

春夏季长江下游地区低温天气过程 与三波突变

席林华

(江苏省苏州市气象台)

提 要

本文利用1971—1984年波谱资料及1972—1982年5—7月能谱资料对春、夏季低温天气过程分析后指出,在春、夏两季中,低温天气是经常出现的过程,并且春季以4月最多,夏季以7月出现机率最大;从波能密度谱、动量和角动量输送谱,动量通量辐散谱和 I_K 指数以及波参数经验正交函数展开分析得出,夏季低温过程与3波突变关系十分密切,且3波突变对低温过程出现具有较好的指示意义。

一、引 言

冬半年冷空气活动(低温天气过程)与超长波活动是紧密联系的。章基嘉^{[1][2]}指出,在中期过程中,西风带的长波发展和消亡是最基本的过程,超长波活动构成了中期环流形势演变的背景,决定中期环流形势的大局。任何一次中长期天气过程,都必然受行星尺度环流的制约。那么在夏半年,特别是夏季低温天气过程与超长波活动关系如何?研究还尚少,本文想在这方面进行探索与研究。

仇永炎^[3]分析了动量能量后指出,就各分波动能来说,除了2月、3月和8月外,3波几乎是全年最强的波,因此就对流层中层而言,3波的活动是很值得注意的。为此我们在分析春、夏季低温过程时也注意超长波活动的影响,特别注意3波突变与夏季低温的关系。下面分别从谐波参数及能谱等几个方面分析春、夏季低温过程与超长波特别3波突变的关系。

二、资料处理和气候分析

本文利用1971—1984年波谱资料及1972—1982年能量谱资料对春、夏季天气过程进行分析研究。

低温天气过程统计标准为:以逐日 $\Delta\bar{T} = \bar{T} - \bar{T}_p$ 值进行气候统计, \bar{T} 表示日平均气温, \bar{T}_p 表示当候气温多年平均值(30年平均), $\Delta\bar{T}$ 表示日平均气温与当候气温多年平均值之差,

称为逐日的气温距平值。长江下游取苏州、扬州、杭州、湖州和上海5个站统计,其中有3个或以上站 $\Delta\bar{T}$ 为负值,此日即为一个低温日;春季3—5月凡 $\Delta\bar{T} \leq -5^\circ\text{C}$,并低温日持续3天及以上者为一低温过程;夏季凡 $\Delta\bar{T} \leq -4^\circ\text{C}$,并持续低温日3天或以上者为一个夏季低温过程。以上述标准对1968—1984年春、夏季低温过程个例进行统计(表略)并得到:

1. 春季以4月低温出现次数最多,占13/31,3月次之,3—4月合计占24/31,5月较少,夏季以7月出现机率最大,占11/24,接近半数,6月次之,6—7月占19/24,8月最少,只占5/24。

2. 在春季出现低温过程的年份较多,占76.5%,即17年中有13年出现了低温过程(以 $\Delta\bar{T} \leq -4^\circ\text{C}$ 为标准);夏季出现低温过程机率更高,即17年中有14年出现了低温过程,占82%,说明春、夏季低温天气过程是一个值得重视并加以研究的重要课题。

三、夏季低温天气过程的谱分析

1. 波能密度谱

文献[4]中曾指出,季节过渡(由春到夏)期间,对流层中层大气波能密度谱有显著的变化,55°N 上波能密度总值 E_s 及分波值 E_k 均有一个突变现象。初夏波参数呈现3波增长、6波同时明显增长,而2波显著衰减的波谱特征,波能密度谱也有同样的变化特点。为了研究夏季低温过程出现之前波能密度谱的特点,我们给出了3波突变标准为:3波有一明显峰值出现,并且峰值 E_3 (3波波能密度值)高于 $200 \times 10^2 \text{Jm}^{-3}$,或者,春季 I_3 (3波方差比值) $\geq 45\%$,夏季 $I_3 \geq 35\%$ 后,突然下降,且下降速率一次过程 E_3 为100个单位以上、 I_3 为20%以上,若3天内完成则计作一次突变过程。由1971—1984年3—8月逐日、逐候60°N 上的分波

$K = 2, 3, 6$ 波的波能密度 E_k 谱随时间的演变进行分析得出,3波 E_3 的突变与夏季低温过程关系密切,即3波 E_3 出现了明显峰值之后4—8天内就有低温过程与之对应,2、6波之变化不及3波明显。为了节省篇幅,下面只给出1976年和1980年 E_3 与夏季低温过程关系(图1),并加以说明。逐候与逐日 E_3 变化趋势相似,并且逐候图峰值更为清晰。

表1给出了60°N 上3波 E_3 的突变与低温过程关系,由表1可看出,一般 E_3 峰后4—8天即有一次夏季低温过程与之对应,并且间隔天数最多集中在5—6天内。

另外分析了1971—1984年3—8月50°N、60°N 上2、3波及1—3波 I_k 指数资料发现,超长波活动和春、夏季低温过程关系密切,特别以3波突变与夏季低温关系更为明显。当 $I_3 \geq 35\%$ (春季 $I_3 \geq 45\%$) 的峰值出现之后5—8天内有一次低温过程与此对应。

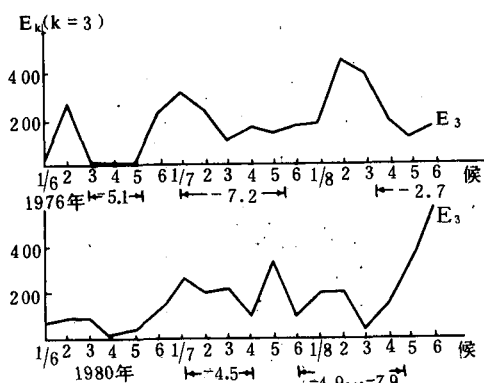
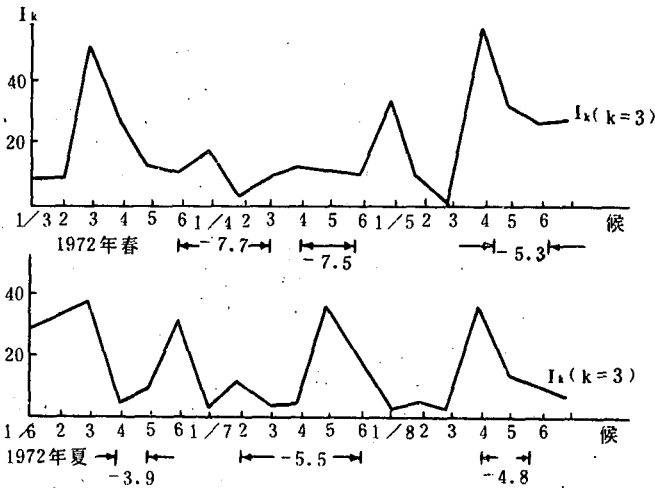


图1 3波 E_3 突变(逐候)与低温过程关系
箭头内数值表示 $\Delta\bar{T}_{\text{max}}(^\circ\text{C})$
(上,1976年,下,1980年为,单位为 10^2Jm^{-3})

表1 1968—1984年低温过程与3波活动关系(夏季)

年	低温过程	60°N 上 E_3 峰(突变)日期	间隔日数 (天)	60°N 上 I_A 指数 峰(突变)日期	间隔日数 (天)
1968	7月2—12日	6月27日	5	6月25日	7
1969	6月13—19日	6月8日	5	6月5日	8
	7月1—19日	6月25日	6	6月23日	8
1970	6月19—27日	6月11日	8	6月10日	9
	7月7—18日	7月1日	6	6月29日	8
1972	7月11—31日	7月4日	7	7月1日	10
	8月20—24日	8月15日	5	8月18日	2
1974	6月11—20日	6月6日	5	6月6日	5
	6月25日—7月6日	6月20日	5	6月18日	7
	8月19—31日	8月12日	7	8月10日	9
1975	6月25日—7月4日	6月20日	5	6月17日	8
1976	6月14—23日	6月10日	4	6月9日	5
	6月29日—7月24日	6月24日	5	6月22日	7
1977	8月11—31日	8月5日	6	8月4日	7
1978	5月30日—6月3日	5月24日	6	5月25日	5
1980	7月2—16日	6月28日	4	6月25日	7
	7月30日—8月23日	7月22日	8	7月23日	7
1981	7月10—13日	7月6日	4	7月5日	5
1982	6月21日—7月5日	6月15日	6	6月13日	8
	7月16日—8月6日	7月11日	5	7月11日	5
1983	6月15—18日	6月10日	5	6月8日	7
	8月22—26日	8月14日	8	8月14日	8
	7月5—18日	6月29日	6	6月27日	8
1984	8月15—20日	8月10日	5	8月8日	7

图2给出1972年3—8月 I_K 变化图。总而言之,中高纬3波 I_K 与 E_K 突变对低温过程出现具有指示性。

图2 1972年3—8月逐候 $I_k (K=3)$ 随时间变化图

(箭头内数值说明同图1)

2. 动量与角动量输送谱

在球坐标中, 纬向动量方程为:

$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial t} = -\frac{\partial(\rho u v \cos^2 \varphi)}{R \cos^2 \varphi \partial \varphi} - \frac{\partial(\rho u w)}{\partial z} + f \rho v - \frac{\partial(\rho^2 + \rho u^2)}{R \cos \varphi \partial \lambda} \quad (1)$$

令 $u = \bar{u} + u'$, $v = \bar{v} + v'$ 代入上式, 取纬圈平均后简化, 并设 $\rho(z) = \rho$, 则

$$\frac{\partial \bar{u}}{\partial t} = -\frac{\partial(\overline{u'v' \cos^2 \varphi})}{R \cos \varphi \partial \varphi} \quad (2)$$

上式表示动量通量辐散与纬向西风强弱的关系, 右端不取负号, 可展开成谱形式:

$$[(a u_k(\varphi_2) \cdot a v_k(\varphi_2) + b u_k(\varphi_2) \cdot b v_k(\varphi_2)) - (a u_k(\varphi_1) \cdot a v_k(\varphi_1) + b u_k(\varphi_1) \cdot b v_k(\varphi_1))] / [R \cos^2(\varphi) \cdot (\varphi_2 - \varphi_1)] \quad (3)$$

本文取 $\varphi_2 - \varphi_1 = 10$ 纬距, $\varphi_2 - \varphi = \varphi - \varphi_1 = 5$ 纬距。正值表示辐散, 西风减弱; 负值表示辐合, 西风将增强。

为了便于动量输送值和角动量输送值的分析, 将量值划分为9级统计, 现将分界值列于表2。

我们考察了1972—1982年夏季各分波动量输送值在时间—纬度剖面图(略)上的特点可知:

以 $K=3$ 波的动量、角动量输送时间剖面与夏季低温过程关系最清楚。当中纬以 $35-45^\circ\text{N}$ 为代表的动量和角动量3波向北输送值加强, 并达到2级或以上(标准采用表2中的等级), 则对应8—10天后有一次夏季低温过程。如1982年初夏动量、角动量3波输送谱的时间—纬度剖面图(图3b、c)所示。

表2 量值分界值标准表(9级)

(单位: $30 \times 60^{-6} \text{ms}^{-2}$)

项目	纬带	-4	-3	-2	-1
动量 输送值	65、55、45°N	< -50	[-50, -20]	[-20, -10]	[-10, -1]
	35°N	< -25	[-25, -12]	[-12, -5]	[-5, -1]
动量 辐散值	65、55、45°N	< -50	[-50, -20]	[-20, -10]	[-10, -1]
	35°N	< -25	[-25, -12]	[-12, -5]	[-5, -1]
角动量 输送值	65—35°N	< -50	[-50, -20]	[-20, -10]	[-10, -1]

项目	纬带	0	1	2	3	4
动量 输送值	65、55、45°N	[-1, 1]	[1, 10]	[10, 20]	[20, 50]	> 50
	35°N	[-1, 1]	[1, 5]	[5, 12]	[12, 25]	> 25
动量 辐散值	65、55、45°N	[-1, 1]	[1, 10]	[10, 20]	[20, 50]	> 50
	35°N	[-1, 1]	[1, 5]	[5, 12]	[12, 25]	> 25
角动量 输送值	65—35°N	[-1, 1]	[1, 10]	[10, 20]	[20, 50]	> 50

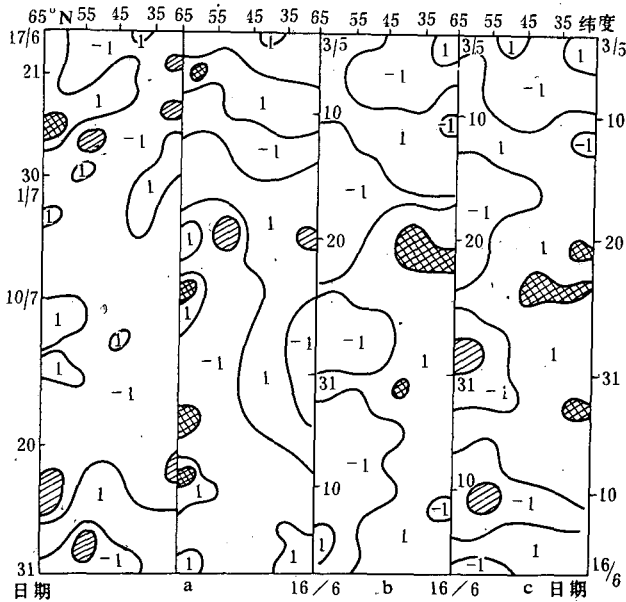


图3 1982年5—7月3波动量通量辐散(a),角动量输送值(b),动量输送值(c)时间—纬度剖面图

6月1—3日,6月21日—7月5日,7月16日—8月6日为低温过程

(实线为0线,斜线区为-2级,网状区为+2级)

3. 动量通量辐散谱

本文考察和分析了1972—1982年5—7月3波动量通量辐散纬度—时间剖面图(略)得到:当高纬3波动量通量辐散加强达+2级,同时中纬35—45°N间动量辐合增强到-2级(等级标准同表2中的级别),则对应6—10天内有一次低温过程。如1982年5—7月 $K = 3$ 波动量通量辐散纬度—时间剖面图(图3a)所示。

四、春、夏季经验正交函数特征向量变化与低温过程

本文选用春季3—4月、夏季6—7月时段进行经验正交展开。以早春1971—1977年3月1—31日 $N=217$ 样本的50°N及30°N上5个波参数 I_2, I_3, I_4, I_5 及 I_{1-3} 进行经验正交函数展开,展开后得到4个特征向量,其中前3个特征向量均方根拟合精度之和 $\geq 80\%$, 它们为(其中以 Y_3 在前3个 EOF 中为最主要):

$$Y_1 = 0.925I_2 + 0.164I_3 - 0.022I_4 - 0.018I_5 + 0.339I_{1-3}$$

$$Y_2 = 0.093I_2 + 0.435I_3 + 0.245I_4 - 0.127I_5 + 0.785I_{1-3}$$

$$Y_3 = 0.166I_2 + 0.935I_3 + 0.154I_4 - 0.270I_5 - 0.003I_{1-3}$$

.....

从特征向量 Y_3 的时间系数中可以看到以 I_3 为主要量,其时间系数为0.935,因此我们可以将 Y_3 的演变趋势作为3波 I_k 的演变趋势来分析。图4(上)给出1974年 Y_3 随时间演变图。

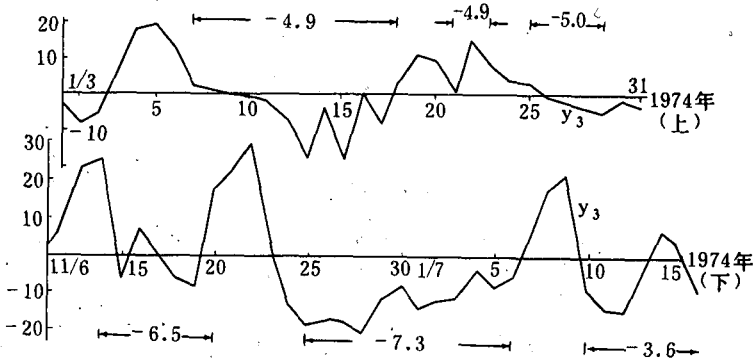


图4 春、夏季1974年经验正交函数特征向量

与低温过程关系(上,春季,下,夏季)说明同图1

从图4(上)中可以看到, Y_3 的峰值过后3—5天内均有一次低温过程对应。由于3波 I_k 演变与 Y_3 的演变位相一致,因此我们可以得出3波 I_k 的突变与中期低温过程关系密切。联系 Y_1 特征向量中 I_2 的时间系数可以看到2波突变与春季低温天气过程也有一定关系。

另外,对夏季也作同样处理,以1974—1976年6月1日—7月31日 ($N=183$) 样本的波参

数 C_{4-6} (4—6波波长振幅)、 I_3 、 I_{1-3} 、 I_5 和 Φ (副高脊线的平均纬度) 资料进行经验正交函数展开, 特征向量 Y_1 、 Y_2 、 Y_3 的均方根拟合精度之和 $\geq 80\%$, 下面以 Y_2 特征向量为例作说明 (其中以 Y_2 在前三个 EOF 中为主要量)。

$$Y_2 = 0.123C_{4-6} + 0.872I_3 - 0.415\Phi - 0.224I_5 - 0.035I_{1-3}$$

从 Y_2 的时间系数看, I_3 为 Y_2 中的主要量, 时间系数最大为 0.872, 可以认为 I_3 的演变趋势基本上相似于 Y_2 的变化趋势。从 Y_2 的随时间演变曲线 (图 4(下)) 中清楚看到, Y_2 突变与夏季低温过程关系对应很好, 并且 Y_2 变化急剧, 相应其后低温过程持续时间较长, 低温也表现得特别强, 所以 I_3 的突变与夏季低温过程关系极其密切。另外联系 Y_1 、 Y_2 可以得知 I_3 及 I_{1-3} 对夏季低温的形成关系重大, 一般夏季暖空气极强, 要有极强的冷空气南下才能造成长江下游地区强低温 (降温) 过程的出现。

参 考 文 献

- [1] 章基嘉, 超长波活动规律的定性分析, 大气科学, 3, 2, 1979。
- [2] 章基嘉, 季节转换期间北半球大气超长波与长波的演变, 气象, 1, 1980。
- [3] 仇永炎, 中期天气预报, 科学出版社, 1985年。
- [4] 席林华, 春、夏季节过渡期间北半球 500hPa 能量变化波谱的分析和研究, 热带气象, 1, 1981。

THE STUDY ON THE MICROTHERMAL WEATHER PROCESS IN THE LOWER REACHES OF YANGTZE RIVER IN SPRING AND SUMMER AND SUDDEN CHANGE OF TRIPLE-FREQUENCY HARMONIC

Xi Linhua

(Suzhou Meteorological Observatory, Jiangsu)

Abstract

In this paper, the microthermal weather process in spring and summer using wave spectrum data during 1971 to 1984 and energy spectrum data from May to July in 1972 through 1982 has been presented. It shows that the microthermal weather process often occurs in spring and summer, and it occurs most in April of spring and in July of summer. In the light of the analysis of the wave energy density spectrum, transport spectrum of momentum and angular momentum, divergent spectrum of momentum flux and index I_3 and EOF expansion, the microthermal weather process in summer is closely related to the sudden change of triple-frequency harmonic. Therefore, sudden change of triple-frequency harmonic is a better indication of the microthermal weather process.