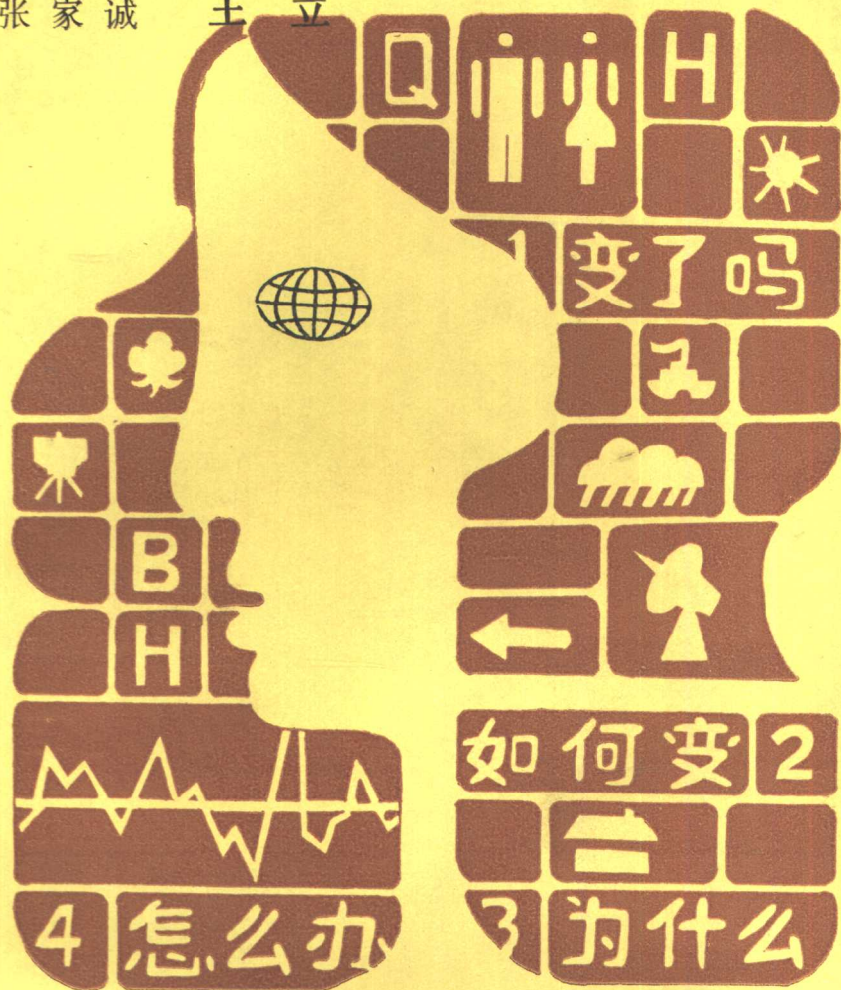


张家诚 王立



气候变化四问

商务出版社

气候变化四问

——变了吗？如何变？为什么？怎么办？

张家诚 王 立

气象出版社

内 容 简 介

本书根据最新资料和科研成果,对当前为社会普遍关心而众说纷纭的关于未来气候究竟将要变暖,还是变冷;将要变湿,还是变干的科学问题以及这些变化将如何影响到社会和经济、以及社会经济的承受能力和对策等问题,进行了全面的介绍。可供社会各层次的读者阅读,特别是自然科学与社会科学的数学、研究工作者阅读参考。本书还可提供各管理部门,如农业、水利、交通运输、能源以及计划、经济部门的工作人员作为专业参考读物。

气候变化四问

——变了吗?如何变?为什么?怎么办?

张家诚 王 立

责任编辑 庞金波

气象出版社出版

(北京西郊白石桥路46号)

北京顺义兴华印刷厂印刷

气象出版社发行 全国各地新华书店经售

开本: 787×1092 1/32 印张: 4.375 字数: 98千字

1990年3月第一版 1990年3月第一次印刷

印数: 1—3000 定价: 2.30元

ISBN 7-5029-0341-0/P·0188

写在前面

七十年代以来，科学界对气候问题变得十分关心和活跃，各种不同观点纷纷出现。

有的认为今后气候越来越暖，其结果会导致人类聚居的中纬度地区干旱化，将蒙受连年干旱之苦。大陆冰雪受热而融化，使海平面上升，淹没沿海农田和城市。

有的学者恰好相反，正在谈论着气候的变冷。甚至还有人说，一个寒冷的地球将会出现，在我国也有人提出长江可能封冻的问题。

有的学者认为，引起地球气候变化的主要原因是人类大量使用化石能（石油、煤、天然气）而使大气中二氧化碳增多所引起。另一些人则特别强调海洋的变化在气候变化中的巨大作用，其中出现在赤道太平洋东部的厄尔尼诺现象似乎是变化之源。还有些学者对天文上的问题十分重视，“九星联珠”等现象似乎会诱发异常的气候。

还有许多观点和看法，在这里无法一一列举。但是，单从报刊上就能不时看到各种互不相同的报导。其中有些提法如“重大突破”、“巨大发现”等是否确有其事，是令人深思的。这种百家争鸣的热闹场面往往使人有些应接不暇之感。

科学界对气候的重视实质上反映了人类对作为一种不可缺少的自然资源和难以避免的自然灾害的关切。既然有资源与灾害的影响，气候问题就不能看作是纯自然科学的问题了，因为它还同人类开发利用资源的水平与防御灾害的能力

AAH14/14

密切相关。所以，今天的气候学已经同环境科学、生态学，各门技术科学与社会科学都有了密切的联系。我们除把气候作为一种自然现象来认识之外，还有一个极重要的任务，就是利用气候的规律性及其同社会经济的密切关系来为国民经济的规划、布局、重大工程与设备的设计、施工与运转服务。换句话说，气候学不但是认识自然的武器，也是制订规划与政策的依据，所以它又取得了重要的社会经济意义。

作为读者，对气候也有自己的感受。气候与地球上所有人的工作和生活都有着密切的联系，严重的气候灾害仍记忆犹新。人们希望有一个通俗的小册子，对这些问题作一些归纳和分析，以便对气候问题能有进一步的了解。

这本小册子针对读者的需要，对气候变化的各种问题，特别是变冷、变暖、变干、变湿的趋势等有关问题作了一些剖析。应当说，这些问题尚未达到解决的程度，因此，这里也不可能给出肯定的回答。但是，对于考虑这一问题的有关知识，当前的认识水平及其同社会、经济的关系，人类的对策等则作了力所能及的介绍。

应当提出的是，由于问题的复杂性，作者的水平又是十分有限，所以缺点错误在所难免，希望读者及科学界同仁予以指正，则不胜欢迎。

张家诚 王立
一九八八年十二月

目 录

写在前面

一、一个普遍关心的问题.....	(1)
1.从灾害谈起.....	(1)
2.什么是气候.....	(5)
二、复杂的气候系统.....	(11)
1.“瞎子摸象”故事的启示.....	(11)
2.气候系统.....	(14)
三、气候形成和变化的因子.....	(21)
1.气候因子说.....	(21)
2.太阳辐射.....	(23)
3.地球天文参数.....	(27)
4.海陆分布.....	(30)
5.洋流.....	(36)
6.冰雪.....	(40)
7.火山.....	(43)
8.人类活动.....	(45)
四、过去和未来的气候变化.....	(51)
1.未来是过去的继续.....	(51)
2.气候变化简史.....	(54)
3.干湿变化和冷暖变化的关系.....	(66)
4.冰河期何时再来?.....	(72)
5.二氧化碳的温室效应.....	(77)

6. 人类是干旱化的主要原因	(84)
五、社会、经济和气候	(90)
1. 气候环境与气候资源	(90)
2. “听天由命”还是“人定胜天”	(94)
3. 气候与贫富	(98)
4. 气候变化对粮食生产的影响	(103)
5. 气候灾害	(108)
六、气候资源的开发	(114)
1. 走过的路	(114)
2. 生态系统	(117)
3. 生态农业	(121)
4. 同干旱斗争	(124)
5. 气候工程	(129)
参考文献	(134)

一、一个普遍关心的问题

1. 从灾害谈起

“山雨欲来风满楼”这一句古诗十分生动地描写了事件发生前的人们心理状态。七十年代以来，科学界对气候问题的讨论变得十分活跃，各种不同观点纷纷出现。报刊杂志也不落后，各式各样的报导很多。可以说，在气候问题上，也颇有一些“风满楼”之感。

那么，在气候问题上究竟可能出现什么严重事件而这样扣人心弦呢？主要的是人们关心未来的气候变化。在未来气候这个问题上，认为变暖的有之，认为变冷的也有之；认为变旱的有之，不同意这一观点的也有之。

如果不认真研究这个问题，也许变冷、变暖、变干、变湿，正像四季变化一样，不足为奇。可是科学家们却把它看作有关人类命运的重大事件。

这个问题之所以重要，有着下述原因。

气候问题牵涉着当前的生产和生活。据联合国统计资料，世界每年因自然灾害所造成的损失多达400亿美元，其中80%以上是属于气象灾害。

一次严重的气象灾害可以给社会以极其沉重的打击。例如1968—1984年非洲撒哈拉沙漠以南的撒赫勒及苏丹地带长达17年的大旱灾，给当地的损失是难以估计的。仅根据部份材料来看，就有6千万人口和520万平方公里的土地受到旱灾的严重影响。在1972—1973年旱灾的第一个高峰期中，撒赫

勒地区的牲畜死亡率达80%，整个土地利用系统都受到破坏；埃塞俄比亚损失80%的大牲畜和50%的羊群；尼日利亚主要农产品花生的产量从1968—1969年度的765000吨下降到1972—1973年度的25000吨，不到原来的三十分之一。

但是，二十世纪最大的饥荒并不是非洲的干旱，而是孟加拉的暴雨。1943—1944年发生在该地区的洪水使水稻无收，又加上当时（第二次世界大战期间）日军侵入缅甸，切断缅甸大米进口的道路，以致引起300万—400万人饿死的惨剧。

我国也是旱涝灾害较多的国家之一。据不完全统计，从公元前206年到1949年的2155年间，全国共发生可查考的水灾1092次，较大的旱灾1056次。仅以北京近百年降水记录为例，这里曾出现过两年连续降水量不到300mm的连旱（1920年为276.7mm，1921年为256.2mm），也产生过两年降水量连续超1000mm的连涝（1893年为1162.8mm，1894年为1009.4mm）。

二十世纪在我国历史上旱灾并不突出。根据国家气象局气象科学研究院等单位整理的五百年旱涝资料，如果从五百年中选出50个大旱年，则在1931—1987年间我国35°N以北地区只有1年。但乾隆年间（公元1736—1795年）曾有过20年干旱，其中有6年是属于这50个大旱年的范围。在明末崇祯年间（1628—1644年）的1637—1641年，我国整个35°N以北地区都出现了大旱。

长江流域虽然雨水丰沛，但旱灾仍很突出。1646—1649年间，四川连旱4年，其中3年为大旱年，出现“全蜀大饥、人相食”的惨象。

对于这些严重的旱、涝灾害，人们未免心有余悸。加上

半个世纪以来，人口大增，工农业迅速发展，对水资源的需要急增，因此，干旱之害，甚至更胜于洪涝。

这些灾害的频率和烈度均与气候变化有密切关系。一个地方的气候变化，往往可以划分为若干个不同长度的干、湿阶段和冷、暖阶段。干湿阶段和冷暖阶段都是交替出现的，因而形成冷暖的周期性变化和干湿的周期性变化。在气候变化的影响下，灾害的频率和烈度也随之呈现周期性变化。以下举一些例子。

上海年降水量的变化存在着13年至22年的阶段性。正是干湿阶段的交替形成了近百年上海降水变化的主要特征。在多雨时段中多雨年（年降水量大于多年平均降水量100mm以上）集中出现（约占多雨年的80%），而少雨年（年降水量少于多年平均降水量100mm以上）则集中在少雨时段（约占少雨年的79%）。参看表1。

表1 上海多雨时段和少雨时段的特征

多 雨 时 段				少 雨 时 段			
时 段	多年 平均	多雨 年数	少雨 年数	时 段	多年 平均	多雨 年数	少雨 年数
1877—1891	1188	5	2	1892—1904	1017	1	7
1905—1922	1240	8	3	1923—1944	1093	4	11
1945—1960	1263	10	2	1961—1974	1013	1	6

上述情况对冷暖变化也是一样的。我国东北是全国商品粮的主要生产基地。但这里冷害很多，往往可以造成上百亿斤的粮食减产。如果用该地区的代表性气象站长春的5—9月的平均温度进行统计，以低于18.0℃为冷害指标，高于19.5℃

表2 长春冷害年数和高温年数

年 代	平均温度	冷害年数	高温年数
1909—1918	18.4	3	0
1919—1952	19.1	0	6
1953—1974	18.7	4	1
1975—1981	18.9	0	1

为高温年指标。那么，从表2可以看出，长春本世纪的冷害主要集中在为期不长的两个阶段里。

由以上两个例子可以看出：在上海只要降水增加约100 mm，干旱年出现的频率就可以从80%下降到20%。长春冷害的情况更是如此，只要多年平均温度上升 0.2°C 到 0.5°C ，就不会有冷害出现；相反，如果下降 0.7°C ，即使在高温时段也会冷害频繁。

值得注意的是，以上两个例子讲的都只是近百年的变化，在这个时期里，气候还是呈现波动变化的。人们更为担忧的是将来气候变化有没有持续变暖或变冷，持续变干和变湿的可能。如果存在着这种可能，对于人类说来，无疑是极其重要的。因为，如果不针对气候变化进行生产和生活的适应性调整，那么现行的生产制度将会是灾害频繁，甚至完全失收。这就联系着整个社会发展和繁荣昌盛的大事。

另外，人类发展对自然界的影响正日益增强，这也会显著地影响到气候变化。科学界早已出现“人类将自己毁灭自己”的呼声。近年来，“二氧化碳增温”和“核冬天”两个问题吸引了科学界的注意力，这绝不是偶然的。因此，如果不研究气候问题，人类的影响就会有很大的盲目性，有可能

造成严重后果而不自觉。科学界认为这个问题是当前面临的
最大危险之一。气候学从七十年代来受到广泛的重视，这也是其中的一个重要原因。

2. 什么是气候

气候是什么呢？可以说，至今还是一个既清楚，又不太清楚的问题。即使气候学家，对气候的理解也不尽相同。不过有一个基本概念是得到公认的，即气候是大气的长期状态〔1〕。

怎样来理解大气的长期状态呢？长期状态是相对短期状态而言的。大气的短期状态就是天气，而天气对人们来说是日常接触到的，也是比较熟悉的一种自然现象。广播和电视每天几次向听众和观众报告天气。下雨天要带雨伞，天冷了要加衣服，日常生活离不开天气。农业、渔业、航空、航海等各项活动都重视天气，对灾害性天气现象往往需要采取措施或修改计划，才能避免或减少生命财产的损失。

人们对于气候却远没有对天气那样熟悉。气候既然是大气的长期状态，故气候变化相对天气变化来说，在短期内就不是那样急促和猛烈。人们必需天天问天气，却没有必要天天问气候。但是有一部份人却必需年年问气候，他们首先感觉到气候的重要性，他们是气候的敏感者。这一部份人就是从事生产的农民、渔民等劳动人民和负责生产规划、设计和调度的人员。

农民必需要看年景。如果在水份不够的条件下种植需水很多的作物，就会带来很坏的收成。在极左思潮横行时期，在温度条件不具备的地区，盲目推广双季稻，结果浪费了大量的劳力和资金。春季连阴雨和秋季寒露风都会给水稻产量带

来严重损失，使得农业生产极不稳定。这不能不认为是一个极大的教训。

服装、房屋以及各种生产设施的设计，都必需考虑气候条件。例如修建一个水库需要很大的投资。如果水库太小，拦截不了洪水；如果水库太大，就会造成浪费。修多大为宜，就要看这个流域里的降水量。

对于制定发展规划来说，气候就更重要了，因为任何发展规划，都必需全面考虑当地的自然条件和社会条件。气候条件又是自然条件中变化最快、最剧烈的一部份，换句话说，它对人类是最娇气、最敏感的一部份。例如在发展规划中不考虑每年平均有多少雨水，这显然是错误的，因为开辟了大量农田和修了很多工厂后，很可能由于没有水而没有收成和停工。有时，甚至在没有估计到气候变化的情况下也会犯极大错误。因此，对于编制规划的人来说，既需知道现在的气候，也需要对当地气候曾经出现过的各种情况有所考虑。

由此可见，对人类来说，气候具有战略性、规划性的意义，天气则具有战术性和行动性的意义，特别是人类在其同自然界的系统中是越来越向主动的方向上发展，也就是说，人类逐渐变成自然界的主人，这就要求人类今后的行动将逐渐地、更多地按自己的意志（它体现为规划）进行，而不是每次行动都决定于自然界。这也许就是社会各界越来越重视气候的一个原因。

既然气候是大气的长期状态，天气是大气的短期状态，那么一方面气候是天气变化的背景，另一方面气候又是由长时期内各种天气汇集而成。为说明这个问题，以下举一些例子。

一次下雨过程属于天气范围，在一个雨季里往往会有若

千次降雨，它们的共同性质（如暴雨或连续性雨）和降雨总量则属于气候范围。因此，在气候中理解的雨季就是这若干次降雨的总和。雨季是一年中降雨最集中的时段，在这个时段内，降雨的天气过程频繁，降水量多，表现了气候作为天气的背景的作用。

世界气象组织规定30年是气候的标准时段。按此规定，气候就是30年的大气状态。当然，大气状态是十分复杂的，在气象学中一般将它分解为若干个气象要素（如温度、降水量、云量、风向、风速等）来表示。30年的大气状态就是用这些气象要素的30年平均值、变率、极值等统计量表现。因此，长期大气状态事实上就是用气象要素的长期统计量来表现的。为了说明这个问题，可将上海百年（1873—1972年）的每年平均温度及降水量（表3）作为一个例子，进行一些具体的分析。

从表3可以看出，每个30年的气象要素的统计量都是不相同的。例如，1876—1905年的30年中平均温度是 15.3°C ，而在1936—1965年的30年中平均温度为 15.9°C ，两者相差 0.6°C 。不仅如此，在前30年中温度低于平均值的年份为20年，有4年温度为 14.6°C ；而在后30年温度低于平均值的年份只有4年，温度最低的年份平均温度为 14.9°C 。这种差别就是统计量的差别，在气候学中叫气候变化。

在每个30年阶段中各年的气候也不是一样的。例如在前一个30年中年平均温度有 $2-5^{\circ}\text{C}$ 的升降变化，其中最高年的平均温度达 15.8°C ，比气温最低年高 1.2°C 。后30年也有同样性质的变化，其中最高温年的平均温度达 16.8°C ，比最低年高 1.9°C 。若对30年内的许多短期变化不做逐年考虑，而用变化的统计量表示，则叫气候变率。

表3 上海年平均温度(°C)和年降水量(mm)

年	年平均 温度	年降 水量	年	年平均 温度	年降 水量	年	年平均 温度	年降 水量	年	年平均 温度	年降 水量
1873	15.8	945	1899	15.1	1233	1925	14.9	795	1951	15.5	1256
1874	15.5	1007	1900	15.4	1009	1926	15.5	1318	1952	15.9	1286
1875	14.8	1588	1901	14.6	1064	1927	15.3	1171	1953	16.8	985
1876	15.0	771	1902	15.8	1005	1928	15.3	1162	1954	15.5	1390
1877	14.7	1009	1903	14.8	1086	1929	15.4	791	1955	15.8	1062
1878	14.8	1207	1904	15.0	1023	1930	15.7	1144	1956	15.0	1287
1879	15.8	1272	1905	15.1	1331	1931	15.2	1602	1957	14.9	1477
1880	14.7	1102	1906	15.1	1439	1932	15.5	951	1958	15.3	1018
1881	15.6	1341	1907	15.0	1237	1933	15.5	1003	1959	16.0	1218
1882	15.3	1331	1908	15.2	1088	1934	15.6	840	1960	16.1	1197
1883	15.2	1085	1909	15.4	1289	1935	16.1	1061	1961	16.5	1143
1884	14.6	1184	1910	14.8	1116	1936	15.1	958	1962	15.5	1019
1885	14.6	1113	1911	15.0	1218	1937	16.0	1025	1963	15.6	1244
1886	14.9	1204	1912	15.1	1328	1938	—	1265	1964	16.1	909
1887	15.5	1171	1913	14.7	1078	1939	15.8	1197	1965	15.6	1030
1888	15.7	975	1914	16.0	1203	1940	16.2	1221	1966	16.0	1124
1889	15.0	1462	1915	15.7	1480	1941	16.2	1659	1967	15.4	811
1890	15.8	948	1916	15.4	1270	1942	16.6	943	1968	15.5	921
1891	15.6	1416	1917	14.5	1049	1943	15.6	1123	1969	15.2	1184
1892	15.0	709	1918	15.1	1318	1944	15.9	910	1970	15.4	1108
1893	14.6	1148	1919	15.3	1192	1945	16.2	1399	1971	15.6	991
1894	15.8	935	1920	15.5	1016	1946	16.7	1209	1972	15.1	902
1895	14.7	1016	1921	15.1	1508	1947	15.8	1306	100 年平均	15.4	1143
1896	15.2	1032	1922	16.6	1160	1948	16.2	1242			
1897	14.9	1106	1923	15.1	1021	1949	15.9	1572			
1898	15.7	850	1924	15.1	986	1950	15.8	1417			

我们若将任一个30年的平均温度同百年平均温度比较，它们之间又存在着差别。由此可见，气候有着各种时间尺度不同的变化。就现在所知，时间尺度最长的气候变化是长达千万年以上的地质时代的气候变化。对此，只有用地质钻探岩芯来研究从各时代地层中发掘出来的生物化石和地貌遗迹，以判断当时的环境状态，并从环境变迁中推知气候变化。因此，地质时代的气候变化一般都具有很大的变幅，时间周期很长，足以使环境状态产生显著的差别。

地质时代的气候变化是其它各种时间尺度气候变化的总的背景。例如，近一万年的人类文明历史时期，就是地质时代气候变化过程中的一个小阶段，因为它是跟随在一个冰河期之后而出现的，所以又叫冰后期。冰后期何时结束。未来变冷还是变暖，一方面就要从地质时代气候变化的规律性去分析，另一方面还要看今后人类自己对气候的影响。因此，研究地质时代的气候也是十分重要的。

历史时期的气候虽然变化幅度和变化周期的长度同地质时代比较都是很小的，但是相对于近百年来现代气候变化仍然是很大的。前面已经说过，在现代多年平均温度变化不超过 1°C ，年降水量变化不超过100mm的情况下，就可以使气象灾害的频率和烈度发生剧烈的变化。据竺可桢、布鲁克斯(Brooks)诸人研究的结果，历史时期温度变化的幅度可超过 3°C ，而降水量变化的幅度可超过300mm。在历史文献中，对农、牧业生产有重大影响的灾害都可能记载。故对历史时期的气候变化一般可以根据历史文献查找和分析发出现来。

由于历史时期气候变化的幅度比现代气候变化要大得多，因而考虑当前气候变化时，应注意到更长期(历史时期)

的变化趋势，才能得到更充分依据，显然对于编制国家发展规划和采取防灾措施是极为重要的。

同时，历史时期气候变化是现代气候变化背景，现代气候是历史气候的一个阶段，如果历史气候阶段发生了变化，那么就会使现代气候变化的规律性转移到另一个水平上。因此，我们必需从当前气候变化的事实中注意发现有无超越现代气候变化的异常征兆，并根据历史时期气候变化的规律性去判断可能出现的变化趋势。因此，从气候学和当前社会、经济的角度看，研究历史时期的气候变化比研究地质时代的气候变化有着更加重要的意义。