

道路建筑材料

性能检测技术

邓人庆 张丽华 编

人民交通出版社

Daolu Jianzhu Cailiao Xingneng Jiance Jishu

道路建筑材料性能检测技术

邢人庆 张丽华 编

人民交通出版社

内 容 提 要

本书介绍道路建筑常用材料的技术性能、检测原理及方法。全书共六章:第一章砂石材料,第二章石灰和水泥,第三章水泥混凝土和砂浆,第四章沥青材料,第五章沥青混合料,第六章建筑钢材和木材。另附六个附录。

本书可作为公路工程施工、监理及工程试验等专业技术人员的工具书,亦可作为公路与城市道路等相关专业大、中专学生的试验教材及材料试验检测人员的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

道路建筑材料性能检测技术/邓人庆,张丽华编.
北京:人民交通出版社,2000.8
ISBN 7-114-03692-2

I. 道… II. ①邓…②张… III. 道路工程-建筑材料-检测 IV. U414

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 62980 号

道路建筑材料性能检测技术

邓人庆 张丽华 编

版式设计:刘晓方 责任校对:戴瑞萍 责任印制:张 凯

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街 10 号 010 64216602)

各地新华书店经销

中国纺织出版社印刷厂印刷

开本:787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张:12.5 字数:310 千

2000 年 8 月 第 1 版

2000 年 8 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数:0001—4000 册 定价:21.00 元

ISBN 7-114-03692-2

U·02671

前 言

建筑材料是工程结构物的物质基础,材料的优劣直接影响着结构物的质量,因此,材料的质量控制是确保工程质量的重要环节。近年来,随着我国公路建设的迅猛发展,道路建筑材料的检测任务日趋繁重,同时,材料技术标准、试验规程不断更新,对材料检测人员的专业水平、检测技能等综合素质提出了更高的要求。本书的编写出版,目的是为从事公路工程施工、工程监理、工程试验的技术人员提供一本实用的工具书,为在校的大、中专学生提供一本适用的材料检测教材。希望本书能在贯彻新规程,提高检测水平方面发挥应有的作用。

本书共六章,从实用角度出发,对公路工程中常用建筑材料的定义、分类、技术性能、影响因素、检测方法及评定标准等方面作了全面的叙述。力求为读者尽快掌握材料检测技术,提供一个捷径,为试验人员在掌握检测方法的同时,能全面了解和掌握材料的基本属性及质量评定标准。全书在内容编排上紧密结合最新技术规程,其中集料、沥青及沥青混合料均为 2000 年新版试验规程。为了适应生产和教学需要,本书在编写过程中注重针对性和实用性,重点突出、阐述简明,便于自学。

本书可作为公路工程施工、监理技术人员、实验室检测人员的工具用书,亦可作为公路与城市道路等相关专业大、中专学生的试验教材及材料试验检测人员的培训教材。

全书由北京交通管理干部学院公路系邓人庆、张丽华编写。对于本书中的不妥之处,恳请读者批评指教,以便再版时改正。

编 者

2000 年 2 月于北京.

目 录

绪论	1
第一章 砂石材料	4
第一节 概述	4
一、石料的特性及制品	4
二、集料及其分类	5
第二节 石料的技术性质及检测方法	5
一、石料的物理性质及检测方法	5
二、石料的力学性质及检测方法	14
三、石料的化学性质及检测方法	19
四、石料的技术分级	20
第三节 集料的技术性能及检测方法	21
一、粗集料的技术性质及检测方法	21
二、细集料的技术性质及检测方法	39
三、集料的技术标准	45
第四节 矿粉的技术性质及检测方法	49
第二章 石灰和水泥	55
第一节 概述	55
第二节 石灰的技术性质及检测方法	55
一、石灰的特性及分类	55
二、石灰的技术性质及检测方法	55
三、石灰的技术分级	64
第三节 水泥的技术性质及检测方法	65
一、水泥的特性及分类	65
二、水泥的技术性质及检测方法	66
三、水泥的技术标准	77
第三章 水泥混凝土和砂浆	80
第一节 水泥混凝土	80
一、水泥混凝土的分类及特性	80
二、水泥混凝土的技术性质及检测方法	80
第二节 砂浆	91
一、概述	91
二、砌筑砂浆的技术性质及检测方法	91
三、砂浆的技术要求	97
第四章 沥青材料	99

第一节 概述	99
一、石油沥青的分类	99
二、沥青的特性	100
第二节 沥青的技术性质及检测方法	100
第三节 沥青的技术分级	132
一、中、轻交通量道路石油沥青技术标准	132
二、重交通量道路石油沥青标准	132
三、液体石油沥青的技术标准	132
第五章 沥青混合料	136
第一节 概述	136
第二节 沥青混合料的技术性质及检测方法	136
一、马歇尔稳定度试验	137
二、沥青混合料车辙试验	146
第三节 沥青混合料的技术标准	149
第六章 建筑钢材和木材	150
第一节 建筑钢材	150
一、钢材的分类及特性	150
二、钢的技术性质及检测方法	151
三、建筑钢材的技术分级	162
第二节 木材	165
一、木材的分类及特性	165
二、木材的技术性质及检测方法	166
三、木材的技术分级	176
附录 I 粗集料取样法(T0301—2000)	178
附录 II 沥青取样法(T0601—2000)	179
附录 III 沥青试样准备方法(T0602—1993)	182
附录 IV 沥青混合料取样法(T0701—2000)	184
附录 V 木材物理力学试验方法总则	187
附录 VI 木材物理力学试材锯解及试样截取方法	189
参考书目	192

绪 论

一、道路建筑材料性能检测的目的及重要性

《道路建筑材料性能检测技术》是公路与城市道路专业、公路工程监理专业及相关专业的必修课,也是一项专业性很强的技术检测工作。

道路建筑材料性能检测技术是通过试验手段,对材料进行各种性能的检测,其目的是了解材料内在的技术性能,分析其影响因素,评定材料的质量,确定其技术等级。

工程实体都是由建筑材料修筑而成的,在道路桥梁建筑工程中用于购置材料的费用一般要占工程总造价的 50% 以上,某些重要工程甚至可达 70% ~ 80%。因此,材料质量的优劣及能否正确、合理地使用建筑材料,都直接关系到整个工程的质量和造价。作为土建工程技术人员,如果不懂建筑材料性能检测技术,要做到设计、施工的安全、经济、合理是不可能的。因此,道路建筑材料性能检测技术是公路交通技术人员必备的专业技能,通过运用该技术,掌握道路建筑材料的技术性能,从而不仅能合理地选用和配制建筑材料,而且能不断改善材料性能,研制和创造新型材料。

二、道路建筑材料性能的检测方法及技术标准

道路与桥梁都是无遮盖而裸露于大自然的结构物,除了承受频繁的车辆荷载作用外,还要承受各种自然因素的综合作用。因此,用于修筑它的建筑材料,除了有良好的力学强度外,还应具有抵抗各种自然因素破坏的能力,即在各种自然因素的长期恶劣影响下,材料的综合力学性能不产生明显的衰退。因此,要求道路建筑材料必须具备:(1)良好的力学性质,即材料具有抵抗车辆等作用的性能;(2)良好的物理性质,即材料在温度、湿度等各种自然因素变化的情况下,仍保持良好的物理性能;(3)化学性质,即材料抵抗各种周围环境对其化学作用的性能;(4)工艺性质,即材料能够按照一定的工艺流程加工制造的特性。道路建筑材料检测主要是对材料进行上述四方面性能的检测。

对于材料技术性能的判定,是通过试验的手段来进行的。常用的方法主要有实验室内试验及现场修筑试验性结构物试验等,其中大量的的是实验室内对原材料及模拟结构进行各种性能的检验,具体内容如下。

(1)物理性质试验 主要测定材料的密度、孔隙率、吸水率等物理指标,用以分析材料的内部组成结构,测算其技术性能。

(2)力学性质试验 通过对材料进行拉力、压力、弯曲、剪切、磨耗等试验,来测定材料的力学性能。

(3)化学性质试验 通过测定材料的化学成分、元素含量等来了解材料的化学性能,分析强度形成原理及“老化”、腐蚀的原因。

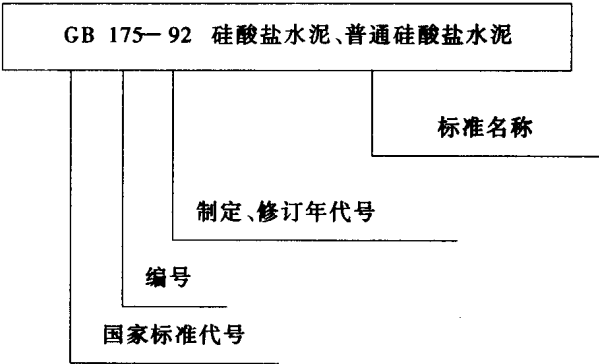
(4)工艺性能试验 对材料进行加工性能的试验,如钢筋弯曲、焊接试验,新拌混凝土施工和易性的试验等等。

综上所述,材料性能的判定是通过材料试验来测定的。为了使试验数据具有可比性,国家及各行业部门制定了统一的材料试验操作规程,并根据试验结果制定了评定材料质量等级的统一标准,在选用材料时应根据这些技术标准来评价材料的质量,划分材料的等级。

目前我国建筑材料的标准分为:国家标准、行业标准、地方标准和企业标准四个等级。

(1)国家标准 应用范围广,需要在全国范围内统一的标准,称为国家标准。国家标准由国务院标准化行政部门制定。国家标准的表示方法是由国家标准代号、编号、制定或修订年份、标准名称等四部分组成的。

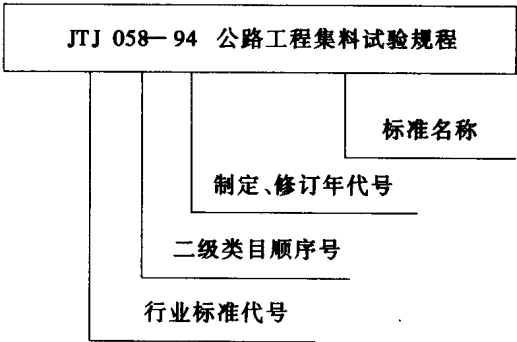
例:



推荐性国家标准在 GB 后加“T”。例如 GB/T4509—84 石油沥青针入度测定方法。

(2)行业标准 对没有国家标准而又需要在全国某行业范围内制定统一要求的,可制定行业标准。行业标准由国务院有关行政主管部门制定,并报国务院标准化行政主管部门备案、在公布国家标准后,该项行业标准即行废止。行业标准的表示方法是由行业标准代号、一级类目代号、二级类目代号、二级类目顺序号、制定或修订年代号、标准名称等部分组成。

例:



(3)地方标准 对没有国家标准和行业标准,需要在省、自治区、直辖市范围内统一要求的材料,可以制定地方标准。

(4)企业标准 企业生产的产品没有国家标准和行业标准的,应当制定企业标准,作为生产组织的依据。

我国国家标准及与道路材料有关的几个行业标准代号示例如表 0-1。

国家标准和行业标准代号

表 0-1

标准名称	代号(汉语拼音)	示 例
国家标准	国标 GB(Guo Biao)	GB 175—92 硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥
交通行业标准	交通 JT(Jiao Tong)	JTJ 052—93 公路工程沥青及沥青混合料试验规程
建材行业标准	建材 JC(Jian Cai)	JC/T 479—92 建筑生石灰
石油化工行业标准	石化 SH(Shi Hua)	SH 0522—92 道路石油沥青
黑色冶金行业标准	冶标 YB(Ye Biao)	YB/T 030—92 煤沥青筑路油

为研究国外有关道路建筑材料的科学技术,现将国际及国外几个主要国家的标准代号列于表 0-2 中。

国际标准和国外国家标准代号

表 0-2

标 准 名 称	缩 写 (全名)
国际标准	ISO (International Standard Organization)
美国国家标准	ANS(American National Standard)
美国材料与试验学会标准	ASTM(American Society for Testing and Materials)

值得注意的是材料的试验规程和技术标准并不是一成不变的。随着科技的不断进步,检测手段的不断更新及人们对材料性能的不断改进,材料的试验规程和技术标准也在不断地变化,这就要求我们不断地学习新的试验方法和技术标准,积极探索改善材料性能的新途径。

第一章 砂石材料

第一节 概 述

在公路与桥梁建筑中,砂石材料是用量最大的一种建筑材料。按其用途砂石材料可分为石料和集料两大类。石料可直接(或加工后)用作道路或桥梁的砌体,集料通常作为混凝土的骨料。由于石料、集料的用途不同,因而对它们的技术要求亦不相同。

一、石料的特性及制品

石料是指地壳上层岩石经加工或不经加工而获得的各种块料。石料的主要特点是:有较高的抗压强度和耐久性,分布广,宜就地取材。但其脆性较大,硬度高,开采加工比较困难。石料按其成因可分为岩浆岩、沉积岩、变质岩三大类别。

公路与桥梁用石料的制品主要有以下几种。

1. 片石

片石是由爆破直接得到的形状不规则的石块。它的长边尺寸可达 300~400mm,质量约 20~30kg 左右,通常最小边在 150mm 以上,体积不小于 0.01m^3 。片石常用于挡土墙、桥梁护坡、基础片石混凝土工程等。

2. 块石

块石是层状岩石经打眼放炮或人工直接开采而得的块状石料。块石形状大致方正,无尖角,有两个较大的平行面,边角可不加工,厚度不小于 20cm,宽度为厚度的 1.0~1.5 倍,长度为厚度的 1.5~3 倍,块石常用于砌筑桥梁基础。

3. 条石

条石是经粗琢加工而成近似六面体,每个面呈长方形,上下面平行,表面平整的石料。条石常用于铺砌高级道路的路面面层或过水路面等。

4. 锥形块石

锥形块石是利用爆破或人工劈解的片石再进一步加工而得的粗打石料,要求上小下大,接近锥形。锥形石块用于铺砌公路路面基层。

5. 铺砌拳石

铺砌拳石是形状近似于棱柱体或锥体的粗打石料,正面应有四边形或多边形的轮廓。铺砌拳石顶面与底面平行,侧面不得有显著尖锐突出,以免妨碍铺砌时相互挤紧。铺砌拳石主要用于公路路面铺砌、桥涵及其他加固工程的铺砌。

6. 料石

料石是由人工或机械开采的较规则的长方体石块,再略加凿琢而成。料石主要用于砌筑拱桥的拱圈及挡土墙外皮等。

二、集料及其分类

集料是岩石风化而成的砾石或砂,以及岩石经人工轧制的各种尺寸的碎石,因此,集料是粒径大大小小的碎、砾石混合在一起的砂石料。根据集料在混凝土中的作用不同,可分为粗集料和细集料两大类。

1.粗集料 是指在混凝土中起骨架作用的集料。在水泥混凝土中粗集料是指粒径大于5mm的碎、砾石;在沥青混凝土中粗集料是指粒径大于2.36mm的集料。

2.细集料 是指在混凝土中起填充作用的集料,俗称砂。在水泥混凝土中细集料是指粒径小于5mm的集料;在沥青混凝土中是指粒径小于2.36mm的集料。

第二节 石料的技术性质及检测方法

一、石料的物理性质及检测方法

石料的物理性质是石料矿物组成与结构状态的反映,它与石料的技术性质有密切的联系。石料在天然形成过程中,其内部都存在一定的孔隙,有些孔隙是与大气相通的,有些是封闭在石料内部的。通常我们把与大气相通的孔缝称为开口孔隙 V_o ,把封闭在石料内部的孔缝称为闭口孔隙 V_c ,如图 1-1a)所示。各部分所占的质量和体积,如图 1-1b)所示。

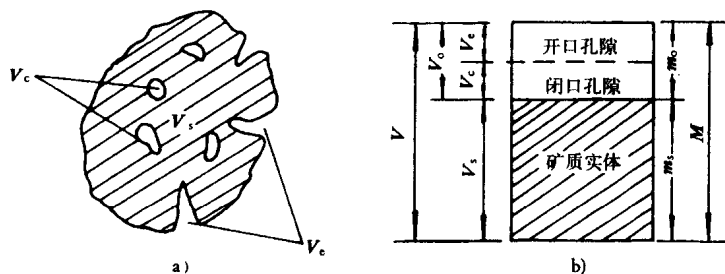


图 1-1 石料结构示意图

a)外观示意图;b)质量与体积关系示意图

石料的物理性质就是通过测定石料的密度、毛体积密度等物理指标来推算石料的孔隙率,即石料的孔隙体积(闭口与开口孔隙体积)占石料总体积的百分率。除了可以用孔隙率来量化孔隙数量之外,还可以分析石料的结构状态,因为矿物成分相同的石料,若其内部裂隙的发育程度不同,其技术性能的差异也是很大的。通常毛细孔隙结构的石料其物理性能都差于粗大孔隙结构的石料。

在道桥工程中常测的物理指标有:密度、毛体积密度、吸水率、饱水率、抗冻性、坚固性等。

(一)密度

密度是指在 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 下烘干至恒量时,石料矿质单位体积(不包括开口与闭口孔隙体积)的质量。由图 1-1b)体积与质量关系可表示为式(1-1):

$$\rho_i = \frac{m_s}{V_s} \quad (1-1)$$

式中: ρ_i ——石料的密度(g/cm^3);

m_s ——石料矿质实体的质量(g);

V_s ——石料矿质实体的体积(cm^3)。

检测密度的目的是为计算石料的孔隙率提供必要的依据,因为孔隙率是按照式(1-2)计算的:

$$n = \left(1 - \frac{\rho_h}{\rho_t} \right) \times 100 \quad (1-2)$$

式中: n ——石料的孔隙率(%);

ρ_h ——石料的毛体积密度(g/cm^3);

ρ_t ——石料的密度(g/cm^3)。

只有测出石料的密度和毛体积密度后,才能计算出石料孔隙率的大小。

检测密度的原理主要是测定石料的真实体积 V_s ,为此应先将石料磨碎成石粉,目的是充分排除石料内部的孔隙,然后用排水体积法置换出石粉的真实体积 V_s 。

1. 仪器设备

(1)比重瓶:容量 50ml 或 100ml 的短颈比重瓶,如图 1-2。

(2)天平:感量 0.001g。

(3)轧石机或钢槌:供初碎石料试样用。

(4)球磨机或研磨机:供磨碎石粉用。

(5)研钵:供磨细石粉用。

(6)温度计。

(7)烘箱:能使温度控制在 $105^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 。

(8)砂浴、恒温水槽(灵敏度 $\pm 1^\circ\text{C}$)及真空抽气设备。

(9)干燥器:内装氯化钙或硅胶等干燥剂。

(10)筛子:孔径为 0.25mm。

(11)锥形玻璃漏斗和瓷皿。

(12)滴管和牛骨匙等。

2. 检测方法

(1)将岩石试样全部粉碎成能通过 0.25mm 筛孔的石粉。

(2)将制备好的石粉放在瓷皿中,置于温度为 $105^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 的烘箱中烘至恒重,烘干时间一般为 6~12h,然后再置于干燥器中冷却至室温备用。

(3)用四分法取两份石粉,每份试样从中称取 15g(用 100ml 比重瓶)或 10g(用 50ml 比重瓶)石粉(精确至 0.001g,本试验称量精度皆相同),用漏斗灌入洗净烘干的比重瓶中,并注入蒸馏水至瓶的一半处,摇动比重瓶使石粉分散。

(4)将比重瓶放在砂浴上煮沸,煮沸时间自悬液沸腾时算起不得少于 1h,使空气逸出。将瓶取出擦干,冷却至室温,再向瓶中注入蒸馏水,使接近满瓶,然后置于 $t^\circ\text{C}$ (一般为 $20^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$,下相同)恒温水槽内。待瓶内温度稳定,上部悬液澄清后,塞好瓶塞,使多余水分溢出。从恒温水槽中取出比重瓶,擦干瓶外水分,立即称其质量。

(5)倾出悬液,洗净比重瓶,注入蒸馏水接近满瓶,再置于恒温水槽内,水温必须同 4)中所用的水槽温度相同,待瓶内水的温度稳定后,塞好瓶塞,将逸出瓶外水分擦干,立即称其质量。

3. 结果计算及精度要求

按式(1-3)计算石料密度值(精确至 $0.01\text{g}/\text{cm}^3$):

$$\rho_t = \frac{m_1}{m_1 + m_2 - m_3} \cdot \rho_{wt} \quad (1-3)$$

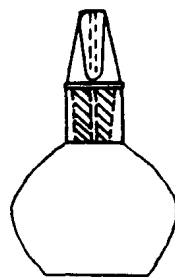


图 1-2 比重瓶

式中: ρ_t ——石料的密度(g/cm^3);

ρ_{wt} —— $t^\circ\text{C}$ 时蒸馏水的密度(g/cm^3),见表 1-2;

m_1 ——烘干石料的质量(g);

m_2 ——瓶加水的合质量(g);

m_3 ——瓶、水与试样的总质量(g)。

以两次试验结果的算术平均值作为测定值,如两次试验结果之差大于 $0.02\text{g}/\text{cm}^3$ 时,应重新取样进行试验。

4. 试验记录格式,见表 1-1。

密度试验记录(比重瓶法)

表 1-1

试样编号						石料产地			
岩石名称						用 途			
试验次数	比重瓶号	温度 t ($^\circ\text{C}$)	$t^\circ\text{C}$ 时水的 密度 ρ_{wt} (g/cm^3)	烘干试样的 质量 m_1 (g)	瓶装满水 后的质量 m_2 (g)	瓶、水及试 样的总质量 m_3 (g)	密度值 ρ_t (g/cm^3)	平均值	备注
1	2	3	4 查表 1-2	5	6	7	8	9	10

试验者_____ 计算者_____ 校核者_____ 试验日期_____

注:(1)水的密度见表 1-2。

(2)比重瓶的校正:根据本地区一年内温度变化的范围,按下列步骤测定瓶加水的合质量,并绘制校正曲线。

①将比重瓶洗净、烘干、称质量两次(精确至 0.001g ,后皆同),取两次称量的算术平均值。两次差值不得大于 0.002g 。

②将真空处理的蒸馏水注满比重瓶,并移入恒温水槽中。

③将温度计插入盛水的比重瓶中,待瓶内水温稳定后,拔出温度计,在恒温水槽中盖上瓶塞,多余水分任其自瓶口溢出。注意瓶内应无气泡。

④将比重瓶取出擦干,称瓶加水的合质量。

⑤将恒温水槽的水温升高 5°C ,按③、④步骤测定该温度下瓶加水的合质量。如此每间隔 5°C 调节一次温度,直至稍超过本地区的最高温度为止。如测低温,可放冰于恒温水槽内。

⑥以瓶加水的合质量为纵坐标,水温为横坐标,绘制瓶加水的合质量与温度的关系曲线。

蒸馏水的密度表

水的密度($\rho_{wt}, \text{g}/\text{cm}^3$)

表 1-2

温度 ($^\circ\text{C}$)	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	差数 $\times 10$
5	0.9999919	0.9999902	0.9999883	0.9999842	0.9999842	0.9999819	0.9999795	0.9999769	0.9999741	0.9999712	1
6	9681	9649	9616	9581	9544	9506	9467	9426	9384	9340	1
7	9295	9248	9200	9150	9099	9046	8992	8936	8879	8821	2
8	8762	8701	8638	8574	8509	8442	8374	8305	8234	8162	3
9	8088	8013	7936	7859	7780	7699	7617	7534	7450	7364	5
10	7277	7189	7099	7008	6915	6820	6724	6627	6529	6428	6
11	6328	6225	6121	6017	5911	5803	5694	5585	5473	5361	2
12	5247	5132	5016	4898	4780	4660	4538	4415	4291	4166	0
13	4040	3913	3784	3655	3524	3391	3258	3123	2987	2850	1

续表 1-2

温度 (℃)	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	差数 × 10
14	2712	2572	2432	2290	2147	2003	1858	1711	1564	1415	1
15	1265	1113	0961	0608	0653	0497	0340	0182	0023	9862	2
16	0.9989701	0.9989538	0.9989374	0.9989209	0.9989043	0.9988876	0.9988707	0.9988538	0.9988367	0.9988175	6
17	8022	7849	7673	7497	7319	7141	6961	6781	6599	6416	9
18	6232	6046	5861	5673	5485	5295	5105	4913	4720	4326	14
19	4331	4136	3938	3740	3541	3341	3140	2937	2733	2529	18
20	2323	2117	1909	1701	1490	1280	1068	0695	0641	0426	22
21	0210	0.9979993	0.9979775	0.9979556	0.9979335	0.9979114	0.9978892	0.9978869	0.9978444	0.9973219	25
22	0.9977993	0.9977765	0.9977537	0.9977308	0.9977077	0.9976846	0.9976613	0.9976380	0.9976145	0.9975918	27
23	5674	5437	5198	4959	4718	4477	4435	3991	3717	3502	29
24	3256	3009	2760	2511	2261	2010	1758	1505	1250	0995	30
25	0739	0432	0225	0.9969966	0.9969706	0.9969445	0.9969184	0.9968921	0.9963657	0.9968393	31
26	0.9968128	0.9967861	0.9967594	0.9967326	0.9967057	0.9966736	0.9966515	0.9966243	0.9965970	0.9965696	30
27	5241	5146	4869	4591	4313	4033	3753	3472	3190	2907	29
28	2623	2338	2052	1766	1478	1190	0901	0610	0319	0027	28
29	0.9959735	0.9959440	0.9959146	0.9958850	0.9958554	0.9958257	0.9957958	0.9957659	0.9957359	0.9957059	25
30	6756	6454	6151	5846	5541	5235	4928	4620	4312	4002	23
31	3692	3380	3068	2755	2442	2127	1812	1495	1178	0861	20
32	0542	0222	0.9449901	0.9449580	0.9449258	0.9448935	0.9448612	0.9448286	0.9447961	0.9447635	19
33	0.9947308	0.9946980	0.9946651	0.9946321	0.9945991	0.9945660	0.9945328	0.9944995	0.9944661	0.9944327	17
34	3991	3655	3319	2981	2643	2303	1963	1622	1280	0938	16
35	0594	0251	9906	9560	9214	8867	8518	8170	7820	7470	16

(二)毛体积密度

毛体积密度是指在规定条件下,烘干石粉包括闭口和开口孔隙在内的单位固体材料的质量。毛体积密度用 ρ_h 表示,由图 1-1b) 体积与质量的关系可表示为:

$$\rho_h = \frac{m_s}{V_s + V_c + V_e} \quad (1-4)$$

式中: ρ_h ——石料的毛体积密度(g/cm^3);

m_s 、 V_s ——意义同式 1-1;

V_c 、 V_e ——石料的闭口与开口孔隙的体积(cm^3)。

检测石料毛体积密度的目的同样是为了计算石料的孔隙率。因为对于相同矿物组成的岩石,若其毛体积密度愈大,则石料的孔隙率就愈小,其技术性能相应也会好一些(在孔隙结构相同的条件下)。除外,在计算石料的质量及石料的用量中也要经常用到密度和毛体积密度的值。

测定毛体积密度,关键是测定其总体积 V ,即 $V = V_s + V_c + V_e$,为了求得开口孔隙的体积 V_e ,试验时一般采用蜡封法,即用蜡将石料表面封好,然后用排水体积法测出石料的总体积。

1. 仪器设备

(1)试件加工设备:切石机、钻石机、磨平机及小锤等。

- (2)工业天平:称量 500g,感量 0.01g。
- (3)烘箱:能使温度控制在 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的范围内。
- (4)静水力学天平、平衡盘、吊钩、吊网、盛水容器等。
- (5)石蜡(密度一般为 $0.93\text{g}/\text{cm}^3$)。
- (6)软毛刷等。

2. 试验步骤

- (1)将试样锤打成粒径约 50mm 的不规则形状试件至少 3 个或将石料试样制成边长 50mm 的立方体试件 3 个,冲洗干净,注明编号备用。
- (2)将试件放入烘箱,在 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 下烘至恒量,烘干时间一般为 12 ~ 24h,取出置于干燥器内冷却至室温。
- (3)从干燥器中取出试件,在天平上称其质量(精确至 0.01g,本试验同皆此)。
- (4)将石蜡加热熔化,至稍高于熔点(一般石蜡熔点在 $55^{\circ}\text{C} \sim 58^{\circ}\text{C}$),用软毛刷在石料表面涂上一层厚度不大于 1mm 的石蜡层,冷却后准确称出涂有石蜡试件的质量。
- (5)将涂有石蜡的试件系在天平上,称出其在水中的质量。
- (6)擦干试件表面水分,在空气中重新称取蜡封试件的质量,检查此时蜡封试件的质量是否大于浸水前的质量 m_1 ,如超过 0.05g 时,说明试件蜡封不好,水已浸入试件,应另取试件重新测定。

3. 结果计算及精度要求

石料毛体积密度按式(1-5)计算,精确至 $0.01\text{g}/\text{cm}^3$:

$$\rho_h = \frac{m}{V} \tag{1-5}$$

其中:
$$V = \frac{m_1 - m_2}{\rho_w} - \frac{m_1 - m}{\rho_p} \tag{1-6}$$

- 式中: ρ_h ——石料毛体积密度(g/cm^3);
- m ——烘至恒量时的试件质量(g);
- m_1 ——涂石蜡后的试件在空气中的质量(g);
- m_2 ——涂石蜡后的试件在水中的质量;
- ρ_p ——石蜡的密度(g/cm^3);
- ρ_w ——水的密度,计算时取 $1\text{g}/\text{cm}^3$ 。

组织均匀的岩石,其密度应为 3 个试件试验结果的平均值;组织不均匀的岩石,密度应记录最大与最小值。

4. 试验记录格式,见表 1-3。

毛体积密度试验记录(蜡封法)							表 1-3
试样编号				石料产地			
岩石名称				用 途			
试件编号	烘干试件的质量 m (g)	涂蜡试件在空气中的质量 m_1 (g)	涂蜡试件在水中的质量 m_2 (g)	石料体积 V (cm^3)	毛体积密度 (g/cm^3)		备注
					个别值	平均值	
1	2	3	4	5	6	7	8
试验者 _____		计算者 _____		校核者 _____		试验日期 _____	

(三)吸水率

吸水率是在规定条件下,石料试件最大吸水质量与烘干石料试件质量之比,以百分率表示,按式(1-7)计算:

$$W_x = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100 \quad (1-7)$$

式中: W_x ——石料吸水率(%);

m_1 ——石料试件烘干至恒量时的质量(g);

m_2 ——石料试件吸水至恒量时的质量(g)。

测定吸水率不仅能使我们了解石料在规定条件下的吸水能力,而且还可以根据吸水率的大小来推测石料内部孔隙的结构特征。一般来说,在相同孔隙率的条件下,吸水率大的石料其内部的孔隙通常是毛细的开口孔隙,而吸水率小的石料,其内部多数是比较粗大的开口孔隙,因为粗大孔隙不易保留水分,因此,吸水率是描述石料内部孔隙结构特征的一个物理指标,而孔隙率是描述石料内部孔隙数量的一个物理指标。因而它们描述的是石料孔隙的不同方面。

吸水率的测定是在常温($20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$)、常压(一个大气压)下进行的。

1. 仪器设备

(1)石料加工设备:切石机、钻石机、磨平机及小锤等。

(2)天平:感量 0.01g。

(3)烘箱:能使温度控制在 $105^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 范围内。

2. 检测方法

(1)将石料试样制成标准试件(边长为 50mm 的正立方体或直径和高均为 50mm 的圆柱体,下相同);若采用不规则试件,其边长不得小于 40~60mm,每组试件最少 3 个,石质组织不均匀者,每组试件不少于 5 个。用毛刷将试件洗涤干净,并用不易被水浸褪掉的颜色编号;对有裂纹的试件应弃之不用。

(2)将试件放入 $105^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 的烘箱中烘至恒量,烘干时间一般为 12~24h,取出置于干燥器内冷却至室温,称其质量,精确至 0.01g(后皆同)。

(3)将称好的试件置于盛水容器内,先注水至试件高度的 1/4 处,以后每隔 2h 分别注水至试件高度的 1/2 和 3/4 处,6h 后将水加至高出试件顶面 20mm 以上,以利试件内容气逸出。试件全部被水淹没后再自由吸水 48h。

(4)取出浸水试件,用湿纱布擦去试件表面水分,立即称其质量。

3. 结果计算及精度要求

按式(1-8)计算石料的吸水率,精确至 0.01%:

$$W_x = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100\% \quad (1-8)$$

式中 W_x, m_2, m_1 意义同式(1-7)。

组织均匀的试件,取 3 个试件试验结果的平均值作为测定值;组织不均匀的,则取 5 个试件试验结果的平均值作为测定值。

4. 试验记录格式,见表 1-4。

吸水率试验记录

表 1-4

试样编号					石料产地	
岩石名称					用 途	
试件编号	烘干试样的质量 m_1 (g)	吸水至恒量时的试件质量 m_2 (g)			吸水率 $W_x = \frac{m_2 - m_1}{m_1}$ (%)	备 注
		(1)	(2)	(3)		
1	2	3			4	5

试验者_____ 计算者_____ 校核者_____ 试验日期_____

(四) 饱水率

饱水率是在常温($20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$)条件下和真空抽气(抽至真空度为残压 2.67kPa)后,石料试件最大吸水的质量占烘干石料试件质量的百分率。仍按式(1-7)计算。

石料的吸水率和饱水率都属同一物理概念,只是试验条件不同。吸水率是在常温、常压下的最大吸水能力;而饱水率是在常温、减压下的最大吸水能力。当真空抽气后,占据石料孔隙内部的空气被排出,当恢复常压时,水分很快进入空气稀薄的石料孔隙中去,这时水分几乎充满开口孔隙的全部体积。因此,饱水率总比吸水率大。

饱水率与吸水率的不同点是,饱水率测定的是石料极限的吸水情况,它可以更深一步地描述石料内部的孔隙大小和分布状态;而吸水率只是描述石料在一般情况下的吸水情况及其内部的孔隙构造。

1. 主要仪器设备

- (1) 石料加工设备:切石机、钻石机、磨平机及小锤等。
- (2) 天平:感量 0.01g 。
- (3) 烘箱:能使温度控制在 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 范围内。
- (4) 抽气设备:抽气机、水银压力计、真空干燥器、净气瓶。

2. 检测方法

(1) 将试件放入温度为 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的烘箱内烘至恒量,烘干时间一般为 $12 \sim 24\text{h}$,取出置于干燥器内冷却至恒温,称其质量,精确至 0.01g 。

(2) 将称量后的试件置于真空干燥器中,注入清水,水面高出试件顶面 20mm 以上,开动抽气机,使产生 2.6664kPa (20mmHg) 的真空,保持此真空状态直至无气泡发生 时为止(不少于 4h)。关上抽气机,在水中保持试件 2h ,拧开真空干燥器的开关,取出试件,用湿纱布擦去表面水分,立即称其质量。

3. 结果计算及精度要求

结果整理和记录格式均与吸水率的计算方法相同。

(五) 抗冻性

抗冻性是石料在饱水状态下,抵抗反复冻结和融化的性能。

在自然环境中,石料往往是夏秋季节被水浸湿,而在冬春季节又受到冰雪冻融的交替作用。当石料开口孔隙被水充满后,随着温度的下降,冰的体积开始膨胀,从而对石料的孔壁产生张力,直至春季冰雪融化,张力逐渐消失;次年夏秋季节石料又再次浸水,冬季又继续冰胀,以至多次冻融循环后,石料逐渐产生裂缝、掉边、缺角或表面松散等破坏现象。因此,抗冻性就是检测石料抵抗反复冻融循环的性能。特别是一月份平均气温低于 -10°C 的地区,一定要检测石料的抗冻性。