新疆北部气候变化及其对水资源的影响分析

曹丽青[1,2],林振山[1],葛朝霞[2],薛 梅[2]

(1.南京师范大学地理科学学院,江苏 南京 210046;2.河海大学水文与水资源学院,江苏 南京 210098)

摘要 利用新疆北部地区 5 个气象站 1951~2006 年月平均气温及月降水总量资料,用高桥浩一郎公式计算了新疆北部地区区域平均蒸发量及水资源总量。分析了近 56 年来新疆北部地区气候变化及水资源变化趋势,以及气候变化对水资源的影响。通过分析初步得出结论:①新疆北部地区气温从 20 世纪 60 年代以来基本上呈上升趋势,90 年代以来气温明显高于平均值,为正距平;新疆北部地区降水自 20 世纪 80 年代初期开始出现增加趋势,90 年代以后,降水持续增加,并且高于平均值;60 年代中期至 80 年代末期,蒸发比平均值偏少,自 80 年代末期以来蒸发高于平均值,为高值期。②水资源总量自 20 世纪 80 年代初期至今呈增加趋势,90 年代以来呈现出正距平。③降水与水资源总量之间存在明显正相关。在此基础上建立了降水变化对水资源总量影响的统计评估模型。

关键词:气候变化;水资源;新疆北部

中图分类号:P461 **文献标识码**:A **文章编号**:1004-6933(2008)06-0028-03

Climate change and its impact on water resources in North Xinjiang

CAO Li-qing[1,2], LIN Zhen-shan[1], GE Zhao-xia[2], XUE Mei[2]

(1. *School of Geography Science*, *Nanjing Normal University*, *Nanjing* 210046, *China*; 2. *College of Hydrology and Water Resources*, *Hohai University*, *Nanjing* 210098, *China*)

Abstract: The total amounts of evaporation and water resources in North Xinjiang were computed with Gaoqiao's equation using monthly rainfall and temperature data at five stations in North Xinjiang from 1951 to 2006. The climate change during the 56-year period and its impact on water resources are analyzed. The results show that: (1) the temperature of North Xinjiang continuously increased from the 1960s onwards and the temperature from the 1990s onwards was higher than the average; the precipitation began to increase from the early 1980s onwards, and was higher than the average from the 1990s onwards; the evaporation was lower than average from the middle 1960s to the late 1980s, and was higher than the average from the late 1980s onwards; (2) the total volume of water resources increased from the early 1980s onwards, and has shown a positive anomaly since the 1990s; and (3) there is a positive correlation between precipitation and the total volume of water resources. On the basis of these results, a statistical and assessment model is established to study the impacts of precipitation on the total volume of water resources.

Key words: climate change; water resources; North Xinjiang

新疆地处欧亚大陆腹地,远离水汽源地,降水稀少且时空分布不均,气候干燥且蒸发强烈,属典型的干旱、半干旱地区,水资源严重短缺,水资源供需矛盾十分突出[1]。随着气候变暖、经济发展对水资源需求的不断增加,普遍存在水资源过度开发利用的现象。水资源不足已成为制约新疆社会经济发展的主要因素之一[2]。新疆北疆以天山山脊线为界,总面积 448803 km^2,占新疆总面积的 27.24 %。这个区域由于水资源相对比较丰沛,交通、文化比较发达,是新疆国民经济发展的重心所在。正确评估气候变

基金项目:高等学校博士学科点专项科研基金(20060139010)

作者简介:曹丽青(1965—),女,江苏南京人,副教授,主要从事水文水资源研究。E-mail:caoliqing@hotmail.com

化对北疆水资源量的影响，有助于合理地利用水资源，为北疆经济的迅速发展提供可靠的科学依据，对新疆水资源的可持续利用和良性的生态环境发展具有十分重要的作用和意义[3]。

本文利用新疆北部地区5个气象站1951至2006年56年逐月降水和气温资料，研究了新疆北部地区气候变化对水资源的影响，对进一步认识新疆北部地区水资源状况有着非常重要的作用。

1 研究方法

选用新疆北部地区5个气象站1951至2006年56年逐月降水和气温资料，计算出新疆北部地区区域平均气温和降水量。利用高桥浩一郎陆面蒸发公式计算了新疆北部地区年平均蒸发量。高桥浩一郎陆面蒸发公式有较广泛的应用范围，适用于气候特征不同的各种地区[4-5]。

高桥浩一郎公式

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

式中：E 为月蒸发量，mm；P 为月降水量，mm；T 为地面月平均气温，℃。

新疆北部地区区域年平均水资源总量[6-7]为

$$W = P - E$$

利用相关分析方法，分析了气候变化对水资源的影响，并建立了降水变化对水资源总量影响的统计评估模型[8-14]。

2 近50年来新疆北部地区气候变化及对水资源的影响分析

2.1 新疆北部地区气温、降水变化特征分析

图1为1951～2006年新疆北部地区逐年气温距平及11年滑动平均曲线。由图1可以看出，从20世纪五六十年代以来基本上都是呈上升趋势；50年代至80年代末期，温度低于平均值以下，为负距平。90年代以来的气温明显高于平均值，为正距平，增温剧烈，为20世纪各年代之首。

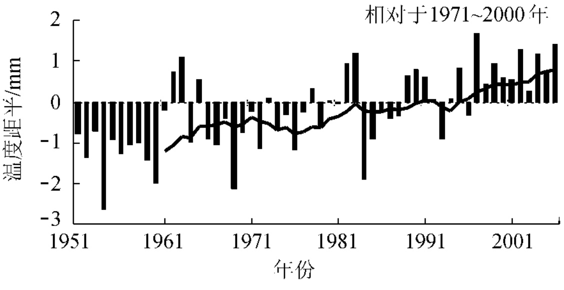

图1 1951～2006年逐年气温距平及11年滑动平均

图2为1951～2006年新疆北部地区逐年降水距平和逐年蒸发距平及11年滑动平均曲线。由图2(a)可以看出，20世纪60年代中期至80年代末期，降水比平均值偏少；自80年代初期开始出现增加趋势；90年代以后，降水持续增加，并且高于平均值，为正距平。由图2(b)可以看出，蒸发与降水的变化趋势较为一致。20世纪60年代中期至80年代末期，蒸发比平均值偏少；自80年代初期开始出现增加趋势；自80年代末期以来蒸发高于平均值，为高值期。

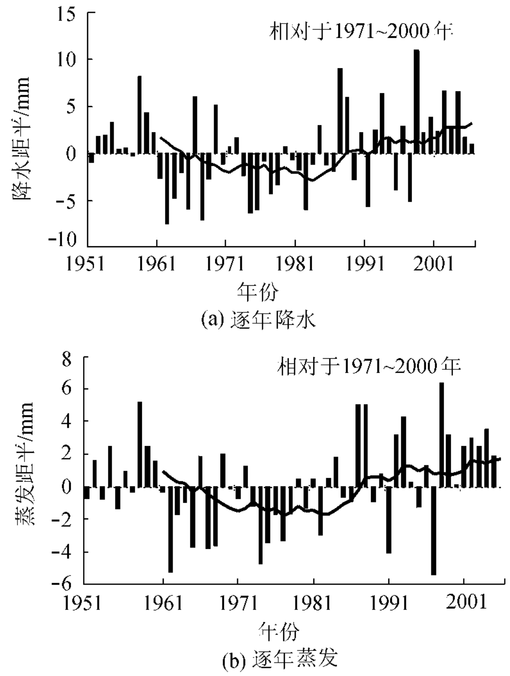

图2 1951～2006年逐年降水、蒸发距平及11年滑动平均

2.2 新疆北部地区水资源特征及变化趋势分析

图3为近56年来新疆北部地区逐年水资源总量距平及11年滑动平均曲线。从图3中可清楚看到，新疆北部地区近56年水资源总量变化非常明显。新疆北部地区水资源总量自20世纪50年代中期至80年代初期呈持续下降趋势，自80年代初期至今水资源总量呈增加趋势。水资源总量高值期出现在20世纪90年代末至21世纪初期。90年代初期至今，大气水汽含量距平基本处于0线以上，为高值期。

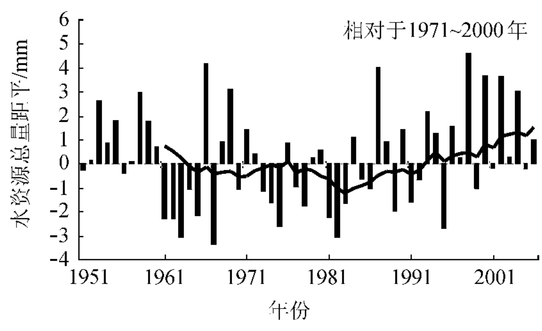

图3 1951～2006年逐年水资源总量距平及11年滑动平均

3 近50年来新疆北部地区气候变化对水资源的影响分析

3.1 气候变化对水资源的影响分析[15-17]

笔者根据新疆北部地区历年区域平均水资源总量以及同期温度、降水进行相关性分析，发现降水与水资源总量之间存在明显正相关(图4)，相关系数为0.87，并且通过了0.01的信度检验。温度与水资源总量的相关较差。由图4可见，降水与水资源总量的变化相当一致，自20世纪80年代以来，由于新疆北部地区降水呈逐年增加趋势，水资源总量也相应随之增大。降水与水资源总量自90年代以来一直表现为正距平。这说明降水对水资源总量有重要影响。

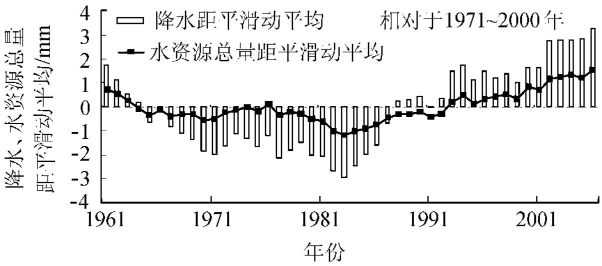

图4 1951~2006年逐年降水距平与水资源总量距平的11年滑动平均

3.2 气候变化对水资源影响评估模式

由以上分析可知，降水变化对水资源总量有重要影响。但在水资源计划和管理过程中，需要定量了解降水对水资源总量的影响。所以，笔者根据1951~2006年56年的资料，建立新疆北部地区水资源总量与降水关系的线性统计模型如下：

$$W = -3.68 + 0.41P$$

式中：P为年平均降水量，mm；W为年平均水资源总量，m^3。

模型相关系数为0.87，说明水资源总量与降水的相关性很高。线性方程的F值为167.50，通过了信度为0.01的F检验，具有较高的显著性。

表1 年平均降水量变化所引起的年平均水资源总量的变化

年均降水量变化/%	1	5	10	15	20
年均水资源总量变化/%	1.84	9.2	18.4	27.6	36.8

由模型可以计算出新疆北部地区年平均降水量变化所引起的年平均水资源总量的变化。表1给出了年均降水量变化所引起的年均水资源总量的变化。可以看出，较小的降水变化往往会引起比较大的水资源总量的变化。因此，该方法可以用来进行新疆北部地区水资源的评估。

4 结 论

a. 新疆北部地区气温从20世纪五六十年代以来基本上都是呈上升趋势，90年代以来的气温明显高于平均值，为正距平，增温剧烈，为各年代之首；60年代中期至80年代末期，降水比平均值偏少，90年代以后，降水持续增加，为正距平 蒸发自60年代中期至80年代末期，平均值偏少，80年代末期以来蒸发高于平均值，为高值期。

b. 新疆北部地区水资源总量自50年代中期至80年代初期呈持续下降趋势，自80年代初期至今水资源总量呈增加趋势，90代初期至今，为高值期。

c. 降水与水资源总量之间存在明显正相关。在此基础上建立了降水变化对水资源总量影响的统计评估模型。较小的降水变化往往会引起比较大的水资源总量的变化。1%的年降水量变化一般可导致1.8%的水资源总量的变化。

参考文献：

[1] 丁一汇，守荣. 中国西北地区气候与生态环境概论[M]. 北京：气象出版社，2001：1-13.

[2] 王国庆，张建云，章四龙. 全球气候变化对中国淡水资源及其脆弱性影响研究综述[J]. 水资源与水工程学报，2005，16(2)：7-15.

[3] 龚原，袁玉江. 新疆北疆气候对地表水资源变化的影响与评估[J]. 干旱区地理，2000，23(3)：207-213.

[4] 高桥浩一郎. 用月平均气温、月降水量估算蒸发量的经验公式[J]. 天气，1979，26(12)：29-32.

[5] 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)：486-495.

[6] 施雅凤. 中国气候与海平面变化及其趋势和影响(四)：气候变化对西北华北水资源的影响[M]. 济南：山东科学技术出版社，1995：153-170.

[7] 马小波. 华北地区水资源的气候特征[J]. 高原气象，1999，18(4)：520-524.

[8] 周连童，黄荣辉. 华北地区降水、蒸发和降水蒸发差的时空变化特征[J]. 气候与环境研究，2006，25(2)：280-295.

[9] 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)：271-275.

[10] 宋正山，杨辉，张庆云. 华北地区水资源各分量的时空变化特征[J]. 高原气象，1999，18(4)：552-566.

[11] 施能. 气象科研与预报中的多元分析方法[M]. 北京：气象出版社，2002.

[12] 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.

[13] 曹丽青. 华北地区大气水分气候变化及其对水资源的影响[J]. 河海大学学报：自然科学版，2004，32(5)：504-507.

(下转第35页)

均从较不安全程度向较安全程度过渡，尤其是2005年水安全级别特征值都处于2～3级之间，其中沈阳、鞍山、抚顺、本溪和辽阳水安全级别值越来越大，变化趋势较好，辽阳水安全程度提升较快，但是鞍山和抚顺水安全程度较低，属于较不安全区。大石桥2000年水安全级别特征值为2.695 91，比1995年和2005年稍低一些，但还是较安全的。盘锦2005年水安全级别值特征值为2.950 5，比1995年和2000年稍低一些，但一直是较安全的。铁岭1995年和2000年水安全级别值特征值在1.5左右，水安全状况较差，但是近年来水安全程度有所提升。

3 水安全变化原因分析

根据P-S-R指标框架分析原因如下：

a．从水安全压力看，辽宁省各城市水安全压力有所缓解，尤其是1995年以来辽宁省转变传统粗放型经济增长方式，以发展循环经济为目标，深化工业污染防治，在全省重点工业企业中实施清洁生产，在工业企业中实施水污染物排放浓度和总量“双向控制”，创建了铁法煤业集团等一批废水“零排放”企业，这些举措缓解了对辽河流域水环境的压力，但是大石桥地区1995年由于大规模开矿而造成水安全压力最大。

b．从水安全状态来看，各城市水安全水量水质状态逐年有所改善。可见，随着社会经济的迅速发展，流域内的水环境状态保持稳定，人们已经意识到在发展的同时注意保护环境与资源，但是沈阳、鞍山和抚顺地区水安全状态变化不大。

c．从水安全的响应来看，辽宁省政府实施《辽宁省辽河流域水污染防治“十五”计划》以来，流域内已建成污水处理厂4座，处理能力65万t/d。同时，政府用于环境保护和改善的投资也逐年大额增加，仅2002年的环保投入就比前5年增加了3倍，占GDP的比例达到1.93%，而据世界银行测算，超过1.5%就可以改善环境质量。但从中下游流域来看，各城市的相应措施还是不够的。沈阳地区水安全程度有所提高，而鞍山和抚顺地区水安全程度提升较小。辽阳水安全程度提升较快，主要是由于太子河上游骨干工程观音阁水库于1995年10月竣工，并提前在汛期充分发挥了蓄水、泄洪作用，另外由于“引兰入汤”工程在1998年建成通水后也增加了沿途城市供水量，缓解水安全压力。

4 结 论

辽河流域在东北地区占有重要的经济地位，流域的生态安全及流域经济的生态化发展对于“振兴东北老工业基地”有着关键性的作用。本文根据水安全的内涵、准则和辽河流域的特点，提出了一套水安全评价的指标体系，并运用模糊模式识别理论和模型，进行了实证研究。结果表明与实际情况基本相符，评价结论能够为流域的生态环境建设提供警示信息，确定合理的资源开发利用方式，降低经济发展作用于自然环境的负荷，从而避免由决策失误而带来的重大经济损失。所建评价指标体系具有一般性，可用于其他中尺度流域地区水安全相对优劣程度的评价与比较。但流域水安全评价是一项庞大而复杂的工作，涉及流域的各个部门、各个行业、各个流域单元的利益，水安全评价中有些环节处理不太理想，一是在状态指标设计中，由于目前数据的不可得性，暂时舍去了一部分指标；二是水安全等级的阈值选取，主观性较强，应寻求一个较好的阈值划定方法。

参考文献：

[1] 韩宇平，阮本清，解建仓．多层次多目标模糊优选模型在水安全评价中的应用[J]．资源科学，2003，25(4)：37-42．

[2] 方子云．提供水安全是二十一世纪现代水利的主要目标——简介斯德哥尔摩前年国际水会议及海牙部长级会议[J]．水利水电科技进展，2001，21(1)：9-10．

[3] 张巧显，欧阳志云，王如松，等．中国水安全系统模拟及对策比较研究[J]．水科学进展，2002，13(5)：569-577．

[4] 王韩民，郭玮，程漱兰，等．国家生态安全：概念、评价及对策[J]．管理世界，2001(2)：149-151．

[5] 陈守煜．工程模糊集理论与应用[M]．北京：国防工业出版社，1998：24-217．

[6] 陈守煜．系统模糊决策理论与应用[M]．大连：大连理工大学出版社，1994：1-101．

[7] 国家环境保护总局．“三河”“三湖”水污染防治计划及规划[M]．北京：中国环境科学出版社，2000：83-87．

[8] 韩宇平，阮本清．区域水安全评价指标体系初步研究[J]．环境科学学报，2003，23(2)：267-272．

（收稿日期：2007-05-09　编辑：高渭文）

（上接第30页）

[14] 谢新民，颜勇．浅析西北地区地表水与地下水的相互转化关系[J]．水利水电科技进展，2003，23(1)：8-10．

[15] 任立良，张炜，李春红，等．中国北方地区人类活动对地表水资源的影响研究[J]．河海大学学报：自然科学版，2001，29(4)：13-18．

[16] 芮孝芳．中国的主要水问题及水文学的机遇[J]．水利水电科技进展，1999，19(3)：18-21．

[17] 金向维．气候变化对辽宁省水资源的影响及对策[J]．水资源保护，2003(2)：35-38．

（收稿日期：2007-11-21　编辑：高渭文）