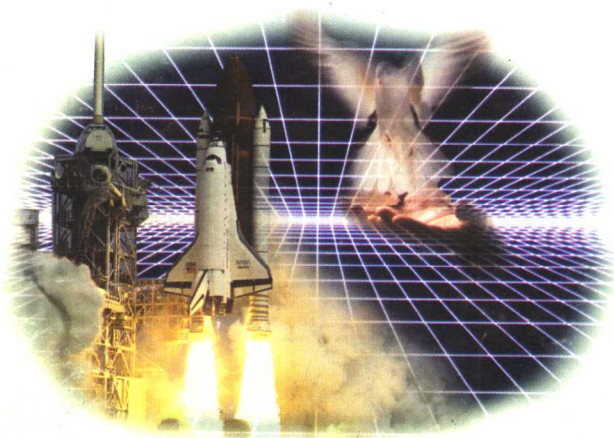




科技 **大趋势** 系列 94



气象科学

章志彪 张金方 主编

中国建材工业出版社

世界科技全景百卷书 ⑨

· 科技大趋势系列 ·

气象科学

编写 王 莉
明 军

中国建材工业出版社

目 录

气候变迁

大冰期与气候变化	(1)
第四纪冰期的气候变化	(2)
历史时代的气候变化	(4)
近代的气候变化	(6)
人类活动对气候的影响	(7)
气候变化对人类的影响	(9)

大气晴雨表——探测

为何要探测大气	(12)
观测形态走势	(16)
处处有警惕的眼睛	(18)
日益密集的天气监测网	(29)

未雨先绸缪——预报

漫话天气预报	(32)
你也能预报	(34)
专家系统向我们走来	(39)
未来能准确预知天气吗	(41)

天若无情人有情——减灾

可怕的“天”灾	(46)
气象为我们减灾	(56)
未来的趋势：国际合作	(60)

路漫漫其修远——技术

- 现代实验方法的应用 (66)
- 天公可以作美 (69)
- 新技术带来的希冀 (75)
- 跨世纪的造福子孙工程 (79)

气象是个宝——造福

- 用不尽的气象资源 (82)
- 现代神话：拿气候作文章 (88)
- 气象信息高速公路 (91)

气候变迁

大冰期与气候变化

关于地球远古时代的气候，随着时代的久远，我们的认识有些模糊不清。

地球形成行星大约在 55 ± 5 亿年前，从那时候开始直到 46 亿年前，地球上充满原始大气，并且逐渐逃逸。从 46 亿年前开始，地球进入到地质年代，逐渐产生次生大气，大约在 30 亿年前，地球上出现生命，开始改造地球大气，到寒武纪，大气才被生物改造成现在这个样子。但是，对古代以前的古气候，我们几乎是一无所知，到了古生代，古气候状况才逐渐清楚起来。

我们大体上知道，在地质时期反复经过几次大冰期，其中从古生代以来，就有三次大冰期。它们是：震旦纪大冰期，石炭纪二迭纪大冰期，第四纪大冰期。大冰期之间是比较温暖的间冰期。

每两次冰期之间，大约是 2~3 亿年。为什么有这样长的周期呢？一种意见认为，可能与造山运动有关系。地质上的大造山运动，往往使地面起伏程度加大，全球变冷。因为山脉越高，引起大气的热机效率就越高，上升运动增强，云雨增多，反射率增大，地面接收的太阳辐射能量减少，地表变

冷。

三次大冰期与地质时代三次强烈的造山运动相对应。震旦纪大冰期产生在元古代末地壳运动以后，石炭纪～二迭纪大冰期与海西运动相对应，第四纪大冰期与喜马拉雅运动对应。这不是偶然的。现在，喜马拉雅山还在升高，造山运动并未停止，所以第四纪大冰期还远未结束。现在，喜马拉雅运动还不到 7000 万年，第四纪大冰期还只 200 多万年。所以这次大冰期还会延续下去，至少还要持续 1～2 万年。

另一种意见认为，地质历史上的大冰期和大间冰期，是由于地球的黄道倾斜的大波动造成的。这种观点认为，黄道倾斜的范围是在 0° 与 54° 之间，黄道倾斜大的时期代表着冰川流行的时期，在三次大冰期期间，黄道倾斜曾有过 $10^{\circ} \sim 23.5^{\circ}$ 的变化。

那么，造山运动为什么也有 2～3 亿年的周期呢？地球黄道倾斜为什么也有 2～3 亿年的波动呢？澳大利亚人威廉斯认为，这种气候变迁与地球在银河系的位置有关系。因为地球不停地绕太阳公转。整个太阳系也绕着银河系中心公转。这样转一圈的时间约 2.5 亿年，太阳系又回到原来的位置。

第四纪冰期的气候变化

我们说现代正处在第四纪大冰期中，其实，第四纪大冰期中的气候也有很大的变化，曾经出现几次亚冰期和亚间冰期。变化的时间短则几千年，长则几万年或十几万年。

在 20 世纪初，地质学家根据阿尔卑斯山区的资料，确定那里存在四次亚冰期的规律。这就是：群智亚冰期、民德亚

冰期、里斯亚冰期和武木亚冰期。在这些冰期之间是亚间冰期。以后在北欧、北美、亚洲等地也纷纷找到了对应的亚冰期。在我国对应的亚冰期是：鄱阳亚冰期、大姑亚冰期、庐山亚冰期和大理亚冰期。

在第四纪的冰期中，仍然有寒冷和温暖更替。在寒冷时期，雪线高度下降，冰川前进，出现亚冰期，以民德（我国为大姑）亚冰期和里斯（庐山）亚冰期的冰川规模最大，群智亚冰期规模最小。在温暖时期，气温升高，雪线高度上升，冰川退缩，出现亚间冰期。民德—里斯（大姑—庐山）亚间冰期长达 17~18 万年。在第四纪大冰期，高纬度气温的急剧下降，导致两极地区形成永久冰盖；在亚冰期，冰川一直伸展到中纬度，在亚间冰期才退缩到高纬度。

根据科学研究发现，从亚间冰期向亚冰期过渡时，气候常呈渐变形式，其中没有清楚的界线。从亚冰期向亚间冰期过渡时，气候常呈突变形式，两者之间有明确的分界线。科学家们称为终止线。在距今 1.1 万年前后出现了一条终止线，标志着最近一次亚冰期结束了，随之而来的是一次新的亚间冰期，气候由冷增暖。

在第四纪大冰期中，为什么会有亚冰期和亚间冰期的更替呢？按照南斯拉夫气候学家来兰柯维奇在 20 世纪 30 年代提出的理论，是由于地球轨道三要素的自然小波动造成的。地球轨道三要素是指：地球轨道的偏心率、地轴的倾斜度和春分点的位置。

地球绕太阳公转的轨道是一个椭圆，太阳位于椭圆的一个焦点上。这样，地球处在轨道的不同位置，距离太阳的远近就不相同，获得的太阳辐射能量就有差异，如冬季在远日

点,夏季在近日点,冬季就寒冷而漫长,夏季炎热而短促。地球轨道现在的偏心率是 0.164;但是偏心率在 0.00~0.06 的范围内变动。它的变动周期约为 96000 年。偏心率的变化影响日地距离,从而影响太阳辐射强度,导致影响地球上的气候。

地球在春分点处在地球公转轨道上的什么位置,将影响季节的起止时间,也会使近日点和远日点的时间发生变化。地球在春分点的位置,是沿着地球公转轨道向西缓慢地移动,大约每 21000 年,春分点的位置在地球公转轨道上移动一周。春分节气的时间,每隔 70 年就要推迟一天。现在北半球夏季远日,冬季近日,夏季比冬季长 8 天。大约 10000 年后,就会变成冬季远日,夏季近日,冬季反而会比夏季长 8 天。就是说,不太冷而且短促的冬季,将会变成寒冷而漫长的冬季。

地轨倾斜又称黄赤交角,是地球上产生四季的原因。地轨倾斜度的变化,会导致回归线和极圈的纬度发生变化,从而改变地球上的季节。地轨倾斜使回归线在纬度 22.1° ~ 22.4° 之间变化,使极圈在 67.9° ~ 65.76° 之间变化。变动的周期 41000 年。地轨倾斜度增大时,回归线纬度升高,极圈纬度降低,高纬度的年太阳辐射总量增加,冬寒夏热、气温年较差增大,低纬度的年太阳辐射总量减少。地轨倾斜度减少时,高纬度冬暖夏凉,气温年较差减少,夏季温度低更有利于冰川发展。

历史时代的气候变化

从第四纪更新世晚期,距今约 1.1 万年前后开始,地球

从第四纪冰期中的最近一次亚冰期,进入到现代的亚间冰期,人们也称之为冰后期。这一段时间大体上相当于人类进入到有文字记载的历史时代。关于这时期的气候,挪威的冰川学家曾做出近 10000 年来的雪线升降图,说明雪线升降幅度并不小,表明冰后期以来,气候有明显的变化。我国有悠久的历史记载,竺可桢将这些记载加以整理分析,发现我国在 5000 多年来的气候有 4 次温暖期和 4 次寒冷期交替出现。

在公元前 3000~1000 年左右,即从仰韶文化时代到安阳殷墟时代,是第一个温暖期,这个时期大部分时间的年平均温度比现在高 2°C 左右,最冷月温度约比现在高 $3\sim 5^{\circ}\text{C}$ 。

从公元前 1000 年左右到公元前 850 年(周代初期),有一个短暂的寒冷期,温度在 0°C 以下。

从公元前 770 年到公元初年,即秦汉时代,又进入到一个新的温暖时期。

从公元初年到公元 600 年,即东汉,三国到六朝时代,进入第二个寒冷时期。

从公元 600 年到 1000 年,即隋唐时代,是第三个温暖期。

从公元 1000~1200 年,即南宋时代是第三个寒冷期,温度比现代要低 1°C 左右。

从公元 1200~1300 年,即宋末元初,是第四个温暖期,但是这次不如隋唐时那样温暖,表现在象的北限,逐渐由淮河流域移到长江流域以南,如浙江、广东、云南等地。

在公元 1300 年以后,即明、清时代以来,是第四个寒冷期,温度比现代要低 $1\sim 2^{\circ}\text{C}$ 。

近 5000 年来,虽然是寒冷期与温暖期交替出现,但是总的趋势是由温暖向寒冷变化,寒冷期一次比一次长,一次比

一次冷。在第二次寒冷期，只有淮河在公元 225 年有封冻。而在第四个寒冷期的 1670 年，长江都几乎封冻了。

有趣的事情是：挪威冰川学家用雪线高度表示气温升降，竺可桢用的是历史文献记载资料，结果却十分一致，说明冰后期以来的气候变化具有全球的普遍性，绝对不是一种巧合。

近代的气候变化

从 1850 年农业机械化开始以来，近 100 多年来的气候变化，我们称之为近代气候变化。近百年来气候变化的基本趋势是：1961 年以后的世界气候与本世纪前半期相比有显著不同，而与 19 世纪后半期相类似。从 19 世纪末期开始，到 20 世纪 40 年代，是世界性气候增暖时期，增暖的趋势在 20 世纪 40 年代达到顶峰，以后温度下降，20 世纪 60 年代后变冷更加明显，这次变化很可能是近 10000 年来的一次气候振动。

这种振动可以从大气环流变化中得到解释。根据英国气候学家拉姆巴的说法，从 1895 年开始，世界环流突然由经向环流占优势的时期，转变为纬向环流占优势的时期。从此，纬向环流不断加强。到 1940 年前后达到最盛时期；随后，纬向环流又逐渐减弱，经向环流又逐渐加强，到 1961 年前后，纬向环流显著减退，重新恢复成为经向环流占优势的时期。

在纬向环流强盛时期，气旋性活动增强，行星风系影响加剧，南北半球的气候带向两极方向移动。在纬向环流衰弱的时期，反气旋性活动加强，季风发达，南北半球高低纬度之间气流交换频繁。地球上的气候带向赤道方向移动。可见，世界环流型式的改变，对全球性气候变化的影响多么巨大。

人类活动对气候的影响

从有人类活动以来，人类就开始影响气候。随着人类社会经济的发展，人类影响气候的规模和深度也不断发展。

在人类历史初期，人类还完全是气候的奴隶，人类活动完全受气候条件的限制，只能生活在温暖湿润的热带森林中。大约在进入石器时代之前，人类还处在自生自灭状态。进入石器时代以后，人类掌握了火，才开始增强对气候的适应能力。这个痛苦的过程，至少经历了一百多万年。

以后，人类开始对周围的气候实行局部地有限地改造，衣着和房屋就是一个标志。往后，人们在农业和其他生产活动中，也开始局部地改变着气候。产业革命以来，科学技术飞速发展，人们不但能在各种不同的自然气候条件下采取措施，取得人类适应的气候；而且能够在规模越来越大的局部范围内改造气候。人工控制天气也在发展着。随着人们认识水平的提高和技术能力的增长，人类主动规划环境，改造气候，把气候环境引向有利于人类的方向发展，已构成现代科学的一个重要特点。

从历史事实来看，人类有对气候有目的地主动积极地改造的方面，也有盲目地消极被动地使气候恶化的方面。

运用衣着、房屋改造气候，是人类为了适应气候条件，而建立适合自己生存与生活环境的一种技术行为。共同的特点是：在大气候的背景条件下，建立起一种适合人类生存与生活的人工小气候环境，从而达到保温、御寒、防风的目的。不同点在于衣着是包装人体的气候壳，能够随着人体移动；能

够随着天气气候变化增减衣服，厚度和层次；能够随着经济水平的差异使用不同的衣着材料，从而控制并调节小气候。房屋则不能移动：不能随意增减厚度和层次；不能随意变更建筑材料。房屋是固定的，只能依靠门窗局部调节，材料的选用，建筑结构和形式的设计，平面布局的安排，都是为了适应气候环境的一种优化选择。

改变地球表面形态，如植树造林、灌溉农田、干化沼泽、建造水库，也能够改变局部气候环境。植树造林可以挡风挡沙，保持土壤水分，改变空气湿度和温度。建造水库和进行灌溉虽然并不是直接为了改造气候，但是却起到减小气温年、日较差，提高最低温度和平均温度，增加湿度和降水量的作用。

从消极方面看，人类取得了自身的利益的同时，盲目垦荒、刀耕火种、破坏森林，造成水土流失，使气候恶化。因为森林是地球表面的重要保护层，它对地面水分和热量的保存、交换都有很大作用。据估计，500 万亩森林的蓄水量，相当于一亿立方米的水库。在干旱地区的护田林带，能使空气相对湿度提高 10%~15%，能使土壤含水量增加 22~27 毫米。这就是人们呼吁保护森林的气候意义。

人类活动的盲目性还表现在工业污染物的增加。工业发展的一个结果，就是废物、废水、废气和余热的大量排放。使土壤、水体和大气遭到严重污染。在极大程度上改变了大气成分，大气混浊度和热性质，从而导致气温和降水量等气候要素发生变化。

我们前面已经提到，大气中的二氧化碳 (CO_2)，水汽 (H_2O)，及其他微量气体，如甲烷 (CH_4)，一氧化二氮

(N_2O)、氯氟碳化合物 (俗称氟利昂 (CFCl_3)), 对地面气候都有温室效应, 所以人们称之为温室气体。人类活动排放出来的温室气体, 使大气的温室效应增强, 导致整个地球气温升高。自从产业革命以来, 大气中二氧化碳含量上升约 25%, 甲烷上升 160%, 一氧化二氮上升 8%, 氟利昂以前根本就没有过。这些气体在大气中可以长期停留, 使温室效应不断增强。根据气候学家们分析, 由于温室气体的作用, 到 21 世纪, 地表气温可能升高 $1.5 \sim 4.5^\circ\text{C}$ 。地球增暖的结果, 随之而来的将是海洋变暖, 南极大陆和格林兰冰盖融化, 海平面上升。由于工农业发达、人口稠密的地方, 正好多分布在沿海地区, 海平面上升会给人类带来严重的灾难。我国的所有海滨地带, 都在遭受灾害的范围内, 主要受灾地区可能是华北平原, 长江三角洲和珠江三角洲地区。21 世纪全球气候变暖后怎么办呢? 已经引起各国政府和人民的关注。

气候变化对人类的影响

人类影响气候, 气候也影响人类。短时间的气候变化, 特别极端的异常气候现象, 如干旱、洪涝、冻害、冰雹、沙暴等等, 往往造成严重的自然灾害, 足以给人类社会造成毁灭性的打击。比如, 1943~1954 年孟加拉地区的暴雨灾害, 引起了 20 世纪最大的饥荒, 饿死人口达 300~400 万。1968 年~1973 年非洲干旱是非洲人民的一次大灾难, 使得乍得、尼日尔、埃塞俄比亚的牲口损失 70%~90%, 仅在埃塞俄比亚的沃洛省就饿死 20 万人。当然, 这种打击往往是短暂的、局部的, 虽然不至于影响生态系统, 但是对人类造成的灾害却

十分大。

长期的气候变化，即使变化比较缓慢，也会使生态系统发生本质性的改变，使生产布局和生产方式完全改变，从而影响人类社会的经济生活。

例如，在公元前 3000~1000 年的温暖时期，竹类在黄河流域直到东部沿海都有广泛分布；安阳殷墟发现，水牛和野猪等热带亚热带动物；甲骨文记载打猎时获得一象，表明殷墟的化石象是土产的。河南原称豫州，就是一个人牵着大象的标志。商、周时代，梅子是北方人民重要的日常食品。《诗经》说：“若作和羹，尔唯盐梅”，可见当时梅子是和盐一样重要的食品，是做菜不可缺少的佐料。《诗经》说：“终南何月，有条有梅”。终南山在西安之南，宋代以来就无梅了。陕西、山西等地人民只好用醋代替梅。

秦汉时期气候也比较温暖，《史记》记载当时经济作物的地理分布是：“桔之在江陵，桑之在齐鲁，竹之在渭川，漆之在陈夏。”可知当时亚热带植物的地界比现在更加偏北。

由于气候变化直接影响农作物的地理分布，必然会影响以农产品为原料的工业布局。例如，在先秦到西汉以前，我国丝织业布局是北丝南麻，丝织业绝大部分在黄河中下游和冀中平原，当时最大的丝纺业中心在河北定县，其他较小的中心也都在河北，河南和山东一带；长江流域及南方各地则主要生产麻织物；西汉时期，蜀中仅以产麻布著名。虽然在东汉到魏晋以后，中原地区战乱频繁，经济下降剧烈，南方各地社会生活则相对安定，丝织业有所发展，可是北丝南麻的布局一直维持到隋唐时代。从气候变迁情况看，至隋唐时代，虽然气候也有变化，但是平均气温仍暖于现代，可见，丝

绸之路出现在北方是有原因的。

北丝南麻布局的改变发生在宋代。由于气候变冷，气温已低于现代，北方不利于桑蚕生产生殖，再加上唐末五代时北方战乱，南方经济发展，丝织业规模逐渐超过北方。北宋时镇江，三台已形成为全国丝织业中心。南宋时，南京、常州、镇江、苏州都拥有巨大的丝织业生产能力。丝织业重心南移，正好相当于我国气候由温暖到寒冷的时期，这个历史经验是值得研究的。

气候变迁对农业耕作也有影响，孟子（公元前 372～前 289 年）、荀子（公元前 313～前 238 年）都说，他们那个时候，齐、鲁（河北、山东一带）农业种植可以一年两熟。在这些地方直到解放初期，还只习惯于两年三熟。唐朝的生长季也比现在长，《蛮书》（约成书于 862 年）说，曲靖以南，滇池以西，一年收获两季作物，9 月收稻，4 月小麦或大麦。而现代由于生长季缩短，不得不种豌豆和蚕豆，以代替小麦和大麦。

这种历史经验仍有现实意义。例如，如果气候变暖，就可以考虑双季稻向高纬度、向高海拔扩展；若气候变冷，就得采取措施，缩短水稻的生长时间。现在流行热门话题是：“到 21 世纪，地球将会变暖。”面临着这种可能出现的现实，我们将采取什么样的战略性对策呢？

大气晴雨表——探测

晴天，风和日丽，碧空如洗；雷雨天，电闪雷鸣，狂风怒吼；阴天，浓云密布，天色阴沉。当你在为这些捉摸不定、扑朔迷离的自然现象而唏嘘感叹时，你可知道，时时刻刻，每分每秒，从地上到半空，从陆地到海洋，从平原到高山，从大湖到荒漠，处处都有一双双警惕的“眼睛”，在密切地关注着大气的变化。其实啊，那些和风细雨的迷人风光，漫天雪飞的壮观场面，还有那雷风电雨的大煞风景，都不过是大气所玩弄的一点点小小把戏而已。说到这儿，大家会弄不明白：什么是大气呢？为什么要探测大气呢？怎么探测呢？一个个疑问接踵而至。好！现在我们就来——地回答这些问题。

为何要探测大气

先要澄清一个事实，就是说，我们这儿谈的大气，主要是指地球最底层的大气。具体地说，就是地面以上的约十多公里距离的大气。在赤道地区要厚一些，约有17~18公里；到南北两极要薄一些，约7~9公里；我国大约为10~12公里。这个底层叫对流层。对流层，就是指空气对流运动强烈。大气中的各种物理状态和现象，如风、云、雨、雪、霜、露、虹、晕、雷、电等，都发生在这一层。

那么大气是什么呢？大气是一种无色、无味的混合气体，

它在我们周围到处存在。可以说，它就是空气。过去打过一个谜语，叫“看不见、摸不着、离不了”，指的就是它。说大气是混合物，一点也没有错。地球上大气按重量来计算，其中氮占75.5%，氧占23.1%，氩占1.3%，二氧化碳和其他气体占0.01%。不用说，这是指大气的化学组成。从这个组成我们可以了解到，空气中氧约占四分之一，正是因为它，才使我们人类在这个小小的寰球上得以生存，一直繁衍到今天。大气对于我们的生命是多么重要啊！

是的，大气不仅对于地球现存的五十多亿生灵有着至关重要的作用，在我们生命的演化史上，大气还立下过汗马功劳呢。你看，地球上原始生命起初只在太阳辐射达不到的深水中出现，这些生物体后来发展为吸收金属氧化物来维持生命的低等生物。氧介酶出现后，生物转入到浅水中活动，地球原始大气中的二氧化碳溶入水中，生物借此与太阳光进行光合作用，于是出现了绿色植物，氧气开始增多。当含氧量增到约今天的1%时，高空大气的臭氧层出现，它吸收太阳紫外辐射，保护了地球原始生命，于是浮游生物，多细胞生物大量产生。当大气含氧量达到今天的三倍时，恐龙这一爬行动物出现。有人认为，由于恐龙产生的二氧化碳太多，植物来不及放出足够的氧气，最后导致恐龙等爬行动物灭绝。又过了一段时间，适应新气候的哺乳动物出现。约数百万年前，人类产生。看来，没有地球的大气，就不会有人这一高级动物的产生，更不用说今天。看看那荒芜的火星，赤裸的月球，寂静的金星，我们人类是多么幸运啊。

但是，我们今天要探测大气，还不仅仅是由于大气过去和现在给过我们人类某些恩惠，我们还得同形形色色的大气