

# 提高土壤水分检测准确性的途径分析

苏 振 李秀红 李 佳 王艳斌

中国电子科技集团公司第二十七研究所 河南郑州 450000

**摘 要:** 土壤水分对农业生产具有十分重要的意义,它是影响作物生长、发育及产量的重要因子,因而成为农业气象学研究的重要对象之一。因此提高其检测的准确性也尤为重要,本文通过对几种检测土壤水分的方法分析来探讨在检测方法方面提高土壤水分检测的准确性途径,这在一定程度上为农业气象学的发展奠定了良好基础。

**关键词:** 土壤水分; 检测方法; 准确性

## Analysis of ways to improve the accuracy of soil moisture detection

Su Zhen, lixiuhong, Li Jia, wangyanbin

The 27th Research Institute of China Electronics Technology Corporation Zhengzhou, Henan 450000

**Abstract:** Soil moisture is of great significance to agricultural production. It is an important factor affecting crop growth, development, and yield, so it has become one of the important objects of agricultural meteorology research. Therefore, it is particularly important to improve the accuracy of soil moisture detection. This paper discusses the ways to improve the accuracy of soil moisture detection by analyzing several methods of soil moisture detection, which have laid a good foundation for the development of agricultural meteorology to a certain extent.

**Keywords:** soil moisture; detection method; accuracy

### 引言:

水分是天然土壤的一个重要组成部分,它不仅影响到土壤的物理性质,制约着土壤中养分的溶解、转移和微生物的活动,而且是构成土壤肥力的一个重要因素,更是一切植物赖以生存的基本条件。因此测定土壤含水量,对实施精准农业,节水灌溉,提高农业生产效率具有重要意义。本文通过总结常用测定土壤水分的方法及其原理来比较分析了各种测定方法的优缺点。并且详细阐述了TDR、FDR等方法在土壤水分测定中的应用,为土壤水分测定精度、操作性、实用性的研究提供一定的参考。

### 1 土壤水分测定方法

对土壤水分含量测定方法的研究一直被人们所重视,主要的土壤水分测定方法包括烘干法、中子法(NP)、时域反射法(TDR)、频域反射法(FDR)、驻波率法(SWR)、遥感法(RS)、探地雷达法(GPR)等,各种测量方法都有其自身的适用范围和优缺点,在此本文对不同的方法加以介绍。

### 2 烘干法

烘干法是目前国际上仍在沿用的测定土壤水分标准方法。此方法操作过程为在田间地块选择代表性取样点,按照观测规范要求深度分层取得土样,将土样放入铝盒并立即盖好,以减少水分蒸发对测量结果的影响。对装有土样的铝盒进行称重(记为 $W_1$ )后打开盖子,置于恒温烘箱内,将温度设为 $105^{\circ}\text{C}$ 对土样烘干约24h,对于土及铝盒进行称重(记为 $W_2$ )。<sup>[1]</sup>则所测土层的土壤质量含水量的计算公式可表示为:

$$\theta_m = (W_1 - W_2) / (W_2 - W_3) \quad \text{—— (式1)}$$

式中: $\theta_m$ 为土层第m次测得的土壤质量含水量, $W_3$ 为空铝盒重。一般进行3次以上的重复测定,取平均值作为取样土层的土壤质量含水量。

此方法简便、可靠,测定精度较高,所需的工具均为常规农气观测设备,容易得到。不足之处是观测人员较为辛苦,野外取样的工作量大,烘干至恒重需时较长,不能及时得出结果,取样时会破坏土壤;定期测定土壤含水量时,不能在原处再取样,而不同位置上由于土壤

的空间变异性, 给测定结果带来误差。

### 2.1 中子法 NP

中子法是把一个快速中子源和慢中子探测器置于套管中, 利用中子源辐射快中子, 快中子与周围介质中的原子核发生碰撞会产生能量损失, 形成衰减而被慢化成慢中子。而水中的氢原子对中子的慢化能力远大于土壤中的其他元素。土壤含水量越多, 氢原子越多, 产生的慢中子也就越多。慢中子被探测器量出, 经过校正可求出土壤的水分含量。<sup>[2]</sup>应用中子法测量土壤水分较精确, 并且克服了烘干法的一些缺点, 可以实现对土壤水分的定点连续观测, 测定的土壤水分是一定区域内容积的平均含水量, 精度高, 不破坏原状土, 可以在一定程度上消除土壤水分田间不均匀的影响。

### 2.2 时域反射法 TDR

TDR法是信号发生器发射高频脉冲, 沿同轴传输线传输, 由于同轴传输线与探针阻抗不匹配, 在探针的起始和末端会产生反射信号, 测量两次反射信号的时间差来确定土壤介电常数, 进而计算出土壤含水量。早期的研究者在TDR测定土壤含水量影响方面做了大量工作 (Topp等, 1980; Wraith和Or, 1999), 认为当温度在10 ~ 36℃, 实际含水量在0 ~ 0.35cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>变化时, 此法不受土壤质地、容重、温度等物理因素的影响。利用TDR测定土壤含水量, 在观测土壤水分过程中可以不破坏土壤原状结构, 操作简便, 测量精确、快速、能长期连续工作, 具有非常明显的优点。利用TDR连续测量土壤含水量的同时, 还可以在同一个体积单元中测定土壤的体积电导率, 由土壤中溶液的电导率则可进而精确推算土壤溶液的盐分浓度。TDR的缺点是电路复杂, 导致设备昂贵。

### 2.3 频域反射法 FDR

FDR法是一种利用LC电路的振荡, 根据电磁波在不同介质中振荡频率的变化来测定介质的介电常数 $\epsilon$ , 进而通过一定的对应关系反演出土壤水分 $\theta_v$ 的仪器。FDR的每一组传感器都由两个铜环所构成, 相当于LC振荡电路的正负两个极板, LC振荡电路的频率数学表达式

$$F = \frac{2\pi}{\sqrt{LC}} \quad \text{—— (式2)}$$

其变化要受到电感(L)与电容(C)变化的影响, 由于此仪器采用固定的电感值, 因此, 振荡频率的变化取决于电容的改变, 而电容的改变受到两铜环之间套管外的土壤部分影响, 所以通过对频率的分析就可反演出土壤的含水量。

由于水的介电常数远远大于土壤基质中其它材料的介电常数和空气的介电常数, 因此土壤的介电常数主要依赖于土壤的含水量。FDR法是通过测量土壤的介电特性来反演土壤水分含量的, 因此它的测量精度与土壤的容重、颗粒状态、盐度等有密切的联系。由于自动监测仪的位置是固定不变的, 而人工取土的地点是不断变化的, 容易造成自动监测仪与烘干法对比时产生误差。

### 2.4 驻波率法 SWR

驻波率法通过测量土壤介质中的探针的阻抗测定土壤的介电常数, 当探针的几何结构一定时, 探针阻抗取决于土壤介电常数, 而土壤的介电常数主要受土壤水分的影响, 所以通过测量探针的阻抗可以达到测量土壤含水量。驻波率法所用的传感器元器件价格低廉, 不易腐坏, 可以定点埋设, 与数据自动采集系统连接可以实现遥测, 但在埋设探头时会破坏土壤结构, 测值存在滞后现象, 测定结果易受温度和土壤溶盐的影响, 对各种不同质地的土壤测定时要分别进行标定。

## 3 针对几种检测方法进行提高土壤水分检测性分析

### 3.1 烘干法

首先, 烘干法比较简便、可靠, 并且测定精度较高, 甚至在工具选择上也是极为方便, 均为常规农气观测设备。<sup>[3]</sup>但是其在得出结果方面, 却稍显困难。由于其野外取样, 工作量大, 观测人员较为辛苦, 而在烘干时也是因为到恒重所需的时间久, 因此无法快速得出结果。鉴于此, 本文建议在观测人员选择方面, 尽量选择专业程度较高的专业型人才进行观测, 这样在进行野外取样时, 发生突发状况时, 专业人员才能灵活应对。其次是在测定土壤含水量时, 无法继续在原处取样, 但是不同位置上由于土壤的空间变异性, 会给最终结果带来测量误差。因此, 在测量时要确保是同一土壤, 避免差异过大, 同时派遣专业的取样以及测定人员, 最大程度确保测定结果的准确性。

### 3.2 中子法

中子法在烘干法的基础上, 能够很好地克服烘干法的一些缺点, 可实现对土壤水分的定点连续观测。但其也有缺陷: 第一, 只能测量区域范围内的平均含水量, 在测量层状土壤水分时会出现偏差; 第二, 由于中子法的测定原理是快中子与氢原子碰撞产生慢中子, 通过对慢中子的测量与校正得出土壤中水的含量。因此, 在测定部分有机质较多的土壤中, 此方法不适用。为提高测量土壤水分的准确性, 测量团队在测量时应选取适合土壤样本的方法, 做到“因地施才”。

### 3.3 时域反射仪 TDR

在使用此方法测定土壤含水量时, TDR 在观测土壤水分过程中可以不破坏土壤的原状结构, 并且操作简便, 能长期连续工作, 具有明显优点<sup>[4]</sup>。并且其可以在测量土壤水分的同时测得土壤的体积电导率, 根据电导率可以进而精确推算土壤溶液的盐分浓度。TDR 测量精度高, 响应速度快, 测量范围宽, 一般不需要标定, 测量结果受土壤质地、容重以及温度等物理因素影响很小, 但在测量部分高有机质含量土壤、高粘土时, 需要标定。因此, 在选择此方法时, 应注意土壤的质地以及周围环境, 从而提高土壤水分测定的准确性。

### 3.4 频域反射仪 FDR

此方法是根据电磁波在介质中震荡频率的变化来测定介电常数, 再通过一定的对应关系推演出土壤水分。但是因为这种测定的特殊性, 其测量精度与土壤的容重、颗粒状态、盐度等有着密切联系。更为重要的是, 由于自动监测仪的位置不会发生变化, 因此取土地点也不会发生变化, 这种“不变”与烘干法的“易变”形成强烈对比。这就导致在使用自动监测仪与烘干法对比时产生误差。除此而外, FDR 仪器的安装过程, 不同的土质类型的参数设置等因素所造成的结果也不同, 即还是存在一定误差。

### 3.5 驻波率法 SWR

在驻波率法中, 一般使用的传感器元器件价格低廉, 不易腐坏, 但是在埋设探头时却会破坏土壤结构, 因此对于此方法来说, 专业的工人是必需的。除去探头问题

外, 其测值存在滞后现象, 并且测定结果容易受温度与土壤溶盐的影响, 因此在对不同质地土壤测定时要进行标定。因此, 在使用这种方法时, 除去聘请专业的测量人才外, 在测定过程中也要注意土壤结构, 从而保证土壤水分测定的准确性。

## 4 结束语

随着人口、资源与环境成为可持续发展的三大热点, 与之密切相关的土壤水分研究亦必在可持续发展的战略高度下向纵深发展。土壤水分研究涉及土壤学、农业气象学、植物生理学、水力学、环境学、生态学、地学等多学科, 而这些交叉联合研究则是未来土壤水分测定研究的发展趋势。而本文对于提高土壤水分测量的准确性进行分析探讨, 一定程度上为这些学科的交叉研究奠定了良好的数据测定基础, 为土壤水分的未来研究开创了良好局面。

### 参考文献:

- [1] 罗迪汉, 宇宙, 王勇, 李兴. FDR-土壤水分测定仪标定方法初探[J]. 内蒙古林业科技, 2015, 41 (01): 31-35.
- [2] 孙蕾, 王磊, 蔡冰, 王赛嶝. 土壤水分测定方法简介[J]. 中国西部科技, 2014, 13 (11): 54-55.
- [3] 陆枫, 胡志洪, 胡毅恒. 土壤水分测定方法研究[J]. 企业导报, 2012 (23): 270. DOI: 10.19354/j.cnki.42-1616/f.2012.23.200.
- [4] 姚运仕. 土壤水分测定仪校准方法的研究[J]. 现代农业装备, 2012 (06): 49-50.