



▼  
岩土工程  
▲

▼  
水文地质  
▲

▼  
监测  
▲

**DogainTECH**  
道勤科技

**SOLEXPERTS**  
*Swiss Precision Geomonitoring*



## 三向位移计 · 滑动测微计 · 滑动变形计

岩土工程中断面变形和位移的线法测量设备







Canton Berne的Roches-Moutier部分施工, Transjura A16高速公路, 桩壁中进行三向位移计测量

岩土工程

线法位移测量

沿测线以线法测量位移量, 可提供岩石和土壤中被测区域或结构的性状, 以及结构和基础之间的相互作用信息。使用三向位移计、滑动测微计和滑动变形仪, 可以在土壤或岩石、地基、地下连续墙及其它岩土结构中以米为间距精确测量位移和断面变形。

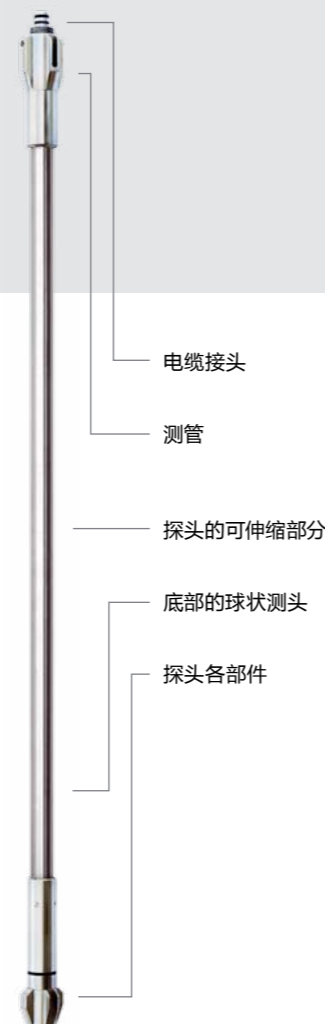
### 测量系统

便携式的和模块化的测量系统由探头、电缆、导杆、读出单元、数据处理单元和校准装置组成。模块化的系统结构使得所有组成部件能进行优化组合。

测管上的测量标记采用探头球锥定位原理, 而且传感器精度极高, 更加上在每次测量前后进行定期校准, 可达到非常高的测量精度和长期稳定性。球锥定位原理: 探头的球状顶端和环形锥状的测量标记可以确保测量时长达一米的探头精确定位。

三向位移计测量沿垂直测线的位移矢量的三个正交分量 $\Delta x, \Delta y$ 和 $\Delta z$ 。 $\Delta x$ 和 $\Delta y$ 的测量精度为 $\pm 0.04 \text{ mm/m}$ ,  $\Delta z$ 的测量精度为 $\pm 0.002 \text{ mm/m}$ 。

滑动测微计和滑动变形计测量沿测线轴向(可以为任意方向)的位移 $\Delta z$ 。滑动测微计的测量精度优于 $\pm 0.002 \text{ mm/m}$ , 滑动变形计的测量精度优于 $\pm 0.02 \text{ mm/m}$ 。



### 岩土工程

### 产品综述 - 线法位移测量

#### ▶ 探头

- 数字式三向位移计TRD · 数字式滑动测微计GMD · 数字式滑动变形计GDD
- 数字式垂直测斜仪 · 数字式水平测斜仪

#### ▶ 电缆

- 电缆绞盘KAR · 绞车式电缆绞盘KAH · 电缆(散装) KAL

#### ▶ 导杆

- 导杆MB2 卡口连接 2m · 导杆MB1 卡口连接 1m
- 导杆MS2 螺口连接 2m · 导杆MS1 螺口连接 1m

#### ▶ 读数仪

- 电源及通讯装置 (PCD)

#### ▶ SOLLINE-APP

- 运行于安卓设备的现场采集软件

#### ▶ TRICAL软件

- Trical测量结果数据分析软件

#### ▶ 标定装置

- 滑动测微计的Z方向校准单元 KLM · 滑动变形计的Z方向校准单元 KLD
- X、Y和Z方向的校准装置 (KLT)

灰色: 在概览中有描述但在此宣传资料中无介绍的部分部件。



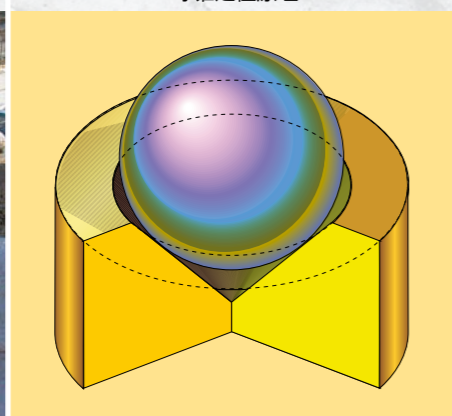
计划安装测量系统



球锥定位原理



在桩内安装滑动测微计







Val di Lei 大坝, 滑动测微计测量大坝基础

**测量线:**

测量管之间由可伸缩的测环连接, 即所谓的“伸缩式连接器”, 这些测量管的连接就构成了测线。圆锥状精密测标位于测环内。测量时, 探头紧密置于相邻两个锥形测标之间。测量管浇注在土壤或岩石中的钻孔内。考虑可压缩性, 根据周围土壤或岩石的性质来调整胶结料。在桩、地下连续墙和挡土墙中, 将测量管插入钢筋之间, 浇注混凝土至成型。在岩土结构例如垃圾填埋场衬砌或加筋土中, 通过安装板来安装测量管。

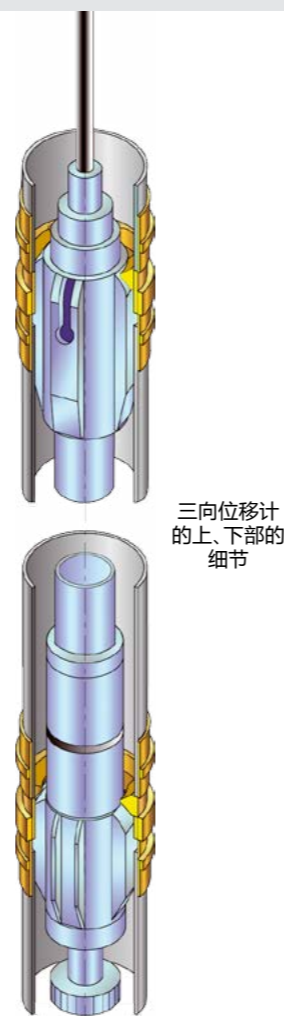
**校准:**

每一个测量系统都有一个标定设备作为参考并控制零读数- 对滑动测微计来说, 还需要检查校正系数。

在每一次测量前后都对探头进行校准。这样可以保证稳定的测量精确和一致性。

**测量步骤:**

本测量系统以米为间距逐段沿测量线检测, 以达到整个检测区域无间断的高准确度测量 - 滑动测微计和滑动变形计可测定相对距离Z, 而三向位移计还能通过两个相邻精密测标测定X和Y方向倾斜。使用测量管的方向针, 可将三向位移计旋转到测量方向。使用操作杆将探头旋入测量管, 并紧紧地置于两个相邻测标之间。由于探头端部和锥型测标的形状, 使用操作杆可以将探头在测量管中推动, 并旋转到测量位置。



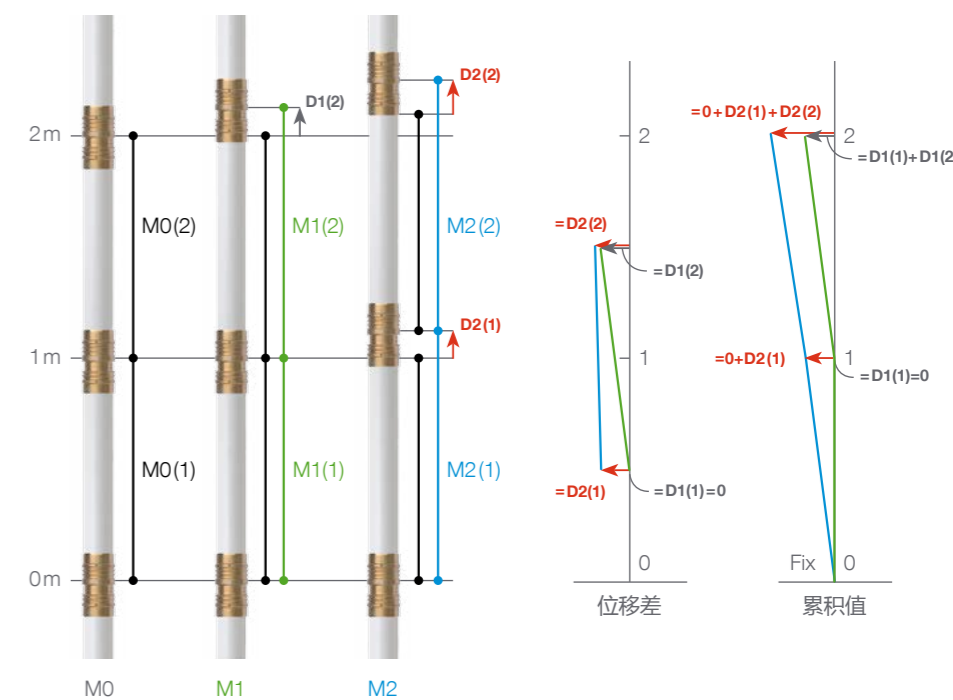
三向位移计的上、下部的细节

► 测量原理

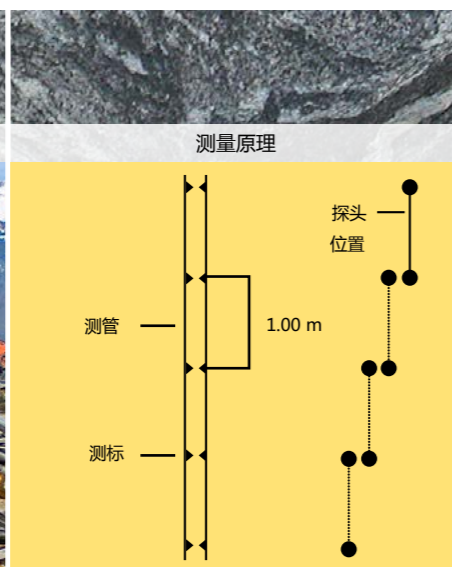
► 线法位移测量原理 - 检测实例

在零点测量后进行一系列实际测量。选定的测量时间间隔取决于施工进度或当前加载状态。从零点测量值和其后的测量值可以得出各个位移差, 利用 Trical 软件, 将这些值相加可以计算累积位移。如果将滑动测微计和滑动变形计的测量结果和沿垂直和水平测线的钻孔倾斜计的测量结果结合起来, 可以确定三维位移分布。

右图: 概述了轴向位移与参考值M0和后续测量的M1、M2。Z方向上的位移是积分累加的。



在钻孔中安装测管



测量原理



用绞车式电缆较盘测量





探头的选择取决于不同的地质要求，测线的布置和测量的精度要求。



**三向位移计TRD** 用于高精度地测量垂直钻孔及岩石、混凝土或土壤中测线的轴向和径向位移。

**滑动测微计GMD** 用于高精度地测量任意方向的钻孔及岩石、混凝土或土壤中测线的轴向位移。

**滑动变形计GDD** 用于较高精度地测量任意方向的钻孔及岩石、混凝土或土壤中测线的轴向位移。



滑动测微计，带导向节，至于携带箱中



PROBE	三向位移计 TRD (数字式)	滑动测微计 GMD ((数字式)	滑动变形计 GDD (数字式) / GDA (模拟式)
基本长度	1000 mm	1000 mm	1000 mm
轴向测量传感器	数字式位移传感器	数字式位移传感器	GDD: 数字化的线性电位计 GDA: 线性电位计
测量范围	+/- 10 mm	+/- 10 mm	+/- 50 mm
系统精度	+/- 0.002 mm	+/- 0.002 mm	+/- 0.02 mm
线性度	< 0.02 % FS	< 0.02 % FS	< 0.2 % FS
分辨率	0.001 mm	0.001 mm	0.002 mm
温度影响系数	< 0.01 % FS / °C	< 0.01 % FS / °C	< 0.01 % FS / °C
径向测量传感器	电容数字式倾斜传感器	无传感器	无传感器
测量范围	+/- 180 mm/m (+/- 10°)		
系统精度	+/- 0.04 mm/m		
线性度	< 0.02 % FS		
分辨率	0.001 mm		
温度影响系数	< 0.005 % FS / °C		
操作温度	-20 °C to +60 °C	-20 °C to +60 °C	-20 °C to +60 °C
高压下的水密性	高达 15 bar	高达 15 bar	高达 15 bar
重量	3.4 kg	3.2 kg	1.9 kg
<b>探头导向节</b>			
探头导向节	可选合成材料导向节	探头上部合成材料导向节	探头下部PA导向节
<b>校准装置</b>			
基本长度	1000 mm	1000 mm	1000 mm
测量区段	997.5 mm / 1002.5 mm	997.5 mm / 1002.5 mm	975 mm / 1025 mm
操作温度	+20 °C +/- 2 °C	+20 °C +/- 2 °C	+20 °C +/- 1 °C
热系数	< 0.0015 mm / °C	< 0.0015 mm / °C	< 0.0015 mm / °C
<b>典型应用</b>			
土体条件	土壤、岩石、混凝土	土壤、岩石、混凝土	土壤、岩石、混凝土
应用范围	隧道，膨胀岩，挤压岩，挖掘，地基，大坝，易滑坡的斜坡，不稳定的斜坡，岩片，岩质边坡，桩墙，地下连续墙，桩，桩载荷试验		土体结构，挖掘以作固结试验和测试回填，地基，隧道工程，灌浆，土体改良，土坝，易滑坡的斜坡

## 附件 – 探头导向节, 测量电缆, 测量操作杆, 携带包, 标定装置



### 探头导向节

#### 滑动测微计的探头导向节

探头导向节的作用是控制探头在测量管中的旋转, 可以将探头从滑动位置旋转至测量位置。探头导杆插入探头上方作为第一根导杆。

- 基长1.2米, 带中间的测量杆和合成材料导杆元件
- 旋转接头45°



#### 滑动变形计的探头导向节

- 基长1m, 挠性聚酰胺制成, 带45°旋转接头



### 测量杆, 携带包

#### 带卡口连接的测量杆和携带包

测量杆为阳极氧化铝材质, 连接器为不锈钢材质。横向钻孔每1.0米定位一次探头。D = 20mm; 每2m长的杆重0.42kg; 每1m长的杆重0.26kg。红色标记用于探头对准。

- 带卡口连接的测量杆 L = 2 m MB2 或 L = 1 m MB1
- 可选: 带螺口连接的测量杆 L = 2 m MS2 或 L = 1 m MS1



携带包可以容纳50根杆。



### 测量电缆

电缆将探头测量结果传输到读数单元, 并在测量标记间产生紧密的结合。

- 6线, 带外部和内部凯夫拉钢筋加固 (抗拉强度500kg)
- PUR 电缆护套 D = 7 mm
- 探头上防水 (高达15 bar) 6针插口, 带连接导杆的连接件

#### 电缆 (散装) KAL

在浅的深度用滑动测微计和滑动变形计进行水平测线测量。一端为探头接口, 另一端为读数单元接口。



#### 电缆绞盘 KAR

6层滑环可卷长达100m电缆: 重量1.8kg, 额外每增加10m电缆增加1.2kg, 尺寸40×30×20 cm。  
6层滑环可卷长达200m电缆: 重量2kg, 额外每增加10m电缆增加1.2kg, 尺寸50×40×20cm。



#### 电缆绞盘和绞车

6层滑环可卷长达200m电缆: 重量9kg, 额外每增加10m电缆增加1.2kg, 尺寸120×40×20cm。

- 可选手推车来配绞车



### 校准装置

#### 带伸缩杆的校准装置用于Z轴方向校准

校准设备用于校准探头Z轴方向的零点读数和校准系数。

备注: 由于三向位移计中的数字倾角传感器在两个相反的方向上测量, 对这些传感器进行校准不是必须的。然而, 作为一种三向位移计倾角传感器的校准选项, Solexperts公司可提供 X、Y和Z方向 (KLT) 的校准装置。

- 测量部件为不锈钢材质, 套管为铝材质
- 温度灵敏度 0.0015 mm / °C, 建议操作温度 20 °C ± 1 °C
- 基长1 m
- 尺寸 170 x 11 x 10 cm, 重 12 kg
- 滑动测微计和三向位移计的校准装置 (KLM): 标定部分 E1=997.5 mm / E2=1002.5 mm
- 滑动变形计的校准装置 (KLD): 标定部分 E1=975 mm / E2=1025 mm
- 附件: 可伸缩杆和单独的数字式温度测量装置







线法位移测量

附件

Solexperts数据采集设备

电源及通讯设备 (PCD) 和Soline-App安卓软件

Solexperts数据采集设备可以用于以下  
数字式探头:

- 三向位移计
- 滑动测微计
- 滑动变形计
- 钻孔倾角计, 水平和垂直方向

PCD:

PCD为探头供电并接收探头的信号并发送给运行SolLine-App的安卓设备。

附件:

- 充电器
- 数据存储的脚踏开关

连接概览



SolLine-App

在线预览、显示、存储数据, 更多功能如下:

- 显示和存储测量值
- 显示下放和上提测量值的区别
- 显示倾角测量两点间的参考值
- 内部数据存储
- 通过email或者云端进行数据传输
- 将数据传输至PC使用Trical进一步评估

配件:

- 充电器
- 安卓电脑支架
- Solexperts 提供预装SolLine-App的坚固型安卓平板电脑。



安卓电脑安装于绞车示意图



SolLine-App采集示例

数据评定

Trical 4 数据评估

Solexperts 的Trical 4软件用于处理和分析由测量系统三向位移计、滑动测微计、滑动变形计和钻孔测斜仪测量的数据。

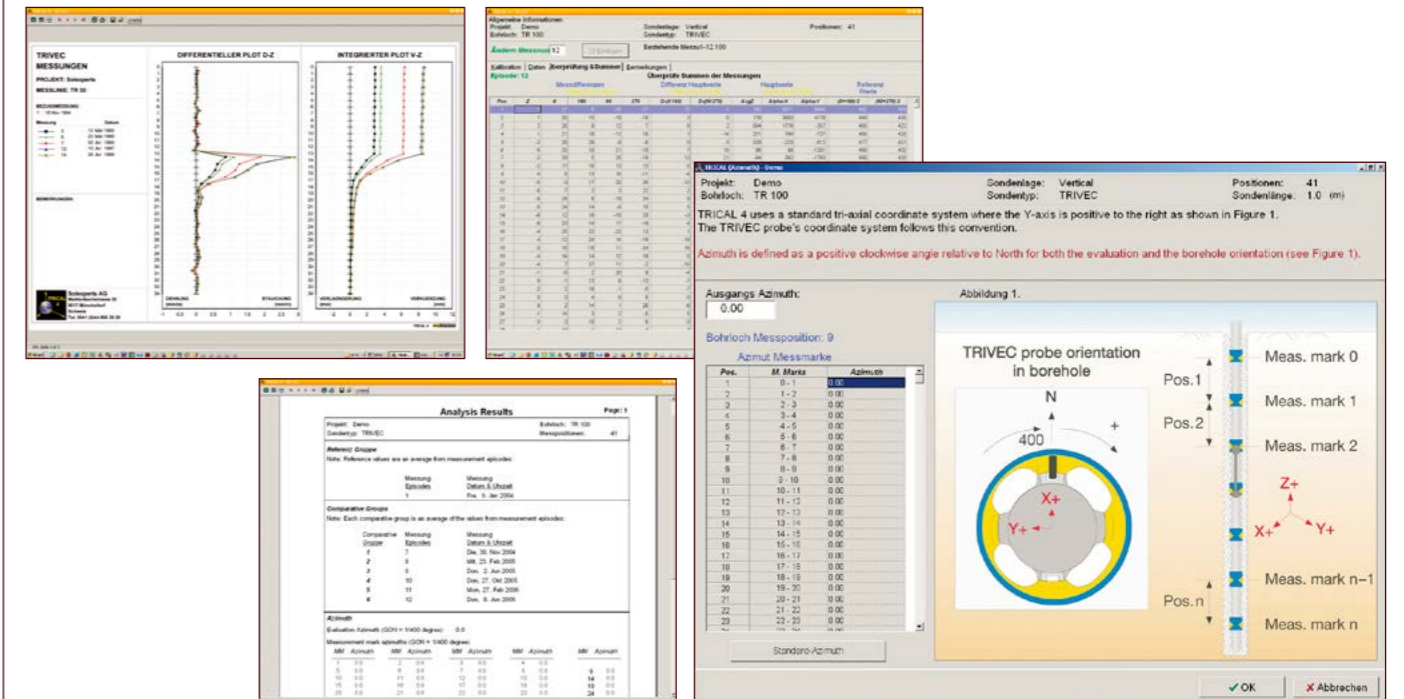
Trical4软件效率高、易于使用。由几步结构清晰的步骤进行数据导入、结果和评估分析。Trical包括所有必须的功能来评价钻孔仪器得到的测量数据。

此外, 更详细的资料可以在下面的网站找到  
<http://www.solexperts.com/LMS/software>。

照片编号 (按顺时针排列)

1. 图形选项
2. 数据编辑器
3. 评估方向的变形和测量管的旋转
4. 测量的数字结果

- 从现场数据采集单元(如TDS-Recon) 传入数据或手动输入测量值
- 编辑输入项目和钻孔信息以及校准值
- 编辑比较和处理现场测量值
- 计算X, XY或XYZ位移分布 (取决于使用的仪器); 比较实测值, 同时考虑到固定点和端点; 测量线可以分为两个部分 (如测量线被隧道施工中); 缩短测量线的可能性(如由于仪器埋设部分开挖), 或者增长测量线 (如通过增加埋设深度或挡土墙高度)
- 考虑测量管绝对和相对旋转, 对计算的位移矢量的进行变换
- 数值评价两个测斜孔的钻孔和项目信息、测量值、测量值和参考值的差别, 将计算的差分和积分位移列表
- 图形化评价所选择的各种差分和积分位移断面组合, 使用用户选定的图形标尺和线型, 列入公司的标识和一个写备注的文本框
- 输出测量数据和结果到WebDAVIS, 基于Web的Solexperts数据管理系统
- 选择软件语言: 运行和结果评价, 德语、英语、法语或西班牙语
- 编辑任意输出语言







三向位移计、滑动测微计或滑动变形计的测量线，由安装在土壤、岩石或混凝土中的测量管给定。每个单独的测量管包括一个1米长的连接管和带锥型精密测标的测环。探头测量伸缩式测环的位移，而伸缩式测环通过水泥或混凝土牢牢连接地面或结构物。



特殊类型的测量管:

线法位移测量

附件

- 钢套管 (黑色, 镀锌钢或不锈钢), 安装在桩、地下连续墙和挡土墙中
- 外壳采用双O形圈密封两端的防水管
- 针对大变形的沉降/压缩的滑动变形计测管: 80mm/m缩短和20mm/m伸长
- 针对大变形的隆起/伸长的滑动变形计测管: 20mm/m缩短和80mm/m伸长

测量管附件:

- 注浆机带开口连接测量管, 注浆管和通风管
- 土工织物, 安装在岩石接缝处 (防止注浆损失)

关于测量管进一步更详细的资料, 可以在<http://www.solexperts.com/en/geotechnics/services/displacement-profiles>上找到。

根据不同的应用和所选的探头, 可选不同的测量管。对于使用三向位移计和滑动测微计的高精度测量, 使用黄铜材质的伸缩式测环, 而对滑动变形计采用塑料 (ABS) 的伸缩式测环。对于有内部纵向沟槽的测量管, 除滑动测微计或滑动变形计外, 还可进行钻孔倾斜测量。

料 (ABS) 的伸缩式测环。对于有内部纵向沟槽的测量管, 除滑动测微计或滑动变形计外, 还可进行钻孔倾斜测量。



底部包括一个0.5m长的带伸缩式测环和封闭塞子的测量管。测量管顶部有一个封闭法兰, 绞车式电缆绞盘可以安装在其上, 可以使用螺纹盖板或盖帽。

测量管	三向位移计	滑动测微计	滑动测微计 / 钻孔测斜仪	滑动变形计	滑动变形计 / 钻孔测斜仪
轴向测量精度	+/- 0.002 mm/m	+/- 0.002 mm/m	+/- 0.002 mm/m	+/- 0.01 mm/m	+/- 0.01 mm/m
连接管直径	60 mm	60 mm	62 mm	60 mm	62 mm
伸缩式测环直径	68 mm	68 mm	68 mm	68 mm	68 mm
每米的重量	1.85 kg	1.85 kg	1.95 kg	1.24 kg	1.34 kg
测量管的照片					
测量管闭端部	底端: 三向位移计	底端: 滑动测微计	底端: 滑动测微计 / 测斜仪	顶端: 法兰 D = 150 mm	顶端: 钢管 D (管/盖) = 60/70 mm
重量	1.4 kg	1.4 kg	1.5 kg	1.6 kg	2.6 kg
测量管端部照片					





使用三向位移计、滑动测微计和滑动变形计，可以确定硬、软岩以及坚实、非常软的土的位移断面图。滑动测微计和滑动变形计通常和钻孔测斜仪一起使用。

▶ 三向位移计和滑动测微计

**La Roche, Transjurane**

挡土墙用于稳定Combe Chopin斜坡。技术监测包括确定和检查挡土墙的结构性状。滑动测微计和三向位移计安装在7根桩中。在施工期间及随后的使用中检测了应变和位移断面。

▶ LA ROCHE



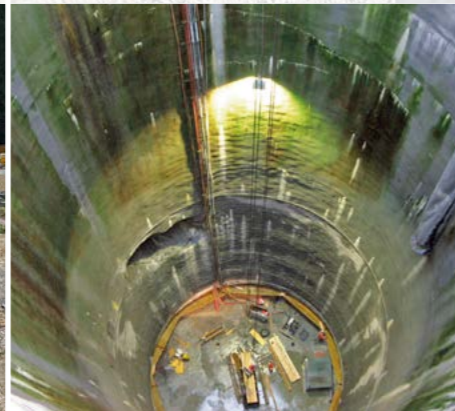
La Roche : 挡土墙



三向位移计: Linthal 水电站竖井



三向位移计: St. German 测量



▶ 三向位移计

**Linthal 电站竖井**

在70米深、直径20米的容纳电站的竖井中有一个水泵涡轮机，该水泵从一个较低的水库中将水泵到1046米高的Limmern水库，当水量需求高时通过涡轮来释放水。在竖井下方和竖井壁中安装了4根

Trivec测量管来进行岩土监测。通过三向位移计来检测竖井壁和竖井下的岩石变形，从而可以监测水泵涡轮机的基础的位置。

▶ LINTHAL AND ST. GERMAN

**St. German, Alp Transit Lötschberg**

三向位移计测量高达71m深处，提供St. German镇的关于深度、方向、倾斜和幅度的位移矢量。由于隧道施工引起的地下水位降低导致了较大的沉降。

▶ 滑动测微计

**Zurich Hardturm 体育场**

为评估桩承载力和可靠性，进行了三次静载试验。使用滑动测微计，测试现场埋设包括在桩中钻孔到桩底8米处形成测线，以及在桩侧形成一个38米深的测线。

▶ ZURICH 和 BELCHEN 隧道

**Belchen 隧道 / Chienberg 隧道**

为了评估Gipskeuper的Belchen和Chienberg隧道的膨胀机制，进行了滑动测微计测量。为此，安装了带O形环密封的不锈钢测量管。它们承受高膨胀压力，O型环防止水进入到具有膨胀潜在性的岩层。

▶ 滑动测微计

**固结试验: M.O.S.E. 项目。**

为了调查新河堤的固结行为，进行了原位固结试验。使用滑动变形计测得了河堤下的土体沉降。测量范围为80mm/m压缩和20mm/m伸长的滑动变形计测量管安装在地面结构的中间和周围60m深处。在水位升高时连续测量位移断面。

▶ VENICE 和 RATICOSA 隧道

**Raticosa 隧道**

隧道开挖面前方的位移测量，由滑动测微计或滑动变形计测量，用于优化隧道开挖面锚固，及评估和维护其稳定性。这些测量也可以由反向的伸长计进行测量。



桩荷载试验: Zurich, Hardturm 体育场



固结试验: Venice, Bocca di Lido



滑动测微计测量: Belchen 隧道







岩土工程

水文地质

监测



关于测量系统和测量管的选择可在以下网页中找到：

#### 关于Solexperts公司的其他岩土设备及服务

<http://www.solexperts.com/en/geotechnics>

#### 关于测管：

<http://www.solexperts.com/en/geotechnics/services/displacement-profiles>

我们保留技术性修改的权利。

**Dogain TECH**  
道勤科技

**SOLEXPERTS**  
Swiss Precision Geomonitoring

提供岩土工程和水文地质领域的测量系统和专业服务



#### 道勤科技中国有限公司 [ 北京 · 香港 ]

地址：北京市石景山区银河南街2号院  
紫御国际2号楼1701室

固话：86 010-68606201

邮箱：[info@dogaintech.com](mailto:info@dogaintech.com)

网站：[www.dogaintech.com](http://www.dogaintech.com)