

DOI :10.3876/j.issn.1000-1980.2010.01.002

近 50 a 来南疆气候变化对可利用降水量的影响

葛朝霞^{1,2},曹丽青^{1,2},薛梅^{1,2},宋颖玲^{1,2},曹琨^{1,2}

(1.河海大学水文水资源与水利工程科学国家重点实验室,江苏 南京 210098 ;
2.河海大学水文水资源学院,江苏 南京 210098)

摘要 :选择 1951 ~ 2006 年逐月降水和温度资料,计算出南疆年平均蒸发量及可利用降水量.在详细分析了 50 a 来南疆地区降水、气温、蒸发及可利用降水量变化特征的基础上,采用逐步回归周期分析法对降水、气温和可利用降水量进行了模拟,并对未来 5 a 上述要素进行了预测.结果表明,20 世纪 70 年代以后南疆地区的温度、降水和蒸发变化基本呈上升态势,可利用降水量却呈现出偏多和偏少交替的波状变化特征.这说明气候变暖,可利用降水量不一定增多,未来 5 a 南疆地区可利用降水量将可能减少.

关键词 :南疆 ;气候变化 ;可利用降水量变化 ;逐步回归

中图分类号 :P461 文献标识码 :A 文章编号 :1000-1980(2010)01-0006-04

新疆维吾尔自治区位于中纬度欧亚大陆腹地,山脉与盆地相间排列,属干旱和半干旱地区.天山山脉将其分成气候差异显著的南疆和北疆,北疆的降水量多于南疆,多年平均年降水量北疆 244 mm,南疆 123.9 mm^[1].研究^[2]表明,近几十年来,在全球气候变暖的大背景下,新疆气候有了较大的变化,全区气温、降水呈上升和明显的增湿趋势.气候变暖,会使得水循环加快,可利用降水量分布发生变化,水文极端事件发生频率增加,对经济发展影响极大.这种问题已引起国内外专家学者的普遍关注^[3-6].南疆降水量偏少,水资源一直是制约和影响当地经济发展的主要因素.在全球气候变暖的背景下,南疆气温、降水和可利用降水量发生了什么变化?未来变化趋势如何?是当地政府非常关心的问题.本文对近 50 a 来南疆地区降水、气温、蒸发和可利用降水量变化特征进行了较为详细的分析,并采用逐步回归周期分析方法对未来 5 a 各要素变化趋势进行了预测.

1 研究所用资料和方法

本文所指的南疆地区为 34.3° ~ 43.5°N,73.6° ~ 96.4°E 范围.选用 7 个气象站(吐鲁番、库车、喀什、和田、且末、若羌、哈密)作为代表站.利用 1951 ~ 2006 年 56 a 逐月降水和温度资料,根据高桥浩一郎公式^[7]计算了南疆地区年平均蒸发量.高桥浩一郎公式为

$$E = \frac{3\,100P}{3\,100 + 1.8P^2 \exp\left[-\frac{34.4\theta}{235.0 + \theta}\right]}$$

式中 : P ——月总降水量,mm; θ ——地面月平均气温,℃; E ——月总蒸发量,mm.

定义可利用降水量^[8-9]为

$$W = P - E$$

从气象角度考虑,降水(P)与蒸发(E)之差越大($P - E > 0$),则局地可利用降水量越丰富,从大气中得到的水资源量越多;反之,可利用降水量及从大气中得到的水资源量越少.

根据逐步回归周期分析原理^[10],确定温度、降水、蒸发、可利用降水量的隐含周期,对未来 5 a 的变化情况进行预测.逐步回归周期分析是周期均值叠加法的推广,其数学模型为

收稿日期 :2008-12-04

基金项目 :国家自然科学基金(90211011);公益性行业(气象)科研专项(GYHY200706005)

作者简介 :葛朝霞(1954—),女,江苏南京人,教授,主要从事水文气象研究. E-mail :xzge@hhu.edu.cn

$$X(t)=\sum_{i=1}^nb_iP_i(t)+\varepsilon(t)$$

设有 n 个观测数据 $x_1, x_2, \dots, x_n$, 按某一时间间隔分为 $b_i=2, 3, \dots, m$ 组(样本数 n 为偶数时, $m=n/2$; n 为奇数时, $m=(n-1)/2$). 计算出各组的平均值作为逐步回归的因子, 按照逐步回归的原理筛选因子, 被选中的因子, 就是序列存在的隐含周期. 要素 t 时刻的值即为其各隐含周期在 t 时刻值的叠加.

2 近 50 a 来南疆地区气候变化及可利用降水量特征

为了从 10 a 时间尺度上了解反映气候特征因子及可利用降水量的演变特征, 本研究采用 10 a 滑动平均的方法^[11] 绘制了各要素距平(取 1971~2000 年平均作为平均值)的滑动平均值变化曲线, 如图 1~4 所示.

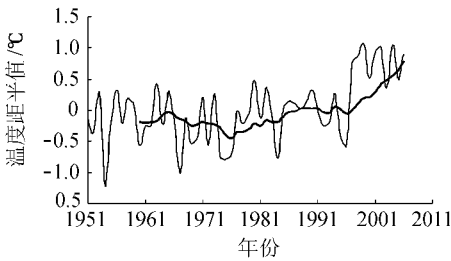


图 1 南疆地区温度距平 10 a 滑动平均值变化曲线

Fig. 1 Variation of 10-year moving average values of temperature anomaly in southern Xinjiang

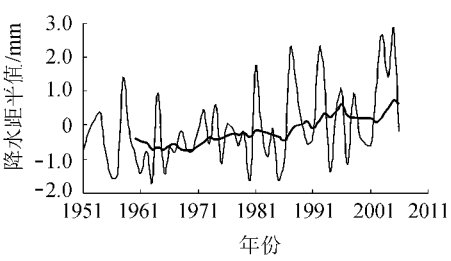


图 2 南疆地区降水距平 10 a 滑动平均值变化曲线

Fig. 2 Variation of 10-year moving average values of precipitation anomaly in southern Xinjiang

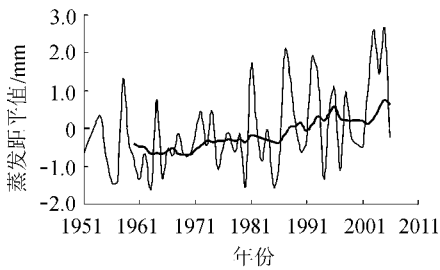


图 3 南疆地区蒸发距平 10 a 滑动平均值变化曲线

Fig. 3 Variation of 10-year moving average values of evaporation anomaly in southern Xinjiang

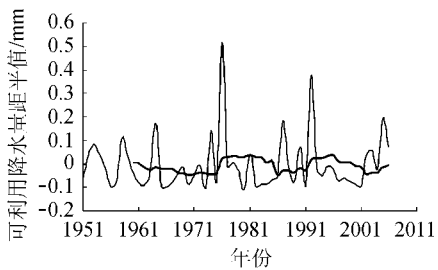


图 4 南疆地区可利用降水量距平 10 a 滑动平均值变化曲线

Fig. 4 Variation of 10-year moving average values of available precipitation anomaly in southern Xinjiang

2.1 南疆地区温度变化特征分析

由图 1 可知:1960~1965 年温度有所上升,1966~1976 年温度呈下降态势;1976 年以后,年平均温度一直呈上升趋势,在 1997 年以后的 10 a 里,增温幅度十分明显,增幅大于或等于 0.5℃ 的就有 9 a.

2.2 南疆地区降水变化特征分析

降水资料分析结果表明:在 1951~1987 年的 37 a 中,降水以负距平为主,负距平出现的年数有 30 a,占总年数的 90%;在 1987~2006 年的 20 a 中,降水正距平的年份明显增多,且正距平的数值都较大,平均可达 1.59 mm.从图 2 可知,1970 年以后年平均降水量呈上升态势,增幅明显的 2 个阶段是 1992~1998 年、2002~2005 年,后一阶段降水量显著偏多,增幅在 1.17~2.83 mm 之间.对比图 1 与图 2 可知,温度和降水的变化趋势具有相似性,温度升高降水量也明显增大.这证明南疆气候已从偏干向偏湿型转变.该结论与现有的一些研究结果是基本一致的^[3].

2.3 南疆地区蒸发变化特征分析

分析结果表明,蒸发与降水变化具有一致性,线性相关系数高达 0.99.从图 3 可知,1970 年以后蒸发量 10 a 平均滑动曲线也一直呈上升态势,增幅明显的 2 个阶段是 1992~1998 年、2002~2005 年,后一阶段蒸发量显著偏多,增幅在 1.13~2.64 mm 之间.

2.4 南疆地区可利用降水量变化特征分析

由图 4 可知,可利用降水量变化要比以上 3 要素复杂,距平值呈波浪式在零线附近摆动.周期分析结果显示:可利用降水量变化存在准 16 a 周期,在近期的 2002~2006 年,曲线出现了明显的上升态势,5 a 中有 4 a

出现了正距平,距平值在 0.04~0.2 mm 之间.

温度、降水、蒸发与可利用降水量的相关分析结果表明,温度与可利用降水量的线性相关系数是 -0.16,没有通过信度为 0.05 的显著性检验,降水、蒸发与可利用降水量的线性相关系数分别是 0.49 和 0.56,均通过了信度为 0.05 的显著性检验.

从以上分析可以看出,南疆地区 1997 年开始已经进入了一个持续快速升温的阶段,升温幅度达到 0.5℃ 以上,在此背景下降水量也有明显增大的趋势,特别是在 1987 年以后的 20 a 里,平均增幅达 1.59 mm.进一步分析可知,温度对可利用降水量的直接影响并不大,而降水量和蒸发量对可利用降水量的影响较大,且降水量与蒸发量的变化本身具有较强的一致性,即降水量加大(减小),蒸发量也同步增大(减小).这就使得与降水量、蒸发量关系密切的可利用降水量的变化具有不确定性.

3 未来 5 a 南疆地区温度、降水及可利用降水量变化趋势预测

3.1 温度、降水、蒸发及可利用降水量的拟合

利用逐步回归周期分析法,建立了各个要素的预报方程.取信度 0.05,对所有预报方程进行预报效果检验,均获通过.在此基础上对 1951~2006 年的温度、降水、蒸发和可利用降水量值进行了拟合.按照 SL 10250—2000《水文情报预报规范》,误差(实测值-预报值)小于最大变幅的 20% 为预报合格,则各要素拟合预报合格率分别为:温度 87.5%,降水 92.9%,蒸发 92.9%,可利用降水量 100%.这表明,模型精度超过规范要求,完全可以用于预报.

3.2 未来 5 a 温度、降水、蒸发及可利用降水量的预报

分别将各隐含周期在预测年份值代入预报模型 $X(t) = \sum_{i=1}^n b_i P_i(t) + \epsilon(t)$,即可得到未来 5 a 各要素的预报值,见表 1.

表 1 未来 5 a 各要素值和距平值预报
Table 1 Values of various elements and predicted results of anomalies for coming 5 years

年份	$\theta/^\circ\text{C}$	$\theta'/^\circ\text{C}$	R/mm	R'/mm	E/mm	E'/mm	$(R-E)/\text{mm}$	$(R-E')/\text{mm}$
2007	11.48	-0.24	2.83	-0.62	2.32	-1.01	0.11	-0.02
2008	11.29	-0.43	2.94	-0.51	2.83	-0.50	0.11	-0.01
2009	11.42	-0.30	2.43	-1.02	2.51	-0.82	0.08	-0.04
2010	11.37	-0.35	3.22	-0.23	3.71	0.38	0.16	0.03
2011	11.56	-0.17	2.76	-0.69	2.55	-0.77	0.09	-0.04

表 1 显示,在未来的 5 a 里,南疆地区温度将比常年(1971~2000 年均值)偏低,降水偏少,蒸发和可利用降水量也基本呈减少态势(除 2010 年外).

4 结 语

对 1951~2006 年降水、温度和可利用降水量资料的分析表明:自 1976 年以后,南疆地区年平均温度一直呈上升趋势.特别是 1997 年以后的 10 a 里,增温幅度十分明显,增幅超过了 0.5℃.在此背景下,降水和蒸发也相应地进入了持续上升通道,南疆气候已从偏干向偏湿型转变.但可利用降水量的变化并没有出现单一的上升或下降趋势,而是呈现正负距平交替的波状变化特征,存在着准 16 a 的振荡周期.降水和蒸发对可利用降水量影响较大,而蒸发与降水变化具有一致性.也就是说,蒸发加大,降水量增大;当降水引起可利用降水量的增大幅度大于蒸发引起可利用降水量的增大幅度时,水资源就会增加,反之水资源将会减少.温度与可利用降水量之间并不存在明显的正相关关系,即气候变暖,并不意味着可利用降水量就一定增大.

未来 5 a 要素变化趋势预报结果表明,温度、降水、蒸发将以偏低(少)的态势出现,可利用降水量也将进入偏少的时期.因此,在未来 5 a 中,应考虑可利用降水量将减少的预测结果,合理规划,注重水资源的保护和合理利用,以保证水资源能满足南疆地区可持续发展的要求.

参考文献:

[1] 柳葳,许有鹏,黄云.气候变暖对新疆降水和径流的影响分析[J].干旱区研究,2005(5):597-602.(LIU Wei,XU You-peng,

- HUANG Yun. Effects of global warming on precipitation and runoff volume in Xinjiang[J]. Arid Land Geography ,2005(5) :597-602.(in Chinese))
- [2] 王建,丁永建,刘时银,等.新疆阿克苏地区近 40 a 气候、水文变化特征分析[J].干旱区研究 ,2005(3) :336-340.(WANG Jian ,DING Yong-jian ,LIU Shi-yin ,et al. Analysis on the change characteristics of climate and hydrological conditions in Aksu prefecture , Xinjiang since recent 40 years[J]. Arid Land Geography ,2005(3) :336-340.(in Chinese))
- [3] 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(2) :127-130.(XUE Yan ,HAN Ping , FENG Guo-hua. Change trend of the precipitation and air temperature in Xinjiang since recent 50 years[J]. Arid Land Geography ,2003 (2) :127-130.(in Chinese))
- [4] 曹丽青,林振山,葛朝霞,等.新疆北部气候变化及其对水资源的影响分析[J].水资源保护 ,2008 ,24(6) :28-30.(CAO Li-qing ,LIN Zhen-shan ,GE Zhao-xia ,et al. Climate change and its impact on water resources in North Xinjiang[J]. Water Resources Protection ,2008 ,24(6) :28-30.(in Chinese))
- [5] 郭利丹,夏自强,李捷,等.巴尔喀什湖流域气候变化特征分析[J].河海大学学报:自然科学版 ,2008 ,36(3) :316-321.(GUO Li-dan ,XIA Zi-qiang ,LI Jie ,et al. Characteristics of climatic change in the Balkhash Lake Basin[J]. Journal of Hohai University :Natural Sciences ,2008 ,36(3) :316-321.(in Chinese))
- [6] 李捷,夏自强,郭利丹,等.额尔齐斯河流域气候特征及变化趋势分析[J].河海大学学报:自然科学版 ,2008 ,36(3) :311-315.(LI Jie ,XIA Zi-qiang ,GUO Li-dan ,et al. Characteristics and trends of change in the climate of the Irtysh River Basin[J]. Journal of Hohai University :Natural Sciences ,2008 ,36(3) :311-315.(in Chinese))
- [7] 高桥浩一郎.根据月平均气温、月降水量推算蒸散量[J].气象科技 ,1979 ,26(12) :48-50.(KOICHIRO T. Estimate of evapotranspiration based on monthly temperature and precipitation[J]. Meteorological Science and Technology ,1979 ,26(12) :48-50.(in Chinese))
- [8] 文敏,陈创买.珠海市近 50 年水资源变化特征及评估[J].中山大学学报:自然科学版 ,2005 ,44(2) :272-275.(WEN Min , CHEN Chuang-mai. Characteristics and estimation of water resources variation in recent 50-years in Zhuhai City[J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni ,2005 ,44(2) :272-275.(in Chinese))
- [9] 张庆云.1880 年以来华北降水及水资源的变化[J].高原气象 ,1999 ,18(4) :486-494.(ZHANG Qing-yun. The variations of the precipitation and water resources in north China since 1880[J]. Plateau Meteorology ,1999 ,18(4) :486-494.(in Chinese))
- [10] 范仲秀.中长期水文预报[M].南京:河海大学出版社 ,1999 :98-99.
- [11] 杨广基.华北地区的降水特征及变化趋势估计[J].高原气象 ,1999 ,18(4) :668-677.(YANG Guang-ji. The characteristics of rainfall and its tendency estimate over north China[J]. Plateau Meteorology ,1999 ,18(4) :668-677.(in Chinese))

Influence of climate change in Southern Xinjiang over last 50 years on available precipitation

GE Zhao-xia^{1,2} , CAO Li-qing^{1,2} , XUE Mei^{1,2} , SONG Ying-ling^{1,2} , CAO Kun^{1,2}

(1. State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering ,
Hohai University , Nanjing 210098 , China ;

2. College of Water Resources and Hydrology , Hohai University , Nanjing 210098 , China)

Abstract : Based on the monthly precipitation and temperature data from 1951 to 2006 , the annual mean evaporation and the available precipitation in Southern Xinjiang were calculated. By analyzing the characteristics of changes in precipitation , temperature , evaporation and available precipitation over the last 50 years , the precipitation , temperature and available precipitation were simulated using the periodic analysis of stepwise regression. Then , they were predicted for the coming five years. The results show that the changes in temperature , precipitation and evaporation have basically had an increasing tendency since the 1970 s. However , the available precipitation has exhibited fluctuating characteristics , that is , relatively larger and smaller amounts than the average ones at different time. With climate change , the available precipitation does not necessarily increase , and it may decrease in Southern Xinjiang in the coming five years.

Key words : Southern Xinjiang ; climate change ; change in available precipitation ; stepwise regression