

类型变更的相邻气象观测站的日气温资料整合

郑景云¹, 卞娟娟^{1,2}

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要: 利用日气温资料, 分析了因气象观测站类型变更而致的气候资料连续性和均一性问题及其影响, 提出了订正相邻观测站日气温并将因观测站类型变更而致的相邻站不连续日气温资料整合的方法。主要结论有: (1) 气象观测站类型变更而致的气候数据不连续既影响资料的均一性, 也影响气候变化研究的结果。在考虑或不考虑观测站类型变更 (仅 1980 年以后) 时, 对我国过去 60 年 1 月气温趋势变化的估计结果差别达 6.0%。(2) 虽然海拔差异明显影响相邻站气温, 但城乡差别等下垫面及其周边环境差异因素的作用极为显著; 可导致两个地理位置相近的测站最大月气温差别超过 0.50℃。(3) 利用相邻测站的月气温差异进行各月的日气温订正可以消除海拔、台站下垫面及其周边环境差异对观测资料的均一性影响; 使订正后的序列能更好地反映出气候的年际变化特征; 从而可为我国正在开展的气候区划新方案、气候变化对区划影响及冷暖期环境格局变化等研究工作提供更均一的气候观测基础资料。

关键词: 气象观测站, 类型变更, 均一性订正, 日气温资料整合

文章编号: 1000-0585(2012)04-0579-10

1 引言

气候资料的连续性、均一性问题是气候学研究的基础问题, 在分析区域与全球气温变化趋势、辨识气候区划变动、评估城市化对气候记录的影响等重大问题的研究中, 具有至关重要的作用。随着气候变化研究的不断深入, 气候资料 (特别是气温资料) 的连续性与均一性研究更是成为近年气候学研究的热点问题^[1~5]。

气候资料的连续性与均一性受到站址迁移、台站环境变动、观测方法与仪器变化、因观测任务变动而致的信息变更等多个方面的影响。如至 2004 年 12 月, 我国 672 个地面气象观测基准、基本站中, 观测场曾经迁移的台站多达 541 个, 占 80%; 一些站的观测场还存在多次迁移, 其中变动 2 次的台站 174 个, 变动 3 次的有 97 个, 变动 4 次的台站 45 个, 变动 5 次 (含 5 次) 以上的有 38 个; 有些台站虽没有迁址, 但随着社会 and 经济发展, 或造成台站周围环境发生了很大变化, 或导致信息变更等, 这些因素均会影响气候观测资料的均一性与连续性^[5, 6]。对此, 许多学者提出了多种气候观测资料的质量分析、控制与时间序列的均一化方法^[7~11], 以解决因此造成的气候观测资料不连续问题。

然而, 在我国气象观测中, 还同时存在台站类型变更的问题, 如将基准站、基本站变更为一般站, 或反之, 这类问题同样会造成站点 (特别是基准与基本站) 资料出现中断和

收稿日期: 2011-09-02; 修订日期: 2011-12-03

基金项目: 中国科学院战略性先导科技专项 (XDA05090104); 全球变化研究国家重大科学研究计划课题 (2010CB950101); 气象行业专项 (GYHY201106018); 科技基础性工作专项项目 (2011FY120300)

作者简介: 郑景云 (1966-), 男, 福建莆田人, 研究员, 博士生导师, 主要从事气候变化研究。

E-mail: zhengjy@igsnnr.ac.cn

序列不连续。以目前我国应用广泛的“中国 756 个站气象观测日值数据集 (1951~2010 年)”(下简称“日数据集”, 见中国气象局数据共享服务网, <http://cdc.cma.gov.cn/>) 为例, 其中有 147 个站 (约占总数的 20%, 详见下一部分) 因台站类型变更而造成了资料中断、终止与序列不连续, 这既影响了资料的均一性, 也影响了资料的应用价值。但目前我国对此问题缺少相关研究。为此, 本文拟对这一问题进行分析, 并探讨将因站点类型变更而造成序列不完整的相邻站点日气温资料整合方法, 以期开展气候区划变动和气候变化等研究提供科学依据和更均一的数据支撑。

2 测站类型变更简况及其对数据连续性的影响

我国地面气象台站观测网络是从 1950 年以后陆续分阶段建立、发展起来的 (图 1)。但是台站分类系统曾出现多次变化: 1950~1953 年划分为中央气象台、大区气象区台、特种气象台 (1952 年改称海洋气象台)、甲种气象站、乙种气象站、丙种气象站 (其中特种台和甲种站名称不同, 但布设原则和观测任务相同) 6 种; 1954~1979 年分为气象台、气象站、气候站 3 级; 1980 年起分为基本站和一般站 2 种; 1989 年后又改为基准气候站、基本气象站、一般气象站和观测辅助站 4 级; 2004 年起改为基准站、基本站、一般站和无人站 4 类^[6]。气象站类型不同, 其承担的观测、上报记录的任务也不完全一致, 如 1954 年的“气象观测暂行规范 (地面部分)”规定, 气象台、站每日进行 4 次定时观测, 而气候站每日只定时观测 3 次; 1980 年《地面气象观测规范》规定: 基本站需向中央气象局报送月报和年报, 而一般站只报送年报。因此测站类型改变会直接影响资料的均一性和在国家层面上造成资料不连续。

统计表明: 在日数据集的 756 个站中, 只有 170 个站是 1951 年 12 月 31 日前建立的, 而大部分站建于 1952~1960 年 (图 1); 且自 1980 年《地面气象观测规范》实施以后, 共有 137 个站发生过测站类型变更, 占总数 (756 个) 的 18.1% (图 2)。其中: 有 28 个站从基准 (本) 站改为一般站 (其中不乏如洛阳、成都等始建于 1951 年之前的气象站), 导致其后资料终止; 有 51 个站因测站类型发生两次变更, 即曾从基准 (本) 站改为一般站, 又再改为基准 (本)

站, 从而导致部分年份资料中断 (其中包含长沙、西安等省会城市测站); 有 58 个站从一般站改为基准 (本) 站, 导致其序列长度不足 30 年 (其中大多为 20 年左右, 最短者自 2006 年起至今只有 5 年)。而为加密西藏等地的站点密度, 该资料集自 1991 年起, 还新增了浪卡子等 10 个一般站, 序列长度也只有 20 年。其中在 1951 年 12 月 31 日前建立的 170 个站中, 有 27 站 (占 15.8%, 其中有 23 个测站的类型变更出现在 1980 年以后) 发生过测站类型变更, 这类站点变更直接导致了这些站点观测资料的终止或中断。

目前我国正在开展气候区划新方案、气候变化对区划影响及冷暖期环境格局变化与影

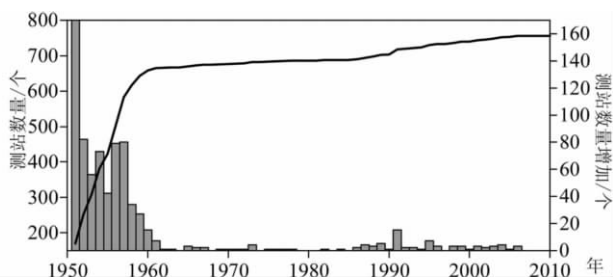


图 1 中国 1951~2010 年间气象观测日值数据集的测站数量变化 (实线) 和逐年增加的站点数 (灰柱)
Fig. 1 Change (solid line) and increased number (gray bar) of stations in China's daily meteorological observation dataset during 1951-2010



图 2 1980 年以后中国气象观测日值数据集测站类型变化简况

Fig. 2 The change of observational type in daily meteorological observation dataset in China since 1980

响等方面研究^①。而要进行气候区划，需要至少连续 30 年的高密度日气候资料；要辨识气候区划与地理环境格局变化更需要高密度的长序列^[12]。在全球变暖背景下，连续的高密度长日气温数据集是研究积温、界限温度、无霜期、极端最低气温等区域热量条件与重要地理变化不可或缺的条件，因而这种因测站类型变更而导致的数据不连续（特别是数据终止、中断等）会对这类研究产生影响^[13]。

此外，数据的不连续也会在一定程度上影响一些关键气候变化问题的研究结果。因本文目的并不在此，故仅以过去 60 年全国 1 月气温趋势变化为例对此进行说明。对比分析表明（图 3）：据 1951 年 12 月 31 日前建立的 143 个站点连续序列计算得到的 1951~2010 年的升温率为 $0.297^{\circ}\text{C}/10$ 年；据 1980 年以后没有发生测站类型变更的 609 个站点连续序列计算得到的同时段升温率为 $0.319^{\circ}\text{C}/10$ 年；而据 756 个站计算得到的结果为 $0.301^{\circ}\text{C}/10$ 年。三者中最大者与最小者相差达 7.4%，而因 1980 年后发生测站类型变更而造成的差别也达 6.0%。

① 参见 2010~2011 年公益性行业（气象）科研专项项目指南，<http://www.cma.gov.cn/gg/201003/P020100315537572983297.pdf>；中国科学院战略性先导科技专项研究信息：过去百年气候增暖及成因，<http://159.226.234.56/index.php?section=13>。

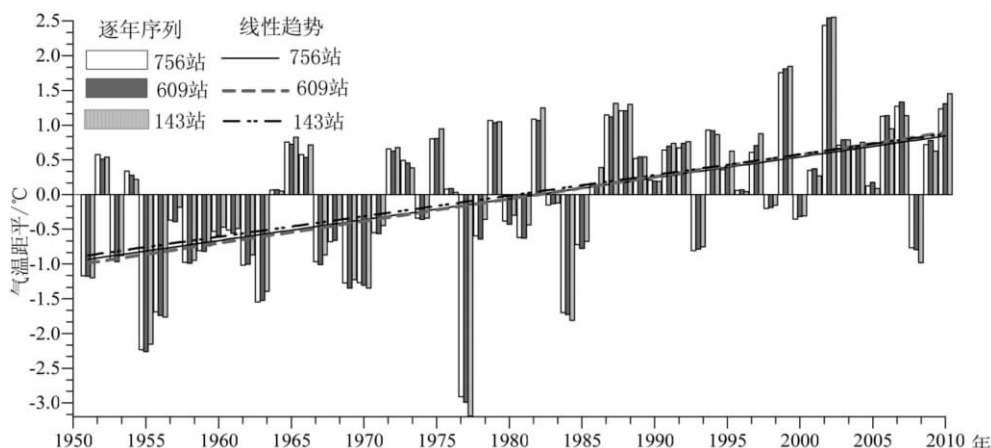


图3 根据不同3类测站计算得到的中国1951~2010年全国1月气温平均距平及其变化趋势

Fig. 3 January air temperature anomaly and variation trend in China calculated by three different types of stations during 1951-2010

3 类型变更的相邻站日气温资料整合

我国1989年实施的《地基气象探测系统发展方案》规定,国家基准站的站距需保持300~400km,基本站的站距一般不大于150km。因此基准(本)站的发生类型变更时,其周边就有新增站点出现(图2),这些新增站点虽未被明确作为替代站,但客观上为该区域因基准(本)站类型变更而致的资料中断、终止提供了同类延续资料。根据台站类型变更、数据缺失及地理位置等信息可知,这类相邻站点共有41组,分布在全国17个省。然而这种资料延续毕竟来自不同站,并不能直接对接,而需经过订正才可整合成一个长序列。为此,在各省分别选择1组(图4),对各组站点的日气温序列进行整合。

由于影响相邻站日气温差异的因素主要有两个:一是大尺度天气系统,它决定相邻站间的日气温变化是否一致;二是局地差异因素,包括台站的位置(特别是海拔高度)及其下垫面与周边环境差异(如城乡差异)等,它们决定站间是否存在显著的气温差;因此若2个相邻站的日气温变化一致且差值稳定,则说明2站的日气温变化受同一大尺度天气系统控

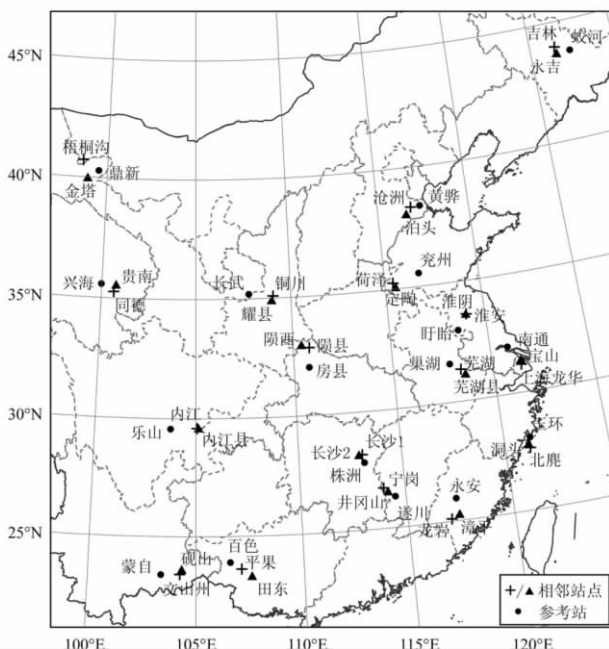


图4 17组相邻站点及其参考站点的分布

Fig. 4 Distribution of 17 couples of nearby stations and their reference stations

制，同时影响 2 站日气温差异的因素稳定，可对相邻 2 站的日气温资料进行整合。具体步骤是：先利用相关分析与方差比较等方法检验 2 个相邻站的日气温变化一致性与差值稳定性；若 2 站间日气温变化一致且差值稳定，则用 2 站间的气温差进行订正，将两个不完整的序列整合成一个完整的序列；然后再利用 M-K 方法对合成后的序列进行突变检验，若

表 1 17 组相邻站的日气温变化相关性及其差值稳定性分析结果

Tab 1 The correlation of daily mean air temperature and difference stability
analytical results of 17 couples of nearby stations

组别	站 名	海拔高 度/m	平行观测 年 份	两站间 年内日 气温变 化的相 关系数	两站间日、月气温差值的方差与各站年内、年际气温变化方差						
					站间日 气温差 值序列 的方差 /℃	年内日 气温变 化序列 的方差 /℃	各 站 日 气 温 年 际 变 化 方 差			站间月 气温差 值序列 的方差 /℃	年内月 气温变 化序列 的方差 /℃
							最小值 /℃①	最大值 /℃②	序 列 起 止 年		
1 ^a	田东 59224	111. 2	2007~2008	0. 994	0. 668	5. 89	1. 26	5. 21	1954~1987	0. 465	5. 77
平果 59228	108. 8	6. 02				1. 19	5. 39	1988~2010	5. 93		
2 ^a	隰县 57253	201. 9	1989~1990	0. 998	0. 514	8. 42	1. 78	4. 79	1989~2010	0. 338	8. 62
隰西 57251	249. 1	2007~2008	8. 56			1. 42	4. 28	1952~1991	8. 76		
3 ^a	长沙 1 站 57679	44. 9	2007~2010	0. 999	0. 391	8. 70	1. 72	5. 35	1951~1986	0. 203	8. 80
长沙 2 站 57687	68. 0	8. 64				1. 83	6. 10	1987~2010	8. 70		
4 ^a	菏泽 54906	49. 7	2007~2008	0. 999	0. 369	9. 58	1. 75	4. 88	1954~1994	0. 162	9. 68
定陶 54909	50. 5	9. 47				1. 35	5. 56	1995~2010	9. 58		
5 ^a	沧州 54616	9. 6	2007~2008	0. 999	0. 436	10. 58	1. 67	4. 67	1954~1995	0. 119	10. 72
泊头 54618	13. 2	10. 52				1. 33	4. 96	1996~2010	10. 66		
6 ^a	芜湖 58338	14. 8	2007~2008	0. 999	0. 363	8. 99	1. 83	4. 98	1952~1985	0. 137	9. 09
芜湖县 58334	21. 1	9. 07				1. 45	4. 40	1986~2010	9. 18		
7 ^a	上海龙华 58367	2. 6	1991~1998	0. 999	0. 201	8. 38	1. 46	4. 41	1951~1998	0. 100	8. 60
宝山 58362	5. 5	2007~2008	8. 35			1. 34	5. 04	1991~2010	8. 57		
8 ^a	吉林 54172	183. 4	2007~2008	0. 999	0. 596	12. 74	1. 86	7. 48	1951~1995	0. 421	12. 85
永吉 54171	229. 5	13. 06				1. 35	8. 27	1996~2010	13. 16		
9 ^b	同德 52957	3289. 4	2007~2008	0. 996	0. 998	8. 40	1. 77	4. 47	1954~1998	0. 708	8. 51
贵南 52955	3120. 0	9. 02				0. 98③	5. 24	1999~2010	9. 15		
10 ^b	文山州 56994	1271. 6	2007~2008	0. 995	0. 491	4. 79	1. 01	4. 50	1955~2001	0. 116	4. 66
砚山 56991	1561. 1	4. 85				0. 67	5. 98	2002~2010	4. 70		
11 ^b	铜川 53947	978. 9	2007~2008	0. 999	0. 350	9. 22	1. 77	4. 10	1955~1999	0. 154	9. 28
耀县 57037	710. 0	9. 32				1. 33	5. 19	2000~2010	9. 38		
12 ^b	宁冈 57883	263. 1	2007~2008	0. 997	0. 744	8. 05	1. 22	5. 99	1957~1998	0. 488	8. 08
井冈山 57894	843. 0	7. 65				1. 07	6. 64	1999~2010	7. 63		
13 ^b	龙岩 58927	342. 3	2007~2010	0. 998	0. 450	5. 73	1. 04	4. 99	1951~1993	0. 337	5. 75
漳平 58926	205. 3	6. 00				0. 84	5. 26	1993~2010	6. 03		
14 ^c	内江 57504/乐山 56386	347. 1	1997~2001	0. 998	0. 516	6. 85	1. 75	4. 05	1951~2001	0. 273	6. 99
	内江县 57503/乐山 56386	349. 7	2002~2006	0. 997	0. 600	7. 09	0. 54③	5. 19	2002~2010	0. 387	7. 20
15 ^c	淮阴 58144/盱眙 58138	17. 5	1996~2000	0. 999	0. 324	9. 06	1. 55	4. 37	1951~2001	0. 149	9. 26
	淮安 58141/盱眙 58138	14. 4	2002~2006	0. 999	0. 357	9. 08	1. 10	6. 26	2001~2010	0. 128	9. 26
16 ^c	北鹿 58765/玉环 58667	68. 6	1990~1994	0. 997	0. 603	6. 96	0. 60③	4. 92	1982~1994	0. 529	7. 14
	洞头 58760/玉环 58667	42. 3	1995~1999	0. 999	0. 277	6. 98	0. 49	4. 24	1995~2010	0. 209	7. 16
17 ^d	梧桐沟 52441/鼎新 52446	1591. 0	1984~1988	0. 997	0. 910	12. 16	2. 22	5. 93	1966~1988	0. 438	12. 44
	金塔 52447/鼎新 52446	1270. 5	1989~1993	0. 999	0. 485	11. 44	1. 77	5. 32	1989~2010	0. 252	11. 71

注：①即日气温年际变幅最小日的序列方差；②日气温年际变幅最大日的序列方差；③由于贵南、内江县、北麓的观测年份较短，所以造成在一年的某日气温年际变幅很小，致使该站日气温年际变化极小值略小于该组站间的日气温差值序列的方差，但这种情况只在极个别天（其中贵南、内江县、北麓都只有 1 天）出现。组别上标表示平行观测年份和海拔高度差异类别。

合成序列在衔接年份前后没有出现因资料订正而致的突变, 则说明整合方法没有影响序列的均一性, 即合成后的序列前后均一, 可反映真实的气候变化。

3.1 相邻站点的日气温变化一致性与差值稳定性检验

表 1 列出 17 组相邻站点的数据信息, 有 13 组相邻站存在平行观测年份; 可以直接采用 2 站平行观测年份的资料来分析逐日气温变化一致性与差值稳定性; 而对 4 组无平行观测年份的相邻站, 则通过对比分析它们与其周边第三个站 (下简称“参考站”, 要求与 2 站间的距离均在 100km 之内, 且与 2 站间的日气温变化相关系数均达最大) 在序列中断年份前后各 5 年的日气温资料来检验。此外, 尽管这些相邻站相距均较近, 但其中部份相邻站的海拔高度差异较大, 为此我们在比较相邻站逐日气温差异时, 按相邻站是否具有平行观测年份和海拔高度是否存在显著差异, 将 17 组相邻站分为 4 个类别: a 类, 有平行观测且海拔差异小于 50m; b 类, 有平行观测且海拔差异大于 50m; c 类, 无平行观测且海拔差异小于 50m; d 类, 无平行观测且海拔差异大于 50m (表 1)。

图 5 给出各组相邻站在平行观测时段内的日气温变化对比结果; 为节省篇幅, 这里只给出各代表组别的最冷月 (1 月) 和最暖月 (7 月) 日气温变化。从中可以看出: 尽管受海拔和台站下垫面及其周边环境等因素差异的影响, 各组相邻站间的日气温存在差异, 但其日变化趋势却高度一致; 说明相邻站的日气温变化受同一天气系统控制。进一步观察各组相邻站的日气温年变化相关系数和日气温差值稳定性的方差分析结果 (表 1) 还可以看出: 在所有组中, 站间的日气温年变化相关性系数均接近于 1.0; 同时站间日气温年变化差值序列的方差远小于 (即低至少一个数量级) 各站日气温年变化方差, 也远小于各站日气温年际变化方差的最大值, 且小于各站绝大多数日气温年际变化的方差, 表明各组相邻站的气温差值是稳定的^[14]。因此, 可以直接用各组两站间平行观测时段的气温差值对相邻站的日气温年际序列进行订正。

3.2 相邻站的日气温订正

虽然上述分析已证明各组相邻站间的气温差值是稳定的, 但因海拔和台站下垫面及其周边环境差异等因素对气温

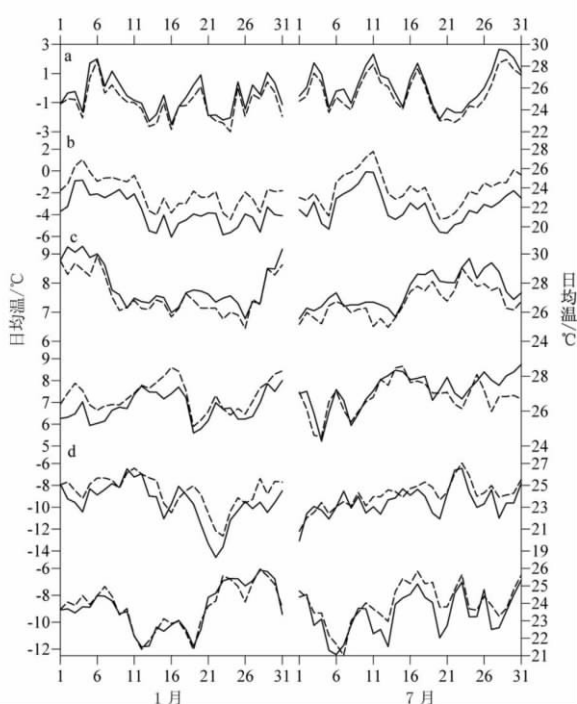


图 5 相邻站点平行观测时段内的 1 月和 7 月日气温变化比较。

(a) 菏泽/定陶; (b) 铜川/耀县; (c) 内江/乐山 (上), 内江县/乐山 (下); (d) 梧桐沟/鼎新 (上), 金塔/鼎新 (下)。实线为前一站点, 虚线为后一站点。

Fig 5 Daily air temperature variation in January and July for representative meteorological stations in different types

(a) Heze and Dingtao; (b) Tongchuan and Yaoxian; (c) Neijiang and Leshan (up); Neijiang country and Leshan (down); (d) Wutonggou and Dingxin (up), Jinta and Dingxin (down) .

的影响极为复杂，如一地气温垂直递减率既受气压的垂直变化影响，也受气团性质影响，且一地的气压垂直变化和气团性质在不同季节（特别是冬、夏）存在一定差异^[15]；同时城乡差异对气温的影响也会随季节而变化，因而相邻站间的气温差值在一年中并不是一个常数^[16]。故在进行相邻站的日气温订正时，既要考虑两站间的气温差异的年平均状况，还必须同时考虑两站间日气温差异的年变化特征。由于采用两站日气温差异值年变化进行两站的日气温差值订正，通常需要 5 年平行观测资料^[16]；而在日数据集中，大部分相邻站的平行观测年份大多只有 2~4 年，因而不宜直接采用日气温差值对两站的日气温进行订正。考虑到各组相邻站间的月气温差值年变化较日气温差值年变化具有更高的稳定性，同时相邻站点月平均气温差值的年际变幅既远小于月气温的年际变化，也明显小于日气温年际变化最小日的变幅（参见表 1），因此，本文以各组相邻站间平行观测年份的月气温差值作为常数进行两站间的各月日气温订正。而对无平行观测年份的相邻站，则利用它们与参照站之间在序列中断年份前后各 5 年的月气温差值进行订正。计算可得各组相邻站间的逐月气温差异值如表 2；据此可订正各组相邻站的各月日气温年际序列。

表 2 各个站点逐月温度订正值（单位℃）
Tab 2 Adjusted monthly mean air temperature of each station

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	海拔差异/m
田东-平果	0.22	0.37	0.66	0.50	-0.09	-0.10	-0.14	-0.27	-0.75	-0.74	-0.57	-0.29	2.4
陨县-陨西	0.56	0.63	0.75	0.71	0.93	0.48	0.25	0.55	0.80	1.03	1.25	1.45	-47.2
长沙1-长沙2	-0.10	-0.21	-0.41	-0.22	-0.16	-0.10	-0.06	-0.07	0.25	0.24	-0.24	-0.37	-23.1
菏泽-定陶	0.48	0.66	0.60	0.85	0.85	0.93	0.69	0.68	0.69	0.44	0.45	0.54	-0.8
沧州-泊头	-0.54	-0.33	-0.37	-0.20	-0.34	-0.33	-0.13	-0.26	-0.09	-0.33	-0.23	-0.24	-3.6
芜湖-芜湖县	0.10	-0.01	-0.08	0.10	0.30	0.18	0.28	0.24	0.29	0.30	0.31	0.04	-6.3
龙华-宝山	0.20	0.34	0.35	0.50	0.39	0.35	0.33	0.34	0.30	0.21	0.16	0.18	-2.9
吉林-永吉	0.65	0.32	-0.12	-0.54	-0.65	-0.77	-0.40	-0.14	0.07	0.21	-0.11	0.12	-46.1
同德-贵南	1.76	0.73	0.57	0.44	-0.09	-0.18	-0.50	-0.12	0.52	0.89	1.20	1.54	169.4
文山州-砚山	2.39	2.62	2.40	2.46	2.42	2.44	2.36	2.23	2.59	2.40	2.39	2.57	-289.5
铜川-耀县	-1.75	-1.88	-1.88	-2.03	-2.23	-2.02	-1.79	-1.95	-2.00	-1.82	-1.82	-1.63	268.9
宁冈-井冈山	2.85	3.03	2.95	3.16	3.47	3.68	3.93	3.99	3.79	3.56	2.87	2.51	-579.9
龙岩-潭平	-0.37	-0.56	-0.65	-0.85	-0.94	-0.89	-1.08	-1.02	-0.85	-0.48	-0.16	-0.06	137.0
内江-内江县	0.79	0.82	0.96	0.54	0.86	0.69	0.34	0.44	0.84	0.83	0.87	0.59	-2.6
淮阴-淮安	0.24	0.34	0.41	0.53	0.34	0.29	0.58	0.53	0.62	0.45	0.51	0.13	3.1
北麇-洞头	0.44	0.20	-0.12	-0.47	-0.03	0.13	-0.16	-0.15	0.37	0.62	0.33	0.62	26.3
梧桐沟-金塔	-0.94	-1.72	-1.89	-1.78	-1.32	-0.66	-0.04	-0.30	-0.28	-0.83	-1.38	-0.60	320.5

从表 2 可看出：相邻站的气温差异除受海拔影响外，台站下垫面及其周边环境差异的影响也极为显著。因为在大多数相邻站，即使海拔差异很小，其月气温差异也很明显。如上海龙华与宝山、江苏的淮阴与淮安、河北的沧州与泊头、四川的内江与内江县，其距离均不超过 10km，海拔相差也分别只有 2.9m、3.1m、3.6m 和 2.6m，但月气温相差最高者分别达 0.50℃、0.62℃、0.54℃和 0.96℃，最低者也分别有 0.16℃、0.13℃、0.09℃和 0.34℃。菏泽与定陶站距离均相差不到 20km，海拔相差只有 0.8m，但其月气温差高

达 0.44~0.93℃和。此外，长沙一站和长沙二站、吉林和永吉等相邻站的距离也不超过 20km，海拔分别相差 23.1m 和 46.1m，但在多数月份，却出现了海拔较低的站点其月气温反而较高的现象。这些现象表明：台站下垫面及其周边环境差异对相邻站气温差异的影响明显大于海拔差异的影响；而这也为说明城市化的热岛效应提供了一个重要证据。

3.3 合成序列的均一性检验

由于冷季（1 月）、暖季（7 月）、年平均气温及日平均气温稳定 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的日数等是进行气候区划及气候变化等研究的重要指标，所以本文以这 4 个指标序列为例来检验合成序列的均一性（图 6）。从各代表相邻站订正前后的指标序列（图 6A, B, C, D）对比看，除梧桐沟因 7 月份气温序列（图 6B4）与原序列基本一致（订正温度为 0.02℃）而看不出订正序列前后差异外，其余各图均显示：订正后的序列较订正前的序列前后更为均一，这说明订正消除了原序列的非均一问题。

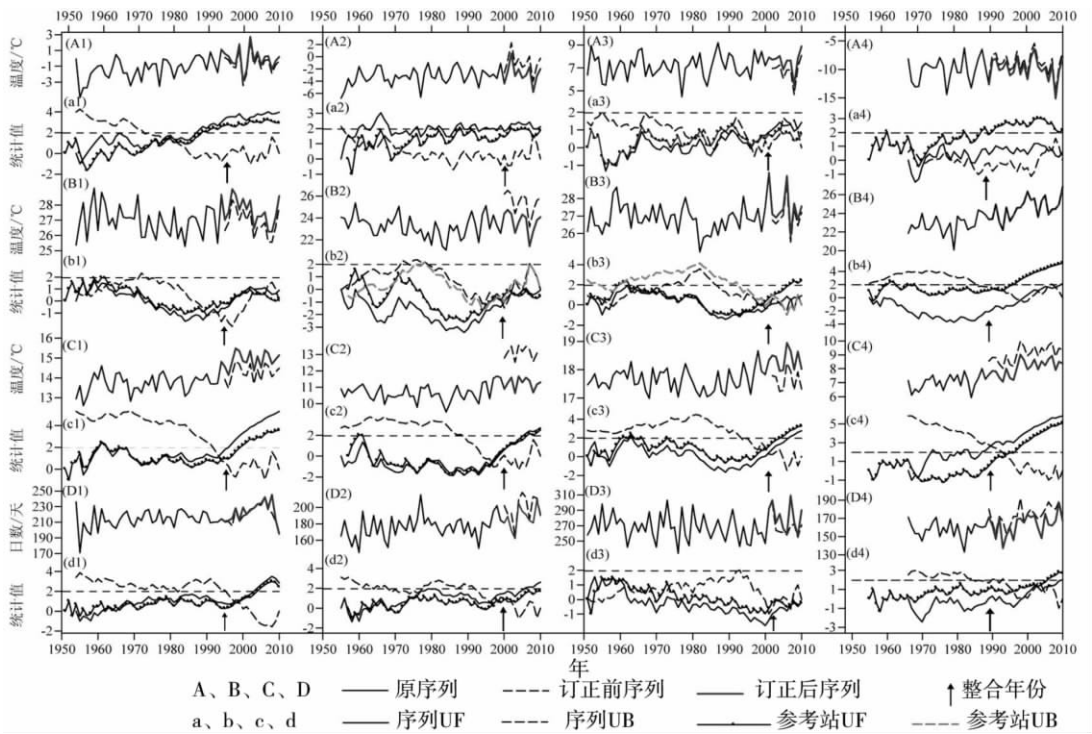


图 6 相邻站点整合前后的 1 月平均气温 (A)、7 月平均气温 (B)、年平均气温 (C)、日平均气温稳定 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的日数 (D) 序列对比及其对应的 M-K 检验结果与周边参考站的 M-K 检验结果对比。各列对应的站点：1. 菏泽，参考站：兖州；2. 铜川，参考站：长武；3. 内江，参考站：乐山 4. 梧桐沟，参考站：鼎新。

Fig 6 Primary and adjusted series of mean air temperature in January (A) and July (B), the annual mean temperature (C) and the days of the accumulated temperature steadily above 10°C (D); abrupt change testing and contrast to reference stations were also showed.

为进一步检验订正后序列的均一性，利用 M—K 方法^[17] 检验各组序列在整合处的突变情况（图 6a, b, c, d），同时与周边具有连续观测的站点突变情况进行对比。结果显示：

在 0.05 的显著性水平上, 只有铜川、内江的 7 月份平均温度的 UF 与 UB 曲线在整合处相交, 表明出现突变 (图 6b2, b3), 但同时其周边具有连续观测的参考站也在同年出现突变, 说明订正后序列出现的突变是该站固有的气候变化, 不是因订正造成的。而其余各组序列在整合处均不存在突变现象, 表明序列在整合处没有突变, 是连续且均一的。

此外, 从图中还可以明显看出: 所有订正序列的 UF 曲线与参考站的 UF 曲线走向完全一致。因 M-K 检验中的 UF 曲线能够显示序列变化趋势, 因此这一对比说明订正后的序列是与参考站具有完全一致的变化趋势, 说明订正后的序列同其周边具有连续观测站点所揭示的气候变化特征是完全一致的。

4 结论

根据上述研究, 可得到如下几点结论: (1) 气象观测站类型变更而致的气候数据不连续既会影响气候资料的均一性, 限制资料的应用价值, 也会在一定程度上影响气候变化的研究结果。其中对我国过去 60 年 1 月气温趋势变化的估计, 在考虑或不考虑测站类型变更 (仅 1980 年以后) 时, 二者的结果差别可达 6.0%; 所以对因测站类型变更而致的观测资料中断或终止序列进行订正和整合是极为必要的。(2) 影响相邻站气温的主要因素是海拔和台站下垫面及其周边环境差异, 且下垫面及其周边环境差异 (如城乡差别) 的作用极为显著; 其中在 5 组海拔差异小于 5 米且相距不到 20km 的测站中, 最大月气温差别均超过了 0.50℃, 其中最大者甚至接近 1.0℃。(3) 在进行相邻站的日气温变化一致性与差值稳定性检验的基础上, 利用相邻测站的月气温差异进行各月的日气温订正可以消除海拔和台站下垫面及其周边环境差异对观测资料的均一性影响; 从而使得订正后的序列能更好地反映出气候的年际变化特征。这些认识对于气候观测资料的均一性订正具有重要价值, 并可为我国正在开展的气候区划新方案、气候变化对区划影响及冷暖期环境格局变化等研究工作提供更均一的气候观测基础资料。

参考文献:

- [1] Wijngaard J B, Klein Tank A M G, Konnen G P. Homogeneity of 20th century European daily temperature and precipitation series. *Int. J. Climatol.*, 2003, 23: 679~692.
- [2] Easterling D R, Peterson T C. A new method for detecting and adjusting for undocumented discontinuities in climatological time series. *Int. J. Climatol.* 1995, 15: 369~377.
- [3] 李庆祥, 刘小宁, 张洪政, 等. 定点观测气候序列的均一性研究. *气象科技*, 2003, 31(1): 2~11.
- [4] 葛全胜, 王绍武, 方修琦. 气候变化研究中若干不确定性的认识问题. *地理研究*, 2010, 29(2): 191~203.
- [5] 吴增祥. 气象台站历史沿革信息及其对观测资料序列均一性影响的初步分析. *应用气象学报*, 2005, 16(4): 461~467.
- [6] 吴增祥. 中国地面气象台站(1950—2004)沿革情况概述. 中国气象学会 2006 年年会“气象史志研究进展”分会场论文集. 中国气象学会, 2006.
- [7] 刘小宁, 任芝花. 地面气象资料质量控制方法研究概述. *气象科技*, 2006, 33(3): 199~203.
- [8] 尹嫦姣, 江志红, 吴息, 等. 空间差值检验方法在地面气象资料质量控制中的应用. *气候与环境研究*. 2010, 15(3): 229~236.
- [9] 屠其璞. 一种气温场序列的延长插补方法. *南京气象学院学报*, 1998, 9(1): 19~30.
- [10] 李庆祥, 李伟. 近半个世纪中国区域历史气温网格数据集的建立. *气象学报*, 2007, 65(2): 293~300.
- [11] 孔云峰, 全文伟. 降雨量地面观测数据空间探索与插值方法探讨. *地理研究*, 2008, 27(5): 1097~1108.

- [12] 刘燕华, 郑度, 葛全胜, 等. 关于开展中国综合区划研究若干问题的认识. 地理研究, 2005, 24(3): 321~329.
- [13] 葛全胜, 方修琦, 张雪芹, 等. 20 世纪下半叶中国地理环境的巨大变化——关于全球环境变化区域研究的思考. 地理研究, 2005, 24(3): 345~358.
- [14] 么枕生, 丁裕国. 气候统计. 北京: 气象出版社, 1990. 1~954.
- [15] 傅抱璞. 山地气候. 北京: 科学出版社, 1983. 122~128.
- [16] 屠其璞. 气温序列的延长和插补. 气象, 1980, 3(5): 14~16.
- [17] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术. 北京: 气象出版社, 2007: 63~66.

Merge on daily temperature data by adjusting two series of adjacent meteorological stations with observation type alternation

ZHENG Jing-yun¹, BIAN Juan-juan^{1,2}

(1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;

2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Based on the daily temperature records from adjacent meteorological observation stations with observation type alternation from the period 1951-2010, we analyzed the discontinuity and inhomogeneity of their observed meteorological data, and presented an approach to merge these discontinuous meteorological data from these stations. The results could be concluded as follows. (1) The discontinuity of meteorological records caused by the alternation of observation stations would lead to the inhomogeneity of meteorological data and misunderstandings in climate change study. The estimated difference of variation trends in the mean air temperature in January during the past 60 years can reach as high as 6% whether we take into consideration temperature data of stations whose type changed after 1980. (2) Although elevation gradient has significant effects on the daily temperature between adjacent stations, differences in circumjacent environments and underlying surfaces such as rural and urban regions show greater impacts which could lead to an error of over 0.50°C in monthly mean air temperature between two stations located closely to each other. (3) The adjustment of daily temperature based on difference analysis of observed monthly mean air temperature between adjacent stations can eliminate the inhomogeneity caused by the differences in circumjacent environments, underlying surfaces and elevation gradient. Adjusted temperature series could reflect the actual interannual variability of climate and serve as a set of reliable basic data for the ongoing studies on climate regionalization in China, the impact on climate regionalization from recent climate changes, and the variation of environmental patterns during the cold and warm periods.

Key words: meteorological observation station; type alternation; adjustment of data inhomogeneity; merge on daily temperature data