

公路边坡绿化的景观质量评价等级研究

胡 兴, 李 成 俊, 陈 璋, 张 琼 瑛, 庞 亮, 龙 凤

(四川大学 生命科学院, 四川 成都 610064)

摘 要:以景观三元框架及系统工程理论为依据,以美学、环境、功能三大类指标为主体公路边坡绿化景观质量评价指标体系,结合层次分析与灰色综合评价法,对成南高速公路边坡绿化工程不同标段内2个边坡的景观质量进行了系统评价。结果表明:边坡I(清泉-白果1 951 km+700 m处,海拔550 m)的绿化景观质量等级为良好,优于边坡II(冯店-仓上1 898 km+620 m处,海拔620 m)的中等,与实际情况相符,说明该构建的评价体系及质量等级划分方法科学可行,并能比较客观准确地反映公路边坡绿化的景观质量状况与等级,具有较强实用价值。

关键词:公路边坡绿化;景观三元论;层次分析;灰色综合评价;质量等级

中图分类号:S 731.8 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)12-0082-05

公路项目蓬勃兴起,在促进中国交通事业快速发展的同时,也给生态环境带来较大压力。特别是山区公路建设,势必形成大面积的裸露路堑边坡,不仅破坏原生植被,还改变了区域景观结构,导致局部环境恶化等一系列严重生态问题^[1]。如何针对异质性较强的公路边坡实施兼顾绿化效果与景观功能的防护措施,恢复坡面植物群落,减少水土流失^[2],提升路域景观质量,已逐渐成为行业共同关注的热点问题。

近年来,植被重建与工程防护措施相结合,恢复坡面生态系统良性循环的绿化技术已广泛应用于公路边坡^[3],通过植物群落的恢复,达到裸露坡面与路域环境协调的目的。长久以来,边坡稳定及绿化工艺等问题得到了普遍重视,但针对公路边坡绿化美学、生态等方面的景观质量评价研究开展较少^[4],且未考虑到系统性与完整性。在实际操作中,基本标准缺失使评价连贯性差,又相互冲突,造成路域景观跟不上公路建设的局面^[5]。现针对开展景观质量评价重要性日益突出的现状,构建科学合理的评价体系,准确定量边坡绿化的景观质量等级,以期为公路功能发挥与路域景观生态系统的建设和优化提供必要支持。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于四川盆地东部边缘的平原丘陵过渡地

带,气候温和、四季分明。多年年平均气温16.2℃,最热月(7月)平均气温25.4℃;最冷月(1月)平均气温5.6℃;年降水量1 000~1 200 mm;海拔302~550 m。受评对象为沪蓉高速成南段不同标段内2处砂岩边坡的绿化工程(坡向均为阴坡,坡度60°),边坡I位于成都境内清泉-白果1 951 km+700 m处,海拔550 m,面积约400 m²;边坡II位于德阳境内冯店-仓上1 898 km+620 m处,海拔620 m,面积约350 m²。成南高速全长215.43 km,公路沿线区域整体属于半湿润气候区,公路工程开工时间1999年,完工时间2002年。对象边坡均采用人工植被恢复的绿化方式,坡面开挖及植被恢复的施工时间与公路建设同期。

1.2 试验方法

1.2.1 评价指标筛选 公路边坡绿化不同于单纯的造景艺术,在包含美学、生态等传统内涵的同时又需要维持边坡稳定、保障交通安全畅通,是集艺术观赏性、稳定性及实用性于一体的综合系统。因其景观构成的多变性、人类作用的主导性、景观空间的多维性,指标的选择必须具有代表性、典型性和系统性^[6],才能构建科学合理的评价体系,达成多角度、不同层次综合反映景观质量的目的。从系统工程学的角度出发,公路边坡绿化景观可视为由绿化工程本身及其与环境相互作用、相互渗透构成,具有一定结构和功能的统一体^[7]。系统的结构与功能决定了其景观构成不是割裂的,评价指标不仅需要充分考虑景观的系统性和整体性,且能准确分析环境要素的变化。刘滨谊^[8]关于景观构成成为视觉景观形象、环境生态绿化、大众行为心理的景观三元论可以明确反映景观系统结构功能与动态特征本质。即通过以美学规律为原则的视觉感受通道,借助于物化了的景观环境形态,在人们的行为心理上引起所谓的鸟语花香、心旷神怡等反映。公路边坡绿化景观的视觉景观形象与美

第一作者简介:胡兴(1987-),男,贵州贵阳人,硕士,研究方向为路域景观生态评价。E-mail:alessandro76@126.com.

责任作者:龙凤(1983-),女,四川资阳人,博士,讲师,现主要从事生态恢复工程等研究工作。E-mail:phenix111@yahoo.com.

基金项目:国家科技支撑计划资助项目(2011BAK12B04);四川省科技支撑计划资助项目(2011FZ0118)。

收稿日期:2013-01-21

学有关,环境生态绿化与环境有关,大众行为心理与功能有关^[9]。因此,景观质量评价指标筛选需要从美学、环境、功能 3 个方面进行。

1.2.2 评价指标体系及权重 基于公路边坡绿化美学、环境、功能的景观三元素框架,依据调查研究法、目标分解法^[10],初选景观质量评价指标,再根据会内会外法^[11],以专家咨询表的定量和定性信息对其进行统计分析,如果有 1/3 以上的专家认为某项指标一般或不重要,该指标即被淘汰;对于权重很小的指标,并入相近指标中,最终结果经过园林设计、生态恢复及公路工程等相关学科专家咨询,直至 70% 以上的专家认同。据此建立公路边坡绿化景观质量评价影响因素集 U ,包括美学

U_1 、环境 U_2 、功能 U_3 3 类一级质量指标。美学特性下色彩美观度 u_{11} 、形态观赏性 u_{12} 、空间层次感 u_{13} 、体量尺度感 u_{14} 4 个单项指标,度量公路边坡绿化的观赏性等视觉景观形象;环境特性下边坡面坍塌率 u_{21} 、坡面产沙量 u_{22} 、植被盖度 u_{23} 等环境生态绿化类指标,反映公路边坡绿化景观系统的结构稳定性;功能特性下公众认同度 u_{31} 、安全感 u_{32} 、舒适感 u_{33} 等大众行为心理类指标,表征边坡绿化景观对行人的心理影响程度。采用层次分析 1~9 标度法^[12]判断同层次指标间的相对优劣程度,由上至下逐次确定判断矩阵,计算出公路边坡绿化景观质量评价指标权值及其特征见表 1。

表 1 公路边坡绿化景观质量评价指标特征及权值排序

Table 1 The weight values of the indexes of roadside slopes greening landscape quality evaluation and correspondent sequences

目标层	准则层	指标层	指标特征	权重
公路边坡绿化的景观质量 U	美学特性 U_1 0.4128	色彩美观度 u_{11}	表现色彩视觉冲击力及其变化节奏、动势,包括季相、韵律和绿期	0.3369
		形态观赏性 u_{12}	表现公路边坡绿化群落的外在形式美,包括线条、图案、体形	0.2833
		空间层次感 u_{13}	表现边坡绿化景观要素有秩序变化组合形成疏密有致的空间结构	0.2382
		体量尺度感 u_{14}	表现边坡绿化景观元素构成的景观相对周围环境的体量尺度对比	0.1416
	环境特性 U_2 0.3276	坡面坍塌率 u_{21}	反映公路边坡表面的稳定程度	0.2499
		坡面产沙量 u_{22}	反映公路边坡坡面的抗侵蚀能力	0.2226
		植被盖度 u_{23}	反映公路边坡坡面植被遮蔽覆盖程度	0.1767
		植物抗逆性 u_{24}	反映坡面群落耐瘠薄、病虫害等不良生境的综合能力	0.1403
		物种丰富度 u_{25}	反映公路边坡坡面群落类型及结构	0.1113
		乡土植物比例 u_{26}	反映公路边坡坡面群落的适应持久性	0.0992
	功能特性 U_3 0.2596	公众认同度 u_{31}	公众对公路边坡绿化的接受程度	0.3407
		安全感 u_{32}	反映边坡绿化在防眩光、视线诱导等方面对公路安全的贡献	0.2865
		舒适感 u_{33}	反映公路边坡绿化景观给人带来的舒适程度	0.2026
		自然协调感 u_{34}	反映公路边坡绿化景观与公路及周围自然景观的协调程度	0.1702

注:计算结果均通过一致性检验。

1.2.3 评价标准构建 公路边坡绿化的景观质量是从不同角度、不同层次各类指标的综合表征,采用定量与定性评价有机结合的综合评价方式可以更准确地度量景观质量等级。由于不同指标的量纲与类型不同,需要对其进行测度转换的无量纲处理,将定性描述与定量测值转化为归一化的数值,实现综合评价的目的。无量纲处理实际上就是一个分级打分的过程,即以评价标准分级表作为参照系,将景观质量各类指标按分级标准赋值。在评价指标体系的基础上,参考相关研究^[9-11,13-16]及专家意见,结合公路边坡绿化工程的特征与实际情况,将划分评价指标为优、良、中、合格、差 5 个等级。评价指标分级量化标准见表 2。

1.3 数据分析

该文原始数据来源于受评对象成南高速不同标段内 2 处边坡 2011 年度的现场调查与原位监测。其中坡面产沙量与坡面坍塌率 2 项指标为对象边坡绿化工程的动态观测数据,物种丰富度选择香农-威纳指数,其余植被盖度、乡土植物比例等环境生态绿化类定量指标采用样地群落调查法测定^[16];诸如季相、绿期等色彩美观度指标数据获取于坡面群落的物候调查记录,形态观赏性、空间层次等视觉景观形象指标与植物抗逆性则依据

坡面植物群落稳定建成后各个季节的综合表现,组织 30 位相关领域专家根据评价标准直接打分赋值;公众认同度、安全感等大众行为心理类指标则采取调查问卷的评价形式,向专家及司机、乘客各 30 名发放,共计 90 份,回收率 100%。3 类评价主体所占权重值为 0.45、0.35、0.20。原始数据采集整理完成后,按指标分级标准对绿期、坡面产沙量与植被盖度等定量指标赋值,测度转化后完成无量纲处理。数据统计分析软件为 Microsoft Excel。

1.4 多层次灰色综合评价

公路边坡绿化景观由定量与定性指标综合表征的特性,造成其质量等级很难被完全真实反映,这就导致了评价信息不够确切完备,同时各指标并不是相互独立的,它们之间的关系不明确,但的确存在,从本质上讲,就是一种灰色关系^[17],因此运用灰色系统理论综合评价公路边坡绿化的景观质量非常适合。多层次灰色评价^[18]常将同一层次各种不同类型的信息,升华到更高的层次,形成一种定量中有定性,定性中有定量的灰概念,从而对景观质量的特定状态作出全貌的定量观察与评价。

表 2

公路边坡绿化景观质量评价指标分级标准

Table 2

The rules for grading the indexes of roadside slopes greening landscape quality evaluation

评价指标	分级标准与赋值/分				
	优(90~100)	良(80~90)	中(70~80)	合格(60~70)	差(50~60)
色彩美观度	季相变化非常明显 色彩搭配非常协调 270~300 d	季相变化明显 色彩搭配协调 240~270 d	季相变化较明显 色彩搭配较协调 210~240 d	有一定季相变化 色彩搭配一般协调 180~210 d	无明显季相变化 色彩搭配杂乱 150~180 d
形态观赏性	单株、群落造型非常优美, 观赏性非常强	株群造型优美, 观赏性强	株群造型较优美, 观赏性较强	株群造型一般, 观赏性尚可	株群造型差, 观赏性较差
空间层次感	多层垂直郁闭群落	水平郁闭群落	稀疏型群落	低矮型群落	空旷型群落
体量适宜性	比例非常合适, 景观空间效果极佳	比例合适, 景观空间效果好	比例较合适, 景观空间效果良好	比例适宜, 景观空间效果一般	比例失调, 景观空间效果差
坡面坍塌率/%	破损 0~2	破损 2~5	破损 5~10	破损 10~20	破损 20~40
坡面产沙量/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$	<1	1~1.5	1.5~2.5	2.5~5	5~10
植被盖度/%	90~100	80~90	70~80	60~70	50~60
植物抗逆性	生长状况极佳, 无病虫害现象	生长状况好, 基本无病虫害	生长状况较好, 病虫害较少	生长状况尚可, 病虫害控制效果一般	生长状况差, 病虫害严重
物种丰富度	0.9~1.0	0.8~0.9	0.6~0.8	0.4~0.6	0.2~0.4
乡土植物比例/%	55~60	50~55	45~50	40~45	35~40
公众认同度	非常认同	认同	比较认同	勉强接受	无意义
安全感	乔木+灌木	乔木	灌木	花丛+地被	草地
舒适感	边坡绿化使行人轻松舒适, 心情很愉悦	行人轻松舒适, 心情愉悦	行人较为轻松舒适, 心情较愉悦	行人未感到不适, 情绪稳定	行人心情变差, 焦躁不安
自然协调感	绿化与周围环境充分融合, 非常协调	统一协调,自然程度高	融合度较高,比较协调	未破坏公路及周边环境, 稍显生硬	不协调,很生硬

1.4.1 指标数值标准化及样本评价信息矩阵构造 整理综合专家的评定意见与指标实测值,对原始信息矩阵进行归一化处理,求得测度转换后的样本信息构成评价矩阵。以边坡 I 的基层指标形态观赏性 u_{12} 为例,由 30 位专家的评价信息构成的评价样本矩阵为 $D^k = \delta_{ij} l^k = (80 \ 80 \ 85 \ \dots \ 90 \ 85)$ 。

1.4.2 评价灰类、灰数与白化权函数 对应公路边坡绿化景观“优”、“良”、“中”、“合格”、“差”5 个质量等级,并将评价灰类向优方向延拓一类,称为“更优类”,共设定 $e(e=1,2,3,4,5,6)$ 个评价灰类。具体灰数 \otimes_e 与白化权函数 $f_e(\delta_{ij} l)$ 形式见刘思峰等^[19]基于改进三角白化权函数的灰评估新方法。

1.4.3 灰色评价系数、权向量计算及权矩阵 评价者主张基层指标 u_{ij} 属于第 e 灰类的灰色评价系数为 X_{ije} ,属各评价灰类的总灰色评价数为 X_{ij} ,计算公式(1)、(2):

$$X_{ije} = \sum_{l=1}^p f_e(\delta_{ij} l) \quad (1);$$

$$X_{ij} = \sum_{e=1}^g (X_{ije}) \quad (2)。$$

则有 $X_{121} = 0$; $X_{122} = 0 + 0 + 0.5 + \dots + 1 + 0.5 = 10.5$; $X_{123} = 1 + 1 + 0.5 + \dots + 0 + 0.5 = 19.5$; $X_{124} = 0$; $X_{125} = 0$; $X_{126} = 0$, $X_{12} = 0 + 10.5 + 19.5 + 0 + 0 + 0 = 30$ 。

1.4.4 灰色评价权向量及权矩阵 评价者就形态观赏性 u_{12} ,主张受评系统边坡 I 属第 e 个灰类的灰色评价权记为 r_{ije} ,则有 $r_{121} = X_{121}/X_{12}$, $r_{12} = (r_{121}, r_{122}, \dots, r_{126})$ 。综合指标 u_{1j} 属各灰类的灰色评价权向量 r_{1j} ,构建美学质量 U_1 对于各评价灰类的灰色评价权矩阵

$$R_1 = \begin{pmatrix} r_{11} \\ r_{12} \\ r_{13} \\ r_{14} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 0.3777 & 0.6001 & \dots & 0 \\ 0 & 0.3500 & 0.6500 & \dots & 0 \\ 0 & 0.2167 & 0.7833 & \dots & 0 \\ 0 & 0.3677 & 0.6333 & \dots & 0 \end{pmatrix}。$$

2 结果与分析

2.1 基于 AHP-多层次灰色综合评价的公路边坡绿化景观质量综合评价

综合评价边坡 I 景观美学质量 U_1 ,结果记作 B_1 , $B_1 = A_1 \cdot R_1$, A_1 为 U_1 下属指标权向量,则 $B_1 = (0.3369 \ 0.2833 \ 0.2382 \ 0.1416) \cdot R_1 = (0.3299 \ 0.6626 \ 0.0075 \ 0 \ 0)$,同理得 $B_2 = (0.0707 \ 0.4553 \ 0.3846 \ 0.0894 \ 0 \ 0)$, $B_3 = (0 \ 0.3358 \ 0.6642 \ 0 \ 0 \ 0)$; 则受评系统边坡 I 的绿化景观质量 $B = A \cdot R = A \cdot (A_1 \cdot R_1, A_2 \cdot R_2, A_3 \cdot R_3)^T = (0.4128 \ 0.3276 \ 0.2596) \cdot R = (0.0232 \ 0.3725 \ 0.5719 \ 0.0324 \ 0 \ 0)$ 。对此进一步处理,使 B 单值化,将各评价灰类的等级权向量按“灰水平”赋值,即 $C = \{100, 90, 80, 70, 60, 50\}$,则边坡 I 景观综合评价值 $Z = B \cdot C^T = 83.9$ 。同理得边坡 II 美学、环境、功能层次值及景观质量综合评价值,结果见表 3。

据最大隶属原则可知,边坡 I 的绿化景观质量属于第 3 灰类的灰色评价权值最大,较边坡 II 高出一个质量等级,为良好。边坡 II 的绿化景观质量综合分值相对较低,仅为 72.1,其属第 4 灰类的评价权值最大,质量等级为中等。2012 年 10 月受评边坡的实地观测结果显示,边坡 I 绿化景观效果仍较为理想,坡面植被盖度、组成与生长状况比较令人满意,坡面表层防护与泥沙侵蚀控制

效果良好,较高的环境生态绿化水平赋予景观美学与功能相对稳定的物质结构基础;色彩、体量及层次等景观元素搭配合理,结构有序,错落有致,视觉景观效果突出;坡面景观自然度高,与周边环境比较协调,对公路交通功能稳定发挥的贡献明显,景观宜人舒适,公众认可度较高。边坡 II 局部坡面需要后期构造维护,沟蚀与垮塌现象明显,群落结构不甚稳定;生长状况不佳造成视觉景观形象不甚理想;评价数据显示的功能特性也差于边坡 I。上述情况产生的原因可能在于不同的工程措施及立地条件差异造成坡地环境不一致,因此影响坡面景观系统的稳定性,从而降低了景观美学与功能特性。

2.2 公路边坡绿化景观美学质量等级

视觉景观形象决定了边坡绿化的观赏性,美学评价需从人类视觉效果感受出发,利用美学规律,拆分与组合坡面景观元素构成,综合判定色彩、形态、层次等是否组合有序、与周围环境协调的程度。视觉形象缺损必然导致边坡绿化的景观功能丧失,因此,美学特性是景观质量的直接体现,其权重值最大,较环境、功能特性对景观质量更为重要。由表 3 可知,边坡 I、II 绿化景观的美学特性属于第 3 灰类、第 4 灰类的灰色评价权值最大,据最大隶属原则,其质量等级分别对应良好与中等。综合分值为 83.2 与 71.3。样地调查结果显示,边坡 I 绿化效果保持较好,坡面群落高低起伏,结构疏密开合,错落有致;色彩丰富调和,浓淡、明暗、冷暖等对比适宜且富有冲击力;植物体型及线条比较优美,图案搭配合理,坡面绿化景观尺度适中,与公路及周边环境比例协调,视觉敏感度较高,总体景观形象波澜起伏,丰富多彩,变化多端。边坡 II 的绿化美学特性表现尚可。动态观测数据显示其绿期较长,季相变化较为明显丰富,但色彩搭配协调程度一般;植株造型及组合无明显特点,搭配方式比较合理,整体形态观赏性不够突出;坡面群落为稀疏型结构,有一定空间层次感但不甚强烈;坡面绿化景观与路域比例合理度不高,相对环境周围体量较小,缺乏应有的视觉冲击力,总体而言其视觉景观形象有一定特点,但不够突出丰富。

表 3 对象边坡绿化景观质量层次与综合评价值

Table 3 The synthetic evaluation value and its level of greening landscape quality of target roadside slope

对象	类别	分值	各灰类的灰色权系数					
			1	2	3	4	5	6
边坡 I	美学	83.2	0	0.3299	0.6626	0.0075	0	0
	环境	85.7	0.0707	0.4552	0.3847	0.0894	0	0
	功能	83.4	0	0.3358	0.6642	0	0	0
	景观	83.9	0.0232	0.3725	0.5719	0.0324	0	0
边坡 II	美学	71.3	0	0	0.2239	0.6825	0.0936	0
	环境	72.0	0	0	0.2943	0.6122	0.0935	0
	功能	73.4	0	0.0083	0.3076	0.6841	0	0
	景观	72.1	0	0.0022	0.2687	0.6599	0.0692	0

2.3 公路边坡绿化景观环境质量等级

公路边坡的环境生态绿化与景观构成的稳定程度

直接相关,评价需以自然和生态原则为依据,结合景观环境生态效应的长久性、动态性及系统性,将公路边坡绿化工程及其与周边自然环境相互作用、相互交织、相互渗透构建的景观系统,视为具有特定结构功能和动态特征的统一体来进行。因此景观环境质量主要从坡面防护、水土流失控制、群落结构 3 个方面体现。据表 3 评价结果显示,边坡 I 的景观环境质量综合分值 85.7,最大灰色评价权值属于第 2 灰类,质量等级为优,说明该坡面景观系统结构稳定,自主循环更新的动态特征水平比较高。坡面覆盖率实测值达到 80% 以上,植被恢复效果与生长状况优秀,乡土物种比例与多样性指数等指标均处于较高水平,群落结构稳定,持续性强;坡体表面无塌陷垮塌等现象,整体稳定性好;坡面径流含沙量少,水土涵养效应较为明显。边坡 II 景观环境质量属于第 4 灰类的灰色评价权值最大,综合分值 72.0,质量等级较边坡 II 低 2 个等级,仅为中等。2012 年 10 月的坡面植被盖度实测值为 70%,较初始评价数值下降 4%,表明边坡 II 景观环境质量不甚稳定,存在退化趋势。植被总体生长状况一般,局部出现枯黄、萎蔫等现象,物种多样性及乡土植物种类较少,群落结构层次不够稳定;此外,坡顶部分位置出现滑坡等失稳现象,总体稳定性尚可;坡面沟蚀及冲蚀痕迹较多,侵蚀控制效果不明显。

2.4 公路边坡绿化景观功能质量等级

公路边坡绿化景观功能评价基于人类的心理精神感觉,即景观视觉形象通过光的反射,引起人们生理和心理感应,从而产生诸如协调或者舒适愉悦之类的精神满足。包括坡面绿化对公路交通安全的贡献及对人们活动行为的关怀程度、对用路者心理感受的影响等。由表 3 可知,边坡 I、II 绿化景观质量功能特性的最大灰色评价权值分属第 3 灰类、第 4 灰类,综合分值 83.4 与 73.4,质量等级分为良好与中等。对象边坡的实测结果显示,边坡 I 在景观视觉效果突出的基础上,带给评价者安全舒适、协调愉悦的精神感知,公众认可度较高。结合评价结果与坡面现场调查,边坡 II 因绿化效果不佳造成景观功能缺失,因而大多数评价者认为其意义不甚明显,精神含义不够丰富,缺乏行为心理上美的享受与体验,未能完全发挥公路边坡绿化对路域景观的改善作用;此外还存在着边坡绿化景观不够协调,与周边环境未能充分融合,僵硬感明显之类问题,但总体效果尚在可接受范围内,存在较大提升空间。

3 结论

该课题组于 2012 年 10 月再次对受评边坡的实地观测结果显示,边坡 I 运营状况稳定;景观效果颇佳,边坡 II 存在后期管理养护投入过大的问题,景观质量不甚突出。与边坡 I、II 绿化景观质量等级分别为良好、中等,综合分值为 83.9、72.1 的评价结果相吻合。说明该研究构建的评价指标体系及方法应用于公路边坡绿

化景观质量等级的定量评价是比较合理的,具有较强适用性。研究同时表明,由于公路边坡绿化的生物发展属性较强,其景观效应稳定持续至少在工程结束 1 a 后,此时对其评价才能有比较准确的结果。

公路边坡绿化景观涉及面宽、不确定因素多,运用多层次灰色综合评价可快速描述其质量特征,并获得数值化的优劣次序及综合评价分值。解决了公路边坡绿化景观质量评价等级无法准确定量的问题,相对其它方法可操作性更强。目前,灰色理论评价景观质量的探索刚刚起步,但却是一种具有重要潜力的新尝试。随着公路边坡绿化工程研究的深入,景观评价指标选择和模型构建还需要不断优化,并力求在实践中朝着综合、系统的方向发展完善。

该研究在景观三元论及系统工程理论的基础上,构建基于美学、环境、功能指标框架的评价体系综合反映公路边坡绿化的景观质量,具有一定的现实意义。值得注意的是,片面追求诸如视觉效果之类的单方面效益而忽视景观系统的整体性,达不到改善公路边坡绿化景观质量的目的。同时,需要深入探索公路边坡绿化工程的本质特征与变化机制,实现对景观效果动态变化趋势的科学分析和预测,以利于边坡绿化的综合管理与宏观调控,构建宜人的路域景观,促进公路边坡绿化技术的发展。

参考文献

- [1] 陈红,魏凤虎.公路生态系统评价指标体系构建方法研究[J].中国公路学报,2004,17(4):89-92.
- [2] 张俊云,周德培.厚层基材植被护坡植物选型设计研究[J].水土保持

持学报,2002,16(4):163-165.

- [3] Li S C, Sun H L, Yang Z R, et al. Root anchorage of *Vitex negundo* L. on rocky slopes under different weathering degrees [J]. Ecological Engineering, 2007, 30(6): 27-33.
- [4] 贾致荣,张玮.公路边坡植被恢复质量评价指标及方法研究[J].水土保持通报,2008,8(1):115-118.
- [5] 陈秀波,周克强.黑龙江省哈大高速公路景观评价体系研究[J].北方园艺,2012(2):101-103.
- [6] 付毅.高等级公路景观评价方法研究[D].长春:吉林大学,2005.
- [7] 龙凤,李绍才,孙海龙,等.岩石边坡生态护坡效果评价指标体系及应用[J].岩石力学与工程学报,2009,28(5):3095-3101.
- [8] 刘滨谊.现代景观规划设计[M].南京:东南大学出版社,2005.
- [9] 王军锋.道路景观评价指标体系研究[D].西安:长安大学,2005.
- [10] 徐学珍,赵尘.云南公路建设环境影响评价指标体系研究[J].森林工程,2006,22(1):31-34.
- [11] 雷孝章,土金锡,彭沛好.中国生态林业工程效益评价指标体系[J].自然资源学报,1999,2(4):175-182.
- [12] 许树柏.层次分析法原理[M].天津:天津大学出版社,1998.
- [13] 孙海涛.北京市公路绿化景观功能评价体系研究[D].北京:北京林业大学,2008.
- [14] 沈毅,晏晓林.公路路域生态工程技术[M].北京:人民交通出版社,2009.
- [15] 中国标准出版社第一编辑室.水土保持国家标准汇编[M].北京:中国标准出版社,2011.
- [16] 胥晓刚,杨冬生,胡庭兴,等.建立坡面植被恢复群落质量评价体系的探讨[J].水土保持学报,2004,18(2):189-191.
- [17] 刘思峰,郭天榜,党耀国,等.灰色系统理论及其应用[M].北京:科学出版社,1999.
- [18] 邓聚龙.多维灰色规划[M].武汉:华中理工大学出版社,1989.
- [19] 刘思峰,谢乃明.基于改进三角白化权函数的灰评估新方法[J].系统工程学报,2011,26(2):244-250.

Research on the Grades of Landscape Quality Evaluation on Roadside Slopes Greening

HU Xing, LI Cheng-jun, CHEN Zhang, ZHANG Qiong-ying, PANG Liang, LONG Feng
(College of Life Science, Sichuan University, Chengdu, Sichuan 610064)

Abstract: Based on the Tribalism of Landscape and System Engineering Theory, an index system of landscape quality evaluation on a basis of three main indexes, i. e. aesthetics, environment and function were established. The system was combination of Analytic Hierarchy Process (AHP) and Grey Evaluation Method and applied to 2 different cases in different sections of Chengnan Expressway. The results showed that slope category I (From Qingquan-Baiguo 1 951 km+700 m, altitude 550 m) had a grade of good and the grade of slope category II (From Fengdian-Cangshan 1 898 km+620 m, altitude 620 m) was intermediate, which was fitted with actual fact. It stated that the evaluation and grade system established in this paper were scientific and feasible, could present precisely the qualities and grades of roadside slope greening and had strong practical value.

Key words: roadside slope greening; tribalism of landscape; Analytic Hierarchy Process (AHP); grey evaluation method; quality grades