

二氧化碳的气候效应与 华北干旱问题

张 家 诚

(气象科学研究院)

提 要

本文评述了1987年两次二氧化碳气候效应国际学术会议的情况,进而讨论了这种效应对我国温度与降水变化的可能影响。最后,根据 10^2 — 10^5 年时间尺度温度变化与降水变化的对应关系,认为华北的干旱有可能向趋向缓和的方向变化。

二氧化碳的气候效应是国际气候学界关心的中心问题之一,华北干旱在我国引起高度重视,本文拟联系这两个问题作一些探讨和评述。

一、1987年的两个会议

自从世界气象组织、联合国环境规划署和国际科协于1985年10月在奥地利的维拉赫召开“二氧化碳”和其它温室气体对气候变化及有关方面的影响作用国际论证会〔1〕后,又于1987年召开了两个专家组会议。第一个会议还是在奥地利维拉赫召开的,主要讨论大气中 CO_2 浓度增加所引起的气候变化和在下世纪对各个区域的影响。第二个会议是在意大利伯拉焦召开的,主要审议第一个会议的技术资料并探讨对策问题〔2〕。

1985年的会议上曾作出过当大气中二氧化碳含量倍增时,全球温度可能升高 1.5 — 4.5°C ,海平面上升 20 — 140cm 的估计〔3〕。

在第二次维拉赫会议上,主要归纳出三种情况:第一种情况是化石燃料的使用和其它温室气体的排放量急剧增加,而全球平均温度反映最为敏感时,根据一些气候模式所作的预测;第二种情况则是假设进行了全球规模的努力以减少温室气体的排放量,而气候的敏感性又比较低,而引起的温度变化最小时根据另一些气候模式所作的预测;第三

种情况则假设温室气体的排放仍维持现在的趋势时的预测。这三种情况所引起的2000—2050年的温度变化率分别为每10年 0.8°C , 0.06°C 和 0.3°C (图1)。海平面分别比1980年升高 120cm , -5cm 和 27.5cm (图2)。

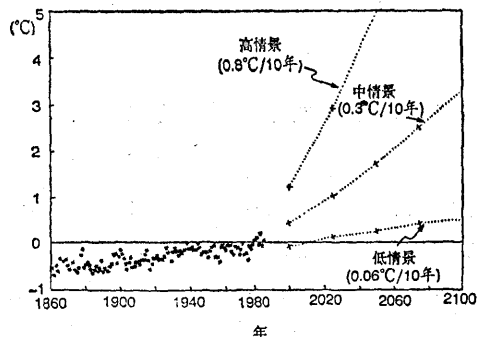


图1 二氧化碳增加引起的全球温度变化

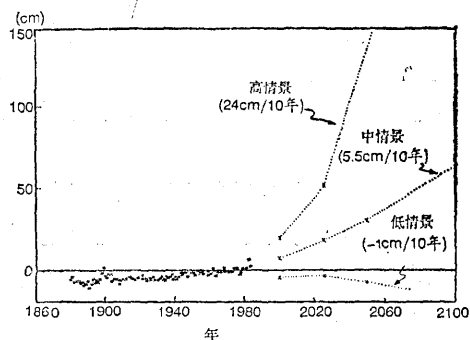


图2 二氧化碳增加引起的全球海平面变化

第二次维拉赫会议还估计了可能发生的区域性气候变化。最高的升温出现在北半球高纬地区的冬季,其升温幅度为全球平均值的2.0—2.5倍。高纬度地区冬雪要增加,低纬地区现在多雨带的雨量也要增加,而中纬度地区夏季降水有所减少。

伯拉焦会议提出了两个战略:①适应战略,就是调整环境或人类对环境的利用方式,以减少气候变化的影响;②限制战略,则是控制或停止温室气体浓度的上升。围绕这些战略提出了实现的步骤和设想。

由此可见,1987年的两次会议比1985年的结论更具体化,在某种程度上更为稳妥。例如,1985年会议估计到2030年(约50年)增温1.5—4.5℃,1987年会议三个情景50年增温却在0.3—4.0℃之间,对海平面上升的估计在1985年会议上为0.2—1.4m,而1987年三个情景的估计则在-0.05—1.2m之间。从这个比较也可看出当前世界上对二氧化碳问题研究的趋势。

二、对温室气体含量问题的评价

既然1987年的两个会议对1985年会议的基本结论没有明显的变化,故文献〔3〕所作的评价也能继续适用于1987年的两个会议。

文献〔3〕引用美国能源部的报告〔4〕所附1860—1982年逐年因使用化石燃料排放到大气的碳素量资料。可以看出1860—1979年间排放量是呈直线上升的,其中除因两次世界大战和30年代初大萧条曾有过连续两年下降外,便很少回降。但1979年后直到资料序列的结束已连续下降3年,则是119年资料中的突出事件。

1982年后因找不到类似资料,但却有一些事实,有助于考虑这个问题。这就是石油市场上出现两个互相增强的趋势。一个趋势是石油产量自两伊战争后有所减少,但石油价格却在不断下降。为稳定油价,石油输出国组织多次缩减产量,却仍然制止不了油价

下降的趋势。这两个趋势共同构成了世界对石油的需求量至少不是象1979年以前持续上升的趋势的印象。

这个重大的变化是由于两方面原因所引起的。一方面的原因是其它能源开发利用的发展速度比过去预料的要快得多。据1987年初日本原子能产业会议发表的《原子能发电所一览表》中称:1986年世界在运转的核反应堆376座,总输出功率为2.766975亿kW,约接近世界用能量的35%。其中法国核能达到全国能量生产的70%,比利时达到66.5%。另一方面是节能技术受到了重视,发展很快。当前一些新型锅炉、汽车、飞机等设计,莫不以节能作为其重要指标之一。

根据Cheng和Steinberg的估计〔5〕,节能措施的有效推行可使2050年化石燃料节约58%,而非化石能发展加在内,共可节约化石能68%。换句话说,即使2050年世界能源需求比现在多一倍,化石能的消耗仍比现在显著减少。相应的CO₂在大气中的排放量比现在增长要慢得多,也有可能减少。那么,按照1979年以前CO₂的人为排放量逐年增长的趋势来预测,结论显然是应加以修改的。

同时,在估计未来大气中CO₂的含量,许多因子都是不可忽视的。Bolin在世界气候大会上的报告中谈到植被的作用〔6〕。他假设世界可为工业提供的碳素为5000Pg(1Pg=10¹⁵g)。据研究,大气中碳素只有695Pg(相当330ppm),海洋中无机碳含量为36000Pg,陆面及生物质中的碳素为800ppm,海气之间碳素年交换量为1000Pg,可见大气中的碳素是动态平衡的结果。本世纪以来,世界能耗已增加10倍以上,1900年能耗0.77Pg,1984年上升到9.0Pg。

他从1975年年耗能4.6Pg开始计算,以后每年递增3%,直到消耗5000Pg的半数时开始下降。他假设了三种情况:一种是植被以CO₂含量的提高率的5%的速度扩大,大

约在2100年前后大气CO₂含量达到最高,约600ppm。第二种情况是植被不增加,但植被的光合作用以CO₂增长率的30%上升,其最高值不超过1000ppm。第三种情况根本不考虑植被则大气中CO₂的含量可上升到2100ppm。由此可见,植被就是一个不可忽略的因子。可惜对其它因子没有找到类似的结果。在1987年两个会议的结论中谈到,尚不能估计到生物圈、大气圈与水圈在反应中所可能出现的变化,就是一种不确定性的表现〔2〕。

会议提的第三种情况,即估计1975—2075年间由于化石燃料使用而排放的CO₂缩

减一半的情况,这时每10年大气增温率就只有0.06℃,已经微不足道了。

三、对我国气候变化的影响

这三次会议都一致指出,区域性气候变化预报的不确定性远远超过全球性预报。表1是根据现有知识作出的估计。

我国属于中、低纬度地区,但是我国是季风区域。季风给我国区域气候带来许多特点。假设三个会议的结论都是正确的,而所提出的许多不确定性都不予考虑时,我国气候应具以下特点:

1. 温度变化

表1 区域气候变化几种情况

区 域	温度变化(全球平均 ΔT)		降水变化
	夏	冬	
高纬(60°—90°N)	(0.5—0.7) ΔT	(2.0—2.4) ΔT	冬季增多
中纬(30°—60°N)	(0.8—1.0) ΔT	(1.2—1.4) ΔT	夏季可能减少
低纬(0°—30°N)	(0.9—0.7) ΔT	(0.9—0.7) ΔT	现在多雨地区将增多

根据表1的估计,我国处于中、低纬度,那么我国的增温大体上接近全球平均增温值。但是,我国冬季在北来的冬季风影响下,由于高纬度冬季有较大幅度的增温,必然使冬季风有所减弱。这一情况使我国冬季温度上升的幅度比同纬度地区有所增加。全球增温的结果,使夏季风有所加强,由于低纬度地区增温比中纬度地区小,故夏季我国温度增加将略小于同纬度地区。这一情况使得我国冬、夏温差和气温年变幅减小。

在我国西部内陆区域,升温幅度将维持同纬度地区的一般水平。但由于夏季风活动加强,不受夏季风影响的区域的面积将明显缩小。

2. 降水变化

当前气候模式对降水变化的估计远不及温度显著。在美国能源部材料中所列举的三个模式,对现代气候模拟的结果,就降水率

而论误差一般同对CO₂增加一倍时降水率变化的最大幅度相差不多(表2),因此,其结果是不足为信的。

表2 全球平均降水率(mm/d)现代气候模拟误差和二氧化碳倍增时的变化(引自〔4〕)

模 式	模拟误差	2×CO ₂ 时变化最大幅度
GISS	0.6	0.5—1.0
NCAR	0.7	0.5
GFDL	0.3	0.5

但是,温度升高后,大气潮湿不稳定能急剧增加(每增加10℃,水汽压约增一倍),故模式估计CO₂的增温效果将引起全球降水增多是有根据的。表1所载30°—60°N夏季降水可能有所减少,从天气气候角度看,是副热带高压控制下的伏旱影响,并不意味着全年干旱化。相反,由于夏季风活动的增

强，我国季风雨区将向北向西扩大，原来位于夏季风活动边沿地带的西北的东部地区与华北地区年雨量应有所增加，虽然夏季（伏旱期）雨量可能减少。

四、华北的干湿变化

华北是我国政治、文化中心，经济在全国也占有举足轻重的地位。从60年代以来，华北的干旱成为这一地区越来越尖锐的问题。特别是华北气候是否存在干旱化趋势，一直为全国所关切。以下作一些分析，并根据CO₂的影响作一估计〔7〕。

1. 概述

根据河北省11个气象台站的统计，自从50年代以来，降水出现减少的趋势。表3是这11个站的平均降水量，资料时期为1956—1984年。

表3 河北11个站降水量

年 代	50年代	60年代	70年代	80年代
雨 量	623	585	574	464

从表中可以看出，从50年代到80年代降水量下降的趋势是很明显的。在这同一时期，人口增加和工农业发展，使得水资源供给日益紧张。由于用水增加，出现了河流断流、白洋淀干涸（1988年夏季雨水较多，白洋淀已蓄水5—6亿m³）等现象。1979—1984年间河北平原地下水位平均每年下降0.63m，形成漏斗30多处，已有1.4万km²面积的地下水位已降至海平面以下，其中2000km²面积已降至海平面以下20多米。

从太原、济南最近30年的平均降水量来看（表4），降水也是在不断减少的。

根据以上情况可以知道，干旱问题在华北地区是普遍存在的。华北干旱化趋势是否继续发展，不但有着十分重要的科学意义，而且实用价值也是毋庸置疑的。以下拟就这个问题作一些分析，以供讨论。

表4 太原和济南的十年平均降水量

年 份	1957—1966	1967—1976	1977—1986
太原	471.0	443.9	401.2
济南	727.7	657.6	575.2

2. 各种尺度的干湿变化

上面所谈到的干旱化趋势只是近30年的情况。由于气候变化存在着各种不同的时间尺度，所以还有必要对更长时间尺度的气候变化作一些探讨，才能判断近30年趋势究竟是一种短期现象，还是一种长期趋势的反映。

首先，我们讨论近两百年的降水变化趋势。表5是北京250年降水序列（10年平均值）和华北五站（北京、天津、保定、石家庄、营口）7、8两月降水量10年平均值序列。这两个序列的1896—1985年段的相关系数为0.81，信度超过0.01。因此，可以认为，北京10年平均降水量序列对华北是有代表性的。根据北京资料可以看出1775年以前是一段干旱时期，1776—1895年是一段潮湿时期，1896年以后又是干旱时期。值得注意的

表5 250年华北降水量序列（mm）

时 段 (10年)	北京		时 段 (10年)	北京		华北五站 7、8月	
	降 水 量	距 平		降 水 量	距 平	降 水 量	距 平
1726—1735	533	—	1856—1865	506	—		
1736—1745	472	—	1866—1875	631	+		
1746—1755	411	—	1876—1885	650	+		
1756—1765	500	—	1886—1895	657	+		
1766—1775	562	—	1896—1905	581	—	321	—
1776—1785	581	+	1906—1915	648	+	322	—
1786—1795	584	+	1916—1925	606	—	340	—
1796—1805	703	+	1926—1935	575	—	335	—
1806—1815	667	+	1936—1945	524	—	319	—
1816—1825	618	+	1946—1955	738	+	402	+
1826—1835	521	—	1956—1965	712	+	384	+
1836—1845	614	+	1966—1975	607	—	327	—
1846—1855	634	+	1976—1985	585	—	332	—
			平均值	609		341	

表6 我国35°N以北各世纪干旱指数

年 代	1470—1499	1500—1599	1600—1699	1700—1799	1800—1899	1900—1979
指 数	3.28	3.04	3.08	2.96	2.92	3.03

是在最近一段干旱时期中部出现20年（1946—1965）的潮湿期。其潮湿程度为250年中的首位。由此可见，最近30年的降水量减少趋势，只表明这一潮湿期的结束，却并不代表250年降水变化的总趋势。

根据五百年旱涝分析资料，华北最严重的干旱并不在250年内，而是公元1700年以前。表6就是各个世纪我国北方（35°N以北）干旱指数。可以看出，在前三个世纪的干旱指数均高于后三个世纪。说明1700年以前比以后还要干旱。

在五百年中华北最大的旱灾发生于1637年到1641年（明崇祯年间）。根据五百年旱涝史料，如果把五百年中10年一遇的旱灾（在北京附近约相当年降水量350mm以下），则1930年以来的56年只有一年达到这样的水平，即1965年。35°N以北平均干旱指数超过4级的，从1901年至今的86年间只有两年，即1965年（4.32）和1972年（4.13）。但是在1637—1641年间连续5年，华北平均干旱指数每年都超过4级，平均为4.38。其严重程度居五百年中的首位。因此，我国华北的抗旱，应把这次旱灾作为指标〔8〕。

北京地区即使在20世纪也有比当前更为严重的干旱，其中1920年和1921年的年降水量分别为276.7mm和256.2mm，这连续两年的少雨程度均为建国后所未见。建国后降水最少的1965年尚有333.0mm。因此，1920—1921年的连旱也需作为当前北方抗旱的次一级目标。

我国3000—7000年前黄河流域及附近地区比现在潮湿得多〔9〕。例如，郑州北郊大河村遗址（约距今3000—2500年），发现当时房屋很注意防潮。房顶棚板材料属芦苇

类，劳动工具有大量蚌刀蚌镰。农作物主要为粟类，还有莲子，这种情况都只有年降水量大于1000mm才有可能。

距今4000—4500年我国有大量关于洪水的传说。夏禹治水是其中最著名的一个。考古发掘也证明了当时洪水泛滥的真实性。夏初都城王城岗遗址，位于颍河上游支流五渡河右岸上，高于河底10m左右。就现代当地暴雨而论，即使发生百年一遇的洪水，也不会冲淹王城岗遗址。但当时却累遭水冲。由于王城岗东城被河水冲毁，故只能用原来东城的西墙作东墙另筑西城。西城的东墙及北墙以后又遭水冲，致使现在仅存南墙与西墙。在该地发掘出只有大蚌才能制成的蚌刀，蚌镰、蚌箭头。这些证明了北方当时为多雨气候。

现代气候同3000年前比显然要干旱得多。因此，可以说，在历史时期里，我国北方的确存在着干旱化现象，只是这一个干旱化趋势在近五百年并无明显继续发展的迹象。今后干旱化趋势是否重新出现，是值得研究的重要问题。

五、干湿变化与温度变化的联系

可以认为，各种时间尺度的干湿变化都有着不同的原因。百万年以上的尺度里，海陆分布有很显著的变化。一地的干湿状态不完全决定大气中的过程，还同该地与海洋的相对位置有密切关系。时间尺度短于几百年，则全球或半球性变化幅度不大，而且一地的干湿同大气环流和局地环流有明显的关系。在时间尺度超过几百年而不到百万年的范围内，气候变化幅度较大，具有半球和全球规模，而又不受海陆变迁的明显影响，

才能比较明显地反映出干湿状态同大气其它物理性质,特别是冷暖性质的关系。以下将华北作例子,说明这一关系的存在。

前面提到的距今3000—7000年的潮湿时期正好对应着一个温暖期。这个温暖期竺可桢根据西安半坡村遗址和殷墟出土的副热带动物遗骨及甲骨文记载捕获野象的事实作了很好的论述^[11]。王开发等对上海一带的孢粉研究也证实了这一现象。

公元301—588年间是一个寒冷阶段。竺可桢根据《齐民要术》的物候和大量其它事例作了令人信服的证明^[11]。王邕等人也证明这是一个严重干旱阶段^[9]。根据古长安的旱涝记载,发现公元460—700年间是相对干旱期。这两个研究结果都同竺可桢所得关于第四—第七世纪比较干旱的结果是一致的。在Brooks研究得出的欧洲各世纪旱涝年数比例中,也反映4—8世纪是一个干旱期。

历史上另一寒冷时期是十六—十七世纪欧洲的小冰期。其中最寒冷的是十七世纪。这一时期的干旱情况已在五百年旱涝等级序列中有了明显反映。十七世纪的旱涝等级数除十五世纪后30年外,是五个世纪中的最高值。根据竺可桢的分析,寒冷冬季多在公元1470—1520年间的三段时间内。十五世纪后期恰好全部都在第一寒冷期中,相应也表现干旱。

从地质学的角度对全球干、湿变化的研究也得出同样的结论。^[12、13]

为什么温暖对应潮湿而寒冷对应干旱呢?这同致雨的原因有关。从天气学的观点说,温度梯度大的锋带是降雨主要形成带。因为只有锋面活动,才能提供降水的动力条件。但是,动力条件能否降雨,同大气中的含水量有密切关系,而大气中的含水量是随温度而变的。在标准气压下饱和湿空气的绝对湿度和温度的关系,温度每上升10℃,绝对湿度可以增加近一倍。换句话说,在0℃

时的饱和湿空气上升2000m(下降10℃),每1m³空气只能产生不到2g降水;而30℃饱和湿空气只要上升800m就能产生5.7g的降水。更多的水汽凝结后能释放更多的潜热,作为空气上升的能量,所以就形成更强大的水汽凝结过程。因此,尽管冬季锋面远比夏季活跃,但夏季的降水却远大于冬季,就是这个原因。

在我国历史时期中气温变化呈波动起伏,温暖时期和寒冷时期交替出现。总的趋势是温暖期越来越短,温暖程度也越来越低。从生物分布可以看出这一趋势。例如,在仰韶时期,我国黄河流域有野象生存;在秦汉时代,象群栖息的北限就南移到淮河流域及其以南;到唐代,象群只在长江以南出现了。寒冷时期则越来越长,寒冷程度也越来越强。从江河封冻情况可以看出这一趋势。例如,在公元初到六世纪的寒冷时期只有淮河封冻,而在公元十二世纪的寒冷时期出现了太湖封冻,到十五世纪以后的寒冷时期,如1670年,长江也出现了严重的冰冻现象。

如果在10²—10⁵年的尺度内温度变化与降水变化之间存在着上述的密切关系,则CO₂增加后所引起的升温现象,必将引起气候向潮湿的方向发展。因此,从三次有关CO₂的国际性会议的结果看,华北干旱状况将会趋向缓和,并有可能向现在淮河、长江一带的气候转变。

参 考 文 献

- (1) WCP Newsletter, No. 8, May 1986.
- (2) WMO/TD-No.225, WCIP-1, Apr., 1988.
- (3) 张家诚,关于二氧化碳对气候影响的讨论,1986年气候变化会议文件。
- (4) DOE/ER, 0235—0239, Dec 1985.
- (5) Cheng, H. C., Steinberg, M. Effect of Energy Technology on Global CO₂ Emissions, TBO 30, DOE/NBB/0076, Apr., 1986.
- (6) Bolin, B. Global, Ecology and Man, WMO, No. 537, 1979.
- (7) 张家诚 华北干旱问题的探讨 华北干旱会议文件, 1988.

- (8) 张家诚等, 中国近五百年的旱涝 气象科学技术集刊(4), 1983.
- (9) 王邴、王松梅, 近5000年来我国中原地区在气候年降水量方面的变迁规律, 中国科学(B辑), 1987, 1: 104—112.
- (10) 张家诚, 气候干旱化问题(即将发表).
- (11) 竺可桢, 中国近五千年来气候变迁的初步探讨, 考古学报, 1972年1期.
- (12) Sarnthein, M. Sand, Deserts during Glacial Maximum and Climatic Optimum, Nature, Vol. 127, 1978, 43—46.
- (13) WMO WCP 44, 1983.

The CO₂ problem in climate and dryness in North China

Zhang Jiacheng

(Academy of Meteorological Science)

Abstract

In the article the main results of the two workshops of WMO, ICSU and UNEP on CO₂ problem in 1985 and 1987 were briefed and compared. Considering the corresponding relationship between temperature and precipitation variations in time scale 10^2 — 10^5 years it is well correlating to warmness / coldness. So the warming effect of CO₂ will be a factor to make the climate in North China moister than it is at present.