

土壤墒情监测仪器拟合公式研究

辛玉琛¹, 张敬东¹, 常义¹, 辛星², 金颖³, 李羚¹, 范长玉¹

(1.吉林省墒情监测中心,吉林 长春 130033; 2.吉林省公安边防总队训练基地,吉林 长春 130117;
3.吉林省水文水资源局,吉林 长春 130022)

摘要:土壤墒情监测迟迟不能实现自动化,主要原因是墒情监测仪器的监测精度始终停留在只能定性地监视旱情的变化趋势,无法用自动监测数据准确分析出不同的干旱等级和计算出对应的受旱耕地面积。结合吉林省墒情监测工作实际,开展了土壤墒情监测仪器拟合公式的研究,提出了土壤墒情监测仪器拟合公式的最佳形式,对于仪器厂家转变观念,改变仪器公式形式,提高仪器监测精度,早日实现墒情监测自动化具有很好地参考价值。

关键词:土壤墒情监测;拟合公式;研究

中图分类号:S163+.5

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2017)04-0068-06

1 概述

土壤墒情信息是进行旱情分析、受旱耕地面积计算不可缺少的水文要素,墒情评价是政府指导抗旱不可或缺的技术支撑。然而,在我国,土壤墒情监测一直以人工监测为主,不仅费时、费力,而且时效性差,信息量有限,难以满足抗旱工作的实际需要。

在国外,使用土壤墒情监测仪器进行大范围土壤墒情监测,从而进行不同干旱等级对应受旱耕地面积的计算尚未见到,较为多见的是为了完成某一研究课题,相应用到土壤墒情监测仪器。而对土壤墒情监测仪器拟合公式形式的研究更为少见。

在国内,针对土壤墒情监测仪器拟合公式开展的研究也很少见。为尽快改变土壤墒情监测手段,早日实现土壤墒情监测自动化,结合吉林省墒情监测工作实际,针对墒情监测仪器的拟合公式进行了研究。通过研究发现,导致仪器监测精度不高的真正原因是仪器的拟合公式没有真正反应仪器介电参数与土壤含水量之间的内在规律。目前国内厂家生产的墒情监测仪器,绝大多数仪器公式形式都是三次多项式,在实际应用中,因为很难对公式参数进行有效调整,因而仪器的监测精度也就很难得到提高。

2 应用研究

2.1 公式形式为三次多项式的仪器应用实验

选择某型号插针式土壤水分采集仪,其公式形式为:

$$y = ax^3 + bx^2 + cx + d \quad (1)$$

式中: y 为仪器介电参数(V); x 为土壤含水量(%); a 、 b 、 c 、 d 为拟合系数。

选择代表性地块,安装仪器。在仪器测得土壤含水量的同时,测取仪器的介电参数,得到若干组不同土壤含水量对应的仪器介电参数,点绘介电参数与土壤含水量关系图,见图1^[1]。

2.2 公示形式为幂指数的仪器应用实验

选择某型号插管式土壤水分采集仪,其公式形式为:

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

式中: y 为仪器介电参数(V); x 为土壤含水量(%); a 、 b 、 c 为拟合系数。

为尽快得到完整数据,选择代表性地块,取原土若干公斤运到实验室,在实验室将原土烘干、弄碎、筛除杂质,然后连同仪器一起装入专制容器,一边向容器里定量喷水,一边测取仪器介电参数和对应的土壤含水量,从而得到若干组不同土壤含水量对应的仪器介电参数。点绘介电参数与土壤含水量关系图,见图2^[2]。

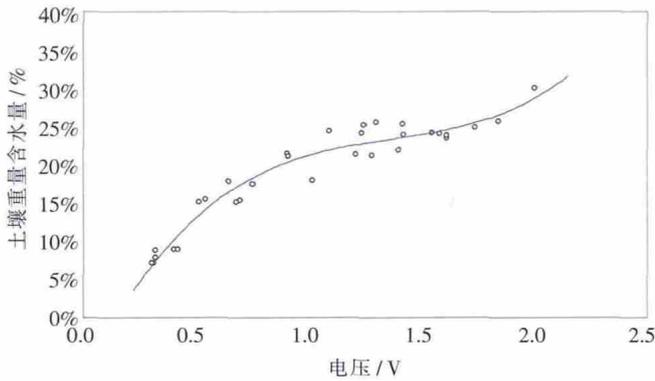


图1 某型号土壤水分采集仪介电参数与土壤含水量关系图
(公式为三次多项式)

Fig.1 The relationship between the soil moisture and dielectric parameters of a soil moisture acquisition instrument (fitting function is 3rd-degree polynomial)

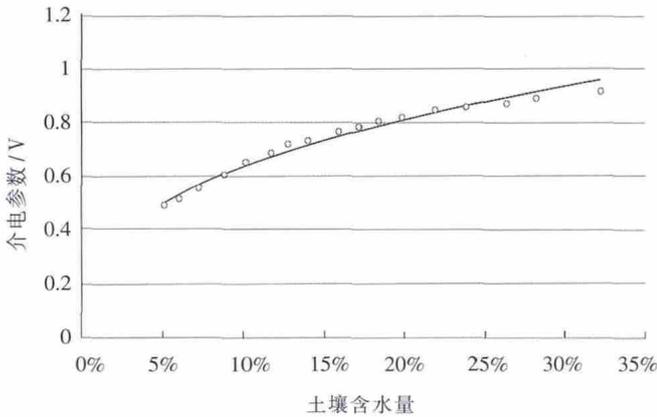


图2 某型号土壤水分采集仪介电参数与土壤含水量关系图
(公式为幂指数形式)

Fig.2 The relationship between the soil moisture and dielectric parameters of a soil moisture acquisition instrument (fitting formula is power function)

3 分析及论证

3.1 从公式原理分析

三次多项式与幂指数的根本区别在于:三次多项式适用于离散型函数;而幂指数适用于连续型函数。有观点认为,仪器介电参数与土壤含水量之间不完全是——对应的关系,它们具有统计特征,因而可以用三次多项式拟合。另有观点则认为,仪器介电参数与土壤含水量之间存在——对应关系,用幂指数拟合介电参数与土壤含水量更能真实地反映事物的内在规律。目前投放市场的墒情监测仪器,绝大部分仪器公式形式是三次多项式,只有一种型号仪器采用的是幂指数。实践证明,土壤含水量与仪器介电参数之间的确存在着——

一对应的关系,是连续型函数。在实际工作中,通过对幂指数公式参数的调整,仪器的监测精度得到了大幅度提高,并且能按照理论分析的结果去变化。所以,幂指数公式形式是提高仪器监测精度的最佳公式形式。

3.2 从关系图分析

从图1和图2不难看出,尽管两张关系图不是在同一条件下获得的。但如果两种仪器测得的数据均反映了事物的内在规律,也只能是点带的宽窄不同而已,不应该出现一个有反曲现象,一个没有反曲现象。从而可以断定,其中一定有一个是假相关或者相关程度不高。实践证明,幂指数函数真实反映了土壤含水量与仪器介电参数之间的内在规律。

3.3 从实验结果分析

2015年吉林省建设了中西部旱情应急监测系统工程,工程包括88处自动站、1处省墒情中心信息服务平台、6处墒情分中心终端、1处省防终端、1处厅领导终端。在工程建设之前,进行了室内对比观测、野外对比观测、实地考察仪器厂家等前期工作。根据前期工作成果,选择了公式形式为幂指数的插管式墒情监测仪器进行了两个多月的应用实验,其间用烘干法分别进行了1d、5d一次的对比观测,进行了两次参数调整,对比观测成果见表1^[2]。

表1中6月14日~16日进行了第一次参数调整,是针对误差虽然满足精度要求,但误差大小不一且系统偏大进行的;6月17日~23日为第一次对比观测期;6月24日进行了第二次参数调整;6月25日~7月10日为第二次对比观测期,从中可以看出,第二次调参后误差继续变小且没有系统偏差。从而可以得出经过多次参数调整,总能使仪器的监测误差减小而满足精度要求的结论。

经统计,三台仪器的监测数据的合格率均为100%。

4 应用举例

4.1 三次多项式公式

2011年,开始对已建的墒情自动监测系统实际运行。系统中各站的仪器公式形式是三次多项式。在实际运行时发现,仪器法监测数据与人工法监测数据存在很大误差,自动监测数据无法用于旱情分析。因此,想通过调整公式参数使之得到改善,或找到误差规律,对监测数据进行修正。经过近两年的应用研究,没有成功。调参后不是数据溢出,就是没有监测数据显示,再就是误差反而变大,更无规律可言。也曾想

表1 某型号土壤水分采集仪对比观测统计表

Table1 The statistics of the observed results from a soil moisture acquisition instrument

观测时间	仪器编号	10cm				20cm				40cm			
		人工法	仪器法	相对误差 / %	合格否	人工法	仪器法	相对误差 / %	合格否	人工法	仪器法	相对误差 / %	合格否
2015.6.14	编号 1	17.4	19.33	-11.1	合格	17.6	17.95	-2.0	合格	18.3	17.87	2.3	合格
	编号 2	17.4	18.45	-6.0	合格	17.6	18.14	-3.1	合格	18.3	18.82	-2.8	合格
	编号 3	21.9	21.81	0.4	合格	21.7	20.37	6.1	合格	22.7	19.93	12.2	合格
2015.6.15	编号 1	17.3	19.4	-12.1	合格	20.5	17.97	12.3	合格	18.1	17.85	1.4	合格
	编号 2	17.3	18.39	-6.3	合格	20.5	18.19	11.3	合格	18.1	18.87	-4.3	合格
	编号 3	20.0	21.5	-7.5	合格	20.5	20.27	1.1	合格	21.1	19.98	5.3	合格
2015.6.16	编号 1	17.2	18.22	-5.9	合格	17.4	16.76	3.7	合格	18.1	18.02	0.4	合格
	编号 2	17.2	17.48	-1.6	合格	17.4	18.27	-5.0	合格	18.1	19.0	-5.0	合格
	编号 3	17.8	19.7	-10.7	合格	18	20.14	-11.9	合格	19.4	19.92	-2.7	合格
2015.6.17	编号 1	16.9	18.22	-7.8	合格	17.1	17.99	-5.2	合格	17.9	17.79	0.6	合格
	编号 2	16.9	17.33	-2.5	合格	17.1	18.27	-6.8	合格	17.9	19.0	-6.2	合格
	编号 3	17.5	19.7	-12.6	合格	17.9	20.14	-12.5	合格	19.2	19.92	-3.8	合格
2015.6.18	编号 1	16.7	18.15	-8.7	合格	17	17.91	-5.4	合格	17.8	17.79	0.1	合格
	编号 2	16.7	17.04	-2.0	合格	17	18.13	-6.6	合格	17.8	18.85	-5.9	合格
	编号 3	24.3	20.67	14.9	合格	21.5	20.79	3.3	合格	21	20.38	3.0	合格
2015.6.19	编号 1	16.6	18.9	-13.9	合格	16.8	17.89	-6.5	合格	17.8	17.76	0.2	合格
	编号 2	16.6	17.01	-2.5	合格	16.8	18.09	-7.7	合格	17.8	18.94	-6.4	合格
	编号 3	20.7	20.39	1.5	合格	23	25.6	-11.3	合格	21.4	20.3	5.1	合格
2015.6.20	编号 1	16.6	18.09	-9.0	合格	16.8	17.89	-6.5	合格	17.6	17.73	-0.7	合格
	编号 2	16.6	17.07	-2.8	合格	16.8	18.12	-7.9	合格	17.6	18.97	-7.8	合格
	编号 3	18.6	20.09	-8.0	合格	19.2	20.45	-6.5	合格	19.8	20.21	-2.1	合格
2015.6.21	编号 1	16.5	18.1	-9.7	合格	17.6	17.87	-1.5	合格	18.6	17.71	4.8	合格
	编号 2	16.5	17.05	-3.3	合格	17.6	18.1	-2.8	合格	18.6	18.95	-1.9	合格
	编号 3	18.6	19.73	-6.1	合格	19.1	20.25	-6.0	合格	19.8	20.08	-1.4	合格
2015.6.22	编号 1	16.4	18.12	-10.5	合格	16.7	17.86	-6.9	合格	17.5	17.69	-1.1	合格
	编号 2	16.4	17.06	-4.0	合格	16.7	18.13	-8.6	合格	17.5	18.98	-8.5	合格
	编号 3	18.4	19.67	-6.9	合格	19	20.24	-6.5	合格	19.7	20.02	-1.6	合格
2015.6.23	编号 1	16.4	18.07	-10.2	合格	16.6	17.83	-7.4	合格	17.4	17.66	-1.5	合格
	编号 2	16.4	17.3	-5.5	合格	16.6	18.1	-9.0	合格	17.4	18.95	-8.9	合格
	编号 3	18.4	19.85	-7.9	合格	18.9	20.12	-6.5	合格	19.6	19.91	-1.6	合格
2015.6.24	编号 1	16.3	18.07	-10.9	合格	16.6	17.77	-7.0	合格	17.4	17.63	-1.3	合格
	编号 2	16.3	17.04	-4.5	合格	16.6	18.06	-8.8	合格	17.4	18.93	-8.8	合格
	编号 3	18.3	19.48	-6.4	合格	18.8	20	-6.4	合格	19.6	19.92	-1.6	合格
2015.6.25	编号 1	16.2	17.22	-6.3	合格	16.5	16.98	-2.9	合格	17.3	16.81	2.8	合格
	编号 2	16.2	16.24	-0.2	合格	16.5	17.26	-4.6	合格	17.3	18.12	-4.7	合格
	编号 3	18.3	18.85	-3.0	合格	18.7	19.29	-3.2	合格	19.5	18.95	2.8	合格
2015.6.26	编号 1	16.2	17.11	-5.6	合格	16.4	16.91	-3.1	合格	17.3	16.79	2.9	合格
	编号 2	16.2	16.15	0.3	合格	16.4	17.19	-4.8	合格	17.3	18.09	-4.6	合格
	编号 3	18.2	18.37	-0.9	合格	18.6	19.06	-2.5	合格	19.5	18.85	3.3	合格
2015.6.27	编号 1	16.2	17.11	-5.6	合格	16.3	16.83	-3.3	合格	17.3	16.72	3.4	合格
	编号 2	16.2	16.22	-0.1	合格	16.3	17.19	-5.5	合格	17.3	18.09	-4.6	合格
	编号 3	18.1	18.44	-1.9	合格	18.6	19.06	-2.5	合格	19.5	18.85	3.3	合格
2015.6.28	编号 1	16.1	17.04	-5.8	合格	16.3	16.76	-2.8	合格	17.3	16.72	3.4	合格
	编号 2	16.1	16.3	-1.2	合格	16.3	17.2	-5.5	合格	17.3	18.09	-4.6	合格
	编号 3	17.9	18.15	-1.4	合格	18.5	18.99	-2.6	合格	19.4	18.85	2.8	合格
2015.6.29	编号 1	15.9	16.81	-5.7	合格	16.1	16.69	-3.7	合格	17.3	16.64	3.8	合格
	编号 2	15.9	16.07	-1.1	合格	16.1	17.05	-5.9	合格	17.3	18.17	-5.0	合格
	编号 3	19.7	19.56	0.7	合格	18.1	18.99	-4.9	合格	19.8	18.93	4.4	合格
2015.7.5	编号 1	15.9	16.07	-1.1	合格	16.3	15.97	2.0	合格	16.8	16.11	4.1	合格
	编号 2	15.9	15.85	0.3	合格	16.3	16.76	-2.8	合格	16.8	17.86	-6.3	合格
	编号 3	20.4	19.26	5.6	合格	20.8	19.57	5.9	合格	21.1	19.47	7.7	合格
2015.7.10	编号 1	15.8	15.15	4.1	合格	16.2	14.97	7.6	合格	16.6	15.3	7.8	合格
	编号 2	15.8	15.54	1.6	合格	16.2	16.49	-1.8	合格	16.6	17.82	-7.3	合格
	编号 3	17.6	18.12	-3.0	合格	18.1	19.02	-5.1	合格	19.4	19.02	2.0	合格

借鉴国内外针对三次多项式进行参数调整的成功案例,但只见到技术规程中规定仪器在实际应用前,要对仪器公式进行野外率定或标定,并未给出具体实例。曾多次找到工程承建单位寻求帮助,但始终没有得到对方的积极响应。

通过对三次多项式公式的分析,同样可以得出用调整参数的办法难以提高仪器监测精度的结论。因为,难以对 a 、 b 、 c 、 d 四个参数如何调整作出预判。

4.2 幂指数公式

吉林省中西部旱情应急监测系统工程建成后,根据水文设施验收规程,新建工程要进行一个汛期的试运行。2016年工程进入试运行期,通过对公式参数调整,仪器的监测精度得到大幅度提高。

以第一小组为例。该小组负责四平、辽源、吉林三个地区和长春地区的九台、双阳两区共25处自动墒情站的对比观测和调参工作,经过3次调参,25处自

表2 自动墒情站对比观测成果统计表(四平地区)(调参前)

Table2 The statistics of the observed results from the automatic soil moisture stations (before adjustment)

序号	地区	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
1	四平	老城子	2016/7/10 18:05	10	18.9	20.3	-1.4	2.8	合格
				20	21.0	22.6	-1.6	3.2	合格
				40	20.5	23.1	-2.6	3.1	合格
2	四平	鱼塘坊	2016/7/11 12:55	10	8.9	8.9	0	1.3	合格
				20	8.6	8.9	-0.3	1.3	合格
				40	12.9	13.8	-0.9	1.9	合格
3	四平	明伦	2016/7/11 11:16	10	13.8	14.5	-0.7	2.1	合格
				20	14.8	14.4	0.4	2.2	合格
				40	20.0	20.2	-0.2	3.0	合格
4	四平	西尖山子	2016/7/12 11:20	10	18.8	19.1	-0.3	2.8	合格
				20	20.8	22.6	-1.8	3.1	合格
				40	21.2	22.1	-0.9	3.2	合格
5	四平	王家孤店	2016/7/10 12:09	10	5.8	10.4	-4.6	0.9	不合格
				20	7.2	11.0	-3.8	1.1	不合格
				40	5.8	7.5	-1.7	0.9	不合格
6	四平	立新	2016/7/10 13:40	10	10.7	19.1	-8.4	1.6	不合格
				20	13.4	23.8	-10.4	2.0	不合格
				40	13.4	20.7	-7.3	2.0	不合格
7	四平	博爱	2016/7/10 14:47	10	2.6	2.7	-0.1	0.4	合格
				20	3.1	3.8	-0.7	0.5	不合格
				40	3.1	4.2	-1.1	0.5	不合格
8	四平	双山	2016/7/10 16:22	10	5.5	8.0	-2.5	0.8	不合格
				20	7.1	8.9	-1.8	1.1	不合格
				40	6.3	12.8	-6.5	0.9	不合格
9	四平	大泉眼	2016/7/11 8:50	10	14.2	23.5	-9.3	2.1	不合格
				20	18.9	26.9	-8.0	2.8	不合格
				40	19.7	29.0	-9.3	3.0	不合格
10	四平	孤家子镇	2016/7/11 10:18	10	9.1	12.4	-3.3	1.4	不合格
				20	11.9	15.1	-3.2	1.8	不合格
				40	15.0	17.3	-2.3	2.3	不合格
11	四平	双河	2016/7/11 18:20	10	20.6	24.0	-3.4	3.1	不合格
				20	23.9	26.2	-2.3	3.6	合格
				40	22.4	25.9	-3.5	3.4	不合格
12	四平	青山	2016/7/12 10:10	10	18.7	21.7	-3.0	2.8	不合格
				20	22.0	28.8	-6.8	3.3	不合格
				40	20.9	30.9	-10.0	3.1	不合格

表3 自动墒情站对比观测成果统计表(四平地区)(调参后)

Table3 The statistics of the observed results from the automatic soil moisture stations (after adjustment)

序号	地区	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
1	四平	老城子	2016/7/29 8:24	10	23.7	20.1	3.6	3.6	合格
				20	23.7	21.5	2.2	3.6	合格
				40	21.6	20.9	0.7	3.2	合格
2	四平	鱼塘坊	2016/7/28 10:20	10	10.0	9.3	1	1.5	合格
				20	9.1	9.4	-0.3	1.4	合格
				40	13.3	12.9	0.4	2.0	合格
3	四平	明伦	2016/7/28 8:00	10	15.7	13.7	2.0	2.4	合格
				20	14.9	14.2	0.7	2.2	合格
				40	19.5	18.7	0.8	2.9	合格
4	四平	西尖山子	2016/7/29 14:50	10	24.6	21.9	2.7	3.7	合格
				20	23.7	22.9	0.8	3.6	合格
				40	24.0	22.2	1.8	3.6	合格
5	四平	王家孤店	2016/7/28 14:00	10	8.6	8.1	0.5	1.3	合格
				20	8.6	8.1	0.5	1.3	合格
				40	5.4	5.3	0.1	0.8	合格
6	四平	立新	2016/7/28 12:50	10	10.5	9.6	0.9	1.6	合格
				20	12.9	12.5	0.4	1.9	合格
				40	13.9	14.6	-0.7	2.1	合格
7	四平	博爱	2016/7/28 15:00	10	3.9	4.3	-0.4	0.6	合格
				20	2.5	2.5	0.0	0.4	合格
				40	2.8	2.3	0.5	1.0	合格
8	四平	双山	2016/8/24 15:00	10	4.8	4.2	0.6	0.7	合格
				20	6.5	6.5	0.0	1.0	合格
				40	5.8	5.9	-0.1	0.9	合格
9	四平	大泉眼	2016/8/23 11:30	10	14.3	14.7	-0.4	2.1	合格
				20	17.5	17.9	-0.4	2.6	合格
				40	19.5	18.1	1.4	2.9	合格
10	四平	孤家子镇	2016/8/24 11:30	10	11.0	10.1	0.9	1.7	合格
				20	12.4	11.2	1.2	1.9	合格
				40	14.0	14.1	-0.1	2.1	合格
11	四平	双河	2016/7/29 11:14	10	22.6	21.3	1.3	3.4	合格
				20	26.0	23.4	2.6	3.9	合格
				40	24.8	23.9	0.9	3.7	合格
12	四平	青山	2016/7/30 15:45	10	22.7	20.2	2.5	3.4	合格
				20	24.1	22.4	1.7	3.6	合格
				40	22.8	21.4	1.4	3.4	合格

动站的监测精度均满足工程提出的误差控制标准,即人工法与仪器法监测数据的相对误差 $\leq\pm 15\%$,测点合格率 $>90\%$ 。调参前后的对比观测成果见表2、表3(篇幅所限,只列出四平地区12个站调参前后的结果,中间过程略)。

经统计,调参前,测站合格率仅为33%;测点合格率仅为39%。调参后,测站和测点合格率均为100%。

参数调整的具体做法:首先确定仪器监测精度控制指标。在本工程中规定:人工法与仪器法监测数据的相对误差 $\leq\pm 15\%$,测点合格率 $>90\%$ 。之所以制定这

样的精度指标,是根据吉林省旱情分析的实际需要和吉林省墒情评价指标反推出来的最低控制标准。如果不这样控制,本来是中等干旱,那么用仪器法测出来的结果就可能是适墒或特大干旱,中间就会跨过轻旱或严重干旱,分析计算出来的干旱等级和对应的受旱耕地面积就会严重脱离实际。精度控制指标确定后,即可进行对比观测和参数调整。即在仪器附近人工采集土样,同时读取仪器监测数据,用人工法数据与仪器法数据进行比较。如果超过上述误差控制标准,即根据超标幅度对公式参数 c 进行调整:设定新的参数 c ,代入仪器公式计算土壤含水量,并与人工法监测数据进行比较,如果满足精度要求, c 即为所求。否则重新设定 c ,再进行计算、比较,直至满足精度要求。 c 值确定后,通过信息服务平台向测站仪器发出调参指令,测站仪器接到指令后,即对参数进行调整,并在下一个监测点启用新的参数,该站参数调整工作即告结束。待所有测站仪器参数调整完成后,还要进行一次人工取样、同时读取仪器监测数据,进行比较,以检验参数调整后的实际效果。(具体的对比观测和参数调整已有一套技术规程,篇幅有限,不赘述)。

实践证明,用幂指数拟合的仪器公式真实反映了仪器介电参数与土壤含水量之间的内在规律,即一一对应关系;公式的三个参数数学概念清楚,参数 a 是斜率(当把曲线近似看成直线时),决定着曲线的陡缓;参数 b 决定着曲线的弯曲程度;参数 c 是截距,在土壤含水量监测中就是系统偏差。一般情况下,不对参数 a 和 b 进行调整。因为 a 和 b 经过不同地区、不同土壤类型的综合,已经给出了具体的数值。如果调整 a 或 b ,关系线的形状就会发生改变,就会带来一系列无法解决的问题,比如,“调一点,管一线”的规律就会被打破。所以,参数调整主要是调整参数 c 。因为 c 是系统偏差,

调整 c ,不会改变关系线的形状。因此,通过对参数 c 的调整,就能达到提高仪器监测精度之目的。

5 结论

实践证明,公式为幂指数的墒情监测仪器远优于公式为三次多项式的墒情监测仪器,它客观反映了介电参数与土壤含水量之间的连续型函数关系,公式中各参数数学概念清楚,参数可调整,从而使墒情监测自动化得以实现。

必须强调的是,即使是具有幂指数公式的墒情监测仪器,也不能直接投入生产应用,必须事先将仪器安装到监测地块,逐一进行对比观测并进行公式参数调整。因为公式参数是在实验室条件下率定出来的,土壤经过了人工处理,与农田实际土壤存在一定差异。只有通过对比观测和参数调整,才能消除这种误差。

参考文献:

- [1] 辛玉琛,王洪义,徐丽萍,等. 土壤水分监测仪器监测精度研究[J]. 水文, 2016,36(3). (XIN Yuchen, WANG Hongyi, XU Liping, et al. Study on monitoring accuracy of soil moisture monitoring instrument [J]. Journal of China Hydrology, 2016,36(3). (in Chinese))
- [2] 辛玉琛,王洪义,杨春生,等. 插管式土壤水分采集仪应用研究[J]. 水利技术监督, 2016,(4):41-43. (XIN Yuchen, WANG Hongyi, YANG Chunsheng, et al. Study on the application of soil moisture collecting instrument [J]. Technical Supervision of Water Conservancy, 2016,(4):41-43. (in Chinese))
- [3] 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实施实施方案 [R]. 2015. (Soil Moisture Monitoring Center of Jilin Province. Construction implementation plan of drought emergency monitoring system for middle-west Jilin [R]. 2015. (in Chinese))
- [4] SL 364-2015, 土壤墒情监测规范 [S]. (SL 364-2015, The Soil Moisture Monitoring Specification [S]. (in Chinese))

Study on Fitting Formula for Soil Moisture Monitoring Instrument

XIN Yuchen¹, ZHANG Jingdong¹, CHANG Yi¹, XIN Xing², JIN Ying³, LI Ling¹, FAN Changyu¹

(1. Moisture Monitoring Center of Jilin Province, Changchun 130033, China; 2. Public Security Frontier Corps Training Base of Jinlin Province, Changchun 130117, China; 3. Hydrology and Water Resources Bureau of Jilin Province, Changchun 130022, China)

Abstract: The automation is not realized for the soil moisture monitoring. The main reason is that the soil moisture monitoring instruments with their accuracy can only qualitatively determine the trend of drought change, and can not analyze the different grades of drought and calculate the drought farmland area based on the automatic monitored data. This paper made a study on soil moisture monitoring instrument fitting formula, gave the best form of soil moisture monitoring instrument fitting formula.

Key words: soil moisture monitoring; fitting formula; research