

## 土壤墒情自动监测与人工烘干法比测研究

王德维, 徐立燕, 周 云, 吴晓东, 李 巍

(江苏省水文水资源勘测局连云港分局, 江苏 连云港 222004)

**摘要:** 以连云港孙沟站为例, 介绍了土壤墒情自动监测系统比测方法。历时 4 个月, 收集 21 组数据, 将率定后的机测体积含水量与烘干法所测的重量含水量通过干容重换算得到的土壤体积含水量进行比测。机测的含水量与土壤实际含水量相关性很好。数据合格率为 85.7%, 大于 80% 的要求。土壤墒情自动监测系统运行稳定可靠, 无数据丢失。土壤墒情自动监测系统可以替代人工监测, 将为抗旱决策提供完整、及时、准确的墒情数据。

**关键词:** 土壤墒情; 自动监测; 比测; 干容重

**中图分类号:** TV93

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1007-7839 (2017) 07-0068-05

### Study on comparing measurement of soil moisture automatic monitoring and artificial drying method

WANG Dewei, XU Liyan, ZHOU Yun, WU Xiaodong, LI Wei

(Lianyungang Hydrology and Water Resources Investigation Bureau of Jiangsu Province, Lianyungang 222004, Jiangsu)

**Abstract:** Taking the Sungou pumping station of Lianyungang as an example, the comparison method of soil moisture automatic monitoring system was introduced. Collecting 21 groups of data for four months, the volumetric water content of the automatic monitoring system after rating were compared with the weight water content obtained by dry bulk density conversion. There was a good correlation between the measured water content and the actual soil moisture content. The qualified rate was 85.7%, which was more than the requirement of 80%. Soil moisture automatic monitoring system operated stably and reliably with no data loss, which could replace the manual monitoring and provide complete, timely and accurate soil moisture data for drought-resistant strategy.

**Key words:** soil moisture; automatic monitoring; comparison; dry bulk density

## 0 引言

水分是土壤的一个重要组成部分, 它不仅影响土壤的物理性质, 制约着土壤中养分的溶解、转移和微生物的活动, 是构成土壤肥力的一个重要因素, 而且它本身更是一切植物赖以生存的基本条件。土壤墒情是进行水文预报、防旱抗旱、农业生产等方面十分重要的参考依据。人工土壤墒情

监测, 工作量大, 效率不高, 时效性差, 监测点数量不多, 难以满足当前防旱抗旱的需要。因此, 建设土壤墒情在线监测系统是十分必要的。国家防汛抗旱指挥系统二期工程江苏部分中, 在江苏省已建的水文自动测报系统平台上增加建设南京、镇江、常州、无锡、苏州、南通、扬州、盐城、淮安、连云港、徐州、泰州、宿迁 13 个水文分局的共 27 个

收稿日期: 2017-03-15

作者简介: 王德维 (1987-), 男, 本科, 助理工程师, 主要从事水文水资源管理与研究工作。

固定墒情自动监测站、40个移动墒情自动监测中心站(监测307个移动墒情站),实现全省70个县的墒情自动监测。

## 1 土壤墒情自动监测系统简介

土壤墒情自动监测系统是通过在土壤中埋设在线式土壤水分传感器,并将测得的土壤墒情数据实时(每小时上传1次)上传至后台管理服务器,实现土壤墒情的在线实时监测。采集系统由传感器、配置、通信、供电和数据采集器5部分组成。传感器为美国史蒂文斯 Hydra Probe II 土壤水分传感器,设于10 cm、20 cm和40 cm土层位置。数据采集器型号为ACS500,是水利水电公司新一代ACS系列低功耗数据采集器,可广泛应用于水情自动测报系统、水利信息化监测系统、水质监测系统、山洪灾害监测预警系统。供电采用太阳能蓄电池,适应野外长期运行、稳定可靠的要求。通信模块采用GPRS和CDMA两种,大大保障数据传输的可靠性<sup>[1]</sup>。土壤墒情在线监测采集系统组成见图1。

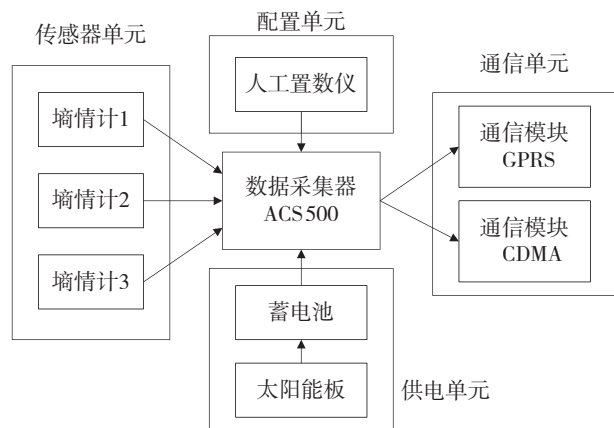


图1 土壤墒情在线监测采集系统组成示意图

## 2 比测方法

### 2.1 试验站概况

孙沟站位于连云港市灌云县南岗乡孙沟村,东经119°07'63",北纬34°17'65",土壤类型为沙壤土,农作物为小麦,可以代表市区、灌云县和灌南县等地区。土壤水分传感器直接埋设在种植有农作物的农田里,可真实反映农田的土壤水分变化规律<sup>[2]</sup>,如图2所示。



图2 孙沟站布置图

### 2.2 比测实验

土壤墒情采集系统比测是指采用对比分析方法,将相同时间点的土壤墒情自动监测系统所测量的土壤体积含水量与人工烘干法通过干容重换算得到的土壤体积含水量进行比对<sup>[3]</sup>,从而测试土壤含水量监测准确性,为自动监测“数据测得准”提供技术支撑。

#### 2.2.1 比测要求

本系统的比测时间从2016年11月1日开始,取样时间为每月的1日、6日、11日、16日、21日、26日,以早上8点为宜,同时记录对应时间点的监测仪器输出值,可以通过箱门内部的人工置数仪读取监测仪器输出值。在埋设土壤水分传感器围栏外1~2m的范围内同类农作物田地确定取样点,取土层为10 cm、20 cm、40 cm土层,每个采集深度上各取3个土壤样品。取样完成后,应对取样造成的地面孔洞回填补平。取样点距离上一次取样点应不小于0.5 m,以避免上一次取样形成的松软土层对本次取样所得到的数据造成影响。如遇降雨或灌溉,田间采样应在代表性地块地面积水小于24 h后,再进行土壤墒情监测的采样工作;如地表没有积水,根据土壤表面湿润情况,在降雨或灌溉结束6 h后,可进行土壤墒情监测的采样工作<sup>[4]</sup>。

#### 2.2.2 烘干法

在105~110℃条件下,将土壤烘干至恒重时,所失去的水分质量与恒重后干土质量的比值,以百分数表示,是直接测量土壤水分的一种方法,也是测定土壤含水量的标准方法,也称称重法,按公式(1)计算。

$$\omega = \frac{\omega_1 - \omega_2}{\omega_2 - \omega_0} \times 100\% \quad (1)$$

式中:

- $\omega$ —土壤重量含水量;
- $\omega_0$ —铝盒的重量;
- $\omega_1$ —湿土+ 铝盒重;
- $\omega_2$ —干土+ 铝盒重。

一般应在烘箱中持续烘 6 ~ 8 h, 若是黏性土壤可适当延长烘干时间。对于有机质含量丰富的土壤可适当降低烘箱温度, 延长烘干时间, 以避免土壤中有有机质气化而影响土壤含水量的精度。土壤烘干后取出, 应盖好盒盖放入干燥器中冷却至常温时, 用电子秤称干土重<sup>[5]</sup>。

2.2.3 数值转换

烘干法测的是重量含水量, 机测法监测的是体积含水量, 需要将烘干法重量含水量通过土壤干容重按公式(2)转换为体积含水量, 才能进行比较。

$$\theta = \gamma_0 \omega$$

(2)

式中:

- $\theta$ —体积含水量;
- $\gamma_0$ —土壤干容重;
- $\omega$ —重量含水量。

2.2.4 干容重测定

测定土壤容重的方法很多, 通常用环刀法。用一定容积的环刀切割未搅动的自然状态土样, 使

土样充满其中, 烘干后称量计算单位容积的烘干土重量, 按公式(3)计算。

$$\gamma_0 = \frac{W_s}{V}$$

(3)

式中:

- $W_s$ —干土重;
- $V$ —环刀体积。

2.2.4 比测标准

本次比测试验依据《土壤墒情监测规范》(SL364-2015)“附录 F 土壤水分自动监测仪器率定与比测方法”中 F.3 准确性评估要求, 进行如下评估: 与烘干法相比, 统计绝对误差在  $\pm 4\%$  范围内的数据测次; 绝对误差在  $\pm 4\%$  范围内的数据测次 / 人工监测的测次  $\times 100\%$ , 其值应不小于 80%; 对绝对误差超过  $\pm 4\%$  的数据进行分析, 分析是偶然误差还是系统误差造成的。

3 结果与分析

3.1 比测数据

孙沟站的比测时间为 2016 年 11 月 1 日到 2017 年 2 月 16 日。土层为 10 cm、20 cm、40 cm 的土壤干容重分比为 1.478、1.566、1.434, 按照公式(2)将烘干法测得的重量含水量转化为体积含水量, 与机测法进行比较, 见表 1。

表 1 机测法与烘干法比测成果表

序号	日期	10cm			20cm			40cm		
		机测法	烘干法	误差	机测法	烘干法	误差	机测法	烘干法	误差
1	2016/11/1	30.2	29.6	2.2	34.3	33.8	1.3	42.1	41.6	1.2
2	2016/11/6	34.1	34.9	-2.2	32.8	33.3	-1.6	48.8	48.7	0.2
3	2016/11/11	40.6	39.3	3.3	36.1	35.2	2.6	51.9	50.8	2.1
4	2016/11/16	32.5	32.7	-0.6	33.1	32.7	1.2	43.7	44.4	-1.6
5	2016/11/21	37.3	35.3	5.7	35.8	34.1	4.9	35.7	34.2	4.5
6	2016/11/26	34.0	34.6	-1.8	33.7	33.6	0.4	43.9	43.5	0.8
7	2016/12/1	34.3	35.1	-2.3	33.1	33.5	-1.3	35.6	35.4	0.7
8	2016/12/6	33.1	32.8	0.9	33.4	32.7	2.0	50.6	49.9	1.4

续表 1

序号	日期	10cm			20cm			40cm		
		机测法	烘干法	误差	机测法	烘干法	误差	机测法	烘干法	误差
9	2016/12/11	33.0	35.2	-6.3	33.1	34.2	-3.2	44.8	46.1	-2.7
10	2016/12/16	36.3	37.3	-2.5	34.5	34.2	0.7	49.1	50.1	-1.9
11	2016/12/21	36.3	37.0	-2.1	37.1	37.8	-1.9	52.0	52.9	-1.6
12	2016/12/26	44.5	44.1	1.1	35.8	35.5	1.0	50.6	51.3	-1.4
13	2017/1/1	41.9	42.1	-0.3	35.8	35.9	-0.1	41.0	40.5	1.2
14	2017/1/6	39.3	38.5	2.1	35.4	35.4	0.0	57.0	56.8	0.3
15	2017/1/11	41.7	42.5	-1.9	35.4	35.0	1.2	47.5	47.2	0.8
16	2017/1/16	30.0	31.5	-4.8	35.5	37.1	-4.1	52.6	54.4	-3.3
17	2017/1/21	30.4	32.1	-5.3	34.4	36.2	-4.8	47.0	48.9	-3.8
18	2017/1/26	36.3	36.0	0.9	38.1	37.5	1.7	56.8	55.8	1.7
19	2017/2/6	34.5	34.9	-1.3	38.1	37.8	0.9	57.5	56.3	2.1
20	2017/2/11	36.3	37.0	-1.9	39.7	39.9	-0.5	54.3	54.1	0.4
21	2017/2/16	36.3	36.4	-0.3	39.9	39.2	1.9	54.9	53.7	2.3

3.2 数据分析

本次比测试验,共收集 21 组比测数据,经率定后绝对误差在 ±4% 范围内的数据有 18 组,占比为 85.7%;绝对误差超过 ±4% 范围的有 3 组数据,占比为 14.3%,初步分析认为超差数据产生的原因主要如下:2016 年 11 月 21 日属于野外取土位置误差所致;2017 年 1 月 16 日和 21 日属于表层

土壤出现冻土、土壤开裂等因素所致。本次比测数据为全部数据,包括异常和无效数据,为还原在野外田间土壤墒情自动监测系统数据的真实情况<sup>[6-7]</sup>。对于不同土层,烘干法和机测法比测曲线如图 3~图 5 所示,从图中可以看出,经过比较,机测法与烘干法曲线重合度较高,墒情变化趋势基本一致。

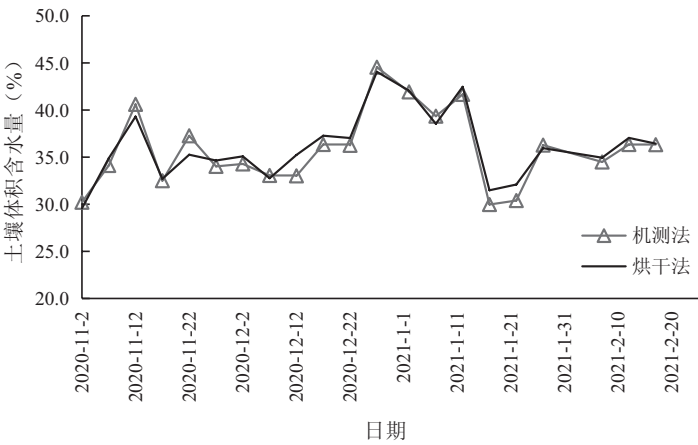


图 3 10cm 土层机测法与烘干法比测曲线

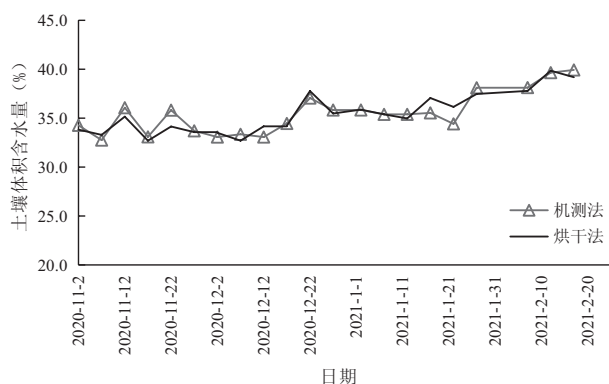


图4 20cm 土层机测法与烘干法比测曲线

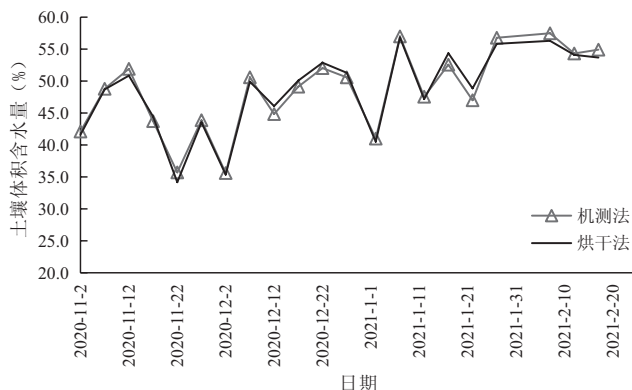


图5 40cm 土层机测法与烘干法比测曲线

### 3.3 比测结果

本次比测率定后机测数据合格率为85.7%,大于80%的规范要求。机测土壤水分数据对降水的响应很快,降水量不同,影响到的土层也不同,土壤墒情传感器可以完整记录不同土层的土壤墒情连续变化趋势。经过4个月野外应用,系统运行基本稳定可靠,没有出现数据丢失现象,土壤墒情自动监测系统可以替代人工监测。

## 4 结语

土壤墒情自动监测系统可以实现远距离定点实时在线监测,操作简便,测量数据易于处理,精确度高,能满足规范要求,克服了传统烘干法的费时、费力、深层取样困难、无法长期定点监测等不足<sup>[8]</sup>。土壤水分传感器现场率定技术方面已经取得了突破,解决了土壤水分自动监测系统“数据测得准”的技术问题,可以进行工程应用。土壤水分传感器现场率定方法是难点,土壤差异性很大,不同土壤对应不同的率定曲线。

### 参考文献:

- [1] 智永明,邵军,张松明,等.土壤水分自动监测与人工测试数据对比分析[J].水利信息化,2013(5):33-39.
- [2] 刘静,杨华.新疆土壤水分自动与人工观测资料对比分析[J].南方农业,2015,9(9):192-193.
- [3] 张有菊,张晓平,张春,等.济阳自动与人工土壤水分观测数据对比分析[J].山东气象,2012,32(1):81-83.
- [4] 邢启新,马明奎,刘爽,等.自动土壤水分观测站数据对比应用研究[J].现代农业科技,2014(16):333-334.
- [5] 邓运超.莱西市农田土壤水分自动与人工观测数据对比分析[J].农村经济与科技,2013,24(2):93-95.
- [6] 胡玲,汪青春.青海省农业区(浅山旱地)土壤墒情监测系统[J].中国农业气象,2009,30(S1):130-133.
- [7] 王志宇,车承钧,王阳.基于物联网的区域农田土壤墒情监测系统研究[J].自动化技术与应用,2010,29(12):39-41.
- [8] 王景才,夏自强,杨建青,等.土壤水分传感器田间比测实验研究[J].水利信息化,2012(2):41-45.

(责任编辑:王宏伟)