

浅层地温对比试验结果

任芝花 郭锡钦

(中国气象科学研究院,北京 100081)

提 要

在以往的遥测地温仪与现用玻璃地温表的对比试验中,浅层地温的对比结果存在着很大差异,致使地温的遥测化受阻。作者采用了新的对比试验方法,得到了令人满意的结果,为遥测地温仪的推广应用提供了试验依据。

关键词: 遥测地温仪 试验结果 浅层地温

前 言

为了实现地温观测的遥测化,从1987年至今,中国气象科学研究院进行了三个阶段的对比试验。本文着重论述第三个阶段的试验情况。

1987年6月至1988年5月,中国气象科学研究院在上海、保定两地进行了第一阶段试验考核^[1]。这次试验中,由于仪器故障很多,效果不好。从试验数据来看,0cm—20cm的浅层地温中,人工观测与遥测地温仪的观测数据差别很大,在升温与降温比较剧烈时尤其明显。具体表现为,升温时遥测数据升得慢,降温时遥测数据降得慢,其原因是遥测地温仪打印时间与人工观测时间不同步,另一个原因可能是由于遥测地温仪有较长的连接电缆,热传导影响较大所致。在深层土壤中,由于变温十分缓慢,两种观测的对比数据比较一致。1993年10月—1994年9月,在南宁、保定两地进行了第二阶段试验考核。为了解决遥测地温仪连接电缆热传导的影响,各层地温传感器的连接电缆被埋入相应深度的土壤中,使该影响有所减少。但浅层土壤中的对比数据仍然差别较大,呈现出明显的随机性,而深层地温的对比数据仍然比较一致。此

次试验在考核的末两月主机均遭雷击而损坏。

通过上述两个阶段的试验,我们分析了浅层地温对比数据不一致的原因乃是土壤中垂直和水平温度场的不均匀性造成的。如果在安装中两种仪器传感器的埋设位置稍有差别,就会造成对比数据不一致。为此,我们从1995年6月开始在河北香河气象局进行了为期三个月的加密对比试验。除1号遥测地温仪遭过一次雷击(很快修复),一台打印机出现故障(显示记录跟踪正常,未影响试验结果)外,试验结果很理想。

1 第三阶段的试验方法

(1)用三套0、5、10、15、20cm地温表与三台遥测地温仪进行对比观测;

(2)三组仪器彼此相距0.6m,按东西方向排列;

(3)玻璃地温表与遥测地温传感器一一对应地捆绑在一起,安装在相应的土壤层次中;

(4)在遥测地温仪中,装一个标准电阻,对整机进行监测,以保证在试验期间整机处于正常运行状态;

(5)遥测地温仪的连接电缆各自埋入相

应深度的土壤中；

(6)应用一天地温较高,变化剧烈的时间加密观测,观测时间是每天 8:30、11:30、12:30、13:30、14:30、15:30、20:30 共 7 次。

2 试验结果

为了分析数据方便,我们将 90 天左右的记录分成三个区段,相当于三个月,按比较成熟的对比数据分析方法对对比数据进行数理统计分析^[2]。从对比数据分析中我们可以看出如下结果:

2.1 土壤中水平温度场的不均匀性

为了分析夏日晴天地温变化剧烈时土壤中水平温度场的平均差别(不是极端差别),我们选用 6 月 19 日—7 月 11 日共 10 个晴天 14:30 的人工观测资料。这时应是一天 7 次观测中地温普遍最高的时间。

设 h 为深度, T_1 、 T_2 、 T_3 分别代表第一组、第二组、第三组玻璃地温表的示值, d 代表差值绝对平均值。求出的结果见表 1。

从表 1 中的差值绝对平均值来看,即使两地温度表埋的深度准确无误,而由于地点相距 0.6m 左右,在夏日晴天时一般可以相差 0.4—1.6℃。

从三个月的考核记录中,我们挑选出地表温度大于 35℃ 的观测,对其观测数据(共 177 次)求差值的绝对平均值进行土壤水平温度场的分析,结果如表 2。从表 2 可以看出,有与表 1 相似的结果。

表 1 夏日晴天 14:30 不同位置的地温表的差值平均值及其绝对值

h /cm	T_2-T_1 /℃	T_3-T_2 /℃	T_3-T_1 /℃	d /℃
0	0.7	-1.0	-0.3	0.7
5	-0.2	-2.2	-2.4	1.6
10	-0.9	0.2	-0.7	0.6
15	-0.1	0.9	0.8	0.6
20	-0.4	0.6	0.2	0.4

表 2 地表温度在 35℃ 以上时不同位置的地温表的差值平均值及其绝对值

h /cm	T_2-T_1 /℃	T_3-T_2 /℃	T_3-T_1 /℃	d /℃
0	0.5	0.8	0.9	0.7
5	0.3	2.0	2.3	1.5
10	0.9	0.2	0.6	0.6
15	0.2	0.8	0.6	0.5
20	0.3	0.4	0.2	0.3

注: T_2-T_1 、 T_3-T_2 、 T_3-T_1 分别代表不同深度的第二组与第一组、第三组与第二组、第三组与第一组地温表的差值平均值。

表 1 和表 2 中 5cm 深度与 T_3 有关的数值偏大,原因不明。

由此可见,前两阶段的试验考核,由于两种仪器相距较远,对比数据不一致就是很自然的了。

2.2 土壤中垂直温度分布

为了分析夏日晴天地温变化剧烈时土壤中垂直温度的平均差别(不是极端差别),我们同样分析了 6 月 19 日—7 月 11 日共 10 个晴天不同时次不同深度土壤中人工观测温度的差别,列入表 3 中,用 No. 表示不同组别, Δh 表示深度差,用 ΔT 表示温度差,用 t 表示观测时次。

由表 3 可见,在夏日晴天时 0cm—5cm 温度差 ΔT 除 20:30 较小外,其它时次最高可达(这还不是极端值)8.4℃,最低也有 3.5℃,如果安装误差有 ± 1 cm,就可能造成 0.70—1.68℃ 的误差,这在常规的安装方法上是很容易遇到的。

由于在浅层土壤中水平温场的不均匀性和垂直温度梯度较大,使得在第一、第二阶段试验中经常出现遥测地温仪与人工观测值相差较大的情况,而且这种差值是随机出现的。而在深层土壤中,由于地温变幅较小,相对来说水平温度场比较均匀,垂直梯度较小,两者的差值就随之减小。

由于本试验的目的在于试验遥测地温仪可否取代现有地温表,只要在试验中能使二者有较好的比较性,仪器能可靠进行遥测就够了。当我们用了第三阶段中的试验方法之后,对比记录的测量结果就很好。

表3 不同时段每套玻璃地温表示值在垂直方向上的差值平均值/℃

No.	Δh	时 间						
		8:30	11:30	12:30	13:30	14:30	15:30	20:30
1#	0—5cm	3.5	6.7	6.6	6.3	5.1	3.7	-2.1
	5—10cm	1.6	4.3	4.4	4.4	4.1	3.3	-1.2
	10—15cm	0.1	2.5	3.2	3.6	3.7	3.4	0.1
	15—20cm	-0.4	1.1	1.5	1.9	2.1	2.3	0.9
2#	0—5cm	3.8	7.2	7.4	7.3	6.0	4.5	-1.8
	5—10cm	1.7	4.8	5.1	5.1	4.8	3.9	-1.3
	10—15cm	0.0	1.9	2.4	2.7	2.8	2.7	0.1
	15—20cm	-0.3	1.2	1.7	2.1	2.4	2.5	1.1
3#	0—5cm	4.0	8.3	8.4	8.3	7.2	5.4	-2.3
	5—10cm	0.6	2.4	2.5	2.5	2.4	2.0	-0.6
	10—15cm	-0.1	1.6	2.0	2.3	2.1	1.9	-0.3
	15—20cm	-0.1	1.6	2.0	2.3	2.7	2.8	0.8

2.3 遥测地温仪的观测准确度

为了计算方便,我们把在香河6月中旬至9月中旬的对比观测记录分为三个相等的时间段,每个区段算一个月,并将玻璃地温表的标准差设定为 $\pm 0.1\text{℃}$ 。

设 T_1 为玻璃地温表的示值, T_2 为遥测地温仪的观测值, N 为观测次数,则不同层次的

$$\text{差值月平均值} = \frac{\sum_{i=1}^N (T_2 - T_1)}{N}$$

这次对比试验是以玻璃地温表为参考标准,考核遥测地温仪能否用于台站业务观测,当 N 较大时,我们将玻璃地温表的示值作为观测的真值。

设 σ 为差值标准差, σ_1 为玻璃地温表标准差, σ_2 为遥测地温仪标准差,分别按不同层次(深度)计算,则

$$\sigma^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2 \quad \text{即} \quad \sigma_2 = \sqrt{\sigma^2 - \sigma_1^2}$$

并按 $2\sigma_2$ 为遥测地温仪的观测不确定度,则准确度=差值月平均值 \pm 不确定度。差值月平均值为系统误差,是可以修正的,按照

惯例,不确定度就是测量准确度^{[3][4]},计算结果见表4,简化(平均)结果见表5。

按照技术条件,0cm的计量精度为 $\pm 0.3\text{℃}$,那么测量精度不应小于 $\pm 0.6\text{℃}$;其它层次的计量精度为 $\pm 0.2\text{℃}$,那么测量精度不应小于 $\pm 0.4\text{℃}$ (见参考文献3,4)。

从表4、表5可以看出,对比试验的结果非常好,这就说明,只要观测方法正确,两种仪器在动态情况下是很一致的。

3 结 论

试验证明,在面积不大的地温观测场内,土壤中水平温场分布不均匀,垂直温度梯度大,特别是在夏日晴天时更为明显,这就是第一、第二阶段对比试验不理想的主要原因。当采用了较正确的安装方法与对比方法后,对比试验结果比较理想,为地温遥测化找到了试验依据,证明了遥测地温仪无论在稳定性还是准确度方面都已达到了实用要求,可以逐步推广应用。这次的对比试验不单是对单项地温遥测有用,而且对自动气象站中的地温自动测量也有实际意义。

表4 遥测地温仪的观测准确度/℃

No. h/cm	差值月平均值			月 标准 差			不 确 定 度			准 确 度		
	6-7月	7-8月	8-9月	6-7月	7-8月	8-9月	6-7月	7-8月	8-9月	6-7月	7-8月	8-9月
0	0.06	0.13	0.07	±0.28	±0.31	±0.33	±0.55	±0.61	±0.67	0.06±0.55	0.13±0.61	0.17±0.67
5	-0.18	-0.18	-0.16	±0.16	±0.08	±0.18	±0.32	±0.17	±0.37	-0.18±0.32	-0.18±0.17	-0.16±0.37
1# 10	-0.10	-0.13	-0.06	±0.08*	±0.02	±0.06	±0.16	±0.03	±0.12	-0.10±0.16	-0.13±0.03	-0.06±0.12
15	-0.14	-0.14	-0.03	±0.04	±0.08	±0.08	±0.09	±0.17	±0.17	-0.14±0.09	-0.14±0.17	-0.03±0.17
20	-0.15	-0.15	-0.03	±0.07	±0.08	±0.09	±0.13	±0.16	±0.18	-0.15±0.13	-0.15±0.16	-0.03±0.18
0	-0.45	-0.54	-0.65	±0.28	±0.25	±0.50	±0.56	±0.50	±0.99	-0.45±0.56	-0.54±0.50	-0.65±0.99
5	-0.32	-0.26	-0.30	±0.28	±0.20	±0.26	±0.55	±0.41	±0.52	-0.32±0.55	-0.26±0.41	-0.30±0.52
2# 10	-0.29	-0.26	-0.27	±0.14	±0.12	±0.14	±0.28	±0.23	±0.29	-0.29±0.28	-0.26±0.23	-0.27±0.29
15	-0.19	-0.21	-0.18	±0.09*	±0.06*	±0.04	±0.18	±0.16	±0.08	-0.19±0.18	-0.21±0.16	-0.18±0.08
20	-0.19	-0.21	-0.25	±0.07	±0.02	±0.08	±0.14	±0.05	±0.16	-0.19±0.14	-0.21±0.05	-0.25±0.16
0	-0.09	-0.15	-0.12	±0.05	±0.14	±0.21	±0.11	±0.27	±0.41	-0.09±0.11	-0.15±0.27	-0.12±0.41
5	-0.03	-0.00	-0.03	±0.09*	±0.09*	±0.01	±0.18	±0.18	±0.02	-0.03±0.18	-0.00±0.18	-0.03±0.02
3# 10	-0.17	-0.15	-0.13	±0.13	±0.07	±0.10	±0.26	±0.13	±0.19	-0.17±0.26	-0.15±0.13	-0.13±0.19
15	-0.34	-0.35	-0.36	±0.10	±0.08	±0.11	±0.19	±0.17	±0.22	-0.34±0.19	-0.35±0.17	-0.36±0.22
20	-0.24	-0.24	-0.23	±0.07	±0.04	±0.06	±0.15	±0.08	±0.12	-0.24±0.15	-0.24±0.08	-0.23±0.12

注:1 差值月平均值的存在主要是由于地温仪对温度的感应速度比玻璃地温表慢造成的,这个问题有待以后解决。

2 表中有“*”的数据,是对比差值比较小,故直接列入差值标准差。

表5 三套地温仪月标准差与不确定度的平均结果/℃

h/cm	月 标准 差			不 确 定 度		
	6-7月	7-8月	8-9月	6-7月	7-8月	8-9月
0	±0.20	±0.23	±0.35	±0.41	±0.46	±0.69
5	±0.18	±0.12	±0.15	±0.35	±0.25	±0.30
10	±0.12	±0.07	±0.10	±0.23	±0.13	±0.20
15	±0.08	±0.08	±0.08	±0.15	±0.17	±0.16
20	±0.07	±0.05	±0.08	±0.14	±0.10	±0.15

参考文献

1 邹耀芳等. 地温观测方法的研究. 气象, 19(11).
 2 G. Xiqin, Z. Shuer and W. Jinzhao. The preliminary study for the data analyzing and summarizing of the field comparison of DCP, WMO/TD No. 462.
 3 郭锡钦等. 有线综合遥测站现场对比试验结果, 气象, 20(5).
 4 郭锡钦等. 自动气象站的动态试验及测量准确度, 应用气象学报, 5(2).
 5 气象仪器和观测方法指南, 北京: 气象出版社.

The Comparative Test Results of Soil Temperature Telemeters

Ren Zhihua Guo Xiqin

(Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081)

Abstract

In the past comparison tests of soil temperature in the shallow layer, there were obvious differences between soil temperature telemeters and routine glass soil thermometers. So it was difficult to use soil temperature telemetry. The good result is acquired in a new comparative tested way. It provides scientific basis for using the telemeter.

Key Words: soil temperature telemeter tested result shallow soil temperature