

备案号：52307-2016



中华人民共和国文物保护行业标准

WW/T 0065—2015

砖石质文物吸水性能测定 表面毛细吸收曲线法

Determination of water absorption for brick and stone cultural relics
– The surface capillary absorption method

2015-11-26 发布

2016-1-1 实施

中华人民共和国国家文物局 发 布

目 次

前言 V

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 测试原理 1

5 分析检测方法及操作程序 1

 5.1 总则 1

 5.2 采样检测法 1

 5.3 原位检测法 3

6 数据记录及表面吸水系数计算 4

 6.1 数据记录 4

 6.2 表面毛细吸收曲线绘制及表面吸水系数计算 4

参考文献 10

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则编写。

本标准由中华人民共和国国家文物局提出。

本标准由全国文物保护标准化技术委员会（SAC/TC 289）归口。

本标准负责起草单位：中国地质大学（武汉）。

本标准参加起草单位：陕西省文物保护研究院（国家文物局砖石质文物保护重点科研基地）。

本标准主要起草人：方云、齐扬、周伟强、严绍军、崔德山、王永进、张俊建。

砖石质文物吸水性能测定 表面毛细吸收曲线法

1 范围

本标准规定了砖石质文物表面吸水性能测定——表面毛细吸收曲线法的相关术语和定义、测试方法、测试程序及数据计算与记录方法。

本标准适用于砖石质文物病害调查、保护材料筛选、保护效果评估等过程中涉及文物本体材质表面吸水性能测定的工作。

本标准提出采样检测和原位检测两种方法，其中原位检测方法不适用于表面带有彩绘层的砖石质文物的检测工作。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

DL/T 5368—2007 水电水利工程岩石试验规程

3 术语和定义

下列术语和定义适合于本文件。

3.1

表面毛细吸收曲线 curve of surface capillarity absorption

文物表层单位面积吸水量对应吸水时间平方根所形成的曲线。

4 测试原理

表层吸水性能的测定具体方法是根据所测单位面积表层吸水量与对应吸水时间平方根的关系制作表面毛细吸收曲线。曲线前段近似直线部分的斜率，记作表面吸水系数 W_w ，表征其表面吸水性能， W_w 值越大其表面吸水性能越强。

5 分析检测方法及操作程序

5.1 总则

根据测量条件和测量要求，文物表面吸水系数测量可分为采样检测法和原位检测法（或称为卡斯特瓶法）两种方式。采样检测法数据较为准确，但需要进行相应的样块采集工作。原位检测法数据更为直观，但准确性相对较差。为区分这两种不同的试验方法，采样检测法得到的表面吸水系数用 W_w 表示，原位检测法得到的表面吸水系数用 W_{wk} 表示。

5.2 采样检测法

5.2.1 样块采集及制备

采集拟分析的砖石，或与文物材质相同、风化程度相近的砖体或石材，作为实验样块。

按照 DL/T 5368—2007 中的规定，将样块加工制成底面积为 $5\text{cm} \times 5\text{cm}$ 、高度 $10\text{cm} \sim 20\text{cm}$ 的长方体或底边直径为 5cm 、高度 $10\text{cm} \sim 20\text{cm}$ 的圆柱体，并将样块放入温度为 105°C 的烘箱内烘干，烘干时间一般为 24h ，取出置于干燥器内冷却至室温，称其质量，精确到 0.01g 。

5.2.2 实验装置

实验装置主要包括：

- a) 天平：最大称量 1000g，最小分度值 0.01g；
- b) 烘箱：精度 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ；
- c) 秒表：最小分度值为 0.1s；
- d) 烧杯或带刻度的水槽：容积 500ml 以上，口径不小于 10cm；
- e) 铁架台。

具体实验装置如图 1 所示。

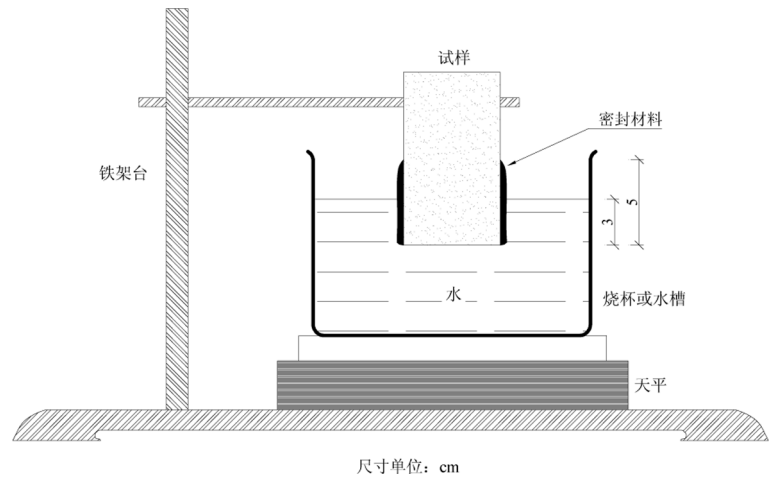


图 1 实验装置及样块固定示意图

5.2.3 测试方法及程序

采样检测法的具体测试方法及程序如下：

- a) 样块烘干后，选取原始风化界面作为检测面，去除表面浮尘后，对样块下部的外侧面，即样块底边以上 5cm ~ 6cm 范围内的外侧面进行涂蜡封护，以避免样块的侧向吸水。如图 2 所示。

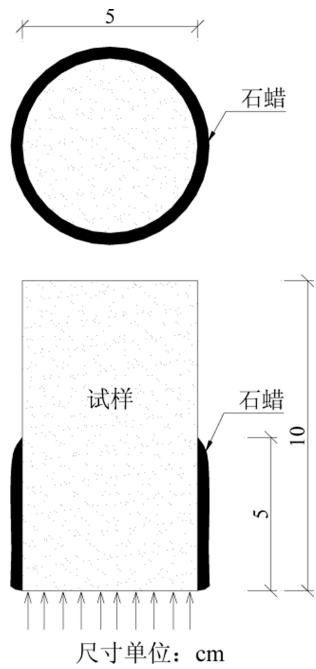


图 2 样块底边密闭隔水处理示意图

- b) 样块固定后，向烧杯中注水，检测样块面应没入水面以下 3cm ~ 4cm。并记录天平初始读数。
- c) 注水完成，即开始计时：10min 内，每隔 1min 记录一次天平读数；10min ~ 30min 内，每隔 5min 记录一次天平读数；0.5h ~ 1.5h 内，每隔 10min 记录一次天平读数；1.5h ~ 5.0h 内，每隔 30min 记录一次天平读数；5h ~ 10h 内，每隔 1h 记录一次天平读数；10h ~ 24h 内，每隔 2h 记录一次天平读数。24h 后或液面低于样块底边时结束测试。
- d) 依据天平读数变化计算样块在不同时间的吸水量，记入表 1，并完成制作表面毛细吸收曲线与计算表面吸水系数的工作（见 6.2）。
- e) 为保证实验数据的可信度，每组测样的数量不少于 3 个。

注：步骤 c) 列出的时间间隔为常用经验值，测试过程中也可以自主调整适合的时间间隔读取天平读数；另外，24 小时或液面低于样块检测面结束测量为最长测试时间，实际测量时间可以缩减，一般砂岩或砖体等多孔隙材质 2 个小时即可绘制出平滑的表面毛细吸收曲线，试验可以提前终止。

5.3 原位检测法

5.3.1 原位检测设备

原位检测采用卡斯特瓶¹⁾（Karsten's Test Tube）法进行。卡斯特瓶按其结构分为水平面测试瓶和竖直面测试瓶两种，水平面测试瓶用于文物水平部位的检测工作；竖直面测试瓶用于文物竖直面的测试工作。两种卡斯特瓶的具体结构如图 3 所示。

卡斯特瓶常用规格为检测面有效直径 2.6cm 或 5cm，有效量程分为 5ml 或 10ml（最小有效读数为 0.1ml），瓶颈直径一般为 0.8cm ~ 1cm。

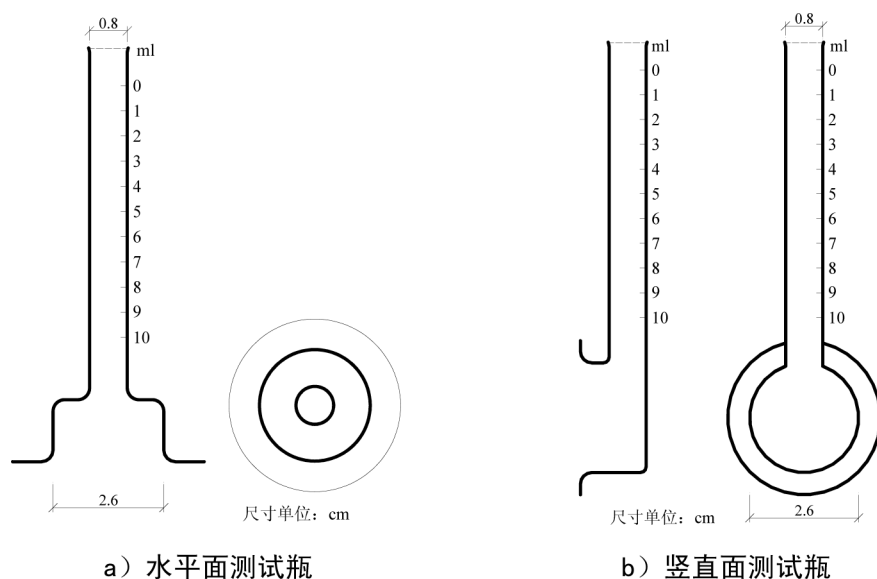


图 3 卡斯特瓶结构示意图

5.3.2 测试方法及程序

原位检测法的具体测试方法及程序如下：

- a) 选取较为平整的文物表面作为测定区域，对区域内的浮尘等进行清理。按图 4 所示，采用密封材料（如 Bostik 胶或耐水橡皮泥等）将卡斯特瓶安装于测试对象表面，要求粘结层粘贴平整

1) 卡斯特瓶为砖石质文物及灰浆材料表层毛细吸水性能测定的专用仪器，由德国建筑化学家 Dr. R. Karsten 发明。

牢固，不漏水，且卡斯特瓶与测试对象形成的有效吸收面积等于或接近卡斯特瓶设计吸收面积（即密封材料不得占用有效测试空间）。

- b) 安装完成后，由卡斯特瓶上孔注水至零点，要求卡斯特瓶内无气泡，不漏水，否则需要重新换位安装。

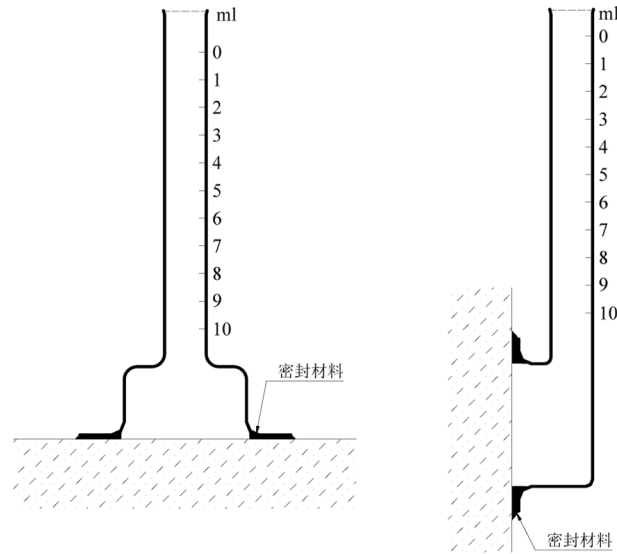


图4 卡斯特瓶安装方式示意图

- c) 当检测管水位达到“0”后，开始计时：10min 内，每隔 1min 记录一次液面刻度；10min ~ 30min 内，每隔 5min 记录一次液面刻度；0.5h ~ 1.5h 内，每隔 10min 记录一次液面刻度；1.5h ~ 5.0h 内，每隔 30min 记录一次液面刻度；5h ~ 10h 内，每隔 1h 记录一次液面刻度；10h ~ 24h 内，每隔 2h 记录一次液面刻度。也可分别在卡斯特瓶刻度读数为整数“0、1、2、3、4、5”时分别记录该点秒表读数，直至卡斯特瓶读数范围内的水体全部被吸收，或测定时间超过 24h，则可以终止实验。液面刻度读数应读凹液面的底面，刻度精度为 0.1ml。
- d) 拆除试验装置，去除文物表面的密封材料。
- e) 依据卡斯特瓶的读数变化记录测试对象表面不同时间的吸水量，记入表 2，并完成制作表面毛细吸收曲线与计算表面吸水系数的工作（见 6.2）。
- f) 为保证实验数据的可信度，每个检测对象的检测点不少于 5 个。
- g) 干燥地区应选择阴凉处并加盖遮挡物防止蒸发。

注：步骤 c) 列出的时间间隔为常用经验值，测试过程中也可以自主调整适合的时间间隔进行读数。

6 数据记录及表面吸水系数计算

6.1 数据记录

采用表 1 或表 2 的格式完成实验数据记录及数据处理工作。

6.2 表面毛细吸收曲线绘制及表面吸水系数计算

采用图 5 给出的坐标系，按照表 1 或表 2 中的实测数据完成检测对象的表面毛细吸收曲线绘制工作。截取曲线前段近似直线部分，获取直线斜率，完成检测对象的表面吸水系数 W_w 的计算工作。具体测试曲线范例图参见附录 A。

W_w 值按式（1）计算：

$$W_w = \Delta Q_i / \Delta \sqrt{t_i} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

W_w ——表面吸水系数, 单位为克每平方根秒每平方厘米 $g/(s^{1/2} \cdot cm^2)$;

ΔQ_i ——测试时间点上测试对象单位面积的表面吸水量的瞬间变化值, 单位为克每平方厘米 (g/cm^2);

$\Delta \sqrt{t_i}$ ——测试对象测试点上时间的瞬间变化值的平方根, 单位为平方根秒 ($s^{1/2}$)。

$$\Delta Q_i \approx [m_i - m_{i-1}]/A \dots\dots\dots (2)$$

式中:

ΔQ_i ——测试时间点上测试对象单位面积的表面吸水量的瞬间变化值, 单位为克每平方厘米 (g/cm^2);

$[m_i - m_{i-1}]$ ——测试时间点前后测试对象表面吸水量的变化值, 单位为克 (g);

A ——样块测试面积, 即测试对象与水层的有效接触面积, 单位为平方厘米 (cm^2)。

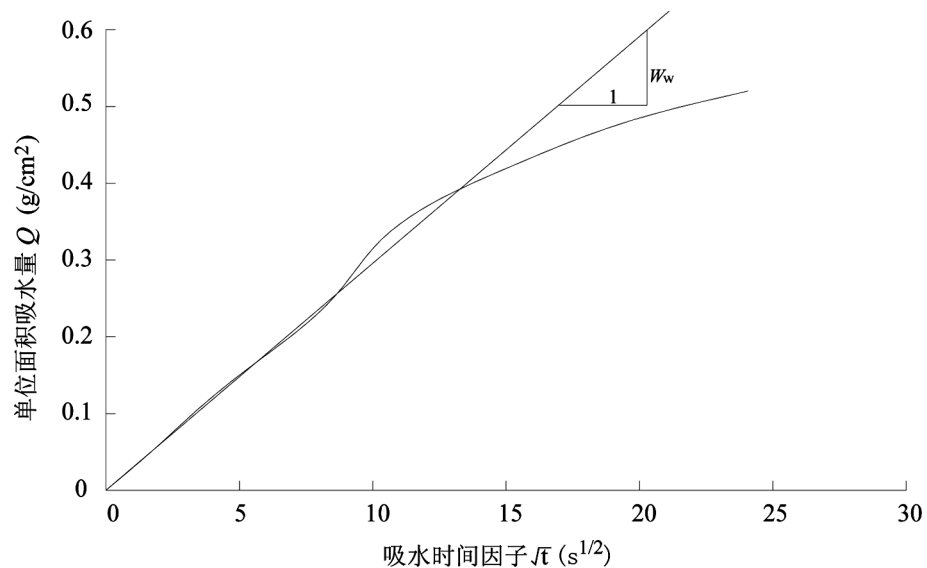


图5 砖石质文物表面毛细吸收曲线示意图

表1 砖石质文物表面吸水系数 (W_w) 采样检测法试验数据记录表[illegible]

实验人员：

审核:

日期:

表2 砖石质文物表面吸水系数 (W_{wk}) 原位检测法试验数据记录表[illegible]

实验人员：

审核:

日期:

附 录 A
(资料性附录)
砖石文物表面毛细吸收曲线测试范例图

某砖塔使用原位检测法测得的具体表面吸水系数 (W_{wk})，试验数据记录表见表 A.1。

表 A.1 某塔砖体表面吸水系数 (W_{wk}) 原位检测法试验数据记录表

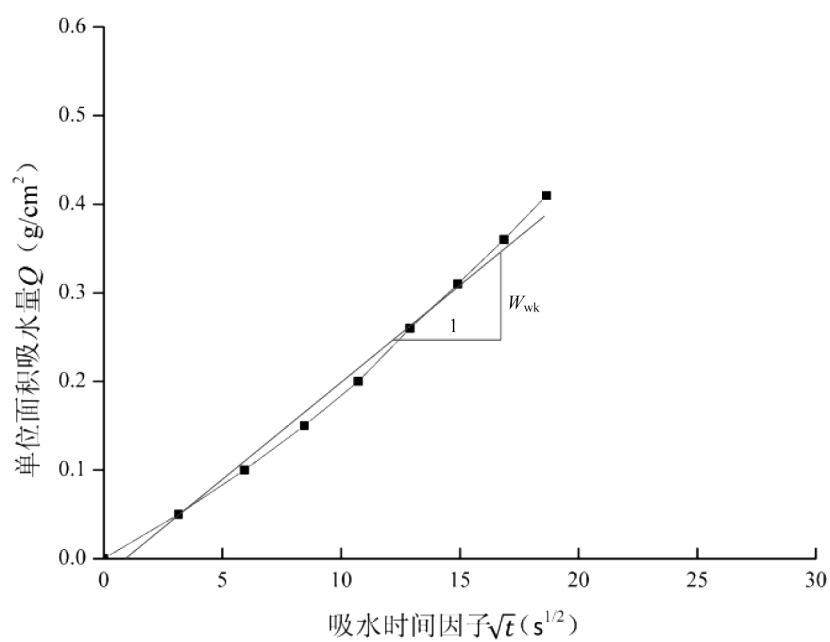
砖石质文物表面吸水系数（ W_{wk} ）原位检测法试验数据记录表			
文物名称	某塔	材质类型	青砖
测试日期	2013. 7. 18	实验编号	001
环境温度	35℃	环境湿度	70% Rh
基本描述	（如：文物基本信息、类型、材质种类、检测目的、测试点等） 某塔始建于唐，明代进行外包，由于表面水盐破坏存在表面酥碱及粉化现象，受当地文管部门委托，为了研究其风化机理、筛选与评估适合的表面防风化材料，在其基座台明东南角进行砖体表面吸水性能检测与评估。		
测试点试验数据记录			
测试时间 t s	吸水时间因子 $\sqrt{t}$ $s^{1/2}$	刻度读数 ml	单位面积吸水量 Q g/cm^2
0. 00	0. 00	0. 0	0. 00
9. 85	3. 14	1. 0	0. 05
35. 16	5. 93	2. 0	0. 1
71. 40	8. 45	3. 0	0. 15
114. 92	10. 72	4. 0	0. 2
166. 41	12. 9	5. 0	0. 26
222. 31	14. 91	6. 0	0. 31
283. 92	16. 85	7. 0	0. 36
347. 82	18. 65	8. 0	0. 41

实验人员:

审核:

日期:

根据表 A.1 绘制的具体表面毛细吸收曲线图见图 A.1。



注：直线段斜率代表表面吸水系数， $W_{wk} \approx 0.016$

图 A.1 某塔砖体表面毛细吸收曲线图

参 考 文 献

- [1] GB/T 50266—1999 工程岩体试验方法标准
 - [2] MT 42—87 岩石吸水性测定方法
 - [3] 建筑材料吸水过程中毛细管系数与吸水率关系的理论分析, 王立成, 水利学报, 2009, 40 (9): 1085—1090
 - [4] BS EN 1015 - 18: 2002, Methods of test for mortar for masonry——Part 18: Determination of water absorption coefficient due to capillary action of hardened mortar
 - [5] BS EN 15801: 2009, Conservation of cultural property——Test methods——Determination of water absorption by capillarity
 - [6] BS EN 480 - 5: 2005, Admixtures for concrete, mortar and grout——Test methods
 - [7] EN ISO 15148: 2002, Determination of water absorption coefficient by partial immersion
-

中华人民共和国文物保护行业标准
砖石质文物吸水性能测定 表面毛细吸收曲线法
Determination of water absorption for brick and stone cultural relics
— The surface capillary absorption method
WW/T 0065—2015

*

中华人民共和国国家文物局主编

文物出版社出版发行

北京市东城区东直门内北小街2号楼

<http://www.wenwu.com>

E-mail: web@wenwu.com

北京鹏润伟业印刷有限公司印刷

新华书店经销

*

开本：880 毫米 × 1230 毫米 1/16

印张：1

2016 年 3 月第 1 版 2016 年 3 月第 1 次印刷

统一书号：115010 · 1849 定价：16.00 元

