

光纤光栅渗压计 ZX-FBG-SS01

使用 说明

智性科技南通有限公司

V1.0 版本

目录

一、 产品介绍：	3
1.1 概述：	3
1.2 产品原理：	3
1.3 产品优势：	5
二、 主要技术参数：	5
三、 安装步骤：	6
四、 数据读取和处理：	13
五、 问题处理：	15
附录：	16
光纤光栅渗压计尺寸示意图：	16

一、产品介绍：

1.1 概述：

光纤光栅渗压计用于监测岩土工程和其它混凝土建筑物的渗透水压力，适用于长期埋设在水工建筑物或其它建筑物内部及其基础，或安装在测压管内，测量结构物内部及基础的渗透水压力，并同时测量埋设点的温度。也可用于水库水位或边坡地下水位的测量。

1.2 产品原理：

光纤 Bragg 光栅(FBG, Fiber Bragg Grating)由于其结构简单、性能稳定，已被广泛的应用于各型传感器中。

当光经过光纤 Bragg 光栅时，满足 Bragg 相位匹配条件的光会被反射回来；对不满足 Bragg 相位匹配条件的光，几乎全部会被投射出去。并且其传感特性会随着周围环境的变化而变化，利用光纤光栅对温度、压力的敏感特性，可制成各型温度、压力传感器。

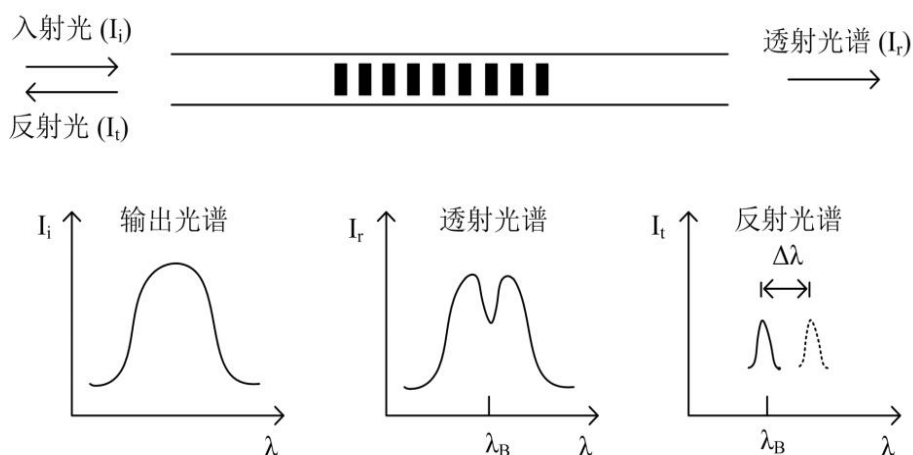


图 1.2.1 光纤 Bragg 光栅的基本传感原理

基于光纤光栅的传感原理可知，光纤光栅的信号是波长编码的信号，但在实际应用中，光纤光栅传感器主要是用于测量温度、应力等物理量，就需要将这些物理量转变为波长信号。

由耦合模理论可知：当满足相位匹配条件时，光栅的谐振波长为：

$$\lambda_B = 2n_{eff} \Lambda$$

式中 λ_B ——光纤光栅的谐振波长；

n_{eff} ——光线光栅传播模式的有效折射率；

Λ ——光栅周期；

其中任何一个参量的改变，都会引起光纤光栅谐振波长发生偏移。由此，可以得出光纤 Bragg 光栅谐振波长的偏移量 $\Delta\lambda_B$ 为：

$$\Delta\lambda_B = 2\Delta n_{eff} \Lambda + 2n_{eff} \Delta\Lambda$$

当光纤光栅受到的外界应力或者环境温度发生变化时，引起 n_{eff} 和 Λ 的变化，应力变化通过弹光效应进而引起了光纤光栅谐振波长的偏移，通过光谱仪或者光电检测系统，检测出谐振波长的偏移量，就可通过相应算法计算出相应的应力、温度的变化量。



图1.2.2: ZX-FBG-SS01 光纤光栅渗压计

1.3 产品优势：

(1) 安装、布设简便、性能稳定、抗疲劳、耐久性强、抗电磁干扰；

(2) 内部光纤感知区采用悬空封装，长期零点稳定、温度漂移小、安装操作简便、动态特性良好；

(3) 尾部传输线采用耐腐蚀 PE 披覆铠装光缆，具有优异的耐温和耐腐蚀性能。

二、主要技术参数：

1. 名称：光纤光栅渗压计 ZX-FBG-SS01
2. 光栅中心波长：1525nm~1565nm
3. 光栅反射率：≥80%
4. 压力量程：0-1MPa
5. 压力分辨率：0.05%F.S
6. 压力精度：0.5%F.S
7. 温度分辨率：0.1℃
8. 温度精度：±0.5℃
9. 工作温度范围：-30~+80℃
10. 外形尺寸：Φ20mm×120mm
11. 传感头引出线：防水尾缆

12. 安装方式：投入

三、安装步骤：

安装埋设：

光纤光栅渗压计的使用场合很多，应根据不同的使用条件进行埋设安装。常用的安装埋设方式有以下几种：

- 在现浇混凝土内埋设；
- 在基岩面上埋设；
- 在土体中埋设；
- 在水平浅孔中埋设；
- 在深孔中埋设；
- 在测压管中安装。

1 安装前的制备

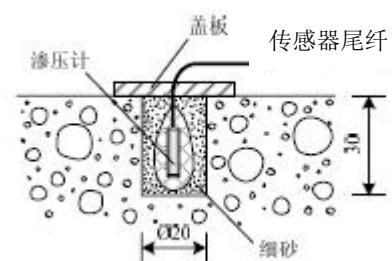
- (1) 将透水石取下，用水煮沸；
- (2) 渗压计前盖朝上，空腔装满水，并排除气泡；
- (3) 根据应用场合和设计要求，安装不同进气值的透水石。安装低进气值的渗压计，宜用无纺土工布装干净的饱和细砂包裹，做成反滤砂袋，直径约为 10cm；

- (4) 安装埋设前应使渗压计及其反滤砂包保持为饱和状态。

2 仪器安装

A 在现浇混凝土内埋设

在现浇混凝土内埋设渗压计，通常埋设在



采用分层浇注施工时的混凝土块施工缝上，主要用于监测在庫水作用下，沿混凝土施工缝的渗透水压力。

(1) 在先浇注的混凝土块层面上的测点处预留一个直径 20cm、深 30cm 的孔；

(2) 在上层混凝土浇注前，将包裹反滤料的渗压计放入孔中，孔内填满饱和细沙，孔口加一盖板（如图所示）；

(3) 理顺尾纤，引向测站，测量初值，开始混凝土浇注。

B 在基础面上埋设

a 混凝土结构物基础

(1) 在基岩上钻一集水孔，孔径.5cm，深 100cm，孔内填以干净的砾石；

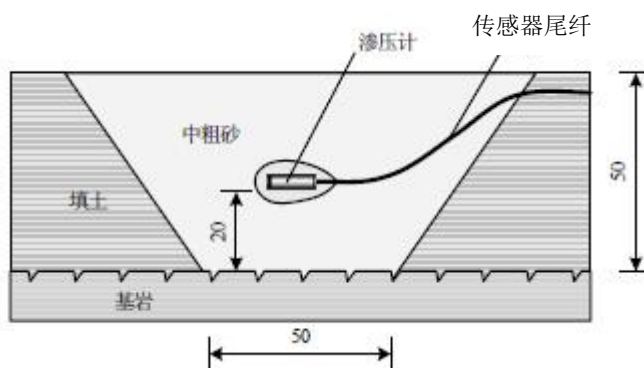
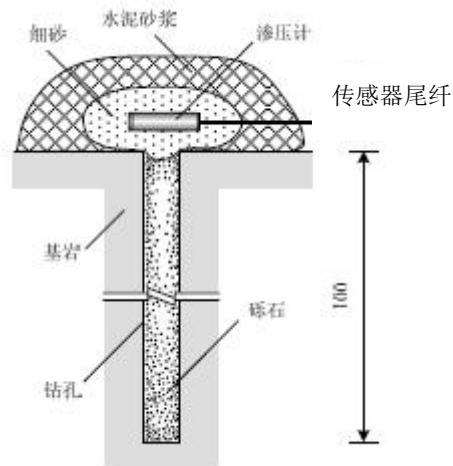
(2) 将包裹细沙反滤料的渗压计放在集水孔上，在砂包上覆盖砂浆，待砂浆凝固后即可浇注混凝土（如图所示）；

(3) 纪录埋设前后的仪器测值。

注：当混凝土结构物（如混凝土坝）的基础需进行固结灌浆和帷幕灌浆，因压力灌浆的浆液可能堵塞集水孔和仪器进水口，故在灌浆施工之前不宜采用此法安装渗压计。

b 土石坝基础

(1) 当土石料填筑高于基础 50~100cm 时，在测点处暂



停填筑，挖去填土，露出 $50 \times 40\text{cm}$ 的基础；

(2) 在底部填 20cm 厚的砂，放入包裹细沙反滤料的渗压计，再覆盖 $20 \sim 30\text{cm}$ 的砂，浇水使砂层饱和；

(3) 仪器尾纤沿挖好的电缆沟引向观测站。电缆沟宽 50cm 、深 50cm ，尾纤之间应平行排列，呈 S 形向前引伸（如图所示）；

(4) 用原填筑料分层回填，并用木槌分层击实。回填压实密度和含水量应与坝体设计一致；

(5) 仪器和尾纤的回填土在 120cm 以内时，用人工或轻型机械进行压实；填土厚的 $120 \sim 200\text{cm}$ 时，可用静碾压实；填土超过 200cm 以上时，可进行正常碾压施工；

(6) 纪录埋设前后的仪器测值。

C 在土体中埋设

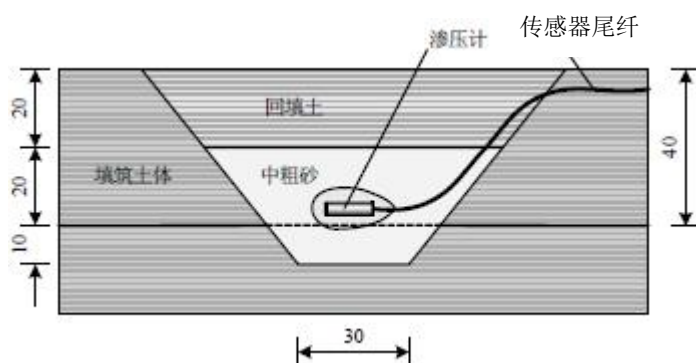
填筑体（如土石坝）在施工期埋设渗压计，可采用坑埋方法；在施工完毕后的运行期埋设渗压计，则可采用钻孔方法（见第 E 节）。

a 一般土料

(1) 当土石料填筑高于设计埋设高程 40cm 时，在测点处暂停填筑，挖出一个底部尺寸（长 \times 宽）为 30×30 ，深为 50cm 的坑；

(2) 在底部填 10cm 的干净中粗砂，放入包裹细沙反滤料的渗压计，再覆盖 20cm 的中粗砂，浇水使砂层饱和；

(3) 用原填筑料分层回填，并用木槌分层击



实。回填压实密度和含水量应与坝体设计一致。对粗颗粒料中的埋设，应采用反滤的形式整平埋设基床和回填土料，由靠近仪器为细料向粗料过渡（如图所示）；

（4）仪器尾纤沿挖好的电缆沟引向观测站。电缆沟宽 40cm、深 40cm，尾纤之间应平行排列，呈 S 形向前引伸。可根据设计要求，采用套管、槽板等对光缆进行专门的保护；

（5）仪器和光缆的回填土在 120cm 以内时，用人工或轻型机械进行压实；填土厚的 120~200cm 时，可用静碾压实；填土超过 200cm 以上时，可进行正常碾压施工；

（6）纪录埋设前后的仪器测值。

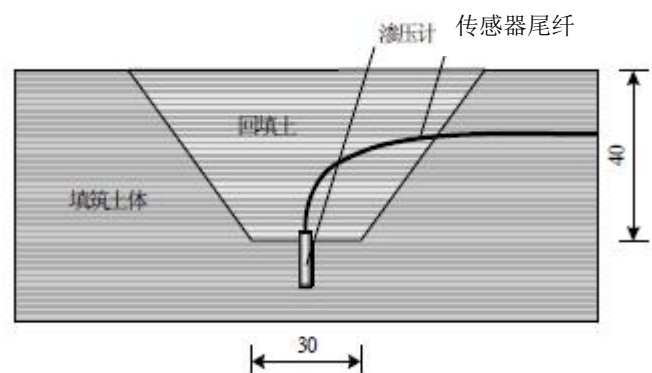
说明：也可采用专用钻孔工具钻孔埋设，在填筑高程高于埋设部位 100cm 时进行。

b 粘性土料

在粘性土料（土石坝的粘土心墙）中埋设渗压计，当透水石为高进气值时，也可以采用不设反滤料的直接埋设方法。

（1）当土料填筑高于设计埋设高程 50cm 时，在测点处暂停填筑，挖出一个底部尺寸（长×宽）为 30×30，深为 40cm 的坑；

（2）在底部用与渗压计直径相同的前端呈锥形的铁棒打入土层中，深度与仪器长度一样，拔出铁棒后，将透水石



已饱水的仪器读取初值后迅速插入孔内，并用手加压。仪器压入孔内后，用原填筑料分层回填，并用木槌分层击实。回填压实密度和含水量应与坝体设计一致。（如图所示）；

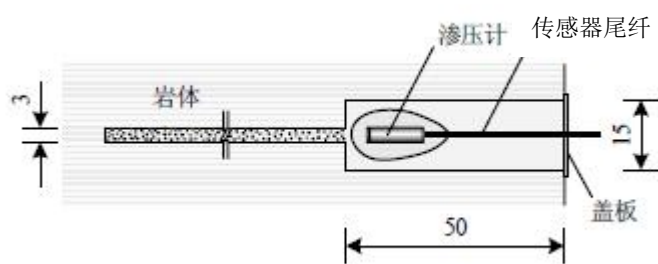
（3）同层仪器光缆沿挖好的电缆沟汇集在一起，并在心墙体内沿竖向引至顶部观测站。电缆沟宽 40cm、深 40cm，光缆之间应平行排列，呈 S 形向前引伸。可根据设计要求，采用套管等对电缆进行专门的保护；

（4）仪器和光缆的回填土在 120cm 以内时，用人工或轻型机械进行压实；填土厚的 120~200cm 时，可用静碾压实；填土超过 200cm 以上时，可进行正常碾压施工；

（5）纪录埋设前后的仪器测值。

D 在水平浅孔中埋设

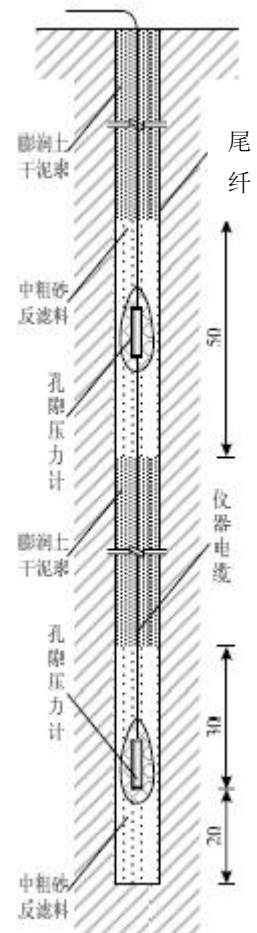
在地下洞室围岩内或边坡岩体表面浅层埋设渗压计，需要采用水平浅孔埋设和集水。浅孔的深度为 50cm，直径 150~200mm，如果孔内无透水裂隙，可根据需要的深度，在孔底套钻一个 30mm 的小孔，经渗水试验合格后，小孔内填入砾石，在大孔内填含水细砂，将饱水的渗压计埋设在细砂中，孔口封以盖板，并用水泥砂浆封固，砂浆凝固后即可浇注混凝土或填筑土石料（如图所示）。



E 在深孔中埋设

在坝基深部、边坡、运行期建筑物内进行渗透水压力监测，需要在钻孔内安装埋设渗压计。钻孔的深度由设计确定，孔径一般不小于150mm。岩体钻孔应做压水试验，钻孔位置应根据地质条件和压水试验结果确定。

埋设前测量好孔深，先向孔内倒入20~40cm厚的中粗砂至仪器埋设高程，然后将带反滤沙包的渗压计放入孔底。如钻孔太深，为防因沙包及电缆自身过重受损，可用钢丝吊住沙包，并把电缆绑在钢丝上进行吊装。经检验合格后，在其上填20~40cm中粗砂，并使之饱和，再填入10~20cm细砂，最后在余孔段灌入水泥膨润土浆或预缩水泥砂浆。可在钻孔内埋设多个渗压计，实现渗透水



压力的分层监测。方法同上，但应做好相邻渗压计之间的封闭隔离（如图所示）。

当设计为监测建筑物或基础深层的渗透点压力时，应将渗压计封闭在不大于50cm的钻孔渗水段内。

当钻孔岩体的渗透系数很小时，渗压计应埋设在体积较小的集水孔段内。

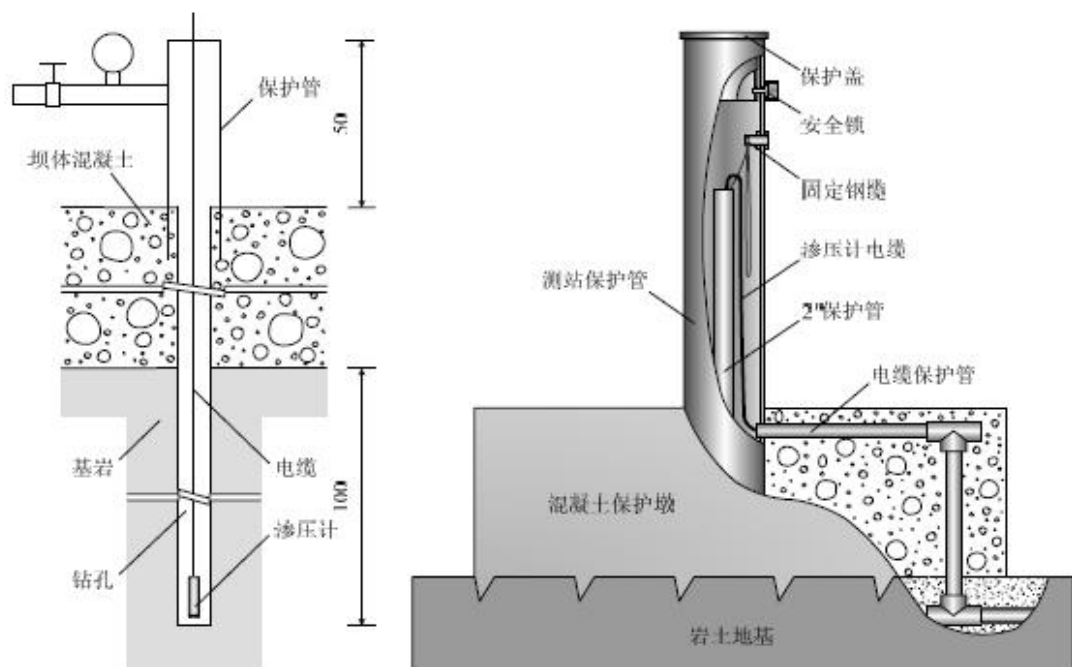
F 在测压管中安装

在介质渗透系数较大部位（如土石坝坝壳）的渗透水压力监测、

混凝土坝的扬压力监测以及大坝两岸的绕坝渗流监测等，通常采用测压管式孔隙压力计。当工程需要实施自动化监测时，可通过在测压管中安装渗压计来实现。

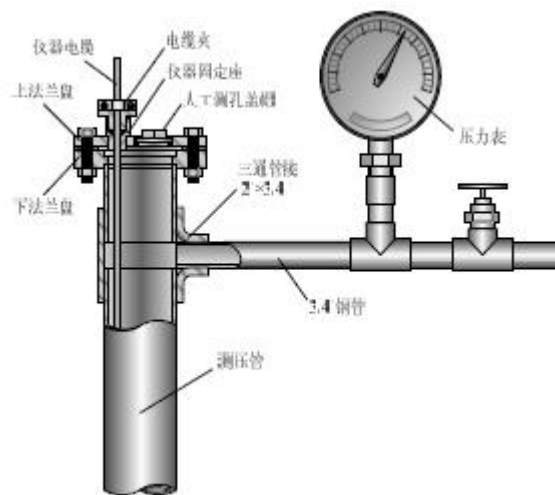
渗压计的典型安装方法是将仪器直接投入到测压管中的设计位置，如混凝土坝扬压力孔内安装渗压计（如下图左所示）。当测压管很深时，应采用钢丝或细钢丝绳拴住渗压计，仪器电缆绑在钢丝绳上，缓缓放入测压管中，钢丝绳固定在管口上部。

测压管的工作状况有三种：即有压、无压和时有时无压。安装渗压计后，管口可按两种方式进行改造。一种是无压管口，如土石坝的测压管、混凝土坝的绕坝渗流孔等，其管口结构应保证能方便地进行人工比测，并对设备具有良好的防护功能（如下图右所示）。



在混凝土坝的扬压力孔测压管，经常表现为有压和时有时无压状

态，测压管管口既要能密封以承受压力，而当测压管无压时又要能进行人工比测，因此需要制备专门的管口设备（下图为有压和时有时无压的管口装置的示意图）。



四、数据读取和处理：

光纤光栅渗压计内置两根光纤光栅，其中小波长的光栅称为测压光栅，感应压力变化；大波长光栅称为温补光栅，该光栅不受外界压力的影响，其作用测量温度，同时也作为温度补偿用。光纤光栅渗压计温度补偿基本原理如下：首先，通过温补光栅测量腔体温度变化量，然后根据测压光栅的温度系数计算出测压光栅因温度产生的波长变化量，测压光栅波长总变化量中去除温度引起波长变化量后根据压力系数计算出实际压力值。

根据传感器精度要求不同计算方法有以下几种：线性计算、二次拟合计算、插值计算。其精度依次提高。这些计算方式可通过我公司解调仪中软件实现。

为更好解释光纤光栅压力计温补原理，下面以线性计算进行说明：

传感器类型：测压光栅为 2，温补光栅为 5。渗压计初始波长为当前波长值，系数 1 压力系数，系数 2 为测压光栅的温度系数，系数 3 为补偿传感器位置。

温度补压力的形式中，小波长光栅是用于测量压力，大波长光栅用于测量传感器周围温度，并且进行温度补偿。在安装光纤光栅压力计前，须纪录两个初始波长为 $\lambda_{1\text{初始}}$ 、 $\lambda_{2\text{初始}}$ (下标 1 表示测压光栅，下标 2 表示温补光栅)，这两个初始波长会配置在初始配置文件中。在实际监测过程中，光纤光栅传感网络分析仪会自动读取两个测试波长 $\lambda_{1\text{测试}}$ 、 $\lambda_{2\text{测试}}$ 。然后由软件按照以下公式计算出目前的压力值和温度值。

$$P = ((\lambda_{1\text{测试}} - \lambda_{1\text{初始}}) - (\lambda_{2\text{测试}} - \lambda_{2\text{初始}}) \times K_{T2} / K_{T1}) \times K_P \quad (\text{MPa})$$

$$T = (\lambda_{2\text{测试}} - \lambda_{2\text{初始}}) \times K_{T2} \quad (^\circ\text{C})$$

$\lambda_{1\text{初始}}$ ——测压光栅初始波长(nm); $\lambda_{2\text{初始}}$ ——温补光栅初始波长(nm);

$\lambda_{1\text{测试}}$ ——测压光栅测试波长(nm); $\lambda_{2\text{测试}}$ ——温补光栅测试波长(nm);

K_{T1} ——测压光栅温度系数($^\circ\text{C}/\text{nm}$) K_{T2} ——温补光栅温度系数($^\circ\text{C}/\text{nm}$)

K_P ——测压光栅压力系数(MPa/nm);

五、问题处理：

光纤光栅传感器的日常保养只需周期检查光缆的连接处是否牢固，定期用酒精棉球清洁跳线接头。传感器内部密封，用户不可拆开维修。

常见问题：连接解调仪器后无波长读数，查看接口是否对准；光谱图显示波长峰值较低则表明数据传输过程中能量损耗较大，传输线路弯折或出现断点，需要修复；如果传感器测量值与被测物体的实际值存在偏差，检查解调仪对应传感器参数设置是否正确。



智性科技南通有限公司

电话： 0513-89168088

传真： 0513-89168078

地址：江苏省南通市经济技术开发区景兴路 300 号

网址： <http://www.zhixingst.cn>

附录：

光纤光栅渗压计尺寸示意图：

