

毛乌素沙地南缘沙区 生物土壤结皮发育及其 生态水文效应

MAOWUSU SHADI NANYUAN SHAQU
SHENGWU TURANG JIEPI FAYU JIQI
SHENGTAI SHUIWEN XIAOYING

吴永胜 尹瑞平 哈斯 等 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

水利部牧区水利科学研究所出版基金资助项目

毛乌素沙地南缘沙区 生物土壤结皮发育及其 生态水文效应

吴永胜 尹瑞平 哈斯 等 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

生物土壤结皮广泛分布在干旱和半干旱地区,是荒漠生态系统“工程师”。本书选择地处半干旱区的毛乌素沙地南缘沙区生物土壤结皮为研究对象,阐明了生物土壤结皮的发育特征,讨论了影响其在沙丘不同地貌部位选择性分布的因子;分析了生物土壤结皮及下层沉积物中微生物和养分的分布特征;强调了生物土壤结皮在地表稳定方面的作用;在分析历年降水特征的基础上,分析了生物土壤结皮对凝结水形成、蒸发、入渗、地表径流以及表土持水性能的影响。

本书相关内容对从事生态学、土壤学、水文学、防沙治沙以及荒漠生态系统管理的人员具有参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

毛乌素沙地南缘沙区生物土壤结皮发育及其生态水文效应 / 吴永胜等著. -- 北京:中国水利水电出版社, 2016.1

ISBN 978-7-5170-3876-4

I. ①毛… II. ①吴… III. ①毛乌素沙地—生态系统—土壤结皮—水文学—研究 IV. ①P942.260.73
②S152.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第322535号

审图号:GS(2015)2797号

书 名	毛乌素沙地南缘沙区生物土壤结皮发育及其生态水文效应
作 者	吴永胜 尹瑞平 哈斯 等著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn
经 售	电话: (010) 68367658 (发行部) 北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	三河市鑫金马印装有限公司
规 格	170mm×240mm 16开本 10.75印张 181千字
版 次	2016年1月第1版 2016年1月第1次印刷
印 数	001—500册
定 价	36.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前言

沙漠化、荒漠化被称为“地球癌症”，它与人口、水资源一起被认为当今世界三大问题。中国是世界上受荒漠化影响最为严重的国家之一，其中尤以沙漠化危害最为严重。截至 2011 年年底，我国沙化土地面积已达 173.11 万 km^2 ，占国土总面积的 18.03%。

长期以来，建立人工植被和恢复自然植被是荒漠化治理的有效途径。特别是近 10 年来，国家相继实施了京津风沙源治理、“三北”防护林、退耕还林还草等一系列防沙治沙和生态修复工程之后，我国土地荒漠化和沙化趋势整体上得到初步遏制，荒漠化和沙化土地面积持续减少，植被盖度显著提高，大面积的流沙被固定的同时沙丘表面广泛发育了由细菌、真菌、蓝绿藻、地衣和苔藓等相关生物体与土壤表面颗粒交结形成的有机复合体——生物土壤结皮 (Biological Soil Crusts)。生物土壤结皮作为荒漠生态系统的重要组成部分，其结构、功能和管理等问题引起了国内外学者和管理者的广泛关注。然而，不同气候区生物土壤结皮的物理、化学和生物特性不尽相同，使得其生态功能表现出较大差异，直接影响了人们对这一资源的利用和管理等问题。

地处半干旱区的毛乌素沙地是我国四大沙地之一，兼有生态脆弱性和气候敏感性的双重特点。全面认识该区域生物土壤结皮及其生态环境效益是科学评价防沙治沙和生态恢复效益的重要前提。本书选择水热条件良好的毛乌素沙地南缘沙区生物土壤结皮为研究对象，综合运用野外观测和室内分析等综合手段，在掌握大量的第一手资料的基础上，运用自然地理学、生物学、生态学、水土保持学以及气候学等多学科理论与方法，全面分析了该区域生物土壤结皮发育特征及其生态水文效应。研究成果不仅能为沙地生态系统相关过程的模拟提供相关参数，而且对沙区生态恢复效益的科学评价和受损系统的可持续管理等方面具有重要的参考价值。

专著是在国家“十二五”科技支撑课题《毛乌素沙地南缘流沙固定与植被保育技术集成与示范》(2012BAD16B0202)、国家自然科学基金项目《沙丘表面径流及其形成机理》(41201015)、中国水利水电科学研究院科研专项项目(MK2013J01)的资助下完成的,在此表示感谢。本书汇集了作者近几年对生物土壤结皮的相关研究成果,并参考引用了一些相关专家和学者的研究成果以及文献资料,在此表示感谢。项目实施和书籍撰写过程中得到了各位专家、学者的参与和帮助。本书第1章由吴永胜,尹瑞平,白晓霞(内蒙古商贸职业学院),田秀民,刘静负责完成;第2章由吴永胜,哈斯(北京师范大学),尹瑞平,张铁钢负责完成;第3章由吴永胜,邢恩德,郭建英,李锦荣,屈志强(内蒙古农业大学),田秀民负责完成;第4章由吴永胜,尹瑞平,徐凯然,苗恒录,武欣慧(内蒙古农业大学),周泉成负责完成;第5章由吴永胜,尹瑞平,哈斯,何京丽,任杰负责完成;第6章由吴永胜,梁占岐,荣浩,珊丹,王健负责完成;第7章由吴永胜,于向前,廖梓龙,白晓霞,张欣负责完成;第8章由吴永胜,尹瑞平,哈斯,李泽坤,刘艳萍负责完成;第9章由吴永胜,尹瑞平,何京丽,刘铁军负责完成;第10章由吴永胜,哈斯,尹瑞平负责完成;第11章由吴永胜,王文君,吴英杰,陈晓俊,全强负责完成。专著出版过程中得到了水利部牧区水利科学研究所出版基金的资助,并有幸得到包小庆、魏永富、李和平、杨志勇和尹瑞平等相关领导的关心和指导。在项目的实施过程中得到了陕西榆林风沙科学与技术试验站(现陕西延长石油集团榆林治沙有限公司)工作人员的大力支持和热情帮助,在此一并谢忱。感谢中国水利水电出版社魏素洁编辑为本书的编辑和出版付出的辛勤劳动。

由于时间短促,限于作者水平,书中的错误和不足之处在所难免,恳请读者惠予批评指正。

作者

2015年11月

目录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 研究背景及意义	1
1.2 毛乌素沙地自然环境状况	2
1.3 毛乌素沙地沙漠化进程及其防治	8
1.4 生物结皮及其分布	11
1.5 研究现状及存在的问题	23
参考文献	38
第 2 章 生物结皮的发育特征	48
2.1 前沿	48
2.2 研究区及方法	49
2.3 结果与分析	50
2.4 讨论	54
参考文献	55
第 3 章 影响生物结皮在沙丘不同地貌部位分布的风因子讨论	57
3.1 前沿	57
3.2 方法	58
3.3 结果与分析	59
3.4 讨论	63

参考文献	65
第 4 章 生物结皮及下层沉积物理化性质	67
4.1 前沿	67
4.2 方法	68
4.3 结果与分析	69
4.4 讨论	73
参考文献	75
第 5 章 生物结皮及下层沉积物中微生物分布特征	77
5.1 前沿	77
5.2 方法	78
5.3 结果与分析	79
5.4 讨论	84
参考文献	86
第 6 章 生物结皮抗风蚀能力的实证观测	88
6.1 前沿	88
6.2 方法	89
6.3 结果与分析	90
6.4 讨论	93
参考文献	95
第 7 章 研究区降水特征分析	97
7.1 前沿	97
7.2 方法	98
7.3 结果与分析	99
7.4 讨论	109
参考文献	112

第 8 章 生物结皮对凝结水形成和蒸发的影响	114
8.1 前沿	115
8.2 方法	116
8.3 结果与分析	117
8.4 讨论	122
参考文献	126
第 9 章 生物结皮覆盖区水分入渗速率及其影响因素	128
9.1 前沿	128
9.2 方法	130
9.3 结果与分析	131
9.4 讨论	136
参考文献	137
第 10 章 生物结皮表面径流特征	140
10.1 前沿	140
10.2 方法	142
10.3 结果与分析	143
10.4 讨论	145
参考文献	148
第 11 章 生物结皮影响下表土持水性能的研究	152
11.1 前沿	152
11.2 方法	153
11.3 结果与分析	155
11.4 讨论	159
参考文献	161

1.1 研究背景及意义

沙漠化、荒漠化被称为“地球癌症”，是人类当前面临的最严重的生态环境灾难之一。据统计，全球沙漠化面积达 4560 万 km^2 ，占全球面积的 35%。它与人口、水资源一起被认为当今世界三大问题（朱震达，1982）。中国是世界上受荒漠化影响最为严重的国家之一。截至 2009 年年底，我国荒漠化土地面积达 262.37 万 km^2 ，占国土总面积的 27.33%，其中尤以沙漠化危害最为严重，沙化土地面积已达 173.11 万 km^2 ，占国土总面积的 18.03%（国家林业局，2011）。

长期以来，建立人工植被和恢复自然植被是荒漠化治理的有效途径。近几十年以来，国家相继实施了京津风沙源治理、“三北”防护林、退耕还林、退牧还草、天然林保护、草原建设与保护、水土保持等一批与防沙治沙相关的重点生态建设工程之后，我国土地荒漠化和沙化整体得到初步遏制，荒漠化和沙化土地面积持续减少（2005—2009 年间分别年均净减少 2491 km^2 和 1717 km^2 ），荒漠化、沙漠化程度有所减轻（与 2004 年相比，轻度沙化土地面积增加 2.73 万 km^2 ，中度减少 9906 km^2 ，重度减少 1.04 万 km^2 ，极重度减少 1.56 万 km^2 ）的喜人成绩（国家林业局，2011）。然而，干旱沙区极度匮乏的水分条件不足以支撑连片的、均匀的高等植物生长，却足以支撑结皮中占优势地位的微型生物。防沙治沙和生态修复工程实施之后，沙丘表面或植被间的空

地上广泛发育了由细菌、真菌、蓝绿藻、地衣和苔藓等相关生物体与土壤表面颗粒交结形成的有机复合体，我们称之为生物土壤结皮（biological soil crusts, BSC，以下简称“生物结皮”）。作为荒漠生态系统大气圈和土壤圈边界层的生物结皮，不仅对生态系统物质循环和能量流动产生重要的影响（Belnap, 2003），而且对不同气候区的荒漠景观过程、土壤生态过程、土壤水文过程、土壤生物过程和地球化学循环过程，以及干旱、半干旱地区生态修复过程均产生重要的影响（李新荣等，2009）。在全球气候变化和区域生态恢复的双重背景下，对生物结皮形成、发育和生态功能的全面了解是将其更好地为人类社会服务的重要前提，也是科学评价沙区生态恢复效益前亟待解决的重要科学问题。

我国干旱和半干旱区沙漠资源丰富，几乎涵盖了从极端干旱、干旱到半干旱的不同气候区。毛乌素沙地地处晋、陕、内蒙古、宁和甘五省（自治区）交界的农牧交错带。在生态地理方面，它是属于多层次的过渡带。从大气环流系统来说它处在蒙古-西伯利亚反气旋高压中心向东南季风区的过渡区；从气候来说，它是一个西北-东南向、干旱-半干旱-半湿润区的过渡带；从植被与自然地带来说，它是大陆荒漠-草原-落叶阔叶林地带之间的过渡带；在地质地貌方面，它处在戈壁沙丘带-黄土高原的过渡区；从水文系统来说，则处在大陆内流区向外流区的过渡区，也是由风蚀地带向水蚀地带的过渡区；在土壤区域方面，则是由半荒漠的棕钙土-栗钙土-森林草原黑土的过渡区，是农业生产上的农牧交错区（张新时等，2008）。毛乌素沙地自然环境条件的复杂过渡与融合交错决定了该地区生态环境方面的复杂性和敏感性。因此，对该地区生物结皮发育及其生态环境效应的全面了解不仅有助于解析不同气候区生物结皮发育和生态效应，而且对脆弱生态系统相关过程的模拟和可持续管理具有重要的参考价值。

1.2 毛乌素沙地自然环境状况

1.2.1 地理位置

毛乌素沙地位于鄂尔多斯高原的中部与南部，行政上属于陕西省榆林地

区、内蒙古自治区鄂尔多斯市和宁夏回族自治区一小部分，包括内蒙古自治区鄂尔多斯市（原伊克昭盟）伊金霍洛旗南部、乌审旗全部、鄂托克旗东南部、陕西榆林地区的北部（包括神木、榆林、横山、靖边、定边五个县的一部分和佳县西北一小部分）以及宁夏回族自治区盐池县的东北部，处于北纬 $37^{\circ}30' \sim 39^{\circ}20'$ ，东经 $107^{\circ}20' \sim 111^{\circ}30'$ ，总面积约 39835km^2 （北京大学地理系，1983），约占我国沙漠面积的 3.6%。黄河从毛乌素沙地的西、北、东三面环绕，东南背倚黄土高原，西北敞向库不齐沙漠，整个沙地处沙漠和黄土高原之间的过渡地带（图 1.1）。该地区海拔高度一般在 $1300 \sim 1600\text{m}$ 之间，由北部与西部向东南倾低。地形主要是起伏的丘陵、梁地、缓平的洪积-冲积台地与宽阔的谷地和滩地，还有几条河流切割台地后形成河谷汇入黄河。在台地和滩地上大部分覆盖着不同程度的流动或固定沙丘与沙地，沙丘高度一般在 $5 \sim 10\text{m}$ 以下。滩地有埋藏深度不等的地下水，或在盆谷底部形成碱淖（湖），故称为“毛乌素”，为劣质水之意。

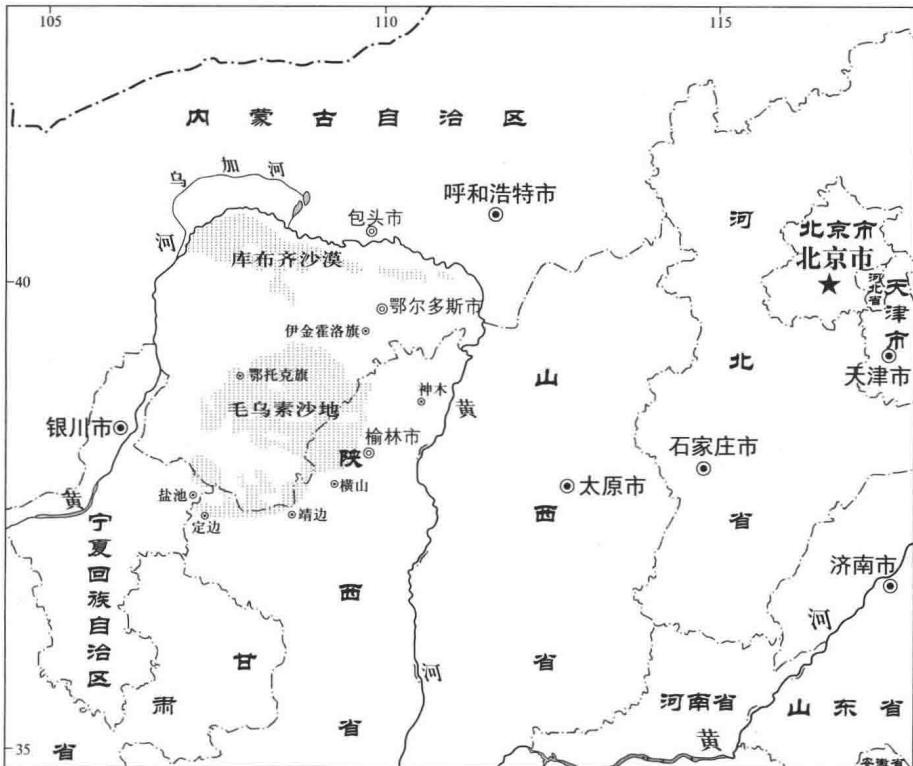


图 1.1 毛乌素沙地的地理位置（郭克贞等，2013）

1.2.2 地形地貌

毛乌素沙地地貌与基质是以中生代侏罗纪与白垩纪的岩石为骨架, 经过第三纪与早第四纪水成作用为主的洪积-冲积过程形成的台地, 再经过晚第四纪, 尤其是全新世与近代风成作用为主的风蚀和风积活动而造就今日地表的风沙外貌。白垩纪的绿色和红色砂岩经过剥蚀而成为低山与残丘梁地, 一般在海拔 1500m 以下, 其顶部与坡地残积或坡积的粗骨质的砂岩风化物, 掺有细土, 土层十分浅薄贫瘠, 当地称之为“硬梁”。该地区东南边缘低山顶部开始有风积的黄土状母质堆积, 厚度由 2~10m 不等。在山坡下部与宽谷中则充填着下部为第三纪、上部为第四纪的洪积物与冲积物层, 其厚度一般为 2~10m 或更多, 通常为砂壤质, 细砂质与砂砾质的间层, 尚有厚度为 20~30cm 的卵砾石层; 下部为胶结较差的松软红色砂岩。再向下则为中生代的基岩-砂岩、砾岩或板岩。这些洪积-冲积层常形成缓斜平坦的台地, 或被水蚀切割成梁丘状, 当地称之为“软梁”, 它们在最高的“硬梁”之下形成第二级台阶, 常呈准平原状。

在梁地之间或台地上被河流切割而形成的宽阔河谷或古代的湖盆中形成大面积河湖冲积的滩地, 基质为细砂质或砂壤质的现代冲积物, 为现代侵蚀的基底, 亦即前述“硬梁”与“软梁”两级台阶下的基底。在软梁地和滩地上, 由于风成作用对过去河湖冲积-洪积物的筛选, 粉尘等细颗粒物被风吹扬到空中而携带到东南部, 补充黄土高原的沉积, 留下的沙粒受风力吹扬滚动与堆积而形成该地区广泛分布的沙丘与沙地。按照中亚干旱地区基质与地貌的风成格局, 即按主风方向由荒漠中心向外排列呈砾石戈壁-沙漠(沙地)-黄土沉积的分布规律, 毛乌素沙地正处在沙丘带的外部向黄土高原过渡的位置, 其西北的阿拉善戈壁荒漠与沙子流动性强的腾格里沙漠和库布齐沙漠在风力最强劲的内部地带。

1.2.3 大气环流与气候

毛乌素沙地位于北半球中纬度的西风环流控制区, 同时处于我国东部季风

边缘区,属温带干旱、半干旱的大陆性季风气候,其季风环流的影响强度因季节变化而不同。冬季受到来自高纬度地区的蒙古-西伯利亚反气旋的控制,盛行西北季风,寒冷干燥;夏季主要受到北太平洋副热带高压和印度洋低压共同控制,在东南季风和西南季风暖湿气流的影响下,降水集中,常形成暴雨;春秋季节则受到两个气团的拉锯作用的影响,秋季多晴好天气或出现绵绵秋雨,春季多大风。

毛乌素沙地年平均温度 $6.0\sim 9.0^{\circ}\text{C}$,最冷月(1月) $-8.5\sim -10^{\circ}\text{C}$,极端最低温为 $-28\sim -31^{\circ}\text{C}$;最热月(7月)均温在 $20\sim 24^{\circ}\text{C}$,极端最高温为 $43\sim 45^{\circ}\text{C}$, 10°C 的积温在 $2700\sim 3000^{\circ}\text{C}$ 之间,由西北向东南逐步增加,日照时数和辐射量则表现出相反的变化趋势,在西北部分别为 $3000\sim 3100\text{h}$ 和 70% ,而在东南部则降至 $2800\sim 2900\text{h}$ 与 62% 。太阳辐射总量从西北部的 $150\text{kcal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ 逐渐减少至东南部的 $138\text{kcal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ 。毛乌素沙地的降水量则自西北向东南呈现递增趋势,由 200mm 至 490mm ,年内分配集中在7—9月,约占全年降水量的 70% 以上,降水的年变率很大,一般在 $20\%\sim 70\%$ 之间,西北部甚至大于 100% ,多雨年与少雨年的降水量差可达 $2\sim 4$ 倍,而且多呈暴雨(甚至暴雪)形式降落,极易形成干旱的洪涝灾害,而且旱灾频发。水热平衡状况也表现出自西北向东南的有规律变化,潜在蒸散率(PER)由西北的 2.5 逐步递减为东南部的 0.8 ,而大部分地区的PER值为 $1.1\sim 1.5$ 。年蒸发量多在 $1800\sim 2500\text{mm}$ 之间,是降水量的 $4\sim 10$ 倍。沙区盛行风向为西北风,冬春两季风力强劲而且频繁,年平均风速 $4.8\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,最大风速 $28\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,夏季以偏南风为主,年大风日数变化在 $100\sim 220$ 日。

1.2.4 水文及水资源

毛乌素沙地所在的鄂尔多斯台地,其构造基础——鄂尔多斯盆地是一个巨型地下水盆地,它有多个地下含水层,主要有埋藏在千米以下的寒武系-奥陶系碳酸盐岩类岩溶含水层、白至系碎屑岩类孔隙-裂隙含水层和埋深在数百米的石炭系-侏罗系碎屑岩类裂隙含水层等三大含水层系统,深层地下水非常丰富。毛乌素沙地的浅层地下水也相当丰富,是我国主要沙漠和沙地中很少见的,潜水埋深在丘间地上一一般在 $1\sim 2\text{m}$ 之间,有的地方只有 0.5m ,地下水矿

化度偏高,水质以淡水和微咸水为主,也有部分是苦咸水。

毛乌素沙地的地表水分属内、外流两个系统。其中西部及西北部属内流区,面积约占沙地总面积的60%,有数百个大小湖泊和众多短小的、永久性或季节性河流,湖泊有的含盐量较高,有的则比较低,如神木县与伊金霍洛旗交界处的红碱淖,就属于淡水湖或微咸水湖,湖泊周边的短小河流分别注入大小盐湖、碱湖,或消失于流沙中。东部、东南部及西北边缘区为外流区,面积占毛乌素沙地总面积的大约40%,主要有无定河、秃尾河、窟野河及其各级支流,西北边缘为都思兔河及苦水河,都属于黄河水系,河流多呈树枝状,主要依靠降水直接补给和降水下渗补给,受降水变异的影响,河水流量的年内年际变化很大。

1.2.5 植被与土壤

沙地的天然植被经过上千年的人为活动开垦、破坏与过度放牧利用几乎已经荡然无存,仅在极少数地段还能见其残存的片段或个别的植物代表,现有的植被多为次生后人工的。

毛乌素沙地的植被大致划分为三个(亚)地带与三大类群。从植被地带来说,其西部边缘属于向荒漠过渡的荒漠草原亚地带,占90%以上的中部与东部则属于干草原亚地带。在东南边缘,从气候上来说,开始向森林草原过渡,但由于沙基质的覆盖,在植被上的差异不显著,一般仍化为干草原亚地带。本区的三大植被类群是梁地上的草原与灌丛植被,半固定、固定沙丘与沙地上的沙生灌丛,以及滩地上的草甸,盐生与沼泽植被。与其相对应的土壤类型是梁地上的栗钙土,沙地上的各类风沙土,以及滩地上的草甸土、盐碱土与沼泽潜育土。

毛乌素沙地大部分位于栗钙土干草原地带,向西北过渡为棕钙土半荒漠地带,向东南过渡为黄土高原温暖带黑垆土地带,恰处于几个自然地带的过渡地区。因此土壤也表现出这种过渡特点。分布上表现为由东北-西南向排列的水平地带性的变化,即淡栗钙土和棕钙土。南部和东南部黑垆土的分布受局部地形和母质的影响未表现出这种排列的地带规律,而是分布在黄土高原的沙黄土母质上。草原地带的土壤以风沙土为主,地势高处也有黄绵土分布。

毛乌素沙地梁地植被类型：主要植被类型有戈壁针茅 (*Stipa gobica*)、沙生针茅 (*Stipa glareosa*)、冷蒿 (*Artemisia frigida*)、藏锦鸡儿 (*Caragana tibetica*)、蒙古矮黄花木 (*Ammopiptanthus mongolicus*) 或半灌木红砂 (*Reaumuria songarica*)、驼绒藜 (*Ceratoides latens*)、木盐蓬 (*Salsola arbuscula*)、猫头刺 (*Oxytropis aciphylla* var. *gracilis*) 等。

毛乌素沙地沙生植被类型：主要植被类型有白沙蒿 (*Artemisia sphaerocephala*)、黑沙蒿 (*Artemisia ordosica*)、杨柴 (*Hedysarum laeve*)、柠条 (*Caragana intermedia*)、沙地柏 (*Sabina vulgaris*)、沙柳 (*Salix cheilophila*)、乌柳 (*Salix microstachya*)，除以上集中沙生植物外在毛乌素沙地的东南隅还有片段的灌木丛，如小叶鼠李 (*Rhamnus parvifolius*)、丝绵木 (*Euonymus bungeanus*) 等，它们可能是毛乌素沙地中森林草原亚地带昔日原生植被的残遗指示者。

毛乌素沙地滩地植被类型：主要植被类型有寸草 (*Carex stenophylla*)、马蔺 (*Iris ensata*)、芨芨草 (*Achnatherum splendens*)、碱蓬 (*Suaeda corniculata*)、盐爪爪 (*Kalidium foliatum*)、白刺 (*Nitraria tangutorum*) 等。

1.2.6 社会经济状况

毛乌素沙地自然环境恶劣，区域优势较差，经济发展过于依赖种植业，导致经济发展的波动性较大。例如在榆林县的工农业总产值中，农业总产值一直占有较大比例，20世纪80年代中期以前均在70%以上。在工业生产中，食品加工占了相当大的比例。农产品加工创造的产值在轻工业中占有较大比重，80年代以前均在60%以上，80—90年代达到了80%以上。国民生产总值、工农业总产值、财政收入、人均收入都与农业总产值有较高的相关关系。

毛乌素沙地所涉及的这13个县(市、旗)的生态压力和人口压力很大，若按行政区域计算，1999年11个县平均人口密度为28人·km⁻²超出了联合国半干旱区20人·km⁻²的允许界限。该区总体经济落后，共有10个县被列为国家“八七”计划扶贫县。

1.3 毛乌素沙地沙漠化进程及其防治

1.3.1 毛乌素沙地的形成

有关毛乌素沙地的成因主要有自然主导论、人为主导论以及人为和自然共同主导论三个方面的观点。

持有自然主导论的学者认为,毛乌素沙地的形成与冰期气候波动和新构造运动有关。地质构造运动对沙漠的形成以及对沙漠化的具体影响在于:自第三纪开始特别是在上新世,南北半球高纬度和高山地区形成了冰盖。在第四纪初期,包括我国在内的世界更多中纬高山发育了冰川,标志着世界已进入了冰期和间冰期的波动时代。在第三纪上新世末期,印度板块与欧亚大陆板块撞击后引起喜马拉雅山和青藏高原的隆起,来自印度洋的暖湿气流被完全阻隔在喜马拉雅山的阳坡。新构造运动造成一系列高原山地的抬升与山前山间盆地的陷落,在现今西伯利亚-蒙古地区形成较强的高压区(包括毛乌素沙地在内的鄂尔多斯高原处在此高压区的影响之中)。第四纪初,由于来自印度洋的暖湿气流被喜马拉雅山和青藏高原所阻隔,同时受蒙古西伯利亚高压的控制,自西北向东南出现干冷、多风的气候,在此背景下,使相关地区的河、湖和海相继消失,同时沉积物在干旱的情况下被分选吹扬,形成黄土、沙漠和戈壁,最终形成了毛乌素沙地。根据榆林地区含古风成沙地层剖面图的沉积系列以及淋溶作用所反映结果,从早更新世开始,古土壤层越来越少,古风成沙层越来越多,且淋溶作用减弱,说明从早更新世开始,毛乌素沙地虽然有气候的冷暖波动,但是气候的波动频率快,且向干冷方向发展,因此该地区一直以来成沙作用明显(董光荣等,1983)。这些证据表明,毛乌素沙地发生在人类活动还没出现的第四纪早更新世时期,所以毛乌素沙地不是所谓的“人造沙漠”。

20世纪50年代,我国学者从流动沙地形成与植被的关系出发,率先提出毛乌素沙地的形成为就地起沙,提出人类活动的强烈影响造成的植被破坏致使地下伏沙活化,在风力作用下古沙翻新,堆积成新的沙丘。持有人为主导论的学者认为,沙漠化主要发生在人类历史时期,特别是近百年发展较快。而在百年尺度下,自然条件的变化,特别是气候的波动毕竟较小,不足以对环境造成

大的改变,而人口压力急剧增加和经济活动对环境的强烈干扰所造成的人为沙漠化正、逆过程要比前述气候条件下自然沙漠化正、逆过程强烈得多。毛乌素沙地的形成是由于该区域白垩纪和侏罗纪沙岩的吹蚀为沙地的形成提供了物质基础,东南部洼地深厚而大面积的风成沙是河湖相冲积物吹蚀的结果。同一时期,以彼得洛夫为代表的苏联专家对我国的干旱地区进行了自然地理综合考察后提出,“中国目前所有的大片流动沙地的形成基本上都是由于人类不合理的活动”造成的。在人类活动的强烈干预下,半干旱草原区开始退化并逐渐走向沙化。此时,毛乌素沙地是纯粹的“人造沙漠”的观点一时形成。然而,随着对区域地质特征,特别是第四纪地质研究的深入,毛乌素沙地在人类影响介入之前就存在着已是不争的事实,后来的研究成果一般也认可自然环境变化对沙化过程中的重要作用,但相关观点仍然强调人类作用是历史时期毛乌素沙地形成的主导因素。

自然与人文双重影响论是建立在前两种学说基础之上的,强调毛乌素沙地的形成是自然与人文因素相互叠加、共同作用的结果,但可能在不同时段有一个主导因素。研究表明,秦汉时期的强烈人类活动与魏晋南北朝时期的气候波动是今天鄂尔多斯土地沙漠化的肇端,唐朝的大规模开垦、明代在长城沿线的屯垦开田、清末与民国初期的放牧和开垦等人类活动都是毛乌素沙地扩展的根本原因(何彤慧,2008)。第四纪古风成沙在特定的风场与气候条件下构成了强大的沙漠化外营力条件,人类活动被积累放大并超过临界值后便诱发了土地的沙漠化(孙继民等,1995)。也有学者从自然地理分布特点进行分析后指出,毛乌素沙地当属温带半干旱典型草原地带,本不应出现流沙现象。但目前却有80%的面积呈现沙化现象,且流动与半固定沙地占沙地总面积的一半以下,这既背逆了其地带性属性,也不是非地带性因素所使然,而是在其自然因素本身缓慢变化的基础上添加了一种非自然力和外来因素共同作用下形成的(朱士光,1986)。目前,基于前两种观点的“双重影响说”对解释毛乌素沙地在全新晚期抑或人类历史时期扩展的机制时更令人信服,近来认可此观点的学者逐渐多了起来。

1.3.2 沙漠化现状及治理情况

毛乌素沙地现有的空间分布格局与其自然地理特征和人类活动密切相关。