

王海燕,李才媛,郭英莲,等.基于波谱方法的湖北冬季两次长持续低温雨雪天气分析[J].暴雨灾害,2010,29(3):257-262

基于波谱方法的湖北冬季两次长持续低温雨雪天气分析

王海燕,李才媛,郭英莲,王继竹,邓 红

(武汉中心气象台,武汉 430074)

摘要:使用 NCEP 资料,利用波谱方法,分析了湖北省 1954 年 12 月 26 日至 1955 年 1 月 18 日和 2008 年 1 月 11 日至 2 月 1 日两次长持续低温雨雪天气过程的物理量波谱演变。结果发现:(1) 40°N 纬圈优势波由 4 波转 2 波且纬向动能高值区位于 35°N 时,有利于湖北省维持低温雨雪天气;(2) 低温雨雪过程开始前,高纬和低纬分别有纬向动能高值区,过程结束前,35°N 纬向扰动动能高值中心或北跳或南移;(3) 低温雨雪过程开始前,30°—35°N 的长波角动量先辐合,超长波角动量后辐合,过程开始后,35°—55°N 负的超长波角动量转正。

关键词:低温雨雪天气;方差比;优势波;纬向扰动动能;角动量

中图分类号:P458.1+1 文献标识码:A 文章编号:1004-9045(2010)03-0257-06

1 引言

天气预报实践证明,影响各地天气的短波系统演变往往受波长更长的天气系统影响或制约。大型环流形势的调整转换,如纬向、经向环流形势的建立和崩溃,必然带来大气中能量相互转换^[1-2]。波谱分析方法因能将大气中超长波和长波离析,常被用来分析(超)长波演变特征及其与中期天气过程的联系。自 20 世纪 70 年代以来,特别是在 80—90 年代,波谱方法广泛应用于中期业务预报和中期天气过程分析,各级气象台站应用这一方法对寒潮、梅雨、台风等各种天气过程进行了广泛而深入的研究^[3-4]。如武汉中心气象台应用 1971—1980 年 10 个冬半年北半球 500 hPa 20°—80°N 纬圈谱资料(见湖北省气象局 1988 年所编《湖北天气预报手册》第 278—279 页),分析影响全国的 61 次寒潮(包括强冷空气)过程发现,仅有 4 次寒潮无明显波谱特征:在 57 次寒潮酝酿阶段,2 波转 3 波是出现机率最大的寒潮波谱型,出现 16 次(占 28%);其次是 2 波转 4 波,出现 10 次(占 18%);1 波转 2 波出现 9 次(占 16%);其它各波谱型转换出现机率均较小。但此项工作是在 20 世纪 80 年代中后期以前完成的,且主要从统计角度出发,并未从持续低温雨雪天气角度加以分析。

新中国成立以来,最强一次持续低温雨雪天气发生在 1954 年 12 月 26 日至 1955 年 1 月 18 日(简称“54.12”过程)^[5]。2008 年 1 月 11 日至 2 月 1 日我国南方出现自 1954/1955 年以来最严重的低温雨雪灾害

(简称“08.1”过程),南方 10 多个省市连续经历 3~4 次且间歇时间较短的强冰雪天气过程^[6]。无论是“54.12”过程还是“08.1”过程,对湖北省均造成了严重灾害和重大经济损失。关于“08.1”过程,湖北曾有人做过成因分析和预报服务总结^[7-8],但基于波谱方法对“54.12”过程和“08.1”过程的对比分析还未见报道。因此,本文利用 1954—1955 年和 2008 年的 NCEP 资料,采用纬圈谱方法^[9]对“54.12”和“08.1”两次过程的方差比、纬向扰动动能和角动量三个谱参数的变化进行了分析,以期探讨湖北冬季持续低温雨雪天气过程的中期特征。

2 资料说明

本文使用的资料有:(1) 1954 年 12 月 15 日至 1955 年 1 月 30 日和 2008 年 1 月 1 日至 2 月 10 日的美国 NCEP/NCAR 500 hPa 层 20 时高度场资料,分辨率 2.5°×2.5°,本文高度读数纬距取 5°,经度取 10°。(2) 选取老河口、汉口、宜昌、荆州、黄石站分别代表鄂西北、鄂东北、鄂西南、江汉平原和鄂东南,计算全省日平均气温距平,由于 1954 年 12 月 21—25 日黄石站日平均气温资料缺失,这 5 天取前 4 站日平均气温作为湖北省日平均气温。

3 物理量谱参数分析

3.1 方差比

各波在混合波动中的贡献,可用谱参数方差比大小来比较;同时,方差比也可用来定义优势波,即取某纬圈各波方差比中最大者所对应的波数(k)作为该纬

收稿日期:2008-10-18;定稿日期:2010-07-28

资助项目:国家科技支撑项目“南方冰雪灾害天气预测预警评估技术研究”

作者简介:王海燕,女,1983 年生,助理工程师,主要从事天气预报业务工作。E-mail: whz427@126.com

圈当天的优势波。由于湖北省地处 $29^{\circ}05' - 33^{\circ}20'N$, $40^{\circ}N$ 环流的调整对全省天气有着至关重要的作用,因此在分析方差比随时间的变化时取 $40^{\circ}N$ 。图 1a 给出 1954 年 12 月 15 日至 1955 年 1 月 29 日 $40^{\circ}N$ 2 波和

4 波的方差比随时间变化。按方差比大小将其分成三个时间段: 1954 年 12 月 16—23 日、12 月 24 日至次年 1 月 22 日和 1 月 23—25 日。图 1b、c、d 分别是以上三个时段的北半球 500 hPa 高度场合成图。

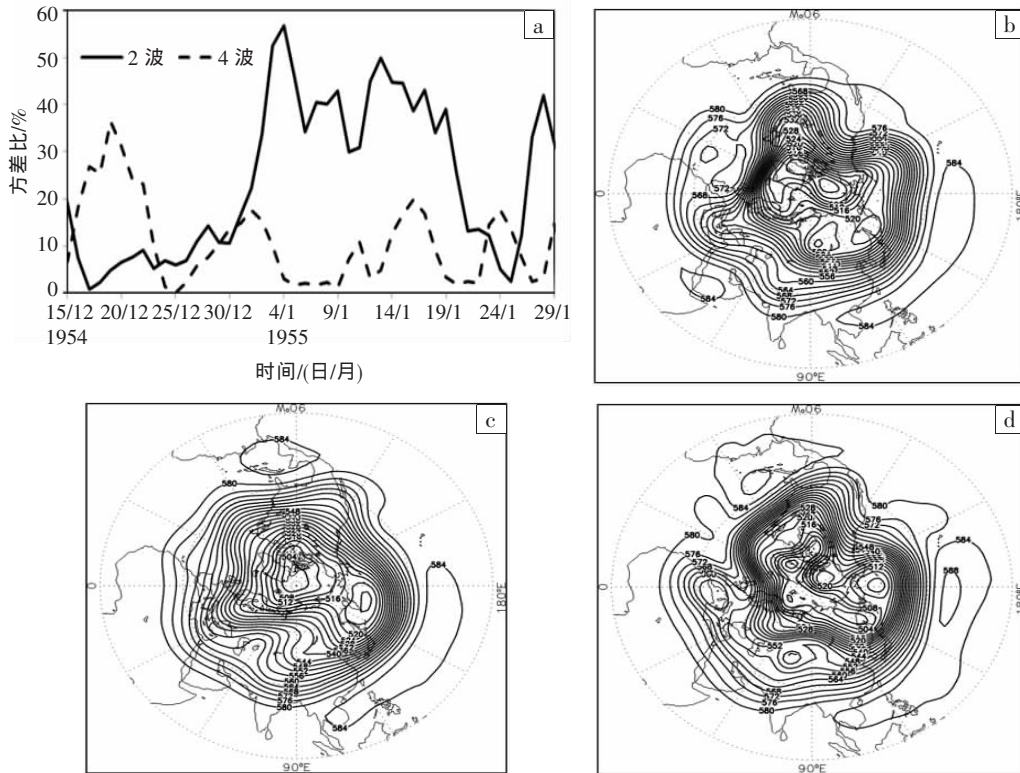


图 1 1954 年 12 月 15 日至 1955 年 1 月 29 日 $40^{\circ}N$ 方差比时间变化图(a, 实线、虚线分别表示 2 波和 4 波)与 1954 年 12 月 16—23 日(b)、1954 年 12 月 24 日至 1955 年 1 月 22 日(c)、1955 年 1 月 23—25 日(d) 北半球 500 hPa 高度场合成图

从图 1 中可见,1954 年 12 月 16—23 日(图 1b),贝加尔湖地区长波槽发展,对应湖北省这 8 天无雨且温度偏高,日平均气温距平最大值为 $4.8^{\circ}C$ (12 月 21 日,图略)。1954 年 12 月 24 日至 1955 年 1 月 22 日(图 1c),贝加尔湖南部横槽加深,几乎与位于孟加拉湾上空的南支槽叠加,俄罗斯远东地区经我国东北地区到长江中下游为一长波槽区,贝加尔湖到咸海中高纬地区为一长波脊,东亚地区呈现一脊一槽形势,有利于引导高纬度冷空气连续不断东移南下影响我国南方地区,致使 1954 年 12 月 24 日湖北开始下雨,25 日湖北日平均气温距平下降到 $-0.2^{\circ}C$,26 日转雪。1 月 23—25 日(图 1d),巴尔喀什湖地区长波槽发展,东亚地区一脊一槽形势被破坏。结合图 1a 与图 1b、c、d 分析还表明,1954 年 12 月下旬至 1955 年 1 月底, $40^{\circ}N$ 超长波 2 波为优势时,亚洲中高纬度地区建立阻塞形势并稳定,持续低温雨雪天气维持,长波 4 波为优势时,贝加尔湖或巴尔喀什湖低槽发展,阻塞形势瓦解,低温雨雪天气结束。

图 2a 给出 2008 年 1 月 1 日至 2 月 10 日 $40^{\circ}N$ 2

波和 4 波的方差比随时间变化图。按方差比大小将其分成三个时间段: 2008 年 1 月 1—10 日、1 月 11—31 日和 2 月 1—3 日。图 2b、c、d 分别是以上三个时段的北半球 500 hPa 高度场合成图。

从图 2 中可见,2008 年 1 月 1—10 日(图 2b),咸海至里海有短波槽发展,对应 1 月 1—9 日湖北无雨且温度偏高,日平均气温距平最大值达 $7.3^{\circ}C$ (1 月 8 日,图略);1 月 11—31 日(图 2c),俄罗斯远东地区经我国东北地区到黄河中下游为一长波槽区,中西伯利亚至巴尔喀什湖北部地区维持一长波脊,北亚地区建立阻塞形势且稳定,其西侧的西风急流显著减弱,分成南北两支,北支气流流经极地后携带冷空气沿阻塞高压东侧南流,与携带西路冷空气东流的南支气流汇合,引起冷空气不断向南爆发;2 月 1—3 日(图 2d),咸海至里海再次有短波槽发展,北亚阻塞形势崩溃。结合图 2a 和图 2b、c、d 分析还表明,2008 年 1 月中旬至 2 月初, $40^{\circ}N$ 2 波为优势时,亚洲中高纬度建立阻塞形势并稳定,持续低温雨雪天气维持,长波 4 波为优势时,咸海至里海低槽发展,阻塞形势瓦解,低温雨雪天

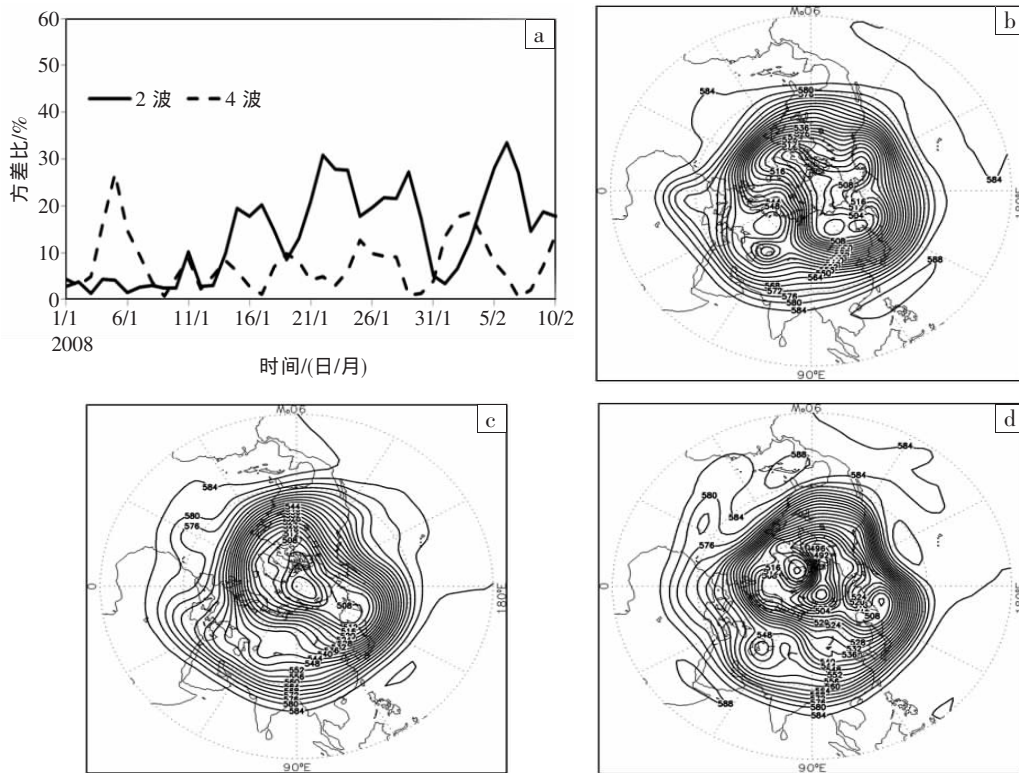


图 2 2008 年 1 月 1 日至 2 月 10 日 40°N 方差比时间变化图(a,实线、虚线分别表示 2 波和 4 波)与 1 月 1—10 日(b)、1 月 11—31 日(c)、2 月 1—3 日(d) 北半球 500 hPa 高度场合成图

气结束。

综上所述表明,当 40°N 纬圈内超长波(波数 2)为优势时,亚洲中高纬地区建立阻塞形势,且处于稳定状态,持续低温雨雪天气得以维持;当 40°N 纬圈内长波(波数 4)为优势时,中高纬度阻塞形势破坏,低温雨雪天气随之结束。

值得一提的是,1954 年 1 月 26 日和 2008 年 2 月

4 日以后,优势波再次转为 2 波,但并没有开始新的持续雨雪过程,这与纬向扰动动能有关。其具体关系见第 3.2 节中的讨论。

3.2 纬向扰动动能总值的时空分布

纬向动能与东西风的强弱相联系。图 3 是“54.12”过程和“08.1”过程的纬向扰动动能时空分布图(图中黑色阴影区表示纬向扰动动能高值区)。

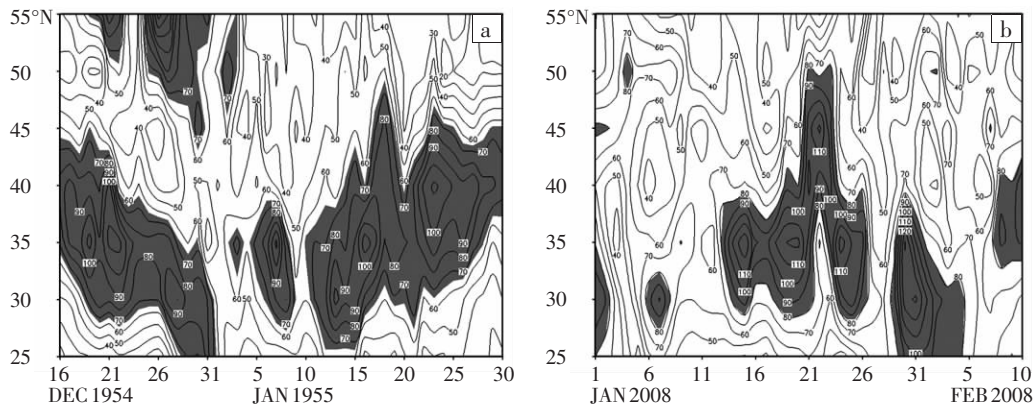


图 3 不同时段纬向扰动动能(1~6 波总值)时空分布图(单位: $m^2 \cdot s^{-2}$; 黑色区域表示高值区)

(a) 1954 年 12 月 21 日至 1955 年 1 月 30 日; (b) 2008 年 1 月 1 日至 2 月 10 日

图 3a 中,1954 年 12 月 21 日,纬向动能在 55°N 和 35°N 分别有一高值中心,雨雪过程于 26 日开始后,两个高值中心均向南推进,35°N 纬向动能高值中心于 28 日南移到 30°N; 1955 年 1 月 7 日 35°N 纬向动能加强,18 日,该处纬向动能高值区向北推进,湖北

地区低温雨雪天气结束。

图 3b 中,2008 年 1 月 4 日在 50°N、1 月 7 日在 30°N 分别出现一纬向动能高值中心;11 日 45°N、12 日 35°N 分别有较弱的纬向动能高值中心;15 日 35°N 纬向动能加强;23 日纬向动能高值中心北跳至 45°N,

当日湖北地区雨雪出现间歇(鄂东北、鄂东南、江汉平原无雨雪);此后,纬向扰动动能高值中心南撤至 35°N,湖北地区雨雪天气再次开始;31 日纬向扰动动能高值中心南移到 30°N,之后强度减弱,2 月 1 日湖北地区低温雨雪天气结束。

对上述两次过程的纬向扰动动能特征概括如下:

- 1) “54.12”过程开始前 5 天,高纬和低纬分别有纬向扰动动能高值区,过程结束时,高值区减弱北跳;
- 2) “08.1”过程开始前 7 天、前 4 天分别在高纬、低纬存在纬向扰动动能高值区,高值中心北跳至 45°N 时,雨雪天气间歇,过程结束前两天,纬向扰动动能高值中心南移到 30°N 并迅速减弱;
- 3) 两次过程持续期间,35°N 为纬向扰动动能高值区的主要集中带;
- 4) 虽然 1954 年 1

月 26 日(图 1a)和 2008 年 2 月 4 日(图 2a)以后,优势波再次转为 2 波,但由于纬向扰动动能高值区脱离了 35°N,所以无新的持续雨雪过程发生。

3.3 纬向扰动动能各分波变化

为了进一步分析 35°N 的纬向扰动动能,图 4a、b 分别给出“54.12”过程和“08.1”过程在 35°N 纬向扰动动能 1~6 各分波的时间演变。从中可见,1954 年 12 月 21—31 日,优势波为 1 波,1955 年 1 月 1—20 日,优势波为 2 波;2008 年 1 月 4—13 日,优势波为 1 波,1 月 14 日至 2 月 4 日优势波为 2~3 波。这说明: 1) “54.12”过程和“08.1”过程开始前,优势波均为 1 波;2) “54.12”过程开始后第 6 天,优势波由 1 波转为 2 波,“08.1”过程开始后第 3 天,优势波由 1 波转为 2~3 波。

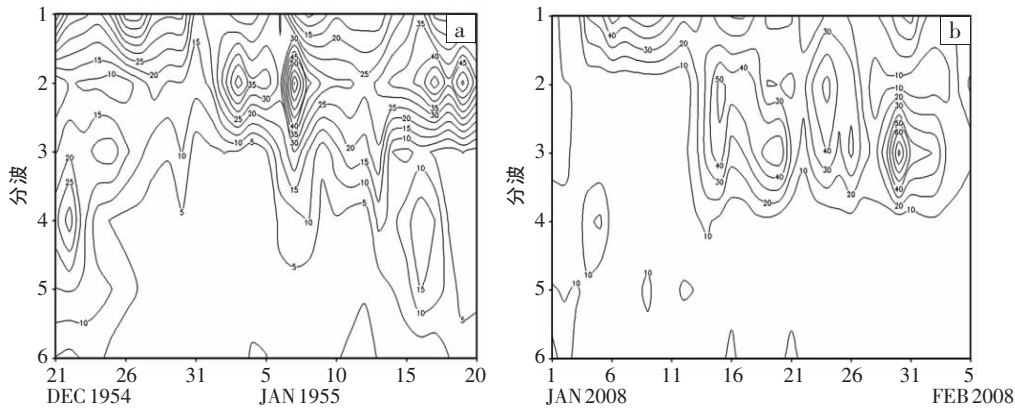


图 4 不同时段 35°N 纬向扰动动能 1~6 分波时间演变图(单位: $m^2 \cdot s^{-2}$)

(a) 1954 年 12 月 21 日至 1955 年 1 月 20 日; (b) 2008 年 1 月 1 日至 2 月 5 日

比较“54.12”和“08.1”过程表明,两次过程从开始到结束的 35°N 纬向扰动动能都是超长波占优势,前期优势波为 1 波,中后期优势波为 2~3 波。

3.4 角动量输送的时空分布

有研究表明^[10],在持续雨雪过程发生期间,中高

纬、中低纬能量谱强度、输送和转换存在明显的变化,且与天气系统的变化相对应。角动量反映能量的南北输送,其负值表示向南输送,正值表示向北输送。图 5a、b 分别给出“54.12”过程超长波和长波的角动量时空分布。

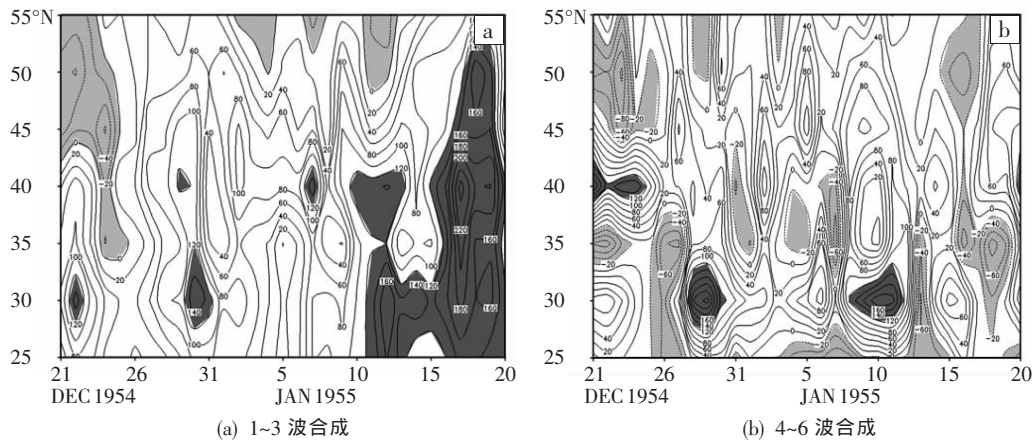


图 5 1954 年 12 月 21 日至 1955 年 1 月 20 日角动量(单位: $10^8 J \cdot hPa^{-1}$)

时空分布图(灰、黑色区域分别表示角动量负、正中心)

图 5a 中,1954 年 12 月 21—25 日,角动量负值区从 55°N 向南扩,角动量正值区从 40°N 向南缩,24—25

日角动量辐合区位于 30°—35°N;26 日 35°—55°N 负的角动量转正;1955 年 1 月 12 日 30°N 角动量突然加

大,18日向北推进至 40°N ,此时 35°N 纬向动能高值区也向北推进,持续低温雨雪天气结束。

图5b中,1954年12月21—24日, 35°N 角动量为负, 30°N 角动量为正, 30° — 35°N 角动量辐合;25—26日 25° — 35°N 角动量为负;27日 30°N 角动量转正并一直持续到1955年1月12日,13日为负,14日为正,17、18日又为负。

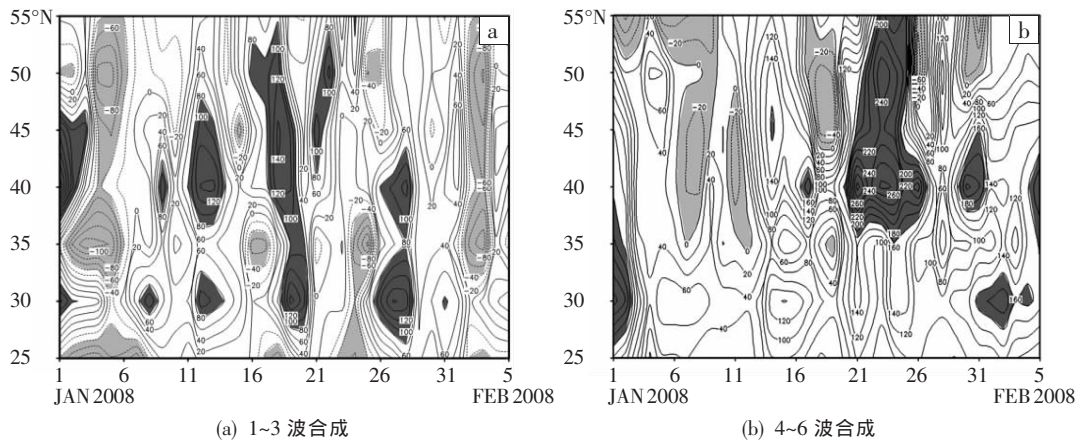


图6 2008年1月1日至2月5日角动量(单位: $10^8 \text{ J}\cdot\text{hPa}^{-1}$)时空分布图(灰、黑色区域分别表示角动量负、正中心)

图6a中,2008年1月6—11日,角动量负值区从 55°N 向南扩,角动量辐合区位于 30° — 45°N ,12日以后 35° — 55°N 负的角动量转正,21—26日 40°N 角动量迅速增值,其中23日 50°N 角动量突增到 $240\times 10^8 \text{ J}\cdot\text{hPa}^{-1}$,当日纬向动能高值中心北跳至 45°N ,湖北地区雨雪间歇,2月1日角动量高值中心南移至 30°N ,对应纬向动能高值区也已南移至 30°N ,湖北持续低温雨雪天气结束。

图6b中,2008年1月1—4日, 30° — 35°N 角动量辐合,1月5日 30°N 角动量为负,1月6日以后转正,但于1月16日、24日和2月2日又为负。而“08.1”过程在湖北主要有四个时间段,分别为1月11—15日、18—22日、25—28日、30—2月1日,即长波角动量在第一、第二和第四段过程结束后为负。

比较图6a、b可知,2008年1月1—4日, 30° — 35°N 长波角动量辐合,6—11日, 30° — 45°N 超长波角动量辐合; 30°N 的超长波角动量始终为正,长波角动量却偶尔为负。

通过对图5、图6进行综合比较分析,可以发现如下事实:1)过程开始前, 30° — 35°N 的长波角动量先辐合,超长波角动量后辐合;2)过程开始后, 35° — 55°N 负的超长波角动量转正;3)正的超长波角动量北跳或南移与纬向动能有很好的对应关系,即正的超长波高值中心北跳至 40°N 或南移至 30°N 时,低温雨雪天气结束。

比较图5a、b可知,1954年12月21—24日, 30° — 35°N 长波的角动量辐合,12月24—25日, 30° — 35°N 超长波的角动量辐合;12月26日以后, 25° — 55°N 超长波的角动量和 30°N 长波的角动量向北输送,而后者于1955年1月13日和17—18日转向南输送。

图6a、b分别给出给出“08.1”过程超长波和长波的角动量时空分布。

4 结论与讨论

本文利用1954—1955年和2008年的NCEP资料,采用纬圈谱方法,分析了“54.12”和“08.1”两次过程的方差比、纬向扰动动能和角动量三个谱参数的变化,得到如下结论。

(1) 40°N 纬圈内优势波由4波转2波且纬向动能高值区位于 35°N 时,亚洲中高纬地区建立阻塞形势,有利于引导冷空气连续南下而影响我国南方地区,湖北省出现持续低温雨雪天气; 40°N 纬圈内优势波由2波转4波时,湖北省持续低温雨雪天气结束。

(2)持续低温雨雪过程开始前,湖北有一段无雨回暖期,过程前7—4天,高、低纬分别有纬向动能高值区;过程期间,纬向动能高值区集中在 35°N ;过程结束前两天内, 35°N 纬向扰动动能高值中心或北跳或南移。

(3)持续低温雨雪过程开始前, 30° — 35°N 的长波角动量先辐合,超长波角动量后辐合;过程开始后, 35° — 55°N 负的超长波角动量转正。

本文基于波谱方法,利用NCEP资料,对“54.12”和“08.1”两次过程的方差比、纬向扰动动能和角动量三个谱参数的变化进行了分析,旨在寻找两次过程在谱参数方面的共同特征。然而,此项研究工作还是初步性的,仍有不少未解问题需要进一步研究。比如:1)是否所有冬季持续低温雨雪天气过程都具有与上述过程类似的波谱特征?2)是否出现了类似的波谱特

征,就会出现持续低温雨雪天气过程? 3) 为何“08.1”过程会有四个时段? 谱分析毕竟是一种中期预报方法,只有将其与短期预报相结合,才能进一步研究利用短期物理量等组合指标预报低温雨雪天气过程的日期和强度。

参考文献:

- [1] 刘桂芝.500 hPa 高度场物理量谱与黑龙江省中期暴雨天气过程的关系[J].气象,1986(增刊):59-63.
- [2] 叶笃正,陈隆勋,孙淑清.纬向式环流型生成和崩溃时期中各种物理量输送及能量转换的变化(二)[J].气象学报,1962,31(4):289-303.
- [3] 张建,陈新强.波谱分析中期天气预报文集[M].北京:气象出版社,1987:171-178.
- [4] 施丹平,繆国华,陈正荷.1996 年江苏梅雨期暴雨与 500 hPa 高度场波谱特征分析[J].浙江气象科技,1996,18(3):10-13.
- [5] 万素琴,周月华,李兰,等.低温雨雪冰冻极端气候事件的多指标综合评估技术[J].气象,2008,34(11):40-46.
- [6] 彭春华,张端禹.2008 年低温雨雪冰冻极端气象灾害预报服务技术交流会议评述[J].暴雨灾害,2008,27(2):177-181.
- [7] 高正旭,周月华,杜良敏.2007/2008 年湖北省冬季异常低温雨雪过程成因分析[J].暴雨灾害,2008,27(2):166-171.
- [8] 刘敏,黄焕寅,张海燕,等.湖北省 2008 年初低温雨雪冰冻灾害气象预报服务总结和反思[J].暴雨灾害,2008,27(2):172-176.
- [9] 陈新强.波谱分析中期天气预报方法概论[J].气象,1986(增刊):3-27.
- [10] 李才媛,王海燕,郭英莲,等.2009 年初湖北省持续雨雪过程分析[J].暴雨灾害,2009,28(4):328-332.

Analysis of Two Long-lasting Cryogenic Rain and Snow Events in Winter of Hubei Based on the spectrum method

WANG Hai-yan, LI Cai-yuan, GUO Ying-lian, WANG Ji-zhu, DENG Hong

(Wuhan Central Meteorological Observatory, Wuhan 430074)

Abstract: The NCEP data and spectrum method were used to analyze the physical spectral evolution of two Long-lasting cryogenic rain and snow weather processes in Hubei province. One was from December 26, 1954 to January 18, 1955, and another was from January 11 to February 1, 2008. The results are the following: 1) when the prevailing wave of 40°N parallel changes from 4 to 2 and zonal perturbation-kinetic energy zone in the high latitude locates in 35°N, it is propitious to the maintenance of continuous cryogenic rain and snow process in Hubei province. 2) Before the beginning of the process, there were extreme value bands of zonal perturbation kinetic energy both in the low and high latitude respectively. Before the end of the process, the extreme value band of zonal perturbation kinetic energy in 35°N latitude jumped northwardly or moved southwardly. 3) Before the beginning of the process, the long wave angular momentum converged first, and the super-long wave angular momentum converged later between 30°—35°N. After the beginning of the process, the negative super-long wave became positive between 35°—55°N.

Key words: Lasting cryogenic rain and snow process; Variance ratio; Prevailing wave; Zonal perturbation kinetic energy; Angular momentum