

# TRIME-IPH

## 用户手册





## 目录

<b>1 功能描述.....</b>	<b>4</b>
1.1 TRIME-HD及TRIME DATA PILOT操作.....	4
1.2 DATA LOGGER操作 .....	4
1.2.1 IMP232 连接TRIME-Logger或ENVISLog（操作模式A） .....	4
1.2.2 连接模拟数据采集器的模拟输出.....	4
1.2.2.1 单次测量（操作模式B） .....	5
1.2.2.2 循环测量（操作模式C） .....	5
1.2.3 通过RS232 与计算机连接 .....	5
1.3 外接电源 .....	5
1.4 错误代码 .....	5
1.5 技术数据 .....	6
1.5.1 RS232 电源线.....	6
1.5.2 针脚定义.....	7
1.5.3 传感器参数.....	7
<b>2 TRIME-T3 套管探头.....</b>	<b>8</b>
2.1 简介 .....	8
2.2 田间测量 .....	8
2.3 测量经验 .....	9
2.4 总结 .....	12
<b>3 套管和土钻.....</b>	<b>12</b>
<b>4 套管安装指导.....</b>	<b>13</b>
4.1 橡皮塞的安装和固定 .....	14
4.2 将T3 放入套管 .....	15
<b>5 B3M/B3L型探头注意事项 .....</b>	<b>17</b>
<b>6 TRIME传感器的远程供电.....</b>	<b>18</b>
<b>7 用校准设置进行基本校正 .....</b>	<b>19</b>
7.1 什么是基本校正？ .....	19
7.2 校准设置对用户有何益处？ .....	19
7.3 如何进行基本校正？ .....	19
7.3.1 玻璃珠的准备.....	19
7.3.2 基本校正过程.....	20
<b>8 具体物质的校准.....</b>	<b>21</b>
<b>9 接头安装.....</b>	<b>21</b>
<b>10 接头组装.....</b>	<b>22</b>



<b>11 EMV/EMI防护设计.....</b>	<b>22</b>
<b>12 ENVIS环境测量系统的防雷击设施 (IMP232 小型联网总线、数据采集器、整合传感器) .</b>	<b>23</b>
12.1 简介 .....	23
12.2 110/220V主电源的过压保护 .....	23
12.3 MODEM和电话线的保护 .....	23
12.4 联网模块的过压保护—“SM-BLITZ” .....	23
12.5 气象塔的避雷措施 .....	23
12.6 SM-BLITZ避雷模块的安装.....	24
12.7 总结 .....	24



# 1 功能描述

TRIME-IPH 是为原样土壤水分的长期测量而设计的智能化高精密度传感器，它便于田间的移动测定，可与 TRIME T3/T3C 或 TRIME-B3M/B3L 连接使用。

TRIME-IPH 必须使用 9-14V/AC 外接电源供电。它可连接 TRIME-HD、TRIME Data Pilot、数据采集器（Trime-Logger 或其他类型模拟数据采集器），或直接连接 PC 监测和记录数据。

## 1.1 TRIME-HD 及 TRIME Data Pilot 操作

TRIME-IPH 通过旋扣连接至传感器，然后通过 7 针接口连接至 TRIME-Data Pilot。具体操作请参考 TRIME-HD 或 TRIME Data Pilot 手册。

## 1.2 Data Logger 操作

TRIME-IPH 提供 IMP232 接口，也依据客户需要，提供 0-1V/0-20mA 或 4-20mA/RS232 模拟输出，模拟接口必须具有一个差分输入。

### 1.2.1 IMP232 连接 TRIME-Logger 或 ENVISLog（操作模式 A）

智能化 TRIME 传感器可直接连接 IMP232 接口，通过此接口配合联网模块可连接多个传感器。IMKO 提供 3 口、6 口和 12 口的联网模块，可设定同时测定的传感器数量。

请注意，IMP232 小型联网接口的线缆长度和线缆直径必须匹配，否则 TRIME 传感器的电能消耗（200mA/10-15s）会引起电压下降。

将 TRIME-IPH 传感器设定为 IMP232 网络内使用（internal code=operation mode A）。

### 1.2.2 连接模拟数据采集器的模拟输出

TRIME-IPH 传感器可配合差分输入轻松连接至模拟数据采集器，模拟输出 0(4)-20mA 的最大阻抗为：

- 无错误代码=80Ω（横截面积为 0.34mm<sup>2</sup>的线缆，每米小于 0.1118Ω）
- 附错误代码=28Ω（横截面积为 0.34mm<sup>2</sup>的线缆，每米小于 0.1118Ω）

视应用和电源的具体情况，可选择 B 或 C 两种操作模式：

- 模式 B：  
接通电源后的单次测量，电源关闭前测量结果始终可用。



➤ 模式 C:

持续供电条件下的循环测量，测量频率可调。

操作模式工厂已经进行了预设置，您可通过 TRIMESET 软件进行重新设置。

### 1.2.2.1 单次测量（操作模式 B）

此模式在田间使用的电能消耗较低。TRIME-IPH 使用数据采集器的继电器启动，测量过程持续 10-15 秒钟，消耗电流 200mA，测量结束电源关闭。在下一次测量开始前，本次测量结果始终保存在传感器中并可作模拟输出。

由于多个传感器同时测量会降低标准电压，探头编号（请注意：探头编号 **不等于** 序列号）可以进行排序，这样就可以依次进行间隔性测量。排序后，1 号传感器在接通电源后第一个进行测量，2 号传感器 20s 后进行测量，3 号传感 40s 后进行测量，以此类推。探头编号可使用 SMCAL 或 SMTOOLS 进行设置。

### 1.2.2.2 循环测量（操作模式 C）

模式 C 需要持续供电。此模式下，TRIME-IPH 自动以待机方式进行间隔性采集，测量间隔可通过 PC/RS232/软件进行设置，设置范围为 10-3600s。测量持续 10-15s，消耗电流 200mA，待机状态消耗电流 8-10mA。测量结果在下次测量开始前，测量结果保存于传感器中并可模拟输出。

## 1.2.3 通过 RS232 与计算机连接

TRIME-IPH 可通过 RS232 串口连接线与计算机连接，连接成功后可进行数据采集，改变设置或校准工作。

## 1.3 外接电源

通过 IMP232 小型联网接口工作的传感器，可通过电池、太阳能或主电源供电。如果有数量较多的传感器连接在一起使用，或使用较长的 IMP232 总线线缆进行连接的情况下，建议您使用功率放大模块（SM-23LV）或使用分布式电源。

## 1.4 错误代码

仅在使用 IMP232 连接模式的情况下有效：在出现问题的情况下给出“Error No.”和“Error Address”。

Error No.	Error Text	产生错误的可能原因
1-29	无文字显示	内部错误
30	TDR may be defective	TDR 电子或探头线缆损坏



31	TDR level not found	TDR 水平搜索时间过长, 可能由于导电性土质或其它物质而降低信号质量
33	Salinity too high	土壤或物质的电导率过高
34	Invalid probe data	探头内的数据不明确或探头连接损坏

## 1.5 技术数据

下文将给出线缆、连接器及 IPH 传感器的技术数据。

### 1.5.1 RS232 电源线

7pin male cable connector / RS232



+U  
RxD  
0V  
TxD  
NC  
NC  
NC

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7

Power Supply

red connector

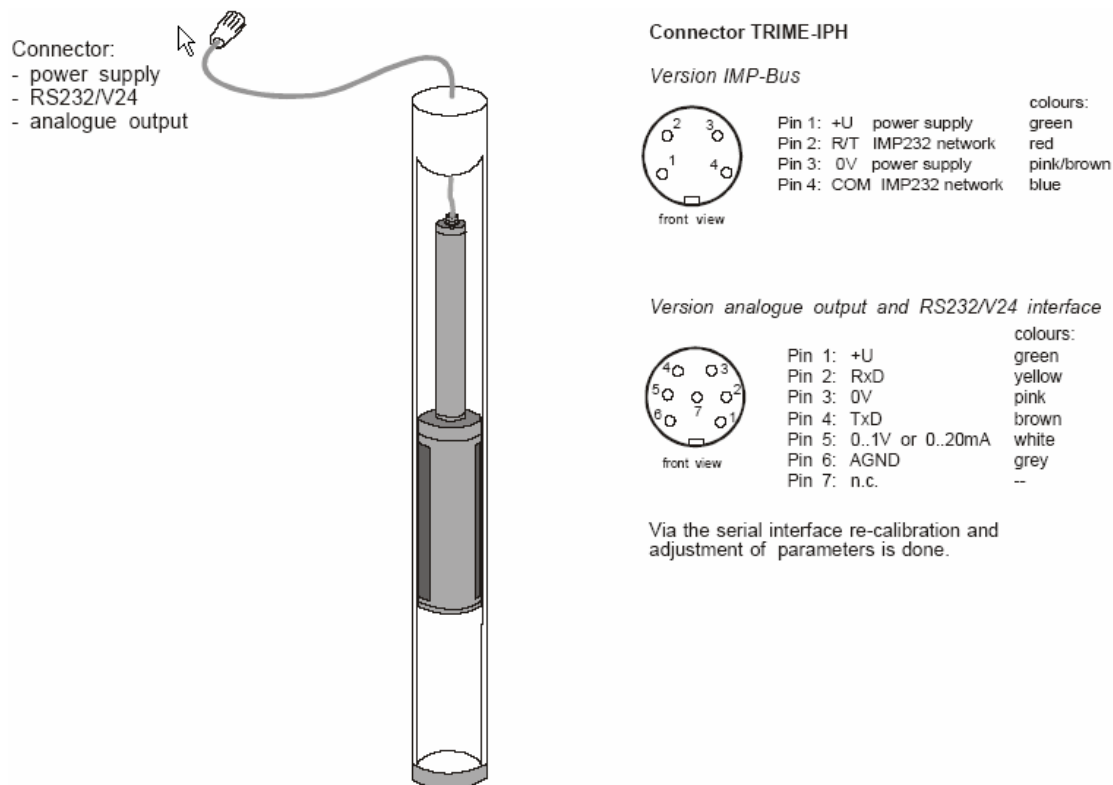
black connector

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9

DB9-Connector  
for RS232/V24



## 1.5.2 针脚定义



## 1.5.3 传感器参数

电源:	7-24V DC
供电电流:	待机: 8mA
	10-15s 测量: 250mA
量程:	0-60%体积含水率
误差:	视土壤或物质校准情况而定。通过免费软件 TRIME WinCAL 可进行再校准。
量程 0-40%:	±2%
量程 40-70%:	±3%
重复误差:	±0.5%
主体电导率:	0-2dS/m(T3), 0-5dS/m(T3C)
温度范围:	-10℃-50℃
温度漂移:	最大 ±1.8%
接口:	RS232/V24
模拟输出:	0-1V, 0-20mA 或 4-20mA
校准:	可随时进行, 一般以矿质土为标准进行校准
粘土和有机土校准需特别材料:	



线缆长度：	标准线缆长 3.5m，可定制长度
外壳：	防水密闭 PVC（IP68）

## 2 TRIME-T3 套管探头

### 2.1 简介

利用时域反射原理测量土壤含水量是目前非常先进的测量方法，然而利用 TDR 的棒形探头直接测量水分是非常困难的，TRIME 套管探头的设计便缘于此。

自 1994 年发明以来，TRIME-T3 已经在地球科学和环境科学领域得到广泛应用，甚至在有极端精确要求的领域，TRIME-T3 也能胜任。

### 2.2 田间测量

探头在土壤中的有效深度约为 15cm，测量在紧靠套管周围极为灵敏，随着与套管距离的增加，灵敏度呈几何下降。图 1 显示了探头周围的电场分布和可测量的体积。

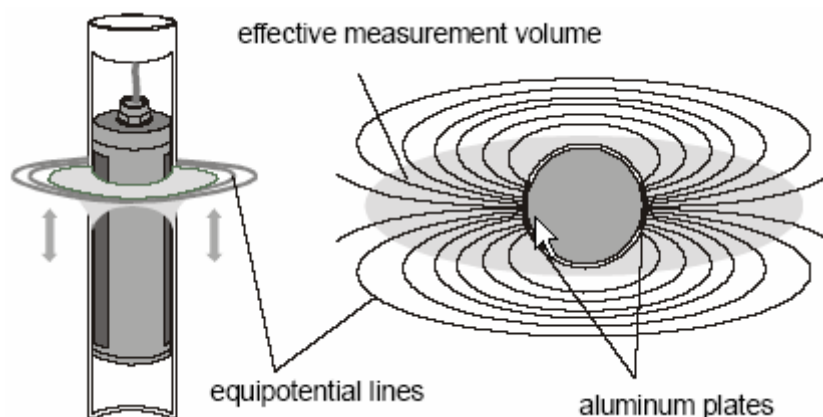


图 1 TRIME 探头周围的电场分布及可测量的体积

椭圆的测量体积要求进行多次测量，每次测量后旋转一定的角度进行下次测量，然后计算平均值。

以下实验说明了田间测量的深度：

在一个直径 50cm 的小桶中装满了水饱和的玻璃珠，测量的体积水分含量为 44%。如果在一个小一些的桶中测量（见图 2）则会由于测量体积内的空气而降低测量结果。



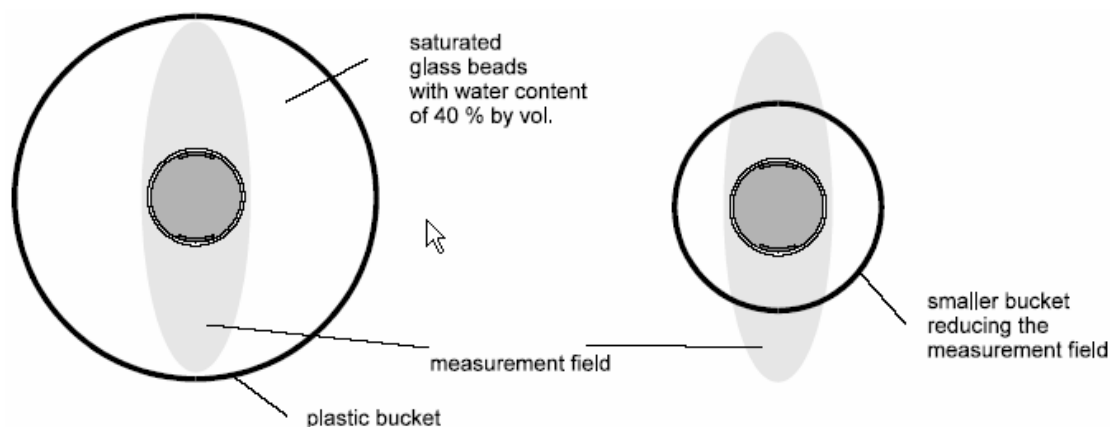


图 2 过小的测量体积对含水量测量的影响

请注意，被测物质须与套管紧密贴合才能进行可靠的测量，因此您需要按照我们建议的方法进行测量。

- 例如含水量为 15% 的样品，在套管的有效长度内含有 1mm 的气体缝隙，那么测量结果将会下降 1-2% 体积含水量。
- 如果样品含水量为 25%，则误差在 5% 体积含水量。
- 如果样品含水量很高（达到 50%），误差可能会达到 10%。
- 如果饱和情况下的样品缝隙被水填充，则缝隙误差会小很多。
- ⇒ 如果土壤不同质，则在非常干得条件下打套管可能会出现问题。对于这种情况的土壤，我们推荐其它方法进行打管（例如使用 Edelman 土钻进行预钻孔，然后再将土冲刷回套管周围）。这种情况下，测量准确度的降低是不可避免的，并且不推荐安装完成后立即测量
- ⇒ 在土壤膨胀或收缩的情况下，由于套管可能破裂，也会使测量出现问题。

## 2.3 测量经验

该产品作为 TRIME 的最新科技，已经完全通过了田间实验并且与中子探头测量和加热称重方法进行了比较。

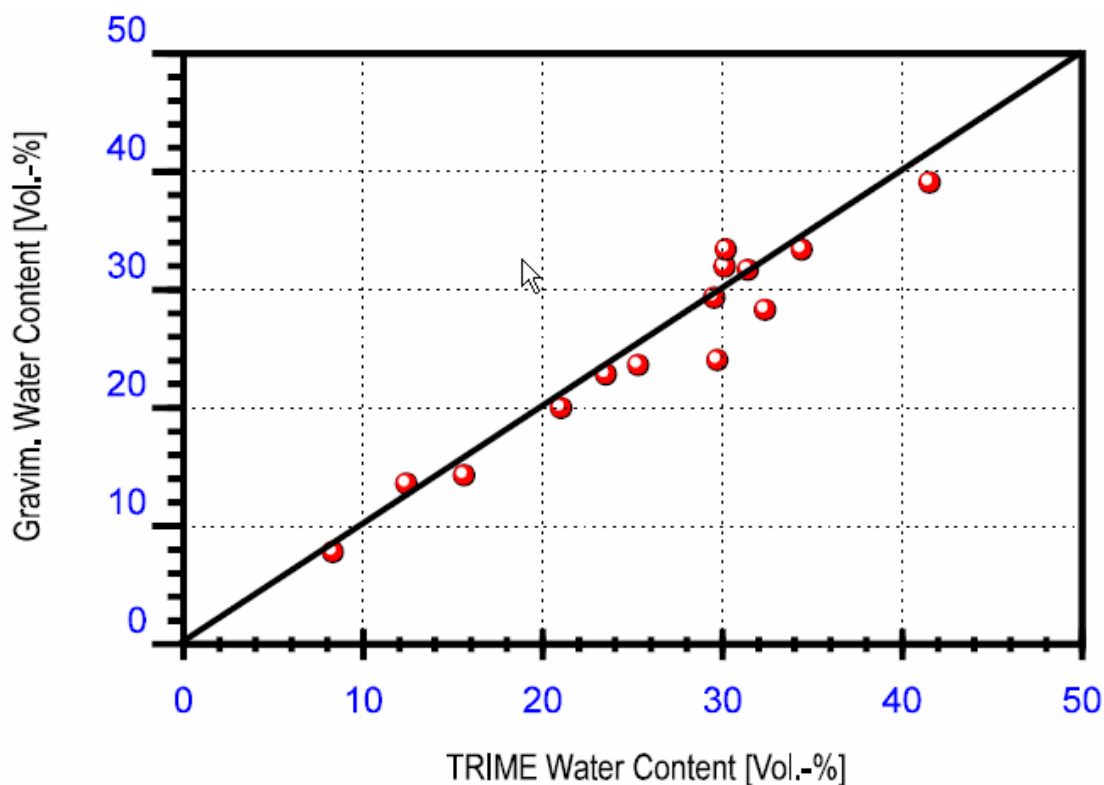


图 3 粘土含水量的 TRIME 测量和称重测量的比较

图 4 和图 5 显示了测定黄土、重质粘土含水率的中子探头（Wallingford）、TRIME-T3 探头和称重方法的比较。与中子探头方法相比，TRIME 可以对表层土壤进行良好的测量，而中子探头则由于辐射的损失，则不适合表层土壤的测量。

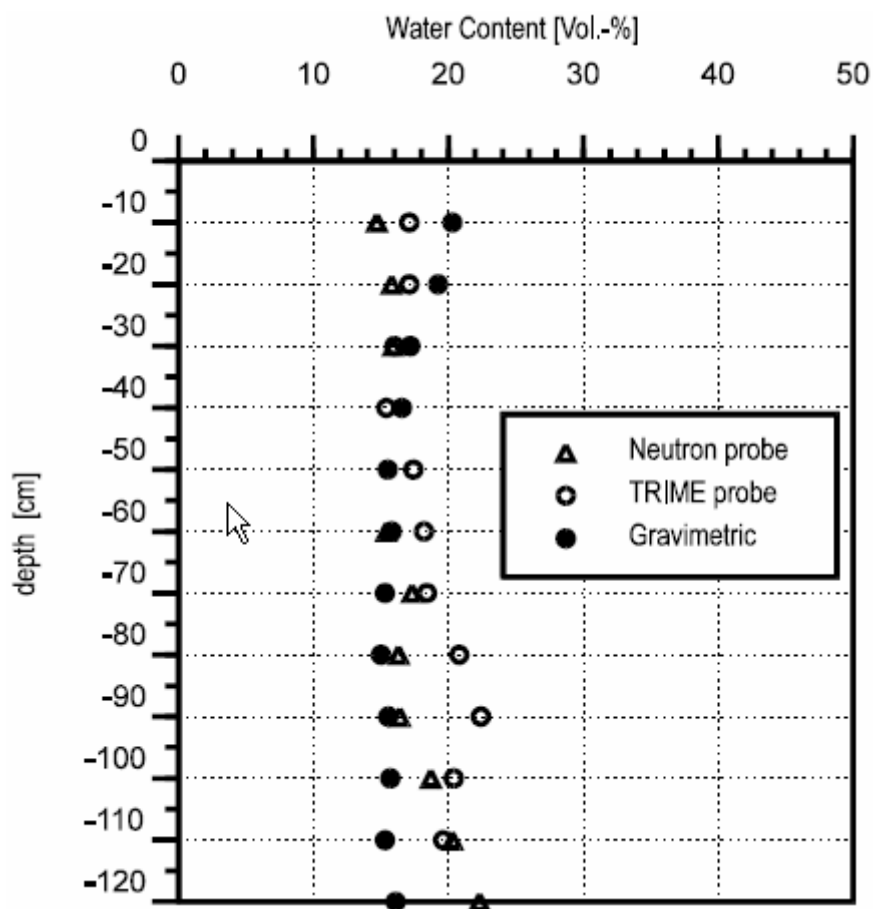


图4 黄土含水量的中子探头、TRIME-T3 和称重方法的比较

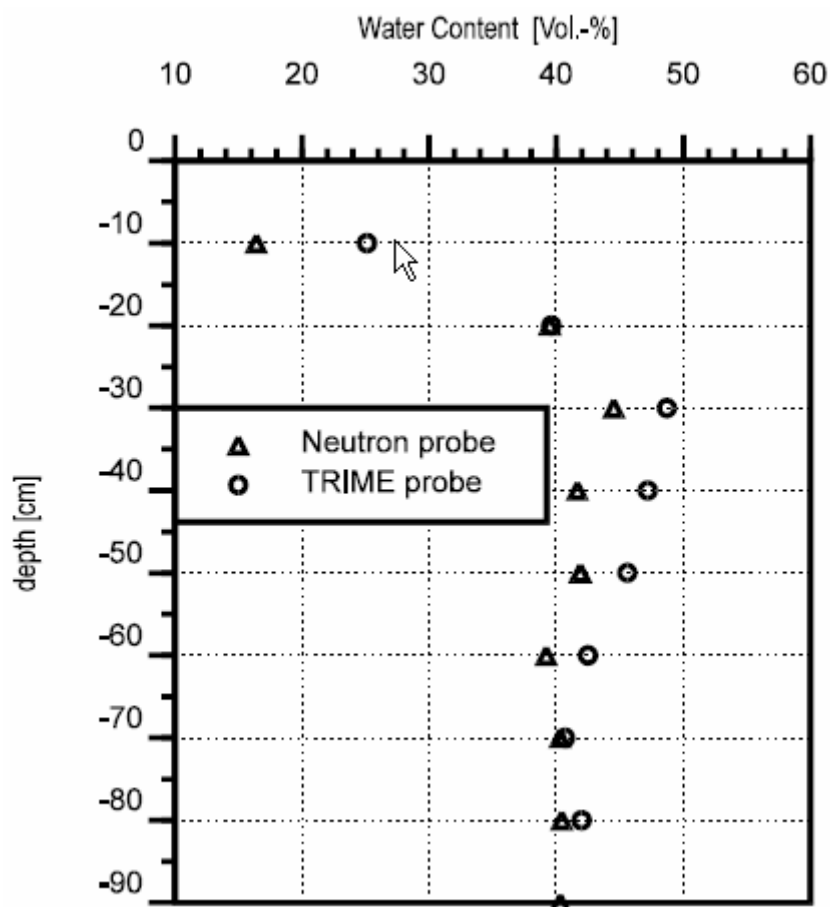


图 5 重质粘土含水量的中子探头、TRIME-T3 方法的比较

对于某些物质，特别是粘土或有机质含量高的土壤，可以提供特别的校准。

TDR 测量中的一个限制因素是原状土壤的电导率。对 TRIME-T3 套管探头来说，原状土的电导率不得超过 1dS/m。请注意，原状土的电导率由孔隙中水的电导率和土壤孔隙表面的电导率共同影响。由于土壤电导路径的复杂特性（依土壤类型而定），原状土的电导率远低于空气中水的电导率，因此与土壤含水量息息相关。

## 2.4 总结

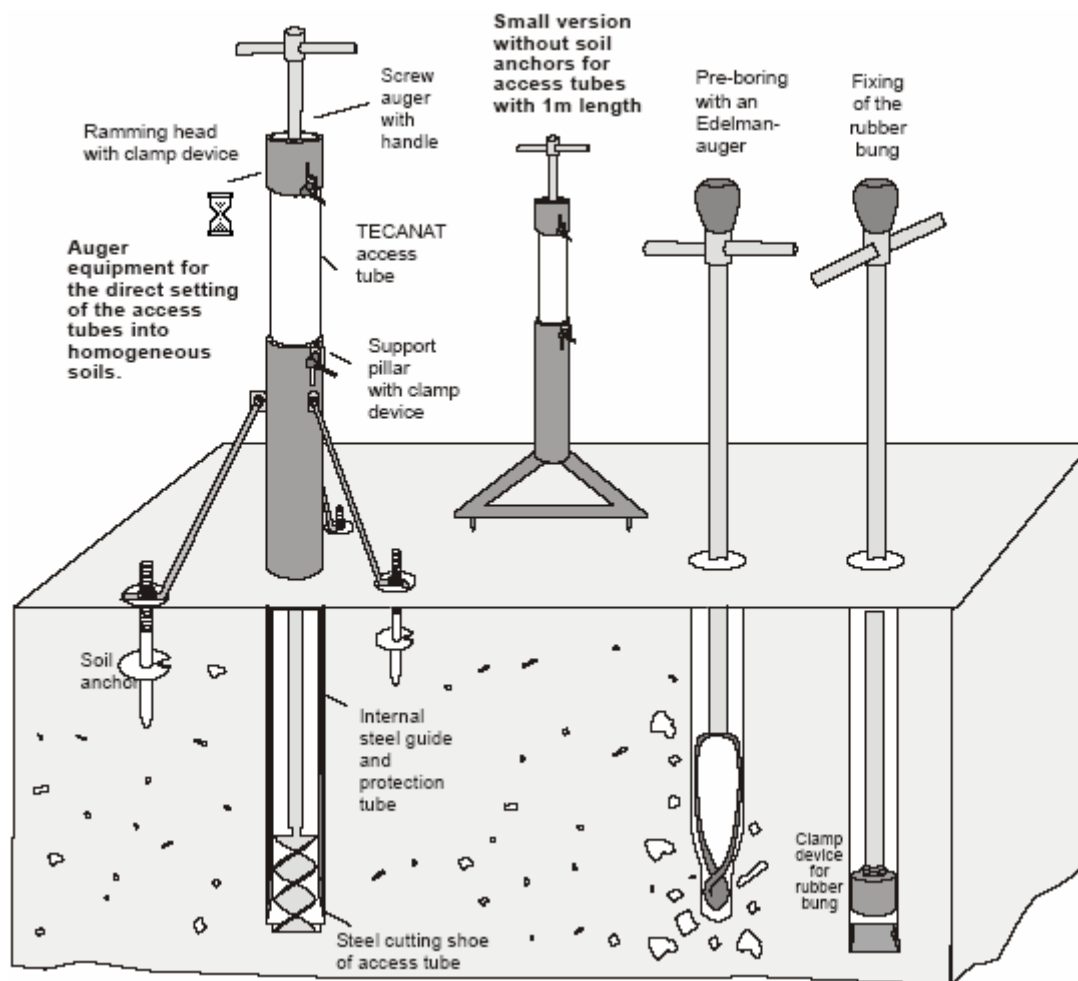
TRIME 套管探头测量水分的应用前景非常广阔，不使用有害的辐射物质便可进行快速、常规和不破坏土壤结构的测量。在土壤和套管紧密贴合并且原状土电导率不超过 1dS/m 的条件下，测量误差最低可达±2%体积含水率。

## 3 套管和土钻

44mm 的 TRIME 套管探头可以达到 150mm 的土层深度。测量灵敏度在套管周围最高，



在介质中呈几何下降。因此套管打入土中的方法非常重要。



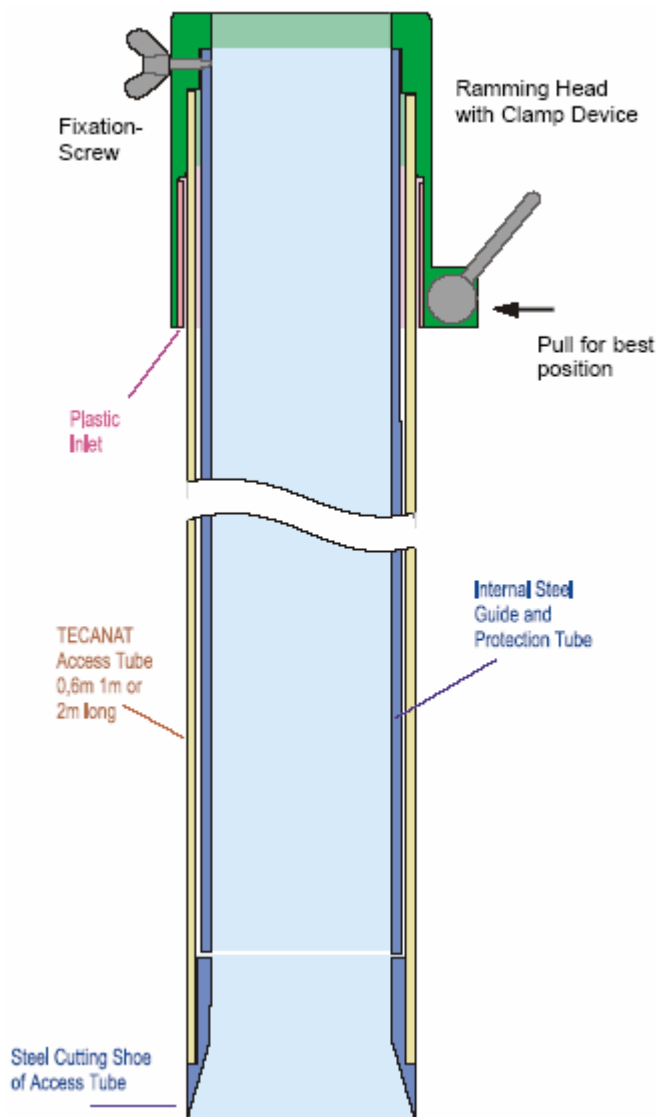
使用普通的土钻进行预打孔会破坏土壤材质，因为那样很难使套管与土壤紧密贴合。使用图中描述的土钻可以不必预打孔便可将套管直接放入匀质土壤，而在石质较多的土壤中此方法不可用。这种情况可以使用 Edelman 土钻预钻出孔，然后使用泥土将缝隙填满。土壤结构的改变后，等待 4 个星期以上的时间，测量数据才能恢复到比较精确的水平。

IMKO 土钻设备包括：含三个土锚的套管支持柱，带固定装置的撞击头，带手柄的旋转土钻带夹子的橡皮塞，钢保护管。还有一种不配备土锚的，1m 长的玻璃纤维套管可供选购。

套管内贴合着一个刚钻头，旋转土钻可以轻易的将刚钻头下 0-1m 的土带出，而后视土壤的匀质性，套管便可再打入土壤 5-10cm 的深度。依此步骤循环直到套管完全安装好。完成后内部保护的钢管便可被取出，然后使用橡皮塞将套管封严。

## 4 套管安装指导

请认真阅读一下指导：



撞击头、套管和钢保护管已经安装成为一体。

内部的钢保护管在使用旋钮固定前，必须要与钢脚接触，固定是保护钢脚避免其被砸出套管的必要措施。

套管通过一个固定夹与撞击头固定在一起，固定旋钮和固定夹在安装过程中都要设置好，并且如果必要的话还要重新调整。

旋转土钻在钢套管内将其钢脚以下 0-1m 深的土壤钻出。视土壤的匀质性不同，管子被尼龙锤向下砸入土中 5-10cm（使用支撑设备）。在土壤上开洞的一开始是不使用钢管的，因为会由于土壤变实而使测量值升高。

带三个锚钉的支撑装置可以避免震动造成的缝隙，而后支撑管上的固定夹应该关闭，管中的土便可使用土钻带出，当管到达支撑管的高度，支撑管便可拆除，套管可以在无支撑管的条件下打入土内。

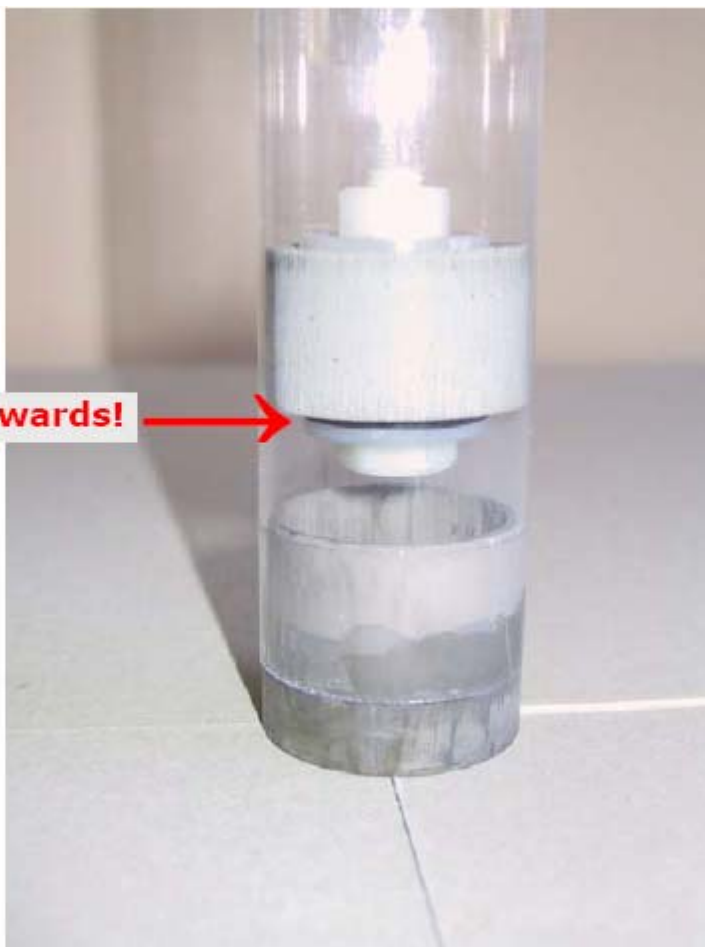
套管上部要套上一个塑料环来防止水沿管壁渗入土中，此外还要扣上一个塑料管帽来防止雨水流入管中。

## 4.1 橡皮塞的安装和固定

1. 橡皮塞的正确安装方向是黑色橡皮垫圈向下。
2. 将橡皮塞塞入套管。
3. 使其沿管壁滑入管底。



**Black washer downwards!**



#### 4. 使用旋转接头将橡皮塞固定。

橡皮塞可以使用旋转接头和手柄（旋转接头可以替换为旋转土钻）推入管内，手柄旋转两周便可将橡皮塞固定。如果向下推入橡皮塞比较困难，可以使用一些滑石粉涂在橡皮塞的两边，然后再塞入套管。

## 4.2 将 T3 放入套管

当您要使用 T3 套管探头时：

将 T3 探头放入套管中时，要按下弹簧膨胀测波体，以免被管口卡掉。

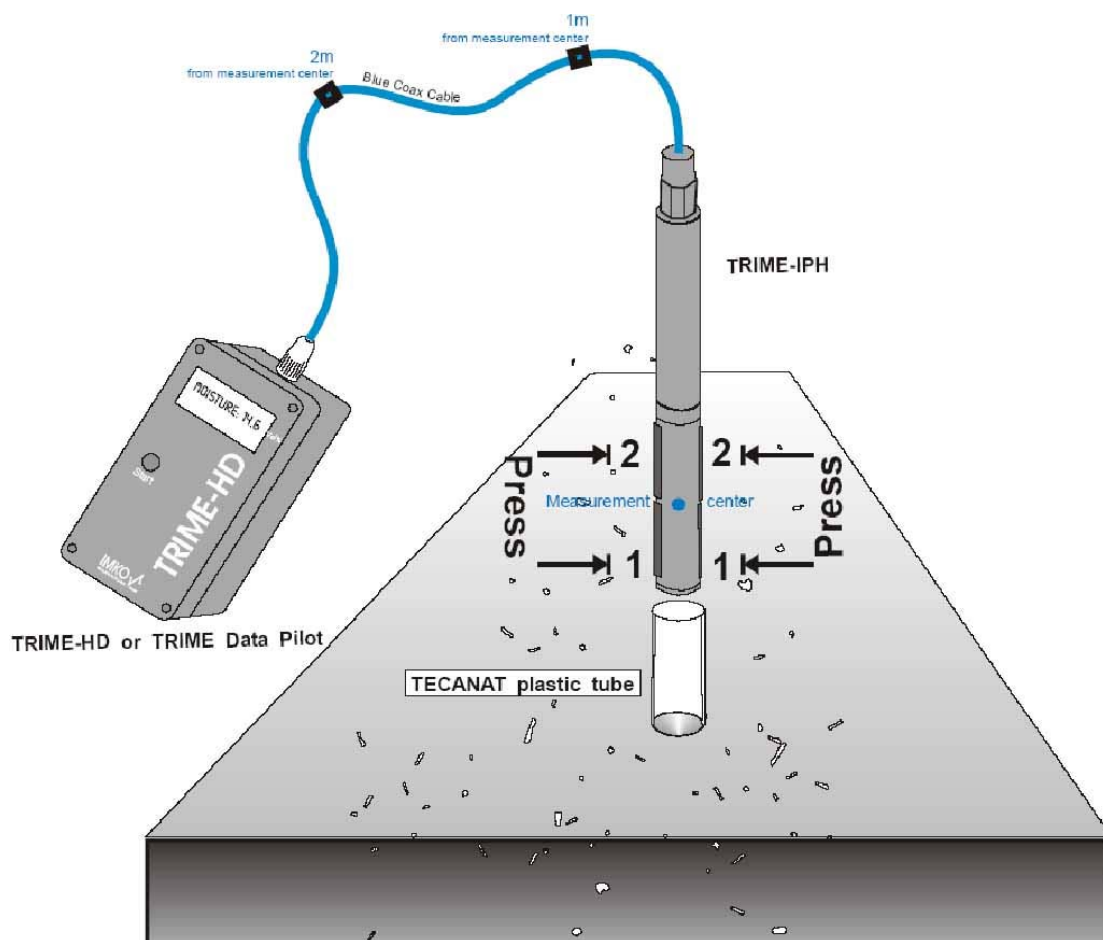
深度标志（见右图）固定在距测量中心 1m 的位置，标志的两个耳型突出是为了定位探头的测量方向。



澳作生态仪器有限公司

Instrumentation Consultancy Technologies

公司地址：北京市海淀区中关村东路 89 号·恒兴大厦 24G 邮编：100080

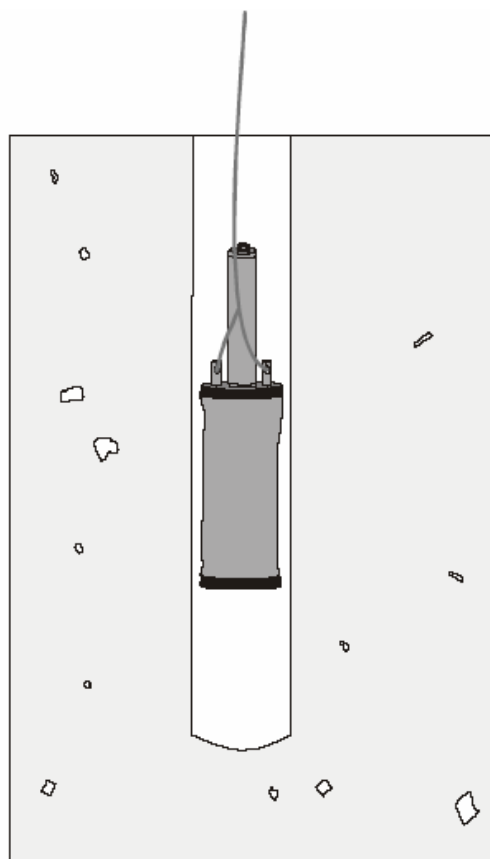
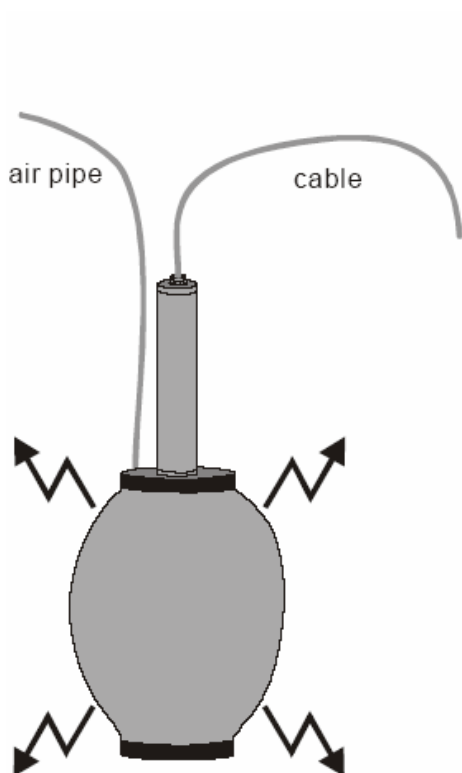


请注意：T3 探头进入套管中时，我们建议您小心的斜向放入套管内端，这样可避免将弹簧膨胀测波体卡掉。





## 5 B3M/B3L 型探头注意事项



为了能够将探头拉出孔洞，放入孔洞前将一段钢缆挂在探头两侧的挂钩上。

**注意：**

将气管中的气体放出需要一定的时间，气管越长需要的时间越长。控制好排气阀，将探头气管中的气体完全放出后再将气管拉出孔洞。

B3M/B3L 探头仅适用于一定直径范围的孔洞：

- B3L 适用的最大直径 105mm
- B3M 使用的最大直径 52mm

放入孔洞之前，请不要向探头中充气，以免将其损坏！



## 6 TRIME 传感器的远程供电

在使用长距离线缆供电的条件下，TRIME 传感器的操作过程可能出现问题，根据线缆的直径而定，线缆的长度有一定的限制。

在进行长距离供电的条件下，线缆的最大长度取决于线缆的横截面积A，分布电压 $V_s$ 以及同时测量的传感器数据n。此外，如果有特殊设备的数据也要计算在公式中。

测量中的最大消耗电流： $I_s=200\text{mA}$

传感器最低路端电压： $V_{\min}=7\text{V}$

这样的话，线路的最大长度可用以下公式计算：
$$I_{\max} = \frac{A * (V_s - V_{\min})}{0.038 \Omega \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} * n * I_s}$$

下例是对公式的说明：

在IMP232 多传感器的使用系统中，一般是使用横截面积为 $A=0.34\text{mm}^2$ 的总线线缆。我们进一步假定供电电压为 $V_s=12\text{V}$ ，且设定为仅一个传感器测量，这样的话 $n=1$ 。

$$I_{\max} = \frac{0.34\text{mm}^2 * (12\text{V} - 7\text{V})}{0.038 \Omega \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} * 1 * 0.20\text{A}} = 160\text{m}$$

在上面的计算中，公差没有计算其中：为了保险起见，计算得出的线缆长度再减少 10% 便可得出实际值。

为了提升线缆的最大程度，可以采取几个措施。

1. 使用导体直径更大的线缆：

使用 6 芯电缆代替 4 芯电缆，由于其中两条芯可以单独作为供电使用，因此线缆长度可以增倍。如果缆芯的直径变大则可使线缆更长。

2. 提高供电电压

供电电压最高可以提高到 17V，这样的话上面例子中的线缆长度可以从 160m 提高到 320m。

3. 安装分布式供电电池

在传感器附近，比如在分配器内单独安装蓄电池，可以在多个传感器同时测量的条件下，使线缆最大延长至 1km，然而缺点是必须使用额外的电池充电电路。

4. 在分配器上安装稳压器

使用 30V 电源并且在传感器前安装一个稳压器能够减小电压的降低，这样便能使线路最长达到 1km

何种方法最为适用取决于测量系统的供电特点：

- 电池供电：可以考虑方案 1 和方案 3，后者的成本较高
- 主电源供电：方案 1 和方案 2 可以结合在一起，如果预算充足的话可以考虑方案 2 或方案 4



## 7 用校准设置进行基本校正

### 7.1 什么是基本校正？

基本校正为了补偿线缆长度和探头机械形变（杆喉的厚度、杆长等）引起的公差。经过分别在干燥和水保和玻璃珠中的两次测量，校准数据便经过计算保存于传感器中。

每个 TRIME-IPH 传感器必须经过校准才能提供准确的测量结果。IMKO 已经在工厂中对传感器进行了基本校正。

### 7.2 校准设置对用户有何益处？

使用校准设置您可以轻松的对 TRIME 传感器进行基本校正。

- 如果探头损坏需要更换，您可自己进行基本校正。

校正设置不能用作具体物质（土壤）的校正，此类型的校正必须对具体物质建立校正数据。要对校正数据进行计算并下载至 TRIME 探头中，必须要有 TRIME-WinCal 校正程序。

### 7.3 如何进行基本校正？

#### 7.3.1 玻璃珠的准备

校正设置使用的玻璃珠要提前进行准备：

在一个桶中倒满玻璃珠，要求探头的杆必须完全埋没，在地面上将桶震动几次以便玻璃珠压实。

- ⇒ 玻璃珠的紧实度会随着探头的频繁插入而升高，因此需要将玻璃珠倒出，然后再重新倒入桶中以恢复原始的紧实度。

现在要将另外一个桶装满水，以使桶内的玻璃珠完全被浸透，将孔隙内的空气完全赶出。还有一个排除气泡的注意事项是在向玻璃珠中注水过程中，要不断将桶在地上震动以保持均匀的紧实度。玻璃珠表层的水膜要低于 2mm，多余的水倒到桶外。

水保和的玻璃珠温度要保持在 20-25℃。

- ⇒ **注意：**水能够溶解玻璃珠上的 $\text{Na}_2\text{O}$ 和 $\text{K}_2\text{O}$ 从而使水的pH值和电导率上升。因此，新的玻璃珠必须用大量自来水反复冲洗。

1. 将桶内装满水
2. 在水下搅动玻璃珠
3. 将水倒出。新的玻璃珠要是用此方法反复冲洗五次以上。如果玻璃珠已经使用过一段时间，则只需要冲洗 3 次。

请注意水保和玻璃珠介质保存 5 天以上，电导率就会上升，因此玻璃珠必须重新清洗。



### 7.3.2 基本校正过程

基本校正必须使用校准程序 TRIME WinCAI。请在 SMCAL 光盘中 BASICCAL 子文件夹下阅读 README.TXT 的相关信息。



图：使用 T3 探头的 TRIME-IPH 套在套管中插入干燥的玻璃珠。一定要确保探头的测波体完全进入到玻璃珠中，如果测波体周围有空气，测量会失败。



## 8 具体物质的校准

TRIME 系统的校准是基于矿质土壤做的通用校正。以下是做通用测量的一些限制条件：

- 粘土物质 > 50%
- 有机物质 > 10%
- 土壤容重 < 1.1kg/dm<sup>3</sup> 或 > 1.7kg/dm<sup>3</sup>

超过以上限制会导致测量超过公差。

如果您测量的土壤不符合以上标准，同时您还想得到非常准确的测量结果，建议您针对具体物质进行校准。进行具体物质的校准需要 TRIME WinCAL 软件（从[www.imko.de](http://www.imko.de)下载）。

建立一个具体物质的校准需要使用参照数值进行一系列的检测（在 105℃ 烘箱中烘干直至横重）。要进行的一系列检测以及后期的校准应该包括最大最小水分值。TRIME 读数和参照值在一个表中进行比较，校正系数必须经过计算然后上传至 TRIME 设备中。

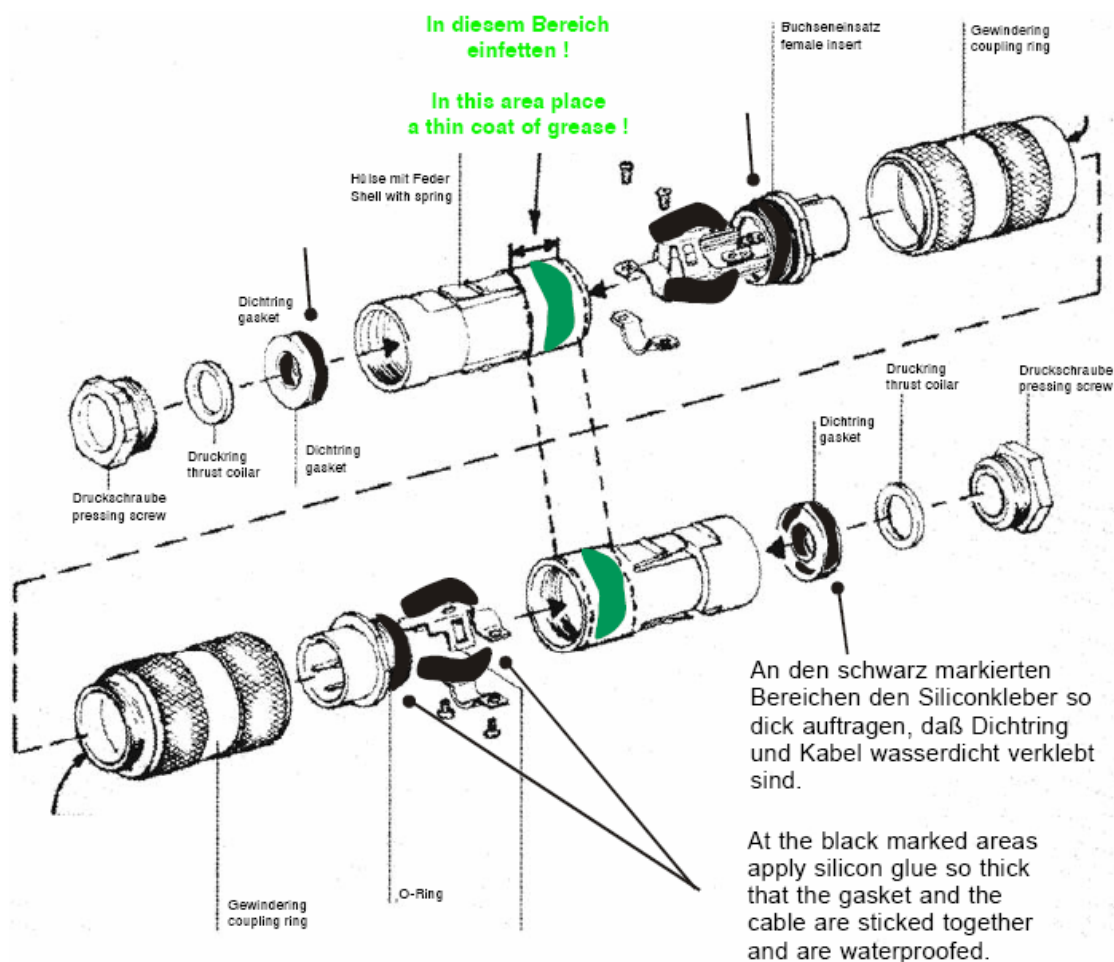
## 9 接头安装

接头的防水性（IP67=可在 1m 深的水中浸泡 30min）仅在以下条件下才能保证：

- 使用分配器模块的时候，请确保线缆的封口封严。只有外直径在 5-8mm 的线缆才可用。如果直径过小，接头、分配器盒或传感器可能进水，结果可能造成测量不准确甚至损坏电路。IMKO 提供特制的封口。
- 所有不使用的接头必须用遮盖保护起来。IMKO 为每个设备的开放接口提供保护遮盖。如需额外的遮盖可向 IMKO 索取。
- 安装接头时，必须小心不要损坏接口上的螺纹，必须正确对准螺纹保证接口密闭。此外，接头只能手动旋转，也就是不能使用任何工具（如钳子）。



## 10 接头组装



## 11 EMV/EMI 防护设计

EMV/EMI 的防护设计是使用铁素体过滤器以确保更好的抵消压迫，改进测量精度。铁素体过滤器整合在 TRIME 传感器中和线缆靠近接头的部分。





## 12 ENVIS 环境测量系统的防雷击设施 (IMP232)

小型联网总线、数据采集器、整合传感器)

### 12.1 简介

雷击会给无保护措施的电子产品致命的打击，设备往往会彻底毁坏。很多用户没有采取任何或者没有采取完善的保护措施。用户必须同时考虑防护雷击和高压才能确保设备不受损害。IMKO 强烈建议您为测量系统采取必要的甚至是高于必要强度的保护措施。

### 12.2 110/220V 主电源的过压保护

接近高压传输线的雷击会造成主电源的过压，进而造成电子组件的损坏。高压对于使用 110/220V 主电源的环境测量系统也是有威胁的，它会影响通过主电源和中心站 (SM-MUX4 或 SM-23U) 的整个系统。过压甚至会通过采集数据的计算机电源进入测量系统。因此强烈建议为所有 110/220V 设备使用过压保护装置。

### 12.3 Modem 和电话线的保护

过压对电话线具有威胁。如果一个 modem 连接至测量系统，则电话线需要一个雷击保护模块。

### 12.4 联网模块的过压保护——“SM-Blitz”

环境测量系统附近雷击造成的过压可能会进入 IMP232 联网总线的传输线，长距离的传输线会提高雷击中的可能。理论上最好的保护方法是在每个 SM 模块前安装避雷装置 (SM-Blitz)。但实际上必须同时考虑成本的保护效果，找到一个折中合理的措施，也就是说将几个 SM 模块成组连接到避雷装置上。

### 12.5 气象塔的避雷措施

安装在气象塔上的 SM 模块不能防护雷击，电磁场和积聚的能量形成的场强会损坏电路。对此问题有两个解决方法：

- 在气象塔附近竖起一个更高的导体作为避雷针。
- 于具测量计隔一段距离的地方安装测量模块，然后塔上的所有线使用避雷模块保护。



## 12.6 SM-Blitz 避雷模块的安装

一般来说，田间环境测量有两个潜在的威胁：传输线、传感器或联网设备。一定要在电路的两端安装避雷模块以避免过压（注意：SM-Blitz 模块有一个保护端和未保护端）。

SM-Blitz 避雷模块必须使用地线接地，地线的横截面积至少  $6\text{mm}^2$ ，并且要拧在模块较长的一端。接地导体可以使用一个 2m 长的接地杆。接地杆直接与地下水连接时接地效果最好。

## 12.7 总结

当面对各种自然现象时，对过压的保护总是有限的，如果直接被雷击中还是会造成设备损坏。

如果有任何关于防雷击的问题，请联系我们。