

西北地区气候因素与北京市沙尘天气的关系研究

陈跃浩^{1,2,3},景元书²,高庆先^{3*} (1.天津市气候中心,天津 300074; 2.南京信息工程大学应用气象学院,江苏 南京 210044; 3.中国环境科学研究院,北京 100012)

摘要: 利用西北地区气象站资料以及北京市沙尘天气资料,根据西北地区的气候状况对气候影响指数进行了一定的改进,分析了西北地区气候因素与北京市沙尘天气的关系.结果表明,在 2001~2010 年 10 年间,受全国沙尘天气过程的影响,北京市在 2001、2002 和 2006 年的沙尘天气日均超过了 30d,其中在 2001 年全年沙尘天气日数达到了 39d;西北地区 D 指数年平均值的高值区位于盆地和沙漠地带,春季平均值最高,为 2.0,冬季次之,为 0.9,夏季为 0.8,秋季最小,为 0.59;在 D 指数与沙尘天气的相关性分析中,宁夏地区的相关性系数平均值为 0.84,甘肃地区相关性系数为 0.82,陕西为 0.81,青海为 0.78,新疆为 0.74,内蒙古地区为 0.72;西北和北路传输路径对北京市沙尘天气的影响更大,毛乌素沙漠与黄土高原交界地以及内蒙古浑善达克沙地附近地区气候影响指数与沙尘天气日数呈现显著正相关,相关性系数达 0.9,该地区气候对于北京市沙尘天气的发生有较大的影响.

关键词: 西北; 气候因素; 沙尘天气; 气候影响指数

中图分类号: X16 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-6923(2015)03-0683-11

Relationship between climate factors in Northwest China and the sandstorm in Beijing. CHEN Yue-hao^{1,2,3}, JING Yuan-shu², GAO Qing-xian^{3*} (1.Tianjin Climate Center, Tianjin 300074, China; 2.College of Applied Meteorology, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, China; 3.Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China). *China Environmental Science*, 2015,35(3): 683~693

Abstract: Based on the observational data from meteorological stations in Northwest and Beijing's sandstorm information, the climate influence index D was modified according to the climate conditions in Northwest China, and the relationship of climate influence index D in Northwest and sandstorm occurrences in Beijing was analysed. The results showed that: From 2001 to 2010, the sandstorm occurrences days in Beijing was over 30days in 2001, 2002 and 2006, which was effected by the sandstorm process in China, and the sandstorm occurrences days was 39 in 2001. The annual average of high values of index D in Northwest were located in Basin and Desert region, and during the spring period, the average of D value was the highest in the four season, the value was 2.0, followed by the winter, the value was 0.9, the summer D value was 0.8 and the autumn was 0.59. The correlation analysis of index D and the sandstorm occurrence shows that, the average correlation coefficient in Ningxia was 0.84, Gansu was 0.82, Shanxi was 0.81, Qinghai was 0.78, Xinjiang was 0.74, Inner-Mongolia was 0.72. The sandstorm from northwest pathway and north pathway were greater impact on Beijing's sandstorm occurrence, the correlation shows a significant positive relationship between the index D of the border zone of Maowusu Desert, the Loess Plateau and Hunshandake Sandland with Beijing's sandstorm, the correlation coefficient was 0.9, the climate of these areas had a significant effect on the occurrence of sandstorm in Beijing.

Key words: Northwest China; climate factor; the sandstorm; the climate influence index

沙尘天气是指强风把地面大量沙尘卷入空中,使空气特别浑浊,地面水平能见度变低的天气现象^[1].大风、丰富的沙尘源和不稳定的大气层结是沙尘天气形成的三个关键因素^[2-3].刘国梁等^[4]通过对比分析中国沙尘暴发生频次和气候因子的关系,发现气候因子分布与沙尘暴的发生频次分布对应性很好.王静梅^[5]通过对 50a 来宁夏中

宁地区沙尘天气气候成因的分析,认为该地区特殊的地理位置和地形地貌以及干旱少雨的气候类型是沙尘天气多发的主要原因,并且指出沙尘天气的发生与气温和湿度有一定的相关关系.此

收稿日期: 2014-07-20

基金项目: 环保公益性行业专项(201409027)

* 责任作者, 研究员, gaoqx@craes.org.cn

外,强风是沙尘暴、扬沙天气发生的重要动力条件,大风日数随时间的变化与沙尘天气发生频次随时间的变化呈现显著相关^[6-8]。

关于气候因素与沙尘天气关系的研究方法,可以通过利用相关数理统计分析建立气候因素与沙尘天气之间的联系,进行定性定量研究。Wang 等^[9]利用分层聚类分析法分析了沙尘天气的时空分布以及其影响因素。Qian 等^[10]利用旋转经验正交函数(REOF)的方法分析了中国北方沙尘天气与气候因素之间的关系。还有的学者通过构建新的指数表征气候因素用来研究与沙尘天气之间的联系。邱玉珺等^[11]利用风速和相对湿度两个气象因子构建了月沙尘气象指数,并分析了月沙尘气象指数与沙尘天气频率之间的关系。李智勇^[12]在邱玉珺等^[13]构建的沙尘天气气候影响指数 D 模型的基础上,利用水分均衡计算的干燥指数和风速影响指数建立了新的沙尘暴气候影响指数模型,对西北地区气候因素对沙尘暴的影响进行了分析。除此之外,近些年随着数值模式的兴起及利用,众多学者开始试图通过建立有效的数值模式来模拟沙尘过程及其影响。高荣等^[14]用 RegCM3 模式模拟了西北干旱区感热异常对中

国夏季降水影响,进而研究对沙尘的发生及传输造成的影响。马井会等^[15]利用大气化学模式 WRF-Dust 对影响上海地区的一次典型沙尘天气过程进行了数值模拟研究。钟海玲等^[16]利用 RegCM3 模式,通过改变青藏高原冬季地面面向大气的感热输送,分析了高原冬季感热异常对春季沙尘暴的影响。

研究表明^[17-18],西北荒漠区、沙漠及其边缘退化的草原区是我国沙尘天气的主要境内沙源。北京市位于我国沙尘天气源地的下风向,沙尘天气爆发时会对北京地区的环境质量产生重要的影响,是目前科研的热点领域之一^[19-21]。而已有的研究大多关注于北京市沙尘天气的气候成因及其影响源地分析^[22-23],未能将各种气候影响因素进行整合,定量的探究源地气候因素与北京市沙尘天气的关系。因此,开展西北地区天气和气候因素与北京市沙尘天气的关系分析,探索沙尘天气对北京大气环境质量的影响,对于北京市沙尘天气的防治和改善北京大气环境质量具有重要的意义。

1 资料与方法

1.1 资料

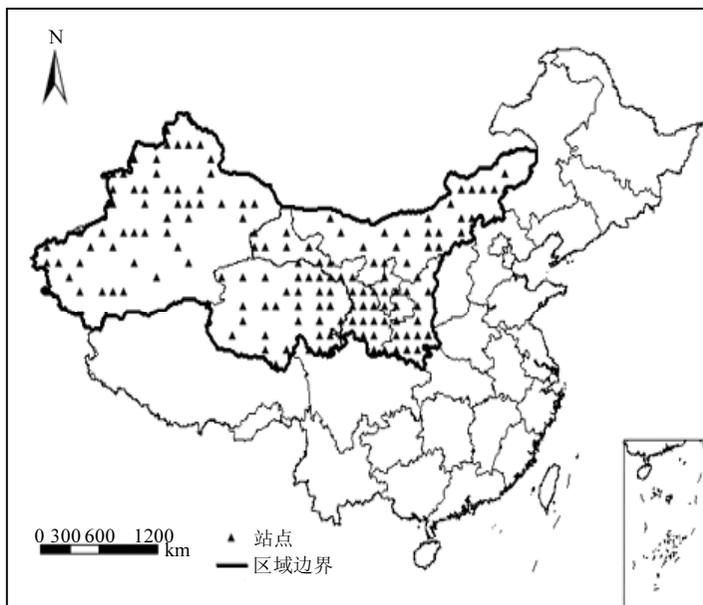


图1 研究范围及观测站点分布

Fig.1 Geographic distribution of the research scope and observing stations

考虑到我国沙尘天气主要源区(西北大部分地区)对北京市沙尘天气的影响,本文选取新疆、甘肃、青海、宁夏和陕西以及内蒙古中西部作为研究区域,范围在东经 75°至东经 120°之间,北纬 35°至中蒙边界.在分析时,根据台站观测数据的完整性和准确性,选择研究区域内 166 个气象台站 2001~2010 年 10 年间的气象观测资料进行统计分析,站点分布以及研究范围如图 1 所示.北京市的沙尘天气数据来自于北京市观象台 2001~2010 年逐月的天气现象记录.

1.2 方法

基于气候影响指数法,即利用气候影响指数 D 将影响沙尘天气的主要气候因素进行整合计算,分析 D 指数与沙尘天气二者之间的关系,探究气候因素对沙尘天气的影响. D 指数最早的雏形来自于 Thornthwaite^[24]在 1931 年提出的用来表征土壤湿润程度的 P-E 指数 I ,其计算公式为:

$$I = \frac{P}{E} \quad (1)$$

$$I = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{P}{t+12.2} \right)^{1.1} \quad (2)$$

式中: P 表示月均降雨量; E 表示月蒸发量; t 表示月平均温度; i 表示月份.Chepil^[25]、McTainsh^[26]、黄富祥等^[27]根据已有的工作结合自己的研究将 D 指数的计算方法进行了不断的改进和发展,使其更能够客观准确的反应一个地区影响沙尘天气的气候背景状况.邱玉珺等^[13]考虑了风速和土壤湿润情况的影响,提出气候影响指数(D)的表达式为:

$$D = \frac{W^\alpha}{H^\beta} \quad (3)$$

式中: α 和 β 都是大于 0 的常数; W 为风速影响指数, $W = \bar{v}/v' \cdot d_v$; \bar{v} 表示各月的平均风速; v' 表示起沙风速; d_v 表示相应月份大风日发生率; H 为土壤湿度指数, $H = (P-E)d_h$; d_h 表示相对湿度.该气候影响指数与风速影响指数 W 成正比,与土壤湿度指数 H 成反比.

李智勇^[12]在充分考虑西北地区特殊的地理和气候条件的基础上,对气候影响指数(D)的计算公式进行了一定的调整,引入干燥度指数来替换土壤湿润指数,并经研究证实其在我国西北地

区具有较好的利用价值.表达式为:

$$I_{\text{mod}} = F_T \cdot F_B \quad (4)$$

$$F_T = \frac{12}{(T_m + 10)} \quad (5)$$

$$F_B = bP_m - aE_m \quad (6)$$

式中: I_{mod} 为干燥度指数; F_T, F_B 为温度和水分平衡因素; T_m 是月均温度; P_m 是月降雨量; E_m 是月蒸发量; a 和 b 为常数.再乘以风速影响指数 W ,其最终表达式为:

$$D_{\text{mod}} = W^\alpha \cdot I_{\text{mod}}^\beta \quad (7)$$

其中: I_{mod} 由(4)、(5)和(6)式得出.

基于公式(7)并结合实际研究成果,对公式进行修正.考虑到气象台站数据的完整性和可靠性以及沙尘天气过程发生时的瞬时特征, d_v 值为相应月最大风速 $>5\text{m/s}$ 的天数的发生率,以此来对风速影响指数 W 进行修正, d_v 的值越大代表该月发生沙尘天气的可能性越大.另外,考虑到我国西北地区干旱半干旱的气候类型,其蒸发量大而降雨量小的特点,将式(6)改为 $F_B = E_m - P_m$,其蒸发量 E_m 越大, F_B 也就越大,最后的 I_{mod} 越大,代表土壤越干燥,形成沙尘天气的可能性也就越大.常数 a, b, α 和 β 参考公式(7)中的取值,均为 1;起沙风速 v' ,则根据牛生杰等^[28]的研究,取值为 5m/s . D 指数的表达式可以修正为:

$$D_{\text{mod}} = W^\alpha \cdot I_{\text{mod}}^\beta = \left(\frac{\bar{v}}{5} \cdot d_v \right) \cdot \left[\left(\frac{12}{T_m + 10} \right) \cdot (E_m - P_m) \right] \quad (8)$$

2 结果与讨论

2.1 北京市沙尘天气的变化

考虑到沙尘天气可以从源区伴随着天气系统而发生移动,具有传输性^[29-31],因此本文统计了 2001~2010 年 10 年间北京市发生沙尘天气的情况(表 1)以及与同期发生在我国的沙尘天气过程的对比(图 2),其中全国沙尘天气过程资料来自沙尘天气年鉴^[32].可以看出,这 10 年间北京市沙尘天气发生的总体情况与全国的分布相一致,均呈现波动中减少的趋势.北京市在 2001、2002 和 2006 年的沙尘天气日数均超过了 30d,其中在 2001 年全年沙尘天气日数达到了 39d,为 10 年来最多的一年.这与全国沙尘天气过程在 2001 年最为频繁相

对应.有研究指出^[23],影响北京地区的沙尘天气过程可分为周边及远距离输送的影响和局地扬尘的影响两类.沙尘天气年鉴资料统计分析显示^[32],2001年全国共发生22次沙尘天气过程,其中有20次为传输型,2次为局地沙尘天气过程;2002年发生了17次沙尘天气过程,有13次为传输型,4次为局地型;而在2006年发生的17次沙尘天气过程当中,传输型有15次,局地型有2次.随着沙尘天气过程的发生,沙尘主体会随天气系统的移动向下游传输,使处在沙尘源区下风向的地区同样受到影响^[31].北京市在2001、2002和2006年的沙尘天气日数较多与同期全国沙尘天气发生频次较多

是密切相关的.除了受全国沙尘天气过程的影响之外,2001年北京市沙尘日数之所以发生较多,也是与北京市2001年的局地气候背景密切相关.2001年春季北京地区降水稀少,气温偏高,而且多大风天气发生,同时周边地区出现严重干旱、植被退化现象,导致了沙尘天气较往年偏多^[33].而2009年北京市沙尘天气日数最少,全年一共3d,从天气背景上分析发现上一年(2008年)秋冬季雨雪过程相对较多,对沙尘源的产生起到了抑制作用.据统计,2008年秋季北京地区平均降水量达122.1mm,比常年偏多57%;冬季平均降水量为15mm,比常年同期偏多近6成^[32].

表1 2001~2010年北京地区沙尘天气日数及其各月频次分布

Table 1 The number and its frequency of sandstorm in Beijing from 2001 to 2010

年份	沙尘天气日数(d)												合计
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	
2001	2	0	13	10	10	2	0	0	0	0	0	2	39
2002	3	0	10	13	0	2	1	0	0	1	3	1	34
2003	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	1	6
2004	0	3	4	1	1	2	0	0	0	0	0	4	15
2005	0	0	2	6	3	0	0	0	0	0	0	0	11
2006	0	0	9	16	4	2	0	0	0	0	1	0	32
2007	0	1	2	0	3	1	0	0	0	0	0	2	9
2008	0	0	3	0	6	0	0	0	0	0	0	0	9
2009	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	3
2010	1	0	2	0	1	0	0	0	0	0	1	1	6
合计	6	4	46	50	29	10	1	0	0	1	5	12	164
比例(%)	3.66	2.44	28.05	30.49	17.68	6.10	0.61	0	0	0.61	3.05	7.31	100

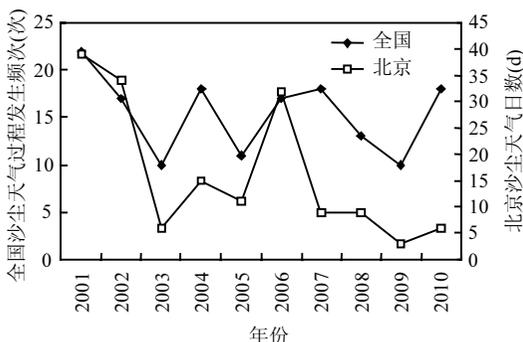


图2 2001~2010年北京沙尘天气日数与全国沙尘天气过程分布对比

Fig.2 The comparison between Beijing's sandstorm and the sandstorm process in China from 2001 to 2010

另外,从各月的分布上来看,北京市春季(3~5月)发生沙尘天气的比例最高,10年累计发生沙尘天气125天,平均占全年发生频次的76.22%,其中又以4月发生的次数最多,累计高达50d,平均占全年发生频次的30.49%;其次是冬季(12月~次年2月),10年累计发生22d;在夏季(6~8月)和秋季(9~11月)发生的次数较少,两个季节10年累计发生17d,其中夏末初秋的8月和9月没有出现过沙尘天气.

2.2 气候影响指数D的空间分布

2.2.1 年均值分布

利用式(8),计算我国西北地区166个气象台站2001~2010年的D值,采用

Kriging 空间插值方法得到年平均分布情况(图 3)。可以看出,在研究区域内有 3 个高值区,分别位于内蒙古西部,青海省西部以及新疆东北部,这 3 个区域也是我国沙尘天气发生相对较多的地区。从总体上讲,我国西北地区降水量普遍不多,除个别地区(如陕西南部、甘肃南部和青海东南部)年平均降水量有 500~1000mm 之外,其他大部分地区降水量均在 400mm 以下。而我国西北地区的蒸发量则普遍较大,特别是在沙漠盆地更为明显,这些地区温度较高、湿度小、风速大、气候干燥,从而导致气候影响指数 D 值出现高值。

我国新疆和青海地区地域广阔,山脉与盆地相间排列,新疆东北部分布着吐鲁番盆地,青海省西部地区又分布有柴达木盆地,盆地地区降水少而蒸发大,造成了该地区干燥度指数较大。相关研究表明^[34],大风天气与地形有很大关系,两山之间的峡谷地带以及高山和青藏高原极易出现大风天气,我国西北大风增加的地区主要集中在新疆东北部到青海西部地区。因此,上述两个地区的 D 值就相对较大。而内蒙古西部地区分布着巴丹吉林沙漠、腾格里沙漠、乌兰布和沙漠等等广泛的沙漠,属于干旱半干旱地区,也是影响我国沙尘天气的境内沙尘源地之一。

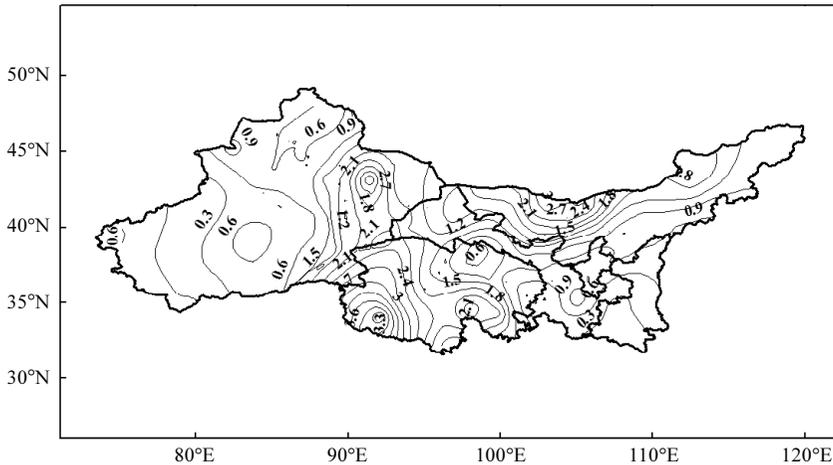


图 3 西北地区气候影响指数 D 年均值的空间分布

Fig.3 The spatial distribution of the annual average climate impact index D in Northwest

2.2.2 季节分布 为了更加详细的分析西北地区气候因素对北京市沙尘天气的影响,图 4 给出了西北地区气候影响指数四季平均值的空间分布情况。从 4 个季节 D 值的对比中可以看出,由于春季大风日数较多,并且蒸发量大而降水量少的原因,指数 D 普遍较大,整个西北地区的平均值在 2.0 左右。而从北京市以及全国沙尘天气发生的季节分布来看,也是在春季发生的频次是最多的。

以及宁夏贺兰山以南等地区的 D 季平均值有明显的下降,其中河西走廊地区的敦煌、酒泉和张掖春季的 D 值分别为 2.3、2.6 和 1.9,夏季 D 值为 0.4、0.5 和 0.4,相比有明显的下降。整个西北地区夏季 D 平均值为 0.8。

夏季 D 值的空间分布与年平均 D 值的分布相似,高值区位于新疆的盆地地区,青海西部柴达木盆地附近以及内蒙西部沙漠地区。这也体现了我国西北地区干旱少雨的气候特点。与春季 D 值的空间分布相比较,甘肃河西走廊、青海省东部

秋季的 D 值为一年当中的最小值,西北地区平均值为 0.59。主要是西北地区一年当中秋季是大风天气发生次数最少的季节,再加上蒸发量与春季相比要明显下降而降水量还有一定的维持,所以 D 值就处于相对的低值。

与秋季 D 平均值相比,冬季的 D 值有明显的增加,平均值为 0.9。个别地区如青海地区、甘肃河西走廊以及新疆东北部, D 平均值达到 2.5 以上。

这主要是因为冬季平均风速以及大风日数比秋季有所增加,而降水量则是一年四季中最少的,地表相对干燥,有天气系统过境时较易发生沙尘天气^[35].

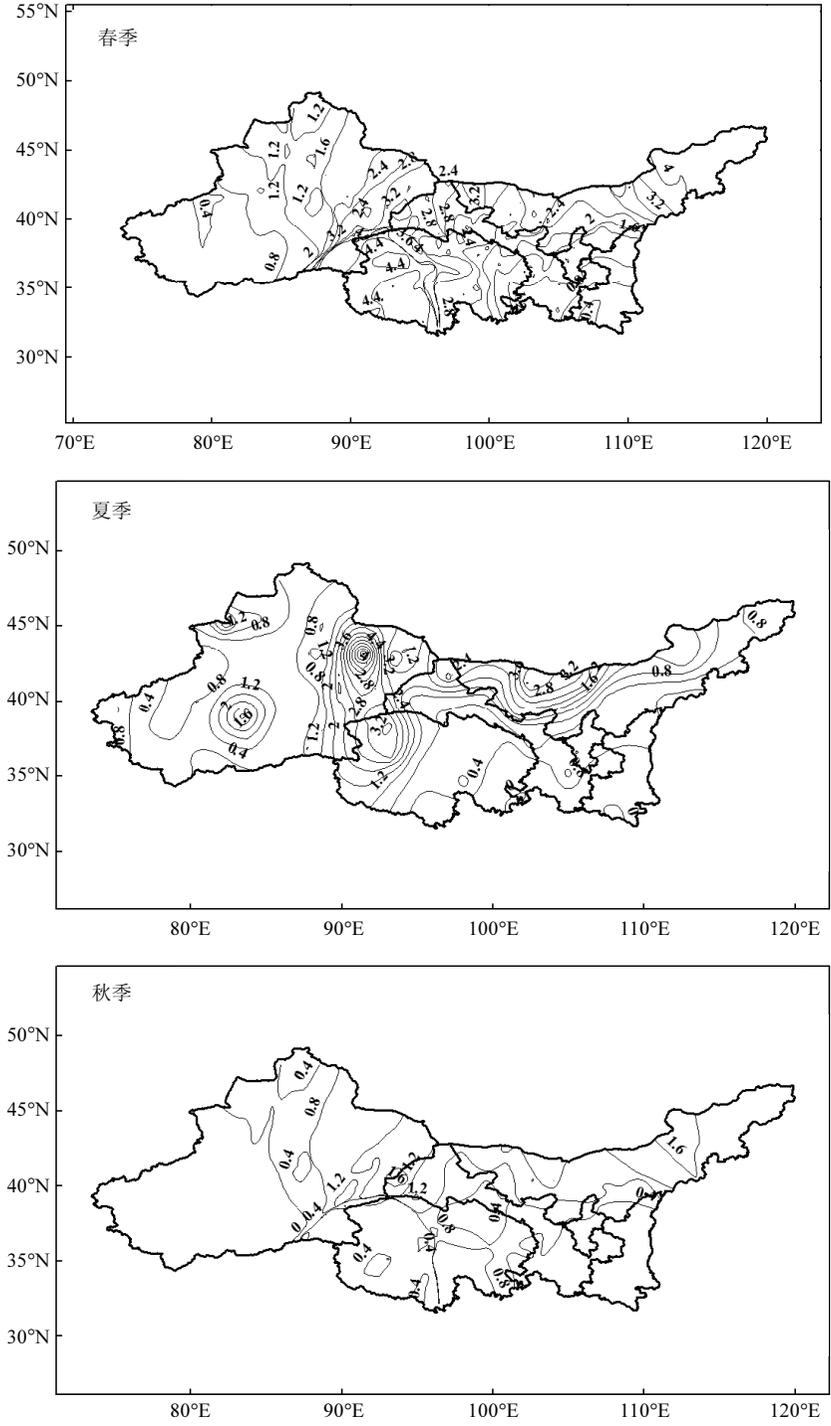


图 4 西北地区气候影响指数 D 季平均值的空间分布

Fig.4 The spatial distribution of the seasonal average climate impact index D in Northwest

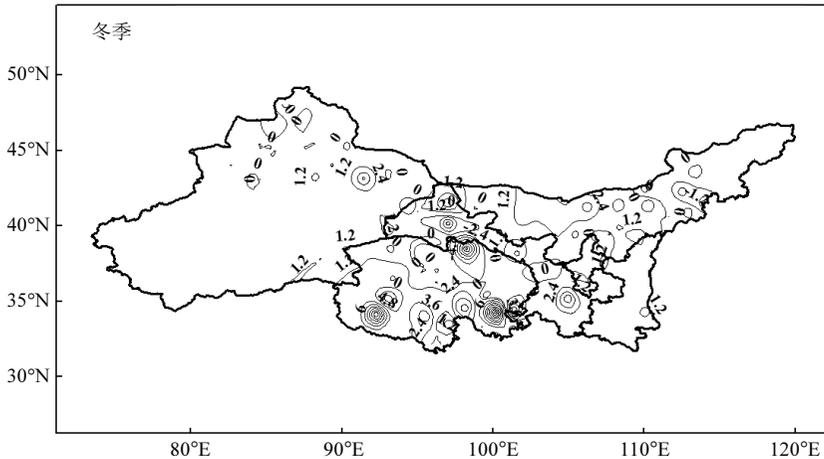


图 4(续) 西北地区气候影响指数 D 季平均值的空间分布

Fig.4 The spatial distribution of the seasonal average climate impact index D in Northwest

2.3 相关性分析

2.3.1 西北地区气候影响指数与北京沙尘天气的关系 为了量化分析西北地区气候状况对北京沙尘天气的影响,利用西北地区 166 个台站 2001~

2010 年 D 指数的逐月平均值与北京市沙尘天气发生日数月平均值进行相关性分析,采用 SPSS 软件进行 Pearson 相关性分析,将得到的相关性系数进行空间插值得到 D 指数的空间分布(图 5).

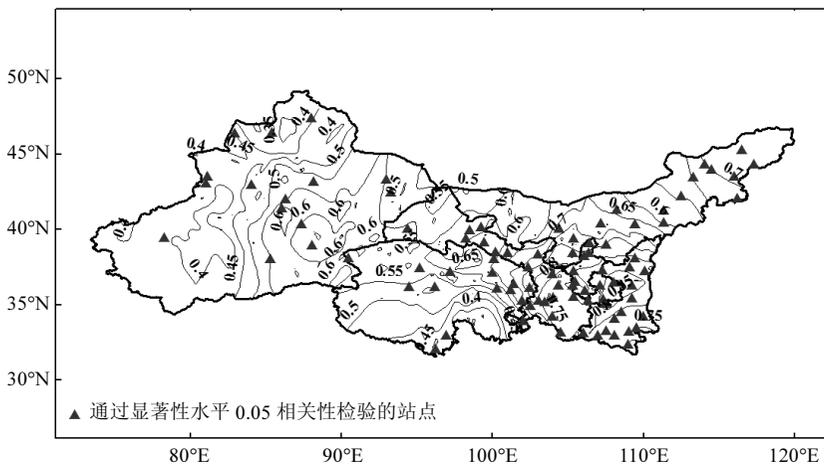


图 5 西北地区 D 指数与北京市沙尘天气相关性系数分布

Fig.5 The distribution of the correlation coefficient of D index in Northwest and the sandstorm of Beijing

显著性水平大于或等于 0.05 相关性检验的站点主要分布在甘肃河西走廊、宁夏、陕西大部、内蒙古锡林郭勒盟和乌兰察布盟以及新疆塔里木盆地塔克拉玛干沙漠边缘,说明这些站点的 D 值与北京市沙尘天气日数具有较好的正相关性.上述站点正好处在影响北京的西路和西北路径上.对比西北地区不同省份的相关性系数可以发

现,宁夏地区的相关性系数平均值为 0.84,甘肃地区相关性系数为 0.82,陕西为 0.81,青海为 0.78,新疆为 0.74,内蒙古地区为 0.72.由于沙尘天气具有明显季节性变化的特征^[36],北京市春季发生沙尘天气的频次最高,冬季次之,夏秋两季最少,从影响沙尘天气发生的气候背景上考虑夏秋两季的气候应该是不利于沙尘天气其产生和发展的.

新疆和内蒙古地区沙漠分布较多,夏季温度高、蒸发量大,加之干热风天气频发^[37],这一地区的 D 指数在夏季仍然较大,与北京市沙尘天气的季节性变化不一致,导致新疆和内蒙古两地的相关性系数较低。

研究表明,影响北京市沙尘天气的源地和传输路径主要有 3 条:西路、西北路和北路^[38-40]。其中西路是指源于南疆塔里木盆地塔克拉玛干沙漠边缘,经过敦煌、酒泉、张掖、民勤、盐池、鄂托克旗和大同达到北京;西北路是源于蒙古国中南部,经过内蒙古阿拉善盟的中蒙边境、额济纳旗、河西走廊、从贺兰山南、北两侧分别过毛乌素沙地和乌兰布和沙漠、呼和浩特和张家口达到北京;北路则是源于蒙古国东南部,经过内蒙古乌兰察布、锡林郭勒盟西部的二连浩特市、阿巴嘎旗、浑善达克沙地西部、朱日和、四子王旗和张家口达到北京。从图 5 可以看到,通过显著性检验的站点大部分是位于影响北京市沙尘天气的这 3 条沙尘传输路径上。其中高值区位于贺兰山以南甘肃东部与陕西交界,该区域地处黄土高原与毛乌素沙漠交汇地带,也是影响北京市沙尘天气传输路径的西路和西北路经过之地。在该地区的站点榆林、横山、绥德、吴旗、环县以及西峰镇的相关性系数分别为 0.904,0.902,0.95,0.952,0.936,0.949,与北京市沙尘天气呈现极显著相关,反映出该地区的气候状况对于北京市沙尘天气的发生影响很大。

2.3.2 不同路径地区气候与北京市沙尘天气的关系 根据影响北京市沙尘天气的 3 条沙尘传输路径将西北地区进行划分,分析不同地区气候影响指数与北京市沙尘天气的相关性,探讨不同传输路径地区气候对北京市沙尘天气的影响。

(1) 西路 在西路传输路径上的沙尘源区位于南疆塔里木盆地塔克拉玛干沙漠边缘,受偏西气流影响沙尘主体经过甘肃、宁夏和山西大同地区最后达到北京。在这条路径上,位于沙尘源区塔克拉玛干沙漠西北部的巴楚站和甘肃西北部酒泉站的 D 指数与北京市沙尘天气日数的相关性分析结果如图 6 所示。可以看出,两个站点与北京市沙尘天气日数的分布呈现正相关关系,其中酒

泉站的相关性要好于巴楚站,相关系数分别为 0.79 和 0.68。从 D 值与沙尘日数在一年中不同月份的分布变化上来看,巴楚地区的 D 值在初夏的 6 月仍然维持在一个较高的水平上,这一点与北京市沙尘天气日数不同月份的分布不符,北京市沙尘日数的高值区主要分布在春季的 3 月、4 月和 5 月,到了 6 月就处于下降的趋势,8 月和 9 月甚至没有沙尘天气发生,而巴楚地区位于塔里木盆地和塔克拉玛干沙漠西北边缘,受益地区夏季温度高、蒸发量大的影响, D 值较大,数值超过了 5 月,出现上升的趋势,因此在相关性上出现了一定的偏差。这也说明该地区在 6 月触发沙尘天气的可能性仍然较大,但是这种沙尘天气过程属于局地型,对于北京市影响不大。

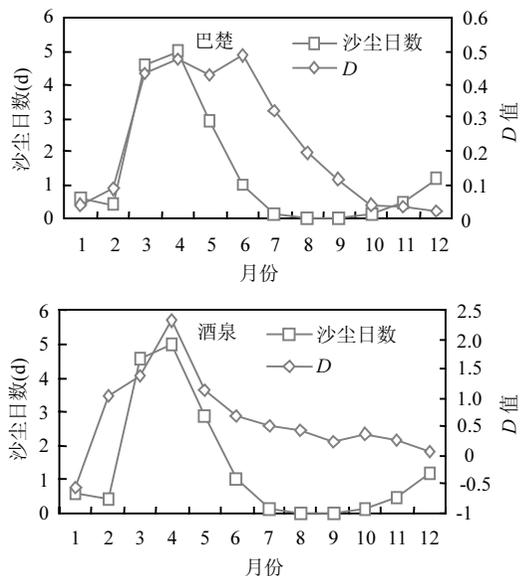


图 6 巴楚站和酒泉站 D 值与北京市沙尘天气日数对比分析

Fig.6 The comparison analysis of D index from Bachu and Jiuquan with the sandstorm frequency of Beijing

(2) 西北路 在西北路径上,沙尘源区位于蒙古国中南部中蒙边界,受西北气流影响,沙尘主体经过甘肃河西走廊,从贺兰山南、北两侧绕过,经过河北的张家口达到北京。图 7 给出了在这条路径上的榆林站和鄂托克旗站的 D 指数与北京市沙尘天气日数的对比分析图,可以看出,榆林站的

相关系数明显要好于鄂托克旗站,与北京市沙尘天气日数呈现极显著正相关关系,相关系数分别为 0.90 和 0.68.榆林位于我国陕西省最北端,地处黄土高原和毛乌素沙漠的交界地带,是我国沙尘暴的高发区之一,该地区气候因素对于沙尘暴发生频率产生明显的影响^[41].而鄂托克旗站的相关性不如榆林站,在 D 值与沙尘日数的分布变化上可以看出,鄂托克旗站 D 值的峰值处于冬季,而不是沙尘高发的春季.

相比西路传输路径,西北路传输路径地区的气候要对北京市沙尘天气发生频率的影响更大,在这其中尤以毛乌素沙漠与黄土高原交界地对于北京市沙尘天气的影响更为明显,相关性呈现极显著的正相关.

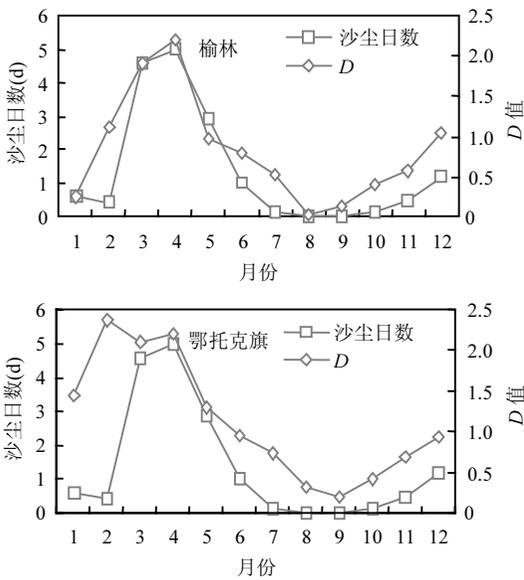


图 7 榆林站和鄂托克旗站 D 值与北京市沙尘天气日数对比分析

Fig.7 The comparison analysis of D index from Yulin and Etokeqi with the sandstorm frequency of Beijing

(3) 北路 北路传输路径主要是在内蒙古自治区内传输,沙尘源产生于蒙古国东南部,从锡林郭勒盟西部经过乌兰察布、四子王旗,穿过河北的张家口到达北京.在这条传输路径上途径距离北京市最近的浑善达克沙地,在其周边的阿巴嘎旗站和锡林浩特站的 D 值与北京市沙

尘天气日数的对比分析如图 8 所示.两个站点的相关性系数均通过了显著性水平为 0.01 的相关性检验,呈现显著正相关关系,相关系数分别为 0.81 和 0.79.从 D 值与沙尘日数的月分布变化上来看,两者之间的变化趋势基本一致,不同的是两个站点的 D 值在夏秋两季也是处于一个较高的水平上.

从图 6、图 7 和图 8 的对比中,可以看出相对于西路传输路径,西北路径和北路传输路径上地区的气候因素对于北京市沙尘天气的发生频次影响更大,张志刚等^[38]的研究也得出了这一结果.除此之外,从不同路径地区气候与北京市沙尘天气日数相关性分析中得出,毛乌素沙漠与黄土高原交界地以及内蒙古浑善达克沙地附近地区 D 指数与沙尘天气日数呈现显著正相关,说明该地区气候对于北京市沙尘天气的发生有较大的影响.

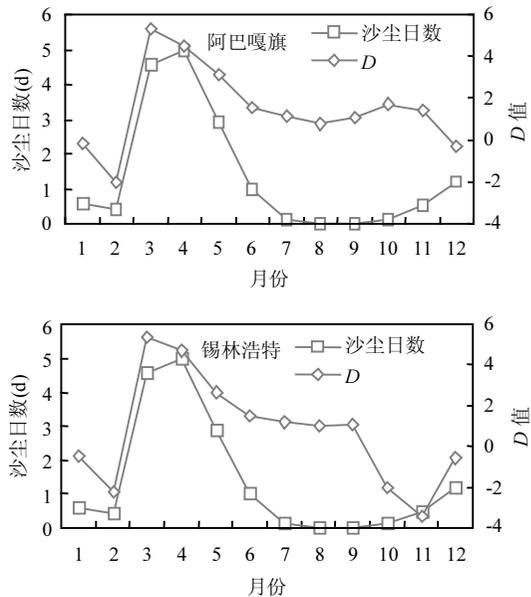


图 8 阿巴嘎旗和锡林浩特站 D 值与北京市沙尘天气日数对比分析

Fig.8 The comparison analysis of D index from Abagaqi and Xilinhaote with the sandstorm frequency of Beijing

通过上述分析可以看出,不同沙尘暴源区的 D 值对北京沙尘天气日数的影响明显,当沙尘源区的 D 值出现高值,相应地北京沙尘天气现象也相对多发.

3 结论

3.1 2001~2010年10年间,受全国沙尘天气过程的影响,北京市2001、2002和2006年的沙尘天气日数均超过了30d,其中2001年全年沙尘天气日数达到了39d.一年中春季发生沙尘天气的比例最高,为76.22%,其次是在冬季,夏季和秋季发生的次数较少.

3.2 西北地区气候影响指数年均值的高值区位于新疆和内蒙的盆地和沙漠地带,说明该地区全年气候干燥,易于触发沙尘天气.在不同季节的分布上,春季平均值最高,为2.0;冬季次之,为0.9;夏季为0.8;秋季最小,为0.59.

3.3 在西北地区气象台站的D指数与北京市沙尘天气发生日数的相关性分析中,宁夏地区的相关性系数平均值为0.84,甘肃地区相关性系数为0.82,陕西为0.81,青海为0.78,新疆为0.74,内蒙古地区为0.72.

3.4 影响北京市沙尘天气的3条沙尘传输路径中,西北路径和北路路径对于北京市沙尘天气的影响更大.其中毛乌素沙漠与黄土高原交界地以及内蒙古浑善达克沙地附近地区气候影响指数与北京市沙尘天气日数呈现显著正相关,相关性系数达到0.9,说明该地区气候对于北京市沙尘天气的发生有较大的影响.

参考文献:

- [1] GB/T 20480-2006 沙尘暴国家标准—沙尘暴天气等级 [S].
- [2] 王文,程麟生.“96.1”高原暴雪过程横波型不稳定的数值研究 [J]. 应用气象学报, 2000,11(4):392-399.
- [3] 段佳鹏,韩永翔,赵天良,等.卷尘风对沙尘气溶胶的贡献及其与太阳辐射的关系 [J]. 中国环境科学, 2013,33(1):43-48.
- [4] 刘国梁,郝丽珍.中国沙尘暴的下降趋势与气候变迁的对比 [J]. 中国环境科学, 2003,23(4):341-343.
- [5] 王静梅.50a 来宁夏中宁沙尘天气发生规律及气候成因分析 [J]. 宁夏工程技术, 2010,9(2):101-107.
- [6] 肖风劲.塔克拉玛干地区春季沙尘演变及气候因素分析 [J]. 中国环境科学, 2007,27(1):19-23.
- [7] Xu Xingkui, Jason K Levy, Lin Zhaohui, et al. An investigation of sand-dust storm events and land surface characteristics in China using NOAA NDVI data [J]. *Global and Planetary Change*, 2006,52:182-196.
- [8] 姬兴杰,朱业玉,顾万龙,等.河南省大风日数时空分布及其对沙尘天气的影响 [J]. 气象与环境学报, 2012,28(1):31-37.
- [9] Wang Shigong, Wang Jinyan, Zhou Zijiang, et al. Regional characteristics of three kinds of dust storm events in China [J]. *Atmospheric Environment*, 2005,39:509-520.
- [10] Qian Weihong, Tang Xu, Quan Linsheng. Regional characteristics of dust storms in China [J]. *Atmospheric Environment*, 2004,38:4895-4907.
- [11] 邱玉珺,牛生杰,邹学勇,等.沙尘天气频率与相关气象因子的关系 [J]. 高原气象, 2008,27(3):637-643.
- [12] 李智勇.西北地区气候因素对沙尘暴影响的模型研究 [J]. 中国沙漠, 2009,29(3):415-420.
- [13] 邱玉珺,邹学勇.气候因素对沙尘天气影响的模型研究 [J]. 自然灾害学报, 2005,14(2):35-40.
- [14] 高荣,董文杰,韦志刚.西北干旱区感热异常对中国夏季降水影响的模拟 [J]. 高原气象, 2008,27(2):320-324.
- [15] 马井会,周广强,周骥,等.影响上海的一次沙尘过程 WRF-Dust 数值模拟 [J]. 中国环境科学, 2014,34(2):302-310.
- [16] 钟海玲,李栋梁,高荣.青藏高原感热异常对沙尘暴影响的数值模拟 [J]. 高原气象, 2009,28(2):294-298.
- [17] 王劲松,任余龙,魏锋,等.中国西北及青藏高原沙尘天气演变特征 [J]. 中国环境科学, 2008,28(8):714-719.
- [18] 沈丹青,王体健,庄丙亮,等.中国沙尘气溶胶的间接辐射强迫与气候效应 [J]. 中国环境科学, 2011,31(7):1057-1063.
- [19] 邱玉珺,牛生杰,邹学勇,等.北京沙尘天气成因概率研究 [J]. 自然灾害学报, 2008,17(2):93-98.
- [20] Wang Xunming, Dong Zhibao, Zhang Jiawu, et al. Modern dust storms in China: an overview [J]. *Journal of Arid Environments*, 2004,58:559-574.
- [21] 李令军,王英,李金香,等.2000~2010北京大气重污染研究 [J]. 中国环境科学, 2012,32(1):23-30.
- [22] 李栋梁,钟海玲.我国沙尘暴的气候成因及未来发展趋势 [J]. 中国环境科学, 2007,27(1):14-18.
- [23] 高庆先,苏福庆,任阵海,等.北京地区沙尘天气及其影响 [J]. 中国环境科学, 2002,22(5):468-471.
- [24] Thornthwaite C W. The climates of North America according to a new classification [J]. *Geographical Review*, 1931,21:633-655.
- [25] Chepil W S, Siddoway F H, Armburst D V. Climatic index of wind erosion conditions [J]. *Proceedings Soil Society of America*, 1963,27:449-452.
- [26] McTainsh G H, Lynch A W, Burgess R C. Wind erosion in eastern Australia [J]. *Australian Journal of Soil Research*, 1990,28(2):323-339.
- [27] 黄富祥,张新时,徐永福.毛乌素沙地气候因素对沙尘暴频率影响作用的模拟研究 [J]. 生态学报, 2001,21(11):1875-1884.
- [28] 牛生杰,章澄昌,贺兰山地区沙尘暴沙尘起动和垂直输送物理因子的综合研究 [J]. 气象学报, 2002,60(2):194-204.

- [29] Zhang Kai, Chai Fahe, Zhang Renjian, et al. Source, route and effect of Asian sand dust on environment and the oceans [J]. *Particuology*, 2010,8:319-324.
- [30] 黄丽坤,王广智,王琨,等.哈尔滨市沙尘期大气颗粒物物化特征及传输途经分析 [J]. *中国环境科学*, 2014,34(8):1920-1926.
- [31] 冯鑫媛,王式功,杨德保,等.近几年沙尘天气对中国北方环保重点城市可吸入颗粒物污染的影响 [J]. *中国沙漠*, 2011,31(3):735-740.
- [32] 中国气象局.沙尘天气年鉴:2001—2010 年 [M]. 北京:气象出版社.
- [33] 张小玲,李青春,谢璞,等.近年来北京沙尘天气特征及成因分析 [J]. *中国沙漠*, 2005,25(3):417-421.
- [34] 李耀辉,张存杰,高学杰.西北地区大风日数的时空分布特征 [J]. *中国沙漠*, 2004,24(6):715-723.
- [35] 韩兰英,张强,郭锐,等.中国西北地区沙尘天气的时空位移特征 [J]. *中国沙漠*, 2012,32(2):454-457.
- [36] 李晋昌,董治宝,王训明,等.塔里木盆地沙尘天气的季节变化及成因分析 [J]. *中国沙漠*, 2008,28(1):142-148.
- [37] 邓振镭,张强,徐金芳,等.高温热浪与干热风的危害特征比较研究 [J]. *地球科学进展*, 2009,24(8):865-873.
- [38] 张志刚,高庆先,矫海燕,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.
- [39] 张志刚,陈万隆.影响北京沙尘源地的气候特征与北京沙尘天气分析 [J]. *环境科学研究*, 2003,16(2):6-9.
- [40] 刘瑞霞,张甲坤,郑照军,等.北京沙尘天气与源地积雪变化的关系 [J]. *气候与环境研究*, 2007,12(3):374-380.
- [41] 邓芳莲.近 45 年陕西气候的变化和沙尘天气的关系 [C]. 北京:中国气象学会, 2009:1103-1108.

作者简介: 陈跃浩(1988-),男,天津人,硕士,主要从事环境与农业气象方面的研究.发表论文 2 篇.

第四次大湄公河次区域环境部长会议在缅甸举行

第四次大湄公河次区域环境部长会议 2015 年 1 月 29 日在缅甸内比都举行.环境保护部部长的特别代表、环境保护部总工程师万本太率领由环境保护部、环境保护对外合作中心、中国—东盟环境保护合作中心以及云南、广西环保部门代表组成的中国代表团出席了会议.

会议以增加次区域自然资本投资为主题.缅甸副总统赛茂康出席开幕式并讲话,来自柬埔寨、老挝、缅甸、泰国和越南的环境部长或其代表,以及亚洲开发银行和次区域合作伙伴的代表出席了会议.

万本太在发言中简要介绍了中国环境保护政策进展,高度肯定大湄公河次区域环境合作成果.他表示,中国和大湄公河次区域各国都面临着经济发展与绿色转型的挑战与机遇,深化环境合作是推动区域可持续发展的关键力量,希望各方继续积极探索适合次区域环境与发展现状的南南环境合作模式,推动自然资本与生物多样性保护走廊建设相结合,重点开展以解决次区域各国面临的核心环境问题与替代生计为主体的能力建设合作.

会议讨论并通过了《第四次大湄公河次区域环境部长会议联合声明》.联合声明强调了自然资本对大湄公河次区域包容性和可持续发展的重要性,同意共同促进并增加大湄公河次区域自然资本投资,要求大湄公河次区域环境工作组在亚洲开发银行支持下,更好地执行核心环境项目并为区域投资框架实施计划提供有效支持.

大湄公河次区域环境部长会议是次区域环境合作的最高决策机制,每三年举办一次.中国曾于 2005 年在上海市举办了第一次大湄公河次区域环境部长会议.

摘自《中国环境报》

2015-01-30