

环境材料的概念、特点与评判依据初探

Preliminary study on the concept, characteristics and judgment basis of ecomaterials

■文 / 杨伟楠¹ 王书墨²



一、环境材料的产生背景

全球性的生态环境恶化和资源枯竭问题,是21世纪人类生存和发展所面临的重大危机,已成为国际社会普遍关注的焦点之一。材料是人类社会进步的基础和先导,对经济发展以及物质文化生活水平的提高有着举足轻重的作用。然而,材料在合成、制备、生产、加工、使用和废弃的过程中,常常需要消耗大量的资源和能源,并排放出废气、废水和废渣等污染物,给人类生存环境造成直接污染和破坏。统计表明,材料及其制品的制造、使用和废弃过程是造成能源短缺、资源消耗过度以及环境污染的主要原因之一。

自1992年里约热内卢联合国环境与发展大会制定《21世纪议程》以来,可持续发展思想和观念已在全世界得到广泛的普及和实施,努力实现经济和社会的可持续发展成为世界各国人民共同追求的目标。发展是人类永恒的主题,而如何解决发展进程中的资源、能源与环境问题,则是人类生存的重要前提。为了应对生态环境以及资源、能源危机,人类提出了发展低碳经济、倡导节能减排、调节能源结构、开发清洁能源和可再生能源等对策,致力于提高全社会的资源和能源效率,建立循环经济体系。循环经济运用生态学规律指导人类社会的经济活动,以资源的高效、循环利用为核心,本着“减量化、再利用、可循环”的原则,是

一种低消耗、低排放、高效率的社会生产和再生产范式,其实质就是以尽可能少的资源消耗和尽可能小的环境代价,实现最大的发展效益。循环经济融合资源综合利用、清洁生产、生态设计和可持续发展为一体,强调经济体系与自然生态系统的和谐共生。

在现代社会,人类既期望获得性能好、功能多的各种材料,又迫切期望获得良好的自然环境,提高生存和生活质量,实现经济社会的可持续发展。这就要求人类从生态环境的角度出发,重新认识和评价过去的材料研究、开发、使用和回收等活动。

二、环境材料概念的起源与含义

1992年,日本东京大学的山本良一教授在研究现有材料与生态环境间的关系时首次提出了环境材料(Ecomaterials)的概念。在日本未来技术学会主办的“环境与材料研讨会”上,科学家们对环境材料作出了3种解释:Environmentally Conscious Materials(具有环境意识的材料);Ecological Materials(生态材料);Economical Materials(经济材料)。最后,大家认为Environmentally Conscious Materials比较恰当,并将其简称为Ecomaterials,这就是Ecomaterials概念的最初来源。Ecomaterials源于日本,由于国内学者对该词的理解不同,出现了各种

各样的译法。有学者将其译为环境材料、环境协调材料、环境意识材料,还有学者称其为绿色材料或环保型材料。

一般说来,环境材料是指对资源和能源消耗少,对生态环境影响小,再生循环利用率高或可降解使用的新材料,但到目前为止,还没有一个为广大学者共同接受的关于环境材料的定义。最初,对环境材料常见的理解是指那些具有先进的使用性能,其材料和技术本身有较好的环境协调性,同时不难满足人们对于舒适性要求的新材料。经过一段时间的发展,环境材料也被认为是赋予传统结构材料、功能材料以特别优异的环境协调性的材料,或者指那些直接具有净化或修复环境等功能材料。

1998年,中国科学技术部、国家863高技术新材料领域专家委员会、国家自然科学基金委员会等单位联合召开了一次生态环境材料研究战略研讨会,就环境材料的称谓、定义进行了详细的讨论。最后,各位与会专家建议将环境材料、环境友好型材料、环境兼容性材料等统一称为“生态环境材料”,并给出了一个基本定义,即生态环境材料是指同时具有令人满意的使用性能和优良的环境协调性,或者能够改善自然环境的材料。而所谓的“环境协调性”是指资源和能源消耗少,环境污染小和循环再利用率高。这一定义,实质上包含了对环境材料概念的两种不同解释:其一是环境协调性材料,强调应该具有先进使用性、环境协调性和舒适性;其二是环境工程材料,即可用于净化和修复自然环境的功能材料。从外部效果来看,环境协调性材料和环境工程材料都服务于可持续发展目标,但二者在内部逻辑上却没有必然联系。环境工程材料研究的出发点是现存的特定环境问题,需要相关材料本身具有特定功能,其研究方法仍属传统材料研究的范畴,并没有带来新的具有共性的材料科学问题;而环境协调性材料的基本出发点则在于,所有材料的生命周期都会对自然环境造成影响,因此也都存在着改善的可能性和必要性。由此可见,环境协调性材料的研究对象可以是任何材料,即便是环境工程材料在其自身生命周期中也会出现环境协调性的问题,也必然包括对相关材料所造成的环境影响的分析,而这正是对传统材料科学内涵的扩展。从工程角度来看,环境工程材料大都属于末端治理技术范围,而环境协调性材料则更贴近源削减技术方式,也就是全过程控制技

术、清洁生产技术。

正是由于以上区别,有学者主张环境协调性材料才是严格意义上的环境材料,是可以包括环境工程材料的广义概念,而环境工程材料固然具有重要作用,但其并不能代表环境材料概念中的创新内涵。

三、环境材料的特点

综观学界目前关于环境材料特点的讨论,基本可以达成的共识有三点:其一,先进性。在开发新材料时,必须考虑到其优异的使用性能,能为人类开拓更为广阔的活动范围;其二,舒适性。即材料须具有较好的感官性质,使人类感觉舒服、乐于采用;其三,环境协调性。所谓与环境具有良好的协调性主要表现在以下两个方面:第一,材料具有较低的环境负荷值;第二,材料具有较高的可循环再生率。如果根本不考虑一种材料本应具有的功能和使用性能,而是仅要求它具有环境协调性,那么就会陷入舍本逐末,这样的材料对人类而言不会有太大的存在意义和价值。而如果人们继续像以往一样,只关注材料的使用功能、有用性和经济性,完全不顾及其与自然环境之间的协调,则人类所面临的生态环境和资源、能源危机将永远无法得到改善和解决。因此必须考虑材料全过程寿命的完整性,从原材料的获取、生产、加工、使用、再生到废弃,整个过程都要顾及与自然环境之间的和谐关系。

环境材料的概念既满足人类对材料的基本要求,同时也表达出人类对生态环境的关注和重视。据此,环境材料的本质特征在于其整个寿命过程具有低的环境负荷值,换言之,环境协调性才是环境材料的核心特征。

四、环境材料的评判依据

环境材料与传统材料相比,在内涵、研究重点、评价原则和方法等方面都存在不同之处。传统的材料科学与工程侧重于材料成分、结构、工艺、性能与用途的开发、应用,而环境材料科学与工程更多地关注材料成分、结构、工艺、性能、用途与自然环境之间协调性的开发与应用。传统材料研究的主要目的在于追求材料的高性能、多功能、高附加值,有的甚至不惜以资源、能源的高消耗为代价,不顾人类赖以生存的自然环境;而环境材料研究则将重点更多地放在探索材料对生态环境的作用以及生态环境对该作用的反应之

上,力求找到材料的性能与其环境负荷之间的平衡点,以开发性能良好、功能健全、环境负荷小且再循环利用率高的材料。

从方法论角度看,环境材料强调在传统材料研究中应用生态设计原则,充分考虑环境分析的结果。由此可以说,是否进行了充分的环境分析,才是环境材料研究与传统材料研究的最大区别,也是所有环境材料研究应该具有的共同特征。

就材料的具体评价方法而言,传统材料的判据仅由质量判据、经济判据和时间判据构成,其优劣判定乃是采用功能性、经济性这种传统的二维指标;而环境材料的判据则在传统材料判据的基础上增添了能源判据、资源判据以及环境判据,其优劣判定依据乃是新的三维指标,即功能性、经济型和环境协调性。就技术手段的性质而言,如何评判和区分环境材料与非环境材料,其基本的依据有两种,即定性判据和定量判据。

(一) 环境材料的定性判据

环境材料的定性判据主要是从环境意识出发,强调在材料的整个生命周期过程中,资源和能源的消耗量少、对生态环境的影响小、再生循环率高、易于降解等。Halada和Yamamoto将材料的生命周期分为制造、使用、废弃和回收四个阶段,并针对每个阶段归纳出一个作为判据的生态设计原则,如在使用阶段提高材料的性能,在废弃阶段避免有毒有害物质,在回收阶段提高材料的可回收性等。在此基础上,根据相关的生态设计原则对材料的实例进行归类分析,这就是生态设计。生态设计(Ecodesign)通常也被称为环境设计(Design for Environment),是指从环境意识出发的产品设计思想和方法,在具体实践中则发展出了许多定性的产品设计原则。一般说来,详细的生态设计原则主要是从大量的材料研究实例中分类归纳得到的。

在材料的整个生命周期中,材料的环境协调性与其所提供的功能或服务是正相关的,与其所消耗的资源能源、排放的污染物则是负相关的。据此,也可以将材料的生态设计基本原则分为3类,即减少资源能源消耗、减少污染排放和提高材料使用价值。在此基础上,可以进一步归纳出若干小类的设计原则。

将生态设计原则作为环境材料的定性判据使用,这是非常普遍的做法。但总的来说,定性判据的准确


性和全面性都不是很高,容易引起争议,往往并不足以以为环境材料的判定提供可信的依据,其更主要的作用应该是在研究过程中提供启发和指南。

(二) 环境材料的定量判据

针对材料的环境影响,可以进行系统化、量化的分析和评价,常用的方法有两种,即生命周期评价(LCA, Life Cycle Assessment)和物质流分析(MFA, Material Flow Analysis)。环境材料概念在其产生之初就已包含生命周期思想,即必须考虑材料在整个生命周期过程中对自然环境的影响,而LCA正是进行这种分析的首选方法。简单地讲,LCA和MFA是两种定量分析工业系统与环境之间物质和能量交换的统计方法,两种方法的统计口径不同,在分析材料对自然环境的影响时有很强的互补性。LCA方法沿着材料的生命周期,统计各阶段所有的资源、能源输入和废弃物排放数据,因而可以较为准确地描述单位数量的材料所造成的环境影响,并有助于系统化地寻找改进材料环境表现的途径。而MFA则是统计某个区域在某个时间段内一种材料流入和流出的各种渠道与数量,因而可以描述材料流的来龙去脉以及发生的规模。如果统计的对象是一种原材料,通常可用于资源问题分析;如果统计的是一种污染物质,则可用于污染问题分析。

当然,材料对自然环境的影响具有较强的复杂性,再加上数据的可获得性、可靠性以及其中掺杂的人为因素等,使得建立一个客观的判断标准往往十分困难。

结语

环境材料是新材料的一个重要分支,跨材料科学、环境科学以及生态科学等学科,在保护生态环境、实现经济社会可持续发展方面具有非常重要的作用。在生态文明时代,环境材料代表着科技和产业发展的重要方向,如果能够在生产和生活中大量推广该类材料,将不仅有助于提高资源和能源的利用效率,而且有助于切实保护和改善人类赖以生存和发展的自然环境。

作者单位:1. 清华大学环境学院环境模拟与污染控制国家重点联合实验室

2. 清华大学附属中学