

中子水分仪测量范围的几个试验*

袁小良

(中国科学院石家庄农业现代化研究所)

SEVERAL EXPERIMENTS OF MEASUREMENT FOR NEUTRON PROBE SYSTEM

Yuan Xiaoliang

(Institute of Agricultural Modernization, Academia Sinica, Shijiazhuang)

土壤水早被人类所利用。由于它具有本身的特征,对它的研究无论从理论上还是测试技术方面,都还远远落后于其他水体资源,如地表水以及地下水等开发利用的研究。

自从五十年代核反应堆能提供中子源以来,中子测水方法得到了应用,并获得迅速发展。在今天,中子水分仪测量土壤水分已被认为是最好的测试方法,它具有简便、快速、准确等诸优点。随着研究的深入,势必更加完善。

一、中子水分仪测量土壤水分的原理^[1,2]

中子水分仪是由装入中子辐射源(镅-铍)经密封的探头放入土壤中来进行土壤水分测量的。

中子源能够发射一定能量的高速运动的快中子,当与某原子核相互作用时,一方面能够导致改变中子运动的方向,另一方面能够导致改变中子运动的方向,另一方面能够导致中子能量的全部或部分损失,引起快中子的散射、慢化,当它们变慢到“热”能量水平时,快中子就变成慢中子称热中子,在中子源周围产生了一个慢中子云,称“热中子云”或“热中子球”(图1)。慢中子云的密度将由探头里的一个三氟化硼慢中子检测器进行采集。来自检测器的电脉冲在通过电绳传到计数器以前被放大和整形,最后由计数器上的数字显示出平均数率(每秒计数)。人们根据计数器的数值来判断被测物质内原子核的含量。

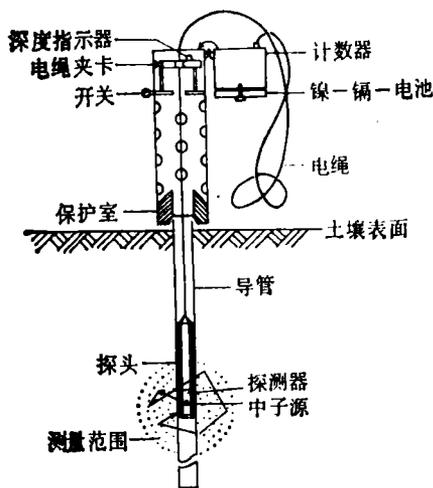


图1 中子水分仪测量原理示意图

* 试验在西德 Kaiserstuhl 黄土区进行,由 G. Morgenschweis 博士, G. Luft 博士等人共同完成。

把探头放入土壤内,辐射源便把快中子射入土壤,与土壤中的原子相碰撞,引起快中子散射、慢化和损失能量,一旦中子达到热能级,便形成“热中子云”。由于氢对快中子慢化的能力最强,而土壤中的氢存在于土壤水中,因此热中子密度取决于氢的含量。由计数器的读数通过适合的定标曲线就可以换算成容积土壤水分含量。

二、仪器测量土层范围的几个试验

如上所述,中子水分仪在某土层内工作时,得到的是以中子源为中心的球体半径范围内土层含水量的平均值。如何确定其球体半径 R 值呢?在测定中一般认为土壤表层 20—30 厘米以下可使用。就是说,土壤表层 20—30 厘米内的土壤含水量的测定只能用其他方法来测量,如表面型中子水分仪,取土烘干称重等。那末,这 20—30 厘米的数值概念又由何而来呢?是否都一概而论呢?这里作者介绍几个试验,论证使用插入型中子水分仪在当地条件下土层适用的范围。

1. 先把探头放入装有导管的盛水容器内(图 2),从水下 40 厘米处开始,逐步向上拉,越过水面拉入空气中至 50 厘米,分别取得读数,在米格纸上点绘结果如图 3。可以看到在接近大气层(约水面以下 12 厘米处)时,脉冲量读数有一个明显的变化,其转折点就是中子散射球体半径 R 值。

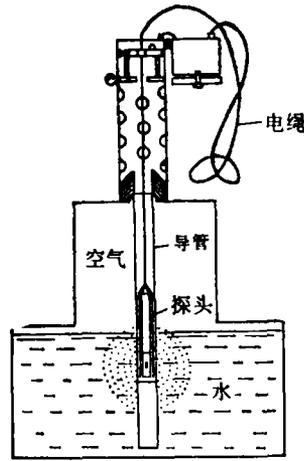


图 2 水-空气界面测量试验示意图

2. 从地面以下 40 厘米的土体处(我们试验的土壤为干容重 1.4 g/cm^3 的黄土)开始,逐层向上拉入水中。测量的结果如图 4。表明在当时土壤含水率为 35 Vol. % H_2O 的情

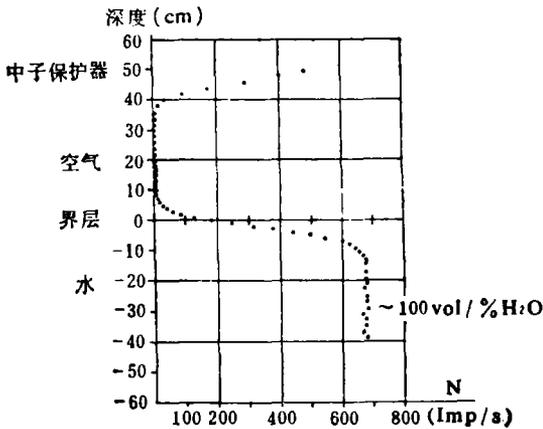


图 3 水-空气界面测试结果

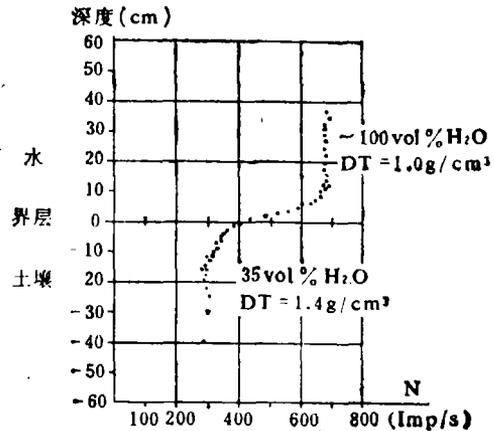


图 4 土壤-水界面测试结果

况下,其 R 值约为 17 厘米,在水中是 12 厘米。

3. 进一步试验中子测量的水平和垂直方向的球体半径。垂直方向试验是从地面以下 30 厘米深处开始,向上拉至地面(图 5 中的①),获得各层次的脉冲读数;水平试验时,探测器保持在地面以下 30 厘米处,然后在其旁边不断向导管靠拢挖土(图 5 中的②),同样获得各层次的脉冲量读数。点绘在米格纸上,在 16 厘米处有一个较为明显的拐点。试验的情况及其结果如图 5、图 6。(当时的土壤含水量为 26 Vol. % H_2O , 干容重为 $1.3g/cm^3$ 的黄土)。

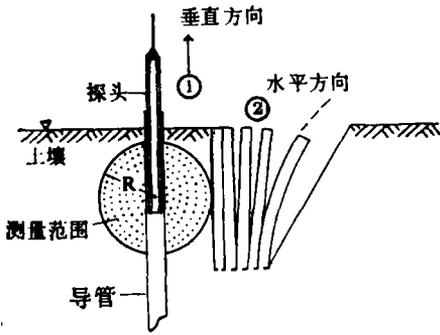


图 5 土壤-空气界面水平和垂直方向测定试验示意图

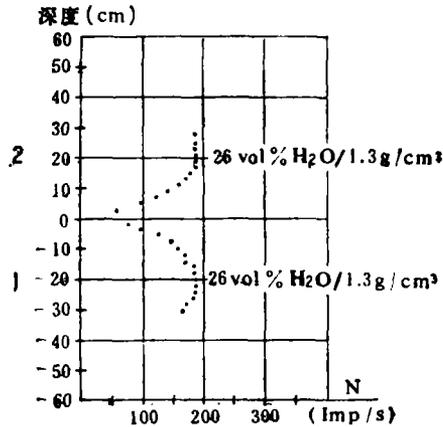


图 6 土壤-空气界面水平和垂直方向测试结果

三、结论与讨论

通过以上的几种试验获得的结果,可以认为在黄土区土壤湿度的变化范围内,中子水分仪测量土层的适宜范围是在水平方向宽为 30—40 厘米 (R 为 15—20 厘米),垂直方向深为 20—30 厘米 (R 为 10—15 厘米)。

中子水分仪在每根测管内可以按照预定深度间隔沿剖面作一系列测量,深度间隔太小或太大都不会得到满意的结果。当不同水分含量的土壤层次之间有尖锐的界面发生时,产生小的误差是不可避免的,最坏的情况莫过于土壤表面处的土壤-空气界面,它将极大地影响表层读数,当探头在地表以下大约 25 厘米以内时,由于中子离开土壤而损失掉,因此原来的正常定标曲线已不再能运用。对表层土壤(如 0—20 厘米)的测量要另用其他仪器及其定标曲线。

参 考 文 献

[1] 顾慰祖,陈廷扬,吕明强,1979: 中子散射理论在测定土壤水分中应用。水利水电技术(水文副刊)·3期。
 [2] Luft, G. und G. Morgenschweis, 1981: Neutrontieftensonden und die Erfassung der Bodenteuchte in Wissenschaft und Praxis. Wasser und Boden, H. 11.