

科尔沁沙地 与大气环境

张启德 王玉秀 著

科学出版社

科尔沁沙地与大气环境

张启德 王玉秀 著

科学出版社

1994

(京)新登字 092 号

内 容 简 介

本书概述了科尔沁沙地自然条件、社会经济条件及沙漠化的程度,研究了科尔沁沙地历史和现代的沙漠化过程,探讨了沙漠化地区及至下辽河平原东部城市群沿线地表不同粒级沙粉尘的起沙风速,及同一粒级沙尘在不同风速作用下、不同粒级沙尘在同一风速作用下吹扬、沉降和浓度的变化规律;根据风沙区和风害区受影响的不同程度,提出针对性、可操作性较强的防治目标、途径和对策。

本书可供沙漠学、第四纪地质学、生态学、土壤学、环境科学以及农林牧等方面的科研人员及高校有关专业师生参考。

科尔沁沙地与大气环境

张启德 王玉秀 著

责任编辑:刘卓澄

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

北京市朝阳区东华印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1994年7月第一版 开本:787×1092 1/16

1994年7月第一次印刷 印张:8 1/4

印数:1—800 字数:180 000

ISBN 7-03-004275-1/P·771

定价: 9.20 元

序

砂质荒漠（简称沙漠）主要形成于第四纪时期，是干旱气候条件下风力作用于砂质地表的产物，即主要是自然因素所形成，大部分分布在极端干旱和干旱地带。处于半干旱草原地带的风成沙丘区域则称之为沙地，科尔沁沙地便是其中之一。由于沙地所处的自然条件相对较干旱及极端干旱地带的沙漠略为优越，且具有一定的生产潜力，人为经济活动也较频繁，往往成为我国北方主要的农牧交错地区，相应的在这些农牧交错地区土地荒漠化问题也较为突出，表现为砂质草原开垦后的土壤风蚀和片状流沙的形成，固定沙丘的活化，低山丘陵（特别是土状堆积物地区）流水的侵蚀及低洼平原的盐碱化。所谓土地荒漠化按 1992 年联合国环境发展大会所确认的新定义，乃是指“由于气候变化和人类活动等因素所造成的干旱半干旱和干旱的半湿润地带的土地退化”，它已成为当前国际上一个重要的环境问题，涉及到全球 100 多个国家，9 亿人口，占土地面积的 $\frac{1}{4}$ (35.92 亿公顷)，估计全球每年损失（收入损失）为 423 亿美元。其中由于风力作用形成的土地荒漠化面积占退化土地面积的 41.7%，流水侵蚀作用形成的土地荒漠化面积占退化土地面积的 45.1%，化学作用形成的土地荒漠化面积占退化土地面积的 9.7%，其它作用形成的土地荒漠化面积占退化土地面积的 3.5%。在造成土地荒漠化的人为因素中，过度放牧占 34.5%，破坏森林占 29.5%，不适当的农业利用占 28.1%，其它如工矿开发等占 7.9%。而且土地荒漠化还在发展中，按联合国环境规划署的资料，从 1984 年的 34.75 亿公顷增加到 1991 年的 35.92 亿公顷，即增加了 3.4%。正是如此，联合国大会 1992 年 12 月以第 47/188 号的决议定于 1994 年 6 月在巴黎签订荒漠化防治的国际公约，由此可见土地荒漠化问题在国际上的重要性。作为土地荒漠化类型之一的砂质荒漠化，即在“具有砂物质地表和干旱多风的条件下，由于人为过度的经济活动，破坏其脆弱的生态平衡，导致土地生产力下降，地表出现以风沙活动为主要指征的土地退化过程”，在中国北方农牧交错地区发展尤为迅速。根据我们利用科尔沁沙地不同时期卫星像片的资料分析表明，在 70 年代中期土地砂质荒漠化面积占该地区面积的 68.4%，而到 80 年代中期则发展到占该地区面积的 77.6%。由此可以说明，土地砂质荒漠化问题在科尔沁地区的严重性。不仅如此，而且还对主导风下风方向地区的生态环境和大气环境带来了很大的影响。《科尔沁沙地与大气环境》一书全面地论述了这一地区的自然条件、社会经济条件、沙地的形成发展和沙漠化过程，系统地分析、探讨了沙漠化对大气环境的影响，特别是沙尘对大气环境的影响程度和范围，提出了针对性、科学性和可操作性强的防治对策，这对辽宁北部及东部地区大气中远源沙尘来源与形成机制的研究、工农业生产和环境保护建设，均具有重要的科学价值和实用价值。

本书在研究方法上，采用了地面调查与航空及卫星影像信息分析相结合，沙样的实验室风洞模拟试验与矿物组合及微量元素相关分析相结合的综合研究方法，获得了可靠的科学资料，从而比较系统、准确地阐明了科尔沁沙地土地沙漠化过程对大气环境的影响。本书是我国第一部研究沙漠化与周围环境关系，特别是对大气环境影响的著作，它

不仅为科尔沁沙地周围地区经济建设与生态环境保护的战略决策提供了科学依据，而且为国内其它地区开展同类研究提供了经验与方法，值得从事环境科学、生态学、地理学、治沙和沙区农林牧等学科的科研、数学和生产部门有关人员一读。

朱震达

1993年8月8日

前 言

《科尔沁沙地与大气环境》一书是在 1988 年至 1991 年完成“科尔沁沙地沙尘对沈阳地区大气环境影响与防治对策的研究”科研成果基础上写成的。该项研究历经 4 年,于 1991 年 12 月通过辽宁省科学技术研究成果鉴定,其中的《沙尘对大气环境影响的研究》一文于 1989 年 12 月由英文版环境科学学报发表,《科尔沁沙地沙尘对沈阳地区大气环境影响的研究》一文于 1990 年第三届国际大气科学会议(ASAAQ)论文集上发表,《科尔沁沙地沙的来源初探》于 1991 年第十三届国际第四纪研究联合会(INQUA)论文集上发表。

《科尔沁沙地与大气环境》以我国著名沙漠学家朱震达教授提出的沙漠化和沙漠化过程的理论以及自然、人口、社会、经济复合生态系统的理论为基本理论,根据科尔沁沙地的环境结构特征、分异规律和沙漠化程度,通过沙样的风洞模拟试验、矿物组合及微量元素图谱的相关分析,探讨科尔沁沙地各粒级沙尘在不同风速作用下,对大气环境影响的程度和范围,提出相应的防治对策。全书共分六章,第一章、第二章为环境概况部分,全面地论述了科尔沁沙地分布区的自然环境概况和社会经济概况;第三章、第四章为基础理论部分,系统地剖析了科尔沁沙地的形成、演变和沙漠化的历史过程与现代过程;第五章、第六章为沙尘对大气环境影响与防治对策部分,深入地探讨了各粒级沙粉尘的起动风速以及在不同风速作用下的地表运动形式和空间二维扩散规律,对大气环境影响的程度和范围,提出了相应的防治目标、途径与对策。

在该项课题研究过程中,曾得到辽宁省科学技术委员会、环境保护局、农业局、林业局、畜牧局、气象局、固沙造林研究所和风沙地改良利用研究所,彰武县、康平县、阜新县和铁岭市等市县环境保护局、农业开发办公室和计划经济委员会,内蒙古自治区哲里木盟的科尔沁左翼后旗、科尔沁左翼中旗、奈曼旗、通辽等旗(县)的环境保护局、农业局和气象局,昭乌达盟的翁牛特旗和开鲁县等旗(县)的环境保护局、农业局和气象局等单位的大力支持与帮助,提供了大量资料和数百万个数据;中国科学院兰州沙漠研究所、兰州地质研究所、遥感应用研究所等单位分别提供了沙样的风洞模拟试验、沙样的矿物组合与微量元素分析、沙区卫星像片的彩色合成等方面的方便条件。由于上述单位提供了大量的资料和良好的试验条件,使研究工作得以顺利完成。

在本书编写过程中,中国科学院兰州沙漠研究所朱震达教授、王涛副教授、北京师范大学王华东教授、辽宁省环境保护局高级工程师陈奇局长、孙长来副局长、郝宪海处长等给予热情指导与帮助,对本书提出宝贵意见,朱震达教授审阅了全部书稿,在此一并表示诚挚的谢意。

在“科尔沁沙地沙尘对沈阳地区大气环境影响与防治对策的研究”课题研究过程中,张启德、王玉秀和王永志同志负责选题、研究方案的设计与开题论证工作,张春风、于淑清、宋立明同志分别与张启德、王玉秀同志参加野外考察、样品采集、室内分析测试及其有关资料的搜集整理等工作。王玉秀、张启德同志负责《科尔沁沙地沙尘对沈阳地区大气环境影响与防治对策的研究》报告编写工作,张启德、王玉秀同志负责《科尔沁

沙地与大气环境》报告的编写工作。本书即在上述工作和研究成果基础上，经补充、修改、加工、整理而成，因此，本书乃是集体劳动的结晶。本书在编写过程中，绪论、第一章、第三章和第五章由张启德和王玉秀同志负责编写，第二章、第四章和第六章由王玉秀、张启德同志负责编写。

由于作者学识浅薄，书中谬误与不当之处欢迎读者指正。

张启德
1993年6月

目 录

绪论	(1)
第一章 科尔沁沙地自然环境概况	(8)
第一节 地质与地貌	(8)
第二节 气候	(11)
第三节 水文	(17)
第四节 土壤与植被	(19)
第二章 科尔沁沙地的农业社会经济概况	(21)
第一节 人口及其构成	(21)
第二节 土地资源	(21)
第三节 土地生产能力与综合农业发展概况	(22)
第三章 科尔沁沙地的形成及其演变	(26)
第一节 科尔沁沙地的基本特征	(26)
第二节 科尔沁沙地的形成时代	(28)
第三节 科尔沁沙地的起源	(28)
第四节 科尔沁沙地的演变	(31)
第四章 科尔沁沙地沙漠化过程及其现状	(35)
第一节 有关几个问题的基本概念	(35)
第二节 科尔沁沙地沙漠化的历史过程	(39)
第三节 科尔沁沙地沙漠化的现代过程	(49)
第四节 科尔沁沙地沙漠化土地的现状分布	(58)
第五节 科尔沁沙地沙漠化的发展趋势	(60)
第五章 土地沙漠化对大气环境的影响	(63)
第一节 土地沙漠化与沙粉尘	(63)
第二节 沙粉尘的风蚀、搬运、沉积及其意义	(69)
第三节 沙尘源地的矿物组合与微量元素	(75)
第四节 沙粉尘对大气环境的影响	(81)
第六章 沙尘对大气环境影响的防治对策	(92)
第一节 科尔沁沙地沙漠化土地的整治目标与途径	(92)
第二节 科尔沁沙地沙漠化整治区划	(96)
第三节 科尔沁沙地沙漠化的整治对策	(103)
第四节 当地沙尘对环境影响的防治对策	(113)

绪 论

一、目的和意义

荒漠化是当前世界上一个重要的环境问题,1977年联合国荒漠化会议把这一问题提到议事日程,1992年联合国环境发展大会并把它列为21世纪行动议程的第十二章。作为荒漠化类型之一的砂质荒漠化(简称沙漠化)是全球荒漠化中一个重要组成部分,其因风力作用形成荒漠化的面积占全球土地退化面积的41.7%。特别是在具有砂物质的地表,被人为活动破坏了植被的情况下,风力作用的结果产生了以风沙活动为主要特征的土地退化过程,这在半干旱草原地带更明显,科尔沁草原的土地沙漠化过程(包括科尔沁沙地固定沙丘活化过程)便是明显的例子。因此阐明其历史过程、现代过程和逆转过程具有重要的科学意义和实践意义,尤其是在具有“生态学弹性”特点的半干旱及半湿润地区的科尔沁沙地,一般消除了人为的干扰和调整土地利用结构以后,便可使沙漠化土地得到治理,土地生产力得到恢复。

《科尔沁沙地与大气环境》一书比较详细地回答了上述问题。本书在概述科尔沁沙地自然环境条件与社会经济条件基础上,比较系统地剖析了科尔沁沙地的沙漠化历史过程和现代过程,采用沙样的风洞模拟试验和矿物组合与微量元素图谱相关分析等方法,系统地探讨了各粒级沙尘的起动风速及同一粒级沙尘在不同风速作用下、不同粒级沙尘在同一风速作用下的二维空间吹扬、沉降和浓度变化规律,得出了沙尘起动指示风速与其平均粒径对数值呈双折线关系,沙尘在大气中的浓度具有随高度和水平距离增加呈指数函数递减的变化规律,沙尘扩散距离与其平均粒径呈负相关关系等的科学结论。这些结论不仅为该沙区周围地区防风固沙、下辽河平原东部城市群远源沙尘污染与“黄雨”、“黄雪”形成机制及其黄沙来源等的研究,具有重要指导作用和实用价值,而且充实与发展了沙尘在大气中运动规律的理论。

本书总结出选择生长迅速、繁殖容易、耐干旱、耐地面高温、耐瘠薄的灌木,采用“双行密植灌木固沙法”固定流沙。针对性、科学性、实用性和可操作性强,成本低,效果显著。

范围广阔的科尔沁沙地,由于风蚀、吹扬及风力堆积,往往造成本区未沙漠化的地区以及沙地外围农田土壤沙化、草原退化和农牧业减产,给工农林牧及交通运输等经济发展带来很大的影响,造成沙区及其周围地区尤其是下风向地区大气环境严重污染,危及人体健康,引起人们和社会普遍关注。

因此,从区域环境整体观点出发,开展该项课题的研究,在查明沙漠化土地的分布、成因、沙漠化过程以及沙尘在风力作用下对大气环境影响程度和范围等的基础上,提出固定流沙、改良风沙土、营造防护林带等具体防治对策,对治理沙漠化土地、国土整治、

保护环境、发展生产,使经济建设与环境建设协调、和谐发展;对科尔沁沙地及其周围地区农林牧的合理布局等,均具有重要的实用价值。

二、国内外研究现状及其发展趋势

1. 荒漠化的研究进展

(1) 国际方面。土地荒漠化是当前全球一个十分重要的环境问题。由它所引起的环境退化,造成的生物生产量的下降,可利用土地资源的丧失和人类生存条件的恶化,早已引起了世界范围内的高度重视。为此,1977年8月29日至9月9日联合国在肯尼亚首都内罗毕召开了由94个国家500多名代表参加的“世界沙漠化大会”,讨论了荒漠化的定义、影响及其解决办法。会上提出了四个方面的学术性评论,即荒漠化与气候、荒漠化与生态变化、荒漠化与科学技术和荒漠化与社会的关系。这些受到普遍支持的评述是联合国环境规划署提供资金进行研究的课题,也是有史以来人类首次在全球范围内多学科结合、综合地开展了荒漠化的研究。目的是要在一些国家研究荒漠化的实际过程,并要防止荒漠化跨国的可能性,这次大会将荒漠化定义为土地生物生产力下降和破坏的过程,最终导致类似于荒漠景观的出现。大会估计,全球干旱区有39.7亿公顷土地受到荒漠化的影响,约有100多个国家正在遭受荒漠化的威胁,受影响最严重地区的人口为7850万。荒漠化所造成的经济损失每年约为260亿美元。

联合国环境规划署在1984年再次进行了全球荒漠化的评估,认为荒漠化土地在继续扩展。全球受荒漠化影响的牧场面积为31亿公顷,占干旱区牧场总面积的80%;旱作农地面积为3.35亿公顷,占干旱区农地总面积的60%;灌溉耕地面积为4000万公顷,占干旱区灌溉面积的30%。到1990年环境规划署在全球荒漠化评估时,将荒漠化归纳为两大类:一是由于风力和水力侵蚀所造成的土壤物质的移动,如风蚀风积和水土流失;二是土壤本身化学物理性质的变化所造成的退化,如盐碱化、水渍化和土壤肥力下降等。在最新编制的全球荒漠化地图集的基础上,计算出了各种类型的面积。同时总结出造成土地退化的各成因因素所占比重分别为:过度放牧占34.5%;不适当农业利用占28.1%;毁林29.5%,其他(如工矿开发)占4.9%。

国际上对荒漠化成因、过程及其发展趋势都做了大量的研究工作,尽管在许多具体问题上争异较大,但对如下总的研究结果还是能被大多数人所接受:荒漠化是因种种因素作用所造成的干旱、半干旱和半湿润半干燥地区的土地退化现象,其中包括气候变化和人类活动,荒漠化影响到世界上大约1/6的人口和36亿公顷的土地,占干旱地区面积的70%或全球陆地总面积的1/4。荒漠化最明显的影响除了造成普遍贫困之外,就是总面积为33亿公顷牧场的退化,占牧场总面积的73%,占旱地面积47%的旱作农业耕地土壤肥力下降和退化;占旱地面积30%的人口密集程度高和农业潜力大的灌溉耕地的退化。

从多方面看,荒漠化的威胁已引起了人们的高度重视,但是,荒漠化的治理结果还不能令人满意。虽然区域性的应用研究需要加强,但上述情况是多种因素所致,而不是缺少技术知识。有鉴于此,1992年6月联合国巴西“环境与发展”世界各国首脑大会上的《21世纪议程》就全球荒漠化研究与治理提出如下优选课题:

- 加强信息库和荒漠化的监测系统, 包括这些系统所涉及的社会经济问题;
- 制订和加强荒漠化易发地区消除贫困和促进替代生计系统的综合方案;
- 通过加强土壤保持、造林等活动, 防治土地退化;
- 制定全面的防止荒漠化方案并将其纳入国家发展计划和国家环境规划;
- 制定旱灾易发地区的综合备灾救灾计划以及设计应付环境难民的方案;
- 鼓励和促进人民参与, 加强环境教育, 重点是荒漠化的控制旱灾影响的处理。

(2) 国内方面。

1) 荒漠化土地的分布及其发展现状。我国砂质荒漠化土地分布于北方干旱和半干旱及部分半湿润地区, 面积辽阔, 达 3 340 万公顷, 其中已经荒漠化了的土地 1 760 万公顷 (70 年代中期数据, 下同), 潜在荒漠化土地 1 580 万公顷, 东起黑龙江, 西至新疆, 断续分布延长达 5 万公里, 涉及到黑龙江、吉林、辽宁、河北、山西、内蒙古、陕西、宁夏、甘肃、青海和新疆等省 (区) 共 212 个县 (旗)^[1]。在现有的自然条件下, 随着人类继续强度地进行土地利用, 荒漠化土地的空间分布范围正在逐渐扩大。根据 50 年代末至 70 年代中期两次航空照片的分析制图和量算, 北方荒漠化土地每年扩大 15.6 万公顷。这些扩大的荒漠化土地主要源于下列两种情况: 一是干草原及荒漠草原农垦后旱作农田荒漠化的发展; 二是固定沙丘 (沙地) 开垦后过度放牧、樵采而造成固定沙丘向流沙的演变。以呼伦贝尔草原的新巴尔虎左旗为例, 荒漠化土地面积从 1959 年占全旗面积的 9.2% 扩大到 1984 年的 12%; 科尔沁草原荒漠化的发展更是明显, 以奈曼旗为例, 50 年代末期荒漠化土地占 39.9%, 到 70 年代中期发展到占 65.6%。

研究表明^[2], 上述草原开垦和过度放牧、樵采等强度经济活动与近 40 年来人口数量的快速增长直接相关。例如, 农牧交错地带的荒漠化地区人口年均增长率为 30.8%, 平均人口密度一般从 1949 年的 10—16 人/平方公里增加到 1980 年的 40—60 人/平方公里, 高者可达 80 人/平方公里。人口的增加, 加大了对土地资源利用的压力, 造成进一步的草原开垦和草场过度放牧。如科尔沁沙区奈曼旗的固力本花, 在 1966—1977 年间将 80% 以上的固定沙地及丘间草场开垦为旱作农田, 且有些砂质平地曾被多次开垦。又如科尔沁左翼后旗朝鲁吐的 170 万亩土地已经全部被耕种了一遍, 部分土地已耕种了两三遍, 荒漠化土地面积从 50 年代初期占全部土地的 13.7% 增加到 70 年代末期的 30.8%。过度放牧使农牧交错地带草场严重超载, 如这一地带从 50 年代每头家畜平均占有 50 亩草场减少到 70 年代后期平均占有 15—20 亩, 甚至仅占有 5—10 亩。科尔沁左翼后旗平均每只羊单位占有草场仅 3.9 亩, 奈曼旗仅 2.8 亩。过度樵采活动破坏天然植被, 直接造成固定沙丘活化和草原风蚀, 以科尔沁沙区库伦旗北部额勒顺乡为例, 1 340 户居民每年薪柴所需数量相当于破坏 13.9 万亩的灌木林。另外, 草原地区工矿、交通和城市建设的影响和干旱区水资源利用不当使下游河床断流等也造成荒漠化的发展。

上述经济活动, 均属破坏植被造成地表裸露于风力作用之下, 经过风沙物理过程使荒漠化土地蔓延。风洞实验表明^[2], 人类不合理地翻耕土地、放牧和樵采等经济活动, 在自然条件相同的情况下, 其加速土壤风蚀值可达百分之几以至十几倍至百余倍以上。可见这是草原地区土地沙漠化不可忽视的重要因素。

最新研究成果表明^[3], 近十多年来我国北方荒漠化土地的蔓延速度又增大到年均 2 100 平方公里, 到 80 年代末已经荒漠化了的土地至少已达 1 970 万公顷。根据其发展趋

势和空间分布特点可做出如下评估:

①原来属于潜在荒漠化及荒漠化正在发展的砂质草原农垦区是近十余年来土地荒漠化蔓延最显著的地区,这从内蒙古后山地区、河北坝上地区的草原旱农区荒漠化土地年增长率达6—10%可以得到说明。这是荒漠化严重发展的地区。

②原来一些主要荒漠化地区,如内蒙古科尔沁沙区、伊克昭盟及陕北长城沿线一带、宁夏河东沙区等荒漠化发展面积不及草原农垦区那样迅速,其发展方式是以荒漠化程度的加剧为主。

③具有生态学上“弹性”特征的荒漠化能自我逆转的地区,只要采用符合生态特征的土地利用结构和一系列封育围栏营造防护林及固定沙丘等措施,5—7年即可得到逆转。说明荒漠化土地的整治是有可能的。

④草原牧区、干旱绿洲边缘,内陆河下游的荒漠化在过去十多年里都有发展,应引起充分的重视。

2) 荒漠化土地的整治。近十多年来在进行全国荒漠化发展过程、趋势监测的研究和荒漠化土地整治宏观战略研究的同时,还重点进行了荒漠化土地的区域综合整治的研究。如中国科学院兰州沙漠研究所在不同类型的荒漠化(风沙化)地区建立了9个整治试验站,在我国大部分沙漠化地区探索着不同类型沙漠化(风沙化)土地整治模式和具体整治途径及技术,建立显示效益的示范样板区,以推动区域荒漠化整治。另外,中国科学院新疆生物土壤沙漠研究所、沈阳应用生态研究所、长春地理研究所和林业部及有沙区各省的林业机构相继建立了试验站或治沙林场,共同担负三北地区荒漠化区域整治的研究任务。所有这些努力均取得了一些成就,使局部地区生态的生产环境有所改善,我国北方10%的荒漠化土地已经开始逆转^[4]。

根据我国北方荒漠化地区自然、经济特点及荒漠化发展趋势、开发利用中存在的问题以及治理的典型经验^[1,5],荒漠化土地的整治必须本着生态效益、经济效益、社会效益统一的目标,贯彻适度利用与多项互补的生态原则,把防治与利用寓于一体。在治理的对策上,从改善整个干旱及半干旱地区生态系统的角度综合考虑,全面规划,在经济发展方向上,贯彻以林为主多种经营的方针。同时还必须有效地控制人口增长,在治理的具体部署上,采取科研机构以试验区进行治理试验为主,科研机构与生产部门相结合以具有一定面积范围的示范区为主和科研机构、生产部门与地方群众相结合以推广区为主的三个层次的形式。在治理的具体措施上,对于农牧交错荒漠化区,针对沙区中居民点、耕地、草场分散分布的特点,可以生态户为基础,采取天然封育,调整以旱作农业为主的土地利用结构,扩大林草比重,集约经营水土条件较好的土地,并与营造护田林网相结合,丘间营造片林(灌丛)与封育相结合的措施,从而达到一方面控制荒漠化的发展,另一方面起到发展经济的作用。在草原牧区,除了合理确定载畜量、合理轮牧和建立人工草地及饲料基地外,还应与合理配置水井、确定放牧点密度、修建固定道路等结合起来。在干旱地带以流域为生态单元进行全面规划,合理分配用水计划,以绿洲为中心建立绿洲内部护田林网与绿洲边缘乔灌相结合的防沙林带以及绿洲外围机械沙障与障内栽植固沙植物相结合等措施,形成一个完整的防治体系。另外,通过密集流沙地区的交通沿线,可采用沙障与植物固沙相结合的固阻措施,建立以固为主的防护体系。

下列4例是中国科学院兰州沙漠研究所的几个试验区,通过不同整治模式的研究,在

荒漠化土地整治方面所取得的成果。

①内蒙古科尔沁沙地奈曼旗试验区(尧勒甸子村)整治前(1984年)和整治后的变化。本区流沙地由1 000公顷减少到330公顷,植被覆盖率由10%增加到30%,粮食总产量由15万公斤增加到25万公斤,人均收入由174元增加到450元,成果已向全旗推广。

②宁夏盐池试验区(沙边子村)整治前(1985年)和整治后(1990年)的变化。全村荒漠化土地4 822公顷,通过整治全部控制,其中667公顷流沙地全部改造为林地。植被盖度由30%提高到50%,粮食总产量由13.9万公斤提高到21.9万公斤,人均收入由不足500元提高到1 175元。成果已向盐池县北部6个乡推广。

③甘肃临泽试验区整治前(1975年)和整治后的变化。整治前风沙威逼绿洲,1975年试验区建立后,在外围荒漠化土地上建立由防护林带保护的新绿洲3 300公顷,不仅保护了老绿洲,而且在新绿洲建立了弓城和濠洼两个新村,把原来荒漠化土地改变为稳产高产的农田和林地,搬入新农户125家,人均收入达700元,10年收益是总投资的12倍。成果已在甘肃河西地区推广近27 000公顷。

④山东禹城试验区整治前和整治后的变化。整治前的1 100公顷风沙化土地,在4年内通过综合整治途径,有81%已成为有林网保护、渠网配套的良好田,风沙灾害基本消除,产出为投入的4.4倍。成果很快地德州、聊城地区推广。

近年来我国荒漠化研究及其治理取得的成绩也受到国际上的重视,特别是治理的模式和经验大都适合于发展中国家,因此,联合国环境规划署、开发署、教科文组织,国际荒漠开发委员会等国际组织,曾委托中国科学院兰州沙漠研究所主持过4次国际沙漠科学研讨会,为发展中国家举办过9次荒漠化讲习班及参与一些国家的荒漠化治理规划。中国科学院兰州沙漠研究所也曾被联合国环境规划署表彰,并授予“全球环境先进单位”称号。1987年8月该署与我国签订协议,以中国科学院兰州沙漠研究所为依托,建立“国际荒漠化治理研究培训中心”。这些都为我国较为完整的荒漠化研究的理论和实践国际化,为全球荒漠化防治做出贡献创造了有利的条件。

2. 沙尘对大气环境影响的研究进展

(1) 国际方面。近20年来,美国、英国、法国、原苏联等国家,采用高精度分析手段,通过大气取样分析,研究了大气环境的尘污染及其尘来源,研究对象包括三方面,一是工业粉尘及降尘污染;二是当地沙尘的次生污染;三是远源沙区风沙流沙尘的飘移污染。

(2) 国内方面。近十几年来,我国环境保护系统,普遍开展了城市大气环境降尘和颗粒物污染的常规监测研究。1984年中国科学院环境化学研究所和高能物理研究所陈宗良、杨绍晋等^[6]用大气颗粒物中13种元素(W, As, Br, K, Ba, Rb, Ce, Sc, Fe, Zn, Sb, Ni, V)和4种有机溶剂萃取物(N_p 环己烷萃取物、M_p 二氯甲烷萃取物、P 丙酮萃取物、S_p 甲醇萃取物)的测定值作为变量,用富集因子法、因子分析法、多元回归法识别了北京地区大气颗粒物的主要污染源,研究结果认为,北京市颗粒物中二次尘污染最重,占32%;风沙土壤较轻,占14.5%。1986年杨绍晋等^[7]采用中子活化与质子激发X荧光分析法,研究了大气不同粒径颗粒物中元素浓度的分布规律,研究结果认为,天津

地区尘土、燃煤对大气颗粒物的贡献最大。

我们采用研究区沙样的风洞模拟试验测定不同粒级沙尘在不同风速作用下的垂向和水平方向二维扩散范围及其浓度变化规律,采用沙样的矿物组合分析(角闪石、石榴子石、绿帘石和磁铁矿;辉石、尖晶石、锆石、电气石和赤铁矿等)进一步论证天然沙尘扩散的范围;采用等离子发射光谱测定相应沙样中15种微量元素(Ba, Be, Cr, Cu, Ca, Mn, Nb, Ni, P, Sr, Ti, V, Y, Zn, Zr)和4种氧化物(Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , CaO)的含量,通过单元素含量变化的图谱分析和组合相关分析,研究了城市工业飘尘在强风作用下,对其下风方向大气环境影响的范围和程度。这些方法的联合采用均是国内外文献上未见报道的。

风沙对辽宁省农业、牧业、交通运输业以及大气环境等均造成比较严重的影响,为了防治风沙的危害,全面贯彻落实辽宁省委和省政府作出的“科技兴辽”决定,我们在辽宁省科学技术委员会和辽宁省环境保护局关怀下,进行了科尔沁沙地沙尘对沈阳地区大气环境影响与防治对策的研究。该项研究以经济、社会和自然复合生态系统的理论为指导思想,以保护环境、发展经济为目的,比较系统地研究了科尔沁沙地地区地表不同粒级的微粒成分,在不同速度的自然风力作用下,吹扬、沉降和浓度衰减特点;对大气环境产生污染的程度、范围和时空变化规律;对沈阳地区大气环境是否有比较明显的影响和较为广泛的地域联系;探讨沈阳地区城市工业飘尘,在其相反风向的强风作用下扩散和浓度变化规律;提出防风固沙的主要对策,为改造荒漠、保护环境和发展生产提供科学依据。

三、研究方法

《科尔沁沙地与大气环境》一书的研究内容,包括沙地的形成、演变、分布、发展和沙地沙尘对大气环境影响两个主要方面。在研究沙地沙尘对大气环境影响时,本书以科尔沁沙地沙尘暴和大风天气发生频率最高季节主导风向下风向的辽河平原东部“辽宁中部城市群”作为研究区,研究其受影响的程度和范围。因此,该专著是一项涉及面较广、综合性较强的研究工作,既涉及自然科学,又涉及社会科学;既涉及宏观的自然环境,又涉及微观的实验室定量分析测试和模拟试验。它所涉及的学科包括地质学、地貌学、矿物学、第四纪地质学、地球化学、水文地质学、自然地理学、经济地理学、建设地理学、生物学、气象学、水文学、土壤学、古地理学、古气候学、历史学、考古学、系统生态学、应用生态学、景观生态学、林学、畜牧学、沙漠学、环境科学等。涉及的部门包括交通、水利、农、林、牧、气象、地质及环境保护等。

具体研究内容包括自然环境子系统和社会环境子系统两个方面。在自然环境子系统方面,对科尔沁沙地及其周围地区的地貌类型、森林生态、农田生态、草原生态、水域生态、荒漠生态等生态系统的特征、水文、气象、土壤等自然资源的分布规律,进行了系统归纳分析与总结。

社会经济环境子系统方面的研究内容包括有资源(主要是综合农业资源)开发利用形式与开发利用强度,工、农、林、牧、副、渔各业的发达程度和发展趋势,非荒漠化或潜在荒漠化地区的保护,正在发展荒漠化土地的防治,荒漠化强烈发展区与严重荒漠

化地区的整治等。

在科尔沁沙地的形成、演变及荒漠化程度的研究过程中，充分地利用了各学科、各部门最新研究成果，并有的放矢地对那些资料不足的地区及其典型地区，采用卫星影像信息解释与野外调查相结合，历史资料与最新研究成果对比分析相结合，各部门、各学科所提供的资料与研究者所做实验室分析测试结果相结合等的研究方法进行系统深入的探讨。

在科尔沁沙地沙尘对大气环境影响的研究方面，选择了绿色植被覆盖最少，风沙流发生频率最高的初春季节沙区主导风向下风向人口密集的辽河平原东部以沈阳为中心的“辽宁中部城市群”作为研究区，联合采用风洞模拟试验与矿物组合及微量元素相关分析相结合的方法，探讨各粒级沙尘分别在各级强风作用下在大气中的吹扬、沉降和浓度变化规律。

在防治对策方面，采取固定流沙、合理利用和改良风沙土、营造防护林带和种植草被等相结合的措施，进行荒漠化的整治，最大限度地抑制沙尘的起动、风沙流的发生以及当地扬尘的产生。

在整个项目研究过程中，风沙对大气环境的影响与其相应的防治对策，是该项课题研究的重点，联合采用风洞模拟试验、矿物组合及微量元素相关分析相结合的方法，以及“双行密植灌木固沙法”是该项研究工作的研究核心和技术关键。

第一章 科尔沁沙地自然环境概况

科尔沁沙地主要分布于东北平原的西部，散布于西辽河下游干支流沿岸的冲积平原上(图 1.1)^[8]。沙地的北部也有一部分分布在冲积-洪积台地平原上。行政区划上属内蒙古自治区的哲里木盟及昭乌达盟，吉林省的西部和辽宁省的西北部。地理坐标位于东经 118°—124°30′，北纬 42°40′—45°15′，总面积约 4.23 万平方公里。沙地开发利用历史悠久，是一个以农为主，农牧结合的半农半牧区。科尔沁沙地的存在及其演变，对其周围地区环境的影响有着重要的意义。

第一节 地质与地貌

新华夏系和阴山纬向构造体系基本控制了本地的地貌单元。科尔沁草原正位于大兴安岭和燕山山地东延部分交叉的三角地带，属于两大构造体系所控制的松辽沉降带的一部分。构造地貌单元可划分为大兴安岭断块山地、辽西断块山地丘陵和松辽断陷平原。

大兴安岭走向北东，平均海拔 1 000—1 700 米。古生代华力西运动褶皱成山，长期遭受剥蚀，中生代燕山运动块断隆升。山体西缓东陡，山岭和缓、起伏度小。山前发育广阔的冲洪积台地。

辽西断块山地丘陵主要为燕山山脉东延部分七老图山和努鲁儿虎山及其余脉^[9-10]，平均海拔 600—1 000 米，形态主要为低山丘陵。丘陵覆盖有 Q_2 — Q_3 黄土，山前有黄土台地分布。

松辽断陷平原自第三纪始发生沉降，第四纪持续下沉，堆积了下更新统白土山组冰水沉积、中更新统大青沟组河湖相沉积、上更新统顾乡屯组河流相沉积。科尔沁草原属于松辽断陷平原的西部区，第四纪最大沉积厚度 300 米(开鲁盆地)。

本区的地貌外营力是以流水和风力作用为主^[10]。

本区范围大致可分以下几片，处于西辽河北部的是乌力吉木仁河砂质平原，北以巴林桥、黄花庙、东马宗山、扎苏台庙、阿林霍杜嘎一线与大兴安岭南段山地相分开；南由新开河，呈楔形向西南尖灭，平原面向东及东北倾斜，海拔 220—660 米，个别高地可达 700 米以上。地表均由松散的第四纪沉积物所组成，主要有冲积洪积、湖积以及风积物。一般下部为冲积-洪积相砂砾层；上部覆有不厚的风积细砂。沉积物的厚度从西北向东南增大。

在查干木伦河、哈通河、乌力吉木仁河、黑孤岭河、巨流河以及登岭河等的下游地段为冲积平原。河谷谷地宽广，阶地不明显，河曲及牛轭湖发育。沿河的冲积平原，土质轻壤—砂壤，腐殖质层厚约 50 厘米，土壤肥沃，灌溉条件优越，唯洪水威胁较大，需采取有效的防洪措施。上述河流除部分直接注入西辽河干流外，另一些河流往往由于水量不足而中断，形成内陆河，例如乌力吉木仁河，在梅林庙以东，已无固定河床，河水散流，造成类似于三角洲的地形。在废弃河道两侧，由于沙地裸露，就地风蚀，常有沙

垅沙沼堆。而在地势低洼处，则多湖沼，故沙垅、沙沼和湖沼的存在是冲积平原上的重要点缀。本区内大小湖沼共计 60 余个，多数湖沼是在风蚀坑基础上发展起来的，也有因地势低洼，排水不畅或河流漫溢积水而形成。湖沼多季节性积水，干湿不定，水浅且含盐碱。

沙丘、沙垅和沙沼，多数都已固定，仅少数处于活动状态，其分布均与河流流向和故道保持着一定的关系，尤其是沙垅，通常见河道两侧，实际上就是河床沉积物的风力衍生形态。以乌力吉木仁河右岸的沙垅最为明显。整个沙带长 100 多公里，宽 1—5 公里，相对高度达 10—25 米，其上植被良好，呈稳定状态。仅顶部因植被的破坏，局部有风蚀现象的发生。

沙沼在梅林庙—茂发村一线以西分布很广，其上土壤的腐殖质层厚约 20—60 厘米。具有较高肥力，由于其组成物质，大都是细砂、粉砂，开垦后很易引起沙漠化，此外，在东部还有面积较大的甸子地，地势低平，地下水位高，埋深小于 1.0—1.5 米，土壤受到不同程度的盐碱化和沼泽化。

介于西辽河与新开河之间，地面随着河流的比降向东倾斜，海拔 120—350 米。以沙地广布、河流改道与洼地纵横交错为其特征。除吐尔吉山有一小块基岩出露外，地表均为第四纪的松散物。在河流两岸和丘间洼地内，分布着冲积相的粉砂、细砂、中砂及砂砾石；部分丘间洼地中还有湖沼相粘土、亚粘土、细砂和中砂；平原与阶地上部则分布着大片风积砂层。形成了沙丘、沙垅和沙沼。现代地貌发育过程中，风力作用与河流往返摆动，是其重要内容。

冲积平原是本区的主要地貌类型，地势平坦，面积大，由新开河及西辽河的河漫滩及阶地所组成，河漫滩分布不对称，高 0.2—10 米，向河床倾斜 1° — 3° 。宽 500—2 000 米，组成物质为粉砂、细砂、粘质砂土和砂质粘土。阶地只有一级，分布对称，宽 2—20 公里，比高 2 米左右，坡度 0.5° — 1° 。组成物质为粘土、亚粘土、细砂、中砂和粗砂。平原上，由于河流改道变动，留下无数古河道。河流的改道主要是由于含沙量大，不断淤积，河床日高的结果。

位于通辽至奈曼公路线以西，介于西拉木伦河、教来河之间，为昭乌达、哲里木盟流动沙丘分布最广的地区，海拔 300—600 米。气候的干燥多风是风沙地貌形成的主要因素，尤以风力更为重要，本片全年多吹西北风和西风。起沙风 (≥ 5 米/秒) 每年达 600—700 次以上，合成风速为 4 000—5 000 米/秒。地表在强劲的风力作用下，第四纪松散沉积物受到吹蚀和再堆积，造成沙丘覆盖平原的特点。由于地表径流畅通，排水良好，丘间低地中湖沼甚少，主要地貌类型有沙丘、甸子地以及少数剥蚀残山。

沙丘：本区内所见的沙丘可分为如下几种类型。其分布具有一定的规律性，流动沙丘都出现在冲积-湖积平原、剥蚀残山附近等沙源获得充分补给、人类活动频繁的地方。向东流动沙丘即逐渐减少，半固定和固定沙丘的比重相应增大。流动沙丘的形态多新月型，复合新月形和盾状沙丘次之。新月形沙丘链的走向从西向东由北 30° 东逐渐转为南 75° 西，高约 10—15 米，个别可达 30 米以上。沙丘形态目前仍在改变着。如奈曼地区的新月沙丘链正在向复合新月形沙丘链加速演化，又如少朗河、老哈河沿岸阶地上沙丘，由于沙源充盈，沙丘还在不断地变高增大，沙丘沙被风吹扬，以前进式或摆动前进式每年前移 5—7 米。有些地区就造成了埋没良田、村庄和堵塞河谷促使河流改道等现象。甚至