

中华人民共和国文物保护行业标准

WW/T 0039 — 2012

土遗址保护试验技术规范

Testing techniques specifications for preservation of earthen sites

2012-07-31发布

2012-08-01实施

中华人民共和国国家文物局 发布

目次

前言..... III

1 范围1

2 规范性引用文件1

3 术语和定义1

4 试样制备1

 4.1 原状试样制备.....1

 4.2 重塑试样制备.....2

 4.3 化学加固试样制备.....2

 4.4 基本物理力学指标测定试样制备.....2

5 基本物理力学指标测定试验2

 5.1 试验内容.....2

 5.2 试验仪器和方法2

6 干湿循环试验3

 6.1 试样尺寸和规格.....3

 6.2 试验仪器设备.....3

 6.3 试验技术要求和步骤.....3

7 冻融循环试验3

 7.1 试样尺寸和规格.....3

 7.2 试验仪器设备.....4

 7.3 试验技术要求和步骤.....4

8 风蚀试验5

 8.1 试样尺寸和规格.....5

 8.2 试验仪器设备.....5

 8.3 试验技术要求和步骤.....5

9 收缩试验5

 9.1 试样尺寸和规格.....5

 9.2 试验仪器设备.....5

 9.3 试验技术要求和步骤.....5

10 灌浆试验.....6

 10.1 试验说明6

 10.2 试验仪器设备7

 10.3 试验技术要求和步骤7

11 锚固试验.....7

附录A（规范性附录）土遗址保护试验记录表格式8

中华人民共和国文物保护行业标准
 土遗址保护试验技术规范
 Testing techniques specifications for preservation of earthen sites
 WW/T 0039 — 2012

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

北京达利天成印刷公司印刷
 新华书店经销

开本：880毫米×1230毫米 1/16
 印张：1

2012年12月第1版 2012年12月第1次印刷
 统一书号：115010·1805 定价：10.00元

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

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。

本标准起草单位：敦煌研究院。

本标准参加起草单位：兰州大学。

本标准主要起草人：王旭东、张虎元、李最雄、郭青林、刘平、严耿升。

土遗址保护试验技术规范

1 范围

本标准规定了土遗址保护相关试验的内容、程序和方法。

本标准适用于土遗址保护相关试验中遗址土体本身、加固技术及效果评价等的测试。

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。

GB/T 50123 土工试验方法标准

WW/T 0038—2012 干燥类土遗址保护加固工程设计规范

WW/T 0040—2012 土遗址保护工程勘察规范

CECS 22：2005 岩土锚杆（索）技术规程

3 术语和定义

WW/T 0038—2012和WW/T 0040—2012所界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

风蚀 wind erosion

风的吹扬磨蚀作用，分为“吹蚀”和“磨蚀”两种作用方式。

3.2

风蚀模数 wind erosion modulus

在特定风速下，单位面积单位时间内的风蚀量，以 $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 表示。

3.3

干湿循环 wetting and drying cycles

改变土体环境湿度，即控制土体所处环境温度的情况下，使土体所处环境的空气湿度在一定范围内变化，以若干小时为一循环。

3.4

冻融循环 freezing and thawing cycles

在控制土体含水量情况下，使土体所处环境温度在 0°C 上下一定范围内变化，以若干小时为一循环。

3.5

灌浆 grouting

利用灌浆泵或浆液自重，经钻孔或灌浆管把浆液压送到岩石、砂砾石层、混凝土或土体的裂隙、接缝或空洞内的技术措施。

4 试样制备

4.1 原状试样制备

4.1.1 试样数量视试验项目确定，应有备用试样。

4.1.2 检查块状土样结构，当确定土样已经受扰动并产生结构变化时，不应制备原状试样。

4.1.3 选择完整性好、尺寸略大于制样要求的块状土样，根据土样的软硬采用切土刀或钢丝锯等工具对土样进行切割。

4.1.4 切割应从土样外侧开始，并且切割过程中避免用力过大损坏土样结构，切割后对土样进行打磨，使其尺寸最终符合试验项目要求，最后吹净土样表面浮土。

4.1.5 将制备好的原状试样放置在阴凉干燥处自然风干后备用（通常不少于3天）。

4.2 重塑试样制备

4.2.1 试样数量视试验项目确定，应有备用试样。

4.2.2 将碾碎的风干土样通过孔径2mm~5mm筛，取筛下足够试验用的土样，充分拌和，测定其风干含水率。

4.2.3 按照土的最优含水率对风干土样进行配水，充分拌和，放入密闭容器中静置24h。

4.2.4 根据不同试验项目要求，制备不同形状重塑试样。制样采用击实（参照GB/T 50123）或一次性加压成型的方式，保证试样密度均匀并符合试验尺寸要求。

4.2.5 将制备好的重塑试样放置在阴凉干燥处自然风干后备用（通常不少于3天）。

4.3 化学加固试样制备

4.3.1 化学溶液用量U应按原状试样或重塑试样孔隙度体积的85%计算，即按公式（1）求得U：

U = (1 - (rho_d / (G_s * rho_w))) * V * 85%..... (1)

式中：

U——化学溶液体积（mL）；

rho_d——试样干密度（g/cm³）；

G_s——试样土的比重；

rho_w——蒸馏水4℃时的密度（取值为1g/cm³）；

V——试样总体积（cm³）。

4.3.2 取制备好的原状试样和重塑试样测量其尺寸，按照长、宽、高或者直径、高度各测量3次，并取平均值进行计算求得相应试样的体积V。

4.3.3 按照公式（1）计算加固溶液用量U。

4.3.4 用注射器（或滴管等）抽汲相应溶液，对立方体分六个面共两遍均匀点滴完所要求的加固液，对圆柱形试样按照上下面和侧面均匀滴渗的原则分两次点滴完所要求的加固液。

4.3.5 将点滴完后的试样放置在阴凉干燥处自然风干后备用（通常不少于3天）。

4.4 基本物理力学指标测定试样制备

各项测定试验的试样制备方法应按照GB/T 50123所规定的执行。

5 基本物理力学指标测定试验

5.1 试验内容

遗址土（体）基本物理力学指标试验，包括含水率试验、密度试验、土粒比重试验、颗粒分析试验、界限含水率试验、无侧限抗压强度试验、直接剪切试验、自由膨胀率试验和易溶盐试验。

5.2 试验仪器和方法

上述各项试验所采用的仪器设备和方法按照GB/T 50123中所规定的执行。

6 干湿循环试验

6.1 试样尺寸和规格

试验采用方形试样（50mm×50mm×50mm）或采用圆柱形试样（直径d为39.1mm或61.8mm，高度h宜为直径的2~2.5倍）。

6.2 试验仪器设备

试验中采用的仪器设备以及应满足以下的参数条件：

- a) 温湿度控制室：应能够对土样所处环境的温度、湿度等条件进行控制与改变；
b) 电子天平：用于称取干湿循环过程中试样的质量变化，最小分度值≤0.01g；
c) 游标卡尺：用于测量试样体积，精度0.02mm；
d) 数码照相器材：应准确记录干湿循环过程中试样的表现变化，分辨率≥300万像素。

6.3 试验技术要求和步骤

6.3.1 将每个试样单独置于小托盘上，放入温湿度控制室，试样水平和垂直间隔不小于10cm，试样初始含水率应为取样时的天然含水率。

6.3.2 调节温湿度控制室，将控制室内温度设定一恒定值，相对湿度控制在一定范围内变化。参照土遗址所处当地的气象资料，温度值设定为全年气温平均值，相对湿度的上下极限值分别取全年的最大与最小值。

6.3.3 设置12h为一个干湿循环周期，循环次数最低不应小于80次（如图1所示）。

6.3.4 每一循环试验周期完成后，将试样取出（不包括托盘），置于电子天平上，快速称重、拍照，观察并记录样品的表面结构变化，并用游标卡尺小心测量试样尺寸（按照4.3.2方法测量），然后重新放入控制室进行下一个周期的干湿循环试验。重复上述步骤，直到循环试验达到设计的周期数，并将数据记入表A.1中。

6.3.5 将试样连同托盘一同小心取出，进行抗压强度试验。如有需要，可根据要求进行风蚀试验、微观结构分析试验等项目。

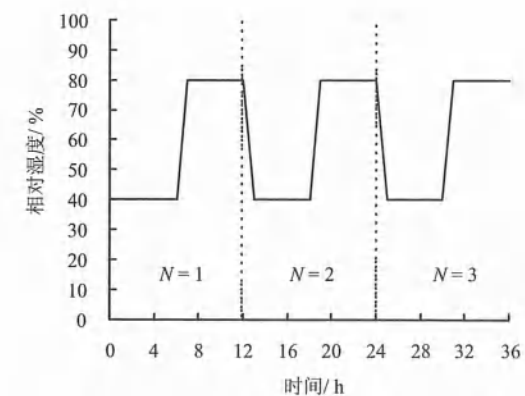


图1 干湿循环过程中相对湿度控制过程示意图

7 冻融循环试验

7.1 试样尺寸和规格

试验采用方形试样（50mm×50mm×50mm）或采用圆柱形试样（直径d为39.1mm或61.8mm，高度

h宜为直径的2~2.5倍)。

7.2 试验仪器设备

试验中采用的仪器设备以及应满足的参数条件:

- a) 冻融循环试验机: 用于土样的冻融试验, 也可采用替代方案: 冻结可采用低温冷冻箱, 融化在室温下进行。冻融循环试验机的温度控制范围应大于待测试样设定的温度变化范围;
- b) 电子天平: 用于称取干湿循环过程中试样的质量变化, 最小分度值 $\leq 0.01g$;
- c) 干燥器(保湿器): 用于保持土样中的水分或补充试样冻干过程中损失的水分;
- d) 注射器或滴管: 用于向试样中注水使不同含水率的试样初始含水率相同, 以便于进行对比;
- e) 游标卡尺: 测量不同状态下试样的尺寸变化, 精度 $0.02mm$;
- f) 数码照相器材: 应准确记录冻融循环过程中试样的表观变化, 分辨率 ≥ 300 万像素。

7.3 试验技术要求和步骤

- 7.3.1 在制备好的试样中取3~5个平行试样, 测量其含水率并取平均值, 作为试样的初始含水率。
- 7.3.2 制备不同序列含水率试样。根据试验设计不同含水率, 利用试样初始含水率, 计算所需的加水量, 利用注射器(或滴管等), 按照立方体或圆柱体每个面均匀滴渗的原则点滴完所加水量, 将试样密封静置24h。
- 7.3.3 将不同含水率试样置于冻融循环试验机内, 每个试样底部放置一小托盘, 以防止试样冻结在试验机内。
- 7.3.4 设置冻融循环试验机的相对湿度为一恒定值, 应取土遗址当地气象资料记录的全年相对湿度的平均值; 温度范围设定为: 温度的下限值应取土遗址所处地区气象观测资料记录的气温极端最低值, 上限值应取室温值 $25^{\circ}C$ 。
- 7.3.5 设置24h为一个冻融循环周期(如图2所示), 循环次数最低不应小于30次。

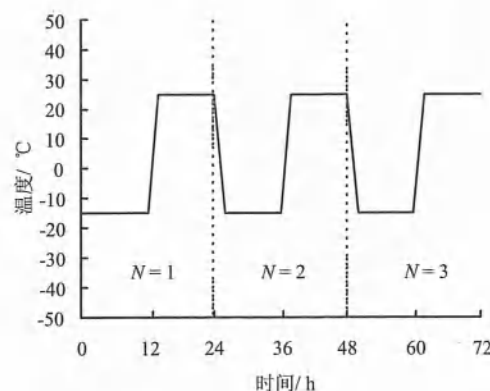


图2 冻融循环过程中温度控制过程示意图

- 7.3.6 每一循环试验周期完成后, 将试样取出(不包括托盘), 置于电子天平上, 快速称重、拍照, 观察并记录样品的表面结构变化, 并用游标卡尺小心测量试样尺寸(按照4.3.2方法测量), 然后重新放入控制室进行下一个周期的冻融循环试验。重复上述步骤, 直到循环试验达到设计的周期数, 并将数据记入表A.2中。
- 7.3.7 将试样连同托盘一同小心取出, 进行抗压强度试验。如有需要, 可根据要求进行风蚀试验、微观结构分析试验等项目。

8 风蚀试验

8.1 试样尺寸和规格

试验采用方形试样(50mm×50mm×50mm)或采用圆柱形试样(直径d为39.1mm或61.8mm, 高度h宜为直径的2~2.5倍)。

8.2 试验仪器设备

试验中采用的仪器设备以及应满足的参数条件:

- a) 低速环境风洞: 直流式, 截面积应大于 $1m^2$, 风速v由4m/s至40m/s连续可调, 紊流强度应在0.4%以下;
- b) 电子天平: 用于称取风蚀试验过程中不同风速下试样的风蚀量, 最小分度值 $\leq 0.01g$;
- c) 数码照相器材: 应准确记录风蚀过程中试样的表观变化, 分辨率 ≥ 300 万像素。

8.3 试验技术要求和步骤

- 8.3.1 将试样称重, 利用游标卡尺测量试样长度和宽度(或直径和高度), 计算试样迎风面的吹蚀面积。
- 8.3.2 将试样放置在风洞试验段入口下风向8m~10m处, 与风向垂直方向单排、单层、水平放置于可任意升降的样品槽中, 试样数量应不少于3个。
- 8.3.3 设定不同的时间和风速进行吹蚀(挟沙风)。吹蚀时间应小于试样被完全吹蚀消耗掉的时间值(对于绝大多数遗址土, 应在10min~30min以内); 风速应以土遗址当地最大的风速值为上限, 在最大风速值以下, 可分别设定不同强度的风速值。
- 8.3.4 吹蚀完后进行拍照、称量, 将数据记入表A.3中, 计算风蚀量及风蚀模数E(E=风蚀量/(风蚀面积×风蚀时间))。

9 收缩试验

9.1 试样尺寸和规格

试验采用方形试样(50mm×50mm×50mm)或采用圆柱形试样(直径d为39.1mm或61.8mm, 高度h宜为直径的2~2.5倍)。

9.2 试验仪器设备

试验中采用的仪器设备以及应满足以下参数条件:

- a) 电子天平: 最小分度值 $\leq 0.001g$;
- b) 容量瓶: 100mL;
- c) 液体石蜡;
- d) 游标卡尺。

9.3 试验技术要求和步骤

- 9.3.1 按照4.1和4.2规定的步骤制备试样, 并对试样初始体积 V_0 进行测量。原状试样体积按照4.3.2方法测量, 采用击实或一次加压成型方式制备的重塑试样体积按照相应模具内径尺寸计算求得。
- 9.3.2 按照4.3规定的步骤制备化学加固试样。
- 9.3.3 化学加固试样体积测量采用液体石蜡体积置换法(如图3所示)。试验用液体石蜡密度 ρ_p 用100mL容量瓶法, 通过公式(2)求得:

$$\rho_p = \frac{m_t - m_0}{100} \dots \dots \dots (2)$$

式中:

- m_t ——容量瓶、液体石蜡总质量 (g);
- m_o ——容量瓶质量 (g);
- ρ_p ——液体石蜡密度 (g/cm^3)。

9.3.4 首先将化学加固试样浸入液体石蜡中,待试样表面无气泡产生时,取出并小心将表面液体石蜡擦干,然后将其按照图3所示浸入液体石蜡中,读取此时电子天平读数 m_1 ;将试样取出,只将支架和绳子浸入液体石蜡中,读取此时电子天平读数 m_2 。利用公式(3)计算化学加固后试样体积 V :

$$V = \frac{m_1 - m_2}{\rho_p} \dots\dots\dots (3)$$

式中:

- m_1 ——试样置于液体石蜡中电子天平读数 (g);
- m_2 ——绳、支架置于液体石蜡中电子天平读数 (g);
- ρ_p ——液体石蜡密度 (g/cm^3);
- V ——化学加固后试样体积 (mL)。

9.3.5 利用公式(4)计算试样加固前后体积收缩率。

$$\alpha = \frac{V_0 - V}{V_0} \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

式中:

- α ——体积收缩率 (%);
- V_0 ——原状试样或重塑试样初始体积 (mL);
- V ——化学加固后试样体积 (mL)。

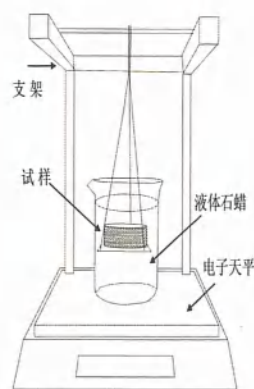


图3 体积测量过程图

10 灌浆试验

10.1 试验说明

灌浆试验应选取遗址附近土体性质相同、地形相近的非遗址土体区域进行,用以验证工程施工方案的可行性和调整设计参数。

10.2 试验仪器设备

试验中采用的仪器设备以及应满足的参数条件:

- a) 灌浆泵;
- b) 浆液搅拌机;
- c) 灌浆管,内径依灌浆对象的尺寸进行相应调整;
- d) 原位变形观测设备,测量范围(0~50)mm,最小读数0.01mm;
- e) 量筒、量杯;
- f) 电子天平,最小分度值 $\leq 0.1\text{g}$;
- g) 秒表,试验计时;
- h) 数码照相器材,用于记录灌浆过程中土样的表观变化,分辨率 ≥ 300 万像素。

10.3 试验技术要求和步骤

10.3.1 对于灌浆对象开口向上的情况,一般采用自然灌浆方法,即利用浆液自重进行灌注;而对于开口朝下或倾斜的情况,应采用灌浆泵进行压力灌浆的方法。

10.3.2 灌浆材料的选择应以灌浆后浆液结石体强度略大于遗址土体强度为原则,两者强度差异不能过大,否则会影响灌浆效果,同时灌浆材料在干燥过程中不应有较大的收缩变形,其体积收缩率应小于2%。

10.3.3 按一定配比制备灌浆材料,并用搅拌机搅拌均匀。

10.3.4 将灌浆部位浮土吹除,并对灌浆区存在的破碎土体进行清除,如果破碎土体体量较大难以清除,应考虑将其进行原位加固处理。对于开口向上的情况,先将灌浆区附近进行必要的支护,以防止在灌浆过程中土体发生坍塌,同时对灌浆区两侧进行封堵,防止浆液的侧漏,灌浆方式采用自然灌注的方式进行。对于开口向下或倾斜的情况,先将灌浆区进行封堵和支护,预留灌浆区最下端和最上端,并在两端分别埋设灌浆管和导气管,并将管体周围进行封闭。灌浆方式采用灌浆泵进行压力灌浆,按自下而上的次序通过灌浆管进行,当导气管中出现浆液溢出时停止灌浆,并堵塞该灌浆管。

10.3.5 为保证灌浆的质量和安,检验灌浆效果,在试验期间应进行观测。包括表面变形、内部应力、渗流、土体位移、灌浆压力、灌浆量、裂缝、冒浆及浆液固结观测等。因此,在灌浆过程中,应配有专门观测设备和相关观测人员,及时发现并解决突发性问题。

10.3.6 灌浆效果的检测可采用人工地震法、声波法或高密度电法等。

11 锚固试验

锚固试验应选取遗址附近土体性质相同、地形相近的非遗址土体区域进行,用以验证工程施工方案的可行性和调整设计参数。锚杆材料的室内试验以及锚杆的现场拉拔试验按照CECS 22:2005中所规定的执行。

附录A
(规范性附录)

土遗址保护试验记录表格式

A.1 干湿循环试验记录见表A.1。

表A.1 干湿循环试验记录表

工程名称 _____ 试验者 _____ 工程编号 _____ 计算者 _____ 试验日期 _____ 审核者 _____ 试样编号 _____ 试验条件 _____									
时间	初始质量 m_0 (g)	初始体积 V_0 (cm^3)	循环次数 N	N 次循环后质量 m_1 (g)	质量变化量 $\Delta m = m_0 - m_1$ (g)	形态描述	N 次循环后体积 V (cm^3)	N 次循环后体积变化率 (%)	抗压强度 (MPa)
	(1)	(2)		(3)	(4) = (1) - (3)		(5)	(6) = [(2) - (5)] / (2)	

A.2 冻融循环试验记录见表A.2。

表A.2 冻融循环试验记录表

工程名称 _____ 试验者 _____ 工程编号 _____ 计算者 _____ 试验日期 _____ 审核者 _____ 试样编号 _____ 试验条件 _____									
时间	初始质量 m_0 (g)	初始体积 V_0 (cm^3)	循环次数 N	N 次循环后质量 m_1 (g)	质量变化量 $\Delta m = m_0 - m_1$ (g)	形态描述	N 次循环后体积 V (cm^3)	N 次循环后体积变化率 (%)	抗压强度 (MPa)
	(1)	(2)		(3)	(4) = (1) - (3)		(5)	(6) = [(2) - (5)] / (2)	

统一书号：115010 · 1805

定价：10.00元