

高分子科学的近期发展趋势与若干前沿

董建华

(国家自然科学基金委员会化学科学部, 北京 100085)

摘要:分别按高分子合成化学、高分子科学与生命科学的交叉研究、光电磁活性功能高分子、超分子组装与高级有序结构构筑、高分子物理与高分子物理化学、高分子加工新原理、新方法等,对高分子科学近期主要发展趋势和若干前沿方向做一综述。

关键词:高分子科学; 主要发展趋势; 前沿进展

高分子科学在我国已有 50 年的历史,老一辈高分子科学家为我国高分子科学的建立与发展做出了卓越贡献,并为今后的发展培养了一大批人才,我们应该永远牢记他们。

近年来,伴随着世界高分子科学的发展,我国高分子科学基础研究的整体水平有了明显提高,随着科教兴国战略的实施,研究条件有了明显改善,本文是基于学科管理中学科前沿调研、学科发展研讨等形成的材料中摘要而写的,凝练了高分子领域集体的智慧,力图反映近期高分子科学前沿、热点和发展趋势,仅供读者参考。

对于近年来高分子科学学科基金资助情况已有介绍^[1],对于 2004 年我国高分子学者的某些重要研究进展也已进行综述^[2]。本文中涉及的许多部分的详细内容参见^[3]。

近年世界高分子科学在诸多领域取得重要进展,主要是控制聚合、超分子聚合物、聚合物纳米微结构、高通量筛选高分子合成技术、超支化高分子、光电活性高分子等方面。

1 高分子合成化学

高分子科学的诞生源于高分子合成化学。世界上目前每年生产的 2 万多亿吨高分子都是以高分子合成化学为基础而实现的。因此,高分子合成化学作为高分子科学重要的基础和支撑分支学科,其发展对高分子科学与工程发展起着十分重要的推动作用。高分子合成化学研究从单体合成开始,研究高分子合成化学中最基本问题,探索新的催化剂体系、精确控制聚合方法、反应机理以及反应历程对产物聚集态的影响规律等,高分子合成化学基础研究具有双重作用,一是运用已有合成方法研究聚合物结构调控;二是设计新的合成方法,获得新颖聚合物。

20 世纪 90 年代以来在分子合成化学领域中,前沿领域是可控聚合反应,包括立构控制,相对分子质量分布控制,构筑控制、序列分布控制等。其中,活性自由基聚合和迭代合成化学研究最为活跃。活性自由基聚合取得了许多重要的成果,但还存在一些问题。活性自由基的发展前景,特别是工业应用前景以及未来研究工作趋势是令人关心的问题。对于活性自由基聚合反应机理的深入研究、在较低的温度下能快速进行聚合的研究是目前受到关注的研究方向。迭代合成化学是唯一可用来制备多肽、核酸、聚多糖等生物高分子和具有精确序列、单分散非生物活性高分子齐聚物的方法。树枝状超支化高分子的合成就是此合成策略的成功应用例证之一,是过去 10 年高分子合成中最具影响力的发展方向。树枝状超支化聚合物由于其独特球形分子形状,分子尺寸,支化图形和表面功能性赋予它不同于线型聚合物的化学和物理性质。

高分子合成化学发展需注意以下几点:

(1)与无机化学、配位化学、有机化学等的融合与渗透,吸取这些学科领域的研究成果开发新的引发/催化体系,这是合成化学的核心,是高分子合成化学与聚合方法原始创新发展的关键。对于传统的工业化单体,需要利用新型引发/催化体系和相应聚合方法,研究开发合成新的微观结构的聚合物新材料。

(2)与有机合成化学和高分子化学紧密结合,将有机合成化学的先进技术“嫁接”到高分子合成化学

中,研发高分子合成的新方法,实现高分子合成的可设计化、定向化和控制化,这里包括通过非共价键的分子间作用力结合来“合成”超分子体系。

(3)在大分子工程方面,不仅要达到控制聚合物的分子量与分子量分布,而且要开发设计合成多种拓扑结构的聚合物链(如超支化聚合物、星型多臂嵌段共聚物、树枝状聚合物、浓密刷型聚合物等)的新合成技术。

国家自然科学基金鼓励并支持从事高分子合成化学基础研究的课题,将注意各分支学科的平衡协调发展,对暂时冷门的研究方向,将予以持续资助。目前,我国在负离子聚合、正离子聚合和偶联聚合等方面的研究需要吸引中青年研究人员加入。同时在高分子合成化学领域近期应关注以下几个方向:(1)新的聚合反应和新的聚合方法特别是酶催化聚合和微生物聚合等;(2)功能性高分子合成;(3)高分子链结构的设计和控制合成;新型超支化聚合物的合成;新型树形大分子的合成;树枝化聚合物的合成;聚合物分子刷的合成;新型多肽的化学合成等;(4)借助分子间弱相互作用及特殊识别作用组装合成新型聚合物;(5)聚合反应机理方面的研究;(6)通过量子化学计算和计算机模拟准确预测聚合物结构与性能之间关系,指导分子设计和高分子合成。

国际上重要的高分子合成进展有:可控自由基聚合和活性配位聚合又有许多新进展。Fujita 等^[4]报道了配位聚合方法乙烯的活性聚合。聚合温度 25~50 °C,分子量分布很窄(1.05~1.19),分子量可高达 40 万,催化活性很高(20000 min⁻¹ atm⁻¹)。

Marks^[5]以有机钛化合物催化苯乙烯和甲基丙烯酸甲酯共聚,获得双全同无规共聚物,在此催化剂作用下,苯乙烯和甲基丙烯酸甲酯的均聚反应生成间规均聚物。

将组合化学研究方法发展运用到高分子合成的催化体系高通量筛选方法研究只有三、四年的时间,但发展很快。许多学术研究小组、研究中心和工业界实验室都开始进行研究。几乎每个月都有相关的学术会议。“Macromol Rapid Commun”已分别于 2003 年第 1 期和 2004 年第 1 期出版了两期专集,前者只有 15 篇论文,后者升至 45 篇,有望改变传统研究方式和速度。我国高分子学术界和工业界尚未对此领域给予充分重视。

高度支化的聚合物是具有前沿性并具有潜力的研究方向。2003 年含超支化聚合物一词的论文有 302 篇,2004 年含树枝状聚合物一词的论文有 450 篇,呈现出非常活跃的景象。Percec^[6]提出了一种合成新概念 **TERMINI-Terminator Multifunctional Initiator**,即被保护的多功能团化合物,它能够定量和不可逆的中断活性聚合或链式有机反应,去除保护基团后,其活性官能团能 100%再引发活性聚合,再引发过程中,TERMINI 重复单元新产生一个支化点。利用这种方法与活性自由基聚合相结合发展了一种全新的收敛法合成超支化聚合物的方法。

Britz 等^[7]利用碳纳米管作为受限反应器,将环氧化富勒烯灌装到单臂碳纳米管中,然后引发环氧化富勒烯开环聚合形成线形聚合物,获得了用其他方法难以制备的聚合物,为在受限空间进行可控高分子合成开辟了新途径。

2 高分子科学与生命科学的交叉研究

国际发展态势表明:众多高分子背景学者的研究方向开始集中在与生命科学相关的高分子研究方面,对生物高分子、医用高分子、生物大分子体系理论计算模拟、高分子科学中的生物技术和大分子化学生物学等相关研究前沿的科学问题是近期需给予重点关注的方向,从美国化学会年会的论文就可反映这一点。

高分子科学是研究分子量在数千至数百万甚至数千万大分子合成、结构与性能的学科,而生命科学中的核心物质 DNA、多肽、蛋白质、聚多糖等都是分子量很高的大分子,属于高分子科学研究的对象,而由这些生物大分子构成的细胞又构成了生命。因此,高分子科学与生命科学存在着不可分割的联系和许多有待进行学科交叉研究的前沿问题。主要有以下 3 个层面的交叉点:(1)在 DNA、蛋白、多糖、高分子药物及诊断试剂等研究方面存在着分子水平层面的交叉点;(2)高分子科学在小尺寸药物传输系统、单层、双

层和多层高分子膜和生物传感的研究方面存在着细胞层面上的交叉;(3)高分子科学在软组织或骨组织工程在人体组织和生命层面上有着很好的交叉点。

过去高分子科学向生命科学和现代医学领域的渗透给给现代生物医学带来的巨大变化。就高分子科学与生命科学交叉的研究领域而言,以前的研究主要集中在用传统高分子材料制备生物医用材料,如组织工程的支架、人造器官、药物传输载体等高分子。在药物学领域,高分子药物控释技术几乎从根本上改变了传统的给药概念和模式,成为药物治疗科学中的一个里程碑。在医用高分子方面,由于植入体内高分子的应用,对提高医疗水平,改善人类生活质量、减轻疾病对人们健康的影响,均起了重要作用。

用于医疗中诊断、治疗、修复或替换人体组织或器官的生物医用高分子材料要求高分子在具有特殊功能与性能的同时还具有对人体组织、血液不产生不良作用的性质。生物医用高分子的研究与开发对提高人民健康水平、国防和国家经济发展都具有重要意义。由于生物医用高分子产品的附加值非常高,而其质量直接与使用者生命安全相关,发达国家多年来已将生物医用高分子的研究作为优先发展的重点领域。近年来,国际上此领域的研究蓬勃发展,出现了许多新的研究热点并孕育着新的突破。在用于药物控制释放高分子研究领域,高分子-药物、高分子-蛋白质结合体、高分子-基因聚络物和高分子微胶束等涉及生物高分子药物的研究方向已成为高分子科学研究者进入现代生物医学领域的切入点。体现了生物大分子与合成高分子相互融合,传统高分子科学与现代生命科学相互融合。总之,从高分子分子设计、高分子结构,到高分子凝聚态、高分子组装;从分子运动到生物屏障的跨越;从分子间相互作用到载药系统与生命系统间的相互作用等方面的研究,高分子科学都发挥出越来越重要的作用。高分子科学工作者应抓住机遇,与生命科学与技术、纳米科学与技术 and 生物纳米技术相结合,为高分子学科的发展,为国家社会与经济的发展做出贡献。

高分子科学研究者除了继续重视生物医用高分子研究之外,还须通过运用高分子科学研究特长和知识,从分子水平研究生物大分子结构、相互作用等,为研究生物大分子在生命体系中生命过程做出应有的贡献。通过研究高分子组装和高级有序结构构筑、手性高分子、配位高分子以及受生物启发或模拟生物体系高分子的研究,在分子科学与生命科学之间架起跨接的桥梁。

今后在分子科学与生命科学交叉研究中应重视下列领域的研究:

(1)组织工程研究中支架高分子的仿生微观结构和高分子的生物降解性,特别是可诱导细胞与组织生长、降解速度可控的高分子;

(2)利用生物学原理将蛋白质、细胞生长因子、酶及多肽等生物活性物质固定在生物医用高分子等医用材料的表面,通过表面修饰构建第三代的生物活性医用植入或介入诊疗高分子等;研究具有优异抗凝血性、生物相容性及抗菌性的高分子;

(3)用于基因治疗的高分子药物控释体系,特别需重视非病毒高分子基因载体,大分子蛋白类药物释放载体以及靶向性和释放速度可控性;

(4)运用生物技术发展高分子合成方法也是国际上非常重视的研究方向;开展酶催化聚合、微生物法合成聚羟基烷酸酯等生物医学高分子;

(5)大分子化学生物学:运用高分子科学的原理与方法以研究和揭示与生物大分子相关的生命运动的化学本质,研究生物大分子的结构与其生物活性的关系;研究生物体内的蛋白质-蛋白质、多(寡)糖-蛋白质等相互作用、研究分子识别;

(6)非生物活性与生物功能大分子的自组装过程与超分子结构的深入研究对加深蛋白质等重要生物大分子的结构与功能的理解,以天然蛋白如胶原蛋白、弹性蛋白、蚕丝蛋白、蜘蛛蛋白等为例,揭示生物大分子自组装原理、结构及其生物学效应;推动大分子分子(簇)器件与高性能仿生高分子材料的发展;

(7)合成可实现溶液中精巧高级结构的聚合物的研究,非天然齐聚物或高聚物的分子内弱相互作用控制其二级结构(折叠与螺旋等精致结构),模拟或复制生物大分子结构与功能,理解折叠与螺旋构象、结构与性能。通过合成出具有与生物高分子相同的折叠机理以天然高分子所显示的精巧水平和程度形成

三维结构、功能和性能,从合成高分子或生物高分子衍生物,探讨通过控制高级结构获得与生物分子类似功能的可能性;

(8)运用合成高分子结构研究的基本理论方法开展生物大分子及其人工合成类生物大分子结构的理论计算模拟研究;

(9)高分子生物学效应和生物大分子相互作用的表征新方法及其应用,用于生物传感与检测的高分子等。

3 光电磁活性功能高分子

近年来,在电致发光高分子方面取得了一系列进展。这一领域的研究布点不宜多,主要是对器件制备条件要求较高,低水平重复很难做出有价值的工作。

高分子电子材料和器件的发展强烈依赖于具有新颖结构的聚合物的合成,典型的链式结构如聚苯撑、聚苯撑乙烯等经典结构并不能满足所有要求,设计与合成新的二维、三维共轭高分子的可实现对电、光和磁性的调控,高碳组分的聚合物因其类石墨性质及用途而备受重视。

有特殊光子性能的软物质的研究是目前非常重要的领域,通过将聚合物制备成微结构材料可使折光指数、密度、弹性模量等参数呈现周期性变化,可调制光子的流动和光子通过物质的过程。

研究自然能源(如太阳能)利用等相关材料低成本化、高效率转换新途径;作为利用可再生资源转化成电能的新能源光伏达电池是很有吸引力的新技术。目前,多采用无机硅材料制备光伏达电池,但其材料昂贵、加工复杂使其成本实在是太高尚不能替代传统的不可再生能源。对有机高分子体系光伏达电池的研究是出于材料成本低,加工容易和更好的理解聚合物光电子学等目的。近年来国际上有 400 多篇这方面的论文。从材料体系来看,一类是复合体系:以共轭高分子作为空穴供给体,以无机化合物如二氧化钛、碳笼烯和碳纳米管等作为电子供给体,第二类是分别用 n 型共轭高分子和 p 型共轭高分子电子、空穴供给体。对共轭高分子的研究,聚集态结构有序度的提高能使载流子迁移率大大提高,另外,探索实现高效热—电转换(热电致冷和发电)的有机高分子新材料及器件;研究新型有机高分子储能材料也是值得重视的方向。

作为新一代清洁能源,燃料电池的研究与发展正普遍受到重视。其中质子交换膜是至观重要的材料。目前,最好的燃料电池膜材料是全氟取代 Nafion 膜,不过,其缺点是价格昂贵、较高温度时不能保持水份,使得在 80℃ 以上质子传导率受到限制。目前,有许多小组在研究其它高分子质子交换膜,主要路线是耐高温性能好的磺化聚合物。

最近,以聚合物作为激光和光学放大器介质已受到重视,聚合物光泵浦激光已经实现,但其电泵浦激光还远未实现。最具前景的聚合物是聚芴,其固体荧光量子产率很高。目前,几乎所有的聚合物激光,泵浦激光的波长小于受激辐射光的波长,即属下转换。上转换聚合物激光正在研究之中。

受低能量激光辐照时,折光指数发生很大变化的聚合物称为光折变聚合物它即具有电光效应又具有光导性,可用于光信号加工和信息存储。当激发光为两束相干光时,周期性光分布产生折光指数的周期性调制,折光指数变化在聚合物膜中产生全息图,在周期性折光指数调制中,加上第三束衍射激光,此全息图可被重构。与其它改变折光指数的方法不同的是,光折变过程是完全可逆的,即由激光形成的全息记录图可用均一光束擦除。光折变机理是通过吸收光,形成内部电场,产生载流子,载流子的长距离传输和捕获,所产生的电场通过取向或非线性光学效应造成折光指数变化。

具有生物活性功能基团导电高分子的研究也已广泛受到重视,用树枝状高分子研究模拟光合作用的光捕获体系与过程也是国际上很受重视的研究方向。

4 超分子组装与高级有序结构构筑

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cn>

超分子自组装的研究首先从生物体系的研究受到启发:生命体系中大分子的高级有序结构对其生物活性与功能起着非常重要的作用,由许多弱相互作用点共同作用使得很复杂的生物高分子形成严格一致

的分子形状和尺寸,正是这弱相互作用对大分子三维构筑的精确控制,才使得生命过程成为可能并得以实现,而这个过程就是超分子自组装过程。前人的研究主要是通过具有规整结构的构筑单元,通过超分子自组装获得纳米或微米尺度的有序聚集体,而有序度尺度越大,越难以实现高级有序结构。

在分子科学的研究中,近年来世界上更注重分子以上层次的研究,分子以上层次的化学是以通过分子间相互作用形成的有序分子聚集体高级结构为对象,研究其形成、结构和性能的科学。注重对高级有序结构的研究,不断尝试以各类分子作为构筑单元,组装具有高级有序结构的分子聚集体,认识分子聚集体结构调控、构筑的规律、结构与性能的关系,进而在化学与生命科学、材料科学之间建立桥梁。

超分子聚合物是分子以可逆的非共价键作用形成的链式大分子。与这种聚合物与由共价键形成的聚合物性能不同的原因来自于非共价键的可逆性。例如,超分子聚合物的分子量对浓度、溶剂极性和温度的依赖性导致了其流变性能的不同。处于热力学平衡状态,其性质可由外场调控。超分子聚合物体系也为理论高分子学者提供了很好的新研究体系,超分子聚合物其热力学本质使得理论研究不必考虑传统高分子必然涉及的动力学。而以非共价键设计新高分子的课题已受到普遍重视,并成为高分子科学的重要发展方向,美国化学会高分子分会中专门设立此方向的分会就充分说明了这一点。

约在 15 年前报道了第一个超分子聚合物。为高分子科学增加了一个新的领域。为将小分子组装成具有传统高分子性能的聚集结构提供了实现的途径,目前主要的超分子聚合物大致可分为三类,一类是氢键型,此体系目前除了学术兴趣外,已开始具有技术应用相关性;可用于遥爪齐聚物或现有聚合物的改性;可选择相互作用特殊的几种单体共聚获得共聚物,进而获得高分子及其超分子聚合物的杂化体,从而调控高分子性能。用这种思路有望获得新的热塑性弹性体、超级黏合剂等新型高分子。第二类是盘状分子,其溶液性质和二维可控超分子构筑都是很奇异的,可作为自然体系的模型进行研究。这种超分子凝胶具有强度低等力学性能方面的弱点并具有相转变,使其不能向传统高分子那样作为结构材料,但其柱相内很强的 $\pi-\pi$ 相互作用带来其很高的电荷迁移率,配位聚合物等也是超分子聚合物的重要途径。在超分子组装领域,虽然已通过小分子、大分子和超分子聚集态调控获得了许多复杂功能材料,但与生物体系预先确定的精巧结构和精密复杂的宏观构筑仍相差很远,过去十多年中,化学家已迈出了可喜的一步,已在具有与生物体系或多或少相类似的设定二级结构聚合物方面取得了进展。合成高分子按预定结构进行自组织化,聚合物螺旋结构的构象动力学及其对聚合物物理性能的影响、聚合物链螺旋诱导问题、大分子二级结构动力学影响、在聚合物分层组织中利用多重相互作用获得精密涉及的超分子自组装。认识大分子的组织对获得具有复杂精密结构的材料无疑是至观重要的,具有持久和精巧螺旋结构的高分子可产生精致的手性超结构,从螺旋高分子研究中可获得对基本原理的更好认识,进而从已知二级结构的合成构筑单元得到三级结构功能高分子材料。

从 3,5-二碘苯丙烯酸($\text{CH}_3\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{O}$)酯和三甲硅基丙炔合成了双亲 poly(*m*-phenyleneethynylene)s,这种聚合物在溶液中形成螺旋构象,环环结构相邻的环之间有 $\pi-\pi$ 相互作用使得苯乙炔基间距离在 0.34nm,光照时发生[2+2]环化反应,形成稳定的纳米管,管内径为 0.8nm^[8]。这项研究建立了一种高分子纳米管的调控制备新原理和方法。美国 Percec 以合成的树枝化联二多肽组装形成了类似生物体离子通道的螺旋超分子组装体^[9],有望为人工合成离子通道、抗菌剂、功能膜和传感等应用,是几十年来该领域的重要进展。

5 高分子物理与高分子物理化学

高分子物理仍处于发展活跃期,但高分子物理的理论体系还欠系统,高分子物理正面临着新的飞跃,研究方法已发展到理论、计算模拟和实验并重。

高分子科学的重要任务之一是从聚合物凝聚态结构出发,阐明和预报体系的平衡与非平衡态的物理性质,最后达到能够定量描述聚合物复杂结构与性能。这是高分子物理的核心命题。

蛋白质构象和生命体系中高分子参与过程的计算模拟将是高分子理论物理发展的重要方向,具有高分子背景的理论工作者在此领域将大有用武之地。目前,高分子理论计算模拟的论文出现在每一期的重

要国际期刊上,表明此领域的研究十分活跃。2004 年在合肥举行的高分子理论计算模拟的讲习班,为推动国内这方面的研究具有积极意义。

多种高分子复合形成聚合物合金体系仍是目前进行高分子性能改性的重要途径。过去主要是通过反复实验获得综合性能好的复合体系;而且,从一个体系获得的经验不一定能用在其它体系中。需要研究的问题包括:每个聚合物合金体系复杂的本构行为;微结构中具有代表性部分的复杂几何学;微观形变行为与宏观形变行为之间关系中未知的部分。目前主要采用有限元分析方法进行研究,通过建立运用合适的玻璃态聚合物本征行为的本构方程,已能够对均相和非均相聚合物体系的力学响应如屈服、应变软化与应变硬化等进行理论分析,并能预测脆韧转变等。这种理论分析已可以给出为获得韧性聚合物对非均相聚合物体系微结构进行优化的可能方向。

到目前为止,物质的玻璃态和玻璃化转变仍是重要而尚未解决的基本物理问题。玻璃化转变是无定形聚合物的最重要的性质之一,能统一描述所有现象的理论模型尚需进一步发展。

对于聚合物结晶过程的研究也还有许多悬而未决的研究课题。

流变学是研究物体流动和变形的科学,高分子流变学是其成型加工成制备的理论基础,是高分子理论与应用之间的桥梁。我国在此方面的研究力量显得薄弱,需要注意吸引人才,并及时给予择优资助。2005 年 8 月在上海举行了高分子流变学讲习班,这是一个良好的开端,相信会对这一领域的发展起到很好的推动作用。

高分子溶液方面的研究力量有待加强。

在分子表征方面,无论是认识上还是技术手段上,更普遍的停留在传统方法,而对新方法、新仪器的关注尚不够,普遍遇到传统方法的局限性和需要解决的新问题的挑战。这对研究水平的提高极为不利。高分子科学研究者应重视这一问题,开办讲习班、创制新仪器或更新先进仪器有助于整个学科的健康发展。

6 高分子加工新原理新方法

高分子材料反应加工是将传统高分子材料的合成和加工成型两个截然分离的过程融为一体的新途径,传统加工设备只是用于高分子粒料加工成制品,而反应加工赋予了加工设备合成反应器的功能,反应加工过程中涉及的化学反应有自由基引发聚合、负(或正)离子引发聚合、缩聚、加聚等多种反应类型,与传统反应需数小时或十几小时相比,其反应时间往往只有几分钟或十几分钟。因此,在反应机理和反应动力学方面有其自身的特点和规律,弄清该科学问题是保证反应加工过程正常进行的关键。

Mayes 等发展了一种新的聚合物高压成型技术,在室温下进行塑料加工成型,有望成为节能的塑料加工方法,并有望促进塑料回收技术的发展^[10]。

对于聚合物形态和聚合物性能的控制,其实很大程度上是聚合物动力学历史的控制,传统的加工过程是一种聚合物动力学历史。近年来,已扩展到外场的影响,如表面取向、电、磁场、溶剂熏蒸、新的流动几何等。如超临界流体溶胀:以超临界流体溶胀固体聚合物,在聚合物表面引入新单体、纳米颗粒或其它添加剂;能够改变表面浸润、光学或传输性能;微结构调控的薄膜;在有机电致发光器件、有机晶体管、有机激光器件和高分子功能膜等新技术发展中,具有新型光电活性、传输性能的聚合物薄膜起着重要作用,具有可控纳米微结构的薄膜制备技术的研究十分重要;超分子体系的加工:超分子聚合物的出现为聚合物加工提出了挑战,由于由小分子以非共价键结合的自组装体系的形变敏感性,超分子聚合物表现出不同寻常的流变性能。流动过程可能会增强或破坏静止状态的超分子结构,也可能诱导产生新的结构;加工过程就成了超分子聚合物分子结构设计的一步。

结语

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cn>
限于个人水平,加上篇幅长度局限,本文不可能全面概括当前高分子科学的所有重要领域和方向。

高分子科学仍处于快速发展的阶段。不过,作者认为:总体上国内研究与国际先进水平尚有较大差

距,各分支领域发展也不平衡。今后我国高分子科学学者在从事国际前沿研究并做出有影响的工作,获得世界的承认,拥有相应的学术地位方面,尚有很长的路要走,是新一代高分子科学研究者的追求目标和历史使命。高分子科学目前的研究者 80%以上是 45 岁以下的中青年,这其实是一件喜忧参半的一件事情。树立良好学风,按国际标准进行学术评价,克服浮躁,继承优良传统,遵守学术道德规范等对学科的健康发展都是至关重要的。

关于今后高分子科学基础研究的重要方向和优先资助领域,作者认为有以下几点:1. 功能导向的高分子合成化学;2. 高分子构象控制与超分子构筑;3. 生物医用高分子;4. 光电磁活性聚合物;5. 基于聚合物的纳米微结构;6. 高分子表面与界面;7. 理论高分子物理;8. 高分子表征与测试;9. 高分子合成方法学与绿色合成化学;10. 受生物启发的高分子与生物大分子。

参考文献:

[1] 董建华. 高分子通报, 2005, (1), 1.
[2] 董建华. 高分子通报, 2005, (3), 1.
[3] 董建华. 第六章, 高分子科学, p230~315. 《化学学科进展》, 张礼和主编. 化工出版社, 北京, 2005 年 8 月.
[4] Mitani M, Mohri J, Yoshida Y, et al. J Am Chem Soc, 2002, 124, 3327.
[5] Jensen T R, Yoon S J, Dash A K, et al. J Am Chem Soc, 2003, 125, 14482.
[6] Percec V, Barboiu B, Grigoras C, et al. J Am Chem Soc, 2003, 125, 6503.
[7] Britz DA, Khlobystov AN, Porfyrakis K, et al. Chem Commun, 2005 7(1), 37.
[8] Percec V, Dulcey A E, Balagurusamy V S K, et al. Nature, 2004, 430, 764.
[9] Hecht S, Khan A. Angew Chem Int Ed, 2003, 42, 6021.
[10] Gonzalez-Leon J A, Acar M H, Ryu SW, et al. Nature, 2003, 426, 424.

Trends and frontiers in polymer sciences

DONG Jian-hua

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

Abstract: The trends and frontier topics in recent years on polymer science, such as polymer chemistry, polymer physics, bio-related or bio-inspired polymers and medical polymers, super-macromolecular chemistry, opto-electronic active polymers, polymer processing, have been overviewed

Key words: Polymer science; Trends of progress; Frontier of discipline