



JIANZHU
GONGNENG CAILIAO

建筑功能材料

万小梅 全洪珠 ◎ 主 编

王兰芹 高 嵩 ◎ 副主编



化学工业出版社

JIANZHU
GONGNENG CAILIAO

建筑功能材料

万小梅 全洪珠 ◎ 主 编

王兰芹 高 嵩 ◎ 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书主要介绍了保温隔热材料、防水材料、建筑光学材料、防火材料、吸声隔声材料、建筑加固修复材料等内容。为便于教学,该书大部分章节后附有习题与思考题。本书力求反映近年来国内外建筑功能材料的最新知识和成果以及有关新标准、新规范,注重理论联系实际,紧密结合相关的科研、生产及其在建筑工程设计、施工等方面的应用,适用面广,具有先进性、科学性、实用性、规范性及通用性等特点。

本书可作为大学本科土木工程专业以及建筑学专业、建筑工程管理、材料科学与工程等专业教学用书,也可作为建筑、建材等部门有关设计、科研、施工、管理、生产人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑功能材料/万小梅,全洪珠主编. —北京:化学工业出版社, 2017.9

ISBN 978-7-122-30313-4

I. ①建… II. ①万…②全… III. ①建筑材料-功能材料 IV. ①TU5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 181319 号

责任编辑:彭明兰

文字编辑:冯国庆

责任校对:边涛

装帧设计:王晓宇

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:北京永鑫印刷有限责任公司

装订:三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张14³/₄ 字数390千字 2017年10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:49.00 元

版权所有 违者必究



前言

FOREWORD

建筑功能材料是土木工程材料领域内的重要分支,该领域的材料及产品具有发展更新速度快、种类极为繁多的特点,而这些特点随着当前社会经济的发展愈加突出。加之近年来新技术和新工艺发展迅速,相关的标准规范不断更新,“十三五”期间编写一本反映当代建筑功能材料发展及应用现状的教材十分必要。

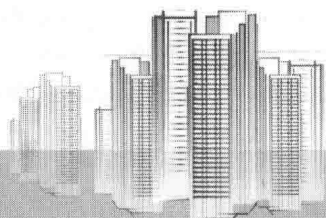
本书的知识体系侧重土建类专业教学,注重各种材料功能机理阐述、产品生产、施工安装及应用案例介绍的多层次结合,同时引用最近颁布的新标准和新规范,以此为本教材的重要特色。各章节体系主要包括各种类型建筑功能材料的基本组成、分类、基本特性、规格与规范、功能机理、选用原则与施工要点,力求反映近年来国内外建筑功能材料的最新知识和成果,以及有关新标准、新规范,注重理论联系实际,紧密结合相关的科研、生产及其在建筑工程设计、施工、管理等方面的应用,适用面广,具有先进性、科学性、实用性、规范性及通用性等特点。

本书根据高等学校土建类专业本科的教学大纲编写,主要内容包括保温隔热材料、防水材料、建筑光学材料、防火材料、吸声隔声材料、建筑加固修复材料。为便于教学,本书大部分章节后都附有习题和思考题。为满足教师教学和学生学习的需要,本书作者还编写了配套的 PPT 教学课件,发挥辅教辅学功能。

本书由青岛理工大学万小梅、青岛农业大学全洪珠主编,山东建筑大学王兰芹、青岛理工大学高嵩副主编。参加编写的人员有万小梅(第 1 章、第 2 章、配套 PPT 课件),全洪珠(第 3 章),王兰芹(第 4 章、第 6 章),高嵩(第 5 章的 5.1~5.3),青岛理工大学卢桂霞(第 7 章),青岛理工大学岳公冰(第 5 章的 5.4)。

本书配有教学 PPT 课件,读者可自行到 <http://download.cip.com.cn> 下载。

由于笔者水平有限,书中不足之处在所难免,希望广大读者批评指正。



目 录

CONTENTS

第 1 章 绪论	1
1.1 建筑功能材料的含义与分类	1
1.2 建筑功能材料的发展趋势	3
1.3 本课程的特点与学习方法	4
第 2 章 保温隔热材料	6
2.1 建筑节能与保温隔热材料	6
2.1.1 建筑节能的概念	6
2.1.2 我国建筑能耗现状	7
2.1.3 建筑节能的意义	7
2.1.4 建筑节能的主要途径	7
2.1.5 建筑节能的有关标准	8
2.1.6 围护结构中的建筑保温隔热材料及其发展	9
2.2 建筑保温隔热材料的基本特性	10
2.2.1 保温隔热材料的保温隔热机理	10
2.2.2 建筑保温隔热材料的基本特性	12
2.2.3 影响材料热导率的主要因素	14
2.3 建筑围护结构保温设计原理	15
2.3.1 建筑围护结构材料的热导率和传热阻	15
2.3.2 建筑围护结构材料的总热阻	15
2.3.3 围护结构的最小传热阻 ($R_{0,min}$)	16
2.3.4 保温层厚度的计算	18
2.3.5 围护结构的保温性能计算例题	19
2.4 无机保温隔热材料	20
2.4.1 散粒状保温隔热材料	21
2.4.2 纤维状保温隔热材料	23
2.4.3 多孔状保温隔热材料	27
2.5 有机保温隔热材料	29

2.5.1 泡沫塑料	29
2.5.2 纤维板	32
2.5.3 硬质泡沫橡胶	32
2.6 保温隔热材料在围护结构中的应用	32
2.6.1 外墙保温与节能	32
2.6.2 屋顶保温与节能	33
2.6.3 门窗节能技术	33
习题与思考题	39

第3章 防水材料 40

3.1 防水工程与防水材料	40
3.1.1 防水、防水工程、防水工程分类	40
3.1.2 防水材料发展与现状	41
3.1.3 防水材料的分类	47
3.1.4 防水材料的基本性质	50
3.1.5 防水材料的标准化	51
3.2 防水卷材	52
3.2.1 沥青防水卷材	52
3.2.2 改性沥青防水卷材	53
3.2.3 合成高分子防水卷材	58
3.2.4 防水卷材施工	62
3.3 防水涂料	70
3.3.1 沥青基防水涂料	71
3.3.2 高聚物改性沥青防水涂料	72
3.3.3 合成高分子防水涂料	74
3.3.4 涂膜防水施工	79
3.4 密封材料	81
3.4.1 常用的密封材料	82
3.4.2 密封材料防水施工	87
习题与思考题	88

第4章 建筑光学材料 90

4.1 概述	90
4.1.1 玻璃的制造	91
4.1.2 玻璃的分类	92
4.2 玻璃的基本特性	94
4.2.1 玻璃的基本性质	94
4.2.2 玻璃体的缺陷	96

4.2.3 玻璃的储存与运输	97
4.2.4 玻璃的表面加工和装饰	98
4.3 常用建筑玻璃	99
4.3.1 平板玻璃	99
4.3.2 饰面玻璃	103
4.3.3 安全玻璃	106
4.3.4 功能玻璃	112
4.3.5 玻璃砖	121
4.3.6 有机玻璃	123
4.4 玻璃光学效果及设计	124
4.4.1 玻璃光学装饰效果	124
4.4.2 玻璃装饰的设计	124
4.4.3 玻璃幕墙装饰	126
习题与思考题	132
第5章 防火材料	134
5.1 火灾与建筑防火	134
5.1.1 燃烧现象及其特点	134
5.1.2 建筑火灾的危害及特点	137
5.2 建筑材料的燃烧性能和阻燃机理	141
5.2.1 材料防火要求	141
5.2.2 材料燃烧性能分级	142
5.2.3 阻燃材料与阻燃体系	145
5.3 防火板材	149
5.3.1 FC 纤维水泥加压板	149
5.3.2 泰柏墙板	150
5.3.3 纤维增强硅酸钙板	150
5.3.4 纸面石膏板	150
5.3.5 石棉水泥平板	151
5.3.6 菱镁防火板	152
5.4 防火涂料	152
5.4.1 建筑防火涂料的组成与分类	152
5.4.2 建筑防火涂料的防火机理	153
5.4.3 饰面型防火涂料	156
5.4.4 钢结构防火涂料	160
5.4.5 混凝土结构防火涂料	168
习题与思考题	172

第 6 章 吸声隔声材料	173
6.1 建筑声学的基本原理	173
6.1.1 声音的产生与传播	174
6.1.2 声音的计量	175
6.2 声学材料及结构的基本特性	178
6.2.1 吸声材料和结构的基本特性	178
6.2.2 隔声材料和结构的基本特性	179
6.2.3 吸声材料与隔声材料的区别	180
6.3 吸声材料与结构	180
6.3.1 吸声材料的分类	180
6.3.2 多孔性吸声材料	181
6.3.3 共振吸声结构	190
6.3.4 其他吸声结构	191
6.4 隔声材料与结构	192
6.4.1 空气声隔绝	192
6.4.2 固体声隔绝	196
6.5 声学材料的选用原则和应用	196
6.5.1 声学材料的选用原则	196
6.5.2 施工应用实例	197
习题与思考题	198
第 7 章 建筑加固修复材料	199
7.1 概述	199
7.1.1 目前存在的问题	199
7.1.2 建筑加固方法	201
7.1.3 加固修复材料	203
7.2 聚合物复合修补材料	204
7.2.1 简述	204
7.2.2 聚合物水泥砂浆修补材料	206
7.2.3 聚合物复合修补材料存在的问题	209
7.3 纤维复合修补材料	211
7.3.1 简述	211
7.3.2 钢纤维混凝土	213
7.3.3 碳纤维复合修补材料	215
7.3.4 其他纤维复合修补材料	217
7.4 化学灌浆补强修复材料	218
7.4.1 简述	218

7.4.2 环氧树脂灌浆料	221
7.4.3 甲基丙烯酸甲酯类浆液	222
7.4.4 丙烯酰胺类浆液	222
7.4.5 聚氨酯灌浆材料	223
7.4.6 其他灌浆材料	223
7.5 其他类型修补材料	225
习题与思考题	226

参考文献	227
------------	-----

第1章

绪论

1.1 建筑功能材料的含义与分类

建筑材料是土木工程的基础，在人类的生产和生活中占有极为重要的地位。建筑材料的种类繁多，可以按不同原则进行分类。其中，根据使用功能，可将建筑材料分为结构材料、装饰材料和建筑功能材料。结构材料主要是指构成建筑物受力构件和结构所用的材料，如梁、板、柱、基础、框架和其他受力构件所用的材料，对这类材料的主要技术性能要求是力学性能和耐久性，常见的材料有木材、竹材、石材、水泥、混凝土、砖瓦、复合材料等；装饰材料主要是指装修各类土木建筑物以提高其使用功能和美观，同时兼有保护主体结构在各种环境因素下的稳定性和耐久性的建筑材料及其制品，包括各种涂料、油漆、镀层、贴面、瓷砖、具有特殊效果的玻璃等；建筑功能材料主要是指担负某些建筑功能的、非承重用的材料，赋予建筑物保温、隔热、防水、防潮、防腐、防火、阻燃、采光、吸声、隔声等功能，决定着建筑物的使用功能和品质。有的建筑功能材料往往还起着装饰材料的作用。

随着生活水平的提高，人们对建筑物的质量要求越来越高。而建筑用途的扩展，对其功能方面的要求也越来越高，这方面在很大程度上要靠建筑功能材料来完成。建筑功能材料的出现与发展，是现代建筑有别于旧式传统建筑的原因之一，它大大改善了建筑物的使用功能，使其具备更加优异的技术经济效果，更适合人们的生活和工作要求。目前，建筑功能材料的地位和作用已越来越受到人们的关注及重视。

建筑功能材料的种类极为丰富，即使是同一建筑功能领域内，也可能会有数以百计甚至更多的材料及产品种类。一般来说，是按照材料在建筑物中的功能进行分类的，包括建筑保温隔热材料、建筑防水材料、建筑光学材料（建筑玻璃）、建筑防火材料、建筑声学材料和建筑加固修复材料。以下对各种建筑功能材料的主要特点进行简单介绍。

(1) 建筑保温隔热材料 建筑保温隔热材料应用于外围护结构，是减少建筑物室内热量向室外散发，从而保持建筑物室内温度的材料。建筑保温隔热材料对创造适宜的室内热环境和节约能源有重要作用。我国要走可持续发展的道路，就需要节能建材和绿色建筑。建筑节能工作的发展需要建材业的支撑。节能是国内住宅建设的重要工作之一，建筑节能更是国家发展的基本国策之一，在设计节能建筑时都要选用保温隔热材料，其目的是冬季减少热损失，以保持室内需要的温度，夏季阻止太阳的辐射热；或在夏热冬暖地区的建筑外墙和屋面进行施工，阻止太阳的辐射热。

(2) 建筑防水材料 建筑防水材料是指防止雨水、地下水、工业和民用的给排水、腐蚀性液体以及空气中的湿气、蒸汽等侵入建筑物的材料。建筑防水即为防止水对建筑物某些部



位的渗透而在建筑材料上和构造上所采取的措施。防水材料多用于屋面、地下建筑、建筑物的地下部分和需防水的内室及储水构筑物等。按其采取的措施和手段的不同,分为材料防水和构造防水两大类材料。防水是靠建筑材料阻断水的通路,以达到防水的目的或增加抗渗漏的能力,如卷材防水、涂膜防水、混凝土及水泥砂浆刚性防水以及黏土、灰土类防水等。防水材料根据其使用过程中的变形性能又分为柔性防水材料和刚性防水材料。一般所说的防水材料通常是指防水卷材、防水涂料和密封材料等柔性防水材料。

(3) 建筑光学材料 建筑光学材料是指对光具有透射或反射作用,用于建筑采光、照明和饰面的材料。建筑光学材料的主要作用是控制和调整光线强度,调节室内照度、空间亮度和光、色的分布,控制眩光,改善视觉工作条件,创造良好的光环境。在各种无机建筑材料中唯一具有透光性的材料就是玻璃。人类学会制造和使用玻璃已有上千年的历史,但是1000多年以来,建筑玻璃的发展比较缓慢。随着现代科学技术和玻璃技术的发展及人民生活水平的提高,建筑玻璃的功能不再仅仅是满足采光要求,而是要具有能调节光线、保温隔热、安全(防弹、防盗、防火、防辐射、防电磁波干扰)、艺术装饰等特性。随着需求的不断发展,玻璃的成型和加工工艺方法也有了新的发展。现在已开发出了夹层、钢化、离子交换、釉面装饰、化学热分解及阴极溅射等新技术玻璃,使玻璃在建筑中的用量迅速增加,成为继水泥和钢材之后的第三大建筑材料。

(4) 建筑防火材料 建筑防火材料是指添加了某种具有防火特性的合成材料,或本身就具有耐高温、耐热、阻燃特性,在建筑工程中用于防火阻燃目的的材料。在人类历史发展进程中,火对人类文明的进步发挥了极其重要的作用,但火在造福人类的同时,也经常带来灾害。随着人们生活水平和消防安全意识的提高,消防安全问题已引起人们的高度重视。目前,建筑防火成为建筑设计中的一项基本要求,对延长建筑物使用寿命,保障人民生命财产安全具有重要意义。尤其是现代建筑向高层化发展,室内装修要求也越来越高,这些都给建筑材料在防火上提出了更高的要求。

(5) 建筑声学材料 建筑声学是研究建筑中声学环境问题的科学,主要研究室内音质和建筑环境的噪声控制。建筑声学材料则是能在较大程度上吸收由空气传递的声波能量或阻隔声波传播的功能材料,又可分为吸声材料和隔声材料。

当声波在一定的空间(室内或管道内)传播,并入射至材料或结构壁面时,有一部分声能被反射;另一部分被吸收(包括透射)。由于这种吸收特性,使反射声能减少,从而使噪声得以降低。这种具有吸声特性的材料和结构称为吸声材料或吸声结构。为了改善声波传播质量,保持良好的音响效果和减少噪声,在音乐厅、歌剧院、大会堂、播音室等室内的墙面、地面和顶棚等部位应用吸声材料。隔声材料是指把空气中传播的噪声隔绝、隔断、分离的一种材料、构件或结构。对于隔声材料,要减弱透射声能,阻挡声音的传播,就不能如同吸声材料那样多孔、疏松、透气,相反它的材质应该是重而密实的,如钢板、铅板、砖墙等一类材料。隔声材料可用于电视台、电影院、歌剧院、音乐厅、会议中心、体育馆、音响室、家居、商场、酒店、酒廊、餐厅等,也常用于室外噪声的隔绝。

(6) 建筑加固修复材料 由于生产、制造、施工、使用及环境等因素的影响,在役工程结构中不可避免地存在各种各样的缺陷和损伤,尤其是在长期服役的各类混凝土结构和钢结构中更为突出。在荷载和环境等因素的作用下,材料的微细结构发生变化,引起材料宏观力学性能的劣化,最终导致钢结构构件宏观开裂或材料破坏,甚至造成工程事故。而随着结构加固修复技术的发展,加固修复材料也发挥着越来越重要的作用,结合不同的结构和修复技术,加固修复材料主要包括无机修补材料、有机与无机材料复合的聚合物修补材料、有机高分子材料三大类。

1.2 建筑功能材料的发展趋势

(1) 建筑保温隔热材料 能源是现代经济建设的物质基础。建筑能耗在人类整个能源消耗中一般占30%~40%，建筑节能意义重大。建筑保温隔热是建筑节能的一个重要方面。随着经济的持续快速增长，我国的能源与环境日渐突出。因此发展绿色节能的建筑保温材料已成为各个国家重视的课题之一。绿色节能、开发可再生能源、减少对环境的污染和危害、多功能复杂化、适合人们生活需求的建筑保温材料能够达到资源环境效益、技术产品效益和功能舒适目的，在建筑行业有广阔的市场前景。

(2) 建筑防水材料 20世纪80年代以前，我国防水材料的发展十分缓慢。改革开放以后，建筑防水材料获得了较快的发展，陆续从国外引进了SBS（苯乙烯系热塑性弹塑体）、APP（无规聚丙烯）改性沥青防水卷材、三元乙丙橡胶防水卷材等生产线，生产技术装备水平得到很大提高。随后国内开发研制出改性沥青防水卷材生产线，实现国产化，聚酯胎和玻纤胎为主的改性沥青防水卷材成为我国发展最快的新型防水材料。对于近几年在欧洲和美国流行的聚氯乙烯防水卷材、热塑性聚烯烃防水卷材，我国也初步掌握相关技术，并引进技术和设备开始生产。随着我国科学技术的进步，防水涂料也获得了较快发展，我国防水涂料已形成了聚氨酯防水涂料、聚合物水泥防水涂料、沥青基防水涂料、聚合物改性沥青基防水涂料、聚合物乳液防水涂料、无机防水涂料等多类型、多品种的格局，应用于屋面、地下室、外墙以及工业与民用建筑的厕浴间防水。

我国今后防水材料的发展趋势应为：大力发展改性沥青防水卷材，积极推进高分子防水卷材，发展防水涂料，努力开发密封材料，并注重开发止水、堵漏材料的硬质聚氨酯发泡防水保温一体化材料，逐步减少低档材料和相应提高各类中高档材料的比例，全面提高我国防水材料的总体水平；解决相应的生产装备、配套原材料和施工技术问题，减少建筑物的渗漏，保证防水工程使用期限的逐步提高；规范市场，改进管理体制，尽快实行防水工程质量保证期制度。

(3) 建筑光学材料 随着科技的进步及玻璃技术的飞速发展，建筑玻璃的功能已经不再是仅仅满足采光要求，而是要具有能调节光线、保温隔热、安全、艺术装饰等特性。当前，应用最多的是平板玻璃，其在使用过程中可以加工成安全玻璃，如钢化玻璃、夹层玻璃等。还可以加工成彩釉玻璃起到装饰作用，并且也可以加工成镀膜玻璃，不仅起到装饰的功能，还可以起到节能的作用。与此同时，新型玻璃材料也不断进入建筑领域。建筑玻璃未来呈现两大发展趋势：①建筑玻璃的质量将会不断提升，包括建筑玻璃产品的节能性能；②建筑玻璃将会使用新的结构形式提升安全性能。而建筑玻璃未来的发展方向也会沿着安全节能走下去，不断开发新技术来提高产品性能。

(4) 建筑防火材料 建筑防火材料涉及结构和装修材料，具体的材料品种和产品类型很多。除了众多的无机材料，在生产防火材料制品时会用到种类繁多的阻燃剂。目前常用的阻燃剂是以卤素体系为主的阻燃剂，这类阻燃剂具有发烟量大、毒性大的缺点。近年来，国内对无卤型阻燃剂的开发研究日益重视。特别是在封闭体系的条件下，强烈要求使用具有无烟、无毒或者低烟、低毒等优点的阻燃剂。国内外阻燃技术的研究主要集中在开发无卤化和低发烟化新技术，我国许多研发单位和厂家都致力于这方面的开发研究工作，并取得了突出成果，已有大量的无卤阻燃产品用于生产的各个领域。

此外，当前日本、美国及西欧等发达国家和地区都投入很大力量研究与开发绿色建筑防火材料。国际上的大型建材生产企业早就对绿色建筑防火材料的生产给予了高度重视，并进行了积极的研发工作。在要求实用的防火功能及外表美观之外，更强调对人体、环境无毒



害、无污染。并开发出了许多绿色建筑防火材料新产品,例如:可控离子释放型抗菌防火玻璃,电子臭氧除臭、杀菌防火装饰装修材料。这些材料不仅能保证良好的防火阻燃性能,同时也是改善室内环境的环保材料。

(5) 建筑声学材料 生态环保和可持续发展是当前建筑声学材料发展的重要趋势之一。传统的纤维吸声材料,特别是矿物纤维吸声材料,近年来开始受到环境和卫生领域学者的批评,认为其有害健康,只是由于其成本低廉,生产简单,始终没有退出声学材料舞台。而微穿孔板吸声结构和微穿孔消声器则是一类由高科技创造出的“绿色”、高效的建筑声学材料及产品。微穿孔板是一种较好的共振吸声结构。它利用丝米级微孔来取得与大气相匹配的声阻,其共振吸声带宽且容易调节,还可以做成双层结构。这种“绿色”、高效的吸声材料有着广泛的应用前景,可成为传统建筑研究的示范,促进建筑材料与构造技术的发展。

复合型材料是当前建筑声学材料发展的另一重要趋势。现代建筑对声环境质量的要求越来越高。不同类型的复合声学材料已开始成功应用在噪声控制中。用于这一功能的复合声学材料有阻尼-吸声复合材料和阻尼-吸声-隔声复合材料等。此外,在一些情况下,希望声学材料集多种功能于一体,除吸声、隔声、阻尼等声学性能外,还具有其他功能,即防火、隔热、阻燃、防虫、防腐等防护功能以及美观的要求。对于多孔材料,还要具有预防吸潮而变形的功能。这样可以节约材料的使用量,简化施工工艺,达到可持续发展的目的。

(6) 建筑加固修复材料 我国已逐渐进入在役建筑大规模加固修复阶段,为了能够保证建筑结构的加固修复工作的质量得到全面提高,新的结构加固修复技术不断出现,用以更好地保证建筑结构的承载力,与此同时也使结构的其他功能得到正常发挥,并能够满足在恶劣环境下的使用要求。除了较大程度的结构性修复外,专门的加固修复材料一般应用在表面维修、裂缝修补、纤维布加固、绕丝法、置换压浆与化学灌浆法中。例如,碳纤维增强复合材料(carbon fiber reinforced polymer, CFRP)就被广泛运用于各类工程结构的维护修复中。

加固技术的发展依赖于新材料的发展。由轻质、高强、抗腐蚀、耐高温的新材料构成的效果好、易施工的加固方法有助于推动加固材料的发展。

总体来说,研发和生产质量高、多功能、成本低、能耗低、对环境友好的新型材料,是提高我国建筑功能材料总体水平及质量,赶上世界先进水平的总体趋势。

1.3 本课程的特点与学习方法

(1) 掌握材料的性能及应用范围 不同类型的建筑功能材料在原材料与生产工艺、结构和构造、性能及应用、施工及检验等方面有各自的特点,但也有其共性之处。应全面掌握各类功能材料的性能特点,以便在种类繁多的建筑功能材料中选择最合适的品种加以应用,这一点尤为重要。对于建筑功能材料制备的产品,应了解其原材料、生产工艺及结构、构造知识,以明确这些因素是如何影响材料及制品性能的。此外,几乎所有的建筑功能材料及其制品都需要进行现场安装或施工,应对其安装、使用等应用形式有一定的了解,为从事新型建筑材料的研究、开发、生产及应用打下基础。

(2) 熟悉相关的技术标准 大部分常用建筑功能材料,均由专门的机构制定并发布了相应的技术标准,对其质量规格、验收方法和技术应用规程等做了详尽而明确的规定。技术标准是生产、流通和使用单位检验、确定产品质量是否合格的技术文件。为了保证材料的质量,进行现代化生产和科学管理,必须对材料产品的技术要求制定统一的执行标准。其内容一般包括产品规格、分类、技术要求、检验方法、验收规则、包装及标志、运输和储存注意事项等。

包括我国在内,世界各国对材料及其产品均制定了各自的标准。我国常用的标准主要有

国家级、行业（或部）级、地方级和企业级四类，分别由相应的标准化管理部门批准并颁布。国家标准是由国家质量监督检验检疫总局发布的全国性指导技术文件，其代号为 GB。行业标准也是全国性的指导技术文件，由主管生产部（或总局）发布，其代号按部名而定，如建材行业标准的代号为 JC。国家标准和行业标准全国通用，各级相关部门必须执行。地方标准是由地方主管部门制定和发布的地方性技术文件，其代号为 DB，适用于本地区使用。企业标准仅适用于本企业，其代号为 QB。没有相应的国家、行业和地方标准的产品，生产中应按企业标准执行，企业标准的技术要求应高于类似或相关产品的国家标准。随着我国对外开放和加入世界贸易组织，还常常会接触甚至应用到一些国际或外国标准，如国际标准，代号为 ISO；国际材料与结构研究实验联合会标准，代号为 RILEM；美国材料与试验协会标准，代号为 ASTM；德国工业标准，代号为 DIN；英国标准，代号为 BS；日本工业标准，代号为 JIS 等。

建筑功能材料品种繁多且新型材料较多，涉及的产品和检测标准也就十分丰富。目前，关于建筑功能材料标准的内容大致包括材料（产品）质量要求和检测两大类。有的将两者合在一起，有的将分开制定标准。不同的标准相互渗透、关联，有时一种材料的检验会涉及多个标准、规范等。

（3）注重功能机理的掌握 系统掌握建筑功能材料的知识，需要学习和研究的内容很广，涉及材料学、热学、光学、电学等多学科以及建筑学（建筑物理）、结构、施工等专业领域，具有多学科知识渗透交叉的特点。例如，学习建筑防火材料时，首先需要学习掌握物质的燃烧原理，还需要了解燃烧链反应以及阻断链反应的阻燃机理；而在学习建筑声学材料时，则需要对建筑声学基本理论有一定的了解。因此，注重对建筑功能材料相关功能机理的学习掌握，有助于对不同建筑功能材料的性能、应用以及相关检测方法等知识内容进行深入了解。

第2章

保温隔热材料



案例导航

某北方住宅小区，经3年使用之后，其外墙外保温体系陆续出现了以下质量问题：外墙面沿板缝开裂、墙面龟裂。经调查分析后得到以下主要结论：外墙面沿板缝开裂是因为外保温面层抹灰柔性不够，相邻材料变形不一致，且透气性差，板缝未处理；而墙面龟裂的主要原因是保温板采用了密度过低的聚苯板，且抗冲击性差、易变形，在风压及温度应力作用下，产生了无规则的裂缝。



问题讨论

从以上案例入手，分析外墙外保温系统在使用过程中质量会受到哪些因素影响？在材料选择及施工中应注意哪些问题？

2.1 建筑节能与保温隔热材料

2.1.1 建筑节能的概念

当前人类面临的地球环境问题主要包括环境污染和资源能源枯竭。其中，世界范围内石油、煤炭、天然气三种传统能源日趋枯竭，使得人类将不得不关注能源问题。要从根本上解决能源问题，除了寻找新的能源，节能是更为关键的也是最直接有效的措施。节能是指加强用能管理，采用技术上可行、经济上合理以及环境和社会可以承受的措施，减少从能源生产到消费各个环节中的损失和浪费，更加有效、合理地利用能源。

建筑节能在整个社会的节能措施中占有重要地位。建筑节能具体是指在建筑物的规划、设计、新建（改建、扩建）、改造和使用过程中，执行节能标准，采用节能型的技术、工艺、设备、材料和产品，提高保温隔热性能和采暖供热、空调制冷制热系统效率，加强建筑物用能系统的运行管理，利用可再生能源，在保证室内热环境质量的前提下，增大室内外能量交换热阻，以减少供热系统、空调制冷制热、照明、热水供应因大量热消耗而产生的能耗。为减少建筑中能量的散失，国内外普遍采用的节能措施主要是“提高建筑中的能源利用率”，在保证提高建筑舒适性的条件下，合理使用能源，不断提高能源利用效率。

2.1.2 我国建筑能耗现状

建筑能耗是指建筑使用能耗,包括采暖、空调、热水供应、照明、炊事、家用电器、电梯等方面的能耗。其中采暖、空调能耗占60%~70%。随着城市建设的高速发展,我国的建筑能耗逐年大幅度上升,建筑耗能总量在我国能源消费总量中的份额已超过27%,接近三成,而国际上发达国家的建筑能耗一般占全国总能耗的33%左右。国家住房与城乡建设部科技司的研究表明,随着城市化进程的加快和人们生活质量的改善,我国建筑能耗比例最终还将上升至35%左右。如此庞大的比重,建筑能耗已经成为我国经济发展面临的重要问题。

根据《2015~2020年中国建筑节能行业现状调研分析与发展趋势预测报告》提供的数据,我国现有建筑面积为400亿平方米,绝大部分为高能耗建筑,潜伏着巨大的能源危机。每年的新建建筑中真正称得上“节能建筑”的还不足1亿平方米,其余无论从建筑围护结构还是采暖空调系统来衡量,均属于高能耗建筑。如果任由这种状况继续发展,到2020年,我国建筑能耗将达到1089亿吨标准煤;到2020年,空调夏季高峰负荷将相当于10个三峡电站满负荷运转的能力,这将会是一个十分惊人的数量。

我国建筑节能状况落后,亟待改善。尤为典型的是,国内绝大多数采暖地区围护结构的热功能都比气候相近的发达国家差许多,外墙的传热系数是其3.5~4.5倍,外窗为2~3倍,屋面为3~6倍,门窗的空气渗透为3~6倍。欧洲国家住宅的实际年采暖能耗已普遍达到每平方米6L油,大约相当于每平方米8.57kg标准煤。而在我国,达到节能50%的建筑,其采暖能耗每平方米也要达到12.5kg,约为欧洲国家的1.5倍。例如与北京气候条件大体上接近的德国,1984年以前建筑采暖能耗标准和北京目前水平差不多,每平方米每年消耗24.6~30.8kg标准煤,但到了2001年,德国的这一数字却降低至每平方米3.7~8.6kg标准煤,其建筑能耗降低至原有的1/3左右,而北京却一直是22.45kg标准煤。

2.1.3 建筑节能的意义

庞大的建筑能耗,已经成为国民经济的巨大负担。建筑节能是关系到我国建设低碳经济、完成节能减排目标、保持经济可持续发展的重要环节之一,有利于从根本上促进能源资源节约和合理利用,缓解我国能源资源供应与经济社会发展的矛盾;有利于加快发展循环经济,实现经济社会的可持续发展;有利于长远地保障国家能源安全、保护环境、提高人民群众生活质量、贯彻落实科学发展观。

由于我国是一个发展中国家,人口众多,人均能源资源相对匮乏,而且建筑能耗增长的速度远远超过我国能源生产可能增长的速度。在建筑中积极提高能源使用效率,就能够大大缓解国家能源紧缺状况,促进中国国民经济建设的发展。因此,建筑节能是贯彻可持续发展战略、实现国家节能规划目标、减排温室气体的重要措施,符合全球发展趋势。

2.1.4 建筑节能的主要途径

(1) 建筑规划与设计 面对全球能源环境问题,不少全新的设计理念应运而生,它们本质上都要求建筑师从整体综合设计概念出发,与能源分析专家、环境专家、设备师和结构师紧密配合。在建筑规划和设计时,根据大范围的气候条件影响,针对建筑自身所处的具体环境气候特征,重视利用自然环境(如外界气流、雨水、湖泊和绿化、地形等)创造良好的建筑室内微气候,以尽量减少对建筑设备的依赖。

(2) 围护结构 建筑围护结构组成部件(屋顶、墙、地基、隔热材料、密封材料、门和窗、遮阳设施)的设计对建筑能耗、环境性能、室内空气质量与用户所处的视觉和热舒适环



境有根本的影响。一般增大围护结构的费用仅为总投资的3%~6%，而节能却可达20%~40%。通过改善建筑物围护结构的热工性能，在夏季可减少室外热量传入室内，在冬季可减少室内热量的流失，使建筑热环境得以改善，从而减少建筑冷、热消耗。提高围护结构各组成部件的热工性能，一般通过改变其组成材料的热工性能实行。

(3) 提高终端用户用能效率 高能效的采暖、空调系统与上述削减室内冷热负荷的措施并行，才能真正地减少采暖、空调能耗。首先，根据建筑的特点和功能，设计高能效的暖通空调设备系统，例如：热泵系统、蓄能系统和区域供热、供冷系统等。然后，在使用中采用能源管理，监控系统监督，调控室内的舒适度、室内空气品质和能耗情况。如欧洲国家通过传感器测量周边环境的温、湿度和日照强度，然后基于建筑动态模型预测采暖和空调负荷，控制暖通空调系统的运行。在其他家电产品和办公设备方面，应尽量使用节能认证的产品。

(4) 提高总的能源利用效率 从一次能源转换到建筑设备系统使用的终端能源的过程中，能源损失很大。因此，应从全过程（包括开采、处理、输送、储存、分配和终端利用）进行评价，才能全面反映能源利用效率和能源对环境的影响。建筑中的能耗设备，如空调、热水器、洗衣机等应选用能源效率高的能源供应。例如，作为燃料，天然气比电能的总能源效率更高。采用第二代能源系统，可充分利用不同品位热能，最大限度地提高能源利用效率，如热电联产（CHP）、冷热电联产（CCHP）。

(5) 利用新能源 在节约能源、保护环境方面，新能源的利用起至关重要的作用。新能源通常指非常规的可再生能源，包括太阳能、地热能、风能、生物质能等。人们对各种太阳能利用方式进行了广泛的探索，逐步明确了发展方向，使太阳能初步得到一些利用，如：①作为太阳能利用中的重要项目，太阳能热发电技术较为成熟，美国、以色列、澳大利亚等国家投资兴建了一批试验性太阳能热发电站，以后可望实现太阳能热发电商业化；②随着太阳能光伏发电的发展，国外已建成不少光伏电站和“太阳屋顶”示范工程，将促进并网发电系统快速发展；③全世界已有数万台光伏水泵在各地运行；④太阳能热水器技术比较成熟，已具备相应的技术标准和规范，但仍需进一步地完善太阳能热水器的功能，并加强太阳能建筑一体化建设；⑤被动式太阳能建筑因构造简单、造价低，已经得到较广泛应用，其设计技术已相对成熟，已有可供参考的设计手册；⑥太阳能吸收式制冷技术出现较早，已应用在大型空调领域；太阳能吸附式制冷处于样机研制和实验研究阶段；⑦太阳能干燥和太阳灶已得到一定的推广应用。但从总体而言，太阳能利用的规模还不大，技术尚不完善，商品化程度也较低，仍需要继续深入广泛地研究。在利用地热能时，一方面可利用高温地热能发电或直接用于采暖供热和热水供应；另一方面可借助地源热泵和地道风系统利用低温地热能。风能发电较适用于多风海岸线山区和易引起强风的高层建筑，在英国和我国香港已有成功的工程实例，但在建筑领域，较为常见的风能利用形式是自然通风方式。

2.1.5 建筑节能的有关标准

建筑节能作为一项基本国策，其主要经济政策和主要措施应采取法律形式固定下来。当前已有多部国家和行业的建筑节能设计及检测标准规范，除此之外，很多地方也围绕建筑节能专门制定了相应的标准和规范。

《公共建筑节能设计标准》（GB 50189—2015）建立了代表我国公共建筑特点和分布特征的典型公共建筑模型数据库，在此基础上确定了该标准的节能目标；更新了围护结构热工性能限值和冷源能效限值，并按建筑分类和建筑热工分区分别做出规定；增加了围护结构权衡判断的前提条件，补充细化了权衡计算软件的要求及输入输出内容；新增了给水排水系统、电气系统和可再生能源应用的有关规定。其中规定，空调室内计算参数，一般房间冬季温度18~20℃，夏季25~26℃；严寒地区甲类公共建筑各单一立面窗墙面积比（包括透光