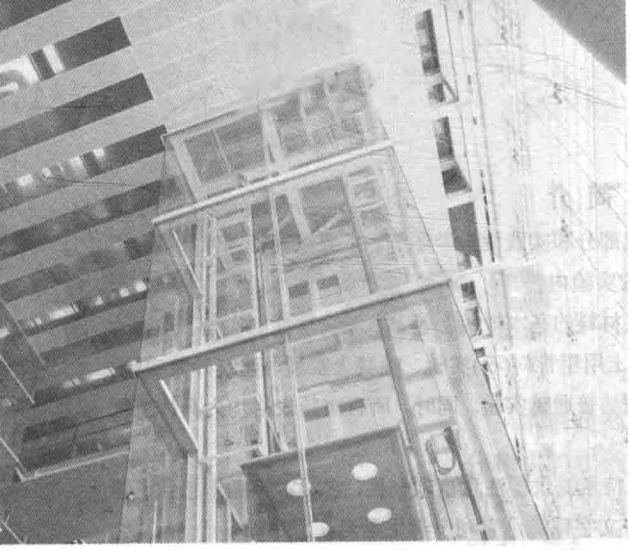
贵州大学规划教材
贵州大学教材建设委员会审核批准

土木工程材料实验指导

Tumu Gongcheng Cailiao Shiyan Zhidao

李友彬 ◎ 编 著

贵州大学出版社
Guizhou University Press



贵州大学规划教材
贵州大学教材建设委员会审核批准

土木工程材料实验指导

Tumu Gongcheng Cailiao Shiyan Zhidao

李友彬 ◎ 编 著

贵州大学出版社
Guizhou University Press

内 容 简 介

本书是《土木工程材料》课程重要的组成部分和实践性教学环节。主要以现行国家标准、工程行业标准为依据，介绍土木工程常用材料的实验内容。

本书分为十个实验模块，主要内容包括：材料的基本性质实验、水泥物理性能实验、水泥力学性能实验、混凝土用细骨料(砂)实验、混凝土用粗骨料(石)实验、混凝土实验、建筑砂浆实验、建筑钢材实验、沥青及沥青混合料实验以及烧结普通砖实验。同时，所有实验表格均为具体工程所使用，例表数据以实际工程作为第一参考。

本书对实验操作过程中容易忽视的环节，特意提供了注意事项一栏，它对实际操作起到了帮助作用。本书叙述详略得当，语言通俗易懂、文字精练，有利于学生学习。

本书主要针对高校教材《土木工程材料》编写，既可作为辅助教材，也可单独使用，另外还可作为社会培训机构的培训教材。

图书在版编目（CIP）数据

土木工程材料实验指导 / 李友彬 编著. -- 贵阳 : 贵州大学出版社, 2013.3

ISBN 978-7-81126-576-7

Ⅰ. ①土… Ⅱ. ①李… Ⅲ. ①土木工程－建筑材料－实验－高等学校－教学参考资料 Ⅳ. ①TU502

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2013）第 037489 号

土木工程材料实验指导

编 著 者：	李友彬	责任编辑：	但明天
出版发行：	贵州大学出版社	印　　刷：	贵阳佳迅印刷有限公司
书　　号：	ISBN 978-7-81126-576-7	开　　本：	787 mm×1092 mm　1/16
印　　张：	9.75	版　　次：	2013 年 6 月　第 1 版第 1 次印刷
字　　数：	256 千字		
印　　数：	1－1 000 册	定　　价：	22.00 元

版权所有　违权必究

本书若出现印装质量问题，请与本社联系调换

电话：0851-8292951

Preface

前言

本书是高等院校《土木工程材料》课程的重要组成部分和实验实践教学指导书。开设土木工程材料实验课的目的有三个方面：一是使学生熟悉主要土木工程材料的技术要求，掌握土木工程材料实验的基本原理，具备独立的对常用土木工程材料进行质量检验的能力；二是使学生对具体材料的性质、性能等具有直观了解，进一步巩固和丰富理论知识，接受土木工程材料实验基本操作技能的训练，获得处理实验数据、分析实验结果、编写实验报告的初步能力；三是使学生通过实验课掌握基本的实验技能，培养其严谨的科学态度，提高分析问题和解决问题的能力，培育学生分工明确、互相协作的精神。

学生需要做到：

(1) 在实验前做好相关内容的预习，明确实验目的、基本原理及操作要点，对实验中所使用的仪器、材料有基本了解。

(2) 在实验的整个过程中，建立严谨和科学的态度，严格遵守实验操作规程，注意观察实验现象，详细做好实验记录。

(3) 对实验的结果进行分析，填写实验报告，并作出判断和得出结论。

本书主要按照《土木工程材料》课程教学大纲的要求，同时结合工程实际需要进行实验项目选择，严格根据现行国家标准或其他规范、实体工程资料进行编写，但不包含所有土木工程材料实验的内容。

由于科学技术的进步和实际工程的不断发展，本书所讲述实验及其他相关实验，建议读者查阅有关最新标准、规程等，注意各种材料标准或规范的修订动态，以作相应修改。

前言 (Preface)

本书所有内容均由李友彬老师编写，同时唐虹、赵文老师提供了部分资料及建议，在此表示衷心的感谢！同时，还要对家人的支持和关心，尤其是对夫人彭玉路表示深切的感谢！另外，书中所有实验报告、表格由李友彬收集和制作，其对本书所有内容进行了全面审定。

由于作者水平有限，书中难免有不足和遗漏之处，恳请广大读者批评、指正！

作者的 E-mail 为：272795035@qq.com。

编　者

需要此本请在线购买： www.ertongbook.com

Content List

目录

模块一　材料的基本性质实验 ---------- 1

实验一　密度实验 2
实验二　表观密度实验 4
实验三　吸水率实验 6

模块二　水泥物理性能实验 ---------- 10

实验一　水泥密度实验 12
实验二　水泥细度实验 14
实验三　水泥标准稠度用水量实验 16
实验四　水泥凝结时间测定 19
实验五　水泥安定性的测定 21

模块三　水泥力学性能实验 ---------- 24

模块四　混凝土用细骨料(砂)实验 ---------- 31

实验一　砂的表观密度实验(容量瓶法) 33
实验二　砂的堆积密度实验 35
实验三　砂的筛分实验 37

模块五　混凝土用粗骨料(碎石)实验 ---------- 44

实验一　碎石的表观密度实验(网蓝法) 45
实验二　碎石的堆积密度实验 47
实验三　碎石的筛分实验 50

模块六　混凝土实验 ---------- 57

实验一　混凝土拌合物和易性实验
(拌合物坍落度法实验) 58
实验二　混凝土拌合物堆(湿)密度实验 61
实验三　混凝土立方体抗压强度实验 63

模块七　建筑砂浆实验 ---------- 70

实验一　砂浆稠度、分层度实验 71
实验二　砂浆抗压强度实验 73

模块八　建筑钢材实验 ---------- 77

模块九　沥青及沥青混合料实验 ---------- 86

实验一　沥青试样针入度实验 97

目录(Content List)

实验二　沥青试样延度实验 90
实验三　沥青软化点实验(环球法) 93
实验四　沥青混合料马歇尔稳定度实验 96
实验五　沥青路面芯样马歇尔实验 102
实验六　沥青混合料理论最大相对密度实验(溶剂法) 103
实验七　沥青混合料中沥青含量实验(离心分离法) 105

模块十　烧结普通砖实验 ----------114

附录　土木工程材料实验报告 ----------119

实验报告的基本内容及要求 119
《土木工程材料》实验报告 121

参考文献 ---------- 150

模块一　材料的基本性质实验

能力目标及学习要求：

(1) 通过实验掌握材料的密度、表观密度、孔隙率、孔隙特征，以及散粒材料的密度、表观密度、堆积密度及空隙率；

(2) 熟悉材料与水作用下的性质(亲水性、憎水性、吸水性、吸湿性、耐水性、抗渗性及抗冻性)；

(3) 掌握材料的强度及影响强度的主要因素；

(4) 掌握材料的弹性、塑性、脆性及韧性。

实验学时：2　　**实验类型：**验证　　**实验要求：**必修

实验一　密度实验

一、实验目的

密度是材料的物理常数，借助它可确定材料的种类、性质、用途等。

二、实验内容

测定普通石材的密度。

三、实验原理、方法和手段

材料的实密度是材料在绝对密实状态下，单位体积的质量。材料内部一般均含有一些孔隙，为了获得绝对密实状态的实样，须将材料磨成细粉，以排除其内部孔隙，再用排液置换法求出其绝对密实体积。

四、实验组织、运行要求

专职实验教师指导，学生自主实验，开放训练模式。

五、实验仪器

主要仪器：李氏瓶(见图 1.1)、天平(称量 500g，感量 0.01g)、筛子(孔径 0.2mm 或 900 孔/cm^2)、烘箱、干燥器、温度计等。

六、实验步骤

1. 实验

(1) 将试样磨细、过筛后放入烘箱内，以 105℃～110℃的温度烘烤 6～12 小时至恒重，然后放入干燥器中冷却至室温(20±2)℃备用。

(2) 在李氏瓶中注入与试样不起化学反应的液体至突颈下部某位置，然后记下刻度数(见图 1.2)，再将李氏瓶放在盛水的容器中；实验过程中水温为 20℃。

(3) 用天平称取 60～90g 试样，用小勺和漏斗将试样小心地送入李氏瓶内(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 20mL 刻度时停止。称量剩下的试样，并计算送入李氏瓶中试样的质量 m(g)。

(4) 用注入试样后的李氏瓶中液面的读数减去未注前的读数，得到试样的绝对体积 V(mL)。

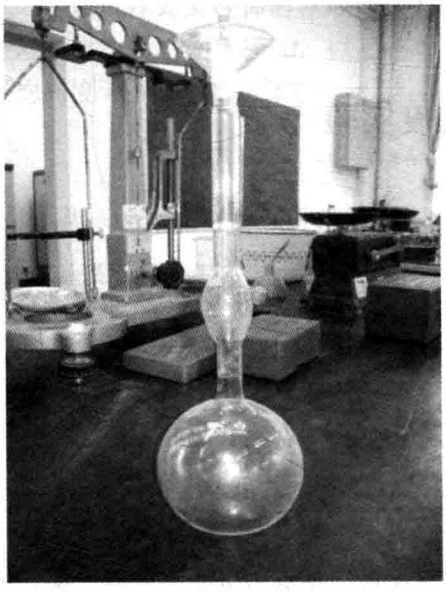


图 1.1　李氏瓶(实物)

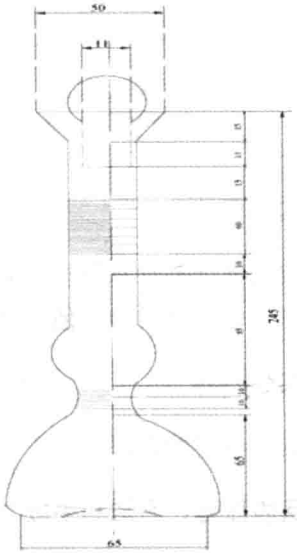


图 1.2　李氏瓶

2. 结果计算

(1) 按下式计算材料的密度 ρ (精确至 0.01g/cm^3)。

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

(2) 按规定以两次实验结果的平均值表示，两次相差不应大于 0.02g/cm^3，否则重做。

七、实验报告

密度实验记录表(精确至 0.01g/cm^3)。

实验二　表观密度实验

一、实验目的

表观密度是计算材料孔隙率和确定材料体积及结构之中的必要数据指标。通过表观密度还可以估计材料的其他性质，如导热系数、强度等。

二、实验内容

测定材料的表观密度。

三、实验原理、方法和手段

材料的表观密度是材料在自然状态下单位体积的质量。在测定表观密度时，需测出试件的质量和自然状态下的体积。对于形状规则的试件，其体积可用量测试件尺寸，按几何公式计算的方法求得。对于形状不规则的试件，则须用排液置换法求得体积。若被测石料溶于水或其吸水率大于 0.5%，则试件还须先进行蜡封处理(蜡封法)；若被测石料不溶于水或其吸水率小于 0.5%，则试件可直接在水中称量，不必做蜡封处理。

四、实验组织、运行要求

专职实验教师指导，学生自主实验，开放训练模式。

五、实验仪器

主要仪器：天平(称量 1kg，感量 0.1g)、游标卡尺(精度 0.1mm)、烘箱等。试样较大时可用台秤(称量 10kg，感量 50 g)和直尺(精度为 1mm)。

六、实验步骤

1. 实验

(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。

这里分两种情况，一是当试件为正方体或平行六面体时，以长、宽、高(a、b、c)各方向测量其上、中、下三处，并各取三次平均值，然后计算其体积。

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

需要全本请在线购买：www.ertongbook.com

二是当试件为圆柱体时，以两个互相垂直的方向量取其直径，各方向量取上、中、下三处，取六次的平均直径 d，以互相垂直的两直径与圆周交界的四点上量取高度，取四次的平均高度 h，再计算其体积。

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

(3) 用天平或台秤称试件的重量 m(g)。

2. 结果计算

(1) 按下式计算材料的表观密度 ρ_0。

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0} \times 1000$$

(2) 按规定以五次实验结果的平均值表示实验结果。

七、实验报告

填写表观密度实验记录表。对于形状规则试件，精确至 0.01g/cm^3。

孔隙率的计算：将密度和表观密度代入下式计算孔隙率 P(精确至 0.01%)。

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

八、其他说明

实验结束后，应将所使用的仪器清理干净。

实验三　吸水率实验

一、实验目的

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。

二、实验内容

测定材料的吸水率。

三、实验原理、方法和手段

材料的吸水率是指材料吸入水的体积占材料自然状态体积的百分率，也是材料在常温((20±2)℃)、常压条件下，材料试件的最大吸水量(浸水至饱和状态时)占烘干试件质量的百分率。

四、实验组织、运行要求

专职实验教师指导，学生自主实验，开放训练模式。

五、实验仪器

主要仪器：天平(称量 1kg，感量 0.1g)、游标卡尺(精度 0.1mm)、烘箱、玻璃盆(或金属盆)等。

六、实验步骤

1. 实验

(1) 将试件放入烘箱中，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，如图 1.3 所示。

(2) 用天平称其质量 m(g)，将试件放入金属盆或玻璃盆中。在盆底可放些垫条，如玻璃管或玻璃棒，可以使试件底面与盆底不致于紧贴，试件之间相隔 1～2cm，以便水能够自由进入。

(3) 加水至试件高的 1/4 处。以后每过 8h 分别注水至高度的 1/2 至 3/4 处，然后再加满水至试件上表面 20mm 以上，再放置 48h。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) 为了检查试件是否吸水饱和，可将试件再次浸入水中至高度的 3/4 处，过 24h 重新称量，以两次质量之差不得超过 1%作判定，如图 1.4 所示。

图 1.3　烘干砂岩

图 1.4　砂岩吸水率实验

2. 计算结果

按下列公式计算材料的吸水率 W。

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

按规定以三个试件吸水率的平均值表示(精确至 0.01%)。

七、实验报告

填写吸水率实验记录表(精确至 0.01%)。

思考题

(1) 当某一建筑材料的孔隙率增大时，材料的密度、表观密度、强度、吸水率、抗冻性及导热性是下降、上升还是不变？

(2) 材料的密度、近似密度、表观密度、毛体积密度及堆积密度有何差别？

贵州建设项目　　EYS－01

岩石实密度、表观密度及毛体积密度实验(例表)

施工单位：贵州省_____工程集团有限公司　　合 同 号：第七合同段

监理单位：贵州省_____监理有限公司　　实验编号：HZ－中－07(EJL－01)－12－01－01

实验单位	_____高速_____段 Z2 中心实验室	实验日期	2013.01.11
样品名称	岩石(母岩)	生产厂家	六马窝田料场
取样地点	六马窝田料场	用　　途	混凝土砂、石
工程部位	桥梁、路基工程	检测依据	JTG E41－2005

实密度	实验前石粉＋瓷皿的质量(g)	实验后剩余石粉＋瓷皿的质量(g)	装入李氏比重瓶的石粉质量(g)	李氏比重瓶的液面数		实验温度时水的密度	密　度 (g/cm^3)	平均值 (g/cm^3)
				装入前石粉 (cm^3)	装入后石粉 (cm^3)			
	589.46	534.32	55.14	0.24	20.68	0.99822	2.698	2.699
	613.72	558.85	54.87	0.32	20.64	0.99822	2.700	

毛体积密度	烘干试件的质量(g)	涂蜡试件在空气中的质量(g)	涂蜡试件在水中的质量(g)	石料体积 (cm^3)	毛体积密度		孔隙率 (%)
					单　值 (cm^3)	平均值 (cm^3)	

表观密度	试件编号	试件处理情况	试件尺寸(mm)				试件体积 (cm^3)	试件质量 (g)	表观密度 (g/cm^3)	平均值 (g/cm^3)	孔隙率 (%)
			长	宽	高	直径					

备注：

施工单位自检意见：　　日期：

监理单位意见：　　日期：

试　验：　　复　核：　　主　管：

贵州建设项目 EYS－02

岩石吸水率、抗压强度实验(例表)

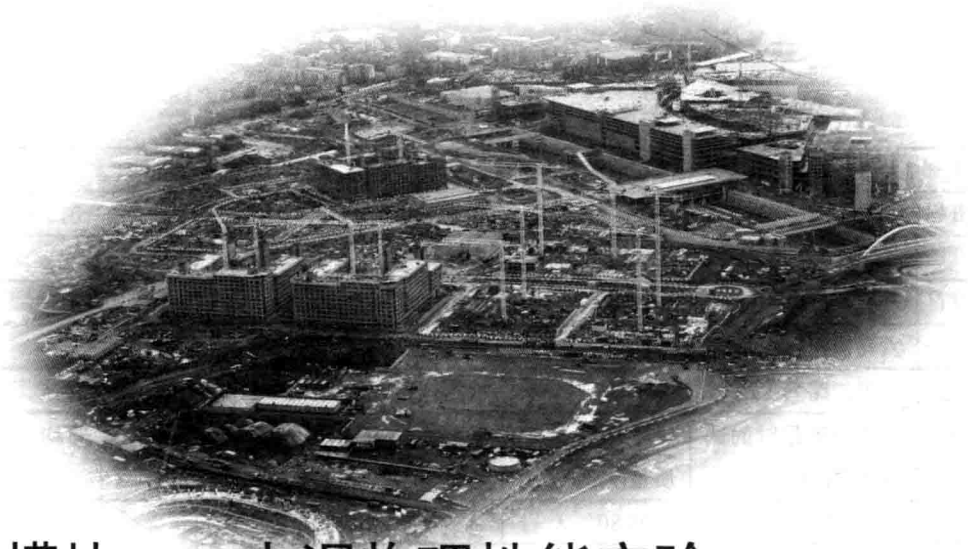
施工单位：贵州省_____工程集团有限公司					合 同 号：第七合同段			
监理单位：贵州省_____监理有限公司					实验编号：HZ－中－07(EYS－02)－12－01－01			
实验单位		_____高速_____段 Z2 中心实验室			实验日期		2013.01.11	
样品名称		岩石(母岩)			生产厂家		六马窝田料场	
取样地点		六马窝田料场			用 途		混凝土砂、石	
工程部位		桥梁、路基工程			检测依据		JTG E41－2005	
吸水率	试件编号	烘干至衡量时的试件质量(g)	吸水至衡量时的试件质量(g)		吸水率(%)		吸水率平均值(%)	
	1	1007.35	1008.80		0.14		0.13	
	2	1065.81	1067.21		0.13			
	3	1050.65	1051.94		0.12			
含水率	试件编号	烘干至衡量时的试件质量(g)	自然吸水的试件质量(g)		含水率(%)		含水率平均值(%)	
	1	983.19	984.20		0.10		0.12	
	2	1071.63	1072.82		0.11			
	3	1007.35	1008.80		0.14			

抗压强度	试件编号	试件处理情况	试件尺寸(mm)				试件截面积(mm^2)	破坏荷载(N)	抗压强度(MPa)	平均值(MPa)
			长	宽	高	直径				
	1	饱水	70.1	70.0	70.0		4907.0	563670	114.9	112.0
	2	饱水	70.0	70.0	70.0		4900.0	543900	111.0	
	3	饱水	70.2	70.1	70.2		4921.0	532820	108.3	
	4	饱水	70.1	70.2	70.2		4921.0	550610	111.9	
	5	饱水	70.2	70.2	70.2		4924.5	563830	114.5	
	6	饱水	70.1	70.2	70.1		4921.0	547230	111.2	

备注：	

施工单位自检意见： 日期：	监理单位意见： 日期：

试 验：	复 核：	主 管：



模块二　水泥物理性能实验

能力目标及学习要求：

(1) 通过实验了解水泥的主要性能与技术要求，水泥矿物组成对水泥性质的影响，水泥的凝结硬化过程及影响水泥强度发展的因素，水泥石的腐蚀与防止；
(2) 了解掺混合材料的硅酸盐水泥的特点与应用范围；
(3) 掌握硅酸盐水泥的定义，硅酸盐水泥熟料的矿物组成及其特征；
(4) 掌握水泥的水化反应，凝结硬化过程、凝结硬化与龄期、湿度、温度的关系；
(5) 掌握水泥的技术性质，包括密度、堆积密度、细度、标准稠度用水量、凝结时间、体积安定性、强度及水化热等。

实验学时：2　　**实验类型：**验证　　**实验要求：**必修

本实验根据国家标准《通用硅酸盐水泥》(GB175－2007)、《公路工程水泥及水泥混凝土实验规程》(JTG E30－2005)等测定水泥的有关性能和胶砂强度。

需要全本请在线购买：www.ertongbook.com