

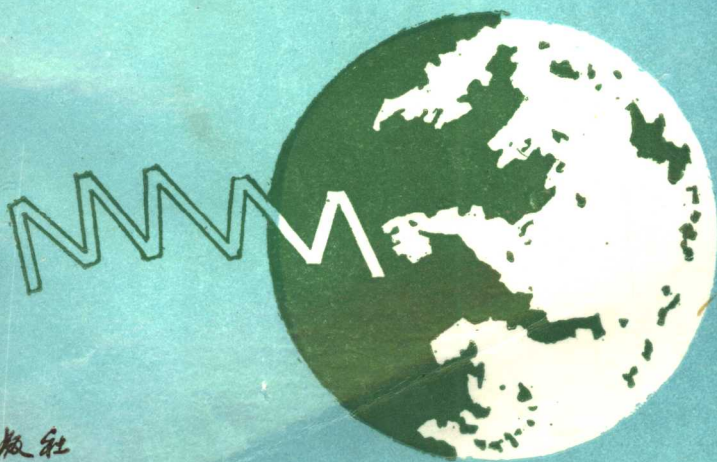


罗哲贤
屠其璞

编著

人类活动与 气候变化

现代大气科学技术丛书



气象出版社

现代大气科学技术丛书

人类活动与气候变化

罗哲贤 屠其璞 编著

气象出版社

(京)新登字046号

内 容 简 介

近十多年来各国科学家对人类活动影响气候问题进行了许多研究。本书以大量的理论研究和观测资料分析表明,人类活动不仅会引起小气候和区域气候的变化,也许还正在无意识地改变着全球气候。这个问题已经得到气候学家、环境科学家的普遍重视,也得到社会学、经济学领域许多专家的极大关注。本书可供自然科学工作者参考,也可作为领导和管理干部的参考读物。

本书是现代大气科学技术丛书之一。该丛书已出版的有:

大气数值模拟

气候变化与社会经济

甚短期天气预报

现代大气科学技术丛书

人类活动与气候变化

罗哲贤 屠其璞 编著

责任编辑:杨长新 终审 刘宏勋

封面设计:牛涛 责任技编:席大光 责任校对:刘祥玉

*

气象出版社出版

(北京西郊白石桥路46号)

北京昌平环球印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行 全国各地新华书店经销

*

开本:787×1092 1/32 印张:4.375 字数:93千字

1993年5月第一版 1993年5月第一次印刷

印数:1—1000

ISBN 7-5029-1258-4/P·0563

定价:3.50元

前 言

许多证据都表明，地球气候在不断地变化着。除了气候状况本身的随机振动之外，太阳辐射和太阳活动性的变化，地球绕日公转轨道参数的改变，大气成分的变化，火山喷发，海洋和大气的相互作用和人类活动都可能导致不同时间尺度和空间尺度的气候变化。在相当长的时期内，气候学家在研究人类活动对气候的影响时把注意力集中在人类活动引起的小气候和区域气候的变化上。但是，近年来的大量理论研究和观测资料分析表明，人类活动也许正在无意识地改变着全球气候。自工业革命以来，由于大量燃烧矿物燃料，砍伐热带森林和使用一些化工合成产品等人类活动向大气中大量排放二氧化碳和其它温室气体，大气中温室气体含量急剧增加。以二氧化碳浓度为例，如果人类社会对排放量不加控制，下世纪中期就可能达到工业化前的两倍。温室气体浓度的增加，有可能导致全球变暖，随之而来的还会导致海平面升高，对农业、林业、渔业和人类社会其它各方面产生明显的影响。为了适应气候变化，人类社会各方面都需要作出相应调整，付出巨大的代价。目前，人类活动影响全球气候变化的问题已经得到气候学家、环境科学家的普遍重视，也得到社会学、经济学领域许多专家的关注。第二次世界气候大会的召开，标志着这个问题也已得到各国政府的重视。近十多年来各国科学家对人类活动影响气候问题进行了许多研究。第二次世界气候大会上政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 就气候变化的科学评价、气候变化的可能影响和人类社会的

反应战略所作的专题报告，既反映了科学界对人类活动影响全球气候这一问题的认识已取得了巨大的进展，也明确指出目前对这一问题的认识尚有许多不确定性，有待于进一步深化和完善。

人类活动可能引起的全球气候变化，尽管对局部地区可能会带来一些好处，但从全球来说，人类社会为了调整经济结构付出的代价将高于可能得到的好处。因此，从人类社会的整体利益出发，应该努力保持自然的平衡，防止人类活动导致的明显的全球气候变化。为了控制大气中温室气体浓度的增加，需要各国在提高能源利用技术和能源利用效率，采用新能源和减小温室气体排放方面采取共同的努力，发达国家则应该承担更多的义务和作出更大的贡献。控制温室气体的排放，也要求社会各方面的共同努力，要求社会各界形成重视环境、保护环境的共识。

人类活动除了通过排放温室气体影响全球气候外，还通过改变下垫面的物理属性，影响局地气候和区域气候。近几十年来许多观测事实表明，人类既可能通过改善地面植被状况而使局地降水量增加，局地气候状况明显改善，又可能因为破坏植被而造成大片土地沙漠化。此外，灌溉和其它水利设施的建议也会对气候产生明显的影响。

人类活动的重要内容之一是改造自然，为满足人类社会日益增长的物质需求和文化需求提供基础。但是，人类在改造自然的时候造成的环境问题，又常常给人类社会的发展带来新的不利因素。因此，趋利避害，是人类社会在改造自然的过程中面临的日益突出的问题。我们根据文献资料编写这本小册子，其目的也在于通过简要介绍人类活动影响气候的主要研究成果，促进社会各界更加重视保护环境的共识。由

于水平限制，疏漏之处在所难免，敬请读者批评指正。

编者

1991年10月

目 录

前言

一	气候变化的观测事实	(1)
	(一) 古气候的变化	(2)
	(二) 近代气候变化	(8)
	(三) 海洋和冰雪圈的变化	(21)
	(四) 对未来气候变化的基本估计	(28)
	参考文献	(30)
二	温室气体的温室效应和人类活动的影响	(32)
	(一) 温室气体和温室效应	(32)
	(二) 人类活动与温室气体排放	(40)
	参考文献	(52)
三	二氧化碳浓度增加对气候和经济的影响	(54)
	(一) 二氧化碳浓度增加对气候的影响	(54)
	(二) 二氧化碳浓度倍增对农业和经济的影响	(61)
	(三) 适应对策研究	(71)
	(四) 二氧化碳浓度倍增问题研究方法评述	(76)
	(五) 对策及适应对策研究方法评述	(91)
	参考文献	(95)
四	下垫面状况变化对气候的影响	(97)
	(一) 引言	(97)
	(二) 下垫面状况变化对局地气候的影响	
	——理论说明	(99)
	(三) 下垫面状况对局地气候的影响	
	——观测事实	(104)

（四）下垫面状况变化对局地气候的影响	
——可能原因.....	（111）
（五）下垫面状况变化对气候的影响——	
数值试验.....	（115）
参考文献.....	（127）

一 气候变化的观测事实

天气和气候是人们日常生活中经常谈论的话题。从科学意义上说，天气和气候是两个既有联系又有区别的概念。通常我们把每天的风霜雨雪，冷暖晴阴的变化称作天气，而天气无时不在变化之中。当我们说到气候时，总是与一个较长时段，例如几年、几十年、几百年乃至几百万年的时间尺度联系在一起，在这一时段内天气变化的一般特征，诸如最常见的出现机会最多的天气以及天气状况变动的范围和可能出现的极端情况，都包括在气候的概念之中。

大量的直接观测和间接观测资料都表明，在人类活动影响之前，气候也是在不断变化的。实际上，近代气候变化，或者人类活动造成的气候变化，是在长期的气候自然变化的背景上发生的。当我们考察人类活动对气候的影响时，不可能离开对气候自然变化规律的认识。对已经发生的气候变化的研究，还可以为我们认识气候变化的原因提供重要线索，验证各种气候变化理论，只有对已经发生的气候变化能作出比较圆满解释的理论，才有可能被广泛地接受为一种气候预测的依据。

因此，在进一步讨论人类活动对气候影响之前，有必要考察一下当今人类活动对气候产生的影响是发生在一个什么样的背景上的？由于人类活动的影响，气候已经发生了什么样的变化？

(一) 古气候的变化

地质资料表明,在地质时期,气候有着明显的变化。在最近的地球历史时期中,更新世的冰期-间冰期交替出现是最显著的气候变化特征。更新世冰期循环大约开始于200万年以前。在冰期-间冰期的循环过程中,全球地表平均气温至少可以变化 $5-7^{\circ}\text{C}$ 。在北半球中高纬度的一些区域,温度变动幅度甚致可达 $10-15^{\circ}\text{C}$ 。伴随着大幅度的温度变化,陆地和海洋积冰的体积以及海平面高度都有巨大变化。

代用资料表明,目前全球气候处于间冰期,最后一次冰期约在距今10000—15000年时结束。与最后一次冰期的气候相比,当今的气候是很温暖的。在最后一次冰期中,冰原覆盖了美洲和斯堪的纳维亚,由于地球上的水大量集中于大陆冰原,全球海平面比现今低120米。

地球气候变化受制于许多因子。许多研究认为,地质时期冰期和间冰期气候循环的原因可能是地球绕日公转轨道参数的变化。地球绕日轨道参数的改变,可以导致各个季节地球相对于太阳位置的变化,改变太阳辐射在两个半球或冬、夏两个半年的分配。地轴倾角的缓慢变化,也可能是冰期间冰期循环的原因。这些也就是通常所说的“米兰柯维奇”轨道效应。地球公转轨道变化引起的冰期间冰期气候变化,时间尺度以万年计,对于几十年至几百年时间尺度的气候变化来说,它的作用并不重要(图1.1)。

在考察地质时期气候变化时,下列几个特征对于研究人类活动对气候影响的问题是很有启发意义的

(1) 对南极冰盖钻探得到的冰芯气泡中二氧化碳和甲烷浓度的分析表明,在过去16万年中,极地的温度变化趋势

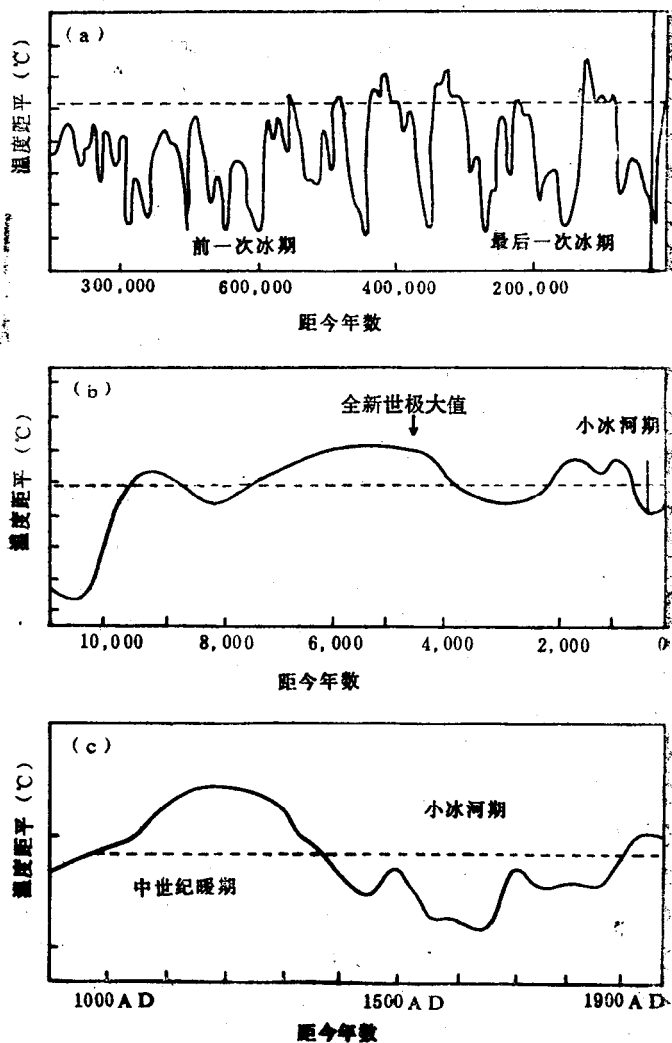


图1.1 自更新世起三种时间尺度的全球温度振动示意图
 (a) 最近一百万年; (b) 最近1万年; (c) 最近1千年。
 点线表示20世纪开始时的温度状况

与大气中二氧化碳和甲烷的浓度有很好的对应关系(图1.2)。这一事实表明,大气中温室气体浓度的改变确实可以引起气候的明显变化,从而有力地支持了关于温室效应的数值模拟结果。

(2) 在最后一次冰期结束,全球气候进入间冰期的增暖过程中,大约在距今9000年左右,出现过一次温度变化的逆转现象,这就是所谓“仙女木”冷期。仙女木冷期的出现,既不能用地球公转轨道变化来解释,也不能与大气中二氧化碳和甲烷浓度变化相对应,其原因至今尚不清楚。观测资料表明,长达500年的仙女木冷期在北大西洋表现最为明显,它意味着增暖过程中北大西洋海表温度的巨大变化可能是这种气候逆转的物理原因。在全球增暖时,极地冰原大量融化,大量淡水注入海洋,使得海洋温盐环流和热量输送明显改变,通过海洋大气相互作用,最终可能对气候产生重要影响。仙女木冷期开始很突然,结束也很突然。在研究人类活动引起的气候变化时,特别是研究温室效应导致的全球增暖时,对于在增暖过程中气候突然逆转出现的可能性无疑应该给予足够的重视。

(3) 在距今约150—450年这段时期里,世界上所有高山地区的冰川都大规模向前推进,形成了古气候变化中一个十分重要的阶段——小冰河期(图1.3)。小冰河期是自仙女木时期之后全球温度最低的时期。对于小冰河期形成的原因,有人认为是火山活动增加的结果,有人则认为与太阳活动减弱有关,至今还未有公认的解释。小冰河期结束于19世纪,有人认为,从1850年开始的全球增暖过程可能是从小冰河期向暖期的恢复过程,是气候低频振荡的反映,而并非人类活动的直接结果。

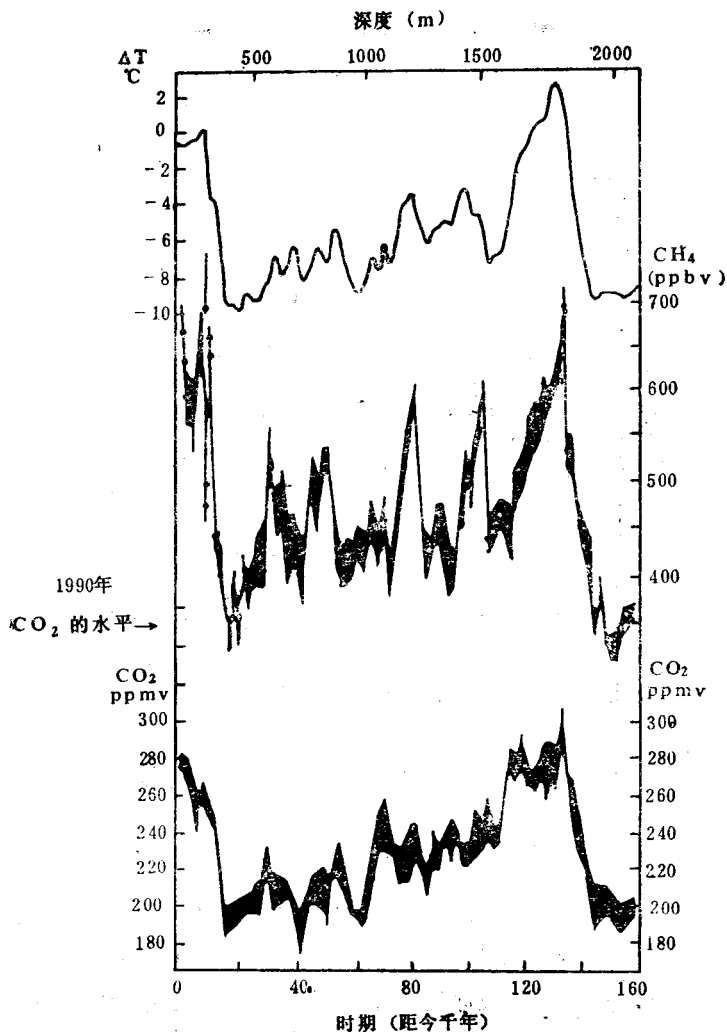


图1.2 过去16万年中南极地区温度和大气中二氧化碳、甲烷浓度的变化趋势
(根据Banala等和Chappelaz等)

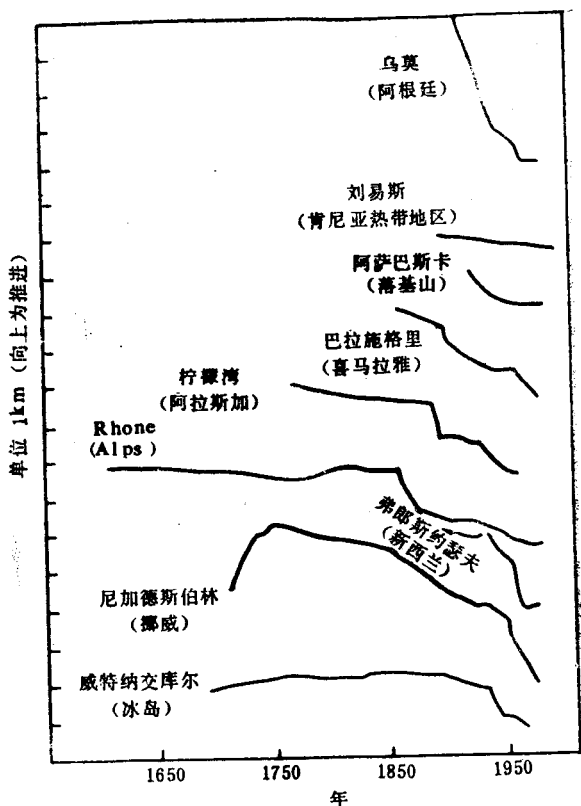


图1.3 过去三个世纪中世界范围内冰川下限的变化

(4) 一些间接资料表明, 在温度状况没有明显改变的情况下, 降水和水文状况的变化有可能是相当明显的。由图 1.1 可见, 从最后一段冰期以来, 温度变化幅度不大, 最暖期和最冷期的平均气温差不到 2°C 。而在这一时期内, 一些区域水文状况的变化却是十分明显的。在距今 2000—4000 年

时，非洲次撒哈拉地区是比较湿润的，文明部落可以依靠渔猎为生，而如今那里几乎已成为世界上最干旱的地区。

由于大气中二氧化碳及其它温室气体的不断增加，许多研究表明，未来的气候将变得更为温暖。Budyko 和 Israel (1987) 提出，在过去的气候中有三段可以作为未来气候的相似，它们是 (a) 上新世气候适宜期（距今约330万—430万年），(b) 最后一次间冰期最适宜期（距今约12.5—13.0万年），(c) 全新世中期（距今5000—6000年）。

在上新世气候适宜期，北半球中纬度夏季气温比现在高3—4℃。根据 Budyko 的估计，那时大气中二氧化碳的浓度约为工业化前的两倍，即接近 600ppm。在上新世，北半球的降水量比现在多。特别有意义的是，在上新世，中亚和北非等干旱地区的年降水量比现在多，而气温却比现在低。

最后一次间冰期适宜期比现代气候温暖（约暖1—2℃）。根据一些研究者重建气候的结果，西伯利亚北部、加拿大和格陵兰的夏季气温较现今高4—8℃，前苏联的大部分地区以及 50—60°N 以北的西欧地区，夏季温度比现在高 1—3℃，在这些地区以南，温度与现今相似。在北半球所有大陆地区，最后一次间冰期适宜期的降水都比现在多，欧亚大陆的北部、苏联的中亚和哈萨克斯坦的年降水量估计要比现在多 30—50%。这一时期的大气中二氧化碳浓度约为 300ppm，温暖的主要原因是那时地球绕太阳公转轨道的偏心率约为现在的两倍，因此，北半球夏季得到的太阳辐射比现在要多。

全新世早期及中期，北半球高纬地区的夏季气温要比现代高3—4℃，中纬度地区的夏季温度只比现在高1—2℃，而更南的地区，夏季温度则常常比现在低。在这个时期中，前苏联的中亚，撒哈拉和阿拉伯等地的降水量比现在多，欧亚大

陆北部和加拿大降水量也比现在多,而欧洲中部、前苏联欧洲部分的南部和西西伯利亚的年降水量则比现在略少一些,美国的年降水量也明显的少于现在。

对于Budyko等人提出的可能与未来气候相似的三个古气候时期,也有许多不同意见和争论。一方面,代用资料和重建资料的精确性是很有限的;另一方面,三个气候阶段中有两个阶段存在太阳辐射季节分布的改变,因此,它们的气候是否会与温室气体增加导致的气候变化一样,也是难以肯定的。

(二) 近代气候变化

在工业化以前,人类活动对气候的影响,由于受到人类活动规模和方式的限制,实际上只能停留在小气候的水平上。自从工业化进程以来,大量矿物燃料的使用以及人类为自身生存和发展大规模开垦土地、砍伐森林、修建水利设施,才使得人类活动有可能对区域气候甚至全球气候产生明显的影响。因此,分析近代气候变化的基本事实,探求其中是否有人类活动影响的“痕迹”,对于评估人类活动对未来气候可能发生的影响是很有价值的。在这一节,我们分别考察近代仪器观测以来气候变化的主要特征。

1. 气温的波动和变化

近百年来观测到的气候变化事实,以气温的变化最为突出。

根据近代仪器观测记录, Jones, Hansen 和 Lebedeff, Vinnikov 分别分析了近 100 多年来北半球地面气温的变化。所有的分析结果都表明,最近一百多年来,地球明显的变暖了! 观测资料表明, 20 世纪 80 年代是 100 多年来平均气

温最高的10年，而1990年则是100多年中北半球地面平均气温最高的一年。

图1.4给出北半球近100多年来陆地表面平均气温的逐年变化和它们的长期趋势。从图可见，本世纪20年代以前，北半球地面平均气温大致在一个固定的平均气候附近随机振动；1920年前后，北半球地面平均气温出现了一个约为 0.3°C 的跃变，其后，从30年代末期到60年代中期，北半球地面平均气温呈明显的下降趋势；70年代初，北半球地面平均气温重又开始明显上升，在1972—1982年的10年中，温度趋势值大约升高了 0.3°C 。如果对1881—1989年的北半球地面平均气温序列拟合一个直线趋势函数的话，这段时间每100年的增温率达 0.53°C ；如果对1861—1989年序列拟合直线趋势，则每100年的增温率也达 0.45°C 。由此可见，显著的增暖趋势是过去100多年北半球地面平均气温长期变化最主要的特征。

南半球地面平均气温的变化与北半球相似。从上世纪末到本世纪20年代，南半球平均气温也处于相对稳定状态，本世纪20年代到30年代，气温明显升高。与北半球不同的是，本世纪30年代到60年代，南半球地面平均气温没有呈下降趋势，而是稳定在一个水平上。1970年后，南半球地面平均气温重新出现稳定上升的趋势。在1881—1989年和1861—1989年两个不同时段中，南半球地面平均气温的百年平均增温率分别为 0.52°C 和 0.45°C ，与北半球的数值基本一致。

在进一步研究过去100多年来全球增暖的原因之前，首先要搞清楚的是，上述温度观测值的变化是否完全是全球气候变化引起的？实际上，许多非气候因素，例如观测网覆盖程度的变化，观测时间和方法的改变，测站位置及测站周围