



陈雅福 主编

建筑工程系列书

建筑材料

华南理工大学出版社

建 筑 材 料

陈雅福 主编

华南理工大学
华南建设学院 合编
广东工业大学



华南理工大学出版社

• 广州 •

图书在版编目(CIP)数据

建筑材料/陈雅福主编. —广州:华南理工大学出版社,1998. 2
ISBN 7-5623-1172-2

I. 建…
II. 陈…
III. 建筑材料
IV. TU5

华南理工大学出版社出版发行

(广州五山 邮编:510641)

责任编辑 李彩英 王魁葵

各地新华书店经销

广州新光明印刷厂印装

*

开本:787×1092 1/16 印张:20.375 字数:489 千

1998年2月第1版 1998年2月第1次印刷

印数:1—5 000

定价:27.50 元

前 言

本书为“工业与民用建筑”、“建筑结构工程”、“地下建筑工程”及“建筑学”等专业用书,根据高等学校建筑类《建筑材料》教学大纲而编写。本书吸收国内外建筑材料的先进技术,并结合我国有关建筑材料现行规范、技术标准、规程、科研成果、华南地区新型建筑材料特点及应用情况进行编写。本书重视基础理论,力求理论性和实践性相结合,教学内容与实验内容相结合。

本书内容包括:建筑材料基本性质,石膏、石灰、水玻璃,各种水泥,混凝土,砂浆,墙体材料和屋面材料,建筑钢材,木材,建筑塑料,防水材料,绝热材料和吸声材料,装饰材料及建筑材料试验等。

编写内容力求概念清晰,深入浅出,加强三基,即基础理论、基本知识、基本技能。

本书由华南理工大学陈雅福担任主编,张兆杰主审,各章编写人员:第一章、第三章、第八章由华南理工大学张兆杰编写;第二章、第九章及建筑材料试验由广东工业大学孙南屏、祁玲编写;第五章、第六章、第十章由华南建设学院彭雅雅编写;第十二章由张兆杰、陈雅福编写;第四章、第七章、第十一章由华南理工大学陈雅福编写。

由于我们水平有限,书中不妥之处或错误,尚祈广大师生、读者提出宝贵意见。

编 者

1997年2月

目 录

绪论.....	1
第一章 建筑材料的基本性质.....	6
第一节 材料的基本物理性质.....	6
第二节 材料的力学性质	13
第三节 材料的耐久性	16
第四节 材料的组成、结构与构造及其对性能的影响.....	17
第二章 气硬性无机胶凝材料	20
第一节 石灰	20
第二节 石膏	24
第三节 氯氧镁水泥	29
第四节 水玻璃	30
第三章 水 泥	33
第一节 硅酸盐水泥	33
第二节 掺混合材料的硅酸盐水泥	42
第三节 水泥在工程中的应用	48
第四节 特性水泥	52
第四章 混凝土	59
第一节 普通混凝土的组成材料	60
第二节 普通混凝土的主要技术性质	70
第三节 混凝土的外加剂	94
第四节 混凝土的质量控制与评定.....	103
第五节 普通混凝土的配合比设计.....	108
第六节 轻集料混凝土.....	115
第七节 多孔混凝土.....	128
第八节 粉煤灰混凝土.....	130
第九节 其他品种混凝土.....	134
第五章 建筑砂浆.....	142
第一节 砌筑砂浆.....	142
第二节 抹面砂浆.....	150
第六章 墙体材料和屋面材料.....	154
第一节 墙体材料.....	154
第二节 屋面材料.....	168

第七章 建筑钢材	172
第一节 钢的冶炼及分类.....	172
第二节 建筑钢材的力学性能.....	173
第三节 钢的化学成分对钢材性能的影响.....	178
第四节 钢的冷加工强化时效及其应用.....	179
第五节 建筑钢材的标准和选用.....	182
第六节 钢材的腐蚀及防止	193
第七节 铝合金在建筑中的应用.....	194
第八章 木材	197
第一节 木材的构造.....	197
第二节 木材的物理力学性质.....	199
第三节 木材的等级标准和应用.....	204
第四节 木材的综合利用.....	206
第五节 木材的防腐与防火.....	208
第九章 建筑塑料	212
第一节 高分子化合物基本知识.....	212
第二节 塑料.....	214
第三节 胶粘剂.....	219
第十章 防水材料	223
第一节 防水材料的基本成分.....	223
第二节 防水卷材.....	230
第三节 防水涂料.....	234
第四节 建筑防水密封材料.....	239
第十一章 绝热材料和吸声材料	244
第一节 绝热材料的作用原理和基本要求.....	244
第二节 无机绝热材料.....	246
第三节 有机绝热材料.....	251
第四节 镀铝箔绝热材料.....	252
第五节 玻璃绝热材料(玻璃幕墙用).....	254
第六节 吸声材料.....	259
第十二章 装饰材料	263
第一节 装饰材料的基本要求及选用.....	263
第二节 地面装饰材料.....	264
第三节 内墙装饰材料.....	267
第四节 外墙装饰材料.....	268
第五节 顶棚装饰材料.....	269
第六节 装饰涂料.....	270
建筑材料试验	274
试验一 建筑材料基本物理性质试验.....	274

试验二	水泥技术性质检验.....	276
试验三	混凝土用砂和石检验.....	284
试验四	普通混凝土试验.....	290
试验五	砂浆试验.....	297
试验六	烧结普通砖试验.....	300
试验七	钢筋试验.....	301
试验八	木材试验.....	304
试验九	石油沥青试验.....	309
试验十	混凝土强度的非破损试验.....	312
附录		316
参考文献		318

绪 论

一、学习建筑材料的重要性

在我国社会主义经济建设中,特别在开放改革的大好形势下,建筑材料占着极为重要的地位。各项建设的开始,首先都是基本建设,而建筑材料则是一切土建工程中必不可少的物质基础。

建筑材料是指各项建筑工程所使用的各种无机材料、有机材料及复合材料。无机材料可分为矿物质非金属材料 and 金属材料两部分;有机材料可分为天然的和人工合成的两类。目前普遍使用的是属于矿物质材料、烧土制品、石灰、石膏、水泥、水玻璃、砂浆、混凝土和硅酸盐制品等。现代化的建筑中,金属材料、高分子材料(树脂、沥青、塑料、橡胶、涂料、人造纤维)、有机无机复合材料(增强塑料、聚合物水泥混凝土或砂浆)以及各种建筑制品也用得较多。

建筑材料在基本建设总费用中占很大的比例。无论工业与民用建筑,或者纪念性建筑,其建筑材料费用往往占总投资的 60% 以上。而且,建筑与结构形式和施工方法常常受建筑材料的品种、质量所制约。新型材料的出现与发展,促使建筑形式、结构设计和施工方法的革新;钢铁材料的工业化生产与钢筋混凝土的出现,使高层和大跨度建筑冲破了旧材料的束缚而蓬勃兴起。像广州的广东国际大厦高 63 层,中信广场高 80 层(目前是亚洲最高层的建筑物)。建筑材料的质量直接影响建筑工程的坚固、美观与耐久,建筑材料的生产和应用,对社会主义的建设事业具有重要的作用。

建造任何房屋,都必须选择和合理使用建筑材料。优良的建筑材料,必须具备足够的强度,能够安全地承受设计荷载;自身的重量以轻为宜,以减少下部结构和地基的负荷;要有与使用环境相适应的耐久性,尽量减少维修费用;用于装饰的材料,应能美化建筑物,有一定装饰效果;用于特殊部位的材料,还要具有相应的特殊功能,例如屋面材料要能绝热和防水,楼板和内墙材料要能隔声等。

建筑技术现代化,在很大程度上是与传统建筑材料的改造和新品种材料的开发分不开的。高强、轻质和高效能新型材料的创造,对提高房屋工程的技术、经济效果尤其具有重大意义。如果将材料的强度提高,则在同样荷载下,构件的尺寸就可缩小,因而构件自重、材料用量和运输负担都可相应减少。又如用轻质材料代替传统的普通粘土砖作墙体材料,不但为墙体材料增添了新的品种,而且可以减轻墙体自重,改善绝热和吸声效果,提高抗震性能,有利于施工机械化和加快施工进度。如果能创造出一种多功能的屋面材料,既能承重,又能防水,也能绝热,不但能节省材料,而且设计和施工可大为简化。同时,建筑设计的改革和施工技术的进步又促进了建筑材料的发展,当前我国对房屋的质量和建筑艺术提出了更高的要求,因而也大大加速了各种新型材料的发展。

二、建筑材料发展方向

我国建筑材料工业的真正发展是新中国建立以后开始的。社会主义建设事业日新月异，城乡建筑规模宏伟。十一届三中全会以后，全党全国力量转移到现代化建设上来，建设形势更是欣欣向荣，建筑材料的需要量迅猛增加，建筑材料工业是当前国民经济中急需加强的一个薄弱环节。近年来建材的科研、生产发展是比较快的，水泥品种已研制成功 60 余种，各种混凝土材料产量年年提高，同时，发展了几十种不同性能的混凝土（高强快硬、防水、防油、耐酸、防辐射、聚合物浸渍、彩色、轻质、大体积以及预应力、自应力、纤维配筋混凝土和高性能混凝土等）。目前外加剂品种、牌号有 300 多个，年生产能力 20 多万吨，在水泥混凝土使用中取得显著效果，是混凝土发展史上继钢筋混凝土、预应力混凝土后的第三次飞跃，也是混凝土科学技术上的又一次突破。90 年代在混凝土工程中，如果不使用外加剂，应该说这个混凝土就不科学。混凝土科学技术近代发展的主攻方向——轻质、高强、耐久、快硬、高流动性、高性能的研究，都与外加剂，特别是减水剂的应用技术密切相关，商品混凝土，泵送混凝土的研究应用就是建立在外加剂基础上。

目前建筑材料的需用量都是以万吨计，需求量很大，因而研究和利用材料方面应该因地制宜，就地取材。改进地方材料的性能以及充分利用工业废料、副产品制造新型的建筑材料，就成为科研、生产与合理使用的基本问题。各地为使建筑工业化研制了各种新材料新制品，推广各种建筑体系，然而从各方面条件综合考虑，全国绝大部分建筑的主要结构形式仍将是钢筋混凝土结构及砖混结构建筑，各种砖、小砌块以及混凝土、砂浆目前仍然是主要材料。为保护农田良土，推广使用灰砂砖、煤渣砖、粉煤灰砖、尾矿粉砖、泡沫混凝土砌块等来取代部分粘土砖或不用红砖，同时发展空心砖、空心砌块，充分利用砂子、石灰和工业废料，大力发展水泥生产，千方百计节约熟土，不与农业争土，仍是方向问题。

不同建筑材料的生产，其单位能耗悬殊，而建筑物在使用期间又是长期耗能较大的场所，为节约能耗，墙体、屋面、地面材料均应充分考虑绝热效果，在选用材料时应作综合热工计算，务求生产、施工与使用期间的能耗达到最小。

为满足工农业大规模建设的需要，研制新型材料与制品并合理地使用材料也是必要的。特别是随着生产发展，人民生活水平不断提高，在居住方面除了满足基本面积要求外，建筑物的保温绝热、吸音隔声、美观适用等功能日益显得重要，塑料、铝合金材料制品等在建筑材料中的比重逐渐加大。而工业建筑方面要求提供有耐热、耐腐蚀、耐磨、抗污、防爆、防辐射的各种复合性能的材料。建筑材料今后的发展趋向可归纳如下：

(1) 轻质高强。普遍使用加气混凝土、轻集料混凝土、增强塑料及铝合金型材等，以减轻结构材料的重量，发展高性能混凝土、高耐久性高强混凝土，并能节省运输费用，利于节能、抗震。

(2) 发展复合材料及制品，提高材料使用效能。

(3) 构件及制品尺寸大型化、标准化，便于工业化生产，加快施工进度。

(4) 充分利用地方材料及工业废渣，保护自然资源，开发装饰材料，提高材料装饰效果。

(5) 利用材料科学的知识与技能进行研究，设计与制造特殊功能和高效能的建筑材料。

一种新材料的开发，需要有一个过程。包括研究、技术上成熟的过程，还有社会上的认识和适应过程。作为一名建筑技术人员，应该积极而慎重地推广和采用新材料，结合地区特点

与工程性质,合理地发挥新材料的优点。

三、建筑材料课程的性质、任务、方法

(一)建筑材料课程的性质和任务

本课程为本专业的一门技术基础课,为配合工业与民用建筑结构的设计、施工和房屋构造等课程,为如何合理选择和使用建筑材料打下基础。同时建筑材料又是建筑物重要的物质基础,为此,必须了解各种材料的组织构造和成分等特点,从本质上理解材料的配制过程,在不同施工条件下的使用方法以及在应用过程中发生的变化和各种条件之间的相互关系。

在学习过程中要掌握各种现象发生的原因、硬化机理、材料试验方法及验收、储存、运输、保管等方面的基本知识和技能,了解节约材料、改善性能和防腐处理的原则和方法。

(二)学习建筑材料课程的基本要求

建筑材料的品种和内容较多,对学生只要求掌握最基本的材料生产工艺、技术性能、试验方法和使用技术知识。

为教学方便,本教材将按下述各种常用的建筑材料分别进行论述:气硬性胶凝材料、水泥、混凝土、砂浆、墙体材料和屋面材料、建筑钢材、木材、建筑塑料、防水材料、绝热材料、吸声材料和装饰材料等内容。各种材料需要研究的内容范围很广,涉及原料、生产、组成、构造、性质、应用、检验、运输、验收和储存等各个方面。在学习时,要着重学好主要内容——材料的建筑性质和合理应用。对于同一类属的不同品种的材料,不但要学习它们的共性,更重要的是要了解它们各自的特性和具备这些特性的原因。

学习时还要注意了解事物的本质和内在联系。对材料从微观、亚微观到宏观结构进行分析研究,洞察各种性质之间的内在联系和在不同条件下的变化规律。

一切材料的性质都不是固定不变的,在使用过程中,甚至在运输和储存过程中,它们的性质都在或多或少、或快或慢地不断变化。为了保证工程的耐久性和控制材料在使用前的变质问题,我们必须了解引起变化的外界条件和材料本身的内在原因,从而了解变化的规律。

(三)建筑材料课程的学习方法

建筑材料是研究各种建筑用材料的成分(或组成)结构、组织构造、生产工艺、加工原理、技术性能、质量检验及应用范围等内容的技术科学。

学生在学习本课程时要有一定的数学、物理、化学、材料力学等方面的基本知识。另外,学生对建筑材料在有一定感性知识的基础上可获得下面有关的知识。

- (1)建筑材料的技术性质及应用的基本知识。
- (2)生产工艺及加工原理的一般知识。
- (3)必要的基本理论知识。
- (4)主要建筑材料试验的基本技能。
- (5)一般技术经济分析。

通过学习,要求学生能用辩证唯物主义观点分析各种因素对建筑材料技术性质的影响,为正确选择与使用建筑材料提供必要的基础知识。

建筑材料试验:建筑材料是一门联系实际较强的科学,建筑材料试验是这门课的一个重要组成部分。通过材料试验可以巩固所学的理论知识,并使學生能熟悉各种材料试验设备、操作技术、国家标准和技术规范。对于各种试验数据能进行科学的分析和整理,可培养学生

进行科学研究的能力。

在学习过程中要求学生密切联系实际,结合工程实际,参观有关的建筑工地,如混凝土工程的施工,防水工程的施工,混凝土预制厂等,这样不仅能学到实际施工知识,而且能掌握怎样才能保证工程材料的质量。

在尽可能的条件下,认识主要的建筑材料样品,通过典型的材料样品的认识,可运用对比的方法,进一步了解建筑材料的共性和特性,便于掌握和理解其技术性能。

四、建筑材料各章的基本内容

(一)建筑材料的基本性质

基础理论:材料的宏观构造与材料主要性质的关系。

基本知识:材料主要技术性质的定义和实际意义。

基本技能:材料的密度、表观密度、堆积密度、吸水率及强度的测定。

(二)无机胶凝材料

基础理论:硅酸盐水泥的凝结硬化过程及其影响因素。活性混合材的组成性质与作用。

基本知识:石灰的技术性质与应用。硅酸盐水泥的技术性质、应用及贮运知识。水泥石在侵蚀介质下的腐蚀及其防止的一般途径。火山灰质硅酸盐水泥和矿渣硅酸盐水泥的组成、性质及应用。粉煤灰硅酸盐水泥的组成、性质及应用。复合硅酸盐水泥的组成、性质及应用。

基本技能:水泥主要技术性质的测定。

(三)混凝土及砂浆

基础理论:混凝土混合料的和易性及影响和易性的因素。混凝土的强度与密实性及其影响因素。混凝土配合比设计的基本原理。

基本知识:普通混凝土粗细集料的技术要求及选用原则。混凝土混合物的坍落度和维勃稠度的选择。混凝土的技术性质及应用。砂浆的技术性质及应用。

基本技能:粗细集料主要技术性质的鉴定。混凝土配合比的设计计算。混凝土混合料的坍落度及 V. B 维勃稠度的测定与调整。普通混凝土强度(等级)的确定。砂浆流动性、保水性、强度等级的确定。

(四)墙体材料及屋面材料

基础理论:粘土质材料在高温下燃烧的变化及其熔融产物的结构。

基本知识:烧结普通砖、灰砂砖及屋面材料等的技术性质及应用。

基本技能:烧结普通砖的强度和等级测定。

(五)建筑钢材

基础理论:钢材的机械性能、晶体组织、化学成分对其性能的影响。

基本知识:建筑用钢的分类及力学性质。普通碳素钢和普通低合金钢的标准、等级划分的原则。常用钢材的种类及用途。

基本技能:钢材抗拉性能、冷弯性能、伸长率的测定,钢材的冷加工及时效处理。

(六)木材

基础理论:木材主要物理力学性质与其构造、含水量的关系。

基本知识:木材的主要物理力学性质。常用针叶树、阔叶树的性质与应用。

基本技能:木材含水率的测定、木材抗弯强度检定、木材顺纹抗压、顺纹抗拉、顺纹抗剪

强度的检定。

(七)防水材料

基本知识:石油沥青的技术性质与应用。石油沥青与煤沥青的比较,沥青溶液、沥青胶的配制与应用。沥青卷材的性质与应用。

基本技能:石油沥青牌号的测定。(包括:沥青的针入度、延度及软化点的测定。石油沥青与煤沥青的识别。

(八)建筑塑料

基本知识:塑料的一般分类,常用塑料及粘结、嵌缝材料的性能及应用。

(九)绝热材料及吸声材料

基础理论:绝热材料和吸声材料的基本要求,一般分类。常用品种的性能及应用。

基本知识:绝热材料和吸声材料的作用原理。材料构造与表观密度、温度与湿度、热流方向等的影响关系。

(十)装饰材料

基本知识:装饰材料的基本要求和选用原则。常用品种的性能及应用。

第一章 建筑材料的基本性质

建筑材料在建筑物中处于不同的部位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;屋面材料应具有一定的防水性能;地面材料应具有耐磨损性能等等。此外建筑物长期暴露在大气中,建筑材料经常受到风吹、日晒、雨淋、冰冻而引起温度变化、湿度变化及冻融循环等作用,故还要求建筑材料具有良好的耐久性能。建筑材料的性质可归纳为如下几大类:

(1)物理性质 包括基本物理性质及与各种物理过程(如水、热的作用等过程)有关的性质;

(2)力学性质 材料在外力作用下的强度及变形性能;

(3)耐久性。

本章所讨论的各种性质是指一般建筑材料经常要考虑的性质,即建筑材料的基本性质。

第一节 材料的基本物理性质

一、密度、表观密度与堆积密度

(一)密度

密度是材料在绝对密实状态下,单位体积的质量(重量)。用下式表示:

$$\rho = m/V$$

式中 ρ ——材料的密度, g/cm^3 ;

m ——材料在干燥状态下的质量, g ;

V ——干燥材料在绝对密实状态下的体积, cm^3 。

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,在建筑材料中,除钢材、玻璃等少数材料外,大多数材料内部均存在孔隙。为测定含有孔隙材料的密度,须将材料磨成细粉(粒径小于 0.2 mm),干燥后用李氏瓶测得密实体积求得。材料磨得越细,测得的数值越接近于材料的绝对密实体积。

(二)表观密度

表观密度是材料在自然状态下,单位体积的质量(重量),又称容重或体积密度。用下式表示:

$$\rho_0 = m/V_0$$

式中 ρ_0 ——材料的表观密度, kg/m^3 ;

m ——材料的质量, kg ;

V_0 ——材料在自然状态下的体积, m^3 。

材料在自然状态下的体积是指材料固体物质的体积与材料内所含全部孔隙体积之和。

对外观形状规则的材料可用量具测量、计算而得。对不规则形状材料的体积可用排水法求得。

材料表观密度的大小与其含水情况有关,当材料含水时,其质量增大,体积也有可能发生不同程度的变化(如木材)。因此,在测定材料的表观密度时,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。材料在干燥状态下的表观密度称干表观密度。

(三)堆积密度

散粒材料在自然堆积状态下,单位体积的质量(重量)称为堆积密度。用下式表示:

$$\rho'_0 = m/V'_0$$

式中 ρ'_0 ——散粒材料的堆积密度,kg/m³;
 m ——散粒材料的质量,kg;
 V'_0 ——散粒材料在自然堆积状态下体积,m³。

散粒材料在自然堆积状态下的体积,是指散粒材料固体物质的体积。散粒材料内部的孔隙体积与散粒材料之间的空隙体积的总和。测定散粒材料的体积可将材料装入已标定容积的容器计量而得。测定砂子、石子的堆积密度,即用此方法求得。若以捣实体积计算时,则称紧密堆积密度。

建筑工程中在计算材料用量、构件自重、材料堆积体积或面积、配料计算以及计算运输车辆等时,均需要用到材料的上述参数。常用的建筑材料的密度、表观密度和堆积密度如表1-1所示。

表 1-1 常用建筑材料的密度、表观密度及堆积密度

材 料	密度 ρ g/cm ³	表观密度 ρ_0 kg/m ³	堆积密度 ρ'_0 kg/m ³
石灰岩	2.4~2.60	1800~2400	1400~1700(碎石)
花岗岩	2.6~2.90	2500~2900	—
砂	2.5~2.60	—	1450~1650
粘土	2.5~2.70	—	1600~1800
普通粘土砖	2.6~2.70	1600~1800	—
粘土空心砖	2.6~2.70	1000~1400	—
水泥	2.8~3.10	—	1000~1600
普通混凝土	—	2300~2500	—
轻骨料混凝土	—	800~1900	—
木材	1.55~1.60	400~800	—
钢材	7.85	7850	—
泡沫塑料	—	20~50	—

二、密实度、孔隙率和空隙率

(一)密实度

密实度是材料体积内固体物质所充实的程度。用下式表示:

$$D = \frac{V}{V_0} = \frac{\rho_0}{\rho}$$

式中 D ——材料的密实度,对于绝对密实材料, $D=1$;对于大多数建筑材料,密实度 $D<1$ 。

(二) 孔隙率

孔隙率是材料体积内孔隙体积与材料总体积(自然状态体积)的比率。用下式表示:

$$P = \frac{V_0 - V}{V_0} = 1 - \frac{V}{V_0} = 1 - \frac{\rho_0}{\rho}$$

式中 P ——材料的孔隙率。

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)可以不相同。按孔隙的特征,材料的孔隙可分为开口孔隙和闭口孔隙,开口孔隙与外界相通,而闭口孔隙则彼此不连通且与外界不相通。孔隙按尺寸大小又分为微孔、细孔及大孔三种。材料的孔隙率、孔隙尺寸、孔隙的开口或闭口及孔隙的分布对材料的性能将产生不同的影响。

(三) 空隙率

空隙率是指散粒材料在某堆积体积中,颗粒之间的空隙体积所占的比率。用下式表示:

$$P' = \frac{V'_0 - V_0}{V'_0} = 1 - \frac{\rho'_0}{\rho}$$

式中 P' ——散粒材料的空隙率。

空隙率的大小反映了散粒材料的颗粒互相填充的密实程度。在配制混凝土时,砂、石子的空隙率是作为控制混凝土集料级配与计算混凝土含砂率的重要依据。

三、材料与水有关的性质

(一) 亲水性与憎水性

材料与水接触时,根据材料表面被水润湿的情况,分为亲水材料和憎水材料两大类。

材料产生亲水性的原因是因为它与水接触时,材料与水之间的分子作用力大于水分子间的内聚力所致。而材料与水接触时,材料与水之间的分子作用力小于水分子间的内聚力时,则材料表现为憎水性。憎水性也叫疏水性。

材料被水润湿情况可用润湿边角 θ 表示。当材料与水接触时,在材料、水、空气三相的交点处,沿水滴表面作一切线,此切线与材料和水的接触面的夹角 θ ,称为润湿边角,如图 1-1 所示。 θ 角愈小,表明材料愈容易被水润湿,当 $\theta=0^\circ$ 时,表明材料完全被水润湿。一般认为,当 $\theta \leq 90^\circ$ 时,这材料称为亲水材料,如图 1-1a 所示;当 $\theta > 90^\circ$ 时,此材料称为憎水材料,如图 1-1b 所示。上述概念也适用于其他液体对固体的润湿情况,相应地称为亲液材料或憎液材料。

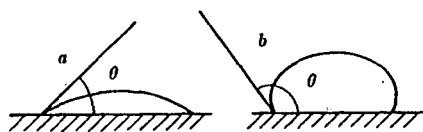


图 1-1 材料润湿边角

a) 亲水性材料; b) 憎水性材料

亲水材料易于被水润湿,且水能通过毛细管作用而被吸入材料内部。憎水材料则能阻止水分渗入毛细管内,从而降低材料的吸水性。憎水材料常被用作防水材料,或作亲水材料的复面层,以提高其防潮、防水性能。建筑材料大多数为亲水性材料,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) 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,吸水率有以下两种方法表示:

(1) 重量吸水率 重量吸水率是指材料吸水饱和时,内部吸收水分的重量占材料干重的百分率。用下式表示:

$$W_m = \frac{m_1 - m}{m} \times 100\%$$

式中 W_m ——重量吸水率, %;

m_1 ——材料在吸水饱和状态下的质量, g;

m ——材料在干燥状态下的质量, g。

(2) 体积吸水率 体积吸水率是指材料吸水饱和时,内部吸收水分的体积占干燥材料自然体积的百分率。用下式表示:

$$W_v = \frac{m_1 - m}{V_0} \cdot \frac{1}{\rho_w} \times 100\%$$

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 $\rho_w = 1 \text{g}/\text{cm}^3$ 。

通常所说的吸水率,常指材料的重量吸水率。重量吸水率与体积吸水率存在如下的关系:

$$W_v = W_m \cdot \rho_0$$

式中 ρ_0 ——材料在干燥状态下的表观密度, g/cm^3 。

材料中所吸收水分是通过开口连通的孔隙吸入的。若细小且开口的孔隙愈多,则吸入的水量愈多。材料吸水达到饱和时的体积吸水率,即为材料的开口孔隙率。为了说明材料孔隙内被水充满程度,可用材料的孔隙水饱和系数 K_B 来表示,孔隙水饱和系数是指材料的体积吸水率和材料的孔隙率的比值。用下式表示:

$$K_B = \frac{W_v}{P}$$

式中 P ——材料的孔隙率(开口孔隙与闭口孔隙的总和), %。

K_B 可在 0~1 之间波动,若材料的孔隙全部为闭口的,体积吸水率 $W_v = 0$;若孔隙全部是开口的,体积吸水率 $W_v = P$,则材料的孔隙完全被水所充满。孔隙水饱和系数的大小可以用来判断材料的某些性能(如抗冻性能)。

材料的吸水性与材料的孔隙率和孔隙特征有关。对于细微连通孔隙,孔隙率大,则吸水率愈大;闭口孔隙水分进不去;而开口大孔虽然水分容易进入,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

材料不但能在水中吸水,也能在空气中吸收水气。材料在潮湿空气中吸收水分的性能称

为吸湿性。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。含水率是指材料内部所含水重占材料干重的百分率。用下式表示:

$$W_h = \frac{m' - m}{m} \times 100\%$$

式中 W_h ——材料的含水率, %;

m' ——材料在吸湿状态下的质量, g;

m ——材料在干燥状态下的质量, g。

材料的吸湿性随空气的湿度及温度的变化而变化,材料中所含水分与空气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。

水在材料中,无论是吸水饱和或含水未饱和,对材料各项性质往往有不良的影响。材料吸水后使材料表观密度提高,强度下降,导热性增大,绝热性能降低。材料的吸湿和还湿会引起其体积变形而影响使用。

(三)耐水性

随着水分浸入材料内部的毛细孔,在水的作用下,材料内部质点的联结减弱,使强度有所下降,吸水后强度下降的性质以耐水性表示。材料的耐水性是指材料长期在饱和水的作用下不破坏,强度也不显著降低的性质。耐水性用软化系数来表示。如下式所示:

$$K_R = \frac{f_1}{f_0}$$

式中 K_R ——材料的软化系数;

f_1 ——材料在吸水饱和状态下的抗压强度, MPa;

f_0 ——材料在干燥状态下的抗压强度, MPa。

软化系数表明材料在浸水饱和后强度降低程度。软化系数愈小,表示材料吸水饱和后强度降低愈大,即耐水性差。材料的软化系数可在 0~1 之间。不同材料的软化系数相差很大,如钢、玻璃、沥青的软化系数为 1;密实石材的软化系数接近于 1;粘土的软化系数为 0。工程中将软化系数大于 0.85 的材料,称为耐水材料。在设计长期处于水中或潮湿的环境中的重要结构时,应选用软化系数大于 0.85 的建筑材料;用于受潮较轻或次要结构物的材料,其软化系数也不宜小于 0.75。

(四)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。材料的抗渗性可用渗透系数表示。渗透系数可用下式计算:

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

式中 K_s ——渗透系数, cm/h;

Q ——渗透水量, cm³;

d ——材料的厚度, cm;

t ——渗水时间, h;

A ——渗水面积, cm²;

H ——静水压力水头, cm。