

云南省澜沧江流域自然保护地生态网络构建

郭韩悦阳¹, 刘嘉伟^{1,2}, 陈春旭¹

(1.西南林业大学 园林园艺学院, 云南 昆明 650233; 2.云南师范大学 地理学部, 云南 昆明 650224)

摘要: [目的] 构建云南省澜沧江流域自然保护地生态网络, 为该流域的生态安全与保护提供科学依据。[方法] 以云南省澜沧江流域为研究区, 选取距水体距离、距建成区距离、植被覆盖度、土地利用、坡度、高程 6 个生态因子构建最小积累阻力模型, 将流域内国家级、省级、市县级自然保护地作为生态源地, 识别源与源之间的最小阻力路径作为潜在的生态廊道, 在此基础上识别生态节点与生态断裂点, 以此构建出云南省澜沧江流域的生态网络。[结果] 云南省澜沧江流域生态源地数量为 43 个, 主要集中在流域中游与下游。共构建出 67 条生态廊道, 与澜沧江主体水系重叠度达 59%; 在生态网络基础之上识别出 20 个生态节点与 41 个生态断裂点, 为后期生态网络的优化与修复和区域道路建设提供参考依据。[结论] 根据生态源地、生态廊道、生态网络分布特点, 增加澜沧江上游、威远江流域、黑江、黑河流域等地生态源地的数量, 提升罗闸河、黑河、黑江、南览河流域等地河流岸边的生境质量, 以生态节点和生态断裂点生态化建设作为补充, 形成完整的生态保护网络, 缓解栖息地孤岛化问题, 促进生态源地之间的物种流动, 保护区域内的生物多样性。

关键词: 澜沧江流域; 自然保护地; 生态网络; 最小累计阻力模型

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2023)02-0193-09

中图分类号: S76

文献参数: 郭韩悦阳, 刘嘉伟, 陈春旭. 云南省澜沧江流域自然保护地生态网络构建研究[J]. 水土保持通报, 2023, 43(2): 193-201. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.20230425.001; Guo Hanyueyang, Liu Jiawei, Chen Chunxu. Construction of an ecological network of natural reserves in Lancang River basin, Yunnan Province [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2023, 43(2): 193-201.

Construction of an Ecological Network of Natural Reserves in Lancang River Basin, Yunnan Province

Guo Hanyueyang¹, Liu Jiawei^{1,2}, Chen Chunxu¹

(1.College of Landscape and Horticulture, Southwest Forestry University, Kunming, Yunnan 650224, China; 2.Faculty of Geography, Yunnan Normal University, Kunming, Yunnan 650500, China)

Abstract: [Objective] The ecological network of Natural Reserves in Lancang River basin, Yunnan Province was constructed in order to providing a scientific basis for the ecological security and protection of the basin. [Methods] We constructed a minimum accumulation resistance model of six ecological factors (distance from water, distance from town, vegetation coverage, land use, slope, and elevation). In this model, the city and county-level nature reserves were considered to be the ecological sources. The ecological network of the Lancang River basin was constructed as the least resistance path between different sources, identified as the potential ecological corridor to detect the ecological nodes and ecological fracture points. [Results] A total of 43 ecological sources in the Lancang River basin (mainly in the middle and lower reaches of the basin) were constructed by using the model, with 67 ecological corridors overlapping the main water system of the Lancang River by 59%. Twenty ecological nodes and 41 ecological breakpoints were identified in the ecological network, and these will be used in the optimization and restoration plan of the ecological network and the construction of regional roads in a later period. [Conclusion] According to the distribution characteristics of ecological source areas, ecological corridors, and ecological networks, the number of ecological source areas in the upper reaches of the Lancang River, Weiyan River basin, and other related areas should be increased.

收稿日期: 2022-06-08

修回日期: 2022-09-30

资助项目: 云南省教育厅科学研究资助项目“澜湄合作视角下澜沧江流域城市经济联系空间格局演变研究”(2021J0170)

第一作者: 郭韩悦阳(1998—), 女(汉族), 河南省鹤壁市人, 硕士研究生, 研究方向为景观生态规划。Email: 815757783@qq.com。

通讯作者: 刘嘉伟(1977—), 女(汉族), 四川省都江堰市人, 硕士, 副教授, 主要从事城乡规划与风景园林方面的研究。Email: 35108108@qq.com。

At the same time, the quality of habitats along river banks in the Lancang River basin should also be improved through the use of ecological construction that considers ecological nodes and ecological breakpoints so as to form a complete ecological protection network, alleviate the problem of islanding, and promote the flow of species between ecological sources.

Keywords: Lancang River basin; nature reserve; ecological network; minimum accumulation resistance model(MCR)

社会的高速发展、城镇的快速扩张、人类活动轨迹的日益加剧,使生物多样性危机已成为全球的挑战。尽管中国现有自然保护地体系已占国土 18% 的面积,但自然保护地之间连通性不足、生境破碎化、栖息地孤岛化等问题依然存在,而解决上述问题的关键,就是建立自然保护地生态网络^[1]。云南省作为国内重要的生物基因库和西南地区的生态安全屏障,在保护国内生物多样性上具有十分重要的战略地位。澜沧江在云南境内贯穿南北,是云南省重要的生态轴线,澜沧江流域自然保护地生态网络的构建可以促进生态源地之间的物种流动,保护区域内的生物多样性。

近些年来关于生态网络的构建的研究主要基于景观生态学中的“斑块—廊道”理论,近期多与生态安全格局构建^[2-5]相关知识结合,其研究内容缓解了区域经济发展与生态保护之间的冲突。较小尺度的研究集中于县市尺度^[2-5],对生态网络构建的同时进行廊道优化与区域内未来廊道的规划;较大尺度的研究见于流域或地区范围^[5-9],网络构建着眼于宏观的生态保护。针对流域生态网络构建的研究也各有不同,朱军^[2]对于高原湖泊流域的生态安全构建进行了研究,徐威杰^[10]在独流减河针对重要的生态节点之间构建廊道;李欣鹏^[11]对于流域内区域生态网络精细化空间进行了研究;也有学者^[12]基于 MSPA-MCR 两个模型的叠加进行区域生态网络构建。对于流域景观功能网络的研究虽少,但也有学者涉及^[13-14],多利用河流岸边作为生态廊道联系其他区域构成完整网络。对于云南省澜沧江流域的生态学相关研究,景观生态学研究集中于景观格局^[15-16],多基于土地利用数据的变化分析其景观格局的变化;对于流域生态的保护,学者研究多集中于水质量的检测与治理^[17]。对于流域生态廊道和生态网络构建的相关研究尚处于空白阶段。为此,本文依据景观生态学理论,突破传统行政区划的思维,将云南省澜沧江流域作为研究区域进行生态保护研究,以流域内的自然保护地为生态源地,以流域内的澜沧江干流及支流为载体,利用最小累积阻力模型构建澜沧江流域的生态廊道,识别生态节点,确定生态断裂点,构建生态网络。本研究有助于解决研究区内生境破碎化与孤岛化等问题,提升澜沧江流域生物多样性保护成效。

1 研究区概况

澜沧江位于中国西南地区,发源于青海省,流经西藏自治区、云南省,在云南省内长度 1 247 km,占国内流域总长度的 58%。本文研究区为云南省澜沧江流域,由澜沧江干流和漾濞江、威远江等支流组成,并且本文将因流域分水岭而割裂的永德大雪山国家级自然保护区、白马雪山国家级自然保护区的澜沧江流域外地块纳入研究区域,以此保证研究区内生物多样性的完整性与科学性。云南澜沧江流域内生态自然资源丰富,是中国西南地区重要的生物基因库。

研究区地形起伏大,上游为典型的高山峡谷地段;下游多丘陵与盆地,地貌从冰川遗迹跨越到热带河谷。气候差异明显,从上游到下游包含了寒带、温带、亚热带与热带气候。研究区内有版纳河、南滚河、无量山、苍山洱海、云龙天池、西双版纳等国家级自然保护区,普洱太阳河国家森林公园、莱阳河国家森林公园、打洛森林公园、绿石林森林公园、小黑江森林公园、秀北山森林公园等,保护了亚洲象、滇金丝猴、印支虎、绿孔雀、野牛、黑长臂猿、黑颈长尾雉、金丝猴、金钱豹、云豹、金雕等重点保护野生动物。野生植物资源包括望天树、云南红豆杉、长蕊木兰、钟萼木、大王杜鹃等珍贵物种,植被景观从高山针叶林到热带雨林。极大的海拔、纬度变化使得流域内地形地貌多变、物种丰富,生态系统多样。

2 数据处理

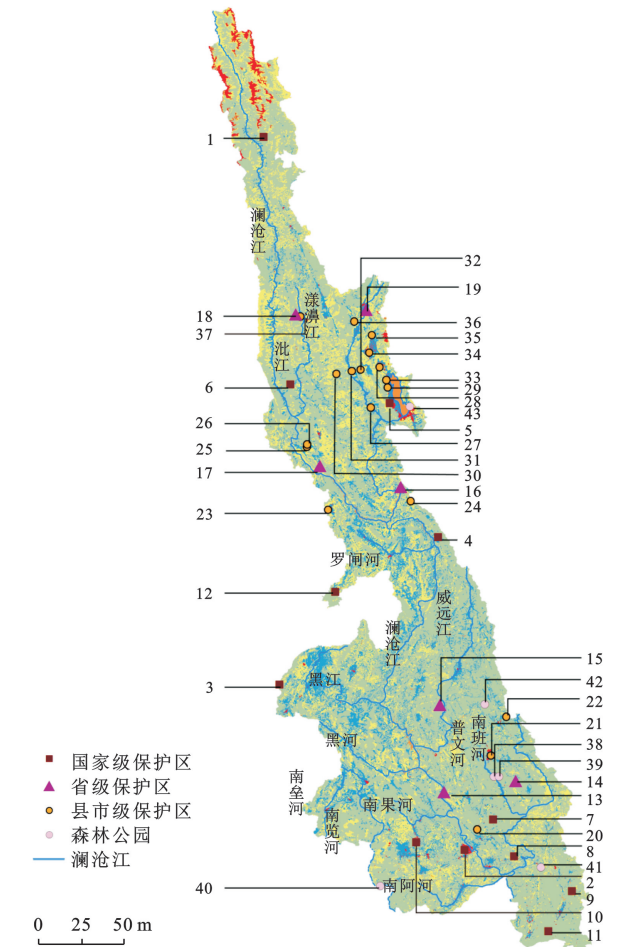
本文数据主要包括:①云南省 2021 年土地利用数据,来源于中国科学院资源环境科学与数据中心(<https://www.resdc.cn/>),经重分类数据处理转为 tif 文件,精度为 30 m;②高程与坡度数据来自于地理空间数据云(<http://www.gscloud.cn/>)提供的 30 m 的 DEM 栅格数据;③研究区内自然保护区数据来源于云南省生态环境厅《云南省 2014 年自然保护区名录》,根据政府更新对新增保护区进行添加;④使用 ArcGIS 对 DEM 数据进行预处理,提取云南省内 5 级以上水系^[18],再对云南省范围内澜沧江流域进行单独提取,以此得出本论文研究区域;⑤云南省 2019 年植被覆盖度数据获取于中国科学院资源环境科学与数据中心(<https://www.resdc.cn/>),精度

为 30 m；⑥云南省道路数据来源于中国科学院资源环境科学与数据中心 ([https:// www.resdc.cn/](https://www.resdc.cn/))，精度为 30 m。

3 研究方法

3.1 生态源地的选取

自然保护地作为大多数野生动植物的栖息地，拥有较为完善的生态系统，因其对自然本底的保护、生态平衡、水源保护等方面的重要作用与生态源地的特点相互吻合，选用自然保护地作为流域内的生态源地^[19]是符合研究需求的。本文对研究区自然保护地进行梳理，因研究区内不存在国家公园与沙漠公园、草原公园、海洋公园等各类自然公园，故将自然保护地体系中的自然保护区与森林公园作为本研究的生态源地(图 1)。



注:各序号含义详见表 2。

图 1 云南省澜沧江流域生态源地分布
Fig.1 Ecological source distribution of Lancang River basin, Yunnan Province

苍山国家地质公园与苍山洱海国家级自然保护区存在空间重叠，因而在生态源地中省去；9 个森林公园中宝台山国家森林公园与金光寺自然保护区位置重

叠、新生桥国家森林公园与云岭自然保护区空间重叠、西双版纳热带雨林谷位于西双版纳国家级自然保护区之内，故将此 3 个森林公园省去。本文从自然保护地体系构建的角度出发，选定澜沧江流域内 8 个国家级自然保护区、7 个省级自然保护区、18 个县级自然保护区、6 个森林公园作为研究区内的生态源地(图 1)。

3.2 阻力面的构建

不同地区的地理条件、气候、人类活动对生态源地和生态廊道的影响都有所不同，本文依据云南省澜沧江流域内的自然环境因素、社会经济因素选择了与研究区内生态环境相关程度较高的阻力因子构建阻力体系，综合考虑下选择了高程因子、坡度因子、土地利用、植被覆盖度、距水体距离、距建成区距离 6 个阻力因子构成阻力体系，坡度、高程、土地利用、植被覆盖度阻力因子使用 ArcGIS 中的重分类工具划分标准，距建成区距离与距水体距离阻力因子则采用多环缓冲区工具进行划分，并根据 AHP 层次分析法对 6 个阻力因子进行权重赋值，再运用 ArcGIS 中的栅格计算器对赋予权重进行计算，从而得出云南省澜沧江流域生态源地扩张的阻力因子等级划分(表 1)。

3.3 澜沧江流域内生态廊道构建

1992 年 Knaapen 等提出可计算从源地到目的地之间所耗费代价的模型：最小累计阻力模型(MCR)，其作用是计算连接各个生态源地之间的最小阻力路径，即为生态源地之间潜在的生态廊道，也是生态源地之间物种运动的潜在路线。表达式为：

$$MCR=f_{\min} \sum_{j=n}^{i=m} (D_{ij} \cdot R_i)$$

式中：MCR 是最小累积阻力值； D_{ij} 表示物种从源地 j 到景观单元 i 的空间距离； R_i 表示景观单元 i 对某种运动的阻力系数； f 为某一正函数，表示任一点的最小累积阻力值与其到生态源地的距离和景观类型特征呈正相关的关系^[3]。依据前文选取的生态源地与阻力体系，运用 ArcGIS 中的 Cost-distance 工具计算出成本距离栅格，再依据路径折线工具连接各个生态源地生成最小累计耗费路径即生态廊道。

3.4 生态节点与生态断裂点的识别

生态节点的数量和面积大小会影响到生态廊道内生物迁移周期，分布状况会对区域内生态网络的循环运转产生一定的影响，因此生态节点的设置对研究区生态网络未来的维护与优化至关重要。本文采取 ArcGIS 生成生态廊道，为保证数据的准确性，经手动校准与识别生态廊道交叉点作为本文的生态节点。随着交通网络的分布日趋完善，方便人类交流活动的同时也对生物廊道的连通形成了阻碍。较为重要的

交通道路设施可能会对廊道内物种迁移产生影响^[20],阻碍生态流的正常循环,降低廊道的连接度,产生阻隔作用。本文通过对分析潜在生态廊道路径与研究区内主要交通(包括国道、省道、铁路、城市一级道路)的交叉点,识别出生态断裂点,为研究区内生态廊道的建立、交通道路的建设提供一定的参考。

表 1 云南省澜沧江流域生态源地扩张的阻力因子等级划分
Table 1 Ranking of resistance factors for ecological source expansion in Lancang River basin, Yunnan Province

	划分标准	阻力值	阻力等级	权重
坡度阻力/(°)	0~10	0	1	0.104
	10~15	50	2	
	15~25	100	3	
	25~45	150	4	
	>45	300	5	
高程阻力/m	0~1 000	0	1	0.104
	1 000~2 000	50	2	
	2 000~3 000	100	3	
	3 000~4 000	150	4	
	4 000~6 000	300	5	
土地利用	水域	0	1	0.138
	林地	50	2	
	草地	100	3	
	耕地	150	4	
	建设用地/未利用土地	300	5	
距建成区距离/m	>2 000	0	1	0.117
	1 500~2 000	50	2	
	1 000~1 500	100	3	
	500~1 000	150	4	
	<500	300	5	
距水体距离/m	<500	0	1	0.292
	500~1 000	50	2	
	1 000~1 500	100	3	
	1 500~2 000	150	4	
	>2 000	300	5	
植被覆盖度/%	90~100	0	1	0.245
	90~80	50	2	
	80~70	100	3	
	70~60	150	4	
	60~0	300	5	

4 结果与分析

4.1 澜沧江流域生态源地的确定

33 个自然保护区中西双版纳国家自然保护区分布面域较广,覆盖勐海县、勐腊县多个区域,为保证生态源点的科学性,添加 4 个片区的坐标点,经总结后确定了 37 个自然保护区为生态源地,9 个森林公园中去除与自然保护区重叠的 3 个森林公园,共选取 6 个森林公园作为生态源地,最终流域内共 43 个生态源地,生态源地主要分布在流域中游与下游地区(表 2)。

4.2 澜沧江流域生态阻力面的建立

影响研究区内生态环境的因素较多,植被覆盖度、土地利用、坡度、高程、距建成区距离、距水体距离对于澜沧江流域内生态服务系统都至关重要,通过 ArcGIS 中的栅格计算器对上文的阻力体系(表 1)按照其权重赋值进行计算,得出综合阻力分布图。

关于各个阻力因子的权重分配,首先应着重考虑河流本身带有的通道性质,河谷水源充足、食物丰富、地势较为平缓,适合生物迁移通行,因此距水系距离阻力面对于综合阻力面影响最大,距离水体越近阻力值越小;其次是植被覆盖度,植被的覆盖程度对于陆生生物的食源性和藏身功能息息相关,植被覆盖强度越大阻力值越小;土地利用反映了澜沧江流域空间要素分布状况,包含着人类活动与自然环境的分布,考虑本文讨论的是澜沧江与生态网络构建的关系,其阻力大小顺序为:水域<林地<草地<耕地<建设用地、未利用用地;人类对于生态环境的干扰是不可避免的,距建成区距离远近决定着生物流动时的安全性和连通性,因此距离建成区越近其阻力值越大;最后是地形地貌对于廊道的影响,坡度和高程的阻力值决定着生物廊道的通行性。图 2—7 分别反映了澜沧江流域各阻力因子的阻力面。最后经过栅格计算得出澜沧江流域生态综合阻力图,按自然断点法对最小累计阻力面进行等级划分,分为 5 个等级:高阻力区、较高阻力区、中阻力区、较低阻力区与低阻力区(图 8)。

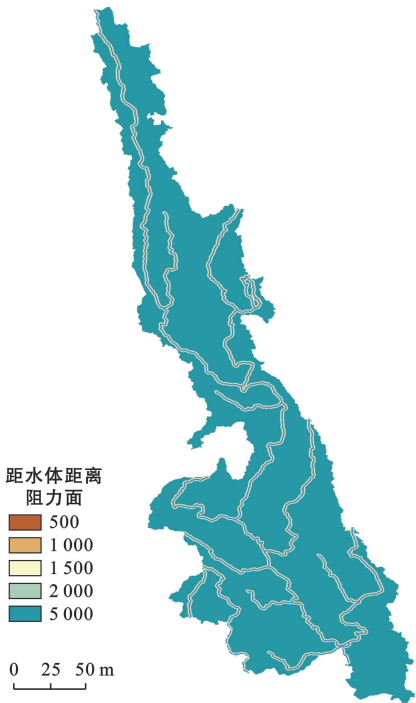


图 2 研究区距水体距离阻力面分布
Fig.2 Distribution of distance from water body to resistance surface at study area

表 2 澜沧江流域生态源地名录

Table 2 List of ecological sources in Lancang River basin

序号	级别	名 称	主要保护对象	所在地	生态保护属性
1	国家 级 自然 保护 区	白马雪山国家级自然保护区	高山针叶林、滇金丝猴	德钦县、维西傈僳族自治县	高山针叶林生态系统
2		纳板河自然保护区	森林和野生动植物	景洪市	森林生态系统
3		南滚河自然保护区	亚洲象及其生境、森林生态	沧源佤族自治县	野生动物
4		无量山国家级自然保护区	亚热带常绿阔叶林及长臂猿等	景东、南涧县	森林生态系统
5		苍山洱海国家级自然保护区	断层湖泊、古代冰川遗迹、苍山冷杉、杜鹃林	大理白族自治州	内陆湿地和水域生态系统
6		云南云天池国家级自然保护区	云南松林、高原湖泊及珍稀动物	云龙县	森林生态系统
7		西双版纳国家自然保护区点 1	热带森林生态系统及珍稀野生动植物	西双版纳傣族自治州	森林生态系统
8		西双版纳国家自然保护区点 2	热带森林生态系统及珍稀野生动植物	西双版纳傣族自治州	森林生态系统
9		西双版纳国家自然保护区点 3	热带森林生态系统及珍稀野生动植物	西双版纳傣族自治州	森林生态系统
10		西双版纳国家自然保护区点 4	热带森林生态系统及珍稀野生动植物	西双版纳傣族自治州	森林生态系统
11		西双版纳国家自然保护区点 5	热带森林生态系统及珍稀野生动植物	西双版纳傣族自治州	森林生态系统
12		永德大雪山国家级自然保护区	南亚热带山地垂直带谱自然生态系统	临沧市永德县	森林生态与野生动物
13	省 级 自然 保护 区	糯扎渡自然保护区	森林及野生动植物	思茅区思茅港镇	森林生态系统
14		莱阳河自然保护区	野牛等珍稀动物及森林生态系	思茅区	森林生态系统
15		威远江自然保护区	思茅松原始林及珍稀动物懒猴	景谷傣族彝族自治县	森林生态系统
16		云南巍山青华绿孔雀自然保护区	绿孔雀等珍稀动物	巍山县	野生动物
17		金光寺自然保护区	森林及野生动植物	永平县	森林生态系统
18		云南云岭自然保护区	寒温性原始森林生态及滇金丝猴	兰坪白族普米族自治县	森林生态系统
19		剑湖湿地自然保护区	湿地生态系统及候鸟	剑川县	内陆湿地和水域生态系统
20	市 县 级 自然 保护 区	景洪热带森林自然保护区	热带森林及野生动植物	景洪市	森林生态系统
21		思茅饮用水源自然保护区	饮用水源	思茅市	内陆湿地和水域生态系统
22		宁洱松山县级自然保护区	水源林及动植物	普洱哈尼族彝族自治县	森林生态系统
23		澜沧江自然保护区	森林生态系统及野生动植物	昌宁县	森林生态系统
24		凤凰山自然保护区	迁徙候鸟	南涧彝族自治县	野生动物
25		永国寺自然保护区	华山松、野茶树、小熊猫	永平县	森林生态系统
26		博南山自然保护区	森林及古树名木、文物遗迹	永平县	森林生态系统
27		雪山河自然区	常绿阔叶林及野生核桃林	漾濞彝族自治县	森林生态系统
28		凤阳鹭鸶自然保护区	鹭鸶鸟、古榕树	大理白族自治州	野生动物
29		蝴蝶泉自然保护区	蝴蝶及其生境	大理白族自治州	野生动物
30		西罗坪自然保护区	森林植被及野生动物	洱源县西山乡	森林生态系统
31		黑虎山自然保护区	森林植被及野生动物	洱源县炼铁乡	森林生态系统
32		鸟吊山自然保护区	迁徙候鸟及自然景观	洱源县	野生动物
33		洱源西湖国家湿地公园自然保护区	湿地生态系统	洱源县	内陆湿地和水域生态系统
34		茨碧湖湿地自然保护区	湖泊及水生生物	洱源县	内陆湿地和水域生态系统
35		海西海自然保护区	水源涵养林及野生动植物	大理白族自治州	森林生态系统
36		石宝山自然保护区	原始阔叶林、风景资源	剑川县	森林生态系统
37		翠屏山自然保护区	森林生态、自然景观及历史遗迹	兰坪县金顶镇	森林生态系统
38	国 家 级 森林公园	普洱太阳河国家森林公园	森林生态系统及野生动植物	普洱市	森林生态系统
39		莱阳河国家森林公园	森林及野生动植物	普洱市	森林生态系统
40	县(市)级 森林公园	打洛森林公园	森林植被及野生动物	西双版纳傣族自治州	森林生态系统
41		绿石林森林公园	森林植被及野生动物	西双版纳傣族自治州	森林生态系统
42		小黑江森林公园	森林植被及野生动物	普洱市	森林生态系统
43		秀北山森林公园	森林植被及野生动物	大理白族自治州	森林生态系统

4.3 澜沧江流域内生态廊道构建

最小累计阻力模型(MCR)在各生态源地中构建路径模拟生态廊道,去除区域内重叠路径,共识别出 67 条生态廊道,67 条廊道将 43 个生态源地相互连接形成网络(图 9)。洱海区域和澜沧江下游的生态网络

构建程度较其他地区而言更加完善;流域内上游因地处云贵高原与青藏高原过渡区域,高原地区植被稀少、土壤贫瘠,生态系统相较于前两个区域较为脆弱,保护地数量较少,因而网络形成状况较差。生态网络的廊道路径与研究区内澜沧江主流、支流重叠度颇

高,澜沧江流域内干流支流总长度为 3 044 km,生态网络与河流重叠 1 823km,重叠率高达 59%(图 10),结果证明以河流作为生态基底构建生态网络的方式有较大的可行性。

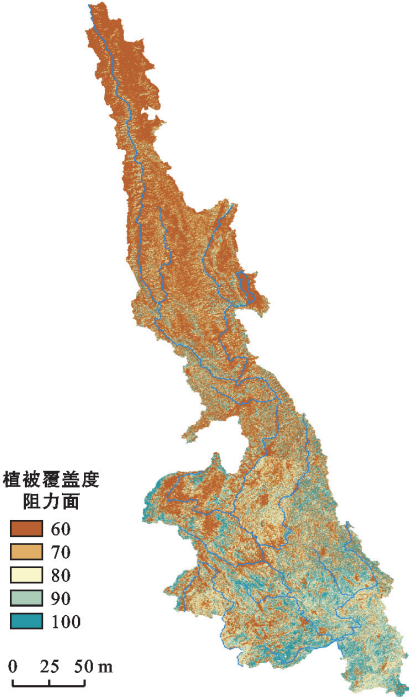


图 3 研究区植被覆盖阻力面分布

Fig.3 Distribution of vegetation cover resistance surface at study area

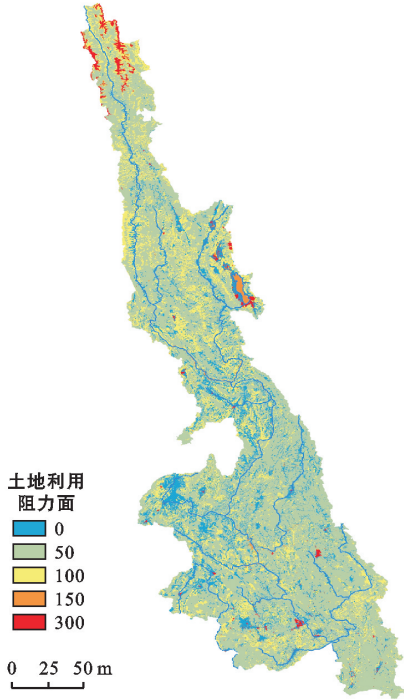


图 4 研究区土地利用阻力面分布

Fig.4 Distribution of land use resistance surface at study area

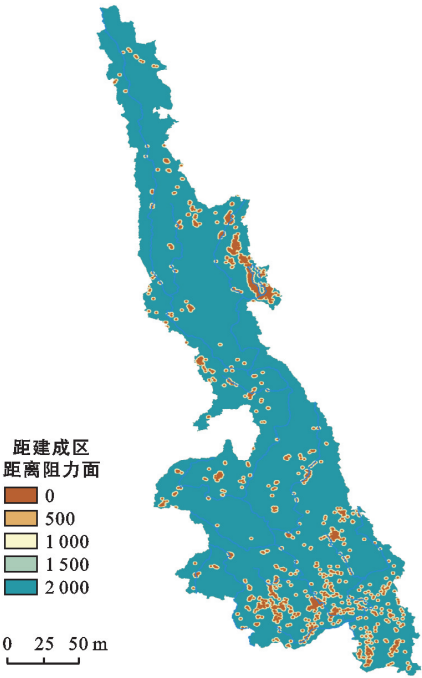


图 5 研究区距建成区距离阻力面分布

Fig.5 Distribution of distance from the built area to the resistance surface at study area

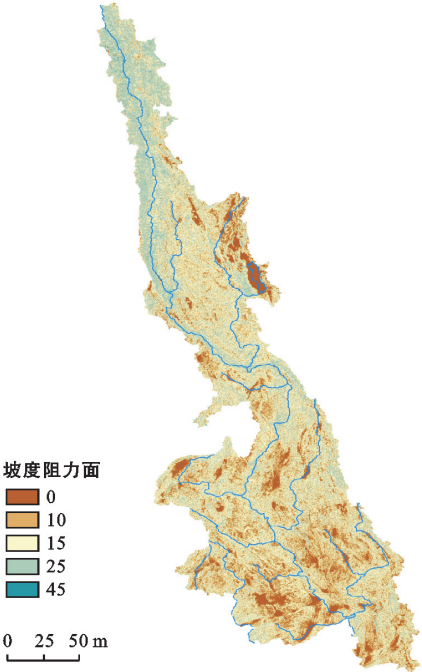


图 6 研究区坡度阻力面分布

Fig.6 Distribution of slope resistance surface at study area

4.4 生态节点的添加与生态断裂点的修复

通过生态廊道的构建形成生态网络,将路径网络之间的汇集点识别为生态节点,其功能主要是保障生态网络的连接,为物种的流动与迁移提供暂息地。本文根据数据的叠加,将生态廊道之间的交叉地设置为生态节点,作为生物流动和迁徙的脚踏石。研究区内生成共 20 个点作为生态节点(图 11),20 个生态节点中 14 个位于林地、3 个位于草地、3 个位于耕地。随着

交通网络的分布日趋完善,方便人类交流活动的同时也对生物廊道的连通形成了阻碍。较为重要的交通道路设施可能会对廊道内物种迁移产生影响^[20],阻碍生态流的正常循环,降低廊道的连接度,产生阻隔作用。将研究区内的生态廊道与主要交通线路(国道、省道、铁路、城市道路)进行叠加,识别出 41 个生态断裂点(图 12),生态断裂点是生态廊道的最薄弱之处,影响廊道内物种的迁徙也破坏了廊道内的生态服务功能。

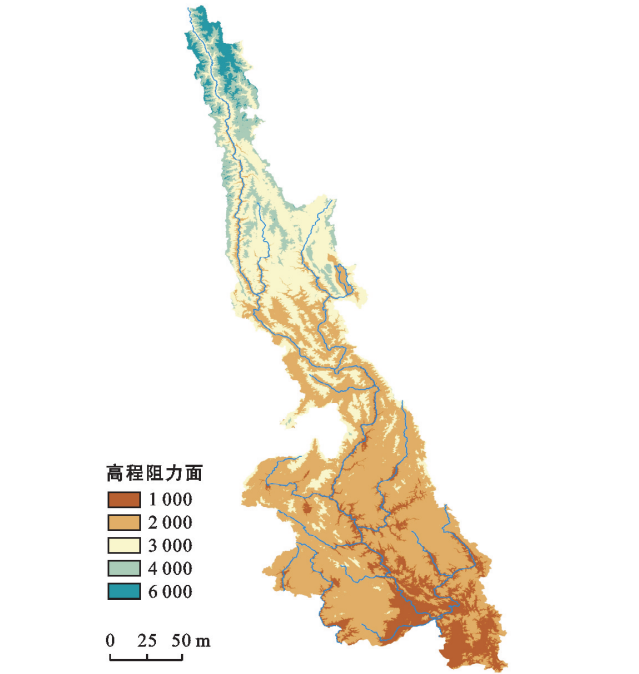


图 7 研究区高程阻力面分布

Fig.7 Distribution of elevation resistance surface at study area

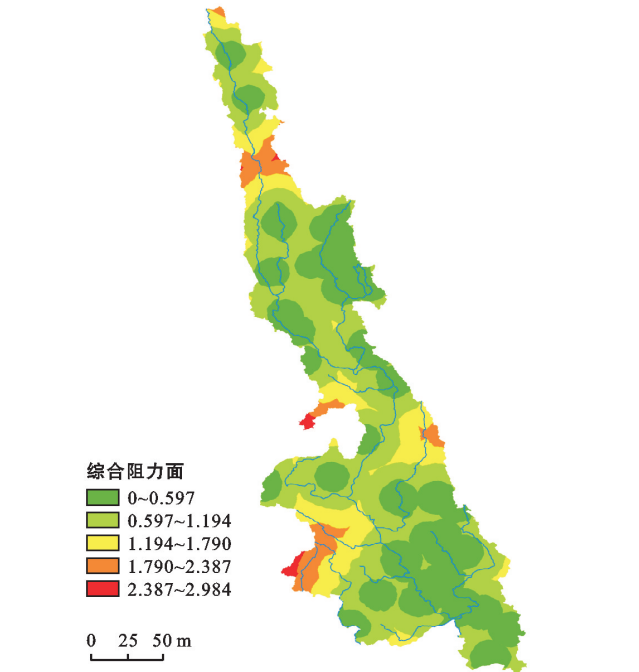


图 8 研究区综合阻力面分布

Fig.8 Distribution of comprehensive resistance surface at study area

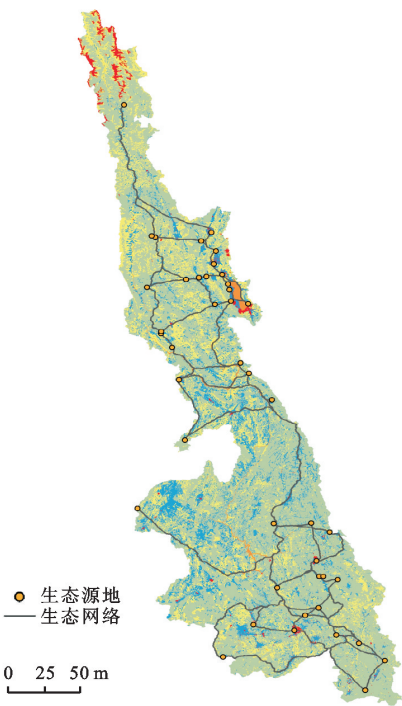


图 9 研究区生态网络图分布

Fig.9 Distribution of ecological network at study area

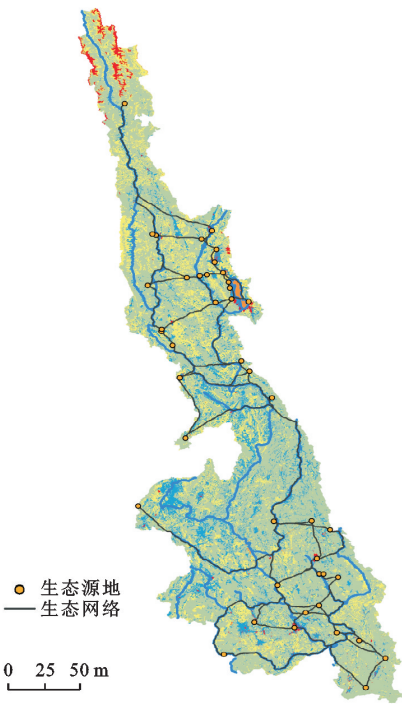


图 10 研究区生态网络与水系重叠图分布

Fig.10 Distribution of overlap of ecological network and water system at study area

5 结论

(1) 本文对澜沧江流域内的自然保护区进行梳理,共选取生态源地 43 个。澜沧江流域内生态源地分布不平衡,大部分生态源地集中分布在洱海流域、

南班河流域、澜沧江干流中上游与下游地区。澜沧江上游、威远江流域、黑江、黑河流域生态源地分布较少。后期可设立新的自然保护地增加澜沧江上游、威远江流域、黑江、黑河流域等地生态源地的数量。也可对相邻较近且保护对象相似的生态源地进行合并,例如森林公园中的莱阳河国家森林公园和普洱太阳河国家森林公园、县市级别的洱源西湖国家湿地公园自然保护区和茈碧湖湿地自然保护区等,进一步扩大生态源地面积,提高自然保护区等级,整合优化生态源地资源。

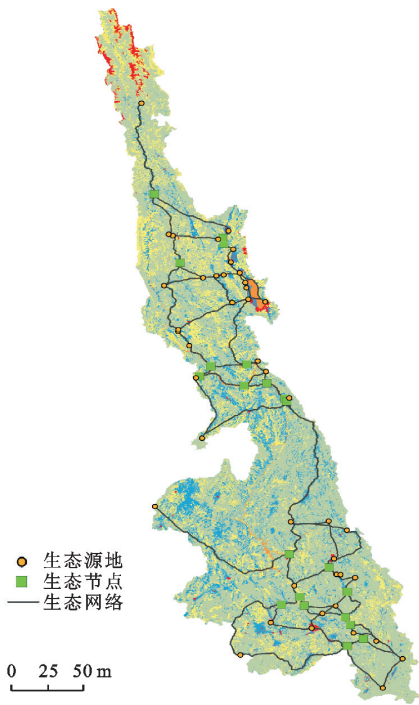


图 11 研究区生态节点分布

Fig.11 Distribution of ecological nodes at study area

(2) 本文选择高程因子、坡度因子、土地利用、植被覆盖度、距水体距离、距建成区距离 6 个阻力因子构成阻力体系,计算得出澜沧江流域生态综合阻力图。高阻力区和较高阻力区分布于澜沧江干流上游,其海拔较高且地势起伏较大,因而阻力值较高。中阻力区分布于澜沧江干流中游以及罗闸河、黑河、黑江、南览河流域,因为地处丘陵植被覆盖度不高,因而对生态廊道的连通性存在一定阻力;中低阻力区分布于澜沧江干流下游、漾濞江流域、洱海流域、威远江下游以及普文河、南班河流域,这些区域地势起伏较小,植被茂密、人为干扰因素小,因此生态廊道连通性强。但对于区域生态网络来说,廊道数量依旧偏少,并且对于流域整体覆盖程度不够,而生态节点的构建恰好可以弥补这一缺陷,在生态节点上设立较小湿地与小

型自然保护地,既不影响林地与耕地的其他价值,又保障了研究区内的生态保护功能。

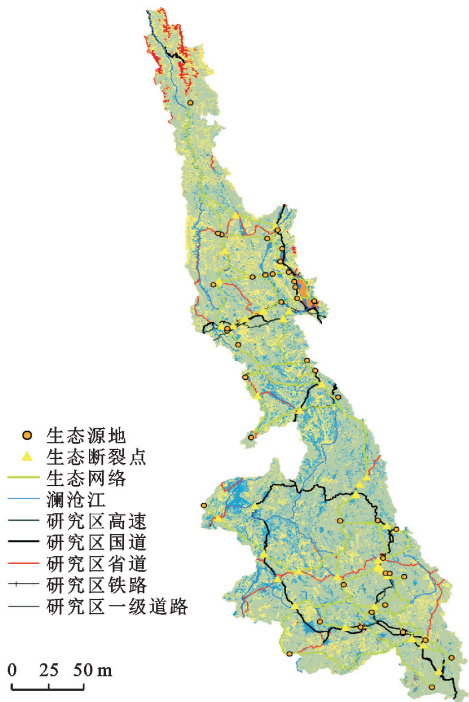


图 12 研究区生态断裂点分布

Fig.12 Distribution of ecological breakpoint at study area

(3) 流域内共构建了 67 条廊道组成生态网络。就廊道分布而言,干流上游海拔高且地形复杂、自然保护区较少,因此生态廊道数量少。黑河、黑江区域、澜沧江干流中游地区生态廊道构建不够完善,干流中游廊道仅靠威远江连接,中游区域网络连接度较低。澜沧江干流下游区域、漾濞江流域、洱海流域、威远江下游以及普文河、南班河流域连接程度与网络生成情况较好。整体呈中游及下游区域网络连接度较好。廊道靠近水源,食源充足,植被覆盖程度高,隐蔽性、安全性较强,地势平坦便于生物通行。水系廊道本身特有的通道作用对于生物迁移至关重要,建议通过加强对澜沧江流域河流河岸的保护与管理,并且在河流岸边设置一定宽度的带状生态保护区域,禁止建设行为,农业耕地可进行保留,在保障基本农田的同时为迁徙动物提供食物,但要尽可能减少人为干扰。

(4) 通过构建 20 个生态节点来保证流域内生物迁徙的安全性以及完整性。20 个生态节点全部位于澜沧江河岸附近,14 个位于林地,3 个位于草地,3 个位于耕地,因此,澜沧江河岸附近的生态用地是建设生态节点的重要选择对象。识别出 41 个生态断裂点,均位于高速公路、国道、省道、铁路等主要道路上,对生态断裂点进行生态修复是维持生态廊道连通的重要工作。研究区内高速公路上存在生态断裂点

13 处、国道上存在生态断裂点 16 处、省道存在断裂点 12 处,因生态廊道避开城市,因此城市道路上无生态断裂点。生态节点可作为未来自然保护地建立的备选地点,扩大生态节点的范围,在提供生物暂息地的同时也可增加景观连接度,就生态断裂点的修复而言,在建道路应以高架或隧道的形式避开生态廊道,已存在的断裂点可设置物种流通时的动物桥梁或架起交通要道形成桥洞供生物通行。

(5) 西双版纳国家级自然保护区至普洱市江城等地野生亚洲象迁徙廊道、滇西北维西县至云龙县的滇金丝猴迁徙廊道作为云南省重点关注的生物迁徙廊道^[21],也是澜沧江流域生态网络的重点关注区域,本文模拟的澜沧江干流上游、干流下游及威远江、南班河的生态廊道可为野生亚洲象迁徙廊道和滇金丝猴迁徙廊道的建设与保护提供参考与借鉴,生态网络后期的建设与监管应着重于澜沧江干流上游、干流下游及威远江、南班河流域,继续提高并保障澜沧江流域内重点关注区域的生态连通性,维护区域生态安全。

在实际的生态网络规划中应科学考虑廊道的宽度,根据不同的物种迁移需求设置不同的廊道宽度,确保生态网络与空间的适配程度。并且对于较大尺度的生态网络建设应有更为科学的管控方法,未来对于相关研究和政策支持需要进一步讨论。

[参 考 文 献]

[1] 杨锐,曹越.论中国自然保护地的远景规模[J].中国园林,2018,34(7):5-12.

[2] 朱军,李益敏,余艳红.基于 GIS 的高原湖泊流域生态安全格局构建及优化研究:以星云湖流域为例[J].长江流域资源与环境,2017,26(8):1237-1250.

[3] 陈群,刘平辉,朱传民.基于 MCR 模型的抚州市生态安全格局构建[J].水土保持通报,2022,42(2):1-9.

[4] 王雪然,万荣荣,潘佩佩.基于 MSPA-MCR 模型的太湖流域生态安全格局构建与调控[J].生态学报,2022,42(5):1-13.

[5] 李蓉.基于 MSPA 与 MCR 模型的嫩江上游流域景观生态安全格局研究[D].黑龙江 哈尔滨:哈尔滨师范大学,2020.

[6] 游添茸,吴桐嘉,李翠,等.基于生境特征的生态廊道与城市发展共生探索:以成都市东部区域陆域生态廊道构建为例[J].环境科学与管理,2022,47(1):153-158.

[7] 戴亚南,陶红,彭渤,等.基于最小累积阻力模型的平江县生态安全格局构建[J].湖南师范大学自然科学学报,2022,45(1):110-119.

[8] 王海云,匡耀求,文薪荐,等.粤港澳大湾区生态网络构建及廊道优化研究[J].中国环境科学,2022,42(5):2289-2298.

[9] 付梦娣,罗建武,田瑜,等.基于最小累积阻力模型的自然保护区网络构建与优化:以秦岭地区为例[J].生态学杂志,2018,37(4):1135-1143.

[10] 徐威杰,陈晨,张哲,等.基于重要生态节点独流减河流域生态廊道构建[J].环境科学研究,2018,31(5):805-813.

[11] 李欣鹏,李锦生,侯伟.区域生态网络精细化空间模拟及廊道优化研究:以汾河流域为例[J].地理与地理信息科学,2020,36(5):14-20.

[12] 刘乙斐.基于 MSPA 和 MCR 模型生态网络构建优化研究[D].北京:北京林业大学,2020.

[13] 张小飞,王仰麟,李正国.基于景观功能网络概念的景观格局优化:以台湾地区乌溪流域典型区为例[J].生态学报,2005,15(7):1707-1713.

[14] 张小飞,王仰麟,李贵才,等.流域景观功能网络构建及应用:以台湾乌溪流域为例[J].地理学报,2005,60(6):96-102.

[15] 甘淑,何大明,党承林.澜沧江流域云南段景观格局分析[J].云南地理环境研究,2003,15(3):33-39.

[16] 陈仕奇.澜沧江流域山地城市扩展和景观格局动态研究[D].云南 昆明:云南大学,2017.

[17] 张昊.澜沧江流域生态保护工作进展与建议[J].资源节约与环保,2020(3):24.

[18] 刘进宝.河道等级划分的几个问题研究[J].人民黄河,2010,32(12):42-43.

[19] 杨姗姗,邹长新,沈渭寿,等.基于生态红线划分的生态安全格局构建:以江西省为例[J].生态学杂志,2016,35(1):250-258.

[20] 李欣鹏,李锦生,侯伟.区域生态网络精细化空间模拟及廊道优化研究:以汾河流域为例[J].地理与地理信息科学,2020,36(5):14-20.

[21] 郑进烜,华朝朗,陶晶,等.云南省自然保护地空间格局与保护空缺研究[J].林业调查规划,2021,46(1):58-64.