

建筑工人技术学习丛书

材料试验

(第三版)

中国建筑工业出版社

建筑工人技术学习丛书

材 料 试 验

(第三版)

吴顺荣 庄弘毅

中国建筑工业出版社

本书是《建筑工人技术学习丛书》之一，主要介绍各种常用建筑材料的基本性能、试验方法、技术标准和质量评定的方法，同时对各种混合物材料的配合比设计原理和计算方法，也作了简要的叙述。

本书所列各项材料的试验方法和技术要求，均系现行的国家标准或部颁标准，各种材料的配合比设计方法、经验参数和常用参考配合比，经过多年施工实践，效果较好。

本书可作材料试验人员的自学读物，也可作技工培训读物。

建筑工人技术学习丛书

材 料 试 验

(第 三 版)

吴顺荣 庄弘毅

*

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
中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

*

开本：787×1092毫米 1/32 印张：12⁵/₈ 字数：283 千字

1982年7月第三版 1988年4月第七次印刷

印数：249,996—280,845 册 定价：2.25 元

ISBN7-112-00323-7/TU·216

统一书号：15040·4209

第三版说明

《建筑工人技术学习丛书》于1973年起出了第一版，并于1978年前后相继出了增订的第二版。这里提供给读者的是第三版，主要目的是为了配合国民经济调整中对基建战线广大职工培训的需要。

这套丛书基本上是按工种编写的，着重介绍操作技术，辅以必要的理论知识；对于工程质量标准和安全技术，作了适当的叙述；各工种有关的新技术、新机具和新材料，也作了必要的介绍。丛书可供具有初中文化程度的工人作自学读物，也可供技工培训用。

第三版与前一版比较，内容范围一般有所扩大，有的工种大体上增加了更高一级技工（相当于五级工）的应知应会内容。

丛书虽经又一次修订，但肯定还有不足之处，希望广大读者提出意见，以利不断提高和改进。

中国建筑工业出版社

1981年6月

前 言

在建筑工程施工中，提高工程质量和降低建筑造价，虽然主要取决于设计与施工的优劣，但所用材料的质量好坏也是一个关键。如将质量不合格的材料使用到工程上去，就会影响工程的使用效果和耐久性，甚至影响结构的安全。因此，各种材料在施工前必须经过检验，材料的技术性能符合设计规定的要求才能使用。一般来说，建筑材料的造价占建筑总造价的50%左右，因此需要在施工前对设计规定的各种材料进行试验，得出合理的技术指标，以满足工程要求。施工后的工程质量是否合格，也需经过检验。这就说明，从工程施工的开始直到结束的全部过程中，都要进行材料的质量检验工作，这是确保工程质量和合理使用材料的一个重要关键。另外，在施工过程中，为了及时地提供施工中所需要的技术资料，材料试验工作必须赶在施工的前面，否则会影响施工的进度。

材料试验工作是一项要求比较精密的工作，试验方法、设备性能、试验条件等是否符合标准技术要求，这些都会引起试验结果的差异。因此，材料试验工作人员要作好材料试验工作，必须熟悉各种材料的技术性能和质量标准，掌握各项试验的操作方法，并且不断提高操作技术的熟练程度。更主要的是在试验工作中要精心操作，严格按标准规定进行。不能有丝毫粗枝大叶，特别在做各种专题对比试验时，必须使各项操作条件保持完全一致，以尽可能的消除操作误差。

由此可见，材料试验工作是施工技术管理工作的一个重要组成部分，必须做到准确、及时，密切配合现场施工。因此，材料试验人员要不断总结资料作好统计分析工作，积累各项经验数据，以促进试验质量的不断提高，使材料试验工作更好地为生产施工服务。

目 录

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 材料的机械性质	6
第二章 回填土试验	9
第三章 普通粘土砖、粘土平瓦	19
第一节 概述	19
第二节 普通粘土砖技术标准与试验方法	20
第三节 承重粘土空心砖	27
第四节 粘土平瓦技术标准与试验方法	33
第四章 无机胶凝材料	37
第一节 石灰	38
第二节 石膏	42
第三节 苛性菱苦土	47
第四节 水泥	49
第五章 混凝土	78
第一节 混凝土的组成材料	79
第二节 混凝土的主要性质	120
第三节 混凝土配合比设计	128
第四节 混凝土配合比的调整与施工配合比的确定	137
第五节 混凝土拌合物试验	140
第六节 混凝土物理力学性能试验	147
第七节 混凝土施工质量检验	162
第六章 砌筑砂浆	165
第一节 砂浆的技术性质	165

第二节	砌筑砂浆的配合比设计	167
第三节	砂浆的试验方法	171
第四节	砂浆质量检验	175
第七章	建筑钢材	176
第一节	概述	176
第二节	钢材机械性能检验与质量评定	178
第八章	沥青材料及防水材料	208
第一节	沥青的分类与基本性质	208
第二节	石油沥青	208
第三节	煤焦油及煤沥青	211
第四节	石油沥青试验	212
第五节	沥青防水材料	217
第六节	涂料及油膏	235
第九章	耐腐蚀材料	251
第一节	沥青类耐腐蚀材料	251
第二节	水玻璃类耐腐蚀材料	255
第三节	硫磺类耐腐蚀材料	272
第四节	合成树脂类耐腐蚀材料	276
第十章	其它材料	298
第一节	轻质材料	298
第二节	防水混凝土	312
第三节	耐热混凝土	318
第四节	硅酸盐制品	327
第五节	木材试验	337
附录		344
一、	压力试验机的构造与操作	344
二、	油压万能材料试验机的构造与操作	347
三、	材料试验机的故障分析及处理方法	352
四、	分析天平的使用与保养	354

五、不同温度和龄期下养护的混凝土的	
强度增长百分率	356
六、混凝土常用配合比参考表	358
七、选择水灰比和水灰比的调整参考表	370
八、三乙醇胺复合早强剂的使用	378
九、砖标号快速测定法	380
十、土的工地鉴别方法与土壤干容重、	
含水率及容重的关系对照表	381
十一、混凝土强度回弹仪测定法	384
十二、在15°C时，不同浓度的酸、碱、	
盐溶液的比重	392
十三、氯化钙溶液的比重，一升和一公斤溶液中	
无水盐含量，一升水中的无水盐和溶液	
冰点指标	393
十四、食盐溶液的比重，一升和一公斤溶液中的	
无水盐含量，一升水中的无水盐含量，	
溶液的冰点指标	394
十五、筛子规格对照表	395

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外力及周围环境中的各种物理化学因素的作用，这些都是促使材料破坏的因素。为了保证建筑物经久耐用，必须根据建筑物所处的环境和部位，合理地选择和使用材料，使其在性能上满足使用要求。为此，掌握各种材料的基本性质是非常重要的。

材料的基本性质可分为物理性质（如比重、容重、吸水率、空隙率、密实度、抗冻性、导热性等），化学性质和机械性质（如强度、硬度、弹性及塑性等）。本章主要叙述材料的物理性质和机械性质。

第一节 材料的物理性质

1. 比重 比重为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 ——材料的比重（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）。

比重也可以是材料重量与同体积水重（4℃）的比值。水（4℃）的单位体积重量为1克/厘米³。

所谓材料在绝对密实状态下的体积，是指不包括材料结

构内部所含的空隙。结构完全密实的材料（如钢铁、玻璃、液体等），它的体积可以根据外形尺寸计算而得。而一般材料本身都含有或多或少的空隙，测比重时，应把材料磨成细粉，用比重瓶测定其实体积。对于形状不规则且比较密实的材料，可不必磨成细粉，根据阿基米德原理（材料的体积值等于材料所排开水的重量值，亦即材料在水中失去的重量值），用排水法求得其实体积的近似值。用这种方法计算出来的比重称为视比重。

2. 容重 材料在自然状态下，单位体积的重量叫做容重。可用下式表示：

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

式中 γ_0 ——材料的容重（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括内部孔隙的体积。大多数材料都有一定的空隙，所以其容重数值（克/厘米³）小于比重。当材料含有水分时，就影响其容重值。故测定其容重时，须注明其含水情况。容重是指材料在气干状态下的容重，一般在烘干状态下测的容重，称为干容重。

3. 密实度与孔隙率 密实度是材料体积内固体物质所充实的程度。用材料的容重与其比重的比值的百分率表示。

$$d = \frac{\gamma_0}{\gamma} \times 100\%$$

式中 d ——材料的密实度（%）；

γ_0 ——材料的容重（克/厘米³）；

γ ——材料的比重。

完全密实的材料密实度为 100%。固体材料一般内部都

含有空隙，所以密实度都小于100%。如砖的容重为 1400~1800公斤/米³（即1.4~1.8克/厘米³），比重为 2.5，则砖的密实度即为：

$$d = \frac{1.6}{2.5} \times 100\% = 64\%$$

孔隙率是材料体积内孔隙体积所占的比率。可用下式计算：

$$V_{\text{空}} = \frac{V_0 - V}{V_0} \times 100\% \text{ 或 } V_{\text{空}} = \left(1 - \frac{V}{V_0} \right) \times 100\%$$

式中 $V_{\text{空}}$ ——材料的孔隙率（%）；

V_0 ——材料自然状态下的体积（厘米³）；

V ——材料在绝对密实状态下的体积（厘米³）。

因为： 比重 $\gamma = \frac{G}{V}$ ； 容重 $\gamma_0 = \frac{G}{V_0}$

得： $V = \frac{G}{\gamma}$ $V_0 = \frac{G}{\gamma_0}$

所以： $V_{\text{空}} = \left(1 - \frac{G/\gamma}{G/\gamma_0} \right) \times 100\% = \left(1 - \frac{\gamma_0}{\gamma} \right) \times 100\%$

$$\text{砖的孔隙率 } V_{\text{空}} = \left(1 - \frac{1.6}{2.5} \right) \times 100\% = 36\%$$

砂、石等松散材料颗粒之间有空隙，其空隙率也可以用上式计算。空隙率是指材料颗粒之间的空隙百分率。

孔隙率对材料的性能影响很大，同一类材料，其强度、吸水性、耐冻性、传热性等的大小主要决定于材料本身的孔隙率。

要求高强度或不透水性的结构，需要致密的材料。而用作保温隔热的材料，应具有相当的孔隙率（细小及封闭之气孔）。孔隙率愈大，容重愈轻，隔热保温性能也愈好。

4. 吸水性 吸水性为材料在水中能吸收水分的性质。吸水性以吸水率表示。可用下式计算：

$$B_{\text{重}} = \frac{G_{\text{湿}} - G_{\text{干}}}{G_{\text{干}}} \times 100\%$$

式中 $B_{\text{重}}$ ——材料的重量吸水率(%)；

$G_{\text{湿}}$ ——材料吸水饱和后的重量(克)；

$G_{\text{干}}$ ——材料干燥状态的重量(克)。

轻质材料如泡沫混凝土、泡沫塑料、海绵、软木等，它的重量吸水率往往超过 100%，即湿重为干重的两倍以上。所以在这种状况下最好用体积吸水率表示，即：

$$B_{\text{体}} = \frac{G_{\text{湿}} - G_{\text{干}}}{V_{\text{干}}} \times 100\%$$

式中 $B_{\text{体}}$ ——材料的体积吸水率(%)；

$V_{\text{干}}$ ——干燥材料自然状态下的体积(厘米³)。

材料之所以能吸水，是由于材料内部有孔隙存在，所以愈是密实的材料，它的吸水率愈小，绝对密实的材料如玻璃、钢铁等，实际是不吸水的。

5. 吸湿性 材料在潮湿空气中吸收空气中水分的性质称为吸湿性。吸湿性以含水率(或称湿度)表示。

材料所含水重与材料烘干至恒重时的重量之比称为材料的含水率(湿度)，以百分率表示。

$$W = \frac{G_{\text{湿}} - G_{\text{干}}}{G_{\text{干}}} \times 100\%$$

式中 W ——材料的含水率(%)；

$G_{\text{湿}}$ ——材料含水时的重量(克)；

$G_{\text{干}}$ ——材料烘干至恒重时的重量(克)。

6. 耐水性 材料在水中或吸水饱和后，强度不降低或不显著降低的性质称为耐水性。耐水性用软化系数表示：

$$K = \frac{R_{\text{湿}}}{R_{\text{干}}}$$

式中 K ——材料的软化系数；

$R_{\text{湿}}$ ——材料在含水饱和状态下的抗压强度(公斤/厘米²)；

$R_{\text{干}}$ ——材料在干燥状态下的抗压强度(公斤/厘米²)。

材料的软化系数变动范围在0~1之间，对于应用在水中或潮湿地方的材料，软化系数应在0.8以上。通常软化系数大于0.85的材料认为是耐水的。

7. 透水性 材料在水压作用下水能透过的性质称为透水性。

透水性材料与材料内孔隙的多少、大小及特征(封闭或贯通)有关，绝对密实的材料及具有封闭微孔的材料，实际上是不透水的。

对于水工建筑、给排水建筑、地下结构等所用的材料，要求有较高的不透水性。

8. 抗冻性 材料在吸水饱和状态下能经受多次反复冻结与融化的性能，称为抗冻性。

水在结冰时体积约增大10%。如材料孔隙内充满水分，水结冰时体积膨胀，对孔壁产生很大的压力。经过反复冻结与融化，材料表面将产生脱屑剥落和裂纹，强度也逐渐降低。如经过规定次数的反复冻融循环后，材料重量损失不大于5%，强度降低不超过25%时，通常可以认为是抗冻材料。

冬季设计温度低于零下15℃的地区，其重要工程所用的覆面材料，必须进行抗冻性试验。由于建筑物的等级、材料所处的环境及气候条件的不同，规定冻结融化的循环次数为10、15、25、50、100次。冻结温度不应高于-15℃，因为水在微小的毛细孔中，只能在低于-15℃下才能冻结。

9. 导热性 导热性为热量由材料的一面传至另一面的性质。材料的导热性用导热系数表示。

导热系数是在规定的传热条件下，当温度差为 1°C 时，在 1 小时内通过厚度为 1 米、面积为 1 平方米材料的热量的千卡数，单位是千卡/米·小时·度。用作建筑工程中保温隔热的材料，导热系数愈小愈好。

孔隙率愈大的材料其导热系数愈小。封闭的、微小的孔隙，比连通的、粗大的孔隙导热系数为小。材料受潮或受冻后，导热系数会大大提高，因为材料孔隙中水分的导热性较空气为高。

第二节 材料的机械性质

1. 强度 材料在外力作用下，其内部会产生一种大小相等方向相反的抵抗力，这种抵抗力称为内力。材料每单位面积所产生的内力叫做应力。材料抵抗外力破坏的能力，称为强度。

强度的大小用材料破坏时的应力表示，此时的应力，称为强度极限。

材料在建筑物上所承受的外力，主要有拉、压、弯、剪等(图 1-1)。材料抵抗这些外力破坏的能力，分别为抗拉、抗压、抗弯和抗剪强度。

材料抗拉、抗压、抗剪强度，可用下式计算：

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

式中 σ ——抗拉、抗压、抗剪强度极限(公斤/厘米²)；
 P ——材料受拉、压、剪破坏时的荷载(公斤)；
 A ——材料的受力面积(厘米²)。

当外力为作用于构件中心的集中荷载时，矩形截面材料

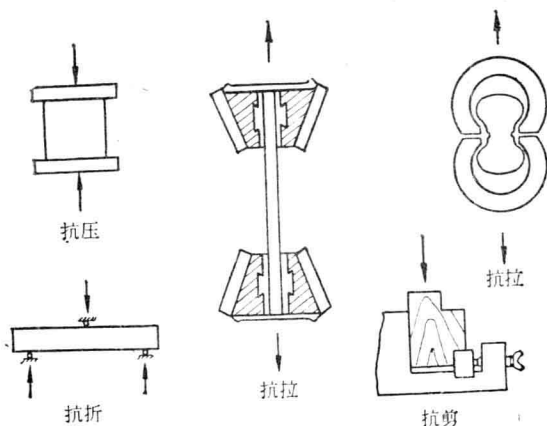


图 1-1 材料承受各种外力示意图

的抗弯强度极限（也称抗折强度极限）为：

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

式中 σ ——抗弯强度极限（公斤/厘米²）；

P ——受弯时破坏荷载（公斤）；

L ——两支点间距（厘米）；

b ——截面宽度（厘米）；

h ——截面高度（厘米）。

2. 弹性与塑性 材料在外力作用下产生变形，当外力除去后，仍能恢复原来的形状，这种性质称为弹性。反之当外力除去后，不能恢复原来的形状，仍保持变形后的状态的性质，称为塑性。

3. 冲击韧性与脆性 材料在冲击或震动荷载的作用下，产生很大的变形也不致于破坏的性能，称为冲击韧性。材料受冲击荷载或震动的作用后，无明显变形即遭破坏的性能，称为脆性。生铁、玻璃以及许多天然石材和人造石材都是脆

性材料。

现将几种常用材料的物理性能列于表1-1中。

几种常用材料的物理性能

表 1-1

材 料 名 称	比 重	容 重 (公斤/米 ³)	抗压强度 (公斤/厘米 ²)	导热系数 (千卡/ 米·度·时)
花 岗 岩	3	2600~2800	1000~2200	2.5
砂 岩	2.7	2100~2400		
普通混凝土		2000~2500	100~500	1.1~1.33
泡沫混凝土		300~900	4~15	0.1~0.25
炉渣混凝土		1000~1400		0.45~0.6
砌筑砂浆		2000~2200	50~200	
水 泥	3.1	1000~1300	300~600	
生 石 灰		800~1000		
石 灰 膏		1300~1500		
粘 土	2.7	1600~1800		
砂、 石	2.6~2.7	1400~1600		
松 木		500~600	300~450	0.15~0.30
柞 木		700~800		
沥 青	1.0~1.20			
普通粘土砖	2.5	1400~1800	50~200	0.7
粘土空心砖	2.5	900~1400	75~200	0.4
木 丝 板		400~600		0.04~0.1
矿 渣 棉		250~400		0.04~0.07
膨胀蛭石		150~300		0.07~0.09
膨胀珍珠岩		40~300		0.02~0.05
硅 藻 土		300~500		0.05~0.07
石 棉 粉		500~700		0.04~0.06
陶 粒		600~700		
陶粒混凝土		1500~1700	100~300	0.4~0.5
空 气				0.2
水				0.5
钢 材	7.85	7850		50