

全球月平均高度距平场正斜压性的 分析(Ⅱ)——与遥相关型的联系

张邦林 刘 洁

(中国科学院大气物理研究所)

摘要 利用欧洲中心全球客观分析的 7 层月平均位势高度距平资料,计算了几种大气环流遥相关型指数与各层位势高度距平的相关系数分布。发现:大气环流异常的正压、斜压性的地理差异与遥相关型的垂直结构关系密切。综合经验正交函数分析,结果亦然。

关键词 遥相关型,正斜压性,垂直结构,相关分布,综合经验正交函数

一个区域大气环流的变化与异常引起其他区域大气环流的变化与异常,这种环流变化与异常的相关性被称为大气环流的遥相关。Walker 等^[1]提出了 3 大涛动理论,Wallace 等^[2]发现了北半球冬季的 5 种遥相关型。但是这些研究局限于其水平结构,对其垂直结构的研究不很多。本文就针对其垂直结构进行研究,重点揭示大气环流异常的正压、斜压性与遥相关型垂直结构之间的联系。

1 遥相关型指数的相关分析

1.1 南方涛动

南方涛动指数

$$SO \text{ 指数} = \frac{1}{4} [Z'(20^{\circ}\text{S}, 150^{\circ}\text{W}, 1000\text{hPa}) + Z'(15^{\circ}\text{S}, 150^{\circ}\text{W}, 1000\text{hPa}) - Z'(10^{\circ}\text{S}, 130^{\circ}\text{E}, 1000\text{hPa}) - Z'(15^{\circ}\text{S}, 130^{\circ}\text{E}, 1000\text{hPa})]$$

计算 SO 指数与全球 12—2 月的 1000hPa、850hPa、700hPa、500hPa、300hPa、200hPa 和 100hPa 标准等压面上月平均高度距平的同时相关系数分布,图 1 仅给出 1000hPa、500hPa 和 100hPa 三层的分布。由图 1a 可见,SO 指数与近地面月平均高度距平相关系数的最强负相关区在印尼群岛和澳大利亚北部地区,对应热带东太平洋地区是一大片正相关区,其中与塔布堤岛附近的正相关中心构成了南方涛动,与热带太平洋东北部的正相关中心构成了北方涛动^[3],南方涛动和北方涛动有密切联系,处于同一振荡系统中,事实上符凉斌和叶笃正已把这一振荡系统称为低纬度涛动^[4]。分析图 1 及其他四层(图略)的相关分布发现,在热带东太平洋地区,对流层低空与中高空大气环流异常之间有很强的斜压性,使近地面层的强正相关区变为对流

层中高空的强负相关区,结果是热带太平洋地区对流层低空东西反相的跷跷板振荡结构逐渐变为对流层中高空比较均匀的纬向带状结构。

南方涛动的影响范围不只限于涛动本身所在的热带太平洋地区,也与热带外地区各层高度距平之间有很强的遥相关。分析七层的相关系数分布发现,SO 指数与北半球热带外地区的遥相关含有 Wallace 等所说的 PNA 和 WP 遥相关型,在南半球也有强度和性质与北半球非常相似的遥相关型存在,并且从对流层低空到中高空,所有这些遥相关型都比较清楚,随高度倾斜也比较小。这说明在南北半球的热带外地区,对流层低空与中高空大气环流异常之间主要是相当正压的。

为了讨论季节变化的影响,计算 6—8 月 SO 指数与七层月平均位势高度距平的同时相关系数见图 2。对比 SO 指数在 6—8 月和 12—2 月的同时相关系数分布发现:SO 指数与全球各层位势高度距平的相关分布有一些较明显的季节变化。如图 2a 的 1000hPa 相关分布,赤道附近偏南半球一侧太平洋地区东西反相的

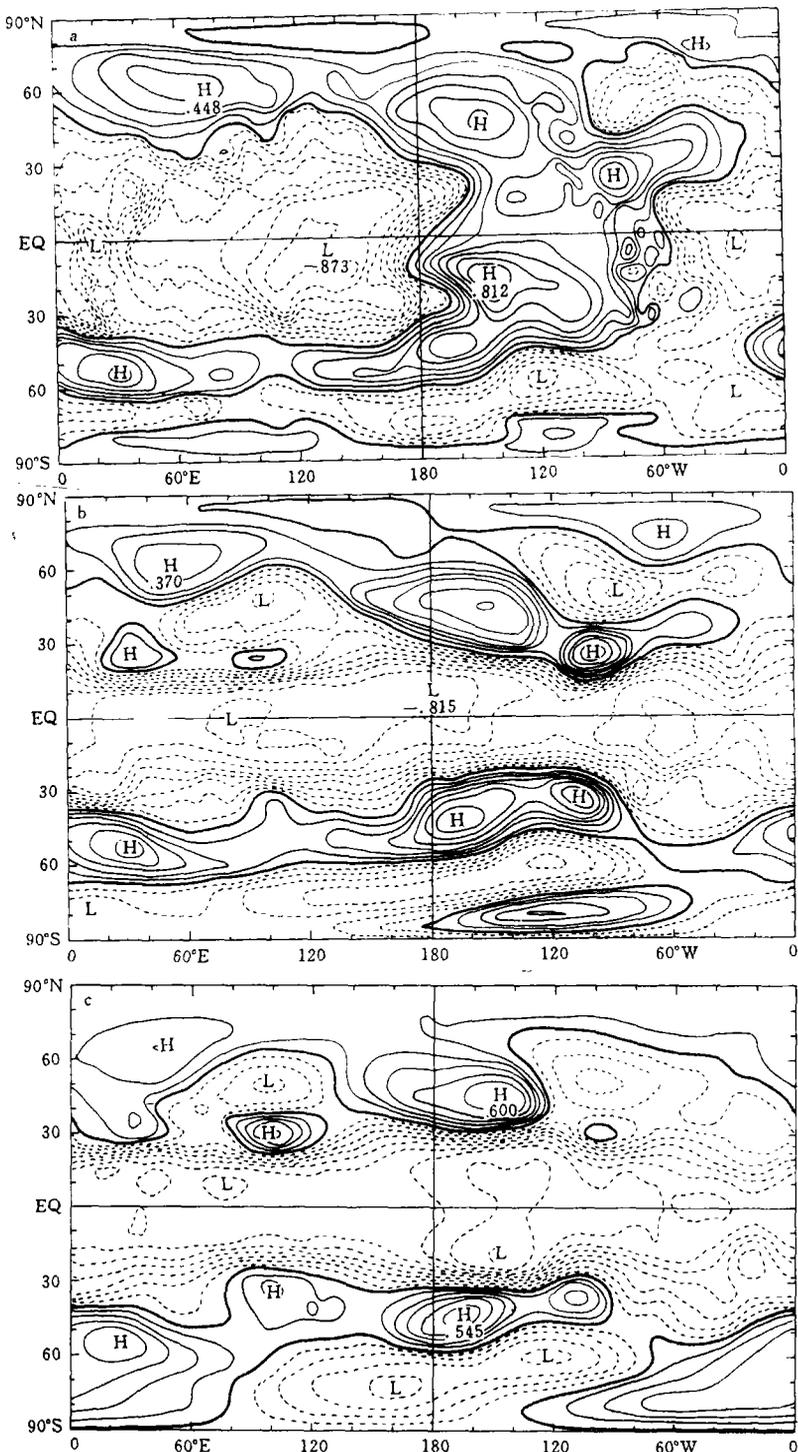


图 1 SO 指数与 12—2 月各层位势高度距平之间的同时相关系数分布

振荡结构仍很明显,但偏北半球一侧几乎不存在反相振荡结构。此外,在非洲大陆到热带印度洋地区由 12—2 月的相当正压结构变为 6—8 月的强斜压结构,在热带东太平洋地区 12—2 月

和 6-8 月都是强斜压结构,这些都与文章第 I 部分^[5]对相同格点各层高度距平之间的同时相关系数的分析结果比较一致。

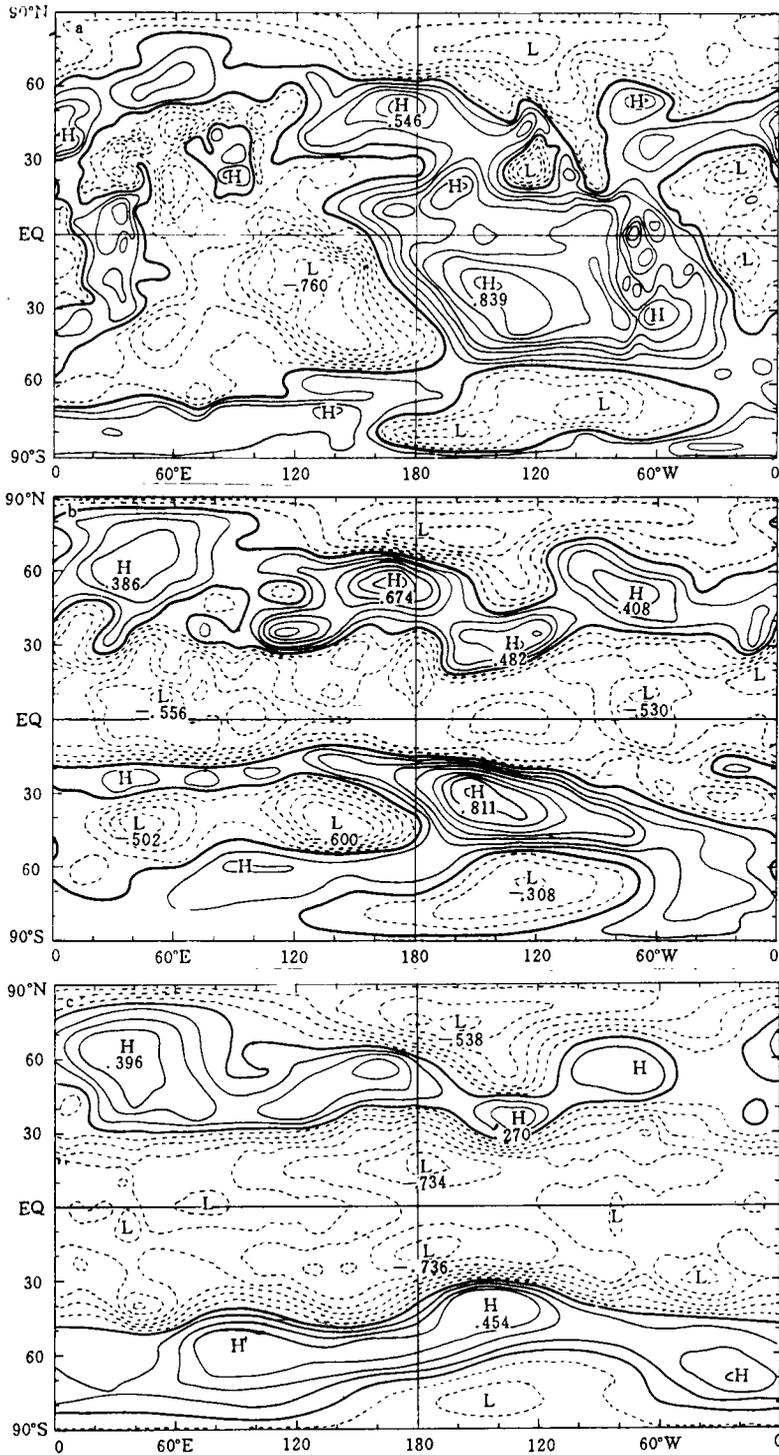


图 2 SO 指数与 6-8 月各层位势高度距平之间的同时相关系数分布

1.2 北太平洋北美遥相关型和西太平洋遥相关型

北太平洋北美遥相关型指数

$$PNA \text{ 指数} = 1/4[Z'(20^\circ\text{N}, 160^\circ\text{W}, 500\text{hPa}) - Z'(45^\circ\text{N}, 165^\circ\text{W}, 500\text{hPa}) \\ + Z'(55^\circ\text{N}, 115^\circ\text{W}, 500\text{hPa}) - Z'(30^\circ\text{N}, 85^\circ\text{W}, 500\text{hPa})]$$

计算 PNA 指数与 12—2 月七层月平均高度距平场的同时相关系数分布(图略),分析发现北太平洋北美遥相关型在北半球热带外地区各层标准等压面上都很明显,垂直方向上倾斜较小,即主要呈相当正压;南半球热带外地区也有一个性质类似于北半球 PNA 型的遥相关型;热带太平洋地区 PNA 指数与各层高度距平的相关分布在对流层低空也为东西反相的涛动结构,对流层中高空逐渐演变为东西向较均匀的带状结构,这反映了热带东太平洋地区大气环流异常的强斜压性。

西太平洋遥相关型指数

$$WP \text{ 指数} = 1/2[Z'(60^\circ\text{N}, 155^\circ\text{E}, 500\text{hPa}) - Z'(30^\circ\text{N}, 155^\circ\text{E}, 500\text{hPa})]$$

计算 WP 指数与 12—2 月七层位势高度距平场的同时相关系数分布(图略),得到西太平洋遥相关型的相当正压结构,其中对应 1000hPa 等压面上恰是北太平洋涛动。此外,分析 WP 指数与各层高度距平场的相关分布还发现含有北太平洋北美遥相关型和南方涛动。因此,南方涛动、北太平洋涛动、北太平洋北美遥相关型和西太平洋遥相关型不是相互独立的,而是一种大气环流异常固有联系的全球三维空间结构。

计算北大西洋涛动、东大西洋遥相关型、西大西洋遥相关型和欧亚遥相关型指数与全球七层月平均位势高度距平场的同时相关系数分布,分析发现这些遥相关型在垂直方向上为相当正压结构。由此可见,热带外地区大气环流异常的主要遥相关型呈相当正压结构,但由于热带东太平洋地区低空大气环流异常与对流层中高空环流异常之间的强斜压性,使热带地区的一种遥相关型——南方涛动在低空东西反相的涛动结构变成了对流层中高空东西向比较均匀的带状结构。

2 综合经验正交函数分析

为了更清楚地揭示大气环流异常中经常出现的优势遥相关型的垂直结构,对全球七层月平均位势高度距平场作综合经验正交函数分析。文献[6]用综合经验正交函数方法研究了北半球大气环流异常的相当正压性。首先,对资料进行标准化处理,设经过处理后的标准化距平资料为 $f(\theta_n, \lambda_m, p_l, t)$, θ, λ, p 方向的格点数分别为 N, M, L , $f(\theta_n, \lambda_m, p_l, t)$ 在三维空间的分布按下列形式排序

$S = n + (m-1) \cdot N + (l-1) \cdot N \cdot M$ 则 $f(\theta_n, \lambda_m, p_l, t)$ 可以改写成 $f(s, t)$, 组成矩阵 $F_{S \times T}$, 其中空间格点数 $S = 1, 2, \dots, S (S = L \cdot M \cdot N)$, T 是资料的样本长度。计算 $F_{S \times T}$ 的协方差矩阵 $A_{S \times S}$, 其特征向量 $V_k(S)$ 构成了展开矩阵 $F_{S \times T}$ 的基本场, 把 $f(s, t)$ 和 $V_k(s)$ 仍按 θ_n, λ_m, p_l 顺序给出, 则

$$f(\theta_n, \lambda_m, p_l, t) = \sum_{k=1}^{k_0} T_k(t) V_k(\theta_n, \lambda_m, p_l), K_0 \text{ 是经验正交函数展开的截断阶数, } T_k(t) \text{ 是时间}$$

展开系数, $V_k(\theta_n, \lambda_m, p_l)$ 就是 $f(\theta_n, \lambda_m, p_l)$ 的综合经验正交函数, 对它分析可以研究大气环流异常主要遥相关型的三维空间结构。

分析 12—2 月全球七层月平均位势高度标准化距平资料的第一综合经验正交函数(见图 3, 给出了在 1000hPa、500hPa 和 100hPa 标准等压面上的分布), 可以看到第一经验正交函数在热带低纬度地区的最显著特征是对流层低空对应于印尼群岛、澳大利亚北部的一大片负距平区, 东太平洋地区为一大片正距平区, 这种热带太平洋地区东西反相的振荡结构恰与南方涛

动、北方涛动或所谓的低纬度涛动相一致。在对流层中高空,东太平洋地区由低空的正距平区变为负距平带,正是热带东太平洋对流层低空与中高空大气环流异常之间的强斜压性使太平洋地区低空呈现东西反相的振荡结构。还可以看到,在南北半球的热带外地区,第一综合经验正交函数的空间分布从对流层低空到中高空都比较一致,说明大气环流异常在热带外地区主要是相当正压的,这种相当正压的空间分布型在北半球还与PNA和WP遥相关型的结构比较一致。由于第一综合经验正交函数解释月平均位势高度标准化距平场的总方差最大达到19.8%,所以南方涛动、北方涛动、PNA、WP等遥相关型是大气中最经常出现的遥相关型,它们之间有很好的联系。

分析12-2月位势高度的标准化距平场的第二综合经验正交函数(图略)发现:在500hPa以上各标准等压面上,环绕南北半球中纬度地区分别是一个带状负值区,与之相对应在热带地区和南北半球的高纬地区是正值区;在北半球中纬度负值区中最强的极值中心位于大西洋上空,与其北侧的正极值中心构成了南北方向上的偶极子结构,并同西大西洋遥相关型、东大西洋遥相关型比较一致;在北半球还可以看到与欧亚遥相关型相似的正

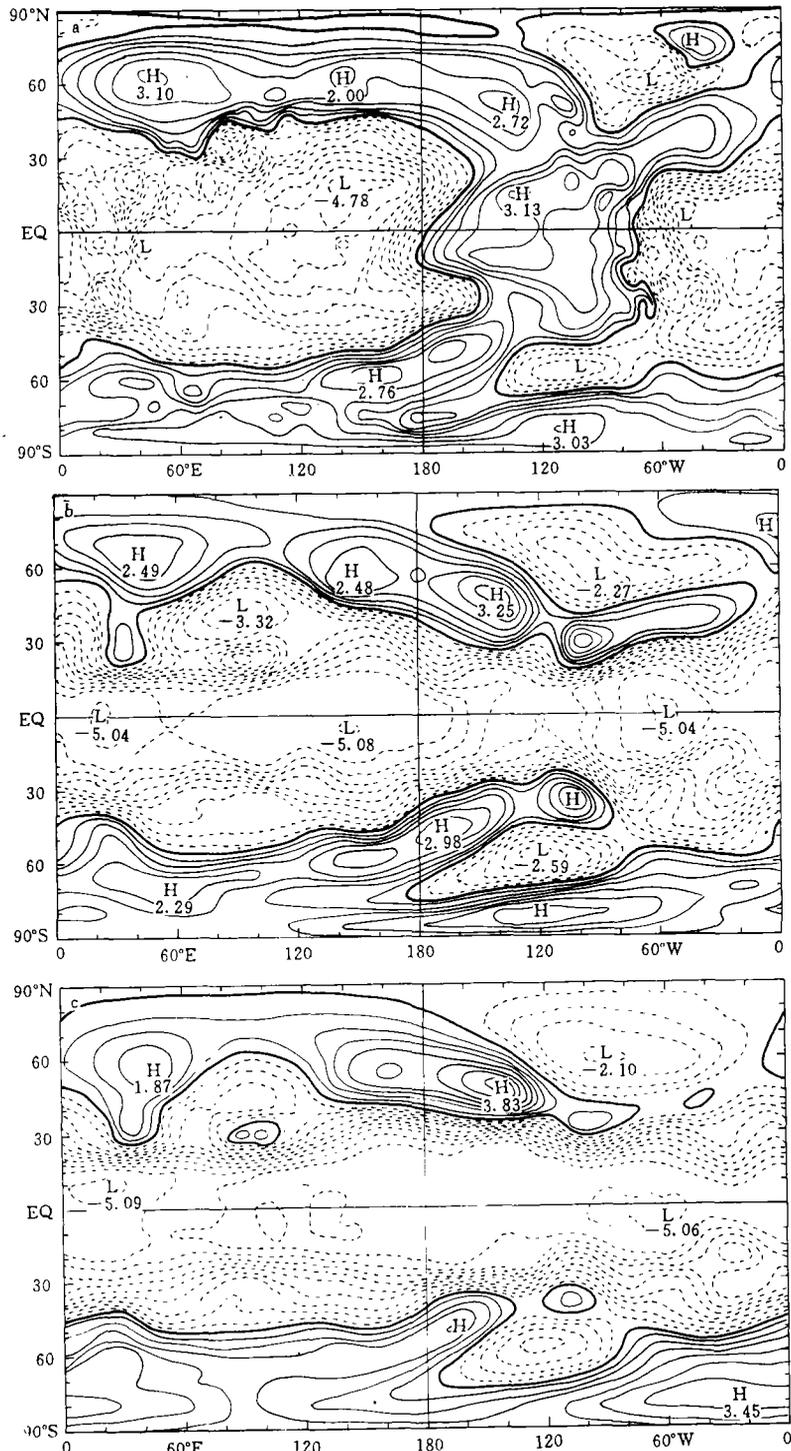


图3 12-2月标准化位势高度距平的第一综合经验正交函数

极值中心位于大西洋上空,与其北侧的正极值中心构成了南北方向上的偶极子结构,并同西大西洋遥相关型、东大西洋遥相关型比较一致;在北半球还可以看到与欧亚遥相关型相似的正

负距平相间的分布结构。在 500hPa 以下各层, 尽管热带东太平洋地区、欧亚大陆有一定的斜压性, 但 500hPa 以上各层所对应的这几个遥相关型在对流层低空都很清楚, 并且垂直方向上倾斜较小, 这说明上述几个遥相关型是相当正压的。

为了考虑季节变化, 对 6—8 月位势高度的标准化距平资料进行了综合经验正交函数展开, 在第一经验正交函数的分布图上(图略), 对流层低空热带低纬度地区为明显的二波结构, 两个负距平区分别在热带东太平洋和热带印度洋地区, 但对流层中高空整个热带低纬度地区为几乎均匀的正距平带。因此, 热带东太平洋地区和热带印度洋地区对流层低空与中高空大气环流异常之间在 6—8 月有较强的斜压性。

3 结论和讨论

由以上分析, 得以下结论:

大气环流异常遥相关型的垂直结构与大气环流异常的正压、斜压性的地理分布有密切联系。其中 PNA、WP、WA、EA、EU 呈相当正压结构; 南方涛动指数与各层高度距平的相关分布在热带太平洋地区由对流层低空东西反相的跷跷板振荡结构演变为对流层中高空东西向比较均匀的负相关带, 这反映了热带东太平洋地区有很强斜压性; 在热带印度洋地区大气环流异常在 12—2 月呈相当正压性, 6—8 月呈强斜压性。

由于在北半球热带外地区, 大气环流异常的斜压区主要在陆地上的大山脉附近, Hsu 和 Wallace^[7]认为是大地形坡度的动力作用导致了大气环流异常的斜压性。但在全球范围内, 12—2 月大气环流异常最强的斜压区是热带东太平洋地区, 6—8 月大气环流异常最强的斜压区是热带东太平洋地区和热带印度洋地区, 即最强的斜压区都在热带附近的海洋上空。这可能与下垫面热带海表温度异常和热带低纬度地区对流层中有较强的对流凝结加热等非绝热加热因子有关。其研究工作有待进一步深入。

参 考 文 献

- 1 Walker GT, Bliss EW. *Mem Roy Meteor Soc*, 1932; 4: 53—84
- 2 Wallace JM, Gutzler DS. *Mon Wea Rev*, 1981; 109: 784—812
- 3 陈烈庭. 科学通报, 1984; 29: 1190—1192
- 4 符淙斌, 叶笃正. 大气科学, 1989; 13: 255—264
- 5 张邦林, 刘 洁. 南京气象学院学报, 1993; 16(3)
- 6 靳立亚, 张邦林, 丑纪范. 北半球月平均环流异常三维空间结构的综合研究. 大气科学, 1993
- 7 Hsu HH, Wallace JM. *J Atmos Sci*, 1985; 42: 1693—1710

ANALYSIS OF BAROTROPY AND BAROCLINITY OF THE GLOBAL HEIGHT ANOMALY FIELD PART II : RELATION TO TELECONNECTION PATTERN

Zhang Banglin Liu Jie

(LASG, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Science)

Abstract Based on ECMWF 7-level monthly mean geopotential height anomaly data, the present paper has calculated the correlation coefficient distribution of several key circulation-teleconnection indices and the geopotential height anomaly of each level. Results show that the barotropical and baroclinic geological difference of circulatory abnormality is closely related to the vertical structure of the teleconnection pattern with the PNA, WP, WA, EA and EU being barotropical; however, the correlation distribution of the SO index and height anomaly of each layer changes in the tropical Pacific from the east-west out-of-phase seesaw oscillation of the low troposphere into the even anticorrelation of the mid and high troposphere, which proves the existence of the strong baroclinity in east tropical Pacific. The circulatory abnormality from December to February in the tropical Indian Ocean appears to be barotropical; from June to August, baroclinic. Same results are obtained through analysis of hybrid empirical orthogonal functions.

Key words teleconnection pattern, vertical structure, barotropy and baroclinity, correlation distribution, hybrid empirical orthogonal functions