

西双版纳州生态环境损害鉴定评估森林涵养水源量参数取值探讨

粟军¹ 王志伟^{2*} 黄梅¹

1 西双版纳布龙州级自然保护区管护所 2 云南西双版纳国家级自然保护区勐养管护所

DOI:10.32629/eep.v9i2.3094

[摘要] 本文以综合蓄水能力法为核心计算依据,从植被类型、林冠截留率、枯枝落叶层参数、土壤非毛管孔隙度及郁闭度分级适配等维度,系统探讨西双版纳州森林涵养水源量参数的取值逻辑。将西双版纳森林划分为高郁闭(≥ 0.70)、中郁闭(0.40–0.69)、低郁闭(0.20–0.39)及疏林(0.10–0.19)四个等级,可实现参数的精细化适配;高郁闭雨林/阔叶林林冠截留率取41.43%、枯枝积累量取0.0049895 t/m²、最大持水率取267.36%,中郁闭次生林取31.02%、0.0024948 t/m²、228%,低郁闭退化林/幼林取10.3%、0.0003848 t/m²、168.7%,疏林取5.15%、0.0001924 t/m²、84.35%;同时结合海拔分异,将热带山地雨林土壤非毛管孔隙度按海拔梯度划分为25%–42%的分级取值,进一步提升参数的区域适配性。

[关键词] 植被类型; 林冠截留率; 枯枝积累量; 枯枝落叶层最大持水率; 土壤的非毛管孔隙度
中图分类号: P463.23 文献标识码: A

Discussion on the Parameter Determination of Forest Water Conservation Capacity in Ecological Environment Damage Appraisal and Assessment of Xishuangbanna Prefecture

Jun Su¹ Zhiwei Wang^{2*} Mei Huang¹

1 Xishuangbanna Bulong state nature reserve management and Protection Office

2 Mengyang management and Protection Institute of Xishuangbanna National Nature Reserve, Yunnan Province

[Abstract] Based on the composite water storage capacity method as the core calculation framework, this study systematically explores the value logic of parameters for forest water conservation capacity in Xishuangbanna Prefecture from the dimensions of vegetation types, canopy interception rate, litter layer parameters, soil non-capillary porosity, and adapted canopy density grading. Forests in Xishuangbanna are classified into four grades—high canopy density (≥ 0.70), medium canopy density (0.40–0.69), low canopy density (0.20–0.39), and open forest (0.10–0.19)—enabling the refined adaptation of parameters. For high canopy density rainforests/broad-leaved forests, the canopy interception rate is set at 41.43%, litter accumulation at 0.0049895 t/m², and maximum water-holding capacity at 267.36%; for medium canopy density secondary forests, the corresponding values are 31.02%, 0.0024948 t/m², and 228%; for low canopy density degraded forests/young forests, 10.3%, 0.0003848 t/m², and 168.7%; and for open forests, 5.15%, 0.0001924 t/m², and 84.35%. Meanwhile, combined with altitudinal differentiation, the soil non-capillary porosity of tropical montane rainforests is graded and valued along altitudinal gradients, ranging from 25% to 42%, further enhancing the regional adaptability of the parameters.

[Key words] vegetation type; canopy interception rate; litter accumulation; maximum water-holding capacity of litter layer; soil non-capillary porosity

西双版纳州地处云南省最南端,属热带亚热带季风气候,是我国热带森林生态系统的核心分布区,拥有热带季节雨林、南亚热带常绿阔叶林、热带山地雨林等典型植被类型,森林涵养水源、保持水土、调节气候等生态功能突出。森林涵养水源功能的实物量与价值量化,已成为生态环境损害赔偿磋商、司法裁判的核心依据。但在鉴定评估实践中存在短板:一是参数选取高度依赖文献引用,缺乏基于西双版纳区域森林特征的实地实测数据支撑,参数适配

性不足;二是涵养水源量计算所需的林冠截留率、枯枝落叶层持水率、土壤非毛管孔隙度等核心参数,需通过长期定位实验测定,周期通常达1~3年,而生态环境损害鉴定评估有明确的时限要求(一般为30~60个工作日),实验测定方式无法满足办案时效需求;三是现有参数取值未结合西双版纳森林郁闭度梯度、海拔分异、植被类型差异等特征,导致不同林分、不同地形的参数取值“一刀切”,评估结果的精准性与科学性不足。

1 研究方法 with 参数选取依据

1.1 核心计算方法。本文采用综合蓄水能力法计算森林年涵养水源量,该方法充分考虑植被层、枯落物层和土壤层对降水的拦蓄、储存作用,全面反映森林涵养水源的综合功能,计算逻辑与《指南》^[1]中森林涵养水源量测算要求一致。

1.2 研究范围与数据来源。(1) 研究范围。西双版纳州植被类型以热带季节雨林和南亚热带常绿阔叶林为主,辅以热带山地雨林、次生林、退化林等类型。结合鉴定评估的实际需求,本文以森林资源管理“一张图”中的植被覆盖类型为基础,核心聚焦乔木层开展参数取值研究,兼顾林分类型的差异。(2) 数据来源。本文参数取值依托三类数据:一是西双版纳州及周边区域森林生态系统的长期定位监测数据,包括凋落物量、土壤孔隙度、林冠截留率等实测数据;二是国内关于热带森林、亚热带森林涵养水源功能的核心研究文献,筛选与西双版纳区域气候、植被、土壤特征匹配的参数数据;三是西双版纳州森林资源调查数据、林地郁闭度监测数据、海拔分异数据等,为参数分级提供空间依据。

1.3 参数选取原则。为确保参数取值的科学性、适配性与可操作性,遵循以下原则:

(1) 区域适配性:参数选取紧扣西双版纳热带亚热带森林的生态特征,避免采用北方温带、亚热带其他区域的通用参数,确保参数与区域森林结构、土壤类型、气候条件匹配;(2) 分级精细化:以郁闭度、海拔、植被类型为核心分级指标,实现不同林分、不同地形的参数差异化取值,提升评估结果的精准性;(3) 数据可验证性:所有参数均有文献实测或区域监测数据支撑,确保取值可追溯、可验证。

2 西双版纳州森林涵养水源量核心参数取值探讨

2.1 植被类型划分。核心类型:南亚热带常绿阔叶林、热带季节雨林、热带山地雨林,为区域原生顶级植被类型,森林结构完整、生物量高,涵养水源能力最强;

衍生类型:次生林、退化林、幼林、疏林,为原生森林受破坏后形成的次生或退化类型,森林结构简单、涵养水源能力依次递减。

2.2 林冠截留率参数取值。通过梳理区域及国内同类森林研究数据,热带季节雨林林冠截留率最高取值为41.43%^[3];南亚热带常绿阔叶林、热带山地雨林的林冠截留率与热带季节雨林接近,取41.43%为高郁闭状态下的核心取值。同时,参考相关研究中林冠截留率的最低取值为20.6±10.3%,取下限值20.6~10.3%=10.3%^[2],对应退化林、幼林等低郁闭、低生物量的森林类型。

结合郁闭度分级,对林冠截留率进行分级取值:高郁闭度(≥0.70)的雨林、季节雨林、山地雨林、季风常绿阔叶林取41.43%;中郁闭度(0.40~0.69)的次生林取31.02%(取高、低限值的中间值,适配次生林的林冠结构特征);低郁闭度(0.20~0.39)的退化林、幼林取10.3%;疏林(0.10~0.19)的林冠截留率进一步降低,取5.15%(为低郁闭值的50%,适配疏林稀疏的林冠结构)。

2.3 枯枝落叶层参数取值。枯枝落叶层是森林涵养水源的重要载体,其枯枝积累量与最大持水率直接决定枯落物层持水量的

计算结果。本文从年凋落物量、分解速率、周转期、现存量等维度,系统推导枯枝积累量,并结合区域实测数据确定最大持水率。

2.3.1 枯枝积累量取值。枯枝积累量包含当年凋落物输入量和历年积累的半分解、已分解枯枝落叶层,稳态下近似等于凋落物现存量^{[7][8]},计算公式为:

$$SL=L \times T$$

式中:SL——凋落物现存量(枯枝积累量),单位为 $g \cdot m^{-2}$;

L——年凋落物量,单位为 $g \cdot m^{-2}$;

T——凋落物周转期,单位为a。

(1) 年凋落物量取值。参考国内对热带雨林、南亚热带森林的凋落物量研究,热带雨林平均年凋落物量为 $9.979t \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1}$ ^[4],换算为 $997.9g \cdot m^{-2} \cdot a^{-1}$;南亚热带森林平均年凋落物量为 $5.497t \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1}$ ^[4],换算为 $549.7g \cdot m^{-2} \cdot a^{-1}$ 。其中,热带季节雨林、热带山地雨林取热带雨林年凋落物量,南亚热带常绿阔叶林取南亚热带森林年凋落物量。(2) 凋落物分解速率与周转期。森林凋落物的分解速率(K值)决定凋落物周转期,参考相关研究,热带森林凋落物平均分解速率K值最低为 $0.2a^{-1}$ ^[5],最高为 $1.4a^{-1}$ ^[5]。根据分解速率与周转期的倒数换算公式: $T = \frac{1}{K}$ ^[6]式中,K值(分解常数),T为凋落物周转期/a。计算得出凋落物最慢周转期为5a,最快周转期为0.7a。(3) 枯枝积累量计算。结合年凋落物量与周转期,计算不同植被类型的枯枝积累量:

根据公式 $SL=L \times T$ ^{[7][8]},式中,SL为凋落物现存量/ $(g \cdot m^{-2})$;L为年凋落物量($g \cdot m^{-2}$),T为凋落物周转期/a。在稳定状态下积累量近似现存量。

高郁闭雨林/山地雨林: $SL=5 \times 997.9=4989.5g \cdot m^{-2}$,换算为 $0.0049895t/m^2$;

中郁闭次生林:取高郁闭值的50%,取年凋落物量 $2494.8g \cdot m^{-2}$,换算为 $0.0024948t/m^2$;

低郁闭退化林/幼林 $0.7 \times 549.7=384.8g \cdot m^{-2}$,换算为 $0.0003848t/m^2$;

疏林:取低郁闭值的50%,取年凋落物量 $192.4g \cdot m^{-2}$ 换算为 $0.0001924t/m^2$,适配疏林凋落物积累量少的特征。

2.3.2 枯枝落叶层最大持水率取值。枯枝落叶层最大持水率受凋落物类型、分解程度、植被类型影响,热带森林凋落物持水能力显著高于温带、亚热带其他区域。参考相关研究数据:热带季节雨林凋落物最大持水率为267.36%^[9];阔叶林凋落物最大持水率为228.0±59.3%^[10];在文献中软阔叶凋落物最大持水率最高达386%^[11],硬阔叶为250%^[11]。结合西双版纳森林类型特征,确定分级取值:

高郁闭雨林/季风常绿阔叶林:取热带季节雨林实测值267.36%;

中郁闭次生林:取阔叶林最大持水率中间值228%;

低郁闭退化林/幼林:取阔叶林最大持水率下限值168.7%;疏林:取低郁闭值的50%,即84.35%,适配疏林凋落物类型单一、持水能力弱的特征。

2.4土壤非毛管孔隙度参数取值。结合区域实测数据,梳理不同森林类型、海拔梯度的土壤非毛管孔隙度取值:

次生季雨林: 非毛管孔隙度为14.23%^[12];

季风常绿阔叶林: 非毛管孔隙度为11.53%^[13];

热带山地雨林: 按海拔划分为4个等级^[14], I级(938m)25%、II级(1234m)35%、III级(1658m)40%、IV级(1957m)42%。研究表明,III、IV级海拔的非毛管孔隙度差异不显著,可按上述梯度取值。

2.5基于郁闭度阈值的参数分级体系构建。结合《森林资源规划设计调查技术规程》^[15]中郁闭度分级标准,本文将西双版纳森林划分为高、中、低、疏林四个郁闭度档次,实现涵养水源关键参数的分级适配,具体取值见表1。

表1 西双版纳州森林涵养水源关键参数取值统计表

郁闭度档次	郁闭度阈值	植被类型	林冠截留率/%	枯枝积累量/(t/m ²)	枯枝落叶层最大持水率/%
高	≥0.70	雨林、阔叶林	41.43	0.0049895	267.36
中	0.40~0.69	次生林	31.02	0.0024948	228
低	0.20~0.39	退化林、幼林	10.3	0.0003848	168.7
其他	0.10~0.19	疏林	5.15	0.0001924	84.35

注: 乔木林地技术标准郁闭度≥0.2,疏林地郁闭度0.10~0.19^[16],本文仅针对乔木林地和疏林地开展研究。

3 研究优势与局限性

3.1研究优势。(1)解决时效难题: 摒弃长期实验测定的参数获取方式,依托现有文献、遥感与常规调查数据,实现参数的快速匹配,满足鉴定评估30~60个工作日的时限要求;(2)提升适配性: 紧扣西双版纳热带亚热带森林特征,结合郁闭度、海拔、植被类型的分异规律,构建分级参数体系,避免“一刀切”取值,提升评估结果的精准性;(3)可操作性强: 参数取值均有明确的文献与区域监测数据支撑,且与森林资源管理“一张图”数据无缝衔接,便于基层鉴定评估机构落地应用。

3.2研究局限性。本文参数取值主要依赖现有文献与区域监测数据,虽结合了西双版纳的区域特征,但仍缺乏小尺度、长期定位的实地实测数据验证;同时,针对极端气候、人为干扰等特殊场景的参数调整,未进一步深入探讨。后续研究可结合无人机遥感、原位监测等技术,开展实地实测试验,完善极端场景下的参数修正体系。

4 结论

(1)以郁闭度为分级指标,将西双版纳森林划分为高(≥0.70)、中(0.40~0.69)、低(0.20~0.39)、疏林(0.10~0.19)四个档次,实现林冠截留率、枯枝积累量、最大持水率的精细化取值,适配不同林分类型的涵养水源特征。(2)结合海拔分异,将热带山地雨林土壤非毛管孔隙度按海拔梯度划分为25%~42%的分级取值,解决了土壤参数的空间异质性问题。(3)构建的参数体系既满足鉴定评估的时效要求,又提升了评估结果的科学性与精准性,为西双版纳州生态环境损害案件的赔偿磋商提供了可操作的技术支撑。

[参考文献]

[1]生态环境部,国家林业和草原局.生态环境损害鉴定评估技术指南森林(试行)[S].环法规〔2022〕48号,2022-07-25.

[2]邓雅丽,赵新宇,崔自杰,等.中国森林生态系统林冠层降雨截留特征[J].生态学报,2024,44(7):2981-2992.

[3]张一平,王馨.西双版纳地区热带季风雨林与橡胶林林冠水文效应比较研究[J].生态学报,2003,32(12):2653-2665.

[4]廖军,王新根.森林凋落物研究概述[J].林业科技,2000(1):31-34.

[5]黄锦学,黄李梅,林智超,等.中国森林凋落物分解速率影响因素分析[J].亚热带资源与环境学报,2010,5(3):56-64.

[6]郭摇婧,喻林华,方摇晰,等.中亚热带4种森林凋落物量、组成、动态及其周转期[J].生态学报,2015,35(14):4668-4677.

[7]Olson JS. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems[J]. Ecology, 1963,44(2):322-331.

[8]Reiners, W.A. Terrestrial detritus and the carbon cycle. Ecological Monographs[J]. Ecological Monographs, 1970,40(1):1-31.

[9]熊壮,叶文,张树斌,等.西双版纳热带季风雨林与橡胶林凋落物的持水特性[J].浙江农林大学学报,2018,35(6):1054-1061.

[10]刘燕平,王根绪,胡兆永,等.西南山区典型森林枯落物储量及持水能力[J].应用生态学报,2022,33(8):2113-2120.

[11]李红云,杨吉华,鲍玉海,等.森林不同水文层次蓄水功能的研究[J].水土保持研究,2005,12(5):175-177.

[12]王连晓,史正涛,刘新有,等.西双版纳不同植被类型土壤物理性质差异分析[J].资源开发与市场,2016,32(8):960-964.

[13]何蓉. 莱阳河自然保护区3种森林类型的土壤特征[J]. 云南林业科技,2003,103(2):25-30.

[14]胡晓聪,黄乾亮,金亮.西双版纳热带山地雨林枯落物及其土壤水文功能[J].应用生态学报,2017,28(1):55-63.

[15]中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.森林资源规划设计调查技术规程:GB/T26424-2010[S].2011-01-14.

[16]国家林业和草原局.林地分类:LY/T1812-2021[S].2021-06-30.

作者简介:

粟军(1971--),男,彝族,云南镇沅人,本科,高级工程师,研究方向:生态破坏行为致森林生态系统损害鉴定、自然保护区建设与管理。

*通讯作者:

王志伟(1974--),男,哈尼族,云南勐腊人,本科,高级工程师,研究方向:生态破坏行为致森林生态系统损害鉴定、自然保护区建设与管理。