

文章编号:1004-4574(2012)05-0144-08

# 承德市近50年沙尘灾害时空分布特征及成因分析

李云强,马凤莲,周士茹,宋喜军,吴裴裴

(河北省承德市气象局,河北承德 067020)

**摘要:**基于1960-2009年承德市9个气象站的气象数据资料,探讨了承德市风沙灾害的时空分布特征。研究发现:沙尘灾害在承德市的空间差异十分明显,3种沙尘天气的发生日数以丰宁县最多,扬沙日数多年平均达到3.85次/a;3种沙尘灾害发生的空间分布除了整体上呈现由西北到东南递减趋势外,均有一个突出的舌形等值线。这条等值线基本上沿着“丰宁—滦平—承德县”向东南方向延伸,正好与滦河河谷的走向基本一致;从近20年沙尘天气发生的时间分布来看,2000-2002年是近20年来沙尘灾害最为集中和强烈的时期;从月际尺度而言,沙尘天气的发生呈现出“双峰—谷”型的变化,每年以3-5月沙尘天气发生的频次最多,冬季有一个沙尘天气次多期。

**关键词:**承德市;沙尘灾害;时空分布;成因

**中图分类号:**P425.5<sup>+</sup>5

**文献标志码:**A

## Analysis of spatiotemporal distribution characteristics and formation causes of duststorm hazard in Chengde City in recent 50 years

LI Yunqiang, MA Fenglian, ZHOU Shiru, ZHU Huanjuan, WU Peipei

(Chengde Meteorological Office of Hebei Province, Chengde 067020, China)

**Abstract:** Based on the meteorological data during 1960-2009 of nine stations in Chengde City, the temporal and spatial distribution of sandstorms of Chengde City was explored. The study showed that the spatial difference of the dust hazard in Chengde City is very obvious. The occurrence days of the three types of duststorm weather is the most in Fengning County, and the average blowing dust weather days reach 3.85 times/a over years. In addition to an overall decreasing trend from northwest to southeast, the spatial distribution of the three kinds of dust disasters has a prominent tongue-shaped contour. This contour is basically along the “Fengning-Luanping-Chengde County”, and extends to southeast direction, which coincides with the trend of the Ruanhe River valley. In view of temporal distribution of dust weather, the period from 2000 to 2002 is the years with most concentric and severe dust disasters. In view of monthly dimension, the duststorm weather most frequently occurs during March to May and has a second frequent period in winter.

**Key words:** Chengde City; dust disaster; spatial and temporal distribution; cause

沙尘灾害以及沙漠化严重威胁人类赖以生存的土地资源,严重制约人类社会的可持续发展,沙尘灾害也越来越受到国内外专家学者的关注<sup>[1-9]</sup>。联合国统计数字显示:全世界每年发生沙尘暴约180次以上,中亚、中非、北美和澳大利亚为全球四大沙尘暴多发区<sup>[10]</sup>。由于独特的地理环境,风沙灾害已

收稿日期:2011-11-07; 修回日期:2011-12-29

基金项目:河北省气象局科研开发项目(10kyl1);科技部农业科技成果转化项目(05EFN2174004141)

作者简介:李云强(1969-),男,硕士,主要从事应用气象研究. E-mail:lyq0424@126.com

成为中国北方的生态灾难,中国北方约有70个城市,172个县(旗)驻地和24 000个村庄常年遭受沙尘暴、扬沙和浮尘的侵害<sup>[11]</sup>。尤凤春等<sup>[12]</sup>就河北省的沙尘暴天气成因进行了分析并指出:近年来河北省地区春季降雨持续偏少,气温持续偏高,为沙尘暴的形成提供了有利条件。张志刚等<sup>[13]</sup>研究指出,影响北京地区沙尘天气的传输路径主要包括北路、西路和西北路,其中以西北路和偏北路为主。承德市位于北京的北部偏东,是我国北方地区受风沙灾害危害较为严重的地区之一;同时,承德市位于首都北京与北部最近的沙地浑善达克沙地中间,是沙地扩张南侵的必经之路,因而成为抵御沙尘危害守卫首都北大门的要塞。

本文基于1960-2009年承德市9个气象站的气象数据,试图探讨承德市风沙灾害的时空分布特征,揭示风沙灾害空间分布规律和演化规律,为科学防治风沙灾害减少风沙的危害提供参考依据,为提高承德市作为首都绿色北大门的战略地位提供决策支持。

## 1 研究方法资料来源

本文运用自然地理学、气象学、气候学和可持续发展等理论,以大量观测数据为依据,分析承德市风沙灾害年内、年际分布特征,揭示风沙灾害空间分布规律。在研究本区域气象资料的基础上,通过相关的统计分析,研究承德市各县区沙尘灾害发生的区域差异性和时间变化特征,讨论该区沙尘防治的基本途径。

本文选取承德市、承德县、丰宁、围场、滦平、宽城、平泉、遵化、兴隆9个气象台站。每个气象台站选取1960-2009年的气象资料,包括:各月风沙灾害(沙尘暴、扬沙、浮尘)发生日数、风速、降水量。

## 2 承德沙尘灾害发生的空间特征

尽管沙尘灾害在承德市各县区都有发生,但是区域内沙尘灾害发生的空间差异十分明显。图1为承德市各县沙尘日数及年平均风速的空间分布图。从图中可以看出,承德市的沙尘天气、浮尘天气以及沙尘暴天气的年发生日数由西北到东南方向递减,同时我们还可以看到,三种沙尘灾害天气除了整体上呈现由西北到东南递减趋势外,均有一个突出的舌形等值线。这条等值线基本上沿着“丰宁—滦平—承德县”方向向东南延伸。其中浮尘天气的延伸梯度最大,沙尘暴天气次之,扬沙天气的延伸梯度最小。年平均风速在空间分布上正与3种沙尘天气的趋势一致,也是由西北向东南减小的趋势。

表1 承德市各县区多年平均沙尘灾害日数、降水量及年平均风速

Table 1 Annual mean dust disaster days, precipitation and wind speed in counties and districts of Chengde City

县 区	扬沙日数	浮尘日数	沙尘暴日数	多年平均降水量/mm	多年平均风速/(0.1 m · s <sup>-1</sup> )
承德市	1.65	1.35	0.3	516	12
承德县	0.75	1.5	0.25	546	12
丰宁	3.85	2.25	0.65	457	20
宽城	0.9	0.8	0	624	13
隆化	1.5	0.25	0.15	499	15
滦平	2.45	1.35	0.25	544	20
平泉	1.15	0.75	0.2	519	21
围场	2.4	1.05	0.15	431	19
兴隆	0.35	0.15	0	711	15

由表1的具体统计数字来看,承德市近50 a来3种沙尘天气的发生日数均以丰宁县最多,其中丰宁县多年平均扬沙日数达到3.85次/a,浮尘天气的发生日数达到2.25次/a,沙尘暴年均发生日数达到0.65次/a,围场、滦平为3种沙尘天气发生日数次多的县。兴隆县和宽城县沙尘暴发生次数多年平均0次/a,扬沙和浮尘的年均日也不足1次/a。

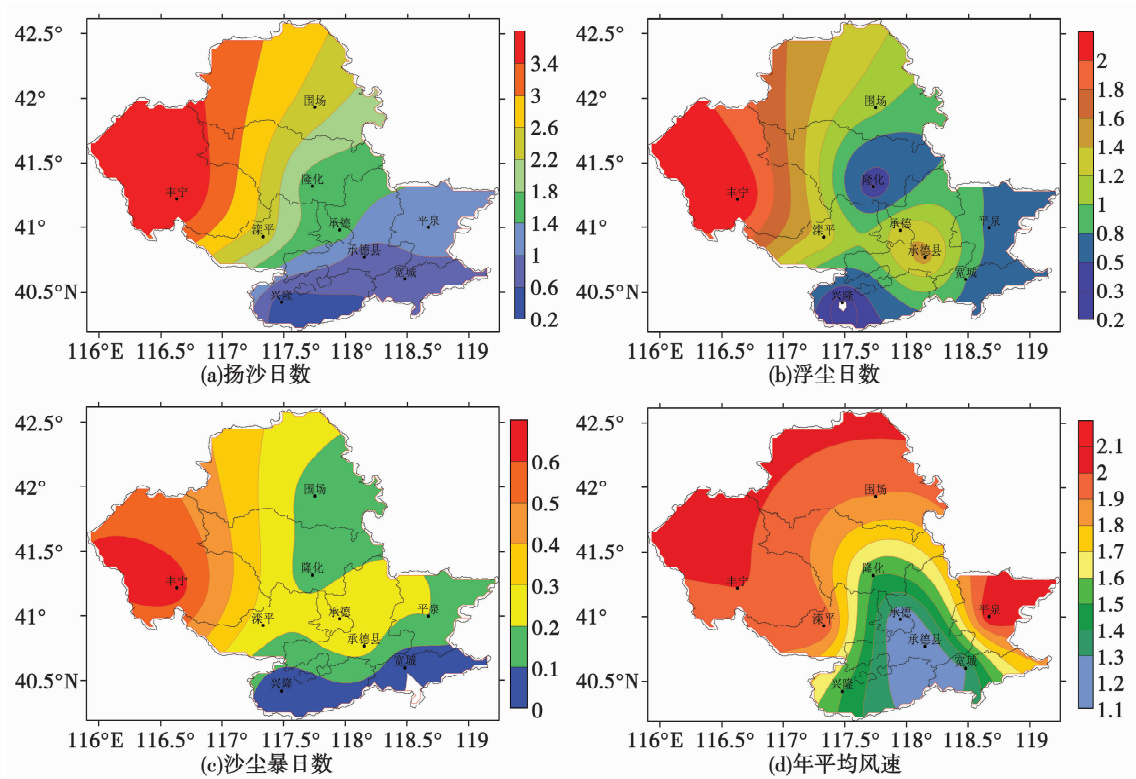


图 1 承德市沙尘日数及年平均风速空间分布

Fig. 1 Spatial distribution of the dust days and annual mean wind speed in Chengde City

### 3 沙尘灾害的时间变化特征

#### 3.1 沙尘灾害的年际变化

表 2 承德市各县区逐年代沙尘灾害日数

Table 2 Decadal dust disaster days in counties and districts of Chengde City

d

年代	沙尘类型	承德市区	承德县	丰宁	宽城	隆化	平泉	围场	兴隆	滦平	合计
20 世纪	浮尘	24	14	51	13	13	13	5	48	34	215
60 年代	扬沙	18	14	43	2	11	1	38	23	14	164
	沙尘暴	2	4	17	0	12	6	1	0	0	42
70 年代	浮尘	37	12	67	35	25	21	20	39	13	269
	扬沙	26	12	85	1	15	9	28	18	3	197
	沙尘暴	4	5	12	3	6	2	3	0	0	35
80 年代	浮尘	11	4	19	10	19	11	6	17	19	116
	扬沙	17	4	54	8	8	29	22	16	4	162
	沙尘暴	0	4	6	0	4	0	0	0	8	22
90 年代	浮尘	8	11	21	12	6	13	7	7	4	89
	扬沙	7	7	38	11	3	20	10	18	3	117
	沙尘暴	0	0	2	0	1	0	0	0	3	6
21 世纪	浮尘	22	17	28	8	3	13	6	13	2	112
	扬沙	24	3	45	11	23	30	15	27	4	182
前 10 a	沙尘暴	6	5	11	0	2	4	3	0	2	33

通过统计分析发现(表 2),承德市各县区 1960 年以来沙尘灾害性天气几乎每年都有发生,20 世纪 60 年代至 70 年代全市各县区浮尘天气发生次数最多,其中丰宁县 1970 - 1979 年出现浮尘天气日数为 67 次。80 年代以来全市扬沙天气发生次数较多,丰宁县 1980 - 1989 年累计扬沙次数为 54 次。而全市沙尘暴天气以 20 世纪 60 - 70 年代发生次数较多,80 - 90 年代相对较少,而近 10 a 沙尘暴出现次有所增多。图 2 为近 20 a 来承德市各县区 3 种沙尘灾害的逐年比较图,从图中可以看出,就承德市 9 个测站群体特征而言,自 1990 年以来的 20 a,沙尘天气大致经历了 3 个高发期和 2 个平静期,1997 - 1999 年、2003 - 2004 年为沙尘灾害的平静期;1990 - 1996 年、2000 - 2002 年、2005 - 2009 年为沙尘天气的高发时段,特别是 2000 - 2002 年这一时段是近 20 a 以来沙尘灾害最为集中和强烈的时期,这一统计结果与王存忠<sup>[14]</sup>等人对中国沙尘暴的研究结果是一致的。2000 - 2002 年这一时段仅从沙尘暴发生的空间规模和次数规模来讲就远远高于其他时段,除兴隆和宽城以外,几乎所有测站都发生了沙尘暴灾害性天气,浮尘和扬沙天气更是在所有的测站都有发生。丰宁、围场、承德市、滦平是沙尘天气发生的主要区域。2000 - 2002 年丰宁测站 3 种灾害性天气的发生次数分别为扬沙 23 d,浮尘 25 d,沙尘暴 11 d。

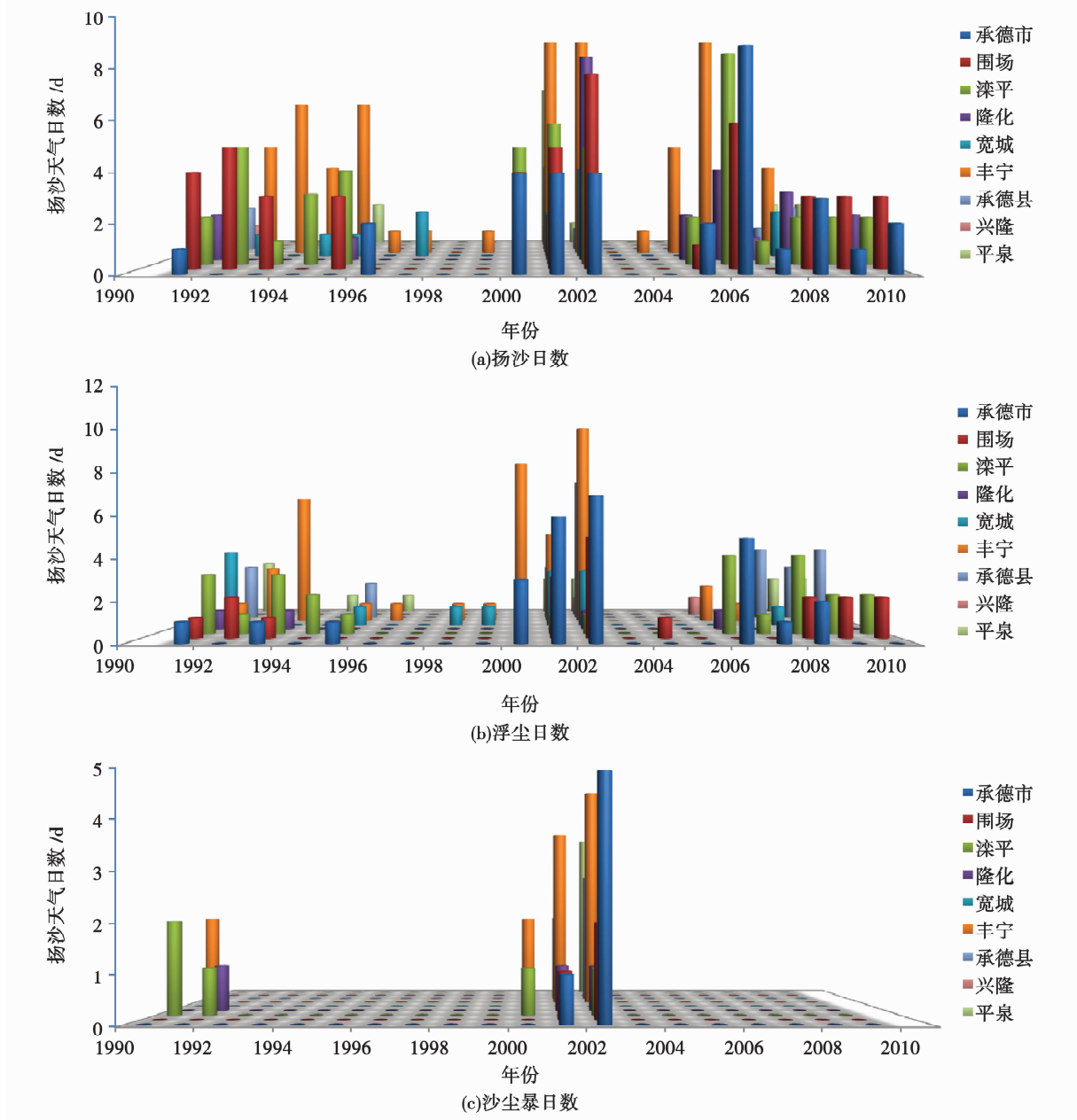


图 2 1990 - 2009 年承德市各县区沙尘灾害发生次数

Fig. 2 Frequencies of dust disaster in counties and districts of Chengde City duiring 1990 - 2009

### 3.2 沙尘灾害的月际变化

从沙尘天气的累年逐月发生次数来看,沙尘天气的发生呈现出“双峰一谷”型的变化曲线(图3),每年以3-5月沙尘天气发生的频次最多,冬季有一个沙尘天气的次高峰,其中沙尘天气发生频次最多月出现在4月。沙尘暴天气的主要发生峰值出现在3,4,5,共3个月份,浮尘和扬沙天气的主要发生峰值时段也为3,4,5月份,并以4月份为最高,发生次数的次高峰位于11月,但发生次数规模和范围相对春季时段而言显著降低。

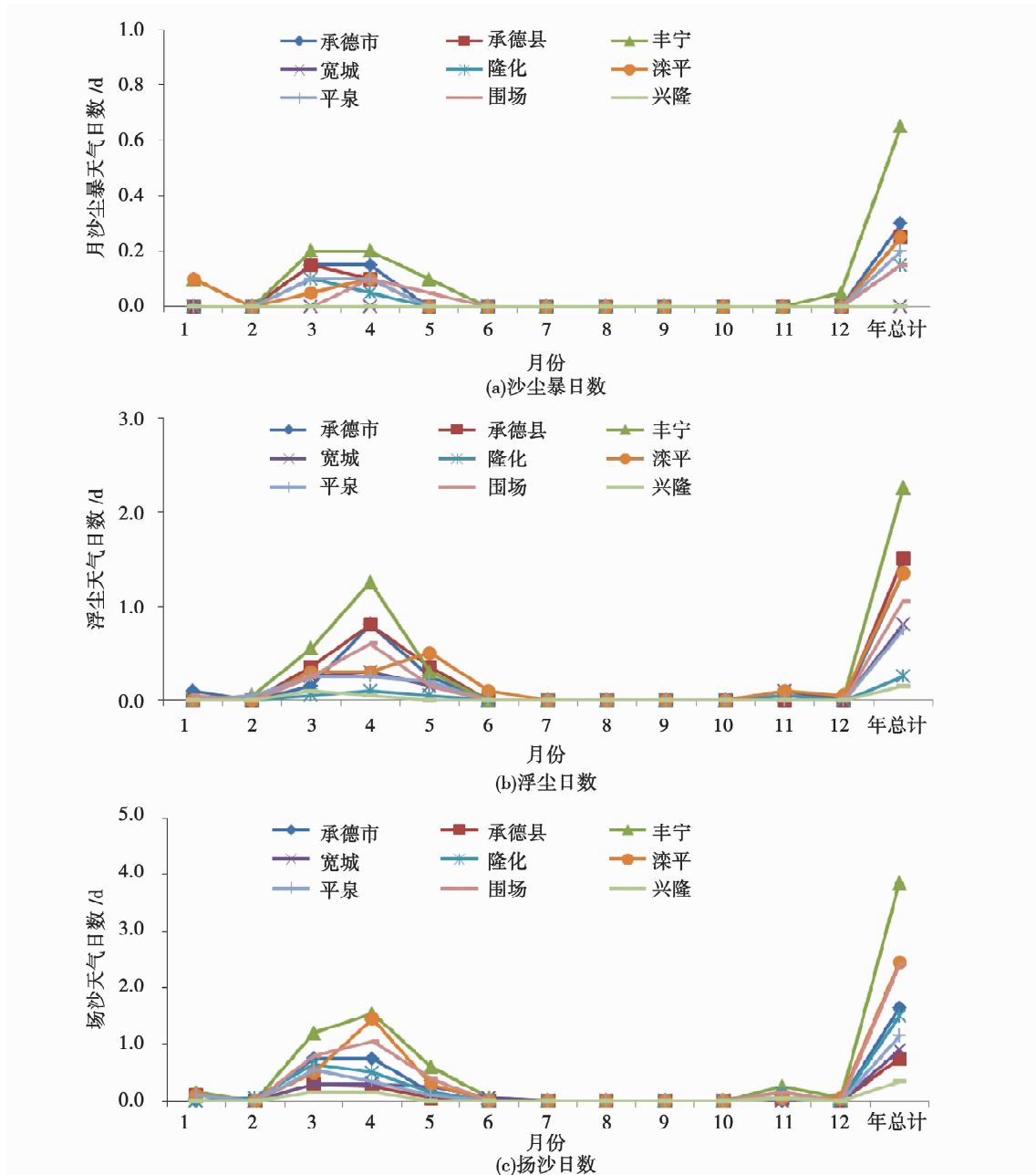


图 3 1960 - 2009 年承德市各县区沙尘天气发生的月际特征

Fig. 3 Monthly characteristics of dust weather occurrence in counties and districts of Chengde City during 1960 - 2009

## 4 沙尘灾害成因分析

### 4.1 空间成因分析

图 4 为承德市各个县区沙尘天气与多年平均降水量的关系图,通过分析可以看到沙尘天气与降水量之间存在着比较明显的相关,其中多年平均降水量与多年扬沙天气日数的相关性最强,呈现幂函数相关,相关系

数可达0.73,其次为沙尘暴发生日数与降雨量之间的相关,相关系数为0.62,而浮尘天气与年均降水量之间的相关最差,仅为0.33。初步分析认为,年均降水量多的地区,地表植被比较好,形成沙尘灾害的当地沙源收到明显的遏制,导致在降水量比较丰沛的地区沙尘暴、扬沙和浮尘的发生频率比较少。本世纪初期连续几年发生的强沙尘天气过程也未曾给植被比较好,处在燕山南麓,为西北风的下风向的兴隆县和宽城县带来沙尘暴天气。对于相关系数的差异,可能与贡献沙源的组成有关,因而沙尘暴、扬沙等比较强烈的沙尘天气因为当地沙源的贡献比较少,地表植被的固沙作用起到了很好的作用。

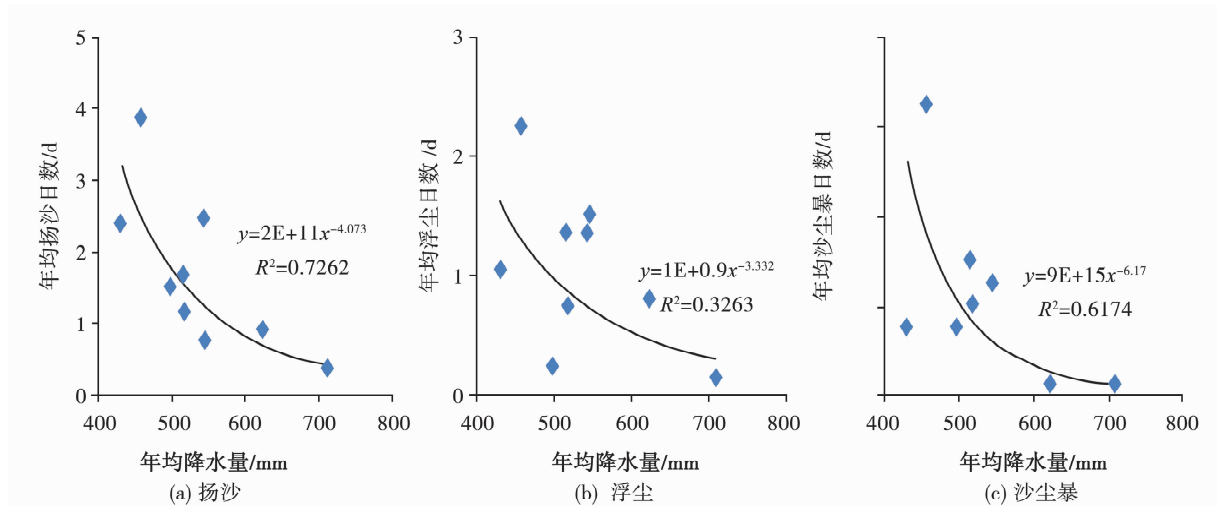


图4 沙尘天气与当地降水量之间的关系

Fig. 4 Relationship between dust weather and local precipitation

由图1反映出,承德市的3种沙尘天气年发生日数均由西北到东南方向递减,并且均有一个突出的舌形等值线。这条等值线基本上沿着“丰宁—滦平—承德县”的方向东南方向延伸。其中浮尘天气的延伸梯度最大,沙尘暴天气次之,扬沙天气的延伸梯度最小。笔者认为这可能与下垫面地形条件有关。因为“丰宁—滦平—承德县”一线正好是滦河河谷的基本走向,二者近乎重合。事实上,滦河河谷确实为沙尘天气得以发生和发展提供了很好的条件,主要有以下几个方面的理由:(1)滦河河谷走向是西北东南走向,恰好与春季时的盛行风向一致,有利于大风在河谷内穿越;峡谷的管道效应促进了风力的增强,提高其向下游输沙的能力。(2)滦河河谷西北高东南低,这样的地形非常适合风场的维持和发展,为风沙的远距离输送提供了非常好的条件。(3)发生沙尘灾害的春季,河谷内的河道中基本是干涸的,河道中的植被由于水位的下落也低于周边,这样大量的松散物质就暴露在强风之下。这样的研究结果与肖嗣荣<sup>[15]</sup>2000年研究河北省沙尘天气时得到的结论相似:洋河、潮河、白河等河流的河谷成为风沙灾害快速推进的重要通道。

#### 4.2 时间成因分析

2000—2002年这一时段是承德市近20a以来沙尘灾害最为集中和强烈的时期,从沙尘暴发生的空间规模和次数规模来讲就远远高于其他时段。究其原因,一是与大尺度环流背景有关,诸多学者研究指出90年代以来我国沙尘天气发生次数较以前明显多,且波及的范围愈来愈广。二是1999年以来华北北部平均气温高于往年平均值,而降水量却低于历史平均值,与连年干旱密切相关,干土层越厚,植被覆盖越差,沙天气发生的次数就越频繁。而2005—2010年间,承德市扬沙和浮尘天气进入了一个新的高发时期,但沙尘暴却一次也没有发生,究其原因:2000年以来,国家在本地区实行严格的退耕还林还草工程,大量的农田改变为草地和林地,耕地面积从34万 $\text{hm}^2$ 锐减至27万 $\text{hm}^2$ ,至2009年,耕地面积已经不足26万 $\text{hm}^2$ (图5),大范围地改变了地表的植被状态,因本地沙源是沙尘暴最主要的构成部分,变农田为草地和林地后,有效的降低了本地沙源对风沙流的补给。

从前面分析得知,承德市沙尘天气主要发生在春季(3—5月份)。究其成因,从大尺度上讲,春季是海陆气压场大调整的时期,河北省承德市地处华北北部,春季从蒙古高压中心分离出来的冷空气气团常常给华北带来大风降温天气过程,而3至5月份正是我国北方气温逐渐转暖的季节,日照时间不断增加,该时期气温波动比较大,空气湍流活动剧烈,大气层结不稳定,容易形成持续的强风场。也是导致发生沙尘天气的重要因素之一。

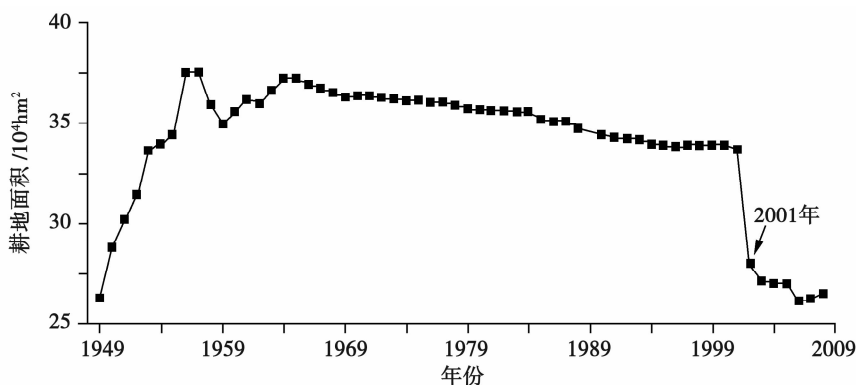


图 5 建国以来(1949-2009)承德市耕地面积动态

Fig. 5 Change of cultivated land area since 1949 in Chengde City

另一方面,春季北方气温逐渐升高,蒸发旺盛,降水又很少,地表植被覆盖度最低且土壤干燥,遇到不稳定的空气流动,失去植被保护的表层土壤在不稳定的空气流动中抵御风沙能力十分有限,特别容易起沙形成沙尘天气。

此外,人类活动对于这一时期的沙尘天气也有很大的贡献,在农牧交错带地区,农业生产以犁播等传统耕作措施为主,4、5月份正好是春播的季节,又处于大风频发时期,二者的耦合加剧了农田土壤的风蚀,大片无植被的农田变成了稳定的风沙补给源地,有力的促进了沙尘天气的发生。春季也是各种建筑工程开始施工的时期,地面开挖形成了许多裸露的沙土地,形成了又一重要的沙尘源。

## 5 结论与讨论

沙尘天气是一种风与沙相互作用的天气现象,给人类的生产生活带来了巨大的影响,本文通过对承德市9个县(区)近50 a来沙尘天气的时空特征及其成因进行了分析,揭示了风沙灾害空间分布规律和演化规律,并得出如下结论:

(1)沙尘灾害在承德市的空间差异十分明显:整体上呈现由西北到东南递减趋势外,3种沙尘天气日数均以地处最西北端的丰宁县为最多,东南端的兴隆县和宽城县沙尘天气发生次数最少。

(2)3种沙尘灾害发生的空间分布均有一个突出的舌形等值线。这条等值线基本上沿着“丰宁—滦平—承德县”向东南方向延伸,这正好与滦河河谷的基本走向一致。其中浮尘天气的延伸梯度最大,沙尘暴天气次之,扬沙天气的延伸梯度最小。

(3)从月际尺度而言,沙尘天气的发生呈现出“双峰一谷”型的变化曲线,每年以3-5月沙尘天气发生的频次最多,冬季有一个沙尘天气(主要是扬沙和浮尘天气)的次高峰。从近20 a沙尘天气发生的时间分布上来看,1997-1999年、2003-2004年为沙尘灾害的平静期,2000-2002年是近20 a以来沙尘灾害最为集中和强烈的时期。

(4)坝上高原是承德市主要的沙尘暴发生区,也是入侵京津风沙的重要沙源补给区。

沙尘灾害的产生有其自然背景,也有人类活动的影响。所以在沙尘灾害的防治中,既要充分考虑减轻人类对生态环境的压力,又要符合其自然发展规律,注重必要的财力和物力投入以提高单位面积土地的承载力。研究承德市风沙灾害的时空分布特征,总结防沙治沙工作中的经验和教训,须坚持尊重自然规律,以人为本,综合林业、农业、草原、水利、农村能源、生态移民等多项措施,保护优先,以防为主,分类施策,建设生态屏障,从而遏制沙尘天气对京津地区的危害。

## 参考文献:

- [1] 范一大,史培军,周俊华,等.近50年来中国沙尘暴变化趋势分析[J].自然灾害学报,2005,14(3):22-26.  
FAN Yida, SHI Peijun, ZHOU Junhua, et al. Research on change of dust storm in China in recent 50 years[J]. Journal of natural disasters, 2005, 14(3):22-26.
- [2] 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.

- ZHOU Zijiang, WANG Xiwen, NIU Ruoyun. Climate characteristics of sandstorm in China in recent 47 years[J]. Journal of Applied Meteorological Science, 2002, 13(2): 193-200.
- [3] 唐红玉, 马振峰, 史津梅. 青藏高原季风变化及其与中国北方春季沙尘暴的关联[J]. 自然灾害学报, 2008, 17(3): 112-117.  
TANG Hongyu, MA Zhenfeng, SHI Jinmei. Change of monsoon in Qinghai - Xizang Plateau and its correlation with spring's dust storm in northern China[J]. Journal of natural disasters, 2008, 17(3): 112-117.
- [4] 史培军, 严平, 高尚玉, 等. 我国沙尘暴灾害及其研究进展与展望[J]. 自然灾害学报, 2000, 9(3): 72-77.  
SHI Peijun, YAN Ping, GAO Shangyu, et al. The dust storm disaster in China and its research progress[J]. Journal of Natural Disasters, 2000, 9(3): 72-77.
- [5] 范一大, 史培军, 李素菊. 沙尘灾害遥感监测方法研究与比较[J]. 自然资源学报, 2007, 16(5): 160-165.  
FAN Yida, SHI Peijun, LI Suju. Study and comparison of methods for sand dust disaster remote sensing monitoring[J]. Journal of Natural Disasters, 2007, 16(5): 160-165.
- [6] 史培军, 严平, 袁艺. 中国北方风沙活动的驱动力分析[J]. 第四纪研究, 2001, 21(1): 41-47.  
SHI Peijun, YAN Ping, Yuanyi. The driving force analyses of the blown - sand activity in northern China[J]. Quaternary Sciences, 2001, 21(1): 41-47.
- [7] 钱正安, 宋敏红, 李万元. 近50年来中国北方沙尘暴的分布及变化趋势分析[J]. 中国沙漠, 2002, 22(2): 106-112.  
QIAN Zhengan, SONG Minhong. Analyses on distributive variation and forecast of sand - dust storms in Recent 50 years in north China[J]. Journal of Desert Research, 2002, 22(2): 106-112.
- [8] 赵红岩, 杨瑜峰, 梁东升, 等. 中国北方沙尘暴与地温场的相关分析[J]. 中国沙漠, 2007, 27(3): 509-514.  
ZHAO Hongyan, YANG Yufeng, LIANG Dongsheng, et al. Correlation analysis on soil temperature field and dust - storms in northern China[J]. Journal of desert research, 2007, 27(3): 509-514.
- [9] 赵仕伟, 胥永文, 史荟燕, 等. 我国沙尘灾害遥感监测研究与展望[J]. 气象与环境科学, 2009, 32(4): 65-68  
ZHAO Shiwei, XU Yongwen, SHI Huiyan, et al. Research and prospect of remote sensing monitoring on Chinese sand - dust disaster[J]. Meteorological and Environmental Sciences, 2009, 32(4): 65-68
- [10] 王伟, 方宗义. 沙尘暴天气及其研究进展综述[J]. 应用气象学报, 2004, 15(3): 369.  
WANG Wei, FANG Zongyi. Review of dust storm weather and research progress[J]. Journal of Applied Meteorological Science, 2004, 15(3): 369.
- [11] 岳耀杰, 王静爱, 易湘生, 等. 中国北方沙区城市风沙灾害危险度评价—基于遥感、地理信息系统和模型的研究[J]. 自然灾害学报, 2008, 17(1): 16.  
YUE Yaojie, WANG Jingai, YI Xiansheng, et al. Risk assessment of aeolian sand disaster in cities in sandy area of northern China based on RS, GIS and models[J]. Journal of Natural Disasters, 2008, 17(1): 16.
- [12] 尤凤春, 史印山, 付杜琴, 等. 河北省沙尘暴天气成因分析[J]. 高原气象, 2005, 24(4): 642-647.  
YOU Fengchun, SHI Yinshan, FU Guiqin, et al. Analyses on cause of sand storm weather formation in Hebei province[J]. Plateau Meteorology, 2005, 24(4): 642-647.
- [13] 张志刚, 高庆先, 矫梅燕, 等. 影响北京地区沙尘天气的源地和传输路径分析[J]. 环境科学研究, 2007, 20(4): 21-27.  
ZHANG Zhigang, GAO Qingxian, JIAO Meiyun, et al. Analysis on source locations and transportation paths of sand - dusts affecting Beijing[J]. Research of Environmental Sciences, 2007, 20(4): 21-27.
- [14] 王存忠, 牛生杰, 王兰宁. 50年来中国沙尘暴的多时间尺度变化特征[J]. 大气科学学报, 2009, 32(4): 507-512.  
WANG Cunzhong, NIU Shengjie, WANG Lanning. Multi - timescale variation of sand - dust storm in China during 1958 - 2007[J]. Transactions of Atmospheric Sciences, 2009, 32(4): 507-512.
- [15] 肖嗣荣, 刘学锋, 刘芳圆. 河北省沙尘暴时空分布特征及其防治对策研究[J]. 地理学与国土研究, 2000(3): 22-28.  
XIAO Sirong, LIU Xuefeng, LIU Fangyuan. The features of time and space distribution of sand - dust storm devil in Hebei province and its integrated control strategy[J]. Geography and Territorial Research, 2000(3): 22-28.