

环境工程材料的研究现状及发展趋势

Progress of Environmental Engineering Material and its Trends of Development

李 佳/LI Jia,翁 端/WENG Duan

清华大学材料科学与工程系,北京 100084

Department of Material Science and Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China

[摘要] 介绍了近几年环境工程材料领域所取得的进展。水污染控制材料中主要介绍了用于分离工艺的几种新型吸附材料、絮凝材料和过滤材料,用于生化处理工艺的微生物固定化多孔陶瓷材料,以及用于化学处理工艺的二氧化钛光催化材料;大气污染控制材料中主要介绍了用于机动车尾气净化的催化材料、室内空气污染治理的光催化材料以及脱硫用吸附及离子交换材料;环境修复材料中主要介绍了固沙植被材料。

[关键词] 环境工程材料;环境净化材料;环境修复材料

[中图分类号] X24

[文献标识码] A

[文章编号] 1000-7857(2006)07-0009-05

Abstract: It briefly reviews the development in the research area of environmental engineering material. In water treatment area, the progresses in newly developed adsorbent, coagulation accelerator and filter media are respectively introduced. The development in porous ceramic used to fix microorganism in biochemical treatment is also briefly introduced. Various sorts of catalyst used to purify auto exhaust are the main ways to control air pollution. In ecological restoration material area, sand-fixation material is briefly referred to.

Key Words: environmental engineering material; environmental purification material; ecological restoration material

CLC Number: X24

Document Code: A

Article ID: 1000-7857(2006)07-0009-05

材料是人类文明进步的物质基础和先导,材料科学的发展水平在一定程度上代表了一个国家工业水平的高低,目前很多高新技术的瓶颈归根结底都是要解决材料问题。但是,材料科学在其

发展的历史上,也是造成资源、能源过度消耗,自然生态环境不断恶化的主要元凶之一。联合国《2002年中国人类发展报告》指出,环境问题使中国损失 GDP 的 3.5%~8%,可见,环境污染和生态平

来稿日期:2006-02-27

作者简介:李 佳,女,清华大学材料科学与工程系,博士生,主要研究方向为环境材料理论及应用;E-mail: lijia@mails.tsinghua.edu.cn

翁 端(通讯作者),男,清华大学材料科学与工程系,教授,主要从事环境材料理论及应用研究;

E-mail: duanweng@mail.tsinghua.edu.cn

- New York: Orange Judd & Co, 1867.
- [2] STALEY C, PIERSON G S. The separate system of sewerage, its theory and construction, third edition[M]. New York: D. Van Nostrand, Co., 1899.
- [3] United Nations. The UN millennium project. fast facts: the faces of poverty[M]. New York: United Nations, 2005.
- [4] United Nations. United Nations millennium declaration [M]. New York: UN Department of Public Information, 2000.
- [5] United Nations. Report of the world summit on sustainable development[M]. New York: United Nations, 2002.
- [6] MICHEL D. Climate policy for the 21st Century: meeting the long-term challenge of global warming[M]. Washington D C: Center for Transatlantic Relations, 2003.
- [7] 余羚羚,郝智伟.我国“十一五”期间城市化速度与对策[J].合作经济与科技,2006(6): 34-35.
- [8] 曾晓燕,牟瑞芳,许顺国.城市化对区域水资源的影响[J].资源环境与工程,2005,19(4): 318-322.
- [9] 钱易.水资源管理需要新策略[J].中国水利,2003(6): 26-27.
- [10] 钱易.水资源管理需要新思路、新策略[J].科学对社会的影响,2004(2): 18-23.
- [11] 郑兴,周孝德,计冰昕.德国的雨水管理及其技术措施[J].中国给水排水,2005,21(2): 104-106.
- [12] 国家环境保护总局.污水综合排放标准[S].中华人民共和国国家标准 GB 8978-1996.北京,1996.
- [13] PHILANDER S G H. El Nino, La Nina and the southern oscillation[M]. Landon: Academic Press, INC, 1990.
- [14] 巢纪平.厄尔尼诺与中国气候异常[J].中国科学院院刊,1998,13(6): 434-437.
- [15] 周国良,张建业.厄尔尼诺现象及其对我国水文气候的重大影响[J].水文,2002,22(3): 14-17.
- [16] 张雪刚,毛媛媛.厄尔尼诺现象对我国夏季降水的影响[J].水资源保护,2004,20(1): 28-30.
- [17] 王国庆,张建业,章四龙.全球气候变化对中国淡水资源及其脆弱性影响研究综述[J].水资源与水工程学报,2005,16(1): 7-10, 15.
- [18] United Nations. World urbanization prospects: the 2003 revision [M]. New York: UN Department of Economic and Social Affairs, Population Division, 2004.
- [19] MOSTERT E. European water framework directive and river catchment management[M]. Oxford: Pergamon Press, 2003.
- [20] HOFMANN F. Wasserhaushaltsgesetz: textausgabe mit erläuterungen und ausführungsvorschriften [M]. Berlin: Erich Schmidt Verlag, 1999.

(责任编辑 胡春华)

使其保持生物活性且可反复利用的生物技术^[7]。这种水处理方法具有生物浓度易控制、耐毒害能力强、菌种流失少、产物易分离、运行设备小型化等特点,但是固定化材料性能的不足限制了其应用。使用高岭土、长石、石灰石、石英等制备了符合要求的固定化微生物的多孔陶瓷,根据实验确定了最佳的制备参数,达到了较好的水处理效果。表 3 为该多孔陶瓷的最佳处理效果。

表 3 固定化微生物多孔陶瓷的最佳处理效果
Tbl. 3 Immobilized yeasts capacity of wastewater treatment

条件	COD 初始值(mg/L)	反应后的 COD(mg/L)	降解率(%)
好氧	3 770.5	2 633.7	30.1
微氧	3 770.5	2 688.8	28.7

文献[8]中利用粘土矿为主要原料,添加适当的膨胀剂并用纳米材料进行改性,控制适当的烧制工艺,研制出了一种新型的水处理填料——纳米改性陶粒,在达到相同处理效率的条件下,水力负荷提高了 14.3%,出水水质好,运行稳定。

氧化还原属于一种污水化学转换处理工艺。用于氧化还原处理的材料主要是各种化学试剂,包括氧化剂、还原剂以及催化剂等。常用的氧化还原材料有活泼非金属材料 and 含酸盐;常用的还原材料有活泼金属原子或离子;常用的催化剂有活性炭、粘土、金属氧化物及高能射线等。

1.2 大气污染控制材料

目前,治理大气污染通常使用吸附法、吸收法和催化转化法。从材料科学与工程的角度看,无论是吸附法、吸收法还是催化转化法,都要借助于一定的材料介质才能实现。相应的大气污染控制材料包括吸附剂、吸收剂和催化剂,主要应用于工厂、住宅区锅炉等固定源与机动车等活动源排放的气体污染物的净化。

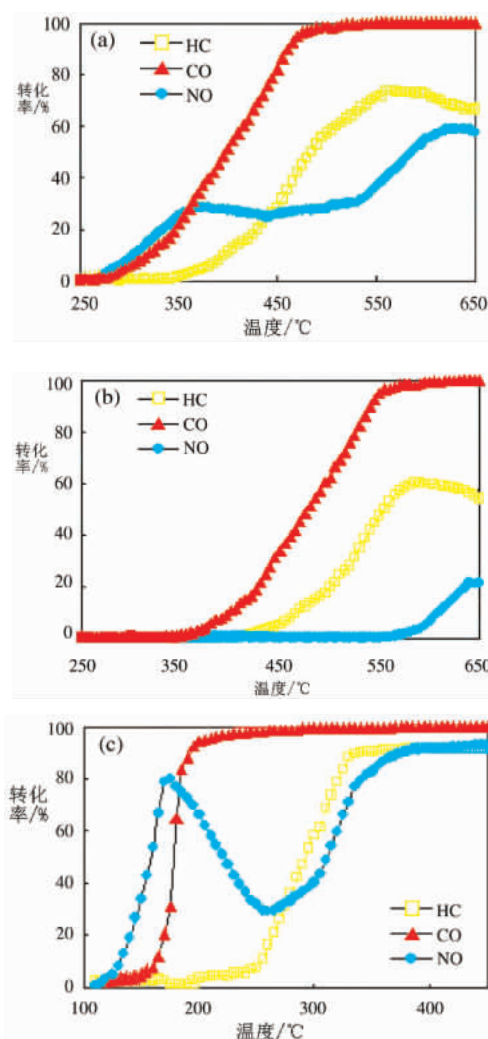
稀土汽车尾气净化催化剂是近年来发展起来的一类重要的环境工程材料,它能够在一定条件下催化大气中的有害气体成分,如 NO_x 、 CO 、 CH 等转化为 N_2 和 CO_2 。汽车尾气的净化催化剂通常采用铂、钯、铑等贵金属作为主要的活性组分。近年来,为了节约贵金属资源,开始研究利用过渡金属、稀土元素部分替代或全部替代贵金属,进行汽车尾气净化处理,取得了很好的效果。表 4 列出了 2 种目前主要应用于机动车尾气净化的稀土催化材料^[9]。

目前,这方面的研究热点主要集中在减少贵金属用量、提高催化效率以及催化剂稳定性等方面。吴晓东^[10]等对钙钛矿型催化

表 4 2 种用于机动车尾气净化的稀土催化材料
Tbl. 4 Two kinds of rare earth catalyst used in automobile exhaust purification

催化材料	结构特征	催化特征	主要应用
稀土钙钛矿催化材料	ABO_3 结构;A 位为稀土或碱土离子,12 配位;B 位为过渡金属离子,6 配位,形成八面体;A、B 位可掺杂,其中贵金属属 B 位掺杂	A 位离子影响吸附氧和 B 位离子的电子状态;B 位离子的取代影响离子价态和键能,可产生协同作用	汽车尾气净化催化剂、环保催化剂、光催化分解水制氢、碳氢化合物重整反应。
铈锆固溶体催化材料	ABO_3 结构;Ce 配位数为 8,Zr 配位数为 6	Ce 离子可以在+4 和 +3 价态之间转换,具有优良的储放氧性能;Zr 的加入可降低氧迁移活化能,以及表面氧和体相氧的还原温度,提高储氧性能	汽车尾气净化催化剂、环保催化剂

剂 $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_{3+\lambda}$ 的催化活性进行了广泛而深入的研究,结果表明,这类催化剂对于汽车尾气具有很高的催化活性。图 2 是这种催化剂的粉末样品、载体浸渍样品以及负载贵金属样品的催化活性曲线。由图中可以看出,尽管浸渍贵金属的催化剂有着优异的催化活性,但掺杂稀土的钙钛矿型复合氧化物催化剂已经达到了部分取代贵金属的效果。



(a)粉末样品;(b)载体浸渍样品;(c)负载贵金属样品

图 2 $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_{3+\lambda}$ 催化活性曲线

Fig. 2 Catalytic activity of catalyst: (a) $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_{3+\lambda}$ powder sample; (b) $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_{3+\lambda}$ coating sample; (c) $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_{3+\lambda}$ loaded sample with noble metals

作为稀土催化剂载体的多孔蜂窝陶瓷近年来也成为研究的热点。蜂窝陶瓷具有热稳定性好、热膨胀系数小等优点,通常还在堇青石基质材料的表面附上较高比表面的多孔物质,使活性成分容易且牢固地负载在载体表面,提供一个良好的催化反应环境。一般的涂层材料为活性氧化铝,Kummer J 也曾使用氧化锆作为涂层,提高了载体的耐高温性。

二氧化钛光催化剂的研究近年来成为材料科学研究的热点之一,由于其化学性能稳定、无毒、价廉以及光催化活性高而引起了广泛的重视。文献[11]利用 Sol-Gel、磁控溅射 2 种方法分别制备了锐钛矿相的纳米 TiO_2 粉末和固定化的薄膜,研究了微观结构对光催化性能的影响及催化机理。在此基础上提出了利用离子

李 佳,等:环境工程材料的研究现状及发展趋势

学院目前已完成淀粉接枝、天然纤维接枝高分子材料和丙烯酸酯高分子材料 2 个系列的高吸水性树脂的研究工作,树脂改性后用于中卫沙坡头治沙,效果优于国外同类产品。他们还研制出了可用于沙尘固定和绿化工程的高分子乳液,这项技术是把增粘剂、养生剂、高分子乳液与草籽、肥料、水混合在一起形成乳液,用压缩空气喷洒在沙地表面,可临时固定沙尘,待种子发芽生根后对沙尘起到永久性固定作用,达到绿化沙漠的目的。

南京林业大学研究禾草纤维低污染制浆技术^[21-22],将制浆废液中含有较高活性基团的工业木质素进行适当化学改性,制备出可降解固沙材料。这种固沙剂含有木质素酸钠植物生长调节剂和氮、钾及其他有利于植物生长的微量元素,可有效地促进植物的生长,且在一定程度上减少造纸工业产生的污染,将废弃资源转化利用。固沙成本非常低,据测算,木质素固沙剂的平均成本为 0.25 元/m²,大大低于国家要求的 0.8 元/m² 的标准。

2.2 其他环境修复材料

全球气候变暖、温室效应加强,是各国政府目前密切关注的环境问题之一。如采取积极的措施,将 CO₂ 转化为其他有用的材料,是控制 CO₂ 排放、治理气候变暖的一个重要途径。日本研制的用于保护臭氧层的转化氟利昂的新型催化剂,以及用 CO₂ 作原料来生产甲醇的技术是 2 个典型的例子。前者可大大降低臭氧层的破坏程度,使人们免遭紫外线照射之苦,而后者则可有效地降低 CO₂ 所产生的温室效应。它们都可改善人类居住的环境,同时还可带来巨大的经济效益。

3 结束语

环境材料是人类保护环境、走可持续发展道路的意识在材料科学中的具体体现和实践,因此无论是在理论研究,还是设计、应用与开发方面,环境材料都将随着人们对生态环境的日益重视而取得更大的进展。

环境工程材料仍然是未来环境材料领域研究的主要内容,目前对于污水处理材料的研究已经趋于成熟,未来的研究方向将瞄准新型高效、无二次污染、低治理成本的替代材料。对于大气污染,用于治理机动车等移动源排放的污染气体的催化剂已经得到广泛的应用,今后的研究将主要集中在减少催化剂中贵金属的用量,提高催化剂的催化效率及寿命,以及抗硫中毒等性能的提高方面。其他的污染防治材料,如治理噪声污染、光污染、电磁辐射等污染的材料,也将随着污染问题的凸显而加快其发展的步伐。

随着全球性生态环境的恶化,环境修复材料在未来将遇到更大的机遇与挑战。温室效应、臭氧层空洞、POPs 污染等重大环境问题,无一不是依靠材料科学与技术的进步才能够解决的。开发新型材料是今后发展的主要思路,如从各式各样的废弃物中提取有用成分制备可降解的固沙材料,既降低了成本,又可有效地解决废弃物的处理问题。

治理环境污染的紧迫性已经切实摆在每一个人的面前,环境工程材料还有很大的发展空间。作为跨材料科学、环境科学以及生态科学等多学科的新型学科,环境材料技术在保持资源平衡、能源平衡和环境平衡,实现社会和经济的可持续发展等方面将起到非常重要的作用。然而,仅有技术是不够的,只有在生产和生活中广泛加以应用,才能够有效地治理和预防环境污染,实现经济、环境、生态的可持续发展。总之,环境工程材料必将对人类社会进步起到巨大的推动作用。

参考文献 (References)

- [1] 翁端. 关于生态环境材料研究的一些基本思考[J]. 材料导报, 1999, 13 (1): 12-14.
- [2] 翁端. 环境材料学[M]. 北京: 清华大学出版社, 2001: 207-233.
- [3] 李江, 甄宝勤. 吸附法处理重金属废水的研究进展 [J]. 应用化工,

2005, 34(10):591-595.

- [4] 李天昕, 谷为民, 林海, 等. 新型介孔净化材料与活性炭的性能对比及其制备方法和应用[J]. 中国非金属矿工业导刊, 2004(6): 49-52.
- [5] GREGORIO C. Recent developments in polysaccharide-based materials used as adsorbents in wastewater treatment [J]. Progress in polymer science, 2005, 30(1): 38-70.
- [6] JIANG JIA-QIAN, BARRY L. Progress in the development and use of ferrate (VI) salt as an oxidant and coagulant for water and wastewater treatment[J]. Water research, 2002, 36(6): 1397-1408.
- [7] 朱华清, 成岳, 陈宏, 等. 微生物固定化用多孔陶瓷的制备及其性能研究[J]. 中国陶瓷工业, 2005, 12(4): 26-29.
- [8] 余莹, 黄江南, 林波, 等. 新型水处理填料——纳米改性陶粒的研制 [J]. 给水排水, 2004(30): 95-99.
- [9] 翁端, 冉锐, 吴晓东. 稀土催化材料的应用进展[J]. 稀土信息, 2004 (2): 6-9.
- [10] WU XIAO-DONG, XU LU-HUA, YANG BIN, et al. Surface characterization and catalytic performance of La_{0.7}Sr_{0.3}MnO_{3- λ} coating deposited by plasma spraying [J]. Surface and Coatings Technology, 2004, 184(1): 40-46.
- [11] 宁艳春, 蒲文晶. 纳米二氧化钛的制备及其光催化应用进展[J]. 化工环保, 2004, 24(增刊): 117-119.
- [12] 王君, 张向东, 韩建涛. 纳米二氧化钛与超声协同杀菌效果的研究[J]. 中国消毒学杂志, 2004, 21(2): 126-127.
- [13] Wang T M. Ecomaterials [M]. Tianjing: Tianjing University Press, 2000: 8-10.
- [14] 唐永康, 郭双生, 艾为党. 载人航天器座舱内生物空气过滤器研究进展[J]. 航天医学与医学工程, 2005, 18(3): 230-235.
- [15] 葛学贵, 太玉明, 李大好, 等. 沸石在环境治理工程中的应用[J]. 环境科学与技术, 2001(21): 21-24.
- [16] 卓成林, 伍明华. 纳米材料在环境保护方面的最新应用进展[J]. 化工时刊, 2004, 18(3): 5-9.
- [17] 王银梅, 韩文峰. 化学固沙材料在干旱沙漠地区的应用[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2004, 15(2): 78-82.
- [18] 黄为民, 赵虹, 崔雪梅. 新型化学液膜固沙方法的研究. 甘肃科技, 2005, 12(12): 93-96.
- [19] 杨中喜, 岳云龙, 陶文宏. 高性能固沙材料的开发与研究[J]. 济南大学学报, 2002, 16(1): 71-74.
- [20] 韩致文, 胡英娉, 陈广庭, 等. 化学工程固沙在塔里木沙漠公路沙害防治中的适宜性[J]. Environmental Science, 2000(5): 86-88.
- [21] 鲁小珍, 金永灿, 杨益琴, 等. 木质素固沙材料应用于沙漠化地区植被恢复的研究[J]. 林业科学, 2005, 41(4): 67-72.
- [22] 章易. 木质素固沙: 解决两大环保难题[J]. 湖北造纸, 2004(1): 38-39.
- [23] Braden R, Allenby. 工业生态学[M]. 翁端 译. 北京: 清华大学出版社, 2005: 18-63.
- [24] 覃爱苗, 廖雷. 纳米技术及纳米材料在环境治理中的应用[J]. 中山大学学报(自然科学版), 2004, 43(增刊): 225-228.
- [25] 李德生, 张金萍. 天然沸石的活化与再生技术研究[J]. 中国给水排水, 2005, 21(6): 41-44.
- [26] 胡黎明. 地下水污染修复的活性渗透墙技术 [J]. 水利水电技术, 2003, 34(7): 11-15.
- [27] 李菲菲, 曾维华. 纳米技术在环境污染防治中的应用[J]. 化工环保, 2004, 24(6): 426-429.
- [28] 胡宗智, 游敏, 陈燕. 天然高分子壳聚糖在环保领域中的研究及应用 [J]. 云南化工, 2004, 31(4): 20-24.

(责任编辑 李向荣)