

美国第11届气候诊断年会

王 绍 武

(北京大学)

提要 本文综合介绍了美国第11届气候诊断会议,着重讨论以下6个问题:(1)全球温度变化趋势,(2) ENSO 系统,(3) 降水变率与干旱,(4) 陆面干湿的作用,(5) 30—60 天低频振荡,(6) 长期预报。

气候诊断是七十年代中期才提出来的一个名词,一般指对当前气候特征的分析。因此,就其含义来讲,也许早在一百多年以前人们已经在进行气候诊断了。不过目前使用这个名词却有其新的意义,因为现在所谓气候,经常指气候系统,所以现在的气候诊断也就是对全球气候系统的状况的分析。

美国自 1976 年开始每年 10 月召开一次气候诊断会。第 3 至 9 届会议情况已在 1982—1985 年的《气象科技》上做了报道,第 10 届会议为扩大会,与世界气象组织《第一次全球月、季尺度大气变化诊断与预报会》联合,于 1985 年 7 月 29—8 月 2 日在美国马里兰大学召开,情况介绍见《气象》1986 年增刊 2 期。这里我们介绍第 11 届会议概况,这次会议于 1986 年 10 月 14—17 日在依里诺依大学召开,共 96 名代表,分 8 个组,共发表论文 58 篇。

- | | |
|--------------------|------|
| 1. 1985—1986 年气候状况 | 6 篇 |
| 2. ENSO 系统 | 6 篇 |
| 3. 降水与干旱的诊断研究 | 13 篇 |
| 4. 陆面过程 | 4 篇 |
| 5. 大尺度环流的气候诊断 | 8 篇 |
| 6. 长期变化的气候诊断 | 7 篇 |

- | | |
|---------|-----|
| 7. 长期预报 | 8 篇 |
| 8. 气候模拟 | 6 篇 |

下面分 6 个题目来介绍。

1. 全球温度变化趋势

对于研究气候变化,建立一个有代表性的全球温度序列是很重要的。但是直到十几年前,人们所分析的主要还是陆地测站观测的结果。然而,陆地只覆盖了地球表面的大约 30%,所以,以陆地测站为基础得到的温度序列是否对全球有代表性是值得怀疑的。至于海洋上的观测,过去一百多年虽然积累了许多船舶的 3 小时气象报告,但这些资料并不能直接应用。1984 年英国气象局 Folland 等首先从物理角度考虑,尝试做了订正。例如,从用不隔离的吊桶到用隔离的吊桶,温度会有虚假的上升。因为隔离后减少了蒸发冷却的影响。冷却的大小可以从平均风速、饱和差以及暴露时间来估计。这次会议的报告中 Jones 与 Wigley 等则从不同角度来订正,即用附近陆地的资料来校正。结果发现 Folland 的校正值在 1900 年以前比 Wigley 等的值高大约 0.3°C ,不过这主要在 1890—1900 年,1900 年之后则两种订正差别不大。

Wigley 等用 1904—1983 年资料研究了南北半球海陆气温之间的关系。为了集中讨论长期变化,对原序列做 10 年高斯滤波。发现低频部分的相关系数远比高频部分要大,北半球海陆之间相关系数达到 0.82,南半球达到 0.91,两个半球陆地之间的相关系数为 0.72,海洋之间为 0.77。可见过去研究较多的北半球陆地还是有相当代表性的。按全球温度变化趋势估计,十九世纪末以来,全球气温上升 0.5°C ,由此估计,再加上海洋热惯性的阻尼作用, CO_2 浓度加倍时,气温可能上升 2°C 。

不过分析对比两个半球海、陆气温序列也还发现有一些差异。1940—1970 年间差别就较大,这时北半球陆地冷、全球平均也冷,但南半球为平缓的变暖,其原因至今不明。但这至少说明气温变化不可能只有一个原因。七十年代气温猛烈回升,当然 CO_2 增加可能是一个原因,但回升速度大大超过了根据 CO_2 变化所作出的估计。Fronlisch 及 Eddy (1984) 指出,七十年代太阳辐射以每年 0.025% 的速度上升,八十年代才变为缓慢下降。因此,太阳辐射变化也是温度变化的原因。另外火山活动也可能有一定作用。有人认为,太阳辐射变化有 22 年周期,如果真的是这样,则九十年代可能太阳辐射再次增加。加上不断增长的 CO_2 的影响,那时可能会出现一次全球性的变暖。

Kukla 等研究了上世纪末以来美国的温度变化趋势,把美国分为 9 个区,按面积加权,共用约 5000 个测站的数据。作者指出对温度序列影响最大的是观测时间的改变及城市热岛效应。前者可以用 Kral 等 (1985) 的方法加以订正,后者则不好判断。为了比较,用美国 300 个大城市站求得的气温序列,比用所有站得到的序列有明显增温趋势,然而比较北半球气温与美国气温,也发现其差值有明显的线性增加的趋势。如果北半球气温序列中确实已除去了城市影响,那末就需要用其它原因来解释这个差异。例如大气环流

变化或气溶胶变化。作者还比较了西德的一个农村气象站 (Hohenpeissenberg) 1781 年以来的温度变化趋势与北半球温度变化趋势。发现 1851—1980 年两者非常相似,而这个站在 18 世纪末的气温比 20 世纪中期还要高。因此就提出一个问题,是否本世纪北半球的温度变化也是自然变化的一部分,但这个问题目前尚不能回答。

Cayan 比较了北美气温与北大西洋海温。通过 EOF 分析,指出北美东岸气温与海温的密切关系。并比较了船舶海温与近岸测站的海温,发现有的船舶观测在 1870—1940 年期间明显偏低,这是观测仪器带来的误差,不过这种误差的地理分布是不均匀的。

2. ENSO 系统

从 1982 年的第 7 届气候诊断会至今连续 5 届会议, ENSO 系统的研究占据了大量篇幅,这次会议主要讨论了两个方面的问题: ENSO 系统的气候影响,预测问题。

Ropelewski 及 Halpert 研究了全球温度变化对厄尔尼诺的反映。分析方法与在第 10 届会议上报告的对北美降水影响的研究一样。对全球 1500 个站的气温逐站求厄尔尼诺年前后 2 年(从厄尔尼诺年的前 1 年 7 月开始,到下 1 年 6 月为止)的波动振幅与位相(图 1)。大部分站用 1930—1980 年期间 11 次厄尔尼诺叠加平均,个别站所用记录还要更长一些。图 1 中凡矢量方向一致,矢量又较长的地区用粗线圈出,粗实线表示与厄尔尼诺位相一致,粗断线表示位相相反,即厄尔尼诺峰值时温度低。可见热带地区、非洲南部、印度、东南亚、加勒比海、南美西部及东北部均为同位相,而澳大利亚北部、南太平洋岛屿及美国南部为反位相。不过一般这种 2 年波动所构成的温度距平只有 $0.1-0.3^{\circ}\text{C}$,比温度变化的方差显然小得多,只有北美西北部的距平可达 1°C 。

Woller 统计了地面气候要素与 SOI 的关系,资料范围 30°N 到 30°S ,时间 1948—

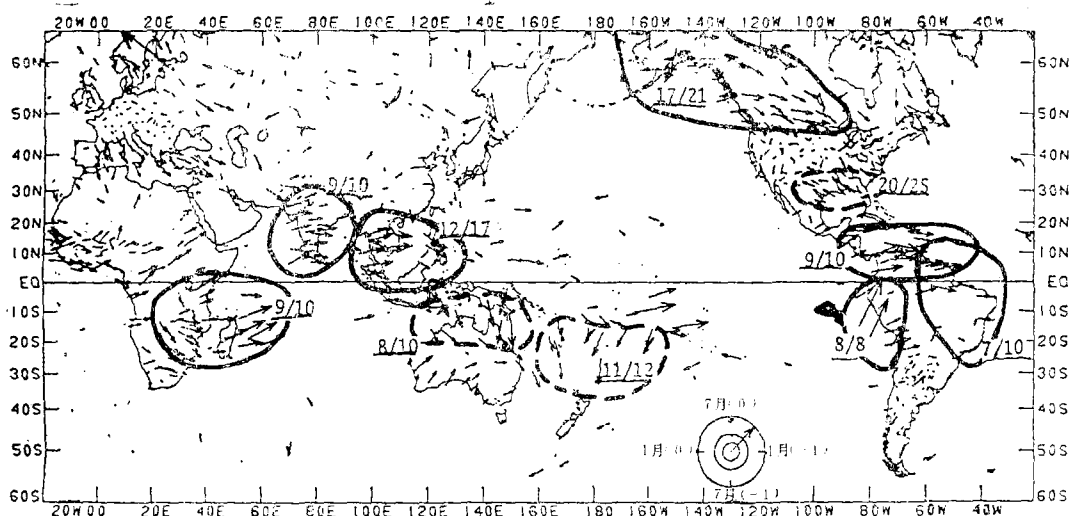


图 1 与厄尔尼诺对应的 2 年气温波动振幅(矢量长度)及位相(矢量方向)

1983 年, 用 1—2 月及 7—8 月双月平均, 求 SOI 与气压、风、云及海温的相关。用蒙特卡罗法检查相关场的信度, 发现 8 张相关图中有 6 张达到 95% 的显著性。SOI 与气压及海温的关系最明显。1—2 月与东太平洋气压有正相关, 大西洋赤道地区及南半球为负相关, 印度洋亦为负相关, 而加勒比海为正相关; 7—8 月略有不同, 除与东太平洋为正相关外, 其它两个大洋均为负相关。SOI 与海温的关系一致性更强。1—2 月在研究范围 (30°N — 30°S , 150°W — 0° — 150°E) 内均为负相关, 7—8 月仅赤道西太平洋为正相关, 其余地区仍均为负相关。此外, 印度洋东北季风与西南季风与 SOI 也有关系, 7—8 月 SOI 与阿拉伯海的云量很强的正相关也说明了这一点。总之三个大洋热带环流系统及气候均与 SOI 有密切关系。

Flueck 与 Brown 从统计学角度研究了厄尔尼诺过程, 试图用客观的方法确定厄尔尼诺, 并进行分类。作者采用了 4 种统计方法, (1) 用双边光滑中值求年平均, (2) 用最佳拟合求多年变化趋势, (3) 取中值滑动平均去掉噪声, (4) 由数值排列确定经验密度函数的百分比点。用这些方法对 1950—1985 年共 432 个月的南美沿岸 (CAC 的 1—2 区)

海温进行分析, 按 7 个百分比点分出强弱等级。由表 1 可见, 冷事件 (类似于反厄尔尼诺) 强度比暖事件 (类似于厄尔尼诺) 弱, 但频率高。分析冷、暖事件出现时间表明, 中、强暖事件的时间间隔为 2—5 年, 中值为 4 年, 1982—1983 年为强暖事件, 所以至迟 1988 年之前应该出现另一次中、强暖事件, 但冷事件之后 2 年内一般有一次暖事件, 1985 年为中冷事件, 所以 1986—1987 年内应有一次暖事件, 近来的海温变化证明这个分析是正确的。

在总结 1986 年 3—8 月全球大气环流与气候的异常时, Wagner 也发现了厄尔尼诺过程开始的迹象。如: 一直到 8 月赤道东太平洋海温偏高, 日界线附近正距平已达到 1°C ; 6—8 月地面东风显著减弱, 200 hPa 出现东风距平; 从春到夏 OLR 负中心东移, 夏天已移到日界线以西附近。Garcia 与 Naegele 指出, 1986 年末高反射率云 (HRC) 的资料表明, 强对流活动区已再次移到日界线以东。Wickmann 发现 250 hPa 辐散自 1983—1986 年以来, 在 1986 年夏首次到达多年平均位置以东地区。Slutz 从前期 SOI 及海温也判断 1986 年末应该出现一次暖事件。这表明不少作者对 1986—1987 年的厄尔尼诺过程都作出了正确的预测。这种情况与 1982

表 1 南美沿岸的冷暖事件

百分比	0.06	0.13	0.25	0.50	0.75	0.88	0.94
事件	强 冷	中 冷	弱 冷		弱 暖	中 暖	强 暖
年 份	1954	1952	1955		1963	1953	1951
	1962	1961	1956		1968	1965	1957—58
	1964	1966	1960		1979	1969—70	1972—73
	1967—68	1975	1971				1976
	1970	1985	1980				1982—83
	1973—74						
持续期(月)	8	5	1		2	9	12
$\Delta T (^{\circ}C)$	-1.45	-1.00	-0.67		0.80	1.56	2.75

年成了鲜明的对照，也说明这几年气候诊断研究的进步。

同时也是为了预测及认识 ENSO 系统的发展，Trenberth 与 Shea 研究了 SO 的超前、落后关系，用低通滤波滤掉 1 年以内的变化，使 20 个月的振动保持一半功率，用 1941—1984 年资料计算达尔文与一系列热带测站气压的交叉相关。发现从印度西部到北部向东到印度尼西亚一带，气压变化超前达尔文约 2 个月，澳大利亚附近与达尔文同位相，但澳大利亚东部岛屿落后于达尔文 2—6 个月，新西兰则刚好落后于达尔文 1/4 波，即同时相关为零。最大正相关出现于达尔文超前 1 年的时期，这意味着气压波东传。但南太平洋的塔希堤等地则与达尔文气压变化反位相，最大负相关出现于零落后，或者负相关超前达尔文 3—7 个月，反映出相反的气压波从东向西传。

van Loon 及 von Storch 也研究了 SO 的前兆，指出厄尔尼诺前 1 年夏天新西兰附近海平面气压低，而南太平洋气压高。因此南太平洋西部形成强大的向南异常气流，这使南太平洋辐合带海温升高，对流增强，气旋活动增加，气压下降。由于风的异常后来转为西风向东传，使副热带高压脊减弱。虽然这可能是一次暖事件的必要条件而不是充分条件，但也得到了模拟实验的证实。用欧洲中心的 T_{21} 模式，以 10 月 1 日为起点计算到 1 月 31 日，SPCZ 海温取 $2^{\circ}C$ 正距平，结果从澳

大利亚北部向东南穿过南太平洋产生负气压距平。这说明以上的解释可能有一定道理。

3. 降水变率与干旱

降水变率，特别干旱在这次会议中是一个比较集中的议题。Karl 用统计方法研究了美国的气候变化。为了要证明气候变化是否可以用零假设来解释，即是否气候时间序列是一个带有低阶持续性的，均值与方差稳定的序列；把美国按面积加权平均的气温与降水量的季与年平均（共 10 个序列）分别做正态分布与 γ 分布标准化，然后用自回归移动平均 (ARMA) 拟合，以找到与拟合有明显差异的时段称为气候变化。变化分三种：均值变化，方差变化及极端值的出现。10 个序列共发现 50 段时期有气候变化。为了对比用蒙特卡罗法模拟，10 个模拟序列仅发现 14—15 个气候变化时段，大大低于实际资料得到的结果。因此得出结论，气候是不稳定的，气候可能突然开始振动，又可能突然停止。只可能用更长时间的气候系统的记忆力来解释这个现象，并与 Lorenz (1986) 的数值模拟结果做了比较，指出观测到的气候变化可能是系统内部动力学的振动。

Handler 讨论了美国干旱问题。他引用 Kutzbach 与 Guetter (1986) 的结论：太阳辐射下降 7%，季风降水减少 26%。在现代，印度、撒哈拉及阿拉伯比 9000 年前显著干旱，那时太阳辐射比现在高 7%。按照这个模拟

试验的结果,南半球的澳大利亚与南非降水也要减少。Handler认为火山活动产生的影响也相当于太阳辐射下降。例如1982年的El Chichon火山使低纬直接太阳辐射减少20%,净辐射减少5—7%,这次火山爆发后印度、西非、澳大利亚东部、南非都遭受了干旱,而且后两个地区的干旱是近百年来最严重的。Handler用近百年资料做了检查,发现0—30°N的低纬火山爆发的影响与30°N以北高纬火山爆发不同。低纬火山活动使低纬气温下降,减弱南北温度梯度;而高纬火山活动使高纬气温下降,增强南北温度梯度。南北温度梯度增加时副热带高压偏北而强,加利福尼亚高压及百慕大高压伸向北美大陆,造成北美干旱。1980年北美St Helens火山爆发在高纬,故当年夏季美国发生干旱,但1982年El Chichon火山爆发,气溶胶主

要集中在低纬,1983年才集中到50°N附近,故美国中部再次遭受干旱。

Janowiak与Rasmusson研究了非洲降水的变化。应用的是Nicholson整编的1087个站1901—1973年降水资料,为了完整只用1927—1973年共47年,从16°N往南分为4°纬度×10°经度的方格,随季节不同可能有41或42个方格,求平均降水,然后做北半球雨季(6—9月)及南半球雨季(12—3月)的转动主分量分析(图2)。从图2可以看出,北半球夏季10°N以北的西非变化非常一致,而南部几内亚湾变化符号相反,南半球夏季10°S南北的变化也相反。用北半球(6—9月)及南半球(12—3月)各自两块降水变化相反地区的降水量差(均为北区减南区)标准化,作为非洲降水指数,然后分为3级。11次厄尔尼诺中有7次12月—3月南半球降水指数

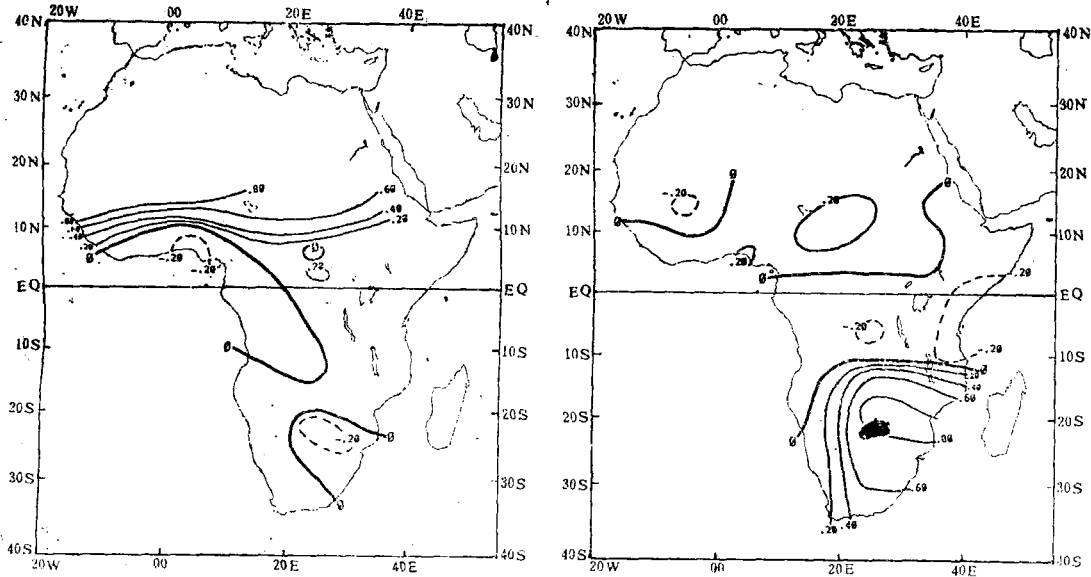


图2 6—9月(左)及12—3月(右)非洲降水量转动主分量第1分量

高,3次中等,1次偏低,似乎说明厄尔尼诺时非洲南部的近赤道地区多雨的可能性大。但6—9月北半球降水指数在12次厄尔尼诺中3次偏高,5次中等,4次偏低,很难说明有什么关系。

Ellsaesser甚至认为非洲干旱可能是CO₂引起的气候变化的一个信号。大气中CO₂浓

度增加,大气中水分循环加强3—11%,因而Hadley环流增强,使ITCZ增强,故热带气旋活动增加。但Hadley环流加强时,其下沉支也增强,使信风的湿层更薄,所以不仅萨海尔,两个半球的副热带地区均应干旱。萨海尔的干旱已经持续了17年,降水比1926—1961年平均下降15%,相当于撒哈拉沙漠每

年向南扩展 1 公里。过去人们谈到 CO₂增加的影响,都认为温度、水汽是正反馈作用,但作者认为可能是负反馈作用,因为 Hadley 环流下沉支使副热带地区的干旱加强,故 CO₂ 浓度增加可能使萨海尔干旱加强。

4. 陆面干湿的作用

van den Dool 等总结了过去对陆面干湿作用的研究,指出对于夏季可以得到如下结论:(1) 温度与降水有负相关;(2) 降水距平看来基本是随机性的;(3) 温度距平在美国中部持续性最大;(4) 土壤湿度距平与未来的温度距平有微弱的相关;(5) 土壤湿度距平与用 700 hPa 高度拟合温度的误差有关。由此他建立了一个直观模式,包含土壤和大气两个能量方程及一个土壤湿度方程:

$$C_a \frac{d\hat{T}_a}{dt} = -\alpha(\hat{T}_a - \hat{T}_s) - \beta(\hat{T}_a - \hat{T}_s) \quad (1)$$

$$C_s \frac{d\hat{T}_s}{dt} = +\beta(\hat{T}_a - \hat{T}_s) - L\hat{E} \quad (2)$$

$$\frac{d\hat{w}}{dt} = \hat{P} - \hat{E} - \delta\hat{w} \quad (3)$$

式中 $\hat{T}_a, \hat{T}_s$ 及 $\hat{T}$, 分别为边界层气温、地面温度及自由大气温度的瞬时距平值, C_a 及 C_s 为边界层大气及土壤层的热力粘性系数, α 及 β 为热交换系数, $\hat{P}$ 及 $\hat{E}$ 为降水及蒸发距平, L 为蒸发潜热, δ 为阻尼常数, w 为土壤湿度。其中 $\hat{E} = E_0 \hat{w} / w_{max}$, E_0 为常数, 给定 $\hat{T}_s$ 及 $\hat{P}$ 即可计算(1)–(3)式。假定自相关系数为 0.6 并给出随机数 ϵ_i , 即可得到 $\hat{T}_i$ 的长序列。 $\hat{T}_i(i+1) = (0.60)^{1/20} \hat{T}_i(i) + \epsilon_i$, ϵ_i 为 30000 个随机数, 均值为零方差为 1。另

外取 30000 个随机数 μ_i , 均值为零, 方差为 $15 \cdot 10^{-5}$ (毫米/秒), 令 $\hat{P}(i+1) = \mu_i$ 。所有上述值的时间间隔为 1.2 小时, 即以此为步长积分, 取 $E_0 = 5$ 毫米/天, 去掉前 500 个值, 然后求日平均及月平均, 得到同时相关及落后 1 个月相关(表 2)。可见 w 与 T_s 的同时相关最大(−0.93), 其次为 T_s 及 T_a (0.87), 这说明土壤湿度对土壤温度影响大, 而土壤温度与边界层的温度也有密切关系。更有趣的是落后相关, 本月土壤湿度对下月土壤温度影响最大(−0.37), 本月降水对下月土壤温度影响也较大(−0.34), 而且都超过了土壤温度的持续性。

van den Dool 等还研究了加拿大与阿拉斯加夏季温度的持续性, 发现加拿大东北部及西部太平洋沿岸以及东部大西洋持续性最大, 把温度异常分为大尺度环流影响部分(c)及局地影响部分(r), 相邻两个月的相关就可以分为 4 个部分即: cc, rc, cr 及 rr, cc 在大陆中部最大, rr 在沿海部分较大, 因此说明可能土壤湿度较大的沿海地区, 局地影响明显。

Sud 与 Molod 用 GLAS 大气环流模式研究了对流参数化对气候模拟的影响。作者首先指出一般 GCM 模拟的夏季降水在撒哈拉沙漠地带均不真实。即降水量过大, 而实际那里降水量很少, 大沙漠中部降水量接近于零。不少人认为要有一个合理的生物圈模式。但实际加上了以后改进不大。所以作者专门研究了干湿对流及云辐射过程。模拟结果表明, 撒哈拉热低压低层有湿度辐合, 但由

表 2 模拟计算的土壤湿度与其它要素的相关系数

同 时 相 关						落 后 相 关 (下个月)						
	T_s	T_a	T_s	P	w		T_s	T_a	T_s	P	w	
T_s	1.00					(本 月)	T_s	0.01	0.11	0.12	0.05	-0.07
T_a	0.68	1.00					T_a	-0.05	0.22	0.31	0.02	-0.22
T_s	0.25	0.87	1.00				T_s	-0.09	0.20	0.31	0.00	-0.23
P	-0.07	-0.31	-0.35	1.00			P	0.05	-0.23	-0.34	0.01	0.26
w	0.02	-0.68	-0.93	0.43	1.00		w	0.08	-0.15	-0.37	0.01	0.28

于强的干对流效应,湿度被混合到高层辐散气流中。如果不考虑这一点,湿度就会在低层积累起来,造成湿不稳定产生降水。另外边界层顶相对湿度超过 90% 产生湿对流的限制也是必要的,否则就会在撒哈拉出现虚假降水。降落雨滴的蒸发也有作用,引进这些参数化,可以改进降水的气候模拟。

Tarpley 根据参数化的地面能量平衡方程,发现地表早晨从 9 时到 12 时温度上升的幅度与降水有明显的负相关。这可能因为降水多,蒸发量大,地表失去潜热,延缓了增温,同时也减少了感热通量。因为 9—12 时增温可以比较容易地从卫星观测到,所以也可用来作为土壤湿度的参数。Gutman 与 Ohring 也讨论了从卫星资料确定陆面特征问题。他们应用所谓云筛法 (cloud-screening method) 除去有云的资料,发现从可见光及红外观测得到的温度日变化最高的区就是北美大平原干旱区。日夜温差分布与降水型有很好的 consistency, 因此可以用卫星观测资料做地面湿度特征的指标。

5. 30—60 天低频振荡

30—60 天振荡是 1971 年从纬向风的变化中发现的。因为这种振荡主要出现在热带地区,因此目前也广泛用 OLR 来进行研究。P.H.Chan 与 K.M.Lau 对 1974 年以来的 12 年 OLR 资料做了详细分析。使 20 天及 70 天振荡功率减半,保留 40—50 天的振荡,又对冬夏分别求出 40—50 天振荡的方差,并与年际变化的方差进行比较,发现 40—50 天振荡在印度洋与西太平洋各有一个高变率中心。但夏季(指北半球)中心在北半球,冬季中心在南半球(图 3)。年际变化方差,冬季最大在赤道东太平洋,夏季方差仅是冬季的三分之一。无论冬夏,年际变化的方差均低于 40—50 天振荡的方差。12 年的日 OLR 功率谱分析表明,40—50 天振荡主要限于日界线以西,80—160°E,15°N—15°S 之间,日界线以东年际变化占优势。对 5 天平均 OLR

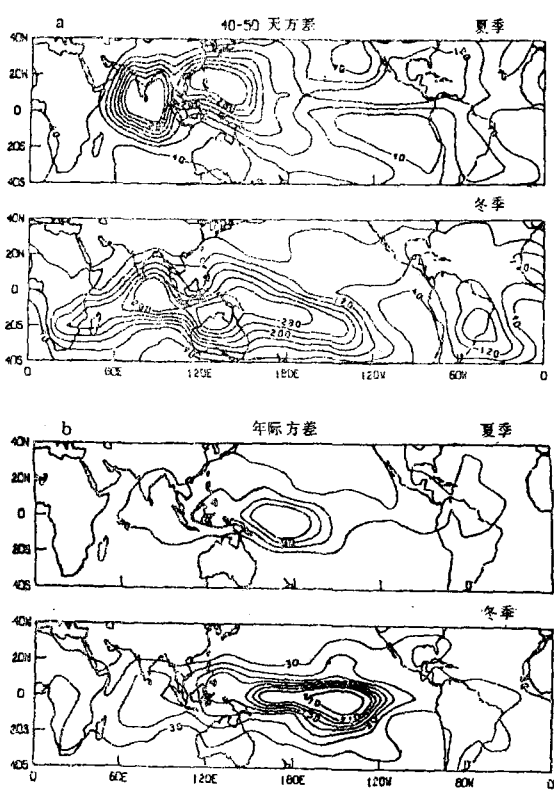


图 3 OLR 40—50 天振荡(上)及年际变化(下)的方差(瓦/米²)

做 EOF 分析,如果除去 1976 及 1982—1983 两次厄尔尼诺则与未除去时不同,主要表现为印度洋与西太平洋相反的特征。

Wickmann 继续研究了纬向风振动的 30—60 天振荡,特别注意与东亚急流(EAJ)及北美急流(NAJ)的关系。他认为厄尔尼诺形成时,在赤道对流层上层有一对反气旋伸向两个半球的中纬度,反气旋向高纬一侧有气旋发展,形成较强西风,在冬半球更明显。例如北半球冬季 EAJ 向东伸展,南半球冬季澳大利亚急流加强,这种过程往往持续 1—2 年,属于年际变化范畴,但除了这些准定常的变化之外还有 30—60 天振荡,这种振荡的特点是向东传播。伴随 30—60 天热带波的传播 EAJ 东进,这种东进多出现在印度洋出现强对流之后 5—20 天。每年 12 月—3 月之间 EAJ 的东进可反复出现若干次,但在 12 月中及 3 月中 EAJ 东伸最强时,最有利于热带与副热带环流的耦合。EAJ 下游的影

响是：当 EAJ 东进时北美西岸出现脊，大西洋西部出现槽；EAJ 西退时则相反。当中纬环流条件有利时，EAJ 的东进即伴随产生 PNA，当条件不利时或 EAJ 很弱时则不产生 PNA。Anderson 利用 1977—1985 年 850 hPa 及 250 hPa 同时资料，做带通滤波，滤出 40—50 天变化，做复数 EOF 分析，但未发现与大尺度环流有明显关系。

Liebmann 研究了 12 月—2 月纬向风与 OLR 的关系，指出对平均风场与 OLR 场而言，东风与对流区相当一致。并认为这可以用线性模式解释，即赤道定常热源在其上空及西部可产生东风。用除去了季节变化及年际变化的 5 天平均资料求 OLR 与风的相关，证明对流强时，200 hPa 为东风，850 hPa 为西风，同时 200 hPa 有强辐散，而 850 hPa 为辐合，这说明对低频振荡来讲 OLR 与风的关系非常好。

Livezey 及 Mo 研究了热带 OLR 与 SST 及 PNA 的关系。用与 PNA 对应的第 2 转动主分量(占总方差 10.8%)与 OLR 及 SST 求相关。发现 PNA 为正时，5—15°N，150—160°E OLR 为负，但 150—160°W 为正，这时海温高，说明可能前一地区是海洋强迫大气，而后一地区为大气强迫海洋。

Christy 讨论了大尺度大气质量重新分布，指出 30—65 天振动的振幅超过了年变化，对 1979—1982 年全球场面气压做滤波，过滤出 34—64 天振动，然后做复数 EOF (CEOF)，第 2、3 特征向量占总方差 40% 左右，表示出明显的半球间质量变化。图 4 给出第 2 特征向量及时间系数，同时给出该特征向量所反映的北半球平均气压距平(单位百帕)。可见每年均有 8 个左右的波动，即大约有 45 天左右的振动。由于全球平均气压应该是个常数，所以北半球气压高时，南半球气压低，反之亦然。同时半球平均气压距平，即反映了半球间质量交换的差额。

K.M. Lau 等研究了 30—60 天振荡产生的原因。他们认为这是热带环流季节内变化

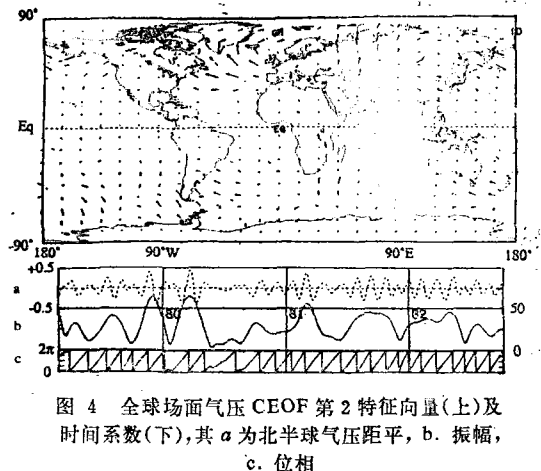


图 4 全球场面气压 CEOF 第 2 特征向量(上)及时间系数(下)，其 a 为北半球气压距平，b. 振幅，c. 位相

的重要组成部分，总结起来有以下几个特点：(1) 向东传播；(2) 波数 1 或 2；(3) 垂直尺度较大；(4) 斜压结构；(5) 随海温而变化。很可能 30—60 天波是由 CISK 维持的向东运动的 Kelvin 波。用全球 5 层线性模式模拟出略带不稳定的 Kelvin 波，同时发现加热的垂直分布很重要。提出了一个积云参数化方案用以估计对流加热，在低层加上一个海温扰动模拟海温影响，模拟 48 天激起了 Kelvin 波，并且向东传，波在通过暖洋面后加强，通过冷洋面后很快减弱。

6. 长期预报

通过预报月平均环流来预报气温降水是美国传统做法。实际弄清楚环流与气候的同时关系，对于数值长期天气预报也是很重要的一步，因为将来数值预报的最原始产品也还是月平均高度。Klein 在这方面提出了两个报告，一个用 500 hPa 高度计算温度，一个谈降水的计算问题。在前一个报告中 Klein 等比较了用 700 hPa 高度及 500 hPa 高度计算加拿大及阿拉斯加温度的结果。发现用 500 hPa 高度比用 700 hPa 高度好，加上上个月本站气温效果更好。一般用 4—5 个因子可拟合方差的 70%，用独立样本检查效果也不错。降水的空间尺度小，时间上不连续，所以用同时的高度场来计算是比较困难的。为了在一定程度上解决这个问题，用

分区平均降水量,美国共分为 60 个区,每个区平均约 15 个站,同时考虑到降水为偏态分布,故用 χ^2 分布的百分比。用 1951—1980 年 12 月、1 月、2 月共 90 个月求相关,由于这是后验(Posteriori)相关,因此,用蒙特卡罗法求 95% 信度标准,得到 0.32,而先验(Priori)相关的 95% 信度标准才 0.20,不过即使要求提高了,仍发现不少足够大的相关中心,而且相关中心的分布很有规律,对美国东部的多雨区而言,东北 600—2800 公里有一个正高度距平中心,向西 1200—2900 公里有一个负中心,这种高度距平分布从天气学角度也很容易理解。

同时在会议上也介绍了一些统计预报方法, Barnston 及 Livezey 谈到了美国季平均温度的相似预报,1985—86 年冬之前美国 90 天的气候展望是以同前期 700 hPa 高度的相关为主要依据,从这年冬开始用相似作为冬夏展望的补充指标,共用 4 种场即: (1) 2 个月平均 700 hPa 高度转动主分量系数, (2) 2 个月平均 700—1000 hPa 厚度转动主分量系数, (3) 2 个月平均 5 个区的海温, (4) 3 个月平均赤道东太平洋海平面气压。对这 4 种场的所有指标做非转动主分量分析,形成一个气候状态矢量(climate state vector),用矢量元素差的平方和来衡量相似程度,差愈小相似性愈高。用 1950—1984 年资料试验结果表明,同时用相似、相反效果最好,总相似、相反个数在 8—11 个之间,非独立资料预报技巧分平均 0.165,而持续性预报仅 0.100。预报技巧分与持续性技巧分之相关系数 -0.17,说明预报与持续性无关,或甚至倾向于当持续性小时预报技巧偏高。

Mooley 与 Shukla 介绍了用回归模式预报印度季风降水的结果,经过多年的实践,人们发现主要有两个因子比较稳定。即沿 75°E 4 月 500 hPa 脊的纬度,脊偏南时干旱;另一个因子为冬到春 SO 的变化,一般用 1 月—4 月达尔文的气压变化表示。两者与印度 306 个站的区域平均降水的相关系数分别为 0.71

及 -0.58,而这两个因子彼此独立性较大,两个因子组成回归方程复相关系数达到 0.82,可以说明降水方差的 66%,但从长期资料来看达尔文气压这个因子不够稳定。

Hastenrath 报告了爪哇降水预报问题,早在 1919 年 Braak 就发现季降水可以用上一个季的气压来预报,但后来没有继续开展这方面的工作。直到 1981 年 Nicholls 用 8 月达尔文气压预报 9—11 月雅加达降水,才发展了这个思想。雅加达全年均有降水,但可以分为西风期(12 月—5 月)及东风期(6 月—11 月),东风期降水较少,但也只有在这段时间,上个月气压才与下个月降水量有负相关。分析表明东风期海温与气压为负相关,而西风期为正相关。这可以做如下解释: 西风期气压低时使西风风速增加,故海温低;而东风期气压低时使东风风速减小,故海温高,海温高降水多,所以东风期气压与降水有负相关。同时这时期气压持续性也大,因此形成气压与降水的较强落后相关。

Walsh 及 Ross 利用 NCAR 的公用气候模式(CCM)试验了雪盖的作用。用 1977—83 年 1 月、2 月共做了 10 次模拟,雪盖用两种极端情况,对两组结果求差,发现雪盖大时北美气压高,东岸格陵兰气压低,北美南部气温差 10°C ,说明雪盖确实对气候有影响,应在长期天气预报中考虑。

关于数值长期预报,这次会议没有多少新的结果,但 Baer 讨论了气候漂移(Climatic drift)问题,即数值长期预报的系统误差问题。发现对不同形势,系统误差可能不同,因此都减去同一种气候漂移效果不一定好,他试验了两种除去气候漂移的方法,一种是积分完再除去,一种每 12 小时订正 1 次。后一种方法效果较好,但也带来一些新的问题,如瞬变能量增加。W.Y.Chen 也讨论了长期积分数值预报的误差,指出有三个方面: (1) 气候漂移使纬圈平均高度愈来愈低, (2) 由于驻波阻尼, 45° — 60°N 波动振幅减少 20%,

(下转 65 页)

(上接51页)

(3) 误差传播可产生虚假波列。

此外，会议中还有不少有趣的报告，如 Ronberg 及 W-C, Wang 指出中国小冰河期

气候干旱，Epstein 研究了大气环流年谐波，Gutzler 分析了热带风场的年循环与半年循环，由于不是会议上带有普遍性的问题，所以这里不再详细介绍。