文章编号:1674-7070(2013)03-0201-08

IPCC AR4 多模式对海河流域气候模拟能力的评估及预估

方玉[1,2]　姜彤[2]　翟建青[2]　苏布达[2]　谈丰[1,2]　李修仓[1,2]

摘要

根据海河流域1961—2010年气象观测资料,检验IPCC AR4中全球气候模式和多模式集合的模拟能力,并预估未来2011—2050年气候变化的可能趋势,结果表明:全球气候模式以及多模式集合对海河流域都具有一定的模拟能力,其中MIUB_ECHO_G模式和多模式集合具有相对较好的模拟能力.海河流域气温和降水未来情景预估表明:气温整体呈现增加趋势,尤其是A1B情景下各模式的年升温率均高于全国水平;未来降水也呈现增加趋势,在A1B和B1情景下,各模式都为夏季降水增加显著.A2情景下,春季时各模式降水均增加显著,A1B情景下,MIUB_ECHO_G模式模拟在2013年出现突变,降水量出现显著增长,A2情景下,MIUB_ECHO_G模式和多模式集合模拟的降水量则是在2031年和2001年出现突变,出现显著增长.

关键词

气候模式;海河流域;气温;降水

中图分类号 P468

文献标志码 A

收稿日期 2012-01-04

资助项目 国家重点基础研究发展计划项目(2012CB955903,2010CB428401)

作者简介

方玉,女,硕士生,主要从事气候变化综合影响评估研究. jakanishi@yahoo.cn

姜彤(通信作者),男,博士,教授,主要从事气候变化影响评估研究. jiangtong@cma.gov.cn

1 南京信息工程大学 遥感学院,南京,210044

2 中国气象局 国家气候中心,北京,100081

0 引言

气候变化是一个全球性问题,由于对农业、水资源、生态系统和社会经济等都有很大的影响,受到各国政府和社会公众的普遍关注[1].许崇海等[2-3]利用IPCC AR4的22个气候模式,评估了各个模式对中国地区20世纪气候变化的模拟能力,指出各模式对气温的模拟能力要高于降水.江志红等[4]分析了IPCC AR4中的全球气候模式对气温、降水以及极端降水指数的模拟能力,并对中国未来不同排放情景下的气候变化进行预估.此外众多学者也进行了全球气候模式的模拟能力和预估研究[5-10].不同模式对中国不同区域气候的模拟能力不尽相同,而IPCC AR4中的全球气候模式对海河流域气候变化的模拟能力和未来趋势尚缺乏系统的成果.

海河流域属于半湿润半干旱地区,属于温带大陆性气候,是我国重要的农业生产区之一,对气候变化的响应极为敏感.该流域是我国典型的资源性缺水地区,其人均占有水资源量仅293 m^3,为全国平均量的13%,属于全国各大流域最低值.在全球变暖的背景下,海河流域年平均气温明显升高,但是年降水量呈现了显著下降的趋势.水资源与农业生产、人民生活息息相关,而水资源的演变与区域气候,尤其是区域气温和降水量有着密切的关系[11-15].为了深入研究气候模式在海河流域的适用性及海河流域未来气候变化趋势,本文基于流域观测数据和全球模式预估数据,选取多个比较指标,检验IPCC AR4中的全球气候模式和多模式集合的模拟能力,并预估2011—2050年不同排放情景下降水和温度的变化趋势,以加深对中国区域气候变化的认识,为高分辨率区域气候模式对海河流域气候变化研究提供参考.

1 数据和方法

选用中国气象局国家气象信息中心提供的国家基本站的资料,包括1961年1月1日—2010年12月31日海河流域27个气象站的逐日降水和气温观测数据.

采用国家气候中心提供的IPCC AR4全球模式预估数据和中国地区气候变化预估数据集V1.0,这些数据的分辨率为1°×1°.IPCC

AR4 全球模式预估数据共包括 19 个全球模式(表 1)的预估数据. 中国地区气候变化预估数据集 V1.0 的原始数据源于 WCRP 耦合模式比较——阶段 3 的多模式数据(CMIP3),该数据集合包括集合 *A*(对应 A2 情景)、集合 *B*(对应 A1B 情景)和集合 *C*(对应 B1 情景)3 套数据,不同集合选用的模式不同.

气候基准期为 1961—1990 年. 所用的 3 种温室气体排放情景为 IPCC AR4 的 SRES A2、SRES A1B 和 SRES B1. A2 情景为高排放,强调经济增长的区域发展情景;A1B 情景为中排放,注重经济增长的全球发展情景;B1 情景为低排放,强调可持续发展的全球共同发展情景.

基于全球 20 个模式 1961—2000 年的模拟值与同期观测数据,选择标准差、多年平均、简单相关系数和空间相关系数等指标,对 IPCC AR4 中全球气候模式的模拟结果进行检测和评估,选择模拟效果较好的气候模式对海河流域 2011—2050 年气候变化趋势进行了预估.

表 1 气候模式基本特征

Table 1 Basic characteristics of climate models

模式	国家	大气模式	海洋模式	海冰模式	陆面模式
BCCR_BCM2_0	挪威	ARPEGE V3 T63 L31	NERSC-MICOM V1L35(1.5°×1.5°)	NERSC 海冰模式	ISBA ARPEGE V3
CCCMA_3	加拿大	T47L31 (3.75°×3.75°)	L29(1.85°×1.85°)		
CNRMCM3	法国	Arpege-Climatv3 T42L45(2.8°×2.8°)	OPA8.1 L31	Gelato 3.10	
CSIRO_MK3	澳大利亚	T63L18 (1.875°×1.875°)	MOM2.2 L31 (1.875°×1.875°)		
GFDL_CM2_0	美国	AM2.1 M45L24 (2.5°×2.0°)	OM3 L50 (1°×1°)	SIS	LM2
GFDL_CM2_1	美国	AM2.1 M45L24 (2.5°×2.0°)	OM3.1 L50 (1°×1°)	SIS	LM2
GISS_AOM	美国	L12(4°×3°)	L16	L4	L4-5
GISS_E_H	美国	L20(5°×4°)	L16(2°×2°)		
GISS_E_R	美国	L20(5°×4°)	L13(5°×4°)		
IAP_FGOALS	中国	GAMIL T42L30 (2.8°×3°)	LICOM1.0	NCAR CSIM	
INMCM3	俄罗斯	L20(5°×4°)	L33(2°×2.5°)		
IPSL_CM4	法国	L19(3.75°×2.5°)	L19(1°~2°)×2°		
MIROC3	日本	T42L56 (2.8°×2.8°)	L44 (0.5°~1.4°)×1.4°		
MIROC3_H	日本	T106L56 (1.125°×1°)	L47 (0.2812°×0.1875°)		
MIUB_ECHO_G	德国	ECHM4 T30L19	HOPE-G T42 L20	HOPE-G	
MPI_ECHAM5	德国	ECHM5 T63 L32(2°×2°)	OM L41 (1°×1°)	ECHM5	
MRI_CGCM2	日本	T42L30 (2.8°×2.8°)	L23 (0.5°~2.5°)×2°		SIB L3
NCAR_CCSM	美国	CAM3 T85L26 (1.4°×1.4°)	POP1.4.3 L40 (0.3°~1.0°)×1.0°	CSIM5.0 T85	CLM3.0
NCAR_PCM1	美国	CAM3.6.6 T42L18(2.8°×2.8°)	POP1.0 L32 (0.5°~0.7°)×0.7°	CICE	LSM1 T42
UKMO_HADCM3	英国	L19(2.5°×3.75°)	L20(1.25°×1.25°)		MOSES1

标准差指方差的算术平方根,反映组内个体间的离散程度. 简单相关系数描述了 2 个定距变量间联系的紧密程度. 多年平均、标准差和简单相关系数都利用统计分析软件计算得出. 空间相关系数是指 2 个栅格图层的相关系数,用于衡量 2 个图层的相关性,利用 ArcGIS 软件提供的空间分析功能计算可得到空间相关系数. 通过 Mann-Kendall(非参数)检验法[16-18]进行突变检验,Mann-Kendall 检验法是世界气象组织推荐并已广泛使用的非参数检验法. Mann-Kendall 检验不需要遵从一定的分布,也不受少数异值的干扰,适用于水文、气象等非正态分布的数据,计算简便,而且能明确突变开始的时间和突变区域,是一种常用的突变检测方法.

2 模式模拟能力的评估

2.1 1961—2000 年观测与模拟比较

表 2 为 1961—2000 年年均气温与年降水量的模拟/观测比较. 由表 2 可以看出,海河流域(1961—2000 年)内多年平均气温为 10.21 ℃,各个模式模拟多年平均气温的能力不同,所有模式模拟的气温都低于观测值,与观测值差异最小的是 GISS_AOM 模式,最大的是 GFDL_CM2_0 模式. GFDL_CM2_0、GISS_AOM 、MRI_CGCM2、NCAR_PCM1 模式的简单相关系数均通过 0.1 显著性水平的检验,CCCMA_3、IPSL_CM4、NCAR_CCSM 模式的相关系数分别是 0.36、0.31、0.36,均通过了 0.05 显著性水平的检验,CNRMCM3、MIUB_ECHO_G 模式、集合 *A* 和集合 B 的相关系数分别是 0.50、0.54、0.52、0.63,均通过了 0.01 显著性水平的检验. 各个模式对气温的空间分布模拟都较好,空间相关系数都达到了 0.7 以上.

1961—2000 年平均年降水量为 535 mm,绝大部分的模式对降水的模拟值偏高,只有 CSIRO-MK3 模式的模拟值略偏低. GISS_E_R、INMCM3、MIUB_ECHO_G 模式和集合 *C* 的简单相关系数分别是 0.27、

表 2 1961—2000 年年均气温与年降水量的模拟/观测比较

Table 2 Statistical comparison between simulated and observed annual temperature or precipitation during 1961—2000

模式/观测	年均气温				年降水量			
	多年平均/℃	标准差/℃	简单相关系数	空间相关系数	多年平均/mm	标准差/mm	简单相关系数	空间相关系数
观测值	10.21	0.63			535.07	103.97		
BCCR_BCM2_0	7.41	0.58	0.09	0.74	713.44	110.45	0.02	-0.26
CCCMA_3	4.89	0.57	0.36	0.81	901.08	91.61	0.05	0.32
CNRMCM3	8.45	0.66	0.50	0.76	679.92	87.38	0.25	-0.27
CSIRO_MK3	5.92	0.56	0.02	0.76	516.87	76.25	0.20	0.11
GFDL_CM2_0	3.29	0.80	0.27	0.76	704.93	123.32	0.10	0.54
GFDL_CM2_1	5.88	0.78	0.20	0.83	650.26	106.31	0.14	0.32
GISS_AOM	10.08	0.67	0.38	0.77	538.63	77.27	0.05	0.07
GISS_E_H	9.08	0.63	0.05	0.80	835.19	115.77	0.44	0.21
GISS_E_R	8.13	0.59	0.15	0.72	753.82	124.00	0.27	0.23
IAP_FGOALS	7.23	0.50	0.01	0.72	919.90	107.54	0.14	0.53
INMCM3	5.46	0.75	0.02	0.73	859.63	109.66	0.29	0.26
IPSL_CM4	4.54	0.61	0.31	0.76	539.46	70.53	0.24	0.18
MIROC3	10.00	0.52	0.02	0.81	697.08	81.73	0.10	0.48
MIROC3_H	9.76	0.60	0.23	0.75	813.67	92.26	0.20	0.45
MIUB_ECHO_G	6.51	0.85	0.54	0.71	627.75	70.49	0.30	0.29
MPI_ECHAM5	8.98	0.53	0.00	0.81	807.48	130.50	0.08	0.34
MRI_CGCM2	7.71	0.51	0.31	0.77	622.15	77.80	0.03	0.03
NCAR_CCSM	7.03	0.53	0.36	0.83	734.47	91.07	0.13	0.17
NCAR_PCM1	5.61	0.75	0.28	0.76	804.28	89.25	0.07	0.11
UKMO_HADCM3	7.14	0.63	0.13	0.80	630.41	78.45	0.01	-0.04
集合 *A*	6.82	0.32	0.52	0.79	719.82	25.70	0.21	0.24
集合 *B*	7.40	0.23	0.63	0.80	724.73	28.35	0.49	0.33
集合 *C*	7.14	0.30	0.11	0.79	723.73	22.65	0.28	0.30

0.29、0.30、0.28,均通过了 0.01 显著性水平的检验,GISS_E_H 模式和集合 *B* 的简单相关系数为 0.44 和 0.49,通过了 0.01 显著性水平的检验. 各个模式对降水的空间分布模拟效果明显比气温的差,只有 GFDL_CM2_0 和 IAP_FGOALS 模式的空间相关系数达到 0.5 以上.

综合各个指标可看出,各模式对气温的模拟效果要好于降水,即与降水相比,各模式对气温的模拟效果较好. 在上述模式中,MIUB_ECHO_G 模式、集合 *A* 和集合 *B* 的模拟效果相对较好,因而选择 MIUB_ECHO_G 模式和多模式集合用于海河流域气温和降水预估.

2.2 2001—2010 年观测与模拟比较

为了比较不同排放情景下全球模式输出结果与观测数据,首先对 2001—2010 年模式数据与观测值进行分析.

与同期观测相比(表 3),对气温而言,各个模式的平均值都低于观测值. MIUB_ECHO_G 模式和多模式数据集的简单相关系数最佳的值都在 SRES A1B 情景下,分别为 0.45 和 0.32. 在 3 个排放情景下,各模式对气温的空间分布模拟都较好,空间相关系数都达到了 0.75 以上,多模式数据集各排放情景下的空间相关系数都明显高于 MIUB_ECHO_G 模式. 在 SRES-A2 情景下,MIUB_ECHO_G 模式对气温的空间分布特征模拟效果最佳,空间相关系数分别为 0.81. 而多模式数据集在 SRES A1B 情景下达到最佳空间分布特征模拟效果,空间相关系数为 0.86. 综合各个指标,在 A1B 情景下,各模式对气温的模拟效果相对较好.

所有的模式对降水的模拟值偏高. 在 SRES B1 情景下,MIUB_ECHO_G 模式和多模式数据集的简单相关系数为最佳值,分别为 0.48 和 0.35. 在 3 个排放情景下,各模式降水的空间相关系数都达到了 0.40 以上,与气温相比,模拟效果较差. 在 SRES-A1B 情景下,各模式对降水的空间分布特征模拟效果最佳,MIUB_ECHO_G 模式和多模式数据集的空间相关系数分别为 0.50 和 0.47. 各排放情景下,MIUB_ECHO_G 模式的空间相关系数都略高于多模式数据集. 综合比较,在 B1 情景下,各模式对气温的模拟效果相对较好.

3 2011—2050 年气候变化趋势

3.1 气温变化趋势预估

图 1 为 3 种排放情景下年均气温距平变化趋势,表 4 为 3 种排放情景下 2011—2050 年升温率和年平均温度. 从图 1 和表 4 中可以看出,年均气温整体呈现上升趋势,四季的温度也呈现明显的上升趋势,除了 B1 情景下 MIUB_ECHO_G 模式的春季. 对比《第二次气候变化国家评估报告》[19] 中全国增温率(A1B 情景下为 0.38 ℃/(10 a),A2 情景下为 0.46 ℃/(10 a),B1 情景下为 0.25 ℃/(10 a)[19],只有 A1B 情景下 MIUB_ECHO_G 模式和模式集合的升温率高于全国水平,分别为 0.47 ℃/(10 a)和 0.41 ℃/(10 a). A1B 情景下,MIUB_ECHO_G 模式的冬季增温率值最高,为 0.57 ℃/(10 a),多模式集合则是夏季增温最快. A2 情景下,MIUB_ECHO_G 模式和多模式集合都呈现冬季增温迅速. B1 情景下,MIUB_ECHO_G 模式是秋季的增温最快,多模式集合是夏季增温最快,增温率分别为 0.41 和 0.24 ℃/(10 a). 3 种排放情景下,MIUB_ECHO_G 模式的年均温在 7.68 ~ 8.18 ℃之间,而模式集合的年均温都在 8.20 ~ 8.84 ℃,模式集合的年均温要略高于 MIUB_ECHO_G 模式.

表 3 2001—2010 年年均气温与年降水量的模拟/观测比较

Table 3 Statistical comparison between simulated and observed annual temperature or precipitation during 2001—2010

模式/观测		年均气温			年降水量		
		多年平均/℃	简单相关系数	空间相关系数	多年平均/mm	简单相关系数	空间相关系数
MIUB-ECHO-G	A2	10.96	0.10	0.81	870.98	-0.02	0.50
	A1B	10.35	0.45	0.80	939.98	-0.06	0.50
	B1	10.50	-0.42	0.79	867.05	0.48	0.46
集合 *A*		7.41	-0.60	0.85	746.25	-0.20	0.42
集合 *B*		7.91	0.32	0.86	747.10	0.03	0.47
集合 *C*		8.00	-0.31	0.85	731.43	0.35	0.46
观测值		11.20			488.09		

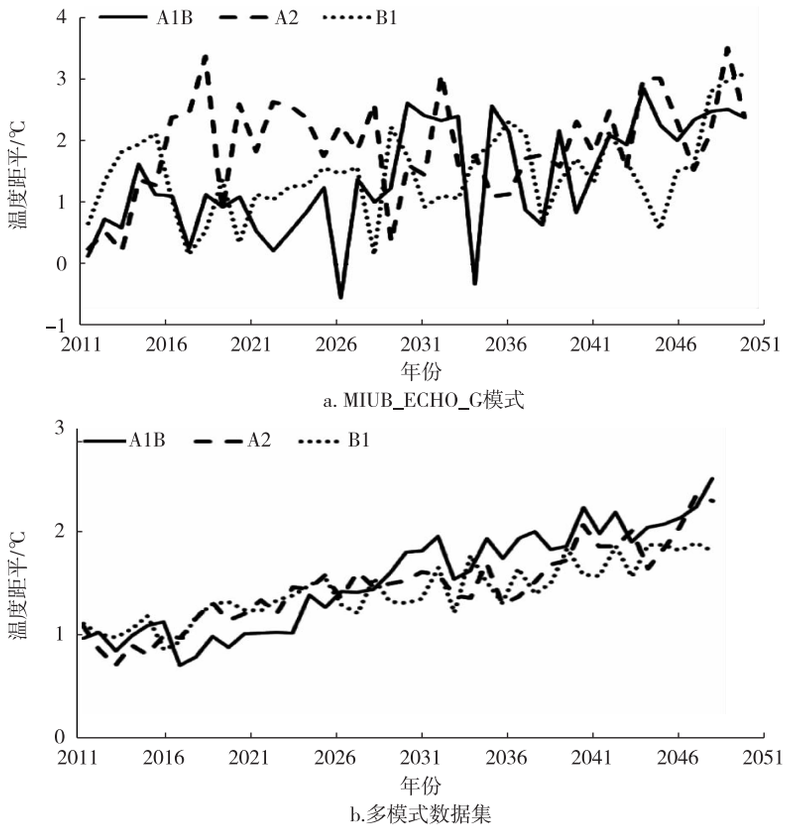


图 1　3 种排放情景下年均气温距平变化趋势(相对于模拟的 1961—1990 年数据)

Fig. 1　Future trends of annual average temperature anomalies under three scenarios (Relative to simulated data of 1961—1990)

表 4　3 种排放情景下 2011—2050 年升温率和气温年平均

Table 4　Annual/seasonal temperature change rates and annual average temperature under three scenarios during 2011—2050

情景		升温/(℃/(10 a))		气温年平均/℃	
		MIUB_ECHO_G	多模式集合	MIUB_ECHO_G	多模式集合
A1B	年	0.47	0.41	7.68	8.84
	春	0.40	0.35	7.28	9.23
	夏	0.37	0.47	19.85	23.11
	秋	0.54	0.44	9.58	9.14
	冬	0.57	0.38	-5.99	-6.10
A2	年	0.24	0.31	8.18	8.20
	春	0.25	0.24	8.18	8.55
	夏	0.26	0.34	20.45	22.33
	秋	0.20	0.27	9.74	8.66
	冬	0.26	0.38	-5.64	-6.74
B1	年	0.25	0.22	7.74	8.55
	春	-0.03	0.19	7.57	8.97
	夏	0.37	0.24	19.83	22.80
	秋	0.41	0.21	9.69	8.84
	冬	0.25	0.22	-6.12	-6.40

3.2　降水变化趋势预估

图 2 为 3 种排放情景下年均降水距平变化趋势,表 5 为 3 种排放情景下 2011—2050 年降水的变化率(mm/a)和多年平均(mm). 由图 2 和表 5 可以看出,在 3 种排放情景下,各模式的年降水呈现增加趋势,除了 BI 情景下的 MIUB_ECHO_G 模式. 在 A1B 情景下,各模式都为夏季降水增加显著,变化率分别为 1.08 和 0.87 mm/a,其次为春季. 同一情景下,MIUB_ECHO_G 模式的秋冬季则呈现减少趋势,变化率分别为 -0.20 和 -0.15 mm/a. A2 情景下,MIUB_ECHO_G 模式和模式集合体现的变化特征是基本一致的,春季降水增加最显著,其次为夏季、秋季,不同点在于 MIUB_ECHO_G 模式冬季降水呈现微弱减少,而模式集合的冬季则基本不变. B1 情景下,各模式在秋季都呈现减少趋势,MIUB_ECHO_G 模式秋季降水减少的更为明显,在夏季各模式的降水增长最显著. 3 种排放情景下,MIUB_ECHO_G 模式预估的多年平均要低于模式集合的预估值,降水的年内分配并未发生显著的变化,降水仍然主要集中于夏季. 对各模式的降水进行突变检验(图略),A1B 情景下,MIUB_ECHO_G 模式模拟的降水量以 2013 年为突变点,出现显著增长. A2 情景下,MIUB_

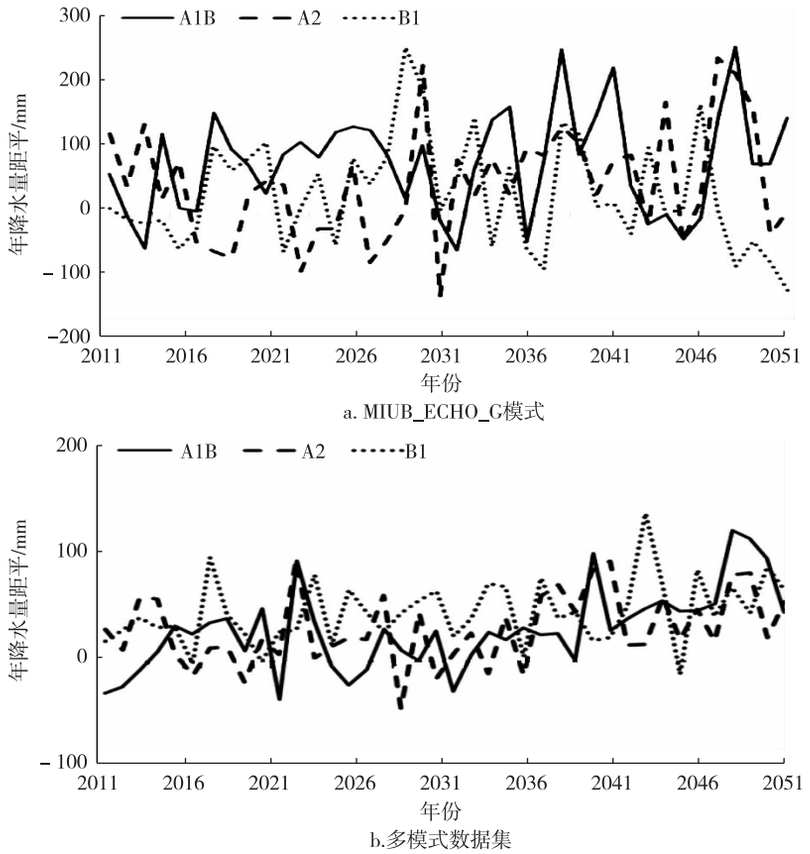


图 2　3 种排放情景下年均降水距平变化趋势(相对于 1961—1990 年的模拟数据)

Fig. 2　Annual precipitation anomalies during 2011—2050 under three scenarios (Relative to simulated data of 1961—1990)

ECHO_G 模式和模式集合模拟的降水量分别以 2031 年和 2001 年为突变点,出现了显著增长.

表 5　3 种排放情景下 2011—2050 年降水的变化率和多年平均

Table 5　Precipitation change rates and annual precipitation under three scenarios during 2011—2050

情景		降水变化率(mm/a)		降水多年平均/mm	
		MIUB_ECHO_G	多模式集合	MIUB_ECHO_G	多模式集合
A1B	年	1.27	1.91	711	753
	春	0.55	0.41	208	204
	夏	1.08	0.87	289	369
	秋	-0.2	0.35	147	134
	冬	-0.15	0.28	65	46
A2	年	2.05	0.97	678	748
	春	0.53	0.29	181	208
	夏	0.39	0.22	293	365
	秋	1.23	0.43	142	128
	冬	-0.09	0	62	46
B1	年	-0.92	0.89	662	769
	春	0.47	0.41	184	205
	夏	-0.26	0.41	292	380
	秋	-0.89	-0.01	126	138
	冬	-0.14	0.07	59	45

4　结论和讨论

1) 基于流域观测数据和全球模式预估数据,选取多个比较指标,检验 IPCC AR4 中的全球气候模式的模拟能力. 1961—2000 年模拟与观测的对比分析得出,20 个全球气候模式和多模式集合均对海河流域的气温和降水都具有一定的模拟能力. 气温的空间相关系数都在 0.7 以上,多年平均气温的模拟值均偏低. 降水的多年平均模拟值多数偏高,但模式间的差异较气温更显著. 综合比较而言,MIUB_ECHO_G 模式和多模式集合具有相对较好的模拟能力.

2) 在 A1B、A2、B1 情景下,未来 40 a 海河流域温度整体呈现增加趋势,但是增加的幅度不同,差异较大. 与模拟的基准期相比,年均温度和四季温度均升高. 与《第二次气候变化国家评估报告》[19] 中全国增温率相比较,A1B 情景下 MIUB_ECHO_G 模式和模式集合的升温率高于全国水平,分别为 0.47 和 0.41 ℃/(10 a).

3) 在 3 种排放情景下,各模式的年降水呈现增加趋势,除了 BI 情景下的 MIUB_ECHO_G 模式. 在

A1B 和 B1 情景下,各模式都为夏季降水增加显著. A2 情景下,各模式的春季降水均增加显著. 各排放情景下,降水仍然主要集中于夏季. A1B 情景下,MIUB_ECHO_G 模式模拟在 2013 年出现突变,降水量出现显著增长. A2 情景下,MIUB_ECHO_G 模式和多模式集合模拟的降水量则是在 2031 年和 2001 年出现突变,出现显著增长.

4) 对 IPCC AR4 全球模式预估数据的比较发现,每一个模式都无法以最优的结果模拟出气温或者降水的所有统计特征值. 由于全球气候模式的分辨率较低,气候模式在物理过程参数化等方面还有待进一步完善,因而预估存在一定的不确定性.

参考文献
References

[1] 郝春沣,贾仰文,龚家国,等. 海河流域近 50 年气候变化特征及规律分析[J]. 中国水利水电科学研究院学报,2010,8(1):39-43
HAO Chunfeng,JIA Yangwen,GONG Jiaguo,et al. Analysis on characteristics and rules of climate change of Haihe River Basin in recent 50 years[J]. Journal of China Institute of Water Resources amd Hydropower Research,2010,8(1):39-43

[2] 许崇海,罗勇,徐影. IPCC AR4 多模式对中国地区干旱变化的模拟及预估[J]. 冰川冻土,2010,32(5):867-873
XU Chonghai,LUO Yong,XU Ying. Simulation and prediction of the drought variations in China mutil-model ensemble[J]. Journal of Glaciology and Geocryology,2010,32(5):867-873

[3] 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(6):398-403
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(6):398-403

[4] 江志红,陈威霖,宋洁,等. 7 个 IPCC AR4 模式对中国地区极端降水指数模拟能力的评估及其未来情景预估[J]. 大气科学,2009,33(1):109-120
JIANG Zhihong,CHEN Weilin,SONG Jie,et al. Projection and evaluation of the precipitation extremes indices over China based on seven IPCC AR4 coupled climate models[J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences,2009,33(1):109-120

[5] 曾小凡,苏布达,姜彤,等. 21 世纪前半叶长江流域气候趋势的一种预估[J]. 气候变化研究进展,2007,3(5):293-298
ZENG Xiaofan,SU Buda,JIANG Tong,et al. Projection of future climate change in the Yangtze River Basin for 2001—2050[J]. Advances in Climate Change Research,2007,3(5):293-298

[6] 曾小凡,周建中. 2011—2050 年松花江流域径流预估[J]. 水电能源科学,2010,28(10):13-15
ZENG Xiaofan,ZHOU Jianzhong. Future projections of runoff in the Songhuajiang River Basin[J]. Water Resources and Power,2010,28(10):13-15

[7] 高超,曾小凡,苏布达,等. 2010—2100 年淮河径流量变化情景预估[J]. 气候变化研究进展,2010,6(1):15-20
GAO Chao,ZENG Xiaofan,SU Buda,et al. Projected stream flow in the Huaihe River in 2010—2100[J]. Advances in Climate Change Research,2010,6(1):15-20

[8] 刘绿柳,姜彤,原峰. 珠江流域 1961—2007 年气候变化及 2011—2060 年预估分析[J]. 气候变化研究进展,2009,5(4):209-214
LIU Lüliu,JIANG Tong,YUAN Feng. Observed(1961—2007) and projected(2011—2060) climate change in the Pearl River Basin[J]. Advances in Climate Change Research,2009,5(4):209-214

[9] 刘敏,江志红. 13 个 IPCC AR4 模式对中国区域近 40 a 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

[10] 李博,周天军. 基于 IPCC A1B 情景的中国未来气候变化预估:多模式集合结果及其不确定性[J]. 气候变化研究进展,2010,6(3):270-276
LI Bo,ZHOU Tianjun. Projected climate change over China under SRES A1B scenario:Multi-model ensemble and uncertainties[J]. Advances in Climate Change Research,2010,6(3):270-276

[11] 《气候变化国家评估报告》编写委员会. 气候变化国家评估报告[M]. 北京:科学出版社,2007
Editorial Board of National Assessment Report of Climate Change. National assessment report of climate change[M]. Beijing:Science Press,2007

[12] 刘学峰,任国玉,范增禄,等. 海河流域近 47 a 极端强降水时空变化趋势分析[J]. 旱区资源与环境,2010,24(8):85-90
LIU Xuefeng,REN Guoyu,FAN Zenglu,et al. Trends of precipitation extremes in the Haihe River Basin during 1961—2007[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment,2010,24(8):85-90

[13] 刘学峰,向亮,于长文. 海河流域降水极值的时空演变特征[J]. 气候与环境研究,2010,15(4):451-461
LIU Xuefeng,XIANG Liang,YU Changwen. Characteristics of temporal and spatial variations of the precipitation extremes in the Haihe River Basin[J]. Climatic and Environmental Research,2010,15(4):451-461

[14] 刘敏,沈彦俊. 海河流域近 50 a 水文要素变化分析[J]. 水文,2010,30(6):74-77
LIU Min,SHEN Yanjun. Change trend of hydrological elements in Haihe River Basin over the last 50 years[J]. Journal of China Hydrology,2010,30(6):74-77

[15] 车少静. 海河流域旱涝时空变化特征研究[D]. 南京:南京信息工程大学遥感学院,2010
CHE Shaojing. Spatial-temporal characteristic of drought

and flood in Haihe River Basin[D]. Nanjing: School of Remote Sensing, Nanjing University of Information Science & Technology, 2010

[16] Kendall M G. Rank correlation methods[M]. London: Griffin, 1975: 1-102

[17] 曹洁萍,迟道才,武立强,等. Mann-Kendall 检验方法在降水趋势分析中的应用研究[J]. 农业科技与装备, 2008(5): 35-37
CAO Jieping, CHI Daocai, WU Liqiang, et al. Mann-Kendall examination and application in the analysis of precipitation trend[J]. Agricultural Science & Technology and Equipment, 2008(5): 35-37

[18] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 1999: 69-72
WEI Fengying. Modern climatological statistical diagnosis and prediction technology[M]. Beijing: China Meteorological Press, 1999: 69-72

[19] 《第二次气候变化国家评估报告》编写委员会. 第二次气候变化国家评估报告[M]. 北京: 科学出版社, 2011
Editorial Board of Second National Assessment Report of Climate Change. Second national assessment report of climate change[M]. Beijing: Science Press, 2011

Evaluation of the simulation performance and projection of climate change by IPCC AR4 global climate models on Haihe river basin

FANG Yu[1,2] JIANG Tong[2] ZHAI Jianqing[2] SU Buda[2] TAN Feng[1,2] LI Xiucang[1,2]

1 School of Remote Sensing, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044

2 National Climate Center, China Meteorological Administration, Beijing 100081

Abstract The temperature and precipitation observation data in Haihe river basin during 1961—2010 are used to evaluate the simulation performance of 20 IPCC AR4 Climate Models and Multi-Model ensemble. The results show that all the climate models underestimate surface air temperature, and spatial correlation coefficients reached 0.7. Most climate models overestimate precipitation in the Haihe river basin. Only a few models (MIUB_ECHO_G model and Multi-Model ensemble) show roughly consistent with the observation data. The projection results show that the temperature would increase, especially under SRES-A1B, the annual temperature increase is higher in Haihe river basin than in other parts of China projected by all climate models. Future precipitation would rise too, and significant precipitation increase is projected by all models under SRES-A1B and SRES-B1. The spring precipitation would increase significantly under SRES-A2. Catastrophe point of MIUB_ECHO_G model appears in 2013 under SRES-A1B, when precipitation would increase drastically. While under SRES-A2, catastrophe point of MIUB_ECHO_G model and Multi-Model ensemble appear in 2031 and 2001, respectively.

Key words climate model; Haihe river basin; temperature; precipitation