

包头地区沙尘暴成因简析

袁国波,彭丽娜,王建军

(包头市气象局,内蒙古包头 014030)

摘要:依据近 60 年来的沙尘暴天气资料,从强冷空气活动、高空环流背景、地面影响系统、高空急流、蒙古气旋的热力结构等方面分析了沙尘暴的形成机理,以期为建立沙尘暴的天气学概念模型,做好沙尘暴预报提供参考依据。

关键词:沙尘暴成因;冷空气活动;环流背景;影响系统;高空急流;蒙古气旋

中图分类号:P445⁺.4(226) **文献标识码:**A **文章编号:**1007—6921(2015)15—0084—02

1 强冷空气活动

沙尘暴总是与大风相联系的。风是由于空气流动而形成的,大风则是空气爆发性流动的结果。因此,大风天气(阵性大风除外)往往是与强冷空气大规模活动相联系的。所谓强冷空气,指的是造成某地最低气温在 24h 内下降幅度 $\geq 8^{\circ}\text{C}$ 的冷空气。据统计分析,沙尘暴主要发生在冬半年(11 月至翌年 5 月),在 1954 年~2013 年这 60 年间,冬半年共出现沙尘暴 156 次,每一次都与强冷空气活动相伴随;而在这期间共发生了 264 次强冷空气或动。可见,并不是每一次强冷空气活动都会产生沙尘暴,但每一次沙尘暴天气的出现都是强冷空气活动的结果。

2 高空环流背景

根据历史个例,对造成包头地区沙尘暴天气的 500hPa 形势进行分析归纳,按照高空长波槽脊的位置、强度、形状、演变趋势等特征,把大风沙尘暴天气的环流背景划分为 4 个类型,分别是高脊移动型、冷槽下滑型、横槽型和低涡旋转型。

2.1 高脊移动型

在乌拉尔山附近有一个发展加强的高压脊,脊线位于 60°E 左右,振幅 ≥ 15 个纬距,波长 ≥ 30 个经距,脊前是一支很强的西北或偏北气流带,风速 $\geq 24\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。在高脊的两侧各有一个低槽,其中上游(即高脊后)的低槽位于东欧,槽线在 40°E 左右,槽后常有冷空气从极地下滑;下游(即高脊前)的低槽位于贝加尔湖西侧(有时为闭合低涡),槽线在 95°E 左右,槽前的高脊很弱,呈现明显的“前脊弱、后脊强”形势。

在系统东移过程中,当乌拉尔山高压脊后有冷平流侵入或脊后的暖平流移到脊前槽后时,高脊向东移动,与巴尔喀什湖附近的闭合小高压叠加,高脊得到进一步加强,脊线东移到 80°E 附近,脊前的低槽也随之东移南下,槽前的弱脊被削平,冷空气大规模向东南方向爆发,侵袭中国北方大部地区,脊前槽后的西北急流直插内蒙古,形成大风沙尘暴天气。

2.2 冷槽下滑型

在乌拉尔山以东存在阻塞高压或一个稳定的高压脊,脊线位于 $60^{\circ}\text{E}\sim 70^{\circ}\text{E}$,脊顶达到 60°N 以北,脊线呈 N~S 或 NW~SE 走向。从 24h 的变化来看,脊线位置呈准静止状态,只是脊线的走向有所摆动。在高压脊前,从贝加尔湖经过蒙古到青海湖,是广阔的低槽区,低槽的纬向度十分明显(即槽的振幅不大、但波长很长)。沿着高压脊前的西北急流,不断有冷空气从极区下滑,经贝加尔湖和蒙古高原进入内蒙古,形成大风天气。这在 500hPa 天气图上往往表现为高压脊前的阶梯槽。

这一环流型与高脊移动型的最大区别就是高压脊相对稳定。也正是由于高压脊相对稳定,冷槽不断下滑,所以常造成连续 2~3 日的大风沙尘暴天气。

2.3 横槽型

在乌拉尔山以东存在一个高压脊,脊线位于 70°E 附近,脊线呈 NE~SW 走向,在高压脊前,从贝加尔湖经过蒙古西部到巴尔喀什湖,存在一个横槽。在横槽前沿着 45°N 是一条近于纬向的锋区,锋区东~西跨度 ≥ 40 经距,锋区强度 $\geq 16^{\circ}\text{C}/5$ 纬距。

当脊顶有冷空气侵入时,脊线呈逆时针转动,脊前风向由东北风转为偏北风(或西北风),这支偏北(或西北)急流将推动横槽南压(或转竖)。若横槽南压,就会推动锋区南下,横向扫过内蒙古,造成偏西大风;若横槽转竖,则会使锋区转为 NE~SW 走向,从西向东扫过内蒙古,造成西北大风。

2.4 低涡旋转型

乌拉尔山高压脊东移到西伯利亚平原,脊线位于 $70^{\circ}\text{E}\sim 80^{\circ}\text{E}$,脊线呈 N~S 或 NW~SE 走向,在高压脊前、贝加尔湖附近,存在一个大低涡。低涡多呈椭圆形,但长轴与短轴相差不大,其长轴经常呈纬向型,东~西跨度 ≥ 30 经距,低涡中心与冷中心基本重合。低涡西侧与高脊之间是一支西北急流,低涡南侧是一条近于纬向的锋区,锋区位于 42°N 附近。

收稿日期:2015—06—10

作者简介:袁国波(1962—),男,高级工程师,主要从事天气预报工作。

这一类型是上述4种类型中乌拉尔山高压脊位置最靠东的。随着冷空气的不断加强,高压脊前的西北急流推动低涡东进南压。由于低涡势力强大,所以南压幅度不大,而是以旋转东移为主。随着低涡的旋转,与低涡相伴随的横槽首先南压,推动锋区扫过内蒙古中部。这一类型主要影响阴山以北地区。

3 地面影响系统

根据历史个例,对造成包头地区沙尘暴的地面气压场形势进行分析归纳,发现造成沙尘暴的地面天气系统主要是蒙古气旋和冷锋。

3.1 蒙古气旋

蒙古气旋是指存在或产生于 $43^{\circ}\text{N} \sim 50^{\circ}\text{N}, 90^{\circ}\text{E} \sim 120^{\circ}\text{E}$ 地理范围内的低压系统,通常有一条以上闭合等压线,并有锋面配合。生成蒙古气旋的典型温压场特征是:在高空图上,位于贝加尔湖一带的高空槽呈疏散状,位势场与温度场反位相叠加,槽后冷平流清楚,槽前暖平流明显。在地面图上,与高空槽前暖平流对应的地区存在暖倒槽或热低压。

蒙古气旋生成后,其移动特点是:在旋转南压的同时向东移动。一般地,蒙古气旋在旋转南压到中蒙边境或内蒙古境内后,主要有3条移动路径,分布是东北路径、偏东路径和东南路径。

3.2 冷锋与蒙古冷高压

蒙古冷高压是指存在或产生于 $40^{\circ}\text{N} \sim 60^{\circ}\text{N}, 80^{\circ}\text{E} \sim 120^{\circ}\text{E}$ 地理范围内的高压系统,通常有两条以上闭合等压线。当蒙古冷高压发展到相当强度时,其前部边缘都有一条明显的冷锋。当冷高压南压东进时,冷锋就会扫过内蒙古,造成锋后的偏北大风天气。

冷性高压系统是冷气团在地面天气图上的表现,冷高压发展的过程就是冷空气堆积增强的过程。东亚中、高纬度地区在冬半年经常处于冷高压的影响之下。从极地南下的冷空气,通常在蒙古高原西部堆积加强,形成强大的蒙古冷高压。在适宜的流场条件下,蒙古冷高压就会以恢宏的气势南压东进,形成一次大规模的冷空气爆发活动过程,造成寒潮、大风、沙尘暴天气。

4 高空急流的作用

大风天气和高空急流有着密切关系,急流所伴随的动力学过程决定了关键区域内高空波动的演变,也决定了地面气旋和反气旋的活动。出现大风时,在 300hPa 高空图上,西风急流明显加强,急流的位置与乌拉尔山高压脊前位势梯度最大的地方相对应,急流轴上的风速 $\geq 30\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。一般来说,高空急流对大风天气的出现主要有以下几个方面的作用。

4.1 为低层大气的加速运动提供动量

高空急流是一支高速风带,蕴含着巨大的能量,并且能量主要集中在急流轴附近。当存在下传机制时,高空急流的动量就会传递到低层,使低层风速明显加大。

4.2 使低层锋区加强

在急流出口区右侧,由于有很强的负涡度平流,使地面高压迅速发展,使冷空气的形成堆积,从而使地面冷锋加强。

4.3 导致大气层结不稳定

在大风出现前,地面冷锋前是暖区,暖区的厚度可达到 850hPa 或 700hPa ,而高空急流使高层冷平流加强,这就会逐渐导致大气层结不稳定,在锋前暖区产生上升运动,在锋后冷区产生下沉运动,使锋面的斜压性增强。

5 蒙古气旋的热力不稳定性

从表象来看,大风是空气大规模爆发性水平运动的结果,但从其产生机理来看,大风过程中始终伴随着旺盛的对流运动,垂直环流对大风过程中动力和热力的上下输送起着重要作用。大风天气过程往往与蒙古气旋相伴随,而蒙古气旋的热力结构特征是造成这种对流运动的重要因素。

蒙古气旋是发展深厚的暖性低压系统,其热力结构是不对称的。气旋前部是暖性的,其后部与冷锋相邻的部分是冷性的。暖区的辐合上升运动是对流发展的前提,特别是当高空有疏散槽配合时,上升运动就会更明显;当锋面入侵时,锋前的抬升作用也是对流发展的重要机制。因此,蒙古气旋的热力特性是大风天气中对流运动最主要的动力来源。

当然,蒙古气旋在水平方向上的作用是显而易见的。蒙古气旋的热力性质使冷锋前、后具有极强的气压梯度、变压梯度和温度梯度,这都是产生大风的有利条件。

6 小结

①沙尘暴的发生是与强冷空气活动密切相关的。在蒙古高原西部集聚的冷空气,当其实力发展到足够强大之后,在适当的大气环流条件下向南爆发,是形成包头地区沙尘暴的必要条件。②从形成沙尘暴的天气学条件来看,高空环流背景以发展强盛的乌拉尔山高压脊与贝加尔湖低槽(或低涡)最为典型;地面系统则主要是发展深厚的蒙古气旋和斜压冷锋。③强盛的高空急流既为低层大风的形成提供了动量来源,同时也导致大气斜压性增强,从而使地面冷锋得到发展加强。④形成沙尘暴的大气层结状态是不稳定的,蒙古气旋不对称的热力结构特性为不稳定层结的形成提供了局地热力条件。

〔参考文献〕

- [1] 李彰俊,姜学恭,郝璐.沙尘暴形成及下垫面对其影响研究[M].北京:气象出版社,2009:74~81.
- [2] 杨德保,尚可政,王式功.沙尘暴[M].北京:气象出版社,2009:39~82.
- [3] 孟雪峰,云静波,哈斯,等.浅析内蒙古中西部一次沙尘暴预报过程[J].内蒙古气象,2007,(1):12~15.
- [4] 王川,李涛,侯建忠.西北地区一次沙尘天气的数值诊断分析[J].气象科技,2008,36(5):581~586.