

气候变迁研究现状的几个问题

张 家 诚

(中央气象局研究所)

气候变迁研究在近几年有很大的发展,现在它已不只是一个学术问题,而是一个具有重要现实意义的科学课题了。随着社会生产的发展,编制长期发展规划和设计重大工程都需要参考过去和未来的气候情况。其目的不仅是为了预防气候灾害,而且也要求对今后气候资源有所估计,以便开发利用。我国农业学大寨运动蓬勃开展以来,很多地方迅速地开展了气候变迁的研究工作,其原因即在于此。

近代对气候变迁的研究,从 Neumayr^[1] 1883 年的工作开始,已有近百年的历史了。应该指出,气候变迁是我国北宋时期科学家沈括首先发现的。他根据陕北延州找出类似竹笋的化石,作出了正确的判断,认为这里远古以前“地卑气湿,适于竹林生长”。(《梦溪笔谈》)。他不但首先指出气候变迁的存在,而且第一次使用了生物化石作为认识古气候的科学方法,在科学史上具有重大意义。经过近百年的科学研究,现在已经认识到,气候变迁是由一年以上至几亿年的各种时间尺度的大气状态的振动所组成。

为说明这个问题,先谈谈什么是气候,而气候变迁则是从气候概念引伸出来的另一科学概念。关于气候有各种不同的定义。我们从一个较早、并流传较广的定义出发,即:气候是大气的平均状态,具有较为稳定的性质,是大气瞬时状态即天气演变的背景。但是,在气候的定义中并没有指出所谓“平均状态”的时段。据研究,任何时段的气候平均值和频率都存在着明显的变化。很多作者指出(如[2]):当前广泛采用的气候平均值时期(1931—1960年)可能具有五百年来,甚至一千年来最“异常”的气候。因此,具体的气候是与一定的时段相连系的,它指的是这个时段里的大气平均状态,而气候变迁则是这种平均状态的变化。

气候史的研究表明,气候的发展是具有阶段性的,即在一定长度的时段内,主要气候特征具有一定的稳定性。归纳起来,有六种不同时间尺度的阶段性引起人们普遍注意。

在地球的气候史中,以温暖气候为主,约占十分之九的时间。在温暖气候期之间有若干次为期较短的寒冷时期,即大冰期。大冰期比较确定的有三次:震旦纪大冰期(约六亿年前),石炭一二迭纪大冰期(约 2—3 亿年前),第四纪大冰期(约二百万年前开始)。大冰期以寒冷气候著称,此时不仅两极有巨大冰盖,而且中纬度地区的高山冰川还可延伸到一部分平原。温暖期也称作大间冰期,盛行温暖气候,此时,包括两极地区的冰雪都已消失。在大冰期和大间冰期内部,气候也是经历着各级较小尺度的振动的。当前了解较多的是距今最近的第四纪大冰期,它至少由四个长度约 10—20 万年的寒冷的亚冰期与长度与之

1977 年 1 月 30 日收到。

相近的亚冰期和亚间冰期内部也经历着明显的气候变迁。以最近的大理亚冰期为例,即由四个长度约为一万至几万年的付冰期与其间的付间冰期所组成。现在距最后一个付冰期的结束约一万年左右。这些冰期与间冰期之间的气候振动是很强烈的。据竺可桢估计,现代(属于冰后期)的温度和最近一次付冰期(大约1—2万年前)相比,年平均温度约高7—8℃。

近万年属于冰后期,就我国有关材料分析,温度变化主要经历下列三级振动:

1. 五千年来,我国温度存在着周期长度约为千年尺度,年平均温度约为2℃的四次振动(参看图1)。

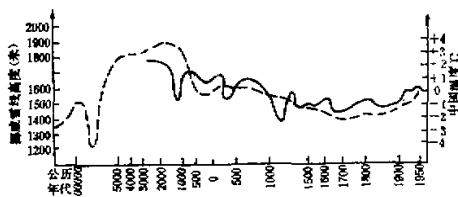


图1 五千年中国温度(实线)与一万年来挪威雪线高度(虚线)

2. 在近五百年的寒冷期中,存在着周期长度约为百年尺度,振幅约1℃以上的四次振动。其中第二次振动是近五百年冰期的最盛期,出现于十七世纪,相当于洲欧一大西洋区的“小冰期”。当前则处于五百年寒冷期后(或中)的回暖期。

3. 在百年尺度的背景上存在长度约为二十年尺度的振动,其振幅约为0.5°—1.0℃左右。

关于大气湿润状态虽然现在了解不及冷热状态详细,但也有一个大致轮廓。在地质时代,一般说冰川期气候分带明显,有广大的气候潮湿地带与干燥地带并存。温暖时期的气候比较干燥,但也有潮湿时期存在。例如,石炭纪(二亿七百万年至三亿五千万年前)和侏罗纪、白垩纪(一亿至亿四千万年前)盛行的就是湿热气候。

冰后期我国大气湿润状态也经历显著变化。根据西安半坡村和河南殷墟等地考古材料表明,约六千至三千年前有十分丰富的亚热带植物种类。竺可桢^[3]指出,当时气候比现在热湿。汉代以后水旱史料很多,但由于各时代记载标准不同,又加上社会因素的影响,绝对值缺乏代表性,故一般采用旱、涝相对数。其中中国科学院地理研究所提出湿润指数I,计算如下:

$$I = 2F / (F + D)$$

F系水涝次数(或年数、县数),D系干旱次数(或年数、县数),图2是根据该所的我国40°N以南和100°E以东地区的湿润指数绘制的。从图上可以看出存在四个长度200—300年的干期和四个长度150—400年的湿期,指数振幅接近1.00。

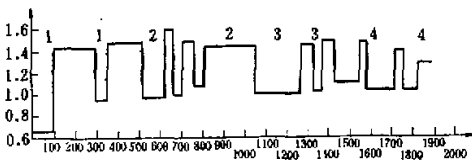


图2 我国湿润指数

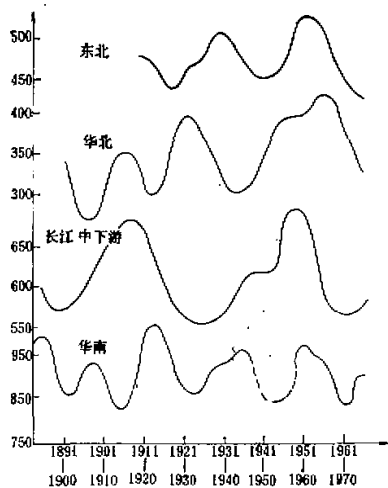


图3 我国东部降水量十年滑动平均曲线

近几十年来我国湿润状态可以从降水量记录得知。图3是我国东部各大区的雨季内降水总量的十年滑动平均曲线。从图上可以看出存在15—35年明显的准周期性。

温度与湿润状态之间存在一定的联系。比较图1和图2可以看到：温度从十一世纪开始，由较高的水平下落到较低的水平；湿润指数则从这一时期起由湿期长、干期短的趋势转为干期长、湿期短的趋势。但这种对应应在较小时间尺度上并不同样明显。值得指出的是，我国冷暖和干湿气候有位相不同的二十年周期，如表1(引自[4])所示：

以上是气候史的大致情况，气候史是气候变迁的基本问题之一，因为只有弄清气候史才能获得气候变迁的总概念并回答当前有关气候

表1 我国冷暖、干湿二十年周期

年 代	1901—1910	1911—1920	1921—1930	1931—1940	1941—1950	1951—1960	1961—1971
降 水	干	湿	干	湿	干	湿	干
温 度	暖	冷	暖	冷	暖	冷	暖

候变迁一系列问题的基本素材。例如，对当前出现的一些气候“异常”应如何评价等，从气候史与其它现象的联系中，分析气候变迁的因子，找出气候变迁的规律性，展望今后气候。

目前气候史的研究主要还是如何取得有关资料。除了最近一、二百年有现代气象观

表2 古气候资料来源(摘自[5])

来 源	测 定 量	地 理 范 围	年代长度(年)	单位时段(年)	精度(年)	所反映的气候要素
层状冰芯	氧同位素(短芯) 厚度、浓度(长芯)	南极、格陵兰	1 万 10 万以上	1—10 不定	±1—100 不定	湿度累积量,湿度
树木年轮	宽度、密度、同位素成分	中高纬陆地	1000(一般) 8000(少有)	1	±1	湿度、降水,土壤湿度
孢粉化石	孢粉型的浓度	中纬度陆地	12,000	1—10	±10	湿度、降水,土壤湿度
山地冰川	末端位置	45°S—70°N	40,000	—	±5%	山地冰川面积
古代土壤	土壤类型	低中纬度	1,000,000	200	±5%	湿度、降水,排水量
内 陆 湖	水位	中纬度	50,000	1—100	±5%	降水、湿度
湖泊沉积物	厚度	中纬度	5,000	1	±5%	降水、湿度
大洋沉积物 (一般深海 取芯)	灰沙累积率 浮游生物化石成分 浮游生物化石同位素成分 矿物成分	全球大洋(除红粘 土区域外) 全球大洋(CaCO ₃ 补偿层以上)	200,000 200,000	500 以上 200 以上 500 以上	— ±5% ±5%	风向、海面温度和 盐度、海冰范围 海面和海底湿度、 海底化学、全球冰 容量、海底水通量
海 岸 线	海底特色,暗礁的生长	稳定的海岸,大洋 岛屿	400,000	—	±5%	海洋水位,冰容量

测记录外,更长时间的资料来源主要是古代文献、考古资料和各种反映当时气候特征的自然迹象。

这种自然迹象种类很多,表2列举了其中一些主要项目。

在这个表中特别需要提到的是树木年轮,它不仅可以定量地延长气候序列,而且还可以用以进行大面积比较分析,找出各时期大气环流和气象要素场的特点[6]。随着分析技术的提高,还可以分析植物组织结构、微量元素含量等。用物候学方法研究气候变迁在我国也是十分重要的,不但我国古代有着丰富的物候记载,而且劳动人民对物候是十分熟悉的,他们有的能回忆几十年的物候变化,这是十分难得的材料。竺可桢利用我国史料中丰富的物候记载,说明我国五千年气候变迁的事实,是一个很好的范例[3]。

另外,整理历史文献中气候记载是延长资料的重要方法之一。西欧各国的航海日志就是很珍贵的材料。我国古代气象记载是非常丰富的。殷商时期的甲骨文、二十四史和七千多种地方志,以及大量文艺作品、日记等,都有很多气候记载。按照“古为今用”的原则,在我国各地正在进行较系统的整理。华北、东北地区五百年来的旱、涝分布图的编制,标志我国气候史料的整理在系统性、严格性和规模上都有很大的提高。

目前对气候变迁因子的研究也作了许多工作,有了更为深入和全面的认识。例如,有人已开始把大气、海洋、冰雪和陆地看作是一个统一的气候系统[7]。太阳辐射、地球天文参数和地壳变化则是这一系统的外部条件。一般来说,气候变迁的因子与现代气候形成的因子有共同的部分,因为气候形成因子的变化就会导致气候本身的变化。气候形成的四大因子是太阳辐射、下垫面、大气环流和人类活动。这四大因子也是气候变迁的主要因子。但是对长时间尺度的气候变迁说来,还要包括地壳的变动与大气成分、海水成分等的变化在内。

这里有必要谈谈近年来普遍关心的人类活动对气候变迁的影响问题。这一问题在古代即已存在,人类建设农田水利等有可能引起一些对气候的影响。但是由于影响很小,没有引起普遍的重视。从上世纪开始,庞大的工业生产开始对局地大气有了明显的污染,于是这一问题提上了日程。近几年来就这一问题有过大量的研究,并提出各种观点。其中有一些学者根据CO₂含量增加而断言大气将持续“炎热化”,甚至现代气候“极不稳定”(例如[8])。但是,这并不符合气候发展的历史事实。因为从上世纪起大气污染是一直增加的,但同期气温的变化则发生由下降到上升的转折变化。同时,尽管地球气候史上有很多比现今气候远为温暖和寒冷的情况,仍未出现过气候“极不稳定”的现象。这样的观点现在有所减少,而以下的看法逐渐得到普遍的接受,即:当前人类活动对局地气候的影响是明显的,但对大面积以致全球气候尚无明显影响。由于人类活动能力是在迅速增加的,在未来一、二百年内可能具有影响全球气候的潜力,因此,现在必须监测和研究这一因子的各个方面,以作为保护大气和规划、调整各项建设的依据。

以上各个因子都有着极为复杂的内容。太阳辐射包括了总辐射量的变化以及紫外辐射、微粒辐射等主要部分。地球天文参数包括地球轨道参数和自转参数等主要方面,它们都对到达地球的太阳能量多少有所影响。下垫面则包括地壳运动、海陆分布、陆地复盖物的热力性质和动力性质等方面。大气则包

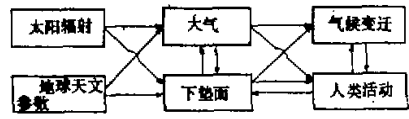


图4 气候变迁的主要因子

括大气环流,大气成分及其物理性质等。以上各部分都与多种物理过程相联系,具有极为复杂的地理分布。要弄清它们之间的关系是十分困难的。图4只是几部分因子之间的主要反馈关系的示意图。

目前人们对每个因子的各个方面以及其中的一些相互关系已有一定的研究,但由于资料的缺乏与问题的复杂,尚未得出较为完善的物理模式。但是研究因子的方法已有显著提高。除沿用已久的单因子分析方法尚在进行外,已经注意到多个因子的并联和串联等方式的结合以说明气候过程的物理机制。Bjerknes对“厄尼诺”现象的分析就把秘鲁洋流、赤道地区太平洋东部海水温度和大气热力环流联系在一起[9,10]。还有人用海温距

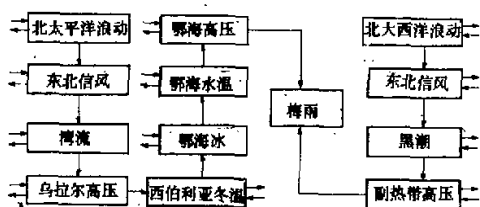


图 5

平对长波槽脊的影响以及长波本身动力性质结合起来,对有关地区的气候异常进行了解释[9]。我国梅雨现象也是南方和北方两方面影响并联的结果(见图5)。

从五十年代开始的气候数值模拟方法对研究因子是十分有用的。特别是大气和海洋相互配合的模拟方法效果

更好,能近似表现出大气环流的某些特征。进一步搞好模拟工作需要要有对小于气候尺度的大气过程进行有效参数化方法作为基础,同时也需要大气内部和外部参数的历史资料。这些问题正在广泛的研究中。

预报未来的气候是气候变迁的重要任务之一。一般认为,气候变迁的物理机制是气候预报的基础。问题在于现在对气候变迁的物理机制还只有某些定性的认识,所以当前的气候预报仍以统计方法为主。其中对气候变迁过程的阶段性分析是重要的依据之一。例如如图3所表示的我国各地区降水量变化的周期性就可作为气候预报的依据。关于冰川期是否会到来的问题,可以根据冰期—间冰期的阶段性变化作出初步推论。由于在武木冰期已有数次一万至几万年的付冰期与付间冰期的交替,而冰后期至今已有万年左右,因此能否有另一次付冰期到来,这种估计是值得考虑的[11]。当然,对几年至几千年气候预报说来,付冰期问题因尺度过大,尚不在考虑之内。其次,人民群众有丰富的气候预报经验,例如在天文现象、季节和年景特点以及奇异点等各个方面都有一定的线索,可供分析研究。在气候变迁的因子分析中也有一定思路,可能找到预报指标。上面所说的“厄尼诺”现象等就是例子,并已有广泛的研究。

气候预报对象是旱、涝特征、温、湿距平现象等所表现的气候特征。相对于瞬时的大气过程说来,气候特征是较为稳定的统计量。这种特征的形成,有其较长的蕴酿过程,它所根据的因子和初始过程不可能是瞬时现象,而是具有与预报量相近时间尺度的自然过程。因此,只有从时间尺度的角度,才有可能建立合理的气候预报方法。

事实证明,当前国内外气候预报已经取得了令人鼓舞的成绩[11,12]。特别值得提到的是我国气候预报在文化大革命后有了很大的发展。除了气象台、大专院校和科研单位外,不少站、哨也开展了气候预报。这些预报结合了当地的实际进行了有针对性的服务,受到了生产部门的欢迎(例如[14])。

以上,大致谈到了气候变迁各方面的内容。还有必要再谈谈气候变迁对人类的影响

问题。应该承认这种影响是客观存在的,但将气候史和人类发展对比研究,可以看出,气候变迁并未阻止人类历史的进程。人类产生于第四纪大冰期,经过几次冰川期和间冰期的交替发展至今。在我国五千年的历史中也有过几次明显的气候振动,但未影响我国历史的发展。阻碍社会发展的是腐朽没落的社会制度,它不但助长自然灾害的发展,而且本身就是灾害的制造者。总的看来,社会发展的速度比气候变化速度快得多。举农业为例,耕种技术、农田建设和作物品种等方面都处于不断的变化革新之中,其中体现了人类有意识地适应和支配自然条件(包括气候)的能力的不断提高。在农业的发展中虽然不断出现与气候的部分不适应现象,而这种不适应正好成为征服自然的课题,这也是我们研究气候变迁的主要目的之一。但这只有在先进社会中,充分调动劳动人民的积极性,才能逐步解决,使农业在进一步适应气候变迁的条件下更好的发展。

大气污染是另一个例子,它是人类的公害之一,七十年代已受到世界各国的普遍重视。气候变迁是各项自然因子与各项人类因子共同平衡的结果。如果要保护大气的自然状态,只要使各种人类活动的综合效果互相平衡就行了。如果要改善气候,则必须使这个综合效果从某方面偏离平衡状态,以产生有利的影响。而要达到这一点,就必须详细研究各种人类活动项目所可能带来的气候后果及其综合影响,有计划按比例地开展这些建设项目。因此,大气环境的问题是全世界人民的共同事业,气候变迁则是这一事业中的一个重要科学课题,有着深远的社会和政治意义。

参 考 资 料

- [1] M. Neumayr, Über klimatische Zonen während der Jura, und Kreidezeit, *Denkschr. K. Akad. Wiss., Math. nat. Kl.* 47, 1883.
- [2] J. Kytzbach, *WMO Bull.* Vol.23, No. 3, 1974.
- [3] 竺可桢,中国近五千年来气候变迁的初步研究, *中国科学*, 1973年,二期.
- [4] 张家诚等,气候变迁及其原因,科学出版社,1976年.
- [5] B.J. Mason, *Q.J. Roy. Met. Soc.* 1976, 102(433).
- [6] H. C. Fritts et al, *J. Applied. Met.* 10(5) pp. 845—864, Boston.
- [7] Techn. Rep. by the WMO Executive Committee Panel of Experts on Climatic Change, June, 1976.
- [8] М.И. Будыко, *Метеорология И Гидрология* No. 9, 1974.
- [9] H.H. Lamb, *Climate: Present, Past and Future*. Vol.1, London, 1972.
- [10] J. Bierknes, *Mon. Wea. Rev.* 1969, 97(3).
- [11] 张家诚、朱明道、张先恭,我国气候变迁的初步探讨, *科学通报*, 1974年4期.
- [12] H. H. Lamb et al, *Climatic Fluctuation and the Problems of Foresight*, Final Report of a Working group of CAS, 1972.