

# 宽谷丘陵区农牧开发模式监测评价体系研究

安乐平, 赵力毅, 辛 瑛, 谢登举

(黄河水利委员会 天水水土保持科学试验站, 甘肃 天水 741000)

**摘 要:** 宽谷丘陵区是以黄土高原丘陵沟壑区第 V 副区为主体, 涉及第 II、第 III、第 IV 副区的部分区域。该区域沟壑纵横, 常年降水稀少, 气候干旱, 水土流失严重, 人民生活水平低。水土流失、干旱、低产、贫困是该区突出的生态、社会和经济问题。选择黄土丘陵沟壑区第 III 副区的中山河流域东山村作为示范点, 在治理水土流失的同时, 配套集雨节灌措施, 培育和发展葡萄等特色产业, 大力推广节水农业, 通过减少化肥、农药施用量, 以减缓面源污染。并在综合确定监测指标的同时, 通过定点监测、调查访问等监测方法, 采用层次分析法建立了示范效益监测与评价指标体系, 从而科学合理地评价示范效应及生态经济系统。

**关键词:** 综合开发; 监测; 评价; 宽谷丘陵区

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2012)06-00102-05

中图分类号: S157.2, X826

## Monitoring and Evaluating Farming and Grazing Mode in Hilly-gully Loess Area

AN Le-ping, ZHAO Li-yi, XIN Ying, XIE Deng-ju

(Tianshui Soil and Water Conservation Experiment Station, YRCC, Tianshui, Gansu 741000, China)

**Abstract:** The hilly-gully loess area is composed mainly of the fifth sub-region, involving parts of the second, third, and fourth sub-regions of the Loess Plateau. The major ecological environment problems in the region are short of rain, extremely dry, vast hilly gully area and intense soil and water erosion, which directly lead to the low quality of the local environment. Loss of soil and water, drought, low productivity and poverty are the prominent ecological, social and economic problems. We selected Dongshan village as a demonstration site, which is located in the Zhongshan river basin in the third sub-region of loess hilly-gully region. In addition to soil erosion control, rainwater harvesting and water saving irrigation techniques were deployed on the site as well. Meanwhile, many measures including cultivating and developing the featuring produces like grape, promoting water-saving agriculture, decreasing application amount of chemical fertilizers and pesticides were carried out to reduce non-point source pollution. We established a comprehensive monitoring index, and at the same time, set up a special monitoring and evaluating index system for demonstration benefit using analytic hierarchy process method based on field observation and interactive interview.

**Keywords:** comprehensive development; monitoring; evaluation; loess hilly-gully area

宽谷丘陵区是指黄土高原中西部, 以黄土丘陵沟壑区第 V 副区为主体, 涉及丘 II、丘 III、丘 IV 副区的部分区域<sup>[1]</sup>。其主要地貌特征是平梁大峁、有山间盆地, 沟壑密度在  $1\sim 3\text{ km/km}^2$ , 年均降雨量在  $300\sim 500\text{ mm}$ , 侵蚀模数为  $3\ 000\sim 9\ 000\text{ t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ <sup>[2]</sup>。该区域地形破碎, 沟壑纵横, 气候干旱, 水土流失严重, 生态环境脆弱, 人民生活水平低。水土流失、干旱、低产、贫困是突出的生态、社会和经济问题。为了探索该区域农牧开发利用模式, 选择黄土高原丘陵沟壑区第 III 副区的天水地区中山河流域东山村作为示范点, 在进行水土流失治理, 推广节水灌溉, 培育特色

产业, 普及清洁能源等方面进行了试验, 示范与推广, 取得了良好的实施效果。同时, 加强项目实施过程的监测与效益评价, 通过调查访问、定点监测, 建立了示范点效益监测评价指标体系, 科学评价示范建设成效, 研究成果可在同类型区进行推广, 同时为同类型区治理开发提供借鉴。

### 1 示范点监测

#### 1.1 监测指标选择

参照《国家级生态村创建标准(试行)》, 结合示范点建设目标, 考虑水土流失因子的监测, 在中山示范

收稿日期: 2012-06-01

修回日期: 2012-06-11

资助项目: “十一五”国家科技支撑计划项目“宽谷丘陵区农牧综合开发模式研究与示范”(2006BAD09B08)

作者简介: 安乐平(1977—), 男(汉族), 甘肃省天水市人, 工程师, 主要从事水土保持监测、规划设计、水资源论证等工作。E-mail: anlep@163.com。

点选择经济水平、生态环境、资源保护利用与可持续发展3大类共12项监测指标进行监测<sup>[3]</sup>(表1)。

表1 示范点监测指标

指标类型	监测指标名称
经济水平	人均年纯收入
	消费水平
生态环境	牲畜存栏和出栏数量
	水土保持措施治理面积
	水土保持措施拦沙量
	生活饮用水水质
资源保护	农村卫生厕所利用情况
	用水量
利用与可持续发展	清洁能源利用情况
	养殖业废弃物利用情况
	无公害、绿色、有机农产品基地数量 农药化肥施用量

## 1.2 监测方法

1.2.1 典型农户调查监测 对人均收入、农民消费水平、饮用水水质和用水量、农药化肥施用量等监测项目,采用等距抽样的方法,在示范点农户中抽取样本,样本容量控制在总农户的约10%。设计统一的监测表格,定期填写监测记录,建立中山示范点监测台帐。

1.2.2 调查统计 对水土保持措施数量监测,依据当地水土保持部门每年水土保持治理年报中新增水土保持措施数量进行统计,结合实地调查,得到该区水土保持措施数量。

1.2.3 定点监测 拦沙量等指标的监测,一是借用当地水保站径流小区观测数据,分别按梯田、林地、人工草地等措施测算不同水土保持措施的拦沙指标,根据拦沙指标推算该区域水土保持措施拦沙量。二是在示范点沟口布设把口站,进行径流、泥沙监测。

## 1.3 结果及分析

### 1.3.1 监测结果

(1) 水土保持治理面积大幅增加。对示范点2006—2010年进行跟踪监测,示范点新增经济林果82.47 hm<sup>2</sup>,人工种草新增5.33 hm<sup>2</sup>,植被覆盖度达到78%。同时在示范点实施了梯田径流调控措施,加强了水土流失治理,坡面、沟道梯田化程度提高,水土流失治理度达到了98.74%。

(2) 人民群众收入有较快增长。经监测,示范点东山村户均年总收入2.07万元,其中果园收入为14400元/(户·a),占70%;非农业收入6254.55元/(户·a)[其中劳务输出3327.27元/(户·a),占53%],占总收入的30%。纯收入1.15万元/(户·a),人均2000元/a。户均年支出6734.18元(其中食品支出2125.45元),恩格尔系数为31.56%。

(3) 水资源利用率提高。中山示范点多年平均

降雨量为531.8 mm,流域面积4.9083 km<sup>2</sup>,经分析计算,雨水资源的理论潜力为2.61×10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>。根据示范点地形地貌、立地条件及土地利用情况,梯田、经果林占流域面积的63%,雨水资源就地利用潜力为1.64×10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>,尚有37%的面积可产生径流。采用坡地径流资源潜力计算方法推估,现状年2005年示范点可调配和开发的多年平均雨水资源量为6.40×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>。截止2007年底,共有水窖138眼,其中高位54眼,集水2379 m<sup>3</sup>;中位84眼,集水3150 m<sup>3</sup>,共计集水5529 m<sup>3</sup>,水资源(径流)利用率为8.6%。

(4) 新能源利用率普遍提高。示范户户均庭院面积276.51 m<sup>2</sup>,全部布设庭院集流场和水窖。对院子进行硬化处理的有8户,占示范户的72.73%;有水窖15眼,户均1.36眼;户均18马力家用三轮车一台;太阳能热水器、太阳能灶、沼气、秸秆气化炉、架空炕、卫生厕所、日光暖圈、供电、移动通信、电视普及率100%;沼渣、沼液等生物质能综合利用率90%。太阳能庭院灯、时钟、暖房系统等正在示范推广中。

(5) 农药、化肥施用量减少,面源污染减少。农药施用量为18203.25 ml/hm<sup>2</sup>,化肥施用量为1.65 t/hm<sup>2</sup>。

### 1.3.2 结果分析

(1) 水土流失得到有效遏制。经过5a的综合治理与开发,天水地区中山示范点通过山、水、田、林、路、院统一规划,工程、植物、耕作这3大措施相结合,布设了水土流失综合治理子系统。通过种植经济林果和种草,植被覆盖度由2005年的61%提高到78%;实施了流域梯田径流调控措施,加强了水土流失治理,坡面、沟道梯田化程度提高,由于水保措施面积大大增加,水土流失治理度由2005年的77.21%提高到98.74%,侵蚀模数由2005年的2500 t/(km<sup>2</sup>·a)减少到1900 t/(km<sup>2</sup>·a),下降了24%。

(2) 人民生活水平显著提高。中山示范点社会经济状况变化情况详见表2。从表2可以看出,耕地面积增加26.15 hm<sup>2</sup>,增长12.2%,人均耕地增长12.5%,农业年产值达到8041元/人,增长幅度达246.1%,人均年纯收入达到3063元,增长73.4%;而粮食产量和人均产粮因果园面积的增加、作物面积的减少而分别减少10.2%和11.5%。农业年产值、农民年均纯收入均得到较大幅度的增长。

(3) 农业用水水资源利用率得以提高。示范点人畜用水得到解决,生产和生态用水得到很大缓解。实施以水窖为纽带的庭院高效用水体系后,灌溉用水为150 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,远低于2006年全国农田实灌单位面积平均用水量6735 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,节水效果明显。

表 2 中山示范点社会经济状况变化统计

项目	人口/ 万人	劳力/ 万人	户数	人口密度/ (人·km <sup>-2</sup> )	人均土地 (hm <sup>2</sup> /人)	耕地面 积/hm <sup>2</sup>	人均耕地 (hm <sup>2</sup> /人)	农业年产 值(元/人)	年均纯收 入(元/人)	粮食产量/ 10 <sup>4</sup> t	人均产粮 (kg/人)
2005 年	0.270	0.120	526	550.1	0.180	213.6	0.08	2 323	1 766	0.09	333.0
2009 年	0.274	0.121	528	558.2	0.179	239.8	0.09	8 041	3 063	0.08	294.8
增长率/%	0.3	0.3	0.4	1.5	-0.5	12.2	12.50	246.1	73.4	-10.2	-11.5

(4) 新能源得到大力推广。实施以沼气池为纽带的庭园生态能源体系以来,每户每年节电 73.64 (kW·h),节煤 0.43 t/(户·a),节约薪炭 1 163.36 kg;养殖业废弃物综合利用率达到 100%。2003 年东山村被农业部列为“中国—荷兰合作促进中国西部农村可再生能源综合发展应用项目”示范点。被评为全国生态家园先进示范村。2005 年被农业部评为全国“生态家园富民行动”先进村。

## 2 示范效益评价

### 2.1 评价指标选择原则

(1) 利益共享原则。水土流失综合治理等生态建设工程,应突出利益共享原则。即通过生态工程的建设,使该区域的人民群众收入得到提高、环境得到改善、资源得到合理开发和保护。

(2) 科学性原则。主要体现在利益分配之中。农牧综合开发模式的建立应兼顾国家要生态、地方要发展、群众要收入的现实。

(3) 客观性原则。指标应通过调查监测或实验获得,数据能切实反映所要评价的内容。例如,生态环境类指标,既要反映水土流失治理成效,又要反映新农村建设对环境改善的要求。

(4) 独立性原则。指标选择在体现综合性的基础上,尽量避免各单项指标的相互重叠,使其各自具有独立性。例如,经济水平类指标的人均年纯收入,只反映的收入总量,通过牲畜出栏率来反映收入的结构组成,特别是畜牧业占收入的比重。

### 2.2 指标体系建立

参照水土保持验收规范、国家级生态村创建标准,结合示范点目标,建立既能反映水土保持生态效益,也反映其经济水平、高效、可持续发展等基本特征的评价指标体系<sup>[4]</sup>(表 3)。

该指标体系基本上反映了示范点综合治理开发过程中改善生态环境、发展当地经济的生态经济系统建设的复合效果,使多种目标在示范点综合开发中达到统一。

### 2.3 评价方法

本项研究运用美国著名运筹学家 Saaty 提出的层次分析法(analytic hierarchy process, AHP),建立项目

区目标层、准则层和因素层。通过专家分析,对评价指标进行两两比较,确定其相对重要性,得到比较判断矩阵,再计算矩阵的标准化特征向量,并进行一致性检验,即可得到各指标对综合效益的影响值,即权重。确定评价指标的权重,然后根据权重转换形成相应的评分标准,制定评价指标体系分级标准(图 1)。

表 3 示范点建设成效评价指标体系

指标分类	指标名称
经济水平类	1 人均年纯收入〔元/(人·a)〕
	2 恩格尔系数
	3 牲畜出栏率/%
生态环境类	4 水土流失治理程度/%
	5 水土保持措施拦沙率/%
	6 饮用水合格率/%
	7 户用卫生厕所普及率/%
资源保护 利用与可 持续发展类	8 水资源利用率/%
	9 清洁能源普及率/%
	10 养殖业废弃物综合利用率/%
	11 无公害、绿色、有机农产品基地比例/%
	12 农药化肥平均施用量/t

## 3 评价指标体系及其判别标准

根据相关技术标准,参照以往研究成果,从示范点建设目标,示范效果等方面综合考虑,确定出宽谷丘陵区农牧综合开发模式建设东山村示范点评价指标体系及其判别标准(表 4)。

依据表 4 中的评价判别标准,对各评价指标赋分,各项评价指标赋分详见表 5。

由表 5 可知,中山示范点综合得分为 87.96 分。

## 4 示范点生态经济水平评价

本研究采用综合评价指数法对示范点生态经济系统进行评价。

(1) 综合评价指数计算。综合评价指数计算公式为:

$$U = \sum_{i=1}^n b_i B_i \quad (i=1, 2, \dots, n)$$

式中:U——某生态经济系统评价指标总得分值,即综合评价指数; $b_i$ ——第  $i$  个指标的组权权重值; $B_i$ ——第  $i$  个指标的得分值。

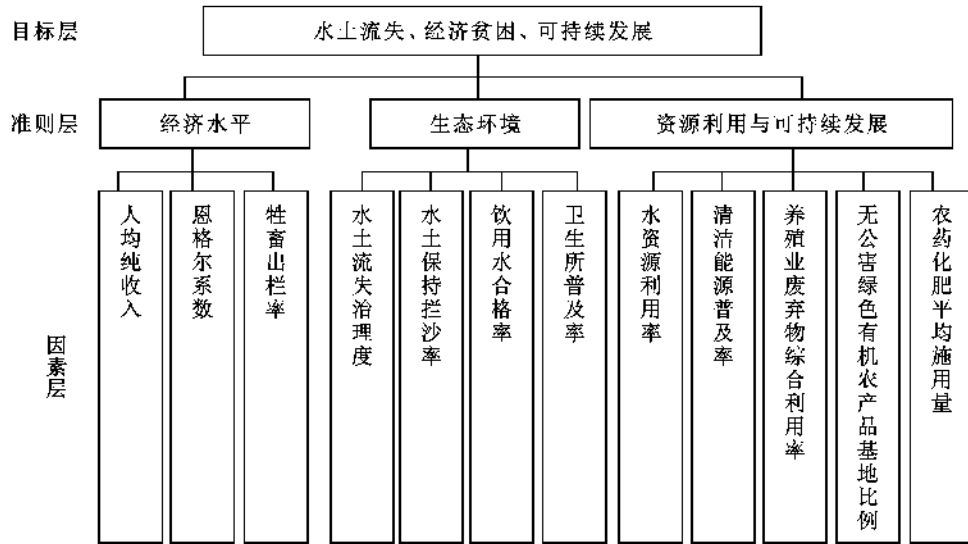


图 1 示范点评价指标模型

表 4 示范点评价指标体系及判别标准

指标	指标权重			组合权重	评分分级标准	记分
	经济水平 指标 0.35	生态环境 指标 0.25	资源保护利用与可 持续发展指标 0.40			
人均年纯收入	0.57	—	—	0.199	① 大于 4 000 元 ② 4 000~3 000 元 ③ 3 000~2 000 元 ④ <2 000 元	100 80 60 0
恩格尔系数	0.28	—	—	0.098	① 0.3~0.4 ② 0.41~0.5 ③ 0.51~0.6 ④ >0.6	100 80 60 0
牲畜出栏率	0.15	—	—	0.053	100% 100%~70% <70%	100 60 0
水土流失治理程度	—	0.28	—	0.07	① ≥90% ② 89%~70% ③ 69%~50% ④ <49%	100 80 60 0
水土保持措施拦沙率	—	0.20	—	0.05	① ≥85% ② 85%~70% ③ 69%~50% ④ <49%	100 80 60 0
饮用水合格率	—	0.24	—	0.06	① 95%以上 ② 95%~80% ③ <80%	100 60 0
户用卫生厕所普及率	—	0.28	—	0.07	① 80%以上 ② 80%~60% ③ <60%	100 60 0
水资源利用率	—	—	0.375	0.15	① 高于全县平均水平 ② 低于全县平均水平	100 0
清洁能源普及率	—	—	0.125	0.05	① 70%以上 ② 69%~50% ③ <50%	100 60 0
养殖业废弃物综合利用效率	—	—	0.125	0.05	① 80%以上 ② 79%~50% ③ <50%	100 60 0
无公害、绿色、有机农产品基地比例	—	—	0.25	0.10	① 50%以上 ② 49%~30% ③ <30%	100 60 0
农药化肥平均施用量	—	—	0.125	0.050	① 低于该区平均水平 ② 高于该区平均水平	100 0

表 5 示范点监测指标赋分

指标	赋分	组合权重	综合得分
人均年纯收入	60	0.199	11.94
恩格尔系数	80	0.098	7.84
牲畜出栏率	60	0.053	3.18
水土流失治理程度	100	0.070	7.00
水土保持措施拦沙率	100	0.050	5.00
饮用水合格率	100	0.060	6.00
户用卫生厕所普及率	100	0.070	7.00
水资源利用率	100	0.150	15.00
清洁能源普及率	100	0.050	5.00
养殖业废弃物综合利用率	100	0.050	5.00
无公害、绿色、有机农产品基地比例	100	0.100	10.00
农药化肥平均施用量	100	0.050	5.00
合计			87.96

(2) 生态经济系统评价标准。根据宽谷丘陵区发展的现实水平,经过广泛征询专家意见,深入分析论证,把宽谷丘陵区生态经济系统划分为 5 个等级,评价标准详见表 6。由表 6 可以看出,东山示范点综合评价得分 87.96 分,生态系统处于良性循环阶段。

## 5 结论

通过在中山示范点选择经济水平、生态环境、资源保护利用与可持续发展 3 大类共 12 项监测指标进行监测的结果表明,示范点通过水土流失治理、推广

节水高效农业、普及新能源等措施,水土流失得到有效控制,人民生活水平和水资源利用率显著提高。在监测分析的基础上,采用层次分析法建立了示范点评价指标体系和生态经济系统评价标准,通过综合分析评价,中山示范点各项指标综合得分 87.96 分,表明该示范点生态经济系统处于良性循环阶段。

表 6 宽谷丘陵区农牧综合开发模式评价标准

评价指标总分值	评价
$U < 60$	生态经济系统处于恶性循环阶段
$60 \leq U < 70$	生态经济系统向良性循环过渡阶段
$70 \leq U < 80$	生态经济系统基本处于良性循环阶段
$80 \leq U < 90$	生态经济系统处于良性循环阶段
$U \geq 90$	生态经济系统处于持续稳定协调发展阶段

### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 郑新民. 宽谷丘陵区农牧综合开发模式研究的关键技术[J]. 人民黄河, 2008, 30(10): 66-67.
- [2] 郑新民. 黄土高原宽谷丘陵区生态环境分析与防治对策[C]// 全国水土保持与荒漠化防治及生态修复交流研讨会论文集. 陕西 西安, 2009.
- [3] 康玲玲, 王云璋, 王霞. 小流域水土保持综合治理效益指标体系及其应用[J]. 土壤与环境, 2002(3): 274-278.
- [4] 范海荣, 王洪海. 小流域治理综合效益评价指标体系及其评价方法[J]. 吉林水利, 2003(12): 24-25.

## 欢迎订阅 2013 年《农业工程学报》

《农业工程学报》是由中国科协主管,中国农业工程学会主办,国内外公开发行人。自 2012 年始为半月刊。《农业工程学报》为“中国精品科技期刊”、“百种中国杰出学术期刊”及“中国科协精品科技期刊工程项目”期刊。《农业工程学报》被 Ei Compendex 光盘版(核心),CABI,CA,CSA 以及俄罗斯《文摘杂志》等国际重要数据库收录。

据《中国科技期刊引证报告(核心版)》(CJCR),2010 年《农业工程学报》影响因子为 1.347,总被引频次为 6 958,该指标在 1998 种核心期刊中列居第 10;据中国科学引文数据库(CSCD)核心库资料,2010 年《农业工程学报》影响因子 0.940 2,总被引频次 4 800,按后者在 1 200 种核心期刊中排名第 6 位。连续 20 年在《中文核心期刊要目总览》所列农业工程类期刊中位居榜首;据《中国学术期刊综合引证报告》,《农业工程学报》2011 年版总被引频次为 16 942,复合影响因子 JIF 为 2.390,两指标在 17 种农业工程类期刊中均排名第 1。

邮发代号: 18-57, CN11-2047/S, <http://www.tcsae.org>, 每期定价 50 元, 全年 1 200 元。

编辑部地址: 北京市朝阳区麦子店街 41 号《农业工程学报》编辑部

服务热线: 010-65929451 传真: 010-65929451 邮编: 100125

电子信箱: [tcsae@tcsae.org](mailto:tcsae@tcsae.org); [tcsae@sohu.com](mailto:tcsae@sohu.com)

学报网站: <http://www.tcsae.org/ch/index.aspx>