

土壤水分自动与人工观测资料对比评估及湿度模型构建

成兆金 (山东省日照市气象局, 山东日照 276826)

摘要 基于莒县气象局 2011 年 2—8 月土壤水分自动观测与人工同步对比观测数据, 采用对比差值、差值概率和相关系数等方法进行分析和评估, 通过回归建立湿度模型。结果表明, 单层平均最大误差为 5.799%, 最小误差为 2.025%, 0~100 cm 8 个层次平均误差 3.306%, 符合中国气象局考核标准。但 30~40 cm 误差值较大, 说明厂家给出的订正曲线误差偏大, 订正后对比观测的数据绝对误差很小, 订正效果比较理想, 通过了对比考核。相对湿度模型的构建, 为自动土壤水分观测资料的实际应用提供了一种指导方法。

关键词 土壤水分; 对比分析; 评估; 相对湿度; 模型

中图分类号 S164 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2017)15-0181-03

Comparison and Evaluation of Soil Moisture in Automatic and Artificial Observation Data and Construction of Humidity Model

CHENG Zhao-jin (Rizhao City Meteorological Bureau, Rizhao, Shandong 276826)

Abstract Based on the observation data of soil moisture of automatic observation and artificial synchronization in Juxian Meteorological Bureau from February to August in 2011, the comparison difference, difference probability and correlation coefficient were used to analyze and evaluate, and the humidity model was established by regression. The results showed that the maximum absolute error was 5.799%, the minimum absolute error was 2.025%, and the average absolute error of 0~100 cm was 3.306%, which was in accordance with the standards of China Meteorological Administration. But the error value of 30~40 cm was larger, indicating that the correction curve error by the manufacturer was too large, the absolute error of the observed data after correction was very small, the revised effect was ideal, through the comparative assessment. The model construction of relative humidity provides a guiding method for the practical application of automatic soil moisture observation data.

Key words Soil moisture; Comparative analysis; Assessment; Relative humidity; Model

土壤水分自动观测站的水分探测传感器有探针式和插管式 2 种安装方式^[1-5]。探针式具有传感器与土壤结合紧密、误差较小的优点, 但操作困难; 插管式操作方便, 但传感器与土壤有一定空隙, 误差相对较大。由于仪器探测的局限性和传感器长期不维护, 造成探测数据与实际值的较大偏离度。前人针对自动观测数据与人工观测数据对比分析较多, 且主要为查找原因进行分析^[6-9]。为了更好地应用自动探测数据, 使数据更接近于人工观测数据, 笔者结合数据进行分析评估, 建立模型, 通过自动观测仪探测的土壤体积含水量计算出接近实际(接近人工观测)的土壤重量含水率, 进而由公式计算出土壤相对湿度, 应用于农业生产, 代替人工观测, 为自动土壤水分探测数据用于科学研究、资料对比评估提供一种指导方法, 也为自动土壤水分资料在业务应用、领导决策服务等方面提供强有力的数据支撑^[10]。

1 资料与方法

1.1 资料来源

1.1.1 人工对比观测资料。2011 年 2 月 23 日—8 月 8 日逢 3 逢 8 日人工测定, 深度分 8 个层次: 0~10、10~20、20~30、30~40、40~50、50~60、70~80、90~100 cm。建立模型采用 2012 年 3 月 3—28 日的人工观测数据。

1.1.2 自动探测资料。数据为上海长望气象科技有限公司生产的 DZN1 型土壤水分自动观测仪同步自动探测资料。建立模型采用 2012 年 3 月 3—28 日的同步探测数据。

1.2 分析方法 采用差值法、概率法和相关系数法进行分析和评估, 运用回归相关通径分析系统^[11], 构建线性回归

模型。

2 结果与分析

2.1 土壤体积含水率人工、自动资料对比分析 从图 1 可以看出, 人工、自动观测的土壤体积含水量整体变化趋势吻合; 二者同步误差幅度表现为 0~20 cm 浅层数据波动相对较大, 30~100 cm 数据波动变化相对平稳, 说明浅层土壤水分受地温影响较大, 深层土壤水分影响则较小, 变化相对平稳。另外, 传感器对土壤水分的感应有一个滞后作用, 呈现为曲线变化平稳上升或下降。

遇降雨较大、灌溉后取土或土壤较为干燥时, 人工和自动观测站的土壤体积含水量误差较大。由于水的介电常数比一般介质大, 所以当土壤中的水分变化时, 其介电常数相应变化, 测量时传感器给出的电容(压)值也随之变化。土壤较为干燥时传感器给出的电容(压)敏感量相对土壤水分较大时传感器给出的电容(压)敏感量小, 被 CPU 实时控制的数据采集器所采集的数据相对偏小, 造成人工观测与自动探测的数据误差偏大。可视为土壤较为干燥时传感器采取的数值呈弱效应, 土壤水分较多时传感器采取的数值呈强效应。

2.2 土壤体积含水量人工、自动观测资料绝对误差概率分析 经分析, 人工与自动观测的土壤体积含水量极端最大差值出现在 0~10 cm 土层, 人工比自动观测偏低 12.378%。这是由于 2011 年 4 月中上旬降水稀少, 小麦正处于拔节期, 蒸发蒸腾耗水较多, 土壤表层处于干燥期, 误差偏大。

从 0~100 cm 人工与自动差值的概率统计(表 1)可以看出, 0~10、30~40 cm $\leq 5\%$ 的概率分别为 50.0% 和 35.3%, 误差比较大, 而其他层次 $\leq 5\%$ 的概率基本均出现在 65.0% 以上; $\leq 10\%$ 的概率中均在 94.0% 以上。分析不同层次人工与自动观测资料的相关系数发现, 0~10、10~20、20~30、

30~40、40~50、50~60、70~80、90~100 cm 的相关系数分别为 0.931、0.836、0.899、0.834、0.683、0.541、0.359、0.389。可见,0~10 cm 的相关系数最大,达到极显著水平($r_{0.01} = 0.4$);

70~80 cm 的相关系数最小,达显著水平($r_{0.05} = 0.3$)^[12]。这也从不同的角度说明人工与自动观测数值变化趋势一致性最好的在 0~40 cm,变化趋势差别偏大的在 50~100 cm。

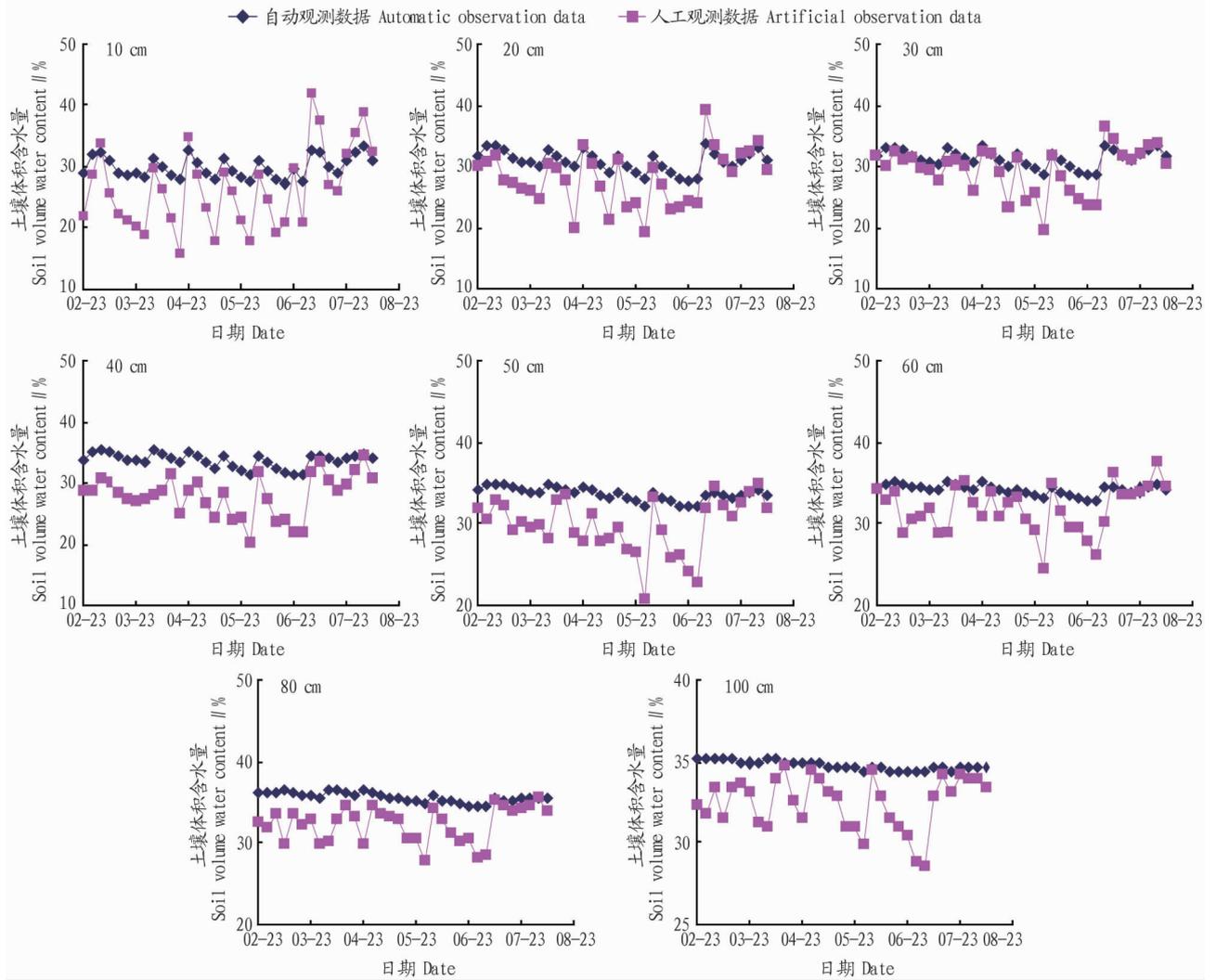


图 1 0~100 cm 土壤体积含水量人工、自动观测数据对比

Fig. 1 Comparison of soil volume water content of artificial and automatic observation data in 0-100 cm

表 1 人工和自动观测的土壤体积含水量绝对误差在不同误差段出现的概率

土层 Soil layer//cm	绝对误差 Absolute error//%					
	0~5	5~10	10~15	>15	0~10	0~15
0~10	50.0	44.1	5.9	0	94.1	100
10~20	76.5	23.5	0	0	100	100
20~30	85.3	14.7	0	0	100	100
30~40	35.3	61.8	2.9	0	97.1	100
40~50	67.6	29.4	2.9	0	97.1	100
50~60	82.4	17.6	0	0	100	100
70~80	79.4	20.6	0	0	100	100
90~100	94.1	5.9	0	0	100	100

从图 2 可见,人工、自动土壤体积含水量单层平均最大绝对误差为 5.799%,最小绝对误差为 2.025%,0~100 cm 8 个层次平均绝对误差 3.306%,符合中国气象局考核标准(多层次平均值的绝对误差≤5%,每层误差绝对值≤6%)。但 30~40 cm 误差值较大,说明厂家给出的订正曲线误差偏

大,之后厂家重新进行了订正,在 2012 年 3 月的考核对比中得到了体现,订正后人工观测和自动观测的数据绝对误差很小,误差缩小至[0.457,2.190],订正效果比较理想,通过了对比考核。

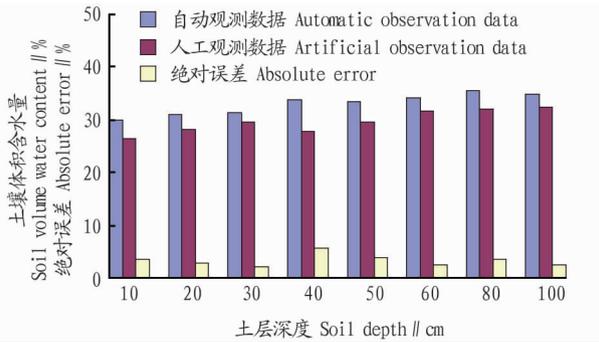


图2 0~100 cm 土壤体积含水量自动和人工观测数据及绝对误差

Fig.2 Artificial and automatic observation data and absolute error of soil volume water content in 0-100 cm

2.3 相对湿度模型建立 以自动土壤水分观测站探测的土壤体积含水量为自变量,人工4个重复观测的平均土壤重量含水率为因变量,对同步、同层次对比观测资料进行线性回归,建立模型(表2)。通过模型方程,由自动土壤水分观测的土壤体积含水量计算出土壤重量含水率,由 $R = w/f_c \times 100\%$ 进而计算出土壤相对湿度,满足农业气象业务、农业生产和科研的需求。式中, R 为土壤相对湿度, w 为土壤重量含水率, f_c 为田间持水量。

表2 土壤重量含水率回归方程

Table 2 Regression equation of soil weight moisture content

土层 Soil layer cm	回归方程 Regression equation	土层 Soil layer cm	回归方程 Regression equation
0~10	$w = -25.8648 + 1.6636q$	40~50	$w = -142.5123 + 5.3158q$
10~20	$w = -5.3761 + 0.8833q$	50~60	$w = -57.7500 + 2.4500q$
20~30	$w = 16.1273 + 0.0909q$	70~80	$w = 0.9961 + 0.6753q$
30~40	$w = -12.0455 + 1.0804q$	90~100	$w = -101.3882 + 3.7647q$

注: w 为土壤重量含水率, q 为自动观测土壤体积含水量

Note: w was the soil moisture content, q was the soil volume water content of automatic observation

3 讨论

(1) 由于传感器的性能不够稳定,容易损坏,造成探测数据时常发生跳变和飘逸,并且某一层传感器的故障往往导致

周围多层探测数据发生变化。传感器的不稳定造成探测数据的不准确和不可靠,这就要求台站工作人员提高责任心,及时查看传感器的工作状况。

(2) 自动土壤水分传感器是利用频域反射法(FDR)来测定土壤体积含水量,由于FDR技术的土壤水分传感器测定土壤水分时存在明显的温度效应,所探测的体积含水量与温度之间呈线性递增关系,到了冬季,土壤冻结以后,传感器的探测结果也就会相应出现一定的偏差,所以土壤冻结严重的地区,自动站探测数据变小,严重失真,是不能用来服务的。另外,传感器还有个湿度效应,土壤湿度越大,探测的数据越准确;土壤湿度越小,探测数据偏差越大。

(3) 传感器的标定受土壤质地、容重、安装结合紧密度、人工对比观测等多因素的影响,人为影响较大,标定的好坏直接影响着探测数据的准确性,因此,土壤容重的准确测定、土壤水分方程的准确标定非常关键。

(4) 一定年份之后必须对运行的土壤水分自动观测站和探测资料进行评估,力争仪器运行稳定、探测数据符合实际。

参考文献

- [1] 李孝军,李玉涛. 自动土壤水分观测准确性研究[J]. 山东气象,2011,31(4):62-65.
- [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] 徐晓琳. 基于无线的省级自动土壤水分监测系统的设计和实现[D]. 济南:山东大学,2015.
- [5] 黄飞龙,黄宏智,李昕娣,等. 基于频域反射的土壤水分探测传感器设计[J]. 传感技术学报,2011,24(9):1367-1370.
- [6] 连志鸾. 自动站与人工站观测记录的差异分析[J]. 气象,2005,31(3):48-52.
- [7] 宋军,高磊,王秀萍,等. 大连自动站与人工站观测数据的差异对比分析[J]. 气象与环境学报,2009,25(1):58-62.
- [8] 陈英,谢万银,徐彬. 甘肃民勤自动站与人工站气象观测数据差异分析[J]. 干旱气象,2013,31(3):627-632.
- [9] 余君,牟容. 自动站与人工站相对湿度观测结果的差异及原因分析[J]. 气象,2008,34(12):96-102.
- [10] 中国气象局综合观测司. 自动土壤水分观测规范(试行)[A]. 2010.
- [11] 成兆金,徐法彬,张翠英,等. 山东省农业气象自动站土壤湿度观测效果分析[J]. 中国农业气象,2007,28(S1):123-125.
- [12] 罗凤岗. 概率统计基础[M]. 北京:气象出版社,1989:304.

(上接第180页)

季、夏季,近50年来分别增温3.1、2.1、1.4、0.8℃。

(4) 1961—2010年青州市平均最高气温20世纪60年代为一个高值区,70年代为近50年来最低值,自70年代以来气温逐渐回升,在90年代达到最高值,90年代是一个温暖的年代,温度快速回升;平均最低气温20世纪60年代虽然正距平年份较多,但年代气温距平是50年最低,为最冷期,自70年代以来气温快速回升,在90年代达到最高值。

参考文献

- [1] 丁一汇,任国玉,石广玉,等. 气候变化国家评估报告(1):中国气候变化的历史和未来趋势[J]. 气候变化研究进展,2006,2(1):3-8.
- [2] 张静,贾玉强,朱霞,等. 山东内陆地区近50年气温变化特征分析[J].

现代农业科技,2006,16(10):171-172.

- [3] 张秀珍,张文煜,宋嘉尧,等. 潍坊市近45年气候特征分析[J]. 山东气象,2008,28(1):14-17.
- [4] 高建英,高学芹,李洪,等. 青州市近40a(1971—2010年)的降水特征分析[J]. 安徽农学通报,2014,20(21):118-119.
- [5] 陈怀亮,张红卫,薛昌颖. 中国极端天气事件与农业气象服务[J]. 气象与环境科学,2010,33(3):67-77.
- [6] 张胜平,张鑫,王海军,等. 气候变化对山东降水及极端天气气候事件的影响分析[J]. 水文,2011,31(4):62-65.
- [7] 苑文华,张玉洁,王佳刚,等. 利用中值检测方法研究近45年山东极端冷暖天气气候事件[J]. 安徽农业科学,2011,39(3):1554-1558,1694.
- [8] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京:气象出版社,2007:66-75.
- [9] 郭志梅,缪启龙,李雄. 中国北方地区近50年来气温变化特征的研究[J]. 地理科学,2005,25(4):448-454.