

刘昌波, 纪潇潇, 许吟隆, 等. 2015. SRES A1B 情景下中国区域 21 世纪最高、最低气温及日较差变化的模拟分析 [J]. 气候与环境研究, 20 (1): 89–96, doi:10.3878/j.issn.1006-9585.2014.13190. Liu Changbo, Ji Xiaoxiao, Xu Yinlong, et al. 2015. Analysis of changes in the maximum and minimum temperature and diurnal temperature range from PRECIS model under the SRES A1B scenario for China [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 20 (1): 89–96.

SRES A1B 情景下中国区域 21 世纪最高、最低气温及日较差变化的模拟分析

刘昌波^{1,2,3} 纪潇潇² 许吟隆^{2,1} 王明星¹ 张镭¹ 潘婕²
胡亚南² 佟金鹤²

1 兰州大学大气科学学院半干旱气候变化教育部重点实验室, 兰州 730000

2 中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所, 北京 100081

3 中国人民解放军 95762 部队, 重庆 405200

摘 要 利用区域气候系统模式 PRECIS (Providing Regional Climates for Impacts Studies) 分析 A1B 情景下中国区域 21 世纪 3 个时段 2011~2040 年、2041~2070 年、2071~2100 年最高、最低气温及日较差相对于气候基准时段 (1961~1990 年) 的变化。结果表明: 中国区域未来 3 个时段平均最高、最低气温呈逐渐增大趋势, 日较差呈逐渐减小趋势; 最高气温增幅分别为 1.7、3.2、3.9 °C, 最低气温增幅分别为 1.9、3.6、4.7 °C, 最低气温增幅与最高气温增幅相比可达 1.1 倍以上。未来最高、最低气温冬季增幅最大、春季最小, 日较差则表现为冬季减小幅度最大、夏季减小不明显。最高、最低气温及日较差变化的空间分布显示, 最高气温在东北地区升幅最大, 在西北、黄土高原和四川盆地亦有较大幅度的上升, 但在青藏高原北部和华南地区升幅较小; 最低气温在西北地区升幅最大, 在东北和青藏高原北部升幅较大, 而四川盆地和华南地区升幅较小; 日较差在中国北方地区普遍减小, 在青藏高原北部减小最为明显, 但在四川盆地与云贵高原东部地区日较差则呈增大趋势。

关键词 PRECIS 模式 最高气温 最低气温 日较差 SRES A1B 情景

文章编号 1006-9585 (2015) 01-0089-08

中图分类号 P467

文献标识码 A

doi:10.3878/j.issn.1006-9585.2014.13190

Analysis of Changes in the Maximum and Minimum Temperature and Diurnal Temperature Range from PRECIS Model under the SRES A1B Scenario for China

LIU Changbo^{1,2,3}, JI Xiaoxiao², XU Yinlong^{2,1}, WANG Mingxing¹, ZHANG Lei¹, PAN Jie²,
HU Yanan², and TONG Jinhe²

1 Key Laboratory for Semi-Arid Climate Change of the Ministry of Education, College of Atmospheric Sciences, Lanzhou University, Lanzhou 730000

2 Institute of Environment and Sustainable Development in Agriculture, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081

3 Unit 95762 of People's Liberation Army, Chongqing 405200

Abstract The outputs of PRECIS (Providing Regional Climates for Impacts Studies) were used to analyze the changes in the maximum (Tmax) and minimum temperature (Tmin) and diurnal temperature range (DTR) during 2011–2040,

收稿日期 2013-11-06; 网络预出版日期 2014-03-12

资助项目 国家“十二五”科技支撑项目 2013BAC09B0, 中—英—瑞 (士): 中国适应气候变化 (ACCC) 项目

作者简介 刘昌波, 1987 年出生, 男, 硕士研究生, 主要从事区域气候变化研究。E-mail: liuchangbo678@126.com

通讯作者 许吟隆, E-mail: xuyi@ami.ac.cn

2041–2070, and 2071–2100 relative to the baseline period (1961–1990) under the SRES A1B scenario for China. The results show a consistent increase in the Tmax and Tmin, annually and for the four seasons, during 2011–2040, 2041–2070, and 2071–2100; however, the DTR shows a consistent decrease. The annual warming amplitude (WA) of the Tmax and Tmin are 1.7, 3.2, and 3.9 and 1.9, 3.6, and 4.7 °C, during 2011–2040, 2041–2070, and 2071–2100, respectively, and the increase in the amplitude of the Tmin is more than 1.1 times that of the Tmax. The WA of the Tmax and Tmin are projected to be largest in winter and smallest in spring, and the decreasing amplitude of the DTR is projected to be largest in winter and smallest in summer. The spatial distribution of the change of the Tmax, Tmin, and DTR over China shows that the Tmax will have its largest WA in Northeast China, a large WA in Northwest China, the Loess Plateau, and the Sichuan Basin, but a small WA in the northern Qinghai–Tibet Plateau and South China. On the contrary, the Tmin will have its largest WA in Northwest China, a large WA in Northeast China and the Northern Qinghai–Tibet Plateau, and a small WA in the Sichuan Basin and the eastern Yunnan–Guizhou Plateau. The DTR shows a decreased trend for northern China, especially in the northern Qinghai–Tibet Plateau, but an increase in the Sichuan Basin and the eastern Yunnan–Guizhou Plateau.

Keywords PRECIS model, Maximum temperature, Minimum temperature, Diurnal temperature range, SRES A1B scenario

1 引言

IPCC 第五次评估报告指出, 1880~2012 年全球地面平均气温升高了 0.85 °C (IPCC, 2013)。气候变暖已经引起如高温事件增多、低温事件减少等极端气候事件的变化 (翟盘茂和潘晓华, 2003; Alexander et al., 2006; Peterson et al., 2008; 任国玉等, 2010; Qian et al., 2011; Yan et al., 2011; 翟盘茂和刘静, 2012), 且这种变化趋势在未来将会持续下去 (Gao et al., 2002; 许吟隆等, 2005; Caesar and Lowe, 2012; Chen, 2013; Lang and Sui, 2013; Sillmann et al., 2013)。由最高、最低气温的变化引起的各种极端温度事件对自然生态系统和农业生产的影响比平均地面气温升温的影响更大, 对其进行深入研究具有重要意义 (王菱等, 2004)。

国内外对最高、最低气温及日较差的观测资料已有较多研究。Vose et al. (2005) 分析 1950~2004 年间全球最高、最低气温, 发现两者增速分别为 0.141 °C (10 a)⁻¹ 与 0.204 °C (10 a)⁻¹, 日较差每 10 年减少约 0.066 °C。Donat et al. (2013) 发现, 自 1951 年来全球一半以上地面日较差减小, 只有不到 10% 的地面日较差增大。国内研究人员发现中国区域最高气温北方增暖明显, 最低气温全国各地一致性增暖; 最低气温增幅明显大于最高气温增幅, 致使日较差多呈下降趋势, 并在北方地区尤为明显; 日较差的季节变化亦均呈下降趋势, 冬季下降幅度最大 (马鹏里等, 2002; 唐红玉等, 2005; 王凯等, 2010)。

鉴于气候变暖还将进一步加剧, 故需要对未来

最高、最低气温及日较差变化进行深入研究。已有的模拟研究工作表明, 未来最高、最低气温将明显变暖 (姜大膀等, 2004; Marengo et al., 2009; Kostopoulou et al., 2013; Xu et al., 2013), 且升温高值区集中在高纬度高海拔地区 (Gao et al., 2012)。张勇等 (2007) 分析区域气候模式系统 PRECIS 对中国区域 SRES B2 情景下的模拟结果发现, 到 21 世纪末最高、最低气温将一致增加, 北方地区增温幅度普遍大于南方地区, 北方日较差减小而南方日较差增大。为进一步了解中国未来最高、最低气温及日较差可能出现的变化, 本文分析在中等排放水平的 SRES A1B 情景 (Nakićenović et al., 2000) 下, 中国区域 2011~2040 年、2041~2070 年及 2071~2100 年 3 个未来时段最高、最低气温及日较差相对于气候基准时段 (1961~1990 年) 的变化, 以期对最高、最低气温及日较差在不同时段变化的过程进行深入的分析。

2 模式和数据介绍

本文使用的数据为 PRECIS (Providing Regional Climates for Impacts Studies) 输出的 SRES A1B 情景下中国区域最高、最低气温。PRECIS 为由英国 Hadley 气候预测中心开发的区域气候模式 (Jones et al., 2004)。本文使用的资料是以全球气候模式 HadCM3Q0 模拟结果驱动 PRECIS 产生的 SRES A1B 情景下 1961~2100 年日最高、最低气温格点输出值, 并采用简化的平均态比较分析方法进行了订正 (许吟隆等, 2013)。Xu et al. (2006) 已对 PRECIS 对中国区域气候模拟能力进行过验证, 张勇等

(2007) 也对 PRECIS 对中国区域最高、最低气温及日较差的模拟能力进行了验证, 本文着重分析在 SRES A1B 情景下 PRECIS 对未来最高、最低气温及日较差年平均及 4 个季节(春季: 3~5 月; 夏季: 6~8 月; 秋季: 9~11 月; 冬季: 12~2 月)相对于气候基准时段(1961~1990 年)变化的模拟结果。

3 结果与分析

3.1 最高、最低气温及日较差在未来 3 个时段的变化分析

图 1 所示为 PRECIS 模拟的 SRES A1B 情景下中国区域 1961~2100 年逐年及春、夏、秋、冬四季平均最高气温(Tmax)、最低气温(Tmin)及气温日较差(DTR)的时间序列。从图 1 可以看出, 在 A1B 情景下, 中国区域年及四季平均最高、最低气温均呈逐渐增大趋势, 气温日较差则呈逐渐减小趋势, 最高、最低气温冬季增幅最大、春季最小, 而气温日较差冬季减幅最大、夏季减小相对不明

显。为进一步分析, 图 2 给出了中国区域未来 3 个时段(2011~2040 年、2041~2070 年、2071~2100 年)年和四季的最高、最低气温(图 2a)和气温日较差(图 2b)相对于气候基准时段的变化。从图 2a 可以得出, 未来 3 个时段, 年和四季平均最高、最低气温相对于气候基准时段均呈增加趋势, 且增幅逐渐加大, 2011~2040 年、2041~2070 年、2071~2100 年最高气温分别增加 1.7、3.2、3.9 °C, 最低气温分别增加 1.9、3.6、4.7 °C, 最低气温增加幅度分别为最高气温增加幅度的 1.13 倍、1.12 倍和 1.20 倍, 这可能是因为温室气体增加对以长波辐射为主的夜间影响更大, 具体机制需要进一步的研究。2041~2070 年时段最高气温表现为冬季增加幅度最大、夏季次之、春季最小, 其余时段最高、最低气温均表现为冬季增加幅度最大、秋季次之、春季最小。从图 2b 可以看出, 未来 3 个时段日较差均呈减小趋势, 且冬季减小幅度最大、秋季次之、夏季最小, 这可能与四季的植被分布不同有关。

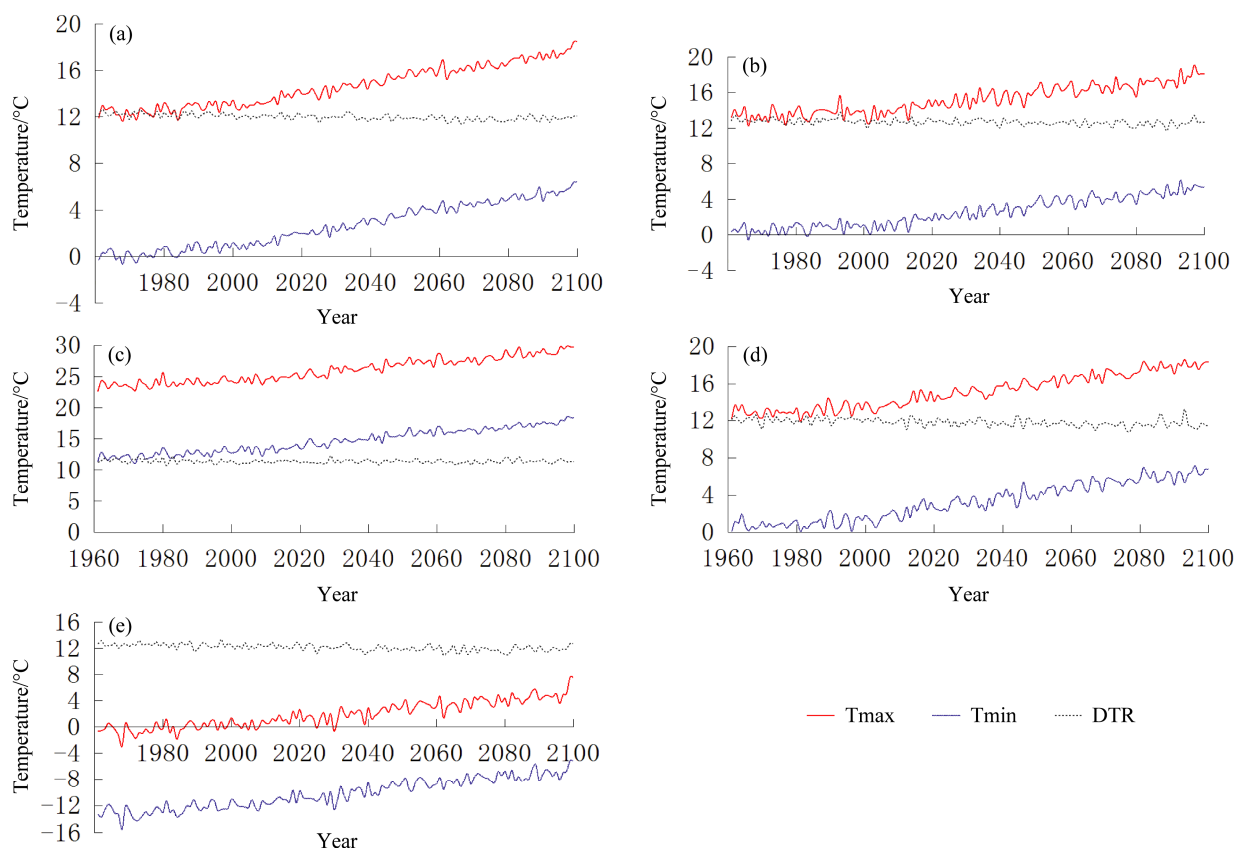


图 1 SRES A1B 情景下模拟的中国区域 1961~2100 年 (a) 逐年及 (b) 春、(c) 夏、(d) 秋、(e) 冬四季平均最高气温 (Tmax)、最低气温 (Tmin) 及气温日较差 (DTR) 时间序列

Fig. 1 Time series of 1961-2100 (a) annual and the four season (b) spring, (c) summer, (d) autumn, and (e) winter average maximum temperature (Tmax), minimum temperature (Tmin), and diurnal temperature range (DTR) over China under the SRES A1B scenario

3.2 年平均最高、最低气温及日较差变化的空间分布特征分析

图 3 为 2071~2100 年时段年平均最高、最低气温及气温日较差相对于气候基准时段的变化 (2011~2040 年、2041~2070 年时段图略)。从图中可以看出, 未来 3 个时段最高、最低气温相对于气候基准时段均表现为增加趋势, 最高、最低气温的增加幅度呈现出南北向梯度分布特征, 气候寒冷的北方地区增温幅度大于南方地区。最低气温的增加幅度总体上大于最高气温的增加幅度, 在中国北方地区这种差距更为明显, 然而, 在四川盆地及云

贵高原东侧一带则表现为最高气温增幅大于最低气温增幅。未来最高气温在东北地区增温幅度最大, 而最低气温在西北地区增幅最大; 青藏高原地区最高气温增幅相对不显著, 但最低气温增幅较大。2011~2040 年时段中国区域最高、最低气温增幅在 1~2.6 °C, 2050 年代时段增幅为 2.2~4.6 °C, 到 2080 年代时段增幅可达 3~6 °C。

未来 3 个时段气温日较差呈逐渐加剧的变化趋势。在全国大部分地区气温日较差呈 2 °C 以内的减小趋势, 其中青藏高原北侧减小最明显, 但四川盆地和云贵高原东部一带气温日较差则呈 0.5 °C 以内

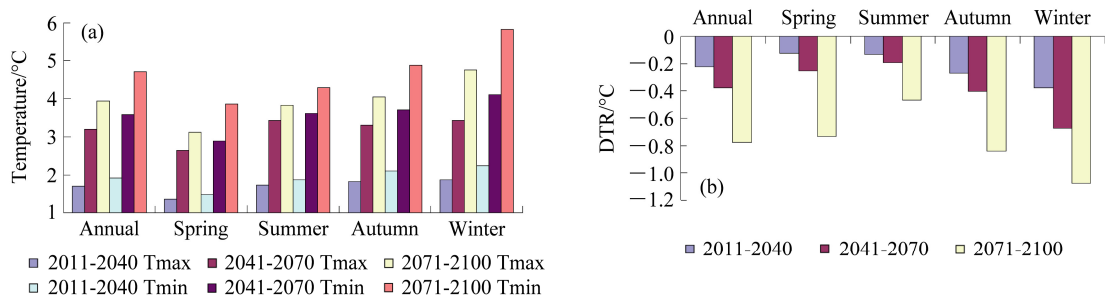


图 2 中国区域未来 3 个时段 (2011~2040 年、2041~2070 年、2071~2100 年) 年及四季 (a) 最高气温 (Tmax) 和最低气温 (Tmin) 以及 (b) 日较差 (DTR) 相对于气候基准时段 (1961~1990 年) 的变化值

Fig. 2 Changes of annual and seasonal mean (a) Tmax and Tmin, (b) DTR over China in the future three periods of 2011-2040, 2041-2070, and 2071-2100 to the baseline (1961-1990)

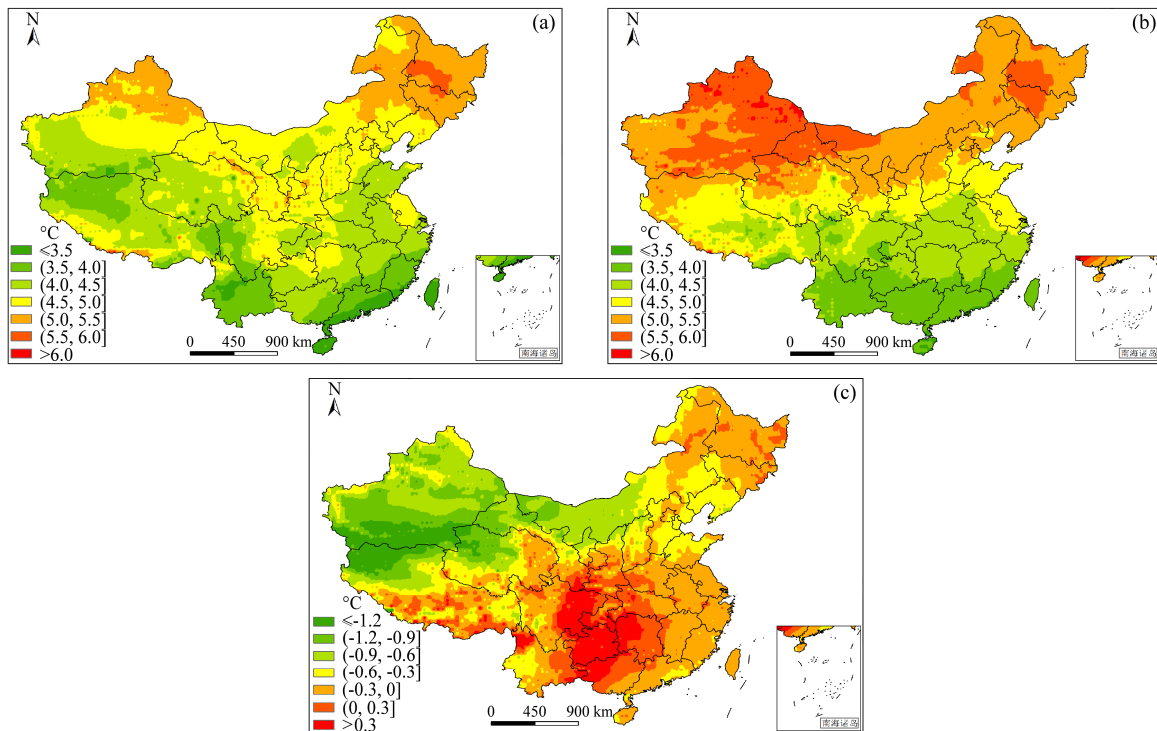


图 3 中国区域 2071~2100 年时段年平均 (a) 最高气温、(b) 最低气温及 (c) 气温日较差相对于气候基准时段 (1961~1990 年) 的变化 (单位: °C)
Fig. 3 Changes of annual mean (a) Tmax, (b) Tmin, and (c) DTR over China during 2071~2100 relative to baseline (1961-1990) (°C)

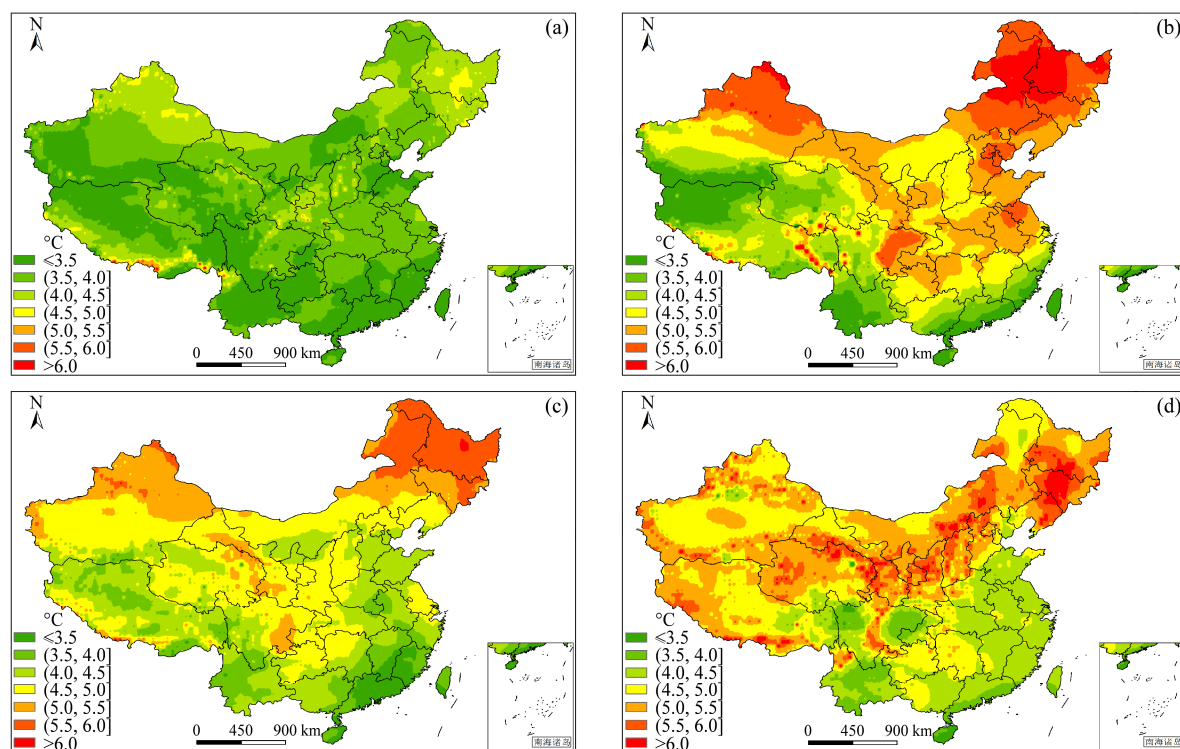


图 4 中国区域 2071~2100 年时段季节平均最高气温相对于气候基准时段 (1961~1990 年) 的变化: (a) 春; (b) 夏; (c) 秋; (d) 冬

Fig. 4 Changes of the seasonal mean Tmax over China in during 2071~2100 relative to baseline (1961-1990): (a) Spring; (b) summer; (c) autumn; (d) winter

的增大趋势。

3.3 最高气温变化分析

图 4 为 2080 年代时段季节平均最高气温相对于气候基准时段的变化。从图中可以看出, 最高气温在未来 3 个时段四季均表现出升温趋势 (2011~2040 年、2041~2070 年时段图略)。其中, 冬季整体升温最大, 至 2071~2100 年北方普遍升温 5°C 以上, 在青藏高原有较大的增幅, 但在四川盆地、华南和长江中下游增幅相对较小。最高气温升温春季比其他 3 个季节相对较小, 至 2071~2100 年升温普遍在 4.5°C 以下。最高气温变化在夏季表现出较大的空间差异, 其中东北地区至 2071~2100 年时段升温最大可达 6.0°C 以上, 在西北、华北、华中及四川盆地地区均有较大的增幅, 而青藏高原北部、云南及华南沿海省份至 2071~2100 年时段增幅在 3.5°C 以下; 秋季升温分布介于冬夏之间, 东北增幅最大, 华南、华中地区升温不明显。

3.4 最低气温变化分析

图 5 为 2071~2100 年时段季平均最低气温相对于气候基准时段的变化。与最高气温变化相同的是, 未来 3 个时段四季平均最低气温也表现出增加

趋势 (2011~2040 年、2041~2070 年时段图略), 其中冬季增幅最大, 春季增幅最小, 夏季增幅存在较大的空间差异; 不同的是, 冬季北方地区最低气温增幅明显大于最高气温增幅, 至 2071~2100 年时段最低气温增幅可达 6°C 以上, 春季的华南地区最低气温在 4 个季节中升温最小, 四川盆地和云贵高原东侧一带则是最低气温增幅的低值区。

3.5 气温日较差变化分析

图 6 为 2071~2100 年时段季平均日较差相对于气候基准时段的变化 (2011~2040 年、2041~2070 年时段图略)。从图中可以看出, 气温日较差主要呈减小趋势, 其中冬季日较差减小的范围大, 夏季日较差减小的范围较小; 西北地区在四个季节均表现为气温日较差减小, 而云贵高原东部在四个季节中气温日较差均呈增大趋势。具体来看, 春季华中、华南、西南以及长白山的部分地区气温日较差呈增大趋势, 其余的全国大部分地区气温日较差呈减小趋势; 秋季, 汉中、西南和东北东部气温日较差呈增大趋势, 其余全国大部分地区气温日较差呈减小趋势; 冬季西南和华南地区气温日较差呈增大趋势, 其余全国大部分地区呈减小趋势; 值得

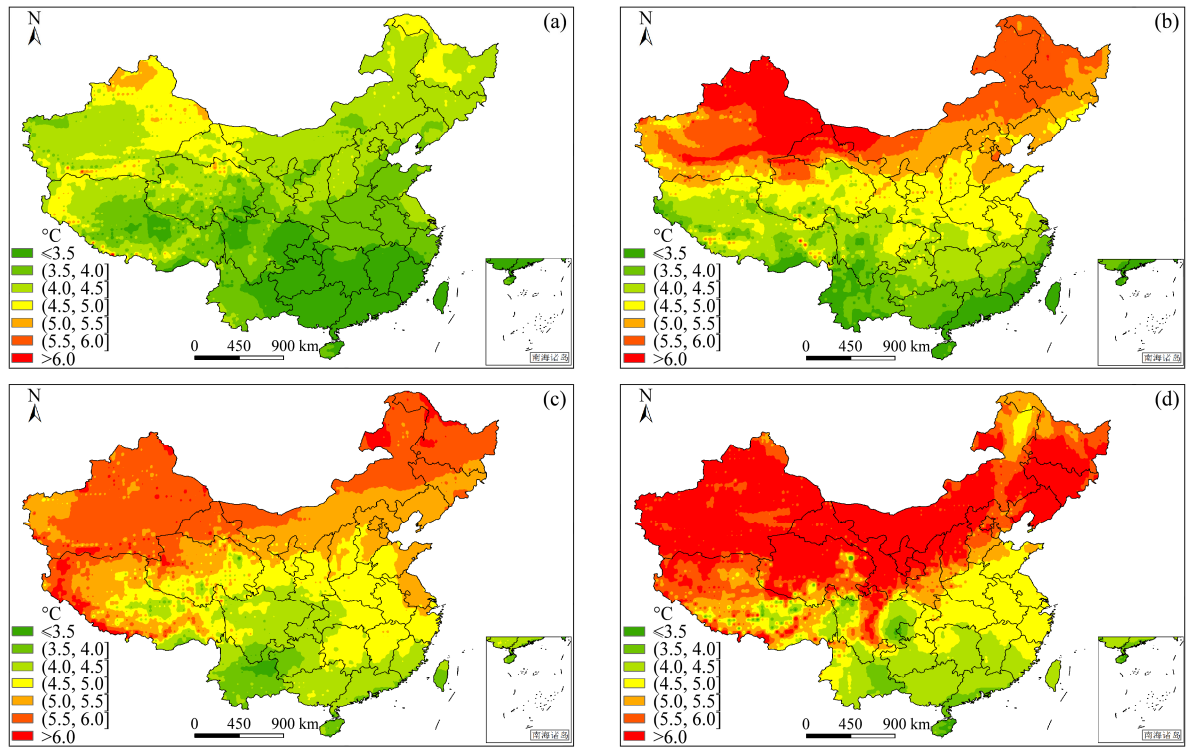


图 5 同图 4, 但为日最低气温相对于气候基准时段 (1961~1990 年) 的变化

Fig. 5 Same as Fig. 4, but for Tmin

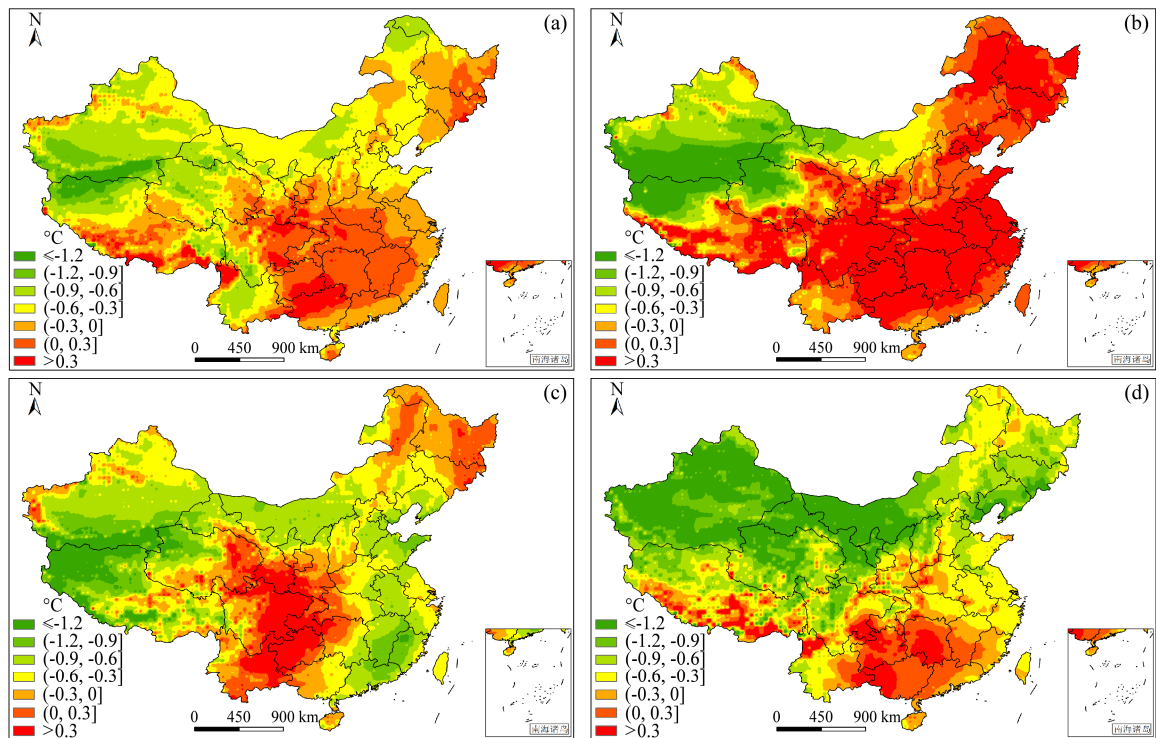


图 6 同图 4, 但为气温日较差相对于气候基准时段 (1961~1990 年) 的变化

Fig. 6 Same as Fig. 4, but for DTR

注意的是,夏季除西北和青藏高原北部以外,全国大部分地区气温日较差呈增大趋势,这与其余 3 个季节存在较大的差异。

4 结论与讨论

(1) 未来 3 个时段中国区域年平均最高、最低气温均表现为增加趋势,且随着时段的推移增温幅度逐渐加大,日较差则表现为逐渐减小趋势,至 2071~2100 年最高气温增幅可达 3.9°C ,最低气温增幅可达 4.7°C ,日较差减小可达 0.78°C ,最低气温增加幅度与最高气温增加幅度相比在 1.1 倍以上。

(2) 最高、最低气温变化的空间分布显示,未来 3 个时段年和四季平均最高、最低气温增幅分布整体一致,且表现出原本气温较低的时段和区域增温幅度更大,即 2071~2100 年时段增幅大于 2041~2070 年时段增幅,2041~2070 年时段增幅大于 2011~2040 年时段增幅,冬季增幅大于夏季,北方地区增幅大于南方地区。四个季节中,冬季最高、最低气温增幅最明显、春季增幅最小,夏季最高、最低气温增幅有较大的空间差异。

(3) 未来 3 个时段年及四季平均气温日较差均呈减小趋势,减小幅度逐渐加剧。在中国北方地区年平均气温日较差呈明显的减小趋势,在青藏高原北部气温日较差存在一个减小的低值中心,但四川盆地及云贵高原东部气温日较差呈增大趋势。在 4 个季平均气温日较差的变化中,冬季减小幅度最大、范围最广,但夏季全国气温日较差主要呈增大趋势。

(4) 与 PRECIS 模拟的 SRES B2 情景下的结果(张勇等, 2007) 对比发现,到 21 世纪末两个情景下的最高、最低气温变化整体上较为一致,都表现出一致增加的趋势,且北方地区增温幅度普遍大于南方地区,北方日较差减小而南方日较差增大,在青藏高原北部地区存在一个较强的低值中心。同时,两个情景下最高、最低气温和气温日较差的变化也存在一定的不同,比如 SRES B2 情景下东北地区最高气温增幅在 5°C 以上,而 SRES A1B 情景下东北地区最高气温增幅可达 5.5°C 以上;SRES A1B 情景下长江中下游以南地区冬季气温日较差增大范围相比 SRES B2 情景下要小很多。

由于本文仅分析 SRES A1B 排放情景下的结

果,而 SRES 气候排放情景是在 2000 年发布的,目前已设计了新的 RCPs 气候排放情景(Van Vuuren et al., 2011),未来须要进行 RCPs 情景下的分析,以期增进对未来温度和日较差变化的科学认识。

致谢 两位审稿人为本文工作提出了非常宝贵的意见,PRECIS 气候模式系统由英国 Hadley 气候中心提供,梁驹和冯灵芝为本文的完成给予了许多帮助,作者在此一并表示衷心感谢!

参考文献 (References)

- Alexander L V, Zhang X, Peterson T C, et al. 2006. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation[J]. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, 111, D05109, doi: 10.1029/2005JD006290.
- Caesar J, Lowe J A. 2012. Comparing the impacts of mitigation versus non-intervention scenarios on future temperature and precipitation extremes in the HadGEM2 climate model [J]. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, 117, D15109, doi: 10.1029/2012JD017762.
- Chen H P. 2013. Projected change in extreme rainfall events in China by the end of the 21st century using CMIP5 models [J]. *Chinese Science Bulletin*, 58 (12): 1462–1472.
- Donat M G, Alexander L V, Yang H, et al. 2013. Updated analyses of temperature and precipitation extreme indices since the beginning of the twentieth century: The HadEX2 dataset [J]. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, 118 (5): 2098–2118.
- Gao X J, Zhao Z C, Giorgi F. 2002. Changes of extreme events in regional climate simulations over East Asia[J]. *Advances in Atmospheric Sciences*, 19 (5): 927–942.
- Gao X J, Shi Y, Zhang D F, et al. 2012. Climate change in China in the 21st century as simulated by a high resolution regional climate model [J]. *Chinese Science Bulletin*, 57 (10): 1188–1195.
- IPCC. 2013. Summary for policymakers [M]// *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Stocker T F, Qin D, Plattner G K, et al., Eds. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press.
- 姜大膀, 王会军, 郎咸梅. 2004. SRES A2 情景下中国气候未来变化的多模式集合预测结果 [J]. *地球物理学报*, 47 (5): 776–784. Jiang Dabang, Wang Huijun, Lang Xianmei. 2004. Multimodel ensemble prediction for climate change trend of China under SRES A2 scenario [J]. *Chinese Journal of Geophysics (in Chinese)*, 47 (5): 776–784.
- Jones R G, Noguer M, Hassell D C, et al. 2004. Generating high resolution climate change scenarios using PRECIS [Z]. Met Office Hadley Centre, Exeter, UK. http://precis.metoffice.com/docs/Flyers_COP9_RCM.pdf.
- Kostopoulou E, Giannakopoulos C, Hatzaki M, et al. 2013. Spatial and temporal patterns of recent and future climate extremes in the eastern Mediterranean and Middle East region [J]. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci. Discuss.*, 1: 4425–4444.
- Lang X M, Sui Y. 2013. Changes in mean and extreme climates over China

- with a 2 °C global warming [J]. Chinese Science Bulletin, 58 (12): 1453–1461.
- 马鹏里, 王若升, 王宝灵, 等. 2002. 我国西北地区地面最高和最低气温变化及分布的特征 [J]. 高原气象, 21 (5): 509–513. Ma Pengli, Wang Ruoseng, Wang Baolong, et al. 2002. The characteristics of maximum and minimum temperature change and distribution in Northwest China [J]. Plateau Meteorology (in Chinese), 21 (5): 509–513.
- Marengo J A, Jones R, Alves L M, et al. 2009. Future change of temperature and precipitation extremes in South America as derived from the PRECIS regional climate modeling system [J]. International Journal of Climatology, 29 (15): 2241–2255.
- Nakićenović N, Alcamo J, Davis G, et al. 2000. Special report on emissions scenarios. A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change [M]. Cambridge, UK and New York, USA: Cambridge University Press, 599.
- Peterson T C, Zhang X B, Brunet-India M, et al. 2008. Changes in North American extremes derived from daily weather data [J]. Journal of Geophysical Research-Atmospheres, 113, D07113, doi: 10.1029/2007JD009453.
- Qian C, Yan Z W, Fu C B, et al. 2011. Trends in temperature extremes in association with weather-intraseasonal fluctuations in eastern China [J]. Advances in Atmospheric Sciences, 28 (2): 297–309.
- 任国玉, 封国林, 严中伟. 2010. 中国极端气候变化观测研究回顾与展望 [J]. 气候与环境研究, 15 (4): 337–353. Ren Guoyu, Feng Guolin, Yan Zhongwei. 2010. Progresses in observation studies of climate extremes and changes in mainland China [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 15 (4): 337–353.
- Sillmann J, Kharin V V, Zwiers F W, et al. 2013. Climate extremes indices in the CMIP5 multimodel ensemble: Part 2. Future climate projections [J]. Journal of Geophysical Research-Atmospheres, 118 (6): 2473–2493.
- 唐红玉, 翟盘茂, 王振宇. 2005. 1951–2002 年中国平均最高、最低气温及日较差变化 [J]. 气候与环境研究, 10 (4): 728–735. Tang Hongyu, Zhai Panmao, Wang Zhenyu. 2005. On change in mean maximum temperature, minimum temperature and diurnal range in China during 1951–2002 [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 10 (4): 728–735.
- Van Vuuren D P, Edmonds J, Kainuma M, et al. 2011. The representative concentration pathways: An overview [J]. Climatic Change, 109: 5–31.
- Vose R S, Easterling D R, Gleason B. 2005. Maximum and minimum temperature trends for the globe: An update through 2004 [J]. Geophysical Research Letters, 32 (23), doi: 10.1029/2005GL024379.
- 王凯, 陈正洪, 刘可群, 等. 2010. 华中区域 1960–2005 年平均最高、最低气温及气温日较差的变化特征 [J]. 气候与环境研究, 15 (4): 418–424. Wang Kai, Chen Zhenghong, Liu Kequn, et al. 2010. Variation characteristics of the mean maximum, minimum temperature, and diurnal range of temperature in central China during 1960–2005 [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 15 (4): 418–424.
- 王菱, 谢贤群, 苏文, 等. 2004. 中国北方地区 50 年来最高和最低气温变化及其影响 [J]. 自然资源学报, 19 (3): 337–343. Wang Ling, Xie Xianqun, Su Wen, et al. 2004. Changes of maximum and minimum temperature and their impacts in northern China over the second half of the 20th century [J]. Journal of Natural Resources (in Chinese), 19 (3): 337–343.
- Xu J Y, Shi Y, Gao X J, et al. 2013. Projected changes in climate extremes over China in the 21st century from a high resolution regional climate model (RegCM3) [J]. Chinese Science Bulletin, 58 (12): 1443–1452.
- Xu Y L, Zhang Y, Lin E D, et al. 2006. Analyses on the climate change responses over China under SRES B2 scenario using PRECIS [J]. Chinese Science Bulletin, 51 (18): 2260–2267.
- 许吟隆, 黄晓莹, 张勇, 等. 2005. 中国 21 世纪气候变化情景的统计分析 [J]. 气候变化研究进展, 1 (2): 80–83. Xu Yinlong, Huang Xiaoying, Zhang Yong, et al. 2005. Statistical analyses of climate change scenarios over China in the 21st century [J]. Advances in Climate Change Research (in Chinese), 1 (2): 80–83.
- 许吟隆, 吴绍洪, 吴建国, 等. 2013. 气候变化对中国生态和人体健康的影响与适应 [M]. 北京: 科学出版社, 13. Xu Yinlong, Wu Shaohong, Wu Jianguo, et al. 2013. Climate Change Impacts and Adaptation in China: Ecological and Human Health (in Chinese) [M]. Beijing: Science Press, 13.
- Yan Z W, Xia J J, Qian C, et al. 2011. Changes in seasonal cycle and extremes in China during the period 1960–2008 [J]. Advances in Atmospheric Sciences, 28 (2): 269–283.
- 翟盘茂, 刘静. 2012. 气候变暖背景下的极端天气气候事件与防灾减灾 [J]. 中国工程科学, 14 (9): 55–63, 84. Zhai Panmao, Liu Jing. 2012. Extreme weather/climate events and disaster prevention and mitigation under global warming background [J]. Engineering Science (in Chinese), 14 (9): 55–63, 84.
- 翟盘茂, 潘晓华. 2003. 中国北方近 50 年温度和降水极端事件变化 [J]. 地理学报, 58 (S1): 1–10. Zhai Panmao, Pan Xiaohua. 2003. Change in extreme temperature and precipitation over northern China during the second half of the 20th century [J]. Acta Geographica Sinica (in Chinese), 58 (S1): 1–10.
- 张勇, 许吟隆, 董文杰, 等. 2007. SRES B2 情景下中国区域最高、最低气温及日较差变化分布特征初步分析 [J]. 地球物理学报, 50 (3): 714–723. Zhang Yong, Xu Yinlong, Dong Wenjie, et al. 2007. A preliminary analysis of distribution characteristics of maximum and minimum temperature and diurnal temperature range changes over China under SRES B2 scenario [J]. Chinese Journal of Geophysics (in Chinese), 50 (3): 714–723.