

SY-3型袖珍数字电导温度计

周国祥

(中国科学院南京土壤研究所)

摘 要

本文介绍的仪器能测定土壤、溶液、纯水的电导率和土壤、液体、气体等的温度。在电导测定方面，它能与土壤盐分传感器、电导电极和石膏电极等相匹配，并具有温度自动补偿、测量范围宽、工作稳定性好等优点。在温度测定方面，利用铜壳封装的PN结作传感器，具有温度--电压转换线性好、灵敏度高等优点。整机体积小、重量轻、功耗低。

电导测定法在土壤、水利、农林、环保等科研部门中的应用已日趋广泛。例如土壤中的含盐量和含水量的测定，植物无土栽培中营养液总浓度的测定，水质及其金属污染的测定等等，都可应用电导法进行。测定时所用的传感器主要有土壤盐分传感器^[1]、电导电极和石膏电极^[2]等。在配套仪器方面，近年来我所已先后向国内数十个科研单位和高校提供了近百台SY-1型袖珍数字盐分计和SY-2型袖珍数字电导仪，受到使用者的好评。最近我们又研制出SY-3型袖珍数字电导、温度计（图1），并增加了测定土壤、液体和气体温度的功能。此机既可单独应用，又能与我所的88-1型16通道盐分传感器选通装置^[3]、86-4型A/D转换与计算机接口及PC-1500袖珍计算机等相配合，进行盐分和温度数据采集。并已有部分产品问世。

一、仪器工作原理

SY-3型电导、温度计的主机是由电导测定和温度测定两部分电路所组成。电导测定电路是由稳幅振荡器、测量放大器、温度补偿和线性检波器、3位半液晶数字电压表等4个单元构成。它的工作原理主要是将被测电导率（电导值）转换成一个与其成比例的直流信号电压，经规格化之后，用数字表显示被测值^[4]。而温度自动补偿的原理则是利用插于被测体系中的热敏电阻控制仪器的灵敏度。当被测电导率随温度而改变时，由于连接到温度补偿电路的热敏电阻阻值随之而变，使仪器灵敏度发生相应变化，结果使仪器显示值保持不变，并代表25℃时的被测值。

与SY-1型盐分计不同的是，SY-3型（包括SY-2型）仪器中增加了 $\times 1\mu\text{S}$ 和 $\times 10\mu\text{S}$ 两个量程，以满足测定蒸馏水和去离子水一类试样的电导率的需要。同时，稳幅振荡器

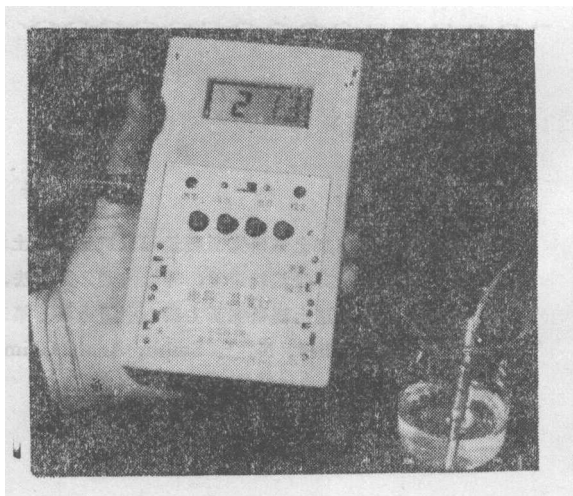


图1 SY-3电导温度计的外形

选用了3000Hz和100Hz两个振荡频率(通过开关转换),以适应测定高、低电导率的需要。

温度测定采用铜壳封装的晶体管PN结作温度传感器。在用恒流电源或恒压电源通过串联电阻而供电的情况下,传感器的输出电压与温度之间保持良好的线性关系。当温度上升时,传感器的输出电压相应减小。

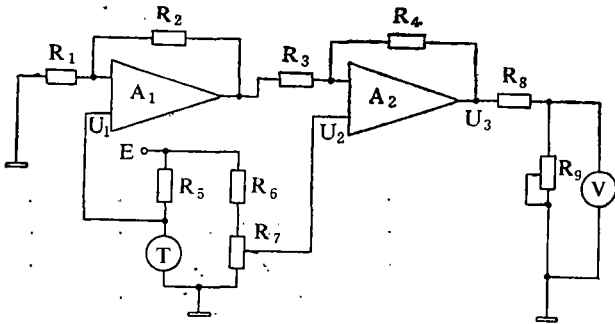


图2 温度测定电路

温度测定电路的结构如图2所示。图中的 A_1 、 A_2 构成一个双高阻输入的差动放大器。温度传感器 T 的输出电压 U_1 加至 A_1 的同相输入端。因为在 0°C 时,传感器仍有相当的输出电压 U_{10} (即 U_1 在 0°C 时的值)所以需要在 A_2 的同相输入端加一个 0°C 补偿电压 U_2 。差动放大器的输出电压 $U_3 = K(U_2 - U_1)$ 。 U_3 通过适当分压而加至3位半液

晶数字表进行显示。显然,若使 $U_2 = U_{10}$,则在 0°C 时, U_3 值和显示值等于零。适当调整分压比,就能使显示值恰好代表被测温度值。

二、仪器特点

1. 测定电导时具有自动温度补偿功能。目前一般通用电导仪尚无温度补偿功能,同一浓度的溶液在不同温度时测得的电导率各不相同,因此必须进行换算,手续比较麻烦。而使用SY—3型仪器时,无论是与盐分传感器配套,还是与电导电极配套,都可利用特制的热敏电阻接入有关电路进行自动温度补偿,使测试手续大为简化。

2. 可测电导值的范围宽而且上限高。目前一般电导仪的测定上限只能达到 $1 \times 10^4 \mu\text{S}$,SY—3型仪器克服了测定高电导值的困难,而将测定上限提高到 $1.5 \times 10^5 \mu\text{S}$,能满足各种不同测量的需要。

3. SY—3型仪器克服了工作频率较高时电导率—电压转换特性容易出现非线性的困难,而得以将高周频率比一般电导仪提高两倍。这一点在与TYC—2型盐分传感器配套使用时,对克服极化影响,提高传感器的线性相关系数是很重要的。

4. SY—3型仪器所采用的温度传感器具有价廉、转换精度和灵敏度较高、测温范围较宽等优点。一般 $0-50^\circ\text{C}$ 范围内,测量误差能保持在 $\pm 0.2^\circ\text{C}$ 以内;在 $-30-+150^\circ\text{C}$ 范围内,测量误差能保持在 $\pm 1^\circ\text{C}$ 以内。

5. 能适应野外条件下使用。SY—3型仪器采用电池供电,具有体积小、重量轻、功耗较低、操作简单、携带方便等优点,故能适应野外条件下使用。

三、结果与讨论

(一)测定电导的几个问题

1. 温度自动补偿效果。检查测定电导时的自动温度补偿效果,既可用电阻箱代替热敏电阻进行模拟测试和计算^[4],也可用较为直观的方法进行。此法是将盛待测液和传感器的容器没在另一个盛有加温水的较大容器中,使待测液逐渐升温,待内外温度达到平衡后就慢慢地逐步降温。这时就可用水银温度计测定待测液的温度,并用电导仪测出不同温度下经补偿后的

电导值进行对比。表1是用5支盐分传感器在18—30℃范围内进行测试的5组数据。

如果不作温度补偿,则溶液温度改变12℃时,其电导率将改变25%左右。而作了自动补偿之后,电导值的改变保持在1%以内。这说明仪器所采用的温度补偿效果是较好的。

2. 档次误差。档次误差是指同一个被测电导值用不同量程(档次)进行测定时所引起的误差。检查档次误差既可用电导电极或盐分传感器浸在浓度适当的氯化钠溶液中进行;也可用电阻箱为标准被测电导值进行。后一种方法更便于了解引起档次误差的原因及提出克服的办法。各种不同的标准电导值 S_x 在用不同量程测定时,仪器所显示的结果列于表2。

从表2可以看出,显示的数值越小,偏离标准值就越多,而当显示值在100个字以上时,误差就可保持在1%以内。

一般非精密级交流数字电压表中都存在明显的档次误差。其主要原因是由于当线性检波器的输入信号电压过低时,检波效率就会随着信号电压减小而降低。进入死区时,显示就变为零。改善检波直线性的一个简便方法是提高振荡信号电压。但这样做会使功耗大大增加,这对于电池供电的袖珍式仪表来说,显然是不大合适的。事实上,只要使用者在测定时选用适当的量程,使显示值始终保持在100个字以上,测定误差就会大大减小。

3. 读数的重现性。这也是使用者最关心的问题之一。本实验中将6支盐分传感器浸于盛溶液的锥形瓶中,引出传感器连线之后,将瓶口封闭。每天测试一次电导值,共进行10天,所得结果列于表3。

从表3数据可以看出,10次测量结果的差异均在0.5%以内。表明仪器具有良好的工作稳定性,因而测量结果必有良好的重现性。

(二) 测量温度的几个问题

1. 温度测量上限。温度测量上限主要决定于晶体管PN结的温度—电压转换特性的线性上限和温度传感器的封装和引线不受损坏的上限温度。实验时,每次将两支温度传感器和恒温箱中的水银温度计捆扎在一起,然后使恒温箱逐渐升温,箱温每平衡5分钟后

表 1 不同液温下经温度补偿后的电导值*

液温(℃)	传 感 器 号				
	I	II	III	IV	V
30	.762	.812	.772	.753	.622
28	.764	.811	.771	.751	.620
26	.761	.810	.771	.755	.624
24	.765	.814	.773	.754	.622
22	.764	.812	.771	.755	.621
20	.765	.814	.776	.756	.623
18	.767	.815	.778	.758	.626

*清华大学段新杰同志提供。

表 2 标准电导值在不同量程时的测定值

标准电导值 (μS)	量 程 (μS)			
	$\times 10^2$	$\times 10^3$	$\times 10^4$	$\times 10^5$
50.0	.501	.049	.004	.000
100.0	1.000	.099	.009	.000
200.0	1.990	.199	.019	.001
500.0	—	.500	.049	.004
1000	—	1.000	.100	.009
2000	—	1.988	.201	.020
5000	—	—	.501	.050
10000	—	—	1.998	.101

表 3 电导值读数的重现性*

测试次数	传 感 器 号					
	I	II	III	IV	V	VI
1	.767	.814	.777	.879	.758	.629
2	.767	.813	.777	.879	.758	.627
3	.769	.811	.780	.879	.760	.628
4	.768	.814	.778	.880	.759	.627
5	.769	.814	.779	.880	.758	.629
6	.768	.814	.778	.880	.759	.627
7	.767	.812	.780	.878	.761	.626
8	.769	.811	.779	.877	.760	.629
9	.769	.814	.777	.880	.758	.627
10	.768	.813	.779	.880	.760	.629

*清华大学段新杰同志提供。

记下水银温度计读数和SY—3型仪器显示的对应温度值,其中的两组数据列于表4。从表4可看出两支温度传感器测得的显示值与水银温度计读数之间差异在1℃以内,可认为结果是满意的

由于箱温上升(180℃以上)可使传感器所用引线的外皮出现龟裂,故SY—3型仪器将测温上限规定为±150℃。如对传感器封装加以改进,则可望将测温上限提高数十度。至于测温下限,由于试验设备所限,只试到了-33℃,但根据传感器结构来看,可望测到-50℃以下。

2. 测温精度。SY—3型仪器中的温度测定部分是用0—50℃的0.1级精密水银温度计在0℃和50℃两点进行校正的。校正和检验温度是在水中进行的,即将3支温度传感器的测温显示值与水银温度计读数进行对比(表5)。

表5中的测试数据符合本仪器在0—50℃范围内,测温精度为±0.2℃的指标规定。在进行多点温度数据采集时,成批温度传感器的截距可以通过精密校正而达到一致,或通过一般校正使其差异保持在±0.2℃范围之内。而成批温度传感器的斜率差异可能达到2%。但只要将各支温度传感器的截距和斜率参数存入微机,仍可使测温精度在±0.2%。由于晶体管PN结的价格比精密温度传感器芯片要低数十倍以上,用它制作温度传感器是颇有实用意义的。

表 4 温度传感器显示值与水银温度计读数之间的差异

水银温度计 读数(℃)	I号传感器 显示值(℃)	II号传感器 显示值(℃)
34	34.0	34.0
53	51.8	53.0
78	76.9	78.5
108	106.8	107.1
132	131.4	131.1
152	152.3	151.4
166	166.4	165.6
177	177.0	177.0
185	184.6	186.2

表 5 测温精度检验

温度计读数 (℃)	传 感 器 号		
	4	10	11
50.0	50.0	49.9	49.9
45.0	45.0	45.0	44.9
40.0	40.0	40.1	40.0
35.0	35.2	35.1	35.1
30.0	30.0	30.0	30.0
25.0	25.0	24.9	24.9
20.0	20.0	20.0	20.1
15.0	15.0	15.1	15.1
10.0	10.1	10.1	10.1
5.0	4.9	5.0	5.1
0.0	0.0	0.1	0.1

参 考 文 献

- [1] 尤文瑞等,土壤,14(3),105,1982。
- [2] 逢春浩等编著,土壤水分测定方法,29-39,水利电力出版社,1986。
- [3] 方建安、王雁传,土壤,20(4),214-217,1988。
- [4] 周国祥,土壤,18(6),321-325,1986。