

新编建筑工程材料

主 编	李铭臻	
副主编	赵铁军	石云兴
主 审	冯乃谦	

中国建材工业出版社

新编建筑工程材料

主 编	李铭臻	
副主编	赵铁军	石云兴
主 审	冯乃谦	

中国建材工业出版社

(京)新登字 177 号

●
图书在版编目(CIP)数据

新编建筑工程材料/李铭臻主编.-北京:中国建材工业出版社,1998.1

ISBN 7-80090-643-4

I. 新… II. 李… III. 建筑材料 IV. TU5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 15656 号

内 容 简 介

本书论述了建筑工程和水利工程中常用的建筑材料。内容包括:建筑材料的基本性质、气硬性无机胶凝材料、水泥、普通混凝土、高性能混凝土、其它混凝土、建筑砂浆、烧土制品、建筑玻璃、天然石材、建筑钢材及铝合金、木材、合成高分子材料、建筑防水材料及其制品,以及常用建筑材料试验。书中重点介绍各种材料的成分与结构、技术性质和应用等基本理论和试验技能,其特点是深度和广度相结合,使读者通过学习,能正确地选择材料,合理地使用材料,研究与开发新材料。

本书对原有《建筑工程材料》一书内容作了较大修改,增加了材料的新品种,采用了最新标准和规范,并介绍了近期建筑材料发展的新动态。为便于教学,各章后均附有思考题与习题。

本书可作为高等院校土建专业的教材,也可作为大中专院校有关专业的教学参考书,还可供工程技术人员及自学读者阅读参考。

新 编 建 筑 工 程 材 料

主 编:李铭臻

副 主 编:赵铁军 石云兴

主 审:冯乃谦

责任编辑:赵从旭

*

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

河北省滦县印刷厂

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:21 字数:490 千字

1998 年 1 月第 1 版 1998 年 1 月第 1 次印刷

印数:1~4000 册 定价:28.00 元

ISBN 7-80090-643-4/TU·145

目 录

绪 论	(1)
第一章 建筑材料的基本性质	(8)
第一节 材料的组成、结构与性质	(8)
第二节 材料的物理性质	(10)
第三节 材料的力学性质	(20)
第四节 材料的耐久性	(24)
思考题与习题	(25)
第二章 气硬性无机胶凝材料	(26)
第一节 建筑石灰	(26)
第二节 建筑石膏	(30)
第三节 水玻璃	(34)
思考题与习题	(35)
第三章 水泥	(36)
第一节 硅酸盐系水泥(第一系列水泥)	(36)
第二节 铝酸盐系水泥(第二系列水泥)	(58)
第三节 硫(铁)铝酸盐系水泥(第三系列水泥)	(61)
思考题与习题	(64)
第四章 普通混凝土	(67)
第一节 概述	(67)
第二节 普通混凝土的基本组成材料	(68)
第三节 混凝土拌合物的和易性	(77)
第四节 混凝土的强度	(83)
第五节 混凝土的变形性能	(91)
第六节 混凝土的耐久性	(94)
第七节 普通混凝土配合比设计	(98)
第八节 混凝土外加剂	(103)
第九节 混凝土矿物掺合料	(118)
思考题与习题	(123)
第五章 高性能混凝土	(126)
第一节 混凝土的高强化与高性能化	(126)
第二节 混凝土达到高性能的技术途径	(127)
第三节 高性能混凝土的组成材料	(127)
第四节 高性能混凝土拌合物的特性	(131)

第五节 高性能混凝土配合比设计.....	(134)
思考题与习题.....	(136)
第六章 其它混凝土.....	(138)
第一节 抗渗混凝土.....	(138)
第二节 耐热混凝土.....	(143)
第三节 水玻璃耐酸混凝土.....	(148)
第四节 水下浇注混凝土.....	(149)
第五节 纤维增强混凝土.....	(151)
第六节 聚合物混凝土.....	(153)
第七节 轻骨料混凝土.....	(154)
第八节 多孔混凝土.....	(167)
思考题与习题.....	(172)
第七章 建筑砂浆.....	(173)
第一节 砌筑砂浆.....	(173)
第二节 抹面砂浆.....	(179)
第三节 特种砂浆.....	(181)
思考题与习题.....	(183)
第八章 烧土制品.....	(184)
第一节 烧结普通砖.....	(184)
第二节 烧结多孔砖和烧结空心砖.....	(188)
第三节 建筑陶瓷.....	(190)
思考题与习题.....	(193)
第九章 建筑玻璃.....	(194)
第一节 建筑玻璃的分类和性质.....	(194)
第二节 平板玻璃.....	(196)
第三节 压花玻璃.....	(200)
第四节 安全玻璃.....	(201)
第五节 特性玻璃.....	(205)
第六节 常用玻璃制品.....	(206)
思考题与习题.....	(209)
第十章 天然石材.....	(210)
第一节 岩石的基本知识.....	(210)
第二节 天然石材的技术性质.....	(212)
第三节 常用建筑石材.....	(214)
思考题与习题.....	(216)
第十一章 建筑钢材及铝合金.....	(217)
第一节 钢的基本知识.....	(217)
第二节 钢材的技术性质.....	(219)
第三节 钢的晶体组织和化学成分.....	(223)

第四节	建筑钢材的冷加工强化与时效·····	(225)
第五节	建筑钢材的技术标准与选用·····	(226)
第六节	铝及铝合金·····	(233)
	思考题与习题·····	(235)
第十二章	木材·····	(236)
第一节	木材构造·····	(236)
第二节	木材的化学成分·····	(238)
第三节	木材的物理性质·····	(238)
第四节	木材的力学性质·····	(240)
第五节	木材的防腐与综合利用·····	(243)
	思考题与习题·····	(245)
第十三章	合成高分子建筑材料·····	(246)
第一节	有机高分子化合物的基本知识·····	(246)
第二节	建筑塑料及其制品·····	(252)
第三节	建筑涂料·····	(260)
第四节	建筑胶粘剂·····	(263)
	思考题与习题·····	(265)
第十四章	建筑防水材料及其制品·····	(266)
第一节	沥青及改性沥青系防水材料·····	(266)
第二节	合成高分子防水材料·····	(276)
第三节	建筑防水制品·····	(276)
	思考题与习题·····	(285)
常用建筑材料试验·····		(287)
试验一	建筑材料基本性质试验·····	(287)
试验二	水泥性质检验·····	(289)
试验三	混凝土用砂、石试验·····	(297)
试验四	普通混凝土拌合物试验·····	(303)
试验五	普通混凝土力学性能试验·····	(307)
试验六	砌筑砂浆试验·····	(310)
试验七	烧结普通砖试验·····	(313)
试验八	钢筋试验·····	(316)
试验九	木材试验·····	(318)
试验十	石油沥青试验·····	(322)
主要参考文献·····		(326)

绪 论

一、建筑与建筑材料

建筑关系到人类活动非常广泛的领域。建筑物种类,涉及人的生活、生产、教育、医疗、宗教等诸多方面。因此,无论是对个人还是社会,建筑都具有重要的意义。建筑材料是指建造建筑物所使用的材料,它是建造建筑物的物质基础,因而建筑材料的质量直接影响着建筑物的质量。建造质量良好的建筑物是建筑技术工作者的重要职责。

质量良好的建筑物,简言之,应包括四个方面:安全、适用、美观、耐久与经济。

安全方面 建筑物要有足够的安全性,就需要建筑材料具备足够的强度和抵抗变形的能力,能够安全地承受各种设计荷载。

适用方面 建筑物在使用方面要满足舒适方便的要求,给人们提供良好的生产、工作和生活的环境,这就需要有如隔热、保温、隔声、防水等优良性能的建筑材料。

美观方面 要美化建筑物的艺术形象,就需有各种绚丽多彩的装饰材料。

耐久与经济方面 百年大计质量第一,这充分体现对建筑物耐久性的要求;即建筑物具有抵抗地震、台风、洪水等自然灾害,以及火灾等人为灾害、环境腐蚀等作用的能力。这就要求所选用的建筑材料具有良好的耐久性。耐久性与经济性又是统一的。提高材料的耐久性,对节约建筑材料、保证建筑物长期正常使用、减少维修费用、延长建筑物使用寿命等都十分重要。

综上所述,质量良好的建筑物首先取决于所用建筑材料的质量。建筑材料在建筑工程中占有极重要的地位。建筑物造价中 40%~60% 是材料费用。一般每 1m^2 面积的房屋要用 1~2t 建筑材料,材料的运输、堆放、保管等直接影响建筑工程的进度和费用。房屋的质量(俗称重量)就是建筑材料质量的总和。建筑材料的选用将影响房屋结构设计中固定荷载和地震力的计算。建筑材料的品种还会在一定程度上影响结构形式、设计理论和施工方法,甚至影响建筑设计的平面布局、立面处理和构造的做法。

建筑业的发展不断促进建筑材料工业的发展,而建筑材料工业的发展又将推进和影响建筑业及国家经济建设的发展。

二、建筑材料的历史与发展

(一)原始时代建筑材料的发展

人类开始使用建筑材料,一般是从利用自然界的物质开始。虽然地区上有差异,但是,草、木、石、土、冰及兽皮等,首先被人类用作建筑材料。

1. 木

在太古时代,在岩石垂直面顶部架上几根圆锥状木头,铺放草泥,就成为太古时代最简单的房子。据说公元前 3000 年左右,在埃及附近已经有把木头组合起来为柱、梁、屋顶的房

子。

2. 石

天然石的利用也非常古老,公元前 6000 年左右,将天然石材堆积成壁状,在上面架上木屋顶。其后,将开发出的石材砌筑大的建筑物。有名的最古老的石砌建筑就是公元前 2750 年左右盖起来的撒哈拉的金字塔。其后,将天然的粘板岩劈开成薄板,用作屋面材料。

3. 砖、瓦

将土与水拌合,经晒干以后成为晒干砖,估计在公元前 8000 年左右,从中近东到埃及已经应用。将这种晒干砖(干土坯)用火烧成粘土砖,苏美尔人用于宫殿等建筑。接着,挂釉着色的面砖也发明出来了。此外,瓦的前身是将楔形文字刻在半干的粘土板上,干燥后用火烧成一种“瓦书”。公元前 3000 年左右,美索不达米亚建筑的屋顶,被认为是瓦的发祥地。瓦,一开始是平瓦,后来又出现了带有缓慢弯曲的弯瓦,最终流传到印度、中国、朝鲜、日本成为木葺瓦,与德国、法国系统的法式瓦,以及意大利、西班牙式的“西班牙式瓦”等沿着三系列方向发展。

4. 石灰

贝壳用火烧之后变成石灰。古代人知道,在钟乳洞的洞穴石灰岩上面烧火,烧火后下面的灰用水拌和以后能够凝固,这已经是很古老的事情。后来,在石灰里拌入植物纤维和兽毛作为抹墙或抹天棚的灰泥;此外,又将火山灰及砂子加入到石灰中作为砂浆。公元前 2500 年的金字塔,就是用石灰砂浆将石头砌筑而成的。石灰至今仍然是一种重要的建筑材料。

5. 玻璃

玻璃的最初发现是在制造陶瓷时,表面粘土的砂子和灰,经烧成之后形成光亮透明层,这是最初发现和想象的玻璃。最古老的玻璃制品是有孔玻璃珠。据说,公元前 6000 年左右就有这种玻璃制品了。但当时有孔玻璃珠是不透明的,具有各种颜色,是一种贵重的装饰品。公元前 2000 年,埃及的法老墓使用了透明玻璃。玻璃作为一种容器很早就开发出来了。但在建筑上最初使用玻璃是公元 1100 年左右,用于罗西亚的圣苏菲亚寺院。1640 年,罗西亚出现了最早的玻璃工厂。

6. 青铜等

由于铜与铅的熔点低,容易精炼,在铁器之前有青铜时代。此外,由于铜质软易于加工,古代就有薄板及管状铜器,还有许多装饰器及武器已经使用;在铁器代替铜器以前,铜是一种重要的金属材料。1600 年时有些国家就已用铜板作屋面材料。

铁金属仅仅用作钉子,金属卡子,螺栓、合页等附件,但为数不多。

(二)近代建筑材料的发展

以手工业为基础的 18 世纪末,从质与量两方面来看,工业材料都没有得到应有的发展。以产业革命(英国 1760 年)为转机,19 世纪以后,工业材料才显著地发展起来,特别是第二次世界大战以后有了越来越明显的进步。

首先,1860 年前后,相继发明了制钢的转炉与平炉;随后确立了钢材的热轧技术;1889 年建造了法国的埃菲尔塔,作为钢结构的一种代表而发展起来,与今天的兴隆昌盛密切相关。

1824 年英国的阿斯普丁发明了水泥以后,1886 年,美国首先开始用回转窑生产波特兰水泥。1850 年左右,在法国获得了钢筋混凝土专利;在德国、法国、美国同时发展了钢筋混凝

土理论,不久,钢筋混凝土就占据了今天的建筑结构材料的王位。经进一步发展,成为预应力混凝土结构。

20 世纪初确立了机制平板玻璃的制造方法;1970 年左右通过近代生产方式开始制造复合板。在这一过程中,由于胶粘剂的发展,出现了装饰面板,向合成木材方向发展。

另一方面,1940 年以后,新的复合材料登场,出现了石棉水泥薄板、石膏板、镀锌铁板以及木纤维水泥板等。特别是作为现代建筑材料的代表,铝合金、不锈钢及塑料得到了迅速的发展。

(三)现代建筑材料的发展方向

一些发达国家建筑材料的发展方向,主要反映在耐久、节能与功能三个方面,并重视建筑材料生产资源的开发研究。

建筑材料的耐久性,是材料和制品在使用过程中的可靠性问题。例如日本,对混凝土的耐久性给予了极大关注,超高层建筑用的轻骨料混凝土外墙板,采用高压蒸养;很重视混凝土碱-骨料反应的研究;以流态混凝土代替大流动性混凝土,降低裂纹与收缩,提高混凝土的耐久性。日本小野田水泥研究所至今仍保存着 40 多年的混凝土的耐久性试块。

在节能方面,包括材料生产时的能耗及建筑物使用时的能耗。国外主要是发展多孔轻质材料与复合材料。

功能方面,包括环境功能与使用功能。例如隔声效果,人的生活起居是否舒适,建筑装饰与艺术环境的协调等。国外主要发展高分子化学建材与各种轻质板材。

从资源上来看,日益重视工业废渣、废料的利用以及建筑材料的再生利用。如化学石膏、粉煤灰、混凝土再生骨料与木材的再生利用等。

在生产技术上,主要是围绕提高产品质量与生产效率方面。如水泥的窑外分解技术,石棉水泥轻质板材的半干压成型与高压蒸养,预拌混凝土的推广与应用等。

我国是一个发展中的国家,建筑材料的发展必须结合国情,走出一条具有中国特色的发展建材工业的道路。今后我国房屋建筑材料发展的主要方向应当是:优先发展水泥与混凝土材料,提高配套和推广应用新型建筑材料,发展高分子化学建材,改造粘土砖,发展粘土空心砖,以工业废料、废渣为建筑材料资源化,并开发地方建材资源。

三、建筑材料科学及其与其它科学的关系

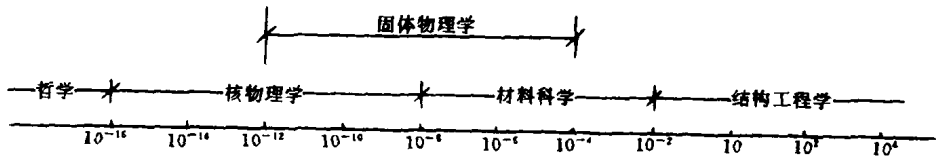
随着建筑材料技术的发展和科学研究的深入,建筑材料科学已形成一门独立的新学科。它可以借助现代测试技术的先进仪器,如透射电子显微镜、扫描电子显微镜、X 射线衍射仪、差热分析、测孔技术等,深入材料的本质,从不同层次(宏观、亚微观、微观)对材料的组成、结构及其与性能之间的关系进行研究,从而实现按指定性能设计和制造新材料,以及对传统材料按要求进行改性。

材料科学是一门由基础科学相互渗透而成的新学科。现从尺寸范围来说明它与其它学科和工程的关系,如下所示。

对于土木工程来说,土木工程所关心的房屋、桥梁、各种薄壁构件上的应力与应变,所注重的最小尺寸限度是毫米,而最大尺寸可以延伸到 10^6mm 以上。

对于固体物理学则处在另一端,涉及到电子与原子分布,其尺寸范围是 $10^{-12} \sim 10^{-4}\text{mm}$ 。材料科学则在固体物理学与结构工程学之间,在固体物理学与结构工程学之间起搭桥

作用。因为材料科学涉及到材料内部结构,而材料内部结构的变化大约为 $10^{-7} \sim 10^{-4} \text{mm}$; 固体物理学提供了解材料微观组织的部分基础,而材料科学则提供了结构工程学对材料性能的依据。



材料科学在实际工程中有两方面的重要作用:(1)对于实际工程来说,材料科学强调了材料的微观组织结构,而这种结构的性质又决定于材料的制造过程,并决定材料的使用性能;因此,通过材料科学对微观组织的了解,可以合理地选用材料,并减少材料在使用时的损失。(2)很重要的一方面,就是材料科学填补了材料的工程性质与原子物理及化学之间的间隙,把物理与化学领域的抽象概念运用到工程界所遇到的技术问题中来。

建筑材料科学与工程之间的关系包括以下三个方面:(1)材料的合理利用。在工程中应当考虑到材料的潜力及其所应用的范围。例如,土建工程上的装配式钢筋混凝土梁、柱的接头,采用矾土水泥混凝土浇注,再加上电热养护,会使水化铝酸二钙转变为水化铝酸三钙,强度严重降低,造成了严重的工程事故。混凝土虽然是坚固的石状材料,但在青藏铁路的盐湖地区,不到两年就全部毁坏,这充分说明材料的性质,因使用环境而决定,(2)材料的发展与设计的关系。新型的建筑材料创造了新的设计概念,新型材料是新设计的物质基础。古罗马时代,使用的主要建筑材料是砖和石料;公元 125 年建造的万神庙,直径为 44m 的半球型屋顶,采用砖石结构,用了 12000t 材料;后来由于水泥的发明,钢筋混凝土的出现,1912 年波兰的布雷劳斯市,建造了直径为 65m 的世纪大厅,采用了钢筋混凝土肋形拱顶,重量只有 1500t;随着建筑技术的发展,钢筋混凝土薄壁构件的出现,墨西哥洛斯马南什斯饭店,采用了钢筋混凝土双曲抛物面的薄壳屋盖,直径 32m,厚度 4cm,重量只有 100t;由于科学技术发展,玻璃纤维增强水泥的出现,1977 年西德斯图加特市联邦园艺展览厅,采用玻璃纤维增强水泥的双曲抛物面屋盖,厚 1cm,直径 31m,重量只有 25t。这些事实说明了,只有新型建筑材料的出现,才能创造新的结构型式,工程技术上的成就与材料性能的改善密切相关。材料科学与工程之间最有意义的关系,是在具有新而独特的工程性质的材料的发展领域里,如纤维增强材料可以改善材料的机械性质。玻璃为脆性材料,但是变成玻璃纤维以后则具有很高的抗拉强度;用玻璃纤维与合成树脂可以配制成强度很高的玻璃纤维增强塑料,即我们通常所说的玻璃钢,做成各种结构材料;钢纤维混凝土具有很高的抗拉强度和韧性,例如,在 1 : 3 的水泥砂浆(水灰比 0.65)中,掺入体积含量 2%、3% 的钢纤维,经标养 28d,测定其应变柔量全曲线, W_0 为素水泥砂浆断裂能, W_2 、 W_3 分别为掺入体积含量 2%、3% 的钢纤维水泥砂浆的断裂能,后者比前者成倍地增长。(3)次显微工程或分子工程,通过材料设计,控制单晶内的显微组织,制造有用的工程装置,使尺寸、重量减小,工程系统小型化,例如,以前一块记忆元件板,要穿上几千个磁芯,大小象一本书,而现在被一粒米大小的磁泡代替了。从这一侧面反映了控制材料的显微组织,可使工程系统小型化。这对于宇航、医学、通讯等工程,具有广阔的前景。

四、建筑材料的分类

建筑材料种类繁多,根据不同观点及使用目的,其分类方法也不同。

在日常生活中,人们可接触到各种不同用途的房屋建筑,如厂房、商店、食堂、学校、住宅等,它们的外形、大小、平面布置、所使用的材料既有差别又有其自身的特点。然而,凡是房屋建筑都是由屋顶、墙、地面围成的空间,人们能在这个空间里面从事各种活动,同时避免或减少外界风、雨、寒、暑的侵袭,这是所有房屋的共同点。因此,建造房屋所使用的材料有一定的规律。

(一)按功能分类

根据材料在建筑物中所起的作用不同来分类。

1. 承重材料

承重(受力)结构构件所使用的材料。如梁、板、柱等所用的钢筋混凝土材料。

2. 围护材料

将人和大自然隔开的材料。如:

(1)保温隔热材料 如外墙用的砖、屋顶用的加气混凝土、轻质多孔材料等都具有一定的保温隔热性能。

(2)防水材料 如沥青、油毡、高分子防水材料等。

3. 装饰装修材料

为适应现代建筑装饰装修所需的材料。如各种灰浆、水磨石、涂料、玻璃、陶瓷、铝合金等。

4. 吸声、隔声材料

如开孔石膏板、矿渣棉、玻璃棉、软木等。

(二)按材料组成分类

从研究材料的角度出发,一般按其组成分类较为合适。建筑材料按组成可分为无机材料、有机材料和复合材料三大类,如下表所示。

建筑材料的分类

建 筑 材 料	无机材料	金属材料	黑色金属	如碳钢、合金钢等
			有色金属	如铝及铝合金、铜等
		非金属材料 (矿物质材料)	如石灰、水泥、天然石材、混凝土、烧土制品等,是建筑 工程中用量最大的材料	
	有机材料	天然有机材料	如木材、竹材等	
		合成有机材料	如塑料、涂料、胶粘剂、合成橡胶等	
	复合材料	两种或两种以上的材料(有机与无机、无机与无机)复合使用,共同工作,但相 互间不起化学作用。如钢筋混凝土、纤维混凝土、聚合物混凝土、玻璃钢等		

(三)按建筑物的部位分类

按照建筑物的不同部位采用的材料分类,有主体结构材料、屋面材料、地面材料、外墙材料、内墙材料及吊顶材料等。

五、建筑材料的生产与产品规格

(一)建筑材料的生产

城市人口集中,生产近代化以及经济活动飞跃发展,对建筑物的需求越来越大,这样就促进了建筑材料生产技术的发展。由于建筑需要量的扩大,整个建筑活动涉及到建筑材料的生产、施工方法、生产组织以及管理方式等。

现代建筑材料是朝着高性能化、省力化以及工业化三个方面的要求发展的,理由如下:

(1)建筑物型式的多样化,同时还伴随着大型化、高层化,对建筑物也要求高性能,与此相应也要求建筑材料的高性能化。

(2)随着建筑需要量增大,带来了材料供应与施工技术工人不足,发生了劳务费高而技能低下的现象;为了避免整个工程质量的降低,力图使工程内容简化与合理,以达到省力化与高效率。

(3)与建筑物的施工建造密切相关的建筑材料,必须要近代化与工业化生产,而且必须改善与开发适宜于施工作业机械化与合理化的材料。发展预制化的建材与制品,是工业化施工的重要一环。

(4)建筑材料及其生产的机械设备,向国际标准化方向发展。

第二次世界大战后,建筑材料有了惊人的进步。合成高分子系的材料的出现及其在各种式样建筑中的应用,铝合金等轻金属材料大幅度的普及,就是这种进步的特征。一方面,建筑物的超高层化及不燃化的要求,诞生了轻质耐火材料;另一方面,把现场工程移至工厂的各种材料的生产与施工方法,也在不断的发展。

(二)建筑材料产品的规格与标准

要扩大建筑物的建造数量,首先要大量使用工厂生产的半成品材料,这些半成品材料必须要满足一定的质量要求。为了信赖可靠,从原材料、加工生产条件以至生产出来的制品,必须要与整体取得一致。但是,在同样用途的条件下,工矿企业制品,在质量、形状、尺寸等方面也是多种多样的,这会造成在生产、流通、使用及劳力等方面浪费很大,在管理及经济方面也有很大的损失。为此,关于各种工矿企业的制品,国家应统一其形状、尺寸、质量、使用方法及试验方法,在生产、流通、消费等各方面达到合理化,以产业的发展及国民生活水平提高为目的而制订各种工业规格与标准。

特别是改革开放以来,与国外技术交流、贸易来往越来越多,使国内产品打入国际市场,必须使产品的标准与规格与国际上相一致。

六、本课程的教学目的与学习方法

建筑材料课是土建专业的一门专业基础课。本课程的教学目的有四点:

(1)为后续的专业课程,如钢筋混凝土结构、钢结构、房屋建筑学、建筑施工等的学习提供必要的基础知识;

(2)在设计和施工中能合理选择和正确使用建筑材料;

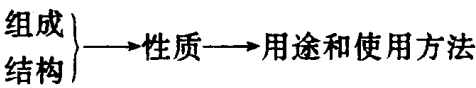
(3)为今后在工程实际中解决建筑材料问题提供一定的基本理论知识和基本试验技能;

(4)为今后从事建筑材料科学研究打下必要的基础。

本课程是进入专业课学习的重要先修课程,学习方法不同于数学、物理等基础课。理论

推导和复杂计算很少,而用物理和化学的概念与方法进行分析较多。因此,在学习方法上要注意以下几点:

(1)用对比、归纳的方法,从材料的组成、结构来分析材料的性质,从材料的性质,分析材料的用途和使用方法。讲课方法也尽力贯穿这一特点,即:



(2)要用辨证的方法分析材料的性能。一切材料的性质都不是固定不变的,各种材料的性质也不是孤立的。学习建筑材料不能靠死记硬背,而要找出材料各性质之间及各材料之间的联系,了解引起性质变化的外界条件和材料本身的内在因素,从而了解其变化的规律。

(3)实验课是本课程的重要环节。其任务是验证基本理论、学习鉴定和检验材料质量的方法,从而进一步熟悉和掌握材料的性质。通过实验还可以培养科学研究能力、严谨的科学态度和实事求是的工作作风。

第一章 建筑材料的基本性质

建筑材料在建筑物中处于不同部位,起着不同的作用,因而要求具有相应的性质。如在承重部位,由于承受各种力的作用,因而要求建筑材料应具有足够的强度;处于防水部位的材料要求具有不透水性;外墙材料需隔热保温,材料应具有不易传热的性质等等。另外,建筑物还会长期受到各种外界自然因素的影响,如大气作用引起的热胀冷缩、干湿变化、交替的冻融,以及受化学侵蚀等。因此,还要求建筑材料具有良好的耐久性。

建筑材料的性质是多方面的,有共性也有特性。归纳起来可分为四个方面:物理性质、力学性质、化学性质和耐久性,而每个方面的性质又包含很多内容。本章仅介绍与工程使用密切相关的、带有共性的和比较重要的物理性质、力学性质和耐久性,即称为基本性质。

掌握了材料的基本性质,就可以大体上判断出材料的性能和应用场合,从而正确地选择与合理地使用建筑材料。

除基本性质外,各类材料还具有必要的技术性质和一些特殊性质,将在有关章节中阐述。

第一节 材料的组成、结构与性质

建筑材料所具有的各种性质是由材料内部的组成、结构等所决定的,要掌握材料的性质,首先就需了解它们与材料组成、结构的关系。

一、材料的组成

材料的组成是指材料的化学组成或矿物组成。

(一)化学组成

指构成材料的基本化合物或元素。无机非金属材料的化学组成以各种氧化物的含量表示。金属材料以元素含量来表示。

当材料与外界自然环境及各类物质相接触时,它们之间必然要按照化学变化规律发生作用。如水泥的腐蚀、钢材的锈蚀等都属于化学作用。建筑材料有关这方面的性质都是由于材料的化学组成所决定的,故称为材料的化学性质。

化学组成既决定着材料的化学性质,也影响着材料的物理性质和力学性质。

(二)矿物组成

材料中的元素或化合物是以特定的结合形式存在的,并决定着材料的许多重要性质。矿物组成是无机非金属材料中化合物存在的基本形式。化学组成不同,由不同的矿物组成;即使化学组成相同,在不同条件下,结合成的矿物往往也是不同的。

某些建筑材料,如天然石材、水泥等是由各种矿物成分组成的,矿物组成是决定这类材料性质的主要因素。例如花岗岩是由长石、石英和云母等矿物所组成的,表现出非常坚硬、耐

久,而石灰岩则较差,这就是由于它们的矿物组成不同所致。

二、材料的结构

材料的结构决定着材料的许多性质。一般从三个层次来观察材料的结构及其与性质的关系。

(一)宏观结构(亦称构造)

宏观结构是指材料宏观存在的状态,即用肉眼或放大镜就可分辨的毫米级组织。宏观结构的分类及主要特征如下:

1. 致密结构

基本上是无孔隙的材料,如钢材、玻璃、沥青、部分塑料等。这类材料强度好、吸水性小、抗渗和抗冻性好。

2. 多孔结构

材料内部存在有大体均匀分布的孔隙。孔隙率较高,既有大孔和微孔之分,也有开孔与闭孔之分。如泡沫塑料、加气混凝土、烧结普通砖、石膏制品等。这类材料质量轻、保温性能好。

3. 纤维结构

材料内部质点排列具有方向性,其平行纤维方向与垂直纤维方向的强度和导热性等性质具有明显的方向性,即各向异性。如木材、玻璃纤维、石棉等。

4. 层状结构

采用粘结或其它方法将不同的片材或各向异性的同一片材料叠合成层状的结构,其每一层的材料性质不同,但叠合后可获得平面各向同性,并能显著提高强度、硬度和保温、装饰等性能,使其具有较好的综合性能,扩大其使用范围,如胶合板、纸面石膏板,以及各种夹心板等。

材料的宏观结构较易改变。

(二)亚微观结构(显微或细观结构)

亚微观结构是指用光学显微镜所能观察到的微米级材料结构,如分析金属材料的金相组织,观察木材的木纤维、导管、髓线、树脂道等显微组织,以及观察混凝土内的微裂缝等。

材料内部各种组织的性质是各不相同的,这些组织的特征、数量、分布以及界面之间的结合情况等,都对建筑材料的整体性质起着重要的影响作用。因此,研究分析材料的亚微观结构有着非常重要的意义。

材料的亚微观结构相对较易改变。

(三)微观结构

微观结构是指借助电子显微镜、扫描电子显微镜和 X 射线衍射仪等手段来研究物质的原子、分子级的结构,其分辨程度可达“埃”(1 Å = 10⁻¹⁰m)级。

材料的许多物理力学性质,如强度、硬度、熔点、导热性、导电性等都是由材料内部的微观结构所决定的。

材料的微观结构,基本上可分为晶体、玻璃体和胶体三类。

1. 晶体

晶体结构的特征是由其内部质点(离子、原子、分子)按特定的规则在空间呈有规律的排

列。因此,晶体具有一定的几何外形,并显示各向异性。

按晶体的质点及结合键的特性,晶体可分为如下几类:

(1)原子晶体 是由中性原子构成的晶体,其原子之间是由共价键来联系的。原子晶体的强度、硬度、熔点均较高,密度较小。常见材料有金刚石、石英、刚玉等。

(2)离子晶体 是由正、负离子所构成的晶体,是靠离子键结合的。离子晶体一般比较稳定,其强度、硬度、熔点也较高,但波动大,密度中等,不耐水。常见材料有氯化钠、石膏、氯化镁等。

(3)分子晶体 中性的分子由于电荷的非对称分布而产生的分子极化,或是由于电子运动而发生的短暂极化所形成的一种结合力,即范德华分子键力。由于这种键结合力较弱,故其强度、硬度、熔点较低,密度小。常见材料有蜡及部分有机化合物。

(4)金属晶体 金属键是通过自由电子的库仑引力而结合的。金属晶体强度和硬度变化大、密度大。常见材料有铁、钢、铝、铜及其合金。

材料的化学成分相同,但形成的晶体结构可以不同,其性能也就大有差异。如石英、石英玻璃和硅藻土,化学成分同为 SiO_2 ,但性能各不相同。

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

2. 玻璃体

是熔融物在急速冷却时,质点来不及作有规则的排列就凝固了,这时形成的物质结构即为玻璃体,又称无定形体。由于玻璃体快速冷却凝固,大量的化学能未能释放出,故其具有化学不稳定性,亦即存在化学潜能,容易和其它物质反应或自行缓慢向晶体转换,如在水泥、混凝土中使用的粒化高炉矿渣、火山灰、粉煤灰等均属玻璃体。

3. 胶体

物质以极微小的质点(粒径为 $1\sim 100\mu\text{m}$)分散在介质中所形成的结构称为胶体。由于胶体的质点很微小,其总的表面积很大,因而表面能很大,有很强的吸附力,所以胶体具有较强的粘结力。

胶体由于脱水作用或质点的凝聚而形成凝胶,凝胶具有固体的性质,在长期应力作用下,又具有粘性液体的流动性质。硅酸盐水泥的主要水化产物是凝胶体。混凝土的徐变就是由于水泥凝胶体而产生的。

以上从宏观、亚微观、微观三个不同层次的结构上来研究建筑材料的性质才能深入其本质,对改进与提高材料性质以及创制新型材料都有着重要意义。

第二节 材料的物理性质

一、材料的基本物理性质

建筑材料的基本物理性质是表示材料与其质量、构造状态有关的物理状态参数。

(一)与质量有关的性质

1. 密度

指材料在绝对密实状态下,单位体积的质量。用下式表示。

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

式中 ρ ——材料的密度, g/cm^3 ;

m ——材料的绝干质量, g ;

V ——材料在绝对密度状态下的体积, 简称为绝对体积或实体积, cm^3 。

材料的密度 ρ 大小取决于组成物质的原子量和分子结构。重金属材料的密度为 $7.50 \sim 9.00 \text{g}/\text{cm}^3$; 硅铝酸盐的密度多在 $1.80 \sim 3.30 \text{g}/\text{cm}^3$ 之间; 有机高分子材料的密度小于 $2.50 \text{g}/\text{cm}^3$ 。同为碳原子组成, 石墨的分子结构较松散, 密度为 $2.20 \text{g}/\text{cm}^3$, 而金刚石极为坚实, 密度高达 $3.50 \text{g}/\text{cm}^3$ 。

2. 表观密度

指材料在自然状态下, 单位体积的质量。用下式表示:

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

式中 ρ_0 ——材料的表观密度, 亦称体积密度, kg/m^3 或 g/cm^3 ;

m ——材料的质量, kg 或 g ;

V_0 ——材料在自然状态下的体积, 简称自然体积或表观体积(包括材料的实体积和所含孔隙体积), m^3 或 cm^3 。

材料表观密度 ρ_0 的大小与其含水状态有关。当材料孔隙内含有水分时, 其质量和体积都会发生变化, 因而表观密度亦不相同, 故测定材料表观密度时, 应注明其含水情况, 未特别标明者, 常指气干状态下的表观密度。在进行材料对比试验时, 则以绝干状态下测得的表观密度, 即干表观密度为准。

粉状材料如水泥、消石灰粉等, 其平均颗粒粒径甚小, 与一般块体材料测定密度时所研碎制作的试样粒径相近, 因而它们的表观密度, 特别是干表观密度值与密度值很接近, 可视为相等。

散粒材料如砂、石子等, 其表观密度亦称颗粒表观密度, 是指在自然状态下, 颗粒单位体积(包括内部孔隙体积)的质量, 而不包括颗粒间的空隙体积。

3. 堆积密度

在建筑工程中, 经常使用大量的散粒材料或粉状材料, 如砂、石子、水泥等, 它们都直接以颗粒状态使用, 不再加工成块状材料, 这些材料也可按上述方法求出它们的密度, 但工程意义不大, 使用时一般不需考虑每个颗粒内部的孔隙, 而是要知道其堆积密度。

堆积密度是指散粒材料或粉状材料, 在自然堆积状态下单位体积的质量。用下式表示:

$$\rho'_0 = \frac{m}{V'_0}$$

式中 ρ'_0 ——材料的堆积密度, kg/m^3 ;

m ——材料的质量, kg ;

V'_0 ——材料的自然(松散)堆积体积(包括颗粒体积和颗粒之间空隙的体积), m^3 , 也即按一定方法装入一定容器的容积, 如图 1-1 所示。

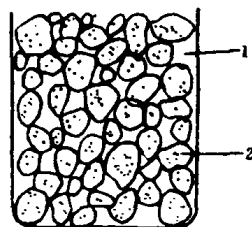


图 1-1 散粒材料堆积示意图

1—空隙体积; 2—颗粒体积