

一种中子仪测定土壤湿度田间标定的新方法

张仁祖

徐为根

(江苏省徐州市农业气象试验站,221006)

(江苏省气象局业务科技处)

提 要

通过试验提出一种新的中子仪田间标定方法,主要包括:一次安装、免灌水、点聚图资料筛选、对容积含水率三点平滑、容积权重平滑等,方法简单、实用、便于操作,所得标定方程精度高,结果令人满意。

关键词: 中子仪 田间标定 土壤湿度

引 言

中子仪是一种先进的土壤水分测量仪器,与传统的烘干称重法相比,省时、省力、不破坏观测场地,不受土壤水分状况的限制,非常适于对土壤水分变化作长时期的动态监测。但中子仪所测资料能否准确反映土壤湿度的真实情况,关键看仪器安装时的标定是否准确可靠。关于仪器标定方法,安装说明书已有详细说明,康桂红^[2]等也有相关标定方法研究。我们在仪器安装使用中,发现传统的中子仪田间标定方法技术要求高,而且费时、费力,不易求得高精度的标定方程。为此通过反复试验,得到一种新的仪器标定方法。主要是一次安装、免灌水、点聚图资料筛选、对容积含水率三点平滑、容积权重平滑等,方法简单、实用、便于操作,所得标定方程精度高,结果令人满意,对中子仪的田间标定有指导意义。

1 传统标定方法

要获得精确、逼真的土壤湿度值,中子仪田间标定工作的质量是极其关键的,标定方程的优劣直接决定了所测得的土壤湿度值的代表性。传统的田间标定工作通过灌水处理,同一层资料四点求和平均,二次安装铝管等方法^[1]存在着很大的弊病,费时、费力且得到的标定方程精度并不太高。

灌水处理的目的是使所确定的标定方程能适应不同的水分范围,但其存在以下三个问题:①灌水很难灌得均匀,容易造成取土点

与铝管处各相应层次土壤湿度值出现差异;②铝管安装后不能立即灌水,因为铝管刚安装好,铝管壁与土壤交界处存在缝隙,尤其在近地层缝隙更大,立即灌水容易在管壁周围沉积水分,会因中子仪计数值偏大而使标定方程出现较大误差;③灌水量很难掌握,水灌得太多,土壤湿度值就可能超过田间持水量,会使标定方程曲线上部向下弯曲。尤其是粘土地,因下渗困难,灌多了容易超过田间持水量,灌少了又很难渗透到下层。

通过中子仪所测得的计数比率和烘干称重法所测得的土壤湿度(都换算成容积含水量)资料是一一对应的,是用不同的方法对同一环境的不同描述,样本资料本身具有独立性,不同重复同一层次的样本又具有差异性,可直接用于回归分析。经四点求和平均,人为地减少了大量的数据(减少了75%),压缩后并不能提高标定方程的精确度,反而使样本量减少,增加了工作量,显然这种方法是不可取的。

而且二次安装铝管工作量很大,还存在一定的困难,尤其在粘土地,往往要借助机械才能完成。

2 新标定方法介绍

鉴于中子仪传统的标定方法上述种种弊端,我们在深入研究中子仪测湿原理的基础上,结合江苏省中子仪安装、调试、标定的实践经验,摸索出一套简单、快速、高质量的一次安装标定方法。

一次安装即在观测场的四角直接用麻花钻打孔安装铝管,同时采集各重复各层次的土壤样本用烘干称重法求取土壤湿度,换算成容积含水量,为加强样本的代表性,建议土样尽可能多取些,铝管安装好后立即用中子仪测量各层次的计数值,换算成计数比率,这样不仅省时、省工、而且因为二者是反映同一环境(几乎是同时)的土壤水分状况,因此标定方程的精度会更好,所取四个重复的资料不用求和平均,直接当作独立的样本资料进行回归分析,文献[2]也认为一次安装法是比较好的方法。

中子仪测量时,探头对从不确定的容积,即所谓的“影响圈”返回的热中子进行反应^[3],所得的不是对一个点的测量,大多数计数值是来自放射源 10~15cm 的范围内(干土范围更大)。所以,在一般意义上我们可以这样认为:中子仪所测得土壤湿度是一定球形容积(半径 10~15cm)内的容积含水率,因此,深度间隔定为 10cm 所取的读数能得到真实土壤剖面的一个平滑的水分反映形式,我们提出以下三种提高回归精度的数据处理方法,使得标定方程的精度得到很大的提高(见表 1)。

表 1 两种类型的土壤用不同的标定方法所得的标定方程

处理	粘土(盱眙,1996.10)			沙土(徐州,1996.8.2001.3~10)				
	方程	样本数 (n)	相关系数 (r)	方程	样本数 (n)	相关系数 (r)		
一次安装	未平滑	$Q = 68.242 \times R - 8.027$	69	0.895	$Q = 46.731 \times R + 3.268$	141	0.909	
	筛选	三点平滑	$Q = 60.173 \times R - 2.414$	63	0.925	$Q = 46.359 \times R + 3.830$	119	0.949
	容积平滑	$Q = 59.286 \times R - 2.269$	63	0.956	$Q = 45.956 \times R + 3.995$	119	0.976	
	未筛选	未平滑	$Q = 63.828 \times R - 5.368$	72	0.765	$Q = 46.378 \times R + 3.247$	144	0.803
	三点平滑	$Q = 54.765 \times R + 1.105$	64	0.843	$Q = 45.787 \times R + 3.452$	128	0.844	
	容积平滑	$Q = 53.697 \times R + 1.354$	64	0.926	$Q = 45.138 \times R + 4.287$	128	0.936	
	规范法	$Q = 69.382 \times R - 8.256$	72	0.684	$Q = 49.700 \times R + 2.853$	144	0.820	

注:测量深度 30~200cm, Q 为容积含水百分率, R 为中子计数比率,显著水平均为 0.01

2.1 点聚图资料筛选

烘干称重法只能反映 10cm 厚土层的土壤湿度,如果受降水或灌溉渗透的影响,在某一深度层土壤水分与相邻层相比有剧烈的变化,但中子仪可能由于上面所述的平滑作用而反映不出来,用点聚图分析可以看出:大部分点子都集中在一条直线周围(假想的直线,但是在理论上中子仪的计数比率与土壤容积水分含量的确成直线关系),而有极个别“野点子”却四处散落,这种测量原理的差异将对方程的精度产生一定的影响,在回归分析之前有必要将这些数据剔除掉,在剔除数据前,应制作烘干法相对湿度-深度曲线,对曲线进行平滑性分析,同时考察烘干法相对湿度-中子仪中子计数比率点聚图,这种人为的参与既不违背统计的原则,又弥补了中子仪测湿的不足,对提高回归方程的精度大有裨益,本研究中徐州、盱眙各剔除 3 对数据。

2.2 三点平滑

基于上述的中子仪测湿原理,将烘干称重法所测得的容积含水率进行三点平滑处

理。这样获得的某层的容积含水率就可以近似看成以该层中点为中心,上下二层容积内的容积含水率,可以得到新的序列。方法如下:

设烘干法测量的重量含水率为 W_i , ρ_i 为第 i 层容重,土壤相对湿度为 q_i , 有:

$$q_i = \rho_i W_i$$

q_i 经三点平滑后,建立新的土壤相对湿度序列 Q_i , 有:

$$Q_i = (q_{i-1} + q_i + q_{i+1})/3$$

用中子仪所得的各相应层次的中子计数比率 R_i (自变量) 与新序列 Q_i (因变量) 进行回归分析,得到中子仪田间标定方程,精度有明显地提高。

2.3 容积权重平滑

该处理的原理同上,唯一不同的是计算的方法更为精细,图 1 为土壤垂直剖面,球为中子仪测量“影响圈”,记为第 i 层,由 L_{i-1} 、 L_{i+1} 两个球缺和一个 L_i 鼓组成。

$$R = 15\text{cm}$$

$$h_{i-1} = h_{i+1} = 10\text{cm}$$

$$h_i = 2R - 2h_{i-1} = 2R - 2h_{i+1} = 10\text{cm}$$

其中 R 为“影响圈”的半径, h_{i-1} 、 h_{i+1} 为球缺 L_{i-1} 、 L_{i+1} 的高, h_i 为中间鼓高, 另有:

$$V = 4\pi R^3/3$$

$$V_{i-1} = V_{i+1} = \pi h^2(R - h_{i-1}/3) \\ = \pi h^2(R - h_{i+1}/3)$$

$$V_i = V - 2V_{i-1} = V - 2V_{i+1}$$

其中: V 为球(影响圈)的体积, V_{i-1} 、 V_{i+1} 分别为球缺体积, V_i 为鼓 L_i 的体积。

以 L_{i-1} 、 L_i 、 L_{i+1} 占 V 的体积份额为权重, 通过用烘干法测量的 L_{i-1} 、 L_i 、 L_{i+1} 层土壤相对湿度为 Q_{i-1} 、 Q_i 、 Q_{i+1} (方法同 2.2), 计算整个“影响圈”土球 i 即新序列第 i 层的相对湿度 Q_i :

$$Q_i = (V_{i-1} \times q_{i-1} + V_i \times q_i + \\ V_{i+1} \times q_{i+1})/V$$

用中子仪所得的各相应层次的中子计数比率 R_i (自变量) 与新序列(因变量) Q_i 进行回归分析, 效果非常令人满意。

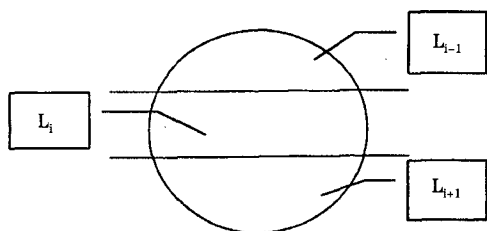


图1 土壤垂直剖面图

3 实例

资料来源于 1996 年 10 月在盱眙(典型的粘土地), 1996 年 8 月、2001 年 3~10 月在徐州(典型的沙土地)两地安装、标定中子仪

所获得的实测数据。仪器名称: CNC503DR 型中子水分仪。结果见表 1。

从表 1 可以看出, 无论粘土地、沙土地, 标定方程的相关系数都有以下规律:

$r_{(\text{筛选, 容积平滑})} > r_{(\text{筛选, 三点平滑})} > r_{(\text{未筛选, 平滑})} > r_{(\text{筛选, 未平滑})} > r_{(\text{未筛选, 未平滑})}$ 。显然采用一次安装, 数据经筛选、容积平滑处理所获得的标定方程精度最高, 而一次安装, 数据不作处理及用常规(规范)方法所获得的标定方程精度较差。

4 讨论

(1) 因中子仪测量表层(0~20cm)时, 中有部分溢出, 不宜与深层使用同一标定方程, 而表层数据量小, 无法采用本文的数据处理方法, 本文未采用表层数据, 也未对表层标定方法的进行更深入的研究, 实际业务使用的表层方程标定方法与文献[2]一致, 这方面的内容有待探讨。

(2) 测量标定最好能选择在不同的土壤水分范围, 可以使所获得的方程适应不同的土壤水分, 本研究盱眙点受时间限制在 10 月进行, 仍然取得了较好的效果。

(3) 用点聚图筛选资料不能片面追求高相关, 而随意地剔除数据, 如无把握, 应对数据进行统计检验分析, 剔除“野点”。

参考文献

- 1 国家气象局. 农业气象观测规范(上卷). 北京: 气象出版社, 1993: 78~80.
- 2 康桂红. 中子仪测定土壤湿度田间标定方法初探. 气象, 1996, 22(10): 42~43.
- 3 北京核安核子仪器有限公司. CNC503DR 型中子水分仪使用说明书.

A New Field Calibration Method with a Neutron Moisture Meter

Zhang Renzu

Xu Weigen

(Xuzhou Meteorological Office, Jiangsu Province 221006)

(Jiangsu Meteorological Bureau)

Abstract

Based on the experiments, a new field calibrating method with a neutron moisture meter is developed, including installed only once, no irrigation, data filtration of scatter diagram, three-dot smoothing method for the volumn water content rate, volumn weighted smoothing method and so on. The methods are simple, utility and easy to being operated. The calibrating equation has high accuracy.

Key Words: neutron apparatus field calibration soil moisture