

甘肃省庆阳市董志塬水土保持功能服务价值估算

刘自强¹, 王海燕², 田凤霞³, 鲍玉海³, 贺秀斌³, 李瀚之¹, 贾国栋¹

(1. 北京林业大学 水土保持学院, 北京 100083; 2. 水利部水土保持监测中心, 北京 100053;
3. 中国科学院 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)

摘要: [目的] 估算水土保持服务功能价值, 为水土流失综合治理和促进水土保持可持续发展提供科学依据。[方法] 基于水土保持功能的定义, 利用参照法、市场价值法和替代成本法等方法对庆阳市董志塬区土地的水土保持服务功能价值进行估算。[结果] 庆阳市董志塬区水土保持服务功能的总价值为 1.94×10^9 元, 每 1 m^2 的水土保持服务功能价值为 4.3 元。其中, 占总服务价值最大的是固碳释氧服务价值, 为 7.05×10^8 元, 其次为改善物种多样性功能的价值, 为 5.34×10^8 元; 最小的是保存土壤肥力功能价值, 为 3.37×10^7 元。[结论] 庆阳市董志塬区的水土保持措施具有较高的功能服务价值, 未来应继续保持或完善相关水土保持措施, 以发挥更大的功能服务价值。

关键词: 董志塬; 水土保持; 服务功能; 功能评价

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2018)05-0168-06

中图分类号: S157

文献参数: 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, 38(5): 168-173. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.20181001.001. Liu Ziqiang, Wang Haiyan, Tian Fengxia, et al. Estimation of service value of soil and water conservation function in Dongzhi tableland, Qingyang City of Gansu Province[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2018, 38(5): 168-173.

Estimation of Service Value of Soil and Water Conservation Function in Dongzhi Tableland, Qingyang City of Gansu Province

LIU Ziqiang¹, WANG Haiyan², TIAN Fengxia³, BAO Yuhai³, HE Xiubin³, LI Hanzhi¹, JIA Guodong¹

(1. School of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;

2. Monitoring Center of Water and Soil Conservation, Ministry of Water Resources, Beijing, 100053, China;

3. Key Laboratory of Mountain Surface Processes and Ecological Regulation, Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences, Chengdu, Sichuan, 610041, China)

Abstract: [Objective] To estimate the function value of soil and water conservation service in order to provide scientific basis for the comprehensive control of soil and water loss and the sustainable development of soil and water conservation. [Methods] Soil and water conservation function was defined, and the reference method, market value method and alternative cost method was used to estimate the service value of soil and water conservation function in Dongzhi tableland, Qingyang City of Gansu Province. [Results] The total value of service function of soil and water conservation was 1.94×10^9 Yuan, and the value of soil and water conservation service function of land and water conservation measures was 4.32 Yuan/ m^2 . Among them, the value of carbon sequestration and oxygen release service was the highest, amounting to 7.05×10^8 Yuan, followed by the functional value of improving species diversity, which was 5.34×10^8 Yuan, and the least was the function value to preserve soil fertility, which was 3.37×10^7 Yuan. [Conclusion] Soil and water conservation measures in Dongzhi tableland of Qingyang City have high value of functional service. In the future, relevant water and soil conservation measures should be maintained or improved to give play to greater value of functional service.

Keywords: Dongzhi tableland; soil and water conservation; service function; functional evaluation

收稿日期: 2018-01-04

修回日期: 2018-04-15

资助项目: 水利部 2017 年项目水土保持业务水土保持补偿基础工作专题(126216229000180001)

第一作者: 刘自强(1991—), 男(汉族), 江西省赣州市人, 博士研究生, 研究方向为水土保持。E-mail: 654972769@qq.com。

通讯作者: 贾国栋(1986—), 男(汉族), 河北省邢台市人, 博士, 硕士生导师, 讲师, 主要从事水土保持研究工作。E-mail: jgd3@163.com。

水土保持作为中国生态建设的重要组成部分,是国土整治、江河治理的根本,是国民经济和社会发展的基础。水土保持治理和水土保持效益虽已引起足够的认识,但水土保持服务价值评估尚未形成完整、统一的体系^[1]。随着市场经济的深入发展,中国开始有大批学者进行价值评估理论研究^[2]。有学者构建了水土保持功能服务价值评价指标体系,并对典型区域的水土保持功能服务价值基于统计数据或基于遥感数据进行估算^[3-5]。然而,现有的指标体系多聚焦在某一生态系统或区域尺度,未对具体的水土保持措施进行评价,且多为统计数据对服务功能价值进行评价,评价结果偏差较大,并对水土保持服务功能评价尚未形成统一的规范和标准,难以为政府生态补偿提供科学依据^[6]。本文以庆阳市董志塬区为例,拟依据《水土保持法(新)》的内容,借鉴国内外生态价值核算理论,基于水土保持4大基本功能和野外观测数据,提出构建水土保持服务功能评价的分类体系。科学合理运用适合黄土高原水土保持措施服务价值评估方法,有效评估庆阳市西峰塬区水土保持功能服务价值,对土地合理开发和保护水土资源的可持续发展具有重要的战略意义。

1 研究区概况

甘肃省庆阳市西峰塬区地处甘肃省东部、泾河上游,位于陇东黄土高原董志塬腹地,地理坐标为 $107^{\circ}27'42''$ — $107^{\circ}52'48''$ E, $35^{\circ}25'55''$ — $35^{\circ}51'11''$ N,东邻西安、咸阳,西连平凉,南通天水、宝鸡,北接银川。长约47.7 km,东西宽约34.8 km,总面积989.9 km²。该区属于黄土高原沟壑区,平均海拔1 421 m,地势平坦,由东北向西南倾斜,南北呈一扇形,以董志、彭原两镇为中心的董志塬,塬面完整,地势平坦。西峰区属温带大陆性半干旱气候,光照充足,年日照2 400~2 600 h,年降水量400~600 mm,年平均气温10℃,年无霜期160~180 d,四季分明。西峰区经过多年的水土保持治理工作,在塬区建成拦蓄坝、莲花池、甲鱼景观池、砌石护坡、防洪景观墙等多种水土保持工程设施,栽植了红花槐、油松、侧柏、垂柳、云杉、樱花等多个绿化树种,对保护城市安全,维持生态平衡,保持生物多样性,在涵养水源、河道治理、降解污染等方面起到了重要作用。

2 水土保持生态服务功能价值计算方法

2.1 评价指标体系的构建

水土保持功能指水土保持设施、地貌植被所发挥

或蕴藏的有利于保护水土资源、防灾减灾、改善生态、促进社会进步等方面的作用。根据水土保持功能的组成内容,本着系统性与科学性、独立性与稳定性,以及可操作与可接受性原则,为各项功能建立可测算的指标体系;然后按传统水土保持设施和自然地貌植被,进一步分析出土保持设施和自然地貌植被具有的二级水土保持功能。水土保持设施方面,限于现有数据的获取难易程度以及重要性程度,只选择了具有基础性和普遍性的预防和减少土壤流失功能,提高土壤质量和土地生产力功能,拦蓄地表径流、提高水源涵养能力功能,减轻下游泥沙危害功能,减轻风沙灾害功能,改善生物多样性功能,固碳释氧功能,以及促进社会进步、改善人民生活功能进行评估。本文结合西峰区黄土高原的水土流失特点,特色的水土保持措施,依托水利部2017年财政专项水土保持业务项目水土保持补偿基础工作,基于保护水土资源功能,防灾减灾功能,改善生态功能,促进社会进步功能等四项水土保持功能,构建了水土保持服务功能的评价指标(图1)。

2.2 评价指标体系的计算

庆阳西峰区董志塬土地水土保持服务功能价值估算方法主要包括成本参照法^[7]、替代成本法^[8]、水文法^[9]、水保法^[10]、Shannon-Wiener指数法^[11]、成本费用法^[12]、市场价值法等^[13]。成本参照法适用于项目区费用数据不足或不够时,参照其他相似地区或相似项目的费用数据进行评估。替代成本法通常用来评估对生态系统服务的支付愿望或失去这些服务的补偿愿望,一般通过计算人工系统的价值替代生态系统服务价值。水文法和水保法是指常用于水文水资源和水土保持学中的计算或量测方法。Shannon-Wiener指数是指香农-威纳指数,其借用信息论方法,测量群落的异质性,数值越大,表示群落的多样性程度越高。成本费用法是指累计项目在生产经营过程中所发生的各种资金消耗的方法。市场价值法又称生产率法。利用因环境质量变化引起的某区域产值或利润的变化来计量环境质量变化的经济效益或经济损失。这种方法把环境看成是生产要素,环境质量的变化导致生产率和生产成本的变化,用产品的市场价格来计量由此引起的产值和利润的变化,估算环境变化所带来的经济损失或经济效益。

本文数据及资料来源于黄委会西峰水土保持科学试验站南小河沟和砚瓦川流域内的38个标准小区的产流产沙监测数据(2015—2016年),《西峰发展年鉴(2015)》《西峰发展年鉴(2016)》等,计算2015年该区的水土保持功能服务价值。南小河沟和砚瓦川流

域是黄河水利委员会西峰水土保持科学试验站于 1951 和 1976 年设立从事黄土高原沟壑区水土流失观测和水土保持试验研究的 2 个小流域。2 个流域

内共设置 38 个涵盖不同立地条件、坡度、坡向、植被覆盖和措施的标准径流小区。由此数据进行推算,能客观、准确、科学的评估水土保持服务功能价值。

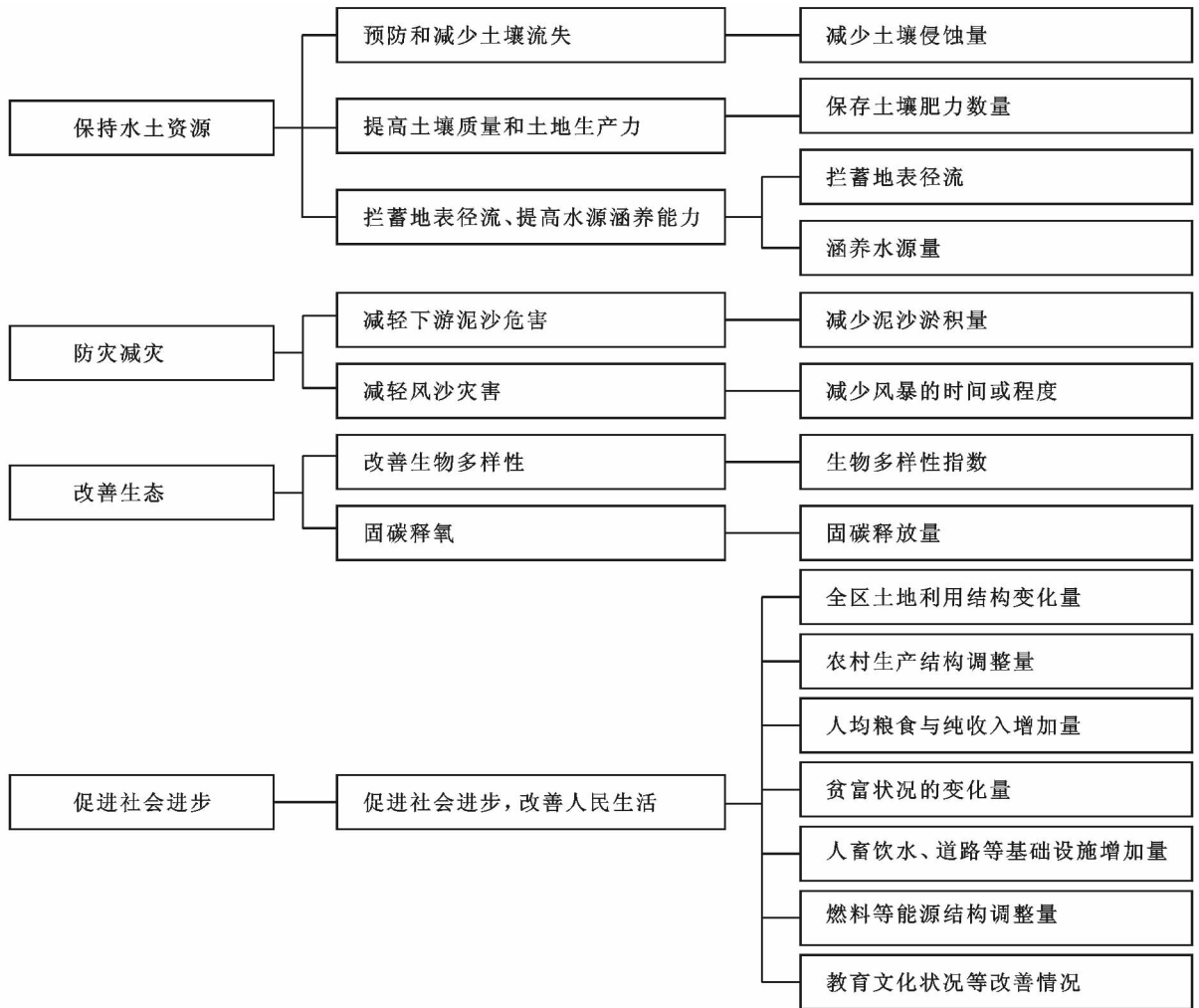


图 1 庆阳市董志塬区水土保持服务功能评价指标体系

3 结果与分析

3.1 塬区土地利用现状

根据土地评价分类系统,依据土地的经济特性将研究区的土地利用类型分类(如表 1 所示)。西峰塬区现有面积 989.9 km²,其中有 448.8 km²的土地实施了水土保持措施,占整个区域国土面积的 45.3%。由于

该地区耕地坡度较陡,多数耕地采取梯田的种植方式,因此梯田在所采取的水土保持措施面积比最大,为 282.7 km²,占整个水土保持措施的 63.0%。林地主要以人工种植的乔木林为主,占地面积为 73.4 km²,其次为坡度较缓的坡耕,占地面积为 59.4 km²。该区的经济林、果园、灌木林、坝地等面积较少,不足整个水土保持措施面积 3%。

表 1 塬区有水土保持措施的土地利用现状

立地类型	坡耕地	梯田	坝地	水地	乔木林	灌木林	经济林	苗圃	果园	人工草地
面积/km ²	59.44	282.74	0.28	13.05	73.43	3.95	5.44	0.38	5.58	4.52

3.2 保护水土资源的服务功能价值估算

3.2.1 减少土壤流失量 本文收集了研究区不同坡度、不同坡向、不同植被覆盖和不同立地条件径流小

区的实测数据。根据研究区标准(裸地与对应措施)径流小区的实测数据,得出各项措施减少的土壤侵蚀量,再根据各项处理措施的标准小区面积换算得出其

单位面积减少的土壤侵蚀量,最后得出各项处理措施减少的土壤侵蚀总量。

如表 2 所示,梯田、坡耕地及乔木林减少的土壤侵蚀总量较大。这是因为梯田修建后,获得的降雨不会因为坡度而发生水土流失,也即不存在土壤侵蚀量,因此减少的土壤侵蚀量最大,此外,该区梯田面积较大,因此减少的土壤侵蚀总量也越大。对乔木林来说,其冠幅较大,截留量要大于灌木林和草本,再加上

林下的枯落物可能对径流的二次减弱左右,林地减少的土壤侵蚀量要小于灌木林和草本。该区的林地面积不小,且要高于经济林面积,林地减少的土壤侵蚀总量要比经济林多 13.4 倍左右。该区的平均土壤厚度为 75 cm,土壤容重为 1.20 g/cm³,根据当地市场价格得出土地的市场价值为 4 元/m³,经过计算得出该区水土保持措施减少土壤侵蚀量的经济效益为 5.54 × 10⁷ 元。

表 2 各项水土保持措施减少的土壤侵蚀总量

立地类型	坡耕地	梯田	坝地	水地	乔木林	灌木林	经济林	苗圃	果园	人工草地
侵蚀量/t	1.77 × 10 ⁵	1.13 × 10 ⁶	1.10 × 10 ³	5.22 × 10 ⁴	2.32 × 10 ⁵	1.53 × 10 ⁴	1.72 × 10 ⁴	1.45 × 10 ³	1.76 × 10 ⁴	1.73 × 10 ⁴

3.2.2 保存土壤肥力的量 水土流失过程中流失的土壤养分,也即水土保持措施中保持的土壤肥力。本文水土保持措施保存的土壤肥力主要指保存在土壤中的速效氮、速效磷、速效钾及有机质等。根据观测数据(实施水土保持措施后)得出各项措施土壤中土壤的肥力,再减去裸地的土壤肥力,即可获得单位质量土壤保存的土壤肥力。一般说来,侵蚀量越大,流失的土壤肥力也越多;同样,减少的土壤侵蚀量越多,保存的土壤肥力也越多,其水土保持效益也越好^[8-9]。观测结果表明,有水土保持措施小区比裸地小区土壤的氮、磷、钾、有机质含量平均增加分别为 34.54, 6.33, 112.92, 2.5 mg/kg。因此,减少的土壤侵蚀量与保存的土壤肥力呈正相关。根据当地市场价格,取氮肥为 1 800 元/t,磷肥为 2 800 元/t,钾肥为 1 960 元/t,有机肥为 800 元/t,经过计算得出该区水土保持措施保存的土壤肥力经济效益为 3 373 万元。

3.2.3 拦蓄的地表径流量 根据标准裸地小区的年产量减去(与裸地有相同立地条件、坡度和坡向)标

准措施小区的产流量,即可得出标准小区面积内某项水土保持措施减少的径流量。由标准小区面积产流量换算出单位面积的产流量,再乘以相应措施的总面积,获得该项措施减少的径流总量。计算结果如表 3 所示,梯田、坡耕地及乔木林减少的径流总量较大。与减少的土壤侵蚀量类似,修建的梯田地块可以拦蓄全部降雨,不产生地表径流,因此梯田拦蓄的地表径流量最大。相似地,乔木对降雨的拦截作用要大于灌木和草本,该地块产生的径流量也小,拦蓄的地表径流量也大,再加上梯田占地面积和乔木林的占地面积大,其拦蓄的地表径流总量也越大。由于当地水价采用阶梯用水定价,即用水越多,单位水价的价格也越高。若每户居民每月的用水量为 0~9 m³,其水价为 3.20 元/m³;若每户居民每月的用水量为 9~15 m³,其水价为 4.80 元/m³;若每户居民每月的用水量为超出 15 m³ 水量的用水部分,水价为 6.40 元/m³。因此,本研究按照水价 6.40 元/m³ 进行计算,得出该区水土保持措施减少的径流量经济效益为 1.26 × 10⁸ 元。

表 3 各项水土保持措施减少的径流总量

立地类型	坡耕地	梯田	坝地	水地	乔木林	灌木林	经济林	苗圃	果园	人工草地
减流量/m ³	1.18 × 10 ⁶	1.41 × 10 ⁷	1.37 × 10 ⁴	6.49 × 10 ⁵	3.32 × 10 ⁶	5.88 × 10 ⁴	1.22 × 10 ⁵	1.12 × 10 ⁴	1.25 × 10 ⁵	1.35 × 10 ⁵

3.2.4 涵养水源量 涵养水源功能是重要的水土保持功能之一。根据涵养水源的概念,未被径流损失的水分均具有涵养水源的功能,因此本文涵养水源量的计算方法为降雨量减去径流量,再乘以当地水价(用水单价与上文所述相同)。

因此,拦蓄的地表径流量越大,其涵养水源的量也越大。通过计算得出各项水土保持措施的涵养水源量(如表 4 所示)。梯田的水源涵养总量最大,经过计算得出该区水土保持措施保存的水源涵养总量经济效益为 4.32 × 10⁸ 元。

表 4 各项水土保持措施增加的水源涵养总量

立地类型	坡耕地	乔木林	灌木林	经济林	苗圃	果园	人工草地
增加的水源涵养总量/m ³	2.62 × 10 ⁷	3.24 × 10 ¹⁰	1.74 × 10 ⁹	2.40 × 10 ⁹	1.66 × 10 ⁸	2.46 × 10 ⁹	2.00 × 10 ⁷

3.3 防灾减灾

防灾减灾功能包括减少下游泥沙危害和减少风沙危害,由于该区平均风速比较小,侵蚀主要以水力侵蚀为主,风力侵蚀比较微弱,风力侵蚀造成的风沙灾害比较少,因此减少风沙危害的水土保持效益可以忽略不计,只计算由水力侵蚀造成的泥沙危害。减少下游泥沙危害主要通过各项水土保持措施减少的产沙量进行计算,即标准裸地径流小区的产沙量与各项水土保持措施小区产沙量的差值。一般来说,植被盖度越大,产流量和产沙量也越小,对下游造成的泥沙危害也越小,水土保持效益也越高。本文取水库工程费用或挖取单位体积泥沙的费用 38 元/m³,经过计算得出该区水土保持措施减少下游泥沙危害总量经济效益为 5.26×10⁷ 元。

3.4 改善生态

3.4.1 增加生物多样性 本文增加生物多样性效益主要根据调查数据,得出各项水土保持措施实施后增加的物种总数、增加的多样性指数,再乘以林分年物种多样性保育价值,本文主要根据 Shannon-Wiener 指数计算物种保育价值(表 5)^[14],经过计算得出该区水土保持措施增加生物多样性的经济效益为 5.34×10⁸ 元。

表 5 Shannon-Wiener 指等级划分及其价值量

等级	Shannon-Wiener 指数	单价/(元·hm ⁻² ·a ⁻¹)
I	指数≥6	50 000
II	5≤指数<6	40 000
III	4≤指数<5	30 000
IV	3≤指数<4	20 000
V	2≤指数<3	10 000
VI	1≤指数<2	5 000
VII	指数≤1	3 000

3.4.2 固碳释氧 森林固碳量是指森林通过系列生

物过程吸收空气中的二氧化碳后储存在森林中的总量。本文根据各项水土保持措施的森林现有面积,乔木林和经济林按森林生长量取 5 mg/(hm²·a),苗圃和果园取 4.5 mg/(hm²·a),灌木林和坡耕地取 3.8 mg/(hm²·a),梯田和草地取 3.1 mg/(hm²·a),土壤碳储量按 0.062 5 kg/m²,得出森林固碳量、土壤固碳量和森林释氧量(具体如表 6 所示)。按照瑞典碳税率 1 200 元/t,氧补偿 2 148 元/t 计算,得出该区水土保持措施固碳释氧的经济效益为 7.05×10⁸ 元。

表 6 各项水土保持措施固碳释氧总量 t

立地类型	森林固碳量	土壤固碳量	释氧量
乔木林	16 320.83	4 589.65	43 693.47
灌木林	877.09	246.65	2 348.12
经济林	1 209.73	340.19	3 238.65
苗圃	83.41	23.46	223.30
果园	1 240.27	348.78	3 320.40
人工草地	1 004.57	282.50	2 689.40
梯田	62 839.11	17 671.25	168 230.30
坡耕地	13 210.13	3 714.86	35 365.61
合计	20 735.90	5 831.23	55 513.32

3.5 评估结果

庆阳市西峰区水土保持服务功能包含减少土壤流失价值,保存土壤肥力价值,拦蓄地表径流价值,涵养水源价值,减轻下游泥沙危害价值,增加物种多样性指数价值,固碳释氧价值和促进社会进步价值。由于促进社会进步价值涉及的指标数据复杂,本研究缺乏相关数据,没有将促进社会进步价值加以计算,只计算了前 7 种价值。依照上述计算结果,2015 年全年庆阳西峰区土地,除促进社会进步价值外,水土保持服务功能的总价值为 1.94×10⁹ 元,有水土保持措施土地的水土保持服务功能价值为 4.32 元/m²(表 7)。

表 7 各项水土保持服务价值

水土保持功能	减少土壤流失	保存土壤肥力	拦蓄地表径流	涵养水源	减轻泥沙危害	改善物种多样性	固碳释氧
价值/元	5.54×10 ⁷	3.38×10 ⁸	1.26×10 ⁸	4.32×10 ⁸	5.27×10 ⁷	5.34×10 ⁸	7.05×10 ⁸

4 讨论与结论

庆阳市董志塬区土地水土保持服务功能主要以涵养水源服务功能价值、固碳释氧服务功能价值和改善生物多样性服务功能价值为主,三者占比超过总服务价值的 80% 以上,其中,水土保持服务价值最大的

为固碳释氧功能,这是因为各项水土保持措施不仅保持了土壤,还保持了森林林分,而森林和土壤能通过光合作用等循环过程固定丰富的碳,使其具有丰富的碳量,因此具有较大的水土保持服务功能价值。此外,各项水土保持措施保持的土壤能为物种生长提供良好的养分环境和水分环境,可促进物种多样化和丰

富度,具有的改善物种多样性服务价值也大。余付勤等^[15]和黄麟等^[16]在研究中国典型区域水土保持服务价值时也发现,固碳释氧价值占水土保持总价值的比例最高。减少土壤流失、保存土壤肥力及减轻泥沙危害的水土保持服务价值在同一数量级,但低于拦蓄地表径流和涵养水源价值,说明水土保持措施在以上3方面发挥着同等重要的水土保持效益,但要显著低于发挥在拦蓄地表径流和涵养水源方面的效益。这可能是因为水土保持措施主要是拦蓄地表径流,涵养水源,而且当地梯子型的用水定价机制,造成此次评估计算的服务价值偏高。本研究估算的水土保持措施服务价值量要高于马琳^[17]对黄土高原具体的水土保持工程措施的效益价值量,说明庆阳市董志塬区的水土保持工作中对涵养水源和森林植被恢复工作取得较好的水土保持效益,在未来一段时间内应进一步加强水土保持、水源涵养及植被恢复工作,保持其可持续、稳定健康发展。本文研究结果能为水土保持工作的开展提供重要的参考,但由于本研究未对促进社会进步服务功能进行系统的评价,因而该结果偏低于水土保持服务功能价值的实际服务价值,对庆阳市董志塬区土地的服务功能价值有待进一步研究,这也是下一步研究工作中的重点。

[参 考 文 献]

- [1] 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,2016,14(5):90-99.
- [2] 李该霞,宋蒙亚,谢丽芳,等.江苏省水土保持功能的重要性评价[J].水土保持通报,2016,36(1):236-241.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 倪冬平.水土保持生态服务功能评价方法[J].江西农业,2017(3):79-79.
- [6] 冯磊,王治国,孙保平,等.黄土高原水土保持功能的重要性评价与分区[J].中国水土保持科学,2012,10(4):16-21.
- [7] 张霞,刘晓清,王亚萍,等.秦岭生态功能区水土保持治理效益评价[J].水土保持研究,2012,19(2):86-90.
- [8] 景可,焦菊英.水土保持措施与效益评价研究:以陕北安塞县为例[J].水土保持研究,2011,18(1):132-136.
- [9] 许静,王玉玺,樊华.东北黑土区小流域综合治理措施及效益评价:以振祥小流域为例[J].中国水土保持科学,2010,8(4):95-100.
- [10] 党志良,林启才,史淑娟.水土保持综合治理效益分析与评价:以丹凤县陈家沟小流域为例[J].西北大学学报:自然科学版,2010,40(3):535-539.
- [11] 孙昕,李德成,梁音.南方红壤区小流域水土保持综合效益定量评价方法探讨:以江西兴国县为例[J].土壤学报.2009,46(3):373-380.
- [12] 刘建强,李延忠,时光新.榆林小流域水土保持综合治理措施及其效益分析[J].水土保持通报,2000,20(6):51-54.
- [13] 王文生,李红月.郝家流域水土保持治理措施效益分析[J].中国水土保持,1998(9):37-39.
- [14] 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,2008,21(2):268-274.
- [15] 余付勤,鲁春霞,肖玉,等.水土保持型国家重点生态功能区的生态服务价值评估[J].资源与生态学报,2017,8(4):369-377.
- [16] 黄麟,曹巍,吴丹,等.2000—2010年我国重点生态功能区生态系统变化状况[J].应用生态学报,2015,26(9):2758-2766.
- [17] 马琳.黄土高原几种水土保持措施的效益价值量分析[D].西安:西安理工大学,2007.
- [14] 崔雪.抚顺市自然概况[R].辽宁年鉴,2016:339.
- [15] 张磊.辽宁省土壤水力侵蚀影响因子计算与分析[J].水土保持应用技术,2016(1):11-13.
- [16] 马元波.晋城市生态功能区划研究[D].太原:太原理工大学,2008.
- [17] 刘康,康艳,曹明明,等.基于 GIS 的陕西省水土流失敏感性评价[J].水土保持学报,2004,18(5):168-170.
- [18] 杨伟州,邱硕,付喜厅,等.河北省生态功能区划研究[J].水土保持研究,2016,23(4):269-276.
- [19] 陈丹.贵州省生态功能区划修编研究[D].贵阳:贵州师范大学,2016.
- [20] 汤小华.福建省生态功能区划研究[D].福州:福建师范大学,2005.
- [21] 宋小叶,王慧,袁兴中,等.国内外生态功能区划理论研究[J].资源开发与市场,2016,32(2):170-173,212.
- [22] 张全.生态区划的基本理论与方法[C]//中国城市规划学会.城市规划面对面:2005 城市规划年会论文集(下),2005.

(上接第 167 页)