

江河源区生态环境演变的过程及主导因素确定研究

胡良温^{1,2}, 冯永忠^{2,3}, 杨改河^{2,3}, 任广鑫^{2,3}

(1. 山西省气象科学研究所, 山西 太原 030002; 2. 西北农林科技大学农学院, 陕西 杨凌 712100;
3. 陕西省循环农业工程技术研究中心, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 江河源区生态环境演变受自然因素和人文因素的共同作用, 在自然和人文因素中究竟那些因素是该区生态环境演变的主导因素, 对研究区域生态环境演变的机理和演变强度意义重大, 本研究通过系统分析江河源区生态环境演变的过程, 确立了影响江河源区生态环境演变的因素体系, 建立了江河源区生态环境演变主导因素确定指标体系; 全国范围内选择了 40 位在生态环境演变研究方面具有一定造诣的科学家进行了问卷调查和权重打分, 用层次分析法(AHP)确定了温度、降水为主的自然因素和畜牧业为主的人文因素为江河源区生态环境演变的主导因素, 并确定了各因素之间的排列顺序。

关键词: 江河源区; 生态环境; 演变; 主导因素; 层次分析法

中图分类号: Q146 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)02-0253-07

江河源区位于青藏高原腹地, 介于东经 89°24′~102°41′, 北纬 31°39′~36°16′之间, 海拔 3 450~6 621 m。黄河、长江、澜沧江在青海省境内向下游输出水量分别占其流量的 49.2%、25%、15%, 是流域内唯一产水量大于用水量的地区^[1,2], 是我国长江、黄河中下游及东南亚地区生态环境安全和区域可持续发展的生态屏障。近年来, 由于气候等自然因素变化和人类活动的加剧, 江河源区草地退化严重, 中度以上退化的草场面积达 1 032.3 万 hm², 占该区域草地总面积的 35%; 其中“黑土滩”面积 200 多万 hm²。与 20 世纪 50 年代相比, 单位面积产草量下降了 30%~70%, 牧草群落、种类组成发生了变化, 优良的优势牧草种群退化, 致使部分草场的放牧功能丧失。关于江河源区生态环境退化因素的问题, 目前学术界分歧比较大, 相当一部分人认为江河源区生态环境的退化主要是该区过牧严重, 造成的草地退化, 也有一部分专家认为江河源区生态环境的退化问题并不是单纯的人类活动所致, 全球气候变化与该区生态系统的退化具有密切的联系, 究竟孰是孰非, 争议较大。本研究在实地考察江河源区生态系统演变的基础上, 通过大量的文献资料, 分析了江河源区生态系统的过程, 归纳了江河源区生态环境演变的影响因素集, 并利用 AHP 分析方法, 根据每一个因素的权重确定了江河源区生态系统演变的因素。

1 江河源区生态环境演变的阶段划分及因素分析

江河源区地形地貌、土壤、水文、气候、植被和生物多样性等的演变过程与青藏高原隆升有着密切的联系, 从区域生态环境演变的因素和演变过程分析, 依据整体性、系统性、可操作性划分原则, 结合地质学、考古学、历史记载和宗教文献, 从区域生态环境演变的过程和系统作用力对其干扰方式的不同将其划分为两个阶段: 单因素作用阶段和双因素作用阶段。单因素作用阶段主要指在纯自然因素的作用下, 区域生态环境的主要构成要素如大地构造、植被、水文、土壤、生物多样性等演变过程; 双因素作用阶段指在人类产生之后, 通过有目的的从事生产活动改变其生活所在地的土壤、水文、植被和生物多样性等环境要素的阶段。在本研究主要针对自然因素和人文因素环境演变过程两个阶段。

1.1 单因素作用阶段

单因素阶段指从地球形成开始到人类出现、并能够有意识的干预自然环境演变这一漫长的历史过程。在这一阶段地球表层的植被结构和区系分布、地球海洋和陆地分布格局、大气循环、大气环境的组成、地球水文系统循环模式、陆地土壤的空间分布格局, 各州地形地貌等环境要素经过复杂地营力的作用, 几经剧变才演变成现在的格局, 由于这一阶段没

收稿日期: 2008-06-10

基金项目: 青海省重大科技攻关项目(2002-N-106); 西北农林科技大学人才基金

作者简介: 胡良温(1965—), 男, 山西河津人, 高级工程师, 博士, 主要从事资源与环境生态及气象方面的研究。

通讯作者: 冯永忠(1972—), 男, 甘肃渭源人, 副教授, 博士, 主要从事资源与环境生态研究。

有人类活动的干预,可以称之为单因素作用阶段,单因素主要指以地营力为主的自然因素,并非单纯的或者是单个因素。这一阶段根据青藏高原的隆升划分为高原隆升过程和高原形成后区域生态环境的演变。

1) 高原形成过程中江河源区生态环境演变的自然因素分析

从现有的文献和研究的成果来看,以天文地质事件为主的地球外层空间因素对江河源区生态环境的演变的作用尚没有明确的证据和记载,地球轨道参数变化、太阳黑子周期性有规律活动影响地球生

态系统,可以将地球外层空间因素对江河源区生态环境演变的作用忽略,尽管这一因素在某种程度上来说,决定着地球生态系的演化方向和演化规律,但如果不从地质年代上考虑这一问题,在较短的研究时间内,它对江河源区生态环境的演变作用是很有有限的,可以视为常量。因此,影响江河源区生态环境演变的因素局限于地球内部因素的变化。

从青藏高原的形成和高原生态系统的演化过程分析,影响江河源区生态环境演变的主要因素在高原的形成和演化过程是不尽相同。各阶段的作用因素见表 1。

表 1 江河源区生态环境演变的自然因素		
Table 1 Natural factors drawing forth the ecological evolution in the river-source area		
演变阶段 Phases of evolution	作用因素 Factors	结果 Consequences
高原隆升阶段 Phases of plateau uplifting	地壳新构造运动。 New tectonic movement of the Earth's crust.	形成江河源区地形、地貌、水系分布、冰川、植被等生态因子的基本布局和构成,区域气候环境的形成。 It forms the basic layout and constitution of ecological factors of terrain, landform, river system distribution, glacier and vegetation of the region, and also the regional climatic environment.
	温度、降水与特殊地形地貌因素。 Factors of temperature, precipitation and specific landforms.	温度、降水的年际间变化影响冰川消长、河流湖泊的变迁,土壤发育,植物群落的演替。 The annual changes of temperature and precipitation influence the glacier increase and decrease, rivers lakes vicissitude, soil development and plant community's succession.
高原形成之后 After the formation of plateau	大气 CO ₂ 浓度增加。 Increase of atmospheric CO ₂ density.	温室效应导致雪线上升。 The greenhouse effect causes the rise of the snow line.

2) 高原形成后江河源区生态环境演变的自然因素分析

大约在 1 万年前,青藏高原隆升到现在高度,高原剧烈的地质变化和造山运动对该区气候、植被、土壤等生态环境的演变的影响逐渐被较为稳定的具有一定规律的全球气候的变化所代替,在既定地形地貌格局下,气候变化成为影响这一地区植被分布格局、土壤发育、水文生态、生物多样性等生态环境演变的主要自然因素。

在高原隆升过程中地壳新构造运动主导江河源区地形、地貌、水系分布、冰川、植被等要素的基本布局和构成;在高原形成之后以温度、降水为主的气候因素的年际间变化影响冰川消长、河流湖泊的变迁,土壤发育,植物群落的演替。

无论是高原隆升之前还是高原隆升后,在人文因素未对区域生态环境演变产生作用之前的一段很长的时间里,该区生态环境演变属于单因素作用阶段,是地球生态系统或区域生态系统演变所经历时间最长的阶段,为一个相当漫长的地质年代。在这

一段,环境的变迁受到地球外层诸如太阳活动、天文地质事件和地球内部生态系统众多因素的作用,而且这些因素之间的作用相当复杂,今天只能通过一些深藏在地层中的古生物化石的遗迹借助古生物学、古地理学的理论,来解释和复原当时地质环境演变的过程和引发这种演变的机理及作用强度。如今地球上 7 大洲 4 大洋的地理格局、土壤生态系统、植被分布景观格局、水文循环系统、区域地理单元分布格局、地球上生物种等大都在这阶段形成,同样作为地球上最年轻的青藏高原也在这一时期完成了从沧海剧变为今天世界的第三极的演变过程。因此,单因素阶段区域生态环境基本奠定了其主要的分布格局。

1.2 双因素作用阶段

双因素作用主要指以气候和地貌为主的自然因素和工、农业生产活动、政治、宗教文化为主的人文因素,这一阶段主要以人文活动为参照。根据自然因素对江河源区生态环境的演变的作用程度和作用机理,以降水和温度为主的气候因素和海拔高度、坡

度和坡向为主的地貌因子是区域生态环境中影响植被分布格局的主要因子,其中地貌因子主要通过影响区域降水和温度而影响植被的分布,地貌因子属于间接因子,因此,在研究自然因素对区域生态环境的演变问题时,可以将地貌因子划分到气候因子的相关作用系数之中,而不将其单独列出。通过前面因素分析,人文因素主要包括农牧业生产、工业生产和宗教文化活动,农牧业生产和工业生产是影响江河源区生态环境的主要人文因素,而宗教文化活动主要通过影响和约束人们的生活习俗和生产方式作用于环境,也属于间接因子。其中农牧业生产中,畜牧业活动占据江河源区的玉树州、果洛州、黄南州的大部分地区,而农业活动主要集中在海南州和海东地区部分峡谷地带,畜牧业活动的范围和从业的人员无论从历史还是现实角度都比农业活动的范围广,对环境的作用主要取决于游牧空间、畜群数量、畜群结构、草地的自我恢复能力;江河源区的工业发展非常缓慢,而且主要以加工业和采掘业为主,加工业主要以畜产品等轻工产品的加工为主,主要分布在州或县的治所,而采掘业主要以金矿的开采为主,这也是影响这一地区生态环境的主要因素。在以降水和温度为主要生态因子的前提下,农牧业生产活动、宗教文化和工业生产活动对江河源区植被、土壤、水文和生物多样性的演变过程的影响机理和作用程度。

江河源区位于青藏高原的腹地,是青藏高原的主体部分。该区地形地貌、土壤、水文、气候、植被和生物多样性等的演变过程与青藏高原隆升有着密切的联系,在青藏高原形成的过程、高原形成以后这两个阶段,影响该区生态环境的演变的因素不尽相同。从区域生态环境演变的因素和演变过程分析,自然因素对江河源区生态环境演变的作用主要体现在以温度、降水为主的气候因子和以海拔高度为主的地形地貌方面;人文因素对江河源区生态环境的演变作用主要体现在人类的生产、宗教文化和政治活动方面。

2 江河源区区域生态环境演变主导因素确定

以气候和地貌为主的自然因素以及以人类生产、宗教文化和政治活动为主的人文因素共同影响和作用江河源区生态环境的演变,但是在这些因素中究竟那些因素对该区生态环境演变的作用贡献份额高,那些因素是影响该区生态环境的主导因子,是定量研究人类活动因素对区域生态环境演变作用机

理和作用强度的难点和热点,在当前现有的技术水平和基础理论条件下,尤其对江河源区这样一个自然条件严酷、科技水平低、文化比较闭塞和落后的地区,历史性资料积累十分有限的条件下,很难用纯粹定量的理论和方法来评估,基于以上客观原因,本研究利用层次分析法确定双因素阶段区域生态环境演变的主导因素。

2.1 基本确定方法

层次分析法是一种定性和定量相结合的系统分析方法,适合分析纯定量化无法解决的问题。主要包括目标层、准则层和因子层的确定,构造判断矩阵,层次单排序和层次单排序一致性检验等步骤。

1)构造判断矩阵。

根据层次结构模型每层中各因素的相对重要性,给出判断数值列表,形成判断矩阵。判断矩阵表示针对上一层某因素,本层与之有关因素之间相对重要性的比较。若 A 层次中因素 A_k 与下层次 $B_1, B_2, \dots, B_n$ 有联系,则确定判断矩阵 $B=(b_{ij})$ 。 b_{ij} 是判断矩阵的元素,表示对因素 A_k 而言, B_i 相对于 B_j 重要性的数值。 b_{ij} 由专家调查法确定。AHP 法提出的 1~9 相对重要性的标度法,见表 2。

表 2 判断矩阵元素 b_{ij} 的 1~9 标度法定义
Table 2 Implication of scale 1~9 in the judgement matrices

标度 b_{ij} Scale b_{ij}	定义 Definition
1	i 因素与 j 因素同等重要 Factor i and Factor j are equally important to the objective
3	i 因素比 j 因素略重要 Experience and judgment slightly favor factor i over factor j
5	i 因素比 j 因素重要 Experience and judgment strongly favor factor i over factor j
7	i 因素比 j 因素重要得多 Factor i is favored very strongly over factor j
9	i 因素比 j 因素绝对重要 The evidence favoring factor i over factor j is of the highest possible order of affirmation
2, 4, 6, 8	介于以上两种判断之间的状态的标度 Scale between above two kinds of scales
倒数 Reciprocal	若 j 因素与 i 因素比较,结果为 $b_{ji}=1/b_{ij}$ If factor j compare with factor i , the result is $b_{ji}=1/b_{ij}$

2)层次单排序。

得到权重向量。根据判断矩阵,计算对上层某因素而言,本层次与之有联系的因素的权重值,即计算判断矩阵的最大特征值及对应的特征向量,将特征向量归一化就得到权重向量。

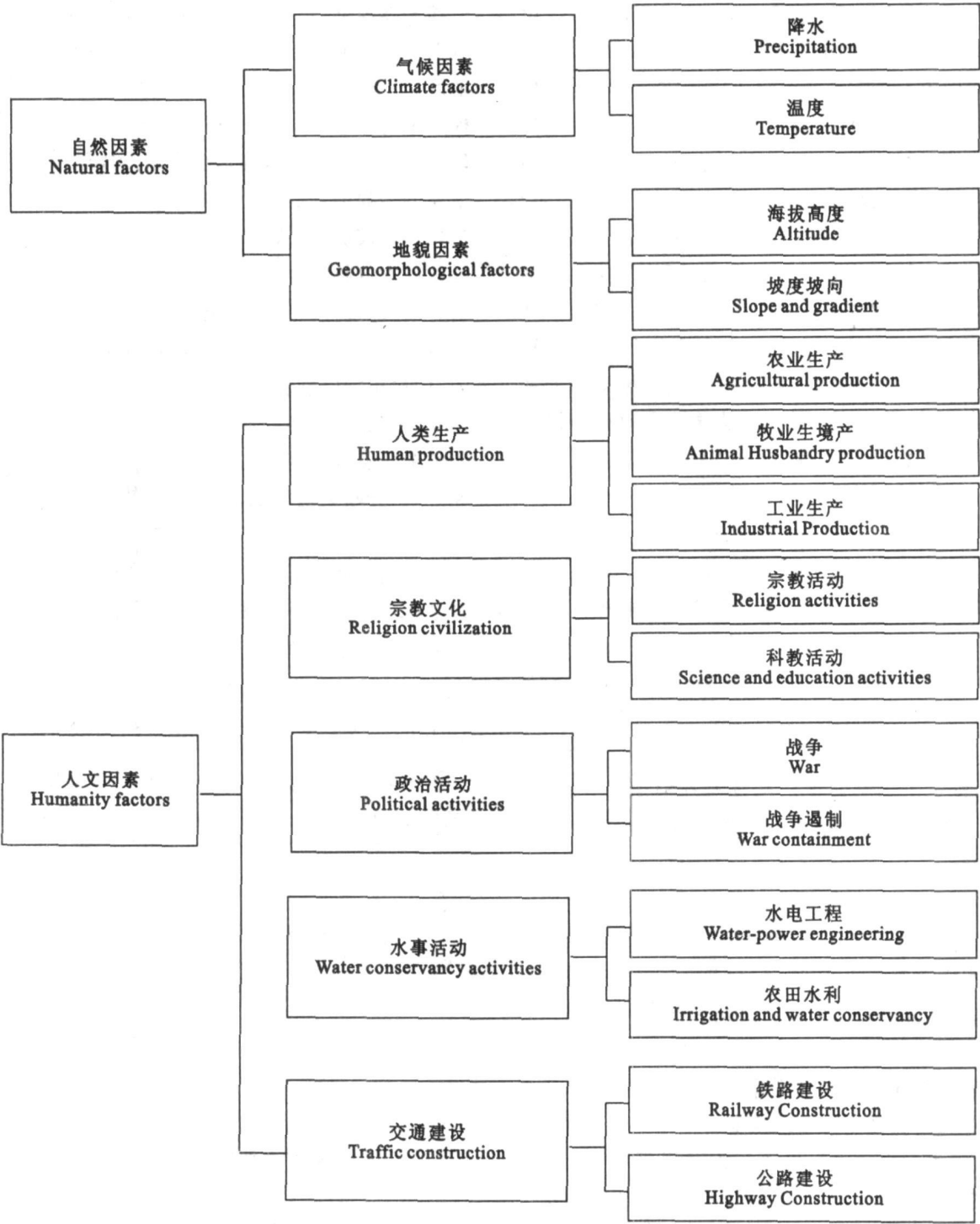


图 1 区域生态环境演变因素分类体系

Fig. 1 The classification system of factors affecting the evolution of regional ecological environment

3)层次单排序一致性检验。

最大特征根为 $\lambda_{\max}$ ，判断矩阵为 n 阶时，有一致性检验指标如下：

$$C_I = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

当判断矩阵的维数 n 较大时，需引入随机一致性指标 R_I 进行修正， R_I 见表 3。经修正的一致性指标用 C_R 表示。即 $C_R = C_I / R_I$ ，其中 R_I 为随机一致性指标。当 $C_R < 0.10$ 时，排序结果具有满意一致性，否则需要调整判断矩阵的元素值。

表 3 R_I 数值列表

Table 3 R_I value for order 1~9 by Saaty

维数 Dimension	1	2	3	4	5	6	7	8	9
R_I	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

按照上述方法确定环境演变影响因素的权重,得到各项指标的权重,综合权重为各类指标权重与单项指标权重的乘积。

层次分析法计算权重及一致性检验的计算方法可以总结如下:

① 用方根法计算特征向量 W 的分量 W_i , 计算公式如下:

$$W_i = (\prod_{j=1}^m b_{ij})^{\frac{1}{m}} \quad i = 1, 2, \dots, m$$

② 对 $W = (W_1, W_2, \dots, W_m)^T$ 进行归一化处理, 即得各个指标所对应的权重向量 $W_i^0 = (W_1^0, W_2^0, \dots, W_m^0)^T$

$$W_A = \sum_{i=1}^m W_i \quad W_i^0 = \frac{W_i}{W_A}$$

③ 计算 B 的最大特征根 $\lambda_{\max}$

$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{(BW^0)_i}{nW_i^0}, (BW^0)_i$ 表示向量 BW^0 的第 i 个元素

④ 进行一致性检验

$$C_I = \frac{\lambda_{\max} - m}{m - 1} \quad C_R = \frac{C_I}{R_I}$$

当 $C_R < 0.10$ 时, 即认为判断矩阵具有满意的一致性, 专家判断矩阵有效; 否则, 需要对判断矩阵进行调整, 直至具有满意的一致性为止。

2.2 江河源区生态环境演变的主导因素确定

1) 权重的确定。

各影响因素权重的确定, 是该研究方法最为关键的环节。在本文中根据研究内容和研究区的实际情况, 在中科院地理所、寒区与旱区工程研究所、兰州大学、甘肃农业大学、甘肃省草原生态研究所、中科院高原生物研究所、青海省草原站、青海省水保局等单位, 根据 40 位从事该区生态环境方面相关研究的专家对研究区影响因素指标进行咨询, 确定了评判的指标, 并进行了打分。然后根据专家打分结果确定该区生态环境演变因素的作用权重。

2) 主导因素确定。

通过层次分析法 (AHP) 计算影响江河源区生态环境演变的各种因素的权重, 即各个因素对江河源区生态环境演变的重要性, 尽管这个值并不能代

表或者说明这些因素对江河源区生态环境演变的作用程度, 但足以评判出诸多因素中对江河源区生态环境演变的重要性。

自然因素中, 以温度和降水为主的气候因素权重为 0.3974, 对江河源区生态环境演变起主导因素, 而以坡度坡向和海拔高度为主的地形地貌因素权重为 0.1715, 对江河源区生态环境的演变作用程度较弱, 这也符合江河源区生态环境演变的基本过程, 因为, 该因素只是一个间接因素, 它对区域生态环境的演变主要通过影响区域微气候环境而实现的。

在人文因素这, 人类生产活动的权重是 0.1535, 是影响该区生态环境演变的主要因子, 同人类生产活动相比, 宗教文化和政治活动对该区生态环境的演变相对较弱, 其权重分别为 0.0385 和 0.0279, 作为一个全民信教的区域, 宗教文化显然对环境的影响程度超过了政治活动的作用。在人类生产活动中, 农业生产和畜牧业生产活动的权重分别为 0.1782 和 0.7514, 这也符合该区的现实情况; 人类水事活动和道路建设对江河源区生态环境影响的权重分别占 0.1164 和 0.0947, 基本反映了水事活动和道路建设在该区生态环境的贡献份额。

3) 各因素权重总排序。

利用公式 $\sum_{i=1}^m a_i b_i^1$ 计算各因子层的综合权重, 见表 5。

通过各因子权重的总排序和聚类分析可以看出以温度和降雨为主的自然因素是主导该区生态环境演变的主要因素, 其次在人类活动方面, 牧业生产是影响该区生态环境演变的主要因素。综合上述, 影响江河源区生态环境演变的主导因素主要是以温度、降水为主的自然因素和畜牧业生产为主的人文因素。本文对区域生态环境演变主导因素的分离和效应强度的评价也将围绕正两个方面因素展开。

3 结论和讨论

3.1 结 论

1) 根据人类出现及其能够有目的有意识的改变其生存的环境, 将江河源区生态环境演变的过程

表 4 区域生态环境演变影响因素权重				
Table 4 Weight of factors drawing forth the ecological evolution in the source area				
目标层 Goal	准则层 Criteria	权重 Weight	因子层 Subcriteria	权重 Weight
江 河 源 区 生 态 环 境 演 变 影 响 (A) Regions of Yangtze River, Yellow River and Lantsang River	气候(B ₁) Climate	0.3974	降水 C ₁₁ Precipitation	0.5
			温度 C ₁₂ Temperature	0.5
	地貌因素(B ₂) Geomorphological factors	0.1715	坡向坡度 C ₂₁ Slope and gradient	0.1250
			海拔高度 C ₂₂ Altitude	0.8750
			农业生产 C ₃₁ Agricultural production	0.1782
	人类生产(B ₃) Human production	0.1535	牧业生产 C ₃₂ Animal husbandry production	0.7514
			工业生产 C ₃₃ Industrial production	0.0704
	宗教文化(B ₄) Religion civilization	0.0385	宗教活动 C ₄₁ Religion activities	0.8333
			科技教育 C ₄₂ Technology education	0.1667
	政治活动(B ₅) Political activities	0.0279	战争 C ₅₁ War	0.2499
			战争遏制 C ₅₂ War containment	0.7501
	水事活动(B ₆) Water conservancy activities	0.1164	水电工程 C ₆₁ Water-power engineering	0.8
			农田水利 C ₆₂ Irrigation and water conservancy	0.2
	交通建设(B ₇) Traffic construction	0.0947	铁路建设 C ₇₁ Railway construction	0.1428
			公路建设 C ₇₂ Highway construction	0.8572

划分为单因素作用和双因素作用阶段,在此基础上依据青藏高原隆升的过程,将单因素作用阶段划分为高原形成过程和高原形成后至人类出现并能够有目的干扰其环境之前两个阶段,并定性分析这两个阶段自然因素对该区生态环境演变的作用机理;详细分析人类出现并能够干预环境演变后的双因素作用阶段,自然因素和人类活动对江河源区生态环境演变的干扰因素,构建了双因素作用阶段江河源区生态环境演变的主要因素集。

2) 通过在全国范围内选择从事此领域研究权威专家的打分,利用层次分析法,确定了自然因素中温度、降雨、坡向坡度和人文因素中海拔高度、农业生产、牧业生产、工业生产、宗教活动、科技教育、战争、战争遏制、水电工程、农田水利、铁路建设和公路建设对江河源区生态环境演变干扰作用的强度的权重排序,通过排序反映自然因素和人文因素对该区生态环境作用的重要性。

3.2 讨论

① 影响区域生态环境的演变的因素很复杂,在人类出现或者人类出现并能够有意识的干预环境演变的之前,区域生态环境的演变受到单纯的自然因素作用,自然因素是一个很复杂的因素集,有来自气象的、地质、天文的,究竟哪一类因素比较重要,这是一个比较难判断的问题,同时各地区由于人类出现并能够干预环境演变的时间很难作准确的判定,因此,单因素和双因素作用阶段的划分,只能是一个时间段,而不是一个时间点,各区之间也应该不尽相同。尽管如此,这种划分,对研究人类活动对区域生态系统的干扰还是有一定的意义。

② 自然因素和人文因素中,利用权重确定哪一类因素对环境演变的作用更加重要,目前除了专家打分之外,很难找出比较有效的方法。本研究得出的结论基本能够反映江河源区生态环境演变的情况,这一点通过实地调查已经得到验证。

表 5 各因子层权重综合排序

Table 5 Order-synthesized of the weight of factors layer

	气候 Climate	地貌 Physiognomy	人类生产 Human production	宗教文化 Religion civilization	政治活动 Political activities	水事活动 Water conservancy activity	交通建设 Traffic construction	总排序 Order
	0.3974	0.1715	0.1535	0.0385	0.0297	0.1164	0.0947	
降水 Precipitation	0.5							0.1987
温度 Temperature	0.5							0.1987
坡向坡度 Slope and gradient		0.1250						0.0214
海拔高度 Altitude		0.8750						0.1501
农业生产 Agricultural production			0.1782					0.0214
牧业生产 Animal husbandry production			0.7514					0.1187
工业生产 Industrial production			0.0704					0.0135
宗教活动 Technology education				0.8333				0.0321
科技教育 Technology education				0.1667				0.0064
战争 War					0.2499			0.0074
战争遏制 War containment					0.7501			0.0223
水电工程 Water-power engineering						0.8		0.0931
农田水利 Irrigation and water conservancy						0.2		0.0223
铁路建设 Railway construction							0.1428	0.0135
公路建设 Highway construction							0.8572	0.0812

参 考 文 献:

[1] 冯永忠,杨改河,杨世琦,等.江河源区地域界定研究[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2004,(1):14—17.

[2] 冯永忠,朱芬萌,王得祥,等.江河源区生态地理区划[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2004,(2):4—7.

[3] 孙兰芳,姜璐.系统生物学:系统科学与生物体系统[J].系统工程理论与实践,2005,(10):67—72.

[4] 冯纯伯.复杂系统的控制问题——试谈控制科学的发展[J].控制理论与应用,2004,(6):855—857.

[5] 龚小庆,范文涛,丁义明.建立系统科学基础理论框架的一种可能途径与若干具体思路(之八)——固定环境中的稳态涌现[J].系统工程理论与实践,2003,(8):1—7.

[6] 王留芳.农业生态学[M].西安:陕西科学技术出版社,1989.

[7] 於崇文.地质系统的复杂性——地质科学的基本问题(Ⅱ)[J].地球科学—中国地质大学学报,2003,(1):31—40.

[8] 戴汝为.系统科学及系统复杂性研究[J].系统仿真学报,2002,(11):1411—1416.

[9] 王东胜,谭红武.人类活动对河流生态系统的影响[J].科学技术与工程,2004,(4):299—302.

(英文摘要下转第 264 页)

际研讨会暨东盟与中日韩生物质能论坛论文集[C].北京:中国农业出版社,2008;292—297.

[4] 王让学.提高陕西黄土高原窑窖蓄水效益[J].水利与建筑工程学报,2008,(3):76—79.

[5] 邱 凌,杨改河,杨世琦.黄土高原生态果园工程模式设计研究[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2001,29(5):65—69.

[6] 尚新良.梦想在创新中实现—全国人大代表范肖梅谈生态校园创新工程[J].新西部,2006,(6):70—72.

[7] 王兰英,邱 凌,贺光祥,等.范家寨中学生态校园模式经济效益分析[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2008,(8):108—112.

[8] 邱 凌.庭园沼气高效生产与利用[M].北京:科学技术文献出版社,2007;221—223.

[9] 苑建伟,邱 凌,刘娟娟,等.农村中学公厕粪污处理工艺设计[J].农机化研究,2007,(10):83—85.

[10] 邱 凌.沼气生产工[M].第1版.北京:中国农业出版社,2004;73—75.

[11] 李金才.生态农业标准体系与典型模式技术标准研究[D].北京:中国农业科学院,2007.

[12] 张全国,杨世关,徐广印,等.中部地区生态果园的沼气系统[J].太阳能学报,2003,(1):85—89.

Study on “pig(toilet)-biogas-vegetable” eco-campus mode in the Loess Plateau

WANG Lan-ying¹, QIU Ling², JIA Hong-tao³

(1. College of Mechanical and Electronic Engineering, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;
2. College of Agronomy, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;
3. Baoding LBD Electric Co., Ltd., Baoding, Hebei 071051, China)

Abstract: Based on ecology, economics and energy science, a new mode of eco-campus with biogas as a link in the Loess Plateau region of China was presented. The results show that the biogas technology, sanitary toilet, eco-plantation with eco-breeding, the utilization technology of substituting the ferment residues(i.e. bio dross and bio liquid) for pesticide and chemical fertilizer, etc. are feasible in the extreme. Simultaneously, the biogas technology can be used to organize invidual agricultural technology(i.e. pig raising, vegetable planting etc.) properly to produce pollution-free vegetables. In the mode the biogas plays the role as linkage between planting and raising, linking the planting and raising together and improving each other, and forming a benign ecology cycle which can provide social and economic benefits.

Key words: biogas; campus; mode; benefit

(上接第 259 页)

The evolutive process of ecological environment in the river-source region of the Yangtze River, Yellow River and Lantsang River and its leading factors

HU Liang-wen^{1,2}, FENG Yong-zhong^{2,3}, YANG Gai-he^{2,3}, REN Guang-xin^{2,3}

(1. Shanxi Meteorological Science Institute, Taiyuan, Shanxi 030002, China;
2. College of Agronomy, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;
3. Research Center of Recycle Agricultural Engineering and Technology of Shaanxi Province, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The ecological environmental evolution in the river-source region of the Yangtze River, Yellow River and Lantsang River has been affected by natural and human being factors together. Knowing which are the leading factors in them is very important to study the evolutive mechanism and intensity of the regional ecological environment. In the paper, the ecological environmental evolution process was systematically analyzed and the factor system that affected the ecological environment evolution was established in the region, and the leading-factor-index-system that affected the ecological environment evolution was also established. The weight had been decided by 42 nationwide famous scientists in the field through the questionnaire investigation, and the natural factors including temperature and precipitation and the human factors including animal husbandry have been confirmed through analytic hierarchy process (AHP), and the order of these factors were also confirmed.

Key words: the river-source region of Yangtze River, Yellow River and Lantsang River; ecological environment; evolution; leading factor; analytic hierarchy process