

An Analysis of the Mongolian Cross-Border Sandstorm Movement Path that Affects the Xilingol League

Buren jirigala², Tana Bao^{1,2,3}, Yongmei^{1,2,3*}

¹College of Geographical Sciences, Inner Mongolia Normal University, Hohhot 010022, China

²Mongolian Plateau Key Laboratory of Disaster and Ecological Security, Inner Mongolia Autonomous Region, Hohhot 010022, China

³Inner Mongolian Key laboratory of Remote Sensing and Geographic Information System, Inner Mongolia Normal University, Hohhot 010022, China

影响锡林郭勒盟的蒙古国跨境沙尘暴移动路径分析

布仁吉日嘎拉², 包塔娜^{1,2}, 咏梅^{1,2,3*}

¹ 内蒙古师范大学地理科学学院, 呼和浩特 010022, 中国

² 内蒙古自治区蒙古高原灾害与生态安全重点实验室, 呼和浩特 010022, 中国

³ 内蒙古自治区遥感与地理信息系统重点实验室, 呼和浩特 010022, 中国

Abstract

Located in the Xilingol League, the Hunshandake Sandland is one of the major sand-dust sources in China. Xilingol is not only a natural barrier of the Beijing-Tianjin-Hebei region, but it is also located in the border area between China and Mongolia. With the increase of sandstorm occurrences in the Xilingol region in recent years, research that tracks the sand storms that have an influence on this area is of great importance. For this research, the author selects three weather stations in Xilingol, the Naran-Bulag, East Ujimqin Banner, and Erenhot. First, the distribution characteristics of the dust storms occurring between 1980 and 2015 are analyzed. Then, the back-trajectories of the storms occurring between 2006 and 2015 are analyzed using the HYSPLIT model. The results show that the storms are concentrated across the three stations during

the months of March, April, and May, followed by the months of June, July, and August. The majority of dust storms occur in the month of April, accounting for 56%, 49%, and 41% of all the storms recorded by each station respectively. After the Naran-Bulag and East Ujimqin Banner regions, the Erenhot region, which lacks rainfall and canopy vegetation, has the most storms. Of all the storms in Xilingol, 82% follow a path from northwestern Mongolia to southeastern Mongolia towards the Xilingol Inner Mongolia and originate in the desert regions of southeastern Mongolia and the desert areas in southern Kazakhstan. In Erenhot, 92% of all the storms originate in Mongolia. The results of this research aim to provide evidence for ecological construction and environment protection in Xilingol.

Keywords: HYSPLIT model; backward

trajectory, dust weather; Xilin Gol League; Mongolia

摘要

位于锡林郭勒盟的浑善达克沙地是我国主要的沙尘源地之一,同时锡林郭勒盟又是我国京津冀地区的天然屏障区,又是中蒙边境地区,近几年锡林郭勒盟的沙尘天气显著增加,因此研究影响本区的蒙古国跨境沙尘移动路径具有重要的意义。本研究选取中蒙边境地区的内蒙古锡林郭勒盟三个气象站点(那仁宝力格、东乌珠穆沁旗、二连),首先统计分析1980-2015年沙尘天气时空分布特征,其次利用HSYPLIT模型分析了2006-2015年逐次沙尘天气后向轨迹模拟。结果得到(1)中蒙边境地区的锡林郭勒盟三个站点沙尘天气均主要集中在3-5月春季,其次是6-8月夏季,三个站点4月份的沙尘天气最多,分别占总数的56%、49%以及41%。其中因降水量少及植被覆盖度低的二连沙尘天气发生频率最高,其次是那仁宝力格、东乌珠穆沁旗。(2)锡林郭勒盟沙尘天气82%来源于蒙古国境内,境外源区主要有蒙古国东南部戈壁荒漠区和哈萨克斯坦东部沙漠区,轨迹路径为:蒙古国西北部--蒙古国东南部--内蒙古锡林郭勒盟。其中二连92%的沙尘天气来源于蒙古国,其次为东乌珠穆沁旗和那仁宝力格,分别为85%、71%。所得结果可以为锡林郭勒盟生态建设和环境保护部门提供一定的科学依据。

关键词: HYSPLIT模型; 后向轨迹; 沙尘天气; 锡林郭勒盟; 蒙古国

1.引言

沙尘暴是指强风将地面大量尘沙吹起,使空气混浊,水平能见度小于1km的天气现象^{[1][2]}。根据中国气象局2003年3月1日实施的沙尘暴标准,将沙尘天气划分为浮尘、扬沙、沙尘暴和强沙尘暴四类^[3]。沙尘天气主要发生在降水少、植被覆盖度低的干旱及半干旱地区。我国的沙尘暴是中亚沙尘暴多发区的一部分,属全球沙尘暴高发区之一,主要发生在西北、华北和东北的部分地区^{[4][5]},境内源区主要有内蒙古东部的苏尼特盆地

或浑善达克沙地中西部、阿拉善盟中蒙边境地区(巴丹吉林沙漠)、新疆南疆的塔克拉玛干沙漠和北疆的库尔班通古特沙漠^[6],境外源区主要有蒙古国东南部戈壁荒漠区和哈萨克斯坦东部沙漠区^{[7][8]},其中我国70%沙尘暴来源于蒙古国^[4]。

蒙古国作为亚洲重要的沙尘源地之一,沙尘暴的起沙、长距离输送和沉降监测及预报预警已成为人们关注的热点^[9]。目前,对蒙古国跨境沙尘暴的研究重点较多集中在沙尘气溶胶的观测和特征分析以及沙尘输送的气候背景、环流模式上,而有关蒙古国沙尘的移动路径、变化特征及对我国的影响范围、影响程度的研究较少,并且结合蒙古国较长时期地面观测纪录的个例统计分析仍很不足。

我国沙尘天气移动路径的研究主要有,张凯等利用Micaps天气资料^[10],对2000-2002年我国境内42次沙尘暴天气个例的分析,得出影响我国的沙尘天气有70%起源于蒙古国,然后移入我国境内沙漠地区时得以加强^{[11][12]}。上述研究中大多数专家一致认为我国沙尘暴多数来自于蒙古国方向。然而,蒙古国境内发生的沙尘暴多少跨境影响我国北方地区、各路径沙尘暴的比例及跨境时的强度变化等问题尚不清楚。

本文针对中蒙边境地区锡林郭勒那仁宝力格、二连、东乌珠穆沁旗沙尘天气高发区,探讨了该区36年(1980-2015年)沙尘天气的特征和演变趋势,并利用HYSPLIT模型分析与报告了近十年(2006-2015年)在锡林郭勒盟与蒙古国边界线附近的三个观测站利用后向轨迹观测到的沙尘的源区和移动路线的长期变化,对北方生态安全屏障的环境保护和防风固沙工程等问题提供科学依据。

2.研究区概况

锡林郭勒盟位于内蒙古中北部地区,是中蒙边境地区,属于中温带半干旱、干旱大陆性季风气候,是我国京津冀地区的生态屏障。锡林郭勒盟大部地区为典型草原,西部部分地区为荒漠、半荒漠草原,腹部的浑善达克沙地约占全盟总面积的10%左右,为该

区沙尘暴的发生提供了充足的沙尘来源^[13]。该盟大部分地区年平均降水量在200~300mm左右,分布趋势自东南向西北递减。由于位于亚洲中高纬地区,径向环流偏强,冷空气活动频繁,冬春季节经常处于强大的蒙古高压区^[14],全年平均大风日数多达50~80d,冬季气温偏低,年平均气温在-1~5℃左右。图1为锡林郭勒盟站点图,位于中蒙边境地区三个站点包括:二连浩特、东乌珠穆沁旗、那仁宝力格。

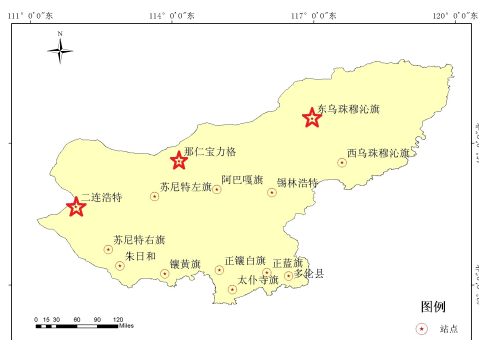


图2-1观测站点图

3.数据与方法

3.1.数据

由内蒙古气象局提供的锡林郭勒盟3个地面观测站1980-2015年共36年沙尘天气逐日逐小时地面观测站沙尘数据。

选取锡盟14个基本和基准气象台站的沙尘天气日变化数据,筛选出锡林郭勒盟具有代表性的中蒙边境地区3个台站(那仁宝力格站、二连站、东乌珠穆沁旗站)1980-2015年36年间的沙尘数据。据我国《地面气象观测规范》(2003)和世界气象组织(WMO)的规定,广义的沙尘暴分为浮尘、扬沙、沙尘暴和强沙尘暴、特强沙尘暴天气。本文将沙尘暴和强沙尘暴统计为一类(沙尘暴)来分析,并将沙尘暴、扬沙、浮尘均统计成沙尘天气。

3.2方法

(1) HYSPLIT模型介绍

HYSPLIT模型是NOAA的Air Resources Laboratory和Australian Meteorological Bureau在过去20年间联合研发的一种用于计算和分析大气污染物输送、扩散轨迹的专业模型^[12]。HYSPLIT模型可以用来计算简单

的气团轨迹以及模拟复杂的扩散和沉积^{[15][16]}。HYSPLIT模型具有模拟气象要素输入场、物理过程和不同类型污染物排放源功能的较为完整的输送、扩散和沉降模式,可以运用到气溶胶、气体(PM、SO₂、CO₂)、沙尘颗粒、污染物的传输、扩散、沉降的研究中^[17]。利用该模式模拟分析蒙古高原地区沙尘暴移动路径或传输路径,经过验证准确率较高。本研究采用HYSPLIT模型在过去的10年中(2006-2015)计算了近150多条的后向轨迹运行每个轨迹的时间为3天。最后利用地面观测数据验证了模型的精度。

(2) 统计分析法

从锡林郭勒盟12个盟市中14个地面观测站中选取靠近蒙古国附近的三个站点:那仁、东乌珠穆沁旗以及二连站,1980-2015年沙尘天气(沙尘暴、扬沙、浮尘)观测数据,逐站统计分析,按年、月、日统计并进行对比,分析出三类沙尘天气日数的时间分布并求取各站点的沙尘天气(沙尘暴、扬沙、浮尘)频率。

利用HYSPLIT模型2006-2015年所有的沙尘天气(沙尘暴、扬沙、浮尘)进行逐次后向轨迹模拟,并统计分析传输路径。

4.结果

4.1月变化

为了解研究区沙尘天气时间分布状况,利用1980-2015年共36年沙尘天气发生次数统计分析得图2,内蒙古锡林郭勒盟那仁、东乌珠穆沁旗、二连三个站点沙尘天气(沙尘暴、扬沙、浮尘)发生频次月统计结果,从图上得出三地沙尘天气均主要集中在3-5月春季,其次是6-8月夏季,三个站点4月份的沙尘天气最多,分别占总数的56%、49%及41%。其中二连沙尘天气发生频率最高,其次是那仁宝力格、东乌珠穆沁旗。二连浩特位于最西部的干旱区,春季降水少、植被覆盖率也比较低,沙尘天气发生频率较高。

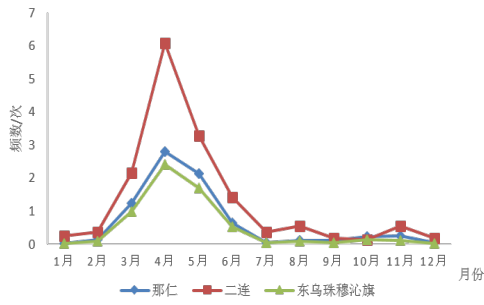


图2 沙尘天气发生频次月计图
将那仁、东乌珠穆沁旗、二连三个站点

1980-2015 年沙尘天气日数按季节统计可以得出,锡林郭勒盟沙尘天气(浮尘、扬沙、沙尘暴)均主要出现在春季(3-5月),春季沙尘天气(浮尘、扬沙、沙尘暴)发生的次数明显比其他季节多。造成这一现象的原因可能是春季风力比较强劲,气温回升较快,土壤解冻后水分蒸发较大,导致地表土层疏松,降水量又少、植被覆盖度低。其中沙尘暴的春季发生次数最多,其次是6-8月的夏季,冬季最少。

4.2年变化

图3为锡林郭勒盟三个站点(那仁、二连、东乌珠穆沁旗)1980-2015年统计的沙尘天气年际变化图。从图中可以看出,二连发生沙尘天气的次数明显比那仁和东乌珠穆沁旗多,三个站点80年代沙尘天气发生相对频繁,90年代比较少,2000-2002急剧增

加,2003年以后呈现减少趋势,2015年二连沙尘天气明显增多。其中可以看出1984年、1990年沙尘天气发生最多。2000年之后二连站仍为沙尘天气频发次数较多的地方,东乌珠穆沁旗以及那仁宝力格的沙尘天气明显减少,这可能与近几年有效治沙工程有关。

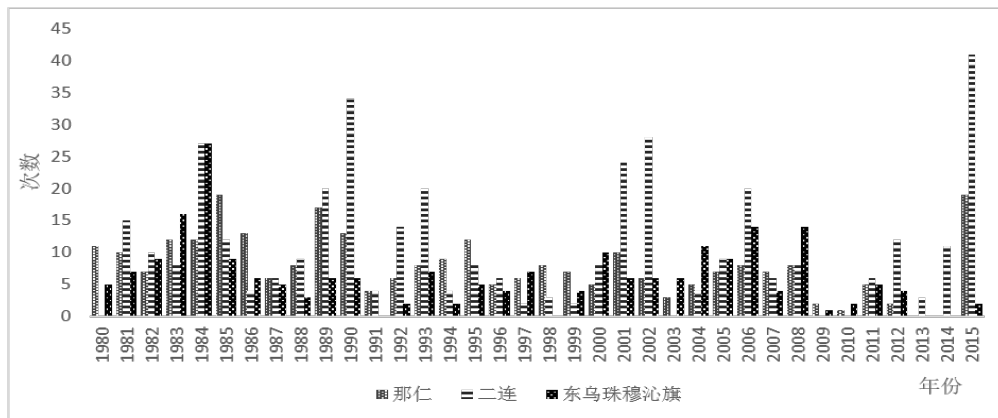


图3 沙尘天气发生频次年计变化图

4.3基于HYSPLIT模型的后向轨迹分析

为了分析蒙古高原地区沙尘暴移动路径及风向等,利用HYSPLIT模型进行模拟,根据分析得出下图4~6。在2006年-2015年共10年间,二连站发生沙尘天气共105次,对此依次进行HYSPLIT模型模拟,再利用Arcgis进行叠加分析,结果将沙尘天气的传播路径主要分为ABCDE共5个传播路径,频率分别为:10%、4%、1%、41%、44%,主要通过D和E路径移动,影响内蒙古地区。观测站点沙尘天气频率82%从蒙古国跨境到我国进

入内蒙古地区,影响锡林郭勒盟地区沙尘天气。

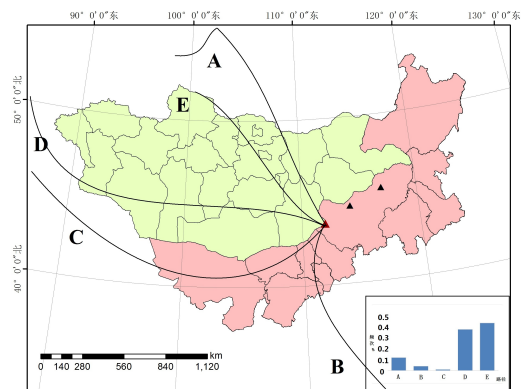


图4二连站点发生的沙尘天气移动路径图

在2006年-2015年共10年间，那仁站发生沙尘天气共52次，沙尘天气的传输路径主要分为ABCDE共5个主要传播路径和其他路径，频率分别为：15%、4%、1%、42%、49%和9%。二连站点沙尘天气频率76%从蒙古国跨境到我国进入内蒙古地区，影响锡林郭勒盟地区沙尘天气。

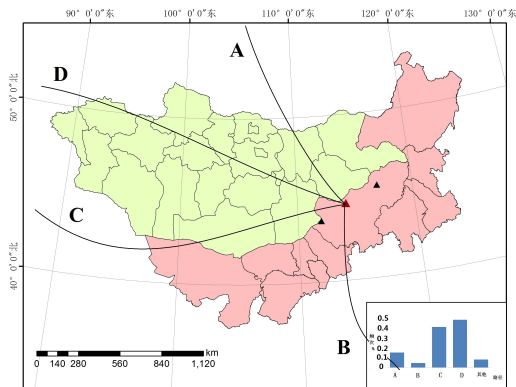


图5那仁站点发生的沙尘天气移动路径图

在2006年-2015年共10年间，东乌珠穆沁旗站发生沙尘天气共42次，沙尘天气的传输路径主要分为ABCDE共5个传播路径，频率分别为：21%、8%、29%、15%、32%。东乌珠穆沁旗沙尘天气频率67%从蒙古国跨境到我国进入内蒙古地区，影响锡林郭勒盟地区沙尘天气。

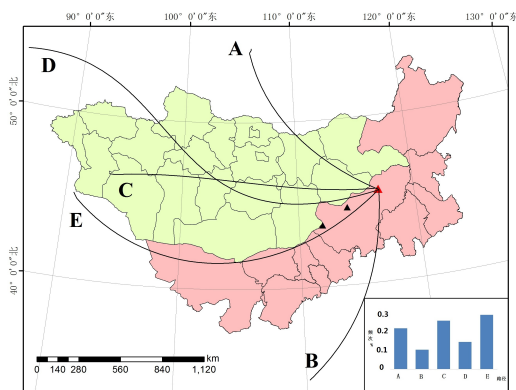


图6东乌珠穆沁旗站点发生沙尘天气移动路径图

从图4-6可以看出，三个站点发生的沙尘天气主要有4条路径。A路径为沙尘天气向西方移动，向A路径传输的沙尘天气占28%。

其次为B路径，B路径代表沙尘天气向北传输，起源地为蒙古国地区，在48小时后跨境到我国，此路径占57%。HYSPLIT 模型只模拟了72 小时，因此，72小时之前，沙尘来源地尚不确定。二连、东乌珠穆沁旗以及那仁站点发生的沙尘天气主要由A、D、E三条路径进入锡林郭勒盟地区。其中最重要的路径为D 路径：蒙古国西北部—蒙古国东南部—内蒙古锡林郭勒盟。三个地区地区发生沙尘天气由A、D、E路径进入内蒙古地区的概率为87%，A路径进入的概率为29%，D路径进入的概率为41%，E路径进入的概率为17%。

4.4基于地面观测站点的移动路径验证

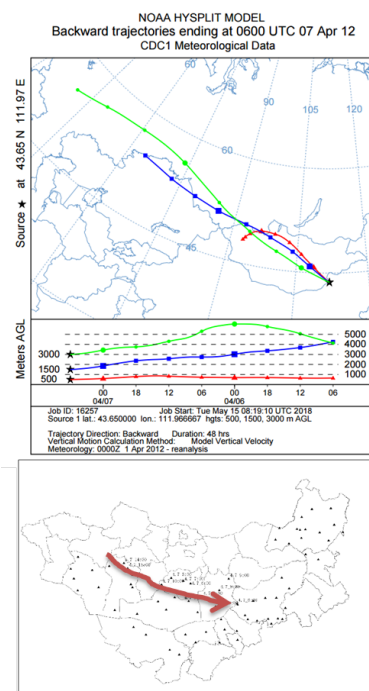


图7 2012年4月8日二连站点HYSPLIT模型与地面观测站对照图

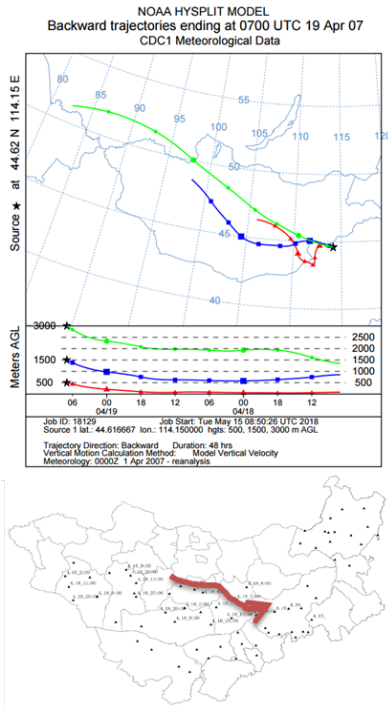


图8 2007年4月19日那仁站点HYSPLIT模型与地面观测站对照图

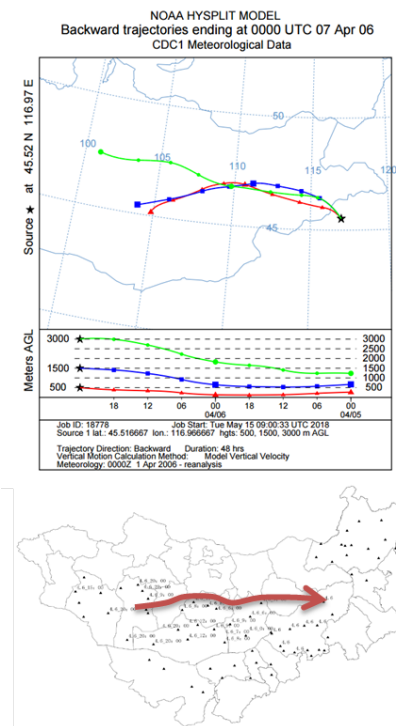


图9 2006年4月7日东乌珠穆沁旗站点HYSPLIT模型与地面观测站对照图

根据里地面观测站点每小时沙尘观测记录数据验证二连、那仁以及东乌珠穆沁旗站点沙尘天气移动路径。三个站点发生的沙

尘天气在2012年共跨境内蒙古地20次，依次进行地面观测站记录时间顺序进行验证，18次与地面观测站记录的时间顺序移动路径符合。据图7-图9所示，2012年4月8日在二连站点、2007年4月19日在那仁站点以及2006年4月7日在东乌珠穆沁旗站点发生的沙尘天气，72小时前的HYSPLIT模型后向轨迹模拟出的结果与图地面观测站记录到的发生沙尘天气的移动过程完全吻合。

5.结论与讨论

本文通过数据统计的结果表明，中蒙边境地区的锡林郭勒盟三个站点沙尘天气均主要集中在3-5月春季，其次是6-8月夏季，三个站点4月份的沙尘天气最多，分别占总数的56%、49%以及41%。其中二连沙尘天气发生频率最高，其次是那仁宝力格和东乌珠穆沁旗。

利用2006-2015年HYSPLIT模型模拟沙尘后向轨迹可知，锡林郭勒盟沙尘天气82%来源于蒙古国境内，轨迹路径为：蒙古国西北部—蒙古国东南部—内蒙古锡林郭勒盟。其中二连92%的沙尘天气来源于蒙古国，其次为东乌珠穆沁旗和那仁宝力格，分别为85%、71%。

文中把扬沙、浮沉、沙尘暴所有沙尘天气统一进行分析，在今后的研究中将三种沙尘天气分别统计分析，并深入分析上游蒙古国地区沙尘天气跨境移动过程中的强度变化。

Acknowledgements

This study obtained the Inner Mongolia autonomous region (201502095), national natural fund of science and technology plan projects, regional fund (project number: 41561009) Science and Technology Innovation Guide Award Fund Project in Inner Mongolia<Urban flood disaster monitoring and early warning management system development and product application>.

致谢

本研究得到了内蒙古自治区科技计划项目(201502095)、内蒙古自治区科技创新引导项目《城市洪涝灾害监测预警管控系统研发与产品化应用》以及国家自然科学基金,地区基金(项目编号:41561009)项目资助。

*通讯作者:咏梅,

E-mail: yongmei2012@imnu.edu.cn.

6.参考文献

- [1]岳高伟, 蔺海晓, 常旭. 沙尘暴科学问题研究, *郑州出版社*, 102-106, 2009.
- [2]傅仲君, 聚焦沙尘暴, *质量指南*, (11): 8-9, 2002.
- [3]王式功, 董光荣, 陈惠忠等, 沙尘暴研究的进展, *中国沙漠*, 20(4):349-356, 2000.
- [4]高涛, 内蒙古沙尘暴的调查事实、气候预测因子分析和春季沙尘暴预测研究, *内蒙古气象*, 2:3-11, 2008.
- [5]邱新法, 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, *地理学报*, 56(3):316-322, 2001.
- [6]范一大, 史培军, 周俊华等, 近50年来中国沙尘暴变化趋势分析, *自然灾害学报*, 14(3):22-28, 2005.
- [7]黄富祥, 张新时, 徐永福, 毛乌素地气候因素对沙尘暴频率影响作用的模拟研究, *生态学报*, 21:1875-1884, 2001.
- [8]钱正安, 蔡英, 刘景涛等, 中蒙地区沙尘暴研究的若干进展, *地球物理学报*, 49(1):83-92, 2006.
- [9]陈玉福, 唐海萍, 近50年首都圈沙尘暴的变化趋势及其与气温、降水和风的关系, *环境科学*, 26(1):32-37, 2005.
- [10]张凯, 高会旺, 张仁健等, 我国沙尘的来源、移动路径及对东部海域的影响, *地球科学进展*, 06:627-636, 2005.
- [11]乌兰, 沙尘暴与锡林郭勒盟的可持续发展, *干旱区资源与环境*, 18:263-265, 2004.
- [12]Jiyong Kim. Transport routes and source regions of Asian dust observed in Korea during the past 40 years (1965-2004), *Atmospheric Environment*, 42, 4778-4789, 2008.
- [13]方宗义, 中国沙尘暴研究, *气象出版社*, 11-15, 1997.
- [14]徐国昌, 陈敏连, 吴国雄, 甘肃“4.22”特大沙尘暴, *气象学报*, 37(4):26-35, 1972.
- [15]Buseck, P., Posfai, M., Airborne minerals and related aerosol particles effects on climate and the environment, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 96, 3372-3379, 1999.
- [16]Choi, J.-C., Lee, M., Chun, Y., Kim, J., Oh, S.-N., Chemical composition and source signature of spring aerosol in Seoul, Korea, *Journal of Geophysical Research*, 106(D16):18067-18074, 2001.
- [17]Chun, Y., Kim, J., Choi, J.-C., Boo, K.-O., Lee, M., Oh, S.-N., Characteristic number size distribution of aerosol during Asian dust period in Korea. *Atmospheric Environment*, 35, 2715-2721, 2001.
- [18]Chung, Y.S., On the observations of yellow sand in Korea, *Atmospheric Environment*, 26, 2743-2749, 1992.
- [19]Chung, Y.S., Kim, H.S., Jugder, D., Natsagdorj, L., Chen, S.J., On sand and dust storms and associated significant dust fall observed in Chongju-Chongwon, Korea during 1997-2000. *Water, Air and Soil Pollution Focus*, 3(2):5-19, 2002.