

高等学校试用教材

建 筑 材 料

（第 二 版）

《建筑材料》编写组

中国建筑工业出版社

第二版前言

本书是在1979年7月第一版和1981年10月第二次印刷的版本基础上，根据1982年10月制订的“高等学校建筑材料教学大纲”重新修订的。修订时遵循了教育部和城乡建设环境保护部有关技术基础课教材编写的几项基本要求，参考了各院校建材教研室对第一版内容所提的意见，并根据第一版出版以后，本学科的国内外新成就和我国建筑材料的有关新标准、新规范，认真进行修订补充，使内容有较大的更新。全书的系统性和各章节间的衔接也作了相应的调整；本学科的三基内容有所加强，同时压缩了一些次要内容，维持了原书的篇幅。

本教材主要适用于“工业与民用建筑”专业，也可用于土木建筑类的其他专业。

本书由湖南大学皮心喜、黄伯瑜主编；同济大学祝永年主审。各章编写人员为：绪论——祝永年、皮心喜；第一章——徐尚文（天津大学）；第二、七章——符芳（南京工学院）；第三章——皮心喜；第四、八章——黄伯瑜；第五章——徐尚文、刘惠兰、刘巽伯（天津大学）、符芳；第六章——陈毓焯（湖南大学）；第九、十、十一章——祝永年；建筑材料试验——陈毓焯、张传镁（湖南大学）。

自第一版发行后，三年多来，我们收到不少读者来信，对教材内容提出宝贵意见，在修订过程中，大多加以采纳，在此致以衷心的感谢。由于时间仓促，水平有限，这次修订版中的缺点和错误，仍然难免，欢迎广大读者继续批评指正。

编者 1983年9月

本书主要介绍水泥、砖瓦、玻璃、石灰、石膏、砂浆、混凝土、钢材、木材、建筑塑料、防水材料、绝热隔声材料及装饰材料等建筑工程中常用建筑材料的基本性质、生产工艺、应用技术及其他基本知识。为了培养学生的材料试验工作能力，书中还根据教学大纲要求，介绍了各类材料的试验方法和有关知识。

本书除用作高等院校“工业与民用建筑”、“地下建筑”和“建筑学”专业教材外，还可供建筑类其他专业和有关科研、施工、生产人员参考。

高等学校试用教材
建筑材料
(第二版)
《建筑材料》编写组

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
河北省固安县印刷厂印刷

*

开本：787×1092毫米 1/16 印张：13 1/4；字数：319千字
1985年7月第二版 1985年7月第四次印刷
印数：197,241—313,340册 定价：1.80元
统一书号：15040·4760

目 录

第二版前言

绪论	1
第一章 建筑材料的基本性质	1
第一节 材料的物理性质	1
第二节 材料的力学性质	5
第三节 材料与水有关的性质	7
第四节 材料的热工性能	9
第五节 材料的耐久性	10
第六节 材料组成、结构及构造对性质的影响	10
第二章 烧土制品及玻璃	13
第一节 砖、瓦	13
第二节 建筑陶瓷	18
第三节 玻璃及其制品	19
第三章 气硬性胶凝材料	22
第一节 建筑石膏	22
第二节 石灰	24
第三节 菱苦土	27
第四节 水玻璃	28
第四章 水泥	30
第一节 硅酸盐水泥	30
第二节 掺混合材料的硅酸盐水泥	39
第三节 高铝水泥	45
第四节 其他品种水泥	46
第五章 混凝土及砂浆	50
第一节 普通混凝土	50
第二节 轻混凝土	57
第三节 其他品种的混凝土	55
第四节 建筑砂浆	101
第六章 建筑钢材	106
第一节 钢的分类, 钢的冶炼对钢材质量的影响	106
第二节 建筑钢材的力学性能	107
第三节 钢中化学元素成分对钢材性能的影响	110
第四节 钢材的冷加工强化、时效及其应用	112
第五节 建筑钢材的标准和选用	113
第六节 建筑钢材的锈蚀及防止	117

第七章 木材	119
第一节 木材的构造	119
第二节 木材的物理和力学性质	121
第三节 木材的腐朽和防腐	125
第四节 木材的综合利用	126
第八章 沥青及其制品	128
第一节 石油沥青及煤沥青	128
第二节 沥青的应用及制品	133
第九章 建筑塑料	140
第一节 塑料的组成	140
第二节 常用热塑性塑料	143
第三节 胶粘剂和嵌缝材料	146
第十章 绝热材料和吸声材料	149
第一节 绝热材料	149
第二节 吸声材料	154
第十一章 装饰材料	157
第一节 装饰材料的基本要求及选用	157
第二节 常用装饰材料	158
建筑材料试验	161
试验一 建筑材料基本性质	161
试验二 砌墙砖	164
试验三 水泥	166
试验四 混凝土用砂、石	171
试验五 普通混凝土	177
试验六 砂浆	191
试验七 钢筋	192
试验八 木材	197
试验九 石油沥青	201
参考文献	205

绪 论

(一)

在我国社会主义经济建设中,建筑材料占着极为重要的地位。各项建设的开始,无一例外地首先都是土木工程基本建设。而建筑材料则是一切土建工程中必不可缺的物质基础。

在土建工程总造价中,材料费用占很大的比重,从建筑材料的生产、选择和使用等各环节中,尽力降低材料费用,延长使用年限,减少维修支出,对贯彻党的增产节约方针,有着巨大的潜力和十分显著的效果。

建筑技术现代化,在很大程度上上是与传统建筑材料的改造和新品种材料的研制分不开的。高强、轻质和多功能新型材料的创造,对提高基本建设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(受力面积)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。又如用轻质大板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,改善保温和吸声效果,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,就不但能节省材料,而且设计和施工都可大为简化。

土建工程技术人员和科学研究人员必须熟悉建筑材料的品种和性质,掌握这些性质的变化规律,善于在不同的工程和使用条件(自然条件 and 生产条件)下综合分析不同材料的技术经济效果。

(二)

建筑材料是随着人类社会生产力的发展而发展的。随着社会生产力的发展,人们对土建工程的要求,不论是在规模方面或者质量方面都愈来愈高。这种要求的满足与建筑材料的数量和质量之间,自古至今存在着相互依赖和相互矛盾的关系。建筑材料的生产和使用,就是在不断解决这个矛盾的过程中逐渐向前发展的。其他有关科学技术的日益进步,则为建筑材料的发展提供了有利的条件。古代人们最初“穴居巢处”。进入石器、铁器时代以后,有了简单的工具,就凿石成洞,伐木为棚,比天然巢穴进了一步。以后经过筑土、垒石的阶段,“住”的条件又有所改善。到了能够烧制砖瓦和石灰,建筑材料才由天然材料进入人工生产,为较大规模地营造房屋和其他建筑物奠定了基本条件。但在长时期的封建社会中,生产力停滞不前,建筑材料发展缓慢,使用的结构材料不过砖、石、木材而已。资本主义兴起,工商业迅速发展,城市规模日益扩大,交通运输日益发达,需要建造更大规模、更高质量以及具有特殊要求的建筑物和附属设施,如大跨度工业厂房、高层公用建筑、海港、桥梁以及给水排水、采暖通风系统等。旧有材料在数量上和性能上都不能

满足新的要求，这就推动了建筑材料在其他有关科学技术的配合下，进入一个新的发展阶段。十八、十九世纪，建筑钢材、水泥、混凝土和钢筋混凝土相继问世而成为主要结构材料。到了本世纪，又出现了预应力混凝土。与此同时，一些具有特殊功能的材料也应运而生。在民用建筑方面，为了保持室内温度，并从节能的角度考虑，就出现了多种有机或无机的保温隔热材料；为了减低室内噪声和改善厅堂音质，就制成了相应的吸声、隔声材料。在工业建筑方面，根据产品生产工艺的特点，分别创制了各种耐热、耐磨、耐腐蚀、抗渗透、防爆或防辐射等材料。人们也要求将建筑物修饰得更加美观一些，于是各种装饰材料就层出不穷。

为了适应建筑工业化和进一步提高建筑物质量的要求，建筑材料今后的发展有着以下的一些趋向：

1. 构件的尺寸将日益增大，各种大型板材将广泛采用；
2. 建筑材料的容重将进一步减轻；
3. 建筑材料的强度将继续提高；
4. 特殊功能的材料的质量将大为提高，将创制更多的高效能绝热材料，以达到节约能源的目的；
5. 将陆续出现具有多种功能的材料；
6. 对提高材料的耐久性，将给予极大的重视；
7. 将大量利用工矿业的废渣、尾矿和天然资源作为建筑材料的原料，降低建筑材料生产中的能耗、料耗。

材料科学是一门由基础科学相互渗透而成的新学科，它主要是研究材料的物质结构（微观的）与材料性能的关系，探索相变、位错、缺陷以及材料变形时引起的内部结构变化对材料性能的影响，了解外界因素（物理的、化学的、生物的）改变材料性能的机理。由于现代测试技术的进展， x 光衍射、中子衍射、电子衍射（包括扫描和探针）、核磁共振以及各种光学和声学等新的检测方法的应用，必将不断地将材料科学推向前进。不久的将来，按指定性能设计和制成新材料的时期将会来到，那时候，建筑材料也就从必然王国进入了自由王国。

在我国历史上，劳动人民在建筑材料的生产和使用方面，曾经取得重大的成就。在金属冶炼、木材防腐和陶瓷工艺等方面，都曾居世界领先地位。

解放以后，我国的建筑材料工业发展很快，钢材、水泥、砖瓦、木材、玻璃等材料，不但产量有较大幅度的增长，而且品种不断增多，质量不断提高。一些具有特殊功能的新品种材料的研制和应用也已初见成效。但与世界先进水平相比，存在着相当大的差距。当前所用的建筑材料基本上都是重质材料体系。特别是墙体和屋面材料，至今还大量应用粘土砖瓦。建筑材料工业技术水平低，装备陈旧，科学研究工作薄弱。党的十一届三中全会作出决定，自1979年开始把工作重点转移到社会主义现代化建设上来。第六个五年计划中规定了建材工业要重点发展水泥、平板玻璃和建筑卫生陶瓷，并将新型建筑材料研究列为国家组织的38个重点科技攻关项目之一。为在本世纪内实现四个现代化，党中央对新时期的基本建设提出了宏伟的规划。要实现这个规划，建筑材料科学研究和建筑材料工业生产方面的成效如何，是一个关键性的因素。我国的建筑材料科学技术和工业生产必将进入一个空前兴旺发达的新时期，在实现四个现代化的新的长征中，充分发挥重要作用。

(三)

本课程的教学目的，在于配合专业课程，为专业设计和施工提供合理选择和使用建筑材料的基本知识。同时，也为今后从事建筑材料科学技术的专门研究打下必要的基础。

建筑材料的品种很多，一般分为金属材料和非金属材料两大类。金属材料包括黑色金属（钢、铁）与有色金属；而非金属材料，按其化学成分，则有无机（矿物质）与有机之别。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讨论：烧土制品及玻璃、建筑石膏、建筑石灰、菱苦土、水玻璃、水泥、混凝土、砂浆、建筑钢材、木材、沥青、建筑塑料、绝热材料、吸声材料和装饰材料。

上面每一类属中，包括很多在性能上各有特点的品种。同时，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、验收和储藏等各个方面。在学习方法上，首先要注意着重学好主要内容——材料的建筑性质和合理应用。其他内容都应围绕这个中心来学习。一般地说，土建技术人员是材料的使用者，学习材料的原料、生产、组成和构造，其目的是为了对材料性质而形成因素有必要的理解。所以学习这些方面的内容时，都应当以掌握材料性质和应用范围的基本原理为依归。有关材料的检验、运输、验收和储藏方面的基本原则问题也应从材料的建筑性质和应用范围来演绎推导，不可将它们变成一些孤立的僵死的概念。

学习时要注意了解事物的本质和内在联系。例如学习某一材料的建筑性质时，不可满足于甲乙丙丁地知道该材料具有哪些性质，有哪些表象，更重要的是应当知道形成这些性质的内在原因和这些性质之间的相互关系。

对于同一类属的不同品种的材料，不但要学习它们的共性，而且，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。例如学习各种水泥时，不但要知道它们都能在水中变硬等共同性质，而且更要注意它们的各自的质的区别及因而反映在性能上的差异。

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、或隐或显地不断起着变化。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。

实验课是本课程的重要教学环节，其任务是验证基本理论，学习试验方法，培养科学研究能力和严谨慎密的科学态度。做实验时，要严肃认真，一丝不苟。即使对一些操作简单的实验，也不应例外。要了解实验条件对实验结果的影响，因而能对实验结果作出正确的分析和判断。

我们要为今后出色地完成新时期的光荣而艰巨的建设任务，为我国建筑材料科学技术赶超世界先进水平，学习，学习，再学习。

第一章 建筑材料的基本性质

建筑材料在建筑物中，要承受各种不同的作用。如用于建筑结构的材料要受到各种外力的作用，因此就要求所选用的建筑材料具备所需要的力学性质。根据建筑物各种不同部位的使用要求，还应具有防水、保温、隔热、吸声的性质。对某些工业建筑，还要求具有耐热或耐化学腐蚀的性能。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。因此，建筑材料所受的作用是复杂的，而且它们之间又是互相影响的。

为了保证建筑物能经久耐用，就需要我们掌握建筑材料的性质并合理地选用。

第一节 材料的物理性质

一、材料的比重与容重

(一) 比重

材料在绝对密实状态下，其重量与同体积 4℃水的重量之比值称为比重。但在工程实际中，比重是指材料在绝对密实状态下，单位体积的重量。按下式计算：

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

式中 γ ——比重（克/厘米³）；

G ——干燥材料的重量（克）；

V ——材料在绝对密实状态下的体积（厘米³）。

绝对密实状态下的体积是指不包括孔隙在内的体积。除了钢材、玻璃等少数材料外，绝大多数材料都有一些孔隙。在测定有孔隙的材料比重时，应把材料磨成细粉，干燥后，用比重瓶测定其实体积。材料磨得越细，测得的比重数值就越精确。砖、石材等块状材料的比重即用此法测得。

(二) 容重

容重是材料在自然状态下，单位体积的重量。通常也可称为视比重。按下式计算：

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

式中 γ_0 ——容重（克/厘米³或公斤/米³）；

G ——材料的重量（克或公斤）；

V_0 ——材料在自然状态下的体积（厘米³或米³）。

材料在自然状态下的体积是指包含内部孔隙的体积。当材料含有水分时，就影响材料的容重值。故测定容重时，须注明其含水情况。容重是指材料在气干状态（长期在空气中干燥）下的容重，一般在烘干状态下测的容重，称为干容重。

砂、石子等散粒材料按自然堆积体积计算，其单位体积的重量称为松散容重。

在建筑工程中，计算材料用量、构件的自重，配料计算以及确定堆放空间时经常要用到比重、容重数据。常用建筑材料的比重、容重值见表1-1。

常用建筑材料的比重及容重 表 1-1

材 料	比 重 γ (克/厘米 ³)	容 重 γ_0 (公斤/米 ³)
石 灰 岩	2.60	1800~2600
碎 石(石灰岩)	2.60	1400~1700①
普通粘土砖	2.70	1600~1800
普通硅酸盐水泥	3.10	1200~1300①
砂	2.60	1450~1650①
普通混凝土	—	2100~2600
轻骨料混凝土	—	800~1900
木 材	1.55	400~900
钢 材	7.85	7850
水(4℃时)	1.00	1000

① 为松散容重。

二、材料的密实度与孔隙率

(一) 密实度

密实度是指材料体积内被固体物质充实的程度。按下式计算：

$$\text{密实度 } D = \frac{V}{V_0}, \text{ 或 } D = \frac{\gamma_0}{\gamma}$$

(二) 孔隙率

孔隙率是指材料体积内，孔隙体积所占的比例。用下式表示：

$$\text{孔隙率 } P = \frac{V_0 - V}{V_0} = 1 - \frac{V}{V_0} = 1 - D$$

即：孔隙率 = 1 - 密实度，或 $P = 1 - \frac{\gamma_0}{\gamma}$

对于散粒材料，如砂、石子等也可用上式计算其空隙率。空隙率是指材料颗粒之间的空隙百分率。计算时，公式中的容重应代入材料的松散容重，比重则用视比重。

孔隙率的大小直接反映了材料的致密程度。材料内部孔隙的构造，可分为连通的与封闭的两种。连通孔隙不仅彼此贯通且与外界相通，而封闭孔隙则不仅彼此不连通且与外界相隔绝。孔隙按尺寸大小又分为极微细孔隙、细小孔隙和较粗大孔隙。孔隙的大小对材料的性能影响较大。

第二节 材料的力学性质

一、材料的强度

材料在外力（荷载）作用下抵抗破坏的能力称为强度。当材料承受外力作用时，内部就产生应力。外力逐渐增加，应力也相应地加大。直到质点间作用力不再能够承受时，材料即破坏，此时极限应力值就是材料的极限强度。

根据外力作用方式的不同，材料强度有抗压强度、抗拉强度、抗弯强度及抗剪强度等（图1-1）。

材料的抗压、抗拉及抗剪强度的计算公式如下：

$$R = \frac{P}{F}$$

式中 R ——材料极限强度（公斤/厘米²）；

P ——破坏时最大荷载（公斤）；

F ——受力截面面积（厘米²）

材料的抗弯强度与受力情况有关，一般试验方法是将被试件放在两支点上，中间作

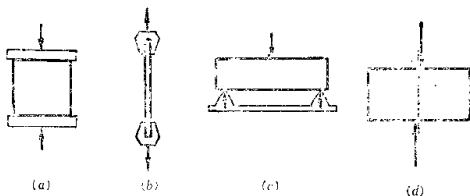


图 1-1 材料强度试验示意
(a)压力；(b)拉力；(c)弯曲；(d)剪切

用一集中荷载，对矩形截面试件，则其抗弯强度用下式计算：



图 1-2 材料强度与孔隙率的关系

$$R_b = \frac{3PL}{2bh^2}$$

式中 R_b ——抗弯极限强度（公斤/厘米²）；
 P ——弯曲破坏时最大荷载（公斤）；
 L ——两支点的间距（厘米）；
 b, h ——试件横截面的宽及高（厘米）。

不同种类的材料具有不同的抵抗外力的特点。相同种类的材料，随着其孔隙率及构造特征的不同，使材料的强度也有较大的差异。一般孔隙率越大的材料强度越低，其强度与孔隙率具有近似直线的比例关系，如图 1-2。砖、石材、混凝土和铸铁等材料的抗压强度较高，而其抗拉及抗弯强度很低。木材则顺纹抗拉强度高于抗压强度。钢材的抗拉、抗压强度都很高。因此，砖、石材、混凝土等多用在房屋的墙和基础，钢材则适用于承受各种外力的构件。现将常用材料的强度值列于表 1-2。

常用材料抗限强度（公斤/厘米²）

表 1-2

材 料	抗 压	抗 拉	抗 弯
花 岗 岩	1000~2500	50~80	100~140
普 通 粘 土 砖	30~200	—	16~40
普 通 红 泥 土	50~600	10~90	—
松 木 (顺纹)	300~530	800~1200	500~1000
建 筑 钢 材	2400~15000	2400~13000	—

大部分建筑材料是根据其极限强度的大小，将材料划分为若干不同的等级（标号）。将建筑材料划分若干标号，对掌握材料性质，合理选用材料，正确进行设计和控制工程质量都是非常重要的。

二、弹性与塑性

材料在外力作用下产生变形，当外力取消后，能够完全恢复原来形状的性质称为弹性。这种完全恢复的变形称为弹性变形（或瞬时变形）。

在外力作用下材料产生变形，如果取消外力，仍保持变形后的形状和尺寸，并且不产

生裂缝的性质称为塑性。这种不能恢复的变形称为塑性变形（或永久变形）。

实际上，单纯的弹性材料是没有的。有的材料在受力不大的情况下，表现为弹性变形，但受力超过一定限度后，即表现为塑性变形。建筑钢材就是这样的。有的材料在受力后，弹性变形及塑性变形同时产生（见图1-3）。如果取消外力，则弹性变形 ba 可以恢复，而其塑性变形 ob 则不能恢复。混凝土材料受力后的变形就属于这种类型。

三、脆性与韧性

当外力达到一定限度后，材料突然破坏，而破坏时并无明显的塑性变形，材料的这种性质称为脆性。脆性材料的变形曲线如图1-4所示。其特点是材料在外力作用下，达到破坏荷载时的变形值是很小的。脆性材料的抗压强度比抗拉强度往往要高很多倍。它对承受震动作用和抵抗冲击荷载是不利的。砖、石材、陶瓷、玻璃、混凝土、铸铁等都属于脆性材料。

在冲击、震动荷载作用下，材料能够吸收较大的能量，同时也能产生一定的变形而不致破坏的性质称为韧性（冲击韧性）。材料的韧性是用冲击试验来检验的。建筑钢材（碳钢）、木材等是属于韧性材料。用作路面、桥梁、吊车梁以及有抗震要求的结构都要考虑到材料的韧性。

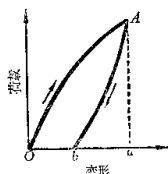


图 1-3 材料的弹塑性变形曲线

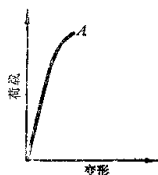


图 1-4 脆性材料的变形曲线

第三节 材料与水有关的性质

一、亲水性与憎水性

建筑物常与水或是与大气中的水汽接触。然而水分与不同固体材料表面之间相互作用的情况是不同的。在材料、水和空气的交点处，沿水滴表面的切线与水与固体接触面所成的夹角（润湿边角） θ 愈小，浸润性愈好。如果润湿边角 θ 为零，则表示该材料完全被水所浸润；居于中间的数值表示不同程度的浸润。一般认为，当润湿边角 $\theta \leq 90^\circ$ 时，如图1-5a所示，水分子之间的内聚力小于水分子与材料分子间的相互吸引力，此种材料称为亲水性材料。当 $\theta > 90^\circ$ 时，如图1-5b所示，水分子之间的内聚力大于水分子与材料分子间的吸引力，则材料表面不会被水浸润，此种材料称为憎水性材料。这一概念也可应用到其他液体对固体材料的浸润情况，相应的称为亲液性材料或憎液性材料。

二、吸水性与吸湿性

（一）吸水性

材料能吸收水分的性质称为吸水性。吸水性的大小由吸水率表示。由下式计算：

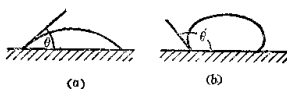


图 1-5 材料润湿边角

（a）亲水性材料；（b）憎水性材料

$$W = \frac{G_1 - G}{G} \times 100\%$$

式中 W ——材料吸水率(%)；

G ——材料在干燥状态下的重量(克)；

G_1 ——材料在吸水饱和状态下的重量(克)。

多数情况是按重量计算吸水率，但也有按体积计算吸水率的(吸入水的体积占材料自然状态下体积的百分率)。如果材料具有细微而连通的孔隙，则其吸水率较大，若是封闭孔隙，水分就不容易渗入，粗大的孔隙水分虽然容易渗入，但仅能润湿孔壁表面而不易在孔内存留。所以，封闭或粗大孔隙材料，其吸水率是较低的。

各种材料的吸水率相差很大，如花岗岩等坚密岩石的吸水率仅为0.5~0.7%，普通混凝土为2~3%，粘土砖为8~20%，而木材或其他轻质材料的吸水率则常大于100%。

(二) 吸湿性

材料不但在水中能吸收水分，在空气中也能吸收空气中的水汽，并且随着空气湿度的大小而变化，也就是水分可以被吸收，又可向外界扩散，最后与空气湿度达到平衡。材料在潮湿空气中吸收水分的性质称为吸湿性。材料孔隙中含有一部分水时，则这部分水重占材料干重的百分数叫做材料的含水率。如果是与空气湿度达到平衡时的含水率则称为平衡含水率。木材的吸湿性特别明显，它能大量吸收水汽而增加重量，降低强度和改变尺寸。木门窗在潮湿环境往往不易开关，就是由于吸湿所引起的。保温材料如果吸收水分之后，将很大程度地降低其隔热性能。所以要特别注意采取有效的防护措施。

三、耐水性

材料长期在饱和水作用下而不破坏，其强度也不显著降低的性质称为耐水性。一般材料随着含水量的增加，会减弱其内部结合力，强度都有不同程度的降低，即使致密的石料也不能完全避免这种影响，花岗岩长期浸泡在水中，强度将下降3%，普通粘土砖和木材所受影响更为显著。材料的耐水性用软化系数表示。

$$\text{软化系数} = \frac{\text{材料在吸水饱和状态下的抗压极限强度}}{\text{材料在干燥状态下的抗压极限强度}}$$

软化系数的范围波动在0至1之间。软化系数的大小，有时成为选择材料的重要依据。受水浸泡或处于潮湿环境的重要建筑物，则必须选用软化系数不低于0.75的材料建造，通常软化系数大于0.80的材料，可以认为是耐水的。

四、抗渗性与抗冻性

(一) 抗渗性

材料抵抗压力水渗透的性质称为抗渗性(或不透水性)。地下建筑及水工构筑物，因常受到压力水的作用，所以要求材料具有一定的抗渗性，对于防水材料，则要求具有更高的抗渗性。材料抵抗其他液体渗透的性质，也属于抗渗性，如贮油罐则要求材料具有良好的不渗油性。

(二) 抗冻性

材料的抗冻性是指材料在吸水饱和状态下，抵抗多次冻结和融化作用(冻融循环)而不破坏，同时也不严重降低强度的性质。

冰冻的破坏作用是由于材料孔隙内的水分结冰所引起的。水在结冰时体积约增大9%。当材料孔隙中充满水时，由于水结冰对孔壁产生很大的压力(可达1000公斤/厘米²)，而使

孔壁开裂。冰在融化时，是从表面先开始融化，然后向内逐层进行的。无论是结冰还是融化的过程，都会在材料的内外层产生明显的应力差和温度差。冻融循环的次数越多，对材料的破坏作用越严重。材料受冻破坏的程度与水分在孔隙中充满的程度有关。如果孔隙内吸水后还留有一定的空间，就可以缓和冰冻的破坏作用，这对材料的抗冻性是有利的。

第四节 材料的热工性能

建筑材料在建筑物中，除需要满足强度及其他性能要求之外，尚需使室内维持一定的温度，为生产、工作及生活创造适宜的条件。因此，在选用围护结构材料时，需要考虑材料的热工性质。

一、导热系数

热量在建筑材料中传导的性质，可由导热系数表示。以单层平板材料为例。如图 1-6 所示。在稳定导热的情况下，导热系数 λ 是说明材料导热特性的指标。材料的导热系数按下式计算：

$$\lambda = \frac{Qa}{(t_1 - t_2)FZ}$$

式中 λ ——导热系数（千卡/米·时·度）；

Q ——传热量（千卡）；

a ——材料厚度（米）；

$(t_1 - t_2)$ ——材料两侧温度差（℃）；

F ——材料传热面积（米²）；

Z ——传热时间（小时）。

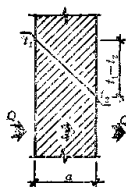


图 1-6 材料导热示意

材料的导热系数越小，其保温性能就越好。建筑材料的导热系数一般在 0.020~3.00 千卡/米·时·度之间。习惯上把导热系数不大于 0.20 千卡/米·时·度的材料称为绝热材料。

导热系数与材料内部孔隙构造情况有着密切关系。由于空气的导热系数很小（ $\lambda = 0.02$ 千卡/米·时·度），所以，一般说来材料的孔隙率越大，其导热系数就越小。如果是粗大或贯通的孔隙，由于增加了热量的对流作用，材料的导热系数反而较高。

材料受潮或冰冻后，对其导热系数的影响是很大的。这是由于水的导热系数 $\lambda = 0.50$ 千卡/米·时·度，冰的导热系数 $\lambda = 2.00$ 千卡/米·时·度，它们都远远大于空气的导热系数的缘故。因此在设计与施工中，应采取有效措施，使保温材料经常处于干燥状态，以发挥其保温效果。

二、比热及热容量

材料在受热时，要吸收热量；冷却时，要放出热量。由试验可知，材料所吸收或放出的热量可由下式计算：

$$Q = C \cdot G(t_2 - t_1), \text{ 或 } C = \frac{Q}{G(t_2 - t_1)}$$

式中 Q ——材料吸收（或放出）的热量（千卡）；

C ——材料的比热（千卡/公斤·度）；

G ——材料的重量（公斤）；

$(t_2 - t_1)$ ——材料受热（或冷却）前后的温度差（℃）。

比热 C 与材料重量 G 的乘积,则为材料的热容量值。采用热容量较大的材料,对于保持室内温度稳定具有很大意义。在炎热的夏季,白天室外温度很高,如果建筑物围护结构材料的热容量较大,升高温度所需吸收的热量就较多,因此室内温度升高较慢。在冬季,房屋采暖后,热容量较大的建筑物,其本身储存的热量较多,在短时间停止采暖后,室内温度降低不致很快。因此,热容量较大、温度变化速度较慢的材料,才是良好的绝热材料。

第五节 材料的耐久性

材料在建筑物之中,除要受到各种力的作用之外,还经常要受到环境中许多自然因素的破坏作用。这些破坏作用包括物理的、化学的及生物的作用。

物理作用可有干湿变化、温度变化及冻融变化等。这些作用将使材料发生体积的胀缩,或导致内部裂缝的扩展。时间长久之后即使材料逐渐破坏。在寒冷冰冻地区,冻融变化对材料会起着显著的破坏作用。在高温环境下,经常处于高温状态的建筑物或构筑物,选用建筑材料要具有耐热性能。在民用和公共建筑中,考虑安全防火要求,须选用具有抗火性能的难燃或不燃的材料。

化学作用包括酸、碱、盐等物质的水溶液以及有害气体的侵蚀作用。这些侵蚀作用会使材料逐渐变质而破坏。

生物作用是指虫、菌的作用。它将使材料由于虫蛀、腐朽而破坏。如木材在潮湿环境中使用时,必须事先进行防腐处理。

砖、石料、混凝土等矿物材料,多是由于物理作用而破坏,同时也可能会受到化学的破坏作用。金属材料主要是由于化学作用引起的腐蚀。木材等有机质材料常因生物作用而破坏。沥青材料、高分子材料在阳光、空气和热的作用下,会逐渐老化而使材料变脆或开裂。

材料的耐久性,实际上是一项综合性质。它是指材料在上述多种因素作用之下,能够经久不变质、不破坏,而尚能保持原有性能的性质。材料的抗冻性、抗渗性和耐磨性能的好坏也都与材料的耐久性有着密切的关系。

第六节 材料组成、结构及构造对性质的影响

影响材料性质的有材料内部与外界的许多因素。材料的内部因素,也就是材料的组成、结构和构造,起着决定性的作用。

一、材料的组成

材料的组成是指材料的化学成分、矿物成分而言。它不但是决定材料物理力学性质的主要因素之一,而且,当材料与外界自然环境以及各种物质相接触时,它们之间必然要按照化学变化规律发生作用。例如:在碳钢或合金钢中,由于所含有的化学成分不同,因而具有不同的物理、力学性质。水泥所含有的熟料矿物不同,因而可形成性能各异的水泥。又如,材料受到酸、碱、盐类的作用,以及是否容易燃烧等等,这些都属于化学作用。各种化学作用的发生,都是由于材料的组成所决定的。因此,在选用建筑材料时,要考虑到

材料的组成,才能达到圆满的使用效果。

二、材料的结构

材料的许多物理力学性质,如弹塑性、硬度、强度等,都与材料的结构状态有着密切关系。材料的结构基本上可以分为晶体、玻璃体和胶体三类。

(一) 晶体

晶体结构的内部质点(离子、原子、分子)是按照特定的规则排列在空间的。根据各类质点在空间排列的状态不同,而构成各种类型的晶格,如体心立方晶格、面心立方晶格、六方晶格等等(图1-7)。

晶体具有固定的几何外形,由于其各个方向的质点排列情况和数量不同,故具有各向异性的性质。然而,晶体材料往往又是由很多排列不规则的晶粒所组成,因此又形成了各向同性的性质。如石英矿物、金属等都是属于晶体结构。

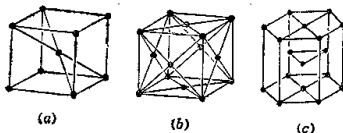


图 1-7 结晶格子

(a)体心立方晶格; (b)面心立方晶格; (c)六方晶格

晶体物质在外力作用下具有弹性变形的特点。当外力达到一定程度时,由于某一晶面上的剪应力达到一定限度,沿该晶面则发生相对的滑动,因而材料产生塑性变形。软钢和一些有色金属(铜、铝等)都是具有塑性的材料。

晶体材料的性质又与其质点之间的相互作用力有关。离子晶体其质点(离子)之间的结合力是靠静电力,一般处于极稳定的状态。共价晶体其质点(原子)间是靠共用数个电子来结合的,其结合能也是很大的。以上两种晶体的强度、硬度以及熔点都是较高的。分子晶体的质点(分子)之间的结合力是最弱的。金属晶体由于具有自由电子,而有良好的导热性和导电性。晶粒的形状和大小也会影响材料的性质。常采用热处理的办法,使金属晶粒产生变化,以收到调节和控制金属材料机械性能(强度、韧性、硬度等)的效果。

在复杂的晶体结构中,其原子团可以联接成为空间结构,平面网状结构或链状结构。具有空间结构的晶体,其整体性良好,也比较坚固。平面网状结构的物质,由于其平面结构本身是比较坚固的,而平面结构之间的联系则往往是比较薄弱的,使这种结构容易分解成片状物质,如云母、石墨等。链状结构的物质,同样是链与链之间的联系作用弱于链本身的联结,则形成纤维状物质,如石棉。

(二) 玻璃体

熔融物冷却后可以生成晶体。如果冷却速度较快,将近凝固温度时,尚具有很大的粘度,质点来不及按一定规则排列,便凝固成固体状态,此时即得玻璃体结构。玻璃体结构是无定形物质,其质点的排列是没有规律的,因此它没有一定的几何外形,而具有各向同性的性质。玻璃体没有一定的熔点,只是出现软化现象。玻璃体内质点的排列虽然不规则,实际上也是由许多极微小的晶体——微晶集合而成的。微晶与微晶之间则具有无定形结构。

玻璃体是化学不稳定的结构,容易与其他物质起化学作用。如火山灰、矿渣、粒化高炉矿渣能与石灰在有水的条件下起硬化作用,而被利用作建筑材料。玻璃体在烧土制品或

某些天然岩石中，起着胶粘剂的作用。

（三）胶体

胶体是一些细小分散粒子（直径 $1\sim 100\text{m}\mu$ ）分散在介质中的结构。由于胶体的质点很微小，其表面积很大，于是表面能很大，吸附能力很强，这是胶体具有很大粘结力的原因。

胶体由于脱水作用或质点的凝聚而产生凝胶。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。它是由于固体微粒由极薄的吸附膜所包围，这种膜越厚则流动性越大，膜越薄，则刚性越大。混凝土的徐变就是由于水泥凝胶所产生的。硅质砂岩就是由硅胶与砂粒联合而成的。

凡是非晶体的物质，在外力作用下，其弹性变形和塑性变形并没有明显的界限划分，而是同时产生可恢复的弹性变形和不可恢复的粘性流动。

三、材料的构造

材料的构造是指其宏观的状态而言，如材料的孔隙，岩石的层理，木材的纹理、节疤等。材料的性质除了与材料的组成和结构有关外，而且与材料的构造状态有着极密切的关系。

同类材料的强度与其构造状态有关。凡是构造越密实、越均匀的，其强度越高。材料内部含有孔隙，它不仅减小了截面面积，而且孔隙边缘产生应力集中现象，因而使强度降低。如混凝土材料孔隙率每增加1%，相应地强度要降低3~5%。材料的抗渗性、耐久性以及保温性能都与材料的孔隙构造有关系。具有层理或纹理构造的材料将是各向异性的，如木材的物理力学性质是随着木纹方向而改变的。加气混凝土、泡沫塑料都是属于轻质的保温材料。密实混凝土则可做成高强度的承重材料，且具有抗渗、防水的性能。

目前随着材料科学的不断发展，不仅采用单一材料，而逐渐采用复合材料。如纤维增强塑料、各种类型的层压板、多种功能的复合板以及蜂窝夹层的复合板材等新型建筑材料。它们都根据其组成材料的特性以及构造状态的特点，而表现出优越的建筑性能。