

封丘地区土壤水分平衡研究*

II. 中子探管法测定土壤含水量的误差分析

陈志雄

(中国科学院南京土壤研究所)

Vauclin Michel

(法国研究中心 Grenoble 力学所)

摘 要

中子法测量田间土壤含水量的误差可分解为位置的、标定的和仪器的三个因素。对麦田5个监测点的测量结果的分析表明,在多数情况下误差主要来自位置因素。标定方差和仪器方差对总方差的贡献在误差(CV)较小时相对较高,虽然仪器方差始终保持在一个很低的量级(10^{-4} (厘米³/厘米³)²)。

中子法的测量结果与经典的重量法比较是近似的,而且它的误差(CV)比重量法小,因此它是可靠的,加上它的操作快捷简便,足以肯定它是田间土壤水分监测的有效工具。

中子探管法测定土壤含水量快速准确,十分适用于监测田间土壤水分动态。本文的第一报^[1]已经指出,用重量法监测水分动态时,因为样本不能原位复原,取样时必须考虑样本变异问题。中子法是原位测定,在每个套管中的一系列监测结果可视为同一样本的含水量变化,它受样本变异因素的影响较小,有利于提高试验的精度。但是,它的精度到底如何?则是必须回答的问题。因为在水分平衡计算中,土壤水分变量是一个主要分量,其精度对平衡计算影响甚大。土壤水分的丰歉又直接影响作物生长,其测量精度也值得重视。本文拟分析中子法测定田间土壤含水量的误差以及各种误差来源所占的比重,以探讨提高其测量精度的途径;同时比较中子法与重量法的测定结果,以明确它在研究农田水分平衡上的价值。

一、原理与方法

(一) 原理

大家知道,中子探管法对田间土壤水分的监测,是用几个定位监测点的平均值来表征试验地的水分状态。在这种情况下,它需要弄清楚的是平均值的误差问题。若中子水分计的标定关系为已知:

$$\theta = a + b n \quad (1)$$

则田间同一层次 k 个测点的平均计数率(\bar{n})对应的含水量($\bar{\theta}$)为:

$$\bar{\theta} = a + b \bar{n} \quad (2)$$

上式的 a 与 b 分别为标定直线的截距与斜率; θ 为土壤容积含水量; $n = N/N_s$, 其中 N 为中子计在土中的计数率, N_s 为在标准介质(水一下同)中的计数率。式中用计数率比而不直接用计数率(N),是为

* 参加工作的尚有杨苑璋、汪仁真、阮立山、周凌云,特此致谢。

了控制仪器的电子漂移引起的误差。

显然。(2)式的 θ 是试验地的平均含水量估计值,其相伴方差^[12]为:

$$S_{\theta}^2(\theta) = \{b^2 - S^2(b)\}S^2(\bar{n}) + S^2(a) + \bar{n}^2S^2(b) + 2\bar{n}S(a, b) \quad (3)$$

式中 $S_{\theta}^2(\theta)$ 为 θ 的总方差; $S^2(\bar{n})$ 为 \bar{n} 的方差,若 N 与 N_s 为独立变量它可估计为:

$$S^2(\bar{n}) = \{S^2(\bar{N}) + \bar{n}^2S^2(\bar{N}_s)\} \times 1/k\bar{N}^2 \quad (4)$$

式中 $S^2(\bar{N})$ 为同一层次的 k 个计数率平均值的方差; $S^2(\bar{N}_s)$ 为标准介质中几个计数率平均值的方差; \bar{N}_s 则为标准介质中几个计数率的平均值。

因为 $S^2(\bar{N})$ 受土壤湿度的位置变异和 neutron 散射的随机性两个因素的影响,故由这两个因素估计:

$$S^2(\bar{N}) = S^2(L) + \bar{N}/pT_c \quad (5)$$

式中 $S^2(L)$ 表示 $S^2(\bar{N})$ 的位置变异因素; p 为在一个测点中某层的重复测定次数; T_c 为每次测定的计数时间。而 $S^2(\bar{N}_s)$ 可估计为:

$$S^2(\bar{N}_s) = \bar{N}_s/qT_s \quad (6)$$

式中 q 为在标准介质中的重复测定次数; T_s 为每次测定的计数时间。

这样,(3)式便可展开为:

$$S_{\theta}^2(\theta) = \{b^2 - S^2(b)\}S^2(L)/k\bar{N}^2 + \{b^2 - S^2(b)\}\{\bar{n}/pT_c + \bar{n}^2/qT_s\} \times 1/k\bar{N}^2 + S^2(a) + \bar{n}^2S^2(b) + 2\bar{n}S(a, b) \quad (7)$$

(7)式右边各行表示 $S_{\theta}^2(\theta)$ 的三个分量,其中仪器分量为:

$$S_1^2(\theta) = \{b^2 - S^2(b)\}\{\bar{n}/pT_c + \bar{n}^2/qT_s\} \times 1/k\bar{N}^2 \quad (8)$$

标定分量为:

$$S_2^2(\theta) = S^2(a) + \bar{n}^2S^2(b) + 2\bar{n}S(a, b) \quad (9)$$

位置分量为:

$$S_3^2(\theta) = \{b^2 - S^2(b)\}S^2(L)/k\bar{N}^2 \quad (10)$$

它可由(3)式减(8)式和(9)式求得。

(二) 方法

如本文的第 I 报的图 1,五个中子套管分别埋设在试验地的不同位置上,它们之间的距离 ≥ 28 米,据半方差分析,符合样本“独立”原则。为了确定中子计的标定关系,在土壤不同的湿度状态下,分别逐层(每层 10 厘米)测定其中子计数率 (N_i);与此同时,在套管旁边按同样的深度分层取样测定土壤的(重量)含水量,再分别乘以各层的容重(表 1),便可得出各层的容积含水量 (θ_i)。在每次用中子计测定之前和之后,分别测定几次标准介质的计数率并求其平均值 (\bar{N}_s),这样便可得出对应于 θ_i 的计数率比 ($n_i = N_i/\bar{N}_s$)。

应当指出,在确定容积含水量时,因容重变异引入的误差予以忽略。因为用土钻取样很难同时测定取样点的容重;而多次测定各层容重的结果表明,它们的变异较小(表 1),故每个 θ_i 值都是用既定的

表 1 土壤的容重(克/厘米³)

Table 1 Bulk densities of soils (g/cm³)

深度(厘米) Depth (cm)	平均值 Mean	标准差(克/厘米 ³) Standard deviation (g/cm ³)	变异系数 CV	样本数 Sample number
0-10	1.490	0.082	0.055	38
10-30	1.547	0.056	0.036	35
30-80	1.413	0.056	0.039	60
80-160	1.472	0.042	0.028	88

容重值计算的。本文对中子法与重量法的结果加以比较时, 后者的容积含水量也是用同样的容重值计算的, 暗示它也引入一个相同的误差, 无碍于它们的可比性。

在考察了全部 (n_i, θ_i) 数据之后, 决定分三层标定它们的相关关系。表层(10 厘米)单独予以标定是必要的, 因为表层测定时, 中子容易在空气中散逸, 其计数率比与含水量的关系与下面的土层明显不同(参见图 1)。心土(20—80 厘米)的土质与层次比较复杂, 标定结果表明其决定系数较小(表 2), 底土(90—160 厘米)则是比较均一的砂壤土层。用最小二乘法分别处理这三层的数据, 便可得出其标定曲线, 结果示于图 1, 它们的参数与方差则列于表 2。

表 2 线性回归 $\hat{\theta} = \hat{a} + \hat{b}\hat{n}$ 的系数及其方差

Table 2 Coefficients of linear regression $\hat{\theta} = \hat{a} + \hat{b}\hat{n}$ and their variances

深度(厘米) depth (cm)	\hat{a}	\hat{b}	$s^2(\hat{a})$	$s^2(\hat{b})$	$s(\hat{a}, \hat{b})$	$s^2(e)$	r^2	m
10	-0.8020	2.0708	3.9958×10^{-3}	1.4479×10^{-3}	-7.0559×10^{-3}	1.5058×10^{-2}	0.9251	26
20—80	-0.3598	0.9917	5.1504×10^{-4}	1.5181×10^{-3}	-8.7763×10^{-3}	3.1278×10^{-4}	0.9423	41
90—160	-0.5139	1.2482	1.0771×10^{-4}	2.9688×10^{-4}	-1.7717×10^{-4}	1.1076×10^{-4}	0.9896	57

注: $s^2(\hat{a}), s^2(\hat{b})$ 为截距 \hat{a} 及斜率 \hat{b} 的方差; $s(\hat{a}, \hat{b})$ 为它们的协方差; $s^2(e)$ 为残余方差; r^2 为决定系数; m 为样本数。

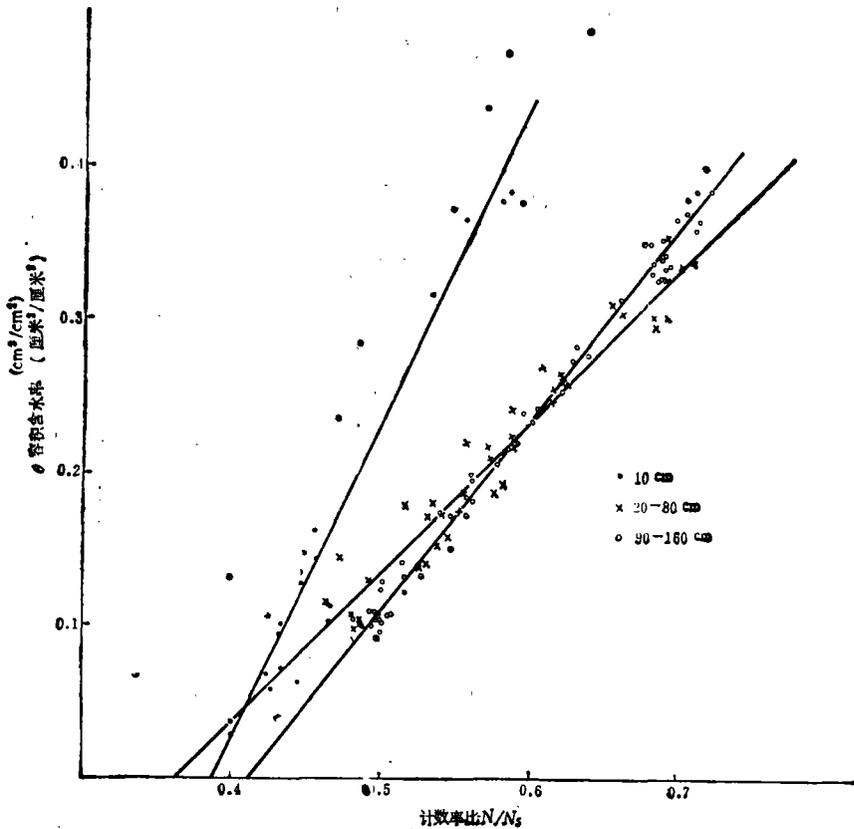


图 1 中子计数率比与土壤容积含水率的关系

Fig. 1 Correlations between the rate of neutron count and the volumetric water content

试验用的中子水分计为 Solo 25 型,其技术参数列于表 3。

表 3 Solo 25 型中子水分计的技术参数

Table 3 Technical characteristics of Solo 25 neutron moisture meter

中子源	镅/铍
强度(毫居里)	9
在水中的影响半径(厘米)	12
在水中的计数率(次/秒)	560
工作参数	
测定的计数时间(秒)	80
在土中的计数次数	1—2
在水中的计数次数	10

二、结果与讨论

(一) 中子法的误差分析

表 4 列出试验地 5 个典型层次的含水量方差及其分量——仪器方差、标定方差和位置方差。它们都是按(3)—(10)式计算出来的。表中同时给出它们对总方差的比重(即占总方差的%)。下面分别讨论这三个误差因素及其对总方差的影响。

1. 仪器因素 在三个方差分量中,仪器方差最小,为 10^{-6} (厘米³/厘米³)²量级,而且比较稳定,各土层之间变化不大。它们对总方差的比重也很小(<4%)。这表明仪器因素造成的误差是很小的。仪器误差与中子散射的随机性、仪器的电子漂移以及计时的准确性有关。近年设计的中子水分计,计时准确性很高,其误差可以忽略不计。在电子漂移方面,现已普遍改用计数率比的方法加以改善,使这一误差因素压缩到很小的程度。另外,已知中子散射服从 Poisson 分布,其计数率方差可用(5)式与(6)式近似计算,它们表明,延长计数时间或增加计数次数,都可降低计数率方差,亦即降低仪器方差((8)式)。采用这些措施,使仪器误差变得很小,故就仪器的测量本身来说,其结果应是可靠的。

2. 标定因素 标定方差因土层不同而异,表层(10厘米)最大,心土层(20—80厘米)次之,深层(90—160厘米)最小(表 4)。由(9)式可知,标定方差取决于标定质量。深层土壤比较均一,其截矩方差($S^2(d)$)与斜率方差($S^2(b)$)都比较小,故其标定方差小。表层最不均一,加上中子容易在空气中散逸,其截矩方差与斜率方差都较大(表 2),故其方差大。

因此之故,标定方差对总方差的比重亦随土层而异。深层<2%,心土层为3—35%,而表层在多数情况下 $\geq 42\%$,只有在含水量较高的情况下(5月30日, $\bar{\theta} = 0.233$)例外(表 4)。当然,标定方差的比重,还与总方差本身的大小有关。这一点我们在下面讨论。

Haverkamp 等^[4]的研究表明,用无偏统计方法处理标定数据,可使标定方差减小。但是归根到底,标定方差来自标定数据的本身,即计数率比与含水量关系的吻合程度。土壤不均一时,不论用什么统计方法处理,要得到高质量的标定都是困难的,换言之,对田间本来就不均一的土壤来说,用中子法测定其含水量时,误差在所难免,我们只能根据其误差

表 4 田间土壤含水量估值的相伴方差 ($S_T^2(\theta)$)、及其分量——仪器方差 ($S_I^2(\theta)$)、标定方差 ($S_C^2(\theta)$) 与位置方差 ($S_L^2(\theta)$) ((厘米³/厘米³)²)

Table 4 Associated total variance of Huestimates of field soil water content and its components——instrument, calibration, and location variance ((cm³/cm³)²)

深度 Depth (cm)	\bar{n}	$\bar{\theta}$ (cm ³ / cm ³)	$S_T^2(\theta)$	$S_I^2(\theta)$	$\frac{S_I^2(\theta)}{S_T^2(\theta)}$	$S_C^2(\theta)$	$\frac{S_C^2(\theta)}{S_I^2(\theta)}$	$S_L^2(\theta)$	$\frac{S_L^2(\theta)}{S_I^2(\theta)}$
3月30日									
10	0.446	0.121	1.96×10 ⁻⁴	5.0×10 ⁻⁴	0.025	8.3×10 ⁻³	0.423	1.09×10 ⁻⁴	0.552
30	0.529	0.165	1.18×10 ⁻⁴	2.5×10 ⁻⁴	0.021	1.2×10 ⁻³	0.102	1.05×10 ⁻⁴	0.877
70	0.684	0.319	1.50×10 ⁻⁴	3.0×10 ⁻⁴	0.020	2.5×10 ⁻³	0.167	1.22×10 ⁻⁴	0.813
100	0.690	0.348	2.84×10 ⁻⁴	5.0×10 ⁻⁴	0.017	4.5×10 ⁻³	0.016	2.17×10 ⁻⁴	0.967
150	0.710	0.372	3.66×10 ⁻⁴	5.5×10 ⁻⁴	0.016	6.0×10 ⁻³	0.016	3.55×10 ⁻⁴	0.969
4月20日									
10	0.428	0.084	1.23×10 ⁻⁴	5.0×10 ⁻⁴	0.041	1.1×10 ⁻⁴	0.894	8.0×10 ⁻⁴	0.065
30	0.492	0.128	0.57×10 ⁻⁴	2.0×10 ⁻⁴	0.035	1.9×10 ⁻³	0.333	3.6×10 ⁻³	0.632
70	0.661	0.296	2.29×10 ⁻⁴	3.0×10 ⁻⁴	0.013	1.8×10 ⁻³	0.079	2.10×10 ⁻⁴	0.908
100	0.671	0.324	5.82×10 ⁻⁴	5.0×10 ⁻⁴	0.008	4.0×10 ⁻³	0.007	5.73×10 ⁻⁴	0.985
150	0.697	0.356	5.13×10 ⁻⁴	5.0×10 ⁻⁴	0.010	5.0×10 ⁻³	0.010	5.00×10 ⁻⁴	0.980
5月5日									
10	0.434	0.097	1.15×10 ⁻⁴	5.0×10 ⁻⁴	0.043	9.8×10 ⁻³	0.850	1.2×10 ⁻³	0.107
30	0.492	0.128	0.53×10 ⁻⁴	2.0×10 ⁻⁴	0.038	1.9×10 ⁻³	0.358	3.2×10 ⁻³	0.604
70	0.649	0.284	2.68×10 ⁻⁴	3.0×10 ⁻⁴	0.011	1.5×10 ⁻³	0.056	2.50×10 ⁻⁴	0.933
100	0.641	0.286	1.34×10 ⁻³	5.0×10 ⁻⁴	0.004	3.0×10 ⁻³	0.002	1.33×10 ⁻³	0.994
150	0.659	0.309	1.56×10 ⁻³	5.0×10 ⁻⁴	0.003	3.0×10 ⁻³	0.002	1.55×10 ⁻³	0.995
5月15日									
10	0.430	0.088	1.48×10 ⁻⁴	5.0×10 ⁻⁴	0.034	1.1×10 ⁻⁴	0.743	3.3×10 ⁻³	0.223
30	0.497	0.133	1.04×10 ⁻⁴	2.0×10 ⁻⁴	0.019	1.8×10 ⁻³	0.173	8.4×10 ⁻³	0.808
70	0.630	0.265	2.87×10 ⁻⁴	3.0×10 ⁻⁴	0.011	1.2×10 ⁻³	0.042	2.72×10 ⁻⁴	0.947
100	0.606	0.243	2.21×10 ⁻³	4.0×10 ⁻⁴	0.002	2.0×10 ⁻³	0.001	2.20×10 ⁻³	0.997
150	0.635	0.279	3.12×10 ⁻³	5.0×10 ⁻⁴	0.002	2.0×10 ⁻³	0.001	3.11×10 ⁻³	0.997
5月30日									
10	0.500	0.233	1.75×10 ⁻⁴	5.0×10 ⁻⁴	0.029	6.0×10 ⁻³	0.034	1.64×10 ⁻³	0.937
30	0.545	0.181	0.72×10 ⁻⁴	3.0×10 ⁻⁴	0.042	9.0×10 ⁻³	0.125	6.0×10 ⁻³	0.833
70	0.595	0.230	2.53×10 ⁻⁴	3.0×10 ⁻³	0.012	8.0×10 ⁻³	0.032	2.42×10 ⁻⁴	0.957
100	0.574	0.203	3.12×10 ⁻³	4.0×10 ⁻⁴	0.001	2.0×10 ⁻³	0.001	3.11×10 ⁻³	0.998
150	0.617	0.256	3.27×10 ⁻³	5.0×10 ⁻⁴	0.002	2.0×10 ⁻³	0.001	3.26×10 ⁻³	0.997

注： \bar{n} 为计数率平均值； $\bar{\theta}$ 为容积含水量平均值； $S_T^2(\theta)$, $S_I^2(\theta)$, $S_C^2(\theta)$, $S_L^2(\theta)$ ，分别为总方差，仪器方差，标定方差和位置方差。

大小来对田间的水分问题进行研究。

3. 位置因素 位置方差主要是测点之间的湿度变异产生的,它反映田间土壤湿度的空间变异和不均一性。表4的资料表明,位置方差随深度而不同,70厘米以上,位置方差较小,70厘米以下较大,可达 10^{-3} (厘米³/厘米³)²量级。可见,深层土壤湿度的变异是很大的。根系分布在空间上不均一造成吸水速度不均一,以及水分入渗速度不均一,可能是深层湿度变异大的原因。从位置方差对总方差的比重看,30厘米以下的土层,其比重 $\geq 60\%$,更深的土层甚至达到99%。可见,土壤湿度的空间变异,是田间水分测定误差的主要根源。表4的资料同时表明,深层的位置方差随时间而变,从3月底(小麦拔节)至5月底(接近麦收),深层的位置方差增加了一个量级,这表明深层湿度的消长速度在空间上也有一定变异。

应当说明,表4的资料是5个观测点($k=5$)得出的结果,前人的研究^[2,3]表明,位置方差比重大时,增加观测点的数量可使总方差减小,使测定结果的精度提高。不过增加观测点的数量意味着工作量增加,它与提高精度的矛盾应当合理解决。

4. 总方差 总的来说,仪器方差和标定方差比较稳定,位置方差则时有变化(表4),故由这三个方差分量合成的总方差,实际上随位置方差而变;三个方差分量的比重也因它而发生变化。

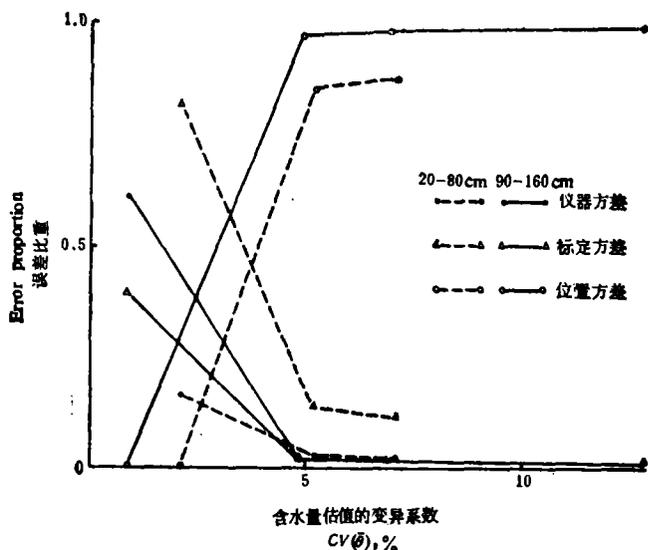


图2 三个方差分量在不同的误差水平下对总方差的贡献

Fig. 2 Contributions of the instrument, of calibration, and of location components to the total variance at different error levels

图2表示这三个方差分量在不同的误差水平(以变异系数(CV)表征)下对总方差的贡献。因为表层无明显规律,故图中只给出 ≥ 20 厘米的土层的情况。图中CV的最小值是这样求得的:假定田间土壤湿度十分均一时位置方差可以忽略,即可令(7)式的 $S^2(L) = 0$,便可算出其总方差以及仪器方差和标定方差((8)式和(9)式)。图2表明,CV很小时,误差主要来自标定因素和仪器因素。随着CV增加,误差转而来自位置因素。

当 CV 达到 5% 左右时,心土层 85%、深层 97% 的误差是位置因素引起的,在这种情况下,仪器对误差的贡献甚小(2—3%),可以忽略。

(二) 中子法与重量法结果比较

重量法是测定土壤含水量的标准方法,用它的测定结果作为参比量与中子法的结果加以比较,可对中子法的可靠性作出评价。

表 5 中子法与重量法测定含水量及其误差结果比较¹⁾(1986.3.30 测定)

Table 5 Comparisons between the results of water content and of error measured by neutron method and oven dry method.

深度(厘米) Depth (cm)	中子法 Neutron probe method			重量法 Oven dry method			E ²⁾ (%)
	$\bar{\theta}_N$ (cm ³ /cm ³)	S($\bar{\theta}_N$) (cm ³ /cm ³)	CV _N (%)	$\bar{\theta}_w$ (cm ³ /cm ³)	S($\bar{\theta}_w$) (cm ³ /cm ³)	CV _w (%)	
0—10	0.1240	0.0188	15.16	0.1299	0.0136	10.47	4.54
10—20	0.1240	0.0114	9.19	0.1463	0.0131	8.95	15.24
20—30	0.1455	0.0117	8.04	0.1507	0.0181	12.01	3.45
30—40	0.2011	0.0191	9.50	0.2317	0.0675	29.13	13.21
40—50	0.2627	0.0136	5.18	0.3052	0.0759	24.87	13.92
50—60	0.3033	0.0151	4.98	0.3202	0.0434	13.55	5.28
60—70	0.3186	0.0134	4.21	0.3366	0.0646	19.19	5.35
70—80	0.3266	0.0115	3.52	0.3346	0.0519	15.51	4.78
80—90	0.3398	0.0204	6.60	0.3589	0.0584	16.27	5.32
90—100	0.3488	0.0195	5.62	0.3079	0.0553	17.96	13.28
100—110	0.3469	0.0255	7.35	0.2867	0.0914	31.88	20.99
110—120	0.3426	0.0252	7.36	0.3050	0.0740	24.26	12.33
120—130	0.3433	0.0216	6.29	0.3274	0.0640	19.55	8.46
130—140	0.3450	0.0209	5.74	0.3256	0.0425	13.05	5.96
140—150	0.3641	0.0216	5.93	0.3433	0.0475	13.84	6.06
150—160	0.3832	0.0178	4.65	0.3882	0.0470	12.11	1.29
\int_0^{160}	454.8	4.3	0.94	459.8	29.8	6.48	1.09

1) 5 个观测点的平均值 2) $E(\%) = \frac{|\bar{\theta}_N - \bar{\theta}_w|}{\bar{\theta}_w} \times 100$ 3) 0—160 厘米的土壤储水量(毫米)

表 5 列出中子法与重量法同时测定的土壤含水量结果,它们都是田间 5 个测点的平均值。对这些结果可作如下分析。

1. 如以重量法为基准,则由下式算出的中子法误差列于表 5。

$$E\% = \frac{|\bar{\theta}_N - \bar{\theta}_w|}{\bar{\theta}_w} \times 100 \quad (11)$$

如表中所列,整个剖面的误差幅度为 1.3—21%,平均为 8.5%。

2. 如果认为重量法的测量误差很小,可以忽略,便可认为其误差主要来自位置因素,即田间土壤湿度的空间变异。表中给出的结果与前面中子法的分析是一致的。

3. 表中的资料表明,重量法的 CV 值在大部分层次中高于中子法,它的所有层次的 CV 平均值为 17.7%,而中子法为 6.8%。究其原因可能是:中子法在选定探管位置时,可根据田间湿度的空间分布状态选定适当的位点,使位置方差尽可能缩小,而重量法取样

时因样本不能在原位复原,每次测定实际上都受位置的湿度变异的影响,即便取样的位点经过选择,也难以有效地缩小其位置方差。

三、总结和结论

综上所述,可作出如下的结论。

1. 中子测水的方差分析表明,在大多数情况下,位置方差对总方差的比重最大,说明土壤湿度的空间变异是田间水分测定的误差的主要来源。这一结果亦为重量法的测定结果所印证。

2. 中子测水的标定方差与仪器方差在总方差很小时比重增大,成为误差的主要来源。仪器因素对误差的贡献一般都是很小的。

3. 中子法的测定结果与经典的重量法结果是近似的,而且它的误差(CV)也比重量法小,故可认为它是可靠的。加上它本身快速简便的特点,可以肯定它是监测田间水分的一种有效手段。然而,由于田间湿度的空间变异客观存在,不论用那种方法,都不可能使监测达到很高的精度。换言之,我们对田间土壤水分的研究只能在一定的误差水平上进行,故本文所作的误差分析,对农田水分平衡的定量研究可能是有帮助的。

参 考 文 献

- [1] 陈志雄, Vauclin Michel, 1989: 封丘地区土壤水分平衡研究 I. 田间土壤湿度的空间变异. 土壤学报, 第 26 卷 4 期, 309—315 页。
- [2] Vauclin M., R. Haverkamp, and G. Vachaud, 1984: Error analysis in estimating soil water content from neutron probe measurement: 2. Spatial standpoint. *Soil Science*, 137: 141—148.
- [3] Sinclair D. F., and J. Williams 1979: Components of variance involved in estimating soil water content and water content change using a neutron moisture meter. *Aust. J. Soil Res.*, 17:237—247.
- [4] Haverkamp R., M. Vauclin, and G. Vachaud, 1984: Error analysis in estimating soil water content from neutron probe measurement: 1. Local standpoint. *Soil Science*, 137: 78—90.

RESEARCH ON SOIL WATER BALANCE IN FENGQIU REGION

I. ERROR ANALYSIS ON SOIL WATER CONTENT MEASURED BY NEUTRON PROBE METHOD

Chen Zhixiong

(Institute of soil science, Academia Sinica, Nanjing)

Vauclin Michel

(Institute de Mecanique de Grenoble, CNRS)

Summary

The error of estimates of soil water content in field can be divided into three components, i.e. that of location, calibration, and instrument. The analysis of variance of measurements at 5 locations in a wheat field represents that location component is the main source of error for most of conditions. The contributions of calibration variance and of instrument variance to total variance are relatively high when the error (CV) is low, even the instrument variance is at a very low degree ($10^{-6}(\text{cm}^3/\text{cm}^3)^2$).

The results of the neutron probe measurements are similar to that of the traditional oven dry method, while errors (CV) of the former are smaller than that of the latter. Therefore, this method should be reliable. In addition to easy and fast to be controlled, this method should be accepted as a effective tool for monitoring soil moisture in field conditions.