

文章编号:1003-7578(2003)05-001-06

西北地区春季沙尘暴地面加热场基本特征

王劲松^{1,2} 刘贤³

(1. 中国气象局兰州干旱气象研究所,甘肃兰州,730020; 2. 兰州大学,甘肃兰州,730000; 3. 武威地区气象局,甘肃武威 733000)

提 要: 利用 NCEP/NCAR 1958—2000 年月平均全球再分析网格点资料,对西北地区春季典型沙尘暴年和典型非沙尘暴年的感热通量场、潜热通量场的差异进行了对比分析,找出了感热和潜热通量场与沙尘暴发生的关系。结果表明,春季典型沙尘暴年中沙尘暴发生区上游和西北区东侧是影响沙尘暴发生的关键区。西北地区春季典型沙尘暴年上游区为热汇区,沙尘暴发生区主要为热源区。

关键词: 西北地区; 春季沙尘暴; 潜热通量; 感热通量

中图分类号: X43

文献标识码: A

西北地区(包括新疆、青海、甘肃、宁夏、陕西和内蒙古西部)是全国沙尘暴多发区。西北地区地处东亚内陆,境内有青藏高原、蒙古高原、黄土高原、广阔的沙漠和沙地,地形地貌特征复杂,沙源丰富,为沙尘暴的发生提供了有利的条件。有关沙尘暴的研究,国外早在上世纪 20 年代就开始进行了,在 1925 年 Sutton 就报道了北非沙尘暴的若干特征,之后 Idso 又报道了美国亚利桑那州西南部强沙尘暴的特征, Brazel 进一步总结了该州多年来发生的沙尘暴的天气类型^[1]。与国外相比,我国在沙尘暴研究方面起步较晚,自上世纪 70 年代以来,徐国昌等^[2]对 1977 年 4 月 22 日张掖地区的西风型强沙尘暴天气进行了分析,着重研究了热力因子在黑风过程中的重要作用,并提出了黑风预报的着眼点。80 年代,高凤荣等^[3]对甘肃河西地区东风气流中产生的典型沙尘暴个例作过研究,得出了一些有别于西风型沙尘暴天气过程的分析结果;90 年代,陈敏连^[4]、刘树华^[5]、王式功^[6]、徐建芬^[7]等先后对西北地区沙尘暴天气个例作了探讨分析,研究结果普遍强调了中尺度天气系统在沙尘暴形成中的重要作用,并得出沙尘暴的发生与下垫面的状况和特征有密切的联系,沙尘暴是在特定的地理环境和下垫面条件下,由特定的大尺度环流背景和天气系统所诱发的灾害性天气。但是,有关沙尘暴的发生与下垫面条件之间的关系,至今尚未对此作过详细研究。下垫面状况作为沙尘暴发生必须考虑的条件之一,对沙尘暴的发生发展起着致关重要的作用,因而对它的研究就显得十分必要。由于不同性质的下垫面将导致地面加热场的不同特征,本文将试图从综合分析的角度出发,系统研究沙尘暴发生的典型年和没有发生沙尘暴的典型年之间地面加热场的前期、同期的基本特征及其区别,以期揭示沙尘暴天气现象中与下垫面性质有关的地面加热场的基本特征,为从长期气候特征方面研究沙尘暴提供一定的参考依据。

1 资料和方法

利用美国 1958—2000 年 NCEP 月平均全球再分析网格点资料(纬向分辨率为 1.875°,经向为高斯纬度)的地面感热通量场和潜热通量场,研究区域约为 31.4—56.2°N,69.4—110.6°E。根据文献^[8],选

* 收稿日期: 2002-11-10

基金项目: 该文得到科技部 2000 年公益类研究项目“西北干旱区沙尘暴气候背景及气候预测方法研究”资助。

作者简介: 王劲松(1968—),女,贵州凯里人,副研究员,主要从事干旱研究和数值预报研究。

取西北地区春季(3、4、5月)发生强沙尘暴的典型年份(1959、1971、1977、1983、1984、1992、1999、2000年)和未发生沙尘暴的典型年份(1974、1975、1976、1978、1980、1997年),分别对春季典型沙尘暴年和典型非沙尘暴年之间的地面感热通量场以及潜热通量场的差异进行了对比分析。具体方法为对典型年和非典型年之间前期(指前一年12月、当年1月、2月平均)和同期(指当年3、4、5月平均)的平均地面加热场的分布特征进行了分析和比较。

已有的研究表明^[9],影响西北地区沙尘暴的冷空气路径主要包括西方路径、西北路径和北方路径3大类,与此相对应,分析得到引起西北地区沙尘暴的冷空气主要经过中亚、新疆以北和贝加尔湖附近。在本文中把上述地区,即中亚、新疆以北和贝加尔湖附近地区称为西北地区春季沙尘暴发生区的上游地区;对于有沙尘暴发生的年份,沙尘暴发生区则指的是我国的西北地区。

2 前期地面加热场的基本特征

2.1 感热通量的特征分析

图1a是典型沙尘暴年减典型非沙尘暴年前期平均地面的感热通量差值场,可看出,在新疆以北紧邻蒙古西部的地方为一负值中心,且从这一中心开始沿西南方向为一带状的负值区,且在这一带状负值区上还存在两个大的负值中心,分别位于巴尔喀什湖和塔克拉玛干沙漠北侧之间以及中亚的塔吉克斯坦西北侧;另外在蒙古北侧和贝加尔湖西南侧交界处也为一负值中心。而我国西北地区则主要为大的正值区和较小的负值区所控制,正负值区的具体分布为:除从北疆沿东南方向直到青海省部分地区的一狭窄条状区域为非常弱的负值控制外;西北的其它地区,即甘肃、宁夏、陕西、内蒙古西部、青藏高原北侧的塔克拉玛干沙漠和青海省的大部分地区为正值区所控制。文献^[8]的研究结果指出:西北地区沙尘暴主要集中在两大区域:一个是塔克拉玛干沙漠;另一个是巴丹吉林沙漠东部、腾格里沙漠以及河西走廊。其中在这两大区域中沙尘暴发生最多的地方又在南疆的民丰(37°N, 83°E)和甘肃的民勤(38°N, 103°E)。从图1a的分析结果来看,与文献^[8]中两大沙尘暴主要集中区域对应的是感热通量差值场的正值区。说明在西北地区中被感热通量差值场较小负值所控制的狭窄条状区域仅是其中不易发生沙尘暴的区域。

以上事实说明了在沙尘暴发生前期,典型沙尘暴年相对于典型非沙尘暴年而言,在沙尘暴发生区的上游地区,为较大的负值区,因而是一个热汇区,表明这一地区是热量的积聚区;而在沙尘暴发生区主要为正值控制,因而是一热源区,有能量的散失。

2.2 潜热通量的特征分析

图1b是典型沙尘暴年减典型非沙尘暴年同期平均地面的潜热通量差值场,与图1a相比较发现,在沙尘暴发生区的上游地区,潜热通量差值场与感热通量差值场在正负区域的分布特征上呈相反的形式,即与2.1中提到的从新疆北部向西南一致排列的三个负值中心相对应的是三个正值中心;与蒙古北侧和贝加尔湖西南侧负值中心相对应的也是一个正值中心。在西北地区两大沙尘暴主要集中区域为负值所控制。

以上结果表明,沙尘暴发生前期,在沙尘暴发生区的上游地区,典型沙尘暴年相对于典型非沙尘暴年而言,其潜热通量值较大;而在沙尘暴发生区其潜热通量值则较小。

此节的分析结果应证了2.1中对感热通量场分析得到的结果,即沙尘暴爆发前期,在潜热通量大的地方,必然有潜热的释放,这就有利于加热周围大气,与热汇区相对应,这是在沙尘暴发生区的上游地区所表现出的特征。而西北地区中极易发生沙尘暴的两大区域为潜热通量差值场的负值区,表明这一区域没有潜热的释放,就该区域而言,为能量散失区,即热源区。

3 同期地面加热场的基本特征

3.1 感热通量的特征分析

图2a是典型沙尘暴年减典型非沙尘暴年同期平均地面的感热通量差值场,与图1a中前期的感热通量差值场相比,二者有比较一致的分布特点,即正负值的分布形式基本一致,不同点在于后者的正负

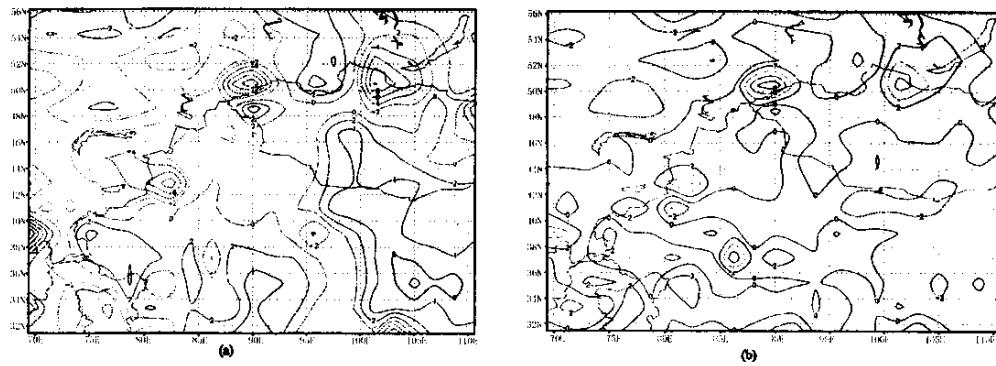


图 1 典型沙尘暴年减典型非沙尘暴年前期的平均感热、潜热通量差值场

a. 感热通量差值场 b. 潜热通量差值场($W \cdot m^{-2}$)

Fig. 1 The discrepancy field of canonical sand-dust storms years subtracted non-canonical years of average sensible heat flux、latent heat flux before the occurrence of sand-dust storms
a. for sensible heat flux b. for latent heat flux (unit: $W \cdot m^{-2}$)

中心的绝对值均大于前者,且西北区东侧(图中 100°E 以东,42°N 以南的区域,下同)由前期的正值区变为同期的负值区。表明在沙尘暴爆发的同期,感热通量差值场的分布形式与前期相比,其中心强度有所增大,并在西北区东侧出现了与前期相反的分布形势。

3.2 潜热通量的特征分析

图 2b 是典型沙尘暴年减典型非沙尘暴年同期平均地面的潜热通量差值场,与图 1b 前期的潜热通量差值场相比,不同之处主要表现在中亚的塔吉克斯坦西北侧由前期的正值区变为同期的负值区,而蒙古国西侧出现一个较大的负值中心,在西北区东侧出现与前期相反的分布形势。

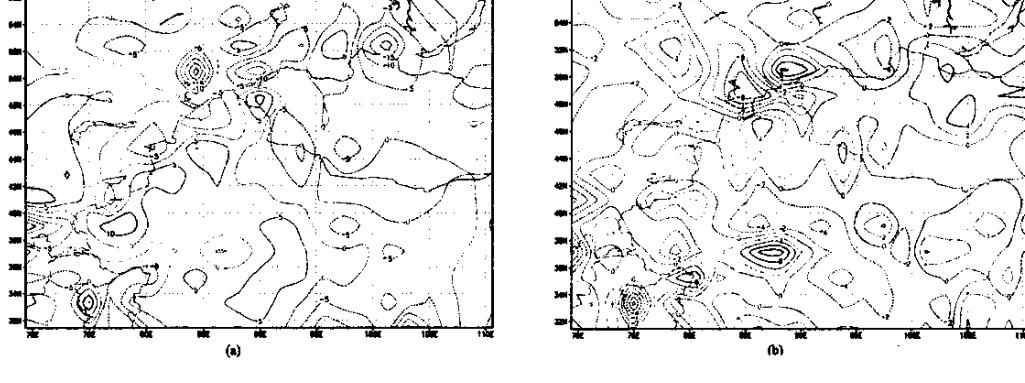


图 2 典型沙尘暴年减典型非沙尘暴年同期的平均感热、潜热通量差值场

a. 感热通量差值场 b. 潜热通量差值场

Fig. 2 The discrepancy field of canonical sand-dust storms years subtracted non-canonical years of average sensible heat flux、latent heat flux before the occurrence of sand-dust storms
a. for sensible heat flux b. for latent heat flux (unit: $W \cdot m^{-2}$)

4 前期和同期地面加热场分布的比较

从上面的分析来看,前期和同期的感热通量差值场之间的分布差别较小,而潜热通量差值场的前期和同期之间的分布差别则较大。在沙尘暴发生区上游,前期和同期的感热通量差值场的分布是相同的,但对同期潜热通量差值场来说,在沙尘暴发生区上游,仅蒙古北侧和贝加尔湖西南侧交界处、新疆以北紧邻蒙古西部、巴尔喀什湖和塔克拉玛干沙漠北侧之间的潜热通量差值场分布与前期相同。说明在沙尘暴发生区上游的蒙古北侧和贝加尔湖西南侧交界处、新疆以北紧邻蒙古西部、巴尔喀什湖和塔克拉玛干沙漠北侧之间的潜热通量差值场分布与前期相同。说明在沙尘暴发生区上游的蒙古北侧和贝加尔湖西南侧交界处、新疆以北紧邻蒙古西部、巴尔喀什湖和塔克拉玛干沙漠北侧之间的潜热通量差值场分布与前期相同。

沙漠北侧之间这三个地区,无论对感热通量差值场还是潜热通量差值场而言,其前期和同期的差值场分布是一致的,表明了这种差值场的分布是与沙尘暴的发生有密切联系的。另外,从以上的分析还可看出,沙尘暴发生时,与前期场比较起来,典型沙尘暴年减典型非沙尘暴年的感热通量差值场和潜热通量差值场的分布比较乱,没有较为一致的分布特征;但可以发现无论是感热通量差值场还是潜热通量差值场,二者前期和同期的差值场分布都是在西北区的东侧出现相反的分布形势,表明这一地区可能对沙尘暴的发生而言是一敏感区。

5 地面加热场与典型沙尘暴年关系

以上对地面加热场的差值场的分析得出了沙尘暴发生区的上游地区在典型沙尘暴年和非沙尘暴年所表现出的不同特征,那么以上所提到的地面加热场的差值场的大值中心是否是影响沙尘暴的关键区域,可以通过下面的分析来讨论。据文献^[8],选取 1958—2000 年间典型沙尘暴年为 1959、1971、1977、1983、1984、1992、1999、2000 年(8 个);典型非沙尘暴年为 1974、1975、1976、1978、1980、1997 年(6 个)。记典型沙尘暴年为 1,典型非沙尘暴年为 -1,其它年为 0,分别计算出该序列(以下称为沙尘暴序列)与沙尘暴发生的前期感热通量场、前期潜热通量场、同期感热通量场及同期潜热通量场的相关系数。图 3、图 4 给出了这种相关系数的分布。

5.1 前期地面加热场和沙尘暴的关系

图 3a、b 分别是沙尘暴序列与前期感热通量场、前期潜热通量场的相关系数分布。由图可看出,典型沙尘暴年与前期地面加热场之间有较好的相关。其中图 3a 负相关区域主要位于沙尘暴发生区的上游地区,显著相关中心位于贝加尔湖西南侧、新疆以北紧邻蒙古西部的地区,巴尔喀什湖和塔克拉玛干沙漠北侧的交界处以及中亚的塔吉克斯坦西北侧,中心值为 0.30,超过了 0.05 的显著相关信度检验。研究区域的其余地方则主要为正相关区,西北地区两大沙尘暴发生的主要集中区域也为正相关区,相关中心值达到或超过 0.05 的显著相关信度检验。上述正负相关区域的分布和趋势反映了前期感热通量在典型沙尘暴年的相互配置和强度变化特征,表明沙尘暴的发生和变化是与感热通量场的分布形势分不开的。典型沙尘暴年,在沙尘暴发生区的上游应为感热通量场的负值区所控制,而在沙尘暴发生区则主要应为感热通量场的正值区所控制,这与 2.1 的分析结果是一致的。图 3b 中正、负相关区域的分布与图 3a 中的形势基本相反,在西北地区两大沙尘暴发生的主要集中区域为负相关区,表明了典型沙尘暴年,在沙尘暴发生区的上游应为潜热通量场的正值区所控制,而在沙尘暴发生区则主要应为负值区所控制,这与 2.2 的分析结果是一致的。

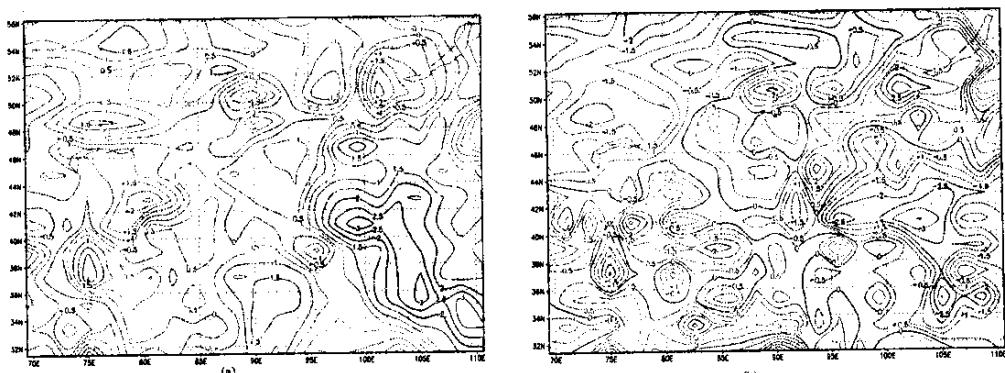


图 3 沙尘暴序列与前期感热、潜热通量场的相关系数分布

a. 与感热通量场相关系数 b. 与潜热通量场相关系数

Fig. 3 The distribution of correlation coefficient between sand-dust storms sequence and sensible heat flux, latent heat flux before the occurrence of sand-dust storms

图3a、b两种相反形势的相关系数场的分布,表明了当沙尘暴的发生与感热通量之间为正相关关系时,则此时沙尘暴的发生与潜热通量之间恰好为负相关关系;反之亦然。结合2.1和2.2的分析,不难发现,图3a、b给出的相关分析图形势分别与图1a、b中大值中心分布完全一致,中心信度达到95%。表明图中大值中心确实是影响沙尘暴发生的关键区域。

5.2 同期地面加热场和沙尘暴的关系

图4a、b分别是沙尘暴序列与同期感热通量场、同期潜热通量场的相关系数分布。表示典型沙尘暴年与沙尘暴发生时的感热通量场和潜热通量场的关系。由图可见,形势与前期的有所不同。最主要的区别在于:对感热通量场而言,在西北区东侧沙尘暴序列与前期感热通量为正相关,而同期时却为负相关;巴尔喀什湖及其西侧由前期的负相关转为正相关。对潜热通量场而言,在西北区东侧和西北区西部前期和同期的相关系数场正负分布为相反的形势。由上面的分析可以看到,典型沙尘暴年,在沙尘暴发生区的上游地区,无论对感热通量还是对潜热通量而言,同期它们与沙尘暴序列的相关关系与前期是一致的。即在沙尘暴发生区的上游,同期和前期的感热场之间,同期和前期的潜热场之间均具有相同的分布特征;但在沙尘暴发生区的东侧,前期和同期的这种相关关系却是相反的,表明在这一地区地面加热场的同期和前期之间的分布具有符号相反的特点,这与前文的分析结果也是一致的。

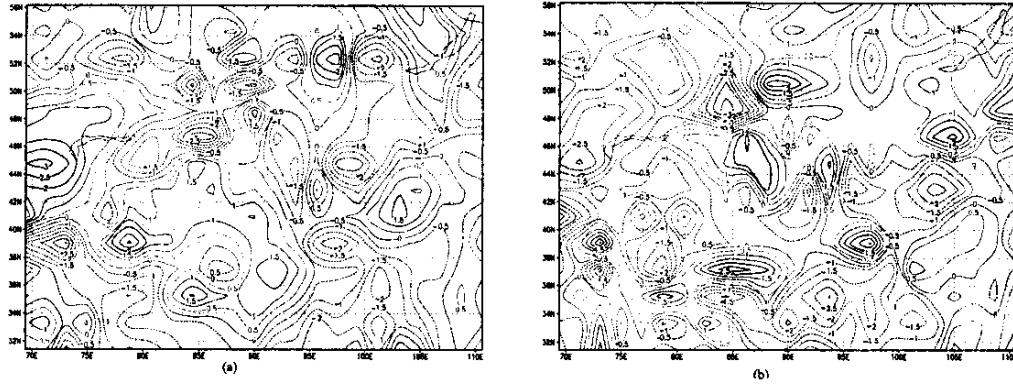


图4 沙尘暴序列与同期感热、潜热通量场的相关系数分布

a. 与感热通量场相关系数 b. 与潜热通量场相关系数

Fig. 4 The distribution of correlation coefficient between sand-dust storms sequence and sensible flux, latent heat flux at the occurrence of sand-dust storms
a. for sensible heat flux b. for latent heat flux (unit: $W \cdot m^{-2}$)

6 结论

通过对春季典型沙尘暴年和典型非沙尘暴年地面感热通量差值场和潜热通量差值场的分析,得出如下结论:

(1)沙尘暴发生前期和同期,在沙尘暴发生区的上游地区,是一个热汇区,即热量的积聚区;而在沙尘暴发生区(除沙尘暴发生区的东侧外)则是一热源区,有能量的散失。

(2)沙尘暴发生区上游的蒙古北侧和贝加尔湖西南侧交界处、新疆以北紧邻蒙古西部、巴尔喀什湖和塔克拉玛干沙漠北侧之间这三个区域以及西北区东侧是影响沙尘暴发生的关键区域。

(3)在影响沙尘暴发生的关键区中,位于沙尘暴发生区上游的三个地区,其前期和同期感热通量差值场和潜热通量差值场分布形势相同;而西北区东侧,其不同时期的上述差值场分布形势则相反。

参考文献

- [1] 丁一汇,王守荣.中国西北地区气候与生态环境概论[M].北京:气象出版社,2001:145—146.
- [2] 徐国昌,陈鹤年,吴国雄.甘肃省“4.22”特大沙暴分析[J].气象学报,1979,37(4):26—35.
- [3] 高凤荣,李云.甘肃河西“5.19”黑风分析[J].甘肃气象,1989,7(1):13—17.

- [4] 陈敏连,郭清台,徐建芬等.黑风暴天气的研究和探讨[J].甘肃气象,1993,11(3),16—27.
- [5] 刘树华,刘新民,李金贵.我国西北地区一次特大沙尘暴的初步分析[J].北京大学学报(自然科学版),1994,30(5):583—588.
- [6] 王式功,杨德保,周玉素等.我国西北地区“94.4”沙尘暴成因探讨[J].中国沙漠,1995,15(4):332—338.
- [7] 徐建芬,牛志敏,陈伟民等.我国西北地区 4.5 沙尘暴天气研究[J].中国沙漠,1996,16(3):281—286.
- [8] 兰州干旱气象研究所.我国西北地区沙尘暴分析.全国沙尘暴气象服务工作研讨会.兰州,2001,6.
- [9] 徐建芬,狄潇泓,李耀辉.西北地区沙尘暴天气概念模型及分类.西北重要天气成因及数值预报方法研究,陈小光主编,北京:气象出版社,2002,129—136.

The Basic Characteristics of Surface Heating Field in Spring Sand-dust Storms in North-west China

WANG Jin-song^{1,2} LIU Xian³

(1. Lanzhou Arid Institute of Meteorology, China Meteorological Administration, Lanzhou 730020;
2. Lanzhou University, Lanzhou 730000; 3. Wuwei Meteorological Bureau, Wuwei, 733000 Gansu Province China)

Abstract

Using the global monthly reanalysis grid data of NCEP/NCAR (1958—2000), the comparative analysis of discrepancy was done between the canonical and non-canonical sand-dust storms years in spring about sensible heat flux and latent heat flux in north-west China, and the relationship between sand-dust storms and sensible heat flux and latent heat flux was found. The results showed that the upstream area and east of the north-west area were the key regions of affecting occurrence of sand-dust storms in spring in canonical years. The upstream area was a heat sink area and the sand-dust storm area was a heat source area.

Key Words: north-west area; sand-dust storms in spring; sensible heat flux; latent heat flux