

# 我国气候变迁的初步探讨

中央气象局气象科学研究所 張家誠 朱明道 張先恭

气候是人类生产和生活的一个重要自然条件。根据气候记录、史料和考古材料分析,世界(包括我国)的气候都经历着长度为 $10^0$ — $10^8$ 年的各种时间尺度的变化。目前,引起全世界气象学家关注的,是从本世纪四十年代开始的南北半球高纬度地区的气候变冷(这一趋势在我国也有反映)。特别是1972年前后出现的世界范围的大面积气候异常,更引起人们的关心。

本文主要阐述我国近代气候变迁的特点,为此必须联系到地球气候史的若干问题。并通过对我国近500年气候寒冷期(欧洲现代小冰期)内,四次气候变冷以及本世纪气候变化特点与太阳活动强度及太阳磁周能量平衡的关系,得到我国自目前到公元2000年的气候总趋势。

## 一、地球气候史的基本特点

几亿年的地球气候史是以温暖时期与寒冷时期交替出现为其基本特点的。据Brooks<sup>[1]</sup>等人的研究,在已知的地球气候史中,全球大部分时期是温暖气候,大冰期的寒冷气候相对来说是短暂的。现在为世界科学界所公认的至少有三个大冰期,它们对我国气候的影响<sup>[2]</sup>为:

1. 震旦纪(距今约6亿年前)大冰期 我国的长江中下游、鄂西、湘西、皖南、滇南、黔中、黔南等地都分布有该时期的冰迹层;在我国华北和东北,震旦纪地层中还分布有代表暖干气候的石膏层和干裂纹现象。由此可以得出当时我国的粗略气候分区,即:我国东部与中部的广大地区,发生过寒冷的大冰期气候,而目前黄河以北地区曾经是温暖而干燥的气候。

2. 石炭-二迭纪(距今约2—3亿年间)大冰期 该时期在印度发生过大冰期气候。当时我国的气候趋于干燥,北方出现了一近似东西方向的干燥带,而南部是潮湿炎热的气候带。

3. 第四纪(距今约200万年以前至今)大冰期 当时欧洲大陆冰盖曾经到达中欧( $45^{\circ}\text{N}$ 附近),亚洲西伯利亚冰川规模较小,仅限于亚洲北部( $60^{\circ}\text{N}$ 以北)。我国没有受到长期冰雪覆盖,但在许多山区也有冰川形成。

除了上述三次大冰期,约几千万年气候较为寒冷外,其余90%以上的年代,地球气候是比较温暖的,也就是说大多数时期比现代暖和。

据考古材料发现,即使在冰期中,气候也不是一直寒冷的,而是温暖与寒冷气候交替出现。其中第四纪大冰期至少是由四次长度约10—20万年的寒冷的亚冰期所组成,而每两个亚冰期之间是由同样长度的间冰期所隔开<sup>[3]</sup>。这四个亚冰期及其间冰期的情况为:

1. 鄱阳冰期(相当于欧洲的群智冰期,距今约90—120万年)。由动物群遗迹推测,当时我国北方气候已显著转冷,南方则不明显,黄河流域发现石膏层,证明当时气候是干燥的。

2. 鄱阳-大姑间冰期(距今约80—90万年)。我国南方湿热,北方干燥。湿润热带和亚热带气候北伸达到淮河流域( $34^{\circ}\text{N}$ 附近)。

3. 大姑冰期(相当于欧洲的明德冰期,距今约68—80万年)。我国西部山地和西藏高原,

东北地区的东部山谷，甚至广西都有冰川遗迹。当时雪线东低西高，这与季风雨量分布有关。

4. 大姑-庐山间冰期（距今 37—68 万年），相当于兰田猿人与北京猿人时期。从相伴发现的动物化石和红色土，证明当时气候比现在温暖。

5. 庐山冰期（相当于欧洲的里斯冰期，距今约 24—37 万年）。当时的雪线比大姑冰期高。

6. 庐山-大理间冰期（距今约 24—12 万年）。在此期间气候向干旱寒冷变化。山西丁村人生存在此期间。

7. 大理冰期（相当于欧洲的武木冰期，距今约 12—1 万年前）。气候相对又趋寒冷，但我国东部的山岳地区没有冰川覆盖。河套人和周口店山顶洞人生存在此期间。这个冰期约在一万年前“结束”。

据考古资料记载，上述亚冰期和间冰期的气候也不是均匀不变的，而同样是经历一系列的变动。其中了解得较详细的是大理（武木）冰期，这个冰期就是由五次时间长度只有 1 万年左右的副冰期，和其间具有同样时间尺度的副间冰期所组成。

综合上述，可以提出两个具有重要意义的问题。

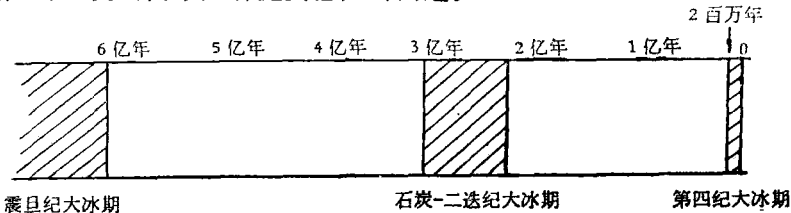


图 1 大冰期分布示意图

第一个问题，现在属于第四纪大冰期中的一个相对温暖时期，还是已不属于这个大冰期了？这从图 1 中可以清楚地看出：（1）现在距第四纪大冰期开始的时间长度，还没达到地球气候史大冰期的时间长度。前两个大冰期都有几千万年的时间长度，而第四纪大冰期目前还只有 200 万年的时间长度，因此，现在还很难说是第四纪大冰期的结束，而可能只处在其中的一个阶段。（2）现代气候与整个地球气候史比较，仍然处于比较寒冷的时期。据冰川学的估计，现在全球仍有覆冰面积约 1,500 万平方公里，为第四纪冰川面积最大时的一半左右。据 Brooks 分析：“地球气候史上在很长的地质时期内，地球表面曾经是没有冰雪的。”〔1〕因此，他认为现代仍处于冰河时期，但不是冰期的最盛期。当前有一些气象学家在谈论新冰期到来的问题〔4,5〕，显然意味着现在已不属于第四纪冰期了。

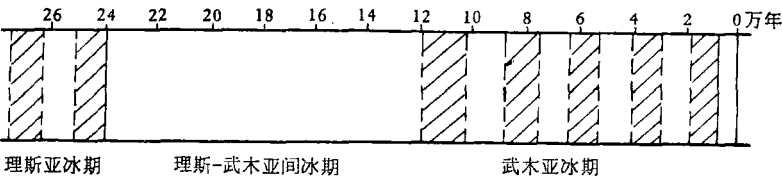


图 2 近 27 万年亚冰期分布示意图  
(亚冰期中的副冰期时间长度分布是示意)

第二个问题，现代已经离开了武木冰期，还是仍然处在武木冰期中的一个间隙期？这从图 2 可以看出，现代距武木冰期最后一个副冰期的时间距离，只有武木冰期中历次副间冰期的时间长度，目前尚没有足够论据断定武木冰期业已结束，而否认武木冰期的另一个副冰期到来的可能。

因此，现在是否属于冰期或亚冰期，仍是一个尚待探讨的问题，但能肯定的是：现在不是在副冰期中。目前谈论冰期到来的问题，就其对现代气候变动有实际意义而言，主要指的是武木冰期的另一个副冰期是否到来？其本质上仍然是现在是否属于武木冰期的问题。

## 二、现代气候变迁的特点

首先谈谈作为现代气候变迁背景的冰后期气候。冰后期，即武木冰期最近一次副冰期结束后约 10,000 年左右的时期。这段时期的后半期有丰富的考古资料。竺可桢根据我国古代的物候记录作出 5,000 年温度变化曲线<sup>[6]</sup>(图 3)。

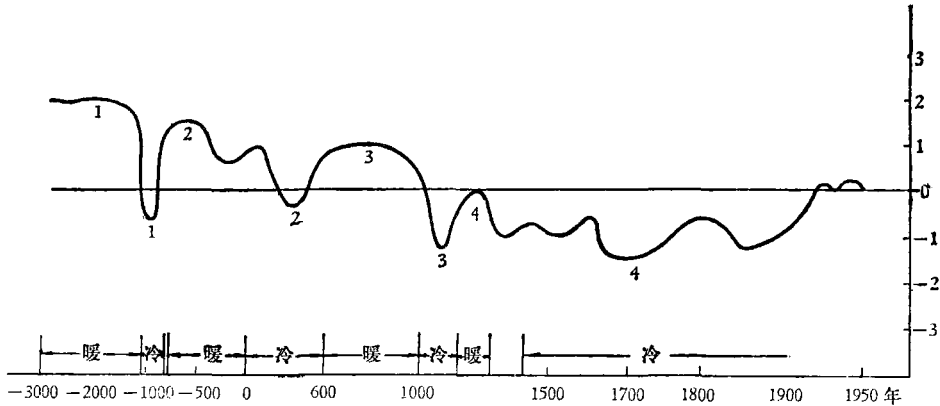


图 3 我国近 5,000 年温度变化曲线<sup>[6]</sup> (单位: °C)

(横座标的时间尺度是越往左缩尺越小。图中的温度 0 线是现今的温度水平, 以它作为我国五千年来气温升降相互比较的基准线。这个温度 0 线并不代表我国五千年来的气温平均线。)

根据图 3 的年温度变化曲线可以划分出明显的四个温暖时期:

第一个温暖时期, 公元前 3000 年到公元前 1000 年左右。在这段时期内气候也不是一直温暖而是有变化的, 但以温暖为主 (同一时间, 欧洲则从公元前 5000 年以来的气候最暖时期到此时期初期, 温度有下降, 到公元前 1000 年时, 温度又回升到另一温暖时期)。

第二个温暖时期在公元前 770 年到公元初。

第三个温暖时期在公元 600—1000 年。

第四个温暖时期在公元 1200—1300 年。

在这 5000 年期间气候总的特点是, 温暖时期越来越短, 温暖程度越来越低, 从生物分布也可以看出这一趋势<sup>[2]</sup>。例如: 在第一个温暖期, 我国黄河流域发现有象; 在第二个温暖期, 象群栖息北限就移到淮河流域及其以南, 如公元前 659—627 年, 淮河流域有象栖息。第三个温暖期就只在长江以南, 如信安 (浙江衢县) 和广东、云南才有象了。

在这 5,000 年中相应地也有四个寒冷时期:

第一个寒冷时期在公元前 1000 年左右到公元前 850 年。

第二个寒冷时期在公元初到公元 600 年。

第三个寒冷时期在公元 1000—1200 年。

第四个寒冷时期是公元 1400—1900 年。

这四个寒冷时期的趋势正好与四个温暖时期相反, 长度越来越大, 程度越来越强。从江河封冻可以看出这一趋势。在第二个寒冷期还只有淮河封冻的例子 (公元 225 年), 第三个寒冷期出现了太湖封冻的情况 (公元 1111 年), 而在第四个寒冷期的公元 1670 年, 长江几乎封冻了。

二十世纪以来，我国现代气候究竟处于什么阶段呢？从上述演变可以清楚地看出：它是处于第四个寒冷期（即近 500 年的寒冷时期）之后。为了说明这个问题，我们对近 500 年的寒冷时期作了进一步的分析〔7〕。

近 500 年寒冷时期，即西欧所谓“现代小冰期”，它是冰后期以来，比较明显的一次气候波动，在北半球和中国气候变迁上均有所反映。

图 4 是根据中国物候记录绘制的 500 年温度变化曲线。从图上可以看出，500 年寒冷时期的温度仍然有变化，其中变冷共有四次。

1. 公元 1470—1520 年；
2. 公元 1620—1720 年，特别是 1650—1700 年；
3. 公元 1840—1890 年；
4. 公元 1945 年以后，特别是 1963 年至今。

其间气候回暖共有三次，即

1. 公元 1550—1600 年；
2. 公元 1770—1830 年；
3. 公元 1916—1945 年。

显然，回暖时期相对来说也是短暂的。

因此，从近 500 年寒冷时期的气候趋势可以看出：二十世纪以来的气候变化，基本上仍是这个寒冷时期中的一次振动。从图 5 可以看出，本世纪初期，世界上许多地区的气温出现增高，到 40 年代达到顶点，以后又普遍开始下降。进入 60 年代以后，以南北极为中心的南北纬 50 度以内，气温越来越低，世界性大范围的气象异常的频数相应增多。这种趋势在我国也有反映〔9〕。

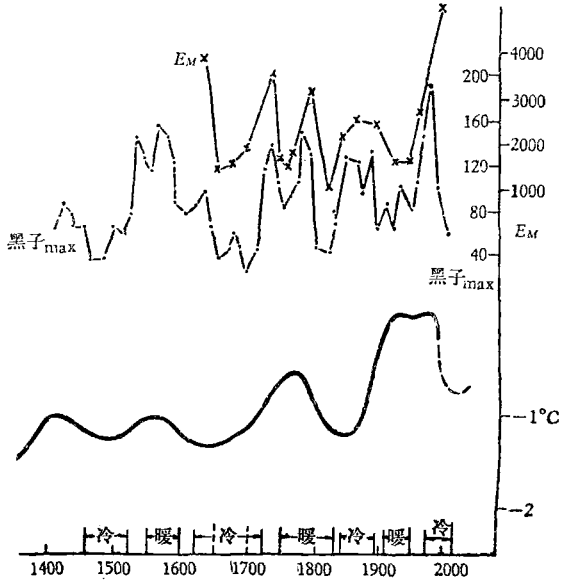


图 4 我国近 500 年温度变化曲线〔6〕和太阳磁周激发能量  $E_M$ 〔8〕及太阳周期强度（黑子<sub>max</sub>）的关系〔7〕

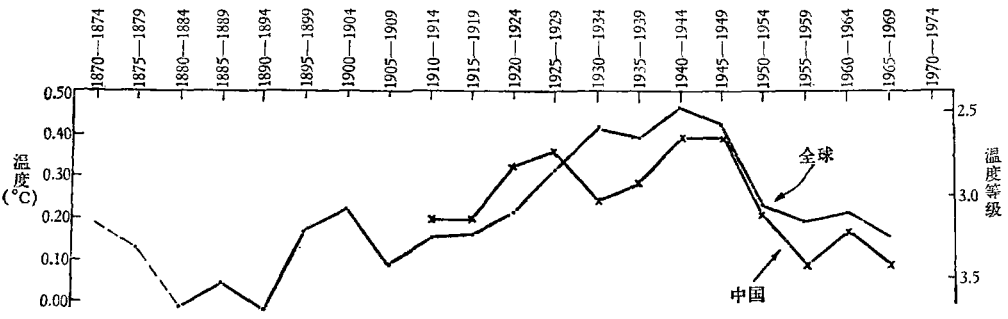


图 5 我国温度等级五年平均值和全球平均气温每五年平均值变化〔9〕

图 5 表示出的我国平均温度等级的每五年平均值，基本上和近 50 年全球平均气温演变趋势是平行的。转折点在 40 年代附近，最暖的五年平均气温，高出有气象观测记录年代的平均值 0.5—1.0 度。

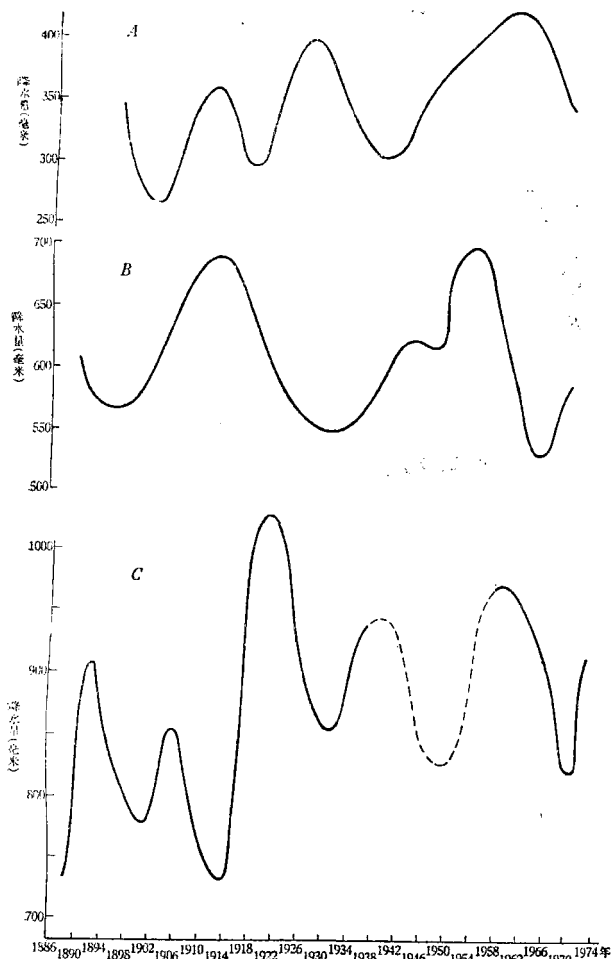


图6 我国各地区降水多年变化

- A. 华北五站历年7—8月降水量十年滑动平均演变曲线;  
 B. 长江中下游五站历年5—8月降水量十年滑动平均演变曲线;  
 C. 华南三站历年5—8月降水量十年滑动平均演变曲线

天山雪线和冰川的进退受到影响。在1910—1960年的50年期间,天山雪线上升40—50米,西部天山的冰川舌后退500—1,000米,东部则后退200—400米<sup>[11]</sup>。

表1 我国冷暖与干湿气候的20年周期性振动

| 年 代 | 1901—1910 | 1911—1920 | 1921—1930 | 1931—1940 | 1941—1950 | 1951—1960 | 1961—1970 |
|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 降 水 | 干         | 湿         | 干         | 湿         | 干         | 湿         | 干         |
| 温 度 | 暖         | 冷         | 暖         | 冷         | 暖         | 冷         | 冷         |

我国珠穆朗玛峰地区的冰川,近百年来处于退缩阶段。值得注意的是,1966—1968年比1959—1960年,绒布冰川的运动速度有了大幅度的增长,反映冰川的补给量有较大的增加。与此同时,天山乌鲁木齐河源1号冰川,1960年以后,冰川负平衡值减少,1963—1965年间出现物质正平衡现象。近来,世界上许多地区冰川退缩率已变慢,而前进冰川的比例却在日益增加<sup>[12]</sup>。

从40年代开始到现在,我国气温总的趋势是下降的,多数地区的五年平均气温已降到多年平均气温以下。1955—1962年,气温有一个短期回升,1963年开始又再度下降。而且夏季比冬季明显。

关于我国降水,根据本世纪前60年大范围多雨月的统计,大约有30—40年周期。高点在本世纪10和50年代,低点在40年代<sup>[10]</sup>。但降水的区域性很强,各地位相不同。长江中下游在上世纪末、本世纪30年代和60年代是三个少雨时期,平均周期35年,目前正处在上升阶段;而华北降雨低点比长江中下游地区要晚7—8年,目前华北仍处在35年周期的少雨期末期。华南与中纬度的降雨趋势不同,周期长度明显缩短,平均约14—18年。

综上所述,我国南北方的冷暖与干湿气候有明显的20年左右周期性振动,这可归纳成如表1所示。但其中70年代的气温继续变冷,这是更长时间尺度的变冷趋势,掩盖了二十年左右的温度振动所致。

近几十年的气候变迁,在冰川进退、雪线升降中也有所反映。从上世纪末以来,在近80年左右期间,气候变迁已使

### 三、太阳活动与气候变迁关系

太阳是地球上一切现象的能源，太阳活动的变化必然影响到气候的变化。太阳活动有较长的观测资料，对研究太阳活动与气候变迁的关系是个有利条件。

解放后，我国的气候出现了一些大范围水旱寒的年份，其中大水年有：1954年（江淮流域）、1956年（淮河流域和东北）、1959年（广东珠江流域与华北）、1963年（华北平原西部）、1965年（淮河流域）和1969年（长江中下游）。其中大旱年有：1959年、1960年、1963年（广东、湖南）、1965年（华北）、1971年和1972年。严寒的年份有：1955年、1969年。

表2 我国较大范围的水旱旱气候的年份及其与太阳黑子极值年的关系

| 太阳活动11年<br>周期的极值年 | 低 值 年 |      |      |      | 高 值 年 |      |      |      |      |
|-------------------|-------|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| 极值年前后年数           | - 1   | m    | + 1  | + 2  | M     | + 1  | + 2  | + 3  | + 4  |
| 水 旱 寒 年 份         |       | 1954 | 1955 | 1956 |       | 1959 | 1960 |      |      |
|                   | 1963  |      | 1965 |      |       | 1969 |      | 1971 | 1972 |

这些水旱寒年份也有明显的 11 年左右的周期，这些年份往往出现在太阳黑子极值年附近(见表 2)。值得注意的是：第 20 太阳周的太阳黑子高点出现在1968年，但 1972 年又有一次回升，如果把这次高点也考虑在内，则 1971 和 1972 年就是次高点的前一年和当年，于是更说明水旱寒年份与太阳黑子极值年有关。

本世纪以来，我国温度、降水演变情况的周期性振动，也是很明显的。从表 3 可以看出，我国大范围温度冷暖时期转变的年份几乎都在太阳活动最强年份或其前后 1—2 年。特别是太阳活动单周的高值年（或称主高年），与我国大范围温度由冷周期转向暖周期是一致的；而太阳活动双周的高值年（或称次高年），与由暖周期转向冷周期是一致的。这现象在太阳活动世纪周期的增强期很明显。在减弱期（从 1964 年开始）这种关系似乎反了过来。如这种关系继续存在的话，那么 70 年代我国大范围温度将继续回暖，到 80 年代将再次变冷。

表3 我国大范围温度的冷暖转变与太阳活动高值年的关系

| 主高年  | 次高年  | 主高年  | 温度级平均   |
|------|------|------|---------|
| 1917 | 1927 | 1936 | 2.84(暖) |
|      | 1928 |      | 2.96(冷) |
| 1937 | 1946 | 1956 | 2.65(暖) |
|      | 1947 |      | 3.25(冷) |
| 1957 | 1967 |      | 3.29(冷) |

我国降水周期的振动也是很明显的。从全国范围看，两个多雨期（30 年代和 50 年代）均处在太阳黑子单周(17, 19周)的前半段。如果这个关系稳定的话，那么在最近这一早期（60 年代）过去以后，太阳活动第 21 周的前半段，即 70 年代的后半期很可能转入另一个多雨时期。当然，21 周和 17, 19 周在世纪周期中所处位置不同，这种规律性很可能有所变动〔9〕。

从图 4 太阳磁周激发能量 $E_M$ 和太阳周期强度与近 500 年我国温度变化关系〔7〕，还可看出：

1.  $E_M$ 在近 400 年来的水平是不断下降的， $E_M$ 曲线的几个顶点是一个递降序列。这一时期的气候是长期处于寒冷时期。

2.  $E_M$ 曲线有一包括 3—4 个太阳磁周约 70—90 年的涨落时期。当太阳磁周能量负平衡达到最大，太阳强度降低到临界值 60 时（取 500 年黑子相对数十一周期中的最大年平均值得比较得出），气候变冷，并进入一个新的冷期。

3. 将太阳活动全部有强度记录的年份，划分为五个大周期：1600—1688 年，1689—1754 年，1755—1823 年，1824—1932 年以及 1933 年开始预计到 2020 年。各大周期内均以在一个在

本周期内强度最大的磁周为主体，继第一或第二磁周之后出现。

从大周期相似性看来，1957年达到太阳强度极大值的第 19 周和其后的第 20 周构成太阳活动第五大周期的前半周，后半周太阳强度将减弱。K.D.Wood<sup>[13]</sup>的太阳预报是，第 21 周（1976—1988 年）和第 22 周（1989—1999 年）的太阳强度最高值均为 60，即达临界值。这一情况也符合各大周期内的演变规律。根据上述分析，70 年代后半期到本世纪末，太阳活动强度低，因而将构成一个新的气候寒冷期，目前是处于气候再次变冷的前奏。

再从太阳活动与我国旱涝的关系来分析，近 500 年来我国大范围旱涝与太阳磁周激发能量  $E_M$  和太阳周期强度的关系如图 7 所示（图上旱涝资料是根据我国各地县志及其它历史文献编制而成）。从图 7 可以看出：

1. 太阳大周期曲线的高值区往往与大范围旱涝峰值区相对应。如 1785 年（乾隆 50 年）长江下游一带大旱 200 天，太湖干涸；1560 年（嘉靖 39 年）长江中游出现 400 年未遇的洪水；1870 年（同治 9 年）长江的洪痕创历史记录；1954 年长江中游特大洪水等<sup>[14]</sup>。

2. 太阳大周期的低值区内，往往出现大范围多雨时期，并伴有历史上罕见的大涝。如 1602 年（万历 30 年）长江下游出现 2,000 年未遇的大水，1650 年（顺治 7 年）和 1653 年黄河又出现特大洪水等。

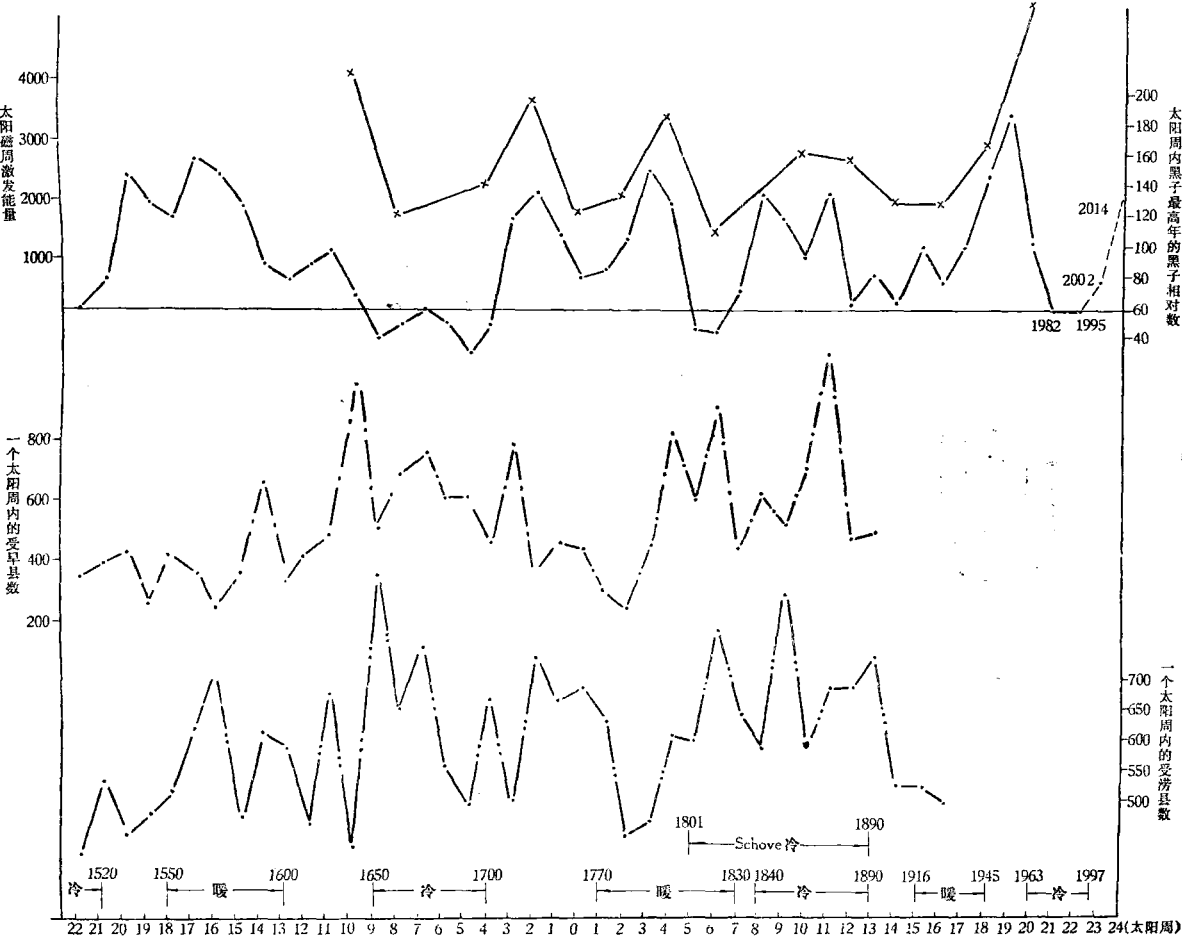


图 7 太阳磁周激发能量  $E_M$  和太阳周期强度（黑子<sub>max</sub>）与近 500 年我国大范围旱涝的关系<sup>[7]</sup>

3.21—22太阳周,即1976—1999年是太阳活动弱的时期,气候总趋势将是:

- i) 严寒年份增多;
- ii) 多雨年份增多,并将出现若干特大洪水年份;
- iii) 干旱年份比19—20太阳周(1954—1975年)有所减少;
- iv) 仍会出现数年到数十年间隔的暖冷与干湿气候的变动。例如,70年代后半期很可能转入另一个多雨时期,从80年代开始气温将再次降低。

由此可见,根据太阳活动与温度、旱涝间的关系,今后气候的总趋势是一致的。

#### 四、结 束 语

1.在气候变迁中,存在着各种不同时间长度的变动,这种变动以冷暖交替和干湿交替出现为其主要特征。这种气候变迁的波动性,已为我国气候史所证明,因而气候的不断变化是地球气候史的正常现象。

2.即使在“冰期”、“小冰期”内,仍有相对温暖和相对寒冷的若干阶段,所谓“冰期”、“小冰期”并不就是气候中的灾难时期。根据对我国古气候史的研究,三大冰期中只有震旦纪大冰期在我国冰盖较广。其它两个大冰期,在我国反映不如前者强烈。同时在冰期中,气候也不是普遍变坏,而是气候带向低纬度移动,其结果是有些地区气候恶化,而另一些地区气候好转。

至于“小冰期”指的是气候温暖时期当中的相对寒冷期。我国5,000年来气候史证明,在这种寒冷时期内,我国照样有早有涝,更多的还是正常年份。公元1400年以后的寒冷时期,我国的农业有了很大发展,这决不是单纯由气候所支配的。更何况现在我国已经是社会主义的集体化农业经济,这就更提高了我国农业的抗灾能力。如1972年我国出现大旱之中夺丰收的生动事迹,有力地说明了“人定胜天”的作用。

3.所谓“冰期”、“间冰期”气候的交替,尚需要很长的时期。我们探讨这个问题,不单纯是研究它即将到来与否的问题,而是它牵涉到地球史、生物演化史以及地球资源的形成等重大问题。主要还是为了更有效地利用自然资源,避免灾害性气候的影响,使人类更自觉地改造自然,这就是研究气候变迁史的实践意义。

本文承大气物理研究所叶笃正、陶诗言,地质力学研究所孙殿卿、曹照垣,北京大学吕尊谔和中央气象局程纯枢、姚瑞新、王雷、朱瑞兆、徐瑞珍、毕慕莹、许协江等同志提出宝贵意见,谨此致谢。

#### 参 考 文 献

- [1] Brooks, C.E.P., *Climate Through the Ages*, London, 1950.
- [2] 朱明道、毕慕莹,中国古气候变迁,中央气象局气象科学研究所研究报告,1974,1.
- [3] 李四光,学术汇刊,1(1942),1.
- [4] Kukla, G. J., Matthews, R. K. and Mitchell, M. J., *Quaternary Research*, 2 (1972), 3.
- [5] 根本顺吉,日本气象杂志,1973,6.
- [6] 竺可桢,中国科学,1973,2,168—189.
- [7] 朱明道,中国近五百年气候寒冷期(欧洲现代小冰期)内,四次气候变冷与太阳磁周能量平衡的关系,中央气象局气象科学研究所研究报告,1974,1.
- [8] 陈彪,天文学报,10(1962),1.
- [9] 张先恭,近几十年来我国气候变化的某些特征,中央气象局气象科学研究所研究报告,1974,1.
- [10] 张先恭、孔翼、徐群,气象学报,33(1963),1.
- [11] 施雅凤、谢自楚,地理学报,30(1964),3.
- [12] 苏珍,科学实验,1973,4.
- [13] Wood, K. D., *Nature*, 240 (1972), 5376.
- [14] 王雷,本世纪我国气温变化和上海百年气候振动,中央气象局气象科学研究所研究报告,1974,1.