

项目申请指南

高分子学科动态与 2016 年度指南

董建华

(国家自然科学基金委员会化学科学部, 北京 100085)

摘要:结合 2015—2016 年新情况, 概述近期高分子学科新动态, 给出年度基金申请指南, 指出基金申请中存在的一些问题。

关键词:国家自然科学基金 2016 基金指南; 高分子学科动态; 前沿与进展

本文属于一年一度的专栏约稿。期望能对高分子学科学者了解学科动态有一定帮助, 同时, 列举一些基金申请中存在的问题, 提醒读者不要犯这类错误, 最后, 将学科评审组专家们审定的学科指南发布给读者, 使大家明确国家自然科学基金化学科学部高分子科学学科资助范围。

1 学科动态

1.1 国内外学术奖励

黄飞鹤获得 2015 年度 Cram Lehn Pedersen 超分子化学奖。魏志祥与万梅香、江雷等题为“导电聚合物微纳米结构及其功能化”的成果获得国家自然科学二等奖 1 项。顾利霞等题为“新型共聚酯 MCDP 连续聚合、纺丝及染整技术”和徐虹等题为“功能性高分子聚氨基酸生物制备关键技术与产业化应用”的成果获 2014 年国家技术发明二等奖各 1 项。

1.2 学科前沿新进展

1.2.1 三元体系聚合物太阳能电池 聚合物太阳能电池具有质轻、价廉等优点, 属于可再生能源。由多种电子给体或受体形成活性层的三元有机太阳能电池能够同时改善多种性能。通过该路径光电转换效率不断提高, 已有多个研究组在聚合物太阳能电池取得大于 10% 的结果。

魏志祥将一种高迁移率、高结晶性的共轭小分子引入到聚合物与富勒烯衍生物的体系中, 实现了对聚合物光伏活性层的结晶性和相分离尺度的有效调控, 获得光伏器件效率高达 10.5%^[1]。

杨阳和俞陆平^[2,3] 分别在三组分聚合物太阳能电池领域做出了富有创新性的成果, 报道的器件效率分别为 8.2% 和 8.7%。

葛子义等^[4] 采用非共轭小分子电解质作为界面层获得了光电转换效率达 10.02% 的聚合物太阳能电池。该电解质为光生载流子收集和为优化光子捕获提供了界面接触, 他们制备的器件改善了电子迁移率, 增强了活性层吸收, 活性层在水平面相分离和垂直方向相梯度微结构得到优化。

1.2.2 超分子聚合 超分子聚合物是小分子化合物通过分子间多重非共价键相互作用形成的聚合物。长期以来的问题是链长和链长分布的精密控制难以实现。

张希等发展了基于多重主体稳定电荷转移作用和 π - π 相互作用的超分子聚合物新方法, 制备了高聚合度的超分子聚合物。他们基于主客体相互作用的尺度选择性, 实现了由自分类识别驱动和控制的超分子聚合^[5]。

黄飞鹤等基于柱^[7]芳烃与偶氮苯季铵盐的主客体分子识别构筑了超两亲准聚轮烷。该聚准轮烷在水中可自组装形成具有热、光双重响应性的囊泡, 可用于可控释放的载体^[6]。

活性超分子聚合仍然是个具有挑战性的课题,自然界中自组装都是远离热力学平衡态的,以卟啉类单体自组装成纳米粒子,在作为“病原体”的等份纳米纤维存在下,这些纳米粒子通过类似人工感染过程变成纳米纤维^[8]。该组装过程是间或以等构机制和协同机制进行的。通过控制该组装过程,超分子聚合动力学符合链增长聚合,链长和链长窄分布(PDI 为 1.1)都得到精密控制。

相田^[9]在超分子精密合成方面取得原创结果。传统的超分子聚合属于逐步过程,即首先是所有“单体”消失,所形成的低聚物再进行聚合,各种链长聚合物均存在于体系中,即可控性很差。相田等将上述逐步过程变成链引发和随后的链增长聚合,从而实现了分子量及其分布的精密控制,是该领域的突破。其单体属于“亚稳态单体”,碗状并苯化合物上键接有 5 个酰胺基团的取代基,这 5 个酰胺之间形成分子内氢键,呈笼状,避免了没有引发剂时分子间自聚。设计的引发剂是上述单体中将酰胺基甲基化,因而不产生分子内氢键,不再像单体那样呈笼状,而是以舒展构象存在,其中甲基化酰胺基的羰基处于氢受体状态。当引发剂与亚稳态单体混合后,引发剂羰基与单体酰胺基胺基相互作用形成 5 个分子间氢键,形成二聚体,而使单体中羰基处于“自由”状态,又可与第二个单体反应,如此往复循环,就发生聚合反应。分子量取决于引发剂与单体当量比,分子量分布可窄至 1.2~1.3 所得聚合物结构经原子力显微镜、核磁扩散系数、柱色谱、动态光散射和圆二色性等技术表征确认。

如果将酰胺取代基中引入手性基团,则可实现手性螺旋控制的立构选择性聚合。原料为外消旋单体的体系中,加入手性引发剂,只有一种单体聚合,就实现了手性拆分。

作为高分子科学发展新方向,超分子聚合已经取得了迅速发展,张希等^[10]最近详细评述了该领域国内外进展。

1.2.3 二维高分子和微孔三维高分子骨架材料 通过小分子间弱可逆相互作用,自组装是制备纳米材料如二维高分子的有效方法,具有“自矫正”与“自纠错”特征。若以不可逆共价键来构筑纳米材料,可以得到稳定的纳米结构,但也带来了留下缺陷的问题。因此,通过不可逆共价键合成稳定形状纳米材料的方法,在模板预组织具有多步骤耗时等缺点,理想状态时直接以化学反应获得精密控制的纳米结构。关键因素是构筑单元的理性设计是平面单体外围有多个反应性基团,无需模板辅助预组装就形成平面低聚物小片,这些片状基元进一步聚合增长为大分子,没有曲面的大平面就是二维高分子,有曲面时就形成高分子纳米胶囊,或者是纳米空心柱,其应用包括药物控制释放、异相催化。

将电子给体和电子受体基元化合物通过缩聚反应构筑成为共价有机骨架材料,其中电子给体和电子受体 π 柱状周期性排列,形成超分子异质结,适于电子转移和长时电荷分离^[11]。电子给体部分可以是酞菁,金属中心离子可以分别为铜、镍和锌等,而电子受体分别是均苯四酰二亚胺、萘酰二亚胺和花二酰亚胺。

以周边带有反应基团的葫芦脲^[12]合成二维高分子或形成囊泡等高分子体系,取得了系列进展。

1.2.4 手性聚合物 通过在磁场下加入与磁场方向平行或反平行的线偏振紫外光辐照聚合,实现了螺旋聚二乙炔组装体的可控合成,为由非手性单体出发制备螺旋共轭聚合物提供了一条新途径。制备的聚二乙炔组装体 CD 信号与磁场强度成正比,且改变磁场与线偏振光方向夹角,能得到相反 CD 信号。探索了螺旋聚二乙炔组装体在可视化识别氨基酸对映异构体方面的应用^[13]。

董泽元在双螺旋聚合物体系取得重要进展,设计合成了一种新颖螺旋聚合物,该聚合物可转变为双螺旋超分子结构并带来手性变化,有望具有开关效应^[14]。

吴宗铨等合成了结构简单、制备容易、空气稳定性高的钪配合物,能高效引发异腈活性聚合,得到分子量可控、分子量分布窄的高立构规整度聚苯基异腈及其嵌段共聚物^[15]。最近,他们又结合 ROMP 及钪配合物引发的苯基异腈的活性聚合,一步合成得到侧基为立构规整螺旋聚异腈的刷状聚降冰片烯。

1.2.5 光诱导可控聚合

(1) 含金属体系:以路易斯酸 $Y(OTf)_3$ 和 $Yb(OTf)_3$ 为介质,进行光诱导电子转移 RAFT 聚合,合成了一系列立构聚合物。以 $Ir(ppy)_3$ 和 $Ru(bpy)_3$ 为光催化剂进行 N,N' -二甲丙烯酰胺, $Ir(ppy)_3$ 和 $Y(OTf)_3$ 体系能实现立构规整性和分子量及其分布的精密控制^[16]。利用这一特点结合热聚合,可以一锅

法实现立构嵌段聚合物的合成,如无规-全同立构嵌段、全同-无规立构嵌段聚合物,还可改变体系化学组分,调控所得聚合物立构规整度,进而能够一锅法合成由5个不同立构规整度的嵌段组成的梯度聚合物。

研究了卟啉在光诱导可控自由基聚合,可在可见光区域435nm到655nm很宽波长范围使用^[17]。锌卟啉(ZnTPP)可以选择性活化光诱导电子转移RAFT聚合(PET-RAFT)。单体是苯乙烯、丙烯酸酯类和丙烯酰胺类,引发剂仅可为三硫碳酸酯类、其它RAFT试剂如二硫苯甲酸酯、二硫氨基甲酸酯和磺原酸酯不能被ZnTPP活化。意味着三硫碳酸酯类与ZnTPP具有特殊相互作用,光氧化还原催化剂与三硫碳酸酯类间特殊作用使得该聚合反应能够忍受氧气存在,通过改变可见光波长能够调控聚合速度 k_p^{app} 在 $1.2 \sim 2.6 \times 10^{-2} \text{ min}^{-1}$ 范围变化。

付雪峰等基于有机钴化合物中Co—C键在可见光照射下的可逆均裂,发展了新型温和条件下可见光诱导的活性自由基聚合体系^[17]。设计合成了具有普适性的光引发调控剂(salen)Co—CO₂CH₃,在室温可见光照下,实现了包括丙烯酸酯类、丙烯酰胺类及醋酸乙烯酯的活性自由基聚合。体系无须添加剂,对光源有很好的容忍度,特别是能很好地调控醋酸乙烯酯的自由基聚合^[18]。

(2)无金属催化体系:许多聚合反应由含金属催化剂或引发剂作用下获得,导致聚合物中存在金属化合物残留,不仅存在金属化合物价格昂贵的问题,而且常常影响到聚合物使用安全性。如何做到聚合物没有任何金属污染?近年来通过有机化合物做催化剂或引发剂替代金属化合物,采用光敏化促进,已分别在易位开环聚合、正离子聚合和原子转移自由基聚合等方面取得很有意义的进展。

在无金属催化剂存在下,以氧化有机引发剂实现环状烯烃易位开环聚合(ROMP)^[19]。乙烯基醚单电子氧化形成正离子自由基,再与降冰片烯反应形成聚合物,其结构与传统Grubbs催化剂或其它金属催化剂作用下ROMP形成的聚合物相同。乙烯基醚单电子氧化形成正离子自由基的过程可由有机光氧化还原体系在温和条件下完成。聚合物分子量由单体与催化剂配比控制,聚合反应转化率很高。通过光源开关能够实现起始与终止聚合往复循环。传统聚合方法所获得的聚合物带有金属催化剂残留物质,而无金属催化聚合方法解决了这个问题,扩大了聚降冰片烯聚合物的应用范围。

以此方法进行双环戊二烯与降冰片烯共聚合,获得线形共聚物,然后利用硫醇-烯点击化学获得交联聚合物,扩大了无金属催化易位开环聚合反应适用单体范围^[20]。

光诱导无金属引发活性正离子聚合:光诱导无金属引发活性正离子聚合^[21]可利用2,4,6-三(*p*-甲基)四氟硼酸吡啶盐和甲醇体系,实现4-甲氧基苯乙烯可见光引发正离子活性聚合。聚合物分子量及其分布可由体系中甲醇量来控制。机理研究表明:增长链端正离子由甲醇通过可逆链转移来控制。

可控自由基聚合:ATRP的巨大挑战是在金属催化剂作用下的ATRP所得聚合物存在金属残留问题,痕量铜会产生猝灭荧光、生物和细胞毒性等问题。以有机光氧化还原催化剂进行的ATRP聚合反应就能够消除这个问题^[22]。研究发现,以吩噻嗪类化合物进行烯类单体聚合,可由光开关控制反应起始与终止,控制分子量和分子量分布,可获得嵌段共聚物。

在350nm~750nm波长范围,实现光控有机催化活性自由基聚合。通过选用合适的有机催化剂,可在一定波长光照下进行活性聚合,改变波长能调控聚合速度^[23],光照开关可控制聚合的引发与终止。丙烯酸酯类单体聚合物的分子量及其分布可得到很好的控制, M_w/M_n 为1.1~1.4。多种功能化丙烯酸酯类单体可通过该方法聚合并通过共聚获得嵌段共聚物。利用聚合波长响应性,可以通过一锅煮调控不同聚合机理的聚合,如进行活性自由基聚合与开环聚合选择性反应。

1.2.6 催化聚合 利用稀土催化剂实现了邻甲氧基苯乙烯的高全同选择性聚合,崔冬梅等^[24]提出了“烯烃单体上的极性基团可以活化聚合反应”的概念,突破了人们在功能化烯烃配位聚合中极性基团毒化聚合反应的传统观念。陈昶乐等^[25]提出了“慢链行走”的概念。通过配体调控二亚胺钨催化剂制备的聚烯烃以及乙烯-丙烯酸甲酯共聚物的支化度只有20/1000C,而普通的此类二亚胺钨催化剂催化聚合产物支化度通常要大于100/1000C。与文献相比,该催化剂的活性要高10多倍,所制备的聚合物、共聚物的分子量也要高10多倍。这样所制得的聚合物、共聚物是半结晶的固体,熔点接近100℃,这是之前报道

的所有二亚胺钨催化剂所无法实现的,极大地拓宽了二亚胺钨催化剂体系的应用前景。

凌君在稀土催化剂催化开环聚合方面取得了一些重要进展。采用 $\text{Lu}(\text{OTf})_3$ 催化 THF 和 CL 共聚合的时候,发现在引发剂两端分别引发了正离子和负离子活性聚合,形成两嵌段聚合物,且在 CL 单体消耗完后阴阳离子两端自动发生缩合,直接形成了多嵌段热塑性弹性体^[26]。凌君将该聚合命名为“两仪聚合”(Janus Polymerization)。

1.2.7 新型纤维状人工肌肉 以碳纳米管多级螺旋组装,在纤维内形成大量纳米和微米尺度管道结构,增大了其对溶剂的响应速度,为实现高性能驱动与敏感器件提供了新思路和新途径^[27]。其收缩强度是人类骨骼肌的 10 倍。对有机溶剂或水蒸气具有高灵敏性和选择性,彭慧胜研究组所研究的这类新型纤维状人工肌肉在工业生产和化学品储存中,既可探测有毒化学品泄漏,也可感应环境湿度变化。

1.2.8 药物控释高分子 汤谷平等证明涂有纳米粒子的细菌可以有效地传递口服 DNA 疫苗,刺激人体自身的免疫系统摧毁癌细胞^[28]。与未涂覆的细菌相比,涂覆纳米粒子的细菌能绕过许多障碍,这些障碍限制了免疫反应,并抗癌 DNA 疫苗带来了最大挑战。

他们提供了一种提高口服癌症疫苗生物利用度的有效传递方案,所设计的“活材料”,可将活细胞的优势与非生物纳米材料相结合,成功突破口服疫苗传递的瓶颈,通过刺激免疫系统的特定组件,有效地提高抗肿瘤免疫反应的强度。

以三杂臂聚肽与合成高分子共聚物制备成胶束、研究其药物或 DNA 质粒控制释放纳米载体性能^[29] 胶束壳层为疏水聚己内酯,冠层为亲水的聚乙二醇/聚赖氨酸,可负载疏水抗癌药,而聚赖氨酸层能与带负电的 DNA 通过静电相互作用形成质粒,因此该体系具有同时控释化学抗癌药和基因控释双重功能。与单一聚合物体系相比,该体系基因转染效率得到改善。

1.2.9 高分子物理 安立佳等^[30,31] 建立和发展了一整套研究缠结高分子流体的布朗动力学模拟和分析方法,提出了剪切抑制解缠结模型和部分穿透球模型。在剪切速率高于松弛时间倒数且低于 Rouse 松弛时间倒数的启动剪切下,发现:(1)缠结的分子链不仅发生了取向,而且显著地被拉伸,说明分子链的运动不服从 Rouse 动力学;(2)缠结的分子链确实发生了解缠结,在启动剪切初期,被拉伸的“缠结网络”能够抑制分子链解缠结,说明即使“管子”存在,也不是一条光滑、无势垒的管道;(3)应力过冲与取向贡献的应力无关,只与衡量分子链拉伸和回缩的超额应力相关,且应力极大值与轮廓长度极大值对应的应变基本一致,说明应力过冲的分子机理是被拉伸的分子链发生了回缩,而不是“管子模型”预言的分子链过度取向。他们的研究工作在分子水平上呈现了与“管子模型”不相容的、启动剪切下缠结高分子流体构象与缠结点演化以及应力过冲的基本物理图像,为高分子流变学研究提供了新的视角。

李卫华^[32] 从理论上提出了“大分子冶金学”的新概念——嵌段共聚物自组装制备介观晶体结构,并且通过发展 ABC 三组分多嵌段共聚物分子结构的设计原理,成功调控了二元晶体结构的“等效键长”和“等效化学价”,然后依据该设计原理,预测了 10 多种二元离子晶体结构。此外,还预测了多种二维晶体结构(柱状结构),彻底打破了三组分嵌段共聚物只能形成单晶体结构的传统观念。这个普适的方法可以直接推广到单元、三元、甚至多元晶体结构的制备,从而在大分子尺度实现无机小分子晶体的结构。在随后的研究中,将该设计方法推广到二元嵌段共聚物的设计中,实现了 Al_5 晶体结构和非常复杂的 σ 晶体结构,这是理论首次在嵌段共聚物体系中预测稳定的 σ 晶体结构。

1.2.10 抗菌高分子 以尼龙-3 为主链,设计合成了一系列带正离子侧基的聚酰胺,在抗菌高分子领域有了显著进步。

还研究了尼龙-3 对于浮游白念珠菌、白念珠菌与哺乳动物细胞具有选择性抗菌作用。尼龙-3 对生物膜中已有抗药性的白念珠菌具有很强的选择性抗菌作用^[33]。抗菌作用最好的尼龙-3 比氟康唑抗菌效果好,比两性霉素 B 稍差。同时,研究者还系统研究了尼龙-3 类聚- β -多肽,其合成方法相对容易、聚合产物具有抗蛋白水解性能。由带阳离子和疏水性侧基两种尼龙-3 共聚物能够起到类似宿主防御多肽生物活性,考察聚合物组成、结构与活性间关系很有意义。对于疏水基团、多集中于环状烷烃取代基研究,环

己烷基最理想。侧基变为其它疏水基团抗菌效果基本不变,只是溶血性有变化^[34]。当侧基为 $\alpha,\alpha,\beta,\beta$ -四甲基时,效果最好,有望获得对原核细胞与真核细胞具有选择性的抗菌共聚物。细菌还没有产生对尼龙-3 共聚物的抗药性。该研究表明,合成高分子侧基结构变化对于其生物医用性能调控具有重要价值。

体外研究表明:选择适当的结构,尼龙-3 聚合物能够抗击艰难梭菌^[35],该菌是导致腹泻的医院内感染体。最好的聚合物与宿主防御多肽 LL-37 相当,优于万古霉素和乳酸链球菌素,能够杀灭人体中最常见的真菌感染体白色念珠菌。

1.2.11 生物大分子 DNA 和蛋白质及聚多糖等生物大分子研究都是高分子科学研究的前沿方向。刘冬生教授课题组提出了框架诱导组装的新方法。他们通过核酸的杂化与杂交,在纳米骨架上形成不连续的三维疏水点阵,诱导其它双亲分子以三维点阵为模板特定地排列与组装,最终形成与框架形貌一致的囊泡结构^[36]。刘俊秋课题组利用多重弱相互作用协同驱动,精确控制了蛋白质组装的方向,成功制备出具有酶活性的高效稳定的蛋白质组装体^[37]。

梁德海设计了三种多肽,具有精确的电荷密度,利用三种不同长度、刚性的 DNA,研究了电荷密度对聚合物静电复合物形成过程的影响,获得了规律性结果:电荷密度高、分子量小时,形成沉淀;研究了所形成的复合物形貌结构和溶解性,观察到聚集态结构和溶解度均与混合过程加料顺序有关^[38]。

1.3 高分子产业化进展

在纤维素绿色加工技术方面,张军利用离子液体为溶剂制备纤维素膜等材料技术方面,取得进一步成果并快速推进产业化,基于青岛科技大学研究成果,6 万吨聚丁烯-1 工程在山东开工。

董侠等所研究的基于生物发酵法原料来源的长碳链尼龙,是我国具有自主知识产权的材料品种,中国科学院化学研究所与山东广垠新材料合作,突破了聚合关键技术,建立了合金化、酰胺交换反应控制、纳米复合等改性技术,建成万吨级产能的生产线。

今年是中国橡胶工业 100 周年,橡胶这个高分子种类的发展历史就是高分子发展的历史,属于现代科学体系建立与发展的一个及其重要且特殊的案例。这个领域是天然产物加工长期应用在先、世界大战及其之后战略需求迫切,一开始化学家们对天然橡胶分子结构感兴趣是出于想认识自然,保守的化学家对于研究先驱者所提出的高分子猜想与学说曾给予武断否定,差点断送或者延迟高分子科学的诞生。经过科学家坚持高分子概念、不断探索研究,才创立了高分子学科,正是现代科学发展成就了橡胶工业。在正确的科学学说确立后,才出现了包括橡胶在内的合成高分子,从而形成了大规模的合成橡胶工业,为各行业发展提供了足够的弹性体材料。这个领域的发展也体现了贯通研究的重要性。从单体制备、聚合反应、聚合反应工程、聚合物结构与性能、加工技术、到复合材料、材料力学、材料服役和产品设计,缺哪一个环节都不可能解决问题。《高分子通报》曾于 2014 年第 5 期发表了一期专刊,系统介绍了橡胶领域的研究动态、前沿与进展。

高分子领域贯通研究的另一个典型例子是碳纤维研究。

近期作者与参与《国家自然科学基金十三五学科发展战略报告》的部分同行撰写了《2014~2015 年化学学科发展报告》高分子科学章节,对于有兴趣了解 2014~2015 年国内高分子学科发展的读者可参考即将出版的发展报告^[39]。

此外,有关能源高分子、共价有机骨架高分子等多个领域的前沿问题,鉴于作者不久前在本刊做过介绍^[40],不再重复。

2 国家自然科学基金 2015 年资助情况

2015 年度国家自然科学基金总经费仍然保持高增长率。修改后的《经费管理办法》获得实施,直接经费与间接经费实行分离预算与管理,用于研究生等的人员劳务费用比例不设上限。申请数在连续两年下降后,又开始回升,面上项目申请数增长超过一万项。

化学科学部高分子学科资助情况见表 1。面上项目资助单位覆盖面进一步扩大,2015 年有 63 个单位获得资助。青年基金继续保持了覆盖单位广泛的特点,2015 年共有 80 个单位获得资助。

表 1 2015 年度化学科学部高分子学科资助项目统计
Table 1 Funding in polymer program in department of chemistry of NSFC

项目类别	资助率/%	单位数	80 后/%
面上项目	26.3	63	23.65
青年基金	27.8	78	99.9
地区基金	22.7	15	33.3
优秀青年基金	10.5	6	16.6
重点项目	29.6	9	*

* 重点项目申请者,70 后 25.92%,获资助 55.5%。

申请者年龄分布:面上项目和地区基金申请者年龄小于 45 岁的分别占 74.86%和 72.15%。高分子学科人才类多种项目申请数都偏少。

3 国家自然科学基金申请注意事项

3.1 遴选申请领域代码很随意。

有些申请书所选领域代码与其研究主题不符;有些申请书仅选两位数,对后续开展评审工作造成障碍。建议最好选到六位数。

3.2 申请书提交时系统有相似度筛查程序。

每年都会查出有些申请书存在雷同问题,这属于学术不端。

3.3 财务表。

很多申请者没有认真阅读新修订的财务管理办法,例如多人对于“会议费”理解有误,这类费用是用于为执行本项目研究任务而召开学术会议的费用;而因科学研究需要出差或者参加学术会议的各项费用应列在“差旅费”。

4 化学科学部高分子科学学科 2016 年度申请指南

高分子科学是研究高分子的合成、化学结构与链结构、聚集态结构、性能与功能、加工及应用的学科门类,研究对象包括合成高分子、生物大分子和超分子聚合物等软物质体系。

在 高 分 子 化 学 领 域,要 进 一 步 发 展 各 种 聚 合 方 法 学,要 善 于 借 鉴 其 它 学 科 新 成 果,深 化 新 型 聚 合 反 应 催 化 或 引 发 体 系 的 探 索,发 展 温 和、高 效、绿 色 和 高 选 择 性 高 分 子 反 应 方 法。要 重 视 聚 合 物 分 子 量 和 产 物 结 构 可 控 的 聚 合 反 应,关 注 大 分 子 的 生 物 合 成 方 法,研 究 高 分 子 参 与 的 化 学 过 程;要 注 重 以 非 化 石 资 源 合 成 高 分 子、注 重 超 分 子 聚 合 物、超 支 化 高 分 子 和 手 性 聚 合 物 等;要 重 视 光 电 功 能 高 分 子 宏 量 合 成 方 法 学 研 究。

在 高 分 子 物 理 领 域,要 进 一 步 加 深 对 软 物 质 凝 聚 态 基 本 规 律 的 认 识。要 关 注 聚 合 物 结 晶、液 晶 和 玻 璃 态 及 其 转 变 过 程,关 注 多 层 次 聚 集 态 结 构 及 其 动 态 演 变 路 径;要 重 视 对 高 分 子 表 面 与 界 面、纳 微 结 构 尺 度 效 应 等 问 题,加 强 对 高 分 子 溶 液 和 聚 合 物 流 变 学 的 研 究;要 重 视 发 展 高 分 子 的 表 征 技 术,加 强 高 分 子 新 理 论 和 多 尺 度 关 联 的 计 算 模 拟 方 法 的 研 究;要 重 视 与 生 命 现 象 相 关 的 高 分 子 物 理 问 题 的 研 究,加 强 光 电 功 能 共 轭 高 分 子 半 刚 性 链 本 体 凝 聚 态 物 理 研 究。

在 功 能 高 分 子 领 域,要 进 一 步 认 识 和 发 展 高 分 子 功 能 材 料 与 功 能 体 系,如 具 有 电、光、磁 特 性 的 高 分 子,与 生 物 学、医 学、药 学 相 关 的 高 分 子,可 用 于 吸 附、分 离、试 剂、催 化、传 感、分 子 识 别 等 方 面 的 高 分 子;要 推 动 功 能 高 分 子 作 为 先 进 软 物 质 材 料 在 新 能 源、信 息 技 术、生 物 医 学 和 环 境 科 学 等 领 域 的 应 用;要 特 别

关注能源高分子发展;要善于从天然高分子和生物大分子研究中寻找高分子科学发展的新切入点和生长点,鼓励合成高分子与生物大分子之间的交叉领域研究;要重视环境刺激响应性高分子、环境友好高分子、自修复高分子和仿生高分子新体系的研究。功能化二维高分子和多孔共价聚合物骨架大分子合成是高分子合成新的生长点。

在 高 分 子 组 装 领 域,要 以 超 分 子 聚 合 物 和 包 含 有 高 分 子 的 超 分 子 组 装 体 为 研 究 对 象,研 究 高 分 子 之 间、高 分 子 与 小 分 子 之 间、高 分 子 与 分 子 聚 集 体 之 间 组 装 过 程,研 究 超 分 子 组 装 体 组 分 或 高 分 子 与 界 面 之 间 的 多 重 弱 相 互 作 用 协 同 效 应 及 其 本 质,并 通 过 调 控 非 共 价 键 作 用 制 备 不 同 尺 度 及 形 貌 的 有 序 组 装 体,实 现 组 装 体 的 功 能。

在 应 用 高 分 子 化 学 与 物 理 领 域,要 进 一 步 发 展 重 要 高 分 子 品 种 的 聚 合 方 法 与 反 应 过 程 控 制 方 法;发 展 高 分 子 加 工 与 工 艺 方 法。应 善 于 从 高 分 子 工 业 与 高 分 子 实 际 应 用 中 提 取 重 要 的 基 本 科 学 问 题,要 关 注 高 性 能 聚 合 物、高 分 子 复 合 体 系、化 学 纤 维、高 分 子 弹 性 体、高 分 子 膜、阻 燃 高 分 子、天 然 高 分 子、有 机/无 机 杂 化 高 分 子 和 反 应 性 寡 聚 物 及 其 作 为 薄 膜 与 涂 层 等 方 面 的 应 用 基 础 研 究。

需 加 强 高 分 子 学 科 的 基 本 科 学 问 题 和 经 典 问 题 研 究,这 类 研 究 特 别 需 要 上 述 领 域 的 交 叉 与 贯 通 研 究。

近 年 来 本 学 科 受 理 的 申 请 项 目 中,聚 合 反 应 方 法 学、结 构 表 征 方 法 学 等 方 向 偏 少,青 年 基 金 和 地 区 专 项 基 金 申 请 偏 少,需 引 起 重 视。

重 点 项 目:

(1) 功 能 高 分 子 精 密 合 成 与 拓 扑 构 筑 (B04);

(2) 烯 炔 可 控 配 位 聚 合 新 方 法 (B04);

(3) 电 存 储 与 光 电 转 换 能 源 高 分 子 (B04);

(4) 医 用 与 生 物 成 像 或 传 感 高 分 子 (B04);

(5) 高 分 子 理 论 计 算 与 模 拟 (B04);

(6) 聚 合 物 凝 聚 态 结 构 (B04);

(7) 高 分 子 结 构 与 性 能 (B04);

(8) 高 性 能 高 分 子 (B04);

(9) 有 机 小 分 子 催 化 可 控 聚 合 (B0X)。

开 展 多 功 能 有 机 小 分 子 催 化 体 系 调 控 的 可 控 聚 合,研 究 酸 碱 协 同 催 化 聚 合 机 制,发 展 无 金 属 催 化 聚 合 反 应 新 方 法,进 而 实 现 无 金 属 残 留 物 功 能 高 分 子 的 合 成。

5 结 语

2016 年 是 国 家 社 会 经 济 发 展 第 十 三 个 五 年 计 划 开 局 之 年。“十 三 五”对 于 我 国 基 础 研 究 是 一 个 非 常 关 键 时 期,预 计 将 是 从 一 个 阶 段 到 新 发 展 阶 段 的 转 变 期,高 分 子 科 学 研 究 需 要 及 时 适 应 整 个 社 会 发 展 和 科 学 技 术 发 展,更 多 地 关 注 人 类 生 活 需 求,解 决 国 家 社 会 经 济 发 展 所 面 临 的 学 科 基 本 问 题,更 多 关 注 本 学 科 发 展 中 的 经 典 和 主 流 科 学 问 题,出 现 更 多 造 福 人 类 的 研 究 成 果。

参 考 文 献:

- [1] Zhang Y J, Deng D, Lu K, et al. Adv Mater, 2015, 27, 1071~1076.
- [2] Yang M Y, Chen W, Dou L T, Chang W-H, Duan H-S, Bob B, Li G, Yang Y. Nature Photonics, 2015, 9(3):190~198.
- [3] Lu L Y, Kelly M A, You W, Yu L P. Nature Photonics, 2015, 9(8):491~500.
- [4] Ouyang X H, Peng R X, Ai L, Zhang X Y, Ge Z Y. Nature Photonics, 2015, 9(8): 520~524.
- [5] Huang Z H, Yang L L, Liu Y L, et al. Angew Chem Int Ed, 2014, 53, 5351~5355.
- [6] Chi X D, Ji X F, Xia D Y, et al. J Am Chem Soc, 2015, 137, 1440~1443.
- [7] Ogi S, Sugiyasu K, Manna S, Samitsu S, Takeuchi M. Nature Chem, 2014, 6, 188~195.
- [9] Kang J, Miyajima D, Mori T, Inoue Y, Itoh Y, Aida T. Science, 2015, 347, 646.

- [10] Yang L L, Tan X X, Wang Z Q, Zhang X. Chem Rev, 2015, 115(15): 7196~7239.
- [11] Jin S B, Supur M, Addicoat M, Furukawa K, Chen L, Nakamura T, Fukuzumi S, Irle S, Jiang D L. J Am Chem Soc, 2015, 137 (24): 7817~7827.
- [12] Baek K, Hwang I, Roy I, Shetty D, Kim K. Acc Chem Res, 2015, 48(8): 2221~2229.
- [13] Xu Y Y, Yang G, Xia H Y, Zou G, Zhang Q J, Gao J G. Nature Commun, 2014, 5, 5050.
- [14] Zhu J Y, Dong Z Y, Lei S B, Cao L L, Yang B, Li W F, Zhang C, Liu J Q, Shen J C. Angew Chem Int Ed, 2015, 54, 3097~3101.
- [15] Jiang Z Q, Xue Y X, Chen J L, et al. Macromolecules, 2015, 48(1): 1~9.
- [16] Shanmugam S, Boyer C. J Am Chem Soc, 2015, 137 (31): 9988~9999.
- [17] Shanmugam S, Xu J T, Boyer C. J Am Chem Soc, 2015, 137 (28): 9174~9185.
- [18] Zhao Y G, Yu M M, Zhang S L, et al. Chem Sci, 2015, 6 (5): 2979~2988.
- [19] Ogawa K A, Goetz A E, Boydston A J. J Am Chem Soc, 2015, 137: 1400~1403.
- [20] Goetz A E, Boydston A J. J Am Chem Soc, 2015, 137 (24): 7572~7575.
- [21] Perkowski A J, You W, Nicewicz D A. J Am Chem Soc, 2015, 137: 7580~7583.
- [22] Treat N J, Sprafke H, Kramer J W, Clark P G, Barton B E, Alaniz J R de, Fors B P, Hawker C J. J Am Chem Soc, 2014, 136: 16096~16101.
- [23] Ohtsuki A, Lei L, Tanishima M, Goto A, Kaji H. J Am Chem Soc, 2015, 137, 5610~5617.
- [24] Liu D T, Yao C G, Wang R, Wang M Y, Wang Z C, Wu C J, Lin F, Li S H, Wan X H, Cui D M. Angew Chem Int Ed, 2015, 54(17): 5205~5209.
- [25] Dai S Y, Sui X L, Chen C L. Angew Chem Int Ed, 2015, 54(34): 9948~9953.
- [26] Tao X F, Deng Y W, Shen Z Q, Ling J. Macromolecules, 2014, 47 (18): 6173~6180.
- [27] Chen P, Xu Y, He S, Pan S, Deng J, Chen D, Peng H. Nat Nanotechnol, 2015, 10, NNANO~14061068.
- [28] Hu Q L, Wu M, Fang C, Cheng C Y, Zhao M M, Fang W H, Chu P K, Ping Y, Tang G P. Nano Lett, 2015, 15(4): 2732~2739.
- [29] Liu T, Zhang Y F, Liu S Y. Chin J Polym Sci, 2013, 31 (6): 924~937.
- [30] Lu Y Y, An L J, Wang S-Q, et al. ACS Macro Lett, 2014, 3(6): 569~573.
- [31] Lu Y Y, An L J, Wang S-Q, et al. Macromolecules, 2015, 48(12): 4164~4173.
- [32] Xie N, Liu M J, Deng H L, et al. J Am Chem Soc, 2014, 136(8): 2974~2977.
- [33] Liu R, Chen X, Falk S, Masters K S, Weisblum B, Gellman S H. J Am Chem Soc, 2015, 137: 2183~2186.
- [34] Liu R, Chen X, Falk S, Mowery B, Karlsson A, Weisblum B, Palecek S, Masters K S, Gellman S H. J Am Chem Soc, 2014, 136: 4333~4342.
- [35] Liu R, Chen X, Chakraborty S, Lemke J, Hayouka Z, Chow C, Welch R, Weisblum B, Gellman S H, Masters K S. J Am Chem Soc, 2014, 136: 4410~4418.
- [36] Dong Y C, Sun Y W, Wang L Y, et al. Angew Chem Int Ed, 2014, 53, 2607~2610.
- [37] Bai Y S, Luo Q, Zhang W, et al. J Am Chem Soc, 2013, 135, 10966~10969.
- [38] Zhou J H, Wen H, Su C C, Niu L, Liang D H. Chin J Polym Sci, 2014, 32(11): 1460~1468.
- [39] 《2014—2015 年化学学科发展报告》，中国化学会编著，中国科学技术出版社，2016，北京。
- [40] 董建华. 高分子通报, 2014, (12): 17~22.

Progress in Polymer and 2016 Guidance for Funding of NSFC

DONG Jian-hua

(Department of Chemical Science, National Natural Science Foundation of China, Beijing 100085, China)

Abstract: The latest progresses in polymer science are briefly highlighted. The issues appeared in recent application proposals are analyzed and the relevant suggestions are provided. The information on funding program in 2015 is introduced. Finally, the guidance for 2016 polymer program in NSFC is released.

Key words: 2016 Guidance of national natural science foundation of China; Highlight of recent progress in polymer science; Frontier and trend