

项目申请指南

国家自然科学基金情况介绍一兼谈高分子科学发展

董建华

(国家自然科学基金委员会化学科学部, 北京 100085)

摘要:概述了近期高分子科学前沿问题以及最新研究进展,对今后高分子科学的发展进行展望,介绍了 2012 年国家自然科学基金化学科学部高分子科学学科基金申请指南和申请注意事项等。

关键词: 高分子科学;研究进展与展望;自然科学基金指南;申请注意事项

2011 年是国家“十二五”计划开局之年,国家自然科学基金在 2011 年也得到前所未有的发展:实际批准经费增长 40% 以上;除青年基金外,资助年限均加长一年,以利于开展深入系统的研究;每个项目强度均有大幅增长;总的项目申请书数量又有了大幅增长,资助项目数特别是青年基金资助项目数有了很大增长。国内研究水平仍处于不断提高的阶段。本文向读者通报作者的工作笔记部分内容,使读者能及时更新对高分子学科发展和国家自然科学基金发展的认识。

1 国内高分子科学若干研究进展举例

1.1 在分子间相互作用研究方面取得新进展

将单分子力谱技术发展成为研究高分子结构与高分子间相互作用的方法是近年来非常重要的课题,关于溶液中单个高分子链的力学性质的研究已经取得了长足的进展。

最近,吉林大学张文科教授进一步发展了这一方法,将研究对象拓展到高分子分子间相互作用的直接测量,分别在高分子结晶态分子间相互作用和 RNA 与蛋白质间相互作用取得重要进展^[1]。

对于核酸与蛋白质的相互作用机理的研究有利于实现对许多重要生命过程,如病毒感染及癌细胞生长的调控。而研究生物体系中核酸与蛋白质的相互作用对于准确揭示它们之间的作用机理更具实际意义,但长期以来由于难以找到适当方法获得直接测量,使得此研究进展缓慢。张文科与中国科学院长春应用化学所苏朝晖、王倩等合作,选取了烟草花叶病毒(TMV)为研究对象,利用单分子力谱方法研究了其基因组 RNA 与蛋白质外壳之间的相互作用。通过精细调控,将 TMV 颗粒以竖直方式固定在固体基底表面,然后利用 AFM 针尖与 TMV 内部的 RNA 之间的物理吸附作用,将 RNA 基因组从其蛋白质外壳中逐步提拉出来,直接测得了 RNA 从其蛋白质外壳上解组装所需外力的大小。该解组装力随着拉伸速率的增加而增大,随着 pH 值的增加而降低。研究还发现,解组装的 RNA 在适宜条件下可以重新结合到其蛋白质外壳上^[2]。通过此研究他们将 AFM 单分子力谱方法拓展到复杂生物体系中核酸与蛋白质相互作用的研究中,同时有望将该技术应用到病毒感染机理的研究。

高分子材料的力学性质是由高分子链结构与高分子链之间的相互作用所决定。但是,由于体系的复杂性,对处于凝聚态的高分子体系中分子间相互作用的单分子研究很难实现。张文科与清华大学张希教授合作,他们在国际上率先将原子力显微镜(AFM)的成像与单分子力谱巧妙地结合起来,建立了从单分子水平研究高分子单晶中聚合物链之间相互作用的方法。以末端含巯基修饰的聚氧乙烯(PEO)单晶为模型体系,先利用自晶种法从其稀溶液中制备出 PEO 单晶;接着利用金纳米粒子与巯基之间化学吸附标

记疏基末端,结合 AFM 成像来定位金纳米粒子;再利用双疏基修饰的 AFM 针尖与特定的金纳米粒子接触,通过化学吸附形成桥连。他们利用这种方法成功地实现了高分子链从其晶体中的单分子拉伸,定量测量了高分子链间相互作用的强度。该研究拓宽了单分子力谱方法在分子凝聚态研究中的应用,并可能用于单分子水平研究各种高分子的结晶行为^[3]。相关研究成果论文发表后,Nature Materials 杂志以“Getting a grip”为题,将该项工作作为“研究亮点”进行了报道。同时,NPG Asia Materials 以“Polymer science: Investigating interactions”为题也进行了评述。

1.2 在新型刺激响应高分子研究领域取得系列进展

刺激响应高分子在药物控释生物材料和纳米容器等方面有重要的应用前景,是高分子前沿研究领域。清华大学袁金颖副教授及其研究小组在对外加电场、特种气体、金属离子和主体分子具有响应性的高分子组装体研究方面开展了系统研究,取得了系列新进展,并引起国际同行关注与评价。

1.2.1 温度与金属离子双重响应共聚物 袁金颖等设计合成了一种含卟啉侧基的三嵌段两亲性共聚物,即聚异丙基丙烯酸酯-*b*-聚甲基丙烯酸-2-羟乙酯-*b*-聚甲基丙烯酸,该共聚物在水溶液中可形成稳定微凝胶。因卟啉能与多种金属离子和半金属离子形成配合物,在不同金属离子存在下,该共聚物的颜色可呈现不同颜色,使之具有广谱色彩调节性能;同时,随体系温度变化,每种含不同金属离子的共聚物颜色能发生进一步改变,进而形成双重响应型的纳米传感器^[4]。该成果发表后,英国皇家化学会旗下的 Highlights in Chemical Technology(2010 年第 4 期)对此项工作进行了亮点报道和评述,《自然中国》(Nature China)也于 2010 年 3 月在 Research Highlights 栏目中做了亮点评述。该研究结果为多通道双响应聚合物纳米传感器的制备开辟了新途径,有望应用于全谱的纳米比色阵列和长程温敏阵列中进行高速多通道检测。

1.2.2 电压响应聚合物囊泡体 袁金颖和她的研究小组设计合成的组装体由两种均聚物利用非共价键正交连接,一段是末端修饰了 β -环糊精的聚苯乙烯均聚物(PS- β -CD),另一段是末端修饰了二茂铁(Fc)的聚环氧乙烷均聚物(PEO-Fc),二者利用末端功能基团的主-客体相互作用形成非共价键嵌段共聚物,之后再分级组装在水溶液中形成超分子囊泡。链末端 β -CD 与 Fc 的主-客体包络作用可以通过氧化还原的方式进行可逆的解离与嵌套调节。因此,在溶液中原位施加正电位或负电位,可以使 Fc 末端在带电与不带电之间切换,从而导致 PS- β -CD/PEO-Fc 囊泡的可逆解组装与再组装。施以不同强度的电压可控制囊泡的解离速度和解离时间,可望应用在药物缓释系统。这为在体内进行电化学控制药物定点释放治疗提供了新途径^[5]。该研究结果发表后,《自然中国》(Nature China)于 2010 年 7 月在 Research Highlights 栏目做了亮点评述。Synfacts(2010, 9, 1009)也进行了亮点报道,有关合成路线被推荐为一种新的合成方法。

1.2.3 主体控制的刺激响应聚合物 分子两亲性是影响分子组装体形貌的关键因素,如果可以在溶液中动态地调节分子的亲疏水性质,则可以实现动态控制组装体组装方式的目标。袁金颖等合成了一种双亲性嵌段接枝的梳形共聚物 EC-*g*-PCL-*b*-PEO,主链为乙基纤维素(EC),侧链嵌段依次为聚己内酯(PCL)和聚环氧乙烷(PEO)。在水溶液中,这种梳形共聚物可以自组装为球状胶束。由于该共聚物的侧链 PCL 及 PEO 嵌段都具有和 α -环糊精(α -CD)包络嵌套的能力,而二者对其的嵌套能力不同(PEO > PCL),因此向该聚合物组装体溶液中添加 α -CD 可以导致该共聚物两亲性的动态变化。随着 α -CD 在溶液中浓度的提高,组装体可以由球状胶束逐级进化到柱状胶束、囊泡及超分子片层结构,尺寸也逐级提高。相反,环糊精对聚合物链的嵌套可以被苯酚所解离,向溶液中添加苯酚可以逐级导致组装体的退化。通过调整主客体的比例,尝试建立了高分子的自调节和形貌转变,使其可以在球状胶束-柱状胶束-囊泡-片层之间可逆地进化与退化^[6]。这为模仿生命体中各种构筑基元之间的分子间相互作用提供了一种新思路。该工作发表在并被选作当期(Polym Chem, 2010, 1(4))封面进行了突出亮点报道。

1.2.4 二氧化碳刺激响应聚合物囊泡 脒与二氧化碳能可逆形成脒基碳酸盐,使得体系极性发生可逆变化。袁金颖等将这类极性显著变化的二氧化碳响应体系引入到共聚物的刺激响应组装领域,合成了一类含脒侧基的两亲性嵌段共聚物,即聚环氧乙烷-*b*-聚(N-脒基)十二烷基丙烯酸酯(PEO-*b*-PAD)。该类

共聚物可以在水溶液中自组装形成大分子囊泡体,在二氧化碳气体氛围,导致含脒侧基嵌段极性增大,进而使囊泡发生体积的可控增长,而改换惰性气体如氩气,脒基碳酸盐脱去二氧化碳形成脒侧基,囊泡体积又可回复,如此可逆循环往复^[7]。该研究成果在 Angew Chem Int Ed, 2011, 50(21)发表时被选为热点文章。

1.3 在功能性层层组装聚合物膜研究方面取得新进展

层层组装是基于物质交替沉积而制备复合膜的重要的膜构筑方法。目前,层层组装被广泛用作功能性超薄膜的制备。吉林大学孙俊奇教授及其研究小组将层层组装用于微米级厚度的聚合物复合的快速构筑,制备了自修复超疏水涂层、高效促动器及行走机器,拓展了层层组装膜的功能。

超疏水涂层在自清洁、抗腐蚀、抗粘附和减阻等方面具有重要的潜在应用。常用的人工制备的超疏水涂层往往由于太阳的光漂白或机械刮擦,而容易失去超疏水性能,这制约其实际应用。如何赋予超疏水涂层自修复的功能,是解决上述问题的一条重要途径。孙俊奇等将磺化聚醚醚酮-聚烯丙基氯化铵(PAH)复合物与聚丙烯酸(PAA)层层组装,基于复合物的大尺度效应,快速制备了具有微纳复合结构且具有通透微孔的微米厚度的聚合物涂层。将涂层热交联,再化学气相沉积全氟辛基三甲氧基硅烷(POTS),制备了具有自修复功能的超疏水涂层。该超疏水涂层自修复的功能源于微孔结构的涂层能储存大量可作为修复剂的疏水的 POTS,在超疏水功能受损时释放出 POTS 到涂层的表面,实现超疏水功能的修复。超疏水涂层的自修复在湿润的环境下自发进行,如在 40% 的相对湿度下超疏水功能的修复仅需 4h,且经历多次损伤和修复后,超疏水涂层仍能保持原来的超疏水性能。除自修复功能外,该超疏水涂层还具有良好的耐磨性能。这一工作为制备耐损伤、长寿命的超疏水涂层提供了新的思路^[8]。该研究成果发表时被选为热点文章。2010 年在德国纽伦堡召开的第三届欧洲化学与分子科学协会会议(Congress of the European Association for Chemical and Molecular Sciences)的官方网站对这一工作给予了专门介绍(<http://euchems2010.wordpress.com/2010/07/20/536>)。

尽管人们已经制备出了能够感知各种外界刺激的促动器,但能够实现对刺激的快速响应,并将外界刺激产生的物理或化学能量高效地转化为机械运动的促动器的制备却面临极大的挑战。孙俊奇等以 PAA/PAH 层层组装膜为响应层,在快速构筑 PAA/PAH 膜表面旋涂光交联聚合物层(NOA 63),再将它们从基底上剥离,制备了双层结构聚合物自支持膜。高度吸水的 PAA/PAH 层和不吸水的 NOA 63 层对环境湿度响应的差异使得双层结构的自支持膜在环境湿度变化下发生快速可逆的弯曲响应,获得了湿度响应的促动器。在促动器的两端连接两只聚合物基片作为“脚”,制备了湿度驱动的行走机器。当环境相对湿度在 11% 和 40% 间周期变化时,行走机器能负载促动器本身重量 120 倍的重物在棘齿结构的基底上快速行走。力学分析表明,制备高负载、快速响应的行走机器除了与促动器的双层结构设计有关外,还要求热交联的 PAA/PAH 聚电解质层同时具有高杨氏模量、大的线性湿度膨胀系数以及快速吸收/释放水的能力。层层组装由于可以对膜结构精细调控而能够制备满足上述要求的聚电解质膜,而将膜从基底上剥离下来,是制备具有弯曲响应促动器的关键^[9]。相关研究成果论文在网上网后,Chemistry World 杂志于 2011 年 5 月以“Polymer caterpillar crawls in humid weather”为题进行了报道。同时,Nature China 于 2011 年 6 月以“Polymers: tiny crawlers”为题进行了评述。

1.4 精密聚合

精密聚合是高分子合成化学领域具有挑战性的研究课题。国家自然科学基金委员会化学部在 2010 年立项的“拓扑高分子的精密合成”已开始实施。项目组由中国科学院化学研究所、北京大学、中国科技大学和浙江大学从事高分子合成的研究组组成。

黄延滨研究组报道了通过逐步聚合达到控制烯类单体共聚序列分布的新方法。他们在每一步都进行单一加成-转化-功能化^[10]。

朱秀林等以 4-乙烯基苯甲基咪唑为单体,先进行 ATRP 聚合,之后通过点击反应成环,得到不同分子量的环状高分子。与同类线型高分子相比,环状聚合物具有更高的 T_g 、更强的荧光^[11]。

邓建平等利用手性胶束微环境实现非手性取代乙炔螺旋手性选择性聚合^[12]。

在控制接枝聚合方面,黄晓宇等研究人员在分子设计的基础上,结合单体合成以及聚合物的化学修饰,利用活性自由基聚合的方法,设计合成了一系列具有特殊组成和结构的接枝共聚物,包括主链亲水的高密度接枝共聚物、具有不同侧链的蜈蚣状接枝共聚物以及接枝密度可调的接枝共聚物的合成等,并进行了聚合物的自组装及应用研究。最近,他们结合归纳自己的研究工作,撰写了综述文章^[13]。

1.5 可逆荧光聚合物纳米颗粒

朱明强在可逆荧光聚合物纳米颗粒研究方面取得进展。为满足目前超分辨成像探针的要求,该课题组通过光开关分子设计与合成条件优化,得到一系列具有不同光开关性能的可逆荧光聚合物纳米颗粒,以实现超分辨荧光成像、光学信息存储等。利用双光子激发可逆荧光成像技术,在细胞水平可以对靶向功能团进行反复多次的荧光成像,没有明显的光漂白现象。与短波长紫光激发相比较,几乎观察不到双光子激发持续激发导致的光漂白^[14]。这种有机荧光开关在不同聚集态和不同介质中的光学性质具有很大差异,具有很好的可调性。

1.6 高性能聚合物太阳能电池

聚合物太阳能电池一般由共轭聚合物给体和富勒烯衍生物受体的共混膜夹在 ITO 透明正极和金属负极之间所组成,具有结构和制备过程简单、成本低、重量轻、可制备成柔性器件等突出优点,近年来成为国内外研究热点。李永舫研究组对以 P3HT 为给体、ICBA 为受体的光伏器件进行了进一步的优化,在给体/受体重量比 1:1、150℃ 热处理 10min 器件制备条件下,聚合物太阳能电池能量转换效率达到 6.48%(其中开路电压 0.84V,短路电流 10.61mA/cm²,填充因子 72.7%),开路电压、填充因子和能量转换效率都是基于 P3HT 的聚合物太阳能电池文献报道最高值^[15]。另外,他们还与台湾交通大学合作,制备了以 P3HT/ICBA 为活性层的反向结构以 ZnO 纳米晶修饰的 ITO 电极为负极、PEDOT:PSS/Ag 电极为正极的聚合物太阳能电池,通过使用一种可交联的 C₆₀ 衍生物为负极修饰层,器件的能量转换效率达到 6.22%(其中开路电压 0.84V,短路电流 12.4mA/cm²,填充因子 60%),这是反向结构聚合物太阳能电池能量转换效率的最高值^[16]。由于 P3HT 具有易合成、低成本、以及反向结构器件高稳定性等突出优点,这一结果对于聚合物太阳能电池的实际应用具有重要意义。美国学者俞陆平以含氟及乙基己基取代基的聚苯并噻吩与苯基丁酸甲酯取代富勒烯衍生物制备太阳能电池,在聚合物太阳能电池研究中,得到光电转换效率高达 7.4%,为当时最高水平^[17]。曹镛研究组最近在聚合物太阳能电池中,将低能带聚合物 PTB7 作为电子给体材料时,光电转换效率提高到 8.37%^[18]。而且,通过负极引入醇、水可溶性共轭聚合物界面层同时提高开路电压、短路电流强度和填充因子。为进一步在多种聚合物太阳能电池光电转换效率的提高打开一条新路。

1.7 嵌段高分子形貌

吴奇研究组的结果表明,对于给定的嵌段高分子溶液,只是通过简单改变 TEM 样品的制备,就能获得颗粒、线状或层状形貌^[19]。从事这类研究的学者需特别小心,否则就成了耍花样而非科学。

2010 年前后的主要研究进展已在两本书中有详尽介绍^[20,21],在此不再赘述。而 2011 年还有许多国内重要进展,将另文综述。

2 国家自然科学基金情况

2.1 2011 年高分子科学学科申请与批准情况

化学科学部高分子科学学科各类项目共计 1149 项,较 2010 年增长 116 项,但按全委平均增长率,少增长 200~300 项。其中面上项目增长较少。例如,化学科学部其它学科申请增长数都在 200~500 项之间。又如,若与工程与材料科学部有机高分子材料学科申请项目数相比,数量差进一步加大,面上项目少 435 余项,青年基金少 348 项,地区基金少 40 项。这样的结果就是虽然资助率高于其它学科,但总项目数与经费数比例下降。

表 1 2011 年化学科学部高分子科学学科项目申请与批准情况

Table 1 Application and funding statistics in division of polymer science of department of chemical science of NSFC in 2011

	面上项目	青年基金	地区基金	重点项目
申请数	627	371	47	27
<45 岁申请者比例	73%	100%	76%	40.7%
批准立项数	167	99	13	6
资助率%	26.6	26.6	27.6	22.2

2.2 高分子科学学科 2012 年指南稿

高分子科学是研究高分子的形成、化学结构与链结构、聚集态结构、性能与功能、加工及利用的学科门类,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,一 是 合 成 高 分 子 的 各 种 聚 合 方 法 学、分 子 量 和 产 物 结 构 等 可 控 的 聚 合 反 应 及 大 分 子 的 生 物 合 成 方 法 研 究;二 是 高 分 子 参 与 的 化 学 过 程;要 注 重 非 石 油 资 源 合 成 高 分 子,注 重 超 分 子 聚 合 物、超 支 化 高 分 子 等 各 种 新 结 构 和 高 分 子 立 体 化 学 研 究,深 化 新 型 聚 合 反 应 催 化 或 引 发 体 系 研 究,发 展 温 和、高 效 和 高 选 择 性 高 分 子 反 应 方 法。

在 高 分 子 物 理 领 域,主 要 方 向 是 软 物 质 凝 聚 态 物 理,加 深 对 聚 合 物 结 晶、液 晶 和 玻 璃 化 等 转 变 过 程 的 认 识,注 重 从 单 链 高 分 子 聚 集 态 到 成 型 过 程 聚 集 态 的 研 究 及 其 动 态 演 变;关 注 高 分 子 的 表 征,重 视 对 高 分 子 表 面 与 界 面、纳 微 结 构 尺 度 效 应 的 研 究;加 强 对 高 分 子 溶 液 和 聚 合 物 流 变 学 的 研 究;发 展 高 分 子 新 理 论 与 计 算 模 拟 方 法,关 注 多 尺 度 关 联 计 算 模 拟 方 法 的 研 究。

在 功 能 高 分 子 领 域,主 要 方 向 一 是 具 有 电、光、磁 特 性 高 分 子;二 是 生 物 学、医 学、药 学 相 关 高 分 子;三 是 吸 附 与 分 离、催 化 与 试 剂、传 感 和 分 子 识 别 等 功 能 高 分 子。应 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,在 合 成 高 分 子 与 生 物 大 分 子 之 间 的 空 白 区 寻 找 发 展 空 间,加 强 对 新 能 源、信 息 技 术、生 物 医 学 和 环 境 科 学 等 相 关 功 能 高 分 子 的 研 究,重 视 响 应 性 高 分 子 和 仿 生 高 分 子 研 究。

在 应 用 高 分 子 化 学 与 物 理 领 域,主 要 方 向 包 括 合 成 树 脂 聚 合 方 法 与 反 应 过 程 控 制、高 分 子 加 工 新 原 理 与 新 方 法,高 性 能 聚 合 物、多 相 多 组 分 高 分 子 体 系、化 学 纤 维、弹 性 体 聚 合 物、天 然 高 分 子 和 杂 化 高 分 子 等。应 善 于 从 高 分 子 工 业 与 实 际 应 用 中 抽 提 出 所 存 在 的 重 要 基 本 科 学 问 题。

近 年 对 聚 合 反 应 方 法 学、结 构 表 征 方 法 学 等 方 向 申 请 项 目 偏 少。本 学 科 地 区 基 金 申 请 偏 少。

2012 年 拟 资 助 重 点 项 目 领 域:

- (1) 高 分 子 合 成 化 学 领 域;
- (2) 高 分 子 结 构 表 征 方 法 学 领 域;
- (3) 聚 合 物 结 构 与 性 能 领 域;
- (4) 生 物 功 能 高 分 子 领 域;
- (5) 体 内 医 用 功 能 高 分 子 领 域;
- (6) 聚 合 物 有 序 结 构 领 域;
- (7) 高 分 子 理 论、计 算 模 拟 领 域。

2.3 学科发展与自然科学基金注意事项:

(1) 申 请 人 撰 写 申 请 书 认 真 程 度 需 加 强;一 些 申 请 书 学 术 思 想 表 达 不 清,一 些 申 请 书 对 关 键 科 学 问 题 的 理 解 或 描 述 有 偏 差,把 实 验 条 件 或 技 术 参 数 优 化 与 科 学 问 题 相 混 淆;有 些 申 请 人 填 写 的 信 息 不 准 确,错 别 字 很 多,连 电 子 邮 箱 地 址 都 有 误,致 使 我 们 与 申 请 人 联 系 不 上,申 请 人 连 函 评 意 见 反 馈 邮 件 都 收 不 到;

(2) 博 士 后 申 请 者 注 意 事 项:递 交 申 请 后,工 作 单 位 确 定 或 准 备 变 动 时,请 主 动 与 我 们 联 系 说 明 情 况;

(3) 我 委 已 开 始 进 行 项 目 相 似 度 筛 查,以 防 有 人 将 类 似 申 请 书 重 复 递 交;

(4) 函 评 专 家 责 任 心 需 进 一 步 加 强。需 认 真 对 待 每 一 份 申 请,撰 写 的 评 审 意 见 不 能 过 于 简 单,不 能 只 有 结 论,没 有 事 实 依 据;对 撰 写 的 评 审 意 见 要 仔 细 核 对;对 于 申 请 人 投 诉 较 多 的 个 别 申 请 人,不 仅 将 不 再

邀请作为评审专家,还将在同行中予以通报。对于创新性明显的项目,应予以特别强调和推荐;

(5)各单位需积极组织动员积极申报各类项目。我们学科申请项目增量偏小。此外,最近几年已发生过多次重点项目有指南无申请情况;

(6)申请人与评阅人都应及时认真阅读国家自然科学基金指南与通告。还有不少人对于资助额度增长、资助年限增长等情况信息更新不及时。还有学者将地区基金、青年基金归为面上项目,其实,现在过去的面上项目中只有自由申请类仍属于面上项目;

(7)关心、支持青年人才健康成长应当进一步加强,应当给青年人更多机会和舞台,在资源配置方面落到实处。研究生培养需进一步完善,特别应注重综合素质培养和系统训练,加强基本功、基础知识与能力培养;

(8)已经具备条件的中年学者,应当静下心来,系统研究重要基本科学问题。已经具有一定学术地位和影响力的学者,应当更多的去竞争国家自然科学基金中跨学科高强度资助项目,或者去积极竞争国家其它重要的资助计划项目,而把面上项目留给尚在成长中的中青年研究者。

3 高分子科学发展展望

高分子科学未来发展趋势如下^[20]:在合成化学方面,借鉴新的有机合成化学和生物合成思路,发展新的聚合反应将进一步得到加强;序列分布可控(均聚立构序列、共聚单体序列等)、立构选择性、区域选择性将更加受到重视并孕育着突破;模块化单体设计及其可控聚合将成为序列分布精密控制聚合的有效途径;可控缩聚反应将进一步得到发展;拓扑结构控制仍将继续是重要方向;仿生、绿色聚合技术将进一步获得发展;在聚合物物理领域,吸收凝聚态物理新理论、新思想,针对聚合物领域存在的基本问题,进一步发展聚合物物理特别值得期待,发展聚合物理论尤为迫切,需要加强;我国在聚合物流变学方面相对薄弱,对于整体聚合物物理与聚合物材料加工技术发展具有不利影响,今后该领域的研究与人才培养需予以加强;聚合物计算模拟研究仍具有很大发展空间,将会有更多研究者把计算模拟手段作为聚合物研究的重要方法;聚合物物理研究将越来越多地针对聚合物体系所具有的多自由度、多尺度和多层次,非平衡态、非线性和非微扰,熵效应、动力学效应和多重弱相互作用协同效应等特点。基于非石油路线、可再生资源的天然高分子研究及其资源化是值得重视的方向,纤维素等天然高分子的绿色加工技术和天然高分子高选择性降解成重要有机化合物等方向将愈加受到重视并不断取得进展。对于带电聚合物体系的研究,无论是实验方法、计算模拟还是理论研究,仍具有很大挑战,今后一定是具有创新空间的方向,该领域对于聚电解质研究与应用都具有重要价值。与能源、环境、医学、信息技术发展需求密切相关高分子材料的研究仍将是今后的重要研究方向。光电功能高分子研究将继续向高载流子迁移率、高光电转换效率、高稳定性和低成本发展,其合成化学的可控性及其聚集结构的预先程序化设计将是取得突破的重要途径。利用高分子科学研究思想与方法对生物大分子进行研究会成为高分子科学的新增长点,生物医用高分子的研究将更多的从分子层次深入认识复杂生命体系中作为医用材料的高分子与生物分子间相互作用的调控,对于疾病检测、医学成像、药物或生物大分子(蛋白类药物或基因)控制释放、介入诊疗、组织工程、组织替代植入等高分子等研究方向的研究将长期作为高分子研究热点和前沿并取得快速发展。与航空航天密切相关的高性能树脂与高性能纤维的研究将备受重视并获得更多具有自主知识产权的成果。

结语

我国高分子科学处于最好发展时期。但尚存在挑战与问题,与其它学科相比,尚有明显差距。队伍分布在国内一流大学偏少,队伍总体还偏小。从国家自然科学基金申请增长来看,无论哪类项目(面上、青年、地区、重点、杰出青年、国际合作和仪器专项等)增长率远低于其它所有学科,虽然高分子科学面上项目资助率一直保持很高,但占整体的比例在下降。高分子领域优秀创新群体偏少。论文驱动的研究方式应当进一步得到改变。高分子科学发展仍需密切关注我国高分子产业发展需求,还要不断加强高分子科普活动。作者曾做了尝试^[22]。

关于“十二五”高分子学科发展,在调研与研讨基础上,写出了《高分子学科发展战略报告》,收录在《高分子科学学科前沿与展望》一书中^[20]。

作者认为,高分子科学发展经过长期的积累,当前已开始出现从量变到质变的时期。高分子科学领域的研究水平与工业技术水平都将在近期迅速提升。

参考文献:

- [1] Zhang W K, Zhang X. Prog Polym Sci, 2003, 28: 1271~1295.
- [2] Liu N N, Peng B, Lin Y, Su Z H, Niu Z W, Wang Q, Zhang W K, Li H B, Shen J C. J Am Chem Soc, 2010, 132: 11036~11038.
- [3] Liu K, Song Y, Feng W, Liu N N, Zhang W K, Zhang X. J Am Chem Soc, 2011, 133: 3226~3229.
- [4] Yan Q, Yuan J Y, Kang Y, Cai Z N, Zhou L L, Yin Y W. Chem Commun, 2010, 46: 2781~2783.
- [5] Yan Q, Yuan J Y, Cai Z N, Xin Y, Kang Y, Yin Y W. J Am Chem Soc, 2010, 132: 9268~9270.
- [6] Yan Q, Yuan J Y, Kang Y, Cai Z N, Zhou L L, Yin Y W. Polym Chem, 2010, 1(4): 423~425.
- [7] Yan Q, Zhou R, Fu C, Yin Y, Yuan J Y. Angew Chem Int Ed, 2011, 50(21): 4923~4927.
- [8] Li Y, Li L, Sun J Q. Angew Chem Int Ed, 2010, 49: 6129~6133.
- [9] Ma Y, Zhang Y Y, Wu B S, Sun W P, Li Z G, Sun J Q. Angew Chem Int Ed, 2011, 50: 6254~6257.
- [10] Tong X M, Guo B H, Huang Y B. Chem Commun, 2011, 47(5): 1455~1457.
- [11] Zhu X, Zhou N C, Zhang Z B, Sun B Q, Yang Y G, Zhu J, Zhu X L. Angew Chem Int Ed, 2011, 50(29): 6615~6618.
- [12] Luo X F, Deng J P, Yang W T. Angew Chem Int Ed, 2011, 50(21): 4909~4912.
- [13] Feng C, Li Y J, Yang D, Hu J H, Zhang X H, Huang X Y. Chem Soc Rev, 2011, 40: 1282~1295.
- [14] Zhu M Q, Zhang G F, Li C, et al. J Am Chem Soc, 2011(2): 365~372.
- [15] Zhao G J, He Y J, Li Y F. Adv Mater, 2010, 22: 4355~4358.
- [16] Cheng Y J, Hsieh C H, He Y J, Hsu C S, Li Y F. J Am Chem Soc, 2010, 132: 17381~17383.
- [17] Liang Y Y, Xu Z, Xia J B, Tsai S T, Wu Y, Li G, Ray C, Yu L P. Adv Mater, 2010, 22(20): 135~138.
- [18] He Z C, Zhong C M, Huang X, Wong W Y, Wu H B, Chen L W, Su S J, Cao Y. Adv Mat, 2011, DOI: 10.1002/adma.201103006.
- [19] Zhao H, Chen Q J, Hong L Z, Zhao L, Wang J F, Wu C. Macromol Chem Phys, 2011, 212(7): 663~672.
- [20] 董建华,张希,王利祥主编.《高分子科学学科前沿与展望》,北京:科学出版社,2011. 6.
- [21] 中国化学会,编著.《化学学科发展报告》,中国科学技术出版社,2011. 4.
- [22] 董建华. 化学通报,2011,74(8):675~682.

On the Funding Program of NSFC and Progress in Polymer Science

DONG Jian-hua

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

Abstract: The current trends and the perspective in polymer science, the examples in several areas of the progress of polymer science have been illustrated. The funding statistics of polymer program in NSFC and the guidance for 2012 fiscal year were released. The issues in preparing proposals for grants from NSFC were suggested.

Key words: Polymer Science; Trends and perspectives; Progress; Guidance for 2012; Suggestions for preparing proposal