

秦岭山区生态清洁小流域建设成熟度评价

——以商南县试马河小流域为例

张雁^{1,2*}, 魏媛媛^{3#}, 陈永朋⁴, 房舒^{1,2}

¹秦岭南麓生态水文陕西省野外科学观测研究站, 陕西 商洛

²商洛学院城乡规划与建筑工程学院, 陕西 商洛

³商洛市自然资源局高新区分局, 陕西 商洛

⁴商洛市商州区水利工作站, 陕西 商洛

收稿日期: 2026年5月11日; 录用日期: 2026年6月9日; 发布日期: 2026年6月24日

摘要

为了了解生态清洁小流域建设发展的阶段特征, 基于成熟度模型的阶段化诊断思想, 构建生态基底稳固度、产业融合深度、利益联结紧密度、治理与政策适配度4个维度14项二级指标的成熟度指标体系, 采用AHP-模糊综合评价法结合专家群组判断, 对秦岭山区以茶旅融合为典型特征的试马河生态清洁小流域建设现状进行评估。结果表明: 试马河小流域建设成熟度综合得分为87.9分, 评价等级为良好; 权重及隶属度联合诊断显示, 在生态底线已稳固的前提下, 当前短板集中体现为产业链延伸不足、全季候产品不完善及利益联结机制稳定性偏弱三个方面。研究结果可为秦岭山区同类茶旅型生态清洁小流域从达标示范向深度融合跃迁提供诊断依据。

关键词

生态清洁小流域, 成熟度, AHP-模糊综合评价, 茶旅产业, 秦岭山区

Maturity Evaluation of Ecological Clean Small Watershed Construction in the Qinling Mountain Area

—A Case Study of the Shima River Small Watershed in Shangnan County

Yan Zhang^{1,2*}, Yuanyuan Wei^{3#}, Yongpeng Chen⁴, Shu Fang^{1,2}

*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 张雁, 魏媛媛, 陈永朋, 房舒. 秦岭山区生态清洁小流域建设成熟度评价[J]. 地理科学研究, 2026, 15(3): 488-495. DOI: 10.12677/gser.2026.153046

¹Shaanxi Field Research Station of Ecohydrology at the Southern Qinling Mountains, Shangluo Shaanxi

²School of Urban and Rural Planning and Architectural Engineering, Shangluo University, Shangluo Shaanxi

³High-Tech Development Zone Branch, Natural Resources Bureau of Shangluo City, Shangluo Shaanxi

⁴Shangzhou District Water Conservancy Station of Shangluo City, Shangluo Shaanxi

Received: May 11, 2026; accepted: June 9, 2026; published: June 24, 2026

Abstract

To identify the phased characteristics of ecological clean small watershed development, a maturity index system with 14 secondary indicators across four dimensions (ecological base stability, industrial integration depth, interest connection tightness, and governance-policy adaptability) was constructed based on the phased diagnosis concept of the maturity model. The analytic hierarchy process (AHP)-fuzzy comprehensive evaluation method combined with expert group judgment was employed to assess the current construction status of the Shima River ecological clean small watershed, a typical tea-tourism integration project in the Qinling Mountains. The results showed that the comprehensive maturity score of Shima River small watershed construction was 87.9 points, with an evaluation grade of “good”. The joint diagnosis based on weight and membership degree revealed that, on the premise that the ecological bottom line had been stabilized, current shortcomings were concentrated in three aspects: insufficient extension of the industrial chain, imperfect all-season products, and weak stability of the interest connection mechanism. The findings provide a diagnostic reference for similar tea-tourism integrated ecological clean small watersheds in the Qinling Mountains to transition from compliance demonstration to in-depth integration.

Keywords

Ecological Clean Small Watershed, Maturity, AHP-Fuzzy Comprehensive Evaluation, The Tea and Tourism Industry, Qinling Mountain

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

生态清洁小流域是新时代践行“山水林田湖草沙”系统治理理念、统筹水土流失综合防治及区域绿色产业发展的重要载体[1][2]。近年来,我国小流域治理目标已从单一的水土保持转向“生态-生产-生活”三生融合[3],并被赋予“山青、水净、村美、民富”的战略要求[2]。在秦岭山区等生态敏感与经济发展重叠区域,立足特色农业、植入文旅业态,构建绿色产业型小流域发展模式,已成为实现生态产品价值转化的重要路径[2]-[10]。商南县试马河生态清洁小流域作为秦岭山区国家水土保持示范工程[4],依托“商南茶”品牌与北茶小镇建设,形成代表性的茶旅融合发展模式[4]。

现有生态清洁小流域评价研究多聚焦于水土流失控制、水质改善等生态与工程指标[5][11][12],或评价建设措施是否达标[5][13],较少从所处阶段特征及结构化等级切入,对小流域“生态治理-产业培育-富民增收”协同推进的系统成熟度进行定位研判。商南试马河示范小流域虽已实现生态清洁度[4],但较少从茶旅融合深度、利益联结稳定性等发展维度进行综合诊断,凸显出当前评价重单项生态指标、轻融合发展阶段诊断等的局限。成熟度模型[14]最早源于软件过程能力评价领域,其核心思想是复杂系统能力建设并

非简单的线性排序，而是呈现阶梯化阶段特征，每一级成熟度对应一组可核查的关键实践域，能够从多维度刻画复杂系统的结构化等级，可以弥补上述评价局限。目前该模型已在农村人居环境治理[15]、生态系统服务评价[16]等领域应用；但将其用于生态清洁小流域建设评价的相关研究仍较为薄弱[3][5]。

基于此，本文以试马河生态清洁小流域为研究对象，围绕其茶旅产业发展特征，构建 4 维度成熟度评价指标体系，结合 AHP-模糊综合评价法开展实证分析，旨在识别其建设成熟度等级及短板，为秦岭山区同类生态清洁小流域提质增效及“两山”转化实践提供参考。

2. 材料与方法

2.1. 研究区概况

试马河生态清洁小流域[4]位于陕西省商洛市商南县城西约 12 km 的试马镇，共辖 5 个行政村，总面积 43 km²，属丹江支流清油河流域；该区域地处秦岭低山丘陵区，为南水北调中线水源涵养区及丹江出陕节点，隶属于丹江口库区及上游国家级水土流失重点预防区。流域多年平均降雨量 818.4 mm，夏秋多暴雨，断面出口水质常年稳定在 II 类；土壤以黄棕壤和砂壤土为主，植被为松栎混交次生林，区域特色经济林木以茶叶为主，有部分板栗、核桃等树种。

自 20 世纪 70 年代起，该流域通过“丹治”工程及省级以上水土保持重点工程，实现全流域治理覆盖。同时，引入社会资本培育茶产业及关联业态，依托“商南茶”地域品牌与北茶小镇建设，形成“小流域 + 特色产业”绿色发展模式[4]。经多年系统治理，研究区水土保持率提高到 97%，土壤侵蚀强度降至轻度以下，生活垃圾集中收集率 100%，生活污水处理率 90%以上，林草面积占宜林宜草面积 100%；建成茶园 1800 亩、高标准白茶基地 3000 亩，并配套打造荷花园、樱桃园等生态休闲景观节点，带动当地农户户均年增收 4000 余元。2023 年该流域获批国家水土保持示范工程，是秦岭山区以茶旅融合为特征生态清洁小流域建设的典型研究样本。

2.2. 数据来源与处理

本文基础数据主要来源于商南县试马河生态清洁小流域创建国家水土保持示范工程材料及方案；土壤侵蚀模数、地表水水质等来自流域监测站点；部分指标采用实地调查、访谈，并对所有数据核查校正，确保评价结果真实可靠。

2.3. 评价指标体系构建

本研究基于成熟度模型的阶梯化阶段诊断思想[14]，结合社会、经济和自然复合生态系统理论及 SL/T 534—2023《生态清洁小流域建设技术规范》[5][13]的“建设 - 管护 - 评价”逻辑，结合试马河小流域茶旅导向型功能定位，从生态基底稳固度、产业融合深度、利益联结紧密度、治理与政策适配度 4 个维度（14 项二级指标），构建秦岭山区以茶旅融合为特征的生态清洁小流域建设成熟度评价指标体系(表 1)。

Table 1. The evaluation index system and AHP weightings

表 1. 评价指标体系及 AHP 权重

准则层	指标层	综合权重	排序	评分依据
生态基底稳固度 B1 0.2463	水土保持率 A1	0.0974	4	水土流失治理程度，参考水土保持率/侵蚀强度
	出口水质 A2	0.0593	9	小流域出口断面水质类别
	面源污染控制 A3	0.0379	14	生活污水与垃圾治理、农业面源管控情况
	工程设施保存率 A4	0.0517	10	坡改梯、淤地坝等水土保持工程保存与运行状态

续表

产业融合深度 B2 0.3038	产业链延伸度 A5	0.0461	12	种植 - 加工 - 销售 - 深加工/高附加值环节完备性
	业态丰富指数 A6	0.0746	7	茶旅融合、研学、采摘、康养等业态多样性
	品牌与标准化 A7	0.0790	6	区域公用品牌、标准化生产、可追溯性等
	产业经济规模 A8	0.1041	1	茶园面积、产值、企业数量、社会投入等
利益联结紧密度 B3 0.1986	农户参与覆盖率 A9	0.0615	8	土地流转、务工、入股等参与覆盖面
	增收贡献水平 A10	0.0975	3	户均增收、带动脱贫户等贡献
	联结机制稳定性 A11	0.0396	13	契约、分红、风险共担与长期合作稳定性
治理与政策适配度 B4 0.2513	资金投入强度 A12	0.0501	11	专项资金、部门资金、社会资本等投入力度
	多部门协同度 A13	0.1040	2	水利、农业、文旅、发改等多部门联动机制
	长效管护机制 A14	0.0972	5	管护制度、人员、经费、责任落实等

2.4. 成熟度等级

为了科学反映试马河小流域已被获评国家水土保持示范工程的阶段特征,本研究参照相关研究成果,将其成熟度划分为优秀、良好、一般、较差 4 个等级,详见表 2。

Table 2. Criteria form meeting standards and evaluation grade classification

表 2. 评价等级划分标准

评价等级	分值区间	等级特征描述
优秀(深度融合期)	[90, 100]	生态底线稳固加制度化长效管护; 产业链闭环品牌溢价可核算; 契约、分红兑现和风险共担; 多部门常设联席会议、联合项目库及共享绩效
良好(规范化融合期)	[80, 90)	生态底线稳固, 有管护制度; 业态已规模化但链条不全; 联结以流转收租 + 季节性务工为主, 分红覆盖面窄; 协同靠示范创建期的项目制动员
一般(达标过渡期)	[70, 80)	生态基本达标但管护靠突击; 产业单体化; 联结松散; 协同缺位
较差(治理恢复期)	<70	生态底线失守, 不具备讨论融合成熟度

2.5. AHP-模糊综合评价

AHP-模糊评价法兼具层次分析法赋权优势及模糊综合评价定性定量转化优势,可以有效开展茶旅融合导向型生态清洁小流域多维度协同及成熟度等级评价,与成熟度模型表征多系统协同演化阶段的核心特征可以匹配[5] [14]。

2.5.1. AHP 权重确定

Table 3. Scoring of primary indicators B1~B4 by Expert 1

表 3. 专家 1 对一级指标 B1~B4 的打分情况

评价指标	B1	B2	B3	B4	相对权重	λ_{max}	CI	CR
B1	1	2	1/7	1/5	0.0824	4.0729	0.0243	0.0273 < 0.1 一致性检验通过
B2	1/2	1	1/7	1/6	0.0557			
B3	7	7	1	2	0.5303			
B4	5	6	1/2	1	0.3317			

本研究邀请 12 位水土保持、农业经济、文旅规划及基层水保站等领域专家,依据 1~9 标度法,对同层次指标进行两两重要性比较,构建判断矩阵;各准则层内判断矩阵 CR 均 <0.10 ,满足一致性检验要求,所得权重结果有效。最终确定一级指标权重向量 $W = (B1, B2, B3, B4) = (0.2463, 0.3038, 0.1986, 0.2513)$, 14 项二级指标综合权重见表 1。

由于评价指标数量较多,本文以专家 1 对一级指标 B1~B4 的打分及权重为例展开说明,其打分情况、权重结果及一致性检验结果详见表 3。

2.5.2. 模糊隶属度构造

依据试马河小流域是国家水土保持示范工程与调研实际情况,本次评价中定性指标占比超过半数(表 1),其评价等级由专家结合现场情况开展综合判定。基于此,本文采用专家等级投票频次归一化法构建单因素隶属度向量,参考行业标准及相关研究成果,将评语集设为 $V = \{\text{优秀, 良好, 一般, 较差}\}$,对应赋值为百分制分数区间:优秀[90, 100]、良好[80, 90)、一般[60, 80)、较差[0, 60)。因此,本文邀请相关领域专家根据指标评价标准对指标进行评价,整理收集专家判断后,以单个指标评价人数与总人数的比值,计算各项指标的隶属度,结果详见表 4。

采用加权平均型合成算子 $M(\cdot, +)$, 计算评价向量: $B = W \cdot R = (b_1, b_2, b_3, b_4)$, 其中: w_i 为二级指数综合权重(表 1), $b_j = \sum_{i=1}^{14} w_i r_{ij}$, $j = 1, 2, 3, 4$ (i 为指标序号, j 为评语等级序号), r_{ij} 为隶属度矩阵元素(表 4)。按最大隶属度原则判定成熟度等级,并根据 $F = B \cdot S^T$ 计算综合得分,校验等级判定结果。

3. 结果与分析

3.1. 指标权重分析

由表 1 可知,在一级指标中,产业融合深度 B2 (0.3038)权重最高,治理与政策适配度 B4 (0.2513)次之,生态基底稳固度 B1 (0.2463)居第三,利益联结紧密度 B3 (0.1986)最小。这一权重排序反映出,专家们在判断小流域示范后阶段,认为试马河作为国家水土保持示范工程,其生态底线(A1~A4)已达标,下一阶段的关键是产业能否从节点集聚走向价值链整合(B2)以及治理体系能否从动员型协同走向制度化协同(B4)。但需要注意的是,该权重结构不适用于生态基底尚未稳固的一般小流域,即 B1 为硬约束首位,或先设生态准入校验再论成熟度。

在二级指标中,产业经济规模 A8 (0.1041)、多部门协同度 A13 (0.1040)、水土保持率 A1 (0.0975)与增收贡献水平 A10 (0.0975)权重居前四位,说明专家在重点关注产业硬支撑和组织协同的同时,也肯定生态底线及民生增收的基础地位;产业链延伸度 A5 (0.0461)权重相对较低,反映出当前模式在深加工和高附加值业态方面仍有提升空间;联结机制稳定性 A11 (0.0396)权重虽未最低但隶属表现最弱,说明当前模式下它未被充分激活。

3.2. 专家评价与隶属度

由表 4 可知,专家对试马河茶旅融合导向型小流域建设模式大部分指标的评价较为集中。水土保持率、出口水质、工程设施保存率、产业链延伸度、品牌与标准化、产业经济规模、增收贡献水平、资金投入强度、多部门协同度、长效管护机制等指标的“良好”或“优秀”隶属度达 1.000,说明这些方面治理成效或发展基础得到专家组认可,这与试马河已建成的规模化茶园、较完善水保工程及多部门协同治理实际相符。农户参与覆盖率、联结机制稳定性则出现一定评价分化,前者“一般”隶属度 0.750、“良好”0.250,后者全为“一般”,说明专家认可农户参与覆盖面较广,但对联结机制稳定性与抗风险能力一般,这也与当前以企业 + 农户为主、分红与风险共担机制尚未完善的实地情况一致。业态丰

富指数“优秀”0.667、“良好”0.333，说明茶旅融合等业态已具规模，但在多元化与全季候运营上仍有提升空间。

Table 4. The membership degrees of secondary indicator maturity levels
表 4. 二级指标各成熟度等级隶属度

指标	优秀(票)	良好(票)	一般(票)	较差(票)	$\mu_{优}$	$\mu_{良}$	$\mu_{中}$	$\mu_{差}$
A1 水土保持率	10	2	0	0	0.833	0.167	0	0
A2 出口水质	10	2	0	0	0.833	0.167	0	0
A3 面源污染控制	0	12	0	0	0	1	0	0
A4 工程设施保存率	0	12	0	0	0	1	0	0
A5 产业链延伸度	0	12	0	0	0	1	0	0
A6 业态丰富指数	8	4	0	0	0.667	0.333	0	0
A7 品牌与标准化	0	12	0	0	0	1	0	0
A8 产业经济规模	9	3	0	0	0.75	0.25	0	0
A9 农户参与覆盖率	0	3	9	0	0	0.25	0.75	0
A10 增收贡献水平	0	12	0	0	0	1	0	0
A11 联结机制稳定性	0	0	12	0	0	0	1	0
A12 资金投入强度	0	12	0	0	0	1	0	0
A13 多部门协同度	9	3	0	0	0.75	0.25	0	0
A14 长效管护机制	0	12	0	0	0	1	0	0

3.3. 模糊评价结果

采用加权平均型合成算子计算得评价向量：

$$B = W \cdot R = (0.4364, 0.4752, 0.0851, 0)。$$

按最大隶属度原则，最大值 0.4752 对应良好，判定试马河小流域茶旅融合模式成熟度等级为良好。

取评语赋值(95, 85, 75, 65)计算综合得分：

$F = 0.4364 \times 95 + 0.4752 \times 85 + 0.0851 \times 75 = 87.9$ ，87.9 分在良好区间[80, 90)，与最大隶属度判定一致。

4. 讨论

试马河小流域作为 2023 年获批的国家水土保持示范工程，其 97%的水土保持率及 II 类出水水质等并非秦岭山区小流域的自然均值，而是十余年政策及资金持续投入叠加的达标效应。如本研究中 B2 (0.3038) > B4 (0.2513) > B1 (0.2463) 的排序，反映的是示范工程生态底线已达标，产业实效及制度协同是短板。这与部分既有研究赋予生态指标主导权重的结论有所差异[11][12]，说明在茶旅融合类小流域成熟度判断上，专家认为在生态基底稳固度基础上，产业实效转化及多部门协同的制度保障是关键，同时，也完善了在“三生融合”评价中产治权重的实证依据。专家评价结果显示，生态基底与管护隶属度较高，但产业链延伸、全季候业态及联结机制稳定性偏弱，可以补充“示范成效描述”对短板诊断的不足[4][5]。

该小流域成熟度得分 87.9 分，评价等级为良好，说明以茶旅融合为特征的示范小流域已跨越单纯治理，但未达深度融合及高质量转化的成熟阶段。结合隶属度可知，A1~A4 与 A14 (生态基底与管护)的隶

属性集中于“良好~优秀”，但A5(产业链延伸)仅“良好”、A11(联结机制稳定性)全为“一般”，说明生态达标不会自动溢出为产业链深度整合与农户权益的制度化保障。这也反映出目前试马河茶旅融合可能还停留在将茶园+北茶小镇景区+荷花园/樱桃园等节点集聚，而非功能意义上的价值链协同。与以往评价多聚焦水土流失、水质等生态指标达标不同[5][11]-[13]，本研究引入产业融合、利益联结等维度，实现了从“单项达标判定”向“多维度协同水平定位”的转变，符合小流域建设向“三生融合”转型的导向[3][6]。

从理论上讲，将成熟度模型(CMM)引入该领域，能从结构化等级及短板维度定位建设阶段，弥补传统评价对“发展维度”诊断的局限[5][13]，为生态清洁小流域“等级-特征-短板”一体化评价提供思路。在实践中，小流域提质增效重点关注：1) 推动产业从“节点业态”走向“全季候产品链+高附加值加工链”；2) 推动利益联结向“保底+分红+股权化”深绑定演进；3) 强化小流域单元资金统筹与多部门目标黏合，提升“治理+产业”项目化落地能力。

本文为单案例静态评价，结论主要反映试马河作为国家水土保持示范工程的典型茶旅融合型小流域当前阶段特征，其权重结构与得分不等同于秦岭山区一般小流域的状态。未来可通过多类型多案例比较检验权重迁移规律，并通过长时序跟踪判断其成熟度跃迁的临界演化条件。

5. 结论

(1) 基于成熟度模型，构建的生态清洁小流域建设成熟度评价体系科学可行。以商南县试马河小流域为例，测得其综合得分为87.9分，成熟度等级为良好，可见该小流域现有生态治理及组织保障基础较好，但整体尚未进入优秀阶段。但需要注意的是，这一良好评价等级结论的前提是试马河已经过十余年系统治理，即其生态基底已达标线；对生态基底尚未稳固的一般小流域，评价时应先设生态准入校验(SL/T534—2023《生态清洁小流域建设技术规范》[5][13])，再考虑成熟度进阶。

(2) 从权重结构来看，产业融合深度(0.3038)与治理和政策适配度(0.2513)是驱动成熟度提升的核心维度，生态基底稳固度(0.2463)是刚性前提，利益联结紧密度(0.1986)是后续重点深化方向。结合权重结构与隶属度分布可以看出，当前产业链延伸不足、全季候业态产品不完善及利益联结机制稳定性有待加强，也说明示范工程的生态达标不等于产业制度成熟。

致 谢

感谢商洛市水土保持工作站李雪鹏高级工程师。

基金项目

本文系商洛学院博士基金项目(19SKY028)、陕西省自然科学基金基础研究计划(2025JC-YWGCZ-03)以及商洛学院专业带头人项目(409)资助。

参考文献

- [1] 胡春宏, 张晓明. 山水林田湖草沙系统治理与水土保持高质量发展[J]. 水土保持通报, 44(4): 441-447.
- [2] 姜德文. 生态产品价值实现背景下生态清洁小流域建设[J]. 亚热带水土保持, 2025, 37(4): 1-4.
- [3] 乔殿新. 生态清洁小流域高质量发展探讨[J]. 中国水利, 2023(23): 38-41.
- [4] 崔艳平, 李林, 王海生, 等. 陕西省南水北调中线工程水源地生态清洁小流域治理模式与经验[J]. 中国水土保持, 2025(10): 88-91.
- [5] 刘晔, 张守红, 李华林, 等. 中国生态清洁小流域综合治理研究进展[J]. 生态学报, 2025, 45(5): 2042-2057.
- [6] 沈雪建. 一体化推进水土保持工程建设中推动水土保持生态产品价值实现的若干思考[J]. 中国水土保持,

- 2025(9): 1-4+34+95.
- [7] 赵永军. 加快推进水土保持生态产品价值实现的对策与建议[J]. 中国水土保持, 2025(9): 5-9+19.
- [8] 张文聪. 水土保持生态产品价值实现探索与思考[J]. 水利发展研究, 2025, 25(8): 53-57.
- [9] 李钢, 刘克军, 裘涛, 等. 基于安吉县典型案例的水土保持生态产品价值实现过程分析[J]. 安徽农业科学, 2025, 53(12): 46-47+136.
- [10] 张利超, 李学荣, 赵建民, 等. 江西省首单生态清洁小流域水土保持生态产品价值转化交易实践与成效[J]. 中国水土保持, 2025(8): 54-57+62.
- [11] 王海峰. 基于层次分析法的清洁型小流域评价指标体系研究[J]. 地下水, 2019, 44(4): 182-184.
- [12] 莫明浩, 谢颂华, 张磊, 等. 南方红壤侵蚀区生态清洁小流域评价研究: 以江西省为例[J]. 生态环境学报, 2018, 27(6), 1016-1022.
- [13] 陈家东, 刘少栋, 卢旭东, 等. 海南儋州文柏生态清洁小流域评价[J]. 中国水土保持科学, 2025, 23(6): 186-196.
- [14] Paulk, M.C., Curtis, B., Chrissis, M.B. and Weber, C.V. (1993) Capability Maturity Model, Version 1.1. *IEEE Software*, **10**, 18-27. <https://doi.org/10.1109/52.219617>
- [15] 陈秋霞, 李诗涵, 许章华, 等. 基于能力成熟度模型的农村人居环境治理能力研究[J]. 资源开发与市场, 2023, 39(9): 1089-1097.
- [16] 金贤, 朱亮. 基于能力成熟度模型的湖泊水生态系统服务功能评价研究[J]. 环境科技, 2018, 31(6): 43-48.