

国家“十五”863计划资助项目

$Ce^{4+}/\text{Tourmalin}$

^{222}Rn

$e^- + O_2 \rightarrow O_2^-$

EMC

$TiO_2 \xrightarrow{h\nu} e^- + h^+$

生态功能基元材料 及其复合建材集成技术

INTEGRATION TECHNOLOGY OF ECO-FUNCTION ELEMENTARY
MATERIALS AND COMPOSITE BUILDING MATERIALS

董发勤 邓跃全 徐光亮 何登良 著



电子科技大学出版社

国家“十五”863计划资助项目

INTEGRATION TECHNOLOGY OF
ECO-FUNCTION ELEMENTARY MATERIALS AND
COMPOSITE BUILDING MATERIALS

生态功能基元材料 及其复合建材集成技术

董发勤 邓跃全 徐光亮 何登良 著

EMC



电子科技大学出版社



图书在版编目(CIP)数据

生态功能基元材料及其复合建材集成技术 / 董发勤等著.

—成都: 电子科技大学出版社, 2008.10

ISBN 978-7-81114-692-9

I. 生… II. 董… III. 生态型—材料—研究 IV. TB39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 132204 号

内 容 提 要

本书从生态环境材料的角度,较全面地总结了近年来作者新开发的生态建材研究与开发的成果。全书分上、下两篇,共8章。上篇主要研究抗菌、自净化、保健及纤维水镁石多功能复合粉体等生态功能基元材料的功能属性及其开发应用;下篇主要针对生态功能基元材料集成应用于生态涂料、环境协调混凝土等复合建材进行研发。本书适用于材料学学生、专家、学者使用,也可作为教学参考书。

生态功能基元材料及其复合建材集成技术

董发勤 邓跃全 徐光亮 何登良 著

出 版: 电子科技大学出版社(成都市一环路东一段159号电子信息产业大厦 邮编: 610051)
责任编辑: 江进优
主 页: www.uestcp.com.cn
电子邮箱: uestcp@uestcp.com.cn
发 行: 新华书店经销
印 刷: 成都蜀通印务有限责任公司
成品尺寸: 210mm×297mm 印张 18 字数 557 千字
版 次: 2008年10月第一版
印 次: 2008年10月第一次印刷
书 号: ISBN 978-7-81114-692-9
定 价: 45.00 元

■ 版权所有 侵权必究 ■

- ◆ 发行部电话: 028-83202463, 邮购部电话: 028-83208003
- ◆ 本书如有缺页、破损、装订错误,请寄回印刷厂调换。
- ◆ 课件下载在我社主页“下载专区”。

在资源、能源短缺、环境问题日益严重的现代社会，人类对于可持续发展的要求越来越迫切，纵观国内外建筑材料工业的发展，发达国家已进入了“环境材料型”发展阶段，并向纵深发展，一方面传统建材工业通过兼并、整合、集中资本、采用高新技术，提升产业结构，向环境材料型产业转型；二是研制开发新型环境材料，满足新世纪社会发展对建材产品新的功能要求。而我国则仍处于粗放型、质量效益型并存阶段。传统建材产品（如水泥、玻璃、陶瓷、混凝土等），具有同地球环境和大气圈亲和共处的特性，其本身应是一种生态产品。但是我国的传统建材工业由于工艺、技术、设备和管理落后，对天然资源、能源消耗大，利用效率低，释放粉尘及有害气体较大，对环境污染严重，与环境材料的要求相差甚远。因此急需采用高新技术进行改造，使之提升为“环境材料型”产业，尤其是与仿生结构功能和环境协调功能相联系的生态功能建材，已成为21世纪建材发展的重要方向。

而生态功能建材的研究涉及许多基础学科，如晶体学、生态学、材料物理学、生物拟态学、环境学等，其具备的生态功能是基于成分、结构或复合构造与复合界面的不同特性，从组成材料的矿物个体，乃至深入到分子、原子的层次，也就是从材料的光、热、电、磁、波等以及结构、界面、复合等方面进行开发研究，并把这些功能进行集成，因此生态功能建材的开发应抓住具有生态功能的“基因”，也就是所谓的生态功能基元材料，其主要是指符合生态学与环境学原理的环境协调功能性微集料，从作用属性上看与功能材料相同，类似于材料的“基因”或“材料芯片”，是具有一种或多种功能的普通材料的基础功能组分，且具有生态性，属于功能材料的一部分，是构成大量功能材料的基元。

目前生态功能基元材料主要侧重于结构仿生功能基元开发、环境协调功能基元开发、不同基元功能的集成规律与技术开发等，从而获得性能良好的生态功能建材。由西南科技大学董发勤教授领衔的“生态功能基元材料与复合建材集成技术开发”课题组正是基于这样的研究思路，在国家“十五”863高新技术发展计划的资助下，将生态学与环境学理念、理论和功能材料的先进技术引入到传统建筑材料的研究工作中，抓住产生功能的“基因”——微集料进行研究，在研究理论上主要利用功能基元材料对温度、压力、湿度、电磁波及其它环境变化因子感应的机理等，从纳米功能材料学、生态学等基础理论出发研究它们的基本原理与功能集成后结构复合、功能复合与复合界面的不同特性等；同时从原料的选取上依据来自天然、兼容天然、用于自然、回归自然的准则，从天然的原料中选取集料和微集料，利用原料的天然属性以仿生的方式加工功能基元，使其成分、功能与人居环境协调兼容，充分利用天然材料的稳定、绿色、可再生的特点开发室内污染控制型功能建材。

《生态功能基元材料及其复合建材集成技术》正是这一系列工作的总结，是著者近几年来在生态环境材料领域取得的具有应用基础的探索性研究成果，主要包括光催化净化功能基元材料、空气负离子保健功能基元材料、吸波功能基元材料、抗菌功能基元材料、中药驱虫基元材料、防氡防辐射功能基元材料、保温功能基元材料、导电功能基元材料、阻燃功能基元材料、远红外保健功能基元材料、电磁屏蔽功能基元材料以及其在室内建筑材料中的应用等，凝结了研究人员多年的心血和艰辛努力。该书的问世必将推动我国生态学、环境学、功能材料学等与建筑材料的进一步融合，在我国生态环境材料的研究领域具有较高的参考价值。

序二

Firstly I congratulate my partner wrote another new research monograph, 《Integration Technique of Eco-Function Elementary Materials and Composite Building Materials》, to be printed. I am very delighted to recommend the richly originality new achievement about the ecological environment mineral material to my colleague. The shortage of resources and the deterioration of environment are regarded as serious problems that exist in the sustainable development of society. A mass of resource and energy are consumed while waste residue, waste liquid and waste gas also are discharged in the process of extraction, preparation, production manufacture, the use and discarding because people pursue the performance and the quality of material excessively. The eco-material emerges as the times require under this kind of historical background. The eco-material not only include the exploitation of high-tech material which have the self-purification, self repair, self breath, self regulation, auto-adapted and so on functions, It is also about the reform of the widely used materials and its transformation to make it adapt to the environment. It is a more all-round understanding in this time. The trait of this book is that make the most of exploitation, utilization technique, and the way of bionic designing and producing of natural material, make the most of the process and industrialization technique of natural material, and make the most of the combination of ecology with environment of material et al.

Now, the poison and the harmfulness for the person of the building materials used indoor, including some decorate and fitment materials, take place the whole procedure of production, applying and post-processing. The main content of research of this book is basic on reducing the indoor environment pollution by building materials.

Writer has exploited a series of new production of eco-material, and proposed the Eco-Function Elementary Materials (EFEM). Just like my partner stated that EFEM is basic function component as gene or chip of ordinary material of one kind or many kinds of functions, have Eco-material property.

EFEM including photo-catalysis purification function elementary materials, air-negative-ion healthcare function elementary materials, electromagnetic wave absorbing function elementary materials, antibiotic function elementary materials, Chinese traditional medicine helminthic function elementary materials, radon and radioactivity proofing function elementary materials, conducting function elementary Materials, flame retardant function elementary materials, far-infrared health function elementary materials, electromagnetic shielding function elementary materials, energy storing and saving function elementary materials, and including the integrated technology and application in the building materials.

This book has lots of graphs and fine colored pictures, given reader a direct-viewing effect, and is showed the data by modern test method.

Very truly yours,



John Huang, Ph.D/Prof.

Retired Director of the Central Analytical Facility, Laurentian University, Canada

前 言

资源短缺和环境恶化被称为当今社会持续发展所面临的重大问题。人类在创造文明的同时也在不断地破坏人类赖以生存的环境空间。而材料则是人类赖以生存和生产的最重要物质基础之一。随着人类文明的进步和科学技术的发展,各种新材料不断出现并被应用。由于人们过度追求材料性能和质量,致使在材料的提取、制备、生产制造、使用以至废弃的过程中,耗费了大量的资源和能源,并排放出大量的废渣、废液和废气。各种统计数字已经表明,材料及其制品的制造、使用及废弃过程是造成能源短缺、资源过度消耗和枯竭以及环境污染的主要原因之一。这就要求材料工作者认真处理资源、能源和环境之间的关系问题。在这种历史背景之下,生态环境材料的概念应运而生。

生态环境材料的研究不仅包括直接具有自净化、自修复、自呼吸、自调节、自适应等功能的高新技术材料的开发,也包括对现在使用量大、使用面广的传统材料及其产品的改造,使其与环境友好。如果我们将现存的任何一种材料引入环境友好理念加以改造,使它与环境有良好的协调性,该材料就应属于“生态环境材料”,这也是目前一种较为全面的认识。全面的“生态环境材料”认识观积极引导和大大地调动了现代材料工作者的积极性,加快了材料的环境友好属性的发掘和应用进程。另外,从循环经济的发展观来看,生态环境材料是可持续发展的,每一种材料都有自己的生命周期和可循环使用的极限与技术条件。材料循环使用的整个过程,是人的认识过程和工业技术不断进步的过程。

目前,关于生态环境材料的研究主要集中在基础研究和应用研究两个方面。在基础研究中主要开展以下几个方面的研究:①环境友好材料的设计理论;②材料在加工、使用和废弃过程中的环境负担性评价理论;③材料的生态环境性能数据库;④材料科学与技术的可持续发展理论;⑤材料的资源保护和再资源化理论;⑥再生-循环利用技术和清洁生产理论等方面的研究。而应用研究则主要集中在生态建材、材料的环境相容性、环境净化降解材料、生态修复材料和环境工程材料等方面。生态环境材料应首先保证该材料具有满意的使用性能,新的研究任务就是尽量降低其在加工和使用过程中对环境的负荷,或节约资源,降低能耗,即主要是在材料的加工工艺方面进行优化,这样的研究要多一些,如采用清洁生产工艺即是例子之一。其他方面的研究工作也应大力加强,如尽量使用天然材料的开发与利用技术、仿生设计和制造方法、天然材料的生成工艺技术及其工业化、材料的生态和环境组合等。

生态环境材料的发展有如下三个方向:(1)使用新技术扩大人类的活动领域,提高人的环境舒适度,主要指采用传统方式发展材料,例如提高材料的化学、物理和功能属性,使材料的使用价值提高。(2)人类与生态圈和谐共存,把对自然环境的破坏减小到最小程度。从可持续的发展观点看,减少材料的资源和能源消耗、减少有毒有害气体的释放和生产材料过程中的废物,可以缓解对资源和环境生态系统的影响。(3)对人的生命健康有益,开发和完善新技术和新设备,用生态环境材料营造一个健康的人类与自然和谐生存体系,让材料不仅仅对自然界有益,更应对人体有益。

根据材料性质及其在改善环境中的作用,目前主要关注如下几类新材料:(1)环保功能材料。使材料性质对生物最佳化,以便解决环境问题,如消除有害物质的材料。(2)维持低发射系数材料。需要材料性质有益于环境系统,如节能材料和新能源材料。(3)环境友好系统的替代材料,替代环境负荷过重的材料。(4)人体安全和保健材料。与此同时环境友好建筑材料的集成必然导致建筑材料组装技术的开发,可以预见未来组装技术也是生态环境材料的重要发展方向。

《中国 21 世纪》议程的核心是可持续发展战略,它已成为我国的重要国策。经济的发展必须与

人口、环境、资源统筹考虑，不仅要安排好当前的发展，还要为子孙后代着想，为未来的发展创造更好的条件。因此，走循环经济之路已成为我国新型经济发展模式。传统建材所造成的严重的资源与环境问题必须加以解决，运用生态环境材料替代和开发新型绿色建材和生态建材，发展节能和节约资源型的高性能生态建筑材料具有非常重要的现实意义和巨大的潜在市场。

当前用于室内的各种建筑材料，包括某些装饰、装修材料，都存在施工和使用过程中挥发和散发有害的气体和物质的现象，这些气体和物质污染室内空气，并引起多种疾病，影响着人们的身体健康；装饰材料的毒性和对人体健康的危害体现在它的制造、使用和后期处理的全过程，由于大多数人有 90% 的时间都是在室内度过，所以减少室内建筑材料对居住环境污染尤为重要。

针对解决传统建筑材料在功能方面存在的不足，国内外正在开发研制符合生态和环境要求的生态建材。国外发展生态建材多从加强微集料功能原理的研究、制备与复合工艺技术的开发着手。世界上许多发达国家都投入很大力量研究开发绿色建筑材料。除利用仿生学原理制造各种各样的结构材料外，业已开发出可以抗菌、除臭的光催化杀菌、防霉的墙体涂料、墙纸等，可控离子释放型抗菌玻璃，电致臭氧除臭、杀菌陶瓷等新型陶瓷装饰材料和卫生洁具。这些材料用于居室，尤其是厨房、厕所等细菌易于繁殖滋生的地方，是改善居室生活环境的理想材料，也是公共场所理想的装饰、装修材料。我国人口多、居住密集，这更需要经常保护和改善室内小环境。为了创造人类健康和长寿的小环境，开发抗菌材料、吸臭材料、调温、调湿材料、电磁屏蔽、节能建材和有利于健康的其他功能室内材料是非常必要的。

本课题组在国家科技部“863”计划项目（生态功能基元材料与复合建材集成技术开发）的资助下，开发了一系列生态环境材料配套新产品。首次提出了生态功能基元材料概念并由此研究入手，进行了光催化净化功能基元材料、空气负离子保健功能基元材料、吸波功能基元材料、抗菌功能基元材料、中药驱虫基元材料、防氡辐射功能基元材料、防辐射功能基元材料、保温功能基元材料、导电功能基元材料、阻燃功能基元材料、远红外保健功能基元材料、电磁屏蔽功能基元材料、节能储能基元材料的研究及其在建筑材料制品中的集成技术与应用。

全书共分 8 章。董发勤负责全书的统稿，撰写上、下篇引言。冯启明、王维清、代群威撰写第 1 章，董发勤、袁昌来撰写第 2、3 章，张宝述、董发勤、王伟、甘四洋撰写第 4 章，徐光亮、邓跃全、司琼、朱桂平撰写第 5 章，董发勤、邓跃全、何登良撰写第 6 章，董发勤、杨玉山、司琼、沈刚、甘四洋撰写第 7 章，王伟、孙志刚、袁昌来撰写第 8 章。甘四洋、何登良、杨玉山对全书的统编、统排做了大量的加工工作，甘四洋、赵磊、陈晓燕负责本书图、表的加工整理。

限于作者的水平以及经验不足，缺点错误在所难免，恳切希望读者批评指正。

FORWORD

The shortage of resources and the deterioration of environment are regarded as serious problems that exist during the sustainable development of nowadays society. Destroying the environment continuously on which persons or things depend on living space, while human beings are creating the civilization. And the material is one of the most important bases on which we depend in living and production. With the development of human civilization and science technology, various kinds of new materials are invented and put into use. People pursue the function and quality of materials excessively, which consumes a large number of resources and energy, discharges a great many of wastage, effluent and exhaust gases in the process of extraction, preparation, production using and disuse. According to the statistics, the process of material production, using and discarding is one of the main reasons that causes the shortage of energy, the over use and the exhaust of resources and the pollution. So the material researchers must to treat seriously the relation among resources, energy and environment. In such situation, the ecological environmental materials come into being.

The ecological materials contain the development of the new technological materials with the function of self-purification, self-repairment, self-respiratory, self-regulation, and self-adaptation and so on. It is also about the reform of the widely used materials and its transformation to make it adapt to the environment. If we make it assort with the environment by leading any using materials into the environmentally friendly idea to transform, we can say, this kind of material belongs to the ecological environmental ones. It is a more all-round understanding in this time. The all-round understanding of the ecological environmental material and the active guidance heavily brought the modern material researchers enthusiasm into play. And it accelerates the process of exploitation and utilization about the environment friendly nature of materials. In addition, from the developing point of recycling economy, the ecological environmental materials are sustainable. Every kind of them owns its periodic, the limits condition of using and technology. The process of the circulation is the process in which people improve their knowledge and the industrial technology develop continuously.

These days, the research on the ecological environmental materials is concentrated on the base and the utilization. On the one hand, we probe into the design theory of environmentally friendly materials, the evaluation theory about the burthen of the environment during the material processing, using and discharging, the environmental performance database of the material, the sustainable development theory of the material science and technology, the theory of environmental production and reuse, the research about the technology of reuse- recycling utilize, the theory of clean production and so on. On the other hand, we pay much attention to the eco-building materials, environmental compatibility, environment purifying degradable materials, ecological restoration materials and environmental engineering materials in the utilization study. The ecological environmental materials should ensure the utilization function. The new research task is to reduce the burden produced during the processing and utilizing as much as possible. The other one is to save the resources and low the energy consumption. In other words, the researches on the optimization of processing technology are far more, such as the utilization of clean producing technology. The researches on the other aspects should be improved too just like using the exploration of natural material and technology, the way of bionic designing and producing, process technical of natural material

and its industrialization, the combination of ecology and environment in materials, and so on.

The development of the ecological environmental materials contains 3 directions:

(1) Enlarging human beings' areas of activity and improving the environmental comfort by using new technology means that we can use the traditional methods to develop the materials, such as to improve the chemical, physical and functional attributes for raise the use value.

(2) Human beings and the ecosystem stay harmoniously to reduce the damage on the environment as much as possible. From the sustainable development, reducing the resource and energy consumption of materials, poisonous gases releasing and the waste produced during the process can ease the influence on resource and ecosystem.

(3) It is good for human health to build and consummate new technology and equipment, these ecological materials can create a harmonious health existence system between human beings and the nature.

In accordance with the properties and the function is changing environment, there are 3 kind of new materials should be noticed:

(1) Environmental protection functional materials that their properties can make the biological case optimize to solve the environmental problems.

(2) Low emission coefficient materials that properties of the materials should be beneficial to the environmental system, like energy-saving materials and new energy materials.

(3) Environmentally friendly materials substitute for environmental load overage. The integration of the environmentally friendly building materials must lead to the development of building material assembly technology. It can be that the future assembly technology is the important developing direct in ecological materials.

(4) Human security and health materials.

The sustainable development which has been the important national policy is the core of the "China 21th century" agenda. The economic development must be considered with the population, environment and resources together. We must do a good arrangement for currently development and we should think over for our descendants as well and create far better conditions for the future. Therefore, the recycling economy has been the new developing economic model for our country. The serious problems between resources and environment caused by traditional building material must be solved. It has very important actual meaning and huge potential market for using ecological materials to replace the traditional ones, exploiting new green building materials and ecological ones, developing high performance building materials of energy and resources saving.

Now, all kinds of building materials used indoor including some decorating materials have this phenomenon that many poisonous gases and substances disperse from them during the construction and applying. These gases and substances pollute the air indoor, and influence people's health. The poison of the decorating materials and their harm incarnate to the whole procedure of production, applying and post-processing. The mass of people spend their 90% of time indoor, so it is very important for us to reduce the pollution in room by these building materials.

In connection with the solution to the short-coming of the traditional building materials, the researches in our country are studying the ecological materials which accord with the demands of the ecology and environment. Most of the researches abroad exploit the ecological materials from the study of micro-aggregates functional principles, preparation and technology about studying the exploitation of green building materials. Except producing various kinds of structural materials by using bionics theory, many

photo-catalytic bactericidal wall coatings and wall papers which can be antibacterial, deodorant have been invented. The controlled on release antibacterial glass, electro-luminescent ozone deodorant and bactericidal ceramics, such as new ceramics decorating materials and sanitary ware have come into being, too. These materials can be used in living room, especially in kitchens, toilets and other places where the bacterial reproduces and multiplies easily. They are the ideal materials to improve the environment of the living room and they are fit to decorate the publics as living. In order to create a small environment for human health and long living, it is necessary to protect and improve the environment indoor usually and exploit antibacterial materials, absorb odour materials, Humidity-controlling & adjustable temperature materials, electromagnetic shielding, building materials saving and some other materials indoor which contain other function and benefit to human health.

Our research group was supported by the National 863 Project (The exploit of ecological functional element materials and composite building materials) of China Ministry of Science and Technology. We have exploited a series of new production of ecological environmental materials including photo-catalysis purification function elementary materials, air-negative-ion healthcare function elementary materials, electromagnetic wave absorbing function elementary materials, antibiotic function elementary materials, Chinese traditional medicine helminthic function elementary materials, radon and radioactivity proofing function elementary materials, conducting function elementary Materials, flame retardant function elementary materials, far-infrared health function elementary materials, electromagnetic shielding function elementary materials, energy storing and saving function elementary materials, and including the integrated technology and application in the building materials. We also proposed the concept of Eco-Function Elementary Materials (EFEM) which is basic function component as gene or chip of ordinary material of one kind or many kinds of functions, have Eco-material property.

EFEM It starts with the research on the ecological functional element materials mentioned the first time.

Professor Dong Faqin, the director of writers, is responsibility for the unifying of this book. The book contains eight chapters. Chapter one is written by Feng Qiming, Wang Weiqing and Dai Qunwei. Chapter two and three are composed by Dong Faqin, and Yuan Changlai. Chapter four is by Zhang Baoshu, Dong Faqin, Wangwei and Gan Siyang. Chapter five is by Xu Guangliang, Deng Yuequan, Si Qiong and Zhu Guiping. Chapter six is by Dong Faqin, Deng Yuequan, He Dengliang. Chapter seven is by Dong Faqin, Yang Yushan, Si Qiong, Shen Gang and Gan Siyang, and chapter eight is by Wangwei and Sun Zhigang. Except them, Gan Siyang, He Dengliang and Yang Yushang have done a lot job for editing the first script. Gan Siyang, Zhao Lei and Chen Xiaoyan are responsible for the diagram modification.

Because of the limitation of the authors' knowledge and experience, there may have been some mistakes. Wish the readers could point them out.

Thank you!

目 录

上篇 生态功能基元材料的研究与开发

第 1 章 抗菌基元材料制备及应用研究.....	5
1.1 概述.....	5
1.2 抗菌载体的特性及加工.....	6
1.2.1 5A 沸石.....	6
1.2.2 斜发沸石.....	7
1.2.3 蒙脱石.....	7
1.2.4 载体加工及改型.....	8
1.2.5 载体阳离子交换容量.....	8
1.3 离子交换平衡及其热力学计算.....	9
1.3.1 离子交换.....	9
1.3.2 离子交换平衡及热力学函数变化计算.....	9
1.4 载体型抗菌剂的制备.....	14
1.4.1 单一离子抗菌剂制备.....	14
1.4.2 复合离子抗菌剂制备.....	18
1.5 载体型抗菌剂的性能表征.....	21
1.5.1 抗菌性能测试.....	21
1.5.2 抗菌剂的 XRD 分析.....	24
1.5.3 抗菌剂的 SEM 分析.....	29
1.5.4 抗菌离子缓释特征研究.....	30
1.6 载体型抗菌剂的应用研究.....	33
1.6.1 载体型抗菌剂的扩大试验.....	33
1.6.2 抗菌塑料制备及其性能检测.....	33
第 2 章 自净化基元材料研究.....	37
2.1 自净化材料的光催化理论基础.....	37
2.1.1 纳米 TiO_2 光催化净化机理.....	37
2.1.2 稀土元素性质及其光催化原理.....	38
2.2 稀土掺杂纳米 TiO_2 光催化性能及净化效果.....	39
2.2.1 稀土掺杂纳米 TiO_2 制备.....	39
2.2.2 稀土掺杂纳米 TiO_2 表征.....	39
2.2.3 稀土掺杂纳米 TiO_2 光催化性能分析.....	43
2.2.4 稀土掺杂纳米 TiO_2 光催化净化甲醛效果.....	44
2.3 稀土、银复合掺杂纳米 TiO_2 光催化性能及净化效果研究.....	45
2.3.1 稀土、银复合掺杂纳米 TiO_2 制备.....	45
2.3.2 稀土、银复合掺杂纳米 TiO_2 性能表征.....	46
2.3.3 稀土、银复合掺杂纳米 TiO_2 光催化性能分析.....	56

2.3.4	稀土、银复合掺杂纳米 TiO_2 光催化净化甲醛效果	60
2.4	稀土复合掺杂纳米 TiO_2 光催化性能及净化效果研究	61
2.4.1	稀土复合掺杂纳米 TiO_2 制备	61
2.4.2	稀土复合掺杂纳米 TiO_2 性能表征	61
2.4.3	稀土复合掺杂纳米 TiO_2 光催化性能	67
2.4.4	稀土复合掺杂纳米 TiO_2 光催化净化甲醛效果	70
2.5	电气石复合 Nd/TiO_2 材料光催化性能及净化效果研究	70
2.5.1	电气石晶体特征及其自发电极	70
2.5.2	电气石复合 Nd/TiO_2 材料制备	71
2.5.3	电气石复合 Nd/TiO_2 材料性能分析	72
第3章	保健基元材料研究	79
3.1	低放射性 CeO_2 激发型空气负离子材料研究	79
3.1.1	空气负离子来源及其保健作用	79
3.1.2	空气负离子材料制备及其性能表征方法	80
3.1.3	空气负离子材料性能分析	81
3.2	中药抗菌—驱虫基元材料研究	91
3.2.1	功能基元材料粉碎处理及性能表征方法	91
3.2.2	功能基元材料驱蚊性能	93
3.2.3	功能基元材料抗菌实验结果分析	98
3.3	自净化保健功能矿物复合材料研究	99
3.3.1	自净化保健功能矿物复合材料制备	99
3.3.2	自净化保健功能矿物复合材料性能分析	99
第4章	纤维水镁石多功能复合粉体材料研发	103
4.1	纤维水镁石原料特征	103
4.1.1	水镁石矿石类型	103
4.1.2	水镁石化学成分	104
4.1.3	纤维水镁石共生、伴生矿物	104
4.1.4	纤维水镁石物理化学性能	105
4.2	纤维水镁石补强阻燃生料生产工艺研究	107
4.2.1	阻燃剂生产技术对比分析	107
4.2.2	纤维水镁石补强阻燃生料加工试验	108
4.3	纤维水镁石补强阻燃生料表面改性研究	111
4.3.1	镁质阻燃剂表面改性研究现状	111
4.3.2	纤维水镁石补强阻燃生料表面改性实验	112
4.3.3	纤维水镁石补强阻燃生料表面改性工艺设计	121
4.3.4	纤维水镁石超细粉碎—表面改性一体化技术	122
4.4	纤维水镁石阻燃性能试验研究	123
4.4.1	矿物填料的添加特征分析	123
4.4.2	纤维水镁石/聚丙烯阻燃效果实验研究	125
4.4.3	纤维水镁石的阻燃机理	131
4.5	纤维水镁石多功能复合粉体材料设计与产品试制	132
4.5.1	生产工艺流程	132
4.5.2	生产工艺要点	132

4.5.3 生产设备要求与原辅材料.....	133
4.5.4 试制产品主要技术参数.....	134
4.5.5 技术特点与难点.....	135

下篇 生态功能建材的研究与开发

第5章 生态功能涂料研究与开发.....	141
5.1 抗菌功能涂料研制与开发.....	141
5.1.1 原料及试剂.....	141
5.1.2 抗菌基元材料对涂料性能的影响.....	144
5.2 防氡功能涂料研制与开发.....	152
5.2.1 防氡涂料制备.....	152
5.2.2 防氡基元材料对涂料基本性能的影响.....	155
5.3 抗菌防氡复合功能涂料研制与开发.....	160
5.3.1 复合涂料的基本性能.....	161
5.3.2 复合涂料的防氡性能.....	161
5.3.3 锌型抗菌剂的掺量对复合涂料抗菌性能的影响.....	161
5.3.4 复合涂料的耐霉菌性能.....	162
5.4 电磁屏蔽涂料试验研究.....	162
5.4.1 测试方法与设备.....	162
5.4.2 单一基元材料电磁屏蔽涂料试验.....	163
5.4.3 电磁屏蔽涂料正交试验.....	167
5.5 多功能复合生态涂料及其制品开发.....	169
5.5.1 生态功能复合涂料的性能.....	170
5.5.2 生态复合功能天花板材涂层性能.....	171
5.6 生态功能涂料一体化制备工艺开发.....	171
5.6.1 锌型抗菌材料-抗菌涂料一体化制备工艺设计与试验.....	171
5.6.2 膨润土载负锌型抗菌材料-抗菌涂料一体化工艺制备试验.....	174
第6章 防氡辐射功能建材开发.....	178
6.1 基元材料对建材防氡辐射性能的影响.....	179
6.1.1 基元材料的选择.....	179
6.1.2 基元材料对水泥砂浆防氡辐射性能的影响.....	180
6.1.3 基元材料对腻子防氡辐射性能的影响.....	182
6.1.4 基元材料的超细加工.....	183
6.1.5 超细基元材料粒度对防氡辐射性能的影响.....	185
6.2 沸石活化对防氡辐射性能的影响.....	188
6.2.1 活化沸石制备.....	188
6.2.2 防氡辐射性能测试.....	188
6.3 基元材料复合对建材防氡辐射性能的影响.....	189
6.3.1 基元材料复合对水泥砂浆防氡辐射性能的影响.....	189
6.3.2 基元材料复合对建筑腻子防氡辐射性能的影响.....	191
6.3.3 防氡辐射水泥砂浆抗压强度测试.....	193
6.4 防氡辐射水泥砂浆 XRD 物相分析.....	194

6.5	防氡辐射水泥砂浆比表面积和孔隙率变化	195
6.6	防氡辐射建材制备	196
6.6.1	防氡辐射水泥砂浆制备	197
6.6.2	防氡辐射腻子制备	198
6.7	防氡辐射功能建材基本物性测试	199
6.7.1	防氡辐射腻子基本性能	199
6.7.2	防氡辐射水泥砂浆的基本性能	200
6.7.3	超细加工对产品的补强作用	200
6.8	防氡辐射水泥砂浆/腻子/多功能涂料复合体	201
6.8.1	防氡辐射水泥砂浆/腻子/涂料复合体	201
6.8.2	复合体的结构模型	202
6.8.3	防氡辐射水泥砂浆/腻子/多功能涂料复合体	203
6.9	防氡辐射机理探讨	204
6.9.1	水泥砂浆放射性“自吸收”机理探讨	205
6.9.2	防氡辐射腻子的防氡辐射机理探讨	208
第7章	环境协调多功能混凝土研究	210
7.1	电磁屏蔽混凝土研究	210
7.1.1	概述	210
7.1.2	电磁屏蔽功能基元材料	211
7.1.3	电磁屏蔽混凝土的制备及检测	214
7.1.4	可循环利用	216
7.2	导电致热混凝土研究与开发	217
7.2.1	概述	217
7.2.2	功能基元材料的性能	218
7.2.3	导电致热混凝土的研制与性能测试	223
7.2.4	导电致热混凝土导电机理	225
7.2.5	多相复合电热混凝土优化设计与电热性能研究	227
7.3	相变储能混凝土研究	231
7.3.1	相变储能材料分类	232
7.3.2	相变材料储能机理	233
7.3.3	相变储能材料选取	233
7.3.4	相变储能材料应用	234
7.3.5	储能建筑材料研究现状	235
7.3.6	相变储能混凝土的制备与性能测试	237
第8章	纳米生态建材与生态混凝土集成与组装技术	244
8.1	纳米生态建材	244
8.1.1	纳米涂料	244
8.1.2	纳米陶瓷	247
8.1.3	纳米玻璃	247
8.1.4	纳米混凝土	248
8.1.5	纳米复合建材	249
8.1.6	纳米凝胶材料	250
8.1.7	纳米保温材料	251

8.1.8 纳米抗菌材料.....	251
8.2 生态混凝土集成与组装技术.....	253
8.2.1 生态混凝土掺和料及辅料技术.....	253
8.2.2 生态功能基元材料与生态混凝土集成与组装.....	256
8.3 高性能生态墙体材料.....	258
8.3.1 高性能绿色墙材符合生态建材的总体要求.....	258
8.3.2 开发高性能绿色墙材是提高居住质量和节约资源的需要.....	259
8.3.3 国外新型建材发展新趋势.....	260
8.3.4 生态墙材研究开发的主要方向.....	261
参考文献.....	264
后 记.....	268
彩 页.....	269

上篇 生态功能基元材料的研究与开发

功能微集料、生态功能基元材料及其功能属性,如环境调节功能材料或“呼吸”功能材料、自净化功能材料、保健功能材料和安全功能材料是生态功能建材的开发重点,其开发途径是不同类型的微集料及其功能属性、微集料的多功能化和复合化、微集料的复合特征与集成。我们首次提出以功能微集料和生态功能基元材料的“基因”技术、“材料芯片”技术概念,审视和提出生态建材的研发思路。

建筑材料的功能化研究受到越来越广泛的重视,特别是与仿生结构功能和环境协调功能相联系的功能建材(即生态建材),正朝着多功能化、复合化、轻质化等,及加工设计的标准化、集成化和无害化与功能生态化、环境友好协调的方向发展。

生态功能基元材料

自1984年日本山本良一提出生态材料(Eco-Material)概念以来,全球已召开了8次生态材料的大型国际会议,在建材领域也相继延伸出生态建材、环境友好功能型建材、环境协调建筑材料以及绿色建材等理念,在这种指导思想下已生产出一些新型建材,如污泥水泥、焚烧垃圾水泥,木材陶瓷,废旧有机物增强混凝土等。

功能微集料是指材料中能够显示特定功能,并在复合、叠加后产生功能协同效应的独立组元。通常以粉体材料为主。

生态功能基元材料是指符合生态学与环境学原理的环境协调功能性微集料。这类材料把生态学与环境学理念、理论和功能材料的先进制造技术引入到具体的材料品种中,达到:(1)最大限度地利用各类资源,尽量减少原材料的利用量和使用种类,特别是稀有昂贵材料,不用有毒、有害的原材料;(2)最大限度地节约能源,在产品整个生命周期的各个环节能耗应最低;(3)产品使用方便,具有高性能、多功能;(4)拥有优良的环境协调性,即产品从生产、使用、废弃、再生利用的各个环节都对环境无害或危害极小;(5)符合生态平衡和可持续发展的要求。

生态功能建材是指利用天然原材料的独特属性,在制造和使用过程中再现和叠加生态学原理(如自净化作用、调节自组织作用等)、环境学规律的现代先进绿色建材。

目前,世界上许多发达国家都投入很大力量研究开发绿色生态材料。日本在1996年就申请专利开发天然矿物作为保护建筑物的杀虫剂、能排斥昆虫的树脂网状建材、含杀虫剂的聚氨基酯泡沫建材以及含驱虫剂的建筑材料(聚氨基酯为主)。1998年专利开发光催化含水涂料、具有优良的隐身和自净化建材,由废纸纤维生产的具有隔热、吸声、除味和杀虫功能的纤维,去除不良异味和自净化功能的涂料复合物,发明抗虫性和脱模性好的纤维素木板生产方法。1990年专利开发防火涂料。2000年专利开发可使有害昆虫逃避的长纤维模板,同时具备好的抗拉强度,且长时间暴露在室外(有机纤维)而不老化;与此同时也开发二氧化钛光催化剂在建材上的应用。2001年专利开发木炭用做建材表面修复,用做保护建材的含杀虫剂密封材料。英国2000年专利开发屋顶下可呼吸建材,光催化技术应用于自净化功能的铝质建材。德国1999年专利开发抗压、呼吸、轻质建材,2001年专利开发自净化陶瓷表面添加瓷层的方法。近年国外开发的主要功能型建材品种有陶瓷、涂料、金属建材等,呼吸建材以有机复合居多。

生态功能建筑材料制品

生态功能基元材料是制造生态建材的重要原料。德国从 1977 年起实施“蓝天使”计划,至今已有 3500 种建材产品具有上述标记;加拿大已实施“Ecology”计划多年;美国正在实施更严格的“健康建材”计划,丹麦在 1992 年实施“室内气候标志系统”。各种生态建材已集中于高新功能的开发利用和功能的复合化上。法国、瑞典和芬兰已将密度小于 300kg/m^3 的产品投入市场,产品具有较低吸水率和较好的保温性能。复合轻质板如 GRC 板、石棉水泥板、硅酸钙板、与各种保温材料复合而成或单一板材组成的复合新板都列入轻质复合墙板的范畴,还有钢丝网聚苯乙烯夹心板(泰柏板、3-D 板等)。新的产品还在不断增加,如德国 Handle 公司新开发出的生态墙板(Eco-Panel)。由上可以看出国外新型建材特别是墙体材料的发展,基本淘汰高消耗的实心黏土制品,而广泛采用低消耗高性能的新型材料,尤以环境协调好,功能强的复合板和空心砌块为主要产品,同时不断涌现性能更优良的先进板材。我国已开发出了有机硅防水呼吸涂料,无色外墙防水剂;垃圾处理成建材原料的方法;保健、抗菌、除臭薄膜及其陶瓷、玻璃制品;保健、抗菌多功能陶瓷釉及其陶瓷;远红外紫砂陶瓷粉原料的制备工艺及制品等。在国外已作为重要墙体材料的石膏板、硅钙板,国内目前仅能作为装饰装修材料使用。

我国新型墙材发展最弱的是复合墙板,目前生产的保温材料如岩棉、玻璃棉等 80% 以上用于工业生产,与国外 80% 以上用于民用建筑材料的结果正好相反。阳光板生产技术、硬质或发泡 PVC 板材技术和装备主要从国外引进。

用有机材料胶结或水泥、石膏胶结的植物秸秆板(如稻草板)是实现可持续发展的“绿色建材”。国内多年来做了大量的研究开发,建成了一些生产线,因产品性能尚不能达到现用板的指标,一直没能大规模发展。

由上可见,国内外研发报道的多是单功能的建材,以杀菌和远红外保健为主,品种以陶瓷和涂料为主,开发成功了远红外保健和抗菌功能陶瓷。具有复合性质的建材专利生产技术很少,而且均没有谈到生产成本问题。对生态建材,国内许多厂家和消费者还处于建立概念和提高意识阶段。

开发功能基元材料的途径

针对生态建材的功能,抓住产生功能的“基因”微集料进行开发研究,主要从仿生材料在结构上高强度的力学原理、声学原理、热传导理论、化学成分最简单与能量消耗最低原理,以及功能性微集料对温度、压力、湿度、电磁波及其他环境变化因子感应的机理与过程等出发,研究基元材料与功能集成后结构复合、功能复合与复合界面的不同特性等。

从原料的选取上依据来自天然、兼容天然、用于自然、回归自然的准则,从天然的原料中选取集料和微集料,利用原料的天然属性以仿生的方式加工微集料基元,使其成分、功能与人居环境协调兼容,使用完毕后可重复利用或重回大自然。充分利用天然材料的稳定、绿色、可再生的特点开发功能型建材。

1. 方法

(1) 调整微气候环境功能材料开发思路:以带有天然或人工微孔的微集料,如沸石材料、海泡石材料、坡缕石材料、硅藻土材料、膨胀蛭石材料等,开发具有“呼吸”功能、贮热功能、水-水蒸气转换功能、调整小空间的气温、湿度变化和热辐射等功能材料。利用多孔微集料对分子大小不同的气体如 O_2 、 CO_2 、水蒸气等具有选择性吸附、