

# 湖北省 1954/2008 年历史罕见持续低温冰雪过程对比分析\*

李才媛, 郭英莲, 王海燕, 王继竹, 李银娥

(武汉中心气象台, 湖北 武汉 430074)

**摘 要:** 1954 年 12 月 26 日 - 1955 年 1 月 18 日湖北省遭遇了 120 年一遇的历史罕见持续低温冰雪灾害。2008 年 1 月 13 日 - 2 月 3 日, 湖北省再次出现了一次持续低温冰雪过程, 严重程度仅次于 1954 年, 为 70 年一遇。利用常规天气图和数值预报产品资料, 应用天气学和波谱分析方法, 对比分析了两次过程的环流形势特征及能谱特征。结果表明: 两次过程具有基本一致的长波系统背景场、水汽条件、地面冷空气条件; 在低温冰雪过程中, 850 ~ 700 hPa 存在明显逆温层; 中高纬度、中低纬度能量谱强度、输送和转换有明显的变化, 并且与天气系统的变化相对应。但是, 两次天气过程的表现形式有明显差异, 而且前者的主要影响系统, 如阻塞高压、低涡、副高和地面冷高压等的强度均明显比后者强。

**关键词:** 持续低温冰雪; 环流形势; 逆温层; 经、纬向扰动动能谱; 角动量输送谱; 湖北省; 1954 年; 2008 年  
**中图分类号:** X43; P426.63   **文献标识码:** A   **文章编号:** 1000-811X(2011)01-0080-07

## 0 引言

1954 年 12 月 26 日 - 1955 年 1 月 18 日(简称“54 年冬”), 湖北省遭遇了持续 24 d 之久的历史罕见低温冰雪天气过程, 期间, 省内大部分地区日平均气温维持在 0℃ 以下, 积雪一般在 10 cm 以上; 武汉日平均气温低于 0℃ 的时间长达 23 d, 最大积雪深度为 32 cm。武汉和周边县、市出现的雨淞持续 15 d 以上。“54 年冬”出现的严重低温冰雪灾害使湖北省的工农业及人民生命财产遭受巨大损失<sup>[1]</sup>。运用多指标综合指数的技术方法评价“54 年冬”为历史上最强的一次持续低温雨雪冰冻灾害极端气候事件, 大约 120 年一遇<sup>[2]</sup>。

2008 年 1 月 13 日 - 2 月 3 日(简称“08 年初”), 持续 22 d, 湖北省再次出现了自 1954 年以来最严重的一次低温冰雪灾害, 为 70 年一遇<sup>[2]</sup>。此过程造成的经济损失比“54 年冬”有过之而无不及。

对“08 年初”出现的历史罕见持续低温冰雪灾害, 众多气象工作者, 其中包括湖北省气象科技人员, 进行了较全面的分析研究<sup>[3-9]</sup>, 但对于“54 年冬”, 可能由于当年资料、技术等局限, 可参考的文献不多。本项工作利用常规天气图资料和 EC、

NCEP 数值预报产品, 应用天气学和波谱分析方法, 对“54 年冬”出现的持续低温雨雪天气的大气环流、物理量谱进行了分析, 并与“08 年初”过程进行了对比, 得出了一些有意义的异同点结论, 无疑可提高对此类灾害天气的认识、提高其预测能力。

## 1 天气气候概况

### 1.1 前期天气实况

“54 年冬”过程前期, 即 1954 年 12 月 9 - 22 日, 湖北省长达 14 d 基本无雨, 温度偏高。在 2007 年 12 月 29 - 2008 年 1 月 9 日, 也就是“08 年初”过程的前期, 湖北省也出现了 12 d 的无雨天气, 全省日平均气温偏高 0.5 ~ 1.5℃。

### 1.2 天气过程简述

1954 年 12 月 23 日湖北省自西向东降雨发展, 24 - 25 日鄂北雨转雪, 26 日鄂南也转为雨雪天气, 自 26 日起, 湖北大部日平均气温下降到 0℃ 以下, 低温冰雪过程开始, 一直到 1955 年 1 月 19 日湖北大部的日平均气温才回升到 0℃ 以上, 过程结束。

“54 年冬”过程分为两个阶段, 1954 年 12 月 26 日 - 1955 年 1 月 4 日为第 1 阶段, 1955 年 1 月 5 - 18 日为第 2 阶段。“54 年冬”的降雪天气集中

\* 收稿日期: 2010-07-08

基金项目: 科技部科技支撑计划项目(2008BAC48B03)

作者简介: 李才媛(1956-), 女, 湖北京山人, 教授级高级工程师, 主要从事天气预报工作. E-mail: lcy\_whqxt@sina.com

在第 1 阶段, 其中 27–31 日为区域性的暴雪。图 1 所示为武汉测站降雪量分布, 可看到 28–30 日降雪量超过 15 mm, 最大 18.8 mm(30 日)。由于气温低, 积雪难以融化, 湖北省大部出现长时间积雪, 如武汉 1955 年 1 月 2 日积雪深度高达 32 cm。在“54 年冬”第 2 阶段, 湖北省基本无降水, 但继续维持低温冰冻天气。图 2 所示为武汉测站“54 年冬”过程中日平均气温变化情况, 可见此期间武汉测站的平均气温除 14 日(0.2℃)外均在 0℃ 以下, 5 日达 -9.2℃, 这日最低气温为 -14.6℃, 均为“54 年冬”过程中的极端最低气温。

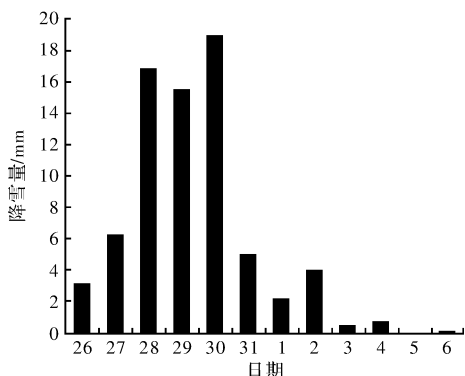


图 1 武汉 1954 年 12 月 26 日–1955 年 1 月 6 日逐日降雪量

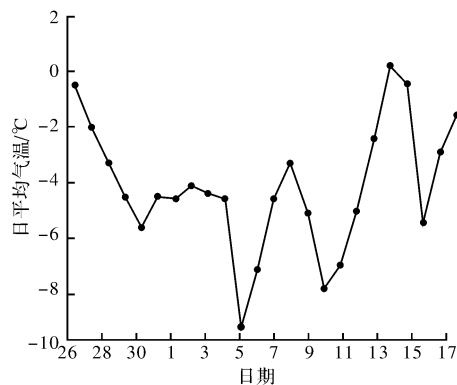


图 2 武汉 1954 年 12 月 26 日–1955 年 1 月 18 日日平均气温

“08 年初”过程由 4 次降水过程组成, 分别为 1 月 11–15 日、1 月 18–22 日、1 月 25–28 日、1 月 30 日–2 月 1 日, 前 3 次过程均出现了全省性的强降雪, 其中武汉市出现了大到暴雪, 27 日雪量最大, 为 10.3 mm, 最大积雪深度为 27 cm(28 日), 仅次于 1954 年 12 月 31 日的 30 cm 和 1955 年 1 月 2 日的 32 cm。在“08 年初”过程中, 武汉测站的最低日平均气温为 -2.7℃(15 日), 极端最低气温 -5.2℃(29 日、30 日)。

由上述可见, “54 年冬”与“08 年初”过程均具有前期降水明显偏少、气温偏高和低温冰雪持续久、强度大的气候特点; 但“54 年冬”的低温冰冻更强,

强降雪更集中、强度更大; 此外, “54 年冬”的阶段划分清晰, “08 年初”由多次降水过程组成。

## 2 天气形势分析

### 2.1 500 hPa 环流特征分析

从 1954 年 12 月 26 日至 1955 年 1 月 4 日 500 hPa 高度客观分析平均场上可见(图 3a), 东亚中高纬地区呈现为一脊一槽径向环流形势。从北海道、东北平原、蒙古到新疆天山一线为横槽区; 乌拉尔山地区为阻塞高压控制; 西太平洋副热带高压(简称副高)明显偏北偏西、强度偏强, 584 dagpm 线的西脊点位于 100°E, 脊线在 17°N 附近。受中高纬稳定的阻塞形势影响, 阻高西侧的西风急流明显减弱, 分成南北两支, 南支气流向东向南流动, 与孟加拉湾上空的南支槽和副高西侧的西南气流汇合, 把孟加拉湾、南海的水汽源源不断地沿东北方向输送到长江流域, 为降水天气提供丰沛的水汽条件; 而北支气流则向东北方向流动, 流经极地附近后又沿阻高东侧往南流, 北支气流携带着极地冷空气南移, 使蒙古地面冷高压得以加强和维持, 并与南支西南暖湿气流在长江中下游地区交汇, 造成湖北持续低温冰雪天气。

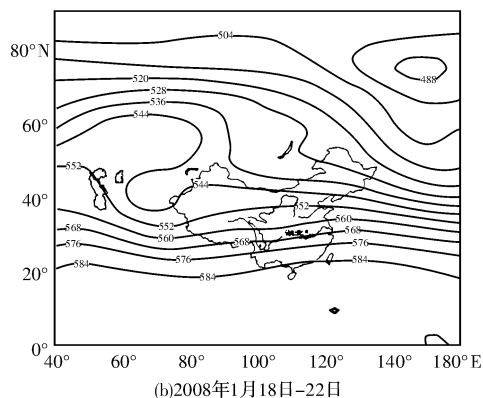
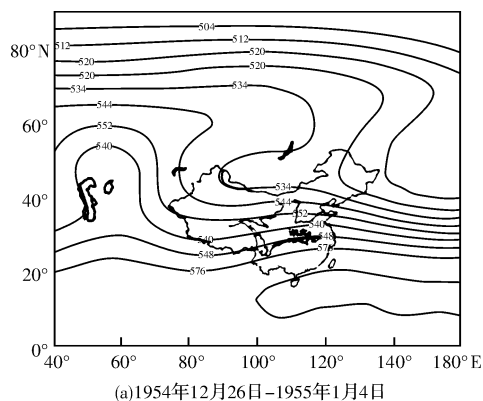


图 3 500 hPa 高度客观分析平均场(单位: dagpm)

图 3b 所示为“08 年初”第 2 次过程的 500 hPa 高度客观分析平均场,与图 3a 比较,可清楚看到两幅图具有非常相似的基本环流特征:①东亚中高纬地区为一脊一槽环流形势,乌拉尔山地区为高压脊控制,两幅图上的横槽线近乎平行地位于  $40^{\circ} \sim 50^{\circ} \text{N}$ ,只是“54 年冬”的横槽偏南  $2^{\circ} \sim 3^{\circ} \text{N}$ ;②在两幅图中,由中高纬阻塞形势影响下分成的南北两支急流,具有基本一致的流向和作用;③中低纬为长波槽区的纬向环流形势,长江流域环流较平直;④“54 年冬”与“08 年初”具有相同的冷空气源地和水汽来源。“54 年冬”与“08 年初”的不同之处:①前者乌山阻高为南北向,中心强度  $> 564 \text{ dagpm}$ ;后者乌山阻高为东北—西南向,中心强度仅  $> 548 \text{ dagpm}$ ,比前者偏弱  $16 \text{ dagpm}$  左右;“54 年冬”阻高两侧的低压配置表明“54 年冬”的阻塞形势更稳定;②前者横槽的低值中心位于蒙古高原,强度  $< 532 \text{ dagpm}$ ;后者低值中心在巴尔喀什湖西南方,强度只  $< 540 \text{ dagpm}$ ,偏弱约  $8 \text{ dagpm}$ ;③“08 年初”过程的副高比常年位置偏北偏西,强度偏强<sup>[3]</sup>,但“54 年冬”的副高更偏北偏西、更强(图 3a、图 4a)。

图 3a 与图 3b 中 500 hPa 高度客观分析平均场比较结果表明,“54 年冬”第 1 阶段与“08 年初”第 2 次过程具有基本一致的长波系统背景场、冷空气源地和水汽来源,但“54 年冬”的阻塞形势更稳定、更强,副高更偏北偏西、更强,这是“54 年冬”过程明显强于“08 年初”的一个重要条件。

图 4a 所示为“54 年冬”第 2 阶段 500 hPa 高度客观分析平均场,从图中可清楚看到,副高进一步加强西伸,584 dagpm 线的西脊点伸至近  $80^{\circ} \text{E}$ ,从菲律宾群岛、南海、中南半岛到孟加拉湾都为副高控制,切断了降水区的水汽供给,湖北降雪结束。东亚区中低纬度为明显的纬向环流,长江流域受平直西风控制,致使高空中高云密布。在东亚区中高纬度,由第 1 阶段的径向环流转为纬向环流形势,从乌山至新疆为弱脊,脊前偏北气流不断引导地面冷空气从华北沿东路南下影响长江中下游地区,使低温维持。

## 2.2 地面冷空气分析

图 5 中显示,两次低温冰雪过程的蒙古地面冷高压中心位置基本一致,冷空气路径均为北偏东。“54 年冬”的高压中心强度为  $1\ 060 \text{ hPa}$ ,“08 年初”为  $1\ 048 \text{ hPa}$ ,弱  $12 \text{ hPa}$ ;此外,“54 年冬”降雪清楚的第 1 阶段地面平均冷高压中心强度为  $1\ 072 \text{ hPa}$ (图略),而无降雪维持低温冰冻的第 2 阶

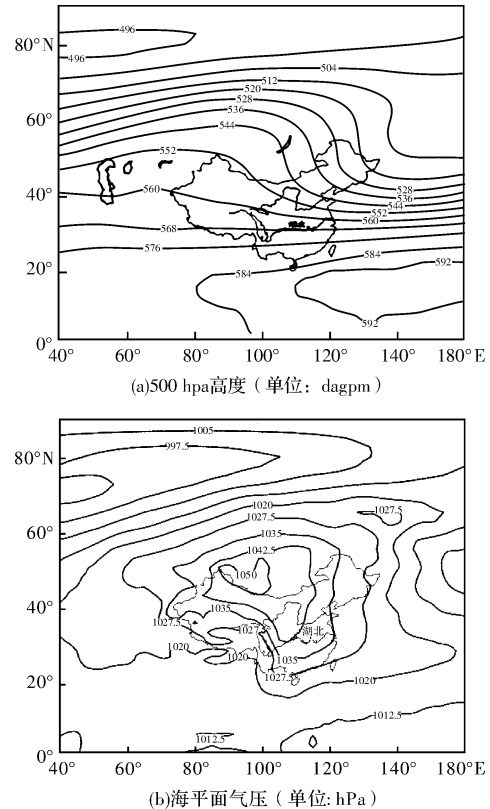


图 4 1955 年 1 月 5—18 日 500 hPa 高度和海平面气压客观分析平均场

段冷高压中心强度为  $1\ 056 \text{ hPa}$ (图 4b),两阶段的高压中心位置无明显变化,但强度差异还是较大的。

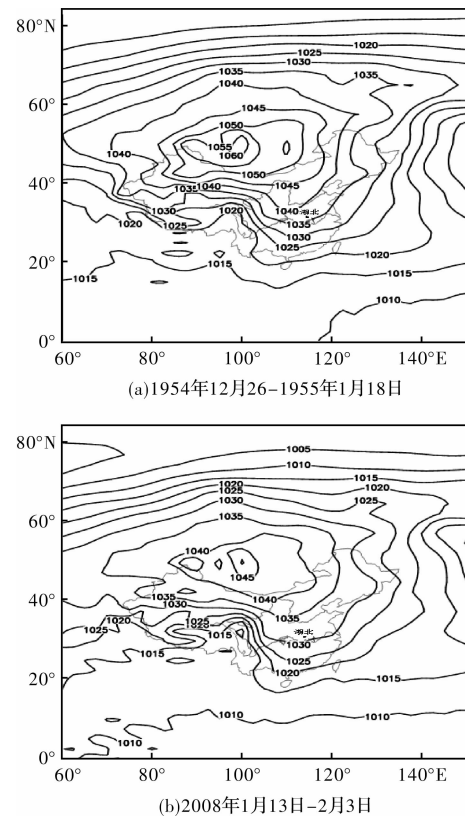


图 5 海平面气压客观分析平均场(单位: hPa)

以上分析表明, 蒙古地面冷高压是造成低温的直接影响天气系统之一<sup>[10]</sup>, 为持续低温冰雪天气提供了重要的低层冷空气条件, 其强度变化与低温冰雪的强弱变化有明显的正相关关系。

### 2.3 中、低层风场分析

在 1954 年 12 月 28–30 日, 500 hPa 乌山阻高东侧转动低涡分裂东移的西北槽与南支槽同位相叠加(图略), 发展东移, 引导地面冷空气从华北扩散南下; 700 hPa 西南急流明显加强, 急流轴位

于 30°N 以南的贵阳、芷江一带, 最大风速达 16 m/s, 湖北大部在急流轴左前方(图 6a), 从 850 hPa 和 700 hPa 风场(图 6c、a)可以看出, 从低层到高层存在顺时针垂直风切变, 有利于中低层逆温层生成, 并且垂直切变的环境风能提供对流发展的能量<sup>[11]</sup>。此次强降雪天气是“54 年冬”过程中降水最明显的时段, 主要影响天气系统是 500 hPa 南支槽发展东移、地面冷空气、700 hPa 西南急流输送的暖湿空气和 850 hPa 偏东气流。

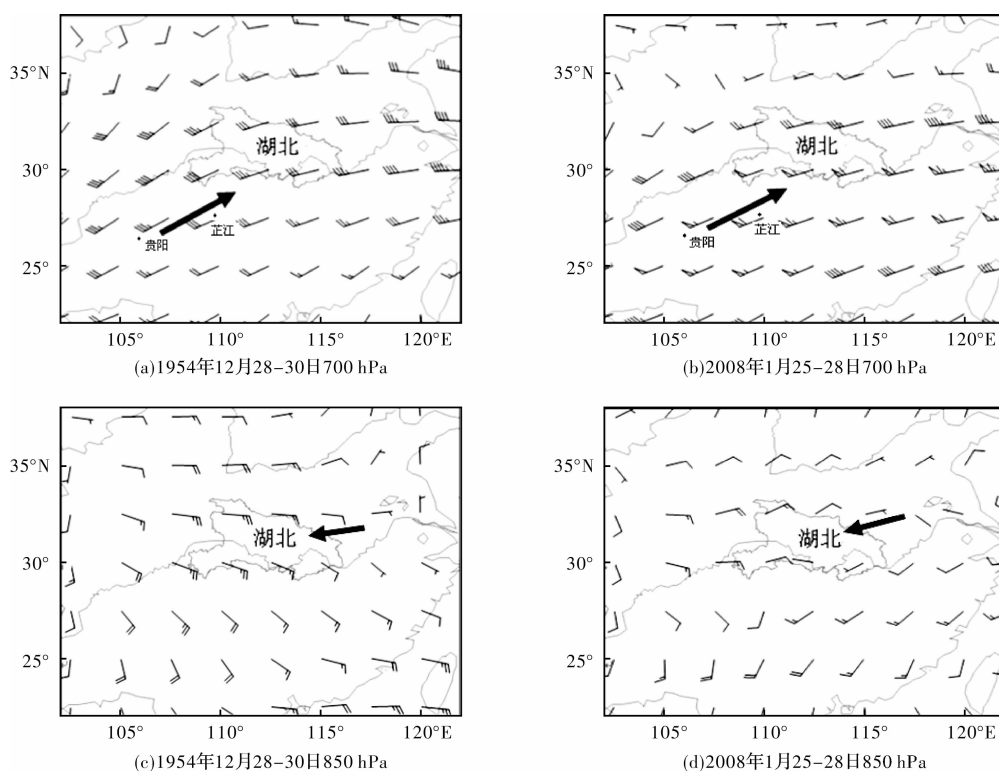


图6 风向风速客观分析平均场(单位: m/s)

2008 年 1 月 25–28 日是“08 年初”过程中降雪最强的时段, 图 6b、d 给出了这个时段 700 hPa 和 850 hPa 的平均风场。从图中可看到, 700 hPa 强劲的西南急流和 850 hPa 的偏东气流与图 6a、c 中的风场相似, 主要的差别在风速上。

因此, 在持续低温冰雪过程中, 雨雪天气的发展、加强, 通常与中低层暖湿气流的发展加强有关。低空急流通过低层暖湿平流的输送产生位势不稳定层结, 在急流最大风速中心的前方有明显的水汽辐合和质量辐合或者强上升运动, 在急流轴的左前方是正切变涡度区, 有利于对流活动发生, 有利于强降水发生、持续。

### 2.4 大气层结分析

以武汉站为代表, 分析 1954 年 12 月 26 日–1955 年 1 月 18 日大气层结变化(图略)。12 月 25

日武汉测站 850 hPa 的温度下降到 0℃ 以下, 并与 700 hPa 温度相等, 本站降水性质由雨转雪。26 日至次年 1 月 2 日, 该站 850 ~ 700 hPa 连续 8 d 存在明显的逆温, 维持中层暖、下层冷的层结, 逆温强度平均约为 5.3℃, 最强为 7℃, 从 1 月 3 日开始逆温层消失, 降雪减弱渐止, “54 年冬”的第 1 阶段结束。在“54 年冬”的第 2 阶段, 850 hPa 温度维持在 0℃ 以下, 最低时达 -12℃, 气温随高度上升而下降。

在 2008 年 1 月 12 日到 2 月 1 日武汉均持续保持中层暖、下层冷的层结, 850 ~ 700 hPa 有明显的逆温层, 逆温强度平均达 4.0℃, 最强为 11℃, 2 月 2 日开始逆温层消失。由此可见, “08 年初”过程的大气层结与“54 年冬”的第 1 阶段非常相似。

### 3 波谱分析

在研究大尺度大气运动的物理机制时,需要考虑大气中各种物理量(能量)变化,讨论不同尺度波动在大气物理量输送和转换中所起的作用,一般采用波谱分析方法,即利用环流资料进行各种物理量谱分析,其中经、纬向扰动动能谱、角动量输送谱是常用参数<sup>[12]</sup>。

#### 3.1 经、纬向扰动动能分析

经向扰动动能(简称经向动能)的大小与经向风的强弱有关,纬向扰动动能(简称纬向动能)与两纬圈间东西风的强弱相联系。因此,大型环流形势的调整转换必然会引起经、纬向动能的明显变化。

##### 3.1.1 经向动能

图7中的点直线为500 hPa 50°N 经向动能(1~6波总值)变化曲线。从图7a中可看到,在“54年冬”过程第1阶段初期,50°N 经向动能剧增、猛减,在其剧烈变化的同时,500 hPa 中高纬经向环流发展,乌山阻高建立,降水天气开始;冰雪天气持续期间,经向动能变化平稳。1955年2月4日前后,随着经向动能的一次弱调整,降雪天气结束,“54年冬”的第2阶段开始。这段时期,经向动能稳定,能量较弱,此时,500 hPa 中高纬经向环流转为纬向环流控制。

从图7b中可看到,“08年初”过程开始前,50°N 经向动能明显增强,冰雪期间维持高能量,而降水结束时,经向动能急速减小,这反映了500 hPa高度场的高中纬地区阻塞形势的变化趋势。

##### 3.1.2 纬向动能

图7中的实线为30°N 纬向动能(1~6波总值)变化曲线。从两幅图中可见,“54年冬”与“08年初”两次低温冰雪期间,30°N 纬向动能均呈波动状,与500 hPa 30°N 附近高度场维持较平直纬向环流相对应。其中,“54年冬”的第1阶段由一次纬向动能的强弱变化完成,第2阶段由两次强弱变化组成;“08年初”的四次过程与纬向动能的四次强弱变化基本一致。

图8为“54年冬”与“08年初”两次低温冰雪期间及前后纬向动能在不同纬度的变化。从两幅图中可见,持续冰雪开始前四五天内,高纬或低纬会有纬向动能高值中心生成;过程开始后高纬纬

向动能南移,低纬纬向动能北移或先南移后北移;当两者交汇于中纬地区并稳定维持时,过程持续;当纬向动能高值中心减弱或北跳,过程间歇或结束。

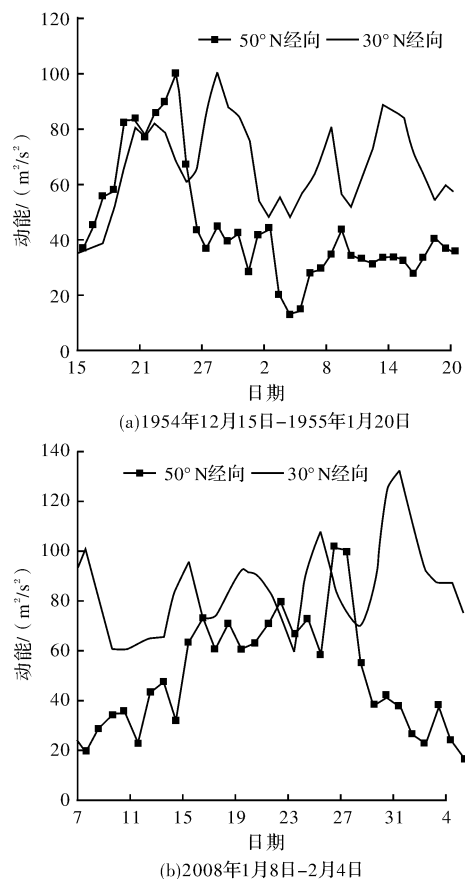


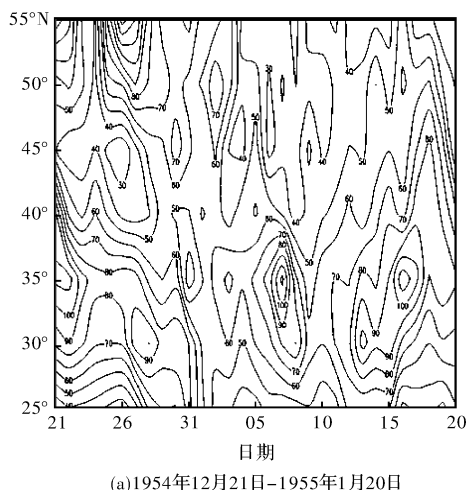
图7 经、纬向扰动动能(1~6波总值)的变化(单位:  $\text{m}^2/\text{s}^2$ )

#### 3.2 角动量输送谱分析

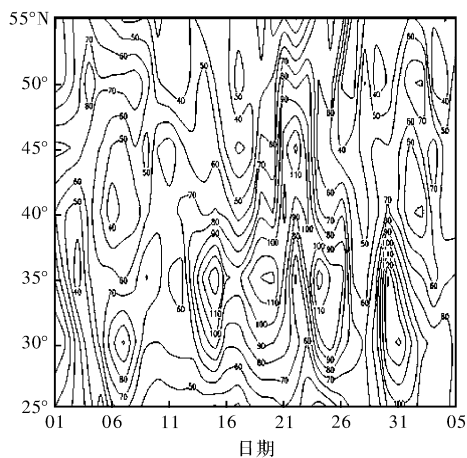
角动量输送谱(简称角动量)反映能量的南北输送,负值表示向南输送,正值表示向北输送。

图9为“54年冬”与“08年初”两次过程500 hPa角动量(1~6波总值)在中高纬度的变化。从两幅图中可见,在25°~35°N 主要是向北输送,强的角动量输送和辐合也集中在这一带;而在35°~55°N 角动量输送趋势基本上为负值,即向南输送。持续冰雪开始前,高纬、低纬角动量向南输送,过程开始后,角动量均转向北输送;冰雪天气结束时,在中低纬度,角动量输送再次出现明显变化,其值由正值转为负值。

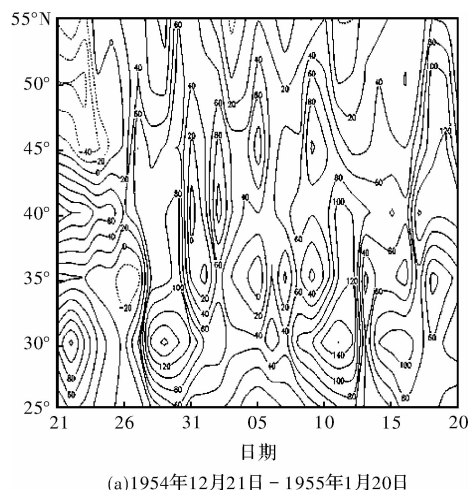
经、纬向扰动动能谱、角动量输送谱分析表明,在低温冰雪天气发生、持续和结束时,中高纬度、中低纬度能量谱强度、输送和转换有明显的变化,并且与天气系统的变化相对应。



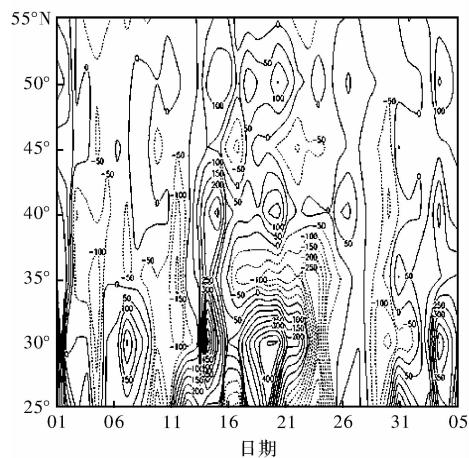
(a) 1954年12月21日-1955年1月20日



(b) 2008年1月1日-2月5日

图8 纬向扰动动能(1~6波总值)的时空分布(单位:  $\text{m}^2/\text{s}^2$ )

(a) 1954年12月21日-1955年1月20日



(b) 2008年1月1日-2月2日

图9 角动量时空分布(单位:  $10^8 \text{ J} \cdot \text{hPa}^{-1}$ )

## 4 结语

通过对比分析“54年冬”与“08年初”两次历史罕见持续低温冰雪过程,得知:两次过程的前期均出现了降水明显偏少、气温偏高的天气情况;两次过程具有基本一致的长波系统背景场、水汽条件、地面冷空气条件以及中低层暖湿气流发展加强对强降水的作用;在低温冰雪过程中,探空曲线维持“中暖下冷”层结,850~700 hPa存在明显逆温层。在两次持续低温冰雪过程期间,中高纬度、中低纬度能量谱强度、输送和转换有明显的变化,并且与天气系统的变化相对应。但是,两次天气过程的表现形式是不同的:“54年冬”过程分为两个阶段,降雪天气、强降雪集中在第1阶段;“08年初”过程由4次降水过程组成,前3次过程均出现了全省性的强降雪。此外,“54年冬”过程的500 hPa阻高、低涡、副高和地面冷高压等主要影响系统的强度均明显强于“08年初”。

## 参考文献:

- [1] 温克刚,姜海如. 中国气象灾害大典(湖北卷)[M]. 北京:气象出版社,2007:301-302.
- [2] 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.
- [3] 杨贵名,孔期,毛冬艳,等. 2008年初“低温雨雪冰冻”灾害天气的持续性原因分析[J]. 气象学报,2008,66(5):737-751.
- [4] 王凌,高歌,张强,等. 2008年1月我国大范围低温雨雪冰冻灾害的气候特征及成因分析-I气候特征[J]. 气象,2008,34(4):95-100.
- [5] 王凌,高歌,张强,等. 2008年1月我国大范围低温雨雪冰冻灾害的气候特征及成因分析-II成因分析[J]. 气象,2008,34(4):101-106.
- [6] 周慧,周慧,朱国强,等. 湖南2008年极端冰冻特大灾害成因分析及影响评估[J]. 灾害学,2009,24(1):80-85.
- [7] 陈长坤,孙云凤,李智. 冰雪灾害危机事件演化及衍生链特征分析[J]. 灾害学,2009,24(1):18-21.
- [8] 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.
- [9] 刘敏,黄焕寅,张海燕,等. 湖北省2008年初低温雨雪灾害冰冻气象预报服务总结和反思[J]. 暴雨灾害,2008,27(2):172-176.
- [10] 朱乾根,林锦瑞,寿绍文,等. 天气学原理与方法[M]. 北京:气象出版社,1992:266-296.
- [11] 丁一汇. 我国飊线发生条件的研究[J]. 大气科学,1982,6(1):18-27.
- [12] 陈新强. 谐波分析中期天气预报方法概论[J]. 气象,1986(80):3-27.

## Comparative Analysis of the Unusual Continuous Freezing-rain and Snow Weather in 1954 and 2008 in Hubei

Li Caiyuan, Guo Yinglian, Wang Haiyan, Wang Jizhu and Li Yine

(Wuhan Central Meteorological Observatory, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** Hubei province suffered an unusual continuous freezing – rain and snow disaster in December 26, 1954 ~ January 18, 1955 which occurred 120 years once. And it occurred again in January 13, 2008 ~ February 3, but weak than that in 1954. Its return period is 70 years. Using the synoptic and spectral analysis methods, a comparative analysis on the characteristics of circulation situation and energy spectrum of the two events is made based on the regular synoptic chart and numerical forecasting products. The results show that the two processes are consistent with long-wave system of background field, the water vapor and surface cold air conditions. In the process of freezing weather, there exists an apparent temperature inversion from 850 hPa to 700 hPa. The energy spectrum intensity, transmission and conversion significantly change in the high and low latitudes. The changes correspond with the weather system. However, the main impact of the former system, such as the blocking high, vortex, subtropical high, and surface cold high pressure are obviously higher than the intensity of the latter.

**Key words:** continuous freezing-rain and snow; circulation situation; temperature inversion; kinetic energy spectra of disturbances; angular momentum transfer spectrum; Hubei province; 1954; 2008

(上接第 69 页)

## A Study on the Forecasting Model of Flood and Debris Flow in Small Watershed of Mountainous Area

—A Case Study in Miyun County, Beijing City

Zhang Hongjiang<sup>1</sup>, Zheng Guoqiang<sup>1</sup>, Cheng Jinhua<sup>1</sup>,  
Wu Jingdong<sup>2</sup>, Hou Xufeng<sup>2</sup> and Ye Zhihan<sup>2</sup>

(1. Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;

2. Beijing Hydraulic Research Institute, Beijing 100044, China)

**Abstract:** Aiming at the occurring characteristics of flood and debris flow in the upper stream of Miyun Reservoir, which is located in Miyun county, Beijing city, the Bayes discriminant analysis method is introduced into the setup of forecasting model for flood and debris flow in small watershed in mountainous area based on the systematic science theory. Through the synthetic analysis of inner factors and exterior factors that affecting the occurrence of flood and debris flow in the upper stream of Miyun Reservoir, the flood and debris flow forecasting model for three different drainage area are worked out by selecting the available precipitation of 15 antecede days and the intraday precipitation as forecasting model parameters. The model is suitable for three kinds of watershed with drainage area from 0.30 to 2.00, from 2.00 to 5.00, and from 5.00 to 15.42 respectively. Verification and test show that the accuracy of three kinds of watershed are 86.4%, 92.9%, and 83.3% respectively, all of that exceed 80% which is required by Bayes Discriminant Analysis Theory. It shows that the forecasting model can be used for the flood and debris flow forecast in watershed with different drainage area in the studied area. The set up of forecasting model provides a convenient and feasible method for the instantaneous forecast of flood and debris flow in the upper stream of Miyun Reservoir, which is located in Miyun county, Beijing city.

**Key words:** Bayes discriminant analysis; forecasting model; flash flood; debris flow; Miyun county; Beijing