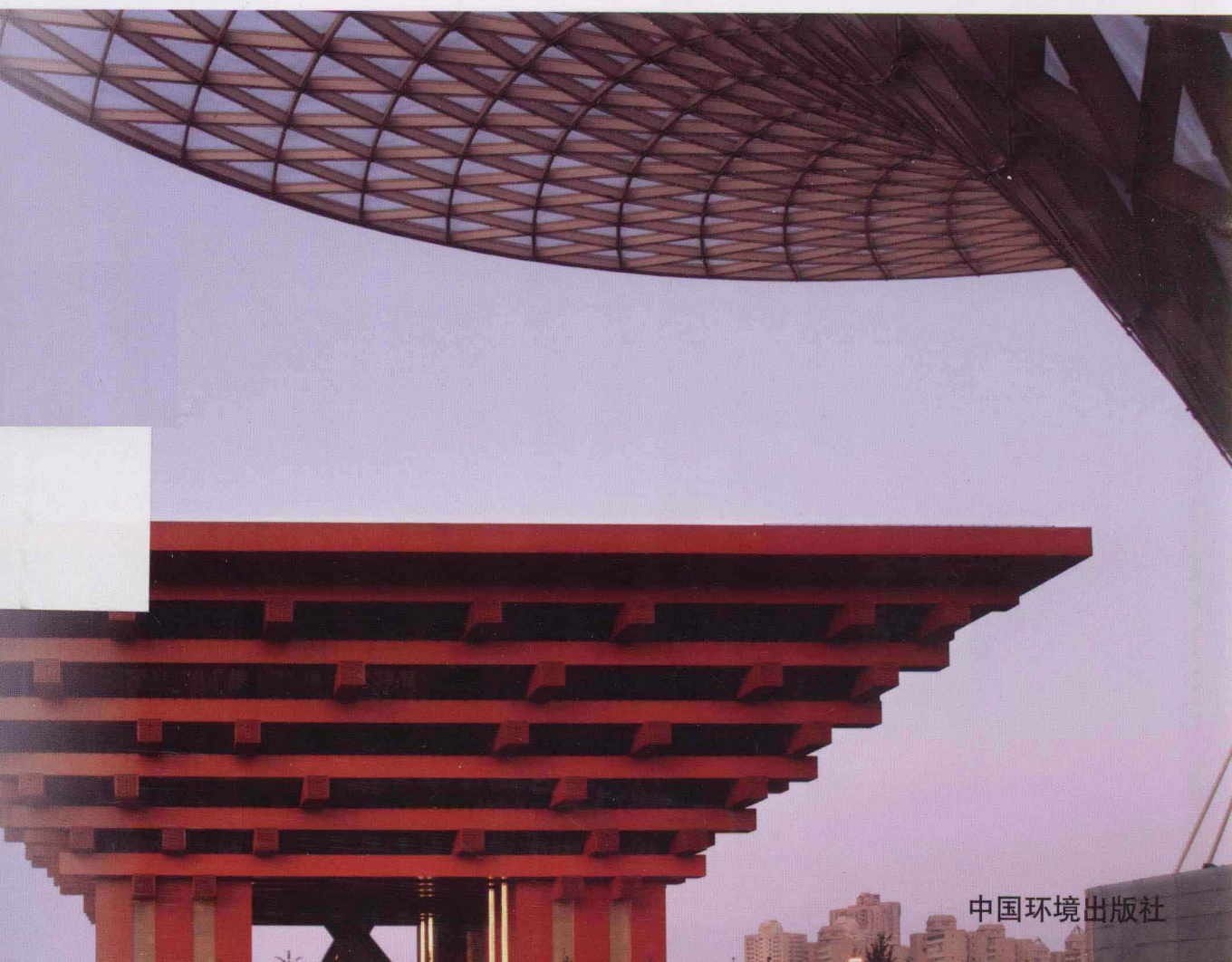


LVSE JIANZHU HE LVSE SHIGONG JISHU

绿色建筑 和绿色施工技术

吴兴国 编著



中国环境出版社

绿色建筑和绿色施工技术

吴兴国 编著

中国环境出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

绿色建筑和绿色施工技术 / 吴兴国编著. —北京:
中国环境出版社, 2013.12
ISBN 978-7-5111-1658-1

I. ①绿… II. ①吴… III. ①生态建筑—工程施工
IV. ①TU74

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 285952 号

出 版 人 王新程
责任编辑 张于嫣 辛 静
责任校对 唐丽虹
封面设计 宋 瑞

出版发行 中国环境出版社
(100062 北京市东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn
联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)
010-67150545 (建筑图书出版中心)
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京中科印刷有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2013 年 12 月第 1 版
印 次 2013 年 12 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 10
字 数 238 千字
定 价 25.00 元

【版权所有。未经许可, 请勿翻印、转载, 违者必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

前 言

在面临资源能源趋紧、环境污染严重、生态系统退化的严峻形势下，党的十八大提出的“生态文明建设”，给我国绿色建筑的发展指明了方向。

建筑业作为国民经济的支柱产业，在推动我国的经济和社会发展的同时，也带来了巨大的资源能源消耗、生态破坏和环境污染。

绿色建筑和绿色施工技术，是建筑业可持续发展的重要组成部分，也是建筑业本身必须做到节约资源能源和保护生态环境的基本要求。正是立足于此，我们组织编写了本教材，期望满足工程建设领域管理人员和专业技术人员学习绿色建筑和绿色施工技术的需求。

本教材的编写，遵循科学性、可读性、实用性、前瞻性的原则，以国内外绿色建筑发展进程为主线，从纵横两个方面展开，纵的叙发展，横的作比较，开拓读者的思维空间，帮助读者树立绿色建筑的理念，掌握绿色建筑的发展规律，明确绿色建筑是建筑业发展的必然选择。

教材分六章，内容包括绿色建筑材料、绿色建筑及发展进程、绿色建筑评价技术细则、绿色建筑施工内容、绿色施工技术和绿色建筑工程解读。章节的编排，循序渐进，揭示内在规律；章节的内容，注重理念与践行结合，绿色施工新技术一章，是依据住房和城乡建设部《关于做好建筑业10项新技术（2010）推广应用的通知》编写的，内容的取舍，贴近建筑业的实际。

教材编写的内容做到“精”而“全”，是本非常好的绿色建筑的小百科全书，适应的读者群很广，还可作为大土木工程的规划、设计、施工、监理和大专院校土木工程专业学生培训教材和参考书。

本教材是作者数十年在工程实践和教学工作中资料的积累，并参考了大量相关的书籍、报刊文献资料，在此向各位专家、学者致以感谢。

吴兴国

2013年10月

目 录

第一章 绿色建筑材料	1
第一节 绿色建筑材料概述	1
第二节 国外绿色建材的发展及评价	3
第三节 国内绿色建筑材料的发展及评价	5
第四节 绿色建筑材料的应用	13
第二章 绿色建筑及发展进程	19
第一节 绿色建筑理念	19
第二节 国外绿色建筑发展进程	20
第三节 国内绿色建筑发展进程	24
第三章 绿色建筑评价技术细则	45
第一节 编制的原则、框架	45
第二节 《细则》相关评价内容	45
第四章 绿色建筑施工内容	62
第一节 绿色施工的理念	62
第二节 绿色施工方案点评	72
第三节 绿色施工方案范例精选	103
第五章 绿色施工技术	108
第一节 基坑施工封闭降水技术	108
第二节 施工过程回水利用技术	110
第三节 外墙自保温体系施工技术	112
第四节 粘贴式外墙外保温隔热系统施工技术	113
第五节 TCC 建筑保温模板系统施工技术	117

第六节	现浇混凝土外墙外保温施工技术	119
第七节	硬泡聚氨酯外墙喷涂保温施工技术	121
第八节	铝合金窗断桥技术	123
第九节	太阳能与建筑一体化应用技术	129
第十节	建筑外遮阳技术	131
第十一节	植生（绿化）混凝土	133
第十二节	透水混凝土	137
第六章	绿色建筑工程解读	141
第一节	中国石油大厦（北京）	141
第二节	中国节能建筑科技馆	143
第三节	苏州绿地·华尔道名邸 42、43、45~51 号楼	146
第四节	博思格西安工厂项目	148
参考文献		152

第一章 绿色建筑材料

第一节 绿色建筑材料概述

在探讨绿色建筑材料之前，先明确绿色材料的概念。

绿色材料，是在 1988 年第一届国际材料科学研究会上首次被提出来的。1992 年国际学术界给绿色材料的定义为：“在原料采取、产品制造、应用过程和使用以后的再生循环利用等环节中对地球环境负荷最小和对人类身体健康无害的材料。”

人们对绿色材料能够形成共识的主要包括五个方面：占用人的健康资源、能源效率、资源效率、环境责任、可承受性。其中还包括对污染物的释放、材料的内耗、材料的再生利用、对水质和空气的影响等。

绿色建筑材料含义的范围比绿色材料要窄，对绿色建筑材料的界定，必须综合考虑建筑材料的生命周期全过程的各个阶段。

一、绿色建筑材料应具有的品质

(1) 保护环境。材料尽量选用天然化、本地化、无害无毒且可再生、可循环的材料。

(2) 节约资源。材料使用应该减量化、资源化、无害化，同时开展固体废物处理和综合利用技术。

(3) 节约能源。在材料生产、使用、废弃以及再利用等过程中耗能低，并且能够充分利用绿色能源，如太阳能、风能、地热能和其他再生能源。

二、绿色建筑材料的特点

(1) 以低资源、低能耗、低污染生产的高性能建筑材料，如用现代先进工艺和技术生产高强度水泥，高强钢等。

(2) 能大幅度降低建筑物使用过程中的耗能的建筑材料，如具有轻质、高强、防水、保温、隔热、隔声等功能新型墙体材料。

(3) 具有改善居室生态环境和保健功能的建筑材料，如抗菌、除臭、调温、调湿、屏蔽有害射线的多功能玻璃、陶瓷、涂料等。

三、绿色建筑材料与传统建筑材料的区别

绿色建筑材料与传统建筑材料的区别,主要表现在如下几个方面:

(1) 生产技术。绿色建材生产采用低能耗制造工艺和不污染环境的生产技术。

(2) 生产过程。绿色建材在生产配置和生产过程中,不使用甲醛、卤化物溶剂或芳香烃;不使用含铅、镉、铬及其化合物的颜料和添加剂;尽量减少废渣、废气以及废水的排放量,或使之得到有效的净化处理。

(3) 资源和能源的选用。绿色建材生产所用原料尽可能少用天然资源,不应大量使用尾矿、废渣、垃圾、废液等废弃物。

(4) 使用过程。绿色建材产品是以改善人类生活环境、提高生活质量为宗旨,有利于人体健康。产品具有多功能的特征,如抗菌、灭菌、防毒、除臭、隔热、阻燃、防火、调温、调湿、消声、消磁、防辐射和抗静电等。

(5) 废弃过程。绿色建材可循环使用或回收再利用,不产生污染环境的废弃物。

我国绿色建材的发展从 20 世纪 90 年代的生态环境材料的发展算起已有十几年了,但是远远落后于后来兴起的绿色建筑的发展。在诸多原因中,对于绿色建材的概念与内涵认识不一致,评价指标体系和标准法规的缺失是主要原因。

所以,我们还应从更高的层次、更广泛的社会意义上来理解绿色建材的概念。

四、绿色建筑材料与绿色建筑的关系

绿色建筑材料是绿色建筑的物质基础,绿色建筑必须通过绿色建筑材料这个载体来实现。

但是,目前绿色建筑的发展与绿色建材的发展仍存在断链。我国首版《绿色建筑评价标准》(GB/T 50378—2006)中,只字未提绿色建材。据了解,是因主管部门对绿色建材的概念没有达成共识,评价不具备操作性。

将绿色建筑材料的研究、生产和高效利用能源技术与绿色建筑材料结合,是未来绿色建筑的发展方向。

国务院办公厅转发的国办发[2013]1 号文件,《绿色建筑行动方案》关于大力发展绿色建材是这样表述的:

“因地制宜、就地取材,结合当地气候特点和资源禀赋,大力发展安全耐久、节能环保、施工便利的绿色建材。加快发展防火隔热性能好的建筑保温系统和材料,积极发展烧结空心制品、加气混凝土制品、多功能复合一体化墙体材料、一体化屋面、低辐射镀膜玻璃、断桥隔热门窗、遮阳系统等建材。引导高性能混凝土、高强钢的发展利用,到 2015 年末,标准抗压强度 60 兆帕以上混凝土用量达到总用量的 10%,屈服强度 400 兆帕以上的热轧带肋钢筋用量达到总用量的 45%。大力发展预拌混凝土、预拌砂浆。深入推进墙体材料革新,城市城区限制使用黏土制品,县城禁止使用实心黏土砖。发展改革、住房城乡

建设、工业和信息化、质检部门要研究建立绿色建材认证制度，编制绿色建材产品目录，引导规范市场消费。质检、住房城乡建设、工业和信息化部门要加强建材生产、流通和使用环节的质量监理和稽查，杜绝性能不达标的建材进入市场。积极支持绿色建材产业发展，组织开展绿色建材产业化示范。”

第二节 国外绿色建材的发展及评价

当 1988 年的国际材料科学研究会上首次提出“绿色建材”这一概念的 4 年之后，1992 年在里约热内卢的“世界环境与发展”大会上，确定了建筑材料可持续发展的战略方针，制定了未来建材工业循环再生、协调共生、维持自然的发展原则。1994 年联合国又增设了“可持续产品开发”工作组。随后，国际标准化机构(ISO)开始讨论制定环境调和制品(ECP)的标准化，大力推进绿色建材的发展。近 30 年来，欧、美、日等许多国家对绿色建材的发展非常重视，特别是 20 世纪 90 年代后，绿色建材的发展速度明显加快，先后制订了有机挥发物(VOC)散发量的试验方法，规定了绿色建材的性能标准，对建材制品开始推行低 VOC 散发量标志认证，并积极开发了绿色建材新产品。在提倡和发展绿色建材的基础上，一些国家修建了居住或办公用样板绿色建筑。

一、德国

德国的环境标志计划始于 1977 年，是世界上最早的环境标志计划，低 VOC 散发量的产品可获得“蓝天使”标志。考虑的因素主要包括污染物散发、废料产生、再次循环使用、噪声和有害物质等。对各种涂料规定最大 VOC 含量，禁用一些有害材料。对于木制品的基本材料，在标准室试验中的最大甲醛浓度为 0.1×10^{-6} 或 $4.5 \text{ mg}/100 \text{ g}$ (干板)，装饰后产品在标准室试验中的最大甲醛浓度为 0.05×10^{-6} ，最大散发率为 $2 \text{ mg}/\text{m}^3$ 。液体色料由于散发烃，不允许被使用。此外，很多产品不允许含德国危害物资法令中禁用的任何填料。

德国开发的“蓝天使”标志的建材产品，侧重于从环境危害大的产品入手，取得了很好的环境效益。在德国，带“蓝天使”标志的产品已超过 3 500 个。“蓝天使”标志已为约 80% 的德国用户所接受。

二、加拿大

加拿大是积极推动和发展绿色建材的北美国家。加拿大的 Ecologo 环境标志计划规定了材料中的有机物散发总量(TVOC)，如：水性涂料的 TVOV 指标为不大于 250 g/L ，胶黏剂的 TVOC 规定为不大于 20 g/L ，不允许用硼砂。

三、美国

美国是较早提出使用环境标志的国家，均由地方组织实施，虽然至今对健康材料还没有作出全国统一的要求，但各州、市对建材的污染物已有严格的限制，而且要求愈来愈高。材料生产厂家都感觉到各地环境规定的压力，不符合限定的产品要缴纳重税和罚款。环保压力导致很多产品的更新，特别是开发出愈来愈多的低有机挥发物含量的产品。

华盛顿州要求为办公人员提供高效率、安全和舒适的工作环境，颁布建材散发量要求来作为机关采购的依据。

四、丹麦

丹麦于 1992 年发起建筑材料室内气候标志（DICL）系统。材料评价的依据是最常见的与人体健康有关的厌恶气味和黏液膜刺激 2 个项目。已经制定了 2 个标准：一个是关于织物地面材料的（如地毯、衬垫等）；另一个是关于吊顶材料和墙体材料的（如石膏板、矿棉、玻璃棉、金属板）。

五、瑞典

瑞典的地面材料业很发达，大量出口，已实行了自愿性试验计划，测量其化学物质散发量。对地面物质以及涂料和清漆，也在制定类似的标准，还包括对混凝土外加剂。

六、日本

日本政府对绿色建材的发展非常重视。于 1988 年开展使用环境标志，至今环保产品已有 2 500 多种，日本科技厅制定并实施了“环境调和材料研究计划”。通产省制定了环境产业设想并成立了环境调查和产品调整委员会。近年来在绿色建材的产品研究和开发以及健康住宅样板工程的兴趣等方面都获得了可喜的成果。如秩父-小野田水泥已建成了日产 50 t 生态水泥的实验生产线；日本东陶公司研制成可有效地抑制杂菌繁殖和防止霉变的保健型瓷砖；日本铃木产业公司开发出具有调节湿度功能和防止壁面生霉的壁砖和可净化空气的预制板等。

日本于 1997 年夏天在兵库县建成一栋实验型“健康住宅”，整个住宅尽可能选用不会危害健康的新型建筑材料，九州市按照日本省能源、减垃圾的“日本环境生态住宅地方标准”要求，建造了一栋环保生态高层住宅，是综合利用天然材料建造住宅的尝试。

七、英国

英国是研究开发绿色建材较早的欧洲国家之一。早在 1991 年英国建筑研究院（BRE）曾对建筑材料对室内空气质量产生的有害影响进行了研究；通过对臭味、真菌等的调研和测试，提出了污染物、污染源对室内空气质量的影响。通过对涂料、密封膏、胶黏剂、塑

料及其他建筑制品的测试,提出了这些建筑材料在不同时间的有机挥发物散发率和散发量。对室内空气质量的控制、防治提出了建议,并着手研究开发了一些绿色建筑材料。

第三节 国内绿色建筑材料的发展及评价

“绿色”,是我国建筑发展的方向。我国的建材工业发展的重大转型期已经到来。主要表现为:从材料制造到制品制造的转变;从高碳生产方式到低碳生产方式的转变;从低端制造到高端制造的转变。据此,国内专家预测:“十二五”期间,水泥、平板玻璃、陶瓷、烧结墙体材料等建筑基础原材料将难以获得市场发展空间,相比之下节能环保的绿色建材将成为发展的主流。

一、发展绿色建材的必要性

1. 高能源消耗、高污染排放的状况必须改变

传统建材工业发展,主要依靠资源和能源的高消耗支撑。建材工业是典型的资源依赖型行业。

当代的中国经济,一年消耗了全世界一年钢铁总量的 45%,水泥总量的 60%。一年消耗的能源占了全世界一年能源消耗总量的 20%多。国内统计:墙体材料资源消耗量和水泥消耗量,就占建材全行业资源消耗的 90%以上。建材工业能耗随着产品产量的提高,逐年增大,建材工作以窑炉生产为主,以煤为主要消耗能源,生产过程中产生的污染物对环境有较大的影响,主要排放的污染物有粉尘和烟尘、二氧化硫、氮氧化物等。特别是粉尘和烟尘的排放量大。为了改变建材高资源消耗和高污染排放的状况,必须发展绿色建材。

2. 建材工业可持续发展必须发展绿色建材

实现建材工业的可持续发展,就要逐步改变传统建筑材料的生产方式,调整建材工业产业结构。依靠先进技术,充分合理利用资源,节约能源,在生产过程中减少对环境的污染,加大对固体废弃物的利用。

绿色建材是在传统建材的基础之上应用现代科学技术发展起来的高技术产品,它采用大量的工业副产品及废弃物为原料,其生产成本比使用天然资源会有所降低,因而会取得比生产传统建材更好的经济效益,这是在市场经济条件下可持续发展的原动力。

如普通硅酸盐水泥不仅要求高品位的石灰石原料烧成温度在 1450°C 以上,消耗更多能源和资源,而且排放更多的有害气体,据统计,水泥工厂所排放的 CO_2 ,占全球 CO_2 排放量的 5%左右, CO_2 主要来自石灰石的煅烧。如采用高新技术研究开发节能环保型的高性能贝利特水泥,其烧成温度仅为 $1200\sim 1250^{\circ}\text{C}$,预计每年可节省 1 000 万 t 标准煤,可减少 CO_2 总排放量 25%以上,并且可利用低品位矿石和工业废渣为原料,这种水泥不仅具有良好的强度、耐久性和抗化学侵蚀性,而且所产生的经济和社会效益也十分显著。

如我国的火力发电厂每年产生粉煤灰约 1.5 亿 t, 要将这些粉煤灰排入灰场需增加占地约 $1\,000\text{ hm}^2$, 由此造成的经济损失每年高达 300 亿元, 如将这些粉煤灰转化为可利用的资源, 所取得的经济效益将十分可观。

3. 有利于人类的生存与发展必须发展绿色建材

良好的人居环境是人体健康的基本条件, 而人体健康是对社会资源的最大节约, 也是人类社会可持续发展的根本保证。绿色建材避免使用了对人体十分有害的甲醛、芳香族碳氢化合物及含有汞、铅、铬化合物等物质, 可有效减少居室环境中的致癌物质的出现。使用绿色建材减少了 CO_2 、 SO_2 的排放量, 可有效减轻大气环境的恶化, 降低温室效应。没有良好的人居环境, 没有人类赖以生存的能源和资源, 也就没有了人类自身, 因此, 为了人类的生存和发展必须发展绿色建材。

二、国内绿色建材发展的现状

我国绿色建材是伴随着改革开放不断深入而发展起来的。从 1979 年到现在, 基本完成了从无到有, 从小到大, 从大到强的发展过程。我国已初步形成了从绿色建材科研、设计、生产到施工的一个完整的系统工程。

绿色建筑材料是在传统建筑材料基础上产生的新一代建筑材料, 主要包括新型墙体材料、保温隔热材料、防水密封材料和装饰装修材料等。根据《2013—2017 年中国新型建材行业深度调研与投资战略规划分析报告》披露, 2011 年中国城镇化率首次超过 50%, 随着城镇化深入, 基建投资结构将由传统建材逐渐向城市配套性绿色建材转变。在政策推动下, 生产绿色建材行业将受益绿色城镇化, 迎来高成长期。

未来的 20 年, 我国新建筑的总数量仍将会占世界新建筑总量的一半以上, 我国的绿色建材发展会影响世界的可持续发展。

按照土木工程材料功能分类, 下面分别以结构材料和功能材料的发展作相关补充介绍:

1. 结构材料

传统的结构用建筑材料有木材、石材、黏土砖、钢材和混凝土。当代建筑结构用材料主要为钢材和混凝土。

(1) 木材、石材

木材、石材是自然界提供给人类最直接的建筑材料, 不经加工或通过简单的加工就可用于建筑。木材和石材消耗自然资源, 如果自然界的木材的产量与人类的消耗量相平衡, 那么木材应是绿色的建筑材料; 石材虽然消耗了矿山资源, 但由于它的耐久性较好, 生产能耗低, 重复利用率高, 也具有绿色建筑材料的特征。

目前能取代木材的绿色建材还不是很多, 其中应用较多的是一种绿色竹材人造板, 竹材资源已成为替代木材的后备资源。竹材人造板是以竹材为原料, 经过一系列的机械和化学加工, 在一定的温度和压力下, 借助胶黏剂或竹材自身的结合力的作用, 胶合而成的板状材料, 具有强度高、硬度大、韧性好、耐磨等优点, 可用替代木材作建筑模板等。

(2) 砌块

黏土砖虽然能耗比较低,但是以毁坏土地为代价的,我国 20 世纪 90 年代开始限制使用黏土砖到如今基本禁止生产和使用。今后墙体绿色材料主要发展方向,是利用工业废渣替代部分或全部天然黏土资源。

目前,全国每年产生的工业废渣数量巨大、种类繁多、污染环境严重。

我国对工业废渣的利用做了大量的研究工作,实践证明,大多数工业废渣都有一定的利用价值。报道较多且较成熟的方法是将工业废渣粉磨达到一定细度后,作为混凝土胶凝材料的掺合料使用,该方法适用于粉煤灰、矿渣、钢渣等工业废渣。对于赤泥、磷石膏等工业废渣,国外目前还没有大量资源化利用的文献报道。

建筑行业是消纳工业废渣的大户。据统计,全国建筑业每年消耗和利用的各类工业废渣数量在 5.4 亿 t 左右,约占全国工业废渣利用总量的 80%。

目前全国有 1/3 以上的城市被垃圾包围。全国城市垃圾堆存累计占用土地 75 万亩。其中建筑垃圾占城市垃圾总量的 30%~40%。如果能循环利用这些废弃固体物,绿色建筑将可实现更大的节能。

1) 废渣砌块主要种类

① 粉煤灰蒸压加气混凝土砌块(以水泥、石灰、粉煤灰等为原料,经磨细、搅拌浇筑、发气膨胀、蒸压养护等工序制造而成的多孔混凝土)。

② 磷渣加气混凝土(在普通蒸压加气混凝土生产工艺的基础上,有富含 CaO 、 SiO_2 的磷废渣来替代部分硅砂或粉煤灰作为提供硅质成分的主要结构材料)。

③ 磷石膏砌块(磷铵厂和磷酸氢钙厂在生产过程中排出的废渣,制成磷石膏砌块等)。

④ 粉煤灰砖(以粉煤灰、石灰或水泥为主要原料,掺和适量石膏、外加剂、颜料和集料等,以坯料制备、成型、高压或常压养护而制成的粉煤灰砖)。

⑤ 粉煤灰小型空心砌块[以粉煤灰、水泥、各种轻重集料、水为主要组分(也可加入外加剂等)拌和制成的小型空心砌块]。

2) 技术指标与技术措施

① 废渣蒸压加气混凝土砌块。废渣蒸压加气混凝土砌块应满足《蒸压加气混凝土砌块》(GB 11968—2006)和《蒸压加气混凝土建筑应用技术规程》(JGJ/T 17—2008)的相关要求。

废渣蒸压加气混凝土砌块施工详见国家标准设计图集,后砌的非承重墙、填充墙或墙与外承重墙相交处,应沿墙高 900~1 000 mm 处用钢筋与外墙拉接,且每边伸入墙内的长度不得小于 700 mm。废渣蒸压加气混凝土砌块施工应采用专用砌筑砂浆和抹面砂浆,砂浆性能应满足《蒸压加气混凝土用砌筑砂浆和抹面砂浆》(JC 890—2001)的要求,施工中应避免加气混凝土湿水。

废渣蒸压加气混凝土砌块适用于多层住宅的外墙、框架结构的填充墙、非承重内隔墙;作为保温材料,用于部位为屋面、地面、楼面以及易于“热桥”部位的结构符合,也可做墙体保温材料。

适用于夏热冬冷地区和夏热冬暖地区的外墙、内隔墙和分户墙。

建筑加气混凝土砌块之所以在世界各国得到迅速发展,是因为它有一系列的优越性,如节能减排等。废渣加气混凝土砌块作为建筑加气混凝土砌块中的新型产品,比普通加气混凝土砌块更具有优势,具有良好的推广应用前景。

② 磷石膏砌块。高强耐水磷石膏砖和磷石膏盲孔砖技术指标参照《蒸压灰砂砖》(GB 11945—1999)的技术性能要求。

高强耐水磷石膏砌块和磷石膏盲孔砌块可适用于砌体结构的所有建筑的外墙和内填充墙;不得用于长期受热(200°C 以上),受急冷急热和有酸性介质侵蚀的建筑部分。

适用于工业和民用建筑中框架结构以及墙体结构建筑的非承重内隔墙,空气湿度较大的场合,应选用防潮石膏砌块。由于石膏砌块具有质轻、隔热、防火、隔声等良好性能,可锯、钉、铣、钻,表面平坦光滑,不用墙体抹灰等特点,具有良好的推广应用前景。

③ 粉煤灰砌块(砖)。粉煤灰混凝土小型空心砌块具有轻质、高强、保温隔热性能好等特点,其性能应满足《粉煤灰混凝土小型空心砌块》(JC/T 862—2008)的技术要求。

粉煤灰实心砖性能应满足《粉煤灰砖》(JC 239—2001)的技术要求;以粉煤灰、页岩为主要原料结焙烧而形成的普通砖应满足《烧结普通砖》(GB 5101—2003)的技术要求。

粉煤灰混凝土小型空心砌块适用于工业与民用建筑房屋的承重和非承重墙体。其中承重砌块强度等级分为 MU7.5~MU20,可用于多层及中高层(8~12层)结构;非承重砌块强度等级 $>\text{MU}3.0$ 时,可用于各种建筑的隔墙、填充墙。

粉煤灰混凝土小型空心砌块为住房和城乡建设部、国家科委重点推广产品,除具有粉煤灰砖的优点外,还具有轻质、保温、隔声、隔热、结构科学、造型美观、外观尺寸标准等特点,是替代传统墙体材料——黏土实心砖的理想产品。

我国近年来工业废渣年排放量近 10 亿 t,累计总量已达 66 亿 t,实际上绝大部分工业废渣均可代替为黏土砖原料,但利用率却很低。近几年,通过各方面的努力,我国绿色墙体材料发展较快,在墙体材料总量中的比例由 1987 年的 4.58%上升到当今的 80%以上。绿色墙体材料品种主要有黏土空心砖、非黏土砖、加气混凝土砌块等。绿色墙体材料虽然发展很快,但代表墙体材料现代水平的各种轻板、复合板所占比重仍很小,还不到整个墙体材料总量的 1%,与工业发达国家相比,相对落后 40~50 年。主要表现在:产品档次低、工艺装备落后、配套能力差。

(3) 钢材

钢材的耗能和污染物排放量,在建筑材料中是第一的。由于钢材的不可替代性,“绿色钢材”主要发展方向是在生产过程中如何提高钢材的绿色“度”,如在环保、节能、重复使用方面,研究发展新技术,加快钢材的绿色化进程。如提高钢强度、轻型、耐腐蚀等。

(4) 混凝土

混凝土是由水泥和集料组成复合材料。生产能耗大,主要是由水泥生产造成的。传统的水泥生产需要消耗大量的资源与能量,并且对环境的污染大。水泥生产工艺的改善是绿

色混凝土发展的重要方向。目前水泥绿色生产工艺主要采用新型干法生产工艺取代落后的立窑等工艺。

当今土木工程使用的绿色混凝土主要有低碱性混凝土、多孔（植生）混凝土、透水混凝土、生态净水混凝土等。其中应用较广泛的是多孔（植生）混凝土。

多孔（植生）混凝土也称为无砂混凝土，直接用水泥作为黏结剂连接粗骨料，它具有连续空隙结构的特征。其透气和透水性能良好，连续空隙可以作为生物栖息繁衍的空间，可以降低环境负荷。

绿色高性能混凝土是当今世界上应用最广泛、用量最大的土木工程材料，然而在许多国家混凝土都面临劣化现象，耐久性不良的严重问题。因劣化引起混凝土结构开裂，甚至崩塌事故屡屡发生，如水工、海工建筑与桥梁尤为多见。

混凝土作为主要建筑材料，耐久的重要性不亚于强度。我国正处于建设高速发展时期，大量高层、超高层建筑及跨海大桥对耐久性有更高的要求。

绿色混凝土是混凝土的发展方向。绿色混凝土应满足如下的基本条件：

1) 所使用的水泥必须为绿色水泥。此处的“绿色水泥”是针对“绿色”水泥工业来说的。绿色水泥工业是指将资源利用率和二次能源回收率均提高到最高水平，并能够循环利用其他工业的废渣和废料；技术装备上更加强化了环境保护的技术和措施；粉尘、废渣和废气等的排放几乎为零，真正做到不仅自身实现零污染、无公害，还因循环利用其他工业的废料、废渣而帮助其他工业进行“三废”消化，最大限度地改善环境。

2) 最大限度地节约水泥熟料用量，减少水泥生产中的 NO_2 、 SO_2 、 NO 等气体，以减少对环境的污染。

3) 更多地掺入经过加工处理的工业废渣，如磨细矿渣、优质粉煤灰、硅灰和稻壳灰等作为活性掺合料，以节约水泥，保护环境，并改善混凝土耐久性。

4) 大量应用以工业废液尤其是黑色纸浆废液为原料制造的减水剂，以及在此基础上研制的其他复合外加剂，帮助造纸工业消化处理难以治理的废液排放污染江河的问题。

5) 集中搅拌混凝土和大力发展预拌混凝土，消除现场搅拌混凝土所产生的废料、粉尘和废水，并加强对废料和废水的循环使用。

6) 发挥 HPC 的优势，通过提高强度、减小结构截面积或结构体积，减少混凝土用量，从而节约水泥、砂、石的用量；通过改善和易性提高浇筑密实性，通过提高混凝土耐久性，延长结构物的使用寿命，进一步节约维修和重建费用，做到对自然资源有节制的使用。

7) 砂石料的开采应该有序且以不破坏环境为前提。积极利用城市固体垃圾，特别是拆除的旧建筑物和构筑物的废弃物混凝土、砖、瓦及废物，以其代替天然砂石料，减少砂石料的消耗，发展再生混凝土。

2. 功能材料

目前国内建筑功能材料迅速发展，正在形成高技术产业群。我国高技术（863）计划、国家重大基础研究（973）计划、国家自然科学基金项目中功能材料技术项目约占新材料

领域的 70%，并取得了研究成果。

建筑绿色功能材料主要体现在以下三个方面：

节能功能材料。如各类新型保温隔热材料，常见的产品主要有聚苯乙烯复合板、聚氨酯复合板、岩棉复合板、钢丝网架聚苯乙烯保温墙板、中空玻璃、太阳能热反射玻璃等。

充分利用天然能源的功能材料。将太阳能发电、热能利用与建筑外墙材料、窗户材料、屋面材料和构件一体化，如太阳能光电屋顶、太阳能电力墙、太阳能光电玻璃等。

改善居室生态环境的绿色功能材料。如健康功能材料（抗菌材料、负离子内墙涂料）、调温、调湿内墙材料、调光材料、电磁屏蔽材料等。

（1）保温隔热材料

1980 年以前，我国保温材料的发展十分缓慢，为数不多的保温材料厂只能生产少量的膨胀珍珠岩、膨胀蛭石、矿渣棉、超细玻璃棉、微孔硅酸钙等产品。无论从产品品种、规格还是质量等方面都不能满足国家建筑节能的需要，与国外先进水平相比较，至少落后了 30 年。2007 年以后，国内的保温隔热材料总算有了长足的发展，但与发达国家相比主要差距是：

1）保温隔热材料在国外的最大用户是建筑业，约占产量的 80%，而我国建筑业市场尚未完全打开，其应用仅占产量的 10%；

2）生产工艺整体水平和管理水平需进一步提高，产品质量不够稳定；

3）科研投入不足，应用技术研究和产品开发滞后，特别是保温材料在建筑中的应用技术与开发方面，多年来进展缓慢，严重地影响了保温材料工业的健康发展；

4）加强新型保温隔热材料和其他新型建材制品设计施工应用方面的工作，是发展新型建材工业的当务之急。

当今，全球保温隔热材料正朝着高效、节能、薄层、防水外护一体化方向发展。

（2）防水材料

建筑防水材料是一类能使建筑物和构筑物具有防渗、防漏功能的材料，是建筑物的重要组成部分。建筑防水材料应具有的基本性能：防渗防漏、耐候（温度稳定性）、具有拉力（延伸性）、耐腐蚀、工艺性好、耗能少、环境污染小。

传统防水材料的缺点：热施工、污染环境、温度敏感性强、施工工序多、工期长。

改革开放以来，我国建筑防水材料获得了较快的发展，体现了“绿色”，一是材料“新”，二是施工方法“新”。

新型防水材料的开发、应用，它不仅在建筑中与密封、保温要求相结合，也在舒适、节能、环保等各个方面提出更新的标准和更高的要求。应用范围已扩展到铁路、高速公路、水利、桥梁等各个领域。

如今，我国已能开发与国际接轨的新型防水材料。

当前，按国家建材行业及制品导向目录要求及市场走势，SBS、APP 改性沥青防水卷材仍是主导产品。高分子防水卷材重点发展三元乙丙橡胶（EPDM）、聚氯乙烯（PVC）P 型两种产品，并积极开发热塑性聚烯烃（TPO）防水卷材。防水涂料前景看好的是聚氨酯

防水材料（尤其是环保单组分）及丙烯酸酯类。密封材料仍重点发展硅酮、聚氨酯、聚硫、丙烯酸等。

“十一五”期间，新型防水材料年平均增长率将逐步加大，预计在全国防水工程的占有率达到 50%以上。

新型防水材料应用于工业与民用建筑，特别是住宅建筑的屋面、地下室、卫浴、厨房、地面建筑外墙防水外，还将广泛用于新建铁路、高速公路、轻轨交通（包括桥面、隧道）、水利建设、城镇供水工程、污水处理工程、垃圾填埋工程等。

建筑防水材料随着现代工业技术的发展，正在趋向于高分子材料化。国际上形成了“防水工程学”、“防水材料学”等学科。

日本是建筑防水材料发展最快的国家之一。多年来，他们注意汲取其他国家防水材料的先进经验，并大胆使用新材料、新工艺，使建筑防水材料向高分子化方向发展。

建筑简便的单层防水，建筑防水材料趋向于冷施工的高分子材料，是我国今后建筑绿色防水材料的发展方向。

（3）装饰装修材料

建筑装饰装修工程，在建筑工程中的地位和作用，随着我国经济的发展和加快城镇化建设，已经成为一个独立的新兴行业。

建筑装饰装修的作用：保护建筑物的主体结构，完善建筑物的使用功能，美化建筑物。装饰装修对美化城乡建筑，改善人居和工作环境具有十分重要的意义，人们已经认识到了，改善人居环境绝不能以牺牲环境和健康作为代价。

绿色装饰装修材料的基本条件：环保、节能、多功能、耐久。

三、绿色建筑材料的评价

如何评价“绿色建材”，目前国内还没有统一的标准。因此，制定一套可行的“绿色建材评价标准”已成为当务之急。2002 年，为了响应兴办“绿色奥运”的主题，科技部和北京市委设立了《奥运绿色建筑评估体系的研究》课题，其中对绿色建材的评价进行了初步的探究。但到目前为止仍然没有颁布统一的评价标准。其主要原因是在评价标准中，对存在着一些问题没有达成共识。本书在这里作出简要概述。

1. 绿色建筑材料评价的体系

（1）单因子评价

单因子评价，即根据单一因素及影响因素确定其是否为绿色建材。例如对室内墙体涂料中有害物质限量（甲醛、重金属、苯类化合物等）做出具体数位的规定，符合规定的就认定为绿色建材，不符合规定的则为非绿色建材。

（2）复合类评价

复合类评价，主要由挥发物总含量、人体感觉试验、防火等级和综合利用等指标构成。并非根据其中一项指标判定是否为绿色建材，而是根据多项指标综合判断，最终给出评价，