

干旱荒漠区 受损生态系统的恢复重建与 可持续发展

周志宇 朱宗元 刘钟龄 等 © 著

62.7



科学出版社
www.sciencep.com

干旱荒漠区受损生态系统的恢复 重建与可持续发展

周志宇 朱宗元 刘钟龄 等 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书主要是国家自然科学基金重点项目“阿拉善干旱荒漠区生态系统受损机制与重建研究(39730100)”和“中澳技术合作内蒙古阿拉善环境整治与管理”项目最新研究成果的总结。全书共12章,概括了干旱荒漠区受损与恢复重建的新进展,提出了干旱荒漠草地植被恢复的系列技术体系,揭示了灌木群落水分分配格局,阐明了优势植物种群的水分利用效率。同时,本书阐述了极端干旱环境下荒漠灌木植物的生物学适应机理及不同灌木利用有效养分的根际过程,阐明了不同草地土壤与植物的营养动态和一些生理指标及不同牧压下土壤和植物的变化特征,揭示了飞播区建植密度的阈值是其健康生长和植被恢复的关键,提出了对干旱荒漠区草地健康进行评价的指标。

本书资料丰富、内容翔实,理论和实践结合紧密,具有较高的理论和应用价值,可作为从事草业科学及农、林、水利、资源环境、土壤等领域科学研究、技术推广等科技人员重要的参考书和工具书。

图书在版编目(CIP)数据

干旱荒漠区受损生态系统的恢复重建与可持续发展/周志宇等著. —北京:科学出版社, 2010

ISBN 978-7-03-026682-8

I. 干… II. 周… III. ①干旱区-生态系统-可持续发展-研究-阿拉善盟②荒漠-生态系统-可持续发展-研究-阿拉善盟 IV. ①P942.262.7②X321.226.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 019529 号

责任编辑:李秀伟 刘 晶/责任校对:赵桂芬

责任印制:钱玉芬/封面设计:耕者设计工作室

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>

新 蕾 印 刷 厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010年2月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2010年2月第一次印刷 印张:20 1/2

印数:1—1 000 字数:486 000

定价:80.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

著者名单

(按姓氏汉语拼音排序)

陈利云 陈善科 康 健 梁存柱 刘钟龄

马 斌 秦 燕 任 伟 王 斌 薛梓瑜

曾彦军 詹媛媛 张彩萍 张丽静 周向睿

周志宇 朱宗元 庄光辉

前 言

西北干旱荒漠区是指我国年降水量 $<200\text{mm}$ 、干燥度 >4 ，以旱生和强旱生植物为主要植被组分的广大区域，包括新疆准噶尔盆地、塔里木盆地、东疆盆地，甘肃河西走廊，青海柴达木盆地，以及内蒙古西部的阿拉善高原，约占国土面积的20%。阿拉善干旱荒漠区是我国西北内陆干旱区一个完整的景观地理单元，同时也是一个完整的山地-绿洲-荒漠地域生态系统，总面积30多万平方公里。该地区是我国生态环境最脆弱的区域之一，也是荒漠化最严重的地区之一，又是我国六大生物多样性地区中心之一，拥有多种特有属、种及古老孑遗物种。

20世纪后期以来，随着人口数量的增长和经济的快速发展，高强度人类活动导致的全球气候变化已深刻地改变了干旱荒漠生态系统的结构及其生物学过程，降低了荒漠生态系统的稳定性及其整体生态服务功能水平。这突出表现在：干旱荒漠区植被退化，生物多样性锐减；地表风蚀过程加强，风沙灾害日趋严重，荒漠化土地面积呈现快速扩展态势。荒漠生态系统的退化已严重制约了干旱荒漠地区社会经济的持续发展，使这一地区成为我国经济最贫穷、社会发展最落后和生态环境最脆弱的区域之一。面对这一现实情况，从国家构建和谐社会的战略目标出发，深入开展对退化荒漠生态系统的结构、功能变化及其调控机理的研究，努力寻求有效维护、改善和恢复荒漠生态系统的结构、功能及其稳定性的技术途径和管理模式，对于遏制荒漠化的发展、保护和维持生物多样性、确保我国北方的生态安全、实现我国全面建设小康社会的战略目标具有重要的科学意义和现实意义。

早在20世纪50年代，中国科学院、地方科研院所及一些大专院校就对西北干旱区的生物和水土资源进行过一系列的科学考察，并在此基础上，在一些典型景观带建立了野外定位观测站点，开展了土地沙化防治试验研究，获得了一批珍贵的科学观测试验数据，为当时国家的荒漠化治理决策提供了重要的科学依据。

20世纪80年代以来，原中国科学院沙漠研究所、甘肃省草原生态所、内蒙古林业科学院、甘肃省治沙研究所、陕西省治沙研究所等单位，以及一些大专院校（如内蒙古大学、内蒙古农牧学院和新疆大学等），在西北干旱荒漠区针对植被退化、土地荒漠化治理和水资源开发利用等生态环境问题开展了大量的试验研究，取得了一批重要的成果，有了更多的科研积累。

近年来，在国家“973”计划项目、国家自然科学基金重点项目和国家生态环境建设等项目的资助下，科研工作者主要围绕西北干旱荒漠区植物区系地理分布与资源利用及典型荒漠生态系统受损退化机制与恢复重建等科学问题，开展了比较深入系统的研究，并取得了一些突破性的研究成果。

本书主要是在国家自然科学基金重点项目“阿拉善干旱荒漠区生态系统受损机制与重建研究（39730100）”的资助下完成的，部分内容同时还得到了国家“973”计划项目

“沙漠化综合防治战略与优化模式 (TG2000048705)”和“中澳技术合作内蒙古阿拉善环境整治与管理”项目的资助。全书总结了这几个项目的研究成果,概括了干旱荒漠生态系统的新进展,在严重退化的草原化荒漠区建立了8个围栏区,总面积335hm²,经过对不同植被条件下的恢复研究,提出了干旱荒漠草地植被恢复的系列技术体系。同时,本书以荒漠灌木和主要禾本科植物与水分环境的相互关系为主线,围绕荒漠植物的耗水特性及水文生态效应、水分胁迫适应机理及种群生存等科学问题,揭示了几种灌木群落和禾本科植物水分分配格局,阐明了优势植物种群的水分利用效率。在查明该区137种灌木分布规律的基础上,本书全面阐述了极端干旱环境下荒漠灌木植物的生物学适应机理及不同灌木利用有效养分的根际过程,阐明了不同草地土壤与植物的营养动态及一些生理指标,提出了不同牧压下土壤和植物的变化特征,揭示了飞播区建植密度的阈值是其健康生长和植被恢复的关键;同时,以恢复生态系统的理论为指导,对该地区土壤、植物、动物各系统的基本格局、景观格局、生物多样性和荒漠草地的可持续发展进行了全面论述,提出了耦合系统的优化模式及健康评价,为干旱荒漠区整体的环境整治和草地的健康发展提供了理论依据、调控对策和必要的示范。

本书的编写分工如下:第一章,朱宗元、刘钟龄、梁存柱、周志宇;第二章,朱宗元、刘钟龄、梁存柱;第三章,曾彦军;第四章,张彩萍、张丽静、周志宇;第五章,周志宇、王斌、秦燕、康健;第六章,周志宇、马斌、曾彦军;第七章,周志宇、刘钟龄、周向睿;第八章,周向睿、周志宇、陈善科、庄光辉;第九章,周志宇、詹媛媛、任伟、薛梓瑜;第十章,周志宇、马斌;第十一章,周志宇、张丽静、刘钟龄;第十二章,陈利云、周志宇。统稿:第一章、第二章,刘钟龄;第三章至第十二章,周志宇。

本书的完成得到了有关同仁和领导的大力支持,在此特别感谢国家自然科学基金委员会生命科学部、兰州大学草地农业科技学院、内蒙古大学生态学与环境科学系、新疆大学生命科学与技术学院、阿拉善盟草原工作站等单位给予我们的支持与帮助!在本书的编写过程中,兰州大学草地农业科技学院的老师吴彩霞和研究生秦彧、邹丽娜、颜淑云及相关的老师、同仁和朋友们都付出了辛劳,借此机会,谨向他们致以衷心的感谢!

最后应当指出,这是一本科学依据充分、联系实际紧密的专著,是用作者们的实验成果而写成的专著,有重要的参考价值。由于作者水平有限,书中错误、疏漏之处定有不少,敬请各位同仁批评指正。

周志宇

2009年6月于兰州

目 录

前言

第一章 干旱荒漠区受损生态系统现状、危机和恢复潜力	1
第一节 阿拉善干旱荒漠区环境和生态系统现状、危机与评估	1
一、气候干旱胁迫	1
二、阿拉善荒漠区的景观生态类型	4
三、阿拉善荒漠区的生态系统及其受损状况	19
四、人类活动对生态系统的干扰和环境压力	30
第二节 干旱荒漠区生态系统恢复机理	36
一、退化生态系统恢复的原则与程序	36
二、退化生态系统恢复的目标	37
第三节 恢复采取的几种措施及关键技术	39
一、围栏封育技术	39
二、植物治沙技术	39
三、沙障固沙技术	40
四、栅栏阻沙技术	41
五、各种工程措施的组合技术	41
六、化学治沙技术	42
主要参考文献	43
第二章 干旱荒漠区的植物多样性与动物系统的资源评价	45
第一节 阿拉善—鄂尔多斯生物多样性分析	45
一、阿拉善—鄂尔多斯生物多样性中心的范围和自然条件	45
二、阿拉善—鄂尔多斯植物区系的组成	46
三、阿拉善—鄂尔多斯生物多样性中心的特有植物	48
四、阿拉善—鄂尔多斯植物区系及其特有性评价	54
第二节 动物系统的资源利用原则与潜力	57
一、家畜对草地资源利用与潜力	57
二、草地超载过牧,使畜牧业向畸形发展	59
主要参考文献	63
第三章 干旱荒漠区生态系统土壤—植物—大气连续体水分分配格局	65
第一节 阿拉善水资源概况平衡分析	65
一、大气降水	65
二、河流水系	67
三、地表径流	69
四、地下水	69
五、水资源平衡分析	71

第二节 典型试验区土壤—植物—大气连续体水分分配格局	72
一、土壤—植物—大气连续体水分传输平衡模型	72
二、典型试验区自然概况	73
三、典型试验区土壤水分变化基本规律	76
四、典型试验区土壤—植物—大气连续体水分分配格局与平衡	80
五、典型试验区植被水分利用效率	85
第三节 阿拉善植被类型与水资源条件的关系剖析	87
一、阿拉善植被资源及其特点	87
二、阿拉善植被类型与水资源条件的关系	88
主要参考文献	89
第四章 干旱荒漠区草地植物群落和土壤对不同牧压的响应	90
第一节 放牧强度	90
一、试验区自然条件及研究方法	90
二、放牧强度指标的确定	91
第二节 不同牧压条件下植被空间变异特征	92
一、放牧对草地植物群落演替的影响	92
二、放牧对群落特征的影响	95
第三节 不同放牧条件下土壤理化性质的空间变异特征	103
一、放牧对土壤物理性质的影响	103
二、放牧对土壤化学性质的影响	105
主要参考文献	110
第五章 干旱荒漠区植被恢复演替过程生境的变化	116
第一节 退化生态系统植物群落恢复与演替过程中小气候的变化	116
第二节 退化生态系统植被恢复与演替过程土壤理化性质的演变规律	118
一、土壤颗粒组成的变化	119
二、土壤水分和容重的变化	119
三、土壤养分的变化	120
四、土壤微生物量的变化	120
五、土壤酶活性的变化	124
第三节 荒漠生态系统中不同海拔高度与植被条件下土壤氮素矿化作用变异特征	130
一、样地设置与方法	131
二、研究区降水及气温特征	132
三、土壤养分含量变化特征	132
四、培养前后铵态氮、硝态氮和氮净矿化速率变化特征	133
五、土壤矿化氮与土壤基质的关系	135
六、氮素的矿化作用与植物的关系	137
七、氮素的矿化作用与草地氮营养指数 (NNI) 之间的关系	142
主要参考文献	144

第六章 干旱荒漠区天然草地恢复演替过程中植物群落结构的变迁	147
第一节 天然草地恢复演替过程中主要植物种群分布格局的演变	147
一、自由放牧对草原化荒漠群落生态优势度及物种多样性的影响	147
二、围封对草原化荒漠草地的恢复效应及生态学机制	148
三、草原化荒漠群落恢复演替进程中优势种的更替	150
第二节 梭梭草地恢复演替过程中主要植物种群分布格局分析	151
一、梭梭草地恢复过程中生态环境概况与主导生态因子分析	151
二、梭梭草地恢复过程中物种丰富度	152
第三节 干旱荒漠区植物演替过程种群变化的特征	155
一、研究方法	155
二、物种丰富度	156
三、物种多样性的空间格局	159
四、阿拉善左旗植物种群变化特征分析	161
第四节 干旱荒漠区植物自我修复的机制	162
一、干旱荒漠区不同植被类型土壤种子库的作用	162
二、旱生灌木种子萌发生态适应性及种子萌发对干旱胁迫的响应	169
主要参考文献	172
第七章 干旱荒漠区草地恢复与演替过程中主要植物种的生物量、生产力与能量利用	
动态	174
第一节 天然草地植被恢复演替过程生物量和生产力动态	174
一、草原化荒漠群落恢复演替进程中生产力的月变化	174
二、恢复和放牧过程中植被特征的年变化	175
第二节 梭梭草地恢复演替过程生物量和生产力动态	175
一、实验样地与监测方法	176
二、梭梭恢复过程中物候期的变化	176
三、梭梭草地恢复过程中生产力指数动态	176
四、梭梭草地持续利用的对策	180
第三节 干旱荒漠区植物层片生产力动态	180
一、灌木、半灌木植物层片的生产力及其变化	180
二、多年生草本植物层片的生产力	184
第四节 干旱荒漠区群落演替过程中光能利用效率动态	184
一、牧草的光能利用效率	184
二、飞播区围栏内牧草光能利用率	185
三、栽培植物老芒麦、谷子、紫花苜蓿的光能利用率	186
四、几种牧草的光能生产潜力	186
主要参考文献	187
第八章 干旱荒漠区重要的生物资源——灌木	188
第一节 灌木资源的多样性	188
第二节 灌木适应干旱生态环境的特征	194
一、生态习性、生活型类别的多样性	194

二、灌木适应生态环境的特征	195
三、灌木对草地恢复的重要贡献	195
第三节 灌木的饲用价值	196
主要参考文献	199
第九章 灌木根际及灌丛土壤养分变化特征	200
第一节 氮的变化特征	201
一、研究方法	201
二、根际及灌丛土壤氮素的总体含量特征	202
三、不同灌木根际及灌丛土壤氮素含量特征	204
四、灌丛不同深度土壤氮素变化特征	212
五、土壤全氮与有机碳、铵态氮、硝态氮之间的关系	214
第二节 磷和钾的变化特征	217
一、土壤样品分析	218
二、根际土壤全磷与有效磷含量特征	218
三、根际磷分组含量特征	220
四、根际全钾和速效钾含量特征	225
五、灌丛土壤磷、钾的含量特征	226
第三节 微量元素的变化特征	231
一、灌木根际及非根际土壤微量元素的含量特征	231
二、灌丛土壤微量元素的含量特征	236
主要参考文献	255
第十章 飞播草地建植与管理	260
第一节 飞播草地的现状与问题	260
一、飞播技术的研究进展	260
二、飞播技术存在的主要问题	262
第二节 阿拉善退化沙地飞播植物群落演替趋势	263
一、植物群落的形成和发育特征	263
二、植物群落中种的空间分布特征	264
三、植物群落中种的生长季节变化特征	266
第三节 飞播区白沙蒿种群生长、繁殖与土壤水分的关系及主成分分析	268
一、白沙蒿种群的营养生长特征	268
二、白沙蒿种群的繁殖生长特征	269
三、不同密度种群白沙蒿草地土壤含水量的变异特征	270
四、白沙蒿单株地上生物量与土壤含水量的关系	272
五、土壤因子与白沙蒿种群生长的主成分分析	272
第四节 飞播草地管理与利用方案	276
一、飞播区白沙蒿利用率对生长的影响	276
二、飞播区阿拉善沙拐枣的利用率	277
主要参考文献	278

第十一章 天然草地质量评价	280
第一节 阿拉善盟土壤及土地资源评价	280
一、土地资源	280
二、土地利用现状	284
三、土地资源评价	286
第二节 不同草地类型中营养元素的生态效能评价	292
一、阿拉善荒漠不同草地类型微量元素含量与分布状况	292
二、阿拉善荒漠不同草地类型主要牧草营养成分含量及其营养类型	294
三、阿拉善牧草中氨基酸含量水平	294
四、牧草中微量元素的分级和评价指标	296
第三节 草地生态系统受损状况的评价指标与综合评定	296
一、生态系统受损的诊断指标	296
二、土壤评价因素及指数	297
三、生态系统受损现状的综合评定	298
主要参考文献	298
第十二章 干旱荒漠区草地保育及可持续利用	299
第一节 草地保育的历史回顾	299
一、国际草地保育历史及研究进展	299
二、我国草地利用和保育发展历程	300
第二节 干旱荒漠区生态环境退化与恢复研究及进展	302
一、我国干旱荒漠区生态环境退化概况	302
二、我国干旱荒漠区生态环境恢复研究进展	303
三、草地恢复前景分析	305
第三节 干旱荒漠区草地恢复的指导思想、保育对策及可持续利用	306
一、恢复的指导思想	306
二、干旱荒漠区草地生态安全是可持续发展的根本大计	308
三、干旱荒漠区植被恢复实施建议	312
主要参考文献	313

第一章 干旱荒漠区受损生态系统现状、 危机和恢复潜力

第一节 阿拉善干旱荒漠区环境和生态系统现状、 危机与评估

一、气候干旱胁迫

阿拉善地处亚洲干旱荒漠区内部，远离海洋，东南季风的湿润空气对本区影响微弱，全年基本上受蒙古—西伯利亚大陆性气候所控制，雨雪很少、蒸发势强、空气干燥，但日照充足，生长季内热量资源丰富，有效积温高，而冬季低温寒冷，冬春季多大风，不时还有沙尘暴出现。由于面积辽阔，该区气候的经向、纬向地带性和垂直地带性均有表现，自东向西水汽递减、云量减少，而太阳辐射递增；地势南高北低，西北热量较丰富。东部的贺兰山和南部的龙首山有山地气候垂直带分布。

阿拉善干旱荒漠气候是因地质历史作用而形成的，最迟也要追溯到第3纪末期至第4纪初期，在新构造运动的历程中，青藏高原的整体抬升和喜马拉雅山系及其周边地区各大山体的隆升，使印度洋、太平洋及北冰洋的湿润气流受阻，而逐渐形成了干旱气候，距今已有400万~700万年之久。在阿拉善生态环境受损的现代过程中，气候因子的影响，可根据本地区各气象站历年记载的气象数据来讨论环境变化的趋势和规律。

（一）干旱程度有所加剧

阿拉善地区降水较少，且自东向西递减，是大气环流形成的。在人与自然和谐的状态下，年际间的降水量仍有明显的波动，各地的年均降水量也有明显差异。贺兰山麓巴彦浩特年均降水量约200mm；在东阿拉善的草原化荒漠地带中，腾格里沙漠东南缘的头道湖年均降水量约150mm，乌兰布和沙漠西缘的吉兰泰年均降水量约100mm，上井子（阿拉善右旗）年均降水量约110mm；荒漠地带内部的巴音毛道年均降水量90mm，巴丹吉林沙漠北部的拐子湖约40mm。自20世纪80年代以来，当地群众明显感到降水量减少、干旱程度加强、旱年频率增高。从上述各气象站的观测资料来分析，也可看出阿拉善地区近30年来的降水呈现出减少的苗头（表1-1）。

按当地畜牧业生产丰、平、歉、灾4种年景划分，也可以看出近20年来灾年有上升势头。表1-2显示，50年中有10个丰收年，占20%；平年（当地也称小丰年）18个，占36%；歉年（当地称平年偏歉）8个，占16%；灾年14个，占28%。平均每10年中有丰年2个、平年3.6个、歉年1.6个、灾年1.8个。阿拉善属干旱荒漠区，群众认为平年也是旱年，所以虽不能说十年九旱，但也十年八旱。

表 1-1 阿拉善主要气象站 1960~2000 年不同时期的降水变化

Tab. 1-1 The precipitation change recorded in main meteorologic station in Alxa League from 1960 to 2000

站名	A (1960~1970 年)	B (1971~1980 年)	C (1981~1997 年)	C 与 A 相比
巴彦浩特	213.1	210.0	200.0	-13.1
头道湖	148.9	142.4	147.4	-1.5
吉兰泰	116.0	121.6	100.2	-15.8
巴音诺尔公	127.7	136.7	99.0	-28.7
上井子	113.6	112.8		
巴音毛道	114.6	98.7		
中泉子	80.3	96.1	89.5	9.2
达来呼市	37.9	36.7		
拐子湖	49.3	47.7	39.6	-9.7

表 1-2 阿拉善盟 1950~2000 年畜牧业年景表现

Tab. 1-2 The condition of graziery in Alxa League from 1950 to 2000

年份	表现	年份	表现	年份	表现	年份	表现	年份	表现
1950	歉	1960	平	1970	平	1980	平	1990	灾
1951	平	1961	平	1971	平	1981	灾	1991	歉
1952	丰	1962	丰	1972	灾	1982	歉	1992	灾
1953	丰	1963	灾	1973	灾	1983	灾	1993	平
1954	平	1964	平	1974	歉	1984	丰	1994	丰
1955	歉	1965	平	1975	平	1985	平	1995	丰
1956	平	1966	灾	1976	歉	1986	歉	1996	平
1957	灾	1967	灾	1977	灾	1987	灾	1997	平
1958	灾	1968	丰	1978	丰	1988	平	1998	歉
1959	丰	1969	平	1979	平	1989	丰	1999	灾
10 年合计	3 丰	2 丰	1 丰	2 丰	2 丰	2 丰			
	3 平	5 平	4 平	3 平	3 平	3 平			
	2 歉		2 歉	2 歉	2 歉	2 歉			
	2 灾	3 灾	3 灾	3 灾	3 灾	3 灾			

注：该表是以年内牲畜总增率作为区分畜牧业年景丰歉之依据。

从丰年和灾年发生的概率来看，20 世纪 50 年代丰 3、灾 2，丰大于灾，后 40 年多丰 2、灾 3，其中 70 年代是丰 1、灾 3，都是灾年多于丰年。特别是 80 年代至 90 年代的概率几乎相同：丰 2、灾 3、平 3、歉 2，每 10 年中平丰相加都是 5，灾歉相加也是 5，基本上持平，按照气候因素分析应属正常波动范围。但是后 40 年较 50 年代的丰年概率有所减少。

(二) 气温有所增高

近些年来,地球温室效应增强,气候变暖,成为世界环境的重大问题之一。从阿拉善 50 年来的资料分析,气候变暖的影响尚不十分明显,但一些位于绿洲、沙漠湖盆、城镇所在地的气象站观测记录中,气温略有升高趋势。属绿洲的气象站有达来库布,位于沙漠湖盆中的有头道湖、吉兰泰、中泉子,城镇的气象站有巴彦浩特、上井子(阿拉善右旗旗府)。绿洲受水量减少的影响,面积缩小,湖泊干涸,植被变稀、变矮,给绿洲干热造成一定影响;一些城镇建筑物增加也给气温升高提供了某些条件。气温的增加一方面表现在有效积温的增加上,另一方面也表现在冬季(1月)月均温的提高上(表 1-3)。气温变化与降水变化属同一类型,与人类活动密切相关。

表 1-3 阿拉善盟主要气象站 1960~2000 年年积温及 1 月均温变化

Tab. 1-3 The year's accumulated temperature and daily temperature change of January in main meteorologic station in Alxa League from 1960 to 2000

站名	≥10℃年 积温(日数)	1960~1980年 积温(日数)	1981~1989年 积温(日数)	1990~1999年 1月积温(日数)	多年 1月温	1960~ 1980年 1月均温	1971~ 1980年 1月均温	1981~ 1998年 1月均温
巴彦浩特	3004.5(158)	2998.4(158.0)	3107.2(161.4)	3129.6(166.1)	-10.0	-9.1	-8.2	-8.0
吉兰泰	3573.5(175)	3568.9(173.7)	3660.9(175.9)	3631.3(166.3)	-19.4	-10.2	-9.4	-9.2
达来库布	3648.4(172)	3656.8(170.4)	3735.3(173.4)	3904.8(175.9)	-10.5	-11.6	-10.7	-9.9
上井子	3263.3(170)	3297.4(167.0)	3332.9(167.8)	3353.5(172.9)	-8.7			
头道湖	3147.9(164)	3236.6(165.9)	3295.7(168.0)	3330.2(171.2)	-10.0	-10.0	-10.3	-9.5
拐子湖	3693.0(172)	3694.5(171.3)	3871.2(175.8)	3904.8(177.6)	-10.2	-11.4	-10.2	-9.7
中泉子	3563.3(176)	3568.9(173.5)	3648.7(176.8)	3664.6(177.1)	-8.4	-9.4	-8.1	-7.7
巴音毛道	3107.1(160)	3115.4	3214.1	3171.5	-12.1			
巴音诺尔公	3004.3(155)				-13.1			

夏季气温增加,日照加强,岩石和石砾在日照和高温下物理旱化加剧,给植物生长造成更大逆境,使原来尚能生长稀疏植物的草地沦为黑戈壁,仅额济纳河东西戈壁就有 2.4 万 km² 的稀疏梭梭、红砂、沙拐枣群落变成裸戈壁;气温增高与降水减少还使草地中虫害发生频率变高。例如,额济纳绿洲过去水资源好、植被繁茂、鸟兽种类繁多,昆虫天敌——鸟类的存在对昆虫的种群数量有调控作用,维持了生态平衡,但自 20 世纪 60 年代水量大减后,湖泊干涸、植被衰败、鸟类大都迁移而走,从此之后额济纳绿洲气温升高、天敌减少,曾经暴发过几次虫害,以桤柳条甲、胡杨天幕毛虫、沙枣粉虱等最为猖獗。1981 年,林业部门进行林木虫害普查时,害虫种类多达 360 多种。以桤柳条甲为主的虫害发生面积每年达 6 万 hm²,重灾的为 4 万 hm²,其危害一直延续至今。草地蝗虫主要发生在贺兰山山前地带,集中在阿拉善左旗巴彦浩特附近的布固都、布仁高勒等苏木,发生的背景条件为:发生前 13 个月里(即前一年)降水偏多 10%,冬季偏暖,高出 1.5℃左右,有利于虫卵越冬;在蝗虫发生前 2 个月,降水较少(少 30%~

40%), 风速不大 (0.2m/s)。1985 年蝗虫大发生时, 阿拉善盟气象站具体记载 (表 1-4) 如下: 虫情为五龄以上占 70%, 四龄以上占 30%; 虫口密度, 重度草地有 11.2 只/m², 中度草地 7.5 只/m², 轻度草地 3.6 只/m²。以山前滩地、禾本科草类较多的草地为主, 蝗虫种类有车蝗、宽翅臂蝗、瘤蝗等。

表 1-4 1985 年阿拉善左旗蝗虫发生前后的气象数据

Tab. 1-4 The meteorological record in Alxa Zuoqi in 1985 before and after the emergence of locust

项目	前一年, 1984/7~1985年初					1985/6/10~7/30,发生前期					1985/8/1/~8/10/,发生时					
	降水 /mm	气温 /℃	相对 湿度	7月气 温/℃	1月气 温/℃	降水 /mm	气温 /℃	相对 湿度	风速 /(m/s)	气温 /℃	降水 /mm	相对 湿度	风速 /(m/s)	频率 /%		
当期	275	8.8	38	22.3	—8.7	34.8	22.6	37	3.4	24.7	1.1	34	2.8	55		
多年平 均值比	+21.6+0.2		—5	0.0	+0.3	—29.7	+6.4	—5	0.3	+2.3	—23.2	—17	—0.5			
距平率 /%	9							—4.7							—96	

注: 多年平均值比, 是指多年来降水变化的平均值; 距平率是指变化 (差距) 平均值所占的百分率。

据我们 1998~2000 年调查, 在额济纳西北部马鬃山的黑鹰山附近, 有大片梭梭林感染白粉病, 受害程度相当严重, 绿色的梭梭枝条完全变成了白色, 感染率达 100%; 其他梭梭群落 (如阿拉善北部戈壁区) 也有不同程度感染。红砂荒漠红蜘蛛危害也相当严重, 9 月中下旬红砂植株被蛛丝缠绕, 本应为绿色的植丛变成了一丛丛白色絮团, 非常触目惊心。草地病虫害的增多也是生态环境不健康的一种表现。

(三) 大风和沙尘暴增多

风大、风多是荒漠气候的属性之一。由于风力侵蚀堆积作用, 出现了荒漠特有的风蚀景观——石漠、戈壁和沙漠。瞬间风速大于 17m/s 或风力大于 7 级以上的称为大风。大风受地形、地表物质的影响, 可出现变化。阿拉善北部多为平坦戈壁, 额济纳河两岸东西戈壁为古洪冲积平原, 故这一地区大风出现的日数较多, 如 20 世纪 60~80 年代, 西北部地区 (呼鲁赤古特至拐子湖) 为 60~100d; 中部地区 (巴音诺尔公、巴音毛道、吉兰泰) 为 30~60d; 南部地区 (巴彦浩特、上井子、头道湖) 为 10~30d。大风对人们的生活、生产和经济建设都造成极大危害。长时间的大风会使沙漠移动, 大风卷起的沙尘堆积造成草地、农田和居民点被吞没, 河道、水渠、水井、公路和铁路被堵塞。

二、阿拉善荒漠区的景观生态类型

(一) 景观生态类型现状

依景观单元的地貌、生态环境、主导生态系统类型上的同质性与异质性, 我们将阿拉善地区划分为 15 个景观类型、22 个亚型。

1. 高山草甸、高山灌丛

高山草甸、高山灌丛分布在贺兰山 3000~3500m 的山巅, 面积为 1440hm², 全年有霜冻, 冬季积雪。 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温为 600 $^{\circ}\text{C}$ 以下, 年降水量在 430mm 以上, 气候冷凉而湿润。土壤为高山草甸土, 湿度大、含水量高, 植被是以嵩草为主的高山草甸和呈斑状的高山柳(环腺柳)、鬼箭锦鸡儿灌丛, 植被覆盖度在 80% 以上。以高山嵩草为建群种, 伴有矮嵩草、火绒草、紫喙蓼草、早熟禾、高山蚤缀等, 草群高度在 5cm 左右。草群密集, 草地生产力为每公顷产鲜草 2860kg。这里常年放牧着一群牦牛, 马、牛仅 7 月、8 月到此避暑放牧。野生动物有青羊、盘羊和麝(香獐)等。

2. 亚高山灌丛

亚高山灌丛分布在贺兰山 2800~3000m 处较陡的山地阳坡、半阳坡。 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温为 800~1000 $^{\circ}\text{C}$, 年均降水量约 400mm。土壤为亚高山灌丛土, 植被以鬼箭锦鸡儿、银老梅、小叶金老梅为主, 其他有蓝靛果忍冬、臭柏。其下草本分布不均, 土层较厚的地方有嵩草、蓼草、火绒草、禾叶凤毛菊等。灌丛密度较大, 覆盖度为 60% 左右, 由于地形条件的限制, 且灌丛较密, 放牧利用价值不高。但此地青羊、北山羊、麝、雪豹等野生动物分布较集中。

3. 山地森林

山地森林分布在贺兰山海拔 1800~3000m 处, 以山地森林为主要景观。 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温为 1000~2800 $^{\circ}\text{C}$, 属于温凉森林气候。森林景观面积 24 000hm², 森林覆盖度为 34.68%。其中, 针叶林是山地森林的主体, 有云杉林和油松林两个林型, 云杉林分布面积最大, 范围最广; 油松林主要分布在北寺附近。山地阔叶林以山杨林为主, 阳坡上有较多的灰榆疏林分布。山地森林发挥着贺兰山水源涵养的主要功能, 对巴彦浩特市水源供给起决定性作用, 在水土保持、维护生态环境、保护物种多样性等方面都占有重要地位, 也是阿拉善东部和宁夏银川平原的天然绿色屏障。

1) 山地云杉林

贺兰山山地云杉林分布在海拔 2700~3000m 处, 基本上占据该地段阴坡、半阴坡, 年均降水量 300~360mm, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温为 1000~1700 $^{\circ}\text{C}$, 雨水较丰, 气候温寒, 以高山柳、鬼箭锦鸡儿为林下灌木组成的云杉-灌木林为主。在海拔 2450~2700m 处, 年降水量 300~340mm, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温为 1700~2150 $^{\circ}\text{C}$, 是云杉林的优势地带, 以云杉纯林为主, 其下苔藓地被植物丰富; 2200~2450m 处, 云杉常与山杨混交成林, 有些还混有油松, 降水量 250~300mm, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温为 2150~2600 $^{\circ}\text{C}$, 气候属温凉, 降水偏少, 属半干旱类型。贺兰山云杉林总面积 18 002.5hm², 包括云杉林 16 895hm²、云杉-山杨林 650hm²、云杉-油松林 457.5hm²。

2) 山地油松林

在海拔 1800~2200m 处的北寺沟地段的阴坡、半阴坡云杉林带之下是油松林景观带, 面积 4411.4hm², 其中油松纯林 3710hm²、油松-山杨林 501.1hm²、油松-云杉林

200hm²。油松纯林的林下只有少量灌木和草本,如多花栒子木、小叶忍冬等,草本为凸脉藁草、铁杆蒿等。土壤为灰褐土,年降水量为270~340mm。

3) 山地阔叶林

贺兰山山地阔叶林多呈团块状或条块状分布。其垂直高度为2000~2700m,多生长在半阳坡或半阴坡,所处生境的气温、降水与同海拔的山地针叶林相同。主要景观树种为山杨,有时有灰榆、丁香等。山杨林有时在云杉林外缘形成以山杨为主、混生云杉或油松的针阔混交林。灰榆多生长在半阳坡,种类组成比较单纯;丁香林海拔较低,以阴坡、沟谷以为主,多混生其他树种。山地阔叶林面积占山地森林的5%左右。山地阔叶林面积虽小,但在增加森林的防护作用、防止病虫害、增加物种多样性及维持整个山地森林的生态平衡上有不可忽视的作用。

4) 山地灰榆疏林

贺兰山是一剥蚀山地,在森林垂直带的干燥阳坡,蒸发量大,干燥度强,针叶树种很难生长,阔叶树也只有耐旱性强的灰榆能稀疏生长,因此,贺兰山2000~2500m的干燥阳坡形成了一个灰榆疏林带,树高仅3~4m,并有大量灌木伴生,如蒙古绣线菊、小叶忍冬、几种栒子木和黄刺玫等;半灌木有铁杆蒿、贺兰山女蒿,其面积约3200hm²。灰榆疏林在山地森林中景观独特,它是森林环境向灌丛乃至草原景观的过渡类型,这种林型生态环境脆弱,水土流失也很严重。灰榆疏林一旦遭到破坏,极难恢复,更应严加保育。

4. 山地灌丛

山地灌丛景观是由中生灌木所组成的山地景观类型,集中分布在贺兰山海拔1800~2700m的阳坡、半阳坡,有时在阳坡与灰榆疏林混生,总面积约750hm²。中生灌丛是很好的水土保持植被,多年来受放牧影响,有些遭到破坏,主要有常绿针叶灌丛和阔叶灌丛两种类型。

1) 山地常绿针叶灌丛

山地常绿针叶灌丛由叉子圆柏组成,呈团块分布。在海拔2500~2700m的半阳坡、半阴坡较多,在云杉林缘、平缓山顶或沟谷坡地也有分布。叉子圆柏是匍匐灌木,常常单独组成纯群落,景观醒目,伴生植物很少,面积为266hm²,是很好的水土保持林。

2) 山地夏绿阔叶灌丛

山地夏绿阔叶灌丛由多种中生灌木组成,包括小叶忍冬、栒子木、黄刺玫、蒙古绣线菊、小叶鼠李、小叶茶藨子和西北沼委陵等,分布于海拔1800~2800m的山地阳坡、沟谷。在海拔较低处云杉林分布不到的阴坡也常由中生灌木占据。随海拔增高、湿度增大,中生灌丛逐渐向半阳坡甚至阳坡转移。

5. 山地草原

山地草原景观在贺兰山仅出现在山地森林带以下海拔2000~2300m的平缓坡地,呈片状分布,不能成带,并常与中生灌丛复合存在,面积仅120hm²。而在龙首山,它出现在海拔2500m以上的中山山地阴坡和顶部,面积较大。典型草原的建群种是针茅