

写在《高分子通报》三十周年

董建华

(国家自然科学基金委员会化学科学部, 北京 100085)

摘要: 本文从几个侧面回顾了我国高分子领域 30 年的发展历程。从发表论文、人才与研究基地、产业规模等概述了中国高分子的变迁。介绍了历年来国家自然科学基金与高分子相关的重大项目及部分项目所研究的课题与科学问题。

关键词: 高分子发展; 发展历史; 国家自然科学基金重大项目

转眼间,《高分子通报》创刊三十周年了。三十年前,本人还是一名快要毕业的博士研究生,而今都快退休了,算是本刊发展的历史见证人之一吧,也许这就是编辑部约请我写点东西的缘由吧。

本刊刚创刊时,可以说是国内学者了解国际高分子学术动态与前沿的一个重要窗口。那时不像现在,检索文献要从《化学文摘》大本装订册中一条一条找,并记在小卡片上,不仅没有网络,连纸质国外期刊都只能是在出版半年到一年后才能在部分大图书馆看到,抱着大摞期刊排队花钱复印相关文章是图书馆的常态。早期本刊文章或者是有些老师在国外进修期间的积累,或者是在文献条件好的单位中工作的一些高水平、有品位、勤奋努力的老师归纳总结文献,所撰写学科前沿综述或介绍知识,那时本刊登载的文章,影响着整个国家的高分子学者了解、跟踪国际学术动态的进程。记得本人在上个世纪 90 年代初接受了为研究生开课的教学任务后,去图书馆查找最新资讯,注意到本刊的文章特别适合作参考资料,特地找了我的老师辈的同事、当时的副主编之一李福绵教授,借来了他保存好几年的本刊过刊,通过阅读这些年的文章不仅使自己扩展了知识,开阔了视野,了解了前沿,而且遴选出许多列入讲课讲义的新内容,让研究生们及时学习到了新的内容,弥补了当时教学课本远远滞后于国际发展进程的缺憾。把阅读本刊作为了解世界学科前沿的窗口,延续了相当长的时间。这样的经历应该是众多“50 后”们的共同记忆。

30 年来,我国高分子发展是基于过去的基础,高分子学科在中国发展的历史参见专著^[1,2]和综述^[3~6]。

十年前,本刊创刊二十周年的纪念专辑曾收录笔者拙文^[7]。近些年,笔者每年都在本刊介绍当时的学科发展前沿。本文力争避免与已发表文献^[7~11,20]重复,侧重于归纳 30 年来的高分子科学发展脉络,拟从以下几个方面对高分子学科发展进行回顾。

1 与高分子相关的诺贝尔奖

自 1988 年以来,高分子科学相关诺贝尔奖见表 1。

表 1 高分子科学相关诺贝尔奖
Table 1 Nobel Prize in polymer field since 1988

年度	获奖人	领域
1994	P. J. 德金	液晶, 高分子物理
2000	A. 黑格、A. 麦克达米尔、白川英树	导电高分子
2002	J. 芬恩、田中耕一	飞行离子质谱测定大分子分子量
2005	R. 格拉布斯	易位开环聚合
2013	M. 卡普拉斯	生物大分子体系理论计算模拟研究

2 我国在高分子学术期刊发表论文

表2给出了我国内地学者在国际高分子领域几个代表性学术期刊发表论文所占的比例与全球排名,1978年的数据虽然在本文所述时间范围之外,但属于非常重要的参照。过去的几十年,是中国科学走向世界并快速发展的阶段。例如,自20世纪90年代起,中国内地学者在《大分子》发表论文的比例快速上升;1998年后,进入新的阶段,2007年起,我们内地的论文数量跃居全球第三,2011年,跃居第二。引人关注的是,中国学者的大量论文也进入引用和下载排序的前列。

表2 我国内地在高分子期刊发表论文

Table 2 Publication ratio in polymer science from the mainland of China

英文国际期刊	1978年比例与排名	1988年比例与排名	1998年比例与排名	2008年比例与排名	2017年比例与排名
《大分子》	0,—	0.4%, 19	1.9%, 13	11.8%, 3	20.9%, 2
《聚合物》	0.3%, 31	2%, 14	6.2%, 6	25.7%, 2	27.5%, 1
《应用高分子科学》	0,—	6%, 21	14.9%, 2	27.4%, 1	42.3%, 1
《聚合物工程科学》	0,—	1.4%, 11	2.3%, 14	19%, 1	20.5%, 1

在其它高分子国际期刊发表论文情况与《大分子》类似,论文数量快速增加,表2所列的期刊,如《聚合物》、《应用高分子科学》和《聚合物工程科学》近年来的论文占比均为第一。总体上,近年我国高分子领域国际论文发表数量和被引用次数均已处于全球第一位^[12]。

近年来,我国高分子领域申请国内国际专利数快速增长。

值得一提的是,对于高分子科学体系非常重要的事情:1988年出版的《大百科全书》化学卷,单列了高分子领域约300个条目;1998年出版了《高分子辞典》^[13],其中收录了约7000条详细词义解释的条目。

当前,高被引高分子作者名单中中国学者越来越多,以中国学者的工作为主或重要角色的研究成果进入化学与材料研究前沿的方向也开始多起来。

我们中国化学会主办的高分子学术期刊曾经备受重视,又一度曾经受到不利影响,近年来情况开始扭转,进入快速提升的发展新阶段。

三十年来,我们从大量翻译国外专著,后来开始参与国外专著中部分章节的撰写,到现在已经能在国外出版我国学者主编的专著。

3 我国高分子工业

我国高分子工业从新中国成立的几吨,发展到1978年的总产量一百多万吨,1990年的550万吨^[14~15],现在我国高分子工业总产量约在1亿数千万吨。改革开放四十年来,总产量增长百倍。这个成绩来之不易,我国高分子领域基础研究的快速发展主要是在近30年,恰巧与国家自然科学基金运行30多年历史重合^[16]。高分子材料在我们的日常生活中愈显重要^[17]。当然,到现在仍然存在依赖进口的品种,有些是高端产品部分进口,有的是特殊品种少量进口,更有完全依赖进口的品种。

表3 我国高分子产量

Table 3 Annual output of polymer materials in China

高分子种类	1980年(万吨)	1990年(万吨)	2000年(万吨)	2017年(万吨)
合成树脂	89.8	229	1000	8377
合成纤维	31.4	143.2	1000	4500
合成橡胶	12.3	31.7	100	400
涂料	—	~100	140	2041
胶黏剂	—	~50	200	257

高分子工业产品供需矛盾依然很多,例如尼龙 66,因己二胺单体的原因,我们全面依赖进口,聚碳酸酯我国年产仅 60 万吨,进口量超过 138.5 万吨。类似情况存在于聚烯烃、合成橡胶等大品种产品。

4 人才与研究基地

30 年来,我国高分子领域整体完成了人才培养和代际更替,从 30 年前的年龄断层发展到现在的全谱系年龄分布。

建设了一批重点实验室和研究基地。1989 年,“高分子材料工程”国家重点实验室于成都科技大学(现四川大学)成立。1989 年,中国科学院高分子物理联合开放研究实验室成立,它集中了中国科学院化学研究所和长春应用化学研究所的高分子物理力量,2000 年升级为“高分子物理与化学”国家重点实验室(后来,中国科学院化学研究所研究队伍整体划入“北京分子科学研究中心”)。1991 年,成立了三个国家重点实验室,即工程塑料国家重点实验室(中国科学院化学研究所,现为中国科学院工程塑料重点实验室)、“吸附分离材料”国家重点实验室(南开大学,现为教育部功能高分子重点实验室)和“纤维材料改性”国家重点实验室(中国纺织大学,现东华大学)。2007 年,超分子结构与材料国家重点实验室成立(吉林大学)。成立于 1994 年的国家教委聚合物分子工程开放实验室(复旦大学),后于 2011 年升级为“聚合物分子工程”国家重点实验室。同年,在华南理工大学成立了“发光材料与器件”国家重点实验室。北京化工大学先后于 2006 年和 2011 年成立了“资源有效利用”和“有机无机复合材料”两个国家重点实验室。此外,先后成立了一批共建的国家重点实验室培育基地、国家工程实验室和省部级重点实验室等。

过去 30 年间,高分子系、高分子学院在不少大学成立并发展,进一步促进了高分子研究与开发工作水平的提升,一批优秀教材和课程涌现出来。

5 中国学者在国际组织和期刊任职与获奖

随着我国高分子研究整体水平的提高,我国学者在国际学术组织开始担任重要职务。如 1998 年王佛松出任太平洋地区高分子联合会主席(1998~1999 年)。2016 年张希任太平洋地区高分子联合会主席,2017 年周其凤任国际纯粹与应用化学联合会 IUPAC 主席。我国高分子许多学者分别担任国际学术期刊的副主编等。我国高分子一批学者分别获得国际国内学术奖励。

6 高分子重大课题

国家自然科学基金重大项目是针对某一研究方向,由广大科学家反复研讨、凝练提出,经国家自然科学基金委员会组织的研究项目。所提出和研究的课题反映了立项当时的学科前沿方向、研究基础,凝聚并进一步培养了优秀研究队伍,对于推动某一学科方向的发展起着非常重要的作用,从历年重大项目可以反映出高分子领域发展的主流和重要脉络。同时,许多早期重大项目成为 20 世纪 90 年代末期“973”项目立项的基础。有些重大项目成为国家自然科学基金“重大研究计划”的立项基础。在许多重大项目立项前,都会有相关领域的重点项目做基础,重大项目结题后,常常会有相应领域的一批重点项目等后续继续支持。

6.1 高分子物理

高分子物理研究领域涌现了一批具有较高学术水平和创新能力的研究队伍,涌现出一批具有国际学术影响的学术带头人。

在纷繁复杂、浮躁、急功近利的时期,我们仍有一批研究者坚守基础科学,紧盯高分子科学主流与经典科学问题,持之以恒,不断努力取得了重要进展,做出了国际上获得关注和承认的成果。在 高分子物理领域,先后有国家自然科学基金重大项目“高分子凝聚态的基本物理问题研究”(1988~1992 年)、“聚合物凝聚态的多尺度连贯研究”(2004~2008 年)、“非理想高分子链的凝聚态结构及其转变”(2010~2013

年)和“高分子非线性流体动力学”(2018~2022年)等。

高分子运动最具典型的特征是其跨尺度效应。“聚合物凝聚态多尺度连贯研究”项目旨在实现聚合物凝聚态,研究在不同时间与空间尺度上能达到理论或实验或模拟的连贯性,在聚合物凝聚态多相多组分研究的多时间及空间尺度上,也就是要从微观到介观,再到宏观等不同尺度上能达到理论/计算/模拟的连贯性。发展一系列理论、模拟方法,完善相应实验表征手段,建立单分子设计到聚合物材料加工的平台;该项目研究处于国际研究前沿,具有很高的科学意义。关键科学问题及研究重点在于多尺度上的贯通性研究,并用实验结果来填补介观与宏观的贯通。

将真实复杂的长链状高分子简化为电中性理想高斯链,是人们长期以来理解高分子材料物理性能的理论基础。但是,许多有重要现实应用价值的新型功能高分子都无法用理想高斯链模型进行理论处理。开展非理想链及其凝聚态的研究是高分子凝聚态物理的重要方向之一,是高分子物理学科发展的新机遇,同时也对提高我国高分子材料发展的原创能力有非常重要的意义。“非理想高分子链的凝聚态结构及其转变”项目希望突破现有理论框架,超越高斯链,发展非理想链模型。发展合理有效的理论方法和模拟方法,着重处理带电高分子和半刚性高分子两类典型的非理想链,阐明链构象与静电作用及凝聚态结构的耦合机制。结合理论研究的进展,在实验上深入考察带电高分子和半刚性高分子的构象及凝聚态行为,认识其亚稳态的热力学性质及生成动力学,并追踪不同亚稳态之间、以及亚稳态到平衡态的演化行为及规律,从而获得构造二维及三维高效高分子功能结构的有效策略。

针对缠结高分子流体的微观与介观结构、非平衡态动力学行为、受限与复杂界面等问题,“高分子非线性流体动力学”项目开展单组分体系、多相多组分体系和纳米复合体系的实验、理论、计算机模拟与数值计算研究,阐明缠结高分子流体非线性流变行为的分子机理,明晰分子链-链相互作用的本质,提出相应的物理模型,建立普适性的缠结高分子流体非线性流变学分子理论;探索复杂高分子流体微观结构与其流变性质内在关联的规律,构建相应的微(介)观模型,完善复杂高分子流体的结构流变学理论;借助流变学基本原理,结合本项目建立或发展的分子流变学与结构流变学模型和理论,针对纳米注塑成型和3D打印等典型高分子加工技术,解决其中的流变学或受限流变学问题,完善和优化相应的加工条件,精准高效地指导高分子材料的设计与加工。

过去的三十年间,我国高分子理论与计算模拟研究得到了飞速的发展。目前,国内一些高等院校和中科院研究所已经形成了一支稳定的高分子理论、计算与模拟的研究队伍。这个领域经常举办讲习班、研讨会和学术交流活动,国际合作研究很活跃。当然,在分子理论队伍方面仍然存在不足,一般模拟研究工作偏多。

这个领域需要继续关注经典和主流科学问题,如玻璃化转变,在2005年7月 *Science* 杂志提出了21世纪科学研究面临的100个重大科学问题中,玻璃态与玻璃化转变被列为科学界应高度关注的前25个问题之一。高分子结晶、带电高分子和多尺度多层次凝聚态等领域依然存在许多尚未解决的科学问题。

6.2 高分子化学

高分子合成化学是高分子化学的核心,是高分子科学的基础,发挥着建立聚合反应新方法、阐明新的聚合反应机理、贡献聚合物新品种的关键作用。

国家自然科学基金先后设立重大项目,如“烯类、双烯类单体聚合、产物结构调控”(1987~1991年)、“拓扑高分子的精密合成”(2010~2014年)、“基于三键化学的高分子合成”(2015~2019年)、“金属配合物催化的高分子精确合成”(2017~2021年)等项目。

“烯类、双烯类单体聚合、产物结构调控”项目凝聚了我国在合成橡胶、聚烯烃和烯类聚合物的研究力量,在定向聚合、配位聚合和自由基聚合等方向进行了系统研究,在通过聚合调控聚合物分子结构进而调控聚合物性能方面获得了一系列规律,培养了一批该方向的研究人才。

“拓扑高分子的精密合成”以建立拓扑高分子的精密合成方法学为目标,借鉴有机合成和生物合成的新概念和新方法,设计调控引发剂与单体的电子结构、立体结构等,发现和发展运用于高分子合成的新有

机化学反应,对聚合反应的过程进行精密控制,实现对高分子链结构和序列分布的精确控制,建立不同拓扑结构、不同尺寸和环境响应性高分子的高效精密合成新方法,揭示拓扑高分子结构与性质的关系规律。通过本项目实施,推动我国在拓扑结构高分子的精密合成方法学的研究,促进我国高分子合成方法学研究水平的提高。

随着共轭高分子和三键化学的发展,基于三键单体的高分子合成化学研究领域得到越来越多的关注。“基于三键化学的高分子合成”项目,围绕三键化学的高分子合成基本科学问题,系统研制高效、绿色的有机/聚合反应的新催化体系;发展有机/聚合反应方法学;在聚合反应的多组分化、可控化、聚合方法的简单化、聚合过程的模块化、聚合物结构的可控化以及聚合产物功能的多样化等方面产生原创性成果。金属催化聚合是聚合物的结构多样性和精确合成最有效的手段之一,“金属配合物催化的高分子精确合成”项目以金属有机催化的高分子精确合成为目标,重点针对聚烯烃合成和手性聚合物合成中的拓扑结构控制、手性控制以及催化效率开展研究,调节聚合催化中心的电子特性和空间结构,通过催化剂控制,发展高分子高效合成新策略,创制若干结构新颖、性能独特的功能聚烯烃、液态聚烯烃和手性聚合物等,实现高分子聚合物的精确合成,发展若干高效、结构可控的聚合新反应和新方法。

6.3 光电功能高分子

在分子基础科学领域,我国因历史原因没有能够与国际同步发展。而光电功能高分子领域,在国际上刚刚开始的时候,我国科学家就几乎同时跟上了发展的潮流,从 20 世纪 80 年代到 90 年代的同步发展,到近期的部分引领与原创。国家自然科学基金在这个领域的重大项目有“电子聚合物中若干基本化学问题研究”(1999~2003 年)、“有机聚合物光电信息材料与器件的基础研究”(1996~2001 年)、“有机/无机复合半导体材料的基础研究”(2009~2013 年)和“先进光学膜材料多重尺度结构调控及功能实现”(2019~2023 年)。

“电子聚合物中若干基本化学问题研究”项目研究电子聚合物的激发过程和激发状态,丰富和发展电子聚合物能带理论和激发态理论。合成综合性能优异的电子聚合物,研究解决包括功能团、分子链、聚集态、相界面和层界面在内的多层次结构问题,考察它们与光、电性能的关系,为改善和提高相关材料和器件的性能,实现电子聚合物在高技术上的应用,提供理论依据。

有机/无机复合半导体材料兼具有机材料的设计多样性、易加工和无机材料的高迁移率、高稳定性等优点,成为对国家信息和能源未来发展起关键作用的材料之一。“有机聚合物光电信息材料与器件的基础研究”和“有机/无机复合半导体材料的基础研究”项目以有机/无机复合半导体材料为研究平台,借助纳米技术与组装技术,通过大跨度多学科的交叉,研究复合半导体材料的分子设计与简易制备方法;以调控复合材料聚集态微结构和界面电子结构为目标,着重研究复合半导体材料中的载流子输运与能量传递的机制,揭示复合半导体材料的复合原理和协同增强机理,力争在载流子传输与复合等基础理论上有所重要创新;实施材料器件一体化设计,制备出高性能的薄膜晶体管和太阳能电池。

对于有机/聚合物信息材料的研究属于多学科的交叉领域,必须走物理思想、化学合成与组装相结合,信息材料与器件设计相结合的道路,只有通过不同领域的专家围绕有限目标联合研究,通过多学科的深度交叉才能取得成功和突破。重大项目的设立为多学科的交叉和联合研究提供了可能,组织多学科交叉的重大研究项目对于提高我国的整体研究水平,推动科学技术进步具有重要的作用。

基于上述项目基础,国家自然科学基金连续两次设立重大研究计划——“光电信息功能材料”(2002~2010 年)和“面向能源的光电转换材料”(2012~2020 年),这两项计划持续支持了包括光电功能有机高分子在内的基础研究。在有机聚合物太阳能电池领域,基于我国学者在非富勒烯电子受体领域的原创研究,设立了“非富勒烯电子受体聚合物太阳能电池”重点项目群。

“先进光学膜材料多重尺度结构调控及功能实现”将研究新型显示偏光膜和补偿膜等先进光学膜中拟解决的关键科学问题和技术挑战,发展偏光膜和补偿膜材料的逆向功能设计和薄膜加工在线研究等方法与技术,从分子设计合成、取向结构调控和精密薄膜加工着手,通过对科学原理的工程表达掌握来实现

分子单元光学各向异性功能的逐级协同放大,形成我国光学膜设计与制造基础理论。

6.4 生物医用高分子

我国生物医用高分子领域的研究始于20世纪60~70年代,健康事业与医疗技术发展需求始终牵引着这个领域的发展。国家自然科学基金在生物医用高分子领域设立了“生物医用高分子材料的基本科学问题”(1994~1997年)、“抗肿瘤药物高分子纳米载体的多功能性和协同作用”(2013~2018年)、“面向功能构筑的新型响应性高分子材料”(2017~2021年)等重大项目。

“生物医用高分子材料的基本科学问题”在于研究生物医用材料与生物体系之间相互作用的规律;提出医用材料设计、合成的新思想、新方法;探讨医用材料在体内的降解过程及具体生物医用材料的制备等。在这些方面,研究者取得了一系列研究成果。

药物和纳米载体结合制备的纳米药物在肿瘤治疗中具有巨大的应用前景。然而,目前第一代的纳米药物载体主要是提高药物的循环时间和在肿瘤部位的富集,未能综合实现长循环、肿瘤组织富集、肿瘤组织渗透、进入肿瘤细胞和胞内药物释放,导致抗肿瘤药效受限。“抗肿瘤药物高分子纳米载体的多功能性和协同作用”项目构建具有单一纳米特性变量的高分子纳米药物载体,并通过体内外实验,揭示各个单一纳米结构变量对高分子载药体系在体内输送过程中特定环节的影响。利用对肿瘤组织酸度、特异性蛋白酶以及胞内pH、还原环境等响应的高分子材料,通过物理作用和化学键合的方法,实现纳米载体的功能集成,获得多功能协同的高分子纳米药物载体,并进一步通过药物代谢、体内药效和安全性评价验证其多功能协同性对体内多重障碍的克服。“面向功能构筑的新型响应性高分子材料”项目,从新型响应性高分子材料的仿生设计出发,创制高分子、高分子-DNA杂化体系和聚肽等新型响应性高分子材料,发展新的触发响应机制,实现响应性功能基元的精确调控和程序化降解;通过响应性高分子的多级多尺度自组装,实现组装体结构与功能的仿生构筑和多功能集成;以响应性高分子及其组装体为平台,结合疾病微环境或人工微环境构建正负反馈体系、振荡体系和仿生趋化功能体系,实现在分子链和超分子组装体层次上的信号调制、转导与放大。在该领域的基础研究预期将会孕育响应性高分子材料的仿生设计新策略,提升响应灵敏度、特异性和选择性,并推动响应性高分子在重大疾病检测诊断治疗方面的功能应用。

6.5 高分子组装与超分子体系:

在分子组装与超分子体系,国家自然科学基金先后设立“有序高级结构分子聚集体的结构、构筑与性能研究”(1999~2003年)、“共价与非共价键协同的可控超分子聚合体系”(2019~2023年)、两期中一德重大国际合作项目“多层次的分子组装体:结构、动态与功能”(2009~2016年,2017~2020年)以及国家自然科学基金重大研究计划“可控自组装体系及其功能化”(2011~2019年)。

第一个重大项目从理论和实验研究有序高级结构分子聚集体的结构、性能关系,研究分子间弱相互作用的协同效应、构筑方法与过程以及高级结构与宏观性质的联系,取得了一系列开创性的重要研究成果,推动了我国化学科学沿着世界化学科学的主流方向发展,使我国在此领域的研究水平大大提高,并保持与国际上发达国家同步,为我国进一步开展本领域研究工作奠定了坚实的基础。

新设立的重大项目将研究超分子聚合物中共价和非共价键的协同作用规律与调控等关键科学问题,通过多种超分子聚合单元的设计,对聚合过程以及对结构的精确调控,建立和发展新型的超分子聚合方法、新类型的超分子聚合物体系、新的制备技术和表征方法,充分认识超分子聚合物的链结构与聚集态结构,形成有特色的核酸超分子聚合物、框架型超分子聚合物、超支化超分子聚合物和手性超分子聚合物;制备了一系列具有自修复、刺激响应性以及力学适应性的超分子聚合物材料。

6.6 高分子材料科学与工程

在分子材料科学与工程领域,国家自然科学基金设立的重大项目有:“高分子结构材料成型和破坏的基础研究”(1986~1991年)、“复合材料微观结构与性能研究”(1992~1995年)、“高分子材料反应加工过程的化学与物理问题研究”(2004~2007年)、“高聚物成型加工与模具设计中关键力学和工程问题”(2005~2009年)、“大飞机子午线轮胎先进复合材料及结构的设计与制造基础研究”(2018~2022年)。

聚合物只有通过成型加工才能成为有使用价值的产品,高分子加工是高分子材料不可缺少的环节。在成型过程中,调控定制聚集态结构进而提高聚合物制品性能是非常有意义的方向。高分子材料使用过程中结构耐久性、长期寿命与应力下降与破坏密切相关。

复合材料具有比单一材料更为优良的综合性能,其中树脂基复合材料日益重要。重大项目的目的是研究复合材料组成、微观结构、性能与使用特性之间的关系、界面设计;探索复合材料仿生设计和制造的途径和应用;研究层间应力状态及对破坏行为的影响;对发展复合材料具有先导作用和理论支撑。

传统的高分子工业生产中,高分子材料的制备和加工成型是两个截然不同的工艺过程。制备过程主要是化学过程:单体、催化剂及其它助剂通过反应釜或其它合成反应器,生成聚合物。聚合反应往往需要几小时甚至数十小时,部分聚合反应还需要在高温、高压或真空等条件下进行。聚合反应结束后再进行分离、提纯、脱挥和造粒等后处理工序。制备过程流程长、能耗高、环境污染严重,增加了制造成本。合成的聚合物再通过加工成型,得到制品。一般采用挤塑、注塑、吹塑或压延等成型工艺,设备投资大。此外,加工过程中,聚合物需要再次熔融,增加了能耗。

“高分子材料反应加工过程的化学与物理问题研究”项目,将高分子材料的合成和加工成型融为一体,赋予传统的加工设备(如螺杆挤出机等)以合成反应器的功能。单体、催化剂及其它助剂或需要进行化学改性的聚合物由挤出机的加料口加入,在挤出机中进行化学反应,形成聚合物或经化学改性的新型聚合物。同时,通过在挤出机头安装适当的口模,直接得到相应的制品。反应加工具有反应周期短(只需几分到十几分钟)、生产连续、无需进行复杂的分离提纯和溶剂回收等后处理过程、节约能源和资源、环境污染小等诸多优点。高分子材料反应加工过程在某种意义上类似于冶金工业的连铸、连轧新技术。

计算机辅助成型、数字化、自动化和 3D 打印技术在聚合物加工成型中的应用需进一步加强。

7 结语

今年恰巧是我国各主要高分子科学研究与教学机构成立 60 周年,许多单位都在开展纪念活动。近年来,我国高分子研究中心在转移变化中,一些单位的高分子发展遇到了挫折和困难,研究基地的各类兴衰案例的经验教训值得总结。我国高分子研究的发展已有不少评述与总结^[3,7~11,20]。我们用了 20 年时间实现了高分子研究总量并行、贡献并行,开始出现源头并行^[11]。我国高分子研究一方面需要更加关注国家经济社会发展需求,发展高分子新技术,为国家产业技术做支撑,另一方面在基础研究方面,更加追求卓越、挑战重要经典科学问题^[18~20],今后我国高分子领域在保持贡献并行、扩大源头并行的同时,把中国高分子从大国变成强国将成为主要任务。

参考文献:

- [1] 张黎.新中国与新科学:高分子科学在现代中国的建立,山东教育出版社,济南,2005.
- [2] 段炼,张剑,张炜.一个人与一个系科——于同隐传,上海交通大学出版社,中国科学技术大学出版社,上海,2016.
- [3] 冯新德.化学通报,1999,(10):1~6.
- [4] 江明.科学,2009,61(6):11~16.
- [5] 江明.高分子通报,2011,6:1~8.
- [6] 江明.高分子学报,2017,9:1~7.
- [7] 董建华.高分子通报,2008,7:1~14.
- [8] 董建华.化学通报,2014,77(7):631~653.
- [9] 董建华.高分子科学,pp230~315.化学学科进展,张礼和主编,化工出版社,北京,2005.
- [10] 董建华,王佛松.高分子科学进展,pp683~694.高速发展的中国化学 1982~2012,《高速发展的中国化学》编委会,科学出版社,北京,2012.
- [11] 董建华,张希,王利祥主编.高分子科学学科前沿与展望,科学出版社,北京,2011.
- [12] 《化学十年:中国与世界》,国家自然科学基金委员会.
- [13] 冯新德主编,张中岳,施良和副主编.高分子辞典,中国石化出版社,北京,1998.

- [14] 董建华.材料导报,2003,17(2):1~3.
- [15] Dong J H. Adv Mat, 1999, 11(13):1067~1070.
- [16] 化工材料咨询报告.《化工材料咨询报告》编委会,中国石化出版社,北京,1999.
- [17] 董建华.化学进展,2011,74(8):675~682.
- [18] 何天白,王佛松.化学通报,1999,10:23~28.
- [19] Lodge T P. Macromolecules, 2017,50(24):9525~9527.
- [20] 董建华.高分子通报,2018,:1:1~7.

Overview for Celebrating 30 Years of Chinese Polymer Bulletin

DONG Jian-hua

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

Abstract: The rapid development in polymer science for last 30 years in China was briefly reviewed with the fact including publications in international journal, the initiatives and their facilities, the polymer industry which reflecting the fast progress. The major projects in National Natural Science Foundation of China related to polymer were introduced.

Key words: Development of polymer science; Review of history; Major projects in NSFC