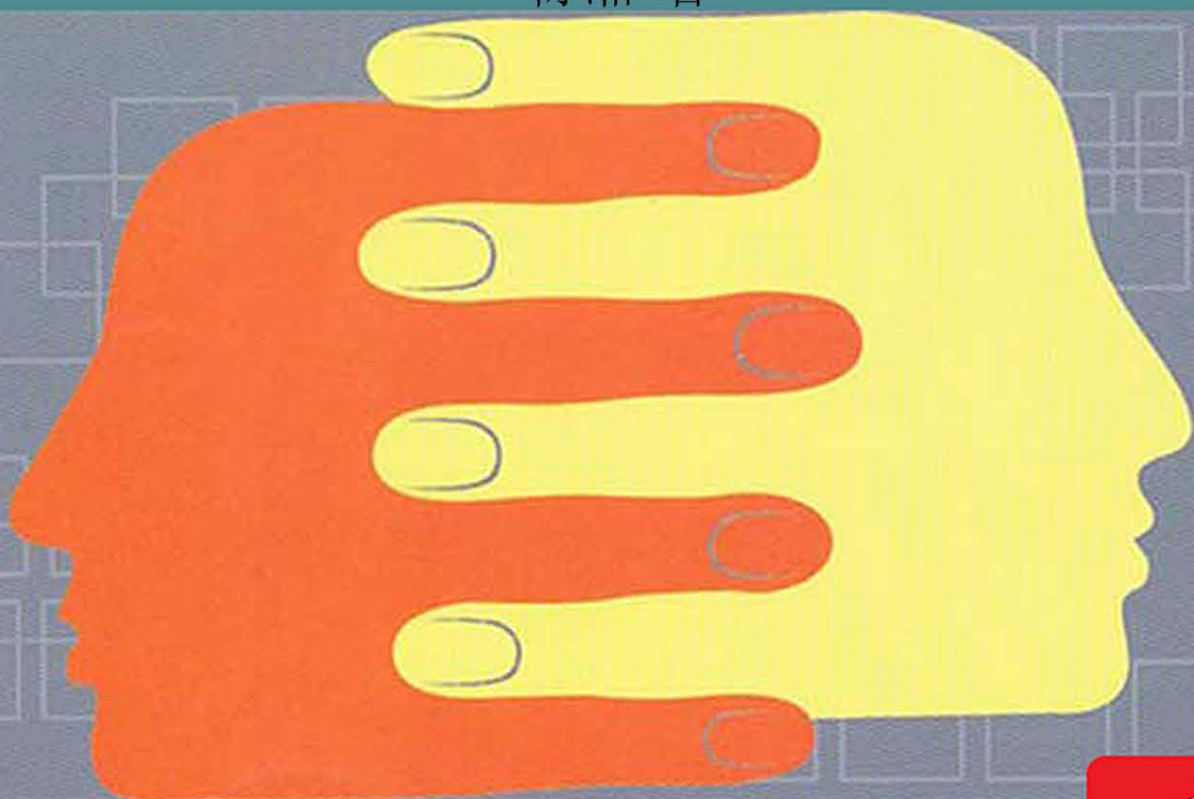


保温墙体材料技术研究

陈湘 著



江西科学技术出版社



图书在版编目(CIP)数据

保温墙体材料技术研究 / 陈湘著. -- 南昌 : 江西科学技术出版社, 2017.9

ISBN 978 - 7 - 5390 - 6082 - 8

I. ①保… II. ①陈… III. ①建筑物 - 墙 - 保温材料 - 研究 IV. ①TU111.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 234351 号

国际互联网(Internet)地址:

<http://www.jxkjchs.com>

选题序号:ZK2017233

图书代码:B17085 - 101

保温墙体材料技术研究

陈湘 著

出版 江西科学技术出版社
发行
社址 南昌市蓼洲街2号附1号
邮编:330009 电话:(0791)86623491 86639342(传真)
印刷 虎彩印艺股份有限公司
经销 各地新华书店
开本 787mm × 1092mm 1/16
字数 240 千字
印张 13.75
版次 2017 年 9 月第 1 版 2017 年 9 月第 1 次印刷
书号 ISBN 978 - 7 - 5390 - 6082 - 8
定价 32.00 元

赣版权登字 - 03 - 2017 - 353

版权所有,侵权必究

(赣科版图书凡属印装错误,可向承印厂调换)



前言

廉价且实用的能源时代已经过去,如何经济合理地开发和使用人类可支配的能源,是现今各国普遍高度重视的战略问题。

1986年国务院发布的《节约能源管理暂行条例》是我国第一部比较系统的节约能源管理法规。它使我国的节能工作,由突击型向经常化、法制化、规范化的转变,具有深远的影响。在同年颁发的《民用建筑节能设计标准(采暖居住建筑部分)》,有力推动了节能工作的开展。进入20世纪90年代,虽然能源生产有所增长,但每年仍有4000万~5000万吨标准煤缺口,必须由节能来弥补。紧接着国家又发布一系列政策法规,使能源利用率逐步提高,但与国外相比,仍存在较大的差距。特别是由于我国人口众多和经济快速发展的现实状况,使得满足可持续的能源供应面临巨大挑战。

据有关资料报道:在2000年,我国一次能源消费13.7亿吨标准煤,约占全球总量的11%,而人均能源消费仅为世界经合组织国家均值的1/7和世界均值的一半。在未来20年,我国能源需求预计将显著增长。到2020年我国的能源需求将达到31亿吨标准煤,为当年全球的13.2%,美国的60%,印度的3.29倍,英国的7倍。在过去20年,我国的发电量以每年8%~9%的速度增长,2003年年底装机容量和发电量分别为3.8亿kW和1.9万亿kW·h,仅次于美国。按照我国电气化的进程,到2020年,我国的发电量预计将相当于整个西欧发电量的总和。2003年,我国消费了2.6亿吨石油(其中包括净进口90万吨原油和石油制品)。由此可以看出,我国将很快成为仅次于美国的石油消费大国,正在成为世界能源消耗的大国。

建筑节能是贯彻可持续发展战略的一个重要方面,是贯彻“节约能源、保护环境”的基本国策和《中华人民共和国节约能源法》的必要组成部分,也是当前全世界发展



之趋势。在建筑上,我国过去采用黏土砖,占地较多;在烧制砖时,消耗了大量能源,污染大气环境,破坏了生态环境。因此,大力发展保温墙体材料以取代耗能高、占地严重的黏土砖是一件“利在当代、功在千秋”的大业。

本书主要针对保温材料技术进行研究,围绕保温墙体材料的各个方面展开论述。本书共分为七章。第一章是关于墙体材料的概述,包含墙体材料的概念、特点和应用三个方面;第二章是关于保温材料的概述,主要对保温材料的发展、特点和应用进行阐述与分析;第三章是对保温墙体材料的相关热工计算方面展开研究和分析,从平壁稳定传热、最小传热阻和内部冷凝受潮计算的三个方面进行研究分析;第四章是从节能建筑的角度研究保温墙体材料,分别对其方式、保温技术、空气屋以及涂抹型保温材料四个方面展开研究;第五章是对外墙外保温墙体材料的相关研究;第六章是对外墙夹芯保温墙体材料展开的相关研究;第七章对外墙内保温墙体材料进行相关研究。

在对保温墙体材料技术的研究和撰写本书过程中,由于作者自身水平有限,仍然存在诸多不足和缺点,望各位同行、学者、研究者和广大的读者进行批评和指正。谨以本书献给所有有志于从事保温墙体材料技术相关研究的朋友!



目 录

第一章 墙体材料的概述 1

- 一、墙体材料的概念 / 1
- 二、墙体材料的特点 / 6
- 三、墙体材料的经济性 / 18

第二章 保温材料的概述 34

- 一、保温材料的发展 / 34
- 二、保温材料的特点 / 36
- 三、保温材料的应用 / 43

第三章 保温墙体的热工计算研究 46

- 一、保温墙体的平壁稳定传热 / 46
- 二、保温墙体的外墙最小传热阻 / 49
- 三、保温墙体的外墙内部冷凝受潮计算 / 54

第四章 节能建筑的保温墙体材料 70

- 一、外墙保温墙体材料的方式 / 70
- 二、节能建筑墙体材料中的保温技术研究 / 77



三、节能建筑墙体中的空气层研究 / 80

四、节能建筑墙体材料中的涂抹型保温材料研究 / 85

第五章 外墙外保温墙体材料的相关研究

89

一、外墙外保温的材料分析研究 / 89

二、外墙砌筑保温材料的应用研究 / 97

三、外墙外保温墙体材料中的轻质保温外墙板的研究 / 103

第六章 外墙夹芯保温墙体材料相关研究

108

一、外墙夹芯保温墙体材料的概述 / 108

二、外墙夹芯保温墙体的砖砌体夹芯研究 / 110

三、外墙夹芯保温墙体的混凝土空心砌块研究 / 129

四、外墙夹芯保温墙体的发泡填充复合外墙研究 / 145

第七章 外墙内保温墙体材料的相关研究

155

一、外墙内保温墙体材料的概述 / 155

二、外墙内保温技术的热桥问题研究 / 159

三、外墙内保温技术的防潮和干燥研究 / 164

四、外墙内保温墙体保温板的复合外墙研究 / 177

附 录

193

后 记

211

参考文献

212



第一章 墙体材料的概述

一、墙体材料的概念

1. 墙体材料的发展历史

过去在建筑上采用黏土砖,为了节能,外墙厚度成倍增加,生产砖所用黏土不仅占用大量耕地,而且增大运输费用;在烧制砖时,又消耗了大量能源,污染了大气环境,破坏了生态环境。我国用 7% 的耕地养育世界 22% 的人口,土地资源十分宝贵。因此,大力发展新型墙体材料,用以代替耗能高且占地严重的实心黏土砖的确是一件“利在当代、功在千秋”的大业。

据统计,我国目前有砖瓦企业 12 万个,占地 40 万公顷,每年烧砖 60 多亿块标准砖,取土 14.3 亿立方米,相当于毁坏土地 80 万公顷,其生产能耗每年约 60 万吨标准煤,仅烧砖每年就排放二氧化碳 1.7 亿吨。与此同时,我国每年排放的煤矸石和粉煤灰超过 2 亿吨,再加上历年堆积的工业废渣达 70 亿吨,占用土地超过 7 万公顷。由此看出,建筑能耗巨大,造成的环境污染问题不可忽视。

我国绝大多数建筑的围护结构热性能差,传热系数与我国气候接近的工业发达国家相比,外墙为他们的 3.5 ~ 4.5 倍,外窗为他们的 2 ~ 3 倍,屋面为他们的 3 ~ 6 倍。从 21 世纪开始,随着我国社会经济发展和人民生活水平的不断提高,工作环境和生活居住环境的改善,人们对热舒适度要求也将不断提高,冬季供暖和夏季空调降温,建筑能源将会急剧增加。

1999 年年底,北方地区累计建成节能建筑 1.3 亿平方米,其中达到节能率为 50%



标准的节能建筑为 2215 万平方米,累计可节约能源 675 万吨标准煤。其中 1998 年和 1999 年建成节能建筑 2100 万平方米和 3484 万平方米,只占同期城市新建住宅的 5.28% 和 7.92%。可以看出节能建筑的步伐虽然已加快,但节能建筑所占的比例仍很小。根据我国建筑节能“十五”计划和 2015 年规划,到 2010 年,要在节能 50% 的节能建筑的基础上,再增加节能,实现累计节能 1.7 亿吨标准煤。

我国建筑节能仍处于起步阶段,任重而道远。目前还存在诸多问题,如人们对建筑节能认识不足,致使全国各地建筑节能工作发展不平衡。我国应加强现有管理体制改革与加快建筑节能工作的开展,使建筑节能的新技术、新产品及时得到推广和应用;还应加快政策、法规及标准体系的建立与完善,严格执法等,使节能工作健康、有序和高效发展。

目前,我国在绝热工业方面已发展成为具有相当规模、比较完整的体系,为我国节能事业和经济增长做出了贡献。但绝热材料的生产和应用也存在一定问题,如在工业方面,发达国家在各种窑炉、电站设备、高温管道等普遍采用耐火纤维和硅酸钙制品,而我国在工业使用该类材料品种、性能、质量及应用范围还存在一定差距。

我国从 1988 年就开始连续下发有关墙改政策法规系列文件,要求发展节能、节地、利废、保温的新型墙体材料,开发研制适合我国国情的绝热保温材料,大力推广节能建筑。贯彻节能标准对降低采暖能耗、保护环境、保持国民经济持续高速发展具有重要意义。积极推进建筑节能,减轻大气污染,减少温室气体排放,缓解地球变暖趋势是功在当代、荫及子孙、造福人类的大事。

墙体材料随着社会生产力的发展而发展,距今 2000 多年,以粘土为原料烧制秦砖汉瓦,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。自秦汉改革烧土制砖以来,墙体材料没有本质的改变。我国实心粘土砖的生产和应用因其悠久的历史,发展至今,粘土砖仍在墙体材料中占据相当大的比例。

烧制粘土砖,以每年 6000 亿块计算,大约耗煤 7000 万吨,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,粘土砖要耗用土 12 亿立方米,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。我国人均耕地面积只有世界平均水平的 1/4。如果依旧按照取土烧砖的老办法去盖房子,那么数年后,我们会陡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料差,再加上粘土砖生产破坏生态、污染环境、浪费能源,其已成为我国国民经济持续、稳定、健康发展的一大障碍。因此,开发新型墙体材料刻不容缓。

那么,什么是新型墙体材料?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。

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。尽管经过多年的改革,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和使用,尤其美国十分重视砌块墙体的建筑设计和施工技术。使用混凝土砌块作为墙体材料,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优点。尽管我国生产和应用小型混凝土空心砌块只有几十年,但其显著的技术优势、经济效益和社会效益愈来愈受人们重视,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,而且石膏板应向多品种、较大厚度(13 ~ 25 毫米)的方向发展。

加气混凝土是一种利废、轻质、保温的墙体材料,东欧、日本等地区产量一直很高。有些国家新建房屋中,65% 以上采用加气混凝土。日本则 80% 将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,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 $400 \sim 500 \text{ kg/m}^3$, 强度已达到 $4 \sim 6 \text{ MPa}$, 经特殊处理后甚至可达 15 MPa 。

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, 推广应用并未普及, 因此, 应下大力气发展更多的硅酸盐砖和开拓应用领域。

目前, 轻质复合墙板(墙体)是, 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做了明确规定, 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 万吨, 综合利用煤矸石 9000 万吨、粉煤灰 4500 万吨。

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。这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 5 万立方米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 万立方米加气混凝土



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。

3. 墙体材料的标准化、分类和功能

(1) 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”。

(2) 墙体材料的分类

墙体材料的品种繁多,为便于使用,按照不同的用途分类。

【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 1-1 所示。

表 1-1 墙体材料分类表

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 制品等	
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	



【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。

【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三大类。

(3) 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。

二、墙体材料的特点

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。

1. 与质量有关的物理性质

(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

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1.1)$$

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

$$\rho_o = \frac{m}{V_o} \quad (1.2)$$

式中:

ρ_o ——表观密度(g/cm^3 或 kg/m^3);

m ——材料在干燥状态下的质量(g 或 kg);

V_o ——材料在绝对密实状态下的体积(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

$$\rho_o = \frac{m}{V_o} \quad (1.3)$$

式中:

ρ_o ——堆积密度(kg/m^3);

m ——材料的质量(kg);

V_o ——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。

(4) 密实度与孔隙率

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

$$D = \frac{V}{V_o} = \frac{\rho_o}{\rho} \times 100\% \quad (1.4)$$

式中:

ρ ——密度(g/cm^3);

ρ_o ——堆积密度(kg/m^3);

D ——空隙率(m^3)

V ——材料在绝对密实状态下的体积(cm^3 或 m^3);

V_o ——材料在自然状态下的堆积体积(m^3)。



对于绝对密实材料,因 $P_o = \rho D$,故 $D \rightarrow 1$;对于大多数建筑材料,因 $\rho_o < \rho$,故 $D < 1$ 。

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

$$P = \frac{(V_o - V)}{V_o} = 1 - \frac{V}{V_o} = \left(1 - \frac{\rho_o}{\rho}\right) \times 100\% \quad (1.5)$$

式中:

ρ ——密度(g/cm^3);

ρ_o ——堆积密度(kg/m^3);

D ——空隙体积(m^3)

V ——材料在绝对密实状态下的体积(cm^3 或 m^3);

V_o ——材料在自然状态下的堆积体积(m^3)。

由此可得出 $P + D = 1$ (堆积体积 = 颗粒体积 + 空隙体积)

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

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

$$D' = \frac{V_o}{V'_o} = \frac{P'_o}{P_o} \times 100\% \quad (1.6)$$

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

$$P' = \frac{(V'_o - V_o)}{V'_o} = 1 - \frac{V_o}{V'_o} = \left(1 - \frac{\rho'_o}{\rho_o}\right) \times 100\% \quad (1.7)$$

由此可以得出填充率与空隙率的关系: $P' + D' = 1$

常用材料的基本物理性质参数如表 1-2 所示。

2. 与水有关的物理性质

(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。

表 1-2 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	2.60 ~ 2.90	2500 ~ 2800	0.50 ~ 1.00
石灰岩	2.60	2000 ~ 2600	0.60 ~ 1.50



续表

材料名称	密度 (g/cm^3)	表观密度 (kg/m^3)	孔隙率 (%)
烧结普通砖	2.50 ~ 2.80	1600 ~ 1800	20 ~ 40
石膏板	2.60 ~ 2.75	800 ~ 1800	30 ~ 70
普通混凝土	2.60	2300 ~ 2500	5 ~ 20
建筑钢材	7.85	7850	0
松木	1.55	380 ~ 700	55 ~ 75

润湿是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相互作用力时,材料表面会被润湿,此时 $\theta \leq 90^\circ$,此材料为亲水性材料。反之则不被润湿,此时 $90^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$,此材料称为憎水性材料。 $\theta = 0^\circ$,表明材料完全被润湿。

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

$$W = \frac{(m - m_{\text{干}})}{m_{\text{干}}} \times 100\% \quad (1.8)$$

式中:

m ——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 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

$$W = \frac{(m - m_{\text{干}})}{V_{\text{干}} \rho} \times 100\% \quad (1.9)$$

式中:

m ——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);

ρ ——水的密度;



$V_{干}$ ——干燥材料在自然状态下的体积(cm^3)。

计算材料吸水率时一般用 W , 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 含表示, 其计算式为

$$W_{\text{含}} = \frac{(m_{\text{含}} - m_{\text{干}})}{m_{\text{干}}} \times 100\% \quad (1.10)$$

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

$$K_{\text{软}} = \frac{f_{\text{饱}}}{f_{\text{干}}} \quad (1.11)$$

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

$$K = \frac{Qd}{A_t H} \quad (1.12)$$

式中:

K ——渗透系数[$\text{mL}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s})$];

Q ——渗水量(mL);

d ——试件厚度(cm);

t ——渗水时间(s);

A ——渗水面积(cm^2);

H ——静水压力水头(cm)。

渗透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。其中以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。