

自动观测与人工观测土壤温度差异及分析*

任芝花¹ 王国安^{1,2} 邹凤玲¹

(1 国家气象信息中心, 北京 100081)

(2 河南省气象信息网络与技术保障中心, 郑州 450003)

摘要 利用我国基本(准)站在人工观测与自动观测双轨运行期间的平行观测资料,分析了不同观测方式下各层土壤温度的差异。结果表明,全国平均自动与人工观测各层土壤温度的日对比差值均在 0.11℃ 以下,且日对比差值随着深度的增加而减小。从 5 cm 到 320 cm,无论冬季还是夏季,全国绝大部分地区平均对比差值在 ±0.2℃ 之间。由浅至深各层土壤温度日对比差值的标准差从 0.78℃ 减小至 0.47℃,其不确定度在 5~20 cm 时均超过了 1.0℃,但在深层(40 cm 及以下),不确定度已经低于 1.0℃。除极个别站外,各层自动与人工观测日平均值无显著性差异。自动与人工观测土壤温度的差异是由于土壤中水平温度场分布的均匀和土壤垂直温度梯度很大及对比观测时间不同步造成的。

关键词 自动观测;人工观测;土壤温度;对比差值

中图分类号 S152.8 **文献标识码** A

受太阳与大气及地球辐射、降水、土壤热传导等因素作用,土壤温度具有周期性的日变化和季节变化特征,这种变化特征尤其是表层土壤温度的变化显著影响着土壤生物的生命活动^[1],其不但影响土壤中碳氮等物质的化学和生物学过程,并且决定土壤资源质量高低,从而影响植物的生长、种子的萌发和农作物的产量等^[-9]。土壤温度不仅是土壤物理、化学以及生物化学过程的重要影响因子^[5],它还是气候变化、天气预报研究的主要要素之一^[-6-9],对于地震研究也有很好的参考价值^[10-11]。

土壤温度是重要的气象观测要素。下垫面温度和不同深度的土壤温度统称为地温。下垫面温度即地表温度习惯称为 0 cm 地温,而气象观测的土壤温度分别为离地表面 5、10、15、20、40、80、160、320 cm 的地中温度。5~20 cm 称为浅层地温,40~320 cm 为深层地温^[12]。土壤温度的准确测量对于土壤学、气象学、地震研究等领域非常关键。至 2000 年,我国气象部门已有近五十年人工测量土壤温度资料,之后,中国气象局开始在气象台站逐步布设地面自动气象观测系统,土壤温度开始了人工观测向自动观测的转变,目前所有台站实现了地温观测的自动化。为了了解自动与人工观测数据的差异以及资

料序列的连续使用,自动站运行初期各站均进行了 2 a 自动与人工平行观测。由人工观测转为自动测量后,两种不同观测方式的土壤温度资料是否有差异,序列是否发生变化?这是土壤温度资料用户所关心的问题。2008 年,刘小宁等^[13]分析了自动观测与人工观测 0 cm 地温间的差异及其原因。本文利用我国 600 多个基准基本气象站自动与人工第 2 年平行观测的各层土壤温度资料,对比分析了两者之间的差异及其原因,以供资料使用者参考。

1 数据观测与处理

1.1 土壤温度观测

长期以来基准基本气象站用水银温度表进行土壤温度的人工测量,每日北京时 2:00、08:00、14:00 和 20:00 进行 5~40 cm 土壤温度定时观测,14:00 进行 80~320 cm 土壤温度定时观测。地面自动站安装运行以来,用铂电阻温度传感器对各层土壤温度进行逐小时自动观测。

1.2 数据处理

使用的我国基准基本气象站人工与自动平行对比观测的土壤温度资料中,5~40 cm 土壤温度为

* 国家重点基础研究发展计划(973 计划)项目(2010CB951600)、公益性行业(气象)科研专项(GYHY201106038)和中国气象局气象新技术推广项目(CMATG2008Z12)共同资助

作者简介:任芝花(1969—),女,山东烟台人,研究员,主要从事气象数据质量控制与评估工作。E-mail: rzh@ cma. gov. cn

收稿日期:2012-10-06;收到修改稿日期:2013-04-05

每日北京时 02:00、08:00、14:00 和 20:00 进行的定时平行对比观测,80~320 cm 每日仅 14:00 进行对比观测。该资料由国家气象信息中心气象资料室提供,在日常业务中经过质量检验,并剔除了错误数据。

在进行对比分析前,对数据进行如下处理:(1)各定时对比差值超过 3 倍差值标准差的对比数据不参加统计分析;(2)对比数据两者之间有一个缺测,则相应对比差值缺测处理;(3)某日中任何 1 个时次对比差值缺测,则该日相应层土壤温度平均值对比差值缺测;(4)如果某月对比差值缺测日数大于 6 d,则该月相应层土壤温度平均对比差值缺测;(5)一年中有一个或以上月对比差值缺测,则该年对比差值缺测。

下文中所有的差值均为自动观测减去人工观测的数值差,在此基础上,计算了自动与人工观测土壤温度的差值、差值平均值、差值标准差、各差值的频率分布等。从统计上讲,差值平均值代表两种观测的系统偏差,差值标准差表示各差值样本间的离散程度。

2 结果

2.1 时与日对比差值

表 1 统计给出了各层时、日平均对比差值及其标准差。图 1 给出了各层日平均对比差值分布比例。由上述图表可见:(1)各层土壤温度自动站与人工站的时对比差值不大,均不超过 0.14℃,且时

对比差值随着深度的增加而减小。浅层地温差值在 0.1℃ 左右,深层地温差值不超过 0.05℃;除 320 cm 外,对比差值的标准差也随着深度的增加而减小。(2)各层土壤温度自动站与人工站的日平均对比差值不大,均在 0.11℃ 及以下,且日平均对比差值随着深度的增加而减小。浅层地温差值在 0.1℃ 左右,深层地温差值不超过 0.05℃。(3)各层地温日平均对比差值等于 0 的比例随着深度的增加而增大。在浅层,自动与人工观测相一致的情况比较少,而在深层,两者的差异逐渐减小,20 cm 时为 15%,至 320 cm 时就达到了 25%。(4)各层土壤温度日对比差值的标准差位于 0.34℃ 至 0.78℃ 之间,相比 0 cm 地表温度 2.35℃ 的日对比差值标准差^[13],各层土壤温度日对比差值的标准差减小了很多。浅层地温日对比差值不确定度仍比较大,均超过了 1.0℃,但在深层,不确定度已经低于 1.0℃。

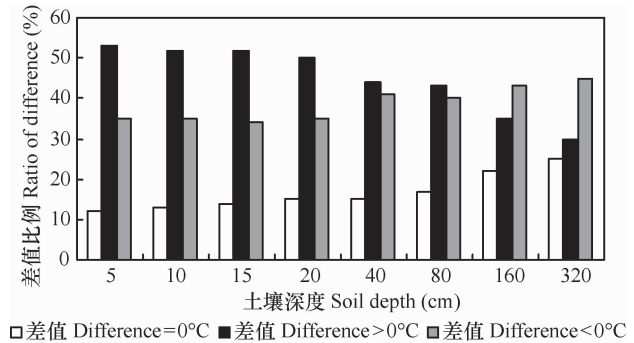


图 1 各层土壤温度日对比差值分布

Fig. 1 Distribution of differences in daily soil temperature in various soil layers

表 1 各层土壤温度定时及日对比差值统计量

Table 1 Statistics of hourly and daily differences in soil temperature in various soil layers

土壤深度 Soil depth (cm)	定时对比观测差值 Hourly difference			日平均对比差值 Daily mean difference	
	平均值	标准差	样本数	平均值	标准差
	Average(℃)	Standard deviation(℃)	Number of sample	Average(℃)	Standard deviation(℃)
5	0.14	1.50	732 366	0.11	0.78
10	0.13	1.02	732 298	0.09	0.76
15	0.12	0.73	726 377	0.10	0.70
20	0.10	0.62	726 979	0.06	0.52
40	0.05	0.56	465 641	0.03	0.41
80	0.04	0.42	109 846	0.04	0.42
160	-0.01	0.34	91 259	-0.01	0.34
320	-0.04	0.47	89 429	-0.04	0.47

2.2 月平均对比差值分布特征

气象台站土壤温度观测共 8 层,为了简化,取其 5、40、320 cm 分别代表浅层、中层、深层土壤温度,取 12 月至第二年 2 月作为冬季,6 月至 8 月作为夏季,由图 2 给出了自动与人工观测的 5、40、320 cm 土壤温度冬季和夏季的平均对比差值空间分布。由图 2 可见:

(1) 黑龙江北部、新疆北部、西藏区东南部等地区冬季由于土壤冻结而停止浅层温度观测,图中 5 cm 冬季上述区域插值的数据为正值。除以上地区外,5 cm 土壤温度冬季全国绝大部分地区平均对比差值在 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 之间,近 80% 站平均对比差值为正值,即大部分站自动观测比人工观测的 5 cm 土壤温度高。夏季 5 cm 土壤温度全国绝大部分地区平均

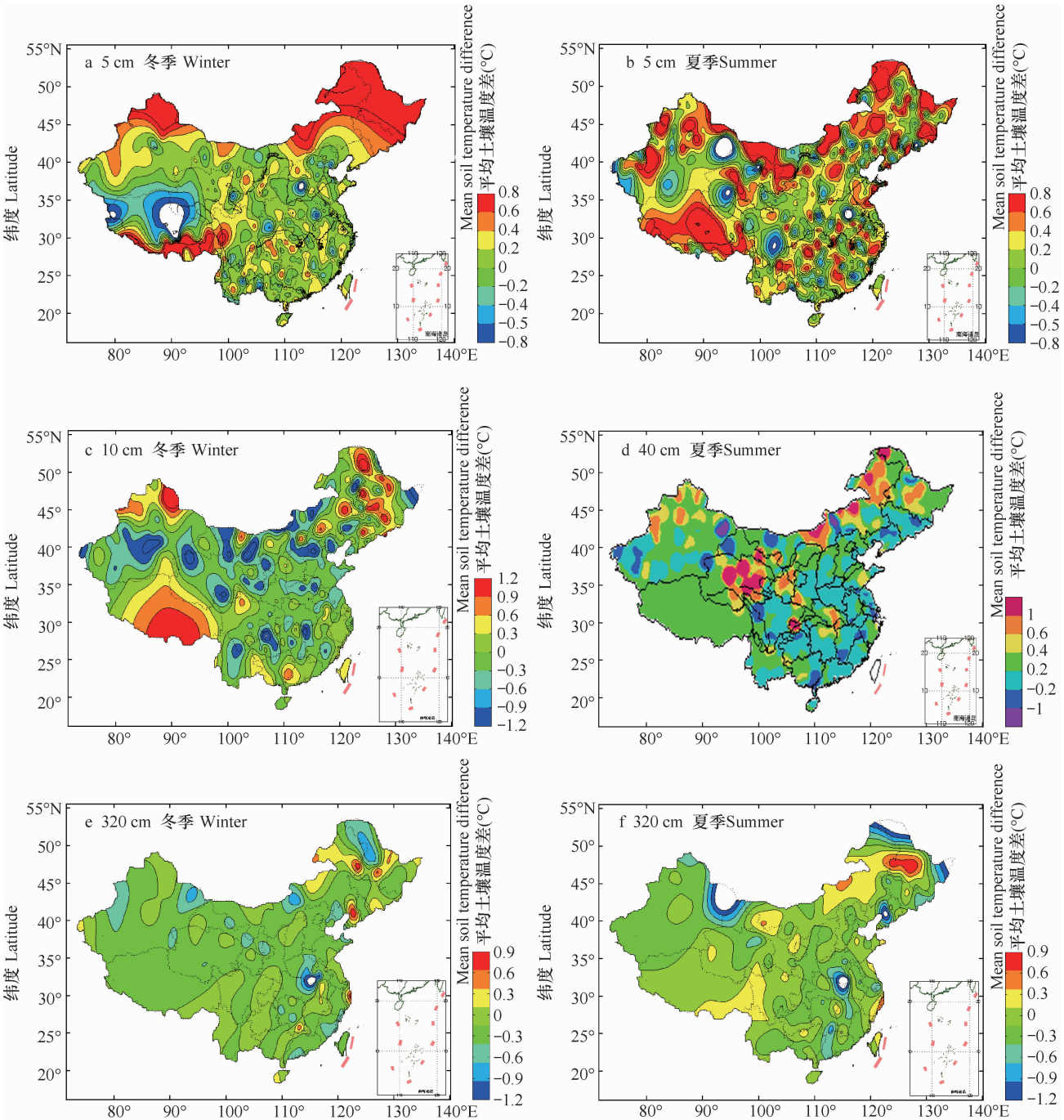


图 2 冬季和夏季各层土壤温度平均对比差值分布

Fig. 2 Distribution of mean differences in soil temperature in various soil layers in winter and summer

对比差值也在 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 之间,东北西北部、西藏中部、内蒙古西部的部分地区在 0.8°C 以上,最高达 1.5°C ;全国近 70% 站平均对比差值为正值,即大部分站自动观测比人工观测 5 cm 土壤温度高。

(2) 全国 40 cm 土壤温度无论冬季还是夏季平均对比差值多数地区在 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 之间。冬季南方地区多数低于 0°C ,黑龙江、西藏、新疆北部地区冬季平均对比差值超过 0.9°C ;夏季青海、内蒙古、甘肃南部、黑龙江的中部夏季平均对比差值超过 0.6°C 。

(3) 320 cm 土壤温度冬季平均对比差值全国大部分地区低于 0°C ,在 $-0.2 \sim 0^{\circ}\text{C}$ 之间;夏季除了黑龙江中部地区、内蒙古西部、西藏东部地区平均对比差值在 0°C 以上外,其他地区也在 $-0.2^{\circ}\text{C} \sim 0^{\circ}\text{C}$ 之间。

总之,无论是冬季还是夏季,各层土壤温度对比差值均无明显的径向或纬向变化规律,且差值无明显的冬夏差异。

以 51828 站(新疆和田)和 59133 站(福建崇武)分别代表北方和南方站,分析各层对比差值的年变化特征。

图 3 中 51828 站自动观测的 5 cm、10 cm 各月土壤温度均高于人工观测值,而 15 ~ 40 cm 冬季均为自动观测低于人工观测,夏季则相反。80 ~ 320 cm 深度,对比差值均在 0 附近,基本无年变化。各层土壤温度差值标准差均无明显的年变化特征。浅层、中层土壤温度差值标准差均在 $0.1 \sim 0.3^{\circ}\text{C}$ 之间,而深层土壤温度差值标准差的年变化很小,低于 0.1°C ,几乎无变化。

图 3 中 59133 站 5 ~ 20 cm 浅层土壤温度自动与人工观测对比差值的年变化不明显。40 cm 中层各月对比差值基本是正值,至 320 cm 的深度时,差值基本无年变化。差值标准差的年变化特征及变化范围同 51828 站。

2.3 年平均对比差值分布特征

北方寒冷地区由于冬季土壤冻结而普遍停止浅层土壤温度观测,所以该区域基准基本气象站浅层无年平均值,共有 375 个站参加浅层年平均差值统计。中深层土壤温度的观测站点较少,40 cm 共 284 个基准基本站有土壤温度记录,80 ~ 320 cm 有土壤温度记录的基准基本站 232 个。

按照图 4 所示,将年平均对比差值划分为 $< -3.0^{\circ}\text{C}$ 、 $-3.0 \sim -2.0^{\circ}\text{C}$ 、……、 $2.0 \sim 3.0^{\circ}\text{C}$ 、 $> 3.0^{\circ}\text{C}$ 12 个等级的差值范围,然后计算各等级所属的台站百分比,绘制成图 4 所示的年对比差值频率分布图。

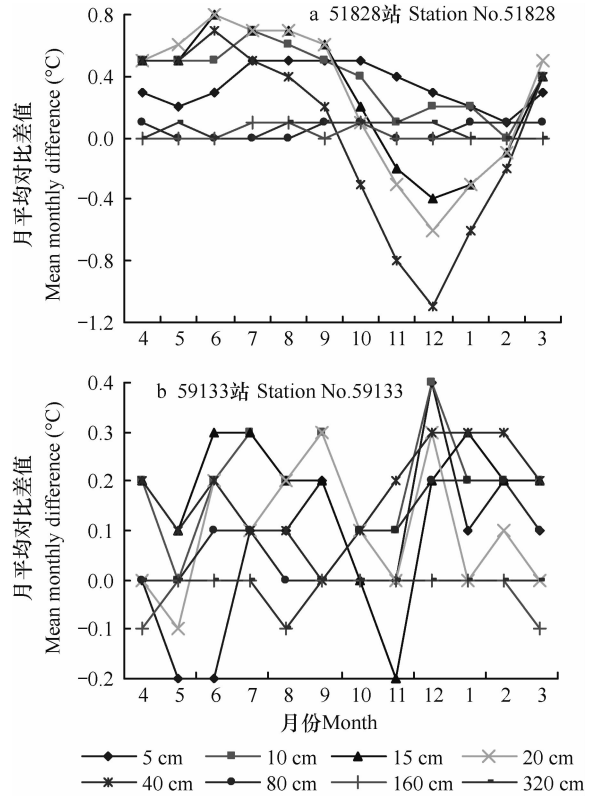


图 3 土壤温度对比差值年变化

Fig. 3 Annual variation of the difference in soil temperature

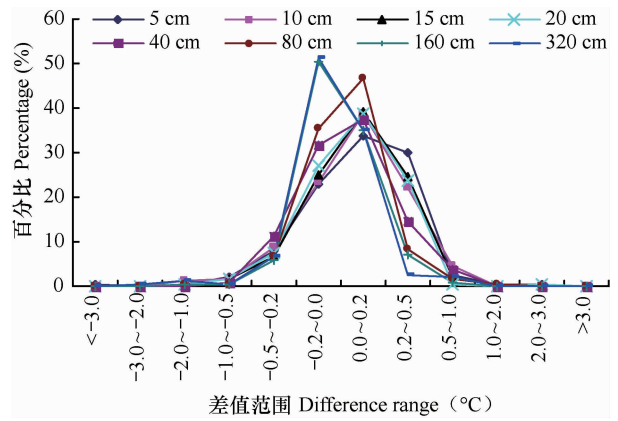


图 4 土壤温度年对比差值频率分布

Fig. 4 Frequency distribution of annual differences in soil temperature

可以看出:各层土壤温度年对比差值多分布在 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 之间,由浅至深各层分布在 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 之间的台站比例逐渐增大,分别为 56.6%、62.1%、64.4%、65.8%、69.2%、81.9%、85.3%、86.4%。约 95% 的台站年对比差值在 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 之间,由浅至深各层分布在 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 之间的台站比例分别为 94.3%、92.9%、95.5%、97.0%、95.1%、97.0%、98.2%、95.6%。

仍用 5 cm、40 cm、320 cm 深度代表浅、中、深观

测层次,分析各层年平均对比差值的空间分布特征。有观测数据的地区,大部分地区的5 cm、40 cm土壤温度年对比平均差值在 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 之间。320 cm土壤温度的年平均对比差值很小,绝大多数地区在 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 之间,黑龙江北部、新疆东北部的个别地区为负值,低于 -0.4°C 。

5 cm土壤温度年平均差值的标准差绝大多数在 $0.2\sim 0.4^{\circ}\text{C}$ 之间,北方地区高于南方地区。40 cm年平均差值的标准差绝大多数地区在 0.2°C 以下,320 cm年平均差值的标准差更小,绝大多数站在 $0.04\sim 0.06^{\circ}\text{C}$ 之间,这说明,随着深度的增加,年平均差值的标准差逐渐减小,至320 cm时,年平均差值的标准差已经基本无变化。40 cm与320 cm的年平均差值标准差均无明显的南北分布差异。

3 讨论

3.1 差异原因分析

由于土壤中水平温度场分布不均匀及垂直温度梯度较大,决定了地温测量的复杂性。同一测站内,土壤温度自动观测仪器与人工观测仪器一般水平相距2 m以上,此外,同一层次自动与人工观测仪器安装深度也会存在一定的相对误差。根据任芝花和郭锡钦^[14]的试验,即使同一类型的温度表安装的深度准确相同,在水平相距0.6 m的两支浅层温度表的示值也可相差 $0.4\sim 1.6^{\circ}\text{C}$;其次,试验表明,土壤中温度垂直分布的不均匀使1 cm的安装误差可造成 $0.70\sim 1.68^{\circ}\text{C}$ 的观测误差。因此,前文分析得到的各层土壤温度日平均对比差值在 $-0.04\sim 0.11^{\circ}\text{C}$ 间,差值标准差不超过 0.78°C 的自动与人工观测的差异,可能主要由两种观测仪器安装位置不一致导致的。

土壤温度取决于到达地球表面的太阳辐射和有效辐射的变化^[15]。土壤温度日变化振幅的最大值出现在土壤表面,各层变化振幅随深度按指数规律减小^[16]。以图5所示的中国中部地区57083站(河南郑州)2005—2010年夏季(7月)和冬季(1月)各层土壤温度日变化为例,同样表明无论是夏季还是冬季,浅层土壤温度较深层变化剧烈;随着土壤深度的增加,土壤温度日变化振幅减少得较快,在深层趋于 0°C 变化。土壤温度自动和人工观测时间不同步:人工观测距正点约10 min,而自动观测为正点。上述浅层温度发生剧烈变化时,由于对比观测时间不同步会造成一定的自动与人工观测

差异,这也是表1反映的自动与人工观测的浅层土壤温度差异及差异标准差较深层大的原因之一。

除了对比观测时间与仪器安装位置不同造成的自动与人工观测土壤温度数据差异外,自动与人工观测仪器的结构与原理、观测方法不同也会引起两者产生一定的差异^[14-15]。

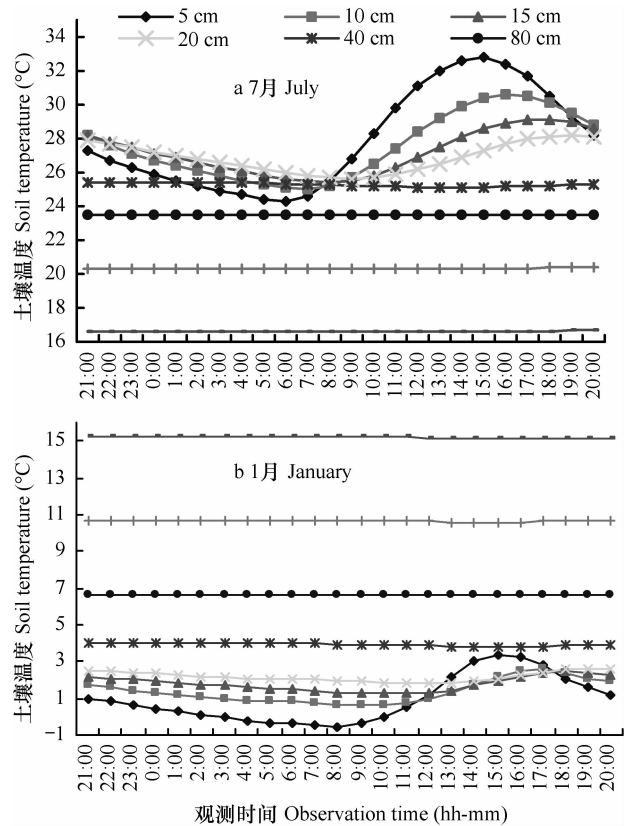


图5 57083站土壤温度日变化

Fig. 5 Daily variation of soil temperature at Station 57083

3.2 资料序列的均一性影响

要了解自动观测对原人工观测资料序列的均一性影响,必须进行均一性检验。但是由于土壤温度的参考序列很难选取,检验存在困难,因此用比较自动与人工观测日平均值的显著性差异来分析其影响。用T-检验法^[17]检验两组样本平均值是否存在显著性差异。检验用各站第二年的平行观测资料,取显著性水平为0.01,检验结果如图6。

从图6中可以看出,各层土壤温度除320 cm外,无显著差异站的比例占到99%以上;320 cm深的无显著差异站的比例也占到95%。统计说明,除极个别站外,各层自动与人工观测日平均土壤温度无显著性差异,估计自动观测对原人工观测资料序列均一性影响很小。

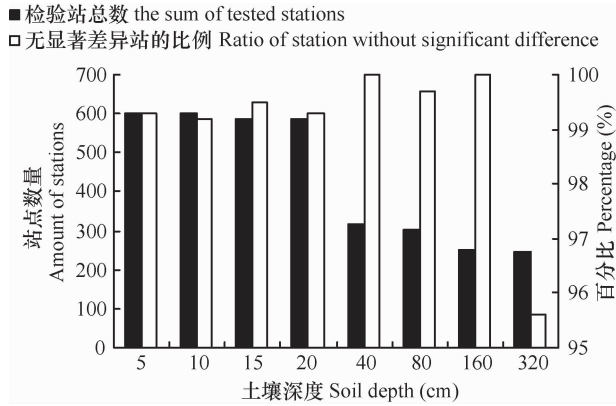


图6 各层日平均土壤温度值显著差异检验结果

Fig. 6 Duncan test of daily mean soil temperatures in various soil layers

4 结论

自动与人工观测的各层土壤温度日平均对比差值不大,均在 0.11°C 以下,且日对比差值随着深度的增加而减小。由浅至深各层土壤温度日对比差值的标准差从 0.78°C 减小至 0.47°C ,其不确定度在 $5\sim 20\text{ cm}$ 时均超过了 1.0°C , $40\sim 320\text{ cm}$ 低于 1.0°C ;两种仪器测得的土壤温度随着深度的增加其差异减小。从 5 cm 至 320 cm 无论冬季还是夏季全国绝大部分地区平均对比差值在 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 之间。自动与人工观测各层土壤温度对比差值在日、月、年时间尺度上存在一定的差异,但是并不大;各层对比差值在季节变化上无明显的空间分布差异。

大部分地区的年对比平均差值在 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 之间,年平均对比差值随着深度的增加而减小,差值变化也减小;在浅层年平均对比差值在 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 之间, 40 cm 的中层和以下的深层为 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 之间。 5 cm 年平均差值的标准差绝大多数在 $0.2\sim 0.3^{\circ}\text{C}$ 之间, 40 cm 年平均差值的标准差绝大多数地区在 0.2°C 以下, 320 cm 年平均差值的标准差很小,绝大多数站在 $0.04\sim 0.06^{\circ}\text{C}$ 之间。除极个别站外,各层自动与人工观测土壤温度日平均值无显著性差异。自动与人工观测土壤温度的差异主要是由于土壤中水平温度场分布的不均匀和土壤垂直温度梯度很大及观测时间不同步造成的,而各层差异的幅度是受到土壤的日变化特征的影响。

参考文献

[1] Lamberty B B, Wang C K, Gower S T. Spatiotemporal measurement and modeling of stand-level boreal forest soil temperatures.

Agricultural and Forest Meteorology, 2005, 131: 27—40

- [2] 史学正, 邓西海. 我国土壤温度状况// 龚子同. 中国土壤系统分类进展. 北京: 科学出版社, 1993: 353—360. Shi X Z, Deng X H. Soil temperature regime in China// Gong Z T. Research on Chinese Soil Taxonomy (In Chinese). Beijing: Science Press, 1993: 353—360
- [3] Kang S, Kim S, Oh S, et al. Prediction spatial and temporal patterns of soil temperature based on topography surface cover and air temperature. Forest Ecology and Management, 2000, 136: 173—184
- [4] 程建峰, 潘晓云, 刘宜柏. 土壤条件对陆稻根系生长的影响. 土壤学报, 2002, 39(4): 590—598. Cheng J F, Pan X Y, Liu Y B. Studies on the growth of upland rice roots under various soil conditions (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2002, 39(4): 590—598
- [5] 张慧智, 史学正, 于东升, 等. 中国土壤温度的空间预测研究. 土壤学报, 2009, 46(1): 1—8. Zhang H Z, Shi X Z, Yu D S, et al. Spatial prediction of soil temperature in China (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2009, 46(1): 1—8
- [6] 杜军, 胡军, 杨勇, 等. 近45年拉萨深层地温变化趋势分析. 应用气象学报, 2008, 19(1): 96—100. Du J, Hu J, Yang Y, et al. Variations trend of soil temperature at deep layers in Lhasa from 1961 to 2005 (In Chinese). Journal of Applied Meteorological Science, 2008, 19(1): 96—100
- [7] 向毓文, 杜军. 西藏浅层地温气候特征分析及与降水的关系. 成都气象学院学报, 1999, 14(1): 20—25. Xiang Y Y, Du J. Features of Tibet soil temperature and its relation with rainfall (In Chinese). Journal of Chengdu Institute of Meteorology, 1999, 14(1): 20—25
- [8] 赵红岩, 杨瑜峰, 张久林, 等. 夏季西太副高位置与中国地温场的关系. 高原气象, 2007, 26(5): 1119—1122. Zhao H Y, Yang Y F, Zhang J L, et al. The relationships between the position of west pacific subtropical high and ground temperature field of China summer (In Chinese). Plateau Meteorology, 2007, 26(5): 1119—1122
- [9] 赵红岩, 杨瑜峰, 梁东升, 等. 中国北方沙尘暴与地温场的相关分析. 中国沙漠, 2007, 27(3): 509—513. Zhao H Y, Yang Y F, Liang D S, et al. Correlation analysis on soil temperature field and dust-storms in Northern China (In Chinese). Journal of Desert Research, 2007, 27(3): 509—513
- [10] 曹新来, 张子广, 李福来. 1976年唐山7.8级地震前气象要素的异常变化. 华北地震科学, 1997, 15(2): 50—59. Cao X L, Zhang Z G, Li F L. Abnormal variations of meteorological element before the Tangshan M7.8 earthquake (In Chinese). North China Earthquake Sciences, 1997, 15(2): 50—59
- [11] 张子广, 曹新来, 王勤彩. 邢台地震的气象要素异常特征. 华北地震科学, 1997, 15(1): 45—52. Zhang Z G, Cao X L, Wang Q C. Anomalous characteristics of meteorological factors of the Xingtai earthquake (In Chinese). North China Earthquake Sciences, 1997, 15(1): 45—52
- [12] 中国气象局. 地面气象观测规范. 北京: 气象出版社, 2003: 85—89. China Meteorology Administration. Specifications for surface meteorological observation (In Chinese). Beijing:

Meteorology Press, 2003:85—89

[13] 刘小宁,任芝花,王颖. 自动观测与人工观测地面温度的差异及其分析. 应用气象学报, 2008, 19(5):554—563. Liu X N, Ren Z H, Wang Y. Differences between automatic-observed and manual-observed surface temperature (In Chinese). Journal of Applied Meteorological Science, 2008, 19(5):554—563

[14] 任芝花, 郭锡钦. 浅层地温对比试验结果. 气象, 1996, 22(11):29—32. Ren Z H, Guo X Q. The comparative test results of soil temperature telemeters (In Chinese). Meteorology Monthly, 1996, 22(11):29—32

[15] 范爱武, 刘伟, 王崇琦. 不同环境条件下土壤温度日变

化的计算模拟. 太阳能学报, 2003, 24(2):167—171. Fan A W, Liu W, Wang C Q. Simulation on the daily change of soil temperature under various environment conditions (In Chinese). Acta Energetica Solaris Sinica, 2003, 24(2):167—171

[16] 潘守文, 等. 现代气候学原理. 北京: 气象出版社, 1994:966—971. Pan S W, et al. Contemporary climatology theory (In Chinese). Beijing: Meteorology Press, 1994:966—971

[17] 黄嘉佑. 气象统计分析预报方法. 北京: 气象出版社, 1990:20—21. Huang J Y. Meteorological statistical analysis and forecast method (In Chinese). Beijing: Meteorology Press, 1990:20—21

DIFFERENCE BETWEEN SOIL TEMPERATURES OBTAINED THROUGH AUTOMATIC OBSERVATION AND MANUAL OBSERVATION AND ANALYSIS OF ITS CAUSES

Ren Zihua¹ Wang Guoan^{1,2} Zou Fengling¹

(1 National Meteorological Information Centre, Beijing 100081, China)

(2 Henan Meteorological Information Network and Technical Support Center, Zhengzhou 450003, China)

Abstract Based on the data obtained through manual observation and automatic observation during the period when all the basic meteorological stations in China monitored soil temperature using the two observation methods simultaneously, analyses were made of differences between soil temperatures obtained through different observation methods in various soil layers. Results show that the difference between manual observation and automatic observation in daily mean soil temperature was no more than 0.11°C and decreased with increasing soil depth. In the soil layer of 5 cm ~ 320 cm, whether in winter or in summer, the mean difference was $\pm 0.2^\circ\text{C}$ in most parts of China. Standard deviation of the daily mean difference in soil temperature between the two methods declined from 0.78°C in the shallow soil layers to 0.47°C in the deep soil layers, with uncertainty exceeding 1°C in soil layers (5 cm ~ 20 cm), but lingering below 1°C in soil layers (40 cm ~ 320 cm). As a matter of fact, no significant difference in daily mean of soil temperatures was found between automatic observation and manual observation in all the observation stations, except a few. The differences observed were attributed to homogenous distribution of the horizontal temperature field and sharp vertical temperature gradient in the soil and asynchronous operation of the two methods.

Key words Automatic observation; Manual observation; Soil temperature; Comparison difference

(责任编辑:汪枫生)