

环境科学与政策丛书

沙漠化控制与 治理技术

中国人民大学环境学院 组织编写
杨持 常学礼 赵雪 赵爱芬 编著



Chemical Industry Press



化学工业出版社

环境科学与工程出版中心

环境科学与政策丛书

沙漠化控制与治理技术

中国人民大学环境学院 组织编写

杨 持 常学礼 编著
赵 雪 赵爱芬



化学工业出版社

环境科学与工程出版中心

· 北 京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

沙漠化控制与治理技术/杨持等编著. —北京: 化学工业出版社, 2004.5
(环境科学与政策丛书)
ISBN 7-5025-5569-2

I. 沙… II. 杨… III. ①沙漠化控制-中国②沙漠化-治理 中国 IV. P942.073

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 039070 号

环境科学与政策丛书
沙漠化控制与治理技术
中国人民大学环境学院 组织编写
杨 持 常学礼 编著
赵 雪 赵爱芬
责任编辑: 刘俊之
文字编辑: 温建斌
责任校对: 李 林 靳 荣
封面设计: 蒋艳君

*
化 学 工 业 出 版 社 出版发行
环境科学与工程出版中心
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)
发行电话: (010) 64982530
<http://www.cip.com.cn>

*
新华书店北京发行所经销
北京兴顺印刷厂印刷
北京兴顺印刷厂装订
开本 850mm×1168mm 1/32 印张 9 $\frac{3}{4}$ 字数 225 千字
2004 年 8 月第 1 版 2004 年 8 月北京第 1 次印刷
ISBN 7-5025-5569-2/X·475
定 价: 26.00 元

版权所有 违者必究
该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

环境科学与政策丛书

编辑委员会主任：

李文华

编辑委员会成员：（按姓氏笔画排列）

马 中	马忠玉	吕永龙
杨志峰	杨昌举	李育材
邹 骥	张世秋	张克钰
张坤民	张象枢	陈昌笃
陈德源	陈冀宁	林 鹏
钦 佩	夏 光	唐晓纯
鲁明中		

编辑委员会办公室：

边香玉 甘敏敏

序

人口增加、经济发展和消费增长，导致人类对自然环境的冲击越来越严重；全球变暖、土地退化、生物多样性衰退、环境污染、资源短缺等一系列全球性问题日益成为制约社会进步、经济发展的因素。在今后 50 年中还将有 30 亿人口增加到我们居住的星球，同期经济要翻两番，这将意味着人类对资源的需求与消费进一步迅猛增长，同时也必然对环境产生更大的压力。这些不能不引起全世界各国的高度关注。走可持续发展的道路已被世界各国所接受和认同。

我国人口众多，人均土地面积、森林资源、水资源和矿产资源占有量很少，土地荒漠化、水土流失、生物多样性丧失、自然灾害频繁等都直接威胁着我国人民的生存与发展、健康和安全。

新的形势既为科学研究提出了新的课题，也为学科发展提供了新的机遇。正是在这样的情况下，生态学和环境科学应运而生，在原有的基础上获得了前所未有的蓬勃发展。

为了介绍生态学和环境科学在国内外的发展趋势和取得的成就，为了发展我国的环境教育，同时也为了向社会广大读者传播有关生态和环境的知识，中国人民大学环境学院决定编写环境科学与政策丛书。

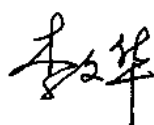
该丛书将按学科领域，分系列陆续出版。每一系列由若干部专著构成，读者既可收集丛书全部，也可根据自身专业和工作需求有针对性地择选。

丛书采取开放的形式，它表现在两个方面：一方面是丛书的编者不限于中国人民大学环境学院，而是在社会上择优聘请；另一方面是丛书的数量不封顶，将在可能的情况下，根据本领域学科的发展分期分批出版，陆续增加，既保持其系统性又反映出与时俱进的

特点。

在本丛书出版之际，我们谨向参与编著的作者们表示衷心的感谢，向关心中国人民大学环境学院发展并给予本套丛书出版资助的嘉汉林业国际有限公司董事长陈德源先生表示深深的谢意。同时也衷心感谢化学工业出版社为出版本套丛书付出的辛苦劳动。

丛书编委会主任

A stylized handwritten signature in black ink, likely belonging to the series editor, positioned to the right of the title '丛书编委会主任'.

2004 年 3 月

前 言

沙漠化作为极其重要的环境和社会、经济问题正困扰着当今世界，威胁着人类的生存和发展，因此，世界各国都把遏制沙漠化的发展作为生态环境建设和可持续发展的重要问题。

沙漠化问题是一个全球性的问题。19 世纪末，美国对中西部地区的大规模农业开发，导致沙尘暴频繁发生，席卷了整个北美洲大陆；20 世纪 60 年代初期对哈萨克斯坦地区的开垦，再次引起类似 30 年代北美“黑风暴”的农田风沙灾害。为此带动了土壤风蚀的研究和风沙动力学的发展，为控制土壤风蚀提供理论基础和措施。还有前苏联为了开发里海地区的石油天然气，20 世纪 30 年代修筑了中亚铁路，围绕铁路沿线的沙害开展了防治研究，创造了工程与生物的多种治沙方法。1949 年法国植物学家 A. Aubreville 在研究了非洲的热带雨林演变为热带沙漠的过程，第一次使用了“Desertification”一词。20 世纪 60 年代末到 70 年代初，萨赫勒地区持续大旱，生态环境破坏、经济停滞，导致这一地区的政局动荡，沙漠化更引起各国科学家的高度重视。联合国于 1975 年通过了“向沙漠化进行斗争行动计划（第 3337 号决议）”。1977 年，联合国在内罗毕（肯尼亚）召开了第一次世界沙漠化大会。各国相继开展了沙漠化的专门研究。当前国际上沙漠化研究的总趋势是：把土地沙漠化问题看做是一个严重的环境与社会经济问题，从自然、社会、经济诸方面进行全方位综合性的研究。

我国是世界上沙漠化土地最多的国家之一，对沙漠化的自然背景特别是气候变化的研究开展较早。20 世纪 50 年代初，为了治理东北平原西北部的风沙危害，在彰武县章古台地区进行了樟子松引种实验和农田防护林网建设研究；从 50 年代末开始，中国科学院

治沙队开展了大规模沙漠科学考察，同时，在沙区自然条件、风沙运动规律、农田草场防风固沙、沙区水土资源合理开发利用等方面开展了比较系统的研究。特别值得指出的是，结合围绕穿越腾格里沙漠的包兰铁路沙坡头段的防沙工程，开展了铁路防沙试验研究与防护体系的建设。

从 20 世纪 60 年代开始对沙漠地区起沙风、风沙流垂直分布、沙丘前移以及新垦荒地的土壤风蚀等问题开展野外观测和研究。特别是对沙尘暴时空分布特征、成因与危害、卫星云图特征、辐射强度特征、数值模拟及防治对策等进行了初步研究，取得了一些有价值的研究成果。

20 世纪 80 年代以来，原中国科学院兰州沙漠研究所利用室内风沙环境风洞，对影响土壤风蚀的各种自然因素，如风况、土壤表面的覆盖状况、地表物质组成、土壤水分和土地开垦等自然和人为因素对土壤风蚀和土地沙漠化的影响进行了模拟研究，并从实验风沙物理与风沙工程学的角度系统进行了多种防沙工程措施效益的野外试验和风洞模拟试验研究，对丰富风沙物理学理论和完善工程治沙技术体系做出了积极的贡献。

半个多世纪以来，我国在沙漠化防治工作上取得了显著的成效，有关研究单位和职能部门在不同生物气候区建立了十多个沙漠化防治野外定位研究站，开展了长期的定位观测及示范试验研究，总结出适宜地区特点的沙漠化防治模式，并予以推广。1985 年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。

在多年沙漠化研究的基础上，有关沙漠化防治的学术专著就有多部，其中以朱俊风、朱震达等著的《中国沙漠化防治》，可以说是 50 多年来中国防治沙漠化集科学性、权威性、思想性和资料性于一体的科技专著和工具书，对沙漠化的防治工作具有十分重要的

指导意义。

综观近 50 年来中国防治沙漠化研究取得的巨大成就，总结出以下几点：

(1) 基本上查明了我国沙漠化土地的分布、现状和程度，出版了一系列有利于指导管理的图鉴；

(2) 已初步形成了沙漠化理论框架和研究方法，取得了一批研究成果，如三北防护林工程、包兰铁路防沙工程等；

(3) 形成了对沙尘暴过程主要方面的初步认识；

(4) 建立了一批定位研究示范试验站，带动了不同生物气候区沙漠化的防治，如沙坡头沙漠化防治研究站、奈曼沙漠化防治研究站、毛乌素沙漠化治理研究站等，又如恩格贝沙漠化治理工程，乃至以牧户为单位的沙漠化治理典型就更是数量可观；

(5) 开展了广泛的国际交流合作，一些研究成果已被国际同行认可和应用。

虽然在不断地努力工作，但现实情况是沙漠化一直在加速扩展，仍然处于“局部治理，整体恶化”的严峻态势。反思也好，总结教训也好，人们都在思考这个问题。国际上沙漠化研究的总趋势很好的说明了这个问题，也就是人们在总结教训的过程中，认识到解决沙漠化问题不是某一个单方面的问题，它是一个自然、社会、经济的综合工程，它不仅需要深入的科学研究来揭示沙漠化的过程和机制，更需要政府有利的政策、法规，还需要广大人民群众的自然、保护环境的素质。否则，无论从哪个侧面都不可能把沙漠化恶化的趋势遏制。

2000 年，在实施西部大开发战略中，为了科学、系统、深入地认识我国沙漠化过程和沙尘暴的发生、发展规律，国家科技部设立了《国家重点基础研究发展规划》“中国北方沙漠化过程及其防治研究”（G2000048700），主要研究内容是：

沙漠化过程的自然与人文背景——探讨历史时期（近 2000 年）和近 50 年我国沙漠化的发展过程和机制，确定自然因素和人文因素在沙漠化过程中的贡献率，为深入研究我国沙漠化过程的动力学

和生物学机制提供科学的宏观环境背景；

沙漠化（沙尘暴）动力学过程及其调控——通过对不同尺度风沙运动的力学建模及转换关联、风沙电机理及其对风沙运动和环境的影响等基本规律的研究，揭示土壤风蚀过程和沙尘暴启动的物理机制；

沙尘暴形成机理与环境效应——通过沙尘源区释放、输送路径、影响范围及气候环境效应的模拟和验证研究，分辨沙尘暴频发源区，揭示沙尘暴天气气候特征及形成机制，建立沙尘暴监测、预报与预警方法；

沙漠化的生物学过程与植被恢复重建机理——在研究沙漠化过程中土壤 C、N 衰减规律及其生态效应的基础上，分析沙地植物种群的抗干扰机理及适应对策，揭示植物个体、种群对环境变化的响应，探讨沙地植物受损与恢复过程及其稳定性；

沙漠化综合防治战略与模式——总结我国北方沙漠化的现状、危害，分析人-地关系的协调程度，预报沙漠化发展趋势，探讨环境容忍量和土地利用安全格局，确定沙漠化的重点治理区域，提出适合不同区域沙漠化防治的新模式与新技术，为国家的沙漠化防治提供决策依据、理论依据和技术支撑。

本书第一章、第五章由常学礼编写；第二章、第六章由赵雪编写；第三章由杨持编写；第四章由赵爱芬编写；最后由杨持对全书统稿。

本书的几位编者是参加《国家重点基础研究发展规划》“中国北方沙漠化过程及其防治研究”（G2000048700）项目的成员，因此，编写这本书，一方面是作为该项目的一项研究成果，更重要的是使广大基层生态工作者和管理人员在学习到有关沙漠化基本知识的基础上，了解我国沙漠化的现状、治理的成果、存在的问题。本书也努力为广大基层生态工作者和管理人员提供各种生态环境管理的科学依据和切实可行的技术指导，在生态环境不再恶化或有所改善的同时，如何保证农民生活的提高和实现地方经济的发展，为管理者制定政策提供有关生态环境方面的正确导向。

正如前面提到的，由于沙漠化问题是一个自然、社会、经济诸方面综合性的研究问题，要想用有限的篇幅把沙漠化控制与治理技术的问题讲得很仔细是困难的，再加上编写者的水平有限，书中不当之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编著者

2004 年 2 月

内 容 提 要

沙漠化作为极其重要的环境和社会、经济问题正困扰着当今世界，威胁着人类的生存和发展，遏制沙漠化的发展是生态环境建设和可持续发展的重要问题。本书在介绍沙漠和沙漠化、中国沙区基本知识基础上，详细介绍了沙漠化控制与治理的目标、原则与思路，沙漠化治理的生态工程，沙漠化治理的农业、林业、草业及其他技术，沙漠化治理的分区对策等。

本书可供有沙漠化倾向地区的基层生态工作者、管理人员、与生态有关的科技与管理人员使用，亦可供高等院校相关专业师生参考。

目 录

第一章 沙漠与沙漠化	1
第一节 沙漠、沙地的形成、类型和分布	1
一、什么是沙漠和沙地	1
二、沙漠、沙地的形成过程及条件	2
三、沙漠、沙地的类型及其分布	17
第二节 沙漠化和沙尘暴	20
一、什么是沙漠化和沙尘暴	20
二、沙漠化、沙尘暴发生和变化的条件	25
三、沙漠化和沙尘暴的危害	30
四、沙漠化土地	37
参考文献	38
第二章 中国的沙区	40
第一节 中国沙区的范围和分区	40
一、中国沙区的划分及总体特征	40
二、北方半干旱-半湿润沙区	42
三、西北干旱沙区	43
四、青藏高寒沙区	44
五、其他零散沙区	45
第二节 中国沙区的自然条件和自然资源	46
一、气候与气候资源	46
二、水文与水资源	49
三、土壤与土地资源	50
四、生态系统与物种资源	57
五、矿产资源	61
六、旅游资源	63
第三节 中国沙区的社会经济发展	65
一、人口与社会发展特征	65

二、经济结构与经济发展	67
第四节 中国沙区的主要环境问题	69
一、干旱化与水资源紧缺	69
二、沙漠化与沙尘暴	70
三、盐渍化	71
四、水上流失	71
五、森林、草地退化	72
六、生物多样性减少	73
七、环境污染	74
参考文献	74
第三章 沙漠化控制与治理的思路与原则	75
第一节 沙漠化控制与治理的目标	75
第二节 沙漠化控制与治理的原则	77
一、以防为主,防治并重的原则	77
二、以流域和区域整体协调发展为中心的原则	79
三、技术集成与综合应用的原则	80
四、三个效益统一的原则	81
五、循序渐进、因地制宜和有所为有所不为的原则	82
六、全社会同防共治的原则	84
第三节 沙漠化控制与治理的总体思路	84
一、控制人口增长,减轻土地压力	84
二、用科技提高生产效率,杜绝掠夺式经营	86
三、以植被为核心,实行综合防治与生态建设	87
参考文献	89
第四章 沙漠化治理的生态工程	90
第一节 生态工程学的概念与原理	90
一、生态工程学概念与发展	91
二、生态工程的工程学原理	93
三、生态工程的生态学原理	95
第二节 沙漠化治理的生态工程规划与建设	98
一、规划的原则与方法	98
二、工程实施的程序	102
三、有关的能力建设	103

四、“十五”期间国家重点生态工程建设项目	104
五、沙漠化治理生态工程项目设计书	107
第三节 生态工程在沙漠化治理中的应用	109
一、生态工程在治理风蚀农田中的应用	109
二、农牧交错区沙漠化治理生态工程	112
三、内陆河流域的沙漠化治理生态工程	113
四、应用生态工程原理的成功案例分析	115
附件 沙漠化治理生态工程项目设计范本	122
参考文献	141
第五章 沙漠化治理的技术	142
第一节 沙尘暴的预防和减灾	142
一、沙尘暴的预警	142
二、尘暴的平常防范	144
第二节 流动沙地的固定和阻挡	145
一、非生物措施	147
二、生物措施	150
三、措施的选择与应用	157
第三节 沙漠化治理的农业技术	174
一、合理的耕作措施	174
二、适宜的种植结构	176
三、节水种植	180
四、保护地种植	183
第四节 沙漠化治理的林业技术	184
一、适宜的林型、林种结构	184
二、主要木本种类的立地选择和造林技术	189
三、各类防护体系的营造与管理	199
四、经济林	206
第五节 沙漠化治理的草业技术	208
一、退化草地的恢复技术	209
二、人工草地的建设与管理	213
三、人工草地的合理利用与更新	216
四、以草为纽带的农、牧、林综合治理开发	217
第六节 其他生态环境问题的防治技术	221

一、盐渍化防治	221
二、水土流失防治	227
三、生物多样性保护	232
第七节 治理模式	238
一、重点保护区域和设施的防治模式	238
二、治理与发展并重区域的防治模式	240
三、以自然保护和恢复为主要目标的防治模式	245
参考文献	246
第六章 沙漠化治理的分区对策	247
第一节 北方半干旱、半湿润沙区	247
一、分区原则	247
二、治理对策	249
第二节 西北干旱沙区	253
一、绿洲生态系统与绿洲经济	253
二、绿洲化与荒漠化	258
三、西北干旱沙区沙漠化治理与生态环境保护的基本对策	261
第三节 青藏高寒沙区	267
一、区域沙漠化控制与治理的原则	267
二、控制与治理目标	269
三、控制与治理的基本对策	270
四、控制与治理的主要措施	277
五、管理与政策	279
六、青海省北部沙区的沙漠化治理	282
第四节 其他零散沙区	284
一、滦河、海河三角洲沙区	285
二、黄淮海沙区	285
三、南方河岸、湖滨沙区	288
四、海岸沙区	288
参考文献	289

第一章 沙漠与沙漠化

环境退化问题是当前全球经济发展所面临的主要问题之一，它不但与当前的全球变化、可持续发展和生物多样性等研究热点联系密切，而且与人类的经济发展和社会进步也紧密相关。沙漠化是当前我国环境退化的一种主要表现形式，它主要发生在我国的北方地区，发生在不同的生物气候带和地理单元上，例如，（1）不同气候带，分布在干旱地区的塔克拉玛干沙漠、半干旱地区的科尔沁沙地、半湿润地区的松嫩沙地等；（2）不同植物带，分布在荒漠地区的乌兰布和沙漠、干草原区的浑善达克沙地和典型草原区的科尔沁沙地等；（3）不同地理单元，分布在鄂尔多斯台地上的毛乌素沙地、河流冲积洪积平原上的科尔沁沙地等。据此，我们也可以看出，沙漠化过程的发生和发展与沙漠、沙地等的分布密切相连，因此，本章将对沙漠、沙地、沙漠化以及沙尘暴等的基本概念和含义进行介绍，以期读者便于全面理解当前众多文献从不同角度所阐述的沙漠化问题。

第一节 沙漠、沙地的形成、类型和分布

一、什么是沙漠和沙地

沙漠是地球表面的一种自然单元，是以风力搬运和堆积为形成动力，以风沙地貌为主要特点的广大区域。我国的沙漠主要分布在干旱和半干旱地区，行政区划大致从内蒙古西部的托克托县境内的库布齐沙漠开始向西（图 1-1），例如在我国新疆塔里木盆地的塔克拉玛干沙漠、内蒙古额济纳的巴丹吉林沙漠等。

沙地是自然条件相对较好的沙漠，一般以固定沙丘、半固定沙