

李艳萍,陶伟,黄剑钊.一次自动土壤水分观测数据异常的原因分析[J].气象研究与应用,2020,41(3):98-101.

Li Yanping, Tao Wei, Huang Jianzhao. Analysis on the causes of abnormal soil moisture observation data[J]. Journal of Meteorological Research and Application, 2020, 41(3): 98-101.

一次自动土壤水分观测数据异常的原因分析

李艳萍, 陶 伟, 黄剑钊

(广西壮族自治区气象技术装备中心, 南宁 530022)

摘要: 利用广西某土壤水分观测站 2018 年 1 月 1 日 01 时—2 月 23 日 08 时 10~100 cm(共 8 层)土壤水分逐小时监测数据,进行瞬时归一化频率值的变化趋势分析。结果表明,10~40 cm 土壤层水分观测值先后出现异常是探测环境改变引起。对土壤水分观测数据的统计分析不仅能进行数据质量控制,也可以间接达到探测环境监控的目的,而传感器的归一化频率值的变化更能直接反映探测环境现状。

关键词: 土壤水分;频域反射法原理(FDR);探测环境;归一化频率

中图分类号: P41

文献标识码: A

doi: 10.19849/j.cnki.CN45-1356/P.2020.3.18

OSID:



引言

土壤水分状况是水分在土壤中的移动、各层中数量的变化以及土壤和其它自然体(大气、生物、岩石等)间的水分交换现象的总称。土壤水分是土壤成分之一,对土壤中气体的含量及运动、固体结构和物理性质有一定的影响,制约着土壤中养分的溶解、转移和吸收及土壤微生物的活动,对土壤生产力有着多方面的重大影响。土壤水分是水分平衡组成项目,是植物耗水的主要直接来源,对植物的生理活动有重大影响。进行土壤水分状况的测定,掌握其变化规律,对农业生产实时服务和理论研究都具有重要意义^[1]。广西于 2010—2012 年建设了 50 个自动土壤水分观测站,利用频域反射法原理(FDR)来测定土壤体积含水量,实现了土壤水分自动观测,获取具有代表性、准确性和可比较性的土壤水分连续观测资料,提高观测数据的时空密度,为干旱监测、农业气象预报和服务提供较高质量的土壤水分监测资料。基于 FDR 测定的土壤水分观测数据已经在业务和科研上得到了应用,在测定技术^[2-3]、标定方法和质量分析^[4-8]、土质对土壤水分影响^[9-11]等技术研究上

积累了丰富的经验,但自动土壤水分观测站建站以来,数据质量一直不太好,这与传感器自身的电学特性、探测环境、安装方法、标定和订正等都有很大的关系,探测环境的变化直接影响到观测数据质量,尽管有定期巡检维护的规定,但保障人员因责任心和专业能力等原因往往会忽略了探测环境变化,对土壤水分观测数据质量造成了影响。在定期巡检维护的基础上,对土壤水分观测数据进行质量分析也可以及时发现探测环境的变化。本文以分析广西某土壤水分观测站(简称广西 M 站)8 层土壤的归一化频率数据变化趋势为例,探讨通过土壤水分观测数据质量分析来发现探测环境变化、减少探测环境对土壤水分观测的影响的方法。

1 资料和方法

广西安装的自动土壤水分观测站设备型号均是 DZN3 型^[12],采用频域反射(FDR)测量技术,使用插管式传感器,通过测量放置在土壤中的传感器两个电极之间的电容形成的振荡回路所产生的信号频率来测量土壤介电常数,而土壤介电常数与土壤水分是密切相关的。传感器采用“土壤-水介电系数法”

收稿日期: 2020-05-30

作者简介: 李艳萍(1977—),女,高级工程师,主要从事气象探测保障和技术研究工作。E-mail: 80085820@qq.com

通讯作者: 陶伟(1983—),男,高级工程师,主要从事气象探测保障和技术研究工作。E-mail: 249525294@qq.com

原理,利用传感器在不同土壤含水量中的频率 SF (scaled frequency 归一化频率)变化来测量土壤体积含水量(θ_v),两者的关系可以用公式表述:

$$\theta_v = a \times SF^b \quad (1)$$

其中 a 和 b 为参数。

归一化频率 SF 定义为:

$$SF = \frac{F_a - F_s}{F_a - F_w} \quad (2)$$

通过计算频率相对偏移来测量。

F_a 为仪器放置于空气中所测得的频率,

F_w 为仪器放置在水中所测得的频率,

F_s 则为仪器安装于土壤中所测得的频率。

采用实验室标定法获得土壤含水量与实际传感器频率之间的数据组,建立函数方程,以获得传感器电信号(归一化频率 SF)与土壤体积含水量之间关系的参数(a 和 b),对传感器进行标定。由于土壤水分自动观测仪安装处土壤类型、土壤剖面的各组织层、土壤质地、密度和土壤颗粒各不相同,使得土壤电导率各不相同,通过人工取土,采用烘干法测得的土壤水分资料来订正土壤水分自动观测仪测量得到的土壤含水量。

2 结果与分析

崔婕等^[10]通过土壤水分入渗实验分析发现,归一化频率 SF 与土壤体积含水量的关系比传感器频率与土壤体积含水量的关系具有更好的线性相关性。传感器在出厂时以及运行周期中均会进行电性能核查校准,认为归一化频率 SF 是可靠的。为了消除其他因素的影响,选择用归一化频率值对探测环境变化进行分析。数据来自广西 M 站 2018 年 1 月 1 日 01 时—2 月 23 日 08 时 10~100cm (共 8 层)各层土壤逐小时瞬时归一化频率值,其中 2 月 7 日缺

少了 04 时—16 时的观测数据,少部分日期缺少 1—2 时次的数据,缺少的数据并未影响对数值整体趋势的分析。从 2018 年 1 月 1 日—2 月 23 日广西 M 站各层土壤逐小时归一化频率值变化趋势来看(图 1),单独从各层土壤、临近时次的归一化频率值的变化趋势角度,各层数据没有明显的异常跳变,意味着从临近时次的归一化频率值来看,各层数据的变化是连续的,基本看不出数据存在太大异常;从 8 层土壤、较长时间序列来分析,发现存在 4 个时间节点,即图 1 中的 A 节点(1 月 26 日 20 时左右)、B 节点(2 月 7 日 03 时左右)、C 节点(2 月 12 日 11 时左右)、D 节点(2 月 18 日 10 时左右),分别对应着 10cm、20cm、30cm、40cm 的归一化频率值变化趋势出现了异常:A 节点之前,8 层土壤归一化频率值的变化趋势基本一致,各层之间频率值差值基本是保持固定,呈现出基本相互平行的曲线;A 节点之后,10cm 层数值出现上升后持续下降,与其他层的数值变化趋势不一致,数值上升期间未见其他层次土壤出现上升趋势。由图 2 可知,M 站在 1 月初(1 月 1—8 日)、1 月末(1 月 26—28 日)分别出现两段降水过程,1 月初的降水过程期间各层土壤数值上升并变化趋势一致,而 1 月末的降水过程期间即 A 节点附近的 10cm 层数值与其他层次的变化不一致,有别于降水过程正常下渗现象引起的土壤湿度变化;B 节点之后,20cm 土壤的数值开始持续下降,与其他层的数值变化趋势不一致;C 节点之后,30cm 土壤的数值开始持续下降;D 节点之后,40cm 土壤的数值开始持续下降。综合以上分析,10cm~40cm 归一化频率值先后出现持续下降趋势,各层的数据是连续的,这 4 层数值的下降趋势倾斜值 b 的关系是 $b_{10cm} > b_{20cm} > b_{30cm} > b_{40cm}$, 出现时间 T 的先后关系是

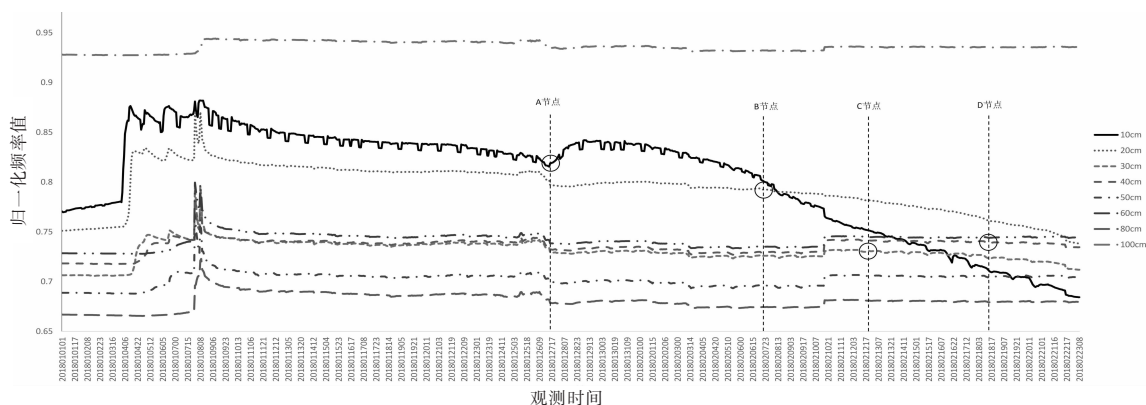


图 1 2018 年 1 月 1 日—2 月 23 日广西 M 站各层土壤逐小时归一化频率值变化趋势

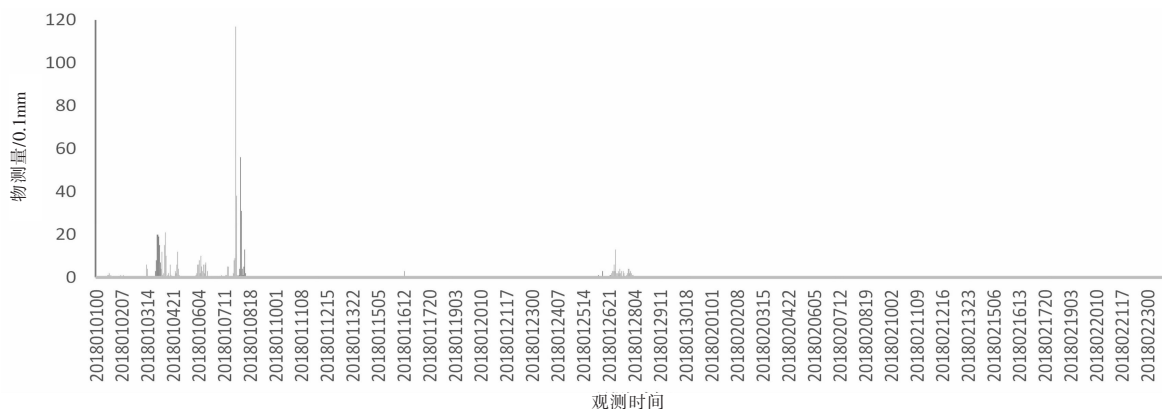


图2 2018年1月1日—2月23日广西M站地面站小时降水量统计图

T10cm>T20cm>T30cm>T40cm,其他层次的数值变化趋势基本上不变,由此可推断,该站观测环境发生某种变化导致10cm~40cm层的观测数值出现了异常。

3 确认探测环境遭受破坏

郭卫华等^[3]提出,如果产生土壤孔隙,则探头测量的是空气而非土壤水分的介电常数,FDR的读数受到电极附近土壤孔隙和水分的影响,对于使用探管的FDR,探头-探管-土壤是否接触良好对测量结果的可靠性有影响的。陈海波^[13]在分析自动土壤水分观测仪常见问题时发现,有些台站的表层数据在一段时期内持续下降,土壤水分值接近甚至达到0,发现是传感器周围土壤发生龟裂导致数据异常,龟裂会导致传感器与土壤间出现较大缝隙,根据传感器测量原理可知,空隙的出现使得传感器所感应的周边土壤中空气所占比重加大,所测量的土壤介电常数偏小,仪器观测的水分数据将严重偏低。根据广西M站土壤水分观测数据变化趋势,该站10cm~40cm层的观测数值出现持续下降的趋势,很大可能性是因为这些层次传感器与周围的土壤出现了孔隙。广西M站建设于2012年,固定观测地段,土壤是原土,土质是粉壤土,覆盖物是草地,不易出现龟裂,因此,传感器与周围的土壤出现孔隙不是因为土壤龟裂造成,很可能是探测环境有所变化或已经遭受破坏。

通过台站人员了解到,M站安装位置在国家级地面气象观测场的西北面,距离观测场围栏5m左右,该站北面10m左右有个斜坡,围有简易挡土墙,2017年台站在观测场周边开展基础设施建设,工程持续数月,到2018年初仍有后续工作在进行,施工涉及到将距离土壤站北面10m左右的简易挡土墙

拆掉,改造成可步行上去的斜坡,施工期间,台站人员意识不强,将拆除的其他设备和杂物堆放在土壤站周边,观察传感器周边的草皮,未发现有明显孔隙。根据了解到的这些情况,可以分析出10cm~40cm层的观测数值出现异常的产生原因:①10cm层曾出现数值异常上升而其他层次土壤正常的现象,推断是因为施工期间传感器周边堆放有其他设备和杂物,日晒、通风等条件不好,存在少量积水或环境比较潮湿导致的数值异常上升,变化趋势与其他层土壤不一致;②10cm~40cm层从浅到深先后出现观测数值持续下降的现象,推断是因为传感器北面的斜坡改造引起,斜坡改造时拆除了简易挡土墙,尽管增加了泥土减少土坡的陡度,通过目测土壤表层未发现明显变化,但浅层土壤因缺少了原来的挡土墙的支撑,随着时间推移土壤慢慢向外扩散,土壤结构发生了改变,特别是到2018年初,使10cm~40cm层传感器与周围的土壤先后出现了不同程度的孔隙,导致观测到的数据出现持续下降趋势。从以上分析可知,M站的10cm~40cm层的观测数值出现异常的原因是因为基础设施建设破坏了探测环境而引起的。

将此次分析结果上报主管部门,并于2018年3月派人现场勘察确认探测环境已遭受破坏,要求台站按照业务相关要求要求进行选址搬迁。

4 结论

(1) 观测站探测环境是保证获取到准确观测数据的基础,探测环境的日常监控除了定期巡视检查之外,也可以通过对土壤水分观测数据的统计分析来发现有可能由于探测环境改变而引起的数据异常,从而间接达到监控目的。

(2) 根据自动土壤水分观测原理和数据处理的特点,土壤体积含水率观测值是需要通过实验室标定法建立传感器电信号(归一化频率)与土壤体积含水量关系来获得参数来进行计算,土壤体积含水率观测值除了水、空气标定人工误差外,还继承了实验室标定所带来的误差,相比土壤体积含水率观测值,传感器的归一化频率值对探测环境变化的敏感性更高,更能直接地反映探测环境的变化。因此,选用归一化频率值来分析和判断探测环境变化更合适。

参考文献:

- [1] 中国气象局综合观测司.自动土壤水分观测规范(试行)[S].北京,2010.
- [2] 黄飞龙,李昕娣,黄宏智,等.基于 FDR 的土壤水分探测系统与应用[J].气象,2012,38(6):764-768.
- [3] 郭卫华,李波,张新时,等.FDR 系统在土壤水分连续动态监测中的应用[J].干旱区研究,2003,20(4):247-251.
- [4] 王黎明,张雪芬,周旭辉,等.FDR 土壤水分传感器原状土壤标定方法研究[J].气象科技,2016,44(3):347-353.
- [5] 舒素芳,张育慧,蔡敏,等.DZN3 型土壤水分自动站测墒质量分析[J].气象科技,2013,41(1):42-45.
- [6] 周旭辉,王黎明,王建波,等.FDR 自动土壤水分数据标定问题及解决方法[J].气象科技,2016,44(4):535-541.
- [7] 唐玉邦,何志刚,虞利俊,等.土壤水分传感器(FDR)在作物精准灌溉中的标定与应用[J].江苏农业科学,2014,42(4):343-344.
- [8] 李静,华夏,张敏,等.电性能核查校准对 FDR 自动土壤水分观测仪观测结果的影响研究[J].计量与测试技术,2019,46(10):31-34.
- [9] 吴东丽,李琪,薛红喜,等.山东省土壤水分时空分布规律及分区[J].江苏农业学报,2019,35(3):639-545.
- [10] 崔婕,郝笑笑,吴致煌.土壤水分入渗实验及其运动规律分析[J].中州煤炭,2016,243(3):103-105.
- [11] 陈海波,冶林茂.土质对 FDR 水分传感器拟合参数影响的试验研究[J].气象科技,2014,42(5):888-892.
- [12] 中国华云技术开发公司.DZN3 自动土壤水分观测仪用户指南及系统说明书[M].北京:气象出版社,2010:4-45.
- [13] 陈海波.DZN2 型自动土壤水分观测仪常见问题分析[J].气象与环境科学,2013,36(3):54-57.

Analysis on the causes of abnormal soil moisture observation data

Li Yanping, Tao Wei, Huang Jianzhao

(Guangxi Meteorological Technology Equipment Center, Nanning Guangxi 530022)

Abstract: The paper analyzed the hourly instantaneous normalized frequency values of 10-100cm(8 layers) in a soil moisture observation station from January 1, 2018 to February 23, 2018. The results show that anomalies in the observed values of soil moisture in the 10-40 cm soil layer were caused by changes in the detection environment; The statistical analysis of soil moisture observation data can not only perform data quality control, but also achieve the purpose of detecting environmental monitoring, and the change of the normalized frequency value of the sensor can directly reflect the current state of the detecting environment.

Key words: soil moisture; FDR; detection environment; normalized frequency