

# 黑龙江春秋季节中雨夹雪到暴雪天气形势分析

周子强<sup>1</sup> 董晶<sup>2</sup> 马国忠<sup>3</sup> 欧娜音<sup>2</sup>

(1 黑龙江省抚远市气象局, 抚远 156500; 2 黑龙江省哈尔滨市气象局, 哈尔滨150000;

3 黑龙江省气象台, 哈尔滨 150000)

**摘要:** 通过液固混合态降雪过程中, 产生纯降雨、雨夹雪、纯降雪的气温界限值, 分析产生中雨夹雪以上降水量的天气形势特征, 以期为预报雨夹雪、暴雪提供指标。采用2001—2018年3—4月、10—11月天气图、日降水量资料, 对比得出了地面、925 hPa、850 hPa、700 hPa 形成降雨、雨夹雪、降雪的最高气温上限界值、最低气温下限界值。用天气学方法分析得到4种环流形势能够在24 h 产生降水(中雨夹雪、暴雪)量 $\geq 10$  mm。

**关键词:** 雨夹雪, 暴雪, 气温条件, 环流模型

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2020.04.011

## Analysis of Weather Conditions for Moderate Rain and Snow Mixed and Snowstorm in Heilongjiang Spring and Autumn

Zhou Ziqiang<sup>1</sup>, Dong Jing<sup>2</sup>, Ma Guozhong<sup>3</sup>, Ou Nayin<sup>2</sup>

(1 Fuyuan Meteorological Bureau, Fuyuan 156500 2 Harbin Meteorological Bureau, Harbin 150000

3 Heilongjiang Meteorological Observatory, Harbin 150000)

**Abstract:** Temperature thresholds of rain, rain and snow mixed and snow were analyzed based on the characteristics of weather situation. The synoptic maps and daily precipitation data during March-April, October-November from 2001 to 2018 were used. Results show the upper limit of maximum temperature and the lower limit of minimum temperature for producing rain, rain and snow mixed and snow at ground, 925 hPa, 850 hPa, 700 hPa heights. For the range of 700 hPa to 500 hPa, there were four synoptic circulation patterns. It could cause precipitation (moderate rain and snow mixed, snowstorm) of more than 10 mm in 24 hours.

**Keywords:** rain and snow mixed, snowstorm, temperature conditions, circulation model

### 0 引言

国内专家和学者对液固混合型暴雪做过许多研究<sup>[1-5]</sup>。液固混合型中等以上雨夹雪、暴雪是黑龙江省重大气象灾害之一。2012年11月11—14日黑龙江省鹤岗市产生液固混合型暴雪, 暴雪量为64.5 mm, 雪深为53 cm。液固混合态降雪过程既有雨夹雪、纯降雪, 又有纯降雨, 中等以上的雨夹雪、暴雪又是在特定的环流形势下产生的, 给提高预报准确率带来较大的难度。为减少中雨夹雪、暴雪给社会经济造成的损失, 非常有必要针对产生中等以上的雨夹雪、液固混合态暴雪地面气温、高空气温、环流形势做深入性研究。

### 1 黑龙江省雨夹雪(暴雪)概况

受季风环流<sup>[6]</sup>影响, 黑龙江省中、东部雨夹雪集中出现在气温上升和气温下降稳定通过0℃的3—4

月、10—11月。通过黑龙江省中、东部2001—2018年3—4月、10—11月日降水量资料统计分析, 发现各月日降水量达到中雨夹雪(中雨夹雪、暴雪24 h降水量 $\geq 10$  mm, 暴雪雪深 $\geq 10$  cm)或以上降水量次数占本月降水总日数百分比为: 10月为18.4%, 11月为17.9%, 3月为16.2%, 4月为12.9%。12—次年2月黑龙江省日平均气温 $\leq -15.5$ ℃, 降水为固态雪<sup>[7]</sup>。

### 2 资料和方法

采用黑龙江省2001—2018年3—4月、10—11月08时—次日08时、20时—次日20时24 h降水量 $\geq 5$  mm雨夹雪日、降雪日至前48 h历史天气图数据, 经MICAPS系统合成综合实况天气图, 部分实况天气图来自于中央气象台天气网站。日降水量、降水过程量、灾情来自于黑龙江省气候中心、哈尔滨市气象台。

通过直接读取和应用水平插值方法的有限元法<sup>[5]</sup>从出现液固混合态降水范围地面观测站、高空站、高空气温图分别获得产生纯降雨时段、纯降雪时段、

收稿日期: 2019年4月6日; 修回日期: 2019年10月30日  
第一作者: 周子强(1979—), Email: zzqyx@163.com

雨夹雪时段的地面、高空、最低气温下限界值、最高气温上限界值。并应用天气学方法<sup>[5]</sup>对产生中雨夹雪、暴雪以上降水过程的环流形势进行分型。

通过对同一降水过程时间序列的气温数据对比分析,得出形成降雨夹雪、降雪、降雨的最高气温上界限、最低气温下界限值(表1)。

表1 黑龙江省中、东部产生雨、雨夹雪、雪气温判断值(单位:℃)

Table 1 Temperature thresholds for rain, rain and snow mixed and snow in middle and eastern Heilongjiang Province (unit: °C)

天气现象	地面	925 hPa	850 hPa	700 hPa
产生降雨气温界限	$T \geq 1$	$T \geq -1$	$T \geq -4$	$T \geq -6$
产生雨夹雪气温界限	$0 < T \leq 3$	$-4 \leq T \leq -1$	$-8 < T \leq -4$	$-14 \leq T \leq -8$
产生降雪气温界限	$T \leq 0$	$T \leq -4$	$T_{850hPa} \leq -6$	$T \leq -9$

### 3 产生中雨夹雪、暴雪以上降水量的环流形势

通过2001—2018年3—4月、10—11月降雨夹雪日、降雪日至前48 h的天气形势普查对比分析,能在

24 h内产生雨夹雪量 $\geq 10$  mm(中雨夹雪、暴雪)天气形势个例有26次。通过700 hPa和500 hPa两层高度场环流形势分析<sup>[5]</sup>发现:能在24 h内产生雨夹雪(雨夹雪转暴雪) $\geq 10$  mm的天气形势有四种环流类型: I型(两槽两脊型), II型(两脊一槽型), III型(一脊一槽型)和IV型(亚欧低槽型)(图1)。

### 4 冷空气输送方式、暖湿水汽输送方式和水汽源

采用 I、II、III、IV型每种环流形势多个个例,中雨夹雪、暴雪前24 h到降雪结束期间925 hPa、850 hPa、700 hPa、500 hPa各层温度场、风向风速场,与下一层高度场组成综合图,分析判断冷空气输送方式。通过925 hPa、850 hPa、700 hPa各层的温度露点差、风向风速场,与上一层高度场组成综合图,分析判断暖湿水汽输入方式、水汽源。图2是 I型冷空气输送方式、暖湿水汽输送方式的综合图。II、III、IV型冷空气输送、暖湿水汽输送方式和水汽源由表2列出。

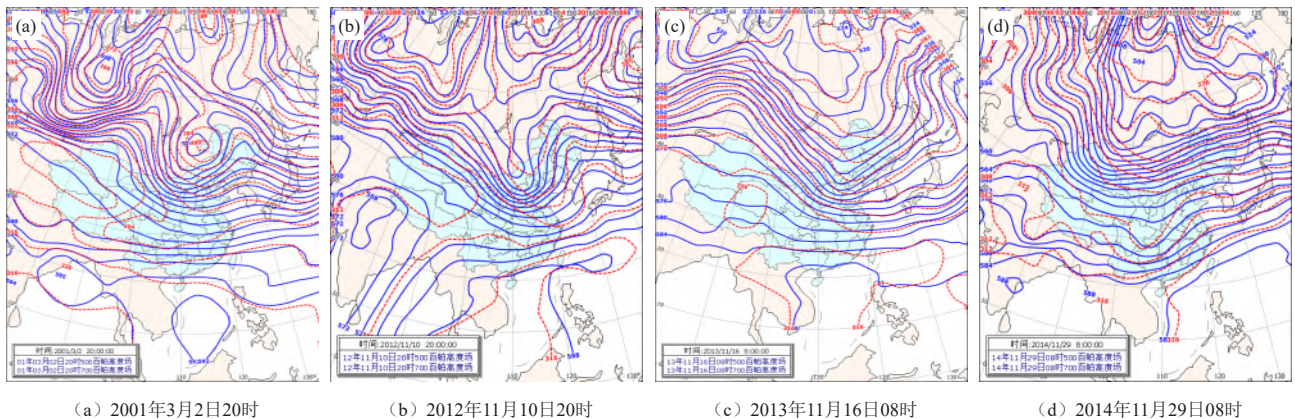


图1 I型(a)、II型(b)、III型(c)和IV型(d) 500 hPa(实线,单位: dagpm)、700 hPa(点划线,单位: dagpm)高度场  
Fig. 1 The 500 hPa height (solid line, unit: dagpm) and 700 hPa height (dotted line, unit: dagpm) fields of circulation type I (a), type II (b), type III (c) and type IV (d)

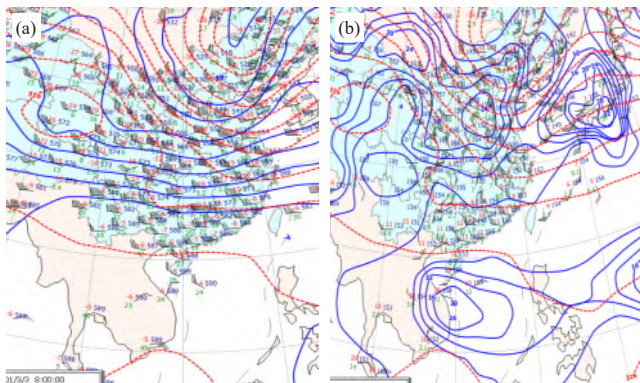


图2 冷空气输送方式、暖湿水汽输送方式 I型  
2001年3月3日08时(a) 500 hPa温度场(实线,单位:℃)、风向风速(箭头,单位:  $m \cdot s^{-1}$ )与700 hPa高度场(点划线,单位: dagpm)冷空气输送方式综合图;  
(b) 850 hPa温度露点差(实线,单位:℃)、风向风速(箭头,单位:  $m \cdot s^{-1}$ )、700 hPa高度场(点划线,单位: dagpm)暖湿水汽输送方式综合图  
Fig. 2 The transportation modes of cold air, warm and wet water vapor for type I

(a) The transportation mode of cold air in the 500 hPa temperature field (solid line, unit: °C), wind direction, wind speed (arrow, unit:  $m \cdot s^{-1}$ ) and 700 hPa height field (dotted line, unit: dagpm); (b) The transportation mode of warm and wet water vapor in the 850 hPa temperature dew point difference field (solid line: unit: °C), wind direction and wind speed (arrow, unit:  $m \cdot s^{-1}$ ) and the 700 hPa height field (dotted line, unit: dagpm) at 08:00 BT 03 March 2001

表2 II、III、IV型冷空气、暖湿水汽输送方式  
Table 2 Transfer conditions of cold air, warm and wet water vapor for types II, III and IV

环流类型	暖湿水汽输送方式	冷空气输送方式
两脊一槽	500 hPa低涡类暖湿水汽输送方式与两槽两脊型相同。500 hPa低槽类：700 hPa江淮暖低涡暖湿空气是由暖低涡东部与东海高压脊之间12~24 m·s <sup>-1</sup> 偏南 ( $T-T_d$ ) ≤ 4 °C暖湿急流提供，在黑龙江省降雨夹雪、暴雪过程中由850~700 hPa低涡外围气旋式风向、风速 ≥ 12.0 m·s <sup>-1</sup> 急流携带渤海、黄海、日本海 ( $T-T_d$ ) ≤ 4 °C暖湿水汽向低涡区输送，降雨夹雪（暴雪）后期由850~700 hPa日本海偏东气流向低涡（压）北部输送暖湿空气	500 hPa低涡类冷空气输送方式与两槽两脊型相同。700 hPa江淮暖低涡类：700~500 hPa贝加尔湖冷空气由低压槽后风速在12~20 m·s <sup>-1</sup> 偏北急流经蒙古和我国内蒙古区输送到江淮暖低涡西部低压区。在黑龙江省降雨夹雪、暴雪过程中700 hPa西高压脊前江淮低涡后有风速 ≥ 12.0 m·s <sup>-1</sup> 急流向925、850、700 hPa江淮低涡西南部输送冷空气，后期由黑龙江省上空700 hPa西北气流向低压区输送冷空气
一槽一脊	降雨夹雪、暴雪前，在朝鲜半岛两侧有偏南气流850~700 hPa低压槽前输送 ( $T-T_d$ ) ≤ 4 °C暖湿水汽，降雨夹雪、暴雪过程中朝鲜半岛东部日本海有10~12 m·s <sup>-1</sup> 偏东气流向低涡输送 ( $T-T_d$ ) ≤ 4 °C暖湿水汽，后期由库页岛西南洋面风速 ≥ 16 m·s <sup>-1</sup> 偏东急流向低涡输送暖湿空气	降雨夹雪、暴雪前，850~700 hPa温度槽落后低压槽，700 hPa高空槽后有风速 ≥ 12 m·s <sup>-1</sup> 偏北急流携带贝加尔湖冷空气切入850hPa低槽南部。降雨夹雪、暴雪过程中低压槽后有12~24 m·s <sup>-1</sup> 偏北急流向低层低压南部输送冷空气，后期由黑龙江省高空700 hPa西北气流向低压区输送冷空气
亚欧低槽	降雨夹雪（暴雪）之前，在朝鲜半岛附近有6~12 m·s <sup>-1</sup> 西南气流向低压槽前输送 ( $T-T_d$ ) ≤ 4 °C暖湿水汽，降中雨夹雪或暴雪过程中，在850~700 hPa朝鲜半岛到日本海有风速20~40 m·s <sup>-1</sup> 偏南急流向低涡和低压槽输送 ( $T-T_d$ ) ≤ 4 °C暖湿水汽，后期有850~700 hPa低涡外围旋转环流将日本海暖湿空气送入黑龙江省东北部低涡中	在降雨夹雪（暴雪）之前，贝加尔湖500~700 hPa高压脊前西北气流将冷空气输送到低压槽西南部。降雨夹雪（暴雪）中500~700 hPa低涡后部的东北转西北风、风速 ≥ 12 m·s <sup>-1</sup> 急流将低槽西部冷空气输入到低涡南部下层低压

## 5 结论

1) 得到春秋季节液固混合态降水过程的温度判据。春秋季节在同次液固混合态降水过程中降雨夹雪、降雨、降雪有多次重复相变情况。

2) 通过天气学方法对春秋季节多次出现中雨夹雪、暴雪过程的天气形势分析得出，能在24 h产生降水量 ≥ 10 mm的天气环流形势有4种，各环流型出现最大纬向值、最大经向值，分别作为I、II、III、IV环流型地理范围判断标准。

3) 通过天气形势分析I、II、III、IV型降水开始前，发现冷空气、暖湿水汽主要输送方式有两种。降水过程中由日本海偏南、偏东气流向降水区输送暖湿水汽，后期由鄂霍次克海偏东北气流提供暖湿水

汽，降水过程中冷空气由黑龙江省上空西北气流提供。主要水汽来自黄海、渤海、日本海、鄂霍茨克海。

## 参考文献

- 郑婧, 许爱华, 刘波, 等. 江西大雪天气的时空变化及其影响系统分析. 气象, 2010, 36(4): 30-36.
- 段丽, 张琳娜, 王国荣, 等. 2009年深秋北京大雪过程的成因分析. 气象, 2011, 37(11): 1343-1351.
- 侯瑞钦, 张迎新, 范进红, 等. 2009年深秋河北省特大暴雪天气成因分析. 气象, 2011, 37(11): 1352-1359.
- 乔林, 林建. 干冷空气侵入在2005年12月山东半岛持续性降雪中的作用. 气象, 2008, 34(7): 27-33.
- 朱乾根, 林锦瑞, 寿绍文, 等. 天气学原理和方法. 北京: 气象出版社, 2007: 176-203.
- 黄秀英. 季风环流对黑龙江省气候的影响分析. 黑龙江气象, 2006, (4): 6-7.
- 张桂华, 国世友, 潘华盛. 近120年黑龙江省冬季气温变化及其诊断. 黑龙江气象, 2001, (1): 23-26.