

中子法测定旱地土壤水分中标定方法的改进

郭洪飞 熊运章

(水利与建筑工程系)

摘要 本文报道了中子土壤水分仪在田间直接标定的一种方法：多点标定与土壤含水量（重量%）均值分级回归法。采用此法所标定的曲线方程相关系数达0.993 04，土壤含水量响应范围为10%~20.69%，该法可提高所标定曲线精度，较好的适应水分变化范围，达到一次性标定成功，经取土实测比较，最大差值为0.019 8。此法并在西北农业大学水利系灌溉研究室进行实验验证。

关键词 中子法，土壤含水量，标定方法

中图分类号 S152.7

中子测水技术是农业上田间实地测定土壤水分较先进的方法之一，是目前国内外测定土壤水分的先进技术之一。它的突出优点是：不破坏土壤结构，不受水分物理状态变化的影响，有利于长期定位观测田间土壤水分，不受季节限制，能做任何深度的水分测定，简便、迅速、准确。由于此项技术具有其它方法难以代替的优点，所以，得到广泛的应用。

“中子水分仪的标定”是具体应用中子法测定土壤水分的关键技术理论问题，前人曾对此做了大量的研究工作^[1~3]，概括为：“单点标定法”。

然而，“单点标定法”具有一定的局限性，现有成果中很少涉及所得标定曲线的相关系数^[2,3]，而且也不尽理想^[4]，虽然所得结果有一定相关性，但各点比较分散，误差也大^[5]。为此，我们对中子法测定旱地土壤水分中的标定方法进行了改进。在用LZS-50型中子土壤水分仪测定土壤水分过程中，经过反复试验研究，提出了“多点标定与土壤含水量（重量%）均值分级回归法”。此法快速准确、简单实用、易于掌握、适应性广，可提高所标定曲线的精度，较好的适应水分变化范围，达到对中子水分仪的一次性标定成功。本文将研究结果报道如下。

1 测定、标定原理及方法

中子仪内装有一个中子源，当探头插入土壤后，快中子同土壤中的核子发生弹性碰撞，从而改变了快中子的方向，损失了能量。由于连续碰撞，中子继续损失能量，从而使其碰撞速度减慢而变为热中子或慢中子。热中子在中子源周围形成中子云，最终被土壤吸收。在弹性碰撞过程中，较轻的氢原子使快中子损失的能量比较重的原子使其损失的能量大，土壤中的轻核子几乎都是氢，因此，慢中子的密度同单位体积土壤中氢原子的总数成正比。中子土壤水分仪由探头及前置放大器、计数仪组成，其中探头部分包括

文稿收到日期：1990-03-21。

密封着的快中子源、锂玻璃闪烁体、光电倍增管及输入电路（称 Li+PM 系统），计数仪包括前置放大器、计数电路、显示装置等，前置放大器与计数仪通称地表装置。Li+PM 系统与部分慢中子云相互作用，产生电脉冲信号，通过电缆反馈到地表装置，经前置放大器放大后计数。对每台中子仪，必须在将要使用的土壤中检验或求出标定方程。在土壤的化学、物理特性及形态相同的地方，一种标定方程可适用于多种土壤，对大多数中子仪来说，在通常的持水量范围内，其标定方程是线性的。土壤有机物质、容重、缚着水将对标定方程产生影响，表现形式为一般可使标定方程曲线平行移动。当土壤各层次含水量变化梯度大时，中子仪测定的含水量偏低，用减小测点间距的方法可提高精度^[1]。当中子仪探头接近于地表位置时，一部分中子损失于大气中，这样现有的土壤含水量相应的计数就会偏低^[2]，对表层 20~40cm 深度的土壤来说，中子的损失甚为重要，且与探头的设计与土壤水分的含量有关^[2,3]。

中子仪的标定关系可用回归法将标定数据拟合为线性方程，即用中子水分仪测定土壤水分时，仪器给出的读数是热中子的计数率，要知道真实的土壤含水量，还必须用热中子计数率比对所测定的土壤含水量作图，即中子土壤水分仪的标定曲线： $\theta_v = a + bR_n$ 。式中， θ_v 为土壤含水量(干土重)百分数； R_n 为计数率比； b 是标定曲线的斜率；它的大小反映仪器的灵敏度，与中子源活度和 (Li+PM) 系统有关； a 是标定曲线的截距，受土壤容重、质地、化学组成的影响。

已有的中子仪标定方法有：实验室法、田间法。本文介绍一种田间直接标定的新方法——多点标定与土壤含水量(重量%)均值分级回归法。

2 标定曲线的确定

2.1 数据的取得

试验在西北农业大学水利系灌溉试验站内试验地中进行，分别在灌溉研究室“冬小麦土壤水分生产函数试验研究”的试验小区：A, P, K, L, M, N 中各埋设一根直径为 5cm、长 1m 的铅管，待铅管与土壤充分吻合后，就可进行土壤水分测定。先用中子水分仪分别在每个小区的测管上测定计数率，从地面下 20cm 处开始测量，每隔 20cm 为一测定点，直到 100cm，接着在离导管 13~20cm 的范围内，用洛阳铲取土，以计数率测点为中心，在上下 10cm 土层范围内取 3 个土样，分别装入 $\Phi 5\text{cm} \times 5\text{cm}$ 的铝盒中，用烘干法测土壤含水量(干土重)。经过对数据的处理发现标定方程适应土壤含水量的范围不够宽，因此，在下过一场雨的 2d 后，按上述方法对每个小区测管的 20cm, 40cm 处进行测量，然后对两次试验所得全部数据进行处理，得到了满意的结果。

2.2 数据处理

考虑中子土壤水分仪测定土壤水分时的综合因素，采用了土壤含水量(重量%)均值分级回归法，即用常规的取样烘干法，将测得的所有小区各测点的土壤含水量值(重量%)以 1% 为级别单位进行平均，并将其对应的用中子土壤水分仪测得的计数率比值也进行平均，然后进行回归分析。

3 结果与分析

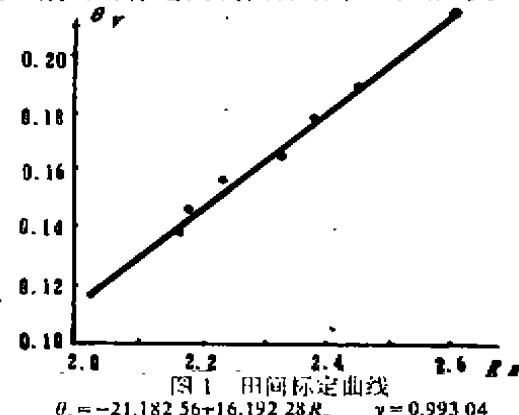
3.1 多点标定与土壤含水量(重量%)均值分级回归法对标定曲线(方程)精度的影响

多点标定与土壤含水量(重量%)均值分级回归法, 可提高所标定曲线的精度和较好的适应水分变化的范围, 达到一次性标定成功的目的。从表1和图1可见: 经此法做出的标定曲线的相关系数达到了 $\gamma = 0.993\ 04$, 比“单点标定法”所得标定曲线的相关系数 $\gamma = 0.976\ 77^{[4]}$ 高, 克服了应用“单点标定法”做出的标定曲线往往给不出相关系数^[2, 7]这一重要参数的缺点。

表1 20~100cm 土层标定数据和方程

项目	多 点 均 值						
θ_v	13.58	14.26	15.38	16.35	17.51	18.21	20.69
R_n	2.17	2.19	2.23	2.33	2.37	2.44	2.59
标定方程	$\theta_v = -21.182\ 56 + 16.192\ 28 R_n$						

注: 相关系数: $\gamma = 0.993\ 04$



3.2 多点标定与土壤含水量(重量%)均值分级回归法对测量准确度和精度的影响

为了检验用多点标定与土壤含水量(重量%)均值分级回归法得到的标定方程正确与否, 即由此法得到标定方程算得的数据准确程度如何, 我们分别在距每个测管的4m以外处, 分层取土, 实测含水量, 并与中子仪测量结果进行比较(图2)。从比较中可知: 取土实测与中子仪测含水量吻合较好, 实测与中子法的最大差值为: 0.019 8, 而用“单点标定法”得到的标定方程算得的数值与取土实测含水量的最大差值却为 0.024 0~0.080 0^[4, 7], 远远高于前者。从1m土层计算的土壤水总量比较(表2)可见: 平均

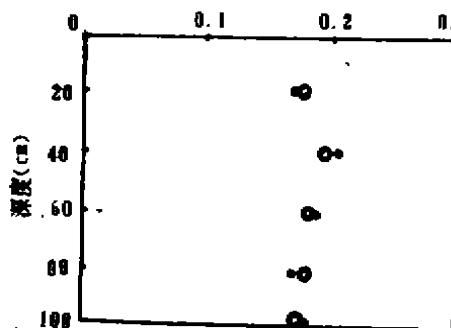


图2 取土实测含水量与中子法的比较

● 中子法; ○ 实测

表2 1m 土层土壤水总量比较 mm

方式	按实测值 计算的总值	按中子仪值 计算的总值	差值
L 区	264.29	280.93	16.64
N 区	252.30	249.66	2.64
A 区	253.21	270.79	17.58
M 区	254.54	238.38	16.16
P 区	242.53	243.01	0.48
K 区	248.27	259.80	11.53
平均	252.52	257.09	4.57

4 小 结

1) 多点标定与土壤含水量(重量%)均值分级回归法的测量精度高于“单点标定法”。采用此法所标定的曲线方程相关系数达0.993 04, 土壤含水量(重量%)响应范围为10%~20.69%, 能较好地适应水分变化范围, 经取土实测比较, 最大差值为: 0.019 8。该法可提高所标定曲线的精度, 消除影响中子土壤水分仪测定结果的综合因素。

2) 此法简便、实用、易于掌握, 适用性广, 标定成功率较高, 实现达到对中子水分仪的一次性标定成功的目的。

参 考 文 献

- 1 冷福田. 中子测水技术的农业应用与进展. 原子能农业评述, 1981 (1): 1~7
- 2 肖复兴, 王改兰, 张树辉. 中子法测旱地土壤水分的研究. 原子能农业应用, 1986 (1): 61~64
- 3 张转放, 华益. 中子仪分辨率的研究. 核农学通报, 1987 (6): 20~26
- 4 唐草雄, 胡江朝. 中子法、电阻法、称重法测量土壤水分的比较. 核农学通报, 1987 (6): 4~7
- 5 冷福田, 罗克勇, 张炳宇. 中子土壤水分仪的标定. 核农学通报, 1987 (6): 7~11
- 6 高国治. 国产LNW-50A中子水分仪的测试及其同进口仪器的比较试验. 核农学通报, 1987 (6): 26~29
- 7 谢森传, 段新杰. 503DR中子水分仪的标定. 核农学通报, 1987 (6): 14~19

An Improvement of the Specified Method of soil Neutron-probe Gauge in Determining Soil Moisture in Dryland

Guo Hongfei Xiong Yunzhang

(Department of Water Conservancy and Architectural Engineering)

Abstract This paper reports the direct specified method by using the neutron-probe to determine soil moisture in the field: the multiple point specification and the mean value grading retrogression method of soil moisture contents (weight %). The correlation coefficient of curve equation specified by adopting this method reaches 0.99304. Soil moisture responses scope is 10%~20.69%. This method may raise accuracy of specification curve and adapt to the changing scope of soil moisture, thus, achieving the successful specification of neutron-probe gauge. The greatest difference value reaches 0.0198 through comparison by taking soil samples in actual determination. The method has been tested in the Irrigation Research Laboratory of Water Conservancy Department of Northwestern Agricultural University.

Key words Neutron-probe gauge, soil moisture, specified method