

西双版纳地区道路发展对景观格局的影响^{*}

黄 瑞^{1,2}, 马友鑫¹, 李红梅¹, 刘文俊¹

(1. 中国科学院 西双版纳热带植物园, 云南 昆明 650223; 2. 中国科学院 研究生院, 北京 100049)

摘要: 近年来西双版纳地区的道路建设和发展加速了生物栖息地破碎和生态系统的退化. 为了探明该区道路网络与景观格局的内在联系, 定量判断道路对景观格局的影响范围, 根据该区 1976、1988、1999 和 2010 年 4 期 Landsat MSS/TM/ETM 影像解译的土地利用数据, 利用 ArcGIS 软件的缓冲区分析方法与移动窗口法分析了近 34 a 来该区内道路发展对景观格局的影响. 结果表明: ①随着道路密度的增加, 西双版纳景观破碎化程度增加; ②距道路越近, 自然景观面积百分比越小, 人工景观面积百分比越大; ③道路的影响距离是第 2 等级道路 > 第 1 等级道路 > 第 3 等级道路; ④道路对景观的影响面积随道路密度的增加而增加, 第 2 等级道路的影响面积最大, 第 1 等级道路对景观的影响距离和影响面积增加幅度均最大.

关键词: 道路效应; 景观格局; 破碎化; 移动窗口法; 西双版纳

中图分类号: P 901 **文献标志码:** A **文章编号:** 0258 - 7971(2013) 01 - 0121 - 08

道路建设是当前人类改造自然界主要的活动之一, 其分布范围和发展速度都远超其它建设工程. 道路和各种交通工具为人类社会带来巨大效益的同时, 也对沿线景观格局和自然生态系统产生了显著影响^[1-3], Forman 等^[4]发现, 在荷兰和美国这种影响分别涉及到陆地面积的 10 % ~ 20 % 和 15 % ~ 20 %. 李双成等^[5]研究认为, 在中国受这种影响的国土面积达 18.37 %. 在景观尺度上研究道路对景观格局的影响, 可以为景观动态研究提供基础信息, 同时也有利于进一步研究道路和生态系统的交互作用机制^[6].

西双版纳州分布着大面积的热带森林, 在我国森林植被类型中具有独特的地位, 同时该区是中国在大湄公河次区域的重要门户, 其生态影响在跨境生态安全方面有着重要地位^[7]. 然而, 近年来该区的道路建设和发展加速了生物栖息地破碎和生态系统的退化. 但对于该区道路廊道系统对景观格局影响的研究却是一个薄弱点^[6-7]. 在该典型区域研究道路网络与景观格局的内在联系, 定量判断各等级道路对景观格局的影响范围, 可以为道路网络的生态影响范围确定提供基础资料, 为该区的道路发

展规划提供参考.

1 研究区域及研究方法

1.1 研究区域 西双版纳傣族自治州位于云南省最南端, 处于北纬 21°08' ~ 22°36', 东经 99°56' ~ 101°50' 之间. 全州总面积 19 120 km², 山地面积占 95 %. 属无量山脉和怒山山脉的余脉, 地势北高南低, 最高海拔 2 429 m, 最低海拔仅 475 m. 年平均温度 18 ~ 22 °C, 四季不明显; 年平均降水量 1 200 ~ 1 900 mm, 但季节分配不均. 该区植被垂直带谱明显, 海拔 900 m 以下为热带季节雨林, 海拔 800 ~ 1 000 m 为山地雨林, 海拔 900 m 以上为季风常绿阔叶林^[8-9].

受地形条件限制, 西双版纳交通运输以公路为主. 1978 年后, 西双版纳进入了一个以交通基础设施建设为重点的大发展时期, 新改建公路工程增多, 速度加快, 至 2010 年乡镇通油路率达 100 %. 现全州公路密度为每百平方公里 31.8 km, 每万人拥有公路 68 km(西双版纳州交通局公开信息).

1.2 研究方法 根据该区 1976、1988、1999 和 2010 年 4 期遥感影像解译的土地利用图(其中

^{*} 收稿日期: 2012 - 03 - 15

作者简介: 黄 瑞(1986 -), 女, 湖南人, 硕士生, 主要从事景观生态学方面的研究. E-mail: huangrui@xtbg.ac.cn.

通信作者: 马友鑫(1960 -), 男, 辽宁人, 博士, 研究员, 主要从事景观生态学方面的研究. E-mail: may@xtbg.ac.cn.

1976 年的影像分辨率为 80 m, 后 3 期影像的分辨率为 30 m, 影像处理和解译的具体操作方法参考李红梅的研究^[14], 将本研究区景观划分为: 有林地、灌木林、橡胶园、茶园、农田、轮歇地、荒草地、建设用地和水体^[15]. 1976 年的 MSS 影像由于分辨率为 80 m, 只有 4 个波段组合, 较难区分出建设用地和茶园, 且当时两种地类面积所占比例极小, 因此 1976 年的分类中忽略建设用地和茶园. 限于篇幅, 本文主要分析面积比较大, 且能分别代表自然景观和人工景观的有林地、橡胶园、农田和建设用地景观(1976 年此 4 种景观类型占全州面积的 74.94%, 2010 年占 66.81%).

从云南省第 2 次全国公路普查成果图——1:25 万云南省道路分布图中获取该区道路数据, 参考西双版纳傣族自治州州志、交通志等文献资料, 补充各道路的修建时间、等级等信息. 根据国家《公路工程技术标准》(JTG B01—2003) 中的公路等级划分, 考虑不同等级道路对景观影响不同^[16], 以及该区道路发展实际情况^[17], 将高速公路、一级公路以及二级公路合并定义为第 1 等级道路, 三级公路和四级公路合并定义为第 2 等级道路, 等外公路定义为第 3 等级道路. 运用 ArcGIS 中的 Buffer 命令建立道路缓冲区, 在第 1 等级道路沿线两侧 15 km 以内, 第 2 等级道路沿线两侧 10 km 以内, 每 500 m 建 1 个缓冲区; 而在第 3 级道路沿线两侧 2 km 以内, 每 200 m 建 1 个缓冲区, 形成一系列缓冲带, 组成道路两侧景观变化分析的研究区域, 然后将其与景观类型图叠加, 提取出各缓冲带的景观面积, 计算斑块密度(PD)、平均斑块大小(MPS)、各主要景观类型的景观面积百分比(PLAND)等指数(各个指数涵义和计算公式见 Fragstats 软件 help 部分), 用于景观格局分析.

采用移动窗口法来判断道路对景观的影响范围. 移动窗口法是将分割窗平分为 2 个半窗口, 通过计算来比较 2 个半窗口内各指数的相异性, 本文选取斑块密度和景观面积百分比来进行相异性比较. 然后, 窗口顺序向后移动 1 个缓冲带, 再计算半窗口间的相异系数, 直到整个缓冲区的所有缓冲带都参与计算为止. 相异性一般都采用普遍使用的欧氏距离的平方来计算, 公式如下:

$$SED_n = \sum_{i=1}^m (\bar{X}_{iaw} - \bar{X}_{ibw})^2$$

式中, n 是 2 个半窗口的中点或窗口的停顿点, a 和 b

分别为 2 个半窗口, w 是窗口的宽度, m 是缓冲带的个数. 然后, 以 SED 为纵坐标, 缓冲带距离为横坐标作图, 依据图像斜率的变化来判断道路影响范围的状态. 峰值的出现表明此处景观发生了明显的变化.

考虑到各等级道路缓冲带条数和影响范围的差异, 第 1、第 2 等级道路的窗口宽度为 6 个缓冲带宽度, 并分析每相邻的 2 个半窗口斑块密度和各景观面积百分比的差异显著性, 使用 SAS 软件进行方差分析(ANOVA), 以 $p < 0.05$ 为显著, $p < 0.01$ 为极显著. 依据图像斜率的变化, 以 2 个半窗口差异显著到不显著时的缓冲距离作为道路影响的最远范围. 而第 3 等级道路对景观的影响较小, 各缓冲带的斑块密度和景观面积百分比差异基本不显著, 因此窗口宽度设置为 2 个缓冲带宽度, 计算相邻 2 个半窗口的欧式距离平方值, 以第 1 个峰值对应的缓冲距离作为道路影响的最远范围.

2 结果与分析

2.1 道路发展对全区景观格局的影响

2.1.1 西双版纳全区各时期景观格局变化 研究期间全州景观指数变化情况见表 1, 可以看出, 全州的斑块密度一直增加, 平均斑块面积减小, 景观破碎化程度增加. 有林地面积百分比和平均斑块面积大幅度下降, 斑块密度增加, 说明有林地破碎化程度加大. 橡胶园和建设用地面积百分比、斑块密度在研究期间一直增加, 只在 1999 年橡胶园的斑块密度略有降低, 两种景观类型的平均斑块面积在 1999 年以前持续增加, 特别是在 1988—1999 年期间增长最快, 而在 2010 年略有降低, 这反映出橡胶园和建筑用地在研究期间面积不断扩大及空间集聚加强, 在后期由于发展很快, 在空间集聚的同时进一步向外扩张, 产生更多新斑块. 农田平均斑块面积不断下降, 面积百分比和斑块密度在 1976—1999 年间持续下降, 在后期增加, 尤其以斑块密度增加显著, 因此农田景观存在斑块破碎化状态, 且在后期破碎化程度显著加大.

2.1.2 全州景观格局变化与道路密度的相关性分析 用 SPSS 软件计算全州景观指数变化与道路密度的 Pearson 相关性(表 2). 结果反映, 第 1、第 2 等级道路建设是使全州景观破碎化程度加大的主要因素, 同时促进了橡胶园和建设用地的的发展, 使有林地和农田变得更破碎. 第 3 等级道路对景观格局的影响不显著.

表 1 1976—2010 年西双版纳景观指数比较
Tab. 1 Comparison of the landscape metrics in Xishuangbanna from 1976 to 2010

景观类型	景观面积比例(PLAND) /%				斑块密度(PD) /km ⁻²				平均斑块面积(MPS) /hm ²			
	1976	1988	1999	2010	1976	1988	1999	2010	1976	1988	1999	2010
全州					2.82	2.91	2.86	3.98	35.50	34.33	35.00	25.14
有林地	68.98	60.37	55.45	47.94	0.32	0.36	0.51	0.55	212.59	169.38	108.02	87.46
橡胶园	1.25	3.63	7.53	13.89	0.05	0.14	0.12	0.26	22.81	25.46	60.35	54.25
农田	4.71	4.26	3.29	4.01	0.15	0.15	0.12	0.25	30.72	28.62	27.02	16.23
建筑用地		0.15	0.30	0.97		0.03	0.04	0.16		4.61	6.90	5.95

表 2 各景观类型景观指数与各等级道路密度之间的相关性
Tab. 2 The correlation between the metrics of landscape types and the road densities of the three grade roads

地类	景观指数	第 1 等级	第 2 等级	第 3 等级
全州	斑块密度	0.995 0 ^{**}	0.965 1 [*]	-0.702 3
	平均斑块面积	-0.992 6 ^{**}	-0.967 0 [*]	0.691 0
有林地	景观面积百分比	-0.804 7	-0.923 3	0.130 8
	斑块密度	0.431 9	0.330 5	-0.453 5
	平均斑块面积	-0.705 7	-0.847 1	-0.023 3
橡胶园	景观面积百分比	0.910 1	0.978 1 [*]	-0.329 6
	斑块密度	0.898 7	0.958 0 [*]	-0.398 8
	平均斑块面积	0.523 2	0.665 9	0.181 4
农田	景观面积百分比	-0.127 7	-0.339 2	-0.608 3
	斑块密度	0.948 6	0.860 8	-0.859 0
	平均斑块面积	-0.982 7 [*]	-0.998 4 ^{**}	0.546 7
建筑用地	景观面积百分比	0.993 3	0.999 7 [*]	-0.879 3
	斑块密度	0.999 8 [*]	0.997 4 [*]	-0.921 4
	平均斑块面积	0.162 8	0.251 8	0.215 6

* : 为达到显著水平 $p < 0.05$; * *: 为达到极显著水平 $p < 0.01$,下同

2.2 道路两侧景观格局变化

2.2.1 各等级道路两侧主要景观类型面积与距公路距离的关系 由于各缓冲带的面积不一致,相对于各景观类型的实际面积,用各景观类型所占的该缓冲带总面积的百分比来进行比较更为合理. 图 1~3 分别表示的是各景观类型的面积百分比与距 3 个等级道路距离的关系. 从图中可知,随着各等级道路距离的增加,有林地面积百分比逐渐增大,橡胶园、农田和建筑用地面积百分比逐渐减小,4 种景观类型面积百分比均在距公路较远区域变化

趋于平缓. 在第 1 等级道路两侧,2010 年的有林地面积百分比大于 1999 年,2010 年的橡胶园、农田和建设用地面积百分比在近公路区域低于 1999 年,在距公路较远区域面积相差不大,这主要是在 1999 年,第 1 等级道路位于景洪市区内,道路两侧的人工景观面积百分比比较大. 从期初到期末,第 2、第 3 等级道路两侧的有林地和农田面积百分比持续降低,橡胶园和建设用地面积百分比持续增加,只有 2010 年的农田面积百分比在距第 3 等级道路较远区域时低于其他 3 个时期.

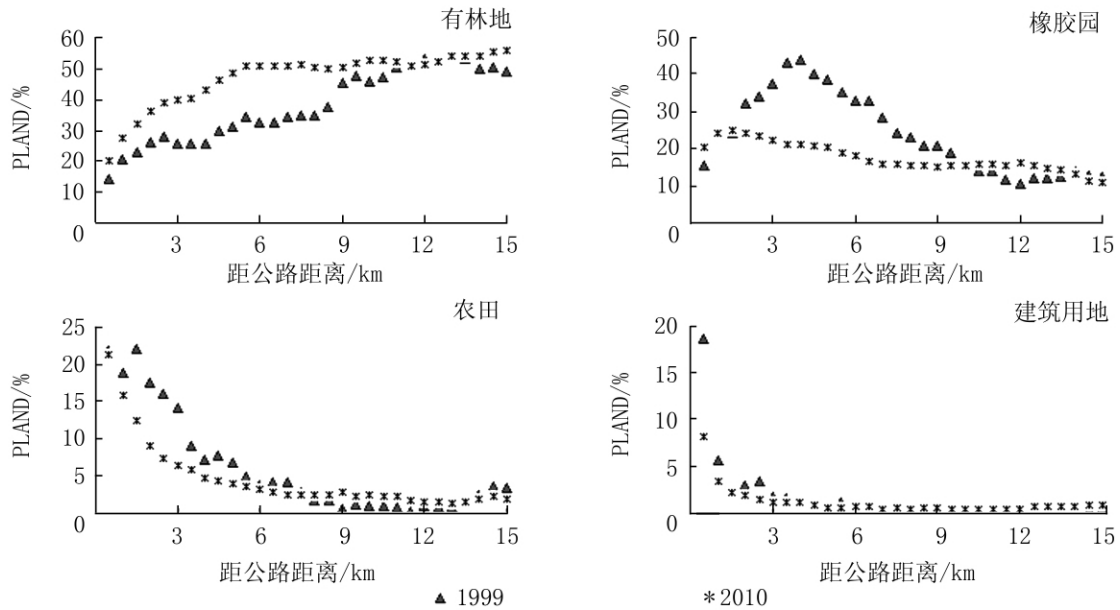


图 1 各主要景观类型面积百分比与距第 1 等级道路距离的关系

Fig. 1 Relations of the area percentage of main landscape types to the distance from the first grade roads

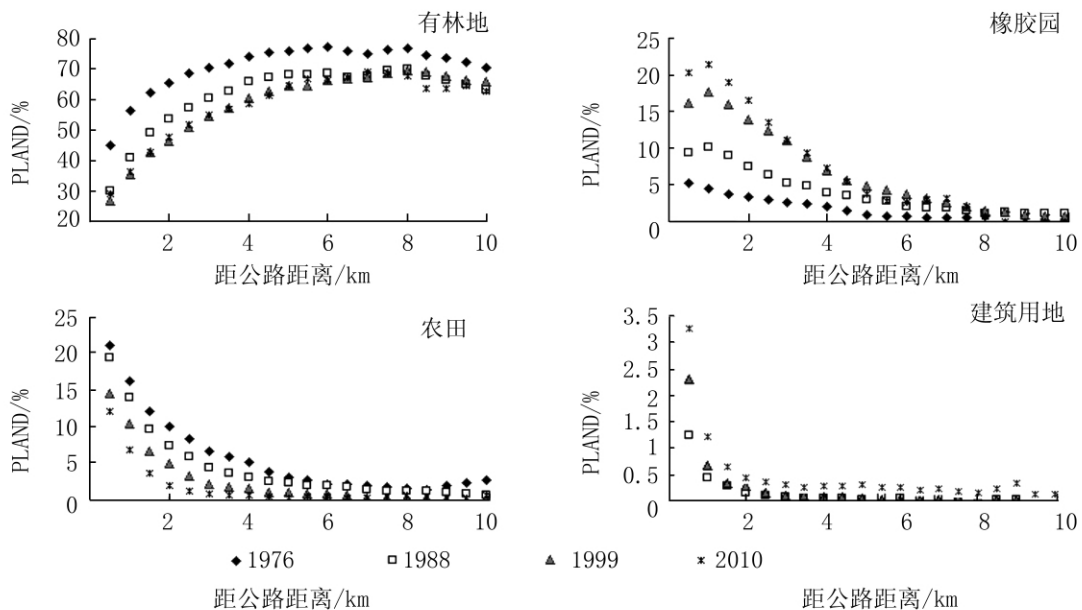


图 2 各主要景观类型面积百分比与距第 2 等级道路距离的关系

Fig. 2 Relations of the area percentage of main landscape types to the distance from the second grade roads

2.2.2 各景观类型面积与距道路距离的相关性分析 用 SPSS 软件分析各景观类型面积百分比与距道路距离的相关性(表 3)。结果显示,有林地面积百分比与距各等级道路距离均呈极显著正相关,橡胶园、农田、建筑用地面积百分比基本上都与距各等级道路距离呈显著或极显著负相关,这反映出距道路越近,自然景观面积百分比越小,人工景观面

积百分比越大。

2.3 各等级道路对景观格局的影响范围 各等级道路对景观格局影响范围的移动窗口分析结果(表 4)显示,道路对景观格局的影响距离是第 2 等级道路 > 第 1 等级道路 > 第 3 等级道路,第 1 等级道路的影响距离增加幅度最大,第 2 等级道路次之,第 3 等级道路的影响距离随时间推移无明显变化。

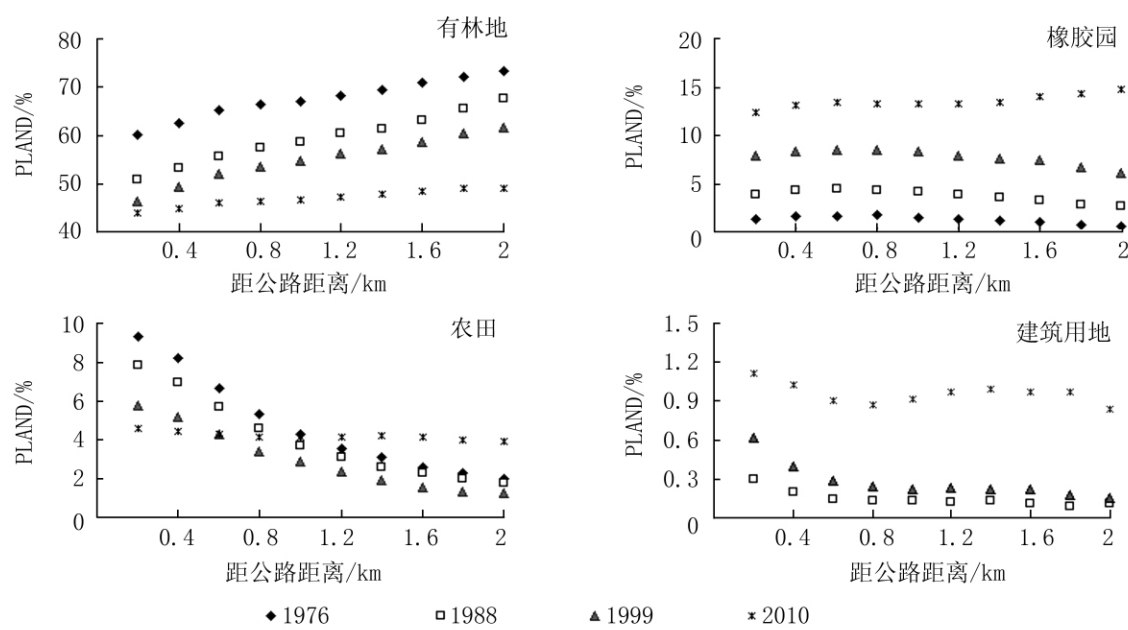


图 3 各主要景观类型面积百分比与距第三等级道路距离的关系

Fig. 3 Relations of the area percentage of main landscape types to the distance from the third grade roads

表 3 各主要景观类型面积百分比(PLAND) 与距道路距离的相关性

Tab. 3 Relations of the area percentage of main landscape types to the distance from roads

时间	道路等级	有林地	橡胶园	农田	建筑用地
1976	第 2 等级	0.667 **	-0.855 **	-0.830 **	
	第 3 等级	0.989 **	-0.864 **	-0.965 **	
1988	第 2 等级	0.738 **	-0.938 **	-0.807 **	-0.597 **
	第 3 等级	0.995 **	-0.874 **	-0.967 **	-0.818 **
1999	第 1 等级	0.960 **	-0.734 **	-0.823 **	-0.542 **
	第 2 等级	0.866 **	-0.954 **	-0.780 **	-0.556 *
	第 3 等级	0.988 **	-0.810 **	-0.974 **	-0.816 **
2010	第 1 等级	0.842 **	-0.925 **	-0.750 **	-0.531 **
	第 2 等级	0.818 **	-0.937 **	-0.634 **	-0.567 **
	第 3 等级	0.985 **	0.915 **	-0.918 **	-0.475

1976—2010 年,西双版纳各等级道路的总长度和道路密度变化情况见表 5,可以看出,第 1、第 2 等级道路均呈逐年增长趋势,第 3 等级道路在 1999 年以前呈增长趋势,后减少.

根据各等级道路的影响范围,计算出道路对两侧各景观类型的影响面积和占全州该景观类型面积的百分比(表 5),结果显示 3 个等级的道路均对有林地的影响面积最大,这与有林地在全州分布面积最大有关.道路对景观的影响面积随道路密度的

增加而增加,第 2 等级道路的影响面积和面积百分比最大.第 1 等级道路的影响面积和面积百分比增加幅度最大,第 2 等级道路次之.

3 讨 论

在景观尺度上,道路建设直接移除原有生境,导致自然生态系统总面积减小和生境斑块破碎^[13-14],道路网络越密集,对自然生态系统分割越强烈,道路网络的影响范围越大.理论上可以推测,

表 4 各等级道路对两侧景观斑块密度及各主要景观类型面积百分比的影响范围

Tab. 4 The influence of the three grade roads on patch density and the area percentage of main landscape types km

道路等级	年份	斑块密度	有林地	橡胶园	农田	建筑用地
第 1 等级	1999	4	3	4.5	6.5	3
	2010	6	6.5	5	5	3.5
第 2 等级	1976	4	5	6.5	5.5	
	1988	5.5	5	6.5	4.5	3.5
	1999	6	5.5	6	4.5	3
	2010	7.5	6	6	3.5	3
第 3 等级	1976	0.4	0.6	0.4	0.6	
	1988	0.4	0.6	0.4	0.6	0.4
	1999	0.4	0.4	0.4	0.8	0.4
	2010	0.4	0.4	0.4	0.8	0.6

表 5 各等级道路对各主要景观类型的影响面积和面积百分比

Tab. 5 The influence of the three grade roads on the landscape area and the area percentage of main landscape types

道路等级	年份	道路长度	道路密度/ ($\text{km} \cdot \text{km}^{-2}$)	有林地		橡胶园		农田		建筑用地	
				面积/ hm^2	比例/ %	面积/ hm^2	比例/ %	面积/ hm^2	比例/ %	面积/ hm^2	比例/ %
第 1 等级	1999	37.27	0.001 9	4 757	0.45	10 638	7.37	5 587	8.85	1 271	21.90
	2010	545.48	0.028 5	221 334	24.07	98 886	37.11	42 078	54.69	9 379	50.31
第 2 等级	1976	705.05	0.036 8	362 225	27.38	17 918	74.89	55 843	61.84		
	1988	1 184.30	0.061 7	482 610	41.68	63 879	91.67	69 907	85.55	2 490	87.22
	1999	1 552.50	0.080 9	562 111	52.85	136 101	94.24	59 178	93.73	5 280	91.01
	2010	3 442.55	0.179 8	822 091	89.39	264 617	99.31	74 339	96.62	17 138	91.93
第 3 等级	1976	6 001.48	0.312 9	408 971	30.91	6 738	28.16	53 282	59.01		
	1988	6 858.39	0.357 6	386 179	33.35	20 851	29.92	50 207	61.44	1 269	44.45
	1999	7 511.41	0.391 6	261 379	24.58	44 300	30.67	47 106	74.61	2 821	48.63
	2010	5 468.82	0.285 6	185 990	20.22	53 402	20.04	34 782	45.21	6 246	33.50

当道路网络达到一定密度之后,其影响范围可以覆盖整个区域^[3]. Saunders 等^[4]研究了北美大湖区道路网络对景观格局的影响,发现道路使斑块密度增加,平均斑块面积减小,道路密度高的区域其景观格局受道路密度的影响更显著. 本研究显示,随道路密度的增加,西双版纳全区的斑块密度增加,平均斑块面积减小,景观破碎化程度增加.

同时,道路建设导致沿线景观格局改变^[2-3]. 道路网是人类为满足自身的社会经济需求所形成

的输送人流、物流和信息流等最经济的形式. 道路建设为人类活动提供了便利条件,使人类活动沿着道路深入发展,同时向道路两侧扩展,从而进一步影响道路两侧的景观格局. 王娟等^[7]研究了公路网对纵向岭谷区景观的影响,发现公路的修建使沿线的森林逐渐被居民用地、耕地代替. 曹智伟等^[8]研究了西双版纳主干公路两侧土地利用变化的时空格局,结果显示主干公路两侧的林地向橡胶园和茶园转变,林地锐减,橡胶园迅速增加,距公路越

近,林地面积百分比越小,橡胶园、建筑用地和水田面积百分比越大。本研究得出相似结论:距道路越近,有林地面积百分比越小,而橡胶园、农田、建筑用地等人工景观面积百分比越大。随着道路的发展,各等级道路沿线的有林地也逐渐被人工景观代替。

曹智伟等^[8]采用土地利用综合程度指数值与主干公路的关系来判断各个时期公路效应的范围,研究表明土地利用变化的公路效应深度表现出不断扩展的趋势:1976年为公路两侧5 km,1988年为7 km,2003年达11 km。本文采用移动窗口法来判断各个时期道路对两侧景观格局的影响范围,发现该影响范围受道路等级、道路密度等的影响。第1、第2等级道路对斑块密度和有林地面积百分比的影响范围随着时间推移向距道路更远距离扩展,且第一等级道路扩展速度更快。第1、第2等级道路对橡胶园、农田、建设用地面积百分比的影响范围随着时间推移变化较小甚至影响范围减小,但影响面积却是一直增加。由于第2等级道路开始修建时间远远早于第1等级道路,因此第2等级道路对景观的影响距离更远。第3等级道路对景观格局的影响范围随着时间推移无明显变化。道路对景观的影响面积随道路密度的增加而增加。在研究期间,第2等级道路密度一直增加,尤其以1999—2010年期间增加幅度最大。柏油道路于2010年覆盖了全州各个乡镇,对景观的影响面积亦大大增加,其中以橡胶园的影响面积百分比最大,在道路密度快速发展的后期,橡胶园沿着公路迅速扩展,至2010年,第2等级道路对橡胶园的影响面积达到99%以上。总之,不同等级道路对景观的影响距离和影响面积不同,第2等级道路由于其分布广泛且形成网络结构,对景观的影响距离和面积更大,而高等级道路由于其高度封闭性,其影响距离和影响面积增加幅度最大,会在以后的景观变化中产生更深远的影响。

综上所述,得出如下结论:西双版纳景观破碎化程度随道路密度的增加而增加,第1、第2等级道路密度对西双版纳全域景观格局影响显著,而第3等级道路密度的影响不显著;道路的发展,使自然景观在近公路区域面积减少,人工景观在近公路区域增大,并向远处扩展;随着道路密度的增加,道路对景观的影响面积增加;第1等级道路对景观的影响距离和影响面积增加幅度均最大,第2等级道

路的影响距离和面积最大,第3等级道路对两侧景观的影响较小。

参考文献:

- [1] 赵金丽,马友鑫,李红梅,等.滇中地区路旁紫茎泽兰在不同光水平下的分布格局[J].云南大学学报:自然科学版,2008,30(6):641-266.
- [2] 刘世梁,杨志峰,崔保山,等.道路对景观的影响及其生态风险评价——以澜沧江流域为例[J].生态学杂志,2005,24(8):897-901.
- [3] 刘世梁,崔保山,杨志峰,等.高速公路建设对山地景观格局的影响——以云南省澜沧江流域为例[J].山地学报,2006,24(1):54-59.
- [4] FORMAN R T T, ALEXANDER L E. Roads and their major ecological effects[J]. Annual Review of Ecology and Systematics, 1998, 29(1): 207-231.
- [5] 李双成,许月卿,周巧富,等.中国道路网与生态系统破碎化关系系统计分析[J].地理科学进展,2004,23(5):78-85.
- [6] 曹智伟,马友鑫,李红梅,等.西双版纳地区公路两侧土地利用变化格局特征[J].山地学报,2006,24(3):284-290.
- [7] 刘文俊,马友鑫,胡华斌,等.西双版纳勐仑地区景观格局变化定量分析[J].生态学报,2006,26(9):3 088-3 097.
- [8] 朱华.西双版纳的热带雨林植被[J].热带地理,1990,10(3):233-239.
- [9] 朱华.论滇南西双版纳的森林植被分类[J].云南植物研究,2007,29(4):377-387.
- [10] 李红梅.西双版纳地区土地覆被变化对植被碳储量影响研究[D].北京:中国科学院研究生院,2005.
- [11] 刘世梁,张兆苓,赵清贺,等.道路对景观格局和土壤侵蚀的影响——以云南省凤庆县为例[J].土壤通报,2011,42(1):169-173.
- [12] 西双版纳州交通局.西双版纳州交通情况报告[R].2009.
- [13] REED R A, JOHNSON B J, BAKER W L. Contribution of roads to forest fragmentation in the Rocky Mountains[J]. Conservation Biology, 1996, 10(4): 1 098-1 106.
- [14] MILLER J R, JOYCE L A, KNIGHT R L, et al. Forest roads and landscape structure in the southern Rocky Mountains[J]. Landscape Ecology, 1996, 11(2): 115-127.
- [15] 宗跃光,周尚意,彭萍,等.道路生态学研究进展[J].生态学报,2003,23(11):2 396-2 405.
- [16] SAUNDERS S C, MISLIVETS M R, CHEN J Q, et al. Effects of roads on landscape structure within nested

ecological units of the Northern Great Lakes Region,
USA [J]. Biological Conservation, 2002, 103 (2) : 209–
225.

[7] 王娟,崔保山,刘世梁,等. 公路网对纵向岭谷区生
态系统服务价值的影响 [J]. 科学通报, 2007, 52
(II) : 155–165.

Effect of road development on landscape pattern in Xishuangbanna

HUANG Rui^{1,2}, MA You-xin¹, LI Hong-mei¹, LIU Wen-jun¹

(1. Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223, China;

2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: In recent years, the ecology system in Xishuangbanna was severely influenced by the construction and development of roads, which caused fragmentation of biological habitat and degradation of ecosystem. In order to investigate the internal relation between the roads network and landscape pattern, and also quantitatively estimate the effect on landscape caused by different classes of roads in Xishuangbanna since 1976, we assessed the effect of roads development on landscape pattern based on four land – use maps (1976, 1988, 1999, 2010), which were interpreted from the Landsat MSS/ TM/ ETM imageries. The assessment was made by buffer analysis tool in ArcGIS 9.3, moving split – window techniques (MSWT) was also employed. The results showed that the fragmentation of landscape increased by increasing roads density. The percentage of natural landscape areas decreased by increasing distance to the roads, while the percentage of artificial landscape areas (i. e. rubber plantation, farmland, building site) increased at the same time. The distance between the roads and affected landscape showed significant difference among three main class roads as: the second grade roads > the first grade roads > the third grade roads. The affecting distance increased faster in the first grade roads. The percentage of the four – type landscape areas affected by the roads increased by increasing density of the roads, the second grade roads exerted the greatest influence on the area of affected landscape. The largest increasing extent was demonstrated in the first grade roads both in the affected areas and distance from the roads during the past 34 years.

Key words: road effects; landscape pattern; fragmentation; moving split – window techniques (MSWT); Xishuangbanna