
双水头渗透计

(DualHead Infiltrrometer)

中文操作手册



北京力高泰科技有限公司

2015 年 8 月

欢迎使用Decagon公司生产的双水头渗透计。双水头渗透计用于土壤饱和导水率 (K_{fs}) 的测量。本手册将协助您理解双水头渗透计的原理,使您能完成更为精确的饱和导水率实验。

1 关于双水头渗透计

1.1 规格参数

渗透率范围: 0.0038 cm/hr 至 115 cm/hr

渗透率分辨率: 0.0038 cm/hr

渗透率准确度: 读数的 $\pm 5\%$

K_{fs} : * (见下述详解)

水位: 维持于 5 cm

压头范围: 0 至 40 cm

工作温度: 0 至 50 °C

充电适配器: 18 V 2.2 Amps; 范围 18 至 24 V DC

输出: USB

*可通过双水头渗透计测量的 K_{fs} 值的有效范围受限于上述渗透率范围的最大和最小值。范围值不仅取决于 K_{fs} , 还取决于作用于入渗水及土壤中三维水流的压头, 所以 K_{fs} 的测量范围不能被明确地指定。一般来说, 双水头渗透计能够测量例如中砂粒粗细的结构性不佳的土壤, 但由于土壤的过度结构化, 特别是显著的大孔隙, 土壤的渗透率会超出测量范围的最大值。

1.2 仪器组成

双水头渗透计由 4 个主要部件组成: 渗透计头(Infiltrometer Head)、控制单元(Control Unit)、测量环 (Insertion Ring) 及供水系统(water supply)。



图 1 双水头渗透计组成

双水头渗透计控制单元有 7 个按钮，供用户通过屏幕设置及控制仪器。

Power/Menu 按钮

显示屏下左边的为 Power/Menu 按钮，用于操作不同屏幕的选项。同时此按钮也是开关机的电源按钮。关机状态下，按此按钮开机。长按此按钮 4 秒钟以上关闭电源。

Back 按钮

显示屏下右边的为 Back 按钮。按此按钮返回上级屏幕。再带有选择选项的屏幕里按此按钮可放弃所做的设置或选择。

Direction Pad 方向键盘

方向键盘上有上下左右四个方向按钮可用于滚动浏览列表。上按可加速滚动速度。

Enter 按钮

方向键盘的中间为 Enter 按钮。当光标高亮显示某一条目时，按此按钮可进入次级菜单，或对修改的设置进行保存。



图 2 控制单元

2 获取读数

2.1 安装

安装之前，请检查仪器组成完整状态良好。每次使用前请对控制单元进行充电。野外测量前，请确保测量点有水源或自己携带足够的水，同时需携带锤子或橡胶槌用以将测量环砸入土壤中。

安装工作由设置控制单元开始。将控制单元放在实验点附近相对较平坦的地方。将管子

接入控制单元上 3 个相应的接口，见图 3。传感器接口需等到安装好渗透计头之后才插入传感器。

注意：管子有三种不同尺寸，对应不同的连接头。



图 3 控制单元连接端口

将测量环放置于待测区域地表，测量环的垫板（Driving Plate）置于其上，将测量环插入土壤表面 5cm。插入测量环时可使用锤子或橡胶槌垂直敲击垫板上的敲击点（strike point）图 4），使测量环垂直插入土壤，避免测量环与土壤之间产生间隙。

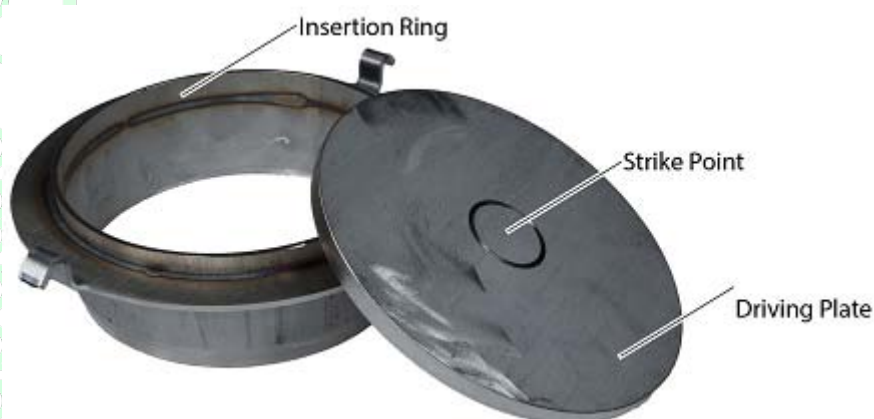


图 4 测量环与垫板

注意：山地安装时，将渗透计头上的传感器放置于左或右侧，并垂直于坡向安装（如图5）



图 5 山地安装

测量环埋设好后，将渗透计头放置于其上。渗透计头内包含电容传感器（用于控制水位）、水管接头、以及快速连接的气路管接头。

将渗透计头与测量环用卡扣扣住以密封（如图 6 中的 Ring Clamps）。注意不要扣的太紧，否则会导致测量环歪曲变形。在扣住以前需仔细清理测量环上方与渗透计头接触密封的一圈上无杂质，及时清除才能保证渗透计头扣住后的密封性，得到准确的压力读数。然后将与控制单元的 Water Output 及 Air Output （图 3）连接的两根管子的另一头分别接入渗透计头上相应的接口（如图 6 所示），最后将传感器线缆连接渗透计头和控制单元。

之后，将注满水的供水系统的水箱放置于控制单元旁边，注意水箱上的出水口放置于下方（即不要将水箱上下颠倒）。用剩余的管子连接水箱和控制单元上的 Water Input 接口（图 3）。接好后，完全打开水箱上的阀门。

注意：这种可折叠的水箱储水能力有限，对于高渗透的土壤，可能无法提供足够的水。这是可能需用户自备其它更大的储水容器。不管什么储水容器，需确保出水口放置于容器下方，并低于容器内部的水位。

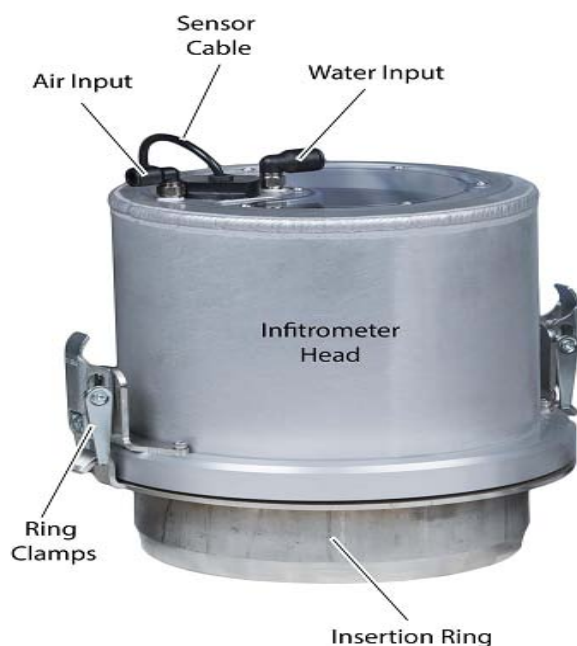


图 6 渗透计头及测量环

2.2 配置

完成好安装后就可开始试验。打开电源，如果设备里没有存储的数据，打开电源后会进入读数（Reading）界面，如果有存储的数据，则进入到 Data Returns 界面。按 Enter 进入设置。首先你需要键入试验名，此试验名是单独的，不能与之前你保存过的试验名相同，然后选择 Done 存储该试验名。

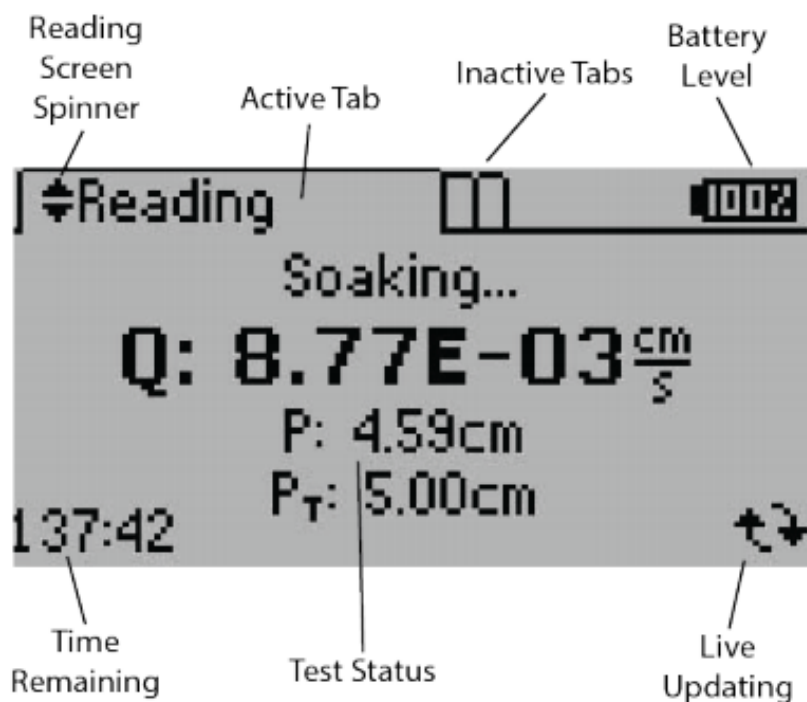


图 7 读数界面详解

保存好试验名后，你可以选择该试验所需要的设置。打开设置选项（Setting）可进行静水压力（Hydrostatic Pressure）、浸泡时间（Soak Time）、压力循环（Pressure Cycles）、保持时间（Hold Time）等参数的设置。

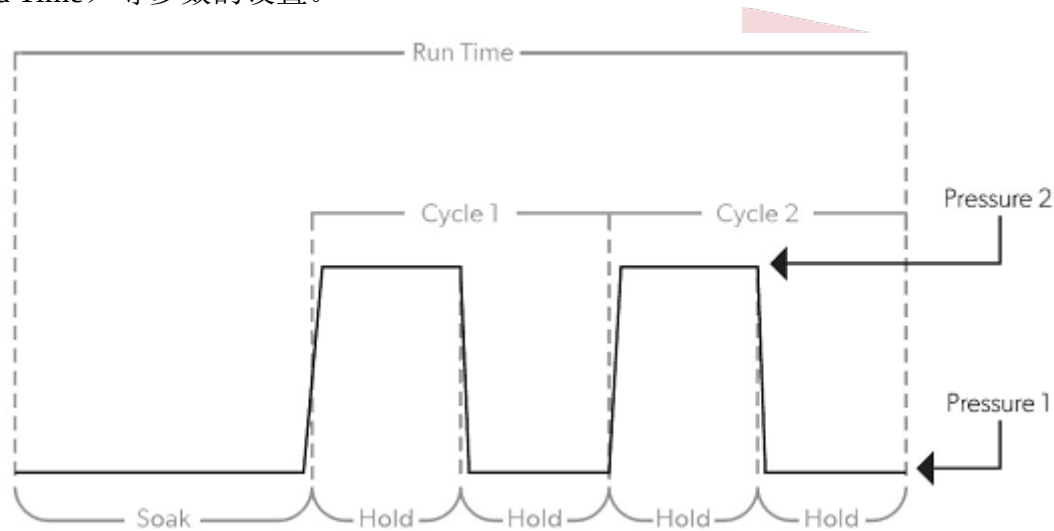


图 8 设置参数图解

在设置中，你可以在 0~40cm 之间调整高低压头的静水压力。低压头的静水压力至少应该低于高压头的静水压力 5cm。通常高渗透土壤所需的压头比低渗透土壤所需的低。表 1 是初始压头设置的粗略值，具体设置根据你的试验条件可能有所不同。

表 1 浸泡时间及压头设置

Soil Type	Soak Time (min)	Low Pressure Head (cm)	High Pressure Head (cm)	Hold Time @ Pressure Head (min)	Pressure Cycles	Total Run Time (min)
Dry Loamy Sand	25	5	10	15	3	115
Wet Loamy Sand	15	5	10	15	2	75
Dry Silt Loam	30	5	15	20	3	150
Wet Silt Loam	15	5	15	20	2	95
Dry Clay (Poor Structure)	30	5	20	25	3	180
Wet Clay (Poor Structure)	15	5	20	25	2	115
Dry Clay (Strong Structure)	25	5	15	20	3	145

注意：表 1 中的值为粗略的起始时间。最佳时间需要根据土壤的具体条件来确定。

浸泡时间使土壤在进入压力循环前达到饱和。浸泡时间决定了渗透计将待测土壤达到饱和的时间总量，它很大程度上取决于你的土壤类型以及其它特定应用条件。推荐浸泡时间为 20 min 左右，你也可以根据你的实验需要进行调整。在浸泡时间内，压力会维持在低压头压力上。

也可设置压力循环的次数。渗透计可以被设置为运行多次压力循环，但控制单元仅会采用最后一次循环的数据进行计算。控制单元采集最后一次压力循环中，不同压头下的渗透率的平均值，并用公式 4（见下文）计算 K_{fs} 值。多次压力循环的意义在于确保达到渗透率的稳定状态。如果第一次循环就达到了稳定状态，可退出实验保存计算结果。

最初的渗漏率很大，当基于时间水平的渗透率图形进入“无限时间”时，试验可能达到稳态或准稳态（Dane and Topp, 2002）。对于双水头渗透计，是以流量图形稳定来定义何时达到稳定状态的。如果流量在图形中显示有下降，则需重做试验或增加另一次压力循环。一次压力循环等于两个不同压头间的一次完整运行。

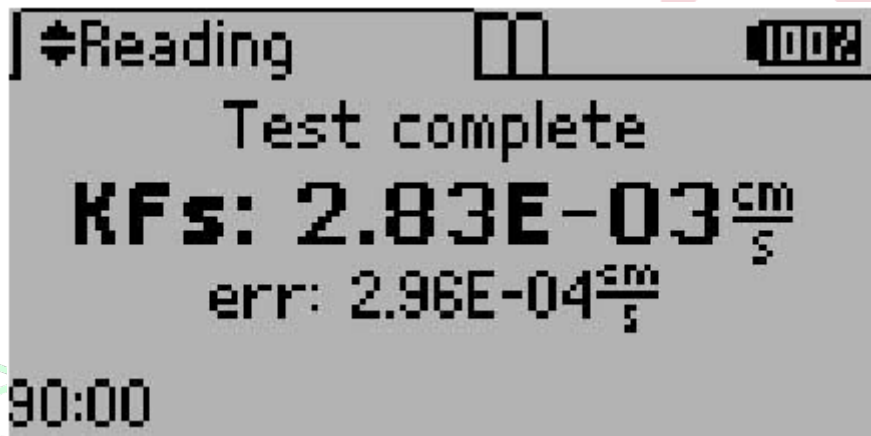
你也可以在试验设置中调整保持时间。保持时间决定了压力在两个压头上的保持时间。此设置可应用于循环中的两种压力。例如，设置了保持时间为 20 min，则高低压头的压力都保持 20 min。

完成试验设置后按 Back 按钮返回 Test Setup 界面，用方向键下翻至 Start a Test 并按 Enter

开始试验。渗透计会显示检查管路及连接，之后再按 Enter。开始试验后，渗透计会从水箱中不停泵出水，直到渗透计头中的水位达到 5cm。之后即进入浸泡时间，并维持水位为 5cm。

试验之中可通过上下翻页查看数据的实时图形。整个试验过程中，渗透计每分钟记录一个数据。期间你可以离开仪器，但需不时检查水箱水位，以确保充足的供水。

注意：参照第 3 章节查看流量图形、水位及压力



试验结束后，可通过下载程序下载数据。详见 3.4 章节。

3 菜单

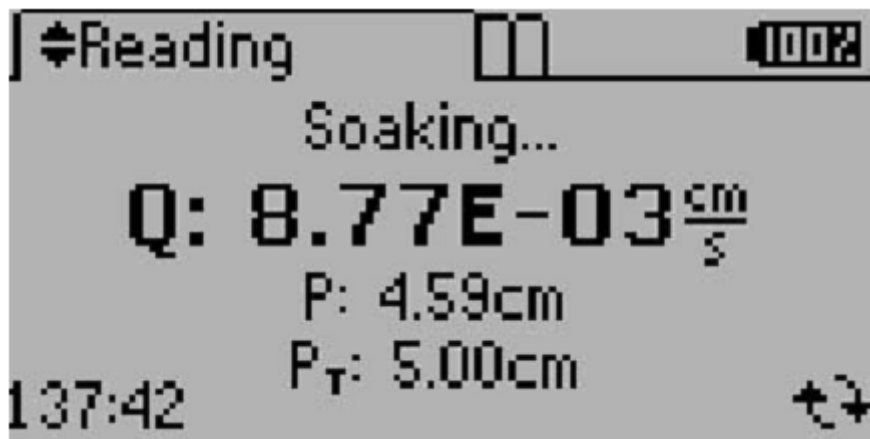
双水头渗透计有 3 个主菜单：读数菜单(Reading Menu)、配置菜单(Configuration Menu)和数据菜单(Data Menu)。

3.1 读数菜单(Reading Menu)

打开仪器电源后会直接进入读数菜单。可在其中进行试验设置及正在进行试验的设置回看。用上下方向键进行读数界面的翻页。

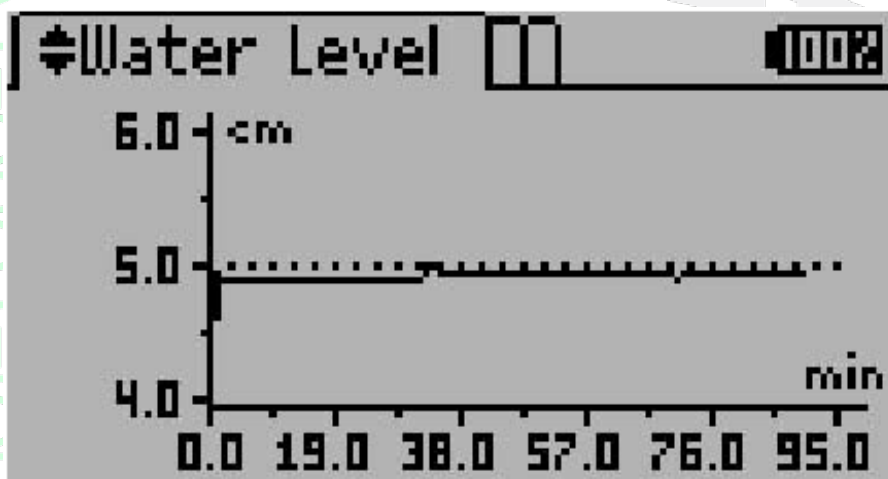
状态界面

当试验开始后，状态界面显示当前试验的状态，并允许使用者翻页查看最近的流量图形、压力图形及水位读数的图形。按上下键改变读数界面，或任意时刻按菜单按钮(Menu)进入配置菜单。



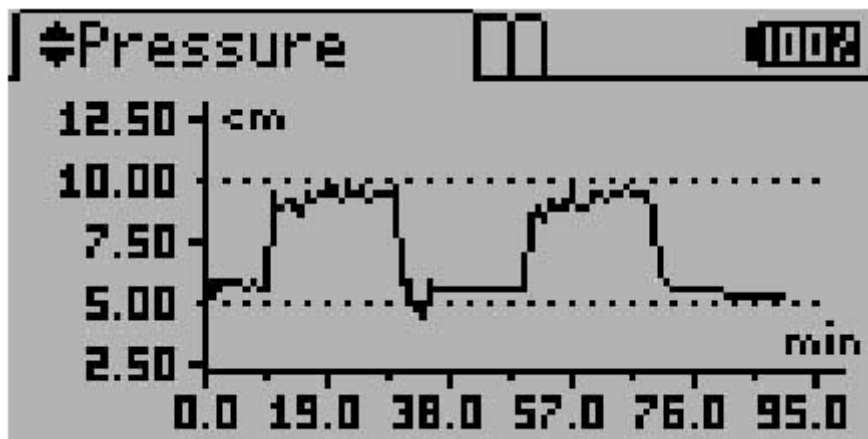
水位界面

开始试验后，土壤上方的水位迅速增加至 5cm。水位界面允许操作者监控实时水位。界面上闪动实时水位的点，并每分钟更新。从状态界面按上下键即可翻页至该界面。



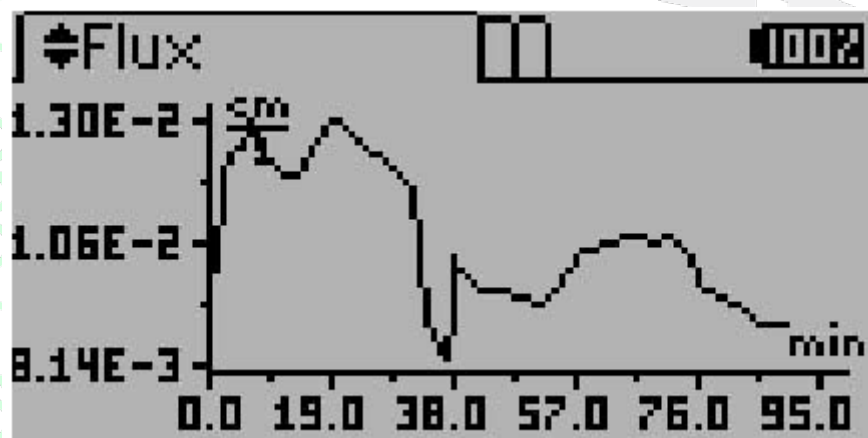
压力界面

浸泡结束后，压力界面显示整个测量过程的静水压力（结合空气和谁的压力）。此界面允许操作者通过当前闪动的压力值点及每分钟的更新来监视压力状态。从状态界面按上下键即可翻页至该界面。



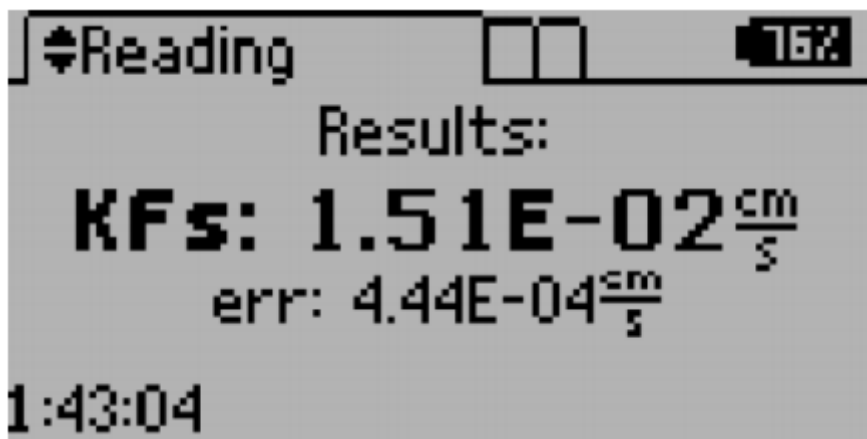
流量界面

流量界面显示通过渗透计的水流流速。此界面允许操作者通过当前闪动的流速值点及每分钟的更新来监视实时流速。从状态界面按上下键即可翻页至该界面。



试验结果界面

读数结束后，会显示本次试验 K_{fs} 结果的界面。一旦试验完成，此界面上的试验状态信息将被显示的试验结果所取代。按上下键改变读数界面，或任意时刻按菜单（Menu）按钮进入配置菜单。结果界面上也可查看误差值（err value）。此误差值为 K_{fs} 读值的标准差，反映测量过程噪音的总量。



3.2 试验功能

开始试验

任意读数界面中按 Enter 进入试验设置 (Test Setup) 界面, 选择 Start 即可开始试验。

试验设置

试验设置 (Test Setup) 界面中, 可对试验进行命名, 并配置相关试验参数。要开始试验, 选择 Start, 并按 Enter。任意时刻按 Back 按钮回到读数界面。当试验开始运行后, 在任意读数界面按 Enter 按钮也可进入设置界面, 即可对正在运行的试验的设置进行回看或停止该次试验。

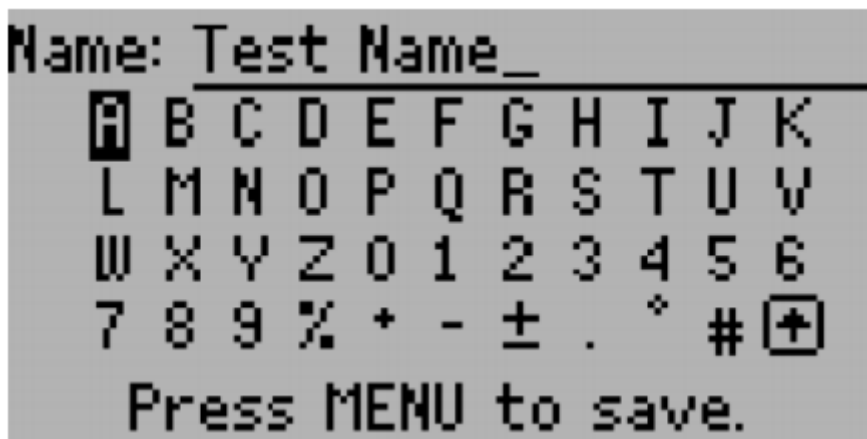


试验批注 (命名试验)

试验名可由最多 20 个字符组成。光标移动到需要的字母, 按 Enter 确认选择。要在试验名中加入空格或删除字母, 将光标移动到试验名处, 用左右方向键删除或键入空格。大小写可用右下角带方框的上箭头键进行切换。按 Menu 保存试验名, 按 Back 取消保存。

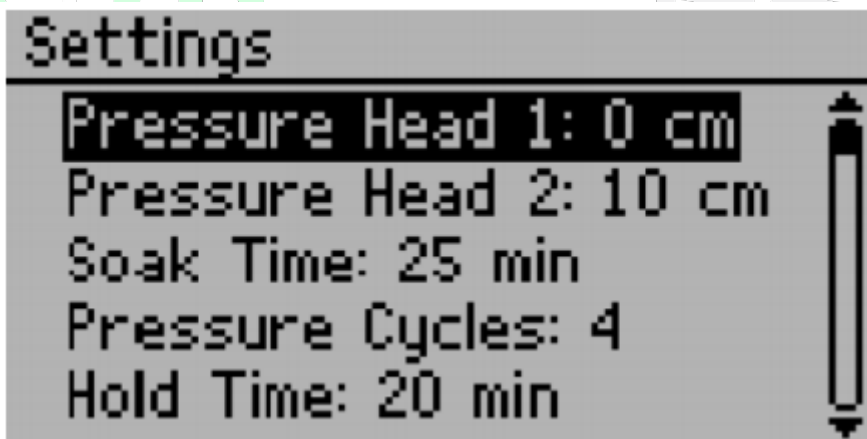
注意: 试验名首字母不允许是小数点。当试验数据下载为逗号分隔值文件格式 (如*.csv), 度

及“±”符号将会从试验概要信息中的试验名中被省略。



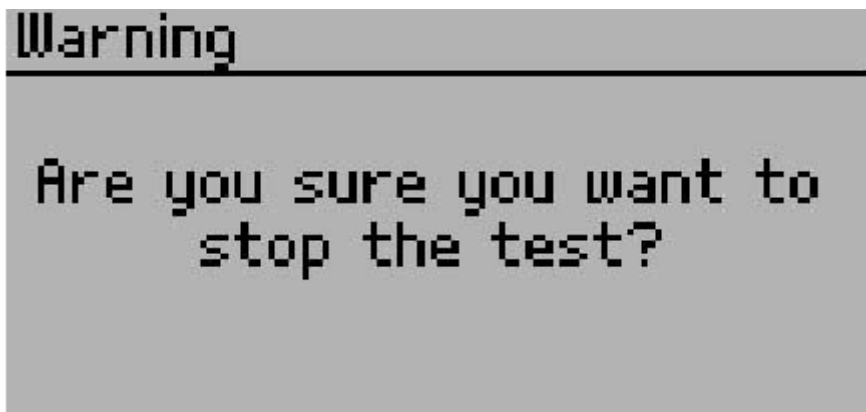
设置试验

对于渗漏试验，不同土壤类型可能需要不同参数设置。在 Test Setup 界面选择 Setting，对试验压力、浸泡时间、循环次数、保持时间等进行设置。对光标高亮显示的条目按 Enter 键进入并进行修改。按 Back 键回到 Test Setup 菜单界面。图 8 已图解了各种设置的参数。



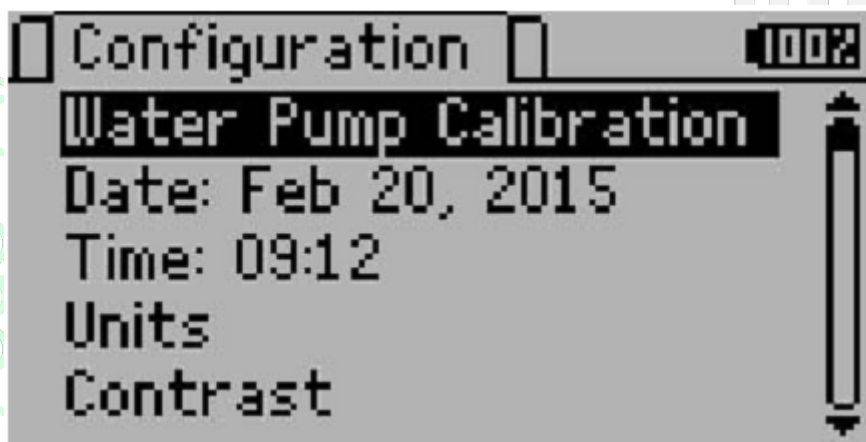
停止试验

试验开始后，如果在任意读数界面按 Back 按钮，将会显示取消试验的警告信息。此信息中，按 Back 回到读数界面；按 Enter 取消该次试验。



3.3 配置菜单 (Configuration Menu)

要进入配置菜单，按 Menu 按钮直到配置菜单高亮显示。配置菜单中可查看或设置双水头渗透计的总体配置。用上下键选择需要的选项。



日期及时间子菜单

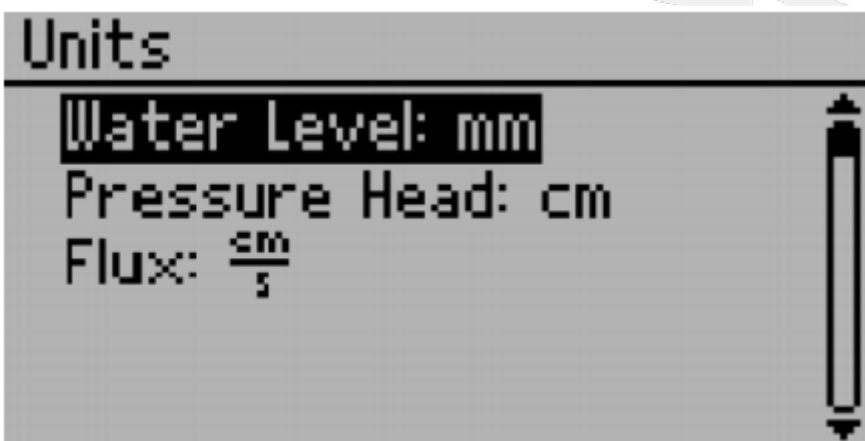
要设置日期或时间：

- 1、光标选择日期或时间子菜单并按 Enter 进入。第一个值的上下会出现箭头。
- 2、用上下方向按键更改此值，左右方向按钮移动至上一处或下一处值。
- 3、按 Enter 键保存修改；按 Back 键放弃保存。



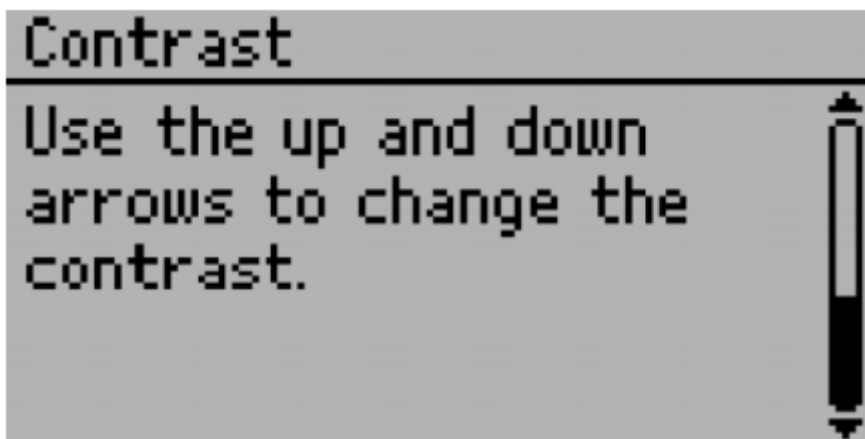
单位 (Units) 子菜单

此子菜单可进行数据单位的选择。单位更改后，下载的数据单位也随之更改。按 Enter 键在选择的条目中循环切换可显示的单位。选择好后，按 Back 回到上级菜单。



对比度子菜单

此子菜单可进行显示屏背光对比度的更改。选择此子菜单，按 Enter 进入，用上下方向按钮调整对比度。再按 Enter 保存对比度的修改，或按 Back 放弃保存。



“关于”（About）子菜单

此子菜单显示仪器的相关信息，如序列号、仪器名称、固件版本等。



3.4 数据菜单（Data Menu）

要进入配置菜单，按 Menu 按钮直到数据菜单高亮显示。此菜单中有多个选项。

查看数据

此选项可查看或删除之前的试验。要查看试验数据，光标高亮选择 View 选项并按 Enter。

查看之前的试验

选择数据菜单中的 View 选项后，会列出该设备已完成运行的试验。列表将最近的试验排在第一，依次类推。要查看某个试验的信息，光标高亮显示此试验并按 Enter 进入。

查看之前的试验选项

选择试验后，可选择查看试验结果、试验设置、或原始数据。选择需要的选项按 Enter 确认。

查看之前的试验结果

试验结果的显示格式与读数界面的相同。可通过上下按钮选择查看。例如可以查看 K_{fs} 值、水位图形、压力图形或流量图形。按Back返回上级界面。

查看之前试验的设置

已存储的试验的设置的显示格式与试验设置（Test Setup）界面中的相同。可通过上下按钮选择查看。按 Back 返回上级界面。

查看之前试验的原始数据

原始数据界面显示该试验期间所耗时间、流量以及压力等。可通过上下按钮选择查看。按 Back 返回上级界面。

删除之前的试验数据

可在数据菜单中删除数据。不能对单个试验数据进行删除，一旦选择删除，将删除所有数据。

警告：删除数据功能将不可恢复的从控制单元中移除数据，请慎重选择，确保数据已下载。

删除数据的步骤：

- 1、进入数据菜单
- 2、选择删除选项
- 3、按 Enter 确认

下载数据

双水头渗透计的数据下载软件，以及USB数据线的驱动程序可通过链接：software.decagon.com/dhdownloader下载。DHI下载软件可用于下载双水头渗透计中的数据、删除存储数据、设置日期时间、以及查看渗透计的固件升级情况。

下载数据时，通过 USB 连接线连接电脑及渗透计上的 USB 端口。打开程序，选择通讯端口（连接 USB 线并安装好驱动程序后，在我的电脑——右键——属性——设备管理器中查看），如果驱动安装成功，软件会自动选择端口号，并显示“Decagon UCA”，如图 9。点击下载按钮。



图 9 下载软件主界面

完成下载后，会弹出提示信息，问是否删除仪器上存储的数据，选择 YES 或 NO。见图 10。



图 10 数据删除提示信息

数据可下载为 .xlsx 格式或 .csv 格式。要改变文件格式，可在软件上进入 Edit——Preference——Data File，选择需要的文件格式类型。如图 11。

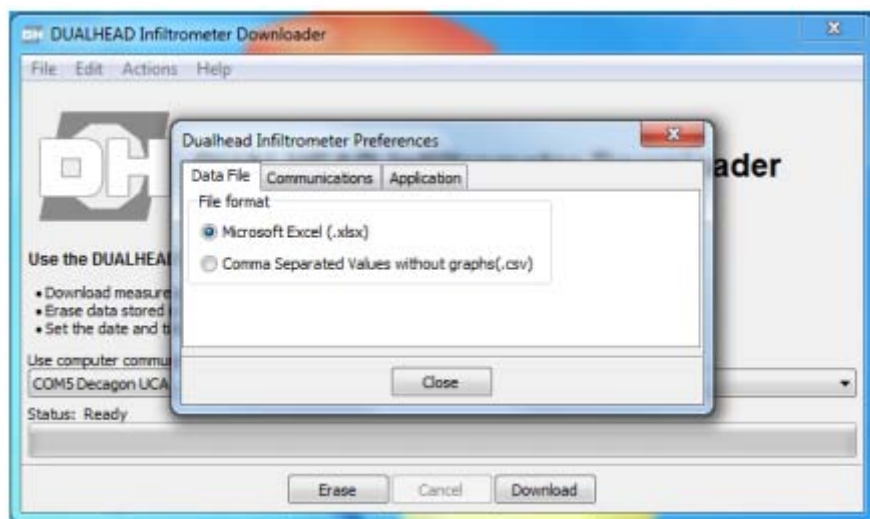


图 11 文件下载格式类型信息框

4 测量原理

田间饱和导水率 K_{fs} (cm s^{-1}) 是土壤的基本水力特性之一，它描述土壤饱和状态下，流体（通常为水）通过土壤孔隙渗漏的程度。饱和导水率最老的简易原位测量方式是采用一个测量环，插入土壤一小段深度，测量其内部供水充足的入渗（如图 12）。早期试验采用稳定流速， Q_s ($\text{cm}^3 \text{s}^{-1}$)，并假定其为一维的垂直流向，得到 K_{fs} 值（Bouwer, 1986; Daniel, 1989）。

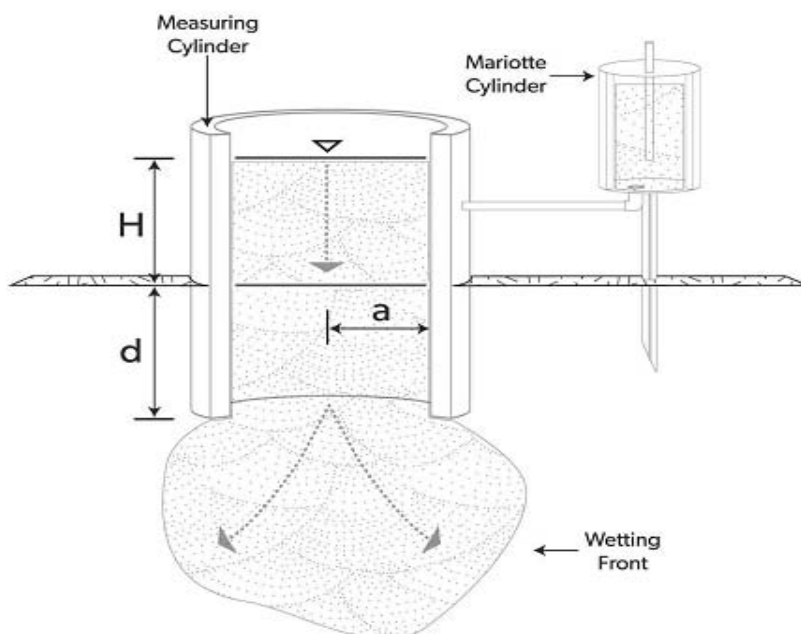


图 12 单环渗透计横截面

后来人们发现此方法高估了 K_{fs} 值，这是由于非饱和土壤的毛管作用导致的水流横向扩散，以及测量环中土壤上方积水的横向扩散（Bouwer, 1986）（流体扩散方向并非早期方法认为的

单一垂直维度)。排除水流(横向)扩散的尝试包括增加一个外部环以缓冲内部环的水流(图13)。此双环渗透计技术被证实对内部环的侧向水流扩散无效(Swartzendruber and Olson, 1961a,b)。

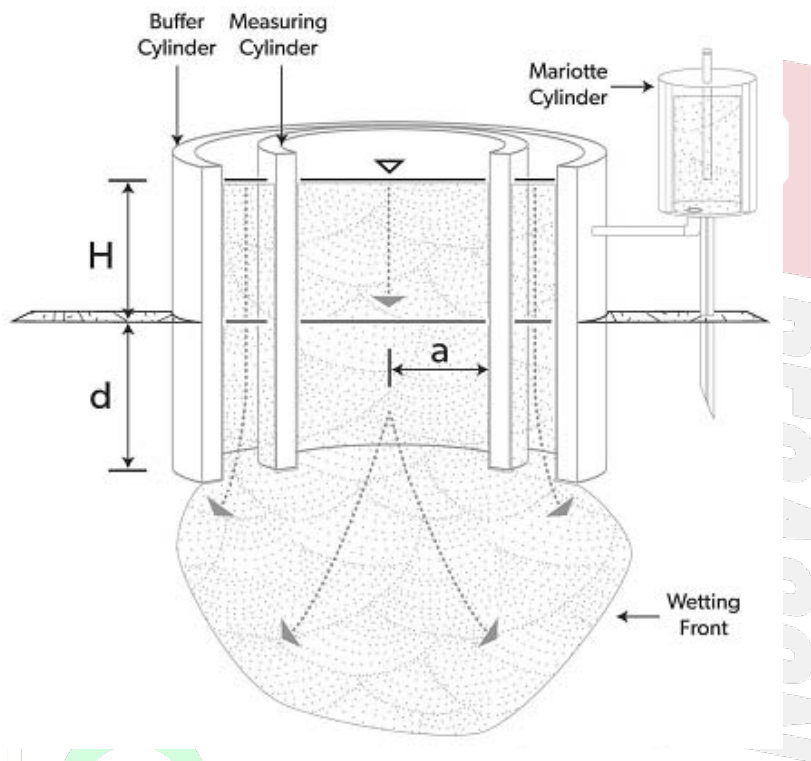


图 13 双环渗透计横截面

由Reynolds & Elrick (1990)提出的two-ponding head方法是我们的双水头渗透计所使用的技术。我们将此方法进行了修改及简化以更好地满足使用需求。采用此方法最简洁的计算公式来自于Nimmo et al. (2009)。Nimmo 等计算 K_{fs} 的公式为:

$$K_{fs} = \frac{i}{F} \quad (1)$$

式 1 中 i (cm/s) 是稳定(最终)入渗率(体积除以面积), F 为校正吸水性和几何效应的函数。Nimmo 等定义 F 为:

$$F = 1 + \frac{\lambda + D}{C_1 d + C_2 b} = \frac{\lambda + D}{\Delta} \quad (2)$$

式 2 中, D 为土壤上方浸泡水深度(ponding depth, 此处为译者理解,)(cm); d 为渗透计插入土壤的深度(cm); b 为渗透计半径(cm); Δ 为 $C_1 d + C_2 b$, 其中 C_1 为 0.993, C_2 为 0.578; λ (cm) 为 Gardner $\propto$ 的倒数, λ 是土壤及其初始含水量的特征。公式 2 中 Δ 为 Reynolds and Elrick (1990) 的 36 号简单等式乘以 $b\pi$, 使得上述公式 1、2 可以与 Reynolds and Elrick (1990) 的 37 号

公式相一致。

对于两个浸泡水深度（ponding depth），可有公式：

$$K_{fs} = \frac{i_1 \Delta}{\Delta + \lambda + D_1} = \frac{i_2 \Delta}{\Delta + \lambda + D_2} \quad (3)$$

整理得到：

$$K_{fs} = \frac{\Delta (i_1 - i_2)}{D_1 - D_2} \quad (4)$$

这样公式 4 就与 Reynolds and Elrick (1990) 的公式 41 相同。此公式移除了土壤特性及初始含水量的影响，即公式中消掉了 λ 。 Δ 为特定渗漏几何学下的常数，计算为 $0.993d + 0.578b$ 。对于双水头渗透计， $d = 5\text{cm}$ ， $b = 7.5\text{cm}$ ，所以 $\Delta = 9.3\text{cm}$ 。导水率因此为入渗率差值除以浸泡水深度差值，乘以 9.3。

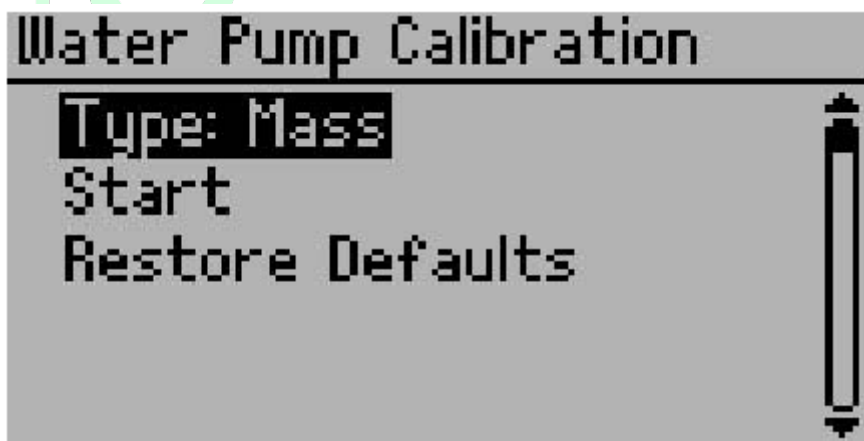
5 维护和故障排除

5.1 维护

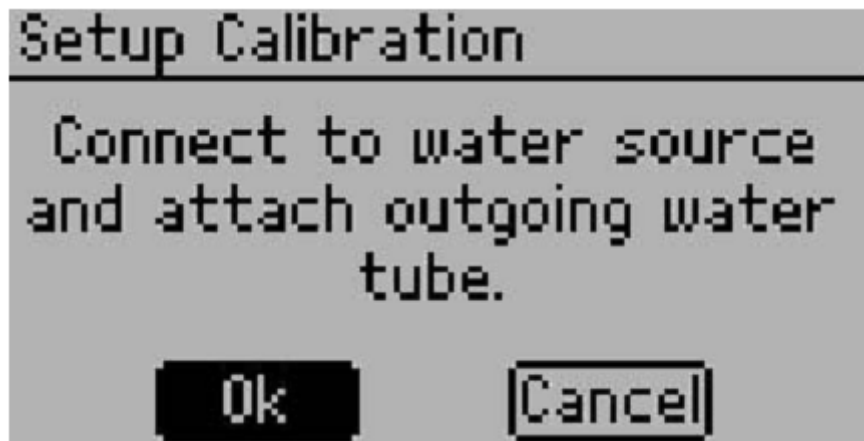
水泵校准

一般来说，泵和水管会产生磨损，造成通过水泵的水流体积产生变化。建议每半年至一年进行一次水泵校准，以确保精确的测量。水泵出厂时已经过校准，其精确度为读数的 $\pm 5\%$ 。

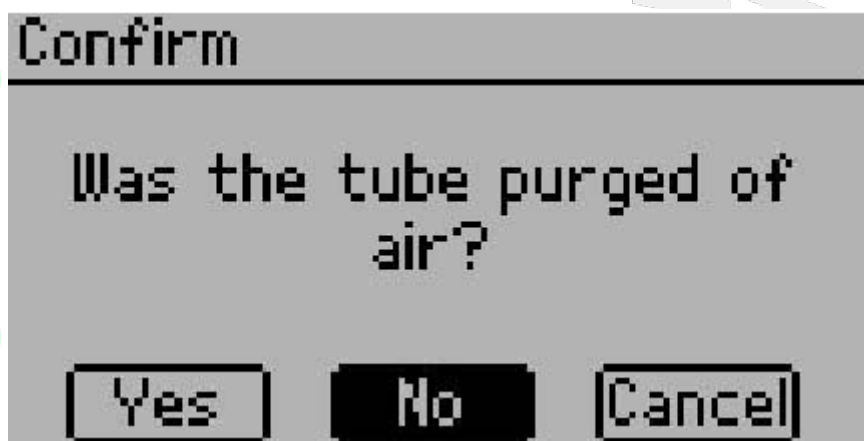
操作者可采用两种方法，分别基于质量或体积，来校准水泵。开始校准前，根据你基于的方法，准备好一个精确到 0.01g 的天平，或一个 25ml 的量筒。质量方法最为精确，不过两种方法的校准都能被接受。



要校准水泵，选择 Menu——Configuration——Water Pump Calibration。选择类型（Mass 或 Volume），之后光标高亮选择 Start，按 Enter 开始。此时应该出现提示连接水源及出水管的信息。连接水源并按 Enter。



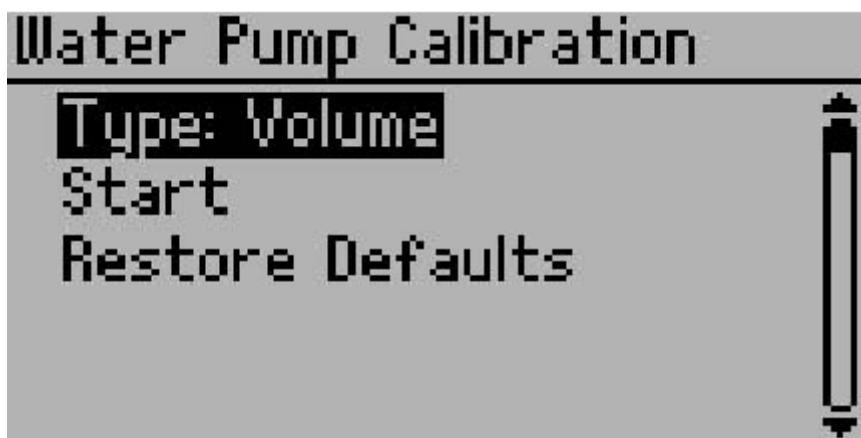
两种校准方法都要求较之前首先排空管路中的空气。此时会出现提示排空的信息，保持水运行，直到无气泡为止，Enter 确认。对于质量校准方法，需在排空后称量储水器总重（水 + 容器重）。



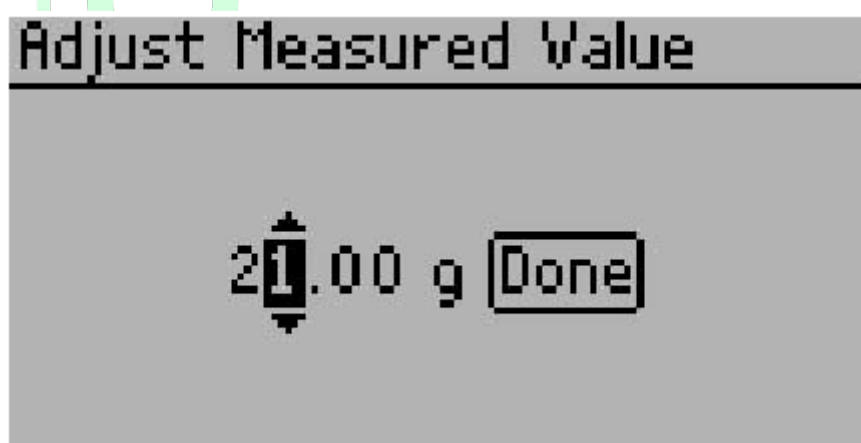
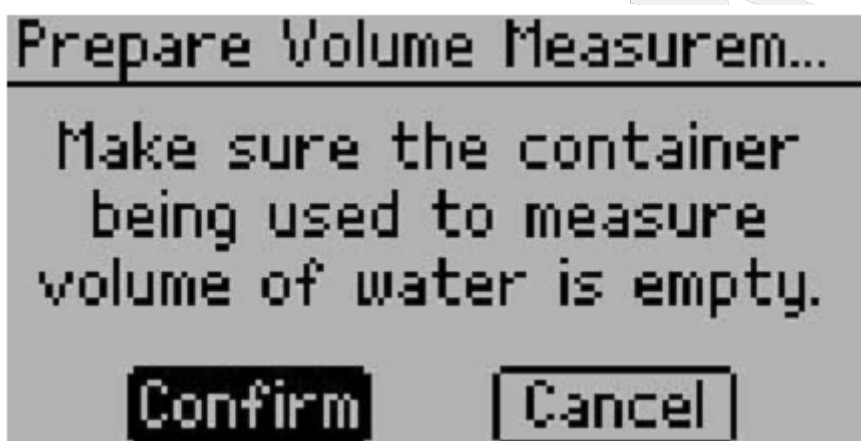
管路排空完成后，开始运行校准水流。一旦水流终止，比较天平上的读数（应该是开始校准前后的读数差）和仪器上的默认流量读数。在仪器上键入称量出的差值作为仪器新的默认流量。渗透计控制单元将以此流量为准来测量进入渗透计头的流量。

体积校准方法

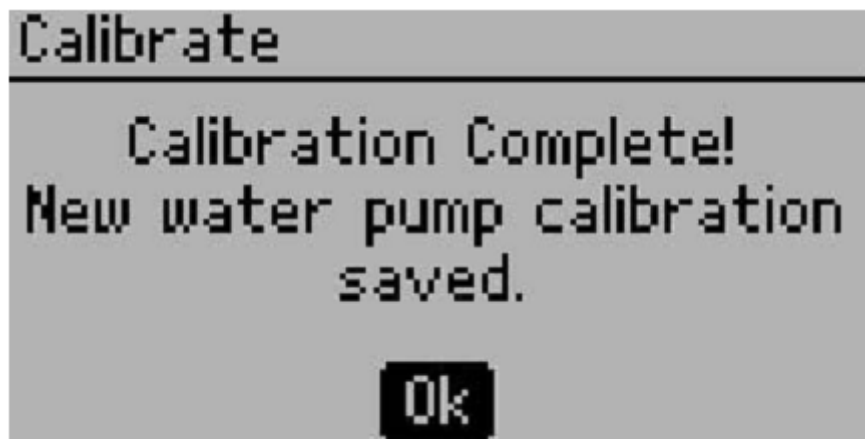
体积校准方法与上述方法相类似。在配置界面中选择体积方法，而不是质量方法。



取一最大容积至少为 25ml 的量筒，并按前述方法排空。完成排空后，运行校准，并用量筒收集泵出的水。比较量筒的读数及仪器的读数（体积）。在“Ajust Measured Value”界面依照量筒读数进行调整，按 Enter 保存。体积方法较质量方法精度稍差，但有时相对简易。



可根据需求定期进行校准，以确保读数精确。校准结束后，新的校准参数会存储在固件中。除非进行新的校准，此参数不会被改变或删除。



5.2 日常维护

日常清洁

完成试验后，需对仪器进行清洁，以确保仪器长效运行。

- 去除并清洁测量环上附着的土壤。以减少后续使用中测量环安装的阻力。
- 去除并清洁渗透计头上附着的所有土壤，颗粒物等其它物质。
- 用湿布擦拭 3 条管路。

长期维护

水泵

双水头渗透计的水泵为蠕动泵，水泵中有一个包含了软管及辊子的可替换圆筒(cartridge)。软管及辊子随着时间推移会磨损，运行时间一般为 5000 小时。泵的运行时间在诊断信息界面可以查看。

怎样确定圆筒是否需要更换？如果发现在泵的校准中有非常显著的差异，或者泵的输出明显与显示不同，则可能需要替换圆筒了。要替换圆筒，请联系我们。

铅酸电池

双水头渗透计的电源为 12V 7AH 的铅酸电池。其充电次数最终取决于放电的程度。放电程度越小，就有越多的充电次数，故使用后请及时充电。长期放置不充电会导致电池持续放电进而影响充电次数，减少电池使用寿命。如果充电 4-6 小时都达不到最大电量，则可能需要更换电池。

5.3 故障排除

表 2 故障排除快速指南

If this problem occurs:	Refer to:
Infiltrrometer does not turn on.	Problem #1
Returns Error “Firmware is corrupted”	Problem #2
Returns Error “Crystal Failure”	Problem #3
Fails to reach target water level	Problem #4
Test name already exists	Problem #5
Data memory is full	Problem #6
Water seal leaking	Problem #7
Selected pressure heads not reached	Problem #8
Infiltrrometer does not maintain pressure	Problem #9
Reports “No Depth Sensor”	Problem #10
	ERRORS
Water level error	Problem #11
Pressure limit exceeded	Problem #12
Low battery error	Problem #13
Temperature too high	Problem #14
Temperature too low	Problem #15
No depth sensor	Problem #16
	WARNINGS
Water level warning!	Problem #17
User canceled!	Problem #18

故障 1：渗透计无法打开

解决方法：确认电池正常并已完全充电。如非电池问题，移开面板检查主板上的保险丝。

故障 2：屏幕显示错误信息：“固件损坏”（Firmware is corrupted）

Error

Firmware is corrupted! See Manual for options.

解决方法：设备固件损坏需要重新加载。要下载新的固件，请通过链接<http://www.decagon.com/products/hydrology/hydraulic-conductivity/dualhead-infiltrometer/>下载。连接渗透计和电脑，按照程序的指示操作。

故障 3：屏幕显示下述信息：

Error

Crystal Failure. See Manual for options.

解决方法：运行固件的 crystal 无法启动。重新启动可能会解决问题。如果一直出现此信息，联系我们。

故障 4：试验不能达到目标水位

Error

Failed to reach target
water level!

解决方法：不能达到目标水位的原因有多种

- 1 确认供水水箱已连接，且水能从水箱通过控制单元到达渗透计头
- 2 确保渗透计头无漏水
- 3 如果无明显漏水，则可能测量点的入渗率超过仪器范围。这可能是由于土壤中的大孔隙导致水急速下降。更换新的测量点。

故障 5：试验名已存在

Error

A test with that name
already exists!

解决方法：试验完成后，其已存储于内存中。如果新的试验名与之前内存中的相同，则会出现此信息。重新命名你的试验。

故障 6：数据存储空间已满

解决方法：下载数据，然后删除内存里存储的数据。

故障 7：渗透计头与测量环密封处漏水

解决方法：移开渗透计头，检查 O 形密封圈处有无杂物，再重新放置。如果没有明显杂物，则检查密封卡子的松紧程度。卡子的松紧程度以使 O 形密封圈轻微变形为宜，不能太紧，否则容易造成密封处的形变，影响密封。可通过卡子上的十字槽螺钉调节松紧。

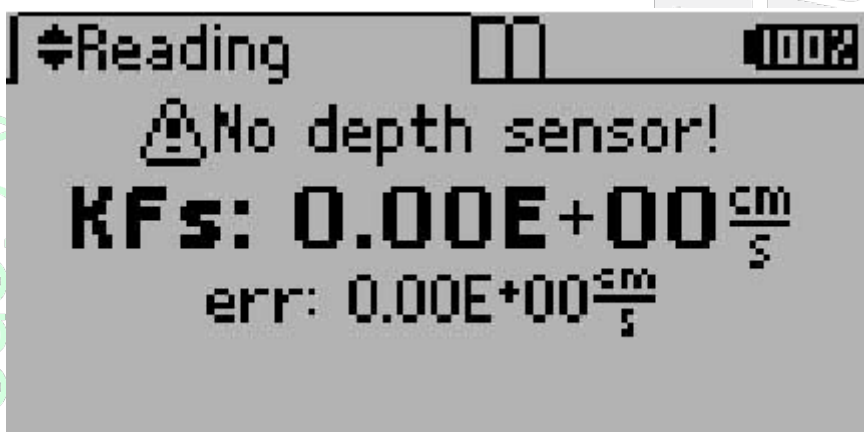
故障 8: 压头无法达到

解决方法: 检查管路连接, 确保连接处连接正常。

故障 9: 渗透计不能维持压力

解决方法: 检查管路连接, 确保连接处正常。如果渗透计头漏水, 检查与测量环的密封情况 (参照故障 7)。

故障 10: 报错信息: 无深度传感器 (No depth sensor)



解决方法: 1 检查传感器的连接。2 如果传感器已正常连接但无法工作, 联系我们。

一些报错信息的解决方法

故障 11: 水位错误 (water level error)

解决方法: 试验过程中, 当水位低于最低水位线 (4.3cm) 超过 10 分钟时出现。此时需停止试验。试验前需确保水箱有充足的水。

注意: 当遇到高入渗率的土壤条件时, 泵出的水量不能大于入渗, 则渗透计头内可能无法维持水位, 造成水位低于 4.3cm。

故障 12: 压力超过限制

解决方法: 当渗透计头内部气压超过 60.0cm, 或低于 0.0cm, 此错误出现。停止试验。

检查管路是否有扭曲打结的地方

故障 13: 低电报警 (low battery error)

解决方法: 当电池电压下降至水泵可工作的最低电压以下 (11.1V), 此错误出现。停止试验。
对电池进行充电。

故障 14: 温度过高

解决方法: 当空气温度超过最高工作温度 (50 °C), 此错误出现。停止试验。
将仪器移至阴凉处, 避免阳光直射。

故障 15: 温度过低

解决方法: 当空气温度低于最低工作温度 (0 °C) 时, 此报错信息出现。水的结冰会对仪器造成损害。停止试验。将仪器移至温暖的地方。

故障 16: 无深度传感器

解决方法: 试验过程中, 系统 30 秒内无法检测到深度传感器, 此报错信息出现。
确保深度传感器已连接。通过诊断界面的深度值验证传感器测量是否正确。再开始新试验。

一些警报信息

故障 17: 水位警报

解决方法: 当渗透计头内部水位低于传感器的测量最小值 (4.3cm) 时出现。
确保水箱能充足供水。在水位低于 4.3cm 的 10 分钟后, 试验将自动停止。

注意: 当遇到高入渗率的土壤条件时, 泵出的水量不能大于入渗, 则渗透计头内可能无法维持水位, 造成水位低于 4.3cm。

故障 18: 用户取消

用户取消试验时出现此信息

6 参考文献

Bouwer, H. 1986. "Intake Rate: Cylinder infiltrometer" A. Klute (ed.) *Methods of Soil Analysis: Part 1* 2nd ed. Agron. Monogr. 9.

ASA and SSSA (Madison WI. 1986), 825-844. Dane, Jacob H. and Topp, G. Clarke eds.. *Methods of Soil Analysis: Part 4 Physical Methods* Madison, WI: Soil Science Society of America Inc., 2002.

Daniel, D.E. "In Situ hydraulic conductivity tests for compacted clay" *J. Geotech. Eng.* 115 (Am. Soc. Civ. Eng., 1989), 1205-1226.

Nimmo, J.R., K.M. Schmidt, K.S. Perkins, and J.D. Stock. "Rapid measurement of field-saturated hydraulic conductivity for areal characterization" *Vadose Zone J.* 8 (2009), 142-149.

Reynolds, W.D. and D.E. Elrick. "Ponded infiltration from a single ring: I. Analysis of steady flow" *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54 (1990), 1233-1241.

Swartzendruber D. and T.C. Olson. "Sand-model study of buffer effects in the double-ring infiltrometer" *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 25 (1961), 5-8.

Swartzendruber D. and T.C. Olson. "Model study of the double ring infiltrometer as affected by depth of wetting and particle size" *Soil Sci.* 92 (1961), 219-225.

此操作手册为 Dcagon 公司产品英文手册译稿，鉴于翻译及科研水平有限，译稿仅供参考，
本公司不承担任何法律责任，谢谢理解！