

自动土壤水分观测仪故障诊断分析

张东明¹, 葛永华¹, 汪章维¹, 王根², 曹晓钟³

(1. 浙江省大气探测技术保障中心, 浙江杭州 310000; 2. 安徽省气象信息中心, 安徽合肥 230000; 3. 中国气象局气象探测中心, 北京 100000)

摘要 详细介绍了自动土壤水分观测仪的模块结构及其工作原理。针对浙江省 28 个土壤水分站从 2015 到 2017 年数据及故障情况进行了归纳分析, 将所有的故障情况进行分类分析, 分析了田间标定出现的故障, 并提出了故障解析。通过大量数据分析总结出土壤水分观测仪故障的判断方法及日常维护应注意事项, 并且提出了通过数据判断传感器故障准确定位。

关键词 自动土壤水分观测仪; 工作原理; 标定分析; 故障分析; 故障判断

中图分类号 TP212 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)22-0182-03

Fault Diagnosis and Analysis of Automatic Observation Instrument for Soil

ZHANG Dong-ming, GE Yong-hua, WANG Zhang-wei et al (Zhejiang Atmospheric Observation Technology Support Center, Hangzhou, Zhejiang 310000)

Abstract The module structure and working principle of the automatic soil moisture meter were introduced in details. The data and fault situation of 28 soil moisture stations from 2015 to 2016 were summarized and analyzed, and all the faults were classified and analyzed. The faults in field calibration were analyzed, and the fault analysis was put forward. Based on a lot of data analysis, we summarized the methods of fault diagnosis and daily maintenance matters needing attention for the soil moisture observing instrument, and proposed the accurate location of sensor faults through data.

Key words Automatic soil moisture observatory; Working principle; Calibration analysis; Fault analysis; Fault diagnosis

土壤水分变化的实时监测是农业气象监测的重要部分^[1], 熟悉农业土壤水分变化规律, 对农业生产及土壤干旱预测研究都具有重要的意义^[2]。土壤水分可以通过直接测量土壤的重量含水率和容积含水量得到, 如烘干称重法、中子仪法等; 另一类是测量土壤的基质势, 例如电阻块法、干湿计法等。自动土壤水分观测仪具有快速、方便、不扰动土壤的优点。自动土壤水分观测业务化之前我国的农业气象观测主要是以人工观测及旧器械观测为主。随着科学技术的不断推进, 自动土壤水分观测逐步业务化, 减轻了业务人员的工作强度。

在自动土壤水分观测网运行过程中, 为了更好地利用自动土壤水分观测仪器, 使其在业务工作中具有高稳定性、准

确性、及时性, 通过日常的故障诊断分析及巡检逐步发现了一些问题, 如数据异常、缺失等, 有安装问题, 也有仪器自身的故障, 最主要的还是有很多日常维护的问题。由于部分台站对仪器测量原理解释不太深, 未能及早发现、解决这些问题。笔者通过大量的数据分析总结浙江省近年来的土壤水分监测设备故障数据、土壤水分可疑曲线等, 并做出分析, 查找原因, 提出解决方法, 逐步完善。

1 土壤水分探测器原理

DZN3 自动土壤水分观测仪通信方式丰富。土壤水分探测器配电也是包括市电供给及太阳能等多种方式; 土壤水分探测器具有数据采集、存储、传输等功能^[3](图 1)。传感器配制灵活、测量精度高、性能稳定。

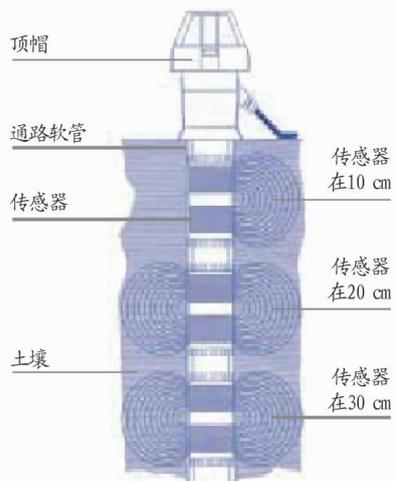


图 1 土壤水分探测器实物及结构

Fig.1 The real object and structure of soil moisture meter

作者简介 张东明(1990—), 男, 浙江杭州人, 硕士, 从事自动站保障、气象探测技术开发研究。

收稿日期 2018-01-09; **修回日期** 2018-03-16

频域反射测量技术是通过放置在土壤中的 2 个电极之间的电容形成的振荡回路所产生的频率来测量土壤介电常

数的技术,而土壤介电常数与土壤水分是密切相关的。传感器周围水分的变化会引起圆环电容的变化,电容值的改变引起 LC 振荡器(L 为电感、C 为电容)的振荡频率变化,传感器把高频信号变换后根据建立的数学模型,进行计数、转换、修正等处理,计算出土壤水分。

频域反射(FDR)用 SF 参数建立与土壤含水量(θ_v) 间的指数关系(图 2),振荡回路会产生频率信号,频率的大小随土壤介电常数而改变,通过测量频率信号从而测量出土壤水分,运算公式如下:

$$\theta_v = aSF^b \quad (1)$$

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

式中, a 、 b 为待定参数; F_w 为传感器放于纯水中所测频率; F_s 为传感器放于土壤中所测频率; F 为传感器放于空气中所测频率。

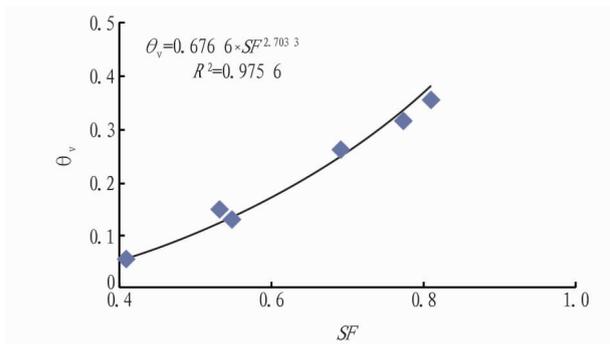


图2 土壤含水量 θ_v 与仪器信号 SF 之间关系

Fig.2 Relationship between soil moisture content θ_v and meter signal SF

土壤电导率主要取决于土壤孔隙的数量及大小、土壤水电导率(或孔隙水电导率)和土壤颗粒^[4]。针对不同的土壤情况,由于电导率的影响,特别是土壤的酸碱度影响,不能使用通用的校准公式,需要对具体的土壤类型进行标定,来获取正确的土壤水分含量。

2 土壤水分观测仪故障统计

统计期间,土壤水分站共 34 次故障,根据维护维修情况统计分析,夏季故障较多,分析可能是夏季温湿度高、多降水及多雷电等情况导致的自动观测设备通信、传感器及采集器等模块受潮严重。还有部分台站因放置传感器套接管不密封,出现传感器套接管内出现满水或积水现象,导致传感器及采集板发生故障。2016 年故障频率较低,其中一个原因可能是因为管理维护人员解决故障能力及提前预防能力的提升。维护维修过程中会遇到各模块指示灯正常显示,而某些整点不传输数据或数据传输滞后,一般情况下采取断开电源重启的方式使其恢复正常,此类故障多数是因为运营商网络出现问题。

出现故障频率次高的有 232-485 串口转换器模块故障,占 34.2%。此类故障 2015 年 6—8 月高发于新建的一批站点。宏电模块故障占 15.3%,电压过低引起的故障占 8.1%,GPRS 信号异常故障占 7.4%。若多次观察到“暂时性故障”,

工作人员可与当地通信运行商协商排除,保险丝损坏、采集器模块、传感器损坏发生比例各占 5.6%,接口控制故障占 2.5%(图 3)。



图3 2015—2016 年自动土壤水分站故障类别统计

Fig.3 Statistics of fault category of automatic soil moisture station from 2015 to 2016

3 自动土壤水分观测仪田间标定问题

3.1 土壤标定参数有误引起的土壤相对湿度问题 当土壤相对湿度值超出 100% 的情况。6 月 21 日 23:00 至 6 月 22 日 00:00 由 64.1% 突越至 145.0% 又在 01:00 降至 62.3%, 6 月 23 日 12:00 至 13:00 由 67.9% 突越至 116.0% 又回落至 66.9%, 6 月 25 日 17:00—18:00 从 56.3% 突越到 111.4% 又回落到 56.9% 再到 53.6%, 6 月 29 日 13:00—14:00 由 52.7% 突越到 111.4% 再回到 49.4%。图 4 展示了 10~100 cm 范围内的 8 个土层土壤相对湿度的变化情况。

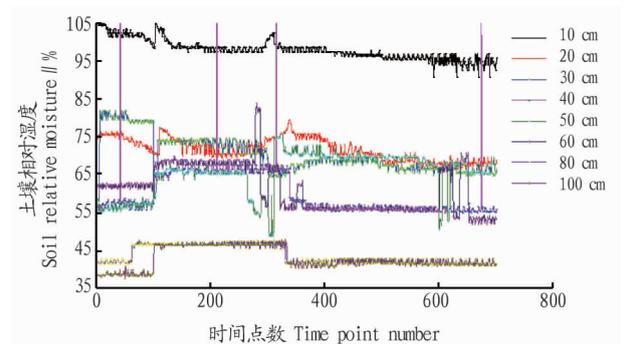


图4 土壤标定参数有误引起的土壤相对湿度曲线

Fig.4 Curves of soil relative moisture caused by the error of soil calibration parameters

3.2 传感器不稳定引起的土壤相对湿度问题 从图 5、6 可以看出,60 cm 深度,9 月 3 日 11:00(相对湿度 96% 降为 76%)、9 月 3 日 14:00(89% 至 19%)、9 月 3 日 17:00(89% 至 15%)、9 月 4 日 03:00(95% 至 72%)、9 月 4 日 05:00(92% 至 11%); 9 月 8 日和 9 月 20 日至 9 月 23 日依次有大幅度下降现象。

突降幅度大(突增有可能,突降就存在着问题),这种土壤水分相对湿度随时间发生的变化是一种传感器不稳定现象,选用稳定的传感器对其进行更换。

3.3 标定参数不准引起的土壤相对湿度问题 从图 7 中可以看出,20 cm 数据可疑,长期处于饱和状态,其他土层变化曲线均正常。

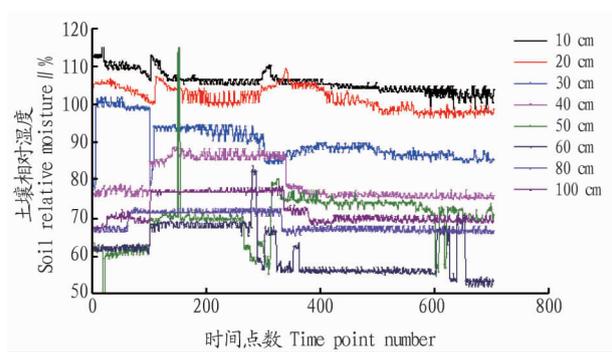


图5 传感器引起的土壤相对湿度曲线

Fig.5 Curves of soil relative moisture caused by the sensor

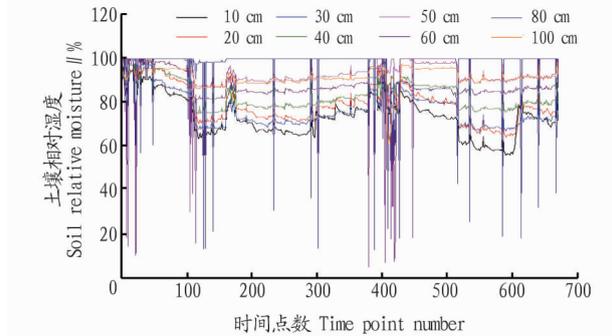


图6 传感器不稳定引起的土壤相对湿度曲线

Fig.6 Curves of soil relative moisture caused by the sensor instability

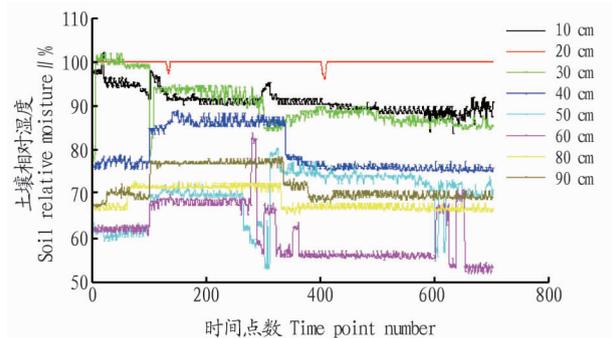


图7 标定参数不准引起的土壤相对湿度曲线

Fig.7 Curves of soil relative moisture caused by inaccurate calibration parameters

3.4 外界干扰引起的土壤相对湿度问题 从图8中可以看出,7月14日15:00—7月15日13:00时间段所有层的数据突然降低,甚至有的层出现降低到0,其他层土壤水分相对湿度大幅度骤减,骤减趋势一致,甚至有的相对湿度降低到底线。

4 自动土壤水分观测仪田间标定解决途径

4.1 土壤标定参数有误解决途径 此种土壤相对湿度超出100%的情况,一般都是土壤水文参数或标定参数有误引发的原因,此种情况需要重新对设备进行土壤水文进行标校,使其土壤相对湿度随时间变化曲线变化在合理范围。

4.2 传感器不稳定的解决途径 土壤相对湿度幅度突降(突增有可能,突降就存在着问题),这种土壤水分相对湿度随时间发生的变化是一种传感器不稳定现象,选用稳定的传感器对其进行更换,取回不稳定土壤水分传感器查找原因。

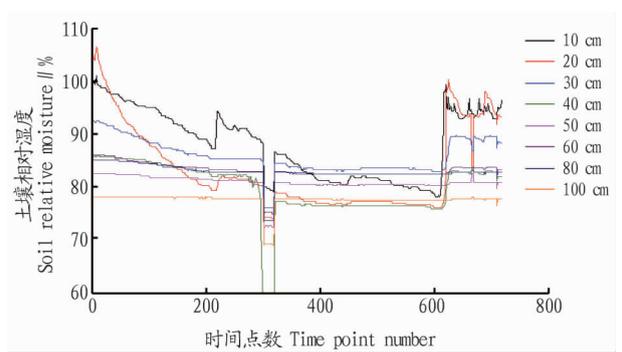


图8 外界干扰引起的土壤相对湿度曲线

Fig.8 Curves of soil relative moisture caused by external interference

4.3 标定参数不准的解决途径 长期处于饱和状态,可能已超出100%,为避免超出,限制最高100%。此种情况需要检查站点土壤湿度是否真的能达到如此高,特别在雨季要查看是否有大量雨水浸泡的状况,排除这些原因之后考虑是否标定参数不对,需要对标定参数重新进行标定。

4.4 外界干扰的解决途径 所有土壤水分相对湿度随时间骤降,多是因为标定受到外界干扰,导致多层土壤水分相对湿度同时大幅度下降,此种情况下一般选择查找干扰原因,当出现不可抗拒的原因情况下选择迁站。

5 DZN3 土壤水分观测仪维护维修

5.1 设备维护

(1)对DZN3自动土壤水分观测仪采集箱及太阳能板进行清理工作,及时消除潜在的不安全隐患。

(2)定期将安装管中的干燥剂取出烘干并放回原处进行密封(尤其是夏季),保证套管良好的密封性,最好涂抹PVC胶^[5]。

(3)间隔3d打开采集器箱,观察设备空开是否已启动保护而断开,如果发现此类问题,立即将空开合上。

5.2 故障判断

5.2.1 通过设备指示灯判断故障。DZN3的太阳能充放电控制器具有INFO、红、黄、绿4种指示灯。其中,INFO指示灯正常显示绿色,当其显示黄色意味着电量不足,当其显示红色时意味着电量严重不足,最严重的情况下红色指示灯会出现规律的闪烁现象。充放电控制器右侧分别排列成弓形的3个指示灯,红色、黄色、绿色分别代表了电池状态亏空、电压不足及电量充足的3种情形。

RS232—RS485转换模块PWR灯亮时表示该模块工作正常,RXD、TXD会出现每分钟交替闪烁的现象;当TXD、RXD均不闪烁时,说明转换模块出现故障;当TXD与RXD有一个出现不亮现象时,说明DZN3的接口板模块出现故障。

通讯模块正常工作状态下,状态灯(电源指示灯,数据指示灯,网络指示灯)运行状态闪烁频率分别为:1次每8s,1次每1min,常亮。依据这3个状态灯的运行情况判断DZN3是否正常运行的依据。数据采集器正常工作状态下为测量灯闪烁间隔为1次/s;通讯状态灯4次/min。

(下转第192页)

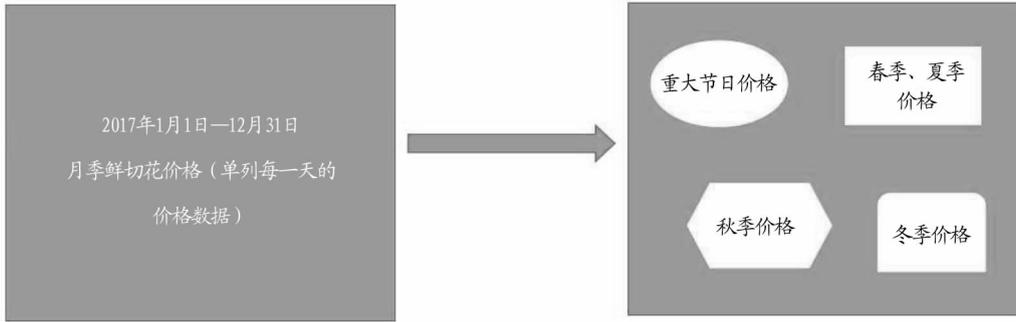


图3 月季鲜切花价格分类

Fig.3 Price classification of rose fresh cut flowers

高于90%时,说明影响鲜切花的价格因素为昆明斗南国际花卉市场中每天鲜切花的产量、销售量。

3 结语

农业物联网的兴起加快了云南省鲜切花产业的发展,促进了云南鲜切花产业冲出亚洲,走向全世界。目前,鲜切花已经成为云南高原特色产业之一,加快鲜切花产业发展,提升鲜切花的品质显得尤为重要。将智能算法引入鲜切花价格影响因素的验证模型中,确定影响因素,再使用已有的较为成熟的鲜切花价格预测模型,可有效提升基于智能算法的鲜切花价格预测模型的预测率,真正实现农业信息化、智能化^[10]。

参考文献

[1] 金智,李凤军.基于人工神经网络的玉米价格短期预测研究[J].宁夏师

范学院学报(自然科学),2013,34(6):77-81.

- [2] 李宏伟,高小翔,程可军.基于小波神经网络的鱼类价格预测研究[J].中国渔业经济,2014,32(4):61-66.
- [3] 孙吉红,张丽莲,武尔维,等.基于智能算法的价格预测模型探究[J].计算机技术与发展,2014,24(11):107-109.
- [4] 赵姜,吴芮,吴敬学.中国西瓜价格短期预测分析[J].北方园艺,2015(23):213-216.
- [5] 魏明桦,郑金贵.基于改进BP神经算法的农产品价格预测模型的构建与实现[J].唐山师范学院学报,2014,36(2):66-68.
- [6] 陈芳,楼文高.基于广义回归神经网络的蔬菜市场日价格预测[J].浙江农业学报,2015,27(7):1253-1258.
- [7] 周三多,陈传明.管理学[M].北京:高等教育出版社,2000.
- [8] 于海涛,李梓,姚念民.K-means聚类算法优化方法的研究[J].小型微型计算机系统,2012,33(10):2273-2277.
- [9] 史峰,王小川,郁磊,等.MATLAB神经网络30个案例分析[M].北京:北京航空航天大学出版社,2010.
- [10] 张纯,李蕾,夏海山.城市规划视角下智慧城市的审视和反思[J].国际城市规划,2016,31(1):19-25.

(上接第184页)

5.2.2 通过软件判断故障。软件站点为红色(不在线)的判断方法:①通信模块问题,检查通讯模块状态灯判断其运行情况。②网络问题,联系网络管理员解决。③通讯模块参数、系统中心站参数配置问题^[6]。④放置宏电中的电话卡欠费,台站维护人员应该保证通讯卡有余额。

当DZN3设备出现晚上无数据,白天正常工作的一般是蓄电池电压不足造成的。

当计算机通过串口接收数据显示个别层数据为“-2”时,说明此层传感器数据超标,此层传感器需要再次标校。当各层全部为“-2”时说明土壤水分传感器与接口板连接有问题。

当部分层数据为“-1”说明那些层传感器故障,用标定好的传感器进行替换且需要重新配置。

数据显示“-3”的可能情况:数据线虚接、设备接口板模块故障^[7]。

出现省级ASOM无数据现象,经过硬件的检查没有问题,此种情况应该联系市局值班人员,发现是否有数据,如果市局有数据,一般情况是需要联系厂家服务器平台,多数原因是服务器接收与发送时间不统一等原因。

5.3 维修方法 当自动土壤水分观测仪出现故障时,选用倒推方法依次排除故障^[6]。首先根据上位机软件显示的设备状态判断故障类型,再检查空气开关是否断开及各部件的电压是否供电正常,最后依据具体问题对具体模块进行故障诊

断,通过串口及IPConfig Utility进行读取及标定。

6 展望

土壤水分自动观测对农业气象具有关键作用。日后会通过长时间对设备的保障经验及资料分析,通过技术研发,使仪器本身(传感器、参数转换模型等)得到进一步发展,提高精密度和准确度^[8]。密切关注和解决易出现问题的方面,自动水分观测仪减少误差,使观测值更接近真实值,为农业生产提供技术支撑。定期定时地对仪器进行维护检定。通过大量的数据分析提出针对当地的土壤参数标定系数及标定方法。同时通过对观测人员进行适当的培训,培养其判断故障的能力,提高土壤水分的观测质量。

参考文献

- [1] 舒素芳,张育慧,秦敏,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.
- [2] 荀丽波,杜海香.自动土壤水分观测站及其常见故障诊断[J].现代化农业,2011(6):44-46.
- [3] 何连,秦其明,任华忠,等.利用多时相Sentinel-1 SAR数据反演农地地表土壤水分[J].农业工程学报,2016,32(3):142-148.
- [4] 黄文海,谢仁忠,黄汝红,等.DZN3型自动土壤水分观测仪及维护维修[J].气象研究与应用,2014,35(1):91-93.
- [5] 李玉春,王泽明,侯方.DZN3自动土壤水分观测仪的维护和维修[J].农业与技术,2014(2):191.
- [6] 陈海波,冷林茂,薛龙琴,等.GStar-I(DZN2)型自动土壤水分观测仪的维护方法及常见故障解析[J].气象与环境科学,2011,34(S1):178-181.
- [7] 韩贵春,宋敏,相峰.一次DZN1型自动土壤水分观测仪故障的判断与处理[J].安徽农业科学,2016,44(26):173-174.
- [8] 马芳,周宏,杨卫洁.DZN3型自动土壤水分观测站故障分析及维护[J].北京农业,2014(21):211,234.