

具有温度补偿的袖珍数字盐分计

周 国 祥

(中国科学院南京土壤研究所)

目前国内已有数十个科研单位和大专院校应用我所研制生产的TYC-2型盐分传感器观测土壤含盐量的动态变化。但据许多单位反映,至今尚缺乏合适的测试仪器与其配套,使用中颇感不便。为此,我们研制并投产了一种具有温度补偿的SY-1型袖珍数字盐分计(图1),它可在相当程度上解决了科研人员所遇到的困难和不便。

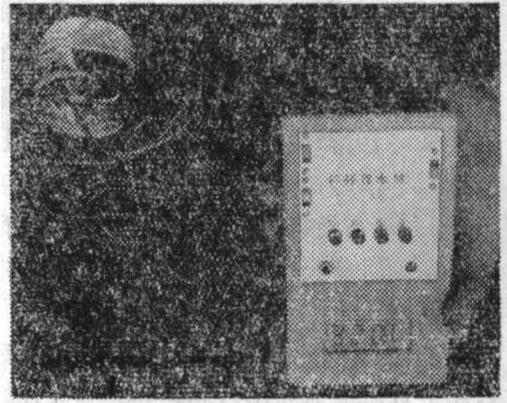


图1 SY-1型袖珍数字盐分计

一、SY-1型袖珍数字盐分计

(一)仪器工作原理和使用方法

土壤含盐量与该土壤在25℃条件下的电导率成正比。而埋入土壤中的TYC-2型盐分传感器提供了两个数据——土壤电导值与土壤温度,由这两个数据可以算出土壤在25℃时的电导值 y ,再根据公式

$$x = \frac{y - a}{b}$$

可以求出该土壤在25℃时的电导率 x 。上式中, a 为传感器的截距, b 为传感器的斜率,它们是决定传感器特性的两个特定常数。

所以,SY-1型盐分计实质上就是一个测定电导值的仪器,分两种工作方式:第一种方式是不论被测点处于什么温度,仪器始终显示25℃时的电导值,第二种方式是仪器显示被测点所处温度下的电导值。

仪器的基本结构如图2所示,其核心部分是一个比例运算放大器A,由稳幅振荡器提供的频率为3千赫的稳定正弦信号电压 U_1 ,通过被测电阻 R_x (或被测电导值 S_x)而加到放大器

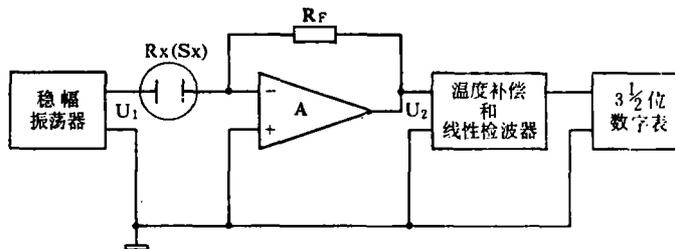


图2 SY-1型盐分计结构图

A 的输入端, 放大器的输出电压 $U_2 = \frac{R_F}{R_X} U_1$ 。正弦信号电压 U_2 由线性检波器转换成与其

成比例的直流信号电压, 并用 $3 \frac{1}{2}$ 位液晶数字电压表进行显示。这样, 通过规格化之后, 就

可使显示的数字恰好代表被测温度下的电导值 S_x 。

当需要显示 25°C 时的电导值时, 将传感器中的热敏电阻接入仪器的温度补偿电路, 这样, 虽然 S_x 值随温度而变, 但数字表显示却基本保持不变, 并代表 25°C 时的电导值。

(二) 仪器特点

1. 具有温度补偿性能: 目前大多数单位使用的盐分测定仪器没有温度补偿电路, 因此在测定由传感器反映的电导值的同时, 还需测定传感器中热敏电阻的电导值, 从表中查出对应的温度, 然后再换算出该土壤在 25°C 时的电导值, 手续比较麻烦。而应用 SY-1 型盐分计可迅速地直接从数字表上显示出土壤在 25°C 时的电导值。

2. 可测电导值的上限高: 目前大多数单位使用的盐分测定仪器, 其电导值测定上限只能达到 1×10^4 微姆欧, 对于更高的含盐量和电导值就无法测定。而 SY-1 型盐分计的测定上限可达 1.5×10^5 微姆欧, 完全满足使用需要。

3. 不需经常进行灵敏度校正: 目前大多数单位使用的盐分测定仪器在测定过程中, 需经常不断地进行校正调节, 而 SY-1 型盐分计在一次校正之后, 可使用几小时以至几十小时, 不需重新校正。

4. 适合野外条件下使用: 目前大多数单位使用的盐分测定仪器不宜野外使用, 而 SY-1 盐型分计具有体积小 ($156 \times 90 \times 39$ 毫米³)、重量轻 (380 克, 包括电池在内)、功耗低 (30~60 毫瓦)、电池使用寿命较长 (200 小时左右)、操作简单、携带方便等特点, 故适合于野外条件下使用。

5. 仪器互换性能好: 对于目前大多数单位使用的盐分测定仪器来说, 还存在一个缺点, 即用同一型号的几台仪器测定同一个样品的电导值时, 所得结果可能各不相同, 差异较大。而用几台 SY-1 型盐分计测定同一电导值时, 其差异则小得多。

(三) 实验结果与讨论

1. 温度补偿的效果: 从热敏电阻的温度特性中可以查出各种温度下所对应的热敏电阻阻值, 然后用一只电阻箱模拟该热敏电阻, 接入仪器的温度补偿电路。仪器处于校正状态, 当模拟电阻值为 2500 欧 (相当于 25°C) 时, 将显示值调整至 1.000, 然后依次改变电阻箱阻值, 记下仪器的显示值, 并算出温度每改变 1°C , 显示值的变化率。以 25°C 为基准, 在 25°C 以上温度每上升 1°C , 显示值的

表 1 温度补偿的效果

温度 ($^\circ\text{C}$)	热敏电阻 阻值(欧)	仪 器 显示值	显示值 变化率 (%)	0.02N 温度系 数(%)	0.1 N 温度系数 (%)
2	6862	1.682	+3.0	-2.9	-2.9
4	6250	1.603	+2.4	-2.7	-2.7
5	5967	1.565	+2.5	-2.7	-2.6
6	5698	1.527	+2.4	-2.6	-2.6
8	5200	1.456	+2.4	-3.0	-2.6
10	4751	1.388	+2.3	-2.4	-2.4
12	4347	1.324	+2.3	-2.3	-2.3
14	3982	1.265	+2.3	-2.2	-2.2
15	3812	1.237	+2.4	-2.2	-2.3
16	3650	1.210	+2.3	-2.2	-2.1
18	3349	1.157	+2.2	-2.1	-2.1
20	3077	1.109	+2.0	-2.1	-2.0
22	2829	1.063	+2.1	-2.0	-2.0
24	2605	1.021	+2.1	-1.9	-1.9
25	2500	1.000	—	—	—
26	2400	0.981	-1.9	+1.9	+1.9
28	2214	0.945	-1.9	+1.9	+1.9
30	2045	0.911	-1.7	+1.8	+1.8
32	1890	0.879	-1.7	+1.8	+1.7
34	1749	0.850	-1.6	+1.7	+1.7
35	1683	0.836	-1.7	+1.7	+1.7
36	1620	0.823	-1.6	+1.7	+1.5

变化率是负的，在25℃以下，温度每下降1℃，显示值的变化率是正的，所得实验结果见表1。表1中的最后两项是浓度为0.02N和0.1N的标准氯化钾溶液的电导率的温度系数，为便于比较，也取25℃为基准。从表1可以看出，除了个别点之外，由于热敏电阻阻值随温度而变所产生的仪器显示值的变化率，与溶液电导率的温度系数两者相当接近，且符号相反，因此能起到较好的温度补偿作用。

2. 测定纯电阻的电导值的误差：用信号源频率为3千赫的SY-1型盐分计测定纯电阻（电阻箱）的电导值的误差见表2。

表2 测定纯电阻电导值的误差

×10 ² 量 程	电阻值(千欧)	6.67	10.00	20.00	40.00	50.00	66.87	80.00	100.00
	标准电导值	1.500	1.000	0.500	0.250	0.200	0.150	0.125	0.100
	显示值	1.501	1.003	0.502	0.251	0.200	0.150	0.125	0.100
	误差(%)	0.1	0.3	0.0.4	0.0.4	0	0	0	0
×10 ³ 量 程	电阻值(欧)	667	1000	2000	4000	5000	6667	8000	10000
	标准电导值	1.500	1.000	0.500	0.250	0.200	0.150	0.125	0.100
	显示值	1.491	1.000	0.501	0.251	0.200	0.150	0.124	0.099
	误差(%)	0.6	0	0.2	0.4	0	0	0.8	1
×10 ⁴ 量 程	电阻值(欧)	67	100	200	400	500	667	800	1000
	标准电导值	1.493	1.000	0.500	0.250	0.200	0.150	0.125	0.100
	显示值	1.481	0.995	0.501	0.251	0.201	0.151	0.126	0.101
	误差(%)	0.8	0.5	0.2	0.4	0.5	0.6	0.8	1
×10 ⁵ 量 程	电阻值(欧)	7	10	20	40	50	67	80	0.100
	标准电导值	1.428	1.000	0.500	0.250	0.200	0.149	125	0.100
	显示值	1.413	0.993	0.499	0.251	0.201	0.151	126	0.101
	误差(%)	1	0.7	0.2	0.4	0.5	1.3	0.8	1

与信号源频率为1千赫时的测定结果(略)相对比，虽然测定误差有所增大，但它却更能与TYC-2型盐分传感器的工作特性相适应，从而减小了配套测量误差。

3. 测定TYC-2型盐分传感器的特性参数——斜率、截距和相关系数：将6支TYC-2型盐分传感器共同地依序浸于浓度为0.02N、0.06N、0.1N和0.15N的四种氯化钠溶液中，用信号源频率为3千赫的SY-1型盐分计进行测定、计算和作图，所求得的相关系数r、斜率b和截距a见表3。表3中还列出了数年前用国产DDS-11A型电导仪测得的数据以作对比，可见两者基本上是接近的。

表3 测定6支盐分传感器的特性参数

仪 器	参 数	传 感 器 编 号					
		388	554	571	596	871	895
SY-1 DDS-11A	r	0.997	0.999	0.999	0.999	0.998	0.996
		0.999	0.999	0.999	0.996	0.996	0.997
SY-1 DDS-11A	b	0.41	0.40	0.37	0.59	0.39	0.41
		0.48	0.41	0.45	0.53	0.42	0.52
SY-1 DDS-11A	a	0.81	0.42	0.31	0.48	0.85	1.02
		0.81	0.52	0.45	0.87	0.67	0.83

4. 测定溶液电导值时的准确性：取一支电导池常数为0.94的DJS-1型铂黑电极先后浸于不同浓度的氯化钠溶液中，用三种不同型号的仪器进行测定。因溶液浓度不标准，故只作相对比较。溶液温度为30℃。测定结果见表4。其中，401型仪器系英国进口的LCR数据电桥，具有较高的测定精度，可作为基准，其显示值为电阻值，表4中所列电导值是经换算而得。国产DDS-11A型电导仪的最高量程为 1×10^4 微姆欧，故对于0.1N以上浓度的氯化钠溶液配用DJS-1型铂黑电极就无法测定。从表4中的数据可见SY-1型盐分计与401型电桥的读数差异一般在1%以内。

表4 溶液电导值的测定结果对比

溶液浓度	0.01N	0.02N	0.06N	0.1N	0.3N	1N
读数单位 (微姆欧)	$\times 10^3$	$\times 10^4$	$\times 10^4$	$\times 10^4$	$\times 10^5$	$\times 10^5$
SY-1型读数	1.328	0.307	0.756	1.242	0.354	1.396
401型读数	1.339	0.3039	0.7645	1.259	0.3531	1.419
DDS-11A型读数	1.33	0.32	0.75	—	—	—

5. 仪器灵敏度的稳定性：将5台SY-1型盐分计置于“校正”工作状态(即测定 $R_x = 1000$ 欧)，开机3分钟后，将数字表显示值都调整到 1.000 ± 1 个字，然后连续观察12小时，每隔2小时记录一次显示值，其结果见表5。对于一般测定来说，只要“校正”显示值的变化不超过 $\pm 0.3\%$ ，就不致影响测量精度，故实际上很少需要校正。

表5 仪器灵敏度的稳定性

时间 (小时)	机 号				
	一	四	五	六	九
开始	0.999+1个字	1.000+1	0.999+1	1.000	0.999+1
2	0.998+1	1.001+1	0.999+1	0.999+1	0.999+1
4	0.998+1	1.002+1	0.999+1	0.999	0.999+1
6	0.998+1	1.003+1	0.999+1	0.999+1	0.999+1
8	0.999+1	1.003+1	0.999+1	0.999+1	0.999
10	0.999+1	1.003+1	0.999+1	1.000+1	0.999
12	0.999+1	1.003+1	0.999+1	1.000+1	0.999+1

6. 各台SY-1型盐分计测定同一溶液时，其电导值的一致性：将3支TYC-2型传感器浸于0.15N氯化钠溶液中，经充分平衡后，用5台SY-1型盐分计测定电导值，所得结果见表6。由表中数据可知，各台仪器的读数的最大差异为1%左右，而目前常用的盐分测定仪器的这一差异可能达到10%以上。

表6 各台SY-1型盐分计读数的一致性

传感器号	机 号				
	四	五	六	七	九
476	0.721×10^4	0.719×10^4	0.715×10^4	0.715×10^4	0.715×10^4
603	0.544×10^4	0.543×10^4	0.540×10^4	0.538×10^4	0.541×10^4
624	0.568×10^4	0.567×10^4	0.564×10^4	0.562×10^4	0.564×10^4

二、SY-2型袖珍数字电导仪

为了扩大用途,最近我们又在SY-1型盐分计的基础上作了改进,设计出SY-2型电导仪,它除了配用TYC-2型盐分传感器测定盐分或配用普通电导电极测定电解质溶液的电导值之外,还能测定各种电解质溶液和各种纯水的电导率。为此,扩大了仪器灵敏度校正的调节范围,使它能作为各种电导电极的池常数校正,同时增加了一个测定纯水电导率的量程,其测量范围为0.05~1.5微姆欧/厘米。

应当指出,在测定纯水电导率时,可能给测量精度带来重大影响的主要因素之一,是电极系统的固有电抗值。一般DJS-1型光亮电导电极置于空气中时,其电导值趋于零,但存在60微微法左右的电容量。为检查这一电容量对0.05~1.5微姆欧/厘米这一量程带来的测量误差,可以选取一些阻值已知的电阻,并将上述电导电极分别并联于其上,进行这些电阻的电导值测定。我们在对仪器电路进行适当改进之后,得出了表7所示的结果。由于测纯水时对精度要求较低,故完全能满足使用要求。

表7 模拟测纯水时的误差

电阻值 (兆欧)	1.016	2.032	3.990	5.010	7.96	9.91	19.6
理论电导值(微姆)	0.984	0.492	0.251	0.200	0.126	0.101	0.051
仪器显示值(微姆)	0.984	0.489	0.248	0.197	0.125	0.101	0.056
误差 (%)	<0.3	0.6	1.2	1.5	0.8	<0.5	10

注:如需购买SY-1型袖珍数字盐分计、SY-2型袖珍数字盐分、电导仪、TYC-2型盐分传感器,请与中国科学院南京土壤研究所开发公司联系。

土壤信息

土壤淹水和排干循环中 无机磷的转化

根据通气不良土壤(可先种水稻)在排干时后作有缺磷的反应,R. N. Sah和D. S. Mikkelsen研究了四种土壤在淹水和排干循环中无机磷的转化。他们发现无机磷分级中的A1-P、Fe-P、Ca-P和RS-P(还原剂溶解的P)量在循环过程中产生显著的变化。

当土壤淹水时,四种土壤的Fe-P量都增大,淹水初期(28天)时增加最快;112天后增加14—46%,而A1-P量减少45—67%,很

大程度上被转化成蓝铁矿。原来高水平的Ca-P的两种土壤中Ca-P量增加,以能因CO₂增加其他钙盐的溶解度,但较低水平的Ca-P的另两种土壤则几乎不变。RS-P量的减少与Fe-P增加有关,但近期没有淹水过的土壤在淹水初期时RS-P却有所增加。

当土壤排干时,Fe-P量减少,排干7天时降低最快,但随土壤性质而异,其中有一种土壤并非如此,RS-P量反有所增加,这与以前的土壤管理状况有关。

以Ca(H₂PO₄)₂·H₂O形式加入的磷素在三种中性和微酸性土壤中主要转化成为Fe-P和A1-P。在淹一排的土壤中磷的回收率为81—94%,其中Fe-P量较A1-P量大得多,在未经淹水的土壤中回收率为69—79%。

(刘志光据Soil Sci. Soc. Am. J., 50:58-62, 1986)