

气候变化的观测事实与未来趋势

任国玉¹ 徐影²

(中国气象局国家气候中心气候研究开放实验室, 博士^{1,2}、研究员¹、副研究员² 北京 100081)

[摘要] 全球气候正经历着明显的变暖过程。本文总结了国内外气候变化研究的主要发现, 特别对国内近几年的研究和评估结果做了简要介绍。研究发现, 无论是观测到的过去变化, 还是预估的未来趋势都表明, 中国地表气温的增暖均比全球或北半球明显。但是, 目前还不能对过去气候变化的原因给出明确的解释, 对未来气候趋势预估的可靠性也还比较低。如果过去 50 年的气候变化确由增强的温室效应引起, 同时预估的未来趋势也是可信的, 那么人为引起的气候变化及其影响就是一个非常严重的问题, 必须给予更严肃的考虑。

[关键词] 全球变暖 气候观测 气候预估 [中图分类号] P4

[文章编号] 1000-7857(2004)07-0015-03

OBSERVED AND PROJECTED CLIMATE CHANGES

REN Guoyu XU Ying

(Laboratory for Climate Studies, National Climate Center, CMA, Beijing 100081, China)

Abstract: Global climate is experiencing an obvious warming. This paper summarizes the main findings of climate change researches conducted globally, with an emphasis of results of the recent studies done in China. A more evident change in climate has been found in the country for both the past and the future. If the change in the past 50 years could be attributed to the increased atmospheric CO₂ concentration, and if the projected changes for the coming decades will come to be true, the impacts of the anthropogenic climate change will be very significant, and they have to be considered more seriously.

Key Words: global warming, climate observation, climate projection

近几十年来, 全球和中国地区正在经历以变暖为主要特征的变化(秦大河等, 2004)。目前, 科学界一般认为, 近 50 年来的气候变化可能主要是由于大气中温室气体浓度的增加造成的。各国政府和科学界还十分关心未来几十到上百年的气候变化趋势, 因为这种信息对国家制定长远社会经济发展规划具有重要价值。本文简要总结了近年相关研究结果, 供有关部门和各界人士参考。

1 全球过去的气候变化

自 1860 年即最早拥有仪器观测资料以来, 全球地表气温增加了 $0.6 \pm 0.2^\circ\text{C}$ 。20 世纪大部分的增温发生在两个时段——1910 年至 1945 年及 1976 年以后 (Houghton, et al, 2001)。20 世纪 90 年代是过去 100 多年中最暖的 10 年, 而 1998 年是最暖年。分析还表明, 北半球在过去的 1 000 年中, 20 世纪可能是增温最明显的一个世纪。自 1950 年以来, 全球陆面夜间的日平均最低温度的增加率是白天日平均最高温度增加率的 2 倍, 中高纬地区的生长期呈增长趋势, 雪盖则减少, 非极地区的山地冰川广泛消退。在最近几十年, 北极夏至至秋初的海冰厚度减少了约 40%。近 100 多年来全球海平面平均上升了 0.1~0.2m。

工业革命以来, 大气二氧化碳 (CO₂) 浓度增加了 1/3, 到 2003 年达到 370ppmv 以上。在过去的 42 万年中, 大气中 CO₂ 浓度从未有过这么高。大气 CO₂ 增长的 2/3 是由矿物燃料造成, 其它则由土地利用变化尤其是森林砍伐以及水泥生产等造成。过去 20 年间, 大气中二氧化碳浓度也明显增加, 而且目前仍保持增长趋势。大气中甲烷与氧化亚氮 (N₂O) 的浓度分别增加了 151%和

17%。自 1750 年以来, 由于温室气体含量的增加, 使近 200 年的辐射强迫增加了 $2.43\text{W}/\text{m}^2$ 。因此, 当前大气中的温室气体浓度上升是非自然的, 温室气体浓度上升引起的辐射强迫增加也是真实的 (Houghton, et al, 2001)。

IPCC 第三次评估报告进一步证实, 近百年的全球气候变化主要是由自然因素和人类活动共同造成的, 而近 50 年来的增暖主要是人类活动影响造成的。模拟气候对自然强迫的响应, 包括对太阳辐射变率和火山喷发的响应, 说明自然强迫因子在所观测的 20 世纪前半叶增暖中起到一定作用, 但自然因子无法解释 20 世纪后半叶的升温。古气候资料也表明, 20 世纪特别是 90 年代以来北半球的明显增暖可能不是自然的, 因为这种快速的变暖在过去的 1 000 年内可能没有过。

2 中国过去的气候变化

中国科学家对近 100 年和近 50 年的气候变化历史进行了系统的分析, 对历史时期的气候变化特点也进行了研究。中国的气候变化与全球变化有相当的一致性, 但也存在明显差别。近 50~100 年内, 中国地表气温呈明显增暖趋势, 但 20 世纪 30~40 年代的暖期似乎比全球平均明显得多。中国温度变化的季节和地区特征同北半球基本一致。中国科学家认为, 中国历史上存在着更暖的时期, 20 世纪的增温可能还不是没有先例的, 自然因子对气候变化的影响不能低估。但也有研究表明, 中国 20 世纪的增暖是过去至少近 1 000 年内没有的 (王绍武、董光荣, 2002)。

对于器测时期气候变化的原因, 现有的研究给出了各种各样

的解释。迄今为止,国内气候学界还没有就 20 世纪或近 50 年来温度和降水变化的原因达成共识。一般认为,海洋等气候系统内部的多尺度变率可能是重要影响因子,特别是对降水的影响,但温度变暖的时空特征又可能与增强的温室效应有联系。

下面以国家“十五”重点科技攻关课题“全球与中国气候变化的检测和预测”的研究发现和结论为基本素材,简要总结中国地区观测的气候变化事实。

(1)近 100 年来中国大陆年平均气温增暖 0.79℃,比全球平均略高,但全国平均的降水量变化趋势不明显。自 1951 年至 2001 年,全国年平均地表气温变暖约 1.1℃,平均增温速率比同期全球或北半球高 1 倍左右;在 1961~2000 年的 40 年内,中国气候生长期已明显增长,北方平均增长了 10 天左右;1951 年以来全国平均的年降水量变化不明显,但 1956 年以来有一定增加趋势;近 50 年来全国平均或大部分地区的日照时间、平均风速、蒸发量等气候要素均呈显著下降趋势。但是,上述气温分析没有考虑城市热岛强度随时间增强因素的影响。我国部分地区城镇化对地面气温记录具有明显的影响。

(2)近 50 年来,中国大陆平均的炎热日数没有出现显著趋势性变化,而霜冻日数和寒潮事件频率则明显减少;长江中下游流域夏季降水量和暴雨日数明显增多,华北和东北的主要农业区干旱面积呈增加趋势;从全国平均来看,暴雨或强降水日数以及干旱面积略有增多,但变化趋势并不显著;登陆中国的台风以及由于台风造成的降雨量呈减少趋势;中国北方沙尘天气包括沙尘暴事件出现频率总体上呈下降趋势。从全国平均来看,近 50 年来我国主要类型的极端天气气候事件发生频率或者呈稳定态势,或者呈减少趋势。

(3)中国青藏高原北部近 100 年特别是近 20 年的降水可能是历史上(近 1 000 年)最多的,干旱强度和频率可能是历史上最低的;中国东部历史上也出现过多次比近现代持续时间长、强度大的干旱和洪涝事件;青藏高原北部近 100 年的增暖也可能是过去 1 000 年里所没有的,但仍存在着不确定性。

(4)古气候代用记录表明,自然因子可以引起明显的年代尺度以上的气候变化,20 世纪的增温不排除自然因素变化影响的可能性;但是,气候模式与资料的对比分析表明,中国观测的 20 世纪温度和降水变化空间分布形式在一定程度上也和模式模拟的全球变化情景下中国区域气候变化空间的特点一致,说明过去 100~50 年的气候变化可能受到了温室效应增温因素的影响。

但是,中国地区气候变化的原因识别问题非常复杂,还需要进一步开展研究,目前尚不能给出明确结论。

3 未来的可能情景

对未来气候变化趋势的估计非常困难,目前还不能给出可靠的预测。自然因子可以引起明显的气候变化,但现在对自然过程的理解还非常有限。这里仅给出人为增强的温室效应影响下全球和中国地区未来可能的变化。这些未来气候情景是在一系列的假设条件下根据气候模式计算获得的,本身也具有非常高的不确定性,只能作为一般参考。

3.1 全球气候变化。IPCC 第一次评估报告(FAR)指出,在大气中 CO₂ 浓度比工业化前增加了 1 倍情况下,全球平均表面气温增加为 1.5~4.5℃。增暖主要发生在地球表面和对流层,秋季和冬季高纬地区的增暖较强,陆地地区增温比海洋明显。高纬和热带地区全年降水均增加,而中纬度地区降水只在冬季增加;干旱的副热带地区降水变化一般较小(IPCC,1990)。

IPCC 第三次评估报告(TAR)考虑多种未来温室气体排放情景,认为 1990~2100 年全球平均表面温度的增加范围为 1.4~5.8℃(Houghton, et al,2001)。未来温度变化的时间和空间特征与 FAR 评估结论相近,几乎所有的陆地将会更加迅速地增暖,在北半球高纬度的冬季更是如此。全球平均水汽、蒸发量和降水量预计会增加。

3.2 中国气候变化。在 IPCC 给定的未来 4 种温室气体的排放情境下[只有温室气体(GG)、温室气体加气溶胶(GS)、较高的温室气体排放(A2)和中低水平的温室气体排放(B2)],21 世纪中国地区的年平均温度同样呈增加趋势,且增加的幅度比全球和东亚地区的都大;中国地区平均的降水也呈增加趋势,到 21 世纪末年平均降水将可能增加 10%~20%(徐影等,2002)。

表 1 给出了多个气候模式计算的平均温度和降水变化的线性趋势。4 种方案中,A2 方案温度增加幅度最大,与全球和东亚地区未来 100 年的线性趋势相比,中国温度变化的线性倾向比全球的高。A2 排放方案时,中国未来 100 年降水将增加 14%,B2 方案时将增加 9%,说明由于未来排放方案的不同,中国未来的降水变化也不尽相同。

表 1 模式平均的 21 世纪中国温度和降水变化的线性趋势

	GG	GS	A2	B2
温度变化倾向 (°C/100 年)	4.9	3.6	5.5	3.4
降水变化倾向 (%/100 年)	8	3	14	9

对于温度变化的地理分布来说,北部和西部增温最大。最大增温区域在华北、西北和东北的北部。到 21 世纪末 GG 和 GS 时整个中国增温范围将分别达到 3.5~6.5℃和 2.5~5.5℃,A2 和 B2 时分别为 3.5~6.5℃和 2.5~5.0℃;最大的增温地区仍然是华北、西北和东北地区。

4 种排放情景下,降水变化的地理分布,都是中国的西部地区降水增加(丁一汇,2002),而华北、长江以北地区降水减少。到 21 世纪中期,GG 时,中国西部地区降水增加更加明显,尤其是西北地区的新疆地区降水将增加 25%~30%,而东部地区的降水无明显变化;GS 时,也是新疆地区降水增加最大,长江流域以及西南地区降水略有减少;A2 和 B2 降水变化的分布型式基本上也是中国的西部地区降水增加最大,东部较小,与 GG 和 GS 不同的是 A2 和 B2 降水增加最大中心除新疆外还有青藏高原的西藏地区。

4 问题与展望

在全球气候变化检测和趋势预估方面,还有许多科学技术问题没有很好解决。气候变化的监测和检测方面的科学不确定性还很大。例如,根据古气候代用资料分析 20 世纪增暖是不是异常还面临许多困难。由于代用资料本身和资料覆盖的问题,近代和未来预测的温度变化在历史上到底处于什么地位仍不很清楚(任国玉,2002)。TAR 给出的 1 000 年温度序列是初步的。在年到世纪尺度上气候的自然变化幅度是较大的,目前对自然气候变化及其影响因子的了解还是有限的(Houghton, et al,2001)。对温室气体辐射强迫和气候系统敏感性的认识还存在差距。模式本身在模拟长期气候变化方面能力也欠佳,需要不断改进,才能在气候变化原因的判别上充分发挥作用。

在未来气候变化趋势估计方面,存在着更多的不确定性。下列因素继续阻碍着对未来气候变化的准确预估。(1)目前在温室气体排放情景、气候系统若干关键过程和反馈等方面,认识还有很大差距。在解决生物地球化学循环、温室气体和气溶胶源与时空

(下转第 10 页)

3 结论

3.1 由于全球气候变暖,融冰及降水量增加,北大西洋北部淡水输入量增加,使 THC 减弱,从而导致北半球一些地区气候变冷。这是完全可能的。

3.2 过去 40 年所观测到的盐度下降程度与 8.2kaBP 或 LIA 不在一个数量级上,更远低于 YD 事件。

3.3 因此,在未来 20~30 年 THC 完全关闭的可能性是非常小的。也缺少有力的证据说明很快会发生如 8.2kaBP 事件的 THC 减弱。

3.4 对于因为 THC 减弱而导致气候变冷来临的时间及变冷程度,国际上有许多不同见解,有人认为可能至少要 100 年才变冷,有人认为几十年就可能出现冰期,有人认为变冷已经开始。说明这个问题的研究尚不成熟,需要密切关注。

3.5 无论如何,由于全球继续变暖,THC 减弱的可能性是存在的。因此,从国家安全角度看,“报告”唤起国家领导人及公众对气候变化影响的重视,有积极意义。

参考文献

- [1] Schwartz P & D Randall. An abrupt climate change scenario and its implications for United States National Security [J]. The Observer, 22 Feb. 2004
- [2] 罗勇. 五角大楼发出警告:气候变化将摧毁我们[J]. 气候变化通讯,2004, 3(1):14
- [3] Dansgaard W, S J Johnsen, H B Clausen et al. Evidence for general instability of past climate from a 250-kyr ice core record [J]. Nature, 1993, 364: 218~220
- [4] Bond G C, W S Broecker, S Johnsen, et al. Correlations between climate records from North Atlantic sediments and Greenland ice [J]. Nature, 1993, 365: 143~147
- [5] Heinrich H. Origin & consequence of cycle ice-rafting in the Northeast Atlantic Ocean during the past 130 000 years [J]. Quaternary Research, 1988, 29(1): 142~152
- [6] Bond G C, W Shower, M Elliot et al. The North Atlantic (s 1~

(上接第 16 页)

分布,以及在理解气候系统中关键的反馈作用方面,将来会有进一步改进。(2)在估计包括气溶胶在内的辐射强迫时,误差也还很大。现在的估计带有主观色彩,真实的强迫可能落在目前估计的不确定性区间之外(石广玉等,2002)。(3)气候模式本身存在着较大的缺陷。现在,模式还不能较好地模拟气候系统状态。关于未来气候趋势的预测,其不确定性是相当高的,结果有待检验。今后需要做大量的改进工作,然后才能模拟出区域细节以及极端天气事件。为了解决这些问题,需要切实加强气候系统观测,独立地发展我国的气候系统模式,并加大对研究的投入。

显然,在气候变化的检测和预估方面,上述重要的科学问题仍需要进一步研究。对气候成因分析和气候趋势估计的可靠性将严重依赖于对这些科学问题的理解水平。随着研究的深入,科学界有望进一步减少不确定性,对过去气候变化的原因给出更明确的结论,同时对未来可能的变化趋势做出更令人信服的估计。

(感谢丁一汇、赵宗慈、翟盘茂、罗勇、邵雪梅等教授的帮助和支持,感谢国家“十五”科技攻关项目课题“全球与中国气候变化的检测和预测”(2001BA611B-01)的资助。)

参考文献

- [1] 丁一汇. 中国西部环境变化的预测 [M]. 中国西部环境演变评

2kyr climate rhythm: relation to Heinrich events, Dansgaard/Oeschger cycles and the Little Ice Age [A]. In: Mechanisms of Global Climate Change at Millennial Time Scales. Clark P U, R S Webb & L D Keigwin (eds). Geophysical Monograph [C]. 1999,112: 35~58

- [7] Berger W H & L D Labeyrie. Abrupt Climatic Change, NATO ASI Series, 1987, 216: 397
- [8] Broecker W S. Does the trigger for abrupt climate change reside in the ocean or in the atmosphere[J]. Science, 2003, 300: 1 519~1 522
- [9] 杨志红,姚檀栋,黄翠兰等. 古里雅冰芯中国新仙女木事件记录[J]. 科学通报,1997, 42(18): 1 975~1 978
- [10] Broecker W S, D M Peteet, D Rind. Does the ocean-atmosphere system have more than one stable mode of operation [J]. Nature, 1985, 315:21~26
- [11] Broecker W S, G Bond, M Klas et al. A salt oscillator in the glacial Atlantic, The concept[J]. Paleoceanography, 1990, 5:469~478
- [12] Imbrie J, A Berger, E A Boyle, et al. On the structure and origin of major glaciations cycles: the 100 000-year cycle [J]. Paleoceanography, 1993, 8: 699~735
- [13] Sarnthein M, K Winn, S J A Jung, et al. Changes in east Atlantic deep water circulation over the last 30 000 years: eight time slice reconstructions [J]. Paleoceanography, 1994, 9: 209~267
- [14] Alley R B & P U Clark. The deglaciation of the northern hemisphere (s global perspective [J]. Ann Rev Earth Planet Sci, 1999, 27: 149~182
- [15] Stocker T F. Past and future reorganizations in the climate systems[J]. Quaternary Science Reviews. 2000,19(1~5): 301~319
- [16] Duplessy J C, L Labeyrie, M Arnold, et al. North Atlantic sea-surface salinity and abrupt climatic changes [J]. Nature, 1992, 358:485~488

(责任编辑 苏青)

估(第二卷).北京:科学出版社

- [2] 秦大河,丁一汇,苏纪兰. 中国气候与环境的演变及预估[M]. 中国气候与环境演变(上卷),北京:科学出版社,2004
- [3] 任国玉,全球气候变化研究的现状与方向[A]. 见:中国气象学会秘书处编. 大气科学发展战略[C]. 北京:气象出版社.76~81
- [4] 石广玉,王会军,王乃昂,等. 人类活动在西部地区环境演变中的作用[A]. 见:秦大河总主编. 中国西部环境演变评估(第一卷)[C]. 北京:科学出版社,2000. 182
- [5] 王绍武,董光荣(主编).中国西部环境特征及其演变[A]. 见:秦大河主编. 中国西部环境演变评估(第一卷)[C]. 北京:科学出版社,2002
- [6] 徐影,丁一汇,赵宗慈.NCC/IAPT63 海气耦合模式模拟人类活动对气候变化的影响[J]. 气候变化通讯, 2002(1)
- [7] Houghton, J. T., Ding, Y. H., et al. Climate Change 2001: The Scientific Basis [M]. Cambridge Univ. Press, Cambridge, 2001, 896
- [8] IPCC: Climate Change: The IPCC Scientific Assessment, (Eds. Houghton, J.T., Jenkins, G. & Ephraums, J.J.), Cambridge University Press, Cambridge, 1999, 364

(责任编辑 胡春华)