

压阻式水位计及其使用*

阮立山 杨苑璋

(中国科学院南京土壤研究所)

摘 要

作者研制的压阻式水位计可直接测量浅层地下水的埋深(1—5m)。介绍了此水位计的原理、结构、使用方法和特点。

测量地下水埋深及其动态的传统方法是利用测绳和测水钟(或者是电极,导线和电表)进行接触测量,但需要建观察井,诸多不便,尤其是测量变化较快的浅层水位时,测量精度将有所降低。作者研制的压阻式水位计可直接埋入土壤(无需建观察井)经二水仪表则可测出地下水位。本文着重介绍用于测量1—5m埋深水位的压阻式水位计的原理和测试方法。

一、测量原理

土壤浅层地下水水位可以由土壤水的静水压力反映出来。在地下水侧向流动微弱,侧向力可忽略不计的情况下,地下水的静水压力与水深有如下的关系:

$$P = \rho gh$$

式中: h 为地下水中某点至地下水水面的高度; P 为该点的静水压力; ρ 为地下水密度(当盐分浓度不很高时, ρ 可视作常数,约为 $1\text{g}/\text{cm}^3$); g 为重力加速度。可见,通过测定地下水的静水压力即可求出地下水水位的埋深。而固态压力压阻传感器^①(以下简称传感器)可将水压转变为电压信号输出,并通过二次仪表显示出。再换算为水位的埋深。它为研究降雨或抽水灌溉时地下水位的变化提供了方便的手段。

传感器具有不同的测量范围,量程可以 $0.1\text{kg}/\text{cm}^2$ 至 $5\text{kg}/\text{cm}^2$,而待测量的地下水水位的埋深也各不相同,应根据水位埋深选择相应的传感器。当所测量的地下水最大埋深为 10m 时,可选用 $1\text{kg}/\text{cm}^2$ 的传感器;若埋深为 50m 时,则选用 $5\text{kg}/\text{cm}^2$ 传感器。但在实际工作中,传感器的量程大约应高于欲测压力的 150% 左右,方可避免传感器因疲劳而破损。例如,最大测量水位深度为 1m 时,应选用 $0.2\text{kg}/\text{cm}^2$ 的传感器;最大测量深度为 10m 时,应选用 $1.5\text{kg}/\text{cm}^2$ 的传感器。这样做分辨率虽有所降低,但测量结果的线性,重复性及其测量精度能有所保证。因此,在选择传感器时,要尽量选用零位输出值小,满量程输出值较大的传感器,这有利于提高分辨率。当满量程为 80mV 时,对 10m 埋深的水位而言,分辨仅为 $1.25\text{cm}/0.1\text{mV}$;如选

* 陈志雄副教授对本工作曾提出许多宝贵意见,谨致谢意。

① 王文襄等,固态压力压阻传感器及应用(资料),1983。

用满量程为100mV的传感器,其分辨率则为1.0cm/0.1mV。

二、仪器的结构和使用方法

压阻式水位计由三部分组成:(1)固态压力压阻传感器;(2)地下水位连接杆与多孔陶瓷管;(3)二次显示仪表(图1)。

固态压力压阻传感器以半导体硅为材料,利用硅杯的压阻效应,采用集成电路工艺在硅膜片上扩散成一个惠斯登电桥,当硅片受力时,电桥对应的两臂电阻失去平衡,产生电位差,因而,传感器就能将压力转变为电压信号输出。

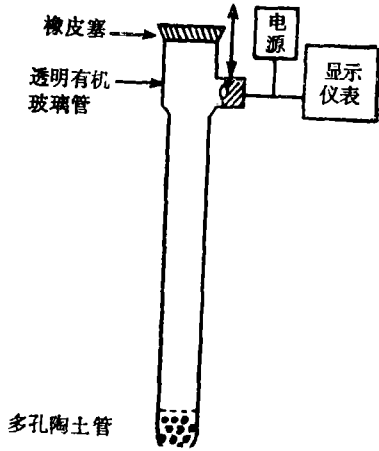


图1 压阻式水位计

传感器电源用直流供电,一般有恒压源和恒流源两种。在近距离测量时,用恒压源供电,并可以同时供给多个传感器电源。若测量传输距离远,精度要求高,可用恒流源供电,但每只恒流源只能给一个传感器供电。

显示仪表采用数字式电压表或电位差记录仪,可选用分辨率为10微伏,精度为0.05%的电压表。若要与微机连接,在传感器电压信号输出端接一个可调增益放大器电路,输出电压信号放大的倍数可根据微机的功能和数值处理的要求来决定。

压阻式水位计可根据实际需要做成不同的长度。水位杆一端连接陶土管,通过陶土管与深层土壤紧密接触,使杆内水经陶土管与地下自由水连通,泥沙不会进入水位计内,管内外压力又能迅速传递。对传感器而言,压力水头在下面,测量的是负压力。地下水上下移动只改变杆内静水压力的大小,水位上升时,杆内负压力减小,水位下降时,负压力增大,并通过传感器测量出。

如图2所示,陶土头若埋设在最深地下水水位以下时,则:

$$S = H$$

$$H_x = H - H_0$$

$$S_x = H_x$$

式中: S为水位计内的负压力;

H为传感器感应点至地下水自由水面的距离(cm);

H₀为传感器感应点至地表的距离(cm);

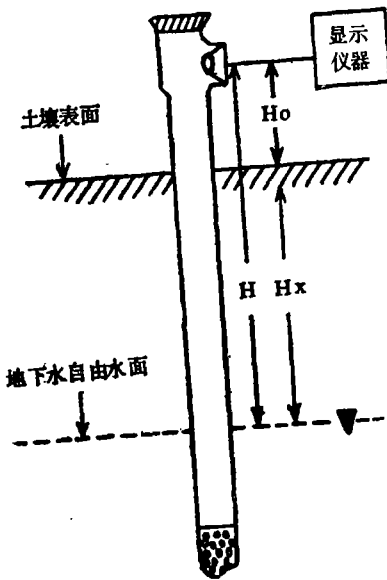


图2 水位计测地下水水位

H_x 为地表至地下自由水面的距离(cm)。

由于水位计与空气隔绝,所以地下水升降带动了水位计内水的升降,使水位计内产生负压力(S),S通过水传递给传感器再由二次仪表显示出来。

三、测试结果

根据不同需要,我们试制了两种水位计,一种是用于测量1m深水位的,分辨率为0.5cm;另一种是用于测量5m深水位的,分辨率 $<2\text{cm}$ 。

(一) 水位为1m的测试结果

由于最大量程为1m,要求的分辨率又高,常选用小压差式压力传感器,采用 $0.2\text{kg}/\text{cm}^2$ 的传感器,输出满量程 $>40\text{mV}$ 。为了与微机连接,可将输出电压信号放大100倍,使输出满量程达到4.00V。在1m深水管中测试结果列于表1。按每10cm深测量一次,每次重复测3次。

表1 不同水位深度的电压值

水位深度 (cm)	输出 电 压 (V)		
	1	2	3
1	0.03	0.03	0.03
10	0.21	0.21	0.21
20	0.41	0.41	0.41
30	0.61	0.61	0.61
40	0.81	0.81	0.81
50	1.01	1.01	1.01
60	1.21	1.21	1.21
70	1.41	1.41	1.41
80	1.61	1.61	1.60
90	1.81	1.81	1.80

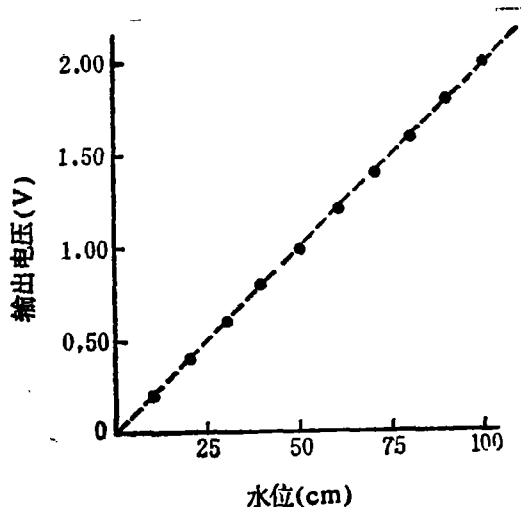


图3 地下水与输出电压值的相关曲线

由3次测试结果的平均值绘制成的水位与电压的关系曲线列于图3。

表1所列3次结果是每隔24小时测定一次的,但所得数值却十分吻合。即使经过半个月后再测,其零位变化仅为 $<0.01\text{V}$,说明水位计的时间漂移很小,表明该仪器有一定的可靠程度。

从表1可以看出,水位每下降10cm,传感器输出电压递增量 0.20V 。实验表明,水位每下降1cm,电压值则递增 0.02V 。上述数据经计算机用最小二乘法处理,得如下方程式:

$$y = 0.01 + 0.02x$$

式中: y 为电压(V); x 为水位埋深(cm);截距为0.01;斜率为0.02;精度为10%。

小差压水位计分辨率 $<0.05\text{cm}/0.01\text{V}$ 是用于浅层地下水微动态及实验室水文规律模拟试验较理想的仪器。

在实际使用时,将测量到的电压(y)值,按上述公式计算,即可得到水位埋深(x),即 $x = (y - 0.01)/0.02$,设测得的电压 y 为 2.00V ,代入上式,则 $x = (2.00 - 0.01)/0.02 = 99.5\text{cm}$ 。

(二) 水位为5m的测试结果

将量程 $1.5\text{kg}/\text{cm}^2$ 的压阻式水位计插入5m深的水中(供直流电稳压 9V),其满量程输出

电压为101.1mV,在水位每升降10cm时,即得到一个数值。试验是从115cm水位逐步延伸至500cm水位,并重复三次,测量值经计算机用最小二乘法处理,得如下方程式:

$$y = -2.42 + 0.07x$$

式中: y 为电压(mV); x 为水位; 截距为-2.42; 斜率为0.07; 精度为5%。

从图4可以看出,压阻式水位计具有良好的线性关系,其分辨率 $<0.65\text{cm}/0.1\text{mV}$ 。因此,压阻式水位计宜用于测量浅层土壤地下水的埋深(作者在中国科学院河南封丘生态站已使用此仪器)。

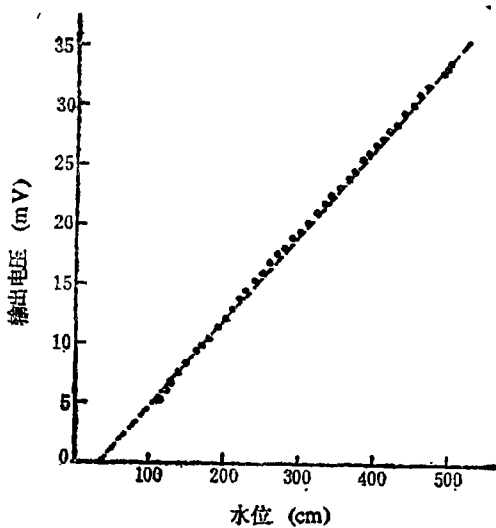


图4 地下水位与输出电压的相关曲线

四、仪器特点

测试结果表明,压阻式水位计有以下特点:(1)传感器安装在地面上,直接以大气压为参照压力,它测量的负压,只反映杆内静水头压力变化,亦即地下水的高度;(2)由于压阻式水位计是通过多孔陶土管与地下水连通的,因此测试点的含沙量,土层深度不影响测量结果;(3)压阻式水位计可直接埋入地下,以测量陶土管以上的土壤地下水水位的变化。而目前常见的是根据井水位来确定地下水位的。而井水位又明显地受

土壤侧渗的影响。由于土壤质地和渗透性的不同,无论在降雨或抽水时,尽管井水水位变化较大,但土壤中水位变化仍然较慢,故而此时井水位的变化能否代表土壤中地下水位变化是值得怀疑的。

使用压阻式水位计时,应有适宜的隔温装置以尽量减小温度变化对测量精度的影响。

(上接250页)时间与氧化一半时所经历的时间相差很小,分别只有0.03,0.86,0.13和0.29天。

综上所述,方程式(2)能反应结果的真实情况, K_1 、 K_2 、 X_r 、 t_r 及 $t_{1/2}$ 等参数可描述废水中 $\text{NH}_4\text{-N}$ 氧化的动力学特征。

参 考 文 献

- [1] 刘鸿亮等著,中国水环境预测与对策概论,中国环境科学出版社,1988。
- [2] 中国科学院南京土壤研究所微生物室编著,土壤微生物研究,科学出版社,1985。
- [3] 污染物统一监测分析方法编写组,污染物统一监测分析方法(废水部分),技术标准出版社,1983。
- [4] Bhavender Sharma and R. C. Ahlert, Wat. Res., 11: 897-925, 1977.
- [5] Liu D. S., and Zhang S. M., Ecol. Modelling, 37:131-138, 1987.
- [6] 方开泰等著,实用回归分析,科学出版社,1988。