

岳阳市冬季暴雪和一般性降雪条件对比分析

昌立伟¹ 黄海波¹ 许丽丽¹ 李晶² 黄卓禹³

(1 湖南省岳阳市气象局, 岳阳 414000; 2 湖南省湘潭市气象局, 湘潭 411100; 3 湖南省娄底市气象局, 娄底 417000)

摘要: 利用NCEP/NCAR 2.5°×2.5°再分析资料和常规气象观测资料, 对1989—2018年岳阳市近30年的暴雪和一般降雪天气进行异同点归纳研究: 1) 频次差异: 岳阳平均每年有0.4个暴雪日, 一般降雪日平均每年出现3.8 d; 2) 环流形势差异: 暴雪期间, 500 hPa中高纬度阻塞形势明显, 岳阳处于深厚的高空槽前, 700 hPa为强盛西南低空急流、850 hPa为冷式切变线, 地面1030 hPa表征线已南压过岳阳地区; 而一般降雪高空环流平直, 700 hPa西南风和850 hPa偏北风均偏弱, 尤其是地面1030 hPa表征线还处于岳阳的北侧; 3) 温度层结差异: 暴雪期间各层温度均低于0 °C, 700 hPa、850 hPa和近地面关键层的温度分别是-6 °C、-5 °C和-2 °C左右, 而一般降雪期间, 700 hPa、850 hPa和近地面关键层的温度分别是-2 °C、-1 °C和1 °C左右, 虽然中层以上也表现为较明显的冷层, 但关键层温度整体较一般暴雪偏高3 °C以上; 4) 暴雪时近地面冷空气侵入, 利于中层暖湿气流的强迫抬升, 利于地面的降温和降雪天气的持续, 散度、垂直速度和水汽条件等物理量均具有持续强降水特征。

关键词: 岳阳, 暴雪, 异同点归纳, 温度层结

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2020.03.023

A Comparison of Winter Blizzard and General Snowfall Conditions in Yueyang

Chang Liwei¹, Huang Haibo¹, Xu Lili¹, Li Jing², Huang Zhuoyu³

(1 Yueyang Meteorological Bureau, Yueyang 414000 2 Xiangtan Meteorological Bureau, Xiangtan 411100

3 Loudi Meteorological Bureau, Loudi 417000)

Abstract: Based on NCEP/NCAR 2.5°×2.5° reanalysis data and conventional meteorological observation data, the similarities and differences between snowstorms and general snowfall weather in Yueyang City in the past 30 years from 1989 to 2018 were studied. Results show that: 1) frequency differences: Yueyang City had 0.4 snowstorm days and 3.8 general snowfall days each year; 2) circulation field differences: during the snowstorms, the blocking situation of 500 hPa in middle and high latitude was obvious, Yueyang was in front of a deep high trough, 700 hPa was the strong southwest low-altitude jet stream, 850 hPa was the cold shear line, and the surface 1030 hPa line had been southward over Yueyang. During the general snowfall weather condition, the upper air circulation was flat, and the southwest wind of 700hPa and the northerly wind of 850 hPa were weak. In particular, the ground 1030 hPa characterization line was still on the north side of Yueyang; 3) temperature differences of layer: during the snowstorms the temperature of each layer was lower than 0 °C, and the temperature of 700 hPa, 850 hPa and the key layer near the ground was about 6 °C, 5 °C and 2 °C respectively. During the normal snowfall period, the temperatures of 700 hPa, 850 hPa and the key layer near the ground were about 2 °C, 1 °C and 1 °C respectively. It is worth noting that, during the normal snowfall period, although the middle layer and above also show obvious cold layer, the overall temperature of the key layer was over 3 °C higher than the snowstorms; 4) the invasion of cold air near the ground during snowstorm was conducive to the forced uplift of the middle layer warm and wet air flow, and the continued cooling and snowfall on the ground. Physical quantities such as divergence, vertical velocity and water vapor conditions had the characteristics of continuous heavy precipitation.

Keywords: Yueyang, blizzard, similarity and difference, temperature stratification

0 引言

降雪预报一直以来都是南方冬季主要的预报业务, 尤其是暴雪的预报, 国内进行了大量的个例研究。例如, 黄小玉等^[1]指出500 hPa低槽不断带动地面

冷空气南下, 使得地面气温降为0 °C以下, 中层大气强盛的西南气流使得大量水汽不断向中国大陆输送, 有利于2008年南方暴雪天气的形成; 姚蓉等^[2]指出冷暖气流长时间交汇产生锋生强迫, 在静止锋区上界形成强辐合上升运动, 是2011年初湖南大范围持续暴雪天气的主要原因; 陈红专等^[3]指出700 hPa西南急流的建立和加强为暴雪区带来源源不断的水汽供应和不稳

收稿日期: 2019年7月1日; 修回日期: 2019年11月7日

第一作者: 昌立伟(1986—), Email: 357860159@qq.com

定能量,持续而强盛的水汽输送和水汽辐合对暴雪维持和加强至关重要;徐双柱等^[4]指出地面冷空气、700 hPa江南西南急流和500 hPa西风带低槽是决定湖北省冬季大雪的3个主要天气系统,700 hPa江南西南急流强弱决定湖北省大雪强度,地面冷空气强度决定湖北省降温幅度。也有很多研究^[5-12]针对冬季降水相态进行了大量统计分析,但关于湖南尤其是岳阳的降雪天气形势的分析很少。本文试图根据历史个例,从环流形势、物理量特征等方面分析岳阳暴雪与一般降雪的区别,为日常预报提供参考依据。

1 资料和方法

利用NCEP/NCAR 2.5°×2.5°再分析资料和常规气象观测资料,对1989—2018年岳阳市近30年的暴雪天气和一般降雪的气候特征及其成因进行归纳分析,利用统计平均方法,分析两种降雪天气的常规气象要素特征和物理量特征,建立岳阳暴雪天气和一般降雪天气的预报指标。

2 岳阳市暴雪和一般降雪的气候特征

南方的降雪天气不同于北方,降雪发生时常常伴随着雨、冰粒,降水相态的复杂变化导致降水量和积雪深度线性相关较差,所以,对南方降雪的选择标准就不能只考虑降雪量这一个特征量,还必须同时考虑积雪深度。根据国家气象局降水量级划分的规定,24 h内降雪量大于10 mm或积雪深度达8 mm的降雪过程为暴雪。按此标准岳阳市1989—2018年全市共出现

了12个暴雪日,暴雪日均集中在12月下旬和1月中旬后下旬前期;暴雪以下的降雪量级统称为一般降雪,统计1989—2018年岳阳市30年共出现113个一般降雪日,降雪出现日期较分散,最早出现的在11月10日,最晚出现在3月24日。

3 影响岳阳降雪天气形势特征

徐双柱等^[4]研究指出湖北冬季的大雪天气,主要取决地面冷空气、700 hPa西南急流、500 hPa西风带低槽的变化。岳阳地处湖南的北部与湖北相接,是否具有相同的表现特征,需要进一步统计分析。利用NCEP/NCAR的逐日再分析资料分析暴雪和一般降雪的环流形势是否具有明显不同的特征。

3.1 500 hPa 环流特征分析

分析近30年岳阳12个暴雪样本和113个一般降雪样本的500 hPa平均环流形势场(图1)可以看出,在暴雪环流形势中,在中高位纬地区为一脊一槽型,沿岸大槽南伸至长江中下游以南地区,槽后的阻塞高压强度较强,利于槽前强冷空气的堆积及大举向南入侵,整个岳阳处于深槽前影响,564 hPa压至岳阳地区;而与之相对应的一般降雪,中高纬度地区也表现为一脊一槽型,但槽脊的强度较暴雪明显偏弱,岳阳地区的平均等高线较暴雪偏高4 hPa以上。影响岳阳的低槽也较平直,多表现为小波动。总的来看,暴雪发生时,500 hPa中高纬度地区表现为强的经向环流,槽脊的强度较强,岳阳地区则表现为明显的深槽,北侧有强的冷平流的输送。

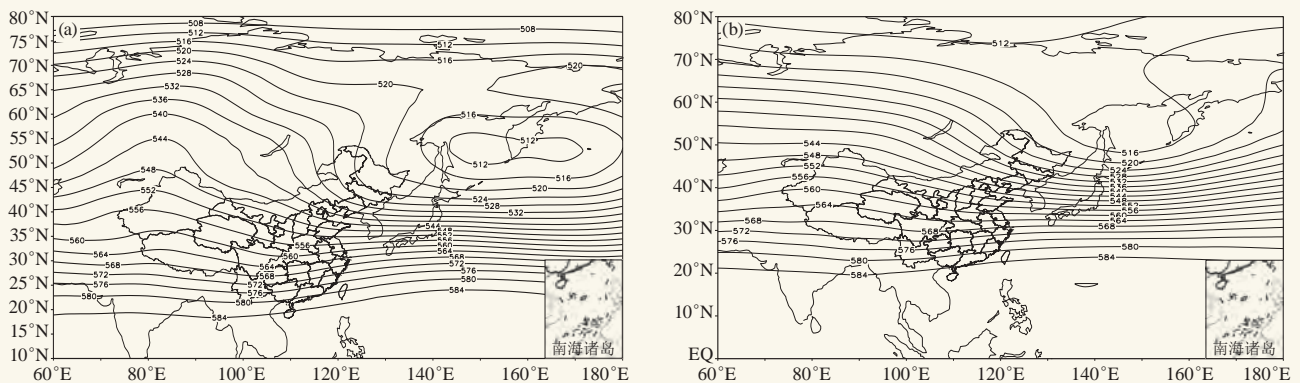


图1 500 hPa平均环流形势场(单位: dagpm)

(a) 暴雪, (b) 一般降雪

Fig. 1 500 hPa average circulation situation field (unit: dagpm)

(a) snowstorm, (b) general snowfall

3.2 700 hPa 和 850 hPa 环流特征分析

分析暴雪和一般降雪的样本中700 hPa的平均风场信息(图2)可以看出,两者均存在着低空急流,但在暴雪期间700 hPa低空急流从孟加拉湾一直延伸至岳

阳地区,整个西南急流强度较强,而一般降雪期间,在岳阳的上空及南侧也存在低空急流,但急流的偏西分量略大,且强度偏弱,此外在暴雪期间岳阳北侧为偏北风,而一般降雪期间则多表现为偏西风。

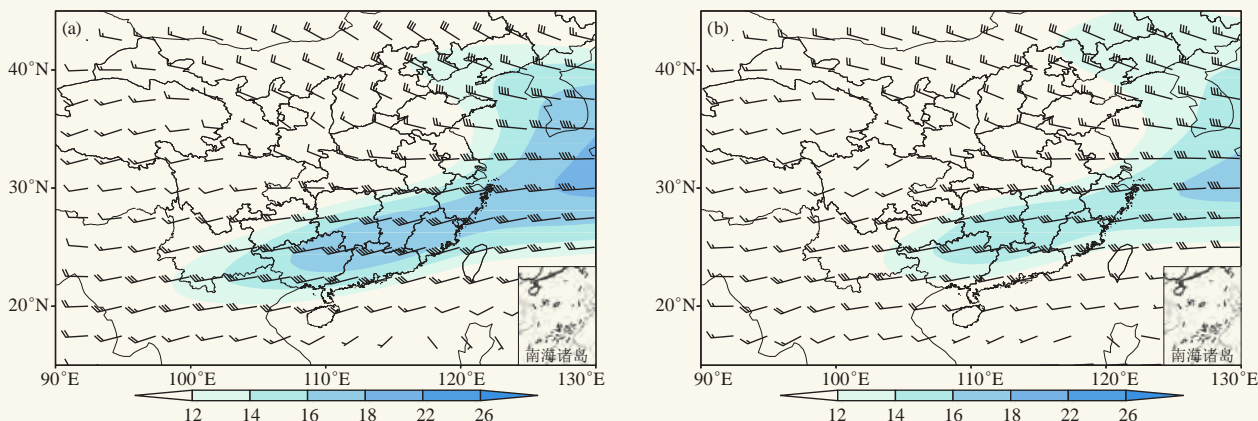


图2 700 hPa平均风场 (单位: m/s, 阴影: 风速>12 m/s)

(a) 暴雪, (b) 一般降雪

Fig. 2 Average wind field of 700 hPa (unit: m/s, shadow: wind speed: > 12 m/s)

(a) snowstorm, (b) general snowfall

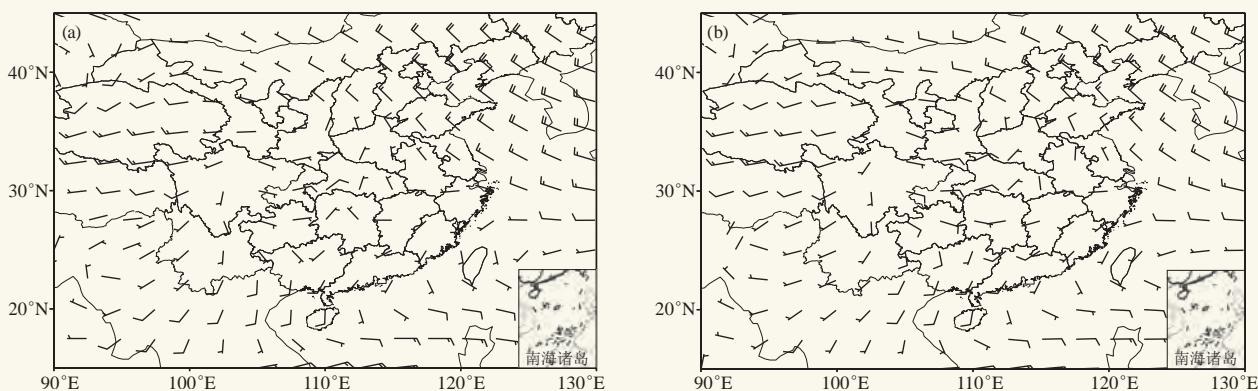


图3 850 hPa平均风场 (单位: m/s)

(a) 暴雪, (b) 一般降雪

Fig. 3 Average wind field of 850 hPa (unit: m/s)

(a) snowstorm, (b) general snowfall

分析暴雪和一般降雪的样本中850 hPa的平均风场信息(图3)可以看出,暴雪期间岳阳上空存在明显的冷式切变线,有利于强降雪天气的出现,而一般降雪期间岳阳的上空多为偏东风影响。

3.3 地面环流形势特征

分析暴雪与一般降雪的平均海平面气压场(图4)可以看出,在暴雪与一般降雪的冷空气源地均为西伯利亚的中部地区,其南下影响岳阳地区均为西北路径。但从强度来看,暴雪期间冷高压强度明显强,其高压中心的强度为1042.5 hPa,而一般降雪期间冷高压强度1037.5 hPa,较暴雪天气偏低5 hPa左右;从冷空气影响岳阳的强度来看,暴雪期间岳阳1030 hPa线正压至上空,而一般降雪期间则是1027.5 hPa线,强度较暴雪偏弱。因此从平均环流形势场看,暴雪期间冷高压强度一般在1042 hPa以上,1030 hPa影响岳阳地区有利于暴雪天气的出现。

4 影响岳阳降雪的温度特征分析

4.1 地面气温

统计近30年岳阳暴雪和一般降雪的地面温度(表1),可以发现,暴雪期间,全市平均日最高气温为1.8℃,其中日最高气温最大值为5.9℃,全市平均日最低气温为-1.4℃,其中日最低气温最大值为0.1℃;一般降雪期间,全市平均日最高气温为4.3℃,其中日最高气温最大值为16.6℃,全市平均日最低气温为0.7℃,其中日最低气温最大值为3.6℃;根据历年暴雪和一般降雪的地面统计结果可以看出,暴雪发生期间全市地面气温均要降至0℃左右,而一般降雪天气发生时地面最高气温可维持在0℃以上,甚至是超过10℃,地面最低气温也可维持在0℃以上。

4.2 垂直温度层结

根据上述的统计分析,除了绝大多数的暴雪天

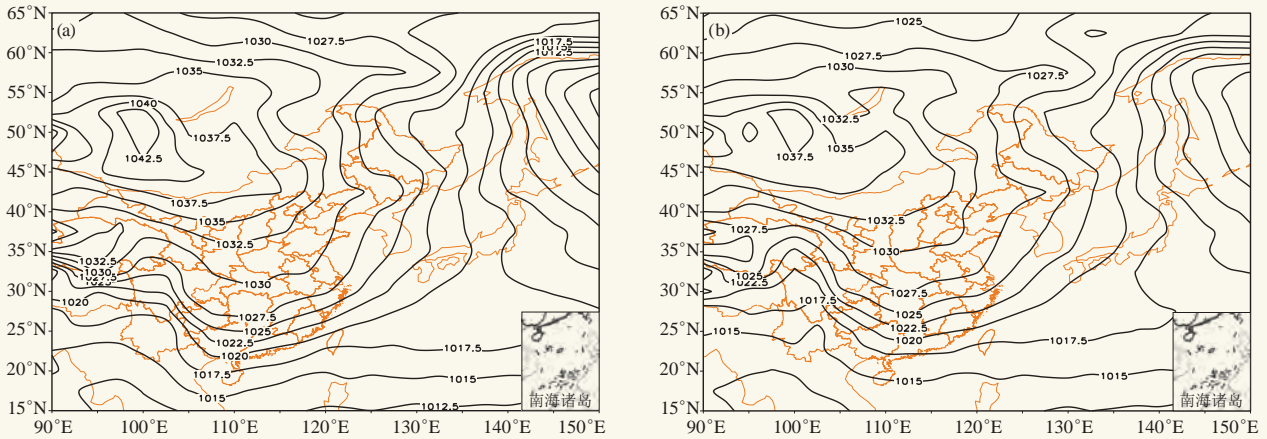


图4 平均海平面气压场 (单位: hPa)
(a) 暴雪, (b) 一般降雪

Fig. 4 Mean sea level pressure field (unit: hPa)
(a) snowstorm, (b) general snowfall

表1 1989—2018年岳阳市暴雪和一般降雪日气温的统计特征
Table 1 Statistical results of daily temperatures of snowstorms and general snowfalls in Yueyang from 1989 to 2018

降雪类型	平均日最高气温/℃	平均日最低气温/℃	日最高气温最大值/℃	日最低气温最大值/℃
暴雪	1.8	-1.4	5.9	0.1
一般降雪	4.3	0.7	16.6	3.6

气地面气温为0℃以下,对于一般降雪天气并不都在0℃以下,因此要发生水汽的凝结现象,则多表现在高空;统计分析暴雪和一般降雪样本的垂直温度层结(图5)可以看出,暴雪期间各层温度均低于0℃,

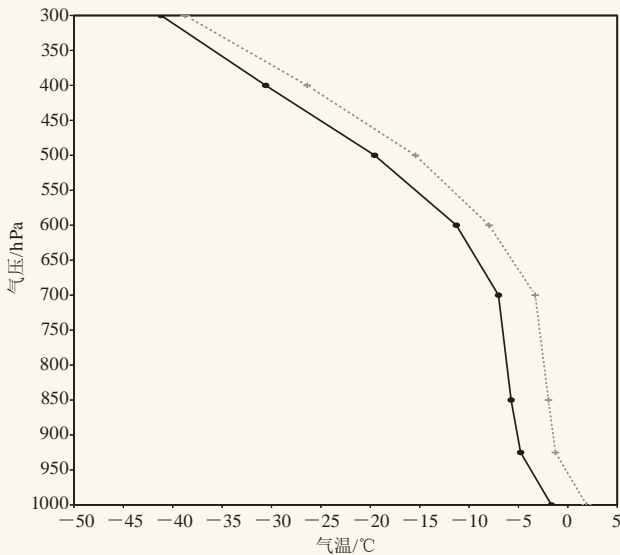


图5 降雪样本的各气压层气温的平均变化曲线
(单位:℃,实线为暴雪,虚线为一般降雪)

Fig. 5 Average variation curve of air temperature in each pressure layer of snowfall sample (unit:℃, solid line is snowstorm, dotted line is general snowfall)

700 hPa温度为-6℃左右,850 hPa温度为-5℃左右,近地面的温度维持在-2℃左右;而一般降雪期间,中层以上也表现为较明显的冷层,700 hPa温度为-2℃左右,850 hPa温度为-1℃左右,近地面的温度维持在1℃左右,因此在中低层暴雪各层的温度整体较一般降雪偏低3℃以上,此外从中低层的探空曲线可以看出,在暴雪和一般降雪期间,925~700 hPa温度递减率很小,表现一定等温或逆温层结。

5 影响岳阳降雪的物理量特征分析

5.1 水汽条件

水汽是降雪的物质基础,所以水汽的分布也是形成降雪的重要因素之一。下面分别从暴雪和一般降雪的样本中平均水汽通量和水汽通量散度等来分析两者的异同点。

700 hPa西南水汽的输送作为冬季降雪的水汽输送主要来源,分析该层暴雪与一般降雪的水汽通量及散度(图6)可以看出:暴雪期间,岳阳处于强盛的反气旋环流水汽输送的西北侧,有来自于洋面的源源不断地水汽向岳阳上空输送且伴随强的水汽通量辐合,多年暴雪平均水汽通量值达 $6 \times 10^2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$,和明显的负的水汽通量散度值;在一般降雪期间,洋面也表现出水汽的反气旋式旋转,但岳阳处于反气旋环流的北侧,整个湖南西部的地区表现明显的辐散区,岳阳上空的水汽辐合也偏弱。

5.2 动力条件

垂直运动使水汽冷却凝结,是产生降雪的重要条件。分析岳阳上空暴雪与一般降雪的平均垂直速度的经向剖面可以发现,暴雪发生时(图7a),岳阳上

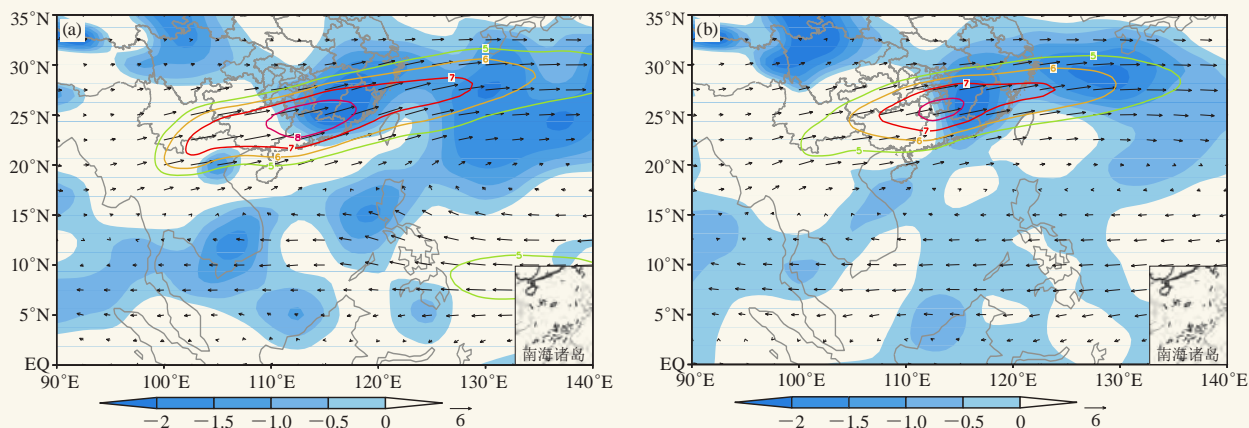


图6 700 hPa水汽通量和水汽通量散度 (等值线和风杆为水汽通量, 单位: $10^{-2} \text{g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$, 阴影为水汽通量散度, 单位: $10^{-7} \text{g} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1}$)
(a) 暴雪, (b) 一般降雪

Fig. 6 700 hPa water vapor flux and water vapor flux divergence (contour line and wind bar are water vapor flux in $10^{-2} \text{g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$, and the shadow is water vapor flux divergence in $10^{-7} \text{g} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1}$)

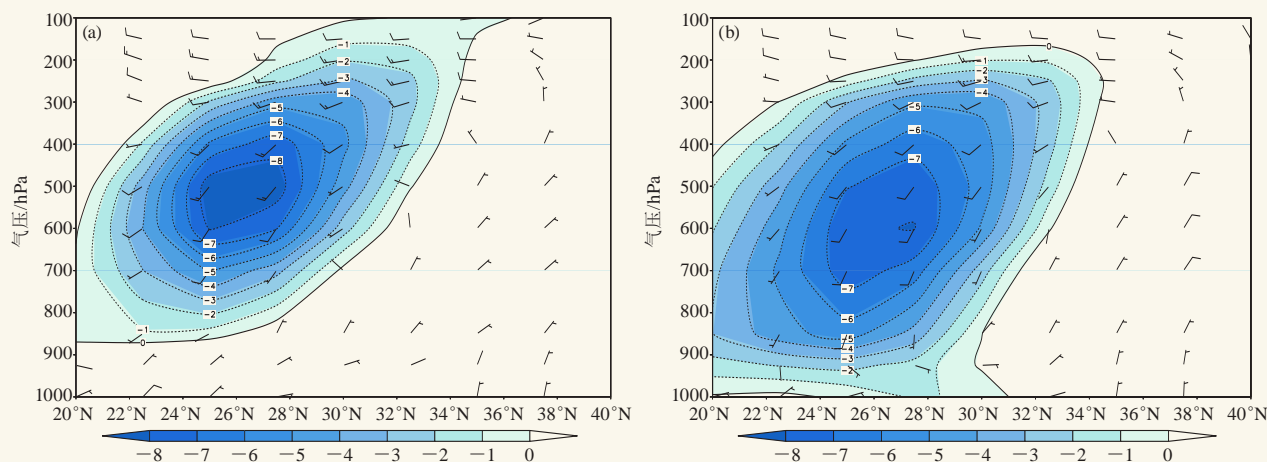


图7 沿着113°E垂直速度和经向环流 (单位: $10^{-2} \text{hPa} \cdot \text{s}^{-1}$)
(a) 暴雪, (b) 一般降雪

Fig. 7 Vertical velocity and meridional circulation (unit: $10^{-2} \text{hPa} \cdot \text{s}^{-1}$) along 113°E
(a) snowstorm, (b) general snowfall

空的垂直速度的大值区集中对流层中层附近, 上升运动伸展高度较高; 而一般降雪时 (图7b), 虽然也表现出一定的上升运动, 但强度较暴雪偏弱, 上升运动的伸展高度较暴雪偏低; 此外在近地面附近, 暴雪时表现强的偏北气流的侵入, 利于中层暖湿气流的强迫抬升, 利于地面的降温和降雪天气的持续; 而一般降雪时近地面的偏北风较弱, 不利于产生系统性的上升运动。

另外分析岳阳暴雪和一般降雪的散度空间分布 (图8) 可以看出, 暴雪时, 表现出明显的低层负散度, 高层正散度分布, 低层负散度值达到 $-5 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$; 而一般降雪时虽然也表现出一定的低层负散度, 高层正散度分布, 但强度较暴雪要偏弱。

6 结论

利用NCEP/NCAR $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ 再分析资料和常规气象观测资料, 对1989—2018年岳阳市近30年的暴雪天气和一般降雪的气候特征及其成因进行归纳分析, 结果表明:

1) 岳阳平均每年出现0.4个暴雪日, 暴雪日均集中在12月下旬和1月中旬后下旬前期; 平均每年出现3.8个一般降雪日, 降雪出现日期较分散; 在暴雪时日最低气温普遍在 0°C 以下, 仅有一次暴雪的日最低气温在 0°C 以上 (为 0.1°C), 而一般降雪时, 地面温度明显高于暴雪天气, 其平均日最低气温在 0°C 以上 (达到 0.7°C)。

2) 暴雪发生时, 岳阳地区表现为明显的深槽、

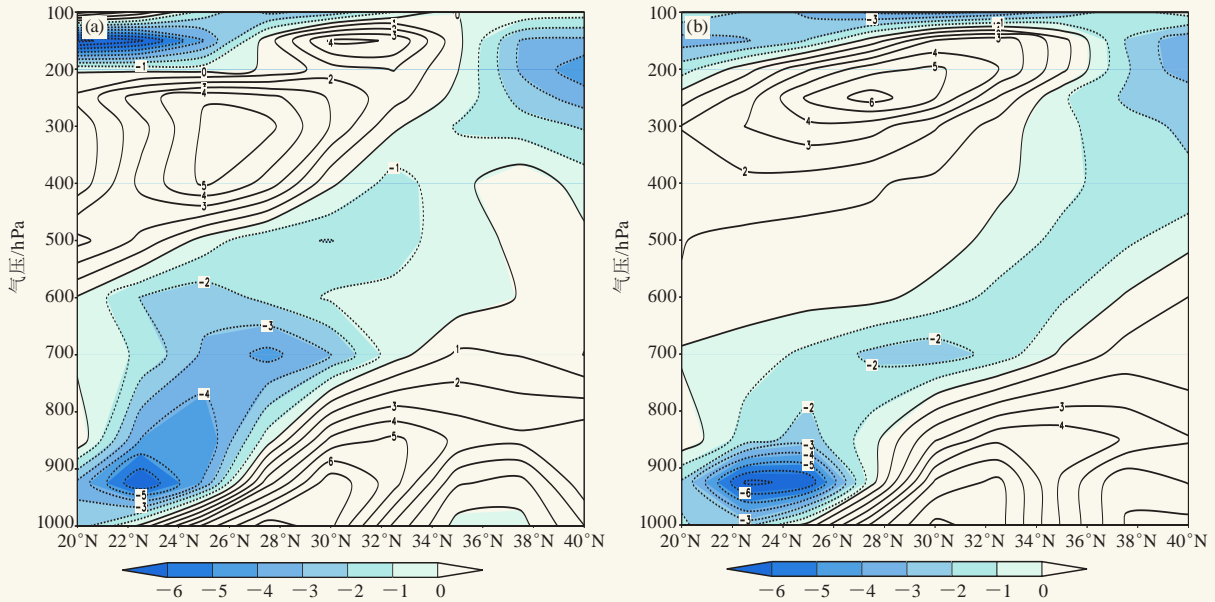


图8 沿着113°E散度分布 (单位: 10^{-5}s^{-1}):

(a) 暴雪, (b) 一般降雪

Fig. 8 Distribution of divergence along 113°E (unit: 10^{-5}s^{-1}):

(a) snowstorm, (b) general snowfall

700 hPa强盛低空急流和850 hPa明显的冷式切变线,地面1030 hPa已南压至岳阳上空;而一般降雪高空环流平直,一般不存在低空切变线,地面冷空气强度不强。

3) 暴雪期间各层温度均低于 0°C ,近地面的温度维持在 -2°C 左右,而一般降雪期间,中层以上也表现为较明显的冷层,但近地面的温度维持在 1°C 左右,中低层暴雪的各层的温度整体较一般降雪偏低 3°C 以上。

4) 暴雪时近地面表现强的偏北气流的侵入,利于中层暖湿气流的强迫抬升,利于地面的降温 and 降雪天气的持续;而一般降雪时近地面的偏北风较弱,不利于产生系统性的上升运动,暴雪期间散度、垂直速度和水汽条件等物理量均具有持续强降水特征。

参考文献

[1] 黄小玉,刘红武,李超,等. 2008年湖南两次暴雪灾害过程初步分析. 防灾科技学院学报, 2018, 10(2): 15-19.

- [2] 姚蓉,叶成志,田莹,等. 2011年初湖南暴雪过程的成因和数值预报模拟分析. 气象, 2012, 38(7): 848-857.
- [3] 陈红专,叶成志,龙丽华. 2011年1月湖南罕见持续性暴雪天气成因分析. 暴雨灾害, 2012, 31(2): 141-148.
- [4] 徐双柱,王晓玲,王平,等. 湖北省冬季大雪成因分析与预报方法研究. 暴雨灾害, 2009, 28(4): 333-338.
- [5] 漆梁波,张瑛. 中国东部地区冬季降水相态的识别判据研究. 气象, 2012, 38(1): 96-102.
- [6] 唐熠. 一次雨淞天气与一次飘雪天气过程形势异同分析. 广西气象, 2003, 24(3): 21-22.
- [7] 胡中明,周伟灿. 我国东北地区暴雪形成机理的个例研究. 南京气象学院学报, 2005, 28(5): 679-684.
- [8] 朱红,黄玲琳. 南方大雪预报温度条件浅析. 浙江气象, 2003, 24(1): 26-28.
- [9] 姚蓉,许霖,张海,等. 湖南2008/2011年两次低温雨雪冰冻灾害成因与影响对比分析. 灾害学, 2012, 27(4): 75-79.
- [10] 杨成芳,姜鹏,张少林,等. 山东冬半年降水相态的温度特征统计分析. 气象, 2013, 39(3): 355-361.
- [11] 尤凤春,郭丽霞,史印山,等. 北京降水相态判别指标及检验. 气象与环境学报, 2013, 29(5): 49-54.
- [12] 张琳娜,郭锐,曾剑,等. 北京地区冬季降水相态的识别判据研究. 高原气象, 2013, 32(6): 1780-1786.