

文章编号:1673-9981(2010)04-0372-07

环境友好材料的研究进展

李爱菊, 陈红雨

(华南师范大学化学与环境学院, 广东 广州 510006)

摘要:环境友好材料是近年来在先进材料研究中提出的一个新的研究领域. 本文介绍了环境友好材料的概念和分类, 综述了环境友好材料的研究现状和进展, 分析了环境友好材料生态设计的策略和过程. 总结概括了环境友好材料的现实意义, 指出环境友好材料的研究和开发必将推动人类社会可持续发展.

关键词:环境友好材料; 生命周期; 生态设计

中图分类号: X2

文献标识码: A

材料是国民经济和社会发展的物质基础和先导, 是人类文明的里程碑. 正是材料的使用、发现和发明, 才使人类在与自然界的斗争中, 走出了混沌蒙昧的时代, 发展到科学技术高度发达的今天. 可以说, 我们的现代文明就是一个大量地生产和使用材料、能源的过程. 然而, 在这一过程中, 人们过多地追求了材料的使用性能, 而对材料的生产、使用和废弃过程中需要消耗大量的资源和能源却没有节制, 其结果必然是给环境带来的压力越来越大, 对环境造成的污染越来越严重. 各种统计数字已经表明, 传统材料及其制品的制造、使用和废弃过程是造成当今世界能源短缺、资源过度消耗和枯竭以及环境污染的主要原因之一. 随着人类文明进程的不断发展和“可持续发展战略”的提出, 客观现实要求人类从环境保护角度出发, 重新认识和评价人类过去在材料研究、材料开发、材料使用和材料回收等方面的行为, 绿色设计和绿色制造成为人们关注的话题.

1 环境友好材料的概念

环境友好材料也称生态环境材料, 简称环境材料, 是1990年10月在一次关于材料服务于人类生活、行为的未来状况与环境关系的讨论会上, 由日本材料科学家和工程师提出来的. 目前, 对于环境材料

的概念国际上仍没有统一的说法, 不过经过近20年的研究, 材料工作者较为普遍接受的观点认为, 环境友好材料是指在材料的整个寿命周期中, 同时具有满意的使用性能和优良的环境协调性, 或者能够改善环境的材料^[1]. 环境友好材料是从原材料采集、加工、使用或者再生循环利用以及废料处理等环节乃至废弃的整个生命周期中, 资源和能源消耗最少、对生态环境影响最小、再生循环利用最高或可分解、安全处理的具有优异使用性能的材料. 简言之, 它是指在加工、使用和再生过程中具有最大使用功能及最低环境负荷的环境友好型材料. 环境友好材料对减少材料生产和使用过程中的废弃物排放量、减少资源和能源的浪费、保护环境起着至关重要的作用, 也是实现材料可持续发展的唯一途径. 图1显示了环境友好材料的生命周期特征^[2].

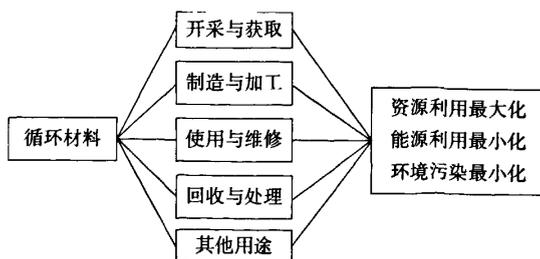


图1 环境友好材料生命周期特征

收稿日期:2010-10-12

作者简介:李爱菊(1975—),女,山东陵县人,副教授,博士.

环境友好材料实质上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,它是由材料工作者在环境意识指导下,或开发新型材料,或改进、改造传统材料所获得的.它一般具有以下特征:先进的功能性、良好的工艺性、合理的经济性、协调的环境性和舒适性.

2 环境友好材料的分类及研究现状

按不同的标准,环境友好材料有不同的分类方式.按照材料的用途来分,环境友好材料一般可分为绿色能源材料、绿色建筑材料、绿色包装材料、生物功能材料、环境工程材料5大类.

2.1 绿色能源材料

绿色能源是相对于常规能源的能源形式.常规能源主要是指煤炭、石油、天然气.绿色能源是指洁

净的能源,主要包括风能、太阳能、生物质能、地热能、海洋能、水能、核能等可再生能源.绿色能源材料是指实现绿色能源转换、储存和利用以及发展绿色能源技术中所要用到的关键材料,它是发展绿色能源的核心和基础.绿色能源材料主要包括直接或间接产生能源或改变能源状态的各种材料.如太阳能电池材料、热电材料、生物质能源材料、相变蓄热材料、储氢材料等.

太阳能是取之不尽用之不竭的洁净可再生能源,得到世界各国高度重视.太阳能电池材料与生产工艺得到巨大发展.从1995年以来,太阳能电池以年增长30%的幅度高速发展.目前,除了单晶硅电池和多晶浇铸硅电池外,以非晶硅、碲化镉和铜铟硒为代表的薄膜太阳能电池也进入市场.太阳能电池的半导体材料的性能和实用情况列于表1.

表1 制作太阳能电池的半导体材料

材料	禁带宽度 /eV	禁带性质	载流子迁移率/($\text{cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$)		晶系	晶格常数 /nm	实用状况
			电子	空穴			
晶体 Si	1.12	间接	1500	450	立方	$a=0.543$	制作的电池占市场份额的70%~80%
非晶 Si	1.5~2.0	—	~1	0.1	—	—	制作的电池占市场份额的10%~20%
Ge	0.66	间接	3900	1900	立方	$a=0.5646$	用作空间电池的衬底
CuInSe ₂	1.04	间接	300	20	立方	$a=0.5782$ $c=1.162$	与CdS构成的太阳电池正进入商品化
GaAs	1.424	直接	8500	400	立方	$a=0.5653$	已开始用于空间太阳电池
InP	1.35	直接	4600	150	立方	$a=0.5869$	耐辐射性能优异,处于研究开发阶段
AlSb	1.6	间接	900	400	立方	$a=0.37$	禁带宽度适合太阳电池,但因材料腐蚀,未获应用
CdS	2.42	直接	340	—	立方	$a=0.4136$ $c=0.6176$	构成薄膜电池一极
Cu ₂ S	1.2	间接	—	30	立方	$a=1.188$ $c=1.349$	与CdS构成的太阳电池因出现衰退现象,已被淘汰
CdTe	1.44	直接	700	65	立方	$a=0.6477$	独自制作薄膜电池或与CdS结合,构成的太阳电池已商品化

生物质能是利用植物的光合作用固定地球上的太阳能,最有可能成为21世纪主要的新能源之一。据估计,植物每年贮存的能量约相当于世界主要燃料消耗的10倍;而作为能源的利用量还不到其总量的1%。事实上,生物质能源是人类利用最早、最多和最直接的能源,至今,世界上仍有15亿以上的人口以生物质能作为生活能源。生物质能源将成为未来持续能源的重要部分,到2015年,全球总能耗将有40%来自生物质能源。

许多国家都制定了生物质能源的开发研究计划。如日本的阳光计划、印度的绿色能源工程、美国的能源农场和巴西的酒精能源计划等。美国、英国、意大利等发达国家将沼气技术主要用于处理垃圾,美国纽约斯塔藤垃圾处理站投资2000万美元,采用湿法处理垃圾,日产26万 m^3 沼气,用于发电、回收肥料,效益可观,预计10年可收回全部投资。英国以垃圾为原料实现沼气发电18 MW,今后10年内还将投资1.5亿英镑,建造更多的垃圾沼气发电厂。瑞典能源中心取得世界银行贷款,计划在巴西建一座装机容量为20~30 MW的发电厂,利用生物质热裂解气化、联合循环发电等先进技术处理当地丰富的蔗渣资源。

生物质液体燃料,包括乙醇、植物油等,可以作为清洁燃料直接代替汽油等石油燃料。巴西是乙醇燃料开发应用最有特色的国家,20世纪70年代中期,为了摆脱对进口石油的过度依赖,实施了世界上规模最大的乙醇开发计划,到1991年,乙醇产量达到130亿升,在980万辆汽车中,近400万辆为纯乙醇汽车,其余大部分燃用20%的乙醇-汽油混合燃料,也就是说乙醇燃料已占汽车燃料消费量的50%以上。1996年,美国可再生资源实验室已研究开发出利用纤维素废料生产酒精的技术,由美国哈斯科尔工业集团公司建立的1 MW稻壳发电示范工程,年处理稻壳12000 t,年发电量 $8 \times 10^6 \text{ kW} \cdot \text{h}$,年产

酒精2500 t,具有明显的经济效益。

2.2 绿色建筑材料

绿色建筑材料是指采用清洁生产技术,不用或少用天然资源和能源,大量使用工业、农业或城市固态废弃物生产的无毒害、无污染、无放射性,达到使用周期后可回收利用,有利于环境保护和人体健康的建筑材料。与传统建材相比,绿色建材具有五个基本特征^[4]:第一,生产所用原料尽可能少用天然资源,大量使用尾矿、废液等废弃物;第二,采用低能耗制造工艺和不污染环境的生产技术;第三,在产品配制或生产过程中,不使用甲醛、卤化物溶剂或芳香族碳氢化合物,产品中不含汞及其化合物,不用铅、镉、铬及其化合物的颜料和添加剂;第四,产品的设计是以改善生产环境、提高生活质量为宗旨,即产品不仅不损害人体健康,还应有益于人体健康,具有多功能化,如抗菌、灭菌、防霉、除臭、隔热、阻燃、防火、调温、调湿、消磁、防射线、抗静电等;第五,产品可循环或回收利用,无环境污染的废弃物。

20世纪90年代以来,我国已成为世界上最大的建筑材料生产与消费国。建材工业不但满足了基础设施建设、城镇和住房产业发展的需求,而且为我国社会财富积累做出了巨大贡献,但是由于市场需求与投资拉动的数量增长,造成建材产品结构、技术结构和产业结构的严重不合理。整体而言,粗放型经济增长方式尚未根本转变。当务之急,必须解决消耗建材资源90%、能源85%以及落后生产力占60%的两大材料——墙体材料和水泥生产技术的绿色化。工业废渣、尾矿、垃圾和农业废弃物等固体废料制备建材的循环利用已经普及推广。回收利用城市固体废弃物以生产新型建材,是消除污染、使大量工业废渣和回收的建筑材料资源化的主要方法之一,可以缓解我国城市环境负荷的压力,实现经济和环境的可持续发展。我国生产的粉煤灰水泥的性能参数列于表2。

表2 粉煤灰掺入量对水泥强度的影响

粉煤灰掺入量 $w/\%$	细度/ $\%$	抗弯强度/MPa			抗压强度/MPa		
		3d	7d	28d	3d	7d	28d
0	6.0	6.3	7.0	7.2	32.1	41.5	55.5
25	5.6	5.6	5.7	6.5	23.1	29.1	44.0
35	5.6	5.6	5.3	6.4	18.5	24.9	42.2

2.3 绿色包装材料

绿色包装材料具有节省资源和不污染环境两个方面的含义,是指在生产、使用、报废及回收处理再利用过程中,能节约资源和能源,废弃后能够迅速自然降解或再利用,不会破坏生态平衡,而且来源广泛、耗能低,易回收且再生循环利用率高的材料或材料制品。作为包装材料,无论是绿色包装材料还是非绿色包装材料,它们在应具备的性能方面大部分是共性的基本性能,但作为绿色包装所具备的独特性能是对人体健康及生态环境均无害,即可以回收再利用,又可以自然风化回归自然。

天然生物包装材料如木材、竹编材料、木屑、麻类棉织品、柳条、芦苇以及农作物茎秆、稻草、麦秸等,因它们具有在自然环境中极易分解、不污染环境、资源可再生、成本低等优点,深受人们的喜爱。聚乳酸包装材料现已成为世界范围的研究开发热点^[5],它是由众多乳酸分子聚合成的一种可生物降解的新型高分子材料,可被彻底分解成水和二氧化碳(图2),对环境无任何危害。德国一公司采用聚乳酸作原料成功开发出能快速自然分解的绿色食品杯,为解决以往一次性塑料包装物降解的难题,开辟了一条实用化的新路子。

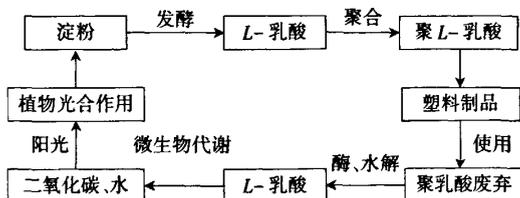


图2 聚L-乳酸在自然界的循环过程示意图

2.4 生物功能材料

生物功能材料的发展可分为两个方面,即功能生物材料和仿生功能材料。生物功能材料的发展一方面依赖于人们对生命现象或生命组织的物理、化学、生物特性的深入研究,另一方面又有助于人们搞清生存与环境的关系。同时生物功能材料在工业、农业、医学以及国防建设等方面的应用又会改变传统的生产方式(生物化工)。对高科技产业和国民经济的发展都将起到很大的促进作用。

2.5 环境工程材料

环境工程材料主要包括对废弃物污染控制和处

理的环境净化材料、对已经被破坏的环境进行生态化治理的环境修复材料以及替代有毒有害材料的环境替代材料等^[6]。在环境友好材料概念指导下的环境污染控制材料不仅要具有环境治理功能,更强调其本身与环境的协调性,材料科学工作者在研究具有净化环境、防止污染、替代有害物质、减少废弃物、利用自然能、材料的再生循环及固体废弃物的资源化等方面做了大量的工作,并取得了重要的进展。如纳米环境净化材料、化学固沙环境修复材料等。

纳米环境净化材料在环境治理和防护中有广阔的应用前景,因其具有较小的颗粒尺寸,而且纳米微粒表面形态随着粒径的减小,表面光滑程度变差,形成了凹凸不平的原子台阶,从而提高了反应速度,增加反应率,使反应具有良好的选择性,而且可以大大降低反应温度。用纳米 La_2O_3 和 CeO_2 作为汽车尾气净化剂涂层的添加剂,其催化活性大大提高,50%的CO转化时温度降低了近40℃。无机梯度纳米陶瓷膜,可滤除水中的大肠杆菌、沙门氏菌、金黄色葡萄球菌等致病菌和各种悬浮物,保留水中的矿物质及微量元素,出水可直接饮用。还可制成渗水缸,无须水压即可得无菌水。纳米 TiO_2 能处理80余种有毒污染物,不但可以将水中易降解的烃类、卤代烃、表面活性剂等很快完全氧化成水与二氧化碳等无害物质,而且可以在常温下将工业废液和被污染的地下水中难以降解的多氯联苯类分解为水与二氧化碳,消除了对环境的污染。

3 环境友好材料的设计

环境友好材料的生产加工过程实质上就是一个生态设计的过程。生态设计不同于传统设计,生态设计包含产品从概念形成到生产制造、使用乃至废弃后的回收、重用及处理处置的各个阶段,即涉及产品的整个生命周期,是从“摇篮到坟墓”的过程。也就是说,要从根本上防止污染,节约资源和能源,不能等产品产生了不良的环境后果再采取防治措施(现行的末端处理即是如此),要预先设法防止产品及工艺对环境产生的副作用。概括起来,可以给生态设计下这样一个定义:生态设计是这样一种设计,即在产品整个生命周期内,着重考虑产品的环境属性(自然资源的利用、环境影响及可拆卸性、可回收性、可重复利用性等),并将其作为设计目标,在满足环境目标要求的同时,并行地考虑并保证产品应有的基本功

能、使用寿命、经济性和质量等。

3.1 设计策略

在综合考虑产品的整个生产周期的基础上,可以概括出以下七种生态设计策略:

策略一:选择环境影响低的材料:清洁的材料、可更新的材料、含能量较低的材料、可再循环利用的材料;

策略二:减少材料的使用:节约宝贵的资源和能源;

策略三:生产技术的最优化:要求通过清洁生产的实施来进行生产过程改进;并要求整个供应链的参与;

策略四:营销系统的优化:这往往与包装、运输

和后勤系统有关;

策略五:减小消费过程的环境影响:尽可能减少产品在使用过程中可能造成的环境影响;

策略六:产品生命周期的延长:这是生态设计策略中最重要的一个内容,因为通过产品生命周期的延长,可以使用户推迟购买新产品,避免产品过早地进入处置阶段,提高产品的利用效率,减缓资源枯竭的速度,符合可持续发展原则;

策略七:产品处置系统的优化。

生态设计的七大策略贯穿于材料的整个生命周期过程,但在不同的生命周期阶段侧重点有所差别。生态设计策略与产品生命周期的关系如图3所示。

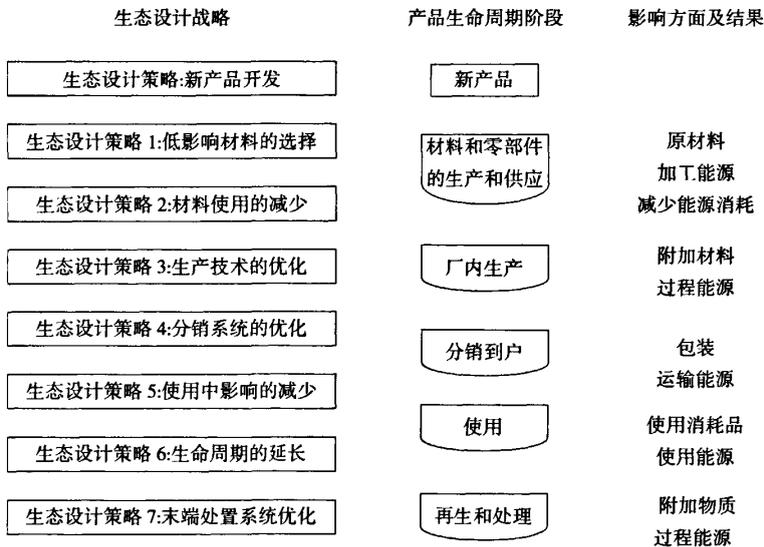


图3 生态设计策略与产品生命周期的关系

3.2 生态设计过程

生态设计的实施是系统化和整体化的统一。它需要考虑从原材料选择、设计、生产、营销、售后服务到最终处置的全过程。主要包括5个步骤:

过程1:成立合适的项目组:总工程师直接负责,成员由技术人员、环境管理办公室人员、采购人员和营销人员组成;

过程2:选择确定进行生态设计的产品

过程3:选择合适的生态策略:根据产品的不同,选择的具体生态设计措施也各不相同。

过程4:生态设计项目评估:从产品生产工艺流程出发,对产品的整个生命周期过程中的环境影响的清单进行分析;对其环境影响进行评估,通过对产品生态设计前后风险与收益的分析,得出产品实施生态设计后的结论。

过程5:生态设计的扩展:一个真正具有进取心的对社会负责的企业应该把生态设计策略的实施作为公司长远发展的基本策略,并应把生态设计的实施扩展到公司的所有产品范围。

4 环境友好材料的研究意义

4.1 环境意义

从环境友好材料的定义可知,这类材料的应用从源头就间接减少了对自然资源的消耗和对环境的破坏,在末端直接减少垃圾和处理垃圾的能耗,并大大拓宽了废旧材料、循环材料等利用的方式和领域,将一些原先不能被有效利用的材料纳入到再利用的范畴,使其对环境的负面影响减至最小。

4.2 经济意义

环境友好材料的应用不仅符合社会发展的趋势,更可为企业的发展带来新的商机。在这样一个倡导节能、节约、循环发展经济的社会中,环境友好材料的再利用日益体现出其巨大的潜在价值。目前,世界上很多中小型企业都在这一领域进行研制和开发,通过设计师的精心打造,从循环再生材料的独特美学价值中获得附加值,向市场推出富有创意的再利用产品,并获得令人满意的经济收益。我国目前正处于经济和社会的高速发展阶段,资源与能源的消耗日益紧张,环境友好材料便成为材料及其产业在资源和环境问题制约下,实现我国循环经济和可持续发展的必然选择。

4.3 社会意义

当今社会越来越多的人认识到环境保护的意义所在,环境友好材料的应用可以通过现实的作品感染大众,启发大众。而且环境友好材料蕴含着一种“资源再生文化”。在人们的传统观念中,垃圾是丑陋的,园林设计以独特的方式将废弃物中所包含的物能展现在世人面前,这其中包括审美形式的可能、经济性使用的潜能、以及可以重新认识物质功能的属性。

参考文献:

- [1] 左铁镛,聂祚仁. 环境材料基础[M]. 科学出版社,2003.
[2] 郭国林. 环境材料的分析与研究[J]. 机械设计与制造,

2006(12):169-170.

- [3] 雷永泉. 新能源材料[M]. 天津大学出版社,2000.
[4] 孙胜龙. 环境材料[M]. 化学工业出版社,2002.
[5] 陈坚,堵国成. 环境友好材料的生产与应用[M]. 化学工业出版社,2002.
[6] 翁端. 环境材料学[M]. 北京:清华大学出版社,2001: 207-233.
[7] ROSY W C, NAVIN-CHANDRA D, KURFESS T, et al. A systematic metrology of material selection with environmental considerations[J]. IEEE, 1994;252-25.
[8] ADOLF G, CHRISTOPHER H, HANSWERNER S. Photovoltaic materials, history, status and outlook[J]. Mater Sci Eng R, 2003, 40:1.
[9] MARTIN A G, ZHAO Jian-hua, WANG Ai-hua, et al. Very high efficiency silicon solar cell-science and technology [J]. IEEE Transactions on Electron Devices, 1997, 46:1940.
[10] NOUFI R, YOUNG D L, COURTS T J, et al. Toward a 25%-efficient polycrystalline thin-film tandem solar cell[C]//Proceedings of 3rd World Conference on Photovoltaic Energy Conversion. Osaka, Japan: [s. n.], 2003;12.
[11] DEB S K. Recent development in high efficiency PV cells[J]. Renewable energy, 1998, 15(1/4):467-472.
[12] FINGER F, CARIUS R, DYLLA T, et al. Stability of microcrystalline silicon for thin film solar cell applications[J]. IEE Proc-Circuits Devices Syst, 2003, 150 (4):300.
[13] MA G, ZHANG S, QIAO K, et al. A study on green characteristics of products in the 21st century [A]. Proceedings of 6th International Symposium on Test and Measurement (Volume 9) [C]. Chinese Society of Modern Technical Equipment (CSMTE), Da Lian, China; 2005.
[14] CARLO V. Design for sustainability education-direction of development and current situation in Italy[M]. [S. l.], [s. n.]; 2001.
[15] LUTTROP C, 王艳. 生态设计中的策略及材料的运用[J]. 设计艺术, 2006(2):12-14.

Research development of the environment-friendly materials

LI Ai-ju, CHEN Hong-yu

(School of Chemistry and Environment, South China Normal University, Guangzhou 510006, China)

Abstract: The environment-friendly materials are a research focus in the advanced materials field. In this paper, the conception and the category of environment-friendly materials were reviewed, the research situation and development were summarized. The strategies and process of eco-design were analyzed, and the research significance of the eco-materials is discussed. It is pointed out that the research of eco-materials will certainly promote the sustainable development of human society.

Key words: environment-friendly materials; life cycle; eco-design