

建筑工程技术专业理实一体实用教材

建筑材料应用与检测

主编 刘先春 叶琳 陈伟

主审 曲恒绪



建筑工程技术专业理实一体实用教材

建筑材料应用与检测

主编 刘先春 叶琳 陈伟

主审 曲恒绪



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是安徽省地方高水平大学理实一体化项目建设系列教材之一,编者本着高职高专教育特色,依据提升专业发展服务能力、专业人才培养方案和课程建设的目标和要求,按照校企专家多次研究讨论后制定的课程标准进行编写。全书共6个学习项目,内容包括建筑材料的基本性质、混凝土材料、墙体材料、金属材料、防水材料、装饰材料。本书主要介绍了建筑工程中常见材料的性质、应用和试验方法。

本书可作为“建筑工程技术专业”的教学用书,也可作为土建类相关专业和工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑材料应用与检测 / 刘先春, 叶琳, 陈伟主编

— 北京: 中国水利水电出版社, 2015.9

建筑工程技术专业理实一体实用教材

ISBN 978-7-5170-3679-1

I. ①建… II. ①刘… ②叶… ③陈… III. ①建筑材
料—检测—高等教育—教材 IV. ①TU502

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第226710号

书 名	建筑工程技术专业理实一体实用教材 建筑材料应用与检测
作 者	主编 刘先春 叶琳 陈伟 主审 曲恒绪
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京嘉恒彩色印刷有限责任公司
规 格	184mm×260mm 16开本 8.5印张 202千字
版 次	2015年9月第1版 2015年9月第1次印刷
印 数	0001—1000册
定 价	22.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

本书是根据建筑工程技术专业人才培养方案和课程建设目标并结合安徽省地方高水平大学立项建设项目的建设要求进行编写的。

本书在编写过程中,充分汲取了高等职业教育探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验和研究成果,本书的编写符合高职学生培养的特点;坚持“以够用为度,以实用为主,注重实践,强化训练,利于发展”的理念,淡化理论,突出技能培养这一主线;本书在内容体系上,划分为建筑材料的基本性质、混凝土材料、墙体材料、金属材料、防水材料和装饰材料6个学习项目,更加贴近建筑工程实际;本书在内容组织上结合了“理实一体化”教学的要求,便于教学组织实施;注重课程内容与现行规范和职业标准的对接,及时引入行业新技术、新材料、新设备、新工艺,注重本书内容设置的新颖性、实用性和可操作性。

本书由刘先春、叶琳、陈伟任主编,由曲恒绪任主审。具体编写分工如下:安徽水利水电职业技术学院刘先春编写学习项目1、2;叶琳编写学习项目3、4;陈伟编写学习项目5、6。全书由刘先春统稿。

本书由安徽水利水电职业技术学院和安徽水利开发股份公司共同开发,在编写过程中,得到了安徽水利水电职业技术学院领导和教学管理部门的大力支持,在此一并表示感谢。同时,在教材编写过程中参考、借鉴了相关教材、著作、规范及文献资料等内容,在此向这些作者表示衷心的感谢!

由于作者水平有限,书中不足之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2015年9月1日

目 录

前言

学习项目 1 建筑材料的基本性质	1
学习情境 1.1 建筑材料概述	1
学习情境 1.2 建筑材料基本性质的检测	2
学习任务 1.2.1 密度	2
学习任务 1.2.2 表观密度	3
学习任务 1.2.3 体积密度	5
学习任务 1.2.4 堆积密度	6
学习任务 1.2.5 孔隙率、空隙率	8
学习项目 2 混凝土材料	9
学习情境 2.1 水泥应用与检测	9
学习任务 2.1.1 水泥试验的一般规定	9
学习任务 2.1.2 水泥细度	9
学习任务 2.1.3 水泥标准稠度用水量	13
学习任务 2.1.4 水泥的凝结时间	15
学习任务 2.1.5 水泥安定性	17
学习任务 2.1.6 水泥胶砂强度	18
学习任务 2.1.7 水泥胶砂流动度试验	21
学习情境 2.2 骨料应用与检测	21
学习任务 2.2.1 砂的颗粒级配	24
学习任务 2.2.2 砂的泥含量	26
学习任务 2.2.3 砂的有机物含量	27
学习任务 2.2.4 砂的云母含量	28
学习任务 2.2.5 砂的氯化物含量	28
学习任务 2.2.6 砂的坚固性试验	29
学习任务 2.2.7 砂的密度	30
学习任务 2.2.8 砂的吸水率	31
学习任务 2.2.9 石子的颗粒级配	32
学习任务 2.2.10 石子的泥含量	33

学习任务 2.2.11	石子的有机物含量	33
学习任务 2.2.12	石子的针片状颗粒含量	34
学习任务 2.2.13	石子的坚固性	35
学习任务 2.2.14	石子的强度	37
学习任务 2.2.15	石子的压碎值	37
学习任务 2.2.16	石子的密度与吸水率	38
学习情境 2.3	外加剂应用与检测	39
学习任务 2.3.1	混凝土外加剂匀质性试验	40
学习任务 2.3.2	掺外加剂混凝土减水率试验	41
学习任务 2.3.3	掺外加剂混凝土泌水率比试验	42
学习任务 2.3.4	掺外加剂混凝土含气量试验	43
学习任务 2.3.5	掺外加剂混凝土凝结时间差试验	45
学习任务 2.3.6	掺外加剂混凝土抗压强度比试验	46
学习任务 2.3.7	掺外加剂混凝土收缩率比试验	47
学习情境 2.4	混凝土应用与检测	48
学习任务 2.4.1	混凝土拌和物实验室拌和方法	48
学习任务 2.4.2	混凝土拌和物和易性试验	50
学习任务 2.4.3	混凝土拌和物表观密度试验	52
学习任务 2.4.4	试件的制作与养护	53
学习任务 2.4.5	混凝土强度试验	54
学习任务 2.4.6	混凝土耐久性试验	57
学习项目 3	墙体材料	60
学习情境 3.1	石灰应用与检测	60
学习任务 3.1.1	石灰细度	61
学习任务 3.1.2	生石灰产浆量和未消化残渣含量	62
学习任务 3.1.3	CaO 和 MgO 含量测定	63
学习情境 3.2	石膏应用与检测	65
学习任务 3.2.1	石膏细度	67
学习任务 3.2.2	石膏标准稠度用水量	67
学习任务 3.2.3	石膏凝结时间	68
学习任务 3.2.4	石膏强度	69
学习情境 3.3	砂浆应用与检测	71
学习任务 3.3.1	砂浆的稠度	72
学习任务 3.3.2	砂浆的密度	73
学习任务 3.3.3	砂浆的分层度	74
学习任务 3.3.4	砂浆的立方体抗压强度	75
学习任务 3.3.5	砂浆的抗冻性能	77
学习情境 3.4	烧结砖应用与检测	78

学习任务 3.4.1 砖的外观尺寸测量	81
学习任务 3.4.2 砖的外观质量检查	81
学习任务 3.4.3 砖的抗压强度	82
学习任务 3.4.4 砖的抗冻性能	83
学习任务 3.4.5 砖的石灰爆裂	85
学习任务 3.4.6 砖的泛霜试验	85
学习任务 3.4.7 砖的吸水率	86
学习情境 3.5 建筑砌块应用与检测	87
学习任务 3.5.1 砌块的外观检查和尺寸测量	88
学习任务 3.5.2 砌块的密度	89
学习任务 3.5.3 砌块的抗压强度	89
学习任务 3.5.4 砌块的抗冻性	90
学习任务 3.5.5 砌块的干缩值 S (快速试验方法)	91
学习情境 3.6 墙体板材应用与检测	92
学习项目 4 金属材料	95
学习情境 4.1 钢筋试验	95
学习任务 4.1.1 钢筋拉伸试验	96
学习任务 4.1.2 钢筋弯曲试验	98
学习任务 4.1.3 钢材洛氏硬度试验	98
学习任务 4.1.4 金属线材反复弯曲试验	99
学习情境 4.2 铝合金应用	100
学习情境 4.3 铜合金应用	103
学习项目 5 防水材料	104
学习情境 5.1 沥青应用与检测	104
学习任务 5.1.1 针入度试验	104
学习任务 5.1.2 延度试验	105
学习任务 5.1.3 软化点试验 (环球法)	106
学习情境 5.2 沥青混合料应用与检测	106
学习任务 5.2.1 沥青混合料的制备	107
学习任务 5.2.2 沥青混合料物理指标试验 (表干法)	108
学习任务 5.2.3 沥青混合料马歇尔稳定度试验	109
学习项目 6 装饰材料	111
学习情境 6.1 塑料应用与检测	111
学习任务 6.1.1 泡沫塑料的吸水性试验	112
学习任务 6.1.2 泡沫塑料板材尺寸稳定性测定	113
学习任务 6.1.3 泡沫塑料板材自熄性测定	114
学习任务 6.1.4 硬质聚氯乙烯泡沫板材拉伸强度测定	114
学习任务 6.1.5 泡沫塑料板材的压缩试验	115

学习任务 6.1.6 聚苯乙烯泡沫塑料板材弯曲强度测定	116
学习任务 6.1.7 硬质聚氯乙烯泡沫板材耐温性测定	116
学习任务 6.1.8 硬质聚氯乙烯泡沫板材耐油性测定	117
学习任务 6.1.9 导热系数测定	117
学习情境 6.2 建筑陶瓷应用与检测	118
学习任务 6.2.1 无机地面材料(墙地砖)耐磨性试验	119
学习任务 6.2.2 墙地砖镜面光泽度试验方法	120
学习任务 6.2.3 陶瓷砖釉面抗化学腐蚀试验方法	120
学习情境 6.3 涂料应用与检测	121
学习任务 6.3.1 涂料细度测定	122
学习任务 6.3.2 涂料的黏度	123
学习任务 6.3.3 涂料的遮盖力	124
学习任务 6.3.4 涂料的耐洗刷性	124

学习项目 1 建筑材料的基本性质

学习情境 1.1 建筑材料概述

应用于土木工程建设中的无机材料、有机材料和复合材料的统称为土木工程材料。通常根据工程类别在材料名称前加以适当区分,如建筑工程常用材料称为建筑材料;道路(含桥梁)工程常用材料称为道路建筑材料;主要用于港口码头时,则称为港工材料;主要用于水利工程的称为水工材料。此外,还有市政材料、军工材料、核工业材料等。本书主要以建筑材料为主。

建筑材料在建设工程中有着举足轻重的地位。第一,建筑材料是建设工程的物质基础。土建工程中,建筑材料的费用占土建工程总投资的 60% 左右,因此,建筑材料的价格直接影响到建设投资。第二,建筑材料与建筑结构和施工之间存在着相互促进、相互依存的密切关系。一种新型建筑材料的出现,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。第三,构筑物的功能和使用寿命在很大程度上取决于建筑材料的性能。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的转变,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。因此,作为一名建筑技术人员,无论从事设计、施工或管理工作,均必须掌握建筑材料的基本性能,并做到合理选材和正确使用。

材料科学的发展标志着人类文明的进步。人类的历史也是按制造生产工具所用材料的种类划分的,由史前的石器时代,经过青铜器时代、铁器时代,发展到今天的人工合成材料时代,均标志着材料科学的进步。同样,建筑材料的发展也标志着建设事业的进步。高层建筑、大跨度结构、预应力结构、海洋工程等,无一不与建筑材料的发展紧密相连。

建筑材料的种类繁多,为了研究、使用和叙述上的方便,通常根据材料的组成、功能和用途分别加以分类。按建筑材料的使用性能分类通常分为承重结构材料、非承重结构材料及功能材料三大类;按建筑材料的使用部位分类通常分为结构材料、墙体材料、屋面材料、楼地面材料、路面材料、路基材料、饰面材料和基础材料等;按建筑材料的化学组成分类通常可分为无机材料、有机材料和复合材料三大类。

作为有关生产、设计应用、管理和研究等部门应共同遵循的依据,对于绝大多数常用的建筑材料,均由专门的机构制定并颁布了相应的“技术标准”,对其质量、规格和验收方法等作了详尽而明确的规定。在我国,技术标准分为四级:国家标准、行业标准、地方标准和企业标准。

建筑工程中不同的部位要求相关的材料具有其相适应的物理、力学、耐久性能;如主体结构材料应具有所需要的力学性能和耐久性能;墙体材料应具有保温隔热、隔声、耐老



化性能；路面材料应具有耐磨、抗滑性能等。建筑材料的这些性能可以通过其组成、结构等特征参数来体现和描述，因此，通过实验了解建筑材料的基本性质，对于掌握材料的特性和使用功能是十分必要的。

本项目包含了密度、表观密度、体积密度、堆积密度、孔隙率及空隙率等实验内容。试验参照《水泥比重测定方法》(GB 208—1994)、《建筑用砂》(GB/T 14684—2001)、《建筑用卵石、碎石》(GB/T 14685—2001)、《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》(JGJ 52—2006) 等标准进行。

学习情境 1.2 建筑材料基本性质的检测

学习任务 1.2.1 密度

材料的密度是指材料在绝对密实状态下，单位体积的质量。

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

式中 ρ ——材料的密度， g/cm^3 ；

m ——材料在干燥状态下的质量， g ；

V ——干燥材料在绝对密实状态下的体积， cm^3 。

材料在绝对密实状态下的体积，是指不包括材料内部孔隙的固体物质本身的体积，亦称实体积。密度只取决于材料自身的组成及微观结构，与孔隙状况无关。

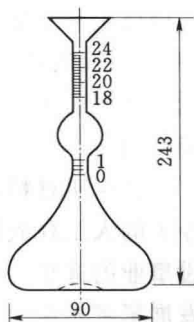


图 1.1 李氏瓶

1.2.1.1 主要仪器设备

(1) 李氏瓶。容积为 220~250mL，刻度精确至 0.1mL，如图 1.1 所示。

(2) 筛子。方孔，孔径为 0.90mm。

(3) 天平。精度为 0.01g。

(4) 烘箱。温度能控制在 $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ 。

(5) 干燥器、温度计等。

1.2.1.2 试样制备

(1) 将试样破碎、磨细，全部通过 0.90mm 方孔筛后，置于 $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ 的烘箱中，烘干至恒重。

(2) 将烘干的粉料放入干燥器中冷却至室温待用。

1.2.1.3 试验方法及步骤

(1) 在李氏瓶中注入无水煤油至 0~1mL 刻度线，置于恒温水槽中恒温 30min，记录刻度 V_1 。

(2) 用天平称取试样质量为 m_1 ，用小勺和漏斗小心地将试样徐徐送入李氏瓶中，直至液面上升至 20mL 或略高于 20mL 的刻度为止。

(3) 用瓶内的煤油将黏附在瓶颈和瓶壁的试样洗入瓶内煤油中，并倾斜转动李氏瓶，排出煤油中气泡，恒温 30min，记录液面刻度 V_2 。

(4) 称取未注入瓶内剩余试样的质量 m_2 。



1.2.1.4 结果计算与评定

按下式计算出密度 ρ ，精确至 $0.01\text{g}/\text{cm}^3$ 。

$$\rho = \frac{m_1 - m_2}{V_2 - V_1}$$

最后结果取两个平行试样试验结果的算术平均值。但两次结果之差不应大于 $0.02\text{g}/\text{cm}^3$ ，否则重做。

学习任务 1.2.2 表观密度

材料在自然状态下单位体积（含内部开口和闭口孔隙）的质量称为材料的表观密度。

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

式中 ρ_0 ——材料的表观密度， g/cm^3 或 kg/m^3 ；

m ——材料的质量， g 或 kg ；

V_0 ——材料在自然状态下的体积， cm^3 或 m^3 。

当测试材料表观密度时，须同时测定其含水率，并予以注明。通常材料的表观密度是指气干状态下的表观密度。不规则材料的体积要采用排水法求得，但材料表面应预先涂上蜡，以防水分渗入材料内部而使所测结果不准。

1.2.2.1 砂的表观密度试验（容量瓶法）

1. 主要仪器设备

- (1) 容量瓶。容积为 500mL 。
- (2) 天平。称量为 1000g ，精度为 1g 。
- (3) 烘箱。温度能控制在 $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ 。
- (4) 干燥器、料勺、温度计等。

2. 试样制备

将试样用四分法（见学习情境 2.2 骨料应用与检测中砂的分样实训操作）缩分至 660g 左右，置于 $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ 的烘箱中烘干至恒重，并在干燥器内冷却至室温，分为大致相等的两份待用。

3. 试验方法及步骤

(1) 称取烘干的试样 300g (m_0)，精确至 1g ，将试样装入容量瓶，注入冷开水至接近 500mL 的刻度处，倾斜摇转容量瓶，使试样在水中充分搅动，排除气泡，再塞紧瓶塞，静置 24h 。

(2) 静置后用滴管添水，使水面与瓶颈 500mL 刻度线平齐，塞紧瓶塞，擦干瓶外水分，称取其质量 (m_1)，精确至 1g 。

(3) 倒出瓶中的水和试样，洗净瓶的内外表面。再向瓶内注入与前面水温相差不超过 2°C ，并在 $15 \sim 25^\circ\text{C}$ 范围内的冷开水，至瓶颈 500mL 刻度线，塞紧瓶塞，擦干瓶外水分，称取其质量 (m_2)，精确至 1g 。

4. 试验结果计算与评定

(1) 按下式计算砂的表观密度 ρ_{0s} ，精确至 $10\text{kg}/\text{m}^3$ ， $\rho_{\text{水}}$ 取 $1000\text{kg}/\text{m}^3$ 。

$$\rho_{0s} = \left(\frac{m_0}{m_0 + m_2 - m_1} \right) \rho_{\text{水}}$$



(2) 最后结果取两个平行试样试验结果的算术平均值。两次测定结果的差值不应大于 20kg/m^3 ，否则重做。

1.2.2.2 石子表观密度试验

试验时各项称量宜在 $15\sim 25^\circ\text{C}$ 范围内进行。

1. 广口瓶法

本方法适宜于最大粒径不超过 37.5mm 的碎石或卵石。

(1) 主要仪器设备：

1) 广口瓶。容积 1000mL ，磨口。

2) 天平。称量为 2000g ，精度为 1g 。

3) 烘箱。温度能控制在 $(105\pm 5)^\circ\text{C}$ 。

4) 筛子。方孔，孔径为 4.75mm 。

5) 浅盘、温度计、玻璃片等。

(2) 试样制备。将试样筛去 4.75mm 以下的颗粒后洗刷干净，用四分法缩分至表 1.1 规定的数量，分成大致相等的两份备用。

表 1.1 表观密度试验所需试样数量

最大粒径/mm	<26.5	<31.5	<37.5	<63.0	<75.0
最少试样质量/kg	2.0	3.0	4.0	6.0	6.0

(3) 试验方法与步骤：

1) 将试样浸水饱和后，装入广口瓶中，然后注满饮用水，用玻璃片覆盖瓶口，以上下左右摇晃的方法排除气泡。

2) 气泡排尽后，向瓶内添加饮用水至水面凸出到瓶口边缘，然后用玻璃片沿瓶口迅速滑行，使其紧贴瓶口水面。擦干瓶外水分后，称取总质量 m_1 ，精确至 1g 。

3) 将瓶中的试样倒入浅盘，置于 $(105\pm 5)^\circ\text{C}$ 的烘箱中烘干至恒重，冷却至室温后称出试样的质量 m_0 ，精确至 1g 。

4) 将瓶洗净，重新注入与前面水温不超过 2°C 的饮用水，用玻璃片紧贴瓶口水面，擦干瓶外水分后称出质量 m_2 ，精确至 1g 。

(4) 试验结果计算与评定：

1) 按下式计算石子的表观密度 ρ_{0g} ，精确至 10kg/m^3 ， $\rho_{\text{水}}$ 取 1000kg/m^3 。

$$\rho_{0g} = \left(\frac{m_0}{m_0 + m_2 - m_1} \right) \rho_{\text{水}}$$

2) 最后结果取两个平行试样试验结果的算术平均值。两次测定结果的差值不应大于 20kg/m^3 ，否则重做。

3) 对于材质不均匀的试样，如两次试验结果之差超过 20kg/m^3 ，最后结果可取四次试验结果的算术平均值。

2. 静水（浸水）天平法

(1) 主要仪器设备：

1) 静水（浸水）天平。由电子天平和静水力学装置组合而成，称量为 10kg ，精度



为 5g。

2) 烘箱。温度能控制在 $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ 。

3) 筛子。方孔, 孔径为 4.75mm。

4) 网篮、盛水容器、浅盘、温度计等。

(2) 试样制备。将试样筛去 4.75mm 以下的颗粒后洗刷干净, 用四分法缩分至表 1.1 规定的数量, 分成大致相等的两份备用。

(3) 试验方法与步骤:

1) 将网篮浸泡于盛水容器中, 并通过溢流孔调整液面高度至稳定, 使天平显示为零。

2) 将浸水饱和后的试样放入网篮, 以上下升降的方法排除气泡, 试样不得高于液面。

3) 把网篮挂于天平挂钩, 并使液面高出试样 50mm 以上。

4) 用同温度水注入盛水容器, 直至高出溢流孔。

5) 待液面稳定后, 称出试样在水中的质量 m_1 , 精确至 5g。

6) 测定水温。

7) 将网篮中的试样倒入浅盘, 置于 $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ 的烘箱中烘干至恒重, 冷却至室温后称出试样的质量 m_0 , 精确至 5g。

(4) 试验结果计算与评定:

1) 按下式计算石子的表观密度 ρ_{0g} , 精确至 $10\text{kg}/\text{m}^3$, $\rho_{\text{水}}$ 取 $1000\text{kg}/\text{m}^3$ 。

$$\rho_{0g} = \left(\frac{m_0}{m_0 - m_1} \right) \rho_{\text{水}}$$

2) 最后结果取两个平行试样试验结果的算术平均值。两次测定结果的差值不应大于 $20\text{kg}/\text{m}^3$, 否则重做。

3) 对于材质不均匀的试样, 如两次试验结果之差超过 $20\text{kg}/\text{m}^3$, 最后结果可取四次试验结果的算术平均值。

学习任务 1.2.3 体积密度

体积密度是指材料在自然状态下, 单位体积 (材料孔隙和材料绝对密实体积之和) 的质量。

$$\rho_0 = \frac{m_0}{V_0}$$

式中 ρ_0 ——材料的体积密度, kg/m^3 ;

m_0 ——材料的质量, kg;

V_0 ——材料的体积, m^3 。

1.2.3.1 规则几何形状试样的测定 (如加气混凝土)

1. 主要仪器设备

(1) 游标卡尺。精度为 0.02mm。

(2) 钢直尺。精度为 0.5mm。

(3) 天平。称量为 2000g, 精度为 1g。

(4) 烘箱、干燥器等。

2. 试样制备

将试样按照规定程序烘干至恒重 [一般材料置于 $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ 的烘箱内烘干], 取出置



于干燥器中，冷却至室温待用。

3. 试验方法与步骤

(1) 用游标卡尺量出试样尺寸：

1) 平行六面体试样。量取 3 对平行面一个方向的中线长度，两两取平均值。

2) 圆柱体试样。量取十字对称直径，上、中、下部位各量两次，取六次结果的平均值；量取十字对称方向高度，取四次测定结果的平均值。

(2) 计算出体积 V_0 。

(3) 用天平称量出试件的质量 m_0 。

4. 试验结果计算

按下式计算出体积密度 ρ_0 ，精确至 10kg/m^3 。

$$\rho_0 = \frac{m_0}{V_0}$$

1.2.3.2 不规则形状试样的测定（如卵石等）

此类材料体积密度测定时需将其表面涂蜡，封闭开口孔后，用静水（浸水）天平法进行测定。

1. 主要仪器设备

(1) 静水（浸水）天平。由电子天平和静水力学装置组合而成，称量为 10kg ，精度为 5g 。

(2) 烘箱。温度能控制在 $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ 。

(3) 网篮、盛水容器、温度计等。

2. 试样制备

将试样在 $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ 的烘箱内烘干至恒重，取出放入干燥器中，冷却至室温待用。

3. 试验方法与步骤

(1) 称出试样质量 m_0 。

(2) 将试样表面涂蜡，待冷却后称出质量 m_1 。

(3) 用静水天平称出涂蜡试样在水中的质量 m_2 [具体步骤见石子表观密度静水（浸水）天平法试验]。

4. 试验结果计算

按下式计算出体积密度 ρ_0 ，精确至 10kg/m^3 ， $\rho_{\text{水}}$ 取 1000kg/m^3 ； $\rho_{\text{蜡}}$ 取 930kg/m^3 。

$$\rho_0 = \frac{m_0}{(m_1 - m_2) - (m_1 - m_0) / \rho_{\text{蜡}}} \rho_{\text{水}}$$

学习任务 1.2.4 堆积密度

散粒材料在堆积状态下单位体积（含颗粒内部孔隙和颗粒之间空隙）的质量称为堆积密度。

$$\rho'_0 = \frac{m}{V'_0}$$

式中 ρ'_0 ——散粒材料的堆积密度， kg/m^3 ；

m ——散粒材料的质量， kg ；



V'_0 ——散粒材料在自然堆积状态下的体积, m^3 。

根据材料密实程度可分为松散堆积密度和紧密堆积密度。

堆积密度的测定根据所测定材料的粒径不同, 采用不同的方法, 但原理相同。下面以砂和石子为例介绍两种堆积密度的测定方法。

1.2.4.1 砂堆积密度试验

1. 主要仪器设备

- (1) 容量筒。金属圆柱形, 容积为 1L。
- (2) 标准漏斗。具体尺寸如图 1.2 所示。
- (3) 天平。称量为 10kg, 精度为 1g。
- (4) 烘箱。温度能控制在 $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ 。
- (5) 方孔筛、直尺、垫棒等。

2. 试样制备

用四分法缩取砂样约 3L, 在温度为 $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ 的烘箱中烘干至恒重, 取出冷却至室温, 筛除大于 4.75mm 的颗粒, 分为大致相等的两份待用。

3. 试验方法及步骤

(1) 松散堆积密度:

- 1) 称取容量筒的质量 m_1 及测定容量筒的体积 V'_0 ; 将容量筒置于漏斗下面, 使漏斗对正中心。
- 2) 取一份试样, 用料勺将试样装入漏斗, 打开活动门, 使试样徐徐落入容量筒, 直至容量筒溢满, 上部呈锥体后关闭活门。
- 3) 用直尺将多余的试样沿筒口中心线向两个相反方向刮平, 称出总质量 m_2 , 精确至 1g。

注意: 加料及刮平过程中不得触动容量筒。

(2) 紧密堆积密度:

- 1) 称取容量筒的质量 m_1 及测定容量筒的体积 V'_0 。
- 2) 取一份试样, 分两次装入容量筒。
- 3) 装第一层, 筒底放 10mm 直径垫棒, 按住筒左右交替击地面 25 次。
- 4) 装第二层, 同上一步操作 (垫棒方向转 90°)。
- 5) 加试样超过筒口, 用直尺将多余的试样沿筒口中心线向两个相反方向刮平, 称出总质量 m_2 , 精确至 1g。

4. 试验结果计算与评定

- (1) 按下式计算试样的堆积密度 ρ'_0 , 精确至 $10\text{kg}/\text{m}^3$ 。

$$\rho'_0 = \frac{m_2 - m_1}{V'_0}$$

- (2) 最后结果取两个平行试样试验结果的算术平均值。

1.2.4.2 石子堆积密度试验

1. 主要仪器设备

- (1) 容量筒。见表 1.2。

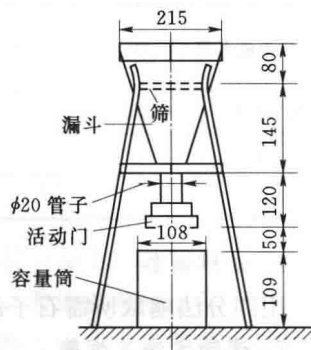


图 1.2 标准漏斗



- (2) 台秤。称量为 10kg，精度为 10g。
- (3) 磅秤。称量为 50kg、100kg，精度为 50g。
- (4) 小铲、烘箱等。

表 1.2 容量筒规格

石子最大粒径/mm	容量筒/L	容量筒尺寸/mm		
		内径	净高	壁厚
9.5, 16.0, 19.0, 26.5	10	208	294	2
31.5, 37.5	20	294	294	3
53.0, 63.0, 75.0	30	360	294	4

2. 试样制备

用四分法缩取所需石子烘干或风干后，拌匀并将试样分为大致相等的两份备用。

3. 试验方法及步骤

- (1) 称取容量筒的质量 (m_1) 及测定容量筒的体积 (V'_0)。
- (2) 取一份试样，用小铲将试样从容量筒上方 50mm 处徐徐加入，试样自由落体下落，直至容器上部试样呈锥体且四周溢满时，停止加料。
- (3) 除去凸出容器表面的颗粒，并以合适的颗粒填入凹陷部分，使表面凸起部分体积和凹陷部分体积大致相等。称取总质量 (m_2)，精确至 10g。

4. 试验结果计算与评定

- (1) 按下式计算试样的堆积密度 ρ'_0 ，精确至 10kg/m³。

$$\rho'_0 = \frac{m_2 - m_1}{V'_0}$$

- (2) 最后结果取两个平行试样试验结果的算术平均值。

学习任务 1.2.5 孔隙率、空隙率

材料的孔隙率是指材料内部孔隙体积占总体积的百分率。

$$P_0 = \frac{V_0 - V}{V_0} \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) \times 100\%$$

式中 ρ ——材料的密度；

ρ_0 ——材料的表观密度；

P_0 ——材料的孔隙率，%；

V_0 ——材料的总体积，m³；

V ——材料的内部孔隙体积，m³。

空隙率是指散粒材料堆积体积中，颗粒间空隙体积所占总体积的百分率。

$$P'_0 = \frac{V'_0 - V_0}{V'_0} \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho'_0}{\rho_0}\right) \times 100\%$$

式中 P'_0 ——散粒材料的空隙率，%；

V'_0 ——散粒材料的总体积，m³；

其余符号意义同前。

学习项目2 混凝土材料

混凝土通常是由水泥、水、砂、石子、外加剂、掺和料按一定比例组合而成。

学习情境2.1 水泥应用与检测

水泥是最重要的建筑材料之一，常用于建筑工程中各种钢筋混凝土构件和建筑物，也可用于配制砂浆、灌浆材料等。通用硅酸盐水泥有硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥、复合硅酸盐水泥。硅酸盐水泥的主要技术性质有化学指标、凝结时间、安定性、强度、碱含量、细度和水化热，其中碱含量、细度为非强制性指标。

本学习项目实验内容有细度、标准稠度用水量、凝结时间、安定性、胶砂流动度、强度试验。

试验参照《水泥取样方法》(GB 12573—1990)、《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007)、《水泥细度检验方法 筛析法》(GB/T 1345—2005)、《水泥比表面积测定方法 勃氏法》(GB/T 8074—2008)、《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法》(GB/T 1346—2001)、《水泥胶砂流动度测定方法》(GB/T 2419—2005)、《水泥胶砂强度检验方法(ISO法)》(GB/T 17671—1999)进行。

学习任务2.1.1 水泥试验的一般规定

2.1.1.1 编号和取样

以同一水泥厂、同品种、同强度等级编号和取样。编号根据水泥厂年生产能力确定(具体根据相关水泥标准)，每一编号作为一取样单位。取样可以在水泥输送管道中、袋装水泥堆场和散装水泥卸料处或输送水泥运输机具上进行。取样应有代表性，可连续取，也可从20个以上不同部位抽取等量水泥样品，总数不少于12kg。

2.1.1.2 养护与试验条件

养护室(箱)温度应为 $(20 \pm 1)^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度应大于90%；试验室温度应为 $(20 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度应大于50%。

2.1.1.3 对试验材料的要求

- (1) 试样要充分拌匀，通过0.9mm方孔筛并记录筛余物的百分数。
- (2) 试验室用水必须是洁净的饮用水。
- (3) 水泥试样、标准砂、拌和水及试模等温度均与试验室温度相同。

学习任务2.1.2 水泥细度

2.1.2.1 目的

细度是指水泥颗粒的粒细程度，可以用筛余百分数、比表面积表示。水泥越细，比表