

北京地区风沙活动的现状*

贺大良 陈广庭

(中国科学院兰州沙漠研究所)

提 要: 根据1949—1984年的降水和蒸发资料, 本文分析北京地区风沙活动的气候原因, 阐明风沙活动的现状和特点, 并提出用扬沙能力表示风沙活动的强度。

主题词: 起动风速 扬沙能力 风沙活动 北京地区

1977年联合国环境规划署内罗毕会议把北京市列为受沙漠化危害地区, 引起国家计委国土局的重视。为此, 我所北京风沙队1985—1986年以北京南郊大兴县为中心, 做了2年野外观测和调查。本文就是这项工作的一部分——试图从气候学角度阐明本地区风沙产生的原因及现状。

一、北京地区风沙活动的气候原因

产生风沙必备的两个条件, 一是沙, 二是干旱多风。本地区由于历史上永定河下游的多次决口, 提供了沙源, 但这不属本文讨论的范围, 本文着重分析本区干旱多风的气候原因。

北京地区属暖温带大陆性半干旱半湿润季风气候, 山区为半干旱季风气候区, 平原为半湿润地区, 多年平均降水达641mm, 本不会产生严重的风沙, 但由于降水季节过于集中, 冬春季降水严重不足, 造成春季干旱。分析1949—1984年共36年的降水资料, 可见本区的降水特点是:

(1) 降水年际变幅大: 36年中最高降水量为1406.0mm (1959年), 最少降水年仅为261.5mm (1965年), 二者相差5.4倍。

(2) 降水的相对变率大: 根据36年的降水资料计算, 年降水相对变率是29.5%, 超过25%的安全标准¹⁾, 会造成农作物旱涝灾害。

(3) 降水季节分配严重不均: 由表1可见, 冬季降水只占全年的1.9%, 春季是万物复苏作物生长的季节, 降水也只有10.1%, 冬春半年合计只占全年的12%, 而夏季则占全年降水的75.2%。

(4) 降水不足且水面蒸发量又很大: 由表1可见, 36年的年平均蒸发量为1838.7mm, 为同期年平均降水量的2.87倍。冬春季的蒸发与降水之比(干燥指数)则更加惊人, 冬季平

本文1990年4月20日收到, 1991年4月16日收到修改稿。

* 本课题负责人朱震达、邹本功, 参加风沙观测和资料整理等工作的还有申健友、王寿、赵业凡等同志。

均干燥指数为14.3, 春季为10.3, 即水面蒸发量为降水量的10至10余倍。冬春两季蒸发量与降水量的巨大差值是本地区春季干旱, 易引成风沙天气的原因之一。

表 1 北京地区降水与蒸发量的年内分配和干燥指数

(以北京气象台为例, 1949~1984年平均, 单位 mm)

Annual distribution of precipitation and
evaporation and aridity index in Beijing region

项 目	逐 月 逐 季 量 值												年总量
	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
各月降水量 (R)	2.8	2.5	6.6	7.6	24.5	32.5	77.1	192.9	212.1	53.4	22.2	6.5	641.0
占年总量的%	0.4	0.4	1.1	1.2	3.8	5.1	12.0	30.1	33.1	8.3	3.5	1.0	
各季降水量 (R)	12.2			64.6			482.1			82.1			
占年总量的%	1.9			10.1			75.2			12.8			
各月蒸发量 (E)	53.5	53.9	66.7	138.6	235.1	291.2	273.9	200.7	167.0	156.3	125.6	76.2	1838.7
占年总量的%	2.9	2.9	3.6	7.5	12.8	15.9	14.9	10.9	9.1	8.5	6.8	4.2	
各季蒸发量 (E)	174.1			664.9			641.6			358.1			
占年总量的%	9.4			36.2			34.9			19.5			
各季干燥指数 (E/R)	14.3			10.3			1.3			4.4			2.87 (年平均)
各月干燥指数 (E/R)	19.1	21.6	9.7	18.2	9.6	9.0	3.6	1.0	0.8	2.9	5.7	11.7	

(5)春季降水既少, 且历年透雨的首现日期迟早又相差很大: 若以 $\geq 20\text{mm}$ 、 $\geq 30\text{mm}$ 、 $\geq 40\text{mm}$ 降水作为该地解除春旱的第一场透雨, 则本地透雨的首现日期迟早可以相差4个多月(表2)。春雨稀少, 且透雨首现日期早晚悬殊, 雨季到来较晚的年分, 必然发生严重的春旱。

北京地区多发春旱, 且春季正值冷暖气团频繁交替而多大风。风旱同期, 升温快、蒸发强烈, 又值耕作之时, 地面裸露, 遇大风极易形成风沙天气。

表 2 北京春季降水的首现日期
First rainfall date in spring in Beijing region

	降 水 量		
	$\geq 20 \text{ mm}$	$\geq 30 \text{ mm}$	$\geq 40 \text{ mm}$
平均首现日期	5 月 29 日	6 月 18 日	6 月 26 日
最早首现日期	4 月 2 日 (1970)	4 月 5 日 (1965)	4 月 5 日 (1965)
最迟首现日期	8 月 9 日 (1945)	8 月 16 日 (1945)	8 月 21 日 (1945)
最早与最迟相差日数	129 天	133 天	138 天

1) 引自北京市农业科学研究所：华北地区干旱气候与抗旱斗争，1972。

二、北京地区风沙活动的现状和特点

(一) 风沙活动的现状

统计了北京地区（以北京观象台为代表）1951—1990 年的风沙天气日数 列于表 3。由

表 3 北京观象台 1951—1990 年风沙日统计表*
Days of sand-carrying wind in 1951-1990 recorded by Beijing Observatory

年 度	大风日数	沙尘暴日数	扬沙日数	浮尘日数	风 沙 日	
					总计	5 年平均
1951—55	72	33	185	72	390	78
1956—60	77	16	158	41	215	43
1961—65	63	16	79	20	115	23
1966—70	199	30	90	27	147	29.4
1971—75	233	8	89	38	135	27
1976—80	157	6	128	21	155	31
1981—85	98	4	70	25	99	19.8
1986—90	76	3	48	11	62	12.4
合计	975	116	947	255	1318	33

* 逐年统计值删。 — 编者

表可见：北京地区风沙活动频繁，40年中各种风沙现象共1318次之多。风沙活动严重的年每年有70—80次，活动较少的年分也在10次以上，平均每年 33 次。沙尘暴是风沙现象中危害最严重的一种，平均沙尘暴日期可以表征当地风沙活动的强度，由北京地区各气象站自建站以来至1980年的多年平均沙尘暴日期的统计（表4）可见：本区14个气象台站均有沙尘暴发生，多者一年数次，少者数年一次。北京观象台出现沙尘暴的次数并非最多，北京地区各处风沙现象普遍存在。东南部平原地区及西北部延庆县盆地沙尘暴次数较多，北部平原地区次之，山区台站出现次数较少。

表 4 北京地区各站的沙尘暴日数

Days of sand storm recorded by various meteorological stations in Beijing region

站 名	日数	资料年限	站 名	日数	资料年限
延庆	6.1	1959-1980	通 县	2.9	1958-1980
丰台	4.0	60-80	房 山	3.6	60-80
大兴	4.9	60-80	怀 柔	1.2	60-80
朝阳	3.8	59-80	平 谷	1.7	60-80
顺义	2.6	60-80	古北口	0.9	60-80
密云	1.6	59-80	海 淀	0.3	75-80
昌平	0.6	59-80	北 京	3.6	51-80

综上所述，北京地区不仅存在着风沙活动，而且由来已久，次数频繁，分布广泛。

（二）风沙活动的特点

1. 风沙活动出现的形式 由表3可见，40年中北京地区扬沙天气有947次，占风沙日数的71.7%，为风沙天气的主要形式。而最严重的风沙现象——沙尘暴日数，共有116次，只占风沙日数的8.8%。浮尘天气主要与上风地区的风沙活动有关，共出现254次，占风沙日数的19.5%。

2. 风沙活动的季节变化 北京地区（以北京观象台为代表）1949—1984年共36年各月平均的大风、沙尘暴、扬沙和浮尘日数统计列于表5。由表可见，风沙天气现象均以4月最多，8月最少。分季而论，则均以春季最多，冬季次之，夏、秋二季最少。冬春季大风日数就占了全年的70.4%，沙尘暴日数占全年的81.3%，值得注意的是一年之中8、9、10三个月沙尘暴日数均为0，这显然与地面植被较好和风力较弱有关。浮尘日数也绝大多数出现在冬、春半年中（占88.6%），且春季独占了74.3%，这与上风地区春季多风且地面干燥有关。7、8两月浮尘日数为0，显然与上风地区进入雨季有关。风沙活动的主要形式——扬沙天气也以冬、春半年占大半（81.7%）。

3. 风沙活动的年际变化 文献〔2〕曾对建国以来北京地区风沙活动的年际变化作过

表 5 北京观象台各月平均大风沙、尘暴、扬沙、浮尘日数
 Month mean days of strong Wind, sand storm
 , blowing sand and suspended dust (1949—1984)

频 目	季 与 月	冬			春			夏			秋			全 年 总 计
		12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
大 风	日 数	2.9	2.8	3.0	3.4	3.9	2.1	1.4	1.1	0.5	1.4	2.7	2.9	25.7
	季总和 (日)	8.7			9.4			3.0			4.6			
	占全年 (%)	33.8			36.6			11.7			17.9			
沙尘暴	日 数	0.3	0.5	0.3	0.5	0.7	0.3	0.3	0.2	0	0	0	0.1	3.2
	季总和 (日)	1.1			1.5			0.5			0.1			
	占全年 (%)	3.4			46.9			15.6			3.1			
扬 沙	日 数	2.4	3.4	2.7	3.3	5.3	3.9	1.7	0.5	0.1	0.5	0.8	1.3	25.7
	季总和 (日)	8.5			12.5			2.3			2.4			
	占全年 (%)	33.1			48.6			9.0			9.3			
浮 尘	日 数	0.5	0.3	0.2	1.0	2.8	1.4	0.1	0	0	0.1	0.2	0.3	7.0
	季总和 (日)	1.0			5.2			0.2			0.6			
	占全年 (%)	14.3			74.3			2.8			8.6			

分析,本文在补充了近年资料的基础上再作新的探索。把1951年—1990年共 40 年的大风日数、沙尘暴、扬沙、浮尘日数按 5 年一组划分为 8 组,每组分别求和,以消除个别年份脉动的影响,然后分别探讨各个时期风沙天气的变化。由表 3 可见:1951—1955 年 5 年中,虽然大风日数与以后各个 5 年相差不多,但各种风沙天气却显著多于以后各组;风沙日总数达 3903 天,年平均风沙日多达 78 天,为各组之最高。这显然与建国初期绿地面积较少有关,(1947 年包括水面的总绿地面积为 772. (ha) ¹⁾。1956—1960 年的 5 年中,大风日数比前 5 年还稍有

1) 据北京市园林局资料。

增加,但风沙日数却锐减至215天,年平均42。这与建国初期的大力植树有关(1959年总绿地面积为2505.24ha,是10年前的3.3倍)。1961—1965年风沙日数继续降至115日,年平均23天(1961年北京市总绿地面积继续增为3081.73ha,是1949年的近4倍)。1966—1970年和1971—1975年两个5年之中,大风日数猛增,比50年代增加近2倍,但风沙日数只略有增加,5年中风沙日数分别为147天和135天,年均日数为29.4天和27天。此时以往植树造林的影响继续存在,虽然1975年总绿地面积减少为2827.29ah,即为1961年的91.7%,但随着林木增长,其抗风能力也增大。1976—1980年大风日数有所回降,但风沙日数略有上升,5年中风沙日数155天,年平均31天,这与林木破坏有关,1977年绿地总面积2695.3ha,1978年继续降为2693.04ha。1981—1985年大风日数继续回降,5年之中风沙日数也减至百次以下,年平均不足20次,这显然应与1980年中央提出大力种草种树有关。1990年春,我们又补充统计了北京地区近几年的风沙日减少的情况,发现到88年底为止,北京市公共绿地面积已增加到3522.8ha,相应的1986—1989年风沙日数只有56天,平均每年12.5天,其中1989年只有两天扬沙。由此可见,随着北京绿化工作的开展,北京的风沙天气是减少的。但要使北京的风沙日完全消失,则还应在上风地区即河北省坝上地区、后山地区和内蒙古中部地区植树种草。没有上风广大地区沙面的固定,一遇大风,浮尘仍会影响北京。1990年4月25日北京遭到80年代最大的一次浮尘天气即为其例。

三、北京地区风沙活动的强度

通常以单位时间单位宽度内的输沙量来表示风沙活动的强度。输沙量可以实测,但至今尚无自记测量仪器。长时距的输沙量一般都用风速记录估算。多年以来,人们不断探索风与输沙量之间的关系。本文试图采用一个新的物理量——扬沙能力来表示风与输沙量之间的关系。

(一) 扬沙能力的表示方法

由风沙物理学的实验可知,在未考虑地表湿度的情况下,沙粒输移的数量一般应与 $(V - V_t)^3$ 成正比,其中, V 为10—15m高度的实际起沙风速(m/s), V_t 为10—12m高度上沙粒临界起动风速(m/s)。因此我们把某年(月)逐时实际起沙风速与临界起动风速之差的3次方的总和称之为该年(月)的扬沙能力,即

$$\sum_{h=1}^n (|\bar{V}| - V_t)^3, \quad V > V_t \quad (\text{m/s})^3$$

上式 h 为时间, $h = 1, 2, \dots, n$ 。 (h)

因北京地区各地沙源不一,粒径各异,临界起沙风速虽不尽相同,为计算简便起见,统一取 $V_t = 5.0 \text{ m/s}$,上则式变为:

$$\sum (|\bar{V}| - 5.0)^3, \quad V > 5.0 \text{ m/s}$$

式中 $(|\bar{V}|)$ 为气象台站采用的10分钟平均风速。这样便于利用附近气象台站的风况资料。为摘取资料方便,我们没有逐年计算10分钟的平均风速,而是选用了气象站风速自记记录中

已挑出的 1 小时中最大的 10 分钟平均风速，代表该小时内的实际起动风速，这样做的理由有二：

(1) 由于风速具有很大的阵性，1 小时平均风速计算的扬沙能力大小与实际的扬沙不尽一致。气象观测中的大风日数也仅指该日任意 10 分钟平均风速 $\geq 9.0 \text{ m/s}$ 来表示大风天气的多少，并不是指 24 小时内连续有大风。因此从统计意义上来说， $|\bar{v}|$ 较大风日具有更好的代表性，并反映扬沙的实际时间。

(2) 本文中采取以 1 小时内最大 10 分钟平均风速代表该小时的风速。就其量值而言，介于 1 小时平均和 1 分钟平均值之间，这是因为在风速统计中，测风时距越短则其平均风速值越大，即：10 分钟平均风速的极值小于 1 分钟平均风速的极值，大于瞬时风速的极值。

因此，选用 1 小时最大 10 分钟平均风速虽会产生两种系统误差，但这两种系统误差具有互相抵消的部分，尚不致造成严重的累计误差。

(二) 扬沙能力的物理意义

(1) 因为影响扬沙能力的因素很多（如地面质地、植被等），扬沙能力只能代表该地风力因素引起的可能的相对扬沙量，在诸地表因素相同的情况下，输沙量与扬沙能力成正比，即扬沙能力大之处其输沙量也大。如果地表因素不足以引起风沙，则风的能量消耗在克服沙面阻力做功之上。这个功是虚功，风能最终将耗散变为热能和声能，而这恰恰正是防治风沙的人们所追求的。人们正是利用风的这个物理性能设置各种障碍以消耗风的（破坏）能量以保护地面不被吹蚀，或因势利导使其破坏能力转化为有用之功。

(2) 对于流动沙地来说，一年中各风向扬沙能力的向量和就代表一年之中沙堆移动方向与输沙的相对数量。至于沙粒移动的绝对数量只要经过数年野外观测工作，就能大致确定扬沙能力与输沙量的比例系数，且利用扬沙能力的计算确定流沙的移动速度和方向。

(三) 北京地区几个站点扬沙能力的风况玫瑰图

在图 1 中，给出了北京观象台、昌平气象站和大兴气象站 1976—1980 年 5 个冬春半年各个方向的扬沙能力做出的扬沙能力风玫瑰，由图 1 可以看到：

(1) 北京观象台只有一个主方向扬沙能力（NNW），尽管 5 年之中数值有所变化，但主方向是不变的。昌平气象站的扬沙能力有一个主方向和一个次主方向（NW 和 WNW），两者有的年份会主次相互颠倒，但是扬沙能力的风玫瑰图总的形态基本不变。同时大兴气象站在 5 年中扬沙能力也有两个主方向（NNW 和 NW），随年份而互有兴替。

(2) 尽管扬沙能力的绝对量逐年大小不一，但各方向间的比例是基本不变的。也就是说，3 个站的逐年风玫瑰近于几何相似。有鉴于此，可以认为北京地区各个气象台站的扬沙能力虽然绝对量逐年变化很大，而且变化又无明显规律，但其扬沙能力的风玫瑰却基本保持相似。这就为作出北京地区扬沙能力的总趋势的估计提供了可能性。

(四) 北京平原地区各台站扬沙能力的风玫瑰

用前述方法计算了北京平原地区共 14 个台站 1979 年 12 月至 1980 年 5 月冬、春半年各方向的扬沙能力，结果列于图 2 中，由图可见（图删，图形与图 1 相似。——编者）：

(1) 北京平原地区各台站的扬沙能力因地而异，大小相差悬殊。14 个台站中该年扬沙能力最强者（昌平）为最弱的（房山）近 20 倍。为了图形大小均匀，我们采用了对数尺

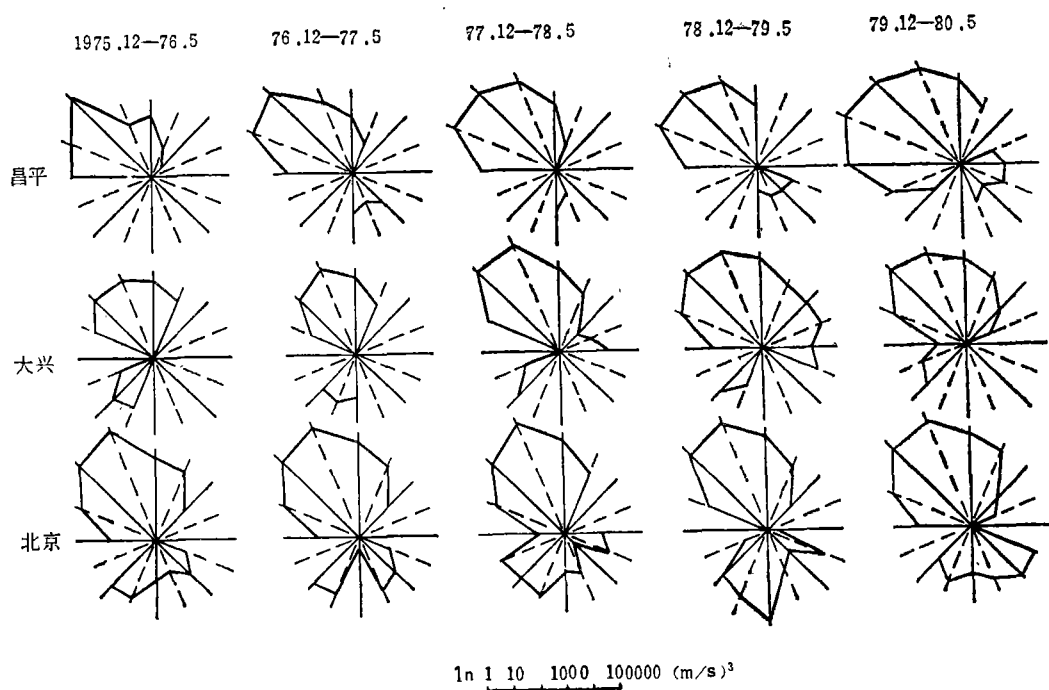


图 1 北京市昌平气象站、大兴气象站和北京观象台1976~1980年冬春半年扬沙能力的风玫瑰
Wind roses of half-year blowing sand capacity in winter and spring in 1976-1980 plotted by Chuangping, Daxing Meteorological Stations and Beijing Observatory

度做图。

(2) 尽管各台站的扬沙能力风玫瑰也是图形各异,但除个别台站外其主方向都大体相同或相近,总的来说都介于北与西方位之间,且大多数为NW、NNW和WNW三个方向。这是因为扬沙能力屏弃了风力较小的地方性风,较多受到主要环流影响。而对于整个北京地区来说,这一主要环流的方向是大体上一致的。

(3) 北京地区大的环流形势也随冬、春季节而变化,即冬季完全为偏西北的风,而春季夹有少量偏东、偏南的风(尤其在晚春季节)。较大的大风均系冷空气南侵所引起,因此不论冬季或是春季,所有6级以上风均为偏北大风而无一例外,就风速来说是如此,就扬沙能力来讲也是如此。

参 考 文 献

- (1) 北京风沙课题组.北京的风沙及其整治.沙漠所集刊,第7号,1991。
- (2) 陈鼎煌.北京春季风沙的分析.北京林业学院院报.1982,第3期。

PRESENT STATUS OF WIND-SAND ACTIVITY IN BEIJING REGION

He Daliang Chen Guangting

(Institute of Desert Research, Academia Sinica, Lanzhou)

Subject terms: threshold velocity, blowing sand capacity

Abstract

From analytical data of precipitation and evaporation in thirty-five years (1949 to 1984) one might conclude that spring drought often occurred in Beijing region. Frequent, dry wind in spring and abundant sand source derived from frequent outbursts of the Yongding River during the historical period served as a foundation for the wind-sand activity in Beijing region. Wind-sand activity in Beijing region, with blowing sand being the predominant form, most often occurred in spring, followed by winter. During the half-year period from winter to spring, days of blowing sand constitute 80% or more. The frequency of wind-sand activity is closely related to the greenland construction. Afforestation in the initial period after the founding of new China and planting trees and grass in 1980s played an important role in controlling wind-sand activities.

In order to express the intensity of wind-sand activity the author introduced a new physical measure—blowing sand capacity. It may be defined as the blowing sand ability equaling to the sum of vectors cubed of difference between threshold velocity and maximum of mean wind speed in ten minutes from hour to hour in given time interval, i.e.,

$$\sum (\bar{V} - V_t)^3 \quad V > V_t$$

Where, \bar{V} and V_t are wind velocity from hour to hour at the observation height of meteorological station and threshold velocity for sand movement respectively. Blowing sand capacity has a clear physical meaning, where there is abundant, loess sand sources and non-vegetated surface, the amount of sand transported by wind is proportional to blowing sand capacity; the sum of vectors of blowing sand capacity is the resultant direction of sand dune movement in given time interval. As for the proportional coefficient between transport rate and blowing sand capacity it can only be decided through a certain period of observation. Wind rose plotted by using blowing sand capacity instead of wind direction frequency is better than common wind rose in reflecting the disastrous blowing sand weathers and wind directions. It is recommended to use wind rose plotted by blowing sand capacities in the sand control and shelterbelt establishment in the coming years.