



徐钦琦 刘时藩 著

史前气候学

北京科学技术出版社

P467
758

史前气候学

徐钦琦 刘时藩 著

北京科学技术出版社

内 容 简 介

本书立足于活动论的新地球观,以地壳发展历史为背景,分析了各个地质历史时期的古气候“史料”,本着厚今薄古的原则,简要描绘气候演变的概况。并用天文气候学的理论,解释了不同程度的冷暖反复交替的演变现象。在取材上以我国的为主,内容上资料性和方法论并重,语言上力求通俗。因此,本书既可供地质、古生物、气候、地理等专业人员参考,也可供具有高中以上文化程度的地球科学爱好者阅读。

史 前 气 候 学

徐钦琦 刘时藩 著

*

北京科学技术出版社出版

(北京西直门南顺城街12号)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京顺义牛富屯印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 6.625印张 157千字

1991年6月第一版 1991年6月第一次印刷

印数 1—1000册

ISBN7-5304-0824-0/N·19 定价:4.00元

前 言

近些年来，报刊杂志上常有当今气候异常情况的报导，也常有对未来气候变化趋势的种种推测。其中涉及较多的要算是温室效应的论述，认为随着人类生产活动的进展，向大气中排放了越来越多的二氧化碳，二氧化碳的增加，会导致全球平均气温上升，平均气温的上升，又会加速两极冰盖的消融，进而出现海平面上升，最后导致相当多的沿海地区被海水淹没。这些看来有点像天方夜谭的推论，但已由很多的科学事实所证实。地质历史上的近期就曾有多次的冰期与间冰期，与之相应地也出现过多次的海退与海侵的交替。这些事实使得对未来气候演变趋势的研究工作和人类保护自己生存环境的重任密切地联系起来了。

展望未来，往往立足于历史的回顾。研究气候演变趋势，很大程度上也取决于对气候演变历史的了解，然而人类有记载的历史才几千年，而确切的现代科学记录才几百年，这相对于地球的40多亿年的发展历史实在是微不足道。因此，人们要想获得对未来气候变化趋势研究的正确结论，除对引起气候变化的因素有更深入的了解之外，一个决定性的因素恐怕就是地质时期气候演变历史的了解。这大概就是古气候学诞生的科学背景，也是我们撰写这本小册子的出发点。

就其研究的内容来看，古气候学应该是一门研究大气的科学，但它研究的素材又是地质记录中的化石与沉积岩。一个古气候的证据，通常总是被以后的地质记录干扰而失真，另一些古气候的证据往往又可以用好几种解释来说明，如在北极圈内曾发现过恐龙化石，可以说是由于当时的气候分带

因地极移动而错动的结果；也可以说今天产化石的地点原来本位于热带，是以后板块运动推到极圈去的，总之，以地质记录来再现当时的气候，不能看成是简单、机械的复原，而是一个辨认真假、分析主次、明确条件等的复杂研究过程。本书的前四章虽然各有侧重，但总的目的是围绕如何正确应用地质的古气候证据。

从第五章到第九章、第十一章到第十三章是按时间的顺序，以厚今薄古的原则，分别介绍了各地质时期的气候概况。在此基础上再用两章的篇幅（第十章及十四章）讨论了气候演变的一般规律，介绍了当前不同学派的见解，对当前影响最大的天文气候学派的观点略有侧重。当然，更多的内容是阐述自己的研究心得和结论。

书中的第一章至第六章由刘时藩撰写，插图由侯晋封清绘；第七章至第十四章由徐钦琦撰写，插图由陈琚清绘。

古气候学是一门新兴的科学，对它的研究要涉及到大气物理、天文、地质、生物等方面的知识。历时几十亿年，史料繁杂，要想从中理出个头绪，确实需要有渊博的知识、丰富的想象力和高度的概括能力。然而这和我们认识水平、研究的范围与深度的实际状况，形成了明显的反差。书中若有错误和不妥之处，恳请读者批评指正。

本书原为中国古生物学会拟定出版的一套丛书之一，由当时的学会秘书长陈丕基教授推荐我们撰写。初稿完成之后，得到了地理所副所长、气候学家张丕远教授审阅。最后在中科院古脊椎动物与古人类研究所周明镇教授及有关领导的支持下，终能刊行问世。对来自不同方面的帮助和支持，作者在此表示最诚挚的谢意！

作者

1990.9

目 录

第一章	古气候学的内容和研究的意义	(1)
第二章	现代气候因素对研究古气候的意义	(7)
第三章	地质记录中的古气候标志	(23)
第四章	古气候数据的直接测试	(44)
第五章	前寒武纪的气候	(47)
第六章	古生代的气候	(67)
第七章	三叠纪的气候	(87)
第八章	侏罗纪的气候	(95)
第九章	白垩纪的气候	(104)
第十章	中生代气候的总结	(112)
第十一章	老第三纪的逐渐变冷气候	(125)
第十二章	新第三纪的继续变冷气候	(147)
第十三章	第四纪大冰期	(161)
第十四章	关于冰期成因问题的探讨	(184)
主要参考文献		(201)

第一章 古气候学的内容和研究的意义

第一节 古气候学的内容

古气候学是研究地质历史时期气候的一门科学，它是介于气候学和地质学之间的交叉学科。其研究对象主要是地质记录中具有古气候指示意义的沉积岩、沉积矿物和生物化石等，主要研究它们的性质和地理分布，同时也用现代的同位素技术和古地磁技术测试其中的有关标本（样品），直接获得古温度和古纬度的数据。在综合这些资料的基础上，按照气候学的一般原理，重建和再现不同地质时期的气候概况，记述地史上的气候事件（如几次大冰期），解释形成这些事件的原因，从而综合概括出气候演变的一般规律。

研究古气候学不但要求研究者应具有地质学、沉积学和古生物学方面的基础知识，同时还需要具有气候学、气象学、地球物理学和天文学方面的知识。因此，古气候学既是地质学和气候学之间的边缘科学，也是不太严密型的科学和严密型科学之间的交叉学科。前者如沉积岩石学、古生物学，目前较多地仍采用定性的描述，不能总以一定的数学形式来反映不同因果之间的确切关系；后者如气象学、地球物理学、天文学等，在对它们的研究中是离不开数学这个基本工具或手段的。古气候学研究的素材是来自定性的描述性的那类学科，而用来解释那些素材所反映出现象的基本原理，往往又是出自严密类型的学科。如何使其解释得当，这

本身也是值得研究的课题，切忌机械地简单从事。

严格说来，古气候学应该是古地理学中的一个分支，它的发展与古地理学的进展密切相关。局部性的气候变化因素，多取决于不同的地理条件。因此，我们要想研究某一地质时期的气候，对该地质时期的古地理情况应有个正确的估计，在选择某一既成的古地理模式时应作充分的推敲。估计不准，选择不当，古气候的地质记录再丰富，分析得再精辟也不可能得出正确结论。尤其是我国目前所处的状况，一些总结性的论著也说些大陆漂移、板块构造的词句，但在具体描绘某个地质时期的古地理情况时，或绘制出的古地理图，总是有意或无意地表现出固定论者的偏见。如果以这种被曲解了的古地理图，作为描绘当时气候的地理背景，被歪曲的结果无疑会转移到所得出的古气候结论上去。总之，在研究某一地质时期的古气候时，对该地质时期古地理概况的估计或引述，既是个必不可少的前提，又是所得结论正确与否的关键。

第二节 研究古气候学的意义

沉积矿产的形成，和一定的地理环境气候条件密切相关，如盐岩类矿物的形成就和类似泻湖的环境、炎热干燥的气候带有关。而煤的形成又和排水不良的地理环境、温和潮湿的气候带相关连。还有象石油、铝土矿、铁等有用矿产的形成，也都各自有自己所要求的特定地理环境和气候条件。今天我们要想寻找和开发那些矿产，首先碰到的问题是到哪儿去寻找这些矿产。最科学的办法就是根据区域地质资料，确定有前景的矿产层位，再根据古地理、古气候的研究结

果，确定其富集的有利地段，在此基础上再作具体的勘探工作，这是能否事半功倍作勘探工作的唯一途径。因此古气候学的一个主要目的，就是为了能多、快、好、省地寻找沉积矿产。

对现代气候的了解，是研究古气候学的基础，现代人类对气候的认识程度，多少会影响到对古气候学认识的程度。但是这种学科之间的依赖关系并不总是一方对另一方的依赖，而应该是相互促进，古气候学的发展同样也会促进气候学的进展。现代的大气圈是几十亿年演变的结果，人们科学地记录气候变化情况才只是200多年的历史；在人类历史上，散见于不同论著中的零星气候记述也只是几千年的历史。要想对未来气候演变有个正确的估计，气候演变的历史资料是很重要的参考资料，并且这方面的资料越多、越细，对未来演变趋势的估计也就会越准确。影响气候变化的原因是多方面的，有偶然性的，也有必然性的周期出现，周期性又有长短之分。地史上曾出现过几次大的冰期，不少学者认为这可能和银河系自转有关，因为它的周期和几次大冰期的间隔时间大致相同，均为两亿多年。类似这样的周期与人类能观察到的周期，在时间上是无法比拟的。气候演变中的这些信息，只能从与气候有关的地质记录中去寻找，以地质记录的资料去证实。因此，古气候学研究的进展，对于研究气候演变的规律，对预测未来气候演变的趋势，均会起到非常重要的作用。如今天连篇累牍的报导，由于气候全球性的变暖，接着而来的是冰川消融、海平面上升的问题，实际上这就是古气候学研究的范畴。

至于古气候学对地质科学的推动作用，更是有目共睹的事实，因为导致了一场所谓地学革命的板块构造说，其基本

的学说思想就是源于大陆漂移说。大陆漂移说的创立过程，最早应该是从研究古气候学资料中开始的。

第三节 古气候学对地质科学的贡献

提起大陆漂移学说，总会使人联想起非洲的西岸和南美洲东岸的对应性，这大概是由于科普作品多次的过份渲染的结果，似乎魏格纳创立这个学说时，纯属是由这一现象触动了他的科学灵感所致。50年代后期，大陆漂移说经历了一段坎坷的征程之后又以新的形式复活起来，并誉之为地学革命。加上魏格纳本人又不是地质学家，而是个气象学家，这就更给这位学说创立者增添了几笔神秘的色彩。其实只要拜读一下《海陆的起源》一书的第三版序言和第六章（李旭旦译本），你一定就会有这样的看法，正因为魏格纳是个气象学家，才有可能成为大陆漂移说创始人。这几句话可能使人费解，我想先介绍一下大陆漂移说是怎样复活起来的，然后你自然会明白上面那几句话的原由。

50年代后期，大陆漂移说“冬眠”了30多年后又突然复活了，这里面的功绩主要应归于英国剑桥大学兰康(S.W. Runcorn)等人对古地磁的研究。他们测试了来自欧洲和北美的大量古地磁标本，结果得出了两条北磁移动的轨迹（不同地质时期北极位置的连线），欧洲、北美各测得一条轨迹。按照地球磁场的偶极子定律，这是不可理解的现象，地球不可能同时出现两个北极。兰康等人对这些测试结果经过了一番研究之后，终于悟出了其中的道理：原来是因为北美大陆相对于欧洲向西转移了 30° 的结果，如果把北美向东转移回 30° ，两条轨迹线便就合二为一了，北大西洋也就不存在

了。兰康等人的这些解释和当年魏格纳对大陆漂移的解释是何等相似！这使地质界为之一惊，大陆漂移说就这样复活起来了。

魏格纳创立大陆漂移说和兰康等人使大陆漂移说复活，走过了一段有趣的相似历程，不同的只是魏格纳是基于古气候方面的资料，而兰康等人是基于古地磁的测试数据。魏格纳确认了很多古气候标志的证据之后，发现它们之间的位置与现代地表气候的分带性不相符合，最后他只好假定现在的大陆曾漂移过，改变了原来的彼此之间的相对位置。按照这一构思，挪动各大陆之间的相对位置，地质记录所反映的古气候的分带性即显露出来了，从而创立了大陆漂移说。这里面一个出色例子，就是对南半球早二迭世冰碛物分布的解释。

南半球诸大陆上石炭、二迭纪的冰川痕迹最早发现于南非，以后陆续发现于巴西、阿根廷、刚果、印度和澳大利亚等地。其中巴西、刚果和澳大利亚的一些地点，今天是属于热带的范围之内。对此有人提出了地极曾移动过的假设来解释冰碛物这样的地理分布，但无法解释冰碛物这么广的分布范围；也有人假定那些冰碛物所处的地点位于较高的地势，但这样又解释不了有些冰碛物已确认是海水沉积的事实。而只有假设大陆曾漂移过，那些具冰碛物的地点原来是连成一片的极地，是冰川活动之后这些大陆才陆续漂移开来，这样的假设既能较满意的解释冰碛物广泛分布的事实，又能和其他地质记录相互协调。

从《海陆的起源》一书的第三版序言中还可得知，魏格纳在著述这本书的同时，又和柯本（A. Köppen）在合写另一部巨著——《地质时期的气候》。从这些简略的历史背景，显

然可以看出魏氏在创立大陆漂移说时，大致走过了这样路程，从气象学的研究深入到古气候学的研究，为了合理的解释那些古气候标志的地理分布，才又考虑到大陆可能漂移过的设想。这个思维过程是很自然的，看来把大陆漂移说的创立过程归于一时的科学灵感是和这段历史背景不相符的。应看作是气象学向地质学方面渗透的必然结果。从某种意义上讲，大陆漂移说对地质科学所引起的反响，也可以说成是古气候学对地质学发展的一大贡献。

第二章 现代气候因素对研究 古气候的意义

地表某一地点气温的高低，取决于一系列的因素，其中最重要的有：太阳辐射强度，地球在天文学上所处的位置和自身的状态，组成大气的成分和性质，地表的形状和海陆的分布等等。上述诸因素在地质历史上是变化着的，并不是一成不变。因此，对于古气候学的研究者来讲，仅仅知道哪些因素是如何影响某一地区的气候是不够的，还必须知道所有这些因素在漫长的地质岁月里是怎样发展和变化的。只有这样，我们才有可能正确地运用地质学中“将今论古”这个基本法则，辩证地分析和研究地质记录中的古气候“史料”，推测过去某一地质时期的气候情景。

第一节 太 阳 辐 射

太阳是一个巨大而炽热的气体星球，它源源不断地以电磁波的形式，向宇宙空间辐射出由核聚变反应所产生的巨大能量。太阳辐射出来的能量，虽然只是其中微不足道的一小部分（约廿亿分之一）投射到地球上，然而这却几乎是地球能量的主要来源，也是地表增温的唯一能源。

一块大约形成于30亿年以前采自非洲的燧石标本，用稳定同位素方法测试结果，得出了70℃高温的惊人数据。这个温度数据是由燧石空隙中所包含的水的氧同位素估算出来的。这里的一个前提，是假定反映空隙中水温的氧同位素含量比

例恒定不变；空隙中的水温又接近地表气温。为什么当时能有这么高的气温呢？有人设想在当时具有比今天更强的太阳辐射加以解释。至于 70°C 这个具体数据是否可信，这儿暂不讨论，只想就太阳辐射本身是否有这种可能作个粗略估计。

本世纪30年代末，原子物理学上的突破性进展，推动了恒星演变的研究。现代的研究结果表明，恒星的演变遵循着类似的过程，从星际气体云集成星的早期阶段，到氦核聚变反应的中间阶段，最后是坍缩和爆炸的归宿阶段。在核聚变反应的过程中，太阳要损耗一些质量而释放出大量的能量，使太阳发光。太阳每秒钟因核聚变反应而损耗的质量大约为400万吨，按照这个损耗的速度，50亿年的时间（自太阳系起源以来的时间）也只损耗了太阳总质量的 0.03% 。估计太阳的寿命大约可达100亿年（即恒星演变的核聚变反应阶段），很显然，目前它仍然处于全盛时期。从这些情况看来，太阳在以往的几十亿年中，辐射出的能量不会有较大的变化，至少不会有导致古气候长时期异常的变动。

第二节 地球在天文学上的位置

地球围绕太阳作旋转运动，其绕行的轨道为近似正圆的椭圆形，太阳位于该椭圆的一个焦点上，这样在地球绕行的过程中，它与太阳的距离是周期性的变化着，有近日点和远日点之分，因此地球接受太阳的辐射程度也是周期性的变化着，有强弱之别。地球在围绕太阳公转的同时，自己本身还自转着，而且其旋转轴不与轨道平面垂直，赤道平面与轨道平面（黄道面）之间成 $23^{\circ}26'$ 的夹角，即通常所称的黄赤夹角，亦常称黄道倾斜。黄道倾斜程度的大小，对太阳辐射在

地表能量的分布起着决定性的作用，也许正是这一利害关系，古气候学的研究者们一直对此寄予了很大的兴趣与关注。早在1686年，英国物理学家罗伯特（Robert Hooke）从勃地兰发现了龟和大的菊石化石，据此，他认为当时那儿的气候比今天暖和，而且指出：该地气候的这种变化，是由于地球自转轴倾斜度改变了的结果。由此可见，古气候工作者爱在黄道倾斜上作文章是由来已久的事了。

我们今天居住着的地球，为什么会有春夏秋冬四季之分呢？而且南北半球的气候还存在相反的局面，北半球的酷暑季节恰好是南半球严寒时期。再看地表的气候分成五个带，而且各带之间还有非常确切的分界线，热带与南北温带之间以南北纬 $23^{\circ}26'$ 为界；南北温带和南北寒带以 $66^{\circ}34'$ 为界。所有这些 都是由于黄道倾斜的存在和其程度的大小所决定的。南北纬 $23^{\circ}26'$ 这条线是地表能接受直射（ 90° ）阳光的极限；南北纬 $66^{\circ}34'$ 这条线是阳光能和地表相切的最低纬线，从这一条线往北（北半球）或往南（南半球）就会出现半年白天、半年是黑夜的极地现象。

现在已经有很多地质资料表明，地质历史时期的黄道倾斜确实有过较大的变动，一旦黄道倾斜发生变动，各个气候带的位置和相对的宽度均会起相应的变动。为了能形象的表明这种变化情况，下面以几何图形的方式，分别显示在不同黄道倾斜情况下，气候分带的变动情况（图2-1）。

在用黄道倾斜的变化解释某些化石在高纬度的分布时，仍应持特别慎重的态度，不能把自己的思想局限在这一点上，不加思索的把它看成是万能的法宝。因为某些化石在相当高的纬度出现，更多的情况是多种原因复合的结果，如大陆漂移、地极移动等。在今天的北极圈内，已发现了丰富的

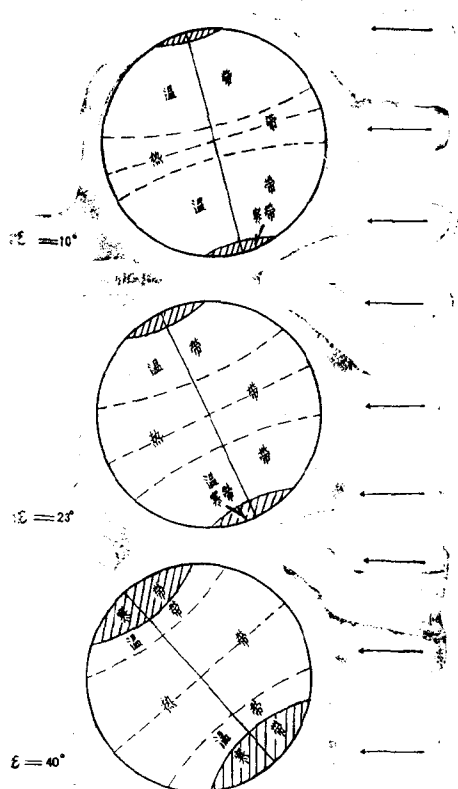


图 2-1 当黄道倾斜（黄赤夹角）分别为 10° 、 23° 和 40° 时，
地表的热带、温带和寒带的分布范围

植物化石，无论从与类似现生植物的比较，或从植物生理学的推测，这都是不太好理解的事实，其中必有地质学上的原因。是地极移了或是大陆漂移过，才将本来不是北极产的植物移到今天的极地，这两种情况都是有可能的。类似这样的问题，如果我们只在黄道倾斜的变动上作文章，势必得不出正

确的结论。假定某一地质时期具有较大的黄道倾斜，纵然可以解释在相当高的纬度地带(66° 以上)，可以达到植物生长所需要的气温，但这仅仅是夏季半年的情况，而且伴随着高纬度夏季增温的现象出现，冬季半年就会越加变得寒冷，这种差距几乎与地轴倾斜度的变化成正比例。生物的生长和繁殖既要求有一定的气温，同时也要求气温应有一定的稳定性，升降变化不能超过一定的范围，超越了这一范围，生物就得死亡，种族就会绝灭。

第三节 大气的性质

大气的性质在很大程度上取决于组成大气的成分，现在的大气中，氮气占78%，氧气占21%，氩、氖、氦、氢等共占1%左右（均以容积而言）。然而这种组分的情况不是恒定不变的，仅仅是几十亿年演变过程中瞬间的表现。

1755年，德国哲学家康德提出了关于太阳系起源的星云说，在历经近200年的坎坷历程之后，终于得到了现代恒星演化的星云说的支持。但是决不能把它看成是简单的重复，而是在更高水平上的发展，它既考虑了动力学的原理，也考虑了天体中热力学、电磁学、化学等多方面的作用，是建筑在现代科学基础上的假说。按照这个假说，地球和太阳系中的其他行星，大约在47亿年前由云状宇宙微粒和气态物质聚结，因重力的集中逐渐固结而成。残存下来的气体便成了原始的大气，由于各行星基本上是由相同的星云构成，它们各自残存的气体也应该是大致相同。按目前对土星和木星的了解，它们的大气圈中包含了丰富的氢、氦等轻气体和惰性气体。而地球上的大气圈中的成分主要是氮气和氧气，氢、氦等轻