

三江平原桦川县近60年降水变化特征与旱涝分析

牛佳田^{1,2}, 邵学礼², 刘兆金³, 张国庆⁴, 汪群慧¹

(¹哈尔滨工业大学市政与环境学院, 哈尔滨 150087; ²佳木斯大学, 黑龙江佳木斯 154007;

³桦川县气象局, 黑龙江桦川 154300; ⁴桦川县统计局, 黑龙江桦川县 154310)

摘要:笔者以三江平原桦川县为例, 收集该县气象台自建站以来1967—2008年逐月降水资料, 采用线性倾向估计、突变检验、小波分析和标准降水指数(SPI)法, 分析了桦川县降水变化特征和旱涝发生规律。结果表明: 桦川县降水与作物生长季同期, 降水量年内分配极不均匀, 年际之间变化较大, 呈减少趋势。春旱、夏秋涝较为严重, 旱涝灾害在时空上普遍性、季节性、连续性、阶段性特点明显。在此基础上, 提出预防旱涝灾害的建议, 以期在当地农业生产服务提供指导。

关键词:降水; 旱涝; SPI; 桦川县

中图分类号: P461

文献标志码: A

论文编号: 2011-0362

Analysis on Precipitation Characteristics and Drought-Flood in Huachuan County of Sanjiang Plain for Nearly 60 Years

Niu Jiatian^{1,2}, Tai Xueli², Liu Zhaojin³, Zhang Guoqing⁴, Wang Qunhui¹

(¹School of Municipal and Environment Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150087;

²Jiamusi University, Jiamusi Heilongjiang 154007;

³Huachuan Meteorological Bureau of Heilongjiang Province, Huachuan Heilongjiang 154300;

⁴Huachuan Statistics Bureau of Heilongjiang Province, Huachuan Heilongjiang 154310)

Abstract: Droughts and floods are the main threats to the agricultural production, uneven distribution of precipitation is the important reason. Based on the precipitation records observed from the meteorological stations in Huachuan from 1967 to 2008, the characteristics of precipitation variation and regularity of drought and flood were analyzed with linear trend estimation method, mutation check, wavelet analysis and standard precipitation index (SPI). The results indicated that the precipitation over the same period with the growing season, and the distribution of monthly precipitation was not even. The difference of yearly showed a great degree, showed significant decreasing trends. Spring drought, summer and autumn floods were more serious, obvious features of the performance of droughts and floods in universality, seasonal, continuity and stage etc. On this basis, recommendations for the prevention of droughts and floods were advised, in order to guide the local agricultural production.

Key words: precipitation; drought and flood; SPI; Huachuan County

0 引言

IPCC第4次报告指出, 自从20世纪70年代以来, 受气候系统变暖的影响, 全球旱灾地区面积增加, 干旱灾害可能将更加剧, 对国民经济特别是农业产生重大影响。在中国, 旱涝灾害已成粮食生产最大的

灾害^[1-4]。三江平原是中国重要商品粮生产基地, 旱涝灾害是当地农业生产面临的主要威胁, 气候变暖引起的三江平原降水变化特征与旱涝规律研究被广泛关注和重视^[5-6]。

McKee等在评估美国科罗拉多干旱状况时, 首次

基金项目: 黑龙江省(2005)无公害农产品产地环评与认证项目研究内容。

第一作者简介: 牛佳田, 男, 1965年出生, 辽宁昌图县人, 博士研究生, 研究方向: 农业环境保护与农产品安全。通信地址: 154007 佳木斯大学生命科学学院, Tel: 0454-8617780, E-mail: njtyc@sohu.com。

收稿日期: 2011-02-16, 修回日期: 2011-04-15。

提出和应用标准化降水指数(SPI),该指数采用Γ函数的标准化降水累积频率分布来描述降水量变化,可用来表征某时段降水量出现的概率多少。该指标(SPI)计算简单可行,适合于月以上多时间尺度,能够较好地监测旱涝强度和持续时间^[7]。在中国,运用降水标准指数(SPI)研究旱涝规律已有一些报道^[8-9]。

桦川县地处三江平原西部腹地,位于46.5°—47.2°N,130.3°—131.5°E之间,是三江平原中国寒地水稻主产区,2010年该县水稻种植面积为6.06万hm²,占总面积的43%。笔者采用线性倾向估计、突变检验、小波分析法对桦川县1951—2008年的降水资料变化规律进行研究,并通过标准降水指数(SPI)法分析,探讨桦川县旱涝规律,以期在当地合理利用气候资源,预防和降低旱涝灾害,建设三江平原寒地优质粳稻生产基地服务。

1 公式与资料

1.1 线性倾向估计

用最小二乘法估计桦川县降水量时间序列的线性倾向率,线性回归公式 $x=a+bt$, x_i 表示样本为58的某一时段降水变量, t 表示 x_i 所对应的时间, a 和 b 分别为回归常数和回归系数,计算结果进行显著性检验^[10]。

1.2 突变检验与周期性分析

采用滑动 t 检验对降水量时间序列进行气候突变检测,周期分析采用MHAT小波分析^[11]。

1.3 标准化降水指数(SPI)的计算步骤^[12]

$$SPI = S \frac{t - (c_2 t + c_1)t + c_0}{[(d_3 t + d_2)t + d_1]t + 1.0} \dots\dots\dots (1)$$

式中: $t = \sqrt{\ln \frac{1}{F(x)^2}}$, $F(x)$ 为与Γ函数相关的降水量分布概率; x 为降水量样本值; S 为概率密度正负系数。

当 $F(x) > 0.5$ 时, $S=1$;当 $F(x) \leq 0.5$ 时, $S=-1$ 。 $F(x)$ 由Γ分布函数概率密度积分公式(2)得到。

$$F(x) = \frac{1}{\beta^\gamma \Gamma(\gamma)} \int_0^x x^{\gamma-1} e^{-x/\beta} dx \quad x > 0 \dots\dots\dots (2)$$

$\beta > 0, \gamma > 0$ 分布为Γ分布函数的尺度和形状参数, β 和 γ 可用极大似然估计方法求得。

Γ分布函数转换为累积频率简化近似求解公式的计算参数, $c_0, c_1, c_2, d_1, d_2, d_3, c_0=2.515517; c_1=0.802853; c_2=0.010328; d_1=1.432788; d_2=0.189269; d_3=0.001308$ 。 SPI 值按照国家标准,并参照有关水文部门的等级划分,指标划分见表1。

桦川县历年、月降水数据由桦川县气象局提供,对

表1 SPI指标划分等级

特涝	重涝	中涝	轻涝	无旱	轻旱	中旱	重旱	特旱
$SPI > 2$	$1.5 < SPI \leq 2$	$1 < SPI \leq 1.5$	$0.5 < SPI \leq 1$	$-0.5 < SPI \leq 0.5$	$-1 < SPI \leq -0.5$	$-1.5 < SPI \leq -1$	$-2 < SPI \leq -1.5$	$SPI < -2$

于年记录值存在而缺失当年月份记录值采取回归订正法,将较短的时间序列插补延长,使降水时间序列长度统一在1951—2008年时段内。

2 结果与分析

2.1 桦川县月、季、年平均降水量变化趋势分析

桦川县属于中温带大陆性季风气候,四季分明,春

季风大干燥,夏季短促而温暖多湿,秋季降温急骤,冬季漫长而寒冷干燥,光热水3大气候要素能够满足1年1熟的农作物生长发育的需要。图1反映了月、季、生长季、年时间段的降水均值和变异系数变化特征。1、2月的降水量最少,仅为5 mm左右,11、12月降水量均值也少于10 mm;7、8月平均降水量最多,达到120 mm

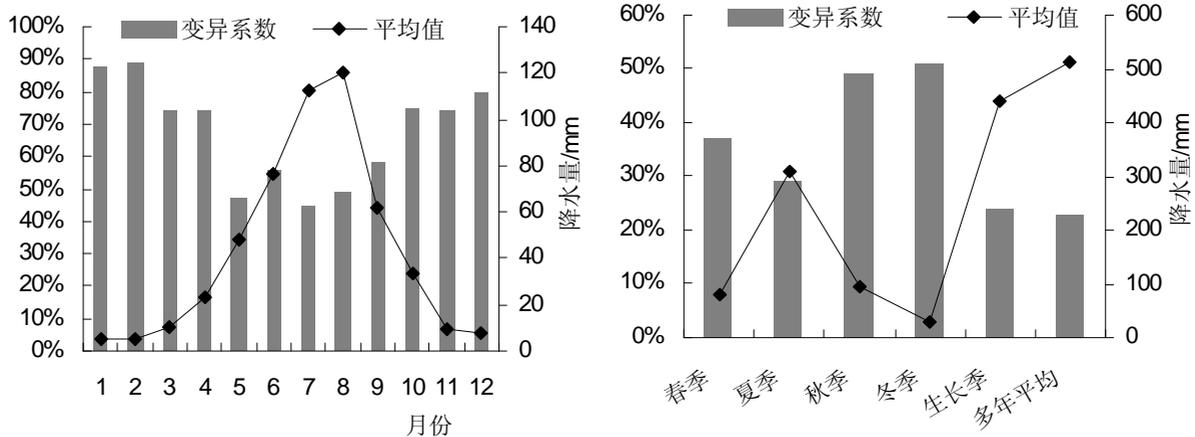


图1 桦川县多年降水量月、季、年均值及变异系数的基本统计

左右,占全年降水量的22%~23.5%。计算月份变异系数,1月、2月、3月、4月、10月、11月、12月变异程度较大;5—9月相对小些,介于47%~89%,属于中等变异强度。变异系数大,意味着降水多寡在时间分布上不均匀特征明显。

由降水的线性倾向估计分析得出,3、6月的降水量多年的变化趋势略有增幅,其余月均呈下降趋势。7月、9月降水量降幅幅度最大,为-7.8 mm/10a,近60年月际降水量减少约48 mm(图略)。桦川县春季(3—5

月)降水占全年16%,变化幅度虽不大,由于春季气温升高迅速,大风天气数量多,水分蒸发量大,因此易发生春旱。夏秋季(6—8月;9—10月)月降水量占全年(60%、18%),由于降水集中,加上桦川县地势低洼,夏秋涝灾害较易产生。近年来,桦川县的降水量下降趋势比较明显,达到-7.8~-9.2 mm/10a,近60年夏秋季降水量减少了46~55 mm。4—9月是农作物生长期,此期降水量的下降趋势更为明显,达到了-16.4~17.8 mm/10a,近60年降水量减少了96~148 mm,见图2。

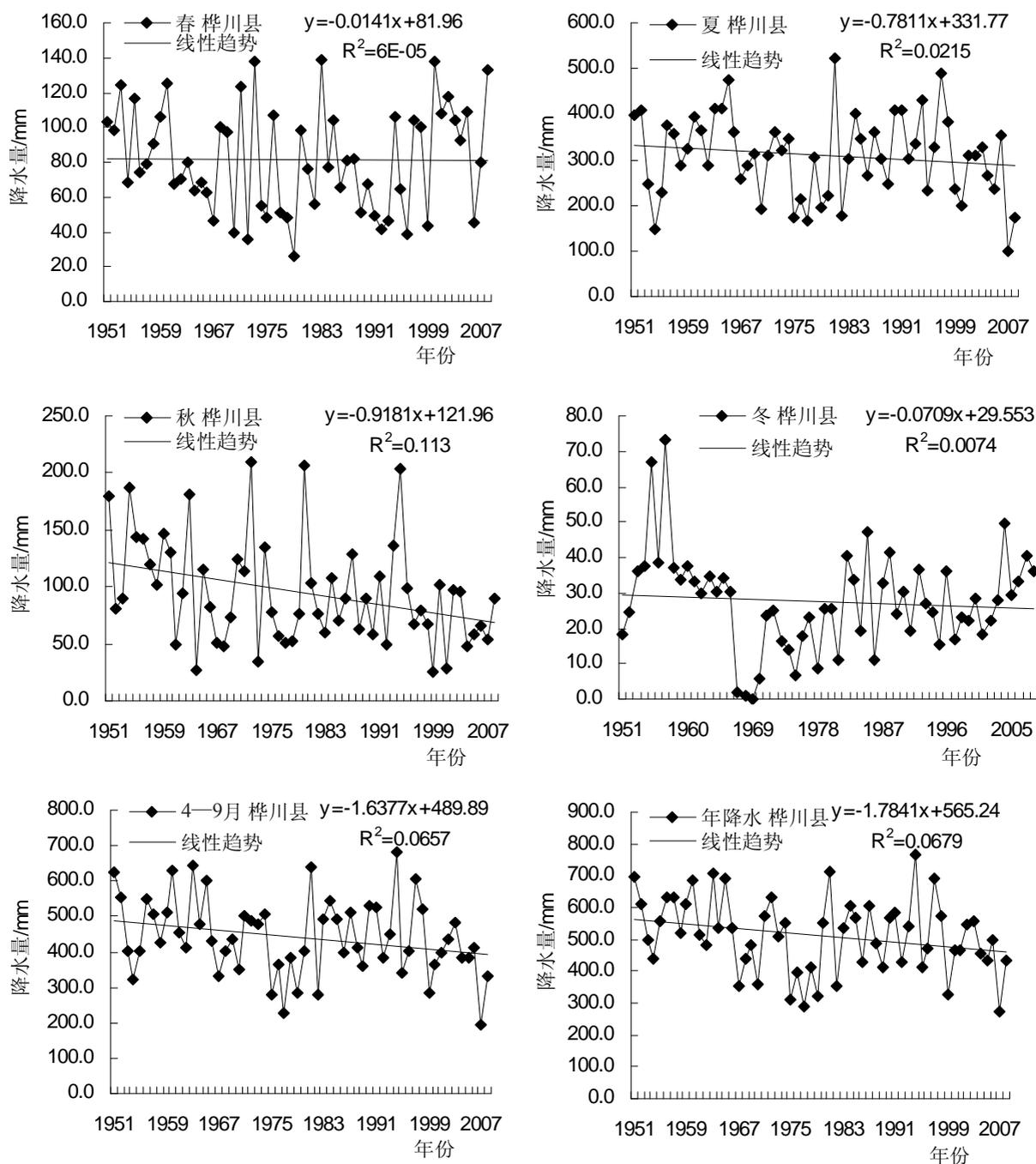


图2 桦川县多年各季、作物生长季、年降水量线性趋势

近60年降水量呈下降趋势,达到-17.8 mm/10a。其中,桦川县历年平均降水量为613.2 mm,60年代减少为529 mm,70年代为454.4 mm,80年代为527.4 mm,90年代为526.2 mm,2001—2008年为458 mm。20世纪1951—1965年为多雨期,1966—1970年转为少雨期,1971—1973年转为多雨期,1975年之后又转为少雨期。将每个年代10年再细分为前5

年和后5年2个阶段进行统计,发现年降水量均值呈“前多后少”的周期性趋势特点,见表2。

就季节而言,降水主要集中于夏季,占全年降水量的60%,冬季降水最少,仅占5%。4—9月(生长季)降水量年均值为441 mm,占全年降水量的86%,表明降水与作物生长季同期。季节比较,春、夏季变化小些,秋冬季大些。历年的数据变异系数为0.23,与季节类似。

表2 桦川县各年代降水量分布特点

时间	50年代	60年代	70年代	80年代	90年代	新10年代
春	98.5	69.7	73.1	79.9	73.0	98.6
夏	317.3	336.0	261.2	333.6	334.4	260.2
秋	132.4	84.3	101.4	84.7	93.8	67.1
冬	40.5	20.2	18.7	29.2	25.0	32.1
4—9月	492.5	454.1	392.1	465.7	455.7	376.2
年降水	613.2	529.6	454.4	527.4	526.2	458.0

2.2 年降水数据的突变检验

采用滑动 t 法检验桦川县降水数据,发现在1965年和1979年附近发生了降水量减少的突变(图略),这与46年来三江平原年降水量有总体减少趋势的事实相符^[13-15]。

小波分析表明:桦川县年降水数据存在3年左右10~11年左右的周期变化,这一点和他人有关工作的结论相似^[16],见图3。

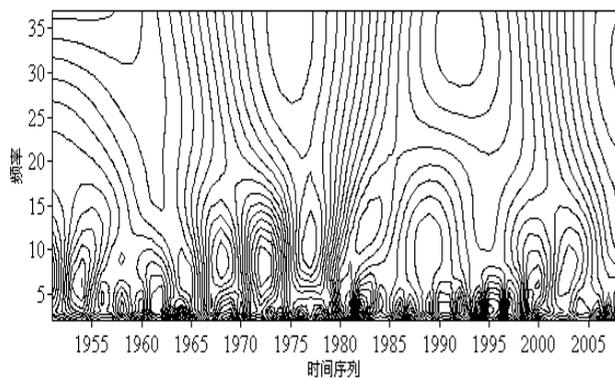


图3 桦川县年降雨量的小波分析

2.3 不同时间尺度SPI计算结果

按1个月、3个月、6个月、12个月等4种时间尺度计算标准降水指数(SPI),确定特涝、重涝、中涝、轻涝、无旱、轻旱、中旱、重旱、特旱的依据是 $SPI > 2$; $1.5 < SPI \leq 2$; $1 < SPI \leq 1.5$; $0.5 < SPI \leq 1$; $-0.5 < SPI \leq 0.5$; $-1 < SPI \leq -0.5$; $-1.5 < SPI \leq -1$; $-2 < SPI \leq -1.5$; $SPI \leq -2$ 。结果1954年、1967年、1968年、1970年、1975年、1976年、1977年、1978年、1979年、1982年、1986年、1989年、1992

年、1995年、1999年、2005年、2007年、2008年共计18年,属于干旱年份,占28%;1951年、1952年、1956年、1957年、1959年、1960年、1963年、1965年、1971年、1972年、1981年、1984年、1985年、1987年、1991年、1994年、1997年、1998年共计18年,属于涝年,所占28%;其余22年为正常年,所占38%,(见表3)。由此可以看出,20世纪60—70年代和最近几年干旱趋势增加,此结论与他人研究结果相同^[17-18]。

3 结论

(1)桦川县多年降水量数据分析表明,该县降水量呈逐年减少的趋势,达到-17.8 mm/10a,通过0.05显著性检验。降水量在20世纪50年代和80—90年代处于多雨期,60—70年代和目前处于少雨期,周期性明显。1951—2008年间降水量M-K突变检测发现,2个升降突变拐点在1965、1979年。周期性分析显示降水存在3~5年小周期和10年左右的周期。

(2)SPI计算所需资料获取方便,计算步骤简单,时间尺度选择性强,旱涝时空表现较好,已经成为中国国家干旱标准检测的基本方法。笔者计算发现,运用上述方法检测桦川县旱涝发生规律与历史记载吻合较好。

(3)气候变化导致桦川县降水量下降及气温升高,蒸腾量加大,旱涝的不确定性和不稳定性增强,成为农业生产主要威胁。因此,在农业生产中应注意旱涝兼治、排蓄结合、排灌结合、治涝为主的原则。采取节水措施,兴修水利,合理使用地下水与过境水,减小和防止水土流失,保证农业可持续发展。

表3 基于SPT的桦川县1951—2008年年份旱涝评价

特旱年	重旱年	中旱年	轻旱年	正常年	轻涝年	中涝年	重涝年	特涝年
1969	2001	1993	1951	1971	1982	1960	1995	1970
	2002	1994	1952	1972	1983	1961	1996	2008
	2003		1953	1973	1984	1962	1997	
	2004		1954	1974	1985	1963	1998	
	2005		1955	1975	1986	1964	1999	
	2006		1956	1976	1987	1965	2000	
			1957	1977	1988	1966		
			1958	1978	1989	1967		
			1959	1979	1990	1968		
				1980	1991			
				1981	1992			

4 讨论

降水多寡、时间分布不均均是旱涝灾害发生的重要原因,旱涝灾害是桦川县农业生产面临的主要威胁,研究桦川县降水变化特征及旱涝规律对于桦川县农业生产意义重大。

气候变化是桦川县降水减少和旱涝灾害的直接影响因素。运用M-K检验与小波分析分析降水量年际变化,1965年、1979年存在突变拐点和3~5年、10年左右的周期,这与栾兆擎的研究结果相似^[9]。探讨桦川县降水近60年降水量减少的原因,既有大气环流影响的因素,也有本地区开发过程中下垫面改变的原因^[11],也与生态环境破坏有关^[12]。对比三江平原其他台站观测结果,桦川县的降水量变化和周边台站变化趋势相同,也类似于省内外其他地区的气象台站观测结果。表明:桦川县降水变化特征与中国东北地区、华北地区和长江中下游地区呈现一致的规律,降水量减少原因并非能用某一局地因素所决定。

旱涝灾害的发生与降水多少、土壤墒情、水利设施等相关。在气候暖干变化背景下,三江平原的降水趋于减少,桦川县应采取利用松花江位于境内的地域优势,充分利用丰富的过境水。加强排涝工程建设,使旱涝灾害的影响降到最低程度。

参考文献

- [1] IPCC. Climate Change: Synthesis Report. Intergovernmental Panel on Climate Change[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2007:30-63.
- [2] Jason P. Evans. 21st century climate change in the Middle East[J]. Climatic Change, 2009, 92: 417-432.
- [3] Bruce Millett, W. Carter Johnson, Glenn Guntenspergen. Climate trends of the North American prairie pothole region 1906-2000[J]. Climatic Change, 2009, 93: 243-267.
- [4] Philipp Matzneller, Francesca Ventura, Nicola Gaspari, et al.

Analysis of climatic trends in data from the agrometeorological station of Bologna-Cadriano, Italy (1952-2007)[J]. Climatic Change, 2010, 100: 717-731.

- [5] 孙永贺,张春城,徐建民.佳木斯市旱涝分析[J].黑龙江水专学报, 2005(01):30-31.
- [6] 三江平原科技攻关办公室.三江平原宝清地区旱涝规律分析和工程治理措施[J].东北水利水电, 1986(10):16-21.
- [7] McKee, T. B., N. J. Doesken, J. Kleist. "The relationship of drought frequency and duration to time scales. Preprints", 8th Conference on Applied Climatology[M]. Anaheim, California, 1993: 179-184.
- [8] 黄晚华,杨晓光,李茂松,等.基于标准化降水指数的中国南方季节性干旱近58a演变特征[J].农业工程学报, 2010(07):50-59.
- [9] 袁文平,周广胜.标准化降水指标与Z指数在我国应用的对比分析[J].植物生态学报, 2004(04):523-529.
- [10] 魏凤英.现代气候统计诊断与预测技术(第二版)[M].北京:气象出版社, 2007:36-99.
- [11] 唐启义,冯明光. DPS 数据处理系统——实验设计、统计分析及数据挖掘(第二版)[M].科学出版社, 2007:930-945.
- [12] 张强,邹旭恺,肖风劲. GB/T20481—2006, 中华人民共和国国家标准——气象干旱等级[S].北京:中国标准出版社, 2006:3-4.
- [13] 闫敏华,邓伟,陈泮勤.三江平原气候突变分析[J].地理科学, 2003(06):661-667.
- [14] 栾兆擎,章光新,邓伟,等.三江平原50a来气温及降水变化研究[J].干旱区资源与环境, 2007(11):39-43.
- [15] 闫敏华,陈泮勤,邓伟,等.三江平原气候变暖的进一步认识:最高和最低气温的变化[J].生态环境, 2005(02):151-156.
- [16] 田兆祥,李贵友,彭小峡.三江平原的降水变化和大气环流的关系[J].气象, 1981(06):13-15.
- [17] 邹立尧,国世友,牛宁.三江平原1960—2004年农业气候环境年际变化[J].地球科学进展, 2010(08):844-850.
- [18] 吉奇,宋冀凤,刘辉.近50年东北地区温度降水变化特征分析[J].气象与环境学报, 2006(05):1-5.

致谢: 论文数据收集和处理得到了佳木斯气象局王军局长、邹秋菊台长、云南省水文水资源局水情处金晨曦工程师的大力支持和帮助,在此表示感谢!