

龚高法 张丕远 吴祥定 张瑾瑜 编著

历史时期气候变化 研究方法

科学出版社

历史时期气候变化 研究方法

龚高法 张丕远

吴祥定 张瑾璐 编著

科学出版社

1983

内 容 简 介

气候变化是当前自然科学中争论比较激烈而且对人类的未来生活和生产活动都有密切关系的研究课题。收集历史时期气候的证据是研究气候变化的基础。本书较系统地介绍了研究历史时期气候证据的各种方法、原理、精度和优缺点,内容包括历史文献、树木年轮、物候、自然地理因子、同位素等方法及各种断代技术。其中历史文献、物候和年轮等方法结合了我国丰富的有关资料,具有一定特色,予以推广不仅有助于促进气候变化的研究,而且有利于保护好反映古气候的各种证据。

本书可供生物、气候、地理、考古、历史等专业人员使用,亦可供水利、土木建筑等工作者和野外工作人员参考。

历史时期气候变化研究方法

龚高法 张丕远 吴祥定 张瑾璐 编著

责任编辑 郑秀灵

科学出版社出版

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

*

1983年9月第 一 版 开本:787×1092 1/32

1983年9月第一次印刷 印张:9 3/4

印数:0001—3,650 字数:220,000

统一书号:13031·2377

本社书号:3253·13—15

定价:1.50 元

前 言

气候变化问题是现在人们非常关心的一个问题，也是当今自然科学领域中争论比较剧烈的问题之一。其主要原因不仅是因为这个问题对于人类生活和生产活动关系密切和问题本身较为复杂，而且也由于收集反映古代气候证据十分困难，所以迄今世界上很多地区还找不到反映古气候的任何可靠证据。另外，使用不同方法所获得的气候参数，其气候意义不一定相同。例如，生长于干旱和半干旱地区的树木，其年轮指数反映生长期间的干湿状况，而寒冷地区的树木年轮指数常常主要与生长期间的温度有关。在历史史料中的物候期记录可以用来推测物候现象出现以前一段时期的寒暖状况，但热带平原地区的冰、雪则与一、二次强寒潮引起的降水过程有关，等等。所以只有充分掌握用各种方法获得的气候参数，才能了解气候变化史实，从而得到规律性的结论。

世界大多数地区现代气象记录只有几十年至一、二百年。因此，要研究更长时间尺度的气候变化，只得寻找其他途径，如用历史文献中气候记载、自然地理因子以及其他生物学和物理学的方法。这本小册子力求比较系统地介绍研究历史时期气候变化的各种方法、原理、精度、优缺点、应用范围及其反映的气候要素(如温度、降水等)，帮助有关专业人员掌握各种方法，并使读者能准确地运用各种方法所推测的气候参数。

随着科学技术水平的不断提高，必将创造出更多的推测古气候的方法，从而可以发掘出新的古气候证据。但是，无论是过去自然界遗留下来的反映气候的证据，还是我们祖先记

载下来的古气候史料不但不会增加,相反,随着时间的流逝和人类活动范围的扩大,常常会遭到破坏或者散失。例如,在某些水利工程建设中发掘出来的古木,由于有些发掘者不了解其科学价值而被毁。在长江、黄河等主要江河沿岸,历代建有各种水尺(如石阶、石刻等),用来测量洪水或枯水水位,其中许多历史水位记录还保存于各种史料中。但近年来在水库建设中对一些水尺未加保护,有些被淹没,有些被炸毁。因此让更多的人了解历史时期气候变化研究方法,保护好珍贵的反映古代气候的各种证据,是编写本书的另一目的。

本书共分八章。在第一章中概要地介绍与气候变化研究方法有关的一些内容。第二至第八章分别介绍各种研究方法。这种划分主要是依据各种方法所研究对象的性质上的归类,并不意味着学科的划分。例如,考古的方法分别归入不同章节,而没有单独成章。各章节的详略程度也不代表各种方法的成熟程度。例如,孢粉分析原则已被认为可适用于全球,也正因为如此,国内外已有不少著作专门介绍了这种方法,本书就没有必要作详尽的叙述。相反,关于历史文献资料,尽管已被广泛应用,但在国内外书籍中对其方法和原则却很少涉及。而我国历史文献中气候史料十分丰富,这一方法应该是我们讨论的重点。物候学方法紧密地联系着历史文献,具有我国独特的色彩,也是本书讨论的重点,所以在编排上也单独成章。树木年轮的方法当然也属于生物学方法,由于近年来该门学科发展较快,国内尚无专书介绍,也是本书介绍的重点。当然,数理统计和模式化等也属研究气候变化的方法,因已有专门书刊介绍,此处从略。此外,在本书附录中给出了历史时期气候变化研究中常用的一些资料。

本书介绍的内容涉及许多方面的知识,由于作者水平有限,本书难免有错误和缺点,希读者指正。

在本书编写过程中得到林振耀同志的热情支持和帮助，吕炯、丘宝剑、王德辉等同志审阅了初稿，中央气象局气象科学研究所张家诚、张德二同志详细审阅了初稿并提供了十分宝贵意见。本书插图由郑战军同志清绘。本书中树木年轮等方法曾在南京大学、黑龙江省气象局、新疆维吾尔自治区气象局等单位举办的各种短训班上作过讲授。作者谨致谢意。

目 录

前言	v
第一章 引论	1
一、概述	1
二、气候变化的时间尺度	5
三、气候变化的空间尺度	10
四、关于气候变化的术语和气候变化时间尺度的定义	14
参考文献	16
第二章 历史文献气候记载的研究方法	18
一、我国丰富的历史气候资料	20
二、历史气候资料的可靠性	32
三、历史气候资料的使用方法	44
参考文献	56
第三章 树木年轮方法	58
一、树木的结构和生长	59
二、气候因子对树木年轮的影响	67
三、树木年代学的某些基本原理和概念	77
四、树木年轮标本的采集和测定	85
五、生长量订正	96
六、统计分析与序列延伸	108
七、恢复环流型	125
参考文献	131
第四章 物候学方法	133
一、影响生物物候期的气候因子	134
二、物候现象的若干统计特征	142
三、历史物候记录的审核	150

四、物候序列的建立·····	156
五、物候异常与气候变化·····	161
参考文献·····	164
第五章 生物学方法·····	165
一、概述·····	165
二、生物气候指标·····	168
三、植物孢粉的方法·····	176
四、其他生物学方法·····	183
参考文献·····	194
第六章 自然地理因子的方法·····	195
一、根据海平面升降推测气候变化的方法·····	196
二、根据河流流量(或水位)变化推测气候变化的方法·····	205
三、根据湖泊水位变化推测气候变化的方法·····	212
四、根据水面结冰变化推测气候变化的方法·····	216
五、根据大陆冰雪变化推测气候变化的方法·····	224
参考文献·····	230
第七章 同位素方法·····	232
一、基本概念和原理·····	232
二、水圈、大气圈和生物圈的同位素组成·····	237
三、海水古温度的测定方法·····	242
四、冰原古温度的测定方法·····	249
五、洞穴沉淀物古温度的测定方法·····	254
参考文献·····	256
第八章 历史时期各种气候证据的断代方法·····	257
一、历史文献气候记载的断代方法·····	257
二、 ¹⁴ C 断代方法·····	272
三、树木年轮的断代方法·····	277
四、季候泥断代方法·····	279
五、冰层断代方法·····	281
六、地衣测量断代方法·····	284

七、花粉断代方法.....	285
八、考古断代方法.....	288
参考文献.....	291
附录一 平年各日顺序累积天数表.....	293
附录二 古代节日在夏历的日期表.....	294
附录三 日本历史年代简表.....	296
附录四 古今尺度的比较.....	298
附录五 中国历代重量标准变迁表.....	302

第一章 引 论

一、概 述

人类发展的过程,在某种意义上说,也是一个不断与自然作斗争的过程。作为自然环境中一个最活跃的因子——气候,必然在人类发展史上留下自己的痕迹。早在公元前十四至十一世纪,殷商时代的甲骨文中就刻有祈雨的记录。公元前十九世纪,巴比伦时代的历史文献中也记载过尼罗河干涸引起的灾难。可以说在历史上世界各国对气候,特别是灾害性气候是比较注意的,这可以以历史文献中有关气候灾异的记载为证。但是,气候受到社会各方面的关注,那还是最近一、二十年的事。

气候之所以被人们如此关心,主要是由于近年来世界许多地区出现了大范围连续的干旱、洪水、严寒等一系列自然灾害。例如从六十年代末期起非洲出现了持续五至七年的干旱,摧毁了赤道非洲肥沃的草原,使这些地区的牲畜死去一半以上;同时亚洲南部季风雨姗姗来迟,使水稻无法按时播种,并造成广大地区水田龟裂,严重地影响水稻产量;1972年苏联出现的严重干旱,使之不得不向美国购买一千八百万吨谷物,而1975年又购买了一千二百万吨谷物……。凡此种种,说明异常气候深刻地影响了世界各国的经济和人民生活。

人们不禁要问,地球上的气候出了什么故障?为什么以前认为几十年、甚至百年一遇的异常气候现在频频出现了呢?这些异常气候是否预示着又要进入另一次小冰期,甚至开始

走向冰期呢？如果是的话，还需要经过多少时间呢？而我们应该作些什么准备？如果我们有了几千年，或者几万年的气象记录，那么我们至少可以从气候变化史实中找出某些推论。但是，可惜世界上大多数地区只有几十年，最多也只有二、三百年的记录。据此是无法了解气候长期变化规律的。因此我们只有通过其他途径去探索气候变化的历史。

我们知道，自然界中各种要素是相互影响，相互制约的。气候要素是其中最为活跃的一种要素。当气候发生变化时，其他许多要素，如动物、植物、河流、湖泊、冰川、雪线、冻土等等随之出现相应的变化，并在地球表面遗留下它们变化的痕迹。同时，人类在同自然界斗争过程中也常常会有意或无意地记载过去气候变化的史实。所有这些证据成为我们推测过去气候变化的主要依据。本书就是要介绍根据上述证据来推测人类历史时期气候变化的方法及其原理。

或许有人会问，今天气象学已发展到了用气球、雷达、火箭、卫星进行观测的阶段，其发展趋势是由地面进入高空，或者说是由下往上发展，而本书所提供的方法，如历史气候记载、树木年轮、考古发掘和各种沉积分析等都是向古代和向地下发展的。要回答这个问题，不妨回顾一下某些科学的发展历史。例如，生物学进化论的出现，驱散了弥漫于生物种类之间的神秘迷雾，阐明了物种的起源。板块构造理论使人们对地球历史的认识发生了重大突破。这两个理论分属于两大学科，似无共同之处。但仔细分析，它们都是从历史角度描述演变过程。进化论利用了化石资料系统地描述有机体发展历史，阐明自然选择的连续过程。同样，板块学说也是以古地磁、海洋地质、海底岩芯等资料，定量地描绘了各大陆在发育过程中的聚合和分离。既然在生物圈和岩石圈的理论研究中，都是先从了解它们历史演变规律着手，然后揭露其变化的

原因,那么,在大气圈的研究中为什么不可以采用同样的研究思路,建立起一个气候演变的轮廓呢?

但是在气候变化研究中,始终存在着一种奇怪的现象。正如1890年德国人布吕克纳(E. Brückner)指出的那样:“很少有一种领域象气候变化这样空论超过事实”。1960年,施瓦茨巴赫(M. Schwabach)写道:“关于冰期的成因已经有53种之多,但其中大多数是空论”^[1]。说明事隔七十年之后,基本情况并无多大改善。1975年霍尔曼(E. Holman)对气候变化研究现状作了如下评论:“关于世界气候变迁的原因与性质的结论几乎与正正经经地研究这个问题的科学家的人数一样多”^[2]。这种令人沮丧的局面倒底是什么原因引起的呢?其主要原因是气候变化本身的复杂性和收集自然界遗留下来古气候证据的困难所致。地球大气是三维空间结构,因此气候既有时间尺度的变化,又有不同的空间尺度的变化,而不同时空尺度变化交织在一起,如果没有足够气候资料很难阐明气候变化规律。要收集自然界和我们的祖先遗留下来的证据,毕竟比建立气象站网困难得多。而长期以来古气候变化的研究领域始终没有得到足够重视。

在气候变化研究领域中另一个奇特现象是对于离开我们较近的历史时期气候变化史实的了解并不比地质时期气候了解得更为透彻。例如当地质时期的气候变化早已成为定论之后,关于历史时期的气候是否变化问题还在进行着激烈的争论。十九世纪末期到二十世纪初,欧洲若干天文学家、气象学家,如法国的阿拉哥(Arago)^[3]、德国的汉恩(Hann)^[4]还认为,二、三千年来欧洲大陆的气候根本没有什么变动。所以一个地方只要有三十年的记录,便可以认为这三十年的温度和雨量代表这个地方历史时期的气温和雨量标准状况了。经过了大约一个世纪争论之后,关于历史时期气候变化问题才

得到统一的认识。正如竺可桢同志所说：“历史时期的气候变化同地质时期的气候变化是一样的。只是变化幅度较小而已”^[5]。但是，迄今对于历史时期的气候变化也只是了解了一个极为粗略的轮廓。世界大部分地区还没有可靠的证据可以遵循。

本世纪六十年代以来科学技术的迅速发展给古气候研究提供了许多新的手段和方法。放射性¹⁴C断代技术的广泛应用使确定反映古气候的各种证据的年代成为可能。¹⁸O同位素方法成为研究气候变化的重要手段。高速电子计算机的应用不仅可以计算树木年轮与气候之间的复杂关系，而且大大促进了重建历史气候的工作。同时，社会生产力的发展，反过来又对气候变化的研究提出了更高要求。正如张家诚同志所说：“随着生产力的不断发展，对气候变迁的研究能够帮助人们摆脱对自然环境的盲目性，从战略上争取主动”^[6]。在实现祖国四个现代化过程中，各种大规模改造自然工程对气候变化提出的要求是最好的证明。但现在我们还不能作出满意的回答。另一方面，随着科学技术的发展增加了人类克服自然灾害的能力，而同时人类对气候变化的依赖性也增大了。今天一次自然灾害所造成的损失要远远超过刀耕火种时代同样的自然灾害所带来的损失。随着人口的增加，人们不得不去开发气候不利地区的自然资源，但这可能会遭到各种各样的报复。印度塔尔沙漠形成的历史、中世纪美国大平原上米尔河文化的毁灭以及本世纪美苏大规模开垦所引起的黑风暴等教训是应该引以为戒的。搞清楚上述事件的气候背景，也应该是历史气候工作者义不容辞的职责。

总之，古气候研究从六十年代以前的纯理论性研究，到现在已变成了与国民经济建设紧密相关的学科^[7]。而如何搞清楚气候变化史实已成为这门学科向前发展最重要的问题。

二、气候变化的时间尺度

近年来对地球气候变化的时空尺度问题越来越有深刻的了解。现已证明,在地球起源以来的 50 亿年中,气候至少经历过 10^0 — 10^8 年时间尺度的变化。而我们的气象记录,最长的也只能反映 10^0 — 10^2 年时间尺度的气候变化。如果以观测时期气象记录作为标准,则第四纪以来的约 200 万年中,有 90 % 时间的气候比现在冷,但同大约 50 亿年的地球气候平均状况相比较,则有 90 % 时间的气候比现在温暖。可见观测时期在整个地球气候变化史中只是极短暂的一幕。

不同时间尺度的气候变化对生物体、各种自然地理因子和人类活动的影响是不同的,因而不同的证据所能反映的气候变化时间尺度也不同。物候期的早晚、水旱灾害程度、作物产量高低决定于当年的气候状况,因而可以推测一年以上(看记录长短)的气候变化。冰川的进退、雪线升降对气候反映较为滞钝,通常只能反映出 10^2 年以上时间尺度的气候变化。树木年轮通常只能反映几年至几十年时间尺度气候变化,用以反映逐年或世纪尺度的气候变化并不是很理想的。因为气候条件对年轮宽窄的影响并不是立竿见影的。在气候良好的年份,在其根部储存了足够的营养,如果下一年气候不好,由于得到上一年储存于根部营养的补充,这一年并不形成窄年轮。同样,在差年成之后紧接着一个好年成,由于需要弥补根部营养的亏缺,这一年也不会形成较宽的年轮。所以树木的营养贮存把气候短期变化在年轮序列中的信息弄得模糊不清。树木年轮也不能正确地反映世纪以上的气候变化。这是由于树木密度不同引起的。试想,在树木整个生命过程中(几百年至几千年),由于种内竞争的结果,一些弱小的树木逐渐被淘汰,

而生存下来的一些树木所得到的环境条件越来越优越，在树木年轮分析时很难消除其影响。上述例子说明各种证据所能反映的气候变化是很复杂的。表 1.1 是表示推测各种时间尺度气候变化的证据。

表 1.1 气候变化的时间尺度及气候证据*

气候时期	时间尺度	变化特点	气候证据
观测时期 气候变化	10 ¹ 年	25—100 年左右的周期变化,周期振幅不规则	观测记录、历史气候记载(物候、作物产量、水、旱、冻等自然灾害)、树木年轮、河流流量
冰后期及 历史时期 气候变化	10 ² —10 ³	250—1000 年左右变化	树木年轮、历史气候记载、湖泊和河流水位、海面升降、冰川进退、雪线变迁、湖泊沉积、考古挖掘、花粉分析、 ¹⁸ O 含量
第四纪气候 变化	10 ⁴ —10 ⁵	武木亚冰期为 2.5×10 ⁴ 年	生物化石、花粉分析、雪线变迁、冰川进退、海面升降、深海沉积物、 ¹⁸ O 含量
地质时期 二次变化	10 ⁶	—	生物种类、化石、岩石放射
地质时期 主要变化	10 ⁸	5×10 ⁸ 年周期	沉积物、化石和岩石中的放射性物质

* 根据 B. J. Mason 的表格,略作增补。

由表 1.1 中所列证据并不是所有地区均可采用。物候的证据在中高纬度地区最为有效；树木年轮的证据适用于推测干旱和半干旱地区降水量的变化，或者高纬度和高山树线附近温度变化；花粉的证据在有湖泊沉积和泥炭层的地区最为理想；湖泊水位的变化只适用于没有排水口的闭合的湖泊，同时要选 择汇水面积没有太大变化的湖泊；¹⁸O 同位素方法首先应用于极地地势较为平坦的冰原，现在也开始在树木年轮分析中应用,对于山地冰川来说，这种方法并不合适，因为山地冰川的基岩较为峻陡，冰川运动速度较大,使冰层的界限模糊不清。

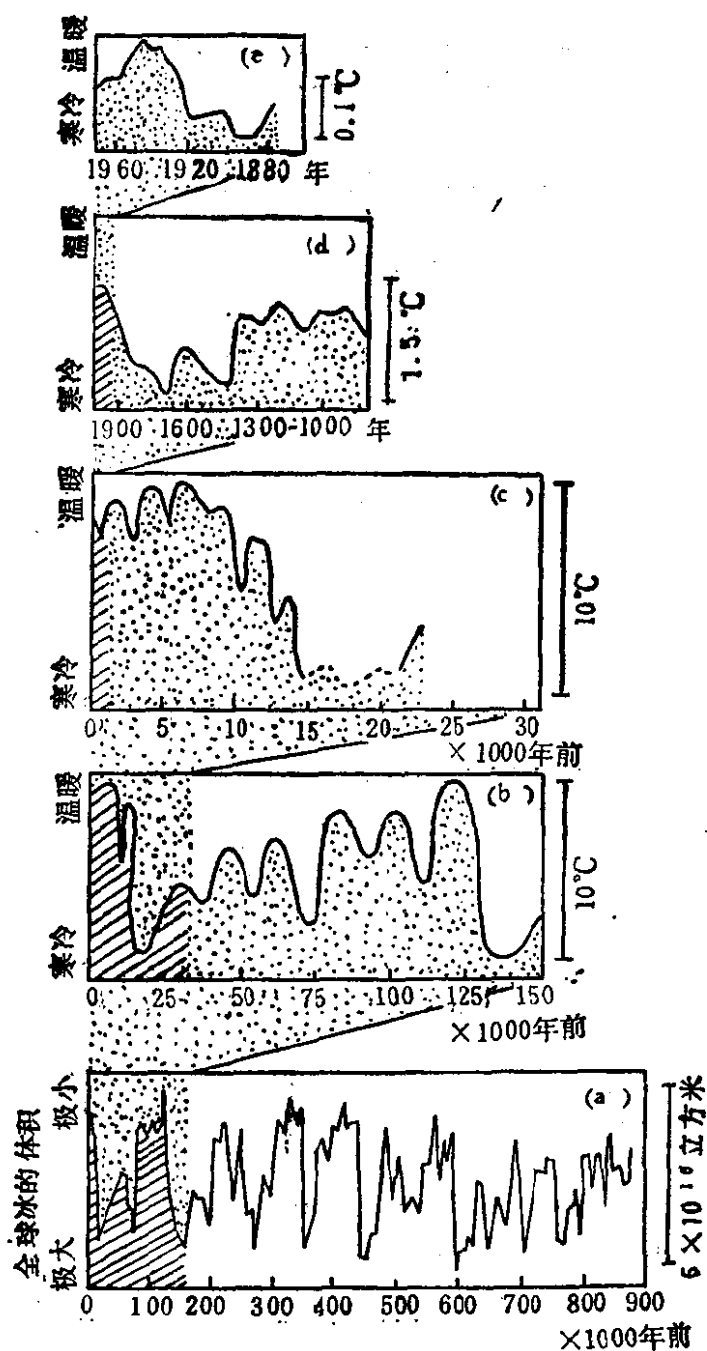


图 1.1 近一百万年来各种时间尺度的气候变化

- (a) 根据太平洋海底沉积物中有孔虫 ^{18}O 同位素分析推测的近一百万年全球冰体积变化。
- (b) 根据海洋温度特征及大陆上花粉分析推测的北半球中纬度地区近 10 万年气候变化。
- (c) 根据树线变化推测的北半球中纬度地区近一万年来温度变化。
- (d) 根据历史文献记载计算的欧洲 50°N , 35°E 地区近一千年来冬季严寒指数变化。
- (e) 根据温度记录绘制的北半球 $0-80^{\circ}\text{N}$ 气温变化(5 年滑动平均)

表 1.2 长期气候周期一览表*

周期 (年)	发 现 人	证 据	资料年代
700	西冈秀雄	年轮(日本长野县桧柏、和歌山县杉树)	1000—1948
700	山本武夫	年轮、干旱历史资料(日本)	700—1947
700	志田顺	年轮(中国台湾省阿里山红桧)	860—1900
510	惠勒 (Wheeler)	干旱、内乱	400—1945
350	渊本金哉	年轮(日本鹿儿岛屋久杉)	
265	莫勒 (Möller)	严冬(多瑙河上游地区)	
260	特纳 (Turner)	洪水(尼罗河)	640—1360
242	格拉斯曼 (Grassmann)	饥谨、干旱、传染病	
171	基尔 (Keele)	洪水(尼罗河)	1737—1909
171	基尔	降水量(英国)	1726—1890
170	惠勒	干旱、内乱	400—1945
130	柯本 (Köppen)	冬季严寒	400—1880
120	龚高法、张丕远	冬小麦收成(北京)	1736—1978
119	柯本	冬季严寒	400—1880
110	渊本金哉	年轮(日本鹿儿岛屋久杉)	1050—1930
108	陕西省气象局	年轮(中国陕西省秦岭落叶松)	1648—1975
108	布鲁克斯 (Brooks)	湿润期(智利)	
89	北京市气象台	旱涝(中国北京地区)	1470—1974
80	龚高法、张丕远	冬小麦收成(北京)	1736—1978
76	梅杰 (Majo)	气温(意大利罗马)	
68	贝弗里奇 (Beveridge)	小麦价格(欧洲)	1542—1864
68	杜威 (Dewey)	棉花价格	
66.5	莫勒	严冬(多瑙河上游地区)	
55	基尔	洪水(尼罗河)	1737—1909
54	贝弗里奇	小麦价格(欧洲)	1545—1864
53	巴克森德尔 (Baxendell)	降水量(全欧洲)	1726—1926
53	莫勒	严冬(多瑙河上游地区)	760—1916
41	长江流域规划办公室	6—9月平均流量(中国汉口)	1860—1974
36	鲍尔 (Baur)	气温(德国十个站平均值)	1884—1919
36	荣格 (Junger)	传染病	
35	王绍武	7月份降水型(中国)	1836—1975