

省道S221线大埔县段公路改建工程对广东五虎山森林公园生态影响评价*

朱宏伟¹ 罗勇¹ 侯中原¹ 刘彩秀² 贺炬成³ 许培容³

(1. 广东省林业调查规划院, 广东 广州 510520; 2. 广东省龙眼洞林场, 广东 广州 510520; 3. 广东省岭南综合勘察设计院, 广东 广州 510663)

摘要 采用综合指数法和系统分析法相结合的定量与定性分析方法, 进行了省道 S221 线大埔县段公路改建工程对广东五虎山森林公园生态影响评价。结果表明, 施工前, 评价区生态环境影响综合评价指数 (EI_a) 为 0.56, 质量等级为良, 施工后, EI_b 为 0.50, 质量等级为一般, 变化幅度 $|\Delta EI|$ 为 0.06, 为影响明显; 其中, 景观优势度、植物多样性、动物多样性、水质变化值 $|\Delta EI| \leq 0.01$, 为无明显变化, 质量等级在施工前后都分别为良、一般、一般、优; 生物量、生产力变化值 $|\Delta EI|$ 分别为 0.03、0.04, 都为略有变化, 质量等级在施工前后都分别为一般、差; 对土壤退化因子影响最大, $|\Delta EI|$ 为 0.45, 影响显著, 质量等级由施工前良变化为施工后一般。工程会对广东五虎山森林公园生态质量产生明显影响。

关键词 综合指数法; 生态影响评价; 森林公园

中图分类号: X826 文献标志码: A 文章编号: 2096-2053 (2019) 03-0032-11

Ecological impact assessment of the reconstruction project of Dapu County Section of Provincial Highway S221 on Guangdong Wuhushan Forest Park

ZHU Hongwei¹ LUO Yong¹ HOU Zhongyuan¹ LIU Caixiu²
HE Jucheng³ XU Peirong³

(1. Guangdong Forestry Survey and Planning Institute, Guangdong, Guangzhou 510520, China; 2. Guangdong Longyandong Forest Farm, Guangdong, Guangzhou 510520, China; 3. Lingnan Integrated Exploration and Design Institute of Guangdong, Guangzhou, Guangdong 510663, China)

Abstract In this paper, the quantitative and qualitative analysis method combining the comprehensive index method and the system analysis method is used to carry out the ecological impact assessment of the Guangdong Wuhushan Forest Park on the S221 line Dapu County section highway reconstruction project. The results show that before the construction, the comprehensive evaluation index (EI_a) of the ecological environment impact in the assessment area is 0.56, the quality grade is good, after construction, the EI_b is 0.50, the quality grade is medium, and the variation range $|\Delta EI|$ is 0.06, which is a obvious change; meanwhile, Landscape dominance, plant diversity, animal diversity, water quality change value $|\Delta EI| \leq 0.01$, no significant change, quality grade before and after construction are good, medium, medium, excellent; biomass, productivity change value $|\Delta EI|$ is 0.03 and 0.04 respectively, both of which are slightly changed. The quality grades are generally and poorly before and after construction; the greatest impact on soil degradation factor, $|\Delta EI|$ is 0.45, the effect is significant, Due to construction, quality changes from good to medium. The project will have a obvious impact on the ecological

* 基金项目: 广东省岭南综合勘察设计院项目。

第一作者: 朱宏伟 (1984—), 男, 工程师, 主要从事生态学研究, E-mail: 546644236@qq.com。

通信作者: 罗勇 (1976—), 男, 教授级高级工程师, 主要从事碳汇计量监测与生态保护研究, E-mail: 417328350@qq.com。

quality of the Wuhushan Forest Park in Guangdong.

Key words comprehensive index method; ecological impact assessment; forest park

当今,生态文明建设已经渗透在社会发展的方方面面,这是人类与自然可持续发展的必然结果。生态环境影响评价已成为生态文明建设重要内容,在环境保护中起到积极的作用,其定义为人类开发建设活动可能导致的生态环境影响进行分析与预测,并提出减少影响或改善生态环境的策略和措施^[1]。生态影响评价原来是环境影响评价的一部分,但现在已有完全独立出来的趋势^[2]。从国家环保部 1997 年出台《环境影响评价技术导则—非污染生态影响》^[3](HJ/T19-1997)(简称旧导则)到 2011 年修订发布了《环境影响评价技术导则—生态影响》^[4](HJ19-2011)(简称新导则)标准,人类保护环境观念从污染防治转向了生态保护^[5],认识水平从点源分析转变为系统性分析,内容由单一演变为综合多元化。由于生态环境还没有统一定义,评价方法和内容也不尽相同。定量方法较少,常见景观生态学法^[6-8]和生产法^[9-10],定性评价方法在实际研究中应用较多^[11-14],评价内容为自然生态系统和人化自然生态系统即自然—经济—社会复合体,本文按照新导则要求,以景观和生态系统为评价对象,应用综合指数法定量评价,认识生态环境特点与功能,明确开发建设项目对生态环境影响的可能性、性质、程度和生态系统对影响的敏感程度,同时为生态环境管理提供科学依据,为改善生态环境提供建设性意见,也为相关部门决策提供理论支撑。

1 材料与方法

1.1 建设项目概况

省道 S221 线大埔县段公路改建工程预计在 2018 年施工(评价时间为 2017 年),大部分为新建线,布线于城区外围,新起线起点位于大埔县湖寮镇陈牙陂,路线长 6 km。路线基本走向为北往东南,为一级公路,设计速度采用 60 km/h,双向四车道,路基宽 23 m,桥涵与路基同宽。

工程内容包括:路基工程、路面工程、桥涵工程、交叉工程、交通工程及沿线设施、环保及景观工程;其中桥涵工程中,建设两座桥梁,其中大埔大桥一座,长 205.12 m,中桥一座,长

36.08 m;涵洞 31 道,4 道改建,27 道新建。工程区包括工程区、营造区(拌合场)、弃土场、办公区和辅助生活等区。

线路经过五虎山省级森林公园东侧,全长约 5.1 km,具体位置如图 1。

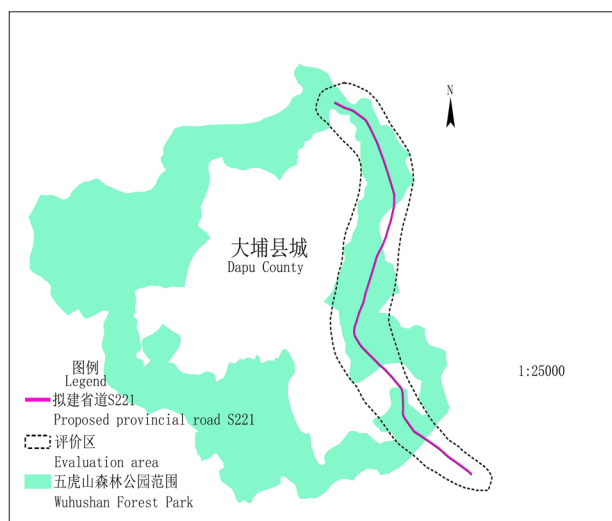


图 1 省道 S221 位置示意图

Fig.1 Provincial road S221 location

1.2 广东五虎山森林公园概况

森林公园位于广东省梅州市大埔县湖寮镇,省级公园,总面积 1 338.70 hm^2 ,森林覆盖率为 77.73%,地理坐标为东经 $116^\circ 39' 15'' \sim 116^\circ 42' 50''$,北纬 $24^\circ 19' 55'' \sim 24^\circ 23' 06''$ 。公园呈环形布设于大埔县城外,是一个“森林围城”、“城在林中”的典型公园。公园内森林资源和人文资源丰富,有虎山公园、西岭中国书法公园、县文化中心等景区、景点。

本项目工程所属南亚热带向中亚热带过渡的湿润气候,具有亚热带季风气候特征,主要特点为气候温和、雨量充沛、湿度较大、风速较小、夏长冬短、四季宜耕等。

1.3 研究方法

1.3.1 评价范围与评价等级 收集项目工程和森林公园相关资料并实地勘察,依据新导则标准,确定评价范围为拟建公路边线两侧 300 m 范围内,面积为 460.41 hm^2 (图 1),评价等级为一级。评

表 1 生态环境质量评价体系
Tab.1 Eco-environmental quality evaluation system

指标 (权重) Index (Weights)	评价因子 (权重) Factors (Weights)	参照值 Reference value	说明 Explanation	性质 Property
结构完整性 Integrity (0.412 6)	景观优势度 Landscape dominance (0.412 6)	100%		正
	植物多样性 Plant diversity (0.067 9)	100 种 · 1 000 m ²	地带性南亚热带常绿阔叶林 单位面积物种量 ^[15]	正
稳定性 Stability (0.327 5)	动物多样性 Animal diversity (0.042 8)	100 种		正
	生物量 Biomass (0.061 5)	400 t · hm ⁻²	地带性南亚热带常绿阔叶林 单位面积生物量最大值 ^[15]	正
	生产力 Productivity (0.155 3)	25 t · hm ⁻² · a ⁻¹	地带性南亚热带常绿阔叶林 单位面积生产力最大值 ^[15]	正
环境适宜性 Suitability (0.259 9)	水质 Water quality (0.130 0)	1		正
	土壤退化 Soil degradation (0.130 0)	2 585.76 t · km ⁻² · a ⁻¹	梅州市土壤侵蚀模数平均值 ^[23]	负

价时段为施工期。

1.3.2 评价指标体系建立与生态环境多样性指数 本文中指标体系的建立以国内外研究成果和评价区内的生态环境特征为基础,从指标具有代表性、综合性、系统性和易获取性出发,确定指标。采用层次分析法计算指标权重(表1)。

指标标准化计算公式分别为: $F_+ = C_i / S_i$, $F_- = -C_i / S_i$, 式中: F_+ 为正指标评价价值; F_- 为负指标评价价值; S 为指标参照值; C 为指标实际值。

生态环境影响综合指数 (Ecological Index, EI), $EI = \sum_{i=1}^n w_i x_i$, 式中: n 为指标个数; w_i 为各指标权重值; x_i 为各指标标准化值。

1.3.3 生态环境状况分级 参照《生态环境状况评价技术规范》^[16] (HJ192-2015), 将生态环境状况分为五级, 即优、良、一般、较差和差 (表2)。

生态环境状况变化幅度分为4级, 即无明显变化、略有变化 (好或差)、明显变化 (好或差) 和显著变化 (好或差) (表3)。

1.4 调查方法

1.4.1 材料收集 收集区域相关研究和调查资料、

工程项目资料, 如大埔年鉴、政府部门网站、工程可行性研究报告、环境影响评价报告、大埔县野生动植物调查报告、大埔县最新资源档案数据库、遥感数据, 以确定动物、植物、水生生物种群数量和分布以及林业概况。

1.4.2 植物多样性调查 样线调查: 沿道路从北往南方向调查路基、桥梁, 长度约6 km。记录样线中所有的种类, 拍摄照片, 存疑种进行专家鉴定。针对国家重点保护植物计算其个体数, 记录分布具体位置。样地调查: 在实地验证和线路调查基础上, 分别在针叶林和针阔混交林两个不同森林植物群落中选择有代表性地段各设置3个10 m × 10 m 临时样地, 对胸径2 cm 以上的活立木树种, 按5 cm 及以上的乔木层及5 cm 以下的下木层进行测量, 分别记录植物种名、胸径、树高、株数; 在样地沿对角线设置2 m × 2 m 样方进行灌木调查, 分别记录植物种名、胸径、树高、株数; 在2 m × 2 m 样方内, 沿对角线设置1 m × 1 m 样方进行草本植被调查, 记录植物名称, 胸径、高度、数量、密度。针对国家重点保护植物计算其个体数。

表 2 生态环境状况分级
Tab.2 The grade of eco-environmental quality

级别 Grade	指数 Index	状态 Status
优 Excellent	$EI \geq 0.75$	林地优势度高，物种多样性丰富，功能性强，环境适宜性强。
良 Good	$0.75 > EI \geq 0.55$	林地优势度较高物种多样性较丰富，功能性较强，环境适宜度较强。
一般 Medium	$0.55 > EI \geq 0.35$	林地优势度一般物种多样性一般，功能性一般环境适宜度一般。
较差 Generally poor	$0.35 > EI \geq 0.20$	林地优势度较低，物种较少，功能较低，环境适宜度较差。
差 poor	< 0.20	条件恶劣。

表 3 生态环境状况变化幅度分级
Tab.3 The level of change in eco-environmental quality

级别 Grade	变化值 Change value	描述 Description
无明显变化 No significant change	$ \Delta EI \leq 0.02$	生态状况无明显变化。
略有变化 Slight change	$0.02 < \Delta EI \leq 0.05$	如果为正值，生态状况略微变好；如果为负值，生态环境略微变差。
明显变化 Obvious change	$0.05 < \Delta EI \leq 0.1$	如果为正值，生态状况明显变好；如果为负值，生态环境明显变差。
显著变化 Significant change	$ \Delta EI > 0.1$	$\Delta EI > 0.1$ ，则生态环境显著变化； $\Delta EI < -0.1$ ，生态环境状况显著变差。

1.4.3 野生动物多样性调查 野生动物调查采用路线调查、访谈调查和文献分析。路线调查为在五虎山森林公园的区域设置了 3 条调查线路进行野生动物实地调查。所设的调查线路综合考虑野生动物不同类群的生活习性、地形条件、植被覆盖和人为干扰程度等因素，穿越野生动物不同的生境类型，尽可能沿与道路垂直方向布设。调查路线长度为 200~400 m。调查人员以约 2 km/h 的速度步行，观察、记录或拍照发现的动物实体和查找这种野生动物的活动痕迹（包括足记、粪便、卧迹、食迹、毛发、巢穴和叫声等）。

1.5 指标计算

密度（Rd）= 拼块（i）数目 / 拼块总数 × 100%，景观比例（Lp）= 拼块（i）面积 / 样地总面积 × 100%

优势度（Do）=（Rd+Lp）/ 2 × 100%

对评价区的乔木层生物量及生产量的估算基本上采用董汉飞^[17]推荐的方法计算。灌木层和草本层生物量采用杨众养^[18]推荐的方法计算。评价区内物种多样性以 γ 多样性指数来表示，主要指标为物种数 S。

群落物种多样性以 Shannon-wiener 指数表示，即，S 为物种数，N 为全部物种和， N_i 为第 i 个物种的个体数。

群落均匀性用 Pielou 均匀度指数表示，即 $E=H/H_{\max}$ ， $H_{\max} = \ln S$ 。值介于 0~1，值越大各物种分布越均匀。

群落之间异质性用 Jaccard 指数表示，即 $S_j=A/(A+B+C)$ ，A 为群落共有物种数，B 为 1 群落出现物种数 2 群落没有物种，C 为 1 群落没有物种 2 群落出现的物种数，值介于 0~1 之间，值越大相似度越高。

表 4 水质分类评价标准
Tab.4 Water quality classification evaluation standard

指标 Factor	I 类 Class I		II 类 Class II		III 类 Class III		IV 类 Class IV		V 类 Class V	
	取值范围 / (mg · L ⁻¹)	得分 Score	取值范围 / (mg · L ⁻¹)	得分 Score	取值范围 / (mg · L ⁻¹)	得分 Score	取值范围 / (mg · L ⁻¹)	得分 Score	取值范围 / (mg · L ⁻¹)	得分 Score
pH 值 (无量纲) pH value (dimensionless)	在 5.5~8.5 之间得 1 分, 其他 0.2 分									
高锰酸盐 Permanganate	≤ 2	1	≤ 4	0.8	≤ 6	0.6	≤ 10	0.4	> 15	0.2
溶解氧 Dissolved oxygen	≥ 7.5	1	≥ 6	0.8	≥ 5	0.6	≥ 3	0.4	< 2	0.2
石油类 Petro	≤ 0.05	1	≤ 0.05	1	≤ 0.05	1	≤ 0.5	0.6	> 1	0.2
氨氮 Ammonia nitrogen	≤ 0.5	1	≤ 0.5	0.8	≤ 1	0.6	≤ 1.5	0.4	> 2	0.2
化学需氧量 COD	≤ 15	1	≤ 15	1	≤ 20	0.8	≤ 30	0.6	> 40	0.2
五日生化氧量 BOD	≤ 3	1	≤ 3	1	≤ 4	0.8	≤ 6	0.6	> 10	0.2
悬浮物 Suspended Solids	≤ 20	1	≤ 25	0.8	≤ 30	0.6	≤ 60	0.4	> 150	0.2

表 5 水质分级
Tab.5 Water quality classification

水质分级 Water classification	评分 Score	描述 Description
I	1~0.8	饮用级 Drinkable grade
II	0.8~0.6	水产级 Aquatic grade
III	0.6~0.4	地表级 Surface grade
IV	0.4~0.2	污灌级 Irrigation grade
V	0.2~0	弃水级 Abandoned water grade

按照《中国植被》^[19]对中国植被分类原则、单位及系统,对评价区内的植物类型进行划分。采用类别、植被型组和植被型三级基本单位的分类系统。

依照《地表水环境质量标准》^[20](GB3838-2002),《地表水资源质量标准》^[21](SL63-94)用赋值打分的方法对水质综合评价(表 4-5)。

$W = \frac{1}{n} \sum S_i$, n 为检测项目个数, S_i 为 i 项目得分。按照《地表水和污水监测技术规范》^[22](HJ-

T91-2002)在梅潭河坳背村取样。

广东省土壤侵蚀区划结果显示,项目区为花岗岩山地丘陵侵蚀区,土壤侵蚀以水力侵蚀、沟蚀为主,梅州市属于国家水土流失重点治理区。依据《广东省第三次土壤侵蚀遥感调查报告》^[22],梅州市平均侵蚀模数为 2 585.76 t · km⁻² · a⁻¹。采用类比分析法预测施工期侵蚀模数。

按照水利部《土壤侵蚀分类分级标准》^[24](SL190-2007),大埔县土壤侵蚀类型为南方红壤丘陵区,土壤侵蚀容许流失量为 500 t · km⁻² · a⁻¹。

表 6 评价区土地利用类型
Tab.6 Land-use type of assessment area

土地利用类型 Land-use type	拼块数 Number of blocks		面积 /hm ² Area		密度 Density		景观比例 Landscape ratio		优势度 Dominance	
	现状 Before running	运行后 After running	现状 Before running	运行后 After running	现状 Before running	运行后 After running	现状 Before running	运行后 After running	现状 Before running	运行后 After running
林地 Forest	4	6	327.53	308.44	0.27	0.35	0.71	0.67	0.49	0.51
耕地 Farmland	4	4	76.44	68.04	0.27	0.24	0.17	0.15	0.22	0.19
水域 Water area	2	2	30.03	29.56	0.13	0.12	0.07	0.06	0.1	0.09
建设用地 Construction land	5	5	26.41	54.37	0.33	0.29	0.06	0.12	0.2	0.21
合计 Total	15	17	460.41	460.41						

经现场调查，项目地块原状大部分面积地表被植被覆盖，水土流失轻微，确定水土流失背景值为 500 t · km⁻² · a⁻¹。

2 结果与分析

2.1 对空间结构影响

在野外实地调查的和卫片解译的基础上，结合评价区地表植被覆盖现状和植被立地情况，可将评价区划分为以下 4 种土地利用类型及景观生态类型：乔木林地、耕地、水域和建设用地。乔木林地 为针叶林和针阔混交林。水域包括梅潭河及其支流、鱼塘，耕地包括果园、菜地和旱地。建设用地主要为公路用地和住宅用地。

从表 6 中得知，施工前，评价区林地拼块数为 4，总面积 327.53 hm²，密度 0.27，景观比例 0.71，优势度 0.49，各个指标值都大于其他其他用地类型，说明此用地类型是评价区的模地，决定景观系统的生态特征，是评价区生态环境质量的主导因素。水域面积 30.03 hm²，占评价区面积 7%，耕地面积 76.44 hm²，占评价区 17%。林地和水域优势度和为 0.59，在评价区发挥着显著的生态效益，以上说明该评价区开发程度不高。

工程实施后，研究区土地利用格局发生一定变化，由于工程区、营造区和弃土场的建设影响，各地类面积大小和数目均发生不同程度的改变，其优势度值相应变化。水域主要变化类型为鱼塘，

面积减少 0.46 hm²；林地面积变化最大，面积减少 19.09 hm²，但优势度因拼块的数目增加而增大；耕地面积减少 8.40 hm²，主要变化为旱地、果园和菜地，分别减少 5.32、2.91、0.17 hm²。建设用地因道路建设增加 27.96 hm²，优势度由 0.20 变为 0.21，略有增加。从变化后的优势度值来看，林地依然是评价区生态特征主导地类，林地和水域优势度值为 0.60，对评价区生态功能发挥积极作用。可见，工程实施和运行对研究区自然体系的景观空间结构影响不大。

2.2 对植被型和植物多样性影响

评价区地带性植被为南亚热带常绿阔叶林，原生森林植被由于受人类活动长期干扰，已不复存在。

本工程评价区有自然植被和栽培植被两个类型，针叶林、阔叶林、灌丛和灌草、草本和间作 5 个植被型组，暖性针叶林、暖性针阔混交林、竹林、灌草丛、大田作物、蔬菜和农果间作 7 个植被型（表 7）。

次生针叶林在评价区分布最广，优势种为马尾松（*Pinus massoniana*）– 桃金娘（*Rhodomyrtus tomentosa*）– 芒箕（*Gleichenia linearis*），面积占整个评价区 66%，郁闭度为 0.85，乔木层优势树种为马尾松，灌木层桃金娘居多，草本以芒箕为主。马尾松平均高度 12 m，平均胸径 15.8 cm；第二层主要包括桃金娘、梅叶冬青（*Ilex asprella*）、

表 7 评价区植被型
Tab.7 Vegetation Types of assessment area

类别 Type	植被型组 Vegetation group	植被型 Vegetation	面积 /hm ² Area	所占比例 Ratio	分布地段 Location
自然植被 Natural vegetation	针叶林 Coniferous	暖性针叶林 Warm coniferous	305.43	0.770	工程区两侧 Both sides of the project area
		暖性针阔混交林 Coniferous and broad-leaved mixed	20.69	0.050	工程区两侧 Both sides of the project area
	阔叶林 Broadleaf	竹林 Bamboo	4.22	0.010	梅潭河及支流两侧 Both sides of the Meitan River and the tributaries
	灌丛和灌草 Shrub and Herb	灌草丛 Shrub and Herb	16.94	0.040	沟谷 Valley
栽培植被 Cultivated vegetation	草本类型 Herb	大田作物型 Field crop type	39.72	0.100	民宅旁 Near the house
		蔬菜作物 Vegetable crop type	0.59	0.001	民宅旁 Near the house
	间作类型 Intercropping type	农果间作型 Farm and fruit intercropping	11.32	0.030	民宅旁 Near the house

表 8 群落物种多样性、生物量和净生产量
Tab.8 Community species diversity, biomass and net production

植被型 Vegetation	物种多样性 Diversity	生物量 /(t · hm ⁻²) Biomass			净生产量 /(t · hm ⁻² · a ⁻¹) Productivity			物种 分布均匀性 Uniformity	群落 异质性 Heterogeneity	是否有 保护植物分布 Protecting plants
		合计 Total	乔木层 Trees layer	灌草层 Shrubs layer	合计 Total	乔木层 Trees layer	灌草层 Shrubs layer			
针叶林 Coniferous	2.5 ± 0.1	192.99 ± 16.97	190.75 ± 17.11	2.24 ± 0.13	3.60 ± 0.24	3.11 ± 0.26	0.5	0.79		否
									0.63	
针阔混 交林 Mixed	3.0 ± 0.1	215.22 ± 17.73	213.11 ± 17.82	2.09 ± 0.10	3.83 ± 0.21	3.33 ± 0.21	0.5	0.95		否

注：数据为平均值 ± 标准误差。Note: Data is mean ± standard error

九节 (*Psychotria rubra*)、算盘子 (*Glochidion puberum*) 灌木等，高度在 1 至 3 m 之间；第三层是草本藤本层，主要包括芒箕、乌毛蕨 (*Blechnum orientale*)、淡竹叶 (*Lophatherum gracile*)、金毛狗 (*Cibotium barometz*)、粽叶芦 (*Thysanolaena maxima*)、蔓九节 (*Psychotria serpens*) 等，覆盖度在 92%。草本和藤本种类较为丰富，灌木种类次之，第一层乔木种类最少。

从表 7 可知，次生叶林在评价区分布最广，面积最大，占整个评价区 66%，其优势种为马尾

松 (*Pinus massoniana*) - 桃金娘 (*Rhodomyrtus tomentosa*) - 芒箕 (*Gleichenia linearis*)，郁闭度为 0.85，乔木层优势树种为马尾松，灌木层九节居多，草本以三丫苦 (*Evodia lepta*) 为主，第一层乔木由马尾松、荷木 (*Schima spp.*)、鸭脚木 (*Schefflera octophylla*)、枫香 (*Liquidambar formosana*) 组成，平均高度 13.5 m，平均胸径 9.5 cm；第二层主要包括九节、红背山麻杆 (*Alchornea trewioides*)、梅叶冬青、九节、算盘子灌木等；第三层是草本藤木层，主要包括乌毛蕨、淡竹叶、

金毛狗等。样方灌木种类较为丰富，草本和藤本次之，第一层乔木种类最少。

从表 8 可知，评价区域范围内的两个群落多样性中等，针阔混交林多样性大于纯针叶多样性，物种分布比较均匀，植被的生物量不高，由于纯针叶林从中龄林向成熟林发展，净生产力较针阔混交林高，最后达到物种多样性和生物量最大，两个群落结构相似较高，针叶林群落结构将向针阔混交群落结构演替发展，从物种多样性、生物量以及净生产力来看，评价范围内的植被群落结构相对较稳定而且遭到破坏后也比较容易恢复。

道路的建设不可避免的对评价区的植被造成一定的影响，主要体现在工程建设和运营期对山体的破坏，临时性和永久性地占用林地，施工及运营期所形成的尘埃会对植物发育、对植被的演替带来不利的影响。本项目施工后，针叶林面积减少 17.45 hm²，占评价区针叶林总面积的 5.71%，针阔混交林面积减少 1.64 hm²，占评价区阔叶混交林总面积 7.9%，大田作物面积减少 5.33 hm²，占 13.41%，蔬菜作物面积减少 0.17 hm²，占 28.81%，果园面积减少 2.9 hm²，占 25.61%，对地类在面积变化有一定影响，种类没有改变。

评价区植物种类数量较少且常见，区域优势树种和建群种主要为马尾松，周围也未发现珍贵濒危植物，群落异质性指数为 0.63，物种种类和数量差异不明显，所以工程只会造成一定物种数量的减少，不会使某一个物种消失。

2.3 对动物多样性影响

在评价区内，调查记录的陆生脊椎动物种数为 38 种，隶属 12 目 21 科，其中包括哺乳动物 8

种，鸟类 11 种，爬行动物 10 种，两栖动物 9 种。

在记录到的 38 种野生动物中，分布有 2 种国家 II 级重点保护野生动物，包括：虎纹蛙（*Hoplobatrachus chinensis*）、褐翅鸦鹃（*Centropus sinensis*）；还有 1 种属于广东省重点保护野生动物，即沼蛙（*Boulengerana guentheri*）。

道路建设施工期和运营期都会对评价区的动物生存活动造成影响。在施工期，路基的铺设需要开挖山体以及人为的抓捕动物，直接造成动物个体的死亡或者损伤，地形地貌、光照强度、空气湿度、水源流向等改变而引起周边微气候变化，间接地对动物生存繁殖栖息地和摄取食物造成影响；在运营期，动物会逐渐适应新的环境，由于环境的破碎化形成的“孤岛”阻碍动物迁徙与繁殖，来往车辆极易与动物发生碰撞而造成伤亡同时，携带外来入侵种增加生态入侵风险。本次调查中，大部分动物种类常见，分布广泛，工程建设会对动物分布和数量产生一定影响，但不会造成动物种类减少和灭绝。

2.4 对水质影响

本项目主要涉及地表水体梅潭河及其支流，沿线桥梁有两座，涵洞 31 道。大埔大桥横跨梅潭河。除此之外，路线还经过一些小溪。梅潭河在评价区河段平均宽为 120 m，平均河深 2 m，平均流量为 45 m³/s，相应流速 0.19 m/s。水样检测结果见表 9。

从结果来看，高锰酸盐达到 II 级标准，悬浮物（SS）达 III 类标准（原因是采样期为雨期，短时超标），其他指标都达到了 I 级标准。综合评价 W 值为：河流 W 值为 0.93，水质优。

表 9 梅潭河水质实测值
Tab.9 Water quality value of meitan river

指标 Index	实测值 Value	指标 Index	实测值 Value
pH	6.98	化学需氧量 COD	9
悬浮物 Suspended Solids	26	溶解氧 Dissolved oxygen	8.03
五日生化需氧量 BOD	2 L	氨氮 Ammonia nitrogen	0.295
高锰酸盐 Permanganate	2.8	石油类 Petro	0.04 L

注：L 表示监测结果低于方法检出限。
Note: L represent that the monitoring result is lower than the method detection limit.

对水体影响的主要污染源有桥涵施工、施工营地作业、道路施工以及营运期路面雨水冲刷后形成的污水。主要污染物为SS。桥梁施工阶段影响最大,采取防护措施的情况下,桥梁施工排放的SS对下游水体的最大增值为9.60 mg/L,经过1 km扩散后,最大增值为3.04 mg/L(推算来源于环评影响报告),加上背景值,最后水体SS浓度为29.04 mg/L,属于Ⅲ类水体,施工结束后,水体恢复正常。

2.5 对土壤退化影响

道路建设工程对土壤环境的影响主要体现在对土壤层次、土壤质地结构和土壤肥力的影响。

根据对已建或在建的类似工程与本工程之间的特性、施工工艺、项目区的气候条件、地形地貌、土壤、植被及水土保持状况等进行比较分析筛选。根据以上计算出评价区平均侵蚀模数约1 597.21 t·km⁻²·a⁻¹(表10),属于轻度侵蚀。

2.6 综合评价

施工前,评价区以农田、果园、灌草和鱼塘等斑块为嵌合体,梅潭河及其支流、防火带为廊道,森林为基质背景形成森林景观。林地,是该区生态特征的主导地类。现存群落为处于早期演替阶段次生针叶林和小面积的针阔混交林群落;林地优势树种为马尾松,物种多为本地常见种,

生物多样性相对较丰富,群落结构比较稳定,生物量中等,生产力差,未发现重点保护物种;河流水质为优级;土壤侵蚀强度为微度。从表11中可见,施工前评价区生态环境质量综合指数EI_a为0.56,等级为良,施工后,评价区生态特征依然由林地主导,生物多样性、生产力以及水土保持和水源涵养功能在整个评价区内受到影响不大;施工后EI_b为0.50,等级为一般,从变化值来看,公路的建设对公园生态环境质量影响有明显变化。其中道路建设对山体的破坏,弃土弃渣对林地的占压,使评价区土壤结构、肥力等产生一定不利影响,影响显著,而这一影响也成了区内环境质量变化的主要原因。

3 讨论

工程会对广东五虎山森林公园生态质量产生明显影响。其中,对景观优势度、植物多样性、动物多样性、水质的影响不明显;对生物量、生产力略有影响;对土壤退化因子产生显著影响。

公路建设会对区域景观格局、生态系统稳定性,环境质量造成影响。对景观影响一方面直接引起结构改变,从而造成与之匹配功能^[25]改变,表现在不同生态系统之间的能量、信息、物质流动受损,另一方面,工程对模地破坏和占用,会

表 10 工程各区土壤侵蚀模数和施工后侵蚀模数
Tab.10 Soil erosion modulus and erosion modulus after construction in various areas of the project

项目分区 Project zoning	面积 /hm ² Area	背景值 / (t · km ⁻² · a ⁻¹) Background value	侵蚀模数 / (t · km ⁻² · a ⁻¹) Erosion modulus	备注 Remarks
公路建设区 Highway construction area	5.20	500	59 600	剧烈侵蚀 Severe erosion
弃渣临时堆放场 Temporary waste dump	3.27	500	59 600	剧烈侵蚀 Severe erosion
施工营造布置区 Construction layout area	0.80	500	5 700	强烈侵蚀 Strong erosion
非项目区 Non project area	451.14	500	500	微度侵蚀 slight erosion
平均 Average			1 597.21	轻度侵蚀 Mild erosion

表 11 评价区生态环境质量变化
Tab.11 Changes in eco-environment quality in the assessment area

指标 Factor	施工前生态环境质量 Before construction		施工后生态环境质量 After construction		变化值 Change value (ΔEI)	
	指数值 value	质量等级 Grade	指数值 value	质量等级 Grade	变化值 Change value	变化等级 Grade
景观优势度 Landscape dominance	0.59	良	0.6	良	0.01	无明显变化
植物多样性 Plant diversity	0.36	一般	0.36	一般	0	无明显变化
动物多样性 Animal diversity	0.38	一般	0.38	一般	0	无明显变化
生物量 Biomass	0.48	一般	0.45	一般	-0.03	略有变化
生产力 Productivity	0.15	差	0.11	差	-0.04	略有变化
水质 Water quality	0.93	优	0.93	优	0	无明显变化
土壤退化 Soil degradation	0.81	优	0.38	一般	-0.43	显著变化
EI	0.56	良	0.50	一般	-0.06	明显变化

降低生态功能主导作用。各种生态系统经过不断演化，各种生物都有最佳适生区，公路建设通过改变生态因子，或直接影响，使得生物生存的生态环境和生物本身发生变化，改变了系统的营养结构，导致系统的功能发生变化，如果在其耐受范围，生态系统会通过自我反馈调节来维持平衡，当超出某一个体的耐受程度时，生物个体消失，造成生态系统降级或者灭绝。在本文中，工程施工会给评价区景观格局带来一定影响，但影响较小，同时施工前后，林地作为评价区主导地类没有改变。

公路建设对生态影响是一个复杂的过程，不是简单对要素影响叠加，而是各个因子互相制约互相作用形成新的平衡体系的反映，在这种情况下，找出影响最大因素，是评价的突破口，这有利于宏观综合评价追溯，也有利于治理恢复有的放矢。在本文中，公路建设因对山体破坏造成水土流失成为生态影响中主要影响因子，山体破坏造成动物栖息地丧失、径流方向改变等问题是今后生态监测的重点内容。

生态系统完整性是评价工作的出发点也是落脚点，核心集中表现在空间完整性和功能完整

性，而空间完整性的确定是当前生态影响评价难点，通过对影响区范围的调整就可能产生很多结果，局部的较大影响一旦放到大背景中，其影响甚至可以忽略不计，并不能很好地反映实际情况，而单纯从局部范围进行考虑却无疑夸大了影响程度^[26]。卓春晖^[27]提出通过各影响因素的评价空间尺度确定生态环境影响评价范围，成文连等^[28]依据项目类型给出了相应的评价范围，本文根据新导则以道路施工范围和当地地理环境确定评价范围，划分的准确性和全面性还有待进一步的研究和改进。

人类活动对自然产生生态影响开始可能很小，甚至是很不明显，但是经过长期的发展过程，将会对区域的整个生态系统产生毁灭性的影响^[5]，这反映了影响的隐蔽和累计性。在施工期，工程建设造成生态影响最大，在运营期，对生态逐渐恢复，产生影响也随之降低，但受边缘效应^[29]与岛屿效应^[30]影响，很快形成新的路域生态系统，会对其周边的生态系统结构功能产生影响，如生物入侵等生态问题。以时间为序列的动态影响评价将成为发展方向。

目前生态影响评价理论方法不够成熟，随着

生态文明建设不断深入,人们认识水平提高,网络大数据分析云计算平台搭建,互联网与生态建设融合^[31],实时监测数据在线分享,人工智能模拟等新方法应用,必然使得生态影响评价在实践中更加成熟,为建设美丽中国做出贡献。

参考文献

- [1] 毛文永. 生态影响评价概论[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2003: 125-153.
- [2] 李鹏, 郑桂灵. 建设生态文明 关注生态影响评价[J]. 科技创新导报, 2016(1): 74-75.
- [3] 中华人民共和国环境保护部. HJ/T19-1997 环境影响评价技术导则: 非污染生态影响[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 1997.
- [4] 中华人民共和国环境保护部. HJ19-2011 环境影响评价技术导则: 生态影响[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2011.
- [5] 董文福, 管东生. 浅论非污染生态影响评价[J]. 环境科学动态, 2003(1): 17-18.
- [6] 余艳红. 景观格局指数在生态环境影响评价中的应用: 以丽江至香格里拉铁路生态影响评价为例环境科学导刊[J]. 环境科学导刊, 2010, 29(2): 82-85.
- [7] 陈睿, 刘胜祥, 崔鸿. 景观生态学在非污染生态影响评价中的应用: 以托口水电工程为例[J]. 地球与环境, 2006, 34(2): 95-99.
- [8] 田红, 何晓静. 景观生态学在建设项目生态环境影响评价中的应用[J]. 四川环境, 2003, 22(4): 13-16.
- [9] 师利明, 罗德春. 公路生态环境影响评价的几种定量分析方法[J]. 中国公路学报, 1998(1): 44-53.
- [10] 王武坤, 邱媛. 公路的生态影响评价以省道S113高等级公路为例[J]. 科技资讯, 2008(2): 185-186.
- [11] 许日范, 韩忠辉, 李新华. 仲里大理岩矿采矿生态影响与环保措施[J]. 时代农机, 2016, 43(1): 155-156.
- [12] 唐鑫生, 陈兴龙, 方建新, 等. 汤屯高速公路沿线生态环境现状及其影响评价[J]. 黄山学院学报, 2004, 6(6): 99-102.
- [13] 何晋勇, 吴仁海, 陈新庚, 等. 非污染生态影响评价中的灵活性策略探讨: 以惠州抽水蓄能电站为例[J]. 环境保护, 2001(12): 25-26.
- [14] 连俊强, 吕秀枝, 杨燕丽. 基础设施建设对五台山风景名胜区的生态影响评价. 能源与节能, 2018(12): 90-92.
- [15] 彭少麟, 张祝平. 鼎湖山森林植被生物量、生产力和能量利用效率[J]. 中国科学, 1994, 24(5): 497-502.
- [16] 中华人民共和国环境保护部. HJ192-2015 生态环境状况评价技术规范[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2015.
- [17] 董汉飞, 曾水泉. 海南岛生态环境质量分析与综合评价[M]. 广州: 中山大学出版社, 1984: 4-10.
- [18] 杨众养, 陈宗铸, 杨琦, 等. 海南岛林下灌木层和草本层生物量估测方法的研究[J]. 热带林业, 2016, 44(1): 18-21.
- [19] 吴征镒. 中国植物[M]. 北京: 科学出版社, 1995: 143-149.
- [20] 国家环境保护总局, 国家质量监督检验检疫总局. GB3838-2002 地表水环境质量标准[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [21] 中华人民共和国水利部. SL63-94 地表水资源质量标准[S]. 北京: 水利电力出版社, 1994.
- [22] 中华人民共和国环境保护部. HJ-T91-2002 地表水和污水监测技术规范[S]. 北京: 水利电力出版社, 2002.
- [23] 广东省水利厅. 广东省第三次土壤侵蚀遥感调查报告[R]. 中国: 广东水利厅, 2007.
- [24] 中华人民共和国水利部. SL190-2007 土壤侵蚀分类分级标准[S]. 北京: 水利电力出版社, 2007.
- [25] 李锋. 景观生态学方法在荒漠化监测中应用的理论分析[J]. 干旱区研究, 1997, 14(1): 69-72.
- [26] 蒋立新, 蒋宏国. 非污染生态环境影响评价的若干问题探讨[J]. 湖南科技学院学报, 2005, 2(4): 101-105.
- [27] 卓春晖. 生态环境影响评价中评价范围和空间尺度问题探讨[J]. 环境科学, 2012(7): 25-27.
- [28] 成文连, 刘玉虹, 关彩虹等. 生态影响评价范围探讨[J]. 环境科学与管理, 2010, 35(12): 185-188.
- [29] MCDONALD R I, URBAN D L. Edge effects on species composition and exotic species abundance in the North Carolina Piedmont[J]. Biological Invasions, 2006, 8(5): 1049-1060.
- [30] 张红兵. 试论公路建设与生态孤岛效应[J]. 福建环境, 2002, 19(3): 41-42.
- [31] 黄娟, 石秀秀. 互联网与生态文明建设的深度融合[J]. 湖北行政学院学报, 2016(4): 63-68.