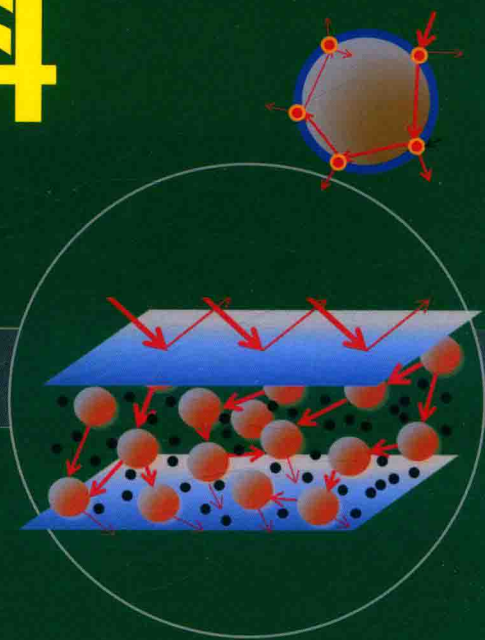




# 新型绿色工程化 建筑材料

姚燕 主编



化学工业出版社

# 新型绿色工程化 建筑材料

姚 燕 主编



化学工业出版社

·北京·

本书在回顾绿色建材的概念发展过程、分析各类材料性能与应用的绿色化基础上,详细介绍了特种水泥基材料及其应用,长寿命高性能混凝土及其应用,特种功能玻璃材料及其应用,环境友好型建筑卫生陶瓷、功能型墙体砌筑材料及其应用,新型建筑保温材料、新型高效耐火材料以及抗菌、防霉材料与工程应用,建筑物理环境改善与节能建材工程应用,建筑环境化学污染控制材料技术与工程应用等。主题明确,内容贴近行业发展需要,可以为建筑材料以及新材料领域技术人员、科技工作者提供全面的引导。

本书在写法上力求深入浅出、通俗易懂,既可为建筑与建材领域的科技工作者在研究攻关、开发设计过程中提供参考,也可供大专院校师生教学使用,还可作为社会大众了解绿色建材的重要渠道。

## 图书在版编目(CIP)数据

新型绿色工程化建筑材料/姚燕主编. —北京:化学工业出版社, 2018. 4  
ISBN 978-7-122-31731-5

I. ①新… II. ①姚… III. ①建筑材料 IV. ①TU5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 046466 号

---

责任编辑:刘丽宏  
责任校对:宋 夏

文字编辑:孙凤英  
装帧设计:刘丽华

---

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)  
印 刷:三河市航远印刷有限公司  
装 订:三河市瞰发装订厂  
710mm×1000mm 1/16 印张 20¼ 彩插 2 字数 405 千字  
2018 年 9 月北京第 1 版第 1 次印刷

---

购书咨询:010-64518888 (传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899  
网 址: <http://www.cip.com.cn>  
凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

---

定 价: 88.00 元

版权所有 违者必究



图 3-1 混凝土的冻融循环破坏 ( 52 页 )



图 3-2 钢筋混凝土的氯盐侵蚀破坏 ( 52 页 )

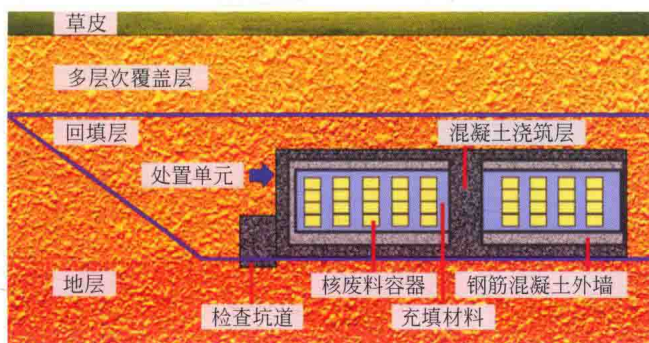


图 3-8 传统的“多重屏障”处置技术 ( 65 页 )



图 3-9 高整体容器浅地表处置技术 ( 65 页 )





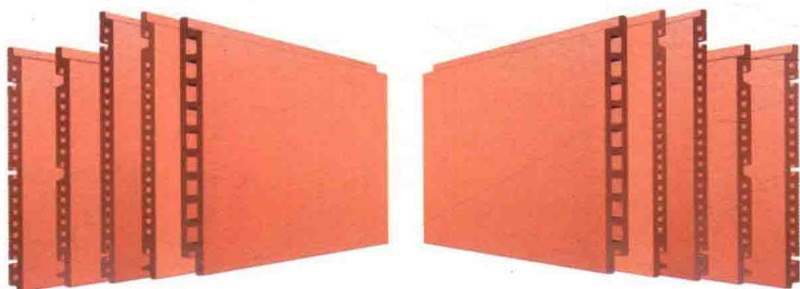


图 5-1 外墙干挂陶瓷空心板 ( 115 页 )

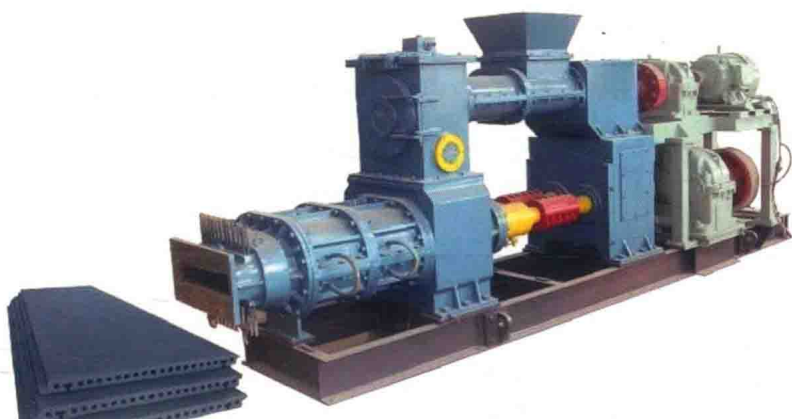
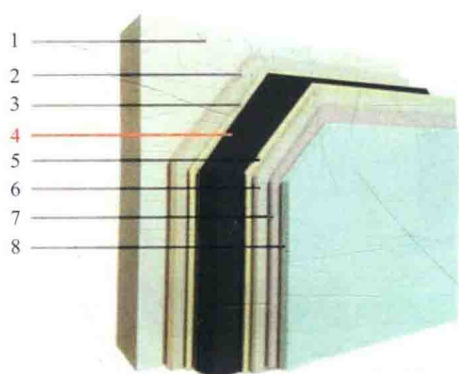
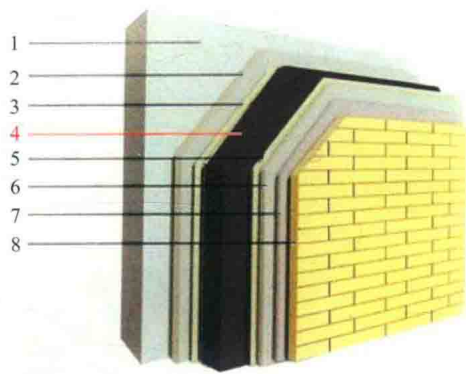


图 5-2 干挂陶板挤出成型机 ( 119 页 )



1—基层墙体；2—粘接砂浆；3—界面剂；  
4—发泡陶瓷保温板；5—界面剂和增强网；  
6—抹面砂浆；7—柔性腻子；8—外墙涂料



1—基层墙体；2—粘接砂浆；3—界面剂；  
4—发泡陶瓷保温板；5—界面剂和增强网；  
6—抹面砂浆；7—瓷砖粘接砂浆；8—饰面板

图 5-4 发泡陶瓷保温砖的安装方法 ( 124 页 )

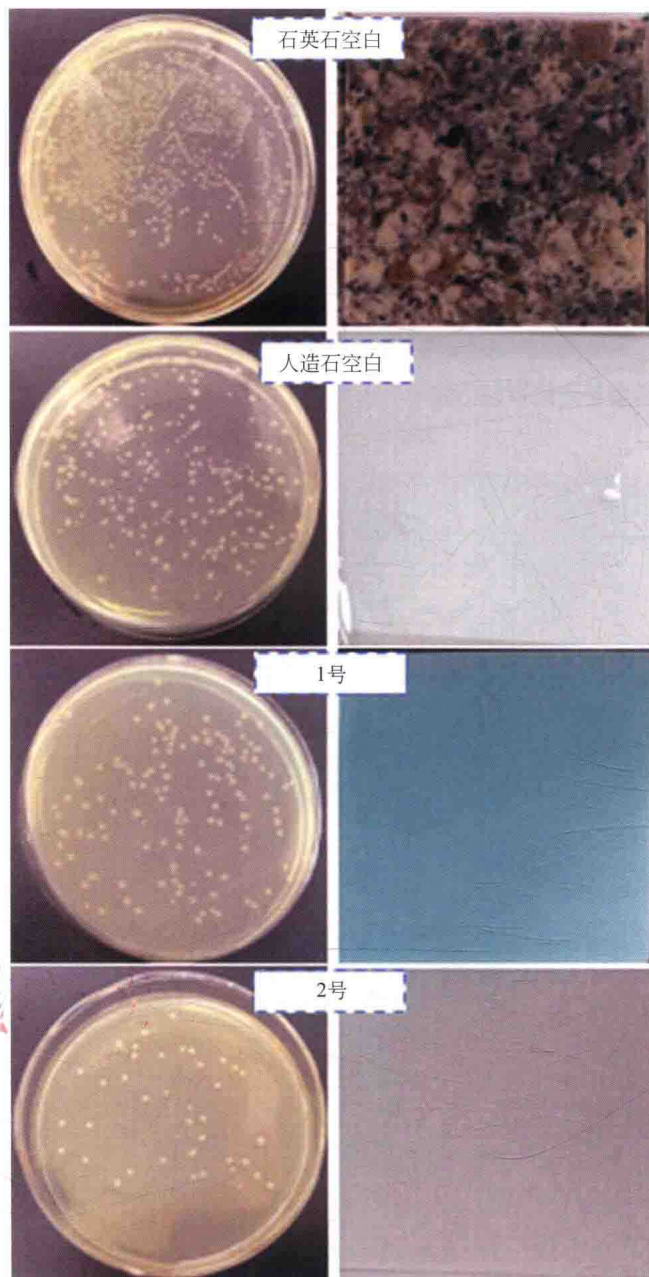


图 7-3 人造石板材对大肠杆菌的作用 ( 182 页 )

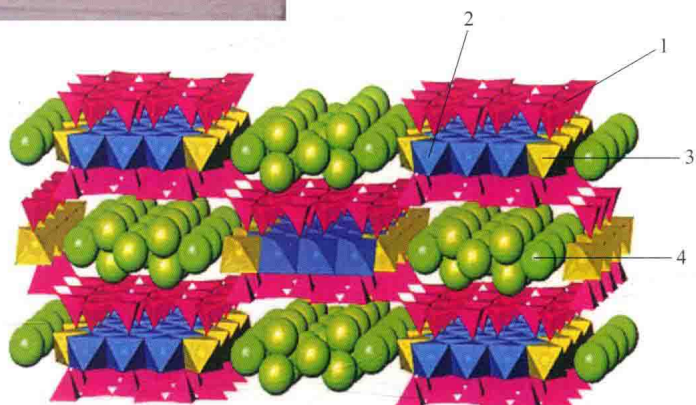


图 7-37 天然海泡石的晶体结构图 ( 213 页 )

1—硅氧四面体；2—结构内部镁八面体；  
3—结构边缘处镁；4—沸石水

# 前言

---

2017年,住房城乡建设部发布《建筑节能与绿色建筑发展“十三五”规划》。规划明确提出,到2020年,城镇新建建筑能效水平比2015年提升20%,部分地区及建筑门窗等关键部位建筑节能标准达到或接近国际现阶段先进水平。城镇新建建筑中绿色建筑面积比重超过50%,绿色建材应用比重超过40%。完成既有居住建筑节能改造面积5亿平方米以上,公共建筑节能改造1亿平方米,全国城镇既有居住建筑中节能建筑所占比例超过60%。

规划目标描绘了我国建筑领域的发展蓝图,是践行绿色发展理念的具体体现,令人振奋。实现规划目标,做好建材这篇文章应是题中之义。建材作为国家经济社会发展基础原材料,影响广泛、作用不可或缺,近年来在供给侧结构性改革的引导下、在行业转型升级压力的倒逼下,正在从中高端向高端迈进。这其中,绿色建材的发展尤为突出,为行业早日实现“创新提升,超越引领”发展目标做出了贡献。经过行业上下多年的努力,加快推进绿色建材发展已成为业内普遍共识。同时大家也看到,目前绿色建材尚未在全社会深入人心,推进绿色建材发展的配套政策尚不完善,绿色建材产业关键技术水平、规模与竞争力还有待进一步提升,绿色建材对绿色建筑支撑作用还不充分。2017年12月,国家标准化委员会发布了13项绿色产品评价国家标准,定于2018年7月实施,为绿色建材深入发展提供了重要契机,在这样一个里程碑式的节点,如果能够出版一部系统总结我国绿色建材发展的书籍,将特别有助于全行业认清现状,进而针对性提出具体措施解决有关问题。

中国建筑材料科学研究总院长期以来一直从事绿色建材的研究开发、推广应用等工作,是我国绿色建材共性关键技术的源头之一,同时还直接或间接参与了绝大多数绿色建材发展相关政策规范的制修订工作,在业内有重要影响力。出版一部绿色建材方面书籍,全面梳理现阶段的成绩与问题,是服务行业的职责所在。为此,编写了本书。为了做好书籍编制工作,我们组织行业专家开展了多轮研讨,突出“新型”与“工程化”两个关键词,遴选了特种水泥基材料、长寿命高性能混凝土、特种功能玻璃等8大类绿色建材,相关产品都为具有一定产业规模或显著影响力、获得工程应用并取得良好效果或实践证明成熟、可靠、有效的新材料,兼顾了先进



性与实用性。本书系统介绍了各产品国内外的产业发展现状、技术水平、工程应用与未来趋势。同时还就绿色建材概念、绿色建材概念在建材产品性能和应用方面的体现、绿色建材评价等有关内容做了深入阐述。

全书由姚燕担任主编。第1章与第10章由蒋荃、赵春芝组织编写，第2章由文寨军组织编写，第3章由王玲组织编写，第4章由刘静组织编写，第5章由陶晓文组织编写，第6章由王武祥组织编写，第7章由冀志江组织编写，第8章由李清海组织编写，第9章由袁林组织编写。全书由颜碧兰、赵平、李桂金统稿及审定。

本书在写法上力求深入浅出、通俗易懂，既可为建筑与建材领域的科技工作者在研究攻关、开发设计过程中提供参考，也可供大专院校师生教学使用，还可作为社会大众了解绿色建材的重要渠道。希望本书的出版能够引起全社会对绿色建材的关注，推动绿色建材的高质量发展。我们在书籍编写过程中，努力做到精益求精、追求卓越，但毕竟水平有限，难免有谬误之处，欢迎广大读者不吝赐正。

编 者

# 目 录

## 第1章 绪论

1

- 1.1 绿色建材概念 ..... 1
- 1.2 新材料产品性能和应用的绿色化 ..... 3

## 第2章 特种水泥基材料及其应用

7

- 2.1 水电工程用微膨胀中热硅酸盐水泥和高强低热硅酸盐水泥 ..... 8
  - 2.1.1 微膨胀中热硅酸盐水泥 ..... 9
  - 2.1.2 高强低热硅酸盐水泥 ..... 13
- 2.2 核电工程用硅酸盐水泥 ..... 17
  - 2.2.1 核电工程用硅酸盐水泥标准 ..... 17
  - 2.2.2 主要技术特性 ..... 18
  - 2.2.3 生产及应用 ..... 22
- 2.3 道面工程用水泥 ..... 23
  - 2.3.1 道路面层专用水泥 ..... 24
  - 2.3.2 基层专用硅酸盐水泥 ..... 28
- 2.4 海工硅酸盐水泥 ..... 32
  - 2.4.1 海洋工程用硅酸盐水泥标准 ..... 32
  - 2.4.2 主要技术特性 ..... 35
  - 2.4.3 生产与应用 ..... 41
- 2.5 油井水泥 ..... 41
  - 2.5.1 油井水泥标准 ..... 42
  - 2.5.2 主要技术特性 ..... 44
  - 2.5.3 特种油井水泥 ..... 48

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| 3.1 混凝土生产的资源、能源消耗及环境问题 .....       | 50 |
| 3.2 水泥混凝土行业的绿色化之路 .....            | 51 |
| 3.3 预拌高性能混凝土绿色化生产技术 .....          | 53 |
| 3.3.1 特性 .....                     | 53 |
| 3.3.2 功能 .....                     | 55 |
| 3.3.3 关键生产工艺技术 .....               | 56 |
| 3.3.4 工程应用 .....                   | 58 |
| 3.4 煤矿深井建设用 C80~C120 高强混凝土技术 ..... | 59 |
| 3.4.1 特性 .....                     | 59 |
| 3.4.2 功能 .....                     | 61 |
| 3.4.3 关键生产工艺技术 .....               | 61 |
| 3.4.4 工程应用 .....                   | 64 |
| 3.5 中低放核废料处置用混凝土高整体容器技术 .....      | 64 |
| 3.5.1 特性 .....                     | 64 |
| 3.5.2 功能 .....                     | 66 |
| 3.5.3 关键生产工艺技术 .....               | 67 |
| 3.5.4 工程应用 .....                   | 70 |
| 3.6 绿色高性能喷射混凝土技术 .....             | 71 |
| 3.6.1 特性 .....                     | 71 |
| 3.6.2 功能 .....                     | 73 |
| 3.6.3 关键生产工艺技术 .....               | 73 |
| 3.6.4 工程应用 .....                   | 76 |

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| 4.1 低辐射及阳光控制镀膜玻璃 .....        | 78 |
| 4.1.1 低辐射及阳光控制镀膜玻璃概念及特点 ..... | 78 |
| 4.1.2 镀膜工艺技术 .....            | 80 |
| 4.1.3 节能镀膜玻璃应用及发展 .....       | 89 |
| 4.2 电致变色智能玻璃 .....            | 90 |
| 4.2.1 电致变色智能玻璃概念及特点 .....     | 90 |
| 4.2.2 电致变色智能玻璃制造技术 .....      | 92 |
| 4.2.3 电致变色智能玻璃应用及发展 .....     | 94 |

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 4.3 真空玻璃 .....           | 95  |
| 4.3.1 真空玻璃概念与特征 .....    | 95  |
| 4.3.2 真空玻璃的制造技术 .....    | 98  |
| 4.3.3 真空玻璃的应用与发展 .....   | 100 |
| 4.4 高性能防火玻璃 .....        | 102 |
| 4.4.1 防火玻璃概念及特点 .....    | 102 |
| 4.4.2 高性能防火玻璃及制造技术 ..... | 104 |
| 4.4.3 高性能防火玻璃应用及发展 ..... | 108 |

## 第5章 环境友好型建筑卫生陶瓷

111

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 5.1 陶瓷薄板 .....            | 112 |
| 5.1.1 概述 .....            | 112 |
| 5.1.2 生产工艺 .....          | 112 |
| 5.1.3 产品性能 .....          | 113 |
| 5.1.4 工程化应用 .....         | 114 |
| 5.2 外墙干挂陶瓷空心板 .....       | 115 |
| 5.2.1 概述 .....            | 115 |
| 5.2.2 产品性能 .....          | 117 |
| 5.2.3 生产工艺 .....          | 118 |
| 5.2.4 工程化应用情况 .....       | 119 |
| 5.3 薄型陶瓷砖 .....           | 120 |
| 5.3.1 概述 .....            | 120 |
| 5.3.2 产品性能 .....          | 120 |
| 5.3.3 生产工艺 .....          | 121 |
| 5.3.4 工程化应用情况 .....       | 121 |
| 5.4 发泡陶瓷保温砖(板) .....      | 121 |
| 5.4.1 概述 .....            | 121 |
| 5.4.2 发泡陶瓷砖(板)的性能特点 ..... | 122 |
| 5.4.3 生产工艺 .....          | 123 |
| 5.4.4 工程化应用情况 .....       | 124 |
| 5.5 烧结透水砖 .....           | 125 |
| 5.5.1 概述 .....            | 125 |
| 5.5.2 产品性能 .....          | 125 |
| 5.5.3 生产工艺 .....          | 126 |
| 5.5.4 工程化应用情况 .....       | 126 |



|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 5.6 轻量化节水型陶瓷卫生洁具 .....       | 127 |
| 5.6.1 概况 .....               | 127 |
| 5.6.2 与节水型便器相关的产品性能 .....    | 129 |
| 5.6.3 与轻量化卫生陶瓷相关的产品性能 .....  | 130 |
| 5.6.4 轻量化节水型卫生陶瓷生产工艺介绍 ..... | 131 |
| 5.6.5 工程化应用情况 .....          | 132 |
| 5.7 陶瓷太阳能集热器(板) .....        | 133 |
| 5.7.1 概述 .....               | 133 |
| 5.7.2 产品性能 .....             | 133 |
| 5.7.3 生产工艺 .....             | 135 |
| 5.7.4 工程化应用情况 .....          | 138 |

## 第6章 保温型墙体砌筑材料及其应用

140

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 6.1 保温型混凝土砌块及其应用 .....        | 141 |
| 6.1.1 保温型混凝土砌块研究进展与发展方向 ..... | 141 |
| 6.1.2 多排孔轻骨料混凝土保温砌块及其应用 ..... | 143 |
| 6.1.3 混凝土充填复合保温砌块及其应用 .....   | 146 |
| 6.1.4 混凝土夹芯复合保温砌块及其应用 .....   | 150 |
| 6.2 发泡混凝土保温砌块及其应用 .....       | 153 |
| 6.2.1 发泡混凝土制备与应用 .....        | 154 |
| 6.2.2 发泡混凝土实心保温砌块及其应用 .....   | 156 |
| 6.2.3 发泡混凝土复合保温砌块及其应用 .....   | 160 |
| 6.3 保温砌筑砂浆及其应用 .....          | 163 |
| 6.3.1 保温砌筑砂浆专用添加剂 .....       | 163 |
| 6.3.2 炉底渣保温砌筑砂浆 .....         | 165 |
| 6.3.3 膨胀玻化微珠保温砌筑砂浆 .....      | 166 |
| 6.4 保温型墙体砌筑材料关键生产设备 .....     | 169 |
| 6.4.1 智能化分仓式砌块成型机 .....       | 169 |
| 6.4.2 发泡水泥在线充填浇注系统 .....      | 173 |

## 第7章 环境功能建材

176

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 7.1 抗菌、防霉材料及建材制品与工程应用 ..... | 177 |
| 7.1.1 抗菌防霉材料 .....          | 177 |
| 7.1.2 抗菌防霉建材及工程应用 .....     | 178 |

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 7.2 建筑物理环境改善与节能建材及工程应用 .....  | 183 |
| 7.2.1 相变蓄热材料、建材制品与工程应用 .....  | 183 |
| 7.2.2 空气湿度调节建材技术与应用 .....     | 193 |
| 7.2.3 电磁波污染控制材料技术与应用 .....    | 201 |
| 7.3 建筑环境化学污染控制材料技术与工程应用 ..... | 208 |
| 7.3.1 净化空气材料技术 .....          | 208 |
| 7.3.2 空气净化建材及工程应用 .....       | 215 |

## 第8章 新型建筑保温材料

219

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| 8.1 石墨改性聚苯乙烯泡沫塑料 .....         | 220 |
| 8.1.1 概述 .....                 | 220 |
| 8.1.2 性能及特点 .....              | 221 |
| 8.1.3 应用技术 .....               | 222 |
| 8.1.4 工程应用 .....               | 224 |
| 8.2 真空绝热板 .....                | 224 |
| 8.2.1 概述 .....                 | 224 |
| 8.2.2 性能及特点 .....              | 225 |
| 8.2.3 应用技术 .....               | 227 |
| 8.2.4 工程应用 .....               | 230 |
| 8.3 $\text{SiO}_2$ 气凝胶材料 ..... | 231 |
| 8.3.1 概述 .....                 | 231 |
| 8.3.2 性能及特点 .....              | 232 |
| 8.3.3 应用技术 .....               | 233 |
| 8.3.4 工程应用 .....               | 235 |
| 8.4 3D 织物增强泡沫混凝土板 .....        | 236 |
| 8.4.1 概述 .....                 | 236 |
| 8.4.2 性能及特点 .....              | 237 |
| 8.4.3 应用技术 .....               | 239 |
| 8.4.4 工程应用 .....               | 241 |

## 第9章 新型高效建筑耐火材料

242

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 9.1 碱性耐火材料 .....   | 242 |
| 9.1.1 镁铝尖晶石砖 ..... | 243 |
| 9.1.2 镁铁尖晶石砖 ..... | 244 |

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 9.1.3 镁锆格子体砖 .....              | 246 |
| 9.2 铝硅质耐火材料 .....               | 249 |
| 9.2.1 低导热多层复合莫来石砖 .....         | 249 |
| 9.2.2 特性介绍 .....                | 250 |
| 9.2.3 材料组成 .....                | 251 |
| 9.2.4 材料结构设计 .....              | 251 |
| 9.2.5 节能降耗效果 .....              | 253 |
| 9.2.6 应用情况 .....                | 253 |
| 9.3 不定形耐火材料 .....               | 254 |
| 9.3.1 不定形耐火材料发展采取的技术措施 .....    | 254 |
| 9.3.2 不定形耐火材料的发展趋势 .....        | 256 |
| 9.3.3 建材行业新型不定形耐火材料使用案例 .....   | 257 |
| 9.4 低导热熔铸 AZS 复合耐火砖 .....       | 261 |
| 9.4.1 低导热 AZS 凹槽砖的强制快熔工艺 .....  | 262 |
| 9.4.2 低导热 AZS 凹槽砖的铸造技术 .....    | 264 |
| 9.4.3 低导热熔铸 AZS 复合砖的性能与应用 ..... | 271 |

## 第10章 绿色建材评价

274

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 10.1 绿色建材评价技术导则介绍 .....   | 274 |
| 10.1.1 《导则》通用控制项要求 .....  | 275 |
| 10.1.2 保温材料绿色建材评价 .....   | 280 |
| 10.1.3 预拌混凝土绿色建材评价 .....  | 286 |
| 10.1.4 砌体材料绿色建材评价 .....   | 289 |
| 10.1.5 建筑节能玻璃绿色建材评价 ..... | 294 |
| 10.1.6 陶瓷砖绿色建材评价 .....    | 297 |
| 10.1.7 卫生陶瓷绿色建材评价 .....   | 300 |
| 10.2 绿色产品评价国家标准介绍 .....   | 303 |

## 参考文献

310

# 第1章

## 绪论

绿色建筑选用绿色建材是业内共识，选用绿色建材可以延长建筑材料的寿命，降低建筑材料生产、使用过程的资源消耗和碳排放。从全生命周期的角度来看，绿色建材承载着诸如节约资源、能源和保障室内环境等重要作用，对材料的选用很大程度上决定了建筑的“绿色”程度。

### 1.1 绿色建材概念

经济与环境的协调发展对建筑和建材提出了“绿色”“低碳”“可持续发展”“技术”四个指标，绿色建筑是“建筑规划、建筑设计、建筑技术、建筑材料、建筑部品部件等绿色化”的高效集成。近十年来，我国的绿色建材在政府的强力推动下已经取得了长足发展，政策和法规体系都已基本建立。2012年，财政部与住房和城乡建设部联合发布《关于加快我国绿色建筑发展的实施意见》，其中明确提出“加大高强钢、高性能混凝土、防火与保温性能优良的建筑保温材料等绿色建材的推广力度。要根据绿色建筑发展需要，及时制定发布相关技术、产品推广公告、目录，促进行业技术进步”等要求。由此可见，绿色建筑必须以绿色建材为载体来实现。同时，绿色建材的发展也以绿色建筑的需求为导向。

为大力发展绿色建材，支撑建筑节能、绿色建筑和新型城镇化建设需求，落实



节约资源、保护环境的基本国策，加快转变城乡建设模式和建筑业发展方式，改善需求结构，培育新兴产业，促进建材工业转型升级，推动工业化和城镇化良性互动，2014年5月21日，住房和城乡建设部（简称住建部）、工业和信息化部（简称工信部）制定了《绿色建材评价标识管理办法》。为促进绿色建材生产和应用，推动建材工业稳增长、调结构、转方式、惠民生，更好地服务于新型城镇化和绿色建筑发展，2015年8月31日，工信部、住建部联合下发《促进绿色建材生产和应用行动方案》，确定了“绿色建材”的新定义：是指在全生命期内减少对自然资源消耗和生态环境影响，具有“节能、减排、安全、便利和可循环”特征的建材产品。“节能”是指在生产环节降低能源、资源消耗，在使用环节提升建筑物节能水平；“减排”是指在生产环节减少污染物和二氧化碳的排放，在使用环节不仅自身减少还帮助建筑物减少有毒有害物质缓慢释放，更好地保障生命健康；“安全”是指在生产环节减少安全隐患，提高产品本质安全度和耐久性，在使用环节帮助提升建筑物防灾减灾水平和延长使用寿命；“便利”是指生产环节环境舒适、施工环节使用便利，职业病发病率降低；“可循环”是指生产环节无害化消纳产业废弃物，废弃处置环节无毒无害易回收、便于资源化再利用。由此，我国“绿色建材”第一次有了明确的官方定义。

2016年8月，中国建筑材料联合会在编制《建材工业“十三五”发展指导意见》时，在广泛征求行业内专家和企业代表意见的基础上，也提出了一个绿色建材的定义：绿色建筑材料是指在原料的选用、开采加工、产品制造、产品应用过程中，能够有效利用废弃物，少用天然资源和能源，资源可循环再利用的，不仅性能功能符合建筑物等配置的要求，而且全生命期内与生态环境和谐，对人类健康无害的建筑材料。绿色建筑材料具有节能、环保、低碳、安全、可循环、长寿命的特征；生产工艺和生产使用过程中贯彻清洁文明、净化环境的特征；充分利用废弃物，减少天然资源和能源消耗，具有可循环再利用的特征；具有低排放、无污染、无毒害、与生态和谐的特征；满足绿色建筑和其他应用领域配置要求，具有有利于改善和提升人类生产生活水平的发展进步特征。

2016年12月，国务院办公厅发布《国务院办公厅关于建立统一的绿色产品标准、认证、标识体系的意见》（国办发〔2016〕86号），重点任务之一就是“统一绿色产品内涵和评价方法”，绿色产品内涵基于全生命周期理念，在资源获取、生产、销售、使用、处置等产品生命周期各阶段中，绿色产品内涵应兼顾资源能源消耗少、污染物排放低、低毒少害、易回收处理和再利用、健康安全和质量品质高等特征。内涵主要体现在满足用户使用要求和消费升级需求，这是基本前提；节约资源和能源；保护生态环境，对环境无影响或影响极小；保护消费者人体健康，要求产品无毒无害或低毒低害。2017年5月开始实施的GB/T 33761—2017《绿色产品评价通则》定义了绿色产品的概念，即在全生命周期过程中，符合环境保护要求，对生态环境和人体健康无害或危害极小、资源能源消耗少、品质高的产品。