

辽宁沙尘暴天气预报方法研究

蒋大凯 陈艳秋 盛永 (辽宁省气象台 沈阳 110016)

摘要 通过对 1971~2002 年辽宁 3 站以上 44 个强沙尘暴个例进行分析,从辽宁沙尘暴的天气形势、影响系统入手,确定沙尘暴气象要素场及物理量场演变特征;分析辽宁沙尘暴的影响路径,结合地面观测资料对辽宁沙尘暴关键区进行监测预警;利用数值预报产品制作辽宁沙尘暴客观预报产品,并建立辽宁沙尘暴预报流程。

关键词 沙尘暴 天气分型 气象要素场 物理量场 预报方法

沙尘天气是我国北方地区一种严重的气象灾害。根据中国气象局《沙尘天气预警业务服务暂行规定(修订)》,将沙尘天气按照危害程度分为浮尘、扬沙和沙尘暴天气。沙尘暴天气能在短时间内给生态环境和人类社会造成严重损失^[1]。

沙尘暴的形成必须具备 2 个条件,一是有足够强大而持续的风,把大量沙尘、土粒吹入空中;二是土质干燥松散、植被稀疏、地表裸露^[2]。辽宁地处欧亚大陆东岸,西临内蒙古及河北北部,属于温带大陆性季风气候。辽宁春季环流特征为短波槽脊活动频繁,中纬度西风加强,天气系统活动周期缩短,移速明显加快;在地面上表现为冷、暖锋交替并伴随强变压梯度频繁出现,由此产生 6 级以上大风及 8 级以上的瞬时大风;春季蒙古国,中国内蒙古的东部(昭盟、呼盟)及辽宁部分地区^[3]春季气候干旱,土壤荒漠化严重,为辽宁沙尘暴天气提供了大量沙源;大风和强上升气流为形成辽宁沙尘暴天气提供了动力和传播条件。

本文利用近 30 a 辽宁强沙尘暴天气个例资料,分析研究辽宁沙尘暴天气特点,寻找出辽宁沙尘暴预报着眼点,实现辽宁沙尘暴预报预警业务化。

1 沙尘暴天气分型

通过普查 1971~2002 年高空天气图和地面天气图,我们对辽宁 3 站以上 44 个强沙尘暴天气个例的 500 hPa、地面形势进行重点分析研究,并将辽宁沙尘暴分为 4 种主要天气类型:冷锋型、强锋区动量下传型、热低压型、蒙古低压型。

1.1 冷锋型

1.1.1 500 hPa 高空形势为贝加尔湖地区高压脊发展,脊前远东地区到中国北方地区有深厚的低压槽,辽宁上空为偏北或西北气流,40~70°N,110~130°E 地区环流经向度较大,有冷空气沿偏北或西北气流迅速东南下。

1.1.2 相应地面图上表现为蒙古高压南下,冷锋过境,中国辽宁发生北大风沙尘暴天气。这种类型沙尘暴天气集中在气压梯度较大以及高空冷平流较强的区域。另一种情况是地面冷锋过境时,没有立即形成大风沙尘暴,而是在高空冷槽配合地面副冷锋过境时才开始^[4]。冷锋型沙尘暴发生时北风风力一般在 6 级以上。

1.2 强锋区动量下传型

1.2.1 500 hPa 高空形势为高纬度地区乌拉尔山附近有高压脊发展,冷空气主体在贝加尔湖到日本以北,呈带状分布;中纬度地区 40~50°N,90~130°E 范围内有一支风速为 20~

30 m/s 的强西风或西北风风速带,形成宽广的西风或西北风急流区,等温线密集且和等高线平行,同时在江淮流域有高空槽发展。沙尘暴天气出现在强高空锋区。

1.2.2 地面图上江淮流域高空槽前暖平流促使河套或河套以南地区倒槽发展,而贝加尔湖一带冷空气主体南下使冷锋明显加强南压,中国辽宁处于锋区前部,为北大风沙尘暴天气。这类沙尘暴天气主要是由于大气低层层结不稳定、高层动量下传形成的。

1.3 热低压型

1.3.1 500 hPa 高空形势为冷空气主体在 50°N 以北,中国北方地区受贝加尔湖到蒙古国地区低槽区和日本海低槽之间的弱高压脊控制;华北、东北地区上空暖平流明显。

1.3.2 地面低压自蒙古国,中国西北、华北地区东移并明显加强,辽宁处于低压前部, Δp_e 较强,午后气压梯度加大,风力明显加大,造成辽河流域出现西南大风并伴随沙尘暴天气。

1.4 蒙古低压型

1.4.1 500 hPa 高空形势为我国西北东部、华北北部有高空槽伴随较强冷空气东移南下,辽宁上空为弱高压脊控制,等温线密集且平行于等高线。辽宁一带暖平流较强,随着高空槽东移,锋区迅速东移南压。

1.4.2 地面图上蒙古低压发展到强盛阶段,暖锋前部负变压、冷锋后部正变压均较强。中国辽宁大部分地区为西南大风转西北大风并伴有沙尘暴天气。热低压型和蒙古低压型均与低值系统的强烈发展有关,对流层中低层干燥且一般为层结不稳定状态,中小尺度系统的发生发展使辽宁本地沙源升空,加重沙尘天气危害。

由表 1 可以看出,冷锋型沙尘暴天气影响辽宁次数最多,

表 1 1971~2002 年辽宁沙尘暴各天气类型影响统计

天气类型	冷锋型	强锋区动量下传型	热低压型	蒙古低压型
次数	25	2	10	7
平均每次站数	5.2	3.0	3.8	5.0
影响省内区域	西部	全省	西、北、中部	西部

占总次数的 57%,且危害最大,平均 5.2 站/次;强锋区动量下传型、热低压型相对危害较小,平均 3.0 站/次和 3.8 站/次;强锋区动量下传型、蒙古低压型影响辽宁次数最少,2 种类型占 20%;辽宁西部受沙尘暴天气影响最为严重。

收稿日期:2005-06-06;修订日期:2005-06-27

2 沙尘暴天气气象要素场和物理量场分析

重点分析 2000 年以后的辽宁沙尘暴天气,得出辽宁沙尘

暴发生时或发生前气象要素场和物理量场特征。

由表 2 得出,沙尘暴天气发生前 12 h 内辽宁上游地区均

表 2 1971~2002 年辽宁各种沙尘暴天气类型发生时或发生前气象要素场和物理量场特征

天气类型	发生前 6~12 h 上游地区		发生时				
	地面观测实况	天气状况	省内 $\Delta p_3/hPa$	相对湿度/(%)	地面 $\Delta p_6/hPa$	850 hPa $\Delta t_{24}/^\circ C$	850 hPa 风速/($m \cdot s^{-1}$)
冷锋型	有大风、沙尘暴天气	多云、无明显降水	≥ 8	≤ 20	2~5	≥ 10	12~16
强锋区动量下传型	有大风、沙尘暴天气	多云、无明显降水	≥ 10	≤ 20	3~5	≥ 12	12~20
热低压型	有大风、沙尘暴天气	多云、无明显降水	3~12	≤ 15	-3	≥ 10	8~14
蒙古低压型	有大风、沙尘暴天气	多云、无明显降水	3~10	≤ 20	-3	≥ 15	8~14

有大风区(风速大于或等于 12 m/s)并配合沙尘暴向辽宁移动,表明辽宁沙尘暴天气主要受外来沙源影响;沙尘暴天气发生时地面要素特征量为:天气状况以多云为主,无明显降水;冷锋型、强锋区动量下传型沙尘暴发生时省内气压差较大,一般大于 8 hPa;地面相对湿度一般在 20% 以下,热低压型地面相对湿度更小;冷锋后型、强锋区动量下传型及蒙古低压型冷锋过境时,锋后 Δp_6 中心值为 2~5 hPa,而热低压型、蒙古低压型低值系统前部 Δp_6 一般为 -3 hPa 左右。温度变化特征量为热低压型沙尘暴前期地面到对流层中层明显增温,24 h 增温幅度一般大于 10 $^\circ C$,冷锋型、强锋区动量下传型沙尘暴发生后 850 hPa 24 h 降温 10 $^\circ C$ 或以上,蒙古低压型沙尘暴天

气 850 hPa 气温表现为先升后降,24 h 变温绝对值为 15 $^\circ C$ 或以上。高空风特征量为冷锋型、强锋区动量下传型 850 hPa 北风最大风速为 12 m/s 或以上;热低压型偏南风最大风速为 8 m/s 或以上;蒙古低压型表现为偏南风 8 m/s 或以上转偏北风 12 m/s 或以上。

3 沙尘暴天气路径

辽宁沙尘暴天气的沙尘源地有 2 部分:外来沙源与本地沙源;外来沙源影响路径主要分为西北、偏北、偏西、西南路径。本地沙源主要分布在辽宁西北部以及中部部分地区,当有低值系统发展或辽宁上空层结不稳定时,常常产生上升运动,使本地沙源升空,加重沙尘天气危害。

表 3 1971~2002 年辽宁沙尘暴天气路径与各天气类型、影响距离、影响区域统计

路径	天气类型次数				12 h 内影响次数			影响省内区域
	冷锋型	强锋区动量下传型	热低压型	蒙古低压型	≤ 500 km	≤ 1000 km	≤ 2000 km	
西北	15	1	无	无	3	10	3	西、南部
偏北	10	1	无	无	8	3	无	西、中、南部
偏西	无	无	无	7	2	5	无	西部
西南	无	无	10	无	4	5	1	西、中、北部

由表 3 可知,冷锋型、强锋区动量下传型沙尘暴天气以偏北或西北路径影响辽宁西、南部及中部地区;蒙古低压型沙尘暴天气通过偏西路径,影响中国辽宁西部地区;热低压型沙尘暴天气通过西南路径影响辽宁西、中部及北部地区。12 h 内能够影响辽宁的沙尘暴天气距离辽宁在 500 km 以内的有 17 次,占 39%;在 500~1000 km 以内的有 23 次,占 52%;在 1000~2000 km 以内的占 9%。其中沙尘暴以西北路径传播时影响距离较远,以其他路径传播影响距离大多在 1000 km 以内。各型沙尘暴在 12 h 内可能影响辽宁的区域分布在 35~50 $^\circ N$, 100~125 $^\circ E$ 范围内。

4 沙尘暴天气监测预警的建立

4.1 辽宁沙尘暴天气客观预报方法

根据以上研究结果,我们认为做辽宁沙尘暴天气预报的关键在于对辽宁上游地区沙尘暴天气进行监测和对冷锋、低压等能够为沙尘天气提供动力和传播条件的天气系统的预报。辽宁沙尘暴天气客观预报包括以下 2 个部分。

4.1.1 关键区监测 根据辽宁沙尘暴天气影响路径研究结果,在 35~50 $^\circ N$, 100~125 $^\circ E$ 区域设置辽宁沙尘暴监测 4 个关键区(图 1):沙尘暴沿偏北路径影响辽宁设为 I 区,西北路径为 II 区,偏西路径为 III 区,西南路径为 IV 区。利用地面常规资料、自动站资料自动监测关键区内各站的现在天气现象、过

去天气现象为沙尘暴或现在(过去)天气现象为扬沙但能见度小于 1 km 的站,并利用 T213 数值预报产品判断系统移动方向,如天气系统向辽宁方向移动则预示未来 12 h 内辽宁可能发生沙尘天气。

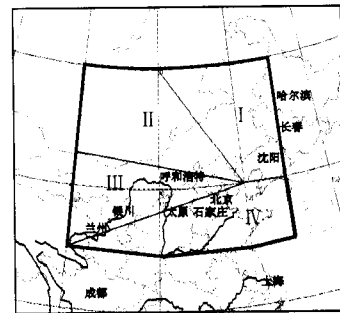


图 1 辽宁沙尘暴监测关键区

4.1.2 天气系统预报 根据辽宁沙尘暴天气要素场和物理量场特征,提取 T213 格点场资料分别判断未来 24 h 内地面特征量、温度变化特征量、高空风特征量,满足条件时系统自动提示某区域内可能发生沙尘天气。

当同时满足以上 2 个条件时,系统可提示辽宁将发生沙尘暴天气;满足 1 个条件时则系统可提示辽宁某区域将发生扬沙或浮尘天气。

(下转第 30 页)

4.2 辽宁沙尘暴天气预报流程

在实际预报工作中,根据辽宁沙尘暴天气客观预报产品,判定辽宁上游地区沙尘天气强度以及冷锋、低压等天气系统的移向、移速、强度变化;结合前期降水特点、沙尘暴各天气型特点、预报经验、中小尺度系统发展情况并综合分析卫星雷达产品等监测资料对辽宁沙尘暴天气进行监测预警,制作辽宁沙尘暴天气预报流程(图2)。

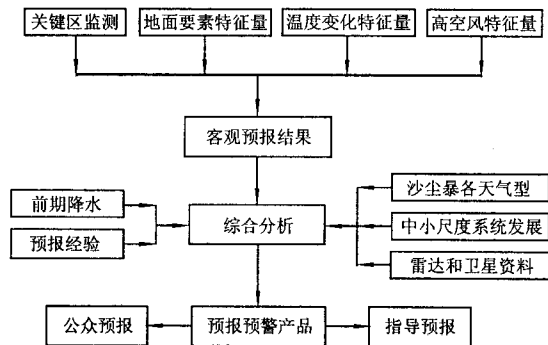


图2 辽宁沙尘暴天气预报流程

应用图2中的客观预报部分对2000~2004年3~5月辽宁沙尘暴天气和6站以上扬沙天气过程进行检验,沙尘暴天气过程预报准确率为72%,落区预报准确率为60%。

5 结语

5.1 辽宁沙尘暴天气分为4种主要天气类型:冷锋型、强锋区动量下传型、热低压型、蒙古低压型。其中冷锋型沙尘暴影响辽宁次数最多、危害最大。

5.2 辽宁沙尘暴发生前上游地区均有大风区(风速大于等于12 m/s)并伴有沙尘暴向辽宁移动。沙尘暴天气发生时,天空状况为多云、无明显降水且850 hPa变温和风场、地面气压差、地面变压梯度均较大,地面相对湿度则较小。

5.3 影响辽宁的沙尘暴天气主要以偏北、偏西、西南或西北路径传输,各型沙尘暴在12 h内可能影响辽宁的区域分布在35~50°N, 100~125°E范围内。

5.4 辽宁沙尘暴天气大多受外来沙源影响,因此,重点利用观测资料对沙尘暴天气进行实时监测,判断冷锋、低压等天气系统特征是辽宁沙尘暴天气预报的关键。

参考文献

- 1 夏梅艳,隋东,于慧波,等.辽宁春季沙尘天气特征及前期影响因子研究.辽宁气象,2005,(1).
- 2 邱新法,曾燕,缪启龙.我国沙尘暴的时空分布规律及其源地和移动路径.地理学报,2001,56(3).
- 3 刘万军,李祥云,王瀛,等.辽宁2001年与近10年沙尘天气对比分析.辽宁气象,2002,(1).
- 4 王锡稳,牛若云,冀兰芝,等.甘肃沙尘暴短期、短时业务化预报方法研究.应用气象学报,2003,14(6).