

# 中国的气候变暖

王绍武 赵宗慈 唐国利

**内容提要** 现在大多数科学家承认近百年全球气候确实是变暖了,中国的观测证据也表明近百年中国气候变暖的事实。中国气候变暖与全球气候变暖基本同步,中国是世界上变暖较为激烈的地区之一,但有其自己的特点。由于人类活动造成的大气中温室气体将继续增加,与全球一样,中国未来气候变化趋势仍是变暖,而且变暖速率将继续增加,但不排除在某一个月或季在某一个地区出现明显的低温,但后者主要与自然气候变化有关。

**关键词** 气候变化 气候变暖 中国

进入 21 世纪,应对气候变化逐渐成为国际谈判、政府间合作、领导人会谈的重要议题。为什么这个问题受到如此广泛关注,这还要从气候变化问题科学本身来了解。政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 于 1990 年、1996 年、2001 年及 2007 年发表了四份评估报告,每份评估报告分三卷,即科学评估、影响评估及对策评估,分别由第一工作组、第二工作组及第三工作组编写。第五份评估报告预计于 2012 年发表。<sup>1</sup> 根据

\* 王绍武:北京大学物理学院大气科学系教授(邮编:100871);赵宗慈:中国气象局国家气候中心研究员(邮编:100081);唐国利:中国气象局国家气候中心副研究员(邮编:100081)。

<sup>1</sup> J. T. Houghton, G. J. Jenkins and J. T. Ephraums eds, *Climate Change: The IPCC Scientific Assessment*, Cambridge: Cambridge University Press, 1990. J. T. Houghton, et al eds, *Climate Change 1995: The Science of Climate Change*, Cambridge: Cambridge University Press, United Kingdom and New York, N Y, USA, 1996. J. T. Houghton, et al eds, *Climate Change 2001: The Scientific Basis: Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge: Cambridge University Press, United Kingdom and New York, N Y, USA, 2001. Solomon S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor and H. L. Miller eds, *Climate Change 2007: The Physical Science Basis: Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, N Y, USA, 2007.

这四份评估报告,全球平均温度的上升速率日益加剧(表-1)。’这就是人们重视气候变暖问题根本原因。政府间气候变化专门委员会成立至今已有20多年了,现在大多数科学家承认,近百年全球气候确实是变暖了。°

表-1 政府间气候变化专门委员会报告提供的全球温度变化趋势

评估报告	升温速率(°C/100a)	变化范围(°C/100a)	观测时段
第一次(1990年)	0.45	0.3—0.6	1861—1989年
第二次(1996年)	0.45	0.3—0.6	1861—1994年
第三次(2001年)	0.60	0.4—0.8	1901—2000年
第四次(2007年)	0.74	0.56—0.92	1906—2005年

然而,这一共识的取得经历了数十年的过程。°在1920年代,北大西洋及其临近地区率先变暖,不过变暖主要限于高纬地区,1940年代扩展到几乎北半球。但是,南半球并没有普遍变暖的迹象。¼当时受到第二次世界大战的影响,科学家们无暇顾及气候变暖的问题。因此,对1920年代到1940年代的气候变暖,直到这次变暖已经结束的1950年代,才受到科学界的关注。½由于随后1950年代到1970年代全球温度明显回落,因此,也出现了一些“小冰期即将到来”的观点。¾但是,大约从1970年代末开始,全球温度持续上升。¿此后,尽管逐年之间温度仍有波动,但是持续变暖的趋势却没有改变,而且变暖的速率日愈加剧。因此,全球气候变暖已经成为被广泛承认的一个议题。本文主要集中讨论三个问题:(1)中国气候是否也变暖了?(2)中国的变暖与全球变暖的联系。(3)未来气候变暖的预估。

## 一、近百年中国气候变暖了

研究全球温度变化时包括陆地气温及海表温度,所以称为温度,而不用气温。

’ 赵宗慈、王绍武、罗勇:《IPCC成立以来对温度升高的评估与预估》,《气候变化研究进展》2007年第3期,第183—184页。

° 王绍武、龚道溢:《对气候变暖问题争议的分析》,《地理研究》2001年第2期,第153—160页。

» 王绍武:《十年来近代气候变化研究的进展》,载于竺可桢逝世十周年纪念会筹备组编:《竺可桢逝世十周年纪念会论文集报告集》,北京:科学出版社1985年版,第121—141页。

¼ S Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor and H. L. Miller eds., *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, p. 247.

½ 王绍武:《十年来近代气候变化研究的进展》,载于竺可桢逝世十周年纪念会筹备组编:《竺可桢逝世十周年纪念会论文集报告集》,北京:科学出版社1985年版,第121—141页。

¾ 同上书,第121—141页。

¿ J. T. Houghton, G. J. Jenkins and J. T. Ephraums eds., *Climate Change: The IPCC Scientific Assessment*, Cambridge: Cambridge University Press, 1990.

对于中国而言全部为地面气温,并不包括中国所属海域的海温。但是为了统一这里也采用温度这个名词。

要了解近百年中国的温度变化,首要的任务就是要建立一个能代表中国的温度序列。这个序列的代表性表现在以下三个方面:(1) 台站覆盖面,理想的情况是要有一个覆盖整个中国领土,而且分布均匀的台站网,台站的密度要达到分析的最低要求。(2) 观测要有均一性,采用的仪器观测条件及方法要统一。例如,每天观测次数的不同、台站地址的迁移均可能影响观测结果。(3) 观测要有连续性,观测中断也会影响分析结果。但是,对于中国的实际情况而言,这三个条件是很难满足的。中国最早的观测纪录,北京开始于 1864年,其次为上海开始于 1873年,直到 19世纪末,中国有温度观测记录的台站不过十个左右,而且均分布于沿海地区。以后直到 1950年,有连续观测记录的台站也仅有 60余个,中国西部仍为一片空白。<sup>1</sup> 后来,中央气象台长期预报科(现国家气候中心气候预测室)整理了中国的气候记录,建立了 160个站的月温度与降水量序列。可喜的是,这个序列也包括了若干个中国西部的台站,特别是青藏高原的台站。不过,这个序列仅开始于 1951年。对于研究气候变化来讲,仅有半个世纪的记录是不够的。何况,如上所述,在 1920年代—1940年代已经发生过一次气候变暖。因此,仅仅利用 1951年之后的记录,不足以认识气候变暖的全貌。

目前已经建立的,长度达到百年以上的中国温度序列共四个:

(1) 王绍武等建立的序列,以下简称 W 序列。<sup>2</sup> 这个序列是先对中国分区,建立各区的温度序列,再按各区的地理面积加权得到中国的平均序列。根据 1951年之后较完整的  $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ (纬度  $\times$  经度)格点温度序列,按照每个区核心站与每个格点温度的相关,严格划定区的界限。中国共分 10个区,即东北、华北、华东、华南、台湾、华中、西南、西北、新疆、西藏、每个区采用 5个有代表性的站称为中心站,5个中心站平均得到区平均温度序列,全国共采用 50个站。根据国家气候中心 160站序列,从 1951年开始各区均有完整的记录。但是,1951年之前各区均没有完整的序列,有的区仅有 1个站,有的区连 1个站也没有。所有缺测用冰芯、树木年轮、史料等代用资料插补。最后得到 10个区 1880年以来完整的平均温度序列,按面积加权得到中国平均温度序列。

(2) 林学椿等<sup>3</sup>利用中国 711个站月平均温度观测资料,以年代较长的观测站为代表站,计算各代表站与全国其他测站的相关系数,按照  $> 99\%$  的信度水平,

<sup>1</sup> 王绍武、赵振国、李维京等编:《中国季平均温度及降水量百分比距平图集(1880—2007)》,北京:气象出版社 2009年版,第 1—257页。

<sup>2</sup> 王绍武、叶瑾琳、龚道溢等:《近百年中国年气温序列的建立》,《应用气象学报》1998年第 4期,第 392—401页。

<sup>3</sup> 林学椿、于淑秋、唐国利:《中国近百年温度序列》,《大气科学》1995年第 5期,第 525—534页。

同时考虑测站分布的疏密情况,将全国划分为10个区,在先计算各区平均序列基础上求全国平均,建立了1873年以来中国温度序列,以下称为L序列。L序列与W序列的不同是未采用任何代用资料插补。L序列所用资料包括的台站数较大,但覆盖面前后不均匀的现象较为突出。

(3) 唐国利等<sup>1</sup>采用温度观测中的最高温度和最低温度平均代表月平均温度。计算中国陆地范围 $5^{\circ} \times 5^{\circ}$ (经度 $\times$ 纬度)格点的温度距平,然后根据格点代表的面积加权得到中国平均温度序列,以下称为T序列。T序列的特点是采用温度观测中的日最高温度及最低温度记录。这项记录是极端温度表观测的结果,这样就回避了3次观测与4次观测的差异。但是由于只采用温度观测,早期资料覆盖面不够完整。

(4) C序列,2005年英国东安格里亚大学气候研究室(CRU)释放了最新的高分辨率陆地地表温度序列,分辨率达到 $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ (经度 $\times$ 纬度),时间开始于1901年。闻新宇等<sup>2</sup>从这个序列中抽出中国10个区的记录,构成10个区的温度序列。这个序列资料覆盖面最完整,而且缺测一律用邻近(包括国外)台站观测插补。所以,不存在早期资料覆盖面不足(如L序列和T序列)及代用资料误差(如W序列)的问题。但是,早期中国西部资料大部为内插所得,也有相当的误差。

表-2 四个中国温度序列之间的相关系数

	W	L	T	C
W	1.00	0.93	0.91	0.78
L		1.00	0.90	0.73
T			1.00	0.88
C				1.00

表-2给出这四个序列彼此间的相关系数。相关系数1.0表示两个序列的变化完全一致。-1.0表示完全相反。现在,相关系数在0.73—0.93之间,可见虽然这四个序列的资料来源与分析方法不同,但是反映的温度变化却是基本一致的,进一步分析这些数据,W与T两个序列与各序列的相关较高,说明代表性较好。图-1给出W序列及T序列中国平均温度的距平,按照国际规定取对1971—2000年平均的偏差。图中同时列出建立T序列所用资料的台站数。可见20世纪之前台站数是很少的,因此那一段时期得到的中国平均温度误差也较大。为了比较,图-1中同时列出2200个站的序列。这个序列在1951年之后与W序列及T序列

<sup>1</sup> 唐国利、任国玉:《近百年中国地表气温变化趋势的再分析》,《气候与环境研究》2005年第4期,第791—798页。

<sup>2</sup> 闻新宇、王绍武、朱锦红等:《英国CRU高分辨率格点资料揭示的20世纪中国气候变化》,《大气科学》2006年第5期,第894—904页。

的相关系数高达 0.99,可见 W 序列及 T 序列是有较好代表性的。

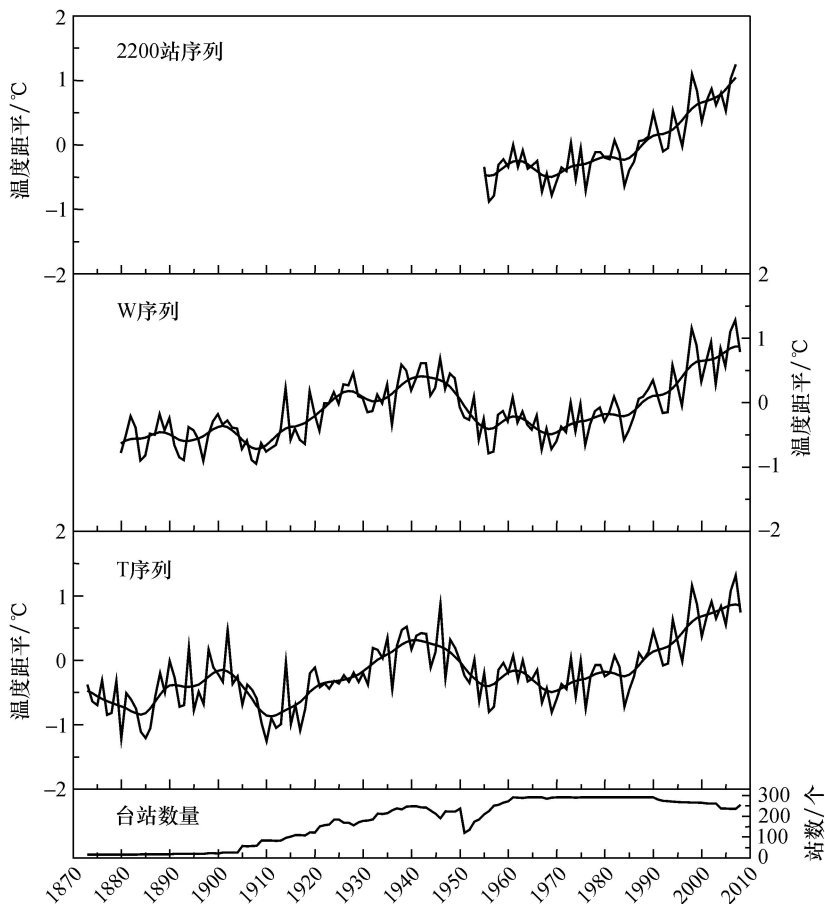


图-1 中国年平均温度距平 (对 1971—2000年平均)

从 W 序列及 T 序列来看大约 1910—1940年是第一个升温期, 1940年代出现温度第一个峰值, 1950年代温度明显下降, 1950年代到 1960年代保持较低的温度。从 1970年代开始温度缓慢上升。进入 1980年代升温变得激烈。2007年成为近百年来最暖的一年。如果计算直线增温趋势, 1906—2005年百年, W 序列的变暖速率为  $0.53^{\circ}\text{C}/100\text{a}$  (a为年), T序列为  $0.86^{\circ}\text{C}/100\text{a}$ 。因此, 我们确认中国气候变暖的速率在  $0.5^{\circ}\text{C}/100\text{a}$ 到  $0.8^{\circ}\text{C}/100\text{a}$ 之间。

## 二、全球气候变暖

现在, 国际上、政府间谈判均离不开气候变化这个主题。但是, 所谓气候变化,

实质上讨论的是由于人类活动大气中温室气体如二氧化碳(CO<sub>2</sub>)等增加,使大气的温室效应加剧所造成的气候变暖。如政府间气候变化专门委员会报告称为气候变化而研究的正是气候变暖。

大气中的二氧化碳是最主要的温室气体,其所以称为温室气体是因为它起着温室的作用。当日光照射到温室时,太阳的短波辐射可以透过温室的玻璃屋顶透入室内,但是室内向外的长波辐射却无法透过玻璃而逸出室外。因此,温室内的温度要高于一般没有玻璃屋顶的居室。屋顶的玻璃是造成温室效应主角。大气中二氧化碳并不妨碍太阳光的短波辐射照射到地面,但是却可以吸收地球表面上射出之长波辐射。二氧化碳起着和温室玻璃一样的作用,因此称为温室气体。温室气体不止二氧化碳,还有甲烷、氧化亚氮、氯氟烃等。

大气中的温室气体在地球的历史上曾经有过激烈的变化,但是从百年尺度来看基本上是处于平衡状态。不过,人类的工业革命破坏了这种平衡。从大约19世纪中开始人类燃烧大量的煤、石油、天然气等化石燃料,将大量的二氧化碳排放到大气中。继之以砍伐森林,这些生物量最终被燃烧,进一步增加了大气中二氧化碳的浓度。畜牧业的发展、稻田的开发、开矿等人类活动增加了甲烷的排放。现代工业制冷剂等的研制,增加了大气中原本很少或基本不存在的氯氟烃等微量气体。所有这些活动均增加了大气中温室气体的浓度。目前,相对于工业化之前大气中温室气体的相当浓度(即均折合为二氧化碳浓度)已经增加了约30%。因此,大气的温室效应加剧。大部分科学家同意,这就是现代气候变暖的根本原因。<sup>1</sup>

但是,近百年来全球气候是否真的变暖了呢?要回答这个问题也是不容易的。与研究中国的气候不同,研究全球气候要面对另一个问题就是占地球表面积约70%的大洋。那里早期只有在有限的航线上在甲板上观测的气温,以及观测的海表温度。因此,相对于陆地面积又增加了变数。况且,海表温度的观测技术经历比陆面观测更复杂的改变。早期海表温度是用桶把海水打到甲板上测量的,在把海水从海面提到甲板的过程中由于蒸发失去热量,所以测得的温度偏低。后来,到20世纪初逐渐改为虹吸式,从水管中把水吸上来测量水温,克服了蒸发的影响。但是,用不同技术测量的海温需要协调一致。因此,这也是一项复杂的工作。陆地表面的气温一般均采用百叶箱中观测的温度,即大约距地面1.5米高的气温,由于是在百叶箱中观测,避免了太阳的直接照射、风及降水的影响。但是,陆地观测经常遇到的一个问题是观测环境的变化。百叶箱设在观测场中,四周建筑物均应与观测场有一定距离,这是有很严格的规定。但是,从19世纪到20世纪各国的城市扩大、人口增加。不少原来符合观测条件的观测场,落入市中心或城市的繁华区。这样就受到所谓城市“热岛效应”的影响。不幸的是,城市“热岛效应”很难与

<sup>1</sup> 王绍武:《温室效应与气候变化》,《气候系统引论》北京:气象出版社1994年版,第226—248页。

“温室效应”从物理上区分。因为其结果都是最低温度上升最明显,而且冬季温度上升尤为激烈。所以,目前大都是按观测站所在城市人口增加的其况,把这些城市站排除在外,而不是从观测数据中减少某个值来订正“热岛效应”。因为,那是很不准确的。陆地测站面临的另一个问题是站点分布不均以及站址的迁移。对观测资料的严格检查和校正称为“质量控制”。国际上质量控制工作已经有了一定基础,并且在此基础上建立了全球的温度序列。

建立代表全球的温度序列分陆地与海上两块进行,目前陆地温度观测的整合有四个序列,即英国琼斯等、美国汉森等、原苏联维尼柯夫等及美国彼得森等,先后建立了四个温度序列:

(1) 英国琼斯等的序列,<sup>1</sup>以下简称 J 序列。这是几个序列中目前为政府间气候变化专门委员会报告及科学界广为接受的序列。分析方法是建立  $5^{\circ} \times 10^{\circ}$  (纬度  $\times$  经度) 格点温度。使用 6 个与格点相距在 300 哩之内的测站内插。如果在这个范围内没有测站则舍去这个格点。如果距格点 30 哩之内恰好有 1 个测站,则直接应用这个测站的观测做为格点资料。在政府间气候变化专门委员会报告中把 J 序列与福兰得等<sup>2</sup>的海温序列结合得到全球温度序列。

(2) 美国汉森等的序列,<sup>3</sup>以下简称 H 序列。这个序列把全球海陆共分为 80 面积相同的区,每个区又分为 100 个小区。先建立小区的温度序列,再建立区的序列,最后建立全球的序列。

(3) 原苏联维尼柯夫等建立的序列,<sup>4</sup>以下称为 V 序列。最初采用人工绘温度距平等值线,后来改为客观分析,但仅有北半球的资料。

(4) 美国彼得森等建立的序列<sup>5</sup>以下称为 P 序列。这是对 H 序列改进得到的。

虽然这四个序列之间也有较高的相关,但是具体到每一年差别还是很大的。例如,一般认为 1998 年是近一个半世纪全球温度最高的一年,但是 J、H、V、P 四个序列的温度距平分别为  $0.77^{\circ}\text{C}$ 、 $0.55^{\circ}\text{C}$ 、 $0.59^{\circ}\text{C}$  及  $0.87^{\circ}\text{C}$ 。这种差异表明全球温度序列的不确定性还是不可忽视的。不过,无论从哪一个序列看,变暖的趋势是无

<sup>1</sup> P. D. Jones, M. New, D. E. Parker, *Surface Air Temperature and Its Changes over the Past 150 Years*, *Rev Geophysics* 1999, pp. 173-199.

<sup>2</sup> C. K. Folland and D. E. Parker, *Correlation of Instrumental Biases in Historical Sea Surface Temperature Data*, *Quart J Roy Met Soc* 1995, pp. 319-267.

<sup>3</sup> J. Hansen, M. Sato, R. Ruedy, et al., *Global Warming in the Twenty-first Century: An Alternative Scenario*, *PNAS* 2000, pp. 9875-9880.

<sup>4</sup> K. Y. Vinnikov, A. Robock, R. J. Stouffer, et al., *Global Warming and Northern Hemisphere Sea Ice Extent*, *Science* 1999, pp. 1934-1937.

<sup>5</sup> T. C. Peterson, D. R. Easterling, T. R. Karl, et al., *Heterogeneity Adjustments of in Situ Atmospheric Climate Data: A Review*, *Int J Climatol* 1998, pp. 1415-1517.

可怀疑的。图-2给出 J序列,并给出不同时段 的变暖速率。可见变暖的速率随着时间的推后而增加,说明气候变暖日益激烈。

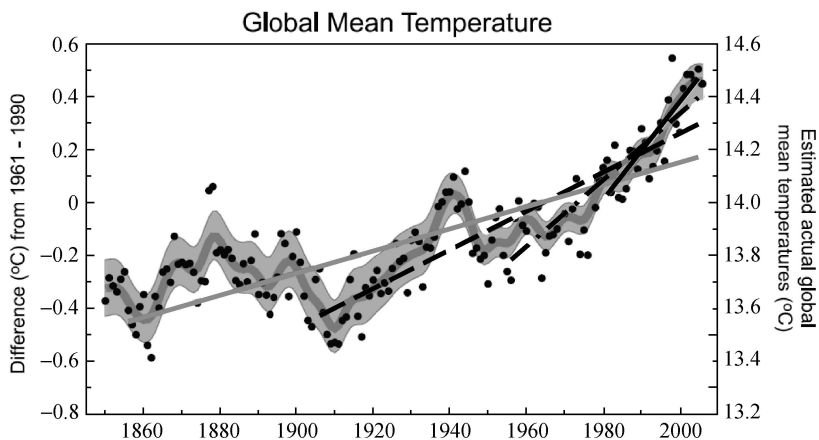


图-2 全球平均温度据凭(对 1961—1990年平均),及不同时段 的变暖速率。  
(政府间气候变化专门委员会 2007)

- 150年 0.45°C / 100 a
- - - 100年 0.74°C / 100 a
- · - · 50年 1.28°C / 100 a
- 25年 1.77°C / 100 a

### 三、中国未来的气候变暖趋势

中国的气候变暖与全球气候变暖有很好的同步性。表-3给出 J序列的全球平均 (GL)及北半球平均 (NH)与四个中国温度序列的相关系数。可见中国与北半球的相关高于与全球的相关。但是,最低的相关也有 0.53 超过了 99%置信度的标准。因此,可以认为中国温度与全球或北半球温度变化的一致性,在统计学上是可以接受的。

表-3 四个中国温度序列与北半球 (NH)及全球 (GL)温度序列的相关系数 (1906—2005)

	W	L	T	C
NH	0.68	0.60	0.79	0.86
GL	0.63	0.53	0.75	0.86

当然具体到每一年,变暖程度的排序,中国与北半球或全球不尽相同(表-4)。这可能反映了中国的地区特点。例如近百年来中国最暖的是 2007年,但从全球角度看仍是 1998年温度最高。至于中国两个温度序列之间的差异,则反映两个序列采用资料及分析方法的不同的影响。这从另一个方面说明序列的不确定性。



表-4 全球 (GL)、北半球 (NH)、中国 W 序列 (W) 及中国 T 序列 (T) 前 10 个最暖年  
(温度距平 $^{\circ}\text{C}$ )

No	GL	NH	W	T
1	1998(0.44)	2005(0.53)	2007(1.28)	2007(1.31)
2	2005(0.39)	1998(0.50)	1998(1.15)	1998(1.16)
3	2003(0.38)	2004(0.49)	2006(1.10)	2006(1.08)
4	2002(0.37)	2007(0.48)	2002(0.94)	2002(0.91)
5	2004(0.36)	2003(0.46)	1999(0.89)	1946(0.88)
6	2006(0.33)	2006(0.46)	2004(0.84)	1999(0.87)
7	2001(0.32)	2002(0.44)	2008(0.79)	2004(0.84)
8	2007(0.31)	2001(0.39)	1946(0.68)	2008(0.74)
9	1997(0.26)	1997(0.31)	2001(0.64)	2001(0.68)
10	2008(0.24)	1995(0.29)	1943(0.61)	2003(0.65)

在讨论未来气候变暖之前,还要指出,气候变暖并不是均匀分布在地球上每一个地区。由于地理纬度、海陆分布及大气环流不同,气候变暖的地区性差异是很大的。从全球角度看,亚洲大陆、北美大陆是全球变暖最激烈的地区,高纬尤其明显。这也是气候变暖是人类活动影响的有力证据。图-3为近 50 年中国变暖速率分布图。图中空白为缺少观测记录。可见变暖速率有明显向北增加的趋势。

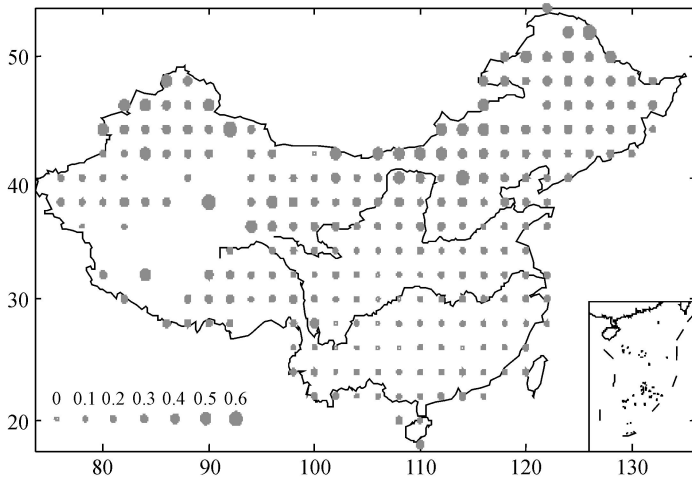


图-3 1951—2005年中国年平均温度变化速率( $^{\circ}\text{C} / 10\text{a}$ )

对未来气候变暖的分析一般称为预估,以有别于月、季尺度短期气候预测。对 21 世纪温度变化的预估,随模式的不同及温室气体排放方案的不同而变化。图-4 为 21 世纪中国温度变化预估图。红色曲线是对 28 个不同模式、不同排放方案平均的结果。为了比较图中黑色曲线给出 W 序列以资比较。显然可以看出 1970 年之后的变暖与模拟结果是相当一致的。但是,1920—1950 年期间则模拟值偏低。

通常认为, 20世纪中期之前的气温上升可能主要受自然因素影响。那是一段火山活动沉寂的时期, 火山活动的减弱增加了大气透明度, 因此温度上升。一般模式对这个因子考虑不够或甚至没有考虑, 所以模拟结果不够理想。但是, 对自然气候变率的模拟目前还缺少成功的经验。

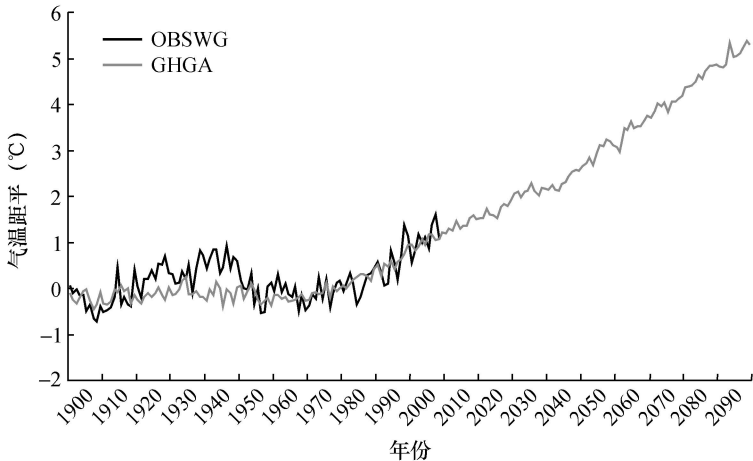


图-4 28个模式对 1900—2100年中国平均温度模拟的平均(灰色曲线) 及 1900—2008年 W 序列(黑色曲线)

根据图-4 到 21 世纪末中国平均温度可能比 20 世纪初上升 5°C 以上。但是 20 世纪约上升 1°C, 而 21 世纪可能上升 4°C。因此, 21 世纪的变暖远比 20 世纪强烈。这就是当前国际社会面临的挑战。当然, 这项模拟的数字不是绝对的, 这至少包括两方面的不确定性。

(1) 人类活动影响预估的不确定性。对未来气候变化进行预估, 一个核心问题就是对温室气体排放的预估。但是排放的预估不可能十分准确, 这主要视国际上的减排计划实施而定。一定的温室气体排放能造成大气中温室气体浓度多大变化的预估有误差。对一定温室气体的增量能造成多大温室效应的加剧的预估有误差。最后, 一定的温室效应能产生多大气候影响的预估亦有误差, 而且所有误差随模式而变化。因此, 图-4 所给出来的曲线包括了很大的不确定性。根据政府间气候变化专门委员会报告(2007), 由于温室气体排放方案不同, 到 21 世纪末全球平均温度的上升的预估, 从 2°C 以下到 4°C 以上, 相差约 1 倍。每一种排放方案内部, 因模式的不同差异也是明显的。例如按 A2 方案模拟到 21 世纪末的增温最低在 2°C 最高在 8°C, 差了 4 倍。因此, 图-4 只能认为参考值, 况且, 这里只是 28 个模式的平均值。28 个模式之间显然还有不同。计算表明, 28 个模式结果之间的标准差约 1.3°C。一般采用两倍的标准差作为变化范围, 因为从理论上讲, 这可以涵盖 95% 的变化。这样, 图-4 中的灰线上下就可能各有 2.6°C 的变化。并且, 将来究竟

是接近上限还是接近下限,要视未来温室气体的排放而定。所以,图-4中灰线的不确定性是很大的。这也就是为什么气候界始终把这个估计值称为预估,而不采用预测这个名词的原因。

(2) 自然变率。根据政府间气候变化专门委员会报告(2007)的评估,自然因子能造成的辐射强迫,远低于人类活动的影响。例如,大气中二氧化碳增加造成的辐射强迫能达到  $1.66\text{wm}^{-2}$ , 甲烷的辐射强迫有  $0.48\text{wm}^{-2}$ , 但是火山活动等原因造成的大气气溶胶的辐射强迫的直接影响只有  $-0.5\text{wm}^{-2}$ , 而太阳活动的辐射强迫不过  $0.12\text{wm}^{-2}$ 。因此,政府间气候变化专门委员会的观点是自然因素造成的辐射强迫可能比人类活动造成的温室效应的辐射强迫小得多。所以在政府间气候变化专门委员会报告中把气候变暖与气候变化混为一谈。或者谈到气候变化时,只考虑人类活动造成的气候变暖。

此外,以政府间气候变化专门委员会报告为代表的这种观点受到两方面的挑战。国际上至今有一些科学家仍不时的提出一些不同的见解如:“气候是否真的变暖了”,“21世纪中期之前可能由于太阳活动减弱而气候变冷”等等。<sup>1</sup> 虽然科学界的主流意见倾向于政府间气候变化专门委员会的论点,但是也不能说持相反见解的科学家的论点毫无根据。至少,对自然气候变化在整个气候变化中作用尚不能完全忽视。在中国也不乏这方面的例子。2008年1月中国南方的大雪严寒,2009年6月中国东北的严重低温冷害,均发生在气候显著变暖的背景下。所以至少在逐年逐月的短期气候预测中,自然因子引起的气候异常还是十分重要的。特别不能因为气候变暖成为一个大的趋势,而忽略了某一个月或季某一个地区的低温,一年四季都有发生这种低温的可能性。

## 结 论

通过以上分析,可以得出如下结论:第一,近百年中国气候确实是变暖了,其速率在  $0.5^{\circ}\text{C}/100\text{a}$  到  $0.8^{\circ}\text{C}/100\text{a}$  之间。第二,近百年全球气候也变暖了,中国的变暖与全球的变暖基本同步,但是中国也有自己的特点。不过中国属于世界上变暖较为激烈的地区之一。第三,由于人类活动造成的大气中温室气体将继续增加,未来气候也仍将保持变暖趋势,而且变暖速率会继续增加。第四,尽管中国与全球一样,未来气候变化的趋势仍是变暖,但是不排除在某一个月或季在某一个地区出现明显的低温。这主要与自然气候变化有关,在做短期气候预测时对此要特别注意。

<sup>1</sup> 王绍武、罗勇、赵宗慈等:《全球变暖会导致气候严寒吗?》,《科技导报》2004年第7期,第307—313页。王绍武、罗勇、赵宗慈等:《关于气候变暖的争议》,《自然科学进展》2005年第8期,第917—922页。

## FOCAL TOPIC:

### Climate Change and China's National Security

#### The Warming of Climate in China

..... *Wang Shaavu, Zhao Zongci and Tang Guoli* (1)

Presently the majority of scientists confirm that the global climate has warmed over the past century. China's observations and data have proven that China's climate has also been warming in the same period. China's climate change is consistent with the overall global warming. Though it is one of the areas in the world where global warming is more severe, it also has its own characteristics. Human activities have caused the amount of greenhouse gases to continue to rise. Like the rest of the world, therefore, the trend is that China's climate will continue to warm. Additionally, the speed of warming will be accelerated. Nonetheless, this does not exclude the possibility that at a certain point and in a certain region there will be significant temperature drops, which will likely be related to natural climate change.

#### Climate Change and China's National Security ..... *Zhang Haibin* (12)

Climate change will cause a reduction of China's territorial land, a severe decrease in the quality of the land, and also an increase in the frequency and the severity of extreme weather-related disasters. It will also gravely threaten the life and property of Chinese citizens and the quality of lives. Climate change narrows the Chinese government's choices to make its own decisions and challenges its governing capacity. The negative impact on national defense, strategic projects, and military construction has been strongly felt. Moreover, climate change may cause competition for water resources and transnational migration, which may lead to conflicts between China and its neighboring countries. Therefore, China should not only incorporate climate change into its socio-economic development plans, the government should also place it under the overall framework for national security planning.