第 一 季 度 工 作 报 告

（2018.01-2018.03）

http://ps-lab.ciac.cas.cn

目　　录

一、研究工作进展..... 1

主要论文.....1

主要进展.....5

二、学术交流..... 48

高分子科学系列讲座.....50

交流活动.....51

高分子物理与化学国家重点实验室（长春）

2018年5月25日

一、研究工作进展

实验室 2018 年一季度在 *ACS APPL MATER INTER, ACS NANO, ADV ENERGY MATER, ADV FUNCT MATER, ADV MATER, ANGEW CHEM INT EDIT, BIOMATER SCI-UK, CARBOHYD POLYM, CHEM COMMUN, CHEMCATCHEM, COLLOID SURFACE B, J MATER CHEM B, J MATER CHEM C, J MEMBRANE SCI, LANGMUIR, MACROMOL BIOSCI, MACROMOL RAPID COMM, MACROMOLECULES, ORG ELECTRON, ORGANOMETALLICS, POLYMER, RSC ADV, SMALL, SOFT MATTER* 等 SCI 收录杂志上发表学术论文 89 篇，其中影响因子大于 3 的 41 篇(实验室为第一单位)。

主要论文

1. Second near-infrared conjugated polymer nanoparticles for photoacoustic imaging and photothermal therapy
Tingting Sun, Jinhu Dou, Shi Liu, Xin Wang, Xiaohua Zheng, Yapei Wang, Jian Pei*, Zhigang Xie*
ACS APPL MATER INTER, 10(9), 7919-7926, 2018

2. Extremely low roll-off and high efficiency achieved by strategic exciton management in organic light-emitting diodes with simple ultrathin emitting layer structure
Tianmu Zhang, Changsheng Shi, Chenyang Zhao, Zhongbin Wu, Jiangshan Chen, Zhiyuan Xie*, Dongge Ma*
ACS APPL MATER INTER, 10(9), 8148-8154, 2018

3. Light-Activatable Red Blood Cell Membrane-Camouflaged Dimeric Prodrug Nanoparticles for Synergistic Photodynamic/Chemotherapy
Qjng Pei, Xiuli Hu*, Xiaohua Zheng, Shi Liu, Yawei Li, Xiabin Jing, Zhigang Xie*
ACS NANO, 12(2), 1630-1641, 2018

4. Ternary organic solar cells with > 11% efficiency incorporating thick photoactive layer and nonfullerene small molecule acceptor
Tong Zhang, Xiaoli Zhao*, Dalei Yang, Yumeng Tian, Xiaoniu Yang*
ADV ENERGY MATER, 8(4), 1701691，2018

5. Thermally activated delayed fluorescence conjugated polymers with backbone-donor/pendant-acceptor architecture for nondoped OLEDs with high external quantum efficiency and low roll-off
Yike Yang, Shumeng Wang, Yunhui Zhu, Yanjie Wang, Hongmei Zhan*, Yanxiang Cheng*
ADV FUNCT MATER, 28(10), 1706916，2018

6. Achieving an efficiency exceeding 10% for fullerene-based polymer solar cells employing a thick active layer via tuning molecular weight
Zelin Li, Dalei Yang, Xiaoli Zhao*, Tong Zhang, Jidong Zhang, Xiaoniu Yang*
ADV FUNCT MATER, 28(6), 1705257，2018

7. Dual drug backboned shattering polymeric theranostic nanomedicine for synergistic eradication of patient-derived lung cancer
Yuwei Cong, Haihua Xiao, Hejian Xiong, Zigui Wang, Jianxun Ding, Chan Li, Xuesi Chen*, Xingjie Liang*, Dongfang Zhou*, Yubin Huang
ADV MATER, 30(11), 1706220，2018

8. Junction-controlled topological polymerization
Mao Li, Shusen Kang, Jia Du, Jian Zhang, Jinxin Wang, Katsuhiko Ariga
ANGEW CHEM INT EDIT, 57(?), 4936-4939, 2018

9. Disassembly of multicompartment polymer micelles in spatial sequence using an electrostatic field and its application for release in chronological order
Ming Wu, Yutian Zhu*, Wei Jiang*
ANGEW CHEM INT EDIT, 57(14), 3578-3582, 2018

10. n-Type azaacenes containing B <- N units
Yang Min, Chuandong Dou*, Hongkun Tian, Yanhou Geng, Jun Liu*, Lixiang Wang
ANGEW CHEM INT EDIT, 57(7), 2000-2004, 2018

11. p-pi conjugated polymers based on stable triarylborane with n-type behavior in optoelectronic devices
Bin Meng, Yi Ren, Jun Liu*, Frieder Jakle*, Lixiang Wang
ANGEW CHEM INT EDIT, 57(8), 2183-2187, 2018

12. Biphasic drug release from electrospun polyblend nanofibers for optimized local cancer treatment
Gaizhen Kuang, Zhiyun Zhang, Shi Liu, Dongfang Zhou*, Xiaolan Lu*, Xiabin Jing, Yubin Huang
BIOMATER SCI-UK, 6(2), 324-331, 2018

13. Ion-assisted fabrication of neutral protein crosslinked sodium alginate nanogels
Xing Wei, Hejian Xiong, Dongfang Zhou*, Xiabin Jing, Yubin Huang*
CARBOHYD POLYM, 186, 45-53, 2018

14. An A-D-A'-D-A type small molecule acceptor with a broad absorption spectrum for organic solar cells
Junhui Miao, Bin Meng*, Jun Liu*, Lixiang Wang
CHEM COMMUN, 54(3), 303-306, 2018

15. Precisely controlled polymerization of styrene and conjugated dienes by group 3 single-site catalysts
Jianming Huang, Zhaohe Liu, Dongmei Cui*, Xinli Liu*
CHEMCATCHEM, 10(1), 42-61, 2018

16. Surface modification of polyisobutylene via grafting amino acid-based poly (acryloyl-6-aminocaproic acid) as multifunctional material
Yanqiu Du, Chunming Li, Jing Jin*, Chao Li, Wei Jiang*
COLLOID SURFACE B, 161, 73-82, 2018

17. Nanoscale metal-organic frameworks for drug delivery: a conventional platform with new promise
Lei Wang, Min Zheng, Zhigang Xie*
J MATER CHEM B, 6(5), 707-717, 2018

18. Efficient non-doped yellow OLEDs based on thermally activated delayed fluorescence conjugated polymers with an acridine/carbazole donor backbone and triphenyltriazine acceptor pendant
Yanjie Wang, Yunhui Zhu, Xingdong Lin, Yike Yang, Baohua Zhang*, Hongmei Zhan, Zhiyuan Xie, Yanxiang Cheng*
J MATER CHEM C, 6(3), 568-574, 2018

19. Thermal shrinkage and microscopic shutdown mechanism of polypropylene separator for lithium-ion battery: In-situ ultra-small angle X-ray scattering study
Bijin Xiong*, Ran Chen, Fangxinyu Zeng, Jian Kang*, Yongfeng Men
J MEMBRANE SCI, 545, 213-220, 2018

20. Effect of End-Grafted Polymer Conformation on Protein Resistance
Yuanyuan Han, Jiani Ma, Yu Hu, Jing Jin*, Wei Jiang*
LANGMUIR, 34(5), 2073-2080, 2018

21. A versatile method to prepare protein nanoclusters for drug delivery
Yupeng Wang, Lesan Yan, Shasha He, Dongfang Zhou*, Yanxiang Cheng, Xuesi Chen, Xiabin Jing, Yubin Huang*
MACROMOL BIOSCI, 18(2), 2018

22. A new polymer electron acceptor based on thiophene-S,S-dioxide unit for organic photovoltaics
Bin Meng, Junhui Miao, Jun Liu*, Lixiang Wang*
MACROMOL RAPID COMM, 39(2), 2018

23. Facile fabrication of hierarchically thermoresponsive binary polymer pattern for controlled cell adhesion
Jianwen Hou, Lele Cui, Runhai Chen, Xiaodong Xu*, Jiayue Chen, Ligang Yin, Jingchuan Liu, Qiang Shi*, Jinghua Yin
MACROMOL RAPID COMM, 39(6), 2018

24. Lamellar thickness dependence of crystal modification selection in the syndiotactic polystyrene gamma-to-alpha/beta phase transition process
Hai Wang, Chunji Wu, Dongmei Cui, Yongfeng Men*
MACROMOLECULES, 51(2), 497-503, 2018

25. Copolymerization of Lactide and Cyclic Carbonate via Highly Stereoselective Catalysts To Modulate Copolymer Sequences
Xinli Liu, Xiufang Hua, Dongmei Cui*
MACROMOLECULES, 51(3), 930-937, 2018

26. Retardance of Form II to Form I Transition in Polybutene-1 at Late Stage: A Proposal of a New Mechanism
Yongna Qiao, Hai Wang, Yongfeng Men*
MACROMOLECULES, 51(6), 2232-2239, 2018

27. Uniform, high crystalline, (100) crystal orientated perovskite films without PbI2 residue by controlling the nanostructure of PbI2
Qiuju Liang, Jie Han, Hongxiang Li, Liang Chen, Zhiyuan Xie, Jiangang Liu*, Yanchun Han*
ORG ELECTRON, 53, 26-34, 2018

28. Solution processible distyrylarylene-based fluorescent dendrimers: Tuning of carbazole-dendron generation leads to nondoped deep-blue electroluminescence
Lei Zhao, Shumeng Wang, Junqiao Ding*, Lixiang Wang*
ORG ELECTRON, 53, 43-49, 2018

29. Efficient solution-processed yellow/orange phosphorescent OLEDs based on heteroleptic Ir(III) complexes with 2-(9,9-diethylfluorene-2-yl) pyridine main ligand and various ancillary ligands
Xuejing Liu, Bing Yao, Hailong Wang, Baohua Zhang*, Xingdong Lin, Xiaofei Zhao, Yanxiang Cheng, Zhiyuan Xie*, Waiyeung Wong*
ORG ELECTRON, 54, 197-203, 2018

30. Insights into the formation process of yttrium-aluminum bimetallic alkyl complexes supported by a bulky phosphazene ligand
Weifeng Rong, Meiyan Wang, Shihui Li, Jianhua Cheng, Dongtao Liu*, Dongmei Cui*
ORGANOMETALLICS, 37(6), 971-978, 2018

31. Morphology and linear rheology of comb-like copolymer melts with high grafting density: II. Heterografted PVSt-g-(PS/PE) comb-like copolymer with short backbone and mixed side chains
Yichao Lin, Shaofeng Zhang, Lin Ye, Yang Gu, Yanhui Wang, Li Ma*, Tao Tang*
POLYMER, 137, 222-230, 2018

32. Inter-fibrillar tie chains determined critical stress of large strain cavitation in tensile stretched isotactic polypropylene
Ying Lu, Dong Lyu, Bijin Xiong, Ran Chen, Yongfeng Men
POLYMER, 138, 387-395, 2018

33. The broken out and confinement phase separation structure evolution with the solution aggregation and relative crystallization degree in P3HT/N2200
Rui Zhang, Ye Yan, Hua Yang, Xinhong Yu, Jiangang Liu*, Jidong Zhang*, Yanchun Han*
POLYMER, 138, 49-56, 2018

34. Controlling the polymer ink's rheological properties and viscoelasticity to suppress satellite droplets
Zhonghui Du, Yangming Lin, Rubo Xing, Xinxiu Cao, Xinhong Yu*, Yanchun Han*
POLYMER, 138, 75-82, 2018

35. Micro/macro-stress relationship and local stress distribution in polyethylene spherulites upon uniaxial stretching in the small strain domain
Bijin Xiong, Olivier Lame*, Roland Seguela, Yongfeng Men*
POLYMER, 140, 215-224, 2018

36. Associating behavior of one polyimide with high molecular weight in solution through a relatively weak interaction
Ensong Zhang, Xuemin Dai, Youliang Zhu, Quan Chen, Zhaoyan Sun, Xuepeng Qiu*, Xiangling Ji*
Polymer, 141, 166-174, 2018

37. Fouling-resistant membranes for separation of oil-in-water emulsions
Guangyu Zhang, Longbiao Li, Yan Huang, Atsushi Hozumi, Tsutomu Sonoda, Zhaohui Su*
RSC ADV, 8(10), 5306-5311, 2018

38. High-Performance Additive-/Post-Treatment-Free Nonfullerene Polymer Solar Cells via Tuning Molecular Weight of Conjugated Polymers
Zelin Li, Dalei Yang, Tong Zhang, Jidong Zhang, Xiaoli Zhao*, Xiaoniu Yang*
SMALL, 14(16), 1704491, 2018

39. Viscoelastic behaviour and relaxation modes of one polyamic acid organogel studied by rheometers and dynamic light scattering
Ensong Zhang, Yong Zhao, Wenke Yang, Hongxiang Chen, Wei Liu, Xuemin Dai, Xuepeng Qiu, Xiangling Ji*
SOFT MATTER, 14(1), 73-82, 2018

40. Dynamics of associative polymers
Zhijie Zhang, Quan Chen*, Ralph H. Colby
SOFT MATTER, XXX, 2018

41. Confined co-assembly of AB/BC diblock copolymer blends under 3D soft confinement
Nan Yan, Xuejie Liu, Yan Zhang, Nan Sun, Wei Jiang, Yutian Zhu*
SOFT MATTER, XXX, 2018

主要进展

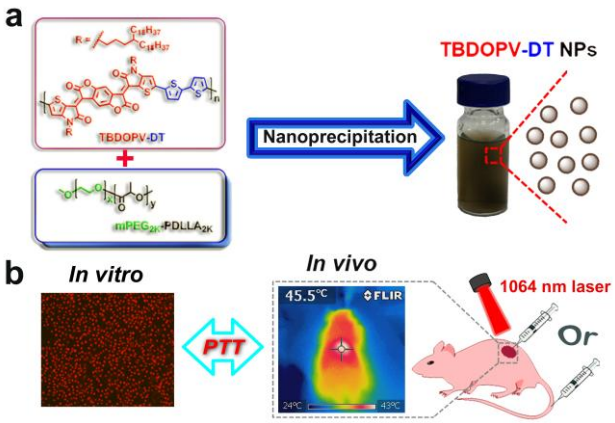
1. Second near-infrared conjugated polymer nanoparticles for photoacoustic imaging and photothermal therapy

Tingting Sun, Jinhu Dou, Shi Liu, Xin Wang, Xiaohua Zheng, Yapei Wang, Jian Pei*, Zhigang Xie*

ACS APPL MATER INTER, 10(9), 7919-7926, 2018

癌症是威胁人类健康的重大疾病之一，但是传统的治疗方法，包括化疗、放疗及手术治疗等都会导致严重的副作用，所以开发更加高效且副作用较小的治疗方法显得十分必要。光热治疗由于其在肿瘤治疗方面的特异性和高效性已经逐渐受到人们的关注。在过去几十年，近红外一区 (NIR-I, 750−1000 nm) 材料用于肿瘤光热治疗已经被广泛研究。近年来，近红外二区 (NIR-II, 1000−1700 nm)尤其是吸收在 1000-1100 nm 的材料由于其更深的组织穿透能力以及更大的允许照射强度而备受关注，但是报道的主要是无机材料，有机高分子材料的研究少之又少。

为了探索近红外二区共轭高分子在肿瘤光热治疗和光声成像方面的应用，谢志刚课题组选取如图所示的 TBDOPV-DT 为光热材料，并用 $mPEG_{2K}$-$PDLLA_{2K}$ 对其包裹，制备得到 TBDOPV-DT NPs 并对其光热性能进行了研究，如下图所示。TBDOPV-DT NPs 结构均一，粒径稳定性及光热稳定性都很好，具有较高的光热转换效率（50%）。我们通过 1064 nm 与 808 nm 激光的对比实验进一步证明了 1064 nm 激光具有更强的组织穿透能力。光声实验结果表明，该纳米结构具有较强的光声信号，并且在静脉注射 12 小时后在肿瘤组织的信号最强。TBDOPV-DT NPs 在体外和体内实验中都表现出了较好的光热治疗效果，并且在无光照条件下具有良好的生物相容性，且光热治疗后对正常组织无明显毒性。



ACS Appl. Mater. Interfaces, 10(9), 7919−7926, 2018

实验结果表明：共轭高分子纳米粒（TBDOPV-DT NPs）在近红外二区有很强的吸收，是较好的光热材料，并且具有优异的光声成像能力，可用于成像指导的癌症治疗。抑瘤实验结果表明，无论是瘤内给药还是静脉给药，1064 nm 激光照射都能有效抑制肿瘤的生长。

2. Extremely low roll-off and high efficiency achieved by strategic exciton management in organic light-emitting diodes with simple ultrathin emitting layer structure

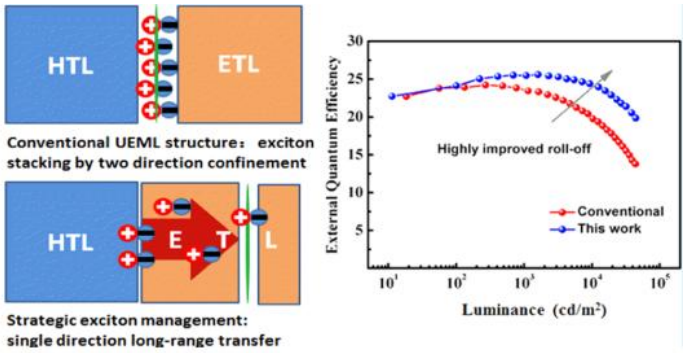
Tianmu Zhang, Changsheng Shi, Chenyang Zhao, Zhongbin Wu, Jiangshan Chen, Zhiyuan Xie*, Dongge Ma*

ACS APPL MATER INTER, 10(9), 8148-8154, 2018

磷光电致发光材料既可以利用单线态激子又可利用三线态激子进行发光，从而达到100%的内量子效率，因此成为 OLEDs 研究的热门材料。但是基于单掺杂发光层结构制备的 OLEDs 在高亮度下会出现严重的效率滚降（roll-off）现象。通常是的解决方法是采用多个掺杂体系的发光层或者在空穴传输层和电子传输层的界面处插入一层超薄的非掺杂发光层（UEML），在保证器件效率的同时降低器件 roll-off 现象。但是会带来器件结构复杂，器件重复性差和载流子在界面处聚集产生的淬灭效应等问题。同时器件在高亮度下的 roll-off 现象仍然存在，因此需要继续对磷光 OLEDs 器件的 roll-off 特性进行优化和改善。

为充分利用超薄非掺杂发光层的器件结构优势，同时进一步提升磷光 OLEDs 器件的 roll-off 特性，我们以磷光绿光发光材料 $Ir(ppy)_2(acac)$为主要研究对象，提出了将超薄非掺杂发光层远离激子形成区域，增大激子扩散长度，减少激子淬灭的设计思路，发展了将超薄非掺杂发光层置于电子传输层 Bepp2 内的新型器件结构。这种器件结构实现了激子在空穴传输

层 TCTA 和电子传输层 Bepp2 的界面处形成，然后通过能量传递方式传递能量，最终实现 $Ir(ppy)_2(acac)$发光，这使得激子形成区域和激子发光区域实现了完全分离，发光激子可以远离高浓度激子生成区域，显著抑制其激子淬灭效应。具体结构如图所示：



ACS APPL MATER INTER , 10(9), 8148-8154, 2018

器件评价结果表明：基于该新型器件结构制备的绿光器件电致发光器件的最大 EQE 达到 25.5%，最大电流效率 98.0 cd A^{-1}，最大功率效率 85.4 lm W^{-1}。即使在 5000cd m^{-2} 下，仍然分别保持为 25.1%，94.9 cd A^{-1}，55.5 lm W^{-1}，远低于传统的多个掺杂体系发光层结构和界面超薄层结构器件，体现了这种设计思路的优越性，这为制备高效低 roll-off 特性的磷光 OLEDs 器件提供了新的设计途径和思路。

3. Light-Activatable Red Blood Cell Membrane-Camouflaged Dimeric Prodrug Nanoparticles for Synergistic Photodynamic/Chemotherapy

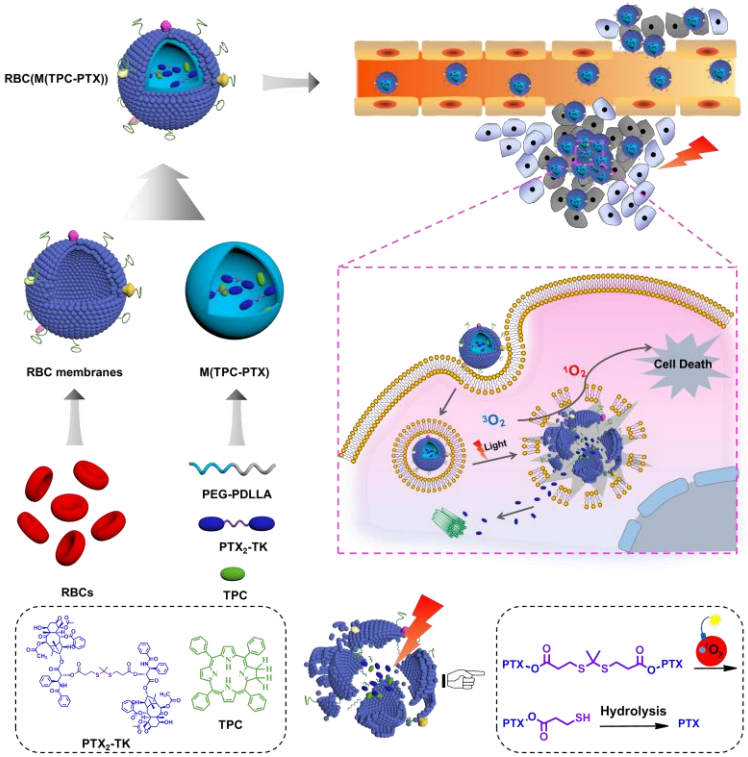
Qjng Pei, Xiuli Hu*, Xiaohua Zheng, Shi Liu, Yawei Li, Xiabin Jing, Zhigang Xie*

ACS NANO, 12(2), 1630-1641, 2018

小分子紫杉醇较差的水溶解性以及其在临床使用中所表现出的诸多较为严重的毒副作用，是目前必须解决的一个挑战。尽管利用生物相容较好的、生物可降解的双亲聚合物通过包裹的策略来担载小分子紫杉醇制备纳米药能够明显地改善了上述问题，但是目前所报道的紫杉醇纳米药普遍具有担载量低、药物释放不可控、纳米颗粒稳定性差以及由高含量的载体所引发免疫原性等突出问题。当把紫杉醇做成二聚体后，不仅可以改变了它的结晶性质，使它变成无定形体，不容易因结晶而聚集沉淀，更有利于它与高分子共组装，使药物担载量很大程度地提高，还可以有效改善因使用载体而带来的免疫原性。

由此，我们构建了中间用活性氧敏感的连接体连接的紫杉醇二聚体，再把紫杉醇二聚体前药和光敏剂连用，这样可以做到化疗和光疗的联合治疗，具体结构如下图所示。当药物到

达肿瘤组织后，光敏剂产生的单线态氧一方面可以直接发挥抗癌疗效，另一方面可以触发紫杉醇二聚体响应，释放出可以发挥药效的活性原药紫杉醇，发挥化疗效果。而且原位照射也可以避免对正常组织的毒害，减少了系统的毒副作用。把紫杉醇二聚体前药和光敏剂二氢卟吩共同包裹到聚乙二醇聚乳酸的嵌段聚合物中形成核壳结构，聚合物外层再用红细胞膜包裹，由于红细胞膜的内源性，增强了我们构筑的智能响应纳米粒在体内的循环时间，为其更多地在肿瘤组织聚集提供了可能。



ACS Nano, 12, 1630-1641, 2018.

实验结果表明：此种把抗癌药物紫杉醇原药制备成智能响应的前药，极大地改善了其载药量和载药效率低的问题，又在保证其能具有和原药相似的抗癌疗效的前提下，降低其在正常组织的毒副作用，有望成为新一代的抗癌药物用于临床研究与应用。

4. Ternary organic solar cells with > 11% efficiency incorporating thick photoactive layer and nonfullerene small molecule acceptor

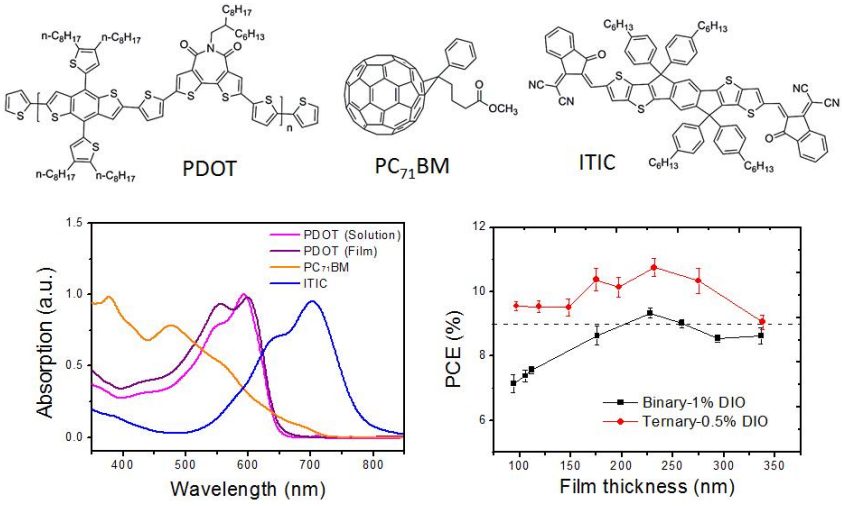
Tong Zhang, Xiaoli Zhao*, Dalei Yang, Yumeng Tian, Xiaoniu Yang*

ADV ENERGY MATER, 8(4), 1701691，2018

非富勒烯受体材料的快速发展，促使基于非富勒烯的聚合物太阳电池的光电转化效率突破 13%。然而，与富勒烯受体相比，由于非富勒烯分子本身具有平面结构，因此电荷的传

输具有各向异性。同时，非富勒烯的平面型分子结构，导致其小分子聚集行为与经典非富勒烯不同，为精确调控非富勒烯有机太阳电池的形貌增加了难度。这些缺点极大的增加制备高效厚膜非富勒烯有机太阳电池的难度，因此大部分器件的最优效率几乎在光敏层厚度为 100 nm 左右。在极少数的特例中，光敏层厚度大于 200 nm 时可以保持在最高效率的 90%以上，而且其内部机理尚不清晰。因此，如何实现高效厚膜的有机光伏器件同时发挥非富勒烯受体的优势，仍然是一个极大的挑战。

我们首次基于小分子受体和厚的光敏层薄膜制备了高效率的三元体系电池器件，为构建可用于大面积印刷的高效聚合物太阳电池提供了新的途径。为实现这一结果，我们首先基于迁移率较优的窄带隙共轭聚合物 PDOT 制备了二元体系富勒烯聚合物电池器件，该器件在光敏层膜厚大于 200 nm 时得到了 9.5%的器件效率；之后，我们将小分子受体 ITIC 作为第三组分引入 PDOT：PC71BM 电池器件中并对其各组分比例和薄膜形貌加以调控；小分子受体 ITIC 的引入弥补了二元体系在近红外区的吸收，降低了器件的能量损失，同时并没有对器件传输造成很大的影响；最终，我们在光敏层厚度为 230 nm 时得到了开路电压为 0.96V，器件效率为 11.2%的三元体系器件。这一器件效率是目前聚合物太阳电池在厚的光敏层下得到的最高效率之一。其具体研究结果如下所示：



Adv. Energy Mater., 8(4), 1701691, 2018

通过上述高效厚膜器件的成功制备标明，合理筛选能级结构匹配、高空穴迁移率的给体材料，充分发挥富勒烯和非富勒烯的优势，能够扬长避短，实现高效厚膜有机太阳电池器件，同时能够充分发挥非富勒烯受体材料的优势，为新型高效厚膜三元有机太阳电池的制备提供了新的指导思路。

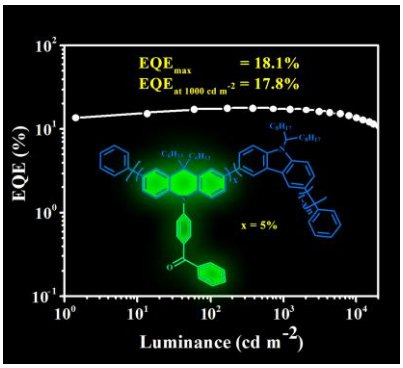
5. Thermally activated delayed fluorescence conjugated polymers with backbone-donor/pendant-acceptor architecture for nondoped OLEDs with high external quantum efficiency and low roll-off

Yike Yang, Shumeng Wang, Yunhui Zhu, Yanjie Wang, Hongmei Zhan*, Yanxiang Cheng*

ADV FUNCT MATER, 28(10), 1706916，2018

热诱导延迟荧光(TADF)材料作为新一代纯有机发光材料可媲美于磷光配合物，应用于电致发光器件时能够实现 100%的内量子效率，而且避免了贵金属的使用。虽然 TADF 已经在聚合物中得以实现，但相对于大量的小分子化合物，TADF 聚合物发展滞后，且其性能难以满足实用要求。

前期工作中，本课题组采用主链给体/侧基受体策略，设计合成了具有有效 TADF 性能的共轭聚合物。侧基为三嗪受体时，相应聚合物器件实现了 12.6%的外量子效率(EQE)，但氰基为受体的聚合物则性能较差，没有展示出有效的 TADF 性质，预示着侧基受体基团在这类聚合物中起着关键作用。基于此，在本工作中，以二苯甲酮为侧基受体单元，合成了一系列具有咔唑/吖啶供体骨架的共轭聚合物 PCzABPx，这些聚合物表现出了明确的 TADF 特征：小的单/三重态能级差和微秒级寿命，在纯膜中拥有高达 0.77 的光致发光量子产率。以这些聚合物为发射层，非掺杂电致发光器件实现了最高为 18.1%的 EQE，且拥有小的效率滚降、低的启亮和驱动电压。与最大值相比，对应于亮度为 1000，5000 和 10000 cd m^{-2} 的 EQE 仅下降了 1.6，12.2 和 23.8%。此外，器件的启亮电压仅为 2.6 V，功率效率可达 61.2 lm W^{-1}，表面这类共轭聚合物可与小分子 TADF 材料相比拟，具有潜在的实用价值。



Advanced Functional Materials, 28(10), 1706916, **2018**

该工作进一步证实了主链给体/侧基受体策略是获得高效 TADF 聚合物的有效方法。由于 TADF 单体仅是给体部分参与聚合反应，其固有的给/受体扭曲结构不会发生改变，因而所获得的聚合物能够完美继承来自共聚单体的 TADF 性质。该策略应该可以应用于其它发光颜色

共轭聚合物的合成，从而获得蓝光、红光或其它颜色的 TADF 发光材料，进而实现发光器件的全色显示。

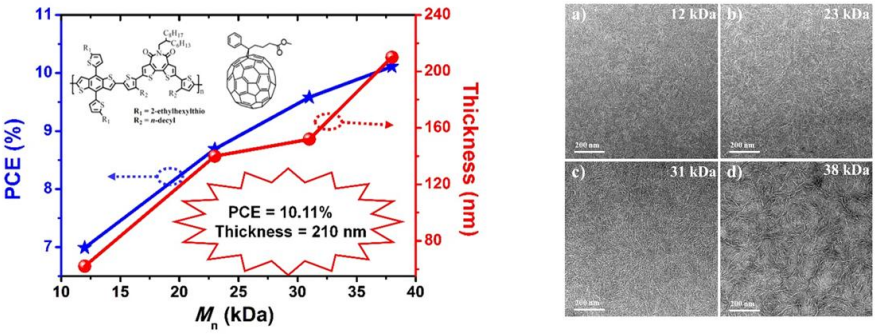
6. Achieving an efficiency exceeding 10% for fullerene-based polymer solar cells employing a thick active layer via tuning molecular weight

Zelin Li, Dalei Yang, Xiaoli Zhao*, Tong Zhang, Jidong Zhang, Xiaoniu Yang*

ADV FUNCT MATER, 28(6), 1705257，2018

近年来，随着聚合物太阳能电池的迅速发展，光电转化效率上已经逐渐接近了商业化生产的要求。然而，目前绝大多数高效器件的光敏层最优膜厚在 100 nm 左右，难以满足卷对卷生产的过程中的需求，不易获得均一光敏薄膜。因此，积极开发最优膜厚为 200 nm 左右的实现高效率的体系是十分迫切。众所周知，聚合物的分子量对电池光电转化效率有着十分显著的影响，实现证明通过在控制分子量，可以实现对电池器件中分子取向、相纯度、垂直相分离以及空穴迁移率等的优化，从而进一步提升器件效率。然而，对于分子量与器件最优膜厚之间是否存在一定的关联，当前并没有相关文献进行报道，而阐明这一问题对实现厚膜高效的聚合物太阳能电池具有十分重要的意义。

为系统研究这一关键问题并实现厚膜高效聚合物太阳能电池，杨小牛课题组设计合成了四批 PDI 相同，分子量分别为 12、23、31 和 38 kDa 的聚合物 PBTIBDTT-S，将其与传统的受体材料 $PC_{71}BM$ 共混制备器件，详细研究了分子量对最终器件性能，尤其是光敏层最优厚度，的影响。我们发现随着聚合物分子量的提升，其结晶性能逐渐增强，空穴迁移率随之提升，带来了器件效率的大幅提升。更为重要的是，最优光敏层厚度也明显呈现出随着分子量的提升逐渐增加的趋势，这是首次在聚合物分子量与最优光敏层厚度之前建立明确的联系。



Advanced Functional Materials, 28(6), 1705257, **2018**

最终，我们使用 38 kDa 分子量的 PBTIBDTT-S 与 $PC_{71}BM$ 共混制备得到了效率达到

10.11%且最优膜厚在 210 nm 的电池器件，实现了厚膜高效的聚合物太阳能电池。这一工作阐明了较高的分子量对于实现厚膜高效聚合物太阳能电池的重要性，有助于进一步推动聚合物太阳能电池向实际应用的方向发展。

7. Dual drug backboned shattering polymeric theranostic nanomedicine for synergistic eradication of patient-derived lung cancer

Yuwei Cong, Haihua Xiao, Hejian Xiong, Zigui Wang, Jianxun Ding, Chan Li, Xuesi Chen*, Xingjie Liang*, Dongfang Zhou*, Yubin Huang

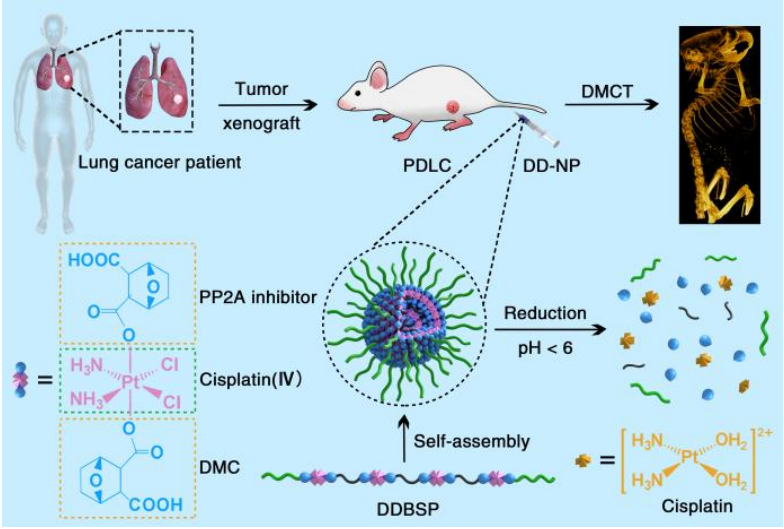
ADV MATER, 30(11), 1706220，2018

研究进展：当前，纳米抗癌药物向临床转化还存在问题，主要表现为以下三个方面：一是缺乏合适的药物输送体系来精确控制药物的组成、载体的结构以确保药物的载药量和释放行为不受批次的影响；二是缺少体内对药物进行直接监测而不依赖于其它成像试剂的手段；三是因传统细胞株建立的肿瘤模型缺乏异质性，对癌症的研究往往过于片面而缺少合适的肿瘤动物模型对药物疗效进行有效评价和筛查。

研究内容：我们设计合成了一种含有顺铂和去甲基斑蝥素(DMC)的四价铂前药作为聚合单体，通过缩聚的方式将其引入到聚合物主链上，制备了主链含双抗癌药的高分子纳米胶束。该纳米药物在细胞内还原条件下会诱导主链崩解，释放二价铂药，并在溶酶体酸性环境中释放去甲基斑蝥素，协同杀死癌细胞。该主链双药纳米胶束具有如下特点: 1) 高分子主链上顺铂和去甲基斑蝥素的比例确定，不受制备批次的影响；2) 四价铂前药作为单体直接参与聚合，铂含量高达 10%，能够通过 CT 成像直接对药物和胶束的体内分布实现时间和空间上的有效追踪；3) 在具有较高肿瘤异质性和分子多样性的 PDX 肺鳞癌模型上，双药胶束表现出很好的抑瘤效果。

主要科技创新与学术贡献：我们合成了主链含铂和去甲基斑蝥素的高分子纳米药物，药物之间比例精确，能够响应释放。通过药物介导的 CT 成像追踪铂药自身的分布，无需其他成像剂。作用于 PDX 肺鳞癌模型的体内抑瘤实验表明该主链双药的纳米胶束能够很好的抑制肿瘤的生长，降低系统毒性。

国内外影响：该纳米药物在肿瘤抑制和生物成像中具有潜在的应用价值，实现了诊疗一体化。同时创新性的使用 PDX 模型来考察高分子药物的抗肿瘤性能，对于推进纳米药物的个性化治疗和临床转化具有重要意义。



Advanced Materials, 2017, 201706220.

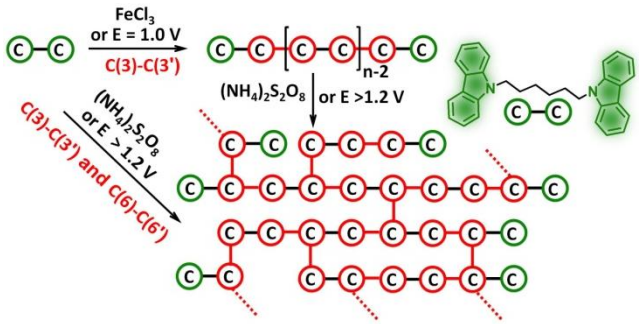
8. Junction-controlled topological polymerization

Mao Li, Shusen Kang, Jia Du, Jian Zhang, Jinxin Wang, Katsuhiko Ariga

ANGEW CHEM INT EDIT, 57(?), 4936-4939, 2018

高分子的功能和性质与其本身的拓扑结构息息相关，如何通过简单的反应条件控制从一种单体结构出发得到不同的拓扑结构的高分子将会极大简化高分子的合成与加工过程。课题组首次发现 N-烷基咔唑的氧化反应产物依赖于化学和电化学氧化的强度。当在三氯化铁或 1.0 V vs. Ag/Ag^+的较弱的氧化条件下，N-烷基咔唑的氧化产物为 3,3'-二聚咔唑；当在过硫酸铵或>1.2 V vs. Ag/Ag^+的较强的氧化条件下，N-烷基咔唑的氧化产物为多聚咔唑或聚咔唑。尽管目前咔唑的氧化反应被广泛用于导电高分子的合成或是光电功能薄膜的制备，但其产物难溶且无法进一步进行通常的结构表征，聚合物的咔唑的 3,3'-位偶联和 6,6'-位偶联的结构表征通常不充份或是错误的。利用咔唑的氧化反应强度依赖性，课题组发展了从一种单体出发的自由基引发拓扑结构可控的逐步聚合反应。





Angew. Chem. Int. Ed. 57, 4936–4939, **2018** (hot paper)

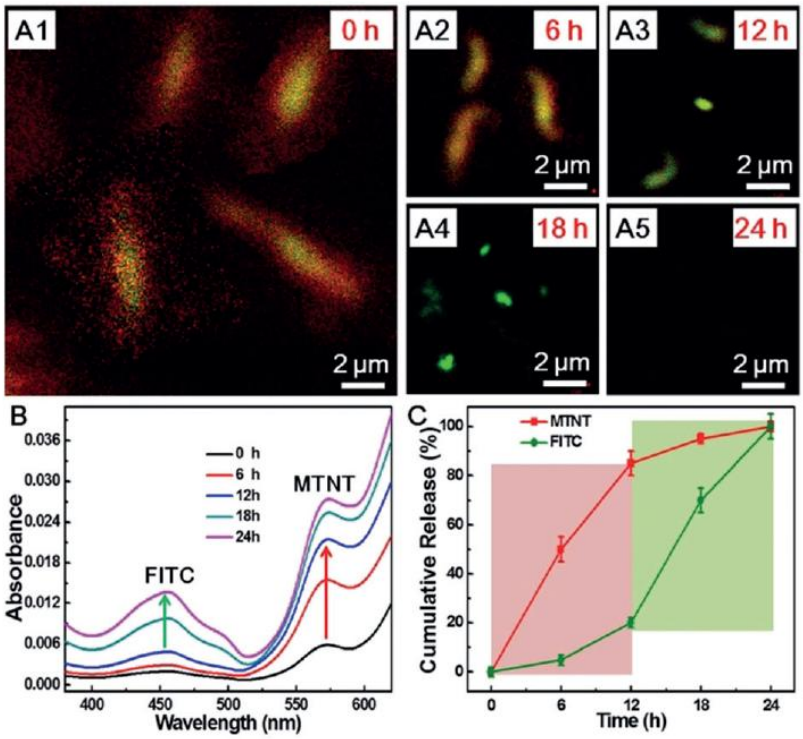
把通过咔唑 3,3'-位偶联合成的线性聚合物旋涂在 ITO 电极上，进一步可以通过电化学的咔唑 6,6'-位偶联得到无支撑的交联聚合物薄膜。这种拓扑结构的可控聚合不仅可以简化聚合物材料的合成与加工过程，而且是原子经济且较为环保的。

9. Disassembly of multicompartment polymer micelles in spatial sequence using an electrostatic field and its application for release in chronological order

Ming Wu, Yutian Zhu*, Wei Jiang*

ANGEW CHEM INT EDIT, 57(14), 3578-3582, 2018

研究了静电场对 PS-PVP-PEO 三嵌段共聚物自组装形成的多间隔蠕虫胶束形貌结构的影响，发现这些巨大的具有周期性结构的多间隔蠕虫胶束在电场作用下在其表面形成纳米球后脱离母体，使蠕虫胶束变瘦。变瘦的蠕虫表面产生新的纳米球，再脱离母体，持续往复，直至所有的蠕虫解体成纳米球。电场作用初期，蠕虫表面的周期结构已消失，但 SAXS 测试结果表明在蠕虫的内部周期排列结构依然存在。这一解组装进程依赖电场强度，强度越高，解组装的进程越快。这样通过电场强度和时间可以控制解组装的进程。如果将两种不同的分子分别装入胶束的外层和内层，那么在电场的作用下，处于外层的分子将随着解组装先被释放出来，而在内层的分子将被后释放出来，进而实现按时间次序的有序释放。基于此思路，成功将在分子结构、尺寸以及荧光特性截然不同的米托蒽醌 (MTNT) 和异硫氰酸(FITC)分别负载到蠕虫的外层和内层，并在电场的作用下实现了按时间次序的有序释放。从下图可以看出在电场强度为 16kV/cm 的静电场中 MTNT 初期释放较快，前 12 小时释放出了 80%。但是，FITC 在前 12 小时释放很慢不到 20%，之后释放速率开始加快，直至释放全部释放，进而达到了 MTNT 先释放，FITC 后释放的目的。



Angew. Chem. Int. Ed., 57(14), 3578 –3582, **2018**

10. Biphasic drug release from electrospun polyblend nanofibers for optimized local cancer treatment

Gaizhen Kuang, Zhiyun Zhang, Shi Liu, Dongfang Zhou*, Xiaolan Lu*, Xiabin Jing, Yubin Huang

BIOMATER SCI-UK, 6(2), 324-331, 2018

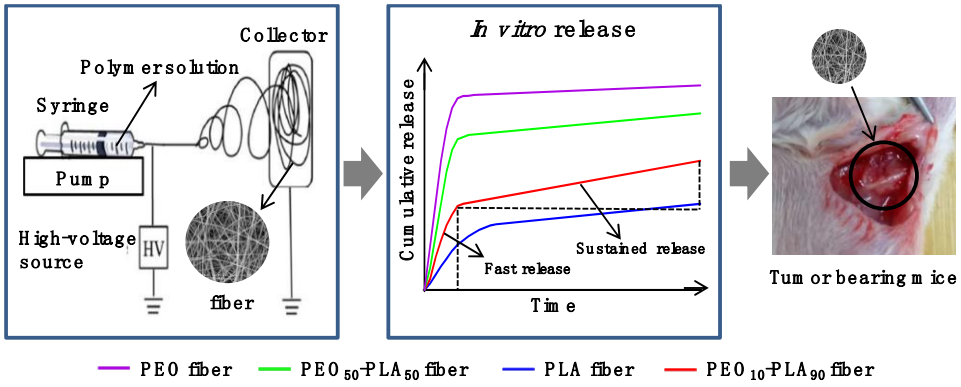
研究进展：局部载药系统因其提高局部药物浓度、减少全身不良反应等优势在肿瘤治疗方面得到广泛关注。目前的研究主要集中在药物缓释，尽可能延长药物释放时间，达到长期的治疗效果。但在肿瘤的临床治疗上通常要求早期给予足量的化疗药。我们提出双相释放也许可以解决上述矛盾，在早期大量药物快速释放从而迅速达到有效治疗浓度，后期药物持续释放以实现对肿瘤的持续抑制。目前双相释放载药系统主要用于抗炎药及抗生素，肿瘤方面还没有相关研究。已有的双相释放系统中，静电纺丝纳米纤维因其设备简单而备受关注，已有研究通过同轴电纺和多层电纺技术制备双相释放载药系统，但以上方法均较复杂，聚合物混纺是一种更简单的方法。本文首次尝试将双相释放载药体系用于肿瘤局部治疗。

研究内容：通过调节亲水性的聚环氧乙烷（PEO）和疏水性的聚乳酸（PLA）的比例来调节药物从纳米纤维中的释放。FT-IR、荧光成像、WAXD、SEM 等结果表明不同比例纳米纤维的成功制备以及药物的成功担载。体外释放表明成功制备了实现双相释放的纳米纤维，

且体内实验证明其有良好的生物相容性及合适的降解速度。将不同比例的纳米纤维植入荷瘤小鼠体内，发现具有双相释放的纳米纤维产生更好的抗肿瘤效果，且未出现明显的全身不良反应。离体荧光成像显示具有双相释放的纳米纤维确实可以在肿瘤部位达到较高的药物浓度，并在较长时间内维持较高水平，再次证明了双相释放适合肿瘤的局部治疗。

主要科技创新与学术贡献：首次提出双向释放适用于肿瘤局部治疗，并对此设想进行了验证。该双相释放载药系统制备方法简单，便于调节药物释放，同时具有普遍性，同样可用于其它抗肿瘤药物。此外，该实验为肿瘤局部治疗提供一个新的思路，同样适用于其它局部载药系统对于肿瘤的治疗，比如微球、水凝胶等载药系统。

国内外影响：本文用聚合物混合纺丝的方法制备了一种能实现双向释放的局部载药系统，并证明了双相释放能产生较好的肿瘤治疗效果，这为肿瘤局部化疗提供了一定的指导意义。



Biomater. Sci., 2017, DOI: 10.1039/C7BM01018D

11. Ion-assisted fabrication of neutral protein crosslinked sodium alginate nanogels

Xing Wei, Hejian Xiong, Dongfang Zhou*, Xiabin Jing, Yubin Huang*

CARBOHYD POLYM, 186, 45-53, 2018

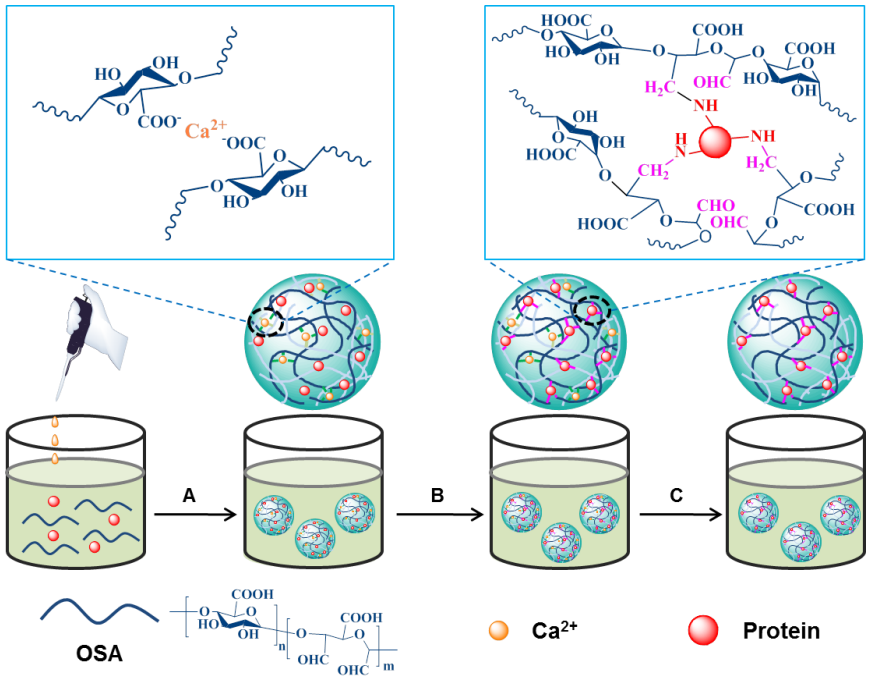
研究进展：蛋白质交联纳米凝胶不仅具有纳米凝胶可伸缩性、生物相容性和环境响应性等特点，同时具有蛋白质特有的生物活性；因此，在生物医用多功能纳米载体方面具有很大的发展空间。但是，蛋白质易变性，低反应基团密度，尤其中性蛋白质的低电荷密度限制蛋白质交联纳米凝胶的制备。离子交联技术由于其简单、温和的条件受到了人们的广泛关注。因此，利用离子交联辅助法制备中性蛋白交联纳米凝胶，有望保持血红蛋白结构和功能的完整性，极大的丰富了蛋白交联纳米凝胶的方法。

主要内容：我们首先制备了一批不同氧化度的氧化海藻酸钠（OSA）；在温和的搅拌条件

下，向其水溶液中滴加 Ca^{2+}，能够形成粒径均匀的氧化海藻酸钠纳米凝胶（OSANGs）。中性蛋白血红蛋白（Hb）能够包裹到 OSANGs 中，培养一段时间之后蛋白质的氨基和 OSA 的醛基在还原剂作用下形成稳定的化学键；除去 Ca^{2+}，从而制备出血红蛋白交联的纳米凝胶（HbNGs）。HbNGs 表现了很好的稳定性同时也保持了 Hb 的结构和功能完整性。细胞和动物实验证明了 HbNGs 具有良好的生物相容性。此外，这种离子辅助的方法也适用于制备其它中性蛋白交联的纳米凝胶。

主要科技创新与学术贡献：通过改变 OSA 的氧化度实现了简单、温和条件下制备粒径均匀的 OSANGs。提出了一种温和的离子辅助法应用于制备中性蛋白质交联的纳米凝胶。不仅保持了蛋白质结构和功能的完整性，而且表现力良好的生物相容性。

国内外影响：本文利用离子辅助法成功制备了中性蛋白交联的海藻酸钠纳米凝胶，保持了蛋白结构和功能的完整性，并且表现了良好的生物形容性。该方法条件温和，操作简单，为多功能蛋白纳米凝胶制备提供了新的思路。



Carbohydrate Polymers 186 (2018) 45–53

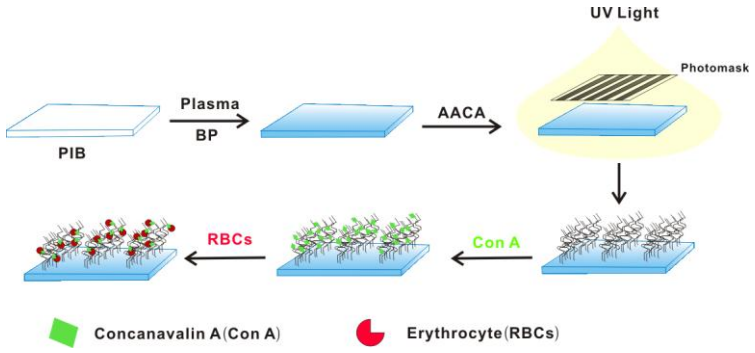
12. Surface modification of polyisobutylene via grafting amino acid-based poly (acryloyl-6-aminocaproic acid) as multifunctional material

Yanqiu Du, Chunming Li, Jing Jin*, Chao Li, Wei Jiang*

COLLOID SURFACE B, 161, 73-82, 2018

生物材料是用来诊断、治疗、补充和替换人体活组织功能的天然或人造材料。而医用高分子材料是生物材料中应用最为广泛，也是目前发展最为活跃的一个领域。这些生物材料在使用过程中不可避免的要直接与机体或者血液接触。因此，对于作为医用高分子必须具备良好的生物相容性。本工作主要通过合成一种新的氨基酸类单体，利用紫外光引发表面接枝，在聚合物表面构建一种多功能响应型的平台。利用该平台可以实现功能性生物大分子，如刀豆蛋白的固定，从而实现红细胞的特异性捕获。本工作开发的新型反应性平台，不仅能用于红细胞的识别和捕获，而且能推广给到抗原抗体的特异性识别体系，为聚烯烃的生物医用领域的应用找到一条新的突破口。

6-丙烯酰氨基己酸（AACA）是一种氨基酸衍生物，利用其构建聚合物分子刷具有很好的平衡材料的亲疏水性质，同时，AACA 提供的羧基能够用于固定生物大分子，如用于蛋白质负载性，分子识别能力等，使其具有多功能响应性质。本文选用牛血清白蛋白和纤维蛋白原作为蛋白模型，利用激光共聚焦以及 QCM-D 手段研究了该聚合物刷的抗污性能。结果表明，PAACA 聚合物刷赋予了材料良好的抗污性能。伴刀豆蛋白 A (Con A)是植物凝集素的一种，对红细胞具有很强的特异性识别能力。固定 Con A 的基底表面可以特异性的识别红细胞。红细胞膜由于具有打开再封闭的能力，因此是潜在的天然药物负载体。我们通过 PAACA 分子刷侧链悬挂的羧基，将 Con A 成功地固定到基底的表面，利用激光共聚焦离线研究了红细胞的捕获。此外，通过 QCM-D 手段实时在线证明了构建的多功能分子刷能够快速有效的捕获红细胞，为后期红细胞作为药物、蛋白，酶和许多生物活性物质载体提供了基础。



Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 161, 73-82, **2018**

13. Nanoscale metal-organic frameworks for drug delivery: a conventional platform with new promise

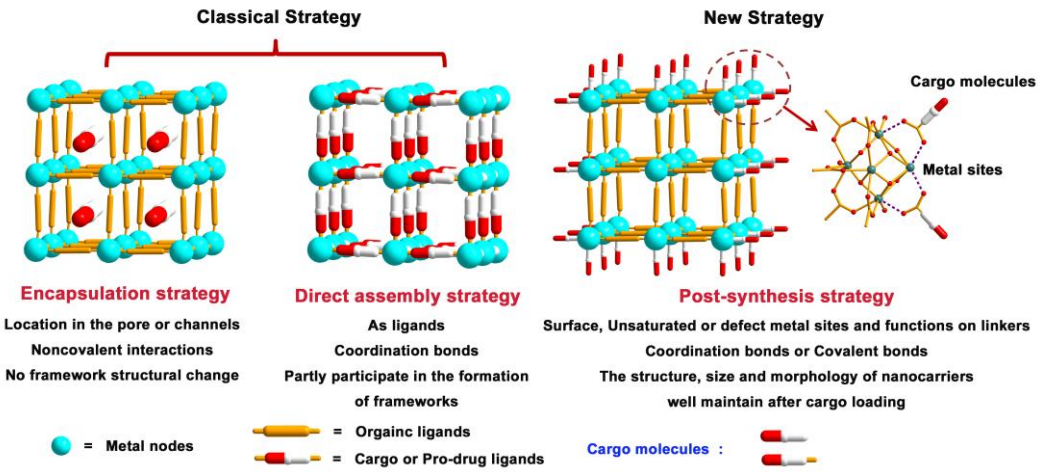
Lei Wang, Min Zheng, Zhigang Xie*

J MATER CHEM B, 6(5), 707-717, 2018

如何缓解实体肿瘤高的耐药性以及提高临床上常用的化疗药物的生物利用度，增强最终的治疗效果是当前化疗面临的主要挑战。比较有效的策略是设计合成出可控的纳米药物担载

体系，延长血液循环时间，避免药物在输送过程中被清除；此外，纳米材料自身所具备的纳米尺寸效应还能够有效的提高所担载的化疗药物在肿瘤组织的渗透和蓄积，从而杀死癌细胞。常用的药物载体可分为有机高分子、生物蛋白和无机材料等三大类，上述材料都存在各自的优点和缺点。

近年来，由金属节点（金属离子或金属氧簇）与有机配体分子彼此之间通过形成配位键而形成的金属-有机框架（Metal-organic frameworks, MOFs）备受关注。这种具有规则网络结构的 MOF 材料特色在于其大的孔洞结构、大的比表面积、结构和组分可调节，在催化、气体吸附和储存、光电磁等方面拥有广泛的应用前景。除了具有上述特点以外，MOF 自身所具有的酸依赖的生物可降解性，也可被加以利用用来设计药物载体，并有大量的文献报道。尽管对于 MOF 应用于生物医药领域已经有十余篇综述性文章报道，但是对于 MOF 药物释放体系中药物的担载方式以及其优缺点还未有报道。



J. Mater. Chem. B, 6, 707-717, 2018

如图所示，根据所担载的药物客体分子与主体 MOF 框架的相互作用，以及客体分子在担载系统中所起的作用，我们将 MOF 的担载方式分为三种，包裹策略、直接组装策略和后合成策略。尺寸匹配是包裹策略能否成功的首要条件。高的药物分子担载量是直接组装策略的最大优势，但是制备的载药体系的稳定性是其面临的一个挑战。对于后合成策略，这种策略是一种崭新的策略，具有广泛的普适性，可以通过基于配体的共价键形成以及基于金属节点的配位组装来实现药物的高效担载，也可以用来制备复合材料，在整个的后合成过程中框架的结构、纳米颗粒的尺寸和形貌没有明显的改变。这些都在我们课题组之前的工作中得到的充分的证明。

14. Efficient non-doped yellow OLEDs based on thermally activated delayed fluorescence conjugated polymers with an acridine/carbazole donor backbone and triphenyltriazine acceptor pendant

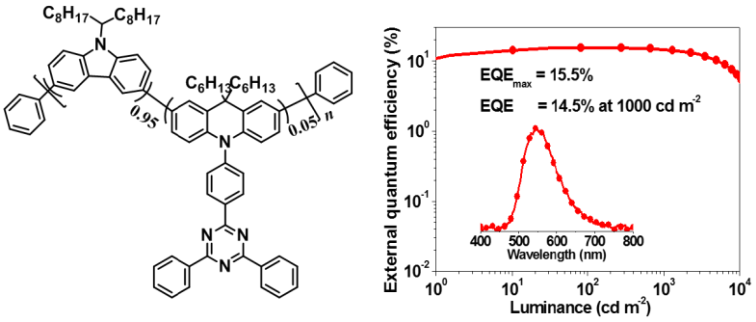
Yanjie Wang, Yunhui Zhu, Xingdong Lin, Yike Yang, Baohua Zhang*, Hongmei Zhan, Zhiyuan Xie, Yanxiang Cheng*

J MATER CHEM C, 6(3), 568-574, 2018

热诱导延迟荧光（TADF）材料与磷光配合物相似，易于发生三重态激子淬灭，需要通过主客体掺杂方式以获得高的器件发光效率。掺杂器件在制备过程中，需要精确控制主客体材料的混合比例，以消除引起无效能量转移的相分离以及主体和客体材料存在的不同老化速率、进而导致器件性能的不稳定。相对于掺杂器件，非掺杂器件由于制备过程简单和性能稳定，因而更有利于 OLED 商业化。

除了器件制作的物理掺杂方式，抑制三重态激子淬灭的有效方法是将 TADF 染料单元键合于聚合物中，通过调节染料单元含量、精细控制三重态激子淬灭，不仅能够以非掺杂方式制作器件，还可以实现溶液加工，有效降低器件制作成本。在前期工作基础上，本工作以二苯基三嗪取代二叔丁基三嗪为侧基受体，合成了一系列主链为吖啶/咔唑、TADF 单元含量不同的共轭聚合物，并且通过非掺杂溶液加工方式实现了 OLED 高效黄光发射。

聚合物结构如图所示：



相对于侧基受体为二叔丁基三嗪聚合物，该系列聚合物发光波长明显红移；TADF 单元含量降低，光致发光效率先增加后降低，摩尔含量为 5%时，聚合物拥有最高的光致发光量子效率。非掺杂溶液加工的器件表现为黄光发射，启亮电压在 2.6 V 左右，最大发光亮度高于 30000 cd m^{-2}。TADF 单元摩尔含量为 5%的聚合物 PCzATD5 器件展示了最佳的电致发光性能，最大外量子效率（EQE）为 15.5%，最大功率效率为 50.5 lm W^{-1} 和 1000 cd m^{-2} 时仅有 5.4%的效率滚降。非掺杂和掺杂器件性能对比，其最大 EQE 相差无几，但非掺杂器件的启

亮电压和驱动电压更低，效率滚降更小，表明这类共轭聚合物无须采用掺杂器件结构，更有利于未来大尺寸显示和照明器件的制作。

15. Thermal shrinkage and microscopic shutdown mechanism of polypropylene separator for lithium-ion battery: In-situ ultra-small angle X-ray scattering study

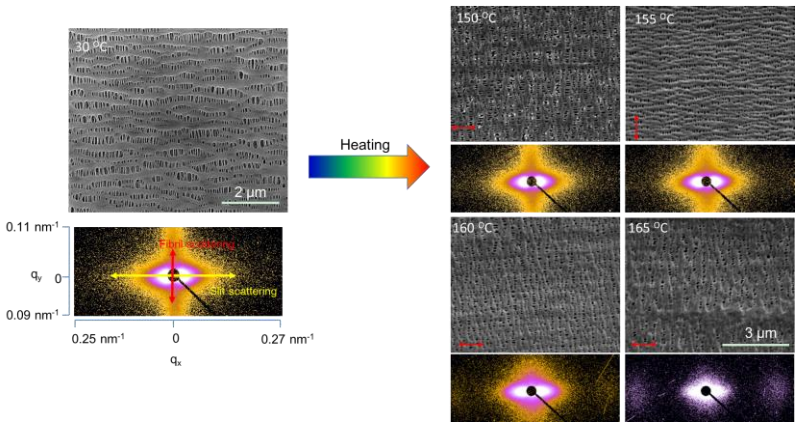
Bijin Xiong*, Ran Chen, Fangxinyu Zeng, Jian Kang*, Yongfeng Men

J MEMBRANE SCI, 545, 213-220, 2018

单轴拉伸的聚丙烯多孔膜广泛用于锂电池的隔膜，其主要作用为隔绝锂电池的阳极和阴极，防止电极短接，同时薄膜的微孔提供了锂离子的导通的通路，形成电流。在锂离子电池充放电的过程中，锂离子电池内部会参数热量导致温度上升。温度升高会导致隔膜发生热收缩，因此隔膜的热稳定性对于锂离子电池的安全使用具有十分重要的作用。此外，为了防止电池内部温度无限制的升高，需要在隔膜破坏温度以下切断电流。切断电流的方法之一为微孔闭合，因此隔膜具有一定的微孔闭合能力将提高锂电池的安全性能。

本文采用原位升温 SAXS 跟踪单轴拉伸法制备的微孔薄膜孔结构随温度的变化过程，研究了单轴拉伸聚丙烯隔膜在升温过程中的热收缩机理以及微孔闭合的机理。结果显示存在临界温度 T_{onset}，当温度低于 T_{onset} 时孔含量不变，而温度高于 T_{onset} 时孔含量迅速降低。T_{onset} 与晶体起始熔融温度接近，进一步证明微孔闭合驱动力来源于晶体结构的熔融。

通过研究隔膜的收缩以及微孔在升温过程中结构的演化，明确微孔的闭合机理，为锂电池热安全性能提高提供理论基础。



J MEMBRANE SCI, 545, 213-220, 2018

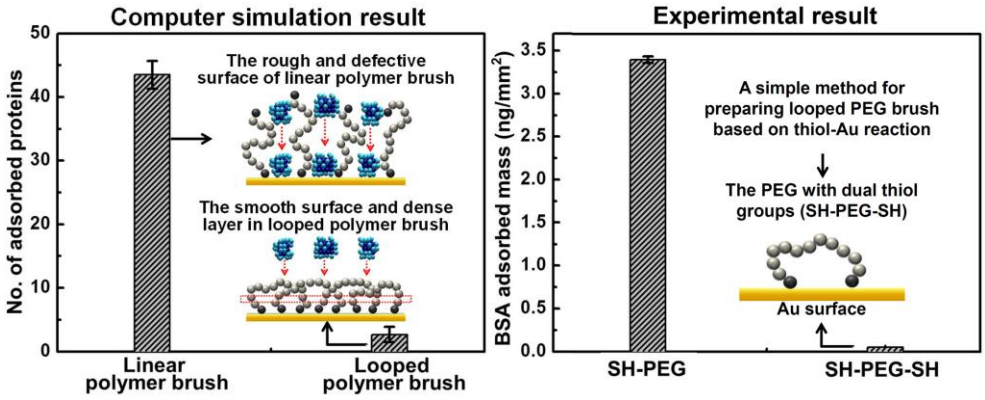
16. Effect of End-Grafted Polymer Conformation on Protein Resistance

Yuanyuan Han, Jiani Ma, Yu Hu, Jing Jin*, Wei Jiang*

LANGMUIR, 34(5), 2073-2080, 2018

蛋白质作为生命体的重要组成成分之一广泛地存在于生物体系中。当蛋白质与外界环境相接触时，蛋白质在接触面上的非特异性吸附会导致许多不良后果。例如在生物医药领域，医用高分子材料表面上的蛋白质吸附会诱发组织炎症、细菌粘附以及凝血与溶血等现象。另一方面，在船舶工业中，蛋白质在金属表面上的吸附会加剧船舶表面涂层的老化以及导致船体表面粗糙度增加等现象。因此如何有效地降低蛋白质在材料表面上的吸附是制备高性能抗污材料必须解决的关键问题。

在材料表面接枝具有较强生物相容性的亲水性聚合物是提高材料表面抗蛋白质吸附性能的有效方法之一。接枝聚合物在材料表面上的覆盖率是影响其抗蛋白质吸附性能的主要因素。我们采用 Monte Carlo 模拟与实验相结合的研究手段，考察了接枝聚合物的链构型对接枝材料表面覆盖率及其抗蛋白质吸附性能的影响。首先，我们在 Monte Carlo 模拟中构建了一系列具有不同链长和接枝密度的环型和线型接枝聚合物表面，并对比环型和线型接枝聚合物刷的表面结构以及蛋白质在这两种表面上的吸附行为。模拟结果表明，在接枝密度与接枝链长相等的情况下，环型聚合物刷相比于线型聚合物刷具有更为优异的抗蛋白质吸附性能。模拟结果同时指出，表面粗糙度低以及聚合物刷中基板附近存在的致密层是环型聚合物刷能够抗蛋白质吸附的两个必要条件。在随后的实验中，我们采用巯基修饰的聚乙二醇（SH-PEG-SH）通过 thiol-Au 反应成功地将 SH-PEG-SH 固定在金片表面，从而制备出具有良好的抗蛋白质吸附性能的环型接枝聚合物刷，证实了模拟中关于环型聚合物刷抗蛋白质吸附性能的预测。该模拟与实验相结合的工作为人们从分子层面上设计与制备具有良好抗污性能的材料表面提供了新的思路。



Langmuir, 34(5), 2073-2080, **2018**

17. A versatile method to prepare protein nanoclusters for drug delivery

Yupeng Wang, Lesan Yan, Shasha He, Dongfang Zhou*, Yanxiang Cheng, Xuesi Chen, Xiabin Jing, Yubin Huang*

MACROMOL BIOSCI, 18(2), 2018

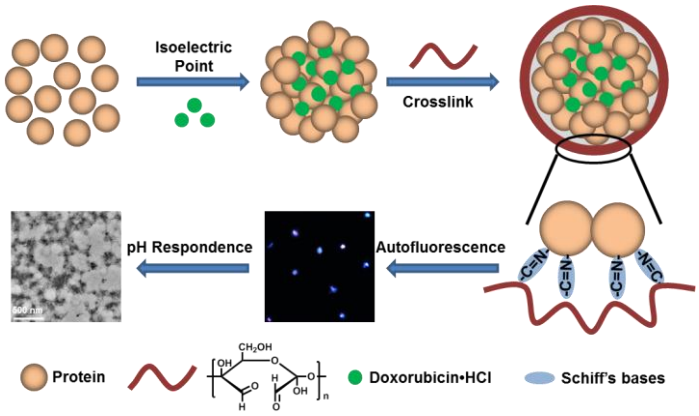
研究进展：基于蛋白质的纳米载体由于其良好的生物相容性被广泛的应用于生物医用领域。但是目前比较成熟蛋白质纳米载体制备方法操作都比较复杂，并且在制备过程中由于反应条件的影响造成蛋白质的变性或者失活，影响蛋白质的功能性。因此，设计一种简单、安全的蛋白质纳米粒具有重要的研究意义。蛋白质在水溶液中拥有等电点自聚集的特殊性质，并常被用于蛋白质的分离与纯化。利用蛋白质这一天然特性，可以开发出简单、安全的蛋白质纳米粒的制备方法，对于拓展蛋白质纳米载体在生物医用领域的应用具有重大意义。

研究内容：我们首次利用蛋白质在等电点溶液条件下自聚集的天然性质，开发出了一种简单、安全的等电点自聚集法来制备蛋白质纳米粒，并应用于小分子化疗药物的担载。首先我们选择了人体内最丰富的功能蛋白质-血红蛋白作为模型并测定其等电点，并通过调节反应条件，在等电点溶液中制备出均匀粒径的蛋白质纳米粒。同时利用修饰后的天然多糖对蛋白质纳米粒进行交联，使其具有杰出的稳定性和自发荧光的特点。整个制备过程均在水相中进行，制备条件温和，使蛋白质完全保留其结构的完整性与功能活性。我们进一步利用制备的蛋白质纳米粒来担载小分子化疗药物，并且利用纳米粒交联键在酸性条件下解离的特性，实现了小分子药物的可控释放。同时，我们又将制备方法应用于另外两种具有不同分子量、不同等电点的蛋白质，制备出具有均匀粒径和酸性响应性的蛋白质纳米粒，证明了等电点自聚集法对于不同蛋白质的通用性。

主要科技创新与学术贡献：设计了一种新颖的蛋白质纳米粒的制备方法，拥有纯天然原料、全水相反应条件、反应效率高、制备纳米粒结构稳定的优势。并且利用制备的蛋白纳米粒担载小分子化疗药物，既能在生理条件下的避免小分子药物的泄露，又能够将化疗药物在肿瘤细胞中响应性释放，保证了治疗的安全性和有效性。同时，制备的蛋白纳米粒拥有自发荧光的性质，为载体在细胞中的成像提供便利。

国内外影响：本文利用蛋白质等电点的特性设计了等电点自聚集法制备蛋白质纳米粒，用于小分子化疗药物的担载，实现对化疗药物的有效输送。该制备方法简单、安全，保证了蛋白质的功能活性，并且能够制备出具有 pH 响应性和自发荧光性质的蛋白纳米粒，对制备

多功能性的蛋白质纳米粒具有一定的指导意义。



Macromol. Biosci. DOI: 10.1002/mabi.201700282

18. Facile fabrication of hierarchically thermoresponsive binary polymer pattern for controlled cell adhesion

Jianwen Hou, Lele Cui, Runhai Chen, Xiaodong Xu*, Jiayue Chen, Ligang Yin, Jingchuan Liu, Qiang Shi*, Jinghua Yin

MACROMOL RAPID COMM, 39(6), 2018

红细胞在以苯乙烯类热塑性弹性体（SEBS）为基体的血袋中存储，常发生大量的溶血现象，导致血细胞发生形态畸变而凋亡。人体输入发生溶血或凋亡的红细胞会对引发严重的健康问题。患者输血时，需要首先保证所输血液的质量和安全。因而，追踪检测血细胞病变过程，从血液中移除病变的血细胞，从生物体液中检测功能失调和凋亡细胞，在临床诊断和治疗中十分重要。

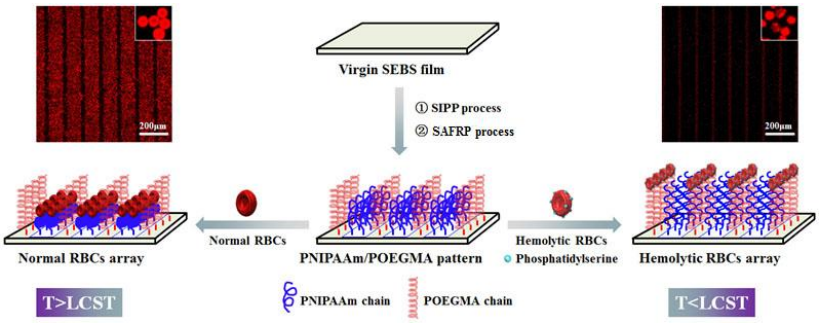


图 1. 构建 SEBS 为基底的细胞检测与捕捉平台

MACROMOL RAPID COMM, 39(6), 1700572, 2018

表面图案化为细胞创建一个结构精确可控的微环境，可在空间上控制细胞的粘附和取向。聚乙二醇（PEG）分子刷适合构建图案化表面来检测病变红细胞。一方面，PEG 分子刷提供电中性的亲水性表面，能够形成水化层来有效抵抗正常细胞的粘附；另一方面，PEG 与暴露在凋亡细胞表面的磷酯酰丝氨酸（PS）存在一定的相互作用，可将病变细胞捕捉在 PEG 分子刷表面。本工作我们巧妙的利用 PEG 和 PS 之间特殊相互作用，从而实现了检测异常红细胞的目的。我们首先通过表面引发接枝聚合方法（SIPP），将具有温敏性的 N-异丙基丙烯酰胺（NIPAAm）接枝到 SEBS 表面，形成亲水层；随后，利用紫外光刻蚀与模板相结合的方法，制备了图案化的引发剂阵列；最后，采用表面自由基活性聚合方法（SAFRP），将聚乙二醇单体（OEGMA）引入 SEBS 基底，在 SEBS 表面形成了 PNIPAAm/POEGMA 的二元分子刷阵列（图 1）。

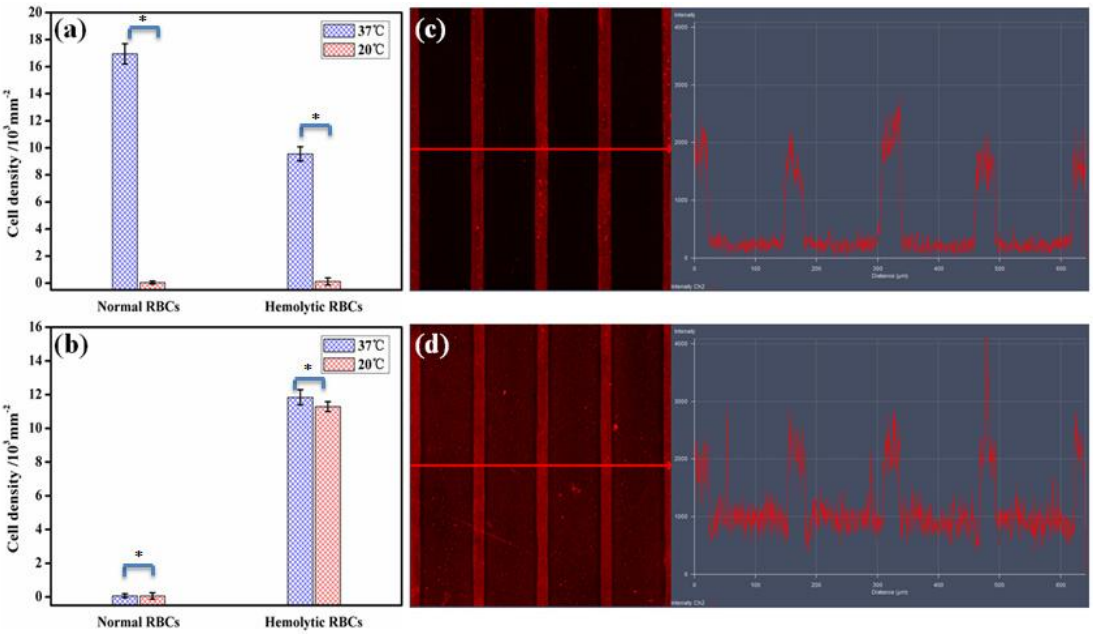


图 2 (a). 正常和溶血红细胞在 PNIPAAm 分子刷表面随温度变化的粘附数量，(b) 正常和溶血红细胞在 POEGMA 分子刷表面随温度变化的粘附数量，(c) 血细胞在图案化的 PNIPAAm 分子刷表面粘附的激光共聚焦测试和粘附线型图，(d)血细胞在图案化的 POEGMA 分子刷表面粘附的激光共聚焦测试和粘附线型图。

研究表明：提高引发剂密度和升高反应温度可有效提高 PEG 分子刷的接枝密度，赋予其蠕虫状的形貌结构及超亲水性质；二元图案化结构尺寸精确度高，具有可重复性。在 37°C

时，PNIPAAm 分子刷分子内氢键作用占优势，呈现一定的疏水性能，可以粘附正常红细胞和病变红细胞。而 PEG 分子刷呈亲水性，表面不粘附正常红细胞，却粘附溶血红细胞，血细胞在两种分子刷上都有粘附；当温度变为 20°C 时，PNIPAAm 分子刷分子间氢键作用占优势，呈现亲水性，不粘附血细胞。而 PEG 分子刷亲水性保持不变，却粘附溶血红细胞。这样，20°C 条件下，二元分子刷可单独捕捉病变的血细胞（图 2）。这一检测平台为原位检测和分析病变血细胞提供了支持，并有望应用于凋亡、病变细胞微量诊断等医用领域。

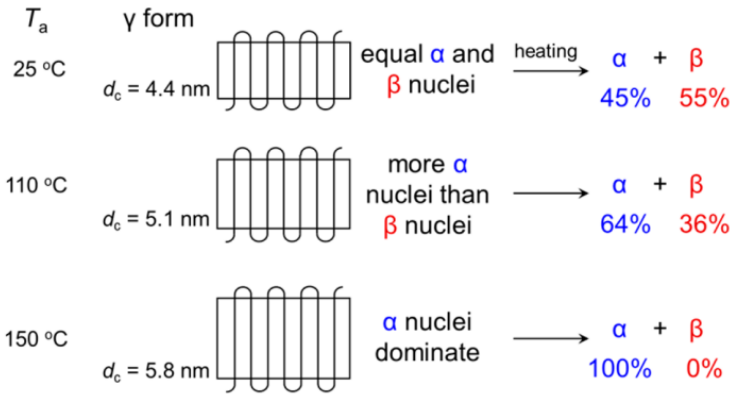
19. Lamellar thickness dependence of crystal modification selection in the syndiotactic polystyrene gamma-to-alpha/beta phase transition process

Hai Wang, Chunji Wu, Dongmei Cui, Yongfeng Men*

MACROMOLECULES, 51(2), 497-503, 2018

间规聚苯乙烯（syndiotactic polystyrene, sPS）是一种工程塑料，具有非常多样的晶型和复杂的晶型转变行为。间规聚苯乙烯的 α 和 β 晶型可以从无定型态的冷结晶以及熔体的熔融结晶过程获得。α 晶型属于六方晶系，分子链构象为全反式平面锯齿型；β 晶型属于斜方晶系，分子链也为全反式平面锯齿构象。γ 晶型可以通过溶剂诱导结晶获得，属于单斜晶系，分子链呈现 2_1 螺旋构象。在升温过程中，sPS 表现出 γ-to-α/β 的晶型转变过程。

当溶剂诱导形成的 γ 晶型在低于其晶型转变温度下进行热处理后，其片晶在 *c*-axis 方向和 *ab*-plane 方向均发生了明显增加。这导致了在后续的升温过程中，即经历 γ-to-α/β 晶型转变过程后，最终形成的 α 和 β 晶型的比例随热处理温度的升高而有规律的增大，直到 α 晶型成为唯一的晶型。其原因可能是 β 晶型的晶核在较高热处理温度下难以稳定存在，晶核数量随热处理温度急剧下降并最终消失，表现为晶型转变后 β 晶型含量递减。α 和 β 晶型在相转变中的选择性对初始片晶厚度的依赖关系被总结在下图中：



Macromolecules, 51(2), 497-503, **2018**.

从无定型或熔融状态出发，很难获得纯 α 晶体。根据以往研究，α 晶体在低温下比 β 晶体更容易成核，但是 β 晶体表面能、熔融焓和平衡熔点比 α 更高，更容易结晶。因此只有将熔体急速冷却至低温，再等温结晶，才有可能获得纯 α 晶体。本研究借助溶剂诱导结晶，提供了另一条制备纯 α 晶体的路线，并探索了初始结晶状态对后续晶型转变的影响。

20. Copolymerization of Lactide and Cyclic Carbonate via Highly Stereoselective Catalysts To Modulate Copolymer Sequences

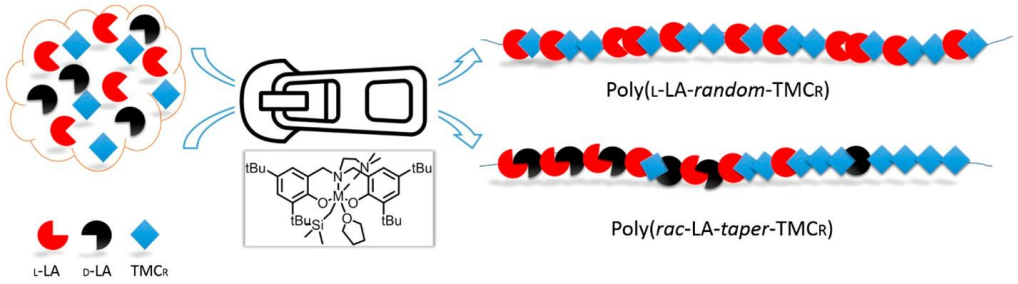
Xinli Liu, Xiufang Hua, Dongmei Cui*

MACROMOLECULES, 51(3), 930-937, 2018

聚丙交酯（PLA）具有良好的生物相容性和生物可降解性，广泛用于包装材料、医用缝合线、药物控释体系等方面。但均聚丙交酯因此侧链缺乏可官能化基团，使其在一些应用方面受到限制。相比于将丙交酯单体官能化，含有各种取代基的环状碳酸酯单体合成容易。进一步的，聚碳酸酯也具有良好的生物相容性及生物可降解性，但碳酸酯单体与丙交酯单体可控共聚合较为困难。崔冬梅老师课题组报道了利用对外消旋丙交酯具有高杂同聚合能力的胺基桥连的双酚类稀土配合物催化光学纯丙交酯（L-LA 和 D-LA）及外消旋丙交酯（rac-LA）与功能化碳酸酯（TMC_R）的共聚合，并对高杂同催化剂对共聚物分子链序控调控能力进行了详细研究。

利用高杂同钇的配合物与醇组成聚合催化体系，根据动力学试验其催化 rac-LA 与 TMC_R 共聚时可得到楔形共聚物；当催化 L-LA 或 D-LA 与 TMC_R 共聚时可得到无规共聚物，且共聚物的序列结构不受醇和碳酸酯种类的影响。通过 Fineman−Ross 方程计算共聚单体的竞聚率发现：当 L-LA 与 TMC_{R1} 共聚时，$r_{L\text{-}LA}$=0.58，r_{TMCR1}=0.70，说明两单体更易交叉共聚而难以均聚从而形成无规共聚物；而 rac-LA 与 TMC_{R1} 共聚时，$r_{rac\text{-}LA}$=2.29，r_{TMCR1}=0.51，说明 rac-LA 倾向于先均聚形成楔形共聚物。

这是由于杂同催化剂的结构使得一种光学纯的 LA 插入后更容易插入另一种光学纯的 LA，所以杂同催化剂催化 rac-LA 聚合速率较快，而催化光学纯 LA 的聚合速率较慢。另一方面，虽然碳酸酯单体的均聚速率快于丙交酯，但是其配位能力要弱于丙交酯。综合考虑，杂同催化剂催化 L-LA 与 TMC_R 共聚时，非手性的 TMC_R 相当于另一种光学纯的 LA（D-LA），使得 $k_{TL}\approx k_{LT}>k_{TT}$，得到无规共聚物。当使用没有选择性的催化剂时相应的序列结构也消失，这开创了一种使用立体选择性催化剂催化不同手性单体与非手性单体共聚来调控共聚物序列的新方法。



Macromolecules,51(3), 930–937, 2018

不同微观结构的共聚物也使得功能化碳酸酯单体在聚合物链中分布不同，通过 click 反应，可以方便地将共聚物进行后官能化。本文将呋喃基团和具有 AIE 效应的四苯乙烯基团接到聚合物侧链，从而方便地赋予共聚物新的性能。

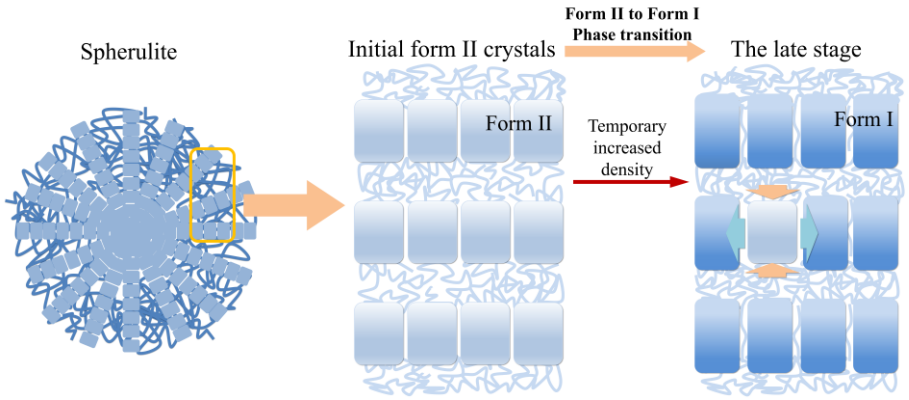
21. Retardance of Form II to Form I Transition in Polybutene-1 at Late Stage: A Proposal of a New Mechanism

Yongna Qiao, Hai Wang, Yongfeng Men*

MACROMOLECULES, 51(6), 2232-2239, 2018

聚丁烯-1 材料制品具有良好的机械性能和耐热蠕变性，但其应用却因固固晶型转变的存在而受到极大限制，聚丁烯-1 从熔体结晶首先快速生成亚稳态晶型 II，随后在室温下进行自发且不可逆的晶型转变得到稳定态晶型 I。II 到 I 的晶型转变经历两个阶段，第一阶段里 PB-1 以相对较快的速度达到约 90%的转化率，后期转变阶段里速率极为缓慢，转化率表现出一平台值且总是小于 100%。对于高分子量 PB-1，室温放置两年时间仍不能达到完全的晶型转变。因此，研究该晶型转变末期阶段的行为机理具有重要的学术意义与应用价值。

门永锋课题组选用三个不同分子量的聚丁烯-1 样品，使其在一系列不同的温度下等温结晶，得到不同片晶厚度及长周期的晶型 II 样品，并利用广角 X 射线散射（WAXD）技术在线监测了室温放置下的晶型转变过程。晶型转变的第一阶段能够较好地符合 Avrami 方程，而末期发生了严重的偏离。前期的工作表明，同样在相同的高温度结晶，分子量越高后续的晶型转变越快，而在低温结晶的样品，分子量较低的表现出较快的晶型转变。这一结果仅适用于晶型转变的第一阶段，而本工作的结果表明，无论第一阶段的晶型转变行为如何，当进入末期，总是低分子量或高温度结晶样的品表现出更为完全的转变。外界条件的改变只能影响晶型转变前期的动力学行为，末期的转化行为仅取决于样品自身的结构。



Macromolecules, 51(6), 2232-2239, **2018**

由于两晶型的晶胞结构不同，转变过程中晶块发生侧向收缩和法向伸长，使得非晶区密度有了瞬时的增加，残余晶型 II 小晶块受到来自非晶区额外的压力和侧向膨胀的趋势，这两个因素大大阻碍了晶型转变的进行。晶型转变是晶区整链平移与侧链构象转变的协同过程，而晶区的移动也受到非晶区链段运动能力的影响。当 PB-1 晶型 II 转变为晶型 I，晶区的链段的运动能力被限制，与之相连的非晶区运动能力降低，因而残余晶型 II 的链段移动变得困难。低分子量或高温结晶的样品非晶区中链末端的含量较高，具有较高的链运动能力，可实现不利于转化成核的受力状态的松弛，表现出更为完全的转变，即较高的末期转化率。这部分研究为工业界的产品设计及材料选择提供了理论指导。

22. Uniform, high crystalline, (100) crystal orientated perovskite films without PbI2 residue by controlling the nanostructure of PbI2

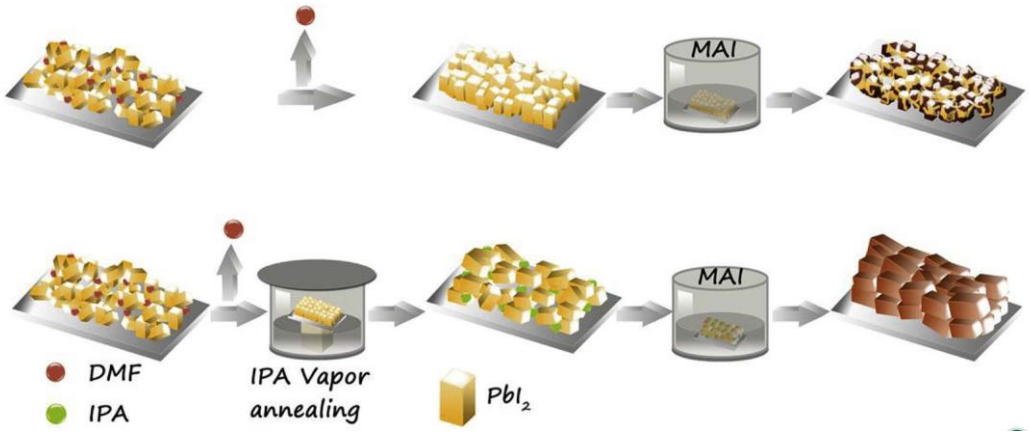
Qiuju Liang, Jie Han, Hongxiang Li, Liang Chen, Zhiyuan Xie, Jiangang Liu*, Yanchun Han*

ORG ELECTRON, 53, 26-34, 2018

钙钛矿作为光伏电池具有清洁、便于应用、制造成本低和效率高等显著优点引起了研究者的广泛关注。其效率由最初的 3.8% 提高到 22.7%。尽管钙钛矿太阳能电池的效率提高很快，但面临的问题也值得重视。首先，钙钛矿层的形貌、结晶程度及晶体取向对钙钛矿电池性能起决定性作用，而影响这些材料性质的因素很多。其次，这种新型太阳能电池在组装过程中存在稳定性问题，包括材料的稳定性以及高效电池器件的稳定性都存在很大的问题，，需要更多的研究和探索。

为优化钙钛矿薄膜形貌同时提高材料稳定性等问题，韩艳春课题组通过在两步法制备钙钛矿过程中调控碘化铅（PbI_2）的结晶性与形貌，同时提高钙钛矿薄膜质量，晶体取向及晶体稳定性。通过制备多孔 PbI_2 薄膜，增加 PbI_2 与碘甲胺（MAI）反应界面，使 PbI_2 反应跟完

全，从而提高薄膜覆盖率，增加晶体尺寸。此外，由于紧密堆积的 PbI_2 粒状晶体变成多孔的片状 PbI_2 晶体，使 MAI 与 PbI_2 晶体从（101），（010）及（100）晶面反应变为从（001）的上下表面开始反应，最终使改天狂晶体由原来的无规取向变为均一的（100）取向。由于形貌及取向的优化，钙钛矿晶体稳定系也明显增加。薄膜形貌优化有利于 优化优化由于形貌优化，薄膜缺陷减少，结晶性提高，晶体取向优化，可增强光吸收，提高载流子迁移率，减少复合，最终器件性能由原始的 9.73%（V_{OC} = 1.00, J_{SC} =15.20, FF = 0.64）提高到 16.61%（V_{OC} = 1.04, J_{SC} = 21.01, FF = 0.76）。



Organic Electronics, 53, 26–34, **2018**

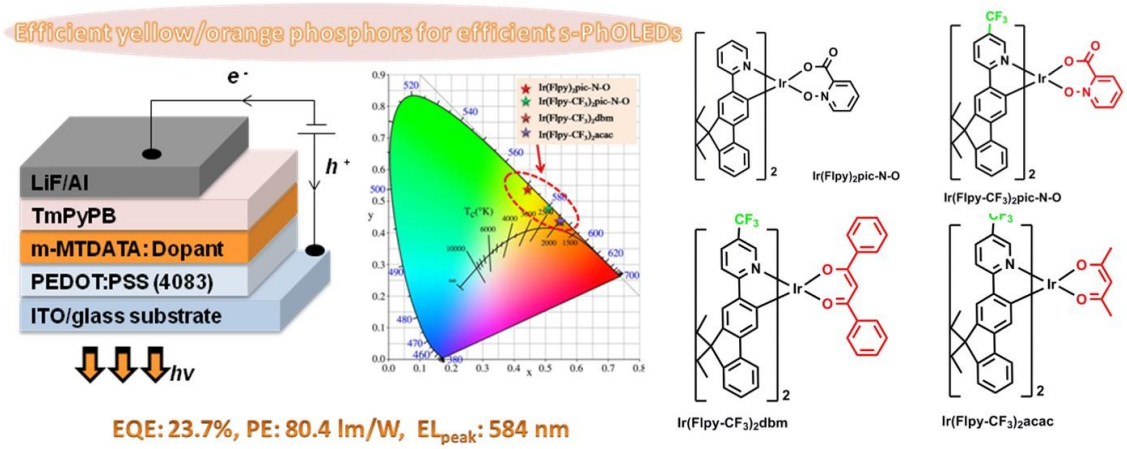
23. Efficient solution-processed yellow/orange phosphorescent OLEDs based on heteroleptic Ir(III) complexes with 2-(9,9-diethylfluorene-2-yl) pyridine main ligand and various ancillary ligands

Xuejing Liu, Bing Yao, Hailong Wang, Baohua Zhang*, Xingdong Lin, Xiaofei Zhao, Yanxiang Cheng, Zhiyuan Xie*, Waiyeung Wong*

ORG ELECTRON, 54, 197-203, 2018

经过过去几十年的努力，磷光 OLED 的内量子效率已达 100%。相对于蒸镀型磷光 OLED，溶液加工型磷光 OLED 在制备大面积柔性器件方面具有巨大的优势，因为它可以通过低成本的高通量喷墨打印方法来制备。为了实现高效率溶液加工型磷光 OLEDs，设计合成高效的溶液加工型磷光染料至关重要。其中溶液加工型黄/橙光磷光染料不管在高质量全彩显示还是在两色白光磷光 OLEDs 中都有着不可替代的作用。然而文献报道的高效的溶液加工型黄/橙光磷光染料不多。与苯基吡啶（ppy）型铱配合物相比，2-（9,9,-二乙基芴基）吡啶（Flpy）型铱配合物具有更好的溶解度和更长的共轭程度，因此在溶液加工型黄/橙光 OLEDs 方面具有更大的优势。

基于此，高分子重点实验室谢志元课题组在 Flpy 为主配体的基础上，通过改变辅助配体设计合成出四种黄/橙光磷光铱配合物，$Ir(Flpy)_2pic$-N-O, $Ir(Flpy\text{-}CF_3)_2pic$-N-O, $Ir(Flpy\text{-}CF_3)_2dbm$ 和 $Ir(Flpy\text{-}CF_3)_2acac$。这些铱配合物的发光波长在 544nm 到 588nm 范围内，采用 m-MTDATA/TmPyPB 形成的界面型激基复合物为主体制备的器件最大效率分别为 61.9, 71.9, 35.9 和 80.4 lm/W，CIE 分别为(0.43,0.54), (0.51, 0.48), (0.54, 0.44)和 (0.56, 0.43)。其中，基于 Ir(Flpy-CF3)2acac 制备的溶液加工型器件性能最好，最大 EQE 为 23.7%，最高功率效率为 80.4 lm/W。与典型的均配黄光磷光染料 $Ir(Flpy\text{-}CF_3)_3$ 相比，异配的 $Ir(Flpy\text{-}CF_3)_2acac$ 表现出明显的红移特征，发光波长由 570nm 红移到 584nm，且基于 Ir(Flpy-CF3)2acac 制备的溶液加工型器件性能接近于原来文献报道基于 $Ir(Flpy\text{-}CF_3)_3$ 制备的器件性能（最大 EQE 为 25.2%）。另外，随着 $Ir(Flpy\text{-}CF_3)_2acac$ 染料掺杂浓度的增加（1 wt% - 7 wt%），器件性能变化较小，然而，随着 $Ir(Flpy\text{-}CF_3)_3$ 染料掺杂浓度的增加，表现出严重的浓度淬灭效应。这意味着基于 $Flpy\text{-}CF_3$ 配体的铱配合物，异配型比均配型更有利于抑制浓度淬灭效应。这对于实际应用至关重要，因为对掺杂浓度不敏感制备的高性能溶液加工型磷光 OLEDs 更有利于控制和重复器件的大批量生产。



Org. Electron., 54, 197-203, **2018**

24. Insights into the formation process of yttrium-aluminum bimetallic alkyl complexes supported by a bulky phosphazene ligand

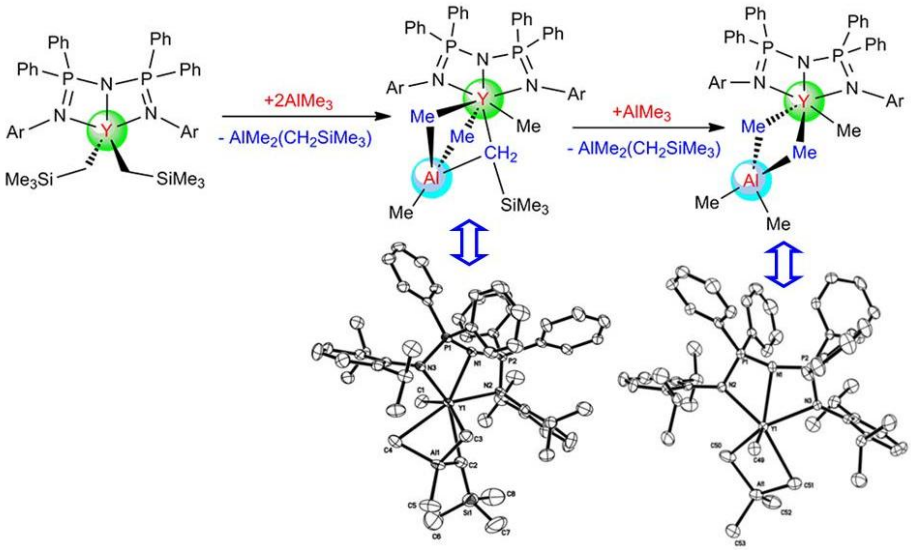
Weifeng Rong, Meiyan Wang, Shihui Li, Jianhua Cheng, Dongtao Liu*, Dongmei Cui*

ORGANOMETALLICS, 37(6), 971-978, 2018

自 Ziegler-Natta 催化剂发现以来，烷基铝已经成为烯烃配位聚合中最重要的助催化剂。在聚合过程中，烷基铝不仅能够去除催化体系中的微量水、氧等杂质，而且可以影响聚合反

应的活性和聚合物的立构规整性。大量研究表明，烷基铝与烯烃单体的配位、插入、β-消除等过程都息息相关。因此，研究烷基铝与配合物（主催化剂）的反应过程对分离聚合反应的活性种，进而明确聚合反应的机理起着至关重要的作用，这也是烯烃配位聚合领域研究的热点。然而，由于配合物与烷基铝的反应较为复杂，一般很能获得结构稳定的产物。

之前，我们曾报道了 NNN 型膦腈稀土配合物在烷基铝和有机硼盐的活化下可以高活性地催化异戊二烯高反-1,4 选择性聚合。为了阐明该聚合反应的机理，我们研究了该类稀土配合物与烷基铝的反应过程。当利用三倍或三倍以上的烷基铝（包括三甲基铝和三乙基铝）与配合物反应时，我们幸运地分离到了稳定的稀土-铝双桥连的配合物。单晶和核磁分析表明稀土配合物的三甲基硅亚甲基完全被烷基铝取代。更有意思的是，当利用两倍的三甲基铝时，我们获得了稀土-铝三桥连配合物。因此，该研究阐明稀土配合物与烷基铝的逐步反应历程，同时也为配位聚合机理的研究提供了依据。



Organometallics, 37(6), 971-978, 2018

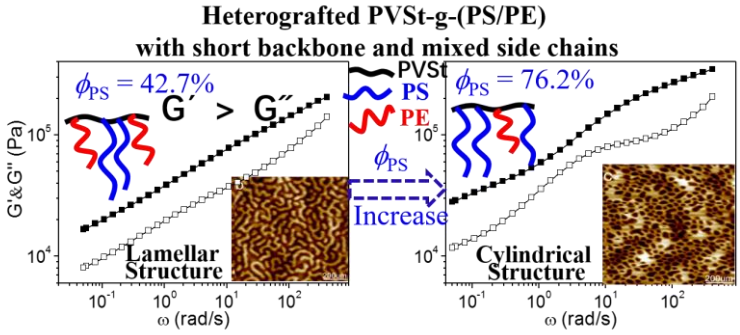
25. Morphology and linear rheology of comb-like copolymer melts with high grafting density: II. Heterografted PVSt-g-(PS/PE) comb-like copolymer with short backbone and mixed side chains

Yichao Lin, Shaofeng Zhang, Lin Ye, Yang Gu, Yanhui Wang, Li Ma*, Tao Tang*

POLYMER, 137, 222-230, 2018

活性聚合技术提供了一系列方法调控目标聚合物的分子结构。迄今为止，通过此方法，已经成功地合成了不同类型的非线性聚合物（例如：星形聚合物、超支化聚合物、梳形聚合物等），并且详细地研究了分子结构与性能之间的关系，例如相形态和熔体流变行为。特别

是梳形聚合物，由于主侧链组成与长度和支链密度的多样性变化，此类聚合物具有特别吸引人的性质。近年来，高密度的聚大分子单体（或瓶刷状聚合物）相形态的研究也备受关注。对于主侧链不相容的聚大分子，微相分离结构很难形成，原因在于高支链密度导致主链体积分数非常低。但是如果支链结构本身就具有微相分离结构，那么此类瓶刷状聚合物的微相分离结构将表现出来。



Polymer, 137, 222-230, **2018**

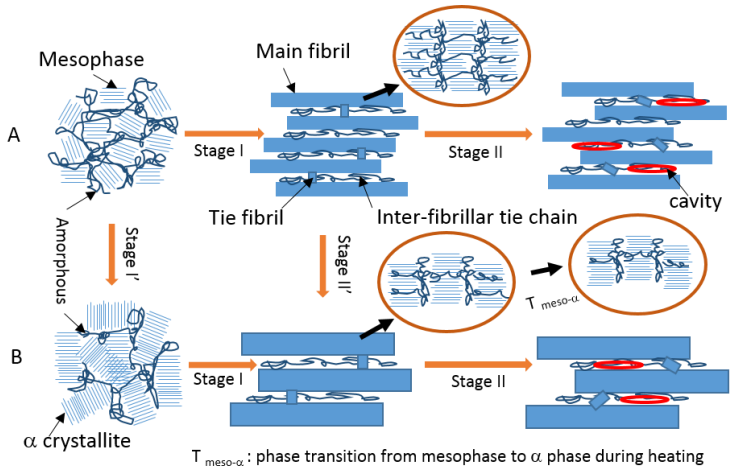
本工作中，成功合成了结构明确的三种高侧链密度梳形共聚物 PVSt-*g*-(PS/PE)。此类梳形共聚物具有 PS 与 PE 两种混合支链。PVSt-*g*-(PS/PE)的侧链密度高于 72%（每 10000 个主链碳原子上有 3615 条侧链），其分子结构类似于统计结构侧链的瓶刷状聚合物。其中 PS 总的体积分数（主链 PVSt + 侧链 PS）从 42.7%到 76.9%变化。此类梳形共聚物的主链很短、侧链很长，类似于不对称星形共聚物。调节两种侧链 PS 和 PE 的比例，可调节此类梳形共聚物中总 PS 体积分数（主链 PVSt+侧链 PS）。研究此类梳形共聚物的相形态和熔体流变行为发现，具有混合侧链的梳形共聚物 PVSt-*g*-(PS/PE) 表现出微相分离结构，改变 PS 体积分数可以调节微相分离结构类型。当 PS 体积分数从 42.7%到 76.9%变化时，微相分离结构从层状相到柱状相变化。并且当温度从室温到高温变化时，聚合物微相分离结构的有序度增大，但是没有出现有序-无序转变和有序-有序转变。具有微相分离结构的所有样品均表现出类似交联网络结构的熔体流变行为，并且不同相分离结构类型的线性流变行为存在一定的差异。

26. Inter-fibrillar tie chains determined critical stress of large strain cavitation in tensile stretched isotactic polypropylene

Ying Lu, Dong Lyu, Bijin Xiong, Ran Chen, Yongfeng Men

POLYMER, 138, 387-395, 2018

半结晶聚合物在拉伸过程中，受拉伸条件及初始结晶条件的影响，往往会产生两种不同的空洞化行为。一种发生在屈服点前后，此种空洞行为在拉伸温度较低时比较明显，而在高温时可以避免。另一种空洞产生于大形变处，此种空洞不受拉伸温度影响。对于等规聚丙烯（iPP）而言，在大形变处产生空洞所需要的临界应力与拉伸温度无关，只依赖等规聚丙烯的分子量大小。分子量越大，大形变发白时所需要的临界应力越大。我们选用一种分子量的 iPP，通过改变初始结晶条件，制备介晶相和　晶型的样品。发现在 80ºC 以下拉伸，介晶相发生大形变发白行为所需要的临界应力大于　晶样品大形变发白所需要的应力。在 80ºC 以上拉伸时，介晶相大形变发白时的临界应力逐渐减少，并最终与　晶样品的大形变发白应力一致。我们认为iPP大形变时的发白行为与高度取向的非晶网络中承受应力的纤维/微纤间的系带分子的断裂有关，而介晶相与　晶在大形变处的不同应力发白行为与样品的初始结构有关，具体如下图所示：



介晶相在未转变成　晶之前，其晶体侧向尺寸小于　晶的侧向尺寸。在拉伸过程中，介晶相形成的高度取向的非晶网络结构中的纤维/微纤直径更小。相同的侧向尺寸，介晶相的非晶网络结构中承受应力的系带分子数量更多，所以，破坏此类非晶网络需要的力较大。因此，介晶相大形变发白时所需的临界应力更大，即路径A。

当介晶相在拉伸前转变成　相，其非晶网络结构与　晶相似。在拉伸时，最终形成的高度取向的非晶网络结构与从　晶出发形成的非晶网络结构一致。从而，这两种晶型发生大形变发白对应的临界应力一致，即路径B。

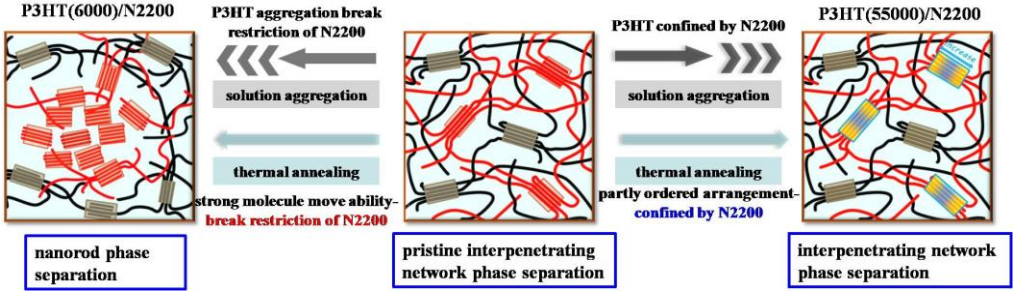
此结果再次证实了大形变处的应力发白与高度取向的非晶网络中承受应力的纤维/微纤间的系带分子的断裂有关，有助于理解半结晶高分子材料在拉伸过程中的断裂行为。

27. The broken out and confinement phase separation structure evolution with the solution aggregation and relative crystallization degree in P3HT/N2200

Rui Zhang, Ye Yan, Hua Yang, Xinhong Yu, Jiangang Liu*, Jidong Zhang*, Yanchun Han*

POLYMER, 138, 49-56, 2018

有机太阳能电池的活性层在光照后产生激子，然后激子在内建电场作用下进一步形成可自由移动的载流子。载流子在移动的过程中，需要给受体形成良好的互穿网络结构，以促使空穴和电子能分别在给体连续相和受体连续相中顺利扩散，最终被阳极和阴极收集。因此，活性层中互穿网络结构的形成与否直接决定着载流子在各自电极的收集效率。本部分工作主要调控P3HT/N2200结晶/结晶聚合物共混体系中两组分结晶速率差异构筑全聚合物互穿网络结构。我们选取了具有不同分子量 P3HT 分别与 N2200 共混发现：对于 P3HT(Mw=6000)/N2200 共混体系，P3HT 分子量低，具有更强的分子运动能力，在热退火过程中，突破 N2200 的限制作用，最终形成大尺寸相分离结构。通过对退火过程中二者结晶过程进行 in situ-2D GIXRD 表征，二者结晶速率差异大（Δk=142.0），结晶诱导生成纳米棒状大尺寸相分离结构。对于 P3HT(Mw=55000)/N2200 共混体系，P3HT 分子量高，退火过程中，在 N2200 结晶限制作用下，P3HT 分子局部有序排列，通过对退火过程中二者结晶过程进行 in situ-2D GIXRD 表征，二者结晶速率差异小（Δk=2.3）结晶限制形成稳定的互穿网络相分离结构。通过对两体系退火过程中热力学过程分析，我们发现，P3HT(Mw=6000)/N2200 共混体系相分离驱动力主要为熵变，P3HT(Mw=55000)/N2200 共混体系相分离驱动力主要为焓变。最后，通过共混溶剂调控溶剂-聚合物相互作用参数，改变溶液聚集状态，我们发现，P3HT(Mw=55000)/N2200 共混体系形成的互穿网络结构具有更好的结构稳定性。本部分系统地探讨了全聚合物共混体系中两组分结晶速率差异对薄膜相分离形貌的影响，只有当二者结晶速率差异小的时候才能形成更稳定的互穿网络结构，为结晶/结晶聚合物共混体系配对原则提供了理论指导。



Polymer, 138, 49-56, **2018**

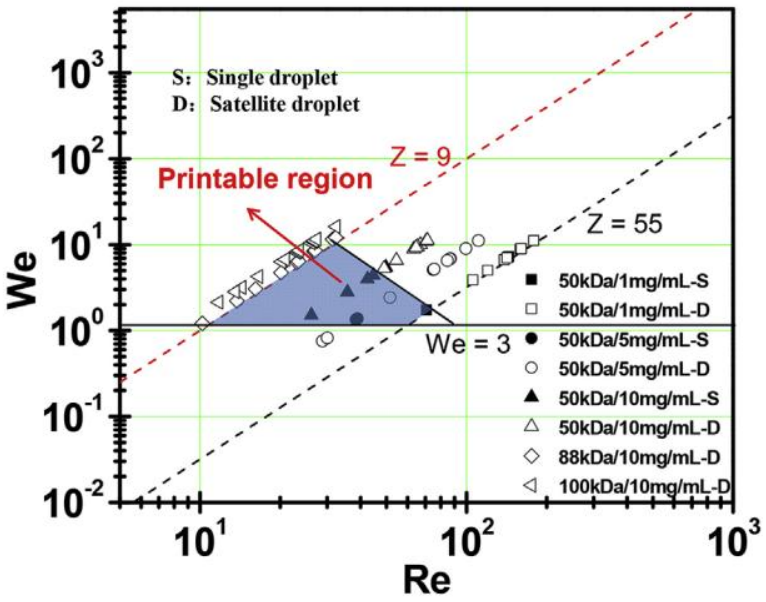
28. Controlling the polymer ink's rheological properties and viscoelasticity to suppress satellite droplets

Zhonghui Du, Yangming Lin, Rubo Xing, Xinxiu Cao, Xinhong Yu*, Yanchun Han*

POLYMER, 138, 75-82, 2018

喷墨打印过程中，单一稳定液滴是实现稳定打印的先决条件。对牛顿型流体，合适的 Z 常数是实现单一液滴稳定喷射的关键。而对高分子类非牛顿型流体墨水，墨水的流变学特性及高分子粘弹性均影响其液滴形成过程。除 Z 常数影响外，高剪切力作用下，高分子链存在伸缩等构相转变，高分子链的拉伸可延迟液滴脱离喷嘴的时间，形成卫星液滴，严重影响液滴的形成过程，进而影响打印效果。

我们系统的研究了高分子流变学特性和粘弹性对液滴形成过程的影响。采用混合溶剂、不同的分子量和浓度来改变高分子墨水的粘度、表面张力和粘弹性。通过调控高分子墨水流体性质（无量纲 Z、 We 常数，与表面张力、粘度相关）和粘弹性（Wi，与松弛时间和拉伸速率相关），消除卫星液滴，实现单一液滴。实验结果表明，通过调节双溶剂体系氯苯 (CB)/环己基苯 (ChB)比例，高粘度辅溶剂的加入能有效降低墨水 Z 常数，抑制卫星液滴的产生。通过定量分析不同 PFO 分子量和浓度时墨水的飞行距离和主次液滴速度，结果证实次主液滴速度差值先增大后减小是主次液滴融合成单一液滴的原因。最后，探索了 PFO 墨水的可打印区间，发现 $9 \le Z \le 55$, $Re \ge 3$ 和 $Wi = 0.5$ 是 PFO 墨水的可打印窗口。为获得精确的打印效果，应同时控制这两个参数。



Polymer 138, 75-82, 2018

29. Micro/macro-stress relationship and local stress distribution in polyethylene spherulites upon uniaxial stretching in the small strain domain

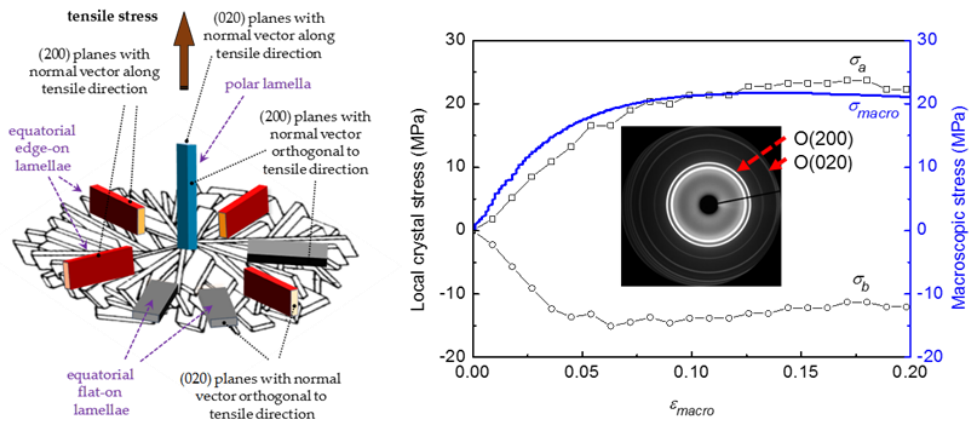
Bijin Xiong, Olivier Lame*, Roland Seguela, Yongfeng Men*

POLYMER, 140, 215-224, 2018

聚乙烯是一种广泛使用的通用高分子材料。聚乙烯主要用来制作各种类型的管道、注塑制件、薄膜等塑料制品。这些制品在使用的过程中通常会受到外力的作用，甚至在外力的作用下发生失效与破坏。这些力学性能是由聚乙烯微观结构决定的。因此明确聚乙烯微观结构与性能之间的关系对于其应用具有十分重要的意义。

聚乙烯通常具有复杂的多尺度微观结构。当聚乙烯从熔体中冷却结晶时，首先形成几个纳米到几十个纳米的晶片结构。晶片结构进一步聚集形成几个微米的球晶结构。这些复杂的多尺度结构导致微观应力的分布不均匀，从而影响宏观样品的应力分布，导致局部应力集中，进一步加快样品的破坏和失效。因此研究微观尺度下应力分布与宏观性能之间的关系具有十分重要的作用。

作者通过在线拉伸广角 X 射线衍射实验，跟踪了小形变过程中球晶不同区域晶体结构的演变。通过晶体结果的变化，建立了局部微观应力的测量方法，进一步明确了微观应力与宏观应力的关系。实验结果进一步证实了球晶中应力分布的不均匀。极区的轴向应力高于赤道区域的轴向应力，且两者的比值与结晶度密切相关。对于高结晶度样品，其应力通过极区的晶片结果传导，而对于低结晶度样品，其应力通过赤道区域晶片结构进行传导。此外，研究结果显示，极区与赤道区域晶片所受应力均为三轴应力。



POLYMER, 140, 215-224, 2018

通过上述微观应力分布的研究，为明确聚乙烯形变过程中微观应力与宏观应力的关系提

供了可行方法，同时为建立微观力学模型提供了基础数据。

30. Associating behavior of one polyimide with high molecular weight in solution through a relatively weak interaction

Ensong Zhang, Xuemin Dai, Youliang Zhu, Quan Chen, Zhaoyan Sun, Xuepeng Qiu*, Xiangling Ji*

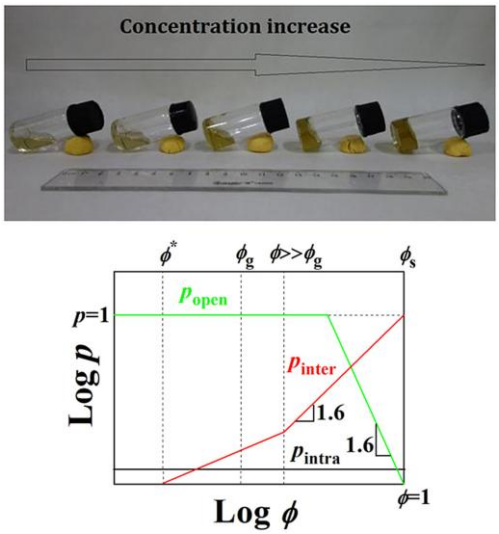
Polymer, 141, 166-174, 2018

传统的缔合高分子，是指高分子链上具有少量较强相互作用基团，这些基团能够形成稳定聚集体的一类高分子。姬相玲组之前的研究工作发现可溶性聚酰亚胺 6FDA-TFDB 溶液在不同浓度区间的标度指数均高于理论预测值，并且标度指数随分子量的增加而升高。通过分析影响标度行为的多种因素，证实聚酰亚胺单元间存在的较弱相互作用是造成标度指数偏离的主要原因。如果增加分子量到一定程度，弱相互作用将如何影响溶液的标度律，是否会出现类似缔合高分子的溶液行为？

基于以上问题，姬相玲组在前面工作的基础上进一步深入研究了一种高分子量可溶性聚酰亚胺 6FDA-TFDB 溶液的标度行为。首先研究了不同浓度条件下聚酰亚胺溶液剪切黏度与剪切速率间的关系，发现高于接触浓度 ϕ^*时发生剪切变稀现象，且随着溶液浓度的增加，剪切变稀的趋势随之增大。这主要是由于链内相互作用向链间相互作用转化，而链间相互作用在高剪切速率下更容易被破坏。

建立了不同浓度区间的聚酰亚胺溶液黏度和浓度间的标度关系。进一步计算得到松弛时间与浓度间的标度关系，结果与缔合高分子标度理论相符，这表明当聚酰亚胺分子量增大到一定程度时，缔合作用点数目足够多，使聚酰亚胺溶液呈现出缔合高分子的特性。此外，随着溶液浓度的增加，当溶液浓度高于某一临界值时，聚酰亚胺溶液也会与传统的缔合高分子溶液一样，发生凝胶转变（如下图所示）。

传统的缔合高分子都是基于多重氢键、配位键、离子键这种较强相互作用，而上述结果表明，如果有足够多的缔合点，较弱相互作用也同样使高分子表现出缔合特性。通过对传统缔合高分子模型进行修正，使结果更加符合聚酰亚胺体系，同时拓宽了缔合高分子的定义。



Polymer, 141, 166-174, **2018**

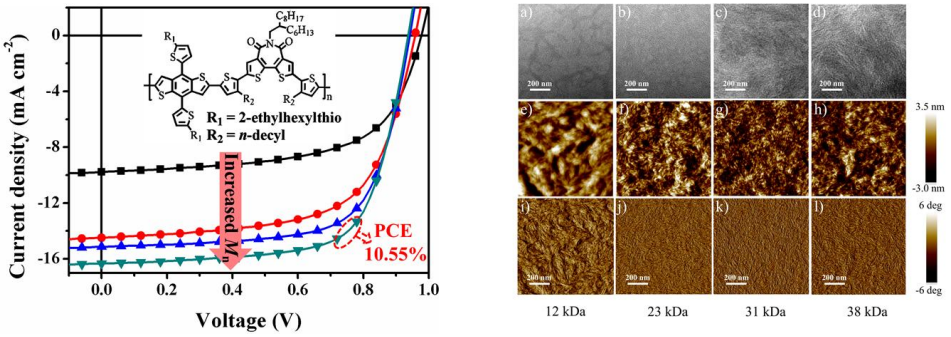
31. High-Performance Additive-/Post-Treatment-Free Nonfullerene Polymer Solar Cells via Tuning Molecular Weight of Conjugated Polymers

Zelin Li, Dalei Yang, Tong Zhang, Jidong Zhang, Xiaoli Zhao*, Xiaoniu Yang*

SMALL, 14(16), 1704491, 2018

最近几年，随着 A-D-A 型非富勒烯小分子受体的迅速发展，基于其与共轭聚合物共混制备的聚合物太阳能电池效率迅速攀升至 14%左右，这主要得益于小分子受体强的吸光能力、易调控的能级结构以及低的能量损失等优点，表明该体系具有极高的应用潜力。与小分子受体相比，该体系中的共轭聚合物由于分子量的不确定等因素导致的不同批次材料的差异性限制了这一高效聚合物太阳能电池器件可重复性。在聚合物/富勒烯体系中，聚合物分子量对器件性能的影响已经被广泛研究，然而考虑到非富勒烯小分子受体与传统富勒烯受体在分子结构以及性质上的巨大差异，系统研究小分子体系中聚合物分子量对器件性能的影响仍然具有十分重要的意义。

为了详细研究小分子体系中聚合物分子量对器件性能的影响，杨小牛课题组合成了四批 PDI 相同，分子量分别为 12、23、31 和 38 kDa 的聚合物 PBTIBDTT-S，将其与经典的高性能小分子 ITIC-F 受体共混制备器件，发现随着分子量的提升，器件效率不断提升，这主要得益于于高分子量的聚合物具有更强结晶性。更为重要的是，该系列器件在制备过程中没有使用任何添加剂或后处理手段，这对后期的大面积生产是十分有利的。



Small, 14(16), 1704491, **2018**

最终，我们使用 38 kDa 分子量的 PBTIBDTT-S 与 ITIC-F 共混制备得到了效率达到 10.55% 的电池器件，这是首次关于在非富勒烯小分子受体体系中聚合物分子量对器件性能影响的研究，对进一步发展高效率非富勒烯有机太阳电池具有十分重要的意义。

32. Viscoelastic behaviour and relaxation modes of one polyamic acid organogel studied by rheometers and dynamic light scattering

Ensong Zhang, Yong Zhao, Wenke Yang, Hongxiang Chen, Wei Liu, Xuemin Dai, Xuepeng Qiu, Xiangling Ji*

SOFT MATTER, 14(1), 73-82, 2018

聚酰胺酸是高性能聚合物聚酰亚胺的前驱体，它的结构中存在羧基和亚胺基，可以通过分子设计而具有功能性。目前多数研究集中于聚酰胺酸的稳定性及“降解行为”，尚缺少全面系统或拓展性的研究。

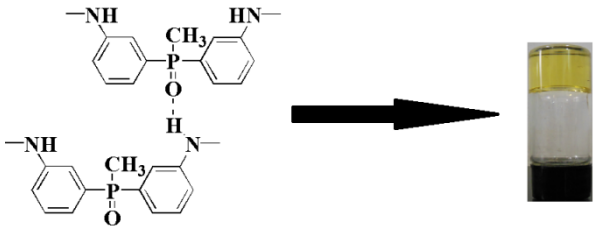
姬相玲组设计了一种新型含磷聚酰胺酸有机凝胶（如下图所示），利用流变仪原位观测了聚酰胺酸凝胶的形成过程，包含两个阶段：引发区和反应区。研究了不同条件下聚酰胺酸凝胶的黏弹行为，并证实凝胶网络结构来源于 P=O 与-NH-间氢键相互作用。

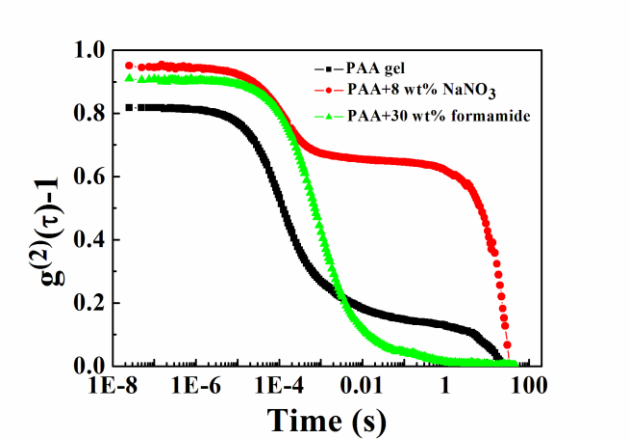
利用动态光散射分别研究了纯聚酰胺酸凝胶、加盐及加甲酰胺体系，获得不同条件下的自相相关函数及特征时间，结果发现聚酰胺酸凝胶中存在三种不同松弛模式：快松弛、中间松弛及慢松弛。快松弛模式和中间松弛模式均符合扩散定律。其中，快松弛模式来源于平行于氢键相互作用方向上链的振动，而中间模式来源于垂直于氢键相互作用方向链的振动。慢松弛模式不符合扩散定律，它来源于静电相互作用导致的聚酰胺酸链段的聚集。

扩散波谱实验获得了不同条件下聚酰胺酸凝胶样品的均方位移与时间的关系，表明静电相互作用导致聚酰胺酸链伸展而呈现半刚性链特征。通过对结果的进一步转化，获得了高频

区聚酰胺酸凝胶样品黏弹性信息，并基于 de Gennes 的蠕动理论，对不同区间进行划分。通过损耗模量与振荡频率间标度关系，进一步证实了聚酰胺酸链呈现半刚性链特征。

本工作利用动态光散射、流变仪及扩散波谱对含磷聚酰胺酸有机凝胶进行研究，一方面获得了聚酰胺酸有机凝胶在不同频率区域的黏弹性行为，另一方面揭示了凝胶的形成机理。





Soft Matter, 14(1), 73-82, **2018**

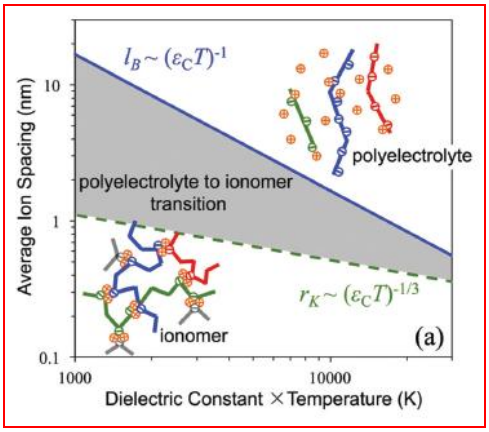
33. Dynamics of associative polymers

Zhijie Zhang, Quan Chen*, Ralph H. Colby

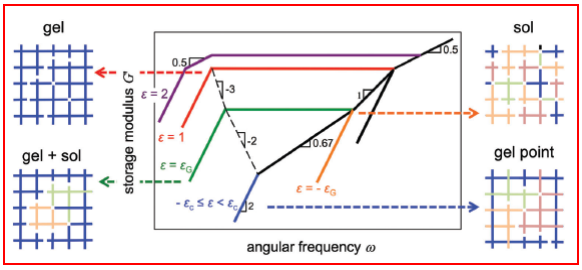
SOFT MATTER, 14, 2961-2977, 2018

高分子缔合体系是通过引入链间相互作用改变高分子体系的动力学行为，是高分子功能材料发展的重要方向。在高分子体系中引入较弱的链间相互作用，如离子键、氢键和 π-π 相互作用等，能够赋予高分子材料可逆的力学性能，而这种性能是开发自愈材料、刺激相应材料及形状记忆材料的关键。本文中，作者总结了近年来高分子缔合体系动力学行为研究的成果，并预测了未来的研究方向。

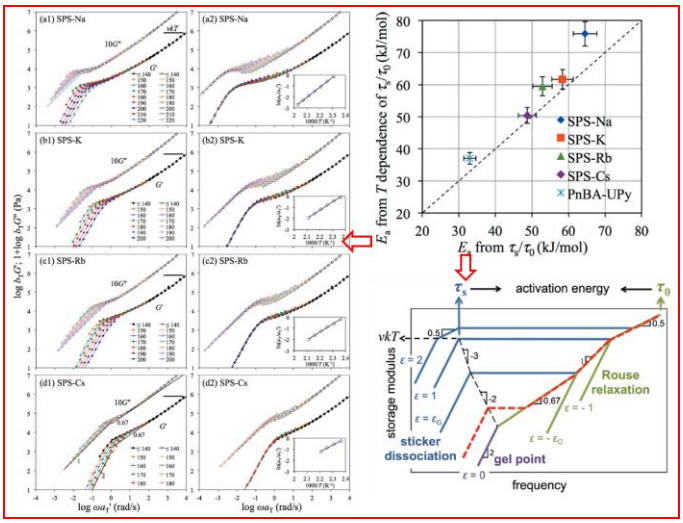
高分子缔合体系的动力学研究主要集中在三个关键问题：（1）离聚物和聚电解质的转变；（2）缔合点的密度对体系动力学行为的影响；（3）缔合能的大小。本文中，我们围绕这三个方面总结近年来高分子缔合体系流变学研究的进展。



长久以来，界定离聚物与聚电解质的标准始终存在争议。根据我们课题组近年的研究结果，我们提出了通过控制环境极性来调控离子间的结合能，进而实现从完全聚集的离聚物到完全解离的聚电解质的转换。据此，我们设计了将离聚物溶于高极性寡聚物的实验，并利用 X 射线散射跟踪了离子聚集状态，证实了可通过调控环境极性来实现离聚物与聚电解质的相互转化。（Macromolecules, 2017, 50, 963-970）



高分子缔合体系如何实现溶胶-凝胶转变，以及该转变过程各个阶段的流变学性能是一个重要的研究方向。我们课题组通过线性流变学手段研究了不同缔合点密度的高分子缔合体系的动力学行为，研究表明平均每个链上含有一个缔合点，体系即达到凝胶点。进一步我们还研究了缔合体系在溶胶-凝胶转变过程中各个阶段的流变学行为，并给出了理论模型。该理论模型是我们课题组一个重要的研究成果。（Macromolecules, 2015, 48, 1221-1230）



缔合能是高分子缔合体系最重要的物理参数。我们提出了两种实验解析缔合能的方法：

（1）通过给定温度 T 下 τ_s / τ_0 的比值，和（2）通过 τ_s / τ_0 的温度依赖性，这两种方法与文献报道的最大区别在于利用了两个特征时间的比值，而非单一的特征时间（如黏度或末端松弛均依赖 τ_s）。我们针对这两种方法设计了模型实验，实验证明两种方法得到的缔合能相互吻合，且符合理论预测值。（Macromolecules,2016,49,9192-9202;J.Rheol.,2017,61,1199-1207）

围绕缔合点的密度以及缔合能得大小，我们系统研究了高分子缔合体系的线性流变学行为，并在分子尺度得出一些理论结果，但距离完全揭开高分子缔合体系动力学行为的本质还相差很远。我们考虑，未来应该从以下四个方面展开研究。（1）缔合点在高分子链上分布的影响；（2）具有不同缔合能的共混缔合体系；（3）缠结高分子缔合体系的流变学行为；（4）高分子缔合体系的非线性流变学研究。

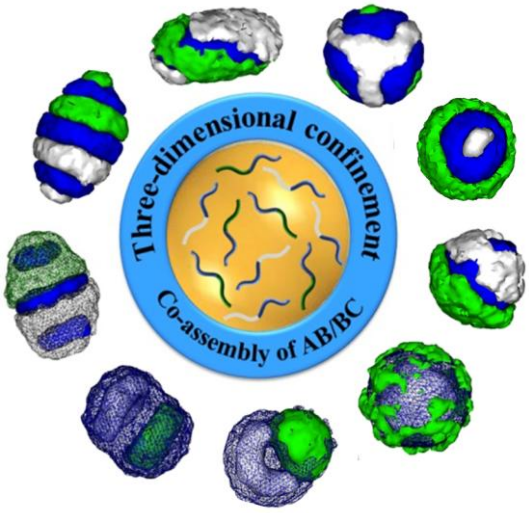
34. Confined co-assembly of AB/BC diblock copolymer blends under 3D soft confinement

Nan Yan, Xuejie Liu, Yan Zhang, Nan Sun, Wei Jiang, Yutian Zhu*

SOFT MATTER, XXX, 2018

在适当条件下，高分子嵌段共聚物会发生微观相分离，进而自发组装形成高分子纳米组装结构。最近，科研人员发现当嵌段共聚物在乳液液滴三维软受限空间内进行受限自组装时，由于高分子链的受挫效应及乳液液滴的模板效应，可以得到一些非受限环境下不能获得的新颖组装结构。另一方面，将嵌段共聚物与均聚物，或两种嵌段共聚物共混进行共组装，可以引入更多组装调控因素，进而获得更加复杂、可调的组装结构，是高分子自组装调控领域常用手段。

基于以上研究背景，我们通过 Monte Carlo 方法，系统模拟了 A_8B_8/B_8C_8、$A_6B_{10}/B_{10}C_6$、$A_{12}B_4/B_4C_{12}$、$A_{12}B_4/B_{10}C_6$ 四类具有不同嵌段比的共混物在三维软受限空间内的受限共组装行为。模拟结果显示，共混物的嵌段长度比、嵌段与溶剂之间的相互作用是决定共组装结构的两种关键因素。通过调控以上两种因素，不仅可以得到“洋葱状”、“蠕虫状”、“花蕾状”等经典组装结构，还能获得一些新颖组装结构，如“双面神状”、“花生状”、“雪人状”等结构，如下图所示:



Soft Matter, DOI: 10.1039/c8sm00486b, **2018**

二、学术交流

高分子科学系列讲座

➲ **PSLAB271-PS2018-01**



报告题目：Self-assembly of molecular brushes: a facile route to nanostructured functional materials

报 告 人：宋东坡 教授

报告人单位：山东大学化学与化工学院

报告时间：2018 年 1 月 12 日（星期五）下午 15:00

报告内容：如何利用分子刷聚合物的自组装来实现高分子材料的微结构控制和功能调控。包括三个方面:（1）聚合物分子级别上对材料形貌的精准控制，系统研究了聚合物刷分子结构与自组装形成微结构的关系如：分子刚性和对称性的影响等；（2）良好微结构的复合材料及光学性能研究包括光子晶体和光学树脂等，介绍新型光子晶体颜料的开发技术；（3）利用脉冲光加热技术产业化制备多孔电极材料。该技术属于国际首创，在柔性电极膜材料的工业化制备方面有巨大应用潜力和经济效益。通过这次报告机会向母校的各位老师和同学汇报我近年来的科研工作，探讨相关领域的前沿方向，寻求合作机会。

➲ **PSLAB272-PS2018-02**



报告题目：Understanding of the Process-Structure-Property Relations of Polymer/Nanocomposite Foams

报 告 人：Dr. Patrick C. Lee

报告人单位：The University of Vermont, USA

报告时间：2018 年 3 月 16 日（星期五）上午 9:00

报告内容：Most new polymeric products contain two or more polymers and functional additives resulting in desired properties contributed from each component. The multilayer coextrusion process is a single-step process starting with two or more polymeric and hybrid materials simultaneously extruded and shaped in a single nozzle to form a multilayer structure. Recently, Micro-/Nano-Layer (MNL) coextrusion has been used to manufacture unique optical, mechanical, and gas barrier films, such as brightness-enhancement filters for electronic screens, ultra-strong safety and security window films, and elastomeric barrier films for cushioning bladders in athletic shoes, consisting of hundreds of layers each less than 100-nm thick. Foams can be prepared from any type of plastic by introducing a gas or supercritical fluid (SCF) within the polymer matrix. The applications of microcellular plastics containing billions of tiny bubbles less than 10 microns in size have broadened due to the lightweight characteristics, excellent strength-to-weight ratios, superior insulating abilities, energy absorbing performances, and the comfort features associated with plastic foams, as well as their cost-effectiveness and cost-to-performance ratios.

In this presentation, I will discuss my research on understanding the process-structure-property relations of multiphase nano-structured lightweight and smart hybrid polymer foam materials, which have a variety of applications in the automotive, aerospace, biomedical, energy storage, electronic device, and food and electronics packaging industries. Specifically, a novel MNL coextrusion foam manufacturing technology for fabricating multiphase lightweight composites will be discussed in this talk and this technology is expected to significantly reduce production costs by decreasing material usage as well as increasing performance-to-weight ratios through proper microstructure engineering.。

学术交流活动

➲ 2018 年度实验室青年骨干学术交流报告会

2018 年 2 月 2 日，长春应用化学研究所高分子物理与化学国家重点实验室举办了 2018 年度青年骨干学术交流报告会。实验室正副主任、全体研究员，青年学者和研究生代表等 100 余人参加了会议。会议由杨小牛研究员主持，并由门永峰研究员，刘俊研究员等人助理主持。大会共有 13 个邀请报告和 10 个墙报。

早上 8 点，杨小牛主任代表高分子物理与国学国家重点实验室全体成员对 2017 年度新加入的成员表示了欢迎。杨小牛主任希望新加入的同事能够尽快融入到重点室的大家庭中；并希望通过这次交流会，能够增进新老同事之间的了解，展开必要的科研合作。

随后，刘巍、王宝龙和衣小虎助理研究员做了题为“嵌段共聚物 PS-b-PAA 与亲水性量子点共组装制备囊泡”“疏水改性聚乙烯醇基多孔高分子材料”“基于炔基的电化学还原引发自由基逐步聚合反应制备层层组装光电聚合物薄膜物”的个人总结报告；王大鹏、简忠保和罗传富三位新入职的研究员分别作了题为“由解吸附引起的高分子界面异常扩散行为解析”“高性能功能化聚烯烃的可控合成”“高分子结晶的计算机模拟研究”的学术报告。学术交流会现场气氛活跃，报告人与参会人员就相关问题展开了热烈的讨论和交流。

中午休息时间主要进行了青年学者的学术交流与墙报展示。刘巍、王宝龙、宋凌杰、闫南、赵霞、吴小雪、刘凌志及赵晓雷等助理研究员分别展示了题为“嵌段共聚物 PS-b-PAA 与亲水性量子点共组装制备囊泡”“疏水改性聚乙烯醇基多孔高分子材料”“基于炔基的电化学还原引发自由基逐步聚合反应制备层层组装光电聚合物薄膜物”“高效内盐-硼酸聚合物免疫检测平台的构建及性能研究”“熵/焓协同指导功能性无机纳米粒子在嵌段共聚物受限组装体中的可控排列分布”“具有释放 H2S 和抗菌性能的双功能供体分子”“石英晶体微天平研究聚乙二醇在 K2SO4 水溶液中的粘弹性”“相变材料的合成及性能研究”“Structural Mechanism for Shear Thinning of Semiflexible Polymers”的墙报，现场气氛热烈，墙报展示者与参会人员进行了友好二热烈的谈论与交流。

下午，继续进行青年交流报告。刘新立、丁自成、杨华伟、朱有亮、邢海平、王兴东和王磊副研究员分别作了题为“利用高杂同催化剂实现丙交酯与碳酸酯序列结构可控共聚合”“小分子给体/高分子受体太阳能电池”“医用聚氨酯留置针导管材料制备、成型和抗感染改性”“聚电解质毛刷表面自清洁效应的模拟研究”“聚合物改性以及聚合物微孔泡沫材料的制备”“纳米多孔复合结构的制备及其生物应用探索”“跨尺度模拟研究疏水聚电解质的 Pearl-Necklace 形貌”的报告。会后，青年骨干与主要参与的研究员展开了圆桌讨论，就大家感兴趣的研究领域展开了热烈的讨论，并在相关研究领域达成了合作意向。