

现代世界的观察与前景

H.H.拉姆

前 言

现代世界气候可以看作是定常的假设，一直与大多数前人的观点是明显相反的。实际上，关于18世纪后期发出的欧洲季节变化日益增强的警报，推动了首批有仪器装备的官方气象台站网的建立。不过1880—1920年间的主要气候学家，当时还是接受了气候定常的假设。这个假设成了编写气候教科书的基础，也是近半个世纪气象学方面实践的基础。

目前，以气候定常假设为依据的方法仍在某些地方继续应用。这主要是因为它一直是一个便于利用的假设，也就是说，根据任何一个15到30年的连续观测得到的气候统计数字，都可以作为未来设想的可靠指南，可以作为计算预计每五十年（甚至五百年）一遇的罕见气候事件，如最高或最低的温度，最强的阵风，最大的雨和最大的洪水，或最长的干旱期等的“再现期”（可能再现的间隔）的依据。唯一的要求，就是观测点空旷无遮蔽，并且仪器的使用和保管良好等，以保持观测记录达到最高水平。按照这种方式建立起解决农业、贸易、工程设计等实际问题的技术方案，这种方案看上去具有科学时代严格和正确实践的令人信服的样子。

标准化是在1935年召开的前国际气象组织（现改称为世界气象组织）会议上提出来的。会议建议把1901—1930年的观测作为“气候正常期”来用。选择“正常”一词是遗憾的，因为它使人们产生了这样的印象，即自然界承认了这种正常，并且在漫长的未来恢

复那一特定时期状况的条件是可以予测的。但过了三十年，也就是到了1931—1960年的时候，它又被“新的气候正常时期”所代替，同时统计数字也和旧正常时期不同了。现在我们知道，从过去的几千年的经历来判断，这两个时期都是不正常的；从全球观点来看，最暖期可能持续了六百年或者更长的时间。

以上述方式得到的未来设想周期的标志，以及各种极值或罕见气候事件的概率估算，在过去三十年中通常为人们提供了错误的指导。确实，人们应该明白，除非他们能证实所用的观测周期在气候上与未来的设想观测周期相似，或者至少参考被断定的再现期间隔（再现期）确证它是长得多的气候记录的样本，否则这种方法是得不到可靠答案的。人们现在也不得不证实这样的观点，即人类活动产生的副作用可能或正在使气候发生变化。

在相当长的一段时间内，直到1950年甚至更晚些，气候定常的假设还存在着另一个优点，这个优点看来那时并未受到注意，但肯定它起着缓和批评的作用。从大约1890年开始，六十多年来气候发生了急剧的变化，只是这种变化朝着对世界大部分地区大多数人类活动较为有益的方向发展。这段时间各地温度普遍上升，北极地区尤为明显，北极海冰面积缩小了10~20%。大陆腹地干旱地区的降雨增加（美洲除外，那里落基山和安第斯山的“雨影区”表明，西风的加强就意

味着干旱的加重，最终三十年代在美国中西部造成灾害性的“黑风暴”）。印度和西北非的季风活动变得更有规律和可信了，同时北部国家温度的年际变化减小，所以欧洲差不多几十年没有遭遇严冬。这样，根据给人造成麻烦的极端天气重现期的估算结果提出的安全界限，实际上比需要验证的要宽得多。

由此产生的一个后果是，在几十年内人们忽略了气候长期特点以及气候发展趋向的研究。人们普遍认为，“气候变化是长期且

缓慢的过程”，可以不加考虑。不幸的是，不少近期研究结果和实际应用中遇到的一些难题都表明，气候变化并不总有缓慢的。

赤道非洲东部维多利亚湖过去一百年湖泊水位的变化实例，便是其中的一客观教训，（图1）。1899到1960年测站的全部仪器记录毫无迹象表明，湖泊水位在1961年的几个月内竟会上涨这么高，以致淹没湖滨附近的农田和码头。只是在湖泊水位发生变化之后人们才发现，早在设测站之前1876~1880年，就已有关于湖泊高水位的可靠报告。

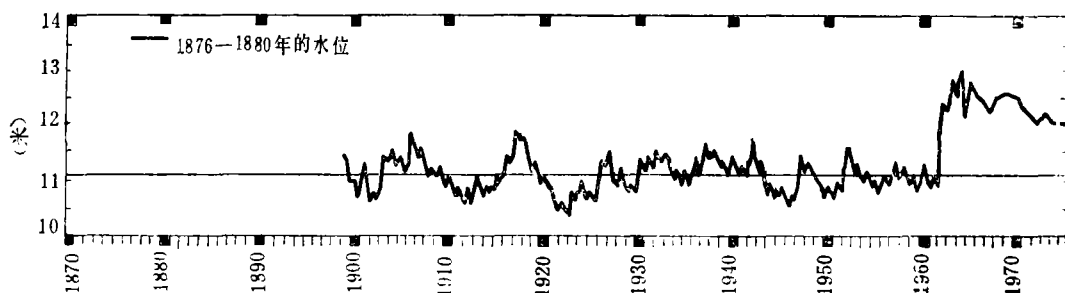


图1 1876~1975年赤道非洲东部维多利亚湖水位的变化。金贾（乌干达）水位站于1899年开始实测。曲线表示1899~1964年湖泊月水位变化状况，64年以后是平均年水位状况。

除洪水外，非洲还遭受干旱，干旱已影响了位于北纬14~20度之间的非洲地带，给萨赫尔地带和埃塞俄比亚带来了灾害性后果，其降雨量持续下降。不过，我们仍然不能把过去12年的干旱确信无疑的看作是200年长

期振荡的一个信号，只是这些资料也没有显示重新出现像1910年或更早些时候到1960年初降雨丰富的时期的依据。最近几年的气候变化，看来与赤道雨季节性移动更加向赤道附近纬度地带靠近趋势有关。

气候系统运转状况和对粮食生产的影响

赤道非洲降雨量的长期急剧变化，也影响了苏联中亚农业地区。该地区1890~1950年的平均降雨量，为1850~1880年的两倍（据萨尔金1963年的资料）。1950年以后呈下降趋势，从此变化也更大。苏联1960~1979年的谷物总产量表明，至少1963，1965，1972，1975和1979年的谷物严重短缺状况是由有效水分变动造成的，结果，它不得不从北美进口大批谷物。

中纬度的干旱和同样可毁坏粮食产量的某些最湿的夏季，与大尺度稳定的风环流型

和通常盛行在上述纬度地带的西风带“阻塞”有关。

由于欧亚平原的东西跨距很大，处于阻塞状态的稳定的反气旋，就可以使同一季节的很大一片地区产生干旱（或者严冬天气），而在第二年又会在稍微不同的经度地带产生上述相同的情况。不论是斯堪的纳维亚的山脉，还是乌拉尔山，都不会象落基山脉那样对风环流型产生如此明显的阻塞作用。可能主要由于上述原因，才使苏联各年之间的谷物产量变动幅度比美国的要大得多。根据估

产趋势得到的 1960~1975 年苏联谷物产量的均方根偏差大约为 13%，相比之下，美国

相同年份的均方根偏差只 3% (1890~1975 年为 6%)。

近年来的趋势

阻塞次数增加的趋势，以及由此产生的极端季节和年际间特征的巨大变化状况，可由图 2 示出的不列颠诸岛移动的西风带次数下降的趋势中看出。图中标出的位置尽管还不如 17 世纪 80 年代的位置（见图的左方）那

么极端，但中纬度西风带的次数减少和阻塞形势看来要继续增加（1980 年上半年不列颠诸岛西风的天数，是有记载以来其中包括 18 世纪 80 年代分析过的六年在内的任何一年是最少的）。

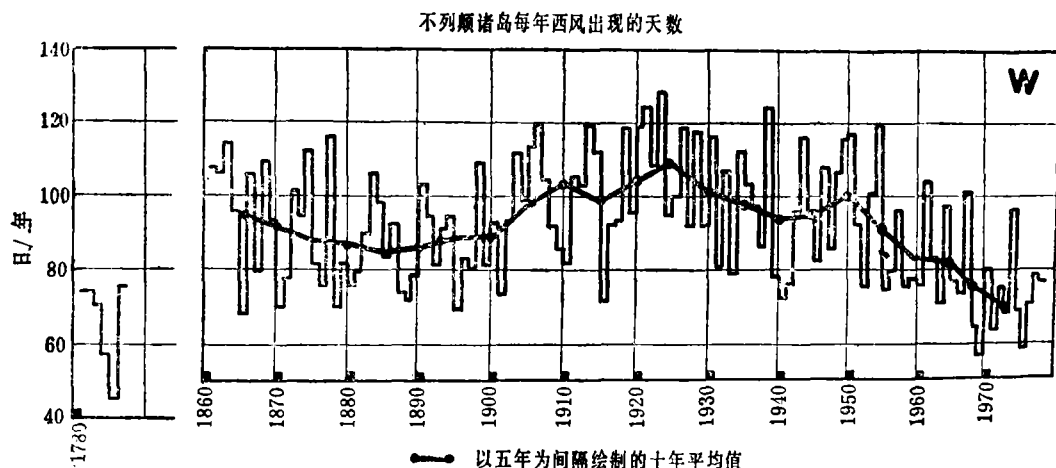


图2 不列颠诸岛1781~1786年和1861~1979年每年西风出现的天数。

在低纬度地带，造成萨赫尔地带，干旱的趋势看来还要继续发展下去，并且目前已把这种趋势与北极的变冷(图3b)及那儿反气旋活动和降水增加的趋势初步联系起来。此外，目前北纬50~70度处的气压比本世纪初气压要高的状况(图3c)看来已把副热带(沙漠)高压带推得更接近赤道。这些发展趋势可能与前几段讨论的情况是关连的，即北半球中纬度气压稍高一点，中纬度就可能必须出现阻塞形势以及不同经度高、低压的交替。

南纬 0 到 15 度大家熟知的 1970~1972 年的降水分布(图3b)和 1970~1977 年的平均温差(图3a)表明，近几年赤道雨带不仅季节性北移减小了，而且更移向南半球的热带辐合带。

随着 1960 年以来这种副热带高压和赤道

雨区向南的净位移，印度季风也再次变得更无规律了。在本世纪的前 25 年里，印度北部或西北部每隔三或四年就出现一次夏季季风重大减弱。不过，当北极处于最暖期时，一旦夏季北极冰盖面积缩小 10~20%，处在最小范围，绕极涡旋向高纬度收缩时，夏季西南季风到达印度北部就比较有规律。在 1925~1960 年的 36 年间，只出现过两次季风减弱现象。图 4a 说明 1900 到 70 年代初的变化。图 4b 说明 1960 年以后印度季风不规律性的增加程度。近几年在印度出现了特大季风雨，但在 1968~1979 年的 12 年内，至少有三年，北部地区出现季风减弱或部分减弱。因此印度也一直分享着过去 20 年内，世界许多地区早已引人注目的不断增加的变化。据信，季风重大减弱的危险已经达到每隔 10 年出现一次。

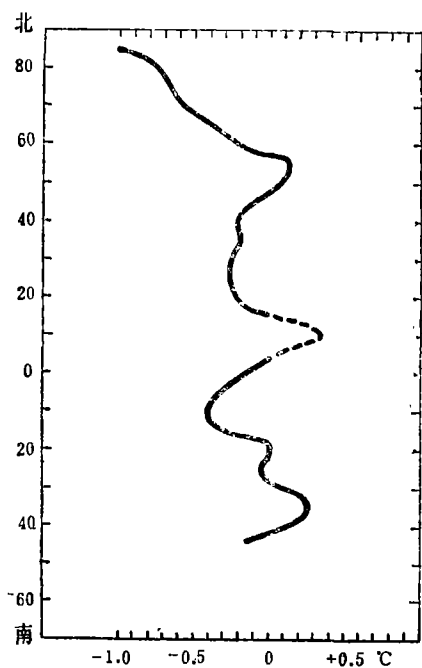


图3a 以1931~1960年为平均值的各纬度1970~1977年地面平均气温。

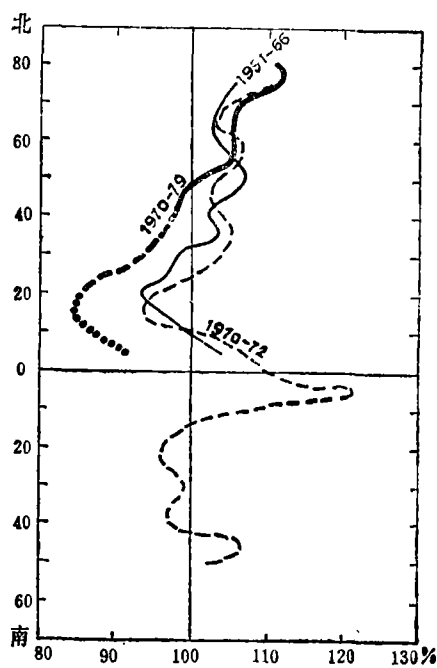


图3b 以1931~1960年平均值百分比的各纬度1970~1977年的平均降雨量(或转换成等雨量)。

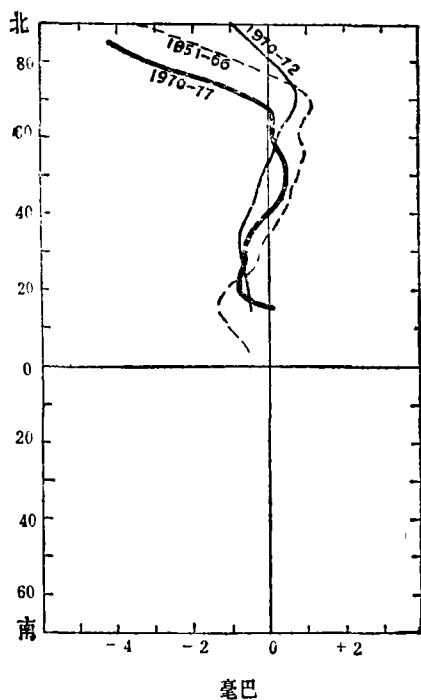


图3c 以1900~1939年平均值标准的各纬度1970~1977年的平均气压。为了便于比较,还给出了1951~1966年和1970~1972年的平均值。

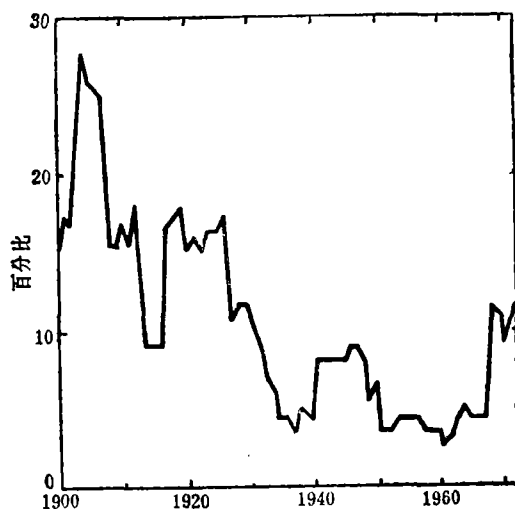


图4a 印度北部西南季风的中断:1900~1972年印度西北气象站年降雨量不到正常年份一半的百分比(根据布赖森教授和施奈德博士收集的资料编绘)。

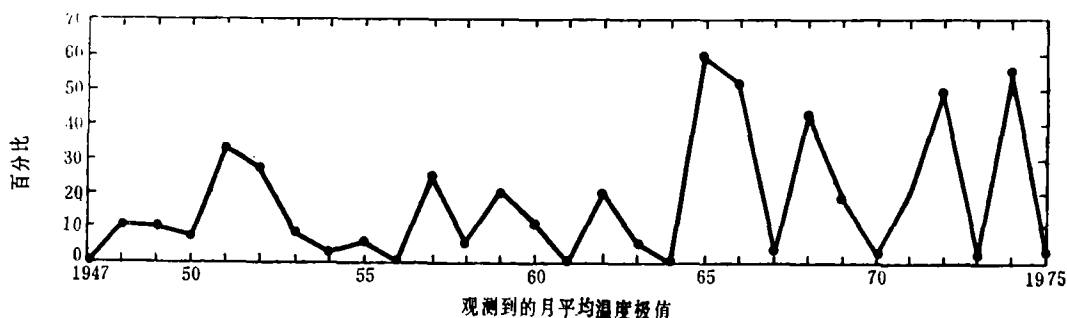


图4b 1947~1975年印度夏季季风年降雨量稀少地区的降雨百分比。

大约自1960年以来,年与年之间和若干年组成的年组之间不断增加的气候变化,已经通过多种途径显示出来。在以往的许多十年里,温度变化是逐渐增大的。日本气象厅的浅仓单独编制的全球天气图也得出了相同的结果,只不过1950年的变化更突出,1960年的变化又进一步加强了而已。英格兰夏季温度表明,70年代增大的变化和本世纪最暖期(1933~1952年)相对应,信度为1%(F检验), (冬季温度增加的变化未达到信度标准)。自1950年以来,荷兰初霜与终霜出现日期,以及入夏温度初次达 25°C 出现的日期的变化,都多少显著地增加了。同样,在比利时尽管城市效应延长了德比尔特的无霜期,但自1970年以来,入夏温度为 $\geq 25^{\circ}\text{C}$ 的平均日期,却比

本世纪在此以前的任何一个十年都推迟了两周以上,恢复了19世纪80年代占优势的主要日期。不过70年代丹麦和荷兰的温度记录上却出现了最热的一周(1975年8月3日~10日),达到了地中海那种程度(某些地方该周平均温度超过 24°C)。1976年6月22~7月7日,英格兰也出现了最高温度达 30°C 以上的持续高温日。据信,持续的日数超过了1719年以来的任何一次持续日数,尽管1970~1979年这十年的夏季平均温度,比30年代到50年代初的平均温度低了 0.5°C 以上。

关于1961~1976年之间世界各地出现的极端天气观测一览表已在别处发表,该表大约包括15项,每一项都与过去200年的不相称。

气候变化特性的诊断

气候变化的最根本方面,大概莫过于全球温度及温度梯度的位置和强度的任何变化了,同时它们又为风环流提供能量。据认为,100年来最好的全球温度变化估价资料就是图5。现已知道,北半球北极的温度变化,一直比其它地方的大3~10倍之间,这从图3a示出的本世纪七十年代的实例便可看出。与地球上其它地方不同的是,1950年以来南极地区似乎变暖过,变暖的范围经过新西兰延伸到中纬度。(现已知道,南纬40度以南的变暖,一直是北半球变得较冷或者变凉那几个世纪不同时期的一个特征)。

总的来说,本世纪70年代全球平均气温

似乎比1940年到50年代初保持的最高值低 $0.10\sim 0.15^{\circ}\text{C}$ 。尽管西北欧地区大尺度风环流特征变得更类似于18世纪80年代的流型(图2),但本世纪70年代的气温仍比19世纪80年代的高 $0.3\sim 0.4^{\circ}\text{C}$ 。

人们将会注意到,图5中的世界温度变化过程,与图2示出的不列颠诸岛西风的频率变化大致是平行的。实际上,世界温度与风环流特性之间确实存在具有统计信度相关的某些证据(拉姆和莫塔(Morth),1978)。由此看来,上述各项与温度和降雨等变化幅度之间有直接相关是可能的。还有证据表明,不列颠诸岛出现的西南风和西风频率与

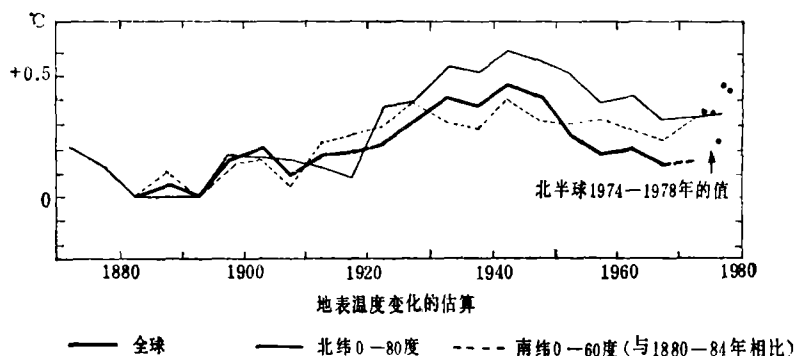


图5·根据1870~1974年以来每五年间隔估算的地面气温平均温度值的变化。粗线—全球范围；细黑线—赤道至北纬80度；虚线—赤道至南纬60度。据估计，北半球曲线是最可靠的。用黑点表示的1974年以来每年的变化，部分结果可能准确，部分则由于浩瀚的海洋而难以进行可靠的估算。

冰岛沿岸北极海冰出现的频率，两者都是5~10年的平均—可以当作世界温度变化的指示。目前掌握的资料序列还不能完全令人

信服地证明这些论点，其中最令人感兴趣的相关列于下表：

| 相 关 的 项 目 | 单 位 | 相 关 系 数 | 信 度 水 准 |
|---|----------|---------|---------|
| 1880~1974年不列颠群岛西风天数与冰岛海冰的天数 | 连续5年的周期 | -0.54 | 1% |
| 1870~1974年英格兰中部温度与冰岛海冰 | 连续5年的周期 | -0.53 | 近于1% |
| 1880~1974年英格兰中部温度与世界温度 | 连续5年的周期 | +0.67 | 1% |
| 1730~1976年伦敦地面西南风天数与英格兰中部温度 | 连续10年的周期 | +0.39 | 近于5% |
| 1760~1957年伦敦地面西南风天数与南极积雪 | 连续10年的周期 | +0.75 | 0.1% |
| 1900~1973年不列颠群岛西风天数与非洲萨赫尔地带(北纬10~20度)雨量 | 年 值 | +0.56 | 1% |

克劳斯(Kraus, 1955, 1958)和拉姆(1964, 1966)的若干著作都已论证过中纬度副热带高压和西风带的发展强度以及副极地气旋活动是如何变化的，并对这些系统引起的各个纬度，特别是中纬度大陆东西两侧的

降水，以及格陵兰和南极冰盖上的积雪堆積量变化作了论述。

上述这些研究表明，气候预报中最关键的一步必须是预报全球温度，然后，依据温度预报再着手风环流基本特征的预报。

预 报 方 法

如果对气候的变化和过程没有物理的理解，并不断更新观测（即监测），那就不能进行准确的预报。

气候变化的原因可归纳如下：

1.地球上得到的太阳能量值的变化，主要是由于几千年以上才发生一次的地球轨道的周期变化，地轴偏斜而引起的太阳的输出量变化和变动，或由(2)一年中某个时刻太

阳与地球距离的变化而造成的。

2.入射到地球上的太阳辐射和地球向上发出的长波辐射相关联的大气透明度的变化。影响大气透明度的因子有(1)大气中的火山灰，(2)云量和湿度的变化，(3)低层大气中人为产生的污染物如二氧化碳、氧化硫和悬浮微粒。

3. 地球表面特征的变化，特别是关于吸收或反射直接辐射（反照率）的地表特征，积雪与积冰，土壤水分，对风产生摩擦或对洋流自由流动产生影响的障碍物（沙州）的变化。

4. 风和洋流的某一些周期性的变化。

第四类变化可归属于别的项目的变化结果，不过由于它们的反馈作用，把它单独列为一项加以处理是有益的，因为它可以改变热源和热汇的分布，以及热梯度的方向。然而由于包括深海在内的海洋垂直环流时间尺度—其量级约为 500~1000 年—太长了，所以在能源供应上似乎可以把海洋的变化看作是独立的。

世界温度等级的预报（及由此而来的其它令人感兴趣的项目）的方法可能有两种。

1. 恢复可能有的最长气候记录，范围越广、资料越详细越好，然后分析该记录，以便识别（1）准周期要素，（2）恢复与处在激励因素（如太阳的变化，引潮力变化和大气层内火山灰的侵入），（表面看来）有关的

温度的时间尺度和演变过程，（如果有的话）（3）还原外在因素的影响程度。

2. 精心建立和验证气候演变的理论模式。（验证当然需要使用，同样也是这个方法所必须使用的尽可能长的气候记录）。

按照目前掌握的情况，概述在（1）下面的经验方法看来最有用，这是因为各种预报趋势概率可以通过长期历史记录中大量合适的实例来进行推断。

美国国家科学基金会（1974）任命的一个特设委员会的报告，为我们提供了一个差不多用纯粹的经验方法预报未来几十年和几世纪的气候的一个例子。表中列出了其概况，这个例子被人们看作是日前对气候自然趋势的估价中最好的一个。

表中所列的各种变量中，（a）和（b）显然与地球轨道特征的周期变化有关；（c）和（d）许多人认为是太阳活动的长期变化的结果，但它们也可能与太阳和月亮的引潮力及行星系统内部的变化有关；（e）的来源尚未探明。

施耐德（Schnider）和马斯（Mass，1975）

气候振动的主要特征的估价，以半周期为准

| 特征周期长度(年) | 温度平均范围 (0°C)(双振幅) | 最后一次出现 最高温度值的 日期(年前) | 目前的概况 (温度等级) | 温度变化率(°C/10年) | |
|-------------|----------------------|----------------------------|-----------------|---------------|------------|
| | | | | 最快的变率 | 1975年左右的变率 |
| (a) 100,000 | 8.0 | 10,000 | 非常高 | 0.0025 | -0.0015 |
| (b) 20,000 | 3.0 | 800 | 高 | 0.0045 | -0.003 |
| (c) 2,000 | 2.0 | 750 | 中等 | 0.025 | +0.024 |
| (d) 200 | 0.5 | 75 | 高 | 0.075 | -0.053 |
| (e) 100 | 0.5 | 35 | 中等 | 0.15 | -0.121 |
| 总计 | | | | | -0.154 |

发现，通过一个只涉及下列各项的方程式，就能模拟近 100 年来世界温度的变化状况。这几项是（1）平流层内火山灰总量的指数，（2）由于人类活动（燃烧矿物燃料）进入大气层内的二氧化碳持续增加而导致的气候变暖，（3）太阳扰动的指数。

为了改进方程式的拟合，就让火山灰影响加倍。许多研究人员都曾提出，17 世纪小冰期的高峰，可能是由于大家熟知的 1645 年与 1715 年之间太阳处在寂静状态造成的。小

冰期后阶段（包括 17 世纪 90 年代的高峰、1740 与 1850 年间及 1870 与 1895 年之间的时期）很大程度上可归因于火山灰。人们只要考察一下图 6 中曲线所绘出的令人信服地解释，就能完全理解这些提法。（图 6 中英格兰中部的温度测量，可以看作是 1870 年以前世界平均温度的过程线的代表）。施耐德和马斯告诫：“我们正犹豫不决地试图通过调整模式使我们的计算结果更符合观测结果……。但由于有这么多的随意可变的参

数,人们几乎能够把任何事物与其它的任何事物拟合起来……”当然从大约1950年开始的记录的最后部分(图6),似乎与不断增加的二氧化碳含量将成为或正在成为主要影响的假说是矛盾的。该难题的通常的解释是,自然界的气候振动范围如此广,以致目前足以掩盖二氧化碳的影响。虽然 CO_2 的初期影响变大以前一直受到掩盖是真实的,但是接受这种解释是困难的,因为随时间而变的气候变化范围如此广,以致于不可能用任何方法确证,即使用有益于解决前面几十年的气候发展问题的方法也是如此。

最近30年的记录和由 CO_2 的影响而设想的温度趋势之间的矛盾,构成了目前气候学家近几年发表的关于未来气候可能发展趋势的不同观点的基础。很好地了解气候控制的复杂性是非常必要的。关于矛盾原因的目前

看法如下:

(1)1960年以来火山活动加强(尽管某些温度下降趋势可追溯到1945年左右)。

(2)自大约1935年以来太阳黑子的循环强烈(有些观测证据表明,当齐里希(Zürich)的相对太阳黑子数超过80时,太阳的输出就减少)。

(3)依据近一百万年以来的许多间冰期统计证据,气候急剧转成较冷的体系预计将出现在间冰期气候最初的(通常也是最热的)1万年以后。伯格等(1979),库克拉和伯格(Kukla 和 Berger, 1979)最近对天文变化,即地球轨道调正对太阳辐射作用的新估算显示,未来3000~6000年内气候可能会变冷,甚至多少会形成冰川的局面,从而似乎增加了气候变冷这个论点的说服力。这3000~6000年将是1万年冷期的第一个高峰。

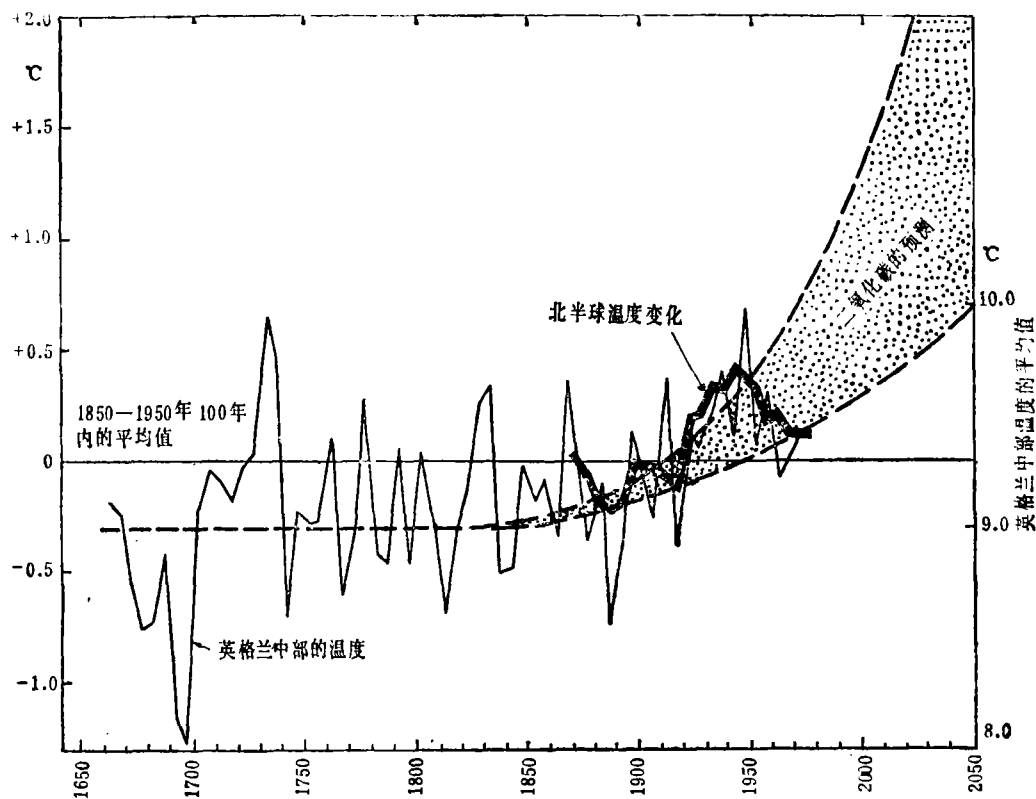


图6 世界温度:日益增加的 CO_2 含量的过去记录和预测的结果。粗线表明1870年以来按连续5年周期平均的北半球温度变化(据米歇尔,1961;1977年拉姆修改)。较细的线表明英格兰中部长得多的平均温度记录,从该图上看去,它至少与每5年估算的世界温度平均值相似。虚线表示由于人类活动造成的地球大气层内 CO_2 的增加而导致的过去和未来的温度变化状况,是按目前采用的每增加 1.9°C 可使大气层内的 CO_2 增加一倍估算的(曼内伯和韦泽洛德,1975;米歇尔,1977;史密斯,1978)。

19世纪末 CO₂ 的增加主要是由于世界各地为了扩大耕地大量砍伐森林造成的（威尔逊，1978）。

未来 CO₂ 含量的各种估算，取决于假设的不同矿物燃料的消耗率和可供选择的 不同能源和燃料经济策略。目前，一些假设的未来温度上升的估算，远远超过了图中所表明的数字。图中的上线基本是米歇尔估算范围的中线。

本文上一段涉及的气候变化的突然性，与在古植物和其它有代表性的资料（如冰盖

的氧同位素测量）记载的历史上最长的气候记录上发现的许多实例一致。即使图 6 中看到的近三百年来的若干温度急剧变化，也曾对现代世界经济产生过破坏性影响。所以近几年亚撒哈拉非洲干旱和印度季风的不规律问题，与1960年以来北极变冷有关的这一假设，具有值得重视的科学依据。

张莉译自《Geo Journal》，1981，Vol.5，

No.2.

沈健柱校

年轮与气候

—— 回顾与新成果

F. 罗思里斯伯格^①

历史背景

年轮研究的历史，几乎可以追溯到 500 年前。利昂娜多·达文西 (Leonardo da Vinci) (1452~1519) 曾观察到年轮宽度与降水有明显的相关 (Fürst, 1963)。瑞典博物学家卡尔·冯林内 (Carl Von Linné) (1707~1778) 对接近最北界的橡树进行过研究，发现宽年轮与夏季高温、而窄年轮与

夏季低温有一定的关系 (Trendelenburg, 1955)。

树木年轮的排列次序和年轮宽度的特有变化已经成为一种良好的指示器，可以用来定年。在同一个气候区里，各地树木年轮的变化型式应该是相似的。这种相似性由树木对于基本上稳定而又逐年变化的条件的共同生长反应所造成 (参阅图 1)。由几根经过交叉定年的平均曲线，可以建立一根标准曲

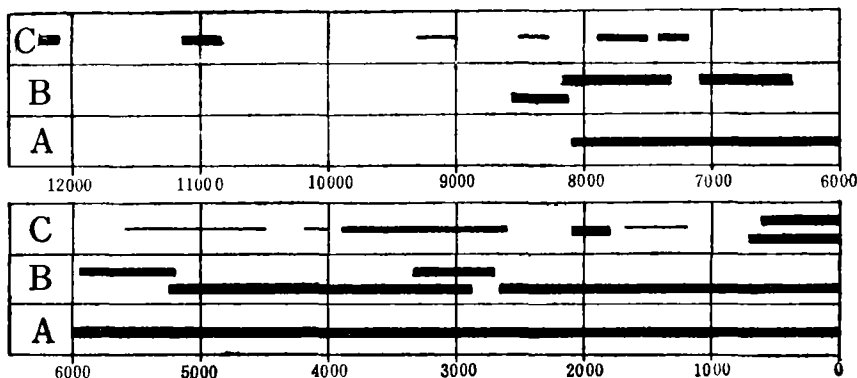


图1 最近12000年的年轮年表

粗线为标准曲线，中等线表示有2~4个重复，细线表示仅有1次。

A——亮叶松(Pinus aristata)，美国

B——橡树(Quercus)，西德

C——落叶松(Larix decidua Mill)，云杉(Picea abies)和岩松(Pinus ceimbra)，阿尔卑斯

^①作者在瑞士联邦林业研究所任职。