

21世纪

高等学校

本科系列教材

土木工程材料实验与题解

Tumu Gongcheng Cailiao Shiyān yu Tíjiě

■ 主 编 马铭彬 ■ 副主编 钟泽权

重庆大学出版社

土木工程材料实验与题解

主 编 马铭彬

副主编 钟泽权

重庆大学出版社

内 容 提 要

本书是根据土木类专业“土木工程材料教学大纲”编写,是与《土木工程材料》教材配套的辅助教材。全书共分三大部分:第一部分为土木工程材料实验须知,对实验时应遵守的事项、实验记录及数据处理做出了规定;第二部分为土木工程材料实验指导及实验报告,实验项目为教材上所列项目,每个项目包括目的与要求、主要仪器设备、实验步骤、实验报告(实验报告以表格形式给出),力求全面反映实验过程及实验结果;第三部分为思考题与习题题解,对教材上的思考题予以解答并给出解题过程。

本书可作为高等院校本科土木类专业配合《土木工程材料》教材使用。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程材料实验与题解/马铭彬主编. —重庆:重庆大学出版社,2004.8

(土木工程专业本科系列教材)

ISBN 7-5624-3208-2

I. 土... II. 马... III. 土木工程—建筑材料—高等学校—教学参考资料 IV. TU5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 073237 号

土木工程材料实验与题解

主 编 马铭彬

副主编 钟泽权

责任编辑:曾显跃 版式设计:曾显跃

责任校对:何建云 责任印制:秦 梅

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鸽盛

社址:重庆市沙坪坝正街174号重庆大学(A区)内

邮编:400030

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(市场营销部)

全国新华书店经销

重庆联谊印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:6.5 字数:162千

2004年8月第1版 2004年8月第1次印刷

印数:1—5 000

ISBN 7-5624-3208-2/TU·147 定价:11.00元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有 翻印必究

前言

本书是与《土木工程材料》教材配套的辅助教材。全书共分三大部分:第一部分为土木工程材料实验须知;第二部分为土木工程材料实验指导;第三部分为思考题与习题题解。

实验须知部分较系统地介绍了学生实验守则、实验器具的领用以及实验记录与数据处理规则,有利于学生做好实验准备、实验操作、实验处理各环节的工作。

实验指导部分对教材中所列实验项目,从目的与要求、主要仪器设备、实验步骤、实验报告、实验习题各方面做了较全面的介绍,力求全面反映实验过程及实验结果。

思考题与习题题解部分对教材中的思考题予以解答并给出解题过程,有助于学生课外复习。

本书凡涉及土木工程材料的规范,全部采用国家颁布的最新规范。

本书由广西工学院马铭彬主编,西华大学钟泽权副主编。参加编写的有广西工学院马铭彬(第1部分、第2部分的实验4、实验5、第3部分的第5章)、西华大学钟泽权(第2部分的实验1、实验7、第3部分的第1章、第8章、第10章)、昆明理工大学徐清(第2部分的实验3、第3部分的第3章、第9章、第11章)、贵州工业大学唐虹(第2部分的实验2、实验6、实验8、第3部分的第4章、第6章、第7章)、广西工学院董健苗(第2部分的实验9、实验10、第3部分的第2章、第12章、第13章)。

本书在编写过程中,参考了国内多个版本的土木工程材料教材及参考书。由于水平有限,书中不当之处及疏漏在所难免,敬请各位读者批评指正。

编者

2004年6月

目 录

第 1 部分 土木工程材料实验须知

- 1.1 学生实验守则 1
- 1.2 实验器具领用须知 2
- 1.3 实验记录与数据处理规则 2

第 2 部分

土木工程材料实验指导及实验报告

实验 1 土木工程材料基本物理性质实验	4
1.1 密度实验	4
1.2 表观密度实验	5
1.3 吸水率实验	7
实验 2 水泥实验	9
2.1 水泥细度检验(负压筛法)	9
2.2 水泥标准稠度用水量测定(标准法)	10
2.3 水泥凝结时间测定	11
2.4 水泥安定性实验(雷氏法)	13
2.5 水泥胶砂强度实验	14
2.6 实验习题	16
实验 3 混凝土用砂、石骨料实验	17
3.1 砂的筛分析实验	17
3.2 砂的视密度实验(标准法)	19
3.3 砂的堆积密度实验	20
3.4 砂的含水率实验(标准法)	21
3.5 碎石或卵石的筛分析实验	22
3.6 碎石或卵石的视密度实验(简易方法)	23
3.7 碎石或卵石的堆积密度实验	24

3.8 碎石或卵石的含水率实验	25
实验4 混凝土实验	27
4.1 混凝土配合比设计及实验的程序与要求	27
4.2 混凝土配合比设计任务书	28
4.3 计算初步配合比	28
4.4 混凝土拌合物和易性的测定与调整(坍落度法)	29
4.5 混凝土拌合物表观密度的测定	30
4.6 计算基准配合比	32
4.7 混凝土立方体抗压强度实验	32
4.8 计算实验室配合比	35
4.9 计算施工配合比	36
4.10 实验习题	36
实验5 建筑砂浆实验	37
5.1 砂浆稠度实验	37
5.2 砂浆分层度实验	38
5.3 砂浆抗压强度实验	39
实验6 烧结普通砖实验	41
6.1 抗压强度实验	41
6.2 实验习题	43
实验7 钢筋实验	44
7.1 拉伸实验	44
7.2 弯曲实验	45
实验8 木材实验	47
8.1 木材含水率测定	47
8.2 木材顺纹抗拉强度实验	48
8.3 木材顺纹抗压强度实验	49
8.4 木材抗弯强度实验	51
8.5 木材顺纹抗剪强度实验	52
8.6 实验习题	53
实验9 沥青实验	54
9.1 针入度测定	54

9.2	延度测定	55
9.3	软化点测定	56
9.4	实验习题	57
实验 10	沥青混合料实验	58
10.1	沥青混合料物理指标测定	58
10.2	沥青混合料马歇尔稳定度实验	61
10.3	沥青混合料车辙实验	62
10.4	实验习题	63

第 3 部分 思考题与习题题解

第 1 章	土木工程材料的基本性质	64
第 2 章	天然石材	66
第 3 章	气硬性胶凝材料	68
第 4 章	水泥	70
第 5 章	混凝土	73
第 6 章	砂浆	80
第 7 章	墙体材料和屋面材料	82
第 8 章	金属材料	84
第 9 章	木材	86
第 10 章	有机高分子材料	88
第 11 章	沥青及防水材料	90
第 12 章	绝热材料和吸声材料	92
第 13 章	装饰材料	93

第 1 部分

土木工程材料实验须知

土木工程材料是一门实践性较强的课程,土木工程材料实验是本课程的重要教学环节,学习土木工程材料实验的目的在于:一是熟悉、验证和巩固所学的理论知识,增加感性认识;二是了解所使用的仪器设备,掌握所学土木工程材料的实验方法;三是进行科学研究的基本训练,培养分析问题和解决问题的能力。因此,做实验时,要求严格按照实验方法,一丝不苟,认真完成每个实验项目。

1.1 学生实验守则

- ①学生必须按照教学计划规定的时间到实验室上实验课,不得迟到、早退。
- ②进入实验室必须遵守实验室的一切规章制度及实验操作规程。必须保持安静,不准高声谈笑,不准吸烟,不准随地吐痰和乱扔纸屑杂物。
- ③不能动用与本实验无关的仪器设备和室内其他设施。
- ④学生实验前要做好预习,认真阅读实验指导书,明确实验目的,实验前应对实验材料的性质及技术要求有一定程度的了解,撰写预习报告,并接受指导教师的提问和检查。
- ⑤一切准备就绪后,须经指导教师同意后,方可动用仪器设备进行实验。
- ⑥在实验过程中,要尽可能地独立操作,细心观察,认真记录实验数据,密切注视实验中出现的各种现象,以此作为分析实验结果的依据。要以探索的精神,发挥自己的学识,提出独立见解,又要以科学的态度严肃认真地对待每一个实验项目,绝不允许任意涂改实验数据,故意地与预期结果相吻合。实验数据必须按有关规定进行处理,在此基础上对实验结果做出实事求是的结论。
- ⑦在实验过程中,要严格按照操作规程操作,注意人身、设备安全,听从指导教师安排。
- ⑧实验中出现事故要保持镇静,要及时采取措施(如切断电源、气源等),防止事故扩大,

并注意保护现场,及时向指导教师报告。

⑨实验结束后,要将使用的仪器设备交实验室工作人员检查,清扫现场,经指导教师同意后,方可离开实验室。

⑩凡损坏仪器设备、工具和器皿者,应主动说明原因,写出损坏情况报告,接受检查,由指导教师和实验室工作人员酌情处理并报上级主管部门。

⑪违反操作规程或擅自动用其他仪器设备造成损坏者,由事故人写出书面检查,视认识程度和情节轻重按制度赔偿部分或全部损失。

1.2 实验器具领用须知

①实验分小组进行,每组3~4人,设组长1人,负责组织协调工作,负责实验器具的领用,保证按质按量完成实验任务。

②每次实验前,学生应以实验小组为单位,由组长向实验室领用所需仪器设备及工具,或当场清点实验室预先准备好的仪器设备及工具,如有不符,立即报告实验室工作人员,给予补发或更换。

③各组领用的仪器设备及工具,不得擅自与其他小组调换或转借。

④做完实验后,必须将实验设备及工具清洗干净,放回原处,并由实验室工作人员对仪器设备及工具清点、检查同意后方可离开。

1.3 实验记录与数据处理规则

①实验时,一人为主操作者,其他人员协助。主操作者可轮换,同组人员应互相督促,对实验现象及数据共同判别辨认,互相提醒。

②实验数据传送应采用复诵法,即主操作者读诵数据后,记录者应复诵无误后予以记录,以防听错、记错。

③实验记录必须使用深蓝色或黑色钢笔,不得使用圆珠笔或铅笔填写。

④记录文字应正确、工整、清晰,不能潦草和模糊。

⑤实验记录内容应真实准确,不得随意更改,不准涂改、贴改、刮改、描改及删减等。如填写有错,只能杠改,即将作废的文字、数据用水平细实线划去,然后在杠改处旁边写上正确的内容。

⑥实验记录中所有栏目应填写完全,无该栏记录的空白栏应用斜线划去,因故无记录的空白栏目应在其内以括号注明原因。

⑦实验记录必须采用国家法定计量单位。

⑧与实验有关的异常现象、突发情况等应予以记录。

⑨同组人员应互相督促,做好实验记录的填写工作,严禁伪造数据,不准弄虚作假。

⑩数据运算按有效数字法则进行,对平行实验所得数据应采取平均值。

⑪为了保证实验结果的代表性、可靠性及精度,必须对实验数据的准确性、离散性及精度

做出判断,并做出合理的取舍。

⑫对实验中明显不合理的数据,需认真分析研究,找出原因,在有条件时应进行一定的补充实验,以便对可疑数据进行取舍或改正。

⑬认真核查数据的合理性,可参考类似工程项目或类似试样在相同条件下的实验,考虑条件指标之间的互相联系。

⑭实验数据的有效位数,应与技术要求和实验检测系统的准确度相适应。

第 2 部分

土木工程材料实验指导及实验报告

实验 1

土木工程材料基本物理性质实验

1.1 密度实验

(1) 目的与要求

密度、表观密度、孔隙率是材料的基本物理性质,其中的密度还是材料的物理常数,借助于它可确定材料的种类。实验以普通粘土砖或石材为例(石材立方体 $50\text{ mm} \times 50\text{ mm} \times 50\text{ mm}$ 或圆柱体直径 d 、高度 h 均为 50 mm)。

(2) 主要仪器设备

- ①李氏瓶 分度值 0.1 ml 。
- ②天平 称量 500 g ,感量 0.01 g 。

③筛子 孔径 0.2 mm 或 900 孔/cm²。

④烘箱、干燥器、温度计等。

(3) 实验步骤

①将试样磨细、过筛后放入烘箱内,以 105 ~ 110 °C 的温度烘至恒重,然后放入干燥器中,冷却至室温备用。

②在李氏瓶中,注入对试样不起化学反应的液体至突颈下部,记下刻度数。将李氏瓶放在盛水的容器中,实验过程中水温为 20 °C。

③用天平称取 60 ~ 90 g 试样。用小勺和漏斗将试样徐徐送入李氏瓶内(不能大量倾倒,那样会妨碍李氏瓶中的空气排出或使咽喉部位堵塞),至液面上升接近 20 ml 的刻度。称剩下的试样,计算送入李氏瓶中试样的质量 m 。

④将注入试样后的李氏瓶中液面的读数减去未注前的读数,得出试样的绝对体积 V 。

⑤按下式计算密度 ρ (精确至 0.01 g/cm³):

$$\rho = \frac{m}{V}$$

式中 ρ ——材料的密度, g/cm³;

m ——李氏瓶中试样的质量, g(即两次称量值之差);

V ——李氏瓶中试样的体积, cm³(即两次液面读数之差)。

密度实验报告

实验日期								
编号	试样 + 称皿总质量 m_0 /g	剩余试样 + 称皿总质量 m_1 /g	李氏瓶中液面读数		加入李氏瓶中试样质量 m /g	排开水的体积 V /cm ³	密度 ρ /(g · cm ⁻³)	密度平均值 $\bar{\rho}$ /(g · cm ⁻³)
			加入试样前 V_0 /cm ³	加入试样后 V_1 /cm ³				
备 注		以两次实验结果的平均值表示,两次相差不应大于 0.02 g/cm ³ ,否则重做						

1.2 表观密度实验

(1) 目的与要求

表观密度是计算材料孔隙率和确定材料体积及结构自重的必要数据。通过表观密度还可以估计材料的某些性质(如导热系数、强度等)。

(2) 主要仪器设备

①天平 称量 1 000 g、感量 0.1 g。如试样较大时可用台秤(称量 10 kg、感量 50 g)。

②游标卡尺 精度 0.1 mm。

③烘箱、直尺等。

(3) 实验步骤

①将试件放入烘箱内,以 105 ~ 110 ℃ 的温度烘至恒重,然后放入干燥器中,冷却至室温备用。

②用游标卡尺量出试件尺寸并计算试件体积。

a. 当试件为正方体或平行六面体时,以长、宽、高(a 、 b 、 h)各方向量上、中、下三处各取三次平均值,计算体积,即

$$V_0 = \frac{a_1 + a_2 + a_3}{3} \times \frac{b_1 + b_2 + b_3}{3} \times \frac{c_1 + c_2 + c_3}{3}$$

b. 当试件为圆柱体时,以两个互相垂直的方向量直径各方向量上、中、下三处,取 6 次的平均直径 d ,以互相垂直的两直径与圆周交界的四点上量高度,取 4 次的平均高度 d ,计算体积,即

$$V_0 = \frac{\pi d^2}{4} \times h$$

③用天平或台秤称试件质量 m 。

④按下式计算表观密度 ρ_0 :

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0} \times 1\,000$$

式中 ρ_0 ——试件的表观密度, kg/m^3 ;
 m ——试件的质量, kg ;
 V_0 ——试件的体积, m^3 。

表观密度实验报告

实验日期																
试件 编号	试件质量 m/g	试件几何尺寸/ cm												试件体积 V_0/cm^3	表观密度 ρ_0 $/(\text{kg} \cdot \text{m}^{-3})$	表观密度 平均值 $\bar{\rho}_0$ $/(\text{kg} \cdot \text{m}^{-3})$
		长 度				宽 度				高 度						
		a_1	a_2	a_3	平均	b_1	b_2	b_3	平均	h_1	h_2	h_3	平均			
备 注		以五次实验结果的平均值为最后结果,计算精确至 $10 \text{ kg}/\text{m}^3$														

1.3 吸水率实验

(1) 目的与要求

测定材料的吸水率,作为评定材料质量的主要依据,还可通过吸水率估计材料的某些性质。

(2) 主要仪器设备

- ①天平 称量 1 000 g、感量 0.1 g;
- ②游标卡尺 精度 0.1 mm;
- ③烘箱、玻璃(或金属)盆等。

(3) 实验步骤

①将试件放入烘箱中,以 105 ~ 110 °C 的温度烘至恒重,然后放入干燥器中,冷却至室温备用。

②用天平称其重量 m (g)。将试件放入在金属盆或玻璃盆中,在盆底可放些垫条(如玻璃管或玻璃杆),使试件底面与盆底不致紧贴,试件之间相隔 1 ~ 2 cm,使水能够自由进入。

③加水至试件高的 1/3 处;过 24 h 后,再加水至高度的 2/3 处;再过 24 h,又再加满水至试件上表面 2 cm 以上,又再放 24 h;逐次加水能使试件孔隙中的空气逐渐逸出。

④取出试件,抹去表面水分,称其质量 m_1 (g)。

⑤为检查试件是否吸水饱和,可将试件再浸入水中至高度的 3/4 处,过 24 h 重新称量,两次质量之差不得超过 1%。

⑥按下列公式计算吸水率 W :

$$W_{\text{质量}} = \frac{m_1 - m}{m} \times 100 \%$$

$$W_{\text{体积}} = \frac{m_1 - m}{V_0} \times 100 = W_{\text{质量}} \times \rho_0$$

式中 $W_{\text{质量}}$ ——质量吸水率,%;

$W_{\text{体积}}$ ——体积吸水率,%;

m_1 ——试样吸水饱和后的质量,g;

m ——试样干燥时的质量,g;

V_0 ——试样的体积, cm^3 ;

ρ_0 ——表观密度, g/cm^3 。

吸水率实验报告

实验日期					
编 号	试体材料	试体干燥质量 m/g	试体吸水饱和时的质量 m_1/g	质量吸水率 $W/\%$	平均质量吸水率 $\bar{W}/\%$
备 注		以三个试件吸水率的平均值为最后结果,精确至 0.01%			

实验 2

水泥实验

2.1 水泥细度检验(负压筛法)

本实验根据国家标准《水泥细度检验方法》(GB1345—91)进行。

(1) 目的与要求

水泥细度是水泥的一个重要技术指标,水泥的物理力学性质均与细度有关,因此必须对细度进行检验。

水泥细度检验有比表面积法和筛析法。比表面积法适合于硅酸盐水泥,筛析法适合于其他各种水泥。筛析法可分为负压筛法、水筛法和手工干筛法。三种方法均以过筛后遗留在0.080 mm方孔筛上的筛余物的重量百分数来表示,并以一次检验测定值作为鉴定结果,鉴定结果发生争议时,以负压筛为准。

(2) 主要仪器设备

①负压筛 它由圆形筛框和筛网组成,筛框直径为142 mm,高为25 mm,方孔边长为0.080 mm。

②负压筛析仪 它由筛座、负压筛、负电源及收尘器组成,其中筛座由转速为 30 ± 2 r/min的喷气嘴、负压表、控制板、微电机及壳体等构成,负压可调范围为4 000 ~ 6 000 Pa,喷气嘴上口平面与筛网之间距离为2 ~ 8 mm。

③天平 感量0.05 g。

(3) 实验步骤

①筛析实验前,应把负压筛放在筛座上,盖上筛盖,接通电源,检查控制系统,调节负压至4 000 ~ 6 000 Pa 范围内。

②称取水泥试样25 g,置于洁净的负压筛中,盖上筛盖,放在筛座上,开动筛析仪连续筛析2 min,在此期间,如有试样附着在筛盖上,可轻轻地敲击,使试样落下。筛毕,用天平称量筛余物(精确至0.1 g)。

③按下式计算水泥细度(精确至0.1%):

$$F = \frac{R}{W} \times 100\%$$

式中 F ——水泥试样的筛余百分数, %;
 R ——水泥过筛后筛余物的质量, g;
 W ——水泥试样的质量, g。

水泥细度检验(负压筛法)实验报告

实 验 日 期		
试样质量 W/g	筛余物质量 R_s/g	筛余百分数 $F/\%$
备 注	结果评定以一次检验所得的结果作为最后的结果	

2.2 水泥标准稠度用水量测定(标准法)

本实验根据国家标准《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法》(GB/T1346—2001)进行。

(1) 目的与要求

水泥的凝结时间和体积安定性都与用水量有很大关系,为了消除实验条件的差异而有利于比较,测定凝结时间和体积安定性时必须采用标准稠度的水泥净浆。本实验的目的就是测定水泥净浆达到标准稠度时的用水量,为测定水泥的凝结时间和体积安定性做好准备。实验方法分代用法和标准法,有矛盾时以标准法为准。

(2) 主要仪器设备

①标准稠度测定仪(标准法维卡仪) 维卡仪上附有标准稠度测定用试杆,其有效长度为 (50 ± 1) mm,由直径为 (10 ± 0.05) mm的圆柱形耐腐蚀金属制成。另有盛装水泥净浆的试模由耐腐蚀并有足够硬度的金属制成。试模为深 (40 ± 0.2) mm,顶内径为 (65 ± 0.5) mm,底内径为 (75 ± 0.5) mm的截顶圆锥体。每只试模底部应配备一个大于试模、厚度大于等于2.5 mm的平板玻璃底板。

②水泥净浆搅拌机 由搅拌叶片、搅拌锅、传动机构和控制系统组成,并应符合以下规定:搅拌锅与搅拌叶片的间隙为 (2 ± 1) mm;搅拌程序与时间为低速搅拌120 s,停15 s,高速搅拌120 s。

③量水器 最小刻度0.1 ml,精度1%。

④天平 能准确称量至1 g。

(3) 实验步骤

①检查水泥净浆搅拌机运行是否正常。

②测定前检查维卡仪,其金属棒应能自由滑动。试杆接触试模底玻璃板面时指针对准零点。

③先用湿布将搅拌锅和搅拌叶片擦过,将拌和水倒入搅拌锅内;然后,在5~10 s内小心地将称好的500 g水泥加入水中,防止水和水泥溅出;拌和时,先将锅放在搅拌机的锅座上,升至搅拌位置,启动搅拌机,低速搅拌120 s,停15 s,同时将叶片和锅壁上的水泥浆刮入锅中间,