

中国沙漠及其治理

吴 正 主编



科学出版社
www.sciencep.com

中国沙漠及其治理

吴 正 主编

科学出版社
北京

SANDY DESERTS AND ITS CONTROL IN CHINA

Editor in Chief Wu Zheng



**Science Press
Beijing, China**

内 容 简 介

本书由著名地理学家、沙漠学家吴正教授主编。这是中国沙漠及其治理研究的重大成果。全书对近半个世纪来中国沙漠及其治理的理论研究与实践进行了全面总结,是一部系统论述中国沙漠的分布、形成演变、自然环境特征、自然资源和治理的科学专著,建立和完善了中国沙漠研究的学科体系。

全书共分五篇 17 章。第一篇,中国沙漠的分布与形成演化。第二篇,中国沙漠的自然环境特征。第三篇,中国沙漠的自然资源与开发利用。第四篇,中国主要沙漠的自然特征。第五篇,中国沙漠的沙害治理与沙漠未来发展及其影响。其中,提出了治理沙漠与防治沙害的原则、途径和措施,划分了风沙危害的成因类型,论述了农田、草地和工矿交通沙害的防治方法和典型模式,并对中国沙漠的未来发展趋势做了预测。对西部大开发与生态环境保护、对“三北”防护林建设及防沙治沙工程具有重要的理论指导和实践意义。

本书内容丰富,资料翔实,图文并茂,逻辑严密,体系严谨,概念清晰,论理有据。可供从事干旱地区及沙漠研究工作的地理、地质、气候、水文、景观生态、农林牧学,以及环境保护与道路建设等方面的科技工作者及高等院校有关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国沙漠及其治理/吴正主编. —北京:科学出版社, 2009

ISBN 978-7-03-024301-0

I. 中… II. 吴… III. 沙漠治理-中国 IV. P942.073

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 042619 号

责任编辑:吴三保 朱海燕 张 尉 / 责任校对:张 琪

责任印制:钱玉芬 / 封面设计:黄华斌

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009 年 4 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2009 年 4 月第一次印刷 印张:42 1/4 插页:40

印数:1—1 500 字数:1 058 000

定价:138.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈双青〉)

《中国沙漠及其治理》编委会

顾 问：施雅风（中国科学院院士） 李吉均（中国科学院院士）

主 编：吴 正

编 委：（按姓氏笔画排序）

李保生 邹学勇 高前兆 黄荣金
董玉祥 董治宝 潘伯荣 魏文寿

各章节主要作者（按姓氏笔画排序）

曲耀光	中国科学院寒区旱区环境与工程研究所，研究员	第七章，第十一章
孙 武	华南师范大学地理科学学院，教授	第十四章，第十五章
严 平	北京师范大学中国沙漠研究中心，教授	第十五章第七节
李保生	华南师范大学地貌与第四纪环境研究所，教授	第四章
吴 正	华南师范大学地貌与第四纪环境研究所，教授	前言，第一章，第二章，第三章，第五章第三至第七节，第六章，第十章，第十四章，第十五章，第十六章，结束语
肖洪浪	中国科学院寒区旱区环境与工程研究所，研究员	第八章第三节
邹学勇	北京师范大学中国沙漠研究中心，教授	第五章第一节
陈广庭	中国科学院寒区旱区环境与工程研究所，研究员	第十三章，第十六章
张明元	中国科学院新疆生态与地理研究所，研究员	第十二章第三节
阿布力米提·阿布都卡迪尔	中国科学院新疆生态与地理研究所，研究员	第十二章第二节
邴醒民	中国科学院寒区旱区环境与工程研究所，研究员	第八章第二节
高前兆	中国科学院寒区旱区环境与工程研究所，研究员	第七章，第十一章
黄荣金	中国科学院地理科学与资源研究所，研究员	第八章第一节
董玉祥	中山大学地理科学与规划学院，教授	第十七章
董治宝	中国科学院寒区旱区环境与工程研究所，研究员	第五章第二节，第十五章第七节
潘伯荣	中国科学院新疆生态与地理研究所，研究员	第九章，第十二章第一节
魏文寿	中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所，研究员	第六章，第十章

序 一

荒漠化是当今全球共同关注的重大环境问题。我国是世界上砂质荒漠(沙漠)分布最多的国家之一,沙漠广袤千里,绵亘于我国北方广大干旱和半干旱地区。沙漠地区沙尘暴频繁发生,流沙蔓延,给当地及其周边地区的生产和民众的生活带来极大危害,严重制约着社会经济的可持续发展,成为全国性的重大生态环境问题。

我国党和政府十分重视沙漠的治理与改造。1958年、1959年和1991年国务院分别在呼和浩特、乌鲁木齐和兰州,先后召开了三次全国治沙工作会议,研究部署全国治沙工作。中国科学院也于1959年3月成立治沙队,开展大规模的沙漠综合考察和治理试验研究。经过近半个世纪的不懈努力,无论在沙漠的基础理论研究还是在治沙的实践方面都取得了很大成绩,积累了丰富的文献资料。最近,吴正教授邀请了近20位在防沙治沙第一线做出贡献的沙漠有关学科的专家,对自中国科学院治沙队成立近50年来,在沙漠及其治理研究方面取得的大量科学成果和经验的基础上,进行了一次集成研究,编纂了《中国沙漠及其治理》一书。本书是我国近50年来沙漠及其治理研究比较全面、系统的科学总结。它揭示了中国沙漠的成因机制和形成演化模式;与《联合国防治荒漠化公约》中荒漠化的定义、界定指标相一致,准确定义了沙漠与沙漠化的概念及其科学内涵;较客观地确定了我国沙漠的空间分布与面积,并本着实事求是的精神,依据先进的、客观的遥感动态监测资料与数据,厘定了我国沙漠化发展的速率,对我国沙漠近半个世纪以来的发展、沙漠化的现状有个正确评估;全面阐述了中国沙漠的气候、水文、植被和土壤等自然环境特征及其变化,以及沙区自然资源的类型、数量、分布和开发利用与保护;特别是通过总结不同自然地带各类沙害治理经验,建立了各具特色的治沙示范样板,为国家防沙治沙工程的实施和合理开发利用沙区资源做出了切实地贡献。

纵观全书,不难看出,这部著作内容丰富,资料翔实,思维缜密,结构合理,数据客观,有许多新发现、新观点和新结论,既有广度又有深度。它集聚了近20位治沙专家的智慧,经过近3年的严谨、认真和努力工作,先后经过多次修改,数易其稿才得以完成,是他们多年的研究成果和心血的结

晶，也是一本我国沙漠及其治理研究的优秀科学专著。本书的出版，必将对我国沙漠学科建设和防沙治沙的实践发挥重要作用。

中国科学院院士

施雅风

2008年2月24日于南京

序 二

吴正教授继《风沙地貌与治沙工程学》(科学出版社, 2003)后, 今又以《中国沙漠及其治理》一书示余, 并嘱为序。他从南京大学地理系(现为南京大学地理与海洋学院)毕业后, 作为1959年3月成立的中国科学院治沙队的首批队员, 长期以来从事中国沙漠的科学考察与治理试验中的风沙地貌工作, 对我国沙漠及其治理研究, 特别是风沙地貌与工程防沙研究做出了重要贡献, 是我国沙漠研究的学术带头人之一。我与吴正教授相识多年, 深知他是一位治学严谨的科学家, 经常有许多精辟的见解。摆在读者面前的这本新书又是一个例子。

荒漠化是当今人类面临的重大环境问题。我国是世界上沙漠分布最多、沙漠化危害严重的国家之一。众所周知, 我国对沙漠的认知与治理已有悠久的历史。新中国成立以来, 在广大科技人员和沙区各族人民的共同努力下, 我国的防沙治沙工作取得了举世瞩目的成就。近年来, 吴正教授组织了国内10多位沙漠研究专家, 历时约3年, 对自中国科学院治沙队成立近50年来的沙漠及其治理研究成果, 进行了一次集成研究, 较全面、系统的总结、编纂了这本《中国沙漠及其治理》科学专著。这是一本内容丰富, 理论与实践有机结合的重要论著, 是叩世之作。书中准确定义了沙漠与沙漠化的概念, 阐述其科学内涵, 辩证地论述了二者的因果关系。明确概念对理论工作者至为重要, 对生产实践者尤为受用。特别是本书揭示了中国沙漠的形成演化过程及其机制; 通过广泛分布于沙区第四纪地层中古风成沙的研究, 建立了可与黄土高原更新世黄土-古土壤序列, 以及冰芯和深海氧同位素气候轮回进行详细对比的、能够揭示中国沙漠演变的沉积层序; 详细论述了第四纪各个时期(特别是末次冰期以来的几个特征时期)沙漠存在的总体轮廓, 以及沙漠的发展模式。这是对中国沙漠基础理论研究的突出贡献。

本书依据对沙漠动态遥感监测数据, 确定了自20世纪50年代后期至2000年, 我国北方沙漠化土地增加的面积, 纠正了多年来对我国现代沙漠化土地面积统计过大, 和沙漠化发展速率偏高的不实情况, 对中国沙漠化的现状有个正确评估, 这对实施西部大开发战略中的防沙治沙工作的生产实践具有十分重要的作用。

总之，本书集聚了 10 多位沙漠专家的智慧，是一部多有创新的力作，在此我对它的问世表示衷心祝贺。吴正教授是我大学的同窗好友，看到老友在古稀之年又开出新花，不禁景仰至之。愿他今后笔耕不止，为中国地理学继续做出更大的贡献。

中国科学院院士

李吉均

2008 年 4 月 6 日于兰州

前 言

我国是世界上沙漠分布最多的国家之一。沙漠广袤千里，呈一条弧形沙漠带绵亘于我国的西北、华北北部和东北西部。这一弧形沙漠带，东西断续延伸长达 4 000km，南北宽 600km，面积有 80.89 万 km^2 ，约占国土总面积的 8.4%^①。我国沙漠的面积仅次于澳大利亚（113.60 km^2 ）和沙特阿拉伯（86.22 万 km^2 ），列世界第三位。我国也是世界上受风沙和沙漠化严重危害的国家之一。

解放（1949 年）前，我国对沙漠的科学研究几乎是一片空白；新中国成立后，党和政府十分重视沙漠的治理与改造。1958 年 11 月，随着国民经济生产建设的发展，党中央和国务院在内蒙古呼和浩特召开了西北和内蒙古 6 省（区）治沙会议，研究部署全国治沙工作，吹响了向沙漠大进军的号角。1959 年 3 月，中国科学院成立治沙队（原中国科学院兰州沙漠研究所前身，现中国科学院寒区旱区环境与工程研究所构成部分之一），组织了院内外有关研究所、高等院校和生产部门 800 多人的庞大科技队伍，开展了对我国主要沙漠与戈壁的大规模综合科学考察，以摸清沙漠的基本情况，编制防治规划。与此同时，先后在西北和内蒙古六省（区）建立 6 个治沙综合试验站和 20 个治沙中心站，开展防治风沙危害农田、铁路等的试验研究，探索各种治理沙害的措施与方法。从而揭开了系统、综合研究沙漠及其治理的新篇章。

自成立中国科学院治沙队，开展大规模沙漠综合科学考察和治理试验研究以来，经过近半个世纪的不懈努力，无论在沙漠的基础理论研究还是在沙漠治理的实践方面都取得了很大成绩，积累了丰富的文献资料。然而，对这些丰硕成果，至今未曾作过系统的科学总结。只是，在 20 世纪 60~70 年代，朱震达和我曾做过一次调研，并进行了第一次集成研究，编写出版了《中国沙漠概论》一书（科学出版社，1974 年；1980 年修订再版）。该书在国内产生了较大影响，获得了全国科学大会奖。但因当时处于“文革”时期，受条件所限，其研究只是很初步的，不够全面、系统和深入。为此，我

^① 据钟德才（1998）利用 20 世纪 90 年代中期（1994~1996）我国沙漠地区的 TM 卫星图像资料编绘的沙漠图，量算所得的沙漠面积数据。

们曾经商定待“文革”后的适当时期，再组织全国更多的沙漠研究专家，进行一次广泛、系统和深入的集成研究，编纂一部有份量的《中国沙漠》专著。可是，后来由于我调离了中国科学院兰州沙漠研究所，朱震达在联合国荒漠化会议后，忙于组织领导开展我国沙漠化及其防治研究，后更因积劳成疾卧床不起，力不从心，无法再来主持这项工作，故有关中国沙漠及其治理的第二次集成研究，被搁置了下来。

21 世纪初，中国科学院寒区旱区环境与工程研究所王涛所长（朱震达的首位博士生），秉承朱震达的意愿，组织所内从事沙漠研究的一批青年学者，对我国近 50 年来沙漠与沙漠化科学研究的大量文献资料，进行了一次较全面、系统的整理和总结，编写出版了《中国沙漠与沙漠化》一书（河北科学技术出版社，2003）。该书内容丰富，资料翔实，图文并茂，是一本难得的有关我国沙漠与沙漠化研究的论著。但是，由于该书大多数编写者受专业知识和工作经历所限，虽名为《中国沙漠与沙漠化》，但就其内容来说，主要还是着重于沙漠化的有关问题，对沙漠本身的论述不足。有鉴于此，我深感有必要组织国内长期从事沙漠研究，有深厚理论功底和丰富实践经验的专家，对自中国科学院治沙队成立以来，中国近半个世纪沙漠及其治理研究的科学积累和经验，特别是 1994 年《联合国防治荒漠化公约》（以下简称《公约》）签署后，我国沙漠研究工作者在履行《公约》、与国际接轨方面取得的大量科研成果，进行一次集成研究，编纂一本《中国沙漠及其治理》科学专著，以便科学地揭示中国沙漠的成因机制。同时，与《公约》中荒漠化的定义、界定标准相一致，准确定义沙漠与沙漠化的概念，澄清沙漠学界关于沙漠与沙漠化概念的长期分歧；纠正把沙漠化片面定义为历史时期人为活动作用下的产物，而不把地质时期的沙漠形成演化过程视为沙漠化，将二者断然割裂开来的错误，从而解决沙漠与沙漠化治理的重大基础理论问题。并在此基础上，通过总结我国近 50 年来在沙漠及其治理研究方面所取得的成果，建立与完善中国沙漠研究的学科体系；通过选定在全国各自然地带有不同沙害类型建立的治沙示范样板，为国家防沙治沙工程的实施和合理开发利用我国沙区资源做出切实的贡献。为此，2005 年我初步拟订了专著的编写大纲，并邀请了 10 多位在防沙治沙第一线做出贡献的沙漠有关学科的专家，共同参与本专著的编写工作。历时 3 年（2006～2008），撰写人数易其稿，经不懈努力，终于完成了本书的文稿。

本书是集体成果，在各章节分工明确以后，各自负责撰写，各自署名（详见“各章节主要作者”所列。有的按章节分工，有的按章分工）。为了论

述的系统性和思路的完整性，最后由主编对有关章节内容做了重新编辑、修改、统稿和完善工作。在写作过程中，尽管作者对所撰写内容力求准确，又经主编统稿，但由于客观条件（如某些资料数据欠缺）与主观水平限制，本书可能还存在不少差错，敬请读者批评和指正^①。

本书的集成，除了合作者的不懈努力、一丝不苟、认真撰写外，还和朱震达先生生前长期给予的指导和帮助，以及在沙漠研究工作中多年共事的同仁的一贯真诚帮助与支持分不开的。值此本书出版之际，在此谨向他们致以崇高的敬意和衷心的感谢。在这里，要特别感谢中国科学院资深院士施雅风先生，他不仅在本书的编纂过程中，不时给予热情鼓励和指导，而且还在百忙中为本书作序；也要十分感谢中国科学院院士李吉均先生对我的一贯支持和帮助，这次他在身体不适，右手无法握笔写字的艰难情况下，仍用口授请其夫人朱俊杰教授代笔为本书作序，说了很多鼓励的话。此外，中国国家地理杂志社编辑部耿菲琳女士，《新疆画报》主编赵君安先生，《美国国家地理》杂志的 George Steinmetz 先生，中国科学院新疆生态与地理研究所马鸣研究员、杨维康研究员、高行宜研究员和袁国映研究员，中国科学院寒区旱区环境与工程研究所苏珍研究员，华南师范大学地理科学学院王为教授等，惠予提供精美的沙漠景观照片；王为教授还承担了书中目录的英文翻译工作；广州科新电脑技术服务中心协助部分插图描绘和书稿的编排，对他们们的热情帮助和支持，在此也深表感谢。本书出版承蒙科学出版社吴三保编审的鼎力帮助和亲自编辑、审定；又承华南师范大学“科技冲顶行动”项目惠予资助出版经费，始能面世，于此并致谢意。

吴 正

2008年7月于广州华南师范大学寓所

^① 鉴于本书是多人参加撰写的，读者可能会在书中发现若干前后论述的差异。这是反映出具体作者所依据的资料、数据不同或认识的差别，是应该允许的；求大同存小异，不宜强求完全统一，特此说明。同时，对有关资料作者们在各章中均已注明，请读者引用时加以注意。

目 录

序一	施雅风	i
序二	李吉均	iii
前言	吴 正	v

第一章 绪论	1
第一节 沙漠的概念	1
第二节 中国沙漠研究的历史和成就	3
参考文献	12

第一篇 中国沙漠的分布与形成演化

第二章 中国干旱地区与沙漠的地理分布	17
第一节 干旱区的定义和分类	17
第二节 中国干旱区及沙漠的分布	18
参考文献	24
第三章 中国沙漠的形成	25
第一节 沙漠形成的气候条件	25
第二节 第四纪古地理轮廓和沙漠沙的起源	29
第三节 人为因素在沙漠形成中的作用	38
第四节 沙漠的年龄	45
参考文献	48
第四章 中国沙漠的演变过程与模式	50
第一节 中国沙区沙漠沉积记录的时空特征	50
第二节 中国沙区第四纪环境演变	57
第三节 末次冰期以来几个特征时期的我国沙漠与沙地的古地理	78
第四节 沙漠演变过程与发展模式	83
参考文献	85
第五章 风成地貌的形成发育	91
第一节 风沙流运动特征	91
第二节 风蚀及其地貌	102
第三节 风积和风成床面形态	113
第四节 沙丘的分类	119
第五节 各种沙丘的形态特征和分布	120

第六节 沙丘形态的成因·····	134
第七节 沙丘移动的规律·····	142
参考文献·····	153

第二篇 中国沙漠的自然环境特征

第六章 沙漠气候特征及其变化·····	157
第一节 沙漠气候的主要特征·····	157
第二节 沙漠气候的变化·····	173
参考文献·····	181
第七章 沙漠地区的水文特点·····	183
第一节 影响沙漠地区水文的自然地理因素·····	183
第二节 沙漠地区的地表水·····	186
第三节 沙漠地区的地下水·····	213
参考文献·····	227
第八章 沙漠土壤的类型与特性·····	229
第一节 漠境地带性土壤·····	229
第二节 风沙土·····	260
第三节 其他非地带性土壤·····	277
参考文献·····	288
第九章 沙漠植被的类型与特征·····	289
第一节 沙漠生境的特点和植物的适应·····	290
第二节 沙漠植物区系的形成及其基本特征·····	313
第三节 沙漠植被的基本类型·····	335
第四节 沙漠植被的区域特征·····	343
参考文献·····	357

第三篇 中国沙漠的自然资源与开发利用

第十章 沙漠地区的气候资源及其利用·····	365
第一节 气候资源的类型及分布·····	365
第二节 气候资源的开发利用·····	373
参考文献·····	376
第十一章 沙漠地区水土资源的开发利用·····	378
第一节 地表水资源及其分布·····	379
第二节 地下水资源分布与水资源总量估算·····	390
第三节 土地资源及其分布特点·····	397
第四节 水土资源开发利用现状及其存在问题·····	403
第五节 水土资源开发利用技术与措施·····	408

第六节 内陆河流域水资源保护与绿洲建设·····	415
第七节 水土资源开发利用前景与保障措施·····	426
参考文献·····	432
第十二章 沙漠地区生物资源的利用与保护·····	434
第一节 沙漠地区种子植物资源的种类、分布及其利用与保护·····	434
第二节 沙漠地区动物资源的种类、分布与保护·····	458
第三节 沙漠地区特殊生物资源·····	493
参考文献·····	501
第十三章 沙漠地区矿产资源及其开发利用·····	509
第一节 非金属矿产资源·····	509
第二节 盐类矿产资源·····	510
第三节 油(气)资源·····	515
第四节 煤炭资源·····	519
参考文献·····	523

第四篇 中国主要沙漠的自然特征

第十四章 半干旱干草原地带的沙地·····	527
第一节 呼伦贝尔沙地·····	527
第二节 松嫩沙地·····	531
第三节 科尔沁沙地·····	535
第四节 浑善达克沙地·····	540
第五节 毛乌素沙地·····	546
参考文献·····	553
第十五章 干旱荒漠地带的沙漠·····	556
第一节 库布齐沙漠·····	556
第二节 乌兰布和沙漠·····	559
第三节 腾格里沙漠·····	562
第四节 巴丹吉林沙漠·····	568
第五节 河西走廊地区的沙漠·····	574
第六节 柴达木盆地的沙漠·····	581
第七节 库姆塔格沙漠·····	586
第八节 古尔班通古特沙漠·····	589
第九节 塔克拉玛干沙漠·····	595
参考文献·····	618

第五篇 中国沙漠的沙害治理与沙漠未来发展及其影响

第十六章 沙漠地区风沙危害的防治·····	625
第一节 治理沙漠与防治沙害的基本原则·····	625
第二节 风沙危害的成因类型·····	627
第三节 沙害防治的基本途径和技术措施·····	631
第四节 农田沙害防治·····	651
第五节 草地沙害防治·····	661
第六节 工矿交通沙害防治·····	669
第七节 风沙危害的监测与预报·····	678
参考文献·····	683
第十七章 中国沙漠的未来变化趋势及影响·····	685
第一节 中国沙区气候未来变化趋势·····	685
第二节 中国沙区人为活动未来发展趋势·····	692
第三节 中国沙漠的未来发展趋势及影响·····	698
参考文献·····	708
结束语·····	710

CONTENTS

Foreword I	Shi Yafeng	i
Foreword II	Li Jijun	iii
Preface	Wu Zheng	v

Chapter 1 Introduction	1
Section 1 Definition of sandy desert	1
Section 2 The history and achievements of desert study in China	3
References	12

Part 1 Distribution and evolution of deserts in China

Chapter 2 Distribution of arid areas and deserts in China	17
Section 1 Definition and classification of arid zone	17
Section 2 Distribution of arid areas and deserts in China	18
References	24
Chapter 3 Formation of the desert in China	25
Section 1 Climate for desert formation	25
Section 2 Paleo— geographical outline and source of the desert sand in China during Quaternary period	29
Section 3 Human impacts on the processes of desert formation	38
Section 4 Ages of the desert	45
References	48
Chapter 4 Evolution processes and mode of deserts in China	50
Section 1 Spatial and temporal features recorded by desert deposits of China desert areas	50
Section 2 Quaternary environmental changes in desert areas in China	57
Section 3 Paleo-geography of deserts and sandy lands in China in several special phases since the Last Glaciation	78
Section 4 Evolution processes and mode of the deserts	83
References	85
Chapter 5 Formation and development eolian landforms	91
Section 1 Characteristics of sand movement by wind	91
Section 2 Erosion by wind and related landforms	102