

近 50 a 乌鲁木齐市的深层地温特征

贾效禄¹, 杨青², 赵勇², 霍文²

(1. 新疆师范大学地理科学与旅游学院, 新疆 乌鲁木齐 830054;

2. 中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所, 新疆 乌鲁木齐 830002)

摘要:根据乌鲁木齐气象台 1961~2009 年的气温、降水及 0.8 m、1.6 m、3.2 m 地温资料,对地温变化特征及其对气候变化的响应进行了分析和探讨。结果表明:乌鲁木齐深层平均地温在 1985 年之后的年际和季节变化均呈现升高趋势,四季变化中冬季地温升高最为显著;深层地温和气温的变化相关性达到了 0.679 以上,说明气温的变化还是影响深层地温变化的主要因素之一;降水对深层地温有一定的影响。

关键词:深层地温;乌鲁木齐;气温;降水;响应

中图分类号:P468.0⁺21

文献标识码:A

引言

地表是地球和大气能量交换的界面,地表温度是描述地表自然生态环境的一个重要物理量,它决定着地表向大气的长波能量辐射能力,也是气候系统变化的一个重要参数^[1]。由于人类活动和气候变化,引起了近地表地温发生变化,改变了原有的地温变化规律,影响了地下生态系统对生物生长的正常作用,也影响着社会经济发展的方方面面。近些年来,人们对地温变化已有了新的认识,开始研究浅层地温或近地表地温的变化规律及其对气候变化的响应。汤懋苍等^[2-4]对地温做了大量的研究,开始用深层地温来做降水预报,董文杰等^[5]提出了用地温资料计算土壤热流的方法。

众多事实表明^[6-9],新疆气候在近 50 a 呈上升趋势,而且变暖的季节主要在冬季,降水也呈明显增加趋势。乌鲁木齐(43°47'N, 87°37'E, 海拔 918.7 m)面积 $1.6 \times 10^3 \text{ km}^2$,位于亚欧大陆腹地,地处天山北坡,准格尔盆地南缘,属于中温带大陆干旱气候区。温差大,寒暑变化剧烈;降水量少,且随高度垂直递增;冬季漫长,四季分配不均;春秋多大风,冬季有逆温层出现。近 50 a 乌鲁木齐气候变暖趋势明显,而系统研究乌鲁木齐深层地温变化的成果尚未

报道。本文运用气候学统计分析方法,对乌鲁木齐近 50 a 深层地温的变化趋势、气候异常和突变年份等气候特征进行分析,以揭示其对气候变化的响应。

1 资料与方法

选取乌鲁木齐站 1961~2009 年气温、降水和 0.8 m、1.6 m、3.2 m 深度的地温资料,按 12 月至翌年 2 月为冬季,3~5 月为春季,6~8 月为夏季,9~11 月为秋季生成逐季、年序列,利用趋势分析法分析其变化特征,采用 Mann-Kendall 法和 Yamamoto 法^[10]分析地温序列的突变现象。

2 结果与分析

2.1 深层地温的变化特征

2.1.1 年际变化

图 1 为 1961~2009 年乌鲁木齐市逐年 0.8 m、1.6 m、3.2 m 深层平均地温年际距平变化曲线。从 5 点滑动曲线可以看出,各层平均地温在 20 世纪 60~80 年代中期呈下降趋势,气候倾向率分别为 $-0.84 \sim -0.74 \text{ }^\circ\text{C}/10 \text{ a}$,1980 年代后期以来升幅明显,气候倾向率分别为 $0.88 \sim 1.11 \text{ }^\circ\text{C}/10 \text{ a}$,20 世纪 60~80 年代中期降幅趋势和 1980 年代后期以来升幅趋势的 t

收稿日期:2010-08-13;改回日期:2010-11-18

基金项目:中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(IDM200702),中国沙漠气象科学研究基金(SQJ2009011),国家自然科学基金项目(40775019)共同资助

作者简介:贾效禄(1985-),男,山西朔州人,在读硕士,从事沙漠气象方面的研究. E-mail:JiaXL2011@163.com

检验均达到 0.01 显著性水平。

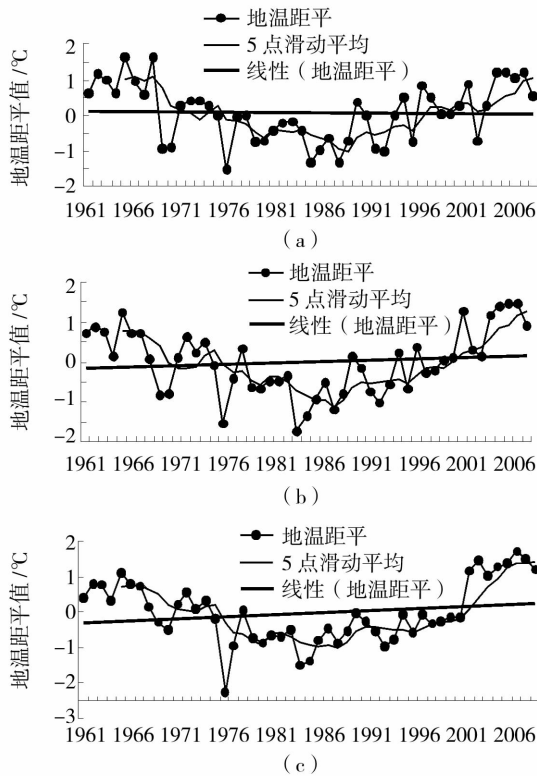


图 1 1961 ~ 2009 年乌鲁木齐逐年 0.8 m(a)、1.6 m(b)、3.2 m(c) 深层平均地温年际距平变化
Fig. 1 Annual anomaly change of mean ground temperature at the depth of 0.8 m(a), 1.6 m(b), 3.2 m(c) in Urumqi during 1961 - 2009

2.1.2 深层地温的年内变化

图 2 为 1961 ~ 2009 年乌鲁木齐市 0.8 m、1.6 m、3.2 m 深层平均地温年内各月变化曲线。可以看出,春夏季平均地温随深度增加而降低,表明热量由浅层向深层传递,是积蓄能量的过程;秋冬季平均地温随深度增加而升高,表明热量由深层向浅层传递,

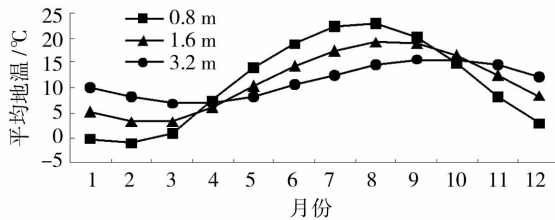


图 2 1961 ~ 2009 年乌鲁木齐市 0.8 m、1.6 m、3.2 m 深层平均地温年内各月变化曲线
Fig. 2 Monthly change of mean ground temperature at the depth of 0.8 m(a), 1.6 m(b), 3.2 m(c) in Urumqi from 1961 to 2009

是释放能量的过程。各层月平均地温最高出现在 7 月份,最低出现在 1 月份。

2.1.3 深层地温的季节变化

表 1 为 1961 ~ 2009 年乌鲁木齐市深层平均地温的年及各季节气候倾向率。由于分析深层地温的年际变化发现 1985 年是其转变点,前后 2 阶段变化差异较明显,所以具体按 2 阶段分析各层四季及其年平均地温的变化状况。可以看出,在 1961 ~ 1985 年深层地温全年各层都一直处于下降趋势,之后都呈现上升趋势,变化幅度都在 0.75 °C/10 a 以上。从季平均地温的倾向率来看,春、夏、秋季在 1985 年之前的降幅较大,之后增温也较显著。只有冬季自 1961 年以来各层的地温基本都在上升,只是在 1985 年之前不太显著。深度不同其变化幅度有所差异:0.8 m 深度春季地温在 1985 年之前的降幅均大于 1.6 m 和 3.2 m 深度,而夏秋季 0.8 m 深度地温在 1985 年之前的降幅小于 1.6 m 和 3.2 m 深度,在 1985 年之后 0.8 m 地温的升幅也小于 1.6 m 和 3.2 m。

表 1 1961 ~ 2009 年乌鲁木齐深层平均地温的年及各季节气候倾向率(单位:°C/10 a)

Tab. 1 The annual and seasonal climate tendency of mean ground temperature at deep layer in Urumqi during 1961 - 2009 (Unit: °C/10 a)

深度/m	时段	春季	夏季	秋季	冬季	全年
0.8	1961 ~ 1984	-1.28*	-1.38*	-0.73*	0.32	-0.78*
	1985 ~ 2005	0.99*	0.92 [▲]	0.86 [▲]	0.82*	0.94*
1.6	1961 ~ 1984	-0.99*	-1.50*	-0.75*	0.24	-0.75*
	1985 ~ 2005	0.93*	1.40*	1.16*	0.57*	1.05*
3.2	1961 ~ 1984	-0.63 [▲]	-1.47*	-1.11*	-0.10	-0.84*
	1985 ~ 2005	1.00*	1.13*	1.26*	1.10*	1.13*

注:▲表示通过 0.005 显著性检验
★表示通过 0.001 以上显著性检验

2.2 深层地温的气候突变分析

利用 Yamamoto 法分析了 1961 ~ 2009 年乌鲁木齐市深层年平均地温变化曲线转折点,信噪比 < 1, 没有发现具体的突变年份,用 Mann - Kendall 法分析结果见图 3。可以看出,0.8 m 地温没有发生明显的突变现象(由于 1.6 m 和 3.2 m 深度地温的 Mann - Kendall 统计量曲线与 0.8 m 相似,此处不再附图),由 UF 曲线可见,从 1961 年以来乌鲁木齐的深

层地温总体呈现先降后升的趋势,其中在1979~1999年,其下降趋势超过了0.001显著性水平($\mu_{0.001} = 2.56$),表明乌鲁木齐地温的下降趋势是十分显著的。值得关注的是在1987年之后,深层地温的上升势头十分强劲,可能与气候的变暖以及城市的发展规划有关。

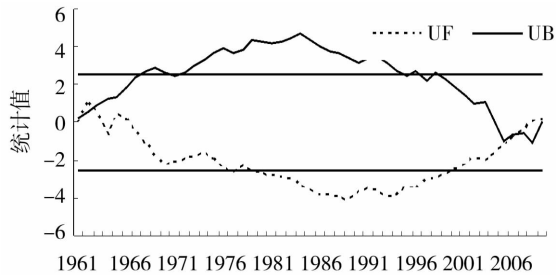


图3 1961~2009年乌鲁木齐0.8 m 年平均地温 Mann-Kendall 统计量曲线 (直线为 $\alpha = 0.001$ 显著水平临界值)

Fig. 3 The statistics of Mann-Kendall method for annual mean ground temperature at 0.8 m depth in Urumqi during 1961-2009

2.3 地温对气温、降水变化的响应

2.3.1 深层地温对气温的响应

图4为1961~2009年乌鲁木齐市年平均气温的际年变化曲线。可以看出,年平均气温总体呈上升趋势,气候倾向率为 $0.17\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,增加趋势的 t 检验达到0.05的显著性水平,其中在20世纪60年代呈下降趋势,1970年代初至1980年代中期变化波动较大,有升有降,到1980年代中期以后开始上升,一直持续到2009年。分析年平均气温与深层0.8 m,1.6 m,3.2 m年平均地温相关性,结果发现各相关系数均在0.679以上,且通过0.01的显著性

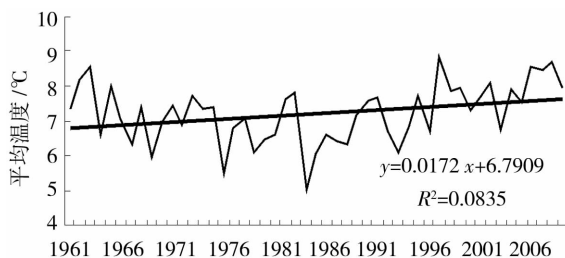


图4 1961~2009年乌鲁木齐市 年平均气温的际年变化曲线

Fig. 4 The annual trend of annual mean air temperature in Urumqi during 1961-2009

检验,其中年平均气温与0.8 m年平均地温相关系数达0.819,说明气温对深层地温的影响作用明显,深层地温受气温升高的影响也呈升高趋势。此外随着深度的增加气温与地温的相关性也在降低。

2.3.2 深层地温对降水的响应

乌鲁木齐是属于典型的大陆性气候,气候相当干燥,暖湿气流很难到达,一年四季降水量都很小,多年平均降水量230 mm左右。分析1961~2009年乌鲁木齐历年降水量变化(图5),20世纪60年代以来降水量增加趋势较为明显,达到了0.01显著性水平。汤懋苍^[11]等的分析表明冬季地温距平轴线与夏季的降水距平轴线在统计上是密切相关的。这里对年降水量与深层年平均地温相关性的分析表明,深层0.8 m年平均地温与当年降水量的相关系数达到了-0.357,且相关性通过了0.05的显著性检验,1.6 m和3.2 m深层地温与降水量都表现为负相关,相关性不明显,均未通过0.1的显著性检验,表明乌鲁木齐降水量对深层0.8 m地温有一定的影响,通过降水降低了地温。对其他各层影响不太显著。

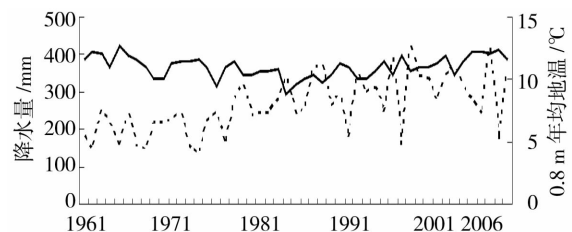


图5 1961~2009年乌鲁木齐市0.8 m 深层地温与降水量的逐年变化

Fig. 5 The annual trend of ground temperature at 0.8 m depth and precipitation in Urumqi during 1961-2009

3 结 论

(1) 乌鲁木齐深层0.8 m、1.6 m、3.2 m年平均地温总体呈上升趋势,而在1961~1985年呈下降趋势,1985年之后则是上升趋势,升幅明显,达到了0.01显著性水平。

(2) 年平均地温在四季变化上均呈现上升趋势,尤其是在1985年之后,各季增温的趋势均达到了0.05显著性水平,其中冬季地温在近50 a增温最为显著,深度不同增温亦有所差异。

(3) 年平均地温虽然在1985年左右发生了转折,但经过突变检验,没有发生明显的突变现象。

(4) 气温上升是影响乌鲁木齐地温上升的主要

因素之一,降水对乌鲁木齐深层地温的变化有一定的影响。

参考文献:

- [1] 王燕,吕达仁. GMS5 反演中国几类典型下垫面晴空地表温度的日变化及季节变化[J]. 气象学报,2005,63(6):957-968.
- [2] 汤懋苍,王敬香,张建. 利用冬季 0.8 米地温距平场预报春季降水场的初步方法[J]. 高原气象,1987,6(3):244-255.
- [3] 周亚军,汤懋苍. 用地温做年度降水预报的一种改进[J]. 高原气象,1989,8(3):228-240.
- [4] 汤懋苍,张建. 季平均 3.2 m 地温距平场在汛期预报中的应用[J]. 高原气象,1994,13(2):178-187.
- [5] 汤懋苍,董文杰. 利用气象地温资料反演大地热流[J]. 地球物理学报,1992,35(6):733-739.
- [6] 薛燕,韩萍,冯国华. 半个世纪以来新疆降水和气温的变化趋势[J]. 干旱区研究,2003,20(2):127-130.
- [7] 徐贵青,魏文寿. 新疆气候变化及其对生态环境的影响[J]. 干旱区地理,2004,27(1):14-18.
- [8] 何清,杨青,李红军. 新疆 40 a 来气温、降水和沙尘天气变化[J]. 冰川冻土,2003,25(4):423-427.
- [9] 苏宏超,魏文寿,韩萍. 新疆近 50 a 来的气温和蒸发变[J]. 冰川冻土,2003,25(2):174-178.
- [10] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京:气象出版社,1999. 66-72.
- [11] 汤懋苍,尹建华,蔡洁萍. 冬季地温分布与春、夏降水相关的统计分析[J]. 高原气象,1986,5(1):40-52.

Characteristics of Soil Temperature at Deep Layers in Urumqi in Latest 50 Years

JIA Xiaolu¹, YANG Qing², ZHAO Yong², HU Wen²

(1. College of Geography Science and Tourism, Xinjiang Normal University, Urumqi 830054, China;
2. Institute of Desert and Meteorology, CMA, Urumqi 830002, China)

Abstract: Based on air temperature, precipitation and ground temperature at the depth of 0.8 m, 1.6 m and 3.2 m provided by Urumqi Meteorological Observatory from 1961 to 2009, the variation of ground temperature and its response to climate change are analyzed and discussed. The results show that the inter-annual and seasonal variation of the average ground temperature at each depth presented a rising trend after 1985 in Urumqi, and ground temperature increasing in winter was most significant. The correlation between ground temperature at each depth and air temperature was more than 0.679, which showed that the change of air temperature was the main factor leading to ground temperature change; Precipitation has a certain impact on the deep ground temperature.

Key words: deep ground temperature; Urumqi; air temperature; precipitation; response

(上接第 200 页)

Temperature Inversion Characteristics of Lower Atmosphere over Shanghai

ZHENG Qingfeng, SHI Jun

(Shanghai Climate Center, Shanghai 200030, China)

Abstract: Based on the sounding data from Baoshan weather station, the frequency, thickness and intensity of ground inversion (isothermal) layer in Shanghai were analyzed during the period of 1991-2009. The results indicated that from 1991 to 2009, the annual days of ground inversion decreased, and the average thickness of ground inversion also decreased with a linear trend at 08:00 and 20:00, but the annual mean intensity of ground inversion changed insignificantly at 08:00 and 20:00. In the past 19 years, the temperature inversion days were most in winter, and the average intensity of ground inversion was strongest in winter, but the average thickness of ground inversion was least in summer. Annual days and averaged thickness of ground isothermal layer were also decreased with a linear trend at 08:00 and 20:00 during 1991-2009. The frequency of ground isothermal layer was most in summer and least in winter, but the average thickness of ground isothermal layer was most in winter and least in summer.

Key words: Shanghai; ground inversion; ground isothermal layer; intensity of inversion layer; thickness of inversion layer