

珠海淇澳岛红树林声景观评价

武 锋¹, 郑松发¹, 陆钊华^{1*}, 朱宏伟²

(1. 中国林业科学研究院 热带林业研究所, 广东 广州 510520; 2. 广东省林业调查规划设计院, 广东 广州 510520)

摘 要:为充分发挥红树林的生态功能和提高红树林的旅游价值,以珠海淇澳岛红树林为研究对象,基于城市声景观评价和森林美景度的研究理论,采用层次分析法对该红树林的声景观做出评价。结果表明,不同学历、不同年龄段人群在声景观指标的评价上存在显著差异($p<0.05$);珠海淇澳岛红树林声景观美学指数为 7.254,属于较美等级(Ⅱ级);声音的音高、频率及声景观类型的相对丰富度是影响该保护区红树林声景观美学指数的重要因素。为红树林声景观的设计和建设提供理论依据。

关键词:红树林;声景观评价;层次分析法

中图分类号:S718.5 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2014)06-0234-06

Evaluation on Soundscape of Mangrove on Qi'ao Island, Zhuhai

WU Feng¹, ZHENG Song-fa¹, LU Zhao-hua^{1*}, ZHU Hong-wei²

(1. Research Institute of Tropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Guangzhou, Guangdong 510520, China;

2. Guangdong Forestry Survey and Planning Institute, Guangzhou, Guangdong 510520, China)

Abstract: In order to maximize the ecological functions and improve the tourism value of mangroves, taking the mangrove on Qi'ao island of Zhuhai as the study subject and based on the research theories of urban soundscape and scenic beauty of the forests, the soundscape of mangrove was evaluated by using analytic hierarchy process (AHP). The results showed that there were significant differences among people from different education backgrounds and age groups on the evaluation of the soundscape indicators ($p<0.05$). The aesthetic index of mangrove soundscape on Qi'ao island of Zhuhai was 7.254, belonging to the limit of more beautiful (Ⅱ). The pitch, sound frequencies and relative abundance of soundscape were the important factors, which affected the aesthetic index of mangrove soundscape. The finding from this study could provide a theoretical basis to design and construct the soundscape of mangrove.

Key words: mangrove; evaluation of soundscape; AHP

红树林指生长在热带、亚热带低能海岸潮间带上木本植物群落总称。它们一般都有着郁闭致密的林冠,发达的支柱根和气生根以及强大的渗透吸水 and 透气能力的外貌结构或者生理特征。红树林的服务价值主要表现在:有机物生产、原材料的供给、栖息地服务、促淤保滩、废物处理服务、文化教育旅游服务^[1]。目前红树林的研究主要集中在红树林的恢复、生态系统健康以及红树林的发展与全球气候

变化等宏观方面,其次是以红树林的光合特性、耐盐性机制等分子生态学的微观方面^[2]。在红树林生态美学方面研究甚少,国内至今仅有叶丹^[3]对广西滨海的红树林景观美学做过评价。听觉美是红树林生态美评价的重要内容之一,在红树林景观研究和设计的领域中,除要研究视觉景观之外,应该加强对声景观要素的研究和设计。本研究拟从声音方面对珠海淇澳岛红树林声景观做出评价。

收稿日期:2014-01-22 修回日期:2014-03-13

基金项目:国家科技支撑计划专题(2009BADB2B0404);国家自然科学基金(41176084)。

作者简介:武锋,男,在读硕士,研究方向:景观评价和生态美学。E-mail:wufengcaf@163.com

* 通信作者:陆钊华,男,副研究员,博士,研究方向:森林培育学。E-mail:13822211511@163.com

20 世纪 70 年代,加拿大作曲家、音乐教育家莫雷·沙弗尔(R. M. Schafer)首次提出了“声景观”(soundscape)的概念^[4],是相对于 Landscape(视觉的风景)的声音风景,Soundscape 意指用“耳朵捕捉的风景”或者“听觉的风景”,是景观发展探索的新领域。目前,国内对声景观的研究侧重于城市公园、广场等休闲场所的景观评价和设计^[5-9]。随着人们认识的提高,声景观研究在森林生态学中慢慢掀起,成为了森林景观资源重要组成部分,对森林声景观资源进行客观评价成为景观经营的重要内容。红树林的声景观研究为创造优美环境、引导景观林建设和健康经营提供主要理论基础和技术手段,也是以生态文明托起美丽中国环境之美的重要内容之一。淇澳岛红树林保护区不仅是我国为数不多的湿地保护区,更是一块休闲、度假的风景区,每年来岛上旅游的乘客络绎不绝。有鉴于此,本研究利用层次分析法对该岛红树林声景观进行评价,确定红树林声景观的等级,以及影响红树林声景观的重要因素,为红树林声景观的建设提供理论依据,也增加了森林旅游的内容。

1 材料与方法

1.1 研究地概况

淇澳岛红树林湿地自然保护区位于珠海市西北部(22°23′40″—22°27′38″N,113°36′40″—113°39′15″E),是国内人工恢复连片面积最大的红树林和全国少有的紧靠城市中心区的红树林之一。其中真红树有 10 科 13 属 15 种^[10]。其中以无瓣海桑(*Sonneratia apetala*)为主,另外还有面积较大的秋茄

(*Kandelia candel*)、老鼠勒(*Acanthus ilicifolius*)、海芒果(*Cerbera manghas*)、水黄皮(*Pongamia pinnata*)、桐花树(*Aegiceras corniculatum*)等植物群落。红树林内主要动物为谭氏泥蟹(*Ilyoplax deschampsii*)、无齿螳臂相手蟹(*Chiromantes dehaani*)、双齿近相手蟹(*Perisesarma bidns*)等蟹类^[11]和弹涂鱼(*Periophthalmus cantonensis*)。在红树林内观光调查可以清晰的听到鸟叫声、风声、潮水声、人群嬉戏声等,声音种类丰富,音调变化不一。

1.2 研究方法

1.2.1 层次分析法 (Analytic Hierarchy Process, AHP) 为了定性或定量地分析某个决策,将与决策有关的元素分解成目标、准则、指标等层次。其基本思想是将决策问题按总目标、各层子目标、评价准则直至各个指标的顺序分解为不同的层次结构,然后用求解判断矩阵特征向量的办法,求得每一层次各元素对上一层次某元素的优先权重,最后再用加权的方法递阶归各指标对于总目标的最终权重,最终确定指标权重的总排序。运用层次分析法做决策分析一般经过 5 个步骤:1)建立梯阶层次结构,2)构造比较判断矩阵,3)层次因素单排序数值计算,4)一致性检验,5)层次总排序^[12]。

1.2.1.1 指标体系的建立 根据层次分析法在环境保护及评价的应用,参照陈飞平^[13]等提出的森林声景观评价指标体系,将其分为 *T*、*P*、*C* 3 个层次。其中,*T* 层为目标层,即红树林声景观等级;*P* 层为实现总目标层的 3 个准则层;*C* 层为指标层,即为得到目标层评价的各个指标,共 11 项(图 1)。

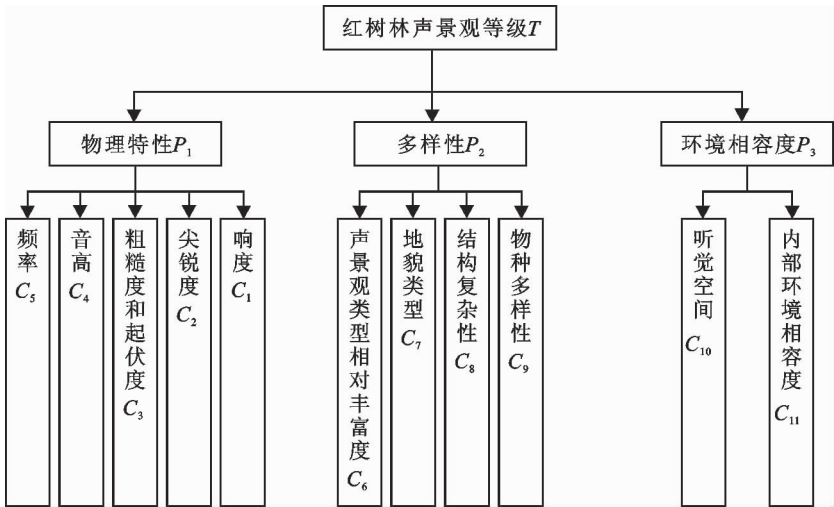


图 1 红树林声景观评价体系

Fig. 1 The evaluation system of mangrove soundscape

1.2.1.2 构造各层的判断矩阵并确定个指标的权重 采用图 1 所示的递阶层次结构后,对于每一层元素可依次相对于与之有关的上一次元素的表述性质,进行两两比较,从而建立一系列的判断矩阵。

显然在判断矩阵 A 中 $a_{ij} > 0, a_{ij} \times a_{ji} = 1, a_{ii} =$

1,判断矩阵 A 是一个正交矩阵,其两侧关于对角线对称位置上的元素互为倒数,在每次判断时只需要做 $n(n-1)/2$ 次判断,一般人区分信息等级的极限能力为 7 ± 2 ,AHP 在对指标的相对重要性进行评判时,引入九分位的比例标度(表 1)^[14-16]。

表 1 相对重要性标度

Table 1 Relative importance of scale									
A 指标比 B 指标	很重要	很重要	重要	略重要	同等	略次要	次要	很次要	极次要
A 指标评价价值	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9
备注	取 8、6、4、2、1/2、1/4、1/6、1/8 为上述评价的中间								

为了使评价指标权重值具有科学性、代表性和较高的可信度,分别邀请了相关行业的 5 位专家进行互不干扰的独立判断,从而得出 5 种判断矩阵。根据群组 AHP 理论,对获得的 5 组判断矩阵进行综合评判。

取: $\lambda_1=\lambda_2=\lambda_3=\lambda_4=\lambda_5=1/5$

$$a_{ij}=\lambda_1 a_{ij1}+\lambda_2 a_{ij2}+\lambda_3 a_{ij3}+\lambda_4 a_{ij4}+\lambda_5 a_{ij5} \quad (1)$$

$$i,j=1,2,3\cdots n$$

得到一个综合判断矩阵(表)2。

表 2 $T-P_1 \sim P_3$ 矩阵的判断

Table 2 The judgment of matrix $T-P_1 \sim P_3$			
T	P_1	P_2	P_3
P_1	1	3	4
P_2	1/3	1	3
P_3	1/4	1/3	1

求得最大特征根 $\lambda_{\max} = 3.073$,相应的特征向量

表 3 平均随机一致性指标 RI 取值

Table 3 RI values table of random consistency index									
n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.44	1.45

表 4 各判断矩阵排序结果

Table 4 Results of every judgment matrix									
T	P_1		P_2		P_3		λ_{\max}	CI	RI
W	0.614		0.268		0.117		3.073	0.037	0.58
P_1	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	λ_{\max}	CI	RI	CR
	0.093	0.075	0.160	0.199	0.473	5.150	0.038	1.12	0.034
P_2	C_6	C_7	C_8	C_9	λ_{\max}	CI	RI	CR	
	0.520	0.201	0.201	0.078	4.043	0.014	0.90	0.016	
P_3	C_{10}	C_{11}	λ_{\max}	CI	RI	CR			
	0.667	0.333	2	0.000	0	0.000			

$$CR=\frac{\sum_{j=1}^3 a_j CI_j}{\sum_{j=1}^3 a_j CR_j}$$

$$=\frac{0.614 \times 0.038+0.268 \times 0.14+0}{0.614 \times 1.12+0.268 \times 0.90+0}=0.066 < 0.10$$

(4)

$W=(0.614,0.268,0.117)$,其中 3 个分量为准则层 P 中 3 个元素的(P_1 、 P_2 、 P_3)的权重。根据检验判断矩阵的一致性公式可得:

$$CI=(\lambda_{\max}-n)/(n-1)=(3.073-3)/(3-1)$$

$$=0.0365$$

(2)

查一致性指标 RI (表 3),当 $n=3$ 时, $RI=0.58$ 。则其一致性比率 CR 为

$$CR=CI/RI=0.0365/0.58=0.063 < 0.10$$

(3)

显然, $T-P$ 矩阵具有满意的一致性,故 W 中的权重可以使用。

同理用方根法^[17] 计算其他各层的元素的判断矩阵,并检验一致性,最终确定各指标权重(表 4)。

1.2.1.3 总目标层的权重 在得出各判断矩阵单排序结果后,根据 AHP 法总排序原理,求出各评价指标对总目标“红树林声景观等级”的排序权重值(表 5)。

表 4 中各单矩阵的 CR 值和总矩阵(表 5)的 CR 值都小于 0.1,表明各判断矩阵的结果具有令人满意的一致性,不需要做调整。

1.2.2 调查方法 于 2013 年 6—7 月在珠海市淇澳岛红树林保护区发放调查问卷 200 份,回收有效调查问卷 186 份,调查的内容有游客的基本信息(性

表 5 评价指标排序结构
Table 5 Structure of evaluation index

评价 指标 C_i	W_{pi}			总排序
	P_1	P_2	P_3	
	0.614	0.268	0.117	
$W_{\alpha} \sim P_j$				
C1	0.093	0	0	0.057
C2	0.075	0	0	0.046
C3	0.160	0	0	0.098
C4	0.199	0	0	0.122
C5	0.473	0	0	0.290
C6	0	0.520	0	0.140
C7	0	0.201	0	0.054
C8	0	0.201	0	0.054
C9	0	0.078	0	0.021
C10	0	0	0.667	0.078
C11	0	0	0.333	0.039

别、年龄、学历、职业)和红树林声景观评价体系主观指标(森林声音的响度、尖锐度、粗糙度和起伏度、音高、频率、地貌类型、结构复杂性、听觉空间、内部环

表 6 指标评判
Table 6 Judgment of index

指标层	8~10 分(含 8、10 分)	6~8 分(含 6 分)	4~6 分(含 4 分)	1~4 分(含 1 分)
响度	最适宜	较适宜	适宜	不适宜
尖锐度	音高剔透、中音结构均匀	高中低音结构适中	高中低音结构一般	声音尖锐刺耳
粗糙度和起伏度	声音松弛、舒服、放松、悦耳之感强烈	声音给人比较松弛、放松的感觉	声音松弛感不明显	声音尖硬
音高	声音自然感强	声音自然感较强	声音自然感一般	声音自然感较差
频率	高、中频充分,听起来有强烈的活力感	高、中频适中,听起来比较有活力感	高、中频不够,声音活力感不明显	声音听起来沉闷
地貌类型	极为丰富的地貌类型	丰富的地貌类型	地貌类型	较为一般地貌类型单一
结构复杂性	很复杂	较复杂	复杂	简单
听觉空间	极大	大	一般	小
内部环境相容度	极好	很好	一般	不融合

表 7 不同学历声景观指标的评价
Table 7 Evaluation of Soundscape from different educational background

组别	响度	尖锐度	粗糙度和起伏度	音高	频率	地貌类型	结构复杂性	听觉空间	内部环境相容度
1	7. 79±1. 39a	7. 91±1. 52a	7. 91±1. 21a	7. 91±1. 01a	7. 91±1. 60a	7. 38±1. 74a	6. 56±1. 37a	7. 02±1. 75a	6. 88±2. 33a
2	6. 88±1. 50b	7. 00±1. 64b	7. 67±1. 61a	7. 52±1. 71a	7. 49±1. 19ab	7. 00±2. 50ab	5. 75±2. 37a	6. 65±1. 58a	7. 27±1. 67a
3	7. 18±1. 04ab	6. 79±1. 35b	7. 32±1. 54a	6. 86±1. 86b	7. 04±1. 80b	5. 93±2. 37c	5. 57±2. 14a	6. 55±1. 67a	7. 06±1. 01a
4	7. 10±1. 31b	7. 09±1. 41b	7. 25±1. 28a	7. 51±1. 34a	7. 16±1. 26ab	6. 25±1. 67bc	6. 01±1. 72a	6. 62±1. 30a	7. 60±1. 31a
5	7. 39±0. 74ab	7. 19±1. 03ab	7. 59±0. 83a	7. 57±1. 22a	7. 31±0. 87ab	6. 11±1. 56bc	5. 39±1. 67a	6. 67±1. 09a	7. 14±1. 19a

注:1 代表初中以下学历;2 代表高中/中专学历;3 代表大专学历;4 代表本科学历;5 代表研究生学历;数据为平均值±标准差,每一列中不同的字母表示不同学历之间声景观指标的差异性($p<0. 05$)。

2.2 不同年龄段人群声景观指标的评价

不同年龄段人群对声景观指标的评价结果(表 8)表明,在声音的响度以及粗糙度和起伏度上各组数据无显著差异。在声音的尖锐度方面,A 组与 B、C、F 3 组组差异显著,且得分明显大于这 3 组。在音高方面除过 E 组,A 组与其他各组差异显著。声

境相容度)。确定定性结果(表 6),给出评分标准。

1.3 数据处理及统计分析方法

数据在 Excel2010 统计软件中进行整理和计算。在 SPSS18.0 统计软件中进行 One-way ANOVA 方差分析和 LSD 多重比较($p=0. 05$)

2 结果与分析

2.1 不同学历人群对声景观指标的评价

不同学历人群对声景观指标的评价结果(表 7)表明,除内部环境相容度指标外,组 1 各指标的得分高于其他各组。在声音的响度方面,组 1 的得分最高,组 2 和组 4 的得分最低,且都与组 1 存在显著差异。在音高方面,组 3 的得分最低,与其他各组均存在显著差异。在声音的频率指标上,仅有组 1 和组 3 差异显著,其他各组之间无显著差异。在声音的粗糙度和起伏度、林分结构复杂性、听觉空间、环境相容度方面,各个组别的评价无显著差异。

音的频率中仅 A 组与其他各组存在显著差异,其他各组之间相互无差异。A 组在声音的响度、尖锐度、音高、声音的频率、听觉空间的大小上得分高于其他各组。B 组在声音的尖锐度、粗糙度和起伏度、声音的频率、地貌类型、听觉空间和环境相容度方面得分最低。

表 8 不同年龄段声景观指标得分

Table 8 Scores of soundscape from different ages

组别	响度	尖锐度	粗糙度和起伏度	音高	频率	地貌类型	结构复杂性	听觉空间	内部环境相容度
A	7.63±1.85a	7.92±1.58a	7.73±1.20a	8.42±1.33a	8.36±1.42a	7.88±1.73a	7.02±1.59ab	7.25±1.46a	7.49±2.16ab
B	6.92±0.91a	6.60±1.39c	7.17±1.23a	7.13±1.46bc	7.03±1.20b	5.82±2.23c	5.51±2.30cd	6.36±1.55b	6.78±1.54b
C	7.43±1.28a	6.95±1.59bc	7.43±1.48a	7.50±1.58bc	7.11±1.49b	5.98±1.92c	5.30±1.77d	6.66±1.46ab	7.30±1.32ab
D	7.18±1.15a	7.32±1.28ab	7.30±1.23a	7.10±1.54bc	7.44±1.25b	6.47±1.94bc	6.24±1.72abc	6.53±1.51ab	7.35±1.50ab
E	7.40±1.47a	7.33±1.19ab	7.75±1.70a	7.88±1.63ab	7.39±1.26b	6.72±2.13abc	5.67±2.01bcd	6.99±1.42ab	7.78±1.62a
F	6.92±1.38a	7.05±1.11bc	7.63±1.15a	6.93±1.57c	7.15±1.75b	7.14±1.89ab	7.16±1.55a	7.01±1.30ab	7.70±1.27a

注:A 代表≤20 年龄段;B 代表 21~25 年龄段;C 代表 26~30 年龄段;D 代表 31~45 年龄段,E 代表 36~40 年龄段;F 代表≥40 年龄段;数据为平均值±标准差,每一列中不同的字母表示不同年龄段之间声景观指标的差异性($p<0.05$)。

2.3 红树林声景观等级评价

综合计算 186 份有效问卷对 9 个定性指标的评分,求其平均分。其中定量指标,声景观类型的相对丰富度 C_6 用相对丰富度指数 R 的 10 倍值来表示:

$$R=m/M_{\max}\times100\%$$
 (5)

式中: R 为相对丰富度指数; m 为声景观中现有的景

观类型数; M_{\max} 为最大可能的声景观类型总数。物种多样性 C_9 得分用植物物种多样性指数 $0.864^{[18]}$ 的 10 倍值来代替 11 个指标的得分值乘以对应的权重,再求总和得到红树林声景观美学指数得分值为 7.254(表 9),根据表 $10^{[15]}$ 的内容可知红树林声景观美学等级为Ⅱ级,属于较美等级。

表 9 红树林声景观各指标权重以及各指标的平均得分

Table 9 Weights and mean score of mangrove soundscape index

指标 C_i	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}	C_{11}
权重 a_i	0.057	0.046	0.098	0.122	0.290	0.140	0.054	0.054	0.021	0.078	0.039
得分 b_i	7.202	7.122	7.468	7.412	7.337	7.500	6.511	6.672	8.640	6.710	7.327

红树林声景观美学指数

$$S=\sum_{i=1}^{11}a_ib_i=7.254$$

表 10 森林声景观美学等级划分标准

Table 10 Aesthetic standards of forest soundscape

森林声景观美学等级	声景观美学指数	备注
I	9~10	很美
Ⅱ	7~9	较美
Ⅲ	6~7	一般
Ⅳ	3~6	较差
Ⅵ	1~3	很差

3 结论与讨论

不同学历、不同年龄段的人群在声景观指标的评价中存在显著差异,在声音的物理特性指标中声音的尖锐度、音高、频率的评价中差异最为明显。淇澳岛红树林声景观美学指数得分为 7.254,属于较美等级。在所有的评价指标中声音的响度、尖锐度、粗糙度和起伏度、音高、频率、环境相容度的得分都在 7 分以上,说明该片红树林内高中低音结构适中,声音自然感较强,听起来比较有活力能给人以松弛的感觉,同时林内的声音能和保护区内红树林视觉景观很好的融合,给人带来一种美的享受。声音的音高、频率及声景观类型的相对丰富度指标权重明显高于其他指标,且这 3 个指标的权重总和占到整个评价体系指标权重之和的 55.2%,故它们是影响红树林声景观等级的主要因素。

在审美的场合,自变量始终是审美情景,因变量指情景在审美主体心里引起的情感反应。审美的即时情势和远缘情势两者的合力成为情景和反应之间的中介桥梁。不同学历和不同年龄的人群由于个人情况、社会经历等不同,形成不同的审美定势,对相同的外界刺激,产生的情感、认知、意向是不同的。其欣赏声音的角度也不同,在评价声景观的指标上出现了差异,陈飞平^[19]的研究也指出不同年龄、不同文化程度的人对声音的偏好不同。针对一些评价得分较低的指标,如林分结构复杂性和听觉空间,在今后声景观设计中应该注意增加林分的垂直和水平结构,同时在声源比较弱的地方减少物体设置,开拓听觉空间。由于音高、频率、声景观类型相对丰富度是影响声景观等级的重要因素,在今后的声景观设计中应该丰富声音的类型,同时突出自然的声音,增加游客和自然声音的接触机会,尽可能的培育和保留自然声音元素。

本研究是对红树林各种声音做综合判断,今后可针对单一声源对人的主观影响做出评价,另外,可研究视觉与声感受的符合程度对声感受的影响,以便更完善地对声景观做出评价,更好地发挥森林声景观的服务功能。

参考文献:

[1] 赵晟,洪华生,张珞平,等. 中国红树林生态系统服务的能值价值[J]. 资源科学,2007,29(1):147-154.
ZHAO S,HONG H S,ZHANG L P, *et al.* Emergy value of mangrove ecosystem services in China [J]. Resources Science, 2007,29(1):147-154. (in Chinese)

[2] 林鹏. 中国红树林研究进展[J]. 厦门大学学报:自然科学版, 2001,40(2):592-603.
LIN P. A review on the mangrove research in China[J]. Journal of Xianmen University: Natural Science,2001,40(2):592-603. (in Chinese)

[3] 叶丹. 广西滨海防护林景观美学评价与建设[D]. 南宁:广西大学,2010.

[4] 吴颖娇. 声景观评价方法和典型区域声景观研究[D]. 杭州:浙江大学,2004.

[5] 葛坚,陆江,郭宏峰,等. 城市开放空间声景观形态构成及设计研究[J]. 浙江大学学报:工学版,2006,40(9):1569-1573.
GE J,LU J,GUO H F, *et al.* Research on structure of sound-scape in urban open spaces and its design method[J]. Journal of Zhejiang University:Engineering Science,2006,40(9):1569-1573. (in Chinese)

[6] 郭宏峰,李辉. 声景观设计及其在景观规划中的应用—以嵊州艇湖水城的声景观设计为例[J]. 华中建筑,2007(3):149-151.
GUO H F,LI H. Soundscape design and its application in the landscape design—taking soundscape design of Tinghu Water City in Shengzhou as an example[J]. Huazhong Architecture, 2007(3):149-151. (in Chinese)

[7] 毛建西,王增欣. 基于声生态学的城市景观设计策略探讨[J]. 环境科学与技术,2006(1):94-96.
MAO J X,WANG Z X. Discussion of urban landscape design based on acoustic ecology[J]. Environmental Science & Technology,2006(1):94-96. (in Chinese)

[8] JIAN G, MIN G, MIAO Y. Soundscape of the West Lake scenic area with profound cultural background—a case study of evening bell ringing in Jingci Temple, China[J]. Journal of Zhejiang University Science A: Applied Physics & Engineering, 2013,14(3): 219-229.

[9] 孙崑崑,朴永吉,朱文倩. 城市公园声景分析及 GIS 声景观图在其中的应用[J]. 西北林学院学报,2012,27(4):229-233.
SUN Y Y,PIAO Y J,ZHU W Q. Analysis of soundscape in urban parks and applications of GIS soundscapegraphy[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2012,27(4): 229-233. (in Chinese)

[10] 廖宝文,管伟,章家恩,等. 珠海市淇澳岛红树林群落发展动态研究[J]. 华南农业大学学报,2008,29(4):59-64.
LIAO B W,GUAN W,ZHANG J E, *et al.* Studies on dynamic development of mangrove communities on Qi’ao Island, Zhuhai[J]. Journal of South China Agricultural University, 2008,29(4):59-64. (in Chinese)

[11] 黄建荣,刘启智,赵一臣,等. 珠海淇澳岛红树林蟹类区系[J]. 生态环境学报,2011. 20(4):730-736.
HUANG J R,LIU Q Z,ZHAO Y C, *et al.* The crab fauna in the mangrove of the Qi’Ao Island, ZHuhai[J]. Ecology and Environmental Sciences, 2011,20(4):730-736. (in Chinese)

[12] 刘扬,杨玉楠,王勇. 层次分析法在我国小城镇分散型生活污水处理技术综合评价中的应用[J]. 水利学报,2008,39(9): 1146-1150.
LIU Y,YANG Y N,WANG Y. Application of analytic hierarchy process in comprehensive evaluation of decentralized domestic wastewater treatment in small town [J]. Journal of Hydraulic Engineering,2008,39(9):1146-1150. (in Chinese)

[13] 陈飞平,廖为明. 森林声景观评价指标体系构建的探讨[J]. 林业科学,2012,48(4)56-60.
CHENG F P,LIAO W M. Construction of an evaluation index system on the forest soundscape[J]. Scientia Silvae Sini-cae,2012,48(4)56-60. (in Chinese)

[14] 汪应洛. 系统工程[M]. 2 版. 北京:机械工业出版社,2003: 130-140.

[15] 杨尚英. 秦岭北坡森林公园综合评价模型研究[J]. 西北林学院学报,2006,21(1):136-138.
YANG S Y,A study on the model of comrehemsive assessment on forest parks on north slope of Qinling Mountains[J]. Journal of Northwest Forestry University,2006,21(1):136-138. (in Chinese)

[16] 郑秋露,廖景平. 基于层次分析法的园林景观评价—以华南植物园龙洞琪林为例[J]. 西北林学院学报,2013,28(6):210-216.
ZHENG Q L, LIAO J P, Landscape evaluation based on AHP: a case study of Longdongqilin at south China Botanical Garden[J]. Journal of Northwest Forestry University,2013, 28(6):210-216. (in Chinese)

[17] 曹茂林. 层次分析法确定评价指标权重及 Excel 计算[J]. 江苏科技信息,2012(2):39-40.

[18] 王树功,郑耀辉,彭逸生,等. 珠江口淇澳岛红树林湿地生态系统健康评价[J]. 应用生态学报,2010,,2(2):391-398.
WANG S G,ZHENG Y H PENG Y S, *et al.* Health assessment of Qi’ao Island mangrove wetland ecosystem in Pearl River Estuary[J]. Chinese Journal of Applied Ecology,2010, 21(2):391-398. (in Chinese)

[19] 陈飞平,廖为明. 基于问卷调查法的森林声景观评价研究[J]. 生态经济,2011(1):160-161.
CHEN F P,LIAO W M. Based on questionnaire evaluation of the forest soundscape [J]. Ecological Economy,2011(1):160-161. (in Chinese)