

海东地区气象资料质量控制和气候变化检测

雷生国¹, 时兴合², 刘蓉娜¹, 何卓玛¹

(1. 青海省海东地区气象台, 青海 平安 810600; 2. 青海省气候中心, 青海 西宁 810001)

摘要:利用 Yamamoto 方法对西宁和海东地区的年、季平均气温和降水资料进行突变分析, 对资料进行均一化处理, 进而讨论了该区的气候变化情况。结果表明: 全年和春季的平均气温在 1996 年附近发生了增暖突变; 北部地区的春季降水在 20 世纪 80 年代初发生了增多的突变; 南部地区的冬季降水在 20 世纪 70 年代初发生了增多的突变; 湟中、互助、大通 3 站的平均气温因迁址而产生了虚假突变, 迁址对降水的影响不明显; 在没有对比观测气差的情况下用相似法订正效果较好。西宁和海东的气温升高以冬季升温最为显著, 降水各时段分布不均, 总体有弱的减少趋势。

关键词:气候变化; 突变检测; 资料订正; 西宁和海东

中图分类号: P468.0

文献标识码: A

引言

在气候变化的研究过程中有时会因资料的“断代”不连续或非均一性现象而影响研究效果, 甚至得出错误的结论。气候资料不连续对短期气候预测业务和气候影响评价工作影响较大。目前资料均一性方面的研究成果也有不少^[1-5], 但还没有达到业务化的水平, 很多学者在研究气候变化的过程中仍缺乏对气候资料连续性、均一性的检验, 普遍的做法是不使用有迁站历史站点的资料和断代资料。随着中国国民经济的快速发展, 城镇化水平的加快, 许多气象台站的观测环境已受到了较大的影响甚至遭到破坏, 从而面临迁站。如何更有效地利用这些不连续的气象观测资料已成为亟待解决的问题^[6-8]。

本文在分析湟中、互助、大通 3 个气象站因搬迁站址引起气候“突变”的基础上, 尝试使用不同的方法对迁址前后的观测资料加以订正, 检验订正效果寻找有效的订正方法, 同时建立西宁和海东地区均一的标准气候资料序列, 为研究该地区气候及气候变化提供科学准确的第一手资料。并利用所建立的标准化气候资料对该地区气候变化规律进行了研究。

1 资料与方法

利用西宁、民和、乐都、大通、互助、湟源、湟中、化隆、循化 9 个气象站的年和四季 (取 12~2 月为冬季, 3~5 月为春季, 6~8 月为夏季, 9~11 月为秋

季) 的气温、降水资料, 对该地区气候变化情况进行分析研究。

Yamamoto 法是突变检验方法的一种, 它是通过计算信噪比 SBN 来判断 2 个相邻子序列的均值是否有显著差异来检测突变的。其中 $X_1 (S_1)$ 和 $X_2 (S_2)$ 分别是突变点 2 端的 2 个时期的平均值 (均方根差)。做比较的时段 n_1 和 n_2 可根据需要设定, 它们的取值影响 SBN 的显著水平, 一般对一连续随机变量均匀分段, 即 n 取等值。对于研究对象着眼于百年内的年代际突变可取 $n=10$, 则 $SBN > 1$ 时达到 95% 的信度水平, 确定为突变; $SBN > 2$ 时, 确定为强突变。

$$SBN = \frac{|\bar{X}_1 - \bar{X}_2|}{S_1 + S_2}$$

2 资料序列均一性的检测

用 Yamamoto 法基准年取 10 a 分别对西宁和海东 9 个站的年、季降水及气温进行检测。从检测结果 (表 1) 可以看出: 偏北的湟源、互助、大通 3 个站春季降水在 1982~1983 年产生了增多的突变, 偏南的民和、乐都 2 个站冬季降水在 1971~1973 年产生了增多的突变, 这与文献 [4] 中“三江源”地区冬、春季降水量均在 20 世纪 70 年代中期和 80 年代出现了由少向多的突变的研究结论较为一致。年和春季平均气温 9 个站均在 1996 年产生了增暖突变, 除此

之外也存在很明显的个别差异。其中湟中、互助、大通 3 个站平均气温的检测结果与其它站差异较大,这 3 个站与其它站都属于同一个区域,其气候变化情况也应该是基本相同的,而这 3 个站平均气温的检测结果除了与其它站相同的部分外各自所反映出

来的突变点都不相同,湟中 1978 年、互助 1974 年、大通 1993 年出现了突变,不符合气候变化区域性的规律。很显然这几个突变点不是由正常的气候突变而产生的,是虚假突变。

影响气候变化产生虚假突变的原因主要有以下

表 1 降水量、平均气温突变点

Tab 1 Time for abrupt changes of precipitation and average temperature

站点及资料的起止年	降水突变点	年平均气温突变点	四季平均气温突变点
西宁 (1961 ~ 2006)		1995、1996	夏季 1995
民和 (1957 ~ 2006)	冬季 1971	1996	春季 1996
化隆 (1958 ~ 2006)		1996	春季 1996
循化 (1959 ~ 2006)		1996	春季 1996
乐都 (1957 ~ 2006)	冬季 1973	1996	春季 1996
湟源 (1957 ~ 2006)	春季 1983	1996	春季 1996
湟中 (1959 ~ 2006)		1977、1978、1996	冬季 1977、1978、1984 春季 1996
互助 (1956 ~ 2006)	春季 1982	1969 ~ 1977、1995、1996	春季 1971 ~ 1974、1996 夏季 1970 ~ 1974 秋季 1971 ~ 1974
大通 (1957 ~ 2006)	春季 1982	1989 ~ 1996	冬季 1996 春季 1990 ~ 1996 夏季 1990 ~ 1996 秋季 1992、1993

几个方面:一是由于观测仪器的更换,使更换前后的测量结果产生差异,造成虚假突变;二是由于观测地点在水平和垂直方向上位置的变化造成前后资料不连续而产生虚假突变;三是由于探测环境的改变而造成虚假突变;四是观测员、观测时次、计算方法的改变产生的误差造成虚假突变^[8-11]。根据以上原因对湟中、互助、大通 3 个站的资料进行调查发现这 3 个站均存在迁址的情况:湟中于 1979 年 1 月由海马泉 (36°27'N, 101°30'E) 迁至鲁沙尔镇 (36°31'N, 101°34'E), 海拔升高 4.7 m;互助于 1974 年 1 月由却藏滩 (37°11'N, 102°09'E) 迁至威远镇 (37°11'N, 102°09'E), 海拔降低 391.3 m;大通于 1993 年 1 月由东关郊区 (37°02'N, 101°33'E) 迁至桥头镇景阳路 (36°57'N, 101°42'E), 海拔降低 117.8 m。这 3 个站迁址的时间与以上检测平均气温产生虚假突变的时间完全吻合,由此可以判断虚假突变是由于迁址引起的。

3 剔除迁址引起的虚假气候突变

3.1 对气温的订正

分析湟中、互助、大通 3 个站站址的变化情况得

出:湟中的虚假突变主要是站址在水平方向的变化引起的;互助的虚假突变主要是站址在垂直方向的变化引起的;大通站址在水平和垂直方向的变化都对虚假突变的产生有影响。根据以上分析,对湟中、互助、大通 3 个站的气温在没有对比观测气差的情况下选择以下不同的订正方法:将湟中迁址后的气温与西宁和海东区内其它站同期的气温一一做相关分析,找出化隆的气温与同期湟中的气温显著相关,因此对湟中迁址后各月的气温分别乘以 K_i ($K_i = X_a / X_b$, $i = 1, 2, \dots, 12$, 其中 X_a 为湟中资料起始到迁址年间化隆的平均气温, X_b 为湟中迁址到资料终止年间化隆的平均气温) 加以订正;根据海拔变化 100 m 气温变化 0.6 的基本规律,互助迁址前的气温加 2.3 ($(391.3 \times 0.6) / 100 = 2.3$) 加以订正;大通根据以上 2 种方法在水平和垂直方向同时加以订正,迁址前的气温加 0.8 ($(117.8 \times 0.6) / 100 = 0.8$)、迁址后的气温乘以与之相关最好的湟源的 K_i (同上) 加以订正。订正后的检测结果 (表 2) 与其它站的结果完全一致。从图 1 订正前后的信噪比变化中可以清楚地看到,在没有改变资料变化趋势的情况下有效地消除了虚假突变。

表 2 订正后降水、平均气温突变点

Tab 2 Time for abrupt changes of precipitation and average temperature after correction

站点及资料的起止年	降水突变点	年平均气温突变点	四季平均气温突变点
湟中 (1959 ~ 2006)		1996	春季 1996
互助 (1956 ~ 2006)	春季 1982	1995、1996	春季 1996
大通 (1957 ~ 2006)	春季 1982	1996	春季 1995、1996

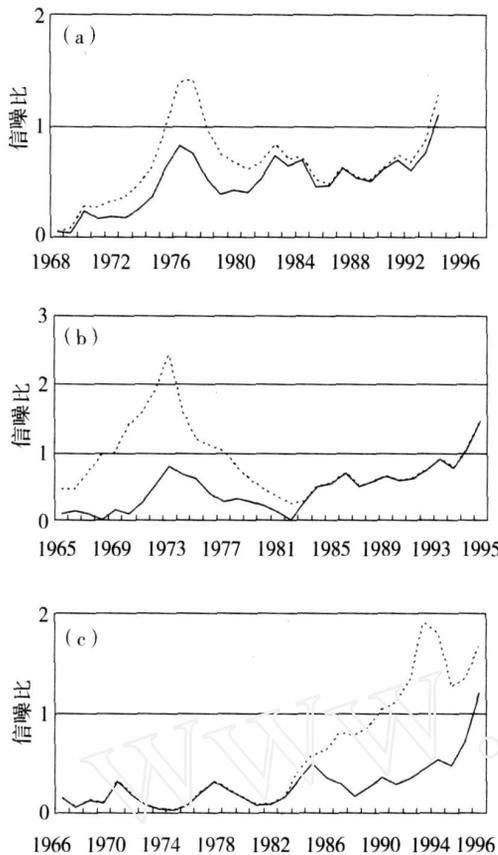


图 1 湟中 (a)、互助 (b)、大通 (c) 年平均气温订正前 (虚线) 后 (实线) 的信噪比

Fig 1 The SNR of the average annual temperature before (dashed line) and after (solid line) correction, (a) for Huangzhong, (b) for Huzhu and (c) for Datong

3.2 对降水的订正

由于降水的变化不如气温敏感, 同时还受地形等方面的影响, 因此这里对湟中、互助、大通 3 个站

的降水都用以上订正湟中气温的相似法进行订正。这 3 个站的同期降水都与湟源的降水显著相关, 且比本区域其它站的相关性都高, 因此分别乘以湟源的 K , 加以订正。订正后的检测结果 (表 2) 与未订正前一致, 说明这 3 个站的迁址对降水变化影响不明显。

3.3 订正效果检验

迁址前后的对比观测气差是 2 地气候差异的最好反应, 用气差订正气象资料是消除因迁址引起的资料不连续现象的最好方法。将湟中、互助、大通 3 个站全年和四季平均气温的气差订正结果与相似法订正结果加以比较 (图 2), 互助春季平均气温前后

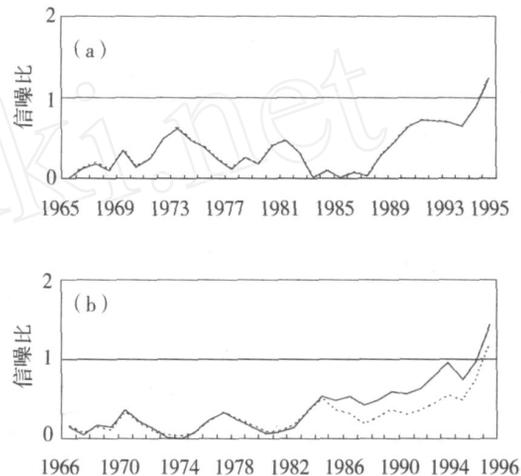


图 2 互助春季 (a) 和大通年 (b) 平均气温订正信噪比 (虚线为相似订正, 实线为气差订正)

Fig 2 The SNR of the spring mean temperature revised of Huzhu (a) and the annual mean temperature revised of Datong (b)

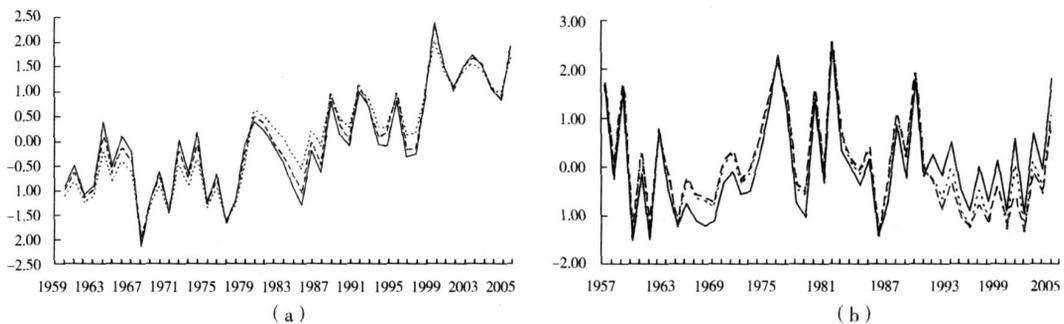


图 3 湟中年平均气温 (a) 和大通冬季平均降水量标准化序列 (b) (短虚线为未订正序列, 长虚线为相似订正后序列, 实线为气差订正后序列)

Fig 3 The normalized series of the average annual temperature of Huangzhong (a) and winter mean precipitation of Datong (b)

2次订正的信噪比几乎重合,湟中(图略)、大通年平均气温前后订正的信噪比变化趋势一致。前后2次订正的气温序列湟中(图3)、互助基本一致,大通个别年份差异较大。降水气差订正后检测结果仍然没变,信噪比不再赘述。降水量订正前后的对比显示:未订正前和2次订正后3条曲线的变化趋势完全一致,有的甚至重合,个别年份略有偏差,冬季(图3)的偏差较大,可能与降水较少有关。这也再次证明以上3站的迁址对降水影响不明显。在这种效果基本一致的情况下降水的订正适合选择相似订正,因为气差订正中降水出现的负值只能归零,冬季这种情况尤其明显,这将对订正效果带来不利影响,从图3订正效果的比较也可以发现气差订正的偏差略大。以上分析说明在没有对比观测气差时完全可以用以上相似法对迁址引起的气温、降水变化加以订正,来实现气候资料的均一化。

通过以上对湟中、互助、大通的平均气温、降水的突变检测和资料订正得出:气候变化中气温的变化比降水变化敏感,以上3个站迁址对气温变化的影响较大,而对降水变化的影响不大;因迁址引起的气温变化中资料的订正不能一概而论,应该在水平和垂直方向上都进行考虑,视变化情况选择合适的订正方法;在没有对比观测气差的情况下本文用到的相似订正法对站址在水平方向的变化订正效果较好。

3.4 对订正后气候资料的分析

用相似法订正方法,对西宁和海东9个气象站1956~2006年的气温和降水资料进行分析。由表3和图4a可见:西宁和海东气温大致经历了20世纪60年代至80年代的偏冷期和90年代到21世纪前6a的偏暖期2个阶段,年平均气温距平分布上表现

为“负负负正”的年代际变化(均值选择1971~2000年平均)。自1996年以来年平均气温明显升高,1967年和1976年为相对低温年,1998年和2006年为相对高温年。秋、冬季平均气温各年代是递增的趋势,20世纪60年代至70年代气温相对偏低,80年代基本持平,90年代以后明显偏高;春、夏季和年平均气温总的趋势也在升高,但在20世纪80年代存在一个相对低温期。春季偏暖出现在全球变暖最快的90年代,而最冷时期则出现在冷空气活动较多的80年代。夏季20世纪90年代中期以后气温明显升高。年和冬、春、夏、秋四季的平均气温的变化倾向率和相关系数均为正值,说明在全球气候变暖的背景下,西宁和海东的气温全年总的趋势都在变暖,其中年和冬季平均气温上升较明显,每10a分别升高0.398和0.367,年和冬季达到了0.001的信度,夏季和秋季达到了0.01的信度,可见年和多数季节的升温是比较明显的。相对而言,冬季增暖最为明显,春季增暖最为缓慢。

年平均气温和多数季节的这种增暖趋势与华北、东北和西北的其它地区变暖的趋势基本一致,而增暖的幅度基本相近或偏小。20世纪80年代后期冬季明显增温的这种变化趋势也与华北、东北和西北的其它地区相一致^[5,12-14]。

由表3和图4b可见:1956~2006年西宁和海东平均降水量年和各个季节的分布情况各不相同。年平均降水量20世纪60年代最多,经历了“多—少—多—少”的年代际变化过程,冬季降水20世纪70年代最多,90年代最少,但最多和最少期差值为1.7mm,对年降水的影响不大。春季经历了“多—少—多—少”的年代际变化过程,进入21世纪以后降水明显增多。夏季降水的变化与春季相反,进入21世

表3 西宁和海东气温、降水的年代际变化统计

Tab 3 The decadal changes of the temperature and precipitation in Xi'ning and Haidong area

年代	1961~1970	1971~1980	1981~1990	1991~2000	2000~2006	1971~2000	
平均气温 /	年	6.6	7.1	6.8	7.8	9.4	7.2
	冬季	-9.3	-8.7	-8.5	-8.1	-6.9	-8.4
	春季	6.4	6.4	6.0	6.9	7.3	6.4
	夏季	17.6	17.5	17.4	18.0	18.9	17.6
	秋季	4.7	4.8	5.1	5.3	6.0	5.1
降水量 /mm	年	435.9	408.4	424.0	410.6	402.8	414.3
	冬季	6.5	6.9	6.0	5.2	5.9	6.0
	春季	89.9	68.0	90.2	77.2	92.8	78.5
	夏季	238.3	241.4	233.0	245.1	207.4	239.8
	秋季	101.3	92.1	94.7	83.1	96.7	90.0

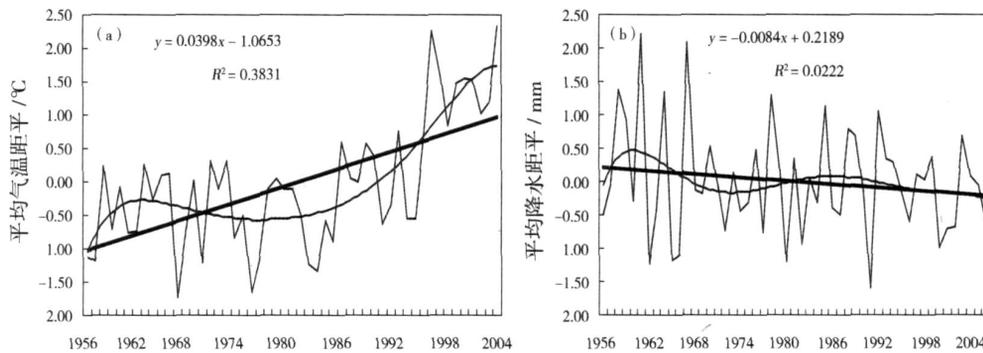


图 4 西宁和海东年平均气温 (a)和降水 (b)距平

Fig 4 The average annual temperature (a) and precipitation (b) departure in Xi'ning and Haidong area

纪以后明显减少。秋季降水 20 世纪 60 年代最多,除 90 年代外都为正距平。年和各季降水的变化趋势除春季外都有弱的减少趋势,但变化趋势还不是十分突出。年降水和夏季降水变化趋势较为一致,近年来有明显减少的趋势。

降水量的这种变化趋势与西北地区东部和我国中东部地区相一致^[15-17]。在全球气候变暖的背景下,该区降水在季节上的分配发生了变化,春季稍有增加,其它季节略有减少,近 10 a 仍将维持这种暖干的变化趋势。

5 结 论

(1) 西宁和海东气温及降水的突变检测结果显示:年和春季平均气温在 1996 年附近发生了增暖的突变;湟中在 1978 年、互助在 1974 年、大通在 1993 年附近存在的突变点都是因迁址而产生了虚假突变;北部地区的春季降水在 20 世纪 80 年代初发生了增多的突变,南部地区的冬季降水在 20 世纪 70 年代初发生了增多的突变。

(2) 湟中、互助、大通 3 站的迁址对气温影响较大、对降水的影响不明显。选择合适的方法对迁址前后的气候资料进行订正可以有效地消除因迁址引起的气候变化。在有对比观测气差的情况下用气差进行订正,在没有对比观测气差的情况下应该在水平和垂直方向上都进行考虑。相似订正法对站址在水平方向的变化订正效果较好。

(3) 西宁和海东 1956 ~ 2006 年的气温大致经历了 20 世纪 60 ~ 80 年代的偏冷期和 90 年代到 21 世纪前 6 a 的偏暖期 2 个阶段,自 1996 年以来气温明显升高。春季升温不明显或者升温比较缓慢,夏、

秋季比较显著,冬季变暖最显著,多数季节的明显升温导致了年平均气温的显著变暖。年和各个季节的平均气温都有上升的趋势,冬季增暖对该地区气候影响较大。降水量各时段分布不均,变化趋势除春季外都有弱的减少趋势,而夏季降水减少较明显。进入 21 世纪以后春季降水明显增多,夏季降水明显减少。近 10 a 气候仍以暖干变化为主。

参考文献:

- [1] 李庆祥,刘小宁,张洪政,等. 定点观测气候序列的均一性研究[J]. 气象科技, 2003, 31(1): 3 - 10.
- [2] 崔宜少,李建华,丛美环,等. 威海气象站年平均气温等气象要素资料的非均一性检验[J]. 应用气象学报, 2006(8): 511 - 512.
- [3] 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.
- [4] 宋超辉,刘小宁,李集明,等. 气温序列非均一性检验方法的研究[J]. 应用气象学报, 1995(8): 289 - 296.
- [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(6): 215 - 220.
- [6] 高洪程,周明丽,姜德君. 大庆市近 50 a 来的气温变化及突变分析[J]. 黑龙江气象, 2006(2): 10 - 12.
- [7] 孙承亮,李小雁,许何也. 近 40 a 青海湖流域逐日降水和气温变化特征[J]. 干旱气象, 2007, 3(1): 7 - 13.
- [8] 解明恩,高锡帅. 云南气象台站迁址造成的气候突变分析[J]. 云南地理环境研究, 2006, 18(2): 44 - 48.
- [9] 李林,李凤霞,郭安红,等. 近 43 a 来“三江源”地区气候变化趋势及其突变研究[J]. 自然资源学报, 2006(1): 79 - 85.
- [10] 唐红玉,翟盘茂. 1951 - 2002 年中国东、西部地区地面气温变化对比[J]. 地球物理学报, 2005, 48(3): 526 - 534.
- [11] 窦新英. 51463 迁站后与原站址的气候要素差异分析[J]. 新疆气象, 2002, 25(2): 15 - 17.
- [12] 赵燕宁,时兴合,王式功,等. 青海河湟谷地气候及干旱变化研究[J]. 中国沙漠, 2006, 26(1): 45 - 59.
- [13] 汪青春,张国胜,李林,等. 柴达木盆地近 40 a 气候变化及其对农业影响的研究[J]. 干旱气象, 2004, 12(4): 29 - 33.

- [14] 马晓波,胡泽勇. 青藏高原 40 a来的降水变化趋势及突变的分析[J]. 中国沙漠, 2005, 25(1): 137 - 139.
- [15] 汪青春,秦宁生,唐红玉,等. 青海高原近 44 a来气候变化的事实及其特征[J]. 干旱区研究, 2007, 24(2): 234 - 239.
- [16] 唐红玉,杨小丹,王希娟,等. 三江源地区近 50 a降水变化分析[J]. 高原气象, 2007, 26(1): 47 - 54.
- [17] 张小明,魏锋,陆燕,祁连山近 45 a降水异常的气候特征[J]. 干旱气象, 2006, 9(3): 35 - 40.

Meteorological Data Quality Control and Climatic Change in Haidong Area of Qinghai Province

LEI Shengguo¹, SHI Xinghe², LIU Rongna¹, HE Zhuoma¹

(1. Haidong Meteorological Observatory of Qinghai Province, Ping'an 810600, China;

2. Climate Center of Qinghai Province, Xi'ning 810001, China)

Abstract: The abrupt changes of mean annual and seasonal temperature, precipitation in Xi'ning and Haidong were examined by using the method of Yamamoto, meanwhile, the meteorological data were treated homogeneously, and climate change there was discussed. The results show that abrupt warming in mean annual and spring temperature occurred in 1996, and an abrupt increasing in spring precipitation took place at the beginning of the 1980s in northern area, while an abrupt increasing in winter precipitation occurred in the early 1970s in southern area. There were invariable abrupt changes in mean temperature in Huangzhong, Huzhu and Datong because of the meteorological stations removing, but this has little impact on precipitation. The winter temperature increase was the most obvious in Xi'ning and Haidong area, and precipitation presented little decreasing trend as a whole.

Key words: climatic change; abrupt change test; meteorological data correction; Xi'ning and Haidong area

欢迎订阅 2008年《干旱气象》

《干旱气象》是中国气象局兰州干旱气象研究所、中国气象学会干旱气象学委员会主办的专业学术期刊,国内外公开发行。《干旱气象》辟有研究论文、短论、应用技术报告、研究综述和学术争鸣等栏目,主要刊登有关干旱气象的最新研究成果、发展动向和趋势;气象科学各学科具有创造性的论文;有推广价值的技术经验;有关国内外气象科技的新理论、新技术、新方法等方面的短论和研究综述。《干旱气象》已被《中国期刊网》、《中国学术期刊(光盘版 CAJ-CD)》、万方数据—数字化期刊群、中国核心期刊(遴选)数据库全文收录。

《干旱气象》内容丰富、信息量大、研读性强,适合广大气象科研业务工作者、各相关专业技术人员、大专院校师生阅读。

《干旱气象》为季刊,2008年正刊 4期,每期定价 16元,全年 64元。欢迎广大读者订阅,并可以随时邮局款汇购买,款到开正式发票。

编辑部地址:甘肃省兰州市东岗东路 2070号 中国气象局兰州干旱气象研究所
《干旱气象》编辑部

邮政编码: 730020 联系电话: 0931 - 4670216 - 2270

电子信箱: gsqx@chinajournal.net.cn

银行汇款: 兰州市工商银行拱星墩分理处

户 名: 中国气象局兰州干旱气象研究所

帐 号: 2703001509026401376

邮 汇: 兰州市东岗东路 2070号 中国气象局兰州干旱气象研究所《干旱气象》编辑部