

2009 年 11 月冰冻雨雪事件 10—30 d 延伸期 稳定分量提取及分析*

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)

(2012 年 3 月 8 日收到; 2012 年 4 月 6 日收到修改稿)

针对 2009 年 11 月冰冻雨雪事件, 通过经验正交函数分解等方法提取 10—30 d 稳定分量, 并第一次运用计算贡献率和相似系数判定等手段把稳定分量进一步客观地分离成气候态稳定分量和异常型稳定分量. 将气候态稳定分量与低通滤波分量合成气候背景场. 研究发现: 气候背景场环流形势持续时间较长, 随时间变化缓慢, 主要提供了事件发生的气候背景, 指示大尺度环流调配置和调整; 气候背景场空间活动范围较大, 能较好地刻画永久半永久性大气活动中心变化情况, 且在垂直各层有稳定一致的配置关系; 异常型稳定分量重点体现了环流相对异常特征, 与 2009 年 11 月冰冻雨雪事件有较好的对应关系. 在气候背景场提供确定的环流大背景下, 异常型稳定分量表征了对应天气系统的相对强弱变化.

关键词: 气候态稳定分量, 异常型稳定分量, 气候背景场

PACS: 92.60.Wc

1 引言

随着科学技术的发展, 天气预报水平有了显著提高, 目前可预报期效已达到 5—7 d^[1]. 但是大气是一个复杂的非线性系统, 由于其内在的随机性, 使得大气的运动存在可预报的极限^[2–9]. 因此, 天气预报, 尤其是延伸期预报这个研究课题引起了科学家的广泛关注^[10–15].

丑纪范等^[16]以数值模式模拟结果为依据, 详细阐述了提取可预报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, 避免误差增长很快的不可预报的混沌分量对可预报的稳定分量的影响, 并从气候信息中获取混沌分量的概率分布. 丁一汇和梁萍^[17]从季节内振荡与中纬度相互作用的角度讨

论制作延伸预报的理论依据; 对延伸预报的可预报性、预报方法及国内外业务应用进展进行了综述, 并以江淮梅雨为例探讨我国延伸预报的可预报性及信号. 孙国武等^[18,19]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方法. 李建平和丁瑞强^[20]在非线性误差增长理论的基础上, 研究了位势高度场与温度场月和季节时间尺度可预报期限的时空分布特征, 表明夏季大部分地区月和季节尺度可预报期限比冬季明显减少.

10—30 d 延伸期天气过程可以看作是在 60 d 以上低通滤波所提供的稳定缓慢背景形势下, 以 10—60 d 带通滤波分量的变化为主构成的延伸期的主要天气过程, 图 1 所示为 2009 年 10 月—12 月 60 d 以上低通滤波分量沿 120°E 的纬度-时间剖面图. 60 d 以上低通滤波分量在与尺度 (延伸

* 国家自然科学基金 (批准号: 40930952, 41175067, 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, GYHY201106015) 资助的课题.

† E-mail: fenggl@cma.gov.cn

期范围)内变化比较缓慢,且呈近线性特征的变化趋势.由于所选时段正值秋冬过渡时段,冬季环流特征逐渐凸显.中高纬位势高度一致递减,反映出极涡增强加深过程.因此对于10—30 d 延伸期预报来说,10—60 d 带通滤波分量的变化是主体,60 d 以上低通滤波分量的背景调整在很大程度上影响着10—60 d 带通滤波分量的分布,而10 d 以下高频分量最大振幅的调整和转折也反映着10—60 d 带通滤波分量的调整 and 变化.

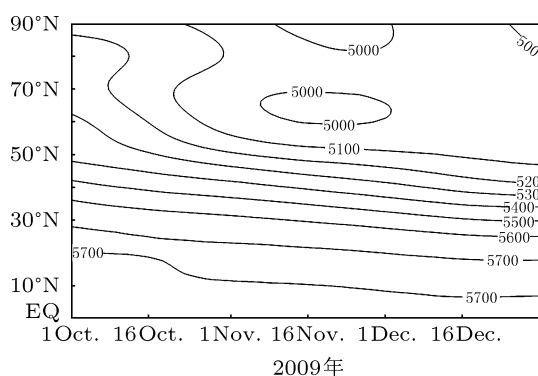


图1 2009年10—12月500 hPa高度场60 d以上低通滤波分量沿120°E的纬度-时间剖面图(单位为gpm)

2009年11月,亚洲东部和北部的大部分地区气温较常年同期偏低1℃—4℃,局部偏低4℃—6℃;降水量与常年同期相比,中国的华北、西北和东南部等地降水偏多5成以上,局部地区超过2倍.11月上、中旬,我国中东部地区出现大范围的强降温过程,有300多站过程降温幅度达极端事件监测标准.11月全国平均降水量为24.2 mm,较常年同期偏多6.2 mm,其中西北部分地区、华北大部、黄淮大部、江淮、江南中东部、华南东部等地偏多5成—2倍,局部地区偏多2倍以上^[21],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.对这次事件已有不同的作者从不同角度进行了诊断分析^[22,23].在上述研究的基础上,本文通过提取该事件中的稳定分量,并客观地加以分类,从稳定分量的角度对本次事件进行分析,刻画其演变规律和环流形势,进而加深对极端事件的理解和把握,促进延伸期预报水平的提高.

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200, 500和850 hPa高度场的逐日再分析资料,时间长度为1980年1月至2011年6月,水平格点分辨率为 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$.

2.2 方法

对1981—2010年30年中11月30 d逐日500 hPa高度场资料做10—60 d巴特沃斯带通滤波,得到10—30 d时间尺度分量,通过经验正交函数 EOF) 分解提取气候态基底.在此基础上把2009年11月的逐日实况资料同样进行滤波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10—30 d稳定分量.表1给出通过以上方法得到的2009年11月10—30 d稳定分量对应模式.

表1 2009年11月10—30 d稳定分量对应模式序号

2009年11月10—30 d稳定分量对应模式序号																					
1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	18	20	22						

10—30 d稳定分量应该是在延伸期过程中占主导变化地位的、具有大时空尺度的大气活动中心或遥相关型的配置.它的活动变化受大气永久和半永久活动中心的影响,甚至可能是大气永久半永久活动中心在延伸期尺度上的低频变化分量.另一方面,它不同于天气尺度的长波活动,更体现了超长波的移动和调整,与西风带指数循环有较为密切的联系.对于2009年这一具体年份来说,10—30 d稳定分量既有产生和维持的气候态背景,又有针对异常型产生相对异常的环流形势.因此,把10—30 d稳定分量分为气候态稳定分量和异常型稳定分量两个部分.主要工作流程如图2.

通过如上方法得到的前50模态计算贡献率可以得到气候态和2009年11月模态对应贡献率(图3),图3中气候态前50模态贡献率随基底序号减小,其中第一模态贡献率最大,达到16.8%.而2009年11月模态对应贡献率变化中大体上也是前30模态贡献率偏大,后20偏小.但是,贡献率随模态变化规律性不明显,最大贡献率出现在第1模态,为13.2%,之后为第8和第7模态,分别为7.5%和7.3%.

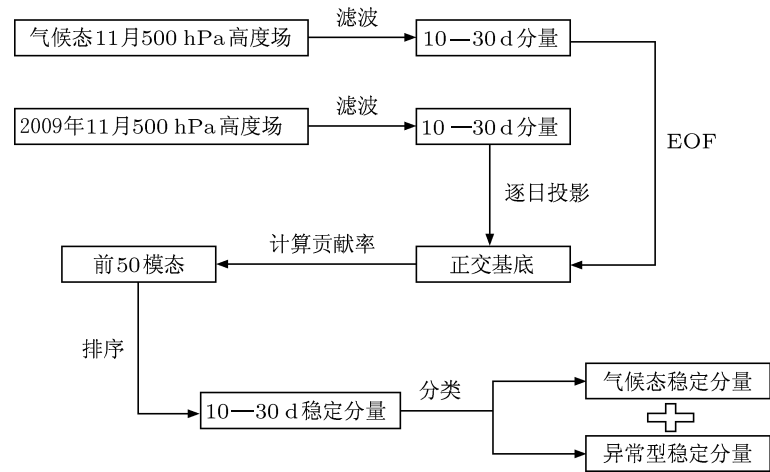


图2 提取稳定分量流程图

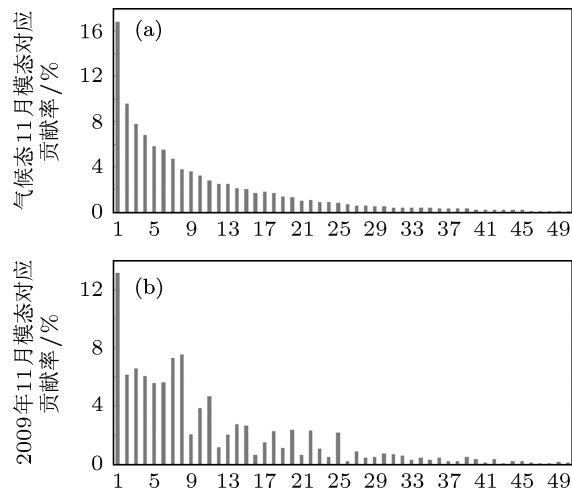


图3 气候态 (a) 和 2009 年 (b) 11 月模态对应贡献率

如果 2009 年 11 月逐日前 50 模态贡献率与气候态对应相同, 那么天气系统变化也将与历史相似, 有相当规律可循. 正是因为不同, 才出现了每年都有相对气象历史记录极端天气事件产生. 因此, 研究逐年模态对应贡献率变化也可以从另外一个角度来刻画极端天气事件发生发展的特征, 诊断 10—30 d 尺度中极端事件对应模态产生发展机制, 进一步提出 10—30 d 延伸期预报的可能途径.

令判断气候态稳定分量与异常型稳定分量之间的阈值定义为正整数 Y , 将 30 d 内 EOF 中同一序号的模态在气候态和个例中对应的贡献率排序序号相差绝对值小于 Y 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 中同一序号的模态在气候态和个例中对应的贡献率排序序号相差绝对值大于或等于 Y 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. 由于在选取稳定分量中已经定义模态贡献率排序必须在前 20, 当 $Y = 0$ 时, 将不存在气候态稳定分量, 因此本文只取 Y 值为 1—15, 考察随阈值 Y 的变化气候态稳定分量与异常型稳定分量的分布情况.

表2 不同阈值 Y 对应 10—30 d 气候态稳定分量和异常型稳定分量模态数量

Y	气候态稳定分量	异常型稳定分量	总计
1	2	14	16
2	4	12	16
3	6	10	16
4	11	5	16
5	12	4	16
6	12	4	16
7	13	3	16
8	14	2	16
9	16	0	16
10	16	0	16
11	16	0	16
12	16	0	16
13	16	0	16
14	16	0	16
15	16	0	16

表 2 给出对应不同阈值 Y 气候态稳定分量和异常型稳定分量模态数量的不同分布, 可以看出 10—30 d 稳定分量模态总数是一定的, 不随 Y 的变化而变化. 对于不同阈值 Y , 只是把 10—30 d 稳定分量中划分出互不相交的两个部分, 也就说明这种分类方法满足分类最基本要求: 排他性和完满

性. 为了有直观的认识, 这里只给出当阈值 $Y = 1$ 和 $Y = 2$ 时 10—30 d 气候态稳定分量和 10—30 d 异常型稳定分量对应模态 (表 3). 从表 3 中可以看出, 当阈值 $Y = 2$ 时, 10—30 d 气候态稳定分量不仅保留了 $Y = 1$ 时的对应模态, 还增加了第 3 和第 6 模态, 与之对应, 在 $Y = 2$ 时 10—30 d 异常型稳定分量相对于阈值 $Y = 1$ 减少了第 3 和第 6 模态.

表 3 阈值 $Y = 1, 2$ 时 10—30 d 稳定分量分类

阈值 $Y = 1$ 时 10—30 d 稳定分量分类													
气候态	1	10											
异常型	2	3	4	5	6	7	8	11	12	13	14	18	20 22
阈值 $Y = 2$ 时 10—30 d 稳定分量分类													
气候态	1	3	6	10									
异常型	2	4	5	7	8	11	12	13	14	18	20	22	

由于已经说明 10—30 d 稳定分量可以分为气候态稳定分量和异常型稳定分量两部分, 非此即彼. 因此, 如果可以客观地阈值划分 10—30 d 稳定分量中气候态稳定分量那一部分, 也就相当于从侧面明确了异常型稳定分量. 本文主要应用相似系数^[24]判定阈值, 计算公式如下:

$$\cos \theta = \frac{\sum_{i=1}^m x_i y_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_i^2} \sqrt{\sum_{i=1}^m y_i^2}}, \quad (1)$$

其中, $\cos \theta$ 是两幅图相似程度的定量指标, m 为格点数, x_i 和 y_i 分别是第 i 个格点在不同分布图中的要素值. 相似系数的取值范围在 $-1 \sim 1$ 之间, 当相

似系数等于 $1(-1)$, 表明两幅图中各站点要素值的分布情况完全相同 (相反), 并且正值越接近于 1, 相似程度越高, 负值越接近 -1 , 则差异性越大; 相似系数等于 0 时表示两幅图完全不相似.

主要步骤: 选取气候态 11 月 500 hPa 高度场滤波得到 10—30 d 分量. 对 11 月每 1 d 进行 30 年合成平均, 得到气候态平均 10—30 d 分量, 在 EOF 分解得到的正交基底上投影. 由于已经定义过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. 并且图 3 已说明气候态模态贡献率随模态序号增加单调减小. 因此, 我们只需取气候态平均投影后的前 20 个基底合成, 即为历史资料中气候态稳定分量的分布情况. 结合图 2 选取不同 Y 值对 2009 年 11 月 10—30 d 稳定分量划分, 把得到的 30 d 10—30 d 气候态稳定分量与历史平均 30 d 气候态稳定分量求相似系数 $COR(Y)$, 主要流程如图 4.

图 5 为计算连续 30 d 内气候态前 20 模态与气候态稳定分量相似系数得到的相似系数阈值变化曲线. 从图中可以看出从阈值 $Y = 1$ 到 2 时相似系数减小, 从 0.04 降为 0.02. 随着 Y 增长后约束条件放宽, 更多模态加入 10—30 d 气候态稳定分量, 增加了与气候态性质相似的稳定分量, 相似系数呈增大趋势. 因为 10—30 d 气候态稳定分量与异常型稳定分量信息交互缠绕, 没有明显的界限, 随着阈值的增加, 异常信息会混入气候态稳定分量越来越多, 逐渐淹没气候态信息, 从而使 10—30 d 气候态稳定分量与异常型稳定分量相互混淆, 难以区分.

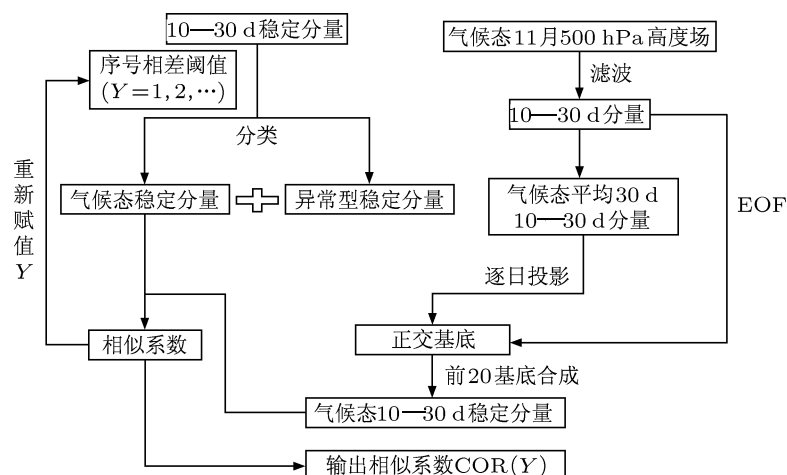


图 4 客观化划分稳定分量流程图

如果单从数值上来说,当选取阈值 $Y = 5$ 时稳定分量与气候态稳定分量相似系数达到最大值,为 0.13. 虽然此时相似系数最大,但是从图 5 中看出在阈值 $Y = 5$ 后,相似系数变化趋于平稳,也就说明随后新增的信息所占比重较小,基本不会影响结果. 因此,阈值取 $Y = 5$ 值得商榷. 当 $Y = 3$ 时,相似系数达到极大值 0.11,到了 $Y = 4$,相似系数有又有下降,达到 0.09. 正是相似系数有了升降的变化才能体现出阈值划分的意义和必要性. 因此,我们认为应取相似系数第 1 次达到极大值所对应的阈值即为划分阈值. 这时 10—30 d 气候态稳定分量所含气候态信息相对较合理,对应异常型稳定分量中异常信息没有过多损失. 在 2009 年 11 月 500 hPa 高度场 10—30 d 稳定分量阈值确定中,取阈值 $Y = 3$ 比较合理.

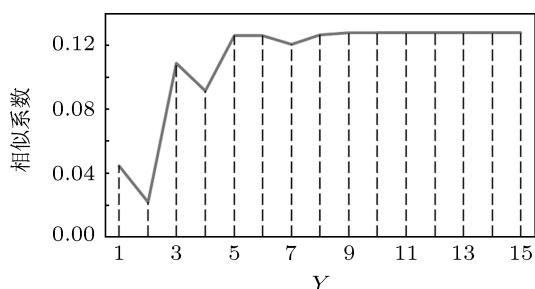


图 5 相似系数阈值变化曲线

3 气候背景场的表现

将 10—30 d 稳定分量划分为气候态稳定分量和异常型稳定分量,根据提取方法可以看出,气候态稳定分量组成基本与对应的历史模态类似,即与气候态中 10—60 d 带通滤波 EOF 对应模态类似. 因此,把通过 10—60 d 滤波提取获得的气候态稳定分量与 60 d 以上大尺度慢变波列合并,构成 2009 年冰冻雨雪事件发生的气候背景场. 本节主要研究气候背景场在本次事件中的表现.

3.1 随时间演变情况

图 6 为每隔 5 日选取从 2009 年 11 月 5 日至 11 月 30 日的北半球 500 hPa 高度场中高纬气候背景场空间分布,从图 6 可以看出亚欧地区中高纬一直维持着两槽一脊的环流形势,乌拉尔山附近阻塞高压或强脊维持,配合东亚地区强的槽区,有利于冷空气南下入侵我国. 另外,从气候背景场也可以看

出时段内极涡位相的调整和变化. 2009 年 11 月极涡以偶极型为主,与历史统计接近. 也正是偶极型环流,亚洲一侧极涡中心南压,冷空气从西伯利亚南下,造成我国大范围降温,为东亚地区的雨雪过程提供稳定的环流背景.

3.2 高低空配置情况

同样运用上文提出的方法对 200 和 850 hPa 进行提取合成,获得气候背景场垂直分布如图 7 所示. 冬季寒潮过程在逐日变化场上,底层(图 7(c))表现为较强的大陆冷高压的建立和维持,使得较强的冷空气一次次南下影响东亚地区,配合低纬环流形成雨雪过程,在高层由于大气斜压性表现为低槽低涡的移动变化. 冷空气的南下与极涡活动有较为密切的关系,亚洲区域较强的极涡活动中心与中高纬度的超长波调整构成了影响我国冬季寒潮雨雪过程的一个重要因素. 选取 11 月 9 日 200, 500, 850 hPa 高度场稳定分量图来考察其高低空配置. 从图 7 中看出,气候背景场空间活动范围较大,较好地刻画了永久半永久性大气活动中心变化情况. 850 hPa 在欧亚大陆上维持一个闭合高压中心,在其东侧有大量冷空气南下影响我国,对应上空 200 和 500 hPa 在东亚地区则表现一个较强的槽区. 配合低纬度环流形成了我国北方的暴雪和长江中下游的强对流天气过程.

4 异常型稳定分量的影响

对于从 10—30 d 稳定分量中分离出来的异常型稳定分量来说,在本次事件中的作用并不如气候背景场显著,基本不会改变环流形势的总体分布. 但是,由于提取出的稳定分量模态比较靠前,因此不可忽略异常型稳定分量的影响. 在气候背景场提供确定的环流大背景下,异常型稳定分量重点体现在此基础上环流相对异常的特征,表征了对应区域天气系统的相对强弱变化.

图 8 为 2009 年 11 月 5 日—11 月 20 日每隔 5 日 500 hPa 高度场异常型稳定分量变化图. 从图 8 可以看出,在 11 月上、中旬表现出较强的波动变化,亚洲地区极涡偏强,经向环流特征明显,冷暖气流交换活跃. 乌拉尔地区阻塞高压在这一时段内显著偏强,呈正位相. 而东北亚则相对偏弱,表现出负位相,有利于低涡低槽的产生. 结合图 6 气候背景

场的槽脊大背景环流形势, 这种天气系统强弱变化有助于冷空气持续南下, 促成我国冷暖空气交汇,

配合水汽输送造成 11 月上、中旬温度相对偏低且降水偏多的冰冻雨雪事件产生.

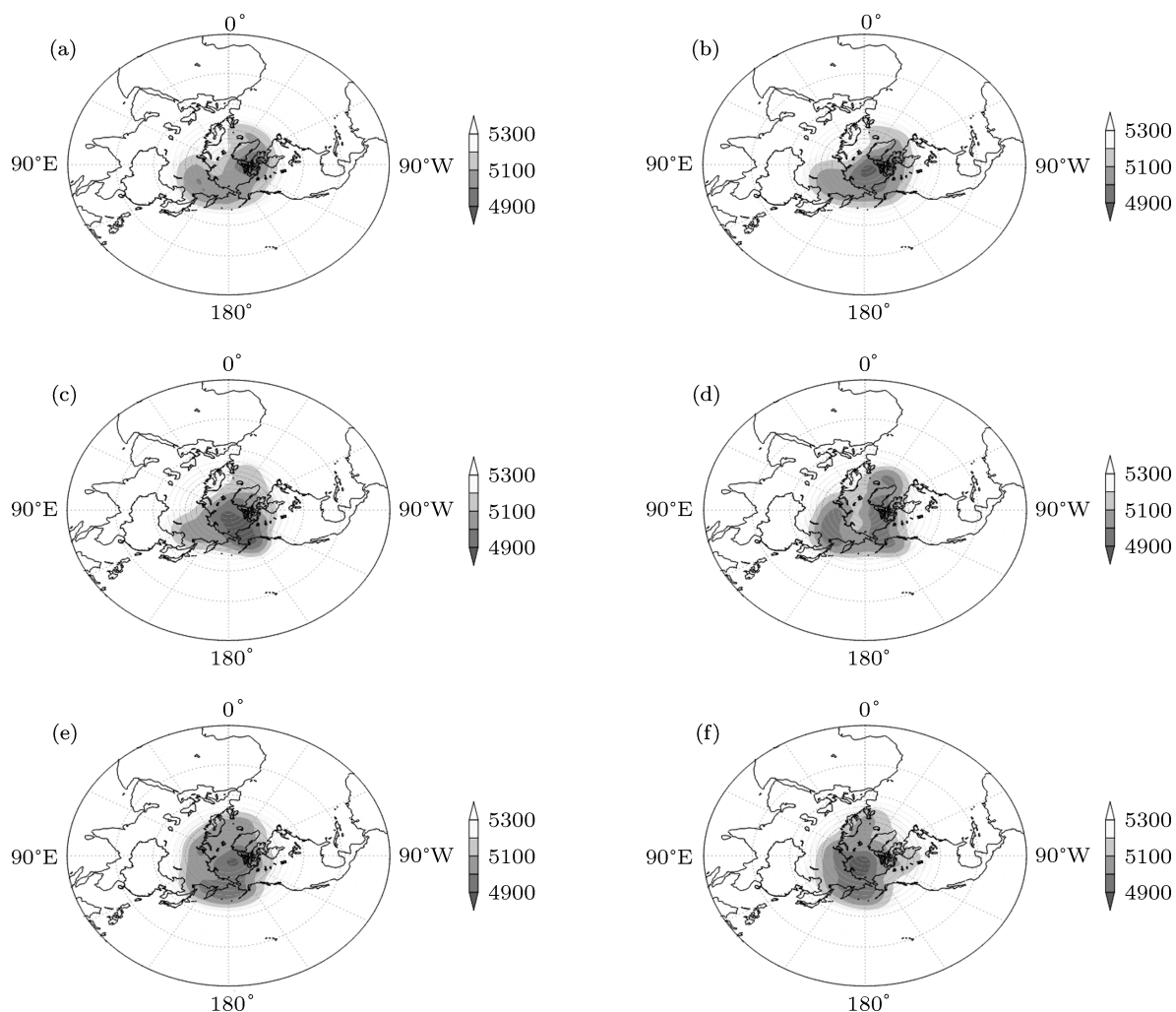


图 6 2009 年北半球 500 hPa 高度场气候背景场空间分布 (a) 11 月 5 日; (b) 11 月 10 日; (c) 11 月 15 日; (d) 11 月 20 日; (e) 11 月 25 日; (f) 11 月 30 日 (单位为 gpm)

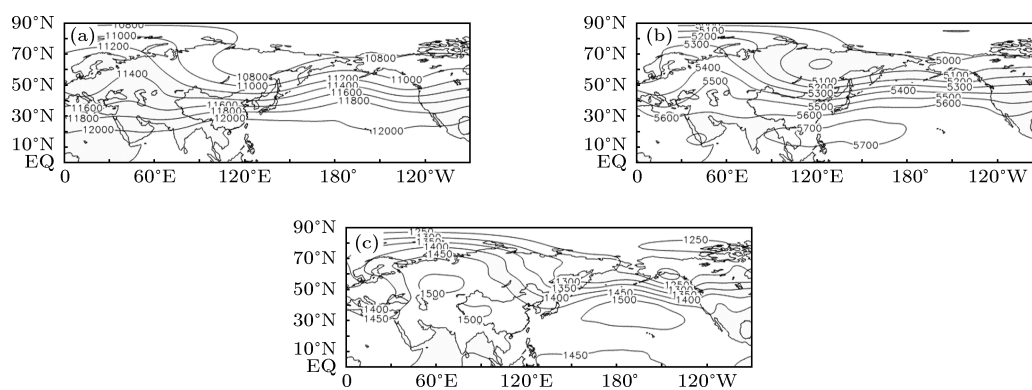


图 7 2009 年 11 月 9 日气候背景场垂直分布 (a) 200 hPa; (b) 500 hPa; (c) 850 hPa (单位为 gpm)

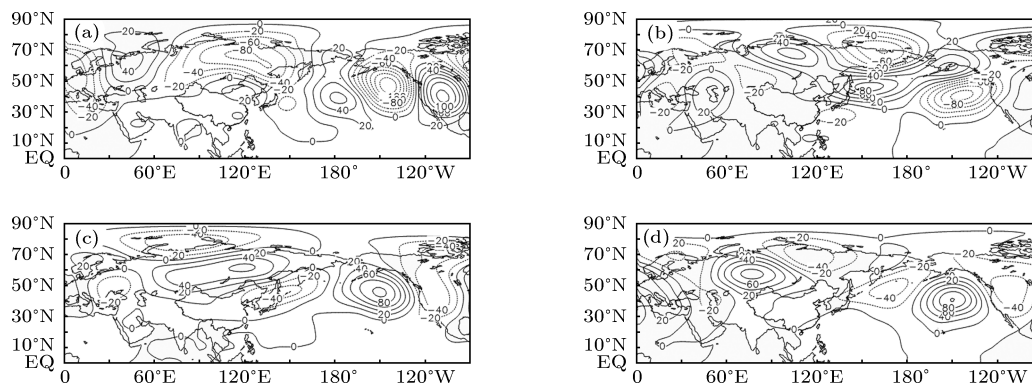


图8 2009年500 hPa高度场异常型稳定分量分布 (a) 11月5日; (b) 11月10日; (c) 11月15日; (d) 11月20日 (单位为 gpm)

5 结论

本文利用巴特沃斯带通滤波、高斯低通滤波和 EOF 分解等方法, 以 2009 年 11 月冰冻雨雪事件为个例对 200, 500 和 850 hPa 三个层次位势高度场进行分析. 研究发现 10—60 d 带通滤波分量为 10—30 d 延伸期的主要变化分量, 并第一次运用计算贡献率和相似系数等方法进一步客观地划分出气候态稳定分量和异常型稳定分量. 60 d 以上低通滤波分量提供了一个稳定的背景形势, 与气候态稳定分量合并可作为 2009 年 11 月冰冻雨雪事件发生的气候背景场.

通过对提取合成出的气候背景场和异常型稳定分量分析得到如下结论: 1) 气候背景场环流形势持续时间较长, 随时间变化缓慢, 主要提供了事件

发生的气候背景, 指示大尺度环流配置和调整; 2) 气候背景场空间活动范围较大, 能较好地刻画永久半永久性大气活动中心变化情况, 且在垂直各层有稳定一致的配置关系; 3) 异常型稳定分量重点体现了环流相对异常特征, 与 2009 年 11 月冰冻雨雪事件有较好的对应关系. 在气候背景场提供确定的环流大背景下, 异常型稳定分量表征了对应天气系统的相对强弱变化.

本文主要是进一步明确了稳定分量提取方法, 并结合 2009 年 11 月极端事件加以分析. 可以看出气候背景场在时空尺度上对 10—30 d 延伸期预报有一定程度的匹配和预报技巧. 但是, 在实际预报中如何结合不同外强迫, 例如厄尔尼诺与拉尼娜年进行诊断, 仍需进一步探讨.

- [1] 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]
- [2] Lorenz E N 1965 *Tellus* **17** 321
- [3] Lorenz E N 1969 *J. Atmos. Sci.* **26** 636
- [4] Lorenz E N 1982 *Tellus* **34** 505
- [5] 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]
- [6] 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]
- [7] 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]
- [8] 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]
- [9] 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]
- [10] Ding R Q, Li J P, Seo K H 2011 *Mon. Wea. Rev.* **139** 2421
- [11] Wei F Y, Huang J Y 2010 *J. Trop. Meteor.* **26** 483 (in Chinese) [魏凤英, 黄嘉佑 2010 热带气象学报 **26** 483]
- [12] Yang Q M 2009 *Sci. China D* **39** 1515 (in Chinese) [杨秋明 2009 中国科学 (D 辑) **39** 1515]
- [13] Chen G J, Wei F Y, Gong Y F 2010 *Quart. J. Appl. Meteor.* **21** 659 (in Chinese) [陈官军, 魏凤英, 巩远发 2010 应用气象学报 **21** 659]
- [14] Zhi R, Gong Z Q, Wang Q G, Xiong K G 2011 *Acta Phys. Sin.* **60** 089202 (in Chinese) [支蓉, 龚志强, 王启光, 熊开国 2011 物理学报 **60** 089202]
- [15] Wang K, Feng G L, Sun S P, Zheng Z H 2012 *Acta Phys. Sin.* **61** 109201 (in Chinese) [王阔, 封国林, 孙树鹏, 郑志海 2012 物理学报 **61** 109201]
- [16] Chou J F, Zheng Z H, Sun S P 2010 *Sci. Meteorol. Sin.* **30** 569 (in Chinese) [丑纪范, 郑志海, 孙树鹏 2010 气象科学 **30** 569]
- [17] Ding Y H, Liang P 2010 *Meteorological Monthly* **36** 111 (in Chi-

- nese) [丁一汇, 梁萍 2010 气象 **36** 111]
- [18] 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]
- [19] 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]
- [20] Li J P, Ding R Q 2008 *Chin. J. Atmos. Sci.* **32** 975 (in Chinese) [李建平, 丁瑞强 2008 大气科学 **32** 975]
- [21] Climate System Monitoring Bulletin, National Climate Center <http://cmdp.ncc.cma.gov.cn/Monitoring/bulletin.php> [2012-1-20] (in Chinese) [气候系统监测公报中国气象局国家气候中心 <http://cmdp.ncc.cma.gov.cn/Monitoring/bulletin.php> 2012-1-20]
- [22] Chen H B, Fan X H 2010 *Clim. Environ. Res.* **15** 322 (in Chinese) [陈洪滨, 范学花 2010 气候与环境研究 **15** 322]
- [23] Ding D P, Zhang A Y, Han C, Ren G Y, Xie Z 2010 *Clim. Environ. Res.* **15** 395 (in Chinese) [丁德平, 张爱英, 韩超, 任国玉, 谢庄 2010 气候与环境研究 **15** 395]
- [24] Shi N 2009 *Meteorological Statistical Forecasts* (Beijing: China Meteorological Press) pp207–208 (in Chinese) [施能 2009 气象统计预报 (北京: 气象出版社) 第 207—208 页]

Study of the stable components in extended-range forecasting for the coming 10–30 days during the snow storm event in November 2009*

Wang Kuo¹⁾ Feng Guo-Lin^{1)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 8 March 2012; revised manuscript received 6 April 2012)

Abstract

In this paper, we extract stable components in extended-range forecasting for the coming 10–30 days by using empirical orthogonal function analysis and some other methods during the snow storm event in November 2009. At the first time, stable components in extended-range forecasting for the coming 10–30 days can be divided into two parts: climatic stable components and abnormal stable components, by contribution rate analysis, similarity coefficient and so on. We combine climatic stable components and low-pass filter components to obtain climatological background field. The results show as follows. 1) The circulation pattern of climatological background field persists for a long time and changes slowly. It provides climatological background for the weather event mainly. 2) The climatological background field can indicate the fluctuations of semi-permanent or permanent center with a large space scales. The climatological background field cooperates well in vertical divisions. 3) The abnormal stable components reflect abnormal circulation, and the circulation pattern of abnormal stable components corresponds to the snow storm event in November 2009 well on the time scale. The climatological background field represents circulation pattern background and the abnormal stable components represent the relative strength of weather system.

Keywords: climatic stable components, abnormal stable components, climatological background field

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