

# 自动观测与人工观测地面温度的差异及其分析\*

刘小宁 任芝花 王颖

(国家气象信息中心,北京 100081)

## 摘 要

使用我国在人工观测向自动观测转变时原基本(准)站的平行对比观测及 2005 年基准站平行观测的地面温度资料,进行了自动站观测与人工观测地面温度资料在日、月、年不同时间尺度上的差异分析。用最大似然率检验方法检验地面温度月值的均一性,对自动观测影响地面温度均一性的程度进行了初步研究。分析结果表明:全国自动观测地面温度日平均值比人工观测高 0.54℃。地面温度、地面最高温度、地面最低温度年对比差值大于 0.0℃ 以上的比例分别为 80.3%、58.2%、92.2%,绝大多数站自动观测地面温度的年平均值比人工观测值高。自动与人工观测地面温度日差值从北到南逐渐减少,45°N 以北的黑龙江及内蒙古北部、新疆大部地区是自动与人工观测地面温度日差值平均最大的地区。自动观测与人工观测地面温度的差异在日、月、年的时间尺度上均表现为冷时段比暖时段的差异大,北方冬季差异最为明显。其主要原因是在北方冬季有积雪时,自动观测的地面温度是雪下温度,比原人工观测的雪上温度明显偏高,若无积雪影响,两种仪器观测的差异并不明显,差值来源于两种仪器和场地差异的共同结果。非均一性检验表明:在北方地区地面温度产生非均一性的主要原因是自动站观测的变化;而在南方地区,自动观测的改变对地面温度非均一性影响不大。北方有积雪时,观测的地面温度不能表现真实的地面温度,因此,在使用时要特别注意。

关键词:地面自动站;地面温度;差异

## 引 言

地温是表示土壤热状况特征的气象要素,其变化主要由地表的热量收支情况决定,也与土壤性状、土壤颜色、含水量、地形和地表覆盖物状况等因素有关。下垫面是气候形成和变化的因素之一,因为地面是大气冬夏和昼夜温度变化的冷热源<sup>[1]</sup>,因此,地温要素的分析与气候变化研究及经济建设关系密切。国内已经有许多有关地温与气候变化和经济建设关系的研究,如青藏高原春季地温异常对长江中下游夏季暴雨影响的研究<sup>[2]</sup>、青藏高原的地表温度对青藏铁路的设计有重要意义<sup>[3]</sup>;在气候数值模式的研究中,土壤表层温度作为初值、研究青藏高原地气温度之间的关系,对青藏铁路冻土环境预报有重要意义<sup>[4]</sup>。国外对地温数据集的制作及相关研究也表明地温的时间变化反映了气候趋势<sup>[5]</sup>。

地面自动站观测数据的质量控制和质量评估一

直是国际上十分关注的问题。为此,WMO 和各国已经有许多指导性文件和学术论文<sup>[6-12]</sup>。近年来我国也开展了关于自动站观测数据的研究<sup>[13-15]</sup>。从 2002 年开始,我国有了自动站观测做为正式记录的地面气象资料。用地面自动观测系统取代了 50 多年的人工观测,观测仪器和设备发生了很大的变化。如地面温度观测,我国自动观测站全部采用铂电阻地温传感器,代替了人工观测所用的地面和曲管地温表。自动站与人工观测之间的差异是不可避免的,历史上任何观测仪器的变化都会产生数据差异,尤其是人工观测向自动站观测改变,两种观测仪器的测量原理差别很大。那么自动站观测的资料情况如何、与人工观测资料是否连续?是气候研究人员关注的问题。

我国有着长期的地温观测(包括地面温度和地中温度)记录,自动观测测量地温后,其与原长期人工观测记录有无差异,如何使用自动观测地温,是气候变化研究与资料工作者关心的问题。由于土壤温

\* 中国气象局气象新技术推广项目(CMATG2006Z03,CMATG2008Z12)资助。

2007-09-03 收到,2008-03-20 收到再改稿。

度的层次比较多,限于篇幅,在本文中只讨论地面温度(即裸露土壤表面的地面温度)的差异问题。

目前对地温的分析研究很少,相关的参考材料也不多,地面温度又是空间、时间变率比较大的要素,检验有一定的难度。本文主要研究: 检验了自动观测与人工观测地面温度在日、月、年不同时间尺度上的差异,探讨差异产生的原因; 用最大似然率检验方法检验月地面温度值,对自动观测对地面温度均一性的影响程度进行初步研究。

## 1 资料与方法

本文使用了我国在人工观测向自动观测转变时原基本(基准)站平行对比测测的地面温度资料。资料由国家气象信息中心气象资料室提供,进行了质量检验。

计算了自动观测与人工观测的差异,包括对比差值的平均值、标准差、各差值的频率分布。所有的差值均为自动观测与同时人工观测的数值差;如果两者有一个缺测,则作为缺测处理;如果缺测日数大于 6 d,则月平均对比差值为缺测。

利用 1996—2005 年各月平均地面温度及平均气温,用最大似然率检验方法<sup>[16]</sup>对地面温度的均一性进行了检验。

要确定某个观测站的地面温度是否存在间断,可将该站地面温度序列和参考序列进行比较。由于 2004—2005 年大范围换用了自动站观测,使用邻近站的地面温度资料已经不能做为参考,因此使用了邻近站的气温序列做参考序列进行检验。取和被检验站有着相似气候条件的邻近站月气温平均值作为参考序列。

选择在两个经纬度之内、高度 300 m 之内、距被检验站最近的 5 个站作为参考站。如果参考站少于 3 个,则不检验。

计算各月地面温度的距平序列,以去除地面温度的年周期。各月平均地面温度的距平序列做为

检验的原始序列。

被检验站和邻近站序列的比较用式(1)来表示:

$$q_i = (y_i - \bar{y}) - \frac{\sum_{j=1}^k (x_{ji} - \bar{x}_j)^2}{k}, i = 1, \dots, n \quad (1)$$

式(1)中, $y_i$ 和 $x_{ji}$ 分别是被检验站地面温度和 $k$ 个邻近站中每个站的月气温,而 $\bar{y}$ 和 $\bar{x}$ 是通过取月地温和月气温(记录中所有的1月、2月、3月等)的平均获得。因此, $\bar{y}$ 有12个值, $\bar{x}$ 有 $12 \times k$ 个值,即 $k$ 个邻近站每个站有12个值。用相关系数的平方对被检验站的邻站进行加权处理,可以确保这些与被检验站相关比较显著的邻近站在制造参考序列时比相关较小的邻近站占更多的权重。

要进行似然率检验, $q$ 序列还要按常规进行标准化处理。

$$z_i = \frac{(q_i - \bar{q})}{s_q}, i = 1, \dots, n \quad (2)$$

### 进行检验

假设式(2)是正态分布,考查数据( $y$ 序列)中的一个突变能够通过使用零假设 $H_0$ 和假设 $H_1$ 来确定。

$$H_0: z_i \sim N(0, 1), i = 1, \dots, n$$

$$H_1: \left[ \begin{array}{l} z_i \sim N(\mu_1, 1), i = 1, \dots, a \\ z_i \sim N(\mu_2, 1), i = a + 1, \dots, n \end{array} \right]$$

其中, $N(g, h)$ 表示均值 $g$ 和标准差 $h$ 的正态分布。如果拒绝 $H_0$ 而 $H_1$ 成立,这就意味着 $y$ 序列出现突变。拒绝标准如下所示:

$$T = a\bar{z}_1^2 + (n - a)\bar{z}_2^2 > C \quad (3)$$

式(3)中, $C$ 是一个所选显著性水平的临界值。文献<sup>[17]</sup>通过对标准偏差时间序列的多次模拟,分别确定了显著性水平0.025,0.05,0.1的临界值 $C$ ,结果与Alexandersson等所述基本相似,但有一些系统上的差异,因此,本文选取了文献<sup>[17]</sup>的临界值表(表1)。

确定显著性水平0.05的临界值 $C$ 。如果一个或多个 $T > C$ ,那么 $y$ 序列可能存在突变。

表1 C 临界值表<sup>[17]</sup>

Table 1 C threshold value table<sup>[17]</sup>

$n$	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	150	250
$T_{90}$	5.05	6.10	6.65	7.00	7.25	7.40	7.55	7.70	7.80	7.85	8.05	8.35
$T_{95}$	5.70	6.95	7.65	8.10	8.45	8.65	8.80	8.95	9.05	9.15	9.35	9.70
$T_{97.5}$	6.25	7.80	8.65	9.25	9.65	9.85	10.1	10.2	10.3	10.4	10.8	11.2

## 2 自动观测与人工观测地面温度差异检验结果

### 2.1 日对比差值

计算了地面温度日对比差值的平均值、标准差,进行了各差值的频率分布的分析(表略)。

从分布可以看出:

地面温度及地面最高/最低温度日对比差值在 0.2 以上,其中地面最低温度的平均差值最大,达到了 1.13。即地面最低温度自动站比人工站日平均高了 1.0 以上。

地面温度及地面最高/最低温度日对比差值的标准差在 2.0 以上,尤其是地面最低温度日对比差值的标准差平均达到了 3.43。

地面温度及地面最高/最低温度日对比差值大于和等于 0.0 比例在 58%~80%之间,即绝大多数日对比差值为自动观测高于人工观测。

全国南北各站差异比较大,同时经检验,2005年基准站的对比资料比平行观测对比资料更能反映自动观测与人工观测对比值的差异,因此,用 2005年基准站资料进行了分区检验。为了便于分析各地区的差异,将全国分为 10 个区。各区按台站区号划分。分区检验结果如表 2。

表 2 各区基准站地面温度日对比差值的各统计量

Table 2 The statistical values of the comparative difference between daily surface temperatures of the standard stations in each area

台站区号	平均/	标准差/	相等比例/ %	大于 0.0 比例/ %	小于 0.0 比例/ %	大于和等于 0.0 比例/ %	总样本数
50	2.27	22.5	4	78	18	82	2553
51	1.31	10.85	4	63	33	67	4014
52	0.50	4.53	4	65	30	69	3285
53	0.35	2.78	6	62	31	64	4380
54	0.87	6.17	7	61	32	68	5840
56	0.38	2.87	6	60	33	66	5475
57	0.17	1.07	10	51	39	61	9489
58	0.17	1.32	9	51	40	60	5840
59	0.01	0.62	13	44	43	57	3285
全国	0.54	2.35	8	58	35	66	44161

注:55区无基准站。

从表 2 可以看出,各区地面温度日对比差值有以下特点:

全国自动与人工观测地面温度日差值平均为 0.54,即自动观测地面温度日平均比人工观测高 0.54。

各区自动与人工观测地面温度日差值平均有比较大的差别,基本上是从北到南其差值逐渐减少;50区、51区自动观测平均比人工观测分别高 2.27 和 1.31,而 59区其差值只有 0.01。说明 45°N 以北的黑龙江及内蒙古北部、新疆大部地区是自动与人工观测地面温度日差值平均最大的地区;在 105°E 以东、25°N 以南的广东、广西省两者基本无差异。

全国有 2/3 的站地面温度日观测值是两者相等或自动观测高于人工观测,而在 50区,这一比例达到 82%。

### 2.2 月对比差值

计算了地面温度日对比差值各月的平均值、标准差、最大值及年平均差值。由于各站地理位置不同,差别比较大,因此,以个例说明。

50136 是黑龙江最北部的站,可以代表北方地区。该站各月地面温度平均对比差值均为正值,说明各月自动观测均比人工观测值高。年平均差值为 4.77。各月最大差值平均为 16.4,日最大差值达到 22.7,出现在冬季的 12 月。58407 站代表我国南方地区,该站各月地面温度平均对比差值有正、负值。年平均对比差值为 0.16,各月最大差值平均为 0.6,日最大差值为 2.6,最大差值出现在 9 月。

图 1 和图 2 分别表示全国冬季和夏季自动与人工观测地面温度差异。可以看出,在冬季,全国南北有明显差异,北方大部分地区为正值(即自动观测比

人工观测值高),南方为负值(即自动观测比人工观测值低)的地区比较多;黑龙江北部、吉林、内蒙古北部、新疆北部自动比人工观测值高 3.0 以上,最高达到 15.0 以上。广东、广西沿海有小部分地区自

动观测比人工观测低达 - 2.0 以下;在夏季,全国南北差异不明显,除个别地区外,大部分地区差异在  $\pm 1.0$  之间,低于 0.0 的是零星地区。

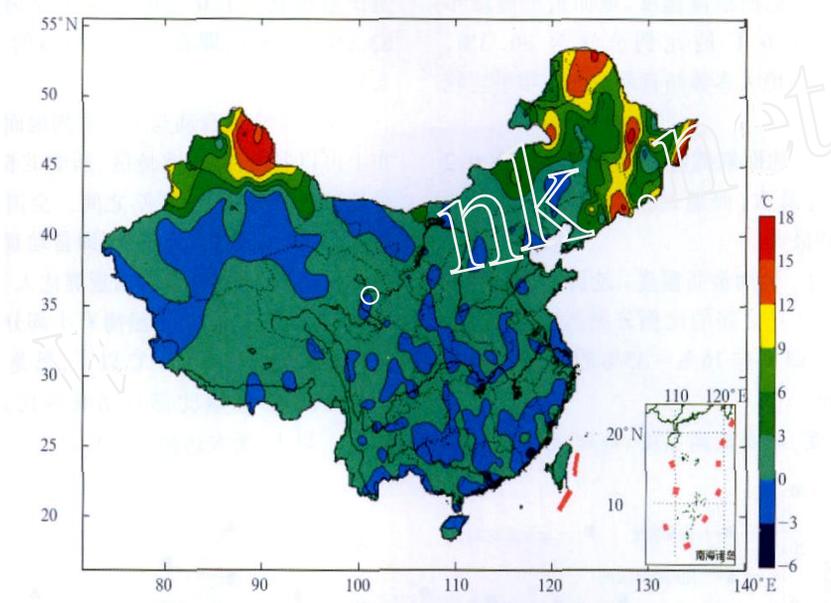


图 1 全国自动与人工观测地面温度 12 月—次年 2 月(冬季)差异分布  
Fig. 1 The distribution of surface temperature difference between auto-observation and manual-observation in winter

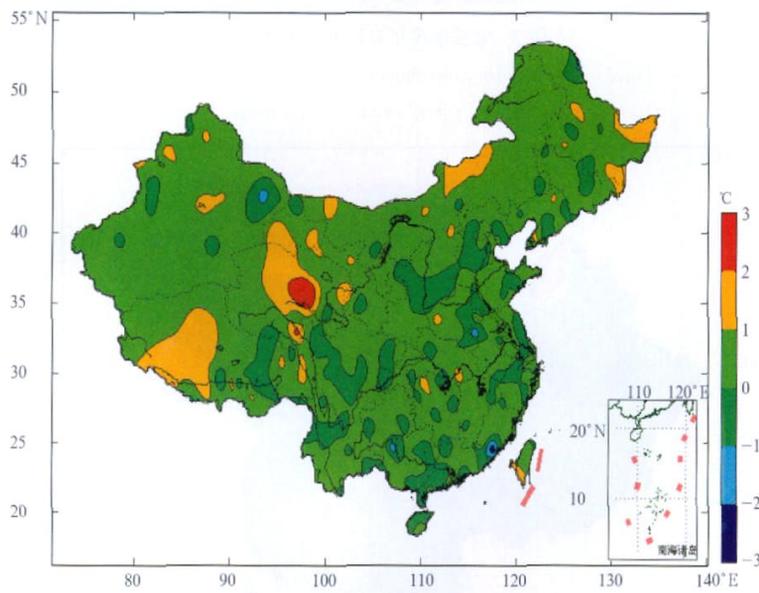


图 2 全国自动与人工观测地面温度 6—8 月(夏季)差异分布  
Fig. 2 The distribution of surface temperature difference between auto-observation and manual-observation in summer

### 2.3 年对比差值

将地面温度年平均对比差值分为 12 个等级,计

算各等级频率分布。

12 个等级为: - 4.0 ~ - 3.0 , - 3.0 ~

- 2.0 , - 2.0 ~ - 1.0 , - 1 ~ - 0.5 , - 0.5 ~ - 0.2 , - 0.2 ~ 0.0 , 0.0 ~ 0.2 , 0.2 ~ 0.5 , 0.5 ~ 1.0 , 1.0 ~ 2.0 , 2.0 ~ 3.0 , > 3.0 。

从图3中可以看出:

地面温度、地面最高温度、地面最低温度年对比差值大于 0.0 的比例分别为 80.3% , 58.2% , 92.2% , 即绝大多数站自动观测的年平均较人工观测偏高。

地面温度、地面最低温度年对比差值在 0.2 ~ 0.5 之间为最大, 而地面最高温度在 1.0 ~ 2.0 之间达到最大。

地面温度、地面最高温度、地面最低温度年对比差值在  $\pm 0.2$  之间的比例分别达到 33.2% , 16.7% , 19.7% , 即只有 16% ~ 33% 的年对比差值在  $\pm 0.2$  之间。

地面温度、地面最高温度、地面最低温度年

对比差值在  $\pm 0.5$  之间的比例分别达到 65.1% , 38.5% , 46.8% , 即有 38% ~ 65% 的年对比差值在  $\pm 0.5$  之间。

地面温度、地面最高温度、地面最低温度年对比差值在  $\pm 1.0$  之间的比例分别达到 81.2% , 63.2% , 71.5% , 即有 63% ~ 81% 的年对比差值在  $\pm 1.0$  之间。

从图4全国自动与人工观测地面温度年差异分布上可以看出, 除东北地区、新疆北部外, 全国大部分地区的差值在  $\pm 1.0$  之间。全国南北有明显差异, 北方大部分地区为正值(即自动观测比人工观测值高), 南方为负值(即自动观测比人工观测值低)的地区比较多, 广东、广西沿海有小部分地区自动观测比人工观测低达 - 1.0 以下; 黑龙江北部、吉林、内蒙古北部、新疆北部自动观测比人工观测值高 1.0 以上, 最大达到 5.0 以上。

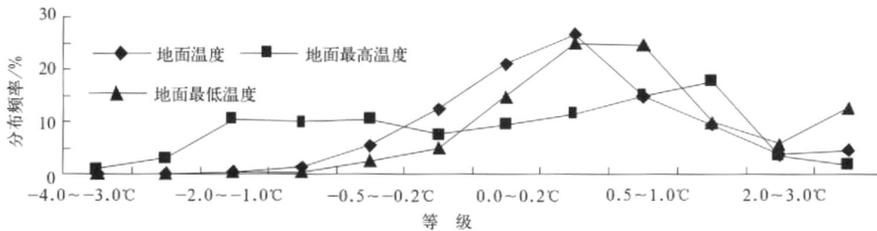


图3 地面温度年对比差值频率分布

Fig. 3 The frequency distribution of the comparative difference between annual surface temperatures

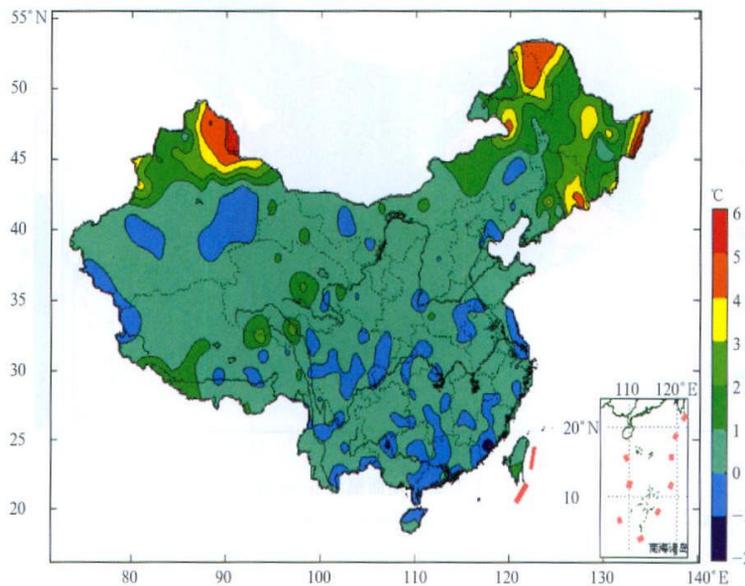


图4 全国自动与人工观测地面温度年差异分布

Fig. 4 The distribution of annual surface temperature difference between auto-observation and manual-observation

## 2.4 差异原因

以上地面温度日、月、年各时段的对比分析结果表明:地面温度、地面最高温度、地面最低温度自动观测与人工观测均存在差异。自动观测与人工观测地面温度的差异在日、月、年的时间尺度上均表现为冷时段比暖时段差异大,在北方冬季其差异最明显。

为什么会出现两者之间的差异?为了分析原因,先从基准站 24 h 自动观测与 4 次人工观测的差异计算结果看起。

选择 50136 站 1 月自动观测和人工观测的日变化(图略),除了 14:00(北京时,下同)外两者均有明显差异。查看 50136 站 2005 年 1 月的天气现象,可知,该站当月 31 d 均有积雪覆盖,因此,该月自动观测的 24 h 日变化很小,而人工观测有明显的日变化。这说明,积雪对自动观测有明显影响。

为了分析积雪的影响,选择 50136 站 2005 年 3 月有、无积雪日分析地面温度变化差别。当有积雪时,自动观测地面温度的日变化随着积雪深度的减少而增加,也就是说,当积雪比较深的时候,自动观测地面温度的日变化小,而积雪比较浅的时候,自动观测地面温度的日变化大。无论是无积雪还是无积雪,人工观测地面温度均比自动观测日变化大。随着积雪深度的减少,自动观测与人工观测的日平均对比差值也减少,两者的观测值趋于接近。

在暖季,不同天气对自动观测与人工观测地面温度会产生影响吗?分析 50136 站 2005 年 7 月有雨与无雨日自动观测地面温度变化表明:7 月,当晴天时,地面温度日变化明显。有雨日,地面温度的日变化较小。降大雨时,地面温度显著降低,自动观测精确地记录了这一过程。自动观测与人工观测相比较,晴天比有雨时的日平均对比差值一般要大些。

比较北方站 50632 站 1,4,7,10 月 24 次自动观测值及与 4 次定时值可知,50632 站 1 月自动观测地面温度 24 h 日变化比其他月份小,同时 1 月自动观测与人工观测 4 个定时观测值差别比较大,尤其在 02:00,08:00,20:00,差值达到 6.0~7.0。7 月自动观测与人工观测 4 个定时观测值差别不是太大。因此,北方自动观测与人工观测的主要差别在冬季。

比较一个南方站各季度自动观测的日变化和自动观测与人工观测的差异。58238 站 1,4,7,10 月

自动观测与人工观测对比差值平均分别为 0.1,0.5,0.7,0.3;年平均对比差值为 0.28,比较小,各时次的对比差值也不大。

因此,南方站各季度自动观测与人工观测的日变化差异不大,其差异主要是两种仪器的差别所引起的。

人工观测和自动观测地面温度使用的仪器存在一定差别。除此之外,根据任芝花等地面温度对比试验结果<sup>[18]</sup>,土壤中存在着水平温度场的不均匀性,地温测量场上地点相差 0.6 m,夏日晴天时温度一般可相差 0.4~1.6。因此,自动与人工观测的场地之间差异也有一定影响。由图 2 全国自动与人工观测地面温度夏季差异分布说明,暖季全国南北差异不明显,除个别地区外,大部分地区差异在  $\pm 1.0$  之间,地面温度年对比差值在  $\pm 1.0$  之间的比例达到 81.2%,差值来源于两种仪器的差异和场地差异的共同结果,也就是说,如果无积雪的影响,两种仪器观测的差异并不明显。

为什么积雪会对自动观测在冷季产生大的影响,造成与人工观测的差异大?这是因为自动观测地面温度的仪器、观测方法与人工观测有很大不同。人工观测地面温度使用的是地面温度表与地面最高、最低温度表。当地温表被雪埋住时,按照《地面气象观测规范》<sup>[19]</sup>的要求,要“在降雪或吹雪停止后,将表从雪中取出,水平地安装在未被破坏的雪面上,感应部分和表身埋入雪中一半。当发现表身下陷雪内,或在观测前巡视时表身又被雪埋住时,应将表重新安装在雪面上。读数时若感应部分又被雪盖,可照常读数。”这就是说,当有积雪时,人工观测的地面温度表的感应部分始终在雪面上,其测量的是雪面上的地面温度,其反映的是真实的地面温度。

自动观测地面温度使用的是铂电阻温度传感器,是根据铂电阻阻值随温度变化的原理测定温度。按照《地面气象观测规范》的要求,当“铂电阻地面温度传感器被水淹、积雪埋住时仍按正常观测,但应在观测簿备注栏注明”。也就是说,当有积雪时,由于铂电阻地面温度传感器被积雪埋住,其测量的是雪下温度,而不是雪面上的地面温度。这是铂电阻温度传感器其连接的电缆掩埋入浅土层中不能移动且是自动观测的方法造成的。

为什么雪下温度与雪面上温度有较大差别?这决定于雪对入射辐射的反射、吸收和透射性能以及雪面本身的辐射特性<sup>[20]</sup>。由于入射太阳辐射透过

雪层时大部分被吸收,达到土壤表面的辐射量很小,因此,雪下温度有很小的日变化,而雪面上温度由于入射太阳辐射有比较大的日变化。积雪具有很好的绝热性,在冬季当雪层越厚,雪层下的土壤温度与裸地温度相差也就越大,温度变化也越缓和,雪层下的土壤温度的日较差也小。

以上原因使雪下的地面温度与雪面上的地面温度日对比差值也比较大,因此造成北方冬季自动观测(观测的是雪下的地面温度)与人工观测地面温度(观测的是雪面上的地面温度)的月、年平均的差异。

### 2.5 雪温与地面温度

在北方有积雪时,观测的地面温度不能表现真实的地面温度。目前,我国地面观测已经增加了观

测雪温的项目,根据《地面气象观测规范》要求,当积雪淹没雪温传感器时,将传感器置于原来位置的雪面上,测量雪面温度。因此,雪温是雪面上的温度。雪温与地面温度关系如何?由于到目前为止,雪温的资料很少,仅以个例分析。如55299站,经查该站2005年2月的雪温、自动观测的地面温度、人工观测的地面温度值分别为: - 7.7, - 5.5, - 6.9。自动观测的地面温度与雪温、人工观测地面温度与雪温月值的绝对值相差分别为:2.2,0.8,说明人工观测的地温与雪温差值小,而自动观测的地温与雪温观测相差很大。图5为该站2005年2月5日的日变化。

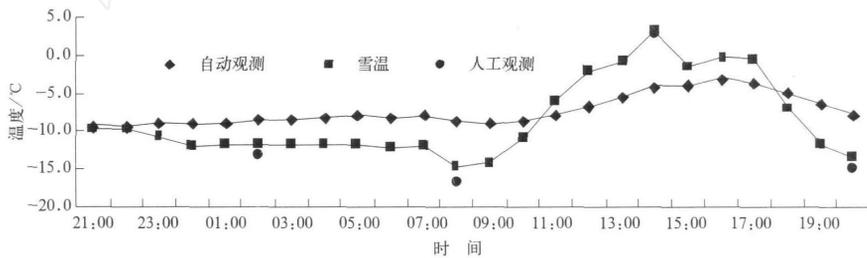


图5 55299站2005年2月5日自动观测地面温度、雪温与人工观测地面温度值  
Fig.5 The surface temperature, snow temperature of auto-observation and the surface temperature of 55299 manual-observation station on Feb 5, 2005

该站当日有4 cm的积雪,从该日自动观测地面温度、雪温的逐小时值与人工观测地面温度值的变化可以看出,自动观测的地面温度日变化很小,雪温的日变化比较明显,人工观测的4个定时值与雪温值更接近,而自动观测与人工观测值相差比较大。说明当有积雪时,用雪温观测值比用自动观测的地面温度值更能表现真实的地面温度。因此建议在北方有积雪时适当使用雪温观测的数据来代替地面温度。

### 3 地面温度的非均一性检验

自动观测与人工观测存在着明显的差异,其差异是否会造成地面温度序列的非均一性?为此,对地面温度进行了非均一性的检验。

检验了1996—2005年各月平均地面温度。在检验的全国651个站中,共检验出有386站间断。结合台站历史沿革,逐站分析查找原因,发现其中有

33站在断点附近有过迁站的历史;有207站其间断发生的时间与自动站开始观测时间在一年之内,也就是说,由于自动站观测导致该站间断,占53.6%。因此共有240站发生间断是有原因的(迁站或自动站观测),占间断总站数的62.1%(240/651)。同时对不同区做了检验,检验结果见表3、表4。

从表3、表4可以看出:

在检验地面温度产生间断的站中,有53.6%的站是由于改为自动站观测引起的。这说明自动站观测对地面温度序列的均一性影响还是比较大的。

自动站观测使地面温度发生间断,其空间分布差别很大。自动站观测造成的间断站数占本区

表3 全部站非均一性检验结果

Table 3 The inhomogeneity test result of all stations		
间断站数	间断站占总间断站的比例/ %	间断原因
207	53.6	改为自动站观测
33	8.5	迁站
146	37.8	未查出原因

表 4 各区非均一性检验结果

Table 4 The inhomogeneity test result of each area

区号	间断站数	自动站原因造成间断站数	无原因间断站数	自动站原因占本区间断站比例/ %	无原因间断占本区间断站比例/ %	总站数/未间断站占本区比例
50	38	34	4	89.5	10.5	46/ 17.4 %
51	40	23	15	57.5	37.5	50/ 20.0 %
52	33	27	5	81.8	15.2	48/ 31.3 %
53	54	43	5	79.6	9.2	63/ 14.3 %
54	48	32	13	66.7	27.1	101/ 52.5 %
55	10	0	10	0	100.0	19/ 47.4 %
56	49	18	25	36.7	51.0	88/ 44.3 %
57	42	14	23	33.3	54.8	102/ 58.8 %
58	41	12	22	29.3	53.7	75/ 45.3 %
59	31	4	23	12.9	74.2	59/ 47.5 %

注:55 区在 2006 年前无自动站观测。

断站的比例北方大于南方,由北向南逐渐递减。在 50,52 区中,发生间断的站中有 80%~89%是由于改为自动站观测引起。而在 58,59 区,只有 12%~29%的站间断是由于自动站观测引起的。

未间断站占本区的比例在 50,51,53 区是较小的,只占 14%~20%。其余区未间断的站在 50%左右。

非均一性检验与前面原因的分析表明,在北方地区地面温度产生非均一性的主要原因是自动站观测的变化,冬季积雪的影响;而在南方地区,改为自动站观测对地面温度非均一性的影响不大。因此,当自动站观测数据积累到一定数量后,如果经检验序列出现非均一性时,可以利用统计方法,将人工观测数据订正到自动站观测数据上,使长序列的气象观测数据能够连续使用。

#### 4 结论与讨论

1) 自动观测的地面温度、地面最高温度、地面最低温度与人工观测均存在差异。自动观测比人工观测地面温度全国日平均值高 0.54。地面温度、地面最高温度、地面最低温度年对比差值大于 0.0 以上的比例分别为 80.3%,58.2%,92.2%,即绝大多数站的自动观测的年平均比人工观测高。

2) 45°N 以北的黑龙江及内蒙古北部是自动与人工观测地面温度日差值最大的地区;在 105°E 以东、25°N 以南的广东、广西两者基本无差异。

3) 自动观测与人工观测地面温度差异在日、

月、年的时间尺度上均表现为冷时段比暖时段的差异大,在北方的冬季其差异最为明显。主要原因是在北方冬季有积雪时,自动观测地面温度是雪下温度,比原人工观测的雪上温度明显偏高。在暖季,全国南北差异不明显,除个别地区外,大部分地区差异在  $\pm 1.0$  之间,地面温度年对比差值在  $\pm 1.0$  之间的比例达到 81.2%,如果无积雪的影响,两种仪器观测的差异并不明显,差值来源于两种仪器的差异和场地差异的共同结果。

4) 北方有积雪时,观测的地面温度不能表现真实的地面温度,因此,在使用时要特别注意。目前,我国地面观测已经增加了雪温观测的项目,建议在北方有积雪时适当地使用雪温观测数据来代替地面温度。

5) 非均一性检验表明,在北方地区地面温度产生非均一性的主要原因是自动观测的变化。而在南方地区,自动观测的改变对地面温度非均一性的影响不大。当自动观测数据积累到一定数量后,如果经检验序列出现非均一性时,可以利用统计方法,将人工观测数据订正到自动观测数据上,使长序列的气象观测数据能够连续使用。

以上检验是尝试性的,对于地温要素,由于前期所做的研究和分析很少,随着气候变化研究的深入,资料工作者有必要对地温进行更深入的研究。

致谢:在本文的写作过程中,得到了国家气象信息中心张洪政的帮助,在此表示感谢。

#### 参考文献

- [1] 张家诚. 中国气候总论. 北京:气象出版社,1991:176.
- [2] 柏晶瑜,徐祥德. 1998 年青藏高原春季地温异常对长江中下

- 游夏季暴雨影响的研究. 应用气象学报, 1999, 10(4): 478-485.
- [3] 李栋梁, 吴青柏, 汤懋苍. 青藏高原地表 0 厘米温度的时空变化特征. <http://www.chinainfo.gov.cn/data/200611/>.
- [4] 李述训, 吴通华. 青藏高原地气温度之间的关系. 冰川冻土, 2005, 27(5): 627-632.
- [5] Qi Hu, Song Feng. A daily soil temperature dataset and soil temperature climatology of contiguous United States. *J Appl Meteor*, 2003, 42(8): 1139-1156.
- [6] WMO. Guidelines on Quality Control Procedures for Data from Automatic Weather Stations. CBS/OPAG-IOS/2004, Geneva: WMO, 2004.
- [7] WMO. Report and Review about Data Processing and Quality Control Procedures Involved in the Conversion of Manually Operated Stations to Automatically Operated Station. WMO-TD No. 833, Geneva: WMO, 1997.
- [8] WMO. Guidelines on Climate Observation Networks and Systems. WMO-TD No. 1185, Geneva: WMO, 2003.
- [9] WMO. Guidelines on Climate metadata and homogenization. WMO-TD No. 1186, Geneva: WMO, 2003.
- [10] NOAA. Automated Surface Observing System (ASOS) User's Guide. <http://www.nws.noaa.gov/asos/aumr-toc.pdf>, 1998.
- [11] WMO. Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation. WMO-No. 8, Geneva: WMO, 1996.
- [12] Ernest Rudel. Climate Data Continuity Using Automatic Weather Stations? Proceedings of ICEAWS 2003, Torremolinos, Spain, 2003.
- [13] 任芝花, 冯明农, 张洪政. 自动与人工观测降雨量的差异及相关性. 应用气象学报, 2007, 18(3): 358-364.
- [14] 胡玉峰. 自动与人工观测数据的差异. 应用气象学报, 2004, 15(6): 719-726.
- [15] 王颖, 刘小宁. 自动站与人工观测气温的对比分析. 应用气象学报, 2002, 13(6): 741-748.
- [16] Matthew J Menne, Claude E Duchon. Quality Assurance of Monthly Temperature Observations at the National Climatic Data Center. <http://lwf.ncdc.noaa.gov/oa/hofn/coop/ams13trapped-climate.pdf>, 2005.
- [17] Alexandersson Hans, Moberg Anders. Homogenization of Swedish temperature data. Part 1: Homogeneity test for linear trends. *International Journal of Climatology*, 1997, 17: 25-34.
- [18] 任芝花, 郭锡钦. 浅层地温对比试验结果. 气象, 1996, 22(11): 29-32.
- [19] 中国气象局. 地面气象观测规范. 北京: 气象出版社, 2003: 35-46.
- [20] 潘守义. 现代气候学原理. 北京: 气象出版社, 1994.

## Differences Between Automatic-observed and Manual-observed Surface Temperature

Liu Xiaoning Ren Zhihua Wang Ying

(National Meteorological Information Center, Beijing 10081)

### Abstract

Based on the parallel comparison of original base stations during the transition from manual observation to automatic observation and the 0 centimeter temperature data from parallel observation of base stations in 2005 in China, the analyses are made on the differences between automatic-observed and manual-observed surface temperature data in time scales of day, month and year. The method of maximum likelihood ratio has been applied to test the homogeneity of the monthly values of 0 centimeter surface temperature. And the homogeneity of surface temperature affected by automatic observation is discussed.

The results show that the daily mean value from automatic observation is 0.54 higher than that from manual observation in 0 centimeter surface temperature of China. The 0 centimeter surface temperature, 0 centimeter maximum and minimum surface temperature have annual comparison values over 0.0 with the percentage of 80.3%, 58.2%, 92.2%, respectively, and in most stations the automatic-observed annual mean value is higher than manual-observed one. The average daily value difference between auto and manual observation generally decreases gradually from north to south, and the average daily value varies the greatest in the north of Helongjiang Province and the north of Inner Mongolia to 45°N, and most areas in Xinjiang Autonomous Region.

In all the time scales including day, month and year, the difference between automatic-observed and manual-observed temperature is greater in cold time period than warm time period, especially in the winter of the north. The main cause is that when there is snow covering the ground in winter, the surface temperature from automatic observation is the temperature under the snow, which obviously is higher than the temperature above snow from manual observation. If without the influence of snow cover, then there is no obvious difference between the two kinds of observation. The instrumental difference and the ground feature both contribute to the observational difference. The inhomogeneity test shows that the inhomogeneity from 0 centimeter surface temperature in the north area lies in the change of observation in automatic observing stations, while in the south, the change of observation does not exert much influence on the inhomogeneity of surface temperature. When there is snow cover in the north, 0 centimeter surface temperature from observation does not present the real situation, which should be taken into consideration while using the data.

**Key words:** automatic observing station; surface temperature; difference

## 《应用气象学报》征稿简则

《应用气象学报》(双月刊)是大气科学理论与应用研究的综合性学术期刊,主要刊登反映新理论与新技术在大气科学中的应用,以及大气科学理论与实践相结合,应用于各个有关领域的研究论文、业务系统和研究简报;国内外大气科学与应用气象科学发展中的新动态与新问题的探讨与评论;国内外重要学术会议或研究、业务活动的报道;气象书刊评介。

来稿要求和注意事项:

1. 论点明确、文字精炼。摘要请按文摘四要素(目的、方法、结果、结论)撰写,列出3~8个关键词,作者姓名请附汉语拼音,所在单位请附中英文全名、地名、邮编。要求中文摘要为200~400字,英文摘要为500个单词左右(并请附对应的中文译文)。
2. 稿件请在A4幅面的纸上用5号字单面打印(1.5倍行距),寄交最后审定稿时,稿件连同电子版一并交编辑部。
3. 插图请插入文中,要求准确、清晰、美观。图中坐标、单位请勿遗漏,中英文图题及说明写在插图下面。表格请采用三线表形式,并列中英文名称,文字须端正和清晰。
4. 稿件中的数字及符号必须清楚无误,易混淆的外文字母、符号,用铅笔标注文种,大、小写,正、斜体,黑、白体,公式中的上、下标。
5. 参考文献请择主要的列入,并请按文中引用顺序标号。期刊书写格式:作者.文章题目.刊名,年,卷(期):起止页;专著书写格式:作者.书名.译编者.出版地:出版社,出版年:起止页。
6. 计量单位请按《中华人民共和国法定计量单位》列出,已废止的单位请换算成法定计算单位。
7. 科技术语和名词请使用全国自然科学名词审定委员会公布的名词。外国人名和地名,除常用者外请注原文。
8. 来稿时请附全体作者签名的《承诺书》(链接地址 <http://cadata.cams.cma.gov.cn/yyqx/yyqx.jsp>)。稿件自收到之日起,将在6个月内决定刊用与否,来稿一经刊登,酌情收取版面费,并酌付稿酬,请自留底稿,不登者恕不退还。
9. 本刊已加入“中国学术期刊(光盘版)”、“万方数据——数字化期刊群”和“中文科技期刊数据库”。本刊所付稿酬包含光盘稿酬和刊物内容上网服务报酬。凡向本刊投稿的作者(除事先声明外),本刊视为同意将其稿件纳入此两种版本进行交流。

欢迎来稿。来稿请寄:北京中国气象科学研究院《应用气象学报》编辑部,邮政编码:100081。电话:(010)68407086,68408638;E-mail地址:yyqxxb@cams.cma.gov.cn, yyqxxb@163.com。