

文章编号:1000-694X(2008)02-0377-04

石家庄地区沙尘天气分析

柴东红¹, 宋晓辉², 李国翠³, 尤凤春⁴

(1. 河北省气象台, 河北 石家庄 050021; 2. 邯郸市气象台, 河北 邯郸 056001; 3. 石家庄市气象台, 河北 石家庄 050081;
4. 北京市气象台, 北京 100089)

摘要: 针对近年来石家庄地区所出现的沙尘天气, 利用 17 个县市的历史资料, 从时空分布、出现原因、天气形势等几方面进行了分析。结果发现: 近年石家庄沙尘天气总体减少, 春季最多。扬沙和沙尘暴的地理分布取决于沙尘源的地理分布, 而浮尘的地理分布则是与上游效应、风向和地形密切相关。上游效应对石家庄沙尘天气的形成有重要作用。产生沙尘的天气形势大部分与大风相同。

关键词: 沙尘天气; 特征; 上游效应; 预报

中图分类号: P445.4 **文献标识码:** A

沙尘天气是灾害性天气之一, 沙尘天气的出现, 破坏了生态环境^[1], 污染了空气^[2-3], 对人类的社会活动和身体健康造成一定危害^[4], 对气候的变化也产生一定影响^[5-7], 近年来越来越引起人们的重视。有关方面的研究已有很多, 周自江^[8]、钱维宏^[9]等研究了我国沙尘天气变化的时空分布特征, 王小玲^[10]从气候学角度讨论了地面平均风速以及海平面气压与中国春季沙尘天气频数之间的关系, 丘新法^[11]利用地面天气图等资料对我国沙尘暴源地和移动路径进行了分析, 张莉^[12]的研究表明, 近 50 a 来我国沙尘天气频率显著下降的直接原因是沙尘源区和发生区平均风速和大风日数的减少、主要沙尘源区降水增加引起的大气和土壤湿润程度的改善。冬春季气压剃度的减小是风速减小, 进而导致沙尘日数减小的关键因素。

华北地区是沙尘天气的多发区^[13,8], 同时也是风沙灾害危险指数较高区^[14], 此前, 叶笃正^[13]研究了我国华北沙尘天气的成因与治理对策, 指出影响华北地区的沙尘天气主要发源于内蒙古中西部和河北西北部, 毛睿^[15]探讨了春季天气变率对华北沙尘暴频次的影响, 安月改^[16]分析了京津地区近 50 年浮尘天气气候变化特征, 尤凤春^[17]就河北省的沙尘暴天气成因进行了研究, 付桂琴^[18]分析了河北省西北大风沙尘暴天气特征。在此基础上, 对石家庄地区的沙尘天气做了进一步研究: 分析了石家庄地区沙尘天气的时空分布特征、产生的原因、上游效应。

1 沙尘天气过程的时空分布特征

根据有关文献^[19]的划分, 沙尘天气分为浮尘、扬沙、沙尘暴、强沙尘暴四类。近 20 a 石家庄地区仅出现前三类。

本文定义扬沙、浮尘一日出现二个站以上为一个过程日, 沙尘暴一日出现一个站以上为一个过程日。

1.1 沙尘天气的年变化

从图 1 可以看出, 石家庄地区沙尘天气日数呈现波动性减少趋势。分析发现, 这种减少趋势, 与大风日数的减少成正相关, 也与周自江等^[20]指出的扬沙和沙尘暴日数与大风日数的年际震荡及多年变化趋势具有一致性相吻合。分析还发现, 沙尘天气日数的波动性, 其当年发生的多少与前一年春季至当年春季年降水量的多少成负相关。从各类沙尘天气出现的频率看, 石家庄扬沙天气出现日数最多, 浮尘天气次之, 沙尘暴天气出现日数最少。据统计, 1986 年至今石家庄地区出现沙尘暴天气共 39 例, 为小概率事件。特别是近 10 a, 每年沙尘暴日数平均不到一个日。

1.2 沙尘天气的月、季变化

从沙尘天气的月、季变化(图 2)可以看出:

1) 石家庄地区各类沙尘天气春季出现最多, 4 月达到顶峰。这是由于石家庄地区春季冷空气活动频繁, 大风频发, 秋、冬、春季降水稀少, 经过长期少雨月份后, 春季气温逐渐回升, 大地解冻, 而且植被

收稿日期:2006-12-29; 改回日期:2007-03-12

基金项目:河北省科技攻关计划项目(01220602D)“沙尘灾害天气预报技术研究”资助

作者简介:柴东红(1961—),女(汉族),河北邯郸人,高级工程师,主要从事天气预报工作。E-mail:chaidonghong1@163.com

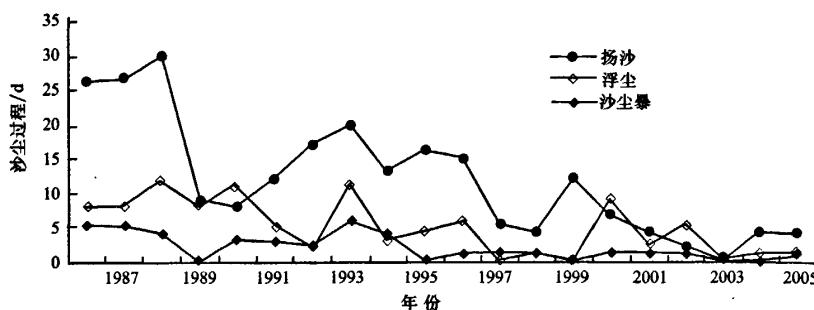


图 1 1986—2005 年石家庄地区历年沙尘天气过程频率

Fig. 1 Sand-dust storm weather frequency variation from 1986 to 2005 in Shijiazhuang

还未完全形成，地表水分大量蒸发，地表土壤干燥、土质变得疏松，沙尘极易被大风吹起。另外还与上游地区频繁的沙尘暴天气有关。

2) 石家庄沙尘天气盛夏、秋初出现最少，8月达到低谷。这是由于盛夏降水集中、雨量大，地表湿润，植被丰厚，不易起沙。秋初，雨季刚过，土壤湿度仍然很大，加上大风天气和上游效应明显减少，因此不易起沙。

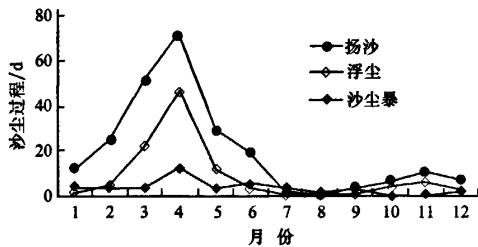


图 2 1986—2005 年石家庄地区沙尘天气日数的月、季变化

Fig. 2 Monthly sand-dust storm frequency variation in Shijiazhuang during 1986—2005

1.3 沙尘天气的日变化

分析发现，沙尘天气主要出现在白天，以午后到傍晚居多，与大风出现的情况相似。浮尘夜间和上午出现的几率多于扬沙、沙尘暴。

由图3(见图版Ⅸ)可以看出，1991年1月至2006年7月，平原地区中部扬沙出现最多，西部山区最少。扬沙高发区以藁城为中心，出现最多的站依次为藁城、无极、正定，分别为79次、68次和61次，而出现最少的站依次为灵寿、高邑、元氏，分别为2次、8次、9次。分析发现，这种分布与大风的分布没有很明显的相关性，但与地面沙、尘含量的分布关系密切。发源于山西省五台山北麓的滹沱河，河流主河道及支流沿途自西向东流经石家庄地区的平

山、石家庄市、正定、藁城、无极。石家庄市以东的地区，由于有较大支流汇入滹沱河的主河道，河床明显加宽。在藁城县，河床南北宽达千余米，而且旱化严重，基本为沙地，有丰富的沙源，这是沙尘天气形成的物质基础，而藁城气象站就位于滹沱河边，地理位置最有利，因此，产生的扬沙天气最多。

由图4(见图版Ⅸ)可以看出，沙尘暴的分布与扬沙类似，高发区以平原中部的藁城为中心，而西部山区的中北部和平原最东部15 a来没有出现过。

石家庄地区沙源较少，沙尘暴天气的局地性很强，1986年以来，仅1988年4月11日有9个站出现了沙尘暴，其余年份沙尘暴天气一日均在3个站以下，大部分为1个站，大多数出现在藁城。藁城沙源丰富，沙尘暴出现的概率明显高于其他站。

浮尘天气的分布与扬沙和沙尘暴有明显的不同(图5，见图版Ⅸ)，西部山区和西北部为高发区，其中，出现最多的站为西北部的平山、行唐、井陉，依次为26次、24次和21次。中、南部和东部出现较少，尤其以中南部的元氏、高邑和栾城为最少，分别为1次、3次、3次。分析发现，之所以有这种分布，与石家庄地区85%的浮尘天气与“上游效应”有关。石家庄西北部太行山山脉走向为北北东—南南西向，与西北气流接近垂直，气流刚翻山后产生下沉气流，高空沙尘随下沉气流到达近地面，所以山区出现浮尘多，而北部是由于大风出现较多(太行山地形的狭管效应)。更确切的原因还有待于进一步探讨。

2 沙尘天气产生的原因

沙尘天气的发生，一般需要有两个条件：足够强劲持久的风力(风速 $\geq 5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ^[14])和地面丰富的松散干燥的沙源^[13]。张莉等的研究也表明，风的动力条件($\geq 5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$)是沙尘天气过程发生和传播的决定因素，干燥度的大小与沙尘天气有很好的正相

关,北方大部分地区相对湿度的增加对本地沙尘天气的发生起到了明显的抑制作用。这些结论通过对石家庄地区实况资料的分析都得以验证。下面仅就石家庄地区沙尘天气的区域性特征进行分析。

2.1 物质基础

由沙尘天气的定义可知,沙、尘源是产生沙尘天气的必要条件,是产生沙尘天气的物质基础。石家庄地区沙尘资源总体不丰富,由以下“上游效应”分析可知,上游丰富的沙源所产生的沙尘及向石家庄地区的输送、沙尘天气的形成起到了重要作用。

2.2 上游效应

有关文献证明,沙尘可以远程输送^[21-23]。分析发现,石家庄地区大部分浮尘天气过程与上游地区沙尘天气所产生的大量沙尘经高空气流输送到此有关。

石家庄沙尘天气的上游效应为:①蒙古国、内蒙古或甘肃一河套已出现或将出现成片沙尘天气:前36 h至未来12 h内,先后出现沙尘暴≥9个(定时观测资料),并且至少有一个定时观测时次出现5个以上沙尘暴;甘肃一山西已出现或未来24 h内即将出现扬沙和沙尘暴的总数≥15个(此类出现概率较少)。②700—500 hPa高空气流由沙尘区指向本区,且风速较大。

一般进入石家庄的沙尘通道有两条:偏西路径和西北路径,偏西路径主要是甘肃一河套一山西的沙尘随高空偏西气流进入石家庄,约占20%。西北路径主要是蒙古国、内蒙古的沙尘随高空西北气流进入石家庄,约占80%。

统计显示,石家庄地区浮尘天气中纯本地产生的占16%,本地大风与上游效应共同产生的占58%,纯上游效应所产生的占26%。可见上游效应对本地形成浮尘天气的贡献之大。另外,有54%的扬沙和12%的沙尘暴天气过程也有上游效应:一是前期已有弱的上游效应,空中已有少量尘土、沙砾漂浮,但未达到浮尘标准,此时若本地起大风,加上其他有利条件,及易出现扬沙、沙尘暴;二是由于上游效应所产生的浮尘出现在先,起大风后本地沙尘被扬起,根据能见度的变化记为扬沙或沙尘暴。所以,上游效应也是产生扬沙和沙尘暴的有利条件。沙尘暴个例有上游效应相对较少的原因,大概与其产生的天气形势与扬沙和浮尘有所区别有关。

3 形成沙尘的天气形势

分析发现,沙尘天气的出现频率与大风成正相

关,其产生的天气形势大部分与产生大风的天气形势相同。主要形势有:低压后部与高压前部的偏北大风型、地面冷锋型、低压或倒槽前部的偏南大风型、强对流天气型、地面弱气压场型。扬沙、浮尘天气以前两种形势居多,沙尘暴需要的上升气流更强,以冷锋和强对流形势居多。地面弱气压场型仅产生浮尘天气。

低压后部与高压前部的偏北大风型:地面图上,未来24 h有蒙古气旋东移南下,其后有新西伯利亚或贝加尔湖高压经蒙古南调(或南扩,主体仍在蒙古),使本区气压梯度加大。

地面冷锋型:未来24 h有蒙古气旋东移至内蒙古东北部—东北三省一带(或已经在此且少动),低压中心至河北—兰州一带有冷锋,新西伯利亚或贝加尔湖有高压经蒙古南调(或南扩,主体仍在蒙古)。

低压或倒槽前部的偏南大风型:高压经蒙古东移南下到河北后缓慢东移入海,兰州低压向东北部发展为倒槽或黄河气旋,本区形成东高西低形势,或高压继续南下,其后蒙古低压紧随,本区形成北高南低形势,气压梯度加大。

强对流天气型:东蒙冷涡、西北涡、横槽、低空暖切变、西北气流、前倾槽、低层辐合等天气形势,造成本区以大风为主的强对流天气(资料显示,沙尘暴当日90%伴有弱降水)。

地面弱气压场型:地面气压场很弱或为鞍形场,高空700—500 hPa为西北或偏西气流。

沙尘暴与高空急流关系密切,总是相伴^[24],分析发现,前四种类型,当300—200 hPa等压面上,在30°—40°N、110°—120°E的范围内,有西北—东南向或偏西—偏东向高空急流($\geq 30 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的强风速带)配合时,超过半数以上的站易产生大风天气,地面大风区出现在地面气压梯度大值区与高空急流相交汇的区域,或出现在高空急流与低层天气系统相交汇的区域或附近区域,更容易产生沙尘暴和大范围的扬沙天气。

4 小结

1)近20 a石家庄地区扬沙出现频率最多,浮尘次之,沙尘暴最少。

2)20 a来石家庄沙尘天气呈波动性减少趋势,春季出现最多,4月份达到顶峰,盛夏、秋初出现最少,8月达到低谷。

3)石家庄扬沙和沙尘暴的地理分布取决于沙尘源的地理分布,而浮尘的地理分布则是与上游效应、风向和地形密切相关。

4) 上游效应是产生石家庄浮尘天气的重要原因,也是产生扬沙和沙尘暴的有利条件。

5) 产生石家庄沙尘天气的天气形势大部分即是产生大风的天气形势。纯上游效应产生的浮尘天气,一般地面为弱气压场。

参考文献(References):

- [1] 陈广庭.北京强沙尘暴史和周围生态环境变化[J].中国沙漠,2002,22(3):211—213.
- [2] 王式功,杨民,祁斌,等.甘肃河西沙尘暴对兰州市空气质量的影响[J].中国沙漠,1999,19(4):354—358.
- [3] 王建鹏,王式功,孟小绒,等.沙尘天气对西安市空气质量影响的研究[J].中国沙漠,2001,21(5):558—563.
- [4] 马雁军,齐丽,杨虹斌,等.大气污染对呼吸系统疾病的影响研究[J].辽宁气象,2002(2):33—34.
- [5] 张小曳.亚洲沙尘暴及其数值预报系统[M].北京:科学出版社,2006.
- [6] 王涛,陈广庭,钱正安,等.中国北方沙尘暴现状及对策[J].中国沙漠,2001,21(4):321—327.
- [7] 王涛,赵哈林.中国沙漠科学的五十年[J].中国沙漠,2001,21(4):321—327.
- [8] 周自江.近 45 年中国扬沙和沙尘暴天气[J].第四纪研究,2002,22(4):374—380.
- [9] 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.
- [10] 王小玲,翟盘茂.中国春季沙尘天气频数的时空变化及其与地面气压场的关系[J].气象学报,2004,62(1):96—102.
- [11] 丘新法,曾燕,缪启龙.我国沙尘暴的时空分布规律及其源地和移动路径[J].地理学报,2001,56(3):317—322.
- [12] 张莉,丁一汇,任国玉.我国北方沙尘天气演变趋势及其气候成因[J].应用气象学报,2005,16(5):583—592.
- [13] 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[J].地理学报,2000,55(5):513—521.
- [14] 申元村,杨勤业,景可,等.我国沙暴、尘暴灾害及其防治[J].中国减灾,2001,11(2):28—30.
- [15] 毛睿,龚道溢,范一大.春季天气变率对华北沙尘暴频次的影响[J].地理学报,2005,60(1):513—521.
- [16] 付桂琴,尤凤春.河北省西北大风沙尘暴天气特征分析[J].河北气象,2004,23(1):2—4.
- [17] 尤凤春,史印山,付桂琴,等.河北省沙尘暴天气成因分析[J].高原气象,2005,24(4):642—647.
- [18] 安月改,刘学锋,杨贤.京津地区近 50 年浮尘天气气候变化特征分析[J].河北气象,2004,23(7):25—28.
- [19] 王式功,董光荣,陈惠中,等.沙尘暴研究的进展[J].中国沙漠,2005,25(4):145—165.
- [20] 周自江,章国材.中国北方典型的强沙尘暴事件(1954—2002 年)[J].科学通报,2003,48(11):1224—1228.
- [21] 丘金恒,孙金辉.沙尘暴的光学遥感与分析[J].大气科学,1994,18(2):1—10.
- [22] 何清,杨青.日本在沙尘暴方面的研究进展[J].新疆气象,2002,25(3):9—11.
- [23] 沈建国,刘菲,牛生杰,等.一次沙尘暴过程 TSP 质量浓度的连续观测和分析[J].中国沙漠,2006,26(5):786—789.
- [24] 程海霞,丁治英,师克杰.近 5 a 我国沙尘暴与高空急流关系的统计分析[J].中国沙漠,2005,25(6):891—896.

Analysis and Forecast of Sand-Dust Weather in Shijiazhuang

CHAI Dong-hong¹, SONG Xiao-hui², LI Guo-cui³, LONG Feng-chun⁴

(1. Hebei Meteorological Observatory, Shijiazhuang 050021, China; 2. Handan Meteorological Observatory, Handan 056001, Shijiazhuang, China; 3. Shijiazhuang Meteorological Observatory, Shijiazhuang 050081, China; 4. Beijing Meteorological Observatory, Beijing 100089, China)

Abstract: Based on the historical data from the 17 counties, an analysis was conducted from the aspects of time-space distribution, occurring reason, and weather situation of sand-dust weather in recent years in Shijiazhuang District. The sand-dust weather events mostly concentrated in Spring, and the frequency generally reduced in recent years. The geographic distribution of dust-blowing and sand-dust storm events depend on the distribution of dust sources, but the distribution of dust-floating event closely relate to the upstream effect, wind direction and landform. The upstream effect plays an important role on the formation of sand-dust weather in Shijiazhuang District. The weather situations that generate sand-dust weather are same with that generate strong wind. The key to forecast sand-dust weather is drought and rainless in prophase and fourth to fifth grade strong wind in the future; key to forecast dust-floating weather is upstream effect; key to forecast sand-dust storm weather is upper air jet and strong air mass convection.

Keywords: dust-blowing weather; feature; upstream effects; forecast

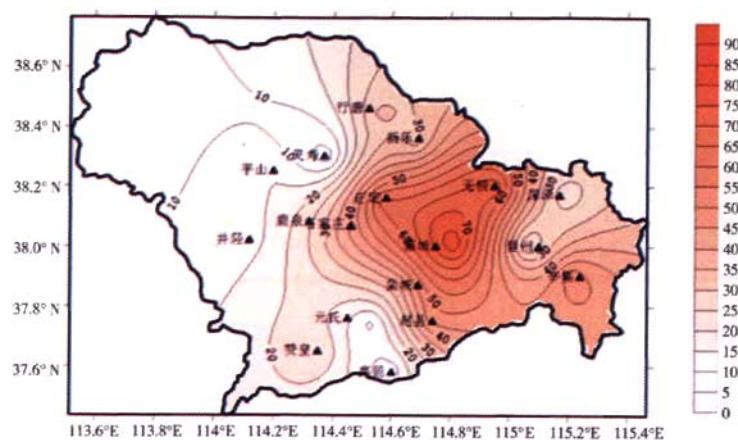


图3 石家庄地区1991年1月至2006年7月的扬沙天气日数分布

Fig.3 Distribution of sand-blown weather frequency in Shijiazhuang during the period from January 1991 to July 2006

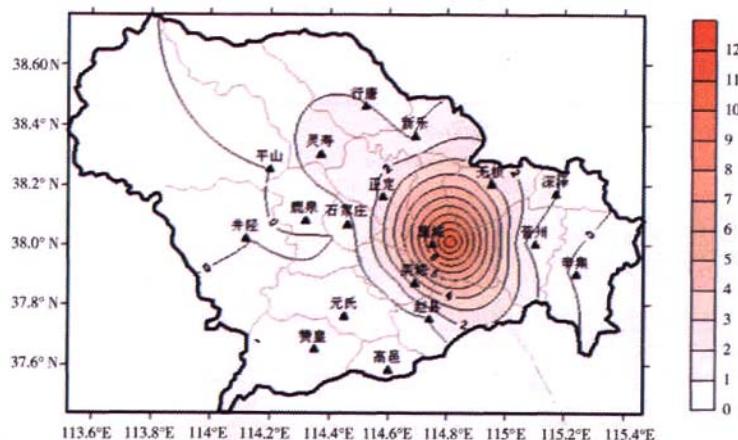


图4 石家庄地区1991年1月至2006年7月的沙尘暴天气日数分布

Fig.4 Distribution of sand-dust storm weather frequency in Shijiazhuang during the period from January 1991 to July 2006

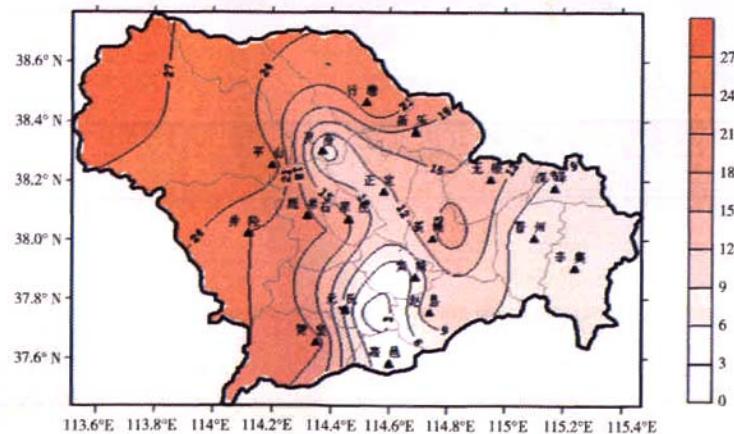


图5 石家庄地区1991年1月至2006年7月的浮尘天气日数分布

Fig.5 Distribution of dust-floating weather frequency in Shijiazhuang during the period from January 1991 to July 2006