

宿秋兰,郑丽娜. 2020 年初山东一次雨转暴雪天气过程分析[J]. 陕西气象, 2021(1):15-20.

文章编号:1006-4354(2021)01-0015-06

2020 年初山东一次雨转暴雪天气过程分析

宿秋兰,郑丽娜

(东营市气象局,山东东营 257091)

摘要:利用 2020 年 1 月常规天气图、地面降水、加密自动站和欧洲中心细网格等资料,分析了 2020 年初山东一次雨转暴雪的天气过程。研究发现,这次过程前期主要是降雨阶段,后期是降雪阶段:降雨阶段,山东处于高空槽前,水汽主要来源于高空槽前的西南气流,上升运动弱,气流的不稳定层位于 800 hPa 以下;降雪阶段,山东内陆地区近地面层形成冷垫,700~500 hPa 槽前暖湿空气沿冷垫爬升,不稳定层较降雨时明显抬升,上升运动加强。山东半岛在降雪阶段受黄海气旋外围影响,水汽来源主要是气旋外围的偏东气流。近地面冷层厚度能引起该层温度的变化:当冷层厚度在 2 km 以下时,降水相态为雨;超过 2 km 时,降水相态为雪;当冷层厚度达到 5 km 以上时,降水过程结束。这次过程中山东多地存在雨雪相态转换,近地层温度与 0℃层高度是判定降水相态的有效要素指标。

关键词:雨转暴雪;影响系统;回流形势;降水相态

中图分类号:P458.121

文献标识码:A

冬季的降水相态类型的转化问题,是最具挑战的预报问题之一。一般来说,冬季的降水相态类型主要包括雨、雪、冻雨、雨夹雪及冰粒等。如果在此期间还夹杂着天气现象雾的生消,那对气象部门的天气预报是一个较大的考验。针对降雪,各地专家关注的比较多^[1-3],因为降雪往往伴随着强降温、积雪与道路结冰等。如 2008 年全国经历的低温雨雪天气过程,长江以南出现了雨转雪的相态转换,部分省份还出现了冻雨,而长江以北多以雪为主,这次过程造成全国 23 个省区公路交通中断,全国 43% 的省级电网受影响,多地设施农业和经济林果受害,受灾人口达 1 亿多人^[4-5]。此次过程中相态转换的预报结果直接影响到应急和决策工作的开展,因此降水相态转换的机制研究成为关注点之一。

目前针对降水相态的研究较多,包括雨雪转换的指标研究及检验^[6-7]、降水相态变化的过程研

究^[8]及降水相态变化过程的数值模拟^[9]等。漆梁波等^[10]对我国东部不同降水相态对应的不同温度 and 不同厚度进行了统计分析,得出了一组中国东部地区冬季降水相态的识别判据。杨成芳等^[11]研究了山东冬半年的降水相态,发现降水相态与影响系统有关,江淮气旋与回流形势产生的大雪以上的强降雪存在着雨雪转换。郑丽娜等^[12]利用 2000—2013 年冬季回流形势 36 次降水个例,探讨了不同形势下温度、气层厚度的垂直变化特征,获得了不同降水相态下的温度和冷层与暖层的厚度预报指标。以上这些研究成果,为准确预报降水相态的转换提供了参考,但在全球变暖背景下极端天气与气候事件频发,决策部门和民众对灾害预警的种类及精度的关注度和要求越来越高。因此,本文以 2020 年初山东的一次雨转暴雪的天气过程为例,分析此类过程形成的机制,以期更好地为冬季复杂天气的预报预警提供

收稿日期:2020-03-18

作者简介:宿秋兰(1974—),女,汉族,山东潍坊人,大学,助工,主要从事专业气象服务。

通信作者:郑丽娜(1971—),女,汉族,山东德州人,博士,正研,主要从事短中期天气预报。

基金项目:中国气象局预报员专项“山东省极端降雪天气事件基本观测特征与预报技术研究”(CMAYBY2018-042)

参考。

1 资料

所用数据包括 2020 年 1 月常规天气图资料、地面降水资料、加密自动站气象资料和欧洲中心细网格资料(分辨率 $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$),要素包括:高度、温度、水汽通量、水汽通量散度、垂直速度和散度等数据。

2 天气概况

2020 年 1 月 5 日 08 时,山东境内开始出现降雨。20 时,黄河以西的部分站点降水相态由雨转雪。6 日 08 时,除鲁中以东仍有降雨外,其余地区降水停止。6 日 11 时,降水再次从鲁南开始,雨区逐渐北推。7 日 02 时,鲁西北地区首先出现降雪,之后,降雪区逐渐向东扩展。7 日 14 时,除鲁南的个别站点降水相态为雨外,其余地区均为雪。8 日 14 时全省降水过程结束。从此次过程的降水量(图 1)可以看出,1 月 5 日 08 时—8 日 08 时,鲁中以南的大部地区累积降水量达 30 mm。据统计,山东省有 37 站 7 日当天的降水量突破 1 月历史极值,达暴雪量级。

3 大尺度影响系统

3.1 前期降雨阶段

2020 年 1 月 5—6 日,山东的降水相态以雨

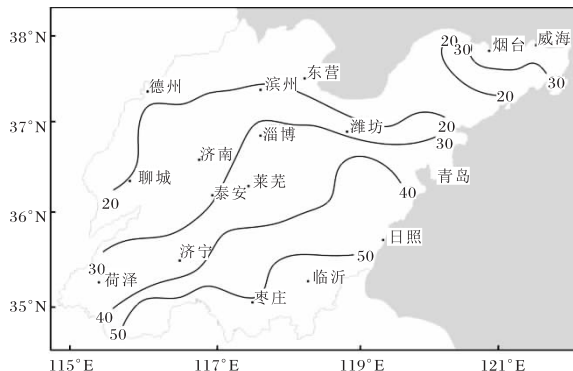
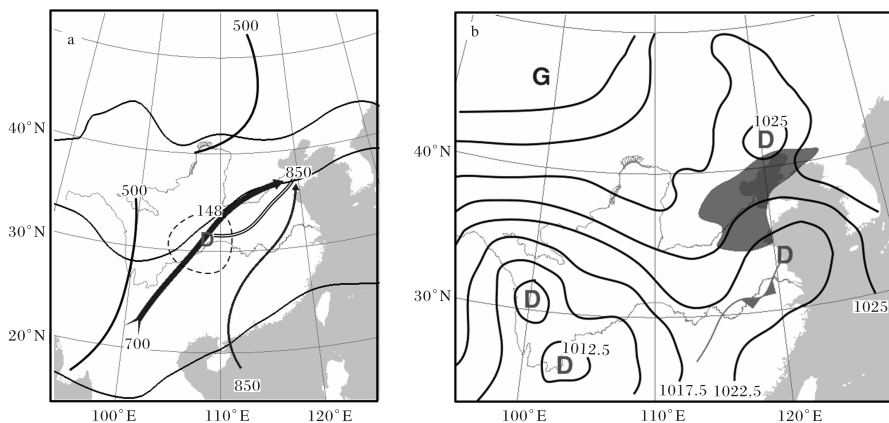


图 1 2020-01-05T08—08T08 山东省降水量
(单位:mm)

为主。从图 2a 可以看出,6 日 08 时,500 hPa 图上有南北两支高空槽,南支槽位于青藏高原东部,槽前的西南气流发展旺盛。北支槽位于华北北部,此槽东移携带弱冷空气南下,为山东降水的产生提供了弱冷空气条件。低层 700 hPa 形势与 500 hPa 相似,在南支槽槽前形成一支强劲的西南气流。850 hPa 图上,自四川伸向山东中部有一切变线,切变线东侧有来自南海输送至山东的低空急流。地面图上,5 日受倒槽影响,山东出现降水,6 日 08 时(图 2b),倒槽在东移的过程中发展成黄海气旋,山东持续受气旋外围气流影响,产生降水天气。



实线为 500 hPa 等高线或地面等压线;虚线为 850 hPa 低涡环流;箭头为 700 hPa 或 850 hPa 急流;
弧形线为槽线;双线为 850 hPa 切变线;填充区为降水区。

图 2 2020-01-06T08 高空天气系统配置图(a)与地面图(b)

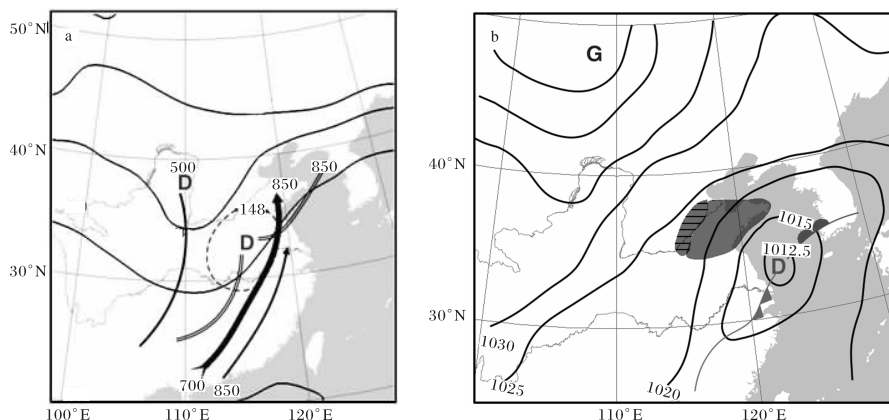
3.2 后期降雪阶段

2020 年 1 月 7—8 日,山东省的降水相态以雪为主。1 月 7 日开始,山东自西向东先后出现

雨转雪。7 日 08 时 500 hPa 图上(图 3a),原来为山东降雨提供弱冷空气条件的华北北部的高空槽已经东移,而对山东降雪产生影响的天气系统

是从青藏高原东移的高空槽。我国东部海上的高压脊非常强大,影响高空槽东移减慢,经向度加大,西南气流发展旺盛。700 hPa 槽前强盛的西南气流向山东输送水汽,低层 850 hPa 低涡位于安徽境内,山东处于低涡北侧偏东气流中。地面图上(图 3b),蒙古冷高压前沿的冷空气已到达华北,地面盛行东北风。这样山东内陆地区上空构成了近地面层为冷垫、700~500 hPa 暖湿空气沿冷垫爬升的环流形势。此时,新的黄海气旋已经

生成,山东半岛受气旋外围影响,水汽来源于气旋外围的偏东气流。随着近地层温度的下降,降水相态由雨转雪。7 日 20 时,对流层中低层的低涡东移至海上,山东逐渐被低涡后部的偏北气流控制。地面图上,黄海气旋向东北方向移动,其东西半径接近 750 km,在其影响的范围内山东仍然有降雪。随着蒙古冷高压的逐渐南下,山东逐渐被冷空气控制,对流层低层东北风代替西北风,降水过程结束(图略)。



实线为 500 hPa 等高线或地面等压线;虚线为 850 hPa 低涡环流线;箭头为 700 hPa 或 850 hPa 急流;

弧形线为槽线;双线为 850 hPa 切变线;填色区为雨区;填色中的短横线区为雪区。

图 3 2020-01-07T08 高空天气系统配置图(a)和地面图(b)

可以看出,这次 5—8 日的降水过程主要分为两段,分别受不同的天气系统影响。在前期的降雨阶段,主要影响系统是中纬度高空槽、低层切变线、地面倒槽与黄海气旋;后期的降雪过程是南支槽发展东移的高空槽、低涡与新生的黄海气旋。同时,在这次降水过程中,山东内陆与半岛降雨转为降雪的时间存在明显差异,后期的降雪过程降水量明显偏大,这些问题是关注的重点。

4 降水相态分析

4.1 地面观测资料

这次过程鲁南开始出现降雨,雨雪转换则是先从鲁西北开始,山东内陆与山东半岛的雨雪转换时间明显不同。为了弄清楚山东内陆与山东半岛气象要素的演变差异,选用济南站与青岛站作为山东内陆与半岛的代表站进行分析。从地面三线图(图 4,见第 19 页)可以看出,两站的气压从 5 日 08 时至 8 日 14 时均是先降后升。济南站的最

低气压出现在 7 日 08 时,其值为 1 002.1 hPa,青岛站出现在 7 日 14 时,其值为 1 001.4 hPa,显然青岛站的气压值略低,这可能是青岛站离气旋中心较近的缘故。从温度演变来看,济南站的气温自 5 日 08 时的 4℃ 逐渐下降,当气温降至 1℃ 以下时,降水相态转为降雪。而青岛站 5 日 08 时至 7 日 08 时,气温不降反而略有上升,一直维持在 4℃ 以上,降水相态为雨;7 日 14 时,该站气温陡降至 1℃ 以下,降水相态由降雨转为降雪。从露点的演变来看,降水期间,相较青岛站而言,济南站的露点与温度趋于重合。从 6 h 降水量(柱状)图来看,济南站的降雨量小于降雪量,而青岛站反之。这些地面要素场的诸多差异,主要缘于两站所受的影响系统及所处的地理位置不同。

4.2 温度指标

在这次长达 3 d 的降水过程中,山东内陆与半岛均存在着降水相态的转变。从表 1 可以看出,

表 1 2020 年 1 月 5—7 日济南站与青岛站近地层温度与 0℃层等压面高度

时间	济南				青岛			
	温度/℃			0℃高度 /hPa	温度/℃			0℃高度 /hPa
	1 000 hPa	925 hPa	850 hPa		1 000 hPa	925 hPa	850 hPa	
5 日 20 时	1.7	−0.6	−2.7	962	5.9	1.0	−2.5	893
6 日 08 时	1.0	1.3	−1.9	883	5.7	2.7	2.5	755
6 日 20 时	1.8	−1.0	−0.6	952	5.3	3.4	3.3	715
7 日 08 时	0.3	−1.6	−4.0	980	3.9	2.0	0.0	850
7 日 20 时	−2.5	−6.4	−7.9	—	−0.7	−4.7	−4.3	—

1 月 5 日 20 时,济南站与青岛站 850 hPa 的温度仅差 0.2℃,但是越靠近地面,两站的温度差异越大。1 000 hPa 的温度,青岛站较济南站高 4.2℃,且该站 0℃层的高度偏高,使高空降落的雪花在到达地面的过程中融化形成降雨;而济南站由于 0℃层高度偏低,加之 1 000 hPa 至地面的温度在 2℃以下,不足以使雪花融化,所以观测到的是降雪。6 日 08—20 时,是近地层温度的升高阶段,两站的降水相态均为雨。不过,济南站 5 日 20 时与 6 日 20 时近地层的温度相差不大,只是 6 日 20 时 0℃层高度略高。7 日 08 时,济南站由于气温骤降,降水相态为雪;而青岛站,尽管温度也在下降,但是其 0℃层高度在 850 hPa,近地层温度偏高,降水相态仍为雨。7 日 20 时,两站的近地层温度均降至 0℃以下,降水相态均为雪。可见,近地层温度与 0℃层高度是判定降水相态的有效指标。

4.3 厚度指标

近地面的冷层厚度往往决定着该层温度的变化。当近地层为偏东风或西北风时,形成冷层,导致地面温度迅速下降。从这次降水过程来看,1 月 5 日 20 时,济南站 925 hPa 至地面多为偏东风,形成冷层,厚度约为 1 km。此时青岛站,近地层多为自海面吹来的东南风,不利于降温。6 日 20 时,济南站的近地面冷层加厚至 2 km。青岛站的冷层厚度约为 1.2 km。7 日 08 时,济南站的冷层进一步加厚,其高度到达 800 hPa,厚度约 2.1 km。青岛站近地层的东北风也自地面扩展到 830 hPa,厚度接近 2 km。冷层的逐渐增厚引起近地层温度骤降。7 日 20 时,济南站 400 hPa 至地面均变为冷层,降水趋于结束。而青岛站,700 hPa 至地面为冷层,厚度约为 3 km,但其上各层为

偏西或西南风。说明,该站上空还未完全被冷空气控制,降水会持续一段时间。

5 物理量诊断

5.1 雨雪转换的水汽条件

在冬季,产生 10 mm 以上的降雨和降雪,需要有充沛的水汽供应。从 700 hPa 水汽通量与 850 hPa 水汽通量散度来看,6 日 08 时(图 5a,见第 19 页),高空槽前的西南气流形成了东北—西南向的水汽通道。水汽的来源有两处,一是来自高空槽前,二是来自副热带高压的外围(图 2a),山东省处于水汽的辐合区内。7 日 08 时,高空槽前的西南气流发展的更加旺盛,水汽通道的经向度加大,并在山东半岛形成明显的水汽辐合(图 5b,见第 19 页)。

5.2 雨雪转变的动力条件

要产生降水,仅有水汽条件是不够的,还需要有适宜的动力条件。图 6(见第 19 页)给出了整个降水过程期间济南站与青岛站上空的垂直速度与散度。从图 6 可以看到,在 5—6 日的降水过程中,济南上空气流辐合高度在 800 hPa 以下,最强的上升速度中心在 700 hPa;而青岛站上空气流的辐合高度更低,仅为 925 hPa,上升速度较济南上空的略强。7 日,当济南站转为降雪阶段时,850~1 000 hPa 是辐散层,对应着气流层中的冷空气,850 hPa 以上的上升速度明显加强,并在 700 hPa 与 400 hPa 各形成一个上升速度中心。青岛站发生降雪时的形势与济南站不同,7 日 14 时,青岛站上空的上升运动扩展到 300 hPa 以上,上升运动中心约在 600 hPa 附近,不稳定层抬升至 600 hPa。7 日 20 时之后,随着强冷空气入侵,上升气流迅速被下沉气流代替,降水过程结束。

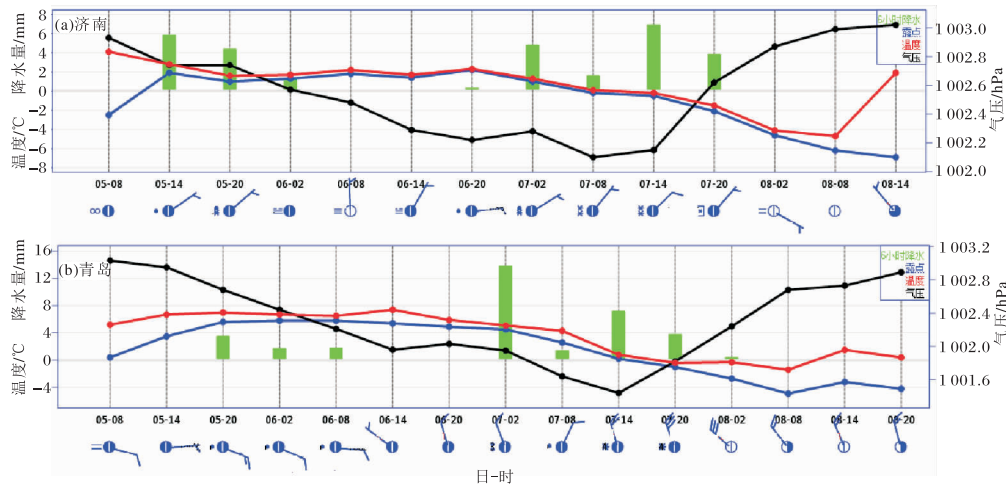


图4 2020-01-05—08 济南站和青岛站地面三线图及6 h降水量(文见第17页)

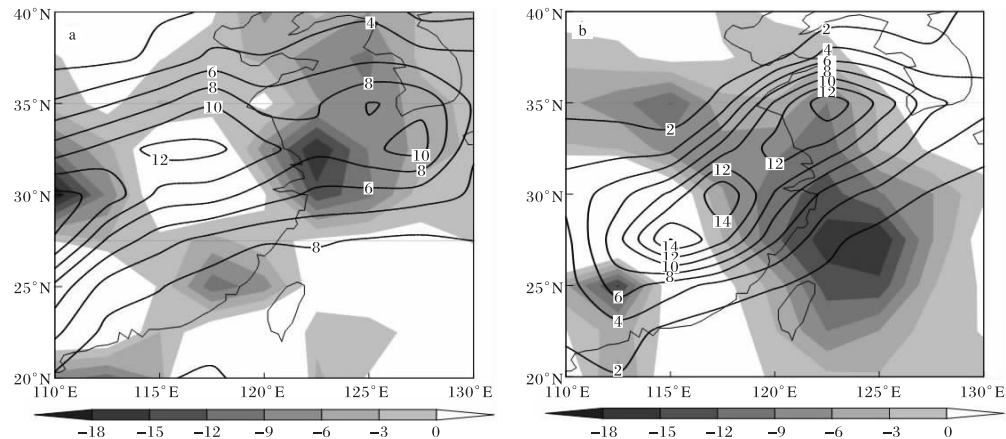


图5 700 hPa水汽通量(阴影区,单位为 $\text{g}/(\text{s} \cdot \text{cm} \cdot \text{hPa})$)与850 hPa水汽通量散度(等值线,单位为 $10^{-7} \text{g}/(\text{s} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{hPa})$)(a 2020-01-06T08,b 2020-01-07T08)(文见第18页)

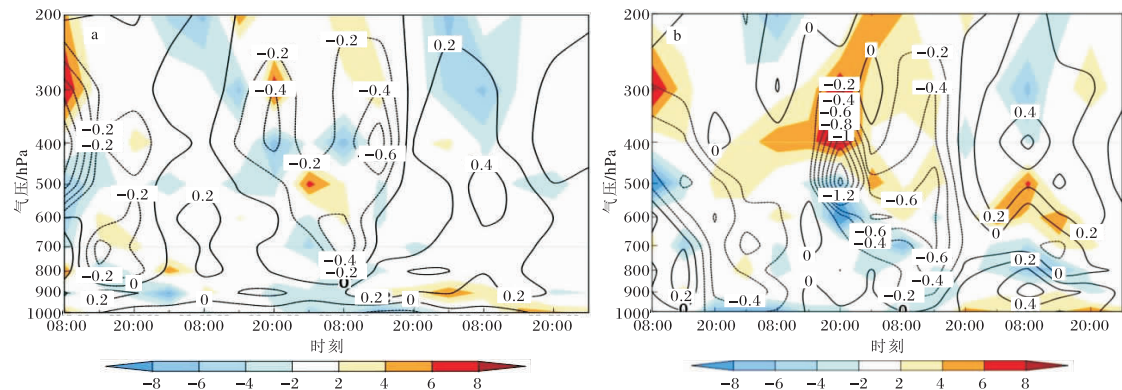


图6 2020-01-05—08 济南站(a)与青岛站(b)垂直速度(等值线,单位为 $10^{-2} \text{hPa}/\text{s}$)及散度(填色区,单位为 10^{-5}s^{-1})时间垂直剖面图

6 结论

(1)此次过程分为两段,5—6日主要是降雨过程,影响系统是华北北部的高空槽、切变线与地

面倒槽、黄海气旋;7—8日为降雪过程,影响系统是自青藏高原东部东移的高空槽、低涡与新生的黄海气旋。

(2)降雨阶段,山东处于高空槽前,水汽来源于高空槽前的西南气流,水汽的辐合与上升速度偏弱,不稳定层出现在对流层低层;降雪阶段,山东内陆地区近地面层形成冷垫,700~500 hPa 槽前暖湿空气沿冷垫爬升,不稳定层较降雨时明显抬升,上升运动加强。山东半岛在降雪阶段受黄海气旋外围影响,水汽来源主要是气旋外围的偏东气流。

(3)地面冷层厚度能引起该层温度的变化:当冷层厚度在 2 km 以下时,降水相态为雨;超过 2 km 时,降水相态为雪;当冷层厚度达到 5 km 以上时,降水过程结束。

(4)近地面温度与 0 °C 层高度相结合对雨雪相态转换有很好的指示作用。

参考文献:

- [1] 彭力. 2018 年 1 月 2—4 日陕西回流暴雪环流特征及成因分析[J]. 陕西气象, 2019(5): 1-6.
- [2] 胡燕平, 单铁良, 武威. 河南省两次不同季节暴雪过程的对比分析[J]. 陕西气象, 2019(3): 18-24.
- [3] 杜丽娅. 2015 年初冬河南省一次回流暴雪天气发展机理分析[J]. 陕西气象, 2016(4): 6-12.
- [4] 赵琳娜, 马清云, 杨贵明, 等. 2008 年初我国低温雨雪冰冻对重点行业的影响及致灾成因分析[J]. 气候与环境研究, 2008, 13(4): 556-566.
- [5] 武麦凤. 渭河流域 2008 年 1 月连阴雪天气过程成因分析[J]. 陕西气象, 2009(1): 1-5.
- [6] 孙燕, 闫文莲, 尹东屏, 等. 江苏冬季降水相态气候分布特征及预报方法探讨[J]. 气象科学, 2013, 33(3): 325-332.
- [7] 尤凤春, 郭丽霞, 史印山, 等. 北京降水相态判别指标及检验[J]. 气象与环境学报, 2013, 29(5): 49-54.
- [8] 赵桂香. 诊断分析技术在山西强降水预报中的应用[J]. 高原气象, 2014, 33(3): 838-847.
- [9] 崔锦, 周晓珊, 陈力强, 等. 利用 WRF 模式制作东北地区冬季降水相态预报[J]. 气象与环境学报, 2011, 27(6): 1-6.
- [10] 漆梁波, 张瑛. 中国东部地区冬季降水相态的识别判据研究[J]. 气象, 2012, 38(1): 96-102.
- [11] 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[J]. 气象, 2013, 39(3): 355-361.
- [12] 郑丽娜, 杨成芳, 刘畅. 山东冬半年回流降雪形势特征及相关降水相态[J]. 高原气象, 2016, 35(2): 520-527.