

李才媛,王海燕,郭英莲,等.2009 年初湖北省持续雨雪过程分析.暴雨灾害,2009,28(4):328-332.

# 2009 年初湖北省持续雨雪过程分析

李才媛,王海燕,郭英莲,王继竹,邓 红

(武汉中心气象台,武汉 430074)

**摘要:**利用常规天气图和数值预报产品资料,采取天气学和波谱方法,分析了 2009 年 2 月 13 日至 3 月 4 日湖北持续雨雪过程的环流形势及能量谱特征,并与 2008 年 1 月 10 日至 2 月 1 日湖北罕见持续低温雨雪冰冻过程进行对比。结果表明:两次持续雨雪过程具有基本相同的长波系统背景场条件和地面冷空气影响路径;对流层 850—700 hPa 存在逆温层,后一过程的逆温层维持时间更长、强度更大且无中断;两次雨雪过程的温度分布和强度差异明显,后者气温异常偏低,冰冻现象严重;两次雨雪天气期间,中高纬、中低纬地区的能量谱强度、输送和转换变化明显,且与天气系统的变化相对应。

**关键词:**持续雨雪;低温;环流形势;逆温层;扰动动能谱;角动量输送谱

**中图分类号:**P458.1\*21 **文献标识码:**A **文章编号:**1004-9045(2009)04-0328-06

## 1 引言

在当前全球气候变暖背景下,我国极端天气气候事件在频率和强度上均发生相应变化,其趋多趋强已是不争事实<sup>[1]</sup>。因此,加强极端天气气候事件分析研究,不断提高预报预警能力,已成为各级气象部门开展天气预报服务的重点之一。作为一种极端天气气候事件,持续低温雨雪天气也不例外。如 2008 年初我国南方大部地区遭遇历史罕见低温、雨雪、冰冻灾害天气,此后众多气象工作者从气候特征、环流背景、中尺度系统、形成原因等方面对其进行了分析研究<sup>[1-8]</sup>,湖北省气象科技人员也对当年 1 月 10 日至 2 月 1 日出现在该省的低温雨雪冰冻天气作了分析总结<sup>[9-10]</sup>。无独有偶,2009 年 2 月 13 日至 3 月 4 日湖北省发生持续 20 天之久的少见低温雨雪天气,此过程的致灾程度虽远不及 2008 年初,但其伴随出现的连阴雨、暴雨、暴雪、冰雹、雷雨大风及冰冻等灾害性天气,仍造成众多房屋倒损、大面积农作物受灾,经济损失也相当严重。

为了揭示 2009 年初与 2008 年初出现在湖北省冬季的两次持续雨雪天气过程(前者简称“09.2”雨雪天气,后者简称“08.1”雨雪天气)的异同,本文利用常规天气图资料和 EC、NCEP 的数值预报产品,应用天气学和波谱方法,对其大气环流、物理量谱进行对比分析,以期提高对此类灾害天气机制与成因的认识。

## 2 天气实况

### 2.1 前期表现为长时间降水偏少、气温偏高

“09.2”雨雪天气的前期,即 2008 年 11 月 1 日至

2009 年 2 月 12 日,湖北省大部地区降水异常偏少,与常年同期相比,偏少 5~7 成。与此同时,全省平均气温偏高 0.5~1.5℃。“08.1”雨雪天气的前期,全省天气以晴好为主,气温普遍偏高,降水偏少<sup>[8]</sup>;尤其是 2007 年 12 月 29 日至 2008 年 1 月 9 日,湖北省长达 12 天无雨,气温明显偏高,其中,日平均气温偏高 1~2℃。这两次持续性雨雪天气发生之前,均出现长时间降水偏少、气温偏高。

### 2.2 过程表现为持续性降水、低温

由统计结果可知,“09.2”雨雪天气过程连续降水时间长达 20 天,主要由 3 次降水过程组成,其分别在 2 月 15—20 日、2 月 22—28 日、3 月 1—4 日;弱的降水此前从 2 月 13 日就开始,2 月 25 日鄂北地区转雪,随后鄂中、鄂南部分地区转雨夹雪或雪;最强降水时段在 2 月 25—28 日,以区域性中到大雨雪天气为主,局部还出现暴雨、暴雪、冰雹、雷雨大风等灾害性天气,武汉市此期间也出现大雨和雨转雪天气(图 2)。另经统计发现,同期省内 60.3%的县市降水偏多 1~2.5 倍,25.6%的县市偏多 3~9 成,仅 14.1%的县市(十堰、恩施)略偏少(图 1);武汉市日平均气温自 2 月 16 日始降至 10℃以下,其中有 6 天低于 5℃(图 2),由于武汉市位于湖北中东部,以此推知,鄂北气温低于 5℃的时间更长;全省平均气温偏低 0.4~1.8℃。

统计结果表明,“08.1”过程降水持续 23 天,由 4 次降水过程组成,其分别为 1 月 11—15 日、1 月 18—22 日、1 月 25—28 日、1 月 30 至 2 月 1 日,前 3 次过程均出现了全省性强降雪,其中武汉市出现大到暴雪;省内 50%的县市降水偏多 1~2 倍(随州达 3 倍),46.2%

收稿日期:2009-06-23;定稿日期:2009-08-10

基金项目: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”资助

作者简介:李才媛,女,1956 年生,正研级高级工程师,主要从事天气预报业务工作。E-mail: lcy-whqxt@sina.com

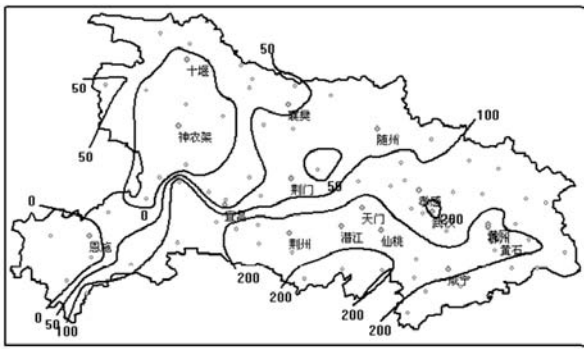


图 1 2009 年 2 月 13 日至 3 月 4 日湖北省降水距平百分率(单位: %)

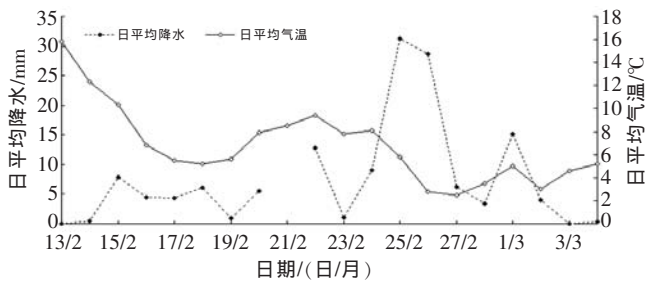


图 2 2009 年 2 月 13 日至 3 月 4 日武汉市日平均降水、气温变化

的县市偏多 3~9 成,仅 3.8%的县市略偏少;由于日平均气温长时间维持在 0 °C 以下,冰冻灾害尤为突出;同期全省平均气温偏低 3.7~5.5 °C。

综上所述,2009 年初和 2008 年初的雨雪天气过程均属全省范围极端天气事件,具有连续降水时间长的显著特征,且均由多次降水过程组成,过程间歇短暂。另一突出特点是,持续低温,“08.1”过程日平均气温长时间在 0 °C 以下,降水性质主要为雪,冰冻严重;“09.2”过程日平均气温在 0 °C 以上,主要为雨。

### 3 天气形势分析

#### 3.1 “09.2”雨雪天气过程的环流形势

从 2009 年 2 月 13 日 20 时至 3 月 4 日 20 时 500 hPa 高度客观分析平均场上可见(图 3),欧亚中高纬地

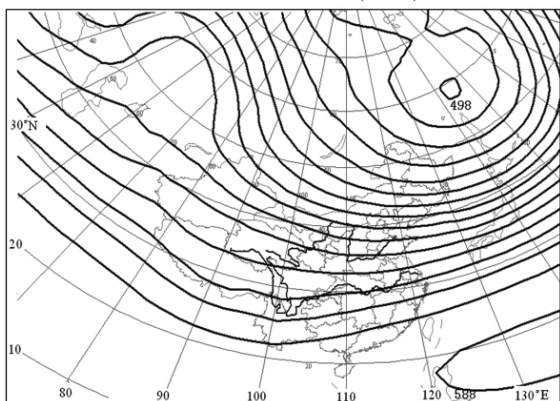


图 3 2009 年 2 月 13 日至 3 月 4 日 20 时 500 hPa 高度客观分析平均场(单位: dagpm)

区为一槽一脊环流形势,乌拉尔山地区为稳定的高压脊控制,从鄂霍茨克海、贝加尔湖到巴尔喀什湖之间为横槽区,槽的底部不断有小槽沿脊前西北气流下滑,带动地面冷空气从华北向南渗透,与西南暖湿气流在长江中下游地区交汇,造成湖北持续低温雨雪天气。根据环流形势和降水变化,可将“09.2”雨雪天气划分为 3 次过程,对其分述如下。

##### 3.1.1 第 1 次天气过程

第 1 次天气过程出现在 2009 年 2 月 15—20 日。2 月 13 日之前,湖北长时间维持少雨干旱天气,从 13 日开始,环流形势调整,省内出现弱降水;15 日 500 hPa 乌拉尔山阻塞高压建立并逐步稳定,鄂霍茨克海有一冷低压中心,西太平洋副热带高压加强西伸,贝加尔湖西南侧和西西伯利亚分别有一低压,其一前一后沿脊前下滑(图 4),前者向东南方向移动,自贝加尔湖南部经蒙古国到我国东北地区,带动地面冷空气从华北不断向南渗透(属东路冷空气),与西南暖湿气流在长江中下游地区交汇,形成连续降水;19 日,后一低压向南滑动,经新西伯利亚到巴尔喀什湖东部,带动地面冷空气从河西走廊南下(属西北路冷空气),至此第 1 次降水过程结束。

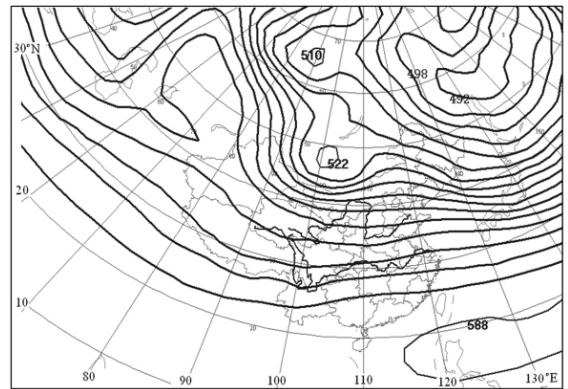


图 4 2009 年 2 月 18 日 20 时 500 hPa 高度客观分析场(单位: dagpm)

图 5a、b 分别给出 2009 年 2 月 15—20 日和 2008 年 1 月 18—22 日(即当年持续低温雨雪冰冻天气的第 2 次过程)的 20 时 500 hPa 客观分析平均场。经对比分析发现,其相似之处是: 1)欧亚中高纬地区为一槽一脊环流形势,乌拉尔山为高压脊控制,从鄂霍茨克海、贝加尔湖到巴尔喀什湖为横槽区; 2)中低纬地区为长波槽区,长江流域环流较平直,多波动; 3)脊前西北气流引导地面冷空气从东路南下。这表明两者均具有基本一样的长波系统背景场条件和对降水稳定维持十分有利的地面冷空气影响路径。不同之处是: 1)前者乌山阻高为南北向,后者乌山阻高为东北—西南向,并有切断低涡存在; 2)后者鄂霍茨克海低涡偏北,横槽

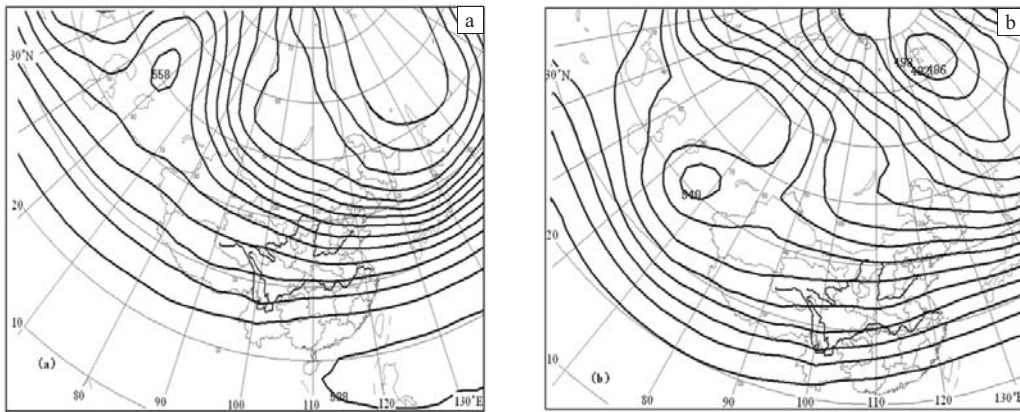


图 5 2009 年 2 月 15—20 日(a)和 2008 年 1 月 18—22 日(b)的 20 时 500 hPa 客观分析平均场(单位: dagpm)

明显偏强。这正好说明后者的影响系统强于前者,也是“08.1”过程明显强于“09.2”过程的主要因素之一。

图 6 给出与图 5 上述两次过程同时段的 850 hPa 温度平均场。从中可见,其温度场均呈一槽一脊形势,冷

槽和暖脊与 500 hPa 高度槽、脊相配合,这进一步表明中高纬长波系统的深厚和稳定;图 6a 中 0 °C 线位于湖北中部,而图 6b 中温度槽明显要深,0 °C 线位于湖南中部,这是造成 2008 年初冰雪天气的重要原因之一。

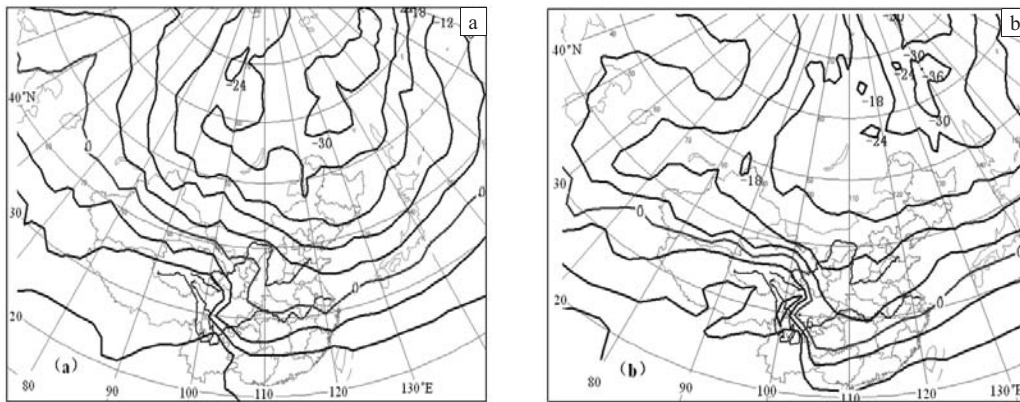


图 6 2009 年 2 月 15—20 日(a)和 2008 年 1 月 18—22 日(b)的 20 时 850 hPa 温度平均场(单位: °C)

3.1.2 第 2 次和第 3 次天气过程

“09.2”雨雪天气的第 2 次过程出现在 2 月 22—28 日。500 hPa 图上(图略),欧亚中高纬地区环流形势发生调整,乌拉尔山阻高明显减弱,巴尔喀什湖横槽也减弱并缓慢东移,带动地面冷空气沿东路扩散南下;35°N 以南西风槽经向度加大,中低层西南风加强,

地面西南暖倒槽发展(图略);在冷暖空气共同作用下,25—28 日出现强降雨雪、冰雹、雷雨大风等灾害天气。“09.2”雨雪天气的第 3 次过程出现在 3 月 1—4 日,500 hPa 图上(图略),乌拉尔山阻高崩溃,巴尔喀什湖横槽转竖,西风槽东移,引导地面冷空气从华北大举南下,当冷高压控制湖北,雨雪天气结束。

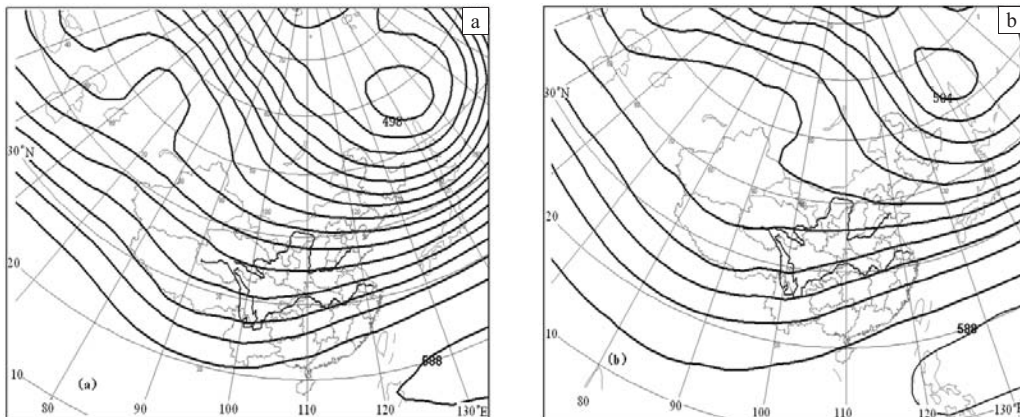


图 7 2009 年 2 月 22 日至 3 月 4 日(a)和 2008 年 1 月 25 日至 2 月 1 日(b)的 20 时 500 hPa 高度客观分析平均场(单位: dagpm)

图7是“09.2”和“08.1”雨雪天气过程中后期500 hPa客观分析平均场。从中可见,两次过程的结束形势非常相似:1)两次过程中后期乌拉尔山阻高逐步减弱、崩溃,巴尔喀什湖横槽转竖、东移,引导地面冷空气大举南下;2)中低纬长波槽趋向度加大、东移,副高减弱、东退;3)鄂霍茨克海冷涡减弱、主体偏北东移。这两次过程结束时的地面气压场变化则不相同:前者冷空气路径偏东,最后冷高压控制湖北;后者冷空气路径为西北路,使地面气压场转为“西高东低”形势。

综上所述,“09.2”、“08.1”雨雪天气降水过程的发展、持续,与500 hPa欧亚中高纬阻塞形势的建立、稳定相对应,过程结束则与乌拉尔山阻塞高压的减弱、崩溃、东移有明显对应关系,即长波系统建立并稳定,为产生大范围连续降水提供了重要的背景条件;冷空气路径对降水维持和结束也有重要作用,东路冷空气有利降水持续,西北路冷空气改变地面气压场形势,使得降水停止;而连续性降水不仅与冷空气路径有关,还与冷空气强度有关,在冷空气很强并大举南下的背景下,即使是东路冷空气,也会使地面气压场迅速增高,破坏原有气压场分布,迫使降水结束。

### 3.2 大气层结分析

以武汉探空站为代表,分析2009年2月13至3月4日大气层结变化曲线(图略)。从2月15日开始,该站上空基本维持中层暖、下层冷的层结,850 hPa到

700 hPa有13天存在较明显的逆温层,逆温强度平均为 $3.8^{\circ}\text{C}$ ,最强为 $5^{\circ}\text{C}$ ,从3月3日开始逆温层消失。而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 hPa到700 hPa有明显的逆温层,逆温强度平均达 $4.0^{\circ}\text{C}$ ,最强为 $11.0^{\circ}\text{C}$ ,2月2日开始逆温层消失;与“09.2”雨雪天气过程比较,其逆温层维持时间更长(达21天)、强度更大且无中断。

## 4 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)的变化,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,这时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>[1]</sup>。

### 4.1 经、纬向扰动动能谱分析

图8给出“09.2”、“08.1”两次持续雨雪过程500 hPa  $50^{\circ}\text{N}$  经向扰动动能和  $30^{\circ}\text{N}$  纬向扰动动能(1~6波总值)变化曲线。从中可见,  $30^{\circ}\text{N}$  纬向动能两次过程均呈弱的波动状,与500 hPa  $30^{\circ}\text{N}$  附近高度场维持较平直纬向环流相对应;这两次过程开始时,  $50^{\circ}\text{N}$  经向动能明显增强,雨雪期间维持高能量,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。

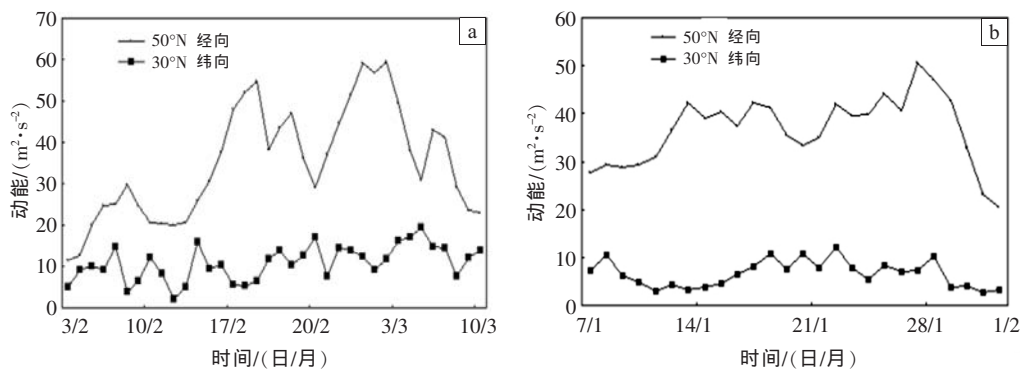


图8 2009年初(a)和2008年初(b)雨雪天气过程500 hPa经、纬向扰动动能变化(单位:  $\text{m}^2\cdot\text{s}^{-2}$ )

### 4.2 角动量输送谱分析

图9给出“09.2”、“08.1”雨雪天气过程500 hPa角动量输送谱(1~6波总值)。从中可见,其相同之处:1)在 $32^{\circ}$ — $50^{\circ}\text{N}$ 纬带角动量输送趋势基本上为负值,即向南输送,而在 $32^{\circ}$ — $25^{\circ}\text{N}$ 纬带其主要是向北输送;2)强的角动量输送和辐合在 $25^{\circ}$ — $35^{\circ}\text{N}$ ,降水开始前这一纬带角动量输送有一由负值转为正值的过程。不同之处:1)在 $32^{\circ}$ — $25^{\circ}\text{N}$ 纬带,“09.2”雨雪过程期间角动量向北输送明显,而“08.1”雨雪天气期间角动量南北交换输送明显;2)“09.2”雨雪天气结束时,角动量向北

输送猛增,能量辐合场被破坏,而“08.1”雨雪天气结束时,随着角动量输送由正值转为负值,雨雪过程结束。经分析发现,形成角动量输送差异的主要原因是“08.1”过程出现在隆冬季节且冬季风盛行,而“09.2”过程出现时间已接近春季且冬季风明显减弱,向南输送的能量也随之变化。

上述对经纬向扰动动能谱、角动量输送谱的分析结果表明,在持续雨雪过程发生期间,中高纬、中低纬能量谱强度、输送和转换有明显的变化,且与天气系统的变化相对应,因此能量谱的变化也是产生降水过

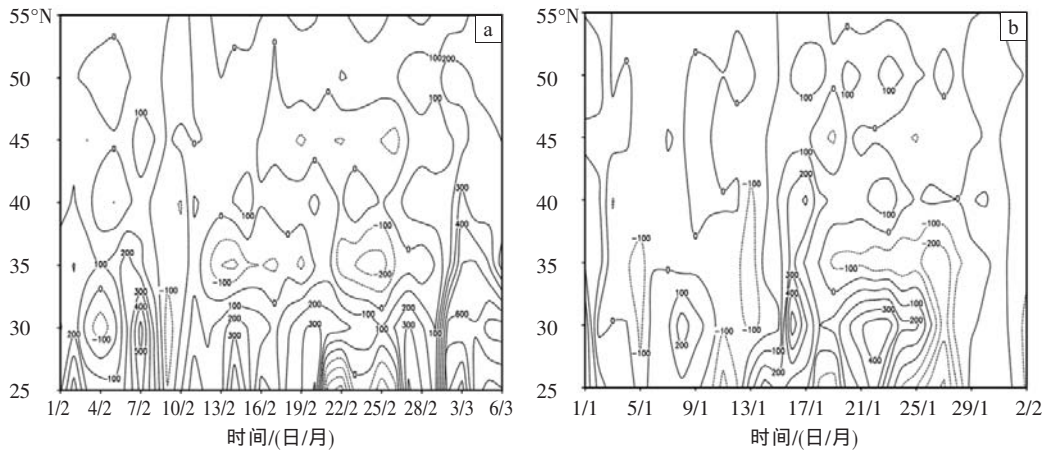


图 9 2009 年 2 月 1 日至 3 月 6 日(a)和 2008 年 1 月 1 日至 2 月 1 日(b)  
500 hPa 角动量输送谱(单位:  $10^{15} \text{ J} \cdot \text{hPa}^{-1}$ )

程的原因之一。

### 5 结论与讨论

本文对湖北省 2009、2008 年初两次持续雨雪天气过程进行了对比分析,得出如下结论。

(1)两次过程的相同点表现在: 1)前期降水明显偏少、气温偏高;2)连续降水长达 20 天以上,由多次降水过程组成,过程间歇短暂;3)500 hPa 欧亚中高纬阻塞形势有一从建立、维持到崩溃、东移的过程,中低纬地区为宽广长波槽底部,环流较平直、多波动;4)地面冷空气活动频繁,路径主要为东路,以向南渗透或扩散为主;5)探空曲线维持“中暖下冷”层结,850 hPa 至 700 hPa 存在明显逆温层;6)500 hPa 50°N 经向动能历经一个增强、维持高能量到减小的过程,30°N 纬向动能呈弱的波动状;7)500 hPa 角动量输送在 32°—50°N 纬带向南输送,在 32°—25°N 纬带向北输送,强的角动量输送和辐合出现在 25°—35°N。

(2)两次过程的不同点表现在: 1)“08.1”过程地面气温异常偏低,平均气温维持在 0 °C 以下,冰冻现象严重;2)“08.1”过程 500 hPa 欧亚中高纬地区有切断低涡,阻塞形势更强,中低纬南支波动更明显;3)使得两次雨雪天气过程结束的冷空气路径不同,“09.2”过程为西北路,“08.1”过程为东路;4)“08.1”过程逆温层维持时间更长、强度更大且没中断;5)在 32°—25°N 纬带的角动量输送谱,“09.2”过程中向北输送明显,“08.1”过程南北交换输送明显,过程结束时,前者角动量向北输送猛增,后者由正值转为负值。

从天气学成因看,“09.2”雨雪天气过程与“08.1”雨雪天气过程大同小异。但从气候学角度看,“09.2”雨雪天气实际发生在 2008 年冬末向 2009 年初春过渡期,而“08.1”雨雪天气实际发生在 2007 年隆冬季节,

前一过程气温已有回暖迹象,后一过程气温持续偏低,这是“09.2”雨雪天气造成灾害损失明显不如“08.1”雨雪天气的根本原因。设想“09.2”雨雪天气过程不是发生在晚冬而再提前 10~20 天,“08.1”雨雪天气过程就会在 2009 年初重现。

### 参考文献:

- [1] 王东海,柳崇健,刘英,等.2008 年 1 月中国南方低温雨雪冰冻天气特征及其天气动力学成因的初步分析[J].气象学报,2008,66(3):405-422.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [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:成因分析[J].气象,2008,34(4):101-106.
- [5] 布和朝鲁,纪立人,施宁.2008 年初我国南方雨雪低温天气的中期过程分析 I:亚非副热带急流低频波[J].气候与环境研究,2008,13(4):419-433.
- [6] 施宁,布和朝鲁,纪立人.2008 年初我国南方雨雪低温天气的中期过程分析 II:西太平洋副热带高压的特征[J].气候与环境研究,2008,13(4):434-445.
- [7] 布和朝鲁,施宁,谢作威,等.2008 年初我国南方雨雪低温天气的中期过程分析 III:青藏高原—孟加拉湾气压槽[J].气候与环境研究,2008,13(4):444-457.
- [8] 常军,顾龙万,竹磊磊,等.2008 年 1 月河南异常低温多雪分析及数值预报产品释用[J].气象与环境科学,2008,31(4):15-20.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 陈新强.谱分析中期天气预报方法概论[J].气象,1986(增刊):3-27.

(下转第 356 页)

## The Similarities and Differences Between the Quasi-stationary Front in the Winter of 2008 and the Meiyu Front in the Summer of 1998

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

(Wuhan Central Meteorological Observatory, Wuhan 430074)

**Abstract:** Comparing the quasi-stationary front in the winter of 2008 with the Meiyu front in the summer of 1998 the conclusion is that (1) The blocking situations and the sources of warm and wet flows of quasi-stationary front in the winter of 2008 and Meiyu front in the summer of 1998 were mainly consistent. (2) The frontogenetic actions were relatively obvious in the lower edge, but the frontolysis structures were different. The frontogenesis of quasi-stationary front in the winter of 2008 was stronger, the gradient was smaller, and it is reached to the mid-upper troposphere. The rainfall was in north of the front. The frontogenesis of Meiyu front in the summer of 1998 was weaker, the frontogenetical areas were mainly below 800 hPa, the rainfall was nearby the front. (3) The factors influenced the frontogenesis were different. The frontogenesis in 2008 was influenced by the combined action of temperature, humidity and wind, and the humidity and wind were the main factors in 1998. (4) The precipitation mechanism was different. There was the combined action of the frontal lifting and the coupled High/Low Level Jets in January 2008, and the Meiyu in 1998 were triggered by both of the low level instability and coupled High/Low Level Jets.

**Key words:** Quasi-stationary front; Meiyu front; Frontogenesis; 2008; 1998

(上接第 332 页)

## The Analysis of Continuous Freezing-rain and Snow Weather in Hubei at Early 2009

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

(Wuhan Central Meteorological Observatory, Wuhan 430074)

**Abstract:** Based on the regular synoptic chart and numerical forecasting products, the circulation and energy spectrum characteristics of freezing-rain and snow weather in Hubei from February 13 to March 4, 2009 are studied by using the synoptic and spectral analysis methods comparing with those of the same weather from January 10 to February 1, 2008. It is found that both cases have the same system of long-wave background field and the impact of the same ground path of the cold air. There was obvious temperature inversion from 850 hPa to 700 hPa in both processes, and the latter one maintained longer, and had greater intensity without interruption. They had distinct differences at temperature distribution and intensity, the latter has exceptionally low temperatures and serious frozen. During the two courses, the energy spectral intensity, transmission and conversion changed between low and high latitudes were significant corresponding with the weather systems change.

**Key words:** Continuous freezing-rain and snow weather; Freezing temperature; Circulation; Temperature inversion; Kinetic energy spectra of disturbances; Angular momentum transfer spectrum