

---

# 四川省南部县水土保持功能服务价值评价<sup>1</sup>

徐文秀, 王海燕, 鲍玉海, 丛佩娟, 李进林,

(1. 重庆师范大学地理与旅游学院, 重庆 401331;

2. 中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所山地表生过程与生态调控重点实验室, 四川成都 610041;

3. 水利部水土保持监测中心, 北京 100053;

4. 中国科学院大学资源与环境学院, 北京 100049)

**【摘要】:** 文章以川渝山地丘陵区的四川省南部县为研究对象, 利用统计数据、文献资料和水土流失实测数据, 从保护水土资源、防洪减灾、改善生态 3 个主要方面构建水土保持功能服务价值评价指标体系, 采用市场价值法、影子工程法、机会成本法等方法估算了研究区自然地貌植被的水土保持功能服务价值。研究表明: 2016 年南部县水土保持功能服务总价值为  $4.46 \times 10^4$  万元, 单位面积水土保持功能服务价值为 2.11 元/平方米。其中, 保护水土资源功能服务价值最大, 为  $2.38 \times 10^4$  万元, 占总价值的 53.39%, 其次为改善生态功能服务价值, 为  $2.07 \times 10^4$  万元, 占比为 46.41%, 防洪减灾功能服务价值最小, 为 87.98 万元, 占比为 0.20%。研究结果可为区域水土保持补偿费的合理定价、水土流失综合治理提供科学理论依据。

**【关键词】:** 水土保持功能; 服务价值; 功能评价

**【中图分类号】:** S157; F062.2 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1671-4407(2019)08-181-05

水土保持措施在国土整治中起着重要作用, 治理水土流失, 保护和建设良好的生态环境从根本上保证国土生态安全, 故客观评价水土保持措施生态功能尤为重要<sup>[1-2]</sup>。水土保持生态服务功能是指水土保持过程中所采用的各项措施对维持、改良和保护人类社会赖以生存的自然环境条件的综合效用<sup>[3]</sup>。在各项生态服务功能中, 水土保持措施所发挥的保持与改良土壤功能较为突出<sup>[4-5]</sup>。国内学者结合水土保持学、生态学、生态经济学理论和生态系统服务功能价值理论构建了一系列水土保持功能服务价值的评价指标体系和估算模型, 并对典型区域的水土保持功能服务价值进行了估算, 揭示了水土保持对经济、社会、生态环境等

---

<sup>1</sup>**基金项目:** 水利部 2017 年财政专项水土保持业务项目“水土保持补偿基础工作”(12Q16229000150001)

**第一作者简介:** 徐文秀(1992 —), 女, 山东昌邑人, 硕士研究生, 研究方向为水土保持与荒漠化治理。E-mail: xuwenxiu0314@163.com

**通讯作者简介:** 鲍玉海(1981 —), 男, 山东成武人, 博士, 副研究员, 硕士研究生导师, 研究方向为土壤侵蚀与水土保持。E-mail: byh@imde.ac.cn

方面的深刻影响<sup>[6-8]</sup>。以往研究多从概念、方法及大范围区域入手,且受遥感数据精度和实际环境双重影响,评价方法的准确性和适宜性有待提高,未能形成统一评价标准,故对实际生产和决策制定的指导作用存在限制<sup>[9-10]</sup>。因此,为避免遥感数据精度和因子计算准确度带来的负面影响,本研究借鉴国内外水土保持功能价值核算理论,采用野外实际观测数据代替由统计经验模型计算的水土流失量,提高价值估算可靠性。

川渝山地丘陵区是长江上游重要的生态安全屏障区,当地政府对自然生态系统和环境都非常重视,“长江上游水土保持重点防治工程”自1989年启动以来,为川渝地区的生态环境建设和长江流域的经济发展均做出了重要贡献。该工程实施期间全面开展小流域综合治理,实施坡改梯、林草种植、保土耕作、小型水利水保工程等措施,发挥了良好的生态效益<sup>[11-13]</sup>。将区域水土保持设施、自然地貌植被的水土保持功能服务价值进行量化和估算,有助于加深人们对水土保持功能的认识和理解,能提高公众对水土保持的认知程度和保护自然地貌植被的意识。本文选取四川省南部县为研究对象,依据《中华人民共和国水土保持法》界定的水土保持功能相关内容,考虑指标的可量化性,从保护水土资源、防洪减灾和改善生态3方面构建适合本地的水土保持功能服务价值评价指标体系,采用市场价值法、影子工程法、机会成本法等方法估算南部县自然地貌植被的水土保持功能服务价值,以期为南部县乃至川渝山地丘陵区土地开发政策的制定及水土保持补偿工作提供重要理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

南部县位于四川省东北部,南充市西北部,地处东经105°27′~106.24′、北纬31°4′~31°30′之间,全县面积2235平方千米。地层岩性有侏罗系中统遂宁组地层、侏罗系上统蓬莱镇组地层、白垩系下统城墙岩群地层、新生界第四系松散堆积层4种。地貌类型以丘陵为主,西北高、东南低,县内最高点为西北端西河乡的龙尾山,主峰海拔826米,最低点是东南端王家镇境内西河与嘉陵江的汇合口,海拔298米。县域属中亚热带湿润季风气候区,气候温和,年平均气温为17℃,雨量充沛,年降水量为997.6毫米,年均相对湿度为79%。南部县位于嘉陵江中游,西南部流域属于涪江水系,面积为68平方千米,东面流域属于渠江水系,面积为16平方千米,其余大面积流域则属于嘉陵江水系。土壤类型主要有潮土、黄壤、紫色土、水稻土。南部县是一个以种植业为主的丘陵低山农业大县,属国家商品粮基地县、国家优质棉基地县、国家瘦肉型猪生产基地县、全国粮食生产先进县、全省粮油基地县、全县蚕桑生产基地县。粮食作物主要有水稻、小麦、玉米,经济作物主要有油菜和棉花。长期、强烈的人类活动,使南部县水土流失面广量大,为全国水土流失重点治理区,水土流失面积1189.66平方千米,占全县面积的52%,保护和治理任务极其艰巨,严重制约着工农业生产的发展和生态环境的改善。

### 1.2 数据来源及研究方法

本研究数据主要来源于水利部水土保持监测中心提供的《全国水土流失动态监测与公告项目成果汇编(2016年)》、南部县《2016年水利发展统计公报》、南部县《2016—2017年国民经济和社会发展统计公报》、南部县土地利用总体规划及研究区相关文献等资料,通过计算获取土地利用类型减蚀模数、土地利用类型减少的径流模数、土地利用类型面积、土壤养分含量、土地单位面积年均收益、养分价格、水库单位库容费用、林分净生产力和单位面积年物种多样性保育价值等数据。

#### 1.2.1 水土保持功能评价指标体系

本文根据生态服务价值理论和相关研究成果,将水土保持一级功能划分为保护水土资源功能、防洪减灾功能和改善生态功能,各一级功能下又筛分出不同的二级功能,主要体现为保土、保肥、保水、减少水库泥沙淤积、改善生物多样性、固碳供氧等具有基础性和普遍性的功能,结合现有数据的获取难易程度及重要性程度,选取减少土壤侵蚀量、储存土壤养分量、拦蓄地表径流量和涵养水源量、减少泥沙淤积量、物种多样性指数、固碳供氧量等评价指标并进行量化,最终形成四川省南部县水土保持功能服务价值评价指标体系(表1)。

表1四川省南部县水土保持功能服务价值评价指标体系

一级功能	二级功能	评价指标	计算公式 <sup>[1,11-14]</sup>	备注
保护水土资源	保土	减少土壤侵蚀量	$AS=E_0-AS_m$	A5为某项措施（自然地貌植被）减蚀总量，吨/年；瓦为某项措施（自然地貌植被）的有效面积，单位为公顷；AS <sub>m</sub> 为某项措施（自然地貌植被）径流小区内减少的侵蚀模数，单位为吨/公顷·年。
	保肥	储存土壤养分量	$N_s=\sum \Delta S \cdot N_i$	N <sub>s</sub> 代为储存土壤养分量，单位为吨/年；ΔS为某项措施（自然地貌植被）减蚀总量，单位为吨/年；N <sub>i</sub> 为土壤中氮、磷、钾、有机质含量占比。
	保水	拦蓄地表径流量	$W_i=E_a \cdot \Delta W_m$	W <sub>i</sub> 为某项措施（自然地貌植被）拦蓄地表径流量，单位为立方米/年；E <sub>a</sub> 为某项措施（自然地貌植被）有效面积，单位为公顷；ΔW <sub>m</sub> 为某项措施（自然地貌植被）径流小区内减少的径流模数，单位为立方米/公顷·年。
		涵养水源量	$W_j=E_a \cdot (R_i-R_0)/S_p$	W <sub>j</sub> 为某项措施（自然地貌植被）涵养水源量，单位为立方米/年；E <sub>a</sub> 为某项措施（自然地貌植被）有效面积，单位为公顷；R <sub>i</sub> 、R <sub>0</sub> 分别为径流小区内降雨量和径流量，单位为立方米；S <sub>p</sub> 为径流小区面积，单位为公顷。
防洪减灾	减少水库泥沙淤积	减少泥沙淤积量	$W_n=a \cdot \sum \Delta S/p$	w <sub>n</sub> 为减少泥沙淤积总量，单位为吨/年；a为泥沙淤积百分比；ΣΔS为减蚀总量，单位为万吨/年；p为当地土壤容重，单位为吨/立方米
改善生态	改善生物多样性	物种多样性指数	$H = \sum_{i=1}^s P_i \ln P_i$	H为多样性指数；s为样地中的物种总数；P <sub>i</sub> 为第i种物种的个体数占所有种个体总数的比例。
	固碳供氧	固碳供氧量	$G_{植被}=1.63R_{碳} \cdot S_{林} \cdot B_{年}$ $G_{土壤}=S_{林} \cdot F_{土壤}$ $G_{氧}=1.19S_{林} \cdot B_{年}$	G <sub>植被</sub> 为植被年固碳量，单位为吨/年；R <sub>碳</sub> 为CO <sub>2</sub> 中碳的含量，为27.27%；B <sub>年</sub> 为林分净生产力，单位为吨/公顷·年；S <sub>林</sub> 为林分面积，单位为公顷；G <sub>土壤</sub> 为土壤年固碳量，单位为吨/年；F <sub>土壤</sub> 为单位面积林分土壤年固碳量，单位为吨/公顷·年；G <sub>氧</sub> 为林分年供氧量，单位为吨/年。

表2四川省南部县水土保持功能服务价值估算方法

功能价值	评价方法	估算模型 <sup>[8,14-16]</sup>	备注
保土价值	机会成本法	$V_s = \sum \Delta S \cdot B_i / \rho \cdot h$	V <sub>s</sub> 为某项措施（自然地貌植被）减少土地废弃的经济效益，单位为元/年；ΣΔS为某项措施（自然地貌植被）减蚀总量，单位为万吨/年；ρ为土壤容重，单位为吨/立方米；h为土壤肥力层平均厚度，单位为米；B <sub>i</sub> 为某项措施（自然地貌植被）单位面积的年均收益，单位为元/公顷。
保肥价值	市场价法	$V_f = \sum \Delta S \cdot N_i \cdot p_i$	V <sub>f</sub> 为某项措施（自然地貌植被）保肥价值，单位为万元/年；ΣΔS为某项措施（自然地貌植被）减蚀总量，单位为万吨/年；N <sub>i</sub> 为土壤中氮、磷、钾、有机质含量百分比；P <sub>i</sub> 为氮、磷、钾、有机质的市场价格，单位为元/吨。
保水价值	市场价法	$V_w = \sum \Delta W_{ij} \cdot p_w$	V <sub>w</sub> 为拦蓄地表径流、涵养水源能力价值，单位为元/年；ΣΔW <sub>ij</sub> 为拦蓄地表径流量和涵养水源量之和，单位为立方米/年；P <sub>w</sub> 为当地供用水的价格，单位为元/立方米。
减少水库泥沙淤积价值	影子工程法	$V_n = C \cdot \alpha \cdot \sum \Delta S / \rho$	V <sub>n</sub> 为减轻下游泥沙淤积价值，单位为元/年；C为水库工程费用或挖取单位体积泥沙的费用，单位为元/立方米；α为泥沙淤积百分比；ΣΔS为减蚀总量，单位为万吨/年；ρ为当地土壤容重，单位为吨/立方米。

改善生物多样性价值	机会成本法	$V_{生物} = V_{生} \cdot S_{林}$	$V_{生物}$ 为林分年物种多样性保育价值，单位为元/年； $V_{生}$ 为单位面积年物种多样性保育价值，单位为元/公顷·年，根据Shannon-Wiener指数计算； $S_{林}$ 为面积，单位为公顷。
固碳供氧价值	市场价值法	$V_{碳} = C_{碳} (G_{植被} + G_{土壤})$ $V_{氧} = C_{氧} \cdot G_{氧}$	$V_{碳}$ 为林分年固碳价值，单位为元/年； $C_{碳}$ 为固碳价格，单位为元/吨； $V_{氧}$ 为林分年供氧价值，单位为元/年； $C_{氧}$ 为氧气价格，单位为元/吨； $G_{植被}$ 、 $G_{土壤}$ ， $G_{氧}$ 分别为植被年固碳量、土壤年固碳量和林分年供氧量，单位为吨/年。

### 1.2.2 水土保持功能服务价值估算方法

根据上述量化的评价指标，运用市场价值法、机会成本法、影子工程、Shaimon-Wiener指数法等方法，相应对各项功能价值建立估算模型，估算得出研究区域各项功能的水土保持功能服务价值，估算方法见表2。

表3南部县不同土地利用类型保护水土资源功能服务价值

土地利用类型	面积/公顷	减少土壤侵蚀量/万吨	拦蓄地表径流和涵养水源量/万立方米	保土价值/万元	保肥价值/万元	保水价值/万元	合计/万元
耕地	16 645.51	17.12	238.63	237.62	1 190.07	1 541.55	2 969.24
林地	2 900.01	3.03	2 037.15	3.74	210.57	13 160.01	13 374.32
草地	695.20	0.73	508.28	2.69	50.53	3 283.51	3 336.73
园地	899.60	0.94	631.94	4.64	65.33	4 082.31	4 152.28

## 2 结果与分析

### 2.1 保护水土资源功能服务价值

根据土地评价分类系统及当地地貌植被的经济特性，将土地利用类型分为耕地、林地、草地和园地。由表3可知，南部县耕地面积最大，占总面积的78.74%；林地面积次之，占13.72%；园地和草地面积则较小，分别占4.26%和3.28%。南部县减少土壤侵蚀总量达21.82万吨，耕地减少土壤侵蚀总量最大，为17.12万吨，占总侵蚀量的78%以上。南部县平均土壤厚度取30厘米，土壤容重取1.30克/立方厘米，根据当地市场价格得出耕地、林地、草地、园地的市场价值分别为5.62元/立方米、0.50元/立方米、1.50元/立方米、2.00元/立方米，经计算得出该县自然地貌植被的保土价值为0.02×10<sup>4</sup>万元。该县共拦蓄地表径流和涵养水源量3416万立方米，拦蓄地表径流和涵养水源量的大小表现为：林地>草地>园地>耕地。按照水价为6.46元/立方米计算，得出该县自然地貌植被的保水价值为2.21×10<sup>4</sup>万元。根据当地化肥市场价格，取氮肥为4980.75元/吨，磷肥为5086.00元/吨，钾肥为4500.00元/吨，有机肥为1260.00元/吨，经计算得出该县自然地貌植被的保肥价值为0.15×10<sup>4</sup>万元。总体来看，2016年南部县自然地貌植被的保护水土资源功能总价值为2.38×10<sup>4</sup>万元，不同土地利用类型保护水土资源功能价值大小表现为：林地>园地>草地>耕地。

### 2.2 防洪减灾功能服务价值

由于研究区域缺乏泥沙淤积百分比的实测资料，依据全国平均数据，土壤侵蚀总量中有24%淤积于水库、江河、湖泊，泥沙淤积百分比取24%，并根据当地蓄水成本来估算减少水库泥沙淤积价值。依据该县近年水库工程建设投资情况，取水库建设单位

库容投资取值 22.68 元/立方米，计算得出该县 2016 年自然地貌植被减少水库泥沙淤积总价值为 87.98 万元。其中，耕地的价值最大，为 69.04 万元，占总价值的 78.47%;其次为林地，为 12.22 万元，占总价值的 13.89%;园地和草地均较小，分别为 4.31 万元和 3.33 万元，各占 4.31%和 3.33%。详见表 4。

表 4 南部县不同土地利用类型防洪减灾功能服务价值

土地利用类型	耕地	林地	草地	园地	合计
减少水库泥沙淤积价值/万元	69.04	12.22	2.93	3.79	87.98
占比/%	78.47	13.89	3.33	4.31	100.00

### 2.3 改善生态功能服务价值

本研究依据物种多样性指数(Shannon-Wiener 指数)和林分面积估算改善生物多样性价值，据相关文献资料<sup>[17-18]</sup>，南部县 Shannon-Wiener 指数多介于 2~3 之间，根据国家林业和草原局 2008 年发布的《森林生态系统服务功能评估规范》，单位面积年物种多样性保育价值按 10 000 元/公顷·年计算。同时，借鉴相关文献<sup>[19-21]</sup>，南部县耕地、林地、草地和园地的植被净生产力分别取值 2.00 吨/公顷·年，6.00 吨/公顷·年，0.70 吨/公顷·年和 4.00 吨/公顷·年，采用瑞典税率(1 200 元/吨)和工业制氧价格(2 148 元/吨)估算固碳供氧价值。由表 5 可知，南部县 2016 年自然地貌植被改善生态功能服务总价值为 2.07X10<sup>4</sup> 万元，其中改善生物多样性价值为 0.38×10<sup>4</sup> 万元，固碳供氧价值为 1.69×10<sup>4</sup> 万元，改善生态功能价值大小表现为：耕地>林地>园地>草地。南部县土地利用以耕地为主，耕地面积分别是林地和草地面积的 6 倍和 24 倍，造成耕地改善生态功能价值量上大于林地和草地。

表5南部县不同土地利用类型改善生态功能服务价值

土地利用类型	改善生物多样性价值 /万元	固碳供氧价值/万元	合计/万元
耕地	—	10 280.23	10 280.23
林地	2 900.01	5 377.96	8 277.97
草地		150.87	150.87
园地	899.60	1 112.41	2 012.01
小计	3 799.61	16 921.47	20 721.08

### 2.4 南部县水土保持功能服务价值

由表 6 可知，2016 年南部县自然地貌植被的水土保持功能服务总价值为 4.46× 10<sup>4</sup> 万元，单位面积服务价值为 2.11 元/平方米。3 项功能服务价值中，自然地貌植被的保护水土资源功能价值最大，为 2.38×10<sup>4</sup> 万元，占比为 53.39%;其次为改善生态功能服务价值，为 2.07×10<sup>4</sup> 万元，占比为 46.41%;防洪减灾功能价值最小，为 87.98 万元，占总价值的 0.20%。单位面积价值在保护水土资源功能服务价值和改善生态功能服务价值中较大，分别为 1.13 元/平方米和 0.98 元/平方米。

表 6 南部县自然地貌植被水土保持功能服务价值

土地利用类型	保护水土资源功能价值 /万元	防洪减灾功能价值/万元	改善生态功能服务价值 /万元	水土保持功能价值合计 /万元
耕地	2 969.24	69.04	10 280.23	13 318.51
林地	13 374.32	12.22	8 277.97	21 664.51

草地	3 336.73	2.93	150.87	3 490.53
园地	4 152.28	3.79	2 012.01	6 168.08
小计	23 832.57	87.98	20 721.08	44 641.63
单位面积价值/ (元/平方米)	1.13	0.004 2	0.98	2.11
占比/%	53.39	0.20	46.41	100

### 3 讨论

本研究中,自然地貌植被的水土保持功能最为突出,其价值在水土保持功能服务总价值中占比最大,可见当地自然地貌植被能够有效发挥保土、保肥和保水效益,这与余新晓等<sup>[1]</sup>、吴岚等<sup>[22]</sup>的研究结论一致。自然地貌植被在固碳供氧和改善生物多样性方面也有不可低估的服务价值(表 7),两者分别占水土保持功能总价值的 37.91%和 8.51%。受部分资料目前难以获取和部分指标尚不能定量评价影响,本文仅对几项基础性的水土保持功能进行了服务价值的估算,评估的全面性不够,估算结果是不完全的、最低限的水土保持功能价值,故还需要探索水土保持其他功能的服务价值估算,考虑生态系统的种类、结构、功能的发挥机制等多种因素,筛选新的指标和选用新的估算方法,并探讨各项功能的权重问题,进一步提高水土保持功能服务价值评价方法的准确性与合理性。

表7南部县自然地貌植被的水土保持功能统计

水土保持功能	评价指标	水土保持功能 价值/万元	价值占比
保护水土资源	保土价值	248.69	0.56%
	保肥价值	1 516.50	3.40%
	保水价值	22 067.38	49.43%
防洪减灾	减少水库泥沙淤积价值	87.98	0.20%
改善生态	改善生物多样性价值	3 799.61	8.51%

同时,水土保持功能服务价值存在动态变化,这与各土地利用类型面积的变化、环境物品的需求量和市场价格的变化及植被恢复年限的增大等都有重要关联<sup>[23-24]</sup>。城市化、森林与草地面积的变化都会明显影响水土保持生态服务功能的变化<sup>[25-26]</sup>。后续研究中,可以考虑多种生态服务功能价值存在动态变化的影响因素,结合实际,在生态服务价值评价体系中及时更新和补充新的评价因子,探讨更为科学合理的评价方法,开展四川南部县及川渝山地丘陵区生态服务功能价值的动态变化研究。

### 4 结论

(1) 南部县 2016 年自然地貌植被的水土保持功能服务价值为  $4.46 \times 10^4$  万元,保护水土资源功能服务价值和改善生态功能服务价值均较大,分别为  $2.38 \times 10^4$  万元和  $2.07 \times 10^4$  万元,可见自然地貌植被能够发挥良好的生态经济效益,保护水土资源和改善生态两方面的服务功能较为显著。

(2) 南部县单位面积水土保持功能服务价值为 2.11 元/平方米,其中保护水土资源功能服务价值最大,其次为改善生态功能价值次之,防洪减灾功能价值最小,可见自然地貌植被能够充分发挥其最基础的保土、保肥、保水功能。

(3) 水土保持功能服务价值与土地利用类型密切相关,南部县耕地和林地的水土保持功能服务价值远高于园地和草地,受

---

土地利用类型自身特性及有效面积的影响。

**参考文献:**

- [1]余新晓, 吴岚, 饶良懿, 等. 水土保持生态服务功能价值估算[J]. 中国水土保持科学, 2008 (1) : 83-86.
- [2]张超, 王治国, 凌峰, 等. 水土保持功能评价及其在水土保持区划中的应用[J]. 中国水土保持科学, 2016 (5) : 90-99.
- [3]余新晓, 吴岚, 饶良懿, 等. 水土保持生态服务功能评价方法[J]. 中国水土保持科学, 2007 (2) : 110-113.
- [4]Daily G. Nature's services: Societal dependence on naturalecosystems [M]. Washington DC: Island Press, 1997.
- [5]Costanza R, D'Arge R, Groot R, et al. The value of theworld's ecosystem services and natural capital [J]. EcologicalEconomics, 1998, 25(1): 3-15.
- [6]李颖, 文梅燕. 关于水土保持生态服务功能及其价值的探讨[J]. 资源节约与环保, 2017 (4) : 70-74.
- [7]杨文勇. 水土保持生态服务功能及其价值探讨[J]. 科技创新与应用, 2017 (8) : 158-158.
- [8]刘自强, 王海燕, 田凤霞, 等. 甘肃省庆阳市董志塬水土保持功能服务价值估算[J]. 水土保持通报, 2018 (5) : 168-173.
- [9]Fu B J, Liu Y, Lv Y H, et al. Assessing the soil erosion controlservice of ecosystems change in the Loess Plateau of China [J]. Ecological Complexity, 2011, 8(4): 284-293.
- [10]刘国彬, 赵广举, 王国梁, 等. 水土保持的生态服务功能[J]. 科技导报, 2016 (17) : 89-93.
- [11]雷孝章, 曹叔尤, 戴华龙, 等. 川中丘陵区“长治”工程的减沙效益研究[J]. 泥沙研究, 2003 (1) : 52-58.
- [12]王志伟, 朱捍华. 生态措施对亚热带丘陵区紫色土水土保持效应及机理[J]. 农业现代化研究, 2011 (2) : 226-229.
- [13]高艳鹏, 谭雪红, 张岩, 等. 四川省小流域水土保持措施与土壤侵蚀耦合关系研究[J]. 水土保持研究, 2010 (2) : 6-9.
- [14]王海燕, 田凤霞, 鲍玉海, 等. 水土保持功能服务价值评价指标体系构建[J]. 中国水土保持, 2018 (5) : 24-26.
- [15]何静, 张建军, 李永红, 等. 新疆地区水土保持功能价值评估方法及生态服务价值估算[J]. 水土保持通报, 2012 (6): 110-115.
- [16]吴岚, 秦富仓, 余新晓, 等. 水土保持林草措施生态服务功能价值化研究[J]. 干旱区资源与环境, 2007 (9) : 20-24.
- [17]王兵, 郑秋红, 郭浩. 基于 Shannon-Wiener 指数的中国森林物种多样性保育价值评估方法[J]. 林业科学研究, 2008 (2): 268-274.
- [18]郑绍伟, 牛牧, 张琴, 等. 川中丘陵区不同类型柏木林地植物群落结构和多样性研究[J]. 四川林业科技, 2011 (5) :

---

20-28.

[19]吴鹏, 丁访军, 陈骏. 中国西南地区森林生物量及生产力研究综述[J]. 湖北农业科学, 2012 (8) : 1513-1518.

[20]于维莲, 董丹, 倪健. 中国西南山地喀斯特与非喀斯特森林的生物量与生产力比较[J]. 亚热带资源与环境学报, 2010(2) : 25-30.

[21]顾泽贤, 赵筱青, 普军伟, 等. 人工园林大面积种植区植被净初级生产力时空变化研究[J]. 长江流域资源与环境, 2018(2) : 421-432.

[22]吴岚, 秦富仓, 余新晓, 等. 水土保持林草措施生态服务功能价值化研究[J]. 干旱区资源与环境, 2007 (9) : 20-24.

[23]周萍, 刘国彬, 侯喜禄. 黄土丘陵区退耕前后典型流域农业生态经济系统能值分析[J]. 农业工程学报, 2009 (6) : 266-273.

[24]Li J, Ren Z Y. Changes in ecosystem service values on the LoessPlateau in Northern Shaanxi Province, China [J]. AgriculturalSciences in China, 2008, 7(5): 606-614.

[25]Rao E M, Xiao Y, Ouyang Z Y, et al. Changes in ecosystemservice of soil conservation between 2000 and 2010 and its drivingfactors in Southwestern China [J]. Chinese Geographical Science, 2016, 26(2): 165-173.

[26]Fu B J, Liu Y, Lv Y H, et al. Assessing the soil erosion controlservice of ecosystems change in the Loess Plateau of China [J]. Ecological Complexity, 2011, 8(4): 284-293.