

中国制造2025视野下高分子材料产业发展的再思考与展望

崔毅杰¹, 宋盛菊², 屈小中¹, 黄继军¹

(1. 中国科学院大学材料科学与光电技术学院, 北京 100049; 2. 中国运载火箭技术研究院研发中心, 北京 100076)

摘要: 中国制造2025发展纲要中明确了包括新材料在内的十大领域的发展目标。高分子材料是新材料的重要组成部分, 应用广泛, 在国民经济中起着不可替代的作用。我国已成为高分子材料产业世界大国, 但还不是高分子材料强国。在中国制造2025新形势下, 高分子材料产业如何发展是一个重大课题。概述了我国高分子材料产业现状、问题和瓶颈, 指出了17项高分子材料优先发展领域, 以及在研发和制造高分子材料时面临的挑战与机遇。对高分子材料产业研发和升级的三个认识层面的误区进行了再思考。基于我国高分子材料产业的基本国情, 强调了今后发展关键之所在: (1) 国家层面的顶层设计; (2) 高分子材料基因组工程信息化基础设施建设; (3) 优先发展汽车、轨道交通、飞机轻量化用高分子材料。最后对未来高分子材料发展提出了展望。

关键词: 中国制造2025; 高分子材料; 产业化; 技术升级

中图分类号: TB324

文献标识码: A

文章编号: 1674-4969(2017)06-0568-09

引言

自2008年美国次贷危机引发的金融危机、经济危机、政治危机波及到世界各国以来, 美国和其他西方主要工业国为了尽快摆脱危机造成的危害与损失、培育新的经济增长点、增加就业人数, 在融合自己所长, 特别是在利用自身在科技上的优势基础上, 纷纷提出了在国家层面上的新发展战略和策略。德国率先推出了“工业4.0”计划; 2012年美国先后提出和通过了《制造业促进法案》、《先进制造伙伴计划》、和《振兴美国制造业和创新法案2014》; 日本政府发布了《日本产业结构展望2010》; 俄罗斯发布了《2030年前材料与技术发展战略》; 英国宣布实施《工业2050战略》; 2013年9月法国推出了“新工业法国”计

划。其他国家如韩国和印度也分别推出了各自的制造业发展战略规划。韩国于2014年6月提出了《制造业创新3.0战略》; 同年9月, 印度公布了《印度制造》战略。世界各国发布的这些发展制造业的战略规划和策略, 表明了这些国家希望成为世界科技和制造业强国的决心与愿望。过去的三次工业革命都表明, 谁在科技和制造革命中占领了先机, 谁就能跻身于世界一流强国之列。从这个意义上讲, 新一轮的工业和产业革命及各国之间的竞争刚刚拉开序幕。

1 我国高分子材料产业现状、问题及瓶颈

据报道, 2016年我国高分子材料总产量约为1.5亿吨。其中塑料制品产量为8173.8万吨, 化学纤维产量为4944.7万吨, 合成橡胶产量超过400

万吨,涂料产量超过1300万吨,胶粘剂约为700万吨。2016年高分子材料制品总产值达到2.28万亿元,其中通用塑料占70%以上,广泛应用于包装、建筑、交通运输、农业、和电子信息业等^[1,2]。

尽管我国的高分子材料产量和消费量早已居世界首位,但与发达国家相比也有自己的劣势,如生产的中低端产品占绝大多数,而大多数高端产品无法自主生产,关键技术受制于人,只能从国外进口,因此,我国并未位列高分子材料世界强国^[1,2]。当前,国内高分子材料的三大基础材料,即通用合成塑料、通用合成橡胶和通用合成纤维,其产能已经过剩,但是其中的高端产品依然需要进口^[1,2]。据统计,2014年我国进口合成树脂共计3215.3万吨,进口合成橡胶153.2万吨,进口合成纤维单体1038.7万吨,进口合成纤维聚合物140.4万吨。我国在这些通用高分子材料产业存在的主要问题是^[3]: 劳动生产率低; 产品价格低; 利润率低; 自主创新能力较弱; 产业集中度低; 自动化与信息化融合程度低; 新产品研究和开发不足,对于材料改性中所需要的各种助剂及添加剂研究少,投入少,且专业人才缺乏; 科研成果难以转化成竞争性产品,从而难以转化成生产力。此外,产品生产能耗高,品种少(特别是橡胶)且发展不均衡,同质化现象严重。

相对于上述通用高分子材料,我国高性能聚合物(例如特种合成橡胶、高端工程塑料、特种合成纤维、及其他功能性高分子材料)与国外发达国家相比差距更大,甚至可以说技术含量越高差距越大^[4]。如我国全氟橡胶的产品到目前为止还是空白。超高腈丁腈橡胶、羧基丁腈、氢化丁腈、粉末丁腈等橡胶产品至今还未实现工业化生产;碳纤维的生产技术也尚未真正过关,自主生产的碳纤维产品质量不稳定,品种少,没有高端产品;对位芳纶纤维的工业化才刚开始,在一些关键工程化技术和关键设备的加工制造技术上有待突破;超高分子量纤维产品稳定性和抗蠕变性

差,干法制备关键技术有待突破。

目前,国内所需的工程塑料超过70%需要进口。比如,工程塑料尼龙66的原料己二腈国内还没有企业能独立生产,全部依赖国外进口,导致国内相关企业受制于人^[5]。在尼龙66市场领域,我国对外依存度超过70%,市场基本上被国外大公司垄断。又如聚苯醚在电子电气塑料、车用塑料领域应用很广,但是该材料的生产在国内基本上还是空白。特种工程塑料如聚苯硫醚、聚酰亚胺、聚醚醚酮、液晶聚合物及聚砜等材料领域,虽然我国有一些企业陆续开展了相关研究,但研发规模非常小,加上产品质量不稳定,导致我国所需的该类材料几乎全部从国外进口^[5]。

就专业人才而言,我国高分子材料行业的人才并不缺乏,但是企业高端研发人员稀缺,技术人员多集中在大学与研究所里,其研究大多以论文发表和专利申请为目的,而这样产生的科研成果与国内产业界实际需求脱节,因此很难真正应用到企业的实际生产中,一定程度上造成了国内企业新产品、新技术研发能力与国外企业的差距,导致我国高分子材料产业落后于国外发达国家^[5]。面对我国高分子材料产业的现状及面临的各种困难与挑战,如何根据我国国情,制定有效的政策和对策,发挥我国的长处和优势,赶上乃至超过西方发达国家,实现从“制造大国”到“制造强国”的转变,是摆在我国政府及社会各界面前的一项艰巨而迫切的任务。

2 “中国制造2025”的分析与解读

为应对新一轮国际竞争、适应技术爆炸式创新的迫切需要,争取国际制造业舞台话语权,加快我国转型升级,从而实现从“中国制造”向“中国创造”转变,站在国家战略的高度,我国组织了各个领域的院士和专家,及时提出并制定了“中国制造2025”行动计划纲领^[6]。“中国制造2025”是我国各个领域的专家基于中国的实际国情,综合各个领域的发展水平,特别是考虑到国内发展

仍然落后的领域,尤其是其中相关核心技术和关键设备面临的难题与挑战,着眼于世界科技发展的大趋势,紧紧围绕增强国家综合国力、科技生产力和竞争力的主题,面向国家实际需要及重大需求而制定的一系列方针与对策。这一行动纲领是今后全国上下制造业的行动指南,为相关产业包括高分子材料产业的未来发展指明了方向。

“中国制造 2025”列出了包括新一代信息技术和新材料在内的十大优势和战略产业,作为未来的优先发展目标和突破口,其中与高分子材料产业密切相关的领域与项目有十余项^[7, 8]。笔者对其中的关键内容进行了分析与解读,总结如下文所示:

(1) 高性能聚烯烃材料:突破高等级品质聚丙烯(如发泡聚丙烯)等烯烃的工业化关键技术及应用;

(2) 聚氨酯新材料:重点发展环保及环境友好的聚氨酯新材料及其所需要的各种原材料单体;

(3) 氟硅树脂材料:发展以常见偏氟乙烯和其他氟树脂、相关硅树脂等我国还未大规模工业化的氟硅树脂生产技术;

(4) 特种合成橡胶:发展我国仍然无法工业化的异戊二烯橡胶及其他具有特别性能的橡胶如硅橡胶等;

(5) 生物基合成材料:开发面向未来的生物基新材料(如聚氨酯、尼龙、聚酯、橡胶等)合成的原料生产技术,及这些新材料的核心聚合技术及关键设备;

(6) 生物基轻工材料:重点发展可生物降解、环境友好的各种生物基聚酯(如聚乳酸、聚丁二酸丁二醇酯、聚对苯二甲酸丙二醇酯、聚羟基脂肪酸酯、聚酰胺等)树脂及相关纤维材料,尤其要实现所需要单体原料的低成本及高纯度;

(7) 特种工程塑料:发展易于成型加工的聚酰亚胺、聚芳醚酮及聚氟等特种高分子材料的各

种特别应用,如塑料、纤维、黏结剂、膜过滤和分离等,用于耐高温、高抗绝缘等;

(8) 基于生物基纤维的先进纺织材料:重点开发聚乳酸和聚对苯二甲酸丙二醇酯等生物基纤维,降低成本及提高纤维的各种性能。

除上述八种“先进基础材料”以外,“中国制造 2025”重点领域技术路线图的部分也列出了“关键战略材料”相关的内容,包括了四类“先进基础材料”(9~12)和三类“前沿新材料”(13~15),总结如下:

(9) 高性能分离膜材料:重点应用于海水淡化、自来水生产和污水处理、化学溶剂回收、离子交换、渗透汽化等,以提高性能且降低能耗为要点;

(10) 高性能纤维及其复合材料:重点开发高等级的碳纤维、对位芳纶纤维、超高分子量聚乙烯纤维、和其他的特种纤维(如聚酰亚胺和聚苯硫醚等)以及它们的各种复合材料,广泛应用于汽车轻量化、造船、航空航天等重要领域;

(11) 新型能源材料:主要包括聚合物基太阳能电池、锂电池和燃料电池所需要的各种先进高分子材料如隔膜及黏结剂等,要实现国产化,提高能源转化效率及降低生产成本;

(12) 先进生物医用材料:重点是实现重要产品的原材料的国产化,开发出一些新型的具有生物活性的再生生物医用材料及介入/植入产品,且产品及新材料市场形成一定规模;

(13) 用于 3D 打印的新材料:要形成产业化及相关材料和技术的标准化,特别是可用来检测、调控和感知的生物医用可植入材料及相关具有特殊性能纳米材料;

(14) 智能仿生及超材料:重点开发几种可以实际应用于海洋防污、环境友好、高效涂层材料及技术,开发一些柔性智能材料及可穿戴设备技术;

(15) 石墨烯材料:本质上是无机高分子材料,

发展计划中关注的主要指开发新型高效锂电池的电极材料及与其他高分子材料复合的纳米新材料,可用于海洋防腐、柔性电子领域和光电领域。

上述材料都是在“新材料”这一优先发展领域里的列出来的高分子材料。在十大领域里的“生物医药及高性能医疗器械”里面,也有两项与高分子材料相关的项目,分别是:

(16)由相关高分子材料制造的先进医疗设备,主要包括大型治疗疑难杂症如治疗肿瘤的医疗设备,以及可用于心血管、骨科及口腔的可降解支架及植入物;

(17)全部或部分由聚合物材料组成的医疗设备及植入物关键零部件,包括各种生物医疗用探测器和探头,多通道谱仪,支架和透析材料及其他高品质医用级新材料等。

通过对中国制造2025发展纲要的解读与分析,可以看到,上述高分子材料是今后一段时间里我国在国家层面上的主攻方向,也是大专院校、科研机构、企业以及广大科技工作者努力的目标。现在,方向与目标已经清楚,下一步就需要探讨如何来实现这些目标。

3 我国高分子材料研发和制造面临的挑战

“中国制造2025”对我国高分子材料的需求、设计、研发、中试(即放大与定型)、制造、生产、流通和售后服务的各个环节的挑战都是史无前例的,这是由我国的基本国情所决定的。自新中国成立以来,特别是经过1978年改革开放以来的不懈努力,我国已经建成门类齐全、较为完备的国家制造体系,2010年以后已成为世界第一制造业大国,产出占世界20%。与美国和德国等发达国家相比,我国底子薄、工业化进程起步晚,并且发展不平衡、制造业自主创新能力不强、生产效率和资源利用率低、产业结构不合理、竞争力不强、高端产品少且不能完全实现自给等,综合导致了我国的制造业“大而不强”。总体上看,我国正处在工业化的中后期,处在全球价值链的中低

端。在新一轮的产业链重组和技术革命中,我国制造业一方面面临欧美发达国家的竞争压力,另一方面,我国的人力成本上升,国际低端产业逐渐向东南亚发展中国家迁移,也对我国的制造业发展造成双重挤压^[9,10]。

德国提出的“工业4.0”的主要特征是利用前三次工业革命的成果,实现数字化、网络化的绿色智能制造^[9,10]。与已实现的生产自动化不同,智能化生产不是依靠操作工人,而是依靠自身强大的“独立思考”工作模式,在涉及产品需求、设计、研制、产品定型、放大生产、原材料采购、机器设备操作、物流仓储与运输、用户、使用 and 供应等的诸多环节始终保持高效双向和多向的信息交换,从而最大限度地缩短从需求到生产和服务所需时间^[9,10]。而这一切都是在互联网、物联网上进行的,有赖于信息安全、生产、供应和使用等各个环节,要始终保持着双向交流。德国已经完成了工业3.0,而我国工业化发展历史不长,大部分工业还没有实现自动化和数字化,尚处在工业2.0阶段,仅部分达到3.0水平。所以,我国发展制造业,要求2.0、3.0和4.0齐头并进,即低、中、高端同时进行。

这一基本国情同样适用于我国的高分子材料工业。更为严重的是,我国在高端高分子材料(如工程塑料聚苯硫醚和聚苯醚等)领域,只是暂时解决了无法生产的问题,远未达到规模化生产的程度,更谈不上质量控制和新产品开发。我国国情决定了高分子材料产业的未来发展方向、策略和模式不能照搬美国、德国和日本等发达国家情况,具有不同层次、不同程度、不同地域的复杂性和诸多挑战,仍处于工业2.0、3.0、和4.0三者并存、地区和区域不平衡及产业化中的企业研发和生产不均衡的阶段。制造业整体上智能化基础薄弱,新模式尚未成型,关键共性技术和核心装备受制于人,系统整体解决方案供给能力不足等问题突出^[11]。企业生产效率低、产品品种少且高端产品更少、新产品研发力量及创新意识薄弱、

研发投入少及产品更新慢、与研发及生产制造相关的服务业发展严重滞后、全行业网络化和信息化水平低等诸多问题严重制约了我国高分子材料研发与制造业的快速发展^[11]。除此以外,还存在高分子材料工业产业链缺乏有效的融合,国有科研院所和企业研发能力不足,科研模式不合理,工业质量标准和监管缺失,工业人才培养模式不科学等等问题^[12]。这些挑战和不利因素严重制约了我国高分子工业水平的发展和提高,但同时也为新一轮工业革命提供了发展的机遇。

4 对我国高分子材料产业研发和升级的再思考

无论是德国推出的“工业 4.0”,美国的“先进制造业国家战略计划”,还是我国提出的“中国制造 2025”,这些都是国家层面上推出来的战略和目标,或者换个说法是对未来制造业的一些想法和美好愿景,而不是国际或国家标准,各国工业及产业界没有跟随的义务。为此,需要真正理解“工业 4.0”及其他愿景的内涵与价值。德国“工业 4.0”的总体目标是绿色智能化生产,但是与美国的“先进制造业国家战略计划”相比,该概念要模糊得多,因此首先弄清楚其内涵远比尽快实施和赶超它要更加有意义^[13]。“工业 4.0”计划至今仍然处在试验阶段,这一阶段到底有多长无人知晓。再者,德国“工业 4.0”计划是在特定历史条件下制定的,即 2008 年美国金融危机及其引发的世界金融危机,以及 2009~2012 年欧洲深陷的债务危机。这一计划的实施也许会促进制造业的发展,但是综合产品成本看起来会增加而不是降低,生产效率也强烈依赖于物联网的设计、安全和各种技术上的革新。此外,能否匹配世界经济态势的变化以及各国人们的消费观念也是一个未知数^[13]。但是该计划从一个侧面反映了德国及其他各国在积极应对和引领新一轮工业革命,从而成为工业标准制定者的决心和危机感。

尽管我国推出了“中国制造 2025”的纲领和

目标,但是并没有给出具体措施如何来实现这些目标。前文列举的我国未来高分子材料重点发展领域,有不少是很模糊的,也没有给出如何具体实现的步骤与方法。为了更好地实施这些重点发展领域,冷静面对所遇到的各种困难,以及从全局上了解和把握我国高分子材料工业的研发及产业升级,特别是从“中国制造 2025”宏观视野上,有必要对一些重要问题进行再思考。

就高分子材料重点领域研发及产业升级而言,在国家层面上首先最需要做的是解放思想,在国家各级管理职能部门、行业协会、企业、大专院校以及科研院所,以多种方式全面宣传“中国制造 2025”纲领及重点领域技术路线,让全国上下深入了解这个国家战略,从而转变人的思维观念和思想意识,统一到“推进智能化、绿色化制造,尽快实现我国由制造大国向制造强国转变”这一主题思想上来^[14]。“中国制造 2025”计划看起来更像是政府为了应对世界上发达国家提出的制造业发展战略,而责成行业协会起草的一份文件。这个纲领性文件已经发布两年多了,然而绝大多数科研人员、企业及大专院校目前对此并不是很清楚。因此有必要在全国范围内,在各行各业,广而宣传,统一思想认识;同时,真正转变人的思想观念特别是创新的迫切性,打破原有的“跟随模式”观念亦是重中之重。

为了更好地实施“中国制造 2025”发展纲领,促进我国高分子材料产业升级,需要避开几个误区。第一个误区是只要重点发展那 17 项高分子材料就够了,其他的就不重要了。严格说来这 17 项高分子材料是我国或者完全没有相关技术、或者只有小规模生产但是还没有大规模产业化的技术、或者是已经有相关材料技术但是性能需要进一步提高的。这 17 项高分子材料的重要性是毋庸置疑的,但是并不意味着其他高分子材料和技术不重要,不需要进一步改进和升级了。事实上,解决高分子材料产能过剩是解决已有材料的过

剩,更加需要创新,降低生产成本与能耗,提高产品竞争力和附加值。例如,通用塑料聚乙烯已经产能过剩,但是如果把它与工程塑料聚对苯二甲酸丁二醇酯(或聚对苯二甲酸丙二醇酯)进行复合改性,来提高聚乙烯的冲击性能、力学性能和耐热性,将会大大扩大聚乙烯的应用,进而提高其附加值。

第二个误区是无论是“中国制造2025”还是“17项高分子材料重点发展领域”,表面上看起来是我国革新各种技术,需要在多个领域里取得技术上的突破。的确,“中国制造2025”计划列出的十大重点领域以及与高分子材料相关的17项材料都需要技术上的革新与突破,但是这些技术革新归根结底是由人研发出来的。没有人力投入及思想上的革新,技术上也不可能取得进步。无论是“中国制造2025”,还是德国“工业4.0”都涉及到第三次工业革命到第四次工业革命的转变。对我国而言,这一转变在一段时间里伴随着工业2.0、3.0和4.0的共存。这种工业革命本质上说是人的思维方式和思考方法等的革新带来了工业技术上的革命。

第三个误区是“中国制造2025”新材料(包括高分子材料)的研发及产业升级可以照搬德国“工业4.0”和美国“先进制造业国家战略计划”等发达国家的经验和模式。这种想法是行不通的。从“中国制造2025”重点领域技术路线图列出的与高分子材料相关的内容来看,我国现阶段要解决的主要问题是“有”和“没有”以及“材料工艺稳定性和性能进一步提高”。美国近几年建立了一系列由政府、高校、企业组成的制造创新研究院,重点解决在实验室阶段可行的技术到产业化之间这一阶段(被业界称为“死亡之谷”)所涉及的关键问题^[15]。例如,材料工艺放大后如何运用模型、计算方法和其他现代测试手段更加准确地预测材料各种性能;如何简化及优化工艺设计,解决关键技术瓶颈,提高生产率等。这些制造创

新研究院不关心纯理论和工程研究阶段的技术,而是实实在在地聚焦于“制造创新”^[16],即如何让那些刚刚进入原型或者小批量市场阶段的,但由于初始阶段的成本门槛尚未通过,通过制造创新来降低其成本、提升性能和稳定性等来让其成为更具市场竞争力的技术产品。从本质上说,这些创新创造研究院所做的是如何推进在实验室阶段研发的具有重要应用前景和价值的新材料、新技术在未来一段时间(如5~10年)里快速转化为可以大规模产业化的东西^[16],也就是说是一种看得见、摸得着的工业制造创新能力的转化。这也是美国颁布的一系列先进制造法案和行动的真正核心所在,而不是在于大家所理解的工业互联网和物联网^[17],在很大程度上不同于德国的“工业4.0”。与美国相比,德国“工业4.0”依然比较模糊^[13],并且强烈依赖于互联网等信息技术。相比之下,美国的“先进制造业国家战略计划”目的清晰、目标明确、实施得力,没有那种看起来高大上、华而不实的技术创新。例如,其先进复合材料制造中心聚焦于汽车减重设计,通过聚合物基碳纤维增强复合材料来实现汽车重量的降低,以达到58.5英里/加仑的油耗目标^[16,18]。

尽管我国与发达国家相比高分子材料研发及产业升级有不小的差距,但是我国也有自己的优势与潜力,有助于在“中国制造2025”计划下发挥关键作用。我国拥有世界最大的市场需求,需求是最强大的发展动力。我国有强大的高分子材料从业及研发人才队伍,是产业升级的根本保证。此外,相对于美国及其他国家的研发投入,我国仍然有很大的潜力可挖(2013年研发费用占GDP 2%)。我国可以运用世界上独特的举国体制,集中力量来做大事,使我国能够持续进行产业升级,完成“中国制造2025”行动纲领中所提出的目标。从这些方面来看,我国高分子材料工业未来的发展前途是光明的。

当前,最迫切的任务是要完成顶层设计,从

而在国家层面上解决如何来实施“中国制造 2025”计划, 逐步推进我国高分子材料工业研发及产业升级。大体来讲, 需要尽快完成与高分子材料工业相关的产业融合^[12], 包括纵向融合与横向融合。纵向融合即上下游产业链之间的合作, 包括原料、产品开发、设计、生产、销售、主机厂、终端用户, 甚至会涉及到跨行业的合作。许多高效率的、突破性的项目开发都是产业链合作而完成的^[12]。横向融合则侧重于兼并、资产重组和强强联合。这种横向融合有益于解决产能过剩和恶性竞争。在产业融合的基础上, 建立整个行业及相关行业及企业的软件系统, 整合涵盖用户需求、产品设计、产品放大与定型、配方设计、生产、销售、使用、售后以及职业培训等内容。这种软件系统从本质上是一个大交互平台, 由各种基本的模块组成; 企业和全行业可以根据要求, 按照行业所定标准不断更新和扩充自己的数据库和模块, 进而通过互联网连接在一起, 进行数据共享。最终结果是可实现多层次的智能化和数字化管理, 使整个行业、各企业及相关行业高度和深度融合在一起, 高效快速解决各环节出现的问题, 使我国高分子产业快速进入工业 4.0 阶段^[12]。

加快高分子材料基因组工程信息化基础设施的建设^[19]。传统模式下的高分子材料研发是经验指导实验, 强烈依赖于已有知识和经验, 结果是由于大量的先期研发需要花费大量的人力、物力和资金, 导致新产品研发周期过长、成本过高。这一研发模式在“中国制造 2025”和“工业 4.0”时代难以为继, 迫切需要打破旧模式, 引入新模式、新理念和新思想。近年来, 国外融合理论计算、制备与表征和专用数据库的研发新模式应运而生。这一新模式下, 依据强大的数据库和理论计算工具, 按照最优化原则筛选出一系列设计方案, 然后通过有限但高效的实验验证, 最终无需大量实验就可以达到设计目的, 确定所需要的新材料, 从而大大缩短研发周期和降低研发成本^[19]。

当前, 我国还没有自己的材料软件和材料数据库, 也没有针对高分子材料科学与工程软件。尽管 2016 年科技部启动了国家重点研发计划高性能计算重点专项, 但是这一专项是关于无机材料和金属材料, 不是关于高分子材料科学与工程。所以, 需要尽快在国家层面上组织科研院所、企业和大专院校, 协作分工建立起若干全国高分子材料创新基础设施。同时也建议科技部和国家自然科学基金委等相关部门加大科研投入, 设立各种专项。此外, 也需要从国外尽快引进专业高分子材料数据库, 使我国逐步摆脱材料研究多以跟踪为主, 转到以真正创新为导向的轨道上来。在这一新旧模式转变过程中, 需要积极发挥中央、地方政府、科研院所、大专院校和企业等的主导作用, 实现多个层次的协同创新^[20]。

优先发展汽车、轨道交通和飞机轻量化用高分子材料^[21-24]。我国汽车、轨道交通和飞机的轻量化需要大量各种各样、性能各异的聚合物材料。我国 2016 年年产汽车 2812 万辆, 居世界汽车生产与消费量的首位^[23]; 随着我国经济的进一步发展, 我国的汽车年产量和消费量还会逐步增加, 据估计到 2020 年产量将约为 3000 万辆, 2025 年约为 3500 万辆。随着我国汽车行业的技术进步, 特别是考虑到轻量化的要求, 汽车制造所用的各种高分子材料(主要为塑料)会越来越多, 估计到 2025 年车用塑料的使用量约为 560 万吨, 如果按照欧美等发达国家使用量计算, 我国车用塑料的理论容量将超过 1000 万吨^[23]。该类材料主要包括聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚酰胺、聚甲醛、聚氨酯、聚甲基丙烯酸甲酯、聚碳酸酯、聚(丙烯腈-丁二烯-苯乙烯)共聚物、聚苯醚、和各种短、长纤维增强高分子复合材料(包括热固性和热塑性)等^[24]。未来汽车、轨道交通和飞机对“轻质高强”的要求, 将会大大促进对碳纤维、芳纶纤维增强的高分子复合材料的研发与产业化^[21,22]。同时, 也会大大促进汽车轻量化的共性基础和应

用基础研究^[24]。

5 结论与展望

高分子材料已成为现代工业和高新技术的重要基石,是国民经济基础产业以及国家安全不可或缺的重要材料。为了应对新一轮的工业革命,我国所制定的“中国制造2025”行动计划中关于聚合物材料产业发展的具体目标都是极具挑战性的,但同时又蕴含着重要的发展机遇^[25]。在我国当前的经济发展“新常态”形势下,为全方位实现这些目标,要求全国上下积极主动、真抓实干、不断提升高分子材料制造业创新能力,在重点解决关键材料核心问题的同时,对已有的大宗产品(如聚乙烯和聚丙烯)和其他重要高分子材料进一步加大研发力度,提升产品等级和扩大应用,切实降低能耗,大大提高产品竞争力,最终解决产能过剩和企业亏损的难题。与此同时,加快产业融合步伐,加速材料基因组信息化基础设施建设。能否实现这些目标,关键在于人的思想方式和思维方式上的转变,以及实事求是、脚踏实地做事的态度^[25]。高分子材料的创新性要求比任何时候都重要。可以预测,在不远的将来,我国将在很多关键技术上取得突破,我国高分子材料工业有望迎头赶上世界先进水平,为实现中华民族伟大复兴,实现中国梦作出重要贡献。

参考文献

- [1] 乔金樑. 我国高分子材料产业转型发展的思考[J]. 石油化工, 2015, 44 (09): 1033-1037.
- [2] 钱敏. 高分子材料: 如何再现辉煌? [EB/OL]. (2015-11-04) [2017-08-12]. <http://www.cpcia.org.cn/html/13/201511/151036.html>.
- [3] 三个方面告诉你我国改性塑料差在哪[J]. 橡塑技术与装备, 2015, 41(22): 70.
- [4] 郭琛. 我国先进高分子材料“十二五”发展思路探究[J]. 现代化工, 2011, 31(06): 11-13.
- [5] 专访中塑协朱锦: 工程塑料行业该如何发展? [EB/OL]. (2015-10-22) [2017-08-15]. <http://www.xhxsy.com/news/View.aspx?view=1491&id=56>.
- [6] 国务院. 国务院关于印发《中国制造2025》的通知. 国发[2015]28[EB/OL]. (2015-05-08)[2017-08-15]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2015-05/19/content_9784.htm#.
- [7] 国家制造强国建设战略咨询委员会. 《中国制造2025》重点领域技术路线图[R]. 2015年10月.
- [8] 未来十年18项高分子材料重点发展领域[A]// 中国化工学会橡塑产品绿色制造专业委员会, 中国化工产业发展研究院, 中橡联合工程技术研究院. 中国化工学会橡塑产品绿色制造专业委员会微通道反应技术研讨和产业化推进会论文集[C]. 2016, 6: 260-265.
- [9] 詹长霖. 三张图看懂各国工业4.0发展![EB/OL]. (2015-09-01) [2017-08-10]. <http://club.ebusinessreview.cn/blog/Article-277555.html>.
- [10] 五分钟让你理解何为德国工业4.0[EB/OL]. (2016-03-07) [2017-08-10]. <http://www.yidianzixun.com/n/0CajETU1>.
- [11] 塑料加工业发展趋势, “十三五”期间重点塑料产品发展方向[EB/OL]. (2017-08-23)[2017-09-10]. http://www.xianjichina.com/news/details_47213.html.
- [12] 段庆生. 产业融合与改性塑料行业发展[J]. 中国石油和化工经济分析, 2015, (12): 17-19.
- [13] 元略. 德国人之所以将4.0概念推向社会, 因为核心的东西并不是技术[J]. 互联网周刊, 2015, (24): 21.
- [14] 周济. 智能制造——“中国制造2025”的主攻方向[J/OL]. 中国机械工程, 2015, 26(17): 2273-2284.
- [15] 冯瑞华, 万勇, 潘懿, 马廷灿, 姜山. 美国制造业先进材料与关键工艺的挑战和机遇[J]. 新材料产业, 2011, (05): 50-54.
- [16] 宋华振. 美国国家制造创新中心NNMI给我们制造业的启示[J]. 机械工程导报, 2017, (3): 1-11.
- [17] 林雪萍. 美国再工业化的杀手锏[J]. 装备制造, 2016, (05): 92-93.
- [18] National Network for Manufacturing Innovation Program Strategic Plan [R]. US Executive Office of the President, National Science and Technology Council and Advanced Manufacturing National Program Office, 2016: 2.
- [19] 杨小渝. 加快材料基因组工程信息化基础设施的建设[J]. 科技导报, 2016, 34(08): 13-14.
- [20] 朱宏康, 谷宾, 刘书惠. 国际新材料政策与计划研究[J/OL]. 中国材料进展, 2015, 34(04): 326-329.
- [21] 牛方. 高性能纤维: “以应用促发展”的重要转移[J]. 中国纺织, 2015, (08): 98-101.
- [22] 张海亮. 我国高性能纤维产业发展研究[J]. 新材料产业, 2016, (03): 2-4.
- [23] 高春雨. 我国车用改性塑料的发展趋势[J]. 上海塑料, 2017, (02): 1-7.
- [24] 唐见茂. 新能源汽车轻量化材料[J]. 新型工业化, 2016, 6(01): 1-14.
- [25] 唐熬逸, 林左鸣. “中国制造2025”的机遇与挑战[N]. 中国航空报, 2015-03-24(001).

Rethinking and Outlook on the Development of Polymeric Materials Industry under the View of “Made in China 2025”

Cui Yijie¹, Song Shengju², Qu Xiaozhong¹, Huang Jijun¹

(1. *College of Materials Science and Opto-electronic Technology, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;*

2. R & D Center, China Academy of Launch Vehicle Technology, Beijing 100076, China)

Abstract: The “Made in China 2025” plan has specified developmental goals in ten strategic areas including new materials. The polymer, as an important part of new materials, has wide applications and plays an irreplaceable role in national economy. China has become a big nation but not a powerful one in polymeric materials industry. In the era of “Made in China 2025”, how to advance polymers industry remains a significant project. This paper summarizes the state of the art, problems, and bottlenecks of China polymers industry, points out seventeen priority categories, and indicates the faced challenges, opportunities, and outlook in the R & D and manufacturing of polymeric materials. Additionally, we stress three misunderstandings that are worthwhile to be rethought over in R & D and technology upgrading. Based on the current situations of China, we emphasize three priority key aspects: first, strategic design at the national level; second, infrastructure construction for the polymer genome engineering information system; and third, priority development of polymeric materials used for the automotive industry, rail transportation, and aircraft lightweight.

Keywords: Made in China 2025; polymeric materials; industrialization; technology upgrading