

中国生态系统研究网络丛书

科尔沁沙地沙漠化过程 及其恢复机理

赵哈林 赵学勇 张铜会 吴 薇 主 编

苏永中 张 华 周瑞莲 王海鸥 副主编



海洋出版社

中国生态系统研究网络丛书

科尔沁沙地沙漠化过程 及其恢复机理

赵哈林 赵学勇 张铜会 吴 薇 主 编
苏永中 张 华 周瑞莲 王海鸥 副主编

海洋出版社

2003 年 · 北京

内 容 提 要

全书分为 11 章,主要介绍了沙漠化的概念和国内外沙漠化研究现状,分析了科尔沁沙地近 50 年来沙漠化的动态及其发展趋势;讨论了区域沙漠化的自然、历史和人为成因,并从土地利用-覆盖变化及其生态效应、土壤和植被的水分关系、沙漠化对动植物和微生物的影响、植物对环境胁迫的响应、植被的恢复演替、植被的生态功能等方面,阐明了区域沙漠化的生物过程、植物适应对策和退化植被的恢复机理。本书是从生态学、沙漠学和水文学的角度对科尔沁沙地沙漠化过程及其植被恢复机制的一次系统深入的研究,资料丰富,内容翔实,理论和实际结合紧密,具有较高的理论和应用价值,对于从事区域地理、水文、生态、环境保护和沙漠化研究的科学工作者及有关高等学校的师生具有重要参考价值,对各级业务部门的管理人员也有一定的指导作用。

图书在版编目(CIP)数据

科尔沁沙地沙漠化过程及其恢复机理/赵哈林等主编. —北京:海洋出版社,2003. 9
ISBN 7-5027-5970-0

I. 科… II. 赵… III. ①沙地-沙漠化-研究-内蒙古自治区 ②沙地-沙漠化-研究-东北地区 IV. P942. 267. 3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 088446 号

责任编辑:金 炯

责任印制:王兴新

海洋出版社 出版发行

<http://www.oceanpress.com.cn>

(100081 北京市海淀区大慧寺路 8 号)

兰州中科印刷厂印刷 新华书店经销

2003 年 9 月第 1 版 2003 年 9 月兰州第 1 次印刷

开本:787 mm×1092 mm 1/16 印张:23.00

字数:531.4 千字 印数:1~1000

定价:70.00 元

海洋版图书印、装错误可随时退换

《科尔沁沙地沙漠化过程及其恢复机理》

编写人员及分工

主 编：赵哈林 赵学勇 张铜会 吴 薇

副 主 编：苏永中 张 华 周瑞莲

编写人员(按姓氏笔画为序)：

王海鸥 云建英 任安芝 刘永江 吕桂芬

李玉霖 吴 薇 苏永中 张 华 张铜会

周海燕 周瑞莲 赵学勇 赵哈林 崔建垣

统稿审稿：赵哈林

编写分工：

第一章：赵哈林 吴 薇 张铜会 赵学勇 苏永中 张 华

第二章：赵哈林 周瑞莲 崔建垣 李玉霖

第三章：吴 薇 赵哈林 张铜会

第四章：吴 薇 赵哈林

第五章：赵学勇 崔建垣

第六章：赵哈林 赵学勇 张铜会 刘永江 吕桂芬

第七章：苏永中

第八章：张铜会 李玉霖

第九章：周瑞莲 周海燕 王海鸥 赵哈林 任安芝

第十章：赵哈林 苏永中 赵学勇 张铜会

第十一章：张 华

植物名录检索：云建英

《中国生态系统研究网络丛书》序

中国科学院自 1949 年建院以来,陆续在全国各重要生态区建立了 100 多个以合理利用资源,促进当地农业、林业、牧业和渔业发展,以及观测和研究诸如冰川、冻土、泥土流和滑坡等一些特殊自然现象为目的的定位研究站。在过去几十年中,这些站无论在解决本地区资源、环境和社会经济发展所面临的问题方面,还是在发展生态学方面,都发挥了重大的作用。

自本世纪 80 年代以来,一方面由于地球系统科学的出现与发展,特别是由于国际地圈-生物圈计划 (IGBP) 的提出与实施;另一方面,由于日益严重的全球性资源、环境问题所造成的压力,使生态学家们提出了以从事长期、大地域尺度生态学监测和研究为目的的国家、区域乃至全球性网络的议题。就是在这种背景下,中国科学院从已有的定位研究站中选出条件较好的农田、森林、草原、湖泊和海洋生态系统定位研究站 29 个(见中国生态系统研究网络生态站分布图),并新建水分、土壤、大气和生物 4 个学科分中心及 1 个综合研究中心,于 1988 年开始了筹建“中国生态系统研究网络(英文名称为 Chinese Ecosystem Research Network,缩写为 CERN)”的工作。目前,中国科学院所属 21 个研究所的千余名科技人员参与了该网络的建设与研究工作。

网络筹建阶段的中心任务,是完成 CERN 的总体设计。在 1988~1992 年的 5 年间,在中国科学院、国家计委、财政部和国家科委的领导与支持下,来自我院各有关所的科技人员,详细研究了生态学的最新发展动向,特别着重研究了当代生态学对生态系统研究网络所提出的种种新的要求;了解了世界上已有的或正在筹建的各个以长期生态学监测和研究为目标的网络的设计和执行情况,特别是分析了“美国长期生态学研究网络(英文名称为 U. S. Long-Term Ecological Research Network,缩写为 U. S. LTER Network)”的发展过程,注意吸取了它们的经验和教训;同时,结合我国的具体情况,经过反复推敲,集思广益,于 1992 年底完成了网络的设计工作,并开始建设。

与其他网络相比较,CERN 的设计有如下特征:在整个网络的目的性方面,强调网络的整体性和总体目标,强调直接服务于解决社会、经济发展与资源、环境方面的问题;在观测方面,强调观测仪器、设备和观测方法的标准化的,以便取得可以互比的数据;在数据方面,强调数据格式的统一和数据质量的控制、数据共享和数据的综合与分析;在研究方法上,强调包括社会科学在内的多学科参与的综合研究,强调按统一的目标和方法进行的,有多个站参与的网络研究。

几年来，通过国内、外专家的多次评议，肯定了上述设计的先进性和可行性，这为 CERN 的总体目标和各项任务的实现奠定了可靠的基础。

CERN 的长期目标是以地面网络式观测、试验为主，结合遥感、地理信息系统和数学模型等现代生态学研究手段，实现对我国各主要类型生态系统和环境状况的长期、全面的监测和研究，为改善我国的生存环境，保证自然资源的可持续利用及发展生态学做贡献。它的具体任务是：

(1) 按统一的规程对我国主要类型农田、森林、草原、湖泊和海洋生态系统的重要生态学过程和水、土壤、大气、生物等生态系统的组分进行长期监测；

(2) 全面、深入地研究我国主要类型生态系统的结构、功能、动态和持续利用的途径和方法；

(3) 为各站所在的地区提供自然资源持续利用和改善生存环境的优化经营样板；

(4) 为地区和国家关于资源、环境方面的重大决策提供科学依据；

(5) 积极参与国际合作研究，为认识并解决全球性重大资源、环境问题做贡献。

为了及时反映该网络所属各生态站、分中心和综合研究中心的研究成果，CERN 科学委员会决定从 1994 年起设立出版基金，资助出版《中国生态系统研究网络丛书》。我们希望该丛书的问世，将对认识我国主要类型生态系统的基本特征和合理经营的途径，对促进我国自然资源的可持续利用和国家、地区社会经济的可持续发展，以及对提高生态学的研究水平发挥积极作用。



1995 年 4 月 16 日

前 言

20 世纪后期,随着荒漠化在全球的迅速蔓延和给许多国家国计民生带来的重大威胁,土地荒漠化问题引起了国际社会的普遍关注,由此而产生了一个新的学科——沙漠化研究的迅速发展。尤其是在 1992 年联合国环境与发展大会之后,《21 世纪议程》和《联合国防治荒漠化公约》的相继签署,更是有力地推进了全球荒漠化的研究和治理。中国作为《21 世纪议程》和《联合国荒漠化公约》签署国,对荒漠化问题十分重视,不仅是世界上较早开展荒漠化研究和治理的国家,而且把荒漠化的研究与治理列入了 20 世纪末启动的西部大开发生态建设战略。“十五”期间,科技部还先后启动了《中国北方沙漠化过程及其防治研究》、《西部脆弱生态环境综合治理研究与示范》和《京津风沙源治理工程》等一批研究项目,对荒漠化研究和治理给予了重点支持。

科尔沁沙地位于内蒙古自治区东部,地处我国北方半干旱农牧交错带东南端,它既是我国十大沙漠(地)中水热条件最好的一块沙地,也是我国生态环境最为脆弱的地区之一。由于距我国东北和华北人口稠密和经济发达地区较近,开发历史早,人口增加快。在过去的近百年时间里,随着人口压力的急剧增长和无节制的滥垦、滥牧、滥樵等人为活动的强烈干扰,其土地沙漠化迅速发展。据中国科学院原兰州沙漠研究所监测,在 20 世纪 60~70 年代,科尔沁沙地已经成为我国沙漠化最严重的地区。1977 年联合国在内罗毕召开第一次国际荒漠化会议之后,中国科学院原兰州沙漠研究所在我国率先开展了砂质荒漠化(沙漠化)研究。经过对科尔沁沙地大规模的科学考察之后,在我国著名沙漠化专家朱震达教授的建议下,1985 年 5 月中国科学院在科尔沁沙地腹地的奈曼旗建立了我国惟一专门从事沙漠化长期研究的野外定位试验站——中国科学院奈曼沙漠化研究站,开始了对科尔沁沙地生态系统的长期监测、沙漠化及其逆转过程和机理的定位研究以及沙地治理与沙地农业开发的试验示范。经过近 20 年的发展,在沙漠化研究方面,奈曼站已经从最初的沙地生态环境的背景调查和沙漠化类型特征的研究,转入到沙漠化土地动态监测及沙漠化过程和机理的研究。尤其是“十五”期间,奈曼站在承担了国家 973 课题“科尔沁沙地沙漠化的生物过程及植被恢复重建机理”(编号 TG2000048704)和内蒙古自治区“十五”攻关课题“科尔沁沙地近 50 年沙漠化发展动态、成因、过程及其防治对策研究”之后,又进一步将研究重点放在了沙漠化的生物过程及退化植被的恢复机理方面,对科尔沁沙地沙漠化的动态、成因、过程、规律及防治对策和恢复机理开展了更为深入系统的研究。本书的出版是其最新一项阶段性研究成果。

沙漠化的生物过程研究是一项新的科学命题。它主要针对那些由气候变化和人类活动干扰引发的,以地表风沙活动和形成沙漠景观为主要标志的土地退化过程,将过去与沙漠化有关的土壤、动植物、微生物、水文、微气象等研究集于一体,从生态系统的角度,在不同层面上研究沙漠化过程中生物及其周围环境要素的演变过程、动力学机制、生态效应、沙漠化与植被退化的互动关系及其调控对策。作为沙漠化过程研究的一个重要方面,更强调综合性研究和学科交叉。开展沙漠化生物过程的研究,并与植被恢复机理研究结合

起来,对于从生物学和生态学角度分析沙漠化的形成发展过程,揭示沙漠化的自然规律和动力学机制,制定有效的生物防治措施和进行退化植被的恢复与重建具有重要意义。由于此项研究尚处于起步阶段,奈曼站在承担上述两个课题过程中,只是从宏观和微观两个层面上分别研究了近 50 年来科尔沁沙地沙漠化的时空变化动态、社会经济与自然成因,以及不同成因沙漠化过程中土壤碳、氮的衰减规律、植物受损过程及其适应对策、植物(被)的水分关系、植被的恢复机理及其生态服务功能等。可以说,这些研究还只是初步的,本专著的出版只是对这一科学问题做了一点有益的探索。这一问题的研究将会持续下去,预期将会有更多的研究成果涌现。

本专著共分 11 章。第一章为绪论,主要阐述了沙漠化的概念、分类指标以及国内外相关研究动态;第二章从地理地貌、气候条件、水土资源、植被特征和社会经济等方面介绍了科尔沁沙地的自然与社会经济概况;第三章在分析科尔沁沙漠化土地现状、近 50 年沙漠化土地发展动态的基础上,讨论了未来 10 年该区沙漠化发展的趋势和速率;第四章从科尔沁沙地的地质背景、发展历史、自然因素和人为作用等方面探讨了科尔沁沙地沙漠化的成因;第五章从放牧草地生态系统的退化过程、固定沙丘的活化过程、土壤微生物和土壤动物群落的退化过程及农田生态系统的退化过程四个方面探讨了科尔沁沙地沙漠化的生物过程;第六章专题讨论了沙漠化过程中土壤理化性质的演变及土壤碳、氮的衰减规律及其机制;第七章探讨了科尔沁沙地近 50 年来土地利用-覆盖的变化、生态效应及生态系统对土地利用变化的响应;第八章从土壤水分变化动态、植物蒸腾耗水特征及植被的耗水量与水分平衡等几个方面阐述了科尔沁沙地植物的水分关系;第九章从植物的生理适应对策、生物学适应对策和形态解剖结构对胁迫的响应等三个方面阐明了植物对沙漠化过程中干旱、高温等逆境胁迫的响应;第十章从植物种的侵入、种群繁衍和扩散、生存条件的变化及其机制、植被的恢复演替及其机理等方面阐明了科尔沁沙地退化植被的恢复机理;第十一章定量分析了植被在防风固沙、抗蚀滞尘和改良土壤等方面的生态服务功能。本专著从生态学、沙漠学和水文学的角度对科尔沁沙地沙漠化的生物过程及其植被恢复机制进行了较为系统的阐述,资料丰富,内容翔实,理论与实际结合紧密,具有较高的理论和应用价值。

本专著的出版得到了“中国生态系统研究网络”出版基金和国家“973”课题(编号 TG2000048704)、内蒙古自治区“十五”攻关课题的资助。《中国沙漠》编辑部的金炯研究员和孙良英、郝美玲同志为本书的出版在编辑、制图、排版、校对等方面付了辛勤劳动,中国科学院寒区旱区环境与工程研究所何宝山同志协助绘制了部分插图,奈曼站的赵丽娅、杨甲定、张继义、文海燕、云建飞、赵存玉等同志协助校对了部分文字。借本书出版之际,在此表示衷心的感谢。

由于时间仓促,加之作者水平有限,书中错讹、疏漏之处定有不少,竭诚希望读者予以批评指正。

作 者

2003 年 7 月于兰州

目 次

第一章 绪 论.....	(1)
第一节 沙漠化的概念、分类指标	(1)
第二节 国内外沙漠化研究现状.....	(6)
第三节 主要研究方法	(22)
第二章 自然与社会经济概况	(29)
第一节 地理地貌特征	(29)
第二节 气候条件	(32)
第三节 水土资源	(36)
第四节 植被特征	(38)
第五节 社会经济概况	(42)
第三章 沙漠化土地的动态变化和发展趋势	(47)
第一节 土地沙漠化现状	(47)
第二节 近 50 年来沙漠化土地变化动态.....	(53)
第三节 土地沙漠化发展趋势预测	(62)
第四章 沙漠化的成因	(74)
第一节 沙漠化的古环境	(74)
第二节 土地沙漠化的历史成因	(79)
第三节 现代土地沙漠化的自然成因	(83)
第四节 沙漠化的现代人为成因	(92)
第五章 土地利用变化及其生态效应.....	(102)
第一节 土地利用-覆盖变化	(102)
第二节 土地利用-覆盖变化的生态效应	(109)
第三节 生态系统对土地利用变化的响应.....	(119)
第六章 沙漠化的生物过程.....	(133)

第一节 放牧草地植被的退化和沙漠化过程·····	(133)
第二节 固定沙丘沙地的植被退化过程·····	(144)
第三节 土壤微生物和动物群落的退化过程·····	(152)
第四节 农田生态系统的退化过程·····	(157)
第七章 土壤理化性状的沙漠化演变及有机碳、氮的衰减规律 ·····	(167)
第一节 土壤理化性状和生物性状的沙漠化演变规律·····	(167)
第二节 沙漠化演变中农田土壤颗粒的分形特征·····	(178)
第三节 土壤有机碳、氮的衰减规律及其机理·····	(181)
第四节 不同类型土地沙漠化土壤碳的矿化潜力·····	(187)
第八章 沙地水分动态与植物耗水特征 ·····	(193)
第一节 地下水变化动态·····	(193)
第二节 土壤水分变化动态·····	(202)
第三节 沙地植物的蒸腾耗水特征·····	(211)
第四节 沙地植被的耗水量与水分平衡·····	(216)
第九章 植物对环境胁迫的适应对策及其机理 ·····	(225)
第一节 植物的生物学适应对策·····	(225)
第二节 植物的生理适应对策及其机理·····	(231)
第三节 植物解剖结构对环境胁迫的响应·····	(253)
第十章 退化植被的恢复机理 ·····	(262)
第一节 植物种的侵入、繁衍和扩散·····	(262)
第二节 生存条件的变化及其机制·····	(271)
第三节 植被的恢复演替及其机制·····	(282)
第十一章 沙地植被的生态服务功能 ·····	(288)
第一节 砂质草地植被的生态服务功能·····	(288)
第二节 人工固沙林的生态服务功能·····	(296)
第三节 固沙灌丛的生态服务功能·····	(308)
参考文献 ·····	(315)
附录:科尔沁沙地植物名录 ·····	(341)

DESERTIFICATION PROCESSES AND ITS RESTORATION MECHANISMS IN THE HORQIN SAND LAND

Contents

Foreword to Series from Chinese Ecosystem Research Network

Preface

1. Introduction	(1)
1.1 Concept of desertification and classification system	(1)
1.2 Progress in desertification research at home and abroad	(6)
1.3 Main research methods	(22)
2. Natural Conditions and Social Economy Outline in the Horqin Sandy	
Land	(29)
2.1 Geographical and geomorphologic features	(29)
2.2 Climate condition	(32)
2.3 Water and land resources	(36)
2.4 Vegetation features	(38)
2.5 Social economy outline	(42)
3. Desertification Dynamics and Developing Trends in the Horqin Sandy	
Land	(47)
3.1 Status quo of land desertification	(47)
3.2 Dynamics of desertified land in the past 50 years	(53)
3.3 Prediction on land desertification developing	(62)
4. Causes of Land Desertification in the Horqin Sandy Land	(74)
4.1 Geological background of land desertification	(74)
4.2 Historical causes on land desertification	(79)
4.3 Natural factors of modern land desertification	(83)
4.4 Effects of human activity on land desertification	(92)
5. Changes in Land Use-cover and Its Ecological Effects	(102)
5.1 Changes in land use-cover in the Horqin sandy land	(102)

5.2	Ecological effects of land use-cover changes	(109)
5.3	Response of ecosystem to land use-cover changes	(119)
6.	Biotic Processes of Land Desertification	(133)
6.1	Vegetation degradation and desertification of grazing grassland	(133)
6.2	Vegetation degradation in stable sand dune	(144)
6.3	Degradation of soil microorganism and animal communities	(152)
6.4	Degradation of cropland ecosystem	(157)
7.	Changes in Soil Properties and Mechanisms of Soil C and N Losses	(167)
7.1	Changes in soil physical, chemical and biological properties	(167)
7.2	Fractal features of soil particle size distribution	(178)
7.3	Losses of soil organic C and N and their mechanisms	(181)
7.4	Mineralization potential of soil C in desertified land	(187)
8.	Moisture Dynamics in Sandy Soil and Plant Water Consumption ...	(193)
8.1	Changes in under-ground water table	(193)
8.2	Changes in soil moisture	(202)
8.3	Plant water transpiration in sand land	(211)
8.4	Water consumption and water balance in sandy land vegetation	(216)
9.	Adaptive Strategies of Plant to Environmental Stress and Its Mechanisms	(225)
9.1	Plant biological adaptive strategies	(225)
9.2	Plant physiological adaptive strategies	(231)
9.3	Responses of plant anatomical structure to the stresses	(253)
10.	Restorative Mechanisms of Degraded Vegetation	(262)
10.1	Plant species invasion, reproduction and dispersal	(262)
10.2	Environmental change of habitats and its mechanisms	(271)
10.3	Vegetation restorative succession and its mechanisms	(282)
11.	Ecological Service Functions of Sandy Land Vegetation	(288)
11.1	Ecological service functions of sandy grassland	(288)
11.2	Ecological service functions of artificial sand-fixation forest	(296)
11.3	Ecological service functions of sand-fixation brushwood	(308)
	Reference	(315)
	Appendix: Plant Species Names of the Horqin Sandy Land	(341)

第一章 绪 论

近半个世纪以来,荒漠化在世界范围内的快速蔓延,已经给许多国家的社会经济发展和资源环境造成了严重危害,甚至威胁到国家的稳定与人类的生存和发展。因此,荒漠化作为当今世界面临的主要环境问题,从 20 世纪末开始受到了国际社会日益广泛的关注。1992 年联合国环境与发展大会已经把荒漠化问题列入了《21 世纪议程》,1994 年 6 月联合国还通过了《联合国防治荒漠化公约》。近年来,在联合国的推动下,通过世界各国的通力合作,荒漠化治理与研究已经取得了一定进展。但是,由于过去人类社会对荒漠化问题重视不够,研究和治理工作起步较晚,尤其是世界人口增长对环境压力的日益增大及全球气候的不断恶化,迄今为止荒漠化仍在全球继续蔓延和加剧,已经成为人类将要长期面临的环境问题。

为了加深读者对荒漠化问题的认识和了解,本章首先介绍一些有关荒漠化和沙漠化的概念、沙漠化土地的分类体系、国内外有关沙漠化的研究动态。

第一节 沙漠化的概念、分类指标

目前,对于以风蚀为主要特征的土地退化过程有很多表述方式,如土地沙漠化、沙漠化、荒漠化等,而且对其内涵也有不同的解释。显然,由于存在这样的差异,在阐述同一问题时,就可能产生截然不同的观点和结论。为此,需首先阐述对沙漠化一词的理解和所采用的沙漠化土地分类标准。

一、沙漠化的概念及其内涵

1. 荒漠化与沙漠化的概念

荒漠化(desertification)一词,最早出现在 Lavauden 1927 年的一篇科学论文中,他使用“desertification”一词来描述非洲撒哈拉地区荒漠化景观的退化,指出这一地区的荒漠化完全是人为因素造成的。到 1949 年,法国人 Aubreville 在研究了非洲热带森林被滥伐与火烧后,使森林地区逐渐变成类似沙漠景观的过程,指出:“农垦、采伐森林、土壤侵蚀交织在一起,导致非洲热带森林地区的土壤和植被遭到破坏,如果继续忽视其脆弱性,终将导致类似沙漠景观的出现”。他将这种环境退化过程称之为“desertification”。1968~1973 年,在非洲萨赫勒地区,雨季降水量的起始日期和持续时间都发生了变化,引起了该地区非常严重的干旱,并造成了土地的严重退化和巨大的人口、经济损失。当时,干旱给人们一种不可抗拒的自然规律的深刻印象。但是随着问题研究的深入,人们认识到干旱并不是造成众多灾难的惟一原因,干旱往往与荒漠化互为结果,人们需要一个比干旱更为广泛的概念来描述环境退化的多方面影响。与此同时,在发达国家,对生活环境的保护和

生活质量的兴趣在明显提高,这终于促成了 1972 年斯德哥尔摩环境会议,并成立了联合国环境规划署(UNEP)。使得对大范围的环境退化的研究和防治的国际联合行动成为可能。1974 年联合国大会决定成立联合国苏丹-萨赫勒办事处(UNSO),专门研究对抗萨赫勒地区的干旱问题,指导并组织有关的活动。联合国于 1975 年还通过了“向荒漠化进行斗争的行动计划(第 3337 号决议)”,同时,要求联合国环境规划署组织召开一次以“荒漠化”为专题的国际会议,即联合国荒漠化会议(UNCOD)。这次会议于 1977 年 8 月 29 日至 9 月 9 日在肯尼亚首都内罗毕举行,来自 94 个国家、地区或组织的 500 多名代表参加了会议,提交了许多研究报告,第一次试图对荒漠问题进行综合分析。大会提出了荒漠化的定义,确定了人口发展、社会条件对荒漠化作用的重要地位。在此次大会上,确定的荒漠化定义是:“荒漠化是土地的生物潜能衰减或遭到破坏,最终导致出现类似荒漠的景观。它是生态系统普遍退化的一个方面,是为了多方面的用途和目的而在一定的时间谋求发展、提高生产力,以维持人口不断增长的需要,从而削弱或破坏了生物潜能,即动植物生产力”。根据会议所提供资料(UNCOD,1977),当时在地球上预计受到荒漠和荒漠化影响地区的总面积共有 4 560 万 km²,占全球土地面积的 35%。全世界 150 余个国家和地区中至少有三分之二受到影响。

20 世纪 80 年代初,尽管荒漠化一词已为大多数的研究者们所接受,但由于他们的专业背景和所强调的研究内容不同,又使得这一概念常有不同的含义,累积超过 100 余个定义。例如,Garduno(1977)指出:“荒漠化是由于人类活动的影响使得干旱、半干旱和一些半湿润生态环境日趋恶化。荒漠化是人类滥用土地的结果”。Mohammed(1977)指出:“所谓荒漠化,就是使生产率降低,土地肥力下降和使其变成更加容易遭受侵蚀的植被、土壤以及水的一系列退化性生态变化,是生态、经济与政治的一系列压力的最后结果”。Le Houerou(1975)则认为:“荒漠化是指典型的沙漠景观和地形扩展到近代并非沙漠的地区,荒漠化这个词曾经——现在仍然——被许多作者用来描述植被多种类型及其形态的退化过程,这里也包括半湿润和湿润森林在内,而它们无论是在自然方面还是在生态方面都与沙漠毫无关系”。1991 年联合国环境规划署也对荒漠化的定义作出了解释,认为“荒漠化是指土地生物潜力的减少和破坏,这最终会导致类似荒漠的生态环境,就是说在一段时期内,因支撑人口增长的需要,增加了生产量,并且为了人类的多种目的,追求更多的动物和植物产量。结果表现为广大的区域内生态系统的退化,进而减少和破坏了陆地的生物生产潜力”。

为了统一对荒漠化的认识,以便协调全球性荒漠化防治工作,1992 年联合国环境与发展大会完成的《21 世纪议程》和 1994 年 6 月通过的《联合国关于在发生严重干旱和荒漠化的国家,特别是在非洲防治荒漠化公约》(以下简称《联合国防治荒漠化公约》),在该两项文件中给出的荒漠化概念的定义为:“荒漠化是在干旱、半干旱和亚湿润地区,由于气候变异和人类活动等多种因素造成的土地退化(UN,1994)”。

但是,《联合国防治荒漠化公约》也明确指出:“荒漠化是全球范围问题”,要考虑区域条件的差异,因而《公约》的第三部分第 15 条就特别指出:“列入行动方案要点应有所选择,应适合受影响国家缔约方或区域的社会经济、地理和气候特点……”。这说明对荒漠化的认识还要结合本国(本地区)的实际情况。在公约秘书处编写的简要说明中又着重指

出：“从根本上说，这是一个人为问题，它的成因是对土地压力太大所造成的，……。而不是逐渐扩张的沙漠所造成”。

由于荒漠化过程与人类活动密切相关，为此，我国著名沙漠化专家朱震达先生明确地指出：荒漠化的发生范围必须考虑人为因素，简单地把干旱指数在 0.05~0.65 之间的地区算作荒漠化地区，这样一方面就会错误地把荒芜人烟的大沙漠腹地、大戈壁、原生盐漠、风蚀雅丹地貌和高寒冻融侵蚀包含在荒漠化范围之内，从而造成对中国荒漠化土地总面积数字的夸大而与客观事实不符；另一方面反而将人为活动频繁、荒漠化正在发展的地区如内蒙古锡盟南部地区、乌盟后山地区、冀北坝上和东北平原西北部地区的沙地摒弃在荒漠化土地范围之外，造成荒漠化研究和防治的误导。同时，不能无视干旱区水资源利用不当造成既是历史时期的荒漠化土地，又是现代荒漠化土地的客观事实，而教条地按干旱指数 0.05 以下的框框把塔里木河最下游及弱水下游划出荒漠化土地之外。

沙漠化(sandy desertification)是荒漠化(desertification)的主要类型之一，它是以风蚀为主要特征，以空气动力为主要自然营力叠加在人类活动的条件下所造成的土地退化过程。朱震达先生根据中国的实际情况，给出了砂质荒漠化，即沙漠化的定义：“沙漠化是干旱、半干旱及部分半湿润地区主要由于人类不合理经济活动和脆弱环境相互作用而造成土地生产力下降，土地资源丧失，地表呈现类似沙漠景观的土地退化过程”。

2. 沙漠化概念的内涵与外延

沙漠化概念的提出及其准确定义仅仅为我们提供了认识沙漠化问题的一把尺子，而在沙漠化科学研究与防止实践中，要想准确理解这一概念，正确使用这一概念，还需要进一步掌握其概念的内涵和外延。由于沙漠化问题是一个比较复杂的问题，它涉及地学、气候学、水文学、生态学、社会经济学等多个学科，而且目前对其定义还有一些不同的认识，所以笔者只能根据自己多年对沙漠化的研究与认识，对沙漠化概念的内涵与外延做一些解释。从目前联合国和朱震达先生对荒漠化和沙漠化概念的定义，我们认为这一概念应包括以下内容：

(1) 时间上，是发生在人类历史时期。这一时期在各国可能有很大不同，在中国大约是和5 000年文明史相近。在过去1 000年里，随着人口和战乱的增加呈现加剧的趋向，特别是最近一个多世纪以来，沙漠化呈现愈演愈烈的态势。

(2) 空间上，凡是具有疏松砂质沉积物的地表，与大风季节相一致的干旱和半干旱及部分半湿润地区，都是可能发生沙漠化的地区。我国的沙漠化主要发生于北方半干旱农牧交错区、草原区和旱作农业区、干旱区绿洲外围和部分绿洲区、青藏高原风沙区等。

(3) 成因上，乃是在上述潜在自然因素的基础上，以人为过度的经济活动(如过度的农垦、放牧、樵采及水资源的过度利用等)为主要成因，是脆弱的自然背景在叠加了人类对自然环境强烈干扰之后所形成的土地退化，人既是沙漠化的导致者，也是沙漠化的受害者。

(4) 景观上，这一过程是渐变的，在人为强度活动破坏了脆弱的生态平衡之后，风力是塑造沙漠化地表景观的动力。因此，可以认为沙漠化过程的主要景观特征和发展程度的指征是风沙活动强度及其所造成的风蚀-风积地表形态变化。

(5) 发展趋势上,沙漠化强度及其在空间的扩展与干旱程度及人畜对土地压力的强度有关。在它们的相互影响及风力的作用下,沙漠化土地会自行蔓延扩大。

(6) 沙漠化的最终结果是导致地表逐渐为沙丘侵占,造成土地生物产量的急剧降低,土地滋生潜力的衰退和可利用土地资源的丧失,然而它也存在着逆转和自我恢复的可能性。这种可能性的大小及其时间的长短,则受不同自然条件(特别是水分条件)、沙漠化土地本身地表景观的复杂程度及人为活动强弱的影响。

3. 沙漠与沙漠化在概念上的区别

朱震达、王涛(1992)还特别强调要正确区别沙漠和沙漠化在概念上的差异,认为:

(1) 沙漠与沙漠化研究的时空范畴不同。我国的沙漠主要形成于第四纪的各个时期,是干旱气候与丰富沙源条件下的产物,大多数分布于干旱区,且整体面积大,风成地貌形态尤为复杂和高大。而沙漠化土地则形成于人类历史时期,特别是近一个世纪以来不合理的人为活动,时间相对短暂集中,沙漠化土地也不局限于干旱区,而是主要分布于半干旱地区,甚至在部分半湿润地区。沙漠化土地整体面积较小,风沙地貌形态也较简单和矮小。

(2) 沙漠为自然因素所造就,是第四纪气候的变迁导致了沙漠的形成。一般认为,当气候变为干冷时,沙漠的范围就扩展,固定沙丘就向流动沙丘发展;气候变为湿热时,沙漠就收缩或固定,这种变化的时间尺度及幅度都较大。而沙漠化是在自然因素的基础上,以人为因素为主所形成和发展的。沙漠化的发展和逆转则表现为相同的气候条件下,人类活动是有利于生态的破坏还是稳定,其时间也较短。近几十年来我国北方沙漠化的迅速发展,并不是对所谓气候变迁的响应,而主要是人为活动的结果。

(3) 沙漠主要受控于气候的变迁,沙漠的扩张和收缩,沙漠地区沙丘的活化与固定,在现代相同的气候条件下,在大多数地区是不可能自然发生的,只有人为采取措施,才能局部地固定一些沙地或利用沙漠地区的水资源去开辟新绿洲。而沙漠化土地的发展由于主要受控于人类经济活动,一般在消除人为干扰因素或调整土地利用结构后,可恢复到原有的非沙漠化的自然景观或生产力水平,特别是在采取有效治理措施可加速其恢复过程。

综上所述,沙漠与沙漠化在时间、空间、成因、发展趋势及整治利用方面均不属同一范畴,因而二者在研究内容和方法等方面也有很大不同。但这并不是说,沙漠与沙漠化研究没有联系,事实上,这两大部分恰恰组成了一个完整的、综合的、以风沙活动为主要标志的学科体系。它们相辅相成,全面系统地贯通了自然、人与自然、环境与社会经济等方面的关系,使沙漠和沙漠化这一新兴学科充满了活力。

二、沙漠化土地的分类指标体系

在沙漠化监测与研究过程中,一个重要的问题是要对沙漠化土地进行分类。因为,对沙漠化土地的准确分类,对深刻认识沙漠化的形成原因、发展过程和形成机制都是极其重要的。而要进行沙漠化土地的分类,需要确定评价沙漠化程度的指征,建立沙漠化分类的指标体系,确定土地沙漠化程度或类型的判别方法。

1. 沙漠化的指征和分类指标体系

沙漠化是一个复杂的土地退化过程。一般认为,应在自然条件、人类及社会经济方面去确立一些指征,但因为对指征的选择和应用缺乏一致性,在全球范围内较为统一的指征系统尚未建立起来。根据中国北方沙漠化过程的实际情况和对以往研究工作的总结,我们认为沙漠化指标应具有如下特点:①信息内容明显,容易观测和广泛适用;②对沙漠化的变化具有敏感性和反映出强度压力具有的特征;③如果是一个统计量,则应适合于反复应用;④经得起定量的检查。

我国作为沙漠化比较严重的国家,在多年的沙漠化研究与治理实践中,已经建立了以地表形态变化为主要内容,同时考虑土壤、植被及生态系统各方面变化的指征,总结出了一些比较简单明了易于获取信息的沙漠化分类评价指标体系(表 1-1)。利用这些指征和分类指标体系对我国北方地区大尺度沙漠化监测和评估时,显示出普遍的代表意义和具有明确易读的性质。笔者所采用的沙漠化分类指标包括:①风蚀地或流沙面积所占该地区面积的百分比;②单位时间内风蚀地或流动沙地年平均扩大面积所占该地区面积的百分比;③地表植被覆盖度(主要指草场、林地);④生物生产量。

表 1-1 沙漠化土地的程度分类指标

沙漠化类型	风沙面积占总面积(%)	年均扩大(%)	植被覆盖度(%)	生物量年均降低(%)
轻度沙漠化	<5	<1	>60	<1.5
中度沙漠化	5~25	1~2	60~30	1.5~3.5
重度沙漠化	25~50	2.5	30~10	3.5~7.5
严重沙漠化	>50	>5	10~0	>7.5

注:植被覆盖度按投影法估算并以当地原生景观的植被覆盖度为 100%计。

从荒漠化的概念看,沙漠化是一个过程,并且主要引发于人类经济活动的强烈干扰,并以自然风为主要驱动力,因而在其分类中还常常需要考虑土壤风蚀和人类活动变化情况,并作为辅助指标对沙漠化类型进行更深入的描述。这些指标包括土壤风蚀或风积深度(厚度)、风蚀量、人口或家畜超载率等。表 1-2 是过去按沙漠化程度进行分类时采用的一些辅助指标,通过这些指标可以半定量地描述沙漠化的发展程度。

表 1-2 沙漠化土地程度分级判别辅助指标

程度指标	土地风蚀厚度(cm)	土地风积(cm)	土壤吹蚀量[t/(hm ² ·a)]	人口超载率(%)	牲畜超载率(%)
轻度沙漠化	<5	<5	>0.5	-50~-31	-50~-31
中度沙漠化	5~10	5~10	0.5~1.0	-31~0	-31~0
重度沙漠化	10~20	10~20	1.0~3.0	0~31	0~31
严重沙漠化	>20	>20	>3.0	>31	>31

事实上,在实际的沙漠化监测工作中,往往以一段时间内风蚀地或流沙地面积占区域总面积的百分比变化情况作为最主要的指标,其余均作为辅助指标。因为,风蚀地或流沙面积的变化是植被覆盖度,群落结构,生物生产量,土壤的有效深度、结构、有机质、含水量等变化的一个综合体现,具有明确和易于判断的特点。也就是说,在进行具体沙漠化监测