺基-2-甲基丙磺酸)P(AA-co-AMPS)。

1.4 测试方法

(1) 吸水倍率测定。

依据GB/T8939-2008进行测试:称取质量为 m_1 的超吸水材料,吸水一段时间后静置称重为 m_2 ,吸水倍率 Q 计算公式如下: $Q=(m_2-m_1)/m_1$ 。

(2) 吸湿率测定。

依据GB/T 16913.6-2008进行测试:将 m_1 质量的超吸水材料放置在25℃,80%湿度的恒温恒湿箱中24 h,取出测量质量 m_2 ,树脂的吸湿率 M 计算公式如下: $M=(m_2-m_1)/m_1$ 。

(3) 加压吸收量测定。

依据GB/T 2290-2008进行测试:称取质量为 m_1 的超吸水材料,放置在圆筒底部,在上方施加一定压力,称取质量为 m_2 ,将圆筒放入待测溶液中,吸液一段时间后取出称重为 m_3 ,用下列公式计算树脂的加压吸收量AUL: $AUL=(m_3-m_2)/m_1$ 。

(4) 反应转化率测定。

用滴瓶准确称取0.2~0.4 g样品,添加到装有20 mL水的碘量瓶中,加入标准溴溶液(0.1 mol/L)20 mL以及5 mL盐酸溶液摇匀,放置在暗处一段时间。再加入150 mL水,迅速使用硫代硫酸钠标准溶液(0.1 mol/L)滴定,至淡黄色,再加入3 mL的淀粉溶液(5 g/L),滴定至蓝色消失为止,同时做

空白实验。以丙烯酸来表示反应转化率 α 可由下列公式计算: $\alpha=1-(V_0-V)\times c\times 4.704/m$ 。

式中: V_0 为空白实验消耗硫代硫酸钠标准溶液的体积,mL; V 为滴定样品消耗硫代硫酸钠标准溶液的体积,mL; c 为硫代硫酸钠标准溶液的浓度,mol/L; m 为样品质量,g。

(5) FTIR 测试。

取适量样品与KBr混合研磨,压片制样,采用FTIR仪测定。

(6) SEM 测试。

将样品用导电胶粘在样品台上,经过真空喷金以后,在SEM下观察样品表面形态。

(7) TG 分析。

取适量样品放置于样品托盘内,在氮气氛围下,以10℃/min的速率升温至500℃。

2 结果与讨论

根据Flory公式^[10],超吸水材料整体交联度的提高会导致材料吸湿率和吸水倍率的大幅下降;但是表面具有致密交联结构的超吸水材料颗粒,吸湿率由于致密结构会出现明显下降,而颗粒内部交联度较低,材料整体仍具有较高的吸水倍率,形成了一种“核-壳”结构的吸水材料。

2.1 工艺条件的优化

(1) 交联剂加入时间对吸水性能的影响。

固定外交联剂GDA的含量为8%,总反应时间为2 h,随GDA加入体系时间的不同,所得超吸水材料的吸湿率和吸水倍率如图1所示。

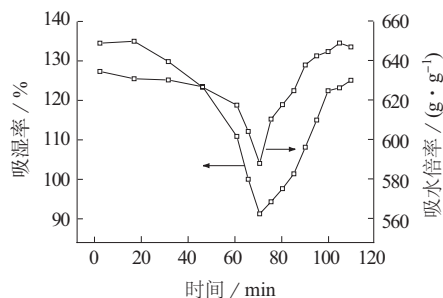


图1 不同外交联剂加入时间下超吸水材料的吸水倍率和吸湿率

由图1可知,未加入GDA的产品的吸湿率在127.56%,吸水倍率在653.26 g/g。在70 min之前,随着加入时间的推后,吸湿率不断减小,在70 min时,吸湿率为92.16%,证明交联度确实得到了提升,同时在该段的吸水倍率也发生了比较大的下降,从653.26 g/g下降到了589.47 g/g,表明超吸水材料整体交联度提升。在70 min之后,随着加入时间的推后,吸湿率出现了回升,吸水倍率也开始上升。

图2为反应转化率与时间的关系。由图2可知,在70 min之前,反应转化率较低,在水相中进行凝胶成型,GDA通过油水相界面与其中单体反应,提高了材料内部的交联度,降低了吸水倍率,当70 min时,反应转化率达到60%,球形凝胶基本形成,避免了内部单体与相界面处GDA的接触,随着加入时间的推后,转化率的提升,外部交联剂对内部交联度的影响越来越小,吸水倍率的回升佐证了这一点,同时吸湿率越来越大,一方面是因为随着水相内的反应进行,自由基减少,反应活性降低,油水相界面处更难发生反应,另一方面总反应时间固定在2 h,随着加入时间推迟,外交联反应时间也在缩短,外部交联无法充分进行,即显示出吸湿率上升。

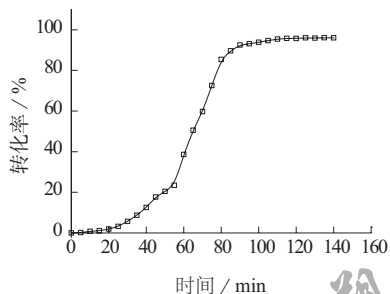


图2 反应转化率与时间关系

(2) 外交联反应时间对性能的影响。

在85 min时反应转化率为89%,超吸水材料的内部“核”结构合成接近尾声,外交联剂的加入对内部影响最小,将加入GDA的时间固定在这一点,为进一步提高外部交联程度,将外交联反应的时间延长,同时进行空白实验,观察反应时间延长对产品的影响,反应结果如图3所示。

随着反应时间的延长,添加GDA后吸水材料的吸湿率出现了明显下降,在65 min后吸湿性能达到一个比较平缓的阶段,同时,未添加外交联剂的空白对照组随着时间的增加,吸湿性能并无明显下降,对比说明并不是由于超吸水材料本身交联度提高导致的。透过吸水倍率的变化也可以看出,随着反应时间的延长,未添加GDA的超吸水材料的吸水倍率并没有明显变化,而添加GDA的超吸水材料随着时间的延长,吸水倍率出现了一些下降,幅度不到1%,这是因为外部交联后,在吸收水分时对内部网络结构的舒张造成一定限制。综上可得,外交联反应时间控制在65 min较合适。

(3) 外交联剂浓度对性能的影响。

GDA作为外交联剂,其使用量也会影响到吸收

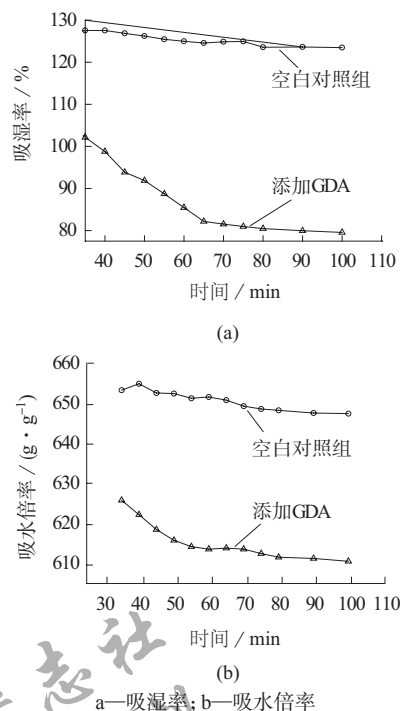


图3 不同外交联反应时间下吸水材料的吸湿率和吸水倍率

性能,固定其它变量,改变GDA的所占单体的浓度,测试了GDA浓度对吸水材料吸湿率和吸水性能的影响,反应结果如图4所示。

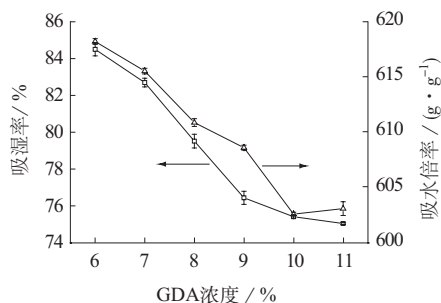


图4 不同GDA浓度下吸水材料的吸湿率和吸水倍率

随着交联剂用量的增加,材料的吸湿性能不断降低,这是由于材料表面的交联度不断提高,壳层结构更加致密,将空气中的水分阻挡在外界,也使得吸水倍率出现了一定程度的下降。当交联剂用量大于9%后,吸湿率曲线趋势开始平缓,同时,还发现当外交联剂添加量大于9%后出现了凝胶粘连的情况,反应釜上也出现了凝胶挂壁,这是过量的GDA在外层形成了低分子量聚合物,黏性变大所致。

综上,将外交联剂浓度控制在单体浓度的9%,在聚合反应进行到第85 min时添加,并继续进行反应65 min。此时所得产品吸湿率为76.4%,吸水倍率在608.6 g/g,吸收3.5% NaCl溶液51.6 g/g。

2.2 性能测试

(1) FTIR 分析。

图 5 为外交联超吸水材料的 FTIR 谱图。

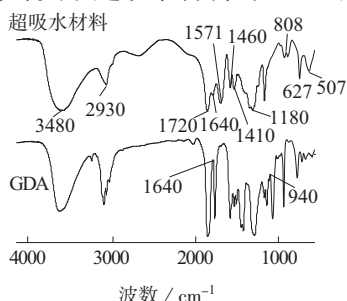
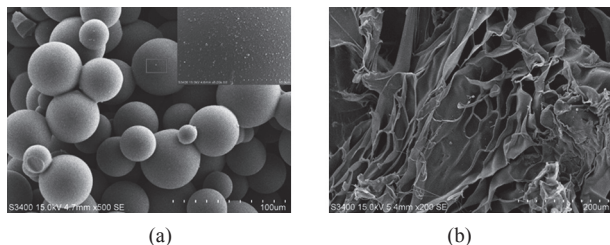


图 5 外交联超吸水材料的 FTIR 谱图

如图 5 所示,在 3480 cm^{-1} 处,由于材料容易吸水,所以出现了强烈的—OH 伸缩振动峰,在 2930 cm^{-1} 处的吸收峰为—CH₂, C—H 产生的伸缩振动峰,而在 1571 cm^{-1} 处出现了—COONa 中 C=O 的反对称伸缩振动峰,在 507 cm^{-1} 处还发现了 Na—O 的吸收峰,同时在 614 cm^{-1} 处 C=C 的吸收峰消失了,在 808 cm^{-1} 出现 C—C 骨架对称伸缩振动峰,说明单体聚合完成,形成了聚丙烯酸钠为主的聚合物。在 1460 cm^{-1} 和 1410 cm^{-1} 处,为 CH₃—C—CH₃ 吸收峰,来自于 2-丙烯酰胺基-2-甲基丙磺酸 (AMPS) 结构中, 627 cm^{-1} 为 C—S 吸收峰,这表明了 AMPS 与丙烯酸 (AA) 完成了共聚。GDA 的特征峰在 1640 cm^{-1} 以及 940 cm^{-1} 处,为 CH₂=C(CH₃)—的伸缩振动峰,外交联完成后对应吸收峰基本减弱或消失,而外交联部分的特征峰出现在了 1720 cm^{-1} 和 1180 cm^{-1} 处,为—(C=O)—C—O—C 饱和酯基伸缩振动产生的^[11],综上所述, GDA 同聚 (丙烯酸钠 / 2-丙烯酰胺基-2-甲基丙磺酸) 超吸水材料发生了交联反应。

(2) SEM 分析。

图 6 为超吸水材料的 SEM 图。



放大倍数: a— $\times 500$; b— $\times 5000$

图 6 超吸水材料的 SEM 图

图 6a 为超吸水材料放大 500 倍的形貌特征及 5000 倍后的表面,反相悬浮聚合法可以生成较为均

匀的球状颗粒,粒径大多在 $200 \sim 300\text{ }\mu\text{m}$ 左右,且经过表面交联后,超吸水材料的外层形成了致密光滑的壳层结构,提供了较好的凝胶强度及优良的抗吸湿性能。

图 6b 为饱和吸水后冷冻真空干燥所观测到的超吸水材料内部结构,表明合成出的超吸水材料具有良好的空间三维网状结构,这也是超吸水材料具有高吸水倍率、保水性的原因^[12]。

(3) TG-DTG 分析。

图 7 为超吸水材料的 TG 分析。

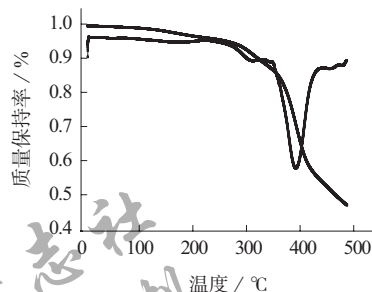


图 7 超吸水材料的 TG 分析

具有“核-壳”结构的超吸水材料热分解失重过程主要存在为三个阶段,第一个阶段主要是从 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 至 $270\text{ }^{\circ}\text{C}$,这一阶段中超吸水材料的失重率在 5%,这一阶段主要失去的为超吸水材料中的水分,首先是树脂中残存的自由水蒸发,然后是超吸水材料内非冻结结合水的蒸发;第二个阶段失重主要是发生在 $270\text{ }^{\circ}\text{C}$ 至 $350\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间,超吸水材料的失重率在 12% 左右,这个阶段的失重是由于吸水树脂中残余单体以及低聚物的热分解所产生;第三阶段的失重出现在 $350\text{ }^{\circ}\text{C}$ 到 $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间,在这一个阶段的热失重主要是由于交联的高吸水树脂分解引起的,最终 $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ 残余灰分在 50%。综上所述,在 $350\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下,合成的具有核壳结构的 P(AA-co-AMPS) 超吸水材料具有良好的热稳定性,可以应用于较高温度的场合。

(4) 吸收速率研究。

对所合成的具有核壳结构的超吸水材料的吸收速率进行了测定,结果如图 8 所示。在吸收纯水和吸收 3.5% 的 NaCl 盐溶液时,表面交联后的超吸水材料都具有更优异的吸水速率。在吸收纯水时,12 min 便达到了饱和吸水量,相较于未经处理的超吸水材料 30 min 的饱和吸收时间提高了 50% 以上,而且 3 min 内的吸收量也高达 150 g/g 。吸收 NaCl 盐溶液时,饱和吸收时间为 15 min,3 min 内吸收液体量也达到 15 g/g ,比未经处理的要高出 7

倍。这是由于表面致密的交联结构为水分子通过提供了通道,降低了因表面吸水后互相粘连,影响水分子向超吸水材料内部扩散的问题。

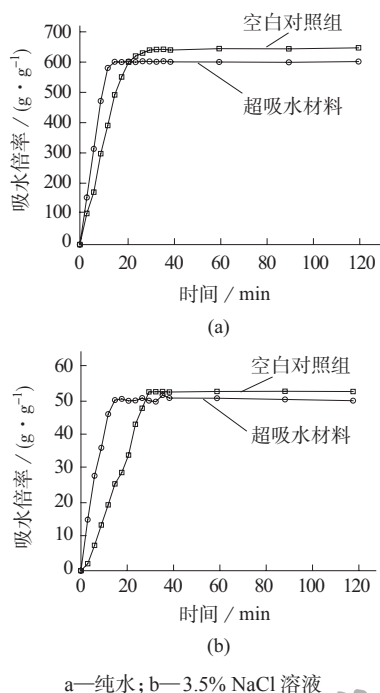


图8 外交联对吸收性能的影响

加压吸收性能也是对“核-壳”结构形成的重要考察指标之一,实验结果如图9所示。图9a和图9b分别为经过外表面交联与空白对照组在加压条件下对纯水及3.5% NaCl溶液的吸水倍率。

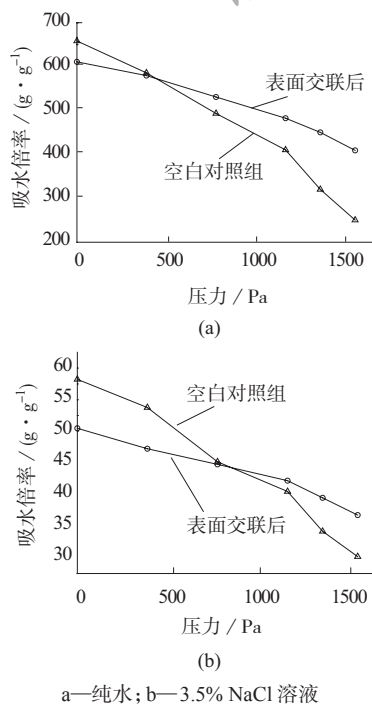


图9 压力对吸收性能的影响

如图9所示,进行外交联后的超吸水材料在未加压的情况下,吸收纯水以及吸收盐水的倍率都有所下降,是由于外部交联度的上升使得内部张网过程受到一定得限制。随着压力的上升,未进行外部交联的超吸水材料吸水倍率迅速下降,在压强为1600 Pa的情况下,可以吸收纯水409.2 g/g,吸收3.5% NaCl溶液36.7 g/g,吸纯水的能力比未加压时下降了62%,吸盐水倍率下降了48%,而进行外部交联的超吸水材料吸收纯水倍率仅下降了33%,吸盐水的倍率下降了26%,这说明在超吸水材料外部形成的致密的壳层结构有效增大了凝胶的强度,提高了压力下超吸水材料的吸收性能,同时保持了凝胶内部的低交联度结构,对吸收的总量没有造成大幅下降。

3 结论

(1) 在反相悬浮法合成过程中添加油溶性交联剂GDA,以吸湿性能作为优化指标,确定了在合成85 min下,添加9%的GDA,继续进行反应65 min可得到具有良好性能的“核-壳”结构超吸水树脂。

(2) 通过FTIR, SEM和TG分析,确认合成出了具有三维网状结构的、具有致密光滑壳层的球状超吸水材料,且具有良好的热稳定性。

(3) 经测定,合成出的具有“核-壳”结构的超吸水树脂,吸湿率为76.4%,吸水倍率为608.6 g/g,吸收3.5% NaCl溶液51.6 g/g,在1600 Pa下可以吸收纯水409.2 g/g,吸收3.5% NaCl溶液36.7 g/g,相较未进行外交联的超吸水树脂性能有了大幅度提升。

参考文献

- [1] Chang Chunyu, Duan Bo, Cai Jie, et al. Superabsorbent hydrogels based on cellulose for smart swelling and controllable delivery[J]. European Polymer Journal, 2010, 46(1):92-100.
- [2] Pourjavadi A, Harzandi A M, Hosseinzadeh H. Modified carrageenan 3. Synthesis of a novel polysaccharide-based superabsorbent hydrogel via graft copolymerization of acrylic acid onto kappa-carrageenan in air[J]. European Polymer Journal, 2004, 40(7):1363-1370.
- [3] Kosemund K, Schlatter H, Ochsenhirt J L, et al. Safety evaluation of superabsorbent baby diapers[J]. Regulatory Toxicology & Pharmacology, 2009, 53(2):81.
- [4] Habibi D, Moslemi Z, Ardakani M R, et al. Effects of super absorbent polymer and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield and oxidative damage of maize under drought

- stress[C] // International Conference on Chemistry & Chemical Engineering, Kyoto Japan :2010.
- [5] 张小磊. 高吸水性树脂的制备及表面交联的研究 [D]. 广州: 华南理工大学, 2014.
- Zhang Xiaolei. Study on preparation and surface crosslinking of super absorbent polymer[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2014.
- [6] Liu Dagang, Li Zehui, Li Wei, et al. Adsorption behavior of heavy metal ions from aqueous solution by soy protein hollow microspheres[J]. Industrial & Engineering Chemistry Research, 2013, 52(32):11 036–11 044.
- [7] Jiang Liping, Liu Peng, Zhao Shibin. Magnetic ATP / FA / Poly(AA-co-AM)ternary nanocomposite microgel as selective adsorbent for removal of heavy metals from wastewater[J]. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 2015, 470:31–38.
- [8] 姜立萍. 新型聚合物—无机复合微凝胶及其对重金属离子的选择性吸附性能研究 [D]. 兰州: 兰州大学, 2014.
- Jiang Liping. Novel organic-inorganic composite microgels and their selective adsorption to heavy metal ions[D]. Lanzhou: Lanzhou University, 2014.
- [9] Wu Lan, Liu Mingzhu, Liang Rui. Preparation and properties of a double-coated slow-release NPK compound fertilizer with superabsorbent and water-retention[J]. Bioresource Technology, 2008, 99(3):547–554.
- [10] Ullah F, Othman M B H, Javed F, et al. Classification, processing and application of hydrogels: A review[J]. Materials Science and Engineering:C.2015, 57:414–433.
- [11] 焦鑫, 赵迪, 张姚, 等. 聚二甲基丙烯酸乙二醇酯壁材微胶囊的制备及其表征 [J]. 高分子学报, 2016(3):345–351.
- Jiao Xin, Zhao Di, Zhang Yao, et al. Preparation and characterization of microcapsules with poly(ethylene glycol dimethacrylate)(PEDMA)shell[J]. ACTA Polymerica Sinica, 2016(3):345–351.
- [12] Ganguly S, Das N C. Synthesis of a novel pH responsive phyllosilicate loaded polymeric hydrogel based on poly(acrylic acid-co-N-vinylpyrrolidone)and polyethylene glycol for drug delivery:modelling and kinetics study for the sustained release of an antibiotic drug[J]. Rsc Advances, 2015, 5(24):18 312–18 327.

中国合成树脂供销协会聚碳酸酯分会成立

中国合成树脂供销协会聚碳酸酯分会成立大会于2017年6月29日在北京友谊宾馆举行。目前活跃于中国市场的国内外聚碳酸酯产业链的企业代表积极参与并共同见证了中国首个聚碳酸酯行业协会的诞生。工业和信息化部原材料工业司, 中国石油和化工联合会领导出席会议并从行业发展、产业政策、未来方向等角度向与会企业和专家做了专题分享。

聚碳酸酯分会以打造聚碳酸酯全产业链的行业组织为努力方向, 会员企业包括国内外聚碳酸酯的领先供应商, 聚碳酸酯改性企业, 上游原料企业, 改性助剂供应商, 以及灯具制造、板材加工、医疗应用、改性回收、加工设备等企业共同发起成立。分会理事会由理事长单位中国合成树脂供销协会、副理事长单位科思创、万华化学、鲁西集团; 理事单位三菱瓦斯、浙铁大风、上海帝人、泸天化、中石化三菱、宁波旭日鸿宇等共同组成。中国合成树脂供销协会副会长兼秘书长郑培任聚碳酸酯分会第一届理事长; 合成树脂协会副秘书长段庆生任聚碳酸酯分会秘书长。

分会副理事长单位科思创公司聚碳酸酯事业部亚太区高级副总裁雷焕丽女士代表所有会员企业做了精彩致辞。雷总在致辞中表示:“我们会员企业有三个使命:(1)我们要身体力行地遵守反垄断法, 反对不正当竞争;(2)向政府决

策者以及利益攸关方宣扬聚碳酸酯的行业发展现状, 提供科学、合理、实操性强的法规及标准;(3)携手下游应用, 求同存异, 谋求把聚碳酸酯整个行业做大、做强, 共同分享丰收的喜悦。”

聚碳酸酯分会将充分发挥平台优势、起到政府与企业间的桥梁纽带作用, 致力于中国聚碳酸酯行业的可持续发展, 积极协调并规范行业行为, 提升整体水平。重点工作方向包括:(1)向政府提供聚碳酸酯行业准确的发展状况、趋势和热点问题, 反映行业发展的重大问题及合理化建议;(2)积极参与政策法规的制修订, 代表会员企业发出行业诉求, 提倡科学的、以风险评估为基础的法规要求;(3)与下游应用建立紧密的联络, 扩大聚碳酸酯的应用领域, 做大市场;(4)推广创新应用, 促进会员企业间相互学习、交流合作。

聚碳酸酯分会成立的同时, 所有会员企业并共同签署了“中国合成树脂供销协会聚碳酸酯分会会员关于遵守《反垄断法》的要求及承诺”。在论坛上, 围绕关于聚碳酸酯及其应用环境安全问题、全球与中国聚碳酸酯技术与市场趋势、聚碳酸酯行业的可持续应用、BPA的安全性评价与判定, 以及聚碳酸酯改性与创新应用等主题, 环保部固废与化学品管理中心、IHS、万华化学、科思创、中国石化联合会 BPA 工作组、锦湖日丽的专家为与会者分享了关于聚碳酸酯市场与技术发展的综合情况以及未来趋势。 (工程塑料应用)