

中国土木工程手册

李伯宁 主编

上海科学技术出版社

前 言

我于1946年开始编写、出版《实用工程手册》以来,迄今已近四十年了。1953年曾增订、出版手册的第二版,并改名为《新中国土木工程手册》。两版印数达十万册以上。随着新中国建设事业的发展,我曾于1964年完成了手册的修改和补充,作为第三版交付出版社整理出版,以后因“文化大革命”而流产。直到今天,为了赶上技术发展的步伐,我重新主编了这一版(实际上仍为第三版)手册。本手册的宗旨仍为“实用为主,略涉理论”。

本手册较原手册在内容上作了较大的充实,在篇幅上有较大的增加。材料主要取自国内工程实践经验和总结资料、专题文献资料及有关规范、规程和规定,基本上反映了我国工程界的现有技术水平,同时也采纳少量的国外资料,供国内从事建设实践的工程技术人员参考之用。

为了集思广益并加快编写进度,邀请了若干位有工程实践经验的同志共同参与编写,具体分工如下:

李伯宁:第二章、第三章、第四章、第九章、第十二章、第十四章、第十五章;

李伯宁、李平:第一章;

倪继森:第十章、第十一章;

倪继森、徐棣华、朱松源、陈乐珊:第十一章;

蒋协炳:第五章、第六章、第七章;

翁大厚:第八章。

国家标准总局已发布了关于“量和单位”的国家标准,国务院又于1984年发布了《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》,但由于建筑行业目前沿用的仍是老标准,新的标准、规范配套尚有时日。为了避免与大多数读者的习惯脱节,同时应广大读者的急需,所以本版仍按习俗,待条件成熟后再作修订。

对于在编写过程中给予我们支持和帮助的读者、单位和有关同志以及上海科学技术出版社工科编辑室的通力协作,表示感谢!特别是对土木界前辈给予一贯的支持表示感谢,并承赵祖康先生为本手册题写书名,表示衷心的感谢!

李伯宁

1985. 2. 20

中国土木工程手册

李伯宁 主编

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路 450 号)

发行所上海发行所发行 商务印书馆上海印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 83 插页 4 字数 2008,000

1989 年 6 月第 1 版 1989 年 6 月第 1 次印刷

印数 1—15,700

ISBN7-5323-1008-5/TU·43 定价: 33.00 元

内 容 简 介

本手册是在《新中国土木工程手册》的基础上充实修订而成,内容包括建筑材料、设计计算、工程施工、建筑构造、建筑机械等方面的实用资料共十五章。

本手册适用于土木工程设计及施工人员日常参考,亦可供土木建筑工程人员培训及自学之用。

总 目 录

- 第 1 章 建筑材料
- 第 2 章 土方工程
- 第 3 章 爆破工程
- 第 4 章 地基和基础
- 第 5 章 建筑力学和荷载计算
- 第 6 章 砖石结构工程
- 第 7 章 钢筋混凝土结构工程
- 第 8 章 钢结构和木结构工程
- 第 9 章 抗震工程
- 第 10 章 建筑构造
- 第 11 章 防腐蚀工程
- 第 12 章 防水工程
- 第 13 章 建筑设备工程
- 第 14 章 建筑机械
- 第 15 章 道路工程

第1章 建筑材料

1-1 材料的基本性质	1.3	1-8-2 耐酸陶瓷	1.89
1-1-1 材料的物理性质	1.3	1-8-3 卫生陶瓷	1.90
1-1-2 材料的力学性质	1.4	1-9 玻璃	1.91
1-1-3 材料与水有关的性质	1.5	1-9-1 窗用平板玻璃	1.91
1-1-4 材料在受热或温度变化时的性质	1.7	1-9-2 夹丝玻璃	1.94
1-1-5 材料在特殊外力作用下的性质	1.10	1-9-3 磨砂玻璃	1.94
1-1-6 溶液的浓度、酸碱度及粘度	1.13	1-9-4 电热玻璃	1.95
1-1-7 材料的运输、储存和保管参考资料	1.17	1-9-5 特殊玻璃	1.96
1-1-8 建筑材料和构件重量	1.20	1-9-6 玻璃砖瓦	1.96
1-2 水泥	1.22	1-10 木材及木材制品	1.97
1-2-1 硅酸盐水泥与普通硅酸盐水泥	1.23	1-10-1 木材	1.97
1-2-2 矿渣水泥、火山灰水泥与粉煤灰水泥	1.24	1-10-2 人造板材	1.112
1-2-3 几种水泥的适用范围	1.25	1-11 焊接材料	1.117
1-2-4 特种水泥	1.26	1-11-1 焊条的分类	1.117
1-3 建筑砂浆	1.29	1-11-2 结构钢焊条	1.118
1-3-1 砌筑砂浆	1.29	1-11-3 焊丝	1.123
1-3-2 抹面砂浆	1.33	1-11-4 焊剂	1.125
1-3-3 配制砂浆的代用材料	1.35	1-11-5 金属焊接参考资料	1.127
1-3-4 特种砂浆	1.37	1-11-6 聚氯乙烯焊条	1.130
1-4 混凝土	1.38	1-12 管材	1.131
1-4-1 各种混凝土施工配合比参考表	1.38	1-12-1 管子的分类及其主要用途	1.131
1-4-2 混凝土外加剂和掺外加剂混凝土	1.51	1-12-2 钢管	1.132
1-4-3 混凝土的强度	1.57	1-12-3 铸铁管	1.136
1-5 无机胶凝材料	1.57	1-12-4 橡胶管	1.140
1-5-1 石膏及其制品	1.57	1-12-5 混凝土管及钢筋混凝土管	1.142
1-5-2 石灰	1.60	1-12-6 石棉水泥管	1.146
1-5-3 镁质胶凝材料	1.63	1-12-7 普通陶管	1.148
1-5-4 水玻璃	1.65	1-12-8 塑料管	1.148
1-6 石材	1.66	1-12-9 建筑玻璃管	1.149
1-6-1 石材的分类	1.66	1-13 建筑塑料	1.150
1-6-2 主要石材的性质	1.68	1-13-1 几种常用塑料	1.150
1-6-3 石材的种类及用途	1.70	1-13-2 粘结剂	1.153
1-6-4 石材标号的确定	1.73	1-14 化学加固材料	1.159
1-7 砖、瓦、砌块	1.73	1-14-1 土体化学加固的应用范围	1.159
1-7-1 砖	1.73	1-14-2 化学加固的种类	1.159
1-7-2 瓦	1.80	1-14-3 化学浆液的性能	1.159
1-7-3 砌块	1.84	1-14-4 水玻璃类——水玻璃水泥浆液	1.160
1-8 陶瓷制品	1.88	1-14-5 亚硫酸纸浆废液类	1.166
1-8-1 墙、地砖	1.89	1-14-6 丙烯酰胺浆液	1.168

1-14-7	氰凝浆液.....	1.169	1-16-1	门锁、执手	1.199
1-14-8	碱液加固.....	1.172	1-16-2	合页(铰链).....	1.204
1-14-9	化学加固参考资料.....	1.177	1-16-3	插销.....	1.208
1-15	建筑钢材	1.181	1-16-4	钉.....	1.209
1-15-1	普通碳素钢.....	1.181	1-16-5	窗纱.....	1.218
1-15-2	低合金结构钢.....	1.184	1-16-6	刺铁丝.....	1.219
1-15-3	型钢.....	1.185	1-16-7	钢板网.....	1.220
1-15-4	钢筋.....	1.193	1-16-8	绳索.....	1.221
1-15-5	钢板(附其他金属板).....	1.194	1-17	新型石膏板和岩棉制品	1.224
1-15-6	钢轨.....	1.196	1-17-1	纸面石膏板和轻钢龙骨.....	1.224
1-15-7	钢板桩.....	1.197	1-17-2	岩棉制品.....	1.226
1-16	建筑五金	1.199			

建筑材料在建筑物中,要承受各种不同的外部作用,要想正确地选择和使用建筑材料,首先必须懂得它的各种性质。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,还应具备防水、保温、隔热、吸声的性质。例如:承重材料要承受外力的作用;防水材料经常受水的影响;地坪材料经常受磨损及冲击的作用;耐火材料要受到不同程度的高温作用等等。对某些工业建筑,还要求具有耐化学腐蚀等性能。此外,建筑物长期暴露在大气中,经常受到风吹、日晒、雨淋、冰冻而引起温度、湿度变化及冻融循环等作用。总之,工程材料所受的外界作用是复杂的,而且它们之间的影响又是互相关连的。为了保证建筑物能经久耐用,我们应掌握工程材料的性质并合理地予以选用。

1-1 材料的基本性质

1-1-1 材料的物理性质

1-1-1-1 材料的比重及容重

1. 比重 比重是材料在绝对密实状态下单位体积的重量,按下式计算:

$$\gamma = \frac{G}{V} \quad (1-1)$$

式中: γ ——材料的比重(g/cm³或kg/m³);

G ——干燥材料的重量(g或kg);

V ——材料在绝对密实状态下的体积(cm³或m³)。

比重的单位常以g/cm³表示,有时也可以认为比重是材料重量与同体积水的重量之比,因此,可以不标单位。

2. 容重 容重是材料在自然状态下,单位体积的重量,按下式计算:

$$\gamma_0 = \frac{G}{V_0} \quad (1-2)$$

式中: γ_0 ——材料的容重(g/cm³或kg/m³);

G ——材料的重量(g或kg);

V_0 ——材料在自然状态下的体积(cm³或m³)。

材料的容重与其含水率有很大的关系,故应用时必须明确材料是在何种含水率或在何种干燥状态下的容重。

大多数材料都有一定的孔隙,所以,其容重小于比重。但有些密实材料,如钢和水等,其自然状态下的体积,等于或接近于绝对密实状态下的体积,故其容重也等于或接近于其比重。

常用材料的比重、容重值见表1-1。

1-1-1-2 材料的密实度和孔隙率

1. 密实度 密实度是指材料体积内被固体物质所充实的程度,按下式计算:

表 1-1 常用材料的比重及容重

材 料 名 称	比 重 γ (g/cm ³)	容 重 γ_0 (kg/m ³)
石 灰 岩	2.60	1800~2600
碎石(石灰岩)	2.60	1400~1700*
普通粘土砖	2.70	1600~1800
普通硅酸盐水泥	3.10	1200~1300*
砂	2.60	1450~1650*
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

* 为松散材料。

$$d = \frac{V}{V_0}$$
 (1-3a)

或

$$d = \frac{\gamma_0}{\gamma}$$
 (1-3b)

2. 孔隙率 孔隙率是指材料体积内,孔隙体积所占的比率,按下式计算:

$$n = \frac{V_0 - V_1}{V_0} = 1 - \frac{V}{V_0} = 1 - d$$
 (1-4)

材料的孔隙率也是材料的重要性质, 根据材料孔隙的构造, 可分为连通的与封闭的两种: 连通孔隙与外界相通, 封闭孔隙与外界隔绝。根据孔隙大小, 可分为粗孔与微孔两类: 粗孔孔隙尺寸达 1~2mm 或更大, 微孔孔隙尺寸为百分之几或千分之几 mm。

材料的孔隙率与密实度, 是材料同一性质的两个不同表达方式, 所以, 应用时不必同时并提, 通常仅采用孔隙率, 即可说明材料的疏松程度或紧密程度。

1-1-2 材料的力学性质

1-1-2-1 材料的强度

材料在外力(荷载)作用下抵抗破坏的能力叫做强度。当材料承受外部作用时, 其内部产生的内力叫做应力。强度的大小用破坏的应力表示, 此时的应力, 叫做极限强度。

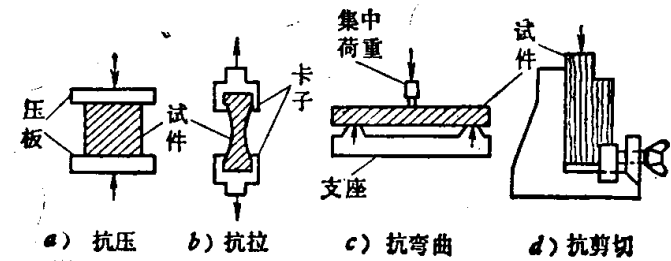


图 1-1 材料强度试验示意图

根据荷载作用方式的不同, 材料强度有抗压强度、抗拉强度、抗弯强度及抗剪强度之分, 见图 1-1。

材料的抗压、抗拉、抗剪强度用下式计算:

$$\sigma_i = \frac{P_{max}}{F}$$
 (1-5)

式中: σ_i ——抗压、抗拉、抗剪的极限强度(kg/cm²);

$P_{\max}$ ——上述破坏时的最大荷载(kg);

F ——材料的受力面积(cm^2)。

材料的抗弯强度(也叫静曲强度)用下式计算:

$$\sigma_j = \frac{M_{\max}}{W} \quad (1-6)$$

式中: σ_j ——抗弯的极限强度(kg/cm^2);

$M_{\max}$ ——材料破坏时的最大弯矩(kg/cm^2);

W ——材料的断面系数(cm^3)。

当外力为集中载荷,而材料截面为矩形时,则抗弯强度极限可用下式表示:

$$\sigma_w = \frac{3P_{\max}L}{2bh^2} \quad (1-7)$$

式中: σ_w ——抗弯极限强度(kg/cm^2);

$P_{\max}$ ——弯曲破坏时最大荷载(kg);

L ——两支点距离(cm);

b, h ——试件横截面的宽和高(cm)。

不同种类的材料,具有不同抵抗外力的特点。相同的材料,视其孔隙率及构造特征的不同,强度也有较大的差异。一般说来,容重越小,孔隙率越大,其强度越低。

1-1-2-2 弹性和塑性

材料在外力作用下产生变形,当外力除去后,仍能完全恢复原来形状的性质叫做弹性。反之,当外力除去后,不能恢复原状,而仍保持变形后的形状和尺寸,并且不产生裂缝的性质叫做塑性。这种不能恢复的变形叫做塑性变形或永久变形。

实际上,纯粹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。钢材和混凝土等材料都属于这种类型。

1-1-2-3 脆性和韧性

材料在冲击荷重或震动的作用下,能承受很大变形也不致于破坏的性能叫做冲击韧性。对于用作地面、路面、桥梁、吊车梁以及有抗震要求的结构的材料,都要考虑到材料的韧性。

材料受冲击荷重或震动的作用后,无明显变形即遭破坏的性能,叫做脆性。脆性材料如石材、混凝土等的抗压强度比抗拉强度往往要高很多倍。

1-1-3 材料与水有关的性质

1-1-3-1 吸水性

吸水性为材料在水中能吸收水分,并且当自水中取出后能存留水分的性质。吸水性以吸水率表示,吸水率分为重量吸水率与体积吸水率两种。

重量吸水率

$$W_{\text{重}} = \frac{G_{\text{湿}} - G_{\text{干}}}{G_{\text{干}}} \times 100\% \quad (1-8)$$

体积吸水率

$$W_{\text{体}} = \frac{G_{\text{湿}} - G_{\text{干}}}{V_0} \times 100\% \quad (1-9)$$

式中: $W_{\text{重}}$ ——材料的重量吸水率(%);

$W_{\text{体}}$ ——材料的体积吸水率(%)；

$G_{\text{湿}}$ ——材料吸水饱和后的重量(g)；

$G_{\text{干}}$ ——材料烘干至恒重时的重量(g)；

V_0 ——干燥材料自然状态下的体积(cm^3)。

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。材料的吸水性主要取决于材料孔隙率大小及孔隙特征。一般说来，孔隙率越大，吸水性也越强。但封闭孔隙，水分不易渗入；粗大孔隙，水分又不易存留。具有很多开口而微小孔隙的材料，其吸水率往往较大。

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%。

1-1-3-2 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分，并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叫做吸湿性。吸湿性大小用含水率(也叫湿度)表示：

$$W_{\text{含}} = \frac{G_{\text{含}} - G_{\text{干}}}{G_{\text{干}}} \times 100\% \quad (1-10)$$

式中： $W_{\text{含}}$ ——材料的含水率(%)；

$G_{\text{含}}$ ——材料含水时的重量(g)；

$G_{\text{干}}$ ——材料烘干至恒重时的重量(g)。

材料吸湿性的大小，决定于材料本身的组织构造和化学成分。一定组织构造和化学成分的材料，其含水率决定于周围空气的相对温度和湿度。相对湿度越高，温度越低时，其含水率也就越大。木材的吸湿性特别明显，它能大量吸收水气而增加重量，并因此而降低强度和改变尺寸。

1-1-3-3 抗渗性

材料抵抗压力水渗透的性质叫做抗渗性(或叫不透水性)。地下建筑及水工建筑物，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。材料抵抗其他有压液体渗透的性质，也属于抗渗性，如贮油罐则要求材料具有良好的不渗油性。

1-1-3-4 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叫做耐水性。耐水性用材料的软化系数 $K_{\text{软}}$ 表示：

$$K_{\text{软}} = \frac{R_{\text{湿}}}{R_{\text{干}}} \quad (1-11)$$

式中： $K_{\text{软}}$ ——材料的软化系数；

$R_{\text{湿}}$ ——材料在饱和状态下的抗压极限强度(kg/cm^2)；

$R_{\text{干}}$ ——材料在干燥状态下的抗压极限强度(kg/cm^2)。

一般材料，随着含水量的增加，强度均有所降低，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。

软化系数的范围在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。在潮湿环境中的重要结构的材料，其软化系数不能低于0.85。荷载较小及受潮湿较小的结

构,可选用软化系数不低于0.75的材料;次要结构且在较干环境中可用软化系数低至0.1~0.15的材料。通常软化系数大于0.80的材料,可以认为是耐水的。

1-1-3-5 饱和系数

吸水量大是材料的一种不良性质,因为饱和水使材料的主要性质变坏。因此在评定材料的吸水性能时,不仅须根据其吸水率 $W_{\text{体}}$ 而且还须考虑其饱和系数。饱和系数可按式计算:

$$K_{\text{饱}} = \frac{W_{\text{体}}}{P} \quad (1-12)$$

式中: $K_{\text{饱}}$ ——材料的饱和系数;

$W_{\text{体}}$ ——材料按体积计算的吸水率;

P ——材料的孔隙率。

1-1-3-6 毛细管作用

材料经由毛细管自下而上地吸升水分,此种现象叫做毛细管作用。孔隙甚小且互相连通(开口孔隙)的材料就具有此种性质,例如普通粘土砖所具有的毛细管作用,能将水分吸到2m的高度。此时粘土砖几乎完全充水,所以在建造房屋时,须将砖墙用防水层与基础严密地分隔开。

几种主要材料在水作用下的性质,列于表1-2。

表 1-2 几种主要建筑材料在水作用下的性质参考表

材料名称	空隙率 (%)	重量吸水率 (%)	体积吸水率 (%)	饱和系数 $K_{\text{饱}}$	软化系数 $K_{\text{软}}$	风干状态下所 含湿度(%)
钢	0	0	0	0	1.00	0
混凝土	10	2.45	6	0.60	0.80	2.0
粘土砖	32	11.1	20	0.63	0.70	6.0
木材	65	132.0	59	0.90	0.25	15.0
矿质棉板	88	60.0	21	0.21	0.60	0.2

1-1-4 材料在受热或温度变化时的性质

1-1-4-1 导热性

材料本身具有传导热量的性质,叫做导热性。导热性的大小,用导热系数表示。

设材料的厚度为 a , 面积为 F , 两侧温度分别为 t_1 及 t_2 , 假设 $t_2 > t_1$, 在 Z 小时内, 通过面积 F 的总热量为 Q , 由试验证明:

$$Q = \lambda \frac{F(t_2 - t_1)Z}{a} \quad (1-13)$$

上式中 λ 为导热系数。将上式移项可得出:

$$\lambda = \frac{Qa}{F(t_2 - t_1)Z} \quad (1-14)$$

式中: Q ——传导热量(kcal);

λ ——导热系数[kcal/(m·h·°C)];

a ——材料厚度(m);

$(t_2 - t_1)$ ——材料两侧温度差(°C);

F ——材料传热面积(m^2);

Z ——传热时间(h)。

如取 $a=1\text{m}$, $F=1\text{m}^2$, $Z=1\text{h}$, $(t_2-t_1)=1^\circ\text{C}$, 则 $\lambda=Q$ 。

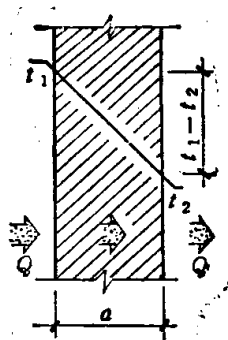


图 1-2 材料的
导热示意

由此得知,材料的导热系数越大时,在一定时间内、一定温差条件下,通过一定面积和厚度的材料的热量也就越多。

材料的导热性,决定于材料的成分、构造、孔隙率、含水量及发生热传导时的平均温度等因素。一般来说,材料的孔隙率越大,由于孔隙内的空气的导热系数很小 [$\lambda=0.02\text{kcal}/(\text{m}\cdot\text{h}\cdot^\circ\text{C})$], 它的导热系数也越小。但是,如果是粗大或贯通的孔隙,则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,其导热系数将受到很大影响。这是由于水的导热系数 [$\lambda=0.500\text{kcal}/(\text{m}\cdot\text{h}\cdot^\circ\text{C})$]、冰的导热系数 [$\lambda=2.000\text{kcal}/(\text{m}\cdot\text{h}\cdot^\circ\text{C})$]

都数倍于空气的导热系数。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,以保证其保温效果。

1-1-4-2 比热及热容量

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

$$Q=CG(t_2-t_1) \quad (1-15a)$$

或

$$C=\frac{Q}{G(t_2-t_1)} \quad (1-15b)$$

式中: Q ——材料吸收或放出的热量(kcal);

C ——材料的比热[kcal/(kg·°C)];

G ——材料的重量(kg);

(t_2-t_1) ——材料受热或冷却前后的温度差(°C)。

比热 C 与材料重量 G 的乘积,即为材料的热容量值。热容量大小用热容量系数 O (也叫比热)表示。

热容量系数的物理意义为:1kg 材料升高或降低 1°C 所吸收或放出的热量。

材料的热容量,对保持室内温度稳定有重要意义,热容量系数大的材料,能在热流变动或采暖设备不均匀时,缓和室内的温度变动。另外,材料的热容量,对冬季施工也有很大的影响。

各种材料的导热系数、容重和比热列如表 1-3。

1-1-4-3 抗冻性

材料的抗冻性是指材料在吸水饱和状态下,能经受多次冻结与融化的循环作用而不破坏,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引起的。水在结冰时它的体积约增大 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,约可达到 1000 个大气压力,而使孔壁开裂。

材料在经受若干次循环冻融后,重量损失不超过 5%,强度降低不超过 25% 时,一般可

表 1-3 各种材料的导热系数、容重和比热参考表

材 料 种 类	导热系数 λ [kcal/(m·h·°C)]	容 重 γ (kg/m³)	比 热 C [kcal/(kg·°C)]
1. 混凝土及砖、石砌体:			
(1) 碎石或卵石的新混凝土	1.5	2400	0.25
(2) 普通干燥的混凝土	1.1	2200	0.20
(3) 用砂浆新砌的红砖砌体*	0.8~1.0	1800	0.22
(4) 用砂浆砌的干燥的红砖砌体	0.7	1800	0.21
(5) 中等密度的天然石料(石灰岩)	1.25	2200	0.22
(6) 坚硬的天然石料(花岗岩)	2.5	2700	0.22
(7) 中等密度的大块石砌体	1.1	2000	0.22
2. 填充材料:			
(1) 自然湿度的砂子	0.75	1500~1600	0.20
(2) 炉渣	0.16~0.25	700~1000	0.18
(3) 水渣	0.13	500	0.18
3. 水、雪、冰:			
(1) 水	0.5	1000	1.00
(2) 冰	2.0	900	0.505
(3) 遭融化而稍压实的雪	0.2	300	0.5
(4) 遭融化而被压实的雪	0.4	400	0.5
(5) 遭融化且稍压实而再初融的雪	0.4	400	0.5
4. 石灰抹灰层:			
(1) 室外表面的	0.75	1600	—
(2) 室内表面的	0.60	1600	—
(3) 灰板条上的	0.45	1400	—
5. 有机物质:			
(1) 木材	0.15	600	0.65
(2) 胶合板	0.15	600	0.65
(3) 木屑	0.08	250	0.60
(4) 苇笆	0.06~0.09	200~360	0.36
(5) 油毡	0.04	300	0.45
(6) 油纸	0.2	500	0.36
(7) 麦秸秆、稻草	0.04	120	0.36
(8) 麦秸板	0.08	320	0.36
6. 无机物质:			
(1) 石棉粉	0.19	800	0.20
(2) 石棉板	0.2	900	0.15
(3) 玻璃	0.65	2500	—
7. 钢:			
钢梁、钢板及其他钢材	50	7500	0.115

* 砖砌体的湿度小于 10%。

认为是抗冻的。
材料抗冻性的好坏，通过试验来确定，通常以能经受 -15℃ 以下温度冻融循环的次数为抗冻性指标。

1-1-4-4 材料的耐燃性

材料抵抗火焰作用的性能称为耐燃性。材料根据耐燃程度可分为三类：
(1) 不燃烧材料：混凝土、砖、钢等属于此类材料。但须注意，若干不燃烧材料在火灾时

会严重地变形;例如,大理石受火燃烧时会爆裂,钢在温度 600℃ 时就开始严重地变形,因此钢铁结构常须要用别的材料保护。

(2) 难燃烧材料: 这类材料在火烧或高温下并不吐出火焰,而是阴燃或烧焦,但在火源消除后即熄灭;例如沥青混凝土、刨花板等即是此种材料。

(3) 易燃烧材料: 这类材料会喷出火焰助长燃烧。

1-1-4-5 材料的耐熔性

材料能长期经受高温作用,而不发生熔化、不严重降低其强度的性质称为耐熔性。材料根据耐熔程度可分为三类:

(1) 耐熔材料: 能经受 1580℃ 以上的高温,如各种耐火砖。

(2) 难熔材料: 能经受 1350~1580℃ 的高温,如难熔粘土砖。

(3) 易熔材料: 熔化温度低于 1350℃,如普通粘土砖。

1-1-4-6 材料的热变形

当温度变化时材料的尺寸发生变化称为热变形。热变形的大小用膨胀系数来计算。

各种材料当温度升高 1℃ 时的线膨胀系数 α 值如下表。表列系数适用温度范围为 0~100℃,当查得 α 值,可用下式求得在 0~100℃ 范围内任意温度 t° 的材料长度 l_t :

$$l_t = l_0(1 + \alpha t^\circ) \tag{1-16}$$

式中: l_0 ——在 0℃ 时的材料长度;

t° ——任意温度 (℃)。

表 1-4 各种材料的线膨胀系数 α 值参考表

材 料 种 类		线 膨 胀 系 数 α	材 料 种 类		线 膨 胀 系 数 α
木	材	0.000003~0.000009	赤	铜	0.000017
瓷	器		铜	锌 合 金	0.000018
石	石		青	铜	0.000018
玻	璃		黄	铜	0.000019
白	金		依	凡 钢	0.000020
	硫	0.000009		银	0.000020
混	凝	0.000010		锡	0.000023
	钢	0.000012		铝	0.000024
	镍	0.000013	石	青	0.000025
水	泥	0.000014		铅	0.000029
	金	0.000014		锌	0.000030
铜	铜 镍 合 金	0.000015	橡	胶	0.000080

1-1-5 材料在特殊外力作用下的性质

1-1-5-1 硬度

材料抵抗其他较硬物体压入的能力称为硬度。材料的硬度在一定程度上可以表明材料的耐磨性和加工难易的程度。

1. 矿物的硬度 均质石材的硬度可按表 1-5 摩氏硬度计测定。该硬度计是选择十种硬度不同的矿物,分别定为 1-10 度组成。用这种确定了矿物就可以刻划测定未知硬度的石材。由于硬度计的各种矿物携带很不方便,野外工作时,也可以利用该表中所列的代用品。

1-1 材料的基本性质

表 1-5 摩氏硬度计

硬 度 等 级	矿 物	野 外 简 易 鉴 别 方 法
1	滑石及白垩石	易为指甲所刻划
2	石盐、石膏	能为指甲所刻划
3	硬石膏或方解石	容易为小刀所刻划
4	萤石	在不大的压力下,能为小刀刻划
5	磷灰石	在大的压力下,能为小刀刻划,不能刻划玻璃
6	正长石	不为小刀所刻划,稍微能擦伤玻璃
7	石英	用小刀不能刻划
8	黄玉	能割开玻璃,难于刻划石英
9	钢玉	能刻划石英
10	金钢石	能刻划石英

表 1-6 各种硬度的名称、符号说明表

项 目	符 号	单 位	说 明
布氏硬度	HB	kg/cm²	表示金属、塑料、橡胶等材料硬度的一种标准,由瑞典人布林南尔首先提出。测定方法如下: 以一定重量(一般为 3000 kg)把一定大小(直径一般为 10 cm)的淬硬的钢球压入试验材料的表面,然后以试样表面上凹坑的表面积来除荷重,其商即为试样的布氏硬度值 布氏硬度测定较准确可靠,但除塑料、橡胶外一般只适用 HB=8~450 范围内的金属材料,对于较硬的钢或较薄的板材不适用
洛氏硬度 标尺 A 标尺 B 标尺 C	 HRA HRB HRC		表示金属等材料硬度的一种标准。由美国冶金学家洛克威尔首先提出。测定方法如下: 以一定重量把淬硬的钢球或顶角为 120° 圆锥形金刚石压入器压入试样表面,然后以材料表面上凹坑的深度,来计算硬度的大小 采用 60 kg 荷重和金刚石压入器求得的硬度,用 HRA 表示 采用 100 kg 荷重和直径 1.59 mm 淬硬的钢球求得的硬度,用 HRB 表示 采用 150 kg 荷重和金刚石压入器求得的硬度,用 HRC 表示 洛氏硬度测定适用于极软到极硬的金属材料,但对组织不均匀的材质,硬度值不如布氏硬度准确
维氏硬度	HV	kg/cm²	表示金属等材料硬度的一种标准。由英国科学家维克斯首先提出。测定方法如下: 应用压入法将压力施加在四棱形的锥尖上,使它压入所试材料的表面而产生凹痕。用测得的凹痕面积上的压力表示硬度。这种标准多用于金属等材料硬度的测定
肖氏硬度	HS		表示橡胶、塑料、金属等材料硬度的一种标准。由英国人肖尔首先提出。测定的方法如下: 应用弹性回跳法将撞销从一定高度落到所试材料的表面上而发生回跳,用测得的回跳高度来表示。撞销是一只尖端的小锥,尖端上常镶有金刚钻

表 1-7 各种硬度值对照表

布氏硬度	洛氏硬度			维氏硬度	肖氏硬度	布氏硬度	洛氏硬度			维氏硬度	肖氏硬度
	HRA	HRB	HRC				HRA	HRB	HRC		
—	85.6		68.0	940	97	375	70.6		40.4	396	54
—	85.3		67.5	920	96	363	70.0		39.1	383	52
—	85.0		67.0	900	95	352	69.3		37.9	372	51
767	84.7		66.4	880	93	341	68.7		36.6	360	50
757	84.4		65.9	860	92	331	68.1		35.5	350	48
745	84.1		65.3	840	91	321	67.5		34.3	339	47
733	83.8		64.7	820	90	311	66.9		33.1	328	46
722	83.4		64.0	800	88	302	66.3		32.1	319	45
710	83.0		63.3	780	87	293	65.7		30.9	309	43
698	82.6		62.5	760	86	285	65.3		29.9	301	—
684	82.2		61.8	740	—	277	64.6		28.8	292	41
682	82.2		61.7	737	84	269	64.1		27.6	284	40
670	81.8		61.0	720	83	262	63.6		26.6	276	39
656	81.3		60.1	700	—	255	63.0		25.4	269	38
653	81.2		60.0	697	81	248	62.5		24.2	261	37
647	81.1		59.7	690	—	241	61.8	100	22.8	253	36
633	80.8		59.2	680	80	235	61.4	99	21.7	247	35
630	80.6		58.8	670	—	229	60.8	98.2	20.5	241	34
627	80.5		58.7	667	—	223		97.3		234	—
620	80.3		58.3	660	79	217		96.4		228	33
601	79.8		57.3	640	77	212		95.5		222	—
578	79.1		56.0	615	75	207		94.6		218	32
—	78.8		55.6	607	—	201		93.8		212	31
555	78.4		54.7	591	73	197		92.8		207	30
—	78.0		54.0	579	—	192		91.9		202	29
534	77.8		53.5	569	71	187		90.7		196	—
—	77.1		52.5	553	—	183		90		192	28
514	76.9		52.1	547	70	179		89		188	27
—	76.7		51.6	539	—	174		87.8		182	—
—	76.4		51.1	530	—	170		86.8		178	26
495	76.3		51.0	528	68	167		86		175	—
—	75.9		50.3	516	—	163		85		171	25
477	75.6		49.6	508	66	156		82.9		163	—
—	75.1		48.8	495	—	149		80.8		156	23
461	74.9		48.5	491	65	143		78.8		150	22
—	74.3		47.2	474	—	137		76.4		143	21
444	74.2		47.1	472	63	131		74		137	—
429	73.4		45.7	455	61	126		72		132	20
415	72.8		44.5	440	59	121		69.8		127	19
401	72.0		43.1	425	58	116		67.6		122	18
388	71.4		41.8	410	56	111		65.7		117	15