

# 春末初夏异常环流对云南雨季开始期的影响

刘 瑜<sup>1</sup>, 赵尔旭<sup>2</sup>, 黄 玮<sup>1</sup>, 朱 勇<sup>1</sup>, 陶 云<sup>1</sup>

(1. 云南省气候中心, 云南 昆明 650034; 2. 云南省气象科技服务中心, 云南 昆明 650034)

**摘 要:** 通过小波分析表明云南目前处于雨季开始期偏早的年代际变化中。2006 (2005) 年是云南雨季开始特早 (晚) 的异常年, 把这 2 个雨季开始期相反的极端异常年进行对比分析, 发现云南雨季偏早 (晚) 的 4 月主要环流特征差异是: 200 hPa 对流层东西风交界线比多年平均偏北 (南); 500 hPa 中高纬环流有 (不) 利于冷空气南下; 850 hPa 北印度洋赤道纬向西风较常年偏强 (弱), 孟加拉湾南部苏门答腊岛附近的对流较常年偏强 (弱)。

**关键词:** 云南雨季; 环流; 纬向风; 对流

**中图分类号:** P434

**文献标识码:** A

## 引 言

近年来, 在全球不断出现极端气候事件的同时, 云南也不断出现极端气候事件, 特别是初夏降水变化异常突出。1999 ~ 2004 年云南连续 6 a 初夏降水偏多至特多, 雨季开始期偏早至特早。2005 年初夏云南出现了 50 a 一遇的特大严重干旱, 初夏降水破有气象记录以来的历史极少值, 雨季开始期偏晚至特晚。2006 年云南雨季开始期打破历史同期最早记录, 大部分县市的雨季开始期为偏早至特早, 与 2005 年形成鲜明的对比。从短期气候预测的角度出发, 云南的雨季开始期预测由于预测时间早、环流变化快及所影响的物理因子难以确定等而使得预测难度相当大。因此, 云南的雨季开始期预测一直是云南短期气候预测研究课题的重中之重。同时, 由于云南雨季开始期早晚对工农业生产影响巨大, 也是云南省委、省政府及各有关部门最为重视的气象服务工作。

云南干湿季分明, 一年中 90% 左右的降水都集中于雨季 (5 ~ 10 月), 而干季 (11 月至次年 4 月) 的降水总量仅占全年的 10% 左右<sup>[1]</sup>。近年来, 刘瑜<sup>[2-4]</sup>等人研究了云南雨季开始期偏早的环流特征及 2005 年云南严重的初夏干旱成因, 陶云<sup>[5]</sup>等人对云南雨季开始期的演变特征进行了分析, 赵尔旭<sup>[6]</sup>等人对东南亚夏季风的爆发对云南雨季开始期的影响作了深入研究。另外, 还有很多对近年来云南初

夏异常降水的研究<sup>[7-10]</sup>, 这些大量工作均表明了研究云南雨季开始期的重要性。但从临近云南雨季开始期的高空逐日监测和低层对流变化来预测云南雨季开始期是否异常目前还没有人做过。近年云南不断出现新的气象历史记录, 特别是 2005 年初夏及 2006 年初夏的一旱一涝, 雨季开始期呈现明显的 2 个极端, 给气候预测工作带来极大的考验。有必要对雨季开始偏早与偏晚的极端年份进行分析, 这对提高云南雨季开始期气候预测能力具有重要意义。

## 1 资 料

所用资料主要包括云南 1951 ~ 2006 年 16 个代表站的雨季开始期、初夏 (4 ~ 5 月) 逐日降水资料、NCEP/NCAR 再分析资料集中的 1951 ~ 2006 年 200 hPa、850 hPa 资料, NOAA 的 1979 ~ 2006 年向外长波辐射 (OLR) 资料。

## 2 云南雨季开始期特征

由于云南地域宽广、地形复杂, 全省雨季开始期各年、各站都不相同。因此应用 EOF 分析方法对云南 16 个代表站 1961 ~ 2002 年的雨季开始期资料进行分析, 得出云南的雨季开始期具有较为明显的特征: 即全省雨季开始的一致型<sup>[5]</sup>。同时由于云南 15 个代表站与昆明站的雨季开始期的相关性较好, 所以用昆明站作为云南雨季开始期的代表站来进行云南

收稿日期: 2007 - 08 - 08; 改回日期: 2007 - 09 - 02

作者简介: 刘瑜 (1958 - ), 女, 汉族, 云南人, 高级工程师, 主要从事短期气候预测和研究工作. E-mail: cqkly@163.com

雨季开始期的时空特征研究。图 1 是云南雨季开始期距平的时间演变序列,负距平表示雨季开始期偏早,反之偏晚。从图中可以看出,云南雨季开始期存在明显的年际变化特征:1963、1969、1977、1987、1997 及 2005 年云南大部地区的雨季较历史同期偏晚了 4 候以上,为云南的雨季特晚年,偏晚最多的是 1977 年,偏晚 7 候。1956、1964、1976、2000 及 2006 年大部地区的雨季偏早 4 候以上,为云南雨季的特早年,偏早最多的是 1964 年和 2006 年,偏早 5 候,是有历史记录以来最早的年份。由 Morlet 小波分析(图略)可得出,云南雨季存在明显的 40 a 左右长周期,28 a 左右的年代际周期和 8 a 左右的年际周期,但小波方差分析出云南雨季开始期的年代际或更长周期的变化最显著,而年际变化相对较弱。各种分析均表明:年代际或更长周期内云南雨季开始期仍处于一个雨季开始期相对偏早的时期,而 8 a 周期分析表明云南雨季已经开始转入另一个雨季开始期的相对偏晚时期<sup>[5]</sup>。因此要做好云南雨季开始期的短期气候预测,必须对云南雨季开始期的年代际或年际变化有所了解,才能有效地做好预测服务工作。

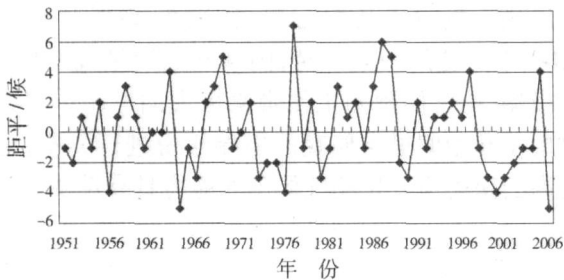


图 1 云南雨季开始期时间演变距平

Fig 1 The time series of the beginning anomaly of Yunnan rainy season

由图 1 还可清楚看到:继 2005 年云南雨季出现特晚之后,2006 年云南的雨季又转为特早,恢复到前面(1998~2004 年)雨季偏早年的平衡态中,而且比 1998~2004 年更早,并平了 55 a 来云南雨季开始特早的历史记录。2006 年由于雨季开始期偏早,降水强度大,4 月 28~30 日的 3 d 内全省出现了一次全省性的强降水天气过程。这次过程共出现中雨 83 县次,大雨 34 县次,暴雨 6 县次,这在春季的 4 月是极为罕见的。这次过程不仅造成整个 4 月全省降水量偏多至特多,使 4 月下旬全省降水总量陡增了 2~4 倍。云南全省共有 82 个县市降水为偏多至特多(图 2),占全省的 66.1%。其中有 70 个县市偏多 6 成以上,占全省总数的 56.5%(图略)。云南干

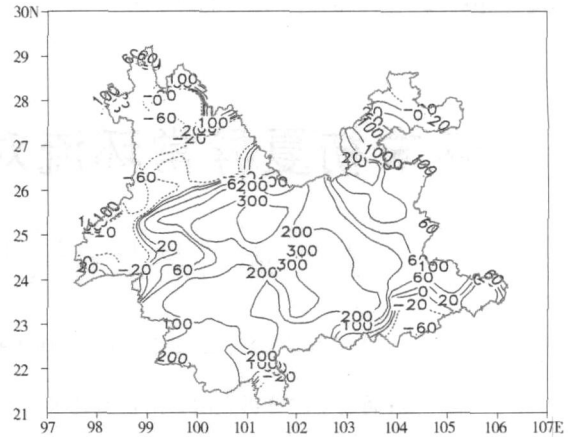


图 2 云南 2006 年 4 月下旬降水距平百分率(单位:%)

Fig 2 The percentage of the precipitation anomaly in the third ten-day of April of 2006 in Yunnan

湿季分明,在干湿季分别对应着楚雄、玉溪和滇南的红河、普洱及临沧等州市。楚雄州南华县较历史同期偏多 4 倍以上。同时,建水(294%)、开远(193%)、个旧(265%)、蒙自(238%)、红河(335%)、元江(394%)、临沧(258%)、耿马(213%)及双江(286%)等 9 县(市)的旬降水量创造了新的历史同期最多记录。

### 3 云南雨季偏早年与偏晚年的前期高空环流

不同的高空环流特征:冬季型和夏季型环流。在正常年份冬季型环流向夏季型环流转变时,云南雨季开始期一般在 5 月下旬前后。但当高空环流的季节转换出现异常时,云南雨季就会出现异常。因此,将偏早年和偏晚年及平均年份的高空 200 hPa 逐日平均纬向风随时间、纬度的变化作一合成分析。

有关研究指出,孟加拉湾地区 200 hPa 风场对季节转换有着明显的指示意义:冬季环流为强西风,夏季为东风控制<sup>[9]</sup>。因此,我们做了 30 a(1971~2000 年 4 月 1 日~5 月 31 日)80°~100°E 逐日平均纬向风时间纬度变化图(图 3 上)。可以看出,在平均状况下,孟加拉湾地区的西风层在 4 月是很稳定的,东西风交界基本是在 10°N 左右,位于 28°N 附近的西风急流中心风速约 35~40 m/s。这支西风急流中心强度 4 月下旬开始减弱,维持在 25~30 m/s 之间,位置逐渐北抬至 30°~40°N 之间,并趋于稳定。10°N 以南的东风层 5 月上旬末至中旬开始增强至 10 m/s 以上,并同时加强北抬,东风层稳定建立,季节转换基本完成。因此,为了掌握云南雨

季开始早晚前期的典型特征,我们把 1963、1969、1977、1987、1997、2005 年偏晚年及 1956、1964、1976、2000、2006 年偏早年的 200 hPa 相同时段也作逐日平均纬向风随时间、纬度变化图,分析发现两者有着明显的区别:偏早年(图 3 中),低纬东风层范围明显偏北,强度偏强,10 m/s 东风出现日期比平均年份偏早 1 个月。西风急流轴位置差别虽然不大,但 20 m/s 的范围明显比平均年份偏北 10 个纬度。4~5 月 30°~60°N 基本被 20~30 m/s 强西风占据。西风强度比平均年份强 10~20 m/s。相反,偏晚年(图 3 下)低纬度东风层明显偏南,东西风交界的 0 线在 4 月基本位于 8°N 以南。虽然 4 月上旬

出现 2 次 5 m/s 的东风,但均位于 5°N 以南,并很快消失。4 月 16 日左右仅维持弱东风,风速 < 5 m/s,直至 5 月 1 日左右才出现 5 m/s 的东风,10 m/s 以上的强东风一直到 5 月 24 日才稳定出现,比多年平均偏晚了 16 d 左右。西风急流轴 4 月与多年平均接近,但是,强西风的范围与偏早年一样,面积偏大,强度偏强。因此,由以上分析得出,云南雨季偏早(晚)年 200 hPa 东风层偏强(弱),东西风交界 0 线明显偏北(南),季节转换较常年偏早(晚)。2005 年和 2006 年 200 hPa 风场演变与偏晚年和偏早年极为相似。

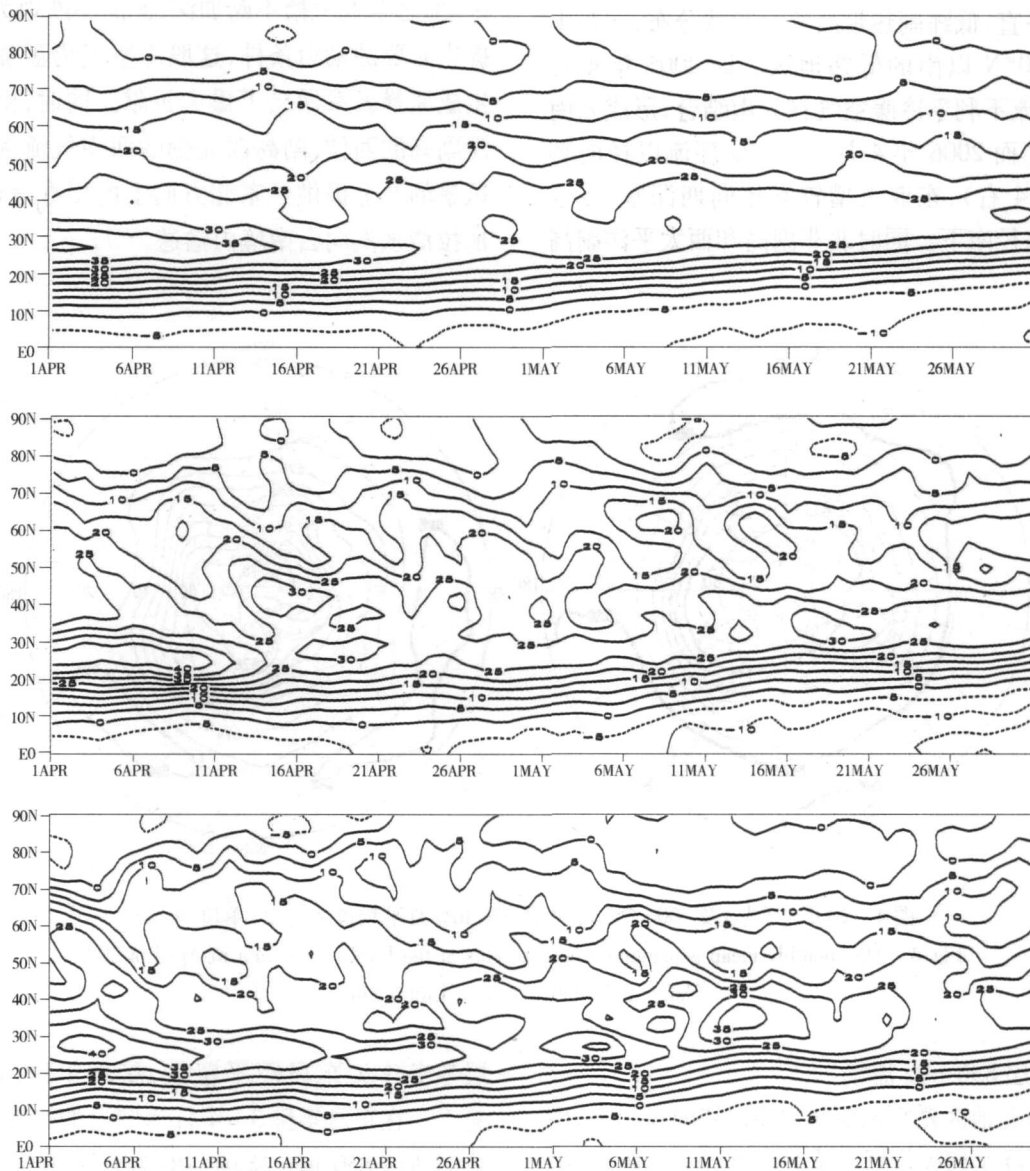


图 3 200 hPa 逐日平均纬向风多年平均(上)、云南雨季开始偏早年(中)及雨季开始偏晚年(下) 80°~100°E 纬度时间剖面图

Fig 3 The zonal-time sections of daily mean zonal wind at the level of 200 hPa (longitude: 80°-100°E) (The top for average during 1971-2004, the middle for years of early beginning and the bottom for years of late beginning of Yunnan rainy season)

## 4 云南 2005年雨季偏晚年与 2006年雨季偏早年的对比分析

2006年与 2005年云南初夏降水有着本质差别:2005年云南雨季特晚,初夏干旱破 50 a历史记录,而 2006年云南雨季开始期特早,偏早日期平有气象记录以来的最早记录。因此,把这 2 a的雨季开始期的环流特征作一对比分析,对提高云南雨季开始期的预测有一定帮助。

### (1) 500 hPa环流

2005年 4月 500 hPa北半球大部地区为正距平覆盖(图 4左),极地有弱的小片负距平区,中高纬环流较为平直,低纬副热带高压呈带状分布,在东半球控制了 20°N 以南的低纬地区。即 2005年 4月 500 hPa环流不利于冷暖空气在云南结合,形成云南干旱天气。而 2006年 4月 500 hPa环流以径向环流为主(图 4右),东亚大槽较常年同期深厚,冷空气沿偏南路径南下。同时北非副高和西太平洋副高

均较常年偏强(高度明显不如 2005年),但孟加拉湾地区从低层到高层均存在明显的辐合区,东亚大槽底部不断将冷空气往南输送,给孟加拉湾风暴带来的水汽提供了有力扰动条件,使北上的孟加拉湾风暴云系发展,给云南带来大量的水汽。实际上,4月上旬北半球 500 hPa的极涡也很弱,中高纬度环流较为平直,西太平洋副热带高压强度偏强、面积偏大,且明显偏西,不利于冷空气的南下。4月中旬中高纬度环流开始调整,径向环流加强,东亚大槽南压。5月下旬,西太平洋副高继续西进,北非副高维持在印度半岛附近。两高之间形成一个深厚的低值区,加之东亚大槽不断加深,源源不断地为孟加拉湾提供必要的动力条件,这股冷空气为孟加拉湾地区生成风暴云系做出了重大贡献。同时,由于西太平洋副高的西伸,副高西北侧的西南气流为孟加拉湾风暴的北上提供了东北方向上的引导气流,引导孟加拉湾水汽向云南境内输送。

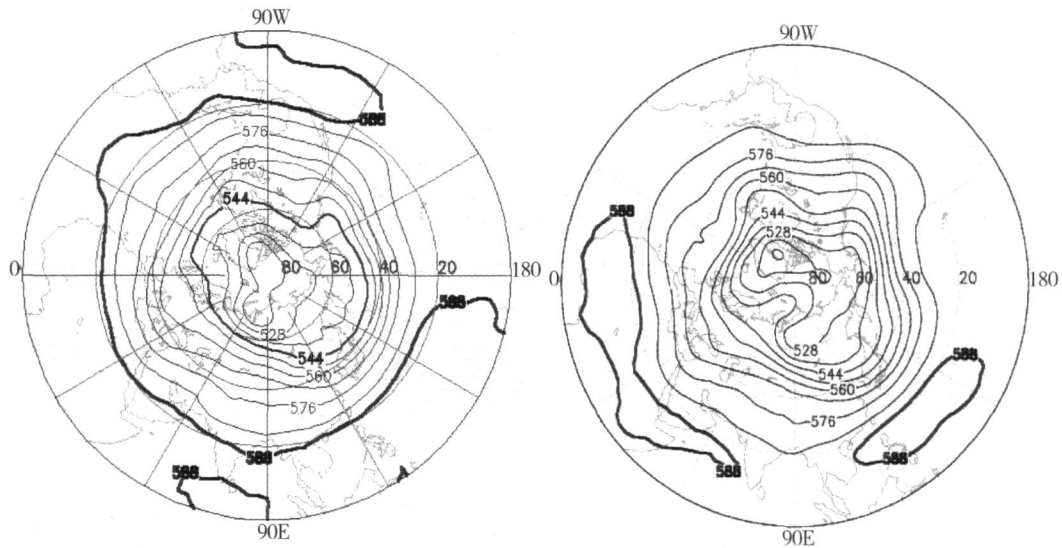


图 4 2005年(左)及 2006年(右)4月 500 hPa月平均位势高度(单位: gpm)

Fig 4 The monthly mean geopotential height fields at the level of 500 hPa in April of 2005 (left) and 2006 (right) (Unit gpm)

### (2) 低层 850 hPa流场

由于南亚地区夏季风期间主要以纬向风为主,而与云南初夏降水相关最好的是北印度洋赤道附近(0°~6°N, 70°~100°E)的纬向风,相关系数 > 0.4。从 2006年 4月逐候的 850 hPa风场可明显看出,相关区域的纬向西风明显偏强,有利于云南初夏降水偏多。另外从季节转换的角度看,孟加拉湾地区 850 hPa低

层冬半年为东风距平覆盖,夏半年为西风距平覆盖<sup>[9]</sup>。在正常年份 3~4月为明显的过渡期,即孟加拉湾地区 850 hPa流场一般为 0距平覆盖区。2005年,整个 4月孟加拉湾地区仍维持着明显的冬季型环流,4月还存在明显的强东风距平区(图略),说明 2005年季节明显推后至少 1个月,甚至更多。2006年从 4月 1候开始,孟加拉湾地区的风场就明显表现

出夏季极不稳定的特征,与 2005 年有较大差别。2006 年 4 月 1 候开始,在南海南部附近的加里曼丹岛就有明显的气旋性环流生成。第 2~3 候,随着西太平洋副高的西进,异常西风的加强,将加里曼丹岛的气旋性环流向西推进,进入孟加拉湾,同时,北非副高明显东进,与西太平洋副高形成了辐合区,在孟加拉湾南侧的中印度洋洋面也出现一个气旋式涡旋,与孟加拉湾的低压形成明显的涡旋对,这种形势出现时间较历史同期明显偏早。第 4 候,西太平洋副高减弱东退,北非副高加强东进至阿拉伯海附近。第 5 候北非副高继续加强东进,最东点已接近印度半岛,此时由于高层冷空气的加入,孟加拉湾的低压与赤道南侧的低压得到加强发展。西第 6 候,太平洋副高突然加强西进,促使成熟的孟加拉湾风暴沿着副高外围的东北气流北上,减弱的同时与北方冷空气交汇在云南上空,形成云南的强降水天气。

### (3) 低纬 OLR 距平场

图 5(左)是 4 月 OLR 距平与云南初夏降水的相关图。苏门答腊岛附近的孟加拉湾南部和南海南部的 OLR 距平场与云南初夏雨量有较好的负相关,相关系数达  $-0.55$  以上,信度为  $0.01$ ,表明云南初

夏降水与孟加拉湾南部和南海南部的对流强弱密切相关。2005 年 OLR 距平场(图 5 中)则与典型的少雨年完全相似,苏门答腊岛附近的孟加拉湾南部及南海南部为正距平控制,表明这一带的对流较弱,没有水汽堆积。2006 年 4 月 OLR 平均距平场(图 5 右)与 2005 年的分布完全相反:2006 年 4 月苏门答腊岛附近的孟加拉湾南部及南海南部的 OLR 距平场为一片  $< -20 \text{ W/m}^2$  的负距平控制,表明这一带地区的对流旺盛,一旦有合适的引导气流,非常有利于水汽向北输送。另外,从逐候的分布来看,4 月 1 候菲律宾以东至中南半岛南部及以南的加里曼丹岛均为较强的对流发展区。2~3 候,中南半岛的深对流开始北抬并有所减弱,但此时的赤道印度洋对流开始发展并加强。4~5 候,赤道印度洋对流发展旺盛,孟加拉湾强对流迅猛发展。第 5 候已发展到  $-80 \text{ W/m}^2$  以上,同时,菲律宾对流持续发展加强。第 6 候成熟的孟加拉湾风云系沿着副高外围的引导气流东北移动,对云南及以东的大部地区带来丰沛的水汽。因此,4 月孟加拉湾南部对流偏强(弱),云南雨季开始早(晚),4 月孟加拉湾南部水汽的多少是直接影响云南的雨季开始早迟的关键。

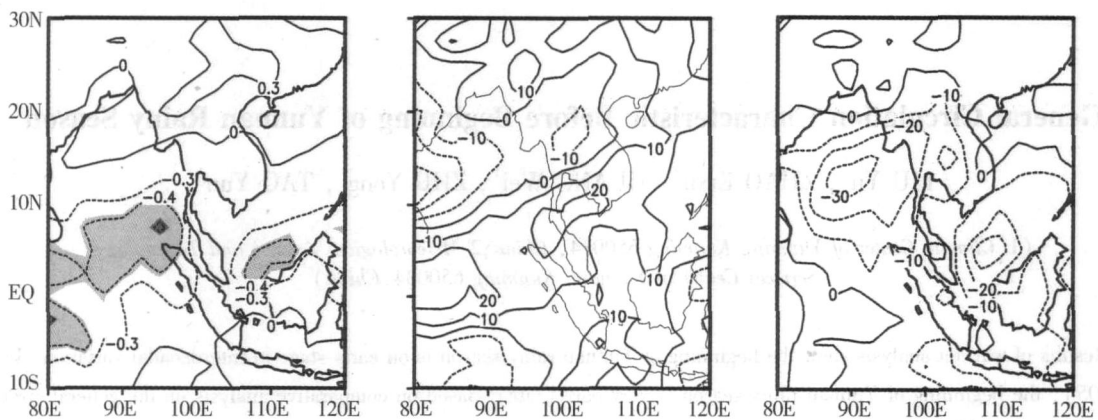


图 5 2005 年 4 月 OLR 距平场与云南 5~6 月降水相关图(左)、2005 年 4 月 OLR 距平场(中)及 2006 年 4 月 OLR 距平场(右)

Fig 5 The correlation between OLR anomaly field in April and Yunnan precipitation in May and June (left) and OLR anomaly fields in April in 2005 (middle) and 2006 (right)

### (4) 水汽输送

从水汽输送图(图略)上也可以看出,从 2006 年 4 月上旬起整个西太平洋及印度洋上空均分布着较强的水汽,孟加拉湾南侧的赤道附近整个 4 月一直维持较强的西风气流,这种分布极象夏季的环流分布特征,因此不断有水汽向东北方向输送。特别

是当西太平洋副高加强西伸时,这股水汽被迫沿着副高外围路径向东北移动,进入云南并影响云南及以东地区。而 2005 年 4 月孟加拉湾南侧的赤道附近为东风控制,没有水汽的引导气流,再加之  $850 \text{ hPa}$  风场仍维持冬季型环流,季节转换明显推迟,不利于水汽向北输送,而形成云南初夏干旱。

## 5 结 论

(1)虽然 2005年云南初夏严重干旱,但从云南雨季开始期的年代际或长期变化周期看,近年来云南仍处在雨季开始期相对偏早的年代。

(2)云南雨季开始期偏早(晚)的4月,在低纬地区维持的东风层明显偏北(南),东西风分界线也偏北(南)。平均年份西风急流轴到5月中旬开始北抬,偏早年北抬时间早,反之,偏晚。因此,2006(2005)年云南雨季特早(晚)的主要原因是对流层上部的东风层建立偏早(晚),季节转换偏早(晚)。

(3)500 hPa环流的引导气流对冷空气是否向南输送是影响云南雨季开始期偏早(晚)的重要系统。2006年4月500 hPa东亚槽深厚,北非副高及西太平洋副高持续偏强,为孟加拉湾风暴的生成、加强及移动创造了良好的环境场条件,北上路径有利于云南降水。2005年中高纬环流平直,不利于冷空气南下,造成云南初夏干旱。

(4)4月苏门答腊岛附近的对流强(弱)是云南初夏降水偏多(少)的关键。2006(2005)年4月孟加拉湾及南部的大部地区的OLR负(正)距平中心

值已达 $-30(+10)W/m^2$ ,非常有(不)利于初夏云南降水。

### 参考文献:

- [1] 秦剑, 琚建华, 解明恩. 低纬高原天气气候 [M]. 北京: 气象出版社, 1997. 18 - 19.
- [2] 刘瑜, 马振峰, 陶云, 等. 云南 2002年雨季偏早的环流特征分析 [J]. 高原气象, 2003, 22 (增刊): 102 - 109.
- [3] 刘瑜, 赵尔旭, 孙丹, 等. 东南亚地区夏季风异常对云南 2005年初夏干旱的影响 [J]. 气象, 2006, 32 (6): 91 - 96.
- [4] 刘瑜, 赵尔旭, 黄玮, 等. 2005年初夏云南严重干旱的诊断分析 [J]. 热带气象学报, 2007, 23 (1): 35 - 40.
- [5] 陶云, 郑建萌, 万云霞, 等. 云南雨季开始期演变特征分析 [J]. 气候与环境研究, 2006, 11 (2): 229 - 235.
- [6] 赵尔旭, 吕俊梅, 琚建华. 东南亚地区夏季风爆发对云南雨季开始的影响 [J]. 热带气象学报, 2006, 22 (3): 209 - 216.
- [7] 刘瑜. 云南雨季早迟的气候特征分析 [J]. 气象, 2000, 26 (7): 45 - 49.
- [8] 刘瑜, 解明恩. 1997年云南严重初夏干旱的诊断分析 [J]. 气象, 1998, 24 (8): 50 - 56.
- [9] 晏红明, 肖子牛, 王灵. 孟加拉湾季风活动与云南 5月降雨量 [J]. 高原气象, 2003, 22 (6): 624 - 630.
- [10] 秦剑, 解明恩, 刘瑜, 等. 云南气象灾害总论 [M]. 北京: 气象出版社, 2000. 16 - 64.

## General Circulation Characteristic Before Beginning of Yunnan Rainy Season

LU Yu<sup>1</sup>, ZHAO Erxu<sup>2</sup>, HUANG Wei<sup>1</sup>, ZHU Yong<sup>1</sup>, TAO Yun<sup>1</sup>

(1. Climate Center of Yunnan, Kunming 650034, China; 2. Meteorological Science and Technology Services Center of Yunnan, Kunming 650034, China)

**Abstract:** Results of wavelet analysis show the beginning of Yunnan rainy season is on early stage in interdecadal variation. In the year of 2006(2005), the beginning of Yunnan rainy season is very early( late). Based on comparative analysis on the general circulation of the two very different years, it is found that the main difference of general circulation characteristic for the early( late) beginning of Yunnan rainy season is in April, namely, the boundary between the easterly and westerly wind at the level of 200 hPa lies northward( southward); the general circulation of mid - high latitude at the level of 500 hPa is( isn't) helpful for cold air to move southward; the equatorial zonal westerly wind of the North India Ocean at the level of 850 hPa is stronger(weaker) than that in normal years, and the convection around Sumatra is stronger(weaker) than that in normal years

**Key words:** rainy season of Yunnan; general circulation; zonal wind; convection