

分类号: P445.4

密级: 内部

兰州大学

同等学力人员申请学位
学位论文

论文题目(中文) 喀什地区沙尘天气的初步研究

论文题目(外文) A Preliminary Study

on Sand-Dust Weathers in Kashi Area

申请人姓名 江远安

学科、专业 大气科学 天气动力学

研究方向 天气气候学

申请学位级别 理学硕士

导师姓名

职 称 王文 副教授

论文工作

起止日期 2004.1—2005.8

论文工作地点 新疆喀什地区气象局及环境气象中心

论文答辩日期

学位授予日期

摘 要

喀什地区位于西天山南麓,塔克拉玛干沙漠的西部边缘,为大陆性干旱气候,且具有独特的高山-绿洲-戈壁沙漠为一体的地理和生态环境,是沙尘天气的高发区之一。为了对该区域沙尘天气有较全面的认识,进行了本研究。本研究分七章,主要内容包括:

1、根据喀什地区 11 个气象观测站的 1961-2003 年地面观测气表-1 资料,分析了沙尘暴、扬沙和浮尘 43 年的时空分布特征及其变化特征。结果表明:(1)喀什地区沙尘暴和扬沙发生频率较高,大部分县市是沙尘暴的多发区和易发区、扬沙的高频区和多发区;沙尘暴和扬沙平原地区主要发生春季中后期及夏初,山区主要发生在春季;沙尘暴的变化以减少为主,扬沙平原地区逐渐减少,相反高山站塔什库尔干呈增加趋势,沙尘暴和扬沙的减少均是在波动中减少的。(2)喀什地区浮尘发生频率特高,时空分布不均;年际变化率较大,持续时间较长;43 年来除了莎车缓慢上升外,其它各站均在波动中缓慢下降。

2、分析了喀什地区气温、降水量、大风的变化特点,并探讨了上述三个气候因子对沙尘变化的影响,最后分析了社会、生态环境变化特点及其与沙尘的关系。通过分析发现:(1)喀什地区气候在变暖增湿,气温升高和降水增加具有明显的季节性差异;平原地区和北部山区的大风在波动中减少,南部山区在波动中增加。(2)大风和沙尘的变化趋势一致,年降水量和冬季平均气温与沙尘的变化趋势相反。(3)气候因子变化对沙尘有一定的影响,沙尘暴、扬沙、浮尘与大风表现出显著的正相关;沙尘暴与冬季气温呈明显的负相关;浮尘与年降水量、春季降水量呈明显的负相关。(4)喀什地区生态环境的变化与人类活动密切相关,人口不断增加,随之耕地面积增加、草地面积减少,森林面积的变化随着人类活动呈现出增减变化趋势。

3、统计分析了局地性和区域性沙尘天气过程,普查 33 年历史天气图,对强区域性沙尘天气过程进行 500hPa 环流形势分型。沙尘成因分析表明,南疆西部沙尘天气大多与冷空气活动有关。

ABSTRACT

Kashi area stands between the southern foot of western Tianshan Mountain and the western edge of Taklimakan Desert. It belongs to continental arid climate, and has unique geography and ecological environment with mountain-oasis-desert. In order to understand sand-dust weather more fully on the area, the study is done. The study is composed of seven chapters. The main contents are as follows:

1、Based on the surface observational data from 11 meteorological stations during 1961-2003 in Kashi, the spatial and temporal distribution characteristics of sandstorms, sand blowings and floating dusts and their changing features in 43 years are analyzed, the following results are obtained: 1) The frequency of sandstorms and sand blowings to be higher, most regions belong to frequently-occurring areas or areas liable to occurring of the sandstorms and sand blowings. Sandstorms and sand blowings mostly occur in latter spring and early summer in plain, mostly in spring in the mountainous regions. Overall sandstorms were tending to decreasing, sand blowings were gradually decreasing in plain regions. On the contrary, they were increasing in Tashikuergan of mountain area. Sandstorms and sand blowings were decreasing wavelly. 2) The frequency of floating dusts is highest in Kashi, and their spatial and temporal distributions are not even. Their frequency of variation is bigger, and the time of continuous is longer. Floating dusts were decreasing wavelly during 43 years except for Shache.

2、The changing features of the air temperature, the precipitation and the strong winds in Kashi area are analyzed, and the effect of these three kinds climatic factors on changing of sand-dusts is reasearched. The changing features of the society, the ecological environment and the relationship with sand-dusts are analyzed finally. It is found: 1) Kashi is warming and increasing humidity. The rising of air temperature and the increasing of precipitation had clear seasonal difference. Strong winds in the plains and the northern mountainous regions were decreasing wavelly, and ones in the southern mountainous regions were increasing wavelly. 2) The changing trends of strong winds were agreed with the ones of sand-dusts. The changing trends were

opposite between the whole precipitation and the average air temperature in winter. 3) The changing of climate factors had certain effects on sand-dusts. There were significant positive correlations between the sandstorms, sand blowings, floating dusts and strong winds. There were clear negative correlations between the sandstorms and air temperature in winter. There were clear negative correlations between the floating dusts and precipitation of the whole year and spring.4) There were close correlations between the changing of the ecological environment and human activities. The areas of plough were increasing and the ones of grassland were decreasing while population was increasing. The changing of forest areas had an increasing or decreasing trend with human activities.

3、the local and regional sand-dusts weather processes are analyzed. Based on the historical weather map in 33 years, the 500hPa circulation situation of the heavier regional sand-dust weather processes is divided. The analysis for the reason of sand dusts shows: the sand dusts weathers most relate with the activities of cold air.

第一章 绪论

喀什地区地处我国西北边陲，位于欧亚大陆腹地、塔克拉玛干沙漠的西部边缘，距离海洋遥远，地貌上呈三面环山、东面开口的半闭式盆地地形，北、西、南三面为高山所包围，地势西高东低，北有天山南脉横卧，西有帕米尔高原耸立，南部是绵亘东西的喀喇昆仑山，其东部为一望无垠的塔克拉玛干大沙漠，气候干旱少雨，植被稀少，地表疏松，属荒漠、干旱地区。喀什地区山地荒漠戈壁面积占总面积 81%，生态环境极为脆弱。特殊的地理位置和地形，为喀什地区沙尘天气的产生提供了良好的物质基础，沙尘天气发生频率较高，而且持续时间很长，其发生的机理、机制也比较独特。

目前随着经济的快速发展，人们的生活日益富裕，社会以及个人对环境的要求越来越高；而西部大开发战略的实施，改善生态环境成为迫在眉睫的课题之一；尤其是喀什已成为新疆最大的棉花生产基地和独特的民族风情旅游胜地，预防沙尘灾害对其环境和生产建设的影响已显得尤为重要。喀什地区是沙尘天气的高发区，沙尘暴发生频率高，扬沙、浮尘发生频率更高，沙尘天气给当地人民生活、健康以及环境带来了极大的负面影响。

1.1 沙尘天气的危害

沙尘天气是干旱地区常见的灾害天气，不仅影响着当地的环境、交通、工农业生产，而且沙尘和沙尘中携带的大量的有毒物质、细菌和病毒，还会给人类的健康造成不良影响（张仁健等，2000）。

沙尘暴是一种对人类产生危害的天气现象。其中强沙尘暴和特强沙尘暴对人类的危害最大。我国每年都会因沙尘暴的影响造成各种损失。如 1993 年 5 月 5 日发生在西北的黑风暴造成数百人死伤，直接经济损失达数亿元。1995 年 5 月 5 日，甘肃省一场特大沙尘暴降尘量高达 $1.2431 \times 10^7 \text{t}$ ，相当于省内最大水泥厂 15 年的产量。1998 年 4 月西北 12 个地、州遭受沙尘暴袭击，46.1 万亩农作物受灾，11.09 万头（只）牲畜死亡，156 万人受灾，直接经济损失 8 亿元（韩茂莉等，2002）。它不仅对工农业生产造成巨大的直接危害和经济损失，还可诱发大气污染事件使空气质量急剧恶化，并对大气能见度、大气光学特性、地气辐射平衡等多方面形成较为严重的影响，导致自然生态环境破坏（杨民等，2000）。

虽然浮尘的破坏性不大，但浮尘天气的影响却不容忽视。例如浮尘过程中空气中可吸入颗粒物浓度增加，对人体健康产生更大的危害，沙尘气溶胶在大气中的长时间存在和输送，对气候效应会产生很大的影响（张小玲等，2004）。

1.2 沙尘天气的定义

在气象学中，沙尘天气分为沙尘暴、扬沙和浮尘3类（地面气象观测规范；1979）。本文研究的沙尘天气指气象观测中的沙尘暴、扬沙和浮尘三种天气现象。陈广庭（2001）指出，沙尘暴是一种表现强烈的风沙活动，它到来时伴随大风，空中沙尘滚滚，地面出现扬沙现象，高空有浮尘，并且在沙尘暴过后，高空浮尘还会持续一段时间，所以沙尘暴、扬沙、浮尘不但是相互联系而且还难以分割。

2003年3月1日，中国气象局开始实施新的地面气象观测规范。新标准将沙尘天气重新划分为浮尘、扬沙和沙尘暴三类。其中，尘土、细沙均匀地浮游在空中，使水平能见度小于10.0km的天气现象称为浮尘；由于风大将地面尘沙吹起，使空气相当混浊，水平能见度大于等于1.0km至小于10.0km的天气现象称为扬沙；强风将地面大量尘沙吹起，使空气很混浊，水平能见度小于1.0km的天气现象称为沙尘暴。根据能见度将沙尘暴分为三个等级：沙尘暴能见度0.5km~小于1.0km、强沙尘暴能见度0.05km~小于0.5km、特强沙尘暴能见度小于0.05km（地面气象观测规范，2003）。

在不同的天气系统的影响下，沙尘暴的强度会有较大的差别。我国曾将沙尘暴划分成4个等级：4级<风速<6级，500m≤能见度<1000m，称为弱沙尘暴；6级<风速<8级，200m≤能见度<500m，称为中等强度的沙尘暴；风速≥9级，50m≤能见度<200m，称为强沙尘暴；当瞬时最大风速≥25m/s⁻¹，能见度<50m时，称为特强沙尘暴或黑风暴（方宗义，1997）。

1.3 国内外沙尘研究现状及进展

沙尘暴是全球干旱半干旱地区特有的灾害性天气，国内外学者一直致力于这方面的研究（王伟，2004）。国外从20世纪20年代起就开始了沙尘暴时空分布、成因与结构以及监测与对策等方面的研究（徐国昌，1979）。石广玉等（2003）讨论沙尘暴研究的科学问题时做了如下阐述：20年代初Hankin（1921）首先对印度的“*Andhi*”型沙尘暴的上升和下沉气流进行了研究。随后，Sutton（1925）对“*Haboob*”型沙尘暴进行了分析。Idso（1972）、Joseph（1980）也先后对沙尘

暴的气候特征、沙尘暴与雷暴中湿度场的差异，沙尘暴的平均风速及其发生发展的地理区域和频数等作了多方面的研究。80年代以来，Brazel (1986) 对发生在美国亚利桑那州的沙尘暴天气类型作了统计分类。Jauregui (1989) 对墨西哥城沙尘暴的时空分布也进行了系统研究，并指出3月份沙尘暴出现频率最大。Ott S T 和 A Ott (1991) 曾利用卫星和 GATE 资料对撒哈拉尘暴的爆发作过分析。

中国从20世纪70年代也开始了对沙尘暴的研究(徐国昌等, 1979)。到目前为止, 在沙尘暴过程个例分析(瞿章等, 1994; 徐建芬等, 1996; 肖贤俊, 2004)、沙尘事件的时空分布及气候研究方面(屈建军等, 2001; 王涛等, 2001)、气象要素场演变(何清, 1998)、卫星云图与光学特性(江吉喜, 1995)、沙尘气溶胶物理化学及辐射特性(邱金桓等, 1994)等事实揭露方面已经做了大量的工作; 在沙尘暴、成因分析方面, 涉及到了宏观天气气候条件和下垫面状况(王式功等, 1995); 用数值模拟方法研究了沙尘暴天气个例(陈伟民等, 1996); 同时开展了一些沙尘输送的数值模拟(刘春涛等, 1997; 成天涛, 2001; 周自江, 2001)和起沙机制的研究(孙建华等, 2003), 这些工作取得了很多有益的结论。此外, 就沙尘天气的预测也进行了一些初步的探讨(王锡稳等, 2003), 并取得了可喜的进展。

沙尘天气无论在观测事实、理论研究和预报方面都有了很大进展, 得到了迅速的发展, 这主要表现在:

1.3.1 开展了大量沙尘天气个例分析和以沙尘出现日数资料的统计分析为基础的研究

中国从20世纪70年代开始了对沙尘暴的研究(徐国昌等, 1979), 特别是90年代以来, 中国学者对沙尘暴的源区、时空特征和天气气候成因等方面颇为关注(牛生杰等, 2000; 邱新法等, 2001; 王式功等, 1996; 王革丽, 2002; 刘景涛等, 2003; 张高英等, 2004; 宋连春等, 2004)。这些研究发现, 沙尘暴的形成需要有大风、沙尘物质和不稳定的空气状态等3个基本条件(钱正安等, 1997); 沙尘暴是多种因素共同作用的产物, 尤其是特强沙尘暴的发生发展, 在具备宏观的气候和下垫面条件的前提下, 还需有利的环流和天气系统相配合(胡金明等, 1999)。近年来对沙尘暴的气候学分析表明, 过去的半个世纪中国北方大部分地区的沙尘暴日数趋于减少, 还存在显著的年代际变化, 在20世纪后半

叶(1954~2002年),我国北方地区强沙尘暴的发生次数以50年代最多,20世纪60~70年代我国北方沙尘暴频数呈波动上升趋势,80~90年代波动减少,且90年代减少更加明显(周白江等,2003;丁瑞强等,2003),但2000~2002年以来我国北方地区的沙尘(暴)次数又相对增多,统计分析表明2000~2002年的3年间强沙尘暴的次数超过了90年代的平均值(钱正安等,2002)。王式功等(2003)从沙尘天气区划方面着重分析研究了我国沙尘天气的区域特征,结果表明,我国沙尘天气多发区分别位于以民丰至和田为中心的南疆盆地和以民勤至吉兰泰为中心的河西地区;全国沙尘暴天气易发区可划分为北疆、南疆、河西、柴达木盆地、河套、东北和青藏等7个区;沙尘暴和浮尘在南疆区发生日数最多,而扬沙在河西区发生日数最多。

1.3.2 沙尘过程的成因分析

我国在沙尘天气成因方面的研究也有一系列工作,总体来说更侧重于天气学方面的分析,如王式功等(2000)指出,我国西北地区易产生沙尘暴天气的主要天气系统有冷锋活动、河西走廊地区低空东风急流的形成以及中尺度系统等;周秀骥等(2002)的研究表明,对于影响北京地区的沙尘暴过程,其主要原因是由于动力学条件,春季冷空气的活动及土壤的干土层面积等。有研究表明,我国北方地区春季沙尘暴天气发生的频数及强度与春季及前冬的气候特征及大气环流异常紧密相关(全林生等,2001;康杜鹃等,2003)。研究结果发现,沙尘暴的形成需要有大风、沙尘物质和不稳定的空气状态等3个基本条件(夏训诚等,1996);沙尘暴是多种因素共同作用的产物,尤其是特强沙尘暴的发生发展,在具备宏观的气候和下垫面条件的前提下,还需有利的环流形势和天气系统相配合(牛若芸等,2004);沙尘暴是风蚀荒漠化中的一种天气现象,它的形成受自然因素和人类活动因素的共同影响,自然因素包括大风、降水减少及其沙源;人类活动因素是指人类在发展经济过程中对植被的破坏以后,导致沙尘暴爆发频数增加(吴绍洪等,2004)。

1.3.3 沙尘天气过程环流特征分析

一些学者在沙尘和环流特征对比分析上也进行了研究,得出一些重要结论,如彭维耿等(2002)研究后发现宁夏初级多沙尘暴年,500hpa东半球极涡偏强,大气环流的经向度加大,我国北方高空纬向西风偏强;少沙尘暴年,则极涡弱,

大气环流经向度减小,我国北方高空纬向西风偏弱,不仅如此,西太平洋副高北侧的位势高度距平在偏多年和偏少年也发生了截然相反的分布,说明宁夏乃至我国北方的沙尘暴天气的发生可能还与低纬大气环流有一定的联系。赵光平等(2003)按不同分类标准,对同期发生的沙尘暴天气过程的环流背景、冷空气路径及影响系统等进行合成对比诊断分析,认为在相同的大尺度环流背景和冷空气路径下,由于影响系统的类型、强度、位置等不同,其影响区域会有所差异,且高低层大气的温度距平场及纬向风距平场的不同分布,与沙尘暴的落区也有密切关系。林朝晖等(2004)利用 NCEP 再分析资料以及台站观测资料,对可能影响 2003 年春季我国北方地区沙尘天气异常的气候与环境背景进行了分析,结果表明,2002/2003 年冬季风偏弱,从而导致春季冷空气活动偏少,这是造成 2003 年春季沙尘天气异常偏少的动力成因。

1.3.4 沙尘天气与气象要素之间的关系及沙尘指数的研究

已有研究对沙尘的发生与天气气候条件的关系进行了一些分析(周自江等,2002;周秀骥等,2002),并指出沙尘源区的气象要素对北方沙尘发生日数具有比较明显的影响,这些气象要素包括风、气温、降水、相对湿度或干燥指数等,有较明显的相关关系(张莉等,2003;唐国利等,2005;彭维耿等,2005;邱玉等,2005)。风、降水和沙源的变化与沙尘暴的发生频率有密切的关系,这三个因素又受气候变化影响,气候暖湿期生长茂密的植被,对地面尘沙物质起保护作用,即使动力和热力条件相同,也不容易产生沙尘暴;而遇气候干冷时期,当风、地表沙尘和气流条件具备时,则易于产生沙尘暴(方宗义,1997)。黄富祥等(2001)建立了适合毛乌素沙地气候特征的定量模型,比较深入地考察了毛乌素沙地的气候因素对沙尘暴频率的影响作用。张冬斌等(2003)利用能见度和风速构造沙尘指数,用以衡量沙尘现象的强弱,结果表明,所构造的指数能够代表我国沙尘天气多发区的沙尘天气状况。王小玲等(2004)利用 EOF 和 SVD 方法分析了近半个世纪中国春季沙尘天气(实际是扬沙日数资料)频数的时空分布特征及其与近地面风速和海平面气压的关系。李艳春(2004)从形成沙尘暴天气的动力机制、热力条件及物质基础入手,定性地分析了月平均风速、湿润度指数、月地面温差及下垫面沙化程度对沙尘暴频率的影响,建立适合宁夏中北部地区沙尘暴频率气候影响指数模型,比较深入地分析了宁夏中北部地区气候因素对沙尘暴频率的影

响。

1.3.5 沙尘气溶胶物理化学和辐射特性分析及沙尘输送和起沙机制的研究

目前，世界上对亚洲源区沙尘及沉降区所做的物理化学特征方面的研究不多，取得的成果较少（刘明哲等，2003）。根据 IPCC1995 年出版的报告，在全球尺度的辐射平衡中，大气气溶胶中的矿物质颗粒持续的时间和空间、粒子的物理化学性质是变率最大，也是最难确定的部分。据 zhuang 等人（1992）的研究，来自亚洲源区的沙尘，约有一半最后被输送到遥远的北太平洋。塔里木盆地的塔克拉玛干是亚洲大气沙尘的主要源区之一（姜逢清等，1998），这里起源的沙尘暴不仅横扫我国华北地区，甚至远征数千公里，沉降在遥远的北太平洋（Duce 等，1983）。为了对亚洲沙尘暴和大气气溶胶的特征有更好的了解，开始了一项针对亚洲沙尘的国际性的中日合作研究，在亚洲主要沙尘源区的塔里木盆地和腾格里沙漠分别设立了大气气溶胶粒子采样器，日本埼玉县作为沙尘沉降区也设立了气溶胶粒子采样器作为对比（刘明哲等，2003）。高卫东、刘明哲等对收集的大气气溶胶粒子样品进行了分析研究，说明能够到达日本沉降区的气溶胶粒子只是沙尘源区大气气溶胶中的很少一部分（高卫东等，2002）。

1.3.6 沙尘的预报及数值模拟

近年来，随着强沙尘暴出现逐渐增加的趋势，沙尘暴已成为我国北方地区严重的环境问题之一，引起了国内和国外的注意，对沙尘天气的预测越来越引起人们的关注。以前对沙尘暴的预报主要是天气学方法（赵光平等，1997；马元仓，1997；陕西省气象台，1997；许宝玉等，1997；张钦仁，1997；矫梅燕等，2003），这种方法的优点是易于操作，但主观性强（孙军等，2001）。现阶段有关沙尘暴事件的实时预测以及春季沙尘暴趋势的跨季度预测，也取得了一系列令人鼓舞的进展（王会军等，2003；陈红等，2004；赵琳娜等，2004）。一些学者对部分强沙尘暴天气进行了数值模拟，建立了一些概念模型，如陈伟民等（1996）用改进型 PSU/NCAR 中尺度数值模式（MM4 标准版）较好地模拟了一次强沙尘暴过程的海平面气压的演变和分布；康凤琴等（2003）采用了 MM5 中尺度气象模式模拟出 2001 年 4 月 8 日强沙尘暴天气的系统变化；姜学恭等（2003）采用中尺度 MM5V3 非静力方案对一次强沙尘暴过程进行模拟，建立了“冷锋型”沙尘暴概念模型；王劲松（2004）等利用 MM5 中尺度数值模式对一次强沙尘暴的强风天

气形势和地面风场进行了数值模拟；孙军等（2001）用摩擦速度和大气边界层稳定度状况来对沙尘暴进行预报的数值方法，用 PSU/NCAR 的非静力中尺度模式 MM5 对该天气学模型的检验结果表明了该模型的合理性。孙建华等（2003）将澳大利亚新南威尔士大学（UNSW）邵亚平发展的具有清晰风蚀物理学概念的起沙数值模式、输送模式与 PSU/NCAR 的中尺度气象预报模式 MM5 进行耦合，建立了一个较完整的沙尘暴起沙和输送过程的预测系统，该预测系统对沙尘天气的起沙和输送过程有较好的模拟能力。矫梅燕（2004）等对比分析了 2002 年和 2003 年春季沙尘天气发生的大气环流及地表条件特征，并利用具有风沙物理过程的沙尘数值模拟结果和动力诊断技术，探讨了 2002 年和 2003 年典型沙尘天气过程和冷空气过程中大气动力条件的作用。成天涛等（2005）建立的气候影响指数模型，能够用来解释当前浑善达克沙地沙尘暴频率的分布格局。

现在数值预报技术日臻完善，各种中尺度模式发展得也较快，对各种物理过程考虑得也比较周全，对一些中小尺度天气过程可以完全做到量化的客观预报，如何把传统的天气学方法同现代数值预报技术完美地结合起来，探索一种新的天气预报方法，乃是今后需要深入研究的一个关键课题（孙军等，2001）。

1.4 存在的问题和本文研究的意义

沙尘天气过程对人类生命财产和生存环境危害极大，近年来受到人们的普遍关注，成为研究的热门课题，研究成果很多。中国沙尘天气多发区位于以民丰至和田为中心的南疆盆地和以民勤至吉兰泰为中心的河西地区（王式功等，2003）。而喀什地区位于南疆盆地西部边缘、和田地区的西北方，也是沙尘天气的高发区。由于喀什地区是全疆最大的棉花种植基地，又是个旅游胜地，人们对于环境的要求越来越高，而沙尘给当地的国民经济和人民生活带来了一定的危害，因此迫切需要对喀什地区沙尘天气的具体分布情况有个细致的了解。

目前对塔里木盆地的沙尘暴研究较多，大量研究结果表明，中国西北地区是中国沙尘暴的高发区，而新疆浩瀚的塔克拉玛干沙漠及其南部是沙尘暴出现最多的地区之一（徐启运等，1996）。但是对扬沙和浮尘研究较少，个别学者对塔里木盆地的扬沙和浮尘进行了研究（何清等，1997），而喀什地区扬沙和浮尘天气的发生频率比沙尘暴高得多，且持续时间较长，有较大的危害，尤其是喀什地区浮尘的产生机理比较独特，这主要表现在喀什地区由于西部被高山所阻挡，西风

带上的冷空气部分翻山进入盆地造成风雨天气、部分沿天山以北绕到塔里木盆地东部开口地带倒流进入盆地，形成东风气流，沙漠的尘沙被东风气流卷起，并一路向西漂移，形成喀什地区的浮尘天气，东风气流受到喀什以西高山的阻挡，很少再向西进（除非东风特别强大），因此浮尘容易在喀什上空滞留，并维持较长时间，因此对喀什地区浮尘的研究也是十分必要的。而且大部分研究是将南疆作为一个区域求平均进行分析，喀什地区面积占新疆的十分之一，因此对其进行细致的研究是必要的。

对新疆的沙尘研究主要有：王旭等（2002，2003）利用 1961~1999 年新疆 90 个气象站的气表—1 资料分析了新疆沙尘暴的气候特征，给出了新疆沙尘暴的空间分布、演变趋势以及季节变化和日变化；何清等（2003）根据 1961~2001 年新疆代表北疆的 8 个气象站、天山山区的 8 个气象站、南疆的 8 个气象站的实测资料，分析了 40a 来新疆气温、降水、沙尘暴、扬沙、浮尘年代际变化特征。上述工作的资料取到 2001 年，而本文的资料是最新的，取到了 2003 年；另外对沙尘天气过程进行研究的比较少，本文对沙尘暴、扬沙和浮尘按照过程进行了研究。

第二章 研究内容及资料方法

2.1 本文的工作

2.1.1 利用 1961~2003 年喀什地区 11 个气象观测站的气表-1 资料, 分析了沙尘暴、扬沙、浮尘的时空分布特征和气候变化特征, 同时分析了沙尘暴持续时间的频率分布和最长持续时间以及浮尘的年际变化率及最长持续时间。

2.1.2 利用 1961~2003 年喀什地区 11 个气象观测站的气表-1 资料和月报表资料, 采用对比方法和相关系数的计算, 分析了气温、降水、大风的气候变化特点以及和沙尘变化特点的关系。利用 1950~2002 年人口、耕地面积、草地面积、森林面积的部分资料, 分析了社会、生态环境变化特点以及与沙尘的关系。

2.1.3 对沙尘暴、扬沙和浮尘分别进行了局地性和区域性天气过程的划分, 在此基础上分析了沙尘暴、扬沙和浮尘天气过程的持续日数; 强区域性沙尘天气过程的变化特征。最后进行了沙尘暴、扬沙和浮尘天气过程的环流分型以及成因分析。

2.2 研究区域概况

喀什地区地处欧亚大陆中部, 中华人民共和国西北部, 新疆维吾尔自治区的西南部, 位于东经 $71^{\circ}39'$ ~ $79^{\circ}52'E$ 、北纬 $35^{\circ}28'$ ~ $40^{\circ}16'N$ 之间, 海拔高度为 $1000\sim 1500m$, 总面积 16.2 万 km^2 , 其中绿洲面积 2.74 万 km^2 , 东西宽约 $750km$, 南北长 $535km$ 。境内最高的乔戈里峰(喀喇昆仑山的主峰)海拔 $8611m$, 最低处塔克拉玛干大沙漠海拔 $1100m$, 山前倾斜平原是喀什分布较广的一种地形, 地势西高东低。具有较独特的山脉、冰川、平原、绿洲、河流、戈壁沙漠于一体的地理和生态环境。

喀什地区属暖温带干旱气候带。境内四季分明、光照长、气温年较差和日较差大, 蒸发旺盛; 降水稀少, 但局地大降水时有发生; 夏季炎热, 但酷暑期短; 冬无严寒, 但低温期长; 春夏多大风, 沙暴、浮尘天气。因地形复杂, 气候差异较大, 大体可分为 5 个气候区: 1、喀什平原气候区; 2、沙漠荒漠气候区; 3、山地丘陵气候区; 4、帕米尔高原气候区; 5、昆仑山气候区。

辖区内有 11 个气象观测站, 其中 9 个在山前平原地区中、2 个在高山上。本文研究的气象资料取自于上述 11 个气象观测站, 它们的经纬度及海拔高度如本文研究的气象资料取自于上述 11 个气象观测站, 它们的经纬度及海拔高度如

第二章 研究内容及资料方法

2.1 本文的工作

2.1.1 利用 1961~2003 年喀什地区 11 个气象观测站的气表-1 资料, 分析了沙尘暴、扬沙、浮尘的时空分布特征和气候变化特征, 同时分析了沙尘暴持续时间的频率分布和最长持续时间以及浮尘的年际变化率及最长持续时间。

2.1.2 利用 1961~2003 年喀什地区 11 个气象观测站的气表-1 资料和月报表资料, 采用对比方法和相关系数的计算, 分析了气温、降水、大风的气候变化特点以及和沙尘变化特点的关系。利用 1950~2002 年人口、耕地面积、草地面积、森林面积的部分资料, 分析了社会、生态环境变化特点以及与沙尘的关系。

2.1.3 对沙尘暴、扬沙和浮尘分别进行了局地性和区域性天气过程的划分, 在此基础上分析了沙尘暴、扬沙和浮尘天气过程的持续日数; 强区域性沙尘天气过程的变化特征。最后进行了沙尘暴、扬沙和浮尘天气过程的环流分型以及成因分析。

2.2 研究区域概况

喀什地区地处欧亚大陆中部, 中华人民共和国西北部, 新疆维吾尔自治区的西南部, 位于东经 $71^{\circ}39' \sim 79^{\circ}52'E$ 、北纬 $35^{\circ}28' \sim 40^{\circ}16'N$ 之间, 海拔高度为 $1000 \sim 1500m$, 总面积 16.2 万 km^2 , 其中绿洲面积 2.74 万 km^2 , 东西宽约 $750km$, 南北长 $535km$ 。境内最高的乔戈里峰(喀喇昆仑山的主峰)海拔 $8611m$, 最低处塔克拉玛干大沙漠海拔 $1100m$, 山前倾斜平原是喀什分布较广的一种地形, 地势西高东低。具有较独特的山脉、冰川、平原、绿洲、河流、戈壁沙漠于一体的地理和生态环境。

喀什地区属暖温带干旱气候带。境内四季分明、光照长、气温年较差和日较差大, 蒸发旺盛; 降水稀少, 但局地大降水时有发生; 夏季炎热, 但酷暑期短; 冬无严寒, 但低温期长; 春夏多大风, 沙暴、浮尘天气。因地形复杂, 气候差异较大, 大体可分为 5 个气候区: 1、喀什平原气候区; 2、沙漠荒漠气候区; 3、山地丘陵气候区; 4、帕米尔高原气候区; 5、昆仑山气候区。

辖区内有 11 个气象观测站, 其中 9 个在山前平原地区中、2 个在高山上。本文研究的气象资料取自于上述 11 个气象观测站, 它们的经纬度及海拔高度如

表 2.1, 它们在喀什地区所处地理位置的示意图如图 2.1。

表 2.1 喀什地区各气象观测站经纬度及海拔高度

站名	北纬(°N)	东经(°E)	观测场海拔高度 (m)
喀什	39°28'	75°59'	1288.7
伽师	39°30'	76°44'	1208.6
岳普湖	39°15'	76°47'	1206.3
英吉沙	38°56'	76°10'	1297.5
巴楚	39°48'	78°34'	1116.5
麦盖提	38°55'	77°38'	1177.6
莎车	38°26'	77°16'	1232.3
叶城	37°55'	77°24'	1360.4
泽普	38°12'	77°16'	1274.7
塔什库尔干	37°47'	75°14'	3090.9
托云	40°31'	75°24'	3507.4



图 2.1 喀什地区各气象观测站示意图

2.3 资料选取

2.3.1 气象资料来自于喀什地区 11 个气象观测站气表-1 或月报表(质量和完整性很高)。

沙尘暴、扬沙、浮尘、大风: 1961~2003 年 11 个站的气表-1 逐日观测资料。

气温: 1961~2003 年 11 个站的月平均气温。

降水量: 1961~2003 年 11 个站的月降水量、日最大降水量以及出现时间。

2.3.2 人口、耕地面积资料: 来源于《喀什年鉴》, 资料年代为 1961~2003 年, 区域范围为喀什地区全区。

2.3.3 草地面积资料：来源于喀什地区畜牧局，年代连续性不完整，但是所取的四个年代（1969、1986、1990、2000 年）资料完整性较高，可以说明一定问题。

2.3.4 森林面积资料：来源于喀什地区林业局，年代连续性不完整，但是所取的七个年代（1950、1976、1982、1985、1990、1997、2002 年）资料完整性较高，可以说明一定问题。

2.4 分析和计算方法

2.4.1 依据《地面气象观测规范》，气象日界为 20 时，在统计沙尘暴、扬沙、浮尘和大风的出现日数时，若某一次沙尘暴、扬沙、浮尘或大风过程跨越 20 时，按两个出现日计算；当某一天沙尘暴、扬沙、浮尘或大风过程出现两次或以上时，按一个出现日计算。根据沙尘暴的起止时间，在做沙尘暴的日变化和持续时间统计时，将跨越 20 时出现的沙尘暴作为一次连续的过程处理。

2.4.2 在气象观测中，沙尘暴记录起止时间，扬沙不记录起止时间，因此本文只对沙尘暴的日变化进行分析。喀什地区 11 个气象站中，有 1 个基准站和 4 个基本站，全天 24h 记录天气现象及起止时间，其余 6 个站为气候站，白天（08~20h）记录天气现象及起止时间，夜间（20~08h）只记录天气现象而无起止时间，而基本站托云沙尘暴出现次数太少，无法分析，因此本文仅对喀什基准站和巴楚、莎车、塔什库尔干三个基本站进行沙尘暴日变化和持续时间的统计分析。

2.4.3 本文分别对喀什地区某日一个站、两个站……十一个站出现的沙尘暴、扬沙和浮尘天气进行统计，并在此基础上划分为局地性和区域性沙尘天气过程。把某日一个站出现沙尘天气定义为局地沙尘日，把某日 ≥ 2 站出现沙尘天气统一定义为区域沙尘日。不论局地沙尘日还是区域沙尘日，我们将日期连续的视为一次过程，持续一天的也视为一次过程，由此得到喀什地区沙尘天气过程个例谱。

2.4.4 在做沙尘暴、扬沙、浮尘、气温、降水、大风的气候变化特征分析时，将上述气象要素建立年平均或季度平均的时间序列，用线性回归法计算变化趋势。

线性趋势变化可用一元方程进行描述，建立气候变量与其所对应的时间的一元线性回归方程：

$$x_i = a + b t_i \quad i = 1, 2, \dots, n(\text{年份序号})$$

其中， a 为回归常数， b 为回归系数， a 和 b 可以用最小二乘进行估计。

对观测数据 X_i 及对应的时间 T_i ，回归系数 b 和常数 a 的最小二乘估计为：

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})(x_i - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2}$$

$$a = \bar{x} - b\bar{t}$$

其中 $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$ ， $\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$

回归系数 b ，也就是线性倾向率， b 的符号表示气候变量 x 的趋势倾向， b 值的大小反映上升或下降的速率。

2.4.5 相关系数可表示为：

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

相关系数有 $-1 \leq r_{xy} \leq 1$ 。当 r_{xy} 为正时，表示 x 与 y 之间有正相关；当 r_{xy} 为负时，表示 x 与 y 之间有负相关。当 $r_{xy} = \pm 1$ 时，表示 x 与 y 之间有一一对应的函数关系；当 $|r_{xy}|$ 越大，表示 x 与 y 之间的关系越密切。

2.4.6 t 检验

在假设总体相关系数 $\rho=0$ 成立的条件下，相关系数 r 的概率密度函数正好是 t 分布的密度函数，因此可以用 t 检验对 r 进行显著性检验。统计量

$$t = \sqrt{n-2} \frac{r}{\sqrt{1-r^2}}$$

遵从自由度 $\nu=n-2$ 的 t 分布。给定显著性水平 α ，查 t 分布表，若 $t > t_\alpha$ ，则拒绝原假设，认为相关系数是显著的。

第三章 喀什地区沙尘暴和扬沙的气候特征

3.1 沙尘暴和扬沙的时空分布特征

3.1.1 沙尘暴和扬沙的空间分布

本文将喀什地区平原区按照地理位置和气候特征划分为三个区：北部地区（包括喀什、伽师、岳普湖和英吉沙）、南部地区（包括莎车、叶城和泽普）、东部地区（包括巴楚和麦盖提），共 9 个气象站。另外还有 2 个高山站：位于北部山区的托云站和南部山区的塔什库尔干站，海拔均在 3000m 以上。

在分析沙尘暴时，由于托云 43a 中只出现过两次沙尘暴，分别发生在 1964 年和 1974 年，因此在以下讨论中，涉及到沙尘暴时，未考虑托云。

表 3.1 给出了喀什地区 1961~2003 年沙尘暴和扬沙的年平均日数，表 3.2 是周自江（2001 年）总结出的沙尘暴和扬沙的区划量值。由表 3.1 和表 3.2 可以看出，平原区的沙尘暴远远高于山区，塔什库尔干年平均日数仅 2.8d，是沙尘暴的影响区。平原地区中南部最多（13.7~16.2d），东部次之（11.0~12.3d），都是沙尘暴的多发区；北部最少（3.9~11.7d），其中英吉沙是沙尘暴的多发区，喀什和岳普湖是沙尘暴的易发区，伽师在平原区中最少，是沙尘暴的影响区。喀什地区沙尘暴年平均日数没有大于 20d 的，也就是没有区划量值的高频区。

表 3.1 喀什地区 1961~2003 年 43a 沙尘暴和扬沙年平均日数（单位：d）

	喀什	伽师	岳普湖	英吉沙	巴楚	麦盖提	莎车	泽普	叶城	塔什库尔干	托云
沙尘暴	6.9	3.9	7.7	11.7	12.3	11.0	14.2	13.7	16.2	2.8	
扬沙	32.8	19.0	37.6	37.1	65.2	22.4	49.8	33.2	41.4	4.1	0.5

表 3.2 沙尘暴和扬沙的区划量值（单位：d）

	影响区	易发区	多发区	高频区
沙尘暴	$1 \leq d < 5$	$5 \leq d < 10$	$10 \leq d < 20$	$d \geq 20$
扬沙	$1 \leq d < 10$	$10 \leq d < 20$	$20 \leq d < 40$	$d \geq 40$

对照表 3.1 和表 3.2，可见扬沙发生频率远远高于沙尘暴，其地理分布与沙尘暴基本相似，但也有特殊性。平原区的扬沙远远高于山区，托云最少（0.5d），塔什库尔干略多，也仅有 4.1d，都是扬沙的影响区。平原地区中大于 40d 的有东部的巴楚、南部的莎车和叶城，是扬沙的高频区；在 20~40d 之间的，有东部的麦盖提、南部的泽普、北部的喀什、岳普湖和英吉沙，是扬沙的多发区；北部的伽师仍然是平原区中最少的，是扬沙的易发区。在平原地区，没有小于 10d 的，也就是没有区划量值的影响区。

3.1.2 沙尘暴和扬沙的时间分布

3.1.2.1 沙尘暴和扬沙的季节分布和逐月分布

由喀什地区 1961~2003 年沙尘暴和扬沙逐月平均日数曲线 (图 3.1 和图 3.2) 分析得到: (1) 在平原区, 沙尘暴和扬沙春夏多、秋冬少, 主要发生在春季中后期及夏初, 12 月至翌年 1 月最少。其中沙尘暴 4~6 月最多, 这期间的总日数占全年的 60.3%~70.2%, 喀什、英吉沙、麦盖提、莎车、叶城和泽普峰值在 5 月, 伽师、岳普湖和巴楚峰值在 4 月; 扬沙春季和夏季发生日数相当, 春夏季总日数占全年的 83.2%~89.8%, 主要集中在 4~7 月。(2) 南部山区塔什库尔干沙尘暴和扬沙表现为冬春多、夏秋少, 其中春季 (3~5 月) 最多, 夏季的 7~8 月最少。春季沙尘暴总日数占全年的 66.7%, 其中 4 月最多; 扬沙总日数占全年的 53.1%。北部山区托云扬沙主要发生在 4~5 月和 8 月, 其它各月总日数为 0 或 1。(3) 沙尘暴和扬沙天气全年各月均可不同程度地发生。其中沙尘暴是叶城、泽普和岳普湖 12 月份未发生过, 塔什库尔干 7、8 月份未发生过; 扬沙仅有泽普在 12 月份没发生过, 托云 2~3 月、10~12 月未发生过。

上述分析表明春季沙尘天气发生比较频繁, 这正对应了春季正值季节转化期, 冷空气活动频繁, 大风发生频率高, 气温回暖解冻, 地表土层疏松。

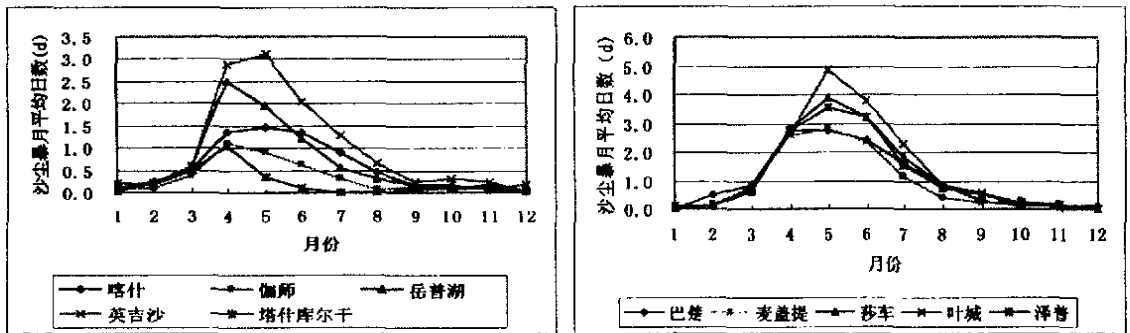


图 3.1 喀什地区沙尘暴逐月平均日数

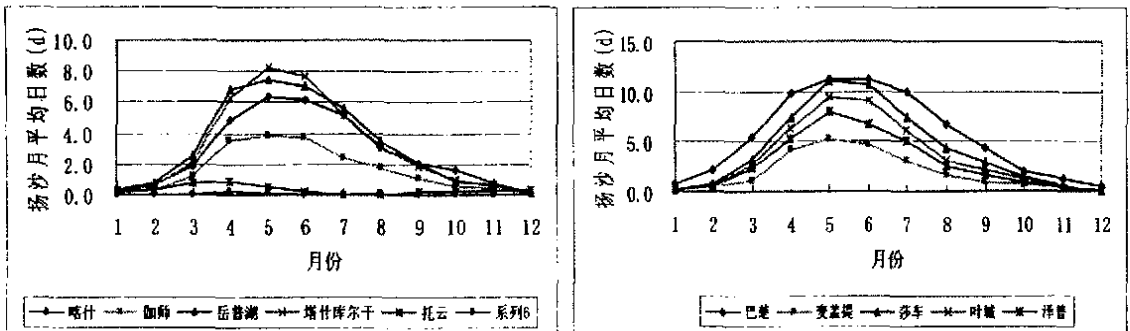


图 3.2 喀什地区扬沙逐月平均日数

3.1.2.2 沙尘暴的日分布

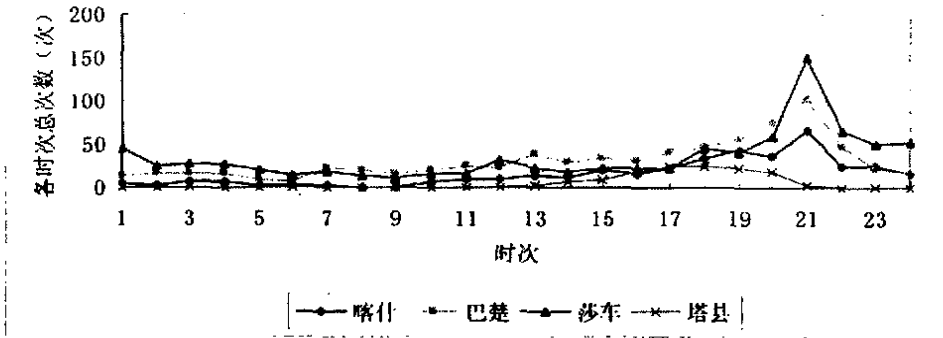


图 3.3 喀什地区沙尘暴出现次数的日分布图

图 3.3 是喀什地区沙尘暴出现次数的日分布图，可以发现沙尘暴具有明显的日变化，大部分发生在午后和傍晚，后半夜到午前发生较少，这也说明了沙尘暴的日变化与其产生的热力不稳定有关。平原地区中的喀什主要发生在 16~23 时，占整个时段的 65.7%，巴楚主要发生在 12~22 时，占整个时段的 65.7%，莎车主要发生在 18~1 时，占整个时段的 60.5%，三者均在 20~21 时达到顶峰；南部山区塔什库尔干主要发生在 15~20 时，占整个时段的 81.3%，集中在 16~19 时。

3.2 沙尘暴持续时间的频率分布及最长持续时间

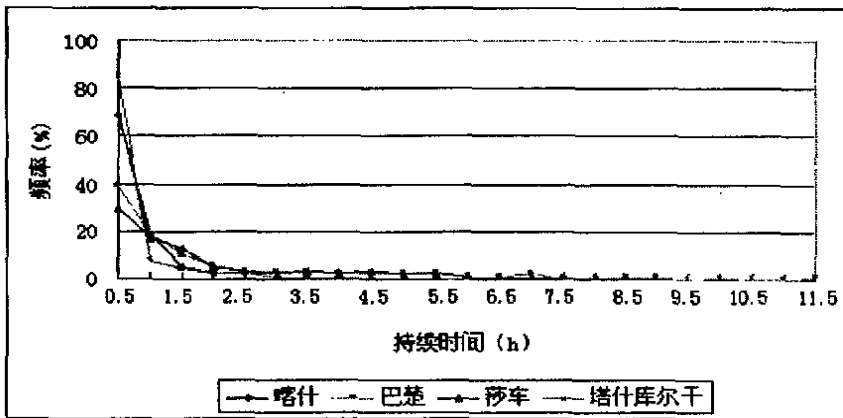


图 3.4 喀什地区沙尘暴持续频率分布图

根据每次沙尘暴发生的起止时间计算持续时间，时段分割按 0.5h 划分，持续时间在每个时段内出现的次数与总次数相比得到出现的频率（图 3.4），同时给出最长持续时间（表 3.3）。由图 3.4 可以看出，持续时间大部分在 0.5h（含 0.5h）以内，其次在 0.5~1.5h 之间。其中喀什和塔什库尔干持续时间绝大部分在 0.5h 以内，分别占 69%和 86%；在 0.5~1.0h，分别占 19%和 8%；在 1.0~1.5h（不含 1.0h），分别占 5%和 4%；在 1.5~4.5h（不含 1.5h）之间所占比例很小。莎车和

巴楚持续时间最多的也在 0.5h 以内, 但只占 30%~39%, 在 0.5~1.5h 之间的, 占 29%~30%, 还有 22%~23%的在 1.5~5.5h 之间。

表 3.3 显示, 喀什地区沙尘暴最长持续时间长短不均, 莎车和巴楚最长持续分别为 23.6h 和 24.6h, 接近 1d; 喀什 7.7h; 塔什库尔干 4.4h。最长的巴楚和最短的塔什库尔干相差近 20h。

表 3.3 喀什沙尘暴最长持续时间统计表

站名	最长持续时间(单位: h)	出现时段
喀什	7.7	1969 年 9 月 14 日 15:51~23:35 时
巴楚	24.6	1970 年 4 月 10 日 07:40 时~11 日 08:12 时
莎车	23.6	1997 年 5 月 8 日 23:34 时~9 日 23:11 时
塔什库尔干	4.4	2002 年 3 月 21 日 19:59~24:00 时

3.3 沙尘暴和扬沙的变化特征

3.3.1 沙尘暴和扬沙的年代际变化

由于托云的沙尘暴和扬沙出现日数很少, 样本数太少, 因此分析气候变化特征时, 没有考虑托云。

表 3.4 1961~2003 年喀什地区各站不同年代的沙尘暴年平均日数 (单位: d)

站名	年平均日数					
	61~70 年	71~80 年	81~90 年	91~00 年	01~03 年	61~03 年
喀什	9.4	8.9	7.3	2.8	3.7	6.9
伽师	9.6	2.7	1.2	1.6	5.0	3.9
岳普湖	13.5	10.4	3.9	3.8	5.7	7.7
英吉沙	22.4	15.7	6.7	4.6	5.0	11.7
巴楚	15.8	18.7	10.2	5.7	8.7	12.3
麦盖提	20.0	14.0	5.4	4.8	10.7	11.0
莎车	18.2	18.3	14.0	7.9	8.3	14.2
叶城	22.1	22.1	14.4	8.6	7.7	16.2
泽普	22.7	18.2	10.9	5.4	6.0	13.7
塔什库尔干	2.9	4.3	1.7	1.3	6.0	2.8

表 3.5 1961~2003 年喀什地区各站不同年代的扬沙年平均日数 (单位: d)

站名	年平均日数					
	61~70 年	71~80 年	81~90 年	91~00 年	01~03 年	61~03 年
喀什	32.9	37.2	32.3	28.7	33.7	32.8
伽师	23.3	17.3	18.1	17.6	18.3	19.0
岳普湖	58.5	52.2	27.5	19.9	12.3	37.6
英吉沙	43.0	45.7	37.8	26.3	23.0	37.1
巴楚	59.1	77.7	75.3	56.0	41.0	65.2
麦盖提	28.6	25.2	22.4	15.5	15.3	22.4
莎车	53.9	60.6	50.1	38.6	36.3	49.8
叶城	39.6	60.3	41.4	28.1	28.7	41.4
泽普	39.4	43.4	34.9	19.8	17.0	33.2
塔什库尔干	0.4	0.1	0.5	6.6	13.0	4.1

表 3.4 和表 3.5 显示: (1) 沙尘暴平原地区总体呈减少趋势, 普遍 60 年代最多, 其后逐年代减少, 90 年代减少最明显, 大部分县市 60 年代是 90 年代的 2~6

倍，减少幅度在 2.2~5.9d/10a 之间，其中英吉沙、泽普、麦盖提超过 5d/10a，分别为 5.9、5.8、5.1d/10a；2001~2003 年比 90 年代有些增加，但除伽师外，其它县市还是低于历年平均状态，更少于 60、70 年代的平均水平。塔什库尔干 70 年代最多，其次为 60 年代，80、90 年代逐步减少，其减少幅度较小，为 0.5d/10a，2001~2003 年明显增加，远远多于其它各个年代。(2) 扬沙平原地区也呈减少趋势，普遍 60、70 年代最多，之后逐年代减少，减少幅度在 1.0~12.9d/10a 之间，其中岳普湖高达 12.9d/10a；2001~2003 年大部分站继续减少，但个别站（喀什、伽师、叶城）增加。相反南部山区塔什库尔干呈增加趋势，70 年代最少，80 年代以后逐年代增加，90 年代增加最明显，增加幅度为 2.1d/10a；2001~2003 年继续大幅增加。

3.3.2 沙尘暴和扬沙的年际变化

附图 3.1 和附图 3.2 分别是 1961~2003 年喀什地区各站 43a 沙尘暴和扬沙总日数的年际变化曲线，其中还有沙尘暴和扬沙总日数序列的线性拟合趋势线。

根据图中曲线可见，喀什平原区沙尘暴在波动中逐渐减少，英吉沙、泽普、麦盖提的减少速率较快，位于前三位；山区塔什库尔干减少速率较慢。43a 中各个时期沙尘暴发生频次各不相同，如喀什 60 年代末 70 年代初达到历史上最高峰，70 年代中后期逐渐下降，80 年代初增加，之后呈明显的下降趋势。

平原地区扬沙也在波动中逐渐减少，岳普湖的减少速率最快，其次是泽普、莎车、英吉沙。塔什库尔干的扬沙却是逐渐增加的。

比较各站沙尘暴和扬沙减少速率，除了北部的喀什、伽师、英吉沙的沙尘暴比扬沙减少速率快以外，其它站扬沙比沙尘暴减少速率快。塔什库尔干扬沙增加速率远远大于沙尘暴减少速率

第四章 喀什地区浮尘的气候特征

为了比较喀什地区沙尘暴、扬沙、浮尘的发生频率,本文分析了喀什地区1961~2003年各站浮尘、扬沙、沙尘暴出现的总日数及在沙尘天气中所占的比例(见表4.1)。数据显示,喀什地区浮尘总日数在沙尘中所占比例最高,其次是扬沙,沙尘暴最少,浮尘远远高于扬沙和沙尘暴。平原地区浮尘总日数占沙尘总日数的56.6%~74.0%,扬沙占18.5%~36.5%,沙尘暴仅占4.5%~11.9%;山区差异较大,北部山区的托云浮尘总日数占沙尘的96.8%、扬沙占3.0%、沙尘暴只占到0.2%;南部山区的塔什库尔干浮尘总日数占沙尘的46.6%、扬沙占31.7%、沙尘暴占21.7%。

由此可见,喀什地区沙尘中以浮尘的发生频率最高。平原地区沙尘天气中半数以上都是浮尘,其中喀什市发生比例最高,接近四分之三;托云沙尘天气中基本都是浮尘,扬沙和沙尘暴很少;塔什库尔干浮尘、扬沙、沙尘暴占沙尘天气比例的变幅最小。

表4.1 喀什地区1961~2003年43a沙尘天气总日数(单位:d)及其占沙尘比例

站名	浮尘		扬沙		沙尘暴		沙尘总日数
	总日数	占沙尘比例	总日数	占沙尘比例	总日数	占沙尘比例	
喀什	4857	74.0%	1412	21.5%	295	4.5%	6564
伽师	2717	73.4%	818	22.1%	166	4.5%	3701
岳普湖	3074	61.2%	1618	32.2%	333	6.6%	5025
英吉沙	4625	68.8%	1597	23.7%	504	7.5%	6726
巴楚	4351	56.6%	2804	36.5%	530	6.9%	7685
麦盖提	3772	72.4%	963	18.5%	474	9.1%	5209
莎车	5909	68.3%	2141	24.7%	609	7.0%	8659
叶城	3851	60.9%	1780	28.1%	695	11.0%	6326
泽普	2924	59.2%	1426	28.9%	590	11.9%	4940
塔什库尔干	257	46.6%	175	31.7%	120	21.7%	552
托云	772	96.8%	23	3.0%	2	0.2%	797

4.1 浮尘的时空分布特征

4.1.1 浮尘的空间分布

表4.2给出了喀什地区近43a来浮尘的年平均总日数。由表可见,平原地区的浮尘远远高于山区,北部山区托云18.0d、南部山区塔什库尔干仅6.0d,山区虽然距离塔克拉玛干沙漠较远,又在3000米以上的海拔高度,有时浮尘也可以到达。平原地区浮尘日数最多的是南部的莎车(137.4d),浮尘日数占全年的1/3之多,其次是北部的喀什和英吉沙,第三是东部的巴楚,最少的是北部的伽师(63.2d),最多的莎车和最少的伽师相差74.2d。平原地区9个站中有四个站年

平均日数超过 100d，剩下 5 个站在 63~100d 之间。可见，喀什地区浮尘的发生频率相当高，空间分布非常不均匀。

表 4.2 喀什地区 1961~2003 年 43a 浮尘年平均日数 (单位: d)

	喀什	伽师	岳普湖	英吉沙	巴楚	麦盖提	莎车	泽普	叶城	塔什库尔干	托云
浮尘	113.0	63.2	71.5	107.6	101.2	87.7	137.4	68.0	89.6	6.0	18.0

4.1.2 浮尘的时间分布

浮尘的四季分布表现为 (见图 4.1): 夏半年明显多于冬半年, 平原地区夏半年占全年的 65%~78%, 山区夏半年占全年的 84%~85%。春季 (3~5 月) 最多, 平原地区 30.2d~52.5d, 占全年的 38%~50%, 山区塔什库尔干和托云分别为 2.6d 和 11.1d, 占全年的 43%和 62%。夏季 (6~8 月) 浮尘日数占全年的 25%~33%, 普遍比春季明显减少, 其中托云减少幅度较大, 达 40 个百分点; 莎车和塔什库尔干减少幅度较小, 仅为 1 和 5 个百分点, 其夏季浮尘日数接近春季的。秋季 (9~11 月) 浮尘日数占全年的 14%~22%, 较夏季又有所减少, 莎车和塔什库尔干减少幅度最大, 分别为 19、17 个百分点。冬季 (12~2 月) 是全年中最少的, 平原地区占全年的 7%~13%, 托云和塔什库尔干仅占全年的 2%和 0%。

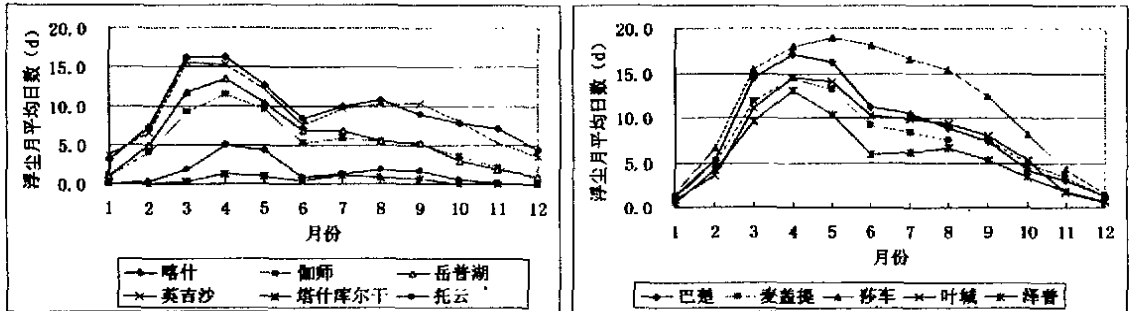


图 4.1 喀什地区各站浮尘逐月平均日数

浮尘的逐月分布主要表现为: 普遍 3~5 月最多, 莎车 4~6 月最多, 塔什库尔干 4~5 月和 7~9 月最多; 冬季的 12~次年 1 月最少, 而塔什库尔干 10 月~次年 2 月最少。月分布特征有三种型式: (1) 双峰型。喀什、英吉沙、托云和塔什库尔干属这种类型, 主要有两个高峰期, 第一个峰值远远高于第二个峰值, 其中喀什、英吉沙、托云第一个高峰期位于 3~5 月, 第二个高峰期位于 7~8 月; 塔什库尔干两个高峰期分别位于 4~5 月和 7~9 月。(2) 圆拱型。全区只有莎车属这种类型, 从 1 月开始平稳增加、5 月到达峰顶、以后又平稳减少、12 月到达谷底。(3) 单峰型。平原地区 9 个站中除前面所述的喀什、英吉沙、莎车外, 其它 6 站属这种类型, 高峰期均位于 3~5 月, 峰顶在 4 月; 6 月开始明显减少, 6~

9月分布比较均匀, 10月以后平稳大幅减少。

4.2 浮尘的年际变化率及最长持续时间

由表 4.3 可以看出, 喀什地区浮尘天气的年际变化率很大, 平原地区普遍在 65~86%之间, 其中喀什市年际变化率最大, 最多的年份 233d, 最少的年份 32d, 年际变化率达 86%, 麦盖提比较特殊, 1963 年最多 (196d), 1967 年最少 (仅 1d), 年际变化率达 99%; 高山站年际变化率更大, 在 94~100%之间。

各站年最多、最少浮尘日数分布非常不均, 平原地区浮尘年最多日数均在 110d 以上, 基本都出现在 1988 年之前, 只有莎车出现在 90 年代中期, 其中喀什市 1984、1985 年连续两年出现全地区最多浮尘日数 (233d); 浮尘年最少日数均在 80d 以下, 基本都出现在 1988 年之后, 只有麦盖提和泽普出现在 60 年代。

浮尘持续时间一般在 2~5d, 长者达 7~10d, 严重者可达到 15d 以上, 甚至可连续持续两个多月。例如平原地区的莎车 1995 年 6 月 16 日到 9 月 3 日浮尘连续持续了 80d, 英吉沙 1961 年 8 月 22 日到 10 月 31 日持续了 71d, 喀什 1984 年 10 月 15 日到 12 月 16 日持续了 63d, 其它站最长持续时间在 19~38d 之间; 山区最长持续时间明显短于平原地区, 托云 11d, 塔什库尔干 5d。

表 4.3 1961~2003 年喀什地区各站浮尘年最多、最少日数 (d) 和出现日期及连续最长持续日数 (d)

站名	年最多		年最少		年际变化率	连续最长持续日数	
	日数	出现日期	日数	出现日期		日数	出现日期
喀什	233	1984、1985	32	2000	86%	63	1984.10.15~12.16
伽师	118	1988	27	1996	77%	20	1979.3.22~4.10
岳普湖	128	1978	35	1988	73%	28	1972.3.16~4.12
英吉沙	220	1961	36	1992	84%	71	1961.8.22~10.31
巴楚	168	1970	35	2000	79%	31	1979.3.22~4.21
麦盖提	196	1963	1	1967	99%	29	1979.3.22~4.19
莎车	219	1994	77	2003	65%	80	1995.6.16~9.3
叶城	200	1979	39	1993	81%	38	1976.4.21~5.28
泽普	115	1964、1976	17	1961	85%	19	1998.3.27~4.14
塔什库尔干	22	1976	0	1988、1997	100%	5	1976.4.28~5.2 2000.9.3~7
托云	47	1978	3	2003	94%	11	1997.4.8~18

4.3 浮尘的变化特征

4.3.1 浮尘的年代际变化

分析喀什地区浮尘的年代际变化 (见表 4.4) 可以知道, 喀什地区除英吉沙和莎车外, 其它各站 90 年代和 2001~2003 年均少于 60~80 年代。变化型式可以分为三种类型: (1) 先增再减型。这种类型可细分为 70 年代最多型和 80 年代最多型: 70 年代最多型所占比例较大, 9 个站中有 6 个站属这种类型, 70 年代

比 60 年代有所增加, 80、90 年代明显减少, 2001~2003 年 4 个站(岳普湖、巴楚、泽普、托云)继续减少、2 个站(叶城、塔什库尔干)增加; 80 年代最多型发生在喀什和伽师, 60~80 年代逐年代增加, 到 80 年代达到最多, 90 年代明显减少, 2001~2003 年喀什继续大幅减少, 伽师略有增加。(2) 先减再增型。英吉沙和麦盖提属这种类型, 60 年代最多, 以后逐年代减少, 英吉沙在 80 年代达到最少, 90 年代和 2001~2003 年明显增加, 2001~2003 年超过历年平均值, 而麦盖提到 90 年代达到最少, 2001~2003 年明显增加, 但还是略低于历年平均值。(3) 波浪型。只有莎车属这种类型, 增加和减少交替出现, 60 年代较少(114.8d), 70 年代增加到 148.2d, 80 年代略有减少(139.7d), 90 年代明显上升, 达到最高值(158.0d), 2001~2003 年又明显减少, 低于任何年代, 也远远低于历年平均状态。

表 4.4 喀什各站不同年代的浮尘年平均日数(单位: d)

站名	年平均浮尘日数					
	61~70 年	71~80 年	81~90 年	91~00 年	01~03 年	61~03 年
喀什	104.7	143.3	161.2	63.4	43.7	113.0
伽师	65.7	70.1	71.2	49.3	51.3	63.2
岳普湖	83.1	85.5	62.8	60.1	53.0	71.5
英吉沙	141.8	123.2	73.3	89.9	114.3	107.6
巴楚	110.8	126.9	86.5	85.4	85.0	101.2
麦盖提	103.4	91.1	83.9	73.3	85.0	87.7
莎车	114.8	148.2	139.7	158.0	100.7	137.4
叶城	87.2	152.4	72.7	51.4	71.3	89.6
泽普	64.3	81.7	72.8	60.0	45.3	68.0
塔什库尔干	6.7	8.6	4.5	4.3	5.3	6.0
托云	18.0	25.2	21.1	11.4	5.0	18.0

4.3.2 浮尘的年际变化

附图 4.1 是喀什地区 1961~2003 年 43a 来浮尘年日数的年际变化曲线。由图可见, 喀什地区浮尘的变化趋势表现为: 除了莎车在波动中逐渐增加外, 其它各站在波动中逐渐减少, 其中喀什、英吉沙、叶城、麦盖提、莎车波动较大, 其它站波动较小。下面就起伏比较大的站逐个分析: 喀什市 60、70 年代在波动中逐渐增加, 其中 1966、1971、1979 年分别为波动中的峰值年, 80 年代中期达到顶峰, 这也是喀什各站中的最高点, 80 年代后期开始大幅减少, 90 年代以后在波动中逐步减少; 英吉沙 60 年代初最多, 1961 年高达 220 天, 60、70 年代在波动中逐渐减少, 其中 1964、1966 年和 70 年代初期、末期为四个峰值期, 80 年代到 90 年代中期是低谷期, 90 年代后期到新世纪初是另外一个高峰期, 但峰值明显小于第一个的; 叶城 60 年代初到中后期在波动中逐渐减少, 1967 年达到低谷,

以后在波动中逐步增加，70年代中后期达到顶峰，80年代初又开始明显减少，以后一直在波动中逐渐减少；麦盖提60年代起伏较大，60年代初期是顶峰时期，中期明显减少，1967年到达历史低谷（仅1d），这也是喀什各站中的最低点，后期开始逐渐增加，70年代初以后在波动中减少；莎车比较特殊，1961~1975年浮尘年平均日数平稳保持在110天上下，1976~1998年是高峰期，在150天左右浮动，其中1979、1994年是两个高峰年，1996年开始明显减少，以后在波动中大幅减少。

第五章 喀什地区气候变化特点及与沙尘的关系

5.1 气温变化特点

图 5.1 是 1961~2003 年喀什地区平原区、南部山区（塔什库尔干）和北部山区（托云）的年平均气温逐年演变图，它们的一次线性倾斜率分别为 0.0184、0.0279 和 0.0295，说明 43a 中喀什地区气温呈上升趋势。气温的上升是在波动中逐渐上升的，从 1997 年开始连续 7a 气温居高不下，明显高于 43a 的平均值，增温趋势明显而稳定。平原地区和北部山区增温幅度为 0.3℃/10a、南部山区增温幅度 0.2℃/10a。

分析喀什地区 43a 的逐年平均气温距平（图 5.2），同样可以发现无论是山区还是平原地区，气温都在升高。1997 年之前以正负距平相间分布，在波动中逐渐升高，1997 年以后转为正距平持续时期，1997~2003 年距平值在 0.5~1.0℃之间，增温趋势非常显著。这与徐贵青（2004 年）分析的全疆情况有些差异：1980 年以后新疆出现了以正距平为主的阶段，尤其是 1986 年以来全都是正距平。由此可见，喀什地区转暖的信号晚于整个新疆的平均。

由附图 5.1 可以看出，喀什地区同新疆一样，气候变暖具有明显的季节性差异（徐贵青，2004 年），平原地区冬、春、秋季呈上升趋势，其中冬季升温最显著，其次是秋季，再者为春季；夏季呈缓慢下降趋势。冬季的上升幅度远远大于夏季的下降幅度，冬季和夏季一次线性倾斜率分别为 0.0526 和 -0.0019。山区各季均呈现出上升趋势，秋季升温最显著，其次为冬季，春夏季较小。冬季平原地区升温比山区明显，但秋季山区升温比平原地区明显。

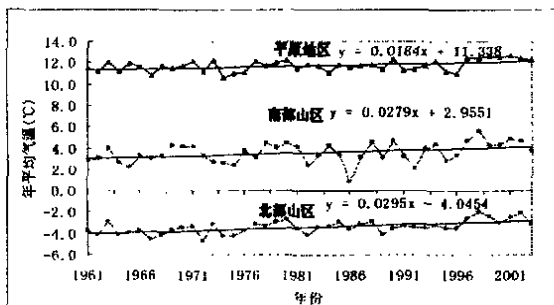


图 5.1 喀什地区逐年平均气温

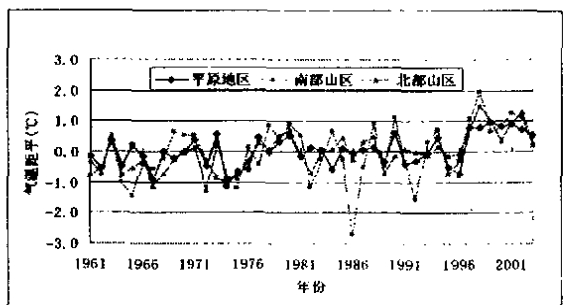


图 5.2 喀什地区逐年平均气温距平

5.2 降水量变化特点

1961~2003 年喀什地区降水量在波动中呈增加趋势（见图 5.3），其中北部

山区增加最显著，其次是平原地区，南部山区增加幅度最小。平原地区中东部地区增加趋势最明显，其次是南部地区，北部地区最缓慢。平原地区降水量逐年代增加，增加幅度最大是从70年代到80年代，增加了10mm，90年代继续增加了2mm；托云90年代降水最多，其次是60年代，70年代最少。南部山区塔什库尔干60年代最多，70年代下降到最少，80、90年代又上升到接近60年代的水平。

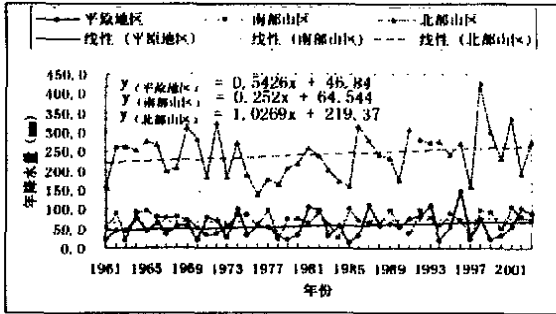


图 5.3 喀什地区逐年降水量

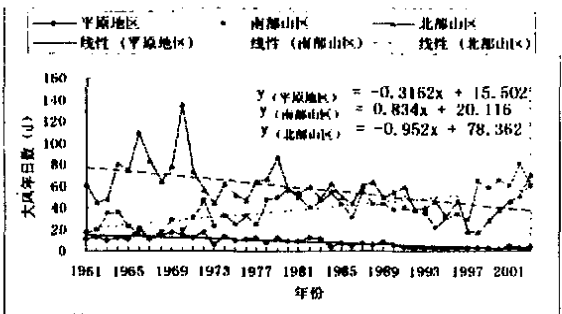


图 5.4 喀什地区大风年日数

同气温类似，降水变化也具有明显的季节性差异（见附图 5.2）。但是与气温相反，平原地区降水春、夏、秋季增加，其中夏季增加最显著，冬季略有减少；南部山区夏季显著增加，其它三季减少；北部山区四季均增加，春季增加最显著，冬季增加最慢。

喀什地区虽属内陆干旱半干旱区，年降水量普遍为 50~60mm，但有时也会出现强度很大的降水（见表 5.1）。最大日降水量多数出现在 80 年代以后，11 个站中只有 1 个站出现在 1972 年，这说明了 80 年代以后降水的强度明显增加。夏季降水增大最显著似乎和降水强度增加有关系，而强降水多发于夏季，一次大降水就可以改写历史气候值。

表 5.1 喀什地区最大日降水量表

站名	最大日降水量 (mm)	出现日期	站名	最大日降水量 (mm)	出现日期
喀什	39.9	2004.5.1	莎车	49.8	2002.7.10
伽师	28.3	1996.8.21	泽普	38.9	2004.5.1
岳普湖	41.0	1972.7.28	叶城	38.7	1982.4.1
英吉沙	42.1	2004.5.1	托云	50.3	1994.7.11
巴楚	39.8	1982.8.27	塔什库尔干	38.2	1985.6.18
麦盖提	43.4	2002.7.9			

5.3 大风天气变化特点

近 43a 来喀什地区年大风日数的变化趋势各地表现不一致，平原地区、北部山区和南部山区的一次线性倾斜率分别为-0.3162、-0.952 和 0.834，由此可见，平原地区和北部山区在波动中减少，南部山区在波动中增加，平原地区减少幅度较小，北部山区减少幅度和南部山区增加幅度都很大（图 5.4）。

南部山区 60~80 年代逐年代增加, 90 年代略有减少, 2001~2003 年明显增加; 北部山区逐年代大幅度减少, 2001~2003 年有所增加, 但也只相当于 80 年代的水平; 平原地区逐年代减少, 由 60 年代的 13.6d 减少到 90 年代的 3.0d, 60 年代相当于 90 年代的 4 倍还多, 其中 80~90 年代减少幅度最大。

同气温和降水一样, 大风变化具有明显的季节性差异 (见附图 5.3)。平原地区各季大风均减少, 夏季减少最显著, 春季次之, 秋、冬季减少幅度很小; 南部山区各季大风均增加, 增加幅度由大到小依次为春、夏、秋、冬; 北部山区各季大风减少都显著, 其中夏季减少最快, 秋、冬季比较接近, 春季减少最慢。

5.4 气候变化与沙尘变化的关系

5.4.1 气候变化与沙尘变化的趋势对比分析

为了探讨喀什地区沙尘暴、扬沙、浮尘与大风、温度、降水等气候因子的关系, 我们对比分析了平原区 9 个站平均的沙尘暴、扬沙和浮尘年日数与年降水量、冬季平均气温、春季平均气温、大风年日数的逐年变化趋势 (附图 5.4、5.5、5.6), 其中因为高山站沙尘天气发生少, 不具备代表性, 而且气候变化与平原地区差异较大, 因此这里没有考虑两个高山站。

由附图可见, 大风和沙尘暴的变化趋势最相一致, 趋势线非常吻合, 均是 1984 年之后减少趋势明显, 波动中心由前期的 15d 减少到 5d; 浮尘 1987 年之后减少趋势明显, 波动中心由前期的 100d 减少到 80d; 扬沙虽然也是逐渐减少的, 这种突然跳跃式的减少表现不是很明显, 基本有两次比较明显的减少趋势: 1982 年之后波动中心由前期的 45d 减少到 35d, 1996 年之后又减少到 25d。

年降水量和冬季平均气温的变化趋势与沙尘暴、扬沙、浮尘的变化趋势相反, 年降水量和冬季平均气温在波动中逐渐增加, 春季平均气温变化趋势不明显。其中年降水量 1973 年之前变幅较小, 之后变幅较大, 尤其是 1993 年之后变幅又有所加大; 而冬季平均气温 1979 年之后上升趋势明显, 波动中心由前期的 -4°C 增至 -3°C 。

5.4.2 气候变化与沙尘的年代际变化的对比分析

表 5.2 是喀什地区平原区区域平均的年平均气温、年降水量、大风日数以及沙尘暴、扬沙、浮尘的年代际变化。可以看出, 平原地区年平均气温的增温幅度为 $0.3^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 、其中 90 年代比 80 年代增加了 0.8°C , 其增幅是最大的; 年降水

量平均以 5.5mm/10a 的速度递增，其中 80 年代比 70 年代增加了 10.6mm，增幅最大；大风平均以 3.5d/10a 的速度减少，90 年代比 80 年代减少 4.6d，减幅最大；沙尘暴与大风的趋势非常一致，以 4.0d/10a 的速度减少，其中 80 年代比 70 年代减少 6.1d，减幅最大；扬沙 70 年代比 60 年代增加了 4.6d，70 年代之后以 9.4d/10a 的速度递减；浮尘 70 年代比 60 年代增加了 16.3d，70 年代之后以 18.4d/10a 的速度递减。基本趋势为：气温升高、降水增加、大风减少，同时沙尘暴减少；扬沙、浮尘 70 年代之后趋势与沙尘暴一致，但 70 年代之前相反。

2001~2003 年，气温比 90 年代上升了 0.1℃，但低于前 40 年的平均值；降水继续增加，而且幅度更大，达 19.0mm；大风比 90 年代增加了 0.9d；沙尘暴增加了 1.6d，而扬沙减少了 2.7d，浮尘减少了 4.6d。

表 5.2 喀什地区平原区区域平均的气候因子及沙尘的年代际变化

	年平均气温 (℃)	年降水量 (mm)	大风日数 (d)	沙尘暴日数 (d)	扬沙日数 (d)	浮尘日数 (d)
60 年代	11.5	48.0	13.6	17.1	42.0	97.3
70 年代	11.6	52.2	11.3	14.3	46.6	113.6
80 年代	11.7	62.8	7.6	8.2	37.8	91.6
90 年代	12.5	64.4	3.0	5.0	27.8	76.8
2001~2003	12.4	83.4	3.9	6.6	25.1	72.2

5.4.3 气候因子与沙尘日数变化的相关系数

为了进一步分析大风、气温和降水与沙尘变化的关系，本文研究了喀什地区平原区区域平均的沙尘暴、扬沙、浮尘日数和大风日数、平均气温、降水量的历年变化的相关系数（见表 5.3）。表中划线部分表示通过了显著性检验，其中标准字体的为通过了 0.01 的信度检验，斜体的为通过了 0.05 的信度检验。

从表 5.3 可见，沙尘暴、扬沙、浮尘与大风表现出明显的正相关，其中沙尘暴与大风的正相关最显著，与年大风和春季大风的相关系数达 0.8 以上，与夏季大风的相关系数也超过了 0.7，远远超过了 0.01 的信度检验。扬沙与大风的相关也比较明显，与全年、春季、夏季大风日数的相关系数都超过了 0.6，通过了 0.01 的信度检验；浮尘与全年、春季大风日数的相关系数在 0.4 以上，通过了 0.01 的信度检验，浮尘与夏季的相关系数为 0.316，没有通过 0.01 的信度检验，但通过了 0.05 的信度检验。

沙尘暴与冬季气温呈明显的负相关，相关系数为-0.373，通过了 0.05 的信度检验，说明冬季气温升高对沙尘暴减少起一定作用。沙尘暴与年平均气温呈负

相关、与春季气温呈正相关，但相关不明显。扬沙、浮尘与年平均气温、冬季气温和夏季气温呈负相关，相关不明显。

沙尘暴、扬沙与年降水量、春季降水量呈负相关，与冬季降水量呈正相关，但相关不明显，没有通过 0.05 的信度检验；浮尘与年降水量、春季降水量、冬季降水量呈负相关，与年降水量的相关系数为-0.436，通过了 0.01 的信度检验，与春季降水量相关系数为-0.342，通过了 0.05 的信度检验，说明年降水量、春季降水量对浮尘有一定影响。

以上分析说明喀什地区气候因子变化对沙尘暴有一定的影响。大风与沙尘变化密切相关，是影响沙尘变化的最主要的因子，沙尘减少主要是大风减少造成的；冬季气温升高对沙尘暴减少有一定影响；年降水量增加是浮尘减少的重要因子，春季降水量增加对浮尘减少有一定影响。

表 5.3 喀什地区平原区沙尘日数与各气候因子历年变化的相关系数

	沙尘暴	扬沙	浮尘
全年大风	0.856	0.692	0.422
春季大风	0.863	0.622	0.463
夏季大风	0.706	0.629	0.316
年平均气温	-0.277	-0.222	-0.021
冬季气温	-0.373	-0.298	-0.246
春季气温	0.025	-0.063	-0.023
年降水量	-0.250	-0.262	-0.436
冬季降水量	0.067	0.097	-0.004
春季降水量	-0.289	-0.269	-0.342

5.5 社会、生态环境变化特点及与沙尘的关系

由表 5.4 可知，1950~2000 年喀什地区人口增加了 186.8 万人，50 年间增加了 1 倍多，80 年代以前每 10 年平均以 12% 的速度增长，80 年代以 21% 的速度增长，90 年代以 28% 的速度增长，可见近 20 多年是人口增长相对较快的时期。

耕地面积 1950 年最少，1960 年达到最多(50 年代过渡开垦的结果)，以后逐渐减少，2000 年又有所增加，50 年间耕地面积增加了 35%；如果加上农三师的耕地，估计全区土地面积较 1950 年新增 50% 以上。

草地面积的变化与耕地面积呈反位相，即耕地面积减少时期，草地面积增加，反之耕地面积增加时期，草地面积减少。

森林面积在 1950 年主要以天然林为主，占森林总面积的 98%，由于 60 年代滥肆樵采，使得森林总面积急剧下降，1976 年仅为 212 万亩，相当于 1950 年的 41%，同时天然林更是大幅度减少，1982 年只有 142 万亩。从 1976 年之后森林

总面积一直稳步增加，到 2002 年已达 737 万亩，增长较多的是人工经济林，而天然林从 1982 年之后一直增加，到 90 年代前中期又有所减少，90 年代后期又开始增加，2002 年达到 345 万亩。

表 5.4 喀什地区各个时期人口和耕地、草地、森林面积资料表

人口(万人)			耕地面积(万亩)	草地面积(万亩)		森林面积(万亩)		
时间	总	城镇	全区(不含兵团)	时间	面积	时间	总	天然林
1950	153.8	14.1	453.63			1950	519	510
1960	171.4	19.5	703.43			1976	212	202
1970	200.4	23.3	681.79	1969	2100	1982	252	142
1980	219.4	36.2	652.27	1986	3170	1985	415	201
1990	280.9	56.1	589.12	1990	3175	1990	454	281
2000	340.6		611.57	2000	2269	1997	507	218
						2002	737	345

由以上分析得出如下结论：随着人口的增加，耕地面积增加、草地面积减少，而森林面积的变化随人类活动呈现出波动。沙尘天气的变化取决于下垫面的物质状况和天气系统条件，下垫面的物质状况又与耕地、草地、森林以及居住区的建设有很大关系。可见生态环境的变化与人类活动密切相关，人类活动可以改变大气条件，人类在对改造自然和保护野生物、植物及其栖息地方面曾做出了巨大成就，如塔克拉玛干沙漠公路人工绿化带的建设、人工制沙、固沙和对沙漠环境的改造，使沙漠化得到了遏制。因此，人类活动对生态环境变化所起的作用非常重要，只要受到合理有效的保护，荒漠生态环境就会向良性方向发展(魏文寿，2004年)。

第六章 喀什地区沙尘天气过程的分析

6.1 局地性沙尘天气和区域性沙尘天气的划分

表 6.1 给出了 1961~2003 年喀什地区 11 个站出现沙尘暴、扬沙、浮尘时，站数、日数和天气过程数之间的关系。在进行沙尘暴天气过程的统计时，将 43a 来沙尘暴总日数只有 2 天的托云站剔除未加考虑，扬沙和浮尘考虑了托云站。本文把某日一个站出现沙尘天气定义为局地性沙尘日，把某日 ≥ 2 站出现沙尘天气统一定义为区域性沙尘日，不论局地性沙尘日还是区域性沙尘日，我们将日期连续的视为一次过程，持续一天的也视为一次过程。

表 6.1 沙尘天气过程统计表

站数	沙尘暴			扬沙			浮尘		
	日数 (d)	日数 / 站数	过程数 (次)	日数 (d)	日数 / 站数	过程数 (次)	日数 (d)	日数 / 站数	过程数 (次)
=1	972	97.2	807	1939	193.9	1553	2599	236.3	1498
=2	383	38.3	339	1029	102.9	893	1448	131.6	1090
=3	197	19.7	182	695	69.5	626	1055	95.9	841
=4	143	14.3	129	533	53.3	481	780	70.9	666
=5	98	9.8	92	392	39.2	362	695	63.2	580
=6	59	5.9	58	314	31.4	284	558	50.7	483
=7	41	4.1	39	193	19.3	185	522	47.5	438
=8	21	2.1	20	105	10.5	99	542	49.3	423
=9	10	1	10	53	5.3	49	729	66.3	461
=10	2	0.2	2	3	0.3	3	314	28.5	200
=11	0	0	0	0	0	0	74	6.7	48

由表 6.1 可见，喀什地区局地性沙尘暴过程 807 次、扬沙过程 1553 次、浮尘过程 1498 次，区域性沙尘暴过程 871 次、扬沙过程 2982 次、浮尘过程 5280 次。同样沙尘天气过程也以某日一个站出现所占比例最高，局地性沙尘暴过程占沙尘暴总过程的 48%，局地性扬沙过程占扬沙总过程的 34%，局地性浮尘过程占浮尘总过程的 22%。由此可见，沙尘暴天气过程的局地性最强，扬沙次之，浮尘最弱。按照上述以 ≥ 2 站为界线的标准划分局地和区域性沙尘天气过程，喀什地区区域性沙尘天气过程远远高于局地性的。

由表 6.1 还可以发现一个事实，沙尘暴和扬沙天气过程以一个站出现最多，然后依次是 2 个、3 个……10 个站，11 个站同时发生沙尘暴或扬沙过程 43 年来没有出现，由此说明沙尘暴、扬沙天气过程随着站数的增加呈递减趋势。而浮尘天气过程总体上也是随着站数的增加呈递减趋势，但其中有波动，比如 9 个站

的过程数多于 7 和 8 个站。

6.2 沙尘天气过程的特征分析

6.2.1 沙尘天气过程的持续日数

统计沙尘天气过程的持续日数，发现大部分沙尘天气过程持续 1d，持续 2d 的过程迅速减少，持续 3d 以上的就更少了，其中沙尘暴过程持续 1d 的占总沙尘暴过程的 87%（附表 6.1），扬沙过程持续 1d 的占总扬沙过程的 86%（附表 6.2），浮尘过程持续 1d 的占总浮尘过程的 75%。沙尘暴过程最长持续日数为 5d，1964 年 6 月 6~10 日出现在英吉沙；扬沙过程最长持续日数为 6d，1968 年 9 月 14~19 日和 1994 年 8 月 1~6 日分别出现在叶城和巴楚；而浮尘过程最长持续日数达 34d，1985 年 12 月 1 日到 1986 年 1 月 3 日出现在喀什市。由此可见，沙尘天气过程持续日数较短，且持续时间最长的都是局地性沙尘天气过程。

6.2.2 强区域性沙尘天气过程的变化特征

喀什地区 10 站沙尘暴出现日数的气候平均值为 10.0d，扬沙出现日数的气候平均值为 31.2d，浮尘出现日数的气候平均值为 78.5d，而沙尘暴某日 ≥ 6 站出现的日数/站数（13.3）与沙尘暴日数气候平均值最接近（附表 6.3），扬沙某日 ≥ 7 站出现的日数/站数（32.2）与扬沙日数气候平均值最接近（附表 6.4），浮尘某日 ≥ 9 站出现的日数/站数（101.5）与浮尘日数气候平均值最接近（附表 6.5），普查后发现它们都是由较强的天气系统造成的。

因此，我们将上述沙尘天气过程称为强沙尘天气过程。按照上述标准进行统计后得到强沙尘天气过程次数，喀什地区某日 ≥ 6 站的区域性沙尘暴日数 133d，对应区域性沙尘暴天气过程 129 次；某日 ≥ 7 站的区域性扬沙日数 354d，对应区域性扬沙天气过程 336 次；某日 ≥ 9 站的区域性浮尘日数 1117d，对应区域性浮尘天气过程 709 次。强沙尘天气过程持续时间较短，最长的不过 2d，沙尘暴和扬沙过程，基本都持续 1d。强沙尘暴过程占日数的 96.9%、强扬沙过程占日数的 94.9%、强浮尘过程占日数的 63.5%，以上数据说明强沙尘天气过程持续时间较短。

表 6.2 表明，强沙尘天气过程也是在 70 年代最多，其次是 60 年代，80、90 年代逐渐减少，2001~2003 年略有增加，但仅略多于 90 年代，比 80 年代之前明显偏少。总的来说，80 年代以后沙尘天气过程逐年代减少，2001~2003 年最少，

但是其中的强沙尘过程在 2001~2003 年比 90 年代有所增加。

表 6.2 喀什地区不同年代强沙尘天气过程年平均日数 (单位: d)

时间	60 年代	70 年代	80 年代	90 年代	2001~2003 年
沙尘暴	6.0	3.8	1.5	1.0	2.0
扬沙	8.7	10.0	7.8	5.3	6.0
浮尘	16.4	22.8	15.8	12.3	12.0
合计	31.1	36.6	25.1	18.6	20.0

6.3 沙尘天气过程的环流形势分型

针对上面的强沙尘天气过程, 我们普查 1971~2003 年的强沙尘天气过程的 500hpa 天气图 (其中沙尘暴 63 次、扬沙 216 次, 因浮尘样本数量太大, 则取 ≥ 10 站的浮尘天气过程共 176 次), 对喀什地区沙尘天气环流形势进行了分型。结果表明, 造成沙尘暴、扬沙天气的环流形势相似, 可一并分型, 而造成浮尘天气的环流形势与沙尘暴和扬沙不同。因此, 分别分型如下:

6.3.1 沙尘暴和扬沙天气环流分型

北支槽型: 里咸海至乌拉尔山为经向度较大的脊, 脊前为较强的西北风带, 西西伯利亚低压不断分裂短波槽沿西北风带南下; 或者乌拉尔山脊发展后衰退, 西西伯利亚低槽部分西退, 在北疆西北部形成横槽减弱东移影响喀什地区, 此型最多, 占 49%。

中亚槽 (涡) 型: 环流呈纬向, 中亚为低槽 (涡), 里黑海和新疆东部为高压脊, 中亚槽在东移北抬时影响我区, 此类槽移速快, 持续时间短, 占 26%。

短波槽型: 伊朗副高发展, 40° N 以北西风带上短波东移影响喀什地区, 占 21%。

南支槽型: 中亚 40° N 以南为低槽, 新疆为高压脊, 受其阻挡, 槽不断南伸后减弱东北移, 此型出现最少, 占 4%。

6.3.2 浮尘天气环流分型

喀什地区浮尘天气过程的 500hPa 环流形势主要是低槽沿天山西部东移到新疆东部, 引导低层气流倒灌进入塔里木盆地。普查后将 500hPa 环流形势分为以下四种类型。

Ω 型: 表现为新疆至西西伯利亚高压脊发展, 中亚和贝加尔湖以东分别为低槽, 且东部槽经向度大于西部。此类系统造成的浮尘持续时间长, 此型出现频率最高, 占 40%。

贝加尔湖长波槽型: 中亚至西西伯利亚高压脊发展, 贝加尔湖至蒙古为东西

向大槽，冷空气从南疆东部进入我区，占 23%。

西北风带型：咸海至乌拉尔山为经向度较大的脊，脊前建立较强的西北风带南下，西西伯利亚低压槽南压，在北疆北部形成横槽减弱东南移，造成我区浮尘天气，占 18%。

西风锋区型：乌拉尔山南部至里海为低压，新疆至贝加尔湖为宽广的高压脊，我区受低压外围锋区影响；或者在 35°N~45°N 维持平直的西风气流，其上弱短波影响，占 19%。

6.4 喀什地区沙尘天气的成因分析

6.4.1 喀什地区沙尘天气的天气学成因

喀什地区沙尘天气大多与冷空气活动有关。喀什地区冷空气入侵包括冷空气翻山和冷空气东灌两大类：当冷空气翻山过境时，冷空气从天山和帕米尔之间翻越高山，将本地地表尘沙吹起，造成以沙尘暴和扬沙为主的沙尘天气过程；当冷空气沿天山山脉以北东移，翻越天山中部或从塔里木盆地东口（东疆）倒灌进入盆地，将塔克拉玛干沙漠的尘沙扬起，一路向西漂移，造成喀什地区以浮尘为主的沙尘天气过程。

6.4.2 喀什地区沙尘天气的物理成因

6.4.2.1 沙尘源是形成沙尘天气的物质基础

首先喀什地区地表疏松，下垫面以沙壤土为主，植被覆盖面小，城市地面硬化程度低，本地存在一定的尘沙物质，这是造成沙尘天气的本地源；其次喀什地区的北部和西部为天山山脉、帕米尔高原山前的戈壁滩，东南部为塔克拉玛干大沙漠，沙漠为喀什地区产生沙尘天气提供了充足的外地源。

6.4.2.2 适宜的地面风向风速是沙尘天气的动力条件

表 6.3 喀什地区沙尘暴和大风的关系

	喀什		巴楚		莎车	
	日数 (d)	比例	日数 (d)	比例	日数 (d)	比例
有大风有沙尘暴	216	28%	144	24%	234	34%
有大风无沙尘暴	471	62%	70	12%	84	12%
无大风有沙尘暴	76	10%	383	64%	374	54%
合计	763	100%	597	100%	692	100%

我们选平原地区三个比较有代表性的喀什、巴楚、莎车站，统计了 1961~2003 年 43a 来喀什地区大风和沙尘暴的关系（见表 6.3）。由表可以看出，有大风有沙尘暴的情况，三个站所占比例相近，在 24%~34% 之间，这说明大风是造成沙尘暴的重要条件之一（胡列群，2001 年）。喀什与巴楚、莎车在有大风无沙尘暴和无

大风有沙尘暴所占比例上完全相反，其中有大风无沙尘暴喀什占 62%，巴楚和莎车只占 12%，而无大风有沙尘暴巴楚和莎车占 64%和 54%，喀什只占 10%，这种现象与它们所处地理位置有关，巴楚和莎车位于塔克拉玛干沙漠边缘，喀什距离沙漠较远，这进一步证实了沙尘源是沙尘暴的物质基础，还说明沙尘暴与大风密切相关，距离沙漠近的地方，风力较小（4~5 级）时常可形成沙尘暴。

喀什地区由于地形原因，通常本地出现西北风时，一般不会有浮尘，当南疆中东部地面出现较强的偏东风时，将塔克拉玛干沙漠的尘沙吹起，被扬起的尘沙随着高空较强偏东风一路漂移到喀什地区，受到高山的阻挡，在当地滞留，形成浮尘天气，而同时喀什地区地面偏东风较小，有时仅有 2~3 级。由以上分析可见，适宜的地面风向风速是形成喀什地区沙尘天气的动力条件。

6.4.2.3 不稳定的低层大气层结是沙尘天气的热力条件

喀什地区位于塔里木盆地的西部边缘，塔里木盆地中心为 33 万平方公里的塔克拉玛干大沙漠。春夏季节，塔克拉玛干大沙漠增温剧烈，在盆地中很容易形成热低压，盆地中的低层气流强烈辐合上升，使得盆地四周的冷空气急速来补充，有利于对流，这就易形成风，风将地表及沙漠中的尘沙吹起，形成沙尘天气。

另外，前期干旱少雨，天气变暖，气温回升，也是沙尘形成的特殊气候背景。

第七章 结论和讨论

7.1 结论

通过以上分析,对喀什地区沙尘天气有了比较初步的认识,总结出以下结论。

7.1.1 喀什地区沙尘暴发生频率远远低于扬沙,扬沙又远远低于浮尘。三者时空分布非常不均匀,空间分布均表现为平原地区明显多于山区,而平原地区中,沙尘暴表现为南部最多,东部次之,北部最少,其中南部的莎车最多,北部的伽师最少;扬沙表现为东部的巴楚最多,北部的伽师最少;浮尘表现为南部的莎车最多,北部的伽师最少。

7.1.2 沙尘暴、扬沙和浮尘在平原区都是春夏多、秋冬少,其中沙尘暴和扬沙 4~6 最多、浮尘 3~5 月最多;三者均为 12 月至翌年 1 月最少。高山站塔什库尔干的沙尘暴、扬沙冬春多、夏秋少,浮尘春夏多、秋冬少,集中在 3~5 月;托云的扬沙有两个相对高发期,分别在 4~5 月和 8 月。

7.1.3 沙尘暴具有明显的日变化,大部分发生在午后和傍晚,平原地区 20~21h 最多。浮尘年际变化率较大,各站年最多、最少分布非常不均;浮尘年最多日数普遍出现在 1988 年前(除莎车外),年最少浮尘日数都出现在 1988 年之后。

7.1.4 沙尘暴持续时间在 0.5h(含 0.5h)以内最多,其次是在 0.5~1.5h 之间,最长持续时间接近 1d。浮尘持续日数一般在 2~5d,长者达 7~10d,严重者可 15d 以上,最长可达两个多月。

7.1.5 沙尘暴和平原地区的扬沙在波动中逐渐减少,山区塔什库尔干的扬沙在波动中逐渐增加。浮尘除了莎车在逐渐增加外,其它各站均逐渐减少。

7.1.6 喀什地区气候在变暖增湿,气温在波动中升高、降水在波动中增加;气温升高和降水增加具有明显的季节性差异。气温平原地区冬、春、夏季呈上升趋势,其中冬季升温最显著,夏季呈下降趋势,但冬季的上升幅度远远大于夏季的下降幅度;山区各季均上升,秋季升温最显著。降水增幅北部山区最大,其次是平原地区,南部山区最小,其中平原地区夏季降水增加最显著,相反冬季减少。

7.1.7 平原地区和北部山区的大风在波动中减少,南部山区在波动中增加,

其中北部山区减少幅度和南部山区增加幅度都很大。大风变化具有明显的季节性差异，平原地区和北部山区各季均减少，其中夏季减少最显著；南部山区各季均增加。

7.1.8 大风和沙尘的变化趋势一致，大风减少，沙尘天气减少，其中沙尘暴和大风的变化趋势最相一致；南部山区大风增加，扬沙增加；年降水量和冬季平均气温的变化趋势与沙尘暴、扬沙、浮尘的变化趋势相反。

7.1.9 气候因子变化对沙尘有一定的影响，沙尘暴、扬沙、浮尘与大风表现出明显的正相关，其中沙尘暴与大风的正相关最显著，大风减少是影响沙尘减少的最主要因子；沙尘暴与冬季气温呈明显的负相关，冬季气温升高对沙尘暴减少起一定作用，扬沙、浮尘和气温的相关不明显；浮尘与年降水量、春季降水量呈明显的负相关，年降水量增加是浮尘减少的重要因子，春季降水量增加对浮尘减少有一定影响，沙尘暴、扬沙与降水量的相关不明显。

7.1.10 喀什地区 50 年代以来，人口不断增加，随之耕地面积增加、草地面积减少，森林面积的变化随着人类活动呈现增减变化趋势，由此可见生态环境的变化与人类活动密切相关。

7.1.11 喀什地区区域性沙尘天气过程远远高于局地性沙尘天气过程，其中局地性表现最强的是沙尘暴，扬沙次之，浮尘最弱。沙尘天气过程持续日数短，多在 1d。沙尘天气过程 70 年代最多，80 年代、90 年代明显减少，2001~2003 年达到 43a 中最少，但强沙尘天气过程 2001~2003 年比 90 年代有所增加。

7.1.12 沙尘暴和扬沙天气过程分为北支槽、中亚槽（涡）、短波槽、南支槽四型；浮尘天气过程主要是东灌形势造成，分为 Ω 型、贝加尔湖长波槽型、西北风带型、西风锋区型。

7.2 讨论

从对高山—绿洲—沙漠于一体的地理和生态环境下的喀什干旱区沙尘天气的研究中，得出了一些初步结论。这些研究工作对喀什地区是首次开展，为今后深入研究奠定了良好的基础。但是，由于资料限制和本人学识所限，其中存在许多不足之处，研究比较肤浅，很多问题还有待于进一步探讨。今后应该从动力学角度对喀什地区沙尘天气的形成机理上进行研究，这样对当地预报员开展沙尘天气的预报服务工作将更加有利。

参考文献 (References) :

- Brazel A J, Nicking W C, 1986. The relationship of weather types to dust storm generation in Arizona. *J Climatology*, 6(3):255-275
- Duce R A, Arimoto R, Ray B J, et 1983. al. At mospheric trace elements at enewetak Atoll: Concentrations, sources, and temporal variability[M]. *J Geophys Res[Atmos]*, 88(C9):5321-5342
- Hankin E H, 1921. On dust raising winds and descending currents. *India Met Memoirs*
- Idso S B, Ingram R S, Pritchard J M, 1972. An American Haboob. *Bull A MS*, 53:930-935
- IPCC, 1995. IPCC Second Assessment report: Climate Change[M]. IPCC, Geneva, 64
- Jauregui E, 1989. The dust storms of Mexico City. *Inter J Climatology*, 9(2):169-180
- Joseph P V, Raipal D K, Deka S N, 1980. "Andhi", the convective dust storms of North west India. *Mausam*, 31:431-442
- Sutton L J. Haboobs, 1925. *Quart J R Met Soc*, 51:25-30
- Ott S T, A Ott, 1991. Analysis of a Trans-Atlantic Sahara dust outbreak based on satellite and GATE data. *Mon Wea Rev*, 119(8):1832-1850
- Zhou Xiuji, Xu Xingde, Yan Peng et, 2002. Dynamic characteristics of spring sandstorm in 2000. *Science in China*, 45(10):921-930
- Zhuang G, Yi Z, Duce R A, et, 1992. al. link between Iron and sulfur cycles suggested by detection of Iron(II) In remote marine aerosols[J], *Nature(London)*, 355 (6360):537-539
- 陈广庭, 2001. 近 50 年北京的沙尘天气及治理对策. *中国沙漠*, 12(4)
- 陈红, 林朝晖, 周广庆, 2004. 我国春季沙尘天气趋势的数值气候预测试验. *气候与环境研究*, 9(1):182~190.
- 陈伟民, 王强, 牛志敏, 等, 1996. 中国西北部“4.5”沙尘暴过程中尺度低压的数值模拟[J]. *中国沙漠*, 16(2):140~144.
- 成天涛, 沈志宝, 2001. 中国西北大气沙尘光学特性的数值试验. *高原气象*, 20(3):291~297.
- 成天涛, 吕达仁, 王革丽, 徐永福, 李兴荣, 2005. 浑善达克沙地气候因子对沙尘暴频率影响作用的模拟研究. *中国沙漠*, 25(1):68~74.
- 丁瑞强, 王式功, 尚可政, 杨德保, 李建红, 2003. 近 45 a 我国沙尘暴和扬沙天气变化趋势和突变分析. *中国沙漠*, 23(3):306~311.

- 方宗义,朱福康,江吉喜,等,1997.中国沙尘暴研究.北京:气象出版社,31~36.
- 高卫东,魏文寿,刘明哲,2002.塔里木盆地气溶胶特征分析.干旱区地理,25(2):165~169.
- 韩茂莉,程龙,2002.大漠狂风—沙尘暴历史、现实的思考.太原:山西人民出版社.
- 何清,向鸣,唐淑娟,1998.塔克拉玛干沙漠腹地两次强沙尘暴天气分析[J].中国沙漠,18(4):320~327.
- 何清,赵景峰,1997.塔里木盆地浮尘时空分布及对环境影响的研究.中国沙漠,气象出版社.
- 何清,杨青,李红军,2003.新疆40a来气温、降水和沙尘天气变化.冰川冻土,25(4):426~428.
- 胡金明,崔海亭,唐志尧,1999.中国沙尘暴时空特征及人类活动对其发展趋势的影响.自然灾害学报,8(4):49~56.
- 胡列群,2001.塔里木盆地沙尘暴的长期变化及气候分析[J].干旱区地理,24:10~15.
- 黄富祥,张新时,徐永福,2001.毛乌素沙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(11):1875~1885.
- 江吉喜,1995.一次特大沙尘暴成因的卫星云图分析[J].应用气象学报,6(2):177~184.
- 姜逢清,胡汝骥,1998.新疆气候与环境的过去、现在及未来情景.干旱区地理,21(1):1~9.
- 姜学恭,沈建国,刘景涛,等,2003.导致一例强沙尘暴的若干天气因素的观测和模拟研究.气象学报,61(5):606~620.
- 矫梅燕,周自江,2003.中国沙尘暴及其监测预警.中国工程科学,5(9):1~6.
- 矫梅燕,牛若芸,赵琳娜,延昊,2004.沙尘天气影响因子的对比分析.中国沙漠,24(6):698~702.
- 康凤琴,李耀辉,吕世华,2003.2001年4月8日强沙尘暴天气的数值模拟研究.中国沙漠,23(6):681~685.
- 康杜鹃,2003.我国北方地区沙尘暴气候异常的大气环流背景分析.中国科学院大气物理研究所硕士学位论文,pp51.
- 李艳春,2004.宁夏中北部地区沙尘暴频率气候影响指数模型的建立.干旱气象,22(1):13~16.
- 林朝晖,陈红,张时煌,等,2004.2003年春季中国沙尘天气异常的气候及环境背景.气候与环境影响,9(1):191~202.
- 刘春涛,程麟生,1997.黑风暴沙尘形成与输送参数化及中尺度数值试验.气象学报,55(6):726~738.
- 刘景涛,郑明倩,2003.内蒙古中西部强和特强沙尘暴的气候学特征.高原气象,22(1):51~64.
- 刘明哲,魏文寿,高卫东,等,2003.沙尘源区与沉降区气溶胶粒子的理化特征.干旱区地

- 理,26(4):334~339.
- 马云仓,1997.1992年4月28日青海沙尘暴分析.中国沙尘暴研究.北京:气象出版社,59~61.
- 牛若芸,周自江,刘月惟,等,2004.2003年春季我国沙尘天气异常偏少的成因分析.气候与环境研究,9(1):24~32.
- 牛生杰,孙继明,桑建人,2000.贺兰山地区沙尘暴发生次数的变化趋势.中国沙漠,20(1):55~58.
- 彭维耿,陈楠,2002.宁夏多、少沙尘暴年4月平均环流特征的对比分析.高原气象,21(6):599~603.
- 彭维耿,赵光平,陈豫英,2005.宁夏春季沙尘暴与气象要素及环流指数的关系.气象,31(3):17~22.
- 钱正安,贺慧霞,瞿章,等.我国西北地区沙尘暴的分级标准和个例谱及其统计特征.见:方宗义等编.中国沙尘暴研究.北京:气象出版社.1997,1~10.
- 钱正安,宋敏学,李万元,2002.近50年中国北方沙尘暴的分布及变化趋势分析.中国沙漠,22(2):106~111.
- 邱金桓,孙金辉,1994.沙尘暴的光学遥感及分析[J].大气科学,18(1):1~10.
- 邱新法,曾燕,缪启龙,2001.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.
- 邱玉,邹学勇,2005.气候因素对沙尘天气影响的模型研究.自然灾害学报,14(2):35~41.
- 屈建军,孙宏义,李金贵,2001.腾格里沙漠东南缘沙尘暴变化趋势的 Markov 模型分析[J].中国沙漠,21(增刊):71~75.
- 瞿章,许宝玉,贺慧霞,1994.“930505”沙尘暴的若干启示.干旱区地理,17(1):63~67.
- 全林生,时少英,朱亚芬,钱维宏,2001.中国沙尘天气变化的时空特征及其气候原因.地理学报,26(4):477~486.
- 陕西省气象台,1997.陕西北部春季沙尘暴的气候特征及预报初探.中国沙尘暴研究.北京:气象出版社,22~26.
- 石广玉,赵思雄,2003.沙尘暴研究中的若干科学问题.大气科学,27(4):591~606.
- 宋连春,韩永翔,张强,等,2004.中国沙尘暴时空变化特征及日本、韩国黄沙的源地研究.大气科学,28(6):820~829.
- 孙建华,赵琳娜,赵思雄,2003.一个适用于我国北方的沙尘暴天气数值预测系统及其应用实验.气候与环境研究,8(2):125~142.
- 孙军,李泽春,2001.西北地区沙尘暴预报方法的初步探讨.气象,27(1):19~24.

- 唐国利,巢清尘,2005.近 48 年中国沙尘暴的时空分布特征及其变化.应用气象学报,16(Suppl):128~132.
- 王革丽,吕达仁,尤莉,2002.浑善达沙地沙尘暴气候特征分析.气候与环境研究,7(4):433~439.
- 王会军,郎咸梅,周广庆,康杜鹃,2003.我国今冬和明春气候异常与沙尘气候形势的模式预测初步报告.大气科学,27(1):136~140.
- 王幼松,李耀辉,康凤琴,等,2004.“4.12”沙尘暴天气的数值模拟及诊断分析.高原气象,23(1):89~96.
- 王式功,杨德保,金炯,等,1995.我国西北地区黑风暴的成因和对策[J].中国沙漠,15(1):19~30.
- 王式功,董光荣,陈惠忠,等,2000.沙尘暴研究的进展.中国沙漠,20(4):349~356.
- 王式功,董光荣,杨德保,等,1996.中国北方地区沙尘暴变化趋势初探.自然灾害学报,5(2):86~94.
- 王式功,王金艳,周自江,等,2003.中国沙尘天气的区域特征.地理学报,58(2):280~287.
- 王涛,陈广庭,钱正安,等,2001.中国北方沙尘暴现状及对策[J].中国沙漠,12(4):321~327.
- 王伟,方宗义,2004.沙尘暴天气及其研究进展综述.应用气象学报,15(3):366~381.
- 王锡稳,牛若云,冀兰芝,等,2003.甘肃沙尘暴短期、短时业务化预报方法研究.应用气象学报,14(6):682~690.
- 王小玲,翟盘茂,2004.中国春季沙尘天气频数的时空变化及其与地面风压场的关系.气象学报,62(1):96~104.
- 王旭,马禹,汪宏伟,等,2002.北疆沙尘暴天气气候特征分析[J].北京大学学报(自然科学版),38(5):681~687.
- 王旭,马禹,陈洪武,2003.新疆沙尘暴天气的气候特征[J].中国沙漠,23(5):539~544.
- 王旭,马禹,陈洪武,等,2003.南疆沙尘暴气候特征分析[J].中国沙漠,23(2):147~151.
- 魏文寿,高卫东,史玉光,等,2004.新疆地区气候与环境变化对沙尘暴的影响研究[J].干旱区地理.
- 吴绍洪,杨勤业,曹军,2004.中国北方沙尘天气原因探讨.干旱区资源与环境,18(1):21~26.
- 夏训诚,杨根生,等,1996.中国西北地区沙尘暴灾害及防治[M].北京:中国环境科学出版社,5~12.
- 肖贤俊,刘还珠,宋振鑫,何金海,2004.2002 年 3 月 19 日沙尘暴爆发条件分析.应用气象学报,15(1):1~9.
- 徐国昌,陈敏连,吴国雄,1979.甘肃省“4.22”特大沙尘暴分析.高原学报,4(1):26~35.

- 徐建芬,牛志敏,陈伟民,等,1996.我国西北地区4.5沙尘暴天气研究.中国沙漠,16(3):282~287.
- 徐启运,胡敬松,1996.我国西北地区沙尘暴天气时空分布特征[J].应用气象学报,7(4):479~482.
- 徐贵青,魏文寿,2004.新疆气候变化及其对生态环境的影响[J].干旱区地理,27(1):14~18.
- 许宝玉,钱正安,焦彦军,1997.西北地区五次特强沙尘暴前期形势和要素场的综合分析与预报.中国沙尘暴研究.北京:气象出版社,44~51.
- 杨民,王式功,李文莉,等,2000.沙尘暴天气对兰州市环境影响的个例分析.气象,30(4):46~50.
- 张冬斌,尚可政,王式功,等,2003.沙尘天气的定量化指数及其应用.干旱气象,21(3):58~62.
- 张高英,赵思雄,孙建华,2004.近年来强沙尘暴天气气候特征的分析研究.气候与环境研究,9(1):10~115.
- 张莉,任国玉,2003.中国北方沙尘暴频数演变及其气候成因分析.气象学报,61(6):744~750.
- 张仁健旭,王明星,张文,等,2000.北京冬春季气溶胶化学成分及其谱分布研究[J].气候与环境研究,5(1):6~12.
- 张钦仁,1997.西北地区“黑风”成因及预报方法初探.中国沙尘暴研究.北京:气象出版社,70~74.
- 张小玲,刘建忠,徐晓峰,2004.北京春季一次持续浮尘和污染天气过程分析.气象科技,32(6):420~424.
- 赵光平,陈楠,杨建玲,李艳春,2003.环流及冷空气类型与宁夏沙尘暴落区的对应关系.中国沙漠,23(6):642~645.
- 赵光平,等,1997.宁夏区域性强沙尘暴天气成因及其预报方法研究.中国沙尘暴研究.北京:气象出版社,52~58.
- 赵琳娜,赵思雄,2004.引发北方沙尘暴天气快速发展气旋的数值模拟研究.气候与环境研究,9(1):116~125.
- 中央气象局,1979.地面气象观测规范[M].北京:气象出版社,21~27.
- 中国气象局,2003.地面气象观测规范[M].北京:气象出版社,21~27.
- 周自江,2001.近47年中国沙尘暴和扬沙天气.第四纪研究,21(1):9~17.
- 周秀骥,徐祥德,颜鹏,等,2002.2000年春季沙尘暴动力学特征.中国科学D,32(4):327~334.
- 周自江,王锡稳,牛若芸,2002.近47年中国沙尘暴气候特征研究[J].应用气象学报,13(2):193~200.
- 周自江,章国材,2003.中国北方的典型强沙尘暴事件(1954~2002年).科学通报,48(11):1224~1228.

简历及在学期间的研究成果

江远安，女，1969年6月出生，汉族，祖籍安徽，理学学士，副研级高工

一、工作经历

1、1987年7月~1991年6月在南京气象学院气象系天气动力学专业学习，1991年7月毕业，获理学学士学位。

2、1991年7月~2004年12月在新疆喀什地区气象局从事短、中、长期天气预报、服务、科研工作。2001年10月评聘为副研级高级工程师。

3、2001年9月~2003年11月，在“兰州大学”资源环境学院在职研究生课程进修班学习，气象学专业，已取得研究生同等学力证书。

4、2005年1月至今，在新疆气象局环境气象中心从事短期气候趋势预测工作。

二、近年来的获奖情况

2000年度被评为“全国优秀值班预报员”。

2001、2002、2003、2004年连续四年专业技术考核为优秀，被评为“喀什地区气象局先进工作者”。

2002、2003年度被评为“喀什地区气象局重大气象服务先进工作者”。

2003年度被评为“新疆气象局优秀中青年科技工作者”。

2004年度被评为“新疆气象局重大气象服务先进工作者”。

三、在学期间的科研及论文发表等情况

1、课题

(1) 2001~2002年主持完成新疆气象局课题《T106产品在喀什地区的检验与应用》。

(2) 2004~2005年主持完成新疆气象局青年基金项目《喀什地区沙尘暴的研究》。

(3) 2000~2001年参与北京大学暴雨监测与预测国家重点实验室开放课题《卫星云图资料在新疆天气预报中的应用研究》，属于高等学校重点实验室访问者基金项目。

2、论文

(1)《南疆西部大降水天气过程的统计分析》——第1作者,发表于《新疆气象》2001年第5期上,并在2002年7月21~24日“新疆第四届青年学术交流会”上进行交流。

(2)《1999年叶尔羌河两次特大洪水成因分析》——第1作者,在2002年7月21~24日“新疆第四届青年学术交流会”上进行了交流,并收录于《新疆第四届青年学术年会论文集》。

(3)《喀什地区一场强降雪天气过程分析》——第1作者,发表于《新疆气象》2002年第6期上。

(4)《03.3.1~5日暴雪天气过程分析》——合作完成,在“新疆气象局2003年预报业务技术研讨会”上进行了交流。

(5)《喀什地区近43年沙尘暴、扬沙天气》——第1作者,发表于《新疆气象》2004年第4期。

(6)《喀什地区浮尘天气特征分析》——第1作者,在2005年10月25~27日“中国气象学会2005年年会”上进行了学术交流,并收录于“中国气象学会2005年年会文集”。

(7)《喀什地区沙尘天气过程分析》——第1作者,已被录用在2005年《新疆气象》增刊上。

3、应用方面

(1)作为骨干参与城市环境气象的研究,独立完成了关于“人体舒适度指数”的资料普查和预报方法研究,确定了预报指数,已于2002年7月应用于喀什地区气象台开展的城市环境气象预报业务中。

(2)作为骨干参与《喀什地区山洪灾害防治规划设计》——气象部分的研究,已于2004年8月通过专家组的验收。

(3)作为骨干参与《喀什地区地质灾害预测、预警及发布》的研究,已于2004年8月20日投入业务运行。

致 谢

本文是在我尊敬的导师王文副教授细心指导和严格要求下完成的,在此深深地表示我最诚挚的感谢!在我眼中王文老师治学严谨、思维缜密、学识渊博、为人师表、平易近人,这一切使我终身难忘。

我 2004 年 1 月以前在新疆喀什地区气象局从事短、中期预报服务工作,2005 年 1 月调入新疆气象局环境气象中心从事气候分析与预测工作,由于工作、时间等条件限制,论文进行有些困难。在论文的执行过程中,王文老师不断给予建设性的构思和设想,时刻关心论文的进展情况,这令我感动不已。

感谢兰州大学的各位老师,不远万里来到新疆为我们授课,在学习期间对我们谆谆教诲,让我这个长期在边远地区工作学到很多知识。各位老师不吝赐教、学识之精、之广将使我受益终身。

感谢兰州大学研究生院的老师对我学习和论文完成工作中给予的鼎力相助。

感谢新疆气象局局领导和新疆气象局人事处、新疆气象局科技减灾处、新疆环境气象中心、喀什地区气象局的各位领导,给予我这次学习提高的机会,以及在我学习和论文完成期间给予的大力帮助和关怀。

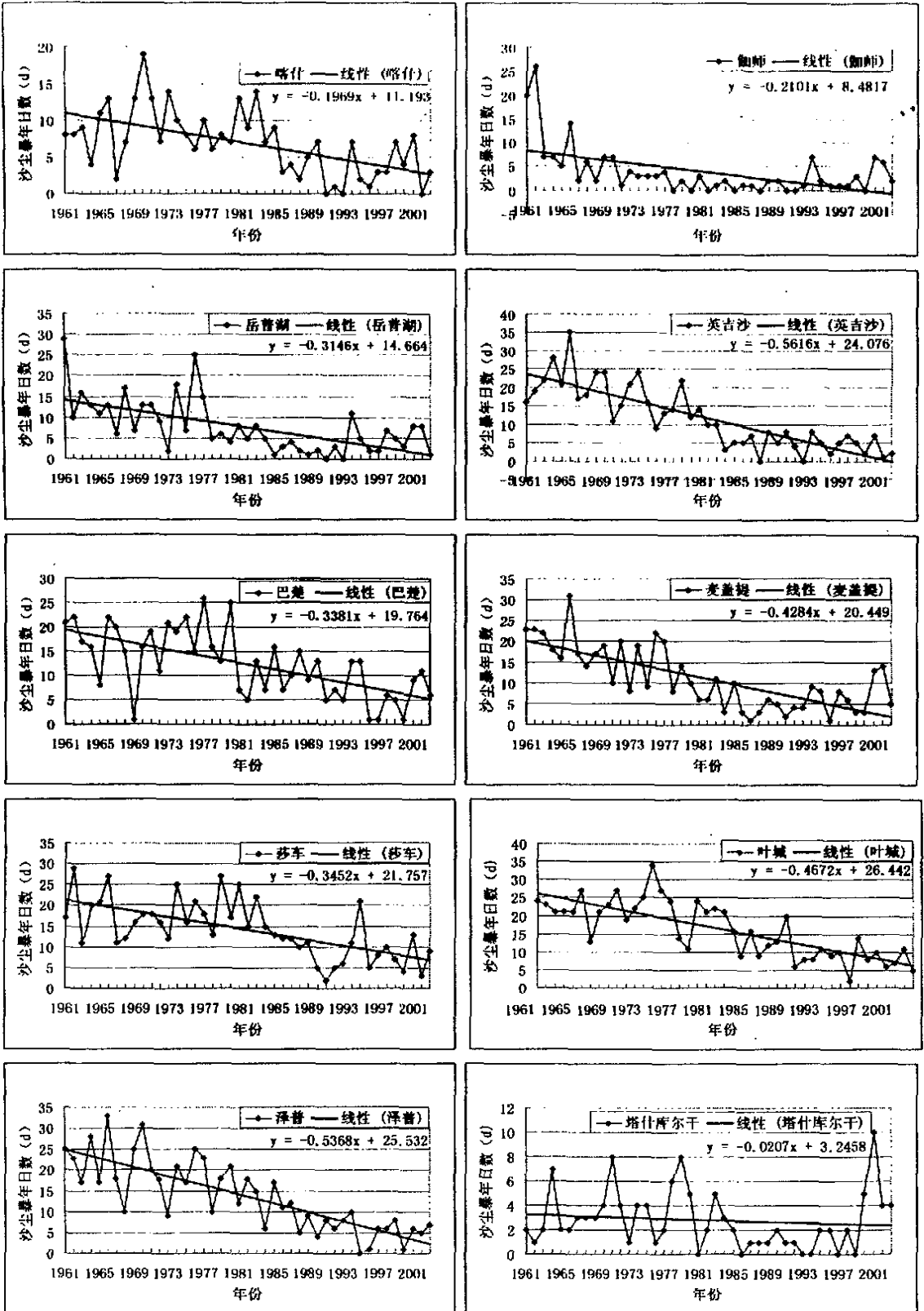
感谢课题组的成员——黄秉光、张晓琴同志,他们付出了辛苦的劳动。

在整个论文的完成过程中,新疆环境气象中心副总工王旭正研级高工、马禹副研级高工也给予我莫大的帮助,在此一并表示最诚挚的感谢!

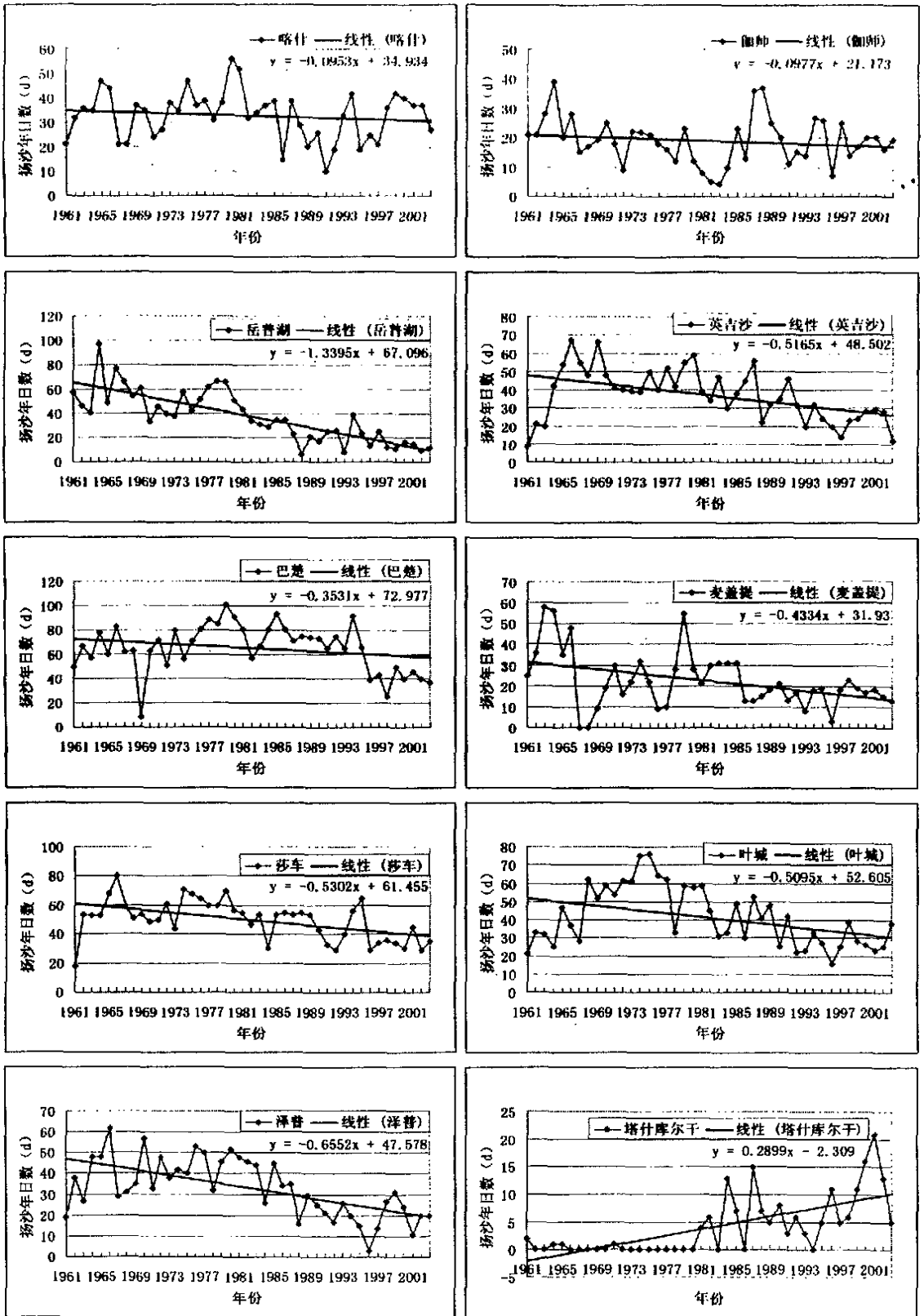
对所有帮助我的老师、领导、同学、同事表示诚挚的谢意!

最后还要感谢我的爱人和家人,是他们对我的大力支持和无微不至的关心,才使我得以顺利地完成了学业。

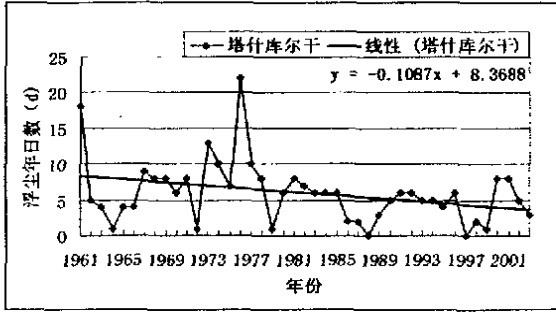
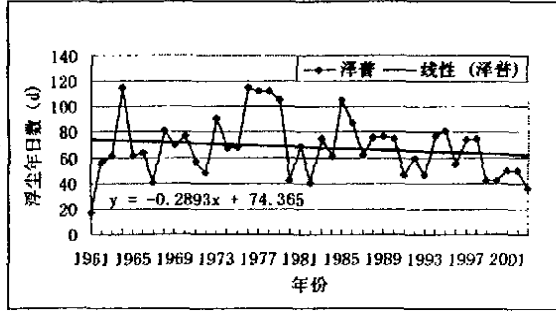
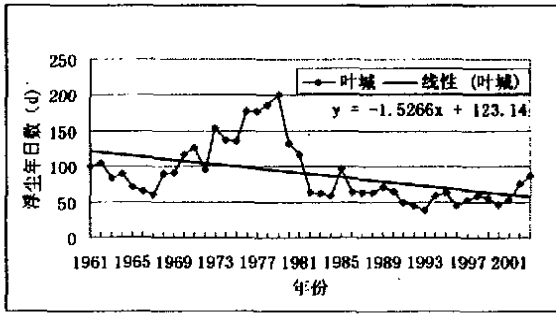
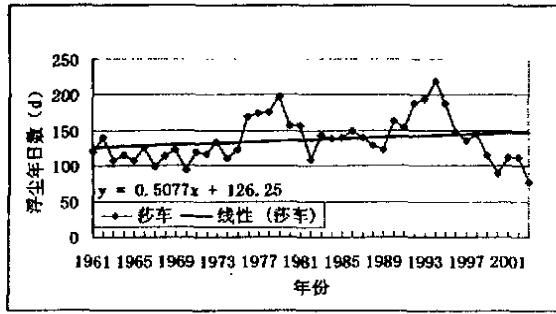
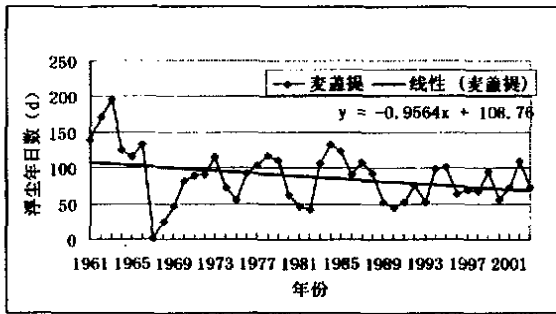
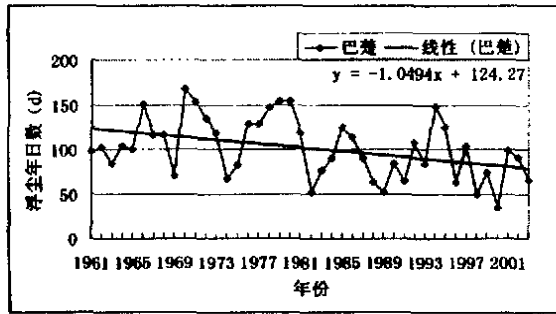
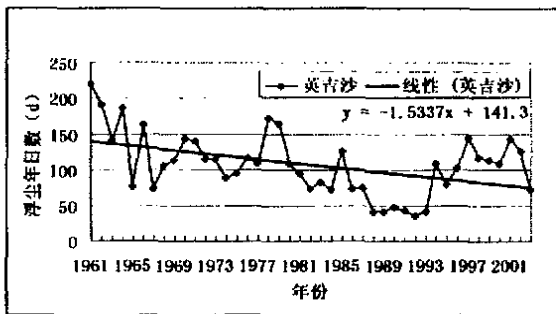
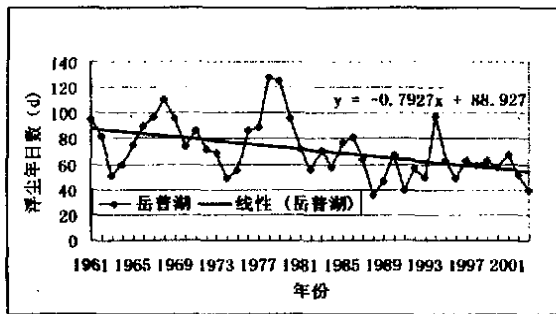
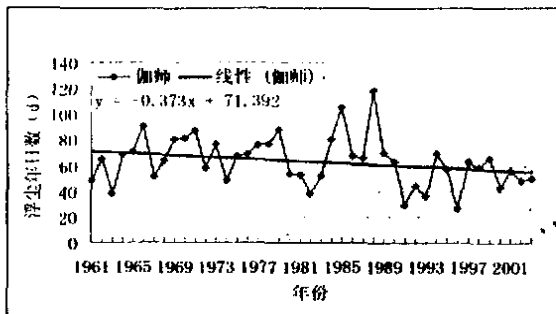
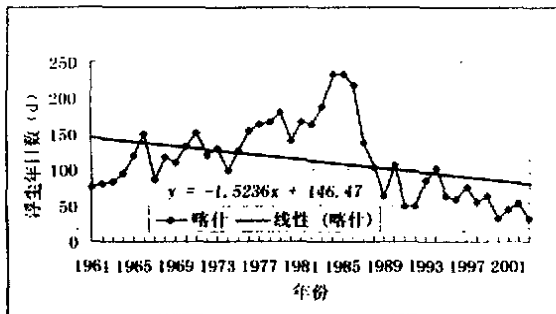
附 录

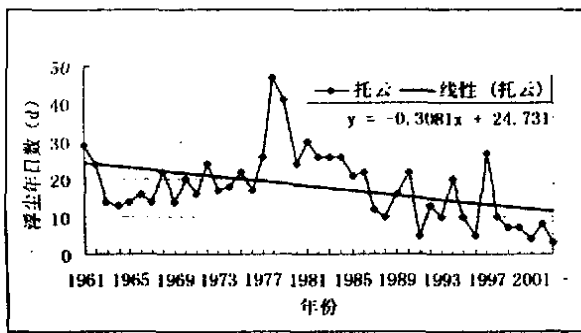


附图 3.1 1961~2003 年喀什地区各站沙尘暴年日数的年际变化曲线

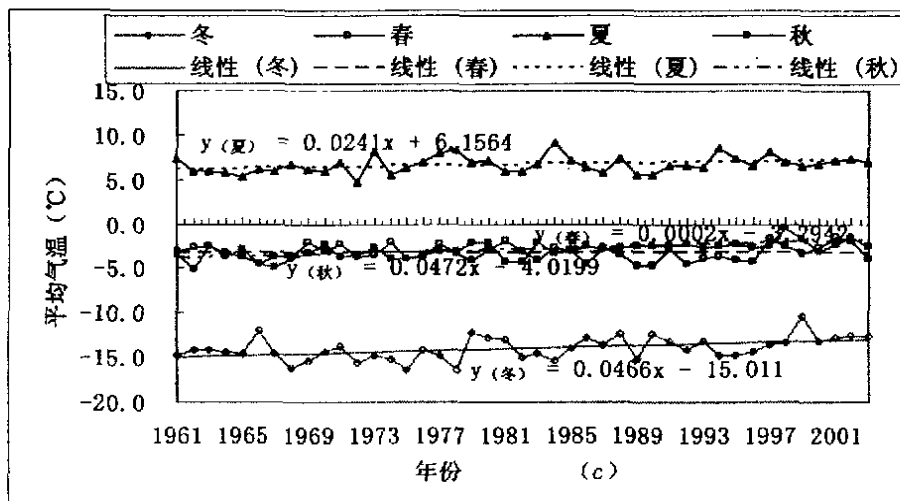
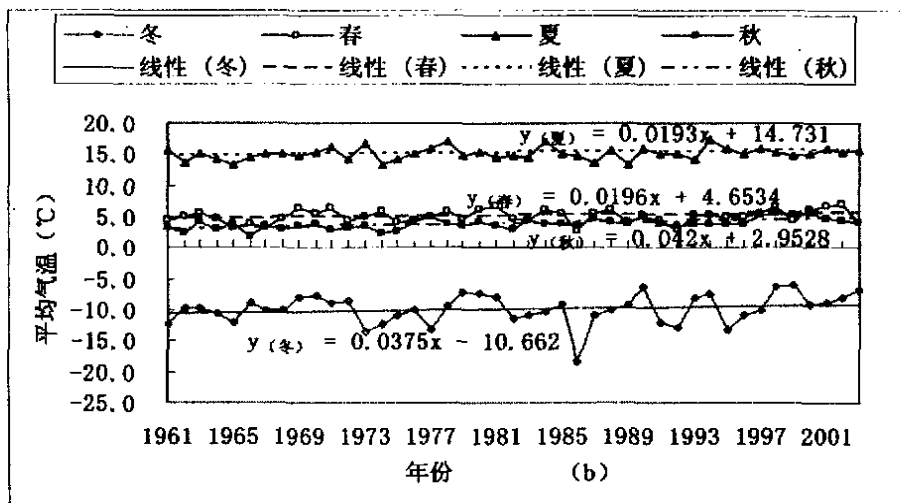
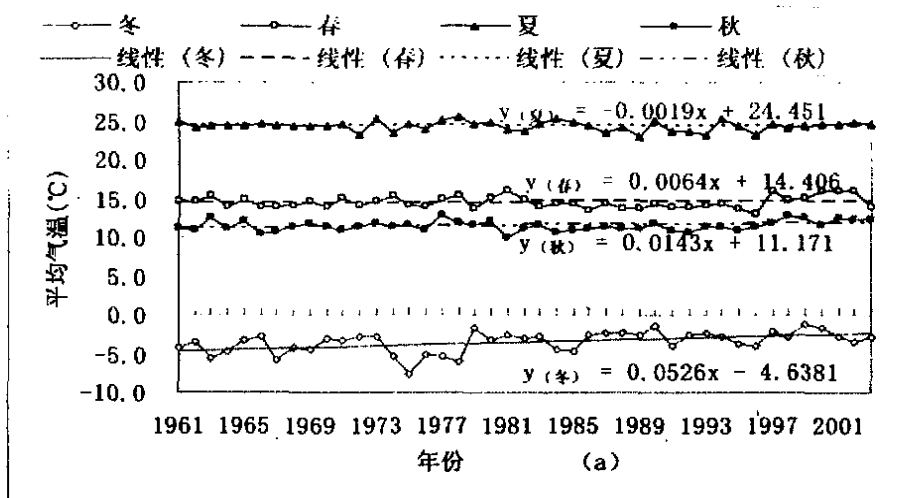


附图 3.2 1961~2003 年喀什地区各站扬沙年日数的年际变化曲线

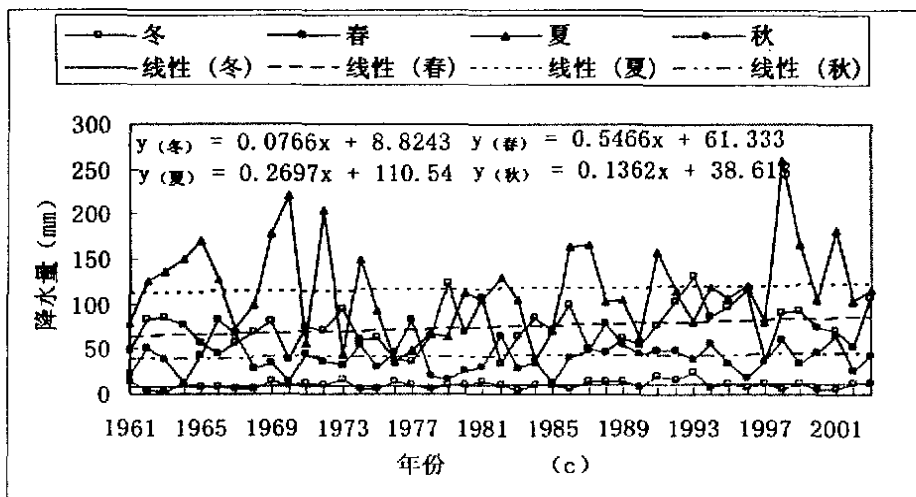
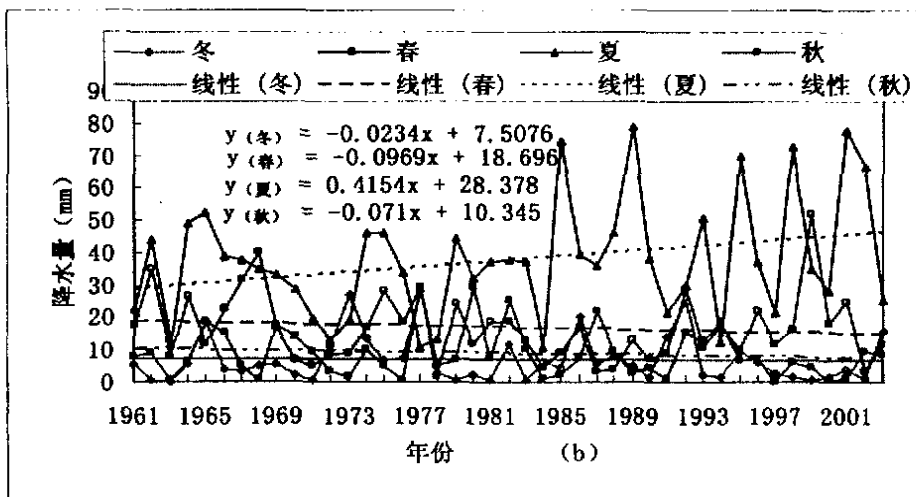
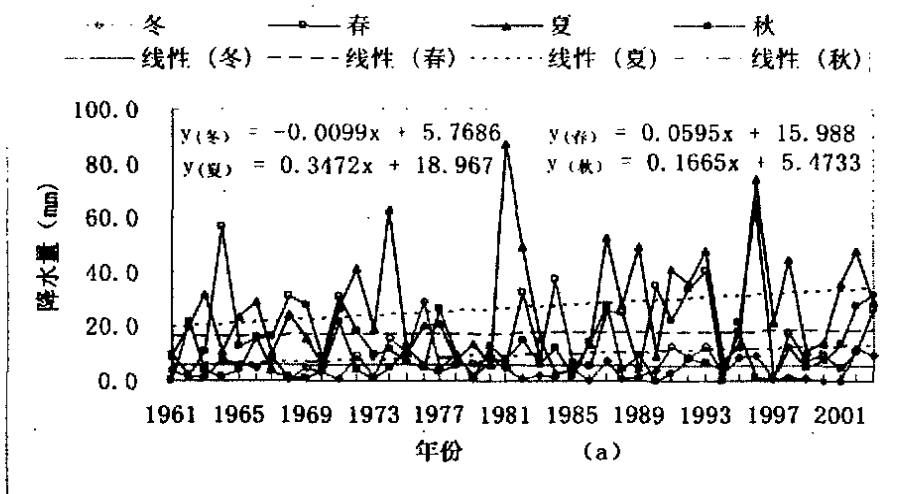




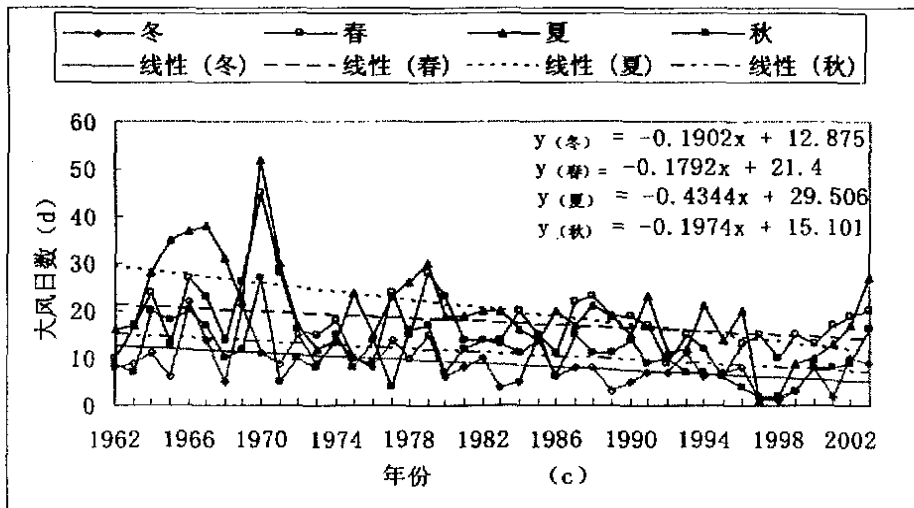
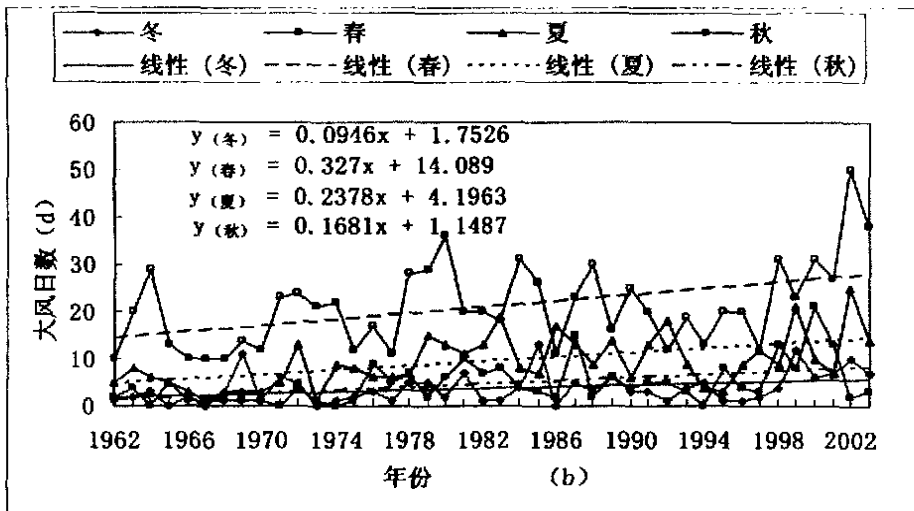
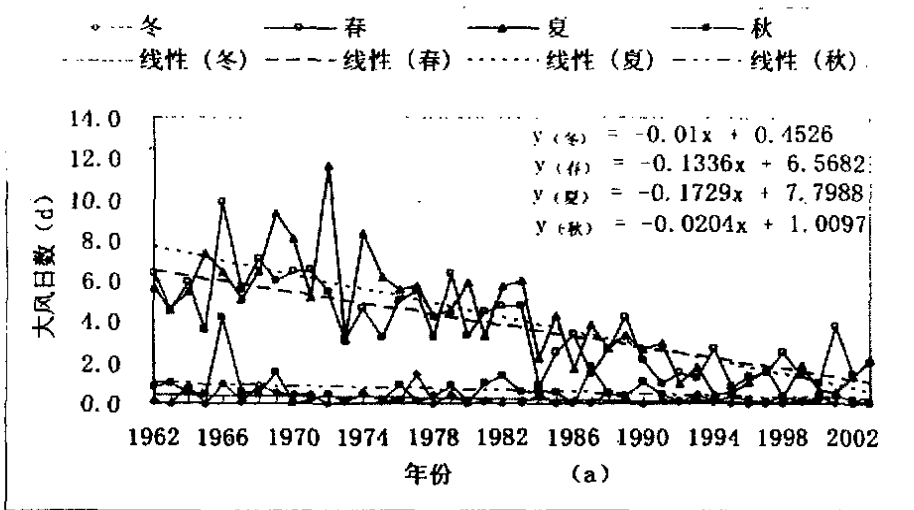
附图 4.1 1961~2003 年喀什地区浮尘年日数的年际变化曲线



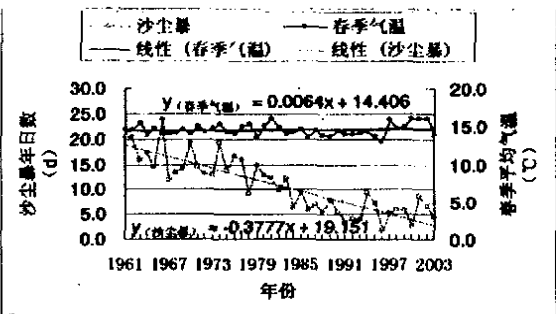
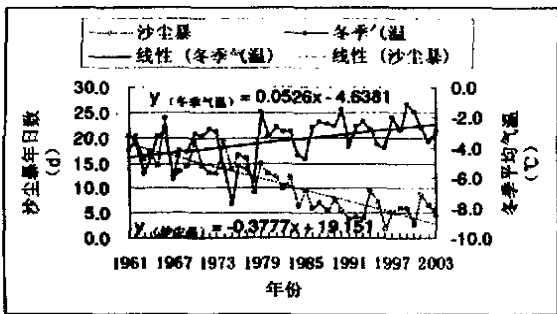
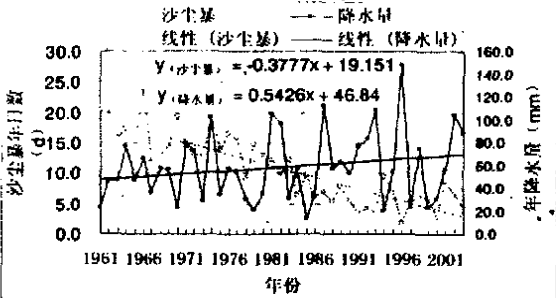
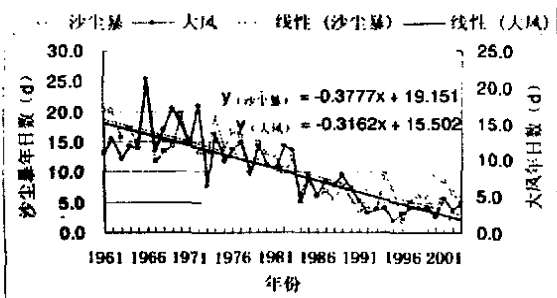
附图 5.1 1961~2003 年喀什地区 43a 来各季平均气温的逐年变化曲线
 (a) 平原地区; (b) 南部山区; (c) 北部山区



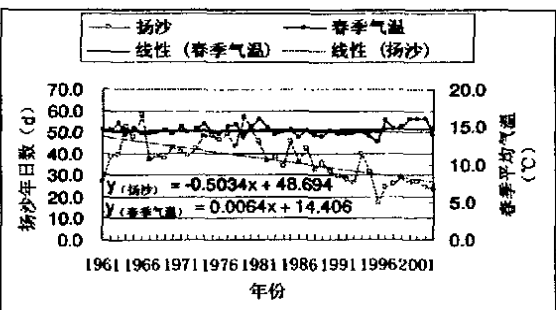
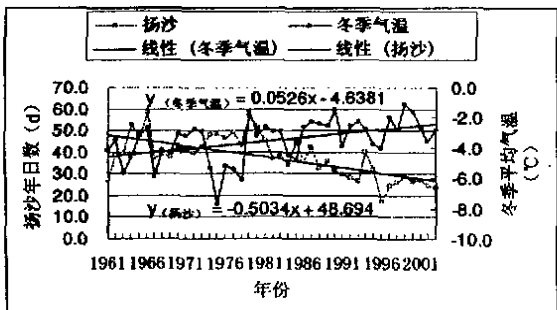
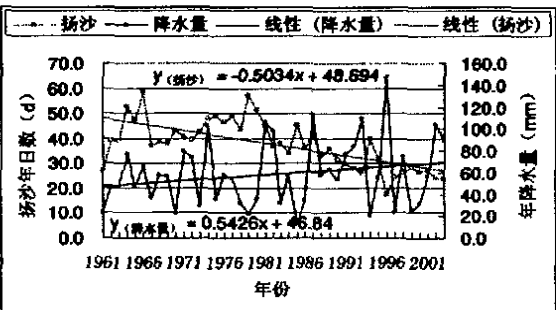
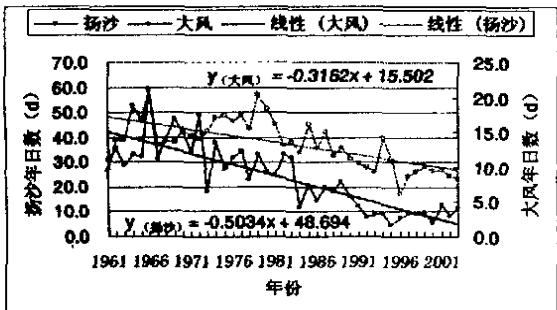
附图 5.2 1961~2003 年喀什地区 43a 来各季降水量的逐年变化曲线
 (a) 平原地区; (b) 南部山区; (c) 北部山区



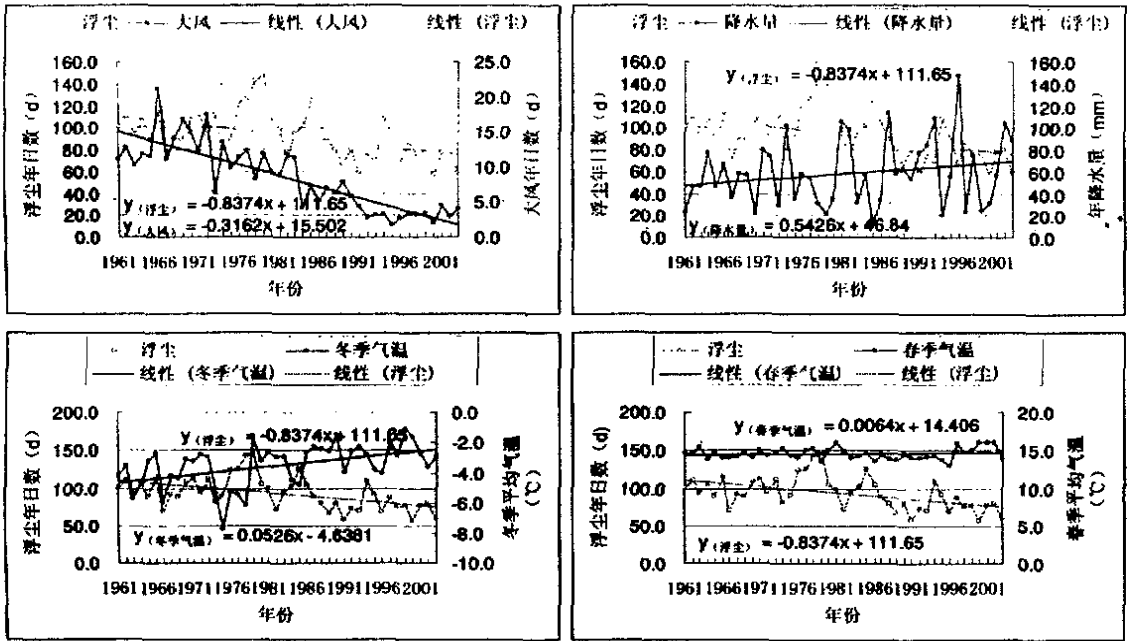
附图 5.3 1962~2003 年喀什地区 42a 来各季大风日数的逐年变化曲线
 (a) 平原地区; (b) 南部山区; (c) 北部山区



附图 5.4 1961~2003 年喀什平原区 43a 来沙尘暴
与大风年日数、年降水量、冬季平均气温、春季平均气温的逐年变化曲线



附图 5.5 1961~2003 年喀什平原区 43a 来扬沙
与大风年日数、年降水量、冬季平均气温、春季平均气温的逐年变化曲线



附图 5.6 1961~2003 年喀什平原区 43a 来浮尘
与大风年日数、年降水量、冬季平均气温、春季平均气温的逐年变化曲线

附表 6.1 1961~2003 年喀什地区沙尘暴天气过程持续日数的年分布次数 (单位: 次)

时间	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合计
1d	18	31	113	262	330	276	209	98	55	42	19	12	1465
2d	1	8	8	40	30	58	19	8	7	2	2	2	185
3d	0	0	1	5	4	4	7	2	0	0	0	0	23
4d	0	0	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	4
5d	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
合计	19	39	122	307	365	341	236	108	62	44	21	14	1678

附表 6.2 1961~2003 年喀什地区扬沙天气过程持续日数的年分布次数 (单位: 次)

时间	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合计
1d	39	107	341	562	670	661	558	404	289	173	81	30	3915
2d	7	15	45	67	82	103	88	65	36	13	10	8	539
3d	0	5	5	11	10	14	13	6	0	2	0	0	66
4d	0	1	1	1	1	3	4	0	1	0	0	0	12
5d	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
6d	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2
合计	46	128	392	641	763	781	664	476	327	188	91	38	4535

附表 6.3 1961~2003 年喀什地区沙尘暴过程统计表

站数	日数 (d)	日数/站数	过程数 (次)	站数	日数 (d)	日数/站数	过程数 (次)
≥1	1926	192.6	1678	=1	972	97.2	807
≥2	954	95.4	871	=2	383	38.3	339
≥3	571	57.1	532	=3	197	19.7	182
≥4	374	37.4	350	=4	143	14.3	129
≥5	231	23.1	221	=5	98	9.8	92
≥6	133	13.3	129	=6	59	5.9	58
≥7	74	7.4	71	=7	41	4.1	39
≥8	33	3.3	32	=8	21	2.1	20
≥9	12	1.2	12	=9	10	1	10
≥10	2	2.0	2	=10	2	0.2	2
≥11	0	0	0	=11	0	0	0

附表 6.4 1961~2003 年喀什地区扬沙过程统计表

站数	日数 (d)	日数/站数	过程数 (次)	站数	日数 (d)	日数/站数	过程数 (次)
≥1	5256	477.8	4535	=1	1939	176.3	1553
≥2	3317	301.5	2982	=2	1029	93.5	893
≥3	2288	208	2089	=3	695	63.2	626
≥4	1593	144.8	1463	=4	533	48.5	481
≥5	1060	96.4	982	=5	392	35.6	362
≥6	668	60.7	620	=6	314	28.5	284
≥7	354	32.2	336	=7	193	17.5	185
≥8	161	14.6	151	=8	105	9.5	99
≥9	56	5.1	52	=9	53	4.8	49
≥10	3	0.3	3	=10	3	0.3	3
≥11	0	0	0	=11	0	0	0

附表 6.5 1961~2003 年喀什地区浮尘过程统计表

站数	日数 (d)	日数/站数	过程数 (次)	站数	日数 (d)	日数/站数	过程数 (次)
≥1	9316	846.9	6728	=1	2599	236.3	1498
≥2	6717	610.6	5230	=2	1448	131.6	1090
≥3	5269	479	4140	=3	1055	95.9	841
≥4	4214	383.1	3299	=4	780	70.9	666
≥5	3434	312.2	2633	=5	695	63.2	580
≥6	2739	249	2053	=6	558	50.7	483
≥7	2181	198.3	1570	=7	522	47.5	438
≥8	1659	150.8	1132	=8	542	49.3	423
≥9	1117	101.5	709	=9	729	66.3	461
≥10	388	35.3	248	=10	314	28.5	200
≥11	74	6.7	48	=11	74	6.7	48