

环境水容量对黄家寨镇景观稳定性影响的研究

张昊¹, 张伟华², 李文忠², 周心澄²

(1. 北京林业大学资源环境学院;

2. 北京林业大学水土保持学院, 水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室, 北京 100083)

摘要: 以青海省大通县黄家寨镇为研究对象, 分析该小流域“水分平衡”状况, 指出评价环境水容量承载力的指标体系, 探讨环境水容量对景观稳定性的影响。在此基础上, 为构建该区景观优化模式提供理论依据。

关键词: 环境水容量; 承载力; 景观稳定性

中图分类号: X173

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2005)06-0191-03

Studies on Influences of Landscape Stability by Water Carrying Capacity in Huangjia Town of Qinghai

ZHANG Hao¹, ZHANG Wei-hua², LI Wen-zhong², ZHOU Xin-cheng²

(1. College of Resource and Environment, Beijing Forestry University;

2. College of Soil and Water Conservation, B.F.U., Key Laboratory of Soil and Water

Conservation and Desertification Combating of the Ministry of Education, Beijing 100083, China)

Abstract: With the case of Huangjiazhai, Datong of Qinghai, the “water balance” status of small watershed was analyzed. The estimation indicators of carrying capacity of water were made clear. Effects of water carrying capacity on landscape stability were researched. So, on the base of above analysis, the theory basis of established optimal model for the region was offered.

Key words: water capacity of environment; carrying capacity; landscape stability

1 概述

青海省大通县特定的自然地理位置和水资源条件决定了水在当地社会经济发展、生态环境建设和资源可持续经营利用中的极端重要性。水是维持生态系统的关键因素, 是实现可持续经营的先决条件。环境水容量对经济发展与产业结构及其发展规模起着决定性作用。同时, 经济发展水平和产业结构直接影响到景观要素的配置, 从而影响景观的稳定性。大通县地处黄土高原和青藏高原的交接地带, 亦是生态系统交错带和脆弱带。因此, 大通县的生态稳定性对于西北地区乃至全国均具有生态战略意义。本文以大通县的黄家寨镇小流域为例, 提出了环境水容量最大承载力的分析方法, 并以此来分析青海省东部地区环境水容量的承载力及景观稳定性。

环境水容量承载力的概念是指在一定的历史发展条件下, 以可以预见的技术、经济和社会发展水平为依据, 以可持续发展为原则, 以维护生态环境良性循环为条件, 经过合理的景观要素优化配置, 环境水容量对该地区社会经济发展的最大支撑能力。影响环境水容量承载力的主要因素包括水资源的数量、质量和保持水土能力, 以及与之相关的生产水平、社会消费水平、科学技术、人口和劳动力等其它环境资源潜力。景观是由气候、地貌、岩石和土壤、植被、水文5大要素构

成的, 景观的稳定性是由组成其各要素的稳定性所决定的, 所以, 环境水容量与景观的稳定性密切相关。

2 研究区概况

2.1 自然条件

黄家寨镇位于大通县的浅山区和川水区, 面积 26.97 km², 海拔 2 500~3 500 m, 土壤大部分为黄土母质上发育的栗钙土或黄褐土; 日照时数长, 太阳辐射强, 光能资源丰富, 全年平均日照时数在 2 600 h 以上; 热量水平低, 气温日较差大, 年平均温度为 5℃, 全年 5℃的积温为 1 700℃; 年降水量 576.1 mm, 降水比较充裕, 是当地惟一的水分来源, 但季节分配不均, 降水变率较大; 冰冻期长, 无霜期短, 全年无霜期 100 d 左右, 霜冻、冰雹、春旱、秋涝等气象灾害较多。

2.2 社会经济条件

黄家寨镇全镇管辖 33 个行政村, 总人口 14 526 人, 总面积为 2 967 hm², 林地 139.16 hm², 草地 432.25 hm², 农地 2 122.03 hm² (其中坡耕地 1 065.42 hm²), 2001 年全镇存栏各类牲畜 25 967 头 (只), 社会商品零售额 9 963.6 万元, 个体工商户和运输户共 985 户, 国内生产总值 1.08 亿元, 工农业生产总值 6 213 万元, 其中农业生产总值 2 037 万元, 地方财政收入 109 万元, 人均收入 2 109 元。

* 收稿日期: 2005-01-24

基金项目: “十五”国家科技攻关项目“退耕还林还草工程区水土保持型植被建设技术与示范”(2001BA510B01)

作者简介: 张昊 (1963-), 男, 博士生, 副教授, 主要研究方向: 植物生态学、草地生态学; 责任作者: 周心澄 (1944-), 男, 教授, 研究方向: 水土保持、荒漠化防治。

3 研究方法

根据 50 多个不同立地条件标准地调查以及各种地上不同植被类型水分耗水量测定结果,选取流域降水量作为整个系统的环境水容量,流域内总耗水量作为承载力指标。研究环境水容量与环境承载力之间的关系,进而研究各景观要素与环境水容量的关系,通过人均环境水容量变化对景观干扰程度,判断景观的稳定性,为调整产业结构,实施退耕还林(草)提供理论依据。

表 1 年耗水量统计							亿m ³
耗水类型	森林	草地	水保	农田	生活	其它	合计
耗水量	0.0052	0.0712	0.001	0.2329	0.0032	0.0003	0.3138

4 研究结果分析与讨论

4.1 黄家寨镇小流域环境水容量承载能力的指标体系

环境水容量承载能力受诸多因素的影响。第一层次(1 级指标)确定为水资源状况、经济发展水平、生态和环境状况、人口状况四个主要方面(B₁~B₄),再将 1 级指标细分,筛选出人均环境水容量总量、人均水资源利用量、人均 GDP、第一产业比重、人均灌溉面积、人均耕地面积、植被面积比重、河流道路面以及村镇所占面积的比重、人口密度、城镇化水平等 13 个二级指标(C₁~C₁₃),首先构造其指标体系,并提出环境水容量承载能力评价的概念模型。(图 1)

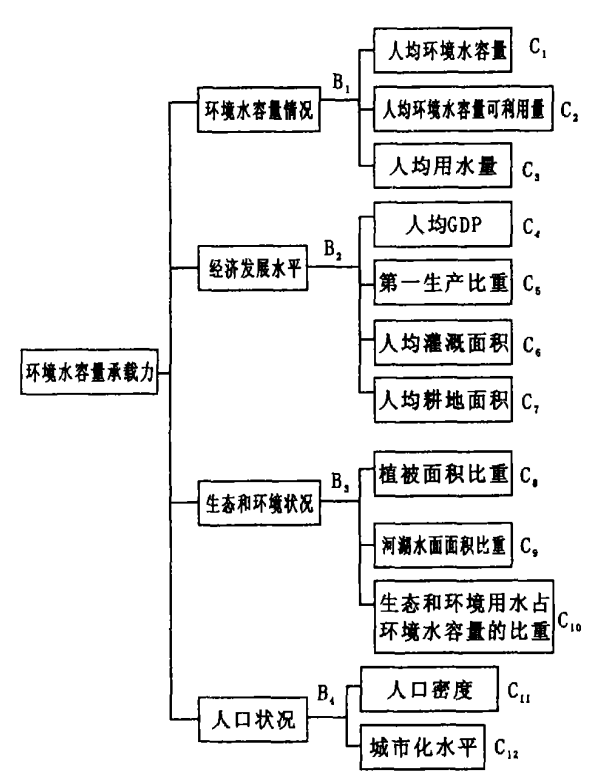


图 1 环境水容量承载力评价的概念模型

4.2 基于最大可供耗水量的环境水容量承载能力评价模型

建立基于最大可供耗水量的环境水容量承载能力的概念模型,其主题思路是考虑社会、经济、环境、生态等多种背景特征,以环境水容量作为约束条件,提出该背景情况下的最大可供耗水量,作为环境水容量的量化评判指标,得出黄家寨镇环境水容量承载能力的定性判断,即超载或者尚有潜力。

4.2.1 最大可供耗水量计算模型

目标函数 $\text{Max} HSL$

约束条件 $ZGMU + GM_{GDP} + SH_{EN} = W_E$ (1)

$ZGMU, GM_{GDP}, SH_{EN} \geq 0$ (2)

式中: HSL ——最大可供耗水量; W_E ——环境容量; $ZGMU, GM_{GDP}, SH_{EN}$ 分别为某种情况下,人类的直接耗水量、国民经济耗用水量,生态和环境耗用水量。

人类生活直接耗水与人口数量,人均 GDP,现状用水,节水状况,地域特点等因素有关;国民经济耗用水量与人口数量、GDP、产业结构、现状用水等因素有关;生态耗水与植被面积,河流面积,现状用水,保护措施等因素有关; W_E 为环境水容量,环境水容量减去生态和环境耗水量,称为国民经济水资源可利用量。

4.2.2 环境水容量承载能力的评判方法

$\text{Max} HSL \leq W_E$ 预测 环境水容量承载能力不足

$\text{Max} HSL > W_E$ 预测 环境水容量承载能力有潜力

上述概念模型和评判特点就是将水容量环境和社会、经济、环境等各种背景情况联系在一起,考虑一定的背景情况下最大的可支撑人口数量,并且评判它与预测数量的关系,由此获得环境水容量承载能力判断。

4.2.3 黄家寨镇环境水容量承载能力分析

(1) 环境水容量 W_R 和总耗水量。黄家寨镇流域总面积为 29.67 km²,环境水容量 W_E 为 0.1709 亿 m³,而林地耗水为 0.052 亿 m³,草地耗水量为 0.0712 亿 m³,水土保持耗水为 0.001 亿 m³,农田为 0.2329 亿 m³,人口直接耗水量为 0.0032 亿 m³,其他为 0.0003 亿 m³。总的耗水量为 0.3138 亿 m³,与小流域的总环境水容量相比,消耗大于贮存容量,处于水资源透支。按照环境水容量承载能力的评判方法,说明区域内近期(2001 年资料)环境水容量承载能力严重不足,分析上述耗水模型,其中农田是首要需水大户,约占整个需水量的 74.1%,因此调整农田种植面积势在必行。退耕还林,特别是种植耗水量小的针叶林最为重要。按照计算结果,耗水每年透支 0.1429 亿 m³,相当于 1302.01 hm² 农田的耗水量。也就是说,退耕还林 1302.01 hm²,总的环境水容量与总耗水量大致持平,考虑到退耕后林木耗水量仍然较大,因此还应多退一些耕地才能达到水分平衡。

(2) 现状经济发展及其预期值。黄家寨镇 2001 年 GDP 为 1.08 亿元,人均纯收入为 2109 元。按照人口年净增 3‰ 计算,粮食 1.5 元/kg,到 2005 年人均纯收入为 2530.8 元,2010 年为 3058.5 元。

表 2 黄家寨镇历年人均收入期望值											元
项目年份	粮食	油料	秸秆	薪材	药材	饲草	牧业	副业	退耕	合计	
2001	575.21	324.17	28.4	55.02	167.4	489.72	440.0	29.26	2109		
2005	356.19	389.00	34.08	95.58	200.88	730.08	598.1	126.17	2530.8		
2010	340.91	486.26	42.60	124.48	376.10	924.90	636.0	127.25	3058.5		

注:退耕地每公顷 1500 kg 粮食,300 元人民币,1 头大牲畜相当于 5 个羊单位,200 元/羊。

根据西北地区国民经济发展预测的有关成果,西北地区人均 GDP 从 1997 年的 4420 元增加到 2010 年的 9594 元,2020 年人均 GDP 较低的地区为青海湖地区 and 新疆南疆在 1.3~1.4 万元。2010 年人均纯收入亦在 3200 元左右,与本文中预测结果相当,亦说明预测期望值是可信的。

(3) 人均意义上的需水量 Q_{MU} 和 GDP 需耗水量 Q_{GDP} 。进行人类生存发展对环境水容量的需求分析时,必须体现可持续发展原则,统筹安排国民经济发展需水和生态系统需水,确保生态和环境的良性发展,结合水容量条件调整国民经济产业结构布局,大力发展节水农业,实现人口、社会、经济和环境的协调发展。黄家寨镇小流域人口压力较大,工业压力较小,占整个耗水量比重较小。因此对景观结构不构成大的

危害。随着人口的增加,虽然人均耗水量不大,但人对自然生态系统的危害是多方面的,尤其对自然植被的破坏危害极大,实践证明,应严格控制人口。

(4) 环境水容量 W_E 承载能力分析。将最大可供耗水量与现实环境水容量相比,得到环境水容量承载能力的评判。初步结论是黄家寨镇小流域环境水容量承载能力现状已经严重不足,而且随着发展愈加严重,目前的环境水容量靠地下水补充,盈亏日益加剧。

出现环境水容量承载能力不足的原因是水资源紧缺。本区域的解决办法已从北川河流域调水灌溉农田 $600\ 47\ \text{hm}^2$,初步解决了环境水容量亏缺压力,但从长远看,要从根本上解决问题,关键在于景观结构的调整。根据对区域内各植被类型耗水量的测定,大致是青海云杉林耗水量分别是草地和农田作物的 $1/3$ 和 $1/6$,反过来讲,每公顷农田的耗水量是针叶林的 6 倍。因此调整产业结构,大面积实施退耕还林势在必行,势在必利。实验测定结果证明,该区域植物水分蒸散曲线呈单峰状,亦说明凉爽的自然环境更有利于森林草原植被的生长发育,同时在浅山区实施退耕还林,有利于保持水土和水源涵养及景观的稳定。

4 3 黄家寨小流域景观稳定性分析

4 3 1 黄家寨小流域景观的数量结构特征

黄家寨小流域景观共包括 8 种斑块类型,斑块总数为 42 个,总面积为 $2\ 967\ \text{hm}^2$,斑块平均面积 $6\ 36\ \text{hm}^2$,平均周长 $1\ 143\ 84\ \text{m}$ 。其中农田景观占绝对优势,其斑块总数为 226 个,占斑块总数的 $53\ 68\%$,面积 $1\ 722\ 5\ \text{hm}^2$,景观比例 $0\ 73\%$,其次为林地,而草地和村镇斑块数目差不多,其景观比例较低,均在 $0\ 04$ 左右。

各类型斑块的平均斑块面积为 $6\ 24\ \text{hm}^2$,其中农地平均斑块面积最大为 $5\ 22\ \text{hm}^2$;各类型斑块的平均周长为 $493\ 03\sim 1\ 690\ 51\ \text{m}$ 。总平均周长为 $1\ 143\ \text{m}$ 。其中农地的平均周长最大为 $1\ 654\ 22\ \text{m}$ 。较小的平均周长为 $940\ 77\ \text{m}$ 。

4 3 2 黄家寨小流域景观的形状结构特征

形状指数: 周长与等面积的圆周长之比: $P/(2\sqrt{\pi A})$,其中, P 为斑块周长; A 为斑块面积。黄家寨小流域景观的形状指数靠近,指数范围在 $1\ 2\sim 1\ 7$,其中灌木林最小,而川水地最大。数据显示,灌木林大多在浅山的沟道或坡地中,地貌组合极为相似,属于中度发育地貌,再加上黄土母质松软,地形起伏较大,切割成大小、形状极为类似的地貌单元。而分布在川水区的旱耕地,一般情况其分布延河流蜿蜒伸缩,河流坡麓地形决定旱川地斑块形状。其余的景观斑块与黄土地貌本身的均质性有关。

4 3 3 黄家寨小流域景观破碎度

景观破碎度是景观异质性的一个组成成分,景观破碎度描述景观生境类型在给定时间和给定性质上的破碎化程度。其程度反映景观空间结构的复杂性。本文采用单位面积上各种斑块的数目 C 来表示,用 A 来表示景观结构的总面积,则

参考文献:

[1] 张振良. 应用模糊数学[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 1991. 13- 44
[2] 郎奎健,等. BM PC 系列程序集[M]. 北京: 中国林业出版社, 1989. 447- 450, 458- 402
[3] 王伯荪. 植物群落学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1987. 277—294
[4] 阳含熙, 卢泽愚. 植物生态学的数量分类方法[M]. 北京: 科学出版社, 1983. 232—342
[5] 黎向东, 罗天祥. 东方乌毛蕨的生物量数学模式[J]. 广西农学院学报, 1989, 8(2): 39—47.
[6] 卢琦, 罗天祥, 等. 黄山松天然林与人工林物种多样性和林分生长规律的比较研究[J]. 林业科学研究, 1996, 9(3): 273—277.
[7] 马克明, 傅伯杰. 北京东灵山地区景观格局及破碎化评价[J]. 植物生态学报, 2000, 24(3): 320- 326
[8] 傅伯杰, 陈利顶. 景观多样性的类型及其生态意义[J]. 地理学报, 1996, 51(5): 454- 462
[9] 肖笃宁, 钟林生. 景观分类与评价的生态原则[J]. 应用生态学报, 1998, 9(2): 217- 221.
[10] 徐建华, 等. 西北干旱区景观要素镶嵌结构的分形研究[J]. 干旱区研究, 2001, 18(1): 35- 39.

有: $C = N / A$ 式中, N 表示景观类型中的斑块总数。
计算结果表明,景观破碎度数值普遍较小,最大的为未成林地 $0\ 9$,亦是过去 20 多年的退耕还林地,一般以大于 25° 坡地为最多,而坡地正是水蚀最为严重地区,地形支离破碎,斑块数目增加,而每个斑块的面积较小。破碎度最小为坡耕地的 $0\ 1$,黄家寨镇的坡耕地分布于浅山区的缓坡中,地形浑圆且开垦历史不算太长,因此破碎化程度小。

4 3 4 黄家寨小流域景观多样性指数

景观多样性指数反映景观的复杂性。计算生态系统(或斑块)类型在景观中所占面积的比例,即:

表 3 各种景观类型斑块数量、面积和各种参数							
斑块类型	斑块数目/个	总面积 $/\text{hm}^2$	平均面积 $/\text{hm}^2$	平均周 长/ m	景观比 例/%	形状指 数	景观破 碎度
有林地	33	98 92	3 00	792 82	0 03	1 29	0 33
灌木林地	30	40 24	1 34	493 03	0 01	1 20	0 75
未成林地	54	59 92	1 11	521 43	0 02	1 40	0 90
草地	45	432 25	9 61	1440	0 15	1 31	0 10
坡耕地	104	1065 42	10 24	1730	0 37	1 53	0 10
旱川地	92	600 47	6 53	1542 15	0 21	1 70	0 15
灌溉地	30	456 61	15 22	1960 51	0 16	1 42	0 07
村镇	33	125 6	3 81	940 77	0 04	1 36	0 26

$$D = - \sum_{i=1}^m p_i \log(p_i)$$

式中: D ——景观多样性指数; p_i ——景观类型 i 所占的面积比例。 m ——景观类型数目,在一个景观系统中 D 值越大,表示景观类型越丰富,该指数同时表达了景观中嵌块体的多度和异质性。

黄家寨镇小流域最大景观多样性指数为 $8\ 27$,景观多样性指数为 $2\ 4$,优势度为 $5\ 87$,景观异质性较低。计算结果显示,所有景观类型中多样性指数较高则是农田的坡耕地,分析便知,大通浅山区的坡耕地坡度为 25° 以上,地形切割严重,在相邻两个地块间多被边缘的灌木相隔离。很长时间以来形成较为稳定的沟道及沟头灌木—农田复合系统,从多样性指数分析数值较小是不稳定的,但相对于其它景观类型数值又是最大的,亦是最为稳定的格局,说明灌木—农田复合生态系统属于生态系统交错带,两系统在结构与功能方面有互补性,物流与能流畅通,特别有利于更高级生态系统的形成。景观多样性指数最小的为未成林地,只有 $0\ 12$,表明未成林地斑块数少,正处于高度同质化过程,还未进行明显生态演替阶段。景观多样性指数次高便是农田中的滩川地,指数为 $0\ 47$ 显示该区域水分条件好,河流廊道对川水地的多样性渗透极为重要,以致形成很多灌丛小乔木生物埂,随时有取代农田的可能性。我们称之为原地顶级群落的“生物激活”作用。但总的来看该景观多样性差,优势度高,景观类型单调,以农田为主,处于不稳定状态。