

·学科进展·

21 世纪高分子科学与工程的发展与方向

程正迪

(阿克隆大学 高分子科学研究所,美国,俄亥俄,OH44325-3909)

[摘要] 与每个科学分支一样,高分子科学与工程已经走完了它的初始阶段,并成为科学和技术的重要部分。本文对高分子科学与工程作简要的评述,并讨论 21 世纪与其他研究领域相关联的若干可能的新发展方向。

[关键词] 高分子科学与工程,研究,新方向

与其他门类科学相比,高分子科学与工程是一门较年轻的学科。很早以前,木材、棉麻、丝、毛、橡胶、皮革等天然高分子材料被人们自觉或不自觉地在生活和生产中广泛应用,而且在这些天然高分子的加工过程中,无意地发现了一些改善高分子性能的方法。如 1839 年美国人 Goodyear 发明的橡胶硫化,但是那时候人们尚无高分子的概念。高分子学说的产生经历了近半个世纪的争论。早在 1877 年, F. A. Kekulé 提出与生命相联系的天然有机物,如蛋白质、淀粉、纤维素等可以由长链分子组成,这种长链分子结构决定其特殊的性能。但是这种真理的声音没有被当时的人们所接受。那个时候的有机化学家们认为高分子是由小分子通过次价力结合而成的聚集体,高分子的溶液是胶体体系。1893 年, E. Fisher 设想纤维素是以一种葡萄糖单元连结而形成的长链,1906 年他合成出的 18 肽与天然蛋白质很相似,而他合成的单分散的 30 肽有力地证明了许多氨基酸单元通过酰胺键连接能形成线型长链分子。这孕育着高分子学说的雏形。直到 1920 年,德国科学家 H. Staudinger 发表了划时代的文献“论聚合”,提出高分子的长链结构模型,标志着高分子学说的诞生。虽然当时仍然遭到胶体学说支持者的反对,但在随后的十多年实验证明高分子长链分子结构确实存在,到 19 世纪 30 年代末,高分子学说已被人们普遍接受,从此高分子科学开始走上她欣欣向荣的健康发展之路。虽然高分子作为一门独立的学科从建立到现在只经历了 80 年的历史,但是高分子材料

应用范围之广、用量之大,充分体现出这门学科的活力和巨大潜力。早在 1975 年,以体积计算,高分子材料的年产量和钢铁的年产量相当,而现在高分子材料的生产规模已远远超过金属材料。在医用、农业、航空航天、计算机、光电通讯、电器等各行各业,高分子材料的应用均起了至关重要的作用。在基因工程、智能工程等尖端研究领域,高分子材料的应用也日渐广泛。所以高分子材料在过去近半个世纪中走过了从大批量生产的通用材料到结构材料、功能材料甚至到生命材料的发展道路。

就研究方向和研究内容而言,经典的高分子科学与工程大致包括高分子化学、高分子物理和高分子成型加工。高分子化学是在分子水平上研究高分子,它以高分子合成或改性为任务,不断发展和完善聚合方法,研究不同的聚合反应机理,合成出满足不同性能要求的高分子材料。天然高分子的来源和品种有限,没有高分子的合成,必然使高分子材料的应用受到限制。高分子物理主要剖析从高分子的链结构到高分子在不同尺度上的聚集态结构(从零维到三维),为高分子合成提供结构检验和指导分子设计。高分子的成型加工主要研究高分子材料的成型方法和成型工艺,以便能高效率地得到满足性能需要的成型构件。特别在最近,新兴的微型加工技术使高分子加工的概念不断扩大。总之,高分子合成提供原料,高分子物理检验分子结构并指导分子设计、高分子成型加工是从原料到产品的必经之路,同时为高分子设计提供性能反馈信息。在分子科学

本文于 2001 年 5 月 22 日收到。

的发展中,三者相辅相成,缺一不可。

高分子材料科学与工程的发展历史是材料科学的兴起与成长的重要组成部分,也是20世纪的重要发现之一。在我们刚刚跨进新世纪的时候,展望高分子材料科学与工程的发展,我想从以下的几个方面来加以阐明:生物大分子及生物材料;新型高分子结构及其在不同尺寸上的组装;与环境相关的高分子科学与工程;新型高分子加工工程,以及高分子材料从发现转化为实际应用。这涉及到理学、工学和医学的许多方面。如果要进一步发展高分子材料科学,一个能协调各学科,鼓励合作,加强渗透的组织保障是必不可少的,这就需要各有关领导部门的齐心协力。

1 生物大分子及生物材料

加强大分子科学、生物科学与生物工程彼此之间的相互联系,必将有利于它们各自的发展。首先,差不多各种生物过程都与大分子相关,生物大分子和合成大分子有着许多共同之处;同时,二者又存在许多明显的差异,比如说生物结构的选择专一性是现有合成高分子不可能具备的特性。这种二重性导致在不同学科之间边缘学科的多样性和交叉性,而边缘科学的发展必将对整个科学的发展起着极其重要的作用。用于材料合成和环境治理的生物催化剂、环境监测和医疗诊断的生物探针、用于精细化工和制药工业中的选择性膜及色谱分离介质,以及用于损伤和疾病治疗的生物材料的发现和应用,大大地促进了高分子科技的蓬勃发展。图1是人体修复

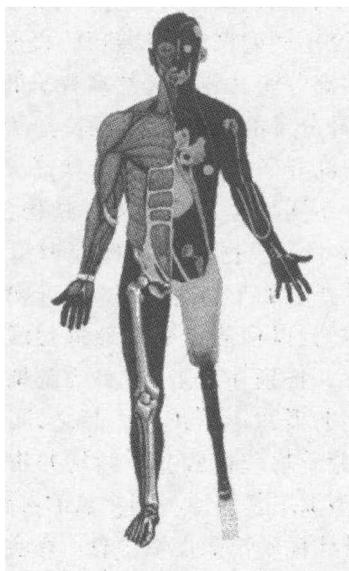


图1 将来人体修复可能用特殊设计的合成材料(右),或者以人体组织再生作为媒介的材料(左)

中所用的医用材料的未来发展方向。把分子水平上偶合的细胞转变成探针元件也许能为技术(比如计算机)革新提供一种可能,但这要求使生物大分子和合成大分子有机的结合。在生物合成和大分子自组装方面的研究已取得了很大的进展,与此同时,分子生物学领域的研究也发展迅速,如果能在科研和教育中使大分子科学、生物科学和生物工程彼此联系和渗透,那么将极大地促进它们的发展。

2 新型高分子结构及其在不同尺寸上的组装

10年前,人们广泛地认为几乎所有低成本的单体转化成高分子的研究都已被尝试过,所有重要的高分子都已被合成,所以,在分子合成化学领域中,低成本材料的合成已基本结束。但是,新型茂催化剂的出现证明,可以用原有的不同单体聚合成新型的高分子。同时,新型高分子可以通过超分子结构设计来获得,通过在不同尺寸水平上的自组装形成纳米结构,实现材料的高性能化和功能化。图2是几种通过不同分子自组装形成的超分子结构,近年来在微电子和光学通讯,以及光电显示上有广泛应用。在许多实际应用中,要求单体分子或低分子量聚合物能通过可逆的非共价键作用结合形成大分子结构,化学合成与分子模拟的结合必将促进对新型高分子和超分子结构的研究和发现。同时仪器方面的研究和实验表征方法也要求得到相应的发展,否则新型高分子的结构和超分子组装结构无从得以表征。

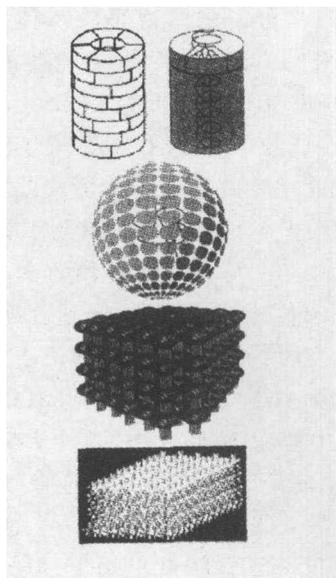


图2 不同形状的纳米尺度聚合物可以自组装成管、球、层和片状构筑

3 高分子科学与工程和环境保护

高分子科学与工程对未来全球环境有极其重大的影响。在环境方面,能源节省和产品设计是高分子科学与工程的主要研究内容,包括电池设计和环境的治理和净化。“绿色”化学过程和产品是未来的重要研究领域,这将把原始的化学转化和聚合方法以植物合成、微观合成和生物催化合成等方法代之。同时,结合生态学,高分子科学与工程在治理毒物、激素以及其他与健康相关的影响因素方面也将起到重要的作用。图3是通过基因工程得到的人工植物,可用作可降解性高分子。生物降解材料依然存在很大的发展空间,而且,微观成型加工方法将促进其发展。高分子材料废弃物的处理仍然存在许多问题期待解决,这涉及到高分子结构、生物降解性、以及材料使用后的回收性等诸多方面。

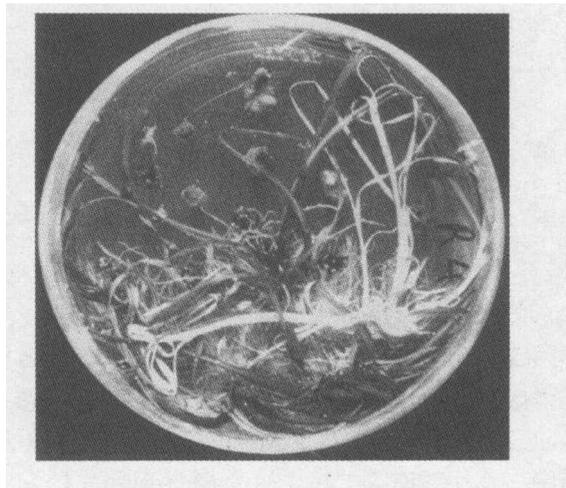


图3 遗传学改变了的植物在琼脂介质上生长,产物可能用作生物降解聚合物

4 新型高分子加工方法

高分子材料的最终使用性能很大程度上依赖于加工成型过程,包括成型温度、溶剂、外场、特别是材料经历的流变过程,在许多应用中流变性本身是材料的关键性能。现代合成方法的发展使不同结构的高分子合成变成现实,这就要求有着相应的成型方法,以便充分利用多种结构的高分子材料。新型的可控聚合能得到合适的模型高分子,结合现有先进的实验方法,可以在位研究高分子材料在成型加工过程中微观结构的变化。这对研究成型过程对高分子材料的形态,最终产品的使用性能,以及高分子结构和流变行为的联系等诸多方面,尤其对加工流变过程和流变过程中材料行为的模拟预测,是必不可少

的。图4是用特殊原料和成型方法加工得到的特殊形状的高分子薄膜。

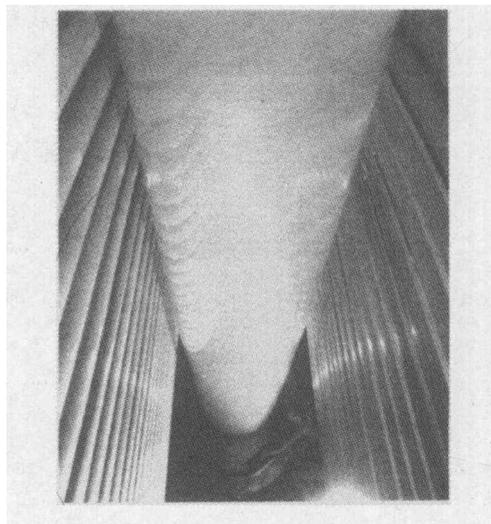


图4 一个直立的聚合物薄膜稳定巨泡。新聚合物筑构和实际模拟可实现它的高速生产

自组装超分子结构产品要求发展新型成型方法,因为通过非共价键作用形成的亚微观尺寸的纳米材料对成型条件极其敏感。为提高控制薄膜材料的性能,需要新型加工方法,比如利用外电场,磁场以及不同的基材能得到不同的微观和纳米尺寸的结构,并应用于不同的领域(如光电器件,位垒材料,电池电极界面)。

5 从高分子新材料的发明转化成实际应用

高分子材料科学与工程是世界工业的一个重要组成部分。现在需要科研和教育的创新,把高分子材料的研究发明迅速转化成商业产品,图5是通过高分子自组装得到的高性能电池。高分子材料科学

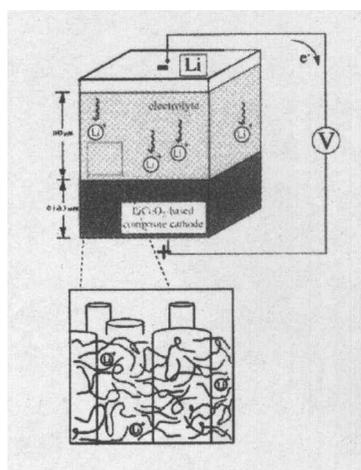


图5 通过嵌段共聚物自组装的轻质、高耐久和高容量聚合物电池

与工程的基础研究要进一步发展,单靠工业界的努力是不够的,这就要求科技部、国家自然科学基金委员会和其他基金,对扩展新的合成高分子材料和成型方法,及其实际应用研究给予充分重视,并加大资

助。高分子材料的表征方法以及扩试、中试规模的研究方法必须得以发展。同时,要发展新的方法筛选现有的高分子产品,以确定有进一步发展前途的高分子材料品种。

POLYMER SCIENCE AND ENGINEERING IN 21st CENTURY

Cheng Zhengdi

(Maurice Morton Institute of Polymer Science, the University of Akron, Akron, OH 44325-3999, USA)

Abstract As every branch of science, polymer science and engineering has gone through its infant stage and become an important part of science and technology. This article provides a brief review of the history in polymer science and engineering, as well as discusses several possible new directions associated with other research areas in the 21st century.

Key words polymer science and engineering, research, new directions

·资料·信息·

中国化学研究论文总数已名列世界第三

根据美国《化学文摘》收录的论文统计资料显示,我国发表的化学学术论文从1989年占全世界化学论文总数(397 200篇)的3.7%(14 650篇),上升到1999年化学总论文数(591 100篇)的9.0%(53 200篇),相对百分比增加了2.43倍,绝对论文数增加了3.62倍,成为继美国(由1989年的27.8%下降到1999年的23.9%)日本(1989年11.8%增加到13.5%)之后的第三位化学论文大国,超过了德国(7.5%)、英国(5.1%)、俄罗斯(4.4%)、法国(4.3%)、意大利(2.7%)、加拿大(2.7%)和印度(2.3%)。这一显著进展被美国化学会著名刊物《化学与工程新闻》(Chemical & Engineering News, October 30, 2000, p65)在“全球各国(化学)研究与发展(R&D)状况”报告中高度评价为“中国是唯一(在化学论文源)表现出重大增长的国家”。

据《1999年中国科技论文统计结果》表明,1999年我国科技工作者发表国际学术论文(含期刊论文和会议论文)共46 188篇,占世界化学论文总数的3.3%,按论文数排序,居世界第8位,其中主要反映自然科学基础研究结果的SCI所收录的我国论文数为24 476篇,排在世界第10位;在SCI统计中我国化学领域发表的论文为8 149篇,占全国科技SCI论文总数的33.29%(约1/3)。我国学术论文引用总数为13 024篇,被引用次数为25 173次;而其中化学论文在SCI中引用篇数为4 165篇,被引用次数

8 698次,分别占全国科技刊物总引用论文的31.98%和引用次数的34.55%。

统计资料表明,我国的化学研究在国际上已经有了一席之地。然而,在我国化学却往往被认为是“传统学科”而没有受到足够的重视。近10年来,国家对化学基础研究的投入远远低于产出,这已经影响到我国支柱产业如石油化工、精细化工、医药化学工业、日用化学品工业等的发展,国外产品乘机蜂拥而至,占领我国市场。这主要表现在我国在上述领域的国际专利的占有率没有地位,远不及发达国家,也明显落后于韩国和我国台湾地区。化学领域的知识产权问题也因为没有足够的申请和维护专利尤其是国际专利的经费而面临窘境,有的科学家在研究经费不足的情况下而放弃申请国际专利,甚至被他人低价收购。上述种种问题的存在值得引起有关部门和领导同志的重视。

我们必须清楚地看到,我国化学论文的质量与发达国家相比还有很大的差距,特别是原创开拓性的基础研究工作还很少。今后要在论文数量稳步增长的同时,更加注重论文质量的提高,注重原始创新。要力争在国际化学界和科学界最有影响力的学术期刊上多发表论文,进一步提高我国化学界在国际学术界的地位。

(化学科学部 梁文平 供稿)