

江西省历史气象分析及未来气候变化预测

鲁向晖¹, 白桦¹, 吕娅¹, 赵本嘉²

(1. 南昌工程学院 水利与生态工程学院, 南昌 330099; 2. 福建师范大学 地理科学学院, 福州 350108)

摘要:在全球气温变暖的大背景下,基于江西省 15 个国家气象站点 1961—2012 年气象观测资料和政府间气候变化委员会(IPCC)《第四次评估报告》提供的全球气候模式(GCM)资料,采用线性回归等气候学统计方法,分析了江西省历史气象特征,并对未来气候变化进行了预测。结果表明,1961—2012 年全省、赣南、赣中、赣北降雨量上升趋势不显著,由南往北降雨量增加;1961—2012 年多年年平均气温、最高气温、最低气温增温速率分别为 0.16, 0.12, 0.22℃/10 a, 区域间增温速率由南往北递增;预测江西省未来 2020—2079 年期间,在 A₂, B₁ 排放情景下年均降雨量比历史基准期减少率分别为 18.87%, 10.13%;A₂, B₁ 排放情景下 2020—2079 年多年年均气温增温速率分别为 0.41, 0.22℃/10 a。

关键词:气象; 分析; 预测; 江西省

中图分类号: P339

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2015)04-0293-05

Analysis on Historical Weather and Prediction of Future Climate Change in Jiangxi Province

LU Xianghui¹, BAI Hua¹, LV Ya¹, ZHAO Benjia²

(1. College of Water and Ecology Engineering, Nanchang Institute of Technology, Nanchang 330099, China;

2. College of Geographical Sciences, Fujian Normal University, Fuzhou, Fujian 250108, China)

Abstract: In the background of the global warming, we analyzed the historical meteorological characteristics and predicted future climate change in Jiangxi Province based on the data from 15 meteorological stations and the global climate model (GCM) data provided by the fourth assessment report of Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Some climatology statistical methods such as linear regression were used in this paper. The results showed that from 1961 to 2012, that upward trend in rainfall was not obvious in Jiangxi Province including the south part, the middle part and the north part, and the rainfall increased gradually from south to north, it was also found out that, from 1961 to 2012, the annual average temperature, highest temperature, lowest temperature warming rate were 0.16, 0.12 and 0.22℃/10 a, the regional warming rate increased progressively from south to north. As predicted, in the future from 2020 to 2079, under the condition of A₂, B₁ emissions scenario, the decrement rates of annual average rainfall in Jiangxi Province will be 18.87% and 10.13%, respectively, compared to the historical reference period. From 2020 to 2079, under the condition of A₂, B₁ emissions scenario, the annual average temperature warming rate for many years in Jiangxi Province will be 0.41 and 0.22℃/10 a, respectively.

Keywords: meteorology; analyze; prediction; Jiangxi Province

在全球经济快速发展的同时,气候变暖已成为人类社会可持续发展面临的巨大挑战。科学观测表明,近百年来(1906—2005 年),全球平均地面气温已升高 0.74℃±0.18℃。政府间气候变化委员会(IPCC)《第四次评估报告》明确指出人类活动很可能是导致气候变暖的主要原因^[1-4]。近十几年来,由于气候趋暖引起的极端气候出现频率增高,如干旱、冰冻及洪涝等灾害

均呈现出频发性及持续时间长等特点。在中国,干旱灾害是居于首位的气象灾害,近年来干旱灾害持续时间增长、发生频率增加,影响地域扩大且经济损失加重^[5]。2000 年的多省干旱,2003 年江南、华南和西南部分地区伏秋连旱,2006 年重庆百年大旱,2010 年春西南大旱,2012 年春云南大旱,这些旱灾的发生对国家的农业生产及国民经济的发展均产生了严重的危害。

为应对全球气候变暖对江西省农业生产及经济发展可能带来的危害,本文在系统分析江西省历史降雨、气温变化特征的基础上,对江西省在未来降雨、气温变化进行预测分析,旨在为江西省决策管理及农业生产部门在全球气候变暖背景下应对气候变化、趋利避害及制定相应的适应气候变化对策提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

江西省位于长江中下游南岸,113.6°—118.5°E, 24.5°—30.1°N,东接福建、浙江,西毗湖南,南邻广东,北连安徽、湖北。该省地形东、南、西三面环山,形成一个以鄱阳湖为中心的大盆地。全省大致可分为边缘山地、中南部丘陵和北部鄱阳湖平原三种类型^[6]。该省地处亚热带季风气候区,日照充足,雨量丰沛,气候温和,属于温暖带多雨气候。气温自北向南递增,平原高于山区,冬冷、春寒、夏热、秋干。因其雨、热资源丰富,因此,也是我国主要的粮食产区。

1.2 数据来源

江西省历史气象资料来源于中国气象共享服务网。本文从中提取时间序列长度一致、数据资料完整、可靠、无缺测、分布较均匀的15个观测站点(赣南地区:寻乌、赣县;赣中地区:遂川、广昌、吉安县、南城;赣北地区:宜春、樟树、贵溪、南昌、玉山、鄱阳、修水、景德镇、庐山)^[7]的1961—2012年气象资料。江西省未来气象预测资料来源于国家气象中心。从IPCCAR4多模式REA加权平均数据(数据分辨率1°×1°)中筛选出覆盖整个江西省区域的2020—2079年月均降雨量与月均气温,共22个气象格点。

1.3 分析方法

历史气象分析主要采用泰森多边形法,线性回归分析, F 检验法,累积距平法。降雨、气温年际变化趋势采用线性回归分析,趋势性检验采用 F 检验法。采用累积距平法分析降雨、气温的演变趋势及阶段性特征。

江西省未来气候预测数值主要采用了算术平均法,线性回归分析, F 检验法, T 检验法。由于未来预测数据为格点数据,分布均匀,降雨量与气温均值采用算术平均法计算。降雨、气温年际变化趋势采用线性回归分析,趋势性检验采用 F 检验法。

2 结果与分析

2.1 江西省历史气象分析

2.1.1 降雨量变化特征

(1) 时间变化特征分析。1961—2012年,江西省多年平均降雨量为1648 mm,最小值为1111 mm(1963年),最大值为2074 mm(2012年)。线性回归及 F 检验江西省1961—2012年年间降雨量有上升

趋势,但趋势不显著(图1)。累积距平分析显示,1961—1968年年处于枯水期,1969—1991年处于平水期,出现三次先丰后枯的波动变化,1991年累积距平达到最小值(-1283 mm),1992—2002年处于丰水期,2002年累积距平达到峰值(675.9 mm),2003—2012年处于平水期,出现三次先枯后丰的波动变化,其中2010年与2012年为丰水年(图2)。

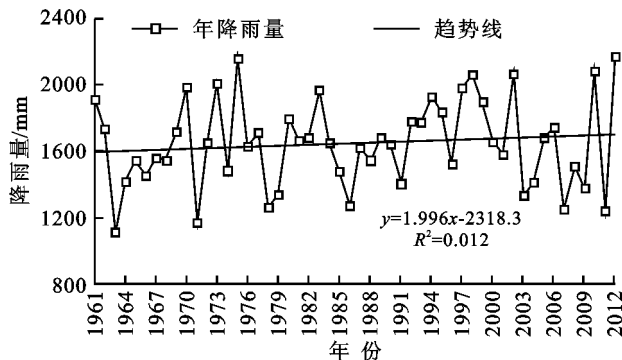


图1 江西省1961—2012年降雨量年际变化

通过汛期(4—9月份)及非汛期(10—3月份)^[8]两个时段分析江西省降雨量的年内分配,1961—2012年汛期降雨量多年平均值为1110 mm,最大值出现在1999年(1545 mm),最小值出现在1991年(754 mm);非汛期降雨量多年平均值为538 mm,最大值出现在2012年(829 mm),最小值出现在1971年(320 mm)。汛期降雨量占到了全年降雨量的67.4%(图3)。

采用线性回归法分析江西省1961—2012年季节、汛期及非汛期降雨量年际变化趋势,分析表明:春季、秋季、冬季、汛期、非汛期降雨呈上升趋势,夏季降雨量呈下降趋势,但变化趋势均不显著(表1)。

(2) 空间变化特征分析。1961—2012年,赣南、赣中、赣北地区多年平均降雨量及变动区间分别为1525,1603,1722 mm及1008 mm(1991年)至2335 mm(1961年),989 mm(1963年)至2276 mm(2002年),1196 mm(1963年)至2327 mm(1998年),见图4。分析表明:江西省多年平均降雨量由南往北递增,赣南多年平均降雨量比赣中少78 mm、比赣北少197 mm,赣中多年平均降雨量比赣北少119 mm。降雨量均值、最大值、最小值均由南向北递增。

2.1.2 气温变化特征

(1) 时间变化特征分析。江西省1961—2012年多年年平均气温、最高气温、最低气温分别为17.7, 22.4, 14.2℃,变化区间分别为16.8℃(1984年)至18.7℃(2007年)、21.2℃(2000年)至23.7℃(2004年)、13.4℃(1971年)至15.3℃(1998年)。从图5可以看出,江西省年平均气温、最低气温、最高气温均有上升趋势,且通过 F 检验99%置信度水平,上升趋势极显著。1961—2012年,气温增温速率由大到小

分别为年平均最低气温(0.22℃/10 a)、年平均气温(0.16℃/10 a)、年平均最高气温(0.12℃/10 a),年平均最低气温的显著升高对江西省气温的升高贡献最

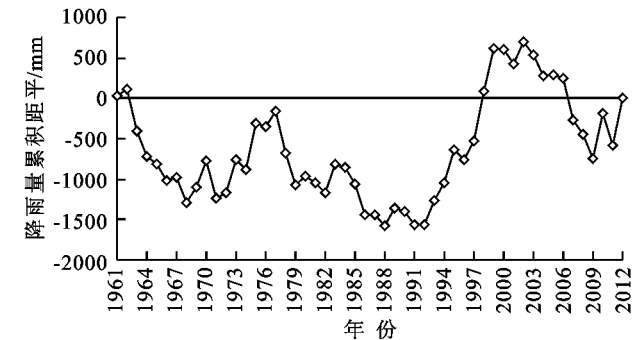


图 2 江西省 1961—2012 年年降雨量累积距平

大。江西省 1961—2012 年气温变化趋势与文献^[9]中全国地面气温变化趋势一致,且江西省年平均气温增温速率小于全国的增温速率(0.25℃/10 a)。

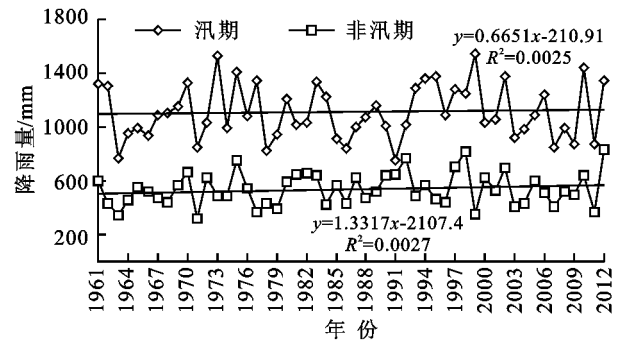


图 3 江西省汛期与非汛期降雨量年际变化

表 1 江西省 1961—2012 年降雨量年内分配特征

时 期	回归方程	R	F 检验统计量	是否显著	均值/mm	最大值/mm	最小值/mm	百分率/%
春 季	$y=1.071x-1778$	0.16	1.37	否	350	687	153	21.2
夏 季	$y=-0.890x+2498$	0.09	0.41	否	729	1087	482	44.2
秋 季	$y=1.555x-2709$	0.24	3.10	否	382	670	221	23.2
冬 季	$y=0.260x-329.2$	0.04	0.11	否	188	413	31	11.4
汛 期	$y=0.665x-210.9$	0.16	0.12	否	1110	1545	754	67.4
非汛期	$y=1.331x-2107$	0.04	1.39	否	538	829	320	32.6

注:F 检验设置信度为 95%,F 临界检验统计值为 4.03,江西省多年年均降雨量为 1 648 mm。

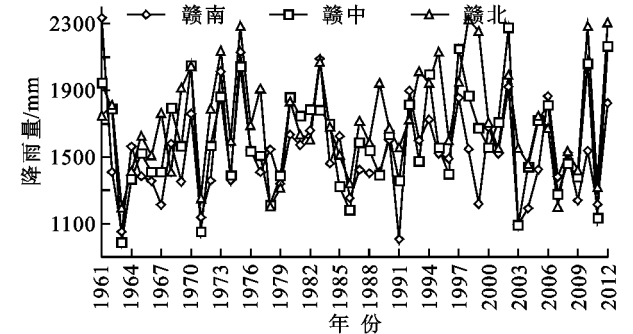


图 4 赣南、赣中、赣北 1961—2012 年降雨量年际变化

江西省 1961—2012 年年气温变化累积距平分析如图 6 所示。1961—1997 年,年平均气温、最低气温与最高气温均称现出波动降低的明显趋势,最低点分

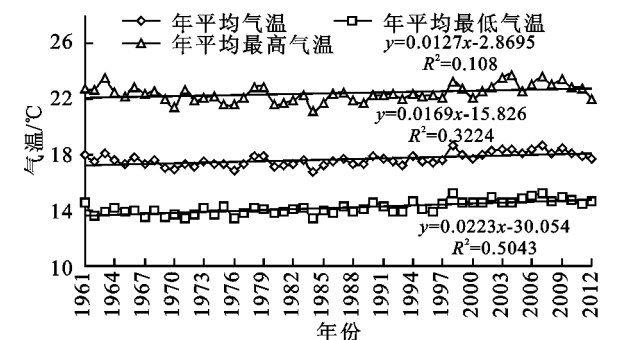


图 5 江西省 1961—2012 年年气温年际变化

采用线性回归分析及 F 检验,赣南、赣中、赣北 52 a 年平均气温年际变化的上升趋势极显著。赣南、赣中、赣北平均气温增温速率分别为 0.08,0.14,0.19

别出现在 1997 年(−7.75℃)、1993 年(−8.87℃)与 1997 年(−8.01℃);1998—2012 年期间,平均气温和年平均最低气温均呈现出明显的上升趋势,且累积距平值上升的速率基本相同。

(2) 空间变化特征分析。赣南、赣中、赣北年平均气温变化趋势与全省变化趋势一致,三区域多年平均气温分别为 19.3,18.4,17.0℃,变化区间分别为 18.4℃(1984 年)至 20.2℃(1998 年),17.4℃(1984 年)至 19.5℃(1998 年),16.1℃(1984 年)至 18.2℃(2007 年);三区域最小值出现年份(1984 年)与全省(1984 年)一致,赣北最大值出现年份(2007 年)与全省(2007 年)一致。赣南、赣中平均气温高于全省平均值(图 7)。

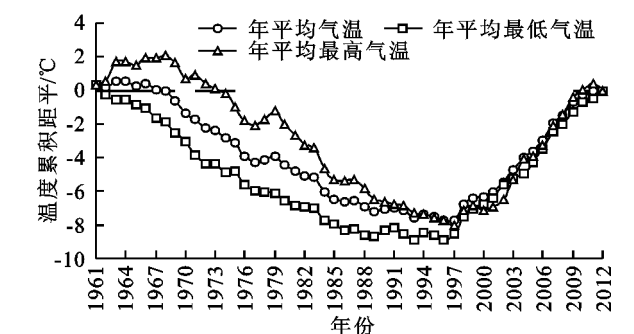


图 6 江西省 1961—2012 年年气温累积距平

℃/10 a,均小于全国 1965—2005 年的增温速率 0.25℃/10 a^[9]。三区域增温速率由南往北递增,江西省平均气温升高受赣北地区影响较大。

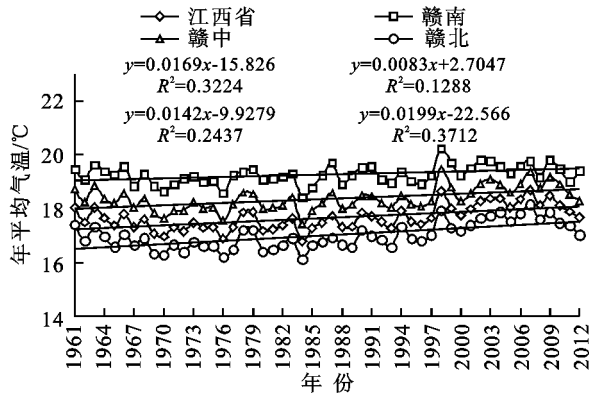


图7 江西省 1961—2012 年平均气温年际变化

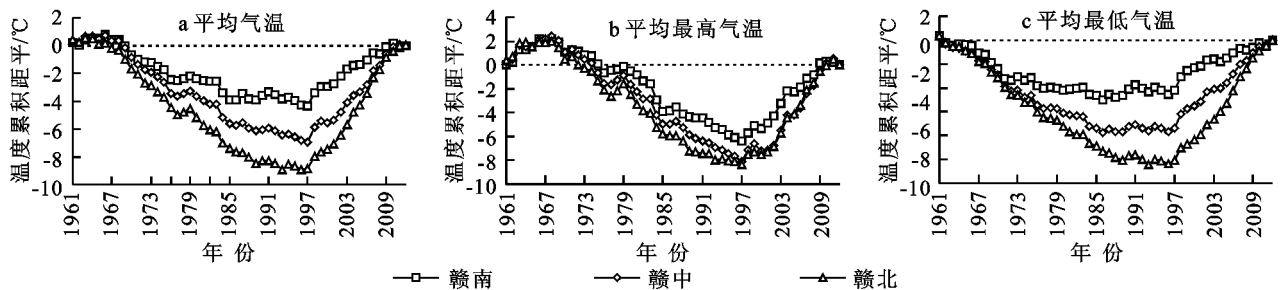


图8 江西省 1961—2012 年年气温累积距平

2.2 江西省未来气候变化预测

2.2.1 排放情景与气候变化预测模式的选取

IPCC 于 2000 年根据经济发展、人口增长、环境条件、技术进步等因子提出了 SRES 排放情景的四种框架 A_1, A_2, B_1, B_2 。根据江西省人口增长、经济发展速度及环境现状预估未来发展状况, B_1 情景与江西省未来发展相似, B_1 排放情景是一个发展均衡的世界。以服务和信息经济发展为主, 引入清洁节能技术, 人口在 2050 年达峰值后逐渐减少。 A_2 排放情景是一个发展十分复杂、不均衡的世界, 以区域经济发展为主, 自给自足, 经济发展较慢, 人口出生率在地区间很不协调^[3]。 A_2 情景可作为一种极端发展模式作为对照进行对比研究。因此, 本文选取 A_2, B_1 两种 SRES 排放情景下未来气候数据进行了分析研究。

IPCC《第四次评估报告》中包括了 23 个全球气候系统模式(GCM), 如中国的 BCC-CM1, IAP-FGOALS1.0, 挪威的 BCC-RBCM2-0, 加拿大的 CCCMA-3, 德国的 MPI-ECHAM5 等, 且大部分模式均考虑了气溶胶的影响, 包含了大气、海洋、海冰和陆面模式。本文采用 IPC-CAR4 多模式 REA 加权平均数据, 多模式加权平均法是一种以模式对当前气候模拟的优劣将有可能影响未来气候变化预估结果为假设前提, 并综合多模式模拟来减少模式结果不确定性的方法^[10]。

2.2.2 江西省历史气象变化预测

(1) 降雨量预测。 A_2, B_1 排放情景下 2020—2079 年年降雨预测结果如图 9 所示, A_2 多年平均降雨量为 1 377 mm, 变化区间为 1 269~1 517 mm, B_1

采用累积距平法分析三个区域的气温变化趋势(图 8)。年平均气温累积距平曲线均为先上升后降低最后上升。1961—1966 年略有上升趋势, 1967—1997 年呈波动下降, 1998—2009 年波动上升, 其中赣北上升的速度最快(图 8a); 年平均最高气温累积距平曲线均为先上升后下降最后上升, 1961—1968 年波动上升, 1969—1997 年波动下降, 1998—2012 年波动上升, 其中赣中和赣北的上升速度基本相同(图 8b); 年平均最低气温累积距平曲线均为先下降后上升, 1961—1997 年波动下降, 1998—2012 年波动上升, 其中赣北上升的速度最快(图 8c)。

多年平均降雨量为 1 481 mm, 变化区间为 1 347~1 611 mm。线性回归分析显示, 2020—2079 年未来降雨有上升趋势, F 检验江西省未来降水量在 A_2 排放情景下上升趋势极显著, B_1 排放情景下上升趋势显著; 采用 T 检验后认为 A_2, B_1 两种排放情景下的降雨量变化差异显著。

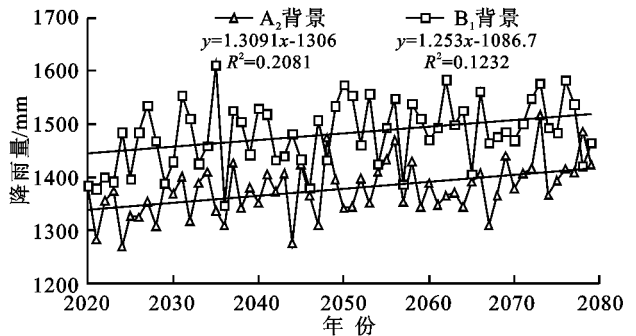


图9 江西省未来 2020—2079 年均降雨量变化预测

与历史基准期(1961—2012 年)进行对比, 江西省未来 2020—2079 年在 A_2, B_1 排放情景下多年平均降雨量比历史基准期降雨量分别减少了 18.87%, 10.13%, 汛期多年平均降雨量分别减少了 14.32%, 6.67%, 非汛期多年平均降雨量分别减少了 20.82%, 17.10%。未来年均降雨量总体上比历史基准期年均降雨量少, 非汛期降雨量的减少率高于汛期, A_2 排放情景的减少率高于 B_1 排放情景(表 2)。

(2) 气温预测。 A_2, B_1 排放情景下 2020—2079 年年平均气温变化曲线如图 10 所示, A_2, B_1 排放情景下平均气温分别为 18.2、18.1℃, 变化区间分别为 17.0~19.5℃、17.4~18.9℃。线性回归分析显示出

上升趋势; F 检验结果显示江西省 A_2 景 2, B_1 排放情景下年均气温上升趋势极显著, 且 A_2 的上升趋势大于 B_1 。 T 检验结果显示 A_2, B_1 排放情景下年均气温差异不显著。

表 2 江西省未来 2020—2079 年多年平均降雨量预测值分析表

时期	A_2 排放背景		B_1 排放背景	
	多年平均/	百分率/	多年平均/	百分率/
	mm	%	mm	%
全年	1337	−18.87	1481	−10.13
汛期	951	−14.32	1036	−6.67
非汛期	426	−20.82	446	−17.10

注: 历史基准期多年平均降雨量为 1 648 mm, 汛期降雨量为 1 110 mm, 非汛期降雨量为 538 mm。

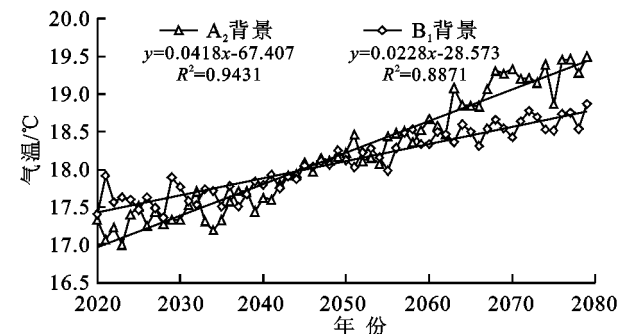


图 10 江西省 2020—2079 年气温变化预测

A_2, B_1 排放情景相对于历史基准期温度分别增加了 0.53°C 、 0.43°C , 增温率分别为 $0.41, 0.22^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$, 均高于历史基准期 $0.16^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 的增温率, A_2 排放情景增温率高于全国 1965—2005 年的增温率 $0.25^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ ^[9], B_1 排放情景低于全国 1965—2005 年的增温率。分析认为江西省未来 2020—2079 年气温的升高速率将增大。

3 结论

(1) 江西省历史多年年平均降雨量为 1 648 mm, 变化区间为 1 111~2 074 mm, 近 52 a 年降水量上升趋势不显著; 1961—1968 年年处于枯水期, 1969—1991 年处于平水期, 1992—2002 年处于丰水期, 2003—2012 年处于平水期; 汛期及非汛期的多年年均降雨量分别为 1 110, 538 mm, 分别占江西省多年平均降雨量的 67.4%, 32.6%。赣南、赣中、赣北多年平均降雨量分别为 1 525, 1 603, 1 722 mm, 降雨量均值、最大值、最小值均由南向北递增。

(2) 江西省 1961—2012 年年平均气温、最高气温、最低气温均呈现出极其显著的上升趋势, 增温速率分别为 $0.16, 0.12, 0.22^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$, 平均最低气温上升速率最快, 最慢为平均最高气温。赣南、赣中、赣北年平均气温变化趋势与江西省整体变化趋势一致, 上升趋势极显著, 增温速率分别为 $0.08, 0.14, 0.19^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$, 江西省气温升高受赣北地区增温率影响较大。

(3) 未来 2020—2079 年, 江西省在 A_2, B_1 排放情景下年均降雨量分别为 1 377, 1 481 mm, 比历史基准期(1961—2012 年)年均降雨量少(减少率分别为 -18.87% , -10.13%); 非汛期降雨量的减少率(-14.32% , -6.67%)低于汛期降雨量的减少率(-20.82% , -17.10%); A_2 情景年均降水量上升趋势极其显著, B_1 情景上升趋势显著。

(4) 未来 2020—2079 年, 江西省在 A_2, B_1 排放情景下多年年平均气温增温速率分别为 $0.41, 0.22^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$; 两种排放情景年均气温时间序列的上升趋势极其显著; A_2, B_1 多年月均气温与历史基准期(1961—2012 年)相比, 1—6 月、9—12 月月均气温均高于历史基准期, 7—8 月均低于历史基准期。江西省未来 2020—2079 年气温的升高速率将增大。

致谢: 本研究所使用的全球气候模式气候变化预估数据, 由国家气候中心研究人员对数据进行的整理、分析和惠许使用。原始数据由各模式组提供, 由 WGCM(JSC/CLIVAR Working Group on Coupled Modeling)组织 PCMDI(Program for Climate Model Diagnosis and Intercomparion)搜集归类。多模式数据集的维护由美国能源部科学办公室提供资助。感谢国家气候中心提供的区域气候变化模拟结果。

参考文献:

[1] 秦大河, 罗勇, 陈振林, 等. 气候变化科学的最新进展: IPCC 第四次评估综合报告解析[J]. 气候变化研究进展, 2007, 3(6): 311-314.

[2] 曲学斌, 吴昊. 呼伦贝尔市 53 年气候变化特征分析[J]. 水土保持研究, 2014, 21(1): 178-182.

[3] IPCC. Climate Change 2007: Synthesis report. contribution of working groups I, II and III to the Fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change [Core Writing Team, Pachauri, R. K and Reisinger, A. (eds.)] [R]. IPCC, Geneva, Switzerland, 2007.

[4] 鲁向晖. 基于气候变化的豫西冬小麦保护性耕作效果模拟研究[D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2010.

[5] 邹旭恺, 任国玉, 张强. 基于综合气象干旱指数的中国干旱变化趋势研究[J]. 气候与环境研究, 2010, 15(4): 371-378.

[6] 江西省水文总站. 江西省暴雨洪水查算手册[Z]. 1986.

[7] 江西省统计局. 江西省第一次经济普查主要数据公报(第一号)[EB/OL]. http://www.stats.gov.cn/zgjipc/cgfb/t20060106_402300388.htm, 2005-12-26/2014-09-30.

[8] 杨旭. 江西省宜春地区汛期的划分[J]. 水利建设与管理, 1997(3): 3-7.

[9] 任国玉, 徐铭志, 初子莹, 等. 近 54 年中国地面气温变化[J]. 气候与环境研究, 2005, 10(4): 717-727.

[10] 国家气候中心. 中国地区气候变化预估数据集[EB/OL]. <http://ncc.cma.gov.cn/Website/index.php?ChannelID=111&WCHID=110>, 2014-10-12.