

团 体 标 准

T/HNGEA 0007—2025

土工样品导热系数测试方法

2025 - 04 - 03 发布

2025 - 07 - 03 实施

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由河南省豫地科技集团有限公司提出。

本文件由河南省地质灾害防治和生态保护修复协会归口。

本文件起草单位：河南省第五地质勘查院有限公司；河南省地质工程勘察院有限公司；河南省自然资源科技创新中心。

本文件主要起草人：刘子诏、付巧玲、吴会杰、曹磊、贾昌飞、申红亮、温晓佳、陈峰、任孝刚、李洪凯、李现城、王硕楠、李玲、王秀丽、王朝明、丁雷、黄彦丽、郭锐、盛艳红、袁冰、黄伟。

土工样品导热系数测试方法

1 范围

本文件规定了土工样品导热系数测试方法原理、仪器设备、土工样品准备和实验步骤等。

本文件适用于原状或扰动的黏性土、砂质土导热系数测定。测定范围为： $0.01 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K}) \sim 2 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ，检出限为 $0.003 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 50279 岩土工程基本术语标准
- GB/T 15406 岩土工程仪器基本参数及通用技术条件
- GB/T 50123 土工试验方法标准
- GB/T 10295 绝热材料稳态热阻及有关特性的测定 热流计法
- GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定
- GB 3100 国际单位制及其应用
- DZG 93-01~DZG 93-12 中华人民共和国地质矿产部部规程 岩石和矿石分析规程（第二分册）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

土工样品

土工样品是为了提供土工试验而取得的样品。

3.2

导热系数

导热系数是指在稳态条件下，单位时间内通过单位厚度的土工样品层，在单位面积上由温度梯度为 $1 \text{ K}/\text{m}$ 时传导的热量。通常用符号“ λ ”表示。计量单位为瓦/米·度（ $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ），或（ $\text{W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ ）。

4 方法原理

本方法的原理是通过测量流经材料的热流量和温度变化进行导热系数计算，简称平板稳态热流计法。具体方法是，将给定面积和厚度的待测土工样品夹在上下两个平板之间，利用下平板加热样品，然后测量流经土工样品热流量和温度变化。根据热流量、温度差及样品尺寸来计算导热系数。

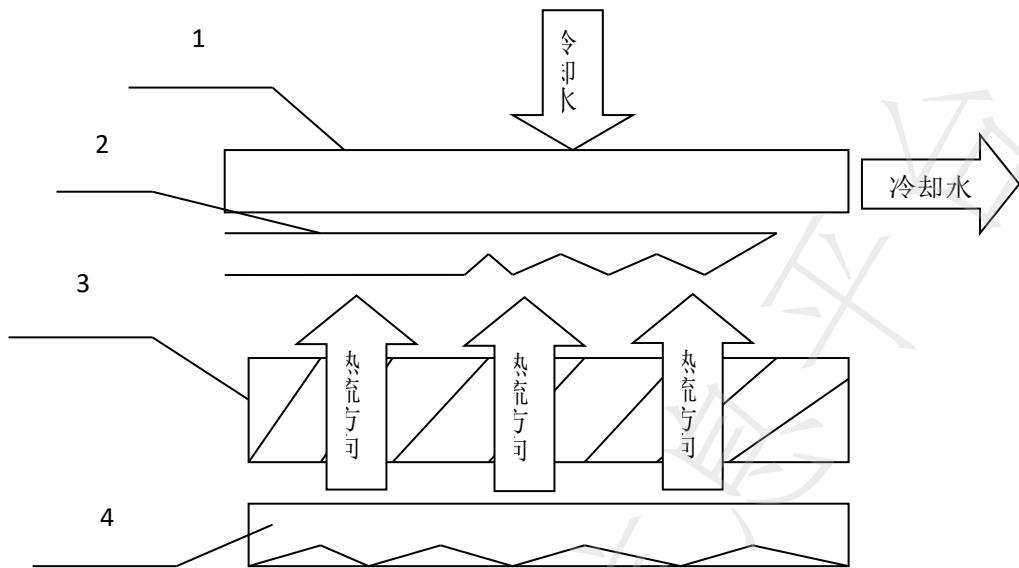
5 仪器设备

5.1 导热系数测试仪（稳态热流计）：由测温仪表、加热器、温控装置、热流计、热板及冷板组成，在热板和冷板中分别放置测温的热传感器，冷板采用水冷恒温（见图1）。

5.2 导热硅胶：熔点范围宜在 $-50^\circ\text{C} \sim 150^\circ\text{C}$

5.3 试样环：不宜小于 90mm ，高 30mm （硬塑料或有机玻璃材质）。

5.4 标准参考板：与试样环配套使用（标准石英圆板）。



1—冷板+温度传感器；2—热流传感器；3—试样；4—热板+温度传感器

图 1

6 土工样品准备

6.1 土工样品接收与保管

6.1.1 土工样品应符合下列要求：

- 原状土工样品要求土的结构完整或只有轻微扰动；
- 原状土工样品和保持天然含水率的扰动土工样品应用胶带和石蜡密封；
- 土工样品包装上应贴有标签。标签上应写明委托单位名称、工程名称、钻孔或探井编号、野外编号、取样深度、结构状况、野外定名、取样日期和取样者姓名；
- 自取样之日起至试验时，原状土工样品或饱和状态原状土工样品保存期不宜超过 3 天，扰动土工样品保存期不宜超过一周。

6.1.2 土工试验委托单应随土工样品一并提交，委托单应写明工程名称、钻孔或探井编号、野外编号、取样深度、结构状况、野外定名等。委托单上应有工程技术负责人或审核人的签名及送样日期。

6.1.3 土工样品保管应符合下列要求：

- 试验室收到土工样品后，按委托单进行清点，核对无误后编号登记；
- 在试验工作完成前应对样品采取保持水分和结构的适当措施，在保存期内不应使土样中水分蒸发、冰冻、土的结构扰动，环境温度宜控制在 0~4℃，避光。

6.2 试样制备

6.2.1 一般规定

6.2.1.1 试样制备的数量视试验需要而定，应多制备 1 个~3 个备用。

6.2.1.2 原状土工样品同一组试样的密度最大允许差值应为 $\pm 0.03\text{g}/\text{cm}^3$ ，含水率最大允许差值应为 $\pm 1\%$ 。

6.2.1.3 扰动土工样品制备试样密度、含水率与制备标准之间最大允许差值应分别为 $\pm 0.02\text{g}/\text{cm}^3$ 与 $\pm 1\%$ 。扰动土平行试验或一组内各试样之间最大允许差值应分别为 $\pm 0.02\text{g}/\text{cm}^3$ 与 $\pm 1\%$ 。

6.2.1.4 待测土工样品含水状态可以是干燥、天然、饱和，天然和饱和状态下的待测土样保存一定要注意低温（一般不大于 4℃）密封保水，避光。

6.2.1.5 样品制备好后加盖防水膜保持水分，宜在 4℃ 环境中保存，并在 3 小时内进行试验。

6.2.2 扰动土工样品重塑

6.2.2.1 对保持天然含水率的扰动土工样品，应切成碎块，拌和均匀后，取代表性土工样品进行含水率测定。

6.2.2.2 将块状扰动土工样品放在橡皮板上用木碾或利用碎土器碾散，碾散时勿压碎颗粒；当含水率较大时，可先风干或烘干至易碾散为止。

6.2.2.3 将扰动土工样品和碾散后的土样用四分对角取样法或分砂器，根据试验所需取出足够数量的代表性试样。对风干土，应测定风干含水率。

6.2.2.4 配制一定含水率的试样，取过筛的风干土 1kg~5kg，平铺在不吸水的盘内，按式(1)、式(2)计算所需的加水量，用喷雾器喷洒预计的加水量，密封静置一段时间，一般润湿一昼夜备用，砂性土润湿时间可酌情减短。

干土质量应按下式计算：

$$m_d = \frac{m_0}{1+0.01w_0} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

m_d —干土质量，g；

m_0 —风干土质量（或天然湿土质量），g；

w_0 —风干含水率（或天然含水率），%。

土工样品制备含水率所加水量应按下式计算：

$$m_w = \frac{m_0}{1+0.01w_0} \times 0.01(w' - w_0) \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

m_w —土工样品所需加水量，g；

w' —土工样品所要求的含水率，%。

6.2.2.5 测定湿润土工样品不同位置的含水率，取样点不应少于 2 个，最大允许差值应为±1%。

6.2.3 扰动土工样品制备

6.2.3.1 根据试样环的容积及所要求的干密度、含水率，应按式(3)、式(4)计算的用量制备湿土工样品。

制备扰动土工样品所需总土质量应按下式计算：

$$m_0 = (1 + 0.01w_0)\rho_d V \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

ρ_d —制备土工样品所要求的干密度，g/cm³；

V —试样环容积，cm³。

制备扰动土工样品应增加的水量应按下式计算：

$$\Delta m_w = 0.01(w' - w_0)\rho_d V \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：

Δm_w —制备扰动土样应增加的水量，g。

6.2.3.2 将湿土倒入固定好的试样环内，用击实方法将土击入试样环内。

6.2.3.3 称取试样质量，应符合 6.2.1.3 的规定。

6.2.4 原状土工样品试样制备

6.2.4.1 将试样放到玻璃片上，用切土刀或钢丝锯将土样切削成稍大于试样环直径的土柱，将内壁涂好凡士林的试样环刃口向下放到土样上，将试样环垂直下压，力度以不破坏土体结构为宜，边压边将试样环外壁余土削去，至土样露出试样环为止，用钢丝锯或切土刀削平土样两端余土并修平。

6.2.4.2 擦净试样环外壁，称环、土总重，准确至 0.1g，取代表性土样测定含水率，应符合 6.2.1.2 的规定。

7 实验步骤

7.1 稳态热流计校准

7.1.1 室内环境温度应控制在 25℃±5℃，相对湿度不大于 80%。

7.1.2 打开电源及加热开关，预热 20~30 分钟，接通冷却水（或自来水）。

7.1.3 将已知导热系数值的标准样品（石英板）装入试样环内，按照设备要求安装在测试位置上，在石英板两面均匀涂上少量导热硅胶，将热流传感器放入冷板与石英板之间，（注意热流传感器有正反方

向，正面朝石英板），使冷板压紧石英板，且热流传感器与石英板紧密接触。

7.1.4 设置测试参数，开始测试。

7.1.5 重复测定多次，相邻两次测试导热系数值之差不大于 0.005W/(m·K)时，视为稳定，根据石英板导热系数标准值[1.385 W/(m·K)]及测试结果计算热流传感器校准系数，修改校准系数后再次测试，验证计算结果，确定校准系数，结束仪器校准。

7.2 样品测试

7.2.1 将标准样品（石英板）替换为待测试样放在测试仪上，按照 7.1.3 安装试样。

7.2.2 输入试样参数，开始测试。

7.2.3 试样完成后，立即取检毕样品测定含水率。

7.3 实验记录

7.3.1 采集试验数据，待试验结束后进行数据处理，重复测试三次，以算术平均值报出。

8 结果计算

8.1 导热系数应按下式计算：

$$\lambda = f \times \frac{e \times d}{T_1 - T_2} \dots\dots\dots (5)$$

式中：

λ —导热系数，W/(m·K)；

f —热流传感器的校准系数值，W/(m²·mV)；

e —热流传感器的输出值，mV；

d —试样厚度，m；

T_1 —热面温度，℃；

T_2 —冷面温度，℃。

8.2 试验结果表示至小数点后第二位；测试结果相对偏差值 $\leq 5\%$ 。

8.3 测试后样品含水率低于测试前 2%以上，则判定为不合格。

9 精密度

9.1 分别选取粉土、粉质黏土和黏土 3 种类型的土工样品，同一实验室同一测试方法每种重复测试 8 次，结果如下表。

表 1 精密度试验结果记录

序号	实验结果 [W/(M·K)]	样品岩性 (塑性指数)	密度 (g/cm ³)	含水率 (%)	相对偏差 (%)	备注
1	1.298/1.299/1.296/1.289/ 1.295/1.284/1.301/1.303	黏土 (19.7)	1.83	24.9	0.63	天然
2	1.402/1.411/1.409/1.416/ 1.403/1.418/1.415/1.421	粉质黏土 (12.9)	1.99	18.5	0.68	天然
3	1.498/1.518/1.520/1.516/ 1.499/1.518/1.519/1.512	粉土 (9.2)	2.00	21.0	0.90	天然

9.2 选取粉质黏土，3 家实验室同一测试方法比对结果如下表。

表 2 实验室间比对试验结果记录

序号	样品岩性	密度 (g/cm ³)	含水率 (%)	导热系数 [W/(M·K)]	相对偏差 (%)	备注
1	粉质黏土	1.99	18.6	1.428	0.85	天然
2	粉质黏土	1.99	18.4	1.409	-0.49	天然
3	粉质黏土	1.99	18.3	1.411	-0.35	天然

附录 A 试验记录表

(资料性附录)

表 1 扰动土试样制备记录

任务单号				制备日期				计算者									
仪器名称及编号				试验者				校核者									
试样编号	制备标准		所需土质量及增加水量的计算					试样制备					与制备标准之差		备注		
	干密度 ρ_d (g/cm ³)	含水率 w (%)	环刀或算击筒容积 V (cm ³)	刀计的实容	干土质量 m_d (g)	含水率 w_0 (%)	湿土质量 m (g)	增加的水量 Δm_w (mL)	所需土质量 m (g)	环刀质量 (g)	环刀 + 湿土质量 (g)	湿土质量 m (g)	密度 ρ (g/cm ³)	含水率 w (%)		干密度 ρ_d (g/cm ³)	干密度 ρ_d (g/cm ³)

表 2 导热系数试验记录

任务单号				实验者									
仪器名称及编号				校核者									
参考板编号				设定温度		°C							
参考板厚度 d		mm		制样时含水率:		%							
参考板标准值		W/(m·k)		试验后含水率:		%							
试验编号	试样厚度 d (mm)	校准系数 f (W/m ² ·mV)	加热时间		热面温度 T_1 (°C)	冷面温度 T_2 (°C)	冷热温差 Δt (°C)	热流计电压值 e (mv)	试样热阻 R (k·m ² /W)		导热系数 λ [W/(m·k)]		备注
			始	终					测定值	平均值	测定值	平均值	