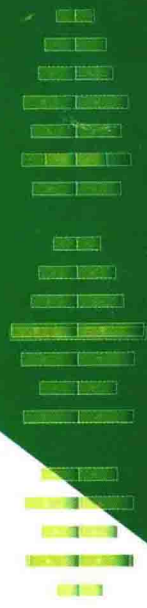
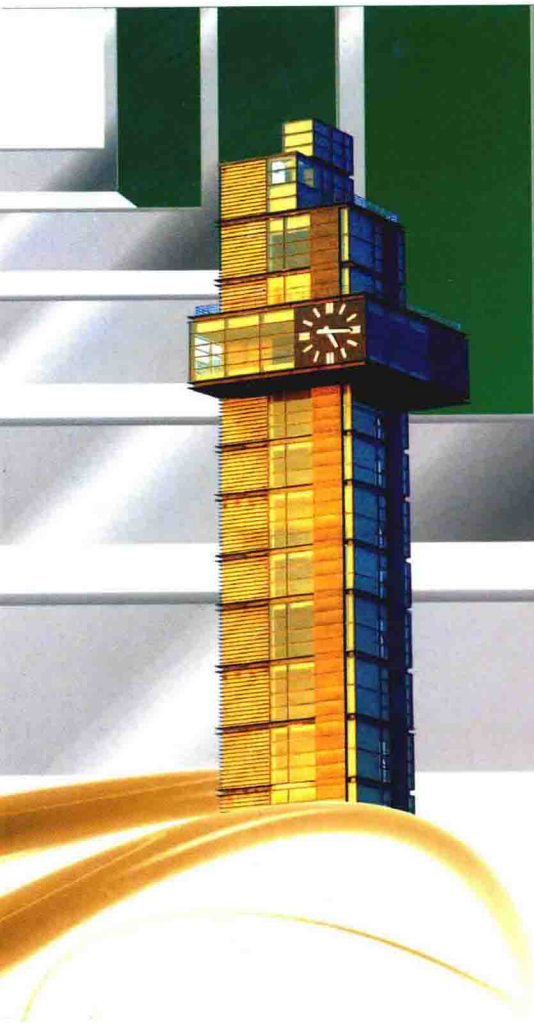


高职高专建筑类专业“十二五”规划教材

建筑材料

卢经扬 解恒参 主编



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高职高专建筑类专业“十二五”规划教材

建筑材料

卢经扬 解恒参 主编

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书按照建筑类专业的职业要求,以实用性、职业性、可塑性及一专多能性相结合为出发点,以施工现场必需的知识、技能为基础,通过工学结合的方式,介绍了常用的建筑材料和目前已推广应用的新型建筑材料的基本组成、简单生产工艺、性质、应用,以及质量标准和检验方法等。全书共分7章,即建筑材料质量标准、胶凝材料、混凝土材料、建筑砂浆、砌筑材料、金属材料、建筑防水材料。为方便教师教学及扩大学生知识面,提高学生实际应用能力,各章末均附有实用习题。

本书定位于培养高等技术应用型人才,重在突出职业技术教育特点,旨在培养学生检测、使用及管理建筑材料方面的能力,展现现代的新理论、新技术、新方法、新工艺、新仪器和新材料,体现应用性、推广性和实用性。

本书可作为高职高专、成人高校、本科院校二级学院及民办高校的土木工程专业、工业与民用建筑专业、村镇建设专业以及建筑施工专业的教材,也可作为土建类其他专业的教学用书,同时可供建筑企事业单位的工程技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑材料 / 卢经扬, 谢恒参主编. —西安: 西安电子科技大学出版社, 2012. 7

高职高专建筑类专业“十二五”规划教材

ISBN 978 - 7 - 5606 - 2804 - 2

I. ① 建… II. ① 卢… ② 谢… III. ① 建筑材料—高等职业教育—教材 IV. ① TU5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 106677 号

策 划 马乐惠

责任编辑 阎 彬 马乐惠

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2012年7月第1版 2012年7月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印 张 16.5

字 数 389千字

印 数 1~3000册

定 价 25.00元

ISBN 978 - 7 - 5606 - 2804 - 2/TU · 0005

XDUP 3096001 - 1

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜, 谨防盗版。

前 言

本书是按照高等职业技术教育的要求和建筑类专业的培养目标以及“建筑材料”课程标准编写而成的。本书改变了高职以往的“本科压缩形”教材偏重逻辑性，应用性不够的“劣根性”，基础理论以必需、够用为度，编写内容以职业岗位核心技能培养为中心，注重学生的基本实践能力与操作技能、专业技术应用能力与专业技能、综合实践能力与综合技能的培养，编写思路符合学生的认知和学习规律，注意循序渐进，便于学生自学，是一本体现职业岗位核心技能要求和工学结合特点的教材，适用教学时数为60学时~70学时。

本书将有关行业技术标准融入教材内容中，让学生在校期间接受“标准”教育，增强“标准”意识。本书通篇以施工现场必需的知识、技能为基础，主要阐述常用建筑材料和新型建筑材料的基本组成、性质、应用以及质量标准、见证取样送样、检验方法、储运和保管知识等。为方便教学，各章末均附有实用习题。本书的具体体例如下：

引言 本章的主要内容、应用要点。

学习目标 能够达到的知识水平和职业技能。

关键概念 核心，重点。

本章小结 重点内容回顾。

练习题 巩固、提高所学知识。

本书具有以下特点：

(1) 按照高等职业技术教育培养生产、服务、管理第一线的技术应用型人才的总目标，根据施工、生产实践所需的基本知识、基本理论和基本技能，精选教学内容，并更新和适当扩大了知识面；充分体现改革精神，体现高等职业教育的特点；突出应用性，加强实践性；强调针对性，注意灵活性；在基础理论的教学安排上以应用为目的，以必需、够用为度，以掌握概念、强化应用、培养技能为教学重点，减少讲课学时，增加实验、实习课时，不片面追求本课程的系统性和完整性。

(2) 各单元尽量与工程实际相结合，加强工程应用，以培养学生的工程意识及创新思想。

(3) 各单元均采用国家现行的新标准和新规范，如《建筑石膏》(GB/T 9776—2008)、《通用硅酸盐水泥》(GB175—2007)、《钢筋混凝土用钢 带肋钢筋》(GB1499.2—2007)、《冷轧带肋钢筋》(GB13788—2008)、《低合金高强度结构钢》(GB/T 1591—2008)及《建筑砂浆基本性能试验方法》(JGJ/T70—2009)等。

(4) 教材内容翔实、深入浅出、难点分散，便于学生自学。

本书由江苏建筑职业技术学院卢经扬、解恒参、朱超编写。其中，卢经扬编写了第1、3、5、7章），解恒参编写了第2、6章，朱超编写了第4章。

由于编者水平有限，书中难免有不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

2012年3月

目 录

第 1 章 建筑材料质量标准	1	3.1.2 骨料	69
1.1 建筑材料标准	1	3.1.3 拌和及养护用水	76
1.2 建筑材料技术指标含义	2	3.1.4 外加剂	76
1.2.1 物理性质指标	3	3.2 混凝土的主要技术性质	81
1.2.2 建筑材料的力学性能标准	11	3.2.1 混凝土拌和物的和易性	81
1.2.3 材料的耐久性	12	3.2.2 混凝土硬化后的性质	84
1.3 材料质量等级的判定	13	3.3 混凝土的配合比设计	89
1.3.1 材料质量等级举例	14	3.3.1 配合比设计的要求	90
1.3.2 建筑材料的选择	15	3.3.2 配合比设计方法及步骤	90
本章小结	15	3.3.3 混凝土配合比设计例题	95
练习题	15	3.4 骨料的表观密度检测	100
第 2 章 胶凝材料	18	3.5 骨料的堆积密度检测	102
2.1 气硬性胶凝材料	18	3.6 混凝土的配制和性能检测	104
2.1.1 石灰	18	3.6.1 混凝土拌和物试验	104
2.1.2 石膏	21	3.6.2 硬化混凝土性能检测	107
2.1.3 水玻璃	23	3.7 其他品种混凝土	110
2.2 水硬性胶凝材料	24	3.7.1 轻混凝土	111
2.2.1 硅酸盐水泥	25	3.7.2 防水混凝土(抗渗混凝土)	112
2.2.2 掺混合材料的硅酸盐水泥	33	3.7.3 聚合物混凝土	114
2.2.3 水泥的应用、验收与保管	38	3.7.4 纤维混凝土	114
2.2.4 其他品种的水泥	39	3.7.5 高强混凝土	115
2.3 胶凝材料的技术指标检测	45	3.7.6 流态混凝土与泵送混凝土	115
2.3.1 水泥检验的一般规定	46	3.7.7 预拌混凝土(又称商品混凝土)	116
2.3.2 水泥细度试验	46	3.7.8 绿色混凝土	116
2.3.3 水泥标准稠度用水量测试	48	3.8 混凝土见证取样送检	117
2.3.4 水泥净浆凝结时间检验	52	3.8.1 混凝土试件的取样频率规定	117
2.3.5 水泥安定性检验	53	3.8.2 混凝土试件尺寸与每组数量	119
2.3.6 水泥胶砂强度检验	56	3.8.3 试件制作和养护	119
2.3.7 工程现场水泥的见证送样	61	3.8.4 混凝土抗压强度的见证送样	121
本章小结	62	3.8.5 混凝土配合比设计的见证送样	121
练习题	62	本章小结	121
第 3 章 混凝土材料	68	练习题	121
3.1 普通混凝土原材料的性能指标要求	68	第 4 章 建筑砂浆	128
3.1.1 水泥	69	4.1 砌筑砂浆的配合比设计	128

4.1.1 砌筑砂浆的组成材料	129	5.5.5 砖的抗压强度测试	167
4.1.2 砌筑砂浆的技术性质	129	5.5.6 混凝土小型砌块尺寸测量和 外观质量检查	169
4.1.3 砌筑砂浆的配合比	131	5.5.7 混凝土小型空心砌块抗压 强度试验	170
4.2 建筑砂浆的配制和性能检测	134	5.5.8 混凝土小型砌块抗折强度试验	171
4.2.1 砌筑砂浆执行标准	134	5.5.9 砌筑材料的见证送样	172
4.2.2 拌和物取样及试样制备	134	本章小结	172
4.2.3 砂浆的稠度检测	135	练习题	172
4.2.4 砂浆的分层度检测	136	第6章 金属材料	174
4.2.5 砂浆立方体抗压强度检测	137	6.1 钢的冶炼及钢的分类	174
4.3 装饰砂浆	138	6.1.1 钢的冶炼	175
4.3.1 普通抹面砂浆	139	6.1.2 钢材的分类	176
4.3.2 装饰砂浆	140	6.2 钢材的主要技术性能	176
4.3.3 防水砂浆	141	6.2.1 钢材的力学性能	177
4.3.4 其他特种砂浆	142	6.2.2 钢材的工艺性能	180
本章小结	142	6.3 冷加工强化与时效对钢材性能的 影响	181
练习题	143	6.3.1 冷加工强化处理	182
第5章 砌筑材料	144	6.3.2 时效	182
5.1 烧结砖和非烧结砖	144	6.4 钢材的化学性能	182
5.1.1 烧结实心黏土砖	145	6.4.1 不同化学成分对钢材性能的 影响	183
5.1.2 烧结多孔砖和烧结空心砖	148	6.4.2 钢材生锈及防护	184
5.1.3 蒸压蒸养砖	150	6.5 常用建筑钢材	185
5.2 混凝土砌块	151	6.5.1 钢筋混凝土用钢	185
5.2.1 蒸压加气混凝土砌块	152	6.5.2 钢结构用钢	189
5.2.2 混凝土空心砌块	154	6.5.3 钢材的选用	194
5.3 轻型墙板	156	6.6 建筑钢材的防火	195
5.3.1 石膏板	157	6.6.1 建筑钢材的耐火性	195
5.3.2 蒸压加气混凝土板	158	6.6.2 钢结构防火涂料	197
5.3.3 纤维水泥板	159	6.7 金属材料的检测	199
5.3.4 泰柏板	160	6.7.1 钢筋的取样方法及取样数量、 复检与判定	199
5.4 混凝土大型墙板	161	6.7.2 钢筋拉伸试验	200
5.4.1 轻骨料混凝土墙板	161	6.7.3 钢筋冷弯试验	205
5.4.2 饰面混凝土幕墙板	162	6.7.4 钢材的见证取样和送样	206
5.5 砌体材料的检测和验收	162	本章小结	210
5.5.1 烧结普通砖抽样方法及 相关规定	163		
5.5.2 尺寸测量	164		
5.5.3 外观检查	164		
5.5.4 砖的抗折强度测试	166		

练习题	210	7.5 屋面防水工程对材料的	
第 7 章 建筑防水材料	212	选择及应用	249
7.1 防水材料的基本材料	213	7.5.1 根据防水等级进行防水设防	
7.1.1 沥青	213	和选择防水材料	250
7.1.2 合成高分子材料	219	7.5.2 根据气候条件进行防水设防	
7.2 防水卷材	219	和选择防水材料	251
7.2.1 沥青防水卷材	219	7.5.3 根据湿度条件进行防水设防	
7.2.2 合成高分子改性沥青防水卷材	222	和选择防水材料	251
7.2.3 合成高分子防水卷材	227	7.5.4 根据结构形式进行防水设防	
7.2.4 防水卷材检测	232	和选择防水材料	251
7.3 建筑防水涂料	235	7.5.5 根据防水层暴露程度进行	
7.3.1 防水涂料的特点与分类	235	防水设防和选择防水材料	251
7.3.2 水乳型沥青基防水涂料	236	7.5.6 根据不同部位进行防水设防	
7.3.3 溶剂型沥青防水涂料	237	和选择防水材料	251
7.3.4 合成树脂和橡胶系防水涂料	237	7.5.7 根据环境介质进行防水设防	
7.3.5 无机防水涂料和有机无机		和选择防水材料	251
复合防水涂料	241	7.5.8 防水材料的取样	252
7.4 防水密封材料	242	本章小结	253
7.4.1 不定型密封材料	243	练习题	253
7.4.2 定型密封材料	247	参考文献	256



第1章 建筑材料质量标准



引言

标准是构成国家核心竞争力的基本要素，是规范经济和社会发展的关键技术制度。本章在介绍标准的基础上，主要介绍建筑材料常规技术指标，并在此基础上介绍建筑材料等级的判定。

学习目标

通过本章的学习你将能够：

- ◆ 理解标准对于材料质量的控制要点。
- ◆ 解读建筑材料技术指标的确定含义。
- ◆ 正确判定建筑材料的质量等级。
- ◆ 根据各种材料的检测报告，正确、合理、经济地选择建筑材料。

1.1 建筑材料标准

【学习目标】

标准的类别；
标准的作用；
标准的构成；
标准的应用。

【关键概念】

强制性标准；
推荐性标准。

标准的制定和类型按使用范围划分为国际标准、区域标准、国家标准、专业标准、企业标准。

我国标准分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准，并将标准分为强制性标准和推荐性标准两类。

建筑材料标准的制定和使用标准的目的是为了正确评定材料品质，合理使用材料，以

耐久性指标。

【关键概念】

强度；

检测。

1.2.1 物理性质指标

1. 与质量有关的性质

1) 密度

密度是指材料在绝对密实状态下，单位体积的质量，用下式表示：

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1-1)$$

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 。

2) 表观密度

表观密度是指材料在自然状态下，单位体积的质量，用下式表示：

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0} \quad (1-2)$$

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

m ——材料的质量， g 或 kg ；

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)， cm^3 或 m^3 。

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：

$$\rho'_0 = \frac{m}{V'_0} \quad (1-3)$$

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(包括颗粒体积及颗粒之间空隙的体积)，也即按一定方法装入一定容器的容积， m^3 。

2. 与构造状态有关的性质

1) 孔隙率

孔隙率是指材料内部孔隙体积占其总体积的百分率，用下式表示：

$$P = \frac{V_0 - V}{V_0} \times 100\% = \left(1 - \frac{V}{V_0}\right) \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) \times 100\% \quad (1-4)$$

式中： P ——材料的孔隙率，%；

V_0 ——材料的自然体积， cm^3 或 m^3 ；

V ——材料的绝对密实体积， cm^3 或 m^3 。

2) 空隙率

空隙率是指散粒或粉状材料颗粒之间的空隙体积占其自然堆积体积的百分率，用下式表示：

$$P' = \frac{V_0' - V_0}{V_0'} \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho_0'}{\rho_0}\right) \times 100\% \quad (1-5)$$

式中： P' ——材料的空隙率，%；

V_0' ——材料的自然堆积体积， cm^3 或 m^3 ；

V_0 ——材料的颗粒体积， cm^3 或 m^3 。

在上述各参数中，密度并不能反映材料的性质，但通过它可以大致了解材料的品质，并可用它计算材料的孔隙率以及混凝土的配合比。

表观密度建立了材料自然体积与质量之间的关系，在建筑工程中可用来计算材料用量、构件自重，确定材料堆放空间等。

孔隙率反映材料的密度程度，并和材料的许多性质都有密切关系，如强度、吸水性、保温性、耐久性等。

空隙率在配制混凝土时可作为控制砂、石级配与计算配合比的重要依据。

由上可见，材料的密度、表观密度、孔隙率和空隙率等是认识材料、了解材料性质与应用的重要指标，所以常称为材料的基本物理性质。

常用建筑材料的密度、表观密度、堆积密度和孔隙率如表 1-2 所示。

表 1-2 常用建筑材料的密度、表观密度、堆积密度和孔隙率

项目 材料名称	密度 ρ /(g/cm^3)	表观密度 ρ_0 /(kg/m^3)	堆积密度 ρ_0' /(kg/m^3)	孔隙率 P 或空 隙率 P' /%
钢	7.85	7850	—	0
花岗岩	2.70~3.00	2500~2900	—	0.5~1.0
石灰岩	2.40~2.60	1800~2600	—	0.6~3.0
砂	2.60~2.80	2500~2600	1400~1700	35~40
水泥	2.80~3.10	—	1200~1300	50~55
普通黏土砖	2.50~2.70	1600~1900	—	20~40
黏土空心砖	2.50~2.70	1000~1400	—	50~60
普通混凝土	2.60~2.80	2200~2600	—	5~20
松木	1.55~1.60	400~800	—	55~75
泡沫塑料	0.95~2.60	20~50	—	98



3. 与水有关的性质

1) 吸水性

材料浸入水中吸收水分的能力称为吸水性。吸水性的常以吸水率表示，有质量吸水率和体积吸水率两种表示方法。

(1) 质量吸水率：指材料吸水饱和时，吸水量占材料绝干质量的百分率，用公式表示为

$$W_m = \frac{m_{sw}}{m} \times 100\% = \frac{m_1 - m}{m} \times 100\% \quad (1-6)$$

式中： W_m ——材料的质量吸水率，%；

m_{sw} ——材料吸水饱和时所吸入的水量，g 或 kg；

m_1 ——材料吸水饱和时的质量，g 或 kg；

m ——材料的绝干质量，g 或 kg。

(2) 体积吸水率：指材料吸水饱和时，吸收水分的体积占绝干材料自然体积的百分率，用公式表示为

$$W_v = \frac{V_{sw}}{V_0} \times 100\% = \frac{m_1 - m}{V_0} \times \frac{1}{\rho_w} \times 100\% \quad (1-7)$$

式中： W_v ——材料的体积吸水率，%；

V_{sw} ——材料吸水饱和时所吸入的水的体积， cm^3 或 m^3 ；

V_0 ——绝干材料在自然状态下的体积， cm^3 或 m^3 ；

ρ_w ——水的密度， g/cm^3 。常温下取 $\rho_w = 1\text{g}/\text{cm}^3$ 。

质量吸水率与体积吸水率的关系为：

$$W_v = W_m \times \rho_0 \quad (1-8)$$

式中， ρ_0 为材料的干表观密度， g/cm^3 。

W_v 可用来说明材料内部孔隙被水充满的程度，而在材料中，只有开口孔隙能吸水，故体积吸水率即为材料的开口孔隙率。体积吸水率的概念比较清楚，但为方便起见，在工程应用上常用质量吸水率表示材料的吸水性。

由于材料的吸水率表示的是材料吸收水分的能力，所以是一固定值。

2) 吸湿性

材料在潮湿空气中吸收水分的性质称为吸湿性。材料的吸湿性常以含水率表示，可用以下公式表示：

$$W_{\text{含}} = \frac{m_{\text{含}} - m}{m} \times 100\% \quad (1-9)$$

式中： $W_{\text{含}}$ ——材料的含水率，%；

$m_{\text{含}}$ ——材料含水时的质量，g 或 kg；

m ——材料的绝干质量，g 或 kg。

含水率表示材料在某一时间的含水状态，不是固定值，它随环境温度和空气湿度的变化而改变。与大气湿度相平衡时的含水率称为平衡含水率(或称气干含水率)。

材料的吸水性和吸湿性，不仅取决于材料本身是亲水的还是憎水的，还与材料的孔隙

率和孔隙特征有关。一般来说,孔隙率大,则吸水性大。但若是闭口孔隙,水分则不易吸入;而粗大的开口孔隙,水分虽容易渗入,但不易存留,仅能润湿孔壁表面,不易吸满。只有当材料具有微小而连通的孔隙(如毛细孔)时,其吸水性和吸湿性才很强。

材料吸水后,对材料性质将产生一系列不良影响,它会使材料的表观密度增大、体积膨胀、强度下降、保温性下降、抗冻性变差等,所以吸水率大对材料性质是不利的。

3) 耐水性

材料长期在饱和水作用下不破坏,其强度也不显著降低的性质称为耐水性。材料的耐水性用软化系数表示,可按下式计算:

$$K_{so} = \frac{f_w}{f_d} \quad (1-10)$$

式中: K_{so} ——材料的软化系数;

f_w ——材料在吸水饱和状态下的抗压强度, MPa;

f_d ——材料在干燥状态下的抗压强度, MPa。

软化系数 K_{so} 的大小表明材料在浸水饱和后强度降低的程度。一般材料随着含水量的增加,其质点间的结合力有所减弱,强度会有不同程度的降低。如果材料中含有某些可溶性物质(如黏土、石灰等),则强度降低得更为严重,即使是致密的石材也不能避免这种影响,如花岗岩长期浸泡在水中,强度将下降 3%,烧结普通砖和木材所受影响更大。

软化系数值一般在 0~1 之间。软化系数愈小,表明材料的耐水性愈差。根据 K_{so} 的大小可以判断各种材料的使用场合,所以 K_{so} 值常成为处于水中或潮湿环境中材料选择的依据。

工程上,通常将 $K_{so} \geq 0.85$ 的材料称为耐水性材料。长期处于水中或潮湿环境中的重要结构,必须选用 $K_{so} \geq 0.85$ 的材料。对于处于受潮较轻或次要结构的材料,其 K_{so} 不应小于 0.75。

材料的耐水性主要与其组成成分在水中的溶解度和材料的孔隙率有关。溶解度很小或不溶的材料,则软化系数一般较大,如金属材料的 $K_{so} = 1$;若材料可溶于水且具有较大的孔隙率,则其软化系数较小或很小,如黏土的 $K_{so} = 0$ 。

4) 抗渗性

材料抵抗压力水或其他液体渗透的性质称为抗渗性(不透水性)。

由于材料具有不同程度的渗透性,当材料两侧存在不同水压时,一切破坏因素(如腐蚀性介质等)都可通过水或气体进入材料内部,然后把所分解的产物带出材料,使材料逐渐被破坏。地下建筑、基础、压力管道、容器、水工建筑等经常受到压力水或水头差的作用,故所用材料应具有一定的抗渗性。对于各种防水材料,则要求具有更高的抗渗性。

材料的抗渗性可用以下两种指标表示:

(1) 渗透系数。材料的透水遵守达西定律:在一定的时间 t 内,透过材料试件的水量 W 与试件的渗水面积 A 及水头差 h 成正比,与渗透距离(试件厚度) d 成反比,见图 1-1,可用公式表示如下:

$$W = K_p \frac{A \cdot t \cdot h}{d}$$

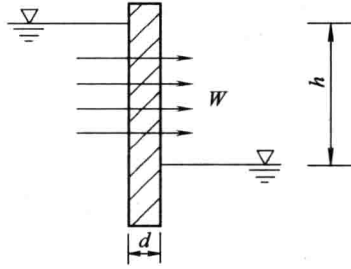


图 1-1 材料透水示意图

则

$$K_p = \frac{W \cdot d}{A \cdot t \cdot h} \quad (1-11)$$

式中: K_p ——材料的渗透系数, cm/h;

W ——总渗透水量, cm^3 ;

A ——渗水面积, cm^2 ;

h ——水头差, cm;

t ——渗水时间, h;

d ——材料的厚度, cm。

渗透系数 K_p 值愈大, 表示材料渗透的水量愈多, 即抗渗性差。

一些防渗、防水材料, 如油毡、瓦、水工沥青混凝土等, 其防水性常用渗透系数表示。

(2) 抗渗等级。建筑工程中大量使用的砂浆、混凝土等材料, 其抗渗性能常用抗渗等级来表示。

抗渗等级是指材料在标准试验方法下进行透水试验, 以规定的试件在透水前所能承受的最大水压力来确定的, 用符号“P”和材料透水前所能承受的最大水压力的(MPa)数值表示的等级。如 P4、P6、P8 等分别表示材料能承受 0.4、0.6、0.8 MPa 的水压而不渗水。所以, 抗渗等级愈高, 材料的抗渗性能愈好。

材料抗渗性好坏, 与其孔隙率和孔隙特征有关。绝对密实的材料和具有闭口孔隙的材料, 或具有极细孔隙(孔径小于 $1 \mu\text{m}$)的材料, 实际上可认为是不透水的。开口大孔最易渗水, 故其抗渗性最差。此外, 材料的抗渗性还与其亲水性或憎水性有关, 亲水性材料的毛细孔由于毛细作用而有利于水的渗透。

5) 抗冻性

材料在吸水饱和状态下, 能经受多次冻融循环作用而不被破坏, 同时也不严重降低强度的性质称为抗冻性。简言之, 抗冻性是指材料在吸水饱和状态下, 抵抗冻融循环作用的能力。

在比较寒冷的北方地区, 夏秋两季材料常受雨水浸湿饱和, 冬季结冰, 春、夏季开冻融化, 年复一年, 如此反复遭受冻融循环的作用。水在材料孔隙中结冰时, 体积约增大 9%, 如此时孔隙内充满水(吸水饱和状态), 当水变成冰时将会给孔壁造成很大的静水压力(称为冰晶压力), 该压力可高达 100 MPa, 可使孔壁开裂。冰在融化时是从表面先开始融化, 然后向内逐层进行, 因而外层的冰晶压力先消失。可见, 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, 对材料起破坏作用, 使材料碎裂、质量损失、

强度下降。冻融循环次数愈多,这种破坏作用愈严重。材料的抗冻性主要取决于材料的孔隙率和孔隙特征,另外还与材料吸水饱和的程度、材料本身的强度以及冻结条件(如冻结温度、冻结速度及冻融循环作用的频繁程度)等有关。

工程上材料的抗冻性用抗冻等级表示。抗冻等级是将材料吸水饱和后,按规定方法进行冻融循环试验,以质量损失不超过 5%、强度下降不超过 25%时,所能经受的最大冻融循环次数来确定的,用符号“F”和最大冻融循环次数来表示的等级,如 F25、F50、F100 等。抗冻等级愈高,材料的抗冻性愈好。

对材料抗冻性的要求视工程种类、结构部位、所处环境、使用条件以及建筑物等级而定。

4. 材料与热有关的性质

在建筑中,建筑材料除了需满足必要的强度及其他性能要求外,为了节约建筑物的使用能耗,以及为生产和生活创造适宜的环境,常要求建筑材料具有一定的热工性质,以维持室内温度。

1) 导热性与热阻

当材料两侧存在温度差时,热量从温度高的一侧向温度低的一侧传导的性质称为导热性,材料的导热性常用导热系数“ λ ”表示。材料传导热量的示意图见图 1-2。

匀质材料导热系数的计算公式为

$$Q = \lambda \frac{(T_1 - T_2) \cdot A \cdot t}{d}$$

$$\lambda = \frac{Q \cdot d}{(T_1 - T_2) A \cdot t}$$

式中: λ ——材料的导热系数, $W/(m \cdot K)$;

Q ——总传热量, J;

d ——材料厚度, m;

$T_1 - T_2$ ——材料两侧绝对温度之差, K;

A ——传热面积, m^2 ;

t ——传热时间, s。

导热系数的物理意义是:单位厚度的材料,当材料两侧温度差为 1K 时,在单位时间内通过单位面积的热量。

若用 q 表示单位时间(s)内通过单位面积(m^2)的热流量(J),即

$$q = \frac{Q}{A \cdot t}$$

则

$$q = \frac{\lambda}{d} (T_1 - T_2) \quad (1-12)$$

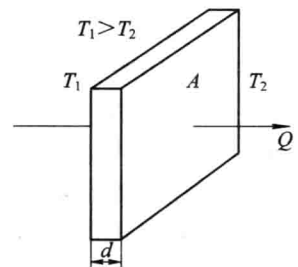


图 1-2 材料传导热量的示意图



在上式中, 温度 $T_1 - T_2$ 是决定热流量 q 的大小和传递方向的外因, 而材料的导热系数与材料层厚度的比值 λ/d 则是决定 q 值大小的内因。在建筑热工上, 把 λ/d 的倒数 d/λ 叫做材料层的热阻, 用 R 表示, 单位为 $(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$, 这样式(1-12)可改写为

$$q = \frac{1}{R}(T_1 - T_2) \quad (1-13)$$

热阻也是材料层本身的一个热性能指标, 它说明材料层抵抗热流通过的能力, 或者说热流通过材料层时所遇到的阻力。在同样的温差条件下, 热阻越大, 通过材料层的热量越少。在多层导热条件下, 应用热阻概念计算十分方便。

导热系数或热阻是评定材料保温绝热性能好坏的主要指标。 R 值越大, 则表示该物体(如墙体、楼板)或构件的绝热性能越好。

影响建筑材料导热系数的主要因素有:

(1) 材料的组成与结构。一般来说, 金属材料、无机材料、晶体材料的导热系数分别大于非金属材料、有机材料、非晶体材料。

(2) 孔隙率大, 含空气多, 则材料表观密度小, 其导热系数也就小。因为, 空气的导热系数只有 $0.025 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$, 所以表观密度小的材料主要是空气的导热系数起着重要的作用。

(3) 细小孔隙、闭口孔隙组成的材料比粗大孔隙、开口孔隙的材料导热系数小, 因为避免了对流传热。

(4) 材料含水或含冰时, 会使导热系数急剧增加。

(5) 导热时的温度越高, 导热系数越大(金属材料除外)。

2) 热容量

材料在加热时吸收的热量或在冷却时放出的热量称为热容量。墙体、屋面或其他部位采用高热容量材料时, 可以长时间保持室内温度的稳定。热容量大小用比热(也称热容量系数)表示。

比热表示单位质量的材料温度升高 1 K 时所吸收的热量(J)或降低 1 K 时所放出的热量(J)。

材料在加热(或冷却)时, 吸收(或放出)的热量与质量、温度差成正比, 可用下式表示:

$$Q = C \cdot m(T_1 - T_2) \quad (1-14)$$

式中: Q ——材料的热容量, J;

C ——材料的比热, $\text{J}/(\text{g} \cdot \text{K})$;

m ——材料的质量, g;

$T_1 - T_2$ 材料受热或冷却前后的绝对温度差, K。

由上式可得比热为

$$C = \frac{Q}{m(T_1 - T_2)} \quad (1-15)$$

比热是反映材料吸热或放热能力大小的物理量。不同材料的比热不同, 即使是同一材料, 由于所处物态不同, 比热也不同。例如水的比热是 $4.19 \text{ J}/(\text{g} \cdot \text{K})$, 而结冰后的比热是 $2.05 \text{ J}/(\text{g} \cdot \text{K})$ 。

材料的导热系数和比热是设计建筑物围护结构(墙体、屋盖)、进行热工计算时的重要参数, 设计时应选用导热系数较小而热容量较大的建筑材料, 以使建筑物保持室内温度的稳

定性。同时，导热系数也是工业窑炉热工计算和确定冷藏库绝热层厚度时的重要数据。常用建筑材料的导热系数和比热指标见表 1-3。

表 1-3 常用建筑材料的导热系数和比热指标

材料名称	导热系数/[W/(m·K)]	比热/[J/(g·K)]
建筑钢材	58	0.48
花岗岩	3.49	0.92
普通混凝土	1.51	0.84
水泥砂浆	0.93	0.84
白灰砂浆	0.81	0.84
普通黏土砖	0.80	0.88
黏土空心砖	0.64	0.92
松木	0.17~0.35	2.51
泡沫塑料	0.035	1.30
冰	2.33	2.05
水	0.58	4.19
密闭空气	0.023	1.00

3) 耐热性

材料长期在高温作用下，不失去使用功能的性质称为耐热性，亦称耐高温性或耐火性。一些材料在高温作用下会发生变形或变质。

耐火材料的耐火性是指材料抵抗融化的性质，用耐火度来表示，即材料在不发生软化时所能抵抗的最高温度。耐火材料一般要求材料能长期抵抗高温或火的作用，具有一定的高温力学强度、高温体积稳定性和抗热震性等。

4) 耐燃性

在发生火灾时，材料抵抗或延缓燃烧的性质称为耐燃性(或称防火性)。材料的耐燃性是影响建筑物防火和耐火等级的重要因素。建筑材料按其燃烧性质分为四级：

(1) 不燃性材料(A)：在空气中受高温作用不起火、不微燃烧、不炭化的材料。

(2) 难燃性材料(B₁)：在空气中受高温作用难起火、难微燃、难炭化，当火源移开后燃烧会立即停止的材料。

(3) 可燃性材料(B₂)：在空气中受高温作用会自行起火或微燃，当火源移开后仍能继续燃烧或微燃的材料。

(4) 易燃性材料(B₃)：在空气中容易起火燃烧的材料。

为了使可燃或易燃材料有较好的防火性，多采用表面涂刷防火涂料的措施。组成防火涂料的成膜物质可分为不燃性材料(如水玻璃)或是有机含卤素的树脂，该树脂在受热时能分解并释放出气体，气体中含有较多卤素(F、Cl、Br 等)和氮(N)的有机化合物，它们具有自消火性。

常用材料的极限耐火温度见表 1-4。