

插管式土壤墒情监测仪器参数调整的研究

范长玉, 辛玉琛, 陆占军, 李 澎

(吉林省墒情监测中心, 吉林 长春 130033)

摘 要:在以往墒情自动监测系统的建设与运行中,对仪器参数调整研究较少,因而导致系统的监测精度始终得不到提高,致使监测信息难以在旱情分析与评价中得到应用。在吉林省中西部旱情应急监测系统工程的建设和试运行中,通过技术研究、实验和总结,首次提出调整仪器参数的方法,并且提出了在限定条件下“调一点,管一线”的观点。实际应用后,系统的监测精度得到大幅度提高,实现了工程建设之初提出的精度控制目标。本文对调整仪器参数的方法进行了总结,对提高墒情自动监测系统的监测精度,早日实现墒情监测自动化具有很好的参考价值。

关键词:插管式;墒情监测仪器;参数调整

中图分类号:S163*.5

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2018)01-0086-04

1 概述

墒情自动监测系统的监测精度低是不争的事实,它始终困扰并阻碍着墒情监测自动化的前进步伐。在以往墒情自动监测系统的建设中,都没有开展对仪器参数进行调整的具体工作。在技术规程中,也只提出要对仪器公式进行野外标定的原则性要求,并没有给出具体的标定方法。实际工作中发现,在野外进行仪器公式的标定十分困难。仅就测站土壤不早这一问题就难以解决。所以,墒情自动监测系统的监测精度低,信息无法用于墒情分析和旱情评价,更无法进行不同干旱等级对应的受旱耕地面积的计算。

在以往墒情监测工作和吉林省中西部旱情应急监测系统工程建设与试运行中,也曾想按照技术规程的要求开展对测站仪器公式的标定工作,只因遇到的客观问题难以解决,被迫另想办法,从仪器公式拟合和参数调整入手,探寻提高仪器监测精度的有效方法,从理论分析到实践检验,研究出了一套行之有效的仪器公式参数调整办法。应用后,大幅度提高了仪器的监测精度,取得了前所未有的理想效果。从根本上解决了插管式墒情自动监测系统监测精度低的老大难问题。

2 公式拟合

2.1 仪器公式的获得

插管式土壤墒情监测仪器的工作原理是根据土壤

中固体、液体、气体三项体系的介电常数的差异,测量仪器在不同含水量土壤中的感应频率,间接测得土壤体积含水量,属介电法的一种。

从仪器的工作原理可知,土壤墒情监测仪器内部设定了计算公式,而配有什么样的公式至关重要。到目前为止,绝大多数的仪器公式形式都是三次多项式,极个别的是幂指数形式。就是这个极个别,为提高仪器监测精度创造了条件。

仪器公式的获得,都是在实验室条件下先把公式标定出来,再把仪器拿到检测中心进行检测。而在实验室条件下,标定公式所用的土壤都是经过人工处理的,它与农田的自然土壤存在着差异,这种差异最终都会反映在仪器的监测精度上。

以某型号的插管式土壤墒情监测仪器为例,说明仪器公式是如何获得的。先把不同省区的代表性土壤运回实验室,然后先把一种土壤烘干、粉碎、筛除杂质,将处理后的土壤连同仪器同时装入特制的容器里、压实。一边定量向容器喷水,一边测取土壤含水量和仪器介电参数,获取若干组仪器介电参数与土壤含水量的数据后,点绘仪器介电参数与土壤含水量的关系图(见图1)。用同样方法,可获得不同土壤的仪器介电参数与土壤含水量的关系图。对这些关系图分别进行公式拟合,得到若干个拟合公式:

$$SF=a_i x^{b_i} + c \quad (1)$$

收稿日期:2016-12-05

作者简介:范长玉(1973-),女,吉林长春人,本科,工程师,现从事墒情监测和科学实验研究工作。E-mail:601794612@qq.com

式中; SF 为监测仪器的归一化值; x 为土壤体积含水量(%); a_i 、 b_i 为不同土壤的公式参数; i 为土壤个数; c 为常数。

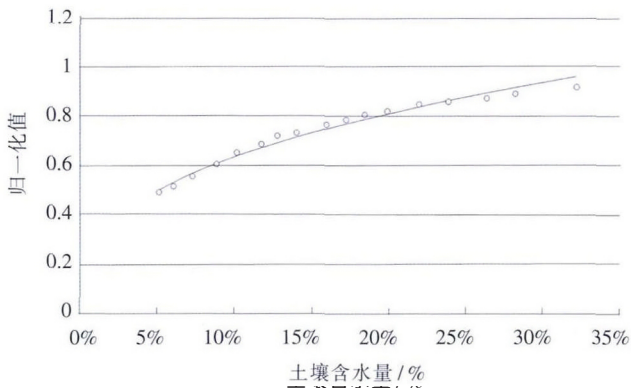


图1 某型号插管式墒情监测仪器归一化值与土壤含水量关系图^[1]

Fig.1 The relationship between the soil moisture and normalized value of a tube type moisture monitoring instrument

经过对不同质地的土壤进行的公式拟合后发现,通常情况下(正常耕种的土壤),公式参数 a 和 b 的变化幅度非常小,完全可以综合成两个不变的数值。只有当土壤中的电解质含量或有机质含量非常高的时候, a 和 b 才开始变化。因此,通常情况下,公式(1)就可简化成:

$$SF = ax^b + c \quad (2)$$

这就是该型号仪器在实验室条件下标定出的通用公式形式。

2.2 公式参数分析

通过数学分析可知,参数 a 相当于图1中关系线的斜率(当把关系线近似地看成直线时),它决定着关系线的陡与缓;参数 b 则决定着关系线的弯与直。既然两个参数 a 和 b 可以综合成两个具体的数值,那么关系线的形状就被固定了下来,这条关系线就反映了该仪器的介电参数与土壤含水量之间所存在的一一对应的函数关系,也就是幂指数形式。

参数 c 是关系线的截距(当把关系线近似看成直线时),它决定着关系线在坐标系中的具体位置。在实验室条件下, c 值近似为零。而在自然条件下, c 值不为零。

2.3 寻找调整对象

既然在实验室条件下获得了仪器介电参数与土壤含水量之间所存在的函数关系(称之为理论线),那么在农田里,也应存在这种函数关系(称之为实际线)。可是,实际工作中很难得到这条关系线。研究中发现,当把仪器安装到农田里,测取某一土壤含水量对应的仪器介电参数时,仪器公式中的 c 值不为零。那么它是否

代表了理论线与实际线之间在某一土壤含水量时的差值?如果是,理论线上的值加上 c 值就应该是实际线上的值。那么改变公式中的参数 c ,仪器的监测精度就应该得到提高,实践证明确实如此。研究中还发现,当把仪器安装到农田里,经过一段时间的对比观测,仪器的监测数据与人工监测数据始终保持着一定的系统偏差,非常具有规律性。从公式参数分析可知, c 是截距,是定值。所以, c 就是我们寻找的调整对象。调整 c 的大小,就可以提高仪器的监测精度。 c 可定义为仪器的系统偏差。所以,调整 c ,不会改变关系线的形状。

经过分析论证得知,仪器的系统偏差来自于两个方面,一是仪器公式参数是在实验室条件下标定出来的,而实验室所用土壤经过了人工处理,处理后的土壤与实际农田的土壤存在很大差异,这种差异最终通过仪器的监测误差反映出来;二是来自仪器本身的误差,包括仪器自身误差和仪器与实际土壤结合的紧密程度造成的误差。

研究发现,在限定条件(该仪器的适用范围)下,即被测土壤是通常条件下耕作土壤(土壤中不能有树根或石子)、土壤含水量小于田间持水量、土壤不结冻。通过仪器参数 c 的调整,可使仪器的监测数据达到精度要求并保持数据稳定。其实不调整仪器参数,监测数据也非常稳定,规律性很强,只是误差超标而已。而且,调整仪器参数与土壤含水量的大小关系不大,可以“调一点,管一线”。这一新发现彻底解决了工作中遇到的难以解决的实际问题。比如,对墒情监测仪器进行现场率定(野外率定)时,土壤始终不早,率定工作难以开展、标定时间过长难以长期等下去等问题。

3 如何调整仪器参数

3.1 对比观测

对比观测是检验仪器监测精度最简捷、最有效的方法。其方法是:在仪器附近选择取样位置,参照仪器零点,确定人工采样零点,按照对比观测人工取样要点用筒钻人工采集土样,一般取三条垂线,每条垂线取三个土样,用烘干法测得土壤含水量。在人工采集土样的同时,让仪器开始监测,得到自动监测数据,将人工法数据与仪器法数据进行比较,需要注意的是应将仪器法数据转换成重量含水量,所需土壤干容重需要先用环刀法测得。如果两种方法测得的土壤含水量相同或满足精度要求,即可认为仪器的监测精度满足要求,可以投入生产应用。否则,需要进行参数调整。

3.2 参数调整

根据对比观测结果,初定新的仪器参数 c 值,将新值 c 代入仪器公式,重新计算土壤含水量。如果试算的土壤含水量与人工法数据相一致,对应的 c 值即为所求,操作人员即可在信息服务平台向测站仪器发出调整仪器参数 c 的指令,当仪器接到中心平台发来的参数调整指令后,即开始改变参数,并在下一个监测时间点启用新的公式参数,测取土壤含水量上报到中心平台。如果用拟定的 c 值试算出的土壤含水量与烘干法数据不一致或误差超限,重新假设 c 值,再进行试算,直至一致为止。最终确定的 c 值即为该站仪器最终参数,该站参数调整即告完成。

如果经过 2~3 次的参数调整,仪器的监测精度仍然不能满足精度要求,就要分析误差的来源,此时最大的可能是仪器安装出现了问题,可考虑重新安装仪器。因为仪器的安装误差过大,单靠调整仪器参数是解决不了问题的。在吉林省中西部旱情应急监测系统工程试运行中,因为误差过大重新安装了 31 台仪器,占总数的35.2%。经过参数调整,最后都达到了精度要求。

3.3 结果验证

参数调整完成后,为保证仪器的监测精度,还需要前往测站,人工采集土样,以检验参数调整效果。满足要求即为调参成功,否则重复进行参数调整,方法同前,直至符合要求。

调整仪器参数时还要注意一点,仪器法监测数据虽然满足精度要求,但如果存在系统偏大或偏小的倾向时,仍需进一步调整参数,直到不存在系统偏差为止。

4 应用实例

以吉林省中西部旱情应急监测系统工程^[2]为例。选择人工法数据与仪器法数据的相对误差 $\leq \pm 15\%$ 、测点合格率 $>90\%$ 为控制指标。在参数调整前,测站仪器合格率仅为 26.5%(参加对比观测 83 个站,合格 22 个),如表 1 所示(篇幅有限,仅列出白城地区 10 个站);经过参数调整后,测站合格率达到 100%(参加对比观测 84 个站,合格 84 个),而且仪器的监测误差很小,如表 2 所示(篇幅有限,仅列出白城地区 10 个站)。

需要说明的是,多数站进行一次参数调整即告成功,

表1 吉林省中西部旱情应急监测系统工程试运行测站合格率统计表(参数调整前)
Table1 The qualified rate statistics of operation stations in the drought emergency monitoring system for the midwestern part of Jilin province (before parameter adjustment)

序号	县市	站名	监测时间	土层深度 / cm	人工法 / %	仪器法 / %	差值	允许误差(±15%)	合格否	测站合格否
1	大安	大安	2016/7/10 12:00	10	11.6	15.9	-4.3	1.7	不合格	不合格
				20	12.3	15.4	-3.1	1.8	不合格	
				40	16.8	20.1	-3.3	2.5	不合格	
2	大安	前新荒	2016/7/10 16:00	10	10.8	11.9	-1	1.6	合格	不合格
				20	13.1	18.3	-5.2	2.0	不合格	
				40	20.0	24.6	-4.6	3.0	不合格	
3	镇赉	后六家子	2016/7/11 8:00	10	10.3	11	-0.7	1.5	合格	不合格
				20	12.0	14.8	-2.8	1.8	不合格	
				40	14.2	16.4	-2.2	2.1	不合格	
4	白城	洮北区	2016/7/11 16:00	10	8.9	13.5	-4.6	1.3	不合格	不合格
				20	11.0	19.6	-8.6	1.7	不合格	
				40	16.5	19.2	-2.7	2.5	不合格	
5	洮南	西菜园子	2016/7/13 9:20	10	14.3	22.6	-8.3	2.1	不合格	不合格
				20	11.0	15.2	-4.2	1.7	不合格	
				40	6.1	10.1	-4.0	0.9	不合格	
6	洮南	兴旺	2016/7/13 10:40	10	6.4	7.6	-1.2	1.0	不合格	不合格
				20	5.8	6.2	-0.4	0.9	合格	
				40	7.4	9.6	-2.2	1.1	不合格	
7	洮南	和平	2016/7/13 12:08	10	3.5	3.2	0.3	0.5	合格	不合格
				20	4.4	4.4	0.0	0.7	合格	
				40	5.1	3.8	1.3	0.8	不合格	
8	通榆	长胜	2016/7/13 16:31	10	2.6	3.9	-1.3	0.4	不合格	不合格
				20	2.3	3.6	-1.3	0.3	不合格	
				40	2.8	4.0	-1.2	0.4	不合格	
9	通榆	团结	2016/7/13 18:27	10	7.3	11.7	-4.4	1.1	不合格	不合格
				20	8.8	16.8	-8.0	1.3	不合格	
				40	15.0	23.2	-8.2	2.3	不合格	
10	通榆	西关	2016/7/14 9:00	10	6.9	10.1	-3.2	1.0	不合格	不合格
				20	11.2	14.1	-2.9	1.7	不合格	
				40	12.7	15.3	-2.6	1.9	不合格	

表2 吉林省中西部旱情应急监测系统工程试运行测站合格率统计表(参数调整后)

Table2 The qualified rate statistics of operation stations in the drought emergency monitoring system for the midwestern part of Jilin province (after parameter adjustment)

序号	县市	站名	监测时间	土层深度/cm	人工法/%	仪器法/%	差值	允许误差(±15%)	合格否	测站合格否
1	大安	大安	2016/9/2416:22	10	18.1	18.4	-0.3	2.7	合格	合格
				20	17.9	15.6	2.3	2.7	合格	
				40	20.3	20.8	-0.5	3.0	合格	
2	大安	前新荒	2016/9/23 13:47	10	15.6	15.1	0.5	2.3	合格	合格
				20	16.6	14.7	1.9	2.5	合格	
				40	23.3	19.9	3.4	3.5	合格	
3	镇赉	后六家子	2016/9/26 12:08	10	12.6	11.8	0.8	1.9	合格	合格
				20	14.5	14.4	0.1	2.2	合格	
				40	16.1	16.1	0.0	2.4	合格	
4	白城	洮北区	2016/9/26 13:15	10	15.7	18.0	-2.3	2.4	合格	合格
				20	19.4	19.0	0.4	2.9	合格	
				40	18.9	21.1	-2.2	2.8	合格	
5	洮南	西菜园子	2016/9/26 16:15	10	16.7	17.9	-1.2	2.5	合格	合格
				20	11.2	12.6	-1.4	1.7	合格	
				40	6.5	6.6	-0.1	1.0	合格	
6	洮南	兴旺	2016/9/24 15:15	10	11.7	11.2	0.5	1.8	合格	合格
				20	12.4	10.9	1.5	1.9	合格	
				40	11.5	10.5	1.0	1.7	合格	
7	洮南	和平	2016/9/23 16:15	10	3.8	3.7	0.1	0.6	合格	合格
				20	4.1	4.3	-0.2	0.6	合格	
				40	4.6	4.7	-0.1	0.7	合格	
8	通榆	长胜	2016/9/24 12:35	10	6.2	6.1	0.1	0.9	合格	合格
				20	6.3	5.4	0.9	0.9	合格	
				40	4.9	4.5	0.4	0.7	合格	
9	通榆	团结	2016/9/25 16:30	10	13.2	13.2	0.0	2.0	合格	合格
				20	13.6	14.4	-0.8	2.0	合格	
				40	18.0	18.7	-0.7	2.7	合格	
10	通榆	西关	2016/9/24 10:00	10	10.2	9.2	1.0	1.5	合格	合格
				20	14.1	12.3	1.8	2.1	合格	
				40	15.4	14.1	1.3	2.3	合格	

少数站经过了 2 次、3 次的参数调整方能达到精度要求。究其原因,主要是仪器安装时,仪器外壳与土壤间的空气介层没有彻底排除。这就要求仪器安装时一定要按照仪器安装要点进行安装,否则就会给后面的工作带来麻烦。

5 结语

土壤墒情监测仪器不同于其它种类的仪器仪表,其它仪器仪表通过抽检的方式就可以判定该批仪器是否合格。而用抽检的方法检验墒情监测仪器的监测精度只能判定其是否与当初检验合格的产品是否一致(检测环境指标),不能判定仪器的监测精度是高还是低,因为其监测精度不仅取决于仪器本身(环境指标),还取决于仪器与监测对象相结合的紧密程度以及监测对象的结构特点。所以,仪器必须首先安装到农田里,经过对比观测和参数调整后,才能判定其监测精度是否达标,即墒情监测仪器一定要先安装到农田后再逐台进行检验验证。

因此,调整仪器参数是提高仪器监测精度的有效方法,也是不可逾越的工作程序。

本研究成果的创新点在于,提出仪器参数的调整

方法不同于传统观念的仪器公式野外标定,在该仪器的适用范围内,根据任意一点的土壤含水量进行仪器参数的调整,就可保证其它各点都能满足精度要求,即“调一点,管一线”。

需要说明的是,本文提出的参数调整方法只在吉林省中西部旱情应急监测系统工程和国家防汛抗旱指挥系统工程吉林省旱情信息采集项目中获得了成功应用,此方法的通用性还有待做进一步验证。

参考文献:

[1] 辛玉琛,王洪义. 插管式土壤水分采集仪应用研究[J]. 水利技术监督, 2016,43. (XIN Yuchen, WANG Hongyi. Study on application of joint soil moisture acquisition instrument [J]. Technical Supervision in Water Resources, 2016,43. (in Chinese))

[2] 吉林省墒情监测中心. 吉林省中西部旱情应急监测系统工程建设实施方案 [R]. 2015. (Soil Moisture Monitoring Center of Jilin Province. Implementation plan of drought emergency monitoring system construction for Midwestern part of Jilin province [R]. 2015. (in Chinese))

[3] SL 364-2015, 土壤墒情监测规范 [S]. (SL 364-2015, The Soil Moisture Monitoring Specification [S]. (in Chinese))

- 的应用研究[J]. 冰川冻土, 2004,26(5):617–623. (SONG Kechao, KANG Ersi, JIN Bowen, et al. Measurement of evapotranspiration by the micro-lysimeters in the mountain vegetation zone of the Heihe River basin [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2004,26(5):617–623. (in Chinese))
- [7] 孙宏勇,张喜英,张永强,等. 用 Micro-Lysimeters 和大型蒸渗仪测定夏玉米蒸散的研究[J]. 干旱地区农业研究, 2002,20(4):72–75. (SUN Hongyong, ZHANG Xiyong, ZHANG Yongqiang, et al. Determination of daily evaporation and evapotranspiration of summer corn fields by large-scale lysimeter and micro-lysimeters [J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2002,20(4):72–75. (in Chinese))
- [8] 刘士平,杨建锋,李宝庆,等. 新型蒸渗仪及其在农田水文过程研究中的应用 [J]. 水利学报, 2000,(3):29–36. (LIU Shiping, YANG Jianfeng, LI Baoqing, et al. A new large weighing lysimeter and its application to agro-hydrological process studies [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2000,(3):29–36. (in Chinese))
- [9] W.E. Bardsley, D.I. Campbell. An expression for land surface water storage monitoring using a two -formation geological weighing lysimeter [J]. Journal of Hydrology, 2007,(335):240–246.
- [10] J. Hagenau, R. Meissner, H. Borg. Effect of exposure on the water balance of two identical lysimeters [J]. Journal of Hydrology, 2015,(520):69–74.
- [11] R.K. Misra, J. Padhi, J.O. Payero. A calibration procedure for load cells to improve accuracy of mini-lysimeters in monitoring evapotranspiration [J]. Journal of Hydrology, 2011,(406):113–118.
- [12] R. Schoena, J.P. Gaudet, T. Bariac. Preferential flow and solute transport in a large lysimeter, under controlled boundary conditions [J]. Journal of Hydrology, 1999,(215):70–81.
- [13] 隋翠娟. 不同类型蒸渗仪的性能分析[D]. 西安: 西安理工大学, 2013. (SUI Cuijuan. The Performance Analysis of Different Types of Lysimeter [D]. Xi'an: Xi'an University of Technology, 2013. (in Chinese))
- [14] 姜峻,都全胜,赵军,等. 称重式蒸渗仪系统改进及在农田蒸散研究中的应用[J]. 水土保持通报, 2008,28(6):67–72. (JIANG Jun, DU Quansheng, ZHAO Jun, et al. Improvement of weighing Lysimeter and its application in farmland evapotranspiration research [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2008,28(6):67–72. (in Chinese))

Application Status and Research Trend of Domestic and Foreign Lysimeter

WANG Yining¹, ZHU Yueling²

(1.Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China; 2.NO.1 Middle School of Nanchang, Nanchang 330000, China)

Abstract: Lysimeter is a kind of instrument for determination of evapotranspiration in farmland. The research and application of the domestic and foreign lysimeter are continuously developed. The equipment has been improved from the non-weighing to the weighing type, and the observation methods from manual to informatization and automation. The research field has also expanded to agriculture, forestry, ecology, climate change and etc.. Meanwhile, the performance update can meet the requirements of multi-time, multi-objective and multi-factor observation. Based on the analysis of the application status at home and abroad, the design technology of the new type lysimeter was proposed to meet the hydrological cycle and evapotranspiration research.

Key words: lysimeter; evapotranspiration; weighing type; hydrological cycle

(上接第 89 页)

Parameter Adjustment for Intubation-type Soil Moisture Monitoring Meter

FAN Changyu, XIN Yuchen, LU Zhanjun, LI Peng

(Moisture Monitoring Center of Jilin Province, Changchun 130033, China)

Abstract: There are less study on instrument parameter adjustment during construction and operation of automatic monitoring systems for soil moisture. The monitored information can be hardly applied in the draught analysis and assessment because the monitored result precision can not be improved. By researching, experimenting and summarizing, this paper gave a method of instrument parameter adjustment, and proposed the view of “improve one line by adjusting one point” during constructing and operating the drought emergency monitoring system in midwestern region of Jilin Province. The monitoring precision was substantially improved after the new method was used, which met the requirement of the monitoring precision control proposed at the beginning of the project. In this paper, the method of instrument parameter adjustment was summarized, which has important reference value for improving monitoring precision of automatic monitoring systems for soil moisture and the automation of soil moisture monitoring.

Key words: intubation-type; monitoring instrument for soil moisture; parameter adjustment