

气候变迁及其原因

张家诚等编著

科学出版社

气候变迁及其原因

张家诚 朱明道 张先恭 编著
王 雷 徐瑞珍 杨蕴华

科学出版社

1976

内 容 简 介

本书对气候变迁进行了较系统的阐述。内容包括地质时代与现代气候变迁的主要史实，影响气候变迁的基本因子——太阳活动、海陆分布与人类影响；并探讨了气候变迁和超长期预报的问题。

本书可供气象工作者、高等院校气象专业师生以及水文、地质、地理、古生物等有关工作人员参考。

气候变迁及其原因

张家诚 朱明道 张先恭 编著
王 雷 徐 鑫 杨 蕴 生

地质出版社 出版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1976年1月第一版 开本：787×1092 1/32

1976年1月第一次印刷 印张：9 1/4 插页：1

印数：0001—13,150 字数：210,000

统一书号：13031·351

本社书号：536·13—15

定 价：0.88 元

前 言

气候变迁是一个引起人们关心的问题，特别是在1972年前后出现较多的异常气象现象，于是，人们不禁要问：怎样认识这些现象呢？它们今后变化趋势如何？各国的气象学工作者对此发表了许多不同的意见，那么究竟哪一种意见是正确的呢？

这本小册子不可能对这些问题都作出确切的回答，因为气候变迁到目前为止还是一个没有完全解决的科学问题。但是，这个问题从上世纪起已经进行了大量工作，现在已经有了一个轮廓，反映人类对气候变迁的认识早已摆脱了无知的状态。它不仅可以为更深入地探索自然界打下了基础，并且还对人类改造自然提供理论依据。因此，这个问题已经成为一个具有重要战略意义的课题，引起了科学界及有关部门的注意。

这本书的目的就在较为全面和系统地向读者介绍气候变迁方面的理论与材料，帮助读者获得有关这个问题的科学概念。

应该说，气候变迁问题是很复杂的，牵涉面很广，而本书又希望不要有太大的篇幅，因此，很多叙述只能按作者的水平择要进行。但也要指出，除问题的复杂性一面外，它也象其它科学一样，可以为广大的群众所熟悉和运用。我国不但不少气象台、站对此进行了大量工作，而且许多有经验的老农，能够对以往旱涝变化提供一些解释，并能作出几年气候变化的估计。这就证明，这一问题本身并不神秘，而是

通过大量实践可以逐步认识和解决。

如果说，这本书能够使读者增加这方面的知识，或提高对这个问题的关心，甚至对开展有关工作有所裨益，这就是本书作者的目的。

由于作者在这方面知识有限，本书难免有错误与缺点，希读者指正。

本书写作分工，第一、第四、第六章：张家诚；第二章：朱明道；第三章及附录：张先恭、徐瑞珍；第五章：王雷。

陶诗言同志审阅了本书初稿，宿白同志审阅了气候变迁史初稿，曹照垣同志审阅过地质气候部分。杨蕴华、薛珩、毕慕莹同志为本书作过部分工作。本书各章曾在北京大学地球物理系气象专业作过讲授，王绍武同志和李永新等七三届同学对教材提出过宝贵意见。黑龙江、辽宁、内蒙、宁夏、安徽、广东和上海等省(自治区)、市气象局和基层气象台站以及黄河规划委员会水文组、中国科学院地理研究所气候室等从事气候变迁和超长期预报的同志，对本书初稿亦提出许多建设性意见。作者谨致谢意。

目 录

前言	iii
第一章 气候变迁引论	1
第二章 气候变迁简史和现代气候变迁	10
一、地球气候史的基本特点	10
二、现代气候变迁的特点	31
三、气候变迁的未来趋势	83
第三章 太阳活动与气候变迁	91
一、太阳活动的各种周期与气候变化的关系	93
二、太阳辐射变化与地质时代气候变迁的某些联系	133
三、太阳活动影响天气和气候过程的探讨	146
第四章 海陆分布对气候变迁的热力影响	164
一、海陆差别是气候形成和气候变迁的重要因子	164
二、两种热机、两类环流及其振动	174
三、海陆影响的传递与气候变迁	182
四、近代气候变迁与海陆影响	194
五、地质时代的海陆影响与气候变迁	198
六、小结	209
第五章 人类活动与气候变迁	213
一、概述	213
二、灌溉——绿洲效应	216
三、大型水库——湖泊效应	218
四、城市——热岛效应	219
五、大气中的人造二氧化碳——温室效应	228
六、大气中的人造尘埃——阳伞效应	236
七、人为热——火炉效应	245

八、喷气机飞行产生的卷云和水汽 温室效应	246
九、海洋的石油污染——海洋沙漠化效应	248
十、大规模工程改造自然引起的气候副作用	250
十一、小结	252
第六章 略论气候变迁的复杂性与气候预报的可能性 ...	256
附录	265

第一章 气候变迁引论

近年来，由于世界气候产生了一些引人注目的“异常”现象，气候变迁问题引起了注意。有许多气象学家就此问题发表了各种不同的看法。其中有一些谈到所谓气候将会持久“恶化”的问题，他们从不同的角度，从“变冷”或“变暖”两种不同的趋势，都同归于“恶化”一个结果。因此，气候究竟会“变冷”还是“变暖”？持久“恶化”或是短期波动？是目前有重要意义的几个突出问题。

恩格斯指出：“整个自然界，从最小的东西到最大的东西，从沙粒到太阳，从原生生物到人，都处于永恒的产生和消灭中，处于不断的流动中，处于无休止的运动和变化中。”（《马克思恩格斯选集》中译本，第三卷，1972年版，第454页）气候也遵循这一自然界的普遍规律，处于无休止的运动和变化中。几亿年的地球气候史是以温暖时期与寒冷时期交替出现为其基本特点的。

地球气候史反映了生物演化史和人类发展史各时期及其以前的大气环境的演变过程。将这些丰富资料进行分析不但能够找到气候变迁的规律性，而且还可以弄清气候变迁对人类究竟会产生什么影响。

应当认为，近代的气候变迁对于人类说来会出现持久“恶化”的说法，是经不起历史事实检验的。因为在过去的气候史上，出现过比现在温暖得多的持久的温暖时期，也出现过比现在寒冷得多的“冰川时期”。生物和人类不但在这些时期中继续发展前进，而且还多次经历了这两种气候交替

的剧烈变化的考验。

据地质学考察的材料说明，气候在其发展的过程中是以温暖气候为主的，温暖时期约占整个气候史的十分之九。在气候史上已发现存在过三个寒冷时期，即三次大冰川期：距今约6亿年前的震旦纪大冰川期，距今约2—3亿年前的石炭—二迭纪大冰川期和距今约二百万年至今的第四纪大冰川期^[1]。这三个大冰川期正好是生物演化与人类进化的重要时期。

原始生物在震旦纪化石中就有发现，经历了三大冰川期与其间更长的温暖时期而演化至今，成为繁茂众多的生物世界。

人类出现在第四纪大冰川期中，人类几乎全部发展时期是在这个大冰川期中渡过的。据研究，第四纪大冰川期至少由四个长度约10—20万年的寒冷的亚冰川期所组成，每两个亚冰川期又由同样长度的亚间冰期所隔开。从五十万年前的北京猿人时期至今，地球已经历了两个亚冰川期与三个亚间冰期（包括现代所处的冰后期在内）的剧烈变化。

约从一万年开始，最近一次冰川消退，出现了冰后期气候。这段时期气候变化也是以冷暖交替为主要特征，共出现过四个温暖时期和四个寒冷时期。

公元前3000年到公元前1000年左右是第一个温暖时期，也即冰后期中最强的一个温暖时期，即从仰韶文化到安阳殷墟，大部分时间年平均温度高于现在 2°C 左右。全年最冷月1月温度约比现在高 $3^{\circ}-5^{\circ}\text{C}$ ^[2]。而这个时期是我国和世界古代文化迅速发展时期。

1400—1900年是第四个寒冷时期，也即相当于欧洲的所谓“现代小冰川期”，正好这个时期就是欧洲文艺复兴和以后迅速发展时期。在这个时期中我国历经明、清两个朝代，也在酝酿着历史的变革，而不是持久的气候恶化与灾荒。

从以上材料可以证明，不论冰川时期或是温暖时期都不是人类和生物发展史中的灾难时期。我们认为冰川期气候与温暖时期气候对人类发展说来，各有其有利与不利的方面，必须辩证地去认识。就冰川期说来，固然气候较为寒冷，但也不是全球遍布冰雪。在冰川时期，高、低纬地区温度差别显著，气候分带更为明显。大气环流比较强盛，气旋比较活跃，其路径偏向低纬地区，整个气候带也有相应的移动。各个地区都有互不相同的变化趋势。有些地区气候“恶化”了，但也有些地区气候有所改善。生物不但继续繁衍，还出现适应寒冷气候的品种。对人类说来，冰川时期也一样是人类征服自然而阔步前进的时代。

气候异常是一种自然现象，它造成的危害程度主要决定于社会制度。反动的社会制度不但不与自然灾害作斗争，它的本身就是灾害的制造者。以旱灾为例，解放前一次不大的旱灾引起劳动人民离乡背井，人畜死亡，出现许多惨不忍睹的悲惨图景。自然灾害固然造成了损失，而剥削阶级利用灾害囤积居奇，大肆盘剥，又是灾害更加严重的重要原因。1972年我国遭受了大面积干旱，但全国人民执行了毛主席关于“备战、备荒、为人民”等一系列英明的方针，在全国各地开展了“农业学大寨”的群众运动，奋起抗旱夺丰收，结果仍然获得了与丰收的1970年相等的年景，有的地方甚至在大旱之中创造了有史以来的丰产记录。这说明了社会主义制度有无穷的抗灾潜力。

研究气候变迁不单是为了防御异常气候的灾害，主要还是为了找到改造气候的合理途径，使人类在气候面前由必然王国走向自由王国。忽视气候规律而盲目开发自然有过不少失败的教训，例如有的国家无计划地大面积开荒引起了当地气候失调。因此，气候变迁对大规模改造自然和各种生产活

动都有巨大的战略意义。

气候变迁也是研究现代气候的一个重要方面。恩格斯指出：“运动是物质的存在方式。”（《马克思恩格斯选集》中译本，第三卷，1972年版，第98页）对任何物质的真正深入和正确的认识，除观察它的静态外，还要观察它的动态方面，即在其运动中去观察它。现代气候是气候变迁长河中的一个发展阶段。如果不了解其历史渊源，就无法充分阐明现代气候的规律性。当然，人类对现代气候拥有丰富的资料，又是研究气候变迁的起点。

另外，气候变迁又与生物演化史、人类进化史、地质史、水文史与海洋史等都有密切联系，因此研究气候变迁是这些科学全面发展的一个环节。

当前，弄清现代气候在气候变迁史中的地位有重要意义，因为弄清现在处于发展中的什么阶段，是预见其未来发展的一个必要条件。

对此问题存在着不同观点。不少人认为小冰川期即将到来，甚至还认为冰川期即将到来。这种观点的本身就意味着现代不是处于冰川期与小冰川期之中，而是处于间冰期中的非寒冷时期。但是，这不是唯一的观点，英国布鲁克斯（Brooks）就认为现代仍然属于冰川期，但不是冰川最发达的时期^[8]。他认为地球南北两极冬和夏都没有冰盖发生，才是真正的温暖时期。甚至两极地区冬季发生的冰盖能在夏季全部融化，他也认为是属于“半冰川期”。

第四纪大冰川期是紧靠现时代之前的一个气候史上的突出时期，也是了解现代气候趋势的重要时期。将这个大冰川期与以前的两个大冰川期比较就能发现三个问题：（1）前两个冰川期有几千万年的长度，第四纪大冰川期还只开始二百万年，时间上如此巨大的差异是否意味着第四纪大冰川期还

远未结束？（2）第四纪大冰川期至少由四个长度达10—20万年的亚冰川期所组成，亚冰川期之间的亚间冰期也有10万年以上的长度，而现代温暖时期还只开始约一万年，这个时期是否只是第四纪大冰川期中的一个间隙？（3）第四纪冰川期的最后一个亚冰川期是大理亚冰川期（相当于欧洲的武木亚冰川期），又由五次长度约1万多年的副冰川期与具有同样时间长度的副间冰期所组成。现今距大理亚冰川期“结束”约一万年，长度快接近副间冰期。因此，大理亚冰川期是否已经结束或它的另一个副冰川期还将出现，显然也是值得探讨的问题。

另一方面，在冰后期的气候演变中，当前气候又处于什么地位？在冰后期约一万年中，气候上出现四个温暖时期与四个寒冷时期。总的趋势是：温暖时期一个比一个短，温暖程度一个比一个低；四个寒冷时期正好相反，时间一个比一个长，程度一个比一个强。在第四个寒冷时期（约1400—1900年）中，又有三个较冷的阶段和两个较暖的阶段。最近气候变迁的特点是：1916—1945年是较暖的阶段，1945年至今是较冷的阶段。因此现在也可看作是第四个寒冷时期延续而来的第四个较冷的阶段。在第四个寒冷时期的三个较冷阶段的长度都在30年以上，最长达百年之久。从阶段性的长度来看，现今较冷阶段尚有继续维持的可能。

现在再来看看气候能否持续“变暖”的问题。这个观点的着眼点是大气污染一个因子。从上世纪后半段至今是工业发展时期，大气污染确实迅速增加，但这个时期气候史的基本事实是经历了变暖，然后又变冷的两个阶段。第二次世界大战后工业发展的速度加快了，气候却出现了变冷的趋势。世界气象组织大气科学委员会第六届会议（1973年）就明确指出：“最近讨论这个题目（指气候变迁——译注）有一个倾

向，即可能由于人类活动所引起的气候变迁给于太多的强调，而对自然因子的影响估计不足。”〔4〕因此，片面夸大污染而引起气候“变暖”的看法的依据是不够的。大气污染是人类的公害，随着它变得日益严重，也将会对气候产生各种影响。但它既然为人类所产生，也必然会为觉醒了的人类所消灭，不能因此而悲观地看人类环境的前途。

最近气候变迁的幅度与历史时期比较仍然是很小的。多半个世纪以来，我国不同地区的10年平均温度变化尚没有超出 1°C 的范围。而五千年来我国最暖时期与最冷时期的温度变幅达 4°C 以上。世界各地出现的异常现象也大都是百年内曾出现过的现象。由此可见，在现代气候变迁的趋势上没有出现历史上未见的气候“恶化”的征兆，而只是一个不大的波动。

此外，在上面所说的各种长度的气候变化的背景上，尚有两年和数年周期的气候变化，但已不属于气候变迁总趋势的问题了，将在有关的章节中讨论。

为更深入了解气候变迁问题，不能不究其原因。关于这个问题，恩格斯有两段论述：

“气象学的规律也是永恒的，但是，只有对于地球，或者对于一个具有地球的大小、密度、星轴倾斜、温度，并且具有同样的氧和氮混合的大气以及等量地蒸发和凝结水蒸汽的天体，才是如此。”（《自然辩证法》，人民出版社，1971年版，第216页）

“现在在地球上起作用的全部能量，都是从太阳热转化来的。”（同上书，第225页）

恩格斯在1886年以前所阐明的这些思想，为近代气象科学的发展所证实。他所列举的内容反映了现代气候学中所归纳的气候形成的三大因子，即太阳辐射、下垫面和大气环流。人类活动日益扩大，正在成为气候形成的第四大因子。

这四大因子也是气候变迁的四大因子，因为形成气候的因子的变化必然引起气候的变化。这就是这两个课题有着紧密联系的重要原因。

这四大因子之间形成十分复杂的反馈关系。

太阳辐射因子的变化不只是太阳总辐射量和太阳活动这两个部分的变化，而且还包括一系列天文因子，如地轴倾斜、地球轨道的偏心率与岁差等。因为这些参数对地球接受太阳辐射的多少、地球各纬度带的分布与季节分布都有很大关系。此外，地球下垫面与大气的反射率也对地球实收太阳辐射量有着直接的影响。

地球下垫面是太阳给大气能量的主要转运站，特别是下垫面的性质差异很大，更能造成大气中能量分布的极不均匀状态，是大气中产生各种尺度的水平的与铅直的运动的原因。此外，下垫面对大气运动的动力作用也是不能忽略的。海洋与大陆的物理性质差异大、范围广，是下垫面中的主要问题。特别是大规模冷暖洋流在热量输送和交换中有显著作用，又是海陆影响中的突出问题。大陆的地形，特别是我国的范围辽阔、地势高起的青藏高原对大气环流的影响很大，也是下垫面问题中的一个重要方面。冰雪覆盖地区有强烈的冷却作用，在下垫面问题中也占有显著的地位。

热力差异是形成大气的热力环流的主要原因。但是在自转的地球上，地极的移动、地球自转速度等地球物理参数对大气环流的形成也是十分重要的因素。它们的变化对大气环流长期变化有明显的影响。

大气环流不但对输送热量和水汽有重要作用，而且可以使不同性质的空气互相接近，相互作用而形成天气和气候现象。气候“异常”一般都与大气环流的“异常”相联系，各地区气候变迁的不同趋势，也可从大气环流中得到解释。

人类活动对气候变迁的影响也是与上述三大因子紧密结合在一起的。现代人类活动的能力正在迅速增长，不但以越来越大的规模改变下垫面的性质（如灌溉、建筑、防风林、海面油膜等），而且越来越迅速地改变大气成分（如大气污染等），影响大气的辐射性质。研究人类活动对气候变迁的影响，就能找到有效地利用气候资源、改良气候的途径，并能防止消极影响，和破坏大气环境的现象进行斗争。

上面只略谈几个因子相互作用的概况，对整个问题说来自然是极不全面的。在这相互作用的所有环节中，只要有一个环节发生了变化，就能使整个系统发生变化。但是这种变化有各种情况，一种是负的反馈关系，有使整个系统回复到平衡状态的趋势；另一种是正的反馈关系，有使整个系统进一步偏离平衡状态的趋势。但是对整个大气-地球系统说来，在发展的现阶段，主要仍是一个负的反馈系统，这从几亿年的气候史已得到了证明。正的反馈过程只是在发展的某一阶段或在某一局部地区取得优势，但在更长的时期及更大的范围却为负的反馈过程所控制，这就是几亿年的气候变迁一直没有越过生物所能适应的范围，有人类以来五十余万年的气候变迁也没有越过人类所能适应的范围的原因。

对整个气候变迁的理论说来，现在已经初具了轮廓，但还处于开始阶段。其中一个重要任务就是利用各种手段，搜集和整理过去有关气候的材料和线索，得出一部较完备的气候变迁史。其次，以现代大气为蓝本，在弄清现代大气的各种物理机制的基础上，结合四大因子的历史资料，研究气候变迁的物理机制。在物理机制弄清之前，寻找因子与气候变迁之间的相关关系，从现代大气环流和其它大气物理过程中找到线索和解释。这样，既可为迫切需要的气候预报找到初步依据，又可为进一步研究物理机制打下基础。

当前，我国革命与生产都是一派大好形势，在毛主席和党中央的英明领导下，我国人民改造山河的斗争正在蓬勃开展。气候变迁对人与自然的斗争和开发资源有重要的战略意义。我国有悠久的历史，有丰富的历史资料和考古资料；我国劳动人民世代代积累了丰富的看天经验与长期的农事记载；我国地质学和古生物学等都取得丰硕的成果，这对研究我国的气候变迁都是有利的条件。因此，只要我们气象工作者遵照党的科研路线，努力搞好这项工作，我国的气候变迁研究一定能作出应有的贡献。

参 考 文 献

[1] 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。

[2] 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2期。

[3] Brooks, C.E.P. Climate through the Ages, London, 1950.

[4] W.M.O., Commission for Atmospheric Sciences, Abridged final report of the Sixth Session, Versailles 19—30, November, 1973.

第二章 气候变迁简史和现代气候变迁

一、地球气候史的基本特点

几亿年的地球气候史是以温暖时期与寒冷时期交替出现为其基本特点的。根据气候记录、史料和考古材料分析，世界和我国的气候都经历着长度为 10^0 — 10^8 年的各种时间尺度的变化〔1〕。现在为世界科学界所公认的至少有：

(1)大冰期气候与大间冰期气候——时间尺度约为 10^7 — 10^8 年；

(2)亚冰期气候与亚间冰期气候——时间尺度约为 10^5 年；

(3)副冰期气候与副间冰期气候——时间尺度约为 10^4 年；

(4)寒冷期(或小冰期)与温暖期(或小间冰期)气候——时间尺度约为 10^2 — 10^3 年；

(5)世纪及世纪以内的气候变动——时间尺度为 10^0 — 10^2 年。

研究地球气候史以掌握过去气候变动规律，是气候的长期预报的基础；同时，它还牵涉到地球发展史、生物演化史以及地球资源的形成等重大问题。更主要的是，为了更有效地利用自然资源，避免灾害性气候的影响，使人类更自觉地改造自然。

地球气候史的研究，使用着三种不同的方法：地质时期的气候变迁，使用了地质沉积物和古生物学的方法，近年还引