

厦门站气温非均一性订正及其变化特征对比分析

李祥余^{1,2}, 黄少鹏³, 叶 红¹, 熊永柱^{4,1}, 陈 峰¹, 汪 凯^{1,2}, 潘玲阳^{1,2}

(1. 中国科学院城市环境研究所城市环境与健康重点实验室, 福建 厦门 361021; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039;
3. 密歇根州大学地质科学学院, 安娜堡 密歇根州 48109-1005, 美国; 4. 嘉应学院地理系, 广东 梅州 514015)

摘要: 利用逐步多元线性回归法和差值法相结合对厦门站 1954~2007 年逐年/月平均、最高和最低气温进行非均一性订正, 订正值分别为 0.84、0.72 和 0.65℃。对比分析订正前后气温的年际和季节变化趋势。订正后的气温资料分析结果显示: 年均、最高和最低气温都呈快速增温趋势, 倾向率依次为 0.25、0.33 和 0.18℃/10 a, 即 54 a 内约分别增温 1.4、1.8 和 1.0℃; 春夏秋冬四季平均、最高和最低气温也呈现快速增温趋势, 其中以冬季增温最显著; 年、季平均最高气温增温率都比最低气温快使得气温日较差以 0.15℃/10 a 速率增大。

关 键 词: 不连续点; 逐步多元线性回归; 差值法; 元数据; 气温日较差

中图分类号: P467 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0690(2010)05-0796-06

气候变化研究的基础是建立能反映气候真实变化的均一性的气候资料长时间序列, 但由于迁站等人为因素的影响往往造成气候资料不连续, 使整个序列所显示的气候变化规律, 尤其是气候突变变得不真实, 甚至虚假。然而不幸的是绝大多数长期气候时间序列已经被许多非气候因素所影响。观测台站位置迁移是导致这些变化的一个重要原因之一。因此检验气候资料序列的非均一性、建立均一的气候序列在气候研究中有重要意义。

国内外许多专家学者在气候资料序列非均一性检验及其订正方面做大量工作, 并取得重大的进展。早在 1981 年, Potter^[1] 利用双变量检测方法 (又称 Potter 法) 建立一个 19 个站点 100 a 的年降水序列的参考序列。1986 年, Alexandersson^[2] 发展标准正态检验 (SNHT) 方法; 经过改进后, SNHT 法在气候序列均一性检验上得到了广泛的应用。Solow^[3] 描述一种通过在一个二相回归模型中确定变点来检测时间序列趋势变化技术, 后来 Easterling 和 Peterson^[4] 发展了这一技术, 并被称之为 E-P 技术。中国学者对该方面的研究也开展得较早, 屠其璞、么枕生等气象学家做过不少理论研究和实践工作。宋超辉等^[5] 采用一元线性回归订正法、逐步多元线性回归订正法、综合订正法和差值订正法

对分布在全国 25 省区的 35 个台站进行不同方法气温资料订正效果等方面的对比试验研究。刘小宁等^[6] 对中国 1951~1990 年 400 余站的年降水量序列进行非均一性检验。李庆祥^[7] 等对气候资料非均一性检验、气温序列不连续断点检测等方面做了较系统总结。

随着中国城市化不断发展, 城市建设占用大量城郊土地, 使得有些城镇测站被迫迁站。厦门作为一个快速城市化城市, 由于观测环境变化及发展业务的需要, 厦门站于 1981 年 1 月 1 日由鼓浪屿升旗山迁至厦门岛东渡狐尾山。而有关厦门气候变化方面的研究却没有提及厦门站迁址问题^[8], 也未对厦门站气象资料做过迁址订正^[9]。本文在拥有厦门站迁址元数据但缺乏对比观测资料的情形下, 利用多元线性回归订正法和差值订正法相结合的方法, 对厦门站 1954~2007 年的 a/月平均、最高和最低气温做了详细的订正, 并利用订正后的结果做对比分析; 这对于揭示厦门地面气温真实变化有重要的现实意义, 可为城市规划、建立气候预测方法提供科学依据。

1 资料与方法

厦门站 (24°29'N、118°04'E, 海拔高度 139.4

收稿日期: 2009-12-29; 修订日期: 2010-03-28

基金项目: 中国科学院知识创新工程青年人才领域前沿项目 (09L4401D10 和 07L4151D40)、中国科学院知识创新工程重要方向项目 (KZCX2-YW-BR-03) 资助。

作者简介: 李祥余 (1981-) 男, 湖北阳新县人, 博士研究生, 主要从事气候和城市热环境方面研究。E-mail: lixiangyu108108@yahoo.com.cn

m) 1954 年 1 月至 2008 年 2 月气温资料来自于国家气象信息中心。该资料由两部分组成,1954 年 1 月至 1980 年 12 月采集于迁址前的鼓浪屿站,1981 年 1 月至 2008 年 2 月采集于厦门站资料。观测站点迁址必导致观测资料产生非均一性,如图 1 显示厦门站年均温在 1981 年的断点非常显著。然而本研究中的均一性仅限于迁址导致的“不连续点”范畴内,集中于如何将迁址前后两段不同观测环境下的气候资料衔接起来,构造一个没有显著迁址影响的气候序列;而关于城市化等人为因素对气温序列均一性的影响不在此讨论范围之内。气象资料序列订正方法有逐步多元线性回归法^[5,10]、一元线性回归法^[11]、综合法^[5]、差值法^[5,11]和比值法^[2]等等,其中以逐步多元线性回归订正法效果最优^[5,11]。另有研究表明^[12],气温宜用差值法订正;而用差值法订正须有一定时间长度的对比观测资料。于是利用逐步多元线性回归订正法构造了 1 a (1980 年) 长度的对比观测资料,然后利用差值法进行订正。

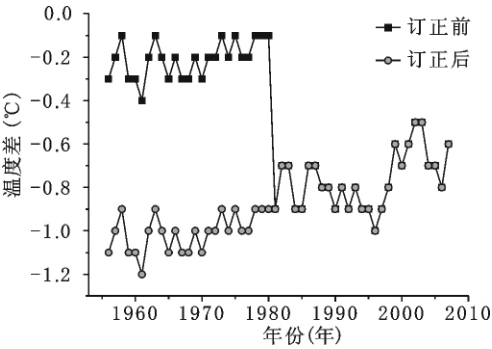


图 1 订正前后的厦门站年平均气温与邻近的同安站年平均气温之差

Fig. 1 Difference between unadjusted and adjusted mean annual surface air temperature of Xiamen Meteorological Station and its neighboring Tongan Meteorological Station

2 气温序列非均一性订正及订正结果评定

2.1 气温序列非均一性订正

本研究以厦门站为中心,在半径 100 km 范围内,从国家气象信息中心获得的福建省 24 个气象站点资料中选出满足原始资料序列中无数据缺失、中间没有缺测、以及开始观测年份比厦门站早或与厦门站同步观测的站点 3 个,分别为崇武、漳州和东山站。将这 3 个站点作为参考站,厦门站作为订正站。为确保参考站气温序列本身具备较好的均一性,在订正之前先用滑动 t 检验和 Mann - Kendall 检验两种方法对这 3 个基本站点的年平均气温时间序列进行了均一性检验^[13~15]。检验结果显示在 0.01 的显著水平上这 3 个参考站的气温都没有交叉突变年份,认为基本站自身资料序列满足均一性的要求。接着运用 1981 ~ 2007 年厦门站与邻近的崇武、漳州和东山站的逐 a/月平均、最高和最低气温资料进行逐步多元线性回归分析,求出它们各自的回归方程(表 1)。

然后利用表 1 中的回归方程计算出 1980 年的 a/月平均、最高和最低气温作为对比观测值。接着利用迁址前鼓浪屿站的 1980 年实测 a/月平均、最高和最低气温减去 1980 年的计算值,该“差值”即为年/月平均、最高和最低气温的订正值(表 2)。接着运用差值法^[5,12],将鼓浪屿站 1954 年 1 月至 1980 年 12 月的年/月平均、最高和最低气温实测资料序列分别减去各自对应的“差值”即得到 1954 年 1 月至 1980 年 12 月的订正序列,最后连同 1981 年 1 月至 2008 年 2 月气温形成最终订正后完整序列。表 2 显示平均、最高和最低气温订正值分别为 0.84、0.72 和 0.65℃,都比新旧两站因海拔高差 100.4 m 引起的约 0.60℃ 的温差大。由此可见气

表 1 厦门站 a/月平均、最高、最低气温订正方程及相关统计值

Table 1 Adjusted equations and regression statistics for annual and monthly mean , maximum and minimum surface air temperatures of Xiamen Meteorological Station

气象要素		回归方程	复相关系数	显著水平
年	平均气温(T)	$T_{\text{厦门}} = -1.278 + 0.770T_{\text{漳州}} + 0.262T_{\text{崇武}}$	0.993	0.000
	平均最高气温(T_{max})	$T_{\text{max厦门}} = -0.354 + 0.775T_{\text{max漳州}} + 0.214T_{\text{max崇武}}$	0.991	0.000
	平均最低气温(T_{min})	$T_{\text{min厦门}} = -4.068 + 0.820T_{\text{min东山}} + 0.342T_{\text{min漳州}}$	0.984	0.000
月	亮平均气温(t)	$t_{\text{厦门}} = -0.227 + 0.610t_{\text{漳州}} + 0.380t_{\text{崇武}}$	1.000	0.000
	平均最高气温(t_{max})	$t_{\text{max厦门}} = -0.061 + 0.732t_{\text{max漳州}} + 0.251t_{\text{max崇武}}$	0.999	0.000
	平均最低气温(t_{min})	$t_{\text{min厦门}} = -0.142 + 0.573t_{\text{min崇武}} + 0.415t_{\text{min漳州}}$	0.999	0.000

表 2 厦门站 a/月平均、最高、最低气温订正值

Table 2 Corrected values of annual and monthly mean , maximum and minimum surface air temperatures

气温	订正值(℃)												
	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
平均	0.63	0.62	0.36	0.39	0.63	0.92	1.01	0.86	0.96	0.91	1.10	0.95	0.84
最高	0.62	0.76	0.18	-0.04	0.50	1.08	1.16	0.98	1.21	0.84	0.87	1.07	0.72
最低	0.61	0.52	0.63	0.90	0.66	0.74	0.81	0.69	1.04	1.11	1.01	1.04	0.65

象站迁址后 ,气温订正仅考虑海拔高差还不够 ,须考虑周围环境等变化引起的系统误差。

2.2 订正结果可靠性评定

上述订正是基于厦门站周边 100 km 范围内的 3 个参考站点资料 ,为说明订正结果的可信度 ,将订正后的资料分为 1954 ~ 1980 年、1981 ~ 2007 年和 1954 ~ 2007 年 3 个时段 ,分别与崇武、漳州和东山 3 个参考站的同期资料做了对比分析。结果显示(表 3) ,1954 ~ 1980 年和 1981 ~ 2007 年两段时间 ,由于订正前后厦门站资料一样因而趋势也相同;与周边三站点相比 ,这两段时间的平均气温变

化趋势都非常接近。而 1981 ~ 2007 年 ,平均、最高和最低气温三者的趋势都很接近 ,并且都通过了 0.000 1 的极显著水平检验。对于 1954 ~ 2007 年全时段序列 ,平均和最低气温的趋势与 3 个参考站的趋势比较接近 ,而最高气温订正的厦门站的趋势比其它 3 个站点的趋势大。但订正前的平均、最高和最低气温都比 3 个参考站同期气温趋势小 ,并且订正前的平均、最低气温都未达到 0.1 的显著水平;而订正后的平均、最高和最低气温三者变化趋势都通过了 0.000 1 极显著水平检验。由此可见 ,本研究的订正结果具备良好的可靠性。

表 3 1954 ~ 1980、1981 ~ 2007 和 1954 ~ 2007 年厦门、崇武、漳州和东电站年平均、最高、最低气温趋势对比

Table 3 Trends of annual mean , maximum and minimum temperature for Xiamen , Chongwu , Zhangzhou , and Dongshan Meteorological Station over the 1954 - 1980 , 1981 - 2007 and 1954 - 2007 periods

气温倾向率 (℃ /10 a)		气象站名称				
		厦门(订正前)	厦门(订正后)	崇武	漳州	东山
1954 ~ 1980	平均	0.04(=0.54)	0.04(=0.54)	0.04(=0.65)	0.01(=0.84)	0.09(=0.18)
	最高	0.20(<0.1)	0.20(<0.1)	-0.03(=0.78)	-0.16(<0.1)	0.37(<0.05)
	最低	0.02(=0.81)	0.02(=0.81)	-0.17(<0.1)	0.09(=0.32)	-0.08(=0.29)
1981 ~ 2007	平均	0.61(<0.0001)	0.61(<0.0001)	0.56(<0.0001)	0.59(<0.0001)	0.53(<0.0001)
	最高	0.70(<0.0001)	0.70(<0.0001)	0.58(<0.0001)	0.75(<0.0001)	0.79(<0.0001)
	最低	0.59(<0.0001)	0.59(<0.0001)	0.65(<0.0001)	0.55(<0.0001)	0.47(<0.0001)
1954 ~ 2007	平均	0.03(=0.51)	0.25(<0.0001)	0.18(<0.0001)	0.24(<0.0001)	0.15(<0.0001)
	最高	0.13(<0.01)	0.33(<0.0001)	0.04(=0.34)	0.19(<0.0001)	0.18(<0.01)
	最低	0.01(=0.80)	0.18(<0.0001)	0.23(<0.0001)	0.27(<0.0001)	0.13(<0.0001)

注:括号的数字表示显著水平 P 值。

3 气温序列订正前后变化趋势对比分析

3.1 气温序列年际变化

图 2a 显示 ,订正前后厦门站 1954 ~ 2007 年平均气温倾向率分别为 0.03℃/10 a 和 0.25℃/10 a ,两者约相差一个量级;反映迁址对厦门气温序列均一性影响之大 ,也说明气温资料订正的重要性。订正后的厦门年平均气温倾向率与周边邻近的漳州站(0.24℃/10 a)、崇武站(0.17℃/10 a)和东山站(0.15℃/10 a)很接近 ,都处于同一量级。全国最近 50 多年平均气温倾向率也约在 0.25℃/10 a

左右^[16] ,因此运用订正后的资料分析厦门气温变化特征 ,结果更加合理。

许多研究表明城市化进程对城市气温有显著的影响^[17 ~ 19]。厦门气温变化趋势也与其城市发展密切相关。由表 3 可知 ,1981 ~ 2007 年厦门气温的变化趋势增长非常迅速 ,平均、最高和最低气温的倾向率分别高达 0.61、0.70 和 0.59℃/10 a;较之 1980 年成立特区之前的 1954 ~ 1981 年趋势 ,平均气温增长了近 15 倍 ,最高气温约增长 3 倍 ,而最低气温增长近 30 倍。反映出厦门城市化对其气温的影响非常之大。尽管平均、最高和最低气温三者都呈增温趋势 ,其日较差也呈增大趋势。无论是

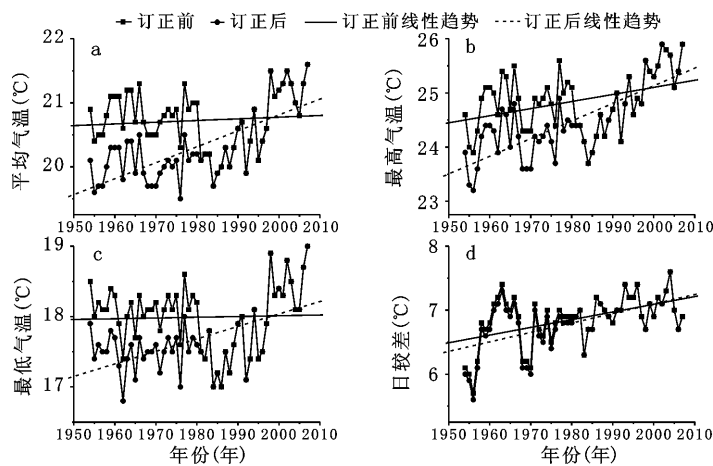


图2 订正前后的厦门站年平均、最高、最低气温和日较差序列年际变化
Fig. 2 Time series of mean , maximum and minimum surface air temperature and diurnal temperature range before Land after the adjustment for Xiamen Meteorological Station

1954 ~ 1980 年 , 还是 1981 ~ 2007 年 , 抑或是全时段的 1954 ~ 2007 年 , 它们的日较差都呈增大趋势。类似的结果在周边的 3 个参考站也能发现 , 只是趋势和强度没有厦门明显。这一结果与全国^[20]和全球^[21]大部分陆地地区同期的日较差都在减小不相符。因为全国和全球的最低气温增长速度比最高气温速度快 , 而厦门市最高气温增长反而比最低气温增长快。这说明全球变暖对海滨城市的影响与内陆地区有些差别 , 可能主要是海滨城市的气温主要受与北大西洋涛动 (North Atlantic Oscillation , NAO) 强度相关的海洋气候有关^[22]。

订正前后的平均最高气温 (图 2b) 变化趋势较之平均气温要小很多 , 订正前后的倾向率分别为 0.13 和 0.33℃ / 10 a , 仅约相差 3 倍。平均最低气温与平均气温类似 (图 2c) , 订正前后的倾向率分别为 0.01 和 0.18℃ / 10 a , 也约相差一个量级。但迁址对日较差的影响不大 (图 2d) , 订正前后的日较差倾向率分别为 0.12 和 0.15℃ / 10 a 。这主要是迁址对绝对气温影响大、对相对温度差值影响较小的缘故。

3.2 气温序列季节变化

迁站对四季气温变化趋势也有很大影响。由表 4 可知 , 平均气温在订正前后的变化趋势差别非常的显著 , 订正前序列在夏、秋季分别以 -0.04 和 -0.03℃ / 10 a 速率“降温” , 而订正后序列在夏、秋季分别以 0.22 和 0.25℃ / 10 a 的速率“增温” , 规律刚好相反。尽管订正前后的平均气温序列在冬、春季的变化趋势保持一致 , 但订正后气温倾向

率都比订正前大 2 ~ 3 倍; 订正后的冬、春季平均气温倾向率分别为 0.34 和 0.18℃ / 10 a 。可见 , 厦门平均气温增温主要发生在冬、秋季 , 与其它地区最强增温发生在冬、春季不同^[23]。在 1954 ~ 2007 年期间约分别增温 1.8 和 1.4℃ ; 而春、夏季增温约为 1.0 和 1.2℃ ; 显示厦门四季气温增温都非常显著 , 增温幅度都在 1.0℃ 以上。

订正前后最高气温在四季变化上保持一致 (表 4) , 都呈增温趋势 , 但订正后的倾向率都比订正前的大。订正后的平均最高气温春夏秋冬四季倾向率分别为 0.23、0.37、0.31 和 0.48℃ / 10 a , 即在 54 a 内分别增温 1.2、2.0、1.7 和 2.6℃ ; 由此得知最高气温增温主要发生在夏、冬季。

最低气温在订正前除了冬季呈增温趋势外 (表 4) , 春、夏、秋三季都呈极微弱的降温趋势; 而订正后在四季内都呈增温趋势 , 增温幅度没有平均和最高气温那样显著 , 其春夏秋冬四季气温倾向率为 0.19、0.16、0.28 和 0.32℃ / 10 a , 即 54 a 内约分别增温 1.0、0.9、1.5 和 1.7℃ 。最大增温发生在冬、秋季 , 与平均气温规律相同。

四季气温日较差在订正前后都呈增温趋势 , 订正前后趋势大小变化不明显 (表 4) 。由表 3 和表 4 还可知道 , 无论是年际变化 , 还是春夏秋冬四季变化 , 最高气温的倾向率都比最低气温的倾向率大 , 也即是最高期气温的增温速率比最低气温的增温速率要大 , 因而使得厦门气温日较差逐年、逐季都呈增大趋势 (图 2d 和表 4) , 这与中国及世界上的绝大部分陆地地区的气温日较差年际、季际变化都

表 4 订正前后的厦门站春夏秋冬四季平均、最高、最低气温和日较差时间序列倾向率

气象要素		春夏秋冬四季气温倾向率(℃/10 a)			
		春季	夏季	秋季	冬季
平均气温	订正前	0.05	-0.04	-0.03	0.14
	订正后	0.18	0.22	0.25	0.34
最高气温	订正前	0.17	0.06	0.04	0.25
	订正后	0.23	0.37	0.31	0.48
最低气温	订正前	-0.01	-0.04	-0.01	0.12
	订正后	0.19	0.16	0.28	0.32
日较差	订正前	0.18	0.10	0.05	0.12
	订正后	0.04	0.20	0.03	0.16

呈减小趋势不同。另一特点就是厦门的日较差增温主要发生在冬、夏季,而全球的日较差增温现象主要发生在冬季和春季^[24]。

4 结论与讨论

本文对厦门站迁址后 1954 ~ 2007 年逐年/月年平均、最高和最低气温进行非均一性订正,并对比分析了平均、最高和最低气温订正前后的变化特征,得到以下主要结论:

1) 厦门站于 1981 年迁址导致前后两段气温序列不连续,运用逐步多元线性回归法和差值法相结合的订正方法结果良好;年平均、最高和最低气温的订正值分别为 0.84、0.72 和 0.65℃。

2) 订正后的年平均、最高和最低气温都呈快速增温的趋势,气温倾向率分别为 0.25、0.33 和 0.18℃/10 a,即 1954 ~ 2007 年的 54 a 内分别约增温 1.4、1.8 和 1.0℃;最高气温增温速率比最低增温速率快,使得气温日较差呈逐年增加趋势,其倾向率为 0.15℃/10 a。

3) 订正后的春夏秋冬四季平均、最高和最低气温也都呈现迅速增温趋势,其中冬、秋季增温非常显著,而春、夏季增温较弱;增温趋势最显著的为冬季,对平均气温上升贡献最大,其平均、最高和最低气温倾向率分别高达 0.34、0.48 和 0.32℃/10 a。

地面气象要素资料非均一性现象不仅在中国很普遍,世界上其他国家和地区一样也普遍存在。对比来自 GHCN 和 GDCN 网站的厦门站资料和国家气象信息中心的厦门站原始资料后发现,GHCN

提供的厦门站最高、最低气温资料和国家气象信息中心的厦门站最高、最低气温数据几乎一样;GDCN 提供的厦门站资料虽然利用“邻近”站点资料做了订正,但是 1981 年的人为迁址导致的“突变”点依然没有消除。由此可见对于气候变化研究,均一性数据源的重要性。

致 谢:感谢中国科学院城市环境研究所王翠平、甘永洪和冯玲以及厦门市气象局帅方红和黄阳霞工程师在论文写作中的帮助;感谢中国气象局国家气象信息中心气象提供免费下载资料。

参考文献:

[1] Potter K W. Illustration of a new test for detecting a shift in mean in precipitation series [J]. Monthly Weather Review ,1981 ,**109** (9) : 2040 - 2045.

[2] Alexandersson H. A homogeneity test applied to precipitation data [J]. Journal of Climatology ,1986 ,**6** (6) : 661 - 675.

[3] Solow A R. Testing for climate change: an application of the two - phase regression model [J]. Journal of Climate and Applied Meteorology ,1987 ,**26** (10) : 1401 - 1405.

[4] Easterling D R ,Peterson T C. A new method for detecting undocumented discontinuities in climatological time series [J]. International Journal of Climatology ,1995 ,**15** (4) : 369 - 377.

[5] 宋超辉,孙安健. 非均一性气温气候序列订正方法的研究 [J]. 高原气象 ,1995 ,**14** (2) : 215 ~ 220.

[6] 刘小宁,孙安健. 年降水量序列非均一性检验方法探讨 [J]. 气象 ,1995 ,**21** (8) : 3 ~ 6.

[7] 李庆祥, Menne M J ,Williams Jr C N ,等. 利用多模式对中国气温序列中不连续点的检测 [J]. 气候与环境研究 ,2005 ,**10** (4) : 736 ~ 742.

[8] 李文勇. 近三十年来厦门市气候的变化 [J]. 亚热带农业研究 ,2008 ,**4** (1) : 50 ~ 53.

[9] 温珍治. 厦门近 113 a 来降水量变化特征分析 [J]. 台湾海峡 ,2007 ,**26** (1) : 17 ~ 25.

[10] Vincent L A. A technique for the identification of inhomogeneities in Canadian temperature series [J]. Journal of Climate ,1998 ,**11** (5) : 1094 - 1104.

[11] 宋超辉. 不同数学模型在降水量资料序列订正中适用性探讨 [J]. 应用气象学报 ,1998 ,**9** (2) : 213 ~ 218.

[12] 杜九三. 秭归新站短序列气象资料气候平均值估算初探 [J]. 湖北气象 ,2002 ,**3** (3) : 33 ~ 35.

[13] 贾文雄,何元庆,李宗省,等. 近 50 年来河西走廊平原区气候变化的区域特征及突变分析 [J]. 地理科学 ,2008 ,**28** (4) : 525 ~ 531.

[14] 宋超辉,刘小宁,李集明. 气温序列非均一性检验方法的研究 [J]. 应用气象学报 ,1995 ,**6** (3) : 289 ~ 296.

[15] 孙凤华,任国玉,赵春雨,等. 中国东北地区及不同典型下垫面的气温异常变化分析 [J]. 地理科学 ,2005 ,**25** (2) : 167 ~ 171.

- [16] 任国玉, 初子莹, 周雅清, 等. 中国气温变化研究最新进展[J]. 气候与环境研究 2005 **10**(4): 701~716.
- [17] 李国栋, 王乃昂, 张俊华, 等. 兰州市城区夏季热场分布与热岛效应研究[J]. 地理科学 2008 **28**(5): 709~714.
- [18] 崔林丽, 史 军, 周伟东. 上海极端气温变化特征及其对城市化的响应[J]. 地理科学 2009 **29**(1): 93~97.
- [19] 张一平, 李佑荣, 彭贵芬, 等. 昆明城市发展对室内外平均气温影响的研究[J]. 地理科学 2001 **21**(3): 272~277.
- [20] 陈铁喜, 陈 星. 近 50 年中国气温日较差的变化趋势分析[J]. 高原气象 2007 **26**(1): 150~157.
- [21] Zhou L M, Dai A G, Dai Y J, et al. Spatial dependence of diurnal temperature range trends on precipitation from 1950 to 2004[J]. Climate Dynamics 2009 **32**(2-3): 429~440. doi: 10.1007/s00382-008-0387-5.
- [22] Joanna W, Bronislaw G. Trends of minimum and maximum temperature in Poland[J]. Climate Research 2002 **20**(2): 123~133.
- [23] 董满宇, 吴正方, 江 源. 近百年来中国东北与日本北海道地区气温变化对比[J]. 地理科学 2009 **29**(5): 684~689.
- [24] Trenberth K E, Jones P D, Ambenje P, et al. Observations: Surface and Atmospheric Climate Change[C]. // Solomon S, Qin D, Manning M, et al. (eds). Climate Change 2007: The Physical Science Basis Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press 2007: 235~336.

Comparison Characteristics and Inhomogeneity Adjustments of Mean , Maximum and Minimum Surface Air Temperature for Xiamen Meteorological Station

LI Xiang-yu^{1 2}, HUANG Shao-peng³, YE Hong¹, XIONG Yong-zhu^{4 1},
CHEN Feng¹, WANG Kai^{1 2}, PAN Ling-yang^{1 2}

- (1. Key Lab of Urban Environment and Health , Institute of Urban Environment , Chinese Academy of Sciences , Xiamen , Fujian 361021; 2. Graduate University of the Chinese Academy of Sciences , Beijing 100049;
3. Department of Geological Sciences , University of Michigan , Ann Arbor , MI 48109-1005 , USA;
4. Department of Geography , Jiaying University , Meizhou , Guangdong 514015)

Abstract: Xiamen Meteorological Station was relocated in 1981 , which resulted in a remarkable shift in its long term mean , maximum , minimum surface air temperature (SAT) time series from 1954 to 2007. The stepwise multiple linear regression and difference method were employed to estimate the inhomogeneity of the SAT , and the annual and monthly mean , maximum , minimum SAT time series were adjusted by integrating the two methods. The annual mean , maximum , minimum SAT corrected values are 0.84℃ , 0.72℃ and 0.65℃ , respectively. The annual and seasonal trends of the unadjusted and adjusted time series were investigated detailedly by a comparative analysis. The results of adjusted SAT time series showed that the annual mean , maximum , minimum SAT increased rapidly at a rate of 0.25℃ /10 yr , 0.33℃ /10 yr and 0.18℃ /10 yr , and had approximately risen by 1.4℃ , 1.8℃ and 1.0℃ over the 54 years period , respectively. The seasonal mean , maximum , minimum SAT also showed quite significant warming trends in spring , summer , autumn and winter , and the greatest trends of mean , maximum , minimum SAT occurred in winter. The annual and seasonal maximum temperature increased at a faster rate than the minimum temperature , which resulted in a strong increase in the long-term diurnal temperature range and its increasing rate was 0.15℃ /10 yr.

Key words: discontinuity; stepwise multiple linear regression; difference method; metadata; diurnal temperature range