



世纪高等教育土木工程系列规划教材

土木工程材料 学习指导

任仲罕 编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



21 世纪高等教育土木工程系列规划教材

土木工程材料学习指导

赵俊梅 任仲罕 编



机械工业出版社

前 言

土木工程材料是土木工程的物质基础。土木工程材料课程是土木工程类专业，如土木工程、工程管理、交通工程、建筑学、工程监理、工程造价、建筑环境与设备工程、城市规划、市政工程等专业的必修专业基础课。土木工程材料涉及面广，包括无机非金属材料、金属材料 and 有机高分子材料等，品种繁多，性能各异，实践性强；同时又由于学时数的限制，课堂授课教师只能对专业内容进行讲解，学生学习时对讲解内容较难全面掌握。鉴于此，编者根据多年的教学体会，编写了本书，旨在帮助学生掌握要领、加强训练，更好地培养学生分析和解决工程问题的能力。

本书除绪论外共分 14 章，包括土木工程材料的基本性质、无机气硬性胶凝材料、水泥、混凝土、砂浆、墙体材料和屋面材料、沥青材料、沥青混合料、木材、合成高分子材料、建筑钢材、防水材料、建筑装饰材料、绝热材料和吸声隔声材料。每章由学习要点、典型例题及分析、练习题、练习题参考答案及提示四部分组成。学习要点是对本章知识点的总结；典型例题及分析是让读者知道如何解题；练习题包括填空、单项选择、多项选择、判断、问答和计算六种题型；其后为练习题参考答案及提示。

本书练习题、题解按章列出，题型丰富，与其他同类书籍比较，具有复习方便、掌握知识点较快的特点，可作为土木工程材料课程的教学辅导书，便于读者全面了解、掌握土木工程材料。

在本书编写过程中，习题内容部分源于国内有关教材，在此向原编著者致谢！

由于编者水平所限，加之编写时间仓促，不妥与疏漏之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

目 录

前言

绪论	1
0.1 学习要点	1
0.2 典型例题及分析	2
0.3 练习题	2
0.4 练习题参考答案及提示	3
第1章 土木工程材料的基本性质	4
1.1 学习要点	4
1.2 典型例题及分析	8
1.3 练习题	10
1.4 练习题参考答案及提示	23
第2章 无机气硬性胶凝材料	32
2.1 学习要点	32
2.2 典型例题及分析	34
2.3 练习题	37
2.4 练习题参考答案及提示	43
第3章 水泥	45
3.1 学习要点	45
3.2 典型例题及分析	52
3.3 练习题	58
3.4 练习题参考答案及提示	75
第4章 混凝土	82
4.1 学习要点	82
4.2 典型例题及分析	94
4.3 练习题	106
4.4 练习题参考答案及提示	133
第5章 砂浆	150
5.1 学习要点	150
5.2 典型例题及分析	154

5.3 练习题	156
5.4 练习题参考答案及提示	161
第6章 墙体材料和屋面材料	164
6.1 学习要点	164
6.2 典型例题及分析	172
6.3 练习题	176
6.4 练习题参考答案及提示	183
第7章 沥青材料	194
7.1 学习要点	194
7.2 典型例题及分析	197
7.3 练习题	198
7.4 练习题参考答案及提示	204
第8章 沥青混合料	207
8.1 学习要点	207
8.2 典型例题及分析	213
8.3 练习题	214
8.4 练习题参考答案及提示	225
第9章 木材	234
9.1 学习要点	234
9.2 典型例题及分析	237
9.3 练习题	240
9.4 练习题参考答案及提示	246
第10章 合成高分子材料	249
10.1 学习要点	249
10.2 典型例题及分析	254
10.3 练习题	258
10.4 练习题参考答案及提示	264
第11章 建筑钢材	267
11.1 学习要点	267
11.2 典型例题及分析	272
11.3 练习题	275
11.4 练习题参考答案及提示	285
第12章 防水材料	288
12.1 学习要点	288
12.2 典型例题及分析	292

12.3 练习题	294
12.4 练习题参考答案及提示	297
第13章 建筑装饰材料	299
13.1 学习要点	299
13.2 典型例题及分析	307
13.3 练习题	310
13.4 练习题参考答案及提示	325
第14章 绝热材料和吸声隔声材料	331
14.1 学习要点	331
14.2 典型例题及分析	333
14.3 练习题	335
14.4 练习题参考答案及提示	339
参考文献	342

绪 论

0.1 学习要点

土木工程材料是指土木工程中使用的各种材料及制品。土木工程材料是一切土木工程的物质基础，土木工程材料费用一般要占土木工程总造价的 60% 左右，有的高达 70%。土木工程对材料一般有如下要求：①具备足够的强度，能安全地承受设计荷载；②材料自身的质量以轻为宜，以减小下部结构和地基的荷载；③具有与使用环境相适应的耐久性，以减少维修费用；④具有一定的装饰性；⑤具有相应的功能性，如隔热、防水、隔声等。

1. 土木工程材料的分类

根据材料来源，可分为天然材料和人造材料；根据功能，可分为结构材料、装饰材料、防水材料、绝热材料等。目前，通常根据组成物质和种类及化学成分，将土木工程材料分为无机材料、有机材料和复合材料三大类。

2. 土木工程材料的发展趋势

1) 研制高性能材料。例如研制轻质、高强度、高耐久性、优异装饰性和多功能的材料，充分利用和发挥各种材料的特性，采用复合技术，制造出具有特殊功能的复合材料。

2) 充分利用地方材料，尽量少用天然资源，大量利用尾矿、废渣、垃圾等废弃物作为生产土木工程材料的资源，保护自然资源和维护生态环境的平衡。

3) 节约能源。采用低能耗、无环境污染的生产技术，优先开发、生产低能耗的材料以及能降低建筑物使用能耗的节能型材料。

4) 材料生产中不得使用有损人体健康的添加剂和颜料，如甲醛、铅、铬、镉及其化合物等，同时开发对人体健康有益的材料，如抗菌、灭菌、除臭、除霉、防火、调温、消磁、防辐射、抗静电等。

5) 产品可再生循环利用，无污染废弃物以防止二次污染。

3. 土木工程材料的标准化

我国标准分为国家标准(GB)、行业标准(JC、JG、JT YB)、地方标准(DB)、企业标准(QB)，分别由国家标准局、部总局、地方主管部门、企业发布。其他标准有国际标准(ISO)、美国材料试验协会标准(ASTM)、日本工业标准(JIS)、德国工业标准(DIN)、英国标准(BS)、法国标准(NF)等。

0.2 典型例题及分析

【例 0-1】 简述土木工程建设中控制材料质量的方法和过程。

【答】 土木工程建设中对材料进行质量控制的方法主要有：①通过对材料有关质量文件的书面检验，初步确定其来源及基本质量状况；②对工程拟采用的材料进行抽样验证试验，根据检验所得的技术指标来判断其实际质量状况，只有相关指标达到相应技术标准规定的要求时，才允许其在工程中使用；③在使用过程中，通过监测材料的使用功能、成品或半成品的技术性能，从而评定其在工程中的实际技术性能表现；④在使用过程中，材料技术性能出现异常时，应根据有关知识判定其原因，并采取措施避免其对工程质量的不良影响。

【例 0-2】 土木工程材料的发展与土木工程进步的关系怎样？

【答】 土木工程材料在建设工程中有着举足轻重的地位。首先，土木工程材料是建设工程的物质基础。土建工程中，土木工程材料的费用占土建工程总投资的 60% 左右，因此，土木工程材料的价格直接影响到建设投资。第二，土木工程材料与建筑结构以及施工之间存在着相互促进、相互依存的密切关系。一种新型土木工程材料的出现，必将促进建筑形式的创新，同时结构设计和施工技术也将相应改进和提高。同样，新的建筑形式和结构设计，也呼唤着新的土木工程材料，并促进土木工程材料的发展。第三，建（构）筑物的功能和使用寿命在很大程度上取决于土木工程材料的性能。如装饰材料的装饰效果、钢材的锈蚀、混凝土的劣化、防水材料的老化问题等，无一不是材料问题，也正是这些材料特性构成了建（构）筑物的整体性能。因此，从强度设计理论向耐久性设计理论转变，关键在于材料耐久性的提高。第四，建设工程的质量，在很大程度上取决于材料的质量控制。如钢筋混凝土结构的质量主要取决于混凝土强度、密实性和是否产生裂缝。在材料的选择、生产、储运、使用和检验评定过程中，任何环节的失误，都可能导致土木工程的质量事故。最后，建（构）筑物的可靠度评价，在很大程度上依存于材料的可靠度评价。材料信息参数是构成构件和结构性能的基础，在一定程度上“材料—构件—结构”组成了宏观上的“本构关系”。因此，作为一名土木工程技术人员，无论是从事设计、施工或管理工作，均必须掌握土木工程材料的基本性能，并做到合理选材、正确使用和维护保养。

0.3 练习题

0.3.1 填空题

1. 作为土木工程材料，必须具有 _____；_____、_____ 和 _____。

____四大特点。

2. 土木工程材料的技术标准根据技术标准的发布单位与适用范围, 可分为____、____、____和____四级。

0.3.2 单项选择题

1. 材料按其化学组成可以分为 ()。
A. 无机材料、有机材料
B. 金属材料、非金属材料
C. 植物材料、高分子材料、沥青材料、金属材料
D. 无机材料、有机材料、复合材料
2. 某栋普通楼房建筑造价 1000 万元, 据估计建筑材料费用大约为 ()。
A. 250 万元 B. 350 万元 C. 450 万元 D. 500 ~ 600 万元

0.3.3 判断题

1. 随着我国加入 WTO, 国际标准 ISO 也已经成为我国的一级技术标准。 ()
2. 企业标准只能适用于本企业。 ()

0.4 练习题参考答案及提示

0.4.1 填空题

1. 适用 耐久 量大 价廉
2. 国家标准 行业标准 地方标准 企业标准

0.4.2 单项选择题

1. D 2. D

0.4.3 判断题

1. × 2. ✓

第 1 章

土木工程材料的基本性质

1.1 学习要点

1.1.1 材料的基本物理性质

1. 材料的密度、表观密度和堆积密度

(1) 密度 材料在绝对密实状态下单位体积的质量, $\rho = m/V$ 。式中, ρ 为材料的密度; m 为材料在干燥状态下的质量; V 为干燥材料在绝对密实状态下的体积。

(2) 表观密度 材料在自然状态下单位体积的质量, $\rho_0 = m/V_0$ 。式中, ρ_0 为材料的表观密度; m 为材料的质量; V_0 为材料在自然状态下的体积, 即包括材料密实体积和内部孔隙的外观几何形状的体积。

(3) 堆积密度 材料在自然堆积状态下单位体积的质量, $\rho'_0 = m/V'_0$ 。式中, ρ'_0 为散粒材料的堆积密度; m 为散粒材料的质量; V'_0 为散粒材料的自然堆积体积。

2. 材料的孔隙率和密实度

(1) 材料的孔隙率 材料的孔隙率是指材料内部孔隙体积(V_p)占材料总体积(V_0)的百分率。因为 $V_p = V_0 - V$, 所以孔隙率 $P = (V_0 - V)/V_0 \times 100\% = (1 - \rho_0/\rho) \times 100\%$ 。

(2) 密实度 与孔隙率相对应的是材料的密实度, 即材料内部固体物质的实体积占材料总体积的百分率。密实度 $D = V/V_0 \times 100\% = \rho_0/\rho \times 100 = 1 - P$ 。

3. 材料的空隙率与填充率

(1) 空隙率 空隙率是指散粒材料颗粒间的空隙体积(V_s)占堆积体积的百分率, 因为 $V_s = V'_0 - V_0$, 所以空隙率 $P' = (V'_0 - V_0)/V'_0 \times 100\% = (1 - \rho'_0/\rho_0) \times 100\%$ 。

(2) 填充率 与空隙率相对应的是填充率, 即颗粒的自然状态体积占堆积体积的百分率, $D' = V_0/V'_0 \times 100\% = \rho'_0/\rho_0 \times 100\% = 1 - P'$ 。

4. 材料的亲水性与憎水性

当固体材料与水接触时,由于水分与材料表面之间的相互作用不同,会产生如图1-1a、b所示的两种情况。图中在材料、水和空气的三相交叉点处沿水滴表面作切线,此切线与材料和水接触面的夹角 θ ,称为润湿边角。一般认为,当 $\theta \leq 90^\circ$ 时,材料能被水润湿而表现出亲水性,这种材料称为亲水性材料;当 $\theta > 90^\circ$ 时,这种材料称为憎水性材料。

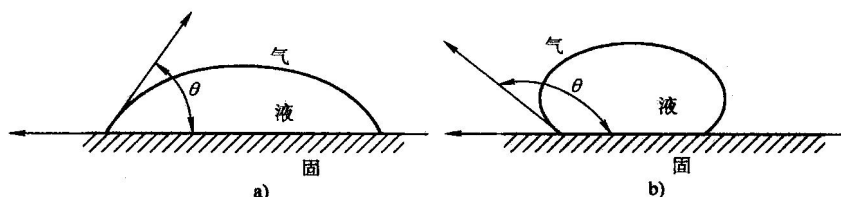


图 1-1 材料润湿示意图

a) 亲水性材料 b) 憎水性材料

5. 材料的吸湿性和吸水性

(1) 吸湿性 亲水材料在潮湿空气中吸收水分的性质,称为吸湿性。材料的吸湿性用含水率表示, $w_h = (m_h - m)/m \times 100\%$,式中, w_h 为材料含水率(%); m_h 为材料在吸湿状态下的质量; m 为材料在干燥状态下的质量。

(2) 吸水性 材料在水中吸收水分的性质称为吸水性。吸水性的大小用吸水率表示,有以下两种表示方法:

1) 质量吸水率 w_m ,指材料吸水饱和时吸入水分的质量占干燥材料的质量百分率,即 $w_m = \frac{m_1 - m}{m} \times 100\%$, m_1 为材料吸水饱和后的质量, m 为材料烘干后的质量。

2) 体积吸水率,是指材料吸水饱和时,所吸水分体积占材料干燥状态时体积的百分率, $w_v = (m_1 - m)/V_0 \times \frac{1}{\rho_w} \times 100\%$,式中, ρ_w 为水在常温下的密度($\rho_w = 1\text{g/cm}^3$); m_1 为材料吸水饱和时的质量; m 为材料干燥状态时的质量。 V_0 为干燥材料在自然状态下的体积。

质量吸水率和体积吸水率两者存在以下关系 $w_v = w_m \rho_0 / \rho_w$,式中, ρ_0 为材料干燥状态时的表观密度(简称干表观密度)(g/cm^3)。

6. 材料的耐水性

材料的耐水性是指材料长期在水作用下不破坏、强度也不明显下降的性质。耐水性用软化系数表示, $K_R = f_b/f_g$,式中, K_R 为材料的软化系数; f_b 为材料在饱和和吸水状态下的抗压强度(MPa); f_g 为材料在干燥状态下的抗压强度(MPa)。

材料的 K_R 在0~1之间,工程中将 $K_R > 0.85$ 的材料,称为耐水材料。长期

处于水中或潮湿环境中的重要结构,所用材料必须保证 $K_R > 0.85$, 用于受潮较轻或次要结构的材料,其值也不宜小于 0.75。

7. 材料的抗渗性

材料的抗渗性是指材料抵抗压力水渗透的性质。材料的抗渗性常用渗透系数或抗渗等级表示。抗渗等级以规定的试件在标准试验条件下所能承受的最大水压力 (MPa) 来确定。

材料的渗透系数越小或抗渗等级越高,表明材料的抗渗性越好。

8. 材料的抗冻性

材料的抗冻性是指材料在含水状态下能经受多次冻融循环作用而不破坏、强度不显著降低且质量也不显著减小的性质。

材料的抗冻性常用抗冻等级表示。抗冻等级是以规定的吸水饱和试件,在标准试验条件下,经一定次数的冻融循环后,强度降低不超过规定数值,也无明显损坏和剥落,则此冻融循环次数即为抗冻等级。材料受冻融破坏的原因,是材料孔隙内所含水结冰时体积膨胀 (约增大 9%),对孔壁造成的压力使孔壁破裂所致。

9. 材料的耐久性

材料在长期使用过程中,能抵抗各种自然因素及有害介质的作用,保持其原有性能不变和不被破坏的性质称为耐久性。耐久性包括抗渗性、抗冻性、耐腐蚀性、抗老化性、耐热性、耐磨性等。

1.1.2 材料的基本力学性质

1. 强度、强度等级、比强度

(1) 材料的强度 材料的强度是指材料在外力作用下不破坏时能承受的最大应力。强度分为抗压强度 (图 1-2a); 抗拉强度 (图 1-2b); 抗弯强度 (图 1-2c); 抗剪强度 (图 1-2d)。

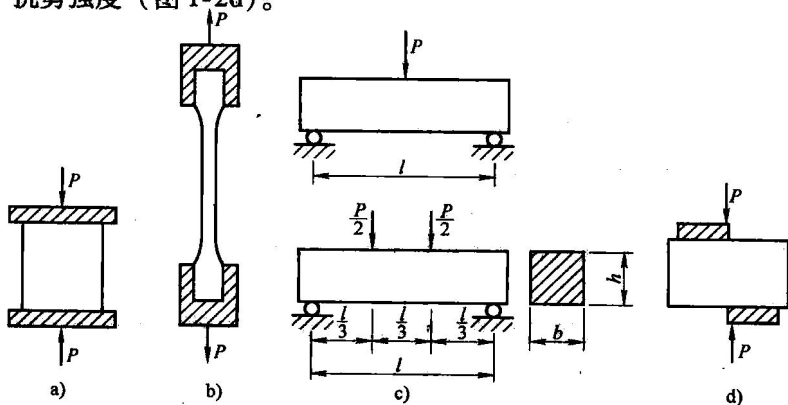


图 1-2 材料的受力状态

a) 抗压强度 b) 抗拉强度 c) 抗弯强度 d) 抗剪强度

材料的抗拉、抗压、抗剪强度，可用下式计算

$$f = \frac{P_{\max}}{A}$$

式中， f 为抗拉（或抗压或抗剪）强度； $P_{\max}$ 为材料破坏时的最大荷载； A 为受力面积。

抗弯（折）强度的计算：中间作用一集中荷载（图 1-2c 上图），其抗弯强度用下式计算

$$f_M = \frac{3Pl}{2bh^2}$$

式中， f_M 为抗弯（折）强度； P 为试件破坏时的最大荷载； l 为两支点之间距离； b 、 h 分别为试件截面的宽度和高度。

另一种是在试件两支点间的三分点处作用两个相等的集中荷载（图 1-2c 下图），计算公式如下

$$f_M = \frac{Pl}{bh^2}$$

(2) 材料的强度等级 土木工程材料常根据其强度划分为若干不同的等级。

(3) 材料的比强度 材料的比强度是指材料单位体积质量的强度，其值等于材料强度与其表观密度之比。

2. 材料的弹性与塑性

(1) 弹性 材料在外力作用下产生变形，当外力去除后，能完全恢复原来形状的性质，称为弹性。这种可恢复的变形称弹性变形。

(2) 塑性 材料在外力作用下产生变形，若去除外力后，材料仍能保持变形后的形状和尺寸，且不产生裂缝的性质，称为塑性，此种不可恢复的变形称为塑性变形。土木工程中有不少材料称为弹塑性材料，它们在受力时，弹性变形和塑性变形会同时发生，外力去除后，弹性变形恢复，塑性变形保留。

(3) 脆性和韧性 材料在外力作用下，无明显塑性变形而突然破坏的性质，称为脆性。具有这种性质的材料称为脆性材料。材料在冲击或振动荷载作用下，能吸收较大的能量，产生较大的变形而不破坏的性质，称为韧性或冲击韧度。它可用材料受荷载达到破坏时所吸收的能量来表示， $a_K = A_K/A$ ，式中， a_K 为材料的冲击韧度； A_K 为试件破坏时所消耗的功，即冲击吸收功； A 为试件受力净截面积。

3. 硬度和耐磨性

硬度是指材料表面抵抗较硬物刻画或压入的能力，常用刻画法和压入法测定。耐磨性是指材料表面抵抗磨损的能力，用磨损率 N 表示， $N = (m_1 - m_2)/A$ 。式中， m_1 为磨前质量； m_2 为磨后质量； A 为试样受磨面积。

1.2 典型例题及分析

【例 1-1】 写出密度、表观密度、堆积密度的定义，并说明其不同点。

【答】 密度是指材料在绝对密实状态下单位体积的质量；表观密度是指材料在自然状态下单位体积的质量；堆积密度是指粉状或粒状材料在堆积状态下单位体积的质量。三者的区别在于材料体积内部包含孔隙、空隙程度不同。密度中的体积为绝对密实体积；表观密度中的体积为密实体积和孔隙体积之和；堆积密度中的体积为颗粒内部的孔隙体积及颗粒之间空隙体积之和。

【例 1-2】 影响材料抗渗性的主要因素有哪些？材料的抗渗性如何表示？

【答】 主要与材料的孔隙率和孔隙特征有关，材料的孔隙率越大，特别是开口孔隙率越大，则抗渗性越差，大孔隙率使抗渗性变差，亲水性材料的抗渗性较憎水性材料差。常用渗透系数和抗渗等级表示。

【例 1-3】 材料的构造对材料的哪些性能有影响？如何影响？

【答】 材料的构造对材料的体积密度、强度、吸水率、抗渗性、抗冻性、导热性等性质会产生影响。

1) 材料的孔隙率越大，材料的体积密度越小。

2) 材料的孔隙率越大，材料的强度越低，材料的强度与孔隙率之间存在类似的直线关系。

3) 密实的材料及具有闭口孔的材料是不吸水的，具有粗大孔的材料因其水分不易存留，其吸水率常小于孔隙率；而那些孔隙率较大，且具有细小开口连通孔的亲水性材料具有较大的吸水能力。

4) 密实的或具有闭口孔的材料是不会发生透水现象的。具有较大孔隙率，且为较大孔径，开口连通的亲水性材料往往抗渗性较差。

5) 密实的材料以及具有闭口孔的材料具有较好的抗冻性。

6) 孔隙率越大，热导率越小，导热性能越差，保温隔热性能越好。在孔隙率相同的条件下，具有较大孔径或连通孔的材料，热导率偏大，导热性较好，保温隔热性能较差。

【例 1-4】 什么是材料的强度？影响材料强度试验结果的因素有哪些？

【答】 材料的强度是指材料在外力作用下不破坏时能承受的最大应力。影响材料强度试验结果的因素主要是材料本身的结构特点，但试验条件等外界因素对材料强度试验结果也有很大影响，如环境温度、湿度、试件的含水率、形状、尺寸、表面状况及加荷时的速度等。

【例 1-5】 生产材料时，在组成一定的情况下，可采取什么措施来提高材料的强度和耐久性？

【答】主要有以下两个措施:

1) 降低材料内部的孔隙率,特别是开口孔隙率。降低材料内部裂纹的数量和长度。

2) 使材料的内部结构均质化。

【例 1-6】密实度和孔隙率有什么关系?孔隙率和空隙率有何区别?

【答】孔隙率是指材料内部孔隙体积占材料总体积的百分率。与孔隙率相对应的是材料的密实度,即材料内部固体物质的实体积占材料总体积的百分率。因此孔隙率和密实度是相互消长的,孔隙率加密实度为 1。空隙率是散粒材料颗粒间的空隙体积占堆积体积的百分率。

【例 1-7】已知卵石的表观密度为 2.6g/cm^3 ,把它装入一个 2m^3 的车厢内,装平时共用 3500kg ,求该卵石的空隙率。若用堆积密度为 1500kg/m^3 的砂子填充上述车内卵石的全部空隙,共需砂子多少千克?

$$\text{【解】 } P' = \left(1 - \frac{\rho'_0}{\rho_0}\right) \times 100\% = \left(1 - \frac{3500}{2 \times 2600}\right) \times 100\% = 32.7\%$$

卵石的空隙率为 32.7% 。 $m = 32.7\% \times 1500 \times 2\text{kg} = 981.0\text{kg}$,故共需砂子 981.0kg 。

【例 1-8】某种岩石的密度为 2.75g/cm^3 ,孔隙率为 1.5% ,将该岩石破碎为碎石,测得堆积密度为 1560kg/m^3 ,求该岩石的表观密度、碎石的空隙率。

$$\begin{aligned} \text{【解】 孔隙率 } P &= \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) \times 100\%, \text{ 岩石的表观密度 } \rho_0 = \rho(1 - P) = 2.75 \times \\ (1 - 1.5\%) &= 2.71\text{g/cm}^3, \text{ 碎石的空隙率 } P' = \left(1 - \frac{\rho'_0}{\rho_0}\right) \times 100\% = \left(1 - \frac{1.560}{2.71}\right) \times \\ 100\% &\approx 42.4\% \end{aligned}$$

【例 1-9】已知某种砖的尺寸为 $240\text{mm} \times 115\text{mm} \times 53\text{mm}$,孔隙率为 12% ,干燥质量为 2487g ,浸水饱和后的质量为 2984kg ,求该种砖的密度、表观密度、吸水率。

$$\begin{aligned} \text{【解】 } V_0 &= (24 \times 11.5 \times 5.3)\text{cm}^3 = 1462.8\text{cm}^3, \text{ 所以表观密度 } \rho_0 = m/V_0 = \\ 2487/1462.8 &= 1.7\text{g/cm}^3, \text{ 砖密度 } \rho = \rho_0/(1 - P) = 1.7\text{g/cm}^3/(1 - 12\%) = \\ 1.938\text{g/cm}^3, \text{ 吸水率 } w &= (m_1 - m)/m = (2984 - 2487)/2487 = 20\% \end{aligned}$$

【例 1-10】某材料的质量吸水率为 10% ,密度为 3.0g/cm^3 ,吸水饱和时的体积密度为 1650kg/m^3 。求该材料的体积吸水率、孔隙率、开口孔隙率,并估计该材料的抗冻性如何。

$$\begin{aligned} \text{【解】 设 } V_0 &= 1\text{m}^3, \text{ 则吸水饱和后材料的质量 } m' = V_0 \rho_{0\text{sat}} = 1 \times 1650 = \\ 1650\text{kg}, \text{ 因材料的绝干质量 } m &= m' - m \times w_m, \text{ 所以 } m = m'/(1 + w_m) = 1650/(1 + \\ 0.10) &= 1500\text{kg/m}^3, \text{ 材料所吸水的质量为 } m' - m = (1650 - 1500)\text{kg} = 150\text{kg}, \text{ 该} \end{aligned}$$

材料的体积吸水率 $w_V = (V_{\text{stc}}/V_0) \times 100\% = 15\%$ ，绝干体积密度 $\rho_0 = m/V_0 = 1500/1.0 = 1500 \text{ kg/m}^3$ ，孔隙率 $P = (1 - \rho_0/\rho) \times 100\% = (1 - 1.5/3.0) \times 100\% = 50\%$ ，开口孔隙率 $P_K = (V_K/V_0) \times 100\% = (0.15/1.0) \times 100\% = 15\%$ ，水饱和度是指材料孔隙中水所占的体积分数，即 $K_B = w_V/P = 0.15/0.50 = 0.30$

因水饱和度 K_B 小于 0.80，因而该材料的抗冻性良好。

【例 1-11】某石子试样的绝干质量为 260g。将其放入水中，其吸水饱和和排出水的体积为 100 cm^3 。取出该石子试样并擦干表面后，再次将其投入水中，此时排出水的体积为 130 cm^3 。求该石子的体积密度、体积吸水率、质量吸水率、开口孔隙率。

【解】1) 绝干体积密度为 $\rho_0 = m/V_0 = 260/130 = 2.00 \text{ g/cm}^3 = 2000 \text{ kg/m}^3$

试样饱和时所吸水的体积 $V_{\text{sw}} = V_K = V_0 - V' = 130 - 100 = 30 \text{ cm}^3$

2) 体积吸水率 $w_V = (V_{\text{sw}}/V_0) \times 100\% = (30/130) \times 100\% = 23.1\%$

3) 质量吸水率 $w_m = (m_{\text{sw}}/m) \times 100\% = (30/260) \times 100\% = 11.5\%$

4) 开口孔隙率 $P_K = \frac{V_K}{V_0} = 23.1\%$

1.3 练习题

1.3.1 填空题

1. 材料的密度是指材料在_____状态下单位体积的质量；材料的表观密度的指材料在_____状态下单位体积的质量。
2. 材料的吸水性大小用_____表示；吸湿性大小用_____表示。
3. 材料的抗冻性以材料在吸水饱和状态下所能抵抗的_____来表示。
4. 孔隙率越大，材料的热导率越_____，其材料的绝热性能越_____。
5. 同一材料，加荷速度越快，测得的强度值_____。
6. 无机材料的组成为化学组成、相组成和_____组成。
7. 材料的孔隙率增加时，材料的密度_____。
8. 选择保温材料应选用_____小的材料。
9. 处于水中的重要结构的材料，其软化系数宜_____。
10. 孔隙率小且连通孔较少的材料，吸水性_____、强度_____、抗渗性_____、抗冻性_____、表观密度_____、导热性_____。
11. 堆积密度是指松散状的材料_____，主要用来计算_____和_____。
12. 生产混凝土构件时，若提高密实度，则材料强度_____，耐水性_____。

- _____, 热导率_____。
13. 某一材料孔隙率为 29.1%, 其密实度为_____%。
14. 抗冻材料 D_{50} 是表示该材料经过_____后, 其质量损失_____, 强度降低_____的合格材料。
15. 热容量是指_____的性质, 其大小用_____表示。
16. 脆性破坏是指材料在_____作用下_____的现象, _____、_____等都属于脆性材料。
17. 若提高材料的抗冻性, 应增加_____孔隙, 减少_____孔隙。
18. 当材料的孔隙率一定时, 孔隙尺寸越小, 材料的强度越_____, 保温性能越_____, 耐久越_____。
19. 选用墙体材料时, 应选择热导率较_____, 热容量较_____的材料, 才能使室内尽可能冬暖夏凉。
20. 材料的孔隙率较大, 将会对材料的_____, _____、_____, _____及_____等性能产生不良影响。
21. 材料的孔隙率较大时 (假定均为闭口孔), 则材料的体积密度_____, 强度_____, 吸水率_____, 抗渗性_____, 抗冻性_____, 导热性_____, 吸声性_____。
22. 软化系数 K_R 大于_____的材料认为是耐水的。
23. 对材料结构的研究, 通常可分为_____, _____和_____三个层次。
24. 评价材料是否轻质高强的指标为_____, 它等于_____, 其值越大, 表明材料_____。
25. 普通粘土砖多为开口孔, 若增大其孔隙率, 则会使砖的体积密度_____, 吸水率_____, 抗冻性_____, 耐水_____, 强度_____。
26. 无机非金属材料一般均属于脆性材料, 最适宜承受_____力。
27. 材料的耐水性用_____表示, 其值越大则材料的耐水性越_____。
28. 质量为 100kg, 含水率为 4% 的中砂, 其干燥后干砂的质量为_____kg。
29. 一般来说, 材料含水时比其干燥时的强度_____。
30. 材料的吸水性主要取决于_____及_____。_____较大, 且具有_____而又_____孔隙的材料其吸水率往往较大。
31. 一般将热导率 λ _____的材料称为绝热材料。
32. 材料的比热容与质量的乘积称为材料的_____。材料具有较大的_____对室内温度稳定有良好的作用。
33. 材料在高温下会发生_____和_____两种性质的变化而影响材料的