

兰江流域近 43 年气候变化及对水资源的影响

康丽莉¹ 顾骏强¹ 樊高峰²

(1. 浙江省气象科学研究所, 杭州 310017; 2. 浙江省气候中心)

提 要: 利用累积距平法对兰江流域近 43 年(1961—2003 年)气温、降水量和径流量资料进行分析,研究兰江流域气候变化及其气候变化对水资源的影响。结果显示:兰江流域近 43 年来气温、降水量总的趋势是上升的;1990 年代是兰江流域气温上升和降水增加最显著的时段,主要表现在冬春气温明显上升,夏季降水量明显增加;兰江流域年径流深与年降水量基本保持同步变化。兰江流域过去 43 年的气候变化对流域内水资源产生了较大的影响,而且由于兰江流域内水资源空间分布差异较大,致使流域内人均水资源占有量较少的金华地区易受气候变化影响而出现供水紧张。

关键词: 气温 降水量 气候变化 水资源 影响

Climate Change of the Lanjiang River Basin in Recent 43 Years and Its Impacts on Water Resources

Kang Lili¹ Gu Junqiang¹ Fan Gaofeng²

(1. Zhejiang Institute of Meteorological Sciences, Hangzhou, 310017; 2. Zhejiang Climate Center)

Abstract: The climate change and its impacts on water resources in recent 43 years (1961—2003) in the Lanjiang River Basin are studied by analyzing the temperature, precipitation and runoff with the cumulative departure method. The results show that the temperature and precipitation of the Lanjiang basin had a rising trend in the recent 43 years. Since 1961, the temperature and precipitation have increased most in the 1990s which is contributed by rising in temperature of winter and spring and in precipitation of summer. The annual runoff of the Lanjiang River Basin keeps the same trend as the annual precipitation. Thus the climate change in the Lanjiang River Basin has the impact on its water resources. There is a difference in spatial distribution of the water resources in the Lanjiang River Basin, and the Jinhua City in the Lanjiang River Basin is subject to climate change which can result in a shortage of fresh water.

由国家科技部重大基础研究前期研究专项“气候-植被-土壤-水文耦合模式研究及其在新安江流域的应用”(2003CCC00300)资助

收稿日期: 2005 年 12 月 26 日; 修定稿日期: 2006 年 12 月 13 日

Key Words: temperature precipitation climate change water resources impact

引 言

气候变化最重要的影响之一,是它对水循环和水资源的影响。目前,国内大部分研究集中于对干旱区河流气候变化背景及水文、水资源的研究。如,王顺德、王彦国等^[1]研究了塔里木河流域近 40 年来气候、水文变化及其影响;高歌、李维京^[2]等分析了华北地区水资源及其开发利用状况,还建立了水资源评估模型。然而,近年来湿润地区的水资源问题,甚至水荒问题也已悄然逼近,尤其是在人口密度较高,经济比较发达的东部地区,水资源短缺已经成为当地一些城市发展的瓶颈。钱燕珍、张建勋等^[3]对宁波市气候和气候变化对水资源的影响进行了分析,发现宁波市的水资源对气候变化非常敏感。兰江流域(属钱塘江水系)地处浙江中部丘陵地区,整体水资源比较丰富,但遇干旱年份水资源依然十分紧缺。一般认为,南方地区的缺水主要是水质性缺水,但是在这些地区水资源问题背后的气候因素也是不容忽视的。有研究指出,兰江流域 1982—2000 年,洪水平均期望概率增大 7 倍,特别是 1997—2000 年竟每年一次^[4]。本文对兰江流域气温、降水量及年径流深变化趋势进行分析,揭示兰江流域气候变化背景及气候变化对流域水资源的影响。

1 流域概况及资料

兰江由衢江和金华江在浙江兰溪市城关镇汇合而成。流域境内丘陵山地连绵起伏,集水面积达 19468km²,90%以上在浙江省境内,包含浙江省金华、衢州两地市。流域年平均径流量达 172.8 亿 m³,年平均降水量 1545mm,年平均径流深达 915mm,水资源比较丰富,属湿润地区。

所用资料为 1961—2003 年兰江流域 8 个气象站(图 1)逐月气温、降水量以及同时期兰溪水文站的年径流量。进行趋势分析时,根据兰溪站上游来水面积,将流域年径流量资料换算成径流深资料进行分析。季节划分是以 3—5 月为春季、6—8 月为夏季、9—11 月为秋季、12 月至翌年 2 月为冬季。

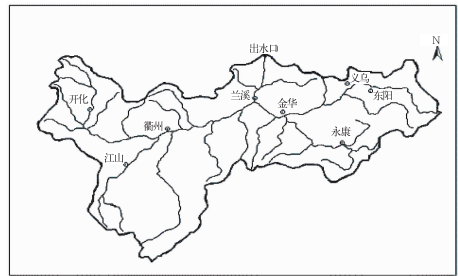


图 1 兰江流域气象站点分布图

2 研究方法

累积距平^[5]是一种常用的、由曲线直观判断变化趋势的方法,同时通过对累积距平曲线的观察,也可以划分变化的阶段性。对于时间序列 x ,其某一时刻 t 的累积距平表示为:

$$\hat{x}_t = \sum_{i=1}^t (x_i - \bar{x}) \quad (t = 1, 2, \dots, n),$$

$$\text{其中 } \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

将 n 个时刻的累积距平值全部算出,即可绘制累积距平曲线,进行趋势分析。

3 结果分析

3.1 兰江流域气温变化趋势

图 2 是兰江流域年平均气温的逐年变化和逐年累积距平变化曲线。由图 2a 可知,43 年来兰江流域气温呈正趋势变化,其增加趋

势的 t 检验达到 0.05 的显著性水平。累积距平图(图 2b)显示兰江流域气温从 1960 年

代末至 1990 年代初一直呈下降趋势,1990 年代后开始上升,一直持续到 2003 年。

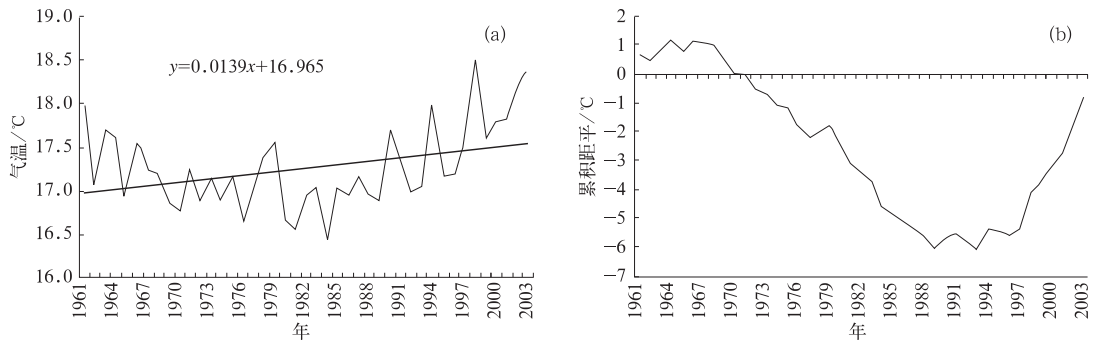


图 2 1961—2003 年兰江流域年平均气温变化曲线特征(a)和气温累积距平(b)

进一步分析兰江流域气温的季节变化趋势(图 3)可知,兰江流域春季和冬季气温有上升趋势,其中冬季达到 0.01 的显著性水平,春

季达到 0.05 的显著性水平;兰江流域夏秋季没有明显的变化趋势。所以说,兰江流域年平均气温的上升主要是冬春增温引起的。

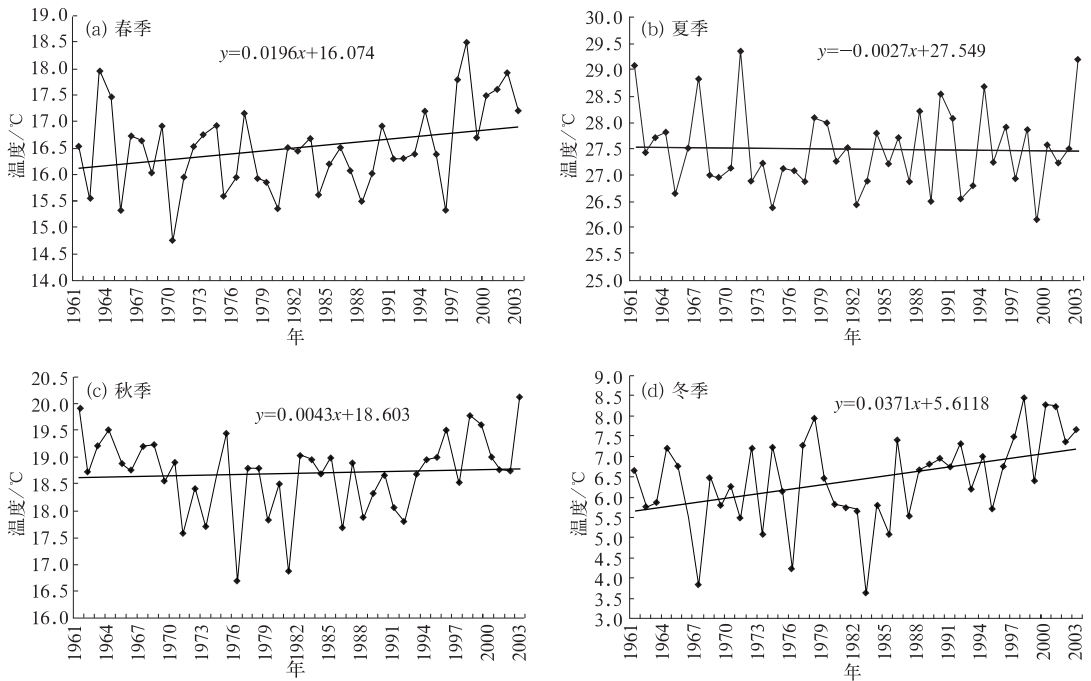


图 3 1961—2003 年兰江流域四季平均气温变化曲线

3.2 兰江流域年降水量变化趋势

兰江流域 43 年的逐年降水量有上升的趋势(图 4a),但未通过 0.05 的显著性检验。四季中只有夏季逐年降水量有增加趋势。进

而分析年降水量与夏季降水量的累积距平变化(图 4b),发现年降水量的逐年累积距平曲线有两个上升阶段,第一个是 1972 年至 1978 年之间;第二个是从 1990 年前后至 21 世纪初。夏季降水量累积距平曲线的明显上

升阶段只有一个,与年降水量的第二个上升阶段同步,而此时其他季节降水量没有明显的变化趋势,因此,1990 年前后开始的年降水量增加主要是夏季降水量的贡献^[6]。夏季是兰江流域的梅汛期和台汛期,汛期降水量

的增长往往会造成洪涝灾害频率的上升,这与兰江流域在该阶段洪涝概率上升的结论是吻合的。出于防洪的考虑,这期间的降水有一部分就未加利用流入下游。

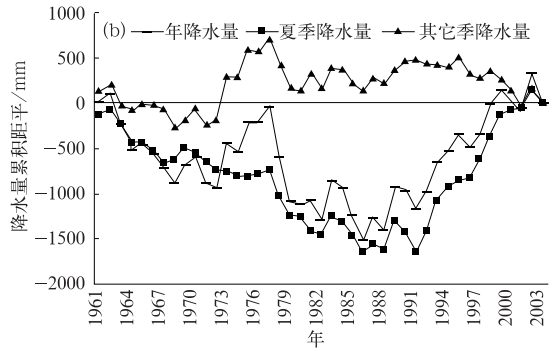
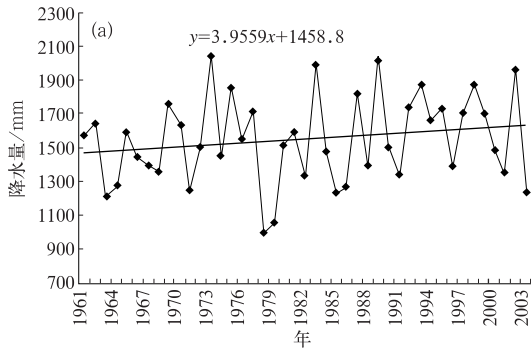


图 4 1961—2003 年兰江流域年降水量特征变化曲线
a. 降水量, b. 降水量累积距平

3.3 兰江流域径流深变化趋势

由图 5a 可知,兰江流域平均径流深 43 年也有逐年增加的趋势(未通过 0.05 的显著性检验),与年降水量保持很好的同步性^[7],分析其与年降水量的累积距平(见图 5b),可以看出年径流深和年降水量变化趋势只在个别年份有所差别外,绝大部分时间都是同步变化的。这主要是因为兰江流域径流的主要补给来源是大气降水,因此,与兼有雨水及融水补给的河流不同,流域的径流和降水在年际变化上表现出明显的一致性。对年径流深

和年降水量进行相关分析,其相关系数高达 0.82;再计算出兰江流域 43 年来年降水量和年径流量的变差系数 C_v ,分别为 0.17 和 0.29。因此,兰江流域径流主要受降水影响,降水量的年际和年内分布决定了流域内河流的丰枯,而且,年径流量的年际变幅明显大于年降水量的年际变幅。

3.4 兰江流域气温、降水量及径流深的年代际变化分析

表 1 是 1961—2000 年间兰江流域气温、降水及径流深的年代平均值,由表 1 可知,兰

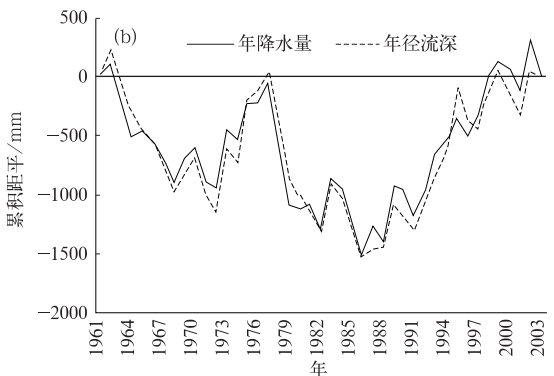
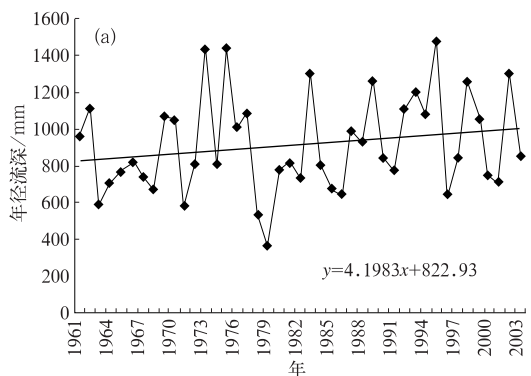


图 5 1961—2003 年兰江流域年径流深(a)、年降水量和年径流量累积距平(b)变化曲线

江流域气温从1960年代到1980年代是逐年代递减的,1990年代开始上升。1990年代是40年中最暖的10年,比1980年代平均值要高出 0.55°C 。兰江流域40年的降水量则一直是逐年代递增的,1990年代是40年中最湿的10年,相比其他年代增湿也最为明显,在1980年代基础上增长了 5.7% 。兰江流域40年的径流深也是逐年代递增的,1990年代是径流量最大的10年,1990年代径流深比1980年代多 13.2% 。总的来说,1990年代是兰江流域40年中最暖最湿的10年,是增暖增湿最显著的10年,也是兰江流域水资源较多的10年。

表1 1961—2000年年代平均值

年代	平均气温/ $^{\circ}\text{C}$	降水量/mm	径流深/mm
60年代	17.29	1485.8	845.5
70年代	17.05	1493.7	884.0
80年代	16.99	1561.9	900.4
90年代	17.54	1650.1	1019.6

4 兰江流域近年水资源特点分区分析

兰江流域内主要城市有浙江省金华和衢州两城市,金华市人均年水资源量为 2060m^3

(接近国际所定人均年 2000m^3 的中度缺水警戒线),衢州市为 4200m^3 ,可见金华市人均水资源占有量只有衢州市的一半还不到。说明兰江流域内水资源的空间分布差异很大,相对而言金华市比较容易出现用水紧张的状况。

表2列出了两市2000—2003年水资源状况。由表2可知,金华、衢州两市水资源量受降水量变化的影响比较大,而且如前所述水资源量年际变幅要大于降水总量年际变幅。2003年是兰江流域1990年以来降水最少的年份,梅汛期短,出梅以后持续晴热高温少雨,蒸发量大。据统计,金华市出现 35°C 的高温天气达50余天,日降雨量小于 30mm 的最大连续干旱天数超过100天,出现较为严重的旱情。从而导致2003年衢州、金华两城市水资源量均大幅下降(表2),但衢州地区供水量与前三年基本持平,而金华地区的供水量则明显下降,比上一年减少 20% 以上。可见,兰江流域虽地处湿润地区,总的水资源量比较丰富,但由于流域内水资源量的分布不均,对气候变化的敏感程度也不同,流域内的金华地区容易受气候变化影响而出现供水量下降。

表2 2000—2003年金华、衢州两市水资源利用量比较(单位:亿 m^3)

地区	项目	2000年	2001年	2002年	2003年
金华市	降水总量	176.89	145.55	208.98	120.34
	水资源量	96.47	70.40	130.16	57.37
	供水量	24.25	24.20	27.25	18.38
衢州市	降水总量	157.81	152.71	208.30	137.26
	水资源量	93.01	90.69	146.18	81.50
	供水量	15.70	15.04	16.26	15.94

注:统计值来自浙江省水文信息网

5 结论

(1) 兰江流域近43年气温有上升的趋势。1960年代末至1990年代初呈下降趋势,1990年代后开始上升,一直持续到2003年。1990年代开始至2003年的气温上升主

要是冬春增温引起的。

(2) 兰江流域近43年降水量有两个增加阶段,第二个增加阶段主要是夏季降水量增加的贡献。夏季降水量增加加剧了汛期洪涝灾害的危害,也不利于水资源有效利用。

(3) 兰江流域年径流深与年降水量基本保持同步变化,年降水量的多少极大地影响

着流域水资源量的丰欠,而且流域年径流量的年际变幅明显大于年降水量的。

(4) 兰江流域水资源总量较为丰富,但空间分布极为不均,流域中的金华地区易受气候变化影响出现用水短缺。

因此,要解决兰江流域水资源问题,需增加流域内引水工程建设,加大河流污染治理力度,还需加强短期气候预测能力,提前采取有效措施,降低该流域水资源对气候的敏感性。

参考文献

- [1] 王顺德,王彦国,王进,等. 塔里木河流域近40a来气候、水文变化及其影响[J]. 冰川冻土,2003,25(3):315-320.
- [2] 高歌,李维京,张强. 华北地区气候变化对水资源的影响及2003年水资源预评估[J]. 气象,2004,29(8):26-30.
- [3] 钱燕珍,张建勋,胡亚旦,等. 宁波市气候变化对水资源的影响[J]. 气象,2002,27(6):51-54.
- [4] 丁伯阳,伍远康,陶海冰,等. 兰江流域水文动力参数变化与兰江防洪[J]. 灾害学,2004,19(3):5-29.
- [5] 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.
- [6] 顾骏强,施能,王永波. 近50年浙江省旱、涝气候变化及特征[J]. 热带气象学报,2001,17(4):429-435.
- [7] 冯利华. 钱塘江流域的水文规律[J]. 地理科学,1990,10(2):177-184.