

高等学校教材

建筑材料試驗

华东水利学院等編



中国工业出版社

高等学校教材



建筑材料試驗

华东水利学院等編

中国工业出版社

本书讲述在水利工程建筑中所应用的各项主要建筑材料：天然石料、普通粘土砖、水泥、混凝土骨料、混凝土、砂浆、瀝青材料、木材以及鋼材等的基本試驗，在每个試驗項目中，叙述了試驗的目的及意义、主要仪器设备、試件制备、試驗步驟以及試驗結果处理等。

本书可作为高等院校本科农田水利工程专业和河川枢纽及水电站建筑专业建筑材料試驗的教材，也可作为水利类其他专业的教学用书。

本书还可供中等水利专业学校的教师及水利工程技术人员参考。

建 筑 材 料 試 驗

华东水利学院等編

*

水利电力部办公厅图书編輯部編輯（北京阜外月坛南营房）

中国工业出版社出版（北京修麟阁路西10号）

北京市书刊出版业营业许可证出字第110号

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

*

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ ·印张 $3^{1/8}$ ·字数77,000

1966年3月北京第一版·1966年3月北京第一次印刷

印数0001—2,620·定价(科五)0.42元

*

統一书号：K15165·4466(水电-608)

編 者 的 話

本书是按照1962年12月审訂的“高等工业学校本科农田水利工程专业和河川枢纽及水电站建筑专业建筑材料教学大纲(草案)”中对試驗課的要求編写的,是“建筑材料”教材(王国欣主編)的輔助教材;也可作为水利类其他各专业(水道及港口水工建筑专业、水利工程施工专业以及治河防洪工程专业)的教学用书。

在編写中,力求贯彻“少而精”原則,注意加强基本技能的訓練。重点突出了有代表性的主要建筑材料的基本試驗項目;在各个基本試驗項目中,特別注意加强了观察量测方法、試驗操作技术、数据处理以及結果分析等部分。

对原大纲中一些属于試驗方法介紹或表演的試驗項目,作了适当的削減。对某些試驗項目(如砂浆試驗、木材順紋抗拉强度的測定等)采用小字排版,可灵活选用,以照顾不同专业、不同地区的需要和各校的教学条件。此外,对于只需要概要掌握的一些試驗(如水泥水化热試驗等),在內容上还作了簡化。对于新技术(如混凝土的非破損試驗法),也作了簡要的介绍。

本书由武汉水利电力学院、陝西工业大学、成都工学院、大連工学院、长江工程大学及华东水利学院等六个院校的部分教师,在多年使用的試驗讲义的基础上,参考現行的有关规范,经过反复討論研究,分工編写而成的。在編写过程中,清华大学、天津大学、南京工学院等院校对本书提出了宝贵意見,并参考了他們的讲义。

限于編者的水平和經驗,錯誤和缺点在所难免,我們热忱地欢迎使用本书的讀者提出批評和指正的意見。

編 者

1964年12月

前 言

建筑材料試驗是一門与生产密切联系的科学技术。在工程上檢驗材料质量、确定設計施工依据、改善材料性能、使用新材料及选择代用材料等，都需要进行建筑材料試驗。因此，作为工程技术人员，为了能正确评价材料的质量，合理而經濟地选择、使用材料，具备一定的建筑材料試驗知識和技能是完全必要的。

檢驗材料的质量應該根据国家、部或企业頒布的技术标准进行。技术标准是对材料质量、規格及試驗方法等所作的規定，是从事生产、建設工作的一种共同技术依据，必須严肃认真地执行，不能随意更改。但技术标准又是广大群众在生产、建設、研究、使用等实践中的經驗总结，它是随着生产和科学技术的不断发展而进行相应的修訂，因此也应注意不要陷于墨守陈規。

为檢驗材料质量而进行的試驗，一般包括如下过程：

1. 选取試样。所选的試样必須具有代表性，使从少量試样所得出的試驗結果，能确切地反映整批材料的质量。試驗前須对試样作检查，并应特別注意那些可能影响試驗結果正确性的特征，作好記錄。

2. 确定試驗方法。在試驗室中所測得的材料性能指标，都是按一定試驗方法得出的有条件性的指标，試驗方法的不同，其結果也就不同。因此，所确定的試驗方法必須能正确地反映材料真实性能，并且切实可行。当有国家、部或企业頒布的技术标准时，應該采用統一規定的試驗方法。

3. 进行試驗操作。在試驗操作过程中，必須使仪器設備、試件制备、量測技术等严格符合既定試驗方法中所作的規定，以保証試驗条件的統一，获得准确的試驗結果。材料往往不很均匀，所以还必须对几个試件作平行試驗，借以提高試驗結果的准确

度。在整个試驗操作过程中，还应注意观察試驗現象，做好記錄，以便分析。

4. 处理試驗数据。計算应与量測的准确度相适应，数据运算按有效数字法則进行。对于平行試驗所得到的数据，应注意取得一个有意义的平均值。

5. 分析試驗結果。包括分析試驗結果的可靠程度；說明在既定試驗方法下所得成果的适用范围；將試驗結果与材料质量标准相比較，并作出結論。

学生学习建筑材料試驗应达到以下的目的和要求：了解建筑材料試驗方法的基本原理，获得建筑材料試驗基本操作技能的訓練，具有处理試驗数据、分析試驗結果、編写試驗报告的初步能力；培养严肃认真、实事求是的科学作风。同时，通过試驗也可驗證和巩固所学的某些理論知識。

为了順利地进行試驗，学生必須：

1. 在試驗課前进行預习，准备好記錄表格。
2. 以严肃的态度、严格的作风、严密的方法进行試驗。試驗结束后，应将原始記錄給教师检查。
3. 爱护仪器設備，遵守操作規程，注意人身及仪器的安全。
4. 遵守試驗室制度，保持室內及仪器設備的整洁。
5. 課后及时独立地完成試驗报告。

目 录

編者的話

前言

一	天然石料試驗	1
	(一) 天然石料比重的測定	1
	(二) 天然石料容重的測定	4
	(三) 天然石料孔隙率的計算	5
	(四) 天然石料吸水率的測定	6
	(五) 天然石料抗压强度的測定	7
二	普通粘土磚試驗	9
	(一) 普通粘土磚的外觀检查	10
	(二) 普通粘土磚抗压强度的測定	11
	(三) 普通粘土磚抗折强度的測定	13
三	水泥試驗	16
	(一) 水泥細度的測定	16
	(二) 水泥淨漿标准稠度的測定	20
	(三) 水泥淨漿凝結時間的測定	22
	(四) 水泥体积安定性試驗	23
	(五) 水泥硬练胶砂强度的測定	26
	(六) 水泥水化热試驗 (蓄热法)	29
	(七) 水泥抗蝕性試驗 (小試件法)	32
四	混凝土骨料試驗	34
	(一) 混凝土細骨料有机杂质含量的測定	35
	(二) 混凝土細骨料比重及吸水率的測定	35
	(三) 混凝土細骨料表面含水率的測定	38
	(四) 混凝土細骨料容重的測定	40
	(五) 混凝土細骨料空隙率的計算	41
	(六) 混凝土細骨料顆粒級配試驗	41
	(七) 混凝土粗骨料比重及吸水率的測定	43

V

(八) 混凝土粗骨料容重的測定	45
(九) 混凝土粗骨料空隙率的計算	47
(十) 混凝土粗骨料顆粒級配試驗	47
五 混凝土試驗	48
(一) 混凝土拌和物的和易性試驗	50
(二) 混凝土抗压强度的測定	55
(三) 混凝土抗拉强度的測定 (劈裂法)	58
(四) 混凝土抗滲性試驗	59
(五) 混凝土抗冻性試驗	61
(六) 混凝土拌和物含气量的測定 (气压法)	63
(七) 混凝土的非破損試驗法	65
六 砂浆試驗	67
(一) 砂浆沉入度的測定	67
(二) 砂浆分层度的測定	68
(三) 砂浆抗压强度的測定	69
七 瀝青材料試驗	71
(一) 石油瀝青与煤瀝青的簡易鉴别	71
(二) 石油瀝青針入度的測定	72
(三) 石油瀝青延伸度的測定	75
(四) 石油瀝青軟化点的測定 (环球法)	77
八 木材試驗	80
(一) 木材粗視构造的觀察	81
(二) 木材含水率的測定 (烘干法)	82
(三) 木材順紋抗压强度的測定	83
(四) 木材抗弯强度的測定	84
(五) 木材順紋抗剪强度的測定	86
(六) 木材順紋抗拉强度的測定	87
九 鋼材試驗	89
(一) 鉄碳合金金相組織觀察	89
(二) 鋼材冷弯試驗	90
(三) 鋼材冷拉試驗	92

一 天然石料試驗

在确定水工建筑所用天然石料的质量时，通常須測定其下列性质：比重、容重、孔隙率、吸水率、抗压强度、軟化系数、抗冻性及冲击韌性等。本試驗包括上述前五項基本試驗項目。

天然石料的性质很不均匀。不仅同一种类的石料性质上会有很大的差異，即使同一产地的石料，其性质也很难一致。故在选取試驗所用的样品时，必須遵循一定規則，使試样具有代表性。

石料的质量取决于矿物成分、結構、构造和 风化 程度 等因素。因此，在所采石样加工成試件之前，应进行外观特征的初步技术鉴定，以补充說明其物理和力学性质的各项指标，并概略地判断其质量。

（一） 天然石料比重的測定

比重是指材料在絕對密实状态下单位体积的重量^①。根据比重和容重，可以計算材料的孔隙率。此外，比重还是某些計算所必需的数据。

天然石料內部一般均含有一些孔隙，为了获得絕對密实状态的試样，須将石料磨成細粉，使其內部孔隙暴露至表面，再用排液置換法求出其絕對密实体积。

主要仪器設備

1. 李氏比重瓶（图1-1）：最小刻度值0.1毫升；
2. 天平：感量0.01克；
3. 溫度計；

① 物理学上，比重是物体的重量与4°C下同体积水的重量比，无单位。在工程上，比重是物质单位体积的重量，常以克/厘米³、公斤/升或吨/米³表示。

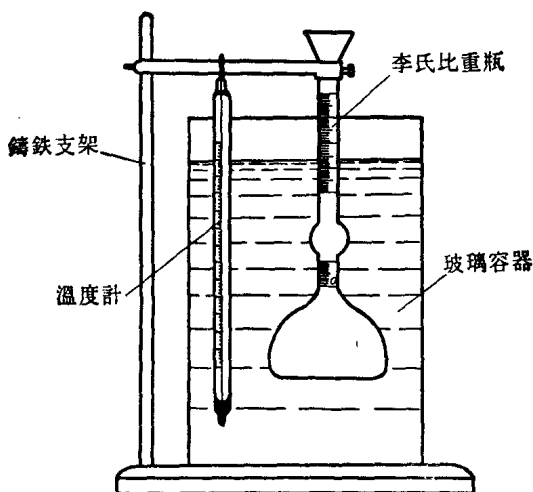


图 1-1 李氏比重瓶裝置图

4. 玻璃容器；
5. 烘箱及干燥器。

試样制备

将石样打碎并磨成細粉，使完全通过 900 孔/厘米²的篩子。再将細粉放入烘箱內，在 105~110°C 溫度下烘干至恒重^①，然后在干燥器內冷却至室溫。

試驗步骤

1. 将不与石粉起反应的某种輕液体（如汽油、煤油、苯）倒入李氏比重瓶中，加至 0~1 毫升刻度值之間。
2. 将李氏比重瓶放入盛水的玻璃容器中，使刻度部分完全浸入水中，并用鑄鐵支架夹住，以防比重瓶浮起或歪斜。容器中的水溫应与比重瓶刻度之标准溫度 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 一致。
3. 經 30 分钟，瓶內液体溫度与水溫相同后，讀李氏比重瓶內

① 烘干至恒重是指在烘干过程中，隔一定時間进行一次称量。当前后两次称量值相差不超过規定的某一微小值时，即认为試样已經完全烘干，重量不再变化。对于天然石料：当試样重量小于 200 克时，此微小值为 0.1 克；当重量大于 200 克时，为 1 克。两次称量的間隔時間应不少于 3 小时。

液体下弯液面的刻度值 V_1 （准至0.1毫升，以下同）。

4. 从玻璃容器中取出李氏比重瓶，用滤纸将液面以上的瓶颈内部吸干。

5. 称取石粉70~80克（准至0.01克，以下同），以 G_1 表示。将石粉逐渐装入瓶中，直至瓶内液面上升至接近20毫升刻度值为止。装石粉时，须用小匙细心地倒入瓶中，以防撒失或堵塞瓶颈。

6. 称出剩余石粉的重量 G_2 （克）。将李氏比重瓶倾斜一定角度并沿瓶轴旋转，使石粉中的气泡逸出。

7. 再将李氏比重瓶放入盛水的玻璃容器中。经30分钟，待液体温度与水温一致后，读下弯液面刻度值 V_2 （毫升）。

試驗結果处理

1. 按下式计算比重 γ （准至0.01克/厘米³）：

$$\gamma = \frac{G}{V}$$

式中 G ——李氏比重瓶中石粉的重量（克），即两次称量值 G_1 、 G_2 之差；

V ——装入石粉的绝对密实体积（厘米³）^①，即两次液面读数 V_1 、 V_2 之差。

2. 比重试验用两个试样平行进行，以其结果的算术平均值作为最后结果，但两个结果之差不应超过0.02克/厘米³。

记录格式

岩石名称_____			室溫_____°C		水溫_____°C		比 重 $\gamma = \frac{G}{V}$ (克/厘米 ³)	备 注
試样編號	試样原重 G_1 (克)	余量 G_2 (克)	裝入石粉 的重量 $G = G_1 - G_2$ (克)	液 面 讀 数 (毫升)		裝入石粉 的 体 积 $V = V_2 - V_1$ (厘米 ³)		
				裝石粉前 V_1	裝石粉后 V_2			

① 在工程上一般可粗略地认为1毫升=1厘米³。严格地讲，1毫升=1.000027厘米³。

(二) 天然石料容重的測定

容重是指材料在自然状态下(包含孔隙)单位体积的重量。容重对于計算結構物的自重、材料的孔隙率以及运输工具等都是必不可少的数据。

量測容重时,对于規則形状的試件,其体积只要量出試件的尺寸后,就可以計算出来;对于不規則形状的試件,則須用排液置換法才能求出体积。本試驗仅介紹測定規則試件容重的方法。

主要仪器設備

- 1.游标卡尺:精度0.1毫米;
- 2.天平:感量0.1克;
- 3.烘箱及干燥器。

試样制备

将石样加工成立方形或圓柱体試件。多孔石料試件的最小尺寸不得小于7厘米,致密和微孔石料試件的最小尺寸不得小于5厘米。用毛刷刷去表面石粉,然后置于105~110°C烘箱內烘干至恒重,并在干燥器內冷却至室溫。

試驗步驟

- 1.用天平称出試件重量 G (准至0.1克)。
- 2.用游标卡尺量測試件尺寸:試件为立方体时,每个需要量測的面要量三处,如图1-2a所示,各取其平均值作为試件长、寬、高的尺寸。試件为圓柱体时,可在其两个平行底面上,通过中心作两个相互垂直的线,沿此线量出圓柱体上下底面和高度中央处的六个直径和四个高度值,如图1-2b所示,各取其平均值作为試件直径及高的尺寸(线长度的量測均准至0.01厘米)。
- 3.根据上述尺寸按几何公式計算試件体积 V_0 (厘米³)。

試驗結果处理

- 1.按下式計算容重 γ_0 (准至0.01克/厘米³):

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

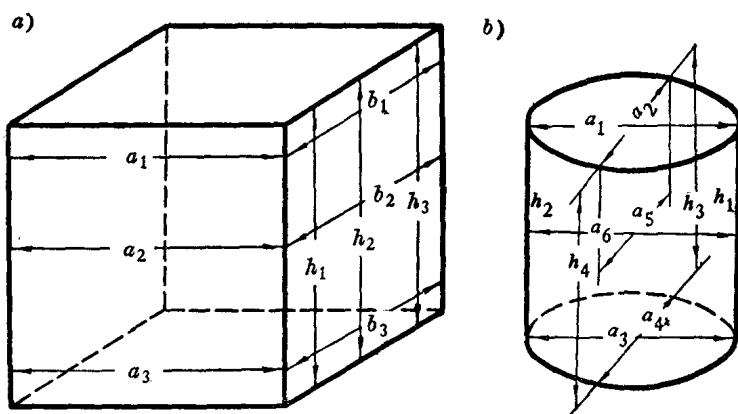


图 1-2 試件尺寸量測方法

a—立方体；b—圓柱体

式中 G ——試件重量（克）； V_0 ——試件体积（厘米³）。

2. 以五个試件的測定結果取算术平均值，作为材料容重的最后結果。

记录格式

岩石名称_____

試件状态_____

試件 編號	試件尺寸(厘米)			試件体积 V_0 (厘米 ³)	試件重量 G (克)	容 重 $\gamma_0 = \frac{G}{V_0}$ (克/厘米 ³)	备 注
	长 a	寬 b	高 h				

(三) 天然石料孔隙率的計算

石料的孔隙率 P (%) 按下式計算：

$$P = \left(1 - \frac{\gamma_0}{\gamma} \right) \times 100.$$

式中 γ_0 ——石料的容重 (克/厘米³) ;
 γ ——石料的比重 (克/厘米³) 。

(四) 天然石料吸水率的測定

石料的吸水率是指它在常溫常压下浸水至飽和时所吸收水分的百分率。吸水率有重量吸水率和体积吸水率两种表示方法。

石料的吸水率在一定程度上反映了石料的孔隙率和风化程度, 以及它在冻融交替、干湿变化过程中发生破坏的危险性。因此, 有时就把吸水率作为石料耐久性的一个质量指标。

主要仪器設備

1. 天平: 感量0.01克;
2. 游标卡尺: 精度0.1毫米;
3. 水槽;
4. 烘箱及干燥器。

試件制备

将石样制成边长为4~6厘米的立方体試件或直径和高均为4~6厘米的圆柱体試件。制备試件时, 应防止发生裂縫, 以免影响試驗結果的准确性。

試驗前应將每个試件仔細地刷去尘土, 在105~110°C烘箱中烘干至恒重, 再放到干燥器中冷却到室溫。

試驗步驟

1. 从干燥器中取出試件, 称出其重量 G (准至0.1克)。并量測其体积 V_0 (厘米³), 方法与測定容重时相同。

2. 將試件置于水槽中, 試件之間应留1~2厘米的間隔, 試件底部应用玻璃棒垫起使不与槽底直接接触。

3. 注水入槽中, 使水面至試件高度的1/4处。二小时后加水至試件高的一半, 隔二小时再加水至試件高度的3/4处, 又隔二小时加水至高出試件1~2厘米, 再經一昼夜后取出試件。

4. 用擰干的湿毛巾輕按試件表面, 吸去試件表面的水分 (不得来回擦拭)。隨即称重, 称重后仍放回槽中浸水。

以后每隔一昼夜按同样程序称取試件重量，直至試件浸水至恒重为止（一昼夜重量相差不超过0.05克）。此时称得的試件重量为 G_1 （克）。

試驗結果处理

1. 按下式計算重量吸水率 $B_{重}$ 及体积吸水率 $B_{体}$ （准至0.1%）：

$$B_{重} = \frac{G_1 - G}{G} \times 100;$$

$$B_{体} = \frac{(G_1 - G) / \gamma_{水}}{V_0} \times 100.$$

式中 G ——干燥試件的重量（克）；

G_1 ——水飽和試件的重量（克）；

V_0 ——干燥試件的体积（厘米³）；

$\gamma_{水}$ ——水的比重（克/厘米³）^①。

2. 对于质地均匀的岩石，以3个試件的試驗結果取算术平均值作为最后結果；对于质地不均匀的岩石，則須以5个試件的試驗結果取算术平均值作为最后結果。

記錄格式

岩石名称 _____

水溫 _____ °C

試件 編號	干燥时 試件重 G (克)	水飽和时 試件重 G_1 (克)	試件吸收 的水重 $G_1 - G$ (克)	干燥时試 件的体积 V_0 (厘米 ³)	吸 水 率 (%)		备 注
					重量吸水率 $B_{重}$	体积吸水率 $B_{体}$	

（五）天然石料抗压强度的測定

石料的抗压强度以試件受压破坏时单位面积上所承受的最大

- ① 在工程上，当无特殊說明时，一般均粗略地按水的比重为1克/厘米³来計算。

荷重表示。它是評定石料质量和設計堆石、砌石工程的基本資料。

由于石料在水飽和状态下强度会降低，因此，用于水中的石料，須求出其軟化系数，即石料水飽和試件和干試件抗压强度的比值。

主要仪器設備

1. 压力試驗机：最小刻度值100公斤；
2. 鋼尺：精度 1 毫米。

試件制备

将石样加工成边长为 5 厘米的立方体試件或高和直径均为 5 厘米的圓柱体試件，試件受力的两表面应严格平行。如岩石具有层理或片理，試件的各个面应与其平行或垂直，并用平行线条标出层理或片理的方向。

制备干試件的方法与測定容重时相同，制备水飽和試件的方法与測定吸水率时相同。

試驗步驟

1. 检查試件形状是否正确、有无缺陷及层理，連同加力方向等，一并記入記錄表格中。

2. 用鋼尺量試件两受压面中央断面的尺寸（准至0.1厘米）。

3. 按照要求的受力方向（平行或垂直于試件的层理或片理），将試件置于压力試驗机下承压板的中央。試件上下应加垫板。开动机器，注意垫板与試件受压面的接触情况，如不密合而又无法糾正时，应記錄下来。为了防止試件在破坏时石渣四飞，試件四周应用布围住。

4. 以每秒钟12~15公斤/厘米²的速度进行加荷，直至破坏为止。記錄最大荷重 P （准至100公斤）。

試驗結果处理

1. 按下式計算石料的抗压强度 $R_{\text{压}}$ （准至 10 公斤/厘米²）：

$$R_{\text{压}} = \frac{P}{F},$$

式中 P ——試件破坏时的最大荷重（公斤）；

F ——試件的受压面积 (厘米²)。

2. 取三个試驗結果的算术平均值作为最后結果。

记录格式

岩石名称_____

試件状态_____

試件 编号	試件层 理或片 理方向	試 件 尺 寸 (厘米)		試件面积 F (厘米 ²)	最大荷重 P (公斤)	抗压强度 $R_{压} = \frac{P}{F}$ (公斤/ 厘米 ²)	备 注
		长 a	寬 b				

思 考 題

1. 做石料比重試驗时, 为什么要将石块磨成細粉? 影响比重 試驗結果准确度的因素有哪些?
2. 为什么使石料水飽和时要將試件逐漸浸入水中?
3. 石料抗压强度試驗中为什么要規定一系列的條件: 这些条 件对試驗結果有何影响?

二 普通粘土砖試驗

“普通粘土砖标准”(建标2-59)規定: 普通粘土砖按外形指标及强度标号分为“一等”和“二等”; 按抗压强度及抗折强度分为“200”、“150”、“100”、“75”、“50”五个标号。

砖的外形指标的評定一般在砖厂內进行。在堆存的砖中, 用机械抽查法, 每隔若干块抽查一块, 或每隔若干丁(砖的一种堆放形式, 一般 200 块为一丁)抽查一丁或若干块。抽查的数量为千分之一。

砖的强度試驗試样, 可在外观检查过程中按机械抽查法选取。但所取試样均应符合外形指标的規定要求, 否則以其相邻的