

# 承德沙尘天气空间分布特征、成因及防治措施

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, 石家庄 050024; 2. 河北省承德市气象局, 河北 承德 067000)

**摘要:**基于 1981—2010 年承德 9 个气象站的沙尘天气及相关气象数据,采用统计分析和相关分析方法,对承德地区沙尘天气(包括浮尘、扬沙和沙尘暴)的空间分布特征和成因进行分析并提出相应的防治措施。研究表明:承德沙尘天气呈由西北向东南沿滦河谷地递减的空间分布特征,其成因是气候因子和下垫面共同作用的结果。气候因子中大风日数的空间分布与承德沙尘天气的空间分布相关性最大,下垫面的地形以及地表性质也对该地区沙尘天气的分布产生重要影响。人类只有通过合理调整土地利用结构,加强植被保护,减轻人口对资源环境的压力才能真正达到防治沙尘灾害的目的。

**关键词:**承德市; 沙尘天气; 成因; 措施

中图分类号: P425.5<sup>+</sup>5

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2012)04-0270-04

## The Spatial Distribution Character of Sand Dust Weathers and Its Causes and Prevention-control Measures in Chengde City

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

(1. College of Resources and Environmental Science/Hebei Key Laboratory of Environmental Change and Ecological Construction, Hebei Normal University, Shijiazhuang 050024, China; 2. Chengde Meteorological Bureau of Hebei, Chengde, Hebei 067000, China)

**Abstract:** Based on sand dust weathers and related meteorological data obtained from 9 meteorological stations in Chengde City from 1981 to 2010, analysis of the character and causes of sand-dust weathers (including dust, sand and dust storms) spatial distribution was performed and the corresponding prevention-control measures in Chengde area was put forward. The results showed that: spatial distribution character was that the occurring frequency of sand-dust weathers decreases along the Luanhe River Valley from northwest to southeast and the causes were the common action results of climate factors and underlying surface. Windy days had maximum correlation in the climatic factors on spacial distribution of sand dust weather in Chengde City and the surface topography and surface properties also had important effects on spatial distribution of the sand dust weathers. Only if humans make the reasonable land use structure, strengthen vegetation protection and reduce the population pressure on resources and environment, we can achieve the purpose of prevention of sand dust disasters.

**Key words:** Chengde City; sand dust weather; causes; measures

沙尘暴、扬沙和浮尘均属沙尘天气现象范畴<sup>[1]</sup>,统称沙尘天气。沙尘天气所引发的气候学效应,对区域环境、自然资源、社会经济以及居民的日常生活造成威胁而受到世界范围的关注。一些学者<sup>[2-3]</sup>开始尝试利用风速、降水等气候因子和下垫面因子建立综合气候影响指数模型,综合分析气候因素对沙尘天气频

率格局的影响,并取得了一定进展。然而沙尘天气的形成是一个复杂的物理过程,涉及到大气运动与地表状况等诸多因素<sup>[4]</sup>,精确预测沙尘天气仍有很大的困难,沙尘天气的综合气象指数模型仍处于探索阶段。

承德地处河北省东北部,位于东经 115°54′—119°15′,北纬 40°12′—42°37′,占河北省土地总面积

收稿日期: 2012-01-06

修回日期: 2012-03-20

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

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

通信作者: 常春平(1969—),男,河北康保人,副教授,博士,硕士生导师,主要从事水土保持、环境评价方面的工作。E-mail:changchunping2@163.com

的 21.15%,与北京市、天津市,辽宁省朝阳市、内蒙古自治区赤峰市毗邻,处于首都北京与北部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。该地区属燕山地槽与内蒙古高原过渡地带,属温带大陆性季风型气候,气候的季节波动很大,地势自西北向东南倾斜,地形复杂,山脉纵横,河谷狭窄、地面切割破碎,是我国北方地区受沙尘灾害危害较为严重的地区之一。本文基于 1981—2010 年承德沙尘天气及相关气象数据,分析承德沙尘天气空间分布特征及其成因,并提出相应的防治措施,为更好地防治和减少沙尘天气的危害提供参考。

## 1 数据来源与分析方法

### 1.1 数据来源

本文资料来源于河北省承德市气象信息中心,选取承德市、承德县、丰宁、围场、滦平、宽城、平泉、隆化、兴隆 9 个气象台站。每个气象台站选取 1981—2010 年的气象资料,包括:各月风沙天气(沙尘暴、扬沙、浮尘)发生日数、大风日数、风速、降水量和气温。

### 1.2 分析方法

文中采用 1981—2010 年承德地区 9 个气象站地面观测资料,使用 Sigmaplot 软件采用 Kriging 差值分析承德近 30 a 沙尘天气、大风日数、风速、降水量和气温的空间分布,并利用 SPSS 软件做相关分析。为了判定沙尘与各气象要素之间的密切程度,文中主要采用了相关系数值的统计计算及  $t$  检验方法<sup>[5]</sup>,相关系数的计算公式如下:

$$r_{12} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_{1i} - \bar{x}_1)(x_{2i} - \bar{x}_2)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{1i} - \bar{x}_1)^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{2i} - \bar{x}_2)^2}} \quad (1)$$

式中: $r_{12}$ ——两组变量的相关系数; $n$ ——样本数; $x_1$ ——变量 1; $x_2$ ——变量 2; $\bar{x}_1, \bar{x}_2$ ——变量 1,2 的平均值。计算出相关系数后,用  $t$  检验方法来判断相关性是否在某一水平下显著,相关系数的临界值计算公式如下:

$$r_c = \sqrt{\frac{t_a^2}{n-2+t_a^2}} \quad (2)$$

式中: $r_c$ ——相关系数的临界值; $n$ ——样本数; $t_a$ ——自由度  $n-2$  和显著水平下的  $t$  检验值。

## 2 结果与分析

### 2.1 沙尘天气的空间分布特征

尽管沙尘灾害在承德市均有发生,但是区域内沙尘灾害发生的空间差异十分明显,沙尘天气多发于西

北部坝上地区,这一带沙尘天气日数等值线分布较密,由西北向东南递减趋势明显。近 30 a 来承德沙尘天气的发生日数以丰宁最多,多年平均达到 6.7 d/a,其次为滦平,多年平均为 4 d/a,分别占到承德地区年均沙尘天气的 25.09%和 14.98%,兴隆发生次数最少,多年平均仅为 0.5 d/a(图 1)。整体来看,承德沙尘天气空间分布由西北到东南递减并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—宽城”的方向向东南方向延伸。

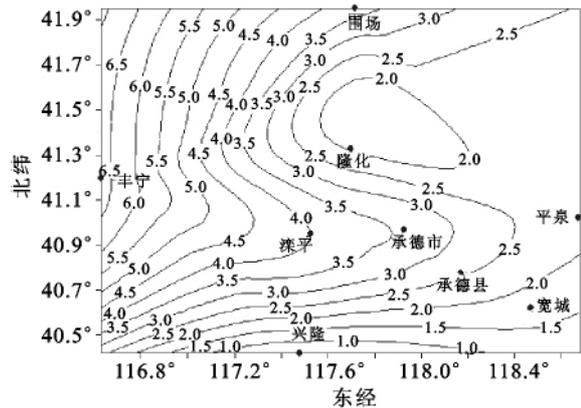


图 1 1981—2010 年承德年均沙尘天气的空间分布

### 2.2 沙尘天气的空间分布成因

#### 2.2.1 沙尘天气空间分布的气候成因

(1) 大风日数。强冷空气是形成沙尘天气的动力因素,是沙尘暴形成的必备条件,强冷空气通过形成强的气压梯度和变压梯度,使冷空气能够推动暖空气加速运动,从而形成地面大风。强冷空气的形成首先受大尺度环流的影响,主要是欧洲大槽的东移、欧亚经纬向环流的转变等所诱发的冷空气南下形成强冷锋天气活动或高空低压槽过境,它是沙尘天气发生的主要动力<sup>[6]</sup>。尤其是在春季,是我国北方地区冷锋活动最为频繁的季节,通常是位于西伯利亚的冷空气在我国境内由西北向东南爆发,这构成了承德沙尘灾害的主要动力源,同时也影响了承德沙尘天气的空间分布状况。1981—2010 年承德大风日数空间分布以丰宁最多,多年平均达到 19.23 d/a,其次为滦平和围场,多年分别平均为 13.03 d/a 和 12.58 d/a,宽城发生次数最少,多年平均仅为 2.13 d/a(图 2a)。大风日数的空间分布整体上呈现从西北向东南沿着“丰宁—滦平—承德县—宽城”的方向递减的趋势,这与沙尘天气的空间分布基本一致,经过 Pearson 相关性分析可知各站点沙尘天气与大风日数的相关系数为 0.927,并且通过了 0.01 的显著性水平检验。这说明该地区沙尘天气发生与大风日数具有较强的正相关性。

(2) 风速。风速是影响沙尘天气的重要气象因

子,只有风力超过地表临界侵蚀风速,才有可能导致地表风蚀和局地沙尘天气的发生。近 30 a 来承德风速的空间分布以丰宁县最高,多年年均风速平均达到 1.94 m/s,其次为平泉和围场,分别多年年均风速平均为 1.79 m/s 和 1.74 m/s,承德县风速最低,多年年均风速平均仅为 0.97 m/s (图 2b)。该地区的风速也呈由西北向东南递减的趋势。经过 Pearson 相关性分析可知各站点沙尘天气与风速的相关系数为 0.606,说明风速与沙尘天气的分布具有正相关性。

(3) 降水量。降水通过增大土壤湿度、提高地表物质的紧实度增强土壤的抗风蚀能力。承德地区受到纬度因素和海陆分布的影响,1981—2010 年降水量空间分布以兴隆最多,多年平均年降水量达到 688.39 mm,其次为宽城,多年分别平均年降水量为 601.76

mm,围场的降水量最少,多年平均年降水量仅为 427.87 mm(图 2c),降水量由南部、东南部向西北部递减。经过 Pearson 相关性分析可知各站点沙尘天气与降水量的相关系数为 -0.752,并且通过了 0.05 的显著性水平检验,表明降水的空间分布与沙尘天气的空间分布具有较高的反相关性。

(4) 温度。气温与降水因子结合共同影响地表蒸发量,从而影响到地表物质的抗风蚀能力。该地区受到纬度因素和城市化作用的影响,1981—2010 年承德气温空间分布以承德县最高,近 30 a 平均年均温达到 11.63℃,其次为宽城,多年平均年均温为 11.43℃,围场年均温最低,多年平均仅为 6.84℃(图 2d)。通过 Pearson 相关性分析可知各站点沙尘天气与气温的相关系数为 -0.33,相关性不高。

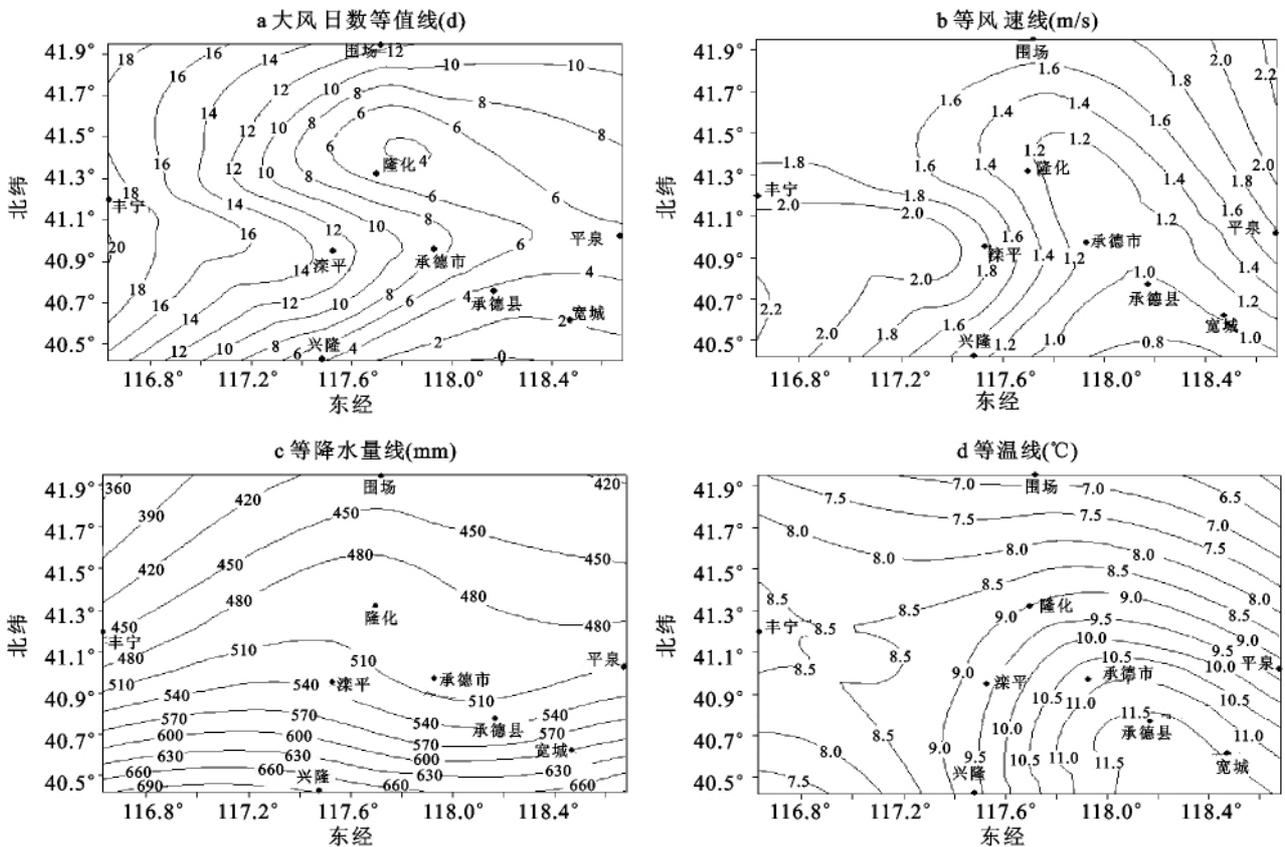


图 2 1981—2010 年承德年均大风日数、风速、降水以及气温空间分布

2.2.2 沙尘天气空间分布的下垫面成因

(1) 地形。下垫面热力属性的差异是在一定的天气系统和独特的地貌结构作用下形成的,这种差异容易形成局地小尺度热力性涡旋,气层不稳定,更容易激发热力性对流,形成沙尘天气<sup>[7]</sup>。承德市沙尘灾害空间分布呈现舌形沿着“丰宁—滦平—承德县—宽城”等值线向东南方向延伸的特征,舌尖的位置一直达到宽城附近,恰好对应了滦河的主河道。这说明沙尘天气的产生与下垫面地形关系密切,原因如下:第

一,滦河的河谷走向为西北东南走向,发源于丰宁县坝上大滩镇,向西流经张家口沽源县,向北流经内蒙古多伦县后,再流经承德的丰宁、隆化、滦平、双滦区、承德市、承德县、兴隆、宽城,最后注入潘家口水库,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,提高了其向下游输沙的能力。第二,滦河河谷西北高东南低,海拔高度迅速降低,坝上地区海拔高度为 1 260~1 635 m,到隆化、滦平地区海拔下降为 519~578 m,承德市

海拔高度仅为 350 m, 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。第三, 发生沙尘灾害的春季, 河谷内的河道基本是干涸的, 河道中的植被由于水位的消落也低于周边, 这样大量的松散物质就暴露在强风之下为沙尘天气的产生提供了物质基础。这样的研究结果与肖嗣荣<sup>[8]</sup>研究河北省沙尘天气时得到的结论相似。

(2) 地表性质。近 30 a 来北方农牧交错带的毛乌素沙地、乌兰察布市后山地区、河北坝上地区, 沙化土地的年均扩展速度达 8% 以上<sup>[9]</sup>。研究表明, 承德坝上高原特别是丰宁、围场是承德沙尘天气的主要发生区域, 丰宁、围场位于承德西北部与浑善达克沙地最为接近, 因此受到外来沙源的影响最大, 该地区成土母质以玄武岩为主, 土壤质地多为沙壤或沙土质地。山地坡陡, 谷深, 其中一些地区山体岩石风化严重, 同时由于不合理的人类活动(过度开发自然资源、过量砍伐森林、过度开垦土地)导致植被覆盖度低, 水土流失严重。尤其在空气干燥少雨的冬春季节, 对于处于坝上地区的丰宁来讲, 沙尘灾害尤为严重; 而位于承德南部、东南部的兴隆和宽城由于离沙源区相对较远, 地形相对较平坦以及较好的植被覆盖受沙尘天气影响相对较小。

### 3 防治对策

#### 3.1 合理配置农林牧生产比例, 调整种植结构

首先是调整农林牧用地比例, 主要是减少旱作农田面积, 增加林草用地比例。特别是丰宁和围场地区应停止在大于 25° 的陡坡地和沙坨地进行耕作, 用于种植牧草和灌木, 因为这部分土地用于农作最容易发生水土流失, 在水分较好的地区配置一部分农田防护林, 改善生产生活生态条件。在水分条件较差的地区种植高产人工草地, 用于发展畜牧业。其次是调整种植结构, 一方面在南部、东南部农业生产中加大经济作物的比重并合理进行夏粮与大秋作物的配置; 在北部、西北部的人工草地和林地中增加适合于本地区的种植品种。

#### 3.2 加强植被的保护、恢复与重建

执行严格的山林保育制度, 加强冬季和春季的樵采管理, 尤其是河谷地区的林木采伐。做好水土保持工作, 遏制河谷地区沙源对于风沙灾害形成的作用。控制家畜数量, 减轻草地压力, 按照草地产草量确定草地的载畜量并加快人工草地建设。

#### 3.3 减轻人口对资源环境的压力

根据当地的自然条件与经济发展水平, 分析不同

地区资源环境现实承载力和潜在承载力, 制定相应的人口发展规划, 使人口增长逐步适应社会经济和环境发展的需要。对那些沙尘灾害已经极为严重, 已不适于居住的村镇以及生态价值极为重要的片源村庄, 要逐步实行持续的移民政策, 有计划的把这些地方的农牧民搬迁到附近或其他适宜居住的地方。通过移民和输出劳务, 减少直接依赖于土地的农业人口, 解决一些地区人口压力过大的问题。

#### 3.4 完善乡村发展规划, 节约利用土地资源

合理地进行乡村发展规划一方面可以推动农村地区脱贫致富, 整合可供农村发展所需的各种资源; 另一方面, 广大的农村地区通过科学合理的管理可以成为强有力的防风固沙的屏障。通过退耕还林还草工程的实施, 逐步将生态脆弱的承德坝上地区建设成为京津地区的天然屏障。在燕山山区的县市中, 做好原生林和经济林的管理, 合理布置林果产业和增加地表植被, 有效增加下垫面对于沙尘的粘滞力, 减轻沙尘灾害对下游的危害, 通过产业的良性循环实现保持水土的目的。

#### 参考文献:

- [1] 中央气象局. 地面观测气象规范[M]. 北京: 气象出版社, 1979.
- [2] Yu B, Hesse P P, Neil D T. The relationship between antecedent climatic conditions and the occurrence of dust events at Mildura Australia[J]. *Journal of Arid Environments*, 1993, 24(2): 109-124.
- [3] Raupach M R, McTainsh G H, Leys J F. Estimates of dust mass in some recent major Australian dust storms [J]. *Soil and Water Conservation*, 1994, 7(3): 30-35.
- [4] Shao Yaping, Ann Henderson-Sellers. Validation of soil moisture simulation in land surface parameterization schemes with HAPEX data[J]. *Global and Planetary Change*, 1996, 13(1/4): 11-46.
- [5] 黄嘉佑. 气象统计分析与预报方法[M]. 北京: 气象出版社, 2004.
- [6] 胡金明, 崔海亭, 唐志尧. 中国沙尘暴时空特征及人类活动对其发展趋势的影响[J]. *自然灾害学报*, 1999, 8(4): 49-56.
- [7] 刘景涛, 郑明倩. 华北北部黑风暴的气候学特征[J]. *气象*, 1998, 24(2): 39-44.
- [8] 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.
- [9] 杨青, 何清. 塔里木河流域的气候变化、径流量及人类活动间的相互影响[J]. *应用气象学报*, 2003(3): 309-314.