

文章编号:1004-0366(2003)03-0025-06

影响河西走廊春季沙尘暴的 物理因素初步分析

董安祥¹, 白虎志², 俞亚勋¹, 张 昆²

(1. 兰州干旱气象研究所, 甘肃 兰州 730020; 2. 兰州中心气象台, 甘肃 兰州 730020)

摘 要: 应用1955年~2000年甘肃省河西走廊14个测站的春季沙尘暴日数, 从气象学角度分析了河西走廊春季沙尘暴的物理因素, 研究表明: 上年春季赤道东太平洋和西风漂流区海温, 上年(3~10月)西太平洋副热带高压面积和强度是预测河西走廊春季沙尘暴的信号。初步制作了沙尘暴形成的概念模型和预测模型。

关键词: 河西走廊; 春季; 沙尘暴; 物理因素; 分析

中图分类号: P445⁺4; P461 **文献标识码:** A

沙尘暴是一种严重污染环境、影响社会生产和人类生活的自然灾害。甘肃省河西走廊是我国沙尘暴高发区之一, 因此研究沙尘暴的形成和演化规律, 预测沙尘暴的变化趋势, 对于防灾减灾, 恢复和改善生态环境具有十分重要的现实意义。

我们用已经业务化的气象观测资料, 从气象角度分析影响河西走廊沙尘暴的物理因素, 建成了沙尘暴形成的概念模型, 初步提取了预测信号, 制作了河西走廊沙尘暴的短期气候预测模型和预报方程, 可供业务气候预测参考。从而为沙尘暴的气候预测提供了思路, 对于深入认识其成因提供了一些有益的借鉴。

1 资料

月平均北半球500 hPa高度场和海平面气压场为网格点资料, 网格尺度为5°(纬度)×10°(经度), 月平均太平洋海表温度场为5°(纬度)×5°(经度)网格点资料, 还有历年各月环流特征量资料, 上述资料来自国家气候中心。

西太平洋副热带高压(以下简称为副高)面积指数的定义: 在5°×10°菱形网格的500 hPa月平均高度场图上, 10°N以北, 110°~180°E范围的大于和等于588 dagpm网格点数称为副高面积指数。大于和等于588 dagpm网格点上平均高度值编码(即588为1, 589为2, 590为3, 其余类推)之和称为副高强度指数。在15°~20°N, 80°~100°E区域内各格点高度值减去580 dagpm的累计值称为印缅槽指数^[1-2]。

选取野马街、敦煌、安西、玉门镇、酒泉、金塔、鼎新、高台、张掖、山丹、永昌、民勤、武威、乌鞘岭14站的春季3~5月逐月沙尘暴日数的平均数, 代表河西走廊春季和春季各月沙尘暴日数。测站月平均气温、月降水资料与月沙尘暴日数来自兰州中心气象台, 上述全部资料的年代

收稿日期: 2002-08-03

为1954年~2000年.

2 环流特征

2.1 同期环流特征

(1) 500 hPa 图 常年春季(4月) 500 hPa平均图上,西西伯利亚地区为弱高压脊控制,东欧为平浅的长波槽区. 春季多沙尘暴年,围绕北极的高纬地区为负差值,极涡偏深,欧亚大陆为一脊一槽型,东欧—乌拉尔山的长波脊强,中亚的正差值中心达26 gpm,贝加尔湖东南部的负差值中心低达-36 gpm,东亚大槽偏西,位于110°E左右(图1). 亚洲大陆的高度距平场(图略)自北向南呈“+—+”排列,西太平洋副高强度偏弱,面积偏小. 本文计算了近46年春季(4月)500 hPa月高度场格点值与同期河西走廊沙尘暴日数的相关系数(图略),位于中亚的正相关中心为0.42,高于0.01的信度水平(0.38),位于贝加尔湖东南部的负相关中心为-0.39,也高于0.01的信度水平. 另外,在西太平洋也有负相关中心,为-0.49. 统计结果与多沙尘暴年的形势场描述一致,说明典型多和少沙尘暴年的500 hPa合成场具有普遍意义.

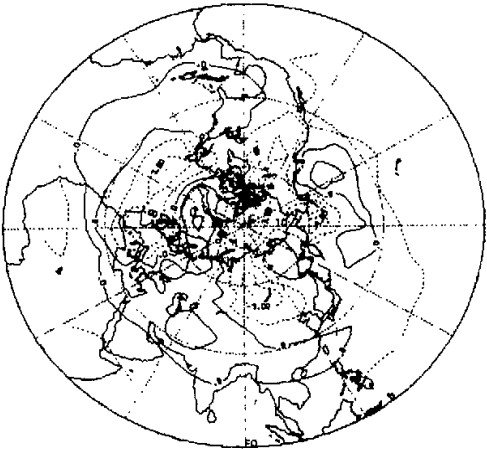


图1 春季北半球500 hPa多沙尘暴年合成差异场
(单位:dagpm)

春季少沙尘暴年的500 hPa形势与上述相反,围绕北极的高纬地区为正距平,欧亚大陆呈一槽一脊型,与同期多年平均场相比,西西伯利亚长波脊偏强,东亚大槽偏东,位于150°E,西太平洋副高偏强.

(2) 海平面气压图 在海平面气压图上,春季多沙尘暴年与常年相比,蒙古冷高压位置偏向西南,比少沙尘暴年偏高3.6 hPa. 阿留伸低压位置变化不大,比少沙尘暴年浅1.5 hPa(图略). 在新疆和河西走廊,多沙尘暴和少沙尘暴年气压梯度均较大,但多沙尘暴年气压距平场为北正南负,而少沙尘暴年相反,为北负南正(图略).

2.2 前期环流特征

为了寻找与春季沙尘暴有密切相关的前期关键月,我们对前期500 hPa月高度场与春季(4月)沙尘暴日数计算相关,得到表1.

表1 春季(4月)河西走廊沙尘暴与500 hPa高度场相关表

信度 水平	当年				上年											
	4月	3月	2月	1月	12月	11月	10月	9月	8月	7月	6月	5月	4月	3月	2月	1月
0.050	44	89	112	104	69	66	61	68	130	109	66	71	81	120	99	86
0.010	16	35	28	51	19	20	21	21	63	50	24	53	26	48	31	37
0.001	3	10	4	9	3	5	9	5	23	16	4	15	4	3	6	10

从表 1 可见,同期相关并不高. 上年 8 月与春季沙尘暴日数相关最高,满足 0.05 信度水平的相关系数有 130 个,占 22%. 其次是当年 1 月、上年 3 月和 7 月.

由图 2 知,①高相关系数主要在低纬度,其次是北极区,中高纬度相关系数均很小. ②北美极涡区的相关系数均为正值,正中心为 0.31,超过 0.05 信度水平(0.29). 计算近 46 年上年 8 月北美区极涡面积指数与当年春季沙尘暴的相关,相关系数也为 0.31. 因此,上年 8 月北美区极涡面积越大,当年河西走廊春季沙尘暴越多;反之,则越少. ③南亚为负相关区,负相关中心低达-0.56. 计算近 46 年上年 8 月印缅槽指数与当年春季沙尘暴的相关,相关系数低达-0.40. 因此上年 8 月印缅槽越深,当年河西走廊春季沙尘暴越多;反之,则越少. ④西太平洋也为大片负相关区,中心低达-0.62. 为了详细研究西太平洋副高对沙尘暴的影响,通过计算前期与同期西太平洋副高特征量和春季沙尘暴的相关,得到表 2.

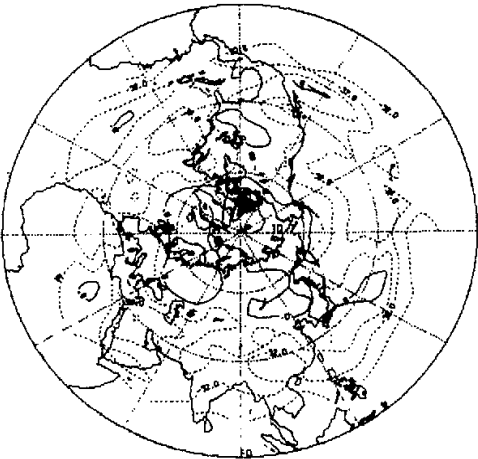


图 2 春季(4 月)沙尘暴日数与上年 8 月北半球 500 hPa 相关场(单位: $\times 100$)

表 2 春季(4 月)河西走廊沙尘暴与副高特征量的相关

相关系数	当 年				上 年											
	4 月	3 月	2 月	1 月	12 月	11 月	10 月	9 月	8 月	7 月	6 月	5 月	4 月	3 月	2 月	1 月
面积指数	26	21	26	16	33	-41	-19	-33	-39	-48	-41	-44	34	33	-33	-26
强度指数	-32	-24	-25	-12	-30	-31	-35	-22	-38	-39	29	40	-34	-30	-26	-19

从表 2 中看出,西太平洋副高特征量当年前期与春季沙尘暴相关很差,但是,上年 3 月起至 12 月,各月相关都很高,基本超过 0.05 的信度水平(0.29). 副高面积指数的上年 5 月~8 月和 10 月、11 月超过 0.01 的信度水平(0.38),副高强度指数的上年 5 月、7 月和 8 月也超过 0.01 的信度水平. 上述分析表明,西太平洋副高的上年演变特征是预测当年春季河西走廊沙尘暴趋势的强信号. 当上年(3 月~10 月)副高面积和强度指数偏弱,当年春季沙尘暴偏多;否则,偏少.

3 海温

海洋是一个巨大的热“储存器”,又是供应大气水汽的主要源地,赤道东太平洋海温异常是目前公认的影响全球大气环流强信号. 我们计算了太平洋海表温度场网格点资料与河西走廊春季沙尘暴的相关,发现西风漂流区海温与春季沙尘暴的同期正相关很好,最大相关系数为 0.40. 而上年春季西风漂流区海温与当年春季沙尘暴正相关也好,最大相关系数为 0.39. 上年春季赤道东太平洋海温与当年春季沙尘暴反相关很高,相关系数为-0.48. 在北太平洋南北方向上海温距平变化存在一个类似于跷跷板的振荡结构,赤道东太平洋地区和西风漂流的

海温变化趋势相反^[2]。计算结果证实了上述结论。把上述两个关键区的春季海温相减,再求相关,相关系数为0.58,提高了0.03~0.10。因此,上年春季西风漂流区和赤道东太平洋海温温差是预测春季沙尘暴多少的一个强信号。

4 地面气象要素

月降水量和月平均气温是基本气候要素,单纯统计月降水量和月平均气温与春季沙尘暴日数的同时和滞后的相关效果不好。但如果进行地区组合,则可以提高相关系数值。

如用新疆阿勒泰气象站(51076)月平均气温代表北方,用甘肃省张掖气象站(52652)月平均气温代表河西走廊,用二者的气温差代表南北温度梯度。其统计表明,春季沙尘暴与4月南北温差呈正相关,相关系数为0.36,超过0.05信度水平。它表明当春季河西走廊气温越高,其北方气温越低,沙尘暴越多;反之,沙尘暴越少。春季沙尘暴与上年6月南北温差呈负相关,相关系数为-0.38,明显超过0.05信度水平。我们还用河西走廊中部站张掖月降水量代表河西走廊,用新疆阿勒泰站的月降水量代表北方,二者之差代表南北湿度梯度。经过统计发现,当年2月南北湿度梯度与春季沙尘暴呈反相关,相关系数为-0.39,达0.01信度水平。它表明当年前期北湿南干时,春季沙尘暴增多;反之,当年前期北干南湿时,春季沙尘暴减少。

5 概念模型和气候预测

从春季河西走廊沙尘暴日数与高空地面环流场、海温场、环流特征量,地面气候要素的统计结论,可以归纳出沙尘暴日数偏多偏少成因概念模型(图3)。

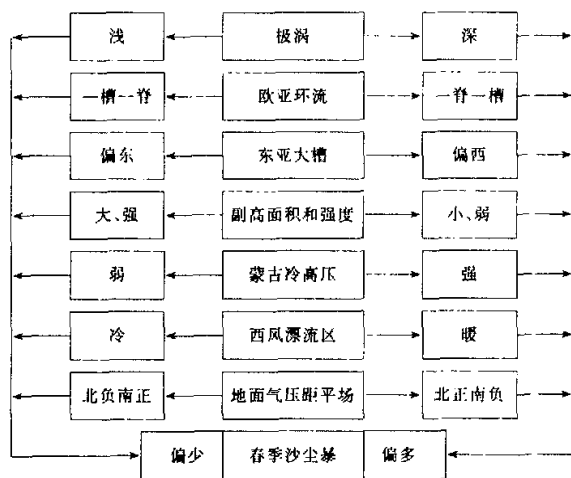


图3 河西走廊春季沙尘暴形成的概念模型

春季河西走廊沙尘暴短期气候预测概念模型是以春季沙尘暴日数为主要预报对象,分析沙尘暴的气候特征、环流成因及其特征因素,以中高纬度环流型、西太平洋副热带高压、印缅槽、西风漂流区海温,赤道东太平洋海温和地面温湿梯度等主要物理因素而建立的预报方法,预报概念模型的基本思路如图4所示。

在气候预测工作中,逐步回归算法的应用十分广泛,最优子集回归(Optimal Subset

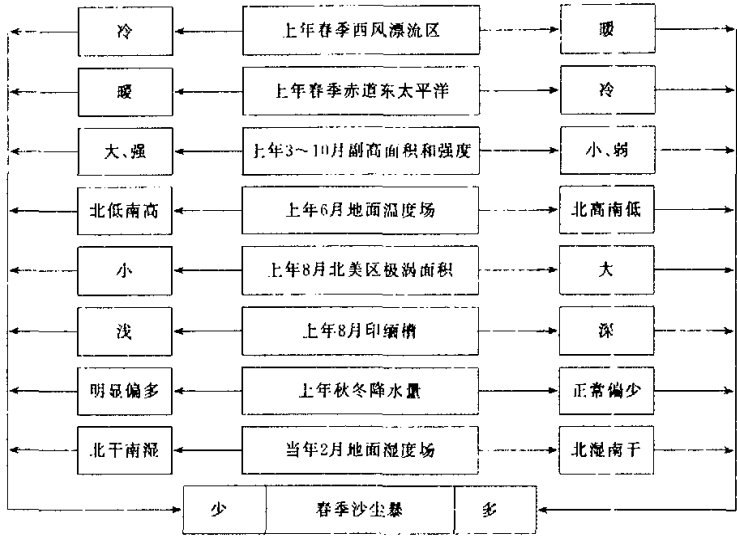


图4 河西走廊春季沙尘暴气候预测概念模型

Regression, OSR)是从自变量所有可能的子集回归中以某种准则确定出一个最优回归方程的方法. 采用最优子集回归方法计算^[3]. 观测样本量取为 1954 年~2000 年,得到了 2 个春季河西走廊沙尘暴日数预报方程,对 2 个预报值进行平均,作为预报结果. 2 个方程如下:

$$y_1 = 57.17 - 0.16X_1 - 0.07X_2 + 0.05X_3 - 0.61X_4 - 0.05X_5 \tag{1}$$

式(1)中 y_1 为春季河西走廊沙尘暴日数预报值,其预测因子如下:

X_1 , 上年 3 月~10 月西太平洋付高面积指数平均; X_2 , 上年 7 月~9 月印缅槽指数平均; X_3 , 上年 8 月北美区极涡面积指数; X_4 , 上年 8 月 500 hPa 阿拉伯高压(40°~50°E、25°~35°N, 6 个格点高度平均); X_5 , 当年 2 月甘肃省张掖站月降水量与新疆阿勒泰站降水量之差(单位: 0.1 mm).

$$y_2 = -10.50 + 0.20X_1 + 0.08X_2 - 0.05X_3 \tag{2}$$

式(2)中 y_2 为春季河西走廊沙尘暴日数预报值,其预测因子如下:

X_1 , 上年 3 月~5 月西风漂流区海温平均(160°E~170°W、40°~45°N, 14 个格点平均, 单位: 0.1 °C); X_2 , 上年 3 月~4 月南方涛动指数平均; X_3 , 上年 6 月甘肃省张掖站与新疆阿勒泰站温度差(单位: 0.1 °C).

表 3 方程的参数和预报结果

参数	均方根误差	复相关系数	双评分准则	年度	
				2001a	2002a
方程 1	2.3	0.68	48.9	6	3
方程 2	2.5	0.63	53.3	6	4

表 3 给出两个预报方程的参数和预报结果. 由表 3 看出, 预报因子和预报对象的复相关系数(R)很高, 在 0.63 以上, 拟合均方根误差(RMSE)平均为 2.4, 当实况正常或偏少时, 拟合值容易偏高; 当实况偏多时, 拟合值容易偏低, 在使用预报方程时值得注意. 预报. 河西走廊

春季沙尘暴平均日数 2001 年为 6 d, 2002 年为 3 d~4 d, 2002 年比 2001 年有所减少, 也少于多年平均。2001 年实际平均为 4 d, 各站最少为 2 d, 最多为 8 d, 预测与实况差别不大, 预测结果可供参考。2002 年预测结果有待实况检验。

6 初步结论

根据上述分析, 初步得到以下几点结论:

(1) 春季多(少)沙尘暴年的同期环流特征是极涡偏深(浅), 欧亚大陆为一脊一槽型(一槽一脊型), 东亚大槽偏西(东), 西太平洋副高偏弱(强)。地面蒙古冷高压偏强(弱), 气压距平场为北正南负(北负南正)。

(2) 上年 8 月是预测春季沙尘暴日数的关键月, 当北美区极涡面积越大, 沙尘暴越多; 反之, 则越少。印缅槽越深, 沙尘暴越多; 反之, 则越少。西太平洋副高越弱, 沙尘暴越多; 反之, 则越少。

(3) 上年春季赤道东太平洋和西风漂流区海温, 上年(3 月~10 月)西太平洋副热带高压面积和强度是预测河西走廊春季沙尘暴的信号。

(4) 采用最优子集回归方法建成的预报方程有一定的预测效果, 可供河西走廊春季沙尘暴的短期气候预测参考。

参考文献:

- [1] 赵振国. 中国夏季旱涝及环境场[M]. 北京: 气象出版社, 1999. 45-46.
- [2] 陈兴芳, 赵振国. 中国汛期降水预测研究及应用[M]. 北京: 气象出版社, 2000. 21-65.
- [3] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 1999. 194-201.

A PRELIMINARY ANALYSIS OF PHYSICAL FACTORS FORMING SANDSTORMS IN SPRING IN HEXI PASSAGEWAY

DONG An-xiang¹, BAI Hu-zhi², YU Ya-xun¹, ZHANG Kun²

(1. Lanzhou Institute of Arid Meteorology, Lanzhou 730020, China;

(2. Lanzhou Center of Meteorological Observation, Lanzhou 730020, China)

Abstract: The physical factors forming sandstorms in Spring in Hexi Passageway are analyzed by using the observed data at 14 stations from 1955 to 2000. The results show that the marine temperature of equatorial east pacific and west wind drift in the last spring and the area and intensity of subtropical high pressure in the last year (March—October) are signals to forecast the sandstorms in Spring in Hexi passageway. The relevant concept pattern and forecast pattern are given here.

Key words: Hexi passageway; spring; sandstorm; physical factor; analysis

作者简介:

董安祥, (1944-)男, 江苏省南京市人, 1966 年毕业于南京气象学院气象系, 现任甘肃省气象局副总工程师, 研究员。