

边界层急流在一次大雪过程中作用分析

陈巧^{1,2}

¹商丘市梁园区气象局, 河南 商丘

²成都信息工程大学, 四川 成都

Email: chenqiao56@126.com

收稿日期: 2021年6月20日; 录用日期: 2021年7月16日; 发布日期: 2021年7月26日

摘要

本文利用常规观测资料、NCEP $1^\circ \times 1^\circ$ 再分析资料对2019年2月13~14日大雪过程预报过程分析, 发现传统的西风槽带来的弱降雪过程预报思路被打破, 低层暖湿气流沿着边界层冷垫倾斜上升, 动力抬升作用导致降雪增强, 并且雪带的分布呈罕见的东南-西北走向, 雪带分布和水汽通道、急流走向等相关物理量的走向一致, 为今后避免此类大雪过程预报失误提供了预报思路。

关键词

大雪, 边界层急流, 水汽条件, 动力作用

Analysis of the Role of Boundary Layer Jet Stream in a Heavy Snow

Qiao Chen^{1,2}

¹Shangqiu Liangyuan Meteorological Bureau, Shangqiu Henan

²Chengdu University of Information Technology, Chengdu Sichuan

Email: chenqiao56@126.com

Received: Jun. 20th, 2021; accepted: Jul. 16th, 2021; published: Jul. 26th, 2021

Abstract

This paper, by using conventional observation data, the NCEP $1^\circ \times 1^\circ$ reanalysis data on February 13~14, 2019, heavy snow forecast process analysis, found that the traditional westerly trough prediction ideas of weak snowfall process are broken; The low-level warm and wet air sloped up along the boundary layer cold cushion, and the dynamic uplift enhanced the snowfall. Moreover, the distribution of snow belts shows a rare southeast to northwest trend, which is consistent with

文章引用: 陈巧. 边界层急流在一次大雪过程中作用分析[J]. 气候变化研究快报, 2021, 10(4): 408-413.

DOI: 10.12677/ccrl.2021.104047

the trend of water vapor channel, jet stream and other related physical quantity, which provides a forecasting idea for avoiding the prediction error of such heavy snow process in the future.

Keywords

Heavy Snow, Boundary Layer Jet Stream, The Water Vapor Condition, Dynamic Action

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

降雪是冬季较常见的一种天气现象。持续时间长、范围大的强降雪过程日益受到社会的广泛关注。针对降雪天气系统的结构、特征演变,分析其降雪的资料、成因机理的研究工作颇多。何娜等[1]针对北京地区 2011 年深秋初冬季节预报接连失误两次的降雪天气过程进行了分析,发现北京地区冬季的降雪过程应关注边界层内水汽的变化情况。吴海英[2]等针对 2011 年 2 月 14 日发生在江淮地区的一次预报失误的持续性降雪过程进行较为全面的分析,发现造成这次预报失误的原因是忽略了近地层系统的变化。

河南省 2 月 13~14 日预报在西风槽的影响下,有小到中雪,局部大雪,整个雪带呈西南-东北走向,实况降雪量级明显比预报的要大,并且降雪带呈东南-西北走向,打破传统西风槽过境带来降雪的预报思路,本文针对此次过程的降雪量级、最大降雪时段和雪带的位置、形状进行复盘分析[3][4],分析边界层急流对本次强降雪过程的作用,并且发现降雪带的分布和边界层急流的走向是大体一致的,都呈东南-西北走向,为做好边界层急流触发的大雪的过程预报提供了思路。

2. 资料来源与天气实况

2.1. 资料来源

本文采用的资料主要有:常规资料、中国气象中心下发的 micaps4.0EC 细网格数值预报产品、NCEP $1^\circ \times 1^\circ$ 再分析资料。

2.2. 天气实况

从图 1 可以看出,2019 年 02 月 13 日 08 时~14 日 20 时,受东移的高空槽、低空切变线的共同影响,我省西部、中部和东南部出现了大雪,局部暴雪天气,其它地区出现了小到中雪的天气过程,全省平均降水量 5.7 毫米,最大降水量出现在开封尉氏 12.4 毫米,全省平均雪深 2.8 厘米,最大雪深出现在焦作的武涉 13 厘米(图略)。从逐 6 h 降雪实况显示来看,13 日 14 时~20 时为最主要的降雪量时段,降雪量级加大明显,13 日 20 时~14 日 02 时我省的中部也有部分降雪,但是较前期明显减弱,至 1420 时,全省降雪结束(图略)。从降雪带的分布来看,主要降雪时段的雪带分布呈东南-西北走向。

3. 天气形势分析

500 hPa 米高空天气形势分析可知:13 日 08 时(图 2(a))我省西部、西南部处于槽前的西南气流里面,低槽开始影响我省,13 日 20 时(图 2(b))时低槽缓慢东移至我省的中部地区,低槽过境,我省的东南部处于槽前的西南气流里面,这与主要降雪时段比较吻合,14 日 08 时(图 2(c)),又一短波槽东移,我省受偏

西气流影响，由于低槽较浅，低层没有明显系统配合，降水明显减弱，14日20时(图2(d))，全省转为槽后的西北气流，降雪结束。

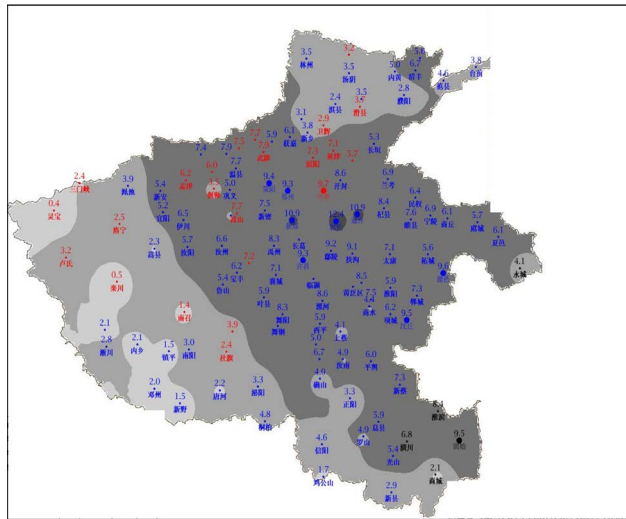


Figure 1. Snowfall fact—snowfall amount map in Henan province
图 1. 降雪实况——河南省降雪量图

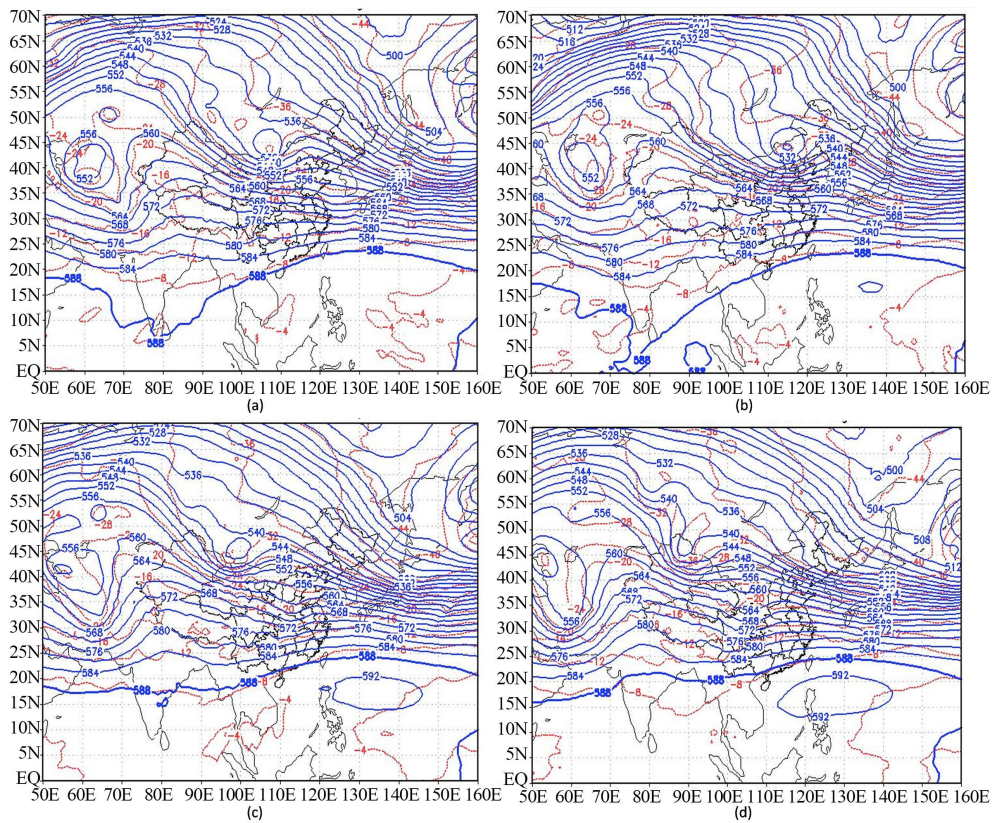


Figure 2. Height field and temperature field at 500 hPa. (a) At 08:00 on the 13th; (b) At 08:00 on the 13th; (c) At 08:00 on the 14th; (d) At 20:00 on the 14th (Solid blue lines are contour lines (unit: dgpm); The solid red lines are the isotherms (unit: °C))
图 2. 500 hpa 高度场和温度场。(a) 13日 08 时; (b) 13日 08 时; (c) 14日 08 时; (d) 14日 20 时(蓝实线为等高线(单位: dgpm); 红实线为等温线(单位: °C))

从 700 hPa 高空天气形势分析：13 日 08 时~13 日 20 时：700 hPa 上低槽东移减弱；华北高压稳定、低槽沿 35N 以南东移；在我省东南部和安徽西部有 WS-ES 辐合，14 日 08 时我省西北部转为辐散；850 hPa 高空天气形势分析：13 日 08 时，切变线分成两段，我省位于暖式切变线北侧的偏东气流里边，13 日 20 时，切变明显北抬，切变线两侧的辐合明显加强，我省位于切变线北侧东南气流里边，风速加大，沿切边东西走向的降水区开始向西北方向发展，对我省形成东南 - 西北向降雪带提供了有利的条件，14 日 08 时北中部转辐散，北中部降雪趋于结束，我省的东南部还有弱降雪，14 日 20 时降雪结束。从 925 hPa 高空天气形势可以看出：13 日 08 时~13 日 20 时，925 hPa 偏东急流范围北扩，并且风速加强，1408 时(图略)，全省偏东风减弱，我省东南部地区转为东南风。

4. 边界层急流的作用

4.1. 边界层急流的水汽输送

850 hPa 上，13 日 14 时(图 3(a))水汽通量散度分布在河南省境内也呈东南西北走向，水汽通量的最大值为 $2 \text{ g}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$ ，13 日 20 时(图 3(b))，水汽通量散度大值区有所增大，925 hPa (图 3(c)、图 3(d)) 跟 850 hPa 相似，可以看出从 925 hPa 到 700 hPa 水汽输送通道和降雪的走向分布比较一致，降雪主要时段在 13 日 14 到 20 时也对对应得比较好。

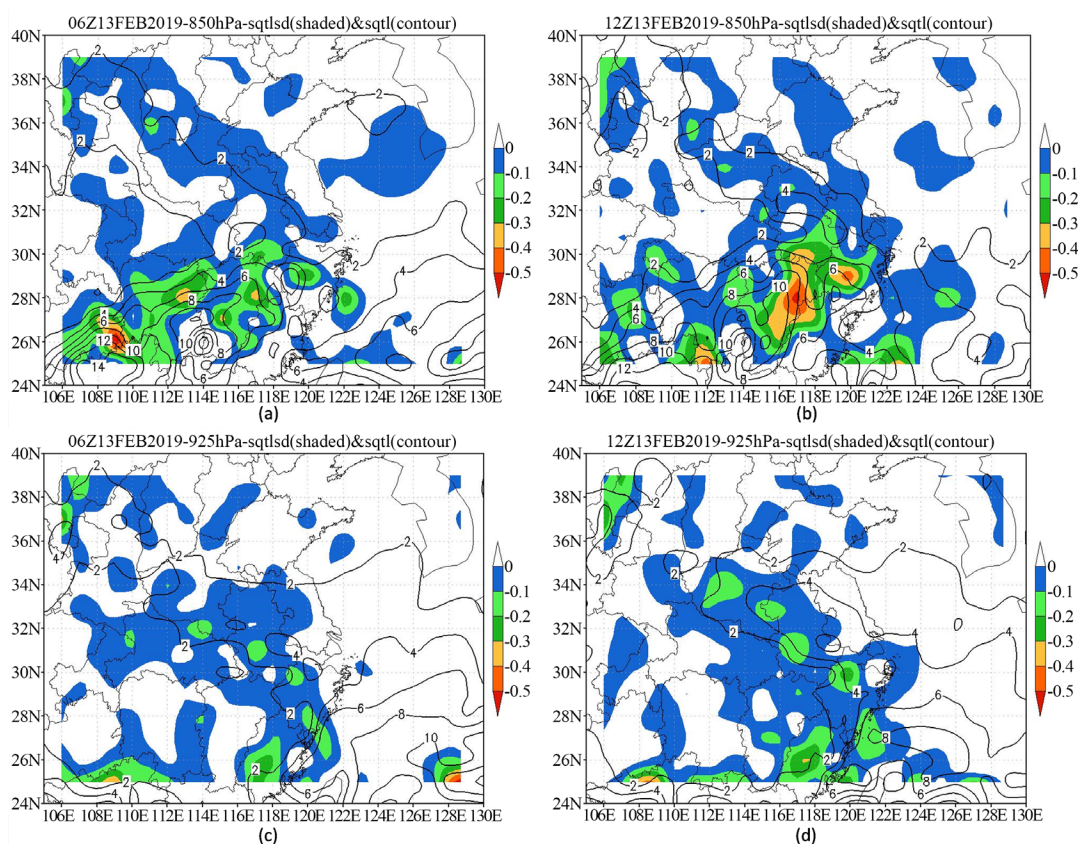


Figure 3. Water vapor flux (contours) and water vapor flux divergence (shadows). (a) 700 hPa at 14:00 on the 13th; (b) 700 hPa at 20:00 on the 13th; (c) 850 hPa at 14:00 on the 13th; (d) 850 hPa at 20:00 on the 13th (unit of water vapor flux: $\text{g}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$; divergence unit of water vapor flux: $10^{-7} \text{ g}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{cm}^{-2}$)

图 3. 水汽通量(等值线)和水汽通量散度(阴影)。(a) 700 hPa 13 日 14 时；(b) 700 hPa 13 日 20 时；(c) 850 hPa 13 日 14 时；(d) 850 hPa 13 日 20 时；(e) 925 hPa 13 日 14 时；(f) 925 hPa 13 日 20 时(水汽通量单位： $\text{g}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$ ；水汽通量散度单位： $10^{-7} \text{ g}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{cm}^{-2}$)

4.2. 边界层急流的动力作用

孙继松[5]指出边界层急流定义: 1500 m 以下的低空测风出现风速大于 11 m/s 的偏南风或偏东风。925 hpa 急流从安徽的中部伸向我省的东南部, 和实况降雪分布带都实呈东南 - 西北走向, 说明边界层急流对此次降雪雪带分布有重要影响。925 hpa 上沿 31°~37°N, 114°E 做了一个时间 - 纬向风向和风速剖面图(图 4(a)), 可以看到看出 13 日 08 时到 20 时风速明显增大, 最大增大到 11 m/s, 并且风向为偏东风, 南北方向来看, 东风急流对整个过程有触发的作用, 再沿着 32°W, 110°~120°E 同样做一个时间 - 经向风向和风速图(图 4(b)), 看出 13 日 08 时到 20 时风速也明显增大特征, 最大风速超过 11 m/s, 风向为东南风, 在东西方向来看, 边界层急流对此次过程的影响也十分明显, 最后沿着 925 急流方向上的两点(32N, 118E)和(34N, 113E)做一个 13 日 14 时和 20 时的空间风速剖面图, 可以看出 13 日 14 时(图 5(a))低层风速 9 m/s, 还没能达到急流的标准, 但是到 13 日 20 时(图 5(b)), 低层最大风速超过 12 m/s, 低层的边界层急流作用明显, 实况量级明显增大, 和边界层急流走向大体一致。

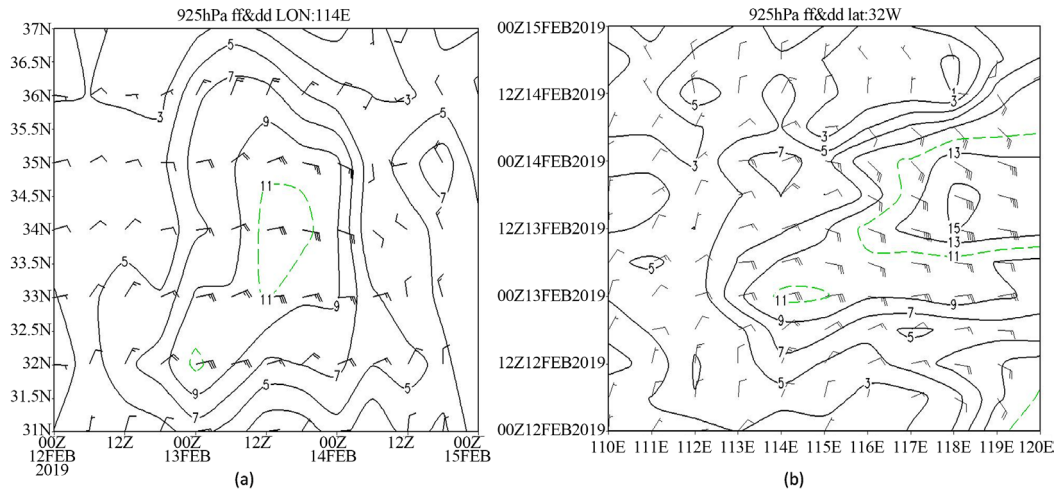


Figure 4. (a) 925 hPa (31°~37°N, 114°E) wind direction and wind speed time-latitude profile; (b) 925 hPa (32°W, 110°~120°E) wind direction and speed time-longitude profile (unit: m/s)

图 4. (a) 925 hpa (31°~37°N, 114°E)风向和风速时间 - 纬向剖面图; (b) 925 hpa (32°W, 110°~120°E)风向和风速时间 - 经向剖面图(单位: m/s)

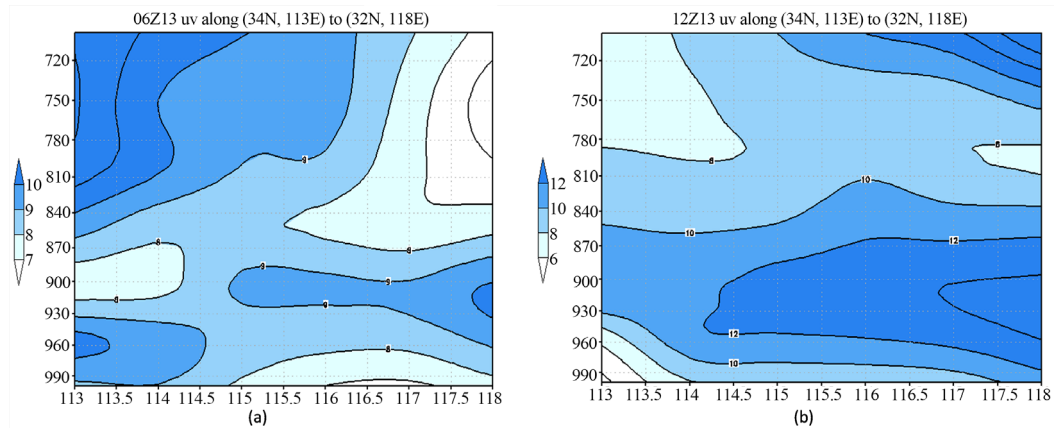


Figure 5. Spatial wind velocity profile at two points 925 hPa (32N, 118E) and (34N, 113E). (a) At 14:00 on the 13th; (b) At 20:00 on the 13th (unit: m/s)

图 5. 925 hpa (32N, 118E)和(34N, 113E)两点空间风速剖面图。(a) 13 日 14 时; (b) 13 日 20 时(单位: m/s)

再分析 925 hPa (图 6(a)、图 6(b))散度场, 不难发现和 850 hPa 有相似的规律, 负涡度的大值区也呈现东南 - 西北走向。

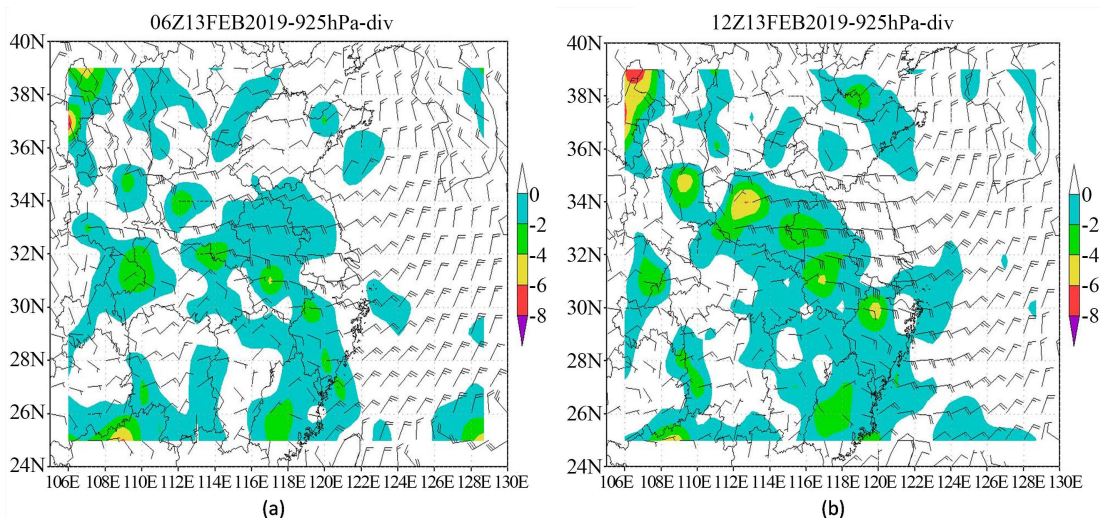


Figure 6. 925 hPa divergence field. (a) At 14:00 on the 13th; (b) At 20:00 on the 13th (unit: 10^{-5} s^{-1})

图 6. 925 hPa 散度场。(a) 13 日 14 时; (b) 13 日 20 时(单位: 10^{-5} s^{-1})

5. 总结

1) 此次大雪的过程主要由边界层的暖湿气流沿着冷的下垫面倾斜上而引发的, 最强降雪时段在 13 日 14 时到 20 时, 雪带呈东南 - 西北走向。在冬季来讲, 这样降雪分布还是比较少的, 一般呈西南 - 东北走向, 这值得我们分析去建立此类大雪的预报思路。

2) 13 日 14 时~20 时, 散度场可以看出低层有明显负值区, 对应有上升运动, 并且整个散度场的分布呈东南 - 西北走向,

3) 13 日 14 时~20 时, 上升运动中心与大雪区对应, 从低层到 200 hPa 层都是辐合的上升运动, 200 hPa 以上为辐散, 高层辐散及低层辐合重叠区域与明显降雪区对应。

4) 结合水汽条件分析, 700 hPa、850 hPa、925 hPa 水汽通量是本次降雪的主要水汽通道, 为此次降雪输送了充沛的水汽, 并且水汽通量走向呈东南 - 西北走向。

5) 由低层急流场可以看出, 边界层急流是影响此次降雪过程的主要因素, 由于边界层急流呈东南 - 西北走向, 因此此次降雪带分布也呈东南 - 西北走向, 边界层急流分布与强降雪区对应较好。

参考文献

- [1] 何娜, 孙继松, 王国荣, 等. 北京地区预报失误的两次降雪过程分析[J]. 气象科技, 2014, 42(3): 488-495.
- [2] 吴海英, 王啸华, 韩桂荣, 等. 一次降雪过程持续原因分析[J]. 气象科学, 2013, 33(3): 308-315.
- [3] 孔海江, 田力, 王蕊, 等. 预报员培训的“复盘”方法[J]. 气象科技进展, 2009, 9(2): 32-35.
- [4] 孙继松, 王华, 王令, 等. 城市边界层过程在北京 2004 年 7 月 10 日局地暴雨过程中的作用[J]. 大气科学, 2006, 30(2): 221-234.
- [5] 孙继松. 北京地区夏季边界层急流的基本特征及形成机理研究[J]. 大气科学, 2005, 29(3): 445-452.