

邹海东,冯波,盛勇,等. 2017. 江西省永修地区盛夏气温和汛期降水变化特征及其预测模型[J]. 气象与减灾研究,40(4):276-281.

Zou Haidong, Feng Bo, Sheng Yong, et al. 2017. The Variation characteristics and forecast of temperature in midsummer and precipitation during flood period in Yongxiu of Jiangxi[J]. Meteorology and Disaster Reduction Research,40(4):276-281.

江西省永修地区盛夏气温和汛期降水 变化特征及其预测模型

邹海东^{1,2}, 冯波², 盛勇², 丁君²

1. 松桃苗县气象局, 贵州 铜仁 554199

2. 永修县气象局, 江西 九江 330300

摘要: 利用逐日气温和降水资料,对江西省永修地区 1961—2015 年盛夏(7—8 月)气温和汛期(4—6 月)降水的变化规律进行分析。结果表明,永修地区盛夏气温和汛期降水均存在 25—30 a 的变化周期,但在全球变暖的大背景下,两者自 1961 年以后均未表现出明显的长期变化趋势。通过相关性分析从大气环流指数和外强迫指数中筛选影响永修地区降水和气温的显著相关因子,并采用逐步回归法构建永修地区盛夏气温预测模型和汛期降水预测模型。模拟和预测试验结果表明,气温、降水预测模型不仅能较好地模拟出 1961—2010 年永修地区盛夏气温和汛期降水的变化,还能很好地分别预报出 2011—2015 年永修地区盛夏气温和汛期降水。

关键词: 气温,降水,变化趋势,影响因子,预测模型

中图分类号: P467

文献标识码: A

文章编号: 1007-9033(2017)04-0276-06

doi: 10.12013/qxyjzj2017-041

The Variation Characteristics and Forecast of Temperature in Midsummer and Precipitation during Flood Period in Yongxiu of Jiangxi

Zou Haidong^{1,2}, Feng Bo², Sheng Yong², Ding Jun²

1. Songtaomiao Meteorological Bureau, Tongren 554199, China

2. Yongxiu Meteorological Bureau, Jiujiang 330300, China

Abstract: Based on the 1961 – 2015 daily temperature and precipitation data in Yongxiu, the variation characteristics of the temperature from July to August and the precipitation from April to June were analyzed. The results showed that the variation cycle of temperature in midsummer and precipitation during flood period was 25 – 30 a, while none of them had presented obvious long-time trends since 1961. Significant correlation factors affecting precipitation and temperature in Yongxiu region were selected from atmospheric circulation index and external forcing index by correlation analysis. Stepwise regression method was used to build a midsummer temperature forecast model and a flood season prediction forecast model. The models not only successfully simulated the variations of temperature and precipitation during 1961 – 2010, but also forecasted the temperature and precipitation from 2011 to 2015.

Key words: temperature; precipitation; variation trend; influence factor; predictive model

收稿日期: 2017-05-22; 修订日期: 2017-08-08.

基金项目: 公益性行业(气象)科研专项(编号:GYHY201506002); 灾害天气国家重点实验室开放课题(编号:2016LASW-N11).

作者简介: 邹海东,助理工程师,主要从事气象观测业务与研究, E-mail: zhd8807143@163.com.

0 引言

IPCC(2014)第五次评估报告显示,全球地表温度在1901—2012年升高约 $0.89\text{ }^{\circ}\text{C}$,且增温主要出现在1951—2012年,温度升高约 $0.72\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。在全球变暖的大背景下,除西南地区外,中国其他地区均表现出了不同速率的变暖趋势。吴晓绚等(2015)指出华南地区的年平均气温倾向率为 $0.15\text{ }^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$,明显低于东北地区。吴茜等(2010)指出江西地区年平均气温倾向率为 $0.16\text{ }^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$,南昌地区的年平均气温倾向率与江西地区相当(冯敏玉等,2009)。与平均温度的变化不同,在全球变暖背景下,中国的年平均降水量没有明显的变化趋势,但不同区域有着不同的变化趋势,江西地区的年平均降水量也呈增加趋势,倾向率为 $15.13\text{ mm}/(10\text{ a})$ (冯敏玉等,2009)。除了整体的线性变化趋势外,江西以及全国的气温和降水还表现出显著的年际和年代际变化特征,吴茜等(2010)还指出江西地区气温或降水存在准25 a的年代际变化周期。对于降水和气温的预测,一般通过统计学方法建立回归模型来实现。如,赵中军等(2015)利用回归法和74项环流指数,构建了辽宁地区汛期降水预测模型;吴珊珊和黄彩婷(2015)利用回归法和高敏感区的海温距平构建了江西省6月降水预测模型;姚春林(1999)利用回归法和500 hPa高度场高敏感区的位势高度场构建了江西省7月降水预测模型;杨金虎等(2015)利用回归法和74项环流指数构建了中国西北和东南部降水预测模型。

江西省永修县位于东亚季风区内,西连九岭山脉,东连中国最大的淡水湖鄱阳湖,地理位置和地形地貌都非常特殊,受季风气候、山地气候和湖泊气候共同影响,其气温和降水的变化规律及预测模型与全国乃至江西其他地区可能有所不同,但目前对永修地区气温和降水气候变化的研究较少。因此,文中将分析永修地区盛夏(7—8月)气温和汛期(4—6月)降水的变化规律,从大气环流指数和外强迫指数中寻找其影响因子,并建立预测模型,以期进一步加深对永修地区气候变化规律的认识,为气温和降水预测提供参考。

1 资料与方法

文中所用永修站逐日气温和降水资料来源于江西省气象信息中心,其时间长度为1961年1月—2015年12月;74项逐月大气环流指数和ENSO、大

西洋、印度洋等68项外强迫指数来源于国家气候中心,其时间长度为1961年1月—2015年12月。通过相关性分析筛选出影响永修地区气温和降水的显著相关因子,进而利用逐步回归法构建最优预测模型。

2 气温和降水量的季节变化

图1a给出了1971—2015年永修地区气温和降水量的月平均变化。分析发现,1月永修地区平均气温为 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$,为全年最低,此后随着时间的增加气温逐渐升高,7月达到最高值,接近 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$,8月稍有下降,但仍维持在 $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上,9月快速下降为 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下。与气温变化相似,永修地区降水量的增长期也出现在1—6月,且从4月开始月平均降水量就超过 200 mm ,6月达到最大值,超过 250 mm ,为全年之最,此后降水量快速减少,7月降水量低于 150 mm ,12月降水量为全年最少,不足 50 mm 。

图1b给出了1971—2015年永修地区月平均暴雨日数、高温日数和低温日数月平均变化。分析发现,永修地区的暴雨天气主要出现在4—6月,其中6月最多,约为 1.4 d ;高温天气主要出现在7—8月,其中7月最多,超过 12 d 。由此可见,永修地区高温期(盛夏)主要为7—8月,平均气温高达 $28\text{ }^{\circ}\text{C}$;多雨期(汛期)主要出现在4—6月,月降水量超过 200 mm 。

3 盛夏气温和汛期降水量的年际变化

3.1 盛夏气温

由盛夏(7—8月,下同)气温时间序列(图2a)可见,1961—2015年永修地区盛夏气温具有显著的年际变化,平均气温为 $28.77\text{ }^{\circ}\text{C}$,最低气温为 $26.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ (1999年),最高气温为 $31.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (2013年),标准差为 $0.86\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。永修地区盛夏气温具有显著的年代际周期变化,周期约为25—30 a,其中峰值出现在20世纪80年代初期和2010年附近,谷值出现在20世纪70年代初期和90年代后期,2010年以后处于下降位相,这与整个江西地区年平均气温的年代际变化周期一致(吴茜等,2010)。1961—2015年永修地区盛夏气温的线性拟合曲线(图2a)显示,永修地区盛夏气温略呈上升趋势,倾向率为 $0.054\text{ }^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$,但未通过相应的显著性检验。这表明永修地区盛夏气温的上升趋势不显著,而江西省年平均气温却呈明显的上升趋势,气温倾向率超过 $0.15\text{ }^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$ (吴茜等,2010;付莲莲等,2016)。

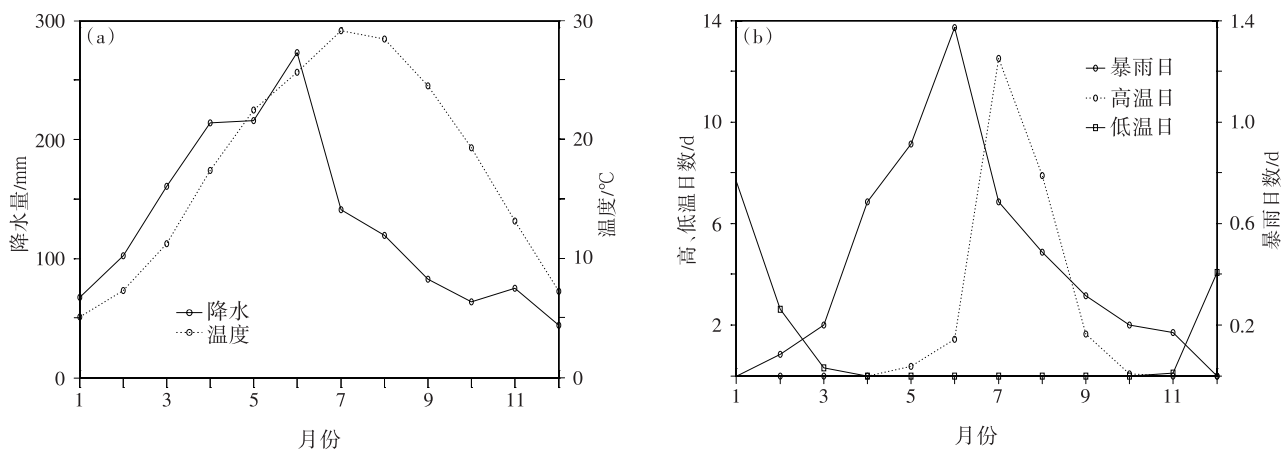


图1 1971—2015年永修地区气温、降水量月平均变化(a)和暴雨日数、高温日数、低温日数(b)月平均变化

Fig. 1 Monthly variation of (a) precipitation, temperature, and (b) heavy rain days, high temperature days, low temperature days in Yongxiu from 1971 to 2015

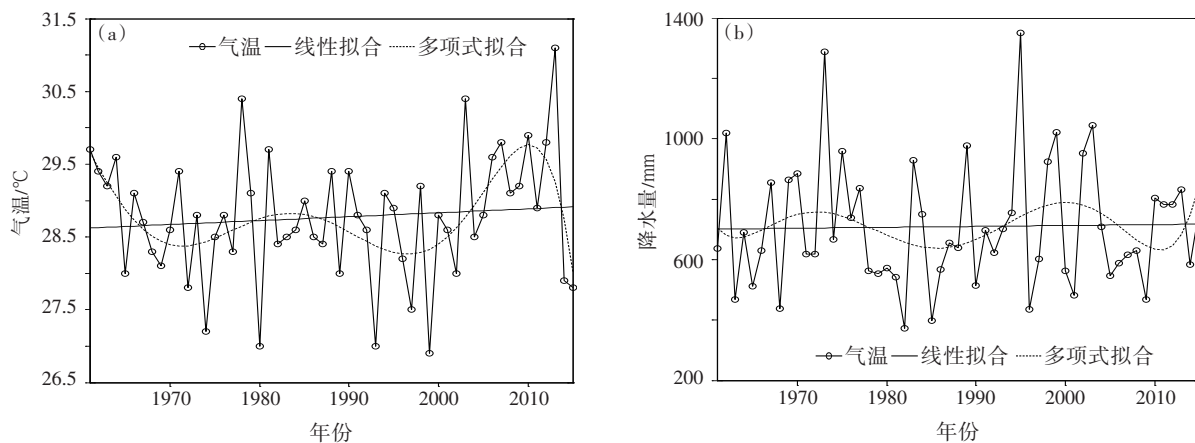


图2 1961—2015年永修地区盛夏(7—8月)气温(a)和汛期(4—6月)降水量(b)序列

Fig. 2 Annual variation of temperature from July to August (a) and precipitation from April to June (b) during 1971 - 2015

3.2 汛期降水量

1961—2015年永修地区汛期(4—6月,下同)降水量时间序列(图2b)显示,永修地区汛期降水量具有显著的年际变化,降水量为350—1400mm,年平均降水量为709mm,最小降水量为372.2mm(1982年),最大降水量为1349.5mm(1995年),最大降水量约为最小的4倍,标准差为208.2mm。与盛夏气温一样,永修地区汛期降水也具有显著的年代际周期变化,周期也为25—30a,这与整个江西地区降水量的年代际变化周期类似(吴茜,2010),其中峰值出现在20世纪70年代初期和21世纪初期,谷值出现在20世纪80年代中期和2010年附近,2010年以后处于上升位相。分析1961—2015年永修地区汛期降水量的线性拟合曲线(图2b)可知,永

修地区汛期降水量变化略呈上升趋势,倾向率为3.0mm/(10a),但未通过相应的信度检验,这表明永修地区汛期降水也没有明显的长期变化趋势,但江西地区的降水量增速超过15mm/(10a),且呈明显的上升趋势(吴茜等,2010;付莲莲等,2016)。

4 盛夏气温和汛期降水量的影响因子分析

4.1 盛夏气温影响因子

由图1—3分析发现,永修地区的年均气温和降水量除了长期的变化趋势外,还有显著的年际变化特征,这表明永修地区的气温和降水除了受全球变暖影响外,还受大气环流和其他外强迫源的影响。为了进一步认识永修地区盛夏气温年际变化的影响因子,为其预报预测提供自变量,对可能影响永修地

区的 142 项指数与盛夏气温进行同期相关性分析,发现永修地区盛夏气温与东太平洋副高强度、南海副高强度、南海副高脊线、北半球副高北界、Polar/Eurasia Pattern、Niño 4、PNA、AMM、ENSO Modoki、热带北大西洋指数、热带南大西洋指数、西风漂流区海温、赤道上空 300 m 温度共 13 项指数有较好的相关性。表 1 给出了永修地区气温与 13 项指数的相关关系,通过了信度 0.10 的显著性检验。分析发现,其中相关系数最大的指数是南海副高脊线,为 0.561,其次是热带北大西洋指数,为 0.458,而与热带南大西洋指数的相关系数也超过了 0.4,与 Polar/Eurasia Pattern、ENSO Modoki、西风漂流区海温、赤道上空 300 m 温度 4 项指数的相关系数为 0.3—0.4,与 Niño 4、PNA、AMM、东太平洋副高强度、南海副高强度和北半球副高北界 6 项指数的相关系数小于 0.3。

表 1 与永修地区盛夏(7—8月)气温显著相关的指数(通过信度 0.10 的显著性检验)

Table 1 The significant correlation factors (passed 90% reliability test) with temperature during July and August in Yongxiu

指数名称	相关系数
东太平洋副高强度	0.279
AMM	0.266
南海副高强度	0.264
热带北大西洋指数	0.458
南海副高脊线	0.561
热带南大西洋指数	0.403
北半球副高北界	0.294
西风漂流区海温	0.343
Polar/Eurasia Pattern	0.343
赤道上空 300 m 温度	0.345
Niño 4	0.278
ENSO Modoki	0.329
PNA	0.277

4.2 汛期降水量影响因子

为进一步认识永修地区汛期降水量年际变化的影响因子,并为其预测提供因变量,对汛期降水与 142 项指数分别进行同期相关性分析,发现永修地区汛期降水量与 142 项环流指数中,相关性通过信度 0.10 的显著性检验的因子明显较盛夏气温偏少,仅有 4 项,分别是大西洋欧洲环流 E、欧亚经向环流、西半球暖池和 Niño 4 指数,其中欧亚经向环流的相关性最好,相关系数为 0.464,大西洋欧洲环流 E 的相关系数次之,为 0.410,西半球暖池和 Niño 4 的相关系数分别为 0.311 和 0.295。

5 预测模型的建立

5.1 盛夏气温

永修地区盛夏气温与 142 项指数的相关分析表明,有多达 13 项的指数与永修地区盛夏气温相关关系较好。但在这 13 项因子中,有些因子可能对盛夏气温的影响没有显著的意义,部分因子之间还可能存在着较好的相关关系。因此,文中将基于这 13 项因子,引入逐步回归法对永修地区盛夏气温进行回归建模。具体思路:将 13 项因子分别引入模型,每引入 1 项因子后进行 F 检验,并对已经选入的因子逐项进行 t 检验,当原先引入的因子由于后面因子的引入变得不再显著时,将其剔除,重复这一步骤,直到既没有显著的因子引入回归方程,也没有不显著的因子从方程中剔除为止。

基于 1961—2010 年永修地区盛夏气温资料,通过逐步回归法分析发现,在这 13 项因子中,仅有东太平洋副高强度指数(x_1)、南海副高脊线(x_2)、北半球副高北界(x_3)、Polar/Eurasia Pattern(x_4)和热带北大西洋指数(x_5)5 项因子最终入选回归方程,其表达式为

$$T = 32.1433 + 0.0034x_1 + 0.1823x_2 - 0.2519x_3 + 0.1503x_4 + 0.213x_5 \quad (1)$$

图 3 给出了 1961—2010 年永修地区观测气温与利用回归方程模拟的气温结果对比。分析发现,归方程不仅很好地模拟出了永修地区盛夏气温的年际变化,还很好地模拟出 1999 年后的上升趋势。观

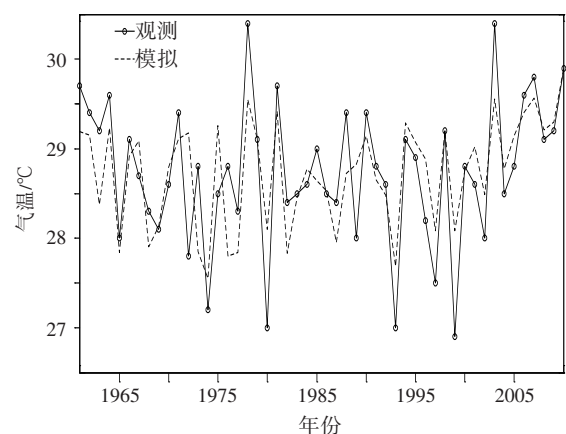


图 3 1961—2010 年永修地区盛夏(7—8月)气温的观测和模拟序列

Fig. 3 The observed and simulated midsummer temperature in Yongxiu from 1971 to 2015

测气温与模拟气温的相关系数高达 0.736,通过了信度 0.01 的显著性检验,进一步说明该回归方程很好地模拟出永修地区的盛夏气温。

为检验回归方程对永修地区盛夏气温的预测性能,用其对 2011—2015 年永修地区盛夏气温进行预测(表 2)。与观测值对比发现,回归方程成功地预测了 2013 年永修地区盛夏气温超过 30 °C,而 2015 年低于 28 °C,其他年份为 28—30 °C。实况气温距平和预测气温距平在 2011—2015 年均均为“正、正、正、负、负”,且最大正距平出现在 2013 年,最大负距出现在 2015 年。以上分析表明,回归方程对永修地区盛夏气温有较好的预测能力。

表 2 2011—2015 年永修地区盛夏(7—8 月)气温实测值与预测值(单位:°C)

Table 2 The observed and forecasted midsummer temperature in Yongxiu from 2011 to 2015 (unit:°C)

年份	实测		预测	
	气温	距平	气温	距平
2011	28.9	0.2	29.1	0.4
2012	29.8	1.1	29.9	1.2
2013	31.1	2.4	30.4	1.7
2014	27.9	-0.8	28.6	-0.1
2015	27.8	-0.9	27.7	-1.0

5.2 汛期降水

同样,基于 1961—2010 年永修地区汛期降水资料,利用逐步回归法从影响永修地区汛期降水的 4 项因子中筛选出欧亚经向环流(x_1)和 Niño 4 两项因子(x_2),构建了永修地区汛期降水量预测模型:

$$R = 265.87 + 46.24x_1 + 47.41x_2 \quad (2)$$

图 4 给出了 1961—2010 年永修地区汛期观测降水量和利用回归方程模拟降水量。分析发现,观测与预测降水量随时间的演变趋势吻合较好,两者的相关系数达 0.561,通过了信度 0.01 的显著性检验。回归方程虽然较好地模拟出永修地区汛期降水量的演变趋势,但是对降水极大值的模拟有所偏小,在 1973 年和 1995 年尤为明显。为了进一步检验回归方程的预测能力,用其对 2011—2015 年永修地区汛期的降水量进行预测(表 3)。与观测降水量对比发现,回归方程成功地预测了 2012—2015 年永修地区汛期降水的变化趋势,也成功预测出了 2013 年降水较量偏多和 2014 年降水量偏少,但没能预测出 2011 年永修地区汛期降水量偏多的情况。总体而言,在 5 次预测中有 4 次成功地预测出了永修地区的汛期降水,说明回归方程的预测性能可靠。

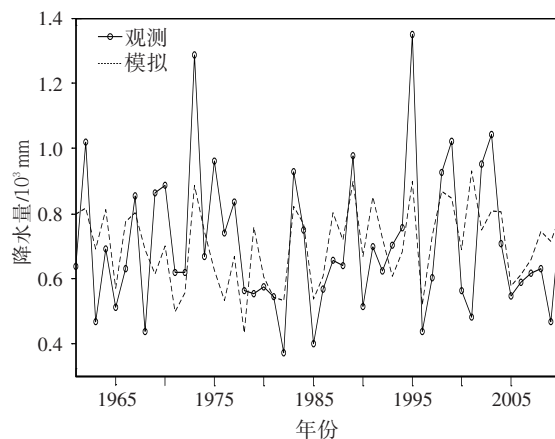


图 4 1961—2010 年永修地区汛期(4—6 月)降水量的观测和模拟序列

Fig. 4 The observed and simulated precipitation during flood period in Yongxiu from 1971 to 2015

表 3 2011—2015 年永修地区汛期(4—6 月)降水量实测值与预测值(单位:mm)

Table 3 The observed and forecasted precipitation during flood period in Yongxiu from 2011 to 2015 (unit:mm)

年份	实测		预测	
	降水量	距平	降水量	距平
2011	783.1	78.1	636.9	-68.1
2012	782.2	77.1	726.8	21.8
2013	831.8	126.8	754.4	49.0
2014	584.0	-121.0	528.0	-177.0
2015	777.8	72.8	730.9	25.9

6 结论

文中利用统计学方法,对 1961—2015 年永修地区盛夏气温和汛期降水的变化规律,基于筛选的影响因子建立预测模型,并进行了实际预测试验。

1) 永修地区盛夏气温和汛期降水均有显著的年际和年代际变化特征,其中气温和降水量的年代际变化存在 25—30 a 的周期。1961 年以来,永修地区盛夏气温和汛期降水量没有明显的变化趋势。

2) 基于筛选出的太平洋副高强度指数、南海副高脊线指数、北半球副高北界、Polar/Eurasia Pattern 和热带北大西洋指数 5 项因子,构建的气温预测模型,不仅很好地模拟出 1961—2010 年永修地区盛夏气温的演变规律,还成功地预测出 2011—2015 年永修地区盛夏气温。

3) 基于筛选出的欧亚经向环流和 Niño 4 两项因子,构建的降水量预测模型,不仅很好地模拟出 1961—2010 年永修地区汛期降水量的演变规律,还成功地预测出 2012—2015 年汛期降水量。

参考文献 (References)

- 冯敏玉,魏丽,胡逢喜,等. 2009. 南昌地区近 55 年的气温与降水变化分析[J]. 江西农业大学学报,31(4):781-784. Feng M Y, Wei L, Hu F X, et al. 2009. Analysis on changes of temperature and precipitation in Nanchang in recent 55 years[J]. Acta Agriculture Universitatis Jiangxiensis, 31(4):781-784. (in Chinese)
- 付莲莲,朱红根,周曙东. 2016. 江西省气候变化的特征及其对水稻产量的贡献——基于“气候-经济”模型[J]. 长江流域资源与环境,25(4):590-598. Fu L L, Zhu H G, Zhou S D. 2016. Characteristics of climate change and its contribution on rice yield in Jiangxi: Based on the “CLIMATE-ECONOMY” model[J]. Resour Environ Yangtze Basin,25(4):590-598. (in Chinese)
- Intergovernmental Panel on Climate Change. 2014. Intergovernmental panel on climate change: The fifth assessment report of the Intergovernmental panel on climate change[R]. Berlin: IPCC.
- 吴珊珊,黄彩婷. 2015. 基于 REOF 方法的江西省 6 月降水趋势分区预测[J]. 气象与减灾研究,38(1):8-15. Wu S S, Huang C T. 2015. Predication of partitionprecipitation trends of Jiangxi in junebased on REOF[J]. Meteor Disaster Reduction Res, 38(1):8-15. (in Chinese)
- 吴茜,徐莉莉,蔡道明,等. 2010. 近 52 年来江西省气候变化特征研究[J]. 华中师范大学学报(自然科学版),44(4):686-690. Wu X, Xu L I, Cai D M, et al. 2010. Feature analysis of weather change in recent 52 years in Jiangxi province[J]. J Huazhong Normal University (Nat Sci),44(4):686-690. (in Chinese)
- 吴晓绚,杜尧东,杨永生. 2015. 1961—2012 年华南地区气温的变化特征[J]. 气象与减灾研究,38(2):27-30. Wu X X, Du Y D, Yang Y S. 2015. Characteristics of temperature variation during 1961 - 2012 over southern China[J]. Meteor Disaster Reduction Res,38(2):27-30. (in Chinese)
- 杨金虎,孙兰东,林婧婧,等. 2015. 西北东南部夏季旱涝急转异常分析及预测研究[J]. 自然资源学报,30(2):282-292. Yang J H, Sun L D, Lin J J, et al. 2015. Analysis and predication of the drought-flood sharp turn in summer over the southeast part of northwestern China[J]. J Natural Res,30(2):282-292. (in Chinese)
- 姚春林. 1999. 试用多层递阶回归分析法作月降水预报[J]. 气象与减灾研究,22(2):23-25. Yao C L. 1999. Prediction of monthly precipitation by multilevel regression analysis disaster reduction Reseach[J]. Meteor Disaster Reduction Res,22(2):23-25. (in Chinese)
- 赵中军,刘善亮,游大鸣,等. 2015. 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,33(6):1038-1044. Zhao Z J, Liu S L, You D M, et al. 2015. Application of partial least square regression on precipitation prediction during the flood season in Liaoning province[J]. Arid Meteor,33(6):1038-1044. (in Chinese)