



中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

新型墙体材料

(建筑与工程材料专业)

主编 吴自强



武汉理工大学出版社

中等职业教育国家规划教材

新型墙体材料

主 编 吴自强
责任主审 马保国
审 稿 马保国 胡红梅

武汉理工大学出版社

内 容 提 要

本书为教育部面向 21 世纪职业教育国家规划教材。本教材以新型墙体材料的生产工艺为主线,融合了材料的基本性质、主要生产设备、常用的施工工艺和不同材料的检测方法;是一本较全面、系统地介绍国内外墙体材料生产和应用的专门化教材。内容分为 3 篇 15 章——块状墙体材料、板状墙体材料和装饰性墙体材料,其中既有传统材料,也有各种新型墙体材料。本书结合实际情况对有些墙体材料的施工工艺作了介绍,并附有相关部分的最新国家标准。

本书除了供建筑与工程材料专业作教材外,还可作为相关的生产企业、设计、施工单位和检测人员的培训教材使用;亦可作为建筑材料、建筑施工等有关主管部门组织、指导墙体材料改革工作参考。

图书在版编目(CIP)数据

新型墙体材料/吴自强主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2002.8

中等职业教育国家规划教材

ISBN 7-5629-1822-8

I. 新…

II. 吴…

III. 墙体材料-专业学校-教材

IV. TU522

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 003305 号

出版发行:武汉理工大学出版社

武汉市武昌珞狮路 122 号 邮编:430070

HTTP://www.whut.edu.cn/chubanl

E-mail:wutp@public.wh.hb.cn

经销者:各地新华书店

印刷者:武汉理工大学出版社印刷厂

开 本:787×1092 1/16

印 张:19.75

字 数:508 千字

版 次:2002 年 8 月第 1 版

印 次:2002 年 8 月第 1 次印刷

印 数:1~2000 册

定 价:25.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

本社购书热线电话:(027)87397097 87394412

前 言

为满足建筑与工程材料专业职业教育的需要,特编写《新型墙体材料》专门化教材,与其他有关专业课程共同组成一套比较完整的建筑与工程材料专业教材。

为落实面向 21 世纪职业教育课程改革的教材建设规划要求,本教材以突出培养学生实践和动手能力为目标进行编写。希望通过对本教材的学习,使学生获得大纲所要求的对材料的性能、用途和生产工艺的掌握;一定的设备使用、维护能力;以及相应的产品施工技术和检测技能。

本教材在内容上采用生产工艺、设备与施工相结合的编写方法。根据职业技术教育的特点,弱化理论与公式推导等内容,尽量深入浅出,以简明扼要的语言说明问题。

本教材由安徽建材工业学校吴自强主编。北京市建筑材料工业学校王宪编写第 5 章、第 7 章、第 11 章第 1 节;安徽建材工业学校蒋庆华编写第 8 章、第 10 章、第 12 章、第 13 章;北京市建筑材料工业学校杨健编写第 9 章、第 11 章第 3 节;江西现代职业技术学院贾江涛编写第 1 章、第 11 章第 2 节;中国建材研究院新材所崔玉忠编写第 14 章;吴自强编写绪论、第 2 章、第 3 章、第 4 章、第 6 章、第 15 章,并负责全书统稿。

本教材由马保国教授任责任主审,由马保国教授、胡红梅副教授审稿。

本书在编写过程中,得到了孔人英高级工程师和葛新亚高级讲师的关心和支持;杭州新型建材设计院崔登国高级工程师为本教材的编写提供了宝贵的资料,谨此表示衷心感谢。

由于首次编写本教材,编者时间仓促、水平所限,在编写过程中疏漏与欠妥之处在所难免,恳请广大读者尤其广大师生不吝指正。

编 者

2002 年 3 月

中等职业教育国家规划教材

出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神,落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划,根据教育部关于《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》(教职成[2001]1 号)的精神,我们组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写,从 2001 年秋季开学起,国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教学大纲(课程教学基本要求)编写,并经全国中等职业教育教材审定委员会审定。新教材全面贯彻素质教育思想,从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发,注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新的尝试。新教材实行一纲多本,努力为教材选用提供比较和选择,满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材,并在使用过程中,注意总结经验,及时提出修改意见和建议,使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

二〇〇一年十月

目 录

0 绪论	(1)
0.1 墙体材料的发展历史和发展方向	(1)
0.2 墙体材料的分类及功能	(3)
0.3 各种墙体材料的物理、力学性能	(4)
思考题	(11)

第一篇 块状墙体材料

1 粘土空心砖	(12)
1.1 概述	(12)
1.2 粘土空心砖的规格、性能	(19)
1.3 粘土空心砖的生产	(23)
1.4 粘土空心砖的应用技术	(35)
思考题	(39)
2 非烧结砖	(40)
2.1 非烧结砖的基本知识	(40)
2.2 非烧结砖的生产	(42)
2.3 非烧结砖的应用技术	(50)
思考题	(53)
3 小型混凝土空心砌块	(54)
3.1 小型混凝土空心砌块的基本知识	(54)
3.2 小型混凝土空心砌块的性能和技术要求	(56)
3.3 小型混凝土空心砌块的生产	(60)
3.4 小型混凝土空心砌块的主要生产设备	(71)
3.5 小型混凝土空心砌块的应用技术	(82)
3.6 轻骨料小型混凝土空心砌块	(87)
3.7 混凝土砌体专用砌筑砂浆	(91)
思考题	(94)
4 硅酸盐砌块	(95)
4.1 硅酸盐砌块的基本知识	(95)
4.2 硅酸盐砌块的性能	(97)
4.3 粉煤灰硅酸盐砌块的生产	(100)
4.4 硅酸盐砌块的应用技术	(104)
思考题	(106)
5 多孔混凝土砌块	(107)

5.1 多孔混凝土的基本知识和种类	(107)
5.2 加气混凝土砌块的生产	(110)
5.3 加气混凝土砌块的应用技术	(128)
思考题	(131)
6 块状墙体材料的性能检测	(132)
6.1 砌墙砖的物理、力学性能检验	(132)
6.2 小型混凝土空心砌块的力学性能试验	(144)
6.3 小型混凝土空心砌块专用砌筑砂浆粘结性能的测试	(148)
6.4 多孔混凝土砌块的性能检验	(154)
思考题	(159)

第二篇 板状墙体材料

7 石膏板	(160)
7.1 纸面石膏板	(160)
7.2 石膏空心条板	(166)
思考题	(170)
8 纸面草板	(171)
8.1 纸面草板的基本知识	(171)
8.2 纸面草板的生产	(173)
8.3 纸面草板的应用技术	(180)
思考题	(186)
9 玻璃纤维增强水泥混凝土墙板(GRC)	(187)
9.1 玻璃纤维增强水泥轻质多孔隔墙条板	(187)
9.2 玻璃纤维增强低碱度水泥轻质板	(199)
思考题	(206)
10 其他板状墙体材料	(207)
10.1 水泥刨花板	(207)
10.2 炉渣混凝土空心条板	(210)
10.3 硅钙板	(213)
思考题	(218)
11 多功能复合墙板	(220)
11.1 加气混凝土复合墙板	(220)
11.2 铝塑复合板	(225)
11.3 玻璃纤维增强水泥混凝土墙板(GRC)复合保温墙板	(229)
思考题	(240)
12 复合保温墙板的热工性能测试	(241)
12.1 传热学基本概念	(241)

12.2 建筑构件稳态热传递性质的测定——标定和保护热箱法(GB/T 13475—92)	(245)
思考题	(252)

第三篇 装饰性墙体材料

13 装饰混凝土砌块	(253)
13.1 砌体装饰混凝土砌块的种类	(253)
13.2 彩色混凝土砌块	(255)
13.3 劈裂混凝土砌块	(260)
13.4 砌体装饰砌块的施工	(263)
思考题	(265)
14 玻璃纤维增强水泥(GRC)外墙装饰制品	(266)
14.1 玻璃纤维增强水泥的基本原理和制作方法	(266)
14.2 玻璃纤维增强水泥外装饰平板	(270)
14.3 玻璃纤维增强水泥外墙装饰板	(273)
14.4 玻璃纤维增强水泥外墙装饰构件	(276)
思考题	(279)
15 幕墙材料	(280)
15.1 幕墙概述	(280)
15.2 玻璃幕墙	(282)
15.3 金属幕墙	(288)
15.4 铝合金玻璃幕墙	(294)
15.5 混凝土幕墙	(300)
思考题	(304)
参考文献	(306)

0 绪 论

0.1 墙体材料的发展历史和发展方向

0.1.1 墙体材料的发展历史及现状

墙体材料的发展,是随着社会生产力的发展而发展的。

“秦时明月汉时关”足以令今人自豪。以粘土为原料烧制秦砖汉瓦,在 2000 多年以前是一次墙体材料的革命。秦以前战国时期的城墙,如湖南吉首州近期发现的楚长城遗址,还是由石材堆砌的。自秦汉改革土制砖以来,墙体材料没有本质的改变。我国实心粘土砖的生产和应用已有 2000 多年的历史,千古华夏曾经有过历史的辉煌,但发展至今,粘土砖仍占墙体材料总量的 90%。

烧制粘土砖,以每年 6000 亿块计,大约耗煤 7000 万 t,生产实心粘土砖的煤耗与砖混结构采暖煤耗约占全国能耗总量的 20%,成为大气中的主要污染源之一。更为严重的问题是浪费土地,这么多砖要耗用土 12 亿 m^3 ,相当于 60 万亩土地,扣除有些粘土取自河滩、丘陵,每年毁田也达二三十万亩。我们是在以土地换房屋。我国现有人均耕地面积只有世界平均水平的 1/4。如果我们总是照取土烧砖的老办法去盖房子,那么在我们享受到“广厦千万间”的繁荣之后,会突然发现脚下已无立锥之地。

粘土砖块体小,质量重,施工效率低,不满足建筑高层化、施工现场化的要求;而且粘土砖建筑不能满足多功能要求,即功能性不强,其保温、隔热、吸声、装饰性能等较新型墙材差,再加上粘土砖生产,破坏生态、污染环境、浪费能源,已成为我国国民经济的持续、稳定、健康发展的一大障碍。因此,开发新型墙体材料已刻不容缓。

所谓新型墙体材料主要是相对于砖、瓦、灰、砂、石等传统墙体材料而言的,通常泛指不断改进、提高和完善的墙体材料。而水泥、混凝土及其制品等建筑材料,只是近百年来才发展起来的。随着人们生活水平的提高,居住条件的不断改善,各种新型建筑墙体材料应运而生。

0.1.2 墙体材料的发展方向

工业发达国家新型墙体材料已占整个墙体材料的 60%~90%,新建住宅 80%~100%采用高效保温材料,以达到所规定的隔热保温标准。发达国家墙体材料的发展方向主要反映在耐久、节能和功能三大方面,并注重墙体材料生产资源的开发研究。虽经过多年的改革,我国的墙体材料中粘土制品仍然占有相当的比例,与发达国家相比还有较大的差距。因而,墙体改革是我国国民经济和社会发展的需要,是建筑、建材行业传统产业自身改造的需要,也是时代发展向我们提出的迫切要求。我国的墙体材料也必须向节能利废、隔热、高强、空心、大块型方向发展。

混凝土砌块在国外已有一百多年的历史了,世界上许多国家都很重视混凝土砌块的生产

使用,尤其是美国十分重视砌块墙体的建筑设计和施工技术。使用混凝土砌块作墙体材料,较使用传统的粘土砖具有节约土地、降低能耗、保护环境、利用工业废渣、改善建筑功能和提高建筑施工工效等许多优点。我国生产和应用小型混凝土空心砌块只有几十年,其显著的技术优势、经济效益和社会效益愈来愈为人们认识和重视,各类混凝土砌块建筑在全国所占的比重日益增多,发展前景极其广阔。其中,以小型混凝土空心砌块发展速度最快。

石膏建筑制品是应用广泛、节能效果显著的新型墙体材料。美国纸面石膏板产量占世界第一位,有 20 多亿平方米,日本有 5 亿多平方米。石膏板的种类繁多,有平板、防潮板、隔热板、防火板、装饰板和复合板等。石膏制品的综合能耗比陶粒混凝土低 50%~80%,比水泥生产低 35%。我国目前石膏板的生产能力只相当于美国的 1/10。因此,不仅要扩大生产能力,并向多品种、较大厚度(13~25mm)方向发展。

加气混凝土是一种利废、轻质、保温的墙体材料,前苏联、东欧、日本等国产量一直呈上升趋势。有些国家新建房屋的 65%以上采用加气混凝土。日本的 80%加气混凝土用作钢框架建筑体系的围护结构。加气混凝土气孔均匀、表面平整光滑、棱角整齐,可以带有企口,施工简便。降低建筑物自重、提高强度是加气混凝土的发展总趋势。国外加气混凝土的体积密度已降至 400~500kg/m³,强度已达到 4~6MPa,甚至经特殊处理后可达 15MPa。

世界灰砂砖年产量已超过 400 亿块,并且品种多,有空心、实心、本色、彩色等,适用于各种建筑的需要。我国灰砂砖年产量大约在 40 亿块,且品种花色少,推广应用还不广泛,因此,应下大力气发展更多的硅酸盐砖和开拓应用领域。

轻质复合墙板(墙体)是目前世界各国大力发展的墙体材料。它是集承重、防火、防潮、隔音、隔热于一体的新型墙体材料。具有代表性的是钢丝网砂浆夹芯墙板,其表面用水泥砂浆,层之间夹有保温型的填充材料;还有玻璃纤维增强水泥混凝土制品(GRC)、炉渣板、稻草板等。因此,扩大生产规模、提高自动化水平、扩大应用领域,应当是当前的工作重点。

建材工业“十五”规划,对新型墙体材料的发展和结构调整重点作了明确规定,即“发展新型墙体材料,促进经济与资源、环境协调发展”。具体要求是:

紧紧围绕环境保护、生态建设和提高人民生活质量的要求,以提高质量、节能、节地、利废为重点,以政策法规为导向,以科技创新为动力,开发完善应用技术,使得新型墙体材料生产和应用取得较大发展。到 2005 年,新型墙体材料占墙体材料的比重达到 40%以上,每年节约土地 20 万亩,减少二氧化碳排放量 2000 万 t,综合利用煤矸石 9000 万 t、粉煤灰 4500 万 t。

同时要求,推进新型墙体材料的快速发展和因地制宜发展主导产品。

推进新型墙体材料的快速发展。要适应建筑结构体系的发展、建筑节能与建筑功能改善的要求,大力发展新型墙体材料。在重点抓好 170 个大中城市用 3 年时间过渡到完全禁止使用实心粘土砖的同时,积极引导其他地区用新型墙体材料替代实心粘土砖。分类指导,城乡全面推进,提高新型墙体材料应用比例。重点发展非粘土类空心制品、混凝土砌块、各种轻质板材和复合板材。大力推广使用以粉煤灰、煤矸石等工业废渣和江河淤泥为原料的新型墙体材料生产技术与装备,建设一批大规模、高水平的生产线,促进优势企业发展壮大,培育 2~3 家具有一定规模和市场影响力的大公司和企业集团。

因地制宜发展主导产品。各地要根据本地区建筑结构的特点,因地制宜地确定主导产品,通过主导产品的示范作用,带动各类新型墙体材料的发展。重点发展单班年产 50000m³ 以上规模的混凝土砌块生产线,实现成套设备的国产化,着力解决混凝土砌块的施工应用配套技

术;发展加气混凝土板材和年产 10~20 万 m^3 加气混凝土砌块的生产线,开发大型机械化切割机,完善发泡成型技术;根据市场需求,重点抓好纸面石膏板的市场开拓与推广应用工作,发展以农作物秸秆为原料的轻质板材,开发成套技术与装备,提高产品功能及装饰性能;发展年产 6000 万块以上规模的烧结空心砖生产线,推广废渣高掺量、全煤矸石烧结新工艺。

0.1.3 墙体材料的标准化

产品标准化是现代工业发展的产物,是组织现代化大生产的重要手段,也是科学管理的重要组成部分。

目前,我国大部分的墙体材料都有技术标准,这些标准一般包括:产品规格、分类、技术要求、检验方法、验收规范、标志、运输和贮存等方面的内容。一旦有新产品投入生产,技术监督机构都会尽快组织相关部门制定标准。

技术标准一般分为国家标准、行业标准和企业标准,各级标准分别由相应的标准化管理机构批准并颁布。我国国家技术监督局是国家标准化管理的最高机构。国家标准和行业标准都是全国通用标准,是国家指令性技术文件,各级生产、设计、施工等部门,均必须严格遵照执行。

各种标准都有相应的代号,如:“GB”代表中国国家标准,“ASTM”代表美国国家标准,“BS”代表英国标准,“DIN”代表德国标准。另外,在世界范围内统一执行的标准称为国际标准,其代号为“ISO”。

0.2 墙体材料的分类及功能

0.2.1 墙体材料的分类

墙体材料的品种繁多,为便于使用,按照不同的用途,一般有下列几种分类方法。

1. 按化学成分分类

因为相同的化学成分,通常有着相似的性质;墙体材料按化学成分可以分成无机、有机和复合材料三大类。如表 0.1 所示。

表 0.1

无机材料	金属材料	黑色金属	如钢材、不锈钢
		有色金属	如铝、铜及其合金
	非金属材料	如石材、水泥、混凝土、砂浆、陶瓷、玻璃、石灰、石膏、GRC 制品	
有机材料	如木材、竹材、塑料、有机涂料		
复合材料	无机与有机复合		如纸面石膏板、人造大理石、玻璃钢制品
	金属与非金属复合		如铝塑板材、塑钢制品

2. 按产品的功能分类

按墙体材料在建筑物中的功能主要可分为承重材料、非承重材料、保温隔热材料、吸声材料、隔声材料、防水材料和装饰材料等。

3. 按照墙体材料的形状分类

按照其产品形状通常可以分为块状墙体材料、板状墙体材料和装饰性墙体材料几大类。在本教材中就是按照这种分类方法介绍各种墙体材料的。

0.2.2 墙体材料的使用功能

使用各种墙体材料建造的建筑空间,要能保证人们从事各项活动,同时避免或减少外界风、雨、寒、暑等的侵害,这就要求墙体材料具备一定的功能:

(1)承重结构材料应有足够的强度和刚度。

(2)围护材料要将人和大自然隔开。墙体及屋顶所用的材料要有一定的保温隔热性能;防水材料应有良好可靠的防水效果。

(3)为适应现代审美的需要,建筑物通常要进行装饰装修,所用材料要保证美观、大方、耐用和无污染等。

(4)为保证室内良好的环境,使用适当的吸声和隔声材料。

0.3 各种墙体材料的物理、力学性能

建筑物是由各种材料建造的,这些材料用在各个部位均要受各种不同的作用,为此,要求材料必须具备相应的基本性质。材料的基本性质主要包括物理性质、力学性质、耐久性、装饰性、防火性等。本节主要介绍墙体材料的物理、力学和耐久性能。

0.3.1 墙体材料的物理性质

1. 与质量有关的性质

(1)密度

密度是指材料在绝对密实状态下,单位体积的质量。计算式为

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (0.1)$$

式中: ρ ——密度(g/cm^3 或 kg/m^3);

m ——材料在干燥状态下的质量(g 或 kg);

V ——材料在绝对密实状态下的体积(cm^3 或 m^3)。

材料在绝对密实状态下的体积是指不包括孔隙在内的体积。在建筑工程材料中,除了钢材、玻璃等极少数材料外,绝大多数材料内部都存在孔隙。密度是材料的基本物理性质,与材料的其他性质之间存在着密切的关系。

(2)表观密度

表观密度是指材料在自然状态下,单位体积的质量。计算式为

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0} \quad (0.2)$$

式中: ρ_0 ——表观密度(g/cm^3 或 kg/m^3);

m ——材料的质量(g 或 kg);

V_0 ——材料在自然状态下的体积,或称表观体积(cm^3 或 m^3)。

材料的表观体积是指包括材料内部孔隙在内的体积。当孔隙内含有水分时,其质量和体积

均有所变化,因此,必须注明所指的含水状态。如绝干(烘干至恒量)、风干或气干(长期在自然环境中)、含水润湿状态及吸水饱和状态,相应的表观密度称为干表观密度、气干表观密度、湿表观密度、饱和表观密度,通常所指的表观密度是指气干表观密度。

(3) 堆积密度

堆积密度是指粉状、颗粒状材料在自然堆积状态下,单位体积的质量。计算式为

$$\rho'_0 = \frac{m}{V'_0} \quad (0.3)$$

式中: ρ'_0 ——堆积密度(kg/m^3);

m ——材料的质量(kg);

V'_0 ——材料在自然状态下的堆积体积(m^3)。

材料的堆积体积既包括颗粒体积(含内部孔隙),又包括颗粒间空隙的体积。如图 0.1 所示。

(4) 密实度与孔隙率

1) 密实度是指材料体积内被固体物质所充实的程度。其计算式为

$$D = \frac{V}{V_0} = \frac{\rho_{0\mp}}{\rho} \times 100\% \quad (0.4)$$

对于绝对密实材料,因 $\rho_0 = \rho$,故 $D=1$;对于大多数建筑材料,因 $\rho_{0\mp} < \rho$,故 $D < 1$ 。

2) 孔隙率是指材料体积内部孔隙体积与材料总体积的比率。其计算式为 (堆积体积=颗粒体积+空隙体积)

$$P = \frac{(V_0 - V)}{V_0} = 1 - \frac{V}{V_0} = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) \times 100\% \quad (0.5)$$

由此可得出

$$P + D = 1 \quad (0.6)$$

材料的密实度和孔隙率是从两个不同侧面反映材料的密实程度,通常用孔隙率表示。建筑材料的许多性质如强度、吸水性、抗渗性、抗冻性、导热性及吸声性等都与孔隙率有关。这些性质除取决于孔隙率的大小以外,还与孔隙的构造特征密切相关。

(5) 填充率与空隙率

1) 填充率是指散粒材料在某堆积体积内,被其颗粒填充的程度。计算式为

$$D' = \frac{V_0}{V'_0} = \frac{\rho'_0}{\rho_0} \times 100\% \quad (0.7)$$

2) 空隙率是指散粒材料在某堆积体积内,颗粒之间的空隙所占的比例。计算式为

$$P' = \frac{(V'_0 - V_0)}{V'_0} = 1 - \frac{V_0}{V'_0} = \left(1 - \frac{\rho'_0}{\rho_0}\right) \times 100\% \quad (0.8)$$

由此可以得出填充率与空隙率的关系

$$P' + D' = 1 \quad (0.9)$$

常用材料的基本物理性质参数如表 0.2 所示。

2. 与水有关的性质

(1) 亲水性与憎水性

材料在与水接触时,根据材料表面被水润湿的情况,分为亲水性材料和憎水性材料。润湿是

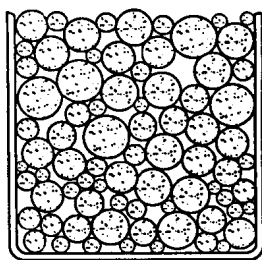


图 0.1 堆积体积示意图

(堆积体积=颗粒体积+空隙体积)

表 0.2 常用材料的基本物理参数值

材料名称	密度(g/cm ³)	表观密度(kg/m ³)	孔隙率(%)
花岗岩	2.6~2.9	2500~2800	0.5~1.0
石灰岩	2.6	2000~2600	0.6~1.5
烧结普通砖	2.5~2.8	1600~1800	20~40
石膏板	2.60~2.75	800~1800	30~70
普通混凝土	2.6	2300~2500	5~20
建筑钢材	7.85	7850	0
松木	1.55	380~700	55~75

水在材料表面被吸附的过程。当材料在空气中与水接触时,在材料、水、空气三相交点处,沿水滴表面引切线与材料表面所夹的角,称为润湿角。若材料分子与水分子间相互作用力大于水分子之间作用力时,材料表面会被润湿,此时 $\theta \leq 90^\circ$,如图 0.2(a)所示,称为亲水性材料。反之则不被润湿,此时 $90^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$,如图 0.2(b)所示,称为憎水性材料。 $\theta = 0^\circ$,表明材料完全被润湿。

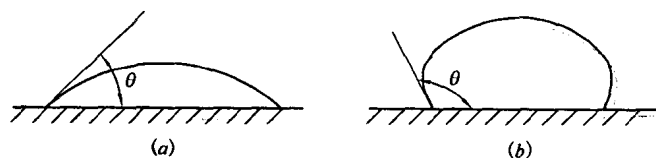


图 0.2 材料的润湿角

(a)亲水性材料;(b)憎水性材料

大多数建筑材料属亲水性材料,如石材、砖、混凝土、木材等。沥青、石蜡和某些塑料属于憎水性材料。因此,可用这些材料作防水材料或作亲水性材料的表面憎水处理。

(2)吸水性

吸水性是指材料在水中吸收水分的性质。吸水性的大小用吸水率表示,吸水率有质量吸水率和体积吸水率之分。

质量吸水率 $W_{\text{质}}$ 是材料吸收的水分质量占材料干燥质量的百分比,其计算式为

$$W_{\text{质}} = \frac{(m_{\text{吸}} - m_{\text{干}})}{m_{\text{干}}} \times 100\% \quad (0.10)$$

式中: $m_{\text{吸}}$ ——材料吸水饱和后的质量(kg);

$m_{\text{干}}$ ——材料在干燥状态下的质量(kg)。

体积吸水率 $W_{\text{体}}$ 是材料吸水饱和后,吸入的水体积占干燥材料自然体积的百分比,计算式为

$$W_{\text{体}} = \frac{(m_{\text{吸}} - m_{\text{干}})}{V_{\text{干}} \rho_{\text{w}}} \times 100\% \quad (0.11)$$

式中: $m_{\text{吸}}$ 、 $m_{\text{干}}$ 同式(0.10);

ρ_{w} ——水的密度;

$V_{\text{干}}$ ——干燥材料在自然状态下的体积(cm³)。

计算材料吸水率时一般用 $W_{\text{质}}$,但对于某些轻质多孔材料比如加气混凝土、软木等,由于

具有很多开口且微小的孔隙,其质量吸水率往往超过 100%,此时用体积吸水率来表示其吸水率。

材料吸水率的大小除了与材料本身的成分有关外,还与材料的孔隙率和孔隙构造特征有密切的关系。一般来说,材料具有细小连孔时,其孔隙率大,吸水率也高。如果孔多是封闭孔(水分不易渗入)或是粗大连通孔(水分不易存留),即使有较高的孔隙率,吸水率也不一定高。

(3) 吸湿性

材料在潮湿空气中吸收空气中水分的性质,称为吸湿性。吸湿性大小可用含水率 $W_{\text{含}}$ 表示,其计算式为

$$W_{\text{含}} = \frac{(m_{\text{含}} - m_{\text{干}})}{m_{\text{干}}} \times 100\% \quad (0.12)$$

式中: $m_{\text{含}}$ ——材料含水时的质量(g);

$m_{\text{干}}$ ——材料在干燥状态下的质量(g)。

材料含水率除与本身性质有关外,还随周围空气温、湿度的变化而变化。当空气湿度大、温度低时,材料含水率就大;当材料中的水分与空气湿度一致时,其含水率称为平衡含水率。

(4) 耐水性

材料长期处于饱和水作用下而不被破坏,其强度也不显著降低的性质,称为耐水性。材料的耐水性用软化系数 $K_{\text{软}}$ 表示。其计算式为

$$K_{\text{软}} = \frac{f_{\text{饱}}}{f_{\text{干}}} \quad (0.13)$$

式中: $f_{\text{饱}}$ ——材料在饱和水状态下的抗压强度(MPa);

$f_{\text{干}}$ ——材料在干燥状态下的抗压强度(MPa)。

材料处于饱和水状态下,材料的一些性能可能有不同程度的改变。各种建筑材料的耐水性差别很大,软化系数的波动范围一般在 0~1。如钢、玻璃、沥青等,其软化系数基本等于 1;未经处理的生土软化系数为 0;通常认为软化系数大于 0.85 的材料为耐水材料。

(5) 抗渗性

抗渗性是指材料抵抗压力水渗透的性质。渗透是水在压力作用下,在材料内部毛细孔中的迁移过程。材料的抗渗性可以用渗透系数来表示

$$K = \frac{Qd}{AtH} \quad (0.14)$$

式中: K ——渗透系数[mL/(cm²·s)];

Q ——渗水量(mL);

d ——试件厚度(cm);

t ——渗水时间(s);

A ——渗水面积(cm²);

H ——静水压力水头(cm)。

渗水系数反映了材料在单位时间内,在单位水头的作用下,通过单位面积和厚度渗透的水量。 K 值越大,材料的抗渗性越差。

抗渗性的另一个表达方法是试件能承受逐步增高的最大水压而不渗透的能力,通常称抗渗标号,用 S_n 表示。其中 n 表示该材料所能承受的最大水压力(MPa)的 10 倍数。

材料的抗渗性与孔隙率及孔隙特征有关,密实的材料为具有封闭的孔或极细小孔的材料,实际上是不透水的;具有较大孔隙率且为细微连通毛细孔的亲水性材料往往抗渗性较差。

(6) 抗冻性

抗冻性是指材料在吸水饱和状态下,经过多次冻融循环作用而不被破坏,强度也不显著降低的性能。冻融循环是指材料在吸水饱和后,先在 -15°C 下冻结,然后在 20°C 水中融化。材料的抗冻性用抗冻等级 D_n 表示, n 表示经过 n 次冻融循环后,质量损失不超过 5% ,强度损失不超过 25% 。显然, n 愈大,材料的抗冻性愈好。

材料的抗冻性大小与材料强度、耐水性、孔隙率、孔隙构造以及吸水饱和程度有关。材料的抗冻等级分为 D_{15} 、 D_{25} 、 D_{50} 、 D_{100} 、 D_{200} 等。抗冻性经常可作为一项耐久性指标;抗冻性良好的材料,对于抵抗温度变化、干湿交替及风化作用的能力也强。所以,对于温暖地区的建筑物,虽无冰冻作用,为抵抗大气的风化作用,确保建筑物的耐久性,对材料往往也提出抗冻性要求。

3. 热工性质

(1) 导热性

当材料两侧存在温度差时,热量从材料一侧通过传导至另一侧的性质,称为材料的导热性。影响材料导热性的主要因素有:

1) 材料结构及化学成分。导热系数由材料自身的物质结构决定,例如金属材料的导热系数远高于非金属材料。

2) 材料的表观密度(包括材料的孔隙率、孔洞的性质和大小等)。绝大多数材料是由固体和气体组成。干燥、静止的空气其导热系数几乎是最低的。孔隙率相同而孔结构不同时,即使是同种材料,导热系数也不相同。

3) 环境的温、湿度。材料受潮以后,导热系数增大。潮湿的材料,使原来空气变成水分,其导热系数比静态空气大 20 倍;潮湿材料结冰后,导热系数又增大 4 倍。所以,特别是保温材料在贮存和保管期间应特别注意防潮。

(2) 热容量与比热

材料具有受热时吸收热量、冷却时放出热量的性质。质量一定的材料,温度发生变化时,材料吸收(或放出)的热量与质量成正比,与温度成反比。用比热 c 表示 1g 材料温度升高或降低 1K 时的热量。比热与材料质量的乘积(cm)称为材料的热容量值。作为墙体材料,若采用导热系数小、热容量值大的材料,对于维护室内温度稳定、减少热损失、节约能源起着重要的作用。几种典型材料的热工性能指标如表 0.3 所示。

0.3.2 墙体材料的力学性质

材料受到外力作用后,都会不同程度地产生变形,当外力超过一定限度后,材料将会被破坏。材料的力学性质就是指材料在外力作用下,产生变形和抵抗破坏方面的性质。

1. 材料的强度

强度是指材料抵抗在外力(荷载)作用下引起破坏的能力。当材料受到外力作用时,在材料内部相应产生应力。外力增大,应力也随之增大,直到应力超过材料内部质点所能够抵抗的极限时,材料就发生破坏,此时的极限应力值就是强度,也称极限强度。根据外力作用方式,材料强度有抗压、抗拉、抗剪、抗弯(脆性材料为抗折)强度等。如图 0.3 所示。

表 0.3 几种典型材料的热工性能指标

材料品种	导热系数[W/(m·K)]	比热[J/(g·K)]
铜	370	0.38
钢	55	4.46
花岗岩	2.9	0.80
普通混凝土	1.8	0.88
烧结普通砖	0.55	0.84
松木	0.15	1.63
泡沫塑料	0.03	1.30
冰	2.20	2.05
水	0.60	4.19
静态空气	0.025	1.00

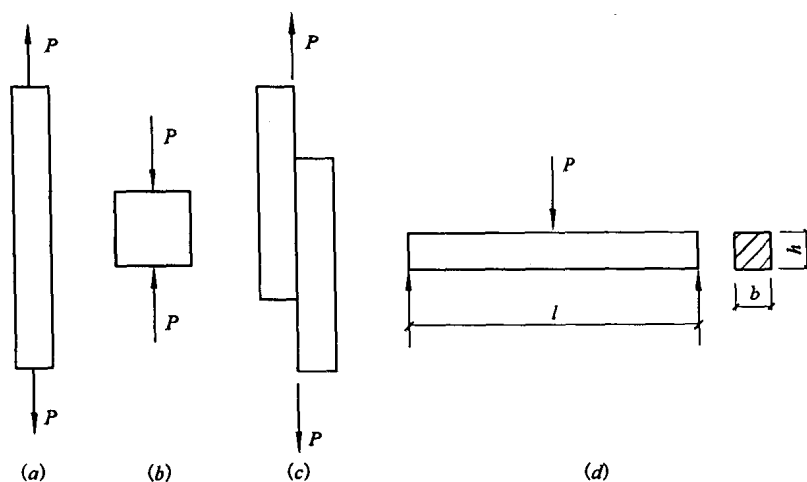


图 0.3 材料受力作用示意图

(a)抗拉;(b)抗压;(c)抗剪;(d)抗折

材料的强度是在实验室按照国家规定的标准试验方法测得的。

(1)材料的抗压、抗拉、抗剪强度

材料的抗压、抗拉、抗剪强度可以用下式计算

$$f = \frac{P}{A} \quad (0.15)$$

式中: f ——材料的强度(MPa);

P ——材料破坏时的最大荷载(N);

A ——试件的受力面积(mm²)。

(2)材料的抗弯强度(脆性材料也称抗折强度)

材料的抗弯强度与试件的受力情况、截面形状及支承条件有关,一般试验方法是將矩形截面的试件放在两支点上,中间作用一集中荷载,如图 0.3(d)所示。其计算公式为