

中国近 50 a 地表温度时空变化特征分析

乔丽¹, 吴林荣², 张高健¹

(1. 西安市气象局, 陕西 西安 710115; 2. 陕西省气象减灾服务中心, 陕西 西安 710014)

摘要: [目的] 研究大气下垫面地表温度的时空分布规律, 为进一步了解中国区域地气相互作用, 地表能量交换等提供科学依据。[方法] 通过气候统计方法, 对中国近 50 a 地表温度时空变化特征进行研究。[结果] (1) 中国近 50 a 平均地表温度呈显著上升趋势, 平均每 10 a 上升 0.29 °C, 尤其 2000 年以来中国年平均地表温度增温趋势最显著。对于四季而言, 中国近 50 a 地表温度在所有季节均呈现上升趋势, 从增温趋势看, 冬季平均地表温度增温趋势最明显。(2) 中国近 50 a 平均地表温度空间分布由北向南逐渐升高。对于四季而言, 地表温度在所有季节都呈现出由北向南升高, 但是不同季节地表温度分布有着不同的特点。(3) 中国近 50 a 大部地区地表温度增温显著, 其中中国北方大部地区增温明显, 增温率为(0.2~0.6 °C)/10 a。[结论] 中国近 50 a 平均地表温度呈显著上升趋势, 且由北向南逐渐升高。

关键词: 中国; 地表温度; 时空变化

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2015)05-0323-04

中图分类号: S423

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2015.05.060

Temporal and Spatial Changes of Land Surface Temperature in China in Recent 50 Years

QIAO Li¹, WU Linrong², ZHANG Gaojian¹

(1. Xi'an Meteorological Bureau, Xi'an, Shaanxi 710016, China;

2. Disaster Reduction and Service Center, Shaanxi Province, Xi'an, Shaanxi 710014, China)

Abstract: [Objective] We aimed to study the spatial and temporal variation of land surface temperature in order to provide a scientific basis for the further understanding of regional land-atmosphere interactions and surface energy exchange in China. [Methods] By statistical analysis, the spatial change of ground temperature in recent 50 years in China has been discussed. [Results] (1) In recent 50 years, the average ground temperature in China showed an increasing trend at a rate of 0.29 °C/10 a. Significant increase occurred since 2000. The ground temperature in recent 50 years has increased in all seasons, while it increased most in winter. (2) The spatial distribution of ground temperature showed an increasing trend from the north to the south in all seasons, but it was slightly different in different seasons. (3) In recent 50 years, in most area of China, the ground temperature increased dramatically, especially in the north part of China, the increasing rate of temperature reached to 0.2~0.6 °C/10 a. [Conclusion] In recent 50 years, the average surface temperature of China showed a significant increasing trend, and spatially increased from the north to the south.

Keywords: China; land surface temperature; temporal and spatial changes

地表温度(land surface temperature, LST)是指地面 0 cm 温度,是地表能量平衡、区域和全球尺度地表物理过程的一个重要因子,也是地表能量交换、地球系统中水、热和碳各种循环过程的主导因子。近百年来,全球气候变暖已成为不争的事实。IPCC 第四次评估报告表明^[1],过去 100 a(1906—2005 年),全球地表平均气温升高了 0.74 °C。近 50 a,中国气温

增暖尤其明显,年平均地表气温变暖幅度约为 1.1 °C,增温速率接近 0.22 °C/10 a,比全球或半球同期平均增温速率明显偏高^[1]。中国众多气象学者对中国气候变化进行了许多研究,并在气温、降水和积温变化方面取得了许多有价值的研究成果^[2-10]。但是,目前针对地表温度的研究相对较少,已有的研究主要是对中国某个省、市或中国某几个地区地表温

收稿日期:2015-03-05

修回日期:2015-03-26

资助项目:国家重点基础研究发展计划项目(973 计划)“气候变暖背景下我国南方旱涝灾害的变化规律及其影响与机理”(2013CB430200)之子专题“气候变暖背景下我国南方旱涝灾害规律的变化”(2013CB430201)

第一作者:乔丽(1976—),女(汉族),陕西省周至县人,硕士,高级工程师,主要从事气候变化及应用气象方面的研究。E-mail:30044716@qq.com。

度变化进行研究,或者采用卫星遥感资料反演的地表温度产品进行研究^[11-17]。但是,受卫星资料源年限长度短、资料处理量大和精度的影响,利用卫星遥感资料,采用统一的计算方法对近 50 a 来中国全区地表温度变化特征的研究相对较少,加之基于中国气象台站的地表温度资料获取困难,使得目前我们对中国区域地表温度时空变化特征了解甚少。在全球气候变暖的大背景下,研究中国区域大气下垫面的地表温度的时空变化规律及其与气候变化的响应关系,对于了解中国区域地气相互作用、地表能量交换、地球系统中水、热和碳各种循环过程具有重要的意义。本研究主要采用中国气象局国家气象信息中心提供的 1960—2012 年气象台站观测地表温度资料对中国近 50 a 地表温度时空变化特征进行了系统的分析,以期进一步研究地表温度变化与气候变化之间的响应关系,为了解中国区域地气相互作用、地表能量交换、地球系统中水、热和碳各种循环过程提供理论依据。

1 资料和方法

1.1 研究数据

研究数据采用中国气象局国家气象信息中心提供的 1960—2012 年全国 756 个台站逐月平均地表温度资料。气象站点资料都经过了初步的质量检查,剔除了缺测率相对较大和资料突变性较大的站点,最终选出 363 个可用站点。

1.2 研究方法

研究方法主要采用合成分析和线性趋势分析法。线性趋势分析主要采用一次线性方程可表示为:

$$Y = a_0 + a_1 t \quad (1)$$

式中: Y ——平均气温或地温 ($^{\circ}\text{C}$); a_0 ——常数; a_1 ——线性趋势项; t ——时间。

2 结果分析

2.1 地表温度时间变化特征

2.1.1 年平均地表温度 1961—2012 年,中国年平均地表温度呈显著上升趋势,平均每 10 a 上升 0.29°C (图 1)。可以看出,20 世纪 60—70 年代中期,中国年平均地表温度呈下降趋势,之后中国年平均地表温度呈明显上升趋势,尤其是 2000 年以后,中国年平均地表温度持续高于(或等于)常年值。其中,2007 年为年平均地表温度最高年,达 14.2°C ,高出年平均地表温度 1.3°C 。2006 和 2011 年均次高年,高出年平均地表温度 1.2°C 。1976 年为近 50 a 来中国地表温度最低年,低于年平均地表温度 1.4°C 。

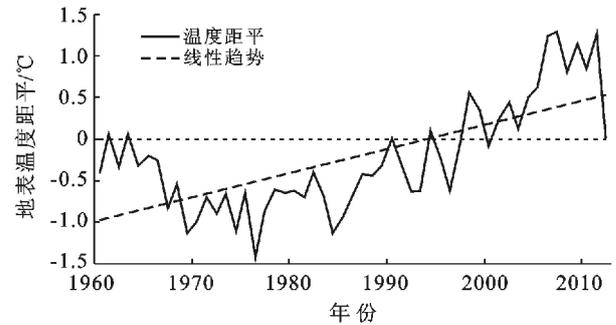


图 1 1960—2012 年中国地表温度距平变化

2.1.2 四季平均地表温度 为了分析方便,选取 4, 7, 10, 1 月的平均地表温度分别代表春、夏、秋和冬季的平均地表温度。图 2 为 1960—2012 年中国春、夏、秋和冬季地表温度距平变化。

可以看出,中国近 50 a 地表温度在所有季节均呈现上升趋势,由高到低排列依次为春、秋、夏季,分别为 $0.33, 0.25, 0.14^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 。在春季,1961—1996 年,地表温度上升趋势不太明显,大多低于年平均温度,最低为 1976 年,低于年平均地表温度 1.9°C ,自 1996 年以来,地表温度上升趋势较为明显,除 2001 和 2010 年外,春季地表平均温度均高出近 50 a 来平均值;在夏季,地表温度变化趋势表现与年地表温度变化趋势基本一致。20 世纪 60—70 年代中期,夏季平均地表温度呈下降趋势,之后夏季平均地表温度呈明显上升趋势;在秋季,平均地表温度在 $11\sim 15^{\circ}\text{C}$ 范围内变化,总体表现为上升趋势,其中 2006 年秋季地表温度最高,达 15.3°C ,高出年平均值 2.3°C ;在冬季,从增温趋势看,冬季平均地表温度增温趋势最明显,平均每 10 a 上升 0.47°C 。

2.2 地表温度空间分布特征

2.2.1 年空间分布特征 受纬度和地形的影响,中国年平均地表温度空间分布由北向南逐渐升高,其中东北地区和青藏高原年平均地表温度最低,主要在 $-5\sim 5^{\circ}\text{C}$ 之间;秦岭—淮河以北的北方大部地区年平均地表温度主要在 $5\sim 15^{\circ}\text{C}$ 之间,秦岭—淮河以南的南方大部地区年平均地表温度主要在 $15\sim 25^{\circ}\text{C}$,而华南南部和海南等地年平均地表温度最高,一般 $\geq 25^{\circ}\text{C}$ 。

2.2.2 四季空间分布特征 受纬度和地形影响,中国近 50 a 地表温度在所有季节都呈现出由北向南升高,其中东北地区和青藏高原年平均地表温度最低,而华南南部和海南等地年平均地表温度最高。但是不同季节地表温度分布有着不同的特点。在冬季,中国地表温度呈现出典型的“两级分化”,以秦岭为分界线,秦岭以北气温在 0°C 以下,秦岭以南在 0°C 以上,

地表温度南北差异非常大,最大为 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右;春季和秋季与年空间分布较为相似,全国大部分地区温度均在 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上;在夏季中国地表温度空间分布差异缩

小,仅东北地区和青藏高原地区气温在 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下,其余均在 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上,东南沿海和新疆地区出现 $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上的高温天气。

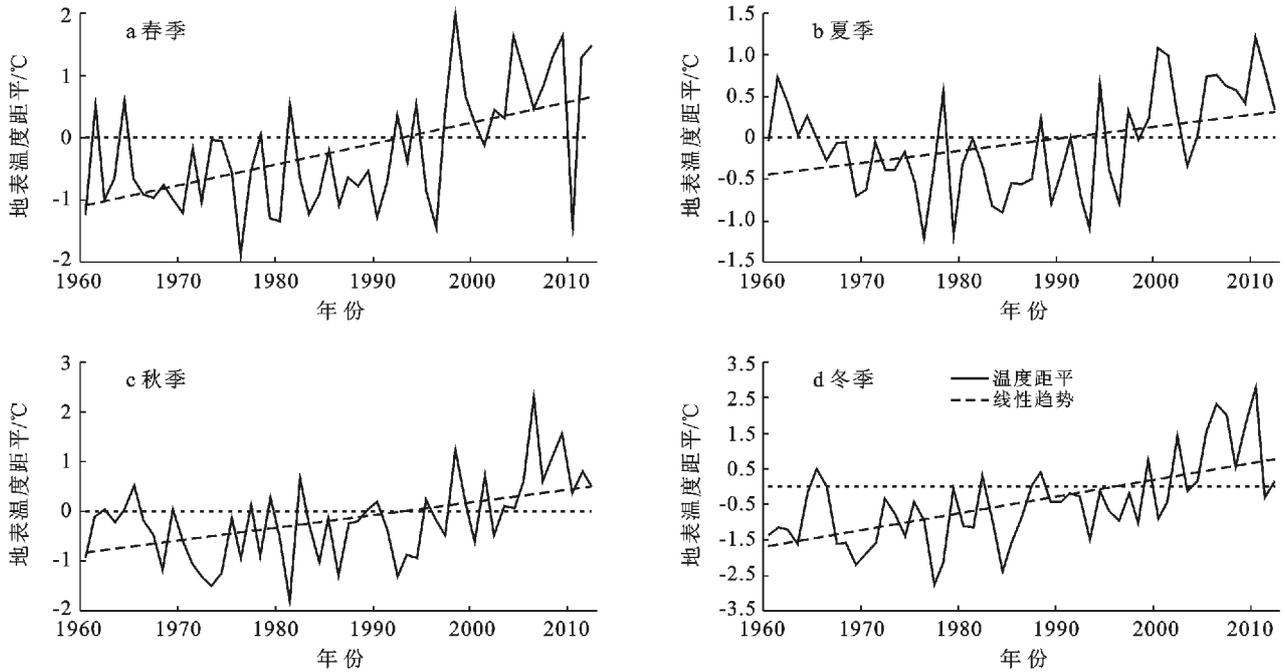


图 2 1960—2012 年中国春季、夏季、秋季和冬季地表温度距平变化

2.3 地表温度趋势变化特征

2.3.1 年空间趋势变化特征 为了了解中国地表温度的空间趋势变化特征,计算了中国 363 个台站近 50 a 平均地表温度的趋势系数值($y=ax+b$, 中的 a 值),分析各台站趋势系数空间分布表明,近 50 a 全国大部地区地表温度增温显著,其中中国北方大部地区增温明显,增温率为 $(0.2\sim 0.6\text{ }^{\circ}\text{C})/10\text{ a}$,局部地区增温率达 $(0.8\sim 1.0\text{ }^{\circ}\text{C})/10\text{ a}$;而中国江南和华南局地呈现出弱降温趋势。对中国全区地表温度趋势变化进行显著性检验表明,北方大部增温趋势显著,大部地区增温趋势均通过了 $\alpha=0.05$ 显著性 F 检验,而江南和华南局地降温趋势不显著,均没有通过 $\alpha=0.05$ 显著性 F 检验。

2.3.2 四季空间趋势变化特征 对于四季而言,春季全国地表温度增温趋势最为显著,北方大部增温明显,增温率为 $(0.2\sim 0.6\text{ }^{\circ}\text{C})/10\text{ a}$,局部地区增温率达 $(0.6\sim 0.8\text{ }^{\circ}\text{C})/10\text{ a}$,且增温趋势均超过了 $\alpha=0.05$ 显著性 F 检验,中国东南大部地区增温率为 $(0.2\sim 0.4)/10\text{ a}$,而在新疆北部局部华南的局部地区为弱的降温趋势,且降温趋势均未通过 $\alpha=0.05$ 显著性 F 检验;秋季全国大部地区也呈现增温趋势,但增温趋势没有春季明显,其中北方大部地区增温率为 $(0.2\sim 0.6\text{ }^{\circ}\text{C})/10\text{ a}$,而在西南东北部局部地区为弱的降温

趋势;夏季和冬季增温趋势呈现出明显的南北两极分化,北方大部地区呈现显著的增温趋势,其中冬季北方增温趋势最为显著,特别是在新疆北部、内蒙古东部以及东北地区,其增温率大于 $1\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,而夏季在秦岭—淮河以南的大部地区、冬季在江南中西部、华南西部和西南东部等地地表温度呈弱的降温趋势,但降温趋势均不显著。

3 结论

(1) 中国近 50 a 平均地表温度呈显著上升趋势,平均每 10 a 上升 $0.29\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。其中 60 年代至 70 年代中期,中国年平均地表温度呈下降趋势,之后年平均地表温度呈明显上升趋势,尤其是 2000 年以后,中国年平均地表温度增温最显著。对于四季而言,中国近 50 a 地表温度在所有季节均呈现上升趋势,从增温趋势看,冬季平均地表温度增温趋势最明显。

(2) 中国近 50 a 平均地表温度空间分布由北向南逐渐升高,其中东北地区和青藏高原年平均地表温度最低,而华南南部和海南等地年平均地表温度最高。对于四季而言,地表温度在所有季节都呈现出由北向南升高,但是不同季节地表温度分布有着不同的特点。冬季中国地表温度呈现出典型的“两级分化”,春季和秋季全国大部分地区地表温度均在 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上,

在夏季中国地表温度空间分布差异缩小,全国大部分地区地表温度均在 25℃以上。

(3) 近 50 a 中国大部地区地表温度增温显著,其中中国北方大部地区增温明显,增温率为(0.2~0.6℃)/10 a,而中国江南、华南等地呈现出弱降温趋势。对于四季而言,春季全国地表温度增温趋势最为显著,秋季增温仅次于春季,夏季和冬季增温趋势呈现出明显的南北两极分化,北方大部地区呈现出明显的增温趋势,而江淮、江汉和黄淮等地地表温度呈弱的降温趋势。

本研究主要采用中国气象局国家气象信息中心提供的 1960—2012 年气象台站观测地表温度资料,通过气候统计方法,对中国近 50 a 地表温度时空变化特征进行了系统的分析,研究结果为进一步了解中国区域地气相互作用、地表能量交换、地球系统中水、热和碳各种循环过程提供理论依据。但是,地表温度与气温、降水之间的相关性如何,地表温度与气温和降水变化之间的响应关系以及它们之间的相互影响关系如何,仍需进一步的深入分析研究。

[参 考 文 献]

- [1] IPCC. Summary for policymakers of the synthesis report of the IPCC fourth assessment report [M]. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2007.
- [2] 虞海燕,刘树华,赵娜,等. 1951—2009 年中国不同区域气温和降水量变化特征[J]. 气象与环境学报,2011,27(4):1-11.
- [3] 丁一汇,戴晓苏. 中国近百年来温度变化[J]. 气象,1994,20(12):19-26.
- [3] 王绍武,叶谨林. 近百年全球气候变暖的分析[J]. 大气科学,1995,19(5):545-553.
- [4] 张翠华,张文煜,卞韬,等. 河北省石家庄地面温度变化特征[J]. 干旱气象,2012,30(1):27-33.
- [5] 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.
- [6] 任国玉,徐铭志,初子莹,等. 近 54 a 中国地面气温变化[J]. 气候与环境研究,2005,10(4):717-271.
- [7] 石光普,陈少勇,郭江勇,等. 中国西北近 46 a 夏季气温的时空变化特征分析[J]. 干旱区资源与环境,2009,23(9):55-61.
- [8] 丁丽佳,王春林,凌良新. 广东地区平均气温的时空变化特征[J]. 中国农业气象,2011,32(4):500-506.
- [9] 王银花,石光普. 景泰县近 50 a 来气温、降水变化特征分析[J]. 干旱区资源与环境,2010,24(2):89-95.
- [10] 明惠清,唐亚平,孙婧,等. 近 50 a 辽宁无霜期积温时空演变特征[J]. 干旱地区农业研究,2011,29(2):276-280.
- [11] 张焕平,张占峰,汪青春,等. 近 40 a 青海浅层地温的变化特征[J]. 中国农业气象,2013,34(2):146-152.
- [12] 丁文魁,殷玉春,杨晓玲,等. 河西走廊东部地表温度的变化趋势及特征分析[J]. 干旱区研究,2014,31(6):1046-1052.
- [13] 李栋梁,吴青柏,汤懋苍. 青藏高原地表 0 cm 温度的时空变化特征[J]. 青藏铁路建设和生态环境保护专题,2005(1):18-22.
- [14] 宁和平,曹金武,王成福. 甘南玛曲地区地表温度的变化特征[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2012,40(2):183-194.
- [15] 周梅,张飞,姜红涛,等. 渭干河—库车河三角洲绿洲地表温度时空变化特征研究[J]. 水土保持研究,2013,20(6):151-157.
- [16] 孙艳玲,郭鹏,高晓燕. 基于 Landsat TM/EMT 的天津地区地表温度时空分布特征研究[J]. 天津师范大学学报:自然科学版,2012,32(1):48-53.
- [17] 王艳慧,肖瑶. 北京市 1989—2010 年地表温度时空差异特征分析[J]. 国土资源遥感,2014,26(3):146-152.