

L520 型中子仪的测试标定

张富存 简慰民 万长建

(南京气象学院, 210044)

提 要

采用改进后的 L520 型中子仪及多项式回归方法标定不同层次的土壤湿度。测定结果表明,改进型中子仪较 LNW-50C 仪器,及改直线标定为曲线标定后精度大大提高,结果令人满意,有一定的推广价值。

关键词: 中子仪 改进 测湿 精度

引 言

用中子仪测定土壤湿度,由于不必取土、省力省时,在国内外已得到广泛应用。但现有的国产中子仪性能尚不尽人意,因而其推广还受到一定的限制。为此,我们进行了一些试验。

1 中子仪改进前后的一些差别

原有国产中子仪 LNW-50C 型的标定线为直线型,这在土壤深层是可行的;但在土壤浅层,由于中子的逸出和根系等有机物的影响,用线型标定存在着较大的误差^[1]。在高湿度测量时,非线性问题也会引起较大的误差^[2]。因此我们曾经探索过对深层和浅层土壤分别用不同的标定线,证明可以提高湿度的测定效果^[1]。而改进后的 L520 型中子仪,则用多项式回归的办法,标定以一条曲线通用于同一测点的不同深度,其结果是令人满意的。原有国产中子仪 LNW-50C 型采用直线标定时,要求中子仪的源距(即中子仪与探测器之间的距离)比较大,而要保持较高的效率和灵敏度就要求有足够的源强,因而防护容器也比较大,仪器比较笨重。改型后的 L520 型中子仪采用曲线标定后,大大缩短源距,源强大为减小,防护层采用多层屏蔽方式,体积减小,重量减轻,仍保持较高的测量效率和灵敏度,且防

护性能更好。表 1 为两种仪器性能比较。

表 1 新旧仪器的技术指标

	L520 型	LNW-50C 型
源强	30mCi	50mCi
中子发射率	$6.9 \times 10^4 \text{ n} \cdot \text{s}^{-1}$	$4.1 \times 10^4 \text{ n} \cdot \text{s}^{-1}$
源距	1.5cm	8.0cm
测水范围	0~1000%	5~400%
体积	$17 \times 17 \times 38 \text{ cm}^3$	$20 \times 20 \times 40 \text{ cm}^3$
重量	6.8kg	11kg

2 新型中子仪的测试结果

2.1 田间标定

田间标定就是在土壤质地、容重等各类性质不同的田间,选择具有不同含水量的测点,同时用烘干法和中子仪法得出计数率比与容积含水量的关系,作出二者相关的曲线。本试验就土壤不同含水量、不同容重、不同植被等选取 4 个测点。

选定测点后,在各个测点埋设了导管,经过较长的时间后测定各测点的土壤容重,每一测点 10cm 为一层,共测 10~60cm 深。距导管 30~50cm 用土钻法取土,测重量含水率,每 10cm 为一层取土,取 4 个重复平均;同时用中子仪进行中子计数的测定。测量结果见表 2。

表2 试验测定结果

深度/cm		10	20	30	40	50	60
操	R_v	0.3323	0.4387	0.4582	0.5112	0.5395	0.5481
	Q_w	0.103	0.124	0.156	0.178	0.193	0.198
	ρ	1.60	1.57	1.63	1.54	1.71	1.73
场	Q_v	16.48	19.47	25.42	27.41	33.00	34.25
裸	R_v	0.5010	0.5914	0.6157	0.6191	0.6337	0.6478
	Q_w	0.1941	0.2235	0.2283	0.2351	0.2377	0.3402
	ρ	1.517	1.837	1.836	1.818	1.851	1.885
地	Q_v	36.90	41.06	41.92	42.74	43.99	45.28
小	R_v	0.5222	0.5686	0.5976	0.5988	0.6140	0.6272
	Q_w	0.2337	0.2365	0.2431	0.2416	0.2196	0.2204
	ρ	1.25	1.31	1.37	1.42	1.58	1.59
麦	Q_v	29.98	31.03	33.30	34.31	34.69	35.04
荫	R_v	0.4142	0.5425	0.5623	0.5717	0.5812	0.5946
	Q_w	0.1825	0.2216	0.2225	0.2349	0.2376	0.2404
	ρ	1.29	1.47	1.50	1.54	1.56	1.61
棚	Q_v	23.54	32.57	33.38	36.17	37.54	38.70

注： ρ 为土壤容重； Q_w 为重量含水率； Q_v 为容积含水量； $Q_v = \rho \times Q_w$ ； R_v 为中子仪所测计数与标准计数之比值(计数率比)

2.2 试验结果与分析

由表2所列数据可以看出,各个测点随土壤含水量的增加计数率比也有增大的趋势,对各测点进行 R_v 与 Q_v 的散点作图,如附图所示。

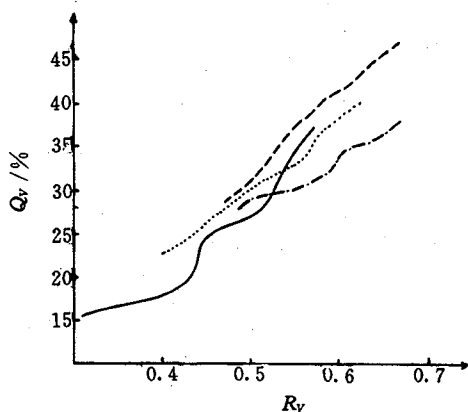
R_v 与 Q_v 根据附图的散点趋势对 Q_v 与 R_v 分别进行了曲线和直线拟合,求出各测点的标定方程(见表3)。

对以上各方程进行了相关系数检验,均为极显著,但对各测点的二种标定方程进行比较发现,直线方程 R_v 与 Q_v 之间的相关系数较曲线方程相关系数为小;曲线方程形式较复杂,但更能显示 R_v 与 Q_v 之间的相关关系。这也是L520型中子仪测法比其他一些仪器测法更为精确的优点之一。

2.3 误差分析

为对中子仪测定田间土壤容积含水量与烘干法相对误差进行研究,在裸地测点进行

了对比试验,结果如表4所示。



附图 各测点 R_v - Q_v 曲线图

直线:操场 断线:裸地
点划线:小麦地 虚线:荫棚

表3 各测点不同曲线标定方程

测点	线型	标定方程	相关系数
操场	曲线	$Q_v = 335.76 R_v^2 - 214.7 R_v + 50.529$	0.9771
	直线	$Q_v = 82.914 R_v - 13.075$	0.9432
裸地	曲线	$Q_v = -175.81 R_v^2 + 297.78 R_v - 74.14$	0.9968
	直线	$Q_v = 97.34 R_v - 17.568$	0.9944
麦地	曲线	$Q_v = 217.18 R_v^2 - 195.91 R_v + 72.903$	0.9662
	直线	$Q_v = 53.402 R_v + 1.6996$	0.9606
荫棚	曲线	$Q_v = 345.93 R_v^2 - 263.72 R_v + 73.432$	0.9934
	直线	$Q_v = 81.249 R_v - 10.583$	0.9802

表4 中子法与烘干法误差比较

深度/cm	中子法		烘干法		差值		相对误差	
	Q_1	Q_2	Q_0	$Q_1 - Q_0$	$Q_2 - Q_0$	$\Delta Q_1/Q_0$	$\Delta Q_2/Q_0$	
10	22.07	24.72	24.64	-2.57	0.08	-0.104	0.003	
20	37.85	38.44	38.43	-0.58	0.01	-0.015	0.001	
30	42.99	42.87	40.32	2.67	2.55	0.066	0.063	
40	43.94	43.85	40.59	3.35	3.26	0.083	0.080	
50	45.97	45.34	44.31	1.66	1.03	0.037	0.023	
60	47.89	46.63	46.13	1.76	0.50	0.038	0.011	

从表4误差分析结果可以看出,用直线方程标定得到的中子法测值与烘干法测值的相对误差都大于用曲线方程得到的中子法测值与烘干法测值的相对误差,特别是在土壤浅层(10~20cm),这种差别更为明显。这说明,用中子仪测水代替烘干法测水时,采用多项式回归更能提高测量的准确度。

3 结论

3.1 中子测水技术由于具有不取土样、不限测深、工作量小等优点,因而用于多层次、高密度、快速的土壤水分测定时,比取土烘干法具有更大的优越性。但在放射防护和提高浅层土壤水分的测定精度上,必须对原有中子仪作进一步的改进。

3.2 新研制的L520型中子水分仪与原有的LNW-50C中子水分仪相比,由于改用多项式回归曲线进行标定,因而不但提高了表层土壤水分的灵敏度和测定精度,而且减小

了源强,缩短了源距,体积和重量都大为减小,放射防护性能大为提高。

3.3 使用中子水分仪之前需对标定曲线进行田间测试,即同时用中子水分仪和取土烘干法进行平行观测,根据对比资料确定标定曲线及其方程。

3.4 在标定过程中,土壤容重的观测若采用传统方法仍须投入众多劳力,因此可进一步研制兼测土壤容重的中子仪,以扩大中子仪在土壤水分测定中的应用潜力,是否可用重量含水率直接和计数率比找相关,也值得进一步研究。

参考文献

- 1 简慰民等. 改善土壤浅层中子测湿精度的研究. 南京气象学院学报, 1997, 20(1): 80~84.
- 2 林家斌等. 浅深层高精度中子土壤水分仪. 核农学通报, 1996, 17(3): 141~143.

Calibration and Improvement of L520 Neutronscope

Made in China

Zhang Fucun Jian Weimin Wan Changjian

(Nanjing Institute of Meteorology, Nanjing 210044)

Abstract

Soil moisture of different layers was measured by improved L520 Neutronscope made in China and calibrated with polinomial regression method. The results show that measurments with new instrument and curve calibration method are much more accurate than that of the old LNW-50C Neutronscope and the linear calibration method.

Key Words: neutronscope improvment measurment of soil moisture accuracy