

内 容 提 要

本书根据函授建筑材料教学大纲的要求,系统地介绍建筑工程中常用的各项建筑材料的成分、生产工艺、技术性能、质量控制、合理选用、运输、保管等。

全书共分十一章,即建材基本性质、烧土制品、石膏、石灰、水泥、混凝土及砂浆、建筑钢材、木材、沥青及制品、建筑塑料、绝热材料、吸声材料、装饰材料等,并附有各项建筑材料试验方法、各章的学习方法、重点、难点、测验题、复习题、思考题、计算答案等。

本书可作高等工科院校的工民建、地下建筑、建筑学等专业的函授、刊授、电大、夜大及自学教材,也可供土建专业的工程技术人员参考。

建 筑 材 料 学

徐家保 主编

华南理工大学出版社出版发行

(广州·五山)

广东省新华书店经销 华南理工大学出版社印刷厂印装

开本 787×1092 1/16 印张 21.625 字数 495千

1986年7月第1版 1991年5月第4次印刷

印数 17001—22000 定价 7.50元

ISBN7-5623-0096-8/TU·12

前 言

高等院校工科土建类专业用《建筑材料科学》适于函授、自修、刊授以及单科自学的学生作教材。本书编写以便于自学,培养自学能力为指导思想。在取材上突出基本理论、常用材料,避免万象罗列、面面俱到;在阐述材性时力求概念清晰、条理分明、深浅适度;在分析问题时贯彻辩证思想,使学生在学习本课程过程中体会到材料表现出的性能是受内外诸因素相互影响、制约而变化的,力求对材料使用特点有较深入的准确理解。

除正文外,每章列有学习方法指导、思考题、作业题与测验题,学生可分段自学,对所学内容及时复习并自我检查书末答案。为便于学生弄清书中所涉及的一些专用技术名词的含义,在附录中列有简释70余条备查(在正文名词右上角标有简释的序号),以适应自学学生与老师接触时间短少、查找参考书困难和程度不一的特点。根据国务院实行法定计量单位的指示和文化部出版局通知的精神,全书数据采用法定计量单位。书中次要内容标有*号或小字排印者,学时少的读者可以不学。

本书基本按照1982年11月制订的全国函授工民建专业建筑材料教学大纲编写,作为内部试用本曾于1984年12月印出,供全国有关院校和单位使用。原书由重庆建筑工程学院徐家保主编、天津大学徐尚文主审。编写人有湖南大学杨煜惠(第二章)、张传镁(第三章)、黄伯瑜、吴慧敏(第四章)、皮心喜(第七章)、华南理工大学陈雅福(第六、十两章)、张兆杰(第八、十一两章),哈尔滨建筑工程学院何增沁(调大连大学,第一章及材料试验)、赵桂春(试验四及五、六部分)、重庆建筑工程学院徐家保(绪论、第五、九各章、附录和对全书的统校)。

这次正式出版,根据使用单位意见,由原编写人又进行了修改。出版过程中,由华南理工大学陈雅福、张兆杰作了详细的加工,并由陈雅福协助徐家保统稿。由于编者水平有限,谨请使用此书的师生和读者提出宝贵意见,以便在再版时修正。

我国建筑材料界元老、同济大学教授、全国建筑材料教学研究会名誉理事长祝永年老师为本书写序,在此谨表感谢。

编 者

1986年1月

序

重庆建筑工程学院徐家保教授送来他主编的函授与自学通用《建筑材料学》一册，披阅之余，得益非浅。该书在内容上基本符合高校建筑类专业建筑材料课程教学大纲，而在章节编排上则颇有特色；文笔流畅易读，说理清楚透彻，深入浅出，便于自学，可解当前函授教学中缺少合适的教材问题。立志于自学成才的同志和要求提高建材知识的建筑业从业人员，均可以此书作为良师益友。

本书的各位编写者均为高校中长期从事于建筑材料教学的教师，他们有丰富的教学经验，教学效果显著。去年重庆建筑工程学院印刷厂曾印出此书四千册，早已销售一空。为了满足各方面的需要，现经天津大学徐尚文教授悉心主审，原作者作了全面修订，并将所用计量单位和有关标准与规范，全部改成我国最新颁行的，使全书益臻完善。

当兹本书即将由华南理工大学出版社正式出版之际，特书数言，以志祝贺。

祝永年 谨识

1986年1月27日

目 录

绪 论	(1)
-----------	-------

第一章 建筑材料的基本性质

第一节 材料性质与结构和成分的关系	(7)
第二节 建筑材料的状态参数和结构特征	(9)
第三节 材料的物理性质	(12)
第四节 材料的力学性质	(15)
第五节 材料的耐久性	(18)
学习方法指导、思考题	(19)

第二章 烧土制品

第一节 烧土制品的生产过程简介	(21)
第二节 粘土砖	(22)
第三节 粘土瓦、琉璃瓦	(25)
第四节 耐火材料	(26)
第五节 建筑陶瓷	(26)
第六节 玻璃	(27)
学习方法指导、思考作业题	(28)

第三章 气硬性无机胶凝材料

第一节 石膏	(30)
思考题、作业题、习题解答提示	(35)
第二节 建筑石灰	(36)
学习方法指导、作业题	(42)
第三节 水玻璃	(43)
学习方法指导、作业题、习题解答提示	(46)

第四章 水硬性胶凝材料

第一节 硅酸盐水泥	(48)
第一节学习方法指导、复习题、思考题 及作业题、第一节测验题	(60)
第二节 掺混合材的硅酸盐水泥	(65)
第二节学习方法指导	(70)
第三节 铝酸盐水泥(高铝水泥)	(72)
第四节 其它水泥品种	(74)
第三、四节学习方法指导、第二、三、四节思考题	(77)

第五章 混凝土及砂浆

第一节 概述	(80)
第二节 普通混凝土组成材料	(81)
第三节 混凝土混合料	(91)
第一、二、三节思考作业题	(99)
第四节 混凝土的强度	(100)
第五节 混凝土的耐久性	(109)
第四、五节思考作业题	(115)
第六节 混凝土配合比设计	(116)
配合比设计思考作业题、选择题	(126)
第七节 混凝土变形性能	(127)
第八节 混凝土的外加剂	(130)
第九节 混凝土的施工与质量控制	(136)
第十节 特细砂混凝土	(139)
第十一节 轻混凝土	(140)
第十二节 其它品种混凝土(简介)	(149)
第七至十二节思考作业题	(153)
混凝土学习方法指导,混凝土测验题	(153)
第十三节 砂浆	(156)
砂浆学习方法指导、建筑砂浆习题	(162)

第六章 建筑钢材

第一节 钢的冶炼及分类	(164)
第二节 建筑钢材的力学性能	(165)
第三节 钢的化学成分对钢材性能的影响	(170)
第四节 钢的冷加工时效及其应用	(171)
第五节 建筑钢材的标准和选用	(173)
第六节 钢材的腐蚀及防止	(182)
第七节 铝合金在建筑中的应用	(183)
学习方法指导、思考作业题、测验题	(185)

第七章 木材

第一节 木材的构造	(188)
第二节 木材的物理性质	(191)
第三节 木材的力学性质	(194)
第四节 影响木材强度的因素	(196)
第五节 提高木材耐久性的方法	(199)
第六节 木材的合理利用	(201)
学习方法指导、思考题、作业题	(204)

第八章 沥青及制品

第一节 石油沥青	(207)
第二节 煤沥青	(216)

第三节 改性石油沥青	(217)
第四节 沥青防水制品及其应用	(218)
第五节 沥青混凝土和沥青砂浆	(227)
学习方法指导、思考作业题	(227)

第九章 建筑塑料

第一节 塑料的组成	(230)
第二节 建筑常用树脂及塑料	(233)
第三节 树脂基复合材料	(237)
第四节 树脂粘结材料和嵌缝材料	(239)
第五节 合成橡胶及合成纤维制品	(242)
学习方法指导、思考作业题、测验题	(243)

第十章 绝热材料和吸声材料

第一节 绝热材料的作用原理和基本要求	(247)
第二节 无机绝热材料	(249)
第三节 有机绝热材料	(253)
第四节 吸声材料	(256)
学习方法指导、思考作业题、测验题	(259)

第十一章 装饰材料

第一节 装饰材料的基本要求及选用	(261)
第二节 地面装饰材料	(262)
第三节 内墙装饰材料	(265)
第四节 外墙装饰材料	(266)
第五节 顶棚装饰材料	(268)
第六节 装饰涂料	(269)
学习方法指导、思考作业题	(271)

建筑材料试验

试验一 比重、容重和孔隙率的测定	(273)
试验二 烧结普通砖试验	(275)
试验三 水泥试验	(279)
试验四 混凝土用砂和石试验	(286)
试验五 水泥混凝土试验	(293)
试验六 建筑砂浆试验	(308)
试验七 石油沥青试验	(310)
试验八 木材试验	(315)
材料试验思考题	(319)
附录一 我国法定计量单位	(322)
附录二 有关建筑材料科学技术名词简释	(323)
附录三 本书中常用的米制单位与法定计量单位的换算关系	(333)
附录四 习题答案	(334)

本书编写用主要参考书目	(335)
-------------------	---------

绪 论

建筑材料是指各项建筑工程所使用的各种无机材料、有机材料以及复合材料。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。目前使用得最广泛普遍的还是属于矿物质材料的天然石材、烧土制品、石灰、石膏、水泥、玻璃以及砂浆、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）以及其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。在我国由于劳动工资相对较低，材料价格相对较高，因而无论工业民用建筑，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，会促使建筑形式、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，使高层大跨建筑突破了旧材料的束缚而蓬勃兴起就是例证。建筑材料直接影响建筑工程的使用、坚固、美观、经济耐久与节能，建筑材料的生产和应用技术的发展，对社会主义的建设事业无疑具有重要的作用。

—

建筑材料最初是取之于自然，以后模仿自然，最后要超过自然。

在我国历史上，建筑材料的生产与合理使用方面曾取得很大的成绩而名扬宇内。在宇宙空间能看到地球上唯一的人工建筑万里长城所使用的砖及粘结材料，其坚强耐久、历千百年不毁的优异质量是举世闻名的。天津市蓟县独乐寺的观音阁是有千年历史的木构楼阁，山西五台县的佛光寺大殿建造至今已历经1100年的风霜雨雪和地震，仍然完整健在。应县的九层六檐木塔，高达67.3m，使用斗拱54种，结构精密，体量宏伟，反映了古代木材使用技术的杰出成就，360年前明代宋应星刊印了《天工开物》一书，对古代劳动人民关于制造砖瓦、陶瓷、钢铁器具、烧炼石灰、五金开采冶炼以及颜料制造等生产技术成就进行了总结，记载很详细，并附有大量插图，从中可以了解有关我国建筑材料的历史资料。然而，建筑工程的规模和建筑材料的发展水平，显然是受生产水平的限制的。在古代，没有水泥和建筑用的大量优质钢材，就不可能修建跨越黄河长江的大桥，也不可能营造摩天大楼与大跨厅堂厂房。我国经历了较长的封建社会，尽管秦砖汉瓦早具盛名，但现代化材料发展迟缓，近百年来建筑材料多属手工业生产，少数地区有几个小型工厂也遭受帝国主义封建买办的束缚限制，毫无生机，到1949年解放时全国水泥年产量仅66万吨，相当于目前一个中型厂的产量，有人估计要用国产水泥建造三峡大坝，要生产半个世纪才够用（其它工程全部不用水泥）。钢产量仅15.8万吨相当于现在一个小钢厂的产量。

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，无论工业、民用、公共建筑的数量与质量要求均非旧中国可比。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，特别是为了解决长期以来建设投资用于城乡人民住房方面的力量过少而遗留下的住房紧张问题，城乡兴建了大量民用房屋，1979年以后每年建造住房均在 50Mm^2 以上，1982年则高达 118Mm^2 ，1979~1982年四年间城镇住宅建成面积 365Mm^2 ，约占1949年至1982年建造总量的40%（不包括私人建房）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（表01）。水泥产量1982年为1949年的150倍，品种已研制成功60余种，在检测水泥物理力学性能方面确立了五十多个测试方法。混凝土材料年产量1979年为1952年的二十五倍，每年浇灌量超过 100Mm^3 ，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、纤维配筋等混凝土）及三十多种减水剂，外加剂已有批量生产与应用。大中小型混凝土预制构件厂遍布大中小城市和乡镇，优异成绩是十分显著的。然而我国幅员广大、人口众多，国家财力物力底子较薄，即使水泥与钢材的总产量已达到世界前列，以人平产量计算就显得大为贫乏了。例如我国1980年水泥年产80Mt，人平年产量不足80kg，而且其中54Mt为小水泥，质量较好的水泥仅26Mt，不足三分之一。国外正在发展的新型高效多功能、轻质高强材料，限于财力物力更是差距大，有待结合国情研制开发。

表1 我国几种建筑材料产量情况

材料名称 \ 年分	1949	1979	1980	1983
水泥(Mt)	0.56	73.90	79.86	108.25
钢(Mt)	0.158	34.48		40.02
钢材(Mt)		29.97	27.16	30.72
砖(10^9 块)			153.7	
木材(Mm^3)	11.20	54.39	53.59	52.32
平板玻璃 (M标准箱)		23.30	27.71	41.67
塑料树脂(kt)		79.30		112.10

建筑材料的需用量都是以万吨计的，一个中等城市的年需用量都在兆吨以上，因而在材料使用方面应该因地制宜、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原则。建筑材料工业的发展、产品结构的趋向，是受经济发展水平、资源、能源和历史条件各方面的影响的。我国目前建筑造价仅占工业发达国家的1/4至1/5，因而价格昂贵的高效能建筑材料是难能用于一般建筑的。各地为使建筑工业现代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，全国绝大部分城镇的主要结构形式仍将是砖混结构建筑，各种砖，小砌块以及混凝土、砂浆仍然是最大宗的价格低廉、适合目前

经济条件的主要材料。为保护农田良土，必须用灰砂砖、煤渣砖、粉煤灰砖、尾矿粉砖等来取代部分粘土砖、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，不与农争土。作为一个建筑工作者，应取积极推广使用上列材料的态度。

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其隔绝效果，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而不能只看到造价低就满足。

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须努力的。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，对于建筑物的保温绝热、吸音隔声、清洁美观等功能日益显得重要，塑料、合金材料制品等在建筑材料中的比重会逐渐加大。而工业建筑方面更要求提供有耐热、耐腐蚀、耐磨、抗污、防爆、防幅射各种复合性能的建筑材料。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、增强塑料以及铝合金型材等，以减轻结构材料的容量，减少基础工程的投资，缩小构件尺寸，增加建筑使用面积，节省运输费用，并有利于节能、抗震。

(2) 发展复合材料及制品 取几种单一材料之长于一身而补相互之短。

(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) 利用材料科学的知识与技能 在深入认识材料内在组织构造性能影响的基础上，进行研究，按指定性能设计与制造特殊功能和高效能的建筑材料。

一种新材料在一个国家、一个地区生根开花，需要有一个相当长的历史过程。这里包括着研究过程、技术上成熟与经济上过关的过程，还有社会上的认识过程和以新代老的适应过程。作为一名建筑技术人员既不能盲目硬搬乱套外国外地的经验，也要克服因循守旧、怕麻烦的保守消极思想，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，解决材料面临的供需矛盾。

二

建筑材料课在培养土木建筑工程技术人才的专业教育计划中是一门技术基础课，为专业课程的学习、建筑设计、结构计算以及建筑施工提供有关材料的基本知识，通过实验、样品认识等实践环节，使学生获得有关材料性能测试与评定的基本技能，从而在今后的工作实践中能合理选择和使用建筑材料。对于现场配制材料如砂浆、混凝土、沥青胶等，则还应掌握其配合设计原理与方法。

土建技术人员一般是建筑材料的使用者，在工作中要涉及的内容很宽，例如材料资源的调查与勘探，几种材料作技术上的评定取舍、合理使用，改进性能及材料代用，新材料、地方材料的研制试用。凡此等等，都必须通过本课程的学习、熟悉建筑材料的各

项基本知识, 切实掌握材料性质及测试方法、综合经济分析的能力, 才能具备必要的应用技能。

本课程的内容多为叙述、分析。综合论证各种材料的原料、生产、组成、构造及其对材料性质的关系, 根据材料的共性与特性来确定其应用技术(配制、施工、检验以及运输、储藏、维修和经济效益等)。课程内容计算较少而论及各事物的相互影响较复杂, 要善于从实际出发、应用辩证唯物主义的方法, 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。本课程是实践性较强的一门课程, 实验内容一般占30~35%。

学习本门课程时一方面要重视材料的基本共性, 也应了解某种材料的特性及所以形成其特性的条件。只有掌握了基本规律, 才能了解繁多品种的基本情况, 避免死记硬背。只有理解了形成特性的各种条件, 才能正确选用材料、正确理解各种材料技术规范而灵活应用, 避免盲目抄袭、生搬硬套或主观的瞎作决定。

三

学习方法介绍

高校函授《建筑材料》课程教学大纲(草案)已于82年11月制订。这份大纲应该是每个函授生人手一册, 上面列有本课程全部教学内容的大纲, 在大纲说明书中列出了每一章的重点和基本内容。建筑材料品种多, 分清主次最重要。学习时应抓重点, 注意三基:

(1) 建筑材料的基本性质 基础理论(基理): 材料的宏观构造与材料主要技术性质的关系。基本知识(基知): 材料主要技术性质的定义和实际意义。基本技能(基技), 材料的比重、容重、吸水率及抗压强度的测定。

(2) 烧土制品基理: 粘土质材料在高温下煅烧的变化及产物的结构。基知: 普通粘土砖的技术性质及应用。基技: 普通粘土砖的标号测定。

(3) 无机胶凝材料 基理: 硅酸盐水泥的凝结硬化过程及其影响因素。活性混合材的性质与作用。基知: 石膏及石灰的技术性质与应用。硅酸盐水泥的技术性质、应用及储运知识。水泥浆体在侵蚀介质下的腐蚀及其防止的一般途径。普通硅酸盐水泥、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。基技: 水泥主要技术性质的测定。

(4) 混凝土及砂浆 基理: 混凝土混合料的和易性及影响和易性因素。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。基知: 普通混凝土用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工作度的选择。混凝土的技术性质及应用。砂浆的技术性质及应用。基技: 粗细集料主要技术性质的检定。混凝土配合比的设计计算。混合料的坍落度及V、B工作度的测定与调整。普通混凝土强度标号的测定。砂浆流动性、保水性、标号的测定。

(5) 沥青材料 基理: 石油沥青的技术性质与其组分、结构的关系。基知: 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。基技：石油沥青标号的测定。石油沥青与煤沥青的识别。

(6) 木材 基理：木材主要物理力学性质与其构造、含水量的关系。基知：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。

(7) 建筑钢材 基知：建筑用钢的分类及应用。甲类钢、乙类钢及特类钢的标准，标号划分的原则。常用钢材的种类及用途。

(8) 建筑塑料 基知：塑料的一般分类，常用塑料及粘结、嵌缝材料的性能及应用。

(9) 保温绝热和吸声材料 基知：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。

(10) 装饰材料 基知：装饰材料的基本要求和选用原则。常用品种的性能及应用。

一般函授自学生对建筑材料多少具有一定的感性知识，这是学习建筑材料的有利条件，通过学习，要求函授生能运用辩证唯物主义观点分析各种因素对材料技术性质的影响，无论原料、组成、生产方法与加工过程各个方面知识的掌握都是围绕着正确地深入理解材性，从而达到正确选用的目的。

函授学习的主要环节

(1) 自学 在自学函授建筑材料读本的各章内容时，应初步阅读该章文末所列学习方法指导及大纲说明书后所列“各章基本内容”，然后再读课文。课文中 *号者为选学内容，教师未专门指定时可以不必要详读或不读。阅读课文时应注意做到理解基本内容，能解释各种现象与材料行为（性质、特点在不同条件下的表现）的原因，掌握基本概念，搞清来龙去脉。但对公式的推导和经验公式的来源不必花很多时间去钻研，对一些基本物理力学性能指标只要求有个大概的概念，例如普通砖的容重在 1500kg/m^3 以上 2000kg/m^3 以下；一般普通混凝土的强度是指28天时的抗压强度，通常使用的是 10MPa 到 40MPa ，不必死记硬背详细的数字，但不能搞错一个或两个数量级。至于一些特殊的材料性能数据则有赖于专著与手册，晓得到哪些书刊中去查找就行了。对于各种材料的标准试验方法，只须了解它的基本原理，至于所用仪器的构造、操作方法、试验步骤等，则有赖于集中教学或到函授站（辅导站）或学校中具体试验时学习。

(2) 作业与复习 在自学完一章或一大节以后，应将每章之尾所列思考复习题自问自答。注意思路的整理与发展。为节约时间，有的题只须写一个提纲式的答案；另外备有部分填空与选择题，可以在题上直接填写。但在作题时应闭卷思考，不要随作随翻教材，要在做完之后再根据讲义或参考书中的有关内容进行校核。这样才能真正建立正确的概念、掌握基本内容。自学能力要依靠自己培养，刻苦自学的精神要有一定的毅力来坚持，发现作题答案不够完备或有错误，自行补正。在接到抽查通知时，应将指定习题书写清楚，并留有适于批改的行距空白，按时寄交函授站或学校。每章之后附列的题目较多，可供教师选指，学生假若对某方面要求多一些，也可在教师指定题目之外从中加做选做题。

(3) 面授 面授的次数随各地各校条件而异, 本课程总的面授时数约为 12 学时, 其主要内容是对教材中的重点、难点和某一阶段中的关键问题作较详细的分析解释, 对上一阶段的自学内容, 帮助函授生作小结, 同时对下一阶段的自学内容布置作业和学习方法的指导。面授的主要任务是学习方法的指导和对学员所提出的疑难作分析、解题示范, 而不是对教材内容的讲解。

(4) 答疑 函授生在学习中有难于独立解决的问题, 周围又无可以请教磋商的人, 可按答疑规定将疑难问题与疑难点书写清楚、寄学校教师请求指导。

(5) 试验及样品教学 通过试验要求对几种主要建筑材料的标准试验方法有所了解, 并掌握鉴定材料技术性质的试验原理、步骤和常用试验仪器设备仪表的操作方法, 了解试验结果的精度要求和数据处理的基本方法。要求认真作试验、翔实观测记录, 独立做出必要的试验报告, 交教师批阅。实验及样品认识均为集中教学, 视具体条件安排在期末或学校假期内进行。

(6) 测验作业及考试 测验作业系检查一个阶段自学情况之需, 必须严格依照计划及教师的指示书对规定章节切实阅读理解后进行。解答应不依赖旁人, 要独立完成, 认真思考, 书写清楚, 字迹端正, 并在规定日期寄缴学校函授部门, 由教师批改记分后发还存查。最后有一次期末考试, 与测验作业的成绩为评定本课学习成绩的主要根据。

思 考 题

1. 为什么建筑材料的研究在现代化建筑事业中具有重大意义?
2. 建筑材料可分为哪几类? 每类包括些什么内容?
3. 我国去年城市建房面积有多少? 假若平均每平方米的建筑面积耗用 100 公斤水泥, 约需水泥若干?
4. 选用建筑材料的基本原则是什么?
5. 对于传统建筑材料与新品种材料的使用应抱什么态度?

绪 论 参 考 资 料

1. 《国外建材工业发展的基本趋势》国家建材局情报标准研究所 83.10
2. 《中国建筑材料年鉴》1981~1982 及 1983~1986
3. 努力改革墙体材料的产品结构, 吴正直, 载《硅酸盐及建筑制品》82 年 4 期
4. 《现代混凝土材料与技术水平》, 国家建材局技术情报标准研究所 83.6
5. 联合国《统计月报》83 年 2 月
6. 我国三十年来工农业生产增长情况表, 光明日报 83.12.11

第一章 建筑材料的基本性质

建筑物在使用过程中，都要承受各种荷载及周围介质的作用。在外力作用下就会引起材料的变形和内应力。因此，在设计建筑物时，必须注意到材料的强度特性和变形性质，即材料的力学性质。另外，材料还必须具有抵抗周围介质侵蚀能力的耐久性，如空气以及大气中的烟和水分、溶解于水中的侵蚀物质、温度湿度变化、阳光照射、多次冻融循环等作用。

根据建筑材料在建筑物中所起作用不同，建筑材料可分为两大类。第一类：承重结构用材料，如天然石材、人造石材（混凝土、砂浆、烧土制品、玻璃等）、金属材料、结构用塑料（包括玻璃钢）、木材；第二类：特殊用途的建筑材料，如绝热材料、防水材料、屋面和气密材料、装饰材料、防腐材料、耐火材料等。

第一节 材料性质与结构和成分的关系

一、基本性质的分类

建筑材料的基本性质按使用条件可分为：

（1）状态参数和构造特性 化学组成、矿物组成和相的组成；密实性和孔隙率，颗粒材料的分散性。

（2）物理性质 粘塑性材料的流变性质，水物理性质，热物理性质，音响性质，电性质等，都属于物理性质，而抗冻性，耐水性等属于物理性质中的耐久性。

（3）力学性质 是以材料在外荷作用下产生的变形和破坏（强度、硬度、弹性、塑性、脆性等）表示。

（4）化学性质 是以抵抗化学过程中的化学腐蚀能力表示。

二、性质与构造关系

了解建筑材料的构造的目的，是为了掌握其性质，并解决实际工程中的问题，从而得到最佳的技术经济效益。

材料构造是研究以下三方面问题：①材料的宏观构造——即肉眼可见的构造；②材料的微观结构——它的构造要借助显微镜才能看见；③物质的内部结构——是用放射线或电子显微镜研究材料的分子、离子结构。

（一）材料的宏观构造

固体建筑材料的宏观构造有以下几种型式：人造岩石、多孔的、微孔的、纤维的、片状的、散粒的（粉末状的）。

（1）人造岩类 是一个很大的组分，它包括各种类型的混凝土，各种烧土制品和

其它材料。

(2) 多孔构造 具有较大的孔,如加气混凝土、泡沫混凝土、多孔塑料等。

(3) 微孔构造 如烧土制品制坯时加入大量的水拌合,煅烧时水分蒸发同时某些成分烧尽而生成大量微孔结构。

(4) 纤维构造 木材、玻璃钢、矿棉制品等,其特点是平行纤维方向和垂直纤维方向的强度和导热性差异很大。

(5) 片状构造 屋面材料、页状材料、板状材料以及某些具有层状填充料(纸片、涂脂织物等)的塑料制品,都具有片状构造。

(6) 散粒材料 混凝土的骨(集)料和绝热涂料所用的粒状的或粉末状的填料等。

(二) 物质的微观结构

建筑材料可分为结晶型和无定型两种。结晶型和无定型常常是同样物质的不同结构,如结晶型石英和各种无定型的硅石。结晶型结构在一般情况下,都是比较稳定的。为了使石英砂和石灰之间起化学反应,在硅酸盐砖生产工艺中常用高温高压(温度为 175°C ,压力为 0.8MPa)处理。而硅藻土(无定型二氧化硅)和石灰在常温($15\sim 25^{\circ}\text{C}$)用水拌合后可生成水化硅酸钙。无定型物质可以转化为比较稳定的结晶型。

实用意义在于天然石材和人造石材的同质异型现象——即同一物质可以组成各种不同的结晶型式——此现象称之为“变异”。石英的同质异型(多晶)转变过程中伴有体积改变的现象,必须引起人们注意。

结晶型物质特点是在一定压力情况下有一定的熔化温度,以及每个晶体变异的固定的几何形状。

单晶体在各个方面具有不同的性质,即各向异性现象。

(三) 物质的内部结构

物质的内部结构决定了材料的机械强度、硬度、难熔性及其它性质。

建筑材料中的结晶型物质,由于各质点之间联结不同,就组成了不同的空间晶格,如中性的原子(可以是同一种元素如金刚石,也可以是不同分子如 SiO_2);离子(如在 CaCO_3 中具有不同的带电体,而在金属中有相同带电体);完整的分子(冰的晶体)。

共价键(共价联结)——由一般电子云组成的简单的结晶物质(金刚石、石墨)某些晶体是由两种元素组成(石英,金刚砂,其它碳化物,氮化物)。这些材料具有很高的机械强度和硬度,而且都是难熔的。

离子键(离子联结)——这些材料的晶体联结多数具有离子性质,这种类型的建筑材料有强度不大硬度不高且不耐水的石膏和硬石膏。

在建筑材料中常遇到复晶材料(方解石、长石),它们的联结既是共价键(共价联结)又是离子键(离子联结)。复离子 CO_3^{2-} 内部是共价联结,它们本身都是带有 Ca^{+2} 离子联结。常有一些类似的材料具有不同的性质。方解石 CaCO_3 强度比较大,但硬度较小。而长石既有足够的强度,又有较大硬度,当然都不如具有纯共价联结的金刚石晶体。

分子晶格及相应的分子联结——分子之间联结都很弱，当加热时，分子间的联结很容易破坏（如冰的晶体），所以具有分子晶格的物质，其熔点较低。

硅酸盐——其组成是比较复杂的，这些组成就决定了它的特点。例如，纤维质矿物（石棉）是由平行的硅酸盐链组成，链与链之间是以正离子形式联结；离子力比以共价联结的链弱，所以这些链在撕裂力作用下，会把纤维撕开。片状矿物（云母、高岭石）是由于有平网状的层状硅酸盐群组成。

三、性质与组成关系

（1）化学成分 建筑材料的化学成分可以评定材料的一系列性质，如耐火性、耐生物性、力学及其它技术性质。无机胶结材料（水泥、石灰等）和石材的化学成分，可以用它含有氧化物数量的百分数表示。

（2）矿物成分 是说明材料是由什么矿物和多少矿物组成。例如，在硅酸盐水泥中含有硅酸三钙（ $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ ）45~60%，它的含量愈多，水泥的硬化愈快，水泥石的强度愈高。

（3）相组成及相转变 相转变影响材料整个性质和使用，如水变成蒸汽。在材料中有组成孔壁的固体物质，即材料的骨架和充满水及空气的孔隙所组成空间体。如吸水后受冻，水就在孔隙内结冻，从而改变了材料的机械性能和热工性能。孔隙中的水变成冰，体积增大，在多次冻融循环情况下，材料将被破坏。

第二节 建筑材料的状态参数和结构特征

一、材料的状态参数^[1]

材料的状态参数是一项基本物理性质，包括比重（密度）、容重。

1. 密度

材料在绝对密实状态参下单位体积所具有质量。

$$\gamma = \frac{G}{V}$$

式中： γ ——比重（ g/cm^3 ），有时不附加任何单位；

G ——材料在干燥状态下的质量（ g ）；

V ——材料在绝对密实状态下的体积（ cm^3 ）。

绝对密实的建筑材料很少，除极少数的材料，如金属、玻璃、单体矿物外，都多少有一些孔隙。为了测得有孔隙材料的准确的密度，应把被测材料磨得很细，除去孔隙。磨得愈细，所测得的体积愈接近绝对体积。

对密实的不规则材料，如混凝土的砂石料，可以用排水法测其体积，用此法测得的密度称为视密度。

2. 容重

材料在自然状态下（包括内部孔隙）单位体积的重量。

$$\gamma_0 = \frac{G}{V_0}$$

式中 γ_0 —— 容重 (g/cm^3 , kg/m^3);

G —— 材料的质量 (g , kg);

V_0 —— 材料在自然状态下的体积 (cm^3 , m^3)。

容重的测定方法比较简单, 称其质量, 根据外形测其体积即可求得。当材料含有水分时, 影响其测定值, 此时的容重, 必须注明该材料的含水情况。如以 $\gamma_{\text{水}}$ 代表 含水情况下的容重, $\gamma_{\text{水}}$ 与 γ_0 有如下关系:

$$\gamma_0 = \gamma_{\text{水}} / (1 + W)$$

式中 γ_0 —— 材料干燥的容重;

$\gamma_{\text{水}}$ —— 材料含水后容重;

W —— 材料含水率 (%)。

材料的容重变化范围比较大, 可以从 $15\text{kg}/\text{m}^3$ (泡沫塑料) 到 $7850\text{kg}/\text{m}^3$ (钢)。一般情况下, 容重都小于密度, 如轻混凝土容重约为 $500 \sim 1800\text{kg}/\text{m}^3$, 而密度约为 $2600\text{kg}/\text{m}^3$; 密实材料二者比较接近, 如钢的密度和容重基本相同。

对散粒材料如砂石子等, 容重按其自然状态体积计算, 此容重称为松散容重 (堆积密度)。

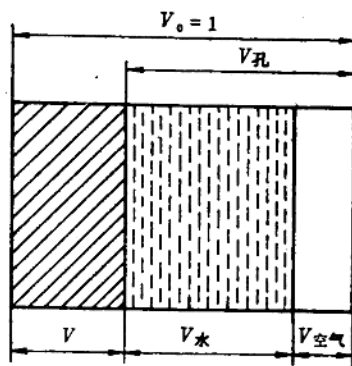


图1-1 多孔材料示意图

V_0 —— 自然状态下体积 $V_0 = V + V_{\text{孔}}$

$V_{\text{空气}}$ —— 空气的体积 $V_{\text{孔}} = V_{\text{水}} + V_{\text{空气}}$

V —— 绝对体积 $V_{\text{水}}$ —— 水的体积

$V_{\text{孔}}$ —— 孔隙体积

二、材料的构造特征

多孔材料的构造, 一般以孔的平均直径和孔的内部比表面积表示, 此处粗略地以孔隙率、开口孔隙与闭口孔隙、孔隙大小及分布来表示构造特征。

1. 孔隙率

孔隙体积占总体积的比例, 以 P 表示。 P 可按下式计算:

$$P = \frac{V_{\text{孔}}}{V_0} = \frac{V_0 - V}{V_0} = 1 - \frac{V}{V_0} = 1 - \frac{\gamma_0}{\gamma}$$

孔隙率可以用实验方法测定或计算求得。实验法是利用液态物质 (或其它介质) 充满孔隙求得。而计算法是利用材料的密度和容重代入上式计算。

孔隙率变化范围很大, 由 $0 \sim 98\%$ (见表1-1)。

2. 密实度

固体体积占总体积的比例, 以 D 表示。

表1-1 常用建筑材料的主要物理性能

材 料	密度 (g/cm ³)	容重(kg/m ³)	孔隙率(%)	导热系数(W/m·K)
石灰岩	2.60	1800~2600		2.91
重混凝土	} 约2.60	2100~2600	10	1.28~1.55
轻混凝土		1000~1400	60~65	0.523~0.698
多孔混凝土		300~900	80	0.116~1.55
普通砖	2.50	1600~1800	30~35	0.814
空心砖	2.50	1000~1400	50	0.465
*砂	*2.60~2.70	1000~1600	~40	
钢	7.85	7850	0	58.2
木材	1.55	400~800	55~75	0.174~0.35

*视密度；

^颗粒材料的空隙占总外观体积的比例，称为空隙率。

$$D = \frac{V}{V_0} = \frac{r_0}{r}$$

$P + D = 1$ (或100%)，也可以说干燥的材料是由固体的骨架和气孔两部分组成。

3. 开孔的孔隙率

指水饱和的孔隙体积与总体积的比。

$$P_{\text{孔}} = \frac{G_{\text{水}} - G}{V_0} \cdot \frac{1}{r_{\text{水}}}$$

式中， $P_{\text{孔}}$ ——开孔的孔隙率；

$G_{\text{水}}$ ——材料水饱和状态下的重量；

G ——材料干燥状态下的重量；

$r_{\text{水}}$ ——水的比重，一般可采用1；

V_0 ——材料自然状态下体积。

测定开孔的孔隙率时，应把试件完全沉入水中。开孔孔隙能增加材料的渗透性和吸水性，降低抗冻性。

4. 闭孔的孔隙率

材料孔隙分为开孔和闭孔的两种，闭孔孔隙较多时，则材料的耐久性较好。但是吸声材料和制品，还特意制成开孔孔隙或钻孔，以吸收声能。

$$P_{\text{闭}} = P - P_{\text{孔}}$$

孔隙率反映了材料的密实程度，它直接影响材料的强度、吸水性、抗冻性、热传导性及耐久性等。由于孔隙的构造及尺寸等不同，其影响上述性质的程度也不一样。例如有均匀分布闭合小孔的材料，比有开口孔隙互相连通的材料建筑性能好。