

内蒙古师范大学

硕士学位论文

鄂尔多斯市风沙灾害孕灾环境风险评价

姓名：姜淑琴

申请学位级别：硕士

专业：自然地理学

指导教师：银山

20100619

中文摘要

风沙灾害作为严重的生态环境问题之一目前受到世界范围的关注。风沙灾害的发生不仅破坏生态环境平衡，也危及到人们生命财产安全，因此风沙灾害风险评价是采取有效防风治沙措施的基础。

本文选择经济发展迅速，人地矛盾突出，生态环境极度脆弱和不稳定，风沙灾害频发的鄂尔多斯地区为研究对象。以 1990-2007 年地面气象记录和两期 TM 影像（2000 年、2007 年）为主要数据源，结合风蚀理论，遥感、GIS 技术和 Excel、SPSS 等软件工具和数理统计方法，从引起风沙危害的自然、人为因素方面进行风险辨识，建立了风险评价指标体系和风险评价模型，对鄂尔多斯地区进行风沙灾害孕灾环境风险评价，得到鄂尔多斯地区 2000 年和 2007 年的风沙灾害孕灾环境风险指数和等级区域，并理论和方法上探讨风沙灾害治理对策。经过研究得到以下几点有意义的结论：

1、鄂尔多斯地区沙尘暴发生日数具有减少趋势：沙尘暴日数频次 1990~2007 年总体呈下降趋势，根据线性拟合沙尘暴天气次数在研究时段内每年减少 0.98 次。

2、2000 年开始实行退耕还林还草，禁牧、休牧等保护生态环境措施有效减缓了土地退化过程，研究区风蚀荒漠化面积在 2000-2007 年间逆转了 75322.1797 hm^2 。

3、经过风沙灾害孕灾环境风险评价得出鄂尔多斯市 8 县的危险性指数排序为：2000 年时，杭锦旗>乌审旗>鄂托克前旗>鄂托克旗>达拉特旗>伊金霍洛旗>东胜区>准格尔旗；2007 年时，杭锦旗>鄂托克前旗>乌审旗>达拉特旗>鄂托克旗>东胜区>准格尔旗>伊金霍洛旗；两期评价结果看基本是沙漠化严重地区也是风沙灾害孕灾环境危险性指数高的地区。

4、研究区防治风沙灾害的关键是治沙，治沙要结合风险等级，不同的区域用不同的方法来治理。

关键词：鄂尔多斯市 风沙灾害 孕灾环境风险评价 危险性指数

Abstract

Sandstorm is one of the most serious ecological problems and is paid widely attention in the whole world. The generation of the sandstorm has brought critical mischief and threatens not only to the balance of the environment, but also to people's life and property. So risk assessment of Sandstorm disaster is the Precondition and foundation to implement various measures to control sandstorm disaster scientifically and effectively.

The case study was carried out in Ordos, in which sandstorm happened frequently. In this thesis, took 20-m resolution Landsat Thematic Mapper(TM) images(in 2000, in 2007) of Ordos region and the climate data from 1990 to 2007 as the data foundation, used integrated approaches of principle of wind erosion and remote sensing, GIS, Excel and SPSS. According to the natural and personal reasons for sandstorm disasters, the indicators and models are selected to assess the risk of disaster-pregnant environment of sandstorm disasters in Ordos. On the base of that, this study finds out the grade criteria of the assessing index and risk index and discusses effective methods theoretically and technically. This paper concludes some meaningful conclusions as follow:

1. Sandstorm of Ordos has distinct reducing trend: The frequency of sandstorm has a reducing tendency from 1990 to 2007. It reduces 0.98 every year.

2. From 2000, the government carried out Return field to forest and grass, Forbid grazing policy. Therefore, these policies slow down the process of land diffusion effectively. In Ordos, the wind erosion areas become 75322.1797hm² smaller from 2000 to 2007.

3. In this study, the author discovered risk index sequence of the

eight town of Ordos according to risk assessment on the sandstorm disaster-pregnant environment. That is,in 2000, HangJinQi > WuShenQi > ETuogeQanQi > ETuoGeQi > DaLaTeQi > EJinHoLuoQi > DongSheng > ZhunGar; in 2007, HangJinQi > ETuogeQanQi > WuShenQi > DaLaTeQi > ETuoGeQi > DongSheng > ZhunGar > EJinHoLuoQi; The result from these two assessments proves that the serious desertification places has the highest risk index of sandstorm disaster-pregnant environment.

4. The key to prevent sandstorm in Ordos is fix sandy. Fixing sandy will combine with the risk grade, each area has own methods to solve.

Key words: Ordos, sandstorm disaster, disaster-pregnant environment assessment, risk index

独创性声明

本人声明所呈交的学位论文是本人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果；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成果，也不包含本人为获得内蒙古师范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中作了明确的说明并表示感谢。

签名： 姜淑琴

日期： 2010 年 6 月 20 日

关于论文使用授权的说明

本学位论文作者完全了解内蒙古师范大学有关保留、使用学位论文的规定：内蒙古师范大学有权保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和磁盘，允许论文被查阅和借阅，可以将学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文，并且本人电子文档的内容和纸质论文的内容相一致。

保密的学位论文在解密后也遵守此规定。

签名： 姜淑琴

导师签名：

银山

日期： 2010 年 6 月 20 日

1 引言

1.1 概念叙述

1.1.1 灾害科学概述

灾害现象贯穿人类发展始终,国内外学者对灾害有不同的定义:日本学者金子史朗在《世界大灾害》一书中提到“它是一种自然现象,与人类关系密切,常会给人类生存带来危害或损害人类生活环境”^[1],美国社会学家弗里兹认为灾害的起因和后果与社会结构、社会进展、社会子系统有关^[2]。

史培军对灾害的致灾因子、孕灾环境、承灾体(人类活动)研究的基础上,提出“灾害是地球表层异变过程的产物,是致灾因子、孕灾环境与承灾体综合作用的结果”^[3]。马宗晋在广义方面给灾害定义为凡危害人类生命财产和生存条件的各类事件^[4]。刘茂山^[5]强调灾害是对人类社会的发展及财富的创造与积累所带来不利后果的自然现象。任鲁川认为灾害是由自然原因和人为原因引起的,呈现在人类一定的生存和活动空间中的,导致人们生存所需事物量的减少和生活质量的退化的过程^[6]。朱东海等认为凡危害人类生命财产和生存条件的各类事件都可称为灾害^[7]。何爱平指出灾害是由于某种不可控制或未能预料的突发性因素的作用,使人类赖以生存的环境产生破坏或恶化,并超越当地社会经济系统能容忍的限度而引起人员伤亡、物质财富和资源损失的现象和过程^[8]。孟庆楠^[9]认为由致灾因子和易损性共同造成人员和财产损失的过程称为灾害。国际灾害学的定义为灾害是自然因素和人为因素共同原因给人类造成的灾难与祸害^[10]。徐保凤指出灾害是由自然发生或人为产生的、对人类生存和人类社会带来危害性后果的突发性事件^[11]。曾维华等指出灾害是由某一地区内部原因和外部作用所造成的,给人类生存环境与社会财富造成的危害程度超过该地区的承灾能力限度,而其丧失全部或部分功能的自然—社会现象”^[12]。学者们从影响区域、危害程度等不同角度对灾害进行分类^[10、12、13-15],其中以致灾因子的角度分为气象灾害、海洋灾害、地质灾害、地震灾害、生物灾害、土地退化等六大类^[16、17]。灾害按产生的原因分为自然灾害、环境(生态)灾害和人为灾害。灾害具有社会属性、自然属性、突发性、并且具有给人类社会造成破坏和损失的特性。国外学者一般不划分灾害的等级,而是以造成的经济损失来评价灾害的大小。国内学者马宗晋以灾害造成的直接经济损失和伤亡人员来划分灾害等级。徐好民灾害发生后短时间内造成的总财产损失和人员死亡来表示灾害等级^[18]。灾害研究涉及到很多科学领域,其中环境演变研究是

灾害研究的基础。灾害监测与分析的主要手段有现代遥感技术、计算机技术、系统方法等。准确灾害预报预测^[19]是当代灾害科学研究的世界难题也是当前地学的重要任务。

1.1.2 风沙灾害有关概念

风沙灾害是指由风沙活动引起的, 对人类生活与生存环境造成影响的生态灾害, 是一定时段内区域生态环境质量的表现。风沙灾害的危害方式^[20]有造成人员伤亡, 房屋、农田、牧场被埋压, 交通通讯设施被破坏, 土地生产力下降, 大气环境质量恶化等。风沙灾害的致灾因子是大风和丰富的沙物质, 孕灾环境包括植被盖度、土地利用、干旱程度、土壤类型、土壤有机含量、地形影响^[21]等。

浮尘、扬沙和沙尘暴等沙尘天气所造成的灾害称为沙尘灾害。能见度大于 10 km 的沙尘天气为扬沙, 能见度 1~10 km 的沙尘天气为浮尘, 能见度小于 1 km 的沙尘天气为沙尘暴^[22], 风速 ≥ 20 m/s、最低能见度 ≤ 200 m 的沙尘天气为强沙尘暴, 风速 ≥ 25 m/s, 最低能见度 ≤ 50 m 的沙尘天气为特强沙尘暴。沙尘暴是危害性极强的灾害性天气, 也是荒漠化严重地区的主要气象灾害之一。沙尘暴天气不仅给人民生命财产带来巨大的危害也导致生态环境的破坏。中亚、北美、中非及澳大利亚的荒漠化地区是世界范围内沙尘暴多发区^[23]。我国西北地区由于气候干旱, 降水量极少, 沙物质丰富, 植被稀疏等因素成为中亚沙尘暴多发区的一部分。对风沙灾害进行危险性评价, 已成为荒漠化研究的重要内容。

沙漠化^[24]是一种人为活动与自然资源环境不协调而产生的以风沙活动为主要标志的土地退化过程。沙漠化时间上发生在人类历史时期, 空间上发生在干旱半干旱及部分湿润地区, 成因上与区域的不利自然因素和人类过度经济活动因素有关。主要危害表现为草场和耕地风蚀沙化或被流沙所侵; 居民点、交通设施等遭受风沙危害; 土地生物生产量下降导致可利用土地减少; 生态环境失去平衡, 自然环境趋于恶化。本文重点研究的风沙灾害是鄂尔多斯地区的沙尘暴频率和土地风蚀荒漠化问题。

1.2 国内外研究进展

1.2.1 自然灾害风险评价研究进展

自然灾害是指自然变异超过一定的程度, 对人类和社会经济造成损失并给人类社会带来诸多灾难的同时破坏自然环境, 也诱发一系列的生态环境问题的事件。由于危

机管理是过去灾害管理工作的重点,强调灾后的救济与恢复轻视灾前的预防和准备,因此很难降低社会遭受灾害风险。随着自然灾害在全球造成的影响越来越大,人们的注意力也渐渐转向降低灾害风险方面。

20 世纪初日本京都大学防灾研究所冈田宪夫,多多纳裕一教授为代表的课题组提出了综合灾害风险管理理论。20 世纪 90 年代以来,随着国内外研究者对防灾减灾各方面的深入研究,灾害风险评价与风险管理工作的作用和地位在减灾防灾领域越来越突出。灾害风险、承载体脆弱性以及社会防灾能力研究,是当前国际减轻灾害领域的重要研究前沿及挑战问题^[25、26]。美国、日本、意大利等国家对地震、洪水和滑坡等自然灾害风险研究的比较多。此外,从易损性方面研究灾害风险的文献也多。目前用定量风险评估方法(其中常用的是模糊逻辑风险、概率风险、现代技术风险、现代信息技术)来评价自然灾害风险。在美国、日本和欧洲等国家正针对不同空间、尺度、区域,开展不同灾害风险评估和风险管理的研究工作。在《综合灾害风险管理》的国际学术研讨会上提出的综合灾害风险管理的模式即优化组合工程与非工程的综合灾害风险评价管理研究,将成为国外研究的主流。

国内的自然灾害风险评估与管理研究,始于 20 世纪 80 年代。研究的主要内容是灾害风险定义、灾害风险评价和管理、灾害综合风险管理的基本内涵和原则、风险管理对策以及建立综合风险管理体系等从而提出了全灾害管理、全过程的灾害管理、整合灾害管理、全风险的灾害管理和灾害管理的综合绩效准则的思想^[27、28、29、30]。除外学者们针对不同区域自然灾害的差异性和独特性,对不同区域自然灾害风险评价与风险管理方面也进行了研究,如生态、洪涝、气象等灾害的风险评价与管理研究^[31、32、33、34]。提出了科学合理的综合评价指标体系、风险评价模型以及评价方法。单灾种风险评价和风险管理研究的领域面广,研究方法多样其中主要方法和手段有自然灾害指数法,层次分析法、加权综合评价法、同时还应用遥感、GIS 等技术。

1.2.2 风沙灾害研究进展

风沙灾害是一种生态灾难。沙化(沙质荒漠化)是荒漠化的一种重要类型,而沙尘暴是沙化的产物。以日本、美国和澳大利亚等国家为代表,国外从 20 世纪 20 年代开始对沙尘暴的定义、定级标准、成因、时空分布、监测以及对策等方面进行研究。

全世界有四大沙尘暴多发区,分别位于北美、中亚、中非和澳大利亚^[35]。20 世纪初非洲出现几次严重干旱,三十年代美国开发中部平原以及五、六十年代苏联开垦哈萨克斯坦引发的“黑尘暴”;1968 年~1973 年非洲撒哈拉地区持续 6 年的特大旱

灾,造成成千上万人口及牲畜死亡的严酷事件,这些严重事件对上述地区和国家的国民经济造成了巨大影响,并且引发了一系列生态环境和经济社会问题。当时引起了自然科学家和社会学家们对这场灾难及其所造成的社会问题的高度重视,特别是干旱和风沙灾害引起的荒漠化问题越来越受到各国政府和国际社会的广泛关注。美国所采用的免耕、留茬、草田轮作、秸秆还田等技术均收到了显著的成效^[36]。从1954年起前苏联采取的是以机械改造为主的沙尘暴治理模式,带来了一些严重的生态灾难。日本近年来频繁监测到黄沙天气现象,因此弄清产生黄沙的源地、研究黄沙的长距离输送机理,成了日本当前研究的主要目标^[37]。在澳大利亚,由于国内干旱区面积大,沙漠广布,所以对于干旱半干旱生态系统的管理较重视,沙区的利用极为谨慎,对于沙区基本上是以保护为主,开发利用程度很低。此外,以色列在干旱地区发展技术密集型的现代化高效农业。在韩国公元174年就有沙尘暴的记录^[37]。2000年,共有160多个国家批准了《联合国防治荒漠化公约》,说明全球在防止沙尘暴方面已达成共识。

我国最早公元前1150^[38]年就有关于沙尘暴的记载。我国近代沙尘暴研究是从地质学领域开展的,马溶之^[38]对北京的降尘进行过研究;张淑媛^[39]指出北京风尘的特点;刘东生^[40]提出我国黄土粉尘的搬运和堆积与不同尺度的大气活动有关。气象部门从50年代开始沙尘暴及其它风沙天气进行观测,70年代末开始对沙尘暴天气研究。王式功和全林生等研究了我国沙尘暴天气的时空分布特征、形成原因和发展趋势。钱正安、胡金明和董治宝等分别分析了我国沙尘暴发生高频区的空间分布规律。史培军、叶笃正、高尚玉、朱震达、胡金明、和范一大等分析了我国北方地区沙尘暴沙源区的分布规律和成因。

风沙灾害风险性评价^[41]是对某区受风沙灾害危害后,出现不利生态后果出现的可能性进行的评估。目前有关风沙灾害的风险性评价研究主要集中在几下方面:岳德鹏^[41]等利用土壤类型、土壤有机含量、植被盖度、土地利用等四个指标评价北京大兴区永定河沙地的风沙灾害危险性;孙司衡^[42]等将3、4月沙尘暴瞬时影响区域面积、人口、耕地和牧草地相结合,建立了灾情评估系统。王静爱等^[43]曾采用风沙灾害致灾灾次和承灾体指数构建风沙灾害危险度指数,来评价了中国风沙灾害危险性,并编制了危险度等级图。徐海量等以承载体指数和灾次指数的变化分析了塔里木盆地风沙灾害的空间分异规律^[44]。

1.3 研究背景及意义

风沙灾害是严重的生态环境问题,它的频繁发生表明生态环境严重恶化。风沙灾

害包括沙尘暴、扬沙和浮尘等风沙活动所引起的环境污染及给人类造成的伤亡和经济损失。据相关资料显示,全球 100 多个国家和地区不同程度地受到风沙危害,9 亿人口受到沙漠化影响。中国是世界上受风沙灾害影响最为严重的国家之一。全国沙化土地面积为 161 km^2 , 占国土总面积的 16%, 占全国荒漠化土地面积的 61.3%, 其中沙化严重地区是农牧交错带、草原区、大沙漠边缘地带^[15]。我国北方地区连续爆发的沙尘暴天气正是农牧交错带、草原区及沙漠边缘地带生态环境恶化的表现。

据研究^[46], 内蒙古中西部地区由于干旱、半干旱气候, 生态环境脆弱, 长期不合理的土地利用等原因生态环境日益严化已成了中国北方主要的沙尘源地。据统计^[47], 2000 和 2001 年 3、4 月份曾出现过多次较强沙尘天气, 不仅影响了内蒙古地区, 而且京、津、河北以及华北大部分地区也受到了不同程度的影响, 影响范围及强度为极大。因此风沙灾害研究是当今的热门论题。

鄂尔多斯市位于内蒙古自治区西南部, 西、北、东三面为黄河围绕, 东南部是世界上水土流失最严重的地区, 也是我国北方农牧交错带的西部, 因此生态环境脆弱, 自然灾害频繁。据统计, 在 1978~2004 年间自然灾害造成的受灾人口累计达 1446.78 万人, 年均受灾人口约 55.64 万人, 直接经济损失达 698373 万元, 年均直接经济损失 26860.5 万元。本市改变土地利用方式获取巨大经济利益的同时, 加大了生态环境压力, 表现最突出的是土地沙漠化和水土流失。鄂尔多斯地区荒漠化面积达到 6062714.59 hm^2 , 其中风蚀荒漠化面积达 5782020 hm^2 , 占研究区面积的 67%。风沙灾害的发生是环境脆弱性的表现, 也是干扰区域社会发展的重要因素, 因此掌握风沙灾害的变化特征与规律, 进行孕灾环境的风险评价, 不仅为实现该区的全面环境管理及协调经济开发与环境保护间的关系有重要意义, 同时为荒漠化严重和风沙灾害多发地区合理采取防范措施提供理论依据。

2 研究方法、内容及技术路线

2.1 研究方法

本文采用了层次分析法（AHP）、加权综合评分法（WCA）、GIS 技术等。

1、层次分析法

层次分析法^[47]（AHP）是一种对指标进行定性定量分析的方法。运用这种方法首先将复杂问题分解为若干层次和若干因子，在各因子之间进行简单的两两对比和计算，以确定各因子在方案中重要性程度的权重。它具有计算方便、思路简单、易于接受等特点。

本文中应用其的基本思路是：一、通过分析系统中每个因子的关系，建立系统的递阶层次结构；二、比较同一层次的因子对上层次某种准则的重要性；以构造两两判断矩阵；三、计算判断矩阵，确定各层次因子的权重；四、对矩阵进行一致性检，从而确保计算的结果是否合理。

（1）专家调查评分重要性标度 专家对各评价指标相对于风沙灾害的重要性进行评估打分。采用两两比较的方法确定，每次从 n 个因子指标中选择两个指标进行比较，并按 1-9 比例标度对 i 与 j 两个指标进行重要程度赋值如（表 2-1）。

表 2-1 两个指标相对重要性标度分值表

i、j 比较	极端 重要	重要 得多	重要	稍重 要	一样 重要	稍次 要	次要	次要 得多	极端 次要
打分	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9

（2）构造判断矩阵 根据需要进行比较的指标 $x_1, x_2, \dots, x_n$ 专家进行重要程度的两两比较，得到如下判断矩阵。该矩阵是一个 n 阶正负反矩阵，矩阵元素有 $c_{ii}=1, c_{ij}=1/c_{ji}$ ，比较的次数是 $n(n-1)/2$ 。

$$C = [C_{ij}]_{n \times n} = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & \cdots & C_{1n} \\ C_{21} & C_{22} & \cdots & C_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ C_{n1} & C_{n2} & \cdots & C_{nn} \end{bmatrix} \quad (2-1)$$

（3）计算对比矩阵 C ，确定各指标的权重。

本文请了 5 位专家来构建了判断矩阵，最后的权重值是 5 位专家的平均值。

(4) 一致性检验 有可能得到的判断矩阵发生判断不一致，需要一致性检验来证明，判断的是否一致。一致性指标 $C.I.$ 为：

$$C.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (2-2)$$

(5) 当一致时， $C.I.=0$ ；不一致时 $C.I.>0$ 。可以用下面的 $C.R.$ 值（表 2-2）来检验， $C.I.$ 值可否接受，当 $C.I./C.R.<0.1$ 时就认为所得的比较判断矩阵可以接受。

表 2-2 不同的 n 值所对应的 $C.R.$ 值

n	3	4	5	6	7	8	9	10
$C.R.$	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

2、加权综合评分法（WCA）

加权综合评分法^[48]（WCA）是综合考虑各因子对总体目标的影响程度，用一个数量化指标加以集中，表示整个评价对象的优劣程度的一种方法。

用公式表达为：

$$CV_j = \sum_{i=1}^n QV_{ij} WC_i \quad (2-3)$$

其中 CV_j 是评价因子的总值， QV_{ij} 是对于因子 j 的指标 i ($QV_{ij} \geq 0$)， WC_i 是指标 i 的权重值 ($0 \leq WC_i \leq 1$)， n 是评价指标个数。

3、GIS 技术的应用

地理信息系统^[49]（Geographic Information System, 简称 GIS）是集于数据采集、存储、管理、显示与应用地理信息的计算机系统。地理信息系统 (GIS) 在空间数据的分析和应用上具有强大优势，与风沙灾害形成密切有关的土壤性质、土地利用、植被盖度、植被类型、土地退化等均有较强的空间变异性，可以用空间分布数据来表现，以支持风沙灾害孕灾环境的风险分析。因此本文借助 ArcGIS 技术手段，提取鄂尔多斯市土地利用、土地退化、土壤类型、植被类型信息，以便评价鄂尔多斯市风沙灾害孕灾环境风险。

2.2 研究内容

本研究选取易遭受风沙灾害的内蒙古鄂尔多斯市为研究区域,利用属性数据和空间数据及前人的研究基础上,借助遥感、ArcGIS 技术、风险分析和定量分析方法,研究引起鄂尔多斯市风沙灾害的自然、人为因子;建立风沙灾害孕灾环境风险评价指标体系及模型;利用模型对鄂尔多斯市风沙灾害孕灾环境的风险进行评价,最后提出适合鄂尔多斯市风沙灾害风险管理对策。主要研究内容如下:

1、数据处理和基础数据库的建立:

选用研究区 2000 年、2007 年的 Landsat TM 影像图,利用 ArcGIS 软件对遥感影像进行目视解译得到 2000 年和 2007 年的土地利用现状数据以及 2000~2007 年的土地利用变化数据和 2000 年和 2007 年荒漠化现状数据以及 2000~2007 年的荒漠化变化数据。

2、评价模型的建立及风险评价:

- (1) 鄂尔多斯市风沙灾害危害种类
- (2) 鄂尔多斯市风沙灾害孕灾环境风险辨识
- (3) 建立鄂尔多斯市风沙灾害孕灾环境风险评价的指标体系和模型
- (4) 鄂尔多斯市风沙灾害孕灾环境的风险评价及分级图

3、原因分析及探讨防灾减灾对策

2.3 技术路线

本文大量阅读有关风沙灾害的文献资料的基础上,搜集整理研究区气象数据、社会数据,利用 ArcGIS 软件解译遥感影像得到研究区土地利用数据和荒漠化数据,还利用植被类型图、土壤类型图和地貌图建立研究区空间数据库;通过风沙灾害孕灾环境风险辨识选择评价指标,根据评价指标建立风险评价模型;利用风险评价模型进行风险评价,获得鄂尔多斯市 2000 年和 2007 年两个时期的风沙灾害孕灾环境风险分级图,从自然与人为因素分析 2000-2007 年鄂尔多斯市 8 个评价单元的风沙灾害风险等级变化原因,最后探讨防止风沙灾害的对策。具体技术路线如下图 2-1:

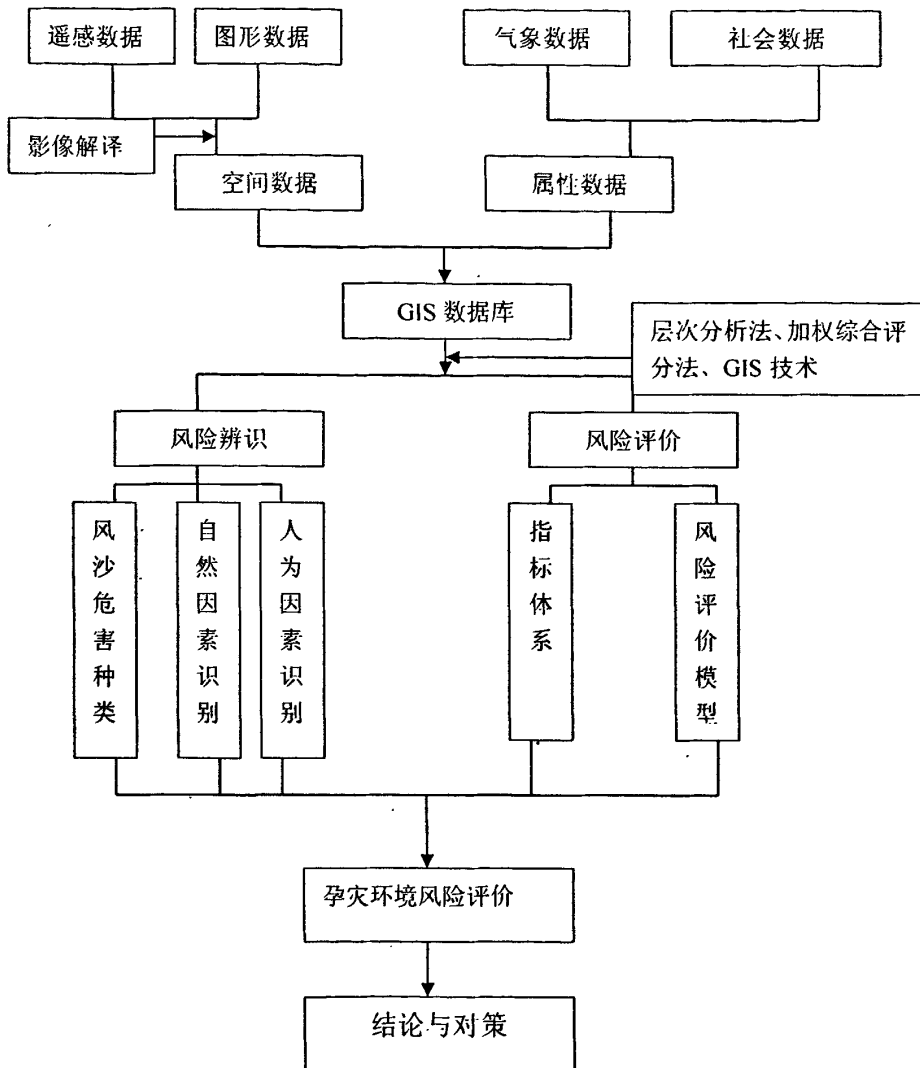


图 2-1 鄂尔多斯风沙灾害孕灾环境风险评价技术路线

3 研究区概况

鄂尔多斯市位于内蒙古自治区的西南部(图 3-1),鄂尔多斯高原腹地,东邻呼和浩特市和包头市,北邻巴彦诺尔市,西邻阿拉善盟,南邻陕西、山西等省份。介于北纬 $37^{\circ}35'$ ~ $40^{\circ}51'$, 东经 $106^{\circ}42'$ ~ $111^{\circ}27'$ 之间。辖区有东胜区、准格尔旗、鄂托克前旗、鄂托克旗、杭锦旗、乌审旗、伊金霍洛旗和达拉特旗等八个区旗, 114 个乡、苏木和镇。鄂尔多斯市总面积 86752 km^2 , 截止 2007 年末总人口达 143.98 万人。

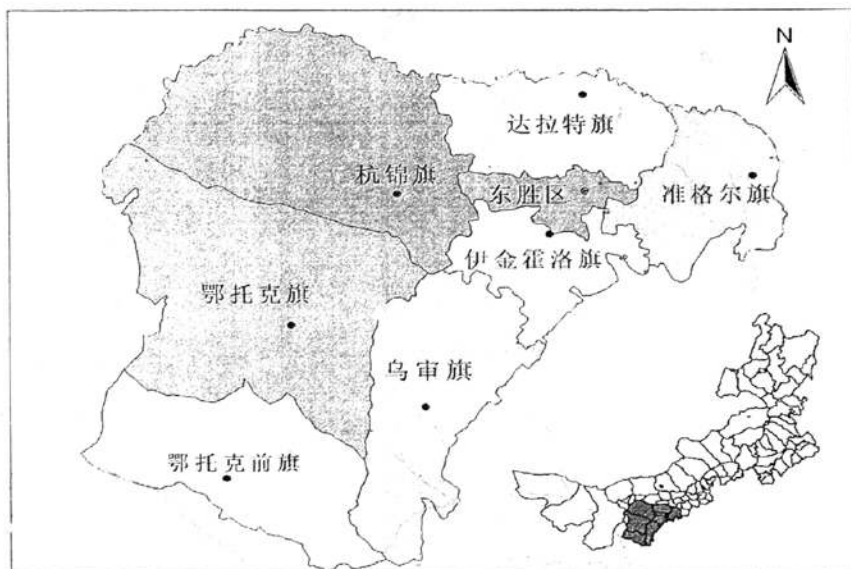


图 3-1 研究区位置示意图

3.1 地形与地貌特征

鄂尔多斯市以风沙覆盖干燥剥蚀的高平原为主, 海拔大部为 $1300\sim 1500\text{m}$, 高原顶部达 1600m 以上, 东部切割河谷部分深达 1000m 以下。西北部桌子山主峰高达 2149m 。地势由南北向中部隆起, 由南向北有毛乌素沙地、准格尔—东胜高平原、库布齐沙漠和黄河沿岸冲击平原带状分布。地貌类型按内外营力分有侵蚀剥蚀中山、干燥剥蚀高丘陵、干燥剥蚀山前倾斜平原等 20 多种地貌类型。干燥剥蚀与堆积作用显著, 西部呈荒漠景观, 东部呈荒漠草原景观。地貌组合特点是北部黄河沿岸的冲积平原区占全市土地面积的 6%, 分布在达拉特旗、杭锦旗、准格尔旗境内; 东部丘陵沟

壅区占全市土地面积的 30%, 分布在鄂尔多斯市、伊金霍洛旗、准格尔和达拉特旗南部; 中部的库布其沙漠和南部的毛乌素沙地占全市土地面积的 40%, 分布在鄂托克旗、鄂托克前旗、伊金霍洛旗和乌审旗等地, 鄂尔多斯市风沙地貌的发展^[50]与人类滥垦、滥采、过度放牧等活动有关; 西部波状高原区占全市土地面积的 24% 以上, 分布在鄂托克旗、鄂托克前旗和杭锦旗的部分地区。

3.2 气候特征

鄂尔多斯市属温带干旱半干旱大陆性气候^[51], 年均温 $6\sim 8^{\circ}\text{C}$, 年均降水量 $160\sim 450\text{mm}$, 集中于 $7\sim 9$ 月, 降水变率大, 空间分布不均。大部地区冬天以西北风为主, 夏天以东南风和西南风为主, 春季风大沙多, 全年 8 级以上大风日数 40 天以上, 日照丰富, 四季分明, 年日照数为 $2716\sim 3194$ 小时, 无霜期 $130\sim 160$ 天, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 活动积温 $2500\sim 3200^{\circ}\text{C}$ 。年蒸发量在 $2000\sim 3000\text{mm}$ 之间, 蒸发量的年变化最大值出现在 $5\sim 6$ 月, 可达 330mm 左右, 最小值出现在 12 月至次年 1 月, 可达 $30\sim 60\text{mm}$ 。鄂尔多斯市多数地区的年蒸发量相当于年降水量的 $5\sim 7$ 倍, 甚至鄂托克旗、杭锦旗超过 9 倍。研究区土壤湿度由东南至西北呈明显的递减趋势。

3.3 水文特征

鄂尔多斯市三面被黄河包围, 境内大小河流和季节性河谷近 160 多条, 流域面积约占总土地面积的 44%, 年均径流量为 13.1 亿 m^3 , 既有外流河又有内流河, 外流地表水分为东部丘陵沟壑区外流水系、西部波状高原区外流水系和北部冲积平原外流水系和南部沙漠外流水系^[50]。内流水系主要分布在鄂尔多斯市中部和西部, 总面积 54568.7km^2 , 年径流量 17502 万 m^3 。黄河是过境河流, 境内长 762km , 占黄河总长度的 $1/7$, 境内流域面积约 6 万 km^2 , 占黄河上中游地区总面积的 $1/5$, 年过境水量为 316 亿 m^3 。湖泊有 800 多个, 总水域面积 330km^2 , 储水量 6.18 亿 m^3 。已探明地下水储量相当于 130 个青海湖, 水质好, 易开采。

3.4 土壤与植被特征

鄂尔多斯市土壤类型有风沙土、黑土、棕钙土、灰钙土、潮土、栗钙土、盐土、石质土、粗骨土、草甸土、灰褐土、沼泽土、新积土、灌淤土、暗棕壤、栗褐土等。

其中风沙土的面积最大,土壤类型里比重占到 55%,鄂尔多斯市各旗区境内内都有分布。

植被类型有人工植被、低湿地植被、禾草半灌木草原植被、草原地带的沙地植被、水域、沙质荒漠、矮禾草矮半灌木荒漠草原、草原化荒漠、丛生禾草根茎禾草典型草原、沟谷及河岸林等。人工植被、低湿地植被、禾草半灌木草原植被及草原地带的沙地植被是鄂尔多斯市分布区域比较广,其中草原地带的沙地植被分布面积最大,占整个植被面积的 54%左右。

3.5 研究区人口特征

鄂尔多斯市总面积 8.68 万 km^2 ,据 2008 年统计资料,全市 2007 年末总人口为 143.98 万人,全市人口密度为 16.59 人/ km^2 ,居住着蒙古族、汉族、回族和满族等 16 个民族,其中汉族人口为最多。农业人口 97.65 万人,非农业人口 46.34 万人,社会从业人员中第一产业人员占 35.83%,第二产业人员占 25.94%,第三产业人员 38.23%^[51],全市 2007 年一出生人口为 40 人,死亡人口为 10 人。人口数量由 1990 年 120.4 万人到 2007 年 143.98 万人,在 17 年中平均每年增长 1.5 万人。

3.6 研究区社会经济概况

鄂尔多斯市 2007 年末国内生产总值为 1150.91 亿元,其中第一产业为 47.78 亿元、第二产业为 633.1 亿元(其中工业为 535.05 亿元、建筑业为 98.05 亿元)、第三产业为 467.83 亿元,分别占总产值的 4.34%、55.01%和 40.65%。人均生产总值为 75161 元,农牧民人均纯收入为 6123 元,其中农民为 6075 元,牧民为 6208 元。农林牧渔业总产值为 79.94 亿元,其中农、林、牧、渔业总产值分别为 38.3、4.5、34.9、0.69 亿元^[51]鄂尔多斯市 2007 的生产总值在内蒙古各盟市之中排第二^[52]仅次于包头市,人均生产总值排名首位。鄂尔多斯市具有世界最大的整装气田——苏里格气田,天然气探明储量 7504 亿立方米,占全国的 32%;煤炭探明储量 1496 亿吨,占全区的 1/2。以煤炭、羊绒、化工、电力、天然气、建材等为经济支柱的鄂尔多斯市是自治区发展最迅速的盟市之一。

4 数据来源与遥感影像处理

基础数据库的建立是进行风险评价的基础工作,本研究区的数据库主要包括以下数据:前人研究成果的文献资料;降水、气温、蒸发量、风速等气象数据;沙尘暴日数,土地沙化情况等灾害数据;多期遥感图像及解译数据;社会统计资料。在遥感图像处理和 GIS 软件的基础上,利用 GIS 的空间数据分析和功能,将数据进行统一管理,建立用于鄂尔多斯市风沙灾害孕灾环境风险评价的空间基础数据库。

4.1 遥感影像处理

4.1.1 遥感影像的几何校正及合成

当遥感影像在几何位置上发生了变化,产生诸如像元位置与相对地面实际位置发生挤压、扭曲、拉伸和偏移等现象时,即说明遥感影像发生了几何畸变。遥感影像畸变有很多因素,常见的有遥感平台位置和运动状态变化的影响;地形起伏的影响;地球表面曲率的影响;大气折射的影响;地球自转的影响等等。遥感影像发生几何畸变时,需要几何校正。几何校正分几何粗校正(卫星接收系统提供服务)和几何精校正(利用地面控制点校正)。本研究基于有坐标的 2000 年的影像图,对波段数据进行几何精校正。为了保证几何校正的精度,在几何精校正中遵循图像像元均方根(RMS)误差小于 1 和选取的控制点分布尽可能均匀的原则下在每幅影像上均选择了道路交叉点、灌渠交叉点、河流弯曲或分叉处等在遥感影像上明显可见,具有精确位置的 30 个以上地面控制点(GCP)进行了几何精校正。

4.1.2 影像的镶嵌和裁剪

遥感影像镶嵌是将两景或多景影像拼接起来形成一幅或一系列覆盖全区的较大影像的过程。本研究范围涉及到的影像分别为 127032、127033、127034、128031、128032、128033、128034、129032、129033、129034 等十景影像。在 ENVI 的 map based mosaic 模块中进行了镶嵌,得到了镶嵌图(图 4-1)。再用研究区范围界线,对镶嵌图进行不规则裁剪产生研究区遥感影像图(图 4-2)。这个步骤在 ENVI 的 BasicTools 模块中的 Subsat data via RSIs 来实现。

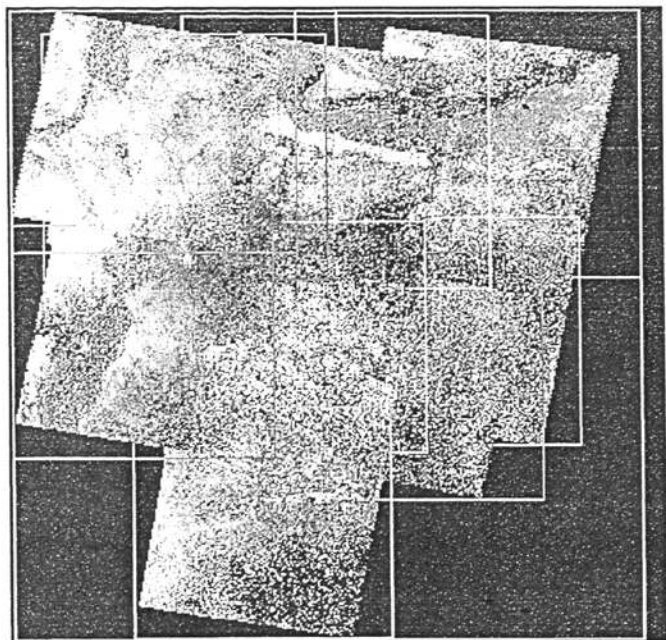


图 4-1 影像的镶嵌图

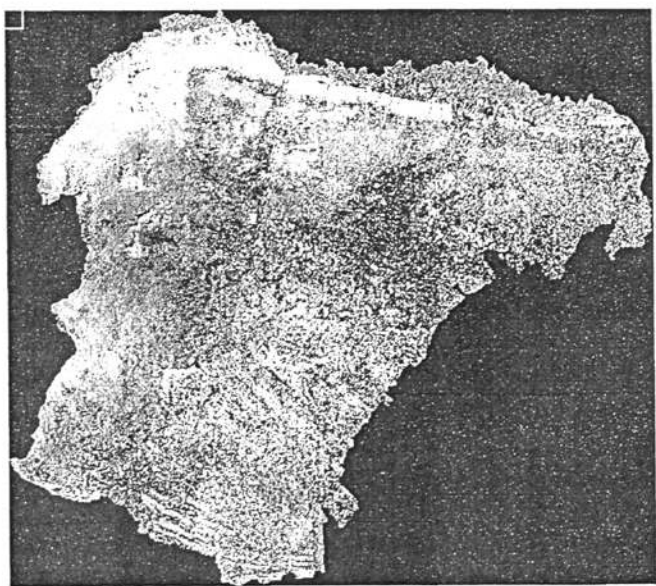


图 4-2 裁剪后的影像图

4.2 研究区荒漠化信息的提取

在 ArcGIS 软件系统的支持下对研究区遥感影像进行矢量化, 获得研究区 2000、2007 年的荒漠化矢量数据。再用 EXCEL 和 SPSS 软件进行面积统计处理和相关分析。

4.2.1 荒漠化分类指标体系

本文根据《中国三北地区荒漠化区域分类与发展趋势综合研究野外调查地质调查内容》中技术规程要求的《关于中国三北地区荒漠化分类分级及参考指正表的修订》, 将鄂尔多斯地区荒漠化土地分为风蚀荒漠化、水蚀荒漠化和盐渍荒漠化三类, 在此基础上又按程度分别分为未荒漠化、轻度荒漠化、中度荒漠化、重度荒漠化、极重度荒漠化五级 (表 4-1)。

表 4-1 荒漠化土地分类分级系统

类型	风蚀荒漠化	水蚀荒漠化	盐渍荒漠化
程度	未荒漠化	未荒漠化	未荒漠化
轻度	轻度风蚀荒漠化	轻度水蚀荒漠化	轻度盐渍荒漠化
中度	中度风蚀荒漠化	中度水蚀荒漠化	中度盐渍荒漠化
重度	重度风蚀荒漠化	重度水蚀荒漠化	重度盐渍荒漠化
极重度	极重度风蚀荒漠化	极重度水蚀荒漠化	极重度盐渍荒漠化

4.2.2 荒漠化解译标志

根据上述荒漠化土地分类、分级系统, 再根据不同类型, 不同等级的荒漠化土地在 TM 影像上表现的特征, 结合实地调查得到了不同类型荒漠化土地和不同程度荒漠化土地的解译标志 (表 4-2)、(表 4-3)、(表 4-4), 根据以上荒漠化分类指标体系和解译标志提取研究区 2000 年、2007 年的土地退化信息。

表 4-2 风蚀荒漠化土地解译标志

类型 (程度)	遥感影像特征
未荒漠化	影像上无明显白色斑点, 浅红色或红色色调均匀
轻度风蚀荒漠化	有 2m 以下的低缓固定沙丘、农田、草场局部地表有风蚀粗化痕迹或积沙, 植被呈浅红色, 不连续分布。图斑内植被有稀疏的覆沙、风沙土, 呈乳白色或黄色斑块。

中度风蚀荒漠化	固定半固定沙丘呈条状或斑块状，红白色斑相间。植被呈红色占 30%-50%的面积，白色斑块占 50%-70%。
重度风蚀荒漠化	半固定半流动沙丘成花斑状，以浅黄色或黄白色为基底色，其中夹有少量红色斑点。
极重度风蚀荒漠化	在影像上流动沙丘呈鳞片状，波纹清晰，整体显示为明亮的白色或浅黄色调，很少有红色斑点。

表 4-3 风蚀荒漠化程度的划分等级及指标

分级		名称			
代 码	名称	流沙面积 占地率 (%)	植被盖度 (%)		土地生产率 下降率 (%)
			干旱-半干旱地 区	半湿润 区	
12	轻度风蚀荒漠化	<10	50-70	60-80	<10
13	中度风蚀荒漠化	10-50	10-50	10-60	30-10
14	重度风蚀荒漠化	50-70	10-1	10-1	30
15	极重度风蚀荒漠化	>70	<1	<1	—

表 4-4 水蚀荒漠化的解译标志

类型 (程度)	遥感影像特征
未荒漠化	影像上无明显白色斑点，浅红色或红色色调均匀
轻度水蚀荒漠化	在影像上可分辨二级沟道和 20%-30%的沟道面积，有较强的线形纹影。植被呈浅红色，不连续分布。
中度水蚀荒漠化	可分辨三级沟道和 30%-40%的沟道面积，线形纹影明显。植被呈浅红色斑块，面积小于 30%。
重度水蚀荒漠化	可分辨三至四级沟道和 40%-50%的沟道面积，线形纹影十分明显。植被呈浅粉色小斑、块状分布，面积小于 20%。
极重度水蚀荒漠化	可分辨四级沟道和 50%的沟道面积，线形纹理充满整个图斑。植被呈浅粉色，斑点状分布，面积小于 10%。

4.3 研究区土地利用信息的提取

在 ArcGIS 软件系统的支持下对研究区遥感影像进行矢量化, 获得研究区 2000 年和 2007 年的土地利用矢量数据。再用 EXCEL 和 SPSS 软件进行面积统计处理和相关分析。

4.3.1 土地利用分类体系和解译标志

本文根据中国科学院 KY—85—13 项目总体组在“八·五”重大应用项目《国家资源环境遥感宏观调查与动态研究》技术规范里规定的要求, 再根据研究区 TM 影像图特征和野外调查的基础上, 确定鄂尔多斯地区的土地利用分类系统和解译标志(表 4-5)

表 4-5 鄂尔多斯市土地利用分类系统及解译标志

类型		空间分布位置	影像特征		
			形态	色调	纹理
耕地		主要分布在山区缓坡地带	沿山脚低缓坡不规则条带状分布, 边界较模糊	色调多样, 一般为褐色、青色、红白色	影像结构粗糙
		主要分布在丘陵缓坡地带	几何特征不规则, 边界自然圆滑且模糊	色调多样, 一般为褐色、青色、红白色	影像结构粗糙
		主要分布在湖积、冲积与洪冲积平原	几何特征较规则, 呈较大的斑状, 地块边界清晰	色调多样, 一般为褐色、青色、红白色、浅红色	影像结构比较均匀, 内部有红色颗粒状纹理结构
		主要分布在山区陡坡地带, 分布极少	几何形状不规则, 边界较清晰	黄白色	影像结构粗糙
林地	有林地	不同地貌类型区域均有分布	受地形控制边界自然圆滑, 呈不规则形状	深红色、暗红色、深青灰色, 色调均匀	影像结构较粗糙
	灌木林地	主要分布在山区阳坡和河谷两侧	受地形控制边界自然圆滑, 呈不规则形状	浅红色、浅褐红色, 色调均匀	结构较粗糙
	疏林地	主要分布在山区	边界较模糊, 呈不规则形状	浅红色, 色调杂乱	影像结构较粗糙
	其它林地	平原、丘陵、山区均有分布	几何特征明显, 边界呈规则块状、不规则面状, 边界清晰	影像色调多样	影像结构粗糙

草地	高覆盖度 草地	主要分布于山地、 丘陵的阳坡顶部和 坝上高原	面状、条带状	暗红色、深青色	结构均匀，边界 清晰
	中覆盖度 草地	主要分布在山地和 丘陵阳坡	面状、条带状	黄白色、褐红色	结构均匀，边界 清晰
	低覆盖度 草地	主要分布在丘陵和 山地阳坡，分布 较少	不规则斑块	黄白或灰白，部分青 灰色	结构较均匀
水域	河渠	主要分布于平原和 山区沟谷	几何特征明显，自然弯 曲或局部平直，边界 清晰	蓝色或青色，色调 均匀	影像结构均匀
	湖泊	主要分布在蒙古 草原	几何特征明显，形态 自然	深蓝、浅蓝，色调 均匀	影像结构均匀
	水库、 坑塘	主要分布在平原及 山区沟谷地带	几何特征明显，有人工 塑造痕迹	深蓝、浅蓝，色调 均匀	影像结构均匀
	滩地	河流两侧或水库、 湖泊、坑塘周围	呈条带状或块状分布	灰白或绿白	结构比较均匀
城乡 工矿 居民 用地	城镇用地	主要分布在平原及 山区沟谷地带	几何形状明显，边界 清晰	青灰，夹杂有其它地 类处色调杂乱	结构粗糙
	农村居民 用地	各地貌类型区均有 分布	几何形状明显，边界 清晰	青灰、灰红、灰蓝， 色调杂乱	结构粗糙
	工矿和交 通用地	主要分布在城镇周 边地带和交通沿线	几何形状明显，边界 清晰	灰白色、蓝白色，色 调较均匀	结构较粗糙
未 利用 土地	沙地 (沙漠)	主要分布在库布齐 沙漠，毛乌素沙地	边界清晰	白色、灰白色，色调 不均匀	结构均匀
	盐碱地	主要分布在黄河冲 积平原、湖泊及水 库周围	边界较清晰	灰白、褐白、青蓝色	结构均匀
	沼泽	主要分布在草原的 湖泊、坑塘周围和 沿海平原	边界清晰	暗红色、深青色	结构较粗糙
	裸土地	主要分布在丘陵、 平原区城镇或居民 点附近	边界较清晰	黄白色，灰白色	比较均匀
	裸岩石 砾地	主要分布在山体 顶部	边界清晰	深青色、灰白色	纹理较粗

5 鄂尔多斯市风沙灾害孕灾环境风险辨识

5.1 鄂尔多斯市风沙危害种类

5.1.1 沙尘暴发生频繁

沙尘暴是干旱、半干旱荒漠和荒漠化地区特有的灾害性天气。由于鄂尔多斯地区植被稀少、沙漠广布、人为活动加剧等原因成为我国北方地区风沙灾害多发区之一。

沙尘暴天气日数的统计主要以气象观测点的观测为主，本文选用鄂尔多斯市1990~2007年伊金霍洛旗、鄂托克旗、杭锦旗、乌审旗、鄂托克前旗等5个沙尘暴天气记录完整的气象站记载的资料，利用合并频次统计的方法分析鄂尔多斯市沙尘暴天气的年际变化。由图5-1可以看出鄂尔多斯市沙尘暴日数频次1990~2007年总体呈下降趋势，根据线性拟合沙尘暴天气次数每年减少0.98次。5个站台年合计平均值为30次。1990年到2000年，沙尘暴频次年际变化大。2000年到2005年一直趋于下降趋势，最低值出现在2005年。体现了鄂尔多斯市生态环境的不稳定性。

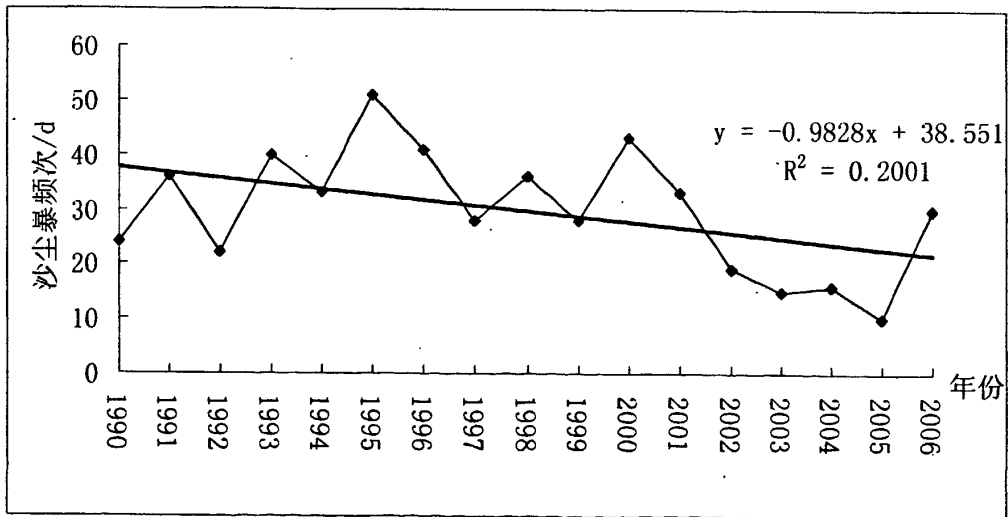


图 5-1 1990~2006 年鄂尔多斯市 5 个站台年沙尘暴日数合计频次变化

5.1.2 风蚀荒漠化严重

鄂尔多斯市风蚀荒漠化严重，据对2000年、2007年的遥感影像进行人机交互式目视解译结果显示，2007年鄂尔多斯市风蚀荒漠化面积达研究区面积的

67%，其他类型荒漠化占 3%，未荒漠化面积达 27%，如图 5-2。

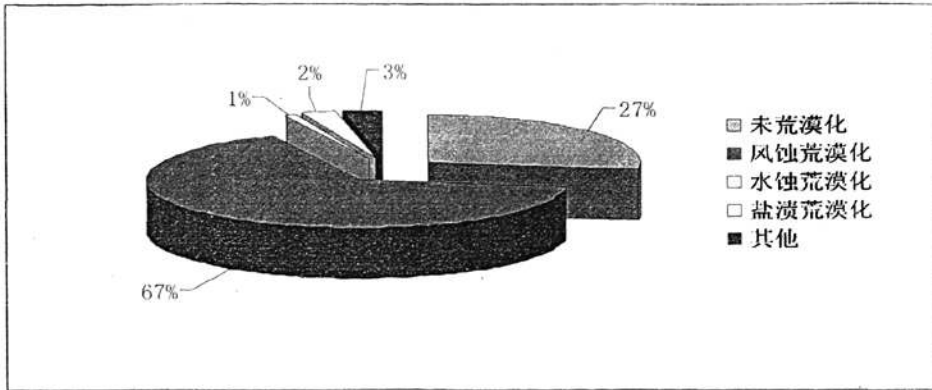


图 5-2 2007 年鄂尔多斯地区荒漠化类型比例图

表 5-1 显示，2000 年鄂尔多斯市风蚀荒漠化面积 5857342 hm^2 ，占研究区面积的 67%，其中轻度风蚀荒漠化面积 2453233 hm^2 ，占荒漠化面积的 41%，中度风蚀荒漠化面积 155843 hm^2 ，占风蚀荒漠化面积的 27%，重度风蚀荒漠化面积 1845626 hm^2 ，占风蚀荒漠化面积的 32%。

2007 年鄂尔多斯地区风蚀荒漠化面积 2439979 hm^2 ，占研究区面积的 66%左右，其中轻度风蚀荒漠化面积 2439979 hm^2 ，占风蚀荒漠化类型的 42%，中度风蚀荒漠化面积 1545316 hm^2 ，占风蚀荒漠化类型的 27%，重度风蚀荒漠化面积 1796725 hm^2 ，占风蚀荒漠化类型的 31%。

从 2000~2007 年的风蚀荒漠化面积变化来看，轻、中、重类型的荒漠化均不同程度的逆转，鄂尔多斯市从 2000 年开始实行退耕还林还草，禁牧、休牧等保护生态环境措施有效减缓了土地退化过程，到 2007 年为止风蚀荒漠化面积逆转了 75322.18 hm^2 。

表 5-1 鄂尔多斯市 2000、2007 年风蚀荒漠化面积统计

	2000		2007 年		2000~2007 变化
	面积 (hm^2)	荒漠化类 型比例%	面积 (hm^2)	荒漠化类 型比例%	
轻度风蚀荒漠化	2453233	41	2439979	42	-13254.0781
中度风蚀荒漠化	1558483	27	1545316	27	-13167.0779
重度风蚀荒漠化	1845626	32	1796725	31	-48901.0237
风蚀荒漠化总计	5857342	—	5782020	—	-75322.1797

图 5-3、图 5-4 显示鄂尔多斯市风蚀荒漠化空间分布情况，重度风蚀荒漠化主要分布在杭锦旗北部，达拉特旗中部。鄂托克前旗、乌审旗、伊金霍洛旗和准格尔旗境内也有零星分布。

中度风蚀荒漠化主要分布在鄂托克旗的西北部，鄂托克前旗的西南部，达拉特旗的中部，东胜北部，准格尔旗的中西部地区。

轻度风蚀荒漠化主要分布在鄂托克前旗、鄂托克旗、达拉特旗、准格尔旗南部、伊金霍洛旗。

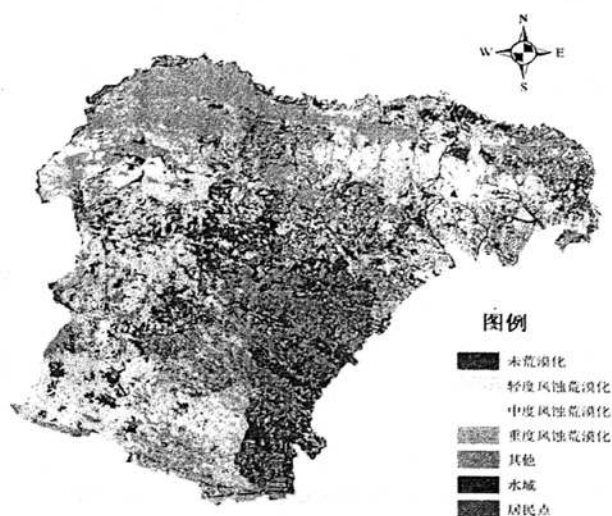


图 5-3 2000 年风蚀荒漠化分级图

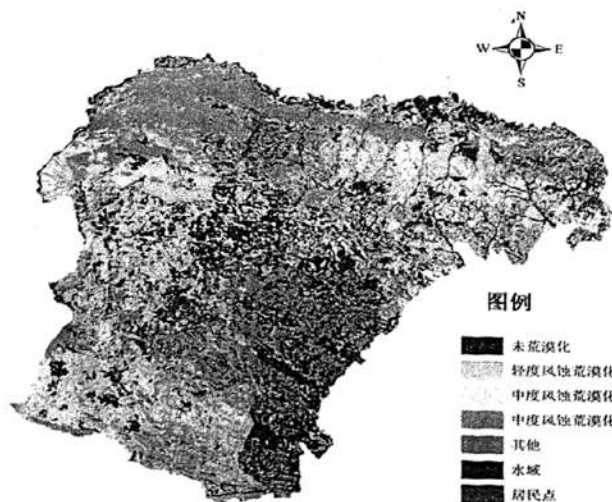


图 5-4 2007 年风蚀荒漠化分级图

5.2 风沙灾害孕灾环境的风险因素识别

风沙灾害风险因素识别又称风沙灾害风险辨识,它能重点找出引起风沙灾害风险的主要因素。风沙灾害的发生与发展不仅以大风为主的气象因子和地表的抗风蚀能力等自然因素有关,还与其影响区域的人为因素有关。本研究主要从这几个方面分析鄂尔多斯地区的风沙灾害孕灾环境。

5.2.1 气象因子分析

大风是风沙灾害发生的动力因素,只有风速达到起沙风速时才发生风沙灾害。此外降雨量、蒸发量、温度等都是影响风沙灾害的气象因子。

5.2.1.1 风速

风是风蚀和沙粒移动动能的来源^[53],年内起沙风历次风速记录的累计值,能表示风沙活动的强度。鄂尔多斯市的年累积风速在 2000~3000 米/秒,根据鄂尔多斯市伊金霍洛旗、鄂托克旗、乌审旗、鄂托克前旗等观测站点的统计,1990~2007 年累计大风口数(8 级以上,17m/s)为 1183 天,年均 70 天,属内蒙古风沙灾害较严重的地区。

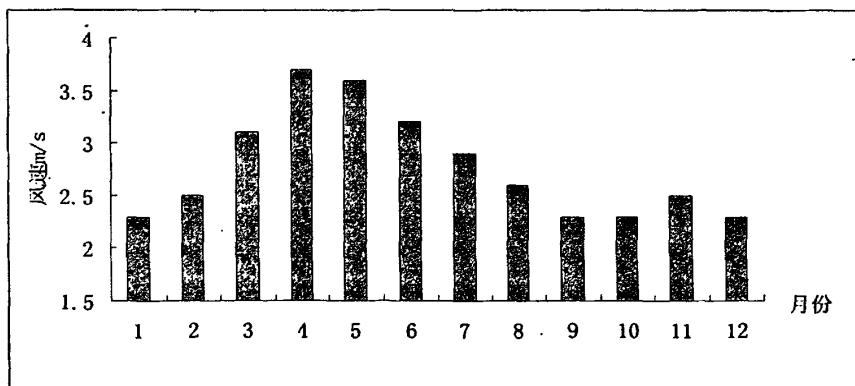


图 5-5 1990~2007 年多月平均风速图

从图 5-5 看出鄂尔多斯市地区,4 月份的风速最大,为 3.7m/s,9 月份的风速最小为 2.3m/s。风速大小年内分布不均匀,从图上反映本区大风主要发生在 4~5 月份。4、5 月份正是本区空气干燥、植被覆盖度最小、土壤湿度低、地表裸露严重时期,显然这些因素为发生风沙灾害提供了有利的地表条件。

5.2.1.2 降水量和蒸发量

鄂尔多斯市属温带干旱半干旱大陆性气候，年均降水量 160~450mm，集中于 7~9 月，降水变率大，空间分布不均。图 5-6 看出 1991~2000 年十年平均降水量为 297.8mm，2000~2007 年七年的平均降水量为 338.5 mm，根据线性拟合，降雨量每年平均上升 1.1372mm，年度变化大。在季节上夏秋季降水量集中，冬春季降水量少，降水量年内分布不均匀，冬春季土壤干燥，大风频繁，降水量少，土质疏松，易形成风沙灾害。图 5-7 看出鄂尔多斯地区蒸发量高，年蒸发量相当于年降水量的 5-7 倍，甚至有些地区 9 倍以上。这些因素都提高风沙灾害发生的危险性。

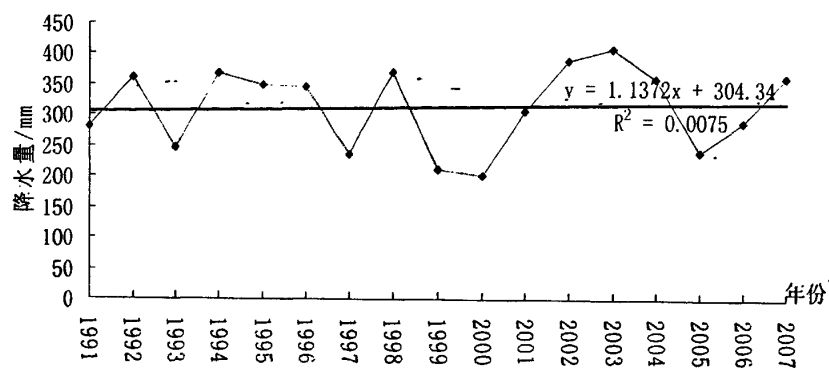


图 5-6 1991~2007 年降水量变化

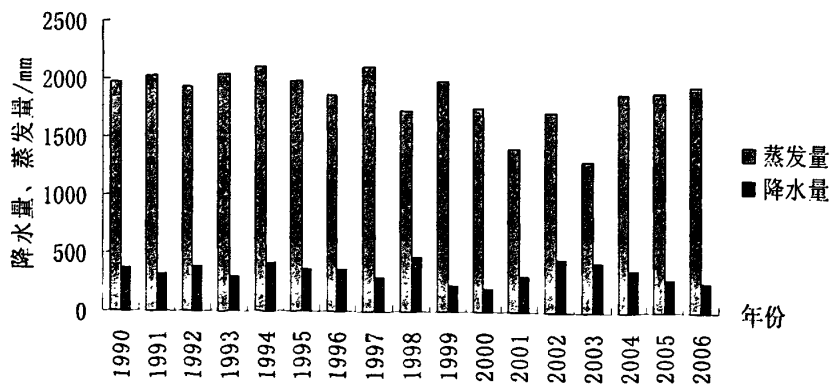


图 5-7 1990~2006 年降水量与蒸发量对比图

5.2.1.3 气温

从图 5-8 可见, 1991~2007 年鄂尔多斯市气温具有明显的上升趋势。根据线性拟合, 气温平均每年升高 0.0621°C , 远高于中国近 40 年来的平均增温率 $0.004^{\circ}\text{C/a}^{[54]}$, 由此可见研究区增温程度比全国平均水平高。在研究时段内 1998 年出现年均最高温为 9°C , 1993 年、1996 年出现年均最低温 7°C , 17 年的平均年均气温 7.7°C 。图 5-9 显示, 1992 年到 1996 年是相对早年, 降水偏少 21% 左右而气温偏高 1°C , 干旱、气温升高、蒸发量加大促进了风沙灾害, 1995 年沙尘暴频次达到 51 次; 1997 年到 1999 年, 降水持续偏高 10%~35%, 温度虽然波动大但持续偏低, 沙尘暴发生次数也相对减少; 2000~2002 年和 2004~2007 年, 降水持续偏高, 而温度波动大, 温度持续偏高的 2002-2004 年间沙尘暴发生频次相对减少, 因此沙尘暴的发生除降水、温度有关外, 还与其他因素有关。

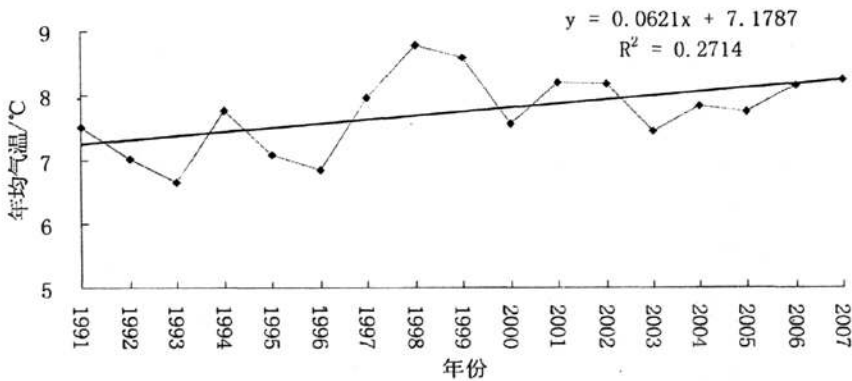


图 5-8 1991~2007 年鄂尔多斯市历年气温变化曲线

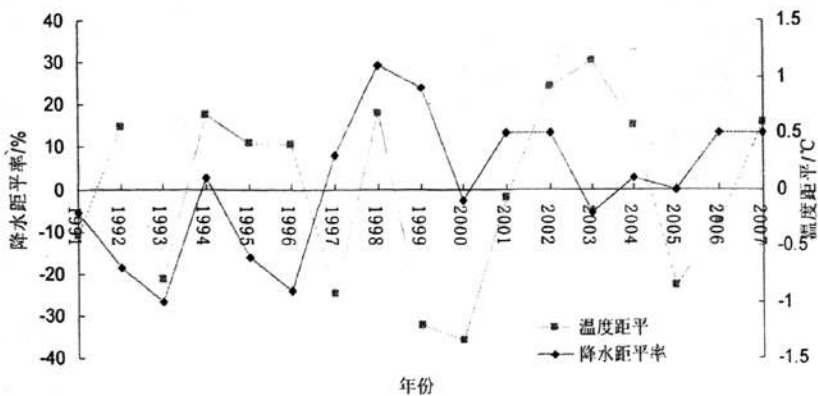


图 5-9 鄂尔多斯市年平均降水距平百分率与年平均气温距平

5.2.2 下垫面因子分析

下垫面的状况是反映风沙灾害孕灾环境特点的主要指标,了解研究区下垫面的状况对于风沙灾害孕灾环境风险评价十分重要。地表物质组成是风沙灾害的物质基础,它的抗风蚀能力与植被类型、土壤类型、土地利用方式、地形、土地退化程度有直接的关系。

鄂尔多斯市气候干旱,大风频繁,土壤质地粗劣,风沙土的面积占土壤类型的55%,风沙土的抗蚀性最差,土地退化严重,荒漠化面积占土地面积的70%,植被覆盖稀疏,全市面积的50%左右有毛乌素沙地和库布齐沙漠覆盖,大面积裸露松散的堆积物为风沙灾害的发生提供物质基础和促成条件。

5.2.2.1 土壤类型

不同土壤类型具有不同质地,土壤质地对风沙活动有直接影响,因为风沙过程在本质上是风力作用于沙质地表而产生的土壤风蚀、土壤肥力下降、风沙流、流沙堆积和沙丘移动过程。不同的土壤类型有不同的土壤环境,因此在相同的风力和植被条件下,不同类型土壤的起沙风速也不同。如图5-10显示,风沙土是研究区主要的土壤类型,面积占研究区土地面积的55%左右,抗蚀性差,起沙风速小,大面积的风沙土有利于风沙灾害的发生。

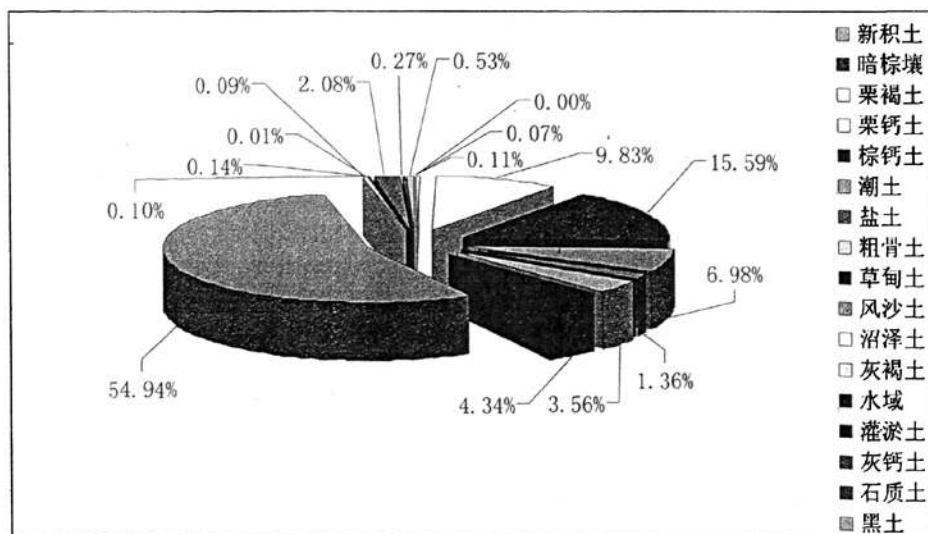


图 5-10 土壤类型面积图

5.2.2.2 植被类型

植被是地表的保护层。植被覆盖地表的同时分解风力,阻挡输沙,减轻地表风蚀,另一方面植被类型与植被盖度影响土壤水分状况与土壤结构的稳定性,植被盖度高增加土壤抗蚀力,降低发生风沙灾害的风险。据研究植被覆盖率在 77%以上,不出现沙漠化,如果降到 40%沙漠化程度就会加重^[53]。图 5-11 显示,研究区沙地植被占 65%左右,植被抗风蚀能力差,起沙风速小。

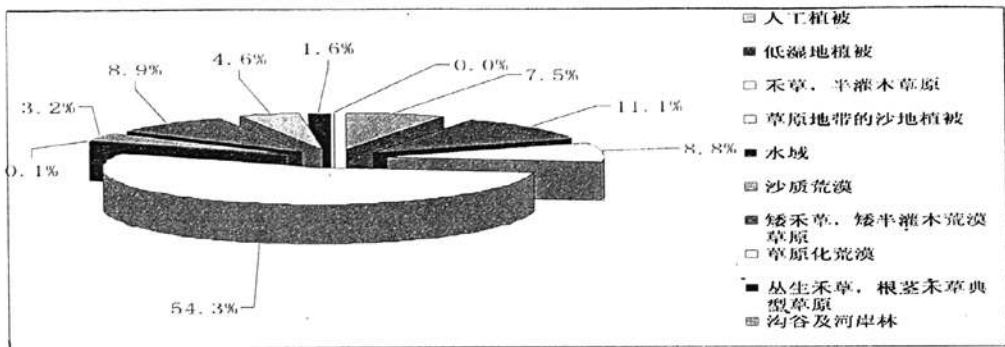


图 5-11 植被类型面积图

5.2.2.3 地貌类型

风力侵蚀受地貌类型的影响,在山脉的迎风侧强烈,背风侧微弱;高原风蚀强烈,平原风蚀轻微;在山口地区风蚀强烈,鄂尔多斯市位于阴山与贺兰山之间的缺口,因此风蚀较强。毛乌素沙地和库布齐沙漠以各种类型的沙丘地貌为主,是鄂尔多斯地区占地比例较大的地貌类型,占整个地貌类型的 50%(图 5-12)。沙物质是发生风沙灾害的物质基础,地表抗风蚀能力直接影响风蚀的发生,沙地和沙漠的植被覆盖低,抗风蚀能力弱,为风沙危害的发生提供了丰富的物质基础。

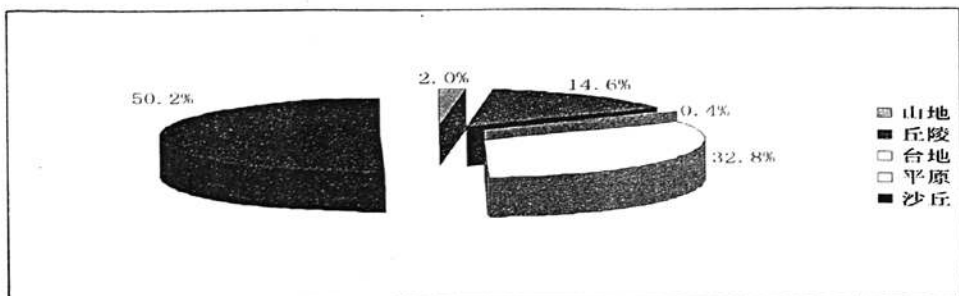


图 5-12 地貌类型面积图

5.2.2.4 土地退化程度

荒漠化是气候变异和人类活动造成的干旱、半干旱和亚湿润干旱地区的土地退化过程。鄂尔多斯市荒漠化程度严重,轻度荒漠化面积 2537379.96 hm^2 , 中度荒漠化面积 1655446.59 hm^2 , 重度荒漠化面积 1869269.31 hm^2 , 其他(水域和居民地)面积 268664.10 hm^2 , 未荒漠化面积 2356617.15 hm^2 , 分别占研究区面积的 29%, 19%, 22%, 3%, 27%, 荒漠化面积占研究区面积的 70% (图 5-13)。退化的土地促进风沙灾害的发生, 风沙灾害的发生更加重土地退化。

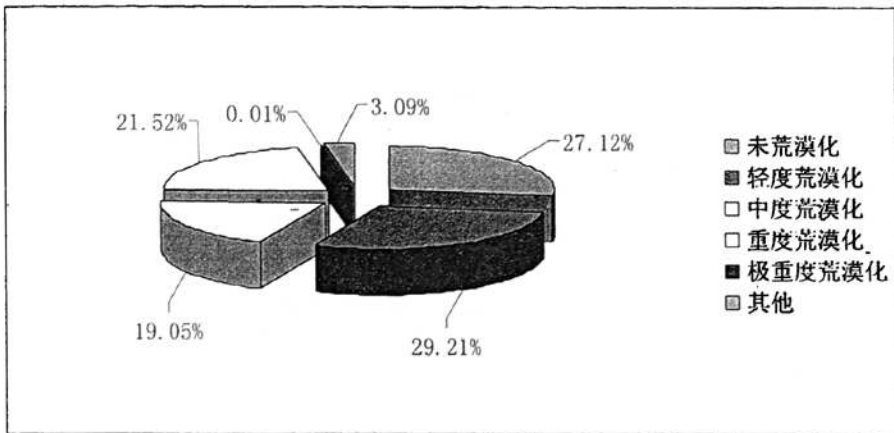


图 5-13 2007 荒漠化等级比例图

退化的土地, 裸露的地表, 冬春季土壤表层缺乏保护, 对风沙天气的出现提供了有利条件。

5.2.2.5 土地利用结构

在人地关系作用中人是主导因子, 人类活动是生态环境演变的重要驱动力之一。由于人为强度土地利用而破坏了生态平衡, 改变地表覆被条件导致土地退化并加剧土壤风蚀, 大量研究表明冬春季增加地表覆盖, 能降低土壤风蚀。王升堂^[58]等人对北京郊区不同土地利用类型起沙的特征研究中表明不同土地利用类型起沙起尘特性不同, 在风速条件相同的条件下, 可起沙性从小到大分别为草地、防护林地、荒地、经济林地、留茬地、翻耕地。可见, 土地利用方式对风沙危害发生有重要影响。图 5-14 显示, 研究区土地利用类型中草地和未利用土地面积大, 分别占研究区面积的 62%和 26%, 草地面积中低覆盖度草地面积占 43%, 主要分布在毛乌素沙地和库布齐沙漠周

围地区, 未利用土地面积中沙地面积占 84%, 主要分布在毛乌素沙地和库布齐沙漠范围内。

人类活动对风沙灾害的影响主要是通过对风沙活动敏感区的土地利用和土地覆被状况来实现的, 因此不同的土地利用方式有不同的土地覆被, 植被覆盖的大小直接影响风沙灾害的发生。

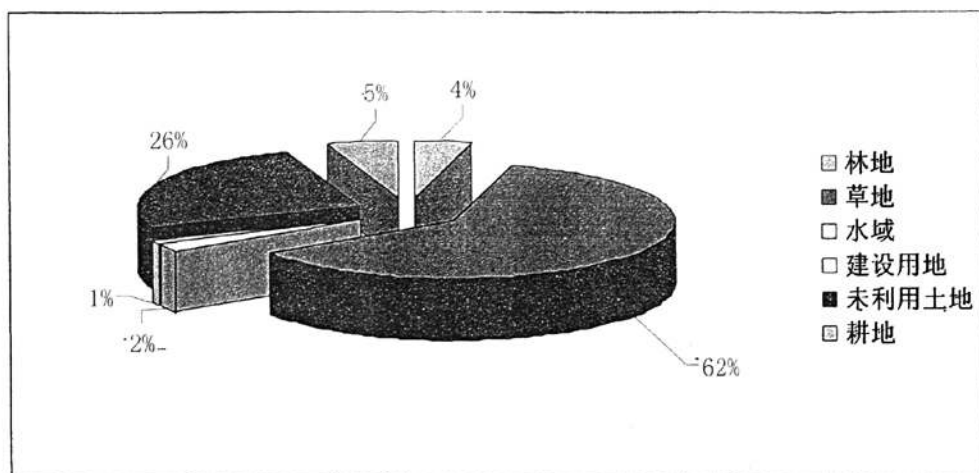


图 5-14 鄂尔多斯市 2007 年土地利用结构图

5.2.3 人为因子

5.2.3.1 人口变化

风沙灾害的形成是气候因子、下垫面因子和人类活动共同作用的产物。人口的剧烈增长和科技、经济的迅速发展使人类活动对地球的影响程度和范围越来越大。人类的不合理活动导致生存环境恶化。图 5-15 显示, 从 1988 年到 2007 年, 鄂尔多斯市总人口从 117.28 万人增长到 143.92 万人; 增长率为 22.7%。人口的不断增长, 加大了生存环境的承载压力, 有更多的低生产力土地投入使用, 为了满足粮食需求, 没有相应保护措施下盲目开垦, 大量的非宜农土地被垦殖, 大面积的优质草场遭到破坏。在滥垦的过程中破坏了原有地表植被覆盖和土壤结构加剧了土壤风蚀, 形成了大量的风蚀荒漠化土地。在相同的时间内, 相同的风力条件下翻耕过的土壤风蚀量远大于没有翻耕土壤的风蚀量^[56], 环境保护意识弱, 生产生活方式落后, 滥垦、滥牧, 水资源利用不当, 不合理的土地利用, 不当的矿产、交通、城建等的开发和建设是风沙灾

害发生的促进因素。

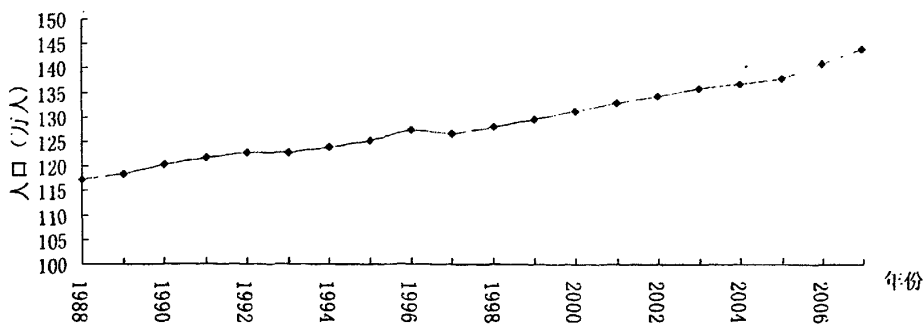


图 5-15 鄂尔多斯市人口变化图

5.2.3.2 牲畜头数变化

由于盲目追求牲畜数量，使得草场负荷量过大。研究区大量破坏草场的牲畜主要是羊，图 5-16 显示，羊的数量从 2000 年的 625 万只增长到 2007 年的 1351 万只，增加了 2.19 倍，平均每年增加 106 万只。牲畜践踏会加剧土壤风蚀速度，在 4—5 级常见风速下，践踏过后的土壤风蚀速度比没有践踏的加快 66.67%^[56]，盲目开垦和过度放牧；使草场利用强度过大，植被盖度降低，导致土壤风蚀加剧，促进风沙灾害的发生。

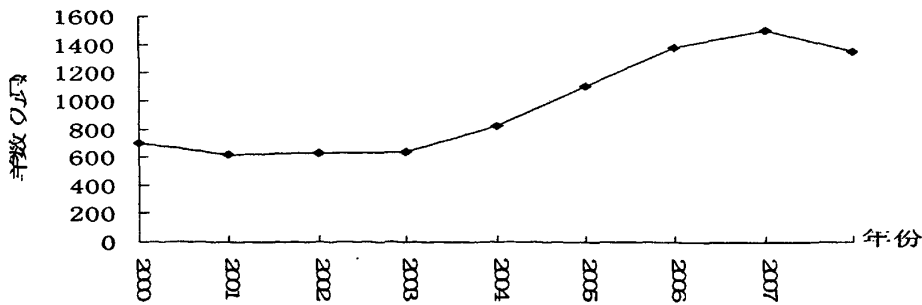


图 5-16 鄂尔多斯市羊数量变化情况

6 鄂尔多斯市风沙灾害孕灾环境风险评价

本文确定评价单元的基础上, 详细分析各评价单元风沙灾害孕灾环境的构成因子; 选择评价因子, 建立评价指标体系; 收集与整理各种数据, 并对数据进行标准化处理; 用层次分析法计算各指标的权重值, 然后建立评价的数学模型进行风沙灾害孕灾环境的风险评价, 并绘制分级图。

6.1 评价单元的确定

鄂尔多斯市风沙灾害孕灾环境风险评价涉及到自然因素和人文因素, 由于大部分统计资料都以旗县级行政区为基本统计单元, 又考虑到数据的可获得性和操作便利性, 选定鄂尔多斯市东胜区、准格尔旗、达拉特旗、杭锦旗、伊金霍洛旗、乌审旗、鄂托克旗和鄂托克前旗等 8 个(区)旗为鄂尔多斯市风沙灾害孕灾环境风险评价的基本评价单元。

6.2 评价指标选取的原则

风沙灾害的发生是人为因素和自然因素共同作用的结果, 在风沙灾害孕灾环境风险评价中, 指标的选取一般遵循以下原则:

(1) 综合性原则: 风沙灾害的孕灾环境包括自然和人为因素, 因此选取指标时尽可能全面、客观、准确地考虑影响风沙灾害的自然和人为环境因素。

(2) 主导性原则: 影响风沙灾害的因子众多。因此, 在综合分析研究的基础上, 选取具有代表性的主导性因子作为评价指标, 能够即简便又准确的进行风险性评价。

(3) 实用性原则: 风沙灾害的频繁发生是生态环境恶化的表现, 因此风沙灾害孕灾环境的风险评价为政府宏观管理和具体地区综合治理生态环境提供理论依据。

6.3 评价指标的确定

从上文分析可知, 气候因素(降水量、风速、气温), 下垫面因素(土壤类型、植被类型、土地退化、土地利用方式), 人为因素(人口数量、牲畜数量)是影响研究区风沙孕灾环境风险的主要因素。因此, 本文综合考虑多方面的影响因素和参考大量文献, 结合鄂尔多斯地区生态环境的特征, 建立一套简便的风沙灾害孕灾环境风险

评价的指标体系。将鄂尔多斯市风沙灾害孕灾环境的指标体系分为目标层、因子层、子因子层和指标层。选取了 10 个指标来描述鄂尔多斯市风沙灾害的孕灾环境风险并用层次分析法算出各指标的权重系数,表 (6-1)。

表 6-1 鄂尔多斯市风沙灾害孕灾环境风险评价指标体系

目标层	因子层	子因子层	指标层	权重
风沙灾害孕灾环境风险评价	气候因素	降水量	平均降水量	0.07846
		温度	平均温度	0.04632
		动力因素	平均风速	0.11592
	下垫面因素	土壤类型	风沙土面积	0.11424
		植被类型	草原地带的沙地植被面积	0.12006
		地貌类型	沙丘面积	0.03248
		土地退化	土退化指数	0.16424
		土地利用	土地覆盖指数	0.16386
	人为因素	牲畜数量	牲畜载畜量	0.06128
		人口数量	人口密度	0.10312

6.4 风沙灾害孕灾环境风险评价

6.4.1 数值标准化处理

由于各指标的数据性质和数量级不同,为了便于计算本文采用以下公式 (6-1)、(6-2) 对所选 10 各指标的原始数值进行标准化处理。以消除各指标因单位不同而失去合理性与公平性,也避免影响评价结果。

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{i \min}}{x_{i \max} - x_{i \min}} \quad (x_{ij} \text{ 为正向指标}) \quad (6-1)$$

$$\bar{x}_{ij}' = \frac{x_{i \min} - x_{ij}}{x_{i \max} - x_{i \min}} \quad (\bar{x}_{ij}' \text{ 为负向指标}) \quad (6-2)$$

式(6-1)中, $\bar{x}_{ij}$ 为 i 指标对应 j 各评价单元的标准化后的数据值, x_{ij} 为 i 指标对应 j 个评价单元的标准化前的原始数值, $x_{i\max}$ 和 $x_{i\min}$ 分别是第 i 各指标对应所有评价单元中的最大和最小的原始数值。正向指标指的是随着该指标值的增大, 风沙灾害发生的风险也增大。

式(6-2)中, $\bar{x}_{ij}$ 为 i 指标对应 j 各评价单元的标准化后的数据值, x_{ij} 为 i 指标对应 j 个评价单元的标准化前的原始数值, $x_{i\max}$ 和 $x_{i\min}$ 分别是第 i 各指标对应所有评价单元中的最大和最小的原始数值。负向指标指的是随着该指标的增大, 风沙灾害发生的风险减小。

6.4.2 模型的建立及风险评价

本文参考其他风沙灾害风险评价模型的建立法和根据加权综合评分法的原理建立鄂尔多斯市风沙灾害孕灾环境风险评价模型, 以权重来反映各评价因子在危险性评价的不同地位。具体模型建立如下:

$$R = \sum_{i=1}^n x_i w_i \quad (6-3)$$

式中 R 表示风沙灾害孕灾环境的危险性指数, x_i 表示各评价指标值, w_i 表示各评价指标的权重值。R 值越大表示风沙危害的危险性越高。各指标标准化值和表 6-1 的权重值代入公式 6-3 计算, 可以得到鄂尔多斯市 8 个旗县市, 2000 年、2007 年的风沙灾害孕灾环境的危险性指数, 具体结果见表 6-3。

为直观反映各评价单元的风沙危害的危险程度, 将危险性指数分组, 划分为四个危险等级表 6-2。

表 6-2 鄂尔多斯市风沙灾害孕灾环境危险等级划分

危险程度	高度危险	中度危险	低度危险	轻度危险
危险性指数	>0.45	0.45-0.25	0.25-0.05	<0.05

表 6-3 鄂尔多斯市风沙灾害孕灾环境风险指数及等级表

年份	2000 年		2007 年	
旗县	危险性指数	危险等级	危险性指数	危险等级
鄂托克旗	0.2060	低度危险	0.1823	低度危险
乌审旗	0.4495	中度危险	0.3097	中度危险
准格尔旗	0.0141	轻度危险	0.0240	轻度危险
达拉特旗	0.1108	低度危险	0.2516	中度危险
鄂托克前旗	0.4399	中度危险	0.3310	中度危险
伊金霍洛旗	0.0664	低度危险	0.0178	轻度危险
东胜区	0.0620	低度危险	0.0830	低度危险
杭锦旗	0.5100	高度危险	0.4479	中度危险

表 6-3 显示以下特点:

(1) 2000 年, 鄂尔多斯市 8 县的风沙灾害孕灾环境的危险性指数排序为: 杭锦旗>乌审旗>鄂托克前旗>鄂托克旗>达拉特旗>伊金霍洛旗>东胜区>准格尔旗; 按危险等级划分: 杭锦旗为高度危险区, 乌审旗、鄂托克前旗、鄂托克旗为中度危险区, 达拉特旗、伊金霍洛旗、东胜区为低度危险区, 准格尔旗为轻度危险区, 基本上西北部与南部危险等级高, 东北部危险等级低。

(2) 2007 年, 鄂尔多斯市 8 县的风沙灾害孕灾环境的危险性指数排序为: 杭锦旗>鄂托克前旗>乌审旗>达拉特旗>鄂托克旗>东胜区>准格尔旗>伊金霍洛旗; 杭锦旗、鄂托克前旗、乌审旗、达拉特旗为中度危险区, 鄂托克旗、东胜区为低度危险区、伊金霍洛旗和准格尔旗为轻度危险区。

(3) 2000~2007 年的变化看, 杭锦旗、伊金霍洛旗、鄂托克前旗、乌审旗和鄂托克旗的危险性指数有所降低而东胜区、达拉特旗和准格尔旗的危险性指数有不同程度的升高。危险等级来看杭锦旗从高度危险区转为中度危险区; 伊金霍洛旗从低度危险区转为轻度危险区; 只有达拉特旗从低度危险区转为中度危险区; 其他旗县的危险等级没发生变化。鄂尔多斯市风沙灾害危险性指数整体下降, 局部地区增加的趋势符合了荒漠化的整体好转, 局部恶化发展趋势。

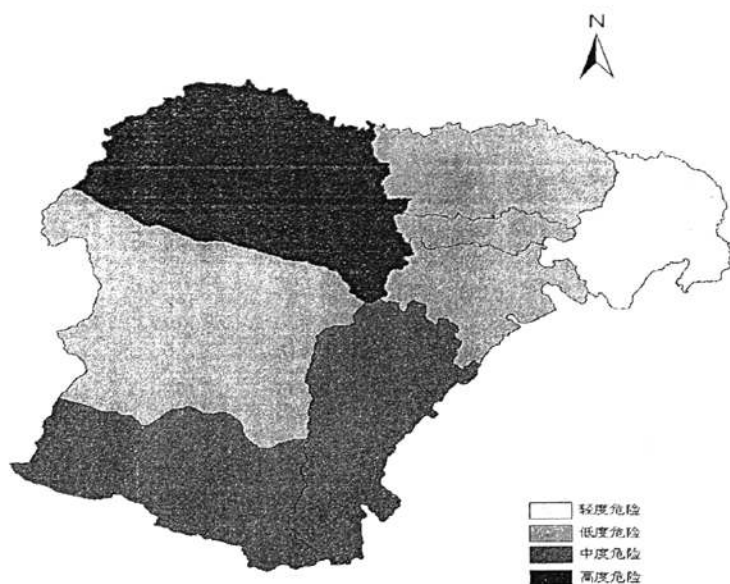


图 6-1 2000 年风沙灾害孕灾风险等级图

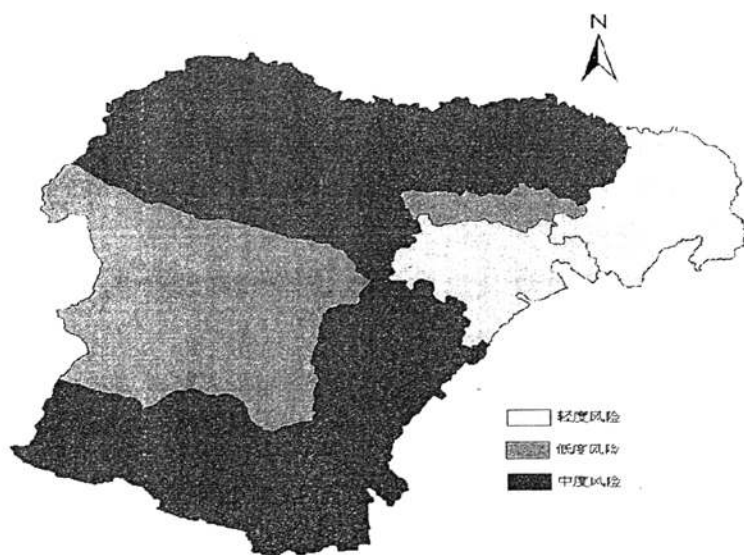


图 6-2 2007 年风沙灾害孕灾风险等级图

在空间分布上 2000 年，鄂尔多斯市西北部是高度危险区，南部、东南部属中度危险区，北部、中部、西部属低度危险区，东北部为轻度危险区（图 6-1）。

2007 年，西北部、北部、南部、东南部为中度危险区，中部与西部为低度危险区，东北部与东部为轻度危险区（图 6-2）。

7 原因分析与防治对策

7.1 原因分析

风沙灾害孕灾环境风险是自然和人为共同作用的结果,风沙灾害孕灾环境风险等级的变化必定与自然和人为因素有关。

7.1.1 降水变化

鄂尔多斯市总的降水趋势在增加,但各旗县的降水变化不相同,存在明显的地区差异。具体变化情况如表 7-1,在研究时段内准格尔旗的平均降水量最高,鄂托克前旗的最低。达拉特旗、乌审旗、鄂托克前旗、额托克旗和东胜区的降水量增加,其中东胜区的降水增幅最高,平均每年增加 6.23mm;准格尔旗、伊金霍洛旗和杭锦旗的降水量降低,其中杭锦旗的最多,每年平均降低 1.93mm,降水量的减少是杭锦旗风沙危害风险指数相对其他旗县高的原因之一。

表 7-1 1991~2007 年鄂尔多斯市各旗县降水量变化情况

	变化幅度(mm/a)	平均降水量 (mm)	最高降水量 (mm)	最低降水量 (mm)
达拉特旗	+3.17	341.2	506.4	239.4
准格尔旗	-0.65	384.1	520.2	251.1
乌审旗	+6.18	333	613.6	206.8
伊金霍洛旗	-1.21	345.5	468.2	206.4
鄂托克前旗	+0.29	255.3	349	195.9
杭锦旗	-1.93	273.2	367	168
鄂托克旗	+0.84	257.2	360.2	135.9
东胜区	+6.23	343.7	513.3	196.1

7.1.2 气温变化

鄂尔多斯地区各旗县的气温变化各不相同,存在明显的地区差异。具体变化情况如表 7-2,各旗县的共同特点是气温都有升高趋势。气温变化幅度都在 0.029℃/a 以上,其中达拉特旗最高,平均每年升高 0.0975℃,准格尔旗最低,每年升高 0.0292℃。可

见鄂尔多斯市具有变暖趋势。气温升高加强了干旱程度，为风沙灾害的发生提供了有利的条件。

表 7-2 1991~2007 年鄂尔多斯市各旗县气温变化情况

	平均气温(℃)	最高气温(℃)	最低气温(℃)	变化幅度(℃/a)
达拉特旗	7.7	8.7	6.5	+0.0975
准格尔旗	8.2	9.3	7.1	+0.0292
乌审旗	8.2	9.1	7.1	+0.077
伊金霍洛旗	7.2	8.3	6.2	+0.0496
鄂托克前旗	8.2	9.2	7.2	+0.0566
杭锦旗	7	8.2	6.1	+0.0775
鄂托克旗	7.8	8.9	6.8	+0.0539
东胜区	7.5	8.6	6.5	+0.0552

7.1.3 土地退化指数变化

用土地退化指数来反映研究区的土地退化程度。土地退化指数是被评价区域内风蚀、水蚀、重力侵蚀、冻融侵蚀和工程侵蚀的面积占被评价区域面积的比重。土地退化指数越高，土地退化程度越高。土地退化程度越高，对发生风沙灾害的贡献越高。

表 7-3 土地退化指数分权重

土地退化类型	轻度侵蚀	中度侵蚀	重度侵蚀
权重	0.05	0.25	0.7

注：摘自中华人民共和国环境保护行业标准 HJ/T192—2006

$$\text{土地退化指数} = A_{\text{ero}} \times (0.05 \times \text{轻度侵蚀面积} + 0.25 \times \text{中度侵蚀面积} + 0.7 \times \text{重度侵蚀面积}) / \text{区域面积} \quad (7-1)$$

A_{ero} ，土地退化指数的归一化系数。

利用表(7-3)和公式(7-1)计算鄂尔多斯市各旗县的土地退化指数，结果表(7-4)显示，杭锦旗的土地退化指数最高，2000年86.19，2007年84.6。土地退化指数中重度侵蚀土地的比重最大，杭锦旗的北部地区分布着大面积的库布其沙漠，重度荒漠化面积占整个荒漠化面积的41.3%左右，在鄂尔多斯地区重度荒漠化面积比重最大的旗县；准格尔旗的土地退化指数最低；2000年到2007年各个旗县的土地退化指数都不同程度的降低了，这说明2000年以来该地区所实施的荒漠化治理和生态建设措施，有效缓解了土地退化过程。

表 7-4 鄂尔多斯市各旗县土地退化指数变化

	2000 年	2007 年	2000~2007 变化
乌审旗	48.84	48.4	-0.44
鄂托克旗	39	37.28	-1.72
准格尔旗	33	29.42	-3.99
达拉特旗	45.89	43.91	-1.98
鄂托克前旗	67.36	44.56	-22.8
伊金霍洛旗	39.50	38.42	-1.08
东胜区	39.09	32.98	-6.11
杭锦旗	86.19	84.06	-2.13

7.1.4 植被覆盖指数变化

人类通过土地利用方式改变地表植被覆盖度，目前气候干燥背景下，人类不合理的土地利用方式加剧了土地的沙化过程，地表植被覆盖度低是风沙危害发生的重要影响因素。用植被覆盖指数反映被评价区域植被覆盖的程度，植被覆盖指数是被评价区域内的林地、草地、农田、建设用地和未利用地的面积占被评价区域面积的比重。

植被覆盖指数 = $A_{veg} \times (0.38 \times \text{林地面积} + 0.34 \times \text{草地面积} + 0.19 \times \text{耕地面积} + 0.07 \times \text{建设用地} + 0.02 \times \text{未利用地}) / \text{区域面积}$ (7-2)

A_{veg} ，植被覆盖指数的归一化系数。

表 7-5 植被覆盖指数分权重

	林地			草地			农田		建设用地			未利用地			
权重	0.38			0.34			0.19		0.07			0.02			
结构类型	有林地	灌木林地	树林地和其它林地	高覆盖草地	中覆盖草地	低覆盖草地	水田	旱地	城镇建设用地	农村居民点	其它建设用地	沙地	盐碱地	裸土地	裸岩石砾
分权重	0.6	0.25	0.15	0.6	0.3	0.1	0.7	0.3	0.3	0.4	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2

注：摘自中华人民共和国环境保护行业标准 HJ/T192-2006

利用表(7-5)和公式(7-2)计算鄂尔多斯市各旗县植被覆盖指数,结果表 7-6 显示,鄂托克旗的植被覆盖指数最高,鄂托克旗是在鄂尔多斯地区高覆盖度草地面积最大旗县,占该旗县面积的 27%左右,草地和林地总面积占该旗县面积的 76%;其次是准格尔旗、伊金霍洛旗和鄂托克前旗的植被覆盖指数高,三个旗县的草地和林地总面积分别占各旗县面积的 78%、73%、72%。虽然准格尔旗的草地和林地面积的比例比鄂托克旗的高,但准格尔旗的高覆盖度草地面积小,仅占旗县面积的 10%左右,因此植被覆盖指数低于鄂托克旗的植被覆盖指数。杭锦旗的植被覆盖指数最低,原因是杭锦旗境内大面积分布着库布其沙漠并且杭锦旗的草地和林地总面积占该旗县面积的 46%左右,属鄂尔多斯地区草地林地面积占地面积最小的旗县。2000~2007 年,达拉特旗和杭锦旗的植被覆盖指数降低,其余旗县的增高。这也是达拉特旗风沙灾害孕灾环境风险等级升高的原因。

表 7-6 鄂尔多斯各旗县植被覆盖指数变化

	2000 年	2007 年	2000 年 ~2007 年 变化
鄂托克旗	58.78	60.14	1.35
乌审旗	34.01	34.16	0.15
准格尔旗	47.73	48.38	0.64
达拉特旗	41.15	39.81	-1.34
鄂托克前旗	46.48	46.50	0.02
伊金霍洛旗	47.04	48.22	1.18
东胜区	43.01	47.89	4.88
杭锦旗	31.87	30.86	-1.01

7.1.5 人口数量变化

人口的不断增长,加大了生存环境的承载压力,从 2000~2007 年人口数量变化看,各旗县的人口数量都有不同程度的增加,其中东胜市的增加幅度最大 7 年中增加 5.29 万人,其次是达拉特旗和准格尔旗的分别增加 1.99 万人和 1.91 万人(表 7-7)。人口增长过快,加大了发生风沙灾害的风险性。

表 7-7 鄂尔多斯市各旗县 2000~2007 年人口总数变化 (万人)

	2000 年	2007 年	2000~2007 年变化
东胜区	19.05	24.34	5.29
达拉特旗	32.86	34.85	1.99
准格尔旗	26.59	28.5	1.91
鄂托克前旗	6.95	7.42	0.47
鄂托克旗	8.7853	9.47	0.68
杭锦旗	13.20	13.88	0.68
乌审旗	9.3752	10.3	0.92
伊金霍洛旗	14.4388	15.16	0.72

7.1.6 牲畜数量变化

牲畜数量的增加, 加大了草场负荷量, 加剧了土地退化, 促进了风沙灾害发生。从 2000~2007 年牲畜 (羊) 数量变化看, 各旗县的牲畜数量也不同程度的增加, 增加最多的是达拉特旗, 增加了 285.83 万只, 2007 年羊的数量比 2000 年多了 6 倍, 增长速度惊人 (表 7-8)。提高了达拉特旗风沙灾害孕灾环境的危险性指数。

表 7-8 鄂尔多斯市各旗县 2000~2007 年羊数变化 (万只)

	2000	2007	2000~2007
东胜区	9.6762	20.73	11.05
达拉特旗	64.98	350.81	285.83
准格尔旗	36.38	108.21	71.83
鄂托克前旗	104.4	150.47	46.07
鄂托克旗	126.05	188.46	62.41
杭锦旗	120.98	205.22	84.24
乌审旗	88.7	190.4	101.7
伊金霍洛旗	63.7	136.99	73.29

7.2 防治对策

防治风沙灾害主要是采取各种措施降低风速,减缓土壤风蚀化,固定流沙,防止流沙继续侵占土地。但治理过程中一定要根据实际情况,结合风沙发生的危险等级及土地利用方式;寻求生态、经济和社会的最大益。因此提出以下几项措施。

7.2.1 高度危险区以治沙为主

杭锦旗、乌审旗、鄂托克前旗和达拉特旗是鄂尔多斯市风沙危害相对严重区域,也是沙化严重的地区。因此治理时应增加地表植被覆盖为目标,实施灌草相结合进行治理,制定政策,减少人为干扰,争取尽快恢复地表植被覆盖,防治进一步沙化。

1、造林种草,保护现有的植被

增加植被覆盖率是减轻风沙灾害的一种措施。鄂尔多斯地区自然条件较差,降雨量少,乔木不易生长,所以应以灌木、草为主。据乌审召乡的实践表明^[53],灌木覆盖度达到 50%的沙丘,地面风速比流沙地面风速能降低 25.7%,输沙量也降低 95.5%,同时灌木根系使流沙固定下来。扩大林地面积和植被覆盖率,治理水土流失,防治土地进一步沙漠化是当前减少风沙灾害的首要任务,减轻风沙危害除造林种草外,还要保护现有的植被,严禁毁林毁草开垦,严禁滥挖,严禁过牧,执行贯彻和宣传森林法、草原法和环境保护法。开发煤田与石油后应恢复草地。

2、加大科技支撑,成立防沙治沙机构

用先进的科学技术解决一些技术难题,特别对裸地风沙控制技术、控制风蚀和农田覆盖技术、沙化土地人工林草植被建设技术等,为防沙治沙工程提供理论和技术储备。开展技术培训,提高人员素质,建立防沙治沙示范工程和示范区,建设精品工程,不断试验,经常总结,积极推广防沙治沙经验和方法。发展沙产业,提高农民治沙的积极性。

3、禁止过牧

过度放牧,增加草场负荷量,加快土壤风蚀速度,因此控制牲畜数量对防治风沙危害来说尤为重要。2000~2007 年达拉特旗的生态环境进一步恶化的重要原因之一一是牲畜数量增长过快,因此控制牲畜数量增长速度是该旗改善生态环境的首要任务。

4、提高全民素质和环保意识

鄂尔多斯市风沙灾害频发原因,除自然原因以外,还有人为因素,例如滥砍乱伐、过度放牧、污染环境等,因此加大科学宣传,提高人们环保意识,让人们充分认识到其重要性,而产生自觉保护生态环境的意识,减少边建设边破坏的现象。

7.2.2 低度危险区应以合理土地利用为主

对轻度沙化和退化的草场,首先要合理利用,防止继续退化。鄂尔多斯市风沙灾害孕灾环境风险等级较低的是鄂托克旗、伊金霍洛旗、东胜区和准格尔旗。它们的共同特点是土地利用强度大,农牧相结合。

1、合理利用土地资源

利用开发土地时结合土地适宜性,宜农则农、宜林则林、宜牧则牧,不能盲目开垦。鄂尔多斯市 2000 年~2007 年土地利用结构变化看,林地、草地、耕地和建设用地面积增加是未利用土地面积和水域面积减少的主要原因。人口增长的压力和城市化的迅速发展使耕地和建设用地面积增加。虽然研究区整体上草地覆盖度有所提高,但局部地区由于开发利用不当,出现了土地沙漠化,导致草地覆盖度下降。因此,今后应加大对全局的重视,避免土地荒漠化,为区域可持续发展打好生态基础。

2、合理利用水资源

干旱也是促成风沙灾害的一大因素,鄂尔多斯市地处干旱半干旱地区,年降水量少,因此合理水资源很重要。应加强灌溉管理,推行滴灌技术,计划用水,防止过量开发地下水。

3、控制人口,解决能源问题

人口增长过快加大自然资源的需求量,因此防止人口增长速度、提高人口素质,建立人口、资源、自然相协调的生态环境,同时应充分利用太阳能、风能,扩大煤炭与石油液化气的供应,以解决能源问题,防治滥砍乱伐。

4、完善法制,加强部门的责任意识

由于各个国家对于灾害防治的立法不一样,例如日本则制订了关于灾害防治的一般性立法,即《灾害对策基本法》^[57]。而我国有些领域对于防灾减灾立法已经初步形成,但是我们需要加强完善各个领域的防灾减灾立法。对各个部门均加大在这方面的责任意识,同时依法加重对相关责任单位和个人的惩罚力度^[58]。只有这样责任到每个部门,才能使本地区的减灾防灾工作做到位:

8 结论与讨论

本文基于风蚀理论, 综合分析了影响鄂尔多斯地区风沙灾害的自然和人为因素, 建立了风沙灾害孕灾环境风险评价指标及模型, 评价了鄂尔多斯地区 2000 年和 2007 年风沙灾害孕灾环境的风险性, 分析探讨了影响 2000 年—2007 年鄂尔多斯市各旗县风沙灾害风险性指数变化的人为、自然原因, 并提出风沙灾害治理对策。经过分析研究得到以下几点有意义的结论:

1、鄂尔多斯市沙尘暴发生日数具有减少趋势: 沙尘暴日数频次 1990~2007 年间每年减少 0.98 次。

2、2000 年开始实行退耕还林还草, 禁牧、休牧等保护生态环境措施有效减缓了土地退化过程, 研究区风蚀荒漠化面积在 2000-2007 年间逆转了 75322.1797 hm^2 。

3、经过风沙灾害孕灾环境风险评价得出鄂尔多斯市 8 旗县(区)的危险性指数排序为: 2000 年时, 杭锦旗>乌审旗>鄂托克前旗>鄂托克旗>达拉特旗>伊金霍洛旗>东胜区>准格尔旗; 危险程度为: 杭锦旗为高度危险区, 乌审旗、鄂托克前旗、鄂托克旗为中度危险区, 达拉特旗、伊金霍洛旗、东胜区为低度危险区, 准格尔旗为轻度危险区。

2007 年时, 杭锦旗>鄂托克前旗>乌审旗>达拉特旗>鄂托克旗>东胜区>准格尔旗>伊金霍洛旗; 危险程度为: 杭锦旗、鄂托克前旗、乌审旗、达拉特旗为中度危险区, 鄂托克旗、东胜区为低度危险区、伊金霍洛旗和准格尔旗为轻度危险区。

两期评价结果看基本是沙漠化严重地区也是风沙灾害孕灾环境危险性指数高的地区。

4、2000 年~2007 年间, 风沙灾害危险性指数变化: 杭锦旗、伊金霍洛旗、鄂托克前旗、乌审旗和鄂托克旗的风沙灾害危险性指数降低, 东胜区、达拉特旗和准格尔旗的危险性指数有不同程度的升高; 危险等级变化: 杭锦旗从高度危险区转为中度危险区, 伊金霍洛旗从低度危险区转为轻度危险区, 只有达拉特旗从低度危险区转为中度危险区, 其他旗县的危险等级均未变化。

5、风沙灾害孕灾环境风险等级的变化与自然和人为因素有关。土地退化指数高, 植被覆盖率低是杭锦旗风沙灾害危险等级高的原因, 而气温变化幅度大、植被覆盖指数降低和牲畜头数增加过快等原因是 2000~2007 年间达拉特旗风沙灾害危险等级提高的重要因素。

6、防治风沙灾害主要是采取各种措施降低风速，减缓土壤风蚀化，固定流沙，防止流沙继续侵占土地。但治理过程中一定要根据实际情况，风沙灾害危险等级较高的地域以治沙为主，而风沙危害较低的地区以合理土地利用为主，以寻求生态、经济、社会的最大益。

7、风沙灾害涉及到气候因素、地貌因素、土壤因素、植被因素、土地利用、人类活动等多种复杂因素，因此虽然有些问题在研究中已经考虑到了，例如选择评价指标时应加土壤湿度和经济因素等，还有原因分析方面风沙灾害危险性指数与自然、人为因素的定量化分析等，但是由于资料、时间与个人学术水平的有限，本研究只对鄂尔多斯市风沙灾害孕灾环境评价的初步探讨，因此在今后的研究中应加强上述几个方面的研究。

参考文献

- [1]金子史朗. 世界大灾害[M]. 山东: 山东科技出版社, 1981. 2-3
- [2]倪文杰, 张成福, 马克锋. 现代交叉学科大词库[M]. 北京: 海洋出版社, 1993. 501-503
- [3] 史培军. 灾害研究的理论与实践[J]. 南京大学学报(自然科学版), 1991, (自然灾害研究专集): 37-42
- [4]马宗晋等. 自然灾害与减灾[M]. 北京: 北京地震出版社, 1990
- [5]谢礼立. 自然灾害学报发刊词[J]. 自然灾害学报. 1992, 1: 2-5
- [6]任鲁川. 关于灾害实质的若干哲学思考[J]. 东方论坛, 1995, 4: 45-59
- [7]朱东海, 任爱珠, 江见鲸. 浅论灾害科学的研究现状[J]. 灾害学, 2000, 15(1): 67-72
- [8]何爱平. 发展中国家灾害经济的特点、成因及对策[J]. 灾害学, 2000, 15(2): 91-96
- [9]孟庆楠. 灾害及灾害管理研究评介[J]. 辽宁气象, 2002, 3: 42-48
- [10]刘仲桂. 灾害与灾害经济的思考[J]. 水利科技与经济, 2000, 6(4): 167-171
- [11]徐保凤. 论灾害的伦理二重性[J]. 重庆社会科学, 2005, 2: 55-60
- [12]曾维华, 程声通. 环境灾害学[M]. 北京: 中国环境科学出版社. 2000, 19
- [13]宋乃平. 灾害和灾害学体系及其研究方法[J]. 自然杂志, 1992(3)
- [14]钱乐祥. 灾害系统分类初探[J]. 自然灾害学报. 1994, 3(3): 98-102
- [15]陈可馨. 论灾害与对策[J]. 天津师大学报. 1994, 14(4): 43-49
- [16]国家科委全国重大自然灾害综合研究组. 中国重大自然灾害及减灾对策[M]. 北京: 科学出版社, 1994
- [17]孙广忠, 张胚远等. 中国自然灾害[M]. 北京: 气象出版社, 1984
- [18]汤爱平等. 自然灾害的概念、等级[J]. 自然灾害学报, 1998, 8(3): 62-65
- [19]史培军. 灾害与灾害学. 地理知识, 1991. 1
- [20]高尚玉, 史培军, 哈斯等. 我国北方风沙灾害加剧的成因及其发展趋势[J]. 第四纪研究 2001, 9(3): 31-37
- [21]马育军, 王静爱, 李小雁. 宁夏中北部风沙灾害潜在风险区域对比评价[J]. 自然灾害学报 2007, 5(16): 1-7
- [22]吴焕忠. 我国沙尘暴灾害评述及减灾对策[J]. 农村生态环境, 2002, 18(2): 1-5(23)
- [23]林进, 孙司衡, 王君厚. 沙尘暴多发区土地风蚀荒漠化诊断评价方法[J]. 中国沙漠, 1999, 19(4): 375-377

- [24]王劲峰等.中国自然灾害区划[M].中国科学技术出版社,1995
- [25]张继权,冈田先夫,多多纳裕.综合自然灾害风险管理[J].自然灾害学报,2006,(15)1: 29-37
- [26]张继权,冈田先夫,多多纳裕.综合自然灾害风险管理[J].城市与减灾,2005,2: 2-5
- [27]史培军,邵利铎,赵智国,黄庆旭.论综合灾害风险防范模式—寻求变化影响的适应性对策[J].地学前缘,2007,(14)6: 43-53
- [28]史培军,叶涛,王静爱,方修琦,陈晋.内蒙古自然灾害风险的综合行政管理[J].北京师范大学学报(社会科学版),2006,197(5): 130-136
- [29]史培军,湖涛,王静爱,方修琦,陈晋.内蒙古自然灾害系统研究[M].1992,海洋出版社出版,1-294
- [30]能乃扎布主编.牧区防灾学[M].内蒙古人民出版社,2004,1-225
- [31]张继权,梁警丹,周道玮.基于GIS技术的吉林省生态灾害风险评价[J].应用生态学报,2007,(18)8: 1766-1770
- [32]严新明,童星.江苏省自然灾害风险管理研究[J].江南大学学报(人文社会科学版),2006,(5)5: 26-31
- [33]刘兰芳,彭碟飞,邹君.湖南省农业洪涝灾害易损性分析与评价[J].资源科学,2006,28(6): 60-67
- [34]赵霞,王平,龚亚丽,谭瑾,李向荣,任毅.基于GIS的内蒙古中部区域洪水灾害风险评价[J].北京师范大学学报(自然科学版),2007,43(6): 666-669
- [35]Goudie AS. Duststorm in spaceand time[J].Processin Physical Geography,1983,7:502-508
- [36]Vinit Mody and Jakhete.Dust control handbook[M].Park Ridge,V.I.U.S.A:Noyes Data Corp.C1998
- [37]杨青,何清.日本在沙尘暴方面的研究进展[J].新疆气象.2002,25(3): 1-4
- [38]王嘉荫.中国地质史料[M].北京:科学出版社1963.1-8
- [39]张淑媛.北京风尘的研究[A].中国第四纪委员会第二届学术会议论文[C].北京:科学出版社,1964.31-38
- [40]刘东生等.黄土与环境[M].北京:科学出版社,1985.303-336
- [41]岳德鹏等.基于GIS和RS的风沙危害风险性评价[J].应用基础与工程科学学报,2006.5(14):69—75
- [42]孙司衡,郑新江.沙尘暴的卫星遥感监测与减灾服务[J].测绘科学,2000,25(2):33-36
- [43]王静爱等.2000年中国风沙灾害的时空格局与危险性评价[J].自然灾害学报,2001,10(4):

1-7

- [44]徐海量,陈亚宁.塔里木盆地风沙灾害危险性评价[J].自然灾害学报,2003,12(2):35-39
- [45]CCICCD.1996.China Country Paper to Combat Desertification.Beijing:China Forestry Publishing House.18-26.
- [46]山仑等.水土严重流失的黄土丘陵区建立良性农业生态模式的探讨[J].水土保持通报,1998(1):1-7
- [47]王以彭,李结松,刘立元.层次分析法在确定评价指标权重系数中的应用[J].第一军医大学学报.1999,19(4):377-379
- [48]张继权,魏民.加权综合评分法在区域玉米生产水平综合评价与等级分区中的应用[J].经济地理,1994,14(5):19-21
- [49]郭伦,刘瑜等主编.地理信息系统—原理、方法和应用[M],北京,科学出版社,2001:7-13
- [50]孙金铸主编,内蒙古地理文集[M],内蒙古大学出版社,2003:313-318
- [51]国家统计局鄂尔多斯调查队.鄂尔多斯经济社会调查年鉴[M].中国统计出版社,2008
- [52]内蒙古统计年鉴2008[M].北京数通电子出版社,2009
- [53]孙金铸.内蒙古的风沙灾害与防治途径[J].内蒙古师大学报,1992,3:73-78
- [54]殷淑燕.近40年秦岭南北地区气候变化及于EI Nino/La Nina事件相关性分析[J].山地学报,2002,4,493-496
- [55]王升堂,赵延治,邹学勇.北京郊区不同土地利用类型起沙起尘的特征研[J].2005,25(5):601-605.
- [56]董玉祥,刘玉璋,《沙漠化若干问题研究》[M],西安地图出版社,1995年1月
- [57]杨恩.灾害防治法律制度研究[D].西南政法大学.2005
- [58]马德富,刘秀清.论自然灾害的社会属性及防灾减灾对策[J].农业现代化研究.2007,9(28):597-6

论文资助项目及支撑数据

1 论文资助项目

1.1 国家行业公益项目,《鄂尔多斯地区综合节水与水资源优化配置项目(200801034)》;

1.2 内蒙古师范大学科研创新基金项目,《鄂尔多斯高原气象灾害的变化趋势与青藏高原季风环流的相关分析(CXJJSO8015)》。

2 支撑数据

本文所用遥感影像数据由“内蒙古自治区遥感与地理信息系统重点实验室”提供。

致 谢

在硕士学习生涯即将结束之即，追忆三年的学习生活，感激与眷恋之情一言难表。

首先感谢我的导师，银山教授，三年来对我的栽培，他的高贵品质、严谨求学的治学精神、深厚的学术造诣、认真的科学态度、一丝不苟的工作作风和平易近人的长者风范，将成为我今后工作、学习的楷模。是恩师让我懂得了科研工作者必须重视实践，严谨和创新是做学问的关键。师恩浩荡，感激之情难以言表。毕业之即，无以回报，只有在将来的学习和工作中更加勤奋努力，不辜负恩师的厚望，同时深深的祝愿恩师一生平安快乐！

感谢学院的各位领导和老师对我的培养和教诲，以及他们对我专业知识上的指导。感谢春喜老师、王木兰老师在论文写作过程中给予的指导。

感谢我的好朋友玉香、布仁及弟弟包青玉在收集论文资料时的帮助。

另外我还非常感谢白海花和嘎毕日师姐及崔桂凤、斯琴高娃、张泽飞、孙万仙、阿丽、连晓、胡日查、包龙山、达日玛和岳瑞红等同学们在我撰写论文过程中的帮助和建议。还感谢张晓玲、任建斌、苏雅、巧云、史云颖、刘国霞和图里古尔等师弟师妹在论文遥感影像解译中的帮助。

最后，感谢我的父母及爱人对我几年来学习的支持和鼓励，他们无微不至的关怀使我克服了许多困难。在此，我默默地祝福家人身体健康，一生平安！