

国家重点图书出版规划项目

典型生态脆弱区退化生态系统恢复技术与模式丛书

中国半干旱草原的 恢复治理与可持续利用

金昌杰 王安志 范志平 刘志民 关德新 等 编著



科学出版社

“十二五”国家重点图书出版规划项目

典型生态脆弱区退化生态系统恢复技术与模式丛书

中国半干旱草原的 恢复治理与可持续利用

金昌杰 王安志 范志平 刘志民 关德新 等 编著



科学出版社

北京

内 容 简 介

本书介绍中国北方半干旱区草地资源与退化现状、植被过程与水热交换过程、草地恢复治理的综合效益与模型、草牧场防护林生态防护功能与构建技术、草地管理与恢复技术等方面的内容。

本书可供草地生态、沙地植物、草牧场防护林生态等领域的科技人员和大专院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国半干旱草原的恢复治理与可持续利用 / 金昌杰等编著. —北京: 科学出版社, 2012

(典型生态脆弱区退化生态系统恢复技术与模式丛书)

“十二五”国家重点图书出版规划项目

ISBN 978-7-03-033565-4

I. 中… II. 金… III. ①半干旱—草原—治理—研究—中国 ②半干旱—草原利用—研究—中国 IV. S812

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 024471 号

责任编辑: 李 敏 张 菊 / 责任校对: 鲁 素

责任印制: 钱玉芬 / 封面设计: 王 浩

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>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012 年 4 月第 一 版 开本: 787 × 1092 1/16

2012 年 4 月第一次印刷 印张: 26 3/4 插页: 2

字数: 634 000

定价: 96.00 元

如有印装质量问题, 我社负责调换

《典型生态脆弱区退化生态系统恢复技术与模式丛书》

编 委 会

主 编 傅伯杰 欧阳志云

副 主 编 蔡运龙 王 磊 李秀彬

委 员 (以姓氏笔画为序)

于洪波 王开运 王顺兵 方江平

吕昌河 刘刚才 刘国华 刘晓冰

李生宝 吴 宁 张 健 张书军

张巧显 陆兆华 陈亚宁 金昌杰

郑 华 赵同谦 赵新全 高吉喜

蒋忠诚 谢世友 熊康宁

《中国半干旱草原的恢复治理与可持续利用》

撰写成员

主 笔 金昌杰 王安志 范志平 刘志民 关德新
成 员 (以姓氏笔画为序)

王 琼 邓 徐 孙学凯 吴家兵 陈妮娜
武 晶 袁凤辉 倪 攀 渠翠平 褚建民

总 序

我国是世界上生态环境比较脆弱的国家之一，由于气候、地貌等地理条件的影响，形成了西北干旱荒漠区、青藏高原高寒区、黄土高原区、西南岩溶区、西南山地区、西南干热河谷区、北方农牧交错区等不同类型的生态脆弱区。在长期高强度的人类活动影响下，这些区域的生态系统破坏和退化十分严重，导致水土流失、草地沙化、石漠化、泥石流等一系列生态问题，人与自然的矛盾非常突出，许多地区形成了生态退化与经济贫困化的恶性循环，严重制约了区域经济和社会发展，威胁国家生态安全与社会和谐发展。因此，在对我国生态脆弱区基本特征以及生态系统退化机理进行研究的基础上，系统研发生态脆弱区退化生态系统恢复与重建及生态综合治理技术和模式，不仅是我国目前正在实施的天然林保护、退耕还林还草、退牧还草、京津风沙源治理、三江源区综合整治以及石漠化地区综合整治等重大生态工程的需要，更是保障我国广大生态脆弱地区社会经济发展和全国生态安全的迫切需要。

面向国家重大战略需求，科学技术部自“十五”以来组织有关科研单位和高校科研人员，开展了我国典型生态脆弱区退化生态系统恢复重建及生态综合治理研究，开发了生态脆弱区退化生态系统恢复重建与生态综合治理的关键技术和模式，筛选集成了典型退化生态系统类型综合整治技术体系和生态系统可持续管理方法，建立了我国生态脆弱区退化生态系统综合整治的技术应用和推广机制，旨在为促进区域经济开发与生态环境保护的协调发展、提高退化生态系统综合整治成效、推进退化生态系统的恢复和生态脆弱区的生态综合治理提供系统的技术支撑和科学基础。

在过去 10 年中，参与项目的科研人员针对我国青藏高寒区、西南岩溶地区、黄土高原区、干旱荒漠区、干热河谷区、西南山地区、北方沙化草地区、典型海岸带区等生态脆弱区退化生态系统恢复和生态综合治理的关键技术、整治模式与产业化机制，开展试验示范，重点开展了以下三个方面的研究。

一是退化生态系统恢复的关键技术与示范。重点针对我国典型生态脆弱区的退化生态系统，开展退化生态系统恢复重建的关键技术研究。主要包括：耐寒/耐高温、耐旱、耐

盐、耐瘠薄植物资源调查、引进、评价、培育和改良技术,极端环境条件下植被恢复关键技术,低效人工林改造技术、外来入侵物种防治技术、虫鼠害及毒杂草生物防治技术,多层次立体植被种植技术和林农果木等多形式配置经营模式、坡地农林复合经营技术,以及受损生态系统的自然修复和人工加速恢复技术。

二是典型生态脆弱区的生态综合治理集成技术与示范。在广泛收集现有生态综合治理技术、进行筛选评价的基础上,针对不同生态脆弱区退化生态系统特征和恢复重建目标以及存在的区域生态问题,研究典型脆弱区的生态综合治理技术集成与模式,并开展试验示范。主要包括:黄土高原地区水土流失防治集成技术,干旱半干旱地区沙漠化防治集成技术,石漠化综合治理集成技术,东北盐碱地综合改良技术,内陆河流域水资源调控机制和水资源高效综合利用技术等。

三是生态脆弱区生态系统管理模式与示范。生态环境脆弱、经济社会发展落后、管理方法不合理是造成我国生态脆弱区生态系统退化的根本原因,生态系统管理方法不当已经或正在导致脆弱生态系统的持续退化。根据生态系统演化规律,结合不同地区社会经济发展特点,开展了生态脆弱区典型生态系统综合管理模式研究与示范。主要包括:高寒草地和典型草原可持续管理模式,可持续农—林—牧系统调控模式,新农村建设与农村生态环境管理模式,生态重建与扶贫式开发模式,全民参与退化生态系统综合整治模式,生态移民与生态环境保护模式。

围绕上述研究目标与内容,在“十五”和“十一五”期间,典型生态脆弱区的生态综合治理和退化生态系统恢复重建研究项目分别设置了11个和15个研究课题,项目研究单位81个,参加研究人员463人。经过科研人员10年的努力,项目取得了一系列原创性成果:开发了一系列关键技术、技术体系和模式;揭示了我国生态脆弱区的空间格局与形成机制,完成了全国生态脆弱区区划,分析了不同生态脆弱区面临的生态环境问题,提出了生态恢复的目标与策略;评价了具有应用潜力的植物物种500多种,开发关键技术数百项,集成了生态恢复技术体系100多项,试验和示范了生态恢复模式近百个,建立了39个典型退化生态系统恢复与综合整治试验示范区。同时,通过本项目的实施,培养和锻炼了一大批生态环境治理的科技人员,建立了一批生态恢复研究试验示范基地。

为了系统总结项目研究成果,服务于国家与地方生态恢复技术需求,项目专家组组织编撰了《典型生态脆弱区退化生态系统恢复技术与模式丛书》。本丛书共16卷,包括《中国生态脆弱特征及生态恢复对策》、《中国生态区划研究》、《三江源区退化草地生态系统恢复与可持续管理》、《中国半干旱草原的恢复治理与可持续利用》、《半干旱黄土丘陵区退化生态系统恢复技术与模式》、《黄土丘陵沟壑区生态综合整治技术与模式》、《贵州喀斯特高原山区土地变化研究》、《喀斯特高原石漠化综合治理模式与技术集成》、《广西

岩溶山区石漠化及其综合治理研究》、《重庆岩溶环境与石漠化综合治理研究》、《西南山地退化生态系统评估与恢复重建技术》、《干热河谷退化生态系统典型恢复模式的生态响应与评价》、《基于生态承载力的空间决策支持系统开发与应用：上海市崇明岛案例》、《黄河三角洲退化湿地生态恢复——理论、方法与实践》、《青藏高原土地退化整治技术与模式》、《世界自然遗产地——九寨沟与黄龙的生态环境与可持续发展》。内容涵盖了我国三江源地区、黄土高原区、青藏高寒区、西南岩溶石漠化区、内蒙古退化草原区、黄河河口退化湿地等典型生态脆弱区退化生态系统的特征、变化趋势、生态恢复目标、关键技术和模式。我们希望通过本丛书的出版全面反映我国在退化生态系统恢复与重建及生态综合治理技术和模式方面的最新成果与进展。

典型生态脆弱区的生态综合治理和典型脆弱区退化生态系统恢复重建研究得到“十五”和“十一五”国家科技支撑计划重点项目的支持。科学技术部中国21世纪议程管理中心负责项目的组织和管理，对本项目的顺利执行和一系列创新成果的取得发挥了重要作用。在项目组织和执行过程中，中国科学院资源环境科学与技术局、青海、新疆、宁夏、甘肃、四川、广西、贵州、云南、上海、重庆、山东、内蒙古、黑龙江、西藏等省、自治区和直辖市科技厅做了大量卓有成效的协调工作。在本丛书出版之际，一并表示衷心的感谢。

科学出版社李敏、张菊编辑在本丛书的组织、编辑等方面做了大量工作，对本丛书的顺利出版发挥了关键作用，借此表示衷心的感谢。

由于本丛书涉及范围广、专业技术领域多，难免存在问题和错误，希望读者不吝指教，以共同促进我国的生态恢复与科技创新。

丛书编委会

2011年5月

前 言

中国北方半干旱草原不仅是我国重要的畜牧业基地，也是我国重要的生态屏障，对我国食品供应和区域生态安全具有十分重要的意义。随着人类活动和气候变化的影响，草原“三化”（退化、沙漠化、盐渍化）现象不断加剧。以中国东北半干旱地区（包括辽宁、吉林、黑龙江以及内蒙古东部的赤峰市、通辽市、兴安盟、呼伦贝尔市）为例，该区域共有草地 25 万 km²，其中“三化”草地占 40% ~ 80%，并以每年 1% ~ 2% 的速度发展。半干旱风沙草原区草地“三化”降低了土壤有机质含量、产草量和畜牧业产值，威胁着区域的粮食安全，特别是 20 世纪 70 年代以来，由于土地过垦和超载放牧，草地生物多样性减少，沙尘暴肆虐，不仅严重威胁区域生态环境质量，而且抑制当地的经济发展，严重影响人们的生产和生活。

20 世纪 90 年代，我国开始实施的退耕还草等重大生态工程建设，是遏制草原“三化”的重要决策，在其具体实施中迫切需要一些先进可行的技术作为保障。多年来，围绕半干旱风沙区草地退化问题，生态学家、草原学家、林学家在草地退化生态系统的管理、恢复技术、模式、机制等方面做了很多研究和试验示范工作，为预防和遏制草地退化起到了积极的作用。但迄今为止，在遏制半干旱风沙区草地退化问题上我们还面临众多挑战。例如，遏制草地退化的关键技术还不完善，基础研究与实际应用间的衔接尚不紧密，试验示范和技术集成的力度还不够，把握关键的限制性生态因子（如水分）的科学性不够，等等。

针对半干旱草原生态区土地退化、土地沙漠化、土地盐渍化三大生态环境问题，中国科学院沈阳应用生态研究所与中国科学院植物研究所、中国科学院寒区旱区环境与工程研究所、中国农业科学院农业资源与农业区划研究所、内蒙古林业科学研究所、内蒙古草原勘察设计院共同承担了“十一五”国家科技支撑计划项目课题“半干旱风沙草原区退化草地治理技术研究”。课题以植被恢复和草地生产力提高为核心，以内蒙古东部半干旱草原和农牧交错带的科尔沁沙地、浑善达克沙地、呼伦贝尔草原为研究区域，开展了退化草地保护和恢复关键技术、“疏林-草原”生态系统构建技术和草地生态系统综合管理模式研究，并建立了试验示范区，取得了一系列重要成果。本书在回顾以往相关研究的基础上，系统总结了课题的研究成果，包括中国北方半干旱草地及其退化、中国北方半干旱草地植被过程与水热交换过程、中国半干旱草地恢复治理的综合效益与模型、半干旱区草牧场防护林生态防护功能与构建技术、中国北方半干旱草地管理与恢复等内容。

各章的执笔人如下。第1章，刘志民、武晶、邓徐；第2章，刘志民、王安志、关德新；第3章，金昌杰、吴家兵、陈妮娜；第4章，范志平、孙学凯、王琼、褚建民；第5章，王安志、关德新、金昌杰、刘志民。全书由金昌杰、关德新统稿。

需要说明的是，由于草地的恢复治理与持续利用涉及的学科繁多，作者的学识和能力有限，本书难免有疏漏或不妥之处，恳请有关专家予以指正。

作者

2011年6月

目 录

总序

前言

第1章 中国北方半干旱草地及其退化	1
1.1 中国北方半干旱区概况	1
1.2 中国北方半干旱区草地资源	2
1.3 中国北方半干旱区草地退化	30
第2章 中国北方半干旱草地植被过程与水热交换过程	49
2.1 中国北方半干旱草地植被过程	49
2.2 中国北方半干旱草地水热交换	79
2.3 中国北方半干旱草地水分利用效率	87
第3章 中国半干旱草地恢复治理的综合效益与模型	91
3.1 半干旱草地的价值与恢复治理效益评估的科学基础	91
3.2 草地改良与保护措施的效益与模型	98
3.3 人工种草作业的中期预测决策技术	176
3.4 草原火灾的风险评价	183
3.5 草原完损状况预测性评估的集对分析	189
3.6 牧业单位满意心理对草地生态工程效益贡献率的随机前沿面模型	191
3.7 科技建议在草地治理中贡献(效益)的定量评估方法	196
3.8 草产企业级供应链的可靠度模型	207
第4章 半干旱区草牧场防护林生态防护功能与构建技术	213
4.1 树-草相互作用力学模式——人工林与草原荒漠化治理的系统科学原则	213
4.2 草牧场防护林及其主要模式类型	216
4.3 半干旱区典型网带式林草复合草牧场防护林	221
4.4 半干旱区典型疏林草地型草牧场防护林	236
4.5 半干旱区草牧场防护林生态防护功能	255
4.6 半干旱区草牧场防护林构建技术	271
第5章 中国北方半干旱草地管理与恢复	284
5.1 半干旱草地初级生产力估算	284
5.2 草地可持续利用管理	319
5.3 退化草地恢复	362
5.4 人工草地建设	382
参考文献	385

第 1 章 中国北方半干旱草地及其退化

中国北方半干旱区（青藏高原除外）大致分布在东经 105°以东（耿宽宏，1986），包括呼伦贝尔草原、科尔沁草原、锡林郭勒草原等大草原，是中国草地的主要分布区，也是草地退化极为严重的地区。

1.1 中国北方半干旱区概况

中国北方半干旱区（青藏高原除外）大致位于东经 105°以东干燥度 1.5 ~ 3.99 的地区（耿宽宏，1986）。其西界大致为内蒙古自治区虎勒盖尔—东经 108°附近中、蒙国界线—阴山与狼山间的低山区—内蒙古临河—内蒙古磴口—宁夏石嘴山—贺兰山—内蒙古巴彦浩特—吉林头道湖—内蒙古查干池—甘肃山丹—甘肃张掖—青海柴达木北界，其东界大致为黑龙江甘南县—黑龙江安达市—吉林白城，其南界大致为长城沿线。中国北方半干旱区行政区划上包括黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古、河北、山西、甘肃、陕西、宁夏等省（自治区）。范围大致相当于全国农业区划的内蒙古及长城沿线区（朱震达和陈广庭，1994）。

中国北方半干旱区大部分属于蒙古高原，地势除大兴安岭、阴山、贺兰山和东南缘的一些山地以及东北三省西部以外，都是海拔 1000m 左右的波状地（耿宽宏，1986）。境内包括了呼伦贝尔沙地、科尔沁沙地、浑善达克沙地、毛乌素沙地、宁夏河东沙地等（朱震达和陈广庭，1994）。

中国北方半干旱区以北方季风气候为主，常受东亚季风环流的作用，高空有北支西风的影响。其温度与降水大致与海岸线平行分布，等值线走向为东北—西南，往西北呈明显递减趋势。平均温度日较差平均在 14℃ 以下，年降水量 150mm 以上，雨水集中在夏季，占 70% 以上（耿宽宏，1986）。

中国北方半干旱区土壤由东至西呈现水平地带性分布规律。黑土区分布于黑龙江、吉林西部，栗钙土区分布于内蒙古草原、松嫩平原的西南部、河北坝上、山西雁北、陕北等。

半干旱草原区有一些河流。例如，呼伦贝尔草原区有海拉尔河，科尔沁草原有西辽河，锡林郭勒草原有锡林河等。半干旱沙区地下水较丰富。

半干旱草地的牧业和半农半牧业所占比例很大。在广大草原区，农牧民人口是主体，种地和养畜是主要收入来源。例如，呼伦贝尔市陈巴尔虎旗 2003 年牧民全年畜牧业收入占户均收入的 96.9%。

1.2 中国北方半干旱区草地资源

中国北方半干旱区中有呼伦贝尔草原、科尔沁草原、锡林郭勒草原、鄂尔多斯草原等主要草原，草地资源丰富。主要包括温带草甸草原、温带典型草原与温带荒漠草原，总面积约 $4.1 \times 10^5 \text{ km}^2$ ，约占全国草地总面积的 10.5%（陈佐忠和汪诗平，2000）。

1.2.1 呼伦贝尔草原

1.2.1.1 面积及分布

呼伦贝尔草原位于内蒙古自治区东北部，草地总面积 $1.13 \times 10^5 \text{ km}^2$ 。南与兴安盟相连，东以大兴安岭为界与黑龙江毗邻，北及西北与俄罗斯接壤，西及西南与蒙古国接壤（潘学清和高耀山，1992）。

1.2.1.2 植物组成

(1) 植物区系科属组成

呼伦贝尔草地有维管束植物 1352 种，隶属 108 科 468 属。其中，蕨类植物有 11 科 14 属 24 种 1 个变种，种子植物 97 科 454 属 1196 种 10 个亚种 109 个变种和 12 个变型。在种子植物中，裸子植物有 3 科 5 属 6 种，被子植物有 94 科 449 属 1190 种 10 个亚种 109 个变种和 12 个变型。双子叶植物有 76 科 351 属 909 种 8 个亚种 89 个变种和 11 个变型，单子叶植物有 18 科 98 属 281 种 2 个亚种 20 个变种和 1 个变型。呼伦贝尔草地植物种类非常丰富。植物种类多于 30 种的有 13 个科，10~30 种的有 14 个科。含属种最多的是菊科，有 51 属 168 种。第二位是禾本科，含 44 属 108 种。第三位是蔷薇科，含 23 属 66 种。第四位是豆科，含 18 属 61 种。30 种以上的 13 个科依次是：菊科、禾本科、蔷薇科、豆科、毛茛科、莎草科、百合科、石竹科、十字花科、蓼科、玄参科、杨柳科、伞形科。含 10 种以上 30 种以下的 14 个科依次是：唇形科、紫草科、堇菜科、报春花科、藜科、龙胆科、桔梗科、兰科、鸢尾科、景天科、旋花科、虎耳草科、牻牛儿苗科、桦木科。呼伦贝尔草地植物含有 5~9 种的科有 14 个科（表 1-1）。单科单属单种科有 30 个科，包括蕨类植物的石松科、凤尾蕨科、中国蕨科、岩蕨科、水龙骨科、槐叶苹科，裸子植物的麻黄科，被子植物的壳斗科、桑寄生科、马齿苋科、防己科、木兰科、岩高兰科、凤仙花科、怪柳科、千屈菜科、菱科、杉叶藻科、山茱萸科、花荵科、马鞭草科、紫葳科、五福花科、茨藻科、花蔺科、天南星科、谷精草科、鸭跖草科、雨久花科、松科（潘学清和高耀山，1992）。

表 1-1 呼伦贝尔草地野生植物科、属、种统计

科名	属	种	亚种	变种	变型	科名	属	种	亚种	变种	变型	科名	属	种	亚种	变种	变型
菊科	51	168	1	15	1	牻牛儿苗科	2	10				鼠李科	1	3			
禾本科	44	108	2	2		忍冬科	4	8		1	1	锦葵科	3	3			
毛茛科	15	60	11	11	2	罂粟科	4	7		2		金鱼藻科	1	2			
蔷薇科	23	66		6		杜鹃花科	4	7		2		亚麻科	1	3			
豆科	18	61		7	3	大戟科	2	9				鹿蹄草科	1	3			
莎草科	8	57		2		眼子菜科	1	9				槭树科	1	3			
石竹科	15	39		9	2	柳叶菜科	4	6		2		狸藻科	1	3			
十字花科	22	39		6		萝藦科	3	8				鳞毛蕨科	1	3			
百合科	15	41		1		木贼科	1	7				球子蕨科	2	2			
藜科	13	15	1	4		茄科	5	6				柏科	2	2			
蓼科	5	35		2		灯心草科	2	6				桑科	2	1			1
玄参科	16	33	3	1		车前科	1	4		1		苋科	1	2			
杨柳科	3	33		2		败酱科	2	5				睡莲科	2	2			
唇形科	19	26		9		香蒲科	1	5				小蘗科	1	2			
伞形科	19	31		1	1	泽泻科	2	4		1		水马齿科	1	2			
紫草科	11	21	1			卷柏科	1	5				卫矛科	1	2			
桔梗科	4	14	1	5		松科	3	4		1		葡萄科	2	2			
堇菜科	1	19				列当科	2	3		1	1	瑞香科	2	2			
报春花科	6	19				蹄盖蕨科	3	4				菱科	1	2			
龙胆科	8	15		1		金丝桃科	1	4				小二仙草科	1	2			
景天科	2	11		2		白花丹科	2	4				川续断科	1	2			
鸢尾科	1	12		1		榆科	1	2		2		黑三棱草科	1	2			
兰科	10	13				荨麻科	2	3				小麦冬科	2	2			
茜草科	3	9		2		檀香科	1	3				浮萍科	2	2			
桦木科	3	10		1		蒺藜科	3	3				单属、单种	30	29		1	
旋花科	4	11				芸香科	3	2	1			合计:	470	1201	21	104	12
虎耳草科	6	11				远东科	1	3				总种数	1338 (包括亚种、变种、变型)				

资料来源:潘学清和高耀山,1992

(2) 植物区系地理成分

1) 达乌里-蒙古成分,属于这一植物区系的地带性草原建群种有贝加尔针茅 (*Stipa baicalensis*)、大针茅 (*Stipa grandis* P. Smirn.)、羊草 (*Leymus chinensis*)、线叶菊 (*Filifolium sibiricum*)、小叶锦鸡儿 (*Caragana microphylla*) 等。

2) 泛北极成分,多为湿生、中生植物,所以在浅水、沼泽、草甸和森林植被中大量分布,在草原植被中相对较少,草原植物种的典型代表是落草 (*Koeleria cristata*),冷蒿

(*Artemisia frigida*) 是干旱草原的优势成分, 还有常见的北点地梅 (*Androsace septentrionalis*)、多裂委陵菜 (*Potentilla multifida*)、蓬子菜 (*Galium verum*)、画眉草 (*Eragrostis pilosa*) 等。

3) 古北极成分, 许多种是草甸植被的重要组成成分, 水生植物、湿生植物及森林、灌丛中的中生植物和草原中的旱生植物也有一些植物种类, 有拂子茅 (*Calamagrostis epigjos*)、假苇拂子茅 (*Calamagrostis pseudophragmites*)、老芒麦 (*Elymus sibiricus*)、偃麦草 (*Elytrigia repens*)、披碱草 (*Clinelymus dahuricus*)、南苜蓿 (*Medicago hispidagaertn*)、樟子松 (*Pinus sylvestris* var. *mongolica*)、沙地柏 (*Sabina vulgaris*) 等。

4) 东古北极成分, 多分布于山地森林、灌丛和草甸、沼泽植被中, 也有一些草原中旱生和旱生种, 有稠李 (*Prunus padus*)、钻天柳 (*Chosenia arbutifolia*)、偃松 (*Pinus pumila*)、冰草 (*Agropyron cristatum*) 等。

5) 东亚成分, 主要为森林成分, 包括蒙古栎 (*Quercus mongolica*)、山杨 (*Populus davidiana*)、茶条槭 (*Acer ginnala*)、山楂 (*Crataegus pinnatifida*)、山荆子 (*Malus baccata*)、油松 (*Pinus tabulaeformis*)、大果榆 (*Ulmus macrocarpa*)、山杏 (*Armeniaca sibirica*) 等。

6) 东西伯利亚成分, 有白桦 (*Betula platyphylla*)、黑桦 (*Betula dahurica*)、兴安落叶松 (*Larix gmelini*)、红皮云杉 (*Picea koraiensis*)、小穗柳 (*Salix microstachya*) 等。

7) 亚洲中部成分, 数量不多, 主要有阿尔泰针茅 (*Stipa krylovii* Roshev)、天山针茅 (*Stipa tianschanica*)、碱韭 (*Allium polyrhizum*)、狭叶锦鸡儿 (*Caragana stenophylla*)、九顶草 (*Pappophorum boreale*) 等。

8) 黑海-哈萨克斯坦-蒙古成分, 分布不多, 有糙隐子草 (*Cleistogenes squarrosa*)、细枝岩黄芪 (*Hedysarum scoparium*)、细叶鸢尾 (*Iris tenuifolia*) 等。

9) 世界成分, 主要是一些沼泽成分、水生成分及农田和村边的杂草, 如狭叶香蒲、芦苇等。

10) 哈萨克-蒙古成分, 有星毛委陵菜 (*Potentilla acaulis*)、二裂叶委陵菜 (*Potentilla bifurca*) 等。

11) 古地中海成分, 数量很少, 主要有红砂 (*Reaumuria soongorica*)、盐爪爪 (*Kalidium foliatum*)、芨芨草 (*Achnatherum splendens*) 等。

12) 东北成分, 代表种主要有西伯利亚杏 (*Prunus sibirica*)、山刺玫 (*Rosa davurica*) 等。

13) 华北成分, 代表种有虎榛子 (*Ostryopsis davidiana*) 等。

14) 欧洲-西伯利亚成分, 包括猪毛蒿 (*Artemisia scoparia*) 等。

15) 蒙古种与戈壁蒙古成分, 有女蒿 (*Hippolytia trifida*) 等 (潘学清和高耀山, 1992)。

(3) 植物生活型

呼伦贝尔草地被子植物的生活型为乔木、灌木、半灌木、多年生草本及一、二年生草本植物 5 个主要生活型。半灌木植物冷蒿、木地肤 (*Kochia prostrata*) 在局部地区可成为优势种。在盐化草甸植被中半灌木有盐爪爪、细枝盐爪爪 (*Kalidium gracile*) 等。多年生

草本植物 807 种, 包括直根型草本植物、根茎型草本植物、须根型草本植物、鳞茎型草本植物、块根块茎型草本植物、匍匐型草本植物、寄生型草本植物。直根型草本植物具有明显的主根, 有 359 种, 是草原植被的主要生活型, 包括豆科的苜蓿属、黄芪属、棘豆属、野豌豆属, 蔷薇科的委陵菜属, 菊科中的草本蒿类等。根茎型草本植物具有发达的地下茎, 茎节上的更新芽可萌发新枝条, 有 310 种, 包括羊草、拂子茅、假苇拂子茅、芦苇 (*Phragmites australis*)、寸草 (*Carex duriuscula*)、柄状薹草 (*Carex pediformis*) 等。须根型草本植物没有明显的主根, 地上枝条从分蘖节处形成, 常呈丛生状, 有 79 种, 针茅属、隐子草属、羊茅属中的若干种在草甸草原、典型草原中是建群植物, 落草、碱茅及鹅观草属的一些种在局部地区有建群作用, 早熟禾属、剪股颖属的许多种在草场中有一定数量的分布。莎草科、百合科及鸢尾科中的一些须根型多年生草本植物在草场中也占有较重要的地位。鳞茎型草本植物具有地下鳞茎, 更新芽着生在鳞茎节上, 百合科植物多属这一类, 有 26 种, 多为伴生种, 多根葱可为优势种。块根块茎型草本植物具有短而肥大的地下块根或块茎, 有 7 种, 作用不大。匍匐型草本植物具有匍匐生长横卧地面的地上茎, 具较强的营养繁殖能力, 有 12 种, 主要是委陵菜属植物, 是草甸植被的伴生成分。寄生型草本植物依靠从寄主植物体内吸取营养而生存, 有 7 种, 如菟丝子 (*Cuscuta chinensis*)、列当 (*Orobanchae coerulescens*) 等。一、二年生草本共 225 种, 在草甸草原中是次要伴生种, 在干草原中尚能形成层片, 在干旱的沙地、盐碱地、退化较严重的草场及撂荒地上有很重要的作用。在多雨年形成盖度大的一、二年生草本植物群落, 主要有狗尾草 (*Setaria viridis*)、虎尾草 (*Chloris virgata*)、画眉草、猪毛菜、烛台虫实 (*Corispermum candelabrum*) 及蒿类的植物种 (潘学清和高耀山, 1992)。

(4) 植物生态类型

按照植物对水分条件的适应性, 呼伦贝尔草地被子植物可分为水生植物、湿生植物、中生植物、旱生植物四大类群。水生植物是指植物体全部或部分淹没在水中生存的一类植物, 有 29 种, 有沉水植物、浮水植物、浮叶根生植物以及挺水植物。湿生植物是生长在沼泽及沼泽草甸等潮湿生境中的一类植物, 抗旱能力弱, 有 74 种。中生植物是生长在水分条件适中生境中的植物, 是湿生与旱生植物的中间类型, 有 829 种, 包括湿中生植物 52 种, 典型中生植物 665 种, 旱中生植物 112 种。旱生植物生于干旱的生境中, 能忍受较长时间的干旱, 有 244 种, 包括: 中旱生植物 114 种, 代表植物如线叶菊、贝加尔针茅、沟叶羊茅 (*Festuca rupicola*)、羽茅 (*Achnatherum sibiricum*)、棉团铁线莲 (*Clematis hexapetala*)、细叶白头翁 (*Pulsatilla turczaninowii*)、展枝唐松草 (*Thalictrum squarrosum*)、蓬子菜、射干鸢尾 (*Iris dichotoma*)、柳叶菜枫毛菊 (*Saussurea epilobioides*)、麻花头 (*Serratula centauroides*)、羊草、斜茎黄芪 (*Astragalus adsurgens*)、多叶棘豆 (*Oxytropis myriophylla*)、草木犀状黄芪 (*Astragalus melilotoides*)、长伞红柴胡 (*Bupleurum scorzonifolium*)、兴安胡枝子 (*Lespedeza davurica*)、黄花苜蓿、裂叶荆芥 (*Schizonepeta tenuifolia*)、野火球 (*Trifolium lupinaster*) 等; 典型旱生植物 119 种, 主要植物如大针茅、克氏针茅、冰草、糙隐子草、中华隐子草 (*Cleistogenes chinensis*)、落草、丛生隐子草 (*Cleistogenes caespitosa*)、百里香 (*Thymus serpyllum*)、冷蒿、星毛委陵菜、细叶胡枝子 (*Lespedeza hedyaroides*)、草麻黄 (*Ephedra sinica*)、知母 (*Rhizoma Anemarrhenae*)、细叶鸢尾、银灰旋花 (*Convolvulus*

ammannii Desr.)、早熟禾 (*Poa annua*) 等;强旱生植物 11 种,主要有戈壁针茅、冠芒草、红砂等(潘学清和高耀山,1992)。

(5) 植物对土壤基质条件的适应类型

呼伦贝尔草地植物可分为酸土植物、盐土植物和沙生植物。酸土植物主要出现在大兴安岭林区林下的植物层片中,如岩高兰 (*Empetrum nigrum*)、杜香 (*Ledum palustre*) 等。盐土植物是在可溶性盐分(氯化钠)含量相当高的土壤上生长的植物。在呼伦贝尔高平原中部,盐渍化、盐碱化低地分布面积较大,盐土植物也出现很多。按盐土植物对土壤盐分适应性的特点,可分为真盐土植物、兼性盐土植物与泌盐性植物。真盐土植物具有肉质化的叶或茎,其灰分中的含盐量很高,如盐爪爪、盐角草 (*Salicornia europaea*)、碱蓬 (*Suaeda heteroptera*) 等。兼性盐土植物是在一定程度上适应较轻度盐化土的植物,如芨芨草、野大麦 (*Hordeum brevisublatum*)、寸草苔等。泌盐性植物可把吸收到体内的可溶性盐分从叶面分泌腺分泌出来,然后经降水的淋洗,归还到土壤中,如红砂、补血草 (*Limonium sinense*) 等。沙生植物是生长在松散的不稳固的沙土基质上的一类植物,具有较发达的根系,营养繁殖能力很强。沙生植物分布广泛、种类多,包括樟子松森林植被、沙地小叶锦鸡儿灌丛植被、差巴嘎蒿 (*Artemisia halodendron*)、木本猪毛菜 (*Artemisia arenaria*) 半灌木植被等。呼伦贝尔典型沙生植物还包括籽蒿 (*Artemisia sphaerocephala*)、山竹岩黄芩 (*Hedysarum fruticosum*)、沙蓬 (*Agriophyllum squarrosum*)、黄柳 (*Salix gordejvii*) 等(潘学清和高耀山,1992)。

1.2.1.3 植被特征

(1) 地带性植被

呼伦贝尔草原植被水平分布规律主要体现在岭西及呼伦贝尔高平原上,属经向地带性分布。由东向西是草甸草原和典型草原,依次是线叶菊、贝加尔针茅、羊草、大针茅、克氏针茅 5 个群系(潘学清和高耀山,1992)。

线叶菊草原是双子叶杂类草占优势的草原群系,主要分布在大兴安岭东西两麓低山丘陵地带和呼伦贝尔高原东部边缘,并且和贝加尔针茅草原、羊草草原形成稳定的生态序列组合。在海拉尔河中游及其支流伊敏河流域也有较大面积。线叶菊草原的分布边界可作为划分森林草原地带与典型草原地带的主要参考依据。线叶菊草原类型的分布与比较湿润而寒冷的山地大陆性气候保持着一定的密切联系,具有明显的寒生草原的特性。在线叶菊草原中,多年生双子叶草本植物占有重要地位,其中,菊科草类占总数的 15.5%,豆科占 13%,蔷薇科占 7.5%,石竹科占 5.0%。单子叶植物多年生丛生禾草和莎草类也是草群的主要成分,共占 6.5%,其他科多年生草类合计占 26.5%。线叶菊草原是由草原成分(占 61.7%)、草甸成分(占 20.9%)以及森林草甸成分(占 17.4%)综合形成的一种混合型草本植被。草原成分中适应半湿润—半干旱森林草原气候的中旱生植物居于首位(占 40%以上),广旱生草原植物与草甸中生植物接近相等(21.4%和 20.9%),森林草甸中生植物也占相当比例(占 17.4%)。线叶菊草原由 8 个区系地理成分构成,其中亚洲中部东蒙古成分(包括达乌里—东蒙古成分的中国东北—达乌里—内蒙古成分)构成群系的基本核心。线叶菊草原群系内部分化为线叶菊—贝加尔针茅草原、线叶菊—大针茅草原、线