

西北农林科技大学

硕士学位论文

乌兰布和沙漠东北部磴口绿洲气候变化分析

姓名：肖彩虹

申请学位级别：硕士

专业：农业推广·园艺

指导教师：马锋旺;郝玉光

20081001

乌兰布和沙漠东北部磴口绿洲气候变化分析

摘 要

气候资源是绿洲赖以发展的最基本和重要的再生资源。磴口位于乌兰布和沙漠东北部，地处华北与西北的结合部，是亚洲中部荒漠区和草原区的分界线，属于我国草原化荒漠向荒漠化草原的过渡地带，是一条极为重要的植物地理学分界线。本文利用磴口气象资料建立气象数据库，利用计算机软件建立各气象因子模型，分析各因子特征，以揭示当地特殊区域气候的变化特征。主要结果如下：

1. 年平均气温逐年代递增，低温年发生在 50 至 70 年代，暖温年发生在 80 年代后，体现为“前凉后暖”的特点；年平均气温及各季平均气温均呈明显上升趋势，但以冬季增幅最大，大于年平均气温的增幅，春季次之，夏季最小。

2. 降水量年代际变化比较明显，60 年代与 90 年代降水明显偏多，其它年代偏少，而且 70 年代是降水偏少的转折时期；年降水变化趋势不明显，降水的年际变幅夏季最大，秋季次之，冬季最小；降水主要集中在夏季，而且年降水的波动形态与夏季基本一致。

3. 蒸发量主要集中于夏季，其次为春季，冬季最小。而且蒸发量年内分布规律为单峰型，5 月最大 1 月份最小。年及四季蒸发量各年代际变化没有一定的规律性，但近 5 年，年及四季蒸发量均较高，50、70 年代蒸发量均偏小。夏季蒸发量年际间变幅最大，而且波动趋势与年蒸发量比较接近。

4. 相对湿度夏秋季相近，春季最小。年内相对湿度 4 月份最小 8 月份最大。90 年代，除秋季与冬季外，是相对湿度最大的一个时期。

5. 磴口地区气候以干旱为主，且持续时间长，最长达 14 年之久。冬季与春季以重旱为主；夏季以中旱为主，秋季重旱与中旱频率一致。各季干旱指数的变化趋势与降水距平百分率趋势一致。说明用该干旱指数与降水距平百分率对磴口地区气候的划分与评价具有一致性。

6. 日照时数夏、春季较大，冬季最少。而且年内分布规律为单峰型，5 月最大，其次为 6 月，12 月份最小。年及四季日照时数均为 80 年代最小，近 5 年最大。从二次拟合曲线看，年及秋季与冬季年际变化相似，均为先减小随后增加。而春夏季变化相似，均为先增加后减少随后增加。

7. 扬沙天气主要发生在春季，高峰出现在 4 月，8 和 9 月份最少。年及春季、夏季、冬季扬沙天气均为逐年代递减。50 年代扬沙日数最多，近 5 年最少。秋季 60 年代最多，其次为 50 年代。年及四季扬沙日数均为线性下降，线性方程均通过了置信度 0.001 的显著性检验，下降率为年 > 春季 > 冬季 > 夏季 > 秋季，均为 80 年代之前，扬沙日数绝大

部分为正距平,波动幅度较大,80年代之后为负距平,波动幅度平缓。80年代为转折期,体现为“先多后少”的特点。年与春季扬沙日数波动趋势比较接近。

8. 该地区沙尘暴和大风日数具有同步性。主要发生在春季,秋季最少。年及四季沙尘暴和大风日数均为逐年代递减,70年代最多,近5年最少,均为80、90年代下降幅度最大,近5年下降幅度较小。年及四季沙尘暴和大风日数均为线性下降,线性方程均通过了置信度0.01的显著性检验,下降率为年>春季>夏季>冬季>秋季,均为90年代之前,沙尘暴和大风日数绝大部分为正距平,波动幅度较大,90年代之后为负距平,波动幅度平缓。90年代为转折期,体现为“先多后少”的特点。年与春季波动趋势比较接近。

关键词: 乌兰布和沙漠; 磴口绿洲; 气象因子; 变化特征

ANALYSES OF CLIMATE CHANGE ON DENGKOU OASIS IN THE NORTHEASTERN OF WULANBUHE DESERT

ABSTRACT

Climate resources are the basic and most important regenerated resources for the existence and sustainable development of oasis. Dengkou country situated on the joint area between North China and northwest in the northeastern Wulanbuhe Desert, there is a dividing line between desert and grass land in Asia center. It belongs to transitional zone from grassland-desert to desert-grassland. It is the very most geography dividing line.

We are establish a climate date about climate resources of Dengkou County. The study mainly analyses the climate factors in order to find a change rule of special characteristics. The main research results are:

1. The annual mean temperature is increasing. The cool years are between 1950s to 1970s, the annual mean temperature have been increased since 1980s. The feature of temperature from low to high is showed. The annual mean and the four season temperature shows obvious increasing tendency. The ascending trend from much little is winter, summer and spring. The ascending trend of winter is more than that of annual mean temperature.

2. The decadal variation of annual precipitation shows obviously. The precipitation has an evident increasing trend between 1960s and 1990s. It is found that the abrupt change of precipitation occurred in 1970s and the precipitation become lower. The variation trend of annual precipitation is not distinctness. The variation trend of decadal precipitation from much little is summer, autumn and winter. Precipitation in summer is the most. The trend of annual precipitation is same as that of summer.

3. Evaporation increased obviously, especially in summer, followed in spring. But the increase trend became slight in winter. The variety of annual evaporation appeared single peak curve. The peak values of evaporation occurred in May, while the lower value was in January. The decadal variations of the seasonal and annual evaporation show no regularity, but the seasonal and annual evaporation show increased quickly during recent 5 years. While decreasing trend happens in 1950s and 1970s. The decadal variation of summer evaporation is largest and trend is closely similar to the annual evaporation.

4. Relative humidity of summer is close to that of autumn. The spring is the lowest. The least annual relative humidity is in April, while the largest annual relative humidity is in

August. The 1990s has the longest time for relative humidity except autumn and winter.

5. The climate is mainly drought, keeping long time and the longest one remain 14 years. Heavy drought is dominant in winter and spring moderate drought occurs in summer, the frequency of heavy drought is same as moderate drought in autumn, variations trend of season drought index is corresponding with that of percentage of precipitation anomaly. This shows there is a very good accordance between the drought index rates and percentage of precipitation anomaly to division and assessment Dengkou County's climate.

6. Most sunshine hours occurred in summer and spring, while the least sunshine hours occurred in winter. The variety of annual sunshine hour appeared single peak curve. The peak values of sunshine hour occurred in May, followed in June, while the lower value was in December. The yearly and seasonal sunshine hours have decreased fastest in the 1980s and that has decreased slowest in recent 5 years. It showed that annual variation is same as inter decadal variability of autumn and winter from quadratic fit curve. The sunshine hours is reduced at first, and increased afterwards, while the variation of spring and summer is same and the sunshine hours increases and then decreases.

7. Sand-blowing weather occurs mainly in spring, the peak happens in April. The number of sand-blowing days is the least in August and September. The annual and other seasons of sand-blowing days decreased with inter annual time. The maximum of the number of the sand-blowing days emerged in 1950s, and the minimum of that is in the recent 5 years. In autumn, the most sand-blowing days is the 1960s, followed 1950s. Before the 1980s the annual and season of sand-blowing days shows a linear decline. The significance inspection for equation shows the confidence degree of equation is 0.01; The orders of decline rate :year > spring > winter > summer > autumn. Most of the number of sand-blowing days is positive anomaly and the variation frequency is larger, while negative one appeared in the years after the 1980s, and the variation frequency is steady. The 1980s is a jump point of sand-blowing day discontinuity. The trend shows increases at the beginning and then decreases. The annual number of sand-blowing days has a close accordance with that of spring.

8. The dust storm annual occurring day is simultaneous observation with gale day in the region. Dust storms are most frequent in spring; much less frequent is in autumn. The annual and seasonal dust storm and gale day decrease steadily. In the 1970s, dust-storm occurs frequently and decreases in recent 5 years. It dropped to the lowest value in 1980s and 1990s. In recent 5 years, the dust storm frequency decrease little. The annual and seasonal dust storm and gale day shows a linear decline. The significance inspection for equation shows the confidence degree of equation is 0.01; The orders of decline rate :year > spring > summer >

winter > autumn. Before the 1990s, most of the number of dust storm and heavy wind day is positive anomaly and the decrease variation frequency is obvious larger, while negative one appeared in the years after the 1990.the decrease variation frequency is steady the 1990s is a jump point of dust storm day discontinuity. The trend shows increases at the beginning and then decreases. The annual number of dust storm days is a close accord with that of spring.

KEY WORDS: Wulanbuhe desert, Dengkou oasis, climatic factor, change characteristics

研究生学位论文的独创性声明

本人声明：所呈交的农业推广硕士专业学位论文是我个人在导师指导下独立进行的研究工作及取得的研究结果；论文中的研究数据及结果是按学校《关于规范西北农林科技大学研究生学术道德的暂行规定》获得的，如果违反此规定，一切后果与法律责任均由本人承担。

尽我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究结果，也不包含其他人和自己本人已获得西北农林科技大学或其它教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文的致谢中作了明确的说明并表示了谢意。

研究生签名：青彩虹

时间：2008年12月3日

导师指导研究生学位论文的承诺

本人承诺：我的农业推广硕士专业学位研究生青彩虹所提交的硕士学位论文是在我指导下独立开展研究工作及取得的研究结果，属于我现岗职务工作的结果，并严格按照学校《关于规范西北农林科技大学研究生学术道德的暂行规定》而获得的研究结果。如果违反学校《关于规范西北农林科技大学研究生学术道德的暂行规定》，我必须接受按学校有关规定的处罚处理并承担相应导师连带责任。

导师签名：王峰

时间：2008年12月3日

关于其他单位与人员对研究生学位论文使用授权的说明

任何收存和保管本论文各种版本的单位和个人未经本论文作者的导师授权，不得有对本论文进行复制、修改、发行、出租、改编等侵犯著作权的行为，否则，按违背《中华人民共和国著作权法》有关规定处理并追究法律责任。

经本论文作者的导师同意，授权西北农林科技大学可向主管上级有关单位送交论文的纸质件和电子文档，允许论文被查阅和借阅，可以采用复印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文；否则，按违背《中华人民共和国著作权法》有关规定处理并追究法律责任。

研究生签名：青彩虹

时间：2008年12月3日

导师签名：王峰

时间：2008年12月3日

第一章 绪论

1.1 研究的目的是和意义

绿洲是干旱地区人民赖以生存的基础,是维系干旱地区经济和人民生活的命脉。在人类社会发展历程中的作用极为突出,是人类文明的重要发祥地之一。

中国干旱区的面积(含半干旱区)占全国总土地面积的52.5%,而由灌溉形成的人工绿洲是干旱区的精华,虽然面积仅占干旱区面积的3-5%,却养育了干旱区90%以上的人口,创造了95%以上的工农业产值^[1]。因此,绿洲在我国区域经济发展中占有极其重要的地位,干旱区人类的繁衍、经济的发展和社会的进步都与绿洲息息相关。

后套绿洲是内蒙古河套平原绿洲的一部分,首次规模开发可追溯到公元前221年的始皇三十六年^[2],它是黄河流域最负盛名的绿洲,有着悠久的灌溉农业历史,是我国重要的粮油生产基地之一。乌兰布和沙漠东北部的磴口是我国干旱沙漠地区自然条件较好的具有较大开发价值的地区之一^[3]。既有搞开发性农业的许多资源优势,也有沙漠化土地整治建设绿洲的有利条件。本区自然条件相对优越,水土光热资源丰富,资源利用和区域生态建设在全国各大沙漠相比具有得天独厚的优势。因此,在乌兰布和沙漠的东北部建成了大面积的人工绿洲。

气候资源是绿洲赖以发展的最基本和重要的再生资源。磴口位于乌兰布和沙漠东北部,地处乌兰布和沙漠与河套平原的结合部,同时也是华北与西北的结合部,是亚洲中部荒漠区和草原区的分界线,属于我国草原化荒漠向荒漠化草原的过渡地带,是一条极为重要的植物地理学分界线^[4]。对气候因素变化趋势的分析是近年来全球环境问题研究的一个热点^[5]。目前对于乌兰布和沙漠东北部磴口绿洲气候变化进行全面分析的报道较少。

我国对大风和沙尘天气研究工作绝大多数都集中在新疆、河西走廊、内蒙古阿拉善等西北地区及北京、河北等华北地区^[6-10],而对于乌兰布和沙漠地区沙尘天气的报道也较少。风沙灾害是当地的主要灾害,主要集中于3-5月,而此期恰是绿洲内农作物播种季节,大风和沙尘天气对作物危害极大。使用该区基本气象资料,多角度、系统分析该区域的气候变化,以揭示当地特殊区域气候的变化特征,为当地社会、经济、农业和生态环境建设提供理论依据。

1.2 国内外研究现状

全球气候变化研究已成为目前国际科学的热点之一。近百年来,全球气候发生了以变暖为主要特征的显著变化,已经并且继续给全球的社会、经济和环境带来巨大的影

响。随着时间的推移这种影响将会变得越来越广泛,越来越深刻。气候变化影响着人类赖以生存和发展的基础,威胁着人类社会的可持续发展。

20世纪80年代开始人类普遍关注环境的变化,全球气候变化是人类面临的最严重的环境问题之一。IPCC 第三次科学评估工作组主席丁一汇介绍了全球气候变化的一些事实及其对我国国民经济的影响。他在研究和总结世界各国气候学家研究结果的基础上指出,近百年来,地球气候正经历一次以全球气候变暖为主要特征的显著变化,这种变暖是由自然的气候波动和人类活动共同引起的。但近50年的气候变化很可能主要是人类活动造成的^[17-20], 1860年有气象仪器观测记录以来,全球平均气温升高了 0.6 ± 0.20 °C,最暖的年份均出现在1983年以后。20世纪的90年代是20世纪最暖的10年,而1998年和2002年分别是自1860年有仪器记录以来的最暖和第二最暖年份。1950-1993年间,陆地平均夜间最低温度大约每10年增加了 0.2 °C,是日平均最高气温增幅(每10年 0.10 °C)的2倍。全球冬季平均温度的增加是最明显的,大部分的中高纬度的大陆地区出现连续暖冬的趋势非常明显。降水分布也发生了变化,大陆地区尤其是中高纬度地区降水增加,非洲等一些地区降水减少。有些地区极端天气气候事件(厄尔尼诺、干旱、洪涝、暴雨、冰雹、风暴、高温天气和沙尘暴等)出现的频率和强度增加。近百年来我国的气候也在变暖,气温上升了 $0.40-0.50$ °C,以冬季和西北、华北、东北最为明显。1985年以来,我国已连续出现了17个全国大范围暖冬,降水自20世纪50年代以来逐渐减少,华北地区出现了暖干化趋势。

对于未来100年的全球气候变化,国内外科学家^[21-41]也进行了预测。研究认为:

(1) 到 2100 年时,地球平均地表气温将比1990年上升 $0.40-5.80$ °C,这一增值将是20世纪内增值(0.6 °C左右)的2-10倍,可能是近1000年内增值最显著的。21世纪全球平均降水将会增加,北半球雪盖和海冰范围将进一步缩小,到2100年时,全球平均海平面将比1990年上升 $0.09-0.88$ 米。一些极端事件(如高温天气、强降水、热带气旋强风等)发生的频率会增加。

(2) 我国气候将继续变暖,到2020年-2030年,全国平均气温将上升 1.7 °C;到2050年全国平均气温将上升 2.20 °C。我国气候变暖的幅度由南向北增加。不少地区降水出现增加趋势,但华北和东北南部等一些地区将出现继续变干的趋势。

气候变化的影响是多尺度、全方位、多层次的,正面和负面影响并存,但它的负面影响更受关注。气候变化对国民经济的影响可能以负面为主。农业可能是对气候变化最为敏感的部门之一。气候将使我国未来农业生产的不稳定性增加,产量波动大;农业生产布局 and 结构将出现变动;农业生产条件改变,农业生产成本和投资大幅度增加。气候变暖将导致地表径流、旱涝灾害频率和一些地区的水质发生变化,特别是水资源供需矛盾将更为突出。气候变化将影响人类的居住环境,尤其是江河流域和海岸带低地地区以及迅速发展的城镇,最直接的威胁是洪涝和山体滑坡。人类目前所面临的水和能源短缺、垃圾处理和交通等环境问题也可能因高温多雨而加剧。

由于全球增暖将导致地球气候系统的深刻变化,使人类与生态环境系统之间业已建立起来的相互适应的关系受到显著的影响和扰动,因此全球变化特别是气候变化问题得到各国政府、科学家与公众的极大关注。

为了给国家西部大开发战略决策提供依据,促进全球变化研究相关学科的发展,中国科学院启动了“西部行动计划”,结合知识创新工程设立了院级重大项目“中国西部环境演变、生态建设与资源持续利用研究”,项目研究揭示了西部地区地质历史时期以来自然环境演化过程、近2000年来西部地区环境演变与人类活动的关系,特别是近50年来西部资源与环境的变化及其影响机制^[42-46],通过对影响西部经济可持续发展的水资源、水土流失、荒漠化、产业结构等进行研究,为西部生态环境与社会经济协调发展、水土资源可持续利用提供科学依据:设立西部典型区生态环境建设实验示范区,确立西部不同类型区生态建设、资源利用和经济发展三者协调持续发展的基本模式,为西部生态建设提供典型范例,带动区域生态环境建设和社会经济发展;进行高新技术的开发、集成与试验推广,发挥西部地区特有的生物资源和生物多样性优势,初步形成产业化规模。

对于乌兰布和沙漠东北部磴口地区所属区域,王葆芳对新开发人工绿洲防护林体系的防风减尘效益、增产增收效益、提高生物多样性和农民经济收入等综合效益进行了研究^[47-48]。王君厚^[49-50]对乌兰布和人工绿洲的小气候效应和地下水动态进行了监测分析,指出绿洲防护体系在降低风速、抑制蒸发、提高空气湿度等方面的效应特别突出,而关于乌兰布和沙漠绿洲沙害问题及其综合防护体系建设,肖彩虹等^[51],王志刚^[52]等略有论述,且多为定性描述;陈炳浩等^[53]、郝玉光^[54]对乌兰布和沙漠人工绿洲防护林体系区域性生态气候效益和对风沙灾害天气的响应进行了数量化探讨。目前,对于处于干旱半干旱的过渡带的磴口地区,关于大尺度的气候变化,进行多角度系统分析气候变化还鲜为报道。

1.3 研究内容和技术路线

1.3.1 研究的内容

收集磴口县1954年至2005年近52年的基本地面气象资料,对热量因子(气温)、水分因子(降水、蒸发、相对湿度)、干旱指数(运用降水与蒸发资料)、日照时数、扬沙、沙尘暴和大风天气(其中大风和沙尘暴为近35年资料)等气象因子进行年代际、年际、各季节的变化规律特征分析,多角度、系统揭示磴口地区环境质量变化规律,为当地沙漠治理与农林牧业发展提供理论依据。

1.3.2 研究方法及技术路线

全面收集整理磴口气象资料建立气象数据库,利用计算机软件建立各气象因子模型,分析各气象因子特征,以揭示当地沙漠特殊区域气候的变化特征。

1.4 研究区概况

1.4.1 自然概况

磴口位于内蒙古的西部，地处东经 $106^{\circ} 9'$ 至 $107^{\circ} 10'$ ，北纬 $40^{\circ} 9'$ 至 $40^{\circ} 57'$ 之间，是河套平原与乌兰布和沙漠的结合部。全县土地呈长方形，东西长 92km，南北宽 65km，总面积 41.7 万 hm^2 。地貌属蒙古高原，海拔 1030—2046m，由山地、沙地、平原三种地形构成。磴口西部是广袤的乌兰布和大沙漠，地表为沙丘和沙生植物覆盖，面积 28.5 万 hm^2 ，占全县总面积的 68.3%；东部为黄河冲积平原，平原区占全县总面积的 7.3%；南面是黄河，黄河水域占全县总面积的 1.2%。磴口县深处内陆，属于温带大陆型气候，光照充足，热量丰富，昼夜温差大，无霜期短^[65]。

1.4.2 社会概况

磴口县行政管辖有3个镇、1个苏木、1个办事处，即沙金苏木、隆胜合镇、渡口镇、巴彦高勒镇、补隆淖尔办事处。境内有中国林科院沙漠林业实验中心，巴彦淖尔市农垦管理局5个半国营农场，巴彦淖尔市林业治沙工作站。全县总人口12.3万人，由汉、蒙、回、满等12个民族组成。绿洲农业是磴口县的主导产业，并已有一定基础，农业水利化程度也较高，以引黄河水灌溉为主，井灌为辅，农田防护林比较完善。全县耕地面积 $4.3 \times 10^4 \text{hm}^2$ ，绿洲农业总产值38769万元，占全县生产总值的近1/4，建立了多家农产品加工企业，如番茄、食用油、乳品等龙头企业，带动了各业全面发展，实现农业经济高效、健康运行。

第二章 磴口绿洲气温变化

2.1 气温的年代际变化

表 2-1 磴口气温年代际的变化(°C)

Tab.2-1 Decadal temperature changes in Dengkou

年代	全年		春季		夏季		秋季		冬季	
	气温	距平	气温	距平	气温	距平	气温	距平	气温	距平
50	7.3	-0.8	8.8	-0.9	22.5	-0.4	7.0	-0.9	-9.0	-1.1
60	7.5	-0.6	9.2	-0.5	22.6	-0.3	7.4	-0.5	-9.1	-1.2
70	7.8	-0.3	9.2	-0.5	22.6	-0.3	7.8	-0.1	-8.3	-0.4
80	8.2	0.1	9.7	0.0	22.7	-0.2	8.1	0.2	-7.7	0.3
90	8.8	0.7	10.2	0.5	23.2	0.3	8.4	0.5	-6.6	1.4
2001-2005	9.2	1.1	10.9	1.2	23.8	0.9	8.9	1.0	-6.9	1.0
平均	8.1		9.7		22.9		7.9		-7.9	

表 2-1 列出了磴口气温的年代际变化情况。从表中可以看出,年平均气温逐年代递增。50、60、70 年代气温均偏低,50 年代气温最低,偏低达 0.8°C,60 年代、70 年代分别偏低 0.6°C 和 0.3°C,80 年代是转折时期,气温偏高 0.1°C,90 年代气温明显上升,气温偏高 0.7°C,近 5 年气温最高,平均气温偏高 1.1°C。即体现为“前凉后暖”的特点。

春季、夏季气温基本上逐年代递增。两季气温均为 50 年代最低,60-70 年代气温变化一致,2001-2005 年期间气温达到最高。

春季气温从 80 年代开始升温率增加,80、90 年代各增加 0.5°C,2001-2005 年期间升温率最高达 0.7°C,比 50 年代气温高 2.1°C。夏季气温,从 90 年代开始升温迅速,达 0.5°C,而 2001-2005 年期间达 0.6°C,比 50 年代气温高 1.3°C。秋季气温也是逐年代递增,50 年代最低,60、70 年代升温率均为 0.4°C,较 80、90 年代 0.3°C,高出 0.1°C。在 2001-2005 年期间升温率最高达 0.5°C,且比 50 年代气温高 1.9°C。

冬季气温与其他三季气温变化不同。60 年代为近 50 多年来气温最低的时期,其次为 50 年代,从 70 年代开始气温迅速升高,一直持续到 90 年代,随后升温较缓和。2001-2005 年期间达到最高气温,比 60 年代气温高 2.2°C。

2.2 气温的年际变化

图 2-1 为磴口 1954 至 2005 年年平均气温距平及三年滑动平均曲线。可以看出,气温呈明显增长趋势,气温距平线性方程为 $y=0.041x-1.0824$, $R=0.7511$,线性增温率为 0.041°C/a。从三年滑动平均曲线可以看出,气温明显呈两个变化时期,第一时期为 1986

年之前,这一时期除 1979、1980、1982、1983 年为正距平外,其余均为负距平,即气温处于偏低阶段;1987—2005 年为第二个时期,此时期均为正距平,气温属于偏高阶段,气温在波动中上升,在 1999 年达到峰值之后,又缓慢下降。

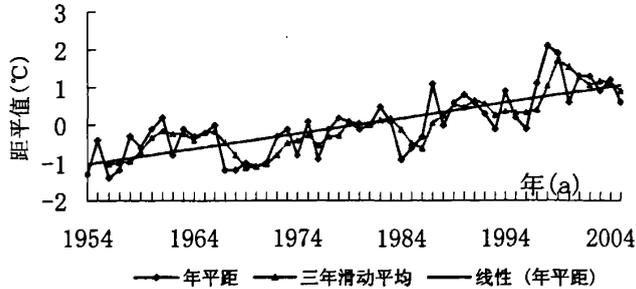


图2-1 磴口县年平均气温距平年际变化
Fig.2-1 Annual temperature anomaly of Dengkou

气温的各季变化由图 2-2 可见。四季平均气温均呈升高趋势。距平线性方程冬季为 $y=0.0632x-1.648$, $R=0.5919$; 春季为 $y=0.0391x-1.019$, $R=0.5725$; 夏季为 $y=0.0224x-0.556$, $R=0.4497$; 秋季为 $y=0.0379x-0.9744$, $R=0.5798$ 。年及四季气温均通过了置信度 0.001 的显著性检验, $R(0.001, 50)=0.4433$ 。气温线性增温率冬季最大,为 $0.0632^{\circ}\text{C}/\text{a}$, 大于年平均气温 $0.041^{\circ}\text{C}/\text{a}$ 。其次为春季和秋季,线性增温率分别为 $0.0391^{\circ}\text{C}/\text{a}$ 与 $0.0379^{\circ}\text{C}/\text{a}$ 。即气温的增长主要发生在冬季,春季与秋季次之,夏季最小。

从三年滑动变化看,冬季大体分为二个阶段,1976 年之前,冬季气温处于偏冷阶段,所有的气温均为负距平。1977—2005 年,气温处于暖温阶段,除 1983、1984、1985 连续三年为负距平外,其它均为正距平。变化特点为“先冷后暖”。

春季气温大体也为两个阶段,1981 年之前,仅 1965、1966、1973、1974 年处于正距平,其余均为负距平,气温较低。1982—2005 年,仅 1984—1988 年五年处于负距平,其它均为正距平,气温较高。同样体现为“先冷后暖”的特点。但在 1984—1993 年,气温波动平缓,1994 年后波动增大。

夏季气温,1998 年之前,气温波动式上升,但上升幅度较小,1999 年后出现明显的上升态势。

秋季气温,1975 年之前气温变化较大,除 1965、1966 年为正距平外,其余均为负距平,气温偏低。1976—1982 年气温变化平稳,在零距平上下波动。随后气温波动较大,呈现迅速上升趋势。除 1986、1987、1993、1994 年为负距平外,其余均为正距平。

磴口地区冬季气温增温最为明显,这同我国华北、东北、西北东部和新疆等地区冬季增温最为显著是相一致的^[56]。在全球气候变暖的背景下,磴口地区的年及四季均比近 50 年西北干旱区年及四季气温增幅大^[57],而且磴口地区年平均气温增温率几乎为全国

及中国西部地区的 2 倍^[58]，这与磴口地区所处的特殊地理位置有关。

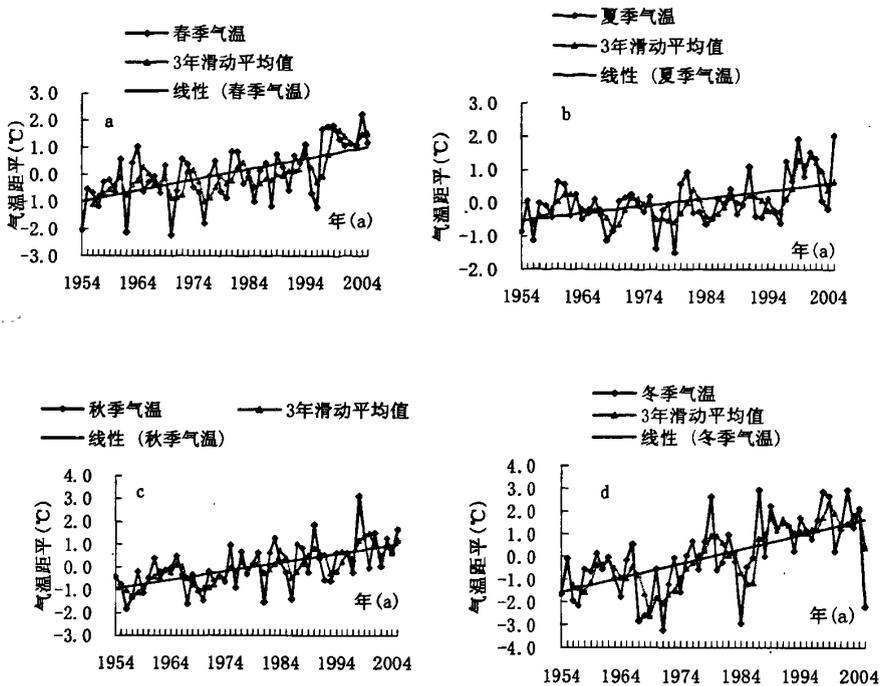


图 2-2 磴口平均气温年际变化 (a. 春季 b. 夏季 c. 秋季 d. 冬季)

Fig.2-2 Mean air temperature changes (a. spring b. summer c. autumn d. winter) in Dengkou

2.3 小结

(1) 年平均气温逐年代递增，低温年发生在 50 至 70 年代，暖温年发生在 80 年代后，体现为“前凉后暖”的特点；

(2) 年平均气温及各季平均气温均呈明显上升趋势，但以冬季增幅最大，大于年平均气温的增幅，春季次之，夏季最小；

(3) 气候变暖将加快土壤有机质分解，导致地力下降。冬季温度增高，将提高虫卵越冬成活率，病虫害危害加重。尤其是近 5 年气温迅速上升，而降水量减小的情况下，潜在的土地沙漠化可能性增大^[57]。

第三章 磴口绿洲水分因子变化

3.1 降水量变化

3.1.1 降水量年代际变化

表 3-1 降水量年代际的变化 (mm)

Tab.3-1 Precipitation changes in decades

年代	全年		春季		夏季		秋季		冬季	
	降水量	距平	降水量	距平	降水量	距平	降水量	距平	降水量	距平
50	138.4	-3.1	7.5	0.7	31.3	0.5	6.4	-2.4	1.0	0.2
60	155.6	14.1	8.6	1.8	35.4	4.6	7.6	-1.2	0.4	-0.4
70	129.4	-12.1	2.8	-4.0	28.4	-2.4	10.2	1.4	1.7	0.9
80	130.5	-11.0	6.4	-0.4	27.6	-3.2	9.0	0.2	0.6	-0.2
90	154.9	13.4	9.0	2.2	34.5	3.7	7.5	-1.3	0.6	-0.2
2001-2005	137.3	-4.2	6.4	-0.4	24.7	-6.1	13.8	5.0	0.9	0.1
平均	141.5		6.8		30.8		8.8		0.8	

由表 3-1 可见, 磴口县多年平均降水量为 141.5mm, 年代际变化比较明显。60 年代与 90 年代降水明显偏多, 其它年代偏少, 70 年代是降水偏少的转折时期, 与降水量最多的 60 年代相比, 减少 26.2 mm。降水量主要集中于夏季, 其次为秋季与春季, 冬季降水量最少。夏季占全年降水量的 65.3%, 秋季与春季分别为 18.6%与 14.4%。

春季、夏季降水变化与全年相似, 均为 60 年代与 90 年代降水较多。不同之处, 春夏两季 50 年代降水偏多而全年偏少。春季最大与最小相差 6.2mm; 夏季相差 10.7mm。而秋季, 70、80 年代及最近 5 年降水偏多, 其它时期偏少, 50 年代最少, 最大与最小相差 7.4mm; 冬季, 各年代降水均较少, 60 年代最少, 70 年代最多, 相差 1.3mm。

3.1.2 降水量年际变化

降水量年距平序列和各季节序列的变化趋势不明显, 二次拟合曲线相关系数很低, 均未通过置信度 0.05 的显著性检验。为了反映 52 年降水的平均变化状况, 建立了三年滑动平均序列 (图 3-1)。从图中可看出, 年降水与夏季降水滑动序列的波动趋势比较接近, 1969 年之前降水量在波动中上升, 1969 年达到历史最高峰, 随后在波动中下降, 于 1983 年达到最低值。随后在 1986 年、1996 年出现峰值, 在 1988 年与 2001 年出现谷值。从 2002 年开始, 降水量又出现持续增多。说明占全年降水量 65.3%的夏季降水的多寡对年降水的变化趋势起着主导作用。

春季年际间降水在-5.4mm-7.2mm之间变动, 1956-1965年降水量在波动中上升, 1966-1984年在波动中下降。1970-1984年是52年来降水量持续最低的15年, 均为负距平, 1985年后降水变幅加大, 丰水年与枯水年以3-5年交替出现。秋季年际间降水在-6.2mm-9.8mm之间变动, 1998年之前, 降水变化波动平缓, 随后降水量持续增多。冬季降水变幅最小, 仅在-0.8-1.3mm之间变动。

以降水量距平百分率正负20%为丰枯年划分标准, 52年中有19年为枯水年, 14年为丰水年, 所占的比例分别为36.5%与27.0%, 处于丰枯年之间的占36.5%。

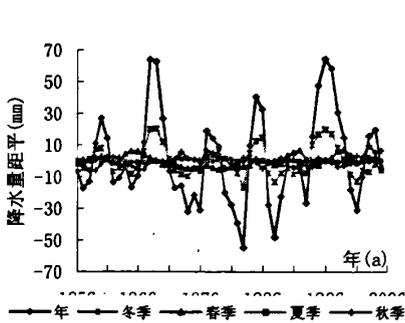


图3-1 年及各季降水量距平3年滑动曲线
Fig.3-1 Changes of annual and seasonal precipitation anomaly 3 year running

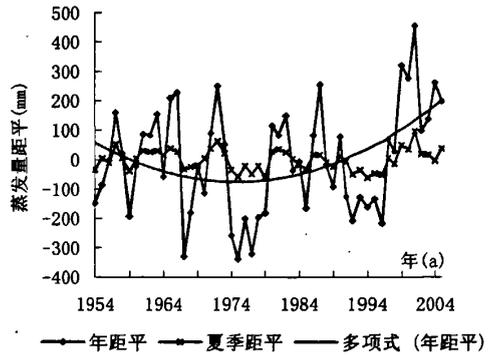


图3-2 年及夏季蒸发量距平曲线
Fig.3-2 Change of anomaly evaporation in annual and summer

3.2 蒸发量变化

3.2.1 蒸发量的年代际变化

表 3-2 蒸发量年代际的变化 (mm)

Tab.3-2 Evaporation changes in decades

年代	全年		春季		夏季		秋季		冬季	
	蒸发量	距平	蒸发量	距平	蒸发量	距平	蒸发量	距平	蒸发量	距平
50	2368.7	-38.3	259.3	-7.4	326.6	-2.2	151.6	-1.7	52.0	-1.5
60	2412.8	5.8	263.0	-3.7	338.4	9.6	150.6	-2.7	52.3	-1.2
70	2308.1	-98.9	254.4	-12.3	319.2	-9.5	143.3	-10.0	52.4	-1.1
80	2439.3	32.3	275.4	8.7	331.4	2.6	153.9	0.6	52.4	-1.1
90	2379.0	-28.0	261.4	-5.3	311.1	-17.7	163.3	10.0	57.2	3.7
2001-2005	2638.0	231	302.6	35.9	362.1	33.3	159.9	6.6	54.8	1.3
平均	2407.0		266.7		328.8		153.3		53.5	

由表 3-2 可见, 磴口县多年平均蒸发量为 2407.0mm, 主要集中于夏季, 其次为春季, 冬季最小。52 年来, 夏季蒸发量占全年的 41%, 春季为 33.2%, 冬季为 6.7%。而且蒸发量年内分布规律为单峰型, 5 月最大, 其次为 6 月, 1 月份最小(见表 3-3)。这是因为 5 月份气候干燥少雨, 多大风天气, 加上日照多, 升温快, 蒸发速度增加, 导致蒸发量增大。夏季月份虽然温度高, 但阴雨天气多, 蒸发量反而不如 5 月。1 月温度最低, 蒸发量最少^[59]。

全年蒸发量, 逐年代呈“- + - + - +”趋势。最近 5 年蒸发量最大, 其次为 80 年代及 60 年代, 70 年代最小, 最大与最小相差 329.9 mm。

各季蒸发量变化不同, 春季, 仅近 5 年与 80 年代为正距平。夏季, 最近 5 年蒸发量最大, 其次为 60 年代及 80 年代。秋季, 从 80 年代开始均为正距平, 其余为负距平。冬季, 从 90 年代开始为正距平, 其余为负距平。

总之, 年及四季蒸发量各年代际变化没有一定的规律性, 但近 5 年, 年及四季蒸发量均较高, 50、70 年代蒸发量均偏小。

表 3-3 52 年各月平均蒸发量(mm)及相对湿度(%)

Tab.3-3 Mean evaporation and specific humidity in Jan. to Dec.

月	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
蒸发量	43.8	67.3	148.0	275.3	377.0	366.3	338.7	281.4	216.1	156.6	87.3	49.4
相对湿度	50.9	43.9	39.5	34.9	35.3	42.5	53.2	58.0	53.6	51.3	50.5	51.7

3.2.2 蒸发量年际变化

蒸发量年距平序列和各季序列的变化趋势, 除冬季与夏季外, 二次拟合曲线相关系数均通过置信度 0.01 的显著性检验, 而夏季通过置信度 0.1 的显著性检验。拟合曲线方程为: 年 $y=0.3059x^2-13.385x+70.947$, $R=0.4123$; 春季 $y=0.0365x^2-1.4247x+3.9149$, $R=0.4171$; 秋季 $y=0.0204x^2-0.7531x+1.0309$, $R=0.4177$; 夏季 $y=0.042x^2-2.2335x+20.26$, $R=0.2431$ 。

由图 3-2 可见, 年蒸发量 50 年代至 70 年代中期, 蒸发量在波动式下降, 随后蒸发量在波动式增长, 高于 60 年代的峰值。

四季中, 夏季蒸发量年际间振幅最大, 在-61.8-96.1mm 之间变动, 而且波动趋势与年蒸发量比较接近; 春季蒸发量年际间振幅次之, 在-46.6-69.4mm 之间变动; 秋季年际间蒸发量在-39.9-46.0mm 之间变动; 冬季振幅最小, 在-19.1-20.3mm 之间变动。

夏季 1954-1977 年蒸发量大于春季, 而 1977 年后小于春季。秋季, 1970 年之前, 蒸发量在夏季与春季之间, 1970 至 1988 年, 高于夏季与春季, 之后又在夏季与春季之间。1989 年之前, 秋季与冬季的拟合曲线均在零距平以下, 秋季蒸发量小于冬季, 1989 年之后, 秋季蒸发量大于冬季(见图 3-3)。

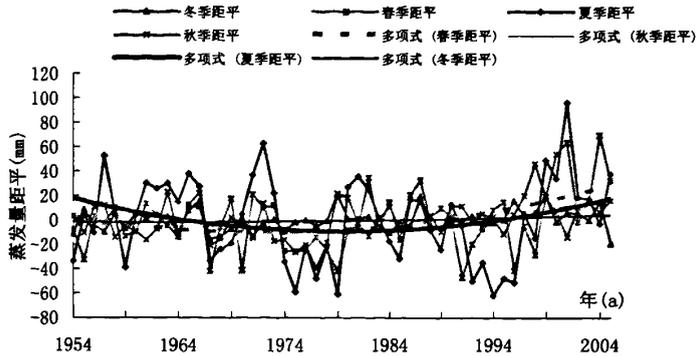


图3-3 各季蒸发量距平曲线
Fig.3-3 Changes of anomaly evaporation in seasons

3.3 相对湿度变化

3.3.1 相对湿度的年代际变化

表 3-4 相对湿度年代际的变化(%)

Tab.3-4 Specific humidity changes in decades

年代	全年		春季		夏季		秋季		冬季	
	相对湿度	距平								
50	46.4	-0.7	35.9	-0.7	51.7	0.5	49.0	-2.8	49.2	0.4
60	47.6	0.5	38.9	2.3	51.1	-0.1	52.8	1.0	47.5	-1.3
70	46.0	-1.1	33.4	-3.2	50.9	-0.3	52.9	1.1	46.8	-2.0
80	46.9	-0.2	35.6	-1.0	50.4	-0.8	53.0	1.2	48.5	-0.3
90	48.1	1.0	39.1	2.5	52.9	1.7	51.2	-0.6	49.1	0.3
2001-2005	47.9	0.7	36.3	-0.3	49.8	-1.4	50.2	-1.6	55.1	6.3
平均	47.1		36.6		51.2		51.8		48.8	

由表 3-4 可见，磴口县多年平均相对湿度为 47.1%，夏、秋、冬三季相对湿度较大，春季最小。三季分别占全年的 27.2%、27.5%与 25.9%。而且平均湿度在年内波动是 1-4 月份降低，4 月份达最小值之后又回升，到 8 月份达到一个最大值，随后又下降。1-4 月份降低的幅度较 8-11 月大（见表 3-3）。

年相对湿度，各年代际相差不大，最大与最小相差 2.1%，60、90 年代及近 5 年，相对湿度较大，其它时期较小。春季最大与最小相差 5.7%，仅 60 年代与 90 年代较大。夏季最大与最小相差 3.1%，仅 50 年代与 90 年代较高。秋季最大与最小相差 4.0%，60 至 80 年代较高，其它年代均较低。冬季相差最大，最大与最小相差达 8.3%，50 年代及 90 年代及近 5 年较大，而其它年代均较低。

总之，90 年代，除秋季与冬季外，是相对湿度最大的一个时期；最近 5 年，是冬

季相对湿度最大的时期；70、80年代秋季相对湿度最大，其它时节相对湿度较小，均为负距平。

3.3.2 相对湿度的年际变化

相对湿度年距平序列和各季序列的变化趋势，只有冬季与秋季，二次拟合曲线相关系数通过置信度 0.05 的显著性检验，为了反映 52 年相对湿度的平均变化状况，建立了年、春夏季相对湿度三年滑动平均序列。(图 3-4)。从图中可看出，年相对湿度，1981 年之前，在波动中下降，之后又波动中上升，于 2004 年达到最高峰后又下降，在 70 至 80 年代，绝大部分在零距平以下，相对湿度较小。

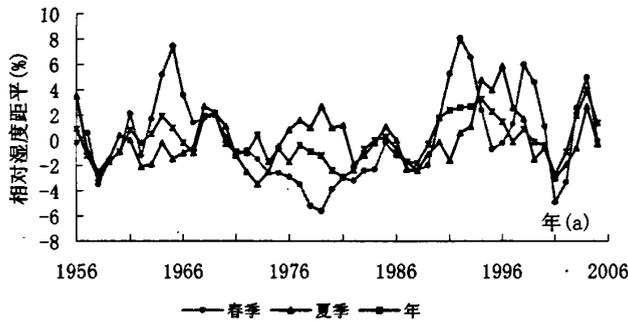


图3-4 年及春夏季相对湿度距平三年滑动曲线
Fig.3-4 Change of anomaly specific humidity of 3-year running of annual and summer and spring

春季，1965 年之前，相对湿度在波动中上升，随后又持续下降，至 1980 年达到最低点，接着又持续上升，于 1990 年达到最高点，随后又波动下降。夏季，1973 年之前，相对湿度在波动中下降，随后又波动上升，于 1996 年达到最高峰后，又持续下降 2001 年到达谷值，接着又上升。

图 3-5 给出了秋季与冬季相对湿度距平及二次拟合曲线。拟合曲线方程为：秋季 $y = -0.0058x^2 + 0.3039x - 2.6447$, $R = 0.2762$ ；冬季 $y = 0.0092x^2 - 0.4168x + 2.5745$, $R = 0.4063$ 。秋季相对湿度在 1954-1979 期间振幅较大，之后振幅变小。从二次拟合曲线看，先增加随后减小。冬季相对湿度 1963-1972 年，1988-2005 年振幅较大，而 1973-1987 年与 1954-1962 年振幅较小。从二次拟合曲线看，先降低而后增大。在 1963-1993 年期间，秋季相对湿度大于冬季。

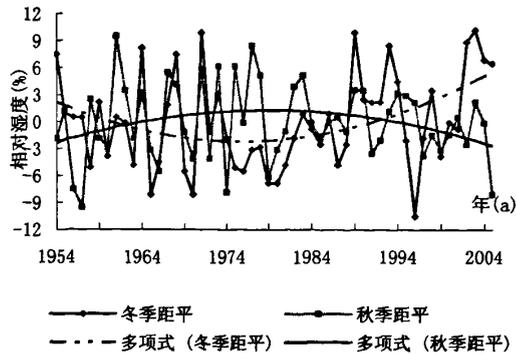


图3-5 冬秋两季相对湿度距平及拟合曲线

Fig.3-5 Change of anomaly specific humidity of winter and autumn

3.4 小结

(1) 降水量年代际变化比较明显, 60年代与90年代降水明显偏多, 其它年代偏少, 而且70年代是降水偏少的转折时期。

(2) 年降水变化趋势不明显, 丰水年与枯水年所占比例为 36.5%和 27.0%。降水的年际变幅夏季最大, 秋季次之, 冬季最小。降水主要集中在夏季, 而且年降水的波动形态与夏季基本一致。说明占全年降水量 65.3%的夏季降水的多寡对年降水的变化趋势起着主导作用。

(3) 蒸发量主要集中于夏季, 其次为春季, 冬季最小。而且蒸发量年内分布规律为单峰型, 5月最大, 1月份最小。年及四季蒸发量各年代际变化没有一定的规律性, 但近5年, 年及四季蒸发量均较高, 50、70年代蒸发量均偏小。四季中, 夏季蒸发量年际间振幅最大, 而且波动趋势与年蒸发量比较接近。

(4) 相对湿度夏秋季相近, 春季最小。年内相对湿度4月份最小8月份最大。90年代, 除秋季与冬季外, 是相对湿度最大的一个时期。

第四章 磴口绿洲干旱指数变化

干旱指数是表征某一地区干旱程度的标准,是旱情描述的数值表达,起着量度、对比和综合分析旱情的作用,是加强干旱监测、预测、预警和进一步开展旱灾研究的基础^[60]。本章利用磴口县近 52 年的降水、蒸发资料,分析该地区干旱指数的变化特征,对于正确评价该地区干旱状况和开展干旱分析服务有积极意义。

4.1 资料与方法

4.1.1 资料

选用磴口县 1954-2005 年近 52 年历年降水量和蒸发量,分别计算历年四季降水量、蒸发量和干旱指数。

4.1.2 干旱指数计算方法

运用张天峰等人对西北地区干旱指数研究的计算方法,对磴口地区春季、夏季、秋季、冬季四季干旱指数进行计算。计算公式如下:

$$K=R'/E' \quad (1)$$

式中:K 为各季的干旱指数;E' 为该时段蒸发的相对变率, $E' = E/E_0$, E 为该时段的蒸发量, E_0 为该时段蒸发量的平均值(1954-2005);R' 为该时段降水的相对变率, $R' = R/R_0$, R 为该时段的降水量, R_0 为该时段降水量的平均值(1954-2005)。该干旱指数是对降水、蒸发、气温等气象要素的综合反映^[61]。

4.1.3 干旱标准

干旱标准: $K \leq 0.5$ 重旱, $0.5 < K \leq 1.0$ 中旱, $1.0 < K \leq 1.5$ 轻旱, $1.5 < K \leq 2.0$ 适宜, $K > 2.0$ 湿润。

4.2 干旱指数的年际变化

4.2.1 春季干旱指数的年际变化

由图 4-1-a 可见,春季气候干旱指数变化幅度在 0.0-3.8 之间,1954-1970 年以干旱气候为主,达到 4 年三旱的程度。1971-1984 年是该地区春季气候严重干旱时期,14 年间出现 8 年重旱,6 年中旱。1985-2005 年干旱指数变化幅度较大,但以干旱气候为主,仅有 5 年湿润,2 年适宜,其余 14 年均均为干旱。其中干旱年份 7 年重旱,4 年中旱,3 年轻旱。而且在 1986-1989,1992-1995,2000-2001 及 2003-2005 年均为持续干旱,仅在 1996-1999 年气候较湿润。

52 年间,轻旱频率 17.3%,中旱频率 25.0%,重旱频率 36.5%,湿润和适宜分别为

13.5%与7.7%。说明春季干旱以重旱为主。

4.2.2 夏季干旱指数的年际变化

由图 4-1-b 可见,夏季干旱指数变化幅度在 0.2-2.9 之间,1954-1983 年 30 年,以干旱气候为主,仅有 1 年湿润,4 年适宜。其它 25 年 8 年轻旱,11 年中旱,6 年重旱。30 年间平均达到 6 年五旱的程度。1960-1966,1969-1976,1978-1983 年持续干旱,持续干旱最长达 8 年之久。1984-2005 年 22 年,3 年湿润,1 年适宜。其它 18 年 4 年轻旱,9 年中旱,5 年重旱。其中 1985-1993,1998-2005 年持续干旱,持续干旱长达 8 年之久。

52 年间,轻旱频率 23.1%,中旱频率 38.5%,重旱频率 21.2%,湿润和适宜分别为 7.7%与 9.6%。夏季干旱以中旱为主。

4.2.3 秋季干旱指数的年际变化

由图 4-1-c 可见,秋季干旱指数在 0.0-3.7 之间变动,1954-1977 年 24 年间,5 年湿润,1 年适宜,4 年轻旱,6 年中旱,8 年重旱,平均达 3 年二旱的程度,即干旱年份占 66.7%。其中 1956-1960,1962-1967,1967-1972 年持续干旱,最长达 6 年之久。1978-2005 年 28 年间,3 年湿润,2 年适宜,5 年轻旱,9 年中旱,9 年重旱,干旱年份占 82.1%。其中 1978-1982,1984-1986,1988-1994,1996-2000,2004-2005 年持续干旱,最长达 7 年之久。

52 年间,轻旱频率 13.5%,中旱频率 32.7%,重旱频率 32.7%,湿润和适宜分别为 15.4%与 5.8%。秋季中旱与重旱出现频率一致。

4.2.4 冬季干旱指数的年际变化

由图 4-1-d 可见,冬季干旱指数在 0.0-5.2 之间变动,变动幅度最大,但干旱指数大部分小于 1.5。1954-1970 年,干旱指数年际间变化较小,以干旱气候为主,17 年间,3 年湿润,1 年适宜,1 年轻旱,5 年中旱,7 年重旱,平均达 4 年三旱的程度。其中 1963-1970 年持续干旱达 8 年之久。1971-2005 年,干旱指数年际间变化幅度较大,6 年湿润,6 年适宜,2 年轻旱,7 年中旱,14 年重旱。其中 1995-2001 持续干旱达 7 年之久。1971-1974 年为冬季最湿润时期,2 年湿润 2 年适宜。

52 年间,轻旱频率 3.8%,中旱频率 25.0%,重旱频率 40.4%。湿润和适宜分别为 17.3%与 13.5%。冬季干旱以重旱为主。

由图 4-1 可见,各季干旱指数的变化趋势与降水距平百分率趋势一致。说明用该干旱指数与降水距平百分率对磴口地区气候的划分与评价具有一致性。

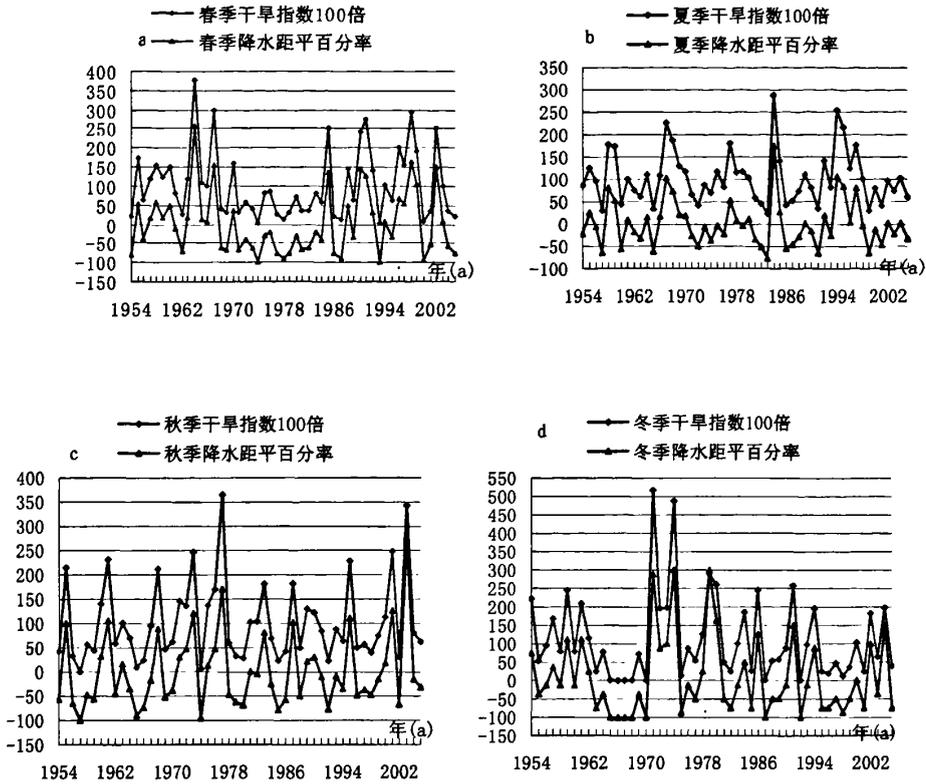


图 4-1 磴口地区四季干旱指数 (扩大 100 倍) 与降水距平百分率变化趋势

Fig.4-1 Variation trends of aridity index and anomaly of precipitation of

4-season in Dengkou county

4.3 磴口地区干旱指数的年代际变化

表 4-1 磴口地区年代际干旱指数的变化

Tab.4-1 Aridity index changes in decades in Dengkou

年代	春季 (年)					夏季 (年)					秋季 (年)					冬季 (年)				
	湿润	适宜	轻旱	中旱	重旱	湿润	适宜	轻旱	中旱	重旱	湿润	适宜	轻旱	中旱	重旱	湿润	适宜	轻旱	中旱	重旱
54-60	0	1	4	1	1	0	2	1	2	2	1	0	1	1	4	2	1	0	3	1
61-70	2	1	2	2	3	1	1	4	3	1	2	0	0	5	3	1	0	1	2	6
71-80	0	0	0	4	6	0	1	3	5	1	2	1	3	1	3	4	2	1	2	1
81-90	2	0	1	3	4	1	0	2	3	4	0	2	2	3	3	1	1	0	3	5
91-00	2	2	2	2	2	2	1	2	3	2	1	0	1	5	3	1	1	0	2	6
2001-2005	1	0	0	1	3	0	0	0	4	1	2	0	0	2	1	0	2	0	1	2
合计	7	4	9	13	19	4	5	12	20	11	8	3	7	17	17	9	7	2	13	21

表 4-1 列出了磴口地区干旱指数的年代际变化, 年代际变化比较明显。

春季, 70 年代与近 5 年重旱频率均达 60%, 80 年代重旱频率为 40%, 60 年代重旱频率为 30%。90 年代与 50 年代, 重旱频率较小, 分别为 20%与 14.3%。除 90 年代中旱

与重旱频率相同外,其余年代,中旱频率均比重旱频率小,70年代中旱频率最大为40%,80年代为30%,60、90年代、近5年均均为20%。说明春季各年代干旱均以重旱为主。

夏季,80年代重旱频率达40%,50年代重旱频率为28.6%,90年代与近5年,重旱频率均为20%。夏季重旱频率较春季小。这与该地区降水主要集中在夏季有关(该地区夏季降水量占全年降水量的65.3%)。除80年代外,其余年代,重旱频率均比中旱频率小。近5年中旱频率达80%,70年代中旱频率达50%,60、80、90年代中旱频率均为30%,50年代为28.6%。说明夏季各年代干旱以中旱为主。

秋季,50年代重旱频率达57.1%,60-90年代重旱频率均为30%,近5年重旱频率为20%。60、90年代中旱频率最高均为50%,近5年为40%,80年代为30%,70、50年代分别为10%与14.3%。秋季各年代干旱变化没有一定的规律性,80年代后以中旱为主。

冬季,60、90年代重旱频率均为60%,其次为80年代,重旱频率为50%,近5年重旱频率达40%。除50、70年代外,冬季各年代重旱频率均比中旱频率大。50年代中旱频率最大为42.9%,其次为80年代中旱频率为30%,60、70、90年代及近5年均均为20%。说明冬季各年代干旱以重旱为主。

4.4 小结

(1) 磴口地区气候以干旱为主,且持续时间长,最长达14年之久。冬季与春季以重旱为主,重旱频率分别为40.4%与36.5%;夏季以中旱为主,中旱频率为38.5%;秋季重旱与中旱频率一致为32.7%。这种气候特点与该地区降水主要集中在夏季有关。

(2) 以年代际划分,70年代春季干旱最为严重,80年代夏季干旱最为严重,60、90年代秋季干旱最为严重,60、80及90年代冬季干旱最为严重。

(3) 各季干旱指数的变化趋势与降水距平百分率趋势一致。说明用该干旱指数与降水距平百分率对磴口地区气候的划分与评价具有一致性。

第五章 磴口绿洲日照时数变化

5.1 日照时数年代际变化

表 5-1 日照时数年代际变化 (h)

Tab.5-1 Sunshine hours changes in decades

年代	全年		春季		夏季		秋季		冬季	
	日照时数	距平	日照时数	距平	日照时数	距平	日照时数	距平	日照时数	距平
50	3153.9	-52.4	833.8	-15.9	868.2	-31.6	788.5	32.7	663.5	-17.4
60	3226.0	19.7	847.7	-2.0	917.3	17.5	769.4	13.6	691.6	10.7
70	3231.9	25.6	864.8	15.1	916.5	16.7	769.4	13.6	681.2	0.3
80	3085.0	-121.3	821.8	-27.9	855.6	-44.2	755.4	-0.4	652.2	-28.7
90	3242.2	35.9	864.4	14.7	901.2	1.4	782.5	26.7	694.1	13.2
2001-2005	3359.5	153.2	872.5	22.8	961.3	61.5	811.4	55.6	714.3	33.4
平均	3206.3		849.7		899.8		755.8		680.9	

由表 5-1 可见, 磴口县多年平均日照时数为 3206.3 h, 年代际变化比较明显。50 年代与 80 年代日照时数明显偏少, 其它年代偏多。50 年代至 70 年代日照时数逐年代递增, 80 年代日照时数最小, 与日照时数最多的近 5 年相比, 减少 274.5 h。日照时数夏、春季较大, 冬季最少。夏、春季分别占全年的 28.1%、26.5%; 冬季占 21.2%。

四季日照时数年代际变化与全年相似, 均为 80 年代日照时数最小, 近 5 年日照时数最大, 春季与全年的变化基本一致, 均为 50 年代至 70 年代日照时数逐年代递增。但冬夏两季 70 年代日照时数较 60 年代偏少, 而秋季 60 与 70 年代相同。春季最大与最小相差 50.8h; 夏季相差 105.7h; 秋季相差 56.0h; 冬季相差 62.1h。

从年代际看, 50 年代除秋季为正距平外, 其他各季均为负距平, 日照时数偏少。80 年代均为负距平, 年及四季日照时数最少。70 年代、90 年代及近 5 年均为正距平, 日照时数偏多。

总之, 年及四季日照时数各年代际变化规律均为 80 年代最小, 近 5 年最大。70 年代、90 年代及近 5 年均为正距平, 日照时数偏多。50 年代 (除秋季)、80 年代均为负距平, 日照时数偏少。

5.2 日照时数年内分布特征

表 5-2 52 年各月平均日照时数 (h)

Tab.5-2 Mean sunshine hours in Jan. to Dec.

月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
日照时数	232.1	227.7	262.7	276.7	310.3	309.9	300.9	289.0	275.8	268.9	231.2	221.1

日照时数年内分布规律为单峰型,5月最大,其次为6月,12月份最小(见表5-2)。日照时数每年从2月起开始逐渐加强,至5月份达到高峰,之后逐渐下降,至12月降至一年中最低。

5.3 日照时数年际变化

日照时数年距平序列和各季序列的变化趋势,只有年及冬季和秋季二次拟合曲线相关系数通过置信度0.05的显著性检验, $R(0.05, 50)=0.2732$ 。为了反映52年日照时数的平均变化状况,建立了春夏季日照时数3年滑动平均序列。从图5-1中可看出,春季日照时数,1974年之前,在波动中上升,之后又波动中下降,于1992年达到最低值后又上升。在60年代及80年代中期至90年代前期均在零距平以下,日照时数较小。

夏季,1964年之前,日照时数在波动中上升,随后又在波动中下降,至1985年达到最低点,接着又持续上升。在60年代及80年代中期至90年代中期绝大部分在零距平以下,日照时数较小;而90年代后期之后均在零距平之上,日照时数较大(见图5-2)。

图5-3,5-4,5-5给出了年及秋季与冬季日照时数距平及二次拟合曲线。拟合曲线方程为:年 $y=0.2053x^2-9.0491x+49.374$, $R=0.3376$; 秋季 $y=-0.0709x^2-3.3873x+44.029$, $R=0.4309$; 冬季 $y=0.0399x^2-1.6236x+6.0197$, $R=0.2865$ 。从二次拟合曲线看,均为先减小随后增加。

年日照时数1954至1965年12年间,日照时数基本在零距平上下波动,且波动的振幅较大;1966至1969年4年间,日照时数均为负距平,日照时数较小;而1970至1974年5年间,日照时数均为正距平,日照时数较大;1975至1982年,日照时数基本在零距平上下波动,但较1954-1965年相比,振幅较小;从1983至1994年,除1987、1993年日照时数略大于零距平外,其余均为负距平,这一期间是日照时数最小的一个时期;从1995至2005年日照时数距平均为正值,日照时数均大于52年均值。

秋季日照时数在-71.8-87.1h之间波动,70年代中期之前,日照时数绝大部分在零距平上波动,并且在波动中缓慢下降;70年代后期至90年代前期日照时数距平振幅较大,90年代中后期后日照时数均在零距平上波动,并且在波动中上升。

冬季日照时数在-59.4-142.2h之间波动,80年代之前,日照时数在零距平上下波动,80年代至90年代是日照时数最小的时期,日照时数基本为负距平,90年代后,日照时数绝大多数在零距平上波动。

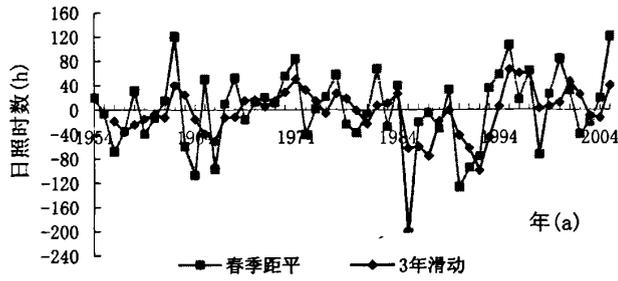


图5-1 春季日照时数距平及3年滑动曲线
 Fig.5-1 Spring sunshine hours change and 3-year running

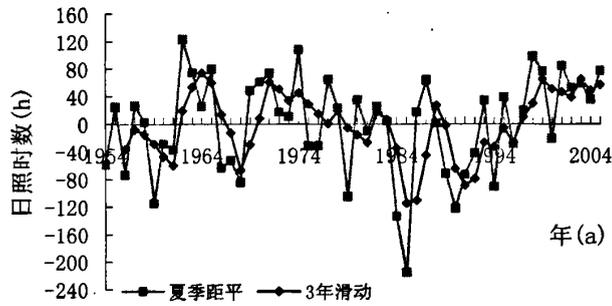


图5-2 夏季日照时数距平及3年滑动曲线
 Fig.5-2 Summer sunshine hours change and 3-year running

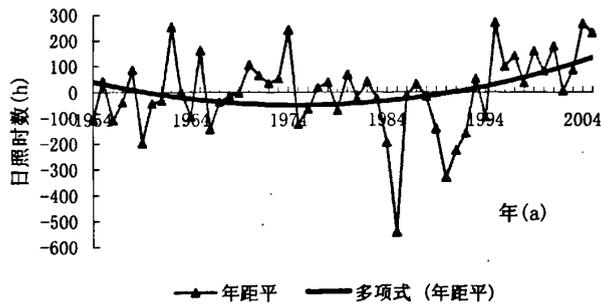


图5-3 年日照时数距平曲线
 Fig.5-3 Annual change running of sunshine hours

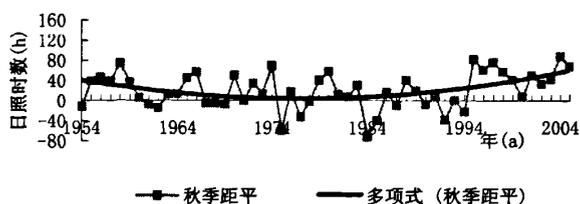


图5-4 秋季日照时数距平曲线
Fig.5-4 Autumn change running of sunshine hours

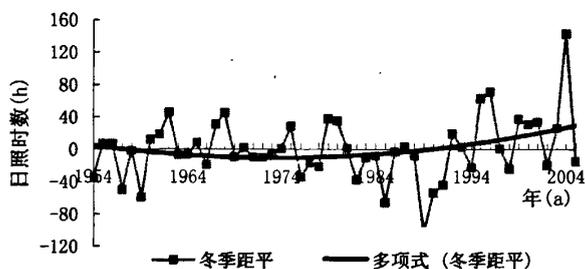


图5-5 冬季日照时数距平曲线
Fig.5-5 Winter change running of sunshine hours

5.4 小结

(1) 年及四季日照时数各年代际变化规律均为 80 年代最小, 近 5 年最大。70 年代、90 年代及近 5 年均为正距平, 日照时数偏多。50 年代 (除秋季)、80 年代均为负距平, 日照时数偏少。

(2) 日照时数夏、春季较大, 冬季最少。夏、春季分别占全年的 28.1%、26.5%; 冬季占 21.2%。日照时数年内分布规律为单峰型, 5 月最大, 其次为 6 月, 12 月份最小。

(3) 从二次拟合曲线看, 年及秋季与冬季日照时数年际变化相似, 均为先减小随后增加。而春夏季变化相似, 均为先增加后减少随后增加。年波动的振幅最大。

第六章 磴口绿洲扬沙天气变化

扬沙天气是指强风将地面大量尘沙吹起,使空气很混浊,水平能见度在 1.0-10.0km^[66]。

6.1 扬沙天气年代际变化

表 6-1 扬沙日数年代际的变化(d)

Tab.6-1 Sand-blowing days changes in decades

年代	全年		春季		夏季		秋季		冬季	
	扬沙	距平	扬沙	距平	扬沙	距平	扬沙	距平	扬沙	距平
50	87.3	41.2	35.9	17.3	16.1	7.5	10.9	3.8	24.4	12.5
60	77.9	31.8	31.5	12.9	14.6	6	11.7	4.6	20.1	8.2
70	56.1	10	21.1	2.5	11.4	2.8	10.4	3.3	13.2	1.3
80	32	-14.1	11.7	-6.9	6.3	-2.3	5.7	-1.4	8.3	-3.6
90	9.9	-36.2	5.3	-13.3	0.8	-7.8	1.3	-5.8	2.5	-9.4
2001-2005	5.6	-40.5	4.2	-14.4	0.2	-8.4	0.2	-6.9	1.0	-10.9
平均	46.1		18.6		8.6		7.1		11.9	

由表 6-1 可见,磴口县多年平均扬沙日数为 46.1d。扬沙日数主要集中在春季,其次为冬季,夏秋季最少。春冬季分别占全年的 40.3%、25.8%;夏秋分别占 18.6%、15.4%。年扬沙日数逐年代递减,50、60、70 年代偏多,50 年代扬沙日数最多,偏高达 41.2d,60 年代、70 年代分别偏高 31.8d 和 10d,80 年代后扬沙日数均偏低,近 5 年偏低最多达 40.5d。即体现为“前多后少”的特点。

春季、夏季和冬季同年扬沙日数一样均为逐年代递减,扬沙日数均为 50 年代最多,2001-2005 年期间扬沙日数最少。秋季与其它三季扬沙日数变化不同,60 年代为近 50 多年来扬沙日数最高的时期,其次为 50 年代,从 70 年代开始逐年代递减,2001-2005 时期降到最低,与 60 年代相比扬沙日数少了 10.7d。

总之,年及春季、夏季、冬季扬沙日数各年代际变化规律一致,均为逐年代递减。而且 50 年代至 70 年代扬沙日数明显偏多,均为正距平,其它年代偏少,均为负距平。50 年代扬沙日数最多,近 5 年最少。秋季与其他三季扬沙日数变化不同,60 年代为近 50 多年来扬沙日数最高的时期,其次为 50 年代,从 70 年代开始逐年代递减,2001-2005 时期降到最低。

6.2 扬沙天气年内分布特征

表 6-2 52 年各月平均扬沙日数(d)

Tab.6-2 Mean sand-blowing days in Jan. to Dec.

月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
扬沙日数	4	3.8	5.5	7.1	6.1	4.0	2.8	1.8	1.8	2.0	3.3	4.0

由表 6-2 可知,磴口县扬沙天气具有明显的季节变化特征。该区扬沙天气一年四季均能出现,但主要发生在春季,占全年 40.6%,其次为冬季,占全年的 25.3%,秋季和夏季较小,占全年的 18.7%和 15.4%。按月份分析,扬沙天气主要集中出现在 3-5 月份,高峰出现在 4 月,4 月占全年扬沙日数的 15.4%,5 月份次之,为 13.2%,8-10 月份较小,占全年的 12.1%。且以 8 和 9 月份最少。由此看出,该区扬沙天气分布集中,每年 11 月起开始出现并逐渐加强,至 4-5 月份达到高峰,之后逐渐下降,至 8 和 9 月降至一年中最低。这一分布规律与我国北方地区扬沙天气分布的季节变化相一致。造成这种变化规律的原因是由于春季大气层不稳定,冷空气和蒙古气旋活动频繁,冷锋过境时常出现 6-7 级西北大风,造成扬沙天气出现频率多,持续时间长。

6.3 扬沙天气年际变化

图 6-1 为磴口 1954 至 2005 年年扬沙日数距平及三年滑动平均曲线。由表中可以看出,扬沙日数呈明显降低趋势,扬沙日数距平线性方程为 $y=-1.9904x+52.762$, $R=0.9004$ 线性降低率为 $1.9904d/a$ 。从三年滑动平均曲线可以看出,扬沙日数明显呈两个变化时期,第一时期为 1982 年之前,这一时期均为正距平,即扬沙日数处于偏高阶段;1983-2005 年为第二个时期,此时期均为负距平,扬沙日数属于偏低阶段,扬沙日数在波动中下降。

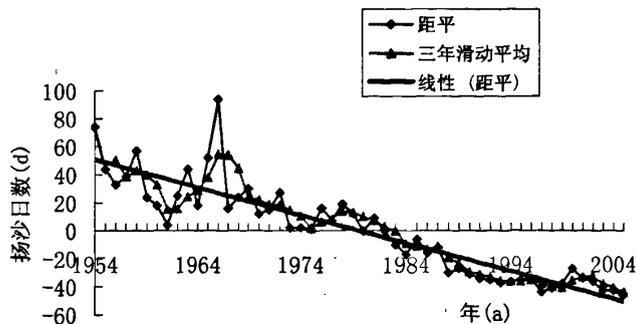


图6-1 磴口县1954-2005年扬沙天气年际变化
Fig.6-1 Annual changes of sand-blowing days during 1954-2005 in dengkou

扬沙日数的各季变化由图 6-2 可见。四季扬沙日数均呈下降趋势。距平线性方程春季为 $y=-0.7591x+20.131$, $R=0.8850$; 夏季为 $y=-0.4049x+10.687$, $R=0.8850$; 秋季为 $y=-0.2856x+7.5448$, $R=0.8410$; 冬季为 $y=-0.5409x+14.299$, $R=0.7087$ 。年及四季扬沙

日数均通过了置信度 0.001 的显著性检验, $R(0.001, 50)=0.4433$ 。扬沙日数线性降低率春季最大, 为 0.7591d/a; 其次为冬季, 线性降低率为 0.5409 d/a。秋季最小 0.2856 d/a。即扬沙日数的减少主要发生在春冬季, 秋季最小。

从三年滑动平均变化看, 春季大体分为二个阶段, 1982 年之前, 除 1974-1976 年为负距平, 其它均为正距平, 春季扬沙日数处于偏多阶段, 波动较大。1983-2005 年, 扬沙日数处于偏少阶段, 均为负距平, 波动较缓和。变化特点为“先多后少”。年扬沙日数与春季扬沙日数滑动序列的波动趋势比较接近。说明占全年 40.6%的春季扬沙日数的多寡对年扬沙日数的变化趋势起着主导作用。

夏季, 1979 年之前, 扬沙日数波动式下降, 但波动幅度较大, 1980-2005 年除 1983 为正距平外, 均为负距平, 扬沙日数偏少。

秋季, 1983 年之前扬沙日数除 1961、1962 年为负距平外, 其余均为正距平, 扬沙日数偏多。1984-2005 均为负距平, 扬沙日数偏少。

冬季扬沙日数也大体为两个阶段, 1981 年之前, 仅 1973、1975、1976 年处于负距平, 其余均为正距平, 扬沙日数偏多。1982-2005 年均为负距平, 扬沙日数偏少。同样体现为“先多后少”的特点。

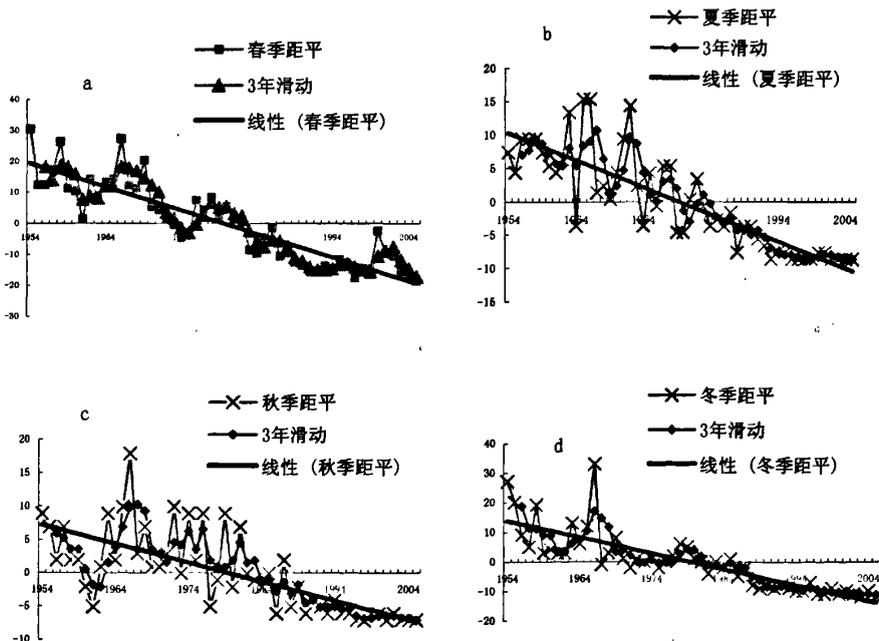


图 6-2 磴口扬沙天气年际变化 (a. 春季 b. 夏季. c. 秋季. d. 冬季)

Fig.6-2 Mean sand-blowing days changes(a .spring b.summer c. autumn d. winter)in Dengkou

6.4 小结

(1) 年及春季、夏季、冬季扬沙日数各年代际变化规律一致,均为逐年代递减。而且50年代至70年代扬沙日数明显偏多,均为正距平,其它年代偏少,均为负距平。50年代扬沙日数最多,近5年最少。秋季与其它三季扬沙日数变化不同,60年代为近50多年来扬沙日数最多的时期,其次为50年代,从70年代开始逐年代递减,近5年降到最少。

(2) 该区扬沙天气一年四季均能出现,但主要发生在春季,占全年40.6%,其次为冬季,占全年的25.3%,秋季和夏季较小,占全年的18.7%和15.4%。按月份分析,扬沙天气主要集中出现在3-5月份,高峰出现在4月,8和9月份最少。

(3) 年及四季扬沙日数均为线性下降,线性方程均通过了置信度0.001的显著性检验,下降率为年>春季>冬季>夏季>秋季,均为80年代之前,扬沙日数绝大部分为正距平,波动幅度较大,80年代之后为负距平,波动幅度平缓。80年代为转折期,体现为“先多后少”的特点。年扬沙日数与春季扬沙日数滑动序列的波动趋势比较接近。说明春季扬沙日数的多寡对年扬沙日数的变化趋势起着主导作用。

第七章 磴口绿洲沙尘暴天气变化

沙尘暴是指强风将地面大量尘沙吹起,使空气很混浊,水平能见度在 1.0km。沙尘暴是大风造成的一种恶劣天气,产生沙尘暴需要有足够强大而持续的风力和丰富的沙源以及不稳定的空气层结^[63-64]。

7.1 沙尘暴天气年代际变化

表 7-1 沙尘暴日数年代际的变化(d)

Tab.7-1 Sand-storm days changes in decades

年代	全年		春季		夏季		秋季		冬季	
	沙尘暴	距平	沙尘暴	距平	沙尘暴	距平	沙尘暴	距平	沙尘暴	距平
70	20.9	11.7	11.9	6.5	4.1	2.3	1.4	0.8	3.5	2.1
80	12.3	3.1	7.0	1.6	2.5	0.7	1.0	0.4	1.8	0.4
90	2.0	-7.2	1.4	-4.0	0.3	-1.5	0.1	-0.5	0.2	-1.2
2001-2005	1.4	-7.8	1.2	-4.2	0.2	-1.6	0	-0.6	0	-1.4
平均	9.2		5.4		1.8		0.6		1.4	

由表 7-1 可见,磴口县多年(35 年)沙尘暴日数平均为 9.2d。沙尘暴日数主要集中在春季,其次为夏季和冬季,秋季最少。分别占全年的 58.7%、19.6%、6.5%、15.2%。年平均沙尘暴日数逐年代递减,70、80 年代偏多,90 年代后偏少,近 5 年最少。70 年代较近 5 年偏高达 19.5d。即体现为“前多后少”的特点。

四季同年沙尘暴日数一样均为逐年代递减,沙尘暴日数均为 70 年代最多,近 5 年最少。80、90 年代沙尘暴日数下降幅度最大,而 2001-2005 年期间下降幅度较小。

7.2 沙尘暴天气年内分布特征

由表 7-2 可知,磴口县沙尘暴天气具有明显的季节变化特征。该区扬沙天气一年四季均能出现,但主要发生在春季,占全年 58.2%,秋季最小,占全年的 7.0%。按月份分析,扬沙天气主要集中在 3-5 月份,高峰出现在 4 月和 5 月。9 月份最少。每年 9 月起开始出现并逐渐加强,至 4-5 月份达到高峰,之后逐渐下降,至 9 月降至一年中最低。

表 7-2 35 年各月平均沙尘暴日数(d)

Tab.7-2 Mean sand-storm days in Jan. to Dec.

月	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
沙尘暴	0.37	0.74	1.6	2.2	2.17	0.71	0.74	0.54	0.11	0.17	0.43	0.46

7.3 沙尘暴天气年际变化

图 7-1 列出了磴口 1971 至 2005 年年沙尘暴日数距平及三年滑动平均曲线。可以看

出, 沙尘暴日数呈明显降低趋势, 沙尘暴日数距平线性方程为 $y=-0.849x+15.539$, $R=0.7714$, 线性降低率为 $0.849d/a$ 。从三年滑动平均曲线可以看出, 沙尘暴日数明显呈两个变化时期, 第一时期为 1990 年之前, 这一时期除 1986 年外均为正距平, 即沙尘暴日数处于偏高阶段; 1990-2005 年为第二个时期, 此时期均为负距平, 沙尘暴日数属于偏低阶段, 沙尘暴日数在波动中下降。

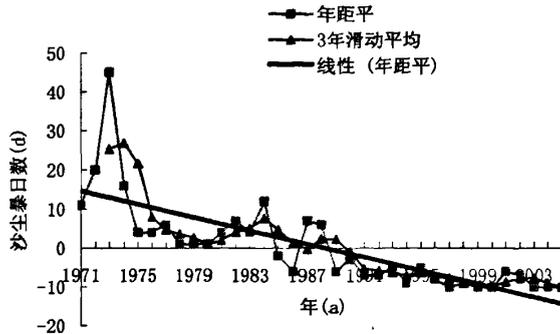


图7-1 磴口县年沙尘暴年际变化
Fig.7-1 Annual sand storm anomaly of Dengkou

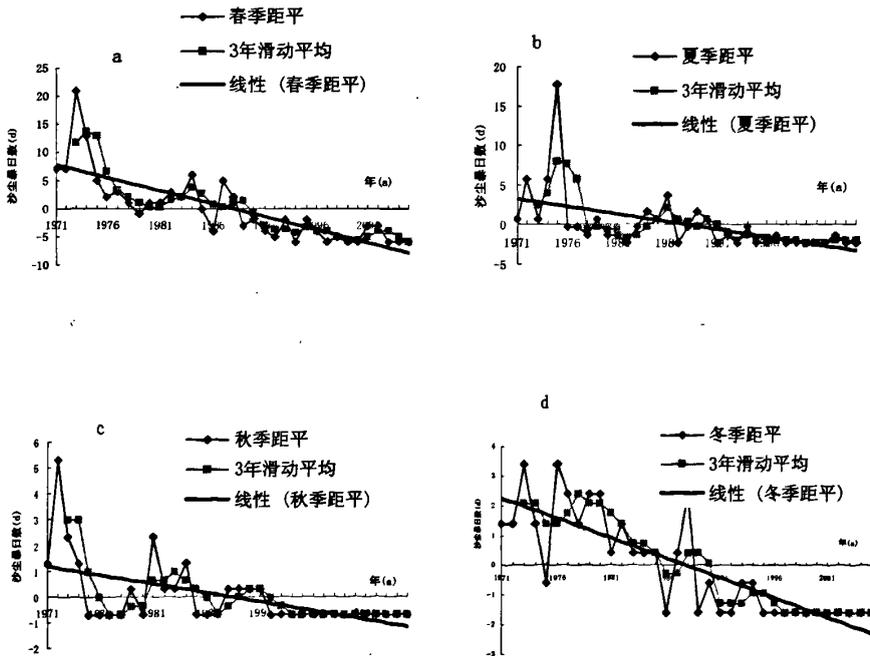


图 7-2 磴口沙尘暴天气年际变化 (a. 春季 b. 夏季. c. 秋季. d. 冬季)

Fig.7-2 Mean sand-storm days changes (a. spring b. summer c. autumn d. winter) in Dengkou

沙尘暴日数的各季变化由图 7-2 可见。四季沙尘暴日数均呈下降趋势。距平线性方程春季为 $y=-0.4641x+8.3261$, $R=0.7950$; 夏季为 $y=-0.1936x+3.4983$, $R=0.5281$, 秋季为 $y=-0.0689x+1.2546$, $R=0.5544$ 冬季为 $y=-0.1333x+2.3714$, $R=0.8107$ 。年及四季沙尘暴日数均通过了置信度 0.001 的显著性检验, $R(0.001, 35)=0.5189$ 。沙尘暴日数线性降低率春季最大, 为 0.464d/a; 其次为夏季, 线性降低率为 0.1936 d/a。秋季最小 0.0689 d/a。即沙尘暴日数的减少主要发生在春季, 秋季最小。

从三年滑动变化看, 春季大体分为二个阶段, 1971—1989 年均为正距平, 春季沙尘暴日数处于偏多阶段, 波动较大。1990—2005 年, 沙尘暴日数处于偏少阶段, 均为负距平, 波动较缓和。变化特点为“先多后少”。年沙尘暴日数与春季沙尘暴日数滑动序列的波动趋势比较接近。说明春季沙尘暴日数的多寡对年沙尘暴日数的变化趋势起着主导作用。

夏季沙尘暴日数, 1971—1991 年之前, 沙尘暴日数波动式下降, 但波动幅度较大, 1992—2005 年均为负距平, 沙尘暴日数偏少。同样体现为“先多后少”的特点。

秋季沙尘暴日数, 1971—1992 年沙尘暴日数绝大部分为正距平, 沙尘暴日数波动式下降, 但波动幅度较大。1993—2005 均为负距平, 沙尘暴日数偏少。

冬季大风日数大体也为两个阶段, 1971—1988 年除 1971、1986 年外均为正距平, 沙尘暴日数偏多。1989—2005 年均为负距平, 沙尘暴日数偏少。同样体现为“先多后少”的特点。

7.4 小结

(1) 四季同年沙尘暴日数一样均为逐年代递减, 沙尘暴日数均为 70 年代最多, 2001—2005 年期间沙尘暴日数最少。80、90 年代沙尘暴日数下降幅度最大, 而 2001—2005 年期间下降幅度较小。

(2) 磴口县沙尘暴天气具有明显的季节变化特征。主要发生在春季, 占全年 58.2%, 秋季最小, 占全年的 7.0%。高峰出现在 4 月和 5 月, 9 月份最少。每年 9 月起开始出现并逐渐加强, 至 4—5 月份达到高峰, 之后逐渐下降, 至 9 月降至一年中最低。

(3) 年及四季沙尘暴日数均为线性下降, 线性方程均通过了通过置信度 0.001 的显著性检验, 下降率为年 > 春季 > 夏季 > 冬季 > 秋季, 均为 90 年代之前, 沙尘暴日数绝大部分为正距平, 波动幅度较大, 90 年代之后为负距平, 波动幅度平缓。90 年代为转折期, 体现为“先多后少”的特点。年沙尘暴日数与春季沙尘暴日数滑动序列的波动趋势比较接近。说明春季沙尘暴日数的多寡对年沙尘暴日数的变化趋势起着主导作用。

第八章 磴口绿洲大风天气变化

冷锋后的大风是我国北方经常出现的一种天气现象，尤其是在春季，寒潮冷锋过境时往往产生大风，气象上把一日中出现瞬时风速 $\geq 17.2\text{m/s}$ 或风力 ≥ 8 级定为大风日^[62]。

8.1 磴口地区大风天气年代际变化

表 8-1 大风日数年代际的变化(d)
Tab.8-1 Strong-wind days changes in decades

年代	全年		春季		夏季		秋季		冬季	
	大风日数	距平								
70	17.8	7.0	8.8	3.8	3.4	0.9	2.3	1.0	3.3	1.6
80	16.7	5.9	8.2	3.2	4.2	1.7	2.2	0.9	2.1	0.4
90	6.1	-4.7	2.8	-2.2	1.4	-1.1	0.8	-0.5	1.1	-0.6
2001-2005	2.6	-8.2	1.4	-3.6	0.8	-1.7	0	-1.3	0.4	-1.3
平均	10.8		5.0		2.5		1.3		1.7	

由表 8-1 可见，磴口县多年(35 年)大风日数平均为 10.8d。大风日数主要集中在春季，其次为夏季，秋季最少。春夏季分别占全年的 46.3%、23.1%；秋冬季分别占 15.7%、12.0%。年平均大风日数逐年代递减，70、80 年代偏多，90 年代后偏少，2001-2005 年最少。70 年代较 2001-2005 年偏高达 15.2d。即体现为“前多后少”的特点。

春季、秋季和冬季同年大风日数一样均为逐年代递减，大风日数均为 70 年代最多，2001-2005 年期间最少。夏季与其它三季大风日数变化不同，80 年代为近 35 年来大风日数最多的时期，其次为 70 年代，2001-2005 时期降到最少，与 80 年代相比大风日数少了 3.4 d。

总之，年及春季、秋季、冬季大风日数各年代际变化规律一致，均为逐年代递减。而且 70、80 年代大风日数明显偏多，均为正距平，其它年代偏少，均为负距平。70 年代扬沙日数最多，近 5 年最少。夏季与其他三季扬沙日数变化不同，80 年代为近 35 年来大风日数最多的时期，其次为 70 年代，2001-2005 时期最少。

8.2 磴口地区大风天气年内分布特征

由表 8-2 可知，该区大风天气一年四季均能出现，但主要发生春季。按月份分析，大风天气主要集中出现在 3-8 月份，高峰出现在 4 月，4 月占全年大风日数的 19.5%，5 月份次之，为 19.1%，9 月份最少。

表 8-2 35 年各月平均大风日数(d)

Tab.8-2 Mean strong-wind days in Jan. to Dec.

月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
大风日数	0.6	0.69	1.23	2.34	2.29	1.06	0.83	0.8	0.26	0.54	0.71	0.63

8.3 磴口地区大风天气年际变化

图 8-1 给出了磴口 1971 至 2005 年年大风日数距平及三年滑动平均曲线。可以看出, 大风日数呈明显降低趋势, 大风日数距平线性方程为 $y=-0.5608x+10.066$, $R=0.6853$, 线性降低率为 $0.5608d/a$ 。从三年滑动平均曲线可以看出, 大风日数明显呈两个变化时期, 第一时期为 1990 年之前, 这一时期除 1973 年外均为正距平, 即大风日数处于偏多阶段; 1991-2005 年为第二个时期, 此时期均为负距平, 大风日数属于偏少阶段, 大风日数在波动中下降。

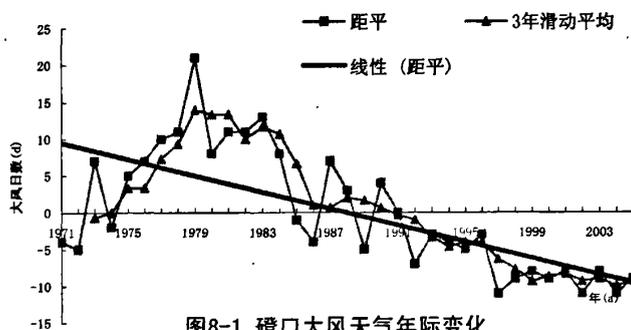


图8-1 磴口大风天气年际变化
Fig.8-1 Annual change of strong-wind days in Dengkou

大风日数的各季变化由图 8-2 可见。四季大风日数均呈下降趋势。距平线性方程春季为 $y=-0.2807x+5.0092$, $R=0.6487$; 夏季为 $y=-0.1101x+1.9672$, $R=0.5650$; 秋季为 $y=-0.0824x+1.4966$, $R=0.4478$; 冬季为 $y=-0.0877x+1.5924$, $R=0.4266$ 。年及四季大风日数均通过了置信度 0.01 的显著性检验, $R(0.01, 35)=0.4182$ 。大风日数线性降低率春季最大, 为 $0.2807d/a$; 其次为夏季, 线性降低率为 $0.1101 d/a$ 。秋季最小 $0.0824 d/a$ 。即大风日数的减少主要发生在春夏季, 秋季最小。

从三年滑动变化看, 春季大体分为二个阶段, 1971-1989 年除 1971 年为负距平, 其他均为正距平, 春季大风日数处于偏多阶段, 波动较大。1990-2005 年, 大风日数处于偏少阶段, 均为负距平, 波动较缓和。变化特点为“先多后少”。年大风日数与春季大风日数滑动序列的波动趋势比较接近。说明春季大风日数的多寡对年大风日数的变化趋势起着主导作用。

夏季大风日数, 1971-1992 年之前, 大风日数波动式下降, 但波动幅度较大, 1993-2005 年均为负距平, 大风日数偏少。同样体现为“先多后少”的特点。

秋季大风日数, 1971-1991 年大风日数绝大部分为正距平, 大风沙日数偏多。出现两个波峰, 1981 和 1991 年分别达到峰值。1992-2005 年均为负距平, 大风日数偏少。

冬季大风日数大体也为两个阶段, 1971-1990 年绝大部分为正距平, 扬沙日数偏多。出现两个波峰和两个波谷。1975 年到达波谷随后上升, 于 1979 年达最大值后快速下降, 于 1986 年到达波谷, 于 1988 年达峰值。1991-2005 年均为负距平, 大风日数偏少。同样体现为“先多后少”的特点。

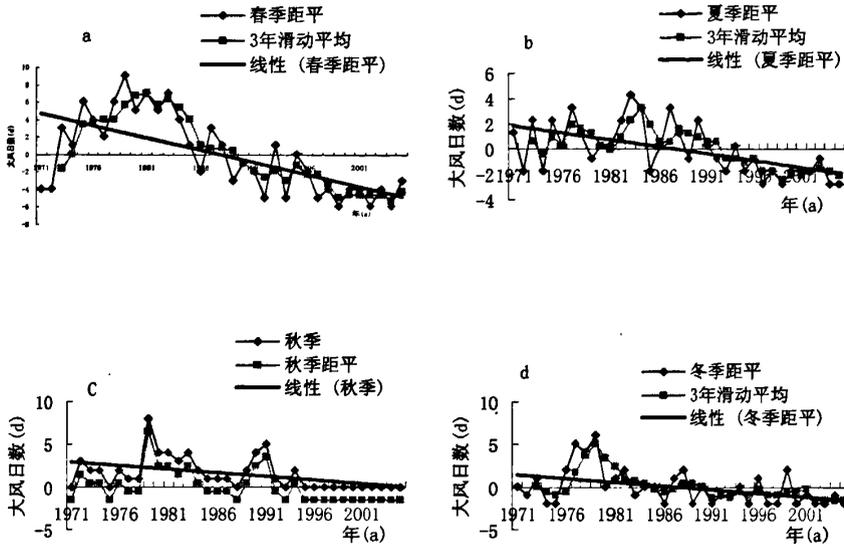


图 8-2 磴口大风天气年际变化 (a. 春季 b. 夏季. c. 秋季. d. 冬季)

Fig.8-2 Mean strong-wind days changes(a. spring b. summer c. autumn d. winter)in Dengkou

8.4 小结

(1) 年及春季、秋季、冬季大风日数各年代际变化规律一致, 均为逐年代递减。而且 70、80 年代大风日数明显偏多, 均为正距平, 其它年代偏少, 均为负距平。70 年代大风日数最多, 近 5 年最少。夏季与其他三季大风日数变化不同, 80 年代为近 35 年来大风日数最多的时期, 其次为 70 年代, 2001-2005 时期最少。

(2) 磴口县大风天气具有明显的季节变化特征, 该区大风天气一年四季均能出现, 但主要发生在春季, 占全年 45.8%, 秋季最小, 占全年的 12.2%。

(3) 年及四季大风日数均为线性下降, 线性方程均通过了置信度 0.01 的显著性检验, 下降率为年 > 春季 > 夏季 > 冬季 > 秋季, 均为 90 年代之前, 扬沙日数绝大部分为正距平, 波动幅度较大, 90 年代之后为负距平, 波动幅度平缓。90 年代为转折期, 体现为“先多后少”的特点。年大风日数与春季大风日数滑动序列的波动趋势比较接近。说明春季大风日数的多寡对年大风日数的变化趋势起着主导作用。

第九章 结 论

9.1 气温变化特征

(1) 年平均气温逐年代递增, 低温年发生在 50 至 70 年代, 暖温年发生在 80 年代后, 体现为“前凉后暖”的特点;

(2) 年平均气温及各季平均气温均呈明显上升趋势, 但以冬季增幅最大, 大于年平均气温的增幅, 春季次之, 夏季最小。

9.2 水分因子变化特征

(1) 降水量年代际变化比较明显, 60 年代与 90 年代降水明显偏多, 其它年代偏少, 而且 70 年代是降水偏少的转折时期。

(2) 年降水变化趋势不明显, 丰水年与枯水年所占比例为 36.5%和 27.0%。降水的年际变幅夏季最大, 秋季次之, 冬季最小。降水主要集中在夏季, 而且年降水的波动形态与夏季基本一致。说明占全年降水量 65.3%的夏季降水的多寡对年降水的变化趋势起着主导作用。

(3) 蒸发量主要集中于夏季, 其次为春季, 冬季最小。而且蒸发量年内分布规律为单峰型, 5 月最大, 1 月份最小。年及四季蒸发量各年代际变化没有一定的规律性, 但近 5 年, 年及四季蒸发量均较高, 50、70 年代蒸发量均偏小。四季中, 夏季蒸发量年际间振幅最大, 而且波动趋势与年蒸发量比较接近。

(4) 相对湿度夏秋季相近, 春季最小。年内相对湿度 4 月份最小 8 月份最大。90 年代, 除秋季与冬季外, 是相对湿度最大的一个时期。

9.3 干旱指数变化特征

(1) 磴口地区气候以干旱为主, 且持续时间长, 最长达 14 年之久。冬季与春季以重旱为主, 重旱频率分别为 40.4%与 36.5%; 夏季以中旱为主, 中旱频率为 38.5%; 秋季重旱与中旱频率一致为 32.7%。这种气候特点与该地区降水主要集中在夏季有关。

(2) 以年代际划分, 70 年代春季干旱最为严重, 80 年代夏季干旱最为严重, 60、90 年代秋季干旱最为严重, 60、80 及 90 年代冬季干旱最为严重。

(3) 各季干旱指数的变化趋势与降水距平百分率趋势一致。说明用该干旱指数与降水距平百分率对磴口地区气候的划分与评价具有一致性。

9.4 日照时数变化特征

(1) 年及四季日照时数各年代际变化规律均为 80 年代最小, 近 5 年最大。70 年代、90 年代及近 5 年均均为正距平, 日照时数偏多。50 年代(除秋季)、80 年代均为负距平, 日照时数偏少。

(2) 日照时数夏春季较大, 冬季最少。夏、春季分别占全年的 28.1%、26.5%; 冬季占 21.2%。日照时数年内分布规律为单峰型, 5 月最大, 其次为 6 月, 12 月份最小。

(3) 从二次拟合曲线看, 年及秋季与冬季日照时数年际变化相似, 均为先减小随后增加。而春夏季变化相似, 均为先增加后减少随后增加。年波动的振幅最大。

9.5 扬沙天气变化特征

(1) 年及春季、夏季、冬季扬沙天气各年代际变化规律一致, 均为逐年代递减。而且 50 年代至 70 年代扬沙日数明显偏多, 均为正距平, 其它年代偏少, 均为负距平。50 年代扬沙日数最多, 近 5 年最少。秋季与其他三季扬沙日数变化不同, 60 年代为近 50 多年来扬沙日数最高的时期, 其次为 50 年代, 从 70 年代开始逐年代递减, 2001-2005 时期降到最低。

(2) 该区扬沙天气一年四季均能出现, 但主要发生在春季, 占全年 40.6%, 其次为冬季, 占全年的 25.3%, 秋季和夏季较小, 占全年的 18.7%和 15.4%。按月份分析, 扬沙天气主要集中出现在 3-5 月份, 高峰出现在 4 月, 且以 8 和 9 月份最少。

(3) 年及四季扬沙日数均为线性下降线性方程均通过了通过置信度 0.001 的显著性检验, 下降率为年 > 春季 > 冬季 > 夏季 > 秋季, 均为 80 年代之前, 扬沙日数绝大部分为正距平, 波动幅度较大, 80 年代之后为负距平, 波动幅度平缓。80 年代为转折期, 体现为“先多后少”的特点。年扬沙日数与春季扬沙日数滑动序列的波动趋势比较接近。说明占全年扬沙日数 40.6%的春季扬沙日数的多寡对年扬沙日数的变化趋势起着主导作用。

9.6 沙尘暴变化特征

(1) 四季同年沙尘暴日数一样均为逐年代递减, 沙尘暴日数均为 70 年代最多, 2001-2005 期间沙尘暴日数最低。80、90 年代沙尘暴日数下降幅度最大, 而 01-05 年期间下降幅度较小。

(2) 磴口县沙尘暴天气具有明显的季节变化特征。主要发生在春季, 占全年 58.2%, 秋季最小, 占全年的 7.0%。高峰出现在 4 月和 5 月。9 月份最少。每年 9 月起开始出现并逐渐加强, 至 4-5 月份达到高峰, 之后逐渐下降, 至 9 月降至一年中最低。

(3) 年及四季沙尘暴日数均为线性下降, 线性方程均通过了置信度 0.001 的显著性检验, 下降率为年 > 春季 > 夏季 > 冬季 > 秋季, 均为 90 年代之前, 沙尘暴日数绝大部分

为正距平,波动幅度较大,90年代之后为负距平,波动幅度平缓。90年代为转折期,体现为“先多后少”的特点。年沙尘暴日数与春季沙尘暴日数滑动序列的波动趋势比较接近。说明占春季沙尘暴日数的多寡对年沙尘暴日数的变化趋势起着主导作用。

9.7 大风天气变化特征

(1) 年及春季、秋季、冬季大风日数各年代际变化规律一致,均为逐年代递减。而且70、80年代大风日数明显偏多,均为正距平,其它年代偏少,均为负距平。70年代扬沙日数最多,近5年最少。夏季与其它三季扬沙日数变化不同,80年代为近35年来大风日数最高的时期,其次为70年代,2001-2005时期最低。

(2) 磴口县大风天气具有明显的季节变化特征,该区大风天气一年四季均能出现,但主要发生在春季,占全年45.8%,秋季最小,占全年的12.2%。

(3) 年及四季大风日数均为线性下降,线性方程均通过了置信度0.01的显著性检验,下降率为年>春季>夏季>冬季>秋季,均为90年代之前,大风日数绝大部分为正距平,波动幅度较大,90年代之后为负距平,波动幅度平缓。90年代为转折期,体现为“先多后少”的特点。年大风日数与春季大风日数滑动序列的波动趋势比较接近。说明春季大风日数的多寡对年大风日数的变化趋势起着主导作用。

参考文献

- [1] 申元村,汪久文,武光和,等.中国绿洲[M],河南开封:河南大学出版社,2001.
- [2] 封玲.历史时期中国绿洲的农业开发与生态环境变迁[J].中国农史,2004,(3):123-129
- [3] 侯仁之.乌兰布和沙漠北部的汉代垦区[A].治沙研究,第七号.北京:科学出版社,15-34.
- [4] 郝玉光,韩永光,肖彩虹,磴口县森林生态体系总体布局与技术模式的探讨[M].国森林生态网络体系建设,中国林业出版社,2003年4月:575-585
- [5] 舰何,秉宇,姜红.近50年塔里木盆地南缘孤立绿洲气候变化析[J].干旱区资源与环境,2006,20(5):95~98.
- [6] 张杰,郭锐,荻潇泓.西北地区东部冬季降水与次年沙尘暴发生的关系[J].中国沙漠,2004,24(5):603~606.
- [7] 张小玲,李青春,谢璞,等.近年来北京沙尘天气特征及成因分析[J].中国沙漠2005,25(3):417~521.
- [8] 李锡福.青海省沙尘暴天气气候特征及其成因分析[C].沙尘暴监测预警服务研究.北京:气象出版社,2002:227~232.
- [9] 刘立超,安兴琴,李新荣,等.宁夏盐地沙尘暴特征分析[J].中国沙漠,2003,23(1):33~37.
- [10] 郭锐,张杰,韩涛,等.西北特殊地形与沙尘暴发生的关系探讨[J].中国沙漠,2004,24(5):576~581.
- [11] 赵建华,俞亚勋,孙国武.冻土对沙尘暴的影响研究[J].中国沙漠,2005,25(5):658~662.
- [12] 黄富祥,张新时,徐永福.毛乌素沙地气候因素对沙尘暴频率影响作用的模拟研究[J].生态学报,2001,21(11):1875~1885.
- [13] 李岩瑛,李耀辉,罗晓玲,等.河西走廊东部沙尘暴预报方法研究[J].中国沙漠,2004,24(5):607~610.
- [14] 许炯心.黄土高原地区沙尘暴形成的自然地理因素:I 影响因素分析[J].中国沙漠,2005,25(4):547~551.
- [15] 赵光平,陈楠.生态退化状况下的宁夏沙尘暴发生发展规律特征[J].中国沙漠,2005,25(1):45~49.
- [16] 矫梅燕,牛若芸,赵琳娜,等.沙尘天气影响因子的对比分析[J].中国沙漠,2004,24(6):696~700.
- [17] IPCC 第一工作组第三次评价报告.1999-11
- [18] IPCC 第二工作组第三次评价报告.2000-11
- [19] IPCC 第三工作组第三次评价报告.2000-12
- [20] 丁一汇,张锦,宋亚芳.天气和气候极端事件的变化及其与全球变暖的联系[J].气象,2002,28(3):3-7
- [21] Houghton J.全球变暖(戴晓苏,石广玉,懂敏,等译,丁一汇,赵宗慈校)[M].北京:气象出版社,1997,306页
- [22] 丁一汇,王守荣主编,中国西北地区气候与生态环境概论[M],气象出版社,2001
- [23] 丁一汇主编.中国西部环境变化的预测(见:秦大河主编.中国西部环境演变评估)[M].科学出版社,2002
- [24] 王绍武等.现代气候学研究进展北京[M];气象出版社,2001,458页
- [25] A bd El-Ghani M M. Flora and vegetation of Gara oasis, Egypt [J]. phytocoenologia, 1992,21(1):1~14.
- [26] Bornkamm R. Flora and vegetation of some small oasis in S-Egypt [J]. phytocoenologia .1986, 14

- (2):275~284
- [27] Naylor, J.N. Understorey vegetation in shelterbelts of eastern North Dakota. Abstract of Thesis in Dissert. Ab-str. int. 1970, 31, 8(6): 221~333
- [28] Faragalla A. Impact of agro desert on a desert ecosystem [J]. Journal of arid environment, 1988, 15 (1): 99-102
- [29] Wang H. Study on the effects of construction in windbreak and sandfixation system in Jing tai irrigated area [J]. Journal of Gansu Agricultural University, 1997, 32 (3): 238-243
- [30] 丁一汇. 全球气候变化与气候影响研究[M]. 北京: 气象出版社, 1997
- [31] 丁一汇. 全球气候变化[J]. 世界环境, 2002, 20(6): 9-12
- [32] 施雅风, 沈康平, 李栋梁等. 中国西北气候由暖干向暖湿型的特征和趋势探讨[J]. 第四纪研究, 2003, 23 (2): 152-164
- [33] 田广生. 中国气候变化影响研究概况[J]. 环境科学研究, 2000, 13(1): 36-39
- [34] 王绍武, 蔡静宁, 慕巧珍等. 中国西部年降水量的气候变化[J]. 自然资源学报, 2002, 17(4): 415-421
- [35] 贾昱, 李建会. 全球环境变化——人类面临的共同挑战[M]. 武汉: 湖北教育出版社, 1998
- [36] 崔读昌, 王继新. 气候变化对农业气候带和农牧过度带的影响(见: 邓根云主编. 气象变化对中国农业的影响[M]). 北京: 科学技术出版社, 1993.
- [37] 常影, 宁大同. 全球气候变化对中国土地荒漠化的影响[J]. 地学前缘, 2002, 3
- [38] 黄嘉佑. 气候状态变化趋势与突变分析[J]. 气象, 1995, 21(7)
- [39] 唐国利. 1921-1990年我国气温序列及变化趋势[J]. 气象, 1992, 18(7)
- [40] 缪启龙等. 我国近百年气候跃变分析, 全国气候变化诊断分析会议论文集. 北京: 气象出版社, 1991
- [41] 施雅风. 气候变化对西北华北水资源的影响[M]. 济南: 山东科学出版社, 1995
- [42] 冯松, 汤懋苍. 未来30年和300年气候变化趋势预测[A]. 青藏高原近代气候变化及对环境的影响[C]. 广州: 科技出版社
- [43] 秦大河主编. 中国西部环境演变评估(共4卷)[J]. 北京, 科学出版社, 2002.
- [44] 于淑秋, 林学椿, 徐祥德. 我国西北地区近50年降水和温度的变化[J]. 气候与环境, 2003, 8 (1): 9-18
- [45] 宋连春, 张存杰. 20世纪西北地区降水量变化特征[J]. 冰川冻土, 2003, 25 (2): 143-148
- [46] 杨达源. 近50a西北干旱区气温分区及其变化趋势研究[J]. 干旱区资源与环境, 2006, 20(1): 99~103.
- [47] 王葆芳, 熊士平. 乌兰布和沙地新开发人工绿洲防护林体系综合效益评价[J]. 林业科学, 1998, 34 (6): 12~21.
- [48] 王葆芳, 熊士平. 乌兰布和沙地新开发人工绿洲土地优化结构评价[J]. 干旱区资源与环境. 1998, 12 (3): 13~20.
- [49] 王君厚, 周士威, 路兆明等. 乌兰布和荒漠人工绿洲小气候效应研究[J]. 干旱区研究. 1998, 15 (1): 27~34.
- [50] 王君厚, 司守霞. 乌兰布和沙漠东北边缘人工绿洲地下水动态研究[J]. 干旱区研究. 1998, 12 (2): 19~29.
- [51] 肖彩虹, 王志刚, 李永义. 关于乌兰布和沙漠综合治理的几点意见[J]. 内蒙古林业科技, 2001, spp: 95~98.
- [52] 王志刚. 乌兰布和沙漠东北部风沙危害与防护林带参数探讨[J]. 中国沙漠, 1995, 15(1): 79~83.

- [53] 陈炳浩, 郝玉光等. 乌兰布和沙区域性防护林体系气候生态效益评价的研究[J]. 林业科学研究, 2003 (1): 63~68.
- [54] 郝玉光, 乌兰布和沙漠东北缘防护林体系建设对风沙灾害性天气影响的数量化研究[J]. 中国水土保持科学 2004,2(1) 79~82.
- [55] www.nmgnews.cn[Z]
- [56] 赵燕宁, 时兴合, 秦宁生等, 青海南部地区 40 多年来气候变化的特征分析[J]. 中国沙漠, 2005, 25 (4): 529~534.
- [57] 任朝霞, 杨达源, 近 50a 西北干旱区气温分区及其变化趋势研究[J]. 干旱区资源与环境, 2006,20(1):99~103.
- [58] 辛渝, 张广兴, 张新等. 新疆博州地区近 46 年来的气候变化特征[J]. 干旱区地理, 2006, 29 (2): 193-200.
- [59] 安月改, 李元华, 河北省近 50 年蒸发量气候变化特征[J], 干旱区资源与环境, 2005, 19 (4): 159-162
- [60] 郭广芬, 武汉区域气候中心开展干旱指数研究[R]:湖北气象
- [61] 张天峰、王劲松、郭江勇, 西北地区秋季干旱指数的变化特征[J], 干旱区研究, 2007, 24 (1): 87~92
- [62] 姚正毅, 王涛, 周俐等, 近 40 年阿拉善高原大风天气时空分布特征[J], 干旱区地理, 2006,29(2):207-212
- [63] 王涛, 陈广庭, 钱正安, 等. 中国北方沙尘暴现状及对策[J]. 中国沙漠, 2001,21(4):323-327
- [64] 邱玉珺, 邹学勇. 气候因素对沙尘天气影响的模型研究[J]. 自然灾害学报, 2005,14(2):461-465
- [65] 大气科学词典[M]. 大气科学词典编委会. 北京:气象出版社, 1994.

致 谢

本文是在马锋旺教授的悉心指导下完成的,从论文的选题到论文的撰写过程都凝聚了导师的心血。导师渊博的学识、严谨的学术作风、睿智的思维、宽厚的待人胸怀和朴实的生活作风,将使我一生受益。在论文付梓之际,向尊敬的导师表示由衷的谢意。

在完成学业过程中,工作单位中国林科院沙漠林业实验中心的领导和同事给予了大力支持。在论文的准备期间,郝玉光研究员在资料的收集及写作思路等方面给予了帮助和指导。尤其是在我生病期间,单位的领导与同事给予了我莫大的关怀和鼓励,使我能顺利地完成毕业论文,在此向所有提供帮助和支持的领导和同事们,表示深深的谢意。

在论文的写作过程中,还得到内蒙古农业大学王志林博士的指导,深表谢意。

3年的学业和论文的顺利完成与爱人郭承德的全力支持也是分不开的,在此表示衷心的感谢。

作者简介

肖彩虹,女,汉族,中共党员,高级工程师,生于1974年4月,内蒙古察右后旗人。1993年9月考入内蒙古林学院沙漠治理系水土保持专业,1997年7月毕业并且获农学学士学位。1997年7月至今一直在中国林科院沙漠林业实验中心(内蒙古磴口县)科研室工作,主要从事荒漠化监测与沙旱生植物繁育工作。2005年考入西北农林科技大学攻读硕士学位。

攻读硕士学位以来发表论文4篇:

1. 肖彩虹,郝玉光,贾培云 乌兰布和沙漠东北部磴口绿洲近 52a 水分因子的变化,干旱区资源与环境,2008,22(6):161-165.
2. 肖彩虹,郝玉光,刘芳,刘明虎 近 52 年来磴口地区气候变化分析,干旱区资源与环境,2008,22(7):90-93.
3. 肖彩虹,郝玉光,马学献,郭承德,乌兰布和沙漠东北部干旱指数的变化特征,防护林科技,2008,(2):4-6.
4. 肖彩虹,王志刚,刘芳,郭承德,乌兰布和沙区 5 种沙生植物扦插繁殖试验,林业实用技术,2007(9):11-12.