

春季蒙古气旋对中国北方沙尘暴的影响

王新敏^{1,3}, 翟盘茂², 江志红¹, 杨贵名⁴

(1. 南京信息工程大学, 南京 210044; 2. 国家气候中心, 北京 100081;

3. 河南省气象台, 郑州 450003; 4. 国家气象中心, 北京 100081)

摘要: 基于 ECMWF 再分析资料和中国地面观测资料, 分析了 1979~2001 年春季蒙古气旋对同期中国北方沙尘暴的影响。结果表明: 中国北方沙尘暴天气现象与蒙古气旋有着密切的关系。沙尘暴基本上与大风区相对应, 主要分布在蒙古气旋中心附近或气旋外围的偏南象限, 甚至可以产生在距离气旋中心较远的位置。蒙古气旋带来的大风、垂直上升运动较为明显, 为沙尘暴的发生提供了有利的动力条件。在沙尘暴的频发地区, 至少有半数以上的沙尘暴与蒙古气旋有关。进一步分析表明蒙古气旋活动日数与中国北方沙尘暴的发生日数存在一致的多年变化趋势, 两者呈显著相关, 从地理分布上看高相关区域与沙漠分布区域有显著的对应关系。

关键词: 蒙古气旋; 沙尘暴; 温带气旋; 海平面气压(SLP)

引言

沙尘暴是对人类、生态和环境具有严重影响的一种自然灾害, 它以沙埋、风蚀、大风袭击和污染大气环境等形式淹没农田、村庄、道路、水源等, 严重危害人民生活和健康, 甚至生命和财产安全, 并加剧了干旱、半干旱地区的荒漠化进程。强烈的沙尘暴可使地面水平能见度低于 50 m, 破坏力极大, 俗称黑风。根据我国地面气象观测规范规定, 沙尘天气分为不同的等级: 强风将地面大量尘沙吹起, 使空气特别混浊, 水平能见度小于 1 km 为沙尘暴; 大风将地面沙尘吹起, 使空气相当混浊, 水平能见度在 1 km 至 10 km 以内为扬沙; 尘土、细沙均匀地浮在空中, 使能见度小于 10 km 为浮尘。本文研究对象仅限于沙尘暴。

针对沙尘暴的时空分布、变化规律和气候因子等方面的研究, 已有诸多成果^[1-6]。周自江等^[1-2]分析了近 47 年我国沙尘暴的时空分布特征以及中国北方典型强沙尘暴事件(1954~2002)。翟盘茂等^[3]分析表明我国的沙尘天气受到多种气候要素的综合影响, 西北地区和内蒙古西部沙尘多发区的沙尘天气频数受气象条件影响最为显著; 风速、湿度在沙尘天气的季节变化中影响最大, 降水在沙尘天气的年际变化中影响最大。Qian 等^[4]认为近半个世纪以来中国沙尘天气的减少与北方气旋呈减弱趋势有关。王小玲等^[5]发现春季海平面气压的变化导致近地面风速的减小从根本上影响了中国沙尘天气发生的频数。张莉等^[6]指出在过去的近 50 年内, 造成中国北方沙尘暴频率显著下降趋势的直接自然原因是沙尘源区和发生区平均风速和大风日数的减少。

关于沙尘暴的天气气候动力学的研究, 也备受关注^[7-9]。沙尘暴的发生需要 3 个条件: 1. 足够强劲的风力; 2. 对流层低层处于层结不稳定; 3. 大风经过地区内下垫植被稀疏, 土质干燥疏松, 存在充足的沙尘源(方宗义等)^[7]。叶笃正等^[8]提出我国北方地区大风日数的增减是气候周期性变化的反映, 2000 年强沙尘天气陡增是因为处于反厄尔尼诺事件的高峰期所致造成。周秀骥等^[9]指出 2000 年春季影响北京的沙尘暴过程起沙的动力条件与春季冷空气活动等气候因

¹ 作者简介: 王新敏(1967-), 女(汉族), 河南新野人, 高级工程师, 主要从事天气预报分析工作。

E-mail: hnwxm@cma.gov.cn

素有关,进一步提到该次沙尘暴过程与自西北向东南移动的天气或次天气尺度的强锋面结构特征密切相关。并指出一般情况下,我国沙尘暴天气均由春季强冷空气活动所造成,又明确提到2000年春季蒙古共和国到我国北方地区温带低气压活动增多,春季这种活跃的冷空气活动可能是沙尘天气频繁的直接原因。

蒙古是东亚温带气旋的高频活动区。蒙古气旋属于典型的东亚北方温带气旋,是一种与北支锋区相联系(朱乾根等)^[10]的天气尺度锋面系统,与冷空气活动密切相连。蒙古气旋产生的大风天气可以持续多日,对沙尘暴的产生和发展起着重要作用。因此着眼于蒙古气旋,探讨其与中国北方沙尘暴的关系对进一步认识沙尘暴的发生发展具有重要意义。

春季是一年中沙尘暴发生频数最高的季节,而且春季沙尘暴的分布范围最广,分布特征与全年最为相似(唐国利等)^[11]。春季北方大部地区沙尘暴日数占全年沙尘暴日数的比率都在50~80%(Zou等)^[12]。一方面冷空气活动频繁造成大风天气,另一方面土壤解冻,植被稀疏,天气气候条件和下垫面都有利于沙尘暴的发生。春季冷空气活动异常是提供沙尘暴发生、发展的重要动力条件。因此,本文只讨论春季蒙古气旋活动对沙尘暴天气的影响。

1 资料和方法

本文的研究基于ECMWF再分析资料和中国地面观测资料以及T106物理量场资料。

1.1 ECMWF海平面气压场再分析资料

再分析资料存在的均一性问题已经引起气候变化研究工作的高度关注。20世纪七十年代末期,随着卫星资料的加入,同化技术的应用使再分析资料发生了明显的变化,国际上一些学者指出NCEP/NCAR和ECMWF的再分析资料(ERA40)在1979年以后较之前期更为可靠。为此,本研究中海平面气压场再分析资料只截取1979~2001年时段。

选取1979~2001年ECMWF海平面气压场再分析资料00、12UTC两个时次,其水平分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 。在客观定义温带气旋的基础上,本研究采用改进的计算机自动识别气旋中心和自动跟踪气旋路径算法(Wang等)^[13],计算获得1979~2001年 $80^{\circ}\sim 140^{\circ}\text{E}$, $40^{\circ}\sim 60^{\circ}\text{N}$ 范围的全年北方气旋数据资料集。经与中国气象局国家气象中心绘制的天气图进行个例验证,这种方法对气旋的位置(以经、纬度表示)、强度(以中心气压表示)以及气旋的移动路径都有较好的识别能力。

1.2 中国沙尘暴观测资料

和ECMWF海平面气压场再分析资料时间序列相对应,选取1979~2001年资料可靠、完整的中国站点沙尘暴逐日观测资料,参考中国气象局预测减灾司制定的沙尘天气预警业务服务暂行规定(修订)(2003年3月1日起执行),本文定义同一天有三个或三个以上观测站出现沙尘暴定为一个沙尘暴日,统计得到包括沙尘暴日期和站点的数据集。

1.3 沙尘暴发生的动力和热力要素资料

1.3.1 国家气象中心T106分析场资料

资料时段只有1995~2000年12时(UTC)。所用要素为经格点插值的673站垂直速度和假相当位温。²

² (Wang等)^[13]未发表。

1.3.2 中国地面定时观测风向风速资料

只统计每个站点每日 02、08、14、20 时的 4 个时次中最大风速。

1.3.3 ECMWF 近地面风速再分析资料

与 T106 资料对应,所用要素为 ECMWF 再分析资料的 10 米风速资料 (u 、 v 分量),其水平分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 。用于分析全风速。

1.4 改进的计算机自动识别气旋中心和自动跟踪气旋路径算法

关于计算机自动识别气旋中心和自动跟踪气旋路径算法,可参见文献^[14-15]。

温带气旋定义:假如 t 时刻海平面气压 (SLP) 场 ($80^{\circ}\sim 140^{\circ}\text{E}$, $40^{\circ}\sim 60^{\circ}\text{N}$, 不包括边界点) 的任意一个格点 (i, j), 满足:

- (1) 该点的 SLP 数值比其周围 8 个格点的 SLP 数值均低;
- (2) 该点的 SLP 数值与其周围 8 个格点的平均的 SLP 数值两者之差大于 2 hPa;
- (3) 该点的气压值必须小于某一阈值 (参见 (Wang 等)^[13])。

若格点 (i, j) 满足上述三个条件, 则称其为一个气旋中心, 格点 (i, j) 对应的经纬度 (λ, Φ) 即是气旋中心的位置, 格点对应的气压数值即表示气旋中心的强度 (单位: hPa)。

首先算出所有时刻的气旋中心。若 t 时刻有 k 个气旋中心, 我们认为其中任意两个气旋中心的距离必须大于 500 km。否则, 去掉其中一个弱的中心。

然后要对相邻时刻的气旋进行连续追踪并编号 (气旋至少要存在 24 小时以上)。对 t 时刻的 k_1 个气旋和 $t+1$ 时刻的 k_2 个气旋分别求距离, 假如

- (1) $t+1$ 时刻的第 M 个气旋中心和 t 时刻的第 N 个气旋中心的距离最近;
- (2) 并且两个气旋中心的距离小于 1200 km;
- (3) 气旋移动方向符合引导气流方向; 那么, 我们称 $t+1$ 时刻的第 M 个气旋是 t 时刻的第 N 个气旋移动而来, 编为同一个编号, 否则视为一个新生的气旋, 给以新的编号。

详细的定义和计算方案, 参见 (Wang 等)^[13]。

通过以上的计算, 得到北方气旋的位置、强度、移动路径的数据库。

蒙古气旋定义: 兼顾地理位置和北方气旋高频区域分布, 在全年北方气旋数据资料集的基础上, 本文定义凡经过 $100^{\circ}\sim 115^{\circ}\text{E}$, $42.5^{\circ}\sim 52.5^{\circ}\text{N}$ 范围内的温带气旋称为蒙古气旋。据此建立春季蒙古气旋数据库。

以下是计算机输出的两个个例的蒙古气旋的位置和强度: (时间为 UTC)

1987 年 5 月 15 日:

年/月/日/时	纬度	经度	中心气压
1987/ 5/14/12	45.0	110.0	992.3 hPa
1987/ 5/15/ 0	42.5	112.5	996.5 hPa
1987/ 5/15/12	42.5	117.5	999.5 hPa
1987/ 5/16/ 0	40.0	120.0	1004.7 hPa

2000 年 4 月 28 日:

年/月/日/时	纬度	经度	中心气压
2000/ 4/26/12	52.5	102.5	996.6 hPa
2000/ 4/27/ 0	52.5	105.0	994.0 hPa
2000/ 4/27/12	50.0	105.0	988.6 hPa

2000/ 4/28/ 0	47.5	107.5	993.4 hPa
2000/ 4/28/ 0	52.5	115.0	992.2 hPa
2000/ 4/28/12	52.5	117.5	987.1 hPa
2000/ 4/29/ 0	52.5	120.0	992.5 hPa

将自动计算的结果和历史天气图进行比较验证发现，计算的气旋中心位置、强度以及移动路径和实况非常接近，说明利用计算机完全可以较好地识别温带气旋。这为下一步分析蒙古气旋对沙尘暴的影响奠定了一个良好的基础。

2 蒙古气旋日数分布

图 1 显示了春季（MAM）中国北方气旋及蒙古气旋日数分布（1979~2001 年平均），可以看出位于蒙古的中东部地区是北方气旋高频活动区。这与（朱乾根等）^[10]和 Qian 等^[4]的温带气旋的研究结论是一致的。

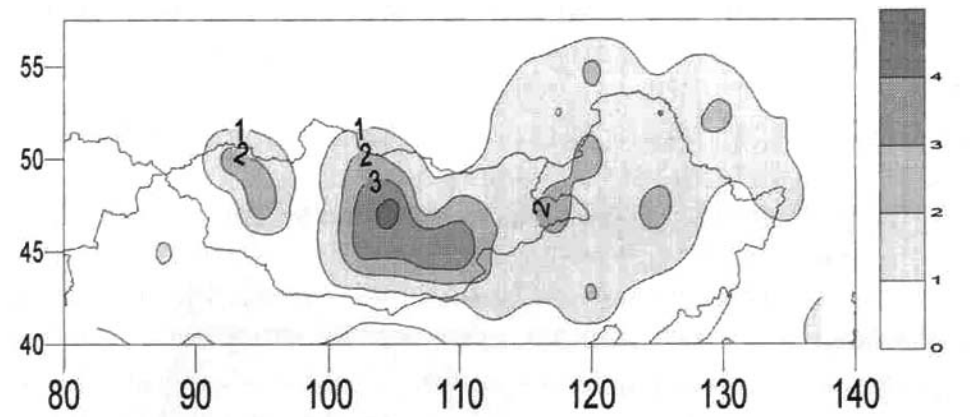


图1 春季（MAM）气旋日数分布（1979~2001年平均，阴影部分表示气旋日数大于1 天）
 Fig. 1 Distribution of the number of spring Cyclone days in northern China (averaged from 1979 to 2001,shaded areas indicate average Mongolian Cyclone days of more than 1 day and black points indicate locations)

3 春季伴随蒙古气旋的沙尘暴日数分布

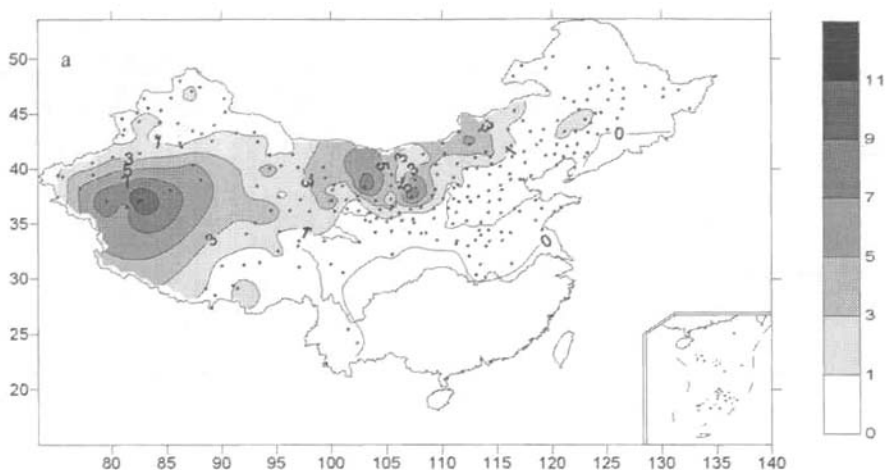


图2a 春季中国北方地区沙尘暴日数分布（1979~2001年平均，阴影部分表示沙尘暴日数大于1天，黑点表示站点）（单位：日）

Fig. 2a Distribution of the number of spring dust storm days in northern China (averaged from 1979 to 2001, shaded areas indicate average dust storm days of more than 1 day and black points indicate locations)

图 2a 显示中国北方地区春季沙尘暴日数分布（1979~2001 年平均）。我国西北地区、华北北部以及青藏高原和东北平原部分地区沙尘暴出现日数普遍大于 1 天，是沙尘暴的主要影响区，其中塔里木盆地及其周围地区、河西走廊、阿拉善盟、鄂尔多斯高原是沙尘暴的高频发生区，沙尘暴出现日数在 5~11 天（如新疆民丰 11 天、甘肃民勤 9 天），这与 Zou 等^[11]的春季沙尘暴的空间分布特征是基本一致的。这些地区受荒漠化影响和危害比较严重，地表多为沙地和旱地。正是这些植被稀疏或无植被覆盖的地表构成了充足的沙尘源条件，受到气温升高，蒸发加剧，大风多，降水少，相对湿度低等气候条件的综合影响（翟盘茂等）^[3]，导致春季沙尘暴的频繁发生。

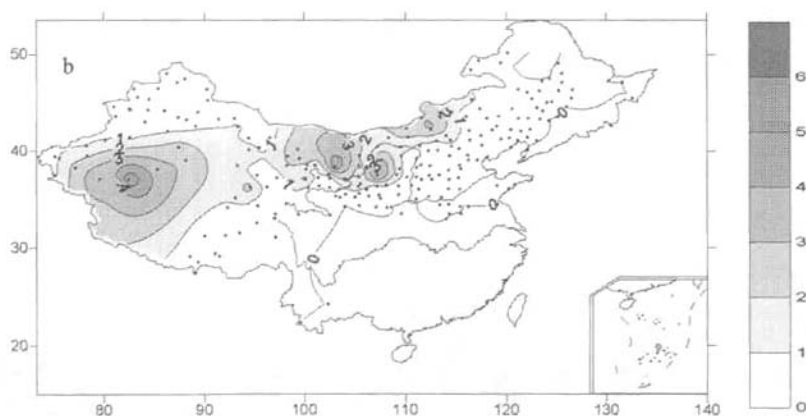


图 2b 春季蒙古气旋对应的沙尘暴日数分布（1979~2001 年平均，阴影部分表示大于 1 天，黑点表示站点）（单位：日）

Fig. 2b Distribution of the number of spring dust storm days in northern China (averaged from 1979 to 2001, shaded areas indicate average dust storm days of more than 1 day and black points indicate locations)

蒙古气旋产生的大风影响可以持续多日。为了研究蒙古气旋的影响，本文中我们只统计蒙古气旋影响当日对应的沙尘暴日。图 2b 为春季蒙古气旋对应的各站出现沙尘暴的日数分布（1979~2001 年平均）。对照图 2a~b 发现，新疆塔里木盆地及其周围地区、河西走廊东北部、阿拉善高原、鄂尔多斯高原部分地区年平均日数至少有超过半数的沙尘暴日伴随着蒙古气旋发生。表明蒙古气旋是影响这些地区出现沙尘暴的主要天气系统之一。

4 蒙古气旋引起沙尘暴的动力、热力条件分析

表 1 1995~2000 年 6 个沙尘暴个例统计（其中风速为定时观测值，单位：（米/秒））

Table 1 statistic of six dust storms cases from 1995 to 2000(wind speed are time observation,

unit:m/s)					
沙尘暴发生日期	发生站数	日最大风速	日最大风速平均	≥5 米/秒站数	蒙古气旋中心（位置、强度）
19950516	13	25	9.6	12	45.0°N、110.0°E; 994.4 hPa
19960423	20	18	10.9	19	47.5°N、115.0°E; 993.1 hPa
19970509	6	12	7.3	5	50.0°N、115.0°E; 994.1 hPa
19980419	20	20	11.1	17	50.0°N、107.5°E; 983.0 hPa
19990424	15	19	9.0	12	45.0°N、110.0°E; 1004.2 hPa
20000428	23	22	9.9	22	52.5°N、115.0°E; 992.2 hPa

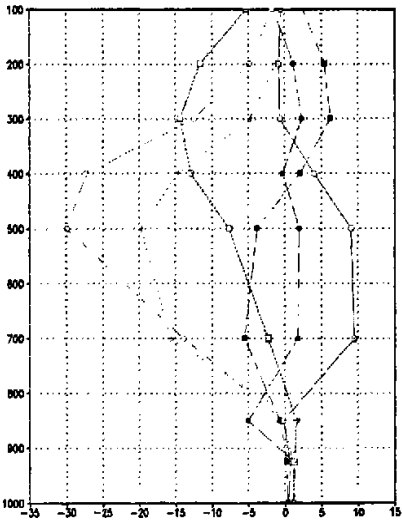


图 3a 1995-2000 年蒙古气旋引起沙尘暴天气的 ω 垂直廓线（单位：m/s）

950516——带有空心圆圈的实线，960423——带有实心圆点的虚线
970509——带有空心方形的点线，980419——带有实心方形的长短线
990424——带有+号的点线，000428——带有圆圈的虚线

Fig.3a ω vertical outline of six cases from 1995-2000 (unit:m/s)

hollow circle solid line indicate vertical velocity on May 16, 1995 and solid dotted dashed line on April 23, 1996 and hollow square dotted line on May 9, 1997 and solid square line on April 19, 1998 and "+" dotted line on April 24, 1999 and circle dashed line on April 28, 2000

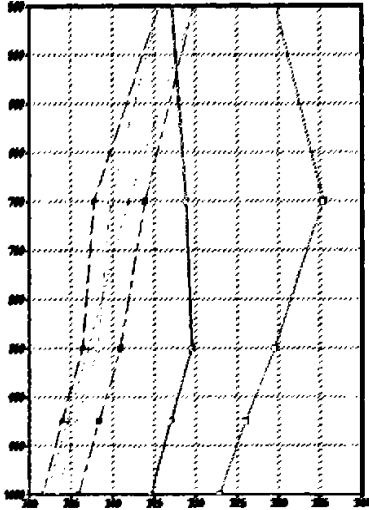


图 3b 1995-2000 年蒙古气旋引起的沙尘暴天气的假相当位温垂直廓线（单位：k）

950516——带有空心圆圈的实线，960423——带有实心圆点的虚线
970509——带有空心方形的点线，980419——带有实心方形的长短线
990424——带有+号的点线，000428——带有圆圈的虚线

Fig.3b θ_e vertical outline of six cases from 1995-2000 (unit:k)

hollow circle solid line indicate θ_e on May 16, 1995 and solid dotted dashed line on April 23, 1996 and hollow square dotted line on May 9, 1997 and solid square line on April 19, 1998 and "+" dotted line on April 24, 1999 and circle dashed line on April 28, 2000

由于 T106 物理量资料所限, 本文仅选取 1995-2000 年每年影响较大的 1 个沙尘暴日共 6 个个例, 来考察蒙古气旋引起沙尘暴的动力和热力条件。本文对每个沙尘暴日的所有发生站点的 20 时各层垂直速度 (ω) 和对流层中下层的假相当位温分别进行平均, 得到每个沙尘暴日的发生区域的各层平均垂直速度和平均假相当位温垂直廓线, 分别显示在图 3a-b。

可以看出, 图 3a 中 6 例中的 3 例都伴有明显的上升运动, 上升运动一直伸展到 200hPa 及以上高度, 且在 500-300 hPa 之间为最强, 最大上升速度达-30 米/秒。其中 2 例仅为对流层低层的弱的上升运动, 上升速度仅为-5 米/秒。

图 3b 显示, 在 500 hPa 以下 2 例为不稳定层结, 2 例为比较稳定的层结, 2 例接近中性层结。这种假相当位温随高度减小或略增加的现象与以前许宝玉等^[18]的研究结论有相似之处, 不同的是他们给出的是 5 个特强沙尘暴个例中 4 个代表站 08 时的结果。本文此处是对站点的平均结果, 可以发现这里反映的热力条件不如动力条件明显。关于动力和热力的分析还有许多指标, 本文所限仅分析垂直速度和假相当位温, 有待于今后再进一步分析。

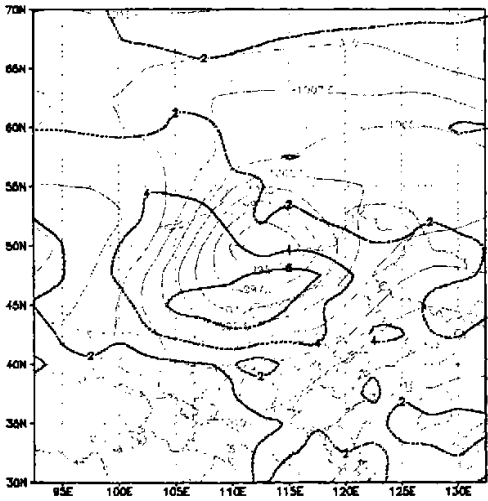


图 4a 1995-2000 年 (不含 1999 年) 00UTC 5 个蒙古气旋个例与 10 米风速的合成分析图

Fig.4a complex analysis of five cases of Mongolian Cyclone from 1995 to 2000 (except 1999) and wind speed at 10 m.

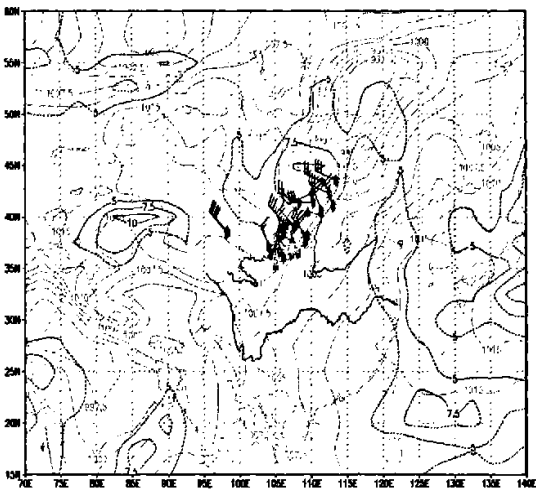


图 4b 2000 年 04 月 28 日 00UTC 海平面气压场、全风速 (虚线)、定时观测日最大风速和沙尘暴综合图

Fig.4b complex analysis of SLP, full wind speed (dashed line), biggest wind speed among time observation and dust storms in April 28, 2000.

研究发现, 沙暴的起沙风速为 5 米/秒, 尘暴更小 (文献^[17]), 春季沙尘暴与大于 5m/s 有效起沙风速关系密切 (文献^[6])。所以, 考察蒙古气旋与大风区的分布关系, 便可以了解沙尘暴与蒙古气旋的分布特征。本文通过对 1995、1996、1997、1998 和 2000 年的 5 个个例合成分析得到蒙古气旋与 10 米风速的分布 (由于 1999 年蒙古气旋强度较弱 (见表 1), 合成分析中剔除该个例), 结果参见图 4a。

合成分析法的要点是:参加综合的各个例形势场要尽量相似,要在各个例被综合系统中心相重、保持相对于原系统中心位置不变的情况下进行各个例同要素场的综合平均(见文献^[10])。

从图 4a 可以看出,大于 5 m/s 等风速线的区域分布在蒙古气旋的中心附近以及气旋外围的偏南象限,距离气旋中心约 10 个纬距左右。图 4b 显示 2000 年 4 月 28 日 00UTC 海平面气压场、全风速、定时观测日最大风速和沙尘暴发生站点,可以明显看出沙尘暴发生区域与 5m/s 等风速线和定时观测日最大风速有很好的对应关系。

5 1979-2001 年春季蒙古气旋日数和沙尘暴日数的变化趋势与相关

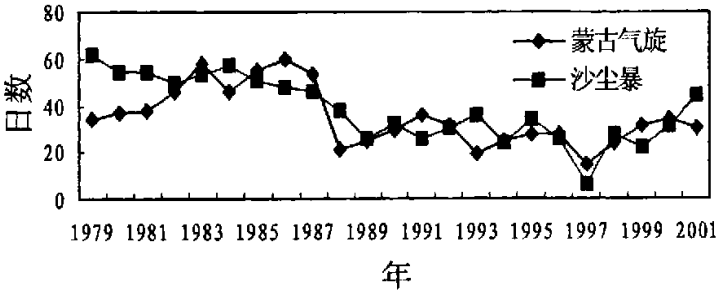


图 5 1979-2001 年春季蒙古气旋日数与沙尘暴日数年际变化曲线

Fig.5 Time series of the number of Mongolian cyclone and dust storm in spring from 1979 to 2001.

图 5 给出春季蒙古气旋日数与春季沙尘暴日数年际变化曲线。从中可以明显看出两者有比较一致的多年变化趋势。20 世纪 80 年代早、中期春季蒙古气旋活动与沙尘暴发生都处在一个相对高值的阶段,但从 80 年代后期到 90 年代两者呈一致的波动下降趋势,1997 年春季蒙古气旋活动与沙尘暴的发生都减弱到最低值,随后 90 年代末到 21 世纪初两者又出现明显的回升势头。80 年代后期到 90 年代这一时期蒙古气旋活动的减少可能是沙尘暴减少的原因之一。这与文献^[4-6]中关于温带气旋以及海平面气压场与沙尘暴的关系的研究结果是一致的。1997 年以后到 2001 年沙尘暴活动的再次增加,一方面与这几年北方地区植被覆盖面积的减少有很大关系(参见文献^[12]);另一方面蒙古气旋活动的增加也是一个重要因素。这也进一步证实了李栋梁等^[10]的研究结论。

图 5 也反映出 1979-2001 年两者的年际变化的关系。显然,1982 年以前的几年两者的关系不如 1982 年以后的时期关系紧密,蒙古气旋活动日数明显少于同期沙尘暴发生日数。我们知道,沙尘暴的发生取决于动力条件和丰富的沙尘源。据研究,1970 年代末到 1980 年代初,整个北方地区(包括东北地区、华北地区、西北地区)都处在干旱严重的时期(参见文献^[10]),沙尘源条件非常有利于沙尘暴的出现,只要有适宜的动力条件就可产生沙尘暴;另外,与沙尘暴产生所需的动力条件配合的冷空气活动也可以由其它天气系统所引起。

表 2 显示出春季蒙古气旋日数与春季沙尘暴日数两者相关系数达 0.68,其中 3、4、5 月相关系数分别为 0.65、0.49、0.57,均大于 0.41(显著水平为 95%)。很明显,无论春季还是

3、4、5月，两者都表现为显著相关。说明春季以及春季各月蒙古气旋与沙尘暴之间都存在着密切的关系，表明蒙古气旋对沙尘暴有着重要的影响。而其中3、4、5月尤以3月相关最好，这可能是因为3月份蒙古气旋带来的冷空气活动相对较强的原因（王式功等^[20]）。

表2 春季及其分月蒙古气旋与沙尘暴日数相关系数（通过0.05显著性检验）

Table 2 correlation coefficient between the number of Mongolian cyclone and dust storm (statistically significant at 95% confidence level)

沙尘暴 \ 气旋	3~5月	3月	4月	5月
3~5月	0.68			
3月		0.65		
4月			0.49	
5月				0.57

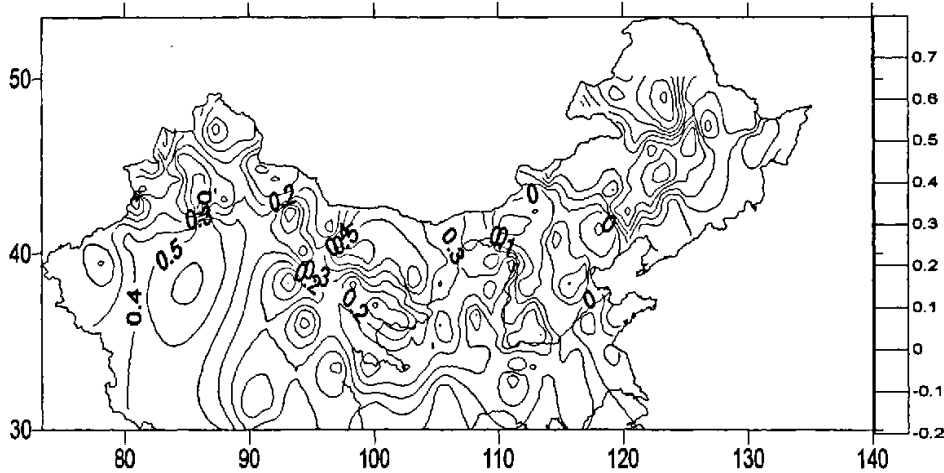


图6 1979~2001年春季蒙古气旋日数与中国北方沙尘暴日数的相关系数分布(阴影部分表示相关系数大于0.4)
Fig.6 Distribution of correlation coefficient between the number of Mongolian cyclone and dust storm in northern China in spring (shaded areas indicate correlation coefficient more than 0.4) (statistically significant at 95% confidence level)

图6 表示1979~2001年春季蒙古气旋日数与北方沙尘暴日数的相关系数空间分布。正相关大于0.4的区域分别位于新疆、内蒙古、河西走廊、东北平原以及西北地区东部和华北的一些地区。特别是，正相关超过0.5以上的高相关的区域分别与塔克拉玛干沙漠、古尔班通古特沙漠、巴丹吉林沙漠、腾格里沙漠和科尔沁沙地对应比较好。而且，比较图2a与图5可以看出，沙尘暴的高频发生区域都是与春季蒙古气旋相关比较好的区域。空间相关系数分布进一步表明春季蒙古气旋与沙尘暴有着密切关系。

5 结论

中国北方春季沙尘暴天气现象与春季蒙古气旋有着密切的关系。沙尘暴发生区域基本上与大风区相对应,主要分布在蒙古气旋中心附近或气旋外围的偏南象限,甚至可以产生在距离气旋中心较远的位置。蒙古气旋带来的大风、垂直上升运动较为明显,为沙尘暴的发生提供了有利的动力条件。在沙尘暴的频发地区,至少有半数以上的沙尘暴与蒙古气旋有关。空间相关系数分布进一步表明蒙古气旋与沙尘暴的密切关系。正相关显著的区域分别位于新疆、内蒙古、河西走廊、东北平原以及西北地区东部和华北的一些地区。在塔克拉玛干沙漠、古尔班通古特沙漠、巴丹吉林沙漠、腾格里沙漠和科尔沁沙地关系更为显著。

春季蒙古气旋日数与中国北方沙尘暴日数有比较一致的多年变化趋势。20 世纪 80 年代早、中期春季蒙古气旋活动与沙尘暴日数都处在一个相对高值的阶段,但从 80 年代后期到 90 年代两者呈一致的波动下降趋势。1997 年两者的活动都减弱到最低值,随后又逐渐增多。两者相关系数达 0.68,呈显著正相关,说明春季蒙古气旋与沙尘暴之间存在着密切的关系。

参考文献:

- [1] 周自江,王锡稳,牛若芸. 近 47 年中国沙尘暴气候特征研究[J]. 应用气象学报, 2002, 13(2): 193-200.
- [2] 周自江,章国材. 中国北方的典型强沙尘暴事件(1954-2002)[J]. 科学通报, 2003, 48(11):1224-1228
- [3] 翟盘茂,李晓燕. 中国北方沙尘天气的气候条件[J]. 地理学报, 2003, 58(增刊):125-131.
- [4] Qian, W.H., L.S. Quan and S.Y. Shi., 2001: Variations of the dust storm in China and its climatic control. *J. Climate*, 15, 1216-1229.
- [5] 王小玲,翟盘茂. 中国春季沙尘天气频数的时空变化及其与地面风压场的关系[J]. 气象学报, 2004, 62(1):96-103.
- [6] 张莉,任国玉. 中国北方沙尘暴频数演化及其气候成因分析[J]. 气象学报, 2003, 61(6):743-750.
- [7] 方宗义,朱福康,江吉喜,等. 中国沙尘暴研究[C]. 北京:气象出版社, 1997.
- [8] 叶笃正,丑纪范,刘纪远,等. 关于我国华北沙尘天气的成因与治理对策[J]. 地理学报, 2000, 55(5):513-521.
- [9] 周秀麟,徐样德,顾鹏,等. 2000 年春季沙尘暴动力学特征[J]. 中国科学, D 辑, 2002, 32(4):327-334.
- [10] 朱乾根,林锦瑞,寿绍文. 天气学原理和方法[M]. 北京:气象出版社, 1981.
- [11] 唐国利,巢清尘. 近48年中国沙尘暴的时空分布特征及其变化[J]. 应用气象学报, 2005, 16(增刊):128-132
- [12] Zou, X. K. and P. M. Zhai., 2004: Relationship between vegetation coverage and spring dust storms over northern China. *Journal of Geophysical Research*, vol. 109, D03104, doi:10.1029/2003JD003913, 2004.
- [13] Wang, X. M. and P. M. Zhai., 2006: Variation of Extratropical Cyclone Activity in Northern East Asia. *Advances in Atmospheric Sciences*. (submitted)

- [14] Serreze, M. C., F. Carse, R. G. Barry, and J. C. Rogers, 1997: Icelandic low cyclone activity: climatological features, linkages with the NAO, and relationships with recent changes in the Northern Hemisphere circulation. *J. Climate*, 10, 453-464.
- [15] Geng, Q., and Sugi, M., 2001: Variability of the North Atlantic cyclone activity in winter analyzed from NCEP-NCAR reanalysis data. *J. Climate*, 14, 3863-3873.
- [16] 许宝玉, 钱正安, 焦彦军. 西北地区五次特强沙尘暴前期形势和要素场的综合分析 with 预报[A]. 见: 方宗义等编. 中国沙尘暴研究[C]. 北京: 气象出版社, 1997. 1~10
- [17] 申元村, 杨勤业, 景可, 等. 我国的沙尘暴、尘暴灾害及其防治[J]. 中国减灾, 2001, 11(2): 28-30.
- [18] 李栋梁, 王涛, 钟海玲. 中国北方沙尘暴气候成因及未来趋势预测[J]. 中国沙漠, 2004, 24(3): 376 - 379.
- [19] Zou, X.K. and P.M. Zhai., 2005: Variations in droughts over China: 1951 - 2003. *Geophysical research letters*, vol. 32, L04707. doi:10.1029/2004GL021853, 2005
- [20] 王式功, 杨德保, 李腊平, 等. 兰州城区冬半年冷锋活动及其对空气污染的影响[J]. 高原气象, 1998, 17(2): 142-149.

Impact of Mongolian Cyclone on dust storms over Northern China in spring

WANG Xin-min ^{1, 3}, ZHAI Pan-mao ², JIANG Zhi-hong ¹, YANG Gui-ming ⁴

(1. Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044 China; 2. National Climate Centre, China Meteorological Administration, Beijing 100081, China; 3. Meteorological Observatory in Henan Province, Zhengzhou 450003, China; 4. National Climate Centre, China Meteorological Administration, Beijing 100081, China;)

Abstract : Based on the ECMWF reanalysis data and surface observation data of dust storms in China in 1979~2001, impact of Mongolian Cyclone on dust storms over Northern China in spring have been researched. The results show: there is good relationship between Mongolian cyclone and dust storms over Northern China in spring. Dust storms are consistent with strong wind regions, which generally locate nearby the center or the periphery of cyclone, even in the regions far away from cyclone centre. The strong wind and vertical movement with Mongolian cyclone are obvious, which afford favorable dynamic condition for the occurrence of dust storms. In the regions of high frequency occurrence of dust storms, over the half of dust storms are associated with Mongolian cyclone. The further analysis shows that the secular trends of dust storms are consistent with the

variation of Mongolian cyclone activities and there are obvious correlation coefficients between both. The regions with high correlation coefficient are consistent with the distribution of the deserts.

Key words: Mongolian Cyclone; Dust storms; Extratropical cyclone; Sea Level Pressure

作者联系方式: E-mail: hnwxm@cma.gov.cn

通讯地址: 郑州市金水路110号河南省气象台

Tel: 13663861137; 0371-66166728