

建 筑 材 料

符 芳 主 编
刘 巽 伯 主 审

东南大学出版社

建 筑 材 料

符 芳 主 编
刘 巽 伯 主 审

东南大学出版社

内 容 提 要

本书主要讲述现代建筑工程常用材料的基本成分、生产工艺、技术性质、选配应用、材料检验等基本理论及实用技能,主要包括水泥、混凝土、砂浆、钢材、铝合金、玻璃、木材、防水材料、建筑塑料、混凝土外加剂、胶粘剂、涂料、绝热和吸声材料等,对于近年来发展与应用较多的新型建筑材料与装饰材料,也作了较多的介绍。全书均引用国家最近颁发的新标准和新规范编写而成,为便于教学,各章均附有复习思考题。

本书适于高等工科院校“工业与民用建筑”、“建筑结构工程”、“地下建筑工程”、“给排水工程”、“建筑学”等专业用作教材,也可作为土建类其它相关专业教学用书,以及自学考试、职业教育等用书。本书还可供土建类有关科研、设计及施工人员参考。

责任编辑:刘柱升

责任校对:田 方

建 筑 材 料

符 芳 主编

刘巽伯 主审

东南大学出版社出版发行

(南京四牌楼2号 邮编 210096)

江苏省新华书店经销 南京航空航天大学印刷厂印刷

*

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 20.0 字数 487 千

1995 年 11 月第 1 版 1995 年 11 月第 1 次印刷

印数:1—8000 册

ISBN 7—81050—071—6/TU·6

定价:18.00 元

(凡因印装质量问题,可直接向承印厂调换)

序

建筑材料是一门历史悠久的独立的学科,是土建工作者必需熟知的基本知识。一个土建专家如果对建筑材料日新月异的发展熟视无睹,那只能是抱残守缺,犹如无本之木、无源之水。近年,随着材料科学与工程新学科的创建和发展,促进了新型建筑材料的研究、生产和应用,同时也有助于对建筑材料进行微观、宏观、宇观等深层次的研究,从而进一步对各类建筑材料的行为和效能得到全面和深入的了解。虽然这个新学科不一定是土建工作者的基本知识,因为任何一种新材料的问世,总是应用技术要先走一段路程,譬如以水泥为例,直到今天,水泥科学的研究仍处于“方兴未艾”的阶段。

现代建筑材料与土建技术和土建工程的关系更加密切,土建技术和土建工程要求“有效”和“经济”,必须依赖于建筑材料,土建高新技术和卓越工程的发展,要求有性能更为优越的建筑材料。建筑材料学就是着重研究以性能为主要判据的科学技术,而其研究的新趋向,又已涉及资源、能源、环保和经济等领域,这样,加上性能即形成了五个判据的框架,其意义便更为明显,它标志着城乡建设发展的物质基础在不断改善和提高。

还须指出,建筑材料学的特征中的动态特征,它包括建筑材料质量的不断提高,种类不断增加和更新,应用技术不断改进和革新,标准、规范不断修订和补充等。因此,建筑材料的编写必须处理好发展、深化、稳定三者的关系。

这册新编的建筑材料教材较好地解决了上述三者的关系,既能鸟瞰全貌,融会新知,提供了 90 年代建筑材料学的基本概念、基本理论、基本方法和技能(包括最新的建材规范和试验方法),又指出了跨世纪建筑材料学的发展观。所以,内容全面、取材新颖是该书的一大特点。

该书的另一个特点为重在教学,旨在实用。书中既讲理论,又讲应用,系统性好,概念和说理清楚,文字流畅,并附有习题和实验,很符合教学规律要求,是一本很好的教科书。特别是该书较好地提供了走在材料科学和工程新学科前

面、能与建筑材料的实用及当前城乡建设的发展密切相结合的新知识,体现了建筑材料技术必须联系材性、资源、能源、环保和经济五个方面判据的基本知识。同时从教材中还能使读者较深刻地体会到建筑材料学的动态特征。

所谓“兵马未动,粮草先行”,要更好地完成城乡工程建设任务,必须先要处理好建筑材料的选择、供应和运用问题。该书在讲述材料的组成、特性、选用方面很有特色,颇具指导性。书中还介绍了材料性能检验、产品质量控制及新规范的要求等内容,并给出了大量实用数据。所以,它又是一本对工程技术人员很有实用意义的参考书。

近几年来,建筑材料工业发展迅速,花色品种更新换代快,标准规范又多已更新,社会上急需一本能较全面地反映当前建筑材料学科发展水平的新书。符芳、刘巽伯等几位作者及时编写了这本新的建筑材料教材,它不仅解决了高等院校有关专业教学之急需,而且对广大土建工程技术人员也能从中深得其惠。在此,我谨向他们表示衷心的感谢与祝贺。

沈旦申

1995年6月26日于上海

目 录

绪论	1
第一章 建筑材料的基本性质	5
第一节 材料的物理性质	5
第二节 材料的力学性质	11
第三节 材料的耐久性	16
第四节 材料的装饰性	16
第五节 材料的组成、结构、构造及其对材料性质的影响	18
复习思考题	20
第二章 天然石材	21
第一节 岩石的形成与分类	21
第二节 天然石材的技术性质	23
第三节 建筑装饰常用饰面石材	25
第四节 建筑石材的加工成品及选用	28
复习思考题	29
第三章 烧土制品	30
第一节 烧结普通砖	30
第二节 烧结多孔砖与烧结空心砖	35
第三节 建筑陶瓷	38
复习思考题	43
第四章 建筑玻璃	44
第一节 玻璃的组成、分类与性质	44
第二节 普通平板玻璃	46
第三节 深加工玻璃制品及其应用	48
复习思考题	53
第五章 无机气硬性胶凝材料	54
第一节 建筑石膏	54
第二节 建筑石灰	60
第三节 水玻璃	64
复习思考题	66
第六章 水泥	67
第一节 硅酸盐水泥与普通硅酸盐水泥	67
第二节 掺大量混合材料的硅酸盐水泥	77
第三节 特性水泥	83
复习思考题	87
第七章 混凝土	88

第一节	概述	88
第二节	普通混凝土的组成材料	90
第三节	混凝土外加剂	101
第四节	混凝土掺合料	113
第五节	混凝土拌合物的和易性	115
第六节	混凝土的强度	121
第七节	混凝土的变形性能	129
第八节	混凝土的耐久性	133
第九节	混凝土的质量控制与评定	138
第十节	普通混凝土配合比设计	142
第十一节	轻混凝土	148
第十二节	其它品种混凝土	157
第十三节	装饰混凝土	164
复习思考题		167
第八章	建筑砂浆	169
第一节	砌筑砂浆	169
第二节	抹面砂浆	173
第三节	装饰砂浆	174
第四节	特种砂浆	177
复习思考题		178
第九章	金属材料	179
第一节	钢材的冶炼与分类	179
第二节	钢材的技术性质	181
第三节	钢材的组织、化学成分及其对钢材性能的影响	186
第四节	钢材的冷加工强化与时效处理	189
第五节	钢材的热处理与焊接	190
第六节	建筑钢材的技术标准及选用	191
第七节	建筑钢材的锈蚀与防止	199
第八节	建筑装饰用钢材制品	200
第九节	铝和铝合金	202
复习思考题		207
第十章	木材	208
第一节	木材的构造	208
第二节	木材的物理力学性质	209
第三节	木材在建筑工程中的应用	214
第四节	木材的等级与综合利用	218
第五节	木材的防腐与防火	219
复习思考题		222
第十一章	建筑塑料、胶粘剂及涂料	223

第一节 高分子有机化合物的基本知识	223
第二节 建筑塑料	225
第三节 胶粘剂	231
第四节 涂料	233
复习思考题	240
第十二章 防水材料	241
第一节 沥青基防水材料	241
第二节 橡胶基和树脂基防水材料	255
复习思考题	264
第十三章 绝热材料与吸声材料	265
第一节 绝热材料	265
第二节 吸声材料	269
复习思考题	272
建筑材料试验	273
试验一 建筑材料基本性质试验	273
试验二 烧结普通砖试验	276
试验三 水泥试验	278
试验四 混凝土用砂、石试验	284
试验五 普通混凝土配合比试验	289
试验六 混凝土性能与非破损试验	292
试验七 建筑砂浆试验	300
试验八 钢筋试验	302
试验九 木材试验	305
试验十 石油沥青试验	308
参考文献	312

绪 论

一、建筑与建筑材料

任何建筑物都是用各种材料建成的,这些材料总称为建筑材料,所以说建筑材料是土建工程的物质基础。

建筑材料与建筑、结构、施工之间存在着相互促进、相互依存的密切关系。一种新型建筑材料的出现,必将促使建筑形式的再创新,同时结构设计和施工技术也将相应地得到改进和变化。因此,建筑材料是加速建筑革新的一个重要因素。

提高材料的强度,则在相同承载力下构件的截面尺寸可以缩小,自重也随之降低。材料的重量减轻,不仅构件自重小,而且在相同的运输能力下,构件和制品的尺寸就可增大。例如用轻质大板、空心砌块取代传统的烧结普通砖,不仅可以减轻墙体自重,而且改善了墙体的保温功能。一般来说,采用轻质高强材料可使整个建筑物的重量大大降低,从而使建筑物的下部结构和地基的负荷相应减少,抗震能力增强。同时,有利于实现施工机械化,加速工程施工进度。

随着社会的发展和人民生活水平的提高,对土建工程在功能方面提出各种各样的新要求,这反过来又将促进建筑材料的发展。例如:现代高层建筑和大跨度结构需要高强轻质材料;化学工业厂房、港口工程、海洋工程等需要耐化学腐蚀材料;建筑物下部结构、地铁和隧道工程等需要高抗渗防水材料;建筑节能需要高效保温隔热材料;严寒地区的工程需要高抗冻性材料;核工业发展需要防核辐射材料;为将建筑物装修得更美观,则需要各种绚丽多彩的装饰材料等等。

建筑材料品种繁多,又性能各异。因此,在土建工程中,按照建筑物对材料功能的要求及其使用时的环境条件,正确合理地选用材料,做到材尽其能和物尽其用,这对于节约材料、降低工程造价、提高基本建设的技术经济效益,具有重大的意义。

二、建筑材料的发展

建筑材料科学的发展,是随着社会生产力的发展而发展的。

在上古时期,人类居于天然山洞或树巢中,以后逐步采用粘土、石、木等天然材料建造房屋。距今 18000 年前的北京周口店龙骨山山顶洞人,仍是住在天然岩洞里。在距今约 6000 年的西安半坡遗址,已是采用木骨泥墙建房,并发现有制陶窑场。河南安阳的殷墟,是商朝后期的都城(约公元前 1401~公元前 1060),建筑技术水平有了明显提高,并有制陶、冶铜作坊,青铜工艺也已相当纯熟。烧土瓦在西周(公元前 1060~公元前 711)早期的陕西凤雏遗址中已有发现,并有了在土坯墙上采用三合土(石灰、黄砂、粘土混合)抹面。说明我国劳动人民在 3000 年前已能烧制石灰、砖瓦等人造建筑材料,冶铜技术亦相当高明。到战国时期(公元前 475~公元前 221),筒瓦、板瓦已广泛使用,并出现了大块空心砖和墙壁装修用砖。在齐都临淄遗址(约公元前 850~公元前 221)中,有炼铜、冶铁作坊,说明当时铁器已有应用。

在欧洲,用天然火山灰、石灰、碎石拌制天然混凝土用于建筑,在公元前 2 世纪已有应用,直到 19 世纪初,才开始采用人工配料,再经煅烧、磨细制造水泥,因它凝结后与英国波特兰岛的石灰石颜色相似,故称波特兰水泥(即我国的硅酸盐水泥)。此项发明于 1824 年由英国人阿斯普定(J·Aspdin)取得专利权,并于 1925 年用于修建泰晤士河水下公路隧道工程。钢材在建筑中的应用也是 19 世纪中叶的事。1850 年法国人朗波制造了第一只钢筋混凝土小船,1872 年在纽约出现了第一所钢筋混凝土房屋。水泥和钢材这两种新材料的问世,为建造高层建筑和大跨度桥梁提供了物质基础。

解放前我国建筑材料工业发展缓慢,19 世纪 60 年代在上海、汉阳等地相继建成炼铁厂,1867 年建成上海砖瓦锯木厂,1882 年建成中国玻璃厂,1890 年建成唐山水泥厂,这也是我国生产水泥的第一家工厂。

解放以后,为适应大规模经济建设的需要,建材工业才得到了迅速的发展。尤其改革开放以来,为满足现代工程建设的需要,一些特殊功能(如保温、隔热、吸声、防水、耐火等)的建筑材料也应运而生。近年来为适应现代建筑装修的需要,玻璃、陶瓷、塑料、铝合金等建筑装饰材料更是层出不穷。

随着建筑材料生产和应用的发展,建筑材料科学也已形成为一门独立的新学科。采用现代的电子显微镜、X 衍射分析、测孔技术等先进仪器设备,可从微观和宏观两方面对材料的形成、组成、构造与材料性能之间的关系及其规律性和影响因素等进行研究。应用现代技术已可以实现按指定性能来设计和制造某些材料,以及对传统材料按要求进行各种改性。预期不久的将来,将研制出更多高级的新型多功能建筑材料。

建筑材料工业的发展,关系到国民经济各个部门的建设速度和规模生产,而且直接影响人民居住条件的改善和提高。据统计,目前建筑业的增加值,在国内总产值中仅次于农业和工业,居于第三位。仅“八五”期间,全国城镇以上建筑企业将完成建筑总产值达 18060.6 亿元,五年竣工各类房屋建筑面积 14.2 亿 m^2 。而在建筑工程中,建筑材料费用一般要占建筑总造价的 50% 左右,有的高达 70%。可见,建筑材料的研制与应用,意义十分重大。

建筑材料工业是重要的原材料工业,在我国现代化建设中,是一个必须先行的行业,为了适应我国经济建设的发展需要,今后建筑材料的发展将具有以下一些趋向:

1. 高性能材料的研制。例如研制轻质、高强、高耐久性、优异装饰性和多功能的材料,以及充分利用和发挥各种材料的特性,采用复合技术,制造出具有特殊功能的复合材料。

2. 充分利用地方材料。尤其应大力开发利用工业废渣作为建筑材料的资源,以保护自然资源和维持生态环境的平衡。

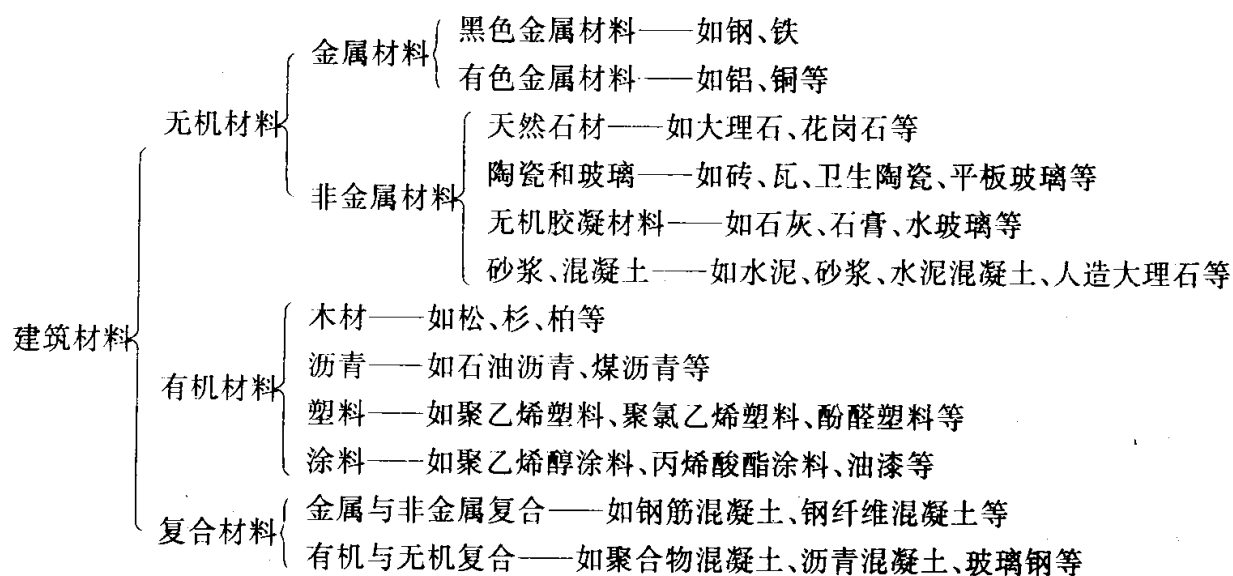
3. 节约能源。优先开发、生产低能耗的建筑材料以及生产能降低建筑使用能耗的节能型建筑材料。

4. 提高经济效益。大力发展和使用不仅能给建筑物带来优良的技术效果,还同时具有良好经济效益的建筑材料。

三、建筑材料的分类

建筑材料的种类繁多、组分各异,用途不一,可按多种方法进行分类。

1. 按建筑材料化学成分分类。通常可分为有机材料、无机材料和复合材料三大类,如下表所示:



2. 按建筑材料在建筑物中的功能分类。可分为承重和非承重材料、保温和隔热材料、吸声和隔声材料、防水材料、装饰材料等。

3. 按用途分类。可分为结构材料、墙体材料、屋面材料、地面材料、饰面材料，以及其他用途的材料等。

四、建筑材料的标准化

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。

目前我国绝大多数的建筑材料都制订有产品的技术标准，这些标准一般包括：产品规格、分类、技术要求、检验方法、验收规则、标志、运输和贮存等方面的内容。

建筑材料的技术标准，是产品质量的技术依据。对于生产企业，必须按标准生产合格的产品，同时它可促进企业改善管理，提高生产率，实现生产过程合理化。对于使用部门，则应当按标准选用材料，可使设计和施工标准化，从而可加速施工进度，降低建筑造价。再者，技术标准又是供需双方对产品质量验收的依据，是保证工程质量的先决条件。

我国祖先很早就注意建筑材料的标准化。如在咸阳和秦始皇兵马俑墓穴陪葬俑坑中，以及明代修建的长城山海关段，所用砖的规格已向条砖转化，长宽厚之比接近 4 : 2 : 1，与目前普通砖的规格比例相近。河北蓟县独乐寺，是公元 984 年的建筑，其观音阁的梁枋斗拱种类多达几十种，构件上千件，但规格仅为 6 种。

18 世纪欧洲产业革命和商品生产、商品交换的发展，使标准化工作在西方工业发达国家得到长足的进展，成为现代工业发展的重要基石。

解放以前，我国标准化工作十分落后，带有浓厚的半殖民地色彩。以水泥为例，东北执行日本标准，浙江、上海一带执行英、美标准，没有我国自己的统一标准。解放后，政府成立了标准化管理的专门机构，使建筑材料标准化工作得到了迅速发展。对于使用者来说，熟悉和运用建筑材料的技术标准，具有十分重要的意义。

建筑材料的技术标准分为国家标准、行业标准和企业标准，各级标准分别由相应的标准化管理部门批准并颁布，我国国家技术监督局是国家标准化管理的最高机关。国家标准和部门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。

各级标准都有各自的部门代号，例如：GB——国家标准；GBJ——建筑工程国家标准；

JGJ——建设部行业标准;JC——国家建材局标准;YB——冶金部标准;ZB——国家级专业标准等等。

标准的表示方法,系由标准名称、部门代号、编号和批准年份等组成,例如:

国家标准《烧结普通砖》GB5101—93。标准的部门代号为GB,编号为5101,批准年份为1993年。

建材行业标准《建筑水磨石制品》JC507—93。标准的部门代号为JC,编号为507,批准年份为1993年。

各个国家均有自己的国家标准,例如“ASTM”代表美国国家标准、“JIS”代表日本国家标准、“BS”代表英国标准、“DIN”代表德国标准等。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”。

五、本课程的学习目的与方法

建筑材料是一门实用性很强的专业基础课。它是以数学、力学、物理、化学等课程为基础,而又为学习建筑、结构、施工等后续专业课程提供建材基本知识,同时它还为今后从事工程实践和科学研究打下必要的基础。

教材中对每一种建筑材料的叙述,一般包括原材料、生产、组成、构造、性质、应用、检验、运输和贮存等方面的内容。学习本课程的学生,多数是材料的使用者,所以学习重点应是掌握材料的建筑性质和合理选用材料。要达到这一点,就必须了解各种材料的特性,在学习时,不但要了解每一种建筑材料具有哪些性质,而且应对不同类属、不同品种材料的特性相互进行比较,只有掌握其特点,才能做到正确合理选用材料。同时,还应知道材料之所以具有某种建筑性质的基本原理,以及影响建筑性质变化的外界条件。此外,建筑材料的运输和贮存等注意事项,也是根据该材料的性质所规定的。

实验课是本课程的重要教学环节。通过实验,一方面要学会对各种常用建筑材料的检验方法,能对建筑材料进行合格性判断和验收;另一方面是提高实践技能,能对实验数据、实验结果进行正确的分析和判别,培养科学认真的态度和实事求是的工作作风。

第一章 建筑材料的基本性质

建筑物是由各种建筑材料建造而成的,这些材料用在建筑物的各个部位均要承受各种不同的作用,为此,要求建筑材料必须具备相应的基本性质。例如结构材料必须具有良好的力学性能;墙体材料应具有绝热、隔声性能;屋面材料应具有抗渗防水性能;地面材料应具有耐磨损性能等等。另外,由于建筑物长期暴露在大气中,经常要受到风吹、雨淋、日晒、冰冻等自然条件的影响,故还要求建筑材料应具有良好的耐久性能。

建筑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、防射线性等,现分别讨论如下。

第一节 材料的物理性质

一、材料的密度、表观密度与堆积密度

(一) 材料的密度

材料在绝对密实状态下单位体积的重量^①称为材料的密度(原称比重)。可用公式表示如下:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

式中 ρ ——材料的密度(g/cm³);

m ——材料在干燥状态下的重量(g);

V ——干燥材料在绝对密度状态下的体积(cm³)。

材料在绝对密实状态下的体积,是指不包括材料内部孔隙的固体物质本身的体积,亦称实体积。建筑材料中除钢材、玻璃、沥青等外,绝大多数材料均含有一定的孔隙。测定含孔材料的密度时,须将材料磨成细粉(粒径小于0.20mm),经干燥后用李氏瓶测得其实体积。材料磨得愈细,测得的密度值愈精确。

(二) 材料的表观密度

材料在自然状态下单位体积的重量称为材料的表观密度(原称容重)。用公式表示为

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0}$$

式中 ρ_0 ——材料的表观密度(kg/m³);

m ——材料的重量(kg);

V_0 ——材料在自然状态下的体积(m³)。

^① 注:“重量”按法定的量名称应改为“质量”,但考虑到“质量”易与“产品质量”、“施工质量”等相混淆,故本书中仍称为“重量”。

材料在自然状态下的体积是指材料的实体积与材料内所含全部孔隙体积之和。对于外形规则的材料,其表观密度测定很简便,只要测得材料的重量和体积(可用尺量测),即可算得。不规则材料的体积要采用排水法求得,但材料表面应预先涂上蜡,以防水分渗入材料内部而使测值不准。

材料表观密度的大小与其含水情况有关。当材料含水时,其重量增大,体积也会发生不同程度的变化。因此测定材料表观密度时,须同时测定其含水率,并予以注明。通常材料的表观密度是指气干状态下的表观密度。材料在烘干状态下的表观密度称干表观密度。

(三) 材料的堆积密度

散粒材料在自然堆积状态下单位体积的重量称为堆积密度。可用下式表示为

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0}$$

式中 ρ_0 ——散粒材料的堆积密度(kg/m³);
 m ——散粒材料的重量(kg);
 V_0 ——散粒材料在自然状态下的堆积体积(m³)。

散粒材料在自然状态下的体积,是指既含颗粒内部的孔隙、又含颗粒之间空隙在内的总体积。测定散粒材料的体积可通过已标定容积的容器计量而得。测定砂子、石子的堆积密度即用此法求得。若以捣实体积计算时,则称紧密堆积密度。

由于大多数材料或多或少均含有一些孔隙,故一般材料的表观密度总是小于其密度,即 $\rho_0 < \rho$ 。

建筑工程中在计算材料用量、构件自重、配料、材料堆场体积或面积,以及计算运输材料的车辆等时,均需要用到材料的上述状态参数。常用建筑材料的密度和表观密度见表 1—1 所示。

表 1—1 常用建筑材料的密度及表观密度

材料名称	密度(g/cm ³)	表观密度(kg/m ³)	堆积密度(kg/m ²)
钢	7.8~7.9	7850	—
花岗岩	2.7~3.0	2500~2900	—
石灰石	2.4~2.6	1600~2400	1400~1700(碎石)
砂	2.5~2.6	—	1500~1700
粘土	2.5~2.7	—	1600~1800
水泥	2.8~3.1	—	1100~1300
烧结普通砖	2.6~2.7	1600~1900	—
烧结空心砖(多孔砖)	2.6~2.7	800~1480	—
红松木	1.55~1.60	400~600	—
泡沫塑料	—	20~50	—

二、材料的孔隙率与空隙率

(一) 孔隙率

材料内部孔隙的体积占材料总体积的百分率,称为材料的孔隙率(P_0)。可用下式表示:

$$P_0 = \frac{V_0 - V}{V_0} \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) \times 100\%$$

材料孔隙率的大小直接反映材料的密实程度,孔隙率大,则密实度小。孔隙率相同的材料,它们的孔隙特征(即孔隙构造)可以不同。按孔隙的特征,材料的孔隙可分为开口孔和闭口孔两种,二者孔隙率之和等于材料的总孔隙率。按孔隙的尺寸大小,又可分为微孔、细孔及大孔三种。不同的孔隙对材料的性能影响各不相同。

工程中对需要保温隔热的建筑物或部位,要求其所用材料的孔隙率要较大。相反,对要求高强或不透水的建筑物或部位,则其所用的材料孔隙率应很小。

(二) 空隙率

散颗粒材料(如砂、石子)堆积体积(V_0)中,颗粒间空隙体积所占的百分率称为空隙率(P_0)。可用下式表示为

$$P_0 = \frac{V_0 - V_0'}{V_0} \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho_0'}\right) \times 100\%$$

在配制混凝土时,砂、石子的空隙率是作为控制混凝土中骨料级配与计算混凝土含砂率时的重要依据。

三、材料与水有关的性质

(一) 亲水性与憎水性

当材料与水接触时可以发现,有些材料能被水润湿,有些材料则不能被水润湿,前者称材料具有亲水性,后者称具有憎水性。

材料产生亲水性的原因是因其与水接触时,材料与水之间的分子亲合力大于水本身分子间的内聚力所致。当材料与水接触,材料与水之间的分子亲合力小于水本身分子间的内聚力时,则材料表现为憎水性。

材料被水湿润的情况可用润湿边角 θ 表示。当材料与水接触时,在材料、水、空气三相的交点处,作沿水滴表面的切线,此切线与材料和水接触面的夹角 θ ,称为润湿边角,如图 1-1 所示。 θ 角愈小,表明材料愈易被水润湿。实验证明,当 $\theta \leq 90^\circ$ 时,如图 1-1a,材料表面吸附

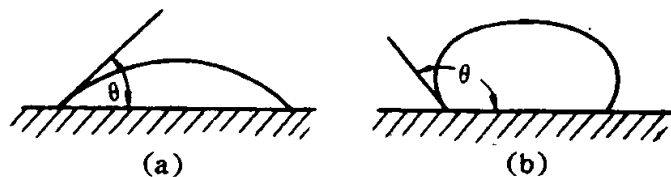


图 1-1 材料润湿示意图

(a) 亲水性材料; (b) 憎水性材料

水,材料能被水润湿而表现出亲水性,这种材料称亲水性材料。当 $\theta > 90^\circ$ 时,如图 1-1b,材料表面不吸附水,此称憎水性材料。当 $\theta = 0^\circ$ 时,表明材料完全被水润湿。上述概念也适用于其它液体对固体的润湿情况,相应称为亲液材料和憎液材料。

亲水性材料易被水润湿,且水能通过毛细管作用而被吸入材料内部。憎水性材料则能阻止水分渗入毛细管中,从而降低材料的吸水性。憎水性材料常被用作防水材料,或用作亲水性材料的复面层,以提高其防水、防潮性能。建筑材料大多为亲水性材料,如水泥、混凝土、砂、石、砖、木材等,只有少数材料如沥青、石蜡及某些塑料等为憎水性材料。

(二) 材料的吸水性与吸湿性

1. 吸水性

材料在水中能吸收水分的性质称为吸水性。材料的吸水性用吸水率表示,吸水率有以下

两种表示方法:

(1)重量吸水率

重量吸水率是指材料在吸水饱和时,内部所吸水分的重量占材料干重的百分率。用公式表示如下:

$$W_m = \frac{m_b - m_g}{m_g} \times 100\%$$

式中 W_m ——材料的重量吸水率(%);

m_b ——材料在吸水饱和状态下的重量(g);

m_g ——材料在干燥状态下的重量(g)。

(2)体积吸水率

体积吸水率是指材料在吸水饱和时,其内部所吸水分的体积占干燥材料自然体积的百分率。用公式表示如下:

$$W_v = \frac{m_b - m_g}{V_0} \cdot \frac{1}{\rho_w} \times 100\%$$

式中 W_v ——材料的体积吸水率(%);

V_0 ——干燥材料在自然状态下的体积(cm^3);

ρ_w ——水的密度(g/cm^3),在常温下取 $\rho_w = 1\text{g}/\text{cm}^3$ 。

工程用建筑材料一般均采用重量吸水率。重量吸水率与体积吸水率存在下列关系:

$$W_v = W_m \cdot \rho_0$$

式中, ρ_0 为材料在干燥状态下的表观密度(g/cm^3)。

材料中所吸水分是通过开口孔隙吸入的,故开口孔隙率愈大,则材料的吸水量愈多。材料吸水达饱和时的体积吸水率,即为材料的开口孔隙率。

材料的吸水性材料的孔隙率和孔隙特征有关。对于细微连通孔隙,孔隙率愈大,则吸水率愈大。闭口孔隙水分不能进去,而开口大孔虽然水分易进入,但不能存留,只能润湿孔壁,所以吸水率仍然较小。各种材料的吸水率很不相同,差异很大,如花岗岩的吸水率只有0.5%~0.7%,混凝土的吸水率为2%~3%,粘土砖的吸水率达8%~20%,而木材的吸水率可超过100%。

2. 吸湿性

材料在潮湿空气中吸收水分的性质称为吸湿性。潮湿材料在干燥的空气中也会放出水分,此称还湿性。材料的吸湿性用含水率表示。含水率系指材料内部所含水重占材料干重的百分率。用公式表示为

$$W_h = \frac{m_s - m_g}{m_g} \times 100\%$$

式中 W_h ——材料的含水率(%);

m_s ——材料在吸湿状态下的重量(g);

m_g ——材料在干燥状态下的重量(g)。

材料的吸湿性随空气的湿度和环境温度的变化而改变,当空气湿度较大且温度较低时,则材料的含水率就大,反之则小。材料中所含水分与空气的湿度相平衡时的含水率,称为平衡含水率。具有微小开口孔隙的材料,吸湿性特别强,如木材及某些绝热材料,在潮湿空气中

能吸收很多水分,这是由于这类材料的内表面积大,吸附水的能力强所致。

材料的吸水性和吸湿性均会对材料的性能产生不利影响。材料吸水后会导致其自重增大、绝热性降低、强度和耐久性将产生不同程度的下降。材料吸湿和还湿还会引起其体积变形,影响使用。不过利用材料的吸湿可起除湿作用,常用于保持环境的干燥。

(三) 材料的耐水性

材料长期在水作用下不破坏,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表示,如下式:

$$K_R = \frac{f_b}{f_g}$$

式中 K_R ——材料的软化系数;

f_b ——材料在饱水状态下的抗压强度(MPa);

f_g ——材料在干燥状态下的抗压强度(MPa)。

K_R 的大小表明材料在浸水饱和后强度降低的程度。一般来说,材料被水浸湿后,强度均会有所降低。这是因为水分被组成材料的微粒表面吸附,形成水膜,削弱了微粒间的结合力所致。 K_R 值愈小,表示材料吸水饱和后强度下降愈大,即耐水性愈差。材料的软化系数 K_R 在 0~1 之间。不同材料的 K_R 值相差颇大,如粘土 $K_R=0$,而金属 $K_R=1$ 。工程中将 $K_R>0.85$ 的材料,称为耐水的材料。在设计长期处于水中或潮湿环境中的重要结构时,必须选用 $K_R>0.85$ 的建筑材料。对用于受潮较轻或次要结构物的材料,其 K_R 值不宜小于 0.75。

(四) 材料的抗渗性

材料抵抗压力水渗透的性质称为抗渗性,或称不透水性。材料的抗渗性通常用渗透系数表示。渗透系数的物理意义是:一定厚度的材料,在一定水压力下,在单位时间内透过单位面积的水量。用公式表示为

$$K_s = \frac{Qd}{AtH}$$

式中 K_s ——材料的渗透系数(cm/h);

Q ——渗透水量(cm^3);

d ——材料的厚度(cm);

A ——渗水面积(cm^2);

t ——渗水时间(h);

H ——静水压力水头(cm)。

K_s 值愈大,表示材料渗透的水量愈多,即抗渗性愈差。

材料的抗渗性也可用抗渗标号表示。抗渗标号是以规定的试件、在标准试验方法下所能承受的最大水压力来确定,以符号“ S_n ”表示,其中 n 为该材料所能承受的最大水压力的 $\frac{1}{10}$ MPa 数,如 S_4 、 S_6 、 S_8 等分别表示材料能承受 0.4、0.6、0.8MPa 的水压而不渗水。

材料的抗渗性与其孔隙率和孔隙特征有关。细微连通的孔隙水易渗入,故这种孔隙愈多,材料的抗渗性愈差。闭口孔水不能渗入,因此闭口孔隙率大的材料,其抗渗性仍然良好。开口大孔水最易渗入,故其抗渗性最差。

抗渗性是决定材料耐久性的主要指标。在设计地下建筑、压力管道、容器等结构时,均要求其所用材料具有一定的抗渗性能。抗渗性也是检验防水材料质量的重要指标。