

CMIP5 多模式对中国及各分区气温和降水时空特征的预估

程雪蓉¹, 任立良¹, 杨肖丽¹, 刘士军², 童瑞¹, 周萌¹

(1.河海大学水文水资源学院,江苏 南京 210098;2.四川省水利水电勘测设计研究院,四川 成都 610072)

摘要:利用7个参加耦合模式比较计划第五阶段(CMIP5)的全球气候模式模拟数据,在RCP4.5、RCP8.5两种排放情景下,从年、季、月尺度上对中国以及中国的7个区域的气温和降水进行未来情景预估分析。分析结果表明:2010~2099年,两种情景下中国的气温增加明显,并呈现出春弱秋冬(尤其是一、八、九、十一、十二月)强的特征,北部(N)、西北东部(ENW)、西北西部(WNW)、西藏(Tibet)的升温趋势高于其他地区。RCP8.5情景下的气温线性趋势值大部分都高于RCP4.5情景下的值。在RCP4.5情景下,2060~2099年东北部(NE)呈现降温。两种情景下,全国降水量也呈增加趋势,呈现由东南向西北递减的地理分布,并表现出冬弱春夏强的季节变化特征。西北西部(WNW)在全年降水偏少,春夏季黄河以北降水趋势较小,降水大值中心在长江以南地区,尤其是在五、六、七、八月份。秋季,在RCP4.5、RCP8.5情景下SE降水线性趋势分别低于或等于全国平均水平,东北部(NE)、北部(N)、西北东部(ENW)的降水线性趋势略高。在2010~2039年,在RCP8.5情景下西南(SW)的降水减少。

关键词:预估;RCPs;CMIP5;中国;7个区域

中图分类号:P339

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2016)04-0037-07

国际政府间气候变化专门委员会(IPCC)第五次评估报告(AR5)指出:“在1880~2012年,全球海陆平均地表气温升高了0.85(0.65~1.06)℃。由于受到厄尔尼诺的影响,全球海陆平均地表气温在1998~2012年期间,升温的速率达到0.05(-0.05~0.15)℃/10a,而在1951~2012年的升温速率更快为0.12(0.08~0.14)℃/10a”^[1]。温室气体浓度的增加、大气和海洋的升温、冰雪的减少、海平面的上升,足以说明气候系统的变暖真实存在^[2]。全球气候变暖的背景下,极端降水天气事件的发生频率增多,强度有所增强。如1990年和2010年亚马逊平原发生了“百年一遇”的干旱;1988年是我国的重旱年,以黄淮和长江中下游地区旱情最重;1998年长江流域发生特大洪灾。气候变化所产生的影响已经引起了各国政府的高度重视,预估未来气候变化已成为当今重要工作。

全球气候模式成为研究气候变化机理和预估未

来气候变化的重要工具^[3-4],基于CMIP3全球气候模式的模拟数据,评估了气候模式对中国气候的模拟能力^[5-6]。徐影等^[7]利用18个气候模式的各个模拟和多模式平均结果,研究模式对中国气候的模拟性能。许崇海等^[8]利用11个气候模式的模拟结果,对中国的未来气温和降水进行预估。CMIP5一系列实验包括对20世纪气候的模拟(作为历史实验)以及在新的温室气体排放情景下对21世纪气候的预估实验温室气体排放新情景-典型浓度路径(Representative Concentration Pathways, RCPs),RCPs包括RCP4.5、RCP8.5等4种情景^[9]。每种情景都提供了一种受社会经济条件和气候影响等的排放路径,并给出到2100年相应的辐射强迫值^[10]。

不管是气候模式还是模式预估,以往的研究主要侧重全中国,对中国各区域的气候变化的关注并不是很多。由于气候变化对各区域的影响有所不同,本文

收稿日期:2015-09-13

基金项目:国家自然科学基金项目(41323001;41201031)

作者简介:程雪蓉(1990-),女,江西上饶人,硕士研究生,研究方向为气候变化与陆面变化的水文响应。E-mail:945548736@qq.com

通讯作者:任立良(1963-),男,江苏扬中人,教授、博导,研究方向为气候变化与陆面变化的水文响应。E-mail:njrl19999@126.com

按照 Wang 等人^[1]的方法并且根据气候特征的不同将中国分成 7 个大区 (如图 1 所示), 探讨不同区域年、季、月尺度上未来气候变化的情景和趋势。

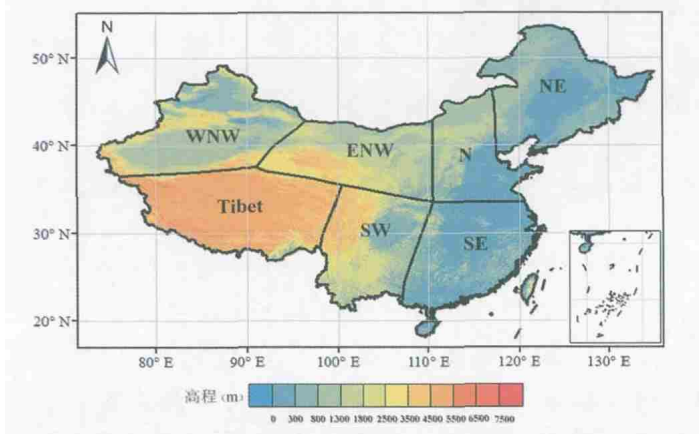


图1 中国分区

Fig.1 The regions of China

1 模式和数据

本文使用的数据是 RCPs 情景下, CMIP5 中 7 个气候模式模拟 2010~2099 年中国以及中国的 7 个区气温、降水的数据。这些气候模式的数据来源于 Program for Climate Model Diagnosis and Intercomparison (PCMDI) Gateway website (<http://pcmdi-cmip.llnl.gov/cmip5/availability.html>)。在 RCPs 排放情景下, 这些数据可以分析中国及中国 7 个区域未来气候的变化。表 1 是

表1 CMIP5的7个模式概况

Table1 The information of the 7 global coupled models

序号	模式名称	模式所在国家	分辨率
1	BCC-CSM1-1	中国	2.8°×2.8°
2	CanESM2	加拿大	2.8°×2.8°
3	CCSM4	美国	1.25°×0.9°
4	CSIRO-Mk-3-6-0	澳大利亚	1.875°×1.875°
5	GISS-E2-R	美国	2.5°×2°
6	MRI-CGCM3	日本	1.125°×1.125°
7	NorESM1-M	挪威	2.5°×1.875°

对 7 个模式的简单介绍, 详细介绍可见参考文献^[12-13]。

2 未来气温和降水变化的预估

2.1 年尺度上气温和降水变化的预估

中、高等排放情景下, 2010~2099 年整个中国区域内的平均气温均呈上升趋势, 我国北方地区比南方地区增温快, 增温最快的区域是 WNW、ENW、Tibet, SE、SW 增温最慢。在 RCP8.5 情景下气温是一直上升的, 而 RCP4.5 情景下气温上升至 2070 年, 之后就保持稳定了, 并且 RCP8.5 情景下的增温比 RCP4.5 情景下的增温要快(图 2a, 图 2b)。两种情景下, 全国的降水均为增多趋势, 南方地区比北方地区降水多, SE 和 SW 的降水变化幅度很大, WNW 的降水变化相对较小。同一地区, 在 RCP8.5 情景下的降水上升趋势高于 RCP4.5 情景下的值(图 3a, 图 3b)。

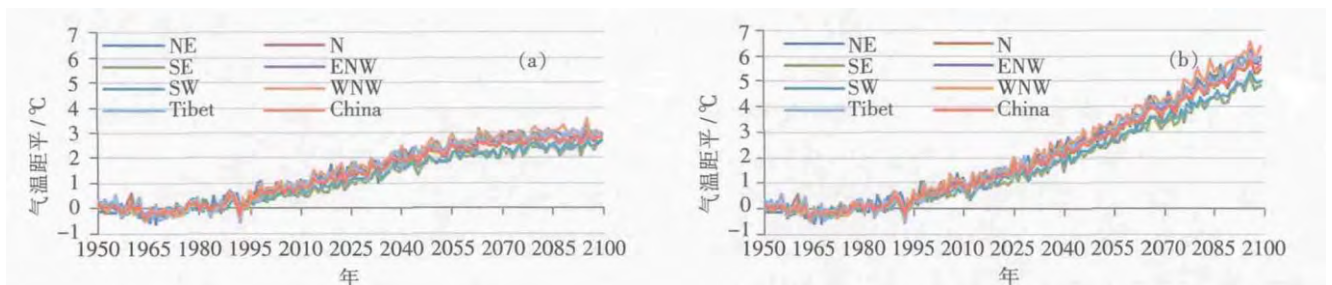


图2 RCP4.5和RCP8.5情景下的气温距平

Fig. 2 The air temperature anomaly under the scenario of RCP4.5 and RCP8.5

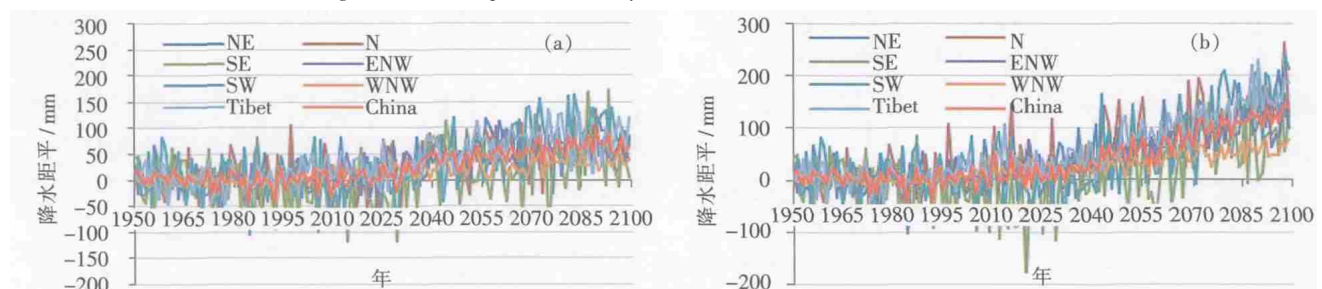


图3 RCP4.5和RCP8.5情景下的降水距平

Fig. 3 The precipitation anomalies under the scenario of RCP4.5 and RCP8.5

从模式集合预测的气温趋势值在两种排放情景下的分布可以看出(表 2),对于同一地区,同一时间段,高排放情景 RCP8.5 下,全国的气温线性趋势都高于中等排放情景 RCP4.5 情景下的值。两种情景下,增温的线性趋势都是由北向南递减。在 RCP4.5 情景下,在 2010~2039 年的增温趋势最高,各个区域均能达到 0.33℃/10a 及其以上;在 2070~2099 年的增温趋势很小,几乎近于稳定;在 2040~2069 年,NE、SW 的升温趋势较其他地区稍有减弱;在 2070~2099 年 NE 的气温趋势值出现负值-0.09℃/10a。在 RCP8.5 情景下,气温是一直持续增加的,且 NE、ENW、Tibet 尤为加剧。

从表 3 看出,在两种排放情景下,全国平均降水量的线性模拟值都为增加趋势。RCP4.5 情景下,在 2010~2039 年降水趋势高于其他年份,只有 WNW 降水稍有下降趋势,增加最快的地区是 N、SE。在 2040~2069 年,SE 的降水减少,趋势值约为-6.6mm/10a,NE、SW、Tibet 的降水趋势高于其他地区;2070~2099 年 ENW、WNW 降水减少,NE 的降水趋势最高。RCP8.5 情景下,2010~2039 年全国范围的降水线性趋势几乎

都低于 RCP4.5 的值,且 SW 的降水明显减少,趋势值为-12.5mm/10a。2040~2099 年,除了 SE 的线性趋势低于 RCP4.5 的趋势以外,其余地区均高于 RCP4.5 情景下的值;NE、N、SW、Tibet 的线性增加趋势较大,WNW 的线性增加趋势较小,值得注意的是 SE 的趋势值都为负值,降水减少。

2.2 季节尺度上气温和降水变化的预估

对于同一季节,RCP8.5 情景下的气温线性趋势值高于 RCP4.5 情景下的值,同一情景下各个季节的趋势值相差不大,冬季气温趋势值稍微偏高;春季的气温趋势值稍微偏低。对于 RCP4.5,NE、SW 在春、夏季升温趋势略微偏低,NE、SE、Tibet 在秋季升温趋势稍高。对于 RCP8.5,Tibet、WNW、ENW 在春季升温趋势稍高;WNW、ENW 在夏季升温趋势较其他地区较高;WNW、Tibet 在秋季升温趋势较高,SE、SW 的升温趋势稍低;SE 在冬季的升温趋势低于其他地区(见表 4)。

在 RCP4.5 和 RCP8.5 情景下,中国的降水呈东南向西北递减的地理分布,并表现出明显的季节变化特

表2 气温的年变化趋势(℃/10a)

Table2 The annual slope of the temperature under the RCP scenarios over the regions and China (℃/10a)

年份	RCP4.5							
	NE	N	SE	ENW	SW	WNW	Tibet	China
2010~2039	0.33*	0.36*	0.36*	0.34*	0.33*	0.35*	0.34*	0.34*
2040~2069	0.18*	0.26*	0.22*	0.25*	0.19*	0.28*	0.26*	0.23*
2070~2099	-0.09	0.08*	0.08*	0.06*	0.07*	0.06	0.10*	0.05*
年份	RCP8.5							
	NE	N	SE	ENW	SW	WNW	Tibet	China
2010~2039	0.44*	0.47*	0.42*	0.48*	0.42*	0.50*	0.48*	0.46*
2040~2069	0.56*	0.59*	0.58*	0.63*	0.58*	0.65*	0.68*	0.61*
2070~2099	0.70*	0.62*	0.58*	0.69*	0.57*	0.73*	0.69*	0.65*

*号表示通过0.05的显著性水平检验,正值表示增加,负值表示减少(下同)。

表3 降水的年变化趋势(mm/10a)

Table3 The annual slope of the precipitation under the RCP scenarios over the regions and China (mm/10a)

年份	RCP4.5							
	NE	N	SE	ENW	SW	WNW	Tibet	China
2010~2039	9.8	23.8*	22.0*	14.5*	14.6*	-0.1	4.7	12.3*
2040~2069	17.7*	-1.2	-6.6	0.7	16.3*	-2.1	11.2*	5.2*
2070~2099	12.0	1.0	6.4	-4.1	0.8	0.0	-0.2	2.5
年份	RCP8.5							
	NE	N	SE	ENW	SW	WNW	Tibet	China
2010~2039	11.1	1.1	8.0	1.4	-12.5	0.1	-0.5	1.7
2040~2069	18.5*	10.9	-1.6	17.4*	20.2*	9.6*	21.6*	13.6*
2070~2099	20.8*	22.0*	-1.0	9.3	37.5*	5.6*	22.3*	15.8*

表4 气温的季节变化趋势(°C/10a)

Table4 The seasonal slope of the temperature under the RCP scenarios over the regions and China (°C/10a)

季节	RCP4.5							
	NE	N	SE	ENW	SW	WNW	Tibet	China
冬	0.26*	0.24*	0.23*	0.25*	0.23*	0.27*	0.25*	0.25*
春	0.18*	0.20*	0.19*	0.20*	0.19*	0.21*	0.23*	0.20*
夏	0.21*	0.25*	0.24*	0.24*	0.22*	0.26*	0.23*	0.23*
秋	0.27*	0.24*	0.26*	0.23*	0.24*	0.22*	0.25*	0.24*
季节	RCP8.5							
	NE	N	SE	ENW	SW	WNW	Tibet	China
冬	0.67*	0.55*	0.50*	0.62*	0.54*	0.64*	0.63*	0.59*
春	0.50*	0.52*	0.48*	0.55*	0.49*	0.57*	0.58*	0.53*
夏	0.55*	0.57*	0.52*	0.58*	0.51*	0.64*	0.53*	0.56*
秋	0.60*	0.58*	0.54*	0.60*	0.55*	0.61*	0.62*	0.58*

表5 降水的季节变化趋势(mm/10a)

Table5 The seasonal slope of the precipitation under the RCP scenarios over the regions and China (mm/10a)

季节	RCP4.5							
	NE	N	SE	ENW	SW	WNW	Tibet	China
冬	0.2*	0.4*	0.6*	0.3*	0.6*	0.3*	0.3*	0.4*
春	0.8*	0.6*	2.1*	0.5*	2.1*	0.3*	0.4*	1.0*
夏	1.7*	0.5	0.6*	0.5*	1.3*	0.1	1.4*	0.9*
秋	0.5*	1.3*	0.1	0.8*	1.0*	0.2*	0.7*	0.6*
季节	RCP8.5							
	NE	N	SE	ENW	SW	WNW	Tibet	China
冬	0.5*	0.7*	0.5*	0.6*	0.7*	0.6*	0.6*	0.6*
春	0.8*	1.5*	3.2*	1.3*	3.3*	0.8*	1.2*	1.8*
夏	3.0*	1.6*	1.0*	1.1*	3.0*	0.2*	2.9*	1.8*
秋	1.3*	1.6*	1.0*	1.1*	1.0*	0.3*	1.0*	1.0*

征。冬季,全国的降水趋势普遍较小,NE、NW(包括ENW和WNW)降水趋势较小,范围分别为0.2~0.3mm/10a、0.5~0.6mm/10a;长江以南地区降水趋势较大。春季,全国的降水趋势普遍增大,黄河以北特别是NW地区降水趋势较小,范围分别为0.3~0.5mm/10a、0.8~1.3mm/10a,降水大值中心在长江以南(SW、SE)地区。夏季,全国降水趋势普遍增大,除NW地区降水趋势较小,黄河以北地区的趋势都比春季明显增大,但值得注意的是,SE地区的降水线性趋势减小,分别为0.6mm/10a、1.0mm/10a。秋季,全国的降水趋势减小,与春季类似,但长江以南地区的降水趋势明显减小。总体而言,RCP8.5的降水趋势要高于RCP4.5的降水趋势(见表5)。

2.3 月尺度上气温和降水变化的预测

两种情景下的月气温趋势值与相应季节的趋势值类似,但在RCP4.5情景下,12月的全国增温趋势值低

于夏秋季月份的值,仅为0.23°C/10a,6、10月也分别低于夏、秋季的平均水平。在7、9月份,SE、N的增温趋势达到0.27~0.28°C/10a。RCP8.5的气温趋势值要高于RCP4.5的值。在RCP8.5情景下,SE、SW在2、4、5、6月份的增温趋势较其他地区偏低,ENW、WNW、Tibet增温趋势全年基本上都高于全国平均水平(见表6)。

两种情景下,WNW的降水趋势在全年都较低,SE、SW在5~8月份的降水趋势都较高,但N在9~11月份的趋势高于其他地区。对于全国而言,除了5月以外,相同月份RCP8.5的趋势值都高于RCP4.5的。对于RCP4.5,SE在1、7、9、10月降雨出现减少情况。对于RCP8.5,SE在7、12月降水出现减少情况(见表7)。

3 结论与讨论

本研究利用CMIP5的7个模式对2010~2099年

表6 气温的月变化趋势(°C/10a)

Table6 The monthly slope of the temperature under the RCP scenarios over the regions and China (°C/10a)

月份	RCP4.5							Tibet	China
	NE	N	SE	ENW	SW	WNW			
1	0.27*	0.25*	0.23*	0.26*	0.21*	0.31*	0.22*	0.25*	
2	0.24*	0.22*	0.23*	0.25*	0.25*	0.26*	0.27*	0.25*	
3	0.20*	0.17*	0.20*	0.19*	0.21*	0.20*	0.21*	0.20*	
4	0.15*	0.19*	0.17*	0.19*	0.18*	0.21*	0.26*	0.19*	
5	0.19*	0.23*	0.19*	0.20*	0.19*	0.22*	0.23*	0.21*	
6	0.19*	0.22*	0.22*	0.21*	0.21*	0.23*	0.26*	0.22*	
7	0.21*	0.28*	0.27*	0.25*	0.23*	0.27*	0.22*	0.25*	
8	0.23*	0.25*	0.23*	0.25*	0.21*	0.27*	0.21*	0.24*	
9	0.25*	0.28*	0.28*	0.25*	0.26*	0.24*	0.22*	0.25*	
10	0.23*	0.20*	0.23*	0.19*	0.21*	0.21*	0.25*	0.22*	
11	0.32*	0.24*	0.26*	0.24*	0.25*	0.22*	0.27*	0.26*	
12	0.27*	0.23*	0.22*	0.23*	0.23*	0.21*	0.24*	0.23*	
月份	RCP8.5							Tibet	China
	NE	N	SE	ENW	SW	WNW			
1	0.70*	0.57*	0.50*	0.62*	0.53*	0.66*	0.63*	0.60*	
2	0.57*	0.48*	0.47*	0.59*	0.54*	0.60*	0.62*	0.55*	
3	0.54*	0.56*	0.50*	0.62*	0.52*	0.63*	0.64*	0.57*	
4	0.47*	0.49*	0.49*	0.53*	0.49*	0.52*	0.57*	0.51*	
5	0.50*	0.52*	0.46*	0.51*	0.46*	0.55*	0.53*	0.50*	
6	0.54*	0.56*	0.50*	0.55*	0.50*	0.58*	0.54*	0.54*	
7	0.53*	0.57*	0.53*	0.57*	0.51*	0.63*	0.54*	0.55*	
8	0.56*	0.59*	0.53*	0.62*	0.52*	0.70*	0.52*	0.58*	
9	0.60*	0.66*	0.59*	0.65*	0.59*	0.67*	0.57*	0.61*	
10	0.53*	0.52*	0.53*	0.55*	0.54*	0.56*	0.63*	0.55*	
11	0.69*	0.54*	0.50*	0.59*	0.51*	0.59*	0.67*	0.59*	
12	0.76*	0.60*	0.52*	0.64*	0.55*	0.66*	0.65*	0.62*	

表7 降水的月变化趋势(mm/10a)

Table7 The monthly slope of the precipitation under the RCP scenarios over the regions and China (mm/10a)

月份	RCP4.5							Tibet	China
	NE	N	SE	ENW	SW	WNW			
1	0.2*	0.1	0.0	0.3*	0.3*	0.2*	0.1	0.2*	
2	0.1	0.3*	1.2*	0.3*	0.9*	0.3*	0.2	0.5*	
3	0.5*	1.0*	1.9*	0.5*	1.7*	0.3*	0.5*	0.9*	
4	1.0*	0.2	2.9*	0.5*	2.3*	0.5*	0.2	1.1*	
5	0.9*	0.7	1.5*	0.5	2.2*	0.1	0.5	0.9*	
6	1.7*	1.2*	2.7*	0.7*	3.1*	0.0	0.2	1.4*	
7	2.5*	0.6	-1.7	0.3	0.3	0.1	1.8*	0.5*	
8	0.8	-0.3	1.0	0.4	0.4	0.2	2.2*	0.8*	
9	0.7*	1.6*	-0.4	1.4*	1.2*	0.2*	1.0*	0.7*	
10	0.3	1.1*	-0.3	0.7*	0.9*	0.0	0.7*	0.4*	
11	0.4*	1.1*	0.9*	0.5*	0.9*	0.4*	0.4*	0.7*	
12	0.3*	0.7*	0.7	0.3*	0.5*	0.2*	0.5*	0.4*	
月份	RCP8.5							Tibet	China
	NE	N	SE	ENW	SW	WNW			
1	0.5*	0.5*	0.7*	0.6*	0.7*	0.7*	0.4*	0.6*	
2	0.5*	1.0*	0.9	0.6*	1.1*	0.4*	0.7*	0.7*	
3	1.0*	1.4*	1.3*	0.8*	2.3*	0.7*	0.8*	1.2*	
4	1.0*	2.7*	4.2*	1.8*	3.1*	1.1*	1.4*	2.2*	
5	0.4	0.3	4.2*	1.3*	4.5*	0.6*	1.4*	1.9*	
6	2.0*	1.8*	1.3*	1.5*	5.0*	0.5*	1.8*	1.9*	
7	3.7*	1.7*	-0.2	1.2*	2.6*	-0.2	3.3*	1.7*	
8	3.3*	1.2*	1.9*	0.5	1.3*	0.1*	3.8*	1.8*	
9	2.1*	1.3*	2.7*	0.9*	1.0	0.0	1.5*	1.4*	
10	1.2*	2.5*	0.1	1.5*	1.3*	0.3*	1.1*	1.0*	
11	0.6*	0.9*	0.2	0.8*	0.7*	0.7*	0.4*	0.6*	
12	0.6*	0.5*	-0.3	0.5*	0.2	0.5*	0.7*	0.4*	

中国及7个区域气候变化情景进行模拟,从年尺度、季节尺度、月尺度三方面来预估中国及7个区域未来气候变化,主要结论如下:

就气温而言,中、高等排放情景下2010~2099年整个中国区域内的平均气温都为上升趋势,我国北方地区比南方地区增温快,且RCP8.5情景下的增温趋势高于RCP4.5情景下的值。两种情景下各个季节的趋势值相差不大,冬季的气温趋势值稍微偏高,春季的气温趋势值稍微偏小。对于RCP4.5,NE、SW在春、夏季升温趋势稍微偏低,NE、SE、Tibet在秋季升温趋势稍高。NE、N、ENW、WNW在1月的升温趋势比较明显;ENW、WNW、Tibet在2月的升温趋势比较明显;NE、N、SE、SW在9月的升温趋势较高;NE、SE、SW、Tibet在11月升温趋势高于全国平均水平。对于RCP8.5,Tibet、WNW、ENW在春季升温趋势稍高;WNW、ENW在夏季升温趋势较其他地区较高;SE在冬季的升温趋势低于其他地区。ENW、WNW、Tibet升温趋势在全年大多数月份都比较高,NE、N、SE、SW在4、5月的升温趋势相对较低。

就降水而言,在两种排放情景下,全国平均降水量的线性模拟值都为增加趋势,且呈现由东南向西北递减的地理分布。2010~2039年,RCP8.5情景下的降水线性趋势几乎都低于RCP4.5的值。在2040~2099年,除了SE地区低于RCP4.5情景下的值以外,其余地区均高于RCP4.5情景下的值。RCP4.5情景下降水的年际变化为增加趋势,且在2060~2099年,NE的降水显著,长江以南地区的降水线性趋势相对减小。RCP8.5情景下,2040~2099年NE、N、SW、Tibet的降水趋势显著增大,尤其后30年这些地区的降水线性趋势值均超过20mm/10a。值得注意的是,2040~2099年SE降水线性趋势减小。两种情景下,除了WNW全年降水都较少之外,多数地区降水表现出冬弱春夏强的季节变化特征。冬季,全国的降水线性趋势普遍较小。春夏季,全国的降水趋势普遍增大,黄河以北地区降水趋势较小,降水大值中心在长江以南地区,尤其是在5、6、7、8月份,但长江以南地区秋季降水趋势明显减小。秋季,NE、N、ENW的降水线性趋势略高,SE呈现出较小的线性趋势。

尽管许多研究工作者在RCPs情景下,研究了中国气候变化,并得到了一些初步结果,但由于气候模式的选择不同和它本身存在不确定性,最后的结论可能存在差异。因此,需要研究出更高分辨率的全球环流模

式以及减少模式的系统误差,进而来预测各个分区气候的变化特征。

参考文献:

- [1] Stocker T F, Qin D, Plattner G K, et al. Climate change 2013: the physical science basis [A]. Intergovernmental Panel on Climate Change, Working Group I Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report (AR5) (Cambridge Univ Press, New York), 2013.
- [2] 丁一汇,任国玉,石广玉,等. 气候变化国家评估报告(): 中国气候变化的历史和未来趋势[J]. 气候变化研究进展, 2006,2(1):3-8. (DING Yihui, REN Guoyu, SHI Guangyu, et al. National assessment report of climate change (I): climate change in China and its future trend [J]. Advances in Climate Change Research, 2006,2(1): 3-8. (in Chinese))
- [3] IPCC. Climate Change 2007—the Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fourth Assessment Report of the IPCC[M]. Cambridge University Press, 2007:995-997.
- [4] IPCC. Climate Change 2013: the physical science basis [M/OL]. http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_ALL_FINAL.pdf
- [5] 许崇海,罗勇,徐影. 全球气候模式对中国降水分布时空特征的评估和预估[J]. 气候变化研究进展, 2010, (6):398-404. (XU Chonghai, LUO Yong, XU Ying. Assessment and projection for spatial-temporal distribution of precipitation in China based on global climate models[J]. Advances in Climate Change Research, 2010, (6):398-404. (in Chinese))
- [6] 刘敏,江志红. 13个IPCC AR4模式对中国区域近40a气候模拟能力的评估[J]. 南京气象学院学报, 2009,32(2):256-268. (LIU Min, JIANG Zhihong. Simulation ability evaluation of surface temperature and precipitation by thirteen IPCC AR4 coupled climate models in China during 1961-2000 [J]. Journal of Nanjing Institute of Meteorology, 2009,32(2):256-268. (in Chinese))
- [7] Ying XU, Chong-Hai XU. Preliminary assessment of simulations of climate changes over China by CMIP5 multi-models [J]. Atmospheric and Oceanic Science Letters, 2012,(6):489-494.
- [8] Chong-Hai XU, Ying XU. The projection of temperature and precipitation over China under RCP scenarios using a CMIP5 multi-model ensemble [J]. Atmospheric and Oceanic Science Letters, 2012,(6):527-533.
- [9] Van Vuuren D P, Edmonds J, Kainuma M, et al. The representative concentration pathways: an overview[J]. Climatic Change, 2011,109: 5-31.
- [10] 秦大河, Thomas Stocker. IPCC第五次评估报告第一工作组报告的亮点结论[J]. 气候变化研究进展, 2014,10(1):1-6. (QIN Dahe, Thomas Stocker. Highlights of the IPCC working group I fifth assessment report [J]. Advances in Climate Change Research, 2014,10(1):1-6. (in Chinese))
- [11] Wang A, Dennis P. Lettenmaier, Justin Sheffield. Soil moisture drought in China, 1950 - 2006 [J]. Journal of Climate, 2011,24 (13):3257-3271.

- [12] Taylor K E, Stouffer R J, Meehl G A. An overview of CMIP5 and the experiment design [J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 2011,4:485-498.
- [13] 辛晓歌,吴统文,张洁. BCC 气候系统模式开展的 CMIP5 试验介绍 [J]. 气候变化研究进展, 2012,(5):378-382. (XIN Xiaoge, WU Tong-wen, ZhANG Jie. Introduction of CMIP5 experiments carried out by BCC climate system model [J]. Advances in Climate Change Research, 2012,(5):378-382. (in Chinese))

A CMIP5 Multi-model Estimation of Spatio-temporal Characteristics of Temperature, Precipitation in 7 Regions of China

CHENG Xuerong¹, REN Liliang¹, YANG Xiaoli¹, LIU Shijun², TONG Rui¹, ZHOU Meng¹

(1.College of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing 210098, China

2.Sichuan water Resources and Hydroelectric Investigation& Design Institute, Chengdu 610072, China)

Abstract: Based on outputs from 7 models that participate in CMIP5 under Representative Concentration Pathway (RCP) scenarios, to analyze and estimate the temperature and precipitation in the 7 regions of China using yearly, seasonal, monthly datasets. The results show that warming is expected in all regions of China and the linear trend of N, ENW, WNW and Tibet is higher than others under the RCP scenarios from 2010 to 2099, with the temperature in autumn and winter show greater warming than in spring, especially in January, August, September, November and December. The trend of temperature for RCP8.5 is higher than the trend for RCP4.5 in most of the regions. It is noted that the temperature in NE will be cool during 2060-2099 under RCP4.5. The regional averaged precipitation will increase, present decreasing from the southeast to the northwest, and more stronger in spring and summer while weaker in winter. The linear trend of precipitation in WNW is the smallest in all the regions. North of the Yellow River precipitation trend is smaller, while the centre of precipitation is in the south of the Yangtze River in spring and summer, especially in May, June, July and August. In autumn, the trend in SE is lower and equal to the averaged level in China under RCP4.5, RCP8.5, respectively, and the slope of temperature is higher than others in NE, N, ENW. It is noted that precipitation will decrease in SW during 2010-2039 under RCP8.5.

Key words: estimation; RCP scenarios; CMIP5; China; 7 regions

(上接第 69 页)

- [6] 崔祥斌,孙波,田钢,等.冰雷达探测研究南极冰盖的进展与展望[J]. 地球科学进展,2009,(4).(CUI Xiangbin, SUN Bo, TIAN Gang, et al. Progress and prospect of ice radar in investigating and researching antarctic ice sheet[J]. Advances in Earth Science,2009,(4). (in Chinese))
- [7] SL247-2012,水文资料整编规范[S].(SL247-2012,Code for Hydrologic Data Processing[S]. (in Chinese))
- [8] SL59-2015,河流冰情观测规范[S]. (Technical Standard for Observations of Ice Regime in Open Channels. (in Chinese))

Application of Radar Technology in Ice Thickness Measuring

LIU Xiaofeng

(Hydrology Bureau of Heilongjiang Province, Harbin 150001, China)

Abstract: The comparative test was made to analyze the difference of ice thickness measurement between the radar technology and traditional method. In addition, the measurement errors were analyzed, and the advantages were described as that radar technology can improve quick and accurate measurement of ice thickness.

Key words: radar; ice thickness; measurement; error analysis