

纸坊沟流域农用地生态经济系统耦合关系研究

杜娜¹, 王继军^{1,2}, 杨冰³

(1. 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100;
2. 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 3. 陕西省淳化县农技中心, 陕西 淳化 711200)

摘要: 农用地生态经济系统的耦合态势是依据农用地资源与农业产业之间的循环链网结构予以表征的。该文基于农户尺度, 采用耦合关联度和系统耦合度模型对纸坊沟流域农用地生态经济系统耦合关系及耦合态势进行了分析。结果表明: (1) 农用地生态经济系统的耦合表现为农用地资源对农业产业的约束和农业产业对农用地资源的胁迫作用。耕地地块数、牧草利用率、化肥施用量、人口密度、人均耕地、可灌溉率是约束纸坊沟流域农业产业发展的主要因素; 产业收入效应是影响农用地资源布局与利用的重要因素; (2) 基于抽样调查的流域样本耦合度值基本介于 0.5~0.8, 系统耦合发展处于磨合耦合态势; (3) 地理条件和农用地资源的分布状况成为影响农户农业生产的重要因素, 同时也对农业产业的发展产生着制约作用, 而相关的国家政策也对区域产业的发展起着重要的引导和制约作用。

关键词: 农用地; 资源与产业; 关联度; 耦合度; 农户尺度; 纸坊沟流域
中图分类号: F327; S181 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2011)02-0048-05

Coupling Relationship on Eco-economic System of
Agricultural Land in Zhifanggou Watershed

DU Na¹, WANG Ji-jun^{1,2}, YANG Bing³

(1. College of Resources and Environment, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;
2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources,
Yangling, Shaanxi 712100, China; 3. Chunhua Agricultural Center, Chunhua, Shaanxi 711200, China)

Abstract: The coupling trends of agriculture land eco-economic system can be characterized by the chain structure between agriculture land resources and agriculture industry. This study on coupling relations and coupling trends of agriculture land eco-economic system was carried out by coupling relational grade and coupling degree based on farm household scale. The results showed: (1) The agricultural land eco-economic system coupling was manifested as resources-restricted industry and industry-stressed resources. Plot, forage utilization, chemical fertilizers, density, Perland, duty of water were principal factor which restricted agriculture industry development. Income effect was principal factor which influence arrangement and exploitation of agriculture land resources. (2) Based on sampling survey, system coupling degree lies between 0.5~0.8 shows that the system coupling development was in running-in coupling. (3) Geographical conditions and agriculture land resources were important reasons for agriculture industry, as well as limited it. Public policy also offered advance guide and condition.

Key words: agriculture land; resources and industry; relational grade; coupling degree; farm household scale; Zhifanggou watershed

土地生态经济系统的良性运行是协调人地关系和实现区域可持续发展的基础。近年来王万茂^[1]、张兆福^[2]、梁红梅^[3]、Cooper^[4]等对土地生态经济系统的内涵与构成, 系统的运行与调控机制展开了研究; 张正华^[5]通过分析农用地生产力指数与经济产出的

关系, 对泥河沟流域农用地生态经济耦合进行了评价; 张灿强、王继军^[6]认为农地的特征决定其系统的耦合性, 并提出了系统耦合对农地承载力拓展的多种途径。上述研究成果为农用地生态经济系统耦合问题的研究起到了良好的铺垫作用。

收稿日期: 2010-10-29 修回日期: 2010-12-09
资助项目: “十二五”国家科技支撑计划项目(2011BAD31B05); 国家自然科学基金项目(40771082); 中科院重大项目(CX-YW-09-07)
作者简介: 杜娜(1984—), 女, 宁夏银川市人, 硕士研究生, 研究方向为土地资源利用与管理。E-mail: duna527@gmail.com
通信作者: 王继军(1964—), 男, 陕西省渭南市人, 研究员, 研究方向为生态经济。E-mail: jjwang@ms.iswc.ac.cn

王继军等^[7-9] 多年在黄土丘陵区纸坊沟流域进行生态经济研究,但重点是从农业生态经济系统角度出发,对其耦合过程和演变态势进行深入研究,而从系统角度对农用地生态经济耦合的研究尚为少见。对于以农用地为主的生态脆弱区纸坊沟流域,判断生态环境和社会经济的耦合关系是建立系统有效协调机制的基础^[10]。因此本文基于农户数据,以探讨农用地生态经济系统的耦合关系为中心,采用耦合关联度模型分析系统各要素以及要素与系统之间的耦合关系,在其基础上采用耦合度判定系统现阶段的耦合程度,旨在揭示该流域农用地资源与农业产业之间的耦合关系及系统的耦合态势,为该区优化耦合模式的研究奠定基础,同时为土地科学的深入和政府的决策提供参考。

1 研究区域概况

纸坊沟流域地处黄土丘陵沟壑区第二副区,流域面积 8.27 km²,沟壑密度 8.06 km/km²,年均降水量 500 mm 左右。该流域包括寺峨岘、瓦树塔和纸坊沟 3 个自然村。1938 年该流域生态环境良好,林草占可利用土地面积的 85.1%,当时流域只有 94 人,土地耕垦指数仅为 13.4%^[11],生态系统和经济系统较为协调。但随着人口的大量迁入,人们为了满足生存需求,大面积的毁林种粮严重破坏了流域的生态环境,同时影响了系统生态和经济的良性循环。近年来 3 个自然村根据其不同的区位优势进行产业调整,沟头的寺峨岘和瓦树塔村根据其地势高的特点重点发展果业和养殖业;位于沟口的纸坊沟村,主要以川地为主,交通较为便利,以种植西瓜和大棚蔬菜为主要产业。截至 2009 年,该流域共有 124 户 564 人,流域林草覆盖率达 58.5%,人均纯收入达 5 103.74 元/人。

2 数据来源及研究方法

本研究所用数据主要来源于课题组 2009 年农户调查以及作者实地考察访问所得。所调查农户基本按照高、中、低收入进行选点,农户样本量共计 51 户,有效样本量 49 户。

农用地生态经济系统是农用地生态系统和经济系统按照其固有的互动关系形成的有机统一体,其耦合态势可以依据农用地资源与农业产业之间的循环链网结构表示^[7]。本文通过农用地资源与农业产业的关系来反映农用地生态经济系统的特征。农用地资源包括耕地、园地、林地、牧草地等土地类型,农

地资源不仅是农业产业发展的基础也是其他农业资源的载体;农业产业则表现为在农地资源基础上形成的农业产业结构。基于农户层次的调查数据,文章采用耦合关联度模型和耦合度模型定量分析纸坊沟流域农用地生态经济系统中农用地资源与农业产业的耦合关系及系统的耦合态势。

2.1 指标体系的构建

科学设计指标体系是判定系统耦合关系的关键^[12],根据对农用地生态经济系统资源与产业的分析,并结合纸坊沟流域实际情况建立了农用地生态经济系统耦合指标体系(见表 1)。

表 1 农用地生态经济系统耦合指标体系^[13-14]

子系统	功能团指标	具体指标
农用地资源子系统(R)	资源承载	人口密度 $R_1 / (\text{人} \cdot \text{hm}^{-2})$
	压力	化肥施用量 $R_2 / (\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2})$
	土地自然特征	耕地地块数 $R_3 / \text{块}$
		人均耕地面积 $R_4 (\text{hm}^2 / \text{人})$
		可灌溉率 $R_5 / \%$
	农业资源	林草覆盖率 $R_6 / \%$
	禀赋和结构	农林牧土地利用结构 R_7
		牧草地比重 $R_8 / \%$
		果园面积率 $R_9 / \%$
	政策影响	牧草利用率 $R_{10} / \%$
农业产业子系统(I)	收入效应	人均种植业收入 $I_1 (\text{元} \cdot \text{人})$
		人均果业收入 $I_2 (\text{元} / \text{人})$
		人均养殖业收入 $I_3 (\text{元} / \text{人})$
		人均农业纯收入 $I_4 (\text{元} / \text{人})$
	产业胁迫效应	粮食单产 $I_5 / (\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2})$
		农业产投比 $I_6 / \%$
		土地生产率 $I_7 / (\text{元} \cdot \text{hm}^{-2})$

2.2 系统耦合关联度模型的构建

鉴于农用地生态经济系统耦合的复杂性,建立耦合关联度的模型,以定量评价农用地资源子系统和农业产业子系统耦合关系与协调程度。由于指标的原始数据量纲不同,为了便于样本间的横向比较,本文采用极差标准化法对原始数据进行无量纲化处理。

$$Z_{ij} = \frac{X_{ij} - \min_i X_{ij}}{\max_i X_{ij} - \min_i X_{ij}}$$

(1)

式中: X_{ij} ——第 i 个样本第 j 个指标的数值;
 $\max X_{ij}, \min X_{ij}$ ——表示第 j 个指标的最大值和最小值;
 $\max X_{ij} - \min X_{ij}$ ——极差值;
 Z_{ij} ——对原始数据 X_{ij} 采用极差标准化法进行无量纲化处理后的值。

首先计算关联系数,本文选择邓氏关联度计算关联系数^[15]。

$$\xi_i(j)(k) = \frac{\min_i \min_j |Z_i^R(k) - Z_j^I(k)| + \rho \max_i \max_j |Z_i^R(k) - Z_j^I(k)|}{\min_i |Z_i^R(k) - Z_j^I(k)| + \rho \max_i \max_j |Z_i^R(k) - Z_j^I(k)|}$$

(2)

式中： R ——农用地资源系统或要素； I ——农业产业系统或要素； $Z_j^I(k)$ ($j=1,2,\cdots,7;k=1,2,\cdots,49$)——第 k 个样本点的系统 I 的第 j 个指标； $Z_i^R(k)$ ——第 k 个样本点的农用地资源的标准化值； $Z_j^I(k)$ ——第 k 个样本点的农用地资源和农业产业系统指标的标准化值； ρ ——分辨系数，一般取值为 0.5； $\xi(j)(k)$ ——第 k 个样本点的单指标 i 和 j 之间的绝对值关联系数，它表示该样本点的两个子系统要素之间的关联程度。

再次，将关联系数按样本数 k 求其平均值可以得到一个 $m \times n$ 的关联度矩 $\gamma_{ij}^{[16]}$ ，它能够从整体上反映农用地资源子系统单个指标和农业产业子系统单个指标之间的关联程度。若 $0 < \gamma_{ij} < 1$ ，表明农用地资源系统某指标 $Z_i^R(k)$ 与农业产业系统某指标 $Z_j^I(k)$ 之间具有关联性， γ_{ij} 值越大，关联性越强，耦合性也越强，反之亦然，具体如表 2 所示。

表 2 系统指标间耦合作用评价标准^[11]

耦合关	$0 \leq \gamma_{ij}$	$0.35 < \gamma_{ij}$	$0.65 < \gamma_{ij}$	$0.85 < \gamma_{ij}$
联度(γ_{ij})	≤ 0.35	≤ 0.65	≤ 0.85	≤ 1
耦合程度	弱	中	较强	极强

为进一步揭示农用地资源与产业的交互耦合特征并识别各系统的主要影响因素，在关联度矩阵 γ_{ij} 基础上，再分别依据公式(2)按行和列进行简单平均^[17]，分别得到农用地资源系统对产业发展产生约束的主要因素和农业产业系统对资源禀赋和承载力产生胁迫的主要因素。

$$\begin{cases} d_i = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \gamma_{ij} & (i=1,2,\cdots,m;j=1,2,\cdots,n) \\ d_j = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \gamma_{ij} & (i=1,2,\cdots,m;j=1,2,\cdots,n) \end{cases} \quad (3)$$

式中： d_i ——农用地资源系统(R)第 i 种要素对农业产业系统(I)的影响关联度； d_j ——农业产业系统(I)第 j 种要素对农用地资源系统(R)的影响关联度。通过比较各个影响关联度 d_i 和 d_j 的大小，可以分析出农用地资源系统中哪些因素对农业产业发展的约束作用大，以及农业产业系统中哪些因素对农用地资源系统构成主要胁迫作用。

2.3 耦合度模型的构建

系统之间的关联度并不能反映二者耦合发展程度，为从整体上判别农用地资源与农业产业两个系统匹配协调发展程度，需要引入耦合度模型^[18]：

$$C(k) = \frac{1}{m \times n} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \xi_i(j)(k) \quad (4)$$

式中： $C(k)$ ——农用地资源与农业产业的耦合度； $\xi_i(j)(k)$ ——第 k 个样本点的单指标 i ($i=1,2,\cdots,m$) 和 j ($j=1,2,\cdots,n$) 之间的绝对值关联系数。

3 结果分析

3.1 系统耦合关联分析

依据公式(2)，得到纸坊沟流域农用地生态经济系统中各项指标间相互耦合的影响关联度(表 3)，可以看出其值都在 0.40 以上，表明农用地资源与农业产业之间联系紧密。结合公式(3)，分别计算得到农用地资源系统对产业发展产生约束的主要因素和农业产业系统对农用地资源产生胁迫的主要因素。

(1)农用地生态经济系统中农用地资源系统对农业产业系统的影响作用主要表现为资源承载力、土地自然特征及资源禀赋和结构等方面。通过表 3 可以看到，耕地地块数与人均种植业收入(0.94)、耕地地块数与土地生产率(0.96)、人均耕地面积与人均种植业收入(0.86)之间的耦合性极强、牧草利用率与人均养殖业收入(0.86)；化肥施用量与土地生产率(0.82)、牧草利用率与人均农业纯收入(0.81)、牧草利用率与农业产投比(0.80)、果园面积率与农业产投比(0.76)、农林牧土地利用结构与人均农业纯收入(0.75)等多组指标之间的耦合性表现为较强，这表明农用地资源与农业产业各因素之间的具有较强的耦合关系。

(2)图 1 显示农用地资源系统 R 中各指标对农业产业子系统 I 的耦合关联度为 0.50~0.83，这表明农用地各要素与农业产业具有明显的耦合关联性。农用地资源子系统 10 个指标中，与农业产业子系统耦合关联度最强的是耕地地块数，其次包括牧草利用率、化肥施用量、可灌溉率等要素。它们主要从土地资源的自然特征、资源承载压力和农业资源禀赋^[19]等方面较为全面的反映出农用地资源对农业产业的反馈和约束作用。耕地地块数^[20]反映的是土地的破碎程度，其对农业产业的耦合关联度为 0.83，关联度较强，该项指标主要是影响种植业的发展和布局；牧草利用率对农业产业的影响也较为强烈，其耦合关联度为 0.73，目前该流域退耕还林工程实施后国家实行封山禁牧政策，牧草利用率下降，原放牧变为舍饲养殖导致牧业衰退，因此该指标直接影响着畜牧业的发展。可见自然条件和资源分布对区域的农业发展起着至关重要的作用，加之相关政策的实施共同影响着农户的生产决策。

(3)农业产业系统对农用地资源产生胁迫主要表现为各产业的布局。通过图 2 可以看到农业产系统中人均种植业收入(0.73)、人均农业纯收入(0.72)、人均果业收入(0.69)和人均养殖业收入(0.69)对农

土地资源系统的影响较大,其关联度均在 0.65 以上,属于中度关联。农业产业的收入效应是农业产业系统对农用地资源产生胁迫的主要因素,各产业收入影响着农户未来对农用地资源的分配和利用程度。

表 3 纸坊沟流域农用地生态经济系统各项指标间的耦合关联度

指标	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6	R_7	R_8	R_9	R_{10}
I_1	0.72	0.79	0.94	0.86	0.75	0.51	0.72	0.64	0.70	0.66
I_2	0.77	0.73	0.67	0.65	0.70	0.61	0.65	0.72	0.71	0.71
I_3	0.65	0.82	0.86	0.67	0.77	0.53	0.57	0.81	0.69	0.86
I_4	0.70	0.64	0.82	0.72	0.68	0.42	0.75	0.54	0.51	0.81
I_5	0.64	0.70	0.75	0.65	0.62	0.47	0.68	0.50	0.62	0.61
I_6	0.71	0.70	0.79	0.68	0.65	0.45	0.69	0.57	0.76	0.80
I_7	0.82	0.82	0.96	0.79	0.81	0.52	0.67	0.66	0.70	0.65

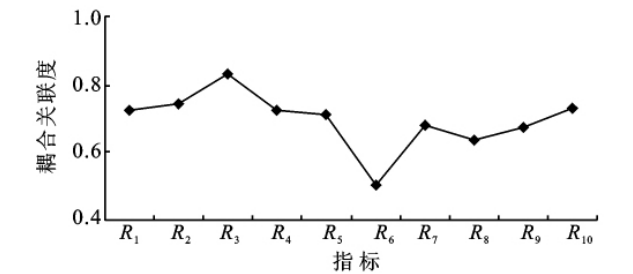


图 1 农用地资源系统 R 各要素对农业产业系统 I 的耦合关联度

3.2 农用地生态经济系统耦合态势分析

3.2.1 系统耦合态势划分标准 通过对耦合度的计算可以更清楚地揭示研究区农用地生态经济系统的耦合状态。若 $C(k)=1$,则说明表明农用地资源与农

业产业的耦合处于完全匹配耦合状态,若 $C(k)=0$,表明系统处于完全不耦合状态,具体参照表 4 的标准。

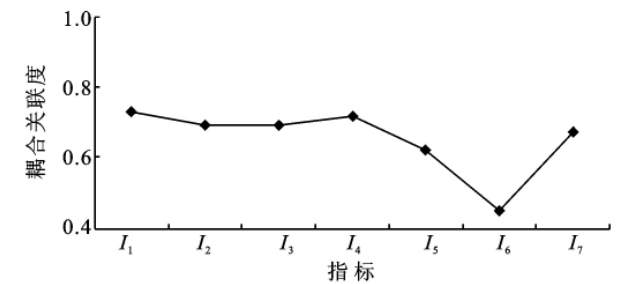


图 2 农业产业系统 I 各要素对农用地资源系统 R 的耦合关联度

表 4 系统耦合度等级划分^[21]

耦合度范围	0	$0 < C \leq 0.3$	$0.3 < C \leq 0.5$	$0.5 < C \leq 0.8$	$0.8 < C < 1$	$C=1$
耦合程度	无耦合	低水平耦合	拮抗耦合	磨合耦合	高水平耦合	完全耦合

3.2.2 农用地生态经济系统耦合度计算及其态势分析 通过图 3 可以很明显的看到,基于样本点的耦合度值基本介于 0.5~0.8 之间,农用地生态经济系统发展处于磨合耦合态势,这表明纸坊沟农用地资源与相应的农业产业之间还没有完全的匹配协调。资源要为相应产业发展所用,合理利用农用地资源是产业良好发展的基础,因此必须提高资源的利用率,促进资源与产业以及产业与产业之间的协调发展。

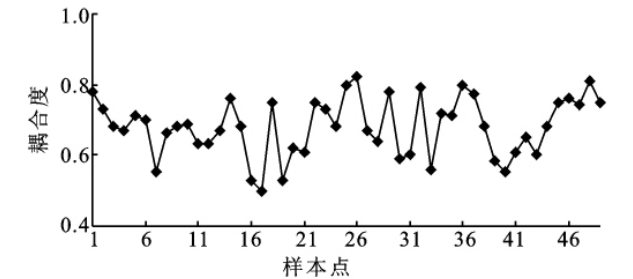


图 3 基于农户样本点的农用地生态经济系统耦合度

4 结 论

农用地生态经济系统是农用地生态系统和经济系统按照其固有的互动关系形成的有机统一体,其耦

合态势可以依据农用地资源与农业产业之间的循环链网结构予以表征。本文通过构建农用地生态经济系统的指标体系,引入耦合关联度和耦合度模型分析了纸坊沟流域农用地生态经济系统中农用地资源系统与农业产业的耦合关系以及系统整体的耦合态势,得到如下结论:

(1)农用地生态经济系统的耦合关系是农用地资源系统与农业产业系统耦合作用的结果。具体表现为农用地资源对农业产业的约束和农业产业对农用地资源的胁迫作用。耦合关联度模型的分析结果表明耕地地块数、牧草利用率、化肥施用量、人口密度、人均耕地、可灌溉率是约束纸坊沟流域农业产业发展的主要因素。而种植业、果业等各产业的收入效应影响着农户对农用地资源的配置和利用。

(2)基于抽样调查的纸坊沟流域样本耦合度值基本介于 0.5~0.8,系统耦合发展处于磨合耦合态势,这表明该流域农用地资源与农业产业还没有达到协调统一的发展。究其原因,主要是实施退耕还林工程后,封山禁牧政策使得农户只能舍饲养殖,这就造成了林草资源的闲置,同时减少了养殖数量,这就势必

减弱了农用地资源与农业产业布局的协调程度,凸显出农用地利用结构的不合理。

(3)农用地系统各要素之间具有密切的关联性,要素之间相互影响,相互制约;资源子系统和产业子系统相互作用共同影响着农用地生态经济系统的耦合程度。对于自然条件和资源有限的生态脆弱区纸坊沟流域来说,地理条件和农用地的分布状况成为影响农户农业生产的重要因素,同时也对农业产业的发展产生着制约作用,而相关的国家政策也对区域产业的发展起着重要的引导和制约作用。面对目前纸坊沟流域农用地生态经济系统的耦合状态,必须合理配置农用地资源,调整农业产业布局,提高资源的利用率,不断地完善系统的循环链网结构,寻求适合该流域农用地生态经济系统耦合的发展模式,以实现系统协调、可持续的发展。

参考文献:

- [1] 王万茂,李俊梅.土地生态经济系统与土地资源持续利用研究[J].中国生态农业学报,2003,11(2):147-149.
- [2] 张兆福,魏朝富,谢德体.土地生态经济系统运行机制及其调控研究[J].生态经济,2006(6):60-63.
- [3] 梁红梅,刘卫东,刘会平.土地利用社会经济效益与生态环境效益的耦合关系:以深圳市和宁波市为例[J].中国土地科学,2008,22(2):43-48.
- [4] Cooper A, Shine T, McCann T, et al. An Ecological Basis for Sustainable Land Use of Eastern Mauritanian Wetlands[J]. Biological Conservation, 2006, 67(1): 116-141.
- [5] 张正华.泥河沟流域土地生态经济评价[D].陕西 杨凌:西北农林科技大学,2005.
- [6] 张灿强,王继军.系统耦合对农地承载力的拓展分析[J].西南师范大学学报:自然科学版,2008,33(6):39-43.
- [7] 王继军.黄土丘陵区纸坊沟流域农业生态经济系统耦合过程分析[J].应用生态学报,2009,20(11):2723-2729.
- [8] 王继军,姜志德,连坡,等.70年来陕西省纸坊沟流域农业生态经济系统耦合态势[J].生态学报,2009,29(9):5130-5137.
- [9] 刘佳,王继军.黄土丘陵区农业生态系统和经济系统的互动关系[J].应用生态学报,2009,20(6):1401-1407.
- [10] 赵星.贵阳市乌当区生态-经济系统耦合关系研究[J].贵州师范大学学报:自然科学版,2006,24(3):111-115.
- [11] 中国科学院安塞水土保持综合试验站.黄土丘陵沟壑区水土保持型生态农业研究(上册)[M].陕西杨凌:天则出版社,1990.
- [12] 吴跃明,郎东锋,张子珩,等.环境-经济系统协调度模型及其指标体系[J].中国人口·资源与环境,1996,6(2):47-50.
- [13] 曹利军,王华东.可持续发展评价指标体系建立原理与方法研究[J].环境科学学报,1998,18(5):526-532.
- [14] 朱启贵.国内外可持续发展指标体系评论[J].合肥联合大学学报,2000,10(1):11-23.
- [15] 邓聚龙.灰色系统基本方法[M].武汉:华中理工大学出版社,1987:34-41.
- [16] 刘耀彬,李仁东,宋学锋.中国区域城市化与生态环境耦合的关联分析[J].地理学报,2005,60(2):237-247.
- [17] 傅立.灰色系统理论及其应用[M].北京:科学技术文献出版社,1992:182-263.
- [18] 傅威,林涛.区域社会经济发展与生态环境耦合关系研究模型的比较分析[J].四川环境,2010,29(3):102-109.
- [19] 陈美球,邓爱珍,周丙娟,等.资源禀赋对农户耕地保护意愿的实证分析[J].农村经济,2007,6(7):28-31.
- [20] 吴志峰,匡耀求,黄宁生,等.基于GIS的广州市耕地资源多样性与破碎度分析[J].农业系统科学与综合研究,2004,20(4):258-260.
- [21] 王琦,陈才.产业集群与区域经济空间的耦合度分析[J].地理科学,2008,28(2):145-149.

(上接第 47 页)

(2)滑坡复活的变形破裂机制为滑移-拉裂型,其变形破裂特征及稳定性计算结果表明,滑坡体在天然状态下处于基本稳定状态,在降雨或地震工况下处于欠稳定状态。

(3)推荐使用“后缘截水+坡体内部裂缝填封+滑坡前缘设置抗滑桩”的综合治理措施对其进行整治。

参考文献:

- [1] 沈军辉,王兰生,赵其华,等.二郎山榛子林滑坡形成演化机制及整治对策[J].成都理工学院学报,2000,27(2):184-188.
- [2] 四川省地质局第二区域地质测量队二分队.广元幅 1:20 万区域地质图[Z].1963-1966.
- [3] 李明辉,郑万模,石胜伟,等.丹巴县甲居滑坡复活机制及其稳定性分析[J].山地学报,2008,26(5):577-582.
- [4] 黄达,裴向军,张志刚,等.某公路滑坡成因机制及稳定性[J].山地学报,2008,26(6):721-726.
- [5] 黄润秋.20 世纪以来中国的大型滑坡及其发生机制[J].岩石力学与工程学报,2007,26(3):434-454.
- [6] 殷跃平.长江三峡库岸区移民迁建新址重大地质灾害及防治研究[M].北京:地质出版社,2004.