

# 承德市沙尘灾害时空分布特征及成因探讨

李玄姝<sup>1</sup>, 常春平<sup>1\*</sup>, 李云强<sup>2</sup>

(1. 河北师范大学 资源与环境科学学院, 河北省环境演变与生态建设重点实验室, 河北 石家庄 050024;

2. 承德市气象局, 河北 承德 067000)

**摘要:** 利用 1991—2010 年承德市 9 个气象站的气象数据和相关社会经济资料, 采用统计学和相关分析的方法, 详细分析了承德市沙尘灾害的时空分布特征及其形成原因。结果表明: 承德市沙尘灾害在时间分布上以 2000—2002 年出现最为频繁, 2005 年以后沙尘灾害又呈上升趋势, 春季为 1 a 中沙尘灾害出现最为集中的时期; 在空间分布上, 沙尘灾害发生频率具有从西北向东南沿河谷走向递减的特征。沙尘灾害的产生主要受大风日数的影响, 其为关键气象因子, 地形要素和地表覆被状况也对沙尘灾害发生产生重要影响。

**关键词:** 承德市; 沙尘灾害; 时空分布; 成因

**中图分类号:** S429      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1004-3268(2012)05-0078-05

## Spatiotemporal Characteristics of Sand-dust Hazards and Its Influence Factors in Chengde City

LI Xuan-shu<sup>1</sup>, CHANG Chun-ping<sup>1\*</sup>, LI Yun-qiang<sup>2</sup>

(1. Hebei Key Laboratory of Environmental Change and Ecological Construction, College of Resources and Environmental Science, Hebei Normal University, Shijiazhuang 050024, China;

2. Chengde Meteorological Bureau of Hebei, Chengde 067000, China)

**Abstract:** Based on meteorological data and relevant socioeconomic information from 9 weather stations in Chengde city from 1991 to 2010, spatiotemporal characteristics of sand-dust hazard and its influence factors were analyzed. The results indicated that in temporal distribution sand-dust hazard occurred most frequently in 2000-2002, which had a rise trend after 2005, and spring was the most concentrated period of sand-dust hazard in a year. In spatial scale, the occurrence frequency of sand-dust hazard decreased along the river valley from northwest to southeast. Sand-dust hazard was influenced mainly by the number of gale days, which was the key meteorological factor. Topography factor and land cover condition also had an important impact on the occurrence of sand-dust hazard.

**Key words:** Chengde city; sand-dust hazard; spatiotemporal distribution; causes

沙尘天气是典型的灾害性天气现象, 分为沙尘暴、扬沙和浮尘 3 个等级<sup>[1]</sup>, 是生态环境恶化的重要标志之一<sup>[2]</sup>。目前, 沙尘灾害成为全球最为严重的生态环境问题之一, 对区域环境、自然资源和社会经济造成严重威胁, 并受到世界范围的普遍关注。众多学者从不同角度对这一问题进行了广泛研究。

丁瑞强等<sup>[3-4]</sup>、钱正安等<sup>[5]</sup>研究了近 50 a 来我国沙尘天气的变化趋势, 王式功等<sup>[6]</sup>、钱维宏等<sup>[7]</sup>研究了我国沙尘天气变化的时空分布特征, 许炯心<sup>[8]</sup>、张莉等<sup>[9]</sup>对我国沙尘天气的成因及变化进行了分析。

承德市位于河北省东北部, 包括东经 115°54′~119°15′, 北纬 40°12′~42°37′, 该地属燕山地槽与内蒙古

收稿日期: 2011-12-30

基金项目: 河北省自然科学基金项目(D2008000183); 河北师范大学博士基金资助项目

作者简介: 李玄姝(1987-), 女, 河北蔚县人, 在读硕士研究生, 研究方向: 生态建设与灾害防治。E-mail: lixuanshu@126.com

\* 通讯作者: 常春平(1969-), 男, 河北康保人, 副教授, 博士, 主要从事水土保持、环境评价方面的工作。

E-mail: changchunping2@163.com

高原过渡地带,地势自西北向东南倾斜,整个地面景观分为南部高山区、中部低山丘陵区 and 北部坝上高原区 3 个部分。该地区成土母质以玄武岩为主,土壤质地多为砂壤土或砂土质地表,是我国北方地区受沙尘灾害危害较为严重的地区之一。2000 年以来,灾害性沙尘天气明显增多,造成了严重的经济损失和社会影响。沙尘天气是特定的气象条件和地理条件相结合的产物<sup>[10]</sup>,天气条件起着决定性的作用,地形要素、地表植被覆盖状况也对沙尘天气的产生起着重要的作用。目前,有关承德市沙尘灾害的时空分布特征及成因研究还不多见。鉴于此,采用 1991—2010 年承德市 9 个气象站的气象数据和相关社会经济资料,分析研究区内沙尘灾害时空分布规律,同时探究气象因子、地形要素、地表植被覆盖状况与沙尘灾害形成的相关性,并提出相应的结论,为科学布局防沙治沙空间格局、减少沙尘灾害的危害提供参考价值。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料来源

资料来源于河北省承德市气象信息中心,选取承德市双桥区、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 1991—2010 年的气象资料,包括:逐年逐月风沙灾害(沙尘暴、扬沙、浮尘)发生日数、蒸发量、大风日数、降水量。同时通过经济年鉴和统计报表提取了社会经济数据资料。

### 1.2 分析方法

应用统计学方法,分析承德市沙尘灾害年内、年际分布特征,揭示承德市沙尘灾害空间分布规律。采用相关分析的方法,结合蒸发量、降水量和大风日数等气象因子分析它们与风沙灾害的相关关系,并得出影响沙尘灾害的关键气象因子。利用自然科学与社会科学相结合的方法,在分析导致沙尘灾害产生的自然因素基础上,从人文科学角度,探讨人口增长等社会经济因素对沙尘灾害产生的影响。

## 2 结果与分析

### 2.1 承德市沙尘灾害的时空分布特征

#### 2.1.1 承德市沙尘灾害的时间分布特征

##### 2.1.1.1 沙尘灾害年际变化呈现“三峰两谷”的特征

由图 1 可知,浮尘天气在 1996—1999 年、2003—2005 年出现次数较少,在 1991—1995 年、2000—2002 年、2006—2010 年出现次数较多,其中 2000—2002 年是近 20 a 来浮尘天气发生最为集中的时期,该地区所有观测站都有发生,累计发生 83 d,占近

20 a 浮尘天气总发生天数的 43.7%。

由图 2 可知,扬沙天气在 1996—1999 年、2003—2004 年发生次数较少,在 1991—1995 年、2000—2002 年、2005—2010 年发生次数较多,特别是 2000—2002 年和 2005—2006 年是近 20 a 该地区扬沙天气最强烈的时期。在 2000—2002 年间扬沙天气更是在所有的观测站都有发生,累计发生 110 d,占近 20 a 扬沙天气总发生天数的 36.7%。

由图 3 可知,沙尘暴天气在 1992—1999 年、2003—2007 年几乎没有发生,在 1991—1992 年、2000—2002 年、2008—2010 年出现次数较多,特别是 2000—2002 年是近 20 a 间沙尘暴天气发生最为频繁的时期,从沙尘暴发生的次数、规模来看,此期远远高于其他时段,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,累计沙尘暴发生天数多达 33 d,占近 20 a 沙尘暴总发生天数的 75%。

综上所述,1991—2010 年承德市浮尘、扬沙和沙尘暴天气大致均经历了 3 个高发期和 2 个平静期(如图 1—图 3),1996—1999 年、2003—2004 年为沙尘灾害的平静时期;1991—1995 年、2000—2002 年、2005—2010 年为沙尘灾害的高发时期,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。

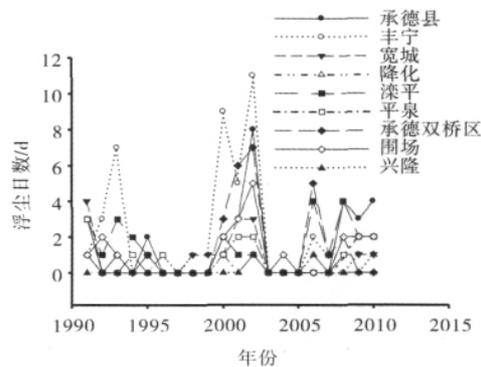


图 1 1991—2010 年承德市浮尘天气年际变化

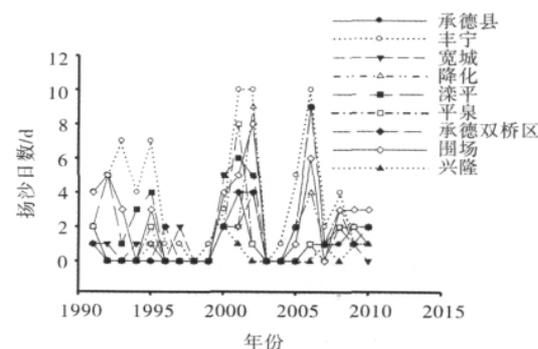


图 2 1991—2010 年承德市扬沙天气年际变化

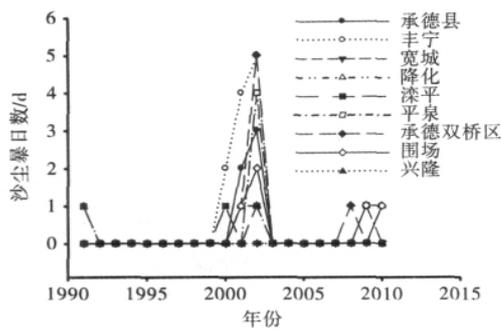


图 3 1991—2010 年承德市沙尘暴灾害年际变化

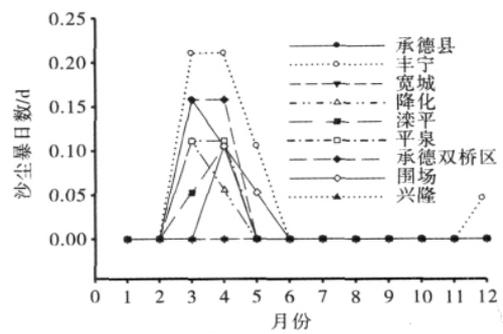


图 6 1991—2010 年承德市沙尘暴灾害季节变化特征

2.1.1.2 沙尘灾害季节变化呈现“双峰一谷”特征

承德地处内蒙古高原与华北平原的过渡带,属温带大陆性季风气候,气候的季节波动很大。承德市沙尘灾害具有显著的年内变化特点,并且浮尘、扬沙、沙尘暴变化趋势基本相同。图 4、5、6 显示了承德市 1991—2010 年浮尘、扬沙及沙尘暴天气的季节变化,其沙尘灾害季节分布的共同规律为春季 3—5 月为沙尘灾害出现的高峰期,其中沙尘天气发生次数最多的月份为 4 月。根据 9 个站点近 20 a 统计资料分析,4 月份年平均浮尘天气出现 4.45 d,扬沙天气出现 6.35 d,沙尘暴天气出现 0.95 d,分别占全年年均浮尘、扬沙、沙尘暴天气发生总天数的 47.1%、42.3%、50.8%。破坏性最强的沙尘暴,在西北部丰宁地区往往发生在 4 月下旬至 5 月上旬。

冬季进入 11 月以后有 1 个沙尘天气的次高峰期,但发生次数、规模和范围相对春季而言显著降低,随后各种沙尘天气稍微有所下降,2 月以后便迅速增加。6—10 月为承德市一年中沙尘灾害发生的低峰期,各站点几乎不出现各种沙尘天气。

2.1.2 承德市沙尘灾害的空间分布特征 承德市沙尘灾害空间分布特征呈现由西北向东南沿河谷走向递减的特征。总的来说,该地区扬沙天气较多,浮尘次之,沙尘暴最少。尽管沙尘灾害在承德市都有发生,但是区域内沙尘灾害发生的空间差异十分明显,其中近 20 a 来扬沙天气的发生日数以丰宁县最多,多年平均达到 3.85 d/a;年平均发生日数在 1 d 以下的县区为承德县、宽城县和兴隆县,其中兴隆县发生日数最少,多年平均仅为 0.35 d/a。浮尘天气的发生日数以丰宁县最多,多年平均达到 2.25 d/a;年平均发生日数在 1 d 以下的县区为平泉县、宽城县、隆化县和兴隆县,其中兴隆县发生日数最少,多年平均仅为 0.15 d/a。沙尘暴天气的发生日数整体比较少,1991—2010 年的资料显示,沙尘暴年均发生日数依然以地处区域西北部的丰宁县为最多,多年平均达到 0.65 d/a;其中兴隆县和宽城县沙尘暴发生次数多年平均 0 d/a(图 7)。综上分析可知,承德市沙尘灾害空间分布基本上沿着“丰宁—滦平—承德县”一线呈舌型向东南方向递减。“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。

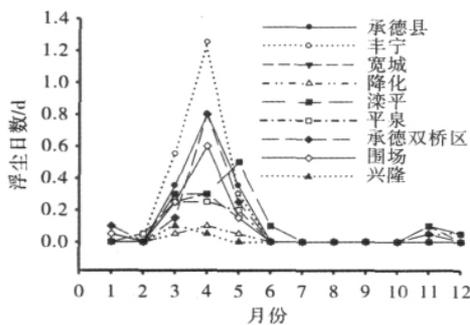


图 4 1991—2010 年承德市浮尘天气变化特征

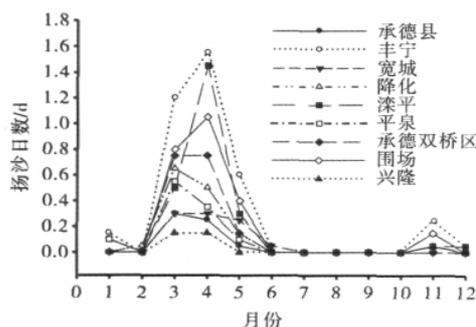


图 5 1991—2010 年承德市扬沙天气季节变化特征

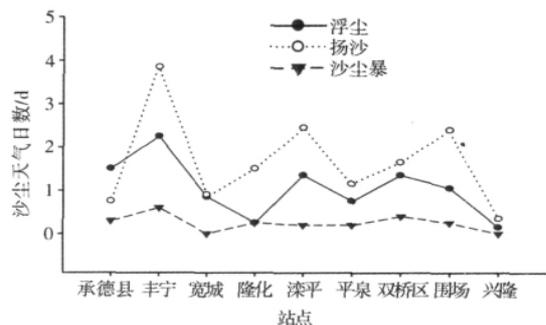


图 7 承德市沙尘天气灾害空间分布特征

## 2.2 沙尘灾害成因分析

2.2.1 气象因子 对9个站的沙尘天气频率与大风日数、降水量和蒸发量进行相关分析,时间分辨率分别取年和月,分析结果如表1和表2所示。表1是各气象因子与沙尘天气频率的年相关分析结果,由表1可知,该地区大风日数与沙尘天气年际平均相关系数为0.495,相关达到显著水平;而降水量和蒸发量与沙尘天气年际相关系数分别为-0.047、-0.025,且未达显著水平。将时间分辨率取为月,把各站每个月的沙尘天气出现频率与大风日数、降水量和蒸发量进行相关分析取平均值(表2)。沙尘天气季节性规律明显。干燥多大风的冬、春季节,沙

尘天气发生比较频繁,而在较湿润的夏、秋季节,沙尘天气很少发生或几乎不发生,以年为时间尺度研究各气象因子与沙尘天气的关系弱化了沙尘天气的季节性特征。9个站逐月沙尘天气频率与各气象因子相关系数显示:大风日数和沙尘天气频率呈正相关,相关系数平均达到0.608,达极显著水平;降水量与沙尘天气频率各站点内呈负相关,相关系数平均值为-0.242;蒸发量与沙尘天气频率呈正相关,相关系数平均值为0.268,达到显著性水平。气象因子与沙尘天气的季节相关性大于年际相关性。由以上分析结果可知,大风日数为影响沙尘天气产生的关键气象因子。

表1 1991—2010年逐年沙尘天气频率与各气象因子相关系数

气象因子	承德县	滦平	宽城	隆化	平泉	围场	兴隆	承德市	丰宁
大风日数	0.601**	0.697**	0.763**	-0.023	0.190	0.698**	0.533**	0.564**	0.429*
降水量	0.033	-0.033	-0.188	0.152	-0.119	-0.010	-0.068	-0.103	-0.087
蒸发量	-0.265	0.381	0.423*	-0.358	-0.008	0.420*	-0.093	0.092	-0.367

注: \*表示通过了0.05的显著性水平检验, \*\*表示通过了0.01的显著性水平检验,下同。

表2 1991年1月—2010年12月逐月沙尘天气频率与各气象因子相关系数

气象因子	承德县	滦平	宽城	隆化	平泉	围场	兴隆	承德市	丰宁
大风日数	0.625**	0.458**	0.558**	0.608**	0.608**	0.669**	0.713**	0.661**	0.574**
降水量	-0.263**	-0.242**	-0.256**	-0.208**	-0.275**	-0.284**	-0.218**	-0.333**	-0.299**
蒸发量	0.301**	0.197**	0.259**	0.295**	0.165**	0.239**	0.345**	0.325**	0.282**

2.2.2 地形要素 承德市沙尘灾害空间分布呈现沿着“丰宁—滦平—承德县”等值线方向延伸的特征,这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。滦河的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。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。春季,河谷内的河道中基本是干涸的,大量的松散物质暴露在强风之下极易形成沙尘灾害。这样的研究结果与肖嗣荣等2000年研究河北省沙尘天气时得到的结论相似<sup>[11]</sup>。

2.2.3 人口增长引起的土地覆被变化 近20a来承德市人口增长迅速,1991年承德人口为338.87万人,而到了2010年则扩张到376.03万人。由于人类对合理利用土地资源的认识不全面,加之人口急剧扩张,承德市耕地面积因为日益扩大的城市建设用地而日益萎缩。耕地面积由1991年的343 008.381 7 hm<sup>2</sup> 缩减到2010年的258 814.627 4 hm<sup>2</sup>。特别是2000年以后耕地面积出现了急剧的下降(图8)。随着城市化进程的不断加快,大量耕地和林草地变成城乡建设用地,特别是林草地开发为建设用地后,由于林草地对于削弱风

速的作用高于建筑,因此,土地利用方式的改变明显降低抵御沙尘灾害的能力。由于城市风的影响加大了城市周边空气的不稳定度,湍流比先前未经破坏时旺盛。这样大风来袭时更容易形成浮尘、扬沙等沙尘天气。迅速扩张的城市化建设过程中形成了许多土壤裸露的施工现场,场内松散的土壤成为又一沙尘源,与此同时,城乡建设过程中还产生了大量的建筑垃圾,这些建筑垃圾得不到有效处理,往往形成新的沙尘源。人口迅速增长引起的耕地显著减少,城镇化迅猛发展与2000—2002年、2005年以来沙尘灾害活动频繁有着密切的关系。

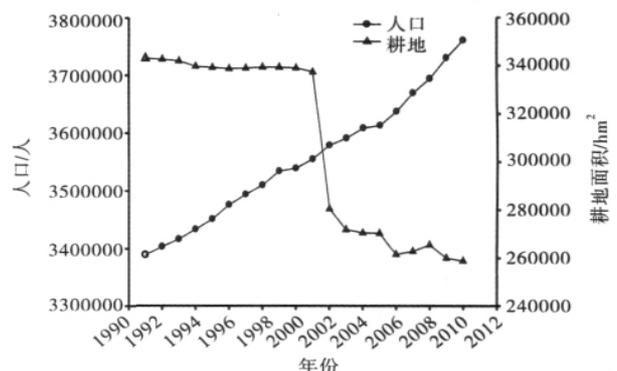


图8 1991—2010年承德市人口和耕地关系

### 3 结论与讨论

1) 承德市沙尘天气类型以扬沙为主,浮尘次之,沙尘暴最少。从 1991—2010 年沙尘灾害发生的时间分布上来看:浮尘、扬沙及沙尘暴天气的年际变化在 1996—1999 年、2003—2004 年为平静时期;1991—1995 年、2000—2002 年、2005—2010 年为沙尘天气的高发时期。沙尘灾害在季节变化上,6—10 月为承德市一年中沙尘灾害发生日数较少的低峰期,3—5 月为沙尘灾害出现的高峰期,11—12 月为沙尘灾害出现的次高峰期。

2) 沙尘灾害在承德市的空间分布差异十分明显,位于该地区西北部的丰宁县沙尘灾害出现最为频繁,位于该地区南部、东南部的兴隆、宽城沙尘灾害出现最少。整体上呈现由西北到东南沿河谷走向递减的趋势。

3) 沙尘灾害的成因与区域气象因子、地形要素和土地覆被状况存在相关性。落后的生产方式、人口数量的增长和日益提高的物质文化需要对生态环境形成了巨大压力,滥牧、滥采、滥挖、滥垦及水资源的无序利用等人为因素也是造成沙尘灾害和土地沙化扩展的一大原因<sup>[12-13]</sup>。

4) 本研究只根据气象站点近 20 a 的浮尘、扬沙和沙尘暴观测资料,辅以大风、降水等资料,粗略分析研究区内的沙尘天气变化情况,难免有片面之处。因为数据序列很短且许多气象站观测到的沙尘灾害可能属于异地起沙。要详尽探究沙尘天气的时空分布特征和成因还要考虑许多其他因素。减少承德市沙尘天气的发生,除了要继续加强对沙尘灾害形成因素的控制,还要做好沙尘源地的治理工作。

### 参考文献:

- [1] 中央气象局. 地面气象观测规范[M]. 北京:气象出版社,1979:21-27.
- [2] 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(4):71-77.
- [3] 丁瑞强,王式功,尚可政,等. 中国春季沙尘暴的趋势变化及年代际变化[J]. 高原气象,2004,23(5):660-666.
- [4] 丁瑞强,王式功,尚可政,等. 近 45 a 我国沙尘暴和扬沙天气变化趋势和突变分析[J]. 中国沙漠,2003,23(3):306-310.
- [5] 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):106-111.
- [6] 王式功,王金艳,周自江,等. 中国沙尘天气的区域特征[J]. 地理学报,2003,58(2):193-200.
- [7] 钱维宏,朱亚芬,时少英,等. 中国沙尘天气变化的时空分布特征及其气候原因[J]. 地理学报,2001,56(4):477-485.
- [8] 许炯心. 黄土高原地区沙尘暴形成的自然地理因素:影响因素分析[J]. 中国沙漠,2005,25(4):547-551.
- [9] 张莉,丁一汇,任国玉,等. 我国北方沙尘天气演变趋势及其成因[J]. 应用气象学报,2005,16(5):583-592.
- [10] 何清,梁孟凯,李新东,等. 塔城盆地沙尘天气发生机理和防治对策研究[C]//中国沙尘暴研究. 北京:气象出版社,2007:11-15.
- [11] 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,2000,23(3):22-28.
- [12] 卢琦,杨有林. 全球沙尘暴警世录[M]. 北京:中国环境科学出版社,2001:20-209.
- [13] 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(4):71-77.