

DOI: 10.3969/j.issn.1004-4701.2019.01-10

赣南主汛期降水趋势与预测

刘 林¹, 冻芳芳², 李国文², 刘旗福¹, 李明亮¹

(1. 江西省赣州市水文局, 江西 赣州, 341000; 2. 江西省水文局, 江西 南昌, 330002)

摘 要:以赣南主汛期(4-6月)降水为研究对象,采用 1951-2017 年气候因子指数与降水数据,运用线性趋势法、Mann-Kendall 检验法分析了赣南主汛期降水的趋势特征,认为赣南主汛期降水存在减小的趋势,倾向率约为 $-17\text{mm}/10\text{a}$,赣南主汛期降水在 20 世纪 80 年代末至今下降趋势显著;在赣南主汛期降水与前期气候因子指数、前期降水相关普查的基础上,利用多元逐步回归方法建立了赣南主汛期降水长期趋势预测模型,经检验该模型具有一定的可靠性,提升了防洪减灾工作的主动性。

关键词:降水;回归;Mann-Kendall 检验;赣南

中图分类号:TV125 **文献标识码:**B **文章编号:**1004-4701(2019)01-0054-05

1 研究背景

赣州市位于江西省南部,也称赣南;东邻福建省,南毗广东省,西接湖南省,北连吉安市、抚州市。地跨东经 $113^{\circ}54' \sim 116^{\circ}38'$ 、北纬 $24^{\circ}29' \sim 27^{\circ}09'$,面积约 3.94 万 km^2 。四周环立武夷山、雩山、南岭九连山、大庾岭、诸广山及罗霄山余脉,形成周高中低,南高北低的地形地貌。赣南属于亚热带季风湿热气候区,四季分明、光热充足、降水丰沛但分配不均,区域内众多山地丘陵促进了水系的发育,主要有长江流域赣江水系与珠江流域东江水系,暴雨洪水是区域内主要自然灾害之一。经济社会的快速发展以及山区承灾能力的不匹配导致暴雨洪水致灾程度的加重,给防洪保安工作提出了更高的要求。

对此,诸多学者做过相关研究。如陈永林^[1]等选取平均降水量、降水频率、降水强度、极端降水事件及最大日降水量等指标,分析了赣州市 1951~2011 年的降水变化特征及趋势。陈龙^[2]等利用赣南地区 6 个代表性水文站实测年径流系列资料,分析了赣南地区 1958~

2015 年径流变化特性、演变规律及其影响因素。吴丹瑞^[3]等分析了赣南地区 1956~2013 年基于气温和极端降水的 8 个指标的变化趋势。这些研究主要集中在对赣南相关气象和水文要素的基本特征分析、趋势及周期分析,对赣南降水的长期预测分析研究较少。降水是海洋、大气、下垫面与人类活动多重因素综合作用的结果,气象部门多采用海洋和大气的气候因子指数与降水建立关系进行预测,如郭慧^[4](1998)等在经验正交函数展开分析的基础上,用大气环流、海温、青藏高原等气候因子指数构建多元回归模型研究西北地区东部 9~10 月降水趋势。孙海滨^[5]等(2012)分析了内蒙古呼伦贝尔地区年降水距平百分率与大气环流指数、海温指数的相关关系,得出前期副热带高压、北半球极涡、大西洋欧洲环流 C 型、西藏高原位势高度和印缅槽强度指数等均与呼伦贝尔年降水距平百分率密切相关,对该地区降水预测有较强的指示意义。赵中军^[6]等(2015)利用 74 项环流指数和 NCEP 再分析海表温度资料构建了辽宁汛期降水的偏最小二乘回归预测模型,经检验降水试报效果较好。目前国家气候中心整合了 1951 年以来逐月百项气候因子指数(包含大气环流指数、海温

收稿日期:2018-12-25

项目来源:江西省水利厅科技项目(KT201524)。

作者简介:刘林(1991-),男,硕士。

指数和其它指数)供研究使用。在方法上,不少学者将逐步回归方法应用到降水预测中,取得了良好的效果。如张学仁^[7]等(1992)将逐步回归方法应用到汛期降水预报中,陈创买^[8]等(1999)考虑各统计方法的优劣,研究了气候场的主分量逐步回归预报,彭端^[9]等(2005)用逐步回归模型对肇庆市汛期降水进行了预测,陈德花^[10]等(2013)构建了福建汛期降水主分量的逐步回归预测模型。

4~6月为江西省的主汛期,也即赣南的主汛期,主汛期是暴雨洪水最为集中的时段,也是防汛保安最为关键的时段。江西省相关研究机构会对主要气象年份4~6月江西省天气、气候特点作总结分析,如孙素琴^[11]等分析了2016年4~6月江西省天气、气候特点及其影响。

基于此,本文以赣南主汛期(4~6月)降水为研究对象,采用气候因子指数与降水数据,运用统计学方法分析赣南主汛期降水趋势,进行赣南主汛期降水与前期气候因子、前期降水相关普查,进一步建立赣南主汛期降水长期趋势预测模型,为防洪减灾提供技术支撑。

2 数据与方法

2.1 数据

(1) 国家气候中心提供的1951~2017年逐月气候因子指数数据;

(2) 赣州市水文局提供的1951~2017年赣州市主汛期(4~6月)面平均雨量系列。

2.2 分析方法

(1) 用线性趋势法与Mann-Kendall检验法分析赣南主汛期降水趋势;

(2) 用Pearson相关系数法进行赣南主汛期降水与前期气候因子指数、前期降水的相关性普查;

(3) 应用多元逐步回归方法构建赣南主汛期降水预测模型。

线性趋势法常用最小二乘法构建线性方程来判断时间序列的线性趋势。Mann-Kendall法是一种非参数统计检验(亦称无分布检验)方法,最初由H.B.Mann和M.G.Kendall提出原理并发展了这一方法。非参数检验方法的优点是不需要样本遵从一定的分布,也不受少数异常值的干扰,更适用于类型变量和顺序变量,计算比较简便,而且可以明确突变开始的时间,

并指出突变区域。皮尔逊相关也称为积差相关(或积矩相关)是英国统计学家皮尔逊于20世纪提出的一种计算直线相关的方法。多元逐步回归方法可以根据各自变量对因变量的贡献大小进行变量筛选,剔除贡献小和与其他自变量有密切关系的自变量,从而求得精炼稳定的回归方程,在降水的长期预测中得到了较好的应用。篇幅所限,以上方法详情请参考相关文献,如文献^[12]。

3 赣南主汛期降水趋势分析

3.1 线性趋势分析

赣南历年主汛期降水量变化线性趋势如图1所示。从图1中可以看出,整体上,在多年的丰枯交替变化中赣南主汛期降水量存在减小的趋势,倾向率约为 $-17\text{mm}/10\text{a}$ 。从年代际来看,赣南主汛期降水量在20世纪70年代中期以前振荡周期较短、振动幅度更大,70年代中期以后周期拉长。

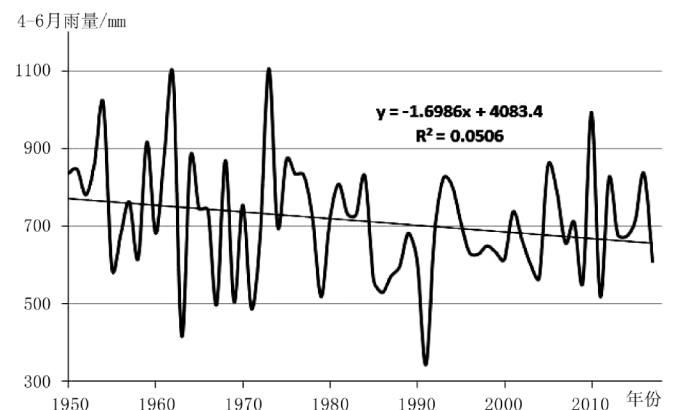


图1 赣南主汛期降水量线性趋势

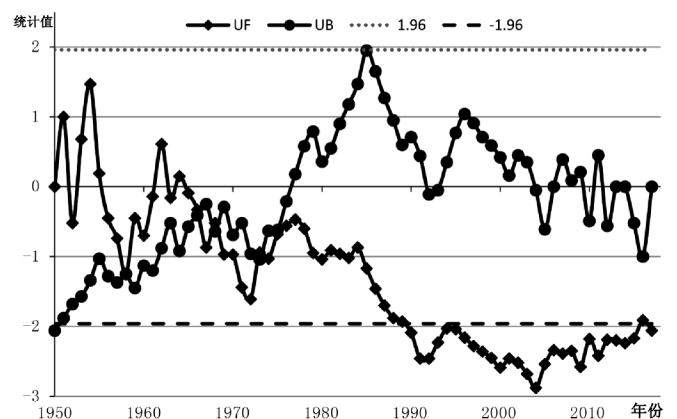


图2 赣南主汛期降水量M-K分析

3.2 Mann-Kendall 趋势分析及检验

应用非参数统计检验 Mann-Kendall(简称 M-K)方法分析赣南主汛期降水量序列的结果如图 2 所示。从图 2 中可看出,赣南主汛期降水量在 20 世纪 60 年代中期以后呈下降趋势,且 20 世纪 80 年代末至今下降趋势显著,通过了 0.05 的显著性水平,最近一次突变时间在 1976 年左右,这与赣南主汛期降水线性趋势分析结论相吻合。

4 赣南主汛期降水与前期因子相关普查

为了预测赣南主汛期降水量,首先寻找影响赣南主汛期降水的前期因子。前期影响时间选择前 1 年,前期因子选择主要从两方面进行考虑:1)海温、环流等前期气候因子;2)前期降水。分别从以上两方面与赣南主汛期降水进行相关普查。

4.1 赣南主汛期降水与前期气候因子相关普查

赣南主汛期降水系列与前 1 年逐月海温、大气环流因子系列分别作相关,最终筛选出相关系数最高的前 10 项因子,及其显著性水平,结果见表 1。

表 1 赣南主汛期降水与前期气候因子指数相关

序号	前期气候因子指数	相关系数	显著水平
1	11 月太平洋区极涡强度指数	0.45	**
2	10 月 850hPa 西太平洋信风指数	-0.33	**
3	1 月南极涛动指数	-0.33	**
4	11 月北太平洋遥相关型指数	-0.33	**
5	9 月北美区极涡强度指数	0.32	**
6	10 月西太平洋暖池强度指数	-0.32	**
7	9 月斯堪的纳维亚遥相关型指数	0.31	*
8	8 月 850hPa 西太平洋信风指数	-0.30	*
9	6 月西太平洋副高西伸脊点指数	-0.30	*
10	7 月西太平洋暖池强度指数	-0.30	*

注:*表示通过 0.05 的显著性检验,**表示通过 0.01 的显著性检验;前期表示前 1 年。

说明赣南主汛期降水与冷空气的活动密切相关,另外,在所选的 10 个因子中,还有上年 9 月斯堪的纳维亚遥相关型指数也与赣南主汛期降水正相关。赣南主汛期降水与上年 1 月南极涛动指数、11 月北太平洋

遥相关型指数成负相关关系,相关系数均为-0.33,通过了 0.01 的显著性检验。赣南主汛期降水与上年 10 月、8 月 850hPa 西太平洋信风指数成负相关,说明赣南主汛期降水与热带低纬信风也有紧密联系。海温方面,赣南主汛期降水与上年 10 月、7 月西太平洋暖池强度指数成负相关。副高方面,赣南主汛期降水与上年 6 月西太平洋副高西伸脊点指数成负相关。

4.2 赣南主汛期降水与前期降水相关普查

赣南主汛期降水系列与前 1 年赣南逐月降水量系列分别作相关,筛选出相关系数高的前 3 项,结果见表 2。

表 2 赣南主汛期降水与前期降水相关

序号	赣南前期降水	相关系数	显著水平
1	12 月降水量	0.27	*
2	6 月降水量	-0.25	*
3	11 月降水量	0.2	*

注:*表示通过 0.05 的显著性检验;前期表示前 1 年。

表 2 表明:赣南主汛期降水与上年赣南 12 月、11 月降水量成正相关关系,均通过了 0.05 的显著性检验;赣南主汛期降水与上年赣南 6 月降水量成负相关关系,通过了 0.05 的显著性检验。

5 赣南主汛期降水多元逐步回归预报模型

选取 1952-2013 年赣南主汛期降水与经相关普查筛选出的前期 13 项因子的相应前期序列,建立逐步回归模型,设置前期因子进入的 F 概率值为 0.1、剔除的概率值为 0.2,经多元逐步回归运算得到回归方程:

$$y=327.241+0.072 \times x_1+0.772 \times x_2-1.837 \times x_3+108.118 \times x_4-0.387 \times x_5+0.733 \times x_6$$

式中: y 为赣南主汛期降水量,mm; x_1 为上年 11 月太平洋区极涡强度指数; x_2 为上年 11 月降水量,mm; x_3 为上年 1 月南极涛动指数; x_4 为上年 9 月斯堪的纳维亚遥相关型指数; x_5 为上年 6 月降水量,mm; x_6 为上年 12 月降水量,mm。

从整体来看,回归值曲线能够较好显示出赣南主汛期降水的年代际趋势变化。但对于部分极枯年份,模型回归值拟合效果较差。

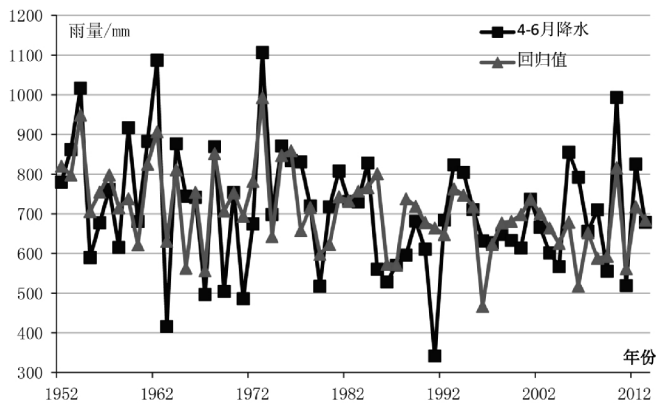


图 3 赣南主汛期降水多元逐步回归结果

按 GB/T 22482-2008《水文情报预报规范》要求,取赣南主汛期降水多年同期实测变幅的 20%作为预报许可误差,则在总的 62 年中,相对拟合误差在允许范围内的有 49 年,合格率为 79%。

6 赣南主汛期降水预报试验

选取 2013-2016 年相关的前期因子,通过已经构造的多元逐步回归模型,计算 2014-2017 年赣南主汛期降水量值,并与实测值对比,以检验预报模型的可靠性。结果见图 4。

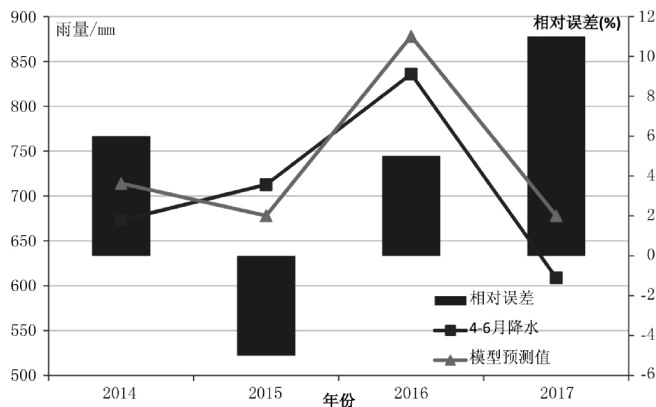


图 4 模型检验结果

从检验结果可以看出,预测结果较好,4 个年份的赣南主汛期降水预测值均在 12% 的相对误差之内,说明所构建的预报模型具有一定的可靠性。

7 结 论

本文利用线性趋势法、Mann-Kendall 检验法分析

了赣南主汛期降水的趋势特征,应用 pearson 相关系数法对赣南主汛期降水与前期气候因子指数、前期降水进行了相关普查,采用多元逐步回归方法建立了赣南主汛期降水长期趋势预测模型,得出以下结论:

(1) 1957~2017 年赣南主汛期降水存在减小的趋势,倾向率约为 $-17\text{mm}/10\text{a}$ 。赣南主汛期降水变化在 20 世纪 70 年代中期以前呈波动性特征,大约在 1976 年发生突变,之后进入降水偏少的年代际背景,且 20 世纪 80 年代末至今赣南主汛期降水下降趋势显著,通过了 0.05 的显著性水平。

(2) 相关普查结果表明:在前期气候因子指数方面,赣南主汛期降水与上年 11 月太平洋区极涡强度指数、9 月北美区极涡强度指数成正相关关系,说明赣南主汛期降水与冷空气活动密切相关。赣南主汛期降水与上年 1 月南极涛动指数、11 月北太平洋遥相关型指数成负相关关系。在热带低纬方面,赣南主汛期降水与上年 10 月 850hPa 西太平洋信风指数成负相关。在海温方面,赣南主汛期降水与上年 10 月西太平洋暖池强度指数成负相关。以上相关均通过了 0.01 的显著性检验。在前期降水方面,赣南主汛期降水与上年 11 月、12 月降水量成正相关关系,而与上年 6 月降水量成负相关关系,均通过了 0.05 的显著性检验。

(3) 2014~2017 年赣南主汛期降水预报试验检验结果表明本文所构建的多元逐步回归模型具有一定的可靠性,应用于赣南主汛期降水预测能提升防汛工作的主动性。

本文主要采用线性的方法来构建赣南主汛期降水预测模型,下一步可以应用新方法以提高预报精度,另外,可以对赣南主汛期降水前期影响因子的前期影响时间、物理机制、气候因子尺度与研究区域尺度匹配问题作进一步研究。

参考文献:

[1] 陈永林,谢炳庚,曹思沁. 近 61 年来赣州降水量变化特征及趋势[J]. 南水北调与水利科技, 2014 (5): 104~108.
 [2] 陈龙,罗蔚. 赣南地区径流特征及变化趋势分析[J]. 人民珠江, 2017, 38 (9): 29~33.
 [3] 吴丹瑞,吴安琪,何新玥,等. 赣南地区近 58 年来极端气候变化趋势分析[J]. 长江科学院院报, 2017, 34 (1): 24~29.
 [4] 郭慧,张存杰,董安祥,等. 用多元回归和 EOF 方法预报西北地区东部 9~10 月降水趋势 [J]. 甘肃气象, 1998 (03): 15~18.

- [5] 孙海滨,高涛. 大气环流指数和海温对呼伦贝尔地区年降水预测的指示意义[J]. 内蒙古气象, 2012(02): 5~10.
- [6] 赵中军,刘善亮,游大鸣,等. 偏最小二乘回归模型在辽宁汛期降水预测中的应用 [J]. 干旱气象, 2015, 33 (06): 1038~1044.
- [7] 张学仁,栾敏霞. 逐步回归方法在汛期降水预报中的应用[J]. 山东气象, 1992(02): 30~32.
- [8] 陈创买, 周文. 广东灾害性气候的分析和预测研究 [M]. 广州: 中山大学出版社, 1999, 1~30.
- [9] 彭端,黄天文,郭媚媚,等. 用逐步回归模型预测肇庆市汛期降水[J]. 广东气象, 2005(02): 16~17+20.
- [10] 陈德花,陈创买,周学鸣,等. 福建汛期降水主分量逐步回归预测模型研究[J]. 气象, 2013, 39(09): 1190~1196.
- [11] 孙素琴,胡菊芳,姚俊萌. 江西省天气、气候特点及其影响(2016年4~6月)[J]. 气象与减灾研究, 2016, 39 (3): 240~240.
- [12] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术(第2版) [M]. 北京: 气象出版社, 2007.

编辑: 张绍付

Precipitation trend and forecast in the major flood season of south Jiangxi

LIU Lin¹, DONG Fangfang², LI Guowen², LIU Qifu¹, LI Mingliang¹

(1. Hydrology Bureau of Ganzhou, Ganzhou 34100, China;

2. Hydrology Bureau of Jiangxi, Nanchang 330000, China)

Abstract: According to 1951~2017 year climate factor indexes and precipitation data, this paper takes precipitation of the major flood season (April to June) as research subject, use linear trend method and Mann-Kendall test method to analyze precipitation trend in the major flood season of south Jiangxi, we conclude that precipitation in the major flood season of south Jiangxi is decreasing with a tendency rate of 17mm/10a in the long run, an evident downtrend has been happening since the end of 1980s. A census on the relationship between precipitation in the major flood season of south Jiangxi and pre climate factor indexes or pre precipitation has been conducted, then we established a long term trend prediction model for precipitation in the major flood season of south Jiangxi. We have verified that the model is reliable. This model can help us make a good preparation for flood control and disaster alleviation.

Keywords: Precipitation; Regression; Mann-Kendall test; South Jiangxi

翻译: 刘 林