

全自动可控温土体一维瞬时渗透系数测试仪

Automated environment controllable stress-controllable 7D soil column for measuring transient hydraulic properties



特 性

- ◆ 可以灵活准确的控制边界通量/水头（例如：恒定水头，蒸发，自由排水和底部边界的毛细上升）；
- ◆ 可以研究对应不同水力边界条件的多重土壤层的渗透特性；
- ◆ 使用瞬时法，可以加速应力相关渗透功能（SDPFs）和应力相关土水特征曲线（SDSWCCs）这两种水力特性的测量；
- ◆ 可以加载一维垂直应力。例如， K_0 应力条件
- ◆ 可进行温度控制，使试样升温或者降温
- ◆ 可实现自动数据采集

应 用

应力控制土柱仪可以对多层土柱自由加载法向应力和边界水力条件（例如：恒定水头，蒸发）。

另外，快速使用瞬时法，还可以减少实验中测量两种重要水力特性 SDPFs 和 SDSWCCs 的时间。

在给定的应力状态下，SDPF 描述吸力和（或）含水量下水的渗透性的变化，而 SDSWCC 定义了吸力和含水量之间的关系。

Geo-Experts 使用一维瞬时剖面法 (IPM) 测量非饱和土对应不同一维法向应力下的 SDPF 的。基于体变测量 (VWC) 和孔隙水压测量 (PWP)，水流速率和水力梯度可以分别确定。因此，根据达西定律吸湿和脱湿状态下的渗透参数可获得。同时，不同应力状态下的，快速吸湿和 (或) 脱湿应力相关土水特征曲线 (SDSWCC)，可以通过建立体积含水量 VWC 和负孔隙水压 PWP (例如吸力) 关系来确定。土柱的任何体变都能通过表面的 LVDT 测量到。

设备可配备高精度温控水浴，另可选对设备进行温控循环升级，实现试样的温度控制，用于完成冻土实验，也可藉此研究冻融循环带来的水分迁移。

实验产生所有数据都可以通过数据采集仪器，进行全自动记录。

工作原理:

理论考虑 - IPM

实验过程中，在圆柱形土柱内通连续的水流，从柱体一头到另一头。试样的体积含水量传感器和孔压传感器沿着试样摆放，能够立即得到测值。

图 1 显示了两个瞬时断面的体积含水量、水头， h ，运行时间为 t_1 和 t_2 。体积含水量值和孔隙水压力值可以通过在 z_A , z_B , z_C , 和 z_D 点放置不同的设备测得。根据一维连续定理，任意深度 z (这个例子用的 z_B) 任意平均完成时间 $t_{ave} = (t_1 + t_2)/2$ 的水流速率 ($v_{zB,tave}$)，可以通过下式确定：

$$v_{zB,tave} = -\frac{\Delta V}{t_2 - t_1} + v_{ze,tave} \quad (1)$$

ΔV 是指在 $t = t_1$ 和 t_2 之间 $\theta_w(z, t)$ 内的阴影面积； $v_{ze,tave}$ 为 z_{ze} 深度时的边界水流速度，平均完成时间 $t_{ave} = (t_1 + t_2)/2$ 。

另一方面任一深度的水头梯度和完成时间， $i_{zB,tave}$ ，可以通过估算所测水头断面的梯度获得。数学计算上可以被表述为：

$$i_{zB,tave} = \frac{1}{2} \left(\frac{dh_{zB,t1}}{dz} + \frac{dh_{zB,t2}}{dz} \right) = \frac{1}{4} \left[\left(\frac{h_{zA,t1} - h_{zB,t1}}{z_A - z_B} + \frac{h_{zB,t1} - h_{zC,t1}}{z_B - z_C} \right) + \left(\frac{h_{zA,t2} - h_{zB,t2}}{z_A - z_B} + \frac{h_{zB,t2} - h_{zC,t2}}{z_B - z_C} \right) \right] \quad (2)$$

h_{z_i,t_j} 是完成时间为 t_j ($j = 1, 2$) 时， z_i ($i = A, B, C$ and D) 深度处的水头

这样通过达西定律，任一深度的非饱和土的渗透率和完成时间可以按下式计算

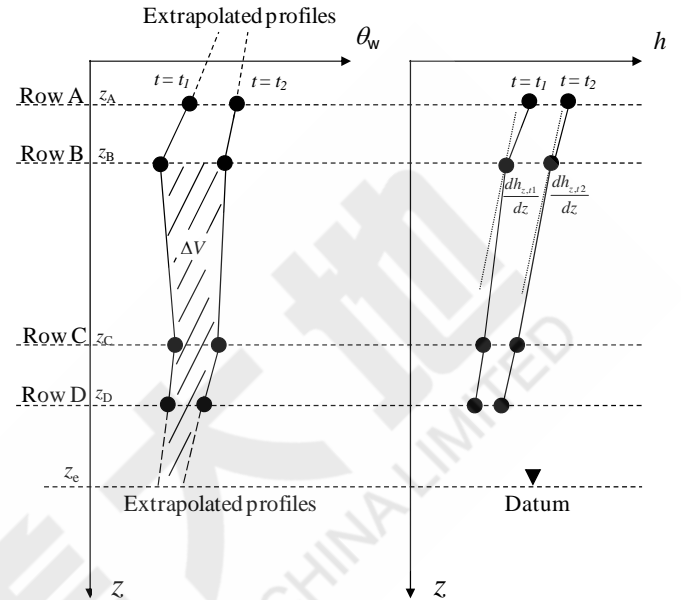


图 1. 一维土柱仪测得的，完成时间在 $t = t_1$ 和 t_2 之间，瞬时断面的体积含水量和水头 (Ng & Leung 2012)

$$k_{zB,tave} = -\frac{v_{zB,tave}}{i_{zB,tave}} \quad (3)$$

水力边界条件的控制

在顶部边界处，**Geo-Experts** 设计为允许垂直应力和边界通量分别施加。在土柱顶部，安装了穿孔的圆形的不锈钢底板。当施加任意的垂直应力到底板中心时，水可以通过穿孔渗入 (吸湿过程)，或者蒸发 (脱湿过程)

如果积水被加载到土柱顶面进行吸湿过程，通过使用恒定水头供给系统提供恒定的水头，原理跟马特略杯 (Mariotte's bottle) 一样。因此，渗透速率 (例如等式 (1) 中的 $v_{ze,tave}$) 可以通过记录水供给系统的变化确定出来

土柱底部，安装了另一块不锈钢底板。底板充满水来形成水腔来获得均匀的排水通路。安装

一个阀门用于控制底部的排水条件。在排水条件下，任意出水体积 (例如等式 (1) 中的

$v_{ze,tave}$) 可以测量得到。同时, 柱体底部的水头可控, 用以进行毛细上升实验。

一些已有的瞬时测量 SDSWCCs 和 SDPFs 分别在图 2 和 3 中显示出来, 来验证净法向应力的影响。

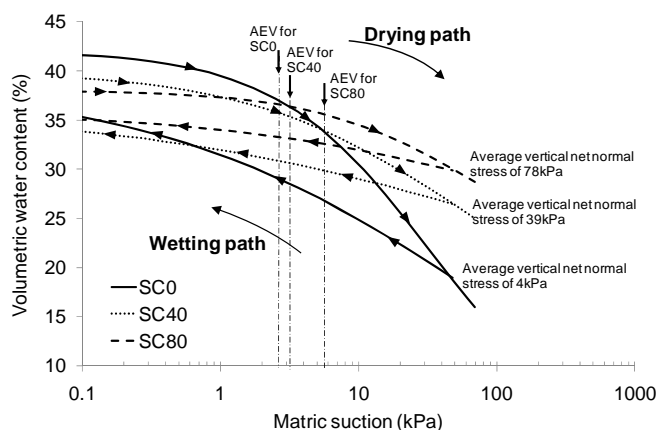


图 2. 净法向应力对瞬时脱湿和吸湿曲线 SDSWCCs 的影响 (Ng & Leung 2012)

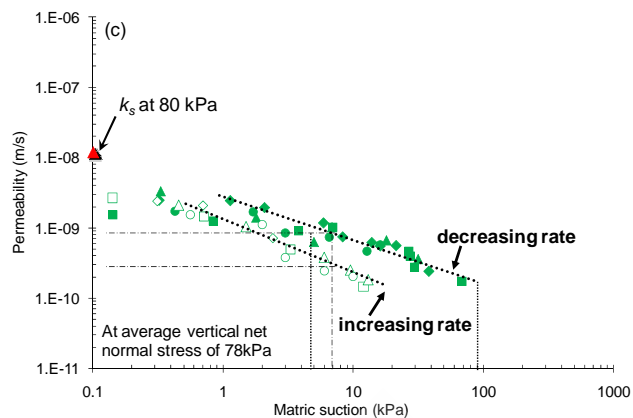
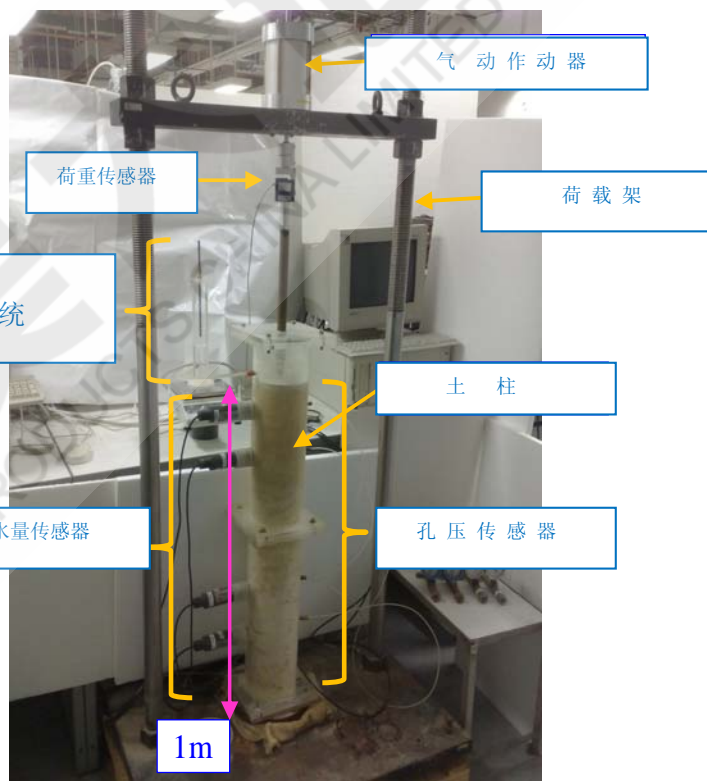
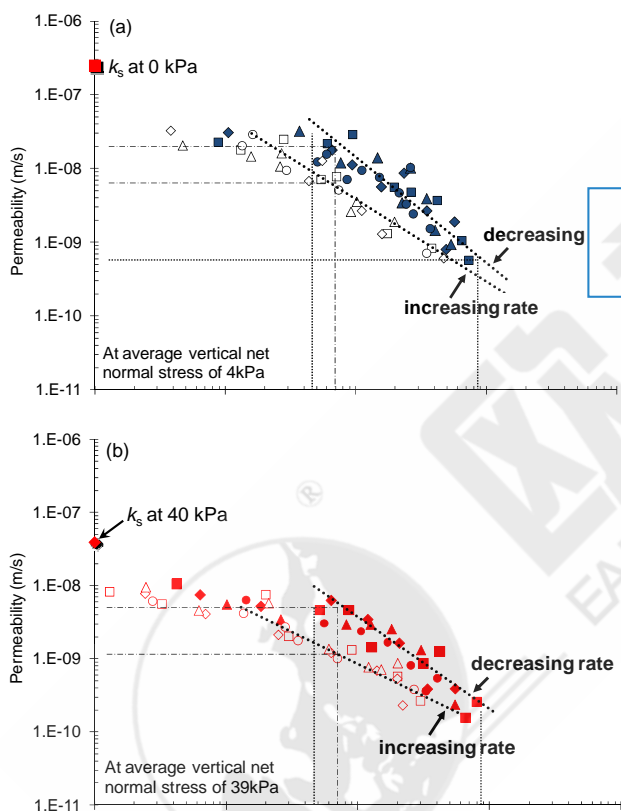



图 3. 测量不同一维净法相应力 (a) 0kPa, (b) 40kPa and (c) 80kPa 下吸湿和脱湿状态下的渗透系数 SDPFs (Ng & Leung 2012)



中国总代理:


欧美大地®仪器设备中国有限公司
EARTH PRODUCTS CHINA LIMITED (EPC®)
 欧美大地科技集团成员 Member of Earth Technologies Group
<http://www.epc.com.hk> <http://www.epccn.com>



 欧美大地 引领科技

香港 电话: (00852)23928698 传真: (00852)2395 5655
 广州 电话: (020)8336 1533 传真: (020)8336 2080
 北京 电话: (010)6708 2860 传真: (010)6708 2160
 上海 电话: (021)5821 9850 传真: (021)58211778

西安 电话: (029)8833 7488 传真: (029)8833 7487
 沈阳 电话: (024)2324 2365 传真: (024)2324 2359
 武汉 电话: (027)8786 4202 传真: (027)8786 3386
 深圳 电话: (0755)8234 4730 传真: (0755)8234 8570

南京 电话: (025)8319 0370 传真: (025)8319 7200
 成都 电话: (028)8675 8783 传真: (028)8674 3787
 福州 电话: (0591)8738 8113 传真: (0591)8738 8116
 济南 电话: (0531)8179 5601 传真: (0531)8179 5600

详细技术参数:

一般规格:

1	土柱的标准尺寸*	
内径	: 150 mm	
外径	: 190 mm	
高度	: 1000 mm	
2	安装 VWC 传感器的穿孔的标准直径	: 60 mm
3	安装孔压传感器的穿孔的标准直径	: 5 mm
4	恒定水头供给系统 (可选)	
i	储水箱 <i>k</i>	
直径	: 150 mm	
高度	: 200 mm	
ii	电子天平	
量程	: 5 kg	
分辨率	: 0.01 g	
5	垂直气动加载架	
量程	: 10 kN	
行程间距	: 50 mm	
压力传感器范围	: 0 – 450 kPa	
校准器范围	: 0 – 1000 kPa	
6	荷重传感器 (或者压力传感器)	
量程	: 2 MPa	
额定输出	: 0.5 mV/V	
非线性	: 2 % RO	
速率指示器	: 1 channel, 4 dig	

* 不同直径和高度的土柱可以按要求订购 (例如, 高度对内径的比例)但纵横比建议大于 6.

** 根据选择的 VWC 和 PWC 传感器的不同, 可以选择不同直径的小洞。

中国总代理:



欧美大地®仪器设备中国有限公司
EARTH PRODUCTS CHINA LIMITED (EPC®)
欧美大地科技集团成员 Member of Earth Technologies Group
<http://www.epc.com.hk> <http://www.epccn.com>



香港 电话: (00852)23928698 传真: (00852)2395 5655

广州 电话: (020)8336 1533 传真: (020)8336 2080

北京 电话: (010)6708 2860 传真: (010)6708 2160

上海 电话: (021)5821 9850 传真: (021)58211778

西安 电话: (029)8833 7488 传真: (029)8833 7487

沈阳 电话: (024)2324 2365 传真: (024)2324 2359

武汉 电话: (027)8786 4202 传真: (027)8786 3386

深圳 电话: (0755)8234 4730 传真: (0755)8234 8570

南京 电话: (025)8319 0370 传真: (025)8319 7200

成都 电话: (028)8675 8783 传真: (028)8674 3787

福州 电话: (0591)8738 8113 传真: (0591)8738 8116

济南 电话: (0531)8179 5601 传真: (0531)8179 5600