



典型草原 风蚀退化机理与调控

The Mechanism and Regulation of
Typical Steppe Degradation Driven by Wind Erosion

闫玉春 辛晓平 唐海萍 杨婷婷 著

非
外
借



科学出版社

典型草原风蚀退化机理与调控

闫玉春 辛晓平 唐海萍 杨婷婷 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书以典型草原为研究对象,系统总结了典型草原在人类活动和风蚀叠加作用下植被、土壤退化过程机理,揭示了植被盖度与土壤结皮等调控因素对草原风蚀的量化影响机制。本书是专门从风蚀角度阐述草原生态系统退化的不为多见的论著,不仅对草原风蚀过程、机理与调控等研究领域的发展具有重要推动作用,同时对草原保护及可持续利用管理也具有重要的理论与实践价值。

本书可供草地生态科学、环境科学、大气科学、土壤科学等有关学科的科研人员、教师、学生和相关业务管理人员阅读与参考。

图书在版编目(CIP)数据

典型草原风蚀退化机理与调控/闫玉春等著. —北京:科学出版社, 2017.12

ISBN 978-7-03-055541-0

I. ①典… II. ①闫… III. ①草原退化—综合防治 IV. ①S812.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 286264 号

责任编辑:李秀伟 / 责任校对:郑金红

责任印制:张 伟 / 封面设计:北京铭轩堂广告设计有限公司

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>

北京教图印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017 年 12 月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2017 年 12 月第一次印刷 印张: 8 1/4 插页: 2

字数: 166 000

定价: 98.00 元

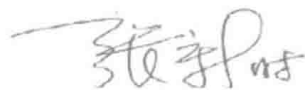
(如有印装质量问题, 我社负责调换)

序

风蚀是干旱、半干旱地区普遍存在的自然现象，通过沙尘的侵蚀、搬运和沉积，其生态和环境影响可以从局部范围到全球尺度。草原作为干旱、半干旱地区的主要生态系统类型，积年累月受到风蚀的危害，风蚀已经成为影响草原生态系统退化与恢复动态的重要甚至是主导因子。《典型草原风蚀退化机理与调控》一书是首部较为系统地从风蚀角度阐述草原退化机理与调控的重要论著。该书的出版适应了当前国家关于生态保护政策的需求，十九大报告指出：必须树立和践行绿水青山就是金山银山的理念，坚持节约资源和保护环境的基本国策，建设美丽中国，为人民创造良好生产生活环境，为全球生态安全作出贡献。草原是我国最大的生态系统类型，草原面积约占国土陆地总面积的 41.7%，不仅是我国重要的土地资源，也是我国北方重要的生态屏障。随着人类活动干扰的加剧，目前，草原已形成了无处不退化的局面，草原植被覆盖降低、表土结构破坏，诱发严重土壤风蚀，风蚀反馈草原生态系统导致更严重退化、沙化，形成恶性循环机制。该书重点阐述了人类活动与风蚀的叠加作用导致草原生态系统退化机理，量化阐明了植被覆盖、土壤结皮等调控因素的抗风蚀作用，作者抓住了问题的根本，准确找到了切入点。

该书是作者从事草原风蚀研究十多年来科学探索的集成，其中不仅包括大量的野外调查与观测的第一手资料，更重要的是包含了作者一系列的新颖、原创的野外控制实验设计方法及其相应的理论成果，这是对草原风蚀研究领域的宝贵贡献。

我很乐意把该书推荐给对草原生态、环境保护感兴趣的广大读者。同时，也希望作者再接再厉、奋发开拓、推陈出新，进一步呈现更多的创新成果，为我国草原生态保护事业作出新的贡献。



2017年11月29日

前 言

本书是作者十余年来从事草原科学研究工作的阶段成果总结。以典型草原为研究对象,通过大量的野外植被、土壤调查,控制实验以及室内分析与潜心研究,较为系统地总结了典型草原在人类活动和风蚀的叠加作用下植被、土壤退化过程机理以及调控因素解析。本书是专门从风蚀角度阐述草原生态系统退化的不为多见的论著,不仅对草原风蚀过程、机理与调控等研究领域的发展具有重要推动作用,同时对草原保护及可持续利用管理也具有重要的理论与实践价值。

20 世纪 80 年代学者们已经认识到草原风蚀的危害,将风蚀列为草原诸灾之首。第一,风蚀具有灾害空间分布广、时间持续长的特征。受蒙古高压控制,持久、强劲的西风,对土壤的侵蚀在积年累月、有形无形中发生着。其他灾害则不然,旱不连年、涝不成片,黑白灾害有明显的季节性。第二,风蚀危害程度大,风力对土壤的超量侵蚀,是对土地资源本身的破坏,它不仅严重影响农牧业生产的稳定,更重要的是伤及人类生存的基础。第三,风蚀危害范围大,一般灾害多限于局部地区,但风蚀问题事关整个区域,如内蒙古风沙源可以影响华北,危及北京。第四,风与干旱存在内在联系,风蚀具有恶性循环机制,在风蚀严重地区会出现越刮越早,越早越刮的趋势。

风沙物理学等相关理论研究起源于沙漠,而与沙漠的风蚀相比,草原风蚀具有显著不同的特征。第一,草原区域具有明显的植被覆盖特征;第二,草原风蚀物质包含了更多的有机质及养分;第三,草原作为牧民生产生活来源保障具有更为明显的人类活动特征。因此,人类活动与风蚀的叠加作用是草原严重退化的重要过程机制,草原风蚀导致的有机质再分配直接影响区域乃至全球的碳平衡。

本书共分为 8 章,其中第一、第二章概述典型草原区域特征、人类活动与风蚀对草原的影响;第三、第四章重点阐述不同利用方式下典型草原植被、土壤特征,并着重介绍了不同利用方式对草原生态系统碳截存的影响;第五、第六章介绍了不同利用方式下土壤风蚀特征以及草原风蚀退化的过程机理;第七、第八章阐述植被覆盖、土壤结皮等调控因素对草原风蚀的量化影响。

本书先后得到国家自然科学基金项目(41671044, 40901053, 40571057)、国家重点研发计划课题(2016YFC0500603)、公益性行业(农业)科研专项(201003061)、国家国际科技合作项目(2012DFA31290)、中国农业科学院基本科研业务费专项(647-38)等科研项目的资助。感谢内蒙古呼伦贝尔草原生态系统

国家野外科学观测研究站、内蒙古锡林郭勒草原生态系统国家野外科学观测研究站、农业部草地资源监测评价与创新利用重点实验室、国家牧草产业技术体系和国家农业科学数据共享中心草地分中心等基地、平台提供的条件支持。

尽管作者希望本书能够呈现最全面、最系统的有关典型草原风蚀过程、机理与调控及其影响的研究结果，但由于时间及学术水平所限，书中必然存在不少疏漏和欠缺，期待有关专家和读者给予指正。因此，《典型草原风蚀退化机理与调控》的出版，与其说是草原风蚀研究的一个阶段性成果总结，不如说是草原风蚀研究的一个新的开始。作者将坚持不懈、继续前行，进一步丰富草原风蚀过程机理、调控的理论与应用实践成果。

著 者

2017年9月

目 录

序

前言

第一章 典型草原地理分布与概况	1
第一节 典型草原分布	1
第二节 典型草原自然特征	2
第三节 社会经济状况	4
第二章 人类活动与风蚀对草原生态系统的影响概述	8
第一节 草地退化相关概念	8
一、草地退化的概念	8
二、草地退化相关的几组重要概念辨析	9
第二节 放牧、开垦对草原的影响	16
一、放牧与草地生产力	16
二、放牧与草地群落的逆向演替	16
三、放牧与草地土壤特征	17
四、开垦对草地生态系统的影响	18
第三节 围封对草原的影响	19
一、围封与草地群落的恢复演替	19
二、围封与植物多样性	20
三、围封与草地生产力	22
四、围封与土壤种子库	23
五、围封与草地土壤特征	24
六、围封的时间尺度	25
第四节 风蚀对草原的影响	26
第三章 不同利用方式下典型草原植被、土壤特征	29
第一节 不同利用方式下大针茅、羊草草原植被与土壤特征变化	29
一、植被特征变化	29
二、土壤特征变化	34
第二节 不同利用方式下冷蒿草原植被与土壤特征变化	39
一、群落特征变化	39

二、土壤特征变化	42
第三节 不同利用方式对草原植被、土壤特征的影响	45
一、放牧对草原植被、土壤特征的影响	45
二、开垦对草原植被、土壤特征的影响	46
三、围封对草原植被、土壤特征的影响	47
第四章 不同利用方式下草原生态系统碳截存	50
第一节 不同利用方式下大针茅、羊草草原地下碳截存	50
一、根系碳截存	50
二、土壤碳截存	51
三、地下碳截存总量及在土壤、根系中的分配	51
第二节 不同利用方式下冷蒿草原地下碳截存动态	52
一、根系碳截存	52
二、土壤碳截存	53
三、地下碳截存总量及在土壤、根系中的分配	54
第三节 不同利用方式对草原地下碳截存的影响	54
一、放牧对草地碳截存的影响	54
二、开垦对草地碳截存的影响	55
三、围封对草地碳截存的影响	56
第五章 基于土壤特征分析的草原风蚀特征探讨	58
第一节 内蒙古白音锡勒牧场起沙风速频率分布	58
第二节 不同利用方式下大针茅、羊草草原土壤风蚀特征	59
一、表层土壤粒度参数	59
二、土壤颗粒粗化与有机碳动态	61
三、土壤粒度及有机碳含量的垂直变化	61
第三节 不同利用方式下冷蒿草原土壤风蚀特征	64
一、表层土壤粒度参数	64
二、土壤颗粒粗化与有机碳动态	65
三、土壤粒度及有机碳含量的垂直变化	66
四、过牧草原土壤风蚀量估算	66
第四节 不同利用方式对草原风蚀的影响	68
一、放牧与草原风蚀	68
二、开垦与草原风蚀	69
三、围封与草原风蚀	70

第六章 风蚀引起草原土壤退化机理	71
第一节 风蚀对草原土壤干团聚体粒径分布的影响	73
一、试验期间的风速动态	73
二、原始土壤属性和土壤损失比	73
三、不同风蚀强度下土壤干团聚体和粒径分布	74
四、土壤干团聚体、粒径分布和风蚀强度	76
第二节 风蚀对草原土壤养分的影响	77
第三节 人类活动与风蚀的叠加作用驱动草地退化	80
第七章 草原植被盖度对土壤风蚀的影响	82
第一节 植被盖度对草原风蚀的影响	82
一、试验期间气象条件	85
二、风蚀处理后不同植被覆盖条件下土壤损失比	85
三、风蚀处理后不同植被覆盖条件下粒径组分损失	85
四、风蚀处理后不同植被覆盖条件下土壤养分损失	89
第二节 草原植被盖度对风蚀沙尘累积影响	92
一、不同植被盖度下载存风蚀沙尘量	93
二、不同植被盖度截存沙尘的粒度特征	94
三、沙尘的养分输入作用	95
第三节 封育与放牧草地近地面风蚀沙尘沉降特征	97
一、封育与持续放牧草地植被及土壤状况	98
二、近地面风蚀沙尘沉降量	99
三、沉降沙尘粒度特征	100
第八章 草原区降雨形成土壤结皮抗风蚀作用	102
第一节 不同降雨量形成土壤结皮特征	104
一、原始土壤属性和土壤结皮厚度	104
二、试验期间的风速条件	105
三、模拟降雨和土壤属性对土壤结皮厚度的影响	106
第二节 不同土壤结皮水平的抗风蚀作用	107
一、风蚀后不同土壤结皮厚度下的土壤损失比	107
二、土壤结皮对土壤损失比的影响	108
第三节 不同利用方式下土壤对风蚀的响应	109
参考文献	111

第一章 典型草原地理分布与概况

第一节 典型草原分布

温性典型草原是在温带半干旱气候条件下发育而成的，是以典型旱生的多年生丛生禾草占绝对优势地位的一类草地。它在我国分布的地理范围在 $32^{\circ}\sim 45^{\circ}\text{N}$ ， $104^{\circ}\sim 105^{\circ}\text{E}$ 的半干旱气候区内，大气湿润度 $0.3\sim 0.6$ ，基本呈东北—西南向的带状分布（中华人民共和国农业部畜牧兽医司和全国畜牧兽医总站，1996）。

内蒙古呼伦贝尔高平原西部至锡林郭勒高平原的大部分地区，以及相连的阴山北麓察哈尔丘陵，大兴安岭南端低山丘陵至西辽河平原是我国典型草原的典型分布区。以此为中心，其分布范围北与蒙古和贝加尔草原接近，向东北延伸到松嫩平原中部，向南达到冀北丘陵与晋陕黄土丘陵一带，西南边缘与青藏高原上的高寒草原相邻，西北至内蒙古西部的乌兰察布高原边缘。此外，典型草原超越水平地带分布范围，在干旱和极干旱气候区海拔较高的山地如狼山、贺兰山、龙首山、祁连山、昆仑山、天山、阿尔泰山等山地上呈现垂直带分布，在青藏高原的雅鲁藏布江中游及其支流的河谷和藏南盆地也有分布。其分布的海拔随山地坐落地区的气候干旱程度增强而升高，而垂直带谱的宽度则变窄。例如，坐落在荒漠草原向荒漠过渡地带的贺兰山山地，东坡较西坡湿润，东坡典型草原分布高度为 1900m ，而西坡则上升到 2000m 以上；荒漠化程度最强的昆仑山山地，温性典型草原分布下限 $2300\sim 3400\text{m}$ ，上限高达 $3400\sim 3800\text{m}$ ；在雅鲁藏布江上中游，分布上限可上升到 $4300\sim 4500\text{m}$ 。

从温性典型草原所分布的行政区域看，它广泛分布于内蒙古、新疆、甘肃、青海、西藏、山西、河北等省（自治区），草地总面积为 $4\,109\,657\text{hm}^2$ ，其中可利用面积 $36\,367\,633\text{hm}^2$ ，年理论载畜量为 2445.1 万羊单位。以内蒙古分布范围最广、面积最大，在 10 个盟（市）69 个旗（县）有较大面积的分布，分布面积 $27\,477\,870\text{hm}^2$ ，可利用面积 $24\,062\,421\text{hm}^2$ ，分别占温性典型草原面积的 66.86%，占可利用面积的 66.16%（表 1-1）。

表 1-1 典型草原的面积与分布

省区	草地面积		草地可利用面积	
	数量/ hm^2	占比/%	数量/ hm^2	占比/%
河北	573 098	1.39	448 172	1.23
山西	438 313	1.07	438 313	1.21

续表

省区	草地面积		草地可利用面积	
	数量/hm ²	占比/%	数量/hm ²	占比/%
内蒙古	27 477 870	66.86	24 062 421	66.16
辽宁	301 241	0.73	287 946	0.79
吉林	424 203	1.03	353 409	0.97
黑龙江	49 320	0.12	42 528	0.12
西藏	1 715 115	4.17	1 607 650	4.42
陕西	911 211	2.22	718 163	1.97
甘肃	3 088 432	7.52	2 840 566	7.81
青海	2 117 882	5.15	1 874 420	5.15
宁夏	782 131	1.90	690 025	1.90
新疆	3 217 755	7.83	3 004 020	8.26
合计	41 096 571	100.00	36 367 633	100.00

资料来源：中华人民共和国农业部畜牧兽医司和全国畜牧兽医总站，1996

第二节 典型草原自然特征

温性典型草原分布范围广，面积占全国草原总面积的 10.46%，可利用面积占全国可利用草地面积的 10.99%。由于所处地理位置不同，其分布区的气候、土壤、地形及草地植物种类组成都有一定的地区间差别（中华人民共和国农业部畜牧兽医司和全国畜牧兽医总站，1996）。

（1）大兴安岭南麓至锡林郭勒高平原、呼伦贝尔高平原西部分布区，地处高纬度，大陆性气候特征明显。冬春季节漫长、寒冷，夏秋季节温凉多雨，为温凉半干旱气候区。年平均气温-2~4℃，≥10℃积温 1700~2300℃，无霜期 80~120 天，年降水量 250~400mm，大气湿润度 0.3~0.5。水热组合分布从东到西、由南到北亦有较明显的差异。气温由东到西、由北向南增高，降水量则由东至西、从南到北递减。草地土壤以栗钙土为主，并有暗栗钙土、淡栗钙土分布。地形以高平原为主，地面平坦、开阔、起伏平缓。此外，还有低山丘陵、熔岩台地和沙地（浑善达克沙地）分布。海拔 900~1300m，其地势由西向东、从南到北倾斜。

该分布区草地种类主要以适应温凉干旱气候的典型旱生丛生禾草为主。代表类型是大针茅草地、克氏针茅草地，其次是根茎型的羊草草地，在沙质土壤上出现有冰草草地，在放牧过度引起草地退化的地段出现有冷蒿草地，在沙地上发育形成以褐沙蒿为优势种的代表类型。草地质量优良，生产力属中等水平。优等和良等草地合计占 70%左右，每公顷草地产干草 889kg，是适宜养羊、马的良好牧场，适宜载畜量为 1.49hm²/羊单位。近 30 年来，随着牲畜头数大幅度增长，对草

地的利用程度越来越重,引起了大面积草地退化。一般超载过牧地区退化草地占30%左右,严重超载放牧区退化草地占50%左右。

(2) 大兴安岭东南麓至松辽平原分布区,是温性典型草原类最东翼的一块分布区,亦是温性典型草原类与温性草甸草原类交叉分布的过渡地区。大兴安岭东南麓丘陵平原海拔500~700m;松辽平原北部是松嫩平原,海拔130~200m,南半部是西辽河平原,海拔250~400m。整个地势为南北高,中间低,沙地(科尔沁沙地)广阔分布,约占西辽河平原面积的1/3,成为自然景观的显著特点。

由于松辽平原处于大兴安岭东南麓,受东南海洋季风的影响较明显,大陆度低于呼伦贝尔平原和锡林郭勒高平原。热量也较高,年平均气温 $1.5\sim 6.0^{\circ}\text{C}$, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 $2100\sim 3200^{\circ}\text{C}$ 。年降水量350~450mm,属于夏季温热多雨的半干旱气候区。地表水系发达,土壤以碳酸盐暗栗钙土为主,并有黑垆土和褐土分布。

草地组成中的基本类型与呼伦贝尔高平原、锡林郭勒高平原草原分布区比较一致,代表类型是大针茅草地、克氏针茅草地和羊草草地。但是,这一地区由于受许多非地带性生境条件,如低湿地、沙地的限制,地带性典型草原类型的大针茅草地和克氏针茅草地分布面积没有占明显优势,只在西辽河以北的大兴安岭东南麓山前丘陵平原上大针茅草地和克氏针茅草地形成较大面积分布,其余地区只限于一些低丘漫岗的坡地上有零星的分布。此外,该分布区温性典型草原的草群种类组成,含有丰富的伴生植物,其中混生一些中旱生和中生植物成分,如野古草、裂叶蒿、大油芒、铁杆蒿及其他杂类草。而锦鸡儿灌丛在该区草原群落出现少,无明显作用,西伯利亚杏分布较广泛,往往形成了西伯利亚杏灌丛化大针茅、克氏针茅草原自然景观。沙地植被在该区分布广泛,占有较突出地位,以差巴嘎蒿为优势种组成的蒿类半灌木草原是典型代表,此外,沙地区广泛分布有榆树,并在部分地区形成榆树疏林自然景观。

温性典型草原类草地覆盖一般为30%~50%,草本层叶层高14~25cm,1m²内植物种的饱和度12~15种。草地质量优良,生产力较前一分布区高,每公顷产干草1400~1800kg。1个羊单位需要草地1.25hm²。该分布区农业垦殖历史悠久,大部分草地已垦为农田,而被保存下来的草地经过长期的过度放牧利用,其退化、沙化、盐碱化面积逐渐扩大。

(3) 阴山以南至晋陕黄土丘陵和西辽河平原以南辽西黄土丘陵至冀北丘陵平原分布区,是温性典型草原类最南和西南部的一块地带性草原。它属于我国暖温带的半干旱气候区,年平均温度 $5\sim 10^{\circ}\text{C}$, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 $2800\sim 3500^{\circ}\text{C}$,年降水量300~450mm,大气湿润度0.3~0.6。地带性的优势土壤为暗栗钙土、黑垆土和褐土。地形变化比较复杂,包括有低山丘陵、黄土丘陵、波状高平原、黄河冲积平原、毛乌素沙地及玄武岩台地等多种地形,其中以黄土丘陵、低山丘陵为主。海

拔自西向东降低,地势由南向北倾斜。该分布区西南部的晋陕黄土丘陵和鄂尔多斯高原海拔一般在 1000~1500m,东北部的冀北丘陵和辽西黄土丘陵海拔一般在 600~1000m。

该分布区由于生境条件比较复杂,发育形成的草地类型多种多样。地带性草地以喜温的长芒草占优势组成的草地类型为典型代表,并在土壤侵蚀作用较强的地区,发育形成了半灌木蒿类和百里香占优势组成的草地类型,构成该分布区草原的一个显著特点。在毛乌素沙地上分布以油蒿为优势种的代表类型。由于其分布区农业开垦历史悠久,农业垦殖率特别高,所以大面积连片分布的长芒草原很少,只在剥蚀残丘、漫岗顶部具有零星小片分布,而且多为次生恢复后形成的群落。其草地质量属于中等,生产力偏低,每公顷产干草 470~810kg,1 个羊单位平均需草地 1.5~2.5hm²。

温性典型草原类除在水平地带的不同自然条件下分化为不同的草地类型外,在坐落于不同自然地带的山地上,其垂直带分布也有不同的草地类型。

综上所述,温性典型草原类分布范围广、生境条件较为复杂。因此发育形成的草地类型比较多种多样,地带性分异明显。根据全国调查结果,温性典型草原类划分为平原丘陵草原、山地草原、沙地草原 3 个亚类,其中以大针茅、克氏针茅、长芒草、糙隐子草、冰草、落草、早熟禾等典型旱生丛生禾草及广旱生的根茎型羊草等优势种组成的草地类型居主体地位,构成温性典型草原类的基本类型。其次是小灌木、蒿类半灌木中的一些旱生种如百里香、冷蒿为优势种组成的草地类型亦有较大面积的分布。藁草属及其他旱生杂类草为优势种组成的草地类型很少,一般呈零星小片分布。灌木在草群中作用更小,常见的灌木主要是锦鸡儿,在沙性较强的土壤基质上能形成明显的灌丛化景观。

第三节 社会经济状况

以锡林郭勒盟典型草原主要分布区锡林浩特市、阿巴嘎旗、镶黄旗和正蓝旗为例,对其社会经济发展状况进行了分析。根据《内蒙古统计年鉴》数据,1986~2015 年锡林郭勒盟辖属 4 旗 1 市人口总数整体呈上升趋势。其中锡林浩特市作为锡林郭勒盟盟政府所在地,人口数据增幅最大,由 1986 年的 10.2 万人增加到 2015 年的 18.38 万人,增幅 80.20%,而其他 4 旗人口均有所增加,但增幅相对较小,阿巴嘎旗、镶黄旗、正蓝旗、正镶白旗人口数据分别由 1986 年的 3.8 万人、2.7 万人、7.3 万人、7.0 万人增加到 2015 年的 4.4644 万人、3.1349 万人、8.3229 万人、7.2277 万人,增幅分别为 17.48%、16.11%、14.01%和 3.25% (图 1-1)。

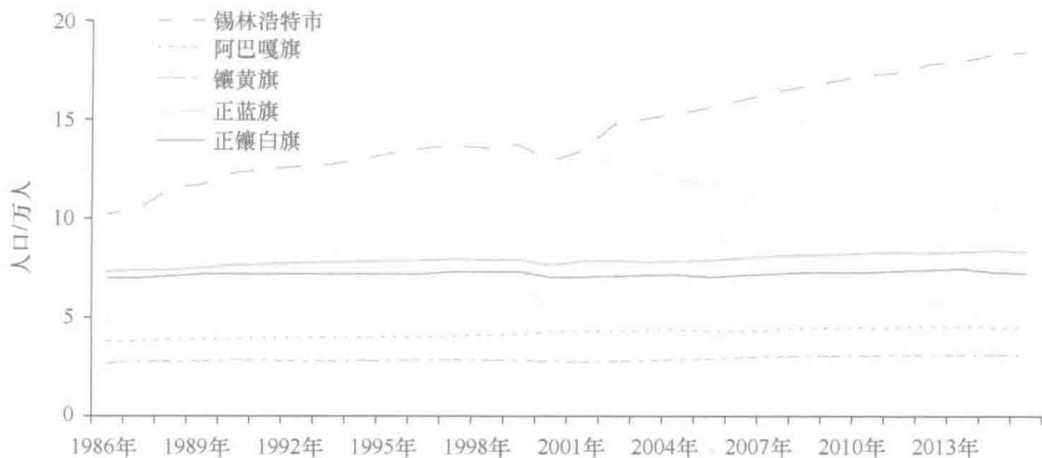


图 1-1 1986~2015 年锡林郭勒盟 4 旗 1 市人口变化趋势

1986~2015 年锡林郭勒盟辖属 4 旗 1 市生产总值整体呈上升趋势。其中锡林浩特市生产总值明显高于其他 4 旗，1992 年锡林浩特市生产总值开始大幅上升，到 2015 年生产总值达到 2 101 811 万元，其他 4 旗基本在 2005 年生产总值开始大幅上升，到 2015 年阿巴嘎旗、镶黄旗、正蓝旗、正镶白旗生产总值分别为 673 551 万元、527 296 万元、696 799 万元、310 757 万元（图 1-2）。

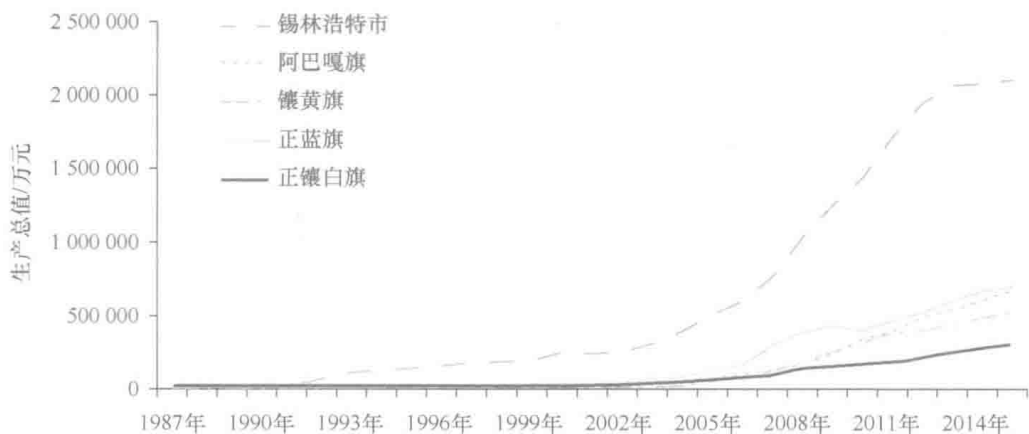


图 1-2 1986~2015 年锡林郭勒盟 4 旗 1 市国民生产总值变化趋势

畜牧业是典型草原区牧民主要输入来源之一，4 旗 1 市中以阿巴嘎旗、正蓝旗大家畜数量较多，基本维持在 10 万~20 万头，其他 2 旗 1 市相对较少。1986~2015 年锡林浩特市、阿巴嘎旗、正蓝旗、正镶白旗大家畜年末存栏数整体呈先下降后上升趋势，1999~2002 年是大家畜数量下降较为明显的年份，均下降到一个低位，2002 年，锡林浩特市、阿巴嘎旗、正蓝旗、正镶白旗大家畜数量分别为 1.72 万头、6.87 万头、9.15 万头、3.18 万头，之后进入逐步上升阶段，2015 年大家畜数量分别为 6.47 万头、14.64 万头、17.9 万头、5.89 万头。镶黄旗大家畜年末存栏数整体上呈

现下降趋势，由 1986 年的 4.95 万头下降到 2015 年的 1.59 万头（图 1-3）。

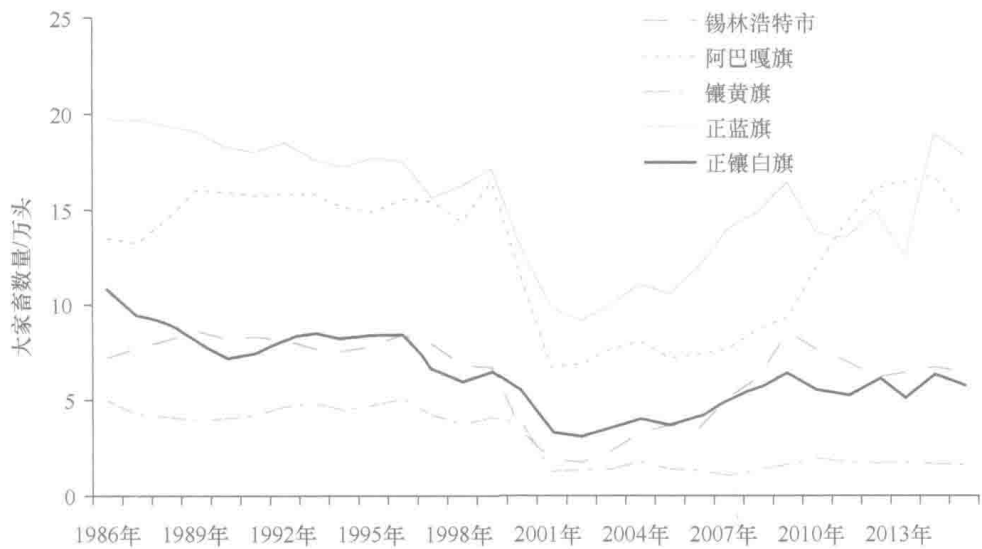


图 1-3 1986~2015 年锡林郭勒盟 4 旗 1 市大家畜数量

4 旗 1 市中锡林浩特、阿巴嘎旗羊年末存栏数相对较多，平均年末存栏数为 69.14 万只、85.89 万只。锡林浩特市、阿巴嘎旗羊年末存栏数整体呈先上升后下降，再缓慢上升的趋势，1999 年达到顶峰，羊年末存栏数分别为 113.34 万只、148.72 万只。镶黄旗、正蓝旗、正镶白旗整体上呈下降趋势，2015 年年末存栏数分别为 18.74 万只、20.22 万只、18.74 万只，相对于 1986 年分别减少 36.86%、57.47%、56.66%（图 1-4）。

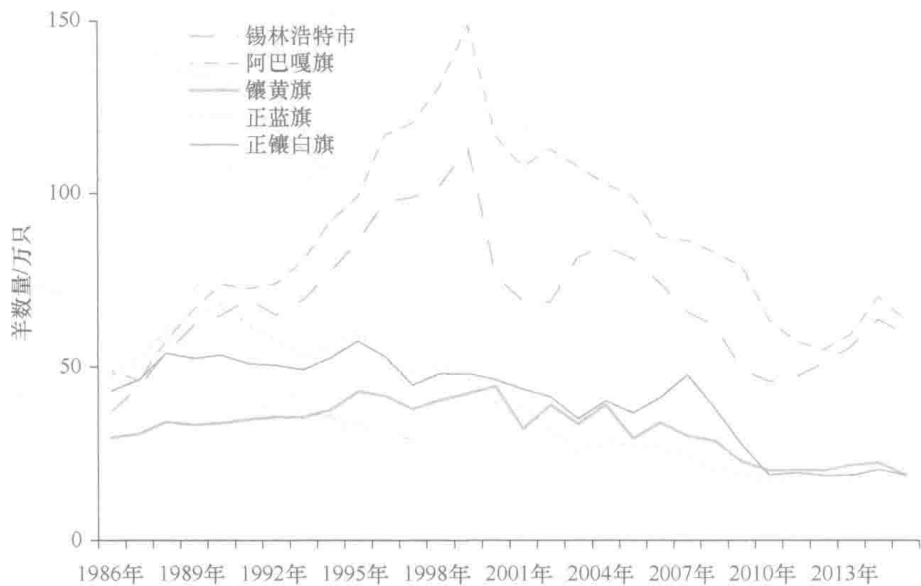


图 1-4 1986~2015 年锡林郭勒盟 4 旗 1 市羊年末存栏数量

2000 年牲畜数量开始剧烈波动的主要原因是：这一年国家开始实施一系列草地生态系统保护的政策，限制牲畜的饲养规模。2000 年内蒙古发布《内蒙古自治区草畜平衡暂行规定》和《关于开展草畜平衡试点工作的通知》，选择锡林郭勒盟的东乌珠穆沁旗和正蓝旗及其他盟市的旗（县）共 19 个苏木作为试点，2002 年锡林郭勒盟盟委、盟行政公署制定《锡林郭勒盟草畜平衡实施细则（试行）》，作为以草定畜的纲领性文件。到 2003 年 10 月底，全盟 90% 的牧户都已签订《草畜平衡责任书》。2001 年内蒙古开始大规模的生态移民，根据《关于实施生态移民和异地扶贫移民试点工程的意见》，在全区范围内对荒漠化、草原退化和水土流失严重的生态脆弱地区实施生态移民，并提出从 2002 年开始，内蒙古将在 6 年时间内，投资上亿元实施生态移民 65 万人。2001 年 11 月锡林郭勒盟盟委、盟行政公署出台《关于实施围封转移战略的决定》，决定实施名为“围封转移”的大规模生态移民工程。2002 年 9 月国务院发布《关于加强草原保护与建设的若干意见》，其中明确提出推行禁牧、休牧和划区轮牧的制度，并于 2002 年在 12 个省份实施退牧还草政策。2003 年 3 月，内蒙古全面部署了“退牧还草”工作，于 2005 年全面开展。2011 年，国家对包括内蒙古在内的 8 个主要草原牧区省（自治区）全面建立草原生态保护补助奖励机制，中央财政每年将投入 134 亿元，5 年一个周期，主要用于草原禁牧补助、草畜平衡奖励、牧草良种补助和牧民生产性补助等（马梅等，2015）。

第二章 人类活动与风蚀对草原生态系统的影响概述

第一节 草地退化相关概念

我国有 4 亿 hm^2 不同类型的草地，其中 90% 以上处于不同程度退化之中（陈佐忠和江凤，2003；许志信等，2000）。随着草地退化问题的加剧，草地退化已经成为人们所熟知的一个概念，但是由于研究者、研究对象、研究目的的不同，草地退化概念的内涵与侧重也不尽相同。在长期的草地退化研究中，大都将草地退化作为一个整体概念来定义和解释。由于研究重点的倾向性，草地退化某些方面的问题往往被忽略。实际上，草地作为一个复杂的生态系统，可以分解出多个侧面，对这些侧面进行区分和解释有助于深入理解草地退化概念的内涵。

一、草地退化的概念

人类利用天然草地的最基本目的是满足生活需要。长期以来对草地开垦和放牧利用已经具有了广泛的实践基础，并对草地生态系统产生了巨大的影响（Coupland, 1979）。早在 20 世纪 50 年代，Curtis（1956）和 Clark（1956）等已经开始讨论人类在草地生态系统演变中的角色，焦点主要在开垦与放牧对草地的影响以及相应的草地经营管理对策等方面。开垦完全毁坏了较高的自然植被覆盖，并在很大程度上改变了草地生态系统的分解者与微生物组分。开垦不仅使土壤有机质的生产速率迅速衰退，而且使几个世纪以来天然草地土壤中形成的有机质迅速分解。研究表明在草地开垦的前几十年里土壤有机质衰减速率达到每年 1%~2%（Newton et al., 1945；文海燕等，2005），这是开垦引起草地退化的具体体现。放牧是人类对草地利用的主要方式之一，过牧会导致草地群落组成及土壤理化性质发生变化。Dyksterhuis（1949）根据草地植物对放牧的响应，将草地群落内植物分为“减少者”、“增加者”和“侵入者”3 个组分，并且根据草地物种组成与未放牧草地下的顶级群落偏离程度将草地划分为“优”、“良”、“中”和“差”4 个等级。这是草地群落过牧下退化演替特征的定性描述。

我国学者们在长期的草地退化研究中，根据自己对草地退化的理解分别给出了不同的定义，如“草地退化是指放牧、开垦、搂柴等人为活动下，草地生态系统远离顶级的状态”（李博，1990）；“草地退化是指草地承载牲畜的能力下降，进而引起畜产品生产力下降的过程”（黄文秀，1991）；“土壤沙化，有机质含量下降，