

# 县南沟流域水土保持技术适宜性评估

赵晓翠<sup>1</sup>, 王继军<sup>1,2</sup>, 乔梅<sup>1</sup>, 韩晓佳<sup>2</sup>, 李玥<sup>1</sup>

(1.西北农林科技大学 水土保持研究所, 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)

**摘 要:**针对水土保持技术评估研究滞后的现实,为了给流域未来水土保持技术的选择提供参考依据,借鉴课题组构建的水土保持技术评估体系,并对各指标进行解译,得到评分标准,运用层次分析模型和 Logistic 回归模型,对安塞县县南沟流域目前的水土保持技术进行了评估。结果表明:县南沟流域水土保持技术适宜性为 4.1(一、二、三级指标下测算结果分别是 4.167 1, 4.105 7, 4.094 7),已进入最高等级,为“适宜”状态,即目前所应用的水土保持技术满足水土流失治理需求。其中技术相宜性最高,在技术相宜性中,立地相宜性较高,这与专家的判断一致。反过来说,在水土保持技术选择时,首先应满足技术的相宜性,可考虑将技术相宜性作为一票否决指标。目前,县南沟流域水土保持技术体系适宜性虽已进入最高等级,但只有 4.1,尚有进一步提升的空间,在今后的发展过程中,需要根据新时代背景下的新需求,研发新的水土保持技术,并进一步优化水土保持技术体系。测算结果与实际调查数据相符,验证了课题(2016YFC0503702)所建立的评估体系的合理性,揭示了水土保持技术选择和应用的本质。

**关键词:**水土保持技术; 指标体系; 评价模型; 县南沟流域

中图分类号:S157

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2020)02-0350-07

## Assessment of Soil and Water Conservation Technology in Xiannangou Watershed

ZHAO Xiaocui<sup>1</sup>, WANG Jijun<sup>1,2</sup>, QIAO Mei<sup>1</sup>, HAN Xiaojia<sup>2</sup>, LI Yue<sup>1</sup>

(1.Institute of Soil and Water Conservation, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2.Institute of Soil and Water Conservation, CAS&MWR, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** In view of the fact that the research on water and soil conservation technology was lagging behind, in order to provide reference for the selection of soil and water conservation technology in the watershed in the future, the current water and soil conservation technology in the Xiannangou watershed of Ansai County was evaluated by using the analytical hierarchy process model and Logistic regression model on the basis of the water and soil conservation technology assessment system established by us. The results showed that the suitability of soil and water conservation technology in the Xiannangou watershed was 4.1, (the measured results under the first, second and third level indexes were 4.167 1, 4.105 7 and 4.094 7, respectively), and had entered the highest level of the suitability state, in which the technical suitability was the highest, indicating that the currently applied soil and water conservation technology can meet the requirements of the water and soil erosion control; in the technical suitability, the site suitability was higher, which was consistent with the expert judgment; conversely, in the selection of soil and water conservation technology, the suitability of technology should be met first, and technology suitability could be considered as a veto indicator; at present, the suitability of the soil and water conservation technology system in the Xiannangou watershed has entered the highest level with the value of 4.1, there was still room for the further improvement. In the future development process, it is necessary to develop new soil and water conservation technologies and further optimize the soil and water conservation technology system, according to the new demands in the new era. The calculated results were consistent with the actual survey data, which verifies the rationality of the evaluation system established by the Project (2016YFC0503702), and revealed the essence of the selection and application of soil and water conservation technology.

**Keywords:** soil and water conservation technology; index system; evaluation model; Xiannangou watershed

收稿日期:2019-05-09

修回日期:2019-05-19

资助项目:国家重点研发计划课题(2016YFC0503702);国家重点研发计划课题(2016YFC0501707);国家自然科学基金(41571515)

第一作者:赵晓翠(1993—),女,山西吕梁人,硕士研究生,研究方向为流域管理。E-mail:zhaoxiaocui1993@163.com

通信作者:王继军(1964—),男,陕西渭南人,研究员,主要从事生态经济研究。E-mail:jjwang@ms.iswc.ac.cn

为了减少水土流失,改善生态环境,我国先后采取了一系列水土保持措施,目前已经取得了巨大成效。据水利部资料显示,截至2014年年底,全国累计完成水土流失综合治理面积111.61万 $\text{km}^2$ ,其中小流域综合治理面积达到35.81万 $\text{km}^2$ 。近3年来,水土流失治理面积共完成了16.9万 $\text{km}^2$ ,水土流失综合治理竣工小流域共有5099条<sup>[1]</sup>。

在水土流失治理过程中,水土保持技术作用显得尤为重要,水土保持技术的实施,不仅显著改善了生态环境,而且对当地的经济、社会发展都产生了较大影响。因此,关于水土保持技术及相关问题的研究从未间断。其中,在水土保持技术评价方面,主要关注点集中在效益评价<sup>[2-10]</sup>、部分适宜性评价<sup>[11-13]</sup>等,这些研究虽然为水土保持技术的选择和水土流失的治理提供了参考依据。但是还存在评价体系不全面、对于水土保持技术本身、应用效果、推广潜力等方面的综合评价研究甚少等问题,导致不同区域在水土保持技术选择方面的适配度降低。因此,如何科学合理地评估水土保持技术,是目前水土保持技术工作中迫切需要解决的问题,同时这一问题的解决有助于进一步优化水土保持技术体系以及合理配置水土资源。

县南沟流域是黄土高原丘陵沟壑区的典型代表流域,也是退耕还林工程的试点流域,在水土流失治理和水土保持技术应用中具有一定的代表性。因此,以县南沟流域为例,针对水土保持技术属性、应用过程、应用效果等方面的综合评估问题,利用课题组构建的水土保持技术评价指标体系,运用层次分析模型和Logistic回归模型等对流域内水土保持技术体系进行评估,旨在为流域内水土流失治理方面技术的选择提供参考。

## 1 研究区概况

县南沟流域位于陕西省安塞县沿河湾镇,东经 $109^{\circ}12'12''$ — $109^{\circ}22'12''$ ,北纬 $36^{\circ}41'24''$ — $36^{\circ}46'12''$ 。流域内梁峁起伏、地形破碎,流域面积50.64 $\text{km}^2$ ;该流域年降水量为500~550 mm,降雨分配不均,主要集中在7—9月,年平均气温8.8 $^{\circ}\text{C}$ ,在气候上处于半干旱向半湿润过渡区。流域内土壤以黄绵土为主,其次为黑垆土,而淤积土和红胶土面积则相对较少。县南沟流域包括3个行政村中的17个村民小组,寨子湾(皮塔村、寨子湾、桑塔村、孙岔村、何塌村),方家河(张坪村、崖尧村、窑湾村、灰条咀、社科村、方家河村、黄柏梁村、永丰尧村、畔坡山村),沿河湾镇后街(砖窑沟村、朱凤台村、新庄洼村)。该流域2017年有753

户,共2529人,人均年收入8356元。流域内主要产业为种植业、林果业、棚栽业、畜牧业。

目前的水水土保持技术体系为:坝地/梯田+垄沟种植+地膜覆盖+轮作( $<5^{\circ}$ )、(机修)宽幅梯田/窄条梯田+果树、鱼鳞坑/窄条梯田/反坡梯田+生态林( $15^{\circ}\sim 25^{\circ}$ )、封禁( $15^{\circ}\sim 25^{\circ}$ )、封育( $>25^{\circ}$ )。

## 2 研究思路与方法

### 2.1 研究思路

针对水土保持技术评估中偏重于效益和单项技术评价的现实,以水土保持技术本身属性、应用过程、应用效果相耦合为主线,参考课题“生态技术评价方法、指标与评价模型开发”已形成的评估体系。构建科学合理的评价指标,研发评价模型,潜变量与显变量同时进行评估,相互印证。基于以上思路,以县南沟流域为例,通过调查、收集资料,对流域内水土保持技术体系进行归类,利用课题组构建的水土保持技术评价指标,并对各指标进行解译,得到评分标准,运用层次分析模型和Logistic回归模型相结合进行评估。揭示技术本身与应用过程之间的关系。

### 2.2 研究方法

2.2.1 数据来源 分析过程中所用到的数据来源于2018年8月农户调查,农户调查采取随机抽样法,调查区域覆盖县南沟流域3个行政村中的16个村民小组。调查方式采取与农户面对面问答法。调查内容包括:家庭基本情况、退耕规模、退耕还林前后农民的耕地面积、粮食产量情况、收入变化情况、水土保持技术使用情况、水土保持技术发展过程、水土保持技术实施前后的感性认识等。调查持续半个月,每户大约1 h,共调查20户,有效问卷18户。

2.2.2 指标体系构建及评分标准 借鉴课题“生态技术评价方法、指标与评价模型开发”的相关研究成果,选取技术成熟度、技术应用难度、技术相宜性、技术效益以及技术推广潜力5个指标作为水土保持技术评估的一级指标,选取技术完整性、技术稳定性、技术先进性等14个指标作为水土保持技术评估的二级指标,选取技术结构、技术体系、地形条件适宜度、气候条件适宜度等29个指标作为水土保持技术评估的三级指标。通过与专家多次讨论,解译指标并给予评分标准(表1)。

2.2.3 评价模型 通过建立的评价指标体系,根据课题组已有的研究,基于一级、二级指标的水土保持技术评价模型为层次分析模型;基于三级指标的水土保持技术评价模型为Logistic回归模型<sup>[14]</sup>。

表 1 水土保持技术指标及量化标准

一级指标	自定义方法	二级指标	自定义方法	三级指标	自定义方法
$x_1$ 技术成熟度	较为简单技术集成,要素组成不完整,不稳定(1分); 较为简单技术集成,要素组成完整,不稳定(2分); 较为简单技术集成,要素组成完整,稳定发挥作用(3分); 技术组成各要素基本合理,技术能够有效发挥作用(4分); 技术组成各要素完整,技术稳定发挥作用(5分)	$x_{11}$ 技术完整性	技术要素组成不完整,不能有效发挥作用(1分);技术要素组成较为完整,能有效发挥作用(2分);技术要素组成较为完整,能够发挥作用(3分);技术要素组成完整,配置较为合理,能够长期稳定发挥作用(4分);技术要素组成完整,配置合理,能够有效发挥作用(5分)	$x_{111}$ 技术结构	无主体技术(1分);只有主体技术(2分);主体技术与主要配套技术中等(3分);技术要素较全(4分);技术组成完整(5分)
				$x_{112}$ 技术体系	部分配套,总体不合理(1分);大部分环节配套(2分);基本配套(3分);配套,但不是最佳(4分);最佳组合(5分)
		$x_{12}$ 技术稳定性	技术不能长期发挥作用(1分);技术能稳定发挥作用(2分);技术长期稳定发挥作用一般(3分);技术比较稳定的长期发挥作用(4分);技术稳定的长期发挥作用(5分)	$x_{121}$ 技术弹性	几乎都改变(1分);少数不变(2分);部分不变(3分);大部分不变(4分);不变(5分)
				$x_{122}$ 可使用年限	一次性可使用(1分);满足背景条件周期一半以下(2分);满足背景条件周期一半以上(3分);与背景条件同周期(4分);超出背景条件周期(5分)
		$x_{13}$ 技术先进性	区域所应用技术为集成技术(1分);区域所应用技术处于区域先进、领先(2分);区域所应用技术处于国内领先、先进(3分);区域所应用技术处于国际先进(4分);区域所应用技术处于国际领先(5分)	$x_{131}$ 创新度	几乎无创新(1分);少数创新(2分);部分创新(3分);大部分创新(4分);完全创新(5分)
				$x_{132}$ 领先度	集成(1分);区域先进领先(2分);国内先进领先(3分);国际先进(4分);国际领先(5分)
$x_2$ 技术应用难度	技能要求高,应用成本高(1分); 技能要求高,应用成本适中(2分); 技能要求适中,应用成本适中(3分); 技能要求适中,应用成本低(4分); 技能要求低,应用成本低(5分)	$x_{21}$ 技能水平需求层次	技术应用过程中对劳动力文化程度与能力的要求为大学(1分);技术应用过程中对劳动力文化程度与能力的要求为高中(2分);技术应用过程中对劳动力文化程度与能力的要求为初中(3分);技术应用过程中对劳动力文化程度与能力的要求为小学(4分);技术应用过程中对劳动力文化程度与能力的要求为文盲即可(5分)	$x_{211}$ 劳动力文化程度	大学(1分);高中(2分);初中(3分);小学(4分);文盲(5分)
				$x_{212}$ 劳动力配合度	需要专业人员参与(1分);多数人配合(2分);少数人配合(3分);两个人配合(4分);不需要(5分)
		$x_{22}$ 技术应用成本	技术研发与购置以及应用过程中的费用农户有条件接受(1分);技术研发与购置以及应用过程中的费用农户可考虑(2分);技术研发与购置以及应用过程中的费用农户不完全接受(3分);技术研发与购置以及应用过程中的费用农户能接受(4分);技术研发与购置以及应用过程中的费用对于农户不是问题(5分)	$x_{221}$ 技术研发或购置费用	≥100万元(1分);≥10万元且<100万元(2分);≥5万元且<10万元(3分);≥1万元且<5万元(4分);<1万元(5分)
				$x_{222}$ 机会成本	≥1万元(1分);≥0.5万元且<1万元(2分);≥0.3万元且<0.5万元(3分);≥0.05万元且<0.3万元(4分);<0.05万元(5分)
				$x_{311}$ 生态目标的有效实现程度	几乎未达到目标要求(1分);少数目标达到要求(2分);部分目标达到要求(3分);基本目标达到要求(4分);完全达到目标要求(5分)
				$x_{312}$ 经济目标的有效实现程度	几乎未达到目标要求(1分);少数目标达到要求(2分);部分目标达到要求(3分);基本目标达到要求(4分);完全达到目标要求(5分)
$x_3$ 技术相宜性	不合适(1分); 不完全适合(2分); 适合(3分); 比较适合(4分); 完全适合(5分)	$x_{31}$ 目标相宜性	仅少量达到技术设定的自然、经济、社会目标(1分);少数达到一满足技术设定的自然、经济、社会目标(2分);部分达到满足技术设定的自然、经济、社会目标(3分);基本达到满足技术设定的自然、经济、社会目标(4分);完全达到满足技术设定的自然、经济、社会目标(5分)	$x_{313}$ 社会目标的有效实现程度	几乎未达到目标要求(1分);少数目标达到要求(2分);部分目标达到要求(3分);基本目标达到要求(4分);完全达到目标要求(5分)
				$x_{321}$ 地形条件适宜度	完全不适合(1分);较不适合(2分);一般(3分);较适合(4分);非常合适(5分)
		$x_{32}$ 立地相宜性	技术应用需要的立地条件及少量合适(1分);技术应用需要的立地条件与实施区域立地条件不完全合适(2分);技术应用需要的立地条件与实施区域立地条件适合(3分);技术应用需要的立地条件与实施区域立地条件比较合适(4分);技术应用需要的立地条件与实施区域立地条件完全合适(5分)	$x_{322}$ 气候条件适宜度	完全不适合(1分);较不适合(2分);一般(3分);较适合(4分);非常合适(5分)
				$x_{331}$ 技术与产业关联程度	无关联(1分);关联度差(2分);关联度一般(3分);关联度好(4分);促进产业迅速发展(5分)
		$x_{33}$ 经济发展相宜性	技术应用可能带来的经济变化条件与实施区域经济发展需求仅少量合适(1分);技术应用可能带来的经济变化条件与实施区域经济发展需求不完全合适(2分);技术应用可能带来的经济变化条件与实施区域经济发展需求适合(3分);技术应用可能带来的经济变化条件与实施区域经济发展需求比较合适(4分);技术应用可能带来的经济变化条件与实施区域经济发展需求完全合适(5分)	$x_{332}$ 技术经济发展耦合协调度	阻碍经济发展(1分);经济发展速度不变(2分);减慢经济发展增速(3分);加快经济发展增速(4分);使得经济飞速发展(5分)

续表 1

一级指标	自定义方法	二级指标	自定义方法	三级指标	自定义方法
$x_3$ 技术相宜性	不合适(1分); 不完全适合(2分); 适合(3分); 比较适合(4分); 完全适合(5分)	$x_{34}$ 政策、法规相宜性	技术应用需要的政策、法律条件与实施区域政策法律少数配套(1分);技术应用需要的政策、法律条件与实施区域政策法律部分配套(2分);技术应用需要的政策、法律条件与实施区域政策法律大部分配套(3分);技术应用需要的政策、法律条件与实施区域政策法律基本配套(4分);技术应用需要的政策、法律条件与实施区域政策法律完全配套(5分)	$x_{341}$ 政策配套程度	几乎不配套(1分);少数配套(2分);部分配套(3分);基本配套(4分);完全配套(5分)
				$x_{342}$ 法律配套程度	几乎不配套(1分);少数配套(2分);部分配套(3分);基本配套(4分);完全配套(5分)
			技术实施对生态环境改善效果不明显(1分);技术实施对生态环境改善效果一般(2分);技术实施对生态环境改善效果较好(3分);技术实施对生态环境改善效果良好(4分);技术实施对生态环境改善效果非常好(5分)	$x_{411}$ 土壤侵蚀模数	[8000,10000)(1分);[6000,8000)(2分);[4000,6000)(3分);[2000,4000)(4分);[0,2000)(5分)
$x_4$ 技术效益	效果不明显(1分); 效果一般(2分); 效果较好(3分); 效果良好(4分); 效果非常好(5分)	$x_{41}$ 生态效益		$x_{412}$ 水土流失治理度	[0,20%)(1分);[20%,40%)(2分);[40%,60%)(3分);[60%,80%)(4分);[80%,100%)(5分)
			技术实施对经济增长的贡献效果不明显(1分);技术实施对经济增长的贡献效果一般(2分);技术实施对经济增长的贡献效果较好(3分);技术实施对经济增长的贡献效果良好(4分);技术实施对经济增长的贡献效果非常好(5分)	$x_{421}$ 人均纯收入	[0,3000)(1分);[3000,6000)(2分);[6000,9000)(3分);[9000,12000)(4分);≥12000(5分)
				$x_{422}$ 粮食单产	[0,300)(1分);[300,600)(2分);[600,900)(3分);[900,1200)(4分);≥1200(5分)
$x_5$ 技术推广潜力	小(1分); 较小(2分); 中等(3分); 较大(4分); 大(5分);	$x_{42}$ 经济效益	技术实施对社会公共利益和社会发展的贡献效果不明显(1分);技术实施对社会公共利益和社会发展的贡献效果一般(2分);技术实施对社会公共利益和社会发展的贡献效果较好(3分);技术实施对社会公共利益和社会发展的贡献效果良好(4分);技术实施对社会公共利益和社会发展的贡献效果非常好(5分)	$x_{431}$ 区域农户应用和发展理念	基本上无变化(1分);部分变化(2分);总体上有变化(3分);较大变化(4分);很大变化(5分)
				$x_{432}$ 辐射带动程度(作用)	小(1分);较小(2分);中等(3分);较大(4分);大(5分)
			技术与未来发展趋势的关联程度小(1分);技术与未来发展趋势的关联程度较小(2分);技术与未来发展趋势的关联程度中等(3分);技术与未来发展趋势的关联程度较大(4分);技术与未来发展趋势的关联程度大(5分)	$x_{511}$ 生态建设需求度	小(1分);较小(2分);中等(3分);较大(4分);大(5分)
$x_5$ 技术推广潜力	小(1分); 较小(2分); 中等(3分); 较大(4分); 大(5分);	$x_{51}$ 技术与未来发展关联度		$x_{512}$ 经济发展需求度	小(1分);较小(2分);中等(3分);较大(4分);大(5分)
			现使用技术非常容易被其他同等效果技术替代(1分);现使用技术比较容易被其他同等效果技术替代(2分);现使用技术容易被其他同等效果技术替代(3分);现使用技术不易被其他同等效果技术替代(4分);现使用技术不能被其他同等效果技术替代(5分)	$x_{521}$ 优势度	低(1分);较低(2分);中等(3分);较高(4分);高(5分)
				$x_{522}$ 劳动力持续使用惯性	效益相当的技术仍愿意放弃该技术(1分);效益稍大时放弃该技术(2分);感觉效益较大时放弃该技术(3分);有相对环保的新技术但主观感觉效益差不多仍沿用该技术(4分);有较大效益时沿用该技术(5分)

基于一级指标对水土保持技术评价的模型为：  
 $y=0.2241x_1+0.1499x_2+0.2983x_3+0.2292x_4+0.0985x_5$

基于二级指标对水土保持技术评价的模型为：  
 $y=0.0821x_{11}+0.0884x_{12}+0.0536x_{13}+0.0722x_{21}+0.0777x_{22}+0.0842x_{31}+0.1088x_{32}+0.0551x_{33}+0.0502x_{34}+0.0970x_{41}+0.0823x_{42}+0.0499x_{43}+0.0648x_{51}+0.0377x_{52}$

基于三级指标对水土保持技术评价的模型为：  
 $y=0.4105\times\frac{\exp\{-2.52+0.529x_{111}+0.453x_{112}\}}{1+\exp\{-2.52+0.529x_{111}+0.453x_{112}\}}+0.442\times\frac{\exp\{-2.852+0.567x_{121}+0.529x_{122}\}}{1+\exp\{-2.852+0.567x_{121}+0.529x_{122}\}}+0.268\times\frac{\exp\{-2.2+0.475x_{131}+0.405x_{132}\}}{1+\exp\{-2.2+0.475x_{131}+0.405x_{132}\}}+0.361\times\frac{\exp\{-3.978+0.707x_{211}+0.725x_{212}\}}{1+\exp\{-3.978+0.707x_{211}+0.725x_{212}\}}+0.3885\times\frac{\exp\{-5.807+0.871x_{221}+0.763x_{222}\}}{1+\exp\{-5.807+0.871x_{221}+0.763x_{222}\}}+0.421\times\frac{\exp\{-2.828+0.39x_{311}+0.382x_{312}+0.311x_{313}\}}{1+\exp\{-2.828+0.39x_{311}+0.382x_{312}+0.311x_{313}\}}+0.544\times\frac{\exp\{-8.174+1.147x_{321}+1.173x_{322}\}}{1+\exp\{-8.174+1.147x_{321}+1.173x_{322}\}}+0.2755\times\frac{\exp\{-2.368+0.516x_{331}+0.427x_{332}\}}{1+\exp\{-2.368+0.516x_{331}+0.427x_{332}\}}+0.251\times\frac{\exp\{-2.599+0.523x_{341}+0.475x_{342}\}}{1+\exp\{-2.599+0.523x_{341}+0.475x_{342}\}}+$



$$\begin{aligned} &0.485 \times \frac{\exp\{-7.384+1.1x_{411}+1.052x_{412}\}}{1+\exp\{-7.384+1.1x_{411}+1.052x_{412}\}} + \\ &0.4115 \times \frac{\exp\{-2.413+0.503x_{421}+0.452x_{422}\}}{1+\exp\{-2.413+0.503x_{421}+0.452x_{422}\}} + \\ &0.2495 \times \frac{\exp\{-2.242+0.452x_{431}+0.462x_{432}\}}{1+\exp\{-2.242+0.452x_{431}+0.462x_{432}\}} + \\ &0.324 \times \frac{\exp\{-3.566+0.673x_{511}+0.586x_{512}\}}{1+\exp\{-3.566+0.673x_{511}+0.586x_{512}\}} + \\ &0.1685 \times \frac{\exp\{-2.489+0.613x_{521}+0.37x_{522}\}}{1+\exp\{-2.489+0.613x_{521}+0.37x_{522}\}} \end{aligned}$$

表 2 水土保持技术评价等级及自定义方法

y 值	(0,1]	(1,2]	(2,3]	(3,4]	(4,5]
自定义方法	对于当地的生态、经济、社会发展,所应用的技术极不适合	对于当地的生态、经济、社会发展,所应用的技术相对比较不适合	对于当地的生态、经济、社会发展,所应用的技术刚好适合	对于当地的生态、经济、社会发展,所应用的技术比较适合	对于当地的生态、经济、社会发展,所应用的技术适合于该流域
评价等级	I	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	V
技术适宜性	极不适宜	较不适宜	临界适宜	较适宜	适宜

表 3 县南沟流域水土保持技术综合评价结果

项目	基于一级指标	基于二级指标	基于三级指标
y 值	4.1671	4.1057	4.0947

由表 3—4 所知,无论是基于一级指标计算结果、

3 结果与分析

3.1 水土保持技术评价等级确定

参考已有的研究<sup>[15]</sup>,确定了 5 级量度标准作为县南沟流域水土保持技术总体评价等级标准(表 2)。区间量度值范围为(0,5]。

3.2 水土保持技术评价

基于对数据的处理以及模型的利用,计算得出了水土保持技术指标值(表 4)和综合评价结果(表 3)。

二级指标计算结果、三级指标计算结果,y 值都处于适宜范围之内,一、二、三级指标计算结果基本一致,验证了指标体系的合理性。通过对现实情况的调查与了解,与计算结果相符。

表 4 水土保持技术指标值

一级指标	指标值	二级指标	指标值	三级指标	指标值
$x_1$ 技术成熟度	3.9335	$x_{11}$ 技术完整性	4.1000	$x_{111}$ 技术结构	4.1294
		$x_{12}$ 技术稳定性	4.4043	$x_{112}$ 技术体系	4.0882
				$x_{121}$ 技术弹性	4.4588
				$x_{122}$ 可使用年限	4.3941
$x_2$ 技术应用难度	4.1809	$x_{13}$ 技术先进性	3.0068	$x_{131}$ 创新度	3.3705
				$x_{132}$ 领先度	2.4941
		$x_{21}$ 技能水平需求层次	4.2532	$x_{211}$ 劳动力文化程度	3.8647
				$x_{212}$ 劳动力配合程度	4.1176
$x_3$ 技术相宜性	4.2828	$x_{22}$ 技术应用成本	4.0424	$x_{221}$ 技术研发或购置费用	4.5176
				$x_{222}$ 机会成本	4.3411
		$x_{31}$ 目标相宜性	4.2722	$x_{311}$ 生态目标的有效实现程度	4.7000
				$x_{312}$ 经济目标的有效实现程度	4.1588
$x_4$ 技术效益	4.2334	$x_{32}$ 立地相宜性	4.6732	$x_{313}$ 社会目标的有效实现程度	3.7823
				$x_{321}$ 地形条件适宜度	4.7000
		$x_{33}$ 经济发展相宜性	4.0263	$x_{322}$ 气候条件适宜度	4.6176
				$x_{331}$ 技术与产业关联程度	4.0058
$x_5$ 技术推广潜力	3.5498	$x_{34}$ 政策、法规相宜性	3.5467	$x_{332}$ 技术经济发展耦合协调度	4.0294
				$x_{341}$ 政策配套程度	3.8117
		$x_{41}$ 生态效益	4.4375	$x_{342}$ 法律配套程度	3.1529
				$x_{411}$ 土壤侵蚀模数	4.0000
$x_5$ 技术推广潜力	3.5498	$x_{42}$ 经济效益	4.0211	$x_{412}$ 水土流失治理度	4.8000
				$x_{421}$ 人均纯收入	4.1176
		$x_{43}$ 社会效益	3.9985	$x_{422}$ 粮食单产	3.8823
				$x_{431}$ 区域农户应用和发展理念	3.9588
$x_5$ 技术推广潜力	3.5498	$x_{51}$ 技术与未来发展关联度	3.4295	$x_{432}$ 辐射带动程度	3.9764
				$x_{511}$ 生态建设需求度	2.5000
		$x_{52}$ 技术可替代性	4.0390	$x_{512}$ 经济发展需求度	4.5470
				$x_{521}$ 优势度	3.9882
$x_5$ 技术推广潜力	3.5498	$x_{52}$ 技术可替代性	4.0390	$x_{522}$ 劳动力持续使用惯性	4.0000
		$x_{52}$ 技术可替代性	4.0390		

近 20 年以来,县南沟流域水土保持技术体系不断完善,水土流失治理效果不断提升。这一良好成果得益于水土保持技术本身与应用过程的耦合协调发展。就水土保持技术本身而言,目前,该流域所应用的技术要素都已具备,结构配置比较完善,变动弹性较小,可使用年限较长。对技术成本和文化程度的要求较低,大多数农民可以接受并且独立完成。所采用的技术总体上适合区位特征,并能够有效发挥作用。在技术的应用方面,效益一直是人们关注的焦点,一项技术的使用,都会依据当时国家的方针政策、当地社会经济发展、科学技术发展水平、群众的人文素质等而选择。技术的主要目标就是为了促进区域内生态、经济、社会的发展,技术效益也是技术应用最直观的表现。在效益很好发挥的基础上,人们将会把重心转移到推广方面,根据国家政策、区域规划建设等,在技术比较利益、可替代性等方面的基础上,围绕技术未来的发展方向,筛选、集成适合该流域的技术,形成可适化的技术体系。

对表 4 作进一步分析,可以看出:分值最高的是技术相宜性。其中立地相宜性的影响程度最大,一项技术使用之前,优先考虑其相宜性,必须适合区位特征、地形地貌、自然条件等,其次考虑经济发展、社会需求等。县南沟流域土地按照宜林、宜牧、宜农区进行规划,采取了山上缓坡修梯田,沟道建淤地坝、阳坡建果园、弃耕坡地种草的办法,不仅提高了土地的合理利用率,同时也提高了劳动生产率。因此,合理配置水土保持技术,才能使技术发挥其应用的功效。技术推广潜力的分值最低,导致其分值偏低的主要因素是生态建设需求度,原因是流域生态治理已经达到一定程度,在流域未来建设方面,生态需求度较低,这一结果虽低,但并不能说明技术在推广潜力这一方面的适宜性较弱,事实恰好反映了流域水土流失治理效果很好,生态环境大幅度改善,因此,导致目前的需求度较低。相反,经济需求度较高,根据实际调查情况,水土保持技术实施后的大量林草资源未被有效利用,没有实现其带来的经济价值。这一结果提醒我们在技术适宜的条件下,需要加强流域经济建设强度,提高流域内涵治理。技术实施前,政府部门统一组织对实施者进行技术培训,并且在应用方面给予相应的补贴。技术应用后,生态效益明显大于经济效益和社会效益,与初始选择水土保持技术时的理念一致,即首先满足生态治理的需要。水土保持技术的实施,改善了流域生态环境,减少了水土流失、调节了当地气候,间接提高了农业生产建设。并且改变了以粮食作物为主的单一的耕作模式,同时解放了劳动力,家庭收

入来源的多元化使农民收入增加。加之国家给予的生态补偿,导致农民对于保护生态环境的意识提高,水土流失治理的成果也得以保持。据已有的研究结果,2013 年县南沟流域退耕还林(草)取得的生态效益总价值超过流域内农民总收入的 3 倍<sup>[16]</sup>。技术成熟度的分值不是很高,是由于技术使用年代已久,区域目标需求发生变化,领先和创新程度相对较低,已不能适应流域产业的快速发展,导致目前所应用的水土保持技术已不能满足流域发展需求,因此,技术成熟度分值偏低。

通过查阅相关文献及和农户的交谈,明确目前该流域水土保持技术处于适宜状态的动因。主要原因是 20 世纪 30 年代之前,该流域森林、草地覆盖率达 90% 以上,相较于其他流域而言,生态经济系统比较稳定,人们能够自给自足,因此只需要采用一些简单的耕作方式(轮作技术等)来满足自身生活需求即可。20 世纪 30—70 年代,由于人口的不断增加和其他因素的影响,致使流域内植被大面积遭到破坏,生态系统退化,水土流失严重<sup>[17]</sup>,同时也制约着经济的发展。20 世纪 80—90 年代初期,人们生活贫困,针对广种薄收这一问题,相关部门和科研单位建设试验基点,坚持以基本农田建设为主,所采用的水土保持技术有人工梯田技术、淤地坝技术、水平沟耕作技术、垄沟耕作技术,力求发展为少种高产多收。1999 年开始,县南沟流域实施了退耕还林工程,主要以生态建设为主,经济建设为辅,25° 以上的坡耕地全部退耕还林还草,所采用的水土保持技术有植树种草技术、梯田优化技术、封育技术、鱼鳞坑技术,同时水平沟耕作技术等由于适宜地形被改造的因素而被摒弃。21 世纪以来,生态文明建设、乡村振兴、美丽中国等成为新的发展战略目标,政府部门极力推广发展果树产业,争取提高经济效益与恢复植被改善生态环境同步,势必将生态、经济、社会效益三者结合起来同步发展。因此,随着目标需求的变化,水土保持技术需要不断更新、完善。

## 4 讨论与结论

应用课题(2016YFC0503702)已形成的水土保持技术评估体系,通过对县南沟流域水土保持技术体系适宜性的测算,结果表明:县南沟流域水土保持技术适宜性为 4.1(基于一、二、三级指标下测算结果分别是 4.167 1, 4.105 7, 4.094 7),已进入最高等级,为“适宜”状态,其中技术相宜性最高,在技术相宜性中,立地相宜性较高,这与专家的判断一致。反过来说,在水土保持技术选择时,首先应满足技术的相宜性,可考虑将技术相宜性作为一票否决指标。

目前,县南沟流域水土保持技术体系适宜性虽已进入最高等级,但只有 4.1,尚有进一步提升的空间,在今后的发展过程中,需要根据新时代背景下的新需求,研发新的水土保持技术,并进一步优化水土保持技术体系。

测算结果与实际调查数据相符,验证了课题(2016YFC0503702)所建立的评估体系的合理性,同时,与目前偏重于实施效果评价、单一适宜性评价相比较,课题(2016YFC0503702)所设置的评估体系更能揭示水土保持技术选择和应用的本质。

#### 参考文献:

[1] 中华人民共和国水利部.中国水土保持公报[EB/OL].(2014-2017)http://www.mwr.gov.cn.  
[2] 蔡松年.女儿河流域水土保持综合治理效益评价研究[J].黑龙江水利科技,2017,45(3):5-8.  
[3] 何松.基于层次分析法的松树沟小流域水土保持效益评价[J].水利规划与设计,2016(10):132-135.  
[4] 俞慎,许敬华.南方红壤区崩岗侵蚀治理综合效益评价[J].福建农林大学学报:自然科学版,2016,45(4):361-370.  
[5] 顾剑红.广西石漠化地区小流域水土保持综合效益评价[D].北京:北京林业大学,2016.  
[6] 张霞,范启娟.基于组合赋权的 TOPSIS 法与灰色关联度的秦岭生态功能区水土保持治理效益评价[J].生态科学,2015,34(3):44-48.

[7] 秦嘉龙,尹晓英,曾永良.三江源水土保持生态效益评价研究[J].生态经济,2015,31(1):180-184.  
[8] 廖炜,杨芬,吴宜进,等.基于物元可拓模型的水土保持综合效益评价[J].长江流域资源与环境,2014,23(10):1464-1471.  
[9] 郑春梅.辽宁省阜蒙县水土保持综合治理效益分析与评价[J].北京农业,2013(27):182.  
[10] 胡明.安塞县水土保持综合效益评价分析[J].中国水利,2012(18):45-47.  
[11] 张玉斌,王昱程,郭晋.水土保持措施适宜性评价的理论与方法初探[J].水土保持研究,2014,21(1):47-55.  
[12] 代富强,刘刚才.紫色土丘陵区典型水土保持措施的适宜性评价[J].中国水土保持科学,2011,9(4):23-30.  
[13] 陈小林,徐伟铭,肖桂荣.基于模糊证据权模型的长汀县水土保持措施适宜性评价[J].长江科学院院报,2017,34(11):33-38.  
[14] Hu X N, Si M Z, Luo H, et al. The method and model of ecological technology evaluation [J]. Sustainability, 2019,11(3).DOI:10.3390/su11030886.  
[15] 李芬,王继军.黄土丘陵区纸坊沟流域近 70 年农业生态安全评价[J].生态学报,2008,28(5):2380-2388.  
[16] 余小涛.退耕驱动的陕北县南沟流域生态服务功能价值评估[D].西安:西安科技大学,2017.  
[17] 陈超.基于碳汇生产理念下县南沟流域农用地生态适宜性评价[D].陕西杨凌:西北农林科技大学,2015.

(上接第 349 页)

[10] 朱传民,郝晋珉,陈丽,等.基于耕地综合质量的高标准基本农田建设[J].农业工程学报,2015,31(8):233-242.  
[11] 李发志,孙华,江廷美,等.高标准基本农田建设区域时序划分[J].农业工程学报,2016,32(22):251-258.  
[12] 国土资源部.高标准基本农田建设规范(试行)GT144-211[Z].北京,2011.  
[13] 重庆市农村土地整治中心.重庆市高标准基本农田建设技术要求(试行)[Z].重庆,2012.  
[14] 李赓,吴次芳,曹顺爱.划定基本农田指标体系的研究[J].农机化研究,2006(8):46-48.  
[15] 韩婷婷,杨俊宁,阿拉腾图雅.基于 GIS 技术的基本农田的确定与空间定位研究:以内蒙古多伦县为例[J].阴山学刊:自然科学版,2010,24(2):61-64.  
[16] 何建.重庆市高标准基本农田重点建设区域布局研究

[D].重庆:西南大学,2015.  
[17] 姜广辉,张瑞娟.基于空间集聚格局和边界修正的基本农田保护区划定方法[J].农业工程学报,2015,31(23):222-229.  
[18] Jiang G, Zhang R, Zhang C, et al. Approach of land use zone for capital farmland protection based on spatial agglomeration pattern and boundaries modification [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2015, 31(23):222-229  
[19] 曹丽萍,罗志军,冉凤维,等.基于耕地质量和空间集聚格局的县域基本农田划定[J].水土保持研究,2018,25(4):349-355,364.  
[20] 重庆市南岸区人民政府.重庆市南岸区土地利用总体规划(2006—2020 年)[Z].重庆:南岸区人民政府,2007.