

DOI: 10.5846/stxb201308072040

杨晓玲, 丁文魁, 李岩璞, 胡津革. 近 50 年武威市地气温差变化趋势及影响因子. 生态学报, 2015, 35(8): 2719-2725.

Yang X L, Din W K, Li Y Y, Hu J G. Analysis on change trend and influence factors of differences between soil and air temperature in Wuwei city during recent 50 years. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(8): 2719-2725.

近 50 年武威市地气温差变化趋势及影响因子

杨晓玲^{1,2,*}, 丁文魁², 李岩璞², 胡津革²

1 中国气象局兰州干旱气象研究所 甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室 中国气象局干旱气候变化与减灾重点开放实验室, 兰州 730020

2 甘肃省武威市气象局, 武威 733000

摘要: 利用 1961—2010 年甘肃省武威市 4 个气象站月平均 0 cm 地温、气温及年日照时数、蒸发、降水、相对湿度和平均风速等观测资料, 运用趋势系数法系统分析了该区域近 50 a 地气温差的时空分布特征, 采用相关系数法和多元线性回归中的标准化回归系数分析了影响地气温差的气象因子。结果表明武威市地气温差的空间分布与地表植被、地层岩性、土层含水量等局域性因素有关, 中部绿洲平原最大, 北部荒漠区最小。月变化中, 夏半年较大, 6 月最高; 冬半年较小, 12 月最低。季节变化趋势不太一致, 春夏季均呈上升趋势; 秋季中北部上升, 浅山区下降; 冬季(除北部荒漠区外)均呈下降趋势。年和年代际变化总体呈上升趋势, 中北部较显著; 年平均地气温差的时间序列存在着 5—7 a 的准周期变化, 并在 2004 年发生了突变。年地温、气温均呈升高趋势, 年地气温差与地温、气温呈正相关。影响地气温差的主要因子是最高地温、蒸发量和降水量。地气温差与平均最高地温、平均最低气温和日照时数均呈正相关, 但与蒸发、降水、相对湿度和平均风速均呈负相关。

关键词: 地气温差; 变化趋势; 气象因子; 相关性

Analysis on change trend and influence factors of differences between soil and air temperature in Wuwei city during recent 50 years

YANG Xiaoling^{1,2,*}, DING Wenkui², LI Yanying², HU Jing²

1 Lanzhou Institute of Arid Meteorology CMA, Key Laboratory of Arid Climatic Change and Reducing Disaster, Key Open Laboratory of Arid Climate Change and Disaster Reduction CMA, Lanzhou 730020, China

2 Wuwei Meteorological Bureau, Wuwei 733000, China

Abstract: Using observation data of monthly mean soil surface temperature, air temperature and annual sunshine hours, evaporation, precipitation, relative humidity, average wind speed from four meteorological stations in Wuwei city of Gansu Province during 1961—2010, the spatial and temporal distribution characteristics of the differences between soil and air temperature ($T_s - T_a$) were analyzed systematically by trend coefficient method, the main meteorological factors of ($T_s - T_a$) were also analyzed by correlation coefficient method and standardized regressive coefficient in multi-linear regression. The result showed that spatial distribution of ($T_s - T_a$) was related to the local factors as vegetation, soil stratum lithology, soil moisture; the maximum value (3.5 °C) of ($T_s - T_a$) occurred in central oasis plains, minimum value (2.6 °C) of ($T_s - T_a$) occurred in desertification of northern district. Monthly change characteristics of ($T_s - T_a$) was obvious and consistent relatively, whose variation rate was larger between 4.8 °C and -6.8 °C, showed an obvious peak and trough, larger value occurred in the summer half year whose highest value was in June, smaller value occurred in the winter half year whose lowest value was in December. But seasonal trend was not consistent, which showed an upward trend in spring and summer, and rose in central-north area but decreased in the shallow mountain area in autumn, decreased in winter except northern

基金项目: 科技部(气象)行业专项“农田水分利用效率对气候变化的响应与适应技术”(GYHY201106029-01-8); 石羊河流域干旱灾害风险评估及防御对策研究(IAM201205)

收稿日期: 2013-08-07; 网络出版日期: 2014-07-25

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: wwqxj6150343@163.com

desert area. Annual change showed overall upward trend, rising velocities of $(T_s - T_a)$ were influenced by altitude and underlying surface, it rose the fastest in Gobi desert area, rapidly in Oasis plain region, and slowly in Qilian Mountains slope. The time series of mean annual $(T_s - T_a)$ existed the quasi periodic variation of 5—7a, through a significant level of reliability $\alpha = 0.05$ (F test), and the mutation happened in 2004. Decadal change was very obvious, which was smaller from 1960's to 1970's and larger from 1980's to 2010's. Both of annual soil temperature and air temperature increased, presented an asymmetric change, annual $(T_s - T_a)$ was positively correlated with soil temperature and air temperature whose direct cause was that the rising trend of soil temperature was more significant than that of air temperature. The variation of seasonal $(T_s - T_a)$ was more closely related to variation of soil temperature, the rising trend of $(T_s - T_a)$ was larger in the season that soil temperature increased significantly. The main influencing factors of $(T_s - T_a)$ were maximum air temperature, evaporation and precipitation. $(T_s - T_a)$ was positively correlated to average maximum soil temperature, average minimum air temperature and sunshine hours, but negatively correlated to evaporation, precipitation, relative humidity and average wind speed. Main influencing factors of $(T_s - T_a)$ were different from different stations, which were maximum surface temperature, precipitation and evaporation in Liangzhou; minimum temperature, evaporation and maximum surface temperature in Minqin; maximum surface temperature, minimum temperature and relative humidity in Gulang; maximum surface temperature, relative humidity and minimum temperature in Yongchang. In the context of climate warming, to study and grasp the change rule and influencing factors of $(T_s - T_a)$ was an essential part of revealing meteorological disaster pregnant environment and assessing regional climate evolution. At the same time, it provided scientific reference for curbing ecological environment deterioration, adjusting agricultural production and optimizing planting structure.

Key Words: differences between soil and air temperature ($T_s - T_a$); change trend; meteorological factors; correlation

由于自然和人类活动的干扰以及大气污染程度和温室气体浓度的升高,加剧了气候变化的速度,全球气候变化已成为目前国际上科学界的研究热点之一。近百年来,地球气候正经历一场以变暖为主要特征的显著变化^[1]。据 IPCC 第四次评估报告^[2],过去 100 a (1906—2005 年),全球地表平均温度升高了 0.74 °C,其中以北半球中高纬度大陆增温最为明显。近 50a 中国气温增暖尤其明显,年平均地表气温升高了 1.1 °C,增温速率为 0.022 °C/a^[3]。地气温差是计算地表感热通量主要指标,它的正负和变化趋势基本上反映了地表感热通量的变化特征^[4]。地面感热通量又是低层大气的主要热量来源之一,也是地面热量平衡的重要分量^[5]。下垫面能量交换过程对大气环流、天气气候变化、农业生产、人类生存的环境和可持续发展研究具有重要影响,因此研究地气温差具有重要的气候学和生态学意义。符睿等^[6-7]利用 EOF(Empirical Orthogonal Function)和小波分析方法,分析了西北干旱区地气温差的空间分布和时间演变特征,提出西北地区地气温差的分布形式和变化周期。张文纲等^[8]和刘颖^[9]讨论了青藏高原春季地气温差的分布特征以及与夏季降水的关系,指出春季地气温差对夏季降水有一定指示意义,地气温差较小(大),长江流域夏季降水比正常年份偏少(多)。周连童^[10]分析了西北地区地气温差变化,指出该地地气温差变化和华北地区降水之间存在正相关关系,而与西南地区为负相关。黄蕊等^[11]、杨晓玲等^[12]研究了河西走廊东部气温变化特征,发现河西走廊东部气温呈上升趋势,20 世纪 90 年代以来升温趋势尤为明显。刘明春等^[13]分析石羊河流域地表 0 cm 温度的长期变化,发现 90 年代以来流域地温也呈显著上升趋势。

武威市地处青藏高原北坡,南靠祁连山脉,北邻腾格里和巴丹吉林两大沙漠,东接黄土高坡西缘,以凉州区为中心,包括永昌县、民勤县、古浪县、天祝藏族自治县四县,历史上曾以其“通一线于广漠,控五郡之咽喉”而闻名于世,海拔高度在 1300—4872 m 之间,其中北部民勤为荒漠区,中部凉州属于绿洲平原区,北部永昌和南部古浪属于浅山区,天祝位于祁连山边坡属于山区,地势南高北低,地形地貌极为复杂,是季风性气候与大陆性气候,高原气候与沙漠气候的交汇处,是较典型的气候过渡带。当地年平均降水量在 113—405 mm,年日照时数在 2604.8—3081.8 h,年蒸发量在 1549.1—2619.6 mm,年平均气温在 0.1—8.4 °C,年平均地温在 2.2—11.7 °C,年地气温差在 1.1—4.7 °C,属于温带干旱、半干旱气候^[14]。从已有的文献来看,针对武威市地气温差

的研究还比较少,特别是天气、气候变化对地气温差的影响的研究尚处于起步阶段,本文利用武威市地表 0 cm 地温、气温及日照时数、蒸发、降水、相对湿度、平均风速资料,系统分析了当地地气温差的自然演变规律,并且深入地分析了影响地气温差变化的主要气象因子,这将会为正确认识和了解当地气候变化特点,合理指导农业生产,抗旱减灾、趋利避害,保护和改善生态环境提供科学的参考依据。

1 资料来源和研究方法

1.1 资料来源

所用资料来源于武威市凉州、民勤、古浪、永昌 4 气象站的月平均 0 cm 地温和月平均气温以及年日照时数、蒸发、降水、相对湿度、平均风速,时间序列为 1961—2010 年,共 50 a。4 个气象站在 50 a 来均未曾迁移,观测数据完整性和连续性较好,且时间序列长,能够满足研究的需要。天祝由于只有后 30 a 地温资料,资料时段差异较大,在分析地气温差变化趋势时与其它各地差异较大,所以本文未做分析。

1.2 研究方法

利用逐月 0 cm 平均地温和月平均气温资料,求得季、年和年代 0 cm 平均地温和平均气温,月、季、年和年代地气温差的值为月、季、年和年代平均 0 cm 地温和平均气温之差。全市地气温差为 4 个站点的平均。季节划分按照 3—5 月为春季、6—8 月为夏季、9—11 为秋季和 12 月至翌年 2 月为冬季。分析月、季、年和年代地气温差的变化趋势和 0 cm 地温、气温的变化趋势。变化趋势是利用线性拟合计算方法:用 x_i 表示样本量为 n 的气候变量,用 t_i 表示 x_i 所对应的时间,建立 x_i 和 t_i 之间的一元线性回归方程: $x_i = a + bt_i$, $i = 1, 2, 3, \dots, n$, 其中 b 为气候变量的倾向率, $b > 0$ 表示直线递增, $b < 0$ 表示直线递减, $b \times 10$ 表示每 10 年的变化率,单位为 $^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 。变化趋势的显著性采用时间 t 与序列变量 x 之间的相关系数即气候趋势系数进行检验。根据蒙特卡罗模拟方法^[15]:通过信度 $\alpha = 0.1$ 、 $\alpha = 0.05$ 、 $\alpha = 0.01$ 显著性检验对应的相关系数临界值依次为 0.3058、0.3653、0.4430,并规定当气候趋势系数绝对值大于上述临界值时,分别认为气候趋势系数较显著、显著、很显著。运用方差分析方法进行了周期分析,方差分析周期的主要思路是把要素时间序列按不同时间间隔进行分组,如果某个组的组内数据比较均匀,即方差小,而组间的方差较大,那么这个组的时间间隔就是该时间序列的主要周期,按不同长度周期进行排列,求出 F 值并进行检验^[16-17]。运用累计距平法对地气温差进行突变分析,计算信噪比进行突变检验^[18]。采用相关系数和多元线性回归中的标准化回归系数,分析了影响地气温差气象因子与地气温差的关联性和贡献大小,并进行 t 检验^[19-20]。

2 结果与分析

2.1 地气温差的空间分布

统计分析近 50 a 武威市 4 个气象站年地气温差资料发现:各地年地气温差均为正值,说明年平均地温高于年平均气温。其中凉州最大,次大为永昌,民勤最小(图 1),全市年平均地气温差为 3.0°C (不包括天祝),与永昌持平。这主要是由于凉州为绿洲平原,海拔高度较低,降水虽较少,但植被覆盖率高,地面辐射弱,地气温差自然大;而民勤地处沙漠边缘,海拔高度低,降水

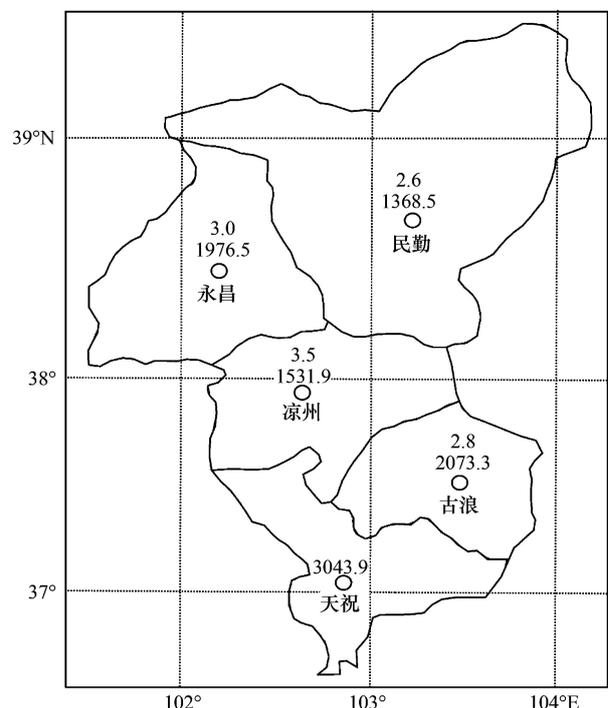


图 1 年平均地气温差和海拔高度的空间分布

Fig.1 Spatial distribution of annual mean differences between surface and air temperature ($T_s - T_a$) and altitude

图中数据上为年地气温差($^{\circ}\text{C}$);下为海拔高度(m)

少,气候干燥,植被覆盖率低,土壤含水量小,且为沙性土质,地面辐射强,特别是夜间地面辐射非常强烈,致使地气温差小;永昌、古浪地处浅山区,海拔高度较高,降水相对较多,气候较为湿润,植被覆盖率较低,但为岩石性土质,地面辐射居于凉州和民勤之间,地气温差也居于二者之间。因此,武威市地气温差的空间分布除与天气气候系统的影响外,主要与地表植被、地层岩性、土层含水量等局域性因素有关,与海拔高度的关系不明显。

2.2 地气温差的时间变化

2.2.1 地气温差的月变化

分析武威市逐月地气温差发现,地气温差月变化特征明显且比较一致,月变率较大,在 4.8—6.8 °C,均表现出了一个明显的高峰和低谷,其中 6 月最高,12 月最低(图 2)。由此可知,地气温差比当地地温、气温提前 1 个月达到全年最大值和最小值(地温、气温 7 月达最大值,1 月达最小值),这与王澄海等^[21]在青藏高原、庄晓翠^[22]在新疆阿勒泰的研究一致。从图 2 可以看出,夏半年地气温差较大,其中海拔较低的绿洲平原区凉州各月地气温差最大,荒漠区民勤、海拔较高的北部山区永昌及全市各月地气温差较大,且比较接近,海拔较高的南部山区古浪各月地气温差较小;冬半年地气温差较小,其中北部荒漠区最小。

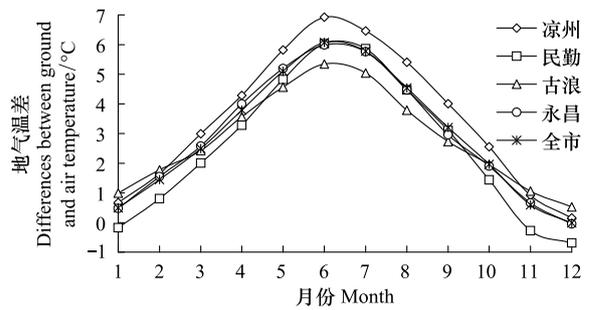


图 2 地气温差的月变化

Fig.2 Monthly variation of $(T_s - T_a)$

2.2.2 各季节地气温差的年变化

武威市各地地气温差有明显的季节性差异,均以夏季最大,春季次之,冬季最小(表 1),这与杨智等^[23]在云南省的研究结论有一致之处。地气温差的最大值春、夏、秋三季均出现在凉州,冬季出现在古浪;最小值春、秋、冬三季均出现在民勤,夏季出现在古浪。全市及各地各季节地气温差的变化趋势差异较大,全市及各地均以春、夏季上升幅度较大,秋、冬季上升幅度较小,甚至在下降,其中民勤各季节均为上升趋势,全市、凉州春、夏、秋三季上升趋势,冬季为下降趋势,古浪、永昌春、夏季为上升趋势,秋、冬季为下降趋势。其可能原因是 20 世纪 90 年代以来全球气候进一步变暖,春、夏季对流层中层高度场下降,风场易出现气旋式环流距平,近地层风速减弱使得气温增暖低于地温;而秋、冬季西北干旱区对流层中层高度场升高,风场易出现反气旋式环流距平,寒潮活动减少,近地层风速减弱使得气温增暖高于地温^[24]。根据蒙特卡罗模拟方法规定,全市和凉州春、夏季和民勤春、夏、秋季以及和永昌春季气候趋势系数很显著,古浪春、夏、冬三季气候趋势系数显著,全市秋季气候趋势系数较显著,其余各地其它季节气候趋势系数不显著。

表 1 各季节地气温差均值、增长率及趋势系数

Table 1 Mean value and growth rate and tendency coefficient of $(T_s - T_a)$ of various seasons

季节 Season	项目 Project	凉州	民勤	古浪	永昌	全市
春季 Spring	均值/°C	4.4	3.4	3.5	3.9	3.8
	增长率/(°C/10a)	0.266	0.451	0.152	0.174	0.261
	趋势系数	0.726	0.787	0.404	0.488	0.783
夏季 Summer	均值/°C	6.3	5.5	4.8	5.4	5.5
	增长率/(°C/10a)	0.343	0.41	0.158	0.098	0.252
	趋势系数	0.633	0.744	0.404	0.235	0.655
秋季 Autumn	均值/°C	2.5	1.4	1.9	1.8	1.9
	增长率/(°C/10a)	0.073	0.284	-0.034	-0.043	0.07
	趋势系数	0.238	0.791	-0.115	-0.173	0.349
冬季 Winter	均值/°C	0.8	0	1.1	0.7	0.6
	增长率/(°C/10a)	-0.078	0.113	-0.16	-0.109	-0.058
	趋势系数	-0.232	0.257	-0.402	-0.273	-0.194

2.2.3 地气温差的年、年代际变化

武威市年地气温差呈上升趋势(图 3)。用线性拟合 50 年来年地气温差的上升率:凉州为 $0.156\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{a}$, 气候趋势系数 R 为 0.620;民勤为 $0.316\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{a}$, R 为 0.846;古浪为 $0.038\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{a}$, R 为 0.183;永昌为 $0.034\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{a}$, R 为 0.169,均为上升趋势,上升速度为民勤>凉州>古浪>永昌。全市的上升率为 $0.136\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{a}$, R 为 0.679。根据蒙特卡罗模拟方法规定,民勤、凉州及全市气候趋势系数很显著,古浪、永昌气候趋势系数不显著。由于受海拔高度和下垫面的影响,各地地气温差上升有所不同,上升率与海拔高度呈负相关,上升率随海拔高度的升高而减小,其相关系数为 -0.942 ,即戈壁荒漠区上升最快,绿洲平原区的上升较快,祁连山边坡的山区上升较慢。

各地年地气温差最大值凉州 $4.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、民勤 $4.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、古浪 $3.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、永昌 $4.1\text{ }^{\circ}\text{C}$,全市 $4.1\text{ }^{\circ}\text{C}$,均出现在 2008 年;各地年地温最小值凉州 $2.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、民勤 $1.4\text{ }^{\circ}\text{C}$,均出现在 1961 年,古浪 $2.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、永昌 $2.5\text{ }^{\circ}\text{C}$,均出现在 1979 年,全市 $2.5\text{ }^{\circ}\text{C}$,出现在 1961 年、1977 年、1979 年。由图 3 可知,各地年地气温差的变化步调相对比较一致,运用方差分析周期发现,年地气温差的时间序列明显存在着 5—7 a 的准周期变化,经 F 检验,通过了信度 $\alpha=0.05$ 的显著性水平检验。

武威市各地地气温差的年代变化很不一致(表 2),但总体上在上升。凉州 20 世纪 60—70 年代略偏小,80 年代持平,90 年代到 21 世纪 10 年代略偏大;民勤 60 年代偏小,70 年代略偏小,80—90 年代略偏大,21 世纪 10 年代偏大;古浪 70 年代略偏小,80—90 年代略偏大,60 年代和 21 世纪 10 年代持平;永昌 60 年代略偏大,70—90 年代略偏小,21 世纪 10 年代略偏大;全市 60—70 年代略偏小,80 年代至 21 世纪 10 年代略偏大。

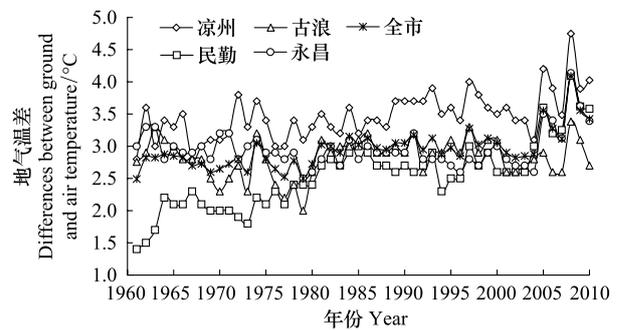


图 3 地气温差的年变化

Fig.3 Annual change of $(T_s - T_a)$

表 2 各年代地气温差距平/ $^{\circ}\text{C}$

Table 2 Index of $(T_s - T_a)$ of various ages

年代 Age	凉州	民勤	古浪	永昌	全市
60	-0.3	-0.6	0.0	0.1	-0.2
70	-0.2	-0.4	-0.3	-0.1	-0.2
80	0.0	0.2	0.2	-0.1	0.1
90	0.2	0.1	0.2	-0.1	0.1
10*	0.3	0.7	0.0	0.2	0.3

* 10 年代为 21 世纪前 10 年

2.3 地气温差的突变分析

采用累计距平方法对武威市近 50 a 地气温差进行突变分析,为了检验转折是否达到气候突变的标准,计算了转折年份的信噪比,当信噪比大于等于 1.0 时认为存在气候突变,即最大信噪比的时间定义为气候突变出现的时间。

从图 4 可以看出:地气温差凉州 20 世纪 60 年代至 80 年代中期呈下降趋势,1988 年开始呈波动上升趋势,即 80 年代后期至 21 世纪 10 年代前期为波动上升阶段,2004 年开始呈显著上升趋势,1988 年信噪比为 0.8,没有通过信噪比检验,2004 年信噪比为 1.0,通过了信噪比检验;民勤 60 年代至 70 年代呈显著下降趋势,1980 年开始呈波动上升趋势,即 80 年代至 21 世纪 10 年代前期为波动上升阶段,2004 年开始呈显著上升趋势,1980 年信噪比为 1.5,2004 年信噪比为 1.4,均通过了信噪比检验;古浪 60 年代至 70 年代呈波动下降趋势,1980 年开始呈波动上升趋势,即 80 年代至 21 世纪 10 年代为波动上升阶段。1980 年信噪比为 0.5,没有通过信噪比检验;永昌 60 年代至 21 世纪 10 年代前期呈波动下降趋势,2004 年开始呈显著上升趋势,2004 年

信噪比为 1.2,通过了信噪比检验;全市 60 年代至 80 年代前期呈下降趋势,1983 年开始呈波动状态,即 80 年代中期至 21 世纪 10 年代前期为波动阶段,2004 年开始呈显著上升趋势,1983 年信噪比为 0.8,没有通过信噪比检验;2004 年信噪比为 1.2,通过了信噪比检验。

由以上分析可知,地气温差全市、凉州、永昌的突变时间为 2004 年;民勤的突变时间为 1980 年和 2004 年,1980 年比 2004 年的突变要明显;古浪没有出现突变,因此武威市地气温差突变的时间应确定为 2004 年。

2.4 地气温差的影响因子分析

对武威市年地温、气温的变化趋势研究发现,年地温、气温均呈升高趋势,说明地温与气温的变化趋势具有一致性,但地温和气温的升温速率不一致,即升温存在非对称性,年地温升高趋势比年气温升高趋势更大,这与陈超等^[25]在桂林、宋长春等^[26]在沼泽湿地的研究结论相一致。年平均地气温差与年地温、气温呈同向的变化趋势,其直接原因是地温的升高趋势比气温的升高趋势更大。同时分析可知,四季地气温差的变化与地温升高关系更密切,地温显著升高的季节地气温差的上升的趋势更大。

为了深入分析地气温差的主要影响因子,运用相关系数法选取了与地气温差变化密切相关气象因子平均最高地温、平均最低气温、日照、蒸发、降水、相对湿度以及平均风速共 7 个,并将这些因子分为热力因子、水分因子、动力因子 3 类^[27]来进行多元回归分析,为了更好地比较各个自变量在回归方程的重要性,就必须消除单位的影响,为此在做多元线性回归时对各个变量值作标准化变换(即变量减去均值并除以标准差的估计),得到的回归系数为标准化回归系数(表 3)。

表 3 各气象因子的标准回归系数

Table 3 Standard regression coefficient of every meteorological factor

地名 Place name	热力因子 Heat factor			水分因子 Moisture factor			动力因子 Power factor
	最高地温 Maximum ground temperature	最低气温 Minimum air temperature	日照 Sunshine	蒸发 Evaporation	降水 Precipitation	相对湿度 Relative humidity	平均风 Average wind speed
凉州	0.558***	0.212*	0.071	-0.244*	-0.262*	-0.003	-0.184*
民勤	0.233*	0.498***	0.059	-0.269*	-0.064	-0.189*	-0.184*
古浪	0.837***	-0.316**	-0.123	0.033	-0.221*	0.228*	-0.107
永昌	0.493***	0.175	0.093	0.118	-0.065	0.180	-0.051
全市	0.534***	0.254*	0.070	-0.519***	-0.355**	-0.104	-0.331***

***、**、* 表示分别通过了 $\alpha=0.01$ 、 $\alpha=0.05$ 、 $\alpha=0.1$ 的显著性水平检验(t 检验);其含义为当自变量增加一个单位时,因变量增加或减少的单位;并对标准化回归系数的显著性进行了 t 检验

全市来看,年地气温差与热力因子中的平均最高地温、平均最低气温和日照均呈正相关,与水分因子中的蒸发、降水和相对湿度以及动力因子中的平均风速均呈负相关。热力因子中的平均最高地温、平均最低气温和水分因子中的蒸发、降水以及动力因子平均风速的标准化回归系数远大于热力因子中的日照和水分因子中的相对湿度,因此,影响全市地气温差的主要因子依次为最高地温、蒸发、降水。进一步分析发现,影响各地地气温差的主要因子各有不同:凉州依次为最高地温、降水、蒸发;民勤为最低气温、蒸发、最高地温;古浪为最高地温、最低气温、相对湿度;永昌依次为最高地温、相对湿度、最低气温。

3 结论与讨论

武威市地气温差的空间分布为中部绿洲平原最大,北部荒漠区最小。地气温差的月变化呈明显的单峰

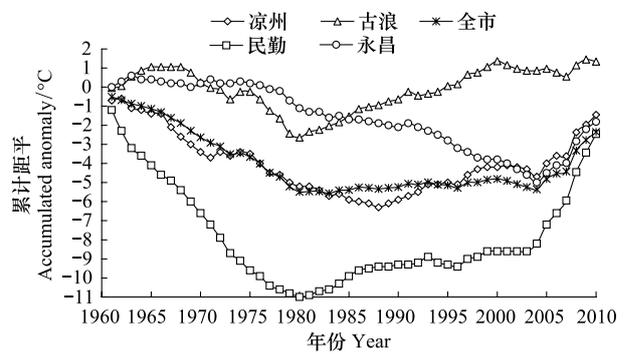


图 4 年地气温差的累计距平

Fig.4 Accumulated anomaly of annual ($T_s - T_a$)

型,6 月最高,依次向两端递减;各季节地气温差变化趋势不太一致,以春、夏季上升幅度较大,秋、冬季上升幅度较小;年、年代地气温差总体呈上升趋势,中北部以及全市平均地气温差的上升趋势尤为显著,年平均地气温差的时间序列存在着 5—7 a 的准周期变化,并在 2004 年发生了突变。

武威市年地温、气温均呈升高趋势,呈现出了非对称性变化,年地气温差与地温、气温呈正相关,其直接原因是地温的升高趋势比气温更显著。影响地气温差的主要因子是最高地温、蒸发和降水,其中地气温差与平均最高地温、平均最低气温和日照均呈正相关,但与蒸发、降水、相对湿度和平均风速均呈负相关。影响各地地气温差的主要因子有所不同。

在气候变暖的大背景下,研究地气温差的变化,掌握其变化规律和影响因子,是揭示气象灾害孕灾环境、科学评估区域气候演变必不可少的一部分,同时为遏制生态恶化、调整农业生产、优化种植结构提供了科学的参考依据。依据分析,按照当地地气温差变化,为适应气候变化,特别在防沙治沙、种草种树、农作物种植结构和决策生态治理方式的调整等方面,合理开发利用气候资源,采取适宜的防御措施,将达到把气候资源转换成的经济效益为目的,这将是进一步研究的重点。

参考文献 (References):

- [1] 王绍武,龚道溢.对气候变暖问题争议的分析.地理研究,2001,20(2):153-160.
- [2] IPCC. 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 University Press, 2007:1-996.
- [3] 《气候变化国家评估报告》编写委员会.气候变化国家评估报告.北京:科学出版社,2007:3-3.
- [4] 范丽军,韦志刚,董文杰.西北干旱区地气温差的时空特征分析.高原气象,2004,23(3):360-367.
- [5] 陆晓波.我国地温的变化特征及其地气温差与环流异常和夏季降水的相关分析 [D].南京:南京信息工程大学,2006.
- [6] 符睿,韦志刚,文军,李振朝,卢广献.西北干旱区地气温差季节和年际变化特征的分析.高原气象,2008,27(4):844-851.
- [7] 符睿,韦志刚,文军,李振朝.中国西北干旱区地-气温差变化成因分析.中国沙漠,2010,30(6):1442-1449.
- [8] 张文纲,李述训,吴通华,庞强强.青藏高原地气温差变化分析.地理学报,2006,61(9):899-910.
- [9] 刘颖.春季地气温差分布异常特征及其对中国东部夏季降水的影响 [D].北京:中国气象科学研究院,2008.
- [10] 周连童,黄荣辉.中国西北干旱、半干旱区春季地气温差的年代际变化特征及其对华北夏季降水年代际变化的影响.气候与环境研究,2006,11(1):1-13.
- [11] 黄蕊,徐利岗,刘俊民.中国西北干旱区气温时空变化特征.生态学报,2013,33(13):4078-4089.
- [12] 杨晓玲,丁文魁,刘明春,周文霞.河西走廊东部近 50 年气温变化特征及其对比分析.干旱区资源与环境,2011,25(8):76-81.
- [13] 刘明春,李玲萍.石羊河流域地表 0cm 温度的长期变化.干旱区研究,2008,28(3):478-484.
- [14] 白肇焯,许国昌,孙学筠,夏建平,陈乾,陈敏连.中国西北天气.北京:气象出版社,1988:230-240.
- [15] Livezey R E, Chen W Y. Statistical field significance and its determination by Monte Carlo techniques. Monthly Weather Review, 1983,111(1):46-59.
- [16] 周石清,陈建江,耿峻岭.单因素方差分析法对三屯河年均流量序列的周期分析.新疆水利,2001,(3):25-29.
- [17] 王媛媛,张勃.陇东地区近 51a 气温时空变化特征.中国沙漠,2012,32(5):1402-1407.
- [18] 杜军,李春,廖健,拉巴,路红亚.近 45 年拉萨浅层地温对气候变化的响应.气象,2007,33(10):61-67.
- [19] 林新沛.标准回归系数的准确理解.中山管理评论,2005,13(2):533-548.
- [20] 刘尚辉.多元回归中各因素对回归贡献大小的分析方法与实现.数理医药学杂志,2005,18(6):524-525.
- [21] 王澄海,崔洋.东亚夏季风建立前青藏高原地气温差变化特征.气候与环境研究,2011,16(5):586-596.
- [22] 庄晓翠,张林梅,刘大锋.新疆阿勒泰地区地气温差变化特征分析.气象与环境科学,2009,32(4):13-19.
- [23] 杨智,刘志刚,李娟.云南省地气温差时空变化特征分析.云南大学学报:自然科学版,2010,32(S1):289-293.
- [24] 符睿.20 世纪后 40 年西北干旱区地气温差变化成因分析 [D].兰州:中国科学院寒区旱区环境与工程研究所,2007.
- [25] 陈超,周广胜.1961-2010 年桂林气温和地温的变化特征.生态学报,2013,33(7):2043-2053.
- [26] 宋长春,王毅勇.湿地生态系统土壤温度对气温的响应特征及对 CO₂排放的影响.应用生态学报,2006,17(4):625-629.
- [27] 李玲萍,李岩瑛,刘明春.石羊河流域 1961—2005 年蒸发皿蒸发量变化趋势及原因初探.中国沙漠,2012,32(3):832-841.