

兰州大学

硕士学位论文

赤峰地区沙尘天气变化的分析研究

姓名：于春艳

申请学位级别：硕士

专业：大气科学 天气学

指导教师：王澄海

20060501

原创性声明

本人郑重声明：本人所呈交的学位论文，是在导师的指导下独立进行研究所取得的成果。学位论文中凡引用他人已经发表或未发表的成果、数据、观点等，均已明确注明出处。除文中已经注明引用的内容外，不包含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的科研成果。对本文的科研成果做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。

本声明的法律责任由本人承担。

论文作者签名： 于春艳 日 期： 2006.3.10

关于学位论文使用授权的声明

本人在导师指导下所完成的论文及相关的职务作品，知识产权归属兰州大学。本人完全了解兰州大学有关保存、使用学位论文的规定，同意学校保存或向国家有关部门或机构送交论文的纸质版和电子版，允许论文被查阅和借阅；本人授权兰州大学可以将本学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用任何复制手段保存和汇编本学位论文。本人离校后发表、使用学位论文或与该论文直接相关的学术论文或成果时，第一署名单位仍然为兰州大学。

保密论文在解密后应遵守此规定。

论文作者签名： 于春艳 导师签名： _____ 日 期： 2006.5.15

致 谢

忠心感谢导师兰州大学王澄海教授的悉心指导，导师渊博的学识、精辟的见解、宽广的科学眼界让我收获匪浅，感受颇丰，严谨求实的治学态度、对科研孜孜不倦的追求精神更让人受益终生！在此，谨向我的导师表示崇高的敬意！

感谢我的同事李俊有、原德瑞高级工程师积极的建议、相互讨论时提出的独到见解、部分资料的提供及在遇到困难和挫折时对我的无私帮助和不断鼓励！

感谢赤峰市气象局领导对我学习的大力支持！

感谢我的父母、爱人以及其他亲人，他们无私的奉献、爱心以及宽容、理解，让我顺利的完成论文的写作！

最后，向所有帮助和关心过我的人表示最诚挚的谢意！

摘 要

赤峰地区地处内蒙古自治区东部,西辽河上游、大兴安岭西南段山脉与内蒙古高原、西辽河平原、燕山北麓山地截接复合部位,受科尔沁沙漠和浑善达克沙地的影响,几乎每年都有沙尘天气的出现。由于沙尘天气所引发的气候学效应,对人类生存环境的危害以及对经济、社会活动的影响,使我们越来越认识到沙尘天气是不可忽视的大气和生态环境问题之一。为了更好地预报和预防沙尘天气,减少沙尘天气的危害,分析研究沙尘天气的发生发展机理,预测其变化趋势,以及做好对沙尘天气的预报和预防工作,探讨改善生态环境的建设来减少沙尘天气的发生的可能性。

本文首先对赤峰地区沙尘天气的变化趋势和突变进行了统计分析,结果表明赤峰地区的沙尘天气是逐年减少的,尤其是到了 20 世纪 90 年代沙尘天气迅速减少,沙尘暴过程呈减少趋势,有的年份甚至没有,功率谱分析的结果表明沙尘暴和扬沙不存在显著的周期性的变化。

对赤峰地区沙尘天气的年际变化、季节变化、日变化和空间变化分析表明。赤峰地区沙尘天气在春季最多,秋季最少。日变化表现为在 11-18 时热力不稳定强的时段出现最多,凌晨出现的次数最少。赤峰地区出现沙尘暴天气最多的地方是翁牛特旗,较少的地区是克什克腾旗,原因是由于科尔沁沙漠的影响。

赤峰地区沙尘天气日数的变化与气象要素的粗载着较好的关系是:与大风日数、风速有较好的正相关。与蒸发、前期降水存在负相关,还与地温、积雪有一定的关系,积雪日数多,地温升到 0℃ 的时间晚大风日数就少。代表动力影响的大风日数、北极涡度强度、亚洲北极涡度面积指数等气候因子是与赤峰地区沙尘天气有较好的相关。

触发赤峰地区沙尘天气的大风的环流形势可以分为:高空冷涡蒙古高压前部型、高空槽地面冷锋过境型、高空槽地面高压前部型、高空偏西或西北气流地面南高北低型、高空冷涡地面南高北低型。

气候变暖是全球面临的问题,从理论上讲,起着促进沙尘天气形成的作用,但是近年来沙尘天气的迅速减少说明了气候变暖的复杂性和多样性。三北防护林的建设,减少了沙尘天气,使赤峰地区的生态环境大大地改善,人们的生存环境得到改善,可能是沙尘天气减少的原因之一。

ABSTRACT

Chifeng area located at east of the Inner Mongolia Autonomous Region, upstream of Xiliao River, southwest of Daxinanling Mountain. Meets the compound spot of the inner Mongolian plain, north the Xiliao River plain, Mt. Yanshan. Influenced by the Keerqin desert and the muddy Hunshandake sand, the sand dust weather appearance nearly every year. Because of the sand dust initiated, the climatology influence the human survival environment as well as the economical, the social activity, we have realized that the sand dust weather is one of noticeable atmospheric and ecological environment questions. For the forecasting and the prevention of sand dust weather, reduces the harm of the sand dust weather, we should analyze the sand dust weather change tendency, as well as complete the sand dust weather forecasting and the prevention work, carries on the construction of the ecological environment to reduce the sand dust weather.

This study first uses Skipped t investigation section method to analyze the change tendency and the jump change of the sand dust weather, the results shows, there are an increase tendency for annual various of the sand dust weather especially, sand dust weather rapidly reduced in 90's, there is no dust storm occurred in some years, It can be saw the sand storm and sand-blowing had not remarkable periodic change with the power spectrum analysis method.

With statistics method, analyzed the sand dust weather annual change in Chifeng, the seasonal variation, the daily variation and the spatial variation. Pointed out sand dust weather is the most in spring, is the least in the autumn. Between 11 to 18 it is most when thermal strongly energy unstable time appears, appears the least number of times before dawn. There are the most number in Wudan and the least in Keqi, the reason is the influence of the Knorchin desert.

The relation of Daily number change of sand dust weather and the meteorological elements is: The number of gale date, the wind speed, they have a better correlation and inverse correlation with evaporates, the precipitation preliminary, also has the certain relations with the ground temperature, the accumulated snow. The more snowy day the less of gales date. On behalf of the power influence are gale date numbers, the intensity factor of North Pole current and so on Asian North Pole current area index, and they are the leading factor of the sand dust weather.

The gale circulation situation that can trigger the sand dust weather are divided into: High cold current and Mongolian high pressure front part, high channel and cold front transiting on the ground, high channel in front

of high pressure , west air or northwest air and high pressure in south and low pressure in north, high current and high pressure in south and low pressure in north.

The warming climate is a problem faced in the whole world, it' s function in dust and sand weather is to promote in theory, but the reduction of dust and sand weather in recent years prove it is might reduce dust and sand weather. The construction of the shelter forest in the three northern areas of China, have reduced the dust and sand weather, make the ecological environment of the area of Chifeng improve greatly , people's living environment also is improved.

Keywords: Dust and sand weather , Shelter forest in the three northern areas of China Ecological construction , jump change

第一章 绪论

一、选题的背景和意义：

沙尘暴是指强风从地面卷起大量沙尘，使空气浑浊，水平能见度小于1 000 m 的灾害性天气现象^[1]。扬沙与沙尘暴大多在冷空气过程或雷雨、飑线影响时出现，扬沙天气时风大，能见度在1 km 到10 km 间；浮尘是由于远地或本地产生沙尘暴或扬沙后，尘沙等细粒浮游空中而形成(俗称“落黄沙”)。出现浮尘时，远方物体呈土黄色，能见度小于10 km，大致出现在冷空气过程前后。

强沙尘暴天气是在特定地理环境和下垫面条件下，由特定的大尺度环境背景和某种天气系统发展所诱发的一种小概率、危害大的灾害性天气。沙尘暴所携带的沙尘微粒所引发的气候学效应，不但对当地大气能见度、大气光学特征、大气辐射平衡等产生影响，导致自然生态环境的破坏，而且这些微粒被送入高空随风东移，又会造成大范围降尘和大气中气溶胶浓度的增加，对区域气候产生一定的影响。

由于沙尘天气所引发的气候学效应，对人类生存环境的危害以及对经济、社会活动的影响，人类愈来愈认识到沙尘暴天气是不可忽视的大气和生态环境问题之一。

赤峰市地处内蒙古自治区东部，西辽河上游，大兴安岭西南段山脉与内蒙古高原、西辽河平原、燕山北麓山地截接复合部位。赤峰市总面积90 021平方公里。地理环境复杂多样，总观地貌属山地丘陵区，其中沙地20 946平方公里，占23.27%，市境地势西高东低，北、西、南三面环山，西部地势最高海拔2067米，而东部最低海拔不足300米。

赤峰地区主要以农业、畜牧业为主，天气的变化对人们的生产生活有很大的影响。沙尘暴是赤峰地区仅次于干旱、霜冻的重要自然灾害之一。农业生产由于风揭沙盖导致翻耕翻种现象常有发生，严重时一年翻种3—4次，同时也加剧了草场沙化退化速度，使载畜量降低，影响畜牧业发展。沙尘暴使空气严重污染，直接影响人民群众的生产、生活和身体健康。赤峰市有草地8 600万亩，占全市土地面积的64%，至90年代末，全市沙化退化草地已达6 900万亩，占可利用草地的90%以上。其中轻度退化草地面积为2 500万亩，中度退化草

地面积 2 3 0 0 万亩,重度退化草地面积 2 1 0 0 万亩。退化草地草群高度变低、多度变少、盖度变小,有些地区甚至表现为风蚀、沙化地表裸露,变为沙源。当大风过境时,很容易引起沙尘暴。因此赤峰地区的扬沙、沙尘暴的研究有很重要的实际意义。

二、研究现状:

荒漠化作为一个全球性的重大环境问题,已受到广泛关注,它与全球气候变化、生物多样性一起构成当今世界三大科学前沿课题。众所周知,荒漠化是由自然因素(主要是气候因素)和人为因素两方面共同作用的结果。其中沙尘暴既是一种加速土地荒漠化的重要过程,又是土地荒漠化发展到一定程度的具体体现,具有一定的指示意义。因此,对沙尘暴进行全面、系统、深入的研究,有助于搞清荒漠化过程中的某些动力学机制。

沙尘暴是沙漠及其邻近地区特有的一种灾害性天气。国外从 20 世纪 20 年代就开始了沙尘暴时空分布、成因与结构以及监测与对策方面的研究。我国从 70 年代开始对沙尘暴天气进行研究,自 1993 年 5 月 5 日我国西北地区的特强沙尘暴天气发生后,引起了我国政府和科学工作者们的高度重视,有力地推动了沙尘暴研究的广泛开展。

近年来,尤其是 2000 年以来,国内外对于我国沙尘暴开展了广泛的研究。这些研究主要集中在沙尘暴天气动力学特征分析^[2],天气气候特征^[3, 4, 5]、天气学诊断分析^[6],卫星云图监测分析^[7],沙尘数值模式研究^[8, 9]、沙尘暴路径分析^[10]、以及沙尘暴灾害评估^[11]等方面。这些研究都是从大的范围和角度来进行的,在对于本地区的大风、扬沙、沙尘暴天气的研究,主要还是局限在扬沙、沙尘暴的变化趋势,以及简单的分析了气候特点和防治方法上。对于扬沙、沙尘暴天气的变化趋势及突变的分析,气候因子对沙尘暴频率的影响、以及扬沙、沙尘暴的预报方法的研究还没有。

三、研究的目的是内容:

赤峰地区由于受到浑善达克沙地和科尔沁沙地的影响,以及生态环境的恶化,会受到沙尘的侵害比较严重。因此对于沙尘的研究有科学意义和社会意义。

本文利用赤峰地区 10 个气象站的 40 年地面观测大风、扬沙、降水资料,采用统计、回归的方法研究气候因子对沙尘暴频率的影响;分析赤峰地区扬沙和沙尘

暴的时空分布、变化趋势、与大风、降水的关系。还有对扬沙、沙尘暴天气的天气形势分析以及预报模型的建立。以及最近20年来的三北防护林的生态建设所起到的气候效应。

通过本文的研究，试图解决以下问题：

- 1、 赤峰地区沙尘天气的变化趋势和突变分析
- 2、 气候因子对赤峰地区沙尘暴频率的影响。
- 3、 赤峰地区扬沙、沙尘暴的时空分布特征。
- 4、 赤峰地区扬沙、沙尘暴日数的长期趋势变化和周期变化。
- 5、 近40年来赤峰地区扬沙、沙尘暴的基本天气形势。
- 6、 利用农业部门的资料评估三北防护林的建设对本地区沙尘天气减少的贡献。

本文的目的是搞清赤峰地区沙尘天气的发展变化趋势，天气气候变化的各主要因子对沙尘暴频率的影响。对产生沙尘天气的天气形势进行分型使得日常的预报工作更加准确和直观。说明保护生态环境，防止土地荒漠化，防护林建设的重要性。

本文共分五章，第一章为绪论部分，从第二章开始对上述问题进行研究和讨论，具体章节安排如下：

第二章 赤峰地区沙尘天气的变化趋势和突变分析

第一节 前言

第二节 资料和方法

第三节 赤峰地区沙尘天气的日数和趋势变化

第四节 沙尘天气的年代际变化

第五节 小结

第六节 讨论

第三章 气候因子对赤峰市沙尘天气的影响

第一节 引言

第二节 资料和方法

第三节 沙尘天气的变化特征与气候背景

第四节 沙尘天气的年际变化与气候要素

第五节 气候动力因子与赤峰地区沙尘天气的相关分析

第六节 结论

第四章 赤峰地区扬沙、沙尘暴的预报方法

第一节 引言

第二节 大气环流形式的季节性变化

第三节 各类沙尘天气系统的基本特征

第四节 赤峰地区沙尘天气的预报模型

第五章 赤峰市生态环境建设对沙尘暴的改善

第一节 赤峰市生态环境历史演变过程概述

第二节 不同类型气候区

第三节 赤峰地区沙尘天气时空变化特征及原因

第四节 三北防护林的建设对沙尘天气的影响

第五节 小结

第五章 小结和讨论

第二章 赤峰地区

沙尘天气变化趋势和突变分析

第一节 前 言

利用1961—2000年赤峰地区每月沙尘暴和扬沙发生日数资料,通过线性趋势估计和多项式函数拟合等方法分析了沙尘暴和扬沙日数的长期趋势变化和周期变化,发现沙尘暴和扬沙日数的总体趋势是下降的,沙尘暴和扬沙年平均日数都是在20世纪60年代较多,之后70年代又有回升的趋势,到80年代又减少,90年代最少。沙尘暴日数、扬沙的变化不存在显著性周期。由于资料长度的限制,无法对20a以上的长周期进行分析。利用滑动t检验法和气候跃变参数Jy分析了沙尘暴和扬沙日数的突变问题,发现沙尘暴从80年代到90年代的变化率最高,扬沙在70年代中期变化率高,沙尘暴和扬沙分别在1981年和1974年发生了由多到少的突变。我国北方强沙尘暴的发生次数从50年代到90年代呈上升趋势,从而使沙尘天气对我国的影响不但没有减弱反而有增强的趋势;近年来,大范围的强沙尘暴天气出现的频率增加、程度增强、范围扩大,因此保护生态环境,防止土地荒漠化,是我们目前面临的紧要任务。

由于沙尘天气所引发的气候学效应,对人类生存环境的危害以及对经济、社会活动的影响,使我们越来越认识到沙尘天气是不可忽视的大气和生态环境问题之一。为了更好地预报和预防沙尘天气,减少沙尘天气的危害,就需要对沙尘天气变化趋势进行分析。许多学者对我国沙尘天气变化趋势已做了大量的工作,王式功[12]通过对我国北方几个沙尘暴多发区的统计分析,指出就整个北方地区而言,20世纪50年代沙尘暴发生日数最多,60年代初期又略有降低,60年代末略有增加,80年代又呈下降趋势。最近,周自江[13]利用681个站点的详细资料,以点面结合的方式,分析了中国北方地区近45a沙尘暴和扬沙天气的趋势,指出近45a来我国大部分地区的沙尘暴和扬沙日数在减少,只有小部分地区呈增长趋势。

以前对我国沙尘天气变化趋势的研究,大多局限于以各站沙尘天气资料简单平均为基础的统计分析上,忽略了相邻各测站的相关联系。另外在我国沙尘多发地区测站都比较少,且分布不均匀,这给统计结果造成很大误差。本文从相邻地理区域内沙尘暴和扬沙日数距平分布特征的相关性出发,通过线性趋势估计和多项式函数拟合等方法分析了沙尘暴和扬沙日数的长期趋势变化和周期变化;又利用滑动t检验法和气候跃变参数Jy分析了沙尘暴和扬沙日数的突变问题;目的

是为了搞清赤峰沙尘天气的发展趋势,为防灾、减灾提供帮助。

第二节 资料和方法

2.1 沙尘暴和扬沙变化的周期分析

本文主要以沙尘暴和扬沙的发生日数作为定量指标。利用赤峰地区1961—2000年各站沙尘暴和扬沙月发生日数资料。通过算术平均法建立近40a沙尘暴、扬沙年发生日数距平序列 y_t ($t=1, 2, \dots, 40$),把序列看成由以下3部分组成[14],即:

$$y_t = f_t + p_t + s_t \quad (1)$$

其中: f_t 为沙尘暴(扬沙)趋势分量; p_t 为周期分量; s_t 为随机变量。由于随机变化相对前两项是一个小量,因此可不作单独分析。首先通过线性趋势估计沙尘暴(扬沙)的趋势变化,再采用多项式拟合原序列 Y_t ,分析沙尘暴(扬沙)的变化趋势,最后对余序列 $\hat{y}_t = y_t - f_t$ 进行周期分析。[15]

2.2 突变分析方法

按照两个序列样本平均值之差是否显著的t检验计算公式,当两个子序列样本单元数目 $n_1 \neq n_2$ 时,统计量为[16]:

$$t = (\bar{x}_1 - \bar{x}_2) \cdot [n_1 n_2 (n_1 + n_2 - 2)]^{1/2} [(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2]^{-1/2} (n_1 + n_2)^{-1/2} \quad (2)$$

其中: $\bar{x}_1$ 、 $\bar{x}_2$ 和 s_1 、 s_2 分别代表两个子序列样本的平均值和均方差的无偏估计值。且规定 $n_2 = N - n_1 + 1$,其中 N 为序列样本总数。由于天气变化过程中相邻气候阶段时间尺度至少在10a以上,所以取 $n_1 = 10, 11, \dots, (N - 10)$ 进行循环计算出统计量 $t(n_1)$,取其中的最大绝对值进行统计量显著性检验,若有:

$$t_{\max} = \max\{|t(n_1)|, n_1 = 10, 11, \dots, (N - 10)\} \geq t_{\alpha} = 0.01 \quad (3)$$

则可判断该序列中有突变发生。

再应用文献[17]定义的气候跃变参数 J_y ,来验证滑动t检验得出的结论。气候跃变参数 J_y 的表达式为

$$J_y = |M_1 - M_2| / (S_1 + S_2) \quad (4)$$

其中:下标 y 表示气候要素序列中某个时刻,这里为某年; M_1 、 M_2 、 S_1 、 S_2 分别为 y 年前 N 年、后 N 年两个子序列的平均值和均方差。当 $J_y > 1$,表明序列在 y 年附近出现跃变, $J_y > 2$ 表明出现强跃变。

第三节 沙尘暴、扬沙日数的趋势变化

首先,建立 $y_t(t)$ 与 $t(t=1, 2, \dots, 40)$ 之间线性回归方程:

$$\hat{y}_1(t) = a + bt \quad (5)$$

式中: a 为回归常数; b 为回归系数,当 $b > 0$ (或 $b < 0$) 时,表示沙尘暴及扬沙的发生有上升(或下降)趋势。类似地, $\hat{y}_4(t)$ 为4 阶多项式趋势函数。表1 给出线性及4 阶多项式趋势函数及其拟合结果与原序列之间的相关系数。

表1 赤峰地区沙尘暴、扬沙日数线性及4 阶多项式趋势函数及其拟合结果与原序列之间的相关系数

Tab. 1 Linear and polynomial fitting functions for sand storm and sand blowing days as well as correlative coefficients between calculating and original series

	线形回归方程	$r(y_1(t), \hat{y}_1(t))$	四阶多项式函数	$r(y_1(t), \hat{y}_4(t))$	$r(y_4(t), \hat{y}_1(t))$
沙尘暴	$\hat{y}_1(t) = -0.3016 * t + 5.841$	0.81**	$\hat{y}_4(t) = -0.00002 * t^4 + 0.0017 * t^3 - 0.0302 * t^2 - 0.4395 * t + 8.6753$	0.85**	0.76**
扬沙	$\hat{y}_1(t) = -1.0079 * t + 20.621$	0.88**	$\hat{y}_4(t) = 0.00003 * t^4 - 0.0008 * t^3 - 0.0179 * t^2 - 0.5775 * t + 19.946$	0.90**	0.81**

** 通过 $\alpha = 0.01$ 的显著性检验。

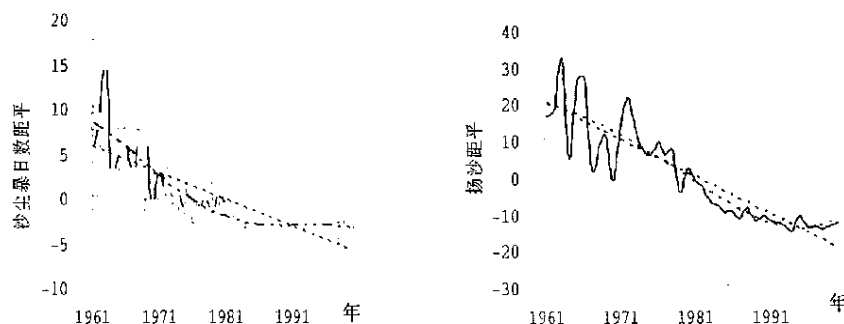


图1 1961-2000年赤峰地区沙尘暴与扬沙年发生日数距平年际变化

Fig.1 Yearly variation of sandstorm and sand-blowing day's anomaly from 1961 to 2000 in chifeng

图中实线为沙尘暴(扬沙) 年发生日数距平,虚直线为线性趋势,虚曲线为多项式拟合
由线性趋势(图1 虚直线) 可以看出,40 a 沙尘暴和扬沙发生日数总体呈下降趋势(沙尘暴为 $0.3 d \cdot a^{-1}$,扬沙为 $1.0 d \cdot a^{-1}$) 。沙尘暴和扬沙的4 阶多项式 $\hat{y}_4(t)$ 与原序列 y_t 之间的相关显著性水平都通过了 $\alpha = 0.01$ 的显著性检验。沙尘暴和扬沙的拟合线(图1 虚曲线) 的趋势基本

相同,只是扬沙的变化幅度比较大。沙尘暴和扬沙都是从1963 年始呈下降趋势,到1972 年又有小幅度的上升,在70 年代末又呈下降趋势,扬沙、沙尘暴在2000 年开始又呈上升趋势,但依然是负距平。这个结论与文献[12][13]指出的近40 a 我国沙尘暴和扬沙日数呈下降趋势相一致。

去掉长期趋势后的沙尘暴(扬沙) 余序列 $\hat{y}_i(t)$ 的变化与原序列 y_i 的变化趋势十分一致,两者的相关系数达到0. 81 (沙尘暴) 和0. 88 (扬沙) 。以下采用功率谱方法分析余序列的周期。

对以周期T变化的时间函数x(t),可以展成如下傅立叶级数:

$$x(t)=a_0+\sum_{k=1}^{\infty}\left(a_k \cos \frac{2 \pi k}{T} t+b_k \sin \frac{2 \pi k}{T} t\right) \quad (6)$$

若令 $w_k=2 \pi k / T$, 则有

$$x(t)=a_0+\sum_{k=1}^{\infty}\left(a_k \cos w_k t+b_k \sin w_k t\right) \quad (7)$$

式中的 a_k 和 b_k 称为傅氏级数, 可以表示为:

$$\begin{aligned} a_0 &= \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} x(t) dt \\ a_k &= \frac{2}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} x(t) \cos w_k t dt \\ b_k &= \frac{2}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} x(t) \sin w_k t dt \end{aligned} \quad (8)$$

计算不同波数k的傅立叶系数估计, 利用上式可写成离散点的计算式:

$$\begin{aligned} a_k &= \frac{2}{n} \sum_{t=1}^n x_t \cos \frac{2 \pi k}{n} (t-1) \\ b_k &= \frac{2}{n} \sum_{t=1}^n x_t \sin \frac{2 \pi k}{n} (t-1) \end{aligned} \quad (9)$$

k取值为1、2、3..., $\left[\frac{2}{n}\right]$ ($[]$ 表示取整数部分)。 $a_0 = \bar{x}$ 。然后计算不同波数k的功率谱值,

即:

$$s_k^2 = \frac{1}{2} (a_k^2 + b_k^2) \quad (10)$$

由于N=40,本文取最大后延相关长度k=20 来计算各滞后相关函数 $r(\tau)$, $\tau=1, 2, \dots, k$ 。由相关函数,利用功率谱计算公式,以波数为横轴, 离散功率谱估计值 s_k^2 为纵坐标, 得到谱图(图2)。

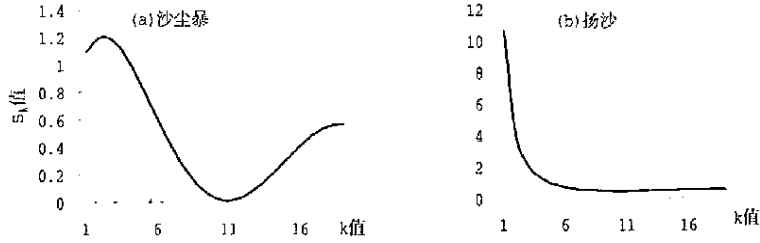


图2 1961 —2000 年沙尘暴与扬沙日数功率谱

Fig. 2 Power chart of sandstorm and sand-blowing days from 1961 to 2000

我们看到沙尘暴日数(图2 中a) 存在着14 a 的周期, $F_0=0.3$ 没有通过 $\alpha=0.05$ 的显著性检验,也就是说赤峰地区的沙尘暴不存在显著性周期,这与文献中[15]所说的中国沙尘暴日数存在2.59a,和3.38a显著性周期不一致,说明赤峰地区的沙尘暴日数受当地地理环境和气候条件的影响很大。扬沙(2 中b)也 不存在显著性周期,这与文献中[15]所说的中国的扬沙日数不存在显著性周期是一致的。由于资料长度的限制,对20 a 以上的长周期无法进行分析。

第四节 沙尘暴、扬沙日数的年代际变化

利用1961 —2000 年赤峰地区沙尘暴和扬沙日数距平序列,采用滑动t 检验分别对应得到1970 —1990年的沙尘暴和扬沙日数距平的t 检验值(表2) 。在本文取 $N=10$,对1961 —2000 年沙尘暴(扬沙) 日数利用公式(4) 进行计算,对应可得到1961 —2000年沙尘暴(扬沙) 的跃变参数Jy值。(表2) 为1961 —2000 年赤峰地区沙尘暴(扬沙) 日数第二时段减去第一时段样本平均值的t 检验值。由表2 可见,沙尘暴日数t 检验中,最大的t 值出现在1981 年,并达到了0.01 的显著性水平。1981 年沙尘暴的跃变参数Jy值达到了1.27,可见我国沙尘暴由多到少的跃变年为1981 年。扬沙最大的t 值出现在1974 年,也超过了0.01 的显著性水平,其跃变参数Jy值为1.3,在1974 年扬沙发生了由多到少的跃变。通过上面的分析我们可以认为,赤峰地区的扬沙日数从70年代中期减少的明显,沙尘暴是到了80年代初开始由偏多向偏少转变。这一规律可以从赤峰地区沙尘暴、扬沙的年纪变化曲线(图3) 中明显地看出来。

表2 1961 —2000 年赤峰地区沙尘暴(扬沙) 日数第二时段减去第一时段样本平均值的t 检验值

Tab. 2 test of sample moving averages for 10 years of sandstorm and sand-blowong days from 1970 to 1989

年份	N1	沙尘暴	扬沙	年份	N1	沙尘暴	扬沙
1970	10	3.9695	3.4251	1980	20	4.6816	3.3795
1971	11	4.1018	3.4684	1981	21	4.6859	3.3307
1972	12	4.2184	3.4979	1982	22	4.6785	3.2754
1973	13	4.3206	3.5151	1983	23	4.6590	3.2138
1974	14	4.4092	3.5215	1984	24	4.6273	3.1458
1975	15	4.4847	3.5182	1985	25	4.5828	3.0716
1976	16	4.5479	3.5059	1986	26	4.5251	2.9908
1977	17	4.5989	3.4854	1987	27	4.4535	2.9034
1978	18	4.6382	3.4572	1988	28	4.3670	2.8090
1979	19	4.6657	3.4218	1989	29	4.2647	2.7072

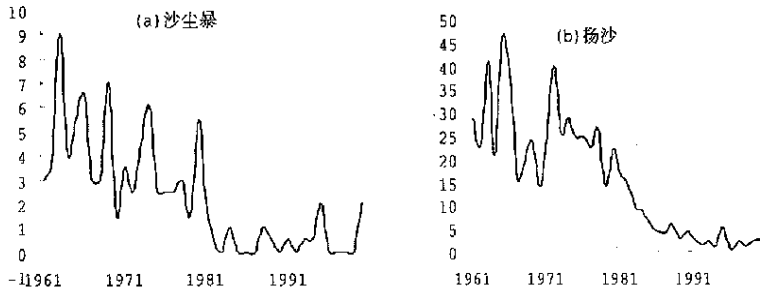


图3, 赤峰地区沙尘暴扬沙的年际变化曲线

Fig.3 Yearly variation of sandstorm and sand-blowing day's from 1961 to 2000 in chifeng

为了比较近40a 来沙尘暴和扬沙日数不同年代的差异,表3 给出了沙尘暴和扬沙年平均日数的年代际变化。

表3 沙尘暴和扬沙年平均日数的年代际变化及相对变率

Table 3 decadal change of sandstorm and sand-blowing days and their relative variability

项目	60年代			70年代		80年代		90年代		平均	
	年平均 日数/d	年平均 日数/d	相对变 率/%	年平均 日数/d	相对变 率/%	年平均 日数/d	相对变 率/%	年平均 日数/d	相对变 率/%	年平均 日数/d	相对变 率/%
沙尘暴	2.25	3.5	35.7	1.25	-180	1.25	0	2.06	-48.1		
扬沙	21.25	22.5	5	10.75	-109	2.75	-290	14.3	-122.5		

从表3 可以看出,沙尘暴和扬沙年平均日数都是在60 年代较多,之后70年代又有回升的趋势,到80 年代又减少,90 年代最少。其中从80 年代到90 年代的变化率最大,且为负值。

第五节 讨论

通过以上分析,对赤峰地区沙尘暴和扬沙日数多年变化的统计规律,可以有以下几点看法:

- (1) 沙尘暴和扬沙日数的总体趋势是下降的。沙尘暴、扬沙日数的变化都不存在显著性周期。这个结果与文献[15]对全国的沙尘天气周期性的结论不一致。
- (2) 沙尘暴和扬沙年平均日数都是在60年代较高,70年代又有回升的趋势,到80年代又减少,90年代最少。其中沙尘暴日数从80年代到90年代的变化率最高,扬沙日数、沙尘暴分别在1974年和1981年发生了由多到少的变化。
- (3) 我国北方地区强和特强沙尘暴的发生频数从50年代到90年代呈上升趋势,并且频率加快、间隔变短、强度增大是今后沙尘暴发生的趋势。保护生态环境,防止土地荒漠化,是我们目前面临的紧要任务。

第六节 结论

通过以上分析,对赤峰地区沙尘暴和扬沙日数多年变化的统计规律,可以有以下几点看法:

- (1) 沙尘暴和扬沙日数的总体趋势是下降的。沙尘暴、扬沙日数的变化都不存在显著性周期。由于资料长度的限制,无法对20 a以上的长周期进行分析,这个结果与丁瑞强[15]研究的全国的沙尘天气的周期性不太一致。
- (2) 沙尘暴和扬沙年平均日数都是在60年代较高,之后70年代又有回升的趋势,到80年代又减少,90年代最少。其中沙尘暴日数从80年代到90年代的变化率最高,扬沙日数、沙尘暴分别在1974年和1981年发生了由多到少的变化。
- (3) 我国北方地区强和特强沙尘暴的发生频数从50年代到90年代呈上升趋势,并且频率加快、间隔变短、强度增大是今后沙尘暴发生的趋势。保护生态环境,防止土地荒漠化,是我们目前面临的紧要任务。

第三章 赤峰地区沙尘天气的气候条件

第一节 引言

赤峰地区地处内蒙古东部，西辽河上游，大兴安岭西南段山脉与内蒙古高原、西辽河平原、燕山北麓山地截接复合部位。地势为西高东低，北、西、南三面环山。西部地势最高海拔2067米，而东部最低海拔不足300米。沙地面积为20946平方公里，占全市总面积的23.27%，是沙尘天气的多发区。在春冬季，由于降水少，气候干旱，因此植被稀少，当大风过境时，很容易引起沙尘天气，是沙尘天气高发区。对赤峰地区沙尘天气的研究有着重要的科学意义。

在过去的几十年里，沙漠沙地面积逐渐扩大，沙化、退化草地面积已达6900万亩，占可利用草地的80%以上，重度退化草地面积2100万亩，有些地区风蚀沙化地表裸露，变为沙漠。下垫面条件的逐渐恶化，更有利于沙尘天气的形成和增强。虽然环境条件恶化，但是据资料统计，近20年该地区的沙尘天气频率呈减少趋势。这一方面说明了下垫面条件仅仅是沙尘天气发生不可缺少的物质条件，不是影响沙尘天气频率的主导因素。另一方面说明了沙尘天气发生的决定因素是天气气候条件。

近年来，许多学者致力于研究沙尘天气，特别是在沙尘暴的分布和变化特征以及沙尘暴的典型个例分析方面取得诸多成果。周秀骥等[21]提出了沙尘天气形成物理机制中的动力学特征，并指出2000年北京沙尘暴频率的剧增与冷空气的活动有很大关系。从气候动力学角度，探讨与沙尘天气频率最为相关的气候动力因子对于未来沙尘天气频率的预测有着非常重要的意义。大风是沙尘暴起因中最为直接的因子，但大风是时空变化很大的气象要素，寻找一种与沙尘天气频率相关较好、且空间变化不大的大尺度气候动力因子，对于预测未来该地区沙尘天气频率有着重大的实际应用价值。

本文主要从沙尘天气的季节和年际变化，通过对与其关系较为密切的地面气象要素如：湿度、降水、地温与积雪的分析找出局地气候条件对沙尘天气的影响。出于这样一个目的，本文利用赤峰地区40年的气象资料、沙尘天气资料和气候资料讨论了40年赤峰地区沙尘天气频率变化趋势和气候动力因子对沙尘天气频率的影响。另外，从影响天气气候变化的各主要因子出发，如大风、北半球极涡、亚洲西风环流指数、副热带高压、南方涛动指数等，对它们作统计分析，研究它们的变化对沙尘

天气频率变化趋势的影响。同时分析气候动力因子对沙尘天气的影响，这里从影响天气气候变化的主要因子出发，如大风、极涡、副热带高压、南方涛动指数等，对他们做出统计分析，研究在大尺度的环流形势变化下沙尘天气的变化趋势。

第二节 数据资料

本文选取赤峰地区10个观测站(分别是天山、林东、大板、林西、经棚、乌丹、赤峰、锦山、天义、新惠站)1971~2000年逐月沙尘暴、扬沙和大风日数、降水、相对湿度、地温、积雪等观测数据。由于大风和寒潮天气是较大范围的天气现象，所以在本文中就取沙尘天气频率为一日内全市有一个以上测站出现沙尘天气即统计为一个沙尘天气出现日。对赤峰地区沙尘天气的形势作了统计分析。其他气候因子，如北半球极涡指数、亚洲北极涡指数、亚洲西风环流指数、亚洲经向环流指数、纬向环流指数、西太平洋副热带高压指数、南方涛动指数等，采用的是中国气象局的常规气候要素数据进行统计计算得到。

第三节 赤峰地区沙尘天气的变化特征与气候背景

1、沙尘天气的时间变化特征

沙尘天气的产生是在大的气候环境与当地气候背景下共同作用产生的，所以随着每年大气环流的转换，沙尘天气也在发生着年际、季节性的变化。

1.1 赤峰地区沙尘天气的年际变化

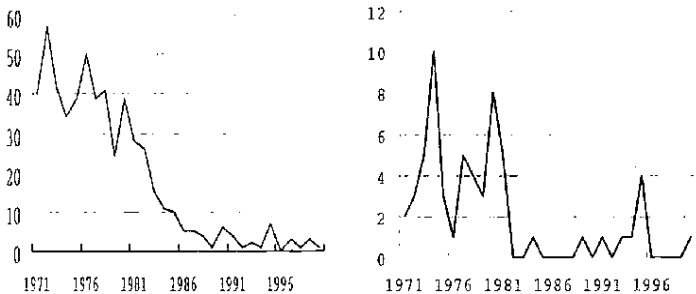


图1赤峰市1971~2000年扬沙和沙尘暴日数逐年变化曲线。

Fig.1 Annual variation of sandstorm and sand-blowing day's from 1971 to 2000 in chifeng

图1中显示自1971~ 2000 年,赤峰地区沙尘日数呈显著减少趋势,尤其是从20世纪80 年代初期开始沙尘日数呈迅速减少的态势。70 年代沙尘暴最少的年份是1975 年,全市仅出现沙尘暴6 天。近20 年来赤峰市沙尘暴日数较前20 年明显减少,1996~ 1999 年全市未出现沙尘暴天气,为近30 年来的最低值。

1.2 沙尘天气的季节变化特征

根据对10个气象观测站的统计表明,全市沙尘一年四季都可发生,但存在着明显的季节特征,即春、冬季多,夏、秋季少。沙尘天气出现最多的季节是春季(3~ 5月),占全年总日数的69%以上。其次是冬季, 最少是秋季,不足5%。一年当中,沙尘天气出现最多的月份是4 月份,有200次之多,占全年总日数的30% 左右,其次是3、5 月份;出现最少的月份是8 月,近40 年全市仅出现10 天沙尘天气。赤峰地区春季沙尘天气日数多,王式功等[22]通过对沙尘暴形成的宏观天气气候条件和下垫面状况的系统分析,认为沙尘暴主要发生在春季和初夏季节有5 个方面的原因:①丰富沙尘源的下垫面和特殊的地形条件;②冬半年长时间的干燥和冻结,到春季解冻后地表土质变得很疏松;③春季高空急流轴所处位置是北方地区易吹大风的重要原因;④春季大气层结不稳定度增大,午后易产生对流,有利于高空动量下传;⑤春季是北方地区冷锋活动最频繁的季节,锋后大风也是产生沙尘暴最重要的因素之一。春季冷空气频繁,大风天气多,同时气温回升较快,前期降水少,旱情严重,地表土质干燥疏松,植被稀少,浮土较多,一旦有大风等动力条件极易起沙。另一原因是春季气温回温快,冷空气活动频繁,春季土壤失墒严重,地表浮土增多,有利于沙尘天气的发生。(图2)

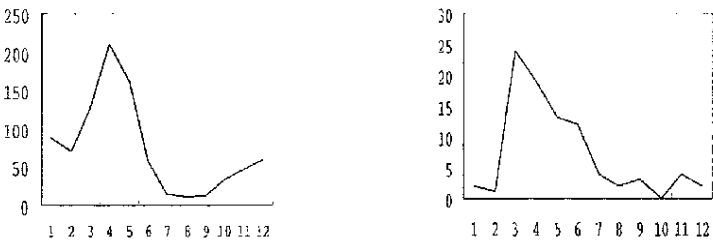


图2赤峰地区扬沙和沙尘暴日数的季节变化(天)

Fig. 2 The seasonal variations of the blowing sand and of sandstorm days in Chifeng

1. 3沙尘天气的日变化

赤峰地区沙尘天气出现的时间也有明显的日变化,绝大多数出现在午后。图3给出了赤峰站1961~2000年沙尘暴逐时频数变化情况。

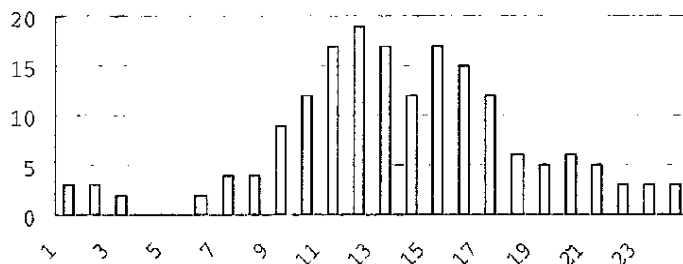


图3 1961~2000年赤峰站沙尘暴出现的日变化频数分布（次）

Fig 3 frequently chase of sandstorm from 1961 to 2000 year in Chifeng (Times)

可以看出沙尘暴出现的峰值主要集中在11~18时，占全天的61%左右，而最多出现的时次是13时，最少的是早上的5、6点钟。这种日变化显然与当地的热力不稳定有关。赤峰地区属于亚温带气候早晚温差大，尤其是在春季的时候，白天能达到零上10几度，在夜间就可能在零下，在早上5、6点钟左右是气温最低的时候，在这种条件下，上午11点多钟气温开始迅速上升，而在下午日落的时候气温下降很快，这就出现了在午间热力极不稳定，垂直上升运动也增强。相应的沙尘天气出现的频率就有了日变化中午多，凌晨少的特点。

2、赤峰地区的沙尘天气的地理分布特征

由于受到当地地理环境的影响，赤峰地区各个观测站的沙尘天气次数也有明显不同赤峰中部的翁牛特旗沙尘暴天气出现最多，以此地向北、向南、向西逐渐减少。最大值出现在乌丹站，40年总数为251天，平均每年出现6.3天，其次为天山196天、新惠161天，沙尘暴天气出现次数最少的地区是克什克腾旗，经棚站40年只出现26天，平均每年出现0.65天。需要指出的是翁牛特旗和克什克腾旗虽是相邻的两个旗，但乌丹站沙尘暴的出现日数是经棚站的9.6倍。（表1）

表1 赤峰地区1961~2000年各测站沙尘暴的总日数（天）

Table 1 total number of days of the sandstorm of every monitoring station from 1961-200 in Chifeng (day)

赤峰	锦山	天义	敖汉	乌丹	林西	克旗	林东	大板	天山
112	59	31	161	251	69	26	43	224	196

3、气候条件分析

沙尘天气的季节分布特征与气象要素有十分密切的关系，是受多种气候条件和

地理条件综合影响的结果。赤峰地区不但受西北来的沙尘的影响，本身还受科尔沁和浑善达克沙地影响。所以沙尘与当地的气象要素的也有一定的关系，也会随着气象要素的变化有所变化。

表2 各代表站月平均沙尘日数与相关气象要素相关系数

Tab.2 the correlation coefficient to average dust days of every month in every representative and meteorological key element

	大风日数	平均风速	相对湿度	蒸发量	降水量	积雪日数	地温
赤峰	0.68	0.48	-0.46	0.66	-0.24	-0.17	-0.38
喀喇沁旗	0.75	0.55	-0.51	0.64	-0.23	-0.17	0.09
宁城	0.81	0.86	-0.53	0.70	0.10	-0.32	-0.07
新惠	0.50	0.61	-0.46	0.48	-0.62	-0.12	0.09
翁牛特旗	0.28	-0.01	-0.24	0.32	-0.22	-0.16	-0.28
巴林右旗	0.22	0.22	-0.14	-0.11	0.08	-0.23	-0.27
林西	0.55	0.31	-0.07	-0.18	-0.15	-0.11	-0.25
克旗	-0.01	0.35	0.06	0.21	0.19	0.12	-0.21
巴林左旗	-0.05	0.25	-0.07	0.09	-0.14	0.03	-0.13
阿旗	0.59	0.44	-0.68	0.65	-0.39	-0.50	0.22

从表2中可以看出，赤峰地区大部分观测站沙尘日数与大风日数和平均风速、蒸发量有较好的正相关关系，与相对湿度有反相关关系，其相关系数都已通过 $\alpha = 0.01$ 的信度检验。由表2还可以看出沙尘日数与降水的相关关系不好，与积雪日数虽然相关的系数不太好，但是存在着反相关的关系。分析不同地区与气象要素的关系，显示出如下特点：

3.1 大风条件的影响

对同一测站来说，大风日数与沙尘天气的季节变化表现出很好的一致性，即大风多的季节沙尘天气也多，说明大风在沙尘天气的生成中起着极其重要的作用。比较不同的测站，就会发现大风和沙尘天气并不是完全成正比的关系，大风多的地区沙尘天气并不一定多（表3）。

由表3可以看出年沙尘日数最多的乌丹和赤峰，但是大风日数并不是很多，而大风日数最多的克什克腾旗沙尘暴和扬沙反而是最少的。由此可见，沙尘天气频繁的地区因为沙源充足，风力只要达到一定的程度就可形成很强的沙尘天气，大风并不是形成沙尘暴的唯一条件。

表3 各代表站沙尘天气相关要素统计

Tab.3 the relevant key elements of dust and sand weather in every representative

站名	年日数 (天)	最多季	沙尘暴和扬沙			年沙尘 日数 (天)	年大风 日数 (天)
			占全年 %	最多月	占全年 %		
赤峰	18.0	春	52%	4	23%	2. 0	18. 0
乌丹	8.8	春	71%	4	36%	2. 1	33. 8
宁城	7.0	春	66%	4	31%	1. 0	16. 8
天山	5.6	春	74%	4	35%	1. 0	15. 2
克旗	1.6	春	96%	4	50%	0. 7	50. 7
林西	9.1	春	68%	4	35%	1. 2	38. 2

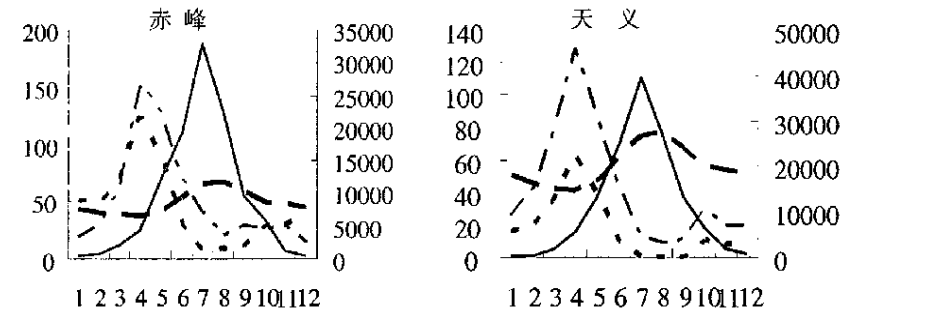
沙尘天气少的地区也不是因为大风少，而是由于缺乏沙源条件，而且受到赤峰地区西高东低的地理环境以及长期形成的气候环境的制约。

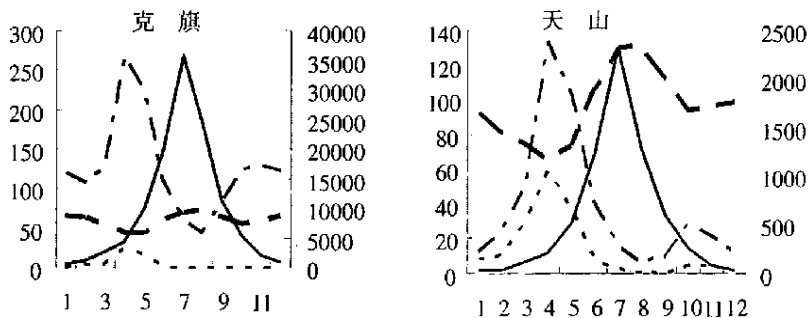
3.2 湿度条件的影响

相对湿度与沙尘天气在季节变化上呈非常一致的反相关关系（图4）。下图是赤峰地区北部、南部、西部和中部的四个站的沙尘日数与相对湿度的对比图。春季是赤峰地区沙尘的多发期，这一时期的相对湿度也处于一年中的最低水平。夏季开始后随着降水的迅速增加，沙尘天气发生次数明显减少。

图4 四个代表站的沙尘日数（点线，天）、大风日数（点滑线，天）、降水量图（实线，mm）、相对湿度图（长滑线，%）年特征变化

Fig.4 Annual characteristic change of days of dust and sand , precipitation , days of gale and evaporation capacity





由上图可以看出，赤峰地区沙尘日数变化呈正弦曲线变化和湿度变化呈余弦曲线变化，反相关特征非常明显。各个站出现大风和扬沙最多的是4月份，这也是相对湿度值最少的月份。而在8月份是大风和扬沙在一年当中最少的时期，这时的相对湿度达到最大值。对于降水来说，赤峰地区虽然降水最多的月份是在7月份，7月份降水的增多只是使得干燥程度有所缓和，相对湿度的最高值出现在8月份与降水有一定的滞后性。上述特征表明湿度条件对沙尘天气的形成有着重要的影响。

3. 3、 地表温度与积雪的影响

地表温度在沙尘天气的季节变化中也起到一定的作用，虽然赤峰地区的沙尘天气与地表温度相关系数不是很好，但是综合资料可以看出，地温的变化对沙尘天气还是有一定的影响。总体上来看，我市大部地区地面气温在3月份开始升到0℃以上，11月初以后降至0℃以下，沙尘天气也从三月份迅速增加，4月份地温升得比较快，相对应的沙尘天气也最多。对于温度较低的西北部高寒山区，4月份开始地温才升到0℃以上，所以在这些地区沙尘天气的频数也是4月份才突增，3月份就没有什么变化。

积雪与沙尘天气也没有显示出明显的相关关系，但对于积雪日数多的地区沙尘就明显少于积雪日数少的地区。最特殊的地区就是西北部的克什克腾旗，在那里气温较低，海拔高。积雪日数年平均61CM，是其他旗县的2—3倍，相对应的沙尘频数就少很多。

由于冬季地表温度低于0℃，土壤冻结，并常有积雪覆盖，不利于沙尘形成，而春季土壤解冻，土质疏松，同时春季地温升得快，大气常处于不稳定状态，垂直运动加强，这一时期风速也明显增大，就会特别利于沙尘天气的形成。

以上对各测站的各种气象要素的分析表明：

(1) 对于同一地区来说，沙尘天气多的季节大风也多，而相对湿度小。沙尘日数的峰值对应的是大风日数的峰值和相对湿度的谷值，大风和相对湿度是影响沙尘

天气形成的主要气候因子。

(2) 对于同一个测站，在降水多的夏季，大风和沙尘天气是全年最少的时期。

(3) 在冬季，地表温度低，大气层结稳定，对流活动弱，不利于沙尘天气的形成，同时地面土层冻结并有积雪覆盖不以起沙。3月份前后，地温从0℃以下向0℃以上转换，沙尘天气也从较少的冬季向较多的春季过渡，表明地温、积雪等要素对沙尘天气的形成起着一定抑制作用。

(4) 对于不同的测站来说，各要素的作用又具有不同的特点，不一定大风多的地区就沙尘最多，在沙尘最多的乌丹地区沙尘频数就明显多于其他测站，说明沙尘天气的形成与当地的下垫面条件和长期形成的气候环境密切相关。

第四节 赤峰地区

沙尘天气的年际变化与气候要素的关系

1、春季沙尘日数与气象要素的关系

由于赤峰地区沙尘天气在春季出现最多，本文分析了近30年来春季沙尘天气年际变化及其与多种气象要素关系的基础上筛选了降水、湿度、风速等要素，(4个代表站,天山、克旗、天义、赤峰)。

表4 4个代表站1971-2000年春季沙尘日数与相关要素的相关系数

Tab 4 the correlation coefficient of days of spring's sand and every key meterologic element

	赤峰	克旗	天山	天义
降水量（上年夏）	-0.32	-0.18	-0.24	-0.14
降水量（上年秋）	-0.2	0.07	-0.06	0.04
降水量（当年冬）	0.10	0.12	0.01	-0.05
降水量（当年春）	-0.13	-0.1	0.08	-0.46
降水量（上年夏-当年冬）	-0.38	-0.17	-0.25	-0.12
降水量（上年夏-当年春）	-0.39	-0.13	-0.25	-0.36
湿度（当年春）	-0.08	-0.01	0.13	-0.38
风速（当年春）	0.48	0.35	0.45	0.86

$\alpha=0.01$ 时 $\gamma=0.44$ ， $\alpha=0.005$ 时 $\gamma=0.34$

从表4的相关系数可以看出，这几个测站的沙尘日数与同期风速相关显著。除秋季和冬季外，夏季、春季、夏季到冬季、夏季到春季都有测站显示出较好的反相关

关系，从整体来看夏季到春季对沙尘天气的反相关要显著一些。也就是说上一年的降水量多，下一年的沙尘天气日数就会有所减少。这对于预报本地区的沙尘天气日数有着重要的意义。

2 、 春季沙尘日数与下级降水量的演变趋势

本文分析了4个代表站（天山、赤峰、克旗、天义）的30年来的春季沙尘日数以及夏季降水量的演变趋势，图5是4个站的春季沙尘日数与前一年夏季降水量的年际变化曲线及沙尘日数趋势线、降水量趋势。

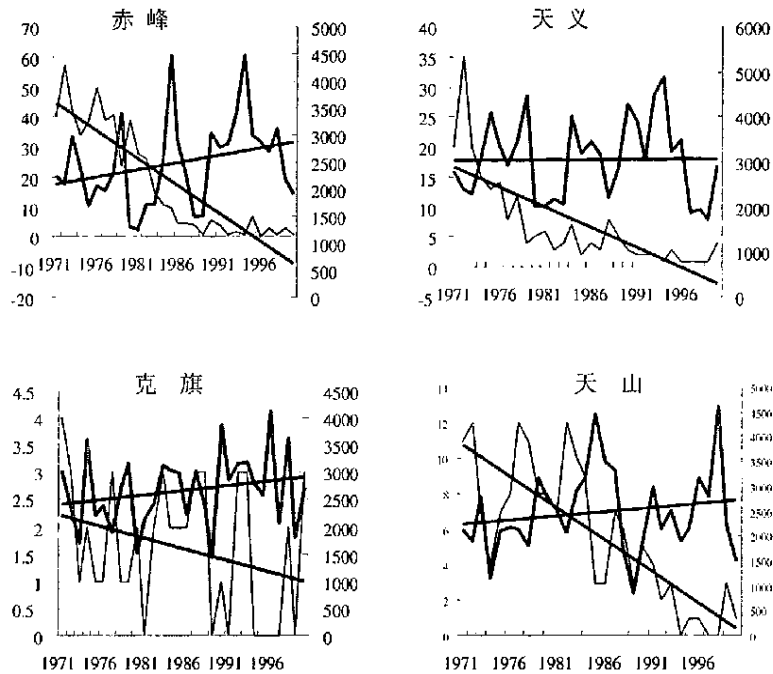


图5 4个站的春季沙尘日数与前一年夏季降水量的年际变化曲线及沙尘日数趋势线、降水量趋势

Fig.5 Annual various and trand of Dust and sand's days ,the precipitation of the previous year in summer ,at4 stations

由图中可以发现春季沙尘日数都呈明显的下降趋势，与我国大部分地区的沙尘天气呈减少趋势是相一致的。同时夏季降水呈上升的趋势，尤其是赤峰、天山地区夏季降水量增加的很多，相对应沙尘天气减少的也比较明显，图中的趋势线的斜率比较大。其他两个站的降水增加的趋势不很明显，沙尘天气下降的趋势也稍弱一些。这些特征反映了春季沙尘日数与前一年的夏季降水量呈反相关

关系。以上关系表明夏季的降水对第二年的沙尘天气的预报有一定的意义。

第五节 气候动力因子与赤峰地区沙尘天气的相关分析

1 气候动力因子与赤峰地区沙尘天气的相关分析

从气候动力学角度，探讨与沙尘暴频率最为相关的气候动力因子对于未来沙尘暴频率的预测有着非常重要的意义。大风是沙尘暴起因中最为直接的因子，但大风是时空变化很大的气象要素，寻找一种与沙尘暴频率相关较好、且空间变化不大的大尺度气候动力因子，对于预测未来该地区沙尘暴频率有着重大的实际应用价值。由前面的分析，可以看出大风日数与沙尘日数具有相当好地的相关，基本上都在0.5以上。大风日数因子是影响沙尘暴频率的主要因子。

达布希拉图[23]等曾经对气候因子对内蒙古沙尘暴频率的影响做出研究，指出影响内蒙古中西部地区沙尘暴频率时间分布变化的气候主导因子是：大风日数、北半球极涡面积指数、亚洲北半球及极涡强度指数等代表冷空气活动的气候动力因子。主要是针对内蒙古西部测站进行的，那么这些气候动力因子对赤峰地区的沙尘暴频率有什么样的影响呢？以下将对这些进行研究。

西风环流指数是纬向环流距平与经向环流距平的比值，从图6可以看出1971~1980年期间西风指数是正值，纬向环流占主导地位，1980~2000年处于负值区，经向环流占主导地位，这与沙尘暴20世纪60、70年代强盛，20世纪70年代末期开始减弱具有很好的一致性。

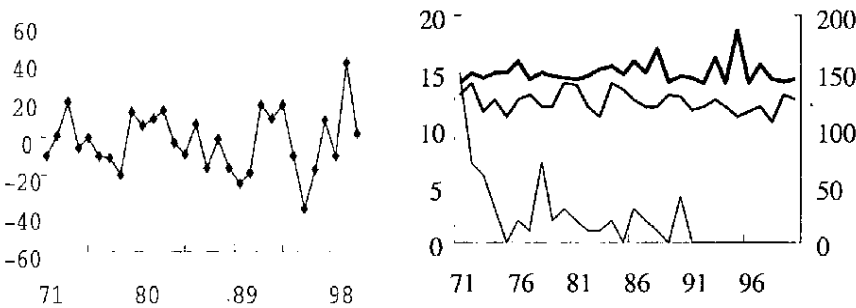


图6 (a) 西风指数

Fig. 6 (a) west wind index

(b) 经向环流、纬向环流和沙尘暴频率

(b) lagitude and latitude circulation and sandstorm frequencye

说明西风指数因子也是影响沙尘频率的主要因子，虽然数值间的相关并不显著。

从图6b 分别分析经向环流和纬向环流的指数与沙尘暴频率的关系发现,亚洲经向环流与纬向环流与沙尘暴频率的相关并不好,相关系数分别是-0.14 和0.28。

在极地上空,极涡是活动于极地附近的冷性涡旋,是高纬度最强大的环流系统,其活动及其所在位置对中高纬乃至整个北半球天气系统的活动和天气气候有着直接的影响。极涡的扩张和收缩反映了极地冷空气的活动,它不仅会影响北半球气候带的南北推移,而且由于绕极环流的变化和异常,同时还会影响大气环流及天气气候的变化,因而研究极涡的活动规律有一定的实际意义。当极涡中心明显偏向于东半球时,使极锋锋区位置相对偏南,中纬度短波槽脊活动频繁。当这类短波槽脊南下发展加深时,常引导极地冷空气南下,在北方造成大风天气,在有利的地表条件下,形成沙尘天气。

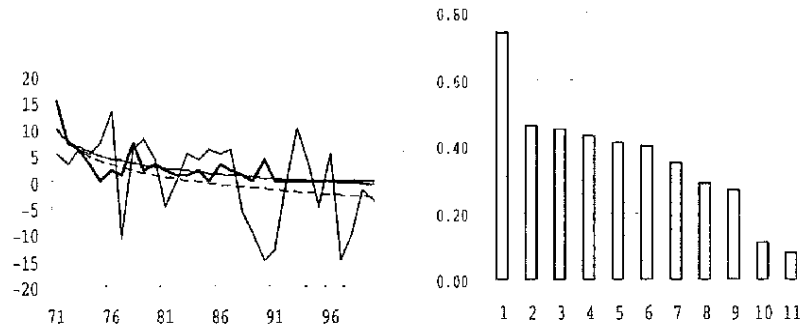
亚洲极涡指数的变化趋势与北半球极涡指数变化趋势基本一致[24]。20 世纪60~80 年代北极涡活动处于强盛期,对应着沙尘暴多发期,80~90年代北极涡活动处于偏弱期,冷空气活动偏弱,对应着沙尘暴低发期。

(图6)亚洲北极涡面积距平和沙尘暴距平

(图7)沙尘暴频率与气候动力因子的相关系数

Fig 6 from flat of Asia Arctic whirlpool from a and sandstorm

Fig.7 coefficient correlation of sandstorm frequency and the climate motive factor



1: 大风; 2: 北极涡强度指数; 3: 亚洲北极涡面积指数; 4: 北极涡面积指数; 5南方涛动指数; 6: 亚洲北极涡强度指数; 7: 副热带高压面积指数; 8: 副热带高压强度指数; 9: 纬向环流指数; 10: 亚洲西风指数; 11: 经向环流指数

王会军[25]曾经指出,全球大气环流自20 世纪70 年代末之后的转变可以很清楚地在大气温度、风场等的变化上得到发现。更重要的是,在这次转变之后亚洲和非

洲的季风环流变弱了,同时热带东太平洋区的信风环流也变弱了。这一事实与自20世纪70年代末之后亚洲北极涡活动偏弱及沙尘暴频率减少趋势非常吻合,二者的相关性很一致,说明北半球极涡指数是影响沙尘暴频率的主要因子。北极涡面积指数和强度指数与沙尘暴频率的相关系数分别达到0.46和0.43。同样,亚洲地区北极涡面积指数和强度指数与沙尘暴频率的相关系数达到0.45和0.40。因此,北半球北极涡面积指数、强度指数和亚洲地区北极涡面积指数与赤峰地区沙尘暴频率具有显著相关,分别通过0.01的信度检验(检验值为0.41)。

图7是赤峰地区沙尘暴频率与11个气候动力因子相关系数从大到小的排列。相关性最好的是大风,然后是南方涛动和北极涡面积和强度指数。他们与赤峰地区沙尘暴频率的单相关都通过了0.01检验(检验值为0.4)。西太平洋副热带高压的强弱变化及其南北和东西位置的进退摆动是副热带环流调整的主要表现,同时它受西风带槽脊和东风带系统的影响。从图7中可看出副热带高压面积和强度指数与沙尘暴频率之间相关性不显著,相关系数分别为0.35和0.28。另外南方涛动指数与赤峰地区沙尘暴频率之间的相关反而很显著,达到了0.41。这与内蒙古中西部地区有很大的不同。影响最小的是西风指数和经向环流。

2 气候动力因子对沙尘综合分析影响

为探讨各气候因子对沙尘天气的综合影响,采用逐步回归的方法进行统计。结果表明,沙尘频率与各气候因子的关系中,最终方程中含有3个自变量:大风日数、亚洲北极涡面积、北极涡强度。而亚洲北极涡面积与北极涡强度指数之间的相关也很好(相关系数0.48),同时进入方程会降低整个方程的相关系数,本文选取了相关系数较高的前者。含有三个因子的回归方程:

$$Y=-64.48+1.18X_1+0.26X_2+0.33X_3,$$

其中, X_1 为大风日数, X_2 为亚洲北极涡面积, X_3 为北极涡强度

综上所述,代表动力影响的大风日数、北极涡度强度、亚洲北极涡度面积指数等气候因子是影响赤峰地区沙尘天气的主导因子。北极涡的面积和强度指数是代表大范围冷空气强度的气候因子。北半球极涡面积指数从20世纪60年代、70年代以正距平值为主,到80年代、90年代以负距平值为主;亚洲北极涡强度指数也从60年代、70年代以正距平值为主到80年代、90年代以负距平值为主。也就是说,近40年来,大风日数在减少;北极涡从70年代中期以前的扩张、强盛期到70年代中期以后的收缩、偏弱期,这是赤峰地区近40年来沙尘暴频率减少的气候方面的原因。

第六节 结论

本文详细研究了赤峰地区10个测站的30年沙尘天气实测数据的结果显示：赤峰地区沙尘天气日数有明显减少的趋势，尤其是自70年代末到90年代末非常明显。

（1）、近30年来赤峰地区春季沙尘暴频率总体上减少的主要原因是影响沙尘暴频率趋势的气候动力因子，北极涡活动的强弱及亚洲季风环流的强弱与沙尘频率变化趋势非常吻合，也就是代表冷空气活动的气候因子周期变化所致。影响赤峰地区沙尘暴频率时间分布变化的气候主导因子是：大风日数、极涡度强度、亚洲北极涡度面积指数等气候因子。

（2）、赤峰地区沙尘受多种气象要素的影响，风速、湿度对沙尘天气的影响最大。而地表温度、积雪对沙尘天日数的变化也有一定的作用。

（3）、从沙尘形成的气候条件来看，当地长期以来形成的气候特征最为重要，长期的气候和特有的地理环境制约了下垫面条件，但是当地气候条件的年际变化的影响仍不可忽视。

第四章 赤峰地区沙尘

天气的天气系统分型研究

摘要：使用中国中央气象台出版的历史天气图资料，对 1981 ~ 2000 年间发生在我市的沙尘天气过程的天气系统进行了分析研究，重点归纳了形成各次沙尘过程的天气系统的热力和动力结构，活动特征及高低层系统的相互配置。在此基础上，以触发沙尘天气强风的主要高空地面天气系统为依据，将形成我市沙尘天气的天气系统，划分成高空冷涡蒙古高压前部型、高空槽地面冷锋过境型、高空槽地面高压前部型、高空偏西或西北气流地面南高北低型、高空冷涡地面南高北低型。研究了各类型天气系统在沙尘天气大风形成中的作用、各类型强风的特点以及沙尘天气的时空分布特征，给出了各类型沙尘天气的天气学概念模型。

第一节 引言

在形成大范围沙尘天气的诸多条件中，除下垫面条件，如：沙尘源、植被覆盖度、土壤湿度及地形外，强风是重要条件，而强风与不同时空尺度的大气环流系统关系密切。就气象成因来说，沙尘天气是不同尺度天气系统相互作用的结果。所以在沙尘天气成因研究中，研究形成沙尘天气的天气系统类型是非常必要的，这对沙尘天气业务预报有重要的意义。[26]

Brazel[27]分析了美国亚利桑那州1965—1980年期间沙尘爆发时的各种天气特征后指出，4种天气系统——①锋面系统，②雷暴与对流，③热带扰动和④上层切断低压易导致沙尘暴的产生。王式功等对我国西北地区几次大范围强或特强沙尘暴天气过程的分析指出易产生沙尘暴的主要环流形势和天气系统有：①经纬向环流调整②冷锋活动③低空东风急流④中尺度系统。刘锦涛等也曾经对中国北方特强沙尘暴的天气系统进行分型，划分成冷锋型、蒙古气旋与冷锋混合型、蒙古冷高压型和干飚线与冷锋混合型。

如上所述，对形成我国特强沙尘暴天气系统的研究已经很多了。但是进行更适合于赤峰地区的天气系统类型的分析还很少。

本文使用的是扬沙、大风和沙尘暴出现次数最多年份的1961~1970年和出现次数较少年份的1981~2000年共30年的东季和春季的高空和地

面天气图资料,对期间发生在赤峰地区的扬沙、沙尘暴过程的天气系统进行了分析研究,并对天气系统进行分型,建立天气学概念模型,用micaps系统制作天气模型。目的是从天气学观点认识不同类型沙尘天气的成因,希望能为赤峰地区沙尘天气业务预报提供模板。

第二节 大气环流形势的季节性变化

考虑到沙尘天气主要是由地面强风引起的,不同类型沙尘天气之间的地面、高空系统的差异也最显著,故以高空、地面天气系统配合来对天气系统进行分型和命名。由于天气系统的季节性变化,赤峰地区的沙尘天气日数也相应有所变化。

在500hpa上北半球中高纬度大的环流形势主要是以极地低压(又称极涡)为中心的环绕纬圈的西风急流,西风带中有很大的平均槽脊,对赤峰地区影响最大的就是极涡、亚洲东岸的东亚大槽和副热带高压的强度和位置。在冬季时空基本为西北气流,地面上,蒙古的冷型高压强度达到全年最强值,冬季风十分稳定。蒙古的冷性高压非常稳定,只有在高空有较大的低槽移来而地面气旋发展时才能在短时间内受到破坏,但是这种高空槽和地面气旋往往又是诱导一次新的强冷高入侵东亚地区的气压系统,会造成一次强冷空气或寒潮天气过程。春季时,因为地面上增暖较快,高空基本气流是较平直的西风,多小波动,这个季节是气旋活动最频繁的季节。副热带高压也出现在南方,对北方也产生了影响。秋季由于副热带高压的控制大多数为秋高气爽的天气。夏季受气旋、反气旋和锋面、副热带高压影响较多,局地的天气变化大。[28]在这些大的环流系统下也就形成了沙尘天气的春季最多,冬季次之,秋季最少。

第三节 各类沙尘天气系统的基本特征

通过对沙尘天气过程当天、前12h、前24h的高空、地面、500hpa、700hpa、850hpa、地面影响系统的热力、动力结构、活动特征,以及高空急流与沙尘关系等的分析,以形成地面强风的天气系统为主,可将形成赤峰地区沙尘天气的大风地面天气系统分为高压前偏北大风、南高北低西南大风、冷锋过境偏西风。若按高空天气系统来分,可分为:高空冷涡型、高空槽型、西北气流型。综合地面与高空的环流形势,就可以分为高空冷涡蒙古高压前部型、高空槽地面冷锋过境型、高空槽地面高压前部型、高空偏西或西北气流地面南高北低型、高空冷涡地面南高北低型。最多的是

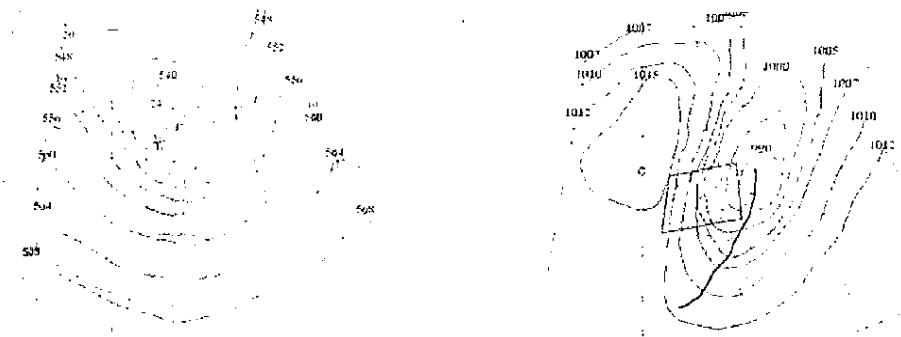
高空槽地面高压前部型,占 46%,其次多的是高空槽地面冷锋过境占 25%,剩下的几种形式出现的几率都差不多。

3.1 高空冷涡, 蒙古高压前部型:

这种形势主要特点是 500ha 东北地区有一个闭合的冷涡系统,地面处在蒙古高压的前部。东北冷涡是由于生成于蒙古国西部或贝加尔湖附近的蒙古气旋向东南或偏东方向移动,在蒙古国中部气旋强烈发展,待气旋移入东北平原后,气旋锢囚。气旋强烈发展导致地面风速迅速增加,形成沙尘天气。地面气压系统活动特征是强大的冷气团(冷高压)自西伯利亚南部向东移动,在蒙古国及与我国毗邻地区形成强盛的冷高压,东北地区与高空冷涡相对应有一低压系统。高低压中心纬度相差不大,值相差很大,气压梯度力大。500 百帕东北冷涡闭合环流中心集中在 $118 \sim 127^{\circ} \text{E}$ 、 $45 \sim 55^{\circ} \text{N}$ 之间,占 80%以上,特殊的在 133°E 以东,或东经 125 度北纬 43 度附近。一般情况下,为冷涡的形式,有时冷中心落后于低压中心。在关键区($110 \sim 125^{\circ} \text{E}$ 、 $42 \sim 52^{\circ} \text{N}$)为西北气流。在 850 百帕为偏北或西北风,风速 ≥ 14 米/秒,有很强的冷平流,一般等压线与等温线互相垂直。

图 1 高空冷涡, 蒙古高压前部型高空、地面形势型

The pattern of Geopotential height and Pressure above sea level the cold vortex and the front of Mongolian high pressure



地面关键区为蒙古高压前部,高压中心分布在三个区: $42 \sim 44^{\circ} \text{N}$, $108 \sim 113^{\circ} \text{E}$ 或 $45 \sim 51^{\circ} \text{N}$, $100 \sim 107^{\circ} \text{E}$ 占 80%左右,还有在 $48 \sim 50^{\circ} \text{N}$, $95 \sim 97^{\circ} \text{E}$ 之间,高压中心值很高,虽然高压中心值的位置不同,但是均延伸至蒙古高原地区。形成高空风速较大、中低空强的冷平流、地面

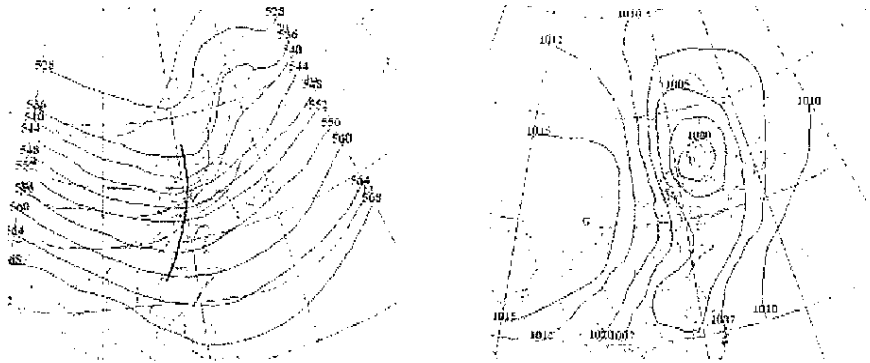
有很大的气压梯度,在这种形势下,有利于偏北或西北大风的产生和加强,形成沙尘天气。(图 1)

3.2 高空槽, 蒙古高压前部:

这种形式是最多见的, 占总数的 46%。最主要的特点是在 500 百帕有一深厚的高空槽(但是还不够强盛到形成涡的形式), 带来贝加尔湖强冷空气, 对应的高空气流是偏西或西北风气流, 槽线在 $120 \sim 125^{\circ} \text{E}$ 之间, 同时也处在温度槽区。在 700 百帕、850 百帕天气图上可看出在东北地区 ($120 \sim 125^{\circ} \text{E}$, $42 \sim 50^{\circ} \text{N}$) 出现气压和温度的闭合环流, 同时冷中心落后于低压中心, 并且等温线垂直于等高线, 冷平流非常强, 而 850 百帕最为明显。地面形势类似于上面第一种形式, 也是在东北地区为低压系统, 内蒙古中部为高压, 但是较第一种形式位置偏南一些。在这种形势下, 高空槽会继续发展, 把冷空气向东南方向输送。地面高低压之间的气压梯度力继续增大, 这种高低空配合就会形成偏北或西北风, 会带来上游的沙尘在本地形成沙尘天气。

图 2 高空槽 (500hpa), 蒙古高压前部型

Fig. 2 Pattern of geopotential height trough and pressure to the ahead Mongolian high



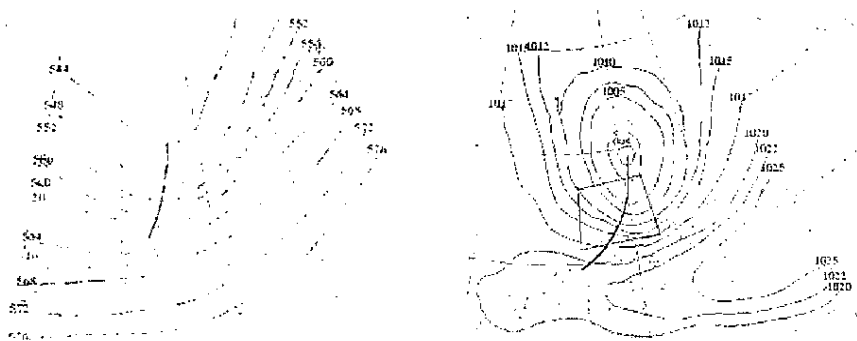
3.3 高空槽, 地面冷锋过境:

这种形势大都发生在春季。在 500 百帕高空槽为长波槽, 还处在内蒙古中部地区, 赤峰地区上空是西南气流, 并且温度线处在暖舌区。冷槽具有典型的斜压不稳定结构, 冷槽前等高线辐散, 温度槽落后于高度槽, 槽后锋区冷平流强烈, 此类冷槽是由西西伯利亚长波槽东移而来的, 在移动过程中不断加深, 到赤峰地区已经加深成东亚大槽。槽前的等压线非常密集, 在关键区为槽前西南气流, 风速 ≥ 30 米/秒, 槽线处在 $105 \sim 110^{\circ} \text{E}$ 左右

通常为南北走向。700百帕、850百帕为闭合低压环流前部的西南低空急流，风速 ≥ 18 米/秒。地面对应冷锋过境。由于这种高低空形式，高空的动量向下传递，在地面锋前可以产生西南大风，由于温度较高，地面浮土也会增多，非常容易引起沙尘天气。冷锋过后又开始西北大风。这样不但可以带来上游的沙尘，而且如果本地下垫面条件不好的话，也会形成扬沙或沙尘暴的天气。通常在这种情况下，沙尘天气伴随着大风会或大或小的持续几天。

图 3 500hPa 高空槽，地面冷锋过境型

Fig.3 The pattern of trough over 500 pHa and the cold front nearing



3.4 高空偏西气流，地面南高北低：

这种形势主要出现在春秋两季。这种形式属于比较低浅的系统，越到近地面越强，也是典型的斜压系统。500百帕长波槽前为偏西气流，槽很浅不明显，并且等温线比较少，南北气温交换即冷暖平流在这一层表现得也不显著。700百帕逐渐变为槽后偏西气流，为冷平流，同时气压梯度、温度梯度增加到很大。850百帕在 120°E 、 50°N 形成闭合的低压环流，关键区为暖区，是西北或偏西气流，有锋面，并且为冷平流。地面是南高北低的形式，在东北地区有低压，赤峰地区处在低压底部锋前西南风里面，低压在 $120\sim 125^{\circ}\text{E}$ 、 $48\sim 51^{\circ}\text{N}$ 之间，高压在日本或以西洋面，并且脊线延伸至 35°N ，地面形势为南高北低型，高低压配合易产生偏南或西南大风，同时引起沙尘天气。

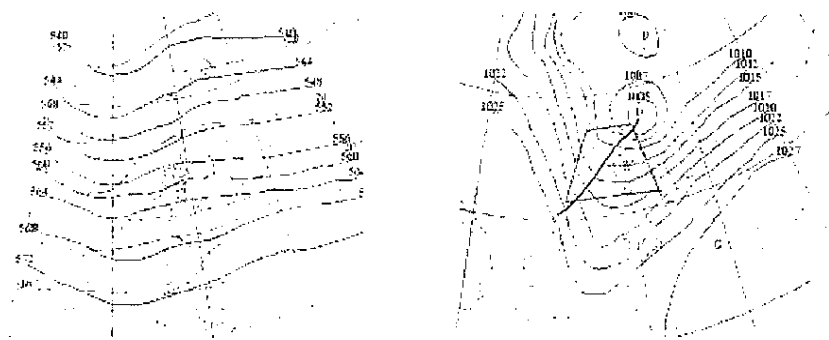


图 4 高空偏西气流，地面南高北低

Fig.4 The pattern of west current of high altitude , high pressure in the south and low in the north

3.5 高空冷涡，地面南高北低

这种形势较少。500百帕存在闭合低压环流，有时与温度低值区重合为冷涡，有时温度中心落后于高度中心，一般情况下，闭合环流中心位于 $105^{\circ} \sim 120^{\circ} \text{E}$ 、 $47^{\circ} \sim 55^{\circ} \text{N}$ ，处在蒙古与我国交界处、气压梯度大，高空风也较大。700百帕低压环流与500百帕的位置相近。850百帕低压中心不变，南北气压梯度较大，斜压性不强，赤峰地区处在西南气流中。地面对应高空冷涡处有一低压中心，低压中心在 114°E 、 48°N 左右，低压中心值在990百帕左右，并且出现锢囚锋，而高压中心大都处在 135°E 、 35°N ，并且向大陆延伸，与低压配合形成南高北低的形式，气压梯度力的作用易出现西南大风，沙尘天气也会伴随大风而出现。

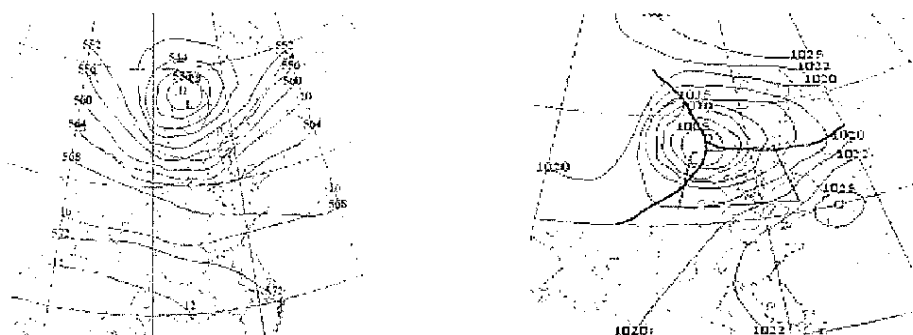


图 5 高空冷涡，地面南高北低

Fig.5 The pattern of cold vortex of high altitude , high pressure in the south and low in the north

第四节 赤峰地区的沙尘天气的预报模型

沙尘天气的产生与大风密切相关,可以说没有大风就不会有沙尘,大风的产生可以有以下几种作用产生:①气压梯度力的作用,形成大风必须要有较强的水平气压梯度,当气压梯度力达到一定程度时,便会形成大风。②高空急流的作用高空急流对大风的产生有很大的影响,当急流核位于槽后时,在急流出口的左侧由强的正绝对涡度平流,使气旋强烈发展,同时伴随有强烈的锋生,有利于大风的形成。③动量下传的作用,在气层不稳定的时候,当高空有强冷平流时,有利于动量下传,是地面风速加大。④变压场的作用,变压场对风有影响,当变压梯度大时风速也大,会造成大风。

4.1 高空冷涡,蒙古高压前部沙尘天气形势特征:气压梯度力、动量下传起主要作用。

(1) 高空急流不明显,在 $118 \sim 127^{\circ}\text{E}$ 、 $45 \sim 55^{\circ}\text{N}$ 之间有闭合的环流中心,与温度的闭合中心大致重合,或者温度场稍稍落后于高度场,有低涡存在,在关键区($115 \sim 121^{\circ}\text{E}$ 、 $42 \sim 45^{\circ}\text{N}$)每 5 纬距 ≥ 2.5 根等压线、等温线。

(2) 低空急流明显,在 700 百帕风速 ≥ 18 米/秒,每 5 纬距 ≥ 2.5 根等压线。

(3) 在 850 百帕风速 ≥ 14 米/秒,存在强的冷平流,也就是等压线与等温线夹角达到 90° 。

(4) 地面高压位于 110°E 、 $42 \sim 50^{\circ}\text{N}$,与东面的低压中心值(125°E)相差大多为 ≥ 25 百帕,在关键区等压线 ≥ 3 根/5 经距。

4.2 高空槽,地面高压前部的形式,同样气压梯度力、动量下传起主要作用。

(1) 500 百帕槽线表现为南北走向,处在 120°E ,在关键区为西北气流,每 5 纬距 ≥ 3 根等压线、2.5 根等温线

(2) 在 850 百帕有很强的冷平流,通常为偏北气流,并且等压线密集,在关键区等压线 ≥ 3 根/5 经距。

(3) 地面气压梯度力非常大,关键区等压线 ≥ 4 根/5 经距。

4.3 高空槽,地面冷锋过境的形式,主要是高低空急流、变压场的作用。

(1) 存在高空急流,槽线表现为南北走向,处在 115°E ,在关键区等压线 ≥ 3 根/5 纬距,风速 ≥ 30 米/秒,为西南风。关键区在温度脊区。

(2) 700 百帕、850 百帕为低空急流,风速 ≥ 18 米/秒。

(3) 地面冷锋过境,低压中心在(120°E 、 48°N)在关键区等压线密集 ≥ 5 根/5 纬距,变压梯度大风速也大。

4.4 高空偏西气流,地面南高北低的形式,其主要作用的是近地面层的气压梯度力。

(1) 500 百帕形势不明显,为较平直的西风气流,等压线也不密集。等温线非常稀疏。

(2) 700 百帕的南北气压梯度较大, 关键区 ≥ 3 根/5 纬距, 等温线 ≥ 4 根/5 经距。同样, 在 850 百帕存在锋区。

(3) 地面南北气压梯度较大, 低压中心在 $120 \sim 125^{\circ} \text{E}$ 、 $48 \sim 51^{\circ} \text{N}$ 之间, 高压在日本或以西洋面, 并且脊线延伸至 35°N , 等压线 ≥ 2.5 根/5 纬距。

4. 5 高空冷涡, 地面南高北低形式, 气压梯度力起主要作用。

(1) 高空存在低涡, 低压中心在 115°E 、 $48 \sim 51^{\circ} \text{N}$ 之间, 与低温中心重合, 或超前一些, 关键区气压梯度 ≥ 3 根/5 纬距。

(2) 700 百帕的南北气压梯度 ≥ 2 根/5 纬距, 850 百帕的气压梯度 ≥ 2.5 根/5 纬距, 温度梯度 ≥ 2 根/5 纬距。

(3) 地面气压梯度为 3 根/5 纬距, 低压中心在 115°E 、 47°N 左右, 值很低, 一般 ≤ 1005 百帕。高压中心在 125°E 、 38°N 左右, 南北气压梯度大, 等压线 ≥ 3 根/5 纬距。

第五章 赤峰地区生态

环境的改善与沙尘天气的关系分析

第一节 赤峰市生态环境历史演变过程概述

赤峰市位于内蒙古自治区东部，地处蒙古高原向西辽河平原的过渡地带。全市所辖七旗二县三区，总面积 90021km²，总人口 447.1 万人，农牧业在全自治区占有重要的地位。由于人为因素和自然因素的共同影响以及人口的剧增（全市总人口由建国初的 161.9 万增加到本世纪初的 447.1 万人）与资源的不合理开发等，致使本市农牧业生态平衡遭到破坏。追溯本市近 60 年的农业生态环境演变历程，大体上经历了以下 4 个阶段：[29]

1 全市生态环境及植被最好阶段

自 20 世纪 40 年代初到建国前夕，本市生态环境基本上属完整的自然状态，人为因素较少，“天苍苍，野茫茫，风吹草低见牛羊”是当时本市生态环境及植被状况的真实写照。

2 生态环境及植被初降阶段

建国初至 60 年代，随着气候的变异，人口的增长（此阶段全市人口比建国初增加 143.4 万人）及农牧业的进一步开发等，全市生态环境及植被状况开始下降。但那时人们保护环境的意识相对较好，采取的改善措施也较为有利，因此，当时的整体生态环境状况基本上保持着相当高的水平。

3 生态环境及植被遭到严重破坏阶段

20 世纪 70 年代初至 80 年代后期，由于政治因素影响，加之气候变暖，人口剧增及土地资源和草场资源等的掠夺式开采，致使整体生态环境遭到了历史上前所未有的严重破坏，统计资料表明，1990 年全市大小牲畜 673.8 头只，比 1949 年增加了 569 万头，沙地面积达到了 242.53 万亩，比 60 年代初增加了 68.13 万亩，总人口 402.96 万人，比建国初增加 241.06 万人，退化草场面积近 461 万亩，比 60 年代初增加了近 10 倍。全市沙面积由 1958 年的 108.24 万亩扩大到 1985 年的 209.44 万亩，27 年增加了

101.20 万亩。1985 年全市水土流失面积 4.07 万 km^2 , 占总土地面积的 %45, 另外还有风蚀面积 1.77 万 km^2 。由于上述原因致使全市生态平衡遭到严重破坏, 大部分丘陵坡地植被稀疏, 使本来不多的天然降水和土壤水分又多被流失, 造成丘陵坡地沟壑纵横, 耕地破碎, 甚至基岩裸露。由于生态的严重失衡导致气候恶化, 旱情加剧, 农田、草场沙化退化严重。

4 生态环境及植被迅速恢复阶段

自 20 世纪 80 年代后期开始, 人们饱尝了生态严重失衡的恶果之后, 便迅速开始了大规模植树种草、恢复植被等的生态经济建设, 从而使全市生态环境的改善进入了突飞猛进的可喜阶段。到 1996 年底, 全市实有森林面积达到 196 万亩, 其中人工林面积达到 120 万亩, 森林覆盖率达到 21.79%。飞播造林面积达 11 万亩, 防护林面积达 37 万亩, 治理沙地面积达到 126 万亩, 人工种草达 29 万亩, 围封草场 80 万亩, 水土保持治理 195 万亩, 生态经济沟 34 万亩。中低产田改造 13 万亩, 有效灌溉面积 28 万亩, 保证灌溉面积 25 万亩, 配套机电井 28245 眼。由于近 10 多年来生态建设步伐的加快以及科技投入的增大等, 对全市生态环境和气候条件的改善及保证农牧业的稳产程度等都起到了重要作用。气象资料表明近几十年降水量一直有增加的趋势。即使在旱灾之后, 全市的农业产量仍然很好, 充分显示了生态建设的经济效益。

第二节 赤峰地区不同类型的气候区

1 赤峰地区干旱成因及降水量空间分布特点

赤峰地区属于干旱少雨的地区, 年平均降水量在 300~400 之间。降水量的多少, 决定了干旱程度的轻重, 而干旱的形成除与太阳黑子活动、大气环流、纬度高低、距海远近、地形地貌、土壤植被等有关外, 还与人类活动密切相关。本市北、西南三面环山, 受地理位置及地形地势等因素影响, 降水量呈北、西、南多, 中东部偏少趋势。形成这种时空分布特点和变化的差异, 主要是受副热带高压强弱和位置的控制, 还与季风环流有关, 而季风活动有早有迟, 有强有弱, 因而形成了本市半干旱的降水特点, 降水量季节分布差异悬殊, 地理分布不均, 不同年际间降水变率大。形成这种雨量分布特征的原因是由于东南来的暖湿气流受努鲁尔虎山脉和期老图山脉的地形抬升作用, 致使南部的锦山、敖汉南部、宁城县的年降水量达到 400 毫米以上, 个别年份年雨量可达 500 毫米以上, 最多的天义镇 1962

年降水量达 806.7 毫米。当东南来的暖湿气流继续北进，到西辽河流域时，一方面暖湿气流中的水汽因地面植被稀疏，蒸发强烈而减少，另一方面它与翻越大兴安岭的下沉增温变性冷空气相遇，致使空气中的水汽不能冷却到凝结温度而形成降水，故这些地区降水量明显减少。翁旗东部年降水量只有 300 毫米左右，最少年份不足 200 毫米，致使旱灾频繁。当东南来的暖湿空气继续往北推进，遇到大兴安岭山脉阻挡时，由于地形抬升作用，又使大兴安岭的迎风坡和岭上降水增多，如克旗的大局子一带年平均降水量可达 539 毫米，林东镇和浩尔吐年平均雨量达到 369 毫米以上。

全市蒸发量与降水量分布趋势相反，在少雨地区由于日照充足，气温高，地表植被稀疏，所以蒸发旺盛，年总量可达 1530~2360 毫米，是年降水量的 6~8 倍，由于蒸发量远大于降水量，致使空气干燥，干旱频繁。

2 赤峰地区不同类型的气候区

我市地域辽阔，气候类型多样、灾害种类繁多，因此在拟定生态建设总体规划方案时应尊重自然规律，本着充分发挥气候资源优势、防灾减灾、趋利避害、改造气候的方针，因地制宜地进行总体规划。以下是各气候区的规划方案：

2.1 西北部温良半湿润牧林气候区

本区自阿鲁克尔沁旗、巴林左旗北部起，经巴林右旗北部、林西县北部、科什克腾旗东南部、喀喇沁旗的小牛群到宁城县西部的黑里河为止，海拔多在 1000 公尺以上，地势最高，植被多属草甸草原和森林草原。本区气候特点是冬长而寒冷，夏短而凉爽，降水偏多，热量偏少，无霜期短，光能资源较缺，蒸发量小，风蚀轻，气候较湿润，土壤植被最好。

总体来说，本区内草场资源丰富，草质优良，宜牧、宜林地多，水草优厚。因此，区内应以发展林业、牧业为主，牧业应以发展大出为主，大小畜相结合。沿山地带宜发展林业并应以乔木为主，乔灌结合。在靠近西北界的部分低山缓坡地带可种植一些耐寒性作物，在本区东南界的部分河谷地带，宜适当种植一些耐寒、早熟的作物。区内主要不利气候条件是霜冻和雹灾，其次是白灾和水土流失较重，直接影响本区内农牧业的稳定和提高。

2.2 中部温暖半干旱半农半牧气候区

本区主要包括阿旗中部、左旗中南部、右旗中部和林西县中南部及克旗东部、翁旗西部、松山区西部、喀旗中部及宁城县西部等地区。呈带状分布，海拔 700 公尺左右，多数草甸草原和低山丘陵草原。

气候特点是热量较好，雨量不足，无霜期多为 115~135 天，光能丰富，冬春少雪多风，夏秋温暖且日差较大，气候较干旱，森林覆盖率最低。

本区受自然条件及气候影响，在现有的生产布局上形成了农牧交错，半农半牧的经济结构。本区畜牧业应以发展小畜为主，大小畜相结合。旱作农业以种植中熟、中晚熟作物为主，并应采取山地营林造林、丘陵草原放牧、缓坡平川经营种植业的经济结构方式。多数半农半牧气候区应积极创造条件向以农牧为主、农牧林结合的方向发展，而不应向农业过渡。东部降水较少，风蚀较重的区域，应大力营造农田、牧场防护林，为改善沙地生态环境、充分利用和改善目前不良气候状况、恢复植被、以林养牧创造有利条件。区内主要不利气候条件是干旱和风蚀及水土流失等。

3 东南部温热半干旱农牧气候区

受地型和气候类型的不同将本区分为二个亚区：

3.1 第一亚区位于西拉沐沦河中、下游和老哈河北岸的三角形地带。西起巴林桥向东延伸至老哈河与西拉沐沦河汇流处。属西辽河上游平原。北、西、南三面被浅山丘陵区所包围，海拔最低，地下水位较高，属干草原类型植被。

区内主要气候特点是光热资源丰富，无霜期大于 135 天，年降水量为全市最少的区域。风蚀沙化严重、植被差、蒸发量大、气候干燥是本区的主要气候特征，俗有“八百里瀚海”之称。区内除靠近沿河两岸有少量农田外，其余多数地区基本是流沙广布、风沙作恶之地。

本区地下水资源丰富，经流本区的西拉沐沦河、老哈河是全市最大的河流。沿河平谷地带水草丰美，为本区的主要放牧场和打草场。有红山水库和海日苏两大水利工程，以防洪、浇灌为主，可灌溉面积约 40 万余亩。

从气候和自然条件看，本区应以发展畜牧业为主，并以发展小畜为宜。在水分条件较好的沿河两岸可发展养牛业。生态建设要以造林育草、防风固沙、退耕还林还牧为重点，集中力量搞好现有草原建设。做到按畜育草、以草定畜、林草结合、以林固沙护草、以草保林养牧，因地制宜发展商品粮基地。在热量充沛、水利设施较好的地区，可扩大水稻生产，对低产田块要实行草田轮作，解决春季牲畜缺草和培养能力。

3.2、第二亚区包括翁旗南部、市区中南部、喀旗东部、宁城东部、敖汉大部（包括奴鲁尔虎山区），海拔在 400~750 公尺之间。以中旱生植物为主，

属半干旱草甸草原类型。

本区主要气候特点是光热资源丰富，无霜期长，是全市光热水配合最好的地区。年降水量，赤峰、乌丹在 370 毫米以上，其余地区多在 400 毫米以上。由于降水量的年际变化较大和季节分配不均匀，常有旱涝出现。寒暑变化剧烈、干旱多风是本区的另一特点。多数地区盛行西北或西南大风，尤以春季最甚，属温带半干旱季风气候区。

本区应以发展农业为主，是本市目前主要的商品粮产区。农作物多以中晚和晚熟品种为主。对于宽阔的浅山丘陵地区，宜大力植树种草，恢复植被。低产田块应退耕还林，阳坡沟口地带可种植果树及其他经济林木。南部黄土丘陵地区晚春和夏初干旱较重，地表水缺，地下水位较深，对播种和幼苗生长影响甚大，春季水土流失较重。因此，水土保持，绿化荒山秃岭是涵养水源，保护农田的一项重要措施。

第三节 赤峰地区沙尘天气时空变化特征及原因

1 赤峰地区沙尘天气的概况

沙尘暴是赤峰地区仅次于干旱、霜冻的重要自然灾害之一。赤峰地区地处内蒙古东南部，受浑善达克沙地和科尔沁沙地的影响，沙尘天气较多。从 1951~2000 年年平均产生扬尘次数 20 次，沙尘暴 4 次左右，是受沙尘天气危害的区域。赤峰地区的沙尘天气随着时间的推移而逐渐减少的，特别是 80 年代以后沙尘天气日数迅速减少，到 96~99 年没出现过沙尘暴天气。赤峰地区沙尘暴主要集中在 3~5 月份的春季，尤其是 4 月份最多，基本已成为规律。沙尘在发生源地被扬起并进入空中沙尘在发生源地被扬起并进入高空，“大风降尘”使一部分沙尘在源地周围沉降，另一部分在西风急流的推动和作用下被携带和搬运到几百甚至几千千米以外。随着强冷锋在移动过程中的逐渐减弱，这些沙（土）尘在“无风降尘”作用下在赤峰地区自然沉降下来，并在此“安家落户”。

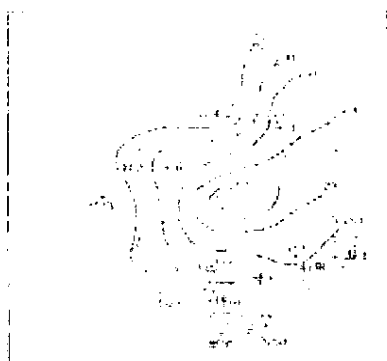
据有关研究指出，沙尘暴的形成有 3 个基本条件：一是大风，这是形成沙尘的动力条件，赤峰地区是大风多发的地区，从 50 年代到 90 年代年平均大风日数 30.2 天，尤其是春季较多，最多的敖汉地区在 3、4 月份的时候一个月几乎刮 20 天的大风（瞬时风速 $\geq 11\text{m/s}$ ），大风少的地区年平均也要在 10 几天。；二是地面上的沙尘物质，它是沙尘暴的物质基础。赤峰市处在浑善达克沙地和科尔沁沙地边缘，牛特旗大部、巴林右旗南部、阿鲁科

科尔沁旗南部和敖汉旗大部都被科尔沁沙地覆盖,在这里沙地裸露,植被稀少,给沙尘天气的发生提供了物质准备;三是不稳定的空气状态,这是重要的局地热力条件。

赤峰地区沙尘的地理分布也是有一定的特征的,是由它特定的地形决定的。分析认为,赤峰地区沙尘暴地理分布特征的形成原因主要是地形和下垫面状况的影响。赤峰市地处中纬度,地势西高东低。西北部有东北—西南走向的大兴安岭山脉,西南部有东南—西北走向的七老图山,东南部有西南—东北走向的努鲁尔虎山,因此在西北和西南两山间形成了偏西风的风口。天长日久,在平缓的西拉沐沦河两岸形成了科尔沁沙地。科尔沁沙地覆盖翁牛特旗大部、巴林右旗南部、阿鲁科尔沁旗南部和敖汉旗大部。[30]

图1 沙尘暴地理分布图

Fig. 1 Geographical distribution map of the sandstorm



因此,形成了如图1的沙尘暴地理分布特征,即沙尘暴的多值中心及等值线特点与科尔沁沙地分布特点一致。经棚、八里罕都位于背风坡,山体对风有阻挡作用,且地表状况良好,因此沙尘暴日数也少。可见地形作用和下垫面状况是沙尘暴发生多少的关键原因。

沙尘天气的出现危害了人们的生活与健康,使空气受到严重污染,能够引起呼吸和眼科疾病;危害了生态环境,造成巨大的经济损失:农业生产由于风揭沙盖导致翻耕翻种现象常有发生,严重时一年翻种3—4次,同时也加剧了草场沙化退化速度,使载畜量降低,影响畜牧业发展。据不完全统计:仅翁牛特旗、敖汉旗、巴林右旗和阿鲁科尔沁旗四个旗在1958—1988年三十年间,沙土埋没公路231公里、房屋3891间、农田、草

场 600 万亩，有 600 多户人家因流沙驱赶被迫迁居。由此可见沙尘天气危害的严重性。

2 赤峰地区沙尘天气减少的可能生态效应

赤峰地区的沙尘天气随着时间的推移是逐渐减少的，尤其是 80 年代开始沙尘天气日数锐减，扬沙由 50 年代的 25.7 天减少为 90 年代的 2.0 天，沙尘暴由 8.6 天减为 0.8 天，沙尘天气减少的原因一是气候效应。从全市大风日数的年际变化曲线看，近 40 年中大风日数也是随时间波动减少的，曲线呈下降趋势（图略），与沙尘暴日数的年际震荡和多年变化趋势相似。据统计全市春季沙尘暴日数与春季大风日数的相关系数是 0.55，通过 $A=0.01$ 的信度检验。说明风力条件对沙尘暴时空分布的影响较为显著。二是赤峰地区三北防护林的建设，第一阶段三北防护林工程自 1978 年启动至 2000 年结束，历时 20 多年。此项工程的实施，使赤峰地区的森林资源和面积增加，局部地区地表植被状况有较大改善，水土流失得到初步控制。这就对防风固沙起到了重要作用，从而有效地减弱了风速，减少了沙尘天气的发生。[30]

3 赤峰市气候变化及其对沙尘天气的影响

1、平均气温的变化

资料分析表明，赤峰市自上世纪 50 年代以来，年平均气温变化出现两个低谷。最低值出现在 1956 年，为近 50 年来最冷期，其次是 1969~1973 年。50 年代末至 60 年代前期全市气温偏暖且中南部比西北部偏暖程度明显。从 70 年代开始气温持续偏暖，特别是 80 年代和 90 年代期间期变暖程度远比 50，60 年代为高。到 90 年代末，全市均达到暖峰期。由下表可见，各点不同年代的平均气温随着年代的延伸而逐渐升高，其中赤峰市区和林东两地 90 年代平均气温比 50 年代均偏高 1.3°C ，经棚和天义镇 90 年代平均气温比 60 年代均高 $0.8\sim 0.9^{\circ}\text{C}$ 。以建站至 2000 年的平均气温为标准进行比较，赤峰市区 50 年代 50 偏低 0.8°C ，60 年代偏低 0.3°C ，70 年代偏低 0.1°C ，80 年代和 90 年代各偏高 0.5°C 。不同年代出现偏暖年份（年平均温距平 $\geq 0.5^{\circ}\text{C}$ ），赤峰 50 年代没有；60、70 年代各 1 年；80、90 年代各出现 6 年。林东 50 年代没有；60 年代 1 年；70 年代 2 年；80、90 年代各出现 5 年。经棚 60、70 年代各 1 年；80 年代 3 年；90 年代 6 年。

综上所述，赤峰市近 50 年来气温变化有如下特点：

（1）50 年中冷暖变化大，50 年代后期和 60 年代末至 70 年代初期为两

个气候偏冷期，60年代前期为第一暖峰期，70年代中后期至90年代气候在不断波动中趋于变暖。

(2) 50、60年代冷暖变化大，70年代变幅相对较小，80、90年代增温迅速，明显变暖。

表 1 不同年代年平均气温比较表 单位：℃、年

Table 1 Decadal various comparison of the average temperature

(Unit: ℃, year)

项 站	50 年 代	60 年 代	70 年 代	80 年 代	90 年 代	年平均气温 最低值即出 现年份	年平均气温 最高值即出 现年份	建站到 2000年平 均气温
赤峰	6.4	6.9	7.1	7.7	7.7	5.0/1956	8.6/1989	7.2
林东	4.5	4.8	4.9	5.3	5.8	3.4/1969	6.6/1998	5.1
经棚		2.4	2.6	2.8	3.3	1.4/1969	4.2/1998	2.8
天义		6.7	6.6	6.9	7.5	5.0/1969	8.5/1998	6.9

(3) 气候变暖主要表现在冬季气温升高，寒冷日数减少，空间分布以中部变暖最为明显。

(4) 夏季气温变幅较小，多数年份在平均值摆动，南部地区近年来略呈下降趋势。

(5) 中部地区年平均气温变化有 8~9 年的明显周期，北部、西北部有 7 年的明显变化周期。

2 气候变暖对赤峰地区沙尘天气的影响

气候变暖对本市的生态环境的影响一是沙地面积明显增加，全市沙地面积 1958 年仅为 1.08×10^6 亩，到了 1985 年已扩大到 2.43×10^6 亩，27 年增加了 1.01×10^6 亩，至 2000 年全市沙地面积已达到 2.43×10^6 亩。二是草地面积增大，至 2000 年已达到 4.61×10^6 亩，比 60 年代初增加了近 10 倍。三是水土流失严重。四是环境污染明显增加。五是地表覆盖度明显下降。

由于气候变暖，从而导致蒸发加剧，旱灾频增，致使空气中水汽含量减少。这些都是有利于沙尘生成的条件。但是由最近 40 年的气象资料表明我市大风、沙尘天气明显减少。以赤峰市区为例，50 年代平均每年发生大风日数 49.2 次，沙尘暴日数 13.7 次。60 年代平均每年发生大风 24.6 次，沙尘暴 5.4 次。70 年代平均每年发生大风日数 30.3 次，沙尘暴 4.4 次。

80 年代平均每年发生大风日数 18.0 次，沙尘暴 0.8 次。90 年代平均每年发生大风日数 13.1 次，沙尘暴 0.9 次。90 年代与 50、60 年代相比，无论是大风还是沙尘暴日数均明显减少。这些数据说明气候变暖，虽然使生态环境恶化，但是对沙尘天气的影响是使其减少。

第四节 赤峰地区三北防护林的建设对沙尘天气的影响

1 赤峰地区三北防护林建设概况

三北防护林建设是国家林业部的重点工程项目。在赤峰地区的实施范围包括全市的 12 个旗县区。建设布局上是以科尔沁沙地和浑善达克沙地、北部和南部浅山丘陵为重点建设和治理区，以防沙治沙和控制水土流失为骨干工程，以农田、草牧场防护林、水土保持、防风固沙林体系建设和良种壮苗培育为重点项目进行规划和布局的综合性生态环境改造工程。

第一阶段总任务是规划面积 1841 万亩，现在已经完成 3810.16 万亩，存活面积达 2650.06 万亩，完成下达任务的 207%。其中已完成人工造林 1992.71 万亩，飞播造林 209.85 万亩，封山育林 447.5 万亩，平均每年营造人工合格林 150 多万亩。累计治理开发沙地 2100 万亩，占沙地总面积的 52.3%。治理水土流失面积 3707 万亩，占水土流失总面积的 60.8%。森林覆盖率由治理前的 14.5% 已提高到现在的 25.01%。

此项工程经过 20 多年的实施，使赤峰地区森林资源和面积增加，生态环境明显得到改善，水土流失初步得到控制，保护农田和草牧场及抵御自然灾害的能力显著增加。

2 赤峰地区三北防护林建设对沙尘天气的抑制作用

经过 20 年的林业生态建设，我市大风、扬沙、沙尘暴、浮尘天气日数明显减少，对赤峰市 6 个代表站自建站至 2000 年的扬沙、沙尘暴、浮沉天气日数统计，结果见表 2，表 3：

统计结果表明，6 个代表站不同年代的平均大风、扬沙、沙尘暴、浮尘日数均呈明显减少趋势。以不同年代的沙尘暴和扬沙日数为例，赤峰市区自 1951~2000 年得 50 年中，共发生沙尘暴天气 237 次，其中 50 年代最多为 122 次，占总发生次数的 51.5%，60 年代发生 54 次，占 22.8%，70 年代 44 次，占 18.6%，80 年代共发生 8 次，占 3.4%，90 年代共发生 9 次，占 3.8%。50 年中赤峰市区共发生扬沙天气 1178 次，其中 50 年代占 43.5%，

60 年代占 20.5%，70 年代占 24.7%，80 年代占 9.4%，90 年代占 2.0%。

表 2 不同年代平均大风（≥8 级）、扬沙日数比较表

Table 2,The comparison sheet for gale(≥ 8G) 、blowing sand in various years

平均大风日数						平均扬沙日数				
年 代 站	50 年代	60 年代	70 年代	80 年代	90 年代	50 年代	60 年代	70 年代	80 年代	90 年代
赤峰	49.2	24.6	30.3	18.0	13.1	56.9	24.1	29.1	11.1	2.3
乌丹	39.8	38.7	36.5	37.0	30.3	32.0	28.6	18.3	6.9	3.3
大板	37.5	64.2	68.8	51.0	34.6	14.5	8.4	8.4	7.6	2.9
天山	20.5	25.1	21.1	13.0	11.1	20.0	16.2	8.3	6.5	1.0
经棚	8.0	28.2	48.1	61.2	39.3	9.0	1.3	0.9	2.3	0.8
天义	69.5	26.1	21.5	13.5	13.8	21.5	11.2	7.1	4.5	1.8
平均	37.4	34.5	32.7	32.3	14.2	25.7	15.0	12.0	6.5	2.0

表 3 不同年代平均沙尘暴、浮尘日数比较表

Table 3,The comparison sheet for sandstorm 、floating dust in various years

平均大风日数						平均扬沙日数				
年 代 站	50 年代	60 年代	70 年代	80 年代	90 年代	50 年代	60 年代	70 年代	80 年代	90 年代
赤峰	13.6	5.4	4.4	0.8	0.9	1.3	2.5	6.7	0.2	0.8
乌丹	11.3	19.4	4.6	2.6	0.9	0.5	1.8	5.4	0.1	0.3
大板	4.5	4.7	4.2	4.4	1.2	3.0	3.2	2.7	2.0	1.0
天山	9.0	11.4	4.3	2.8	1.2	4.0	0.5	0.2	0.2	0.2
经棚	8.5	1.1	0.9	1.1	0.2	3.0	1.0	1.9	0.5	0.1
天义	4.5	5.3	2.4	0.4	0.3	1.0	1.6	2.7	0.7	0.3
平均	8.6	7.9	3.5	2.0	0.8	2.1	1.8	3.3	0.6	0.5

乌丹站从 1961 年~2000 年的 40 年中，共发生沙尘暴天气 275 次，其中 60 年代共发生 194 次，占发生总次数的 70.5%；70 年代共发生 46 次，占 16.7%；80 年代共 26 次，占 9.5%；90 年代共 9 次，占 3.3%。40 年中

乌丹站共发生扬沙天气 571 次，其中 60 年代占 50%；70 年代占 302.0%；80 年代占 12.1%；90 年代占 5.8%。

由以上分析可看出，防护林的建设对我市的沙尘天气的抑制作用还是很大的。防护林的建设，使林网内的小气候环境得以明显改善。据有关部门测算，农田平均风速降低了 31.4%~36.6%，空气相对湿度提高了 9~105，水面蒸发量减少 660.1%毫米。这些都使得沙尘天气大幅度减少。

第五节 小结和讨论

从赤峰市生态环境变化看：由解放前到上世纪 60 年代的生态环境的严重破坏到 70 年代以后的加速治理，而沙尘暴日数由 60 年代的多发到 90 年代末减少为 0.8 个的实际情况看，我们可以得出如下结论：（1）赤峰地区生态环境的变化，人为的因素很重要；（2）三北防护林的建设改善了生态环境，改变了下垫面的状况，能够抑制沙尘天气的生成和加强；（3）在气候变暖的条件下，虽然蒸发量增多，沙地面积增加，草场减小，却并没有增加沙尘天气的日数。

人对大自然的过渡攫取破坏了人们赖以生存的生态环境就会引发自然灾害（沙尘暴就是其中的一种），这就形成了一种破坏生态环境引发自然灾害、自然灾害又加速了生态环境恶化的恶性循环。最终影响的是人们的生活，经济的发展。如果人们对大自然注意到有限的攫取并适当的回赠，注意对生态环境的保护建设，那么大自然就会给与人们更多的回报。这样人与自然和谐相处，才能实现生活稳定、经济可持续发展。

第六章 小结与讨论

沙尘天气是影响范围极大的灾害性天气，赤峰地区处在科尔沁沙漠和浑善达克沙漠的边缘，受其影响和危害是很大的，因此研究赤峰地区的沙尘天气是有实际意义的。

通过以上的研究，可以得出以下一些结论：

(1) 沙尘暴和扬沙日数的总体趋势是下降的。沙尘暴、扬沙日数的变化都不存在显著性周期。由于资料长度的限制,无法对20 a 以上的长周期进行分析，这个结果与文献中的所研究的全国的沙尘天气的周期性不太一致。

(2) 沙尘暴和扬沙年平均日数都是在60 年代较高,之后70 年代又有回升的趋势,到80 年代又减少,90 年代最少。其中沙尘暴日数从80 年代到90 年代的变化率最高,扬沙日数、沙尘暴分别在1974年和1981 年发生了由多到少的变化。

(3) 近30 年来赤峰地区春季沙尘暴频率总体上减少的主要原因是影响沙尘暴频率趋势的气候动力因子，北极涡活动的强弱及亚洲季风环流的强弱与沙尘频率变化趋势非常吻合，也就是代表冷空气活动的气候因子周期变化所致。影响赤峰地区沙尘暴频率时间分布变化的气候主导因子是：大风日数、极涡度强度、亚洲北极涡度面积指数等气候因子。

(4) 赤峰地区沙尘受多种气象要素的影响，风速、湿度对沙尘天气的影响最大，分别呈正、反相关的关系。而地表温度、积雪对沙尘天日数的变化也有一定的作用。前期降水对沙尘天气的预报有较好的指示作用。

(5)、从沙尘形成的气候条件来看，当地长期以来形成的气候特征最为重要，长期的气候和特有的地理环境制约了下垫面条件，但是当地气候条件的年际变化的影响仍不可忽视。

(6) 综合地面与高空的环流形势，就可以把影响赤峰地区的沙尘天得天气系统分为高空冷涡蒙古高压前部型、高空槽地面冷锋过境型、高空槽地面高压前部型、高空偏西或西北气流地面南高北低型、高空冷涡地面南高北低型。

(7) 产生沙尘天气最主要的大尺度环流系统是蒙古冷涡、地面冷锋、副热带高压的共同作用的影响。而蒙古冷涡（到赤峰地区的时候就变成东

北冷涡)是受极涡的强度和位置影响的。

(8)赤峰地区生态环境的变化,人为的因素很重要。

(9)在气候变暖的条件下,虽然蒸发量增多,沙地面积增加,草场减小,却并没有增加沙尘天气的日数。

(10)三北防护林的建设改善了生态环境,改变了下垫面的状况,能够抑制沙尘天气的生成和加强。

由于一些数据的缺乏,以及工作环境和分析工具的限制,本研究种种还存在着如下不足之处:

(1)本文着重研究的是气候因子对沙尘天气的影响,而对地理环境的变化和影响所提供的数据太少,不能很好的说明点面对沙尘天气的影响作用。

(4)认识的局限性,沙尘暴和沙尘天气是一个复杂的过程,影响因子较多,我们只对其中的一部分要素进行分析研究,得到的结论是初步的,其发生机理还需进一步深入研究。

(5)由于资料的限制,只能获取赤峰地区的地面资料,所以有些结论具有一定的片面性。

参考文献：

- 1 潘教麦, 叶红, 杨利萍, 等1苯重氮偶氮苯与镍显色反应的研究及其应用[J]1分析试验室, 1990, 9 (5): 161
- 2 周秀骥、徐祥德、颜鹏等, 2000 年春季沙尘暴动力学特征, 中国科学, 2002, 32 (4), 327 ~ 334.
- 3 刘景涛、郑明倩, 华北北部黑风暴的气候特征, 气象, 2000, 24 (2), 39 ~ 44.
- 4 王革丽、吕达仁、尤莉, 浑善达克沙地沙尘暴气候特征分析, 气候与环境研究, 2002, 7 (4), 433 ~ 439.
- 5 Gao Tao, Xiao Yu, Qingxia Ma et al. , Climatology and trends of the temporal and spatial distribution of sandstorms in InnerMongolia, *Water, Air, and Soil Pollution*, 2003, 3, 51 ~ 66.
- 6 徐国昌、陈敏连、吴国雄, 甘肃省“4. 22”特大沙暴分析, 气象学报, 1979, 37 (4), 26 ~ 357.
- 7 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, 地理学报, 2000, 55 (5), 513 ~ 521.
- 8 孙建华、赵琳娜、赵思雄, 一个适用于我国北方的沙尘暴天气数值预测系统及其应用试验, 气候与环境研究, 2003, 8 (2), 125 ~ 142.
- 9 赵琳娜、孙建华、赵思雄, 一次引发华北和北京沙尘暴天气起沙机制的数值模拟研究, 气候与环境研究, 2002, 7 (3), 279 ~ 294.
- 10 周自江、王锡稳, 西北地区东部群发性强沙尘暴序列的建立与分析, 地理学报, 2002, 57 (4), 437 ~ 442.
- 11 刘传风, 2000 年全球气象灾害评价, 灾害学, 2001, 16 (2), 59 ~ 60.
- 12 王式功、董光荣、杨德保, 等. 中国北方地区沙尘暴变化趋势初探[J]. 自然灾害学报, 1996, 5 (2): 86 - 94.
- 13 周自江. 近45 年中国扬沙和沙尘暴天气[J]. 第四纪研究, 2001, 21 (1): 9 - 17.
- 14 丁裕国、江志红. 气象数据时间序列信号处理[M]. 北京: 气象出版社, 1998. 26 - 32.
- 15 丁瑞强, 王式功, 尚可政, 近 40 年我国沙尘暴和扬沙天气变化趋势和突变分析
- 16 符宗斌、王强. 气候突变的定义和检测方法[J]. 大气科学, 1992, 16 (4): 482 - 493.
- 17 严中伟、季劲钧、叶笃正. 60 年代北半球夏季气候跃变—I. 降水和温度变化[J]. 中国科学(B 辑), 1990, 20 (1): 97 - 103.
- 18 史培军、严平、袁艺. 中国北方风沙活动的驱动力分析[J]. 第四纪研究, 2001, 21 (1): 42 - 47.
- 19 中国科学院地质部. 关于我国华北沙尘天气的成因与治理对策[J]. 地球科学进展, 2000, 15 (4): 361 ~ 364
- 20 CCICCD. China Country Paper to Combat Desertification [M]. Beijing :China Forestry Publishing House ,1996. 18 - 31.
- 21 周秀骥、徐祥德、颜鹏等, 2000 年春季沙尘暴动力学特征, 中国科学, 2002, 32 (4), 327 ~ 334.
- 22 王式功, 董光荣, 沙尘暴研究的进展, 中国沙漠, 2000, 20 (4), 352
- 23 达布希拉图, 赵春生, 气候因子对内蒙古沙尘暴频率的影响, 大气科学, 2004, 28 (6), 828
- 24 赵振国, 中国夏季旱涝及环流场, 北京: 气象出版社, 1999, 68 ~ 72.
- 25 Wang Huijun , The weakening of the Asian monsoon circulation after the end of 1970' s , *Adv. Atmos. Sci.* , 2001, 18, 376 ~ 386.
- 26 刘景涛, 钱正安, 中国特强沙尘暴的天气系统分型研究, 高原气象, 2004, 23 (4), 540
- 27 brazel AJ.the relationship of weather types to dust storm generation in Arizona(1965-1980)[J].J Climatol,1986,6,255-275

- 28 朱乾根、林锦瑞, 天气学原理, 285-287
- 29 李俊有, 赤峰地区三北防护林建设的气候生态效应评估, 赤峰市 2002 年气象科技服务与典型服务效益事例汇编, 2003, 1
- 30 尤莉、程玉琴, 近 40 年赤峰地区的沙尘暴天气, 内蒙古气象, 2003, 3, 22-23