

文章编号: 1000-0585(2001)02-0153-08

# 对气候变暖问题争议的分析

王绍武<sup>1</sup> 龚道溢<sup>2</sup>

(1. 北京大学, 地球物理系, 北京 100871;

2. 北京师范大学环境演变与自然灾害教育部重点实验室, 北京 100875)

**摘要:** 综合评述和分析了近年来关于全球气候变暖问题的研究。重点是有关气候变暖的一些争议。目前的结论是:(1) 19 世纪中期以来全球平均地表气温上升了 0.4~0.8℃;(2) 全球气候变暖的论断得到了海洋温度、大气温度、钻孔温度、陆地雪盖、海冰及冰川资料的支持;(3) 1998 年是近一个半世纪有观测资料以来最暖的一年, 对 1961~1990 年平均的距平为 0.55℃。20 世纪变暖的趋势为 0.066℃/10a;(4) 1990's 是 20 世纪最暖的 10 年, 平均气温距平 0.35℃, 也可能是 500a 或者甚至 1000a 来最暖的 10 年。所以, 20 世纪气候的变暖是无可怀疑的。人类活动影响很可能是 20 世纪气候变暖的主要原因, 至少是主要原因之一。

**关键词:** 气候变暖; 争议

中图分类号: P467 文献标识码: A

关于气候变暖的研究已经在世界范围纷纷扬扬地进行了二十多年。1979 年召开的第一次世界气候大会 (FWCC), 揭开了气候变暖研究的序幕。随之建立了世界气候计划 (WCP)。由于气候变暖问题已经不再局限于科学研究的范畴, 1988 年由世界气象组织 (WMO)、联合国环境署 (UNEP) 等机构联合建立了政府间气候变化协调委员会 (IPCC), 先后发表了第 1 版 (1990 年)、补充版 (1992 年) 及第 2 版 (1995 年) 科学评估报告。目前正在编写第 3 版 (2000 年) 评估报告。报告的目的是对当前温室气体的排放及气候变化作出评估, 同时对未来大气温室气体的浓度及可能造成的气候变化作出预测。科学评估报告由 IPCC 第一工作组 (WG1) 邀请世界范围的专家编写。此外还有第 2 工作组 (WG2) 负责影响评估, 第 3 工作组 (WG3) 负责对策研究。

1992 年 6 月在里约热内卢召开了联合国环境与发展大会。160 多个国家签署了《联合国气候变化框架公约》。并于 1997 年 12 月制定了《京都议定书》, 要求附件 I 工业化国家在 2008~2012 年, 将温室气体的排放量, 在 1990 年水平上平均减少 5.2%。应该说, 为了减缓气候变暖, 逐步削减温室气体的排放已经成为大多数科学家及政府机构的共识。

但是, 近年来仍有一些科学家向这种主流观点提出挑战。这些挑战往往言词激烈, 论据偏颇, 也确实有一些错误的见解和不事实求是的结论。但是, 仔细读下去就会发现, 其中有许多问题是值得深入反思的。这里利用最新观测资料对这些质疑, 作一个初步分析。

收稿日期: 2000-12-22; 修订日期: 2001-02-28

基金项目: “国家重点基础研究发展规划”项目 (G1998040900); 自然科学基金项目 (49635190) 资助。

作者简介: 王绍武 (1932-), 男, 河北束鹿人。教授, 主要从事气候学研究, 重点为气候诊断及气候预测。至今发表科学论文 150 余篇。专著及主编文集 10 余部。

不过限于篇幅, 本文不可能涉及所有提出来的问题, 着重只讨论气候变暖问题。

## 1 对气候变暖论点的挑战

IPCC (1995)<sup>[1]</sup> 评估报告的观点可以归结为以下几点: (1) 20 世纪气候变暖了; (2) 这个变暖主要是温室气体增加造成的; (3) 气候变暖对社会与经济发展不利; (4) 温室气体继续增加将使气候继续变暖; (5) 为了防止气候继续变暖造成的不利影响, 需要世界范围减少温室气体的排放。

这里中心的问题是气候变暖。Singer 恰恰是首先对这个中心议题提出挑战。他在 1997 年发表“热点与冷静的科学: 全球变暖的未完争议”一文, 并于 1999 年在 EOS 论坛上写了一篇文章: “人类对气候变化的影响仍有疑问<sup>[2]</sup>”。中国科技部农村与社会发展司曾编译了其论点<sup>①</sup>。Singer 的论点与 IPCC 报告是针锋相对的。他认为: (1) 目前气候并没有变暖; (2) 还不能肯定人类活动对气候变暖有多大贡献; (3) 对将来气候变暖的模式预测有很大不确定性; (4) 即使气候变暖也是利多于害; (5) 京都议定书意义不大。

本文将集中分析他提出来的前两个问题。Singer 是按时段来分析的。(1) 他认为 1880-1940 年确实全球气温有所上升。但是这是在所谓“小冰期”(即公元 1550-1850 年或者更宽一些 1450-1900 年) 长期持续寒冷之后的回暖。因此, 属于自然气候变化, 而非人类活动的影响; (2) 无论根据什么人建立的全球平均气温序列, 公元 1940-1975 年或者气温明显下降, 或者在振荡中略有下降。然而, 这段时间正是第二次世界大战及战后恢复时期, 大气中 CO<sub>2</sub> 浓度迅速增加。显然这时期气温变化的特征与温室效应的加剧是背道而驰的。他认为这只能说明, 至少在这段时期, 还有其它因素在主导着气温的变化; (3) 1979 年以后从近地面气温来看确实有变暖趋势, 上升速率约 0.1℃/10a, 然而无论是卫星观测还是探空气球观测均表明这段时期气温无明显上升趋势, 而同时陆地表面的城市热岛效应明显。因此, 很可能这段时间近地面气温的上升主要是热岛效应的结果。

综上所述, 从 Singer 的观点来看: 20 世纪, 特别是近 20 年气候是否变暖尚有争议, 早期的变暖则可能是自然变化, 因此对温室效应加剧造成全球气候变暖的论断基本持否定态度。下面我们将利用最新的观测资料, 对这个问题进行分析。

## 2 20 世纪地球表面温度的上升

全球气候的变暖, 最重要的证据就是直接温度观测。但是, 要证明全球变暖并不简单, 有观测资料问题, 也有分析方法问题。首先就是如何处理单站气温观测, 得到一个代表全球的气温序列。在过去的研究中曾经有 30 多位作者作了这方面的尝试。经过时间的考验, 到 20 世纪 80 年末至 90 年代初, 形成了英国 (Jones)<sup>[3]</sup>、美国 (Hansen) 及俄国 (Vinnikov)<sup>[5]</sup> 三家。后来又增加了 Peterson 的序列<sup>[6]</sup>, 但是这是在 Hansen 的基础上作了一些修改得到的。尽管原始资料差不多, 但这 4 个序列的结果却并不完全一致。例如 1998

① S Fred Singer 针对全球气候条约的科学见解, 科技部农村与社会发展司编译. 2000 年 5 月。

年可能是有观测资料以来的最暖的一年。但是这 4 个序列所给出来的气温距平却不相同<sup>[7]</sup>，分别是 0.77℃、0.55℃、0.59℃及 0.87℃，差异不小。其中第 2 和第 3 序列气温距平值偏小，可能是由于对海岛及南极所给的权重较大所致。

但是，这 4 个序列主要是陆地气温的平均，所以还要加上海面温度（SST）才能得到全球平均。Folland 与 Parker 对 SST 作了订正<sup>[8]</sup>，最近的气候模拟证明，这种订正是有效的<sup>[9]</sup>。用订正后的 SST 与海冰强迫大气环流模式（HadCM3）模拟的陆面气温与观测值的一致性比用未订正 SST 时高得多，可见订正是合适的。有了全球格点气温（或 SST）以后，一般按格点所代表面积加权平均得到全球平均温度，过去的两次评估报告都是这样做的。但是近来 Shen 等<sup>[10]</sup>提出最优平均法（Optimum averaging method）。这个方法用经验正交函数（EOF）代替相关函数，对不确定性较大的地区，给予较小的权重，这样能更好地考虑资料的缺测。用新的方法求得的半球平均温度，改变最大的是 1860's 前期。新方法得到的北半球温度比过去的结果要高 0.2℃左右，在 1880~1920 年期间新方法的结果北半球降低，南半球升高，全球平均略有降低。但 1930's 到 1940's 初稍有升高，1960's 中期以后用新方法求得的平均值与第 2 次评估报告差别不大。用新方法求得的 1998 年全球平均温度距平为 0.55℃，如果仍用老方法求平均则为 0.58℃。新平均方法给出的逐年平均温度排序与过去变化不大，1861 年以来 10 个最暖的年份均出现于 1980 年之后，其中 8 个在 1990's。

不仅是全球平均温度，对温度变化趋势的计算，如果用不同的方法其结果也有所改变。Diggle 等<sup>[11]</sup>提出一种称为有限最大相似法（restricted maximum likelihood method）。这种方法可以考虑温度随时间变化的结构。当温度随时间变化比较复杂时，所给出的标准差比用最小二乘法得到的大。根据新方法计算的变暖趋势，对 1861~1999 年为 0.044℃/10a，对 1901~1999 年为 0.066℃/10a。所以无论从 19 世纪中到 20 世纪末或者对 20 世纪均可以说增温 0.6℃左右。由于 2 倍标准差为 0.2℃左右，因此可以说现代气候变暖的幅度约在 0.4~0.8℃之间。在 IPCC1995 年报告中估计为 0.3~0.6℃，最新的估计变暖强度增加，这是由于 1990's 后半升温激烈。另外由于不确定性因素造成的误差范围也有所增加，这是使用了新的评估方法的结果。

无论如何，气温观测资料证明 20 世纪气候确实是变暖了。

### 3 气候变暖的其他证据

海洋温度：SST 的变化已包括在全球地表温度变化之中。近来对海面以下海温有了新的估计，据 Levitus 等<sup>[12]</sup>的估算，世界海洋的最上层 300m 在 1998 年比 1950's 中温度上升了  $0.3 \pm 0.15$ ℃，这相当于从海洋表层有一个  $0.3 \text{ Wm}^{-2}$  的向下热通量。White 等<sup>[13]</sup>也证明自 1955 年到 1996 年世界海洋的混合层有 0.15℃的绝热增温。

大气温度：对流层及平流层低层的大气温度观测序列较短。探空资料显示对流层低层自 1958 年以来有 0.1℃/10a 增温趋势<sup>[14]</sup>。而 1979 年以来的卫星微波探测则显示增温趋势为 0.05℃/10a<sup>[15]</sup>。但是，1976~1999 年全球地表气温的增温趋势为 0.19℃/10a，可见对流层低层气温上升幅度不如地表面温度大。而平流层温度则下降趋势明显<sup>[16]</sup>，而且高度愈高温度下降幅度愈大，15km 为 -0.5℃/10a、2035km 为 -0.8℃/10a、50km 为 -2.5℃/

10a。但是 1963 年的 Agung、1982 年 El Chichon、及 1991 年 Pinatubo 火山爆发均造成显著的气温上升,使平流层低层气温上升  $1.5^{\circ}\text{C}$  左右,大约在 1~2 年之后气温又回到火山爆发前的水平。一般认为平流层总的温度下降趋势与平流层  $\text{O}_3$  的耗损有关,水汽与  $\text{CO}_2$  红外辐射气体的增加也有一定作用。

钻孔温度:根据 Huang 等<sup>[17]</sup>与 Pollack 等<sup>[18]</sup>整理的 616 个钻孔温度剖面,200~1000m 深的地下温度在 20 世纪上升了  $0.5^{\circ}\text{C}$ 。大约 80% 钻孔的温度是上升的。

陆地雪盖:1966 年以来的北半球年平均雪盖面积有减少趋势。但是下降是不均匀的,在下降趋势上迭加有 7~8a 振荡。前期下降明显,1980's 中以来约减少 10% (平均  $25.3 \times 10^6 \text{km}^2$ )<sup>[19]</sup>。雪盖面积的减少主要出现在春、夏两季。这可能是气温上升的结果。雪盖面积与积雪区气温的相关系数达到 -0.60。重建的雪盖序列表明最近 10a 春夏雪盖可能是 20 世纪的最低值。但是北美冬季的雪盖可能有增加的趋势<sup>[20]</sup>,前苏联雪盖也有类似的变化。这可能反映由于气候变暖北半球中纬度冬季降水增加。

海冰:1973 年以来卫星观测北极的海冰面积也有下降趋势。同时有 5~6 年的振荡。自 1978 年至今,北极海冰面积可能减少  $2.8\%$ <sup>[21]</sup>。重建的 20 世纪北半球海冰序列表明 20 世纪后半,夏季海冰面积减少趋势明显。冬、春的减少出现在 1970's 中后期以后,秋季变化不明显<sup>[22]</sup>。夏季及初秋北极海冰厚度自 1958~1976 年到 1990's 中期减少了 30%。尽管南极也在变暖,但是,1979~1996 年南极海冰面积变化不大,或者甚至略有增加,速率约  $1.3\%/10\text{a}$ <sup>[23]</sup>。

山岳冰川:冰川的前进后退是气候变化的良好指标。冰川所在高度较高,一般那里缺少气温观测。因此是研究气候变化的良好代用资料。但是无论冰碛石还是过去的绘画、照片大多只反映了某个时期的冰川状况。因此很少可能提供高时间分辨率的连续序列。不过对于研究气候变化趋势却是一个很好的指标。根据世界范围冰川资料<sup>[24]</sup>,20 世纪之前只有缓慢的后退,20 世纪初后退加速,到 20 世纪末不少冰川后退了 1~3km。冰川对气候变化的反映有 10~70a 的滞后<sup>[25]</sup>,从冰川后退来判断,气候变暖的开始应不迟于 19 世纪中。但是实际温度观测说明变暖开始于 19 世纪末 20 世纪初,这是一个尚未解决的矛盾。值得指出的是,近 20~30 年热带的冰川后退迅速。Diaz 与 Graham<sup>[26]</sup>报告说近 20 年热带雪线上升约 100m,大约相当温度上升  $0.5^{\circ}\text{C}$ 。近 150 年记录表明,北半球湖泊和河流的结冰日期平均推迟了 5.8 天/100a,解冻日期提前 6.5 天/100a,因此无冰期增长<sup>[27]</sup>。此外,挪威、新西兰的一些冰川有前进趋势,可能是气候变暖近海地区降水增加所致。

从以上所列举的 6 个方面证据来看,20 世纪气候变暖已是一个无可争辩的事实。而且变暖在 20 世纪的最后 20 多年时间里是加速了。自 19 世纪末到 20 世纪末增温约  $0.6^{\circ}\text{C}$ 。其中有一半发生在最近的四分之一个世纪里。这在雪盖、海冰及山岳冰川的变化上均有反映。深海、深层陆地及对流层大气也有增温,但增温幅度均小于地球表面温度变化。因此, Singer 对气候变暖的质疑的根据是不充分的。

#### 4 气候变暖成因的讨论

但是,要确认现代气候变暖是否是(或者是否主要是)温室效应加剧造成的,就不那么容易了。因为现有的温度观测记录最长不超过 1 个半世纪。根据这个序列可以看到现代

气候变暖，但是仅仅从这个序列本身却无从判断这个变暖是 19 世纪中后期寒冷气候的回暖，还是超出了自然气候变率的范围。为了达到这个目的就需要用代用资料建立更长的序列，当然也应该是全球，或至少是半球的平均序列。这方面的工作也有了新的进展。

近几年不少作者建立了 500a、1000a 或甚至 2000a 的全球或半球平均气温序列<sup>[2832]</sup>。有的序列只针对夏半年，有的序列则代表年平均气温。根据 Mann 的序列<sup>[32]</sup>，20 世纪是近千年来最暖的一个世纪，而且 1990's 可能是近千年来最暖的 10 年。1998 年是近千年来最暖的 1 年。然而，是否我们就能够因此得出结论说 20 世纪的变暖是温室效应加剧造成的呢？恐怕还不能。其原因如下几点。

(1) 千年长的序列依然不足以“完全”描述自然变化，例如，近来愈来愈多的资料证明千年尺度气温变化是气候变化的一个重要特征<sup>[33]</sup>。这种 1.5ka 左右的振荡反映了气候系统的不稳定性。小冰期可能就是这种振荡的最后一次冷期，编号为 0，全新世还有另外 8 个冷期，编号为 1~8，第 9 个冷期即出现于 11.5~13.0kaBP 的新仙女木事件，再向前在近 68ka 中已列出 46 个冷期<sup>[34]</sup>。由一个千年尺度的冷期（称为冰阶）到下一个暖期（称为间冰阶），气温变化幅度可能达到冰期-间冰期旋回的 3/4，即 6~7℃。而且这种变化有时只发生于几十年之内，因此称为气候突变。20 世纪的最暖时期如 20 世纪中，或者 20 世纪最后 20 年，大约也只比小冰期温度高 1℃。因此很难只根据 20 世纪或者 1990's 在近千年中最暖，就断言 20 世纪的变暖是温室效应加剧的结果。

(2) 确实仅就 20 世纪而言，也不是一年比一年暖，一个十年比一个十年暖。1940~1975 年间气温至少没有升高。显然这表明还有温室效应加剧以外的因子在起作用。但是，究竟是什么因子在起作用呢？可能 Singer 的意见是正确的。即不能只归之于对流层硫化物的排放。这在 Singer 的论文中作了比较充分的论证。有一种意见认为太阳活动<sup>[35]</sup>及火山活动<sup>[36]</sup>可能是候选因子。但是，这种意见也需要进一步证实。其主要困难在于太阳活动造成的太阳常数变化太弱，11 年周期的振幅只有 0.1%。似乎很难用这种变化来解释巨大的年际及年代际变化。况且太阳常数究竟有多大的年代际变化还缺少直接证据。强的火山爆发确实会使地面气温下降。1991 年皮纳图博火山爆发后，1992 年、1993 年欧亚大陆气温下降，这也影响到全球平均温度。火山爆发后平流层温度上升也是一个间接的证据。但是火山活动如何影响气温年代际变化既缺少观测事实的证据，也缺少模拟研究的证明。笼统地讲，认为 1920's 到 1940's 半球及全球平均气温的上升可能与这段时期火山活动的沉寂有关似乎是可以接受的。但是，这还需要严格的证明。

(3) 目前还缺少气候变暖是温室效应加剧结果的直接证据。“指纹法”有很大不确定性，特别是不能只用某一段对作者的结论有利的时段。在这方面 Singer 的批评是有道理的。不过，如第三节和第四节所述。20 世纪变暖则是无可怀疑的。所以现在主要争议转移到这个气候变暖是否确实是人类活动的影响。我们的看法是；现在完全肯定，或完全否定人类活动造成的温室效应加剧对气候变暖的影响还为时过早。在这方面 Singer 也未能提出充分的证据，说明气候变暖不是人类活动的结果。因此，温室效应加剧，至少从目前情况来看，也还是解释气候变暖的一种可能性。当然，即使承认人类活动影响，也不能排除太阳活动、火山活动对气温变化的影响。

此外，Singer 还认为即使全球变暖，海平面不会上升反而会下降，大气中 CO<sub>2</sub> 浓度增加，气候变暖对社会与经济发展有利，因此也不必要根据“京都议定书”减排温室气体。

这些看法都是与 IPCC (1995) 报告针锋相对的。限于篇幅, 我们不再对这些问题作进一步分析讨论。不过, 我们还想举出两个与 IPCC 报告不同的见解。加拿大彻切尔北方研究中心的 Linden 在《时代》周刊上报导说: 极地变暖可能带来全球性的严寒<sup>[37]</sup>。美国的 Hansen 等<sup>[38]</sup>又提出另一种质疑, 他认为 CO<sub>2</sub> 浓度增加造成的温室效应加剧, 可能同硫化物的冷却作用相互抵消。这样未来温室效应的加剧则主要取决于其它温室气体浓度的增加。但是近年来甲烷、氧化亚氮等气体的年增量大为下降。所以他认为未来气候的变暖不足为虑。这又是另一类与 IPCC (1995) 报告针锋相对的观点。我们在这里不准备详细讨论这些问题。只想用这两个例子说明, 对 IPCC 的“正统”观点, 不断有质疑出现。

从科学角度看, 不断出现全球变暖的争议是一件好事。这将大为促进人们对气候变暖及其成因的认识, 并且也必将有助于更好地预测未来气候的变化。但是, 不可否认, 在一些论点中也可能包含着某些政治因素, 这也是我们在做科学分析时要加以注意的。对气候变暖问题的争议不可能是一个纯“科学”问题。

#### 参考文献:

- [ 1 ] Houghton J T, Filho LGM, Callander B A, *et al.* (Eds). *Climate Change 1995: The Science of Climate Change* [ C ]. Cambridge University Press, Cambridge, U K, 1996. 572.
- [ 2 ] Singer S F. Human contribution on climate change remains questionable [ J ]. EOS, 1999, **80** ( 16 ).
- [ 3 ] Easterling D R, Horton B, Jones P D, *et al.* Maximum and minimum temperature trends for the globe [ J ]. Science, 1997, **277**: 364367.
- [ 4 ] Peterson T C, Easterling D R, Karl T R, *et al.* Homogeneity adjustments of in situ atmospheric climate data: a review [ J ]. Int J Climatol, 1998, **18**: 14951517.
- [ 5 ] Peterson T C, Gallo K P, Livermore J, *et al.* Global rural temperature trend [ J ]. Geophys Res Lett, 1999, **26**: 329332.
- [ 6 ] Jones P D, New M, Parker D E. Surface air temperature and its changes over the past 150 years [ J ]. Rev in Geophysics, 1999, **37**: 173199.
- [ 7 ] Karl T R, Knight R W and Baker B. The record breaking global temperatures of 1997 and 1998: evidence for an increase in the rate of global warming [ J ]. Geophys Res Lett, 2000, **27**: 719722.
- [ 8 ] Folland C K and Parker D E. Correlation of instrumental biases in historical sea surface temperature data [ J ]. Q J R Met Soc, 1995, **121**: 319367.
- [ 9 ] Folland C K, Rayner N, Frich P, *et al.* Uncertainties in climate data set—a challenge for WMO [ J ]. WMO Bull, 2000, **49**: 59-68.
- [ 10 ] Shen S S, Smith T M, Ropelewski C F, *et al.* An optimal regional averaging method with error estimates and a test using tropical Pacific SST data [ J ]. J Climate, 1998, **11**: 23402350.
- [ 11 ] Diggle P J, Liang K - Y and Zeger S L. *Analysis of longitudinal data* [ M ]. Oxford, Clarendon Press, 1999. 253.
- [ 12 ] Levitus S, Antonov J, Boyer T P *et al.* Warming of the world ocean [ J ]. Science, 2000, **287** ( 5461 ): 22252229.
- [ 13 ] White W B, Cayan D R, and Lean J. Global upper ocean heat storage response to radiative forcing from changing solar irradiance and increasing greenhouse gas/aerosol concentrations [ J ]. J Geophys. Res, 1998, **103**: 2135521366.
- [ 14 ] Gaffen D J, Sargent M A, Habermann R E, *et al.* Sensitivity of tropospheric and stratospheric temperature trends to radiosonde data quality [ J ]. J Climate, 2000, **13** ( 10 ): 17761796.
- [ 15 ] Brown S J, Parker D E and Folland C K. Comparison of MSU2R with observed tropospheric and surface temperature trends [ J ]. Geophys Res Lett, 2000, **27** ( 7 ): 9971000.
- [ 16 ] Chanin M - L and Ramaswamy V. Trends in stratospheric temperatures. In *Scientific Assessment of Ozone Depletion 1998, Global Ozone Research and Monitoring Project* [ R ]. WMO Report No. 44. Geneva: 1999, 5.15.59.
- [ 17 ] Huang S, Pollack H N and Shen P Y. Late Quaternary temperature changes seen in world-wide continental heat flow measurements [ J ]. Geophys Res Lett, 1997, **24**: 19471950.

- [ 18 ] Pollack H , Huang S and Shen P Y . Climate change revealed by subsurface temperatures : A global perspective [ J ]. *Science* , 1998 , **282** :279281 .
- [ 19 ] Robinson D A . Northern Hemisphere snow cover during the satellite era [ C ]. In *Proceedings of 5th Conference of Polar Meteorology and Ocean* . Dallas , TX , AMS , Boston , M A , 1999 :255260 .
- [ 20 ] Hughes M G and Robinson D A . Historical snow cover variability in the Great Plains region of the USA :1910 through to 1993 [ J ] . *Int J Climatology* , 1996 , **16** :10051018 .
- [ 21 ] Parkinson C L , Cavalieri D J , Gloersen P , *et al* . Arctic sea ice extents , areas , and trends , 1978 – 1996 [ J ]. *J Geophys Res* , 1999 , **104** ( C9 ) :2083720856 .
- [ 22 ] Vinnikov K Y , Robock A , Stouffer R J , *et al* . Global warming and Northern Hemisphere sea ice extent [ J ]. *Science* , 1999 , **286** :19341937 .
- [ 23 ] Cavalieri D J , Gloersen P , Parkinson C L , *et al* . Observed hemispheric asymmetry in global sea ice changes [ J ]. *Science* , 1997 , **278** :11041106 .
- [ 24 ] Haeblerli W , Hoelzle H and Suter S ( Eds . ) . Into the second century of worldwide glacier monitoring : prospects and strategies , A contribution to the International Hydrological Programme ( IHP ) and the Global Environment Monitoring System ( GEMS ) [ R ] . UNESCO Studies and Reports in Hydrology , 56 , Paris , 1998 .
- [ 25 ] Oerlemans J , Anderson B , Hubbard A . Modelling the response of glaciers to climate warming [ J ]. *Climate Dynamics* , 1998 , **14** :267274 .
- [ 26 ] Diaz H F and Graham H F . Recent changes in tropical freezing heights and role of sea surface temperature [ J ]. *Nature* , 1996 , **383** :152155 .
- [ 27 ] Magnuson J J , Robertson D M , Benson B J , *et al* . Historical trends in lake and river ice cover in the northern hemisphere [ J ] . *Science* , 2000 , **289** :17431746 .
- [ 28 ] Bradley R S and Jones P D . ' Little Ice Age ' summer temperature variations : their nature and relevance to recent global warming trends [ J ]. *Holocene* , 1993 , **3** :367376 .
- [ 29 ] Mann M E , Park J and Bradley R S . Global interdecadal and century-scale oscillations during the past five centuries [ J ]. *Nature* , 1995 , **378** :266270 .
- [ 30 ] Overpeck J , Hughen K , Hardy D , *et al* . Arctic environmental change of the last four centuries [ J ]. *Science* , 1997 , **278** :1251-1256 .
- [ 31 ] Jones P D , Briffa K R , Barnett T P , *et al* . High-resolution palaeoclimatic records for the last millennium : interpretation , integration and comparison with General Circulation Model control run temperatures [ J ]. *Holocene* , 1998 , **8** :477483 .
- [ 32 ] Mann M E , Bradley R S and Hughes M K . Northern Hemisphere temperatures during the past millennium : Inferences , uncertainties and limitations [ J ]. *Geophys Res Lett* , 1999 , **26** :756762 .
- [ 33 ] Alley R B , Clark P U , Keigwin L D , *et al* . Making sense of millennial – scale climate change . In *Mechanisms of Global Climate Change at Millennial Time Scales* [ J ]. *Geophysical Monograph* , 1999 , **112** :385394 .
- [ 34 ] Bond G C , Showers W , Elliot M , *et al* . The North Atlantic 1 – 2kyr climate rhythm : relation to Heinrich events , Dansgaard / Oeschger cycles and the Little Ice Age . In *Mechanisms of Global Climate Change at Millennial Time Scales* [ J ]. *Geophysical Monograph* , 1999 , **112** :3558 .
- [ 35 ] Beer J , Mende W and Stellmacher R . The role of the sun in climate forcing . In *Past Global Changes and their Significance for the Future* [ J ]. *Quaternary Science Reviews* , 2000 , **19** ( 1 – 5 ) :403415 .
- [ 36 ] Zielinski G A . Use of paleo-records in determining variability within the volcanism climate system . In *Past Global Changes and their Significance for the Future* [ J ]. *Quaternary Science Reviews* , 2000 , **19** ( 1 – 5 ) :417438 .
- [ 37 ] Linden E . The big meltdown , As the temperature rises in the Arctic , it sends a chill around the planet [ R ]. *Time* , September 4 , 2000 .
- [ 38 ] Hansen J , Sato M , Ruedy R , *et al* . Global warming in the twenty-first century : An alternative scenario [ J ]. *PNAS* , 2000 , **97** ( 18 ) :98759880 .

## On debates concerning the global warming

WANG Shao-wu<sup>1</sup>, GONG Dao-yi<sup>2</sup>

(1. Department of Geophysics, Peking University, Beijing 100871, China;

2. Key Lab of Environmental Change and Natural Disaster, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

**Abstract:** Some problems in the global climate studies are discussed in this manuscript. Special attention was given to the debates on global warming. Although it is widely accepted that the anthropogenic greenhouse effect would be responsible for the recent global warming, there are always unceasing skepticism. Numerous evidences show that it is indubitable on the climate warming itself. The global surface air temperature has increased by  $0.4 - 0.8^{\circ}\text{C}$  since the mid 19th century. Substantial changes associated with the climatic warming also occurred during the past century. These related transformations have been observed in the ocean temperature, atmospheric temperature, reconstructed temperatures from the evaluation of mountain snowlines and borehole thermometry, land snow cover, sea ice cover and the mountainous glaciers. It is found that 1998 is the warmest year on records during the past 150 years. Global averaged annual temperature in 1998 is  $0.55^{\circ}\text{C}$  above the mean of 1961 – 1990. The linear warming trend for the 20th century is  $0.066^{\circ}\text{C} / 10\text{a}$ . The 1990s (with the anomaly of  $+0.35^{\circ}\text{C}$ ) is the warmest decade not only in the 20th century but also in the past 500 years and maybe even in the last millennium. After all, the global warming in the 20th century is an explicit fact, whereas there are doubts on which factor should be responsible for it. Anthropogenic factor may be the most important reason, at least, may be one of the most important factors if there are some other crucial causes.

To some degree, the sciences of climate change benefit from the debates on the global warming, since there are increasing concerns and demands for a better understanding of the climate system (including their natural variability and their interaction with the human-induced greenhouse effects). Unfortunately, the debates and some related conclusions are no more "pure" scientific questions, but political affairs.

**Key words:** global warming; debates