

SEVEN COLOR

科学七色光丛书

KEXUE QISEGUANG CONGSHU



编著 王绍武

浅谈 气候变迁



49 Qiantan Qihoubianqian

湖北教育出版社

P467-49/2

· 科学七色光丛书 ·

SEVEN COLOR

浅谈气候变迁

编著 王绍武

湖北教育出版社

(鄂)新登字 02 号

图书在版编目(CIP)数据

浅谈气候变迁/王绍武编著. —武汉:湖北教育出版社,
2000

(科学七色光丛书)

ISBN 7-5351-2736-3

I. 气… II. 王… III. 气候-基本知识-青少年读物
IV. P46-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 60069 号

出 版:湖北教育出版社
发 行:

武汉市青年路 277 号
邮编:430015 电话:83625580

经 销:新 华 书 店

印 刷:湖北省新华印刷厂 (430034·武汉市解放大道 145 号)

开 本:787mm × 1092mm 1/32 1 插页 4.25 印张

版 次:2000 年 9 月第 1 版 2000 年 9 月第 1 次印刷

字 数:88 千字 印数:1-5 000

ISBN 7-5351-2736-3/G·2225

定价:7.00 元

如印刷、装订影响阅读,承印厂为你调换

目 录

第一章 气候在变化吗	1
1.1 气候与天气有什么不同	1
1.2 46亿年的气候变迁	3
1.3 人类的起源	6
1.4 中世纪暖期与小冰期	9
1.5 现代气候变暖	12
第二章 怎样阅读古气候这本“书”	17
2.1 甲骨文中的象	17
2.2 方志中的灾异	20
2.3 树木年轮是雨量筒	24
2.4 珊瑚中的厄尔尼诺信号	26
2.5 冰岩芯中的宝贵记录	29
第三章 中国的气候变迁	33
3.1 仰韶文化——气候的黄金时代	33
3.2 二之日凿冰冲冲——凉爽的周朝	36
3.3 瑞桔赋——温暖的隋唐	39
3.4 从温和的宋元到寒冷的明清	42
3.5 20世纪的大暖	45
第四章 气候变迁与气候灾害	50
4.1 气候异常与灾害	50

4.2	干旱与洪涝	53
4.3	寒潮带来严冬	57
4.4	夏季低温冷害	60
4.5	西太平洋的台风	63
第五章	气候变迁的预测	67
5.1	天气的厨房	67
5.2	1998年洪水的预测	70
5.3	海洋是气候的调节器	73
5.4	谁来主宰气候变迁	76
5.5	气候变迁的模拟与预测	78
第六章	太阳在变化中	82
6.1	太阳常数真的是常数吗	82
6.2	太阳黑子及其11年循环	85
6.3	太阳活动与气候	88
6.4	蒙德极小期	92
6.5	从树木中寻找太阳活动的遗迹	95
第七章	火山爆发是地球的遮阳伞	98
7.1	富兰克林的又一项发明	98
7.2	皮纳图博火山爆发的启示	101
7.3	阳伞效应的模拟	104
7.4	火山尘幕指数	107
7.5	火山爆发在极冰中留下的痕迹	110
第八章	温室效应	114
8.1	地球大温室	114
8.2	大气中的温室气体	117

8.3 温室效应加剧·····	120
8.4 温室效应的负面影响·····	123
8.5 保护环境保护地球·····	126
后记 ·····	130

第一章 气候在变化吗

1.1 气候与天气有什么不同

谈到气候先要说明气候与天气有什么不同。因为人们日常接触最多的是天气。昨天下雨、今天刮风、明天晴天，这都是天气。天气经常指某个时刻几种气象要素的综合状况。例如，下雨表示有水从天上落下来，而且是液体水。如果落下来的是固体雪花，则是下雪。下雨、下雪时自然经常满天都是云。夏天如果下的是雷阵雨，则还伴随有雷电。冬天北方下雪时经常吹东风。下雨、下雪时还会伴随着一定的气压变化及气温变化。因此，天气是诸多要素的综合。不过天气专指某个时刻或较短时间的情况，所以，我们可以说今天下午天气如何，昨天夜里天气如何，但是，我们不能说这个月的天气如何。

对于月或季的时间尺度，应该说气候。人们经常说：气候是天气的平均。更具体地讲，气候要素是天气要素的平均。例如日最高温度、最低温度是天气要素，月平均气温则是气候要素；日降水量是天气要素，月总降水量则是气候要素。最经常接触到的气候要素有月平均气温、月总降水量、月平均气压（一般指订正到海平面高度的气压）以及月合成风速、月总云量等。但是与人们生活关系最直接的是月平均

气温及月总降水量。所以，谈到一个地区的气候如何，首先就是指这个地区气温高低及降水量多少。

无论在教科书中，还是在日常生活中，“气候”这个名词均指一个站或一个地区的气候要素多年平均状况。例如说广东气候暖和，是指广东的年平均气温较高；说我国西北地区干燥是指那里年降水量很少或者是平均空气湿度较低。然而，气候也是在变化的。最明显的就是季节变化。中国是一个季风国度，特别是东部地区；四季分明，冬冷夏热、冬干夏湿。这个变化规律，人们已经认识得很清楚了。2000多年前我们的祖先就定出了二十四节气：立春、雨水、惊蛰、春分、清明、谷雨……，每一个节气都扣紧一种气候状况，说明那时人们对四季的气候变化已经有了比较全面的了解。

本书所谈的气候变迁，不是指这个已被人熟知的季节气候变化，而是指的多年平均气候状况的变化，所以称为气候变迁。例如1880~1909年间北京冬季（12月~2月）的平均气温为 -3.3°C ，而1969~1998年平均气温为 -2.0°C ，上升了 1.3°C 。因此，可以说北京冬季气候显著变暖了，这就是气候变迁。然而，1998年长江流域发生了严重洪涝灾害，是否也能把这叫做气候变迁呢？不能，个别年的气候有异于多年平均，只能称为气候偏差或气候异常。

这样就产生了一个问题：究竟多长时间的气候平均状况变化可以称为气候变迁、而什么样的气候偏差可以称为气候异常呢？这要先从“多年平均”这个名词说起。上面已经谈到了“多年平均”，多年平均究竟是多少年平均呢？国际规定是用30年平均。而且规定了统一年限。最早规定用1901~1930年的平均作多年平均。后来随着时间的推移，为了适应

新的站点的增补曾改用1931~1960年、1951~1980年等。最近规定统一用1961~1990年平均作为多年平均。平均也有标准值的意思。为什么正好取30年而不取10年或80年或其他时段长度呢？这一方面是适应全球观测资料记录的长度，另一方面也考虑了气候变化的规律。因为，许多地区的气候有20~30年尺度的振荡。30年正好包括了一个振荡的周期，因此平均值比较稳定。

这样，30年平均的变化，就称为气候变迁。而某一年对30年平均的偏差，称为距平。就是指对多年平均的距离，当距平很大时就称为异常。根据世界气象组织规定，偏差达到2个标准差（ 2σ ）时可称为异常。当气候要素是正态分布时，达到 2σ 的概率为2.3%。所以，有时也把40年一遇，或粗略一些把30~40年一遇的气候现象称为气候异常。例如20世纪近100年的时间内长江流域洪涝占第1位的是1931年，其次为1954年和1998年。这样大体上这3年均可认为是气候异常事件。

近年来，人们逐渐认识到10~20年尺度的气候变化对社会及经济影响巨大。所以，把这种变化称为年代际气候变率。讨论气候变迁时，有时也牵扯到年代际气候变率。不过，本书着重讨论的是时间尺度在30年以上的经典的气候变迁。

1.2 46亿年的气候变迁

地球的生命史约为46亿年，这已经得到了众多科学家的承认。自地球形成以来，地球上的气候就在不断地发生变迁。气候变迁有了3种时间尺度，即地质时期气候变迁、历史时期气候变迁及近代气候变迁。地质时期的气候变迁主要

依靠地质方面的证据来研究，时间尺度在 $10^6 \sim 10^8$ 年之间，即百万年到亿年。过去经常说地球的历史上有过3次大冰期，即距今约6亿年前的震旦纪大冰期、距今约2~3亿年前的石炭~二迭纪大冰期及最近一次的第四纪大冰期。第四纪大冰期约开始于200万年前。但是，最新的资料证明，近10亿年可能至少出现过6次，而不仅是3次大冰期。

大冰期是地球历史上的最寒冷时期，全球年平均气温可能比现在低 $7^{\circ}\text{C} \sim 9^{\circ}\text{C}$ 。全球的陆地约有 $1/4$ 被冰雪覆盖。由于海水在陆地上积结为冰，海平面比现代低约百米。在大冰期最寒冷的时候，渤海湾露出水面，古代动物能够从亚洲大陆经过朝鲜半岛走到日本，这得到了古生物化石的证明。在两个大冰期之间为地球上无永久性冰盖的时期，称为大间冰期。那时夏季极地无冰，年平均气温可能比现代高 $8^{\circ}\text{C} \sim 12^{\circ}\text{C}$ 。由于陆冰全部融化，海平面可能比现代高70~80米。过去的大冰期均持续千万年以上。所以，一般认为目前地球仍处于第四纪大冰期中。因为，第四纪至今不过200~240万年。当前的气候状况也说明了这一点。至今全球陆地仍有10.6%被冰雪覆盖，而大间冰期夏季极区是没有冰的。所以，现代的气候肯定不是地球上曾经经历过的最暖时期，甚至也不是平均时期，而是比平均略冷的时期。所以认为目前仍处于第四纪大冰期中是问题不大的。

然而，目前也不是大冰期中的最寒冷时期。因为大冰期中气候也是不稳定的，例如，距我们最近，研究得最多的第四纪中，过去很长时间一直按欧洲的冰川进退定出四次冰期，即群智、民德、里斯及武木。但是古海平面变化等资料

证实，近150万年中至少发生过17次冰期与间冰期的交替。人们可以从古海平面高度估算全球冰量，冰量多时即为冰期，在近90万年中至少有8~9次冰期以及8~9次冰量少的间冰期。可见每个冰期间冰期循环，现在多称为旋回，约在10~20万年之间。最近1次冰期极盛期约出现于1.8万年前，而上1次最冷约在13万年之前。现代的暖期的温暖程度与12万年前也大体上相当。

从近2万年的温度变化可知，大约1万年前气候已经有了明显的变暖，在地质学上称为全新世。进入全新世后在距今5000~7000年之间为温暖时期，这就是人们经常谈到的“气候最适宜期”，也有人称为“黄金时代”或大温暖期。人类文明的发展，古埃及文明、两河流域的文明以及中华民族的文明的发展大约均出现在这个时期。古埃及有7000年历史，中国有5000年历史。所以这段时期的气候变迁，也称为历史时期气候变迁。我国在过去研究中较多地依靠了历史记载及考古证据，但是现在愈来愈多地依靠冰芯、树木年轮、湖泊沉积等。历史时期这个名称是不很确切的。严格地讲，应该说全新世的气候变迁，其冷暖交替的时间尺度为 $10^2 \sim 10^3$ 年。

全新世以来的气候变迁有一些经典的事例。新仙女木气候事件就是一个突出的例子。在全新世开始时，约在距今1万年稍早的时候有人认为在距今10400年前后，在气候回暖的过程中，有气候突然变冷的情况出现，在几十年内气温剧烈下降。但是这只是在回暖过程中的短暂变冷，不过几百年气温又继续上升。其后，很快就出现了上面提到的气候最

适宜期。大约从距今5000年开始气温又缓慢下降。在这个过程中有两个最重要的阶段，即是中世纪暖期（公元900～1300年）及小冰期（公元1550～1850年）。这是全新世中最为典型的气候变迁。对于现代，或者说近一二百年，一般不用气候变迁这个名词，而称之为气候变化，这主要是因为时间尺度与地质时期及历史时期差别较大的缘故。研究现代气候变化基本资料也同前两者不同。现代以仪器观测资料为主，以代用资料为辅。而前两者则主要根据代用资料进行研究。研究现代气候变化与地质时期及历史时期的气候变化还有一个很大的不同，就是人类活动所起的重要作用。从19世纪末到20世纪末全球平均气温上升了 $0.5^{\circ}\text{C} \sim 0.6^{\circ}\text{C}$ 。大部分科学家认为，这主要是人类活动使大气中二氧化碳浓度增加，从而加剧了温室效应的结果。

1.3 人类的起源

如上所述，第四纪的200多万年中充满了冰期与间冰期的循环。人们经常要问，是什么原因造成了这样剧烈的气候变迁？目前已经有了初步的回答，这就是地球轨道要素的变化。研究表明地球绕太阳公转的轨道参数有周期性的变化。大家都知道地球绕太阳公转的轨道（也称为黄道）是一个椭圆，太阳就处于椭圆的一个焦点上。因此，在地球绕日一周（即地球上一年）的过程中，有一个时期离太阳最近称为近日点，也有一个时期离太阳最远，称为远日点。近日点时显然地球接受到的太阳辐射多，远日点时接受到的太阳辐射少。按目前的轨道，在远日点与近日点所接受到的太阳辐射差为7%。这可不是一个很小的数字。气候模拟研究表明，

如果太阳辐射变化1%，能使气温发生约1℃的变化。不过由于1年中既有近日点，也有远日点，所以1年接受的总辐射变化不大。但年内的分配，即季节差异则较大。而且椭圆的偏心率愈大，椭圆愈扁，造成的季节差异也愈大。偏心率最大时可达0.06，最小时接近于0，而目前约为0.016，即地球历史上偏心率较小的时候。偏心率变化的周期约为9.66万年。

然而，接受太阳辐射的差异对地球气候的影响还依赖于近日点与远日点出现的季节。如果北半球冬至在远日点，夏至在近日点，从接受到的辐射来看，应该是冬冷夏热，这样则不利于冰期形成。因为，冬天气温低不利于降雪，而夏天气温高又有利于冰雪融化。相反当冬至在近日点，夏至在远日点时，冬暖夏凉，显然有利于冰期形成。这种至日在黄道面上运动的现象在天文学中称为岁差。岁差的周期约为2.1万年。大约1万年前冬至在远日点附近，正好与全新世的开始相吻合。目前则冬至在近日点附近，这也同气候最适宜期之后的逐渐变冷一致。当然岁差只是轨道要素变化中的一个参数，对气候的总效应依赖于各种参数的综合效应。

地球轨道要素变化中的第三个参数即地轴倾斜度。众所周知，地球自转轴与黄道面并不是垂直的。如果真的是垂直的，而且地球公转轨道接近于圆的话，一年365天就只有因地球自转而产生的白天黑夜的变化，而没有春、夏、秋、冬四季了。但是地球的自转轴却经常不是与黄道垂直的，而是有一个倾斜角，目前大约与垂直方向有 23.5° 的倾斜。但是倾斜度不是固定不变的，倾斜度增加，极地所能接受到的辐射增加，但赤道接受到的辐射会减少。不过主要是夏半球高纬接受到的辐射多。所以倾斜度大时，地球的气候应该冬冷

夏热，倾斜度小时，冬暖夏凉。如上所述，冬暖夏凉有利于冰期形成，2.83万年前倾斜度只有 22.5° ，1.8万年前的冰期极盛期就可能与之有关。0.91万年前为 24.24° ，高于目前的倾斜度，所以那时已进入全新世，气候逐渐回暖。倾斜度变化的周期约为4.1万年。

三种地球轨道要素的变化周期分别为9.66万年、2.1万年及4.1万年，人们相信这就是大约以10万年为周期的冰期一间冰期旋回形成的原因。前苏联的学者莫宁等曾根据这个理论计算了过去100万年及未来100万年地球接受太阳辐射的变化。以 65°N 为例，计算历年这个纬度接受到的太阳辐射，相当于今天的接受辐射量的纬度，称为相对纬度。凡相对纬度低于 65°N 的表示比现代暖，高于 65°N 的表示比现代冷。这样计算出来的冰期与前面提到的四次冰期，以及可能更早的一次多脑冰期，有若干一致之处。每次冰期中又有几次盛期，这也同观测事实一致。同样，也可以看出大约10万年左右的旋回。有趣的是，按照他们的计算，未来10万年之内无明显的冰期。也可以说这是过去100万年没有出现过的温暖时期，尽管在此期间，气候也依然有波动。然而，这绝不意味着第四纪冰期已经结束。按照这个计算，在未来20~30万年后，50~70万年后及80~90万年后仍可能有较强的冰期。这与上面关于冰期长度的讨论所得到的结论是一致的。

最近一次冰期旋回结束，下一次可能出现在10万年之后。这似乎给人类生存提供了一个较好的条件。然而，也不应忽略，人类正是在第四纪冰期中发展成长的。现在科学家大多数同意人类起源于非洲，那里100多万年前就有了猿人，而北京猿人约出现50万年之前，显然都在第四纪内。曾

经有一种说法，认为冰期中寒冷的气候促进了猿人直立行走。直立人大约生活在180万年到10万年之前。在12.5万到3.5万年之间尼安德特人生活在地球上的许多地方。现代人、晚期智人大约是在4万年前出现的，他们比尼安德特人更接近现代人。美洲土著居民就可能是早在4万年前由阿拉斯加穿过冰桥，自西伯利亚来到北美大陆，并向中美及南美迁徙。因此，人类的成长是与冰期共存的。具有了高度发达的科学技术的今天，人类更不会因冰期的到来而绝灭。

但是，“通古今之变”是我们今天研究气候变迁的主旨。我们要认识气候变迁规律，预测气候变迁发展的方向，运用现代科学技术减少气候变迁给人类可能带来的危害。不过，今天的任务更为繁重，因为一方面存在自然气候变迁，一方面又出现了由于人类活动而带来的气候改变。因此，我们不仅要研究大自然的变化，也要研究人类活动的影响。

1.4 中世纪暖期与小冰期

近千年来的气候变迁包括一个中世纪暖期及一个小冰期冷期。这是两个距离现代较近，而又有明显的气候特征的时期。中世纪暖期是由于中世纪欧洲持续时间较长的温暖时期而得名。如果宽一些，可以认为在公元800~1300年，或者公元900~1300年。著名气候学家兰姆根据英国中部的气温变化指出，中世纪暖期及小冰期均十分明显。中世纪暖期约比19世纪末到20世纪初气温高0.7℃左右。当时欧洲的葡萄园的北界位置大约比20世纪商业性葡萄园的北界偏北300~500千米。在北欧，公元1200年之前燕麦和大麦的种植面积也减少了50%。美国西部大平原，密西西比河上游等地在公

元1200年以前气候比现在湿润。从新墨西哥州到加拿大北部也普遍存在一个温暖时期。欧洲大陆上地中海地区在公元1000~1200年或更长的时期，气候湿润。北非在中世纪也是比较湿润的。可见中世纪确实有一个大部分地区气候比较温暖的时期。有的地区比较湿润，但有的地区也比较干旱，不过温暖则是较为普遍的。竺可桢认为中国的暖期可能出现稍早，在隋、唐时期（公元589~907年）气候温和。公元7世纪有时长安冬季无雪，唐武宗时（公元841~847年）宫中种的柑桔还能结实，说明那时气候确实比现代温暖。但是，近来不少学者认为中国的中世纪暖期在10~13世纪。

中世纪暖期之后气温又逐渐下降，并形成一個相对寒冷的时期。现在比较普遍地把这个时期称为“小冰期”。一般指公元1550~1850年。中世纪之后气候的变冷表现在以下几个方面：北冰洋海冰增加，向南扩展；树木生长上限不断降低，原来干旱的地区降水增加、河水上涨，湖泊面积扩大，冰川前进，一些地区废弃了耕地、抛弃了庄园及葡萄园等。那时英格兰气温比20世纪初约低0.9℃。这就是说，从中世纪暖期到小冰期，英格兰气温下降了1.5℃以上。中国的小冰期也是十分明显的。竺可桢最先指出中国在小冰期中有3个寒冷的时期，即公元1470~1520年、公元1620~1720及公元1840~1890年。在17世纪1个世纪中就有14个严冬，19世纪有10个严冬。而20世纪即将结束，至今只有1955年及1977年2个严冬，可见小冰期中国的气候是比较寒冷的。

虽然，世界上愈来愈多的作者引用了大量的地质、考古、历史文献、树木年轮、冰芯、孢粉、湖泊沉积的记录，证明许多地区的气候变迁有中世纪暖期及小冰期，但是至今

对于这两个时期的具体出现年代却很难取得一致意见，甚至有的作者因此放弃了给出一个统一的年限。其实这是一个不难解释的问题。有大量的观测证据表明，一个季或某一年全球或北半球的气温几乎不可能同时都暖或同时都冷。因为气候变迁是与大气环流的变化息息相关的，或者说大气环流的变化是地面温度变化的直接原因。例如，当东亚大槽比常年深，则槽前偏南气流增强，槽后偏北气流增强，这样就容易使槽后冷而槽前暖。中国经常处于大槽的槽后，日本则多处于槽前。因此，有时中国气温偏低时，日本却偏高。北美也有类似情况。当阿拉斯加高压脊发展，甚至有时形成阻塞高压，这时阿拉斯加及北美西北部可能偏暖，但北美南部，特别是美国东部可能气温偏低。以30年平均值的变化为代表的气候变迁就是这样一年一年积累起来的。因此，气候变迁在全球或北半球不同步是可以理解的。

但是，气候变迁形成的原因与机制与一个季或某一年的气候异常形成的原因与机制可能不同。例如，下面将要谈到的温室气体增加所导致的气候变暖，就可能在世界各地有很大的一致性。但即使如此，近代的变暖在全世界的分布也是不均匀的。20世纪80年代是全球迅速增暖的10年，但是在北大西洋北部、北太平洋北部，从地中海向东到中国南部及南半球的环南极低压带气温是下降的。至今人们对于产生这些差异的原因还了解得不多，但可以承认这些差异是存在的。因此，不存在一个各地都一致的冷期或者暖期是正确的。不过，这也不排除，可以找到一个在全球或北半球占优势的暖期或者冷期。

当然，为了证明暖期或者冷期在全球或北半球是否占优