

文章编号:1000-694X(2008)03-0537-07

# 内蒙古中西部地面感热通量影响沙尘暴的观测分析

李彰俊<sup>1,2</sup>, 孙照渤<sup>1</sup>, 姜学恭<sup>3</sup>, 马瑞芳<sup>2</sup>

(1. 南京信息工程大学大气科学学院, 江苏 南京 210044; 2. 内蒙古自治区气象局, 内蒙古 呼和浩特 010051; 3. 内蒙古自治区气象台, 内蒙古 呼和浩特 010051)

**摘 要:** 利用内蒙古中西部不同地表类型的16个测站2005—2006年3—5月逐小时地面观测资料和逐日沙尘暴资料, 计算了地面感热通量、地面位温并分析它们与沙尘暴的关系, 结果发现: 在内蒙古中西部春季地面感热通量表现为净加热, 且沙尘暴发生次数多的年份净地面感热加热强度反而较小。在沙尘暴发生前, 沙漠区和高平原区地面感热通量达到最大, 而丘陵和平原地区反而开始降低。对于沙尘暴发生前12 h累积的地面感热加热强度及导致的地面位温上升幅度, 高平原和丘陵平原区要强于沙漠区。但相对而言, 沙漠和高平原地区地面感热加热影响沙尘暴的“效率”更高。

**关键词:** 沙尘暴; 地面感热通量; 内蒙古中西部; 观测分析

**中图分类号:** P423

**文献标识码:** A

沙尘暴是一种密切联系着大气圈和岩石圈的复杂天气过程, 下垫面对沙尘暴的发生具有重要的影响。这种影响通常可以表现为两种方式: ①沙尘暴发生的物质基础—沙源是由下垫面提供的, 一些主要的下垫面因子, 如土地利用、土壤类型、土壤颗粒物组成、地形地貌、植被类型和覆盖度、土壤水分等都对起沙具有重要影响<sup>[1-5]</sup>; ②下垫面能够为沙尘暴发生、发展提供巨大的能量。不同于降水等其他发生在整个对流层中的天气过程, 沙尘暴主要发生在行星边界层中, 因此, 下垫面和大气之间的物质和能量交换过程对于沙尘暴的发生、发展具有更为重要的意义, 而这一能量交换过程的重要部分就通过地面热通量实现。

对于地面热通量与沙尘暴的关系, 王劲松等利用NCEP再分析资料研究了我国北方典型沙尘暴过程中的地面感热加热、潜热加热分布特征, 得出, 沙尘暴多发区域西北地区东部(包括内蒙古中西部)表现为以感热加热为主, 华北地区北部感热和潜热加热接近; 但沙尘暴受这一因素的影响相对较小<sup>[6-7]</sup>。钟海玲等研究了近50 a我国北方沙尘暴的发生规律, 表明从气候角度来看, 我国北方沙尘暴频数与青藏高原冬季地面感热的异常密切相关<sup>[8]</sup>。孙军等利用中尺度模式MM5模拟研究了沙尘暴的发生、发展过程, 得出: 沙尘暴过程是冷锋在移至我国西北地区时产生的一种强烈锋生过程; 地表感热通量明显大于地表潜热

通量; 有无地面热通量对比试验表明, 热力因子在沙尘暴产生过程中具有重要作用<sup>[9]</sup>。肖贤俊, 刘还珠等使用沙尘暴预报模式的输出资料, 对2002年3月19—21日的特强沙尘暴过程进行了动力诊断分析, 结果表明, 该次沙尘暴过程中近地面风速的垂直切变和地面热通量的加大, 都可使边界层湍流加强扬起地面沙尘, 而地面锋区附近风场的强水平切变, 锋面垂直环流及锋后斜压转换的作用, 将地面卷起的沙尘带到高空, 引发强沙尘暴<sup>[10]</sup>。可见, 地面热通量对于地面起沙以及沙尘暴天气系统的发生、发展都具有非常重要的影响, 同时, 在我国北方地区地面热通量往往主要表现为地面感热通量。但是, 需要指出, 这些研究使用的资料或者是再分析资料, 或者是数值模拟结果, 而利用实时观测资料研究沙尘暴过程中的地面热通量特点的还不是很多。因此, 本文将对2005—2006年发生在内蒙古中西部地区的沙尘暴过程, 利用地面观测资料通过计算地面感热通量、地面位温等, 分析在这些沙尘暴过程中地面感热通量与沙尘暴发生、发展的关系。

## 1 站点和资料

内蒙古中西部是我国沙尘暴的一个重要沙尘源地, 具有复杂的地形、地貌和地表类型, 既有沙漠、沙地、荒漠化草原, 也包括丘陵、山地、高原、平原等。这些地区不仅能够为沙尘暴过程提供不同强度的起

收稿日期: 2007-10-31; 改回日期: 2007-12-14

基金项目: 国家自然科学基金项目(40565003)资助

作者简介: 李彰俊(1959—), 男, 内蒙古呼和浩特人, 博士生, 高级工程师, 主要从事大气科学及沙尘暴研究。

沙从而对形成和途经该地的沙尘暴产生影响,同时,由于下垫面条件的差异,其产生的地面热通量也能够对大气产生不同程度的加热效应,从而影响沙尘暴的强度和演变。为了深入分析内蒙古中西部不同下垫面的这种加热效应,根据内蒙古中西部地形、地貌特点分为沙漠沙地、高平原、丘陵、平原四种类型,共 16 个测站来分析它们的地面热通量特点及与沙尘暴的关系,具体分类见表 1。

表 1 研究采用的站点及下垫面类型  
Table 1 The stations and their surface types  
in the area for study

类型	站名	位置	地表类型
沙漠边缘和沙地	拐子湖	巴丹吉林沙漠北部边缘	荒漠化地区
	乌兰太	乌兰布和沙漠西部边缘	
	乌海乌	兰布和沙漠东部边缘	
	杭锦旗	库布其沙漠南部	
高平原	二连浩特	锡林郭勒高原西部	荒漠草原
	朱日和	锡林郭勒高原西部	
	苏尼特左旗	锡林郭勒高原中部	
	达茂联合旗	巴彦淖尔高原东部	
丘陵	武川	阴山北麓丘陵盆地	耕地和稀疏植被
	和林格尔	和林格尔-准格尔丘陵区	
	清水河	和林格尔-准格尔丘陵区	
	准格尔旗	和林格尔-准格尔丘陵区	
平原	临河	后套平原南部	耕地和稀疏植被
	呼和浩特	土默特平原东北部	
	土默特左旗	土默特平原北部	
	凉城	察哈尔熔岩台地 与盆地西南部	

图 1 为内蒙古中西部 16 个观测站的地理分布,研究采用的资料为 2005—2006 年 3—5 月逐时地面观测资料(温度、气压、露点温度、风向、风速等),以及 2005—2006 年 3—5 月沙尘暴资料,包括发生日期及出现时间。

2 计算方法

由于在我国北方沙尘暴过程中内蒙古中西部地区的地面感热通量明显大于地面潜热通量<sup>[6-7,9]</sup>,另外,通过计算发现内蒙古中西部沙尘暴过程中地面潜热通量仅相当于地面感热通量的约 1/20(内蒙古中西部沙尘暴发生的一个重要条件是地面异常干燥,因此地面潜热通量较小),因此,主要考虑了地面感热通量及地面位温,计算公式如下<sup>[11]</sup>:

地面感热通量:  
$$F_H = C_p \rho_a C_d |V_a| (T_w - T_a) \tag{1}$$

式中: $C_p$  为定压比热; $V$  为地面风速; $\rho_a$  为地面空气密度; $C_d$  为无量纲交换系数; $T_w$ 、 $T_a$  分别为地表温度和地面气温,不考虑  $C_d$  随风速的变化,上式可简化为:

$$F_H = 1.72 |V| (T_w - T_a) \tag{2}$$

地面位温:  
$$\theta = T(1000/P)^{K_d} \tag{3}$$

式中: $T$  为地面气温; $P$  为地面气压; $K_d = R_d/C_{pd}$  为常数。

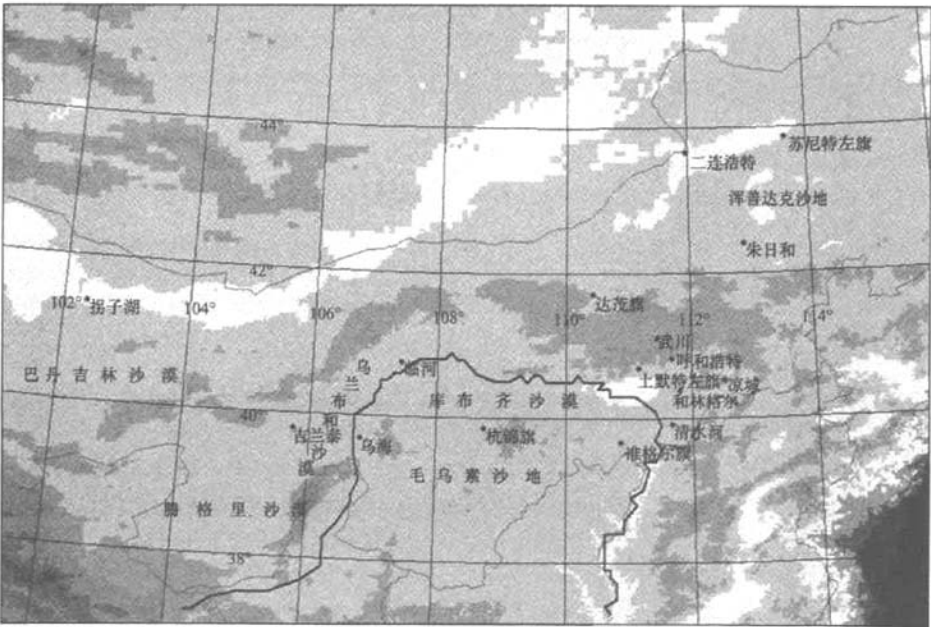


图 1 研究采用的 16 个观测站点地理分布

Fig. 1 The geographical position and characteristic of the 16 stations for study

### 3 结果分析

#### 3.1 内蒙古中西部地面感热通量特征

图2为2005—2006年内蒙古中西部16站日平均的地面感热通量,图中,从左到右分别为沙漠区、高原地区、丘陵地区和平原地区。计算方法为计算3—5月逐小时地面感热通量,然后进行平均。图中可以看到,上述测站3—5月总的地面感热通量为正值,表明是净加热,即地面接收太阳辐射并向大气

进行净感热输送。由于地面感热通量存在日变化,即白天加热大气,夜间冷却大气,故上述结果说明在内蒙古中西部3—5月白天地面加热要明显大于夜间冷却。从其强度分布来看,上述测站总的地面感热通量在 $30\sim 50\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ 之间,其中,沙漠区和高原地区较大,为 $40\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ 左右,而丘陵和平原地区不足 $30\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ 。地面感热通量最大值为位于高原苏尼特左旗,最小值为位于丘陵地区的和林格尔。从2005年和2006年对比来看,它们大致强度相当,有10个测站2005年加热强度大于2006年,

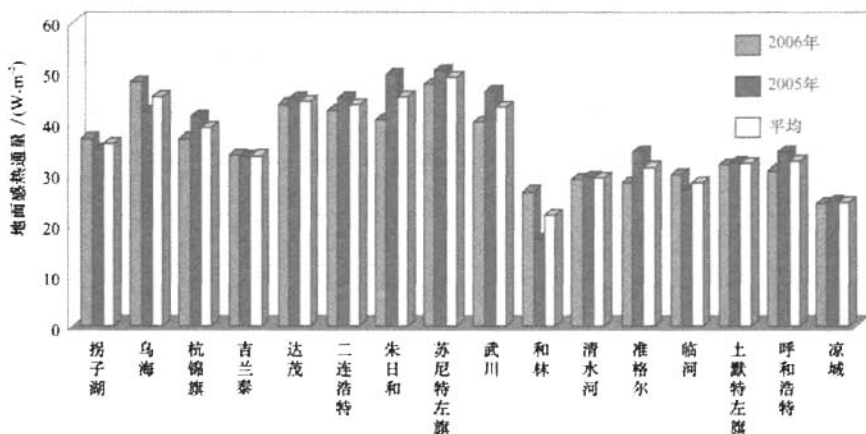


图2 内蒙古中西部2005年和2006年平均地面感热通量分布

Fig. 2 The average surface sensible heating flux in mid-western Inner Mongolia in 2005 and 2006

和林、乌海2006年强于2005年。

地面感热通量的强度与土地利用、土壤结构和组成、植被覆盖、地形等诸多因素有关,沙漠、沙地等荒漠化地面感热通量较大是显而易见的。沙漠地区多为沙质地表,植被覆盖率低,土壤水分含量较低,接收太阳辐射升温较快,因而地面感热通量较大。而丘陵和平原地区,多为耕地类的土质地表,3—5月开始有农作物及其他植物生长,植被覆盖高于沙漠地区,因此地面感热通量较小。而高原地区地面感热通量不仅较大,而且略强于沙漠地区,似乎有些意外。然而,高原地区四个测站所处位置为荒漠化草原区,近些年由于过渡放牧等导致草原退化明显,而朱日和、苏尼特左旗更是位于浑善达克沙地边缘(浑善达克沙地发展迅速,已经成为影响华北地区沙尘暴的一个重要的沙尘源地),二连浩特和达茂联合旗则位于蒙古南部沙漠边缘,因此,该地区的下垫面状况与沙漠区是比较接近的。另外,由于高原区海拔较高、地势平坦,因此该地区的地面大风日数远大于其他地区包括沙漠区(如二连浩特年平均大风日数为70 d左右,而拐子湖为30 d左右)。而从

公式(1)可以看到,地面感热通量大小与地面风速呈正比。因此,高原地区地面风速相对较大也是该地区地面感热通量较强的原因之一。

#### 3.2 地面感热通量与沙尘暴的关系

图3为2005年和2006年各站沙尘暴出现次数。可以看到,沙尘暴出现次数最多的是高原地区,其次为沙漠区,之后是丘陵地区,平原地区最少。高原和沙漠地区的总次数远大于丘陵和平原地区,这是与上面地面感热通量的结果一致的。各站的分布来看,苏尼特左旗出现次数最多,两年共发生沙尘暴40次,其次为拐子湖,34次。土默特左旗最少,未发生沙尘暴。从2005年和2006年的对比来看,各站2006年沙尘暴次数均多于2005年。

高原区和沙漠区沙尘暴次数明显大于其他地区,而地面感热通量也表现为这一特征,说明地面感热通量能够对沙尘暴发生次数产生积极的影响。但其中地面感热通量差异明显小于沙尘暴次数的差异,表明地面感热通量不是影响沙尘暴的惟一因素。进一步对比高原区和沙漠区,可以看到高原区

沙尘暴总次数明显多于沙漠区,而两地区的地面感热通量差异并不明显,这进一步说明高平原区较多的地面大风日数是导致沙尘暴次数偏多的重要原因。

从图3还可以看到,在沙漠区,从西到东即从拐子湖到乌海、杭锦旗、吉兰太沙尘暴发生次数递减,而继续向东在高平原地区,从西向东从达茂联合旗到二连浩特、朱日和、苏尼特左旗沙尘暴次数递增。这一结果反映了拐子湖和苏尼特左旗是内蒙古中西部沙尘暴的两个中心。这与内蒙古中西部沙尘暴长期统计结果是一致的。多数研究表明拐子湖是内蒙古中西部沙尘暴的中心,发生次数远多于其他地区<sup>[12]</sup>。而利用近几年沙尘暴资料统计的结果显示,苏尼特左旗沙尘暴发生次数逐渐增多,已经成为内蒙古沙尘暴的另外一个中心。产生这一现象的部分原因是局地生态环境恶化的结果,另外,气候原因如蒙古气旋频繁发生对冷空气移动路径的影响等也是

原因之一。

对比2005年与2006年,可以发现多数测站(10个测站)2005年地面感热通量强于2006年,而沙尘暴发生次数却刚好相反,2006年明显多于2005年,似乎表明沙尘暴发生与地面加热强度出现反相关。其实不然,这是由于在沙尘暴发生之前和之后,地面加热与沙尘暴的相互关系存在一定的差异。在沙尘暴发生前,由于地面加热导致的热力不稳定有利于上升运动增强形成旺盛的干对流,因此对沙尘暴具有正面的影响。而当沙尘暴形成之后,大气中的沙尘气溶胶将吸收太阳短波辐射,因此到达地面的太阳短波辐射量将减小,从而导致地面加热强度减小。沙尘气溶胶对大气总的辐射强迫效应是使冷却大气已经是一个公认的事实,这也是沙尘气溶胶气候强迫效应的一个主要机制<sup>[13]</sup>。因此,当沙尘暴发生次数较多时地面感热通量较小,但这并不能否定地面加热对沙尘暴的贡献。

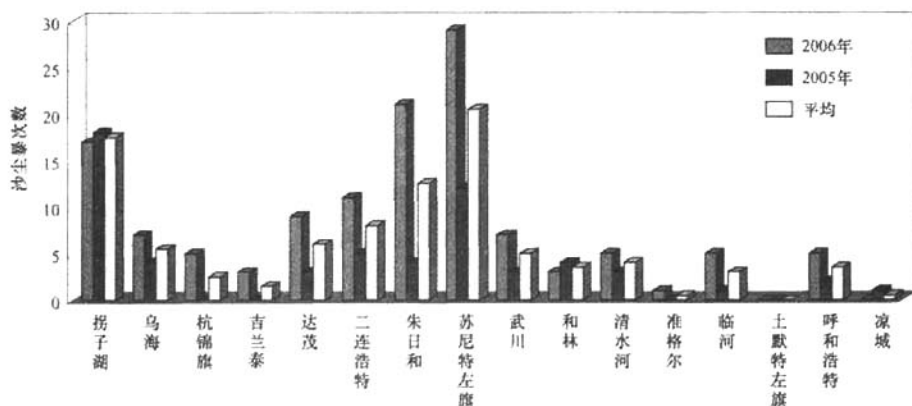


图3 内蒙古中西部2005年和2006年沙尘暴发生次数

Fig. 3 Sand-dust storm frequency in mid-western Inner Mongolia in 2005 and 2006

### 3.3 地面感热通量的时间演变特点

由于地面加热对沙尘暴的影响主要表现在沙尘暴发生之前,因此,有必要对沙尘暴发生前的地面感热通量特征进行分析。由于地面加热具有很强的日变化,如果沙尘暴个例太少,统计结果将受到偶然因素(即个别沙尘暴发生时间)的较大影响,从而削弱统计结果的代表性,因而必须保证一定的统计样本数量。从图3可以看出,拐子湖和苏尼特左旗沙尘暴发生次数较多,2005—2006年共达到34次和40次,基本满足样本要求。而在丘陵和平原地区,沙尘暴发生次数较少,为了增加样本长度,同时这两个区域地面热通量特点较为相似,因此,下文将这7个测

站(去掉未发生沙尘暴的土默特左旗)合并作为一类,与拐子湖和苏尼特左旗进行对比分析。

图4为拐子湖、苏尼特左旗及丘陵高平原区2005—2006年平均的沙尘暴发生前12 h地面感热通量演变。可以看到,拐子湖在沙尘暴发生前12—7 h地面感热通量很弱,为 $0 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 左右,之后到沙尘暴发生地面感热通量快速增强,并在沙尘暴发生时达到最大值(近 $140 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 左右)。而苏尼特左旗从沙尘暴发生前12 h到沙尘暴发生地面感热通量表现为持续的单调增强,从 $0 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 增强至近 $120 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ ,略小于拐子湖。而丘陵和平原地区在沙尘暴发生前12—10 h地面加热为负值,之后到沙尘暴发生前4 h逐渐增强,并达到最大值(近

$160 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ ), 从沙尘暴前 4 h 到沙尘暴发生地面加热反而逐渐减小, 在沙尘暴发生前已经降到较低水平。可见, 三种不同类型地表的地面感热通量表现出不同的特点。

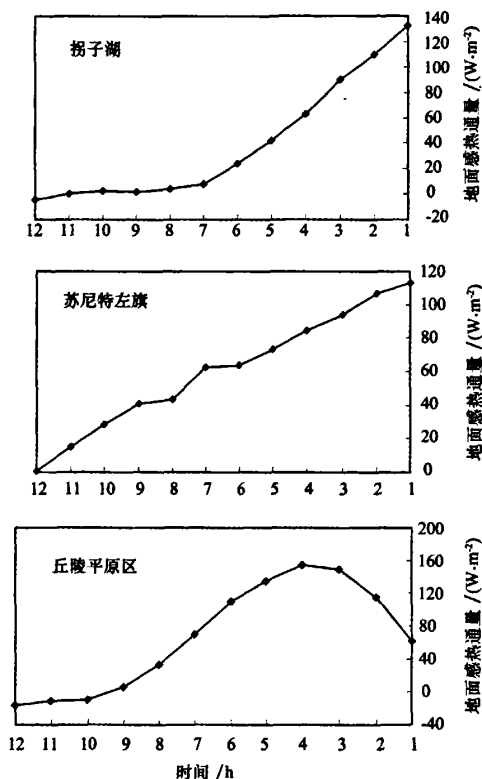


图4 拐子湖、苏尼特左旗及丘陵平原区沙尘暴发生前 12 h 地面感热通量演变

Fig. 4 Change of surface sensible heating flux within 12 hours before sand-dust storm occurrence in Guazihu, Sunitezuoqi station and hill and plain areas

地面加热对天气系统乃至沙尘暴的影响需要通过改变大气状态来进一步实现, 而这一改变最根本的体现是位温的变化。图 5 为拐子湖、苏尼特左旗及丘陵平原区沙尘暴前 12 h 地面位温的演变, 可以看到位温与地面感热通量具有大致相同的演变特征。在苏尼特左旗地面位温变化表现出与地面感热通量相似的单调增加; 而丘陵和平原区位温开始为逐渐增加, 到沙尘暴前 3 h 达到最高, 之后又缓慢下降, 也与其地面感热通量的演变相同; 而拐子湖从沙尘暴发生前 12 h 到 9 h, 地面位温减小, 与地面感热通量维持不变的特点稍有差异, 之后, 地面位温缓慢增高, 并在沙尘暴发生时达到最大, 与地面感热通量的变化相同。说明地面感热通量是地面位温变化的

关键因素。

进一步考虑位温变化幅度, 拐子湖、苏尼特左旗和丘陵和平原区从位温最小值到沙尘暴发生前的变化分别为 3 K、6 K 和 6.5 K。而通过图 4 可以看到, 拐子湖、苏尼特左旗和丘陵和平原区沙尘暴发生前 12 h 到沙尘暴发生累积的地面感热通量分别为  $471 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ ,  $727 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ ,  $793 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ , 分别与它们位温的变化幅度是吻合的。可见, 12 h 累积的地面感热通量基本上能够反映其地面位温的变化。由于没有逐小时的高空资料, 因此这里不能给出准确的大气层结状况变化。但是, 由于地面感热通量对大气的影 响是自下而上的, 因此, 对于由地面加热导致的位温变化, 则地面位温的变化幅度一定是大于其上方大气的位温变化, 因此, 地面加热的影响将导致大气层结稳定度的降低, 而降低的幅度是在高原区和丘陵平原区要强于沙漠区。

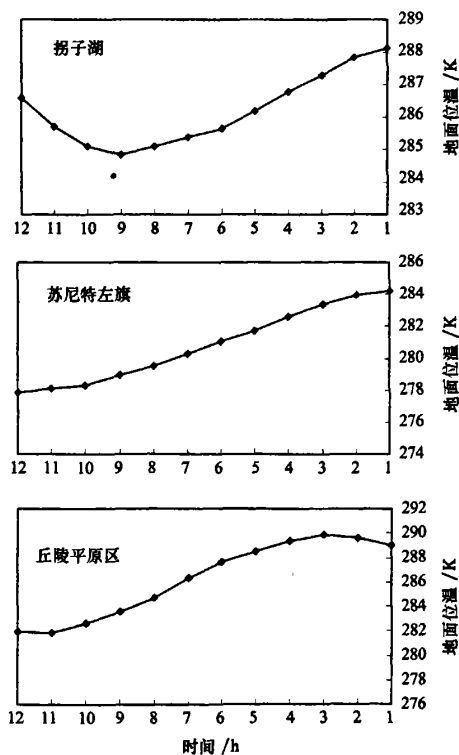


图5 拐子湖、苏尼特左旗和丘陵和平原区沙尘暴发生前 12 h 平均的地面位温演变

Fig. 5 Change of surface potential temperature within 12 hours before sand-dust storm occurrence in Guazihu, Sunitezuoqi station and hill and plain areas

上述统计结果表明, 就地面感热通量的强度及其导致的地面位温升高的幅度来看, 在高原区和

丘陵平原区是强于沙漠区的,这很大程度是由于地面加热时间的长短决定的。由于地面加热具有明确的日变化,夜间表现为冷却,白天为加热。因此,从图4可以看出,拐子湖、丘陵平原区及苏尼特左旗地面感热通量明显增强的时间分别为沙尘暴发生前7 h、9 h和11 h,可以得出的一个初步判断是这三个地区沙尘暴发生的时间分别为日出后的7 h、9 h和11 h(即三个地区平均的沙尘暴发生时间早晚次序依次为拐子湖、丘陵平原区及苏尼特左旗),这样地面加热时间的长短决定了其地面感热通量的强度。

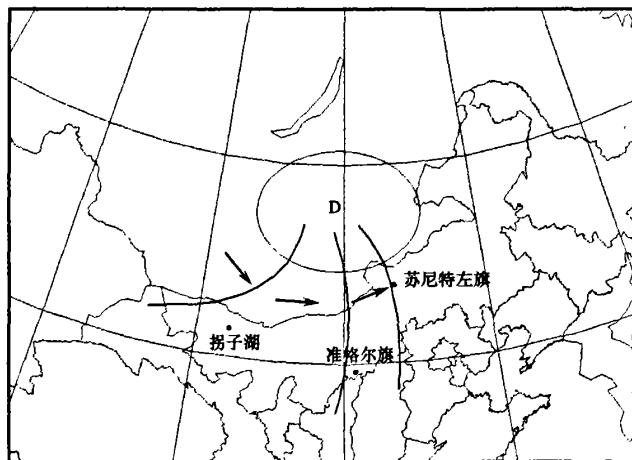


图6 蒙古气旋冷锋及移动路径

Fig. 6 Sketch map showing Mongolia cyclonic front and its moving paths

从图4还可看到,拐子湖和苏尼特左旗都是在地面感热通量达到最大值时产生沙尘暴,一个直观的结论是这两个地区地面感热通量与沙尘暴的关系更为密切,也可以说沙尘暴对地面感热通量更加敏感。对比图5和图3也可以得到同样的结论,尽管丘陵平原区沙尘暴发生前地面位温升高的幅度比其他两个地区更为明显,但其沙尘暴发生次数却反而最少,说明地面感热通量并不是该地区沙尘暴发生的关键因素。其原因是丘陵平原区本身不是沙尘源地。由于地面加热导致的热力不稳定性降低以及由于等熵混合层的形成有利于地面大风产生<sup>[14]</sup>,因此,在沙尘源地当强地面加热出现时,沙尘暴发生的三个根本条件——沙尘源、地面大风、热力不稳定性能够同时满足,因而更容易形成沙尘暴。而在非沙尘源地,尽管地面加热导致地面大风和热力不稳定性产生,但由于没有沙源条件而难以形成沙尘暴,因而弱化了沙尘暴对于地面加热的敏感性。尽管地面加热是影响沙尘暴形成的重要因素,但只有在沙尘源条件同时具备的情况下,这种影响才更为有效。

而这三个地区的地理位置是根本的原因,从图1可以看到自西向东分别为拐子湖、丘陵平原和苏尼特左旗,因此,天气系统对三个地区的影响顺序分别为拐子湖、丘陵平原和苏尼特左旗。这在实际的天气过程中是普遍存在的。就近几年沙尘暴的主要天气系统蒙古气旋而言,沙尘暴往往出现在气旋冷锋的后部,而气旋冷锋的移动方向往往是由西北—东南变为西—东向直至西南—东北向<sup>[14]</sup>,因此,其影响的地区依次为拐子湖、丘陵平原和苏尼特左旗。图6反映了蒙古气旋冷锋影响地区的演变。

## 4 小结

利用内蒙古中西部不同下垫面类型的16个测站2005—2006年3—5月逐日地面观测资料和沙尘暴资料,针对地面感热通量的特点及其与沙尘暴的关系进行了分析研究,结果发现:

1)在内蒙古中西部春季地面感热通量表现为净加热,其中,高平原区和沙漠区地面感热通量较强,丘陵平原地区较弱。在沙尘暴发生次数较多的年份,总的地面感热通量反而有一定程度的减小。

2)从沙尘暴发生前12 h到沙尘暴发生,沙漠区和高平原区的地面感热通量表现为持续的单调增强,并在沙尘暴发生时达到最大值。而丘陵平原区在沙尘暴发生时地面感热通量已经出现明显下降。

3)沙尘暴发生前12 h累积的地面感热通量和地面位温的升高幅度存在很好的相关。并表现为高平原区和丘陵平原区较强,而沙漠区较弱。这是由该地区沙尘暴前的地面加热时间长短决定的,而根本上是由蒙古气旋冷锋的移动和演变特点以及沙漠

区、高平原区和丘陵平原区所处的地理位置共同决定的。

4)就地面感热通量与沙尘暴的关系而言,沙尘暴前累积的地面感热通量是影响沙尘暴的关键,而且这一影响在沙尘源区(沙漠区和高平原区)更为明显。

#### 参考文献(References):

- [1] 顾卫,蔡雪鹏,谢峰,等.植被覆盖与沙尘暴日数分布关系的探讨——以内蒙古中西部地区为例[J].地球科学进展,2002,17(2):273—277.
- [2] 刘志丽,马建文,韩秀珍,等.沙尘源区 AVHRR 数据地表温度时序变化与沙尘干量 TSP 数据的对比分析——以 2001 年春季北方强沙尘过程为例[J].干旱区地理,2003,26(1):89—96.
- [3] 牛生杰,章澄昌,贺兰山地区春季沙尘气溶胶的化学组分和富集因子分析[J].中国沙漠,2000,20(3):264—268.
- [4] 刘静,毛军需,王连喜,等.宁夏河东沙地不同植被覆盖度的土壤起沙特征试验研究[J].中国沙漠,2007,27(3):436—441.
- [5] 姚宗国,赵光平,陈晓光,等.宁夏北部自然环境对沙尘暴天气的影响分析[J].中国沙漠,2006,26(3):375—379.
- [6] 王劲松,俞亚勋,赵建华.中国北方典型强沙尘暴的地面加热场特征分析[J].中国沙漠,2004,24(5):599—602.
- [7] 王劲松,刘贤.西北地区春季沙尘暴地面加热场基本特征[J].干旱区资源与环境,2003,17(5):1—6.
- [8] 钟海玲,李栋梁,魏丽.我国北方春季沙尘暴的异常及其对冬季青藏高原地面感热的响应[J].中国沙漠,2004,24(3):323—329.
- [9] 孙军,姚秀萍.一次沙尘暴过程锋生函数和地表热通量的数值诊断[J].高原气象,2002,21(5):488—494.
- [10] 肖贤俊,刘还珠,宋振鑫,等.2002年3月19日沙尘暴爆发条件分析[J].应用气象学报,2004,15(1):1—9.
- [11] 丁一汇.天气动力学中的诊断分析方法[M].北京:科学出版社,1989.
- [12] 刘景涛,郑明倩.华北北部黑风暴的气候学特征[J].气象,1998,24(2):39—44.
- [13] Penner J E, Andreae M, Annegarn H, et al. Radiative Forcing of Climate Change in IPCC 2001[M]. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2001.
- [14] 姜学恭,沈建国,刘景涛,等.导致一例强沙尘暴的若干天气因素的观测和模拟研究[J].气象学报,2003,61(5):606—620.

## Observational Analysis on Relationship between Surface Sensible Heating Flux and Dust Storm in Midwestern Inner Mongolia

LI Zhang-jun<sup>1,2</sup>, SUN Zhao-bo<sup>1</sup>, JIANG Xue-gong<sup>3</sup>, MA Rui-fang<sup>2</sup>

(1.Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, China; 2.Inner Mongolia Autonomous Regional Meteorological Bureau, Hohhot 010051, China; 3.Inner Mongolia Autonomous Region Meteorological Observatory, Hohhot 010051, China)

**Abstract:** Based on the hour-to-hour surface observational data and day-to-day dust storm data in midwestern Inner Mongolia from Mar. to May in 2005 and 2006, the surface sensitive heating flux and surface potential temperature were calculated and the relationship between them and dust storm was analyzed. The results show that a net surface heating appears at the midwestern part of Inner Mongolia in Spring; The surface sensitive heating flux is smaller in dust storm occurring years. Before dust storm occurrence the surface sensitive heating flux in high plain areas and desert areas reached the maximum while that in hill and plain areas began to decrease. The accumulative surface sensitive heating flux in high plain areas and hill areas is larger than that in desert areas. But the influence of surface sensitive heating flux on the dust storm in desert areas and high plain areas is more efficient than that in hill areas.

**Keywords:** dust storm; surface sensitive heating flux; midwestern Inner Mongolia; observational analysis