

全球气候变暖背景下的大气环流基本模态*

朱锦红¹ 王绍武¹ 张向东² 慕巧珍¹ 谢志辉¹

1. 北京大学物理学院大气科学系, 北京 100871; 2. International Arctic Research Center, University of Alaska, Fairbanks, USA

摘要 利用 NCEP/NCAR REANALYSIS 1948 年 1 月~2001 年 2 月 1000~100 hPa 的高度场资料研究全球纬圈平均大气环流的变化. EOF1 显示全球纬圈平均大气高度场在高纬度和低纬度地区呈明显的反向变化, 这一变化特点解释了总方差的一半左右. 从时间系数上看, 近 53 年低纬度高度上升, 高纬度高度下降. 这表明 20 世纪 60 年代以后, 特别是 20 世纪 80 年代中期以后, 对流层中纬度西风有明显的加强趋势. 与全球平均地面气温变化比较证明这种大气环流的变化与全球平均地面气温的变化有显著的相关. 用观测海温强迫运行大气环流模式积分两个 50 年(1900~1950 年和 1950~1999 年), EOF1 与再分析资料所得的 EOF1 特征十分相似, 解释的方差大小也基本一致. 伴随着近 20 年的全球气温的剧烈上升, 低纬度高度场升高, 高纬度高度场降低, 两个半球中纬度西风显著加强成为全球大气环流变化的最主要特征.

关键词 全球纬圈平均环流 全球变暖 模拟

对北半球中高纬大气环流的研究最早开始于 1932 年^[1], 即众所周知的 NAO(North Atlantic Oscillation). 后来 van Loon 等^[2], Hurrell 等^[3]对大西洋地区的这一气候变化也进行了研究. Rossby^[4], Namias 等^[5]发现北半球中高纬度环流场变化的纬向对称性很好. Rossby^[4]定义了描述中纬度西风强度变化的纬向指数. 后来, Namias^[5]对这一指数进行了修改. 他认为, 在高指数期间, 西风急流向高纬度地区移动, 极涡加深, 冷空气收缩在极地地区. 反之, 当处于低指数位相时, 急流向南移动, 冷空气爆发较频繁. Lorenz^[6]研究了北半球 SLP 的变化, 最先指出气压呈南北反向变化, 并建议用北纬 55°的平均纬向风做指数, 描述气压的变化.

上述研究表明在北半球的中高纬和极地地区, 海平面气压场的变化有很好的纬向对称性, 并且高低纬度之间变化相反, 这种变化与中纬度西风强度的变化关系密切. 近几年来, Thompson 等^[7]又利用 EOF 分析对北半球高纬和极地地区的 SLP 变化做了大量的研究, 定义了 AO(Arctic Oscillation)指数. Gong 等^[8,9]对南半球的中高纬度地区的 SLP 进行了研究, 发现在南半球的中高纬地区其海平面气压也

存在反向变化, 并具有很好的纬向对称性, 称为南极涛动(AAO), 并定义了南极涛动指数.

本文首先研究了全球纬圈平均高度场变化的特点, 对近 53 年的全球纬圈平均高度场的变化及其与全球平均温度的关系进行了分析, 并利用大气环流模式的模拟结果进行了类似分析, 得到了一致的结论. 然后分别定义了描述两个半球中纬度西风强度变化的指数, 并对其变化进行了研究, 揭示了两个半球的中纬度西风强度的变化与全球变暖的关系. 最后, 给出了在全球变暖情景下大气环流变化的基本模态.

1 全球大气环流模态

过去已经有很多关于大气环流变化的研究工作, 但大多数只局限于半球或某一个层次上, 本研究重点是希望了解全球大尺度环流变化的特点, 这有助于了解全球气候变化与大尺度环流的关系.

首先把 NCEP/NCAR 53 年的月平均 17 层资料分别处理成季和年平均的形式, 然后对月、季和年平均资料分别进行纬圈平均, 并对处理后的资料进行 EOF 分析. EOF 分析可以对资料进行时空分离,

2002-09-20 收稿, 2002-12-08 收修改稿

* 国家自然科学基金(批准号: 40205011)和国家重点基础研究发展规划(1998040900)资助项目

E-mail: zjh@pku.edu.cn

EOF1 为解释方差最多的空间型. 图 1 给出了月、季和年平均情况下的 EOF1, 结果显示 3 种时间尺度全球纬圈平均高度场的变化都以两个半球高纬度高度场的变化与整个低纬度的变化相反为主要特点, 南半球高纬度的变化较北半球更明显. 这一特点在全球纬圈平均高度场的变化中解释了总方差的一半左右, 其中月平均资料的 EOF1 解释了总方差的 45.7%, 季和年平均分别解释了 55.2% 和 69.7%. 四季的 EOF1 分析结果也显示这一信号非

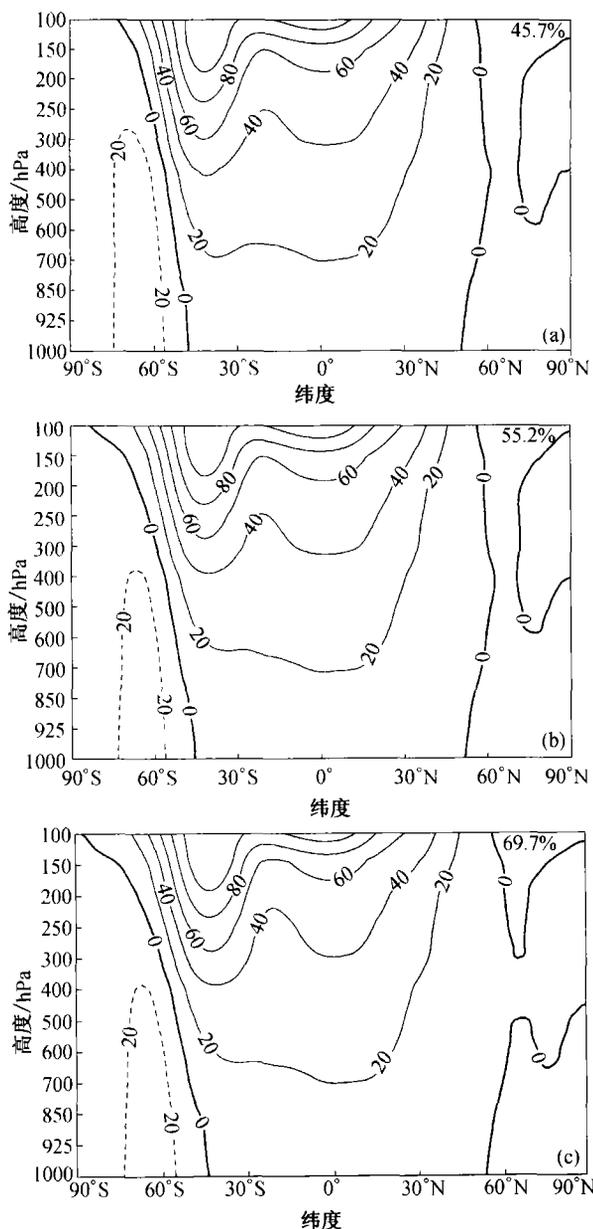


图 1 1948 年 1 月~2001 年 2 月的月、季和年平均的全球纬圈平均高度场 EOF1
等值线间隔为 20. 右上角为 EOF1 解释的方差.
(a) 月平均; (b) 季平均; (c) 年平均

常明显, 并且很稳定. 这一变化特征所解释的方差在 4 个季节中都超过了总方差的一半(图略). 表 1 给出了这一模态在不同季节所解释的方差.

表 1 不同季节全球纬圈平均高度场 EOF1 解释方差(%)

	12~2月	3~5月	6~8月	9~11月
方差	51.3	56.6	62.1	58.0

2 全球纬圈平均大气环流变化与全球气候变暖

各季 EOF1 的时间系数显示(图 2), 近 53 年纬圈平均高度场均有明显的变化趋势, 高纬度高度场下降, 低纬度高度场上升, 中纬度西风加强. 这一特点在月、季、年的 EOF1 时间系数中都有清楚的表现. 对月平均场的 EOF1 的时间系数进行功率谱分析(图略), 可以发现近 53 年全球纬圈平均高度场显著的趋势变化. 众所周知, 这 53 年全球气候变

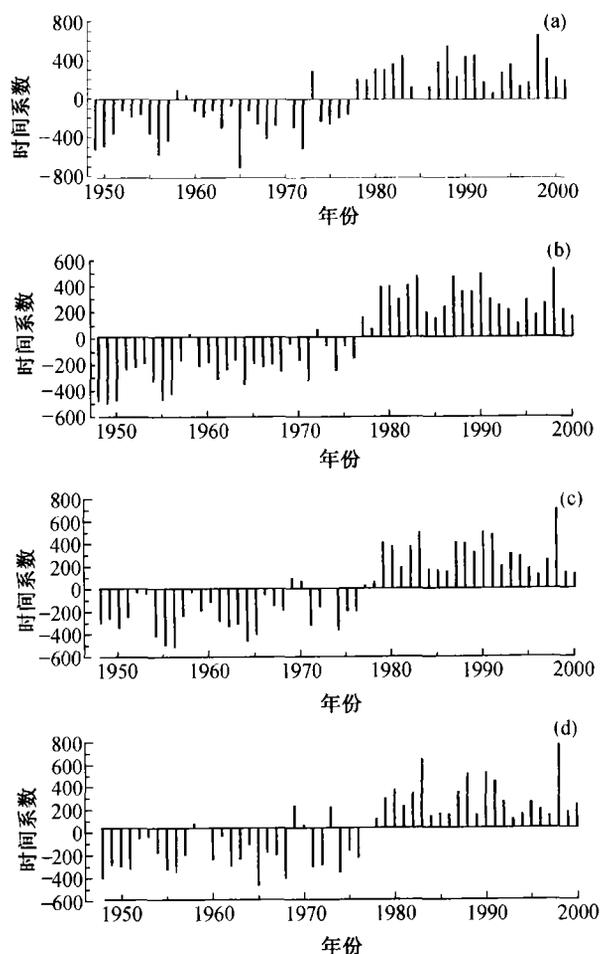


图 2 全球纬圈平均高度场 EOF1 的时间系数
(a) 冬季; (b) 春季; (c) 夏季; (d) 秋季. 横坐标是时间, 单位为年, 纵坐标为时间系数

暖是十分明显的, 所以我们分析了全球纬圈平均大气环流变化与全球平均地面气温的关系. 表2是全球纬圈平均高度场 EOF1 的时间系数与相应时间尺度的全球平均地面气温的相关系数, 从表2可以看出, 全球纬圈平均大气环流的变化与全球地面平均气温的变化关系十分密切, 相关系数远远超过 99.9% 的信度水平.

表2 EOF1 时间系数与相应时间的全球平均地面气温的相关系数

时间样本	636 月	212 季	53 年
相关系数	0.73*	0.79*	0.83*

*: 自由度为 52, 99.9% 信度水平的相关系数为 0.44; 自由度为 211, 99.9% 信度水平的相关系数为 0.23, 自由度为 635, 99.9% 信度水平的相关系数为 0.13

3 利用实测海温强迫 CCM 3.6 模拟的全球纬圈平均高度场的变化特点

前面对观测资料的诊断研究表明, 高低纬度的纬圈平均环流有反向变化的特点, 而大气环流的这种变化与全球平均地面气温的变化有密切的关系. 本节利用气候模式来检验这两个结论.

这里利用 Hadley Center 的 GISST 强迫 CCM 3.6 自 1900~1950 年和 1950~1999 年分别进行积分, 模拟全球纬圈大气环流在 20 世纪前后 50 年的变化特点. 图 3 是模拟的 1951~1999 年全球纬圈平均高度场的 EOF1 及其时间系数. 两个半球高纬度纬圈平均环流与低纬度纬圈平均环流反向变化的特点十分清楚. 这一变化特点解释了总方差的 60.0%. 只是高纬度的负变化区域伸展高度比观测结果(图 1)小一些. EOF1 时间系数的变化以 1980 年代初为界, 前后两段符号相反, 与同期全球平均地面气温序列的相关系数为 0.83, 不仅达到了 99.9% 的信度水平, 而且与用观测资料计算的相关系数完全一致. 而模拟的高度场的变化趋势也与观测的一致. 这个模拟表明 CCM3.6 有能力模拟全球大尺度环流变化的特征, 而且能反映大气环流与全球气候变暖的关系. 因此, 我们有兴趣看一看 20 世纪前半期的模拟结果. 模拟的 1900~1950 年全球纬圈平均高度场的 EOF1(图略)显示的空间场的变化与后 50 年是完全一致的, 解释方差为 62.6%. 由此表明, 大尺度大气环流变化的这种模态仍然是 20 世纪上半期全球大尺度大气环流变化的主要特征. 时间系数(图略)显示在 20 世纪的前 50 年, 全球纬圈平均高度场有明显的年代际变化, 并与同期

全球地面平均气温的变化有很好的对应, 这 50 年全球平均地面气温与 EOF1 时间系数的相关达到 0.52, 虽然低于 20 世纪后半期, 但仍远远超过了 99.9% 的信度水平.

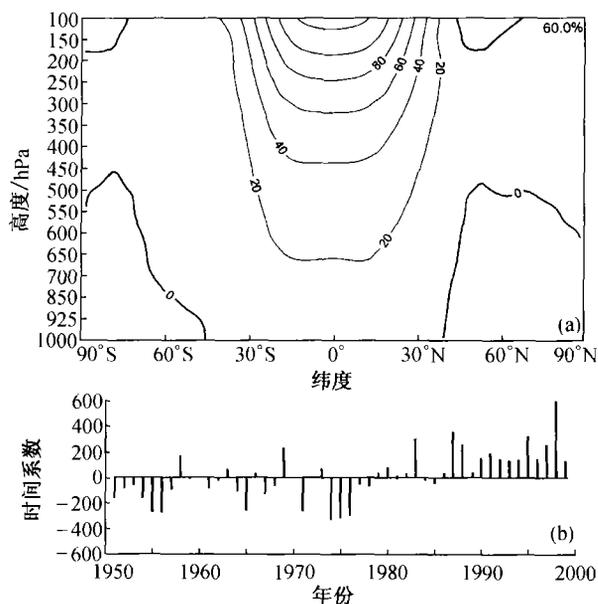


图3 模拟的全球纬圈平均高度场

(a) EOF1; 等值线间隔为 20, 右上角为 EOF1 解释的方差;
(b) 时间系数

4 南北半球中高纬度西风变化

全球大尺度大气环流的变化在很大程度上体现在两个半球的中纬度西风的变化上. 伴随着对流层全球纬圈平均高度场高低纬度反向变化的特点, 中纬度西风强度也会发生变化, 而西风环流的强弱反映了中高纬大气环流的基本状态.

由于 500 hPa 高度场能较好地代表中高纬度对流层大尺度大气环流的变化, 这里我们重点讨论该层的变化. 图 4 给出了 500 hPa 高度场各纬圈平均高度之间的交叉相关系数, 对流层其他各层的情况与图 4 类似(图略). 两个半球的高纬度地区与低纬度地区高度变化相反, 在北半球, 40°N 和 60°N 的高度变化负相关最明显, 南半球纬圈平均高度呈负相关的纬度比北半球略高一些, 主要在 45°S 和 65°S. 相关系数梯度最大的纬度分别在 50°N 和 55°S. 由此, 可以得到描述两个半球中纬度西风强度变化的指数:

$$\text{北半球: } NWI = [H]_{40^{\circ}N} - [H]_{60^{\circ}N}$$

$$\text{南半球: } SWI = [H]_{45^{\circ}S} - [H]_{65^{\circ}S}$$

表3是对1948/49至2000/01年53个北半球冬季500 hPa中纬度西风强度变化的分类。1类表示南北半球西风同时增强,2类表示北半球西风增强,南半球减弱,3类表示北半球西风减弱,南半球增强,4类表示南北半球西风均减弱。从表3中可以看出,20世纪50年代,南半球西风弱,北半球西风强弱各半;20世纪60年代,南北半球西风以弱

为主。20世纪50年代和20世纪60年代是全球平均地面气温较低的时期,这20年中,两个半球的中纬度西风以偏弱为主。20世纪70年代中期以后,特别是20世纪80年代以后,全球平均地面气温明显上升,20世纪80年代和20世纪90年代南北半球西风同时增强的情况明显增加。21世纪最初的两个冬季,两个半球的西风亦同时加强。

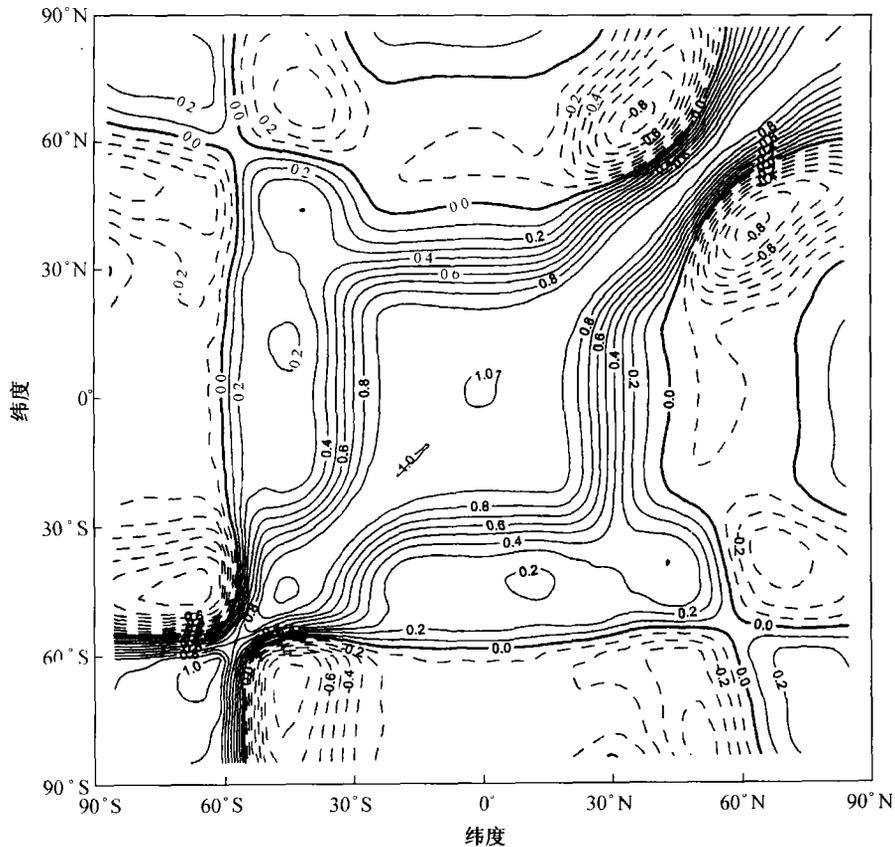


图4 500 hPa高度场纬圈平均高度之间的交叉相关

实线为正相关,虚线为负相关,粗实线为0线,等值线间隔为0.1

表3 南北半球西风强度分类

类	NWI	SWI	次数	年代	1	2	3	4
1	+	+	16	1950's	1	4	0	5
2	+	-	13	1960's	0	2	4	4
3	-	+	11	1970's	3	3	2	2
4	-	-	13	1980's	4	1	3	2
				1990's	6	2	2	0
				2000's	2			

5 结论

本文利用NCEP/NCAR再分析资料,研究了全球纬圈平均大气环流的结构和变化,结果显示,低纬度地区的高度场变化与两个半球高纬度地区的反

向。极涡越深,热带地区高度场越高;极涡减弱,热带地区高度场下降。EOF1的时间系数与同期全球平均地面气温有很高的相关,当全球平均地面气温偏高时,两个半球的高纬度地区高度场偏低,低纬度高度场偏高,反之亦然。文中定义了分别表征两个半球中纬度大气环流变化的西风指数(NWI, SWI),两个半球的中纬度西风变化以同时加强或减弱为主要特点。近20多年来,两个半球中纬度西风持续加强的情况越来越明显。自20世纪80年代中期以后,伴随着全球变暖的加剧,以低纬度高度场上升,高纬度高度场下降,对流层中纬度西风加强为主的变化特点十分显著。这些特点在模拟结果

中也得到了证实。

参 考 文 献

- 1 Walker G T, et al. World weather V. Memoirs of the Royal Meteorological Society, 1932, 4: 53
- 2 van Loon H, et al. The seesaw in winter temperatures between Greenland and northern Europe. Part I: General description. Mon Wea Rev, 1978, 106: 296
- 3 Hurrell J W. Decadal trends in the North Atlantic Oscillation: Regional temperatures and precipitation. Science, 1995, 269: 676
- 4 Rossby C G, et al. Relation between variations in the intensity of the zonal circulation of the atmosphere and the displacements of the semi-permanent centers of action. J Marine Res, 1939, 2: 38
- 5 Namias J. The index cycle and its role in the general circulation. J Meteor, 1950, 7: 130
- 6 Lorenz E N. Seasonal and irregular variations of the Northern Hemisphere sea-level pressure profile. J Meteor, 1951, 8: 52
- 7 Thompson D W J, et al. The Arctic Oscillation signature in the wintertime geopotential height and temperature fields. Geophys Res Lett, 1998, 25: 1297
- 8 Gong D Y, et al. Definition of Antarctic Oscillation index. Geophysical Research Letters, 1999, 26: 459
- 9 龚道溢, 等. 南半球中高纬大气环流年际的变率的研究. 气象学报, 2000, 58(3): 297

原发性肝癌的治疗与研究取得新进展

原发性肝癌是我国常见的恶性肿瘤之一,其死亡率高居恶性肿瘤的第二位。目前常用的治疗手段均存在不足。在自然科学基金面上项目和科学仪器基础研究专款(38870757, 39770838, 39870794, 39927001, 30240041)的资助下,解放军总医院超声科董宝玮教授与航天部207研究所及北京工业大学生物医学工程系联合开展了微波技术的基础研究和新型微波治疗仪的研制,取得了重大进展,临床治疗肝癌取得了成功。

董宝玮教授领导的课题组进行了860次离体和201次在体实验,证实了当微波辐射天线的裸线长度是其波长的1/4整数倍时,其能量传输效率高,与肝组织的阻抗匹配好,并且找到了能最大程度作用于肝组织,形成稳定类球形热凝固区的最佳条件。他们还改进了植入式微波辐射天线,实现了对有效微波热场的球形调控。进而开创性地建立了肝癌微波治疗的三维热场计算机模拟预测和监控系统,并成功地解决了单导及多导不同微波能量形成热场及组合热场的预测以及治疗中连续动态监控的难题。这是微波应用技术上的重大突破。

在临床研究中,他们进行了超声引导下经皮治疗原发性肝癌微波凝固治疗的前瞻性研究。截止到2002年10月共治疗原发性肝癌288例病人,计429个肿瘤,其中大于2cm的肿块343个,是迄今为止微波治疗肝癌中病例数多、肿块较大、随访时间最长、评价疗效方法严格的临床研究。这种超声引导经皮穿刺微波热凝固治疗肝癌有以下优点:(1)人体创伤轻微,对肝功能影响小,无严重并发症;(2)癌肿块完全坏死率高达91%,这是目前其他介入方法难以达到的水平;(3)远期疗效好,5年生存率达58%;(4)无放疗、化疗的毒副作用,并能增强机体细胞免疫功能。

(供稿:董尔丹 叶鑫生)