

DOI: CNKI: 32. 1309. P. 20110709. 1619. 009

# 气候变化情景下渭河流域潜在蒸散量时空变化特征

左德鹏<sup>1</sup>, 徐宗学<sup>1</sup>, 李景玉<sup>2</sup>, 刘兆飞<sup>1, 3</sup>

(1. 北京师范大学水科学研究院, 水沙科学教育部重点实验室, 北京 100875;

2. 国土资源部中国土地勘测规划院, 北京 100035; 3. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

**摘要:** 根据渭河流域 20 个气象站 1959~2008 年逐日气象资料, 以 FAO Penman-Monteith 法计算的各站逐日潜在蒸散量作为标准值, 对基于气温的 Hargreaves 法进行参数校正以使其适用于渭河流域。应用统计降尺度模型 SDSM 将 HadCM3 输出数据降尺度到各站点, 生成 A2, B2 两种情景下各站未来日最高、最低气温数据, 将其输入校正参数后的 Hargreaves 模型, 从而分析未来气候变化情景下渭河流域潜在蒸散量以及最高、最低气温的时空变化趋势。结果表明: 各站校正后 Hargreaves 法可用于估算未来情景下渭河流域潜在蒸散量; 两种情景下流域日最高、最低气温和年潜在蒸散量较基准期均呈现明显上升趋势, 且 B2 情景低于 A2 情景下增幅; 各区域年潜在蒸散变化量在未来 3 个时期均呈现明显递增趋势, 增幅较大地区主要分布在渭河南岸, 而渭河北岸大部分变幅较小。

**关键词:** 潜在蒸散量; 气候变化; 大气环流模式; 渭河

**中图分类号:** S161.4; P467      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1001-6791(2011)04-0455-07

气候变化不仅影响着水文、生物和生态系统, 还影响着经济、生活, 因此气候变化对地区、国家甚至全球的可持续发展将产生举足轻重的影响<sup>[1]</sup>。就气候变化对水循环的影响而言, 蒸散发的变化是一个不可忽视的影响因子。蒸散发是水循环的重要组成部分<sup>[2]</sup>, 也是水文模型的关键输入因子<sup>[3]</sup>, 准确地估算未来潜在蒸散量并分析其时空变化有助于深入理解其对未来水循环的影响, 并对水资源规划与管理、提高水资源利用效率以及保护生态环境等具有十分重要的现实意义。基于气象要素估算潜在蒸散量的方法有很多, 对于缺资料地区, 仅需要气温等易获取数据的气温法无疑具有较大的实际应用价值<sup>[4-5]</sup>。气候变化的模拟, 以大气环流模式(GCMs)为代表, 其中 HadCM 模式在中国得到了广泛应用<sup>[6-7]</sup>。目前, 利用潜在蒸散量估算方法结合 GCMs 输出结果探讨未来蒸散量的时空变化尚处于起步阶段<sup>[8-9]</sup>。

渭河是黄河第一大支流, 涉及甘肃、宁夏、陕西三省区, 其在黄河治理开发中占有重要地位。同时, 作为西北经济发达地区, 在区域经济发展和西部大开发中也具有重要作用和战略意义<sup>[10]</sup>。因此, 研究渭河流域的气候变化对保护和改善中国西部地区的生态环境具有重要意义。一些学者就气候变化对渭河流域水文水资源的影响进行了探索<sup>[11-12]</sup>, 但利用 GCMs 输出分析渭河流域未来情景蒸散量的研究工作尚没有见到。

本文根据渭河流域及周边 20 个气象站近 50 年逐日气象数据, 以 FAO Penman-Monteith(简称 FAO P-M)法计算的各站逐日潜在蒸散量为参考值, 对基于气温的 Hargreaves 法进行参数校正以使其适用于渭河流域, 然后将 HadCM3 输出数据降尺度生成的两种情景下各站未来日最高、最低气温数据输入到校正参数后的 Hargreaves 模型, 从而预测未来气候变化情景下渭河流域潜在蒸散量的变化趋势, 以期为水资源管理与决策部门提供参考依据。

**收稿日期:** 2010-08-16; **网络出版时间:** 2011-07-09

**网络出版地址:** <http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1309.P.20110709.1619.009.html>

**基金项目:** 国家水体污染控制与治理科技重大专项资助项目(2009ZX07212-002-003); 科技部中瑞合作资助项目(2009DFA22980)

**作者简介:** 左德鹏(1985-), 男, 宁夏石嘴山人, 博士研究生, 主要从事生态水文方面研究。

E-mail: zuodepeng@mail.bnu.edu.cn

**通信作者:** 徐宗学, E-mail: zxxu@bnu.edu.cn

# 1 数据与方法

## 1.1 研究区概况

渭河(图1)是黄河第一大支流,发源于甘肃省渭源县鸟鼠山,流经甘肃、宁夏、陕西三省区,在陕西省潼关县注入黄河。流域总面积13.48万 $\text{km}^2$ ,位于 $104^{\circ}00'E \sim 110^{\circ}20'E$ ,  $33^{\circ}50'N \sim 37^{\circ}18'N$ 之间,三省区分别占44.1%, 5.8%和50.1%,干流全长818 km。流域西高东低,北部为黄土高原,南部为秦岭山脉。渭河两岸支流众多,其中泾河是渭河最大支流,河长455.1 km,流域面积4.54万 $\text{km}^2$ ,占流域总面积33.7%。北洛河为渭河第二大支流,河长680 km,流域面积2.69万 $\text{km}^2$ ,占流域总面积20%。渭河流域地处干旱和湿润地区过渡地带,属大陆性季风气候,冬季干燥寒冷,降水稀少;夏季炎热多雨。多年平均气温 $7.8 \sim 13.5^{\circ}\text{C}$ ,降水量400~800 mm,水面蒸发量660~1600 mm,陆地蒸发量500 mm左右<sup>[13]</sup>。

## 1.2 数据来源

本研究所用数据主要包括:气象站点实测数据,GCM(HadCM3)输出数据以及NCEP(National Center for Environmental Prediction)再分析资料数据。

(1) 气象站点实测数据来自中国气象科学数据共享服务网(该资料已经过初步质量控制),包括渭河流域及周边20个气象站点1959~2008年日平均、最高、最低气温,气压,相对湿度,风速,日照时数,各气象站点分布见图1。

(2) NCEP再分析数据为1961~2000年日序列,共有26个因子,包括平均海平面气压,地表平均气温、比湿、相对湿度、地转风速、风向、纬向风速、经向风速、涡度、散度,500 hPa和850 hPa位势高度及500 hPa和850 hPa高度场的相对湿度、地转风速、风向、纬向风速、经向风速、涡度、散度。NCEP网格大小为 $1.875^{\circ} \times 1.875^{\circ}$ ,与HadCM3不符,因此,将NCEP网格数据转换成 $2.50^{\circ} \times 3.75^{\circ}$ ,以与HadCM3数据格式统一。

(3) GCM输出数据采用英国气象局Hadley Centre海气耦合模式(HadCM3)输出的1961~2009年逐日序列,数据来源于<http://www.cics.uvic.ca/scenarios/index.cgi?Scenarios>,网格大小为 $2.50^{\circ} \times 3.75^{\circ}$ ,包括A2(高温温室气体排放情景)和B2(低温温室气体排放情景)两种气候情景,选用的预报因子与NCEP相同,其覆盖在渭河流域的6个格点如图1所示。

## 1.3 研究方法

### 1.3.1 统计降尺度模型

统计降尺度是通过确立大尺度预报因子和区域或站点尺度预报量间的经验统计关系,从而实现尺度转换。统计降尺度模型(SDSM)综合了天气发生器和多元回归法<sup>[14]</sup>,它主要包括两部分:①建立预报量(区域或站点气象数据)与预报因子(大气环流因子)之间的统计关系;②利用GCM输出数据和SDSM模型生成预报量的未来日序列数据。

本文在渭河流域应用SDSM,以日最高、最低气温为预报量,根据预报量与NCEP 26个预报因子之间的相关分析和散点图拟合效果选择各站点预报因子。利用1961~1990年站点日序列实测数据(预报量)与确定的NCEP预报因子序列建立统计关系,计算SDSM天气发生器模型参数。利用1991~2000年逐日数据对SDSM进行验证,最后将HadCM3输出的2010~2009年逐日数据输入到SDSM,从而模拟A2、B2情景下各站点日最高、最低气温序列。以WMO推荐的1961~1990年为基准期,将未来日最高、最低气温序列数据

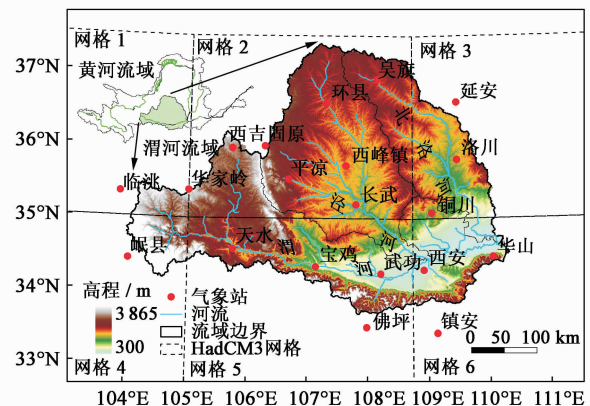


图1 渭河流域及周边气象测站分布图

Fig. 1 Distribution of meteorological stations in the Weihe River basin

分为 2010 ~ 2039 年、2040 ~ 2069 年和 2070 ~ 2099 年 3 个时期。

### 1.3.2 潜在蒸散量估算方法

#### (1) FAO P-M 法

FAO P-M 法无论在干旱还是湿润地区计算精度都较高<sup>[15-17]</sup>, 公式如下:

$$ET_p = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \quad (1)$$

式中  $ET_p$  为潜在蒸散量, mm/d;  $R_n$  为太阳净辐射, MJ/(m<sup>2</sup>·d);  $G$  为土壤热通量, MJ/(m<sup>2</sup>·d);  $T$  为平均气温, °C;  $u_2$  为 2 m 高处的风速, m/s;  $e_s$  为饱和水汽压, kPa;  $e_a$  为实际水汽压, kPa;  $e_s - e_a$  为饱和水汽压差, kPa;  $\Delta$  为饱和水汽压曲线斜率, kPa/°C;  $\gamma$  为干湿计常数, kPa/°C。

#### (2) Hargreaves 法

Hargreaves 法只需气温和地理位置数据, 且基于温差反映辐射项, 因此在缺资料地区得到了广泛应用<sup>[4-5]</sup>, 公式如下:

$$ET_p = aR_A TD^{1/2} (T_a + 17.8) \quad (2)$$

式中  $ET_p$  为潜在蒸散量, mm/d;  $a$  为参数, 初始值为 0.0023;  $T_a$  为平均气温(取最高、最低气温的平均值), °C;  $TD$  为温差, °C;  $R_A$  为大气顶层辐射, MJ/(m<sup>2</sup>·d)。

## 2 结果与分析

### 2.1 潜在蒸散量估算方法校正

估算未来情景下潜在蒸散量需要采用输入变量较少且估算精度较高的方法。考虑到目前 GCM 所有输出中只有气温较为可靠, 故本文选择基于气温的 Hargreaves 法。将 FAO P-M 法的计算结果作为标准值对 Hargreaves 法进行参数校正以使其适用于渭河流域, 并用其估算未来情景下不同时期流域潜在蒸散量。

本文采用平均绝对误差  $E_{MA}$ , 平均相对误差  $E_{MR}$ , 均方误差  $E_{RMS}$  以及确定性系数  $R^2$  作为模拟效果评价指标,  $E_{MA}$ ,  $E_{MR}$ ,  $E_{RMS}$  越接近 0,  $R^2$  越接近 1, 模拟效果越好。以  $E_{MA}$ ,  $E_{MR}$ ,  $E_{RMS}$  最小,  $R^2$  最大为目标函数对 Hargreaves 法在各站进行参数校正以期改进模拟效果。校正后 Hargreaves 法各站参数修正至 0.0008 ~ 0.0010 之间, 与 FAO P-M 法的  $E_{MA}$  在 0.28 ~ 0.79 之间,  $E_{MR}$  在 16.51% ~ 38.25% 之间,  $E_{RMS}$  在 0.36 ~ 1.04 之间,  $R^2$  在 0.64 ~ 0.92 之间, 说明校正后 Hargreaves 法在各站模拟误差均较小, 模拟效果令人满意。基于各站点在流域内的面积权重, 两种方法估算流域平均日潜在蒸散量的散点图见图 2(a),  $R^2$  达到 0.94, 斜率和截距分别为 0.96 和 0.15, 流域平均月值年内分布较为吻合(图 2(b))。以上研究表明, 各站点校正后 Hargreaves 法可用于估算渭河流域未来情景下潜在蒸散量。

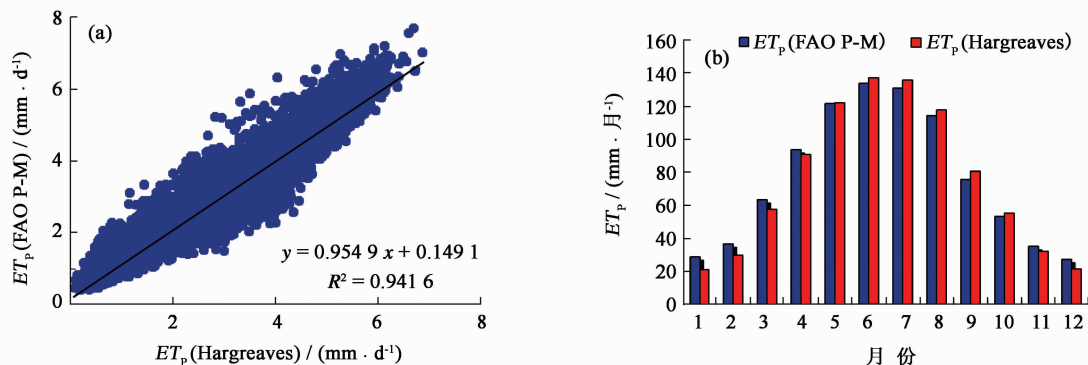


图2 校正后 Hargreaves 法与 FAO P-M 法计算的流域平均日潜在蒸散量散点图及月潜在蒸散量年内分布图

Fig.2 Scatter diagrams of daily  $ET_p$  and intra-annual pattern of monthly  $ET_p$  estimated by FAO P-M and calibrated Hargreaves method in the Weihe River basin

## 2.2 气候变化情景下潜在蒸散量时空变化

依据各站选择的预报因子分别率定 SDSM 模型参数, 率定期内各站模拟的  $T_{\max}$  与实测序列的  $R^2$  在 0.833 ~ 0.924 之间, 验证期为 0.784 ~ 0.921; 率定期  $T_{\min}$  的  $R^2$  在 0.789 ~ 0.897 之间, 验证期为 0.825 ~ 0.930, 模拟效果的详细评价可参见文献[12]。由此可以看出, 率定后 SDSM 模拟效果较好, 可用于 GCM 输出降尺度应用。应用确定的 SDSM 将 HadCM3 输出数据降尺度生成 A2、B2 情景下各站未来日  $T_{\max}$ 、 $T_{\min}$  序列, 将其输入各站校正后 Hargreaves 模型, 从而生成两种情景下各站未来日  $ET_p$  序列。根据各站面积权重, 计算流域平均日  $T_{\max}$ 、 $T_{\min}$  和年  $ET_p$  序列。

基准期流域平均日  $T_{\max}$ 、 $T_{\min}$  和年  $ET_p$  及其在两种情景下未来 3 个时期较基准期的变化量见表 1。两种情景下 3 个变量较基准期均呈较明显上升趋势, B2 情景下  $T_{\max}$  在未来 3 个时期分别升高 1.31℃、2.46℃ 和 3.60℃, 除 2010 ~ 2039 年与 A2 情景上升幅度相差无几外, 2040 ~ 2069 年与 2070 ~ 2099 年均低于其上升幅度; B2 情景下  $T_{\min}$  分别升高 1.18℃、2.57℃ 和 4.41℃, 较 A2 情景上升幅度与  $T_{\max}$  基本一致; B2 情景下  $ET_p$  分别增大 71.22 mm、105.33 mm 和 143.15 mm, 2010 ~ 2039 年较 A2 情景略有增大, 但 2040 ~ 2069 年与 2070 ~ 2099 年均低于 A2 情景增大幅度, 这与  $T_{\max}$  和  $T_{\min}$  的变化趋势基本一致。

表 1 流域日最高、日最低气温和年潜在蒸散量基准期平均值及两种情景下较基准期的变化量

Table 1 Increment of average daily  $T_{\max}$ ,  $T_{\min}$  and annual  $ET_p$  in the future scenarios

气候变量	基准期	A2 情景下变化幅度			B2 情景下变化幅度		
		2010 ~ 2039 年	2040 ~ 2069 年	2070 ~ 2099 年	2010 ~ 2039 年	2040 ~ 2069 年	2070 ~ 2099 年
日最高气温/℃	15.09	1.29	2.82	5.04	1.31	2.46	3.60
日最低气温/℃	4.17	1.17	2.69	4.83	1.18	2.57	4.41
年潜在蒸散量/mm	896.93	69.64	120.47	194.16	71.22	105.33	143.15

图 3 列出两种情景下  $T_{\max}$ 、 $T_{\min}$  和  $ET_p$  的月变化。 $T_{\max}$  几乎均呈上升趋势, 且增温幅度随时间推移逐渐增大。 $T_{\min}$  除 2010 ~ 2039 年时期 4 月和 5 月略微下降外, 变化趋势与  $T_{\max}$  基本一致。 $ET_p$  在 5 ~ 10 月均呈明显增大趋势, 7 月最为显著, 增幅随时间推移逐渐增大, 11 月 ~ 翌年 4 月变化趋势不显著。

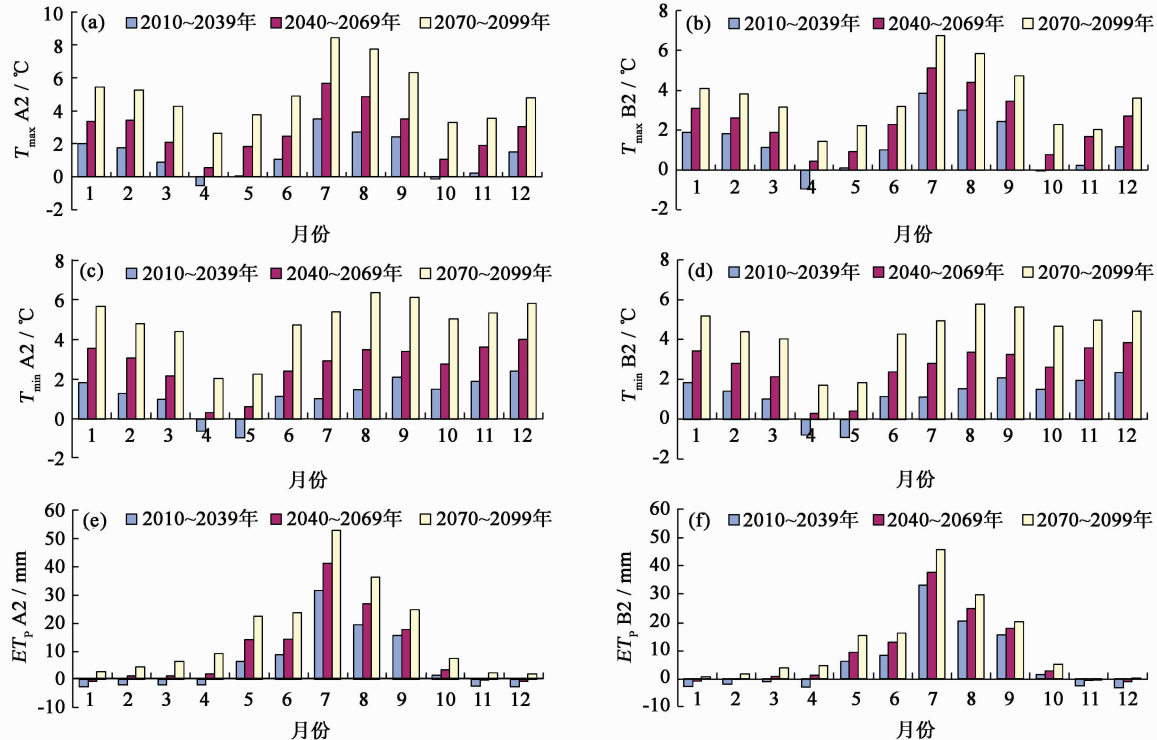


图 3 渭河流域未来最高、最低气温及潜在蒸散量月变化情景

Fig. 3 Monthly changes of future  $T_{\max}$ ,  $T_{\min}$  and  $ET_p$  in the Weihe River basin

因篇幅所限, 图4仅列出B2情景下日 $T_{\max}$ 、 $T_{\min}$ 和年 $ET_p$ 变化量空间分布, A2情景除变化量大小不同外, 空间分布规律基本一致。渭河和北洛河上游是 $T_{\max}$ 增幅较大区域, 流域中下游大部增幅较小。增温较大区域随时间推移由渭河上游逐渐扩大至中上游, 其最大值分别为 $3.37^{\circ}\text{C}$ 、 $4.58^{\circ}\text{C}$ 和 $5.75^{\circ}\text{C}$ , 呈明显递增趋势, 而北洛河上游增温区域则逐渐缩小, 增温较小区域相对较为稳定。 $T_{\min}$ 增幅较大区域集中在渭河、泾河和北洛河上游, 增温较小区域主要分布在渭河下游西安附近。增温较大区域随时间推移逐渐向中下游延伸, 最大值分别为 $3.02^{\circ}\text{C}$ 、 $4.14^{\circ}\text{C}$ 和 $5.93^{\circ}\text{C}$ , 增温趋势明显, 增温较小区域由渭河中下游逐渐萎缩至西安附近。 $ET_p$ 不同变幅区域空间分布较稳定, 增幅较大地区分布在渭河南岸, 北洛河上游和泾河中游地区, 最大增幅分别为 $190.42\text{ mm}$ 、 $236.82\text{ mm}$ 和 $294.12\text{ mm}$ , 随时间推移增大趋势显著。渭河北岸大部变幅较小, 主要分布在泾河中下游地区。

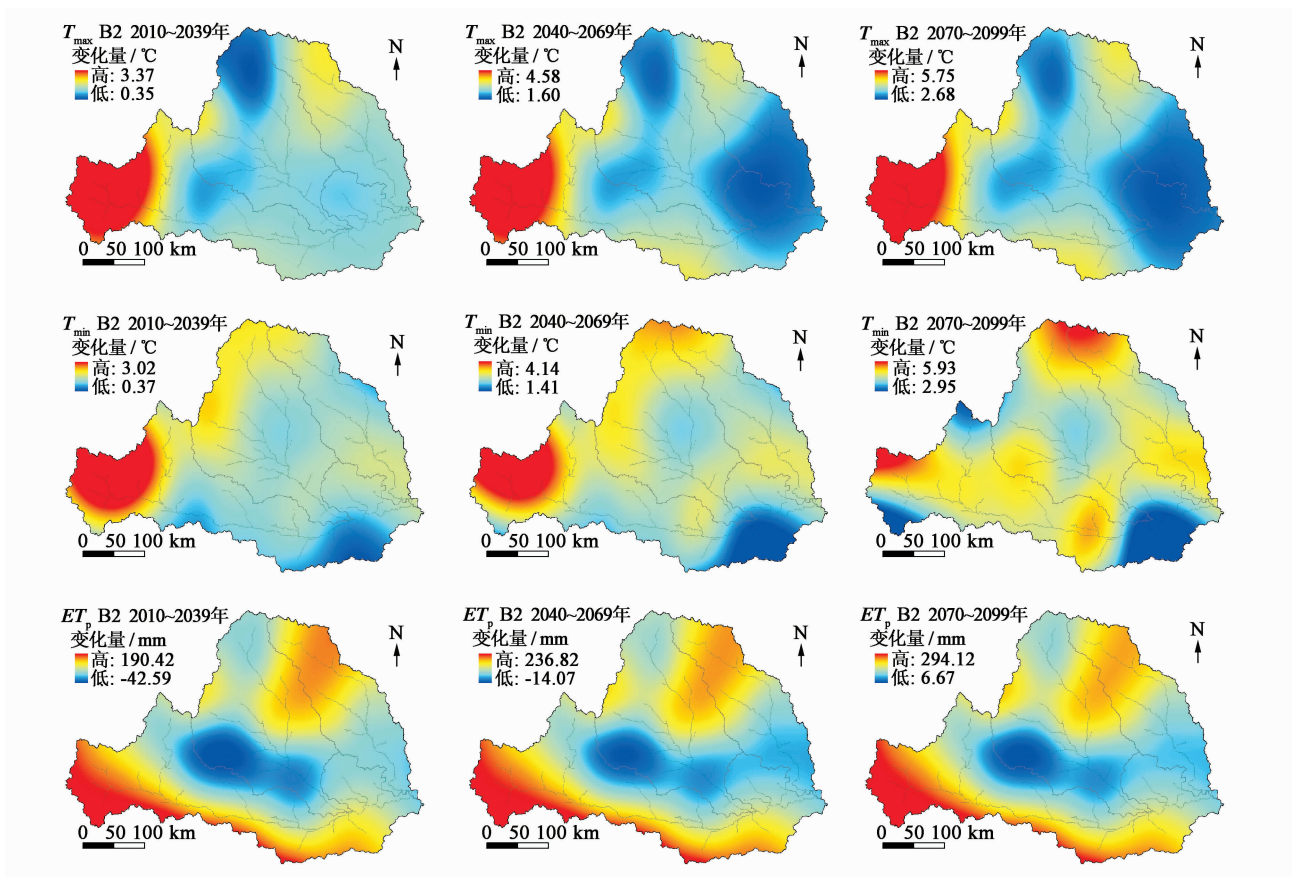


图4 B2情景下渭河流域未来3个时期日最高、最低气温及年潜在蒸散变化量空间分布图

Fig. 4 Spatial distributions for the changes of future  $T_{\max}$ ,  $T_{\min}$  and  $ET_p$  under B2 scenarios in the Weihe River basin

### 3 结 论

- (1) 各站校正参数后的 Hargreaves 法可用于估算渭河流域未来情景下潜在蒸散量。
- (2) 两种情景下流域日最高、最低气温和年潜在蒸散量呈明显上升趋势, 且 B2 情景低于 A2 情景下增幅。潜在蒸散量增幅较大月份为 5~10 月, 其中 7 月最为显著。
- (3) 日最高、最低气温增幅较大区域逐渐扩大, 增幅较小区域逐渐萎缩。年潜在蒸散量不同变幅区域均成明显增大趋势, 增幅较大地区为渭河南岸, 渭河北岸大部变幅较小。

气温、蒸散量是影响径流、泥沙等过程的重要因素, 因此, 未来气候变化情景下流域水循环对其的响应有待于进一步研究。

## 参考文献:

- [1] 张建云, 王国庆, 贺瑞敏, 等. 黄河中游水文变化趋势及其对气候变化的响应[J]. 水科学进展, 2009, 20(2): 153-158. (ZHANG Jian-yun, WANG Guo-qing, HE Rui-min, et al. Variation trends of runoffs in the Middle Yellow River basin and its response to climate change[J]. Advances in Water Science, 2009, 20(2): 153-158. (in Chinese))
- [2] 丛振涛, 倪广恒, 杨大文, 等. “蒸发悖论”在中国的规律分析[J]. 水科学进展, 2008, 19(2): 147-152. (CONG Zhen-tao, NI Guang-heng, YANG Da-wen, et al. Evaporation paradox in China[J]. Advances in Water Science, 2008, 19(2): 147-152. (in Chinese))
- [3] ZHOU M C, ISHIDAIRA H, TAKEUCHI K. Estimation of potential evapotranspiration over the Yellow River basin: Reference crop evaporation or Shuttleworth-Wallace? [J]. Hydrological Processes, 2007, 21(14): 1860-1874.
- [4] 左德鹏, 徐宗学, 刘兆飞. 基于气温的潜在蒸散发量估算方法在我国西北干旱地区的应用比较[J]. 干旱区资源与环境, 2009, 23(10): 123-131. (ZUO De-peng, XU Zong-xue, LIU Zhao-fei. Comparison of temperature-based methods for estimating potential evapotranspiration in the arid region of Northwest China[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2009, 23(10): 123-131. (in Chinese))
- [5] 杨永红, 张展羽. 改进 Hargreaves 方法计算拉萨参考作物蒸发蒸腾量[J]. 水科学进展, 2009, 20(5): 614-618. (YANG Yong-hong, ZHANG Zhan-yu. Method for calculating Lhasa reference crop evapotranspiration by modifying Hargreaves[J]. Advances in Water Science, 2009, 20(5): 614-618. (in Chinese))
- [6] 莫兴国, 林忠辉, 刘苏峡. 气候变化对无定河流域生态水文过程的影响[J]. 生态学报, 2007, 27(12): 4999-5007. (MO Xing-guo, LIN Zhong-hui, LIU Su-xia. Climate change impacts on the ecohydrological processes in the Wuding River basin[J]. Acta Ecologica Sinica, 2007, 27(12): 4999-5007. (in Chinese))
- [7] 丛振涛, 辛儒, 姚本智, 等. 基于 HadCM3 模式的气候变化下北京地区冬小麦耗水研究[J]. 水利学报, 2010, 41(9): 1101-1107. (CONG Zhen-tao, XIN Ru, YAO Ben-zhi, et al. Impact of climate change on water use of winter wheat with HadCM3 Model[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2010, 41(9): 1101-1107. (in Chinese))
- [8] HARMSSEN E W, MILLER N L, SCHLEGEL N J, et al. Seasonal climate change impacts on evapotranspiration, precipitation deficit and crop yield in Puerto Rico[J]. Agricultural Water Management, 2009, 96(7): 1085-1095.
- [9] BAGUIS P, ROULIN E, WILLEMS P, et al. Climate change scenarios for precipitation and potential evapotranspiration over central Belgium[J]. Theoretical and Applied Climatology, 2010, 99(3/4): 273-286.
- [10] SONG J X, XU Z X, LIU C M, et al. Ecological and environmental instream flow requirements for the Weihe River-the largest tributary of the Yellow River[J]. Hydrological Processes, 2007, 21(8): 1066-1073.
- [11] 周祖昊, 仇亚琴, 贾仰文, 等. 变化环境下渭河流域水资源演变规律分析[J]. 水文, 2009, 29(1): 21-25. (ZHOU Zu-hao, QIU Ya-qin, JIA Yang-wen, et al. Evolution law of water resources in Weihe River basin based on dualistic water resources evolution model[J]. Journal of China Hydrology, 2009, 29(1): 21-25. (in Chinese))
- [12] 刘兆飞, 徐宗学. 基于统计降尺度的渭河流域未来日极端气温变化趋势分析[J]. 资源科学, 2009, 31(9): 1573-1580. (LIU Zhao-fei, XU Zong-xue. Trends of daily extreme air temperature in the Wei River basin in the future[J]. Resources Science, 2009, 31(9): 1573-1580. (in Chinese))
- [13] HE H M, ZHANG Q F, ZHOU J, et al. Coupling climate change with hydrological dynamic in Qinling Mountains, China [J]. Climatic Change, 2009, 94(3/4): 409-427.
- [14] WILBY R L, TOMLINSON O J, DAWSON C W. Multi-site simulation of precipitation by conditional resampling[J]. Climate Research, 2003, 23(3): 183-194.
- [15] 贾文雄, 何元庆, 王旭峰, 等. 祁连山及河西走廊潜在蒸发量的时空变化[J]. 水科学进展, 2009, 20(2): 159-167. (JIA Wen-xiong, HE Yuan-qing, WANG Xu-feng, et al. Temporal and spatial change of the potential evaporation over Qilian Mountains and Hexi Corridor from 1960 to 2006[J]. Advances in Water Science, 2009, 20(2): 159-167. (in Chinese))
- [16] 杨永红, 张展羽, 阮新建. 西藏参考作物蒸发蒸腾量的时空变异规律[J]. 水科学进展, 2009, 20(6): 775-781. (YANG Yong-hong, ZHANG Zhan-yu, RUAN Xin-jian. Temporal and spatial variation law of reference crop evapotranspiration in Tibet [J]. Advances in Water Science, 2009, 20(6): 775-781. (in Chinese))
- [17] 曾丽红, 宋开山, 张柏, 等. 近 60 年来东北地区参考作物蒸散量时空变化[J]. 水科学进展, 2010, 21(2): 194-200.

(ZENG Li-hong, SONG Kai-shan, ZHANG Bai, et al. Spatiotemporal variability of reference evapotranspiration over the Northeast region of China in the last 60 Years[J]. *Advances in Water Science*, 2010, 21(2): 194-200. (in Chinese))

## Spatiotemporal characteristics of potential evapotranspiration in the Weihe River basin under future climate change \*

ZUO De-peng<sup>1</sup>, XU Zong-xue<sup>1</sup>, LI Jing-yu<sup>2</sup>, LIU Zhao-fei<sup>1,3</sup>

(1. *College of Water Sciences, Beijing Normal University; Key Laboratory of Water and Sediment Sciences, Ministry of Education, Beijing 100875, China*; 2. *China Institute of Land Surveying and Planning, Ministry of Land and Resources, Beijing 100035, China*; 3. *Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China*)

**Abstract:** The parameters in the temperature-based Hargreaves method for the estimation of potential evapotranspiration ( $ET_p$ ) are calibrated by the FAO Penman-Monteith method and daily data during the period 1959-2008 at 20 meteorological stations in the Weihe River basin. To study the impact of climate change on potential evapotranspiration, the projected daily maximum and minimum air temperature ( $T_{max}/T_{min}$ ) of HadCM3 GCM under A2 and B2 scenarios are first downscaled onto local meteorological stations using the statistical downscaling model (SDSM). Using the calibrated Hargreaves method, the future  $ET_p$ ,  $T_{max}$  and  $T_{min}$  time series under A2 and B2 scenarios can then be calculated. The spatiotemporal characteristics of these series are analyzed. Results show that the calibrated Hargreaves method reproduces well the observed potential evapotranspiration at each of the 20 meteorological stations; upward trends in daily  $T_{max}$  and  $T_{min}$  and annual  $ET_p$  could be significant compared to that of the baseline period 1961-1990 under both scenarios; the increase in meteorological variables would be greater under A2 than B2; over different regions of the Wei River basin, the annual  $ET_p$  could be gradually increasing for the three future periods, the 2010 – 2039, the 2040 – 2069 and the 2070 – 2099; and the greatest increase of  $ET_p$  could be expected in the south bank of the basin, while the lowest increase might be found in the north bank.

**Key words:** potential evapotranspiration; climate change; general circulation model; Weihe River

\* The study is financially supported by the National Water Pollution Control and Management S&T Specific Projects of China (No. 2009ZX07212-002-003).