

IPCC A1B情景下中国西南地区气候变化的数值模拟

吴 迪, 裴源生, 赵 勇, 肖伟华

(中国水利水电科学研究院流域水循环模拟与调控国家重点实验室, 北京 100038)

摘 要:利用ECHAM5/MPI-OM全球海气耦合模式模拟的当代(1986-2000年)和IPCC A1B情景下未来(2011-2025年)2×15a的模拟输出格点场资料,驱动20 km高水平分辨率区域气候模式RegCM3进行西南地区气候变化的数值模拟,主要分析未来地面温度和降水的可能变化。结果表明:①通过与32个地面气象站观测资料和CRU资料对比分析,RegCM3能够很好的模拟研究区基准时段地面温度和降水的局地分布特征。②A1B情景下未来西南地区年、四季平均温度均明显增加,北部温度变化幅度大于南部。③最高/最低温度一致升高,冬季最高/最低温度变化幅度大于夏季;年、秋冬季降水有所增加,冬季降水增加明显,而春夏季降水略有减少。④研究区未来春夏季温度升高、降水减少的趋势可能导致局部地区高温、干旱等极端天气的可能性增大;同时冬季降水增加,可能加重局部地区洪涝灾害的风险。

关 键 词:区域气候模式RegCM3;地面温度;降水;数值模拟;西南地区

1 引言

2009年秋季以来,持续高温少雨天气,使中国云南、贵州、广西、重庆、四川局部出现严重旱情,给当地农业生产和生活带来了巨大影响。与其他地区相比,西南地区有其独特的地理特征,处在平原、高原和盆地的过渡带,地形、地表状况十分复杂;同时受青藏高原动力和热力作用及多种季风环流影响^[1],该地区气候复杂多变,是气候变化的敏感区。因此有必要采用高分辨率区域气候模式对该地区未来气候变化进行模拟研究。

全球环流模式(GCM, Global Circulation Model)是预估气候变化的主要工具,但目前GCM水平分辨率一般较低,对复杂地形、地表状况等下垫面特征和陆面物理过程不能很好的表述,在区域尺度气候变化模拟方面尚存在一定的不确定性^[2-3]。与GCM相比,由于区域气候模式(RCM, Regional Climate Model)具有较高的分辨率和较完善的物理过程,在体现大尺度环流强迫特征的同时,通过对区域内中小尺度地形、下垫面状况等更细致地描述,可以弥补GCM的不足^[4-8]。

本文采用20 km高水平分辨率区域气候模式

RegCM3,单向嵌套德国马普气象所的ECHAM5/MPI-OM全球海气耦合模式,进行了中国西南地区当代(1986-2000年)和IPCC A1B情景下未来(2011-2025年)2×15 a的数值积分模拟试验,并对影响西南地区干旱的主要气象因子(地面温度和降水)的可能变化特征进行了分析。

2 模式及试验设计

区域气候模式采用意大利国际理论物理中心(ICTP, The Abdus Salam International Center for Theoretical Physics)最新版RegCM3^[9-10]。模拟中心坐标为104.5°E、27.5°N。模式水平分辨率20 km×20 km,格点数为85×75(东西-南北),模拟范围包括整个西南地区。边界缓冲区设置为12圈,采用指数松弛方案。模拟试验中GCM输出产生的侧边界场每6 h输入RCM一次,嵌套方式为单向嵌套。嵌套区域模式所需的初始场及随时间变化的侧边界场由德国马普气象所ECHAM5/MPI-OM全球海气耦合模式提供,大气模式ECHAM5采用T63网格,水平网格间距1.875°×1.875°,垂直分31层^[11-12];包括基准时段(1986-2000年)和IPCC A1B情景下未来时

收稿日期:2011-10; 修订日期:2012-02.

基金项目:国家重点基础研究发展计划(973)项目(2010CB951102);国家科技支撑计划项目(2008BAB42B03);国家自然科学基金项目(51009150)。

作者简介:吴迪(1978-),男,辽宁彰武,博士,主要从事气候变化与水资源研究。E-mail: wudisyau075@163.com

段(2011-2025年)的数据。与其他GCMs比较,考虑到该模式对中国地区降水空间格局和季节内分配模拟效果的优越性^[13-15],故选取ECHAM5输出作为RegCM3的初始和侧边界驱动场,包括各层风场、温度场、湿度场及地面气温、气压场等。

IPCC《排放情景特别报告(SRES)》中,A1B(中排放)情景描述的是全球经济和人口迅速增加,采用一种均衡的燃料使用策略(均衡是指不过分地依赖某一种能源,其基本假设是在所有的能源供应和终端利用技术方面具有相似的改进速率),温室气体的浓度增加相对于A2情景有所减弱^[16-17]。本文的气候变化是指IPCC A1B情景下未来(2011-2025年)相对于基准时段(1986-2000年)西南地区地面温度和降水的可能变化。

3 基准时段模拟效果检验

首先对基准时段年、冬季(12月-翌年2月)、夏季(6-8月)平均地面温度和降水的模拟结果与同期观测值进行对比分析。用于温度和降水场检验的观测资料采用Climatic Research Unit(CRU)创建的 $0.5^{\circ}\times0.5^{\circ}$ 月平均地表气候要素数据集。与其他同类资料相比,CRU05资料具有较高的空间和时间分辨率,并进行了严格的质量控制,具有较高的可信度^[18-19]。观测站点资料选取的是中国160个常规气象站在西南地区的32个站点(图1)逐日地面温度和降水数据。全区年、季地面温度和降水数据由日数据统计得到。

3.1 温度的检验

图2比较了西南地区基准时段年、冬季和夏季平均地面温度的模拟结果与同期观测值。对于全年和夏季,RegCM3模拟出了西南地区自西北向东南温度逐渐升高的梯度变化特征。由于模式水平分辨率较高,区域模式提供了更详细的局地信息,对小地形引起的温度高值中心和低值区具有较好的模拟能力,如四川盆地的高温中心,四川西北部与青藏高原东缘交界的温度低值区。冬季温度等值线大致呈纬向分布,模式模拟出了自北向南温度逐渐升高的梯度变化特征。四川西北部的温度低值区和四川盆地的高温中心模拟较好,与观测场基本一致。

由于代表观测场的CRU05资料低于模式水平分辨率,因而观测场温度等值线比模拟场表现的更加平滑。但模拟的温度值低于观测值,其原因可能与地表净辐射的负偏差有关^[20]。

从图3a西南地区年、四季站点温度观测值与模拟值比较来看,模拟的研究区多年平均温度为 16.07°C ,与观测值 16.97°C 比较偏低了 0.90°C ;夏季温度模拟值为 23.31°C ,比观测值 24.11°C 偏低了 0.80°C ,与观测值比较接近;秋季模拟的温度值为 16.61°C ,与观测值 17.62°C 比较偏低了 1.01°C ,模拟结果偏差相对较大。总体来看,与观测值比较,除冬季相对误差在10.5%以外,全年和其它季节温度模拟相对误差均在5%左右,RegCM3对温度模拟具有较好的表现,但全区年和四季模拟的温度值都明显低于站点观测值,这与CRU观测场资料反映的情况是一致的。

3.2 降水的检验

图4比较了西南地区基准时段年、冬季和夏季降水模拟结果与观测值。该模式能够模拟出西南地区年降水西北少、东南多的分布型,受地形影响

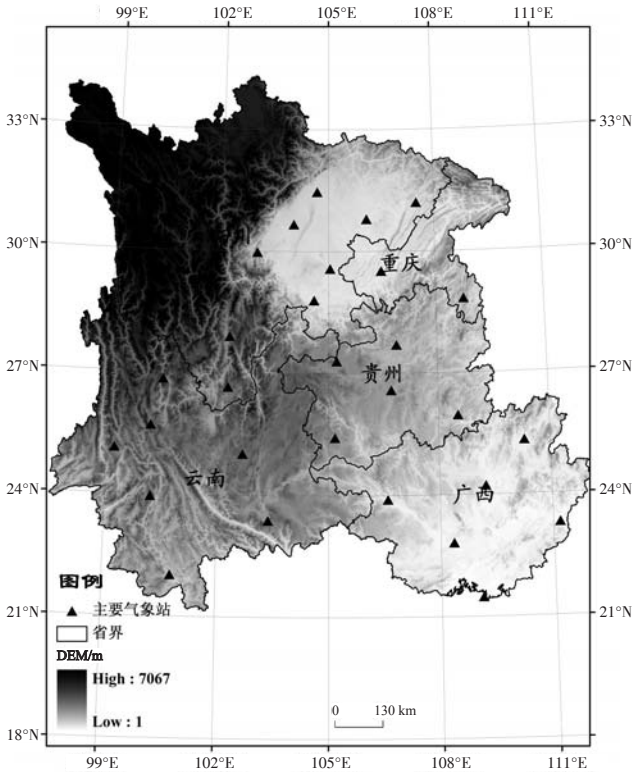


图1 西南地区地形和气象站点

Fig.1 Domain topography and meteorological stations in SW China

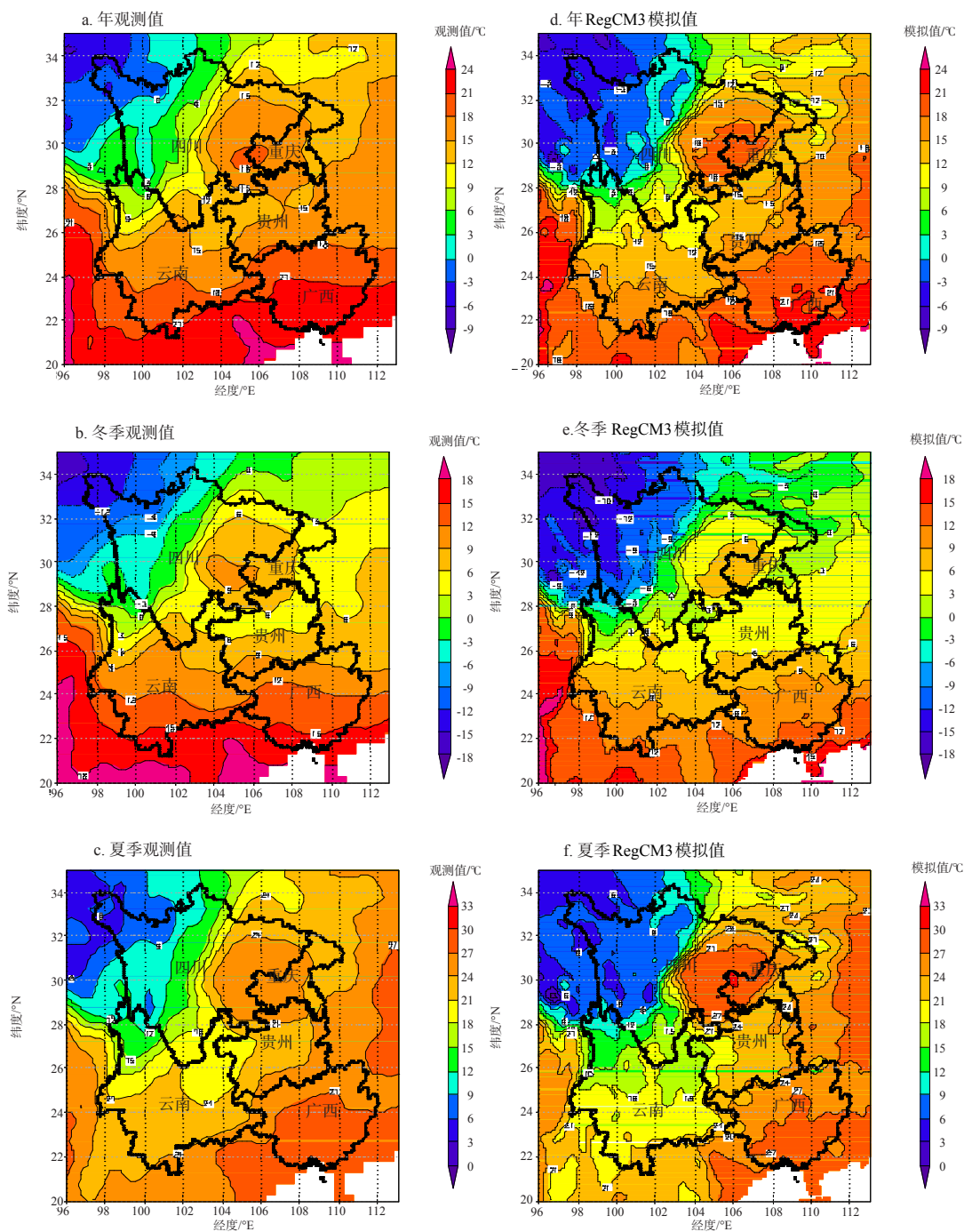


图2 基准时段年、冬季、夏季平均地面温度分布模拟值与观测值比较

Fig.2 Comparison between the observed and simulated temperature in southwestern China during 1986-2000

显著的横断山区降水高值区也被很好的模拟出来，与观测场基本一致，可见该模式对山区降水具有较好的模拟能力。相对于CRU05资料，该模式具有较高的分辨率，所以对受地形影响的局地降水刻画的更为细致。

降水的模拟效果存在季节性差异。模式对夏季降水模拟相对较好，模拟出夏季四川中部、横断山区、云南和贵州交界地区的降水中心，模拟场与

观测场拟合较好。与观测场比较，冬季降水模拟效果相对较差，局部地区模拟值偏高，模拟结果在横断山区有一降水高值区，但观测场没有反映出来。究其原因可能是该地区地形复杂，观测站点稀少，观测场没有反应出这一地区的降水特征；另一方面，降水模拟值偏大，可能是由于ECHAM5模拟的降水在青藏高原地区普遍高于实际观测值^[21]，受其模拟结果影响，模拟值偏高。

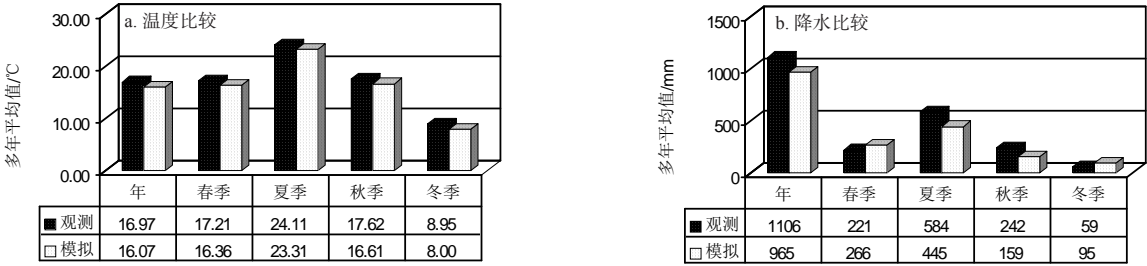


图3 西南地区年、四季平均温度和降水观测值与模拟值比较

Fig.3 Comparison of temperature, precipitation between observed and simulated in southwestern China

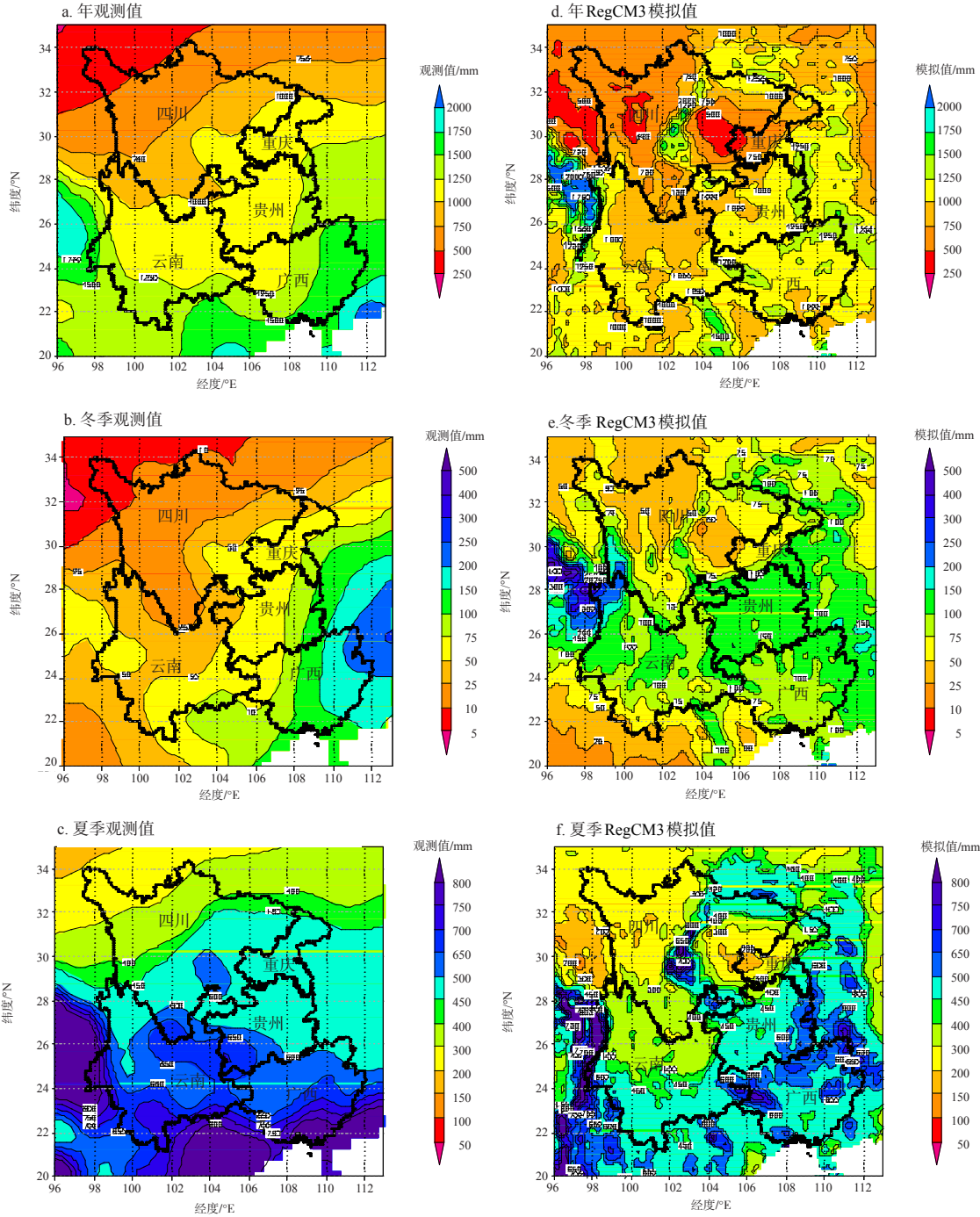


图4 基准时段年、冬季、夏季平均降水分布模拟值与观测值比较

Fig.4 Comparison between the observed and simulated precipitation in southwestern China during 1986-2000

从图 3b 西南地区年、四季站点降水观测值与模拟值比较来看,模拟的研究区多年平均降水为 965 mm,与观测值 1106 mm 比较,相对误差达到了 12.8%;夏季降水模拟值为 445 mm,与观测值 584 mm 比较,相对误差达到了 23.8%;冬季模拟的降水值为 95 mm,与观测值 59 mm 比较,相对误差达到了 61.6%,模拟结果偏差相对较大。综上所述,RegCM3 具有模拟西南地区降水主要分布特征的能力,尤其在观测站点稀少的青藏高原地区可提供局地降水分布的较可靠信息。由于西南地区地形复杂,除受大型天气系统影响外,也受中小尺度强对流影响。因此要准确模拟西南地区的降水特征,还需要对模式的物理参数化过程进一步完善。

4 结果分析

4.1 IPCC A1B 情景下未来西南地区地面温度的可能变化

为便于分析,选取中国 160 个常规气象观测站中位于西南地区内的 32 个站点,将区域模式的输出结果插值到这些站点,将这些站点作为这一地区的代表,将各气候要素值在这些站点的平均作为这一地区的平均。选取的西南地区 32 个气象站点详见表 1,站点分布如图 1 所示。

4.1.1 年际和年内变化

表 2 给出了 A1B 情景下,未来西南地区年和季节地面温度的变化。从表中可以看出,全区年、季平均地面温度均呈增加趋势,多年平均温度升高了 0.40℃。从季节变化上看,全区春季温度增加幅度最大,达到 0.58℃;秋季和夏季次之,增温幅度分别

为 0.37℃ 和 0.36℃;而冬季增温幅度最小,仅为 0.31℃。从温度空间变化上看(图 6a~e),年平均温度变化整体趋势是北部地区大于南部。其中四川北部升温幅度最大,达到 0.8℃;重庆大部及贵州北部地区升温幅度为 0.7℃,贵州南部和广西大部地区升温幅度为 0.6℃,而云南大部地区温度增幅最小,仅有 0.5℃。

从不同季节温度空间变化上看,春季西南地区大部分地区增温幅度在 0.6℃~0.8℃,局部地区如四川盆地、贵州北部和四川西北部温度增加幅度较为明显,达到 1℃~1.2℃;夏季温度空间分布变化不大,整体增加幅度在 0.6℃左右,而秋、冬季温度空间梯度变化较为明显,增加幅度在 0.2℃~0.8℃。总体来看,受地形、地理位置等综合因素影响,不同地区、不同季节地面温度变化具有一定的区域差异性。图 5 给出了西南地区年内各月温度的变化。

表 1 西南地区主要气象站点

Tab.1 The meteorological stations in southwestern China		
省区	站点个数	站点名称
四川	12	达县、南充、内江、绵阳、成都、宜宾、雅安、康定、西昌、会理、丽江、甘孜
重庆	2	重庆、酉阳
贵州	5	遵义、贵阳、毕节、兴仁、榕江
云南	7	大理、保山、昆明、临沧、景洪、蒙自、德钦
广西	6	桂林、柳州、梧州、南宁、北海、百色

表 2 未来西南地区年和季地面温度变化

Tab.2 Changes of annual and seasonal mean temperature in southwestern China				
全年变化/℃	季节变化/℃			
	春季	夏季	秋季	冬季
0.40	0.58	0.36	0.37	0.31

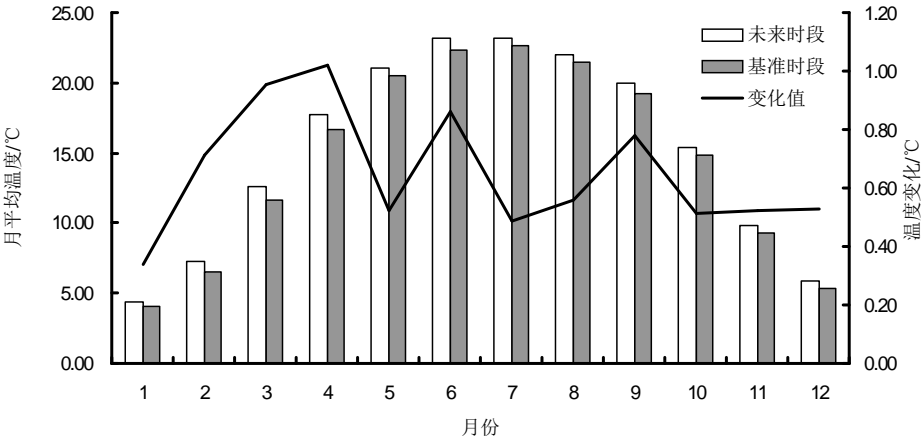
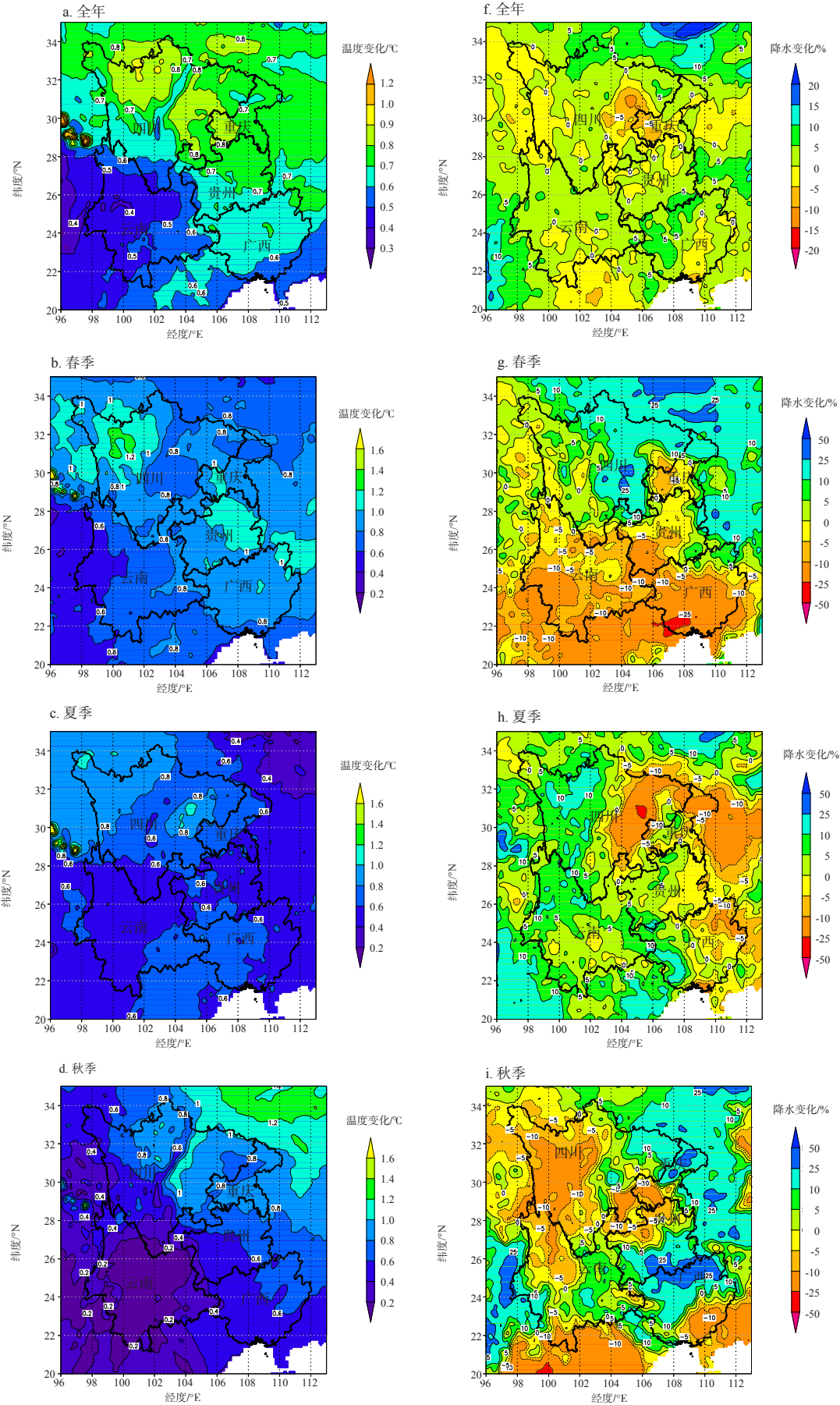


图 5 西南地区年内各月温度变化趋势

Fig.5 Changes of monthly mean temperature in southwestern China



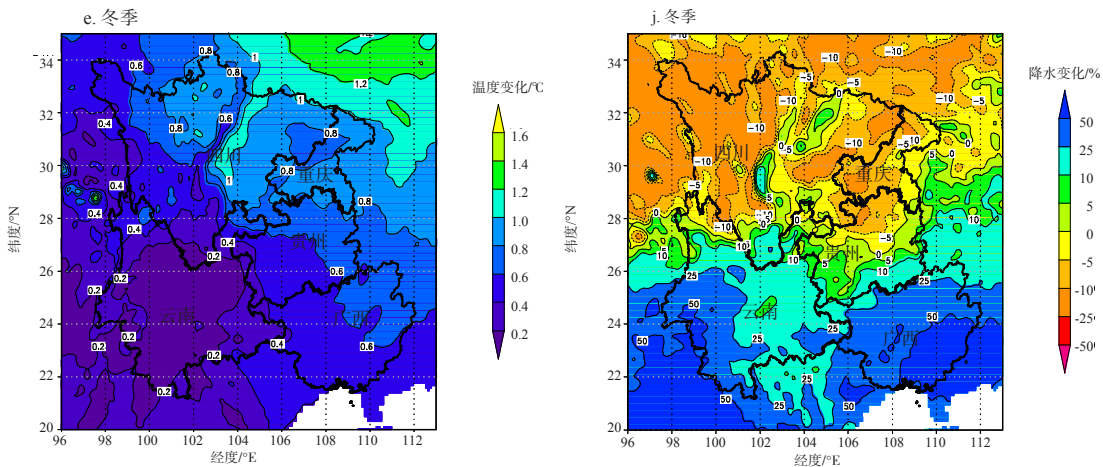


图 6 未来西南地区地面温度和降水的空间变化

Fig.6 Future changes of temperature and precipitation relative to baseline in southwestern China

可以看出,基准和未来时段地面温度的年内分布趋势是一致的,未来全区年内各月温度均明显增加。其中春季的4月和3月温度增加幅度最大,增幅分别为1.02℃和0.96℃;其次为夏季的6月和秋季的9月,温度增加幅度分别为0.86℃和0.78℃;而温度增加最小的是冬季的1月,仅有0.34℃。由于每年由冬到夏,太平洋副热带高压由南向北推进,势力逐渐增强,而西南地区在副高的控制下易形成连晴高温天气,所以导致春末夏初西南地区温度增加较为明显。

4.1.2 最高/最低温度和日较差的变化

图7给出了基准和未来时段月平均最高/最低温度和日较差的变化。从图中可以看出,温度升高同时导致最高、最低温度的升高,除个别月份,最高温度升高数值较最低温度大。两者在各月的变化趋势上基本一致,它们与平均温度的变化大部分情况下也呈一致的趋势。最高和最低温度的年平均增加值分别为0.49℃和0.41℃。

西南地区日较差的变化主要以增加为主,增加最多的月份为4、9和10月,数值在0.29℃左右;部分月份(1、6和11月)有较小的增加,数值在0.14℃左右;1、5、8和12月为减少,数值在-0.13℃左右;全年温度日较差变化平均为0.07℃。

从图8可以看出,全区春季平均最高温度变化幅度最大,增加幅度为0.68℃;其次为秋季、冬季和夏季。全区春季最低温度变化幅度最大,增加幅度为0.56℃;其次为冬季、夏季和秋季。春季最高和最低温度升高较为明显,可能导致春季高温和干旱等极端事件发生频率和强度的增加。

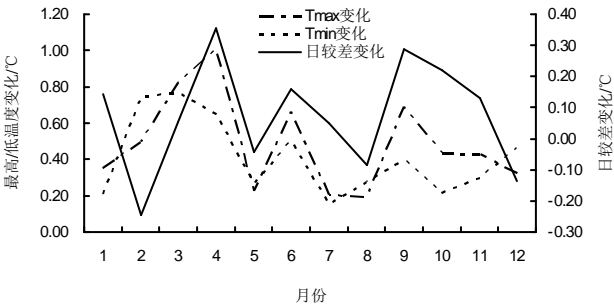


图 7 西南地区月平均最高/最低温度和日较差变化

Fig.7 Changes of monthly mean temperature in southwestern China

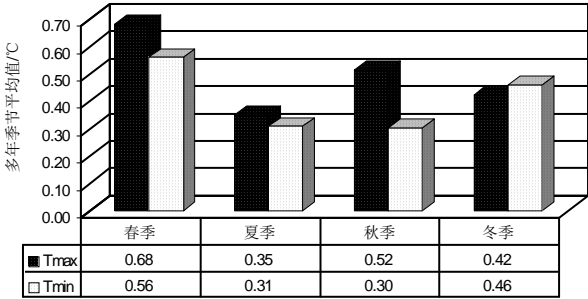


图 8 西南地区季平均最高、最低气温变化

Fig.8 Changes of seasonal mean temperature in southwestern China

4.2 A1B 情景下西南地区未来降水的可能变化

4.2.1 年际和季节变化

表3分析了未来西南地区年、季节平均降水的变化。在A1B情景下,未来全区年降水量较基准时段将有所增加,增加幅度为0.50%,变化不大。从季节变化上看,四季降水变化趋势并不一致。春季和夏季降水略有减少,减少幅度分别为3.84%和0.05%;秋季和冬季降水有所增加,秋季降水增幅为

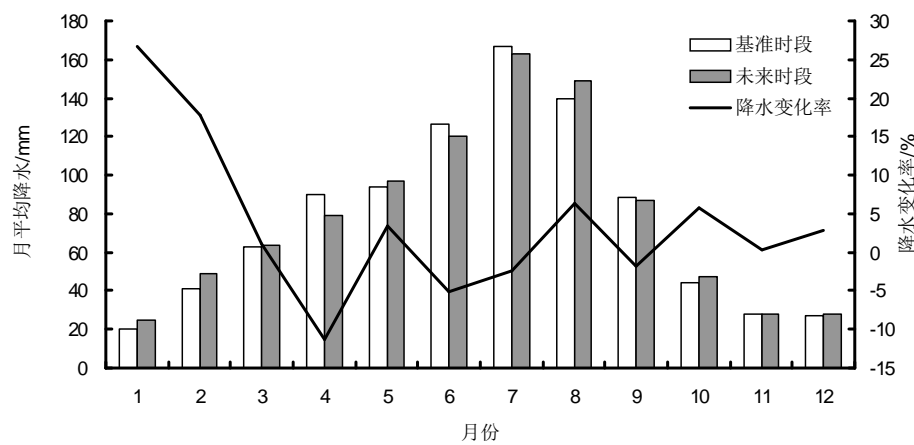


图9 西南地区年内各月降水变化

Fig.9 Changes of monthly mean precipitation in southwestern China

1.55%;而冬季降水增加幅度较大,达到10.57%。

从西南地区年、四季降水空间分布变化(图6f~j)可以看出,未来西南地区不同季节、不同区域降水较基准时段增减变化趋势并不一致。从年平均降水变化看,四川盆地较基准时段降水减少约5%左右,而其他地区降水为增加趋势,降水增加约5%左右。

春季除四川西北部降水有所增加外,云南、广西、贵州和重庆大部地区降水减少幅度在5%~10%左右;而这一季节温度增加幅度较大(0.6℃~1℃)。因此,春季西南地区处于这种高温低湿的气候背景下,在此期间降水偏少,气温偏高,土壤水极易蒸发使得土壤墒情差,容易发生严重干旱。

夏季四川盆地和广西东部地区降水呈减少趋势,减少幅度在5%~10%左右,其他地区降水均呈增加趋势,增加幅度在5%~10%左右。

秋季四川西部、云南北部、广西东南部、贵州与重庆交界地区降水将减少5%~10%左右,其他地区降水增加5%~25%左右。四川西部和贵州与重庆交界地区未来温度增加明显(0.8℃~1℃),所以这些地区有发生秋旱的可能。

冬季四川和重庆大部、贵州北部地区降水将减少5%~10%左右,而云南大部、贵州南部、广西大部降水为增加趋势,增加约10%~25%左右,其中云南西南部和广西东南部地区降水增加较大,达到25%~50%左右。这些地区冬季降水的增加有可能导致局部地区洪涝事件的发生,究其原因主要是冬季当变性极地大陆气团(冷气团)南下时,受到云贵高原的阻挡,变性极地大陆气团和西南来的热带南海气团相持于云贵之间,形成滇黔静止锋,造成该

表3 未来西南地区年、季降水变化

Tab.3 Changes of annual and seasonal mean precipitation in southwestern China

全年 变化/%	季节变化/%			
	春季	夏季	秋季	冬季
0.50	-3.84	-0.05	1.55	10.57

注:“-”表示减少。

地区持久的连阴雨天气,降雨量增大。

4.2.2 年内变化

图9给出了西南地区年内各月降水的变化过程。由图9可见,基准时段和未来时段降水的年内分布趋势是基本一致的,全区年内各月降水变化有增有减。其中冬季的1月和2月降水增加幅度最多,增加率分别为27%和18%;春季的4月降水将减少,达到11%。其他月份变化要小一些,在±5%以内,其中11月份降水量基本没有变化。从各月计算的年平均变化率为4%,降水变化幅度不大。

5 结论

使用区域气候模式 RegCM3 在西南地区进行了20 km水平分辨率、2×15a的数值积分模拟试验,得到了高分辨率的区域气候情景,通过分析可以得到以下5点结论:

(1) RegCM3 能够较好的模拟西南地区地面温度的分布特征。由于分辨率较高,区域模式提供了更多的局地信息,对小地形引起的四川盆地温度高值中心和四川西北部温度低值区具有较好的模拟能力,再现了复杂地形下温度随地形的变化特征。但年、季模拟结果低于实际观测值,出现系统性的

冷偏差。

(2) RegCM3 能够模拟出西南地区降水东南多西北少的大尺度空间差异特征。相对于观测资料,高分辨率的模式输出结果对受地形影响的降水刻画的更为细致。模式对夏季降水模拟效果较好,夏季位于四川盆地、横断山区、四川和广西地区的降水中心都很好的模拟出来,与观测场拟合较好;冬季模拟效果相对较差,局部地区模拟值较观测值偏大。总体来看,模式对温度的模拟效果要好于对降水的模拟,主要原因是降水的影响因素较多,而温度变化相对平稳。

(3) A1B 情景下未来西南地区年、四季温度均呈增加趋势,年平均温度升高 0.4°C 。春季温度增加幅度最大,达到 0.58°C ;其次为秋季、夏季和冬季;年平均温度变化整体趋势是北部地区大于南部,冬季温度变化幅度大于夏季。最高/最低温度明显升高,除各别月份,最高温度升高数值较最低温度大。春季最高/最低温度变化较为明显。

(4) A1B 情景下西南地区未来降水将增加 0.5% ,增幅不大。从季节变化上看,全区春、夏季降水略有减少;秋、冬季降水增加,且冬季降水增加明显。从区域变化上看,各地区降水增减趋势并不一致,由于春、夏季气温升高,降水减少,增加了局部地区高温、干旱事件的发生频率;同时冬季降水的增加,也可能会导致局部地区洪涝事件的发生。

(5) 西南地区历来是中国干旱频发地区,而未来干旱影响因子(地面温度和降水)的变化趋势分析也表明,未来西南局部地区发生春、秋季干旱的可能性较大,因此应尽早建立旱情监测预警系统,开展重点水源工程规划和建设,搞好集雨水窖工程建设,防患于未然。

参考文献

- [1] 王同美, 吴国雄, 万日金. 青藏高原的热力和动力作用对亚洲季风区环流的影响. 高原气象, 2008, 27(1): 1-9.
- [2] 赵宗慈, 罗勇. 二十世纪九十年代区域气候模拟研究进展. 气象学报, 1998, 56(2): 225-246.
- [3] 赵宗慈, 丁一汇, 徐影, 等. 人类活动对 20 世纪中国西北地区气候变化影响检测和 21 世纪预测. 气候与环境研究, 2003, 8(1): 26-34.
- [4] Giorgi F. Simulation of regional climate using a limited area model nested in a general circulation model. Journal of Climate, 1990, 3(9): 941-964.
- [5] Giorgi F, Marinucci M R, Bates G T. Development of a second generation regional climate model (RegCM2) I: Boundary layer and radiation transfer process. Monthly Weather Review, 1993, 121(10): 2794-2813.
- [6] Giorgi F, Marinucci M, De Canio G, et al. Development of a second generation regional climate model (RegCM2) II: Convective processes and assimilation of lateral boundary conditions. Monthly Weather Review, 1993, 121(10): 2814-2832.
- [7] Dickenson R E, Errico R M, Giorgi F, et al. A regional climate model for western United States. Climatic Change, 1989, 15(3): 383-412.
- [8] 鞠丽霞, 王会军. 用全球大气环流模式嵌套区域气候模式模拟东亚现代气候. 地球物理学报, 2006, 49(1): 52-56.
- [9] Elguindi N, Bi X, Giorgi F, et al. RegCM Version 3.1 User's Guide. Trieste, Italy, 2007.
- [10] Gao Xuejie, Zhao Zongci, Giorgi F. Changes of extreme events in regional climate simulations over East Asia. Advances in Atmospheric Sciences, 2002, 19(5): 927-942.
- [11] Roeckner E. The atmospheric general circulation model ECHAM5, part I: Model description. Max-Planck-Institut für Meteorologie, 2003, Report No, 349, 12.
- [12] Pinto J G, Fröhlich E L, Leckebusch G C, et al. Changing European storm loss potentials under modified climate conditions according to ensemble simulations of the ECHAM5/MPI-OM1 GCM. Natural Hazards and Earth System Sciences, 2007, 7: 165-175.
- [13] 许崇海, 沈新勇, 徐影. IPCC AR4 模式对东亚地区气候模拟能力的分析. 气候变化研究进展, 2007, 3(5): 287-292.
- [14] 柳绿柳, 姜彤, 原峰. 珠江流域 1961-2007 年气候变化及 2011-2060 年预估分析. 气候变化研究进展, 2009, 5(4): 209-214.
- [15] 翟建青, 曾小凡, 苏布达, 等. 基于 ECHAM5 模式预估 2050 年前中国旱涝格局趋势. 气候变化研究进展, 2009, 5(4): 220-225.
- [16] Nakicenovic N, Alcamo J, Davis G, et al. IPCC Special Report on Emission Scenarios. U K, Cambridge: Cambridge University Press, 2001: 4-5.
- [17] 张雪芹, 彭莉莉, 林朝晖. 未来不同排放情景下气候变化预估研究进展. 地球科学进展, 2008, 23(2): 174-185.
- [18] 张存杰, 李栋梁, 王小平. 东北亚近 100 年降水变化及未来 10~15 年预测研究. 高原气象, 2004, 23(6): 919-929.
- [19] 闻新宇, 王绍武, 朱锦红, 等. 英国 CRU 高分辨格点资料揭示的 20 世纪中国气候变化. 大气科学, 2006, 30(5):

894-904.

[20] 张冬峰, 高学杰, 白虎志, 等. RegCM3 模式对青藏高原地区气候的模拟. 高原气象, 2005, 24(5): 714-720.

[21] Stefan H, Klaus A, Erich R. Evaluation of the hydrological cycle in the ECHAM5 model. Journal of Climate, 2006, 19(16): 3810-3827.

Numerical Simulations of Climate Change under IPCC A1B Scenario
in Southwestern China

WU Di, PEI Yuansheng, ZHAO Yong, XIAO Weihua

(State Key Laboratory of Simulation and Regulation of River Basin Water Cycle,
China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100038, China)

Abstract: Climate change over southwestern China is simulated by a regional climate model (RegCM3), using the output from a global coupled atmosphere-ocean model (ECHAM5/MPI-OM) as lateral and surface boundary conditions. Two sets of 15 years of simulations at 20-km grid resolution for present days (1986-2000) and future (2011-2025, under IPCC_A1B scenario) are conducted to analyze the effects of surface air temperature and precipitation on the drought as a focal area. Results show that RegCM3 can reproduce well the spatial distribution of surface air temperature and precipitation in southwestern China compared with the observed data of 32 meteorological stations and grid data of CRU, and simulated annual and summer precipitation is much higher than winter precipitation. The simulated precipitation in winter is higher than observed values. During 2011-2025, there might be a remarkably warming either annually or in other seasons. The temperature change in the northern region is bigger than that in the southern region. The maximum and minimum temperature changes in winter are bigger than those in summer. Annually, precipitation increase is consistent with that in autumn and winter, while precipitation increase is significant in winter. Precipitation decrease in spring and summer is not significant. Temperature increase and precipitation decrease in spring and summer might induce high temperature and droughts to parts of the region, while precipitation increase in winter might increase the risk of local flood disasters.

Key words: regional climate model (RegCM3); surface air temperature; precipitation; numerical simulation; southwestern China

本文引用格式:

吴迪, 裴源生, 赵勇, 等. IPCC A1B 情景下中国西南地区气候变化的数值模拟. 地理科学进展, 2012, 31(3): 275-284.