

沙尘暴成因及 综合防治

Dust-storm Formation and
Comprehensive Control Measures

刘景涛 刘钟龄 李青丰 沈建国 主编

Edited by Liu Jintao Liu Zhonglin Li Qingfeng Shen Jianguo

内蒙古人民出版社

Inner Mongolia People's Publishing House



沙尘暴成因及综合防治

DUST-STORM FORMATION AND COMPREHENSIVE
CONTROL MEASURES

(中华人民共和国科学技术部资助项目)

刘景涛 刘钟龄 李青丰 沈建国 主编

Edited by Liu Jintao Liu Zhonglin Li Qingfeng Shen Jianguo

内蒙古人民出版社

Inner Mongolia People's Publishing House

序*

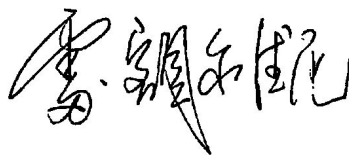
近年来,我国北方沙尘暴时有发生,对人民的生产、生活和生存环境造成了极大危害,引起了我国政府和人民以及世界许多国家的普遍关注。内蒙古自治区由于其所处的地理位置以及其特有的气候、地形等特点,是沙尘暴的策源地和受害地区之一。选择内蒙古草原和荒漠地区为主要研究区域,揭示沙尘暴的起因、发生、发展以及对其预测和防治,方向对头、思路正确、意义重大。

本书的作者们从气象、生态、农牧业生产以及社会经济等多方面、多视角对沙尘暴这一灾害事件进行了全面、综合性的探讨,最终奉献给大家这本“沙尘暴的成因及综合防治”巨著,洋洋 80 余万字,字里行间凝聚着他们辛勤耕耘和睿智探索的结晶。

本书中对沙尘暴预测、预警,以及对其综合防治方面的论述。对我区的沙尘暴防治以及生态环境建设工作有直接的指导和借鉴作用。作为一种自然现象,沙尘暴的产生是不可避免的,但通过先期的预警和预报以及积极的预防和防御,可以将沙尘暴所带来的损失降低至最小。

本书丰富的内容和系统的论述反映了作者们扎实的工作基础和广博的知识积累。掩卷之余不禁想到,他们不仅仅是学者,而且是身体力行的实践者。这可以从本书中对沙尘暴的综合思路和措施等方面得到验证。书中所提出的“全面发挥草地生态功能为基础,畜牧业经营是关键,出路在产业结构和生产方式调整”的思路,切中我区草原生态建设和自然环境保护的要害。所总结出的“农牧结合”、“季节性休牧”、“冬饲夏牧”等措施无不符我区生产实际,已成为当前生态环境治理和畜牧业可持续发展的重要措施。

学以致用,是学者追求的最终目标。在本书中,理论探索与推广应用比较完美地得到了结合。开卷有益,相信本书的出版发行对沙尘暴理论研究,对沙尘暴的防治技术应用,对农牧业以及相关产业的管理和决策,均会产生较高的参考价值。



2004 年 5 月 12 日

于呼和浩特

* 本序作者系内蒙古自治区人民政府副主席。

前言

本论文集是 2000~2003 年在完成国家重点科技攻关计划西部大开发科技专项中的“沙尘暴成因及综合防治技术开发与示范”专题(编号:2000-K01-03-02)研究的主要成果。由国家科技部立项,内蒙古自治区科学技术厅为主管单位。该专题分为:沙尘暴成因研究、沙尘暴成因的生态过程研究和沙尘暴防治模式研究与示范三个子专题,分别由内蒙古自治区气象局、内蒙古大学和内蒙古农业大学承担,在内蒙古气象局主持下进行合作攻关。参加本项研究的人员有:内蒙古自治区气象局系统的刘景涛、沈建国、裴浩、姜学恭、达布希拉图、尤利、李一平、韩经纬、胡英华、康玲、宋桂英、吴学宏、郑明倩、郝润全、乌日娜;内蒙古大学的刘钟龄、王伟、梁存柱、郝敦元、朱宗元;内蒙古农业大学的李青丰、赵钢、张恩厚、特木尔布和、格根图、王明玖、青秀玲、张树森;锡林郭勒盟草原工作站的李福生、斯日古楞;锡林郭勒盟牧业学校的何广礼、布仁其其格、萨如拉、青格勒;多伦县草原工作站的赵明旭等。三年来,本专题在内蒙古科技厅领导下,参加专题研究的全体人员共同努力,已按“专题合同书”的要求,完成了规定的研究内容,取得相应的研究成果,达到了预订的考核目标。

专题合同规定了以下的研究内容和目标:1. 沙尘暴监测研究:利用气象卫星和地面气象台站网对沙尘暴的发生与过程进行监测研究,为揭示沙尘暴成因与机制提供基本信息与数据。2. 沙尘暴成因机制研究:包括沙尘暴的气候背景研究、沙尘暴物理机制研究、沙尘暴成因的生态过程研究,这是本项研究的重要科学目标。3. 沙尘暴预报技术方法研究:要求建立客观准确、自动化的沙尘暴监测预报系统和业务流程。4. 防沙、治沙综合技术试验示范基地的配套建设:在多伦县、正蓝旗、锡林浩特建立合理利用与保护草原及防沙、治沙的试验示范基地。

本专题论文集就是完成上述各项研究内容和目标的成果,按照子专题的内容分三个栏目编排,共编入论文 55 篇。

第一个栏目的论文首先介绍了我国北方沙尘暴研究的进展;集中阐述了北方各地沙尘暴的气候学特征,沙尘暴的气候动力因子和天气系统,从多层面上揭示了沙尘暴的成因和机制;特别对蒙古气旋发展导致强沙尘暴的过程进行了剖析。也对沙尘暴的遥感监测技术与应用以及沙尘暴预报业务系统的建立做了富有新意的探索和论述。

第二栏目的论文主要是从地表植物覆盖的功能,特别是草地生态功能受损与恢复对环境与沙尘天气的效应进行调研和实验监测的研究结果。包括对草地生态功能的认识与研究展望,草地动态监测研究,草地植物覆盖作用的评定,草原退化与恢复演替的分析,荒漠地区植物覆盖的特征与功能,草地与沙地的生态保育和生态安全对策等。

沙尘暴综合防治研究栏目中的论文是面对北方草原广泛发生的环境恶化、土地沙漠化、

生物生产力衰退以致造成农牧民贫困化的严峻现实,为了防沙治沙、改善生态环境,寻求草地畜牧业可持续发展的出路,所做出的研究成果。这些论文强调草原是多功能的生态系统,探讨了草原退化的根源,提出了调整农牧业结构、合理利用草原、建设人工草地与饲料地、实行“夏牧冬饲”的经营模式。当前,为了减轻草原的放牧压力,经过近四年的实验,提出了季节性休牧的实施方案,现已在锡林郭勒盟全面推行,将会在实践中创造可行的草原合理利用制度。

防沙治沙,保护草原,改善生态环境是实施西部大开发战略和可持续发展战略的根本任务,上述论文分别从气象、生态、农牧业生产和环境治理的不同角度,围绕着沙尘暴的发生与防治,进行研讨,成为一部从机理的探索到实际应用的文集,可提供政府决策参考。

本文集的论文,有一半已在刊物上发表,但在本文集中做了一些必要的修改。文中如有不当,敬请读者批评与讨论。

编者

2004年5月1日

目 录

沙尘暴成因的气象学研究

中国北方沙尘暴研究的若干进展

..... 钱正安 蔡 英 刘景涛 李栋梁 柳中明 宋敏红	3
内蒙古中西部强和特强沙尘暴的气候学特征	刘景涛 郑明倩 15
近 40 年阿拉善地区的沙尘暴天气..... 尤莉 王革丽 吴学宏 王国勤 哈斯	35
浑善达克沙地沙尘暴气候特征分析	王革丽 吕达仁 尤莉 43
内蒙古赤峰地区沙尘暴发生特点及成因	尤莉 程玉琴 张少文 王国勤 50
气候动力因子对内蒙古沙尘暴频率的影响	达布希拉图 赵春生 59
地面因子对内蒙古中西部地区沙尘暴频率时空分布影响的研究	达布希拉图 赵春生 67
华北沙尘暴气候特征分析	宋桂英 沈建国 吴学宏 韩经纬 74
影响中国北方特强沙尘暴的天气系统分型研究 ... 刘景涛 钱正安 姜学恭 郑明倩	82
蒙古气旋爆发性发展导致的强沙尘暴个例研究	刘景涛 郑新江 康玲 姜学恭 祁伏裕 方翔 94
一次蒙古气旋型强沙尘暴过程成因初步分析.....	胡英华 姜学恭 106
沙尘暴过程中的混合层特征.....	姜学恭 沈建国 胡英华 113
导致一例强沙尘暴的若干天气因素的观测和模拟研究	姜学恭 沈建国 刘景涛 陈受钧 127
地形影响蒙古气旋发展的观测和模拟研究.....	姜学恭 沈建国 刘景涛 陈受钧 145
沙尘暴遥感监测的研究.....	裴浩 杨丽萍 李兴华 162
静止气象卫星监测沙尘暴天气的方法与应用研究.....	韩经纬 宋桂英 裴浩 168
沙尘暴过程中气象要素、沙尘浓度动态的实测与分析	裴浩 李兴华 郝润全 175
相似高度的沙尘暴预报业务系统.....	李一平 康玲 186

沙尘暴地面生态过程研究

当前我国草地生态功能研究展望.....	梁存柱 祝廷成 王德利 吕新龙	197
内蒙古草地动态监测的取样问题.....	石霞 郝敦元 任涛 刘钟龄 王炜 梁存柱	205
内蒙古草地植被动态趋势分析.....	任涛 郝敦元 石霞 刘钟龄 王炜 梁存柱	211
内蒙古草地植被覆盖效应的组织力评定.....	郝敦元 高霞 刘钟龄 钱进 莘智	216
内蒙古草地退化与生态安全.....	郝敦元 刘钟龄	227
内蒙古退化草原恢复演替的实验研究.....	刘钟龄 郝敦元 王炜 梁存柱	242
内蒙古北部荒漠草原带的严重荒漠化及其治理.....	赛胜宝 智瑞年	260
沙尘暴的生态效应.....	祝廷成 梁存柱 陈敏 王虹扬 刘湘南	267
亚洲内陆荒漠植物——梭梭(<i>Haloxylon ammodendron</i>)的年轮测定及生长动态研究	王炜 梁存柱 朱宗元 刘钟龄 张丽芳	274
阿拉善荒漠区下垫面一年生植物层片的结构与生态功能	梁存柱 刘钟龄 朱宗元 王炜	285
亚洲大陆中心的一个生态安全防护带——黑河下游绿洲带对防御风沙的生态功能	刘钟龄 朱宗元 郝敦元	295
乌兰布和沙漠区防风固沙与产业体系发展方略.....	刘钟龄 郝敦元 李政海	305
不同固沙区结皮中微生物生物量和数量的比较研究.....	邵玉琴 赵吉	316
北方草原生态系统保育和可持续发展.....	刘钟龄 郝敦元	322
内蒙古草地浅耕改良方法.....	马志广	346
内蒙古羊草草原割草演替过程中群落结构与功能的相关与变化	鲍雅静 李政海 仲延凯	351
内蒙古羊草草原植物群落生产力的研究.....	刘钟龄 郝敦元 王炜 梁存柱	361
科尔沁沙地榆树疏林草地的研究.....	邹受镒 续久如 刘钟龄 李海萍	371

沙尘暴综合防治研究

草地生态系统、畜牧业以及沙尘暴	李青丰	387
西北地区的土地利用格局与生态环境保护.....	李青丰	393
中国北方草地生态环境劣化原因分析——以锡林郭勒草地为例	李青丰 赵钢 张恩厚 特木尔布和	398
退化草地恢复和生态环境劣化治理对策.....	李青丰 赵钢 张恩厚 特木尔布和	407
对锡林郭勒草地环境保护和畜牧业发展的一些政策性建议	李青丰 赵钢 张恩厚 特木尔布和	413
草地畜牧业的重心调整和可持续发展对策.....	李青丰 赵钢 张恩厚 特木尔布和	417
草畜平衡监测和管理改革设想.....	李青丰	423

沙坡头人工固沙区植物繁殖特性与植被稳定性的研究	徐军 李青丰 王建光 李治国	427
春季休牧对草地生物量及草群结构的影响	李青丰 郑蒙安 阿民布和	444
天然草地可持续利用模式的研究——春季休牧研究初报	赵钢 李青丰 张恩厚 许毅洪	449
草地畜牧业生产方式转变——春季饲养试验总结	格根图 贾玉山 李青丰	458
草地畜牧业生产方式调整中的粮食保证问题	李青丰 周宁	466
锡林郭勒草地植被建设中的一些问题和建议	李青丰 赵钢 张恩厚 特木尔布和	472
几种禾本科牧草种子萌发期耐旱性的比较研究	李景环 李青丰	476
几种饲料作物在内蒙古呼和浩特地区的生产性能评价	李青丰 徐军 李治国	482
不同苜蓿品种在内蒙古呼和浩特地区的适应性	李青丰 徐军 李治国	489
六种玉米覆膜与不覆膜的对比试验	许毅洪 罗建平 杜玉珍	494
锡林郭勒草地的降水、温度和植物分布	李青丰 青秀玲	504
中国北方草原畜牧业管理和饲草料供给策略	李青丰 David Michalk 陈良 张萍 佟绍敏	510

CONTENTS

Meteorological Aspects of Dust – storm Formation

The Some Advances in Dust Storm Researches in North Part of China	
..... Qian Zhengnan Cai Ying Liu Jingtao Li Dongliang Liu Zhongmin Song Minhong	14
Climatic Characteristics of Strong and Very strong duststorms in the Middle and West Parts of Inner Mongolia	
..... Liu Jingtao Zheng Mingqian	34
The Dust – storms in Alashan of Inner Mongolia in 40 years Recently	
..... You Li Wang Geli Wu Xuehong Wang Guoqin Hà Si	42
Analyses of Climatic Characters on HunShanDaKe Dust Storm	
..... Wang Geli Lu Daren You Li	49
The Features and Causes of the Dust – storm in Chifeng of Inner Mongolia	
..... You Li Cheng Yuqin Zhang Shaowen Wang Guoqin	57
Impacts of climatic factors on dust storm frequency in Inner Mongolia of China	
..... Dabu X. Zhao Chunsheng	66
Study on influence of ground factors on spatial distribution of dust storm frequency of middle – west Inner Mongolia	
..... Dabu X. Zhao Chunsheng	73
Climatic Characteristic Analysis of North China Sand Storm	
..... Song Guiying Sheng Jianguo Wu Xuehong Han Jingwei	81
A study on weather types of super severe Dust storms in North of China	
..... Liu Jingtao Qian Zhengnan Jiang Xuegong Zheng Mingqian	93
A Case Study on a Severe Duststorm Resulted From a Explosive Mongolia Cyclone	
..... Liu Jingtao Zhen Xinjiang Kang Ling Jiang Xuegong Qi Fuyu Fang Xiang	104
Analysis on a severe dust storm associated with the Mongolia cyclogenesis	
..... Hu Yinghua Jiang Xuegong	112
The Charactoristics of Mixed Layer in the Dust Storm Processes	
..... Jiang Xuegong Shen Jianguo Hu Yinghua	125
Observational and Numerical Studay of some Weather Factors Assciating with a Severe dust storm	
..... Jiang Xuegong Shen Jianguo Liu Jingtao Chen Shoujun	143
Observational and numerical study of topography influence on monglia cyclogenesis	
..... Jiang Xuegong Shen Jianguo Liu jingtao Chen Shoujun	161

Research on the Remote Sensing of Sand – dust Storm	Pei Hao Yang LiPing Li Xinghua	167
The Method for Using Static Meteorological Satellite to Monitor the Sand – storm Weather	Han Jingwei Song Guiying Pei Hao	174
The Observation and Analysis of Dynamic of Meteorological factors and Sand – dust Density in the Process of Sand – dust Storm	Pei hao Li Xinghua Hao Runquan	185
The Operational System for Duststorm Forecast	Li Yiping Kang Ling	192

Ground Ecological Processes for Dust – storm Formation

Perspectives in researches on grassland ecological function for the early 21st Century in China	Liang Cunzhu Zhu Tingcheng Wang Deli Lu Xinlong	204
The problem of selecting sample in Dynamical Inspect of grassland in Inner Mongolia	Shi Xia Hao Dunyuan Ren Tao Liu Zhongling Wang Wei Liang Cunzhu	210
The Analysis of Regression on the Grassland vegetation in Inner Mongolia	Ren Tao Hao Dunyuan Shi Xia Liu Zhongling Wang Wei Liang Cunzhu	215
Determination of Plant Community Organization on Grassland Vegetational Covering effect in Inner Mongolia	Hao Dunyuan Cao Xia Liu Zhongling Qian Jin Xin Zhi	225
The grassland degradation and ecological security of Inner Mongolia	Hao Dunyuan Liu Zhongling	239
On the survey experiment of degeneration and restoration in Inner Mongolia grassland	Liu Zhongling Hao Dunyuan Wang Wei Liang Cunzhu	259
The serious Desertification and it Control of Desert Steppe Zone in North Inner Mongolia	Sai Shengbao Zhi Ruinian	265
Ecological Effect of Sand – Dust Storm	Zhu Tingcheng Liang Cunzhu Chen Min Wang Hongyang Liu Xiangnan	273
Studies on the Measuring Method of Growth Rings of <i>Haloxylon Ammodendron</i> and its Growing Dynamics	Wang Wei Liang Cunzhu Zhu Zongyuan Liu Zhongling Zhang Lifang	283
The Specific composition and Ecological Function of Annual Synusia in Underlying		

Surface of Alashan Desert Region	
.....	Liang Cunzhu Liu Zhongling Zhu Zongyuan Wang Wei 294
The Mountain – basin complex of Hihe river and Resource – Environment safety of	
Oasis zone in lower reaches	
.....	Liu Zhongling Zhu Zongyuan Hao Dunyuan 303
General plan for the control of desertization and sustainable development of	
industry system in Ulanbh desert	
.....	Liu Zhongling Hao Dunyuan Li Zhenghai 315
Comparative Research on Microbial Biomass and Number in soil Microbiotic Crust	
of Different Fixing sand dunes	
.....	Shao Yubin Zhao Ji 321
The ecosystem conservation and sustainable development of the north steppe of China	
.....	Liu Zhongling Hao Dunyuan 322
A method of shallow plowing to improve grassland in Inner Mongolia	
.....	Ma Zhiguang 346
Changes and Relations of community structure and its function in Mowing successi	
on process of <i>leymus chinensis</i> steppe in Inner Mongolia	
.....	Bao Yajing Li Zhenghai Zhong Yankai 351
Research on community Production Capability of the <i>leymus chinensis</i>	
steppe in Inner Mongolia	
.....	Liu Zhongling Hao Dunyuan Wang Wei Liang Cunzhu 361
Elm Open woodlands research In The Korqin Sandy Lands	
.....	Zou Shouyi Xu Jiuru Liu Zhongling Li Haiping 371

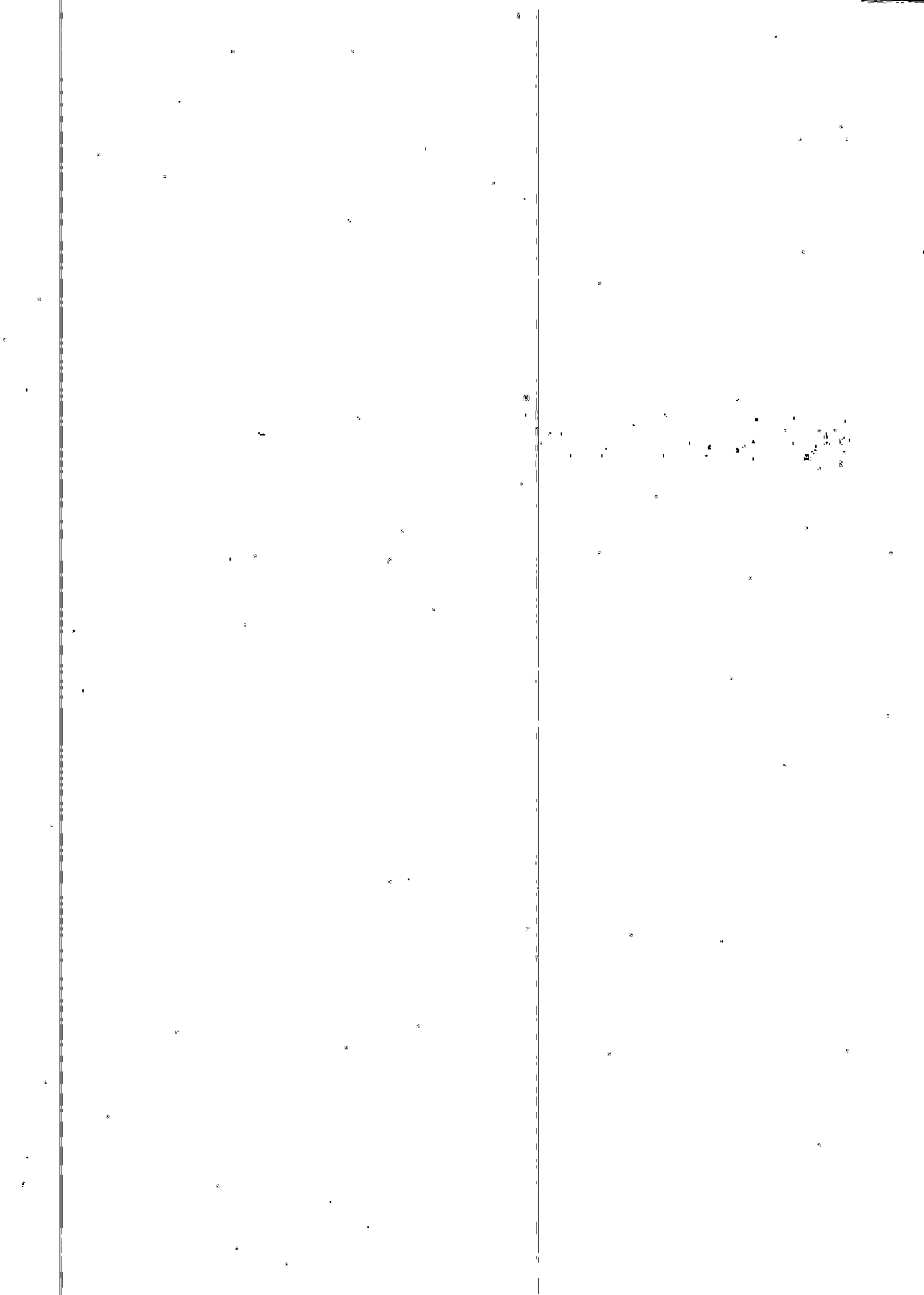
Comprehensive Control Measures for Dust – storm

Ecosystem, animal husbandry and dust – storm: the ecological approach for	
eco – environmental restoration	
.....	Li Qingfeng 392
Land use pattern and eco – environmental protection in Northwestern China	
.....	Li Qingfeng 397
Analysis on the causes of eco – environmental deterioration in Xilinguole typical	
grassland region	
.....	Li Qingfeng Hu Churyuan Wang Mingjiu 405
Counter measures for rehabilitation of degraded grassland in Northern China	
.....	Li Qingfeng Zhao Gang Zhang Enhou Temuerbuhe 411
Policy and management strategy for rehabilitation of degraded grasslands in Xilin	
guole region	

..... Li Qingfeng Zhao Gang Zhang Enhou Temuerbuhe	416
Grassland management and foraging strategy for animal production in grassland of Northern China	
..... Li Qingfeng Zhao Gang Zhang Enhou Temuerbuhe	422
A new approach to the feed - animal balance monitoring and management	
..... Li Qingfeng	426
Study on plant reproductive characteristics and vegetation stability in Shapotou revegetation area	
..... Xu Jun Li Qingfeng Wang Jianguang Li Zhiguo	443
Effects of spring grazing rest on the above - ground biomass and vegetation composition	
..... Li Qingfeng Zheng Meng'an Armin Buhe	447
Natural steppe Sustainable Utilization a preliminary Report on Spring resting for Grazing	
..... Zhao Gang Li Qingfeng Zhang Enhou Xu Yihong	457
Feeding experiments for spring shed feeding in grassland region	
..... Ge Gentu Jia Yushan Li Qingfeng	465
A feasibility study on animal husbandry system adjustment with grain production in Inner Mongolia	
..... Li Qingfeng Zhou Ning	470
Some problems and suggestions for vegetation rehabilitation in Xilinguole grassland	
..... Li Qingfeng Zhao Gang Zhang Enhou Temuerbuhe	475
A study on Drought and Temperature Resistance of five Grasses During germination	
..... Li Jinghuan Li Qingfeng	479
Growth and productivity evaluation of several forage crops in Huhhot areas of Inner Mongolia	
..... Li Qingfeng Xu Jun Li Zhiguo	488
Growth and productivity evaluation of several alfalfas in Huhhot areas of Inner Mongolia	
..... Li Qingfeng Xu Jun Li Zhiguo	493
The comparing experiment of six corn varieties covered with or without plastic film	
..... Xu Yihong Luo Jianping Du YuZhen	498
Precipitation, temperature and vegetation pattern in Xilinguole grassland	
..... Li Qingfeng QingXiuling	499
Grassland management and foraging strategy for animal production in grassland of Northern China	
..... Li Qingfeng David Michalk Chen Liang Zhang Ping Tong Shaomin	505

沙尘暴成因的气象学研究

Meteorological Aspects of Dust – storm Formation



中国北方沙尘暴研究的若干进展

钱正安¹ 蔡 英¹ 刘景涛² 李栋梁¹ 柳中明³ 宋敏红¹

1. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 甘肃兰州, 730000

2. 内蒙古自治区气象局, 内蒙古呼和浩特, 010051

3. 台湾大学大气科学系, 台湾台北, 106

【摘要】 为了回顾总结中国北方沙尘暴研究的现状, 本文评述了近 20 多年来中国北方沙尘暴研究的三个主要阶段, 从沙尘观测、气候学、预报、变化趋势以及防御对策等 6 个方面简要评述了它的研究进展和问题。指出北方沙尘主要源于中国西北及蒙古地区; 随着沙尘天气强度逐渐加强, 不同沙尘天气对地面沙尘浓度约按 3 倍的比率依次递增; 揭示了我国北方五大沙尘暴多发区; 主要有纯冷锋型和冷锋加中系统混合型两类沙尘暴爆发环流型; 近 50 年来的沙尘暴活动呈波动变化, 这与生态环境恶化, 特别是东亚大气环流的年代际变化有关; 防御沙尘暴重点要抓五大多发区生态环境的治理及沙尘暴预警系统的建立。

【关键词】 中国北方沙尘暴 沙尘浓度 沙尘暴多发区 沙尘暴爆发环流型 大气环流的年代际变化 沙尘暴的数值模拟

沙尘暴是强风卷起大量沙尘, 使地面能见度小于 1km 的强沙尘天气, 它主要出现在北非、西南亚、中亚、中蒙、美国西南部及澳大利亚等干旱荒漠化地区, 在各地有不同的俗称, 虽然远自公元前 16 世纪以来, 我国史书、地方志及诗书中就有“风霾大作”、“黄雾下尘”及“边风猎猎卷晴沙”等沙尘现象的记载和诗句描述^[1-2], 但是, 仅近 20 多年来的一次次强沙尘暴事件才推动了它的深入研究。如 1977 年 4 月 22 日(以下记为“1977.04.22”, 下同)甘肃张掖特强沙尘暴后, 大气科学家才较详细地研究它^[3]。“1993.05.05”甘肃金昌特强沙尘暴后, 我国才出现了大气、沙漠等多学科联合研究它的局面。对它形成的气象及地面条件, 它监测、预报和数值模拟, 沙尘气溶胶的理化特征以及沙漠化生态环境的治理等进行全面研究。《中国沙尘暴研究》一书就是对这一时期, 特别是对“1993.05.05”金昌特强沙尘暴研究的较好的总结^[4-5]。2000 年以来, 再度活跃的沙尘暴活动又把它推向国际合作研究的新阶段。如我国大陆及台湾地区正在执行近 10 个相关的研究项目^[6-7]; 日、中、韩、美等国科学家进行了全球大气化学计划/亚洲气溶胶特性实验(IGAC/ACE-Asia)^[8]; 中日间正在执行“风送沙尘的形成、输送机制及其对气候与环境影响”的计划^[9]。近年来的研究包括大量近年发生的沙尘暴个案分析^[10-11], 各地沙尘气溶胶的观测分析^[12-20], 我国沙漠化和沙尘暴活动趋势的分析^[6, 21-22], 更有大量的沙尘暴防御及我国西北地区生态环境治理的对策和建议见诸期刊和报端。为及时交流沙尘暴的研究成果, 大陆地区已于 1993 年 9 月和 2001 年 2 月

先后两次在兰州召开了沙尘暴学术会议;台湾也于2002年6月在台北召开了海峡两岸学者参加的沙尘暴学术研讨会。一时间,中蒙沙尘暴问题成了全球瞩目的热点环境问题之一。

现在需要回顾一下我国沙尘暴研究的现状。

下面简要评述我国北方沙尘的观测、沙尘暴气候学、沙尘暴爆发和沙尘传输的环流型及预报、沙尘暴活动的变化以及防御对策等方面的主要研究进展和问题。

1 沙尘气溶胶的观测研究

沙尘是大气气溶胶的重要成分(特别在多沙尘区)。为了了解沙尘暴起沙的气象及地面条件,沙尘的浓度、物理化学特性,也为沙尘暴爆发和沙尘输送的数值预报和模拟提供参数化方案和沙尘浓度等的实测值,已在各地进行了许多沙尘气溶胶的观测研究^[12-20]。

1.1 沙尘的化学成分

据杨东贞^[20]、蔡晨霞^[12]、陈佩娟等^[18]和 Choil et al.^[19]分别在北京、常州、台湾及韩国等不同地区不同沙尘天气时的观测,沙尘以 Si、Al、Ca、Fe 以及 K 等地壳元素为主,这很接近我国西北地区的黄绵土等土壤成分;再结合当时当地气团质点的轨迹分析及卫星图片上沙尘区的移动,这些风送沙尘主要可能来源于我国西北及蒙古地区。

1.2 沙尘的粒径谱

根据前述观测,与各地背景大气相比,沙尘天气时,1~10 μm 间不同粒径的沙尘浓度都有成倍的增长,且与距沙尘源地的远近有关。源地处的优势沙尘粒径依次为 4.7~7.0 μm 、3.3~4.7 μm ,另外,9 μm 及 1~2 μm 左右的粒径的增长也较明显;因沿途重力沉降等原因,沙尘传输到韩国和日本时,则多为 3.3~4.7 μm 的粉尘。这种沙尘粒径的地区差异是分阶段建立简化沙尘浓度预报方程时应注意的。

1.3 沙尘的浓度和光学厚度

沙尘浓度等直接影响地球大气的辐射平衡,不同沙尘强度天气的沙尘浓度是不同的。《地面气象观测规范》及研究工作者们^[23]过去主要按地面能见度等,将沙尘天气强度由轻到重依次区分为浮尘、扬沙、沙尘暴、强及特强沙尘暴 5 级^[23]。

值得注意的是,牛生杰等^[15]近 4 年春季在腾格里等沙漠边缘多沙尘地区的吉兰泰等 4 站多次观测表明,该地区背景大气、浮尘、扬沙及弱沙尘暴天气时,地面的平均沙尘总悬浮颗粒物(TSP)浓度分别为 0.083、0.356、1.206 和 3.955 mg/m^3 (表 1),即随沙尘天气强度的加强,它们的沙尘浓度依次约按 3 倍的比率递增。当然,它还因沙尘暴的强度及地区而异^[12,18-20]。如“1993.05.05”特强沙尘暴盛期,金昌的沙尘浓度高达 1016 mg/m^3 ;待它东移至石嘴山地区,已减弱为强沙尘暴时的浓度为 18.43 mg/m^3 ;再待两天后东传至北京,已减弱为浮尘时的沙尘浓度仅为 1.051 mg/m^3 (20)。这虽是一次特强沙尘暴的瞬时值。已可见沙尘传输过程中的扩散稀释、重力沉降及降水清洗等对沙尘浓度的强烈减弱作用。一般说来,我国东部浮尘时地面的沙尘浓度为 $\leq 1\text{mg}/\text{m}^3$,传输到韩国、日本及台湾地区的浮尘的沙尘浓度将达到 $\leq 0.3\text{mg}/\text{m}^3$ 。

光学厚度也是表征大气气溶胶浓度和大气混浊度的重要变量。它常以有代表性的波长 575(或 570) μm 的光学厚度 τ_{575} (τ_{570})来度量,牛生杰等^[15]也得到对应于背景大气、浮尘、扬沙及沙尘暴等四种不同沙尘天气时的平均光学厚度的观测值,分别是 0.417、0.604、0.830 及 1.274(表 1),依次约按 1.5 倍的比率递增,且自扬沙天气起,沙尘气溶胶的光学厚度大于

1997 年秋印尼干旱野火烟尘的光学厚度值(0.7)了^[8]。当然,也有人显示了沙尘暴天气时偏大的 τ_{575} 值^[16]。

表 1 不同沙尘天气时地面沙尘浓度(TSP,mg/m³)和沙尘气溶胶光学厚度(τ_{575})

Tab.1 Ground dust concentration(TSP,mg/m³) and dust aerosol optical depth(τ_{575}) in different dust storm weather

		多尘区背景大气	浮尘	扬沙	弱沙尘暴	强沙尘暴	特强沙尘暴
TSP	实测值	0.083	0.356	1.206	3.955		
	综合值	~0.1	0.3~1	1~3	3~10	10~30	>100
τ_{575}	实测值	0.417	0.604	0.830	1.274		

这些平均差别说明,主要以地面能见度来区分不同沙尘天气,能反映不同沙尘天气时大气含尘量不同的物理本质。区分方法简便、客观、科学。

为了给沙尘的数值模拟提供 TSP 及 τ_{575} 等的初、边值场,我们综合已有的观测值,仍旧按前述随沙尘天气强度依次增强,其沙尘浓度相应地也约以 3 倍的比率递增的关系,初步得到不同强度沙尘天气时地面沙尘浓度的综合值。依此至少可根据稠密的地面站不同沙尘天气报告,粗略地给出各站的地面沙尘浓度;遗憾的是目前还缺少不同沙尘天气时中、低空气柱各高度含尘量的观测值;同时目前也还无法给出强和特强沙尘暴时 τ_{575} 的综合值。

2 沙尘暴气候学

人们关心沙尘暴的多发区和季节变化等,它应该根据历年出现沙尘暴的实际频数客观地确定。钱正安等^[22-23]、周自江等^[24]及刘景涛^[25]等先后对此作了许多分析。

2.1 沙尘暴的多发区

最近我们在以前工作的基础上^[22-24],增补了刘景涛等^[25]的新资料后,又得到第三份更完整的我国北方强和特强沙尘暴的个例表,共 292 例。它资料序列长,更能反映我国北方地区强和特强沙尘暴分布和变化的全貌。

图 1 是 1952~2001 年间我国北方强和特强沙尘暴的频数分布。如图所示,虽然我国西北和华北许多地区,以及东北个别地区都可能出现强或特强沙尘暴,但频数在 20 次以上的多发区仅有 5 大片:1)以民勤为中心(53 次)的河西走廊区;2)以和田为中心(42 次)的南疆盆地南缘区;3)以拐子湖为中心(25 次)的内蒙古阿拉善高原区;4)以伊克乌素镇为中心(27 次)的鄂尔多斯高原区;5)以及以朱日和为中心(22 次)的浑善达克沙地区。与我们的前两次分布图相比^[22-23],这里要强调内蒙古中西部多发区的重要性。那里的强及特强沙尘暴几乎占我国北方总频数的 2/3(有些从蒙古国移来)。

李栋梁等^[26]曾得到 1964~1998 年间我国北方多年平均的年沙尘暴(包括弱沙尘暴在内)日数图(图 2)。民勤、和田、拐子湖、伊克乌素和朱日和的年平均沙尘暴日数分别为 28, 26, 29, 17 及 9 天;且河西走廊、南疆盆地南缘及内蒙古巴音毛道-吉兰泰-伊克乌素一线的年平均沙尘暴日数都在 10 天以上。即图 1、2 中的高频数中心及轴线的分布是一致的。需要指出,因雅布赖山及贺兰山地形的分隔,图 1、2 中河西走廊、阿拉善高原及鄂尔多斯高原被分为三片多发区;两图中对一些资料稀疏的地区,等频数线均以虚线绘出;也需要指出,青