

# 浑善达克沙地沙尘暴气候特征分析\*

王革丽 吕达仁

(中国科学院大气物理研究所中层大气与遥感理论和技术研究部, 北京 100029)

尤 莉

(内蒙古自治区气象局气候中心, 呼和浩特 010051)

**摘要** 利用浑善达克沙地 11 个站点 1961~2000 年扬沙和沙尘暴的观测资料, 分析研究该地区沙尘暴天气的气候学特征, 包括其地理分布、季节变化、年际和年代际变化等时空分布特征。结果表明, 近 40 年来, 浑善达克沙地东部沙尘暴出现日数在减少, 而浑善达克沙地西部地区沙尘暴出现日数呈波动增加态势。沙尘暴出现日数的变化是特定气候变化的反映, 同时下垫面条件的持续恶化是造成浑善达克沙地西部沙尘暴天气持续增加的重要原因。

**关键词:** 内蒙古; 沙尘暴; 气候特征

## 1 引言

2000 年入春以来, 华北等地连续发生了 12 次扬沙、沙尘暴天气, 这种恶劣天气发生之早, 频率之高, 范围之广, 强度之大, 为 50 年所罕见。沙尘暴的频发引发了全社会的关注, 5 月间朱镕基总理对河北坝上草原以及内蒙古锡林郭勒浑善达克沙地就防沙治沙, 改善生态环境问题进行了实地考察。这些地区常年干旱风大, 自然形成多条风道, 是北部风沙南下的必经之路。浑善达克沙地与地处我国西部的河西走廊及阿拉善高原成为沙尘暴产生的重要源地。另外, 浑善达克沙地是蒙古民族的聚居区, 人口约 40 万, 由于历史和地域等诸多因素的制约, 沙区经济发展缓慢, 过度放牧和超载的巨大压力使该地区的生态系统受到严重破坏。因此, 研究这一地区的沙尘暴天气形成和发展特征具有历史和现实意义。

沙尘暴的灾害主要有两个方面: 在沙区, 表现为对生态的破坏; 远离沙区, 表现为对环境的污染。据内蒙古自治区民政厅统计<sup>[1]</sup>, 仅 2000 年春季, 受沙尘暴灾害影响的人口有 48.5 万人, 损坏房屋 53 413 间, 死亡牲畜 10 472 头(只), 丢失牲畜 14 940 头(只); 被风沙淤埋的人畜饮水井 423 眼, 350 台风力发电机遭严重损坏; 有 23.4 万亩农作物受灾, 造成的直接经济损失高达 8 569 万元, 其中农业损失 7 740 万元。

从 20 世纪 70 年代起, 我国开始开展对沙尘暴的研究工作, 但是绝大多数工作都集中在我国西北地区沙尘暴的成因及气候分析方面<sup>[1,2]</sup>, 对华北地区, 特别是 2000 年春季多次引发华北大规模沙尘天气的重要沙源之一的浑善达克沙地的沙尘暴几乎没有涉及。

2001-05-15 收到, 2001-09-07 收到再改稿

\* 国家自然科学基金资助项目 49790020 和中国科学院重大项目 B KZ951-B1-451-02 共同资助

1) 内蒙古自治区气候公报, 2001 年 2 月

本文先从浑善达克沙地沙尘暴天气的气候特征分析入手，进行基础性的研究工作，以期对这一地区沙尘暴天气的时空分布特征有一些认识。

## 2 浑善达克沙地的气候背景和沙尘暴的气候特征

浑善达克沙地位于内蒙古自治区中部的农牧交错带，分布于内蒙古高原东部，阴山北麓，是我国四大沙地之一。沙地呈不规则分布，东西长约 450 km，南北宽约 50~300 km，总面积为 7 100 810 hm<sup>2</sup>。沙地的海拔高 1 000~1 400 m，沙地的西半部以半固定沙地为主，并有流动的新月性沙丘链呈斑点状分布。沙地的东半部以固定沙丘为主<sup>1)</sup>。

浑善达克沙地地处中纬度属半干旱、干旱大陆性季风气候。气候的基本特点是：冬季漫长寒冷，冬季为 5 个月（11 月~翌年 3 月），年平均气温为 0~3℃，1 月份平均气温为 -17℃；夏季短促温热少雨；年降水量大部分地区 200~350 mm，西部最少为 110~150 mm，雨量集中在 7、8 两月，这两月的雨量占全年的一半左右，季节分配不均，年变率较大。该区的蒸发量大，年蒸发量在 2 000 mm，干燥度在 1.2~2 之间，年平均相对湿度在 60% 以下；春秋季风大且沙多，年平均风速为 4~5 m s<sup>-1</sup>，最大风速普遍在 24~28 m s<sup>-1</sup>，大风日数 (>8 级) 全年大约有 60~80 天。

本文利用浑善达克沙地 11 个站点 1961~2000 年的历史气候资料进行统计分析。下面所统计的沙尘暴和扬沙日数是根据气象观测规范确立的。扬沙和沙尘暴是两种容易被混淆的灾害性天气现象，扬沙是指由于风力较大，将沙尘吹起，使空气相当混浊，水平能见度在 1~10 km；而沙尘暴是指强风把地面大量沙尘卷入空中，使空气特别混浊，水平能见度低于 1 km。

### 2.1 沙尘暴的地理分布

图 1 是浑善达克沙地 30 年（1961~1990 年）平均沙尘暴日数分布图。可以看出，这一地区沙尘暴日数的分布总趋势是由东向西增多。东部地区沙尘暴日数年平均在 4.3 天左右，克什克腾旗为 0.9 天；而西部地区沙尘暴日数明显增加，年平均在 9.8 天左右，最大值出现在苏尼特右旗为 14.2 天。沙地的大部分区域（西部和中部区域）年平均沙尘暴日数超过 6~7 天。这样明显差异的分布可能与下垫面差异有关，浑善达克沙地东部区以典型草原和草甸草原为主，而西部区为荒漠草原，松散干燥的地表为沙尘暴的产生提供了充足的沙源。

图 2 是刘景涛等<sup>[3]</sup>给出的内蒙古自治区 1957~1996 年各站由沙尘暴天气造成的 0 级能见度（黑风暴）出现日数分布图。所谓黑风暴是一种特强沙尘暴天气，至少一个测站能见度为 0 级，且至少有一个临近测站能见度为 1 级或 2 级的测站最大平均风速大于 20 m s<sup>-1</sup>。由图中可见，黑风暴在内蒙古中部存在一个最大中心，我们所关注的浑善达克沙地就在这一区域，最大中心位于朱日和（42°24'N, 112°54'E），正处于浑善达克沙地的西端，0 级能见度日数高达 7 天之多。

从上面的分析我们可以看出，浑善达克沙地西部存在沙尘暴日数（黑风暴）的最大

1) 浑善达克沙地综合治理与开发规划（评审稿），浑善达克沙地综合治理与开发规划编写组，1997 年

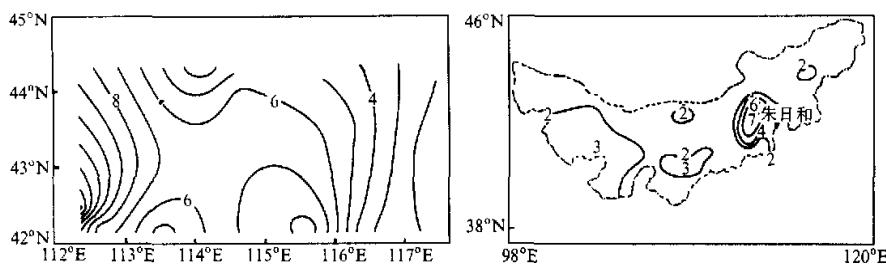


图1 浑善达克沙地沙尘暴日数年平均地理分布(1961~1990年)

图2 黑风暴日数分布图(1957~1996年)<sup>[3]</sup>

中心,它是京津地区沙尘暴产生的重要沙尘源头之一。

## 2.2 沙尘暴的季节分布

由图3给出的浑善达克沙地1961年至2000年40年平均的逐月沙尘暴出现日数的变化曲线可以看出,这一区域沙尘暴一年四季都可发生,但存在着明显的季节特征,即冬春多、夏秋少,显然这是由大风的发生频率和地表起沙的危险性决定的。

春季(3~5月)是沙尘天气的多发季节。本区东部锡林浩特的春季沙尘暴日数平均为2.6天,占全年沙尘暴总日数的50%;而本区西部西苏旗的春季沙尘暴日数平均为7.2天,占全年沙尘暴总日数的66%。另外,春季的沙尘暴天气又以4月份为多。这是因为春季多大风,冷空气活跃;同时降水少,西苏和锡林浩特的春季降水量分别占全年降水量的12.3%和23.5%;再加上春季气温回暖解冻,因此在丰富沙源存在的浑善达克沙地就很容易形成扬沙或沙尘天气。

冬季也较容易产生沙尘暴天气。以西苏为例,冬季沙尘暴日数占全年的沙尘暴日数的20%左右;而夏季(6~8月)和秋季(9~11月)很少产生沙尘暴天气。以锡林浩特为例,夏秋两季的沙尘暴日数占全年总日数的14%;而7~10月几乎不会形成沙尘暴天气。因为这段时期是雨量的相对集中期,地表墒情较好,同时地表植被覆盖度也达到最高。

## 2.3 沙尘暴的年际变化

根据沙尘暴的地理分布特征,我们将浑善达克沙地分为东西两个区域来分别进行研究。东部区包括克什克腾旗、锡林浩特、多伦、正兰旗、阿巴嘎旗、正镶白旗;西部区包括苏尼特左旗(东苏)、苏尼特右旗(西苏)、朱日和以及镶黄旗。

图4为浑善达克沙地东部区1961~2000年春季沙尘暴日数的逐年平均变化情况,可以看出,这一地区沙尘暴日数是逐渐减少的。最大值出现在1966年,为12.4天,1971~1978年为相对高值年代,进入20世纪80年代以后,沙尘暴日数明显减少,只有在1984、1986、1988和1990年的春季沙尘暴日数超过40年平均值3.8天,基本呈现逐年减少的态势。在1991~1999年达到相对低值区,1997年为0.2天。这一结果与近期的一些关于华北地区的沙尘日数在减少(北京50年代平均沙尘暴日数、扬沙日数和浮尘日数分别是90年代的8倍、14.5倍和3.2倍<sup>[4]</sup>)的研究结果是吻合的。

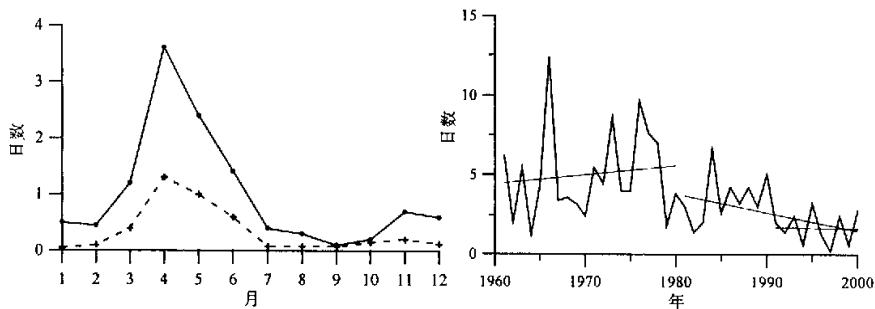


图 3 浑善达克沙地 1961~2000 年平均的逐月沙尘暴日数变化曲线

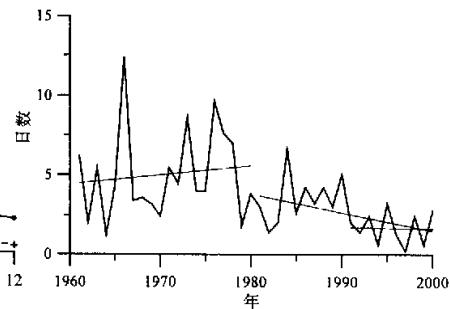


图 4 浑善达克沙地东区沙尘暴日数变化

图 5 为浑善达克沙地西部区 1961~2000 年春季沙尘暴日数的逐年变化情况, 可以看出, 最大值还是出现在 1966 年为 13.3 天, 1970~1976 年沙尘暴日数逐渐增加, 而进入 80 年代, 虽然平均沙尘暴日数比 60、70 年代减少, 但是呈现逐年增加的趋势。只有在 1982、1983、1991、1996、1997 和 1999 年的沙尘暴少于常年平均, 其他年份都高于或接近于多年平均。1990、1995 和 2000 年都达到或接近 40 年沙尘暴日数的历史次高点, 分别为 8.7、7.7 和 8 天。图 6 给出位于浑善达克沙地区域西部的东苏站春季沙尘暴日数与扬沙日数之和的变化情况, 可以看出春季沙尘天气在 2000 年剧增。

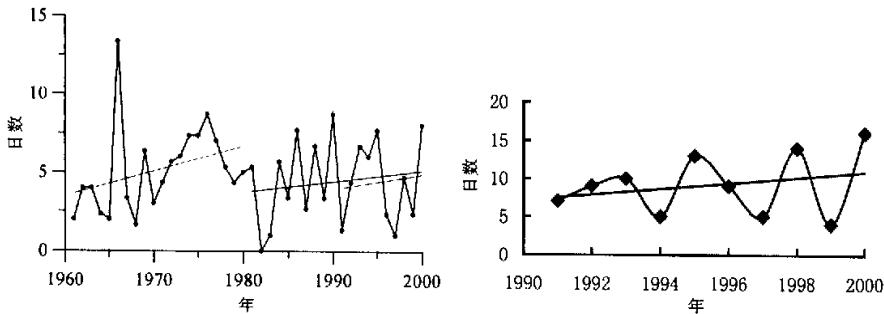


图 5 浑善达克沙地西区沙尘暴日数及趋势变化

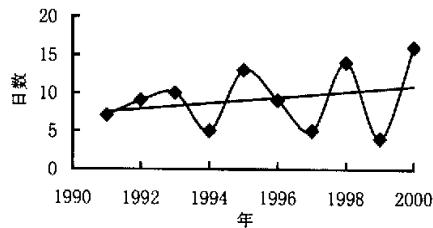


图 6 东苏春季沙尘日数的变化曲线

#### 2.4 沙尘暴的年代际变化

表 1、表 2 分别为浑善达克沙地东西区域几个代表站各年代的平均沙尘暴日数和揚沙日数。可见, 浑善达克沙地沙尘暴日数和揚沙日数在 20 世纪 70 年代是最多的。对于沙地区域东部来说(以锡林浩特为例), 进入 80 年代以后, 平均沙尘暴日数锐减, 90 年代最少, 同时揚沙日数也减少, 在 90 年代达到最少; 而对于沙地区域西部来说(以东苏、朱日和为例), 情况有所不同, 80 年代和 90 年代的沙尘暴日数与 70 年代相比, 有所减少, 但是 90 年代的沙尘暴日数接近或大于 80 年代, 在揚沙日数上反映更突出。

表1 浑善达克沙地部分代表站平均沙尘暴日数的年代际变化

	1961~1970年	1971~1980年	1981~1990年	1991~2000年
东苏春季	4.8	6.0	4.0	3.9
东苏全年	8.8	7.8	4.8	4.4
朱日和春季	4.1	7.1	6.1	6.2
锡林浩特春季	4.2	4.4	1.1	0.4

表2 浑善达克沙地部分代表站平均扬沙日数的年代际变化

	1961~1970年	1971~1980年	1981~1990年	1991~1998年
朱日和全年	14.4	18.1	18.1	18.9
锡林浩特全年	9.4	10.4	10.6	2.1

朱日和的扬沙日数在90年代达到极大值,为18.9天。

## 2.5 原因的可能性分析

根据对浑善达克沙地东西两个区域的沙尘暴和扬沙日数1960~2000年的年际和年代际变化分析,我们可以看出在浑善达克沙地,沙尘暴和扬沙在20世纪70年代频繁出现,但进入80年代以后,呈现逐步减少的趋势,这一结论与最近的一些研究工作相符<sup>[4] 1)</sup>,但是对于沙地西部,从80年代以来,沙尘暴和扬沙日数呈现波动增加的态势。沙尘暴和扬沙天气的发生一般需要两个条件:(1)足够强劲的风力;(2)地表丰富的松散干燥的沙尘。下面我们先从大风日数入手。

图7给出锡林浩特春季大风日数及扬沙的年际变化,60、70年代的大风日数较多,进入80年代,大风日数是逐年减少的。1990~1995年有一个增加的时段,而后逐渐减少。从40年的尺度来看大风日数有减少的趋势。与扬沙日数对比,我们发现大风日数与沙尘暴日数的年际振荡和多年变化趋势基本是一致同位相的。另外,我们给出位于浑善达克沙地区域西部东苏春季大风日数在90年代的变化情况(图8),同样,可以看出在1991~1995年大风日数是逐渐增加的,到1995年达到峰值,随后大风日数减

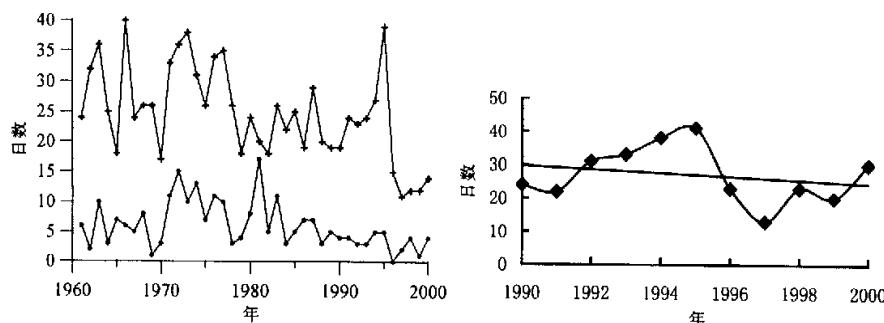


图7 锡林浩特春季大风日数及扬沙的年际变化

图8 东苏春季大风日数的变化曲线

1) 周自江,近45年中国扬沙和沙尘暴天气,西部大开发,气象科技与可持续发展学术研讨会会议文集,2000年9月,西安。

少、2000 年为 30 天。与图 7 对比，可以看出，浑善达克沙地春季大风日数的变化规律是一致的，在 90 年代都存在减少的趋势。

我们知道大风日数的增减是气候周期变化的反映，我国春季寒潮大风的出现与东亚冬季风的强度有关。研究指出<sup>[4]</sup>，东亚冬季风与 El Niño 事件关系密切，东亚冬季风的强度在 El Niño 年弱，而在 La Niña 年强。观测事实说明，20 世纪 70 年代，La Niña 事件占优势，东亚冬季风甚强，这样就造成浑善达克沙地区域由于寒潮大风引起的沙尘暴天气增多；而在 80 年代到 90 年代，特别是 90 年代，El Niño 事件占优势，东亚冬季风甚弱，因此由于寒潮大风引起的沙尘暴天气减少。也就是说，“风”的因素对浑善达克沙地东部地区扬沙和沙尘暴的减少起了重要作用。在同样的气候背景下，为什么在浑善达克沙地西部地区，从 80 年代到 90 年代，特别是 90 年代强沙尘天气出现的日数有增加的趋势？这与从产生沙尘暴的第二个条件（地表丰富的松散干燥的沙尘）有关，因为浑善达克沙地中有流动沙地 35 570 hm<sup>2</sup>，主要分布在西部地区，地表为荒漠草原，植被稀疏，覆盖度在 15% 以下，地表具备丰富的沙源条件；同时由于近十几年来地表植被逐年恶化，从 1989 到 1996 年的 7 年间流沙面积增加了 93.3%，90 年代的 10 年间流沙面积每年增加 14 000 hm<sup>2</sup>，扩展速度惊人。而且由于沙地小于 0.25 mm 的沙粒占 60% 以上，在这样的条件下，即使风速不大，也会借助风力迁移到空中，形成扬沙天气。因此，沙漠化加剧是这一地区沙尘暴频发的重要原因。

### 3 结论

本文利用浑善达克沙地 1961~2000 年的扬沙和沙尘暴的观测资料，分析研究该地区沙尘暴天气的气候学特征，包括其地理分布、季节变化、年际和年代际变化等时空分布特征，得到以下初步结论：

- (1) 浑善达克沙地沙尘暴日数的分布总趋势是由东向西增多。
- (2) 浑善达克沙地沙尘暴的季节特征明显，即春冬多，夏秋少。
- (3) 近 40 年来，浑善达克沙地东部沙尘暴出现日数在减少，而浑善达克沙地西部地区沙尘暴出现日数呈波动增加态势。沙尘暴出现日数的变化是特定气候变化的反映，下垫面条件的持续恶化是造成浑善达克沙地西部沙尘暴天气持续增加的重要原因。显然，这是人类活动造成沙地特别是西部生态环境恶化的一个后果，当然人类活动造成的后果亦与气候变化（包括降水和气温）协同起作用。这方面的研究将在下一步工作中展开。

致 谢 感谢李鸿洲研究员热情有益的讨论。

### 参 考 文 献

- 1 方宗义、朱福康、江吉喜、钱正安，中国沙尘暴研究，北京：气象出版社，1997.
- 2 徐国昌、陈敏连、吴国雄，甘肃省“4·22”特大沙暴分析，气象学报，1979,37(4), 26~35.
- 3 刘景涛、郑明倩，华北北部黑风暴的气候学特征，气象，1998, 24(2), 39~44.

4 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, 地理学报, 2000, 55(5), 513~520.

## Analyses of Climatic Characteristics on Hunshandake Dust Storm

Wang Geli and Lu Daren

(Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029)

You Li

(The Climate Center of Inner Mongolia Autonomous Region, Huhhot 010051)

**Abstract** Using observed data of 11 meteorological stations on Hunshandake dust region from 1961 ~ 2000, climatic characteristics on dust storm of this region, including its geographical distribution and seasonal, yearly and decadal characteristics are analyzed. It shows that the dust days of eastern Hunshandake sandland decreased during the last 40 years, and the contrary result is received in the western Hunshandake sandland. The result shows the specific reflection of the climate change and the lasting depravation of underlying surface in this region is an important reason.

**Key words:** Inner Mongolia; dust storm; climatic characteristics