

云南省低丘缓坡开发项目区林地生态服务价值评估

张洪¹, 张雪岩¹, 丁江² (1. 云南财经大学城市与环境学院, 云南昆明 650221; 2. 云南农业大学建筑工程学院, 云南昆明 650000)

摘要 云南省低丘缓坡项目区开发过程中占用林地导致了生态服务价值的损失, 同时也加剧了开发建设项目对于周边生态环境的破坏。为了明确项目区的可持续发展性, 将项目开发过程中的生态损益用货币的形式更加直观的推算出来, 对项目开发前后的生态效益进行直观的对比, 从而能够合理有效地制定更加科学准确的低丘缓坡生态环境生态资源开发保护的实质性政策, 促进低丘缓坡项目科学稳定的可持续性发展。选取了 12 个在开发建设项目区为案例研究, 在国内外学者的研究基础上建立了一套服务价值计量模型, 对林地生态服务价值做出计量和分析。

关键词 低丘缓坡开发项目区; 林地生态系统; 生态服务价值

中图分类号 S718.5 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2019)22-0056-06

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2019.22.018

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Evaluation of Forestland Ecological Service Value in the Hilly and Gentle Slope Development Project Area of Yunnan Province

ZHANG Hong¹, ZHANG Xue-yan¹, DING Jiang² (1. School of Urban and Environment, Yunnan University of Finance and Economics, Kunming, Yunnan 650221; 2. College of Architecture and Engineering, Yunnan Agricultural University, Kunming, Yunnan 650000)

Abstract The occupation of forestland in the development process of the hilly and gentle slope project area in Yunnan Province leads to the loss of ecological service value, and at the same time intensifies the damage of the development and construction project to the surrounding ecological environment. In order to define the project area's sustainable development, will be in the process of developing the ecological project profit and loss estimates more intuitive, with monetary form of ecological benefits before and after the development of project, the intuitive comparison, so that they can make more scientific and accurate effectively low hills gentle slope ecological resources development and protection of ecological environment substantive policy, promote the sustainable development of science and stable low hills gentle slope project. This paper selects twelve development and construction project areas for case study, and establishes a set of service value measurement model based on the research of domestic and foreign scholars to measure and analyze the value of forest ecological services.

Key words Hilly gentle slope development project area; Forest ecosystem; Ecological service value

当前随着经济水平不断增长, 对自然资源的消耗和能源的浪费也随之增加, 人类进步与资源环境问题产生的矛盾变得更加严峻。在现实发展中进步和在学术理论中探索的基础上, 国内有关人与生态关系和谐和可持续发展等领域内的问题逐渐成为党的会议研讨问题之一^[1-3]。随着相关生态环境问题等文明理念与国际接轨, 党的十七大中提出要大力建设生态文明的目标, 党的十八大中为改变生态环境恶化提出积极推进生态文明建设的任务, 党的十九大明确指出生要更高层次地把之前对生态文明建设的任务和要求大力提高至国家发展战略的水准。

林地生态系统作为地球上最庞大、生物复杂度最高的生态系统, 是一个多层次多元的复杂系统, 拥有其复杂的结构和功能^[4-5]。我国国土面积幅员辽阔, 在总量上拥有十分丰富的林木资源, 但由于人口较多, 人均拥有量略显不足, 排除掉尚无法合理开发的原始森林地区, 我国林木资源量还是相对较低的, 所以森林的生态功能和森林的经济效能产出也相对较低。以我国云南省低丘缓坡开发为例, 由于国民缺乏对于森林生态效益的认识, 在其开发过程中, 必然会占用林地, 破坏原有的森林生态系统, 令当前的生态建设面临严峻的考验。综上所述, 由于缺乏价值量, 使得生态服务的价值很难在直观的经济价值上体现出来, 不利于进行管理与监测, 在对于森林资源的管理上, 片面的集中在经济价值的规

划和核算上, 极易造成价值的低估。这会造成两方面的不利影响: 一是降低了山地开发占用森林破坏的生态成本以及其边际成本, 二是不利于生态与经济的协调可持续发展^[6-7]。

土地使用格局会随着低丘缓坡的建设开发而发生相应的变化, 对开发区原有的环境以及生态系统造成反向影响, 从而使更大范围的低丘缓坡生态系统服务功能受到影响。低丘缓坡特殊的地理地貌环境使生态系统中大多数生态服务功能所产生的价值无法进行精确的量化, 所以在项目的建设开发中对占用森林的损失考量中, 通常只能对所占森林中的林木作为木材的经济价值做出估算, 而忽视林木生长所带来的各种生态服务功能的价值^[8-13]。

国外对林地生态系统评估的研究工作开展比我国要早。Costanza 等^[11]在最早的研究中是将全球森林生态系统划分为热带和温带/北方林两大类。Drumarx 等提出利用旅行费用支出法来估算森林和野生生物方面的经济价值; Tobias 等分别对森林生态系统服务功能的生态旅游价值和森林生态系统的休闲、景观、美学等方面的价值进行研究和估算。

我国在林地生态效益方面的研究也是从 20 世纪 80 年代开始的, 由于林地生态系统在地球整体生态系统和人们的生存发展中处于非常重要的位置, 所以国内外的学者专家对此的研究从未间断过^[14-25]。韩维栋等^[23]对生态系统中的红树林生态系统的生态系统服务功能的物质生产、保护土壤、气体调节等 7 个方面的价值进行了估算研究; 郭中伟等^[25]首次运用 GIS 技术根据森林植被类型、坡度等对评价区分区, 然后进行评价分析。此外, 还有研究者对生态系统服务功能中的某单一功能的价值进行评价, 如丁程峰等^[16]采用定量

基金项目 国家自然科学基金项目(71764034)。

作者简介 张洪(1958—), 男, 四川成都人, 二级教授, 博士生导师, 从事城市发展与土地利用的研究。

收稿日期 2019-04-02; **修回日期** 2019-05-17

分析的方法对云杉天然林生态系统服务功能的涵养水源功能价值进行了评价。

1 低丘缓坡项目区所占林地生态服务价值计量模型

通过对国内外当前林地生态服务价值评价及的相关研究,结合国内以云南省低丘缓坡试点项目区当前开发的实际情况,选取需要计量的生态功能,确定出该研究中所需要的计量模型,包括涵养水源、保育土壤、固碳释氧、积累营养物质、净化大气 5 个内容。

1.1 林地涵养水源功能的服务价值

涵养水源的功能主要是指林地植被分布密集可以储蓄降水,枝干叶片茂密覆盖减少水分向上蒸发。林地对于降水的抵抗洪灾旱灾调节径流、净化降水、拦蓄降水这 3 类功能可以概括为林地调节水量功能。

1.1.1 林地调节水量服务价值模型。由于该研究需要测算林地涵养水源的价格,其中涵养水源的功能之一就是调节水量,这与水库的功能相近似,因此这里把林地调节水量的生态服务功能等同于一个近似的水库,用影子工程法将水库库容投资的造价当作林地调节水量的价值,可得模型公式如下:

$$V_{\text{调}} = G_{\text{调}} \times P_{\text{水}}$$

根据国家水利部出台的相关文件《水利建设项目经济评价规范》中提出的相关参数以及计算模式,推算 2018 年度单位面积水库的库容建设投资金额为 24.5 元/m³。经相关研究论证,为保证得出的水量结果客观准确,通过水量平衡法可得模型公式如下:

$$G_{\text{调}} = 10AR\phi$$

通过相关专著和研究表明,植被截留降水的系数通常在 25%~30%,为保证数值计算平衡,选取中间值 27%作为截留系数参数。结合前面二者,可得林地调节水量功能价值的最终模型如下:

$$V_{\text{调}} = 10AR\phi \cdot P_{\text{水}}$$

1.1.2 林地改善水质价值评价模型。项目区开发建设过程中必然会占用很大一部分林地,导致林地面积骤减,破坏当地的生态系统,其中导致林木净化水源改善水质的功能也随之被破坏。林地植被改善水质的功能与人工过滤净水的效果相近似。为了使测算结果更贴近当地情况且更加准确,根据项目区所在的 12 个城市做出网上调查,最后将 $P_{\text{水质}}$ 的值取调查结果的平均值,用水价格为 3.45,并以此作为云南省平均居民用水价格。因为林地的植被是同时具有调节水量与改善水质 2 种功能的,所以前文中的到的调节水量的值在此公式里也可以看作改善水质水量的等值,可得模型公式如下:

$$V_{\text{水质}} = 10AR\phi \cdot P_{\text{水质}}$$

1.2 林地保育土壤功能的服务价值 林地保育土壤的功能是指其对土壤的改良作用,具体表现为林木的枝叶、矮灌木、地表枯落层等等在降水时可以对雨水的冲刷起到缓冲的作用,减少降水坠落时对地表带来的冲击力,在降水过后还可以存贮水分及养份。同时林地植被的根系在地表下深土层盘根交错向下延伸,保证水土保持的同时也锁住土壤内部的

营养元素,减缓了降水对土壤的冲刷并保持土壤肥沃,进而改良土壤。

1.2.1 林地固土功能价值评价模型。根据相关学科的研究表明,林木的固土功能可以保持土壤总量,减少其随降水等径流冲刷造成的了损失,进而大大减少川流中土壤的淤积,所以此处可使用单位面积清理土石淤泥的单价作为林地固土功能的影子价格,最后做出估算,可得模型公式如下:

$$V_{\text{固土}} = G_{\text{固土}} \pm P_{\text{挖土}}$$

当前林地固土总量的求值方法是将有林地与其他土地的土壤侵蚀状况做出对比,相差得土壤量可从客观角度展现固土总量。经过一定演变可得出以下公式:

$$V_{\text{固土}} = A(X_2 - X_1) / \rho$$

该研究中 ρ 值取 1.32,另外根据相关学术研究已发表资料,不包含林地的其他土地土壤侵蚀模数为 238.8,林地土壤侵蚀模数则细分为以下 3 类:有林地 7.6、灌木林地 4.29、疏林地 7.8。所以,经过一定演变可得出模型公式如下:

$$V_{\text{固土}} = P_{\text{挖土}} \cdot A(X_2 - X_1) / \rho$$

1.2.2 林地保肥功能服务价值评价模型。多数研究表明,影响植被生长最主要的营养元素是氮元素、磷元素和钾元素。在植被生长过程中对土壤中的这 3 类营养元素的积累量也最多。但当项目区建设过程中会占用大量林地,使得植被破坏带走大多数营养物质,造成水土一定程度流失,土壤肥力大大降低。林地植被每年都从周边的生长环境中汲取营养物质,在多种营养物质元素中以氮、磷、钾 3 种元素为主要代表。因此在通过影子价格法估算开发区占用林地的生态服务价值时,可以用以含氮磷钾元素为主的磷酸二铵肥和氯化钾肥的价格作为其影子价格进行计算。可得模型公式如下:

$$V_{\text{保肥}} = G_{\text{保肥}} \cdot P_{\text{保肥}}$$

据前文所述,林地年保肥总量与即为年固土量中氮、磷、钾 3 种元素的含量,因此可进一步演变计量公式如下:

$$G_{\text{保肥}} = G_{\text{氮}} + G_{\text{磷}} + G_{\text{钾}} = A(X_2 - X_1) \cdot (N + P + K)$$

根据公式可得,排除前文已做出说明得参数, $G_{\text{氮}}$ 、 $G_{\text{磷}}$ 、 $G_{\text{钾}}$ 代表的含义分别为土壤中氮、磷、钾 3 种元素的流失量, N 、 P 、 K 代表的含义为土壤中含氮、磷、钾 3 种元素的量值百分比。通过 2 个计量公式相结合可得最终的林地保肥功能服务价值模型公式如下:

$$V_{\text{保肥}} = A(X_2 - X_1) \cdot (P_1 N / R_1 + P_1 P / R_2 + P_2 K / R_3)$$

根据有关学者对云南省土壤中 3 种营养元素含量多少情况的研究,该研究对云南省土壤中含氮、磷、钾量取值分别是 0.13%、0.04%、1.02%。根据查询化肥网 2018 年在售各类品牌的化肥价格,求得磷酸二铵和氯化钾肥均价分别为 2 800 和 2 080 元/t,在此基础上进一步调查求值, R_1 、 R_2 、 R_3 的值得份别为 14.00%、15.01%和 50.00%。

1.3 林地固碳释氧功能 林地在生物圈范畴内一直处于一个举足轻重的地位,动物呼吸吸入氧气,在体内转换为二氧化碳后呼出体外,而植被则吸收二氧化碳,通过光合作用转化为碳水化合物,同时释放出氧气。因此是整个生态系统繁衍生息的自然阶段维持碳氧平衡的循环中极其重要的一部

分。所以林地植被的固碳释氧功能对于生物而言是至关重要的。

1.3.1 林地固碳功能评价模型。当前关于林地固碳功能的评价方法较多,受到广泛认可且可操作性较强的价值方法是碳税法。这种方法目前应用领域交广,且该方法的计算结果较为精准,收到业界认同,可操作性也较强,该研究也采用当前较流行的碳税法来对项目区开发所占林地的固碳服务功能做出价值估算。经整理可得林地固碳功能模型公式如下:

$$V_{\text{碳}} = G_{\text{碳}} \cdot P_{\text{碳}}$$

通过实测法可得模型公式如下:

$$G_{\text{碳}} = A(1.63R_{\text{碳}} B_{\text{年}} + F_{\text{土壤碳}})$$

将 2 个计量公式进行整合,可以得出项目区开发所占林地的固碳功能服务价值的模型公式为:

$$V_{\text{碳}} = A \cdot P_{\text{碳}}(1.63R_{\text{碳}} B_{\text{年}} + F_{\text{土壤碳}})$$

1.3.2 林地释氧功能评价模型。为了达到最佳的评价数据结果,更客观全面的展现释氧功能的市场价值,根据国家卫生部十年前的数据公布结果显示,氧气均价约 1 000 元/t,通过货币的贴现率转换,2018 年的氧气均价约 1 360 元/t。可得模型公式如下:

$$V_{\text{氧}} = 1.19AB_{\text{年}} \cdot P_{\text{氧}}$$

1.4 林地积累营养物质功能 林地植被生长需要依靠光合作用积累养分,但仅依靠自身合成生长所需营养还是远远不够,因此在生长过程中还会源源不断吸取周边环境中的氮、磷、钾一类的营养物质。当植被生长到一定程度时,也会将营养物质向外界做出回馈,主要通过以下的几种方式将营养物质返还给周边环境:首先是通过自然降水,雨水下落冲刷林木,将其自身所含的各类营养物质伴随雨水返还土壤,最终汇入径流;其次是以木材等副产品的形式在市场流通;最后一种是通过四季交替,枯枝落叶与新生枝叶往复循环,在土壤内经各类微生物分解将营养物质回馈给土壤。

由以上观点可以得出,林地植被每年都从周边的生长环境中汲取营养物质,在多种营养物质元素中以氮、磷、钾 3 种元素为主要代表。因此在通过影子价格法估算开发区占用林地的生态服务价值时,可以用以含氮磷钾元素为主的磷酸二铵肥和氯化钾肥的价格作为其影子价格做出分析。

该研究将项目区所占林地积累营养物质的服务价值换算成化肥价格来做出估算,与前文相同,依旧按照磷酸二铵化肥与氯化钾化肥的价格做为模型中所需的参数,可得模型公式如下:

$$V_{\text{营养}} = G_{\text{营养}} \cdot P_{\text{化肥}}$$

经进一步将模型细化分析,项目区所占林地年积累营养物质的量需通过林木所含主要营养元素,既含氮、磷、钾元素的量并于森林年净初级生产力来做出估算,可得计算积累营养物质总量的公式如下:

$$G_{\text{营养}} = AB_{\text{年}}(N_{\text{营养}} + P_{\text{营养}} + K_{\text{营养}})$$

根据公式可得, $G_{\text{营养}}$ 代表的含义为林地年均积累营养物质的总量, $B_{\text{年}}$ 代表的含义为森林年净初级生产力,与前文相

同取云南省低丘缓坡地区有林地年净初级生产力取值为 5.249,灌木林地取值为 2.681 4,疏林地取值为 1.844, $N_{\text{营养}}$ 、 $P_{\text{营养}}$ 、 $K_{\text{营养}}$ 分别代表的含义为林木吸收的营养物质中氮、磷、钾 3 种元素分别的含量。

将 2 个计量公式通过融合可得出项目区所占林地积累营养物质价值的评价模型为:

$$V_{\text{营养}} = AB_{\text{年}} \cdot (P_1 N_{\text{营养}} / R_1 + P_1 N_{\text{营养}} / R_2 + P_2 N_{\text{营养}} / R_3)$$

1.5 林地净化大气功能 林地中的各类植被具有客观的净化大气的功能,其具体表现在可以通过植被作用吸收空气中的各类污染物,并对悬浮在空中的颗粒粉尘展现吸附阻滞的作用。林地中各种植被的枝桠和叶片能够吸取气体中的有害成分,并在体内分解为无害物质,过积累在植被体内,通过物质循环由下部根系排入土壤,进而达到净化空气的功能;林地中高大的植被本身能够阻挡部分空气中的微小颗粒,并且林地通常植被排列相对紧凑,可以有效起到防风固沙、阻滞空气中粉尘的作用。

1.5.1 林地吸收大气污染物服务价值评价模型。林地吸收二氧化硫评价模型,经相关研究论证,林地对于大气中二氧化硫污染物具备吸收功能,其对大气的净化功能可以为人工治理空气污染省去一笔很大支出,据前文所阐述,在此处选择恢复和保护法的研究思路来对林地吸收二氧化硫的功能做出价值评定。因此选定当前人工治理二氧化硫污染情况单位面积的价格作为林地吸收二氧化硫的价格,通过分析,可得模型公式如下:

$$V_{\text{二氧化硫}} = G_{\text{二氧化硫}} \cdot P_{\text{二氧化硫}}$$

由于各个行业内对林地吸收二氧化硫的估值方法包含了诸如阈值法等多种途径,有些跨学科的估值方法计算结果不精准,有些操作极其复杂需要专业仪器。该研究经筛选最终选取计算单位面积林地的吸收能力来测算具体的吸收量,可得模型公式如下:

$$G_{\text{二氧化硫}} = Q_{\text{二氧化硫}} A$$

由以上 2 个公式综合可得,项目区开发所占林地年均吸收二氧化硫所带来的价值评价模型如下:

$$V_{\text{二氧化硫}} = Q_{\text{二氧化硫}} A \cdot P_{\text{二氧化硫}}$$

林地吸收氟化物评价模型,经相关研究论证,对林地吸收氟化物的价值评价采用同上文一样的恢复和保护法作为研究思路。通过分析,可得模型公式如下:

$$V_{\text{氟化物}} = Q_{\text{氟化物}} A \cdot P_{\text{氟化物}}$$

林地吸收氮氧化物评价模型,经相关研究论证,对林地吸收氮氧化物的价值评价采用同上文一样的恢复和保护法作为研究思路。通过分析,可得模型公式如下:

$$V_{\text{氮氧化物}} = Q_{\text{氮氧化物}} A \cdot P_{\text{氮氧化物}}$$

1.5.2 林地滞尘效益模型。经相关研究论证,林地对于空气中自然产生的粉尘具有阻碍作用,可有效防止雾霾等环境问题,其对大气的净化功能可以为人工治理空气中的粉尘问题节省费用,据前文所阐述,在此处选择恢复和保护法的研究思路来对林地阻碍粉尘的功能做出价值评定。通过分析,可得模型公式如下:

$V_{\text{滞尘}}=Q_{\text{滞尘}}AP_{\text{滞尘}}$

为达到此项生态服务价值评价结果的有效性和精准性,几项污染物的人工治理费用都与国家出台的《排污费征收标准及计算方法》制度所对应,人工治理二氧化硫污染物的单价为 1.2 元/kg,治理氟化物污染物的单价为 0.69 元/kg,氮氧化物污染物的单价为 0.63 元/kg,治理粉尘污染的单价为 0.15 元/kg。

2 典型案例研究

云南省是国内典型的以山地类型为主的省份,全省山地面积占 90%以上,地势平缓的土地储备明显不足。为响应国家号召,合理利用土地,节约集约利用省内优质土地,政府有关部门经研究决定,开拓一条新的发展途径,在保证土地优化利用的前提下,创先提出要把“城镇上山”的发展新战略,并通过综合分析在省内选出合适的项目区作为战略开发试点,目前为止已有 178 个低丘缓坡项目区获得政府批准依照规划在开发建设进程中,缓解了城市化进程中的用地矛盾,促进土地资源的节约集约利用。于此同时,随着项目区的开发导致各式各样的工厂企业逐步向山地扩张,在山上修建工

厂或园区,以至于占用原有的山地生态环境,显著的影响之一就是林木过多砍伐,林地生态系统收到干扰,导致一些破坏生态,影响经济效益,阻碍生态可持续发展的不利因素出现。因此,该研究从省里 178 个项目区中选出 12 个所占林地面积不同,用地类型也不同的项目区来分析云南省低丘缓坡项目区开发占用林地的生态服务价值损失。12 个开发建设项目区分别为寻甸县倘甸区块项目区、宜良柳树湾项目区、丘北县九龙谷项目区、砚山县白龙山项目区、水富县西部大峡谷区块项目区、富源县城北片区项目区、镇康县白岩项目区、景洪市景大项目区、香格里拉县建塘项目区、大理满江南山项目区、楚雄市富民项目区、大姚县南山坝工业园区项目区。

2.1 林地占用基本情况 通过 ArcGIS 软件,对 12 个在开发项目区的土地利用现状图和土地利用总体规划图进行叠加,在数据结果基础上进一步分析,在 ArcGIS 中对项目区土地利用现状图与土地利用总体规划图进行叠加分析,可以得出 12 个项目区当前的林地占用情况,详见表 1。

表 1 12 个项目区所占林地面积统计
Table 1 Statistics of forest area occupied by 12 project areas

序号 No.	区块名称 Block name	项目区林地总面积 Total area of forest land in the project area//hm ²	建设占用林地面积 Construction occupied forest area//hm ²			
			合计 Total	有林地 Woodland	疏林地 Sparse woodland	灌木林 Shrubbery
1	寻甸县倘甸区块项目区	158.18 (100)	140.12 (88.58)	130.84 (82.72)	7.85 (4.96)	1.43 (0.90)
2	宜良柳树湾项目区	94.66 (100)	31.1 (32.85)	26.02 (27.49)	4.8 (5.07)	0.28 (0.30)
3	丘北县九龙谷项目区	943.49 (100)	195.26 (20.70)	191.12 (20.26)	0 (0)	4.14 (0.44)
4	砚山县白龙山项目区	489.37 (100)	257.47 (52.61)	185.88 (37.98)	71.59 (14.63)	0 (0)
5	水富县西部大峡谷区块项目区	57.42 (100)	19.16 (33.37)	19.16 (33.37)	0 (0)	0 (0)
6	富源县城北片区项目区	348.51 (100)	53.99 (15.49)	19.26 (5.53)	0.54 (0.15)	34.19 (9.81)
7	镇康县白岩项目区	86.74 (100)	23.63 (27.24)	11.46 (13.21)	11.72 (13.51)	0.45 (0.52)
8	景洪市景大项目区	1.32 (100)	1.27 (96.21)	0.05 (3.79)	0 (0)	0 (0)
9	香格里拉县建塘项目区	7.11 (100)	7.11 (100)	7.11 (100)	0 (0)	0 (0)
10	大理满江南山项目区	489.52 (100)	244.77 (50.00)	212.9 (43.49)	0 (0)	31.87 (6.51)
11	楚雄市富民项目区	92.82 (100)	44.46 (47.90)	0.61 (0.66)	0 (0)	43.85 (47.24)
12	大姚县南山坝工业园区项目区	215.27 (100)	145.75 (67.71)	99.91 (46.41)	0 (0)	45.84 (21.29)

注:括号中数据为建设占用林地占项目区林地总面积的比例(%)
Note:The data in parentheses is the proportion of forest land occupied by construction to the total area of forest land in the project area(%)

2.2 低丘缓坡开发建设占用林地生态价值损失计量 该研究选用的 12 个项目区共占用林地面积 1 164.09 hm²,其中寻甸县倘甸区块项目区占用林地 140.12 hm²,宜良柳树湾项目区占用林地 31.1 hm²,丘北县九龙谷项目区占用林地 195.26 hm²,砚山县白龙山项目区占用林地 257.47 hm²,水富县西部大峡谷区块项目区占用林地 19.16 hm²,富源县城北片区项目区占用林地 53.99 hm²,镇康县白岩项目区占用林地 23.63 hm²,景洪市景大项目区占用林地 1.27 hm²,香格里

拉县建塘项目区占用林地 7.11 hm²,大理满江南山项目区占用林地 244.77 hm²,楚雄市富民项目区占用林地 44.46 hm²,大姚县南山坝工业园区项目区占用林地 145.75 hm²。

最终要求出所选取的 12 个低丘缓坡开发项目区占用林地的生态服务价值是前文中已得出的 5 类生态服务功能价值的总和。整合这 5 项生态服务价值得出,12 个低丘缓坡项目区服务价值总计约为 6 453.50 万元,单位面积生态服务价

值总计约为 55 438.13 元,评估结果见表 2。由表 2 可知,单位面积上生态服务价值在 12 个项目区的结果比较后差异并不明显,造成总量差异的主要原因在于项目区开发建设方向不同,因而导致的占用林地面积不同。因此在今后的项目区开发建设过程中应将节约集约用地,保证林地占补平衡,提高利用效率作为未来开发任务重中之重。

表 2 开发建设占用林地生态效益评价结果
Table 2 Evaluation results of ecological benefits of forest land occupied by development and construction

序号 No.	区块名称 Block name	占用林地 面积 Occupy forest area hm ²	涵养水源 总价值 Total value of water sources 万元	保育土壤 总价值 Conservation soil total value 万元	固碳释氧 总价值 Total value of carbon fixation and oxygen release//万元	积累营养物质 总价值 Cumulative total value of nutrients 万元	净化大气 总价值 Purify the total value of the atmosphere 万元	生态服务价 总和值 Total value of ecological service price 万元	单位面积林地 生态服务价值 Forest area ecological service value per unit area//元/hm ²
1	寻甸县倘甸区块项目区	140.12	136.40	393.25	181.67	9.18	70.13	790.63	56 425.10
2	宜良柳树湾项目区	31.10	28.97	87.32	40.57	1.90	14.47	173.24	55 705.28
3	丘北县九龙谷项目区	195.26	230.99	547.91	260.12	13.21	100.90	1 153.13	59 055.97
4	砚山县白龙山项目区	257.47	241.75	723.31	292.68	14.42	109.14	1 381.30	53 648.86
5	水富县西部大峡谷区块项目区	19.16	20.88	53.75	25.75	1.31	10.05	111.75	58 322.23
6	富源县城北片区项目区	53.99	66.99	152.31	52.95	2.52	15.76	290.52	53 810.80
7	镇康县白岩项目区	23.63	35.77	66.46	22.77	1.08	7.99	134.07	56 738.49
8	景洪市景大项目区	1.27	2.01	0.14	0.07	0.003	0.03	2.25	17 707.91
9	香格里拉县建塘项目区	7.11	6.26	19.95	9.56	0.49	3.73	39.98	56 226.35
10	大理满江南山项目区	244.77	245.79	687.48	311.08	15.66	116.84	1 376.85	56 250.80
11	楚雄市富民项目区	44.46	35.04	125.80	35.12	1.57	7.46	204.98	46 104.88
12	大姚县南山坝工业园区项目区	145.75	146.36	410.02	170.14	8.43	59.86	794.80	54 531.72

3 结果与讨论

3.1 分析结果 为对云南省低丘缓坡项目区开发过程中所占林地损失的生态服务价值进行合理的定量分析,该研究选取了不同地类和不同区位的 12 个在建项目区,根据开发建设过程中的地理信息数据,参考国内外当前较完善的生态服务价值模型,结合云南省实际地理情况构建具体评价体系,对云南省低丘缓坡建设项目区所占林地的几种生态服务功能进行定量分析,结果如下:

(1) 12 个开发项目区所占林地生态服务价值约 6 453.50 万元,单位面积生态服务价值总计约为 55 438.13 元,除极少数特殊情况外,开发建设方式不同的项目区在所占林地的单位生态服务价值基本相同,所占林地的生态服务价值总量于所占面积大小成正比关系。项目区的开发建设导致林地覆被的变化,从而影响区域内环境,产生诸如植被变化、水土流失等损失。

(2) 该研究选取的 5 项林地生态服务价值的估算总量从小到大依次为营养物质积累价值、净化大气价值、涵养水源价值、固碳释氧价值、保育土壤价值,其中最后 3 项生态价值总量就已占总价值的 95%,是占用林地后造成生态价值损失的主要 3 种功能。

(3) 该研究所选取的指标有助于加强低丘缓坡项目区响应国家号召,在山地集中的地区将村镇建设逐步“上山”建设,在保证土地高效利用的同时与林地资源保护规划和相关产业规划等保持充分的衔接,科学合理确定项目区低丘缓坡土地综合开发利用规模,优化林地用地空间布局,合理划定

建设用地和生态用地。在为开发建设过程中造成所占林地生态服务价值损失提供补偿依据的同时,也能为相关学术研究和日常环境保护相关工作和宣传提供教育材料支撑。

3.2 林地生态服务价值保护建议 在目前云南省低丘缓坡项目区开发的过程中导致很大一部分林地被侵占,产生一系列生态服务价值的损失,为避免过减轻这种损失,在日后的建设过程务必加大林地覆被保护力度,可行的方案有许多种,例如行政措施、经济措施、技术措施等。结合云南省目前的低丘缓坡项目区开发状况提出以下建议。

3.2.1 建设项目区内做出生态恢复及覆被治理。山地开发在提高土地利用率、改善农业生产条件以及保持耕地总量动态平衡等方面都起到了积极的作用。但是,在开发中也出现了与林地生态状况有关的一些问题。部分开发工程结束后,结合土地综合整治及时对所占用林地及临近区域进行恢复工作,可以在很大程度上改善林地的损失。植被配置以当地林木为主,结合项目区地势条件及气候特点、林木类型、树木生长量、分布稀疏程度等因素,重点选择适合林木,同时,加强后期林地管护工作,保证开发后期林地补偿过程中的树木成活率。为了防止项目区开发占用林地造成水土流失给生态环境带来的破坏,除了采取植被恢复与治理等生物措施外,在必要的地点也要辅以工程设施,防止水土流失。

3.2.2 生态保护和生态建设并重,构建科学决策新机制。提高项目区周边范围内群众的生态保护意识,普及开发与生态环境间的发展关系,鼓励学术科研团队与非政府组织加入到监督工作中来,提高生态决策的科学化与民主化。在实

施土地开发中增加生态环境保护,强调通过土地开发追求经济、生态环境的统一和协调。提升对项目区原有林地的保护,对由于开发造成生态环境被严重破坏的区域做出整改,所占林地面积大的项目区要在开发之余对林地数量进行恢复,充分利用低丘缓坡项目区内山地自身生态系统的自我调控能力来恢复自然植被。

开发数据库管理系统。运用 3S 技术、网络通讯技术、数据库技术等信息化手段监管项目的实施进展情况,对上图入库数据能够适时更新、查询、统计和分析。构建科学决策新机制,在低丘缓坡土地综合开发利用过程中,充分运用信息技术特别是 GIS 技术对土地适宜性进行评价,运用遥感和地理信息系统技术等对项目区域内林地资源等进行调查,利用 GIS 空间分析技术、三维空间分析和显示技术等进行森林用地选择评价,实现决策的科学化、智能化、信息化。

参考文献

[1] 黄怀雄,赵红艳.长株潭地区森林固碳释氧功能价值评价[J].林业调查规划,2010,35(2):136-138.

[2] SU S L,LI D L,HU L N,et al.Spatially non-stationary response of ecosystem service value changes to urbanization in Shanghai,China[J].Ecological indicators,2014,45:332-339.

[3] 张建龙.现代林业统计评价研究[M].北京:中国林业出版社,2013.

[4] HAN H R,YANG C F,SONG J P.Scenario simulation and the prediction of land use and land cover change in Beijing,China[J].Sustainability,2015,7(4):4260-4279.

[5] 包国庆.乌尔旗汉林业局森林生态系统服务功能评估研究[J].内蒙古林业调查设计,2016,39(6):21-24,126.

[6] 石晓丽,王卫.生态系统功能价值综合评估方法与应用:以河北省康保县为例[J].生态学报,2008,28(8):3998-4006.

[7] 刘玉龙,马俊杰,金学林,等.生态系统服务功能价值评估方法综述[J].中国人口·资源与环境,2005,15(1):88-92.

[8] RAHMAN S.Impacts of climate change,agroecology and socio-economic factors on agricultural land use diversity in Bangladesh (1948-2008)[J].

Land use policy,2016,50:169-178.

[9] SUN P L,XU Y Q,YU Z L,et al.Scenario simulation and landscape pattern dynamic changes of land use in the Poverty Belt around Beijing and Tianjin:A case study of Zhangjiakou city,Hebei Province[J].Journal of geographical sciences,2016,26(3):272-296.

[10] 刘化吉,鲁敏,赵泉,等.生态系统服务功能价值评估方法[J].三峡环境与生态,2011,33(4):29-34.

[11] COSTANZA R,D' ARGE R,DE GROOT R,et al.The value of the world's ecosystem services and natural capital[J].Nature,1997,387(6630):253-260.

[12] 缪建群,杨文享,杨滨娟,等.崇义客家梯田区生态系统服务功能及价值评估[J].自然资源学报,2016,31(11):1817-1831.

[13] 宁潇,吴伟志,胡咪咪,等.浙江省滨海湿地生态服务功能价值初步研究[J].湿地科学与管理,2016,12(4):22-26.

[14] 迈里克·弗里曼.环境与资源价值评估——理论与方法[M].曾贤刚,译.北京:中国人民大学出版社,2004.

[15] 刘建军.青海省门源县湿地生态系统服务功能价值估算[J].林业资源管理,2016(6):54-56,70.

[16] 丁程锋,张绘芳,李霞,等.天山中部云杉天然林水源涵养功能定量评估:以乌鲁木齐河流域为例[J].生态学报,2017,37(11):3733-3743.

[17] 翟雅男,海热提,石红,等.空间多准则决策及其在资源环境领域中的应用[J].安全与环境工程,2015,22(3):12-17.

[18] 李坤,岳建伟.我国建设用地适宜性评价研究综述[J].北京师范大学学报(自然科学版),2015,51(S1):107-113.

[19] 谢高地,张彩霞,张昌顺,等.中国生态系统服务的价值[J].资源科学,2015,37(9):1740-1746.

[20] 李文华,张彪,谢高地.中国生态系统服务研究的回顾与展望[J].自然资源学报,2009,24(1):1-10.

[21] 谢高地,鲁春霞,成升魁.全球生态系统服务价值评估研究进展[J].资源科学,2001,23(6):5-9.

[22] 侯元兆,王琦.中国森林资源核算研究[J].世界林业研究,1995(3):51-56.

[23] 韩维栋,高旭东.湛江湾红树林土壤理化性质的研究[J].中国农学通报,2013,29(31):27-31.

[24] 王文峰,金彦平.林业生态公共产品的层次性供给分析[J].改革与战略,2009,25(11):32-34,37.

[25] 郭中伟,甘雅玲.关于生态系统服务功能的几个科学问题[J].生物多样性,2003,11(1):63-69.

(上接第 17 页)

没有明显的差异。产量分析表明,增加起垄高度可以提高烤烟产量和收入。其中以垄高 40 cm 处理收入最高,但与垄高 30 cm 处理相差不大。

虽然垄高 40 cm 处理在某些性状方面优于垄高 30 cm 处理,但差异不大。由于起垄费时费力,影响根系发育对养分的吸收,所以综合分析得出垄高 30 cm 处理最适宜湘西地区烤烟种植,对烤烟的品质影响最好,可以取得最大效益。

参考文献

[1] 刘国顺.烟草栽培学[M].北京:中国农业出版社,2003:189-190.

[2] 项安楚,李克志,李群昌.烤烟起垄栽培效果好[J].烟草科技,1987(2):32-33.

[3] 刘国顺.单行起垄栽烟提高烟碱含量[J].河南农业科学,1986(9):14-15.

[4] 张海伟,陈仁霄,吴金富,等.烟垄不同覆盖方式对烟田环境及烤烟产质量的影响[J].江西农业学报,2013,25(11):50-53.

[5] 袁家富,徐祥玉,赵书军,等.不同施肥方式对植烟土壤有效氮、烟株氮累积量和速率的影响[J].中国烟草科学,2011,32(S1):76-81.

[6] 袁家富,毕庆文,彭成林,等.黔北旱地烤烟适宜起垄高度研究[J].湖北农业科学,2008,47(10):1179-1182.

[7] 王脱霖,夏翠花,詹琼梅,等.昆明烟区田烟和地烟适宜起垄高度试验[J].农业科技通讯,2010(6):61-64.

[8] 高家合,秦西云,谭仲夏,等.烟叶主要化学成分对呼吸质量的影响[J].山地农业生物学报,2004,23(6):497-501.

[9] 赵铭钦,刘金霞,刘国顺,等.不同成垄方式及分次施钾对烤烟品质的影响[J].河南农业大学学报,2007,41(1):15-20.

[10] 周冀衡,汪邓民.培土与施肥对烟株根系发育及氮钾吸收效率的影响[J].中国烟草学报,1995,2(4):46-51.

[11] 范艺宽,韩锦峰,李仕潮,等.不同栽培方式对烤烟生长发育及产质的影响[J].中国烟草科学,1998(4):1-4.

[12] 杨丁元.烟草垄作技术在豫西应用的浅见[J].烟草科技,1987(2):33-35.