

草地退化后陕北农牧交错带生态系统重建模式研究

蒙晓¹, 李晶¹, 任志远¹, 王晓峰²

(1. 陕西师范大学 旅游与环境学院, 陕西 西安 710062; 2. 长安大学 资源学院, 陕西 西安 710054)

摘要: 为了建立草地退化后陕北农牧交错带生态系统的重建模式, 首先需要找出驱动草地退化的主导因素, 然后针对这些主要的驱动因子进行研究, 以建立合理重建模式。在定性描述陕北农牧交错带草地退化驱动因素的基础上运用主成分分析方法, 选取与草地退化密切相关并比较容易获取的数据作为变量, 通过分析得出影响草地退化的主要因素, 并针对这些主要影响因素提出防治措施。此外, 根据各地区的水分条件以及草地退化的严重程度提出一些具体的实施办法, 建立了草地退化后陕北农牧交错带生态系统的重建模式。

关键词: 草地退化; 驱动力; 主成分分析; 重建模式

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2011)03-0140-05

中图分类号: S812.29

Ecosystem Reconstruction Model of Degraded Grasslands in Mixed Cropland — Grassland Zone in Northern Shaanxi Province

MENG Xiao¹, LI Jing¹, REN Zhi yuan¹, WANG Xiao-feng²

(1. College of Tourism and Environment Science, Shaanxi Normal University, Xi'an, Shaanxi 710062, China;

2. College of Earth Science and Land Resources of Chang'an University, Xi'an, Shaanxi 710054, China)

Abstract: Based on the qualitative description of the driving factors for grassland degradation in the mixed cropland—grassland region in Northern Shaanxi Province, we chose the dominant factors that were closely correlated to the grassland degeneration and also relatively easy to acquire, and obtained the most dominant factors affecting the grassland degradation using a principal component analysis and multiple linear regression analysis. Furthermore, for those selected factors, we proposed the prevention measures to control the degeneration of grassland in Northern Shaanxi Province. In addition, we suggested some concrete counter measures based on the moisture conditions and the severity of grassland degradation. Finally, we proposed a model of reconstructing the degraded ecosystem in Northern Shaanxi Province.

Keywords: grassland degradation; driving force; principal component analysis; reconstruction model

农牧交错带是指以草地和农田大面积交错出现的以典型景观为特征的自然群落与人工群落相互镶嵌的生态复合体; 在过渡带内, 种植业和草地畜牧业在空间上交错分布, 在时间上相互重叠, 一种生产生活方式逐步被另一种生产生活方式所取代。它在学术上被定性为“边际土地”, 土地瘠薄, 草覆盖度低, 生态系统脆弱, 生产力低下, 生产方式是自然放牧为主的草地畜牧业。其划分主要是以研究区的气候特点、土壤条件、植被特点以及人地关系等条件为依据。我国农牧交错带的气候特点为干湿波动明显且波动幅度大于温度变化幅度, 年平均降水量 380 mm, 降水

变率在 25% 以上。植被类型主要为森林—森林草原—草原—草甸草原植被景观。土地利用在自然背景下呈现农区、牧区交错分布特点。由于气候呈波动性变化, 农牧业结构也呈现波动性交替。

近年来, 人类对我国陕北农牧交错带草原的利用和破坏程度远远超过了草地的载荷量, 如果不及时对退化的草地生态系统采取正确的重建措施, 最终整片草地会变成一片荒漠。我国近年提出区域性“生态—生产模式”的恢复途径, 对退化草地的恢复重建的研究开辟了新的领域。与此同时国外对草地退化方面的研究也取得很大进展, 其中 Geist 和 Lambin 于 2004 年通

收稿日期: 2010-09-25

修回日期: 2011-02-28

资助项目: 国家自然科学基金项目“关中天水经济区种植业生态服务功能的时空变异性与尺度效应”(41001388); 国家自然科学基金项目“生态导向的陕北能源工矿区主体功能区划及可持续”(41040011); 中央高校基本科研基金项目“陕北农牧交错带草原退化生态系统恢复重建的机理及在碳贸易中的价值评估”(GK200902023)

作者简介: 蒙晓(1987—), 女(汉族), 陕西省咸阳市人, 在读研究生, 研究方向为资源环境 RS 与 GIS。E-mail: mengqingsen1987@163.com。

过文献研究,形成了关于世界干旱区土地退化的驱动因素的一个基本框架,这些对我们探索退化草地生态系统的重建模式具有深远的意义。本文是以该领域的前期工作和本项目的研究工作为基础,初步探索草地退化后陕北农牧交错带生态系统的重建模式^[1]。

1 研究区概况

1.1 研究区域的自然地理背景

陕北农牧交错带位于东经 $107^{\circ}35' - 111^{\circ}29'$, 北纬 $37^{\circ}35' - 39^{\circ}02'$, 地处陕西省北部, 西临甘肃、宁夏, 北连内蒙古, 东与山西隔黄河相望, 南与延安接壤, 处于毛乌素沙漠南缘、陕北黄土高原北端, 土地总面积为 $3.61 \times 10^6 \text{ hm}^2$ 。该区平均海拔为 $800 \sim 1800 \text{ m}$ 。气候属于内陆典型草原气候, 年日照总时数为 $2549.4 \sim 2855.7 \text{ h}$, 年平均气温 $7 \sim 9 \text{ }^{\circ}\text{C}$, 最高气温 $36.4 \sim 38.9 \text{ }^{\circ}\text{C}$, 最低气温 $-26.2 \sim -20.2 \text{ }^{\circ}\text{C}$, 无霜期为 $157 \sim 185 \text{ d}$ 。年降水量小, 而且年际变化大, 地域间很不平衡, 区内年平均降水量 $250 \sim 450 \text{ mm}$, 蒸发量 $1152 \sim 1290 \text{ mm}$, 总的分布趋势是东部大于西部, 南部大于北部, 且多有暴雨出现。年内降水最多集中在 $6 \sim 9$ 月份, 约占全年降水量的 70% 以上。植被分布具有明显的水平分带, 地带性植被呈现出荒漠、荒漠草原向森林草原过渡特征。研究区土地利用方式在定边、靖边以干旱农业为主, 向东北过渡为榆林、佳县、神木、府谷的半农半牧区, 是典型的农牧交错带。

研究区共 174 个乡镇, 包括榆阳、神木、府谷、横山、靖边、定边、佳县等 7 县区。总人口 212.99 万人, 其中农业人口 178.71 万人, 人口密度 0.587 人/hm^2 。国民经济以农业经济为主, 且种植业占据农业的中心地位, 由于区域自然条件恶劣, 特别是不合理的利用土地、滥垦滥伐, 大量植被和草原遭到严重破坏, 全区风蚀沙化十分严重, 生态环境变化较大。

1.2 研究区草地退化现状

近年来, 由于人口的增长, 以往的简单粗放, 靠天吃饭的生活方式不能满足人们的需求, 所以随之而来的大牲畜的数量增加, 人类的各种活动, 都导致了草地退化。为了满足畜牧要求, 人们通过延长放牧时间, 增加放牧密度等措施来满足放牧需求, 久而久之, 导致放牧量超过了草原的承载能力, 草原生产力下降, 由此形成了恶性循环, 最终草地的生长速度赶不上牲畜的食草量, 再加上大量牲畜对草地的踩踏, 最终导致目标区严重的草地退化, 草地生态系统受到破坏。据统计, 近年来目标区域的草地平均以 0.41% 的强度逐渐减少, 减少的草地主要转化为林地和沙

地^[2-3]。因此, 对于草地严重退化的陕北农牧交错带进行恢复重建是十分必要且紧迫的。附图 3—5 为 $1990 \sim 2006$ 年间研究区的草地退化现状。

2 陕北农牧交错带草地退化驱动力的定量分析

引起草地退化的驱动力因素是多方面的, 归结起来主要包括两个方面, 分别是自然驱动力因子和人文驱动力因子, 其中引起陕北农牧交错带草地退化的自然因素很多, 综合起来主要是气候条件、水资源、日照条件等, 而人文因素主要是指人类活动对草地退化的影响。这里运用主成分分析方法在众多的影响因素中提取出引起陕北农牧交错带草地退化的主要驱动因子^[4], 以便在对其进行恢复重建时采取恰当的措施。本文分析时所用的指标数据的时间序列为 $1990 \sim 2003$ 年, 原始数据在《榆林市统计年鉴》上查得^[5]。

引起草地退化的主要自然驱动因子有平均气温、年降水量、年平均风速、无霜期日数、大风日数、全年日照。

主要人文驱动因子有总人口、耕地面积、大牲畜存栏数、工业总产值、农业总产值、国内生产总值、工业废气排放量、工业废水排放量。

2.1 草地退化驱动因子的主成分分析

对 14 个因子进行主成分分析, 提取出其中主要影响陕北农牧交错带草地退化的因子。主成分分析方法中的特征值与特征向量及主成分贡献率与累计贡献率的计算是借助 SPSS 软件来完成。计算得出特征值及各个主成分的贡献率与累计贡献率(见表 1)。

表 1 4 个因子主成分特征值及主成分贡献率

成分	初始特征值			提取平方和载入		
	合计	方差的/%	累积/%	合计	方差的/%	累积/%
1	6.356	45.402	45.402	6.356	45.402	45.402
2	1.927	13.761	59.163	1.927	13.761	59.163
3	1.560	11.144	70.308	1.560	11.144	70.308
4	1.187	8.476	78.784	1.187	8.476	78.786
5	1.021	7.291	86.075	1.021	7.291	86.075

2.2 结果分析

表 1 中前 5 个主成分因子的累积贡献率已经达到 86.057% , 完全达到分析要求。第 1 个主成分在总人口, 国内生产总值, 工业废气排放量上有很大的载荷, 表明陕北农牧交错带的草地退化主要与人口压力的增大, 各种产业的发展, 以及工业发展引起的气候环境的变化有关, 第 1 主成分对草地退化的贡献率

为 45.402%，是草地退化的主导驱动因子。第 2, 第 3, 第 4, 第 5 个主成分在大牲畜存栏数、工业废水排放量、平均气温、年降水量上具有很大的载荷, 表明陕北农牧交错带草地退化主要与牲畜数量的增加, 工业发展引起的水体污染以及气温降水量等气候因子有关, 这 4 个主成分的累计贡献率为 45.402%, 也对草地退化产生了一定的影响。

3 对退化草地进行恢复重建

3.1 由主要驱动因子决定恢复重建模式

由以上主成分分析可知, 对陕北农牧交错带草地退化的主要影响因素分别是人口的的压力, 大牲畜数量的增加, 工业的发展造成的环境污染, 环境污染引起的整个地区平均气温上升以及年降水量减少, 所以, 引起陕北农牧交错带草地退化的主要原因是人文方面的因素, 要对退化的草地进行重建, 就要从引起草地退化的重要驱动因子入手。具体模式如图 1 所示。

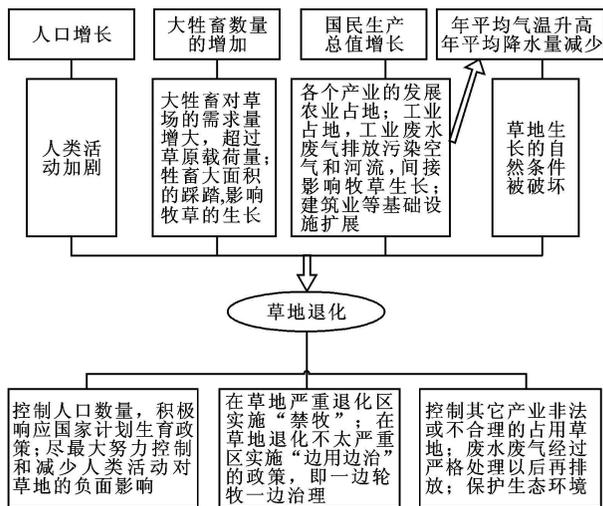


图 1 由主要驱动因子决定的重建模式

3.2 由降雨量决定恢复重建模式

根据生态适应性原则, 春季至夏初有透雨, 降水量在 500 mm 以上的地区以“还林”为主; 400~500 mm 地区应以“还灌”为主; 400 mm 以下应以“还草”为主; 300~400 mm 湿润度为 0.9~1.2 的草原带实施草灌结合^[6]。但具体问题还要具体对待。首先, 种草还是种树, 必须符合自然生态进展演替的规律, 做到适地适草或适地适树。西北地区降水量较少, 生境条件极为严峻, 在这种生境条件下进行植被恢复建设, 一定要做到以水定草或以水定树。从植物的耐旱能力来比较, 草本比灌木强, 灌木比乔木强, 针叶树比阔叶树强。树种蒸腾强度大的一般不耐旱, 故在西部的广大干旱和半干旱区营造阔叶林是不适宜的^[7]。

分析陕北农牧交错带的 7 个县区的降水量情况 (图 2), 7 个县区年降水量大部分处于 500 mm 以下, 特别是定边县 10 a 多中降水量基本上没有超过 500 mm, 而且有的年份降水量最低可达到 200 mm, 所以在这种地区进行植树造林是又浪费金钱又浪费时间, 没有任何效果。由图 2 分析可知, 大部分地区 10 a 多降雨量都处于 300~500 mm, 所以在陕北农牧交错带进行恢复重建时应该重点实施草灌结合的措施, 因为草灌耗水少, 覆盖迅速, 可以快速防止水土流失, 而且投入少, 成效大^[8]。

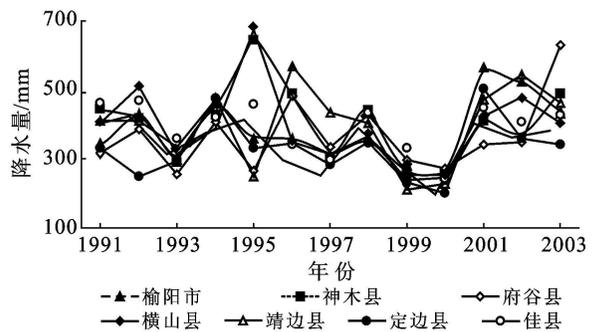


图 2 7 个县 1991—2003 年的降雨量分布

3.3 由草地退化严重程度决定恢复重建的具体实施办法

在对陕北农牧交错带的自然条件和其它环境条件进行分析以后, 可知对于目标区域重点是走还草工程、草灌结合的路子^[9]。首先需要对目标区的草地退化现状进行分析, 因为在自然条件和不同的人为因素下不同地区的草地退化程度是不一样的, 应对 7 个县区的草地退化程度进行考察。本文利用 1986 年和 2006 年两期遥感影像, 借助 ARCGIS 和 ERDAS 软件计算出 17 a 间研究区各县区草地退化面积 (见表 2)。

由表 2 的面积统计表分析, 可以将整个目标地区的草地退化程度分为 3 个等级, 分别是重度退化草地, 中度退化草地, 轻度退化草地。对于 3 种不同退化程度的草地需要采取不同的恢复重建措施^[10]。

3.3.1 轻度退化草地 在 1989—2006 这 17 a 中, 靖边县草地面积增加了 1 156.05 hm², 草地退化的面积小于其它类型土地转化为草地的面积, 定边县和横山县的草地退化面积分别为 1 599.16, 和 1 055.08 hm², 所以这 3 个县区属于轻度退化区。对轻度退化草地应采取自然恢复的措施^[11]。由于每一片草地都是一个小的生态系统, 而每一个生态系统都有其自身的自愈和恢复能力, 当然这个恢复能力都有一个阈值, 而轻度退化的草地生态系统没有超过阈值且具备

自我恢复的能力。退化时间不长的草地其土壤质地并未完全恶化, 而且其自身的植物种质资源也未从系

统中完全消失, 对其进行自然恢复以达到恢复重建的目的是完全可能的。

表2 7个县区草地退化面积统计表

hm²

土地转化类型	府谷县	横山县	神木县	靖边县	榆林市	定边县	佳县
草地—水体	12 754.04	20 793.48	48 290.35	14 468.86	32 003.32	48 722.57	3 789.84
草地—林地	17 419.43	1 325.82	70 275.77	3 558.77	7 135.39	3 843.33	2 407.69
草地—耕地	24 119.26	17 238.03	48 664.85	29 198.88	28 607.05	19 071.83	15 388.33
总计	54 292.73	39 357.33	167 231.00	47 226.51	67 745.76	71 637.73	21 585.86
水体—草地	5 567.38	20 895.12	41 485.93	5 607.76	31 678.02	42 924.80	3 583.35
林地—草地	20 449.02	1 403.25	62 189.58	4 945.58	10 985.30	3 911.17	3 094.41
耕地—草地	3 754.49	16 003.88	41 281.03	37 829.22	14 913.45	23 202.60	11 031.60
总计	29 770.89	38 302.25	144 956.50	48 382.56	57 576.77	70 038.57	17 709.36
减少草地	24 521.84	1 055.08	22 274.44	- 1 156.05	10 168.99	1 599.16	3 876.50

注: 草地—水体指由草地类转化为水体类的面积, 草地—草地指稳定区域的面积, 其它转化类型依次类推。

(1) 合理调控畜群。通过轻度合理的放牧来促进退化草地的恢复, 这种措施可以促进植物的生长, 改善草地生态系统的物质循环, 最终达到恢复重建退化草地的目的。

(2) 实施禁牧。由前面分析可知, 人口压力和牲畜数量的增长是引起陕北农牧交错带草地退化的主要原因, 由于区域内人口数量的增长导致牲畜数量的增加, 最终造成载畜量超过草地的承载能力, 从而引起草地退化^[12]。因此要对退化草地进行恢复, 禁牧是非常必要且有效的措施。具体的实施办法是对轻度退化的草地划清区域以后, 将需要自然恢复的草地进行围栏封育, 在封育期禁止在该地区放牧^[13]。封育期的时间可以是几个月, 一年乃至好几年, 具体的依草地退化的程度和草地恢复的情况而定。

3.3.2 中度退化草地 主要包括佳县、定边县和榆林市。其退化面积分别为 3 876.50, 1 599.16 和 10 168.99 hm²。对中度退化的草地的恢复重建应采取自然恢复与人工促进相结合的办法。中度退化的草地较轻度退化草地的退化更严重, 对于中度退化的草地仅采取自然恢复的办法是不行的, 必须有人工力量的介入。具体的实施办法是在目标地区实施禁牧的同时, 人为地帮助调节水源, 改善草地生长的土壤结构, 对牧草地土壤所缺乏的营养元素给予补给, 最终在自然恢复和人工辅助的基础上达到退化草地的恢复目的。

3.3.3 重度退化草地 主要包括府谷县、神木县、榆林市, 其草地退化的面积分别是 24 521.84, 22 274.44 和 10 168.99 hm²。对重度退化草地的恢复重建采取人工促进生态重建的办法。因为重度退化的草地生态系统其土壤理化性状已经完全恶化, 如果让其进行自然恢复是一个很缓慢的过程, 甚至在有的退化严重的

地区是不可能实现, 所以在该地区要采取人工改良措施进行恢复和重建。人工改良措施主要是从改善土壤的物理性状和营养状况以及改善退化草地生态系统的种源条件等方面进行恢复重建。

(1) 改善种源条件。主要通过补播本土优良牧草来实现。补播牧草可以增加植被恢复速率, 是加快某些优良牧草繁殖或扩张速率, 实现快速恢复的有力措施。补播或混播豆科牧草是较常用的退化草原恢复改良措施。

(2) 改善土壤的营养状况。草原施肥是从生态系统物质循环的角度出发, 可从根本上改善植物生长所需的营养元素, 保证草原生态系统物质输入与输出间的平衡, 实现系统持续生产的重要措施。对草原施肥尤其是 N 肥其效果较为明显。

(3) 改善土壤物理性状。对于草原退化后的陕北农牧交错带生态系统可采用松土浅耕翻等措施。浅耕翻松土对退化草地生态系统的恢复有明显的效果, 进行松土处理后, 土壤通气性好转, 孔隙度增加, 且有利于土壤动物和微生物的活动。另外浅耕翻松土还可切断根茎性植物, 如切断优良牧草羊草的地下茎而促进其萌率, 增加其枝条密度, 从而增加其恢复速率。

3.4 国家政策的扶持

对草地退化后的陕北农牧交错带的重建除了以上的具体措施之外, 国家大的宏观调控政策的支持也是非常重要的, 因为国家政策的支持为我们进行恢复重建提供了一个可以进行的大环境, 并且能从各个方面给予支持。

(1) 提高思想认识。利用各种宣传手段和新闻媒体, 大力宣传草地退化引起的严重危害, 并使人们意识到预防的紧迫性和恢复的重要性, 从而引起社会各方面的关注, 并得到广大人民群众的支持。

(2) 加大资金投入。在对退化草地进行重建恢复的过程中, 资金的投入是非常重要的, 所以在意识到其重要性后国家应该加大对它的资金投入, 是退化草地的恢复重建能够顺利进行。

(3) 加强法制教育。国家应认真执行《草原法》《森林法》《水土保持法》等重要法律制度, 对全民加强

法制教育, 增强全民的生态环境保护意识^[4]。

(4) 制定科学规划。通过总结多年来的历史经验, 借鉴国内外成功先例, 针对陕北农牧交错区草地退化重建的问题制定出长远的发展目标。

综上所述, 初步建立草地退化后陕北农牧交错带生态系统的重建模式如图 3 所示。

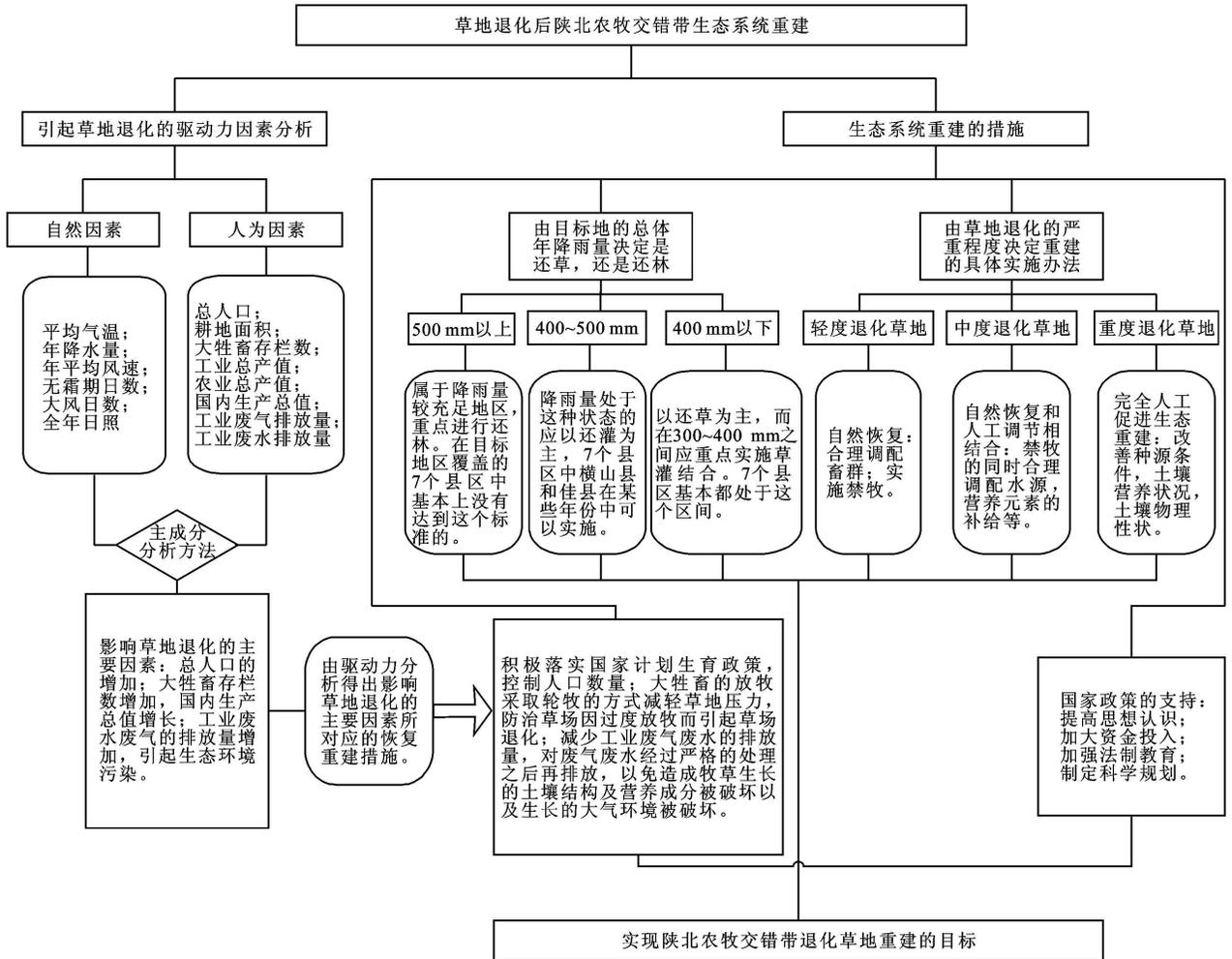


图 3 草地退化后陕北农牧交错带生态系统重建模式

4 结论

本文是对草地退化后的陕北农牧交错带重建模式的初步探索。陕北农牧交错带草地退化十分严重, 因此建立高效的退化草地生态系统重建模式十分必要。针对这些问题, 国家已经提出了很多防治措施, 例如“退耕还林还草”, “封山育林”等, 但是, 我们目前的现状仍然是“边治理, 边退化; 退化大于治理”。本研究从引起草地退化驱动因子、影响草地生长的条件以及不同草地的退化现状入手, 探讨了一些退化草地的重建措施。由于各方面数据有限, 提出的措施不够全面, 在后续的研究中仍需不断完善重建措施。另一

方面, 国家应该加强宏观调控的力度, 从政策上予以大力支持, 只有这样才能促进对退化生态系统的研究向更深更广的方向发展并取得好的成果。

[参 考 文 献]

[1] 李霞. 中国北方边际土地生物质能资源生产潜力估测 [D]. 北京: 北京师范大学, 2007.
 [2] 李金花, 李镇清, 任继周. 放牧对草原植物的影响[J]. 草业学报, 2002, 19(3): 4-11.
 [3] 贾科利. 基于遥感、GIS 的陕北农牧交错带土地利用与生态环境效应研究 [D]. 陕西 杨凌: 西北农林科技大学, 2007.

(下转第 160 页)

面向集体,通过调查,大部分农民都接受这 2 种形式的管护,这种方式不仅对租赁对象、拍卖对象有着经济上的收益,并且当地群众也能够得到一定的租金,彼此互惠互利,有利于上推动地方经济发展。因此今后对淤地坝的管护应侧重于租赁和拍卖的管护方式。

随着城镇化进程的加快,越来越多的农村人口流向城市,加上农民管护淤地坝技术比较差,使得许多淤地坝没有得到很好的保护而出现了较多的工程质量问题。应对承包个人或集体管护负责人进行定期培训,责任落实到人。及时上报工程质量,不能仅依靠国家上级部门下达文件后才进行调查和管护。

(4) 陕北大、中型淤地坝安全隐患最严重的部分为坝体隐患。坝体是淤地坝最重要的组成部分,它是其它所有淤地坝部件的支撑,也是下游村庄、建筑物不受洪水侵袭的安全保障,它的问题很大程度上影响了整个淤地坝的可持续利用,今后不仅要加大对坝体

进行维修的力度,更要在今后新修淤地坝时合理规划各部件,减少病险的发生,使其发挥出最大作用。

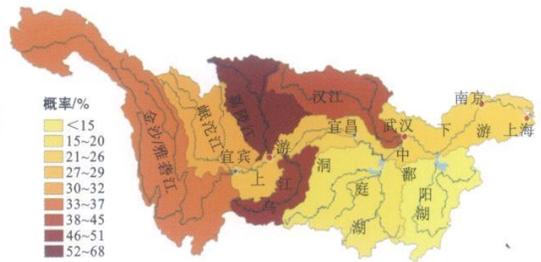
(5) 陕北大、中型淤地坝控制面积为 28 703.84 km²,占到了陕北土地总面积的 35.75%,并且拦沙总量达到了 4.11×10^{15} kg,充分体现了淤地坝的拦泥淤地作用,更加充分地肯定了淤地坝在陕北水土流失治理中的重要地位。

[参 考 文 献]

- [1] 韩兴,章瑞银.论生态系统修复与区域可持续发展的关系[J].水土保持研究,2004,11(18):198-200.
- [2] 姜峻,都全胜.陕北淤地坝发展特点及其效益分析[J].中国农学通报,2008,1(24):503-509.
- [3] 焦菊英,王万忠,李靖,等.黄土高原丘陵沟壑区淤地坝的淤地拦沙效益分析[J].农业工程学报,2003,19(6):302-305.
- (上接第 144 页)
- [4] 臧淑英,那晓东,李雁,等.大庆地区草地退化驱动机制分析[J].北京林业大学学报,2007,29(2):216-221.
- [5] 陈秋红.草地生态系统动态演化机制研究综述[J].草业与畜牧,2009(6):6-13.
- [6] 江立方,陈生会,白从义,等.草地退化后陕北农牧交错带生态系统重建模式的研究[J].家畜生态学报,2007,28(4):87-100.
- [7] 李辉霞,刘淑珍.西藏自治区北部草地退化驱动力系统分析:西藏自治区那曲县试验[J].水土保持研究,2005,12(6):215-217.
- [8] 朱连奇.区域受损生态系统的恢复与重建研究:以福建省长汀县和田山区为例[J].地域研究与开发,2001,20(1):58-61.
- [9] Chen J, Matsushita B, Eklundh L, et al. A simple method for reconstructing a high-quality NDVI time-series data set based on the Savitzky-Golay filter[J]. Remote Sensing of Environment, 1991, 20(3): 332-344.
- [10] 李博.中国北方草地退化及其防治对策[J].中国农业科学,1999,30(6):1-9.
- [11] 戴建华,孙科,陈辉.我国西部地区退化生态系统的恢复与重建探讨[J].福建林业科技,2010,37(1):115-120.
- [12] Zang S Y, Zang J, Jia L. Landscape change and its effect on the environment of Daqing City[J]. Progress in Natural Science, 2005, 15(7): 641-649.
- [13] 陈灵芝.退化生态系统恢复与人工生态系统重建研究刻不容缓[J].生物科学信息,1990,2(3):104-105.
- [14] 黄川,谢红勇,龙良碧.三峡湖岸消落带生态系统重建模式的研究[J].重庆教育学院学报,2003,16(3):63-66.



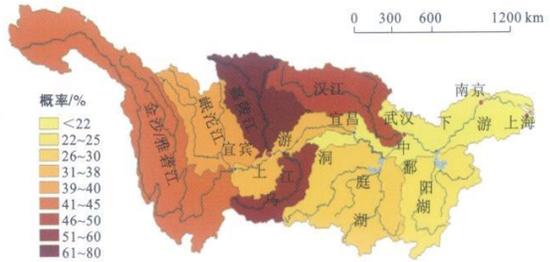
a ENSO事件年高低温灾害概率



b ENSO事件转换年高低温灾害概率

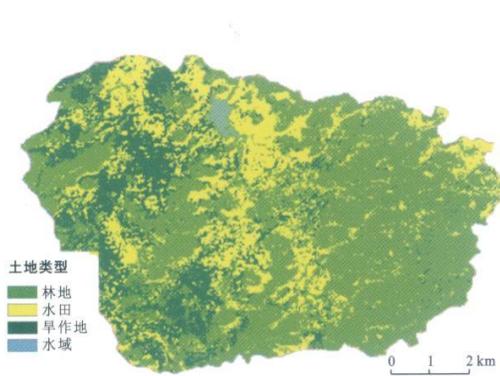


c ENSO事件年旱涝灾害概率

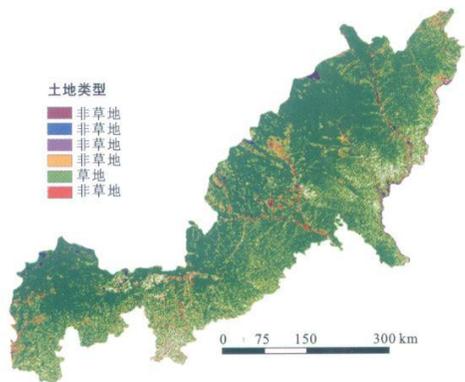


d ENSO事件转换年旱涝灾害概率

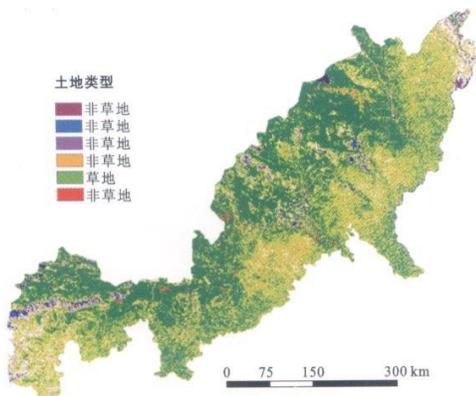
附图1 ENSO事件年和ENSO事件转换年气象灾害概率分布



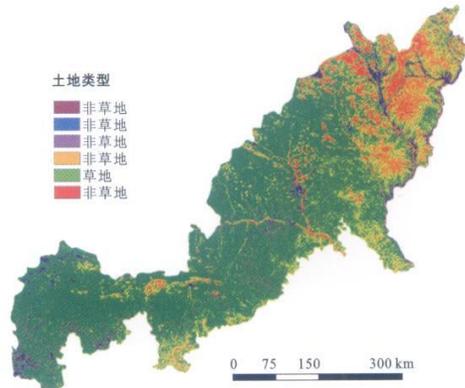
附图2 流域空间配置优化情景土地利用图



附图3 陕北农牧交错带1990年草地退化现状



附图4 陕北农牧交错带2000年草地退化现状



附图5 陕北农牧交错带2006年草地退化现状