

基于 2008 年 1 月中国南方低温雨雪冰冻事件 10—30 天延伸期稳定分量的研究*

王阔¹⁾ 封国林^{1)2)†} 孙树鹏¹⁾ 郑志海²⁾

1) (兰州大学大气科学学院, 兰州 730000)

2) (国家气候中心, 中国气象局气候研究开放实验室, 北京 100081)

(2011 年 9 月 6 日收到; 2011 年 9 月 22 日收到修改稿)

对北半球 1978—2007 年 1 月 6 日—2 月 4 日逐日 500 hPa 高度场资料带通滤波, 得到 10—30 d 时间尺度分量, 结合经验正交函数分解方法 (empirical orthogonal function, EOF) 提取出气候态基底. 同样滤波北半球 2008 年 1 月冰冻雨雪事件的逐日实况资料, 并将其投影到气候态基底上, 利用各贡献率作为考察该 EOF 分量对原场的影响指标. 从 10—30 d 延伸期预报的角度提取稳定分量进行诊断分析, 探讨影响此次天气过程的主要因素. 通过贡献率分析方法把 10—30 d 延伸期稳定分量划分为气候态稳定分量和异常型稳定分量两个部分. 结果表明: 气候态稳定分量在我国南方 2008 年 1 月冰冻雨雪事件中占主体地位, 异常型稳定分量相当于在气候态稳定分量的基础上叠加的扰动值, 但异常型稳定分量在本次过程中的作用不能忽视, 甚至起到关键性的作用, 并且与实况距平在太平洋地区整体环流形势有较好的对应. 这些结论加深了对 10—30 d 时间尺度可预报性的认识, 为 10—30 d 延伸期预报提供了一种新的思路和解决问题的途径.

关键词: 稳定分量, 气候态稳定分量, 异常型稳定分量, 低温雨雪冰冻

PACS: 92.60.Wc

1 引言

自 Charney 等^[1] 基于正压涡度方程第一次成功做出 24 h 的数值天气预报以来, 数值天气预报取得了长足的发展, 目前天气形势的可用预报已达 5—7 d^[2]. 然而由于大气系统是一个极其复杂的强迫耗散非线性动力系统, 对初值十分敏感, 一个小误差可以随时间剧烈放大, 这使得大气的运动存在可预报的极限^[3–10], 因此对于更长时效的中期延伸期时间尺度, 预报水平仍然很低.

观测和动力理论研究已表明^[11–19], 在 10—30 d 的时间尺度, 客观存在可预报的稳定分量. 封国林等^[8] 运用自忆性原理, 导出了各混沌系统的自忆性方程, 取最优步长时, 其预报性能有明显的改善. 丑纪范等^[20,21] 以数值模式为基础, 详细阐述了

提取 10—30 d 可预报稳定分量的方法和可预报度的定义, 并讨论了针对可预报分量和不可预报分量应采用不同的预报策略和方案, 避免误差增长快的不可预报的混沌分量对可预报的稳定分量的影响. 孙国武等^[22,23] 研究了大气低频振荡与延伸期预报的关系, 并提出根据大气低频振荡特性进行延伸期预报的预报方法. Li 和 Zhou^[24] 发现在春末夏初西太平洋副热带高压的对流层高层和低层都明显出现了持续时间大约两周左右的南撤过程, 在此之后发生第一次西太平洋副热带高压北跳. 同时西太副高对流层高层结束南撤过程的时间先于低层开始南撤过程大约 10 d 左右, 可作为预报低层西太副高南撤过程和后期西太副高北跳十分有意义的前期讯号. 王革丽等^[25] 利用支持向量机方法 (support vector machine, SVM) 对 Lorenz 系统这样的“理想”

* 国家自然科学基金 (批准号: 40930952, 41175067 和 41075058)、全球变化研究国家重大科学研究计划 (批准号: 2012CB955902) 和公益性行业科研专项 (批准号: GYHY201106016 和 GYHY201106015) 资助的课题.

† E-mail: fenggl@cma.gov.cn

时间序列发生器建立预测模型,发现基于统计学习理论的 SVM 方法不仅对平稳过程有较好的预报能力,也可以适用于非平稳过程,而且预测效果优于人工神经网络方法.

2008 年 1 月中国南方发生的低温雨雪冰冻事件对交通、农业、人民生活等各个方面造成了巨大的影响,使国民经济蒙受巨大损失.对这次低温雨雪冰冻事件已有不同的作者从不同的角度进行了诊断分析^[26-30].在短期预报已经达到相当准确的前提下,如何提高 10—30 d 延伸期预报的准确率是目前亟待解决的科学前沿问题.在上述研究的基础上,针对 10—30 d 延伸期的可预报性问题和可预报稳定分量提取等问题,本文通过对 2008 年 1 月发生在中国南方的低温雨雪冰冻事件,从 10—30 d 延伸期预报的角度,研究提取与定义 10—30 d 延伸期稳定分量.从气候态和异常型稳定分量两个方面解读本次极端天气事件,尝试提出延伸期预报的一种新思路和新方法,来解决气象工作中关于延伸期预报可预报性和预报技术难题,真正实现无缝隙的预报,更好地为防灾减灾事业服务.

2 资料和方法

2.1 资料

本文利用美国国家环境预报中心 (National Center for Environmental Prediction, NCEP) 和美国国家大气研究中心 (National Center for Atmospheric Research, NCAR) 发布的 500 hPa 高度场和 850 hPa 风场的逐日再分析资料,时间长度为 1971 年至 2008 年,水平分辨率为 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$.

2.2 方法

本文中主要应用 Butterworth 带通滤波方法和经验正交函数分解方法 (EOF)^[31] 处理美国 NCEP/NCAR 发布的高度场和风场的再分析资料. EOF 的基本思想是把包含 m 个空间点 (或 m 个变量) 的 n 个时次的观测场随时间进行分解,即将某一区域的气象要素场序列 X_{ij} ($i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$) 分解成相互正交的时间函数与相互正交的空间函数的乘积之和:

$$X_{m \times n} = V_{m \times m} T_{m \times n}, \quad (1)$$

式中 $V_{m \times n}$ 为空间特征向量, $T_{m \times n}$ 为时间系数. 根据正交性, 要求:

$$\sum_{i=1}^m v_{ik} v_{il} = 1 (k = l), \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n t_{kj} t_{lj} = 0 (k \neq l). \quad (3)$$

对 (1) 式右乘 X' 可得:

$$X X' = V T T' V'; \quad (4)$$

根据实对称矩阵的分解定理有:

$$X X' = V \Lambda V', \quad (5)$$

其中 Λ 是 $X X'$ 矩阵的特征值组成的对角阵, 比较 (4) 式和 (5) 式可知:

$$T T' = \Lambda; \quad (6)$$

由特征向量的性质可知:

$$V' V = V V' = I; \quad (7)$$

式中 I 为单位矩阵. 由此可知空间函数矩阵可从 $X X'$ 矩阵的特征向量求得, 而时间函数则可利用 (1) 式左乘 V' 得到, 即:

$$T = V' X. \quad (8)$$

经验正交函数方差分析方法能有效区分气候信号和噪音的相对大小^[32,33], 方差代表了数值模式对初值的敏感程度, 而外部方差则反映了对初值的边值信息的响应程度. 通常只有当预报误差不超过所预报的量的平均气候变化时, 个别过程的预报才能给出超过统计 (气候) 描述所给的信息之外的补充信息, 相应的期限可以称为所研究的过程的可预报期限^[34]. 本文以 2008 年雨雪冰冻灾害为例, 对 1978—2007 年 30 年中 1 月 6 日—2 月 4 日 30 d 逐日 500 hPa 高度场资料滤波, 得到 10—30 d 时间尺度分量, 按照 (1) 式 EOF 分解提取气候态基底. 在此基础上把 2008 年冰冻雨雪灾害的逐日实况资料同样进行滤波投影到气候态基底上, 利用各 EOF 分量的空间特征向量与其对应时间系数的合成分量相对于原场的解释方差百分比, 作为考察该 EOF 分量对原场的影响指标, 并将其定义为该 EOF 分量的贡献率. 通过排序提取可预报稳定分量, 分析 10—30 d 延伸期稳定分量对本次极端天气过程的影响.

3 10—30 d 稳定分量与时空尺度的关系

大气是一个复杂的非线性系统, 由于其内在的随机性, 存在可预报期限^[35]. 可预报性问题, 实质上是时空尺度问题, 不同时空尺度有不同的可预报性^[7,36]. 李志锦和纪立人^[37]也指出, EOF 前几个模态可预报性强的原因是它们表示了大气的慢变流. 因此, 对于 10—30 d 问题来说, 运用滤波和 EOF 并结合诊断分析的方法可以很好地把时间和空间尺度有机地结合起来. 从时间角度, 考虑到变量的时间序列, 本文运用 Butterworth 带通滤波的方法从逐日实况高度场中提取出 10—30 d 分量相应的低频慢变波. 从空间角度, EOF 分量中概括了场的地域分布特点, 且不随时间变化. 对气候资料做 EOF 分解, 提取出支撑吸引子的少数自由度, 用它所张成的子空间覆盖了吸引子, 认为实际大气在吸引子上. 值得注意的是资料时段不同, 可能展开的基底不同, 但不同的基底展成的空间是相同的. 由此可见, 对预报时段内进行 EOF 分解是压缩自由度的有效方式, 且稳定分量也主要集中在前几个模态. 因此通过 EOF 分解提取气候态基底, 把滤波处理后的 2008 年冰冻雨雪灾害的逐日实况资料投影到气候态基底上, 计算 EOF 分量贡献率, 同时提取出大

尺度的慢变波形. 需要说明的是, 贡献率排序后的顺序与 EOF 得到的基底顺序是不同的. 为此通过滤波与 EOF 结合的方法分析 10—30 d 分量中的不同模态在 2008 年冰冻雨雪事件的作用.

4 2008 年 1 月冰冻雨雪事件天气过程特征

2008 年 1 月中国南方低温雨雪冰冻事件是在拉尼娜年气候背景下, 南下冷空气不断侵袭中国南方, 孟加拉湾和南海暖湿气流北上共同作用下形成. 在拉尼娜事件的影响下, 促使欧亚阻塞形势的建立和持续稳定, 并且东亚大槽偏强. 这些条件有利于冷空气频繁地侵袭中国^[26].

结果表明, 2008 年 1 月北半球月平均 500 hPa 高度场上, 中高纬度环流呈 3 波型分布, 其距平场 (相对于 1971—2000 年 1 月平均值) 表现为 “+ - +” 形势, 其中两个正距平中心分别位于乌拉尔山和北太平洋西风漂流区, 强度分别达到 120 gpm 和 160 gpm, 北半球极涡与常年相比异常偏强, 距平中心最低值达 -120 gpm, 加强了冷空气南下. 西北太平洋副热带高压较常年同期显著西伸, 脊线位置偏北 (图 1(a)).

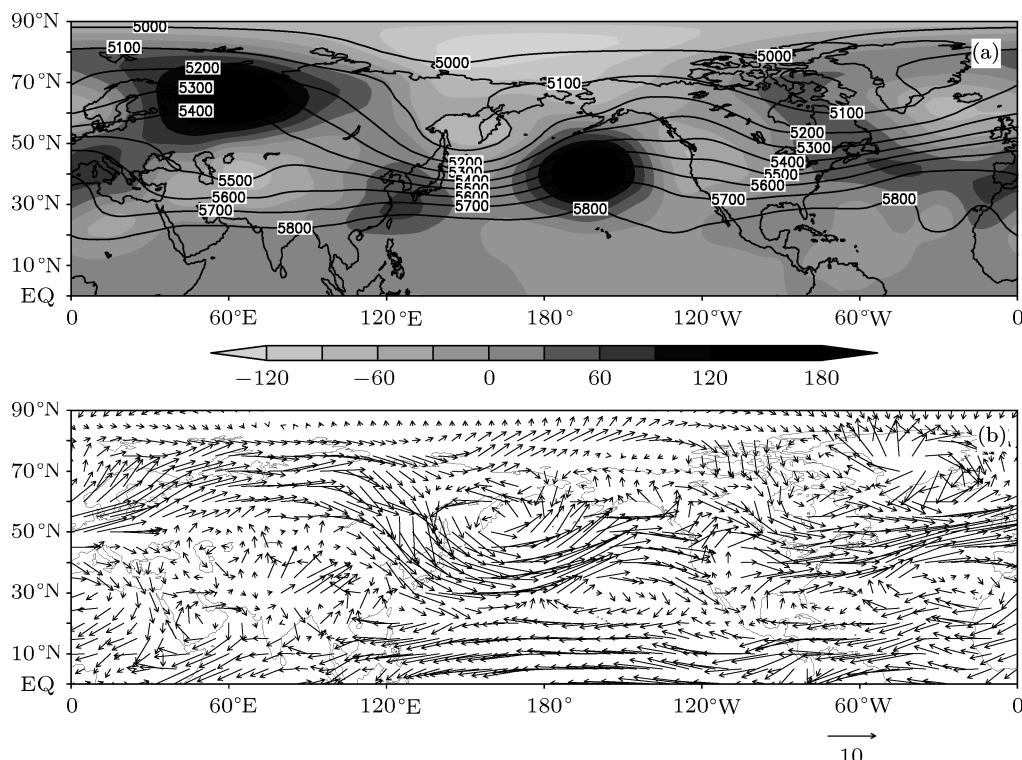


图 1 2008 年 1 月平均环流形势 (a) 500 hPa 等高线, 阴影区表示高度距平值 (单位: gpm); (b) 850 hPa 平均风场 (单位: m/s)

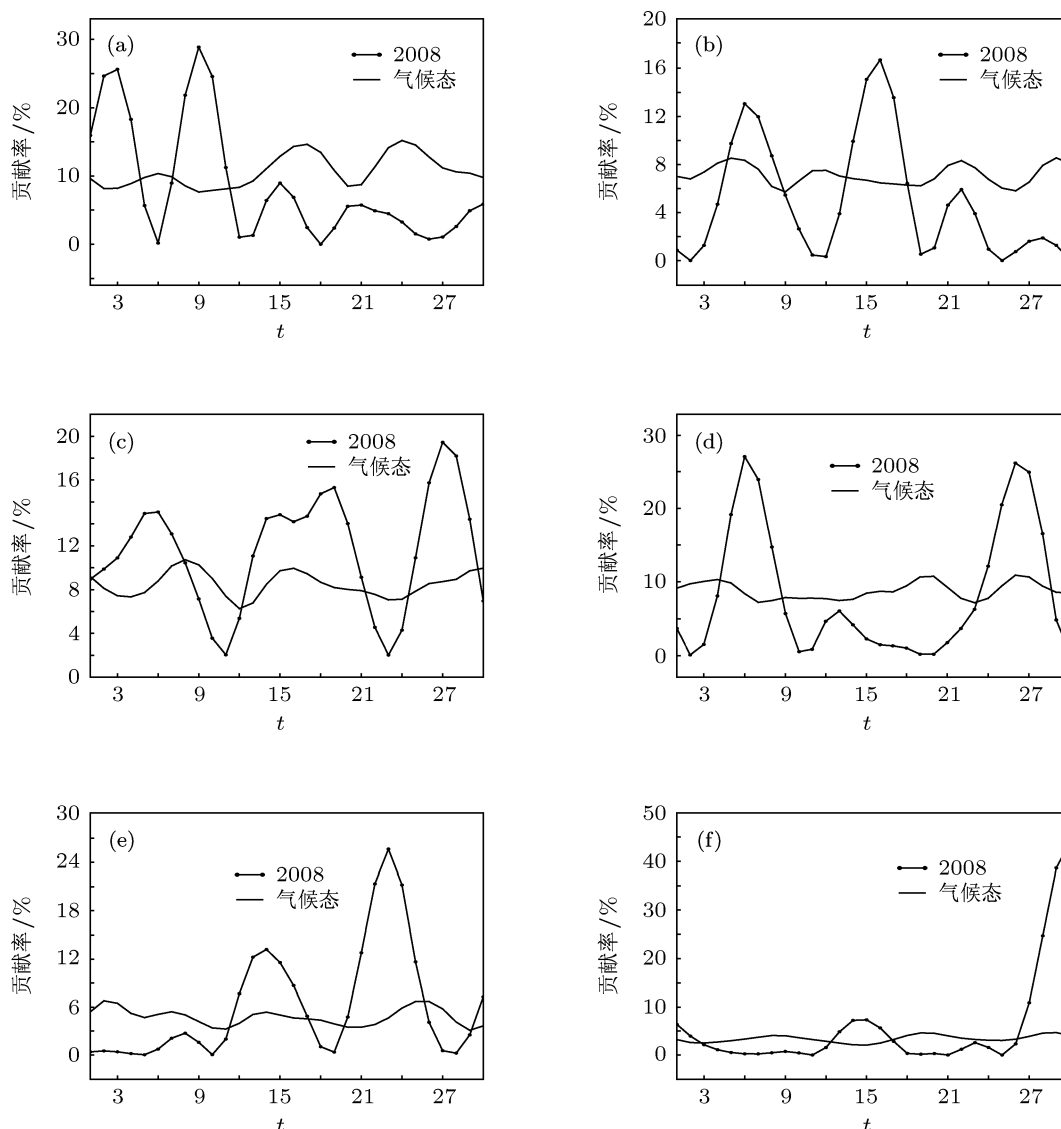


图2 2008年1月6日—2月4日气候态稳定分量对应基底贡献率逐日变化(实线为气候态,点划线为2008年个例) (a)基底为1; (b)基底为2; (c)基底为3; (d)基底为4; (e)基底为6; (f)基底为7

此外,从北半球850 hPa风场平均图(图1(b))可见,我国南方地区为西南风异常,其携带了充足的水汽进入我国,而稳定偏强的极涡利于冷空气频繁南下,二者在长江中下游交汇,造成期间我国南方地区大范围持续性的低温雨雪冰冻天气。

5 2008年冰冻雨雪灾害10—30 d稳定分量的提取和分类

本文中提取稳定分量的做法为先将2008年冰冻雨雪灾害的500 hPa高度场逐日实况资料投影到气候态基底上,在30 d中平均贡献率排序在前20

位且持续时间达到或者超过15 d的分量,即在这次事件中贡献较大、持续时间较长的分量定义为稳定分量。显然,对于2008年冰冻雨雪这一异常事件来说,既有产生和维持的气候态背景,又有针对性异常型。将30 d内EOF中同一序号的基底在气候态和个例中对应的贡献率排序序号相差小于3的个例中的稳定分量定义为10—30 d延伸期气候态稳定分量; EOF中同一序号的基底在气候态和个例中对应的贡献率排序序号相差大于或等于3的个例中的稳定分量定义为10—30 d延伸期异常型稳定分量。

从表1的2008年冰冻雨雪事件10—30 d延伸期气候态和异常型稳定分量对应基底序号可以看

出: 气候态稳定分量基底在本次极端事件中占多数, 达到 10 个. 对应的基底顺序序号大多数都排在前 15; 而对于异常型稳定分量来说, 只有 6 个达到要求, 且对应的基底顺序序号大多数在 15 以后, 甚至有第 30 和 31 两个基底排序比较靠后但贡献率排序靠前的基底出现, 这也是导致 2008 年我国南方冰冻雨雪事件异常的直接原因. 为了对气候态稳定分量和异常型稳定分量在本次过程中的变化有更直观的了解, 本文取包括 2008 年冰冻雨雪灾害事件时间段 (2008 年 1 月 6 日—2 月 4 日) 和相同

时间段内的气候态资料 (1978—2007 年) 进行相同处理, 计算贡献率排序. 结合表 1 选取出对应基底在 30 d 内逐日贡献率, 并比较在气候态和本次极端事件个例中的贡献率变化规律.

表 1 2008 年冰冻雨雪事件 10—30 d 延伸期气候态和异常型稳定分量对应基底序号

	基底顺序序号	总个数
气候态稳定分量	1 2 3 4 6 7 8 11 14 16	10
异常型稳定分量	10 15 18 26 30 31	6

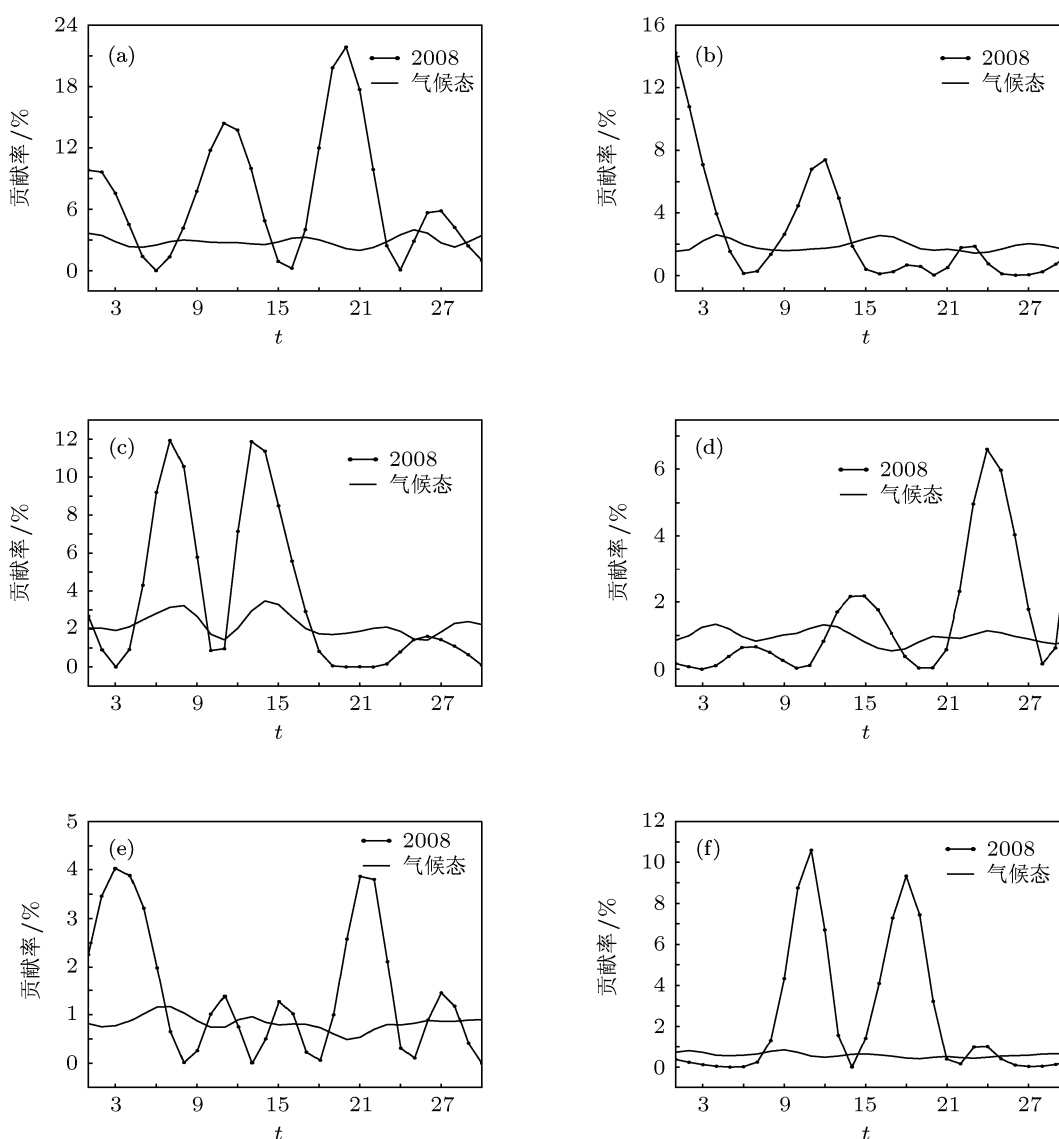


图 3 2008 年 1 月 6 日—2 月 4 日异常型稳定分量对应基底贡献率逐日变化 (实线为气候态, 点划线为 2008 年个例) (a) 基底为 10; (b) 基底为 15; (c) 基底为 18; (d) 基底为 26; (e) 基底为 30; (f) 基底为 31

在 2008 年 1 月 6 日—2 月 4 日前 6 个气候态稳定分量基底贡献率逐日变化 (图 2) 中可以看出, 气候态基底的贡献率 (实线) 大部分随时间波动并不明显, 变化较为平缓. 数值上每个基底的逐日贡献率大部分都小于 10%. 对于 2008 年个例 (点划线) 来说, 可以看出贡献率逐日变化比较剧烈, 每个基底在这段时间内都出现了峰值. 同时, 对于不同基底出现峰值的个数和时间也是不同的. 其中 7 基底为单峰型, 1, 2, 4, 6 基底为双峰型, 3 基底为多峰型. 个例贡献率数值上与气候态接近. 虽然 2008 年个例中基底贡献率存在一定的逐日变化, 但是根据气候态稳定分量定义和趋势分析, 可以看出个例基底大部分都满足偏离气候态基底较小的要求, 说明气候态稳定分量中的个例基底与气候态基底相似.

同理, 通过比较图 3 中 2008 年 1 月 6 日—2 月 4 日异常型稳定分量基底贡献率逐日变化可知: 异常型稳定分量对应的气候态基底贡献率 (实线) 逐日变化平缓, 略有小波动, 由于大部分基底序号偏后, 所以在数值上偏小, 在 1% 到 3% 左右. 对于 2008 年个例 (点划线) 来说, 图中波动变化特别剧烈, 都出现了两个以上峰值. 同时, 个例基底偏离气候态基底幅度较大, 存在明显异常, 满足关于异常型稳定分量定义, 这也是导致 2008 年我国南方冰冻雨雪事件的直接原因. 本文旨在揭示这些有别于气候态稳定分量的异常流型, 捕捉异常信号, 为 10—30 d 可预报性的研究奠定基础.

6 不同类型的稳定分量的联系

初始场信息主要由气候态分量叠加异常型分量组成. 如果时间段内与气候态差别很小, 即正常年份来说, 气候态稳定分量应能解释大部分过程; 换言之, 对于异常年份具有类似 2008 年南方低温雨雪冰冻事件, 异常型稳定分量可能占相当的比重, 其可能就是造成异常事件的直接原因. 对于 2008 年冰冻雨雪这一持续性极端异常事件, 通过基于气候态基底的横向比较, 把个例中分离出的稳定分量分为气候态稳定分量和异常型稳定分量.

表 2 给出了在 2008 年冰冻雨雪灾害事件中不同类型稳定分量基底对应的贡献率. 从表中可以看出, 气候态稳定分量贡献率中的最大值出现在第 3 基底, 达到 9.443%, 而最小值出现在第 8 基底,

为 2.027%. 气候态稳定分量 10 个基底的累计贡献率为 52.433%, 占总体一半以上. 而异常型稳定分量贡献率, 最大值出现在第 10 基底, 达到 7.063%, 最小值出现在第 30 基底, 为 1.456%. 异常型稳定分量 6 个基底的累计贡献率为 18.357%. 异常型稳定分量贡献率占气候态稳定分量贡献率的 35%, 因此异常型稳定分量在本次过程中的作用不能忽视. 换言之, 对于 10—30 d 持续性异常事件, 重点要抓住气候态稳定分量和异常型稳定分量, 两者的贡献率之和约占 70%.

表 2 基底序号对应贡献率

气候态稳定分量		异常型稳定分量	
基底序号	对应贡献率/%	基底序号	对应贡献率/%
1	8.530	10	7.063
2	4.919	15	2.557
3	9.443	18	3.455
4	8.130	26	1.472
6	6.076	30	1.456
7	5.756	31	2.354
8	2.027		
11	2.537		
14	2.556		
16	2.459		
总计	52.433	总计	18.357

同时, 把事件中不同类型稳定分量基底与对应时间系数合成, 如图 4 所示的气候态稳定分量和异常型稳定分量 30 d 合成场. 气候态稳定分量和异常型稳定分量两者的贡献率之和约占 70%, 因此图 4(a) 和图 4(b) 相加后总体形势与图 1(a) 较为一致. 从图 4(a) 中气候态稳定分量的分布可以看出, 2008 年 1 月 500 hPa 高度距平场出现了较明显的 3 个正值区域和 3 个负值区域, 且正负中心交错分布, 有利于经向环流发展. 此外, 乌拉尔山东侧为正距平, 西太平洋除日本岛东部外大部为正距平, 说明在气候态稳定分量上乌拉尔山有阻塞形势存在, 而西太平洋副热带高压则偏强偏北, 气候态稳定分量 30 d 平均图体现了 2008 年 1 月主要的天气系统背景场. 从图 4(b) 中异常型稳定分量的分布可以看出, 异常型稳定分量在数值上相对气候态稳定分量小一个量级, 主要在 -6 至 5 之间, 正负中心较多且呈经向型交错分布. 在乌拉尔山附近地区有正值区域存在, 造成我国西北方向中高纬地区出现类

似“ Ω ”型形势场,持续时间较长,促使东南部不断有冷空气南下入侵我国.在东北亚地区异常型稳定分量正负中心较多且呈经向分布,表明经向环流异常偏强,冷空气南下频繁,与本次天气过程中该地区出现横槽对应.

通过对比可以看出,气候态稳定分量数值上

占主体地位,主要体现了2008年1月乌拉尔阻塞和西太平洋副热带高压偏强偏北的天气系统背景场,而异常型稳定分量相当于在气候态稳定分量的基础上叠加的扰动值,主要体现了2008年1月正负中心的交错分布与移动,反映了亚洲经向环流的异常.

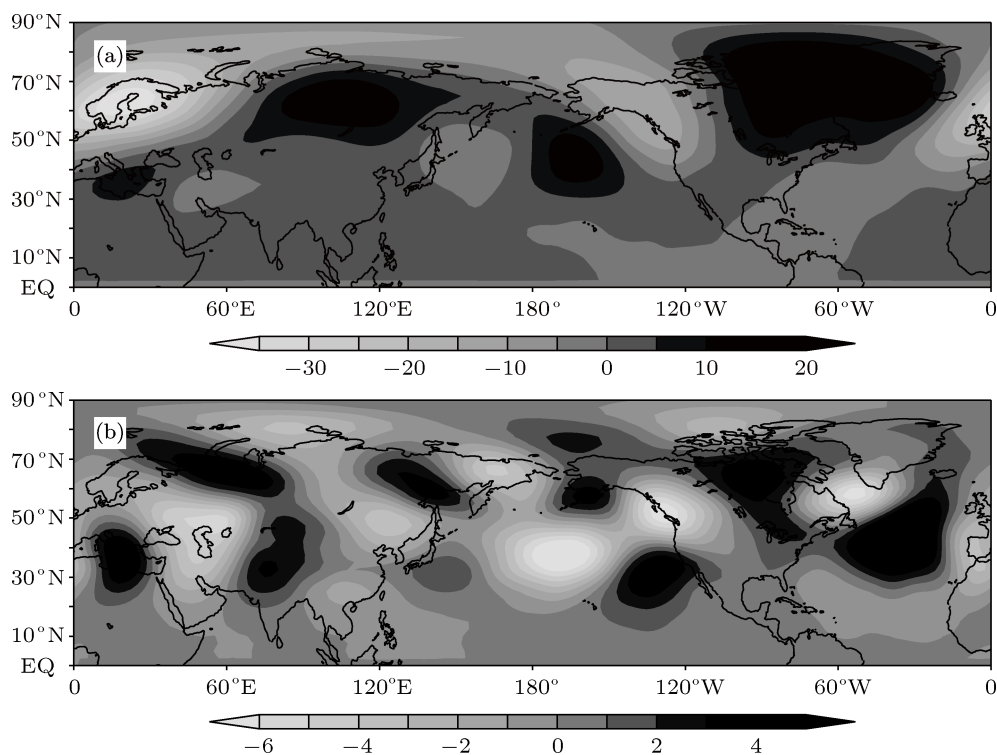


图4 稳定分量30 d平均场 (a)气候态稳定分量;(b)异常态稳定分量(单位: gpm)

7 异常型稳定分量在2008年1月低温雨雪冰冻事件的演变

对于2008年1月低温冰冻雨雪事件这一极端事件来说,必然有相对异常的环流形势对应.由于极端事件的异常程度与异常型稳定分量有关,而对于异常程度的描述,可以用实况距平来表示.因此以2008年冰冻雨雪灾害500 hPa高度场为例,考察异常型稳定分量与实况距平的关系.我们隔候选取1月8日、1月13日、1月18日的异常型稳定分量和实况距平(相对于1978—2007年1月6日—2月4日30 d平均值)进行对比分析,结果如图5所示.

在1月8日,异常型稳定分量显示东北亚地区

的东亚大槽出现正异常导致中心偏弱,乌拉尔地区的乌拉尔阻塞高压加强,有正中心存在.同时在青藏高原北部弱脊和对应南支槽活动也有所反应.与实况距平图中太平洋北部和北美洲西岸的两个太平洋低值中心,和在亚欧大陆上我国东北与俄罗斯交界处和里海附近的两个低值区域都有较好的对应.到了1月13日,异常型稳定分量中乌拉尔阻塞高压增强且呈现东北向弯曲,有利于北方冷空气南下.西太平洋副热带高压强度相对稳定,维持偏强状态.异常型稳定分量图与实况距平图中太平洋东岸影响范围较大的高值中心配合较好,在其他地区也体现出较高度度的环流一致性.在1月18日,异常型稳定分量中东亚大槽进一步减弱,乌拉尔阻塞高压略有降低,西太平洋副热带高压等系统始终维

持较高强度. 由于西太平洋副热带高压持续偏强偏北, 促使孟加拉湾水汽与北下冷空气在长江及以南地区交汇, 影响北方冷空气南下和我国降水. 在实况距平图中太平洋东岸的正距平中心更明显, 太平洋中西部主要受位于极地地区和日本东部太平洋地区南北两个负距平中心影响. 在异常型稳定分量图中太平洋东岸也有明显的正中心, 在太平洋西部主要为负值区域. 另外, 在亚欧大陆实况距平图为纬向北正南负的形势, 而在异常型稳定分量图中为经向自西向东的“+—+”的形势.

对比发现, 异常型稳定分量可以很好地反

应实况异常部分的变化, 尤其在中高纬更加明显. 图中乌拉尔阻塞高压、南支槽和西太平洋副热带高压等系统持续稳定存在, 反映出本次事件各系统的逐候发展情况. 造成本次极端天气事件的主要原因是乌拉尔阻塞高压的持续存在, 欧亚地区经向环流显著增强, 并配合西太平洋副热带高压偏强偏北促, 使该形势长时间维持, 南支槽输送水汽与南下冷空气在我国长江以南地区交汇, 引起 2008 年 1 月中国南方低温雨雪冰冻事件的发生. 这些结论与李崇银等^[27]的研究结果类似.

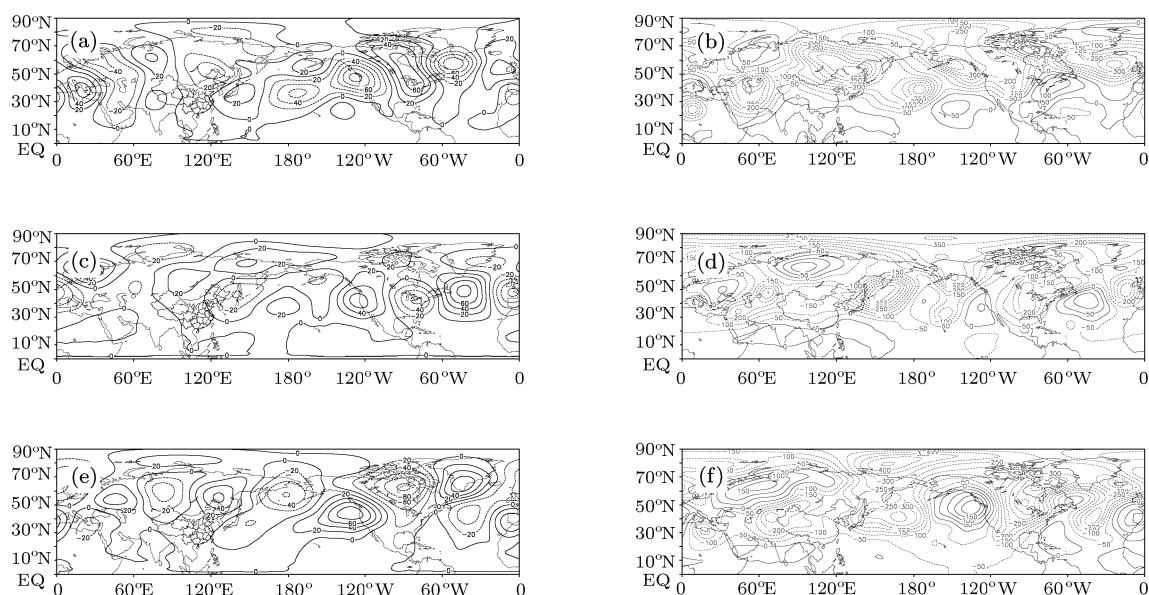


图 5 2008 年 1 月 8 日、13 日、18 日异常型稳定分量和 500 hPa 高度距平 (a) 1 月 8 日异常型稳定分量; (b) 1 月 8 日高度距平; (c) 同 (a), 但为 1 月 13 日; (d) 同 (b), 但为 1 月 13 日; (e) 同 (a), 但为 1 月 18 日; (f) 同 (b), 但为 1 月 18 日 (单位: gpm)

8 结果与讨论

本文主要对 2008 年 1 月我国南方低温雨雪冰冻事件逐日 500 hPa 高度场进行滤波和经验正交函数分解, 从 10—30 d 延伸期预报的角度进行分析, 提取 10—30 d 延伸期稳定分量, 分析影响此次天气过程的因素, 得到如下结论.

1) 对提取出的 10—30 d 延伸期稳定分量对应基底与气候态基底进行比较, 定义气候态稳定分量和异常型稳定分量. 对不同稳定分量对应的基底逐日贡献率变化进行分析, 气候态稳定分量对应的基底贡献率与气候态基底较符合, 而异常型稳定分量对应的基底贡献率相对偏离较大. 气候态稳定分量

与异常型稳定分量分别对应了 2008 年 1 月低温雨雪冰冻事件中不同的环流形势.

2) 对于 10—30 d 持续性异常事件, 重点要抓住气候态稳定分量和异常型稳定分量. 在 2008 年 1 月低温雨雪冰冻事件中两者的贡献率之和约占 70%. 同时异常型稳定分量的作用显著, 累计贡献率为 18.357%. 异常型稳定分量贡献率占气候态稳定分量贡献率的 35%. 气候态稳定分量占主体地位, 与正常年相似, 而异常型稳定分量相当于在气候态稳定分量的基础上叠加的扰动值. 出现的极端事件越异常, 对应的异常型稳定分量也越明显.

3) 在 2008 年 1 月低温雨雪冰冻事件中, 对比实况距平可以发现, 气候态稳定分量数值上占主体

地位, 主要体现了 2008 年 1 月乌拉尔阻塞和西太平洋副热带高压偏强偏北的天气系统背景场, 而异常型稳定分量相当于在气候态稳定分量的基础上叠加的扰动值, 主要体现了 2008 年 1 月正负中心的交错分布与移动, 反映了亚洲经向环流的异常. 另外, 异常型稳定分量与实况距平在太平洋地区整体环流形势有较好的对应, 可以解读大部分作用于

本次事件的天气系统.

本文主要是从已有的历史资料中进行分析, 提取的稳定分量在事件中持续时间较长, 与大尺度的大气运动和低频外强迫相联系, 体现出大气中的低频振荡信号, 对延伸期预报有一定的指示意义. 在实际预报中, 如何提前确定稳定分量尤其是异常型稳定分量, 这方面的工作有待进一步探讨.

- [1] Charney J G, Fjortoft R, von Neumann J 1950 *Tellus* **2** 237
- [2] Chen D H, Xue J S 2004 *Acta Meteor. Sin.* **62** 623 (in Chinese) [陈德辉, 薛纪善 2004 气象学报 **62** 623]
- [3] Lorenz E N 1965 *Tellus* **17** 321
- [4] Lorenz E N 1969 *J. Atmos. Sci.* **26** 636
- [5] Lorenz E N 1982 *Tellus* **34** 505
- [6] Mu M, Duan W S 2005 *Chin. Sci. Bull.* **50** 2695 (in Chinese) [穆穆, 段晚锁 2005 科学通报 **50** 2695]
- [7] Chou J F 2002 *The Nonlinearity and Complexity in Atmospheric Science* (Beijing: China Meteorological Press) pp149–166 (in Chinese) [丑纪范 2002 大气科学中的非线性与复杂性 (北京: 气象出版社) 第 149—166 页]
- [8] Feng G L, Dai X G, Wang A H, Chou J F 2001 *Acta Phys. Sin.* **50** 606 (in Chinese) [封国林, 戴新刚, 王爱慧, 丑纪范 2001 物理学报 **50** 606]
- [9] He W P, Feng G L, Dong W J, Li J P 2006 *Acta Phys. Sin.* **55** 969 (in Chinese) [何文平, 封国林, 董文杰, 李建平 2006 物理学报 **55** 969]
- [10] Wang P, Dai X G 2005 *Acta Phys. Sin.* **54** 4961 (in Chinese) [汪萍, 戴新刚 2005 物理学报 **54** 4961]
- [11] Barnett T P, Preisendorfer R 1987 *Mon. Wea. Rev.* **115** 1825
- [12] Blackmon M L, Lee Y H, Wallace J M, Hsu H H 1984 *J. Atmos. Sci.* **41** 981
- [13] Blackmon M L, Lee Y H, Wallace J M 1984 *J. Atmos. Sci.* **41** 961
- [14] Plaut G, Vautard R 1994 *J. Atmos. Sci.* **51** 210
- [15] Li J P, Chou J F 1997 *Sci. China (Ser. D)* **27** 89 (in Chinese) [李建平, 丑纪范 1997 中国科学 (D 辑) **27** 89]
- [16] Chen B H, Li J P, Ding R Q 2006 *Sci. China (Ser. D)* **36** 1068 (in Chinese) [陈宝花, 李建平, 丁瑞强 2006 中国科学 (D 辑) **36** 1068]
- [17] Sun G W, Xin F, Chen B M, He J H 2008 *Plateau Meteor. (Suppl.)* **27** 64 (in Chinese) [孙国武, 信飞, 陈伯民, 何金海 2008 高原气象 (增刊) **27** 64]
- [18] Zheng Z H, Ren H L, Huang J P 2009 *Acta Phys. Sin.* **58** 7359 (in Chinese) [郑志海, 任宏利, 黄建平 2009 物理学报 **58** 7359]
- [19] Wang Q G, Hou W, Zheng Z H, Gao R 2009 *Acta Phys. Sin.* **58** 6640 (in Chinese) [王启光, 侯威, 郑志海, 高荣 2009 物理学报 **58** 6640]
- [20] Chou J F, Ren H L 2006 *J. Appl. Meteor. Sci.* **17** 240 (in Chinese) [丑纪范, 任宏利 2006 应用气象学报 **17** 240]
- [21] Chou J F, Xie Z H, Wang S G 2006 *Military Meteorology and Hydrology* **4** (in Chinese) [丑纪范, 谢志辉, 王武功 2006 军事气象水文 **4**]
- [22] Sun G W, Xin F, Kong C Y, Chen B M, He J H 2010 *Plateau Meteor.* **29** 1142 (in Chinese) [孙国武, 信飞, 孔春燕, 陈伯民, 何金海 2010 高原气象 **29** 1142]
- [23] Sun G W, Kong C Y, Xin F, Chen B M, He J H 2011 *Plateau Meteor.* **30** 594 (in Chinese) [孙国武, 孔春燕, 信飞, 陈伯民, 何金海 2011 高原气象 **30** 594]
- [24] Li J P, Zhu J L 2010 *Acta Meteor. Sin.* **24** 397
- [25] Wang G L, Yang P C, Mao Y Q 2008 *Acta Phys. Sin.* **57** 714 (in Chinese) [王革丽, 杨培才, 毛宇清 2008 物理学报 **57** 714]
- [26] Ding Y H, Wang Z Y, Song Y F, Zhang J 2008 *Acta Meteor. Sin.* **66** 808 (in Chinese) [丁一汇, 王遵娅, 宋亚芳, 张锦 2008 气象学报 **66** 808]
- [27] Li C Y, Yang H, Gu W 2008 *Clim. Environ. Res.* **13** 113 (in Chinese) [李崇银, 杨辉, 顾薇 2008 气候与环境研究 **13** 113]
- [28] Wang D H, Liu C J, Liu Y, Wei F Y, Zhao N, Jiang Z N, Li Y, Chen J Y, Wang Y F, Shi X H, Xu X D 2008 *Acta Meteor. Sin.* **66** 405 (in Chinese) [王东海, 柳崇健, 刘英, 魏凤英, 赵南, 姜智娜, 李英, 陈菊英, 王亚非, 施晓晖, 徐祥德 2008 气象学报 **66** 405]
- [29] Tao S Y, Wei J 2008 *Clim. Environ. Res.* **13** 337 (in Chinese) [陶诗言, 卫捷 2008 气候与环境研究 **13** 337]
- [30] Zeng M J, Lu W S, Liang X Z, Wu H Y, Pu M J, Yin D P 2008 *Acta Meteor. Sin.* **66** 1043 (in Chinese) [曾明剑, 陆维松, 梁信忠, 吴海英, 濮梅娟, 尹东屏 2008 气象学报 **66** 1043]
- [31] Shi N 2009 *Meteorological Statistical Forecasts* (Beijing: China Meteorological Press) pp128–145 (in Chinese) [施能 2009 气象统计预报 (北京: 气象出版社) 第 128—145 页]
- [32] Chen W Y, van Den Dool H M 1997 *J. Climate* **10** 1236
- [33] Shukla J 1981 *J. Atmos. Sci.* **38** 2547
- [34] Mourning (translated by Lin B D, Wang S W) 1981 *Weather Forecast—as A Physics Problem* (Beijing: China Meteorological Press) pp118–128 (in Chinese) [莫宁著, 林本达, 王绍武译 1981 天气预报——一个物理学的课题 (北京: 气象出版社) 第 118—128 页]
- [35] Lorenz E N 1963 *J. Atmos. Sci.* **20** 130
- [36] Mu M, Li J P, Chou J F, Duan W S, Wang J C 2002 *Clim. Environ. Res.* **7** 227 (in Chinese) [穆穆, 李建平, 丑纪范, 段晚锁, 王家城 2002 气候与环境研究 **7** 227]
- [37] Li Z J, Ji L R 1996 *Chin. J. Atmos. Sci.* **20** 290 (in Chinese) [李志锦, 纪立人 1996 大气科学 **20** 290]

Study of the stable components in extended-range forecasting for the coming 10—30 days during the snow storm event in January 2008*

Wang Kuo¹⁾ Feng Guo-Lin¹⁾²⁾ Sun Shu-Peng¹⁾ Zheng Zhi-Hai²⁾

1) (College of Atmospheric Sciences, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China)

2) (Laboratory for Climate Studies, National Climate Center, China Meteorological Administration, Beijing 100081, China)

(Received 6 September 2011; revised manuscript received 22 September 2011)

Abstract

In this paper we extract components in extended-range forecast for the coming 10–30 days by the Butterworth Band-pass filter using the NCEP/NCAR reanalysis daily data of geopotential height from 1978 to 2007 and from January 6th to February 4th, and at the same time extract the basic function of climate state by empirical orthogonal function (EOF). And we use the same way to deal with the daily data of geopotential height during the snow storm event in January 2008 by the Butterworth Band-pass Filter. We use the contribution rate to explain the variance of EOF and the elements which influence this weather process in a period of 10–30 days. Stable components in extended-range forecast for the coming 10–30 days can be divided into two parts according to the contribution rate analysis: climatic stable components and abnormal stable components. Results show that climatic stable components are in the subject status during the snow storm event in January 2008 while abnormal stable components are equivalent to a disturbed value superimposed on climatic stable components. The influence of abnormal stable components cannot be neglected, and they can play quite a significant role. The circulation patterns of abnormal stable components correspond well to anomalies in Pacific region. These conclusions deepen our understanding of 10—30 days components and provide a new way to think and solve the problem of extended range forecast for the coming 10—30 days.

Keywords: stable components, climatic stable components, abnormal stable components, snow storm event

PACS: 92.60.Wc

* Project supported by the National Natural Science Foundation of China (Grant Nos. 40930952, 41175067, 41075058), the National Basic Research Program of China (Grant No. 2012CB955902), and the Special Scientific Research Fund of Public Welfare Profession of China (Grant Nos. GYHY201106016, GYHY201106015).

† E-mail: fenggl@cma.gov.cn