

近 31 年来西安垂直温度变化特征

金丽娜, 王雯燕, 曲静 (陕西省西安市气象局, 陕西西安 710016)

摘要 选取 1981~2011 年西安地温、气温、高空温度的观测资料, 采用气候倾向率估算法、Mann-Kendal 突变检验法等方法, 分析 20 世纪 90 年代的平均温度倾向率垂直变化, 计算各层年较差, 总结地温 320 cm~高空 20 hPa 的年、季节温度变化特征。结果表明, 气温的变化直接影响到地温、对流层中下层温度变化, 接近地面的浅层地温和对流层下层年、季温度变化趋势与气温一致, 随着地温深度和对流层高度的增加影响逐渐变小, 平流层下层温度变化与气温相反; 近年来, 温室效应带来的影响主要表现在对流层中下层, 20 世纪 90 年代为近地层温度较为活跃的时期; 地温-气温-对流层中下层温度突变时间依次有所提前, 对流层顶及平流层下层突变年比较分散; 春季、秋季垂直温度的变幅较大, 冬季和年垂直温度的变幅较小, 夏季垂直温度的变幅最小; 地温 320 cm~高空 250 hPa 夏季温度高于冬季, 200~50 hPa 等压面夏季温度低于冬季, 在 50 hPa 等压面上没有明显的季节区分。

关键词 西安; 垂直温度; 变化特征

中图分类号 S161.1 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2013)26-10745-03

Variation Characteristics of Vertical Temperature in Xi'an City in Recent 31 Years

JIN Li-na et al (Meteorological Bureau of Xi'an, Xi'an, Shaanxi 710016)

Abstract Selecting geothermal, temperature, and upper-air temperature observation data from 1981 to 2011, using climate trend rate estimation method, Mann-Kendal mutation test method, the vertical variation of average temperature tendency rate in 1990s was analyzed, annual range in layers was calculated, annual and seasonal temperature characteristics from geothermal 320 cm to upper-air temperature 20 hPa were summarized, the results showed that: temperature changes directly affected the geothermal and the lower tropospheric temperature changed, the annual and seasonal variation of shallow geotherma and lower tropospheric was similar, the impacts gradually decreased with the depth of geotherma and tropospheric height increasing, the lower stratosphere temperature changes was contrary. In recent years, the impact of the greenhouse was mainly manifested in the lower troposphere, the temperature near the ground 1990s as more active period. Geotherma-temperature-lower troposphere temperature, mutations were ahead of time, the tropopause and lower stratosphere mutation was more dispersed. Spring and autumn vertical temperature amplitude was larger, winter and annual vertical temperature amplitude was smaller, summer vertical temperature amplitude was the smallest. From geothermal 320 cm to upper-air temperature 250 hPa, summer temperature was higher than winter; from 200 hPa to 50 hPa, the summer temperature was lower than winter; there is no obvious seasonal distinction in 50 hPa layer.

Key words Xi'an; Vertical temperature; Variation characteristics

近年来, 全球气候普遍变暖, 温度变化是导致气候变暖的重要因素之一, 许多学者分别开展了有关地温^[1-2]、气温^[3-4]及高空温度^[5-6]特征的研究, 很多专家也对西安的气候特征进行了分析^[7-9], 但针对地温、气温和高空温度变化的垂直研究却很少。为此, 笔者针对西安单站, 自下而上对近 31 年的垂直温度变化进行了综合分析, 探讨了近 31 年西安垂直空间的温度变化特征。

1 资料与方法

1.1 资料来源 选取西安 1981~2011 年的地温(0.5、10、15、20、40、80、160、320 cm)、气温、高空温度(850、700、500、400、300、250、200、100、70、50、30 和 20 hPa)探测数据, 季节划分为 3~5 月为春季、6~8 月为夏季、9~11 月为秋季、12 月~翌年 2 月为冬季。

1.2 研究方法 通过气候倾向率估算法对年、季节数据进行线性拟合, 即 $y = at + b$, $a \times 10$ 表示为每 10 年的气候倾向率, a 表示增加(减小)趋势, 接近 0 表示无明显变化, b 为常数。采用 Mann-Kendall 法^[10]对数据进行突变检验分析。通过绘制逐层温度倾向率垂直变化图, 分析同一时期内地温至高空温度的年、季节温度垂直剖面的变化特征。利用气温年较差(夏季温度-冬季温度), 分析各层面上温度的年变化稳

定性。

2 结果与分析

2.1 各层年、季平均温度变化特征

2.1.1 地温。近 31 年西安各层地温的年平均温度在 14.8~15.6℃, 40 cm 最低, 0 cm 最高。年均地温和春季平均地温 20 世纪 80 年代和 90 年代较低, 各层均低于多年均值; 进入 21 世纪后地温普遍升高, 均高于多年均值; 夏季各层平均地温在 80 年代低于多年均值, 90 年代 15、20 和 80 cm 与多年均值持平, 160、320 cm 低于多年均值, 其余层面高于多年均值, 21 世纪后均高于多年均值; 秋季和冬季各层平均地温 80 年代低于多年均值, 90 年代 15 cm 与多年均值持平, 其余层面高于多年平均值。说明夏季地温的变幅较大, 春季较稳定。

2.1.2 气温。近 31 年西安年平均气温为 14.3℃, 年、春季、冬季平均气温在 20 世纪 80 年代和 90 年代均低于多年均值; 80 年代夏、秋季平均气温低于多年均值, 90 年代夏、秋季分别高于和持平于多年均值; 21 世纪后年及四季平均气温均高于多年均值。

2.1.3 高空温度。近 31 年西安高空大气从地面到 100 hPa 温度随着高度的升高逐层降低; 400~300 hPa 温度直减率较大, 春季最大, 为 0.71℃/100m; 100~70 hPa 大气层温度为最低值区, 年变化范围在 62.3~68.7℃, 是西安对流层顶所在位置, 70 hPa 以上各层温度随着高度升高而上升。地面到 500 hPa 各季平均温度 20 世纪 80 年代较低, 各层均低于多年均值, 对流层中上层和对流层顶与多年均值接近, 平流层中

基金项目 陕西省气象局 2012 年度重点项目(2012Z-15)。

作者简介 金丽娜(1981-), 女, 陕西西安人, 工程师, 硕士, 从事气候变化研究, E-mail: jinpanpan@126.com。

收稿日期 2013-07-04

下层温度高于多年均值;90年代,各层四季平均温度与多年均值接近;21世纪后,地面到500 hPa各层四季平均温度略高于多年均值,500 hPa以上各层与多年均值接近。

以上分析可知,气温的变化直接影响到地温、对流层中下层温度变化,接近地面的浅层地温和对流层下层年、季温度变化趋势与气温一致,随着地温深度和对流层高度的增加影响逐渐变小,平流层下层温度变化与气温相反;20世纪80年代500 hPa以下各层平均温度普遍偏低,90年代与多年均值持平,21世纪平均温度略高于多年均值。

从近31年各典型层面的逐年平均温度距平变化曲线(图1)可以看出,高空30 hPa的温度变化最为明显,最高值出现在1983年,最低值出现在1999年;深层160 cm地温的变化最小,最高值出现在2007年,最低值出现在1993年;高空500 hPa以下的等压面最高值区出现在21世纪后,低值区基本出现在20世纪90年代,500 hPa以上的高值区和低值区基本均出现在90年代,可见近年来的温室效应影响的高度在对流层中下层,且20世纪90年代为近地层温度较为活跃的时期。此外,近31年西安高空30、100、200、500、850 hPa温度以及气温和0、15、40、160 cm地温的气候倾向率分别为-0.73、-0.59、-0.09、0.20、0.28、0.82、0.64、0.55、0.48、0.53 °C/10a,可见浅层地温随着深度的减小,升温率增大,受气温的影响显著;对流层随着高度的升高,升温率减小,受气温的影响减小;平流层随着高度的升高,降温率增大。

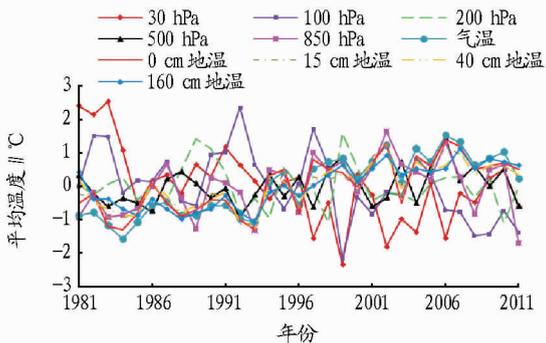


图1 1981~2011年西安各典型层面的逐年平均温度距平变化

2.2 各层温度的突变检验 通过M-K方法分析各层的突变,结果发现,200 hPa等压面温度没有发生突变,100 hPa等压面温度的突变出现在2005年,其余各等压面温度的突变时间主要集中在20世纪90年代。从垂直剖面分析,地温的突变主要发生在20世纪90年代后期,气温突变主要在1994年,近地面高空突变发生在90年代前期,自下而上突变时间依次有所提前,对流层中部以上等压面的突变年比较分散。

2.3 年、季平均温度变化趋势的垂直分布 选取突变比较集中的20世纪90年代的数据,将此10年的气候倾向率绘制成垂直剖面图,分析地温、气温、高空温度的年、季温度变化的垂直线性特征。由图2可见,近31年西安地温320 cm~高空200 hPa年平均温度的气候倾向率均为正值,温度为上升趋势,地面0 cm升温最快;高空150 hPa及以上等压面的气候倾向率均为负值,温度为降低趋势,70 hPa降温最快。春季,地温320 cm~高空150 hPa的气候倾向率均为正值,温

度为上升趋势,1.5 m气温升温最快;高空100 hPa及以上等压面的气候倾向率均为负值,温度为降低趋势,50 hPa降温最快。夏季,地温320~10 cm、气温、高空850~250 hPa气候倾向率均为正值,温度为上升趋势,160 cm地温升温最快;地温5 cm、地面0 cm、高空200 hPa及以上等压面的气候倾向率均为负值,温度为降低趋势,70 hPa降温最快。秋季,地温320 cm~高空200 hPa气候倾向率均为正值,温度为上升趋势,高空700 hPa升温最快;高空150 hPa及以上等压面的气候倾向率均为负值,温度为降低趋势,70 hPa降温最快。冬季,地温320 cm~高空200 hPa气候倾向率均为正值,温度为上升趋势,高空250 hPa升温最快;高空150 hPa及以上等压面的气候倾向率均为负值,温度为降低趋势,30 hPa降温最快。

春季地温及气温的气候倾向率随着高度的升高升温幅度增大,夏季和冬季随着高度的升高升温幅度减慢,年和秋季随着高度的升高升温幅度减慢不明显;大约在高空250~150 hPa的等压面上出现正负倾向率的转折;对流层顶以上等压面夏季随高度的升高降温比较缓慢,其余均为迅速降温。总之,春季、秋季垂直温度的变幅较大,冬季、年垂直温度的变幅相对较小,夏季垂直温度的变幅最小。

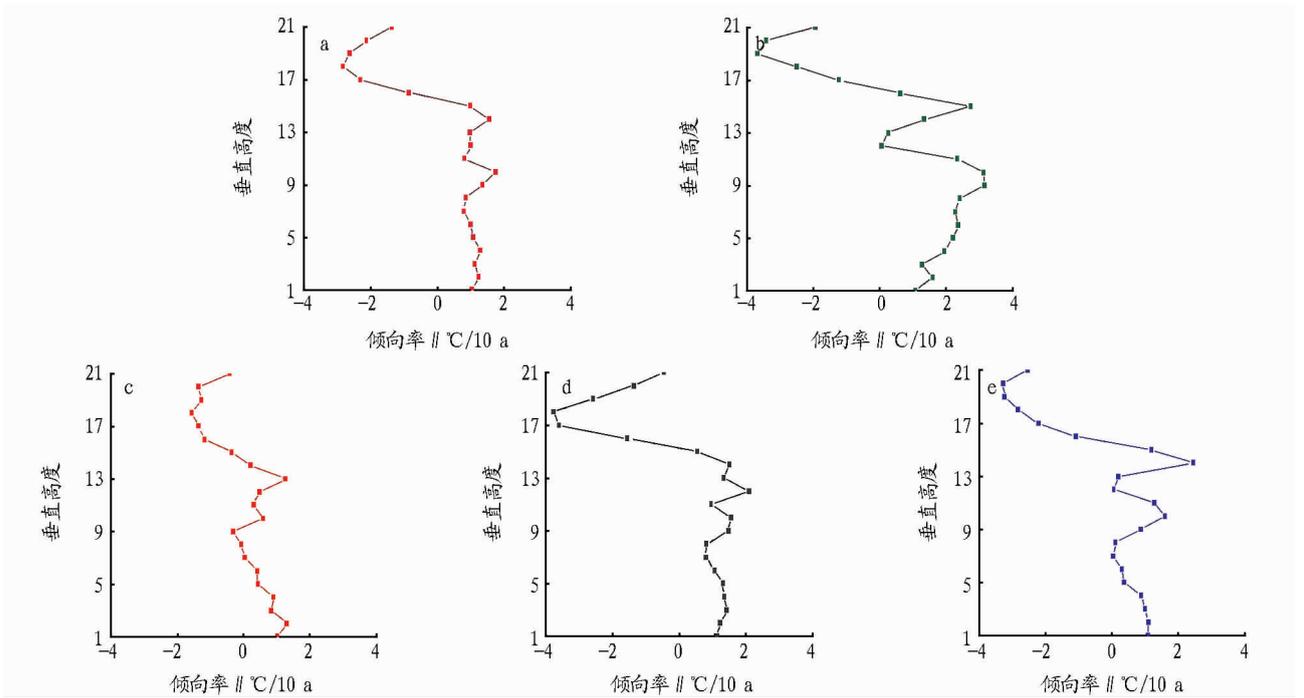
2.4 多年平均温度年较差变化趋势 从不同层次温度的年较差变化(图3)可以看出,地温320 cm~高空250 hPa、高空30~20 hPa的等压面,夏季温度高于冬季,年较差为正;200~50 hPa的等压面,夏季温度低于冬季,年较差为负;地温320~0 cm随深度的减小,年较差逐步增大,且20 cm以下迅速增大,20 cm以上缓慢增大;0 cm~高空500 hPa随高度的升高,年较差缓慢减小;500~300 hPa年较差略有增大,300~100 hPa年较差急剧减小,100 hPa以上年较差再次迅速增大;50 hPa等压面上的年较差为-1.2 °C,最接近0 °C,说明这个高度上温度全年变化很接近,已没有明显的季节区分。

3 结论

(1)气温的变化直接影响到地温、对流层中下层温度变化,接近地面的浅层地温和对流层下层年、季温度变化趋势与气温一致,随着地温深度和对流层高度的增加影响逐渐变小,平流层下层温度变化与气温相反;20世纪80年代500 hPa以下各层平均温度普遍偏低,90年代与多年均值持平,21世纪平均温度略高于多年均值。

(2)近31年西安高空30 hPa的温度变化最为明显,深层160 cm地温的变化最小;高空500 hPa以下的等压面高值区出现在21世纪后,低值区基本出现在20世纪90年代,500 hPa以上等压面的高值区和低值区基本均出现在90年代,可见近年来的温室效应带来的影响主要表现在对流层中下层,20世纪90年代为近地层温度较为活跃的时期。

(3)近31年西安地温突变主要在20世纪90年代后期,气温突变主要在1994年,近地面高空突变主要在90年代前期,对流层中部以上等压面的突变年比较分散,自地温至对流层中下部突变时间依次有所提前。



注:a.全年,b.春季,c.夏季,d.秋季,e.冬季。纵坐标中数字分别代表1-地温320 cm,2-地温160 cm,3-地温80 cm,4-地温40 cm,5-地温20 cm,6-地温15 cm,7-地温10 cm,8-地温5 cm,9-地面0 cm,10-气温,11-850 hPa 气温,12-700 hPa 气温,13-500 hPa 气温,14-250 hPa 气温,15-200 hPa 气温,16-150 hPa 气温,17-100 hPa 气温,18-70 hPa 气温,19-50 hPa 气温,20-30 hPa 气温,21-20 hPa 气温。

图 2 1981~2011 年西安年和四季平均气温变化趋势随高度的分布

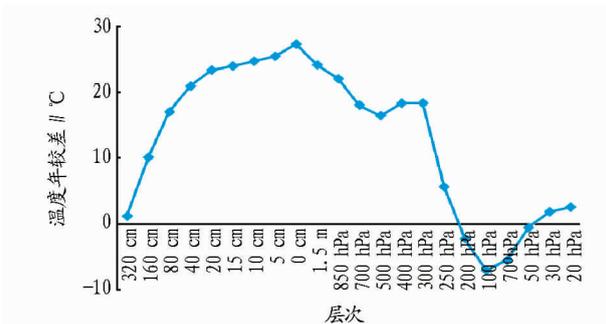


图 3 1981~2011 年西安市多年平均温度的年较差变化

(4) 近 31 年西安春、秋季垂直温度的变幅较大,冬季、年垂直温度的变幅相对较小,夏季垂直温度的变幅最小。大约在高空 150~250 hPa 等压面上出现正负倾向率的转折。

(5) 近 31 年西安地温 320 cm~高空 250 hPa、高空 30~20 hPa 的等压面,年较差为正值;200~50 hPa 的等压面年较差为负值;50 hPa 等压面上的年较差为 -1.2 °C,最接近 0 °C,说明

这个高度上温度全年变化很接近,已没有明显的季节区分。

参考文献

[1] 陆晓波,徐海明. 中国近 50 年地温的变化特征[J]. 南京气象学院学报, 2006,29(5):706-712.
 [2] 胡军,杜军,边多,等. 西藏地温的年际和年代际变化[J]. 地理学报, 2007,62(9):925-934.
 [3] 张楠,苗春生,邵海燕. 1951-2007 年华北地区夏季气温变化特征[J]. 气象与环境学报,2009,25(6):23-28.
 [4] 王德丽,殷淑燕,王海燕,等. 近 50 年来铜川市气候变化特征分析[J]. 干旱区资源与环境,2011,25(3):88-91.
 [5] 郭艳君,丁一汇. 近 50 年我国探空温度序列均一化及变化趋势[J]. 应用气象学报,2008,19(6):646-650.
 [6] 薛德强,谈哲敏. 近 40 年中国高空温度变化的初步分析[J]. 高原气象, 2007,26(1):141-148.
 [7] 车慧正,张小曳,李杨,等. 过去 50 年西安气候演变趋势的研究[J]. 干旱区资源与环境,2005,19(7):96-100.
 [8] 刘小艳,宁海文,杜继稳,等. 近 56 年来西安市气温突变与致灾效应[J]. 干旱区资源与环境,2009,23(11):94-98.
 [9] 徐小红,余兴. 西安近 50 年气候变化初步分析[J]. 陕西气象,2005(5): 11-15.
 [10] 符淙斌,王强. 气候突变的定义和检测方法[J]. 大气科学,1992,16(4):482-493.

(上接第 10626 页)

[6] 刘媛,陈育如,陈志芳. 牛肝菌液体发酵及产多糖的影响因素研究[J]. 生物加工过程,2004,2(1):44-47.
 [7] 丁重阳,张笑然,张梁,等. 姬松茸胞内多糖碱提取工艺[J]. 生物加工过程,2008,6(5):21-26.
 [8] 周帅,唐庆九,杨淼,等. 药用真菌粗多糖蛋白含量测定方法[J]. 食用菌学报,2010,17(1):72-75.
 [9] 刘冬华,刘红,汪彬,等. 姬松茸液体深层发酵培养条件的研究[J]. 湖

南农业大学学报:自然科学版,2007,33(4):475-479.
 [10] 张惟杰. 糖复合物生化研究技术[M]. 杭州:浙江大学出版社,1994.
 [11] 游明乐. 中国食(药)用真菌发酵工程研究进展[J]. 微生物学通报, 2007,34(2):327-331.
 [12] 吕文华,从威,蔡昭铃. 蔗糖、乳糖及 KH_2PO_4 对乳链菌肽合成的影响[J]. 过程工程学报,2004,4(1):28-31.
 [13] 蔡武成,袁厚积. 物质常用化学分析法[M]. 北京:科学出版社, 1982.