

# 基于 RCP 情景的黄河流域未来气候变化趋势

王国庆<sup>1,2</sup>, 张建云<sup>1,2</sup>, 金君良<sup>1,2</sup>, 贺瑞敏<sup>1,2</sup>, 刘翠善<sup>1,2</sup>, 鲍振鑫<sup>1,2</sup>, 李岩<sup>2,3</sup>

(1. 南京水利科学研究院水文水资源与水利工程科学国家重点实验室, 江苏 南京 210029;  
2. 水利部应对气候变化研究中心, 江苏 南京 210029; 3. 水利部水文局, 北京 100053)

**摘要:**根据国家气候中心提供的7个气候模式的情景资料和黄河流域108个站点的实测气候要素资料,评估了不同气候模式对黄河流域历史(基准期1961~1990年)气候要素的模拟能力,在此基础上,采用较为适合黄河流域的气候模式资料,分析了不同RCP排放情景下黄河流域未来的气候变化趋势。结果表明,MPI-ESM模式能够较好地模拟黄河流域气温降水的历史变化。黄河流域未来气温将持续升高,线性升率约为0.28~0.45℃/10a,未来降水变化具有较大的不确定性,与基准期相比,未来黄河流域降水与基准期基本持平或偏少。气温降水变化的季节分配和空间分布差异明显,2、8、9月份升温幅度较大,5月份升温幅度较小;2、5、12月份降水普遍增多,6~8月份降水减少;黄河源头及宁夏内蒙河段升温幅度较大;黄河源头降水以增多或减少幅度较小为主,中游下段及下游地区降水以减少为主。

**关键词:**黄河流域;RCP排放情景;降水;气温;变化趋势

中图分类号:P467 文献标识码:A 文章编号:1000-0852(2014)02-0008-06

## 1 引言

联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)第一工作组的第四次评估报告《气候变化2007:自然科学基础》指出:近100年(1906~2005年)地球表面气温上升了 $0.74\pm 0.18^{\circ}\text{C}$ ,全球气候呈现出以变暖为主要特征的显著变化,在全球变暖背景下,区域性降水呈现明显的增加或减少趋势,如南美洲及北美洲的东部、欧洲北部、及亚洲的中部和北部降水减少明显,而在撒哈拉沙漠、地中海地区、南非和南亚等地区则呈干旱化趋势<sup>[1]</sup>。气候变化通过加速水文循环进而对区域水资源、生态等方面产生重要影响<sup>[2]</sup>,全球变暖已成为最重要的环境问题之一,引起了世界各国政府及科学家的高度重视,科学预估未来气候变化趋势是积极应对气候变化最为重要的基础工作。

全球气候模式是对未来气候情景预估的重要工具,基于CSIRO模式情景,史瑞琴等分析了华中2030年前后降水、气温的可能变化<sup>[3]</sup>,刘绿柳等采用SDSM方法对HADCM3情景进行了降尺度处理,并分析了21世纪黄河上中游的气候变化情势<sup>[4]</sup>,曾小凡等利用ECHAM5模式的气候情景,分析了松花江流域未来气

候变化<sup>[5]</sup>。从目前研究结果来看,几乎所有的模式对不同区域气温的预估结果都一致表明了升温趋势,但对降水的预估不确定性较大。此外,目前的大多数预估结果都是基于SRES情景。世界气候研究计划(WCRP)的全球耦合模式工作组(WGCM)在耦合模式对比计划第五阶段(CMIP5)中,利用全球气候模式为IPCC第五次评估报告提供必要的数值模拟试验,其重要工作之一就是采用RCPs(Representative Concentration Pathways, RCPs)情景预估未来气候变化趋势<sup>[6]</sup>。然而,中国基于RCPs情景的区域气候变化趋势研究目前还相对较少。

基于国家气候中心提供的7个参与CMIP5的气候模式情景资料,评估了不同气候模式对黄河流域历史(基准期1961~1990年)气候要素的模拟能力,在此基础上,采用较为适合于黄河流域的气候模式资料分析了黄河流域未来气候变化情势。

## 2 资料与方法

### 2.1 黄河流域概况及实测资料的格点插补

黄河流域发源于青藏高原巴颜喀拉山北麓,流经青海、四川、甘肃、宁夏、内蒙古、陕西、山西、河南、山东等9个省区,干流全长5464km,流域面积 $79.5\times 10^4\text{km}^2$ ,

收稿日期:2013-06-20

基金项目:国家973气候变化专项计划(2010CB951103);国家自然科学基金(41330854,41371063);中央级公益性科研院所基本科研业务费专项基金(Y513009, Y514004)

作者简介:王国庆(1971-),男,山东成武人,博士,教授,主要从事水文水资源和气候变化影响评价等方面的研究。E-mail: gqwang@nhri.cn

流域西部为青藏高原,中部绝大部分位于黄土高原,东部位于黄淮海平原。

综合考虑资料系列长度、空间分布、气候特点等因素,在黄河流域及附近周边选取 108 个基础气象站,收集 1960~2010 年的气温、降水等资料,用于评估气候模式在黄河流域的适应性。以 0.5°为分辨率,将黄河流域划分为 420 个正交格点,采用反距离平方方法将实测站点资料插补到网格格点,流域水系及基础气象站点空间分布见图 1 所示。

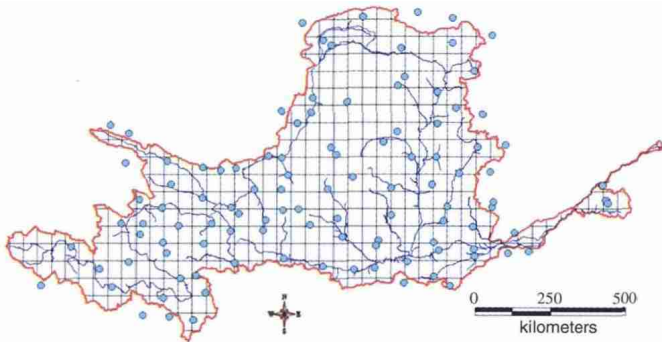


图 1 黄河流域水系及基础气象站分布

Fig.1 The river system and locations of the basic meteorological stations in the Yellow River basin

## 2.2 全球气候模式及选取指标

国家气候中心对 CMIP5 中 20 个气候模式情景进行了降尺度处理,姜燕敏等评估了这 20 个 CMIP 模式对中亚气温的模拟能力<sup>[6]</sup>,在中国区域来看,不同模式模拟能力存在差异,表 1 给出了 7 个能相对较好地模拟中国历史气候要素演变特征的 CMIP 模式。

表1 本研究中采用的GCMs基本信息

Table1 The basic information of CMIP5 GCMs used in this study

序号	模式	国家	序号	模式	国家
1	BCC-CSM	中国	5	MIROC	日本
2	BNU	中国	6	MPI	德国
3	CNRM-CM5	法国	7	MRI-CGCM3	日本
4	GISS-E2	美国			

尽管表 1 中的 CMIP 模式能够相对较好地描述中国区域的气候要素的历史变化,但由于地形等因素的影响,上述模式未必能够较好地适合特定的区域。为遴选适合于黄河流域的 GCMs,参考姜燕敏等、李发鹏等开展的工作<sup>[6-7]</sup>,以均值、标准差和倾向率为指标,采用模式模拟结果与实测系列指标对比分析的方法进行评估不同 CMIP 模式对黄河流域历史气候的模拟能力。均值反映了降水量模拟的平均状况,而标准差表征了模式模拟结果的离散情况,显然,模拟结果的均值和标准差与实测值越接近,则说明模式的适应性越好。倾向率在一定程度上表征了模式对系列变化趋势模拟的好坏,如果实测序列与模拟系列的倾向率同为增加,则说明模式能够模拟序列的演变趋势,若模拟结果的倾向率与实测相反,那么模式对未来模拟的结果则很值得怀疑。

## 3 结果与讨论

### 3.1 适合于黄河流域的 GCMs 选取

以 1961~1990 年作为基准,表 2 统计给出了实测与模式模拟的降水、气温的多年均值、标准差及倾向率。

由表 2 可以看出,(1)大多数模式模拟的降水量均值高于实测值,只有 MRI 模式的均值低于实测均值;尽管 CNRM 模式模拟的降水量较为接近实测均值,但相对误差依然超过 25%。(2)就降水量标准差而言,CNRM 模式和 MRI 模式降水量标准差低于实测值,其它各模式的标准差均高于实测值。(3)模式模拟的降水变化倾向率差异悬殊,只有 MPI 模式与 BCC 模式模拟的降水倾向率与实测降水量一致,均为递减趋势,而其它模式模拟的降水量均为不同程度的增加趋势,相比而言,MPI 模式模拟的降水量倾向率更为接近实测情况。

对气温的历史模拟效果总体好于对降水量的模拟效果,同时也可以看出,(1)多数模式模拟的气温均值偏低,只有 MPI 模式模拟的均值较实测值偏高,相比而言,MPI 模式和 GISS 模式模拟的气温均值更为接近实测值;(2)气温的标准差总体与实测值差异不大,

表2 1961~1990年黄河流域实测与模拟气候要素的统计特征

Table2 Statistics of the recorded and simulated climatic variables of the Yellow River basin during 1961~1990

气象要素	项目	实测值	BCC	BNU	CNRM	GISS	MIROC	MPI	MRI
降水	均值/mm	466.5	979.04	1350.39	602.97	683.85	897.91	853.60	344.35
	标准差/mm	65.50	102.11	107.14	54.11	81.98	113.66	89.82	42.60
	倾向率/mm·(10a) <sup>-1</sup>	-11.83	-27.53	5.38	0.61	5.97	1.09	-11.65	19.94
气温	均值/°C	5.80	3.61	4.73	2.67	5.85	5.69	6.08	4.45
	标准差/°C	0.36	0.43	0.60	0.48	0.42	0.39	0.35	0.37
	倾向率/°C·(10a) <sup>-1</sup>	0.14	0.24	0.32	-0.19	0.08	-0.08	0.14	0.19

MPI 模式和 MRI 模式与实测气温标准差更为接近; (3) CNRM 模式与 MIROC 模式模拟的气温倾向率与实测气温倾向率相反, 其余模式模拟的气温倾向率与实测气温均一致表明了升温趋势, 其中, MPI 模式模拟的气温倾向率与实测值完全一致。

综合 7 个 CMIP 气候模式对历史气温、降水的模拟情况, 不难看出, MPI 模式最为适合于黄河流域, 因此, 根据该模式模拟的气候情景分析未来黄河流域的气候变化趋势。

### 3.2 气候要素的年代际变化

由于 GCMs 目前尚不能精确模拟区域气候要素的变化, 因此, 以 1961~1990 年模式模拟的气候要素为基准, 分析区域气候未来变化趋势。图 2 给出了三种排放情景下黄河流域 2011~2050 年的气温较基准期的变化, 由图可以看出, (1) 三种排放情景下, 黄河流域气温均呈现稳步升高趋势, 就平均趋势而言, RCP45 情景下线性升温率最高, 约为  $0.45^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ , 其次为 RCP85 情景, 在 RCP26 情景下的线性升温率为  $0.28^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ , 均明显高于历史升温率。(2) RCP26 情景下, 在本世纪中叶, 黄河流域气温升高幅度可能超过  $2^{\circ}\text{C}$  阈值, 而在 RCP45 和 RCP85 情景下, 在 2040 年前后, 黄河流域的气温升幅就达到  $2^{\circ}\text{C}$  阈值。(3) 就年代平均而言, 21 世纪 20、30 及 40 年代平均气温较基准期分别升高  $1.19\sim 1.63^{\circ}\text{C}$ 、 $1.73\sim 1.98^{\circ}\text{C}$  和  $1.99\sim 2.52^{\circ}\text{C}$ 。

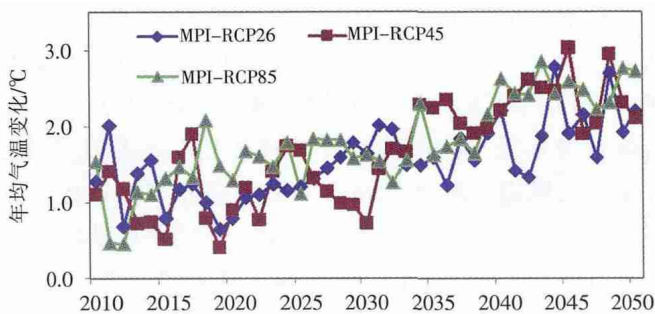


图 2 黄河流域 2011~2050 年气温变化趋势

Fig.2 Variation of basin average annual temperature for the Yellow River during 2011~2050

在不同排放情景下, 黄河流域的降水量变化差异较为明显, 图 3 给出了三种排放情景下黄河流域 2011~2050 年的年降水量较基准期的变化趋势, 可以看出, (1) 未来不同排放情景下年降水量仍然在历史均值附近波动, 只是变率有所增大, RCP26 情景下, 21 世纪 30 年代多数年份降水量低于基准期均值, 其后稍有增加; RCP45 情景下 2040~2047 年可能为一持续少雨阶段; RCP85 情景下, 2025 年之前降水量较基准期偏少, 其后有所增加

并且变化幅度增大相对较为明显。(2) 不同排放情景下年降水量的变化趋势有所差异, 在 RCP26 和 RCP45 情景下, 黄河流域年降水量呈现弱减少趋势, 线性减少率分别为  $8.9\text{mm}/10\text{a}$  和  $11.2\text{mm}/10\text{a}$ ; 在 RCP85 情景下, 流域降水量呈现弱增加趋势, 线性增加率为  $14.4\text{mm}/10\text{a}$ 。(3) 就年代平均而言, 21 世纪 20、30 及 40 年代平均年降水量较基准期分别变化  $-1.1\%\sim -1.2\%$ 、 $-2.2\%\sim -2.4\%$  和  $-6.7\%\sim -0.1\%$ , 其中 RCP45 情景下减少相对明显。

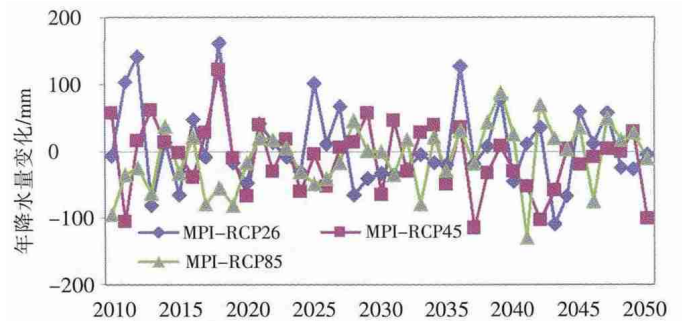


图 3 黄河流域 2011~2050 年年降水量变化趋势

Fig.3 Variation of basin average annual precipitation for the Yellow River during 2011~2050

### 3.3 气候要素的年内分配变化

全球变暖背景下, 气温、降水的年内分配变化更为明显, 图 4 和图 5 分别给出了黄河流域气温、降水年内

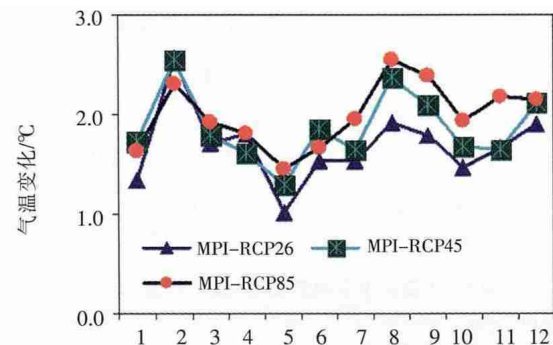


图 4 黄河流域 2021~2050 年气温年内分配较基准期的变化

Fig.4 The change in seasonal pattern of temperature for 2021~2050 relative to baseline

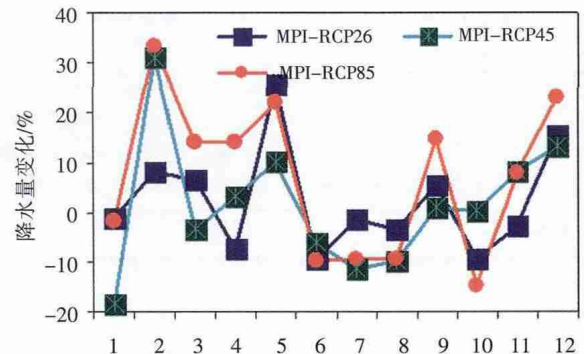


图 5 黄河流域 2021~2050 年降水量年内分配较基准期的变化

Fig.5 The change in seasonal pattern of precipitation for 2021~2050 relative to baseline



分配较基准期(1961~1990)的变化。

统计结果表明,就 2021~2050 年多年平均状况而言,高排放情景下升温幅度较大,在 RCP26、RCP45 和 RCP85 情景下气温较基准期分别升高 1.69℃、1.86℃ 和 1.99℃。由图 4 可以看出,(1)不同季节升温幅度存在较大差别,但不同情景下气温变化的季节格局类似。2 月份和 8、9 月份升温幅度普遍较大,在 1 月份和 5 月份升温幅度相对较小。(2)RCP26 情景下 2 月份升温幅度最大,约为 2.57℃,其余月份升温幅度均低于 2℃,8、9 月份与 12 月份升温也较为明显,幅度介于 1.79~1.92℃。(3)RCP45 情景下有 4 个月份的升温幅度超过 2℃,分别为 2 月份、8、9 月份和 12 月份,其中,2 月份升温幅度最大,约为 2.54℃。(4)RCP85 情景下升温幅度更为明显,有 5 个月份升温幅度超过 2℃,其中 8 月份升温幅度最大,其次为 9 月份和 2 月份。

在 RCP26 和 RCP85 情景下,2021~2050 年降水量与基准期基本持平,在 RCP45 情景下降水量较基准期偏少约 3.6%。由图 5 可以看出,(1)不同排放情景下降水量年内分配变化的总体季节格局基本一致,6~8 月份降水量较基准期普遍偏小。(2)RCP26 情景下降水增加与降水减少的月份各占一半,其中,5 月份增加幅度最大,超过 25%,6 月份与 10 月份减少幅度较为明

显,接近-10%。(3)尽管 RCP45 情景下降水量总体偏少,但减少的月份却只有 5 个,其中 1 月份相对减少幅度最大,接近-20%,尽管 7、8 月份的相对减少量均在-10%左右,但绝对减少量较大。7 个降水增加的月份中,2 月份的相对增加幅度最大,超过 30%,其次为 12 月份,增幅约 13%。(4)与 RCP45 情景类似,RCP85 情景下有 5 个月份降水量减少,减少幅度介于-1.7%~-14.7%,其中 6~8 月份的绝对减少量明显;7 个月份降水量增加,增幅介于 7.8%~33.4%,其中 2、5、12 月份增幅较大。

### 3.4 气候要素的空间格局变化

在流域尺度上,不同地区气候要素的变化同样存在一定的差异,图 6 和图 7 分别给出了气温、降水在不同排放情景下较基准期变化的空间格局变化。

由图 6 可以看出,(1)不同排放情景下,尽管升温幅度存在差异,RCP85 情景下的升温幅度最大,RCP26 情景下的升温幅度最小,同时不同情景下的升温分布格局类似,黄河源头及宁蒙河套灌区是升温幅度较大的区域,黄河上游中段及渭河上中游地区升温幅度相对较小。(2)在 RCP26 情景下,黄河流域不同格点的气温变化介于 1.47~1.89℃之间,其中,黄河上游唐乃亥至石嘴山区间及渭河咸阳以上地区升温幅度低于 1.6℃,黄河上游三盛公至包头区间和黄河下游升温幅度相对较大,

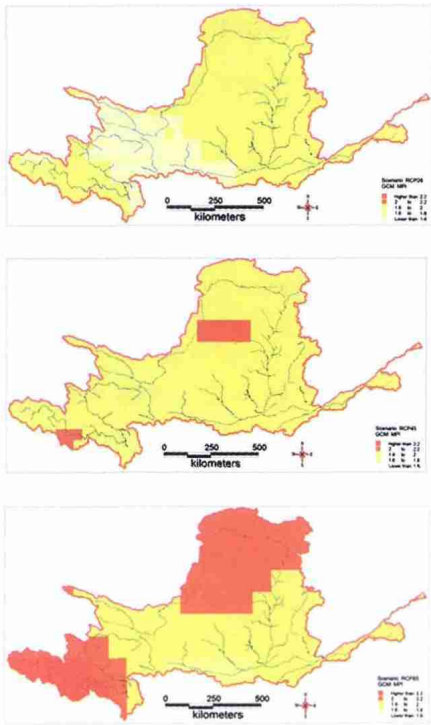


图 6 黄河流域 2021~2050 年气温较基准期变化的空间分布  
Fig.6 The change in spatial pattern of temperature during 2021-2050 relative to baseline

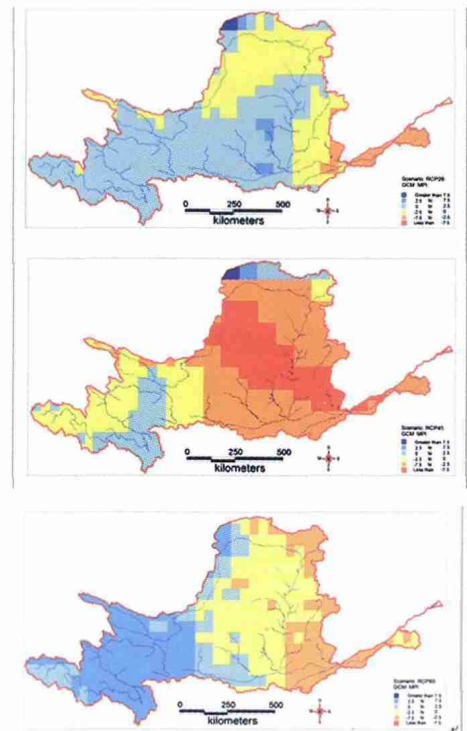


图 7 黄河流域 2021~2050 年降水较基准期变化的空间分布  
Fig.7 The change in spatial pattern of temperature during 2021-2050 relative to baseline

介于 1.8~1.9℃ 之间, 黄河源头及黄河中游升温介于 1.6~1.8℃。(3)RCP45 情景下气温变化的空间格局与 RCP26 情景类似, 只是升幅相对较大, 不同格点的气温变幅介于 1.64~2.03℃ 之间, 黄河唐乃亥以上地区、上游下段及黄河中下游绝大部分地区升温幅度介于 1.8~2℃, 个别地区, 如毛乌素沙漠西部升温幅度可能超过 2℃, 上游唐乃亥至兰州区间及渭河中上游地区升温幅度介于 1.6~1.8℃。(4)RCP85 情景下的气温升幅更大, 不同格点的气温变化在 1.73~2.38℃ 之间, 其中, 黄河源头部分地区升温幅度超过 2.2℃, 毛乌素沙漠及其以北地区升温幅度介于 2.0~2.2℃ 之间, 渭河中游地区升温幅度最小, 约为 1.6~1.8℃, 其余地区升温在 1.8~2.0℃ 之间。

图 7 结果表明, (1) 不同排放情景下, 尽管黄河流域降水变化幅度有所差异, 就空间变化格局而言, 存在些许类似, 黄河源头降水以增多或减少幅度较小为主, 中游下段及下游地区降水以减少为主。(2) 在 RCP26 情景下, 黄河流域不同格点的降水变化介于 -5.7%~10.7% 之间, 其中, 黄河上游石嘴山以上地区、河口镇至龙门区间的陕西区域, 以及泾洛渭河流域降水增加, 大多地区增幅介于 0~2.5%; 上游下段、中游山西、河南省区域呈现减少趋势, 减少幅度在 -2.5%~0 之间, 下游减少幅度较大, 介于 -2.5%~-7.5% 之间。(3) RCP45 情景下降水减少幅度及范围更大, 不同格点的降水变幅介于 -10.6%~11.6%; 黄河上游中段部分地区及黄河流域干流以北的内蒙古地区降水增加, 其中内蒙古地区的局部地区降水增幅超过 7.5%; 贯穿黄河中游存在一降水变幅较大的西北—东南走向的条带, 降水减少幅度超过 -7.5%; 中游其它地区及下游地区降水减少幅度多在 -2.5%~-7.5% 之间。(4) RCP85 情景下降水变化自西向东由增多逐步变为减少, 黄河源头降水增幅在 2.5%~7.5% 之间, 渭河上游降水增幅介于 0~2.5% 之间, 黄河中下游的其它地区降水呈现减少趋势, 其中三门峡以下地区及汾河流域降水减少趋势明显, 减少幅度介于 -7.5%~-2.5% 之间, 河口镇至龙门区间的大部分地区降水减少幅度为 -2.5%~0。

### 3.5 气温变化与降水变化之间的关系

气温变化通过影响大气环流, 可能会对区域降水模式产生一定的影响, 图 8 给出了 1961~1990 年实测与 MPI 模拟的气温、降水关系。由图可以看出, (1) MPI 模拟的气温降水关系与实测气温降水关系吻合较好, (2) 在气温较高年份, 流域年降水量偏少, 而气温较低的年份, 降水普遍较大, 因此, 黄河流域气候具有暖干、

冷湿相伴的气候特征。

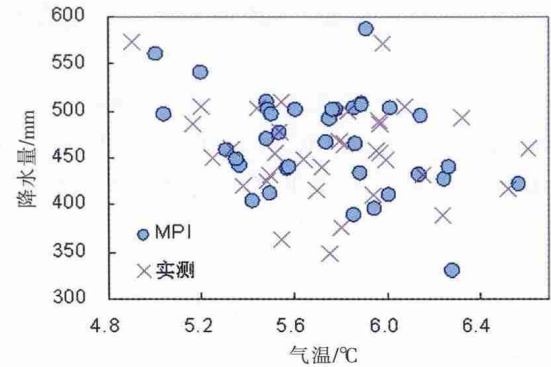


图 8 黄河流域 1961~1990 年实测与 MPI 模拟的气温、降水关系  
Fig.8 Relationship between annual temperature and precipitation for both recorded and MPI simulated series during 1961~1990

图 9 点绘了 2021~2050 年气温、降水较基准期变化之间的相互关系, 由图可以看出, (1) 在 RCP26 和 RCP45 情景下, 随着气温升高, 降水量有减少趋势, 在气温升幅低于 2℃ 情况下, 这种现象更为明显, 当气温升幅超过 2℃, 降水随气温升高的递减幅度变小。(2) 在 RCP85 情景下, 降水量的变化似乎与气温变化无关, 但随气温升幅增大, 降水的变化幅度增大, 意味着出现极端湿润或极端干旱的几率增多。

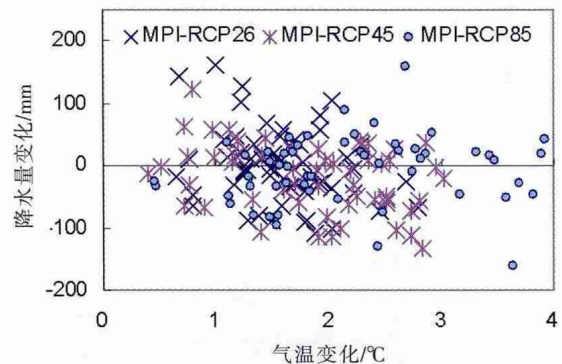


图 9 黄河流域 2021~2050 年气温变化与降水变化的关系  
Fig.9 Relationship between changes in annual temperature and annual precipitation for both different RCP emission scenario during 2021~2050

全球变暖背景下, 黄河流域气温将呈现升高趋势, 但对降水变化的预估存在较大的不确定性, 由上述分析不难看出, 未来气温升高一定的幅度范围内, 尽管降水量总体以减少趋势为主, 但最初的一段时期内丰水年份可能会增多; 随着气温持续升高, 极端丰水年份和枯水年份可能有增加的趋势, 因此, 在应对气候变化方面, 必须加强节水型社会建设以应对降水总体减少引起的缺水情势加剧, 同时, 必须加强防洪抗旱的工程和非工程措施减少, 以达到防灾减灾的目的。

## 4 主要结论

(1) 对比分析了国家气候中心提供的 7 个 CMIP5

气候模式对黄河流域气候要素的模拟能力, 相比其它模式而言, MPI-ESM 模式能够较好地模拟黄河流域气温降水的历史变化, 具有较好的区域适应性。

(2)黄河流域气候干旱, 未来气温将以升高趋势为主, 线性升率约为  $0.28\sim 0.45^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ , 远大于基准期的线性升率  $0.14^{\circ}\text{C}/10\text{a}$  和全国平均升率, 是全球变暖最为显著的流域。未来降水变化均有较大的不确定性, 与基准期(1961~1990年)相比降水总体减少趋势和极端气候发生的可能性较大。

(3)在季节分配上, 2月份和 8~9月份气温升幅较大可能超过  $2^{\circ}\text{C}$  阈值, 5月份气温升幅较小; 2、5、12月份降水增幅较大, 6~8月份降水较基准期偏少。尽管不同排放情景下, 黄河流域降水变化幅度有所差异, 空间变化格局基本类似, 黄河源头降水以增多或减少幅度较小为主, 中游下段及下游地区降水以减少为主。

(4)黄河流域气候具有暖干、冷湿相伴的气候特征, 在气温较高年份, 流域年降水量偏少, 而气温较低的年份, 降水普遍较大; 在气温升幅低于  $2^{\circ}\text{C}$  情况下, 降水随气温升高具有减少趋势, 当气温升幅超过  $2^{\circ}\text{C}$ , 降水随气温升高的递减幅度变小, 降水的变化幅度增大, 意味着出现极端湿润或极端干旱的几率增多。

致谢:感谢国家气候中心提供 CMIP5 模式情景数据, 感谢徐影教授为本文提出的建设性建议。

参考文献:

[1] IPCC. Climate change 2007: the physical science basis [R]. Cam-

bridge: Cambridge University Press, 2007.

[2] IPCC. Climate change and water. Cambridge[R].UK and New York, USA: Cambridge University Press, 2008.

[3] 史瑞琴, 陈正洪, 陈波. 华中地区 2030 年前气温和降水量变化预估[J]. 气候变化研究进展, 2008, 4(3):173-176. (SHI Ruiqin, CHEN Zhengong, CHEN Bo. Projection of changes in temperature and precipitation over central China from 2001 to 2030 [J]. Advances in Climate Change, 2008, 4(3):173-176. (in Chinese))

[4] 刘绿柳, 刘兆飞, 徐宗学. 21 世纪黄河流域上中游地区气候变化趋势分析[J]. 气候变化研究进展, 2008, 4(3): 167-172. (LIU Lvliu, LIU Zhaofei, XU Zongxue. Trends of climate change for the upper-middle reaches of the Yellow River in the 21st century [J]. Advances in Climate Change, 2008, 4(3):167-172. (in Chinese))

[5] 曾小凡, 李巧萍, 苏布达, 等. 松花江流域气候变化及 ECHAM5 模式预估[J]. 气候变化研究进展, 2009, 5(4):215-219. (ZENG Xiaofan, LI Qiaoping, SU Buda, et al. Change and projection of climate in the Songhua River basin [J]. Advances in Climate Change, 2009, 5(4): 215-219. (in Chinese))

[6] 姜燕敏, 吴昊昊. 20 个 CMIP5 模式对中亚地区年平均气温模拟能力评估 [J]. 气候变化研究进展, 2013, 9 (2):110-115. (JIANG Yanmin, WU Haohao. Simulation capabilities of 20 CMIP5 models for annual mean temperature in Central Asia [J]. Advances in Climate Change, 2013, 9(2):110-115. (in Chinese))

[7] 李发鹏, 徐宗学, 刘星才, 等. 大气环流模式在松花江流域的适用性评价[J]. 水文, 2011, 31(6):24-31. (LI Fapeng, XU Zongxue, LIU Xingcai, et al. Assessment on performance of different general circulation models in Songhuajiang River basin[J]. Journal of China Hydrology, 2011, 31(6):24-31. (in Chinese))

### Variation Trend of RCP-based Climatic Scenarios for Yellow River Basin

WANG Guoqing<sup>1,2</sup>, ZHANG Jianyun<sup>1,2</sup>, JIN Junliang<sup>1,2</sup>, HE Ruimin<sup>1,2</sup>, LIU Cuishan<sup>1,2</sup>, BAO Zhenxin<sup>1,2</sup>, LI Yan<sup>2,3</sup>

(1.State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering, Nanjing Hydraulic Research Institute,

Nanjing 210029, China; 2.Research Center for Climate Change, Ministry of Water Resources, Nanjing 210029, China;

3.Bureau of Hydrology, MWR, Beijing 100053, China)

**Abstract:** Based on historical simulations of 7 GCMs provided by CMA and the recorded climatic data from the 108 basic national meteorological stations within the Yellow River Basin, suitability of the 7 CMIP5 GCMs to the Yellow River Basin was assessed with three indices of mean, standard deviation, and linear trend rate. Variation trend of climate for the next decades over the Yellow River Basin was then analyzed with climatic projections of the most suitable GCM under the RCP emission scenario. The results show that MPI-ESM performs better for historical simulation of climatic variables as comparing to other GCMs. Temperature over the Yellow River Basin was projected a steady rising trend with linear rising rate of  $0.28\sim 0.45^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ , while precipitation will probably undergo a slight decline trend with high variability from 2021 to 2050, in which multi-year average is equivalent to or slight less than the baseline (1961~1990). Under the three RCP scenarios, seasonal patterns as well as spatial patterns of temperature and precipitation during 2021~2050 were all changed relative to baseline. Higher temperature rise will probably occur in February, August, and September, and lowest rise occur in May. Precipitation in February, May, and December will likely get a higher increase while those in June to August are all less than baseline. Spatially, higher temperature rise will occur in source area of the Yellow River, and the reaches of Ningxia and Inner Mongolia autonomous regions, precipitation change is from positive in the source area to negative in the lower reaches of the Yellow River for RCP 26 and RCP85 scenario, RCP45 scenario will probably make precipitation in most area of the Yellow River basin less than baseline.

**Key words:** Yellow River Basin; RCP scenario; precipitation; temperature; variation trend