

# 河套地区一次强沙尘暴天气分析

吕娜<sup>1</sup>, 高玲<sup>2</sup>

(1.内蒙古乌拉特前旗气象局, 内蒙古 西山咀镇 014400; 2.巴彦淖尔市气象局, 内蒙古 临河 015000)

**摘 要:**利用常规观测资料和 MICAPS 提供的相关资料, 对 2010 年 11 月 10 日在内蒙古巴彦淖尔市发生的大范围大风、沙尘暴天气的高、低空环流形势、物理量场、卫星云图及高空测风进行分析。分析表明: 500hPa、700hPa 高度, 40°N 附近形成高空急流区且平均风力  $\geq 28$  m/s, 冷平流不断沿着偏北气流方向河套地区输送, 高度场与温度场的交角  $\geq 45^\circ$ ; 蒙古气旋控制内蒙古大部, 低压中心  $< 1000.0$  hPa, 冷锋前后 3h 变压差  $\geq 9.0$  hPa, 平均风力  $\geq 12$  m/s; 前期降水偏少、气温高、空气干燥也是发生沙尘天气的重要条件之一; 低层辐合、高层辐散的垂直环流建立, 上升与下沉垂直速度增强, 且低层垂直速度中心值  $\geq -28 \times 10^{-3}$  hPa/s, 为大风、沙尘天气的发生提供了动力条件; 在卫星云图上, 蒙古涡旋云系前、后部的上升、下沉气流急剧加强, 是形成大风沙尘天气的必要条件; 临河单站高空测风, 沙尘暴天气发生前或发生中, 从低层到高层以西北或偏西风为主, 风力急剧增大。垂直湿度场 850hPa 以上  $T-T_d \geq 10^\circ\text{C}$ , 即干燥为主要特点之一。

**关键词:**沙尘暴; 蒙古气旋; 物理量场; 风场

中图分类号: S165

文献标识码: B

10.3969/j.issn.1007-0907.2011.05.043

文章编号: 1007-0907(2011)05-0087-03

2010 年 11 月 10 日的沙尘暴天气过程是近年来发生在巴彦淖尔市冬季较严重的一次天气过程。在内蒙古西部, 沙尘暴一般在春季出现较多, 11 月内蒙古进入初冬, 受冷暖空气交替影响, 冷空气活动频繁, 寒潮天气频发, 但发生大范围沙尘暴天气过程极少。据统计, 1998-2008 年我市共发生 13 次大范围的沙尘天气过程, 其中 11 次出现在春季 3-5 月, 只有 1 次发生在冬季 1 月。影响沙尘暴形成的主要因素包括沙源地、前期气候、地面、高空大风及垂直运动等。位于巴彦淖尔市上游的巴丹吉林沙漠和腾格里沙漠是本次沙尘天气的主要来源, 但前

期的高温少雨, 气候干燥也为沙尘天气提供了发生环境。本次沙尘暴天气过程, 我市有 7 站出现沙尘暴, 其中, 乌拉特后旗为强沙尘暴, 最小能见度仅为 80m, 瞬时最大风力为 12 级(表 1)。本文利用常规观测资料和 MICAPS 提供的相关资料, 针对 2010 年 11 月 10 日在巴彦淖尔市发生的大范围大风、沙尘暴天气, 着重从高、低空环流形势、物理量特征、卫星云图及高空风场进行详细分析, 从中找出其发生的一般规律和成因, 为今后沙尘暴天气提供预报着眼点。

表 1 全市各站 2010 年 11 月 10 日 08:00 时至 11 日 08:00 时天气实况

| 站点          | 临河   | 磴口   | 杭后   | 五原   | 前旗   | 大余太  | 中旗   | 后旗   | 海力素  |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 天气现象        | 沙尘暴  | 沙尘暴  | 沙尘暴  | 扬沙   | 扬沙   | 沙尘暴  | 沙尘暴  | 强沙尘暴 | 强沙尘暴 |
| 最大瞬时风速(m/s) | 20.1 | 23.5 | 24.7 | 16.9 | 17.8 | 18.4 | 17.5 | 34.5 | 25.0 |
| 能见度(m)      | 600  | 300  | 700  |      |      |      | 600  | 80   | 100  |

## 1 高低空形势场分析

### 1.1 500hPa 形势场分析

7-8 日 500hPa, 亚欧大陆中高纬度处于两槽一脊的径向环流, 两槽分别位于巴尔喀什湖和东北地区, 高压脊位于蒙古大部, 河套地区处于槽后脊前西北气流影响, 风力在 16~24m/s, 温度场与高度场形势基本配合, 但套区至上游的大部地区  $T-T_d$  在  $15^\circ\text{C}$  以上, 高空呈现出风大干燥的态势。9 日 08:00 时巴尔喀什湖北部的高空槽在东移的过程中由于不断有冷空气补充亦加强, 槽前的锋区增加为 4 根等温线, 其前沿已进入新疆北部, 由于有分裂小槽进入蒙古南部, 致使蒙古高压脊削弱, 套区及上游基本在高空西北气流的控制之下, 风力明显增大, 最大风力达 36m/s, 20:00 时空槽带动冷平流东移至新疆东部, 10 日 08:00 时套区处于槽前偏西气流控制, 在  $40^\circ\text{N}$  上下形成高空急流且平均风力达 32~40m/s, 温度场与高度场交角呈  $45^\circ$  以上, 锋区前沿已进入河套北部(图 1)。此时, 由于受高空槽和冷平流的共同影响, 河套北部地区已经开始出现大风和沙尘天气。

### 1.2 700hPa 形势场分析

从 700hPa 形势场分析, 7-8 日巴尔喀什湖西北部的高空槽

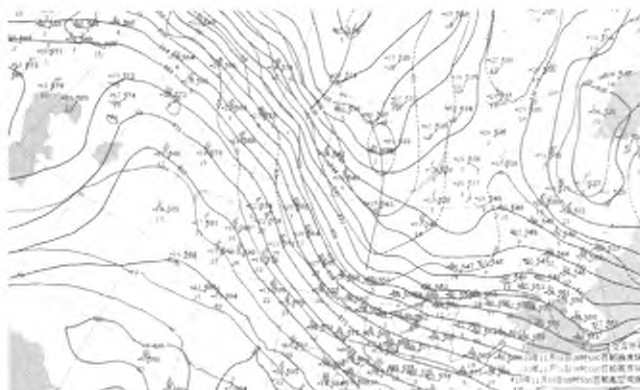


图 1 11 月 10 日 08:00 时 500hPa

逐渐向东移动, 由于高空槽前的冷平流不断向蒙古西部输送, 致使蒙古高压脊逐渐减弱, 河套及上游大部地区在高空西北气流的控制下, 风力增加达 16~24m/s,  $T-T_d$  在  $15^\circ\text{C}$  以上, 气层非常干燥。同时东亚大槽东移减弱。9 日 08:00 时, 不断有小槽从巴尔喀什湖西北部的高空槽中分裂东移, 使得蒙古高压脊逐渐北抬减弱, 河套的北部地区基本在西北气流的影响之下, 风力增大

到 20m/s 以上。10 日 08:00 时,位于巴尔喀什湖北部的槽形成闭合中心滞留在西伯利亚,其分裂出来的高空槽东移加深开始影响河套北部,冷平流直泄东南下至河套地区,此时,高度场与温度场的交角达  $90^\circ$ ,蒙古西部偏北气流加强,冷平流继续沿着偏北气流向河套地区输送,至此 700hPa 与 500hPa 的高空形势场对应,在  $40^\circ\text{N}$  附近形成高空急流区,由于动量下传作用,对大风和沙尘的发生产生了重要影响(图 2)。

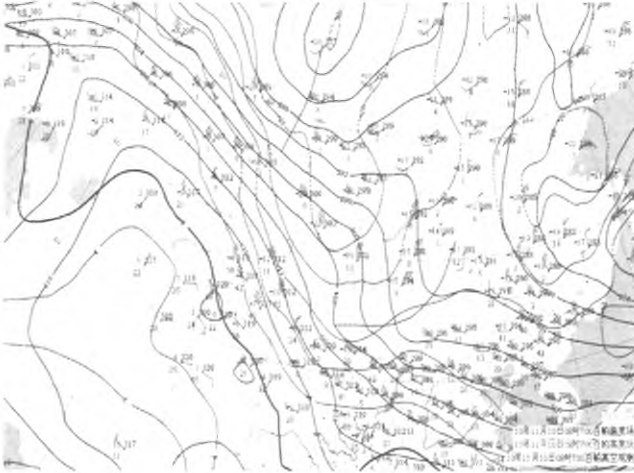


图 2 11 月 10 日 08:00 时 700hPa

### 1.3 地面形势场分析

9 日 08:00 时中心位于  $44^\circ\text{N}$ 、 $110^\circ\text{E}$  的蒙古气旋不断加强,于此同时,在其西北部  $46^\circ\text{N}$ 、 $100^\circ\text{E}$  地面高压也形成,河套地区位于蒙古气旋的底部,中高云系逐渐增多,风力在  $4\sim 8\text{m/s}$ 。9 日 20:00 时,蒙古气旋继续东移南压,位于贝加尔湖的一带的冷锋面基本形成,但强度较弱。10 日 08:00 时,冷锋面东移南压至中蒙边界一带,河套处于冷锋前部,风力明显增大至  $8\sim 12\text{m/s}$ ,在冷锋后部即蒙古中部开始出现大风、沙尘天气并伴有降水。10 日 14:00 时,蒙古气旋逐渐东移,其后部的冷高压亦东移加强。此时,河套地区处于气旋后部冷锋前部,风力增大至  $12\sim 16\text{m/s}$ ,地面锋后 3h 变压为  $+4.2\text{hPa}$ ,锋前为  $-5.1\text{hPa}$ ,3h 变压差达  $9.3\text{hPa}$ ,这些因素加剧了蒙古气旋的发展,由于前后的气压变差大,气压梯度必然加大,产生了较强的地面大风,河套地区同时伴随产生沙尘暴或扬沙天气(图 3)。从冷锋面动态分析(图

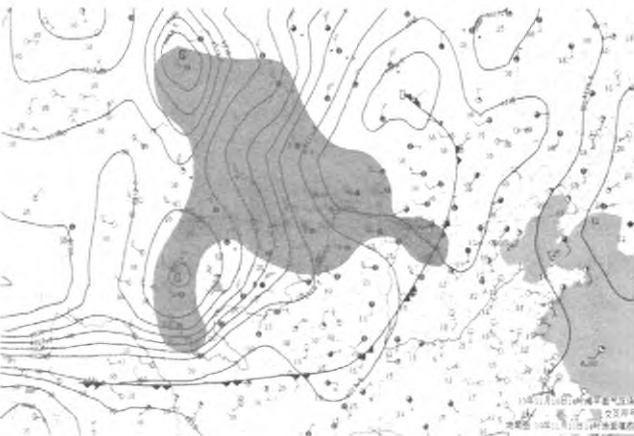


图 3 11 月 10 日 14:00 时地面

4),9 日 08:00 时到 10 日 08:00 时,冷锋面是向东南移动,10 日 08:00 时到 10 日 20:00 时,冷锋面压南为主,且移动速度加快。20:00 时以后蒙古气旋中心主体东移,套区大风、沙尘天气逐渐减弱直至结束。



图 4 11 月 9-10 日 20:00 时地面冷锋动态

## 2 物理量场分析

### 2.1 垂直速度对沙尘暴的贡献

9 日 08:00 时在  $108\sim 111^\circ\text{E}$ 、 $650\sim 850\text{hPa}$  和  $400\text{hPa}$  以上有两个垂直速度大值区域,其中心强度分别为  $-20\times 10^{-3}\text{hPa/s}$  和  $-28\times 10^{-3}\text{hPa/s}$ ,10 日 08:00 时上下两层垂直速度大值区域合并,两中心强度分别增大为  $-28\times 10^{-3}\text{hPa/s}$  和  $-30\times 10^{-3}\text{hPa/s}$ ,10 日 20:00 时中心强度合二为一,中心位于  $108.5^\circ\text{E}$ 、 $700\text{hPa}$ ,继续增大为  $-45\times 10^{-3}\text{hPa/s}$ ,其垂直上升速度大值区域高度达到  $350\text{hPa}$ ,纬向影响范围在  $107\sim 113^\circ\text{E}$  达 7 个纬度(图 5)。整个河套地区基本位于其中。尤其是 10 日 08:00-20:00 时这个时段,由于垂直上升速度的快速加强,导致下沉速度亦加强,对河套大部地区出现的大范围沙尘暴天气起到了关键的作用。

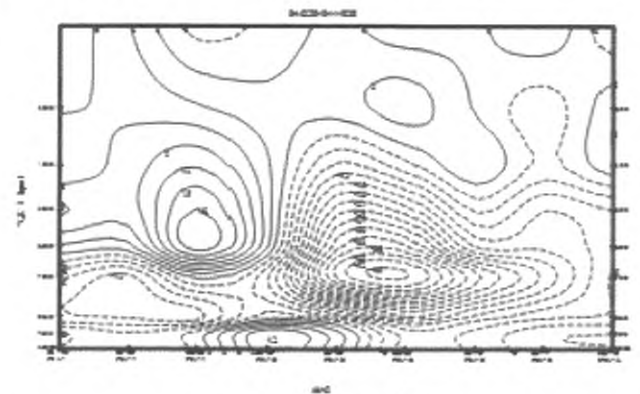


图 5 11 月 10 日 20:00 时垂直速度

### 2.2 涡度与散度场相互配合

11 月 10 日 08:00 时,  $108^\circ\text{E}$ 、 $500\text{hPa}$  高度,涡度中心值为  $-6\times 10^{-5}\text{s}^{-1}$ ,散度中心值为  $12\times 10^{-5}\text{s}^{-1}$ ;10 日 20:00 时,涡度中心值增大为  $0.5\times 10^{-5}\text{s}^{-1}$ ,散度中心值降低为  $-24\times 10^{-5}\text{s}^{-1}$ ;说明,沙尘暴爆发前后,水平涡度及散度极大值中心经历了由弱到强的变化特征,表明高空涡度的变化与地面辐合的相互作用和影响,低层辐合、高层辐散垂直环流已经具备,为大风、沙尘天气的发生提供了动力条件。

### 3 卫星云图变化特征

11月9日08:00时,在冷空气爆发前,在蒙古西部冷锋云系开始发展,至10日08:00时,冷锋云系逐渐东移南压,前缘参差不齐极不均匀,10日14:00时可见光云图分析(图6),冷锋云系发展为强大的涡旋云系,从14:00时云图及水汽图像中可以看出(图7),涡旋中心前部垂直上升气流急剧加强,而涡旋后部的下沉气流也明显加强,涡旋晴空区域非常的干燥,由于涡旋云系前后存在巨大的温度差,因此,晴空区附近形成很大的温度梯度。又由于不稳定区内的风的垂直切变及地面冷锋强大的动力作用,可将大量的沙尘卷挟于空中,为沙尘的进一步扩散起到了积极作用。

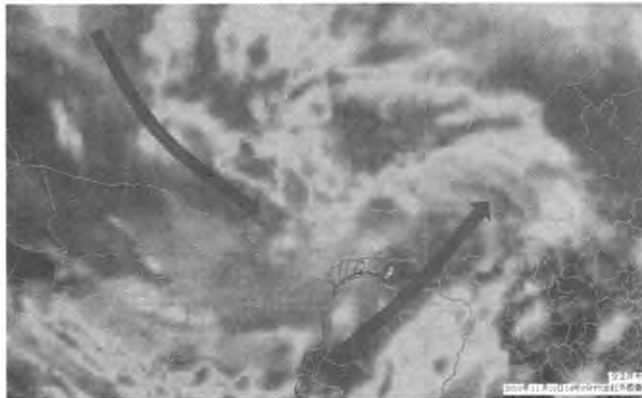


图6 11月10日14:00时红外云

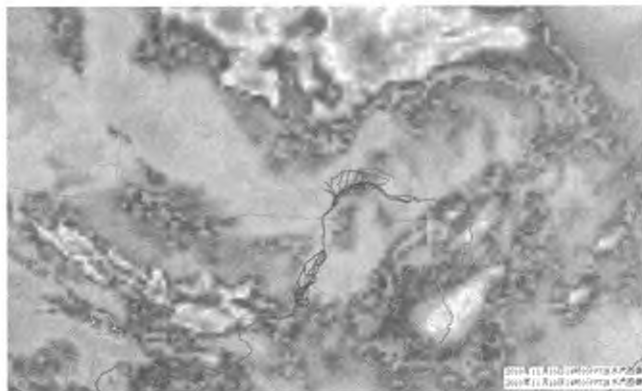


图7 11月10日14:00时水汽图像

### 4 单站资料分析

从临河单站高空测风时间剖面图中分析(图8),8日高空风由低到高的在10~28m/s,整层为西北风,9日08:00时风力明显增大至14~52m/s,尤其在150~500 hPa高度上风力在32m/s以上,对应地面套区北部风力为8m/s左右,但是至20:00时,高空风(上接56页)单”的占12.16%(9/74),多数学生认为考试难度一般,说明本次考卷试题难度适中,这为今后兽医寄生虫学“实践考试”试卷难度提供了借鉴。

在问卷中征求学生对兽医寄生虫学实验的建议,多数同学建议要积极进行教学改革,尽量多开实验课,多给学生创造动手机会。要多让学生上讲台,从客体变为主体,对已具备一定知识和实践能力的本科生来说,这种主体和客体在课堂上互相转化是能够实现的。有的学生在建议中指出,要多让学生走上讲台,多进行师生互动交流,这样不仅有利于提高学生的实践和创新能力,还有助于锻炼学生的语言表达、沟通交往能力,提高学生

又明显减小到10~22m/s,12h后即10日08:00时,从低层到高层风力又急剧增大,低层为16~24m/s,中层为24~32m/s,高层达34~42m/s,且整层以偏西风为主,此时,套区北部已开始出现沙尘天气。从8~10日的垂直温度场分析(红线),850~300 hPa温度比较平稳,300hPa以上,温度起伏明显,出现温度低中心;从垂直湿度场分析,850hPa高度 $T-T_d \geq 10^\circ\text{C}$ ,700hPa以上均在 $20^\circ\text{C}$ 以上,说明临河上空整层非常干燥,加之风大,极有利于产生沙尘天气或将沙尘扬起。

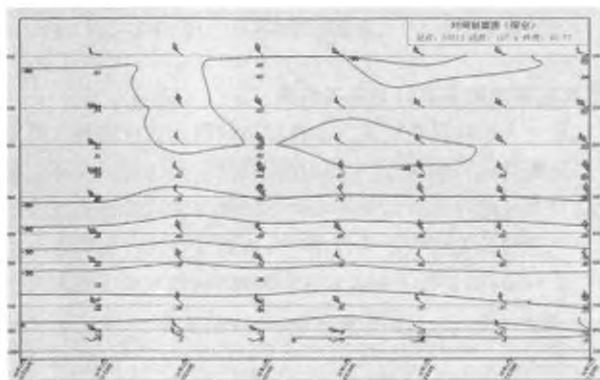


图8 11月7-10日临河站高空测风时间变化

### 5 结论

500hPa、700hPa高度,河套短期以北 $40^\circ\text{N}$ 附近形成高空急流区且平均风力 $\geq 28\text{ m/s}$ ,冷平流不断沿着偏北气流向河套地区输送,高度场与温度场的交角 $\geq 45^\circ$ ;蒙古气旋控制内蒙古大部,低压中心 $< 1000.0\text{ hPa}$ ,冷锋前后3h变压差 $\geq 9.0\text{ hPa}$ ,平均风力 $\geq 12\text{ m/s}$ ;前期降水偏少、气温高、空气干燥也是发生沙尘天气的重要条件之一;低层辐合、高层辐散的垂直环流建立,上升与下沉垂直速度增强,且低层垂直速度中心值 $\geq -28 \times 10^{-3}\text{ hPa/s}$ ,为大风、沙尘天气的发生提供了动力条件;在卫星云图上,蒙古涡旋云系前、后部的上升、下沉气流急剧加强,是形成大风沙尘天气的必要条件;临河单站高空测风,沙尘暴天气发生前或发生中,从低层到高层以西北或偏西风为主,风力急剧增大。垂直湿度场850hPa以上 $T-T_d \geq 10^\circ\text{C}$ ,即干燥为主要特点之一。

### 参考文献:

- [1] 李章俊,姜学恭,郝 璐,等.沙尘暴形成及下垫面对其影响研究[M].北京:气象出版社,2009.
- [2] 王 炯.内蒙古自治区天气预报手册[M].北京:气象出版社,1987.

(责任编辑 侯旭光)

的综合素质,故其实验教学模式值得推广应用。

### 参考文献:

- [1] 郭定宗,李家奎,周东海,等.动物医学专业临床实验课程的改革与实践[J].华中农业大学学报(社会科学版),2007,(1):129-132.
- [2] 陈金山,张智勇,吴玉苹,等.兽医临床课实践教学方法的研究与实践[J].河南职业技术学院学报(职业教育版),2006,(1):125-126.
- [3] 杨毅梅,申丽洁,李 伟,等.寄生虫学实验教学模式改革与实践[J].中国热带医学,2005,5(3):658.
- [4] 朱名胜,耿家荣.医学专业寄生虫学实验教学改革与研究[J].山西医科大学学报(基础医学教育版),2005,7(3):287-288.

(责任编辑 吴云霞)