

塑料与“白色污染”刍议

郑 强 *

(浙江大学高分子科学与工程学系, 杭州 310027; 太原理工大学材料科学与工程学院, 太原 030024)

摘要:塑料的应用已涉及人类生活和现代工业的方方面面,因大量使用塑料产品引起的废旧塑料“白色污染”成为社会各界关注的热点问题。本文回顾了塑料的来源、发展及其存在的重要性。在阐释塑料降解(降解塑料)的基本科学术语及概念的基础上,对涉一次性使用塑料制品的相关表述进行了澄清。提出“禁止使用不可降解一次性塑料制品”的表述是准确的、科学的;而改述为“禁止使用一次性不可降解塑料制品”是不科学、不专业的。探讨了“白色污染”概念的由来与废旧塑料的回收处理方式,认为“白色污染”既与塑料的“轻”“薄”特色有关,也与塑料价廉有关,更与人们的行为规范与社会管理有关。提出要在逐步实施“禁止使用不可降解一次性塑料制品”的同时,大力推动塑料使用方式的变革,即减少并限制“一次性塑料制品”的生产和使用,倡导“多次使用”、“长期使用”,重视可降解塑料制品的有序回收和处理。提出塑料制品使用失效的“引发降解”和“可控降解”新概念,强调我国高性能多功能塑料的研发,尤其是解决若干卡脖子的高端塑料专用料的研发,依然任重道远,必须加大力度,并与发展非石油基、生物基为原料的高分子材料相辅相成,互为补充,不可偏颇。

关键词:塑料; 一次性制品; 可降解/不可降解; 石油基; “白色污染”

近年来,随着国家环境保护工作力度的不断加大,特别是人们对绿色环境保护意识的不断增强,关于塑料“白色污染”的讨论日渐增多,不时还甚为激烈。据悉,多地正在讨论或已出台涉一次性使用塑料制品的文件或法规^[1~4]。对一种物质材料有如此空前的关注度,恐怕是任何其它种类材料所不能比拟的。一方面,说明全民科学知识普及程度的日益提高;另一方面,也恰恰表明塑料对社会发展和当今人们生活的深远影响。然而,有部分涉及塑料的生产、使用及其社会效益的讨论不够科学和客观,无益于塑料行业与学术的健康开展及其相关产业的可持续发展。

本文从塑料的来源、塑料的重要性、废弃塑料的产生及其影响、废旧塑料的处理、塑料降解等方面,拟对塑料和“白色污染”进行探讨,尝试厘清“白色污染”的缘由以及关于“一次性塑料制品”的相关表述,倡导塑料“多次使用”“长期使用”的绿色、可持续发展的新理念,提出从材料科学的分子设计到工程技术角度,努力实现塑料经多次使用或长期使用后“引发降解”并达到“可控降解”的新策略。

1 塑料从何而来?

地球亿万年演变产生的石油,经过催化裂解、分离提纯等步骤,可制备得到各种有机小分子化合物。进一步聚合反应,可获得合成高分子,再经加工成型,可得到形态和性能多样的材料和制品,包括常用的塑料(Plastics)、纤维(Fiber)、橡胶(Rubber)、涂料(Coating)、胶粘剂(Adhesive)等。一百多年前,人类发明了第一种合成高分子——酚醛树脂(图1)。合成高分子材料的出现标志着继石器、陶瓷、水泥、铜、铁、铝、钢等材料后,人类对物质和材料的认识与应用进入了新的时代。需要特别指出,就人们日常生活中广泛而又大量使用的代表性塑料制品如聚乙烯(PE)、聚丙烯(PP)、聚苯乙烯(PS)、聚氯乙烯(PVC)、聚酯(PET)、聚碳酸酯(PC)而言,均为含两个碳或数个碳的分子聚合而成的长链多碳高分子。这样的聚合反应过程,本质上就是一个“捕碳(Carbon pool/Carbon capture)”和“固碳(Fixed carbon)”的过程(图2)。此外,在现有主要大类材料的生产制备过程中,塑料是碳排放量最低的材料之一^[5]。

10.14028/j.cnki.1003-3726.2022.04.001

收稿:2021-11-30;修回:2021-12-31;

* 通讯联系人:郑强, E-mail: zhengqiang@zju.edu.cn.



图 1 第一种合成高分子—酚醛树脂

Figure 1 The first synthetic polymer phenolic resin

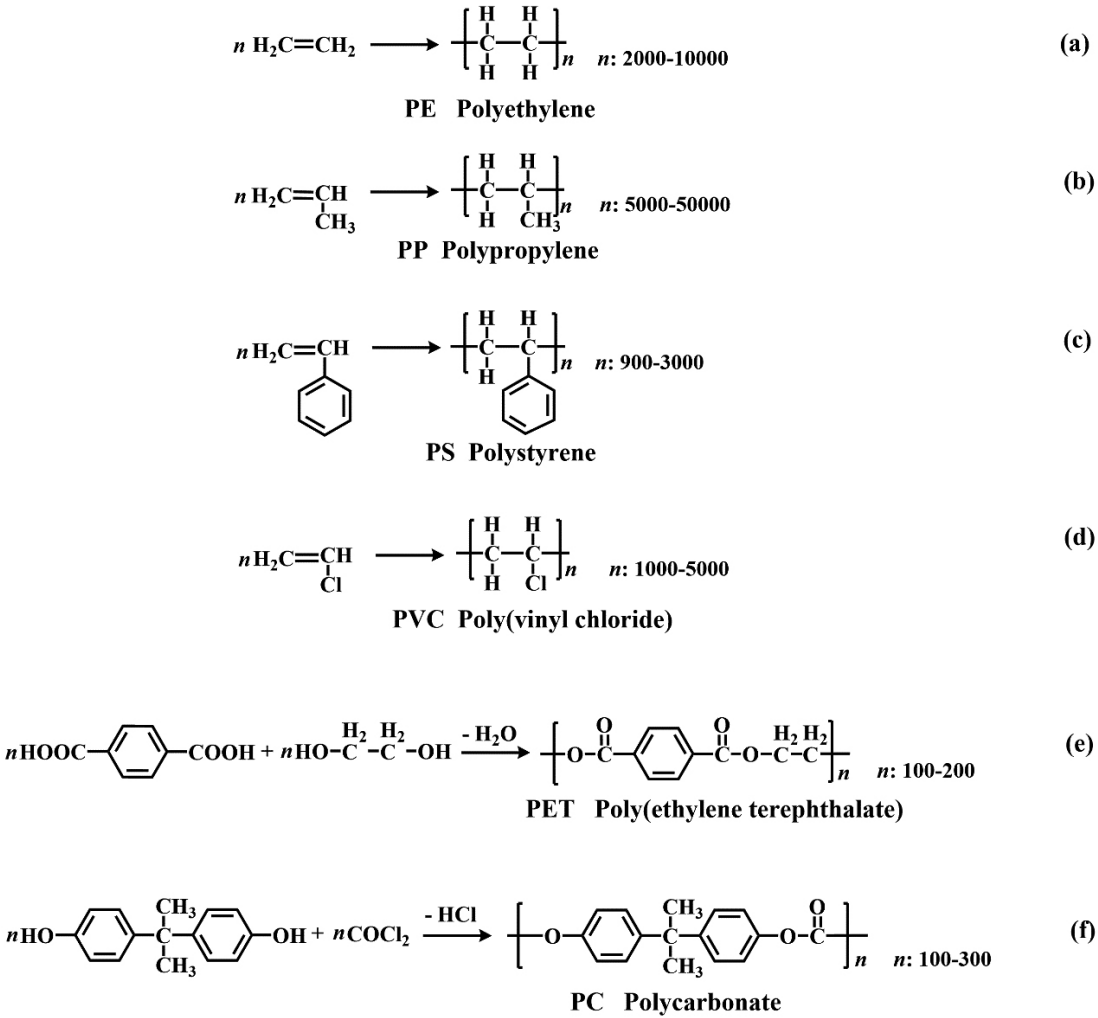


图 2 常用塑料的化学合成(a)聚乙烯,(b)聚丙烯,(c)聚苯乙烯,(d)聚氯乙烯,(e)聚酯,(f)聚碳酸酯

Figure 2 Chemical synthesis of common plastics:(a) PE, (b) PP, (c) PS,(d) PVC, (e) PET and (f) PC

2 塑料有多重要？

在塑料、橡胶、纤维三大合成高分子材料中,塑料的应用最为广泛(图 3)。它不仅与人们日常生活密

不可分,还广泛应用于航空航天、交通运输、城市建筑、医疗卫生以及电子电器、包装密封等各个领域。按 2019 年数据统计,全球塑料产量约为 3.59 亿吨^[6](中国塑料制品产量为 8184 万吨^[7]),全球钢铁产量 18.485 亿吨,水泥产量 41 亿吨。若以塑料平均密度 0.9g/cm^3 、钢铁平均密度 7.8g/cm^3 、水泥密度 3.1g/cm^3 计,全球塑料的体积产量已达钢铁和水泥总和的 26%,这是一个惊人的比例! 有关资料显示,从 1950 年至 2015 年,人类已经生产了 83 亿吨塑料制品,约 60 亿吨成为废弃物(其中约 49 亿吨被直接填埋或被遗弃,直接焚烧 8 亿吨);仍在使用的约 20 亿吨(其中 1 亿吨为再生塑料)^[8]。塑料的使用量未来还呈现进一步增长态势,预计全球塑料消耗量将以每年 8% 的速度增长。

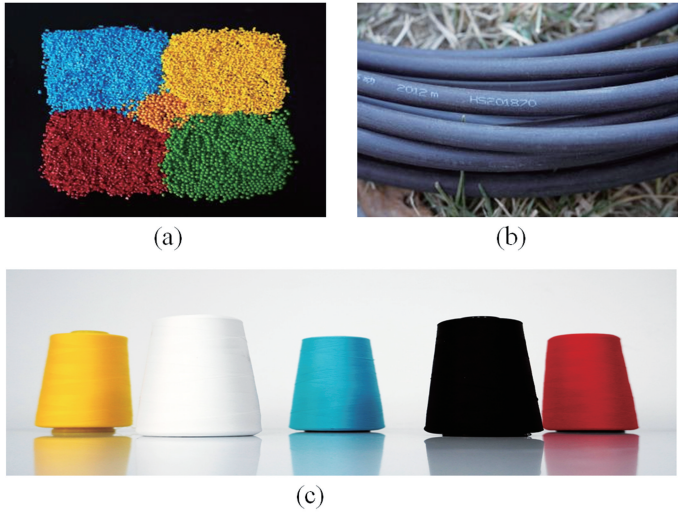


图 3 三种主要的高分子:(a)塑料、(b)橡胶、(c)纤维

Figure 3 Three main configurations of polymer: (a) plastics, (b) rubber, and (c) fiber

在人们的日常生活中,为什么有那么多诸如一次性杯、盒、包装材料(图 4a)、农膜材料(图 4b)是用塑料制造的? 这是因为相比于金属(钢铁)材料、无机非金属(水泥、陶瓷、玻璃)材料,塑料具有密度小、比强度大、比模量高、耐腐蚀、成本低(往往是传统的陶、铜、铁、铝、钢等器具价格的 $1/10\sim 1/100$)、绝缘性能好、保温、隔音、防震性能优良等特点。由于其本身质轻价廉,易于压塑、吹塑加工成型为薄壁(质)的生活必需品,塑料才被当成“一次性用品”使用的。



图 4 几种“一次性”塑料制品:(a)杯、盒、包装材料,(b)农用地膜

Figure 4 Various disposable plastic products:(a) bottles, boxes, and packing materials and (b) plastic films for agricultural applications

塑料又何止那么一点可被人类当作“一次性”物质使用的优点——实际上,它已渗入到人类生活的方方面面——制造电线电缆、集成电路基板、芯片制造用光刻胶等现代产品,塑料均成为经济发展和现代工业不可或缺的一部分;手机、电脑、电视机、电冰箱、洗衣机、空调主要功能和结构件,离不开塑料;汽车、轮

船、飞机、高铁、建筑主体结构和内饰,不能不用塑料;医院大量使用的药物容器、输液管、一次性注射器,大多是塑料(图 5);没有塑料育秧膜、大棚膜,就不会有现代农业;城乡建设给水排水、天然气和石油输送越来越多地采用塑料管道。显而易见,我们不可能回到从前完全采用铁管、铜管或陶管的时代! 人们日常生活大量使用的袋、盒、盆,若不用塑料制作,能用相比更高碳排放的铜、铁、钢、铝来制作吗? 塑料,禁用不了;塑料,也不可能禁用,因为人类已经无法回到没有塑料的时代!

如果塑料像其它材料一样——用,不是那么便宜;丢,不是那么舍得,它就不会被人们当作一次性用品! 如果使用后不被随意丢弃,就不会成为“白色污染”!

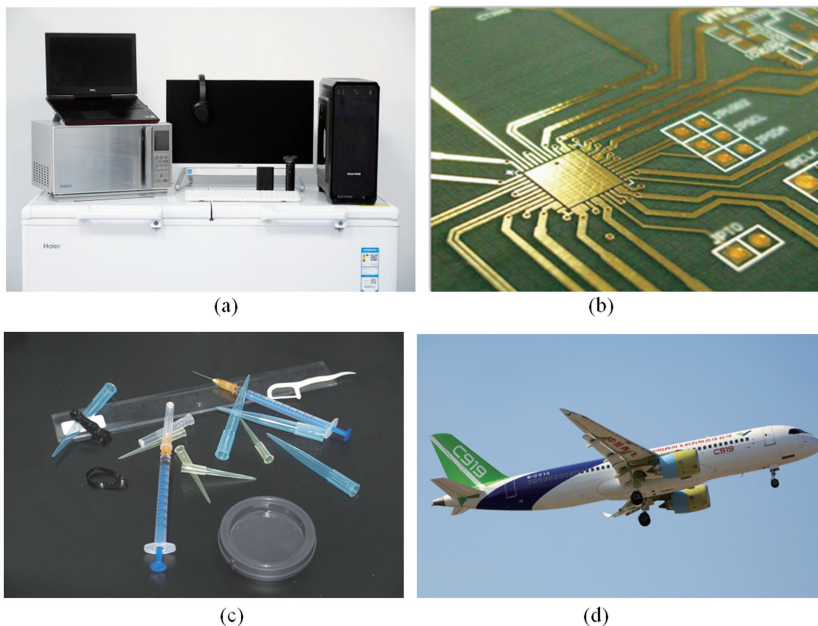


图 5 无处不在的塑料:(a)仪器仪表外壳、(b)集成电路板、(c)注射器具、(d)航空器

Figure 5 Plastics exist everywhere:(a) the outer plates of instruments, (b) integrated circuit boards, (c) syringes and (d) aircraft

3 塑料有过错吗?

问题一:将煤炭直接燃烧转变为煤炭深加工直至生产碳基(素)材料被看作世界和我国煤炭能源的根本性变革。石油基原料的 80%被作为燃料直接烧掉,而将其不到 20% 的剩余部分用于生产包括塑料在内的合成材料,可以讲,塑料及其它合成高分子的出现,是石油作为能源最优利用下而产生的高价值副产物,给人类的生活带来革命性的便利,同时也是具有划时代意义的科技创造!

问题二:每年全球有 10 亿条废旧轮胎,为什么没有被称为“黑色污染”(图 6a)? 究其原因:一是橡胶轮胎比重大,不能像塑料一样飞起来、飘起来;二是基本做到了有序收集处理。

问题三:人类使用后丢弃的石器、陶器、铜器、铁器在地里埋了数百年、数千年甚至上万年(图 6b),许多也没有离析降解而成为出土文物! 近代大量使用水泥的建筑物体(如桥梁、楼宇、道路、隧洞等)废弃后,若不敲碎、炸毁,见过自然降解的吗? 建筑混凝土废弃物每年高达数以十亿吨以上,并没有被称为“灰色污染”,究其原因:一是混凝土组成更加复杂更无法被环境消纳,且混凝土比重更大;二是基本做到集中填埋;同理,玻璃如此,金属材料亦如此。

问题四:人们虽然尚不能判定在自然环境中各种材料离析或降解的确切年限,但目前可以肯定的是,与石器、陶瓷、水泥、玻璃、钢铁、铝、铜相比,塑料要短上数十年、数百年甚至数千年。

“白色污染”的概念,一方面源于人们对随意丢弃的废弃塑料的不良感观,另一方面源于被随意丢弃

的大量一次性使用塑料制品对生态环境造成的影响。由于比重轻、质地薄,塑料袋、塑料瓶、塑料膜极易随风飘浮移动,实际上更多的是“视觉污染”(图 7)。如果塑料不被当作价廉物美的一次性制品使用,尤其是若使用后不被随意丢弃,“白色污染”就不会扣到塑料头上。

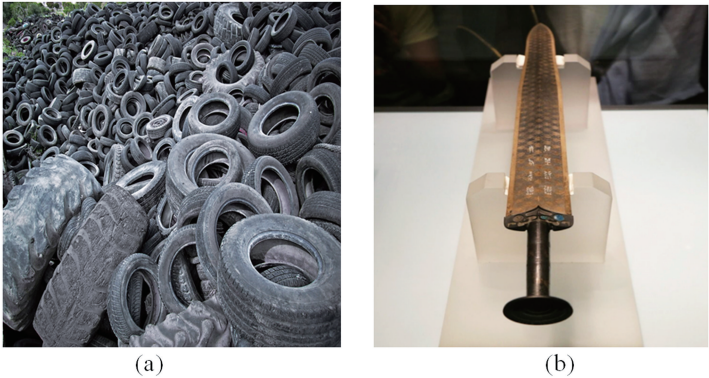


图 6 (a)堆积如山的废旧轮胎;(b)距今 2500 年的越王勾践剑

Figure 6 (a) The mountain of discarded tires and (b) Sword of Goujian from 2500 years ago



图 7 塑料的“白色污染”

Figure 7 “White pollution” brought by discarded plastics

我们应该从科学角度,以一种紧迫感、责任感面对并解决巨量一次性塑料制品使用带来的环境问题。值得指出的是,塑料“白色污染”,既与塑料的“轻”“薄”特性有关,更与人的行为规范和社会公德有关。客观地讲,无论金属材料(如青铜、锡器、铁器…),无机材料(混凝土、玻璃、陶瓷…)还是聚合物材料(塑料、橡胶、化学纤维…)等人造物质,在很长一段时间内都很难被自然界消纳,均会对自然界产生污染和不良影响。实际上,任何使用后的废旧物品(材料),如不能做到有序回收处理,都将成为污染,不是“白色污染”就是“灰色污染”或是“黑色污染”。因此,如果能够真正做到严格分类回收,一次性塑料制品“白色污染”的坏名声很有可能是 not 存在的!

为满足人们日常生活和专门需求,尝试利用非石油基,尤其是生物基原料^[9,10],用于制备可降解(易降解)一次性使用的塑料制品,备受高分子学术界和聚合物材料产业界关注,人们一直在努力寻求一次性塑料制品使用后所造成的“白色污染”问题的破解之法^[11~15]。值得指出的是,即使是可降解塑料(Degradable plastics),如不高度重视并严格有序回收和处理,仍然有成为“白色污染”的可能。

4 废旧塑料从何而来?

与工业排放的有毒有害及易爆危险气体(氯气、乙烯、丙烯等)以及燃料燃烧产生的废气(尾气)相比,大吨位使用的通用高分子塑料(如聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯)制品几乎是“惰性”的,从化学本质和材料结构讲,也是环境友好的材料。

为何大量的塑料制品变成了废旧塑料？塑料化学结构是通过长的化学键链构筑的，其“链”越长，就越容易存在“弱点”(弱键)。在光、热、电、水、气等各种外界作用下，这些“弱点”(弱键)都存在“断链”的可能。断链部分相当程度是源于化学结构中最不稳定的“自由基”的产生或氧化^[16]，在高分子专业上叫“老化(Aging)”。由于老化会导致废旧塑料的产生，实质上，这跟人类等生命体的衰老是由于“自由基氧化”的结果有某种相似之处。因此，无论从材料科学角度——材料使用后必然失去性能(功能)讲，还是从人类伦理角度——辛苦劳作的劳动者逐渐丧失劳动力讲，因塑料废旧而否定塑料的价值和功劳，是偏颇而有失公允的。

5 废旧塑料制品如何处理？

大致有四种方法(图 8)^[7]：一是分类回收利用——通过旧料加新料共混改性生产制品，大量应用于日常生活中的桶、盆、以及建材等^[17]。二是化学循环——通过分解回收原料单体进行再利用(图 9)，或是化学升级再造(Chemical upcycling)，即利用化学改性、可控降解、反应加工等方法，对废旧塑料进行处理，有选择性地将其转化为相关化学品、燃料或更高价值的新材料^[18]。三是焚烧——可用于生热和发电。四是填埋——与日常生活及工业垃圾堆放在特定场所^[7,19,20]。就第一种方法而言，共混改性后的制品虽提高了塑料的使用效率，但也将面临终废的问题。就第二种方法来讲，分解后产生的有机小分子化合物可以作为新的基础化工原料^[21]，但其投资、技术和环境要求高。就第三种方法来讲，焚烧法虽直接快速，但存在 CO₂ 排放问题。就第四种方法来说，填埋虽可在一定时间范围解决集中处理废弃塑料问题，但场地选择日趋困难。

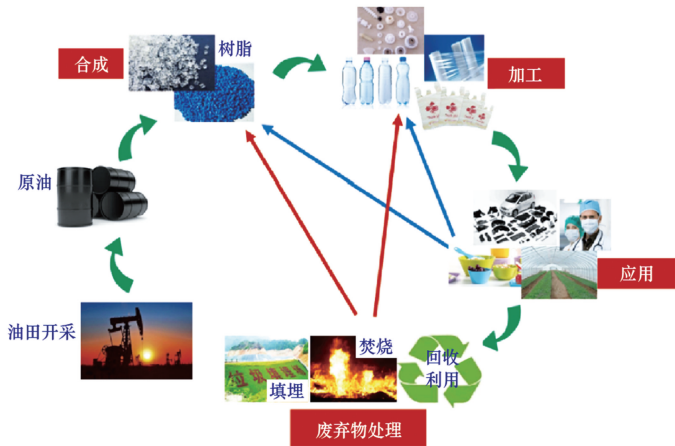


图 8 塑料生命周期示意图^[7]

Figure 8 Schematics for the life cycle of plastics^[7]

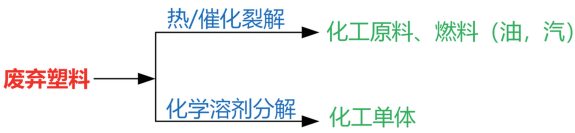


图 9 废弃塑料的化学循环过程

Figure 9 Chemical recycling of discarded plastics

6 何谓塑料降解(降解塑料)？

针对上述问题，学术上和产业上提出了“塑料降解(Plastics degradation)”和“降解塑料(Degradable

plastics) ”的概念^[22]。“降解”，是合成高分子及结构解离的过程^[22]。除了通常所说的降解，化学循环也是一种受控的降解。为此，国内外科学家和产业界做出了不懈努力，取得了许多有价值的重要成果，为生态环境保护做出了重要贡献^[24,25]。准确理解并正确界定关于塑料降解的科学术语和概念，对高分子材料产业尤其是塑料产业，既有必要，也极为重要。

近年来，针对“降解塑料”或“塑料降解”，无论是在一些地方法规，还是一些关于治理塑料“白色污染”的媒体报道中，出现了以下几种主要表述：一是“禁止使用一次性不可降解塑料制品”，二是“禁止使用不可降解一次性塑料制品”，三是甚至出现“禁塑”的提法。表述不同，尤其是“一次性”三个字的位置不同，将导致对塑料制品可降解（或不可降解）的认知产生歧义。从专业角度讲，第一种表述不专业，需要纠正；第二种表述准确、科学；第三种表述不仅不现实，还将对社会发展和人们生活造成严重影响。

在第一种表述中，由于将“一次性”置于“不可降解”前，极易理解为是对可降解性能（或不可降解性能）的要求和限定，即要求或限定的是“一次性不可降解的塑料制品”。这在塑料专业的学科上和工程上都是不严谨的。严格讲，无论是在学术还是工程上，均未曾提出、也不存在“一次性降解（或不可降解）塑料”的概念。事实上，常见的各类塑料制品，即使是标称为“可降解塑料”，也无法实现一次性降解。如目前具有代表性的可降解塑料聚己内酯（PCL）、聚乳酸（PLA）（图 10）、聚己二酸/对苯二甲酸丁二醇酯（PBAT）等均不能实现“一次性”降解，需专门的堆埋才能实现^[26]。因此，“禁止使用一次性不可降解塑料制品”中除“一次性”三字的放置有误外，这样非专业性的表述，还隐含有全面禁止塑料制品使用的含义。



图 10 一次性使用的聚乳酸制品
Figure 10 Disposable PLA products

在第二种表述中，明确“一次性塑料制品”为目标对象，着重突出塑料的“使用性和使用次数”，即一次性使用，不重复使用。例如：一次性塑料杯、打包盒、塑料袋、保鲜膜等，这些都是轻质塑料制品，用完一次就可弃掉。人们日常生活中大量使用的这些塑料制品，如属不可降解（或难降解），随意丢弃将给环境造成“白色污染”。显然，这里明确的是“禁止使用不可降解的一次性塑料制品”，其表述是正确的。

从石油化工产业链而言，聚烯烃是石油催化裂化过程中乙烯或丙烯产物的固态化产品，由于在能源供应链中汽柴油的不可或缺角色，必然产生乙烯或丙烯，聚乙烯、聚丙烯成为其下游的产品。“禁塑”或大幅度限产，不仅会对石油化工产业生态链产生巨大的影响，同时会对社会发展和民众生活造成一定的影响。

其实，对于塑料制品而言，不能片面简单地追求塑料制品具有降解特性，降解是有范围和限定的，不能无限扩大。绝大多数广泛应用的塑料制品不要求降解、不需要降解，甚至要求在使用期限内也不能降解。飞机、汽车中的塑料部件，日常使用的冰箱、电视、洗衣机、空调中的塑料部件，广泛使用的建筑管材（图 11），大量使用的塑料桶、盆等，不希望、更要防止在使用过程中发生降解。因为一旦发生降解，则性能将迅速劣化。大部分的高端设备、精密仪器、大型装备中均使用高端塑料部件，追求的恰恰是在自然环境中或苛刻条件下不发生分解或难以降解，只有这样才能保证其高性能，才能确保其长期使用的安全性。

从科学的角度讲，只提“可降解”的概念和要求是不够的，还需评估降解成什么了？降解物将产生什么影响？尤其是“可降解塑料”在降解过程中产生的中分子量、低分子量产物对环境、生态的危害，特别是



图 11 正在安装中的超高分子量聚乙烯排水管

Figure 11 Assembling of UHMWPE bellows

降解产生的 1~5 mm 的微粒塑料将产生什么影响,是塑料可控降解的一个难题^[27,28]。我们认为,“不可降解”和“可降解”提法本身也不严谨,存在偏颇,即不能把塑料可否降解,当作一种“非 0 即 1”的取舍。从时间上将塑料降解分为“短时降解”“长时降解”;或按难易程度分为“易降解”“难降解”,似乎更为合理,更为科学。

就“禁止使用不可降解一次性塑料制品”而言,要真正立法并予以实施,需要更多方面政策配套和措施统筹:一,是否有足够的可降解塑料制品生产并投放市场以替代现有一次性制品使用需求?二,可降解塑料制品与原有不可降解(难降解)制品的市场价格竞争力如何?三,可降解塑料制品的回收与降解处理场地与设备如何配置?四,可降解塑料原料获取与制备过程是否更节能、更绿色?等等。

基于现实,若要逐步实施“禁止使用不可降解一次性塑料制品”,更有必要大力推动塑料使用方式和生活模式的变革,即减少并限制“一次性塑料制品”的生产和使用,倡导“多次使用”“长期使用”。此倡导将对塑料制品丢弃量的减少产生线性甚至指数正相关效果(Positive impact),这对实现塑料更加绿色、更加环保的可持续应用,不失为一种科学的理念和策略。我们认为,从材料科学的分子设计到工程技术角度,在塑料结构中预留(预设)一个(或若干)具有“开关效应(Switch effect)”的含有降解促进剂的结构(记为 IP 结构)^[29,30]。待塑料经多次使用或长期使用后,其性能(功能)劣化,不能满足继续使用要求时,在一定外界条件(光、电、热、力等)作用下,激活 IP 结构,引发(启动)降解。通过这种具有“开关效应”的“引发降解(Initiated/Switchable degradation)”,达到“可控降解(Controlled/Programmable degradation)”,应成为追求并实现的理想目标。

值得注意的是,过分夸大并渲染降解塑料产业的重要性,将塑料研究和产业的重点转向可降解塑料领域,盲目跟风上项目,将对我国高性能多功能塑料的研发,尤其是解决若干卡脖子的高端塑料专用料的研发产生冲击,会对我国塑料工业发展产生误导。非石油基、生物基原料生产开发目的并非仅局限于可降解一次性塑料制品制备生产;用于制备性能优良的非一次性使用塑料制品是期待的具有重要科学价值和广阔市场前景的新领域。高性能多功能塑料的研发尤其是解决若干卡脖子的高端塑料专用料的研发,仍然是我们新材料领域当前重中之重的任务之一。

7 结语

(1)“白色污染”既与塑料的“轻”“薄”特性有关,更与人的行为规范与社会公德有关;既与塑料的生产使用有关,更与制度建立和社会管理有关。

(2)“禁止使用不可降解一次性塑料制品”的表述是准确的、科学的,不能随意改述为“禁止使用一次

性不可降解塑料制品”；任何“禁塑”的提法不仅不切实际,而且对社会发展和民众生活造成影响。

(3)有必要大力推动塑料使用方式的变革,减少并限制“一次性塑料制品”的生产和使用,倡导“多次使用”“长期使用”。

(4)塑料经多次或长期使用后,实现引发降解并达到可控降解,应为聚合物的分子设计和塑料工程技术追求的目标。

致谢 本文在构思和写作过程中,与徐坚教授、傅强教授、徐志康教授、高超教授、宋义虎教授、钟明强教授、王旭教授、秦舒浩教授、余雯雯教授、王晓敏教授、朱凤博副教授等学者进行过有益的探讨。在此致谢!

参考文献:

[1] 国家发展改革委,生态环境部. 关于印发“十四五”塑料污染治理行动方案的通知, http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-09/16/content_5637606.htm.

[2] 海南省生态环境厅. 关于开展海南省禁止生产销售使用一次性不可降解塑料制品试点工作的通知, http://hnsthb.hainan.gov.cn/xxgk/0200/0202/hjywgl/trhjgl/202004/t20200403_2770808_mo.html.

[3] 梅河口市人民政府办公室. 梅河口市人民政府办公室关于印发梅河口市 2021 年“禁塑”工作方案的通知, http://www.mhk.gov.cn/zwgk/zfwj/202103/t20210330_7981905.html.

[4] 冯玉红,姚文清,尚超男,谢艳丽,张名楠,周雪晴,王桂振,于文辉,窦智峰. 中国塑料,2021,35(8):55~63.

[5] Gutowski T G,Sahni S,Allwood J M,Ashby M F,Worrell E. Philos Trans A Math Phys Eng,2013,371(1986):20120003.

[6] Tournier V,Topham C M,Gilles A,David B,Folgoas C,Moya-Leclair E,Kamionka E,Desrousseaux M-L,Textier H,Gavalda S,Cot M,Guémard E,Dalibey M,Nomme J,Cioci G,Barbe S,Chateau M,AndréI,Duquesne S,Marty A,Nature,2020,580:216~219.

[7] 王琪,瞿金平,石碧,陈宁,聂敏,杨双桥. 中国工程科学,2021,21(3):160~166.

[8] Geyer R,Jambeck J R,Law K L. Sci Adv,2017,3(7):1~5.

[9] 吴素平,容敏智,章明秋. 高分子学报,2014,4:540~550.

[10] 刘端,费铭恩,赵保明,张锦文. 高分子学报,2020,51(8):817~832.

[11] Tian H Y,Tang Z H,Zhuang X L,Chen X S,Jing X B. Prog Polym Sci,2012,37(2):237~280.

[12] 唐钱,李新功,朱凌波,王琦,乔建. 高分子通报,2016,12:22~28.

[13] 柏栋予,王柯,白红伟,张琴,傅强. 高分子学报,2016,7:843~849.

[14] Ding J X,Zhang J,Li J N,Li D,Xiao C S,Xiao H H,Yang H H,Zhuang X L,Chen X S. Prog Polym Sci,2019,90:1~34.

[15] Liu E K,He W Q,Yan C R. Environ Res Lett,2014,9:091001.

[16] 于九皋,陈崧哲. 高分子学报,2000,4:482~485.

[17] 杜欢政,陆莎,孙荐,宋淑苇. 中国塑料,2021,35(8):37~43.

[18] 陈海明,董侠,赵莹,王笃金. 高分子学报,2020,51(12):1295~1306.

[19] 栾晓玉,刘巍,崔兆杰,刘业业,陈月冬,卢盛,王玉标. 资源科学,2020,42(2):372~382.

[20] 熊菊元. 资源节约与环保,2019,11:89~90.

[21] 唐勇. 高分子学报,2017,1:1~2.

[22] 刘小青,朱锦. 高分子通报,2011,6:100~102.

[23] 孙小东,曹鼎,胡倩倩,姚文清,李景虹,冯拥军. 中国塑料,2021,35(8):44~54.

[24] Li D,Zhao D,He C L,Chen X S. Biomacromolecules,2021,22(9):3992~4003.

[25] Xu G Y,Jiang H B,Stapelberg M,Zhou J W,Liu M Y,Li Q J,Cao Y T,Gao R,Cai M G,Qiao J L,Galanek M,Fan W W,Xue W J,Marelli B,Zhu M F,Li J. Environ Sci Technol,2021,55(9):6239~6247.

[26] Scaffaro R,Maio A,Sutera F,Gulino E F,Morreale M. Polymers,2019,11(4):651.

[27] Othman A R,Hasan H A,Muhamad M H,Ismail N I,Abdullah S R S. Environ Chem Lett,2021,19(4):3057~3073.

[28] Mitrano D M,Wohlleben W. Nat Commun,2020,11(1):1~12.

[29] Liu W X,Yang Z S,Qiao Z,Zhang L,Zhao N,Luo S Z,Xu J. Nat Commun,2019,10:4753.

[30] Qiao Z,Yang Z S,Liu W X,Wang X L,Gao Y,Yu Z Q,Zhu C Z,Zhao N,Xu J. Chem Eng J,2020,384:123287.

A Tentative Discussion on Plastics and “White Pollution”

ZHENG Qiang*

(Department of Polymer Science and Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China;
College of Materials Science and Engineering, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China)

Abstract:Plastics have been applied in all aspects of human life and modern industry. The “*white pollution*” of waste plastics caused by the large-scale use of plastic products has become a central issue for all walks of life. This paper reviews the origin, development, and significance of plastics. By interpreting the basic science of plastic degradation (degradable plastics), expressions related to disposable plastic products have been clarified. The author proposes that the expression “*ban on non-degradable disposable plastic products*” is accurate and scientific, while arbitrarily rewriting it as “*ban on disposable non-degradable plastic products*” is unprofessional, wrong, and should be corrected. Moreover, the author puts forwards that the origin of “*white pollution*” concept is related to the recycling and treatment methods of waste plastics. The bad reputation of plastics aroused from “*white pollution*” is not only related to the light and thin characteristics of plastics, but also related to the norms of human behavior and social ethics. It is fair to claim that the “*white pollution*” stigma should not be attached to plastics if they were not used as good and cheap disposable products, especially if they were not discarded indiscriminately after use. Along with the gradual implementation of the ban on non-degradable disposable plastic products, the author advocates transformative ways for plastics use, including reduction and restriction in the production and use of disposable plastics, promotion of the multiple use and long-term use of plastics, and acceleration of the orderly recycling of disposable plastics. Furthermore, the author proposes new concepts of initiated/switchable degradation and controlled/programmable degradation. Lastly, the author emphasizes the significance and urgency to develop high-performance and multi-functional plastics, particularly the bottleneck of high-end materials, which should be complementary to non-petroleum-based and bio-based polymer materials.

Key words:Plastics; Disposable products; Degradation/non-degradation; Petroleum-based; “White pollution”