

doi:10.3969/j.issn.1673-1719.2014.01.012

董思言, 高学杰. 长期气候变化: IPCC 第五次评估报告解读 [J]. 气候变化研究进展, 2014, 10 (1): 56-59

# 长期气候变化——IPCC 第五次评估报告解读

## Long-Term Climate Change: Interpretation of IPCC Fifth Assessment Report

董思言, 高学杰

中国气象局国家气候中心, 北京 100081

IPCC第五次评估报告(AR5)<sup>[1]</sup>中关于长期气候变化的预估主要基于全球耦合模式比较计划第五阶段(CMIP5)的46个地球系统模式结果,在对模式、情景及不确定性介绍的基础上,给出了21世纪及其后更远时期的气候变化预估结果。与第四次评估报告(AR4)及全球耦合模式比较计划第三阶段(CMIP3)不同的是,AR5预估所使用的温室气体排放情景为典型浓度路径(RCP, AR4主要使用的是SRES),但在相似温室气体浓度的情况下,两者给出的未来气候变化结果差别不大。

### 1 情景、集合和不确定性

预估基于CMIP5的试验结果,CMIP5使用了包含更完备强迫的新温室气体排放情景(RCP)<sup>[1]</sup>。AR5主要使用的4个RCP情景所对应的21世纪末辐射强迫较AR4使用的3个SRES情景(B1, A1B和A2)分布范围更广,如其中与2℃阈值所对应的RCP2.6辐射强迫较B1低了近2 W/m<sup>2</sup>,由此使得21世纪末升温下限的0.3℃低于AR4中的1.1℃。在RCP各情景下,未来气溶胶强迫的下降幅度更大,其数值在21世纪比SRES各情景下更低,CO<sub>2</sub>在21世

纪占总人为强迫的80%~90%。这些新的模拟试验和研究继续致力于对长期预估中不确定性的特征进行更全面和严格的描述,但是自AR4以来,不确定性的幅度没有显著变化<sup>[2]</sup>。CMIP3和CMIP5对变化的大尺度型态和幅度的预估总体一致,全球气温预估存在的差异主要是由于排放情景的改变。21世纪中叶以前,预估的变化和排放情景选择的关系不大,但随后的变化幅度则在非常大的程度上受排放情景选择的影响。与AR4中所使用的相应情景相比<sup>[3]</sup>,基于RCP的气候变化,在空间分布和变化幅度方面均与AR4中的预估结果类似。

### 2 气温变化的预估

21世纪中期全球平均地表气温将随温室气体排放的持续而继续升高。基于浓度驱动的RCP各情景,相对于1986—2005年,2081—2100年全球平均地表气温可能处于CMIP5模式结果的5%~95%范围内,分别为0.3~1.7℃(RCP2.6)、1.1~2.6℃(RCP4.5)、1.4~3.1℃(RCP6.0)和2.6~4.8℃(RCP8.5)(图1)。相对于工业化前,RCP4.5、RCP6.0和RCP8.5情景下预估的2081—2100年全球平均地表气温,可能会比工业化前高1.5℃(高信度),

收稿日期: 2013-12-07; 修回日期: 2013-12-28

资助项目: 国家重点基础研究发展规划项目(2010CB950903); 公益性行业(气象)科研专项(GYHY201306019); 国家科技支撑课题(2012BAC20B05)

作者简介: 董思言, 男, 助研, 主要从事气候变化及气候模拟研究; 高学杰(通信作者), 男, 研究员, gaoxj@cma.gov.cn

①本文所提IPCC评估报告均指第一工作组报告。

RCP6.0和RCP8.5情景下,可能会比工业化前高 $2^{\circ}\text{C}$  (高信度),而RCP2.6情景下可能不高于 $2^{\circ}\text{C}$  (中等信度)。除RCP8.5情景下或许可能在2081—2100年出现超过 $4^{\circ}\text{C}$ 升温的情况外(中等信度),其他所有RCP情景下都不可能(高信度)。

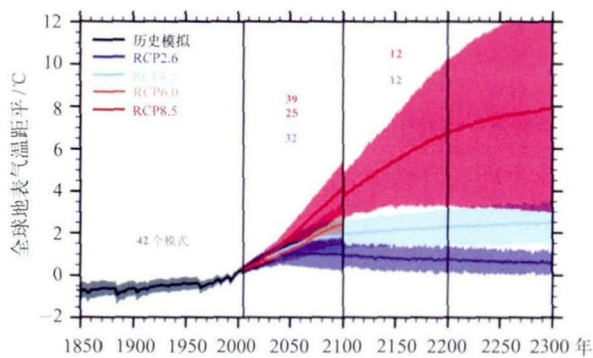


图1 基于CMIP5多模式的全球年平均地表气温距平(相对于1986—2005年)。预估中各RCP情景的多模式平均用实线表示,阴影部分为各模式5%—95%的区间范围。2100年后的不连续主要由所使用的模式数量差异引起,不具有物理意义<sup>[4]</sup>

Fig. 1 Time series of global annual mean surface air temperature anomalies (relative to 1986–2005) from CMIP5 multi-models. Projections are shown for each RCP for the multi-model mean (solid lines) and the 5%–95% range across the distribution of individual models (shading). Discontinuities at 2100 are due to different numbers of models performing the extension runs beyond the 21st century and have no physical meaning<sup>[4]</sup>

升温会存在较大的区域性差异。陆地升温较海洋升温大(高信度),到21世纪末两者相差 $1.4\sim 1.7$ 倍。在不考虑大西洋经向翻转环流(AMOC)的情况下,北极地区的升温预估最高(很高信度)。这种极地放大作用在南极不存在,这主要是由深层海洋混合、海洋热吸收以及南极冰盖的继续维持引起。北大西洋和南大洋的升温在各种情景下都最低。纬向平均气温在对流层均将升高,特别是在对流层上层和高纬度地区,而在平流层则降低。

几乎确定的是,随着全球平均地表气温上升,绝大部分地区极端热事件会增多,极端冷事件会减少。热浪很可能发生的频率更高,时间更长;然而,偶尔的极端冷冬事件也会继续出现。未来几十年大多数地区的暖日和暖夜的频率可能会增加,而冷日和

冷夜的频率可能会减少。在大部分地区,预估20年一遇低温事件的增加速率会大于冬季平均气温的上升速率,而低温重现值变化最大的是在高纬度地区。预估大部分地区20年一遇高温事件的增加速率会接近或大于夏季平均气温的上升速率。在RCP8.5情景下,到21世纪末大部分陆地区域目前20年一遇高温事件可能会更为频繁(频率至少加倍,并在许多地区会变为一年或两年一遇的事件),目前20年一遇的低温事件将变得极为罕见。

### 3 水循环的变化

纬向平均降水很可能将在高纬度和一些中纬度地区增加,多半会在亚热带地区减少。在区域尺度上降水变化可能会受到人为气溶胶排放的影响,并将受到自然内部变率的强烈影响。陆地近地面的比湿很可能将上升。

从长期而言,随着全球平均地表气温的上升,全球降水将会增加(几乎确定)。气温每升高 $1^{\circ}\text{C}$ 全球平均降水的增长率将低于大气水汽的增长率。除RCP2.6以外,在其他情景下降水可能将增加( $1\%\sim 3\%$ )/ $^{\circ}\text{C}$ 。在全球变暖背景下,平均降水量的变化将会出现显著的空间差异:有些地区会上升,有些地区会下降,而另外一些地区则没有显著变化。随着全球气温的上升,预估大部分海洋的年平均表面蒸发量将增加。具有高信度的是,在21世纪气温升高的状况下,全球在干旱地区和湿润地区之间的季节平均降水差将会增大。而且具有高信度的是,随气温升高全球大部分地区湿季和干季的降水差也将增大。高纬度和赤道太平洋地区降水很可能增加。在RCP8.5情景下,到21世纪末很多中纬度和副热带干旱地区平均降水将可能减少,很多中纬度湿润地区的平均降水可能增加。

中纬度大部分陆地和多雨热带地区的极端降水事件很可能强度加大、频率增高。就全球而言,随着气温的上升,对于短时降水事件,可能会有更多的强风暴和较少的弱风暴。年度最大日降水20年一遇值对气温的敏感性存在较大区域差异,全球平均敏感性范围在局地气温每上升 $1^{\circ}\text{C}$ 增加4%(CMIP3

模式平均)和5.3% (CMIP5模式平均)之间。

#### 4 冰冻圈的变化

随着气温的上升,21世纪北极海冰的冰盖很可能继续缩小、变薄。同时在南极,预计海冰面积和冰量减小,但是为低信度。预计在所有RCP情景下冰川体积都会变小。到21世纪末,根据CMIP5多模式平均值,预计北极海冰全年都会减少,2081—2100年9月份北极海冰平均面积在RCP2.6情景下将减少43%、在RCP8.5情景下减少94%;2月份将分别减少8%和34% (中等信度)。随着全球气温的上升,22世纪北半球积雪很可能将会减少,北半球春季积雪将减少;冻土层几乎确定会退缩。

#### 5 海洋的变化

在所有RCP情景下,预估全球海洋都将变暖。表面变暖幅度最大的海洋位于副热带和热带。深海区变暖以南大洋最为明显。由于长时间从海表向深海传热,即使温室气体排放量减少或浓度保持不变,海洋变暖也将持续数个世纪。在一些地区,到21世纪末在海洋上层几百米的区域,预计变暖将超过 $0.6\text{ }^{\circ}\text{C}$  (RCP2.6)至 $2.0\text{ }^{\circ}\text{C}$  (RCP8.5),在1 km深的海区预计变暖 $0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$  (RCP2.6)至 $0.6\text{ }^{\circ}\text{C}$  (RCP8.5)。

AMOC在21世纪很可能会减弱,但很不可能发生突变或者崩溃,对21世纪之后AMOC演变的评估具有低信度,也不能排除21世纪之后由于长期持续升温而使AMOC崩溃的可能性。

#### 6 气候稳定性、气候变化的持续性和不可逆性

$\text{CO}_2$ 累积排放在很大程度上决定了21世纪后期及以后的全球平均地表变暖。即使停止 $\text{CO}_2$ 排放,气候变化的许多方面也将持续若干世纪。这充分说明了过去、现在和未来的 $\text{CO}_2$ 排放可以产生长达多

个世纪的气候变化。人为 $\text{CO}_2$ 的累计排放量与升温近似于线性相关。如果将人为 $\text{CO}_2$ 排放单独引起的变暖限制在与工业化前相比不超过 $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,则自工业化时代开始,所有人为 $\text{CO}_2$ 累积排放量需要限制在 $1000\text{ Gt C}$ 以下,而2011年之前的累积排放已经超过了这个数值的一半。降低升温目标,或者提高维持低于特定升温目标的可能性,将要求降低 $\text{CO}_2$ 的累积排放量。考虑非 $\text{CO}_2$ 温室气体增加、气溶胶减少或多年冻土层温室气体释放等因素,则还将降低特定升温目标的 $\text{CO}_2$ 累积排放量。很可能所排放 $\text{CO}_2$ 中的20%以上会在大气中滞留1000年以上。即使完全停止排放,气温也将在一个高的水平上维持很多世纪。气候变化的多个方面,在多世纪乃至千年尺度上是不可逆的,除非将大气中的 $\text{CO}_2$ 进行有效去除。气候系统的一些组成部分或现象可能会存在突变或非线性变化,已知其中一部分曾经在历史上发生过,如AMOC、格陵兰冰盖、亚马孙森林和季风环流等。但总体来说这类事件可能在21世纪发生的信度很低,一致性也很差。

#### 7 讨论

在CMIP5和AR5对长期气候变化的预估中,使用了新的温室气体排放情景RCP,所给出的21世纪末气温预估结果 $0.3\sim 4.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 相比AR4中使用SRES情景的 $1.1\sim 6.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 在上、下限上都存在一定的差别。CMIP5中的模式代表了目前相关领域的最高水平,而且通过多模式结果的集合及分析,可以给出未来变化的范围,为影响评估和适应对策服务提供了基础数据。但需要注意的是,由于计算机条件限制,尽管CMIP5模式的水平分辨率有所提高,但对于如东亚季风气候等的模拟仍存在不足和误差,而高分辨率的区域气候模式在对东亚当代气候有更高模拟能力的同时,所给出的气候变化信号也往往与全球模式不同,需要对CMIP5全球模式结果进行动力或者统计降尺度,以得到相对更加可靠的区域尺度气候变化信息<sup>[5-6]</sup>。■

## 参考文献

- [1] Meinshausen M. The RCP greenhouse gas concentrations and their extensions from 1765 to 2300 [J]. *Climatic Change*, 2011, 109: 213-241
- [2] IPCC. Climate change 2013: the physical science basis [M]. Cambridge: Cambridge University Press, in press. 2013-09-30 [2013-09-30]. [http://www.climatechange2013.org/images/uploads/WGIAR5\\_WGI-12Doc2b\\_FinalDraft\\_All.pdf](http://www.climatechange2013.org/images/uploads/WGIAR5_WGI-12Doc2b_FinalDraft_All.pdf)
- [3] IPCC. Climate change 2007: the physical science basis [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2007: 1-996
- [4] Collins M, Knutti R, Arblaster J, *et al.* Long-term climate change: projections, commitments and irreversibility [M/OL]//IPCC. Climate change 2013: the physical science basis. Cambridge: Cambridge University Press, in press. 2013-09-30 [2013-09-30]. [http://www.climatechange2013.org/images/uploads/WGIAR5\\_WGI-12Doc2b\\_FinalDraft\\_Chapter12.pdf](http://www.climatechange2013.org/images/uploads/WGIAR5_WGI-12Doc2b_FinalDraft_Chapter12.pdf)
- [5] Gao X J, Shi Y, Zhang D F, *et al.* Uncertainties of monsoon precipitation projection over China: results from two high resolution RCM simulations [J]. *Climate Research*, 2012, 52: 213-226, doi: 10.3354/cr01084
- [6] Gao X J, Wang M L, Giorgi F. Climate change over China in the 21st century as simulated by BCC\_CSM1.1-RegCM4.0 [J]. *Atmospheric and Oceanic Science Letters*, 2013, 6 (5): 381-386, doi:10.3878/j.issn.1674-2834.13.0029