

刘强军,梁 赞,宋军芳,等. 近 42 年山西省晋城市地温与气温时空特征研究[J]. 江苏农业科学,2020,48(6):240-245.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.06.046

近 42 年山西省晋城市地温与气温时空特征研究

刘强军,梁 赞,宋军芳,张红霞,赵慧琴

(山西省晋城市气象局,山西晋城 048000)

摘要:利用 1976—2017 年晋城市辖区内 5 个气象站的气温和 0~20 cm 地温资料,采用累积距平、信噪比、气候倾向率等统计方法,对地温和气温的年、季、月气候空间特征和突变及异常特征进行相关分析。结果表明,年、季平均气温和地温均呈升高趋势,增幅为 0.018~0.056 °C/年,地温增幅小于气温,气温在冬季增幅最大,地温在春季增幅最大。气温与年平均地温呈显著正相关性,全年各层相关系数均 ≥ 0.89 ,其中 0 cm 气温与地温相关系数达到 0.95,5 cm 最小,为 0.89,春季最大,冬季最小(10 cm 土层除外)。年平均气温和 5 cm 平均地温在 1994 年发生了突变,其他各层地温在 1998 年发生了突变,气温较历年平均值偏低 0.8 °C,地温偏低 0.4~0.5 °C,属于冷期;突变后气温较历年平均值偏高 0.5 °C,地温偏高 0.4~0.6 °C,属于暖期。四季中,气温的异常年份与秋季地温关联性较高,与其他季节关联性较低。晋城市各层地温的空间分布均表现为东低西高。以上研究表明,地温和气温相关性极强,对当地农业生产有一定的指导意义。

关键词:晋城;地温;气温;气候倾向率;相关分析

中图分类号:S161.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2020)06-0240-06

在陆气相互作用中,大气环流和气候变化受地面反照率、土壤温度和湿度的影响,土壤温度对作物的生长有着直接的影响^[1-3],本研究所指地温是指下垫面温度 and 不同深度的土壤温度,地温的变化特征有助于研究各层地温对农业生产的影响^[4-5],在气候变暖的大背景下,研究地面浅层下温度的变化,对指导农业生产具有重要意义。

晋城市位于山西省东南部,气候的总体趋势是变暖,冬、秋波动明显,夏季变化较小,气候变暖对农作物的生长、发育、耕作及产量有明显的影响。近些年,已有杜军等研究得出年平均地温呈现明显升高趋势,且与气温呈线性正相关,趋势相近^[6-10];陆晓波等研究发现,平均地温年代际变化特征明显,其中冬季地温的年代际变化比其他季节显著^[11-14];陈超等的研究表明,深层地温均呈升高的趋势,以冬季地温升温最明显,夏季地温以下降为主^[15-17];虞海燕等研究了 1951—2009 年我国不同区域气温和降水量变化特征,但对中部地区气温研究较多,对变化研究较少^[18-20]。目前,针对晋城市气温变化与地温的时空特征分析研究很少,依

据收集的晋城市辖区近 42 年的气温及 0~20 cm 地温资料,采用气候学分析方法,研究了气温与地温的时空变化与突变等相关性,为应对气候变化和指导农业生产提供了重要的依据。

1 资料与方法

1.1 资料

选取晋城市 5 个气象站(晋城、高平市、阳城县、沁水县、陵川县)1976—2017 年气温和各层地温资料,所用资料取自山西省气象局 CIMISS 系统资料库,且通过均一化处理^[21]。按农业气象上的相关规定(冬季为 12 月至次年 2 月,春季为 3—5 月,夏季为 6—8 月,秋季为 9—11 月)处理数据,生成各月、季及年气候资料序列。

1.2 方法

本研究采用线性倾向估计法^[22]计算气象要素的长期变化趋势。通过公式 $E(t) = \sum_i^t (x_i - \bar{x}_j)$ 计算累积距平。式中: x_i 为历年平均值, \bar{x} 为多年(42 年)平均值,若指标绝对值达到最大时,所对应的 t 为突变年份。

利用信噪比计算气候突变,公式为 $S/N = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{s_1 - s_2}$ 。式中: \bar{x}_1 、 \bar{x}_2 和 s_1 、 s_2 分别为转折年份前后 2 个阶段资料的平均值和标准差,当距平大于标准

收稿日期:2019-02-14

作者简介:刘强军(1971—),男,山西晋城人,高级工程师,研究方向为气象与农业应用研究等。E-mail:121545038@qq.com。

差的 2 倍时作为异常;当 $S/N > 1.0$ 时,为气候突变。为了解气候倾向率的显著性,采用蒙特卡罗方法^[23]来估计相关系数的临界值。

2 结果与分析

2.1 地温和气温的年变化特征

2.1.1 气候倾向率分析 根据晋城市各气象站平均气温和 0~20 cm 各土层地温的气候倾向率进行计算,结果见表 1。晋城市春夏秋冬和年均地温、气温的气候倾向率为正,都呈增温趋势,增幅为 0.015~0.056℃/年。除秋季的 10 cm 和 20 cm 土层、冬季的 5 cm 和 10 cm 土层地温上升趋势通过 95% 的信度水平检验外,其他信度检验均≥99%。0~20 cm 土层地温春季倾向率最大(0.045℃/年),冬季气温倾向率最大(0.052℃/年);气温的夏季倾向率最小,5、10 cm 土层地温的冬季倾向率最小,15、20 cm 地温为秋季倾向率最小。全年 5 cm 地

温倾向率最大(0.037℃/年),0 cm 地温倾向率最小(0.027℃/年)。从平均看,年平均地温及气温均呈升高趋势,全部通过 99.9% 的信度检验,但地温倾向率小于气温倾向率(0.034℃/年)。

2.1.2 年季变化相关性分析 根据中国气象局气候年鉴资料,1976—2017 年,晋城年平均气温 11.8℃,0~20 cm 平均地温分别为 14.2、13.3、13.3、13.6、13.5℃。通过 0~20 cm 土层地温和气温的相关性分析(表 2)可知,全年各层平均气温与地温均呈正相关关系,全年相关系数 5 cm 土层最小(0.89),0 cm 土层最大(0.95);季节上看,相关系数冬季最小(10 cm 土层秋季最小),春季最大。造成该现象的主要原因是晋城属温带大陆性季风气候,四季分明,春季气温回升快,长波辐射易于在气温和地温之间传递,冬季气温较低,接收地表长波辐射的能力较弱,此为气温和地温相关性差异的主要原因。

表 1 1976—2017 年山西省晋城市平均气温和地温的气候倾向率

要素名称	气候倾向率(℃/年)				
	春季	夏季	秋季	冬季	全年
0 cm 土层	0.056***	0.021**	0.033***	0.040***	0.027***
5 cm 土层	0.042***	0.021**	0.027***	0.019*	0.037***
10 cm 土层	0.041***	0.023***	0.019*	0.018*	0.029***
15 cm 土层	0.043***	0.023**	0.021**	0.022**	0.030***
20 cm 土层	0.044***	0.025***	0.019*	0.023**	0.031***
0~20 cm 土层平均	0.045***	0.024**	0.030***	0.024**	0.030***
气温	0.043***	0.015**	0.028***	0.052***	0.034***

注: *、**、*** 分别表示通过 95%、99.0%、99.9% 的信度检验。

表 2 1976—2017 年山西省晋城市平均气温与地温的相关系数

土层 (cm)	气温与地温相关系数				
	春季	夏季	秋季	冬季	全年
0	0.95	0.81	0.82	0.57	0.95
5	0.94	0.82	0.80	0.51	0.89
10	0.94	0.79	0.48	0.52	0.91
15	0.95	0.82	0.81	0.50	0.91
20	0.95	0.84	0.81	0.52	0.93

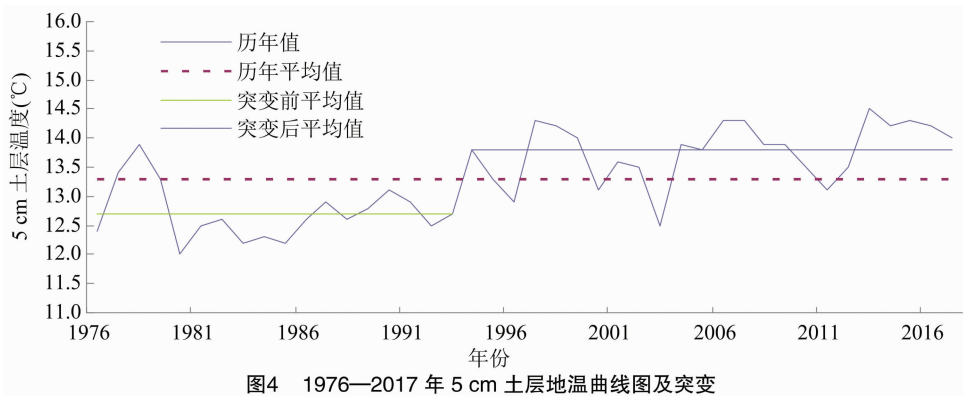
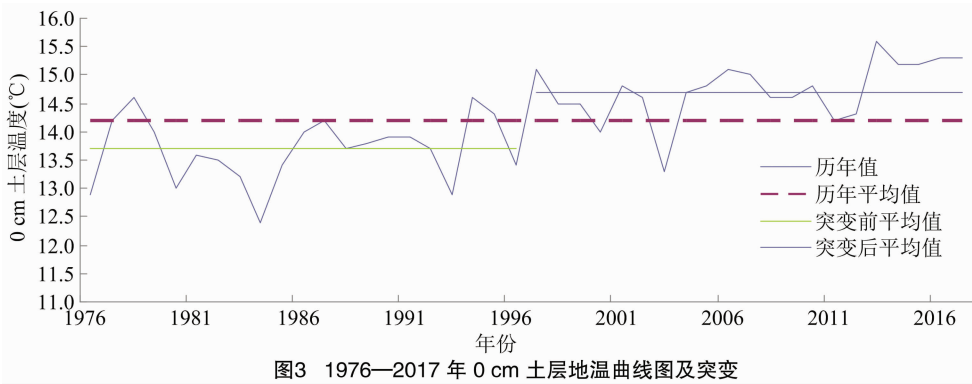
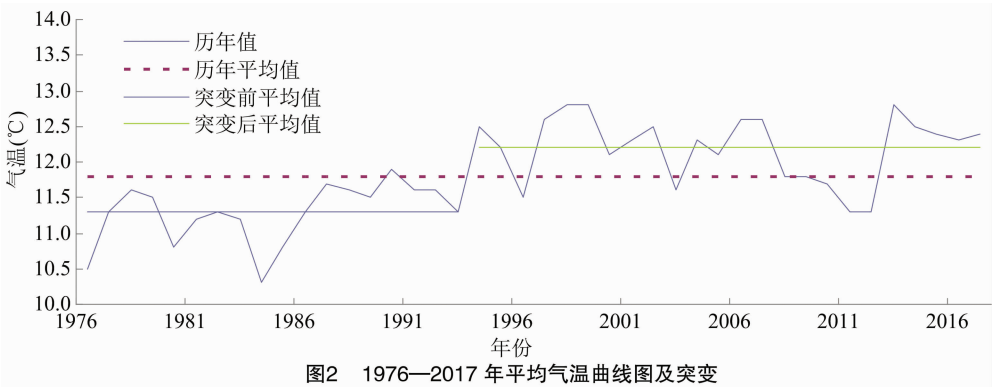
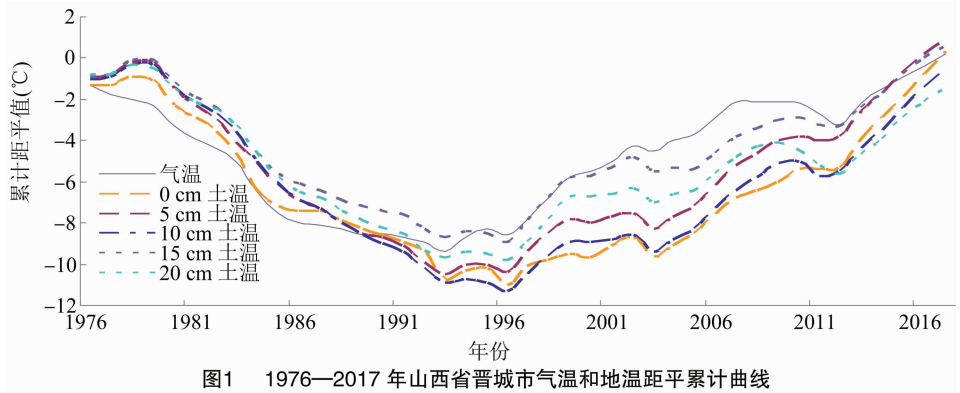
注:表中相关系数均通过 99.9% 的信度水平检验。

2.1.3 气候突变分析 依据数据序列计算 1976—2017 年晋城市平均地温与气温累积距平(图 1),分析可知,近 42 年来,气温与年均地温具有明显的波动,20 世纪 70 年代至 90 年代中期下降趋势明显,而 20 世纪 90 年代中期至今为持续上升趋势。计算气候突变(图 2 至图 7)可以发现,年平均气温和 5 cm 土层平均地温在 1994 年发生了突变,0、10、

15、20 cm 土层平均地温在 1998 年发生了突变;突变前年平均气温、0、5、10、15、20 cm 土层地温值分别为 11.3、13.7、12.7、12.8、13.2、13.1℃,气温较历年平均值偏低 0.8℃,地温偏低 0.4~0.5℃,属于冷期;突变后年平均气温、0、5、10、15、20 cm 土层地温值分别为 12.3、14.8、13.8、13.8、14.1、13.9℃,气温较历年平均值偏高 0.5℃,地温偏高 0.4~0.6℃,属于暖期。分析突变前后气候倾向率及距平累积曲线发现,自 20 世纪 90 年代以来,平均气温与 15 cm 地温的变化规律最为一致,相似度较高。

2.2 地温和气温的异常特征

由表 3 可知,春季气温在 2000 年和 2008 年分别出现了异常偏高的现象,地温在 2004 年和 2014 年分别出现了异常偏高的现象;夏季气温未出现异常,0 cm 土层地温在 1993 年异常偏低,而在 1997



年所有土层均出现了异常偏高的现象,这是由于降水量严重偏少、日照偏多所致;秋冬季的地温和气温均在 1998 年同时出现了异常偏高的现象;秋季地

温和气温都在 1981 年同时出现了异常偏低的现象;冬季气温分别在 1976 年、1983 年、1984 年出现了异常偏低的现象,0 cm 土层地温在 1983 年出现了异

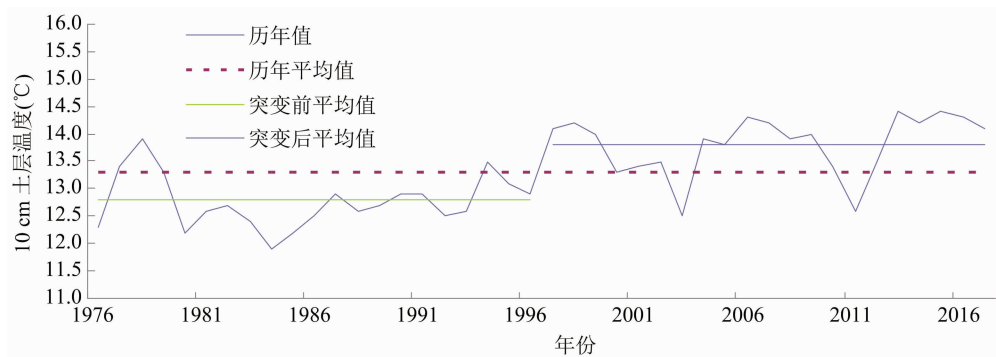


图5 1976—2017 年 10 cm 土层地温曲线图及突变

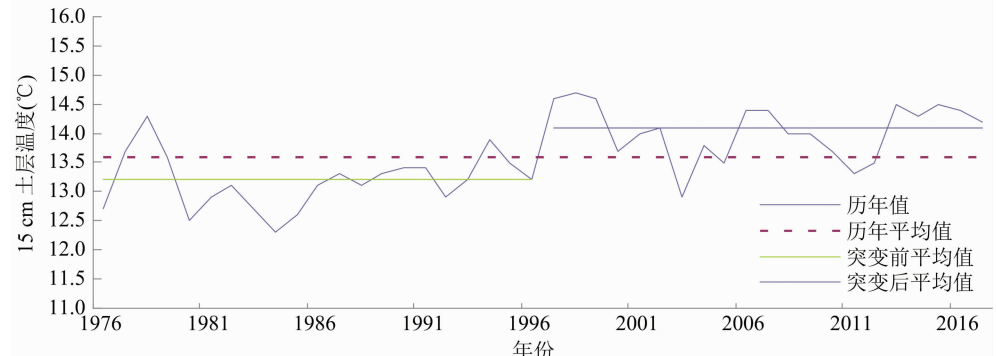


图6 1976—2017 年 15 cm 土层地温曲线图及突变

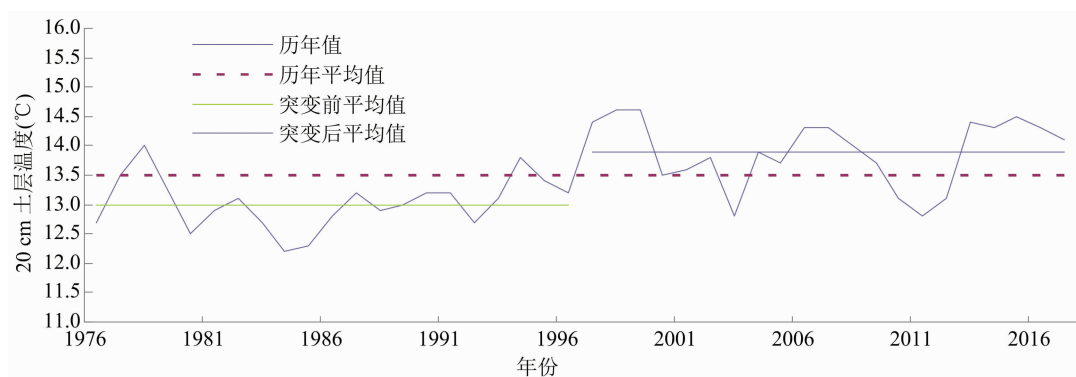


图7 1976—2017 年 20 cm 土层地温曲线图及突变

表 3 1976—2017 年山西省晋城市平均气温和地温季、年异常年份

要素名称	异常年份				年
	春季	夏季	秋季	冬季	
0 cm 地温	2004(+),2014(+)	1993(-),1997(+)	1981(-),1998(+)	1983(-),1998(+)	/
5 cm 地温	2004(+),2014(+)	1997(+)	1981(-),1998(+)	1998(+)	/
10 cm 地温	2004(+),2014(+)	1997(+)	1981(-),1998(+)	1998(+)	/
15 cm 地温	2004(+),2014(+)	1997(+)	1981(-),1998(+)	1998(+)	/
20 cm 地温	2004(+),2014(+)	1997(+)	1981(-),1998(+)	1998(+)	/
平均气温	2000(+),2008(+)	/	1981(-),1998(+)	1976(-),1983(-),1984(-),1998(+)	/

注：“+”表示异常偏高，“-”表示异常偏低，“/”表示无异常。

常偏低的现象。全年中,气温和地温均无异常现象。

2.3 气温及地温的空间特征分析

2.3.1 气温及地温的空间分布特征 图 8 至图 13 为 1976—2017 年晋城市年平均气温及 0、5、10、15、20 cm 土层地温等值线,可以看出,近 42 年晋城市

0~20 cm 各土层地温的空间分布特征为西部高、东部低,地温从陵川县开始依次向西(高平→晋城→沁水→阳城)逐渐增高。由图 8 可知,纬度和海拔高度与各层地温的空间分布密切相关,地温空间分布与晋城和高平地势平坦及陵川、沁水、阳城西部

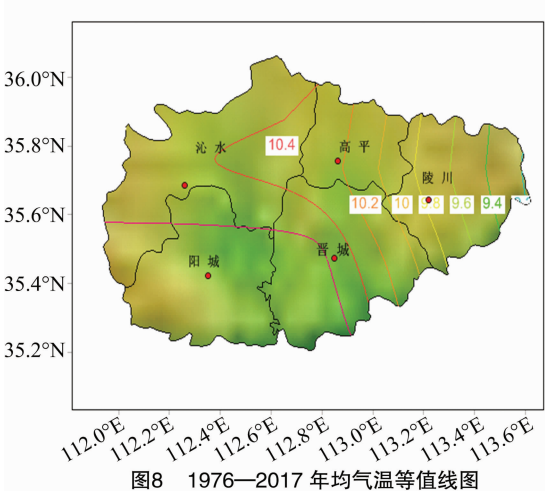


图8 1976—2017 年 0 cm 土层地温等值线图

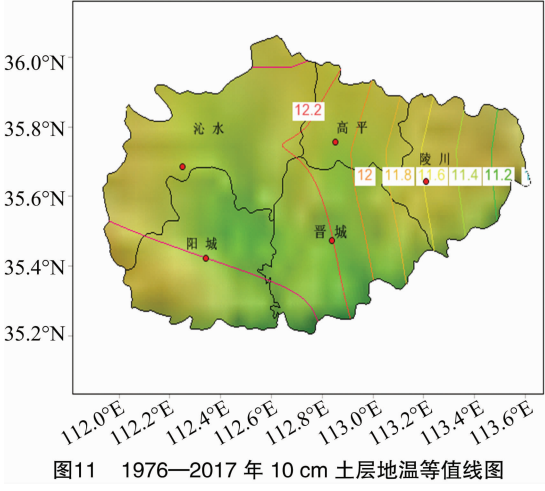


图11 1976—2017 年 10 cm 土层地温等值线图

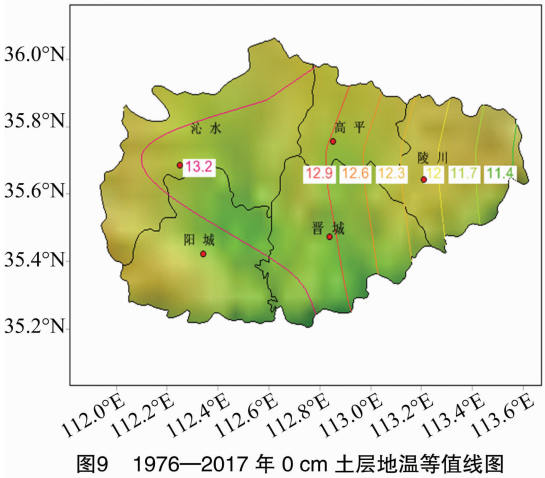


图9 1976—2017 年 0 cm 土层地温等值线图

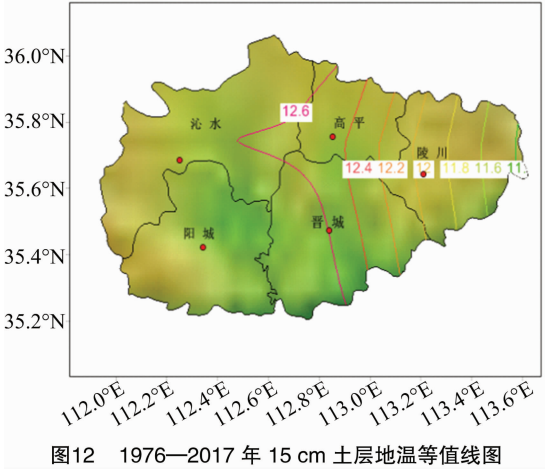


图12 1976—2017 年 15 cm 土层地温等值线图

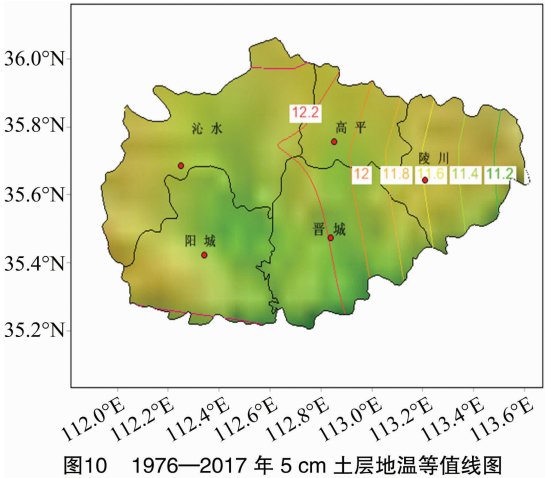


图10 1976—2017 年 5 cm 土层地温等值线图

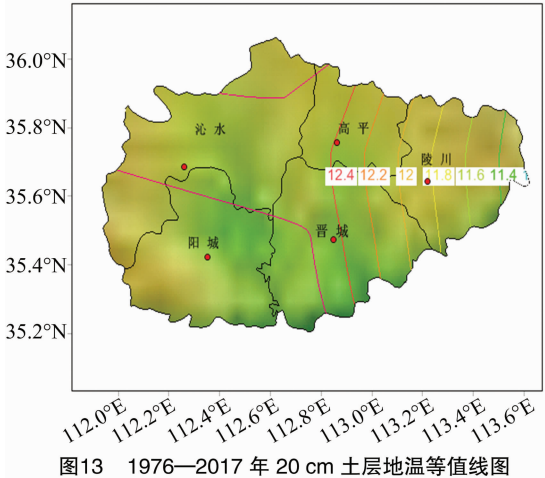


图13 1976—2017 年 20 cm 土层地温等值线图

海拔偏高等密切相关。

2.3.2 地温及气温月变化剖面图分析 由图 14 可知,1976—2017 年晋城市各月 0 ~ 20 cm 地温均为 -4.0 °C 以上,其中 12 月至次年 1 月地温为

-3 ~ 4 °C,3—11 月地温为 8 ~ 28 °C;6—9 月处于 20 °C 以上,最低值出现在 1 月,其后逐步上升,7 月达到峰值,然后逐渐下降。与晋城市各月平均气温相比,0 ~ 20 cm 土层地温的月变化与气温的月变化相似(1 月为最低值,7 月为最高值);5—7 月 0 ~ 20 cm 土层地温高于气温;4 月 0 ~ 15 cm 土层地温低于气温。

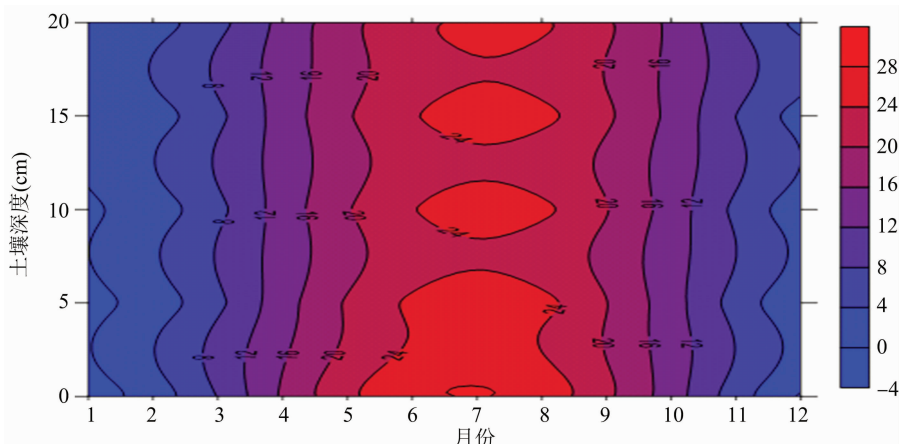


图14 各月 0~20 cm 土壤深度地温剖面图

3 结论

本研究通过对山西省晋城市近 42 年地温与气温的时空特征进行统计分析,得到了以下结论:

(1)年、季平均气温和各土层地温均呈升高趋势,升幅为 $0.018 \sim 0.056 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{年}$ 。气温与年平均地温呈显著正相关,相关系数均在 0.89 以上。

(2)年平均气温和 5 cm 土层平均地温在 1994 年发生了突变,各土层地温在 1998 年发生了突变,气温较历年平均值偏低 $0.8 \text{ }^{\circ}\text{C}$,地温偏低 $0.4 \sim 0.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$,属于冷期;突变后气温较历年平均值偏高 $0.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$,地温偏高 $0.4 \sim 0.6 \text{ }^{\circ}\text{C}$,属于暖期。

(3)四季中,气温的异常年份与秋季地温关联性较高,其他季节关联性较低;春季地温在 2004 年、2014 年异常偏高,而气温在 2000 年和 2008 年异常偏高;夏季地温都是 1997 年异常偏高,但气温无异常年份;秋季地温和气温都在 1981 年异常偏低和 1998 年异常偏高;冬季地温也是在 1998 年异常偏高,而气温在 1976 年、1983 年、1984 年异常偏低,1998 年异常偏高。

(4)年度地温和气温都无异常年份;晋城市各层地温的空间分布均表现为东低西高,根据地温变化规律,可以指导当地农业生产。

参考文献:

- [1] 汤懋苍,孙淑华,钟强,等. 下垫面能量储放与天气变化[J]. 高原气象,1982(1):24-34.
- [2] 李崇银. 气候动力学引论[M]. 北京:气象出版社,1995.
- [3] 皇甫雪官. 地表物理过程参数化方案的研究进展[J]. 气象科技,1997(2):2-12.
- [4] 中国气象局. 地面气象观测规范[S]. 北京:气象出版社,2003.
- [5] 周绍毅,劳炜,苏志,等. 1961—2010 年广西浅层地温变化特征[J]. 西南农业学报,2012,25(4):1372-1375.
- [6] 杜军,胡军,罗布次仁,等. 西藏浅层地温对气候变暖的响应[J]. 冰川冻土,2008(5):745-751.
- [7] 王海波,黄少鹏,任永飞,等. 西安城市地温与气温变化初步分析[J]. 地质科学,2014(3):874-887.
- [8] 曹兴,陈荣毅,杨举芳,等. 沙漠腹地秋季地温变化特征及其与气温的关系[J]. 干旱气象,2011(4):433-438.
- [9] 康文英,徐建芬. 衡水市近 50 年气温与地温变化分析[J]. 衡水学院学报,2013,15(4):104-107.
- [10] 于盛楠,尹嫦姣,闫世岩,等. 佳木斯市地温与气温的关系[J]. 安徽农业科学,2013(1):218-219.
- [11] 陆晓波,徐海明,孙丞虎,等. 中国近 50 a 地温的变化特征[J]. 南京气象学院学报,2006,29(5):706-712.
- [12] 吕红玉,张林媛,张宏茹,等. 1981—2010 年三江平原 40 ~ 320 cm 深地温变化特征[J]. 冰川冻土,2012(6):1346-1352.
- [13] 贾效禄,杨青,赵勇,等. 近 50 a 乌鲁木齐市的深层地温特征[J]. 干旱气象,2011(2):201-204.
- [14] 陈成国,石慧兰,王桂兰,等. 1961—2010 年德州市地温变化特征[J]. 气象与环境学报,2012,28(1):86-89.
- [15] 陈超,周广胜. 1961—2010 年桂林气温和地温的变化特征[J]. 生态学报,2013,33(7):2043-2053.
- [16] 蒙桂云,喻彦. 1961—2005 年西双版纳浅层地温对气候变化的响应[J]. 气象科技,2010(3):316-320.
- [17] 吴燕辉,周勇. 1958—2004 年江汉平原气温变化特征分析[J]. 气象与环境学报,2007(3):5-9.
- [18] 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.
- [19] 刘可群,王海军,王凯,等. 我国中部年、季平均气温变化的趋势性分析[J]. 长江流域资源与环境,2010(增刊1):62-66.
- [20] 唐红玉,翟盘茂,王振宇. 1951—2002 年中国平均最高、最低气温及日较差变化[J]. 气候与环境研究,2005(4):728-735.
- [21] 朱智,师春香,张涛,等. 多种再分析地表温度资料在中国区域的适用性分析[J]. 冰川冻土,2015(3):614-624.
- [22] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 2 版. 北京:气象出版社,2007.
- [23] 施能,魏凤英,封国林,等. 气象场相关分析及合成分析中蒙特卡洛检验方法及应用[J]. 南京气象学院学报,1997(3):355-359.