

新疆师范大学

硕士学位论文

新疆沙尘暴气象灾害演变研究

姓名：杨龙

申请学位级别：硕士

专业：自然地理学

指导教师：何清

2006-06-09

中文摘要

国内外对沙尘暴的研究,主要侧重灾害学的自然属性的一面,而忽视灾害学的社会属性。在新疆沙尘暴的分析研究中,以部分地区或个别气象站居多,而对于以行政区划为基础的综合研究较少。这与当前防灾减灾管理中以行政单位为区划基础的现实情况明显不一致。为满足地区灾害防治管理中的现实需要,进一步揭示气象灾害演变的内在规律,为区域防灾减灾综合规划提供科学依据,本文主要探讨了1960~2003年新疆沙尘暴气象灾害的基本变化特征。

通过90个记载完整的气象观测站资料,统计表明,近四十年来新疆沙尘暴天气频率呈下降趋势,和全国沙尘暴天气年日均数减少趋势基本一致,两者通过0.01的显著性水平检验,相关系数为0.884。但新疆沙尘暴频率最大年份和最小年份均提前于全国。因此,新疆沙尘暴天气变化在全国具有一定的典型性和警示性。

44年来,新疆重大沙尘暴的灾害频率演变呈现较明显的三个阶段,这种阶段性变化与沙尘暴天气频率变化不呈对应关系,而与每个时期的人口、经济、生态环境等因素密切相关。

按照沙尘暴天气的易发程度,将新疆分为沙尘暴灾害高度易发区、沙尘暴灾害中度易发区和沙尘暴灾害低度易发区。据多年综合易发性分析,中度以上易发区在和田、喀什、阿克苏和巴州地区;而受灾程度最大的四个地区依次为吐鲁番、和田、喀什和阿克苏地区。沙尘暴天气频率变异系数最大的是乌鲁木齐市。

通过对新疆沙尘暴重大灾害灾级分析,新疆沙尘暴在所有自然灾害类型中,灾害强度分布于1~6级,平均灾级为4.5级,灾害强度呈增大趋势,在灾害管理上应加强地级管理。

本文以风险和自然灾害之间的辩证关系为着眼点,对沙尘暴灾害的演变成因做了初步的剖析。同时,在人地关系理论的基础上,提出了广义的“人—机—地”关系理论,并以其为指导思想,提出了相应的减灾对策。

关键词: 沙尘暴; 气象灾害; 演变; 新疆

Abstract

The research of duststorm both our country and abroad, emphasizes on the aspects of the nature property in catastrophology particularly, however ignores its social property. There are so much built on the foundation of part region or separate weather station in the research of duststorm in Xinjiang, but less integrated research on the foundation of regionalism. Such status is obviously inconsistent with the real case management which makes districts based on the administrative units in current prevent and decrease disaster. In order to fit the practical need of region in disaster prevention and cure management, open the inner law of evolvement for weather disaster furtherly, which provides a scientific gist to the integrated layout of region prevent and decrease disaster, this paper mainly discussed the elementary evolvement characteristics of duststorm weather disaster in Xinjiang during 1960~2003.

The 90 full recorded statistical datum that come from weather observation station shows that the frequency of duststorm weather takes on the downtrend in Xinjiang over the 40 years . This is in consistency with the trend of decrease of year/day average amounts of sandstorm weather in our country, which through prominent horizontal test. The coefficient of correlation of both is 0.884. But either of the maximum and minimum-year of duststorm frequency in Xinjiang is ahead of the whole nation. So, the variance of duststorm weather in Xinjiang has a definite typicality and warning.

In the last 44 years, there are comparatively obvious three stages taken on the variance of disaster frequency for the great duststorm in Xinjiang. Such staggered variance is not present corresponding relation on the sandstorm weather variance between xinjiang and the whole country, but it present a closed relation on the factor of population, economy and entironment etc. on each stage.

According to the extent of easy occur of duststorm weather, we can separate xinjiang into regions of duststorm disasters high easy occurred, moderated and low easy occurred. In terms of years of comprehensive easy occurrence analysis, the easy occurred regions on and above moderated level are in Hetian, Kashi, Akesu and Bazhou; and the 4 regions which suffered from the most severe disasters are Tulufan, Hetian, Keshi, and Akesu. The frequency variance coefficient of sandstorm weather in the city of Urumqi is the biggest.

Through the analysis of the disaster level on severe duststorm disaster in Xinjiang, it is indicated that of all the natural disasters, the distribution of disaster intensity in xinjiang duststorm is in 1~6 grade, and the average disaster level is 4.5, and disaster intensity is on the rise. So we should intensify region-level management on the management of the disaster.

This paper takes an eye to the dialectic relationship of risk and natural disaster, and makes an elementary anatomy on the cause of sandstorm disaster evolvement. At the same time, it advances the theory of generalized relationship of “human- mechanism-land” on the basis of human-land relation theory, and takes it as a directed thought to bring forward a corresponded countermeasure to decrease disaster.

Key words: duststorm; meteorological disaster; evolution; Xinjiang

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。据我所知，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，也不包含为获得 新疆师范大学 或其他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谢意。

学位论文作者签名：

签字日期：

2006年6月9日

学位论文版权使用授权书

本学位论文作者完全了解 新疆师范大学 有关保留、使用学位论文的规定，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。本人授权 新疆师范大学 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。

（保密的学位论文在解密后适用本授权书）

学位论文作者签名：

导师签名：

签字日期： 2006年6月9日

签字日期： 2006年6月9日

文献综述

气象和环境灾害演变已成为一个全球性关注的重大课题。沙尘暴作为一种严重的灾害性天气，不仅加速了荒漠化进程，而且给国民经济和人民生命财产带来严重后果。我国西北地区处于世界四大沙尘暴多发区的中亚区之中，以新疆地区尤为严重，每年都有强沙尘暴发生，引起社会各界广泛关注，成为专家学者研究的热点问题之一。

1. 国外沙尘暴灾害研究进展

国外对沙尘暴的研究较早，从20世纪20年代开始就对沙尘暴的定义、定级标准、时空分布、成因、监测以及对策等方面进行研究。领先研究以美国、日本和澳大利亚等为代表。

关于沙尘暴不同的国家或地区对其的名称并不一致，如在印度西北部地区，将季风到来之前的季节内出现的对流性沙尘暴，称其为安德海(Andhi)；在非洲和阿拉伯地区，如埃及、苏丹一带沙漠地区称沙(尘)暴为哈布尘暴(有haboob、habbub、habub、habbob等多种拼法)(Joseph et al., 1980)；另有的地区称之为“phantom”，即“鬼怪”的意思(Wolfson et al., 1986)^[1]。对沙尘暴强度的等级划分，一般采用风速和能见度两个指标。如Joseph对发生在印度西北部的沙尘暴划分为3个等级：即4级<风速 \leq 6级，500 m \leq 能见度<1 000 m，称为弱沙尘暴；6级<风速 \leq 8级，200 m \leq 能见度<500 m；称为中等强度的沙尘暴；风速 \geq 9级，能见度<200 m，则称之为强沙尘暴。与土地沙漠化区域相联系，全世界有四大沙尘暴多发区，分别位于中亚、北美、中非和澳大利亚^[2]。

在经济发达的美国，虽然遭受风沙危害的程度不高，但对风沙灾害进行了长期的深入研究，对推动风沙灾害的科学研究做出了许多重要的贡献。30年代美国大平原地区爆发“黑风暴”后，加强了对农田土壤风蚀规律的研究，提出被世界广泛采用的通用土壤风蚀强度测算方程，其研究成果广泛地应用到农田风蚀沙化的防治控制规划与工程设计中。美国所采用的免耕、留茬、草田轮作、秸秆还田等均收到了显著的成效^[3]。相对而言，前苏联从1954年起则采取的是以机械改造为主的沙尘暴治理模式，但带来了一些严重的生态灾难。国内外研究实践表明，生物措施是防治荒漠化、减轻沙尘暴的根本性措施，机械措施和化学措施通常被作为生物措施的辅助性措施。

日本是一个太平洋岛国，其本土并不发生沙尘暴，但是近年来日本频繁监测到黄沙天气现象，对其环境造成了一些影响，因此弄清产生黄沙的源地、研究黄沙的长距离输送机理，就成了日本当前主要的研究目标^[4]。研究内容包括：沙尘暴的发生和浮尘上升过程的观测和分析研究；关于浮尘远程输送的观测和分析研究；关于浮尘粒子的物理、化学性质研究；关于地表条件与浮尘发生的相关性分析研究；沙尘暴及风成尘埃远程输送模型的开发和实验研究等。日本针对海岸沙丘的改造与开发利用，对海岸风沙活动、沙丘移动规律进行了深入的研究，提出先固定流沙，设置立体沙障，成带状行列配置或设置格状沙障，采用在海岸沙丘防风林的保护下，对内侧的沙丘地开辟利用的模式。从而使流沙固定和沙丘地的

改良利用密切结合,形成了一个完整的治理与利用体系;沙丘固定中采用乔、灌、草相结合的固沙技术,并和旅游业相结合。

在澳大利亚,该国干旱区面积广大,沙漠广布,对于旱半干旱生态系统的管理极为重视,对沙区的利用极为谨慎,但由于人口相对较少,对沙区基本上是以保护为主,开发利用程度很低;在加强对干燥土地监测的同时,采取封育、保护、舍饲养殖,开发风能,以实现合理利用沙区资源。

以色列在干旱地区发展技术密集型的现代化高效农业,被世界许多国家所称道。由此,以节水提高水资源利用效益为核心,发展干旱区现代化农业,走出了一条极为成功的道路。从防沙治沙、干旱区保护与利用、植被建设与保护,到发展一代又一代的节水灌溉设施,极大地提高了在小范围内获取高效益的生产能力,而使大面积的生态系统保持其安全状态,并为生产起到生态保障的功能。以色列的旱区“三生”系统(“生态—生产—生活”一体化)非常值得我们学习和借鉴。

韩国关于沙尘暴的最早记录是在公元 174 年作为“尘雨”被观测到的,在 918~1910 年近一千年的时间里,有128次记录,其中约74%次是尘,9%是具有雪的尘,9%是具有冰雹的尘,5%是具有雨的尘,3%是具有雾的尘。尘的高发季节是春季,最长的黄沙持续时间是14天^[4]。在非洲撒哈拉沙漠南缘的萨赫勒地区,从70年代初至80年代中期,由于连年大旱,造成草原退化,田地荒芜,尘沙四起,沙漠化土地蔓延,沙尘暴灾害加剧,使千百万非洲人民流离失所,生活悲惨。

1994年10月在巴黎签署的《联合国防治荒漠化公约》,截止到2000年目前,共有160多个国家批准了该《公约》。至此,说明在全球防止沙尘暴的共识和行动纲要基本形成了。

2. 国内沙尘暴灾害研究进展

我国从70年代开始才对沙尘暴天气进行研究。自1993年5月5日我国西北地区发生的特大沙尘暴天气发生后,引起我国政府和科学工作者的高度重视,有力推进了沙尘暴研究的广泛开展,于1993年9月在兰州召开了“首届全国沙尘暴天气研讨会”。之后,1993年11月29日国家科委又召开汇报会,将沙尘暴研究正式列入“八五”攻关项目。1994年以来,国家自然科学基金又先后资助了几项沙尘暴方面的研究项目,科技部和部分省市的有关科技管理部门也相继立项支持对沙尘暴进行研究^[5]。

我国对沙尘暴的研究主要集中在沙尘暴定义、等级划分、产生原因、时空分布、卫星云图与光学特征、沙尘气溶胶的物理化学及辐射特性、沙尘暴的成因及危害等方面。

2.1 历史记载与等级划分

我国历史上关于沙尘暴的记载,最早出现在公元前1150年^[6],史书上将沙尘暴及相关的沙尘天气记为“雨土”、“黄土”、“黄砂”、“黄尘土”、“黄霾”等。中国草原地区俗称沙尘暴为黄毛风^[7]。沙尘暴划分依据与国外大体相同,只是在强沙尘暴的等级范畴内,又划分出了特强沙尘暴,即 $50\text{ m} \leq \text{能见度} < 200\text{ m}$ 时,称为强沙尘暴,而当瞬时极大风速 $\geq 25\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,能见度 $< 50\text{ m}$,甚至降到 0 m 时,称为特强沙尘暴(或黑风暴,俗称“黑风”)^[5]。

表 1 我国西北沙尘暴天气强度分级

Tab.1 Sand-dust storm classification standard in Northwest China

沙尘暴天气强度	瞬间极大风速	最小能见度
特强	≥ 10 级或 $\geq 25\text{m/s}$	0 级或 $< 50\text{m}$
强	8~10 级或 $\geq 20\text{m/s}$	1 级或 $< 200\text{m}$
中	6~8 级或 $\geq 17\text{m/s}$	2 级或 200~500m
弱	4~6 级或 $\geq 10\text{m/s}$	3 级或 500~1000m

(据徐启运, 1997)

2.2 沙尘暴成因

沙尘暴发生的条件：一是大风，这是形成沙尘暴的动力条件；二是地面上的沙尘物质，这是沙尘暴形成的物质条件；三是不稳定的空气状态，这是重要的局地热力条件^[8]。

2.2.1 气候因素

全球气候变化异常，特别是中纬度气候朝着暖干方向的发展，是造成我国北方地区荒漠化发生发展的气候大背景，同时局部地区一些不利的自然因素如气候干旱，降水减少、变率大等，进一步促进了荒漠化面积的扩大。土地退化、粒度变粗，遇到强风，出现扬沙，进而导致沙尘暴。加之冷暖气流变化剧烈，使沙尘暴发生频数增加。张德二、黄兆华曾利用历史上降尘（尘暴）记载进行统计分析，表明降尘频数与温度和湿度变化呈相反关系，即尘暴频发期大致对应于气候干冷期，而尘暴减弱期为气候暖湿期^{[9] [10]}。近年来，一些学者的研究也指出，我国20世纪50~70年代沙尘天气的频发期也处于气候的偏冷、干（春）时期。

冯建英，陈旭辉等通过22年的沙尘暴偏多、少年对应的北极涛动（AO）指数的对比研究对沙尘暴产生原因得出：11个沙尘暴偏多年中，北极涛动指数为负位相的有9年，占82%，而11个沙尘暴偏少年中，北极涛动指数为正位相的有8年，占73%。这进一步证明了冬季北极涛动与中国西北干旱区沙尘暴之间存在密切关系，而且二月份北极涛动指数对当年西北干旱区沙尘暴天气过程的多少具有一定的预报指示。

2.2.2 地表组成物质

我国北方地区生态环境脆弱，主要表现为：荒漠化土地分布集中，气候干燥，年降水量少蒸发量大。由于天然水资源的短缺，维持生态环境现状的水资源量不足，植被覆盖极差，土地沙化严重，导致地表物质疏松，易于流动。当遇到大风时，这些疏松的物质易于扬起，为沙尘暴的发生提供了较充足的物质来源。也正是地表物质疏松，易于被扬起，进而导致了沙漠化程度的加剧和沙尘暴的频繁发生^[11]。

2.2.3 人为因素

在我国北方地区特别是农牧交错地带，气候干旱，生态脆弱，在农牧业生产过程中，对土地开发利用不慎，容易导致地表植被退化，土地沙化、砾化，土地生产能力下降。而经济发展的普遍落后，人口持续增长，局部地区为了解决生存问题，致使出现了滥垦、滥牧、滥樵，过度开采地下水等粗放掠夺式的生态经营方式，从而造成大面积地表覆被的严重破坏，地表裸露，加上风蚀严重，人为地加大了荒漠

化的扩展和沙尘暴的频繁发生,其危害也越来越严重^[12]。实际上,这一地区成为我国沙尘暴分布最广,危害最严重的地区。

2.2.4 其它因素

有的专家从深层次上研究沙尘暴的成因和机理,认为地震对沙尘暴的形成也有一定的影响。大地震在地表造成的岩石、土层破裂和沙土颗粒粘聚性的破坏加剧了地表的沙漠化,为沙尘暴的形成进一步提供了物质来源。例如根据气象学家的研究,中国的沙尘暴以20世纪50年代最强烈,而在此时段内,现代沙尘暴源区的地震正处在高峰期,如甘肃山丹和民勤分别发生了7.4级和7级地震,1957年在蒙古国西南部发生了8.4级大震,1960年在蒙古国南边界上发生了6.9级地震。这些地震产生的强烈震动影响了巴丹吉林沙漠、腾格里沙漠和乌兰布和沙漠的沙土粘聚性,并且这一时段大风天气较多,加剧了沙尘暴的发生^[13]。

曾先锋通过查阅历史资料,总结前人科研成果,得出火山与沙尘暴爆发遥相关的初步结论^{[14][15]}。

2.3 时空分布

现代沙尘暴的详细记录是从新中国成立以后开始的。在我国西北地区,近半个世纪以来的变化特点是20世纪50年代沙尘暴发生日数最多;60年代前期略有降低。60年代后期的1967年和1968年降到最低,即发生日数最少;之后的70年代略有增加,80年代又处于逐渐减少的趋势。90年代又有明显的增加。沙尘暴也具有明显的日变化特征,据王式功等对1994年4月上旬我国西北地区沙尘暴发生频率日变化的研究表明:沙尘暴主要发生在午后到傍晚时段内,占总数65.4%;清晨到中午时段内,仅占34.6%。在甘肃河西走廊中部地区,黑风暴大都出现在中午12时至晚上22时的时段内。

我国的沙尘暴属于中亚沙尘暴区的一部分,主要发生在北方地区。总的特点是:西北多于东北地区,平原(或盆地)多于山区,沙漠及其边缘多于其它地区。且主要集中在两大区域:一个位于塔里木盆地的塔克拉玛干沙漠,在其西南部又有两个中心,即从麦盖提经巴楚至柯坪为一中心,平均年沙尘暴日数为20~38.8d;从莎车经和田至且末为另一个中心区,平均年沙尘暴日数为25~35d。从巴丹吉林沙漠东部,南至甘肃河西走廊,经过腾格里沙漠、乌兰布和沙漠,至库布齐沙地和毛乌素沙地,是另一沙尘暴多发区,也是西北地区涉及范围最大的沙尘暴多发区,其中最大中心在腾格里沙漠南缘的民勤,年平均沙尘暴日数为37.7d;其次是库布齐沙地的杭锦旗和毛乌素沙地南部的定边分别为27d和25.9d。我国西北地区最大的强沙尘暴出现区域,是西起吐鲁番、哈密地区,东接蔓延达1000km的甘肃河西走廊,北接内蒙古阿拉善盟,东延伸到河套地区^{[16][17]}。

兰州大学的研究人员以国内沙尘暴高发的北疆区、南疆区、河西区、柴达木区、河套区、东北区和青藏区为研究对象,分析了上述7地区1960年到2000年的统计数据后得出,7个区中除北疆区未表现出明显的趋势外,南疆等其他6个区春季沙尘暴日数变化的总体趋势是减少,并且均是在10世纪60年代和70年代偏多,80年代沙尘暴开始减少,90年代最少,中国大部分春季沙尘暴的变化均存在较固定周期,并集中在2年和5到6年。

2.4 沙尘暴危害

沙尘暴，特别是特强沙尘暴是一种危害极大的灾害性天气。当其形成之后会以排山倒海之势滚滚向前移动，携带砂粒的强劲气流所经之处，通过沙埋、风蚀、沙割、狂风袭击、降温霜冻和污染大气等作用方式，使大片农田或受沙埋、或进而风蚀刮走沃土，或者农作物受霜冻之害；致使有的农作物绝收。有的大幅度减产；它能加剧土地沙漠化，对大气环境造成严重污染，对生态环境造成巨大破坏，对交通和供电线路产生重大影响，给人民生命财产造成严重损失。

2.5 沙尘暴防治

沙尘暴是沙漠化发展到一定阶段的表现，它又是加速土地沙漠化的一种过程，因此防治沙尘暴必须从沙漠化的防治入手，必须坚持不懈，保护和恢复生态植被，减少沙源，达到预测预防综合治理的目的。根据多年的实践经验，目前提出对沙尘暴的防治对策主要集中在以下几个方面：

(1) 进行生态环境建设。实施退耕还林(草)，有计划实行封沙育林、封山育林、扩大植被、合理轮牧，以草定畜，扩大草场比例，加强防护建设。建立绿洲防护林体系，在绿洲边缘封沙育草育林。保护天然植被，营造绿洲边缘防风阻沙林带、护田林网；

(2) 采用工程技术措施，固定绿洲边缘地区的流动沙丘，减轻沙尘暴的危害；

(3) 调整产业结构，规范生产活动，减轻对环境的破坏。在沙区将防沙治沙与产业相结合，发展多种经营，改善沙区农村能源结构；搞好流域规划，从实际出发，进行土地资源综合治理，宜农则农，宜林则林、宜牧则牧；控制人口增长，协调人与资源环境关系；

(4) 建立完善的沙尘天气动态监测、预警系统，做好防灾减灾研究工作，加大科研的投入力度，推广治理沙化和沙尘暴的高新技术；

(5) 把防治沙漠化作为防灾减灾的核心，健全有效的防治沙漠化的法制体系，减轻土地利用强度，恢复提高土地抗蚀能力；

(6) 加强宣传教育，提高全民减灾意识，增强紧迫感与责任感，防止生态环境破坏。

也有专家认为沙尘暴有净化空气、缓解酸雨、促进海洋生物生长繁殖和减缓全球变暖等环保功能。它作为地球上古已有之的自然现象，与其他许多自然现象，甚至对人类有利的现象有着密切联系。如果消灭了沙尘暴，也就消灭了一种自然生态，甚至会绝灭已经适应这种气候的一切物种。

3. 新疆沙尘暴灾害研究进展

在自然因素和人类活动的共同作用下，中国是世界上沙漠化最严重的国家之一；而新疆则是我国沙尘暴气象灾害最严重的地区之一。沙尘暴给新疆带来的严重危害已引起了国内外学者的广泛关注，并在沙尘暴天气气候特征、成因分析、沙尘的长距离输送、遥感监测以及数值模拟、风沙灾害治理等方面取得了很多有意义的成果和结论^{[18][19]}。

张广兴，李霞等对沙尘暴观测及分级标准研究现状做了研究。赵兵科等根据 88 个测站 1961~1999

年新疆沙尘暴观测资料统计分析出了新疆沙尘暴天气的时空分布特征^[20]。肖继东等对新疆沙尘暴天气的卫星云图进行了分析^[21]。何清等对根据塔里木盆地周边 25 个气象站的 38 年的观测资料分析了大风、沙尘暴天气的时空分布规律，并且利用 50 年的灾情资料分析了该地区沙尘暴灾害演变和防御对策^{[22][23]}。陈洪武等对新疆沙尘暴天气的气候特征和预报方法进行了归纳总结^[24]。李红军等近 40 年来的风的观测资料分析了南北疆合成输沙势的时空分布^[25]。高利军等探讨分析了新疆沙尘暴环境影响监测网络体系建设^[26]。

新疆沙尘暴的地理分布特点是北疆少南疆多、山区少盆地多；沙尘暴的出现频率随海拔高度的增加明显减少。沙尘暴的高发区在南北两大沙漠中，沙漠南缘、山脉北麓出现的沙尘暴多于其他周边地区。次高发区在北疆北部平原、塔额盆地、焉耆盆地—托克逊—哈密盆地。沙尘暴的频繁发生与地势、地貌、下垫面条件密切相关。新疆沙尘暴的高发年代多在 20 世纪 60 年代和 70 年代，90 年代沙尘暴的发生明显减少。每年主要出现在 4~8 月，10 月到次年 3 月少有沙尘暴发生，沙尘暴活动的高峰期南北两大盆地北部早于南部，东部早于西部。北疆的准噶尔盆地沙尘暴高发时段在 17~22 h。南疆的塔里木盆地全天都有沙尘暴发生，其中，南部有三个高发时段，分别是 0~5 h、11~15 时 19~24 h，北部高发时段在 17~23 h，东部和西部高发时段在 10~24 h。新疆其他地区沙尘暴多发时段在 16~21 h。北疆大多数沙尘暴的持续时间不超过 60min，南疆不超过 90min，塔里木盆地南部沙尘暴的持续时间最长。沙尘暴的最长持续时间，准噶尔盆地是在 6~16h，塔里木盆地是 10~26h，平原地区是 5~10h，山区是 1~3h（王旭等，2003）^[27]。

魏文寿、张璞等通过对新疆沙尘暴源区的气候与荒漠环境演变研究表明，流沙和荒漠化面积的不断扩大，古尔班通古特沙漠和塔克拉玛干沙漠的生态环境不断恶化，为沙尘暴发生提供了丰富的沙尘源^[13]。气候变化同样反映在沙尘暴的天气现象上。专家普遍认为新疆气候正处于暖干向暖湿转型阶段^[28]。根据温度和降水变化趋势分析，20 世纪 60 年代到 70 年代和 80 年代中到 90 年代中为降水丰沛期，沙尘暴日数的年序列统计中也为低值期。但是沙尘暴的强度变化则不遵循于干湿周期的变化，从强沙尘暴发生的时间周期分析，近年强沙尘暴发生频率在增加^[29]。

综合国内对新疆沙尘暴灾害的研究主要在：

- 历史时期记载的沙尘暴统计整理
- 沙尘暴典型个例分析
- 沙尘暴的发生源地、移动路线和沉降范围
- 沙尘暴的沙尘气溶胶的物理和化学特性
- 沙尘暴灾害的遥感监测与预报
- 沙尘暴的防治对策研究

4. 新疆沙尘暴灾害研究展望

新疆不仅是我国沙尘暴发生频繁地区，也是我国沙尘暴研究的前沿阵地之一。随着社会经济的发展和沙尘暴气象灾害的演变，本课题研究的要求也在不断的加深。依照目前建设和谐社会的要求和对灾害应急管理高度重视的形势，今后应在以下方面加强研究：

(1) 利用现代化技术手段研究。今后对新疆地区沙尘暴天气的监测和预报技术等方面的研究有待进一步深入。对这种突发性、灾害性极强的天气现象，需要建立现代化的监测网络及预警系统。在现有气象台站基础上，增加雷达、卫星遥感等现代化手段，进行技术和手段的整合和研究，改进气象灾害联防通讯网络，提高预测预报水平，加强防灾抗灾能力。

(2) 以综合性和典型性相结合的方法进行灾害演变研究。对中小尺度范围内特别是具有代表性和典型性区域的沙尘暴时空分布规律的研究有待深入。除了在大的区域范围研究沙尘暴外，还需要结合区域气候和生态环境背景，研究具有代表性和典型性区域沙尘暴的形成机理和发生发展的时空规律，可以深入认识沙尘暴天气，并对总结适宜的治理措施具有重要的意义。

(3) 利用自然学科知识和社会学科知识交叉进行研究。灾害学具有自然属性和社会属性的双重属性。以往的研究侧重的自然科学属性而忽视的社会科学属性。今后的研究应加强灾害历史演变规律、灾害风险、灾害防治规划与管理等方面的研究，而不单纯从气候与气象学的角度研究气象灾害。

新疆沙尘暴气象灾害演变研究

1. 序言

1.1 有关概念

1.1.1 灾害

尽管灾害 (Disaster, Catastrophe or Calamity) 现象由来已久。但就其定义却众说纷纭, 到目前为止, 尚无统一认识。以下对国内外学者为灾害下的定义试举一二:

所谓灾害是指集中于某一时间与空间发生的某类事件, 这类事件致使社会或社会内部自给自足的相关组成部分处于一种极度危险的状态, 进而造成人员伤亡与基础设施严重破坏; 以至导致社会结构崩溃, 而无法履行全部或部分社会的基本功能 (Fritz, L. E., 1961)。

灾害是指某种偶然发生事件, 其规模足以使某一社会人类正常生存模式受到突然破坏, 致使他们处于一种孤立无援, 蒙受痛苦折磨的状态 (Skeet, M., 1977)。

灾害是由某种不可控制或未予以控制的破坏引起的, 突然或短时间内发生的, 超越本地区防救力量的大量人员伤亡和物质毁损的现象 (朱克文, 1986 中国灾荒词典, 1989)。

笔者认为较完整科学的定义为: 所谓灾害, 由内部演化或外部作用所造成的, 对人类生存环境、人身安全与社会财富构成严重危害, 以至超出该地区承载能力, 进而丧失其全部或部分功能的自然——社会现象 (曾维华, 程声通, 2000)。这个定义包含了三层意思, 即灾害的原因: 内部演化或外部作用; 灾害的致灾过程: 对人类生存环境、人身安全与社会财富构成严重危害; 以及灾害的最终结果与衡量尺度: 危害超过该地区的承载能力, 继而丧失全部或部分功能, 并强调的灾害是一种自然——社会现象^[19]。

1.1.2 气象灾害与沙尘暴

气象灾害就是由气象原因直接或间接引起的灾害^[30]。沙尘暴指强风把地面大量沙尘卷入空中, 使空气相当浑浊, 水平能见度低于 1km 的天气现象。强烈的沙尘暴可能使地面水平能见度低于 50km, 破坏力极大, 俗称“黑风”^[5]。黑风暴的地方性名称因地而异, 例如, 中国内蒙古一带称为“黑毛风”^[6]。国外也有将沙暴 (sandstorm) 和尘暴 (duststorm) 加以区别的。把含有 1mm 左右直径粗沙的强风定为沙暴。沙暴中的大部分沙粒在 3~5m 的近地面层内, 很少伸达 10~20m 以上的空中, 常因地面白天地面增温引起的强风所造成, 夜晚则消失, 主要发生于沙漠地区中。而尘暴则是大面积区域出现的充满细沙尘的强风天气, 在它出现前往往经历一段时期的干旱。尘暴突然的出现, 会常达数千米之长和千米之高的尘壁为前导, 还常伴有尘卷。美国科罗拉多 (Colorado) 等州常见, 并称为“碗状尘暴”。本文中沙暴和尘暴统称沙尘暴 (duststorm)。

1.2 选题依据及研究意义

本论文属于何清导师承担的科技部基础研究发展规划项目“沙尘暴观测规范及分级标准的研究” (2002DEB20075) 中的子课题及科研院所社会公益研究专项项目“新疆现代与历史暖湿化过程及对生态环境影响” (2005DIB6J113) 中的子课题资助的一部分内容。

人类生活的地球表面大气中，地球表面大气无时无刻不在发生着各种物理运动和变化。这些运动和变化并非都对人类有益，那些对人类有害的现象就形成气象灾害。新疆的气象灾害主要有干旱、寒潮、大风、沙尘暴、霜冻、冰雹、雪害等。这些灾害不仅直接给人民生命财产造成严重损失，而且还间接引起植物病虫害、生物疫病和交通事故等，因而，成为国民经济发展中的一大制约因素。

据西汉以来 2000 多年的史料记载，我国新疆一直是沙尘暴天气发生较频繁的地区。随着区域经济社会的发展，沙尘暴气象灾害对当地的经济、社会、生态的影响也越来越明显，引起了国内外专家学者们的广泛关注和研究，并已取得了很多成就，然而随着社会经济的持续发展还远不能满足人们的要求。灾害是人类与社会相互作用，致使自然环境系统在演化变迁过程中发生某种变异行为，而危及人类生存的现象；因此，灾害必然具有一定基本特征，而在其形成和发展演变过程中也必然遵循某种基本原理^[31]。为此，笔者选择新疆这一沙尘暴气象灾害较频繁的地区对其的演变特征进行研究。这种灾害的类型、时空、强度演变特征直接为灾害的预测、影响评估，以及防治对策与措施提供理论依据。本文欲立足于综合分析的基础上，从灾害学基本理论与人一机一地关系理论出发提出演变成因和减灾对策，为今后的沙尘暴减灾防治工作贡献微薄之力。

1.3 资料来源及说明

资料来源有：（1）取自新疆维吾尔自治区气象局统计的 1961~2000 年 40 年各地州市县沙尘暴灾害灾情；（2）全国气象情报与灾情信息网公布的信息^[32]；（3）新疆维吾尔自治区气象局统计的各气象站点日沙尘暴记录；（4）《新疆维吾尔自治区气候历史史料》（内部资料）、《新疆灾荒史》、《新疆减灾 40 年》等书中记载的灾情记录；（5）引用文中已标出的其它文献资料。资料引用遵循权威性、统一性、可比性、连续性等原则。数据处理主要使用 SPSS 软件。

沙尘暴天气现象严格按照天气观测标准统计。因较小的灾害损失不能影响社会正常秩序以及为统计方便，在一次灾害灾情中直接经济损失（无人员伤亡）在 10 000 元以下的（按 2003 年的价格衡量）不记做一次灾害。直接经济损失的计算根据市场价值法、机会成本法、人力资本法、物价指数等方法计算得出。

2. 研究区概况

2.1 地理位置

新疆位于我国西北边陲，面积 166.36 万 km²，占国土总面积的六分之一，是中国面积最大的省级行政区^[33]。新疆地处亚欧大陆腹地，陆地边境线 5600 多公里，在历史上是古丝绸之路的重要通道，现在又成为第二座“亚欧大陆桥”的必经之地，战略位置十分重要。

2.2 地形地貌

新疆的地形特点是：山脉与盆地相间排列，盆地被高山环抱，俗喻“三山夹两盆”。北为阿尔泰

山,南为昆仑山,天山横亘中部,把新疆分为南北两半,北疆是半封闭的准噶尔盆地,南疆是全封闭的塔里木盆地。地势高差悬殊,有海拔 8 611 米的喀喇昆仑山乔戈里峰,也有低于海平面 154 米的吐鲁番艾丁湖。

新疆 1/4 的土地被沙漠覆盖,87 个县市中有 53 个县市有沙漠分布,其境内荒漠化土地(沙漠和戈壁)达到 79 万 km^2 。中国第一、世界第二大的塔克拉玛干流动沙漠就在新疆南部地区。每当大风刮起,很容易出现扬沙或沙尘暴天气,特别是在流动的塔克拉玛干沙漠腹地,一般五级风即可形成沙尘暴,尤其是沙漠南缘的和田地区,一年的浮尘天气超过 200 天。统计资料显示,自 1949 年以来我国发生的 10 次特强级沙尘暴灾害中,有 7 次发生在新疆,吐鲁番、哈密、和田等地累计损失达数十亿元^[34]。

2.3 气候特征

新疆具有得天独厚的水土光热资源。日照时间长,积温多,昼夜温差大,无霜期长,年太阳能辐射量仅次于西藏,对农作物生长十分有利。新疆地处欧亚大陆腹地,气候干旱,水资源受季节因素影响,时空分布极不平衡,地表水蒸发量大,致使一些地方水资源不足。新疆地处西风环流带多风地区,是冷空气南下的主要通道,大风天气并不罕见,特别是春季冷空气活动较为频繁;加之地形复杂,下垫面条件不一,局地空气常处于不稳定状态,高山深谷又导致空气绕流而加速。所以新疆沙尘暴多也不足为奇。新疆干燥度多在 2 以上,属常年干旱区。冬季虽干旱却寒冷,冻土层较厚,地表坚硬;而夏季雨水相对较多,地表比较潮湿,大风不易吹起沙土;然而春季地面植被稀疏,气候干燥加之冷空气频繁南下,因而易出现沙尘暴天气。特别是 20 世纪 80 年代以来,气候明显变暖,部分地区干旱加剧,更有利于沙尘暴的形成。

2.4 社会经济

新疆现有 14 个地、州、市,88 个县(市),其中 33 个为边境县(市)。新疆生产建设兵团是新疆的重要组成部分,有 174 个团场。截止 2004 年底,新疆人口为 1963.1 万人,其中少数民族人口约占 60.5%。新疆现有耕地 6038 万亩,人均占有耕地 3.12 亩,为全国人均数的 2.1 倍。新疆农业综合生产能力逐年提高,目前已形成了棉花、粮食、甜菜、林果和畜牧等优势主导产业。2004 年粮食总产量 828.5 万吨,棉花产量 175.3 万吨,占全国棉花总产量的 27.7%。现代畜牧业不断发展,2004 年末牲畜存栏头数达 5206 万头(只),比 1978 年增长 10.7 倍。新疆特色农产品发展方兴未艾,棉花、啤酒花、番茄、红花、枸杞、哈密瓜、吐鲁番葡萄、库尔勒香梨、和田石榴等特色农产品饮誉国内外。新疆已成为全国最大商品棉、啤酒花和番茄酱生产基地,全国重要的畜牧业和甜菜生产基地。

新疆工业经济快速增长,技术水平明显提高,形成了以矿产资源开发和农副产品深加工为主导力量,包括石油天然气开采、石油化工、钢铁、煤炭、电力、纺织、建材、化工、医药、轻工、食品等门类基本齐全、具有一定规模的现代工业体系。2004 年工业增加值 745 亿元。

3. 新疆沙尘暴灾害种类及危害方式

3.1 沙尘暴灾害分类标志及灾害种类划分

沙尘暴的分类可根据研究的目的不同而划分，见表 3-1。

表 3-1 沙尘暴灾害分类标志表

Tab.3-1 The classification of sandstorms disaster

分类标志	分类结果
危害方式	风害、沙害、尘埃
灾害影响范围	洲际、全国、地区
灾害危害程度	1~10 级或其他分类
致灾因子	气象、地质、水文、人类作用等
承灾体	城市、农村；山地、平原
状态	潜在、显在；静态收敛、动态发散
控制水平	可控制、不可控制；可避免型、不可避免型
灾害危机管理	农业、交通、林业、工业等
灾害发生方式	突变、渐变、缓变
破坏方式	机械物理、化学、生物

3.2 新疆沙尘暴灾害主要危害方式与特点

沙尘暴一旦形成，其危害是多方面的，具体表现在对森林和植被的破坏，对农牧业、人居设施及人类健康的影响等。其危害种类概括起来主要有以下几种：一是风灾，从沙尘暴的形成可以看出沙尘暴往往伴有大风的出现，因此沙尘暴天气常以大风形式摧毁建筑物及公用设施，树木和植被，伤害人畜等。沙尘暴风蚀过后轻则带走大量的表层沃土，重则挖地三尺，把作物幼苗刮走。二是沙害，以风沙流的方式造成草场和农田等被大量流沙掩埋。三是大气尘埃危害。沙尘暴天气不仅导致能见度下降，造成飞机停运，交通中断，给发生地和过境地区的环境带来严重的灾难。除上述几点反映沙尘暴对较大沙粒的近距离搬运和短距离输送外，对较小沙粒的长距离输送也引起周边国家的关注^[35]。

表 3-2 沙尘暴灾害危害方式分类

Tab.3-2 The predominant type of sand storm disaster

危害种类	主要破坏方式	灾害的表现形式	典型事例
风灾	机械破坏	以大风形式摧毁建筑物及公用设施，树木和植被，伤害人畜等。风蚀过后轻则带走大量的表层沃土，重则把作物幼苗刮走。	1993年6月23日和田地区受黑风暴袭击，因灾死亡3人，吹倒葡萄长廊197千米，直接经济损失5976万元。
沙害	机械破坏	沙打、沙割、沙埋，导致或加速土地沙化等。	1950年4月19日至5月1日，吐鲁番风沙击毙1人，4000余亩农田受灾，35道坎儿井、水渠被沙填塞或倒塌。
尘埃	生物破坏、机械破坏、化学破坏	会影响果树授粉和牲畜采食，对航空、交通、人体健康也有较大的影响。	1998年4月18日，新疆出现历史上罕见的特强大风、沙尘暴天气过程，巴里坤、伊吾两县，顿时天昏地暗、日月无光，伸手不见五指，持续长达半小时之久，造成多起交通事故。

沙尘暴各灾种演变的特点有以下几个方面：一是各小灾种在现实中往往是结合在一起对经济、生态环境、社会产生破坏的。在一次沙尘暴灾害中一般既有风害和沙害，又有尘埃危害。二是沙尘暴灾害虽说各灾种对农业、交通等影响自古就有，然而随着新疆经济社会的发展，沙尘暴影响范围越来越大。以新疆交通运输业为例，新中国成立前的新疆，人们远行、运物主要借助畜力，现代交通基本空白。新中国成立后50多年来，新疆的交通运输业发生了翻天覆地的变化。1962年底兰新铁路铺轨到乌鲁木齐，结束了新疆没有铁路的历史；1984年全长476公里的南疆铁路吐鲁番至库尔勒西段建成通车，1990年全长460公里从乌鲁木齐至阿拉山口的兰新铁路西线顺利建成通车，贯通第二亚欧大陆桥；1994年兰新铁路复线建成通车，1999年全长975公里的南疆铁路库尔勒西至喀什段建成通车；到2001年，正线营运里程已达3010公里。1949年新疆只有几条简易公路，通车里程仅3361公里，到2001年底，全区公路通车里程已达8万公里；穿越塔克拉玛干大沙漠的沙漠公路，是世界上首次在流动性大沙漠上修筑的长距离等级公路。新疆民航现已新建扩建了乌鲁木齐等11座机场，连接国内外65个大中城市和区内12个地、州、市的空运网^[36]。同时，沙尘暴对新疆交通业的影响和损失也越来越大。如2006年4月11日受西伯利亚强冷空气南下影响，新疆东部及南部地区出现大范围大风扬沙天气。在受灾最严重的吐鲁番地区，大风造成1人死亡、1人受伤、数千名旅客被困^[37]。三是沙尘暴尘埃的危害较历史时期表现更加严重和复杂，不仅表现在近代以前影响人们的呼吸系统和动物采食、农作物的授粉，而且还可以影响到现代旅游业，精密仪器使用，油田开发等社会经济领域。

4. 新疆沙尘暴气象灾害时间演变

4.1 1761~1949年新疆沙尘暴灾害简述

新疆气候历史史料的年限时间虽迁延 2 000 多年之久，但时间序列并不连续，这是由于新疆位于我国的边陲，民族迁徙较大，加之封建统治阶级的腐败，致使史料短缺，从公元前 104 年开始（西汉太初元年），对新疆沙尘暴记载较丰富的是从 1761 年（清乾隆二十六年）开始的^{[9] [10]}。根据 1761 年以来的史料分析，新疆沙尘暴灾害的特点，一是对哈密的风沙灾害记载最多，其次是喀什。这可能一方面与这些地方本来沙尘暴天气多外，另一方面还可能与当时这些地方经济、社会、军事活动频繁有关。二是沙尘暴灾害给当时的农业、房屋建筑、交通、军事造成严重影响，同时也造成人员的伤亡，如《哈密志》中记载“清乾隆二十六年二月，哈密大风，昼昏，降黄沙，人多病”，勒库克（德）著《新疆之文化宝库》中记载“光绪三十一年（哈密至吐鲁番之间），镖车遇暴风，两辆遭颠覆，60 名车夫葬身沙漠”。三是记载中的沙尘暴灾害发生在农历 2、3、4、5、6、9、10 月，以春季最为频繁。

4.2 近四十多年新疆沙尘暴灾害变化

4.2.1 新疆 1961~2000 年沙尘暴天气变化

沙尘暴天气日数的统计主要以气象观测点的观测为准。但长期以来沙尘暴观测靠目测，人为主观因素较大，故选择大量的观测站综合研究尤为重要。笔者从全疆 109 个气象站中选择 1961~2000 年 90 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新疆沙尘暴天气的年际变化。由图 4-1 可以看出，新疆沙尘暴 1961~2000 年总体呈下降趋势，90 个气象站年合计平均值是 537 次，1963 年为最大值，为 827 次，60 年代基本呈下降趋势，70 年代呈上升趋势，80 年以后呈下降趋势。从图中可以看出从 1986 年以后的 15 年时间都低于平均值，1996 年达到最小值，为 206 次。

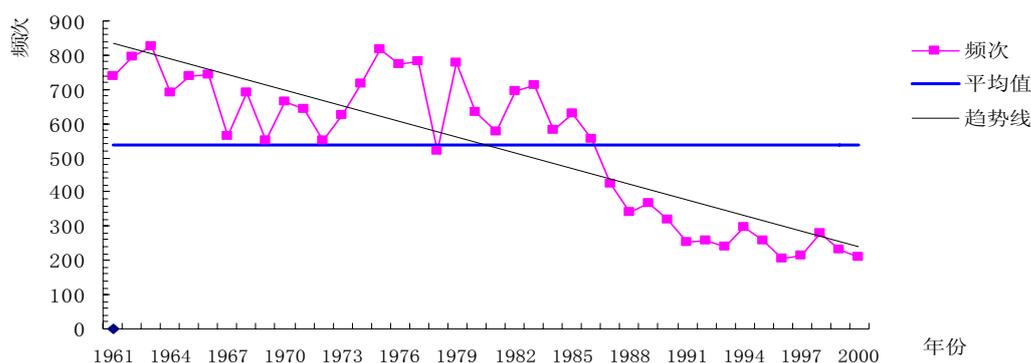


图 4-1 1961~2000 年新疆 90 个测站每年沙尘暴日数合计频次变化

Fig.4-1 The annual variation of the sand storm date numbers of 90 survey stations from 1961 to 2000 in Xinjiang

对每年沙尘暴日数合计天数除以 90 就是年均沙尘暴天气天数，得到图 4-2。

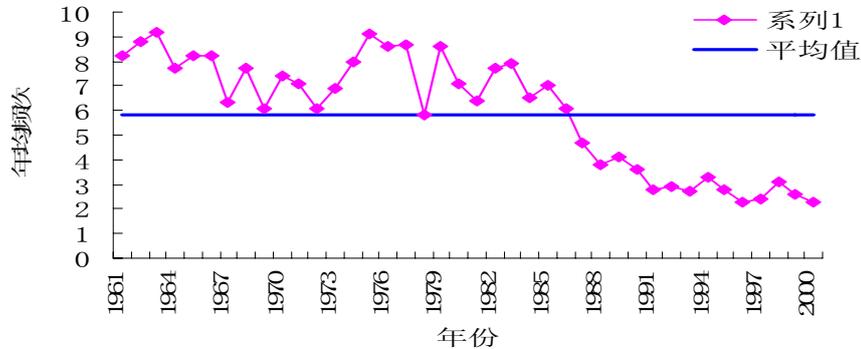


图 4-2 新疆沙尘暴年均日数变化曲线

Fig.4-2 The annual change curve of average days of sandstorms in Xinjiang

由图 4-3 可以看出, 全国近 40 多年的沙尘暴频率最高的年份在 1966 年, 年平均次数约 3.7 天, 最小值在 1997 年, 年平均次数约 0.5 天^[7]。通过对 1961~2000 年全国沙尘暴日数和新疆年沙尘暴日数这两组变化数值做相关性检验, 通过 0.01 的显著性检验, 相关系数是 0.884。新疆多年平均沙尘暴天数为 5.8 天, 最高的年份在 1963 年, 年均次数约 9.2 天, 最小值在 1996 年, 年均次数约 2.3 天。沙尘暴频率最小年份和最大年份都比全国提前, 说明新疆沙尘暴天气在全国处于敏感区, 其演变具有典型性和警示性。

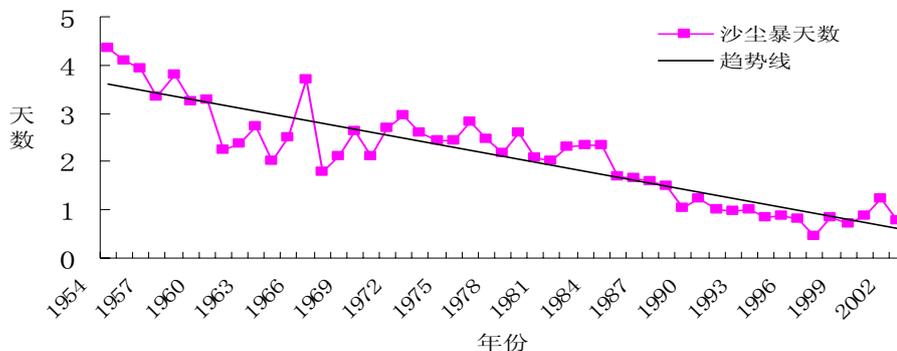


图 4-3 中国历年沙尘暴年均日数变化曲线 (赵树利, 徐毅青. 2004)

Fig.4-3 The annual change curve of average days of sandstorms in China (Zhaoshuli, Xuyiqin .2004)

4.2.2 1960~2003 年新疆沙尘暴重大灾情变化

选择沙尘暴重大灾情的标准为: 一次灾情在一个地区出现时, 农田受灾达到 1 万亩, 牲畜死亡达 2 500 头 (只), 经济损失达 100 万元, 停车达 10 小时, 有人员死亡。凡具备上述条件之一者, 即作为一次重大灾情录用 (适用于 1949 年以后)^[6]。依次标准统计自 1960~2003 年的重大灾情资料, 其中 1960~1990 年的重大风沙灾情资料重要选自《新疆气象志》和《新疆气候历史史料》^[10], 20 世纪 90 年代以来灾情

资料，从气象部门和相关文献中收集汇总。统计得出 44 年年平均频次为 3 次。

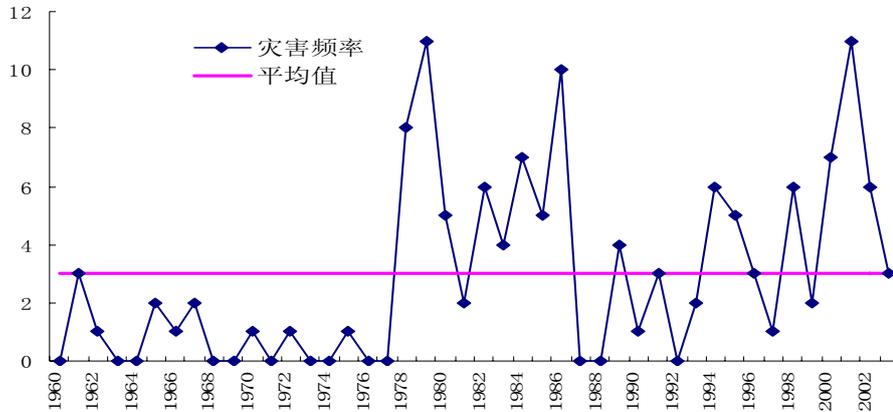


图 4-4 1960~2003 年新疆沙尘暴重大灾情变化

Fig.4-4 The annual variation of the significant sand storm disaster situation in Xinjiang from 1960 to 2003

由图 4-4 可以看出新疆沙尘暴重大灾害主要呈现三个阶段：第一个阶段是 1960~1977 年，这个阶段表现在除 1961 年重大沙尘暴灾害频次与多年平均值持平外，其他的 18 个年份都低于平均值，18 年平均值为 0.7 次；第二个阶段为 1978~1986 年，这 9 年新疆重大沙尘暴灾害处于高发期，除 1981 年略低于平均值外，其它 8 年都大于平均值，9 年平均值为 6.4 次；第三个阶段从 1987~2003 年，属于波动上升阶段。这 17 年重大沙尘暴灾害频率明显低于第二阶段，在平均水平上下波动，但整体值高于第一阶段，这一阶段平均值为 3.5 次，接近于 3 的多年平均值，有 7 个年份高于平均值（1989、1994、1995、1998、2000、2001、2002），有 7 个年份低于平均值（1987、1988、1990、1992、1993、1997、1999），有 3 个年份于平均值持平（1991、1996、2003）。第三阶段又可以划分为两个小阶段，即 1987~1993 年，为低值阶段，平均值为 1.4 次；1994~2003 年，为高值阶段，平均值为 5 次。

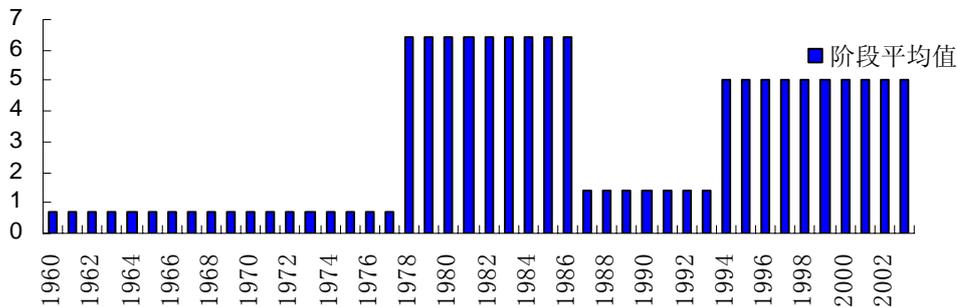


图 4-5 1960~2003 年新疆沙尘暴重大灾情阶段平均水平

Fig.4-5 The average lever in three stages of major disaster in Xinjiang sandstorms from 1960 to 2003

5. 新疆沙尘暴气象灾害空间分布

5.1 沙尘暴天气的空间分布

变异系数可以反映各地沙尘暴天气变化情况。变异系数大表示该地沙尘暴天气变化大，反之则小。根据(1)式和(2)式计算各地的变异系数 x : $x = \sigma / \bar{x}$ ，其中 \bar{x} 为沙尘暴日数的年平均值， σ 为标准离差。结合新疆各地区的年平均日数，得出表 5-1。

$$\bar{x} = (\sum_{i=1}^n X_i) / n \quad (1)$$

$$\sigma = [\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2]^{1/2} \quad (2)$$

表 5-1 新疆各地区沙尘暴年平均日数

Tab.5-1 The annual number of days with sandstorm in four decades in Xinjiang

地区 名称	20 世纪各年代年平均日数/d				年平均 日数/d	总日 数/d	变异 系数
	60	70	80	90			
阿勒泰	2.1	2.5	2.9	0.5	2.0	77.0	0.526
塔城	6.3	3.9	6.1	2.5	4.7	181.4	0.388
博州	3.7	3.6	2.7	0.4	2.5	99.5	0.715
伊犁	1.6	0.8	1.3	0.5	1.0	40.3	0.493
乌鲁木齐	2.1	2.5	0.9	0.3	1.4	56.8	0.732
石河子	5.7	7.7	11.2	4.3	7.3	283.0	0.410
昌吉	3.7	3.1	3.5	1.3	2.9	113.0	0.378
哈密	6.3	8.9	2.9	1.5	4.9	190.0	0.682
吐鲁番	5.9	7.1	5.6	2.9	5.3	208.0	0.334
巴州	8.6	9.2	6.6	3.6	7.0	272.1	0.361
阿克苏	11.9	13.5	9.4	3.8	9.9	366.6	0.429
喀什	14.0	12.6	7.5	4.4	9.6	372.2	0.465
克州	6.8	8.2	6.1	1.5	5.6	219.3	0.518
和田	29.1	24.4	25.0	15.8	23.5	912.5	0.238

新疆 40 年平均日数按多少依次排序为：和田、阿克苏、喀什、石河子、巴州、克州、吐鲁番、哈密、塔城、昌吉、博州、阿勒泰、乌鲁木齐、伊犁。可以看出南疆和东疆普遍高于北疆。变异系数按大小依次排序为：乌鲁木齐、博州、哈密、阿勒泰、克州、伊犁、喀什、阿克苏、石河子、塔城、昌吉、巴州、吐鲁番、和田。总体上北疆高于南疆，但规律不很明显。

参考沙尘暴气候危险度划分等级（何清等，2001），做出沙尘暴气候易发性区划标准：

表 5-2 沙尘暴天气易发性区划标准

Tab.5-2 The districts standards of sandstorms weather prone

等级指标	轻度易发	中度易发	严重易发	极严重易发
年平均日数/d	<8	8~15	15~25	>25

表 5-3 新疆沙尘暴易发性分区

Tab.5-3 The distraction of sandstorms prone in Xinjiang

	60 年代	70 年代	80 年代	90 年代	40a 综合区划
极严重易发区	和田	无	和田	无	无
严重易发区	无	和田	无	和田	和田
中度易发区	喀什、阿克苏、巴州	阿克苏、喀什、巴州、哈密、克州	石河子、阿克苏	无	阿克苏、喀什
轻度易发区	石河子、克州、吐鲁番、哈密、塔城、昌吉、博州、阿勒泰、乌鲁木齐、伊犁	石河子、吐鲁番、塔城、昌吉、博州、阿勒泰、乌鲁木齐、伊犁	喀什、巴州、克州、吐鲁番、哈密、塔城、昌吉、博州、阿勒泰、乌鲁木齐、伊犁	喀什、阿克苏、巴州、石河子、克州、吐鲁番、哈密、塔城、昌吉、博州、阿勒泰、乌鲁木齐、伊犁	石河子、巴州、克州、吐鲁番、哈密、塔城、昌吉、博州、阿勒泰、乌鲁木齐、伊犁

根据表 5-3 分析，在各年代中，各个年代易发性不是一成不变的，除和田、乌鲁木齐、伊犁地区外，其他各地州市易发性变动较大，轻度易发性和中度易发性之间的变化较严重易发性和极严重易发性之间的变动大，尤其是中度易发区变动最大。40 年综合易发性区划，严重易发区为和田地区；中度易发区为阿克苏、喀什；轻度易发区为：石河子、巴州、克州、吐鲁番、哈密、塔城、昌吉、博州、阿勒泰、乌鲁木齐、伊犁。

5.2 沙尘暴灾害灾情空间分布

对于新疆沙尘暴灾害强度的空间演变格局，笔者统计了 1960~2003 年 14 个地州市重大灾害的次数，得出表 5-4。

表 5-4 新疆各地州市重大沙尘暴灾害的次数

Tab.5-4 Xinjiang major city around the frequency of sandstorms disasters

地州市	乌鲁木齐	石河子	吐鲁番	哈密	昌吉	伊犁	塔城	阿勒泰	博州	巴州	阿克苏	克州	喀什	和田
次数	5	5	25	10	4	0	10	12	3	15	17	3	19	21

新疆沙尘暴重大灾害频率从大到小前 6 名是依次排序为：吐鲁番、和田、喀什、阿克苏、巴州、阿

勒泰, 哈密和塔城并列排名 7 名, 石河子和乌鲁木齐并列排名 8 名, 昌吉排名第 9 名, 克州和博州并列排名 10 名, 伊犁没有重大沙尘暴灾情。

6. 新疆沙尘暴气象灾害强度变化

6.1 灾级及其划分

沙尘暴气象灾害受灾程度的评价是一个复杂的体系, 涉及社会、经济、生态等方面的直接损失和间接损失内容, 影响范围十分繁杂, 给统计和研究带来了极大的困难, 有时还超出当前研究人员的能力。笔者在灾害统计研究中, 深感各种灾害事故资料虽然繁多, 但迄今未见有一个通用的统计指标来评价各种自然灾害与人为事故灾害的大小或轻重, 从而使各种灾害事故之间缺乏了相应的比较标准, 同时也增加了从宏观或总体的角度记录、观察、反映、研究灾情总体状态的困难。因此, 研究沙尘暴强度必须引用科学可行的灾害强度表征概念和分类。

学者普遍认为灾级与灾度都是衡量灾害灾情的综合指标。灾级表示灾害所造成社会财富损失的绝对规模和数量; 灾度则是表示受灾地区的破坏深度, 即受灾地区由于气象灾害所造成社会财产损失的相对程度^[38]。但具体的灾级和灾度划分在学术界并不一致。笔者将确定灾级的两种方法对比统一起来分析沙尘暴灾害强度。

6.1.1 冯利华等人的灾级划分

冯利华等人认为确定灾害灾情指标必须满足 3 个原则: 可比性: 即不同时间、不同地点、不同灾种之间的灾情大小都能够进行比较; 可操作性: 即选用的因子(指标)能够较快、较易地取得, 以便确定灾害等级, 及时地指导抗灾救灾工作; 可传递性: 即建立灾害等级必须简单易记, 从而使灾害信息能够在普通百姓中传递。因此他用对数函数法来定量地表示灾情大小^[39~41]:

$$G = \log_{10} DHE - 5 \quad (3)$$

式中 G 为灾害强度指数(度); D 为死亡人数; H 为重伤人数(人); E 为直接经济损失(万元), 灾害中 E > 0。

马宗晋等人认为灾害的分级不宜过多, 也不宜过少, 因此采用极重灾、重灾、一般灾、轻灾四个等级。这也便于国家现行行政区的分级管理(表 1), 职责明确, 同时符合可操作性原则^{[42], [43]}。

表 6-1 灾害等级与分级管理

Tab.6-1 Disaster grading and classification management

灾 害	灾害强度指数 G (度)	分级管理
极重灾	≥ 8.1	中央为主
重 灾	5.1~8.0	省级为主
一般灾	2.1~5.0	地级为主
轻 灾	≤ 2.0	县级为主

6.1.2 武飞琼的灾级释义与划分

灾级是灾害事故等级的简称, 是指根据各种灾害事故造成的人员伤亡与经济损失的绝对规模和数量而确定的灾害等级^[44]。该概念与马宗晋等提出的灾度概念有相似的一面, 即两者都是评价灾害大小的综

合性量度概念 但在具体内涵上又有较大区别：一是灾度以灾害造成的死亡人数和直接经济损失金额作为因子，而灾级充分考虑到了各种灾害事故所造成的因灾致伤人数亦是主要的损害后果，前者是双因子，后者则是三因子；二是灾度将自然灾害的灾情根据上述双因子划分为巨灾、大灾、中灾、小灾、微灾等五个灾度，而灾级则将各种灾害事故统一划分为从一到十的十个等级；三是二者的评价标准不同，灾度的评价指标要求同时达到双因子的规定标准，而灾级的评价则适用就高不就低的原则，只要达到三因子中的任何一个因子即为该级灾害，同时根据其达到因子多寡可以进一步作强、中、弱三个灾级的划分。因此，灾级是一个新的灾害统计学概念，是可以通用的衡量各种灾害事故等级的综合性指标。

灾级还与各种灾害事故等级的传统划分具有根本差异。一方面，在民政部门的传统救灾实践中，也将农村受灾地区按受灾程度的不同而划分为轻灾、重灾、特重灾等三个等级，这种划分主要依据灾害对受灾地区造成的相对财产损失程度来划分，而不是以绝对数额作为依据。因此，民政部门的传统划分虽有综合的一面，但它是属于对受灾面的评价指标，且等级太少，既不足以准确反映各地区自然灾害的实际情况，又使该概念在不同地区或不同时期具有不可比性。另一方面，许多具体灾种亦有自己的等级评价指标，例如自然灾害中的地震有震级与烈度等级划分。风灾有风力等级划分，降雨有降雨等级划分。旱灾亦有多个等级划分等；人为事故灾害中的城乡火灾有火警、火灾、重大火灾、特大火灾四级；公路交通事故有小事故、一般事故、大事故、重大事故四个等级。工伤事故有一般工伤的事故、严重工伤事故、重大工伤事故、特大工伤事故四个等级，等等。然而，各灾种的等级划分仅仅适用于该灾种，其依据既大不相同，标准更是差异极大，如公路交通事故中死亡3人以上或重伤10人以上或直接经济损失2万元以上均为重大事故，其与任何自然灾害乃至火灾、爆炸等的损害后果及相关等级显然无法比拟。可见，各灾种的等级划分与武飞琼引用的通用灾级指标完全是两个不同层次、不同内容的概念。

在各种灾害资料积累的基础上，以各种灾害事故造成的死亡人数、重伤人数、直接经济损失额为因子，按照各灾种通用的标准，将各种灾害事故统一划分为十个等级。各灾级的具体标准可见表6-2。

表6-2 灾级简表

Tab.6-2 The classification of disaster lever

等级 (G)	死亡人数 (人)	重伤人数 (人)	直接经济损失
一级 (G ₁₀)	> 100000	> 150000	> 1000亿元
二级 (G ₉)	10000~100000	100000~1500000	500亿~1000亿元
三级 (G ₈)	5000~10000	10000~100000	100亿~500亿元
四级 (G ₇)	1000~5000	5000~10000	10亿~100亿
五级 (G ₆)	500~1000	1000~5000	1亿~10亿
六级 (G ₅)	100~500	500~1000	1000万~1亿
七级 (G ₄)	50~100	100~500	100万~1000万
八级 (G ₃)	10~50	50~100	50万~100万元
九级 (G ₂)	3~10	10~50	10~50万元
十级 (G ₁)	3人以下	10人以下	10万元以下

6.1.3 新疆沙尘暴灾害等级的划分

为强度认识上的习惯性,如八级地震强度强于七级,笔者将许飞琼的灾害等级表示序列上做了变动,强度以等级越高表示强度越大,见表6-3。

表6-3 灾级简表

Tab.6-3 The classification of disaster lever

等级 (G)	死亡人数 (人)	重伤人数 (人)	直接经济损失
一级 (G ₁)	3人以下	10人以下	10万元以下
二级 (G ₂)	3~10	10~50	10~50万元
三级 (G ₃)	10~50	50~100	50万~100万元
四级 (G ₄)	50~100	100~500	100万~1000万
五级 (G ₅)	100~500	500~1000	1000万~1亿
六级 (G ₆)	500~1000	1000~5000	1亿~10亿
七级 (G ₇)	1000~5000	5000~10000	10亿~100亿
八级 (G ₈)	5000~10000	10000~100000	100亿~500亿元
九级 (G ₉)	10000~100000	100000~1500000	500亿~1000亿元
十级 (G ₁₀)	> 100000	> 150000	> 1000亿元

(本表中的每个灾级又可根据具备因子的多寡再作强、中、弱度划分)

在表6-3中,将所有灾害统一划分为十个等级,现对该表解释如下:

(1)任何一个灾级均有三个衡量指标,但根据就高不就低的原则,只要其中任何一个指标达到标准即可算作该级灾害。具体而言,各种灾害事故可以依其灾情达到某一灾级中的一、二或三个指标,分别作弱、中、强等级划分。如某次灾害造成了1 000多人死亡、5 000多人重伤和12亿多元的直接经济损失,则该灾害为强七级灾害。如果该灾害造成1 000多人死亡、6000多人重伤和1亿多元经济损失,则因其直接经济损失未达到七级灾害而使该次灾害在总体上只能属于中七级灾害。再以现实中的例子为例,如唐山地震,该地震造成24万多人死亡、16万多人重伤、直接经济损失近98亿元,其死亡人数、重伤人数二项指标达到了十级灾害的标准,据表1可以定为中十级灾害;日本神户地震虽人员伤亡不重但直接经济损失达1000多亿美元,即一项指标达到了十级灾害的标准,从而可以称为弱十级灾害。

(2)根据各具体灾种发生的情况,灾级表现出如下规律:八、九、十级灾害主要是大范围的洪水、干旱、地震、台风(热带风暴)等自然灾害;一般自然灾害多属于七级以下灾害。

(3)本表中的死亡人数统计口径是指因灾害事故直接致死的人员与因灾害事故致伤虽经治疗仍然死亡的人员总和;重伤人数则根据丧失劳动能力的程度及医治难度、时间等具体规定确定,直接经济损失的计算则限于灾害事故发生时的现场损失。

将灾级和灾害强度指数两者结合起来,再考虑新疆是一个经济欠发达地区,将灾害管理级别划分上采用就高不就低的原则,得出以下对照表6-4。一、二、三级灾害以县级管理为主,四、五级灾害以地级管理为主,七、八级灾害以省级管理为主,八、九、十级灾害以中央管理为主。

表6-4 灾害强度划分对照表

Tab.6-4 Disaster intensity by the CRT				
管理级别	中央为主	省级为主	地级为主	县级为主
强度指数	≥ 8.7	4.7~8.6	0.7~4.6	≤ 0.6
灾 级	8~10	6~7	4~5	1~3

6.2 新疆沙尘暴气象灾害强度变化

对新疆 1960~2003 年 44 年的 130 次重大灾情按 10 个等级计算, 灾害强度分布在 1~6 级之间, 130 次重大灾害的平均灾级 4.5, 处于中四级强度, 在灾害管理上应以地级为主。在第一个阶段(1960~1977 年), 重大灾害平均灾级为 3.4 级, 处于中 3 级强度; 在第二个阶段(1978~1986 年), 重大灾害平均灾级为 4.6 级, 处于中 4 级强度; 在第三个阶段(1987~1999 年), 重大沙尘暴灾害的平均灾级为 4.7 级, 处于强 4 级强度。以上分析可以得出, 新疆沙尘暴重大灾害的强度从中 3 级到中 4 级别到强 4 级, 强度趋于增大。

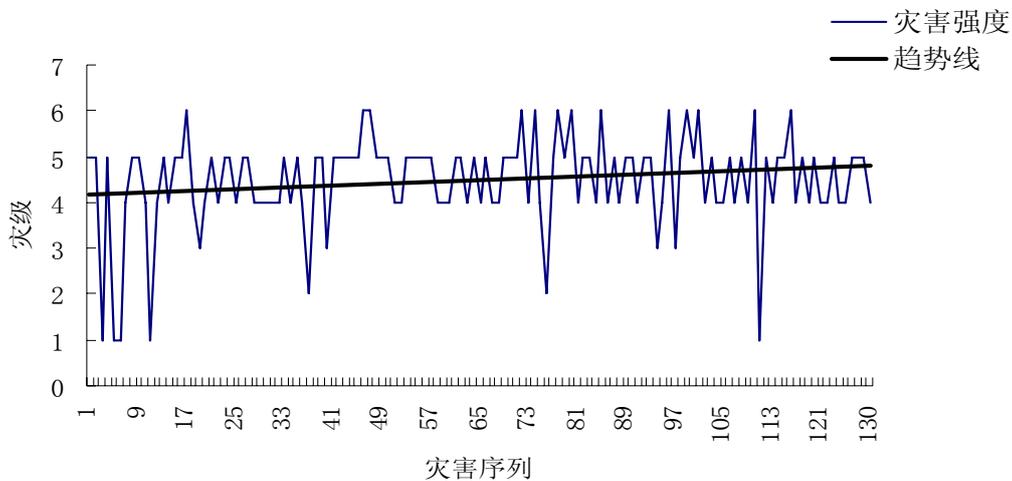


图 6-1 新疆 1960~2003 年 130 次重大沙尘暴灾害强度变化

Fig.6-1 The major disaster intensity changes of sandstorms in Xinjiang from 1960 to 2003

为对比分析新疆各地州市沙尘暴灾害强度, 笔者统计了 1960~2003 年 14 个地州市每次重大灾害的灾级及相应灾级次数, 以求出总灾级。

表 6-5 新疆 14 个地州市重大灾情灾级

Tab.6-5 The major disaster level in Xinjiang of 14 region

地州市	1~6 级强度灾害的次数					
	1 级	2 级	3 级	4 级	5 级	6 级
阿勒泰	0	0	1	5	5	1
塔 城	1	0	1	4	0	0
博 州	0	0	1	1	1	0
伊 犁	0	0	0	0	0	0
乌鲁木齐	0	0	1	2	2	0
石河子	0	0	1	0	3	1
昌 吉	0	0	0	0	3	1
哈 密	1	0	2	2	4	1
吐鲁番	1	1	1	5	10	3
巴 州	0	0	1	5	7	2
阿克苏	0	0	1	2	12	2
喀 什	0	0	5	4	8	2
克 州	0	0	1	1	0	1
和 田	1	1	1	6	8	4

用以下公式求出每个地区 1960~2003 年的总灾级:

$$G_{\text{总}} = \sum_{n=1}^{10} (n * F_n)$$

式中 $G_{\text{总}}$ 表示总灾级, n 为灾级的级别, F 为该灾级的频率。

表 6-6 1960~2003 年各地州市重大沙尘暴灾害总灾级值 ($G_{\text{总}}$)

Tab.6-6 The total value of major disaster lever in Xinjiang from 1960 to 2003

地州市	乌鲁木齐	石河子	吐鲁番	哈密	昌吉	伊犁	塔城	阿勒泰	博州	巴州	阿克苏	克州	喀什	和田
$G_{\text{总}}$	21	24	110	41	21	0	33	54	12	70	83	13	83	93

从上表可以得出, 44 年来, 新疆吐鲁番地区所受的灾害最严重, 其余依次是和田、喀什、阿克苏、巴州、阿勒泰、哈密、塔城、石河子、乌鲁木齐、昌吉、克州、博州、伊犁。南疆和东疆明显比北疆承受的危害严重。

7. 新疆沙尘暴灾害演变因素探析

7.1 新疆沙尘暴气象灾害风险性分析

7.1.1 风险与自然风险的概念

自然风险是自然灾害的演变过程中所处的一种状态，是自然灾害在孕育期与潜伏期的表征形式。因此，自然风险是自然灾害预测的基础，是自然灾害研究的重要组成部分^[46]。在学术界风险的含义众说纷纭，下面试列举一二：Risk is uncertainty concerning loss. (Robert I. & Emerson Cammack, *Principles of Insurance*, 1980) (译文：风险是指与损失有关的不确定性)。一定空间和时间中产生的危害与造成损失的可能性与不确定性；风险就是潜在的危险（扬晓松，1994）。风险就是人们从事生产或生活活动时可能发生有害后果的定量描述，即风险在一定时期产生有害事件的概率与有害事件后果的乘积（曹希寿，1994）。综合一些观点，对风险的认识可以定义为：风险是一种潜在的危险（danger）状态，它包含两层涵义，即危险爆发的危险性后果（probability）的不确定性（uncertainty），以及危险的危险性后果（财产的损失、人员的伤亡与生态环境的破坏）。

风险通常可表示为危险发生的概率（Probability）与危险后果（Consequences）的乘积形式：

$$\text{Risk} = P * C \quad (4)$$

式中：Risk —— 风险；P —— 风险爆发的概率；C —— 风险产生有害事件的危害性后果^[47]。

风险的内涵很广，既有自然风险、经济风险、社会风险与政治风险，也有环境风险与生态风险等等。诸如地震、洪水、海啸、沙尘暴等自然界发生的事件均属于自然风险。

7.1.2 自然风险与自然灾害的辩证关系

自然风险并不等于自然灾害。自然风险是危险的可能性，而自然灾害是自然风险爆发的结果。自然风险是否会演变为自然灾害取决于自然灾害的控制机制（限制因素）、传递过程（通过自然环境的媒介作用传递）及自然风险受体的分布等。除了自然风险的限制因素以外，自然风险的大小（可能性与危害性后果的严重程度）也是自然风险是否转化为自然灾害的决定性因素，只有那些风险值大，危害性后果严重的自然风险才有可能转化为自然灾害（表 7-1）。

表 7-1 自然风险转化成自然灾害的四种基本情况

Tab.7-1 The four kinds of basic situations of transformation from natural risk to the natural disaster

可能性	危害性后果	成灾与否
小	大	可能成灾
大	小	未必成灾
小	小	不成灾
大	大	很可能成灾

7.1.3 新疆沙尘暴灾害风险值分析

在（4）式中，危险发生的概率可用沙尘暴的年平均日数，即表征沙尘暴天气的易发性的参数来确定，危险的后果可用各地区的灾害总灾级来确定。故（4）式转化为（5）式：

$$R = D * G \quad (5)$$

结合表 5-1 和表 6-6 可计算出新疆沙尘暴多年风险值，见表 7-2。

表 7-2 新疆各地州市重大沙尘暴灾害风险值 (R)

Tab.7-2 The risk lever of the major disaster in Xinjiang

地州市	乌鲁木齐	石河子	吐鲁番	哈密	昌吉	伊犁	塔城	阿勒泰	博州	巴州	阿克苏	克州	喀什	和田
R	29	175	583	201	61	0	155	108	30	470	822	73	797	2186

新疆 14 个地州市重大沙尘暴灾害的风险性大小依次排序为：和田、阿克苏、喀什、吐鲁番、巴州、哈密、石河子、塔城、阿勒泰、克州、昌吉、博州、乌鲁木齐、伊犁。

对以上风险值分类，划分出 1~5 级沙尘暴风险区，其划分标准见表 7-3。

表 7-3 风险级别划分标准

Tab.7-3 Risk rank division standard

风险级别	1 级	2 级	3 级	4 级	5 级
风险值	0~100	100~200	200~500	500~1000	> 1000



图 7-1 新疆重大沙尘暴灾害区划

Fig.7-1 The Xinjiang significant dust storm disaster area delimits

7.2 影响新疆沙尘暴灾害演变成因的概念模型

影响新疆沙尘暴灾害演变因素的状态参量主要包括：人口状况 (P)、社会经济 (E_c)、气象条件 (M)、生态环境 (E_n)。人口状态包括人口数量、人口素质、人口分布；社会经济包括区域经济产业结构、经济总体水平、抗灾防灾工程水平等；气象条件有沙尘暴频率、强度、范围等；生态环境状况指生态的承

灾能力。这些状态参量是时的函数，同时与调解因子（ α ）有关。

$$S(t) = f(P(t), Ec(t), M(t), En(t)) \quad (5)$$

$$P(t) = f_p(P_0, \alpha_p, t) \quad (6)$$

$$Ec(t) = f_{Ec}(Ec_0, \alpha_{Ec}, t) \quad (7)$$

$$M(t) = f_m(M_0, \alpha_m, t) \quad (8)$$

$$En(t) = f_{En}(En_0, \alpha_{En}, t) \quad (9)$$

式中： P_0, Ec_0, M_0, En_0 ---- 初始的人口、经济状况、气象条件、生态环境状况。

$\alpha_p, \alpha_{Ec}, \alpha_m, \alpha_{En}$ ---- 人口状况、经济状况、气象条件、生态环境等外界的调节因子，调节因子由国家政策等外界因素确定。

沙尘暴天气、经济状、人口、生态环境等状况都是沙尘暴灾害的风险源。经济状、人口、生态环境可以通过初级控制机制改变沙尘暴的天气状况，以减轻或避免沙尘暴灾害，如果初级控制机制失效，可以通过次级控制机制（如沙尘暴天气预警系统）来控制沙尘暴灾害，一旦次级控制机制失效，则沙尘暴灾害不可避免，作用到沙尘暴的承灾体上，对人口、经济、生态环境起到破坏作用，从而也加大了灾害初级控制机制的难度（图 7-2）。

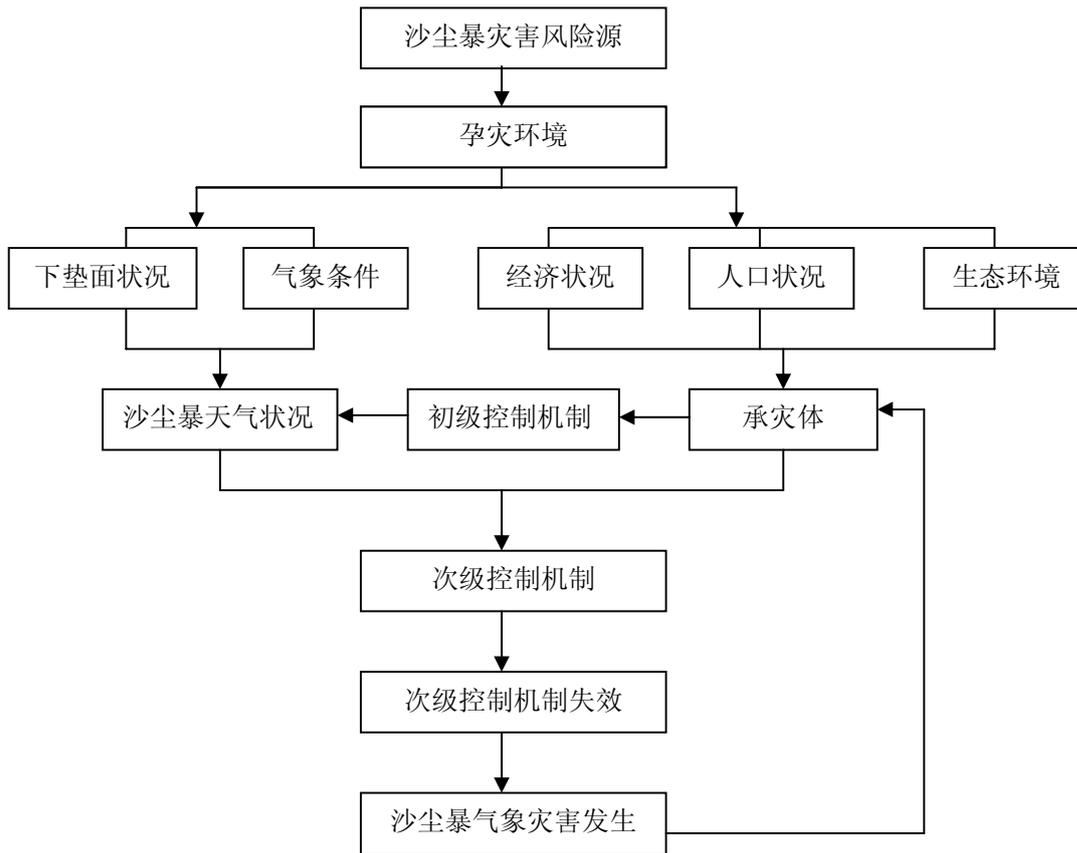


图 7-2 沙尘暴灾害概念模型框架图

Fig.7-2 The figure of sandstorms disaster concept model frame

7.3 影响新疆沙尘暴灾害演变主要因素初探

新疆沙尘暴天气的时空分布前文和其他文献中已有论述，在此不必赘述。重点从新疆人口、经济、生态环境方面阐述新疆沙尘暴的演变因素。

7.3.1 新疆人口变化与沙尘暴灾害演变

自新疆维吾尔自治区成立以来各地人口持续增长，有的地区人口增长率一度达到 20% 以上（图 7-3）^[48]。

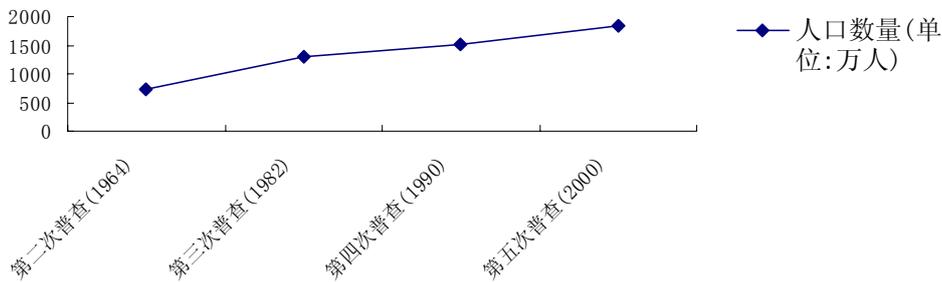


图 7-3 新疆 4 次人口普查数量变化

Fig.7-3 The census variation of four times in Xinjiang

新疆人口的持续增加对新疆沙尘暴灾害演变的影响主要有以下三个方面：一是人作为改造自然的主体力量，有利于提高沙尘暴灾害的防治；二是人口数量的增加，尤其是脆弱环境地区超载人口的增加，扩大了裸露地表面积和加快了荒漠化进程，为沙尘暴灾害物质来源提供了条件，见表 7-4；三是新疆各地人口的增加使受灾地区单位面积人口增加，从而增加了自然风险中的危害性后果的严重程度。

表 7-4 人类活动作用对预防沙尘暴的不利因素一览表

Tab.7-4 The list of the role of human activity in the prevention of adverse factors to sandstorms

人类活动类型	对人类赖以生存的自然生态环境的影响
矿产 开采业	破坏土地，引起地表裸露；耗竭不了再生资源形成新的生态环境物体； 影响空气污染，土地污染，产生大量颗粒物。
耕作业	大面积破坏自然植被，引起荒漠化。
畜牧业	造成土壤覆盖层的退化（水蚀、风蚀、盐渍、盐碱等）。 耗竭不可再生的植被资源，破坏野生动物及其栖息地；
林业	森林植被的水分调节与地表径流调蓄功能遭到破坏，与此引发气象灾害； 造成沼泽化，坡地土壤侵蚀等土壤退化现象。 消耗淡水储量，引发大面积水荒；
工业	严重污染地表水、地下水、空气与土壤； 造成大量人工合成物质进入环境，改变原有的物质循环。

7.3.2 新疆社会经济变化与沙尘暴灾害演变

利用资料统计分析,得出新疆 1952~1995 年国民生产总值变化(图 7-4)^[49]。由图中可以看出新疆自 1980 年以来经济持续快速发展。新疆国民生产总值的增加使相同强度沙尘暴天气的破坏作用加大,从而增加了新疆沙尘暴灾害的风险。但经济的发展也可以给灾害防治提供支持,即提高灾害的控制系统能力,如加大生态建设的投资等。

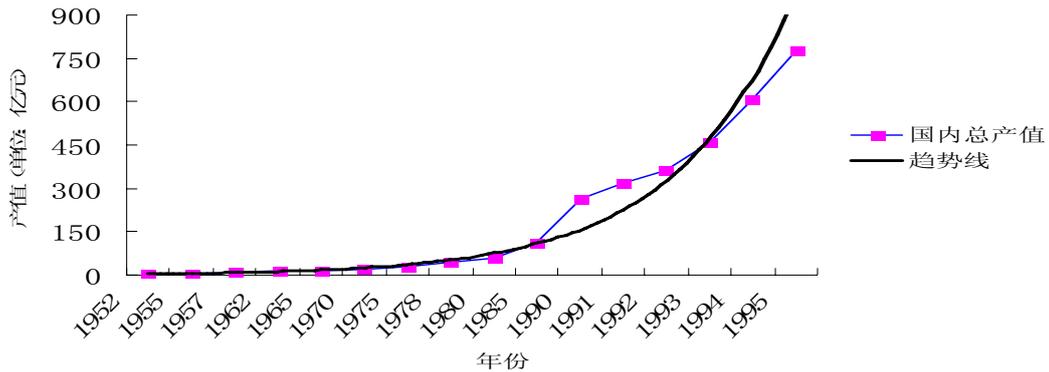


图 7-4 新疆 1952~1995 年国内生产总值变化

Fig.7-4 The variation of GDP in Xinjiang from 1952 to 1995

7.3.3 新疆生态环境变化与沙尘暴灾害演变

7.3.3.1 耕地变化

由资料统计分析,得出新疆 1949~1995 年耕地面积的变化^[49]。由图 7-5 可以看出,自 1949~1980 年新疆的耕地总数快速增长,1980 年以后基本处于稳定阶段。耕地的增加一方面使同样强度的沙尘暴天气的破坏作用加大,另一方面使春季裸露地表面积扩大,而这一季节正好是新疆沙尘暴天气的高发季节,从而加大了沙尘暴天气的破坏强度。

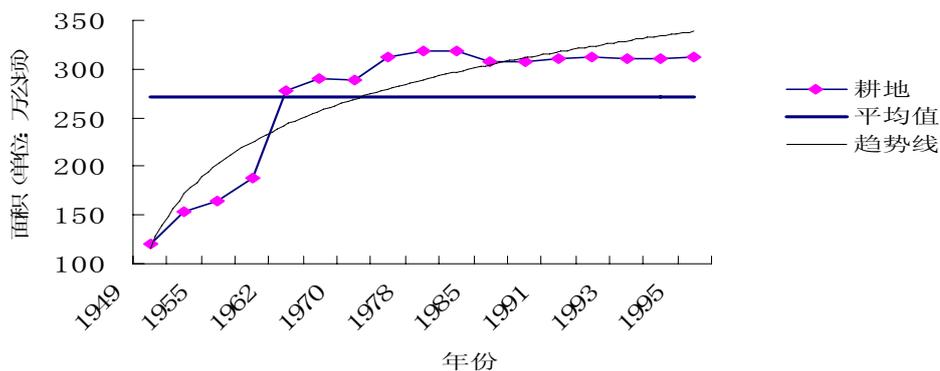


图 7-5 新疆 1949~1995 年耕地面积变化

Fig.7-5 The variation of cultivated area in Xinjiang from 1949 to 1995

7.3.3.2 荒漠化

由于自然因素的作用,加之人为因素的影响,新疆局部地区荒漠化十分严重^[50~52]。据朱震达等研究表明(表 7-5),新疆沙质荒漠化土地面积为 3.05 万 km²,占全国沙质荒漠化土地面积的 17.27%。其中古尔班通古特沙漠边缘为 0.63 万 km²,塔克拉玛干沙漠边缘为 2.42 万 km²。新疆强烈发展中的沙质荒漠化土地和严重沙质荒漠化土地分别占全国同类沙质荒漠化土地面积的 32.13%和 21.88%^[53]。据统计近 30 年来新疆的沙漠面积扩大了 3.4 万平方公里,340 万亩农田和草原被沙漠吞没^[54]。

表 7-5 新疆沙质荒漠化土地的分布及在全国沙质荒漠化土地中所占比例

地区	沙质荒漠化土地/km ²				潜在沙质荒漠化土地/km ²
	总面积/km ²	正在发展中的沙质荒漠化土地	强烈发展中的沙质荒漠化土地	严重沙质荒漠化土地	
古尔班通古特沙漠边缘	6248	952	5296	/	2806
塔克拉玛干沙漠边缘	24223	2408	14200	7615	12690
新疆合计	30471	3360	19496	/	15496
全 国	176442	80960	60677	34805	158000
新疆在全国的比例 (%)	17.27	4.15	32.13	21.88	9.81

注:根据朱振达《中国沙漠化及其治理》(科学出版社,1989)资料整理

表 7-6 70 年代到 80 年代新疆塔里木河下游天然林地的退化

地段	1973年时面积 (km ²)	1983年时面积 (km ²)	减少比例 (%)
铁干里克至喀尔古依	317.5	224.7	29.2
喀尔古依至阿拉干	224.4	135.9	39.4
阿拉干至依干布及麻	92.6	34.2	63.1

数据来源:朱震达等(1990).

从以上资料可以看出新疆的生态环境不容乐观,在近几十年时间里,尤其是80年代荒漠化程度处于加深的情况。

7.4 小结

如前文所述新疆沙尘暴灾害呈较明显的三个阶段,即 1960~1977 年低水平期,这个时期新疆沙尘暴次数在 44 年里年均次数最高,但正值新疆解放不久的经济恢复时期和文革时期,生产水平在近 40 多

年来最为低下,人口数量基数最小,生态环境承载能力较好,因此造成的重大灾害次数和强度在三阶段处于最低水平。第二个阶段为 1978~1986 年,这 9 年新疆重大沙尘暴灾害处于高发期。在这 9 年中,新疆年沙尘暴天气次数虽然有所下降,但除 1981 年外其他年份都高于多年平均值,这个阶段的人口数量、经济增长速度、开垦耕地速度和荒漠化速度都处于高速增长期,因此重大灾害的次数在三个阶段处于最高时期,强度高于第一个阶段。第三个阶段是 1987~2003 年,这 17 年重大沙尘暴灾害频率低于第二阶段,在平均水平上下波动,但整体值高于第一阶段。这一阶段虽然新疆年均沙尘暴天气次数继续降低,但是人口数量、经济产值继续增大,生态环境局部恶化,所以重大灾害的次数高于第一个阶段,灾害强度处于最高水平。

表 7-7 沙尘暴灾害演变因素分析

Tab.7-7 The analysis of sandstorms disasters evolution factors

各阶段	影响演变因素				沙尘暴重	沙尘暴重
	沙尘暴天气次数	人口数量	荒漠化程度	经济水平	大灾害年 均次数	大灾害年 均强度
第一个阶段	最多	少	低	低	少	小
第二个阶段	多	多	最高	高	最多	大
第三个阶段	少	最多	高	最高	多	最大

8. 新疆沙尘暴气象灾害减灾防灾对策

8.1 理论依据

8.1.1 人地关系理论

在地球科学中,地理学着重研究地球表层人类和地理环境的相互影响与反馈作用,地理学的基础理论研究始终离不开人地相互关系这一宗旨。人地关系地域系统是以地球表层为基础的人地关系系统,是由人类社会和地理环境两个子系统在特定的地域中交错构成的一种动态结构,一个复杂的开放巨系统,两个子系统之间的物质循环和能量转化相结合,就形成了系统发展变化的机制。人地关系是一种可变的量,是一个不稳定的、非线性的、远离平衡状态的耗散结构。地球系统是远离平衡状态的开放性巨系统。从本质上说,自然灾害是地球系统在其运动过程中由相应子系统的物质运动和变异形成的。变异的积累使各层圈内或圈层间的联系失去平衡,自然灾害则是突发性的能量释放使地球系统达到新的平衡而造成人类社会的生命与财产损失。气象灾害是自然灾害的主要部分,主要由大气圈内部物质、能量失衡引起,同时也不排斥其它层圈的作用^[55]。研究时要重视它的时间和空间变化,并从自然和人文两个方面建立系统的变量识别指标加以分析。人地关系的研究是一项跨学科的大课题,其研究内容是多方面的。在特定的时间条件下,这一研究,首先要明确研究的目标是协调人地关系,使之和谐化,即优化人地关系的地域系统,落实到地区的持续发展上,这是研究的应用意义;二是要明确研究的重点是人地关系的地域系

统,研究这一系统的形成过程、结构特点和发展趋向,从而奠定地理学理论研究的基础,这是研究的学术意义;三是要运用有效的研究方法,采用从定性分析到定量计算的综合集成方法,走向推理逻辑化、体系严密化和理论模式化的道路。人类活动和地理环境的关系并非一成不变,而是随着人类社会的进化、文化科技和生产水平力的不断提高而不断变化,向广度和深度发展而变得日益密切。而且这个关系在不同类型地域上所表现的结构和矛盾又不尽相同,因此还具有明显的地域差异性。所以在宏观上人地关系就具有不同的时间结构和空间结构。

8.1.2 人—机—地关系理论

人—机—地关系理论来源于人地关系理论和狭义的人—机—环境系统理论。人—机—环境系统理论是研究诸如航天飞机与汽车设计等具体微观问题而建立的具体工程概念。人—机—地关系理论也不同于曾维华和程声通提出了广义人—机—环境系统概念,其概念是人们为了改善自身的生存条件,总是在不断利用自己的智慧改造周围环境,建筑更舒适的生存空间,由此组成一个既有人工(或称人文环境与人为空间),还有自然生态环境的复杂系统。

人—机—地关系是指为了达到人与自然的和谐发展,人利用自己的聪明才智和技术手段,提高适应和改造的能力,形成自然界特定的人—机—地关系系统。其中,“人”是这一关系中的主体;“机”是人适应和改造自然界的一切工具和手段(既包括实体工具也包括虚体工具,如计算机应用程序);“地”是与人类生活和生产息息相关的大自然,包括天文圈、大气圈、水圈、生物圈、岩石圈。“人”,“机”共同组成人文圈和智慧圈。人—机—地关系理论突出了人地关系之间的中介作用,把人地关系理论延伸为人机地三者的关系,如下图所示。本文用这一理论做为提出减灾对策的理论依据之一。

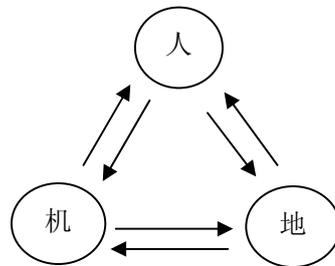


图 8-1: 人—机—地关系图

Figure 8-1 : Earth- machine -person relations

8.2 减灾防灾原则

8.2.1 以防为主, 防治结合的原则

在发展经济、保护环境的同时,应注意加强防灾工作。通过建立各地沙尘暴灾害灾情信息系统和监测预报网络,不断提高灾害的预测预报水平,及时实施减灾工程。对潜在的重大沙尘暴灾害,应做好预案制定工作,以便能及时做出反应,应主动抗灾,尽量减轻灾害损失;灾害发生后,要组织有力的减灾队伍投入抢险救灾,并尽快开展灾区自救和重建家园工作。

8.2.2 突出重点, 兼顾一般的原则

在防灾减灾中必须根据灾害的地方性、区域经济性与社会同步性等特点, 对强度日趋严重、普遍的沙尘暴灾害, 分析灾情大小、防灾效益以及技术上和经济上的可行性, 有重点的防范, 确保安全。一般地区, 则立足防灾与抗灾相结合, 尽量减轻灾害损失。

8.2.3 生态治理为主, 机械治理为辅的原则

目前人类还无法控制大风、强劲对流天气, 也不可能根除沙尘源, 因此不可能彻底消除沙尘暴灾害。但是, 对沙尘暴灾害的防治, 有可能着眼于生态环境的保护, 即从遏制生态环境中的沙尘源入手, 从而减弱沙尘暴的强度, 缩小沙尘暴的范围, 进而减轻沙尘暴的危害。沙尘暴减灾对策的关键, 是切实加强生态环境保护和建设, 以减小沙尘暴的危害。

科技的应用是做好防沙治沙工作的关键之一。20 世纪初美国大规模开发西部土地, 导致 30 年代震惊世界的“黑风暴”, 30 年代以后, 对西部的建设和改造中大力调整农业种植结构, 采取不同成熟期和不同播种期作物间作、套种和作物留茬, 大力推行免耕法及改革农机具等一套行之有效的方法; 前苏联 20 世纪 60 年代开垦哈萨克斯坦卡拉库姆荒漠周围土地, 同样出现强烈的沙尘暴; 60 年代以后, 在对中亚的建设和改造中重视兴修水利工程、大力建设农田防护林网都收到了比较好的效果^[3]。美国和前苏联为世界提供了两种不同的防治沙尘暴的技术模式——简称农业措施(美国)和林业措施(前苏联)。国内外事实证明, 生态治理总体优于机械治理, 所以要以生态治理为主。我们应汲取世界其它沙尘暴多发地区的成功经验, 制订适合新疆的生态恢复策略和方针。

8.2.4 减灾与发展并重, 可持续发展原则

事实说明, 沙尘暴灾害损失与社会经济增长一般同步增长。沙尘暴灾害的经济损失很大, 而减灾的投入与效益比一般在 1: 10 以上。减灾投入不仅可以获得更大的社会效益, 而且关系到国民经济计划是否能实现。因此, 要把减灾投入作为一个重要的投资方向, 把减灾计划纳入社会经济发展规划中。在制定国土开发规划和社会经济发展计划时, 要考虑灾害因素, 制定可持续发展的减灾对策。

在未来的经济发展过程中, 应牢固树立和认真贯彻科学发展观, 尽快组织多学科的专家, 在全疆范围内提出综合防灾减灾规划和具体的防灾减灾方案, 并与所在地区的经济发展规划、城市发展建设规划、生态保护与生态建设规划等融为一体, 同步实施, 力求取得经济效益、生态环境效益与减灾防灾效益的统一, 把沙尘暴灾害造成的损失减少到最低程度, 确保区域资源开发与经济建设的可持续进行, 实现人与自然和谐相处, 协调发展。

8.3 防灾减灾对策建议

本文主要以人一机一地关系理论为指导, 以“约束人的行为, 提高科技水平, 改善生态环境”为思路分别从人、机、地 3 个角度提出防灾减灾对策。

8.3.1 树立防灾减灾意识, 提高防灾抗灾能力

沙尘暴灾害是由于自然营力作用和人类活动影响而发生的, 在当今科学技术与经济条件下, 有些灾害具有不可避免性, 但某些情况下沙尘暴灾害具有可预测性和可防御性。因此, 在加强科学研究的同时,

应大力加强宣传教育工作，普及防灾减灾基础知识，增强社会的防灾意识和抗灾能力（罗元华，1997）。防治沙尘暴灾害要走“群专结合”的道路，采取综合措施减轻灾害。运用现代化技术方法和手段，通过综合勘查和评价研究，掌握沙尘暴灾害在不同地方的发生规律和成因机制，从而提出减灾对策。全民性的“群测群防”也是必不可少的，特别是对点多面广、频率发生或持续作用的沙尘暴灾害，应主要依靠灾区人民群众，自觉地组织监测并主动进行防治。

表 8-1 导致人为失误的主要因素一览表

Tab.8-1 The lists of major factors leading to human errors

主要因素	说 明
信息反馈条件	信息掌握水平、信息分析能力与决策层素质
时间限制条件	快速反应能力与应变时间等
空间限制条件	操作空间与应变等
人口素质条件	义务感、责任感、受教育水平、心理素质与社会认识水平

8.3.2 积极开展灾害科学研究，充分发挥政府协调职能

减轻灾害的理论与实践研究，将成为一门横跨自然学科、社会学科、人文学科的新的学科体系。因此在以科学为先导下，开发减灾技术的同时，要以地理系统学科为指导，综合研究灾害的发生发展规律，努力攻克沙尘暴灾害研究领域理论和技术难关。积极开展灾害区划、灾害评估、灾害心理学等新兴领域的研究；引入高新技术，开展防灾、抗灾、救灾技术与设备的研究。

沙尘暴天气的研究是一个复杂的课题，应加强研究沙尘暴天气形成和发展过程与机理，揭示沙尘暴生成背景与长距离输送的天气气候特征与条件，将传统的天气学方法和现代数值预报方法有效地结合，探索新的沙尘暴中短期预报和治理方法。可从以下几个方面入手：历史时期和近期沙尘暴记载的统计与整理；沙尘暴发生的源地、移动路线和沉降范围；沙尘暴典型案例和沙尘气候变化特征研究；沙尘气溶胶物理化学及辐射特征研究；开展气候变化对沙尘暴演进的影响研究，研究气候条件与沙漠化、沙尘暴相互作用的机理，分析历史上气候变迁与沙漠化和沙尘暴的对应关系，预测未来；沙尘暴发生地退耕还林（草）生态建设与植被恢复研究；沙尘暴遥感监测、预报、沙化逆转过程及整治研究；人们的生命财产应急保护措施；沙尘暴的模拟与输送研究……沙尘暴已经成为我国风沙灾害的重要组成部分，强和特强沙尘暴灾害逐年加剧，以后对这方面研究应该加大与国外同行的合作，以解决我国防治工程建设规划与实施所出现的问题^[56]。

沙尘暴资料是一项非常重要的基础资料，它是防灾减灾的主要依据，并且是计划、统计、国土、水利、农业、林业、畜牧、工业、环保、交通、邮电、能源、保险等部分必不可少的资料，由于在实际工作中凭主观判断估计的数字现象普遍，因此，应加快研究和拟定出沙尘暴评价指标体系，开发和利用遥感技术和地理信息系统，采用快速科学的资料收集和核实手段，达到科学、简便、实用的要求。

此外，灾害的社会属性决定了减灾行动是一种社会行为，减灾需要全社会的协调行动，需要各级政府的协调领导和各职能部门的组织管理。在西部大开发的生态环境建设中，新疆应当加强生态建设的资金投入，进一步完善三北防护林体系建设工程，使“绿色长城”成为保障区域社会经济发展的基础。在

防灾减灾工作中，政府应处于核心管理地位，科研单位起到智力支撑作用，企业起推动支持作用，社会公民起主体参与角色。

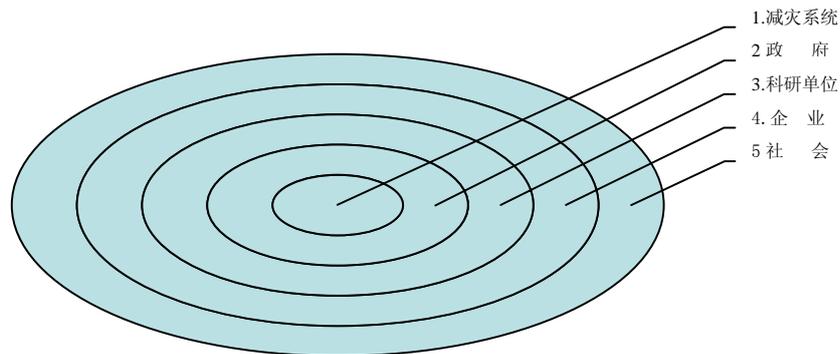


图 8-2 减灾防灾工作角色关系层次图

Figure 8-2 The relations of work plan for disaster management

8.3.3 建立和完善沙尘天气的监测、预警系统

应用气象卫星、雷达、自动气象站及各种常规观测手段，对沙尘天气的形成、发展和传播行跟踪监测；探索将传统的天气学方法和现代数值预报方法有效地结合沙尘天气长、中、短期预报方法；建立和完善沙尘天气监测、预警和服务系统，为政府部门决策和和公众提供可靠的科学信息。

8.3.4 加快生态建设步伐，提高生态抗灾能力

8.3.4.1 以水资源合理利用为切入点，加快生态环境改善

沙尘暴是天气恶劣的突出表现，其根本原因是水土资源的不合理利用，导致大量土地沙化，严重影响西部地区资源开发、环境保护和可持续发展。

一位学者提出，大西北第一定律是有多少水，办多少事，养活多少人。近年来，新疆地区水资源供需矛盾日益尖锐，正在严重影响着这一地区的人民生活 and 经济发展。为了使水资源和水环境的承载力能够支撑新疆的经济社会可持续发展，各地方在规划经济发展时，应当以可利用的水资源为重要先决条件。在合理规划和保障经济社会用水的同时，协调好生态用水。我国农业灌溉用水利用系数一般只有 0.45，而发达国家已经达到 0.7~0.8^[57]。

随着土地开垦面积的扩大，大部分河流因取水增加，出现程度不同的断流，甚至形成季节性河流。如果确保了生产和生活用水，生态用水便得不到保证，例如额济纳河下游，塔里木河下游胡杨林的大面积死亡，就是因水源短缺而造成的。由于生态用水不能保证，使大面积的植被干枯，失去保护地表沙性物质的功能，从而加快了河道及其两侧风沙土地的扩展，以及沙漠边缘沙丘向农田的前沿入侵(表 8-2, 8-3)

表8-2 新疆干旱区现状生态耗水量分析

Tab.8-2 The water consumption analysis of the ecological status of the Dry Zone in Xinjiang

地区	现状生态耗水(亿m ³)			生态耗水率(%)	天然绿洲态耗水率(%)	盐碱地耗水(亿m ³)
	人工绿洲	天然绿洲	耗水总量			
南疆	50.86	167.57	218.43	43.8	33.6	42.6
北疆	24.57	63.7	88.27	41.4	29.9	20.1
东疆	1.68	3.56	5.24	30.8	20.9	8.4
全疆	77.11	234.87	311.98	36.4	27.4	71

资料来源：国家科委“九五”攻关项目96—912课题资料

表8-3 新疆干旱区最小生态需水量分析

Tab.8-3 The water analysis of arid ecological zone to the smallest amount in Xinjiang

地区	最小生态需水(亿m ³)			生态耗水率(%)	天然绿洲态耗水率(%)	盐碱地耗水(亿m ³)
	人工绿洲	天然绿洲	耗水总量			
南疆	44.06	167.57	211.63	42.4	33.6	15.8
东疆	1.68	3.56	5.24	30.8	20.9	3.2
北疆	23.47	64.80	88.27	41.4	30.4	11.2
全疆	69.21	235.93	305.14	35.6	27.5	/

资料来源：国家科委“九五”攻关项目96—912课题资料

8.3.4.2 遵循生态学规律搞好生态建设工作

生态建设并不简单等同于植树种草，必须遵循生态学规律：（1）、植被演替规律。在自然环境恶劣的干旱地区，绝不可以盲目地营造乔木林，尤其是对环境要求高的乔木林，一定要选择适应该地区自然环境条件的树木类型。（2）、多样性导致稳定性规律。生态建设上多样性的不足使有的地区蒙受了巨大损失。以各种杨树为主的农田防护林网，在90年代初的天牛吞噬下，顷刻化为乌有。无论是造林还是种草，都必须贯彻多样性规律。多样性不是“乱点鸳鸯”，而是建立在植物相生相克关系的基础上，例如许多植物与豆科植物的搭配，则可利用根瘤菌、固氮菌增加营养，促进生长。实行灌、乔、草、带、片、网相结合，防护、饲料、薪炭、经济等多种林相结合，增加地表覆盖度，削弱风力、减少沙源，减弱和避免风力对沙质地表的作用（3）、生态系统的物质循环规律。生态系统是以土壤为支撑、生物为主体建立起的一个水、土、大气、生物等共同参与的物流、能流循环体系。枯枝落叶层对林地养分积累和供给有巨大贡献。这个问题并没有被广大干部群众所认识，以后在生态建设中，尤其是未成林和疏林增加地被层，即种植耐阴耐旱的草木、半灌木等植物，增加覆盖度，固定枯枝落叶。（4）、地形对植被类型的分异规律。

8.3.4.3 农牧交错地带是生态防治的突破点

我国沙漠化防治的突破点应是农牧交错地带。应科学划定新疆干旱区农垦的地界，降低这些地区

的垦殖指数；改变传统的治沙方式，防止引水造林治沙造成的水资源短缺；保护沙漠周边地区的地表结皮、固沙植物，切忌盲目地“人进沙退”。

8.3.4.4 保护现有植被

天然植被在荒漠环境保护中起着不可替代的作用。它们是涵养水源、改善干旱气候和防风固沙的天然屏障。天然植被对恶劣环境的抗逆性比较强，长期适应了其生存的环境，只要赋以合理的人工干预措施，就可以使其功能得以有效地发挥。

植物措施是防治沙尘暴的有效方法之一，把保护现有植被放在优先位置，也是国外遏止荒漠化的成功之道。植物通常以三种形式来影响风蚀：分散地面上一定的风动量；减少气流与沙尘之间的传递；阻止土壤、沙尘等的运动^[52]。总结国内外的经验与教训，我们应该调整思路，采取强有力的措施，对现有的沙地植被、荒漠植被进行保护：加速依法划定原生沙漠封禁保护区、沙漠野生动植物自然保护区、国家沙漠(沙生植物)公园予以保护；依法严禁滥垦、滥牧、滥采、滥挖、滥砍等破坏行为，保护好沙区现有植被；在经济开发上严格实行生态环境影响评价制度，避免西部大开发变成“大开挖”；采取以草定畜、品种改良、舍饲圈养等措施，恢复和提高草原的生产、生态功能；采取严格的水资源管理措施，提高水资源的利用率，实现生活、生产、生态用水的合理分配和协调利用^{[52] [58]}。

8.3.4.5 建立和完善法律制度，防止进一步沙漠化。

建立健全法制化的荒漠化治理管理制度，积极参与全国和全疆荒漠化治理以及相关的环境保护工作，对荒漠化地区的开发建设实行环境评价制度，建立生态补偿机制，使《环境保护法》、《水法》、《土地管理法》、《森林法》、《草原法》等法律及地方性的有关生态建设法规能真正落到实处。建立和完善生态保护的法规和政策体系，停止导致生态环境继续恶化的一切生产活动，对于超出生态承载能力的地区要采取一定的生态移民措施。

8.3.5 建设重点防治区，减小灾害风险

灾害风险是自然灾害的演变过程中所处的一种状态，是自然灾害在孕育期和潜伏期的表征形式。它是一种潜在的自然灾害，灾害风险是否会演变成自然灾害取决于灾害风险的控制机制（限制条件）、传递过程（通过自然环境的媒介作用传递）及灾害风险受体的分布等。只有当灾害的控制机制失效，并由自然生态环境传递到灾害受体，与受体重叠，造成受体严重损害时，灾害风险才可完成向自然灾害的转化，进而爆发自然灾害。因此，在自然灾害风险较大的地区，进行人为的干预，可以将灾害降低到较小水平。根据44年沙尘暴灾害风险性分析，建议将和田、阿克苏、喀什、吐鲁番做为沙尘暴重点防治区。

9. 结论与展望

9.1 本文结论

灾害的演变研究是灾害评价、灾害预测中必不可少的一部份，对沙尘暴灾害今后的防治工作有重要意义。本文应用新疆沙尘暴历史资料，采用灾害学的一些基本理论和方法，主要分析了1960~2003年新疆沙尘暴的灾害类型特征、沙尘暴天气频率变化、重大灾害的时空、强度演变以及初步探析了沙尘暴

灾害的演变成因, 得出以下的结论:

(1) 资料表明, 新疆沙尘暴灾害记载历史长, 涉及地域范围广。按危害方式划分沙尘暴灾害的种类有风灾、沙害及尘埃危害, 影响范围从近代的农业、交通、军事扩大到当代的农业、工业和第三产业。通常各灾种结合在一起产生危害, 其中尘埃的危害较以往时期更加严重和复杂。

(2) 近 40 多年新疆沙尘暴天气呈下降趋势, 和全国沙尘暴天气年日均数减少趋势一致, 两者通过 0.01 的显著性水平检验, 相关系数为 0.884; 沙尘暴天气频率变化最大年份和最小年份新疆均提前于全国。新疆沙尘暴灾害演变在全国具有一定的典型性和警示性。

(3) 44 年来新疆重大沙尘暴灾害的频次变化呈较明显的三个阶段, 即第一个阶段为 1960~1977 年, 这个阶段表现为重大灾害频率低发期; 第二个阶段为 1978~1986 年, 这 9 年为新疆重大沙尘暴灾害高发期; 第三个阶段是 1987~2003 年, 这 17 年为重大沙尘暴灾害频率波动上升期。第三阶段又可以分为沙尘暴灾害发生频次低值期和沙尘暴发生频次高值期。综合分析新疆沙尘暴灾害的演变过程, 这种阶段性变化与沙尘暴天气频率变化不呈对应关系, 与每个时期的人口、经济、生态环境等因素有密切关系。

(4) 44 年来新疆沙尘暴灾害的强度呈增大趋势, 灾害强度分布在 1~6 级, 平均灾级为 4.5 级, 在灾害管理上应加强地级管理。

(5) 新疆沙尘暴天气在 14 个地州市中易发区和重灾区都在南疆和东疆, 根据多年综合易发性分析, 严重易发区在和田地区, 中度易发区在喀什、阿克苏地区; 而受灾程度最大的四个地区依次是吐鲁番、和田、喀什和阿克苏地区。沙尘暴天气频率变异系数最大的是乌鲁木齐。

(6) 根据沙尘暴灾害风险性分析, 将新疆 14 个地州市划分为 5 个等级的沙尘暴灾害风险区: 1 级风险区为克州、昌吉、博州、乌鲁木齐、伊犁地区; 2 级风险区为石河子、塔城、阿勒泰地区; 3 级风险区为巴州、哈密地区; 4 级风险区为阿克苏、喀什、吐鲁番地区; 5 级风险区为和田地区。建议将和田、阿克苏、喀什、吐鲁番四个地区作为今后沙尘暴防治重点区。

9.2 展望

(1) 本文只以沙尘暴灾害的人员伤亡和直接经济损失计算了新疆沙尘暴重大灾害强度, 对沙尘暴的衍生灾害损失和演变规律没有涉及。这有待于专家学者们今后能够全面深入研究。另外, 为研究的科学性和统计方便, 本文只分析了沙尘暴重大灾害, 对较小的灾害没有分析。

(2) 从理论上分析新疆沙尘暴灾害的演变因素是可以主成份分析、回归分析等方法得出它的数学模型, 但由于资料的精确性及笔者水平有限等原因未能得出。本文只提出它的基本概念模型, 有待于今后进一步研究。

参考文献

- [1] Wolfson N, Matson M. Satellite observations of a phantom in the desert [J]. *Weather*, 1986, 41(2): 57-60.
- [2] Goudie AS. Duststorm in space and time [J]. *Process in Physical Geography*, 1983, 7: 502-508.
- [3] Vinit Mody and Jakhete. *Dust control handbook* [M]. Park Ridge, V. I. U. S. A: Noyes Data Corp. C1998.
- [4] 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.
- [5] 王式功, 董光荣, 陈惠忠, 等. 沙尘暴研究的进展 [J]. 中国沙漠, 2000, 20 (4): 349-356.
- [6] 史培军, 严平, 等. 我国沙尘暴灾害及其研究进展与展望 [J]. 自然灾害学报. 2000, 9 (3): 71-77.
- [7] 赵树利, 徐毅青. 我国沙尘暴现状与生态防治对策 [J]. 浙江树人大学学报. 2004, 4 (1): 71-75.
- [8] 《大气科学辞典》编委会. 大气科学辞典 [M]. 北京: 气象出版社, 1994. 541.
- [9] 黄兆华. 我国西北地区历史时期的风沙尘暴 [A]. 方宗义等编. 中国沙尘暴研究 [C]. 北京: 气象出版社, 1997. 31-36.
- [10] 张德二. 我国历史时期以来降尘的天气气候学初步分析 [J]. 中国科学, 1984 (3): 278-288.
- [11] Shan He. *Tropospheric aerosol-radiation interactions and their consequences on photochemistry and climate forcing* [M]. Ann Arbor, Mich, UMI, 2001.
- [12] 韦惠兰, 张宏亮. 人为因素与沙尘暴关系研究 [J]. 干旱区资源与环境, 2004, 18 (4): 1-6.
- [13] 罗敬宁, 徐姑, 等. 沙尘暴同一化监测模型与灾害评估研究 [J]. 气候与环境研究. 2004, 9 (1): 92-100.
- [14] 中央气象局. 地面气象观测规范 [M]. 北京: 气象出版社, 1979.
- [15] 朱炳海, 王鹏飞, 束家鑫. 气象学词典 [M]. 上海: 上海辞书出版社, 1984. 843.
- [16] 赵树利, 徐毅青. 我国沙尘暴现状与生态防治对策 [J]. 浙江树人大学学报. 2004, 4 (1), 71-75.
- [17] 胡金明, 崔海亭, 等. 中国沙尘暴时空特征及人类活动对其发展趋势的影响 [J]. 自然灾害学报, 1999, 8 (4): 49-56.
- [18] 夏训诚, 等. 新疆沙漠化与灾害治理 [M]. 北京: 科学出版社, 1991
- [19] 棣新文, 潘伯荣. 干旱区固沙造林中水资源的合理利用. 新疆第三届青年学术年会论文集 [C]. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 1998. 951-952
- [20] 赵兵科, 杨莲梅. 新疆沙尘暴时空分布特征 [J]. 干旱地区理, 2001, 24 (增刊): 7-9.
- [21] 肖继东, 唐淑娟. 新疆沙尘暴天气卫星云图类型分析 [J]. 干旱地区理, 2001, 24 (增刊): 33-37.
- [22] 何清, 穆桂金, 胡列群. 塔里木盆地沙尘暴灾害分布及防御对策 [J]. 干旱地区理, 2001, 24 (增刊): 69-73.
- [23] He Qing, Zhao Jingfeng, Hideki Nagashima. The distribution of sandstorms in Taklimakan Desert [J]. *Journal of Arid Land Studies*, 1996, 5: 15-19.
- [24] 陈洪武, 吕新生, 王旭, 等. 新疆沙尘暴的预报方法讨论 [J]. 干旱地区理, 2001, 24 (增刊): 74-76.
- [25] 李红军, 何清, 杨青. 近 40 年新疆输沙势的分析 [J]. 中国沙漠, 2004, 24 (6): 706-710.
- [26] 高利军, 武新, 郭宇宏. 疆沙尘暴环境影响监测网络体系建设探讨 [J]. 干旱环境监测, 2004, 18 (1): 23-29.
- [27] 王旭, 马禹, 陈洪武. 新疆沙尘暴天气的气候特征 [J]. 中国沙漠, 2003, 23 (5): 539-544.
- [28] 施雅风, 沈永平, 胡汝翼. 西北气候由暖干向暖湿转型的信号影响和前景初步探讨 [J]. 冰川冻土,

- 2002, 24 (3): 219~226.
- [29] 魏文寿, 张璞, 高卫东, 等. 新疆沙尘暴源区的气候与荒漠环境变化[J]. 中国沙漠, 2003, 23 (5): 483-488.
- [30] 朱炳海, 王鹏飞, 束家鑫. 气象学词典[M]. 上海: 上海辞书出版社, 1984. 197.
- [31] 高庆华, 马宗晋, 苏桂武. 环境·灾害与地学[J]. 地理前缘, 2001, 8 (1): 9-14.
- [32] 新疆气象局. 灾情灾害报告(2001~2003年)[EB/OL].
<http://www.xjtq.gov.cn/qbzq/qbswebsite/qbzqjs.asp?querytype=组合查询&reportunit=新疆>
- [33] 周垒龙, 堡红红. 新疆主要自然灾害及其减灾策略[J]. 灾害学, 1993, 8 (4): 73-77.
- [34] 樊自立, 胡文康, 季方, 等. 新疆生态环境问题及保护治理[J]. 干旱区地理, 2000, 23(4): 298—303.
- [35] 闫山花, 马广铭, 闫广平. 沙尘暴及其防御[J]. 内蒙古水利, 2004, 6 (3), 35-36.
- [36] 国务院. 新疆的历史与发展(白皮书)[EB/OL]. 2003-05-26.
<http://www.chinaembassycanada.org/chn/xw/t27802.htm>
- [37] 强沙尘暴袭击大西北新疆1人死亡数千旅客被困[N]. 新京报. 2006-04-11.
<http://news.163.com/06/0411/04/2EDCHOUS0001124J.html>
- [38] 曾维华, 程声通. 环境灾害学引论[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2000. 10-21.
- [39] 冯利华, 骆高远. 洪水等级和灾情划分问题[J]. 自然灾害学报, 1996, 5 (3): 89-91.
- [40] 袁胜元, 王保全. 灾害综合评估现状及综合评估指标初探[J]. 许昌师专报, 1999, 18(5): 73-76.
- [41] 冯利华, 骆高远. 洪水等级和灾情划分问题[J]. 自然灾害学报, 1996, 5 (3): 89-92.
- [42] 马宗晋, 杨华庭, 高建国, 等. 我国自然灾害的经济特征与社会发展[J]. 科技导报, 1994, (7): 61-64.
- [43] 范保俊. 适应形式深化改革[N]. 中国社会报, 1995-01-15 (4).
- [44] 许飞琼. 灾级及其释义[J]. 灾害学, 1997, 12 (1): 16-18.
- [46] 谭宗琨. 气象灾害风险评价和减灾对策分析[J]. 广西气象, 19 (1): 38-41.
- [47] 曾维华, 程声通. 环境灾害学引论[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2000, 14-19.
- [48] 夏训诚, 李崇舜, 周兴佳, 等. 新疆荒漠化与风沙灾害治理[M]. 北京: 科学出版社, 1991.
- [49] 夏锡益, 邓振英, 刘文柱, 等. 发展中的新疆地州市县社会经济[M]. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 1997.
- [50] 樊自立, 胡文康, 季方, 等. 新疆生态环境问题及保护治理[J]. 干旱区地理, 2000, 23(4): 298-303.
- [51] 汪俊三, 蔡信德, 张更生. 中国典型生态破坏经济损失分析和分区[J]. 环境科学, 1996, 17(6): 5-8.
- [52] 俎瑞平, 高前兆, 钱鞠, 等. 2000年来塔里木盆地南缘绿洲环境演变[J]. 中国沙漠, 2001, 21(2): 122-128.
- [53] Batel, Wilhelm. *Dust extraction technology: principles, methods, measurement technique* [Z]. Stonehouse, Eng.: Techni copy, C1976.
- [54] 王社会, 周兴佳, 张惠珍. 新疆土地荒漠化灾害及其对策[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2002, 26 (2): 32-37.
- [55] 陈家其. 近二千年中国重大气象灾害气候变化背景初步分析[J]. 自然灾害学报, 1996, 5 (2), 18-27.

- [56] 彭珂珊. 沙尘暴对西部发展的危害研究[J]. 地质技术经济管理. 2004, 26 (3): 19-25.
- [57] 曲格平. 关于推进水资源和水环境可持续利用战略的几点思考[J]. 环境保护. 2005, 338 (12).
- [58] W.D. Bamford. *Control of airbornedust* [Z]. Alvechurch: The British Cast Tron Research Association, 1961.

附录

作者发表论文情况:

1. 杨龙, 曹毅. 宁夏移民区可持续发展模式研究[J]. 宁夏大学学报, 2002, 24 (4): 63-68.
2. 杨龙, 贾春光, 吴桂林, 毛东雷. 西北干旱半干旱区生态移民可持续发展策略探讨[J]. 新疆师范大学学报(自然科学版), 2004, 23 (4): 77-81.
3. 杨龙, 何清. 新疆近3年大风灾害灾度分析与区划[J]. 灾害学, 2005, 20 (4): 83-86.
4. 杨龙, 何清. 宁夏大战场移民及其对我国西部生态移民的借鉴意义[J]. 内蒙古社会科学, 2005, 26 (4): 168-170.
5. 贾春光, 王晓峰, 杨龙, 王豪伟. 艾比湖水位变化对湖区生态效益影响的初探[J]. 新疆师范大学学报(自然科学版), 2005, 24 (3): 141-144.
6. 黄宗亮, 马倩, 杨龙, 尤海涛. 新疆小城镇建设与区域可持续发展[J]. 水土保持研究, 2005, 12 (2): 178-181.
7. 杨龙, 何清, 贾春光. 新疆沙尘暴气象灾害演变研究[J]. 水土保持研究, 2005年第5期(已录用待发).

致 谢

三年的硕士研究生学习生活转瞬即逝，在毕业论文付梓之际，我在此向三年来所有关心、支持、帮助和爱护我的亲人、老师及同学们表示深深的感谢。

本文是在导师何清研究员的悉心指导下完成的。导师知识渊博，治学严谨，永远值得我学习。从论文的选题、实验资料的收集、科研考察等方面导师都给予了我大力支持和无私地帮助。特别是在论文的修改方面，何清导师在百忙中抽出时间，放弃节假日休息时间帮我修改论文，并提出了许多宝贵意见。在此期间，何老师不仅在学业上精心传授，而且在思想、生活也给予了无私的教诲和关怀。师恩难忘！在论文完成之际特向导师表示最诚挚的谢意！

在新疆师范大学生命与环境科学学院学习期间，学院的金海龙院长、焦黎老师、王哲老师、楚新正老师、海鹰老师、李志忠老师、王晓峰老师、吴焱老师等，在我的学习和生活中给了我极大的关心和帮助，才使我的学业得以顺利完成，在此，我向他们表示由衷地敬意和感谢！

在中国气象局沙漠研究所实习的一年多时间里，魏文寿所长、袁玉江研究员、杨青研究员、黄镇老师、李敏老师、艾力·买买提明、李扬、罗志运等有关同志在我论文写作过程中给予了很多帮助和关心支持，没有他们的帮助，我的论文是不会顺利完成的，在此对他们表示诚挚的谢意！

感谢贾春光、尤海涛、王豪伟、代燕、王红菊、朱艳芬等同学在这宝贵的三年学习和生活过程中给予我的帮助和关心；感谢韩燕、格里玛、范丽红、李祥余、李帅、孔丹、张瑞军等师姐妹师弟和同学们。大家给我营造了温馨和睦的工作和学习环境，让我感受到家的温暖，并在这个友爱的大家庭中互敬、互爱、共勉、成长。

最后，特别感谢我的父母和姐姐们在我漫长的求学生涯中所给予的无私关爱和鼎力支持。谢谢你们的无私奉献！

再次向你们表示最诚挚的感谢！

杨 龙

2006年6月 于乌鲁木齐