东亚夏季风强度与我国夏季降水关系研究

裴顺强　毛奇浩

（北京华风气象影视信息集团有限责任公司，100081）

提　要：利用射出长波辐射（OLR）资料，得到了夏季OLR场的基本特征，并根据其与热带地区对流活动的关系，定义了一个表征赤道地区对流活动强弱的指数，分析了赤道西太平洋地区对流活动异常时经向Hadley环流异常的特征，并进一步探讨了东亚夏季风的异常活动以及对中国夏季降水异常的影响。结果表明，我国夏季降水与赤道西太平洋地区对流活动有很好的对应关系。

关键词：OLR场　东亚夏季风　对流　降水

引　言

夏季风是全球大气环流系统的一个重要成员，南亚和东亚夏季风对我国夏季大部分地区的降水有着直接影响，尤其是东亚夏季风爆发的早晚、强度以及持续时间的长短，对我国中东部和南部地区的夏季降水关系更为密切和直接。

1980年以来，关于亚洲季风区的划分和季风形成机理等方面均取得了很多重要研究成果，Tao等[1]，以及Zhu等[2]的研究表明，它是由相互联系又相互区别的南亚（印度）夏季风和东亚夏季风两个子系统所组成，但东亚夏季风与印度夏季风无论从成员、结构与水汽输送、降水等都具有不同特征。因此，东亚夏季风和印度夏季风是既有相互联系，又具有不同特征相对独立的两个亚洲季风子系统。由于东亚季风区涵盖了我国南海和西北太平洋西部的大部分地区，而南海又连接着印度洋和太平洋，是南亚季风和东亚季风相互作用的重要海区[3]。因此，将东亚季风分成南海季风和东亚季风并分别研究它们对我国夏季降水的影响可能更有意义。

为了能够客观而又较好地揭示东亚季风的爆发、活动和强度，必须研究出一种夏季风指数。然而夏季风指数的确定是一个比较复杂的问题，不同的研究人员用不同的资料得到了不同的季风指数。涉及到用卫星资料的也有一些有意义的研究工作，比如金祖辉和陶诗言[3]运用ECMWF风和GMS的日平均红外辐射亮温（TBB）资料，取南海地区3天以上伴随有强对流（TBB<275K）的西风/偏西南风的建立作为南海夏季风爆发的标志。王斌和樊真[4]用2个对流指数，即孟加拉湾海域（8.75～23.75°N、70～100°E）和菲律宾群岛附近（8.75～21.25°N、115～140°E）的平均射出长波辐射（Outgoing Longwave Radiation，简写为OLR）负距平，分别反映印度季风和东南亚季风的年际变化。江吉喜等[5]利用日本GMS一日8次观测、分辨率为5～6km的红外观测处理生成的TBB资料，研究了南海季风区（10～

20°N、110～120°E）和东亚季风区（10～20°N、100～150°E）的1980—2002年每年5—8月各候平均和候距平的TBB值，经过统计分析得到了TBB≤273K为季风活动的标准，其代表性和客观性有明显优势。

由于低纬度地区热带洋面上常规气象观测资料少，为确定季风指数带来一定的困难。气象卫星对云系活动和演变的高时空分辨率观测，为监测夏季风爆发、活动和强度可以提供十分重要的信息。目前OLR资料已经成为与传统的风场和气压场资料同样重要的一种全球气候分析工具，它在季风研究中也广泛的应用[6]。本文主要研究东亚夏季风对我国夏季降水的影响，利用OLR资料，以候为时间尺度探寻东亚夏季风指数的确定方法，用以监测夏季风的发展，为我国东部和南部地区的暴雨和强对流天气过程的监测和预报提供某些线索。

1　资　料

本文所用资料为中国气象局整编的全国336站54年（1951—2004年）夏季（6—8月）降水资料；美国NOAA系列极轨卫星携带的高分辨辐射仪得到的1974—2003的2.5°×2.5°的逐日OLR资料；美国的NCEP/NCAR的1948—2003年2.5°×2.5°的逐日的12层垂直速度场和17层风场资料；以及美国NOAA/CMAP提供的1979—2002年2.5°×2.5°全球降水场格点资料，即Xie-Arkin降水资料。

2　东亚夏季风强度指数

全球大气环流，尤其是热带及中纬度的大尺度环流为季风现象提供了气候背景。由于太阳辐射随季节的变动，促使大尺度环流系统产生季节性的南北移动，如ITCZ、东风急流、副热带高压、西风急流等；与此同时中、高纬度的槽脊及极涡也有相应的调整，这是亚洲季风环流的最基本的推动力。M. G. 汉密尔顿[7]的研究发现：当南半球冷空气流入热带地区，大量的云涌便随之出现，往往促成北半球夏季风爆发；亚洲热带季风有自南向北传播现象，云区明显由赤道地区向低中纬度地区移动，云量变化周期和印度季风的活跃—中断周期相联系。在热带地区气压变化很小，对流活动和风场是天气系统发生发展和运动的最好标志，而表征热带地区对流活动最好的气象参数是OLR、TBB及降水量等。

2.1　夏季OLR场的基本特征

图1给出了夏季OLR场的气候平均分布情况。对比冬季OLR的气候平均分布（图略），不难看出，自冬至夏，无论是OLR的高、低中心还是ITCZ的位置都随着太阳辐射的季节性变化而移动。从图1还

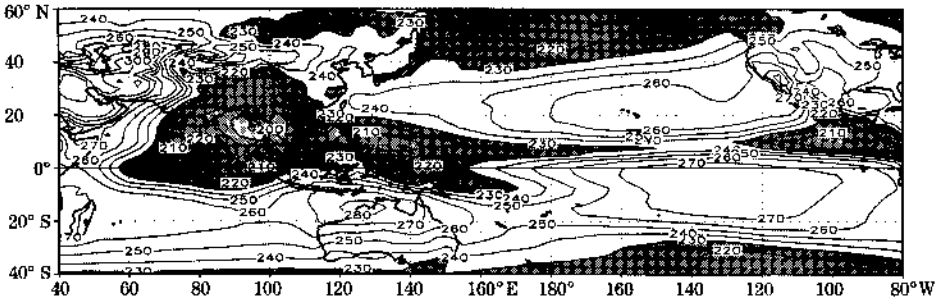


图1　夏季OLR场的气候平均分布图（单位：W·m^{-2}）

可以看到，夏季60°E以东的OLR低中心有两个：一个在15°N、95°E附近，即孟加拉湾中北部地区，另一个在10°N、125°E附近，即菲律宾东部附近洋面。这两个OLR低值中心分别与夏季两个强大的热源中心位置吻合。

图2给出了多年夏季平均的OLR场的方差分布图，图中的高值区表明该地区的对流活动强度异常强。如在南海北部、菲律宾东部洋面以及赤道西太平洋有两个大值中心，在印度北部、印度洋东部和孟加拉湾地区还有三个大值中心，表明这些地方积云对流活动强度的变化十分明显。

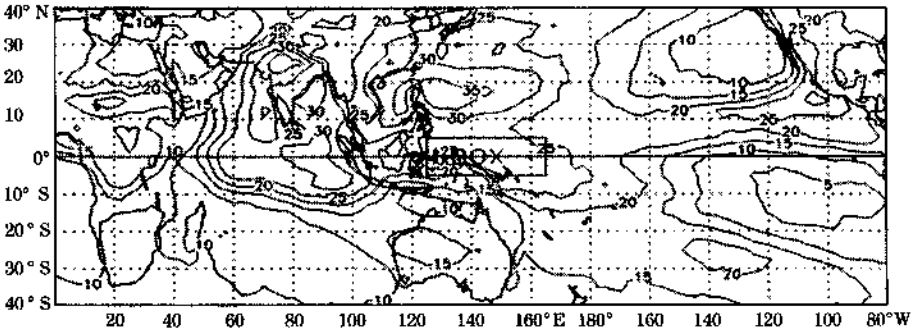


图2 多年夏季平均的OLR场方差分布图

2.2 季风强度指数的确定

利用NCEP/NCAR的OLR逐日平均的资料，这套资料的时间长度为1974年6月1日至2004年2月29日，为研究方便以及考虑到1978年的资料缺测，选取1979—2003年夏季（6—8月）为我们研究的时间段。考虑到对流加热异常的时间尺度变化，对逐日资料进行了5天平均处理，得到一套逐候的平均资料。为此选取代表夏季的候为每年的第31候至第49候，共19候，也即从5月31日至9月2日。

选取区域BOX（5°S～5°N、125°E～165°E），考察该地区积云对流活动的异常所产生的影响，计算在这个区域中上述25年各候平均和候距平的OLR值，并用经过标准化处理的区域平均OLR异常来表示该地区对流活动的强度指数，并用来表征东亚夏季风活动的强弱。

图3给出了1979—2003年夏季表征赤道西太平洋地区对流活动强弱的指数的时间变化曲线，其中横坐标是为每年夏季的19个候依次组成的时间序列，纵坐标为对流活动强度指数。为考察对流活动强弱时大气环流场的差别，以该指数的一个标准差为标准来划分强、弱对流活动。将该指数大于1的定义为对流活动弱，而小于－1的则定义为对流活动强，从而选取了两组强弱不同的对流活动进行对比分析。

3 OLR场的对比分析

根据图3所示的表征赤道西太平洋地区对流活动强弱的指数变化情况，划分了强弱两组不同的对流活动，然后对其进行合成，得到了相对应的OLR距平合成图。图4的a、b和c分别是夏季各候的OLR场多年平均、强对流期和弱对流期的合成图。从多年夏季平均结果来看，从赤道印度洋经孟加拉湾、中南半岛至南海、菲律宾以东以及太平

洋上赤道辐合带都为 OLR 的低值区，这些区域都为通常的辐合上升区；而 OLR 的高值区正好对应南北半球的副热带高压、澳大利亚和马斯克林高压所在的下沉区域。

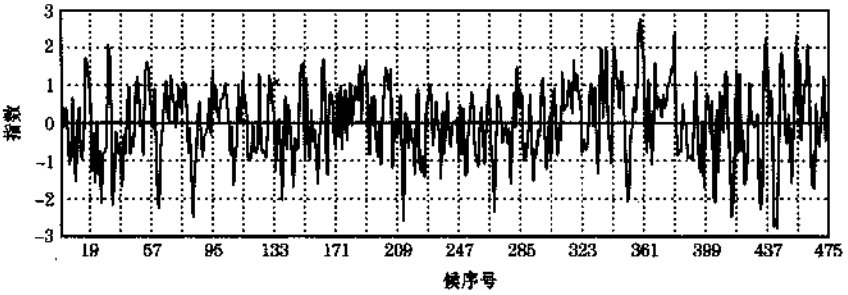


图 3　区域 BOX 中的对流活动强弱指数随时间变化曲线图

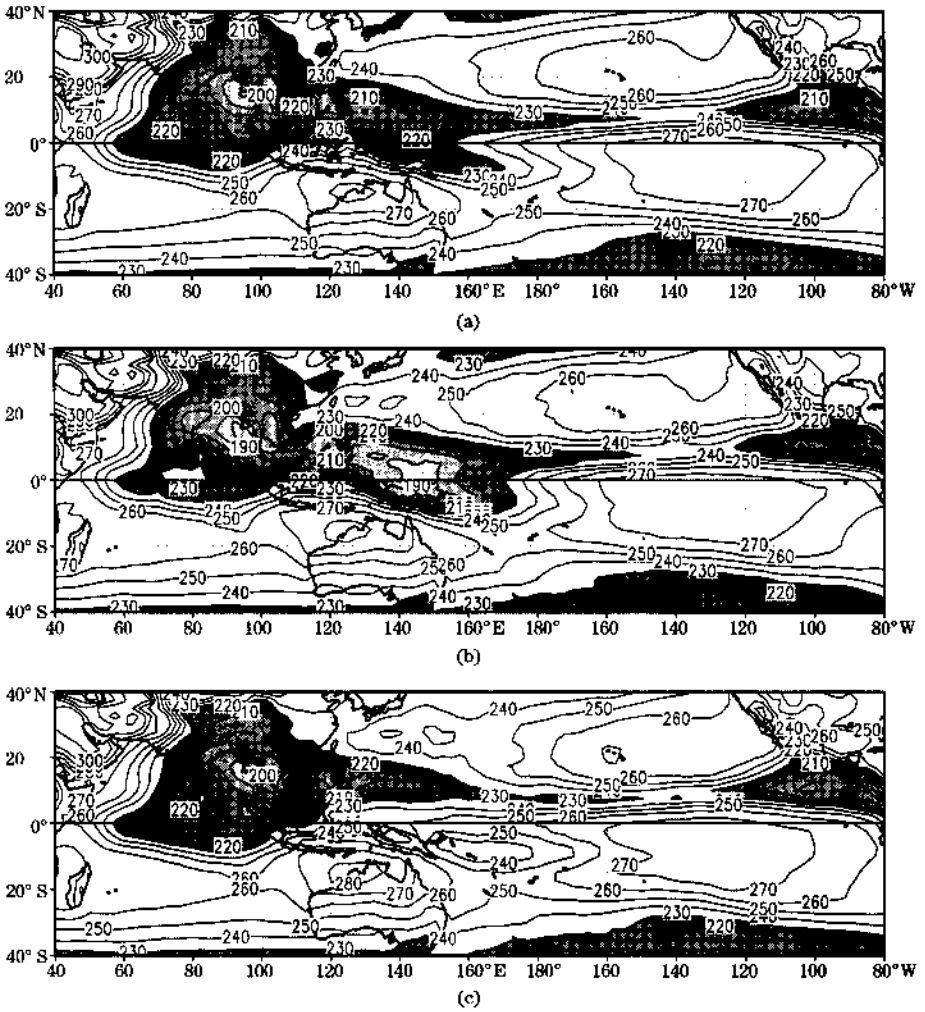


图 4　夏季 OLR 场的多年候平均（a）、强对流期（b）和弱对流期（c）的合成图

阴影区为 OLR 小于 235 W·m^{-2}的区域

对比强、弱对流活动时的OLR分布可以看到，OLR最大差异区是在赤道西太平洋（5°S～5°N、120°E～170°E）。赤道西太平洋对流活动相对较强时，南海北部、菲律宾及其以东地区的对流活动偏弱，但孟加拉湾至中南半岛甚至到南海南部一带为较强的对流活动所控制。相反，当赤道西太平洋地区对流活动相对较弱时，南海大部分地区和菲律宾及其以东地区的对流活动偏强，此时孟加拉湾至中南半岛一带仍有强对流活动，只是范围西退了一些。

比较强弱对流活动期的OLR距平合成图（图5），可以看出，对应于赤道西太平洋地区对流活动的强弱时期，OLR异常的分布有明显的区别，基本呈相反的分布型；并且赤道西太平洋地区的对流活动与南海北部和菲律宾及其以东的地区的对流活动基本为相反的关系。即当赤道西太平洋地区对流活动强时，南海北部和菲律宾及其以东的地区的对流活动弱。另外，在赤道西太平洋地区对流活动强弱不同时，OLR距平分布存在显著差异的大范围地区还有赤道中东太平洋地区；该地区的对流活动与赤道西太平洋地区的对流活动是相反的。

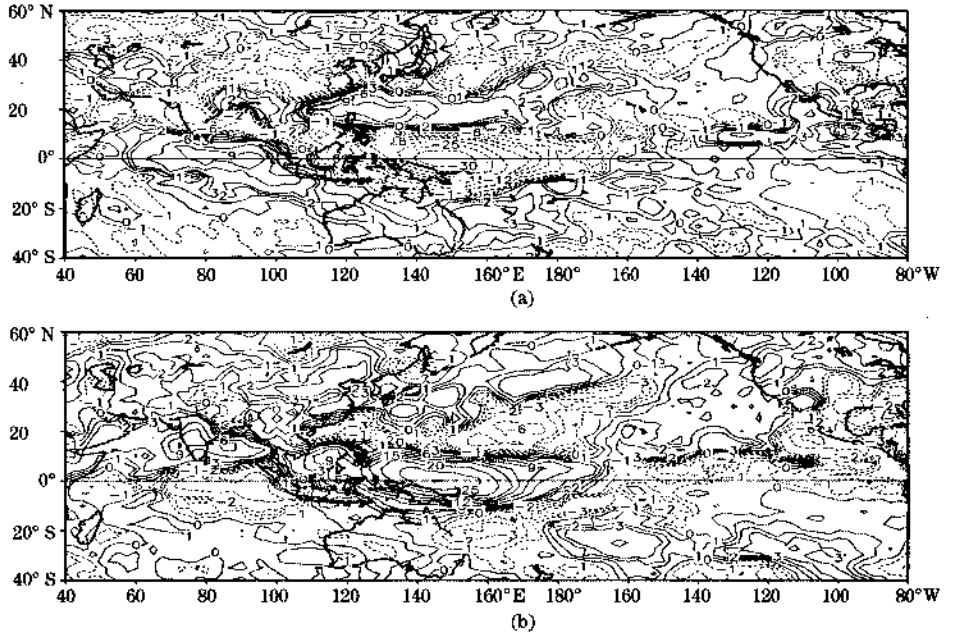


图5 强（a）、弱（b）对流活动期对应的OLR距平合成图（单位：$W \cdot m^{-2}$）

4 经向Hadley环流异常特征

热带地区的对流活动与热带垂直环流也有很密切的关系。研究表明，热带对流（热源）强迫可以产生以经典的Hadley和Walker环流为代表的大气环流型。为了具体地研究赤道西太平洋地区对流活动的异常是如何与热带外大气环流相互联系的，分析了以赤道西太平洋为中心的经向Hadley环流及其异常情况。

图6为沿125～165°E经度带上的纬度—垂直剖面图。从多年夏季平均图（图6a）中可见，Hadley环流的上升支位于赤道和北纬40°N以南之间的整个对流层，下沉支位于南半球中纬度地区，低层为越赤道气

流。在北半球 50°N 附近对流层低层有较弱的下沉气流。另外，极地环流也很明显。在赤道西太平洋地区对流活动强弱不同时，南北向的异常垂直环流结构也基本是反位相的。在强对流的时候（图 6b），热带地区南北半球有对称的环流型。在北半球，上升的距平气流主要位于 15°N 以南，而在 20°N 附近地区为显著的下沉距平气流，它刚好对应菲律宾以东的海区。另外，从赤道地区对流层高层流向南半球的一支气流在南半球的中纬度下沉，同时低层为偏南风距平气流。南半球的这个异常垂直环流加强了这个经度带上的 Hadley 局地环流。而在弱对流期（图 6c），赤道附近为较强下沉气流，在 15°N 附近有一个逆环流，在 20°～35°N 地区有较强的正环流；在南半球出现异常反环流，表明 Hadley 局地环流偏弱。

所以，从赤道西太平洋地区的经向垂直环流的分析可以知道，赤道西太平洋地区的对流活动的异常可以通过持续性的异常垂直运动导致中高纬度的大气环流异常，从而影响当地的天气情况。

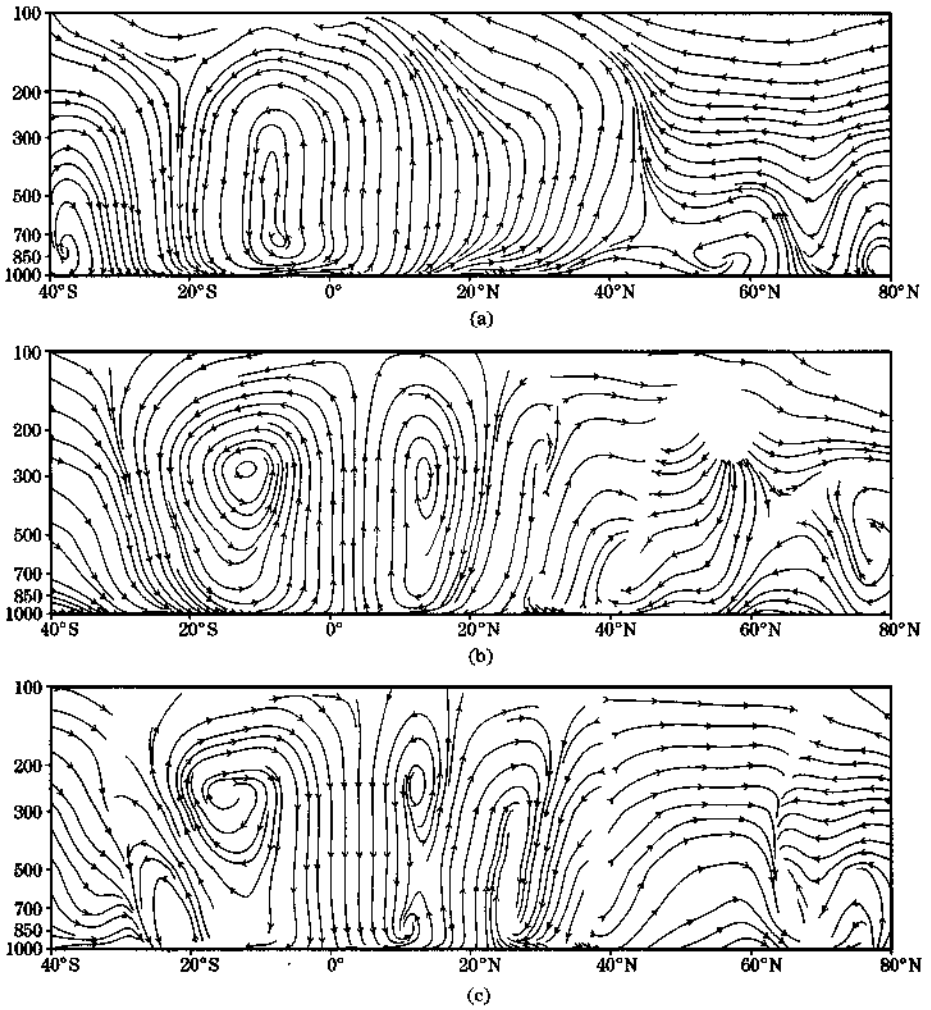


图 6　沿 125～165°E 经度带上的气流纬度—垂直剖面图

（a）多年夏季平均图　（b）强对流期距平图　（c）弱对流期距平图

5 赤道西太平洋地区对流活动异常时的降水特征

利用 NOAA/CMAP 的 Xie-Arkin 降水资料，合成了强弱对流时期的夏季降水的异常分布（图 7）。赤道西太平洋地区对流强弱不同时，降水异常的分布也明显相反。在强对流期（图 7a），从印度半岛经孟加拉湾直至南海南部以及西太平洋地区降水显著增多，而南海和菲律宾的北部的降水显著减少，在长江流域降水也异常增多；但赤道西太平洋地区和南海北部、菲律宾以东的地区的降水是明显相反的。弱对流期的降水异常（图 7b）则刚好与图 7a 呈相反分布。

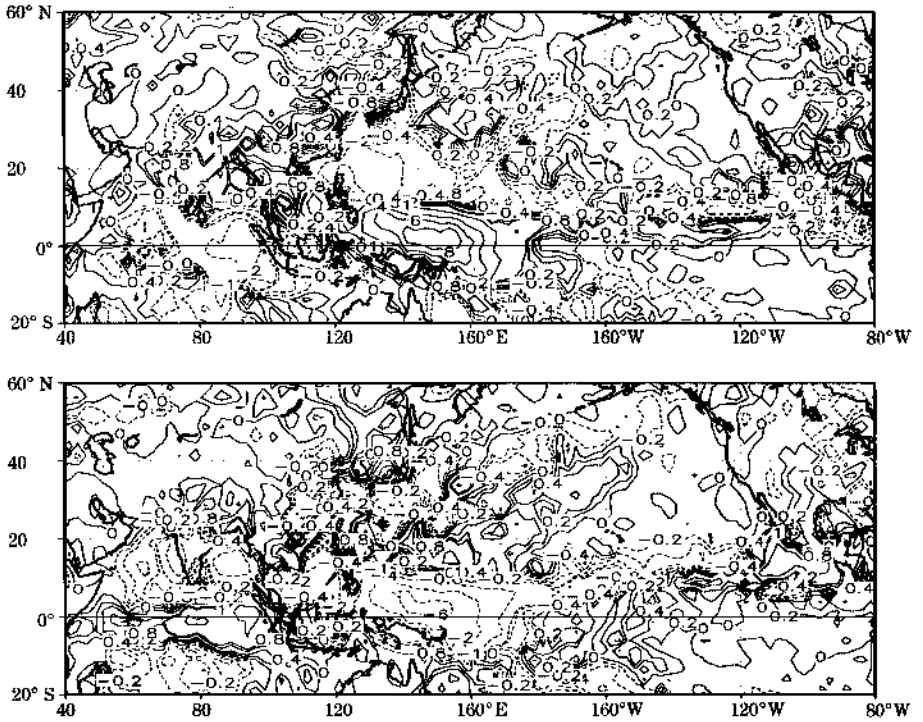


图 7 强对流（a）和弱对流（b）时期的夏季降水量距平合成图

赤道西太平洋地区的对流活动异常与中国夏季降水异常的关系，前人也已经做了很多研究。黄荣辉等[8]研究了热带西太平洋地区暖池的热状况及其上空的对流活动对东亚夏季气候异常的影响，并指出：当热带西太平洋暖池增暖时，从菲律宾周围（10～20° N、110～140°E）经南海到中印半岛上空的对流活动将增强，西太平洋副热带高压的位置偏北，我国江淮流域夏季降水偏少；反之，则菲律宾周围对流活动减弱，副热带高压偏南，江淮流域降水偏多，黄河流域的降水偏少，易发生干旱。但是他主要考虑的赤道西太平洋的温度变化情况引起的菲律宾地区对流的异常所导致的中国夏季降水的异常。本文考虑的是赤道西太平洋对流活动的异常，而且从图 5 可以看出，强弱对流活动期所对应的 OLR 距平分布，在赤道西太平洋地区与南海北部到菲律宾东部一带是呈明显相反分布的。

为了进一步搞清赤道西太平洋地区上空

的对流活动与我国夏季降水异常之间的关系，分别应用我国336站夏季降水量旬距平与OLR距平资料计算了赤道西太平洋地区对流活动指数与中国夏季降水同期相关系数的分布（图8），从图8中可以看到，我国长江和淮河流域与赤道西太平洋地区的对流活动之间存在着反相关的关系，最大负相关区位于长江流域的中游地区；华北和东北南部地区与赤道西太平洋地区的对流活动也存在着反相关；而黄河中上游夏季降水与赤道西太平洋地区的对流活动之间存在着正相关的关系。同样，华南和东南沿海地区的夏季降水异常与赤道西太平洋地区的对流活动也存在着正相关的关系。也就是说，当赤道西太平洋地区的对流活动强时，长江中下游、淮河流域、华北和东北南部降水多；相反，则长江中下游、淮河流域降水少。

图9给出的是赤道西太平洋地区对流强弱期中国夏季降水的距平合成图。从图9a中也可以很清楚地看到，当赤道西太平洋地区的对流活动强时，长江中下游、淮河流域、华北和东北南部地区夏季降水偏多，而黄河中游、华南和东南沿海地区的夏季降水偏少；而当赤道西太平洋地区的对流活动弱时（图9b），情况基本相反，只不过是华南和东南沿海的部分地区降水依然偏少。这与前面的相关分析基本一致。

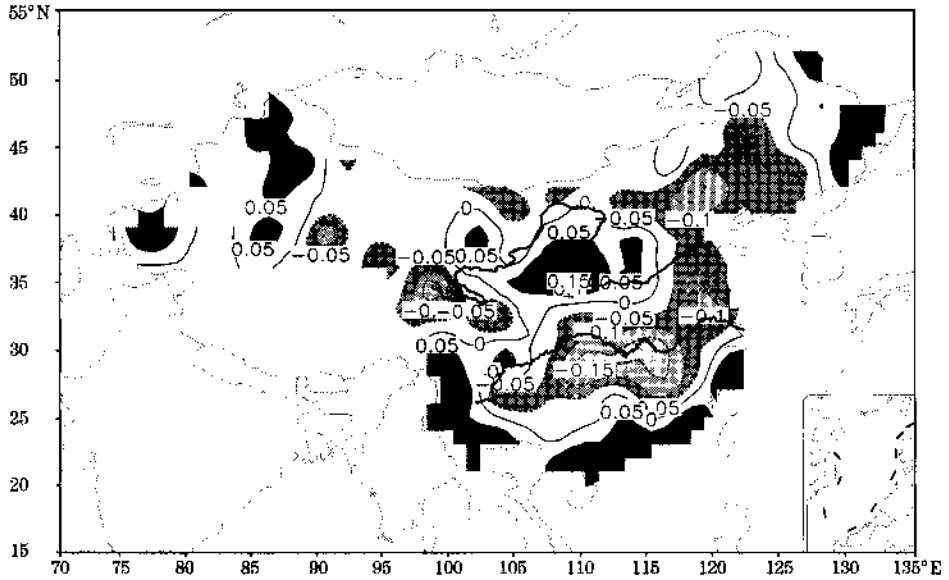


图8　赤道西太平洋地区对流活动强度指数与中国夏季降水同期相关系数分布图

阴影区通过95%显著性水平检验

6　结　论

本文从低纬地区热力异常的角度出发，分析了热带西太平洋地区积云对流活动的异常，结合对流异常引起的热带地区大气环流的异常，进一步探讨了东亚夏季风的异常活动以及对中国夏季降水异常的影响。通过研究，初步得到以下几点主要结论：

（1）东亚夏季风对我国夏季降水的影响，一直是一个重要的研究课题。本文利用OLR资料，定义了一个表征赤道地区对流活动强弱的指数，并用以探讨东亚夏季风的异常活动以及对中国夏季降水异常的影响，

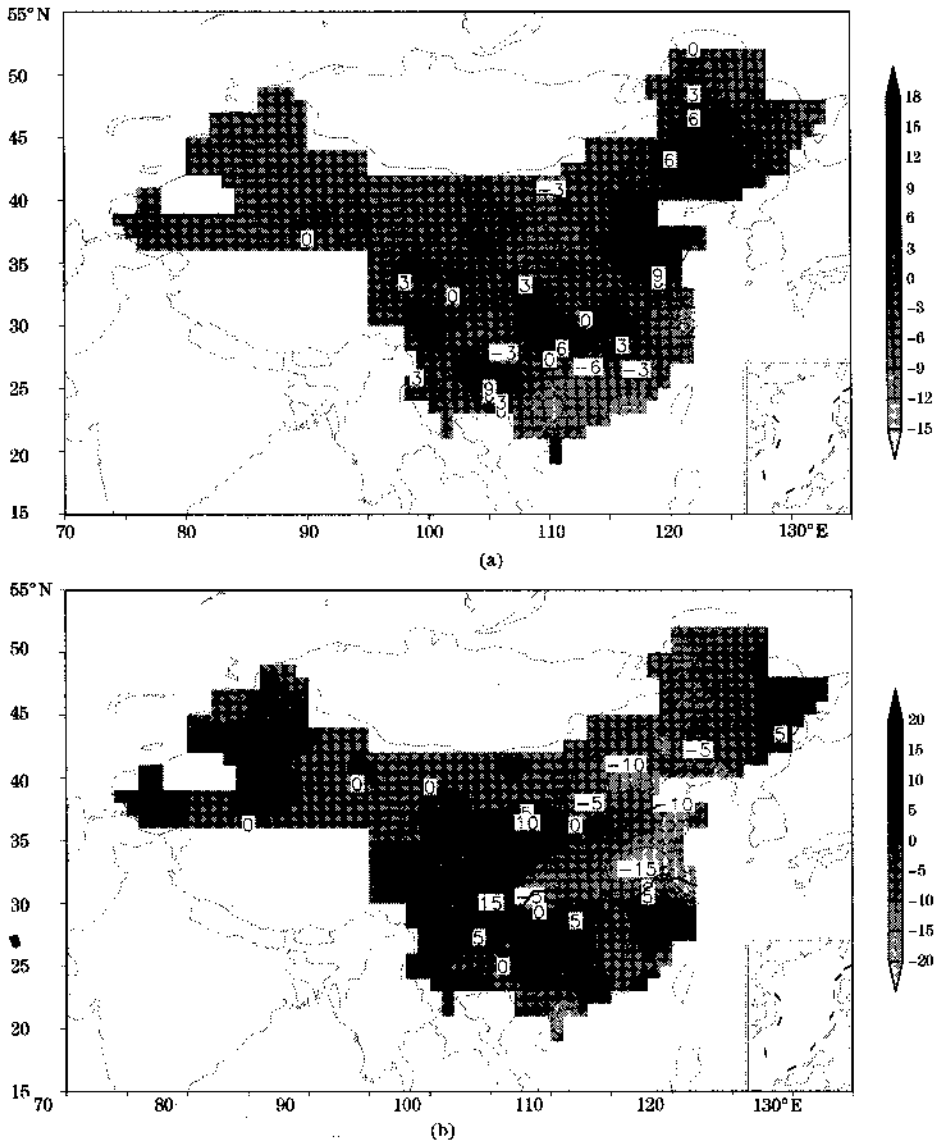


图9 赤道西太平洋地区对流强弱期中国夏季降水量距平合成图

(a) 为强对流期 (b) 为弱对流期（单位：mm·day^{-1}）

可以为我国东部和南部地区的强对流天气过程的监测和预报提供某些线索。

(2) 运用求得的表征热带西太平洋地区(5°S～5°N、125°～165°E) 对流活动强弱的指数，经过对比分析，发现赤道西太平洋地区的对流活动与南海北部地区到菲律宾东部一带的对流活动基本为反相关系。

(3) 我国夏季降水与赤道西太平洋地区对流活动相关密切。当赤道西太平洋地区的对流活动强时，长江中下游流域、淮河流域、华北和东北南部地区夏季降水偏多，而黄河中上游、华南和东南沿海地区的夏季降水偏少；而当赤道西太平洋地区的对流活动弱时，情况则基本相反。

参考文献

[1] Tao Shiyan, Chen Longxun. A Review of Recent Research on the East Asian Summer Monsoon in China. Monsoon Meteorology [M]. Oxford University Press, 1987: 60-92.

[2] Zhu Qiangen, He Jinhai, Wang Panxing. A Study of the Circulation Differences between the East Asian and Indian Summer Monsoon with Their Interaction [J]. Adv. Atmos. Sci., 1986, 3: 466-477.

[3] 金祖辉，陶诗言. 南海夏季风建立、活跃和中断的特征 [J]. 气候与环境研究，2002，7 (3)：262-278.

[4] 王斌，樊真. 论南亚季风指数的选择 [C] //中国科学院大气物理研究所编. 东亚季风和中国暴雨. 北京：气象出版社，1998：170-183.

[5] 江吉喜，覃丹宇，刘春霞. 基于卫星观测的南海和东亚夏季风指数初探 [J]. 热带气象学报，2006，22 (5)：423-430.

[6] 陈隆勋，朱乾根，罗会邦，等. 东亚季风 [M]. 北京：气象出版社，1991：304-327.

[7] M. G. 汉密尔顿. 广东省热带海洋气象研究所译. 南亚夏季风 [M].. 广东：广东省气象局，1984：22-31.

[8] 黄荣辉，孙凤英. 热带西太平洋暖池的热状态及其上空的对流活动对东亚夏季气候异常的影响 [J]，大气科学，1994，18 (2)：141-151.