

贾小琴,孙玉莲,蔡广珍,等. 康乐气象站迁移前后地温同期观测资料对比分析及订正[J]. 干旱气象, 2014, 32(5): 866-871, [JIA Xiaolin, SUN Yulian, CAI Guangzhen, et al. Comparison and Revision of Synchronous Ground Temperature Between the New and Old Meteorological Observation Stations in Kangle of Gansu Province[J]. Journal of Arid Meteorology, 2014, 32(5): 866-871], doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2014)-05-0866

康乐气象站迁移前后地温同期 观测资料对比分析及订正

贾小琴^{1,2}, 孙玉莲², 蔡广珍², 马旭洁², 马春英²

(1. 甘肃省气象局, 甘肃 兰州 730020; 2. 甘肃省临夏州气象局, 甘肃 临夏 731100)

摘要:为了消除城市化进程对旧站地温的影响,运用数理统计方法对康乐县新旧地面气象观测站2012年1~12月同期0~20 cm地温平均值、方差及相关性进行 F 、 T 、 t 检验,对新旧2站数据差异显著的地温,利用最小二乘法进行最佳线性拟合,建立2站地温订正方程。结果表明:整体而言,新站与旧站0~20 cm地温均存在负温差,旧站地温较新站的偏高,大多数月份差值较小,资料连续性较好,但2站地温差值变幅较大。地温差异显著的1月和10月2站地温资料呈显著线性相关,经订正后的新旧站资料基本重合。

关键词:迁站;地温;对比分析;订正

文章编号:1006-7639(2014)-05-0866-06 doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2014)-05-0866

中图分类号:P412

文献标识码:A

引言

康乐县气象站地处甘肃省南部,近年来由于城市建设的影响,该站于2013年1月迁至新址正式开始运行。按照《地面气象观测规范》规定,康乐县气象观测站于2012年1~12月在新、旧站同时进行对比观测^[1]。为寻找新旧站资料序列之间的订正依据,对2站的地温观测资料进行了对比分析,找出二者差异的原因,探讨如何消除城市小气候对历史地温时间序列统计的干扰,以便得到较准确的当地地温资料序列^[2-4]。

1 资料和方法

1.1 资料来源

选用康乐县气象站新旧址2012年1~12月0~20 cm地温观测资料。旧站位于康乐县城南街中心,地理位置103°43'E, 35°22'N,海拔2 000.6 m。由于城市的发展,其周围已为建筑物所遮挡,现已是县城中心繁华地带,日照全年受影响。周围环境已不能满足《地面气象观测规范》中对气象观测站周

围环境的要求。新站位于附城镇中元村,位于旧站北偏东方向,距离旧站1 100 m,海拔高度2 015.5 m。观测场四周均为农田,净空环境良好,符合气象探测环境要求^[5]。1月1~9日新站资料缺测,计算从10日开始。

1.2 统计方法

为了对比康乐县新旧气象站不同深度地温的差异,采用了差值计算,其公式如下:

$$\bar{x}_i = x_{ni} - x_{oi} \quad (1)$$

其中, x_{ni} 、 x_{oi} 分别为新、旧站址*i* cm的地温。

(1) 方差显著性检验

检验2地样本方差是否有显著差异通常是看它们是否接近正态分布^[6]。对于来自2个相互独立的正态总体,假定第1个样本系从均值为 \bar{x} 、方差近似为 S_{n1}^{*2} 的新站正态总体中随机取出,第2个样本取自均值为 \bar{y} 、方差近似为 S_{n2}^{*2} 的旧站,其 F 统计量可表示为:

$$F = \frac{S_{n1}^{*2}}{S_{n2}^{*2}} \quad (2)$$

其中,

收稿日期:2014-01-08;改回日期:2014-04-22

基金项目:临夏强对流天气判别指标体系建设及其应用(2013-Z-5-011)资助

作者简介:贾小琴(1973-),女,甘肃康乐人,本科,高级工程师,主要从事大气探测和气候变化研究. E-mail: jiaxiaolin2006@163.com

$$\begin{cases} S_{n_1}^{*2} = \frac{1}{n_1 - 1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \\ S_{n_2}^{*2} = \frac{1}{n_2 - 1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \end{cases} \quad (3)$$

显然,当 $|F|$ 很大或很小时,说明 $S_{n_1}^{*2}$ 与 $S_{n_2}^{*2}$ 有显著差异,资料不能合并统计,必须订正,当 $|F|$ 落在接受区间内时,说明 $S_{n_1}^{*2}$ 与 $S_{n_2}^{*2}$ 没有差异,资料可以连续使用。

(2) 均值显著性检验

对新、旧站 2 个相互独立的正态总体 $X \sim N(U_1, S_{n_1}^2), Y \sim N(U_2, S_{n_2}^2), S_{n_1}^2$ 与 $S_{n_2}^2$ 未知但相等,若检验 $H_0: U_1 = U_2$, 构造统计量 T 为:

$$T = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{\frac{n_1 S_{n_1}^2 + n_2 S_{n_2}^2}{n_1 + n_2}}} \sqrt{n_1 n_2 (n_1 + n_2 - 2) / (n_1 + n_2)} \quad (4)$$

其中, $n_1 = n_2$ 且为观测日数,统计量 T 服从 $n_1 + n_2 - 2$ 个自由度的 t 分布,如果 $|T| > T_\alpha$, 则 2 个总体的平均值有“显著性差异”, 2 个样本资料不能合并统计。

(3) 相关系数

相关系数是用以反映变量之间相关关系密切程度的统计指标。其公式:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (5)$$

其中, x, \bar{x} 表示新站地温及均值, y, \bar{y} 表示旧站地温及均值。计算出相关系数 r 后,要对其进行 t 检验: $t = r \sqrt{n-2} / \sqrt{1-r^2}$, 在给定信度 $\alpha = 0.05$, 自由度为 $n-2$ 情况下, 经查 $t_{0.05} = 2.045$ 。如果 $|t|$

$> t_{0.05}$, 则表明自变量和因变量之间有直线关系。采用最小二乘法对新旧站差异显著的地温进行最佳直线拟合, 建立新站及订正后旧站地温的一元线性回归方程。

2 新旧测站地温对比分析

2.1 不同深度地温月变化

2.1.1 0 cm 地温

表 1 是康乐站新旧址 2012 年不同深度的月平均地温。可以看出, 不同月份 0 cm 月平均地温新旧站的变化特征存在差异, 1、2、5、6、7、9、10 月份旧站地温比新站高, 其它月份正相反, 其中 1、2、6 月旧站地温比新站偏高 1.7~2.0 °C, 是属地温偏高较多的月份, 而旧站比新站 0 cm 地温偏低的幅度不大, 基本在 0.1~0.3 °C 之间。就季节而言, 冬季差值最明显, 为 -1.1 °C, 夏季次之, 为 -0.7 °C, 春季最小, 仅为 -0.1 °C。冬季差值较大是由于 2 测站积雪消融时间的不同步引起的。据观察: 旧站由于城市热效应、积雪场地因多次观测而导致不同程度遭破坏等原因, 积雪消融时间总是提前于新站。由于积雪的保温作用, 白天新站地温观测值为雪中温度, 基本在 0 °C 左右, 而旧站同期观测值为土壤温度, 两者测量介质有明显区别, 因而存在差异是必然的^[7-9]。

2.1.2 浅层地温

表 1 显示, 5~20 cm 新旧测站浅层地温的年平均差值分别为 -0.6 °C、-0.5 °C、-0.6 °C、-0.6 °C, 与表层 0 cm 地温相当; 除 3 月份外, 其余月份旧址浅层地温均大于新址, 且 1、2 月差值较大, 为 -2.0~-1.5 °C, 其他月份地温差值在 -0.9~-0.1 °C 之间, 基本与年平均差值相当。

表 1 康乐站新旧址 2012 年月平均地温对比 (单位: 0.1 °C)
Tab.1 Comparison of monthly average ground temperature at different depths in 2012 between the new and old meteorological stations in Kangle

深度/cm		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年
0	差值	-17	-20	1	1	-2	-18	-5	2	-3	-6	2	3	-5
	标准差	10	32	11	10	11	10	10	6	7	6	18	24	13
5	差值	-20	-17	2	-5	-5	-5	-7	-4	-4	-3	-1	-3	-6
	标准差	9	7	7	11	12	11	11	7	6	6	5	3	8
10	差值	-17	-15	2	-6	-5	-5	-1	-1	-4	-4	-2	-3	-5
	标准差	2	4	6	10	11	10	9	6	5	4	3	2	6
15	差值	-18	-16	2	-9	-6	-5	-2	-4	-4	-4	-3	-1	-6
	标准差	2	2	4	7	8	7	7	10	8	5	3	1	5
20	差值	-17	-16	1	-9	-6	-2	0	-3	-4	-5	-5	-2	-6
	标准差	1	1	2	5	6	5	6	4	3	2	2	1	3

另外标准差计算结果显示:0~20 cm 地温年平均标准差分别为 1.3、0.8、0.6、0.5、0.3,表明 2 站地温差值变幅随深度增加而减小。

2.2 不同深度地温日变化

2.2.1 0 cm 逐时地温

分别以 1 月代表冬季、4 月代表春季、7 月代表夏季、10 月代表秋季来分析不同季节新旧测站 0 cm 地温的逐时差异(图 1)。整体而言,2 站 0 cm 地温差值春季最小,二者差值仅为 0.1 °C,即新站比旧站地温高 0.1 °C,其中 21:00~24:00 和 00:00~07:00 为正温差,08:00 逐渐变为负温差,之后负温差逐渐增大,至 15:00~17:00 达到最大值(-1.0 °C),此后逐渐又转为正温差;夏季 2 站 0 cm 地温的差异较春季的大,差值平均为 -0.5 °C,即新站比旧站的地温低 0.5 °C,其中 21:00~24:00 和 00:00~07:00 为正温差,08:00 逐渐变为负温差,10:00 负温差逐

渐增大,至 13:00~15:00 达到最大值(-2.8 °C),较春季提前了 2 h 左右,此后逐渐减小;秋季 2 站 0 cm 地温差异较夏季的略大,差值平均为 -0.6 °C,日变化特征与夏季的类似,其中 10:00~15:00 负温差最大,其余时次差值较小;冬季 2 站 0 cm 地温差值最大,平均为 -1.2 °C,从夜间到白天均表现为明显的负温差,负温差最大时段为 11:00~14:00,最大值达 -2.4 °C。需要指出的是,由于降水影响,4 月午后 12:00~16:00 逐时平均地温高于 7 月。从气象要素分析来看,2012 年 4 月降水量为 27.9 mm,≥0.1 mm 的有效降水日数为 6 d,日照时数为 223.0 h;7 月降水量为 185.7 mm,≥0.1 mm 的有效降水日数为 17 d,日照时数为 185.7 h。过多的降水及云量抑制了气温的升高,进而导致在升温阶段 4 月的地温高于 7 月,出现了与气候常规不符的异常现象。

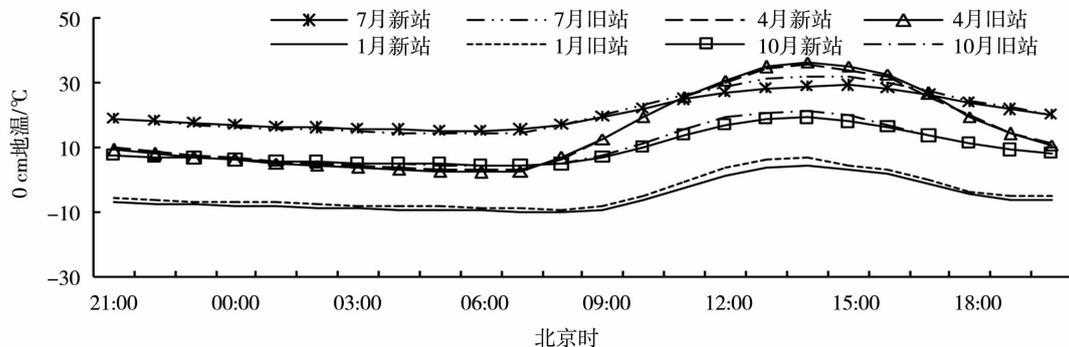


图 1 不同季节 0 cm 逐时地温变化曲线

Fig. 1 The hourly change of 0 cm average ground temperature in four seasons

2.2.2 5 cm 逐时地温

图 2 为 1、4、7、10 月 5 cm 逐时地温变化。可见,夏季 2 站 5 cm 地温差值平均为 0 °C,即新站和旧站地温接近,地温变化曲线基本重合;春季差值平均为 -1.0 °C,即新站比旧站低 1.0 °C,其中 21:00~24:00 和 00:00~09:00 为正温差,00:00~08:00 正温差为

2.1~2.9 °C,之后转为负温差且逐渐增大,11:00~18:00 负温差为 -3.5~-7.7 °C;秋季 2 站地温的差异较春季的大,差值平均为 -0.3 °C,其中 12:00~16:00 为最大负温差;冬季 2 站地温的差异最大,差值平均为 -1.4 °C,且全天表现为明显负温差,新站比旧站地温偏低 1.0~1.8 °C,差值变幅较小。

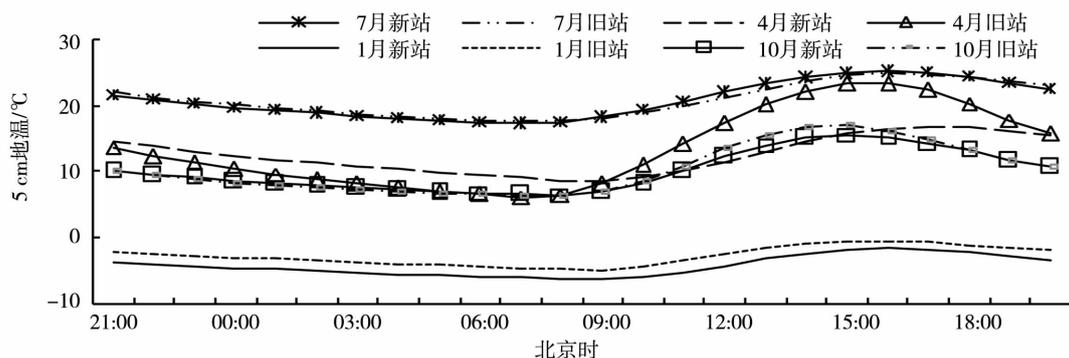


图 2 不同季节 5 cm 逐时地温变化曲线

Fig. 2 The hourly change of 5 cm average ground temperature in four seasons

2.2.3 10、20 cm 逐时地温

10、20 cm 逐时地温平均差值均表现为负温差,其中冬季 10 cm 负温差差值较大,平均为 -1.4 °C,即新站地温低于旧站,但地温逐时变化甚微,日平均逐时地温变化曲线平缓(图略)。

综上所述,新旧 2 站由于土壤性质、海拔高度、周围环境等存在差异,从而使得地面白天太阳辐射加热增温和夜间辐射冷却降温的幅度不尽相同,造成 2 站四季 0~20 cm 逐时地温差异明显,其中 0~20 cm 地温四季的日变化均呈正弦曲线,只在数值上有差别,且 0、5 cm 地温的波动性较大;0 cm 极大

值出现时间在 15:00 左右,且随深度增加逐渐延后;2 站地温无明显差异的时段在夜间和白天太阳辐射较弱的时段,而最大温差时段出现在太阳辐射最强的时段^[10]。

2.3 显著性检验

2.3.1 方差检验

根据公式(2)和(3)计算统计量 F ,见表 2。由此看出, F 值大部分落在接受区间内,表明新旧站方差无显著差异,资料连续性较好,只有 1 月 0~20 cm 的 F 值落在接受区间范围之外,表明 2 站方差存在显著差异,记录变化大,不宜直接使用。

表 2 2012 年 1、4、7、10 月不同深度地温的 F 检验

Tab.2 The F test of 0 - 20 cm ground temperatures in January, April, July and October of 2012

月份	新站 S_{n1}^{*2}	旧站 S_{n2}^{*2}	F	接受区间(F_{α}' , F_{α}'')	
0 cm	1	7.5011	2.3396	3.2061	(0.53, 1.88)
	4	220.0794	148.1676	1.4853	(0.54, 1.84)
	7	9.1885	17.2068	0.5340	(0.53, 1.88)
	10	0.00001	0.00005	0.2000	(0.53, 1.88)
5 cm	1	2.3847	0.4211	5.6630	(0.53, 1.88)
	4	59.0993	47.2327	1.2512	(0.54, 1.84)
	7	2.0339	3.8756	0.5248	(0.53, 1.88)
10 cm	10	0.001974	0.001998	0.9880	(0.53, 1.88)
	1	0.7473	0.1778	4.2030	(0.53, 1.88)
	4	48.3422	40.6704	1.1886	(0.54, 1.84)
	7	1.0491	1.4995	0.6996	(0.53, 1.88)
15 cm	10	0.00085	0.00075	1.1333	(0.53, 1.88)
	1	0.2764	0.0755	3.6609	(0.53, 1.88)
	4	32.1618	27.6616	1.1627	(0.54, 1.84)
	7	0.6524	0.7714	0.8457	(0.53, 1.88)
20 cm	10	0.00187	0.00243	0.7695	(0.53, 1.88)
	1	0.114	0.031	3.6774	(0.53, 1.88)
	4	39.3877	34.4932	1.1419	(0.54, 1.84)
	7	0.5978	0.5477	1.0915	(0.53, 1.88)
10	0.0128	0.0362	0.3536	(0.53, 1.88)	

2.3.2 均值检验

根据公式(4)对 1、4、7、10 月 0~20 cm 地温计算 T 统计量,见表 3。给定信度为 $\alpha = 0.05$,经查 $T_{0.05} = 2.0000$,显然 1、10 月份 0~20 cm 地温 $|T|$

$> T_{0.05}$,表明新旧站 2 组资料平均值存在显著差异,2 个样本资料不能合并统计;其他月份 $|T| < T_{0.05}$,表明 2 组资料没有显著差异,资料可以合并统计。

表3 2012年1、4、7、10月0~20 cm的地温 T 检验
Tab.3 The T test of 0~20 cm ground temperatures
in January, April, July and October of 2012

深度/cm	1月	4月	7月	10月
0	-2.5036	0.0223	-0.4609	-296.344
5	-5.5685	-0.2524	-0.166	-27.6082
10	-9.1924	-0.3682	-0.205	-50.326
15	-14.1883	0.6333	-1.0163	-36.8207
20	20.6733	-0.5711	-1.3242	-16.4537

表4 2012年1、10月新旧测站地温的相关系数及直线回归方程

Tab.4 The correlation coefficients and linear regression equations of 0~20 cm ground temperature at the new and old meteorological stations in January and October of 2012

深度/cm	1月			10月		
	相关系数	t	直线方程	相关系数	t	直线方程
0	0.8657	7.7	$y = 1.1584x - 11.5$	0.8896	10.5	$y = 1.6591x - 72.2452$
5	0.9557	14.5	$y = 1.414x - 7.2$	0.9975	76.0	$y = 0.9949x - 2.6400$
10	0.9653	16.5	$y = 1.382x - 10.6$	0.9962	61.6	$y = 1.0295x - 6.8566$
15	0.9732	18.9	$y = 1.346x - 11.6$	0.9957	57.9	$y = 0.9344x + 2.8809$
20	0.9759	20.0	$y = 1.352x - 11.4$	0.9957	57.9	$y = 0.7688x + 20.8875$

注: x 为旧站地温, y 为订正后的地温,单位:0.1℃;1月 $n=22$,10月 $n=31$

3.2 回归分析

以新站资料作为自变量,订正后的旧站资料作为因变量的回归方程见表4。利用线性回归方程对旧站资料做出订正后,便可考虑资料合并使用。以新旧站地温变化范围最大的1、10月0 cm地温为例,利用上述直线回归方程对订正后的数据与新站

3 地温订正

3.1 相关性分析

2站之间地温相关系数的大小反映了2站地温变化趋势的一致性。根据公式(5)计算出的相关系数见表4,可以看出,新旧站差异显著的1月和10月地温相关系数为0.8657~0.9962,均通过了0.05信度检验,经计算的 t 远大于 $t_{0.05}$,可认为自变量和因变量之间存在线性关系。

观测数据进行对比,发现订正后的新旧站资料基本重合(图3)。另外,1、10月5~20 cm的地温订正效果更好(图略)。为了使旧站地温资料更具连续性、代表性,旧站资料,尤其是近10 a的资料均需订正,以便消除因迁站而引起的新旧站0~20 cm地温资料的不连续。

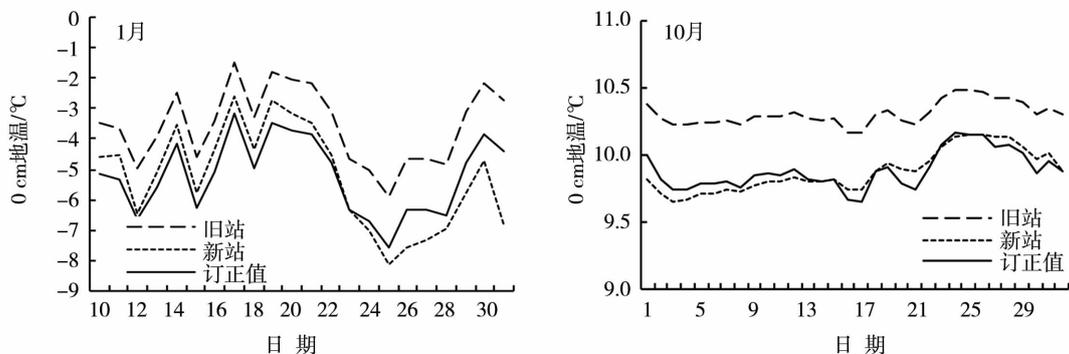


图3 1月和10月新、旧站及订正后旧站0 cm地温对比

Fig.3 Comparison of 0 cm ground temperatures between the new station and the original station as well as the values corrected in January and October

4 结论

(1)整体而言,新旧测站0~20 cm地温均存在负温差,年平均差值较小,资料连续性较好,其中冬

季差值最为明显,夏季次之,春季最小。但2站地温差值标准差较大,表明2站地温的变幅较大,差值不稳定。

(2)新旧站由于土壤性质、海拔高度、周围环境等存在差异,使得白天太阳辐射加热增温和夜间晴空冷却降温的幅度不尽相同,造成2站四季不同深度地温存在差异。其中0~20 cm地温的日变化均呈正弦曲线,只在数值上有差别,且随深度增加地温日变化趋于平缓,极值出现时间逐渐延后。

(3)新旧2站地温的方差和均值显著性差异检验表明,1、10月地温资料存在显著差异,不能合并使用,必须要进行订正。

(4)2站地温方差、均值存在显著性差异的1、10月地温资料的相关性分析发现,新旧站资料有显著线性相关关系。利用线性回归方程对旧站地温进行订正的效果很好。为了使旧站历年地温记录更具准确性、连续性和代表性,建议使用前应对康乐县发展较快、影响最为明显的近10 a记录做订正。

参考文献:

[1] 中国气象局. 地面气象观测规范[M]. 北京:气象出版社,2004. 7

-9.

- [2] 李又君,梁国坚,杨士恩,等. 气象站迁站前后地温同期观测资料对比[J]. 气象科技,2010,38(5):590-604.
- [3] 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.
- [4] 王颖,刘小宁. 自动站与人工观测地温的对比分析[J]. 应用气象报,2002,13(6):741-748.
- [5] 地面气象测报业务软件 OSSMO 2004(修改版)操作技术手册[M]. 2012.
- [6] 黄嘉佑. 气象统计分析与预报方法[M]. 北京:气象出版社,2004. 20-207.
- [7] 庞成,王伏村,陆卫荣,等. 甘肃张掖站新旧址气温对比观测资料分析[J]. 干旱气象,2013,31(2):283-289.
- [8] 熊安元,朱燕君,任芝花,等. 观测仪器和百叶箱的变化对地面气象观测值的影响及其原因分析[J]. 气象学报,2006,64(3):377-384.
- [9] 张翠华,张文煜,卞韬,等. 河北省石家庄地面温度变化特征[J]. 干旱气象,2012,30(1):27-33.
- [10] 顾品强,王美华. 新型自动站与常规站温湿度观测记录的比较[J]. 气象,2003,29(1):35-38.

Comparison and Revision of Synchronous Ground Temperature Between the New and Old Meteorological Observation Stations in Kangle of Gansu Province

JIA Xiaoqin^{1,2}, SUN Yulian², CAI Guangzhen², MA Xujie², MA Chunying²

(1. Gansu Provincial Meteorological Bureau, Lanzhou 730020, China;
2. Linxia Meteorological Bureau of Gansu Province, Linxia 731100, China)

Abstract: In order to eliminate the impact of urbanization on the ground temperature of old meteorological observation station, the mean, variance and correlation of 0-20 cm synchronous ground temperature from January to December in 2012 in the old and new meteorological stations of Kangle were analyzed and tested by using mathematical statistic and F , T and t test methods, and the line regression equations of the obvious difference ground temperature between the old and new stations were fitted by using the least square method. The result showed that the difference of 0-20 cm ground temperature in the old and new stations was negative as a whole, that is to say, the ground temperatures in the new station were higher than those in the old station, and the differences in most of months were small. Although the data of ground temperature had a good continuity, the fluctuations of the difference between the old and new stations were large. The obvious ground temperature difference between the new and old stations in January and October appeared a significant linear correlation, and the ground temperatures between the revised data and the data of the new station were basic coincidence.

Key words: station moving; ground temperature; comparative analysis; revision