

葛 勇 张宝生 主编

建筑材料

哈尔滨建筑大学
哈尔滨工业大学 编
吉林建筑工程学院

中国建材工业出版社

建 筑 材 料

哈尔滨建筑大学
哈尔滨工业大学 编
吉林建筑工程学院

中国建材工业出版社

(京)新登字 177 号

图书在版编目(CIP)数据

建筑材料/哈尔滨建筑大学等编. -北京:中国建材工业出版社,1996.12

ISBN 7-80090-469-5

I. 建… II. 哈… III. ①建筑材料 N. TU5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 11647 号

内 容 简 介

本书主要介绍建筑材料的基本理论与基本知识及常用建筑材料和新型建筑材料的基本组成、生产与配制原理、性质与应用。主要包括建筑材料的基本性质、石材、砖、陶瓷、玻璃及其它熔融制品、气硬性胶凝材料、水泥、混凝土、建筑砂浆、钢材与铝合金、木材、建筑塑料与建筑涂料、合成高分子防水材料与沥青防水材料、绝热与吸声材料、建筑材料的功能分类与综合应用、常用建筑材料的试验方法等。为配合教学,各章均附有思考题与习题。

本书按材料科学体系编排章节,注重材料性质与材料组成、结构的关系,并将建筑材料与工程应用紧密联系在一起,有利于学生加深对建筑材料的基本理论与基本知识的理解与掌握。全书内容均采用最新标准或规范。

本书除可用作高等学校本科“工业与民用建筑”、“建筑结构工程”、“建筑管理工程”、“给排水工程”、“建筑学”等土建类专业的教材外,也可作为函授、电大、夜大等土建类专业的教材。本书还可供建筑、建材等部门有关科研、设计、施工、管理、生产人员参考。

建 筑 材 料

哈尔滨建筑大学

哈尔滨工业大学 编

吉林建筑工程学院

主 编:葛 勇 张宝生

主 审:王世芳

责任编辑:赵从旭 王志伟

封面设计:赵丕涛

*

中国建材工业出版社

(北京百万庄国家建材局内 邮政编码:100831)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经销

北京丽源印刷厂印刷

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:16 $\frac{3}{4}$ 字数:400 千字

1996 年 12 月第 1 版 第 1 次印刷 2001 年 1 月第 2 次印刷

印数:5001 - 8000 册 定价:25.00 元

ISBN 7-80090-469-5/TU · 106

前 言

本书按高等学校工业与民用建筑本科教学大纲编写,并适当考虑土建类其它专业的需要。同时也考虑电大、函授、自学等以及其它各类考试的特点编写而成。

80年代末以来,建筑材料的发展速度很快,出现大量的新型材料。本书按照当前建筑材料的发展水平与建筑工程的实际应用情况,加入了工程中应用量较大的建筑材料和具有发展前途的新型建筑材料,如流态混凝土与泵送混凝土、高强混凝土与高性能混凝土、新型合成高分子防水材料、新型建筑涂料、冷轧带肋钢筋、复合硅酸盐水泥、硫铝酸盐水泥、新型建筑玻璃等。

本书按材料科学体系编排章节及其内容,同时又注重与工程实际的联系。所选的思考题与习题,有利于加深对建筑材料基本理论与基本知识的理解与掌握,这对熟悉主要建筑材料的标准与规范及加强与工程实际的联系十分有益。

本书全部采用现行最新建筑材料标准与规范及其试验方法。为密切建筑材料与工程实际的联系也引用了部分与建筑材料应用密切相关的设计、施工与验收规范,如《混凝土结构施工及验收规范》(GB50204-92)、《屋面工程技术规范》(GB50207-94)等。

本书由哈尔滨建筑大学葛勇、张宝生主编,哈尔滨建筑大学王世芳主审。参加编写的有葛勇(绪论、第一章、第六章的第一、二、四、五、六、七、八、九、十二节、第十章、第十二章及全书的统稿);吉林建筑工程学院盖广清(第二章、第八章、试验七);哈尔滨建筑大学赵亚丁(第三章、试验二);哈尔滨工业大学朱丽英(第四章、第七章、第九章);哈尔滨建筑大学张松榆(第五章、试验一、试验六);郑秀华(第六章的第三节、第十一节);张宝生(绪论、第六章的第十节及部分章节的统稿);于纪寿(第十一章、试验四、试验五、试验八、试验九);张洪涛(第七章第三节、试验三)。

由于时间仓促、水平有限,不妥与疏漏之处在所难免,谨请广大读者不吝指正。

编者

1996年10月

修改说明

本书于1996年12月出版以来,受到广大读者的欢迎,编者谨向广大读者表示敬意和感激!

考虑到近年来建筑材料标准与规范有所变化,不少旧标准已改用新标准。为此,编者特意对书中有关标准的内容做了增删和修改。例如:将《烧结普通砖》(GB5101-93)改用(GB5103-1998);将《硅酸盐水泥》(GB177-85)改用(GB177/T17671-1999)、(GB1344-92)改用(GB1344-1999)、(GB175-92)改用(GB175-1999);将《低合金结构钢》(GB1591-88)改为《低合金高强度结构钢》(GB1591-94)……。尽管这样,仍然难以跟上形势、满足广大读者的需要,编者拟在修订版中对现有内容加以全面修订。

编者
2000年6月

目 录

绪 论	(1)
第一章 建筑材料的基本性质	(5)
第一节 材料的组成、结构与性质	(5)
第二节 材料结构状态的基本参数	(9)
第三节 材料的力学性质	(12)
第四节 材料与水有关的性质	(14)
第五节 材料的热物理性质	(18)
第六节 材料的声学性质	(20)
第七节 材料的装饰性质	(22)
第八节 材料的耐久性	(23)
思考题与习题	(24)
第二章 天然石材	(25)
第一节 岩石的基本知识	(25)
第二节 常用建筑石材	(27)
思考题与习题	(30)
第三章 烧结制品与熔融制品	(31)
第一节 烧结制品生产简介	(31)
第二节 烧结普通砖	(33)
第三节 烧结多孔砖与烧结空心砖	(35)
第四节 建筑陶瓷	(37)
第五节 玻璃及其制品	(39)
第六节 铸石、岩棉与矿棉	(45)
思考题与习题	(46)
第四章 气硬性无机胶凝材料	(47)
第一节 建筑石膏	(47)
第二节 石灰	(51)
第三节 水玻璃	(54)
第四节 菱苦土	(56)
思考题与习题	(57)
第五章 水泥	(58)
第一节 硅酸盐水泥	(58)
第二节 掺混合材料的硅酸盐水泥	(67)
第三节 高铝水泥	(72)

第四节 其它品种水泥	(74)
思考题与习题	(77)
第六章 混凝土	(78)
第一节 普通混凝土的组成、结构与混凝土的基本要求	(78)
第二节 普通混凝土的组成材料	(80)
第三节 混凝土外加剂	(87)
第四节 混凝土掺合料	(95)
第五节 混凝土拌合物的和易性	(98)
第六节 混凝土的强度	(103)
第七节 混凝土的变形性能	(108)
第八节 混凝土的耐久性	(112)
第九节 混凝土的质量控制与评定	(115)
第十节 普通混凝土配合比设计	(118)
第十一节 轻混凝土	(125)
第十二节 其它混凝土	(133)
思考题与习题	(139)
第七章 建筑砂浆	(141)
第一节 建筑砂浆的组成材料	(141)
第二节 砂浆的性质	(142)
第三节 砌筑砂浆的配合比设计	(144)
第四节 抹面砂浆	(146)
思考题与习题	(148)
第八章 金属材料	(149)
第一节 钢材的分类与冶炼	(149)
第二节 钢材的技术性质	(150)
第三节 钢铁金属学的基本知识	(153)
第四节 钢材的加工与焊接	(156)
第五节 建筑钢材的标准与选用	(158)
第六节 钢材的腐蚀与防止	(164)
第七节 铝合金及铜合金	(165)
思考题与习题	(166)
第九章 木材	(167)
第一节 木材的分类与构造	(167)
第二节 木材的物理力学性质	(168)
第三节 木材的腐朽与防止	(172)
第四节 木材的应用	(172)
思考题与习题	(174)
第十章 合成高分子材料	(175)
第一节 合成高分子材料的基本知识	(175)

第二节	建筑塑料	(180)
第三节	合成高分子防水材料	(185)
第四节	建筑涂料	(192)
第五节	胶粘剂	(194)
	思考题与习题	(196)
第十一章	沥青及其防水材料	(197)
第一节	石油沥青	(197)
第二节	煤焦油与煤沥青	(201)
第三节	高聚物改性沥青	(202)
第四节	沥青基及改性沥青基防水材料	(203)
	思考题与习题	(212)
第十二章	建筑材料的功能分类与常用品种	(213)
第一节	建筑结构材料	(213)
第二节	建筑围护材料	(213)
第三节	保温绝热材料	(215)
第四节	建筑防水材料	(216)
第五节	吸声材料与隔声材料	(218)
第六节	建筑装饰材料	(220)
	建筑材料试验	(226)
试验一	建筑材料的基本性质试验	(226)
试验二	烧结普通砖试验	(229)
试验三	水泥试验	(230)
试验四	混凝土用骨料试验	(235)
试验五	普通混凝土试验	(238)
试验六	建筑砂浆试验	(244)
试验七	钢材试验	(246)
试验八	石油沥青试验	(249)
试验九	石油沥青纸胎油毡试验	(252)
	习题参考答案	(255)

绪 论

一、建筑材料的分类

构成建筑物的材料称为建筑材料，它包括地基基础、梁、板、柱、墙体、屋面、地面等所用到的各种材料。

建筑材料可从各种角度进行分类，如按建筑材料的功能与用途分类，可分为结构材料、防水材料、保温材料、吸声材料、装饰材料、地面材料、屋面材料等。此种分类方式便于工程技术人员选用建筑材料，因此各种材料手册均按此分类。为方便学习、记忆和掌握建筑材料的基本知识和基本理论，一般按建筑材料的化学成分分类。本书按化学成分分类。按化学成分，可将建筑材料分为无机材料、有机材料和复合材料，如下表所示。

建筑材料按化学成分分类

建 筑 材 料	无机材料	金属材料	黑色金属：钢、铁		
			有色金属：铝及铝合金、铜及铜合金等		
		非金属材料	天然石材：花岗岩、石灰岩、大理岩、砂岩、玄武岩等		
			烧结与熔融制品：烧结砖、陶瓷、玻璃、铸石、岩棉等		
			胶凝材料	水硬性胶凝材料：各种水泥	
				气硬性胶凝材料：石灰、石膏、水玻璃、菱苦土	
			混凝土及砂浆		
			硅酸盐制品		
	有机材料	植物材料：木材、竹材及其制品			
		合成高分子材料：塑料、涂料、胶粘剂、密封材料			
		沥青材料：石油沥青、煤沥青及其制品			
	复合材料	无机材料基复合材料	混凝土、砂浆、钢筋混凝土		
水泥刨花板、聚苯乙烯泡沫混凝土					
有机材料基复合材料		沥青混凝土、树脂混凝土、玻璃纤维增强塑料(玻璃钢)			
		胶合板、竹胶板、纤维板			

二、建筑材料在建筑业中的作用及重要性

建筑材料是建筑业的物质基础。每一项建设的开始，首先都是土木工程基本建设。

建筑材料的性能、品种、规格、质量及经济性直接影响或决定着建筑结构的形式、建筑物的造型以及建筑物的功能、适用性、艺术性、坚固性、耐久性及经济性等，并在一定程度上影响着建筑材料的运输、存放及使用方式，也影响着建筑施工方法。建筑工程中许多技术的突

破,往往依赖于建筑材料性能的改进与提高,而新材料的出现又促进了建筑设计、结构设计和施工技术的发展,也使建筑物的功能、适用性、艺术性、坚固性和耐久性等得到进一步的改善。如钢材和钢筋混凝土的出现产生了钢结构和钢筋混凝土结构,使得高层建筑和大跨度建筑成为可能;轻质材料和保温材料的出现对减轻建筑物的自重,提高建筑物的抗震能力、改善工作与居住环境条件等起到了十分有益的作用,并推动了节能建筑的发展;新型装饰材料的出现使得建筑物的造型及建筑物的内外装饰焕然一新,生气勃勃。建筑材料的用量很大,其经济性直接影响着建筑物的造价。在我国的一般工业与民用建筑中建筑材料的费用约占总造价的 50%~60%,而装饰材料又占其中的 50%~80%。

了解或掌握建筑材料的性能,按照建筑物及使用环境条件对建筑材料的要求,正确合理地选用建筑材料,充分发挥每一种材料的长处,做到材尽其能、物尽其用,并采取正确的运输、存贮与施工方法,这对节约材料、降低工程造价、提高建筑物的质量与使用功能、增加建筑物的使用寿命及建筑物的艺术性等,有着十分重要的作用。

三、建筑材料的发展趋势

从一万年人类使用天然石材、木材等建造简单的房屋,到后来生产和使用陶器、砖瓦、石灰、三合土、玻璃、青铜等建筑材料,中间经历了数千年,其发展速度极为缓慢。从公元前两千年到 18 世纪,建筑材料的发展虽然有了较大的进步,但仍然非常缓慢。19 世纪发生的工业革命,大大推动了工业的发展,也极大地推动了建筑材料的发展,相继出现了钢材、水泥、混凝土、钢筋混凝土,成为现代建筑的主要结构材料。本世纪又出现了预应力混凝土。近几十年来,随着科学技术的进步和建筑业发展的需要,一大批新型建筑材料应运而生,出现了塑料、涂料、新型建筑陶瓷与玻璃、新型复合材料(纤维增强材料、夹层材料等)。材料科学的发展和电子显微镜、X 射线衍射仪等现代材料研究方法的进步,使得对材料的微观结构、显微结构、宏观结构、性质及其相互间关系的认识有了长足的进步,对正确合理使用材料和按工程要求设计材料起到了非常有益的作用。依靠材料科学和现代工业技术,人们已开发出了许多高性能和多功能的新型材料。而社会的进步、环境保护和节能降耗及建筑业的发展,又对建筑材料提出了更高、更多的要求。因而,今后一段时间内,建筑材料将向以下几个方向发展。

(1)高性能材料。将研制轻质、高强、高耐久性、高耐火性、高抗震性、高保温性、高吸声性、优异装饰性及优异防水性的材料。这对提高建筑物的安全性、适用性、艺术性、经济性及其使用寿命等有着非常重要的作用。

(2)复合化、多功能化。利用复合技术生产多功能材料、特殊性能材料及高性能材料。这对提高建筑物的使用功能、经济性及其加快施工速度等有着十分重要的作用。

(3)充分利用地方资源和工业废渣。充分利用工业废渣生产建筑材料,以保护自然资源、保护环境,维护生态环境的平衡。

(4)节能材料。将研制和生产低能耗(包括材料生产能耗和建筑使用能耗)的新型节能建筑材料。这对降低建筑材料和建筑物的成本以及建筑物的使用能耗,节约能源起到十分有益的作用。

四、建筑材料标准及工程建设规范

目前我国绝大多数建筑材料都有相应的技术标准,它包括产品规格、分类、技术要求、验收规则、代号与标志、运输与贮存及抽样方法等。

建筑材料生产企业必须按照标准生产,并控制其质量。建筑材料使用部门则按照标准选用、设计、施工,并按标准验收产品。

我国的建筑材料标准分为国家标准、部委行业标准、地方标准与企业标准。国家标准和部委行业标准都是全国通用标准,是国家指令性文件,各级生产、设计、施工等部门均必须严格遵照执行。按要求执行的程度分为强制性标准和推荐标准(以/T表示)。

与建筑材料有关的标准及其代号主要有:国家标准 GB;建筑工程国家标准 GBJ;建设部行业标准 JGJ(曾用 BJG);建筑工业行业标准 JG;国家建材局标准 JC(曾用建标);石油化学工业部或中国石油化学总公司标准 SH(曾用 SY);冶金部标准 YB;化工部标准 HG;林业部标准 LY(曾用 LB);国家级专业标准 ZB(有关建筑材料的为 ZBQ,专业标准现已改为行业标准);中国工程建设标准化协会标准 CECS;地方标准 DB;企业标准 Q 等。

标准的表示方法由标准名称、部门代号、标准编号、批准年份四部分组成,如《碳素结构钢》(GB700-88),又如《建筑生石灰》(JC/T479-92)。

标准是根据一定时期的技术水平制订的,因而随着技术的发展与使用要求的不断提高,需要对标准进行修订。80 年代末以来,为提高产品的水平,适应日益提高的建筑要求,并与国际标准接轨,国家修订了大量的标准,并制订了大量的新标准。本书全部使用最新标准与规范。

工程中使用的建筑材料除必须满足产品标准外,有时还必须满足有关的设计规范、施工及验收规范(或规程)等的规定。这些规范对建筑材料的选用、使用、质量要求及验收等还有专门的规定(其中有些规范或规程的规定与建筑材料产品标准的要求相同)。如混凝土用砂、石,除满足《建筑用砂、石》(GB/T14684~14685-93)外,还须满足《普通混凝土用砂、碎石与卵石的质量标准及检验方法》(JGJ52~53-92)的规定;又如各防水材料除满足其产品质量要求外,当用于屋面工程时还须满足《屋面工程技术规范》(GB50207-94)的规定。

工程中有时还涉及到美国标准 ASTM、英国标准 BS、日本标准 JIS、德国标准 DIN、前苏联标准 ГОСТ、国际标准 ISO 等。

五、课程的目的与学习方法

本课程是土建类各专业的专业基础课。课程的目的是使学生获得有关建筑材料的基本理论、基本知识和基本技能,为学习房屋建筑学、建筑施工技术、钢筋混凝土结构设计等专业课程提供建筑材料的基础知识,并为今后从事建筑设计与施工能够合理选用建筑材料和正确使用建筑材料奠定基础。

建筑材料的内容庞杂、品种繁多,涉及到许多学科或课程,其名词、概念和专业术语多,且各种建筑材料相对独立,即各章之间的联系较少。此外公式推导少,而以叙述为主,且许多内容为实践规律的总结。因此其学习方法与力学、数学等完全不同。学习建筑材料时应从材料科学的观点和方法及实践的观点来进行,否则就会感到枯燥无味,难以掌握建筑材料组成、性质、应用以及它们之间的相互联系。学习建筑材料时,应从以下几个方面来进行:

(1)了解或掌握材料的组成、结构和性质间的关系。掌握建筑材料的性质与应用是学习的目的,但孤立地看待和学习,就免不了要死记硬背。材料的组成和结构决定材料的性质和应用,因此学习时应了解或掌握建筑材料的组成、结构与性质间的关系。应特别注意掌握的是材料内部的孔隙数量、孔隙大小、孔隙状态及其影响因素,它们对材料的所有性质均有影响,并使材料的大多数性质降低,同时还应注意外界因素对材料结构与性质的影响(详见本书第一章第一节及第八节)。

掌握好本书第一章是打开建筑材料学大门的钥匙,因此掌握建筑材料的基本性质是掌握各种建筑材料的性质和应用的基础。

(2)运用对比的方法。通过对比各种材料的组成和结构来掌握它们的性质和应用,特别是通过对比来掌握它们的共性和特性。这在学习水泥、混凝土、防水材料等时尤为重要。

(3)密切联系工程实际,重视试验课并做好实验。建筑材料是一门实践性很强的课程,学习时应注意理论联系实际,利用一切机会注意观察周围已经建成的或正在施工的建筑工程,提出一些问题,在学习中寻求答案,并在实践中验证和补充书本所学内容。试验课是本课程的重要教学环节,通过实验可验证所学的基本理论,学会检验常用建筑材料的实验方法,掌握一定的试验技能,并能对试验结果进行正确的分析和判断。这对培养学习与工作能力及严谨的科学态度十分有利。

第一章 建筑材料的基本性质

建筑材料在正常使用状态下,总是要承受一定的外力和自重力,同时还会受到周围各种介质(如水、蒸气、腐蚀性气体和液体等)的作用以及各种物理作用(如温度差、湿度差、摩擦等)。因此材料必须具有抵抗上述各种作用的能力。为保证建筑物的正常使用功能,对许多建筑材料还要求具有一定的防水、吸声、隔声、装饰性等性质。上述性质是大多数建筑材料均须考虑的性质,即是各种建筑材料所应具备的基本性质。

掌握建筑材料的基本性质是掌握建筑材料知识、正确选择与合理使用建筑材料的基础。

第一节 材料的组成、结构与性质

材料的组成和结构决定着材料的各种性质。要了解材料的性质,首先必须了解材料的组成、结构与材料性质间的关系。

一、材料的组成

(一)化学组成

化学组成即化学成分。无机非金属材料的化学组成常以各氧化物的含量来表示。金属材料则常以各化学元素的含量来表示。有机材料常用各化合物的含量来表示。化学组成是决定材料化学性质(耐腐蚀性、燃烧性等)、物理性质(耐水性、耐热性、保温性等)、力学性质(强度、变形等)的主要因素之一。

(二)矿物组成

许多无机非金属材料是由各种矿物组成的。矿物是具有一定化学成分和结构特征的单质或化合物。矿物组成是决定无机非金属材料化学性质、物理性质和力学性质等的重要因素。

材料的化学组成不同,则材料的矿物组成也不同。而相同的化学组成,可以有不同的矿物组成(即微观结构不同),且材料的性质也不同。例如,同是碳元素组成的石墨与金刚石;又如由石灰(CaO)、石英(SiO_2)和水在常温下硬化而成的石灰砂浆与在高温高湿条件下硬化而成的灰砂砖(属于硅酸盐混凝土)。由于它们的矿物组成不同,二者的物理性质和力学性质截然不同。

利用材料的组成可以大致判断出材料的某些性质。如材料的组成易与周围介质(酸、碱、盐等)发生化学反应,则该材料的耐腐蚀性差或较差;如材料的组成易溶于水或微溶于水(或其它溶剂),则材料的耐水性(或耐溶剂性)很差或较差;有机材料的耐火性和耐热性较差,且多数可以燃烧;合金的强度高于非合金的强度等等。

二、材料的结构

材料的结构决定着材料的许多性质。一般从三个层次来研究材料结构与性质间的关系。

(一)微观结构

利用电子显微镜、X-射线衍射仪等手段来研究的原子级或分子级的结构。材料的微观结构可分为晶体和非晶体结构。

晶体是质点(原子或分子、离子)按一定规律在空间重复排列的固体,并具有特定的几何外形和固定的熔点。由于质点在各方向上排列的规律和数量的不同,单晶体具有各向异性的性质。按晶体的质点间结合键的特性,晶体又分为原子晶体、离子晶体、分子晶体、金属晶体。晶体的结构形式与主要特性见表 1-1。

表 1-1 材料的微观结构形式及其主要特性

微 观 结 构			常 见 材 料	主 要 特 征
晶 体	原子、离子或分子按一定规律排列	原子晶体(以共价键结合)	金刚石、石英、刚玉	强度、硬度、熔点均高、密度较小
		离子晶体(以离子键结合)	氯化钠、石膏、石灰岩	强度、硬度、熔点较高,但波动大。部分可溶、密度中等
		分子晶体(以分子键结合)	蜡及部分有机化合物	强度、硬度、熔点较低、大部分可溶、密度小
		金属晶体(以库仑引力结合)	铁、钢、铝、铜及其合金	强度、硬度变化大、密度大
非晶体	原子、离子或分子以共价键、离子键或分子键结合,但为无序排列(短程有序,长程无序)		玻璃、粒化高炉矿渣、火山灰、粉煤灰	无固定的熔点和几何形状。与同组成的晶体相比,强度、化学稳定性、导热性、导电性较差,且各向同性

无机非金属材料中的晶体,其键的构成往往不是单一的,而是由共价键、离子键等共同联结,如方解石(CaCO_3)、长石及硅酸盐类材料。这类材料的性质相差较大。

硅酸盐材料在建筑材料中占有重要的地位。硅酸盐晶体是由硅氧四面体 $[\text{SiO}_2]^{4-}$ 为基本单元与其它金属离子结合而成的。硅氧四面体单元可以组成链状构造、层状构造、架状构造和岛状构造的硅酸盐晶体。

非晶体,又称玻璃体,是熔融物在急速冷却时,质点来不及按特定规律排列所形成的内部质点无序排列(短程有序,长程无序)的固体或固态液体。非晶体没有固定的熔点和特定的几何外形,且各向同性。非晶体的强度和导热性等低于晶体。非晶体材料的内部质点未按特定规律排列,即质点未能到达能量最低位置,故大量的化学能未能释放出,因而其化学稳定性较差,易和其它物质反应或自行缓慢向晶体转变。如在水泥、混凝土等材料中使用的粒化高炉矿渣、火山灰、粉煤灰等活性混合材料,正是利用了它们活性高的特点。

(二)亚微观结构(显微或细观结构)

由光学显微镜所看到的微米级的组织结构。该结构主要研究材料内部的晶粒、颗粒等的大小和形态、晶界或界面,孔隙与微裂纹的大小、形状及分布。

显微镜下的晶体材料是由大量的大小不等的晶粒组成的,而不是一个晶粒,因而属于多晶体。多晶体材料具有各向同性的性质。如某些岩石、钢材等。

材料的亚微观结构对材料的强度、耐久性等有很大的影响。材料的亚微观结构相对较易改变。

一般而言,材料内部的晶粒越细小、分布越均匀,则材料的受力状态越均匀、强度越高、脆性越小、耐久性越高;晶粒或不同材料组成之间的界面粘结(或接触)越好,则材料的强度和耐久性等越好。

(三)宏观结构(构造)

用肉眼或放大镜即可分辨的毫米级以上的组织称为宏观结构。该结构主要研究材料中的大孔隙、裂纹、不同材料的组合与复合方式(或形式)、各组成材料的分布等。如岩石的层理与斑纹、混凝土中的砂石、纤维增强材料中纤维的多少与纤维的分布方向等。材料宏观结构的分类及其主要特性见表 1-2。

表 1-2 材料的宏观结构及其相应的主要特性

材料的宏观结构		常用材料	主要特性
单一材料	致密结构	钢材、玻璃、沥青、部分塑料	高强、或不透水、耐腐蚀
	多孔结构	泡沫塑料、泡沫玻璃	轻质、保温
	纤维结构	木材、竹材、石棉、岩棉、玻璃纤维、钢纤维	高抗拉、且大多数具有轻质、保温、吸声性质
	聚集结构	陶瓷、砖、某些天然岩石	强度较高
复合材料	粒状聚集结构	各种混凝土、砂浆、钢筋混凝土	综合性能好、价格较低廉
	纤维聚集结构	岩棉板、岩棉管、石棉水泥制品、纤维板、纤维增强塑料	轻质、保温、吸声或高抗拉(折)
	多孔结构	加气混凝土、泡沫混凝土	轻质、保温
	叠合结构	纸面石膏板、胶合板、各种夹芯板	综合性能好

两种或两种以上组成材料以适当方式结合而构成的新材料,称为复合材料。复合材料取各组成材料之长,避免了单一材料的某些缺陷,使复合材料具有多种使用功能(如强度、防水、保温、装饰、耐久等)或者具有某些特殊功能。复合材料的综合性能好,某些性能往往超过组成材料中的单一材料,且经济性更为合理。如混凝土、纤维增强塑料,它们的综合性能优于单一组成材料。

材料的宏观结构是影响材料性质的重要因素。材料的宏观结构较易改变。

材料的宏观结构不同,即使组成与微观结构等相同,材料的性质与用途也不同,如玻璃与泡沫玻璃、密实的灰砂硅酸盐砖与灰砂加气混凝土,它们的许多性质及用途有很大的不同。材料的宏观结构相同或相似,则即使材料的组成或微观结构等不同,材料也具有某些相同或相似的性质与用途,如泡沫玻璃、泡沫塑料、加气混凝土等。

三、结构中的孔隙与材料性质的关系

大多数建筑材料在宏观层次上或亚微观层次上均含有一定大小和数量的孔隙,甚至是相当大的孔洞,这些孔隙几乎对材料的所有性质都有相当大的影响。

(一)孔隙的分类

按孔隙的大小,可将孔隙分为微细孔隙、细小孔隙(毛细孔)、较粗大孔隙、粗大孔隙等。对于无机非金属材料,孔径小于 20nm 的微细孔隙,水或有害气体难能侵入,可视为无害孔

隙。

按孔隙的形状可将孔隙分为球形孔隙、片状孔隙(即裂纹)、管状孔隙、墨水瓶状孔隙、带尖角的孔隙等。片状孔隙、尖角孔隙、管状孔隙对材料性质的影响较大,往往使材料的大多数性质降低。

按常压下水能否进入到孔隙中,将常压下水可以进入的孔隙称为开口孔隙(或称连通孔隙),而将常压下水不能进入的孔隙称为闭口孔隙(或称封闭孔隙),见图 1-1。这种划分是一种粗略的划分,实际上开口孔隙和闭口孔隙没有明显的界限,当水压力较高或很高时,水也可能会进入到部分或全部闭口孔隙中。开口孔隙对材料性质的影响较闭口孔隙大,往往使材料的大多数性质降低(吸声性除外)。

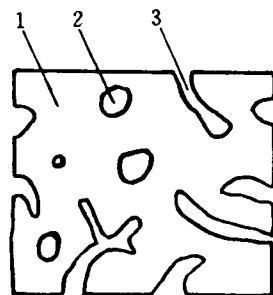


图 1-1 材料内的孔隙示意图

1——固体物质;2——闭口孔隙;
3——开口孔隙

(二)孔隙对材料性质的影响

一般情况下,材料内部的孔隙含量(即孔隙率)越多,则材料的体积密度、堆积密度、强度越小,耐磨性、抗冻性、抗渗性、耐腐蚀性、耐水性及其它耐久性越差,而保温性、吸声性、吸水性与吸湿性等越强。孔隙的形状和孔隙的状态对材料的性质也有不同程度的影响,如开口孔隙、非球形孔隙(如扁平孔隙或片状孔隙,即裂纹)相对于闭口孔隙、球形孔隙而言,往往对材料的强度、抗渗性、抗冻性、耐腐蚀性、耐水性等更为不利,对保温性稍有不,而对吸声性、吸水性与吸湿性等有利,并且孔隙尺寸越大,上述影响也越大。

(三)材料内部孔隙的来源与产生

天然植物材料由于植物生长的需要(输送养料等),在植物材料的内部形成一定数量的孔隙。天然岩石则由于地质上的造岩运动等,在岩石等材料的内部夹入部分气泡或形成部分孔隙。人造材料内部的孔隙是由于人造材料的生产工艺并非尽善尽美,生产时总是不可避免地会卷入部分气泡(或气体),对于无机非金属材料则在很大程度上与生产材料时所用的拌合用水量有关,或者是在生产材料时,有意识地在材料内部留下(或造成)部分孔隙以改善材料的某些性能。

建筑材料大多属于人造无机非金属材料。这些材料在生产过程中,由于组成上的要求(参与化学反应,以使材料产生强度,如水泥、石膏等的水化反应等)和生产工艺上的要求(各组成材料的混合体须具有适当的流动性或可塑性以便能制作成所需要的形状和尺寸,并保证制品或构件的质量),在生产材料时必须加入一定数量的水。为达到生产工艺所要求的施工性质(流动性或可塑性等),实际用水量往往远远超过组成上的要求,即远远超过理论需水量(如水泥、石膏等的水化反应所需的水量)。这些多余的水在材料体积内也占有一定空间,蒸发后即在材料内部留下了大量毛细孔隙,绝大多数人造无机非金属建筑材料中的孔隙基本上是由水所造成的。当用水量较少,不能满足生产工艺所要求的流动性或可塑性时,则难以制成所要求的制品或构件,往往在材料或制品内部形成许多大的孔隙,甚至是大的孔洞。

通过上述分析,可以得出以下结论:

影响人造建筑材料内部孔隙含量(孔隙率)、孔隙形状、孔隙状态的因素或影响生产材料时拌合用水量的因素均是影响材料性质的因素。适当控制上述因素,即可使它们成为改善材料性质的措施或途径。如在生产保温材料时,应采取适当措施来提高产品的孔隙数量(即孔

隙率),而在生产结构用混凝土时,则应控制影响孔隙数量的因素,尽量降低孔隙含量(即降低孔隙率)。

第二节 材料结构状态的基本参数

一、不同结构状态下的密度

(一)密度

材料在绝对密实状态下(不含内部任何孔隙),单位体积的质量称为材料的密度,定义式如下:

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

式中 ρ ——材料的密度, g/cm^3 ;

m ——材料的绝干质量, g ;

V ——材料在绝对密实状态下的体积(不含内部任何孔隙的体积), cm^3 。

材料的密度 ρ 大小取决于材料的组成与材料的微观结构。当材料的组成与微观结构一定时,材料的密度 ρ 为常数。

除少数材料(钢、铝合金、玻璃等)外,大多数建筑材料均含有一定数量的孔隙。为测得含孔材料的绝对密实体积 V ,须将材料磨细成细粉末,使材料内部的所有孔隙外露(即全部成为开口孔隙),用排开液体的方法来测定。

(二)视密度

材料在自然状态下不含开口孔隙时,单位体积的质量称为材料的视密度,定义式如下:

$$\rho' = \frac{m}{V'} = \frac{m}{V + V_b}$$

式中 ρ' ——材料的视密度, g/cm^3 ;

V' ——材料在自然状态下不含开口孔隙时的体积, cm^3 ;

V_b ——材料内部闭口孔隙的体积, cm^3 。

测定材料的视密度 ρ' 时,直接采用排水法测定材料的体积 V' 。

(三)体积密度

材料在自然状态下,单位体积的质量称为材料的体积密度,定义式如下:

$$\rho_o = \frac{m'_w}{V_o} = \frac{m'_w}{V + V_p} = \frac{m'_w}{V + V_b + V_k}$$

式中 ρ_o ——材料的体积密度, kg/m^3 或 g/cm^3 ;

m'_w ——任意含水情况下材料的质量, kg 或 g ;

V_o ——材料在自然状态下的体积(包括材料内部所有闭口孔隙和开口孔隙的体积), m^3 或 cm^3 ;

V_p ——材料内部所有孔隙的体积($V_p = V_b + V_k$), m^3 或 cm^3 ;

V_k ——材料内部开口孔隙的体积, m^3 或 cm^3 。

测定材料的体积密度时,材料的质量可以是任意含水状态下的,但须说明含水情况。材