

北半球大气臭氧层的遥相关结构分析

王卫国 秦芳

(云南大学地球科学系, 昆明 650091)

提 要

本文分析了北半球冬春季和夏秋季大气 O_3 层的遥相关结构。结果发现, O_3 层存在一系列遥相关型, 其时域特征与 O_3 层槽脊及大气环流型的变化有关, 主要可分为: (1) O_3 槽间型, (2) O_3 槽脊型, (3) O_3 脊间型。表明遥相关区域的空间分布具有波状结构。随着环流型的季节调整, 冬春季与夏秋季 O_3 层的遥相关结构存在着差异。所得结果可显示出大气环流对 O_3 的输送作用以及环流系统振荡导致的 O_3 层异常分布, 这对进一步揭示 O_3 层的时域演变特征具有重要意义。

关键词: 臭氧层; 遥相关; 环流型; 极地涡旋。

一、引 言

O_3 作为大气运动的一种示踪成分, 它的分布随地理位置和季节有着明显的变化, 还有与瞬变天气系统和大气环流型逐年的大尺度振动相联系的局地变化和年际变化, 特别是受平流层低层和对流层中上层环流型变化的影响。所以它同大气环流一样存在着季节、年际和年代际的变化。同时也受太阳活动、人类活动、与大气中有关成分的大气化学变化或其它地球物理变量的影响。

O_3 层分布变化对气候与生态环境的作用极为重要。研究 O_3 层分布变化特征及遥相关结构, 有助于进一步了解大气环流对 O_3 输送的时域变化, 大气化学作用和其它因子对 O_3 层分布变化的影响。从而加深认识 O_3 的气候效应, O_3 与生态环境以及日地关系之间的耦合作用。

二、资料与方法

我们采用魏鼎文等著^[1]《1963—1985年北半球大气臭氧总量时空变化图集》中的23年冬春季和夏秋季两类 O_3 总量网格点(格距为 $10^\circ \times 10^\circ$ 经纬度)的资料。

选择文献[2]的正交模态方案, 分别对冬春季和夏秋季 O_3 层的遥相关结构进行分析。用同一季节的 O_3 总量时间序列矩阵 F (是一个 $m \times n$ 的矩阵, m 为年数, n 为格点数), 可分别确定一个相关系数矩阵 R (s_1 和 s_2 两格点间的相关系数为 $r_{s_1 s_2}$) 和一个标准化的距平场时间序列矩阵 f 。对 f 作自然正交展开, 得到: λ_h, X_h, T_h 。其中 h 为特征序数; λ_h 为已按降序排列的特征值, X_h 为归一化处理后的特征向量, T_h 是 X_h 对应的时间系数。

1991年1月18日收到, 6月15日收到修改稿。

由特征向量 $X_h = (x_{h1} \cdots x_{hs} \cdots x_{hn})$ 可给出第 h 个模态 $X'_h = (x'_{h1} \cdots x'_{hs} \cdots x'_{hn})$ 的空间分布

$$x'_{hs} = \sqrt{\frac{\lambda_h}{m}} x_{hs}$$

已证明^[2] X'_h 是相互正交的, 故称为正交模态。

X'_h 与其转置 X'^T_h 的内积能产生一个遥相关结构分量 R_h 。在 X'_h 中, s_1, s_2 两格点间数值的乘积直接给出 s_1 与 s_2 点间的与第 h 个特征向量有关的模态相关系数分量 $r_{hs_1s_2}$ 。

$$R_h = X'^T_h X'_h$$

R_h 与 R 之间存在线性迭加关系。用 e_h 度量 R_h 拟合 R 的平方相对误差, 用 E_h 度量前 h 个 R_h 之和拟合 R 的平方相对误差。计算公式为

$$e_h = 1 - \lambda_h^2 / \sum_{R=1}^{m-1} \lambda_R^2 \quad E_h = 1 - \sum_{R=1}^h \lambda_R^2 / \sum_{R=1}^{m-1} \lambda_R^2$$

由于 X'_h 与 $\sqrt{\lambda_h}$ 成正比, 而且 λ_h 已按降序排列, 当 h 增大时 $\sqrt{\lambda_h}$ 将减小, 所以对拟合 R 有重要贡献的 X'_h 只限于 λ_h 较大的前几个模态。因而, 可用少数几张模态空间分布图来讨论复杂的遥相关结构, 并可由相应的时间系数 T_h 的变化来分析遥相关型的时域变化特征。

为估计模态相关系数 $r_{hs_1s_2}$ 和对应的相关系数 $r_{s_1s_2}$ 的显著性, 表 1 给出了相关系数临界值 r_α 及模态临界值 $x'_\alpha (x'_\alpha = \sqrt{r_\alpha})$ 。 x'_α 用于判别 s 格点上第 h 个模态的自相关系数 $r_{hs} = x'_{hs}$ 的显著性, 以确定该模态空间分布的强自相关区的范围。

表 1 不同信度 α 对应的相关系数临界值 r_α 和模态分量临界值 $x'_\alpha (m=23)$

α	0.10	0.05	0.01	0.001
r_α	0.35	0.41	0.53	0.640
x'_α	0.59	0.64	0.73	0.800

三、冬春季大气 O_3 层的主要遥相关型

1. 冬春季 O_3 层的遥相关特征

图 1 是用冬春季 O_3 层时间序列计算得到的前三个模态 X'_1, X'_2 和 X'_3 的空间分布。根据表 1 中的 x'_α 值, 可分析出 $x'_{hs} > x'_{0.10}$ 的强自相关中心区。模态 X'_1 的强自相关区共存在 6 块, 而模态 X'_2, X'_3 分别有 3 块和 2 块强自相关区。将各模态强自相关中心的 x'_{hc} 值, 按绝对值大小排序(中心序号), 并比较中心间的模态遥相关系数 $r_{hc_1c_2}$ 与对应点的相关系数 $r_{c_1c_2}$, 验证模态遥相关的准确性, 从而确定冬春季 O_3 层可能存在的遥相关联系, 结果见表 2。从表中看到, 中心间的 $r_{hc_1c_2}$ 与相应的 $r_{c_1c_2}$ 符号完全一致, 与表 1 中的 x_α 和 r_α 值比较知, 三个模态的中心强度 x'_{hc} 都是显著的。模态 X'_1 的 $r_{1c_1c_2}$ 和 $r_{c_1c_2}$ (共 $C_6^2=15$ 对) 也均是同时显著的, 其中有 14 对超过信度 0.05。在模态 X'_2 和 X'_3 中, 仅有一个相关系数未达到 0.10 的信度, 而其它的信度均达 0.05 以上。由此可见, 前三个

模态的遥相关联系基本上是显著的.

计算结果还表明, 模态 X'_h 在 $h \geq 4$ 的情况下信度达到 0.10 的强自相关区至多只存在一块, 因而, 在 $h \geq 4$ 时 Rh 已不能反映重要的遥相关联系. 从表 3 可知, 前三个模态拟合 R 的误差为 0.401, 说明它们提供了遥相关结构一半以上的信息, 是主要的遥相关模态, 可揭示出冬春季 O_3 层的主要遥相关结构特征. 为此, 我们用 23 年冬春季 O_3 层的平均分布值和图 1 中信度达 0.10 以上强自相关区的闭合等值线绘制出 O_3 层的遥相关型简图(见图 2), 并

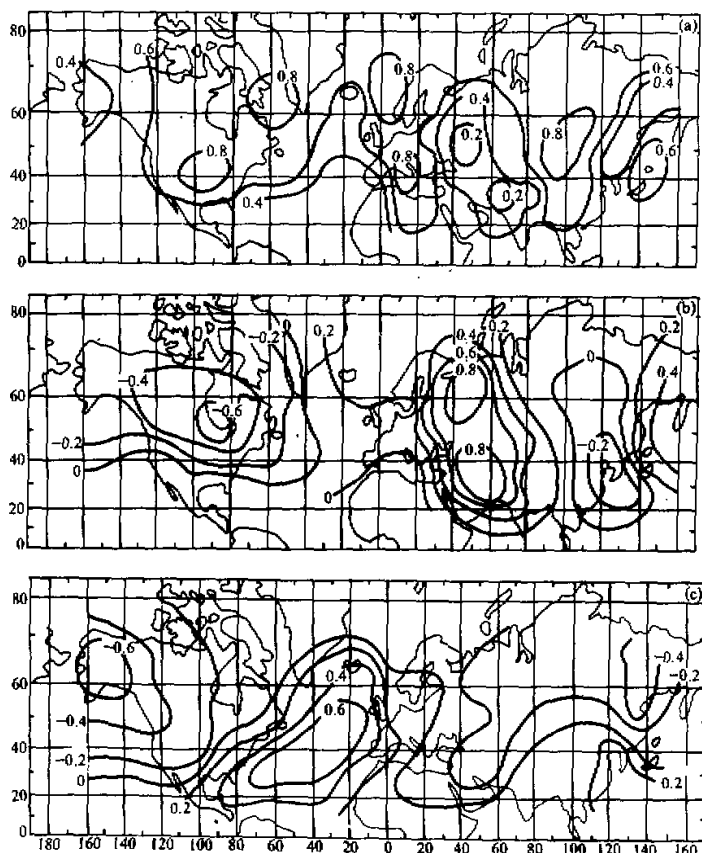


图 1 北半球冬春季大气 O_3 层的正交遥相关模态

(a) 第一正交模态 X'_1 , (b) 第二正交模态 X'_2 , (c) 第三正交模态 X'_3

在表 4 中给出了各区域间 O_3 层遥相关联系的情形. 图 2 和表 4 归纳了冬春季 O_3 层主要遥相关型的强度和空间分布, 能反映出 O_3 层遥相关结构与 O_3 层分布之间的关系.

从图 2 可见, O_3 层分布具有明显的地区性差异, 除了对纬度有强烈的依赖性外, 还随经度而变化. 且最显著的特征是在东亚、北美和西欧存在着从极地伸向低纬的三个 O_3 高值区, 称为三大 O_3 “槽”^[1]. 与之相并列的三个 O_3 “脊”是位于北太平洋、北大西洋和

表2 冬春季正交模态 X_1' , X_2' 和 X_3' 的强自相关中心位置、强度与中心间的相关系数

模态	中心序数	中心位置	X_{hc}	中心之间	r_{hc1c2}	r_{c1c2}	中心之间	r_{hc1c2}	r_{c1c2}
X_1'	1	50°N, 100°E	0.88	1—2	0.75	0.73	2—6	0.55	0.49
	2	40°N, 100°W	0.85	1—3	0.74	0.61	3—4	0.67	0.71
	3	40°N, 10°E	0.84	1—4	0.70	0.71	3—5	0.67	0.65
	4	60°N, 0°	0.80	1—5	0.70	0.76	3—6	0.55	0.52
	5	60°N, 60°W	0.80	1—6	0.57	0.41	4—5	0.64	0.62
	6	40°N, 140°E	0.65	2—3	0.71	0.68	4—6	0.52	0.48
				2—4	0.68	0.59	5—6	0.52	0.38
X_2'	1	60°N, 40°E	0.82	1—2	0.66	0.64			
	2	30°N, 60°E	0.80	1—3	-0.49	-0.22*			
	3	50°N, 90°W	-0.60	2—3	-0.48	-0.41			
X_3'	1	30°N, 70°W	0.66	1—2	-0.42	-0.49			
	2	60°N, 150°W	-0.63						

* 号的系数未达到信度0.10。

表3 冬春季北半球大气O₃层正交模态的 e_h 和 E_h 值

h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
e_h	0.639	0.860	0.903	0.932	0.934	0.951	0.967	0.968	0.973	0.980
E_h	0.639	0.498	0.401	0.333	0.267	0.218	0.184	0.153	0.126	0.106

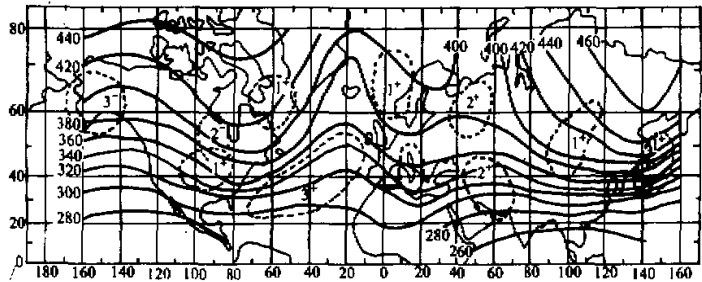


图2 北半球冬春季大气O₃层遥相关型简图

实线为23年冬春季平均O₃分布(单位: DU), 虚线为主要模态提供的达到信度0.10以上的最大闭合自相关区, 中心数字表示模态序数, 正负号为自相关区的符号

东欧的三个O₃低值区。O₃层的这一分布形势, 在冬春季发展得最好。三个O₃槽的O₃含量存在着差异, 并可用50—60°N纬度带中110—150°E, 100—60°W和20°W—20°E, 这三个局部区域各自的O₃总量平均值分别定义的东亚、北美和西欧O₃槽强度指数 I_E , I_N 和 I_W 来表示^[2]。三个强度指数23年冬春季的平均值分别为:

表 4 北半球冬季大气 O_3 层的主要遥相关联系

正 相 关						负 相 关		
名 称	r_h	r	名 称	r_h	r	名 称	r_h	r
西伯利亚— 美国	0.75	0.73	西伯利亚— 地中海	0.74	0.61	北大西洋— 阿拉斯加	-0.42	-0.49
地中海— 美国	0.71	0.68	西伯利亚— 巴芬岛	0.70	0.76	中亚— 哈得孙湾	-0.48	-0.41
西伯利亚— 挪威海	0.70	0.71	巴芬岛— 美国	0.68	0.63	哈得孙湾— 东欧	-0.49	-0.22*
美国— 挪威海	0.68	0.59	地中海— 挪威海	0.67	0.71			
东欧— 中亚	0.66	0.64	巴芬岛— 挪威海	0.64	0.62			
挪威海— 日本海	0.58	0.48	西伯利亚— 日本海	0.57	0.41			
美国— 日本海	0.55	0.49	日本海— 地中海	0.55	0.52			
日本海— 巴芬岛	0.52	0.38	地中海— 巴芬岛	0.67	0.65			

* 号的系数未达到信度0.10。

$$\bar{I}_E = 439DU, \bar{I}_N = 412DU \text{ 和 } \bar{I}_W = 369DU.$$

模态 X_1' 的强自相关区与三大 O_3 槽的位置非常吻合, 并且在各 O_3 槽中强自相关区都是成对出现的, 一个在高纬地区, 另一个对应于中纬地区。在中纬地区对应于日本海、地中海与美国东南部, 它们都处于各 O_3 槽南部, 并具有很强的纬向性。在高纬地区分别位于西伯利亚、挪威海和巴芬岛, 其位置与 O_3 槽的强度有关。东亚 O_3 槽最强, 强自相关区位置偏向中纬一侧。而西欧 O_3 槽最弱, 强自相关区位置偏向极地一侧, 且在那里高纬与中纬之间呈很明显的经向性联系。这表明不仅在中高纬沿各 O_3 槽之间存在着绕极区的正遥相关环, 而且在各 O_3 槽中还存在有 O_3 槽前与 O_3 槽后间的经向遥相关联系。换言之, 当某一 O_3 槽的 O_3 含量增加(减少)时, 伴随有其它两个 O_3 槽中 O_3 含量的增加(减少)。这种增加(减少)的趋势, 在 O_3 槽的高纬和中纬地区将同时出现。从表 4 知, 三个 O_3 槽之间的正遥相关联系都是十分显著的, 其中东亚与北美 O_3 槽间的相关性最强。在西欧槽中, 高纬和中纬间的相关联系最为显著。

模态 X_2' 的强自相关区位于东欧、中亚和哈得孙湾。它们揭示了 O_3 槽脊间的纬向负遥相关型以及 O_3 脊的中、高纬间经向正相关。从图 2 中看到, 在同一 O_3 脊的高纬与中纬地区的相关联系, 仅出现于东欧 O_3 脊中, 并且也呈现出很强的经向性, 这可能与该 O_3 脊较弱有关。模态 X_3' 则反映了北太平洋 O_3 脊的高纬地区与北大西洋 O_3 脊的中纬地区之间的负遥相关型, 其中心区在阿拉斯加和北大西洋中部, 这是冬春季 O_3 层中存在的最显著的负遥相关联系。

由以上分析知, 冬春季 O_3 层的遥相关区域主要发生在 $40^\circ N$ 以北一侧的 O_3 槽脊中, 它们往往是 O_3 变化显著的区域。 O_3 层的分布变化不仅在高纬度地区存在着纬向遥响应, 中纬度也有纬向相关, 而且高、中纬之间的 O_3 变化还有联系。由于在中高纬度地区, 冬春季 O_3 的光化学张弛时间长于环流输送过程引起的张弛时间。因此, O_3 层分布变化以及遥相关结构强烈地受到大气环流变化的影响。

2. 冬春季 O_3 层遥相关型与平均环流的联系

从高空气候学来看, 冬半年中高纬度地区盛行着以极地为中心的强西风. 在对流层中上层和平流层低层的高度场中存在三个明显的长波槽^[3]: 一个在亚洲东部沿岸, 由鄂霍次克海略向西南方向倾斜, 第二个在北美东岸, 由五大湖区略向西南倾斜; 另一个是欧洲浅槽, 位于地中海. 与它们并列的三个高脊, 分别位于太平洋东岸、大西洋东岸和乌拉尔山地区. 如前所述, O_3 层槽脊和 O_3 层遥相关区域的分布也都具有较典型的行星尺度准三波结构, 并且位置与西风带中大气行星波的槽脊位置相一致. 对 O_3 垂直分布的研究表明^[4], 在平流层中上层 O_3 的光化学张弛时间很短, 足以导致光化学过程控制 O_3 的含量, 所以那里的 O_3 含量变化较为稳定. 而在平流层低层和对流层中上层, O_3 有相对长的光化学张弛时间, 以致 O_3 的含量和分布是由动力学与热力学过程控制的, 因而这里的 O_3 含量变化相当剧烈. 受平流层低层和对流层中上层大气环流型输送作用的影响, O_3 层随经纬度的分布变化主要发生在这一层次中. 在低压槽中有助于 O_3 的积累, 使 O_3 高值区位于高空环流槽所在的经纬度上, 反之亦然.

模态 X'_1 给出的正遥相关型区域与大气行星波的大槽位置相对应. 模态 X'_2 和 X'_3 的负遥相关型区域则分布在大气行星波的槽脊中. 可见, O_3 层的遥相关区域与大气活动中心之间有着紧密的联系. 在大气活动的中心区域, O_3 含量的变化非常显著, 而且大气活动中心的强度和位置的振荡以及它随季节的变化都将对 O_3 层的分布变化起着重要影响. 可以认为, O_3 层的遥相关分布类型对地理位置的强烈依赖性, 表明了大气行星波的存在是 O_3 层以及遥相关结构分布的主要成因.

图 3 给出了模态 X'_1 对应于特征向量的时间系数 T_1 的曲线. 由特征向量与时间系数的关系知, T_1 曲线中的极大值(极小值)对应于冬春季 O_3 层出现极大正距平(负距平)的年份. 图 4 为冬春季北美、东亚和西欧的 O_3 槽强度指数 I_N , I_E 和 I_W 的逐年变化. 可以看到, T_1 曲线与 I_N , I_E 和 I_W 的变化规律基本一致, 这说明三大 O_3 槽之间有明显的正遥相关, 而且时间系数 T_1 的变化较好地揭示了冬春季 O_3 层的年际变化特征, 同时也表明可用三大 O_3 槽的 O_3 含量逐年振荡来反映冬春季 O_3 层的演变趋势.

冬半年极地涡旋是一个主导性的环流系统, 它的活动与发展常导致中高纬度环流型的异常. 模态 X'_1 的时间系数 T_1 与冬春季极涡强度指数之间存在显著的负相关关系, 相关系数为 -0.43 , 信度超过 0.95 . 也就是说, 极涡增强将导致中高纬地区纬向环流的加强. 在这种环流型下, 强的纬向气流阻碍或削弱了 O_3 的经向输送^[5], 使中高纬地区 O_3 层出现负异常. 这进一步表明 O_3 层遥相关型的存在与环流型振荡的关系. 此外, 用方差分析周期的方法, 得到了主要模态对应的时间系数存在着显著的准 2—3 年、7 年和 11 年周期变化. 这些周期变化与大气环流中的 QBO、El Nino 现象以及太阳活动的周期韵律有很好的对应.

综上所述, 冬春季 O_3 层和 O_3 层遥相关区域的分布都具有明显的行星波型特征, 其分布形势与中高纬度的对流层中上层和平流层低层的环流形势十分相似. 大气活动中心对应着 O_3 变化的显著区域, 同时也是 O_3 层遥相关结构的“关键区”. 我们认为, O_3 层的分布与变化不仅与经向涡旋输送有关, 并与对流层中上层及平流层低层的扰动和动力学特征密切联系着, 而且大气环流中存在的周期性过程对 O_3 的输送也起着非常重要的作用.

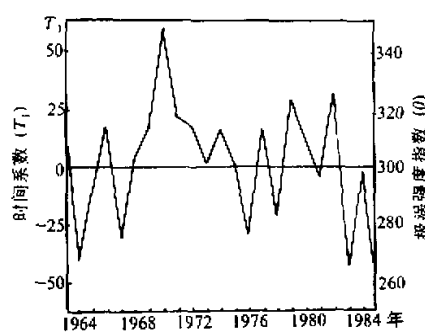


图 3 正交模态 X_1' 的时间系数 T_1 曲线

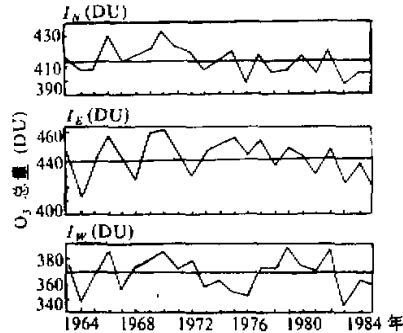


图 4 O_3 槽强度指数的时间变化

四、夏秋季大气 O_3 层的主要遥相关型

由夏秋季 O_3 层时间序列得到的前 10 个模态 X_h' 对应的 R_h 分量对 R 的拟合误差见表 5。从表中看出, 前二个模态 X_1' 和 X_2' 拟合 R 的误差为 0.430, 而且它们在空间的分布分别存在 3 块和 4 块信度达 0.10 以上的强自相关中心区, 称为夏秋季的主要遥相关模态。模态 X_h' 在 $h \geq 3$ 时, 信度达 0.10 以上的强自相关中心区最多只有一块, 已不能给出重要的遥相关联系。

表 5 夏秋季北半球大气 O_3 层正交模态的 e_h 和 E_h 值

h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
e_h	0.583	0.847	0.910	0.936	0.956	0.960	0.965	0.973	0.977	0.980
E_h	0.583	0.430	0.340	0.276	0.231	0.191	0.156	0.129	0.106	0.086

在表 6 中给出了主要模态强自相关中心的位置和强度, 以及中心间模态相关系数 r_{hc1c2} 与相应的 r_{c1c2} 的比较。可看到, r_{hc1c2} 与对应的 r_{c1c2} 符号完全相同。模态 X_1' 的强自相关中心强度与中心之间的相关系数都是非常显著的, 且中心间为正遥相关联系。模态 X_2' 的强自相关中心符号为两正两负, 中心强度与模态相关系数 r_{2c1c2} 均是同时显著的, 并以负遥相关为主。

为了进一步分析夏秋季 O_3 层遥相关结构的特征, 在图 5 与表 7 中, 分别给出了夏秋季 O_3 层的主要遥相关型简图和各区域间遥相关联系的情形。从图中可知, 夏秋季 O_3 含量普遍降低, O_3 高值区的含量显著减少, 且向低纬移动。西欧 O_3 槽与东欧 O_3 脊的经向度增强, O_3 的纬度效应也同时减弱。这是由于大气环流的季节调整, 夏秋季平流层的经向温度梯度反向, 同时平流层为强纬向东风, 且低纬高压带向北扩张, 因而, O_3 层的经向变化减弱。从图中还可看到, 模态 X_1' 最显著的特征是遥相关区域都分布在 O_3 槽后, 除西伯利亚地区外, 其它的地理位置均偏向低纬地区, 这些区域间呈显著的正遥相关型。模态 X_2' 的遥相关区域联系极为有趣, 在欧美和亚非地区, 分别存在两个遥相关中心区, 它们的符号相反。欧美的两个中心区位置都分布在 O_3 槽后, 偏向极区, 并具

表 6 夏秋季正交模态 X_1' 和 X_2' 的强自相关中心位置、强度与中心间的相关系数

模 态	中心序号	中心位置	X_{hc}	中心之间	$r_{hc1<2}$	$r_{c1<2}$
X_1'	1	50 °N, 70 °E	0.91	1 — 2	0.78	0.72
	2	30 °N, 100 °W	0.86	1 — 3	0.74	0.66
	3	30 °N, 0 °	0.81	2 — 3	0.69	0.71
X_2'	1	60 °N, 120 °W	-0.79	1 — 2	0.60	0.60
	2	50 °N, 0 °	-0.76	1 — 3	-0.53	-0.25*
	3	50 °N, 150 °E	0.68	1 — 4	-0.47	-0.39
	4	30 °N, 30 °E	0.60	2 — 3	-0.52	-0.37
				2 — 4	-0.46	-0.21*
				3 — 4	0.41	0.49

* 号的系数未达到信度 0.10 .

有纬向正相关. 亚非的两个中心区位置呈西南 - 东北走向, 都处在 O_3 槽前, 是经向正相关, 而欧美与亚非之间为负的遥相关联系. 这四个中心区“东北非—鄂霍次克海—加拿大—挪威海—东北非”的相关关系呈“正负正负”相间型, 表明具有沿大圆走向的波列结构特征^[6].

上述分析表明, 夏秋季 O_3 的遥相关区域主要分布在高纬与低纬地区, 除鄂霍次克海和东北非外, 都位于 O_3 槽后. 在遥相关区域中, O_3 槽后间或 O_3 槽前间呈正相关, O_3 槽前与 O_3 槽后之间则出现负相关. 北太平洋东岸与北大西洋东岸之间的高纬和低纬地区都分别具有纬向正遥相关, 而亚非地区主要是高纬与低纬之间的正遥相关. 这表明夏秋季 O_3 层遥相关结构不仅受大气环流的影响, 而且与北半球的海陆分布以及大地形有一定联系.

对模态 X_1' 和 X_2' 对应的时间系数 T_1 与 T_2 的周期分析发现, 它们存在着准 2 年和 8 年的主要周期变化, 这与热带、副热带中大气环流存在的周期振荡相一致. 尤其是 O_3

表 7 北半球夏秋季大气 O_3 层的主要遥相关联系

正 相 关			负 相 关		
名 称	r_h	r	名 称	r_h	r
西伯利亚—墨西哥	0.78	0.72	加拿大—鄂霍次克海	-0.53	-0.25*
西伯利亚—西北非	0.74	0.66	东北非—加拿大	-0.47	-0.39
墨西哥—西北非	0.69	0.71	挪威海—鄂霍次克海	-0.52	-0.37
加拿大—挪威海	0.60	0.60	挪威海—东北非	-0.46	-0.21*
鄂霍次克海—东北非	0.41	0.49			

* 号的系数未达到信度 0.10 .

层的 QBO 现象与热带平流层中的风和温度的准 2 年振荡有关, 表明了夏秋季 O_3 层的分布及其变化主要受低纬环流型的影响和控制.

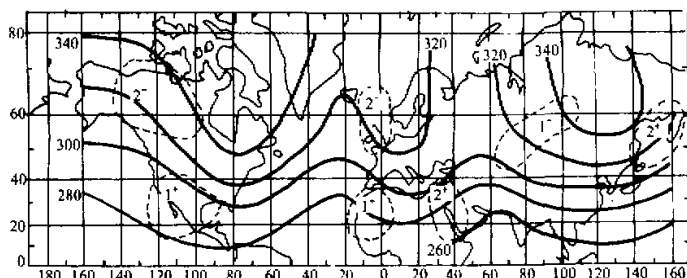


图5 北半球夏秋季大气 O_3 层的遥相关型简图

实线为 23 年夏秋季平均 O_3 分布(单位: DU), 虚线为主要模态提供的达到信度 0.10

以上的最大闭合自相关区, 中心数字表示模态序号, 正负号为自相关区的符号

五、结 论

O_3 层的遥相关联系主要发生在 O_3 活动剧烈的 O_3 槽脊中, 遥相关区域与大气活动中心相联系, 这些区域中的 O_3 含量变化, 不仅能改变 O_3 层分布的经向梯度, 也可引起纬向变化, 因而, O_3 层遥相关结构对 O_3 层的分布变化有着重要影响. 冬春季遥相关区域发生在中高纬地区, 且结构复杂, O_3 层分布随经纬度的变化显著, 而夏秋季则发生于高纬和低纬地区, O_3 层分布的纬度和经度效应都有明显的减弱. 其原因在于两季不同的环流型对 O_3 层的作用存在着差异. 由此得到的 O_3 层季节平均的遥相关结构有助于定性地理解平均环流对 O_3 层分布变化的作用. 然而, 大气环流振荡与 O_3 层遥相关结构之间关系的定量分析, 还需要做进一步的探讨.

致谢: 本文得到魏鼎文教授的鼓励和支持, 侯亚斌、王发亮同志参加了部分计算工作, 谨此一并致谢.

参 考 文 献

- [1] 魏鼎文、郭世昌、赵延亮, 1989, 1963—1985 年北半球大气臭氧总量时空变化图集, 科学出版社.
- [2] 王盘兴, 1987, 利用自然正交函数分解气象要素场遥相关结构的两种方案, 气象科学, 7(1), 1—10.
- [3] 邹进上、江 静、王梅华, 1990, 高空气候学, 气象出版社, 65—80.
- [4] 王卫国、郭世昌、杨利群, 1990, 大气臭氧层的垂直分布及其变化的研究, 地球物理学报, 33, 639—646.
- [5] 魏鼎文, 1990, 论南极 O_3 层空洞的形成及其演变趋势的预测, 中国科学(B 辑), 5, 545—560.
- [6] Hoskins, B. R. Pearce 编著, 1987, 大气中大尺度动力过程, 气象出版社, 58—63.

An Analysis of the Teleconnectional Structure in the Northern Hemispheric Ozonosphere

Wang Weiguo Qin Fang

(Department of Earth Science, Yunnan University, Kunming 650091)

Abstract

An analysis is carried out of the teleconnectional structure in the ozonosphere for winter half year and summer half year over the Northern Hemisphere using a rectangular model scheme. The results show that there are three types of the teleconnection. A close relationship is also found between the teleconnection of the ozonosphere and the atmospheric general circulation.

Key words: Ozonosphere; Teleconnection; Circulation pattern; Polar vortex.