

东亚季风涌对我国东部大尺度降水过程的影响分析

琚建华¹ 孙丹² 吕俊梅³

1 中国气象局培训中心, 北京 100081

2 云南大学大气科学系, 昆明 650091

3 中国气象科学研究院, 北京 100081

摘要 将NECP/NCAR资料中850 hPa纬向风分量进行30~60天带通滤波,用大气季节内振荡(ISO)来表征东亚夏季风涌的活动特征。研究表明,长江中下游地区和淮河流域分别出现涝年时,都伴有很显著的季风涌向北传播的特征。季风涌的北传实质就是季风中来自热带地区ISO的向北传播。季风涌北传过程中,得到来自东西两侧纬向传播的ISO补充。纬向传播的ISO在110°E~120°E附近汇合后增强自热带地区向北传的季风涌,使得季风涌在经向上可以继续向北传播,并对我国东部地区夏季大尺度降水过程产生一定的影响。纬向补充的ISO特征差异对我国东部大尺度降水位置会产生一定的差异。

关键词 季风涌 季节内振荡 纬向传播 经向传播 大尺度降水

文章编号 1006-9895(2007)06-1129-11

中图分类号 P461

文献标识码 A

The Influence of the East Asian Monsoon Stream on the Large-Scale Precipitation Course in Eastern China

JU Jian-Hua¹, SUN Dan², and LÜ Jun-Mei³

1 Training Centre of China Meteorological Administration, Beijing 100081

2 Department of Atmospheric Science, Yunnan University, Kunming 650091

3 Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081

Abstract The NCEP/NCAR 850 hPa zonal wind reanalysis data are calculated by using the band-pass filter to study the atmospheric intraseasonal oscillation, which can express the activity character of the East Asian summer monsoon stream. The results show that the mid to lower reaches of the Yangtze River and the Huaihe River basins during the flood years are characterized by the monsoon stream propagating northward. The essence of it is the Intraseasonal Oscillation (ISO) in the monsoon transfer from the tropical region to northward. In the northward propagation courses of the monsoon stream it is supplied by the ISO, which has zonal east and west propagations. The ISO in the zonal propagation will converge in 110°E-120°E, and then reinforces the ISO which propagates northward here. This reinforcement can make the ISO keep on propagating northward, which will have some influence on the summer large-scale precipitation course in eastern China. Otherwise the difference of the ISO zonal reinforcement may result in the difference of large-scale rainfall positions in eastern China.

Key words monsoon stream, intraseasonal oscillation, zonal propagation, meridional propagation, large-scale precipitation

1 引言

我国地处东亚季风区。夏季风爆发和盛行期间

是我国的雨季或汛期,也是我国的暴雨季节,往往容易造成旱涝等灾害性天气、气候的发生。很多学者研究表明,东亚季风的异常不仅表现出显著的季

节和季节内变化,还存在着年际时间尺度上的变化,其中季节内变化主要是30~60天季节内振荡(Intraseasonal Oscillation,简称ISO)。

自从20世纪70年代初Madden和Julian^[1,2]首先发现热带地区存在显著的40~50天周期振荡以来,大气季节内振荡就一直是各国科学家关注的问题,有不少学者进行了一系列的研究,取得不少研究成果。Yasunari^[3]曾讨论过ISO与夏季风的关系。Krisnamurti等^[4]分析了MONEX资料,指出南亚季风槽的活动存在着30~50天振荡,而且这种振荡有缓慢向北传播的特征,认为夏季风的爆发、活跃和中断与ISO有关。李崇银^[5]认为,强、弱南海夏季风年850 hPa大气ISO的流场有着显著的差异。另外,夏季风的爆发也与ISO关系密切,当菲律宾以东大气ISO的强烈发展及其向西扩展对南海地区大气ISO活动有重要作用。

据建华等^[6,7]研究发现,东亚夏季风期间有明显的季风涌向北传播。季风涌的实质是东亚夏季风中的30~60天季节内振荡(ISO)。东亚夏季风中ISO在不同纬度的量值不仅表征夏季风的活动,还可以很好地描述江淮梅雨的开始。东亚强季风涌年,准30~60天振荡的影响显著,容易造成长江中下游多雨;东亚弱季风涌年,准30~60天振荡减弱,10~20天低频振荡为主要的振荡周期,容易造成长江中下游干旱。季风涌通常起源于南海并向北传过30°N,而在30°N以北常有明显的中高纬度ISO向南传播^[8,9]。当低纬度地区活跃的季风涌在向北传播过程中,与中高纬地区向南传播的大气ISO在江淮流域汇合,使得江淮流域降水偏多;在有的年份,虽然大气ISO可向北传播,但来自中高纬度的ISO向南传播却很不明显,这种情况下江淮流域容易发生干旱^[10]。东亚热带季风涌北上,有利于热带暖湿气流不断地输送到长江流域上空。当北上的热带季风涌和南下的中高纬度冷空气交汇纬度不同时,雨带位置也有差异^[11]。而ISO的纬向传播在热带地区虽然多表现出向东移动的特征,但即使在赤道也时常可见向西移动的情况,而在赤道地区以外的东亚副热带大气中,季节内振荡更以西传为主^[12~15]。通过对逐年夏季情况的分析表明,无论当年东亚夏季风强弱与否,在东亚副热带季风区所有涝的年份里,太平洋同一纬带上大气ISO向西传播都明显较强,而在这些区域绝大多数旱的年

份里,相应的ISO向西传播明显较弱,表明太平洋上ISO向西传播的强或弱,是东亚夏季风区降水偏多或偏少的重要条件^[16]。

已有的研究表明,东亚夏季风的季节内振荡可以表现为随时间向北传播的季风涌^[6],探讨东亚季风涌对我国东部地区夏季降水过程的影响,也即是探讨ISO的活动与我国东部地区夏季降水的关系,弄清二者之间的联系对于我国夏季降水的中长期预报有着重要意义。因此,本论文选取江淮流域降水偏多的几个年份,将东亚地区ISO的经向与纬向传播特征结合起来进行分析,研究其传播特征以及对我国东部地区夏季降水的影响。

2 资料

本文所用的资料主要包括:NCEP/NCAR再分析大气环流逐日风场资料^[17];长江中下游地区和淮河地区的夏季逐日降水资料;中国160个测站月平均降水资料。其中,按照中国气象局国家气候中心气候预测室定义的长江中下游地区17个测站和淮河地区9个测站的区域平均逐日观测雨量分别作为这两个地区降水的平均特征^[18]。

为了提取ISO的活动特征,主要使用一维Butterworth函数滤波器进行30~60天带通滤波处理^[13]。

3 大气季节内振荡与江淮流域降水的关系

每年夏季的梅雨期是中国主要雨季之一,对中国东部旱涝灾害的发生有很重要的影响。20世纪90年代以来,我国洪涝灾害频数增加,如1991年淮河、太湖流域大洪水,1996年洞庭湖水系、长江流域、海河流域洪涝,1998年长江全流域性大洪水、1999年长江下游及太湖流域洪涝、以及2003年淮河流域洪涝等。总的来说,洪涝主要发生在长江-淮河地区,但1996年和1998年的洪水集中在长江流域,1991年和2003年的洪涝则是发生在长江与黄河之间的淮河流域。因此,利用中国160个测站月平均降水,计算夏季(6~8月)降水距平值,将1996年和1998年的长江洪水与1991年和2003年的淮河大水作比较,分析不同地方出现强降水过程的具体情况(图1)。

从图1可以清楚地看出,1991、1996、1998和

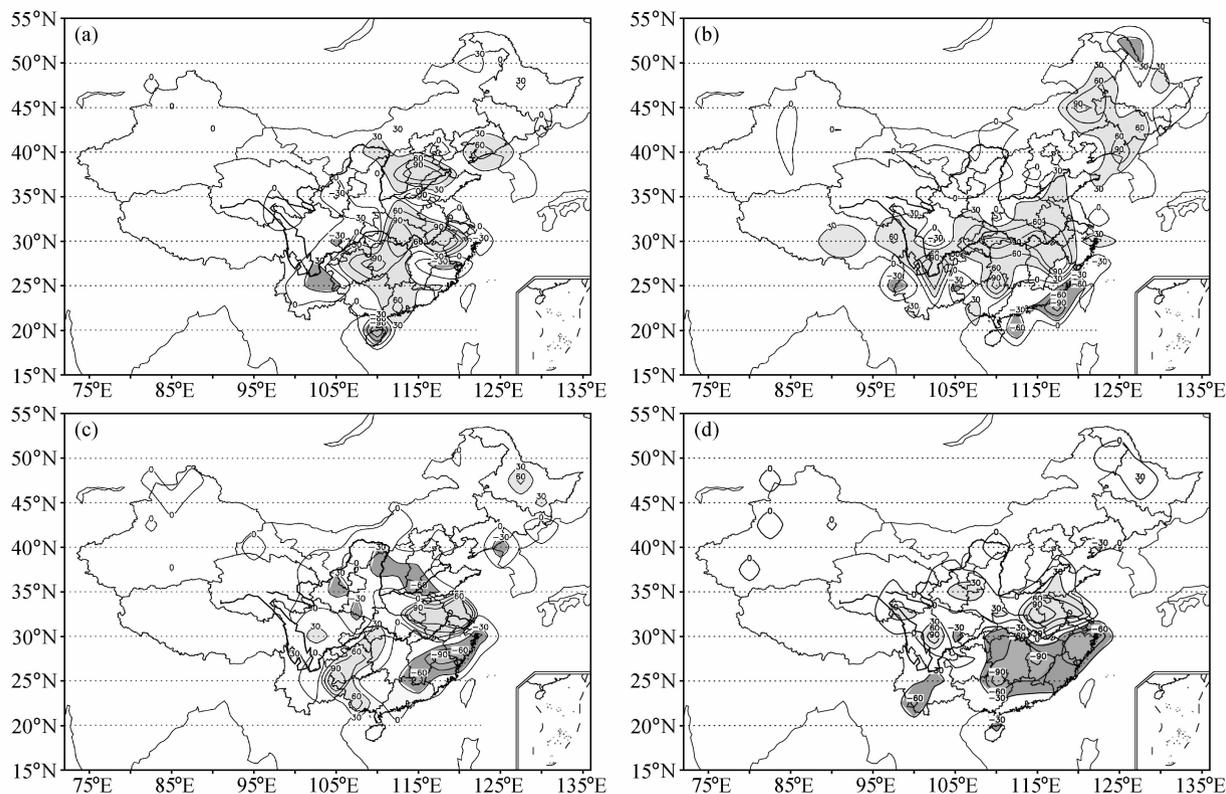


图 1 夏季 (6~8 月) 全国降水距平百分比 (%) 实况: (a)1996 年; (b)1998 年; (c)1991 年; (d)2003 年

Fig. 1 The observed precipitation departure percentage (%) in summer (Jun-Aug) in China; (a) 1996; (b) 1998; (c) 1991; (d) 2003

2003 年江淮流域的降水都较常年偏多, 出现了不同程度的洪涝灾害。但相对来看, 1996 年和 1998 年夏季主要降水分布在 30°N 附近, 即我国长江流域, 其中 1996 年集中在长江中下游地区, 1998 年则是整个长江流域出现大洪水。1991 年和 2003 年夏季降水分布不同于 1996 年和 1998 年, 主要雨带位置偏北, 位于长江和黄河之间的淮河流域, 造成淮河出现全流域性洪涝。

以前的很多研究表明, 东亚夏季风中有强烈的季节内振荡, 在对许多物理量的分析中都可以发现这种 ISO 特征。据建华等^[6]研究发现, 这种 ISO 低频波在我国东部地区的变化与我国盛夏南北两条雨带相对应, 并且表现为随时间向北传播, 因此将这种经向上向北传播的 ISO 称为东亚夏季风涌, 其传播活动对我国江淮地区夏季降水有着重要的影响, 季风涌活动强的年份容易出现洪涝灾害。为了用最简单的方法提取 ISO 活动特征, 我们直接对 850 hPa 纬向风分量进行 30~60 天带通滤波分析, 并在本文中将在东亚夏季风中 850 hPa 纬向风 ISO 的经向北传定义为东亚夏季风涌 (简称季风涌)。1991、

1996、1998 和 2003 年江淮流域都出现洪涝灾害, 为了能更加清楚地认识东亚夏季风涌与江淮流域夏季降水的关系, 将季风涌活动与长江中下游地区和淮河流域降水实况分别进行对比。图 2 给出了 1991、1996、1998 和 2003 年夏季 5~8 月长江中下游地区和淮河流域大气 ISO 与降水随时间的演变图, 实线表示 30~60 天滤波后 850 hPa 纬向风的区域平均, 直方图表示同时间段内区域平均后的逐日降水。其中 1996 年和 1998 年选取的区域为长江中下游地区 (22.5°N~32.5°N, 112.5°E~122.5°E), 并利用长江中下游地区 17 个测站逐日观测雨量平均代表该地区降水特征; 同理, 1991 年和 2003 年选取的区域为淮河流域 (30°N~35°N, 115°E~125°E), 淮河 9 个测站逐日观测雨量平均代表该地区降水特征。

从图 2 中可以看到, ISO 活动的强度变化随时间呈波动形式。与长江中下游地区和淮河流域逐日平均降水相比较, 可以明显地看出波动趋势与降水多寡相对应。1996 年 ISO 活动处于活跃期时长江中下游地区梅雨偏强, 降水主要集中在 6 月底至 7

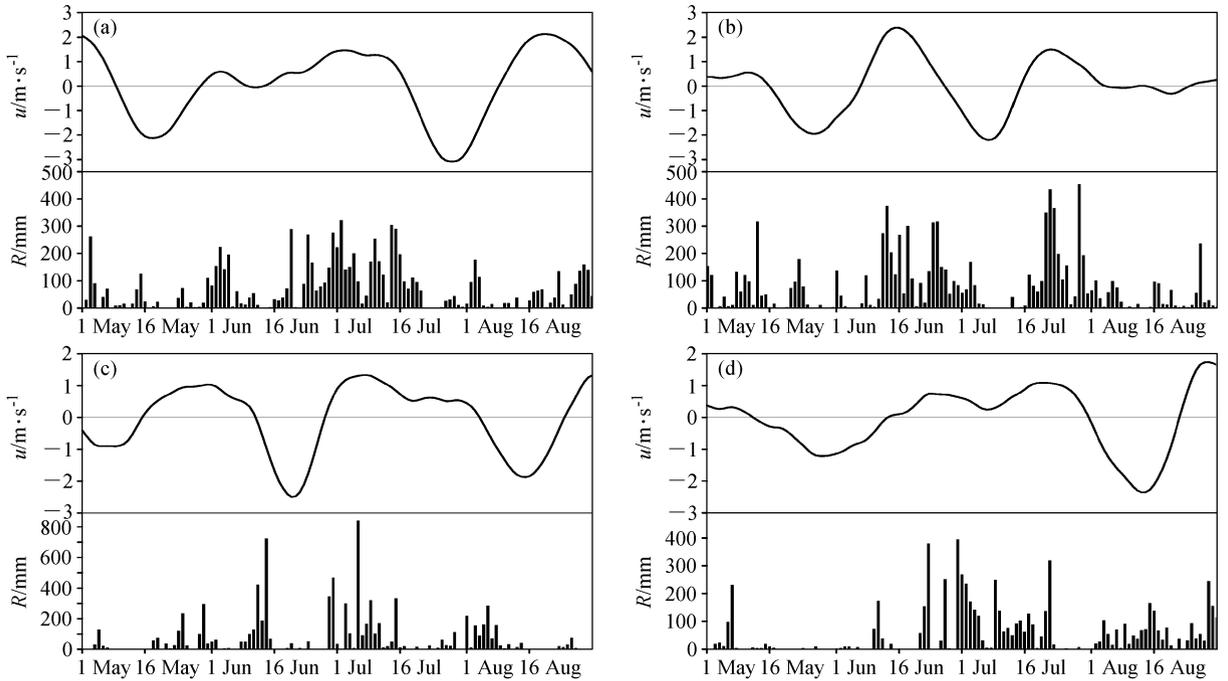


图2 长江中下游地区 (a、b) 和淮河流域 (c、d) 850 hPa 纬向风分量 (u) 30~60 天滤波曲线和区域平均降水 (R) 逐日演变图; (a) 1996 年; (b) 1998 年; (c) 1991 年; (d) 2003 年

Fig. 2 Time series of 850 hPa zonal wind (u) filtered through a 30–60-day band-pass filter (solid line) and regional mean rainfall (R) over the middle-lower reaches of the Yangtze River (a, b) and the Huaihe River basins (c, d); (a) 1996; (b) 1998; (c) 1991; (d) 2003

月中旬,而这段时间表现为 ISO 的波峰阶段。1998 年夏季我国长江流域出现典型的二度梅形势,第一段梅雨期为 6 月 12~28 日,第二段梅雨期为 7 月 20~30 日,从图 2b 中可以看出正是该地区降水的主要时段,同时在这两段时间内季风涌也比较活跃。而当 7 月 1~18 日降水逐渐减少,出现两次季风涌的短暂间歇期时,ISO 活动也在逐渐减弱,位于波谷阶段。这与张顺利等^[19]对 1998 年长江流域暴雨期间季风涌的活动特征分析是一致的。因此可以认为,季风涌活动与长江中下游地区降水有着较好的对应关系。

淮河流域纬度位置比长江中下游地区偏北,主要降水季节也是在夏季梅雨期,但时间上与长江中下游地区稍有不同,并且造成洪涝灾害的降水多以强度大、时间短的暴雨为主。从图 2c 看,造成 1991 年淮河流域大洪水的降水主要有两个阶段,6 月 10~15 日和 7 月 6~11 日左右,虽然时间不长,但强度较大,其中 6 月 14 日和 7 月 6 日两天的日降雨量都超过 700 mm。季风涌刚好在这两个时段传到淮河流域,ISO 活动也分别在这两个时段处于波峰阶段,而 6 月底至 7 月初的两次季风涌间隙期

时 ISO 则位于波谷阶段,此时降水也处于短暂中断时期。同样的特征在 2003 年也有明显表现,说明季风涌活动强弱与淮河流域降水之间依然存在着较好的关系。

长江中下游地区和淮河流域降水相对集中时段正好对应着 ISO 的活跃期,而两段集中降水时段之间的间歇期则对应着 ISO 的不活跃期,由此可以看出夏季东亚地区季风涌的活动对我国东部地区降水过程有着一定的调控作用。有研究表明,ISO 的源地主要位于热带地区的洋面上,然后分别从经向和纬向上移动到副热带地区并对该地区产生作用。下面,我们将具体分析 ISO 在东亚地区的传播情况,以及对长江中下游地区和淮河流域降水影响的差异。

4 大气季节内振荡的传播对江淮流域降水的影响

4.1 长江中下游地区涝年大气季节内振荡的传播特征

大气 ISO 的传播路径主要分为经向传播和纬向传播,两种传播是相互影响、相互作用的。其经

向上传播特征表现为热带地区的季风涌向北传播和中高纬地区的 ISO 向南传播, 而 ISO 的纬向传播则是分别起源于热带印度洋季风区的向东传播以及起源于西太平洋地区的向西传播。首先, 分析东亚地区大气 ISO 传播对长江中下游地区降水的影响, 图

3 给出 1996 年和 1998 年 5~8 月经过 30~60 天带通滤波后的纬向风所表征的大气 ISO 传播路径, 其中图 3a、b 为沿 115°E 经向传播的纬度-时间剖面图, 图 3c、d 为沿 25°N 纬向传播的经度-时间剖面图。

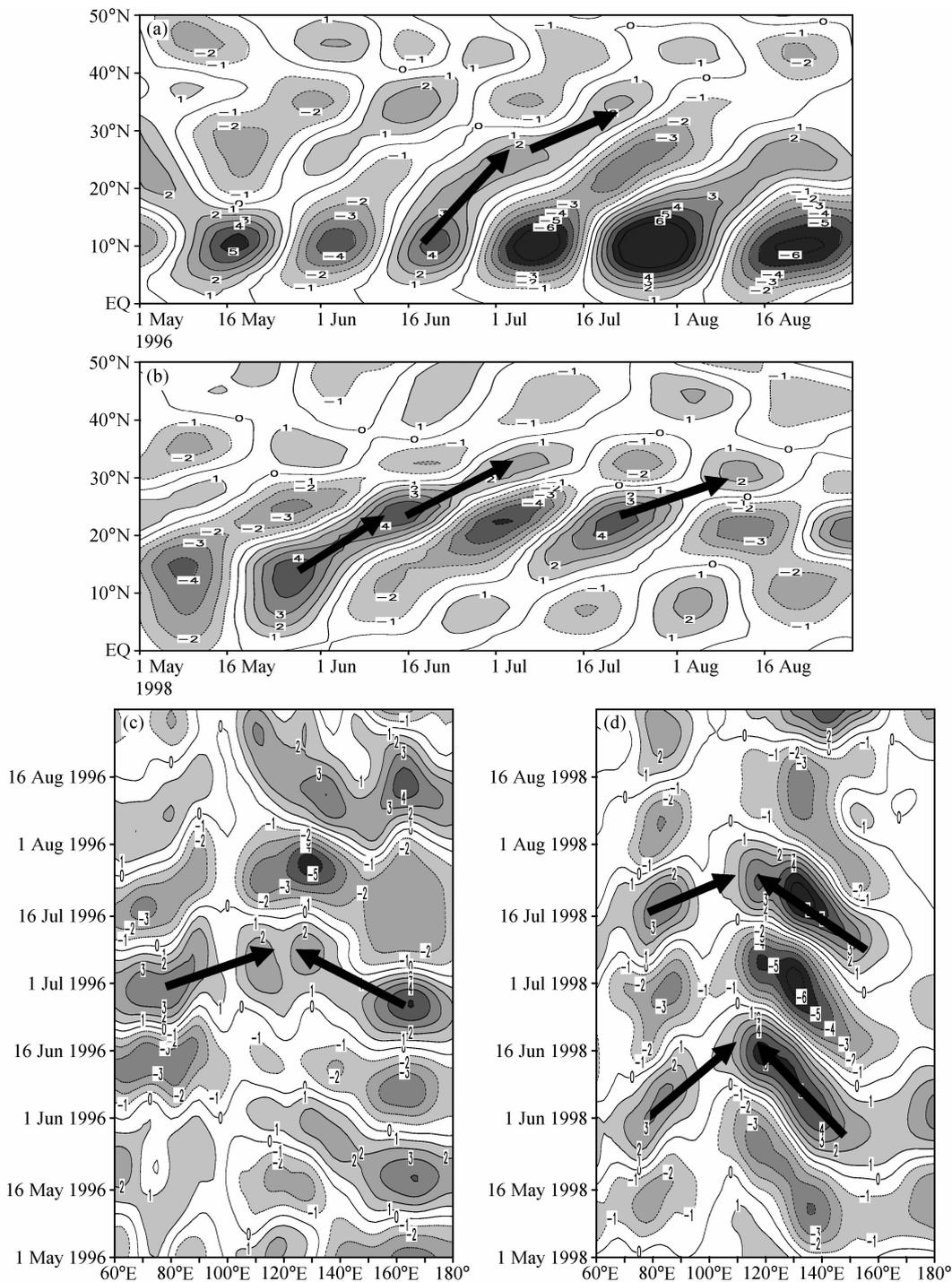


图 3 1996 年 (a、c) 和 1998 年 (b、d) 东亚地区大气 ISO 的经向传播 (a、b) 与纬向传播 (c、d)
 Fig. 3 The meridional (a, b) and zonal (c, d) propagation of the ISO in the East Asian region in 1996 (a, c) and 1998 (b, d)

从图 3a、b 中可以看到, 1996 年和 1998 年都有明显的季风涌向北传播特征, 其传播可以向北达到 30°N 以北地区。1996 年 6 月上旬季风涌在赤道地区不活跃, 6 月中旬开始, 一次新的季风涌出现, 表现为 10°N 附近的 ISO 由低值中心转为高值中心, 并开始向北传播 (图 3a 中箭头所示)。当这次季风涌于 6 月底到达 25°N 左右时, 对应着长江中下游地区开始出现强降水过程。接着季风涌继续北传, 并在 30°N 附近维持了 20 天左右, 使得这次强降水过程一直持续到 7 月中旬。1998 年情况与 1996 年不完全相同。1998 年, 从 5 月下旬开始, 15°N 附近一次活跃的季风涌开始向北传播 (图 3b 中箭头所示), 该中心 6 月中旬传到 25°N 左右时, 正好对应着 6 月中旬长江中下游地区梅雨的第一次强降水阶段。并且在该区域季风涌的强度得到增强后继续北传, 于 7 月 10 日左右到达 35°N 以北地区, 这次从南向北传播的时间为 55 天左右。在这次季风涌向北传播的同时, 6 月中旬左右在热带地区又出现了季风涌间歇过程, 表现为一次中心值为负值的 ISO 活动, 于 7 月上旬北传到 26°N 附近, 对应长江中下游地区降水过程的间歇期, 而当又一次的季风涌于 7 月中旬北传到长江流域时, 很快长江中下游地区出现了梅雨的第二阶段强降水过程。1996 年 5~8 月强的季风涌活动主要表现为一次北传过程, 因此降水集中在一段时间内, 而 1998 年 5~8 月强的季风涌活动有两次明显的北传过程, 所以 1998 年降水分为两个阶段, 在这两次强季风涌的间隙期 ISO 活动中心值为负值。由此分析可以表明, 夏季季风涌的向北传播对长江中下游地区的大尺度降水过程有着非常重要的调控作用。

从图 3c、d 中可以发现, 在纬向上 ISO 的传播主要分为两个部分, 一部分是从 70°E 附近开始向东传播, 另一部分从 140°E 附近开始向西传播, 二者最终在 $110^{\circ}\text{E}\sim 120^{\circ}\text{E}$ 区域内汇合。1996 年 6 月中旬在印度季风区 (70°E) 以及西太平洋附近洋面上 (140°E) ISO 还处于一个负值区, 大约从 6 月下旬开始负值区转为正值区, 并开始逐渐向东、向西传播 (图 3c 中箭头所示), 于 7 月 5 日左右同时到达 $110^{\circ}\text{E}\sim 120^{\circ}\text{E}$ 。与经向传播类似, 1998 年 ISO 纬向传播也分为两次过程。大约从 5 月 20 日开始, 印度季风区 (70°E) 以及西太平洋附近洋面上 (140°E) ISO 开始活跃起来, 从该区域逐渐向东、

向西传播 (图 3d 中箭头所示), 向西传播的 ISO 稍强于向东传播的 ISO。6 月 16 日, 由印度季风区向东传播的 ISO 正值中心和来自西太平洋洋面上向西传播的 ISO 正值中心同时到达 $110^{\circ}\text{E}\sim 120^{\circ}\text{E}$ 。第二次过程则是 7 月上旬印度季风区和西太平洋洋面上出现的 ISO 正值中心开始向东、向西传播, 并于 7 月 20 日左右到达 $110^{\circ}\text{E}\sim 120^{\circ}\text{E}$ 。与图 3b 中 1998 年经向传播的情况相比较, 南海地区的季风涌于 5 月 20 日前后开始活跃, 并在向北传播的过程中于 6 月 16 日左右到达 25°N , 这恰好与纬向上来自印度季风区向东和来自西太平洋向西传播的 ISO 正值中心到达 115°E 时间相吻合, 得到纬向补充的季风涌在该地区产生一次强降水过程。说明 ISO 活动对长江中下游地区大尺度降水过程的影响是通过经向传播与纬向传播相互作用。

为了更清楚地认识这两种传播之间的关系, 将滤波后的 850 hPa 纬向风沿 115°E 的纬度-时间剖面图和沿 25°N 的经度-时间剖面图相融合, 绘制了经度-纬度-时间综合剖面图 [图 4 (见文后彩图)]。

图 4a 为 1996 年经度-纬度-时间剖面图, 左半部分为 ISO 的纬向东传 (横坐标表示经度), 右半部分为 ISO 的经向北传 (横坐标表示纬度); 图 4b 为 1996 年纬度-经度-时间剖面图, 左半部分为 ISO 的经向北传 (横坐标表示纬度), 右半部分为 ISO 的纬向西传 (横坐标表示经度)。图 4c 为 1998 年经度-纬度-时间剖面图, 图示说明同图 4a; 图 4d 为 1998 年纬度-经度-时间剖面图, 图示说明同图 4b。每幅图纵坐标表示时间, 图中间的粗实线表示 ($25^{\circ}\text{N}, 115^{\circ}\text{E}$) 交汇区, 并且无论东传还是西传, 交汇以后其向北的传播特征是一致的 (对称的)。

综合图 4a、b 两幅图, 可以发现 ISO 传播存在着纬向传播对经向传播的补充特征。1996 年 6 月下旬开始, 在印度季风区附近产生的 ISO 逐渐东传, 其高值中心于 7 月 5 日到达 ($25^{\circ}\text{N}, 115^{\circ}\text{E}$) 区域, 然后汇入向北传播的季风涌中 (如图 4a 中箭头所示); 同时, 在西太平洋地区向西传播的 ISO 于 7 月 5 日传至 ($25^{\circ}\text{N}, 115^{\circ}\text{E}$) 区域后同样汇入向北传播的季风涌中 (如图 4b 中箭头所示)。这两次纬向传播的 ISO 补充使得 6 月中旬从低纬度热带地区开始北传的季风涌在 25°N 附近得到增强, 有利于其继续北传, 并在该区域即长江中下游地区产生强降水过程。

图 4c、d 则明显的表现出 1998 年夏季有两次较大的季风涌活动过程, 第一次是从 5 月下旬开始, 印度季风区产生的 ISO 向东传播, 高值中心于 6 月 16 日到达 (25°N , 120°E) 区域后汇入向北传播的季风涌中 (如图 4c 中箭头所示); 同时在西太平洋也有 ISO 的向西传播, 于 6 月 16 日同样西传到 (25°N , 120°E) 区域后汇入向北传播的季风涌中 (如图 4d 中箭头所示), 导致长江中下游地区出现第一次强降水过程。季风涌第二次较强活动过程则是分别于 7 月 10 日左右来自 70°E 和 140°E 附近产生的 ISO 同时向东、向西传播, 其高值中心传到 (25°N , 120°E) 区域后汇入北传的季风涌中, 使得北传到此的季风涌得到补充, 同时在该地区产生二度梅强降水过程。

从以上分析中可以认识到, 东亚地区 ISO 纬向与经向传播相互补充的特征, 可以使得季风涌在经向传播过程中在副热带地区强度得到增强, 而这种增强是由于副热带地区来源于印度季风区沿青藏高原南侧向东传播的 ISO, 以及来源于菲律宾东侧强对流区向西传播的 ISO 在 $110^{\circ}\text{E}\sim 120^{\circ}\text{E}$ 附近汇合, 使得北传过程中逐渐减弱的季风涌在此得到补充, 并进一步加强后继续北传, 导致我国长江中下游地区的大尺度降水过程。

4.2 淮河流域涝年大气季节内振荡的传播特征

前面分析了长江中下游地区出现涝年时 ISO 的传播特征, 下面就来分析淮河流域出现洪水时 ISO 的传播情况。同样, 使用经过 30~60 天带通滤波后的纬向风表征季风涌传播特征, 分析其对淮河流域降水过程的影响。图 5 给出 1991 和 2003 年 5~8 月东亚地区大气 ISO 传播路径, 其中图 5a、b 为沿 115°E 季风涌经向传播的纬度-时间剖面图, 图 5c、d 为沿 27.5°N ISO 纬向传播的经度-时间剖面图。

1991 年和 2003 年季风涌同样表现出明显的北传特征。1991 年 6 月上旬热带地区的 ISO 由负值变为正值, 季风涌活动增强并逐渐向北传 (图 5a 中箭头所示), 7 月中旬到达 35°N 的淮河流域附近, 导致该地区产生一次强降水过程。2003 年 5 月下旬季风涌活动增强并开始从热带地区逐渐北传 (图 5b 中箭头所示), 于 7 月 1 日传到 30°N 以北地区, 并在 $30^{\circ}\text{N}\sim 35^{\circ}\text{N}$ 区域内维持 15 天左右, 正好对应着这段时间内淮河流域强降水, 说明季风涌活动是

造成 2003 年淮河流域三次强降水过程的主要因子之一^[20]。另外, 从图 5 上还可以看到, 向北传播的季风涌在 27.5°N 附近出现高值中心, 表明在该区域内季风涌强度得到增强, 有利于其继续北传, 最北界可至 35°N 以北地区。所以季风涌的北传特征对淮河流域大尺度降水过程也有一定的作用。

长江中下游地区涝年时副热带地区 ISO 的纬向传播分为两部分, 即分别起源于印度季风区的东传和起源于西太平洋地区的西传。但是对于淮河流域涝年, 印度季风区的 ISO 没有明显的东传特征, 副热带地区 ISO 的纬向传播主要表现为源于西太平洋洋面上的 ISO 向西传播。当这种西传的 ISO 到达 $110^{\circ}\text{E}\sim 120^{\circ}\text{E}$ 区域时, 正好与经向上从热带地区向北传播的季风涌传至 27.5°N 附近时的时间相吻合, 1991 年大约在 7 月 5 日, 2003 年在 7 月 1 日左右。说明对淮河流域大尺度降水过程产生影响的季风涌活动也是 ISO 经向传播与纬向传播共同作用的结果。

同样, 将滤波后的 850 hPa 纬向风沿 115°E 的纬度-时间剖面图和沿 27.5°N 的经度-时间剖面图相融合, 绘制了 1991 年和 2003 年纬度-经度-时间综合剖面图 [图 6 (见文后彩图)]。其中, 图 6a 为 1991 年纬度-经度-时间剖面图, 左半部分为 ISO 的经向北传 (横坐标表示纬度), 右半部分为 ISO 的纬向西传 (横坐标表示经度); 图 6b 为 2003 年纬度-经度-时间剖面图, 左半部分为 ISO 的经向北传 (横坐标表示纬度), 右半部分为 ISO 的纬向西传 (横坐标表示经度), 纵坐标代表时间。

1991 年 6 月下旬, 副热带地区起源于西太平洋洋面上中心值为正值的 ISO 开始向西传播 (图 6a 中箭头所示), 7 月 5 日其高值中心传到 (27.5°N , 115°E) 区域后汇入从热带地区向北传播的季风涌中, 使得北传到此的季风涌强度得到增强后继续北传, 并在 $30^{\circ}\text{N}\sim 35^{\circ}\text{N}$ 区域内维持一段时间, 导致淮河流域产生强降水过程。2003 年情况基本一致。表明东亚地区 ISO 的纬向传播对经向传播补充同样对淮河流域大尺度降水有影响。

前面的分析已清楚表明, 东亚地区 ISO 活动对长江中下游地区和淮河流域大尺度降水过程都有一定的作用, 但是二者之间也存在着差异。首先, 1996 年和 1998 年季风涌的活跃中心主要出现在 $25^{\circ}\text{N}\sim 30^{\circ}\text{N}$ 之间, 即长江中下游地区, 而 1991 年

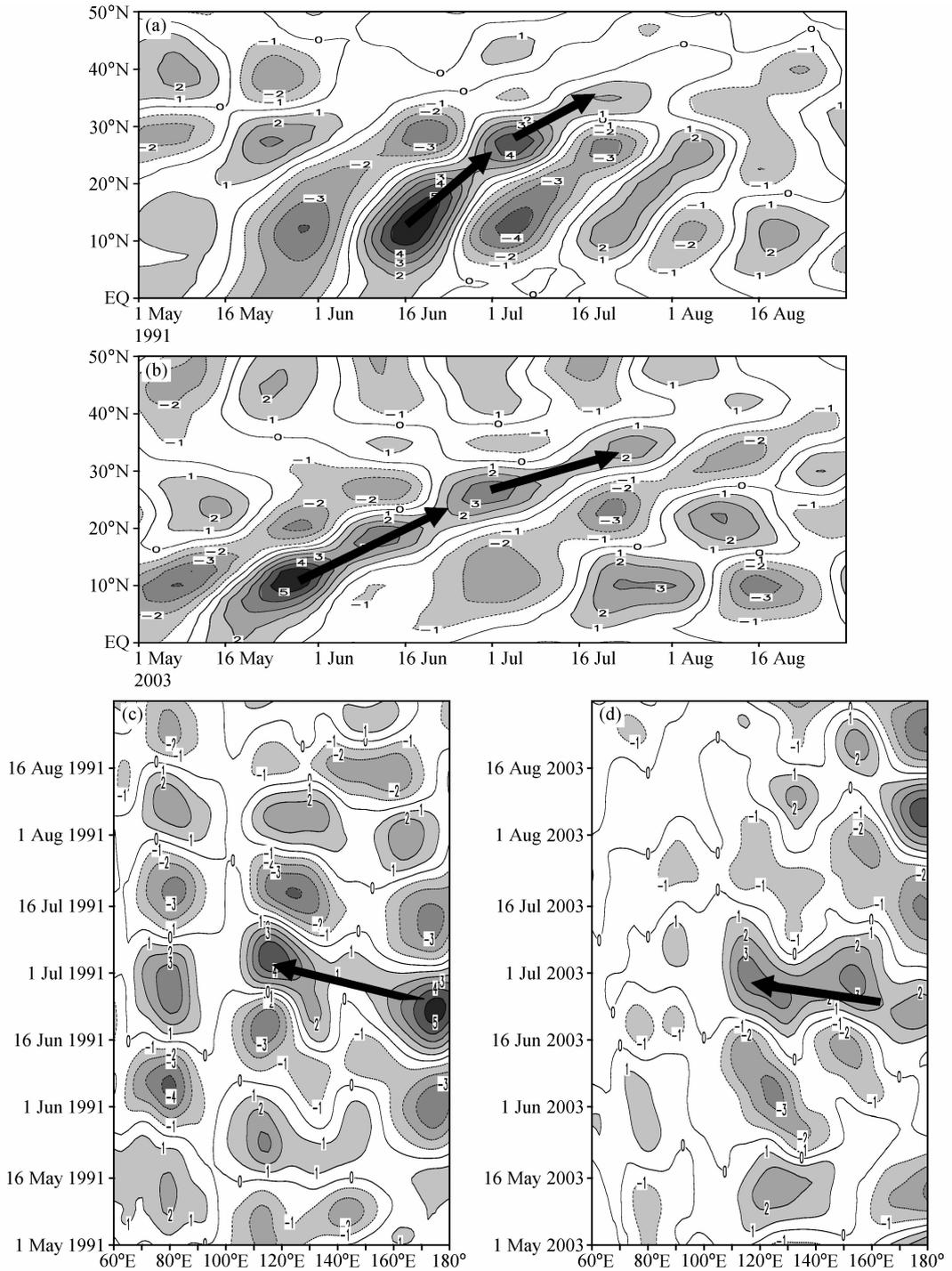


图5 1991年(a、c)和2003年(b、d)东亚地区大气ISO的经向传播(a、b)与纬向传播(c、d)

Fig. 5 The meridional (a, b) and zonal (c, d) propagation of the ISO in the East Asian region in 1991 (a, c) and 2003 (b, d)

和2003年季风涌的活跃中心则是对 $30^{\circ}\text{N}\sim 35^{\circ}\text{N}$ 区域内降水产生影响,即淮河流域。其次,1991年和2003年从热带地区激发的季风涌强度略强于1996年和1998年,这不仅有利于形成一次完整的季风涌活动,也对其北传过程的持续性具有积极作

用,使得1991年和2003年季风涌北传界线位置比1996年和1998年更加偏北。虽然在这四年中,经向上北传的季风涌都在副热带地区得到来自纬向上ISO的补充,但情况有所不同。1996年和1998年北传的季风涌得到的纬向ISO补充包括来自印度

季风区东传的 ISO 和来自西太平洋洋面西传的 ISO, 位置在 25°N 附近, 并且补充的 ISO 强度较大, 不仅有利于季风涌在经向上继续北传, 还能导致该地区强降水过程的出现, 所以对长江中下游大尺度降水影响较大。而 1991 年和 2003 年在副热带地区纬向传播的 ISO 主要源于西太平洋洋面上, 且位置稍偏北, 大约处于 27.5°N , 强度偏弱, 不足以在该地区产生强降水, 但却有利于向北传播的季风涌继续北传, 并对淮河流域降水过程产生作用。

总的来说, 夏季起源于热带地区的季风涌向北传播时, 存在着在副热带地区增强的现象。这种增强是由于副热带地区来源于印度季风区沿青藏高原南侧向东传播的 ISO 以及来源于菲律宾东侧强对流区向西传播的 ISO 在 $110^{\circ}\text{E}\sim 120^{\circ}\text{E}$ 附近汇合, 使得北传过程中逐渐减弱的季风涌在此得到补充, 可以进一步加强并向北传播到 35°N 以北地区, 并导致江淮流域降水偏多。因此, ISO 的这种纬向对经向传播补充特征对我国东部地区夏季降水具有一定的调控作用, 我们可以根据其经向和纬向的传播规律来预测未来季风涌北传的大致时间和强度, 从而为我国东部地区的降水监测提供重要的预报依据。

5 结论

(1) 夏季东亚季风涌活动表现为大气季节内振荡 (30~60 天振荡) 的波动形式, 当这种低频波分别处于波峰和波谷时, 对应的我国江淮流域将出现降水集中阶段和间歇阶段, 说明东亚季风涌活动对我国东部夏季大尺度降水有一定的调控作用。

(2) 东亚地区 ISO 的传播主要分为经向传播和纬向传播, 经向上都表现为热带地区的季风涌向北传播, 纬向传播路径则有所不同。长江中下游地区涝年, 纬向传播分为两部分, 即来源于印度季风区沿青藏高原南侧的 ISO 向东传播以及来源于西太平洋菲律宾东侧强对流区的 ISO 向西传播。淮河流域涝年则主要是来自西太平洋洋面上 ISO 的向西传播。

(3) 在副热带地区, ISO 的传播表现出纬向与经向传播相互补充特征, 当纬向上东、西向分别传播的 ISO 在 $110^{\circ}\text{E}\sim 120^{\circ}\text{E}$ 汇合后补充到由低纬度热带向北传播的季风涌中, 使得其可以继续加强北传, 最北界可以延伸到 35°N 以北, 并导致我国东

部地区夏季大尺度降水过程。

参考文献 (References)

- [1] Madden R D, Julian P. Detection of a 40 - 50 day oscillation in the zonal wind in the tropical Pacific. *J. Atmos. Sci.*, 1971, **28**: 702~708
- [2] Madden R D, Julian P. Description of globe scale circulation cells in the tropics with 40 - 50 day period. *J. Atmos. Sci.*, 1972, **29**: 1109~1123
- [3] Yasunari T. A quasi-stationary appearance of 30 - 40 day period in the fluctuations during the summer monsoon over India. *J. Meteor. Soc. Japan*, 1980, **58**: 266~274
- [4] Krishnamurti T N, Subrahmanyam D. The 30 - 50 day mode at 850mb during MONEX. *J. Atmos. Sci.*, 1982, **39**: 2088~2095
- [5] 李崇银. 大气季节内振荡研究的新进展. 自然科学进展, 2004, **14** (7): 734~741
Li Chongyin. The recent advances in the study of the intraseasonal oscillation in the atmosphere. *Progress in Natural Science* (in Chinese), 2004, **14** (7): 734~741
- [6] 据建华, 钱诚, 曹杰. 东亚夏季风的季节内振荡研究. 大气科学, 2005, **29** (2): 187~194
Ju Jianhua, Qian Cheng, Cao Jie. The intraseasonal oscillation of East Asian summer monsoon. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences* (in Chinese), 2005, **29** (2): 187~194
- [7] 据建华, 赵而旭. 东亚夏季风区的低频振荡对长江中下游旱涝的影响. 热带气象学报, 2005, **21** (2): 163~171
Ju Jianhua, Zhao Erxu. Impacts of the low frequency oscillation in East Asian summer monsoon on the drought and flooding in the middle and lower valley of the Yangtze River. *Journal of Tropical Meteorology* (in Chinese), 2005, **21** (2): 163~171
- [8] 李崇银, 武培立. 北半球大气环流 30 - 60 天振荡的一些特征. 中国科学 (B 辑), 1990, **7**: 764~774
Li Chongyin, Wu Peili. Some characters of the 30 - 60 day oscillation in the atmospheric circulation in North Hemisphere. *Science in China* (B) (in Chinese), 1990, **7**: 764~774
- [9] 李崇银, 龙振夏, 穆明权. 大气季节内振荡及其重要作用. 大气科学, 2003, **27** (4): 518~535
Li Chongyin, Long Zhenxia, Mu Mingquan. Atmospheric intraseasonal oscillation and its important effect. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences* (in Chinese), 2003, **27** (4): 518~535
- [10] Yang Hui, Li Chongin. The relation between atmospheric intraseasonal oscillation and summer severe flood and drought in the Changjiang-Huaihe River basin. *Advances in Atmospheric Sciences*, 2003, **20** (4): 540~553
- [11] 张庆云, 陶诗言, 张顺利. 夏季长江流域暴雨洪涝灾害的天

- 气气候条件. 大气科学, 2003, **27** (6): 1018~1030
- Zhang Qingyun, Tao Shiyan, Zhang Shunli. The persistent heavy rainfall over the Yangtze River valley and its associations with the circulations over East Asia during summer. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences* (in Chinese), 2003, **27** (6): 1018~1030
- [12] Chen Longxun, Xie An. Westward propagation low-frequency oscillation and its teleconnections in the Eastern Hemisphere. *Acta Meteor. Sinica*, 1988, **2**: 300~312
- [13] 李崇银. 大气低频振荡. 北京: 气象出版社, 1993. 310pp
Li Chongyin. *Low-Frequency Oscillation in the Atmosphere* (in Chinese). Beijing: China Meteorological Press, 1993. 310pp
- [14] 李崇银. 热带大气季节内振荡的几个基本问题. 热带气象学报, 1995, **11** (3): 276~288
Li Chongyin. Some fundamental problems of intraseasonal oscillation in the tropical atmosphere. *Journal of Tropical Meteorology* (in Chinese), 1995, **11** (3): 276~288
- [15] 高辉, 陈隆勋, 何金海, 等. 亚洲赤道地区大气动能的纬向传播. 气象学报, 2005, **63** (1): 21~29
Gao Hui, Chen Longxun, He Jinhai, et al. Characteristics of zonal propagation of atmospheric kinetic energy at equatorial region in Asia. *Acta Meteorologica Sinica* (in Chinese), 2005, **63** (1): 21~29
- [16] 韩荣青, 李维京, 董敏. 北半球副热带-中纬度太平洋大气季节内扰动的纬向传播与东亚夏季旱涝. 气象学报, 2006, **64** (2): 149~163
Han Rongqing, Li Weijing, Dong Min. The impact of 30~60 day oscillations over the subtropical Pacific on the East Asian summer rainfall. *Acta Meteorologica Sinica* (in Chinese), 2006, **64** (2): 149~163
- [17] Kalnay E, Kanamitsu M, Kistler R, et al. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 1996, **77**: 437~471
- [18] 陈兴芳, 赵振国. 中国汛期降水预测研究及应用. 北京: 气象出版社, 2000. 100~101
Chen Xingfang, Zhao Zhen'guo. *The Research and Application of the Rainfall Prediction in the Flood Period of China* (in Chinese). Beijing: China Meteorological Press, 2000. 100~101
- [19] 张顺利, 陶诗言, 张庆云, 等. 1998年夏季中国暴雨洪涝灾害的气象水文特征. 应用气象学报, 2001, **12** (4): 442~457
Zhang Shunli, Tao Shiyan, Zhang Qingyun, et al. Meteorological and hydrological characteristics of severe flooding in China during the summer of 1998. *Quart. J. Appl. Meteor.* (in Chinese), 2001, **12** (4): 442~457
- [20] 孙建华, 卫捷, 张小玲, 等. 2003年夏季的异常天气及预测试验. 气候与环境研究, 2004, **9** (1): 203~217
Sun Jianhua, Wei Jie, Zhang Xiaoling, et al. The abnormal weather in the summer 2003 and its real-time prediction. *Climatic and Environmental Research* (in Chinese), 2004, **9** (1): 203~217

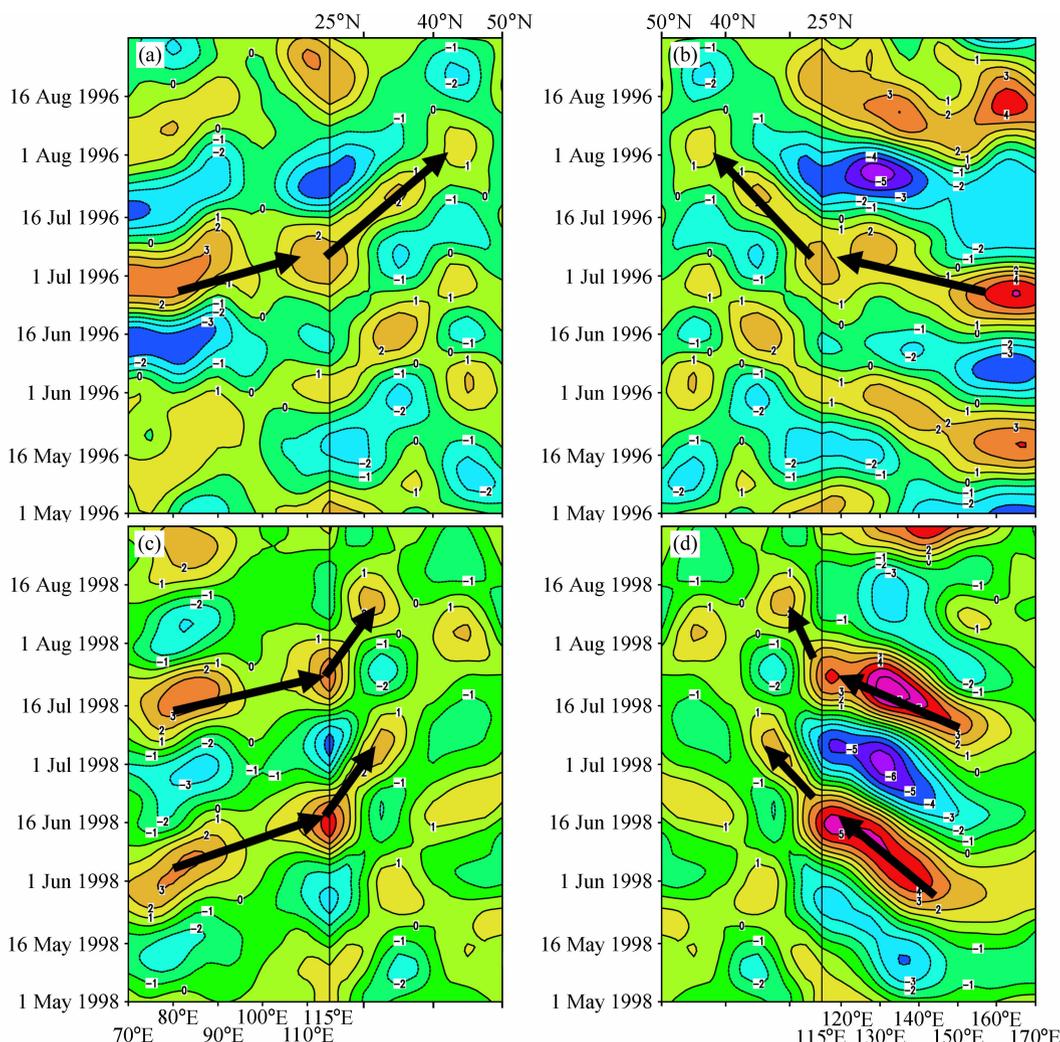


图 4 1996 年 (a, b) 和 1998 年 (c, d) 大气 ISO 的经度-纬度-时间剖面 (a, c) 和纬度-经度-时间剖面 (b, d) 图

Fig. 4 Longitude - latitude - time (a, c) and latitude - longitude - time (b, d) composite sections of the ISO in 1996 (a, b) and 1998 (c, d)

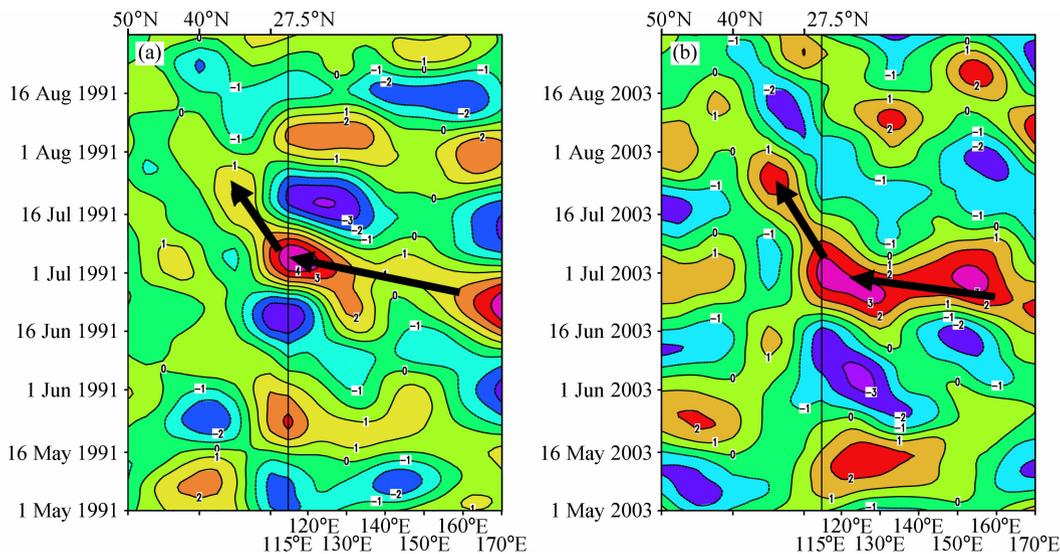


图 6 1991 年 (a) 和 2003 年 (b) 大气 ISO 的纬度-经度-时间综合剖面图

Fig. 6 Latitude - longitude - time composite section of the ISO in 1991 (a) and 2003 (b)