

2016 年春季锡林郭勒盟一次沙尘暴过程原因分析

晨 阳¹,殷宁璐²,黄丽娜¹

(1. 锡林郭勒盟气象局,内蒙古 锡林浩特 026000;2. 乌海市气象局,内蒙古 乌海 016000)

摘 要:利用常规观测资料、地面自动站加密观测资料以及 NCEP1°N×1°N 格点再分析资料,对 2016 年 3 月 4 日发生在锡林郭勒盟的一次沙尘暴的天气成因进行了分析。结果表明:这次沙尘暴过程是在前期降水稀少,且温度较常年偏高,土壤裸露疏松的气候背景下,高空低槽不断发展引导槽后冷空气南下,伴随地面的冷锋移动而引发的。强冷空气由西北路入侵,蒙古气旋的形成和发展,以及强冷空气造成的密集气压梯度带,为大风的产生提供了有利条件。地面气象要素的剧烈变化,可作为预报沙尘暴的依据。较强的上升运动层、低辐合高层辐散的相互配置,为起沙提供了动力条件。

关键词:沙尘暴;冷空气;成因分析

中图分类号:P425.5+5(226) **文献标识码:**A **文章编号:**1007—6921(2017)02—0054—02

沙尘暴是我国北方较频繁的危害性天气,尤其以春季发生的最为频繁^[1~2],沙尘天气分为浮尘、扬沙、沙尘暴和强沙尘暴四类。由于沙尘暴对自然环境以及人们的生活会造成极大的危害和影响,是不可忽视的大气和生态环境问题之一。因此,已有诸多的学者对沙尘暴进行了研究。姜学龚等^[3]对内蒙古两类持续性沙尘暴的分析得知,其系统的稳定是这类沙尘暴长时间在同一地区维持的原因。贺哲^[4]在“2006 年 3 月末河南的一次沙尘暴过程的天气成因分析”中认为冷锋南下加剧了不稳定能量的释放,沙尘在强风、强湍流混合加强的上升气流作用下形成沙尘暴。笔者所分析的沙尘暴天气主要发生在锡林郭勒盟的西北部地区,本文就这次沙尘暴天气气候条件、环流形势和地面影响系统、地面气象要素变化等进行分析,对动力、热力因子进行诊断,以期对沙尘暴天气分析和预报提供参考。

表 1 沙尘暴出现的站点、持续时间、最低能见度和瞬时大风

站点	起止时间	最低能见度/m	瞬时大风/m·s ⁻¹
阿巴嘎旗	19:06~20:00	578	23.2
苏尼特左旗	15:15~20:00	652	/
二连浩特	09:38~17:07	80	24.3
苏尼特右旗	09:03~20:00	119	24
那仁宝力格苏木	16:55~20:00	659	/

1 天气成因分析

沙尘暴的形成要具备 3 个基本条件:①要有沙源;②有强冷空气及大风;③冷暖空气相互作用^[5]。

1.1 前期气候条件

锡林郭勒盟地处中纬度西风带,四季分明,春季是由冬季向夏季转换的季节,气温开始回升,但降水量仍然较少,空气干燥多大风天气是锡林郭勒盟春季的主要气候特点。回顾此次沙尘暴过程的前期降水知,自 2 月下旬到 3 月初降水较历年偏少,易造成地表裸露,其中二连浩特和苏尼特右旗没有积雪,为起沙提供了良好的条件。且不仅降水偏少,气温也较历年偏高。会使得地表解冻加速,土壤松散,容易起沙。同时容易造成垂直层结的不稳定,当受到冷空气的影响时,气团的差异性易产生大风天气,是产生沙尘的有利条件。

1.2 大尺度环流背景分析

1.2.1 高空环流形势。3 月 3 日 20 时,500 欧亚大陆为两槽一脊的环流形势,在我国新疆的东北部有一低槽,温度槽落后于高度槽,槽后有冷平流,低槽附近存在急流,急流核风速达到 32m/s,这时锡林郭

勒盟处于较平直西风气流中。4 日 08 时,低槽发展加强东移至内蒙古西部地区,冷空气爆发,加之急流比较强,从而引发了大风沙尘天气;20 时,低槽位于内蒙古中部,槽后仍然有冷平流,仍然有残留的扬沙天气,到 5 日 08 时,低槽移至内蒙古东北地区,锡林郭勒盟的沙尘天气基本结束。此次沙尘天气发生在槽前,正是这个不断东移发展的低槽造成了本文的沙尘天气过程。

3 日 20 时,700hPa 在新疆和甘肃交界地存在一横槽,等温线与等压线的交角较大,斜压性很强,系统将东移加深。4 日 08 时,系统发展至贝加尔湖南侧形成闭合低压中心,低槽伸向内蒙古中部地区,槽后 24h 变温 -12℃,槽前 24h 变温 8℃,24h 变温正负中心差值达到 20℃。锡林郭勒盟位于槽前的温度脊内,存在一定的暖平流。

3 日 20 时,850hPa 锡林郭勒盟地区受暖脊控制,近地面层温度较高,蒙古国有气旋发展;冷空气位于新疆地区,高空锋区等温线密集,冷平流较强。到 4 日 08 时,气旋稳定维持,新疆地区的冷空气向东推进。到 4 日 20 时,蒙古气旋位置略有东移。

1.2.2 地面形势演变。由地面形势来看,冷锋过境时引起的地面大风是沙尘产生的重要条件,3 日 20 时,蒙古气旋已经形成,从气旋里引出的冷锋位于内蒙古西部至河套西部,冷锋两侧气压差较大,并且有明显的西北风和东南风的辐合,锋后有沙天气出现。4 日 08 时,冷锋移动至锡林郭勒盟的西部边界,到 4 日 11 时,冷锋东移进入锡林郭勒盟境内,沙尘天气自西向中部开始。至 4 日 20 时,冷锋移至锡林郭勒盟东部,沙尘天气基本结束。从地面系统的演变图可知,这次沙尘天气主要是从西路入侵,由于高空槽前正涡度平流的作用,蒙古气旋不断发展东移,高低压之间的气压梯度,以及冷锋后偏北大风,为此次沙尘天气提供了动力条件。

2 地面气象要素变化特征

分析此次过程可知:冷锋过境时,气温下降,气压和露点温度有所加大。处于锡林郭勒盟最西边的二连浩特市,由于较早受到冷锋入侵的影响,最先出现沙尘暴天气。4 日 05 时地面气压骤升,08 时气温突降,09 时二连浩特站沙尘暴开始暴发。20 时,二连浩特沙尘暴趋于减弱,地面气象要素也趋于平缓。4 日 14 时冷锋正位于苏尼特左旗附近,该站气压升高、气温降低,15 时苏尼特左旗暴发沙尘暴天气。由此可见,当沙尘暴来临之前,气压持续降低,气温升高;当沙尘暴暴发时,气压先升高后下降。冷锋过境前后,地面气象要素变化剧烈,而且地面气象要素

收稿日期:2016—11—07

变化的时间,往往是超前于沙尘暴的暴发时间。所以,地面气象要素的剧烈变化也能作为沙尘天气预报的重要着眼点。

3 沙尘天气的动力、热力学特征

3.1 涡度和散度的配置

在沙尘暴天气过程中,有强烈的辐合辅散特征,属于广义上的强对流天气,辐合辅散分布显著,用散度和涡度表征沙尘暴天气的辐合辅散,对了解沙尘暴的动力学特征具有一定的指示意义^[6]。经过分析涡度和散度沿112°N的纬向分布可知,本次沙尘天气过程的发生与散度、涡度的对应关系较好,4日08时,图1(a)的涡度剖面图中,47°N~52°N这个区域内1 000hPa~200hPa的涡度为一致的正涡度,有利于该区域的上升运动。图1(c)的散度场上可以看出,锡林郭勒盟北部边境及以北地区的46°N~49°N区域低空散度为负值,高空为正值,850hPa上强辐合中心位于锡林郭勒盟北部边境地区(47°N~48°N),中心值大于 $-4\times10^{-6}\text{s}^{-1}$,同时在这个区域还是一个中心为 $15\times10^{-5}\text{s}^{-1}$ 的正涡度区,有利于这个区域内的上升运动。虽在其西北的上游地区的散度虽然几乎为零,但是由于对应低层较强的正涡度,低层就为一个上升运动区,可以使上游的沙尘扬向空中,再有高空的西北气流向下游输送,是造成4日锡林郭勒盟沙尘暴天气的主要原因。

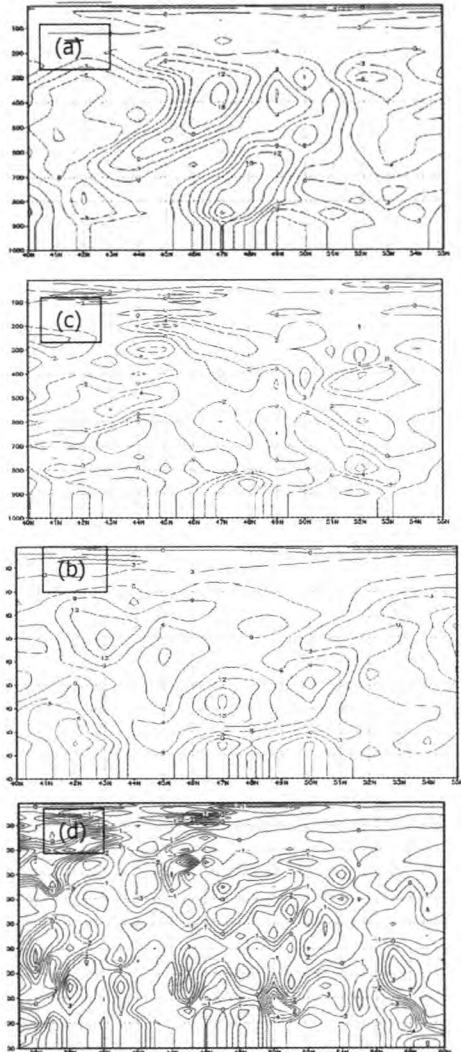


图1 2016年3月4日08时(a)(c)、20时(b)(d)沿112°N涡度和散度剖面图
散度单位 10^{-6}s^{-1} ,涡度单位 10^{-5}s^{-1}
到4日14时,正涡度中心仍然维持在48°N,强

的辐合区位于蒙古国境内(49°N~50°N),上升运动较强;20时,随着沙尘天气的东移扩散,可以在图1(b)中看出涡度中心减弱消失,图1(d)中,中心为 $-5\times10^{-6}\text{s}^{-1}$ 的辐合区位于51°N,强辐合区不再影响锡林郭勒盟,沙尘天气趋于结束。

3.2 垂直运动

垂直运动与沙尘暴的发生发展有密切的联系,上升运动的最强阶段,也对应着沙尘暴发展的最强阶段,并早于沙尘暴范围达到最大的时刻,随着上升运动的减弱,沙尘暴的强度和范围也逐渐减弱^[6]。通过分析垂直速度沿着112°N的剖面图,可以看出,4日08时,800hPa附近在44°N处有一垂直上升中心,其中心值 $<-1\text{Pa}\cdot\text{s}^{-1}$,700hPa以上为垂直速度正值区,低层辐合、高层辐散,此时锡林郭勒盟西北部边境地区出现沙尘天气;到14时,随着冷空气的南移,垂直速度 $\leq-0.6\text{Pa}\cdot\text{s}^{-1}$ 的区域南下扩展到42°N,低层的垂直上升速度仍然较快,而在700hPa~300hPa之间,41°N~44°N区域内的垂直速度正值区中心达到 $2\text{Pa}\cdot\text{s}^{-1}$,高层有较强的辐散抽吸作用,配合低层的辐合上升,为起沙提供了持续的动力条件,而且使地面和近地面层的水平风速增大,沙尘暴的强度和范围也随之扩大,锡林郭勒盟西北部地区出现沙尘天气;到20时,辐合上升运动减弱,沙尘天气趋于结束。

3.3 温度平流

温度平流可以直接引起某地大气热力结构的变化,对天气系统的发生发展及天气现象的产生起重要作用,并且对大气层结的稳定度也有影响。

定量计算了4日08、14、20时500hPa、700hPa、850hPa各层的温度平流可知(图略),3日20时,锡林郭勒盟地区500hPa上无明显的温度平流,700hPa、850hPa为较弱的暖平流,两层在锡林郭勒盟北部地区的暖平流中心强度为 $1\times10^{-4}\text{K}\cdot\text{s}^{-1}$;4日08时,沙尘暴主要位于贝加尔湖以南至内蒙古北部边境地区,在锡林郭勒盟的北部地区整层基本为暖平流控制,850hPa在锡林郭勒盟北部边境地区的暖平流有所加强,中心值 $>2\times10^{-4}\text{K}\cdot\text{s}^{-1}$,同时49°N附近存在一个的暖平流中心值 $>6\times10^{-4}\text{K}\cdot\text{s}^{-1}$ 的暖平流中心,暖平流显著增强;至14时,500hPa高空锡林郭勒盟地区转为较强冷平流控制,中心强度 $<-5\times10^{-4}\text{K}\cdot\text{s}^{-1}$,700hPa、850hPa逐渐转为冷平流,这时锡林郭勒盟的西北部地区出现沙尘天气,且沙尘天气的范围逐渐向东扩展;到20时,高层500hPa仍为冷平流强度较强,同时大值区有所南压,表明冷空气的前锋已经越过锡林郭勒盟地区,且锡林郭勒盟地区整层基本都为冷平流控制。

上述分析表明,随着高空低槽的东移并逐渐发展,所携带的冷空气随之南下,之后偏北风加大,产生较强的冷平流。另外,在低层,冷空气南下之前,暖平流加强,在冷空气影响时,强烈的冷平流导致温度剧烈下降,其过程对于沙尘天气的作用可根据气压倾向方程和 ω 方程分析知:有冷平流时地面气压会上升,有暖平流时地面气压会下降;暖平流区有上升运动,冷平流区有下沉运动。因而冷暖平流的剧烈变化不但会引起气压骤变,导致风力加大,而且能在锋面附近激发出气流的垂直运动,两者相互配合,促进了湍流的混合加强,为地面沙尘吹起上扬提供了有利条件。

4 结束语

①本次沙尘暴天气是在高空低槽不断携带冷空气发展南下,伴随地面冷锋移动而产生的。②本次过程发生在早春季节,锡林郭勒盟北部大部地区植被尚未开始生长,加上前期降水量稀少造成地面干燥,气温回升快,土质疏松,为沙尘天气提供了较好的热力与起沙条件。③强冷空气由西北路入侵我国,加之蒙古气旋的发展,配合强冷(下转第58页)

的内容主要包括灾害风险预测、灾害防治规划、气候可行性论证、灾害防御设施建设、人工干预、预防联动等活动。其中,灾害风险预测包括灾害普查、灾害区划、风险评估;灾害防治规划包括城市空间布局灾害防治、城市生态环境灾害防治、城市基础设施灾害防治;气候可行性论证包括专项规划气候可行性论证、建设项目气候可行性论证;灾害防御设施建设包括工程性设施建设、非工程性设施建设;预防联动包括灾害保险、社区防灾建设、乡村防灾建设。

3.3.3 监测预报预警子体系。当灾害来临时,及时有效的预报预警是防灾减灾的核心,运用先进的监测技术与手段,不断提高预报预警的准确率,才能提高气象灾害的防御能力,达到有效防御的目的。其中,监测预报预警子体系包括监测与预报预警两个重要的活动。监测包括监测网络系统、监测技术;预报预警包括预警信号与标志、信息发布。

3.3.4 气象灾害应急管理。一般包括应急启动与应急响应,而良好的应急减灾主要依赖于灾害来临前的应急准备,应急减灾子体系包括应急准备、应急响应与应急处置 3 个重要的活动。其中,应急准备包括应急预案、应急培训与演练、应急物资;应急响应包括响应分级、响应程序;应急处置包括救援、医疗救助、卫生防疫。

4 结束语

随着全球气候持续变暖,各类极端天气气候事件将会更加频繁,气象灾害造成的损失和影响会随之不断加重,因此,做好气象灾害防御工作对于最大限度减少灾害造成的损失、保障经济社会发展和人民安全福祉具有至关重要的意义。北京市气象灾害防御标准体系的构建,为建立国家层面的气象灾害防御标准体系做出了有益的探索,在追踪北京市气象灾害防御标准体系建设的基础上,通过总结体系运行经验,可以在适当的时候在全国气象系统进行推广运行。

【参考文献】

- [1] 辛吉武,许向春,陈明. 国外发达国家气象灾害防御机制现状及启示[J]. 中国软科学, (S1):162~171.
- [2] 张庆阳. 国外气象防灾减灾概述[J]. 气象科技合作动态,2008,(6):1~18.
- [3] 黄雁飞. 我国重大气象灾害管理体系的研究[D]. 上海:上海交通大学,2007.
- [4] 黎健. 美国的灾害应急管理及其对我国相关工作的启示[J]. 自然灾害学报,2006,15(4):33~38.
- [5] 何贻纶. 俄美两国危机管理机制比较研究及其启示[J]. 福建师范大学学报(哲学社会科学版),2006,26(3):52~58.
- [6] 吕超国. 外减灾综合能力建设的具体实践与经验借鉴[J]. 经济师,2009,(5):26~27.
- [7] 史培军. 美国减灾考察报告[J]. 1993,3(3):49~53.
- [8] 毛小荃,张故. 面向全社区的风险管理体系[J]. 应用基础与工程科学学报,2004,12(增刊):128~212.
- [9] 吴新燕. 美国社区减灾体系简介及其启示[J]. 城市与减灾,2004,(3).
- [10] 林家彬. 日本防灾减灾体系考察报告[J]. 防灾减灾,2002,(3):36~41.
- [11] 陈文涛,欧阳梅,李东方. 国外社区灾害应急模式概述[A]. 中国职业安全健康协会 2007 年学术年会论文集[C],2007.
- [12] 袁艺,文井. 日本的灾害管理(之四)防灾宣传教育和防灾支援系统[J]. 中国减灾,2005,(2):51~53.
- [13] 姚国章. 日本自然灾害预警系统建设报告[J]. 电子政务,2007,(11):66~82.
- [14] 黄官亮. 日本学校的防灾教育[J]. 中国民族教育,2008,(9):41~43.
- [15] 赵菊. 英国政府应急管理体制及其启示[J]. 军事经济研究,2006,(2):46~47.
- [16] 冯金社. 澳大利亚的灾害管理体制[J]. 中国减灾,2006,(2):46~47.
- [17] 郭跃. 大亚灾害管理的特征及其启示[J]. 重庆师范大学学报,2005,12(4):53~57.
- [18] 唐美华,译. 美国灾害研究中心概况[J]. 国际地震动态,1981,(9).

(上接第 55 页) 空气造成的密集气压梯度带,为大风的产生提供了良好的条件。④沙尘暴暴发的前后地面要素剧烈变化,且地面要素剧烈变化往往提前于沙尘暴暴发的时间,可作为沙尘暴预报中的重要参考依据。⑤沙尘暴暴发区低层辐合、高层辐散相配合,存在强的上升运动,是起沙的动力条件,而且对应沙尘暴的发展的各个阶段。⑥沙尘暴暴发之前,低层暖平流增强,在暴发时,中低层以冷平流为主。冷暖平流之间的转换使得地面气压发生变化,风力加大造成冷锋锋面附近的垂直运动增强,容易使地面的沙尘吹起上扬。

【参考文献】

- [1] 高庆先,李令军,张运刚,等. 我国春季沙尘暴研究[J]. 中国环境科学,2000,20(6):495~500.
- [2] 盛立芳,耿敏,王园香,等. 2002 年春季沙尘暴对青岛大气气溶胶的影响[J]. 环境科学研究,2003,16(5):11~13.
- [3] 姜学龔,沈建国. 内蒙古两类持续型沙尘暴的天气特征[J]. 气候与环境研究,2006,11(6):509~513.
- [4] 贺哲. 2006 年 3 月末河南一次沙尘暴天气过程的天气成因分析[J]. 气象,2012,38(8):932~942.
- [5] 武威,顾佳佳,牛淑贞. 2013 年一次沙尘暴天气成因分析[J]. 气象与环境科学,2004,37(4):71~79.
- [6] 彭燕,王钊,许新田. 西北地区一次大范围沙尘天气环流动力特征分析[J]. 中国沙漠,2009,29(4):766~772.