

大连沙尘天气及预报模型分析

宋 煜¹ 曲晓波² 隋洪起¹ 黄 振¹

(1. 辽宁省大连市气象局, 116001; 2. 国家气象中心)

提 要: 通过对位于东北亚沙尘暴天气下游的大连近7年的沙尘天气统计分析, 以及应用天气学方法进行预报模型分析, 揭示出大连地区沙尘的主要特征和预报着眼点。大连沙尘天气主要出现在春季, 变化趋势同全国基本一致; 沙尘天气的源地有4个, 有三条影响路径。沙尘影响时, 平均相对湿度都较低, 以西北风为主。西北路径是影响大连地区产生沙尘天气最多的路径。在北路系统影响下, 有三种天气类型; 西路系统和西北路系统也分别有三种和四种天气类型。大连的沙尘天气预报着眼点首先要关注其上游的起沙情况, 然后结合三路影响系统的预报模型进行分析; 三路影响系统有不同的起沙关注区和不同的天气系统位置和移动方向。

关键词: 沙尘 天气特征 影响路径 预报模型

Analysis on Characteristic and Forecast Model of Sand-dusts Affecting Dalian

Song Yu¹ Qu Xiaobo² Sui Hongqi¹ Huang Zhen¹

(1. Dalian Meteorological Bureau, 116001; 2. National Meteorological Center)

Abstract: Based on meteorological observational data of seven years and the pattern of sand-dust weather process affecting Dalian, the characteristics and forecast model of sand-dust invading Dalian were analyzed. The results show that sand-dusts in Dalian occurred frequently in spring, similar to other sites of China. There were four source locations and three transport paths of sand-dust. The mean relative humidity was very low and the wind direction was northwest mainly in sand-dust weather. Most of the sand-dusts move along the northwest paths invading Dalian. The north path corresponds to three weather patterns, the west path corresponds to other three systems and the northwest path to four systems. The forecast of sand-dust should pay more attention to the sand-rising in upstream region, then combine with analyzing the forecast model of three transportation paths.

Key Words: sand-dusts weather characteristic transportation paths forecast model

引 言

浮尘是沙尘天气的一种,研究表明^[1],只有风选出的粉沙(粒径 $<0.05\text{mm}$)和物理粘粒(粒径 $<0.01\text{mm}$)能悬浮于空中,呈气溶胶状态漂移,这一部分尘土物质虽仅占风蚀总量的5%以下,却可输送到上千公里甚至上万公里远的地方,对大气的辐射效应、植物生长以及气候变化有着深远影响,同时沙尘在它向下游输送过程中的沉降,也会对城市的生态环境及居民的生存健康产生很大影响。

目前,国内对西北地区及北京的沙尘暴天气及影响路径研究较多^[2-6],而对下游清洁城市的沙尘天气研究还较少见。大连位于东北亚沙尘暴天气的下游,三面环海,周围没有沙源,它的沙尘天气特征明显不同于上游的沙尘暴天气,是以浮尘为主。大连地区产生沙尘天气的首要条件是,上游已经大面积起沙,并且产生垂直输送,沙尘随高空风向下游飘移,途经大连地区产生沉降。本文从预报应用角度对大连地区的沙尘天气进行统计和分析。

1 统计特征

统计 2000—2006 年的天气资料,综合分析源头起沙情况和大气环流输送、大连地区的能见度、相对湿度、风向风速等天气要素,剔除无沙源而误记沙尘天气,补充应记而漏记的情况,统计出大连地区该 7 年间共出现沙尘过程 46 次,沙尘天气 69 天(在同一天气系统影响下产生的 ≥ 1 天的沙尘天气都记为一次过程)。

1.1 年度分布特征

2000 年以来,大连地区经历了 2001、2002 年的沙尘高峰之后,2006 年又迎来另一个高峰;2003、2005 年沙尘过程相对较少,同全国的沙尘^[7-13]变化趋势基本一致(图 1a);春季沙尘过程又以 2006 年为最多,2006 年

春季全国有 19 次沙尘过程,大连发生了 9 次(图 1b)。

同北京相比(图 1c),2002 年之前大连沙尘天数少于北京,但近 4 年都多于北京。

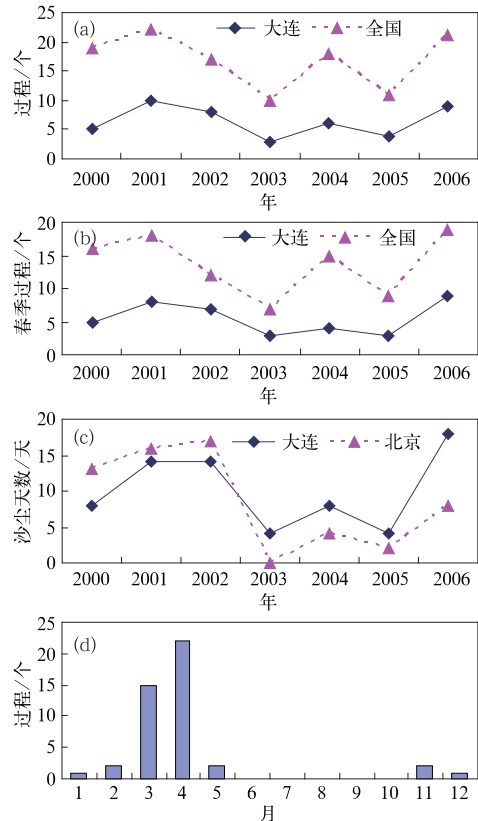


图 1 2000—2006 年沙尘分布时间序列图
(a) 年度沙尘过程分布, (b) 春季沙尘过程分布,
(c) 年度沙尘天数分布, (d) 季节沙尘过程分布

1.2 季节分布特征

大连沙尘过程主要出现在 1、2、3、4、5、11、12 月,其中春季共有 39 次过程,3、4 月沙尘过程占总数的 82%(图 1d)。7 年中共出现 15 次严重沙尘天气过程,造成全区性沙尘重污染事件;其中 3 月 10—11 日、3 月 21—22 日、4 月 7—9 日为重复出现的严重沙尘日。

2 沙尘影响路径及天气要素分析

张小曳^[14]等人研究发现,亚洲沙尘的源区有 10 个;张志刚等^[4]将沙尘源地划分为初

始源地和加强源地。本文把能够影响大连产生沙尘天气的上游起沙地都视为沙源地。结合路径分析,影响大连的沙源地有 4 个(图 2),主要位于蒙古国的中、东、南部;我国内蒙古中、西部和河套、河北北部地区;内蒙古东部;辽西地区等。从环流形势分析看,有三大天气系统路径携带的沙尘能影响大连,分别是北路、西路、西北路。

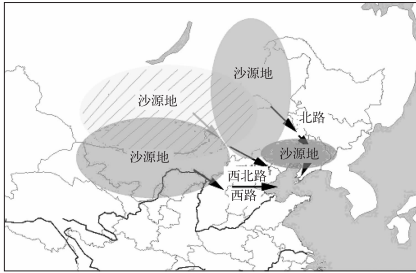


图 2 沙尘源地和影响路径示意图

2.1 北路

蒙古国和内蒙古中东部或辽宁西部地区起沙的沙尘,在天气系统携带下,向东南移动,在辽宁境内折向西南影响大连;或者近地面的偏北大风将辽宁西部的沙尘吹到大连。北路影响系统主要出现在 4、5 月份,其他月几乎没有发生,占沙尘过程总数的 11%。

在北路影响下的大连沙尘天气,能见度范围在 3~10km,平均为 8~9km;平均相对湿度 33%~68%,最小相对湿度在 12%~40%;测站出现沙尘时,以北风为主,偶有西北风;风速范围在 6~12m·s⁻¹,平均 8~10 m·s⁻¹,风速较大,因而天气记录基本为扬沙。

2.2 西路

在内蒙古中西部以及甘肃、宁夏和河套地区起沙的沙尘,在高空气流携带下一路东行,经过京津地区,越过渤海中部影响大连。西路影响系统占沙尘过程总数的 30%;1、2 月的沙尘天气均为西路影响,3、4 月也多见,其他月份没有西路影响系统发生。

在西路影响下的大连沙尘天气,能见度范围在 2~10km,平均为 6~8km;平均相对湿度

40%~65%,最小相对湿度在 8%~40%;测站出现沙尘时,以西北风或偏西风、偏北风为主,偶有偏南风或东北风出现;风速范围在 2~8m·s⁻¹,平均为 4~6m·s⁻¹,风速较小,因而天气记录以浮尘为主,偶有扬沙。

2.3 西北路径

西北路经影响系统,是指从蒙古国中、南部以及我国内蒙古中部地区起沙的沙尘,在天气系统携带下,经河北等地,越过渤海北部影响大连。西北路径是影响大连地区产生沙尘天气最多的路径,占沙尘过程总数的 59%;3 月份沙尘天气中西北路径占 65%;4 月占 57%;5 月占 67%;11 月、12 月占 100%。

在西北路影响下的大连沙尘天气,能见度范围在 0.4~10km,平均为 4~8km;平均相对湿度为 30%~68%,最小相对湿度 4%~53%;测站出现沙尘时,以西北风或偏西风、偏北风为主,偶有偏南风或东北风出现,风速范围在 2~14m·s⁻¹,平均为 4~8 m·s⁻¹,天气记录浮尘、扬沙间或出现。从统计看,西北路径沙尘过程的天气要素范围增宽,强度增强,也即包含着强沙尘过程。

全区性沙尘重污染过程大多都是由西北路径影响或西北叠加北路系统影响产生的。

3 天气学模型

在三路不同的影响系统下,从短期预报的角度分别总结归纳出细化的天气学模型。

3.1 北路

在北路系统影响下,有三种天气类型:

3.1.1 冷锋过境型

(1) 将有高空槽过境,槽附近冷平流强,温度梯度密集。(2) 850hPa 槽附近存在西南及偏北大风区,槽后维持强冷平流(图 3a)。(3) 地面东北气旋完整,冷锋前偏南大风起沙,冷锋后偏北大风起沙;气旋中心向东

北移动。(4) 气旋后部强盛冷高压东移而后自北向南压, 辽宁境内偏北大风区大面积扬

沙(图 3b); 冷高压推动锋面过境, 锋后沙尘影响, 多伴随北大风, 多见扬沙记录。

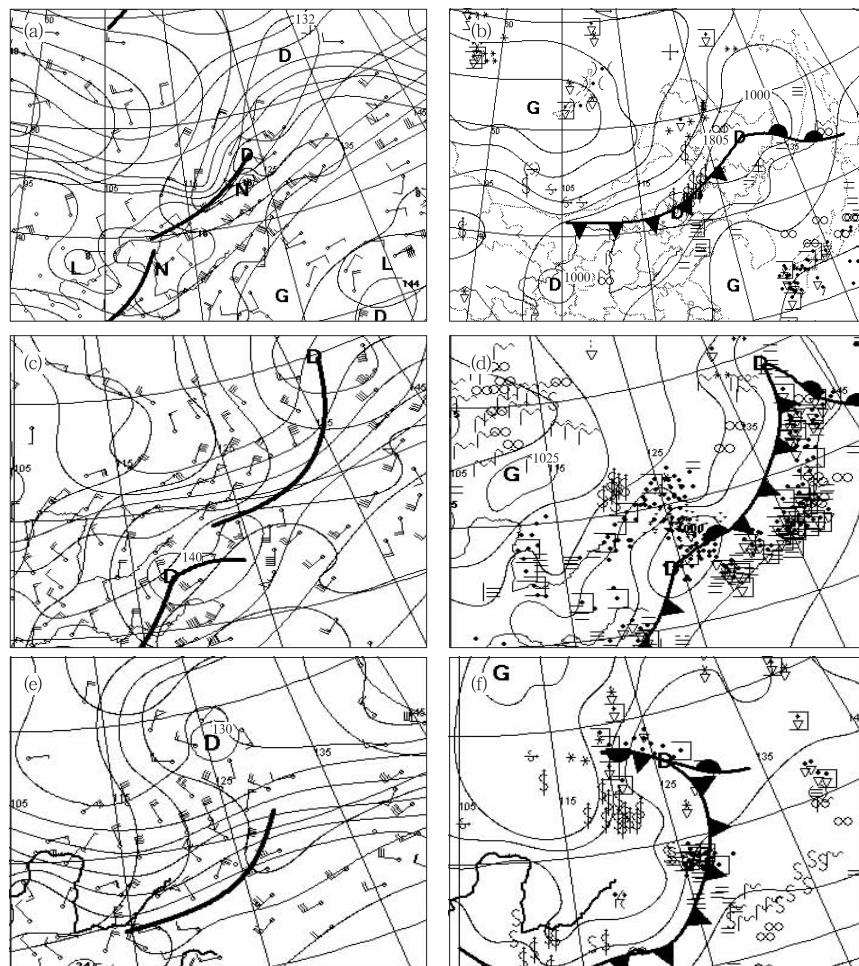


图 3 北路影响系统 850hPa 和地面典型天气模型

3.1.2 南支气旋北上型

(1) 高空南、北两支槽将合并过境, 强冷中心位于东北地区, 温度梯度密集, 北支冷平流强。(2) 850hPa 北支槽已过境, 辽宁境内温度梯度密集叠加北到东北风急流; 南支气旋在山东入海向东北上, 气旋后部维持强冷平流(图 3c)。(3) 地面已转北风, 入海气旋与冷高压之间梯度密集, 辽宁境内偏北大风起沙(图 3d)。(4) 气旋后部北大风推动沙尘南移过境影响, 多伴随北大风, 多见扬沙记录。

3.1.3 低涡旋转型

(1) 高空槽已经过境, 中纬度为西北风

急流区, 槽后冷平流强, 温度梯度密集。(2) 850hPa 高度场与温度场几乎正交, 北风急流, 维持强冷平流(图 3e)。(3) 地面已转锋后偏北风, 东北低涡因旋转, 高压前部梯度密集区位于内蒙古、吉林、辽宁交界地区, 偏北大风使辽宁大面积起沙(图 3f)。(4) 冷高压南压, 偏北大风推动沙尘过境影响, 多伴随北大风, 多见扬沙记录。

3.2 西路

在西路系统影响下, 有三种天气类型:

3.2.1 锋面东移过境型

(1) 高空蒙古冷涡东移, 涡底大槽过境。
 (2) 850hPa 涡中心由蒙古国进入我国内蒙古东北部和吉林以北地区, 中蒙边境地区西到西北气流叠加锋区, 涡底大槽后强冷平流过境(图 4a)。(3) 地面蒙古气旋东移偏北入境, 气旋后部与强冷高压之间梯度密集, 蒙古国大范围起沙, 并延伸到我国内蒙古中、西部及河套地区大面积起沙(图 4b)。(4) 随着气

旋冷锋东移过境, 大连沙尘开始。

3.2.2 气旋过境型

(1) 高空东亚处宽广低槽区, 贝加尔湖不断有冷空气补充南下, 中纬度为偏西风急流区; 有一股冷空气在蒙古国南部东移伴随短波槽过境。(2) 850hPa 蒙古南部有低涡东移, 过境之后强冷平流影响(图 4c)。(3) 地面气旋从蒙古南部东移进入内蒙古中部; 气旋冷锋后

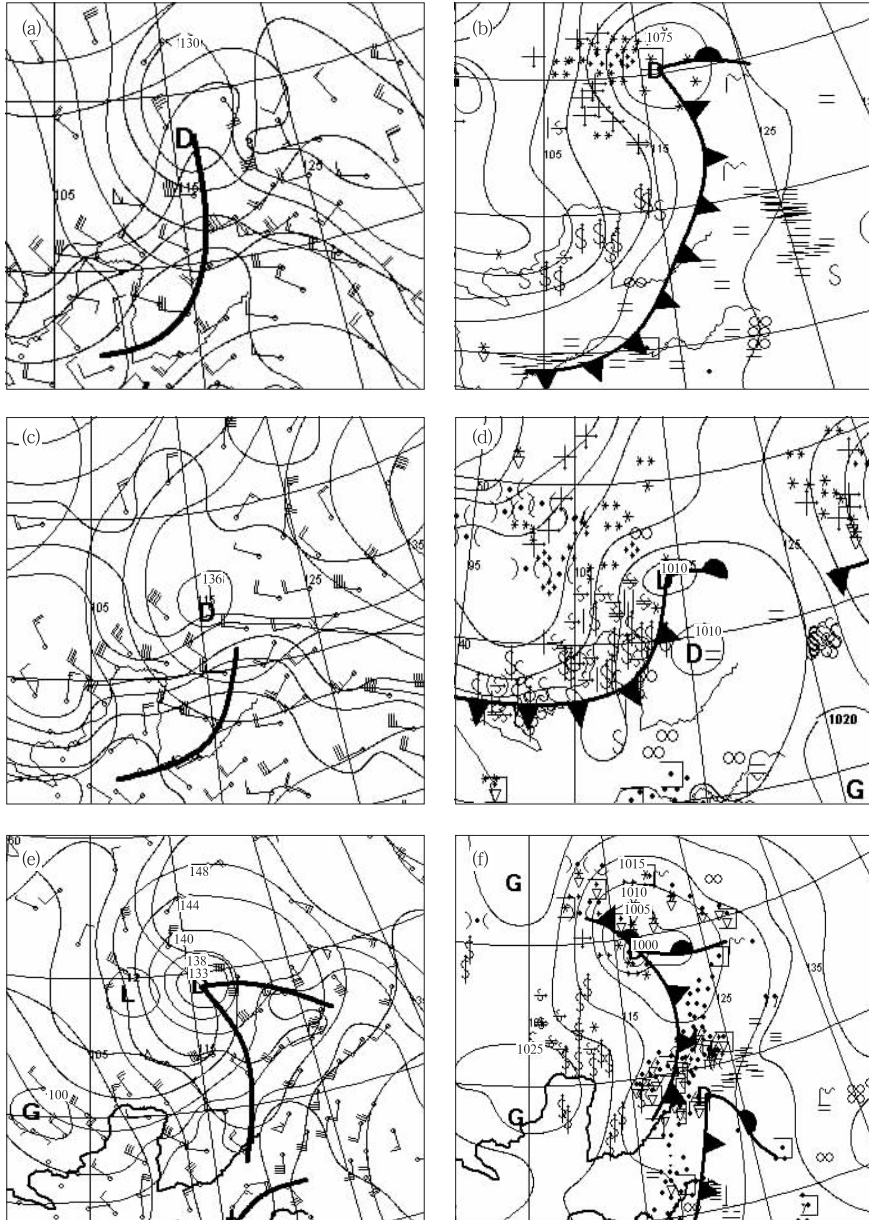


图 4 西路影响系统 850hPa 和地面典型天气模型

部内蒙古中西部及河套地区大面积起沙(图 4d)。(4)气旋中心东移过境,后部强盛冷高压梯度密集,大风推动沙尘影响本区。

3.2.3 东北冷涡旋转型

(1) 高空东亚大槽东移过境。(2) 850hPa 冷涡由蒙古东部进入我国东北地区;旋转过程中涡底大槽过境(图 4e)。(3)地面东北冷涡旋转,冷锋附近伴随降水;涡底后部

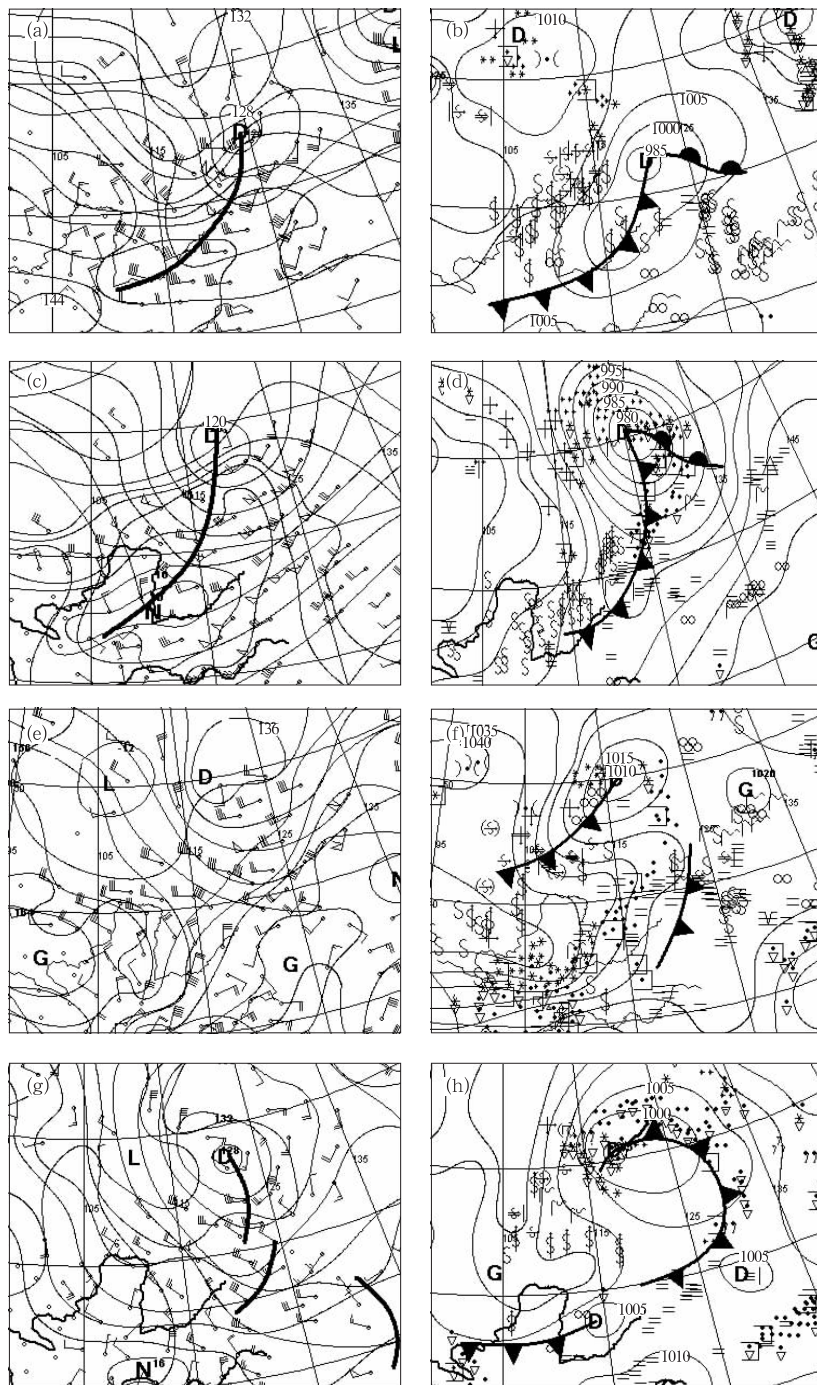


图 5 西北路影响系统 850hPa 和地面典型天气模型

高压前部梯度风致使蒙古东南部到内蒙古中部地区大面积起沙,伴随气旋旋转和高压东移向东推动沙尘影响本区(图 4f)。

3.3 西北路径

在西北路系统影响下,有四种天气类型:

3.3.1 气旋影响型

(1) 高空经纬度环流平直,有短波槽将东移过境;700hPa 短波槽临近发展加强明显。(2) 850hPa 在蒙古境内产生低压环流东移(或短波槽发展东移),进入我国境内加强发展,槽后冷平流加强,锋区位于内蒙古、华北境内(图 5a)。(3) 地面较弱的蒙古气旋东移南下进入我国境内,并东移进入辽宁境内,气旋冷锋后部内蒙古中部地区大面积起沙;冷锋过境,沙尘影响本区(图 5b)。

3.3.2 气旋冷锋影响型。

(1) 高空贝加尔湖较强冷空气快速东南下,东亚锋区较强,中纬度强偏西风急流,大槽在东北地区东移。(2) 850hPa 涡中心由蒙古国进入我国内蒙古东北部和吉林以北地区,涡底大槽过境转强西北气流控制(图 5c)(或者遇日本高压阻挡,冷涡旋转北收,本区维持西南气流)。(3) 地面蒙古气旋加强发展,气旋后部与强冷高压之间梯度密集,蒙古国大范围起沙,延伸到我国内蒙古东部、中部及华北地区大面积起沙。(4) 随着蒙古气旋东移,冷锋由横向转竖,锋面过境,我区沙尘开始(图 5d)。日本以东洋面有高压阻挡。(当高压阻挡作用过强时,气旋东移速度放慢北收旋转,沙尘影响时间超过 24 小时;若日本高压强盛,锋面不过境,沙尘影响较轻)。

3.3.3 副冷锋影响型

(1) 高空经纬度横槽东移,温度梯度密集,产生强锋区,锋区后部强冷平流,并有后续补充冷空气东南下,横槽转竖过境(有时锋区前沿冷暖气流交汇形成南支槽,影响中原大部分地区)。(2) 850hPa 冷空气前沿过境

之后,有后续冷空气补充,较强冷平流位于蒙古东部到内蒙古东部地区(图 5e)。(3) 地面强大冷高压控制全国大部分地区,蒙古东部后续冷空气补充形成副冷锋(有时有低压配合),副冷锋附近起沙,向东南移动影响本区产生沙尘天气(图 5f)。

3.3.4 东北冷涡旋转型

(1) 高空三层均为经向环流型,冷涡中心在东北北部旋转。之后又一股冷空气经蒙古东部和内蒙古东南部补充东南下,本区维持西北向强冷平流控制(图 5g)。(2) 地面东北冷涡旋转,其后部蒙古国到内蒙古东、中部大范围起沙,随冷锋向东南移动,直奔我区过境影响。(3) 后续冷空气补充,在蒙古东部到内蒙古边境形成副冷锋,同时冷高前梯度密集,副冷锋周围较大范围起沙,随着西北气流东南下影响产生沙尘天气。(4) 此型影响时间普遍偏长,2~3 天多见,且沙尘程度较重。

4 预报着眼点

在大连的沙尘天气预报中,首先要关注其上游的起沙情况,然后结合三路影响系统的天气学模型,重点关注携带沙尘天气系统的移动路径是否途经大连,并分析动力条件,例如锋面等沉降条件是否具备等因素,对沙尘天气及其强度做出预报预测。三路影响系统的模型虽有相似之处,但天气系统的位置和移动方向不同,起沙关注区也不同,需要仔细甄别。

图 6 给出三路影响系统不同的起沙关注区。为篇幅所限,略去各关注区起沙站名称。

5 总结

(1) 大连沙尘天气主要出现在春季,3、4 月沙尘过程占总数的 82%。2000 年以来,大连地区沙尘天气变化趋势同全国基本一致;

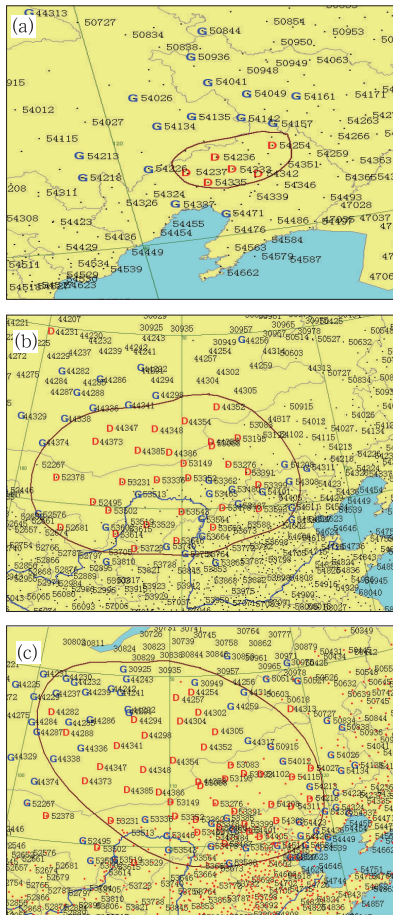


图 6 (a) 北路系统 (b) 西路系统 (c) 西北路系统起沙关注区
圈内为重点关注区, D 为重点关注站点, G 为偶尔起沙站点

春季沙尘过程以 2006 年为最多;2002 年之后沙尘天数多于北京。

(2) 影响大连地区产生沙尘天气的源地有 4 个,有 3 条影响路径,其中西北路径是影响大连地区产生沙尘天气最多的路径,占沙尘过程总数的 59%;沙尘影响时,平均相对湿度都较低,以西北风为主。全区性沙尘重污染过程大多都是由西北路径影响或西北加北路系统影响产生;北路影响时大连以北风为主且风速较大;西路影响时,风速较小,平均能见度低于北路,强度略强于北路。

(3) 在北路系统影响下,有三种天气类型,分别是冷锋过境型、南支气旋北上型、低

涡旋转型;西路系统影响下也有三种天气类型:锋面东移过境型、气旋过境型、东北冷涡转型型;在西北路系统影响下,有四种天气类型:气旋影响型、气旋冷锋影响型、副冷锋影响型、东北冷涡转型型。

(4) 在大连的沙尘天气预报中,预报着眼点首先要关注其上游的起沙情况,然后结合三路影响系统的预报模型进行分析;三路影响系统有不同的起沙关注区和不同的天气系统位置和移动方向。

致谢:感谢国家气象中心林玉成老师在天气图资料方面的大力协助。

参考文献

- [1] 杨德保,尚可政,王式功. 气候变化丛书—沙尘暴 [M]. 北京:气象出版社,2003:1-178.
- [2] 保广裕,高顺年,戴升,等. 西宁地区沙尘暴天气的环流特征及其预报[J]. 气象, 2002,28(5):27-31.
- [3] 张存杰,宁惠芳. 甘肃省近 30 年沙尘暴、扬沙、浮尘天气空间分布特征[J]. 气象,2002,28(3):28-32.
- [4] 张志刚,高庆先,矫梅燕,等. 影响北京地区沙尘天气的源地和传输路径分析[J]. 环境科学研究,2007,20(4):4-8.
- [5] 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[J]. 地理学报,2001,56(3):316-322.
- [6] 张仁健,徐永福,韩志伟. 北京春季沙尘暴的近地面特征[J]. 气象,2005,31(2):8-11.
- [7] 沙尘天气年鉴 2000 年[M]. 北京:气象出版社,2004:1-78.
- [8] 沙尘天气年鉴 2001 年[M]. 北京:气象出版社,2004:1-91.
- [9] 沙尘天气年鉴 2002 年[M]. 北京:气象出版社,2003:1-78.
- [10] 沙尘天气年鉴 2003 年[M]. 北京:气象出版社,2004:1-61.
- [11] 沙尘天气年鉴 2004 年[M]. 北京:气象出版社,2005:1-83.
- [12] 沙尘天气年鉴 2005 年[M]. 北京:气象出版社,2007:1-62.
- [13] 张小曳主编. 2006 年春季的东北亚沙尘暴[M]. 北京:气象出版社,2006:1-118.
- [14] 张小曳. 有关中国黄土高原黄土物质的源区及其输送方式的再评述[J]. 第四纪研究,2007,27(2):181-186.