

基于旅游干扰的历山自然保护区游径附近 森林群落生态环境承载力

牛莉芹¹, 王紫彦¹, 王垚垚¹, 王 峥², 程占红²

(1. 山西财经大学资源环境学院, 太原 030006; 2. 山西财经大学文化旅游学院, 太原 030031)

摘要: 以历山自然保护区为研究案例地, 多角度构建了游径附近森林群落生态环境承载力的评价指标体系; 运用双向指示种分类法研究了旅游干扰下不同森林群落的类型特征, 尤其是识别了其临界类型; 基于除趋势对应分析法, 提取了每个样地的综合生态信息, 构建和测算了其生态距离与生态环境承载力; 最后, 分析了森林群落生态环境承载力及其指标与各地理因子之间的相关性。结果表明: (1) 历山自然保护区游径附近森林群落可分为7个类型: 无一年生植物—多幼苗—多地上芽组、无一年生植物—幼苗最多—无地上芽组、无一年生植物—无地上芽—地下芽最多组、少一年生植物—无地上芽—无地下芽组、一年生植物最多—幼苗居中—多地上芽组、多一年生植物—少幼苗—无灌木组、少一年生植物—幼苗最少—灌木较低组。(2) 森林群落生态环境承载力测算结果显示: 有33个样地处于生态环境承载力“未超载”状态, 有7个样地处于“超载”状态, 超载率为17.07%。(3) 局部来看, 评价森林群落生态环境承载力的大部分指标(灌木盖度、乔木景观重要值、灌木景观重要值、高位芽重要值比值、地面芽重要值比值以及幼苗量)与坡度之间存在显著或极显著的关系, 与其他地理因子的相关性不明显。然而, 总体来看, 生态环境承载力与各地理因子之间却未呈现出明显的相关性; 森林群落的生态环境承载力与其评价指标体系中的群落垂直和水平结构的大部分指标(乔木层盖度、草本层盖度、乔木景观重要值和草本景观重要值)显著相关, 与生活型比例中的少部分指标(地上芽重要值比值和一年生重要值比值)显著相关。

关键词: 历山自然保护区; 游径; 森林群落; 生态环境承载力

生态文明建设是关系中华民族永续发展的根本大计。党的“十八大”以来, 中国着力解决与经济社会发展相伴生的生态环境问题, 生态文明建设取得显著成效。而自然保护区作为生态保护与生态建设的先行区和示范区, 在中国生态文明建设中始终发挥着核心载体的作用。然而, 近年来由于生态旅游的过度开发, 游客规模激增, 已经对自然保护区游径附近的森林植被造成严重的负面效应, 阻碍了森林植被系统的良性循环。在构建自然保护区新发展格局的背景下, 实现自然保护区游径附近森林植被生态环境承载力的科学评估成为亟待解决的现实问题。

随着经济社会的快速发展, 人类社会系统与自然生态系统矛盾日益凸显, 通过生态环境承载力的测定, 从而判断区域是否可持续发展受到学术界广泛关注。从研究内容来看, 区域生态系统承载力、大气、水资源和土地生态系统承载力一直是学者们研究的热点^[1-5]; 从研究对象和尺度来看, 学者们分别从省域、城市群、市域、县域、流域和特定功能区^[6-10]等多维度入手展开生态承载力研究; 在评价指标方面, 主要涉及生态足迹、生

收稿日期: 2022-01-10; 修订日期: 2022-11-28

基金项目: 国家自然科学基金项目(41571141); 山西省科技战略研究专项(202104031402061, 202104031402065)

作者简介: 牛莉芹(1976-), 女, 山西吕梁人, 博士, 教授, 研究方向为环境生态学。E-mail: nlq1976@126.com

通讯作者: 程占红(1972-), 男, 山西新绛人, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向为生态旅游。

E-mail: chengzhanhong@163.com

态压力指数、生态效率以及生态协调系数等相关指标^[11]；从研究方法来看，三维生态足迹模型、主成分分析法、DPSIR模型、系统动力学等各类数学模型备受学者们青睐^[12-14]。

森林生态系统作为陆地上最大的生态系统，在固碳释氧、维护生态系统多样性方面起着重要作用。当前，对于森林生态系统的研究集中于不同空间尺度的森林生态服务功能价值评估、效益测算、碳汇功能测算等多个方面^[15-19]，也有学者关注森林生态系统水源涵养、文化服务、固碳释氧等特定功能的评估^[20,21]。研究方法既涉及替代工程法、碳税法、市场经济法等常见的方法，也有学者应用ArcGIS等空间数据分析法对森林生态系统的功能进行评价^[22,23]。此外，还有部分学者探讨了横头山、张家界、蒙山、香山以及鹞峰等国家森林公园的生态承载力问题^[24-26]。由此可见，森林生态系统作为人类生存发展的重要组成部分，备受学术界关注，相关研究成果也颇为丰硕。

总体来看，当前，国内外学者已经围绕森林生态系统和生态环境承载力展开多角度研究，研究体系日趋完善。但通过梳理过往文献不难发现，当前，关于生态环境承载力的研究更多将着力点放在量化指标上，整个评价的指标体系带有宏观性，尤其是从生态环境方面构建的指标中缺少反映植物生态过程的指标；从研究对象来看，多以宏观区域或特定的森林公园为主，以自然保护区为研究对象的相关成果还很少见，尤其缺乏从自然保护区各个自然要素的角度来探讨。鉴于此，本文选取历山自然保护区为研究案例地，在构建游径附近森林群落生态环境承载力评价指标体系的基础之上，从数量生态学的综合视角出发对森林群落的生态环境承载力展开剖析，以期能够促进历山自然保护区的生态管理与可持续发展。

1 研究方法 with 数据来源

1.1 取样调查

历山自然保护区是国家级自然保护区，地处山西省南部的垣曲、阳城、沁水和翼城四县交界处，地理坐标为111°51'10"~112°5'35"E、35°16'30"~35°27'20"N。该自然保护区地处亚热带向暖温带过渡区，相对湿度为70%，年降水量为600~800 mm，总面积24200 hm²，森林覆盖率80.9%，有华北地区面积最大、保存最为完整的原始森林，享有华北地区珍贵物种基因库的美誉。森林生态系统作为野生动植物保护网络之一，实现对重点野生动植物的有效保护。本文以历山自然保护区森林群落生态环境承载力为研究对象，在该自然保护区的游径附近设置两处采集点，均为受旅游干扰较大的地点（图1）：（1）在舜王坪旅游活动中心区50 m处、游径处和公路处进行采集，同时，从舜王坪山顶到山下，随海拔高度每垂直下降30 m，在游径附近也进行采集，这样共设置20个样地；（2）在峡谷地带，从女英峡入口到舜王劈石景点附近，每间隔100 m设置一个样地进行采集，共设置21个样地。两处采集点共设置41个样地。

森林群落的采集面积为10 m×10 m，灌木群落采集面积为4 m×4 m，草本群落采集面积为1 m×1 m，对于测量的生态数据，均取其平均值。在具体调查过程中，首先，记录各样地的位置、海拔高度、坡度、坡向、坡形和坡位（表1）；其次，测量和记录植被层、植物种的各种生态学指标，包括乔木多度、胸径和高度，灌木和草本的种名、高度、盖度等生态学信息；最后，记录样地内垃圾数量、石块、践踏程度、枯枝落叶层厚度、乔木死枝下高、幼苗量及折枝损坏现象等指标。海拔高度与坡度采用的是历山实地测量的数据。坡向用朝东为起点（0°）为原始值，数据处理时采取每45°为一个区间的划

分等级制的方法,用小写数字表示,分别对其进行赋值。其中,在坡向上,依次将北坡、东北坡、东坡、东南坡、南坡、西南坡、西坡、西北坡分别赋值为数字1~8;在坡位上,依次将平坡、下坡、中坡、上坡分别赋值为1~4;在坡形上,依次将凹坡、平地、线坡、凸坡分别赋值为1~4。

1.2 指标体系的构建

在参考借鉴前人研究成果的基础上^[27-31],本文最终决定从森林群落垂直结构、森林群落水平结构、生活型比例和森林群落更新能力四方面构建历山自然保护区游径附近森林群落生态环境承载力评价体系(图2)。具体来看,森林群落垂直结构由乔木层盖度、灌木层盖度、草本层盖度3个分指标构成;森林群落水平结构则通过优势种的重要值来描述不同种群在群落中的水平分布,具体由乔木景观重要值、灌木景观重要值、草本景观重要值3个分指标构成;生活型比例由5个分指标构成,分别为高位芽重要值比值、地上芽重要值比值、地面芽重要值比值、地下芽重要值比值和一年生重要值比值;森林群落更新能力则用乔木幼苗量1个分指标来估算,这样共计12个分指标,分指标具体计算方式见表2^[32]。

1.3 测算分析方法

1.3.1 森林群落的生态环境承载力测算

基于选取的12个分指标结合历山41个样地的野外调研数据,构成12×41维的数据矩阵。本文依托生态学多元数据分析软件Canoco,利用双向指示种分析法(Two-Way Indicator Species Analysis, TWINSpan)和除趋势对应分析法(Detrended Correspondence Analysis, DCA)对森林群落的生态环境承载力与样地间的生态距离进行测算。

首先,应用双向指示种分析法对数据矩阵进行计算并分类,在此基础上,识别临界阈值类型;其次,应用除趋势对应分析综合生态信息,并将41个样地的前两个排序轴值作为坐标值,并以此来计算41个样地各自同原点之间的生态距离,具体计算公式如下^[32]:

$$\text{生态距离} = \sqrt{(X_i - X_0)^2 + (Y_i - Y_0)^2} \quad (1)$$

$$\text{群落的生态承载力} = \frac{\text{每个样方与原点之间的生态距离}}{\text{临界样方与原点之间的生态距离}} \quad (2)$$

式中: X_i 、 Y_i 分别为样方 i 在 DCA 第一、二轴上的坐标值; X_0 、 Y_0 分别为原点值。

1.3.2 相关性分析

利用 SPSS 软件和皮尔逊指数,分析森林群落的生态环境承载力及其各评价指标与各地理因子之间的相关性。其中,地理因子包括:海拔、坡度、坡向、坡形和坡位等。具体数据处理方法见文献^[30]。

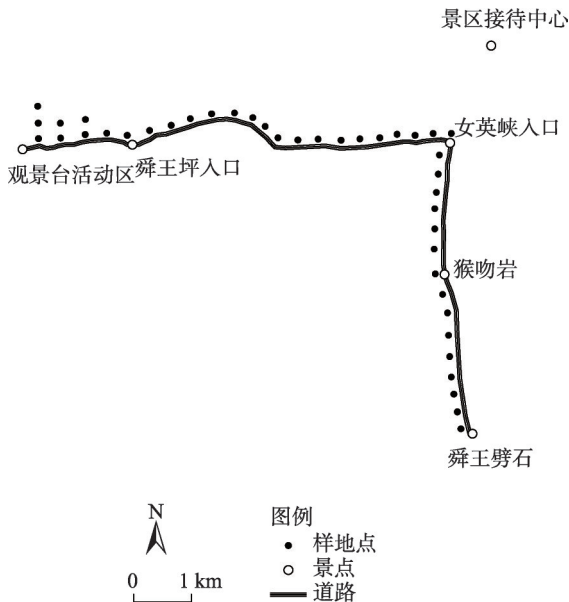


图1 历山自然保护区采样调查地点

Fig. 1 The sites for sampling and investigation in Lishan Nature Reserve

表1 所有样地的自然地理特征

Table 1 The characteristics of physical geography in all samples

样地号	海拔/m	坡度/(°)	坡向	坡位	坡形
1	2183	10	西北坡	上坡	线坡
2	2175	10	西北坡	上坡	线坡
3	2158	10	西北坡	中坡	线坡
4	2177	10	西北坡	中坡	线坡
5	2170	10	西南坡	中坡	线坡
6	2170	12	西南坡	中坡	线坡
7	2100	20	东北坡	上坡	线坡
8	2090	40	东北坡	上坡	线坡
9	2076	25	东北坡	中坡	线坡
10	2062	45	东北坡	上坡	线坡
11	2030	45	东北坡	下坡	线坡
12	2004	45	东北坡	中坡	线坡
13	1954	40	东坡	中坡	线坡
14	1920	45	东北坡	上坡	线坡
15	1900	40	东坡	中坡	线坡
16	1850	40	东北坡	中坡	线坡
17	1800	45	东北坡	下坡	线坡
18	1770	10	东北坡	下坡	线坡
19	1745	3	东北坡	下坡	线坡
20	1715	3	东坡	中坡	线坡
21	1675	10	东北坡	下坡	线坡
22	1648	3	东北坡	下坡	凹坡
23	1625	15	东北坡	下坡	线坡
24	1600	15	东北坡	平坡	平地
25	1588	10	东南坡	平坡	平地
26	1555	5	东南坡	下坡	线坡
27	1527	10	西坡	下坡	线坡
28	1526	15	西坡	下坡	线坡
29	1510	15	西坡	下坡	线坡
30	1517	20	东坡	下坡	线坡
31	1505	18	东坡	下坡	线坡
32	1498	12	西南坡	下坡	线坡
33	1500	15	东坡	下坡	线坡
34	1484	15	西坡	下坡	线坡
35	1501	12	西坡	下坡	线坡
36	1404	12	东坡	下坡	线坡
37	1400	20	东南坡	下坡	线坡
38	1385	10	东坡	下坡	线坡
39	1387	12	东南坡	下坡	线坡
40	1353	20	西南坡	下坡	线坡
41	1266	45	西坡	下坡	线坡

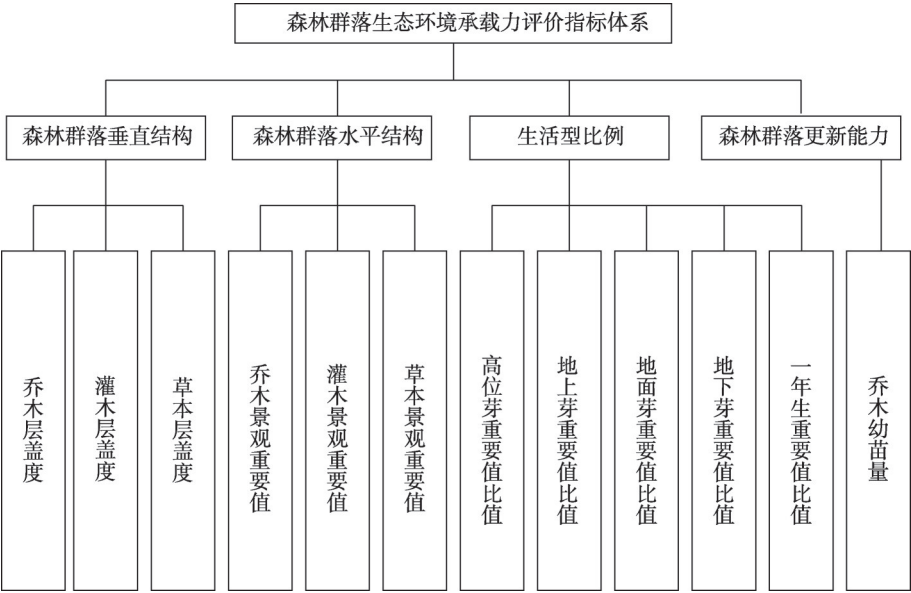


图2 森林群落生态环境承载力评价指标体系

Fig. 2 The evaluation index system of forest community in ecological environment carrying capacity

表2 分指标的具体计算过程

Table 2 The specific calculation process of sub-indices

分指标	具体计算过程
乔木景观重要值	乔木景观重要值 = $\frac{\text{相对多度} + \text{相对高度} + \text{相对优势度}}{300} \times 100\%$
灌木景观重要值	灌木景观重要值 = $\frac{\text{相对高度} + \text{相对盖度}}{200} \times 100\%$
草本景观重要值	草本景观重要值 = $\frac{\text{相对高度} + \text{相对盖度}}{200} \times 100\%$
相对多度	相对多度 = $\frac{\text{某一种的平均多度}}{\text{所有样方的所有种的多度之和}}$
相对盖度	相对盖度 = $\frac{\text{某一种的平均盖度}}{\text{所有样方所有种的盖度之和}}$
相对高度	相对高度 = $\frac{\text{某一种的平均高度}}{\text{所有样方的所有种的高度之和}}$
相对优势度	相对优势度 = $\frac{\text{某一乔木种的胸面积}}{\text{所有样方所有乔木种的胸面积之和}}$

1.4 临界类型的判定

参考借鉴前人研究基础并综合考虑历山自然保护区森林群落实际调查结果，确定临界类型的判定原则。具体判定原则基于以下方面：第一，在森林群落中，乔木层是森林景观最重要的层次，而盖度则可以直观地对森林群落状态进行判别；第二，景观重要值的大小对森林群落生态系统功能的发挥有着重要的影响；第三，幼苗数量则是群落更新能力的重要表现方式。基于以上原因，本文最终确定以下原则作为临界类型的判定原则，分别为：（1）乔木盖度>80%；（2）灌木盖度>1%；（3）灌木景观重要值>0.5%；（4）地下芽重要值比值>10%；（5）幼苗数量>2。

2 结果分析

2.1 旅游干扰下森林群落类型的生态特征

本文运用 TWINSpan 将 41 个样地划分为 7 类（即 I、II、III、IV、V、VI、VII 类），

具体分类结果见图3。在图3中， N 代表各个类型中样地数， D_i 则代表第 i 次划分，“+”“-”分别代表正负指示指标，数字为指示指标序号。通过计算七类各项指标的平均值（表3），同时结合森林群落的生态环境承载力临界类型的判断原则，对7个类型进行判别：第一次划分的指示指标为幼苗个数、一年生重要值比值；第二次划分的指示指标为幼苗个数、灌木盖度、灌木景观重要值、地上芽重要值比值；第三次划分的指示指标为幼苗个数；第四次划分的指示指标为地上芽重要值比值；第五次划分的指示指标为地下芽重要值比值；第六次划分的指示指标为灌木盖度。

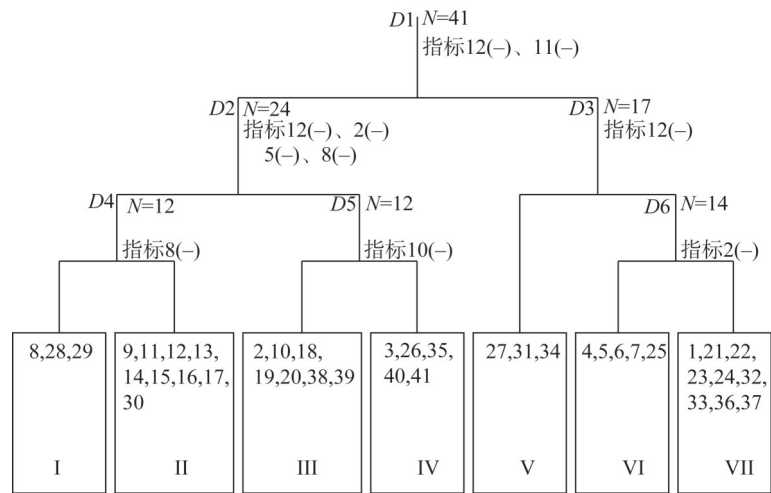


图3 基于森林群落生态环境承载力测算指标的TWINSpan分类

Fig. 3 The TWINSpan classification diagram based on the calculation indices of the ecological environment carrying capacity in forest community

依据指示性指标信息，对TWINSpan分类的7个类别分别进行命名，具体如下：

第I组为“无一年生植物—多幼苗—多地上芽组”，包括3个样地（8号、28号和29号样地）；第II组为“无一年生植物—幼苗最多—无地上芽组”，包括9个样地（9号、11~17号和30号样地）；第III组为“无一年生植物—无地上芽—地下芽最多组”，包括7个样地（2号、10号、18~20号、38号和39号样地）；第IV组为“少一年生植物—无地上芽—无地下芽组”，包括5个样地（3号、26号、35号、40号和41号样地）；第V组为“一年生植物最多—幼苗居中—多地上芽组”，包括3个样地（27号、31号和34号样地）；第VI组为“多一年生植物—少幼苗—无灌木组”，包括5个样地（4~7号和25号样地）；第VII组为“少一年生植物—幼苗最少—灌木较低组”，包括9个样地（1号、21~24号、32号、33号、36号和37号样地）。总体来看，除第VII组外，从第I组到第VI类，一年生植物遵循从无到有，从少到多的变化规律；从第I组到第VII组，幼苗数由“多”到“少”，第VII组部分样地无幼苗，平均幼苗数为0.11棵（表3）；与此同时，地上芽植物遵循由多到少，再由少到多的波动性变化，第VI组和第VII组中地上芽植物未能作为指示性指标信息；地下芽植物和灌木作为指示性指标，变化规律不明显。

基于样地的自然地理概况可知（表1），从海拔高度来看，7个组41个样地，海拔最高在2000 m左右，最低在1200 m左右。第I组有2个样地（28号和29号样地）海拔均在1500 m左右；第II组大部分样地平均海拔较高，均位于1800 m以上；第III组样地海拔高

度变化波动较大,位于1385~2175 m之间;第IV组仅样地3海拔在2000 m以上,其余样地海拔均在1500 m左右或1500 m之下;第V组样地海拔高度相似,均在1500 m左右;第VI组大部分样地海拔高度较大,均在2000 m以上;第VII组绝大部分样地海拔均在1400~1675 m之间。总体来看,第II组和第VI组的样地整体海拔高度较高。从坡度、坡向、坡位和坡形来看,线坡是主要的坡形类型,大部分样地均是下坡坡位,中坡、上坡样地数量较少,从坡向来看,东北坡坡向的样地较多,除第II组中的样地坡度较陡之外($40^{\circ}\sim 45^{\circ}$),其他组样地坡度都较缓和。

基于各样地的测算指标可知(表3),第II组样地“乔木层盖度”最高,介于75.00%~95.00%之间,平均值为87.22%;其次分别是第III组、第IV组,乔木层盖度均值均在80%以上;第V组样地乔木层盖度最低,介于35.00%~85.00%之间,平均值只有61.67%。第II组和第I组“灌木层盖度”平均值最高,分别为58.33%和55.00%;第VI组灌木层盖度的平均值最低,为0,其他几个组灌木层盖度均值均在14.00%~25.00%之间。第I组样地“草本层盖度”最高,介于70.00%~95.00%之间,平均值为81.67%;其次为第VI组样地,介于20.00%~95.00%之间,平均值为55.00%,其余几个组草本层盖度均值均在50%以下。由此可见,第I组群落类型乔木、灌木和草本层总体长势良好,覆盖度较高,盖度均值均在50%以上;第II组次之,但草本层盖度较低,或许与旅游干扰的影响有关。其他组群落中灌木层和草本层盖度大部分均在50%以下,有些盖度值甚至更低,群落配置质量不高。从各个不同组乔木、灌木和草本层的景观重要值来看,第II组乔木景观重要值最大,介于2.32%~4.45%之间,平均值为3.14%;其次为第VI组和第III组,第V组的乔木层景观重要值最低,介于0.61%~2.58%之间,均值为1.51%。灌木层景观重要值,第II组值最大,介于3.96%~7.68%之间,平均值为5.30%;其次为第I组,介于4.04%~5.23%之间,平均值为4.18%。草本层景观重要值,第I组最大,介于4.17%~6.15%之间,平均值为5.03%;第III组最小,介于0.59%~3.72%之间,平均值为1.67%。

除以上所述乔木、灌木和草本层盖度及其景观重要值测算指标外,植物种生活型的5个分指标也有不同的变化规律(表3)。由于7个组群落中乔木层和灌木层盖度均较高,因此,7个组的高位芽重要值比值均在50.00%以上;地上芽植物较易受旅游干扰的影

表3 不同群落类型在各项指标上的平均值

Table 3 The average value of different community types on various indicators

(%)

指标项	第I组	第II组	第III组	第IV组	第V组	第VI组	第VII组
乔木层盖度	73.33	87.22	83.57	80.00	61.67	79.00	70.00
灌木层盖度	55.00	58.33	14.00	23.00	25.00	0	16.67
草本层盖度	81.67	30.00	29.00	45.00	41.00	55.00	43.33
乔木层景观重要值	1.71	3.14	2.62	2.16	1.51	2.83	2.09
灌木层景观重要值	4.18	5.30	0.91	2.25	2.30	0	1.68
草本层景观重要值	5.03	1.72	1.67	2.38	2.75	3.20	2.40
高位芽重要值比值	66.67	66.67	57.14	71.87	66.67	50.00	66.67
地上芽重要值比值	6.81	0	0	0	6.62	0	1.75
地面芽重要值比值	22.69	21.78	28.41	27.70	20.29	38.30	25.88
地下芽重要值比值	3.82	11.55	14.45	0	2.85	9.66	5.48
一年生重要值比值	0	0	0	0.43	3.57	2.04	0.23
幼苗个数/棵	6.67	12.11	2.86	4.40	3.00	0.20	0.11

响,地上芽重要值比值第Ⅱ组、第Ⅲ组、第Ⅳ组和第Ⅵ组均值都为0,第Ⅰ组比值最大,介于3.59%~9.79%之间,平均值为6.81%,其次是第Ⅴ组,比值介于0~14.16%,平均值为6.62%;由于地面芽植物种的特点,在不利季节时地上的枝条枯萎,其地面芽和地下部分在表土和枯枝落叶的保护下仍保持生命力,到条件合适时再度萌芽。因此,该类植物种受旅游干扰的影响相较于地上芽植物要小的多,从7个组地面芽重要值比值来看,绝大部分组均值均位于20.00%~30.00%之间,比较接近,不同组之间的差异性较小;地下芽重要值比值,除第Ⅳ组均值为0外,其他组在2.85%~14.45%之间波动,差值也不是特别大;一年生植物重要值比值在7个组中均较小,其中,第Ⅰ组、第Ⅱ组和第Ⅲ组均值都为0。从幼苗数来看,第Ⅱ组幼苗介于7~25棵之间,平均幼苗数是12.11棵,第Ⅰ组幼苗数介于5~8棵之间,平均幼苗数为6.67棵,其他组幼苗数值极低。

2.2 森林群落的生态环境承载力测算

首先,基于表3的测度结果,结合TWINSpan的分类情况,可知临界状态最可能在第Ⅲ组中,再依据临界类型的判定原则,结果表明样地38属于临界类型。其次,运用DCA把群落的所有生态信息综合起来,将第一轴和第二轴作为群落生态承载力的坐标值,使得41个样地都有一个对应的坐标值,并根据这些坐标值做出二维排序图(图4)。利用这些坐标值,计算所有样地与原点之间的生态距离。最后,根据式(1)和式(2)计算出41个样地的生态距离和群落的生态环境承载力(表4)。

由表4可知,有7个样地森林群落生态环境承载力处于超载状态,这7个样地分别为样地12、样地17、样地30、样地35、样地36、样地40、样地41,其余33个样地处于未超载的状态。

结合2.1中群落分类结果可知,7个超载样地分属于第Ⅱ组(样地12、样地17和样地30)、第Ⅳ组(样地35、样地40和样地41)和第Ⅶ组(样地36)。第Ⅱ组类别为“无一年生植物—幼苗最多—无地上芽组”。从样地设置位置来看,样地12、样地17和样地30紧靠旅游公路或游径(距离0 m),且是中坡或下坡坡位,受人为活动的干扰较大,导致样地生态环境承载力超载;第Ⅳ组类别为“少一年生植物—无地上芽—无地下芽组”,该组样地海拔高度较低,均在1500 m以下,且均属于下坡、线坡,从样地设置位置来看,样地35位于嬉水的位置,人类的游玩活动较为密集,样地40和样地41均距离游径很近,因此,这些样地生态环境承载力超载;第Ⅶ组类别为“少一年生植物—幼苗最少—

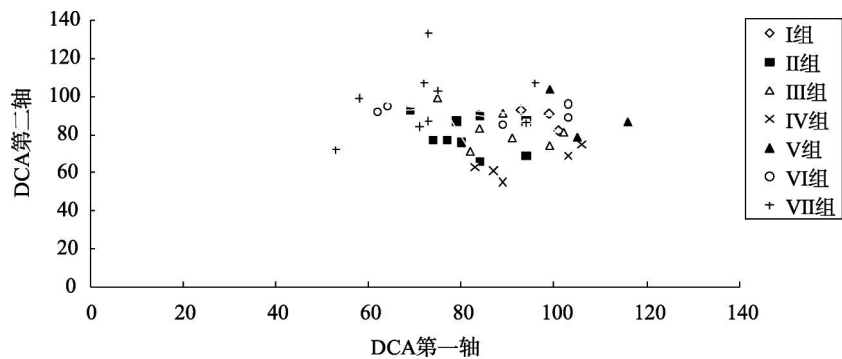


图4 基于森林群落生态环境承载力测算指标的DCA排序

Fig. 4 The DCA ranking diagram based on the calculation indices of the ecological environment carrying capacity in forest community

表4 森林群落生态环境承载力测算结果

Table 4 The estimation results of ecological environment carrying capacity in forest community

样地号	DCA第一轴	DCA第二轴	生态距离	群落的生态环境承载力	是否超载
1	94	86	127.40	1.17	否
2	102	81	130.25	1.20	否
3	103	69	123.98	1.14	否
4	89	85	123.07	1.13	否
5	64	95	114.55	1.06	否
6	103	89	136.12	1.26	否
7	103	96	140.80	1.30	否
8	93	93	131.52	1.21	否
9	94	87	128.08	1.18	否
10	75	99	124.20	1.15	否
11	94	69	116.61	1.08	否
12	74	77	106.79	0.98	是
13	69	93	115.80	1.07	否
14	79	87	117.52	1.08	否
15	77	77	108.89	1.00	否
16	84	90	123.11	1.14	否
17	80	76	110.34	1.02	是
18	99	74	123.60	1.14	否
19	91	78	119.85	1.11	否
20	89	91	127.29	1.17	否
21	73	133	151.72	1.40	否
22	58	99	114.74	1.06	否
23	75	103	127.41	1.17	否
24	72	107	128.97	1.19	否
25	62	92	110.94	1.02	否
26	106	75	129.85	1.20	否
27	116	87	145.00	1.34	否
28	99	91	134.47	1.24	否
29	101	82	130.10	1.20	否
30	84	66	106.83	0.98	是
31	105	79	131.40	1.21	否
32	96	107	143.75	1.33	否
33	73	87	113.57	1.05	否
34	99	104	143.59	1.32	否
35	87	61	106.25	0.98	是
36	53	72	89.40	0.82	是
37	71	84	109.99	1.01	否
38	82	71	108.47	1.00	临界
39	84	83	118.09	1.09	否
40	83	63	104.20	0.96	是
41	89	55	104.62	0.96	是

灌木较低组”，第36个样地处于严重超载状态，海拔高度较低，坡度为12°较缓，位于猴吻岩往南方向。

2.3 相关性分析

2.3.1 森林群落的生态环境承载力和评价指标之间的相关性分析

由表5可知，41个样地的群落生态环境承载力与草本盖度、乔木景观重要值、草本景观重要值、地上芽重要值比值和一年生重要值比值均呈极显著性正相关，与乔木盖度呈显著性正相关，说明随着草本盖度、乔木景观重要值、草本景观重要值、地上芽重要值和一年生重要值比值以及乔木盖度的增大，群落生态环境承载力也随之增强。乔木盖度、草本盖度以及乔木、草本景观重要值越大，表明群落生境质量越高，其生态系统物质循环以及能量流动趋于良性循环态势，对外界干扰压力的自我修复能力较强。因此，其群落生态环境承载力较大。

2.3.2 森林群落的生态环境承载力评价指标与地理因子之间的相关性分析

由表6可知，部分地理因子与森林群落生态环境承载力评价指标之间也有一定相关关系。根据测算结果可知，坡度同森林群落生态环境承载力的6项指标之间存在相关关系，其中灌木盖度、乔木景观重要值、灌木景观重要值、高位芽重要值比值、幼苗量等5项指标与坡度呈显著或极显著正相关，地面芽重要值比值与坡度则呈极显著负相关。这或许是坡度越大，越陡，制约游客涉足，人为干扰在某种程度上有所下降，群落生境质量提升。除个别指标外，海拔、坡向、坡形、坡位以及距游径的距离与森林群落生态环境承载力的各项指标之间几乎没有相关性。

2.3.3 森林群落生态环境承载力和地理因子的相关性分析

由表7可知，森林群落的生态环境承载力同海拔、坡度、坡向、坡形、距游径等地理因子之间未表现出明显相关性，这表明总体的森林群落生态环境承载力与其所处地理位置关联性不大。

表5 森林群落的生态环境承载力与评价指标之间的相关性
Table 5 The correlation between the ecological environment carrying capacity in forest community and evaluation indices

指标	森林群落的生态环境承载力
乔木盖度	0.37*
灌木盖度	0.02
草本盖度	0.59**
乔木景观重要值	0.36**
灌木景观重要值	-0.02
草本景观重要值	0.66**
高位芽重要值比值	-0.15
地上芽重要值比值	0.56**
地面芽重要值比值	-0.13
地下芽重要值比值	-0.05
一年生重要值比值	0.44**
幼苗量	-0.30

注：*为 $p<0.05$ 、**为 $p<0.01$ ，下同。

3 结论与讨论

3.1 结论

(1) TWINSpan将41个样地划分为7类不同的森林群落类型，分别是第I组“无一年生植物—多幼苗—多地上芽组”、第II组“无一年生植物—幼苗最多—无地上芽组”、第III组“无一年生植物—无地上芽—地下芽最多组”、第IV组为“少一年生植物—无地上芽—无地下芽组”、第V组“一年生植物最多—幼苗居中—多地上芽组”、第VI组“多一年生植物—少幼苗—无灌木组”以及第VII组为“少一年生植物—幼苗最少—灌木较低组”。从第I组到第VII组，幼苗由“多幼苗”转变为“少幼苗”，灌木层盖度、灌木层景

表6 衡量森林群落生态环境承载力的各项指标与地理因子的相关性

Table 6 The correlation between various indices for measuring the ecological environment carrying capacity in forest community and geographic factors						
指标	海拔	坡度	坡向	坡形	坡位	距游径的距离
乔木盖度	0.24	0.20	-0.12	0.22	0.18	0.07
灌木盖度	0.20	0.66**	-0.24	0.11	0.31*	-0.26
草本盖度	0.26	-0.22	-0.04	-0.13	0.14	0.21
乔木景观重要值	0.37*	0.32*	-0.17	0.04	0.30	0.06
灌木景观重要值	0.17	0.61**	-0.26	0.11	0.25	-0.23
草本景观重要值	0.25	-0.19	-0.09	-0.19	0.16	0.12
高位芽重要值比值	-0.31*	0.39*	-0.08	0.16	-0.09	-0.09
地上芽重要值比值	-0.14	-0.06	-0.04	-0.08	-0.11	-0.11
地面芽重要值比值	0.15	-0.42**	0.20	-0.19	-0.11	0.26
地下芽重要值比值	0.22	0.13	-0.19	0.07	0.28	-0.18
一年生重要值比值	0.05	-0.23	0.36*	0.04	-0.04	0.18
幼苗量	0.14	0.64**	-0.20	0.08	0.18	-0.24

表7 森林群落生态环境承载力与地理因子的相关性

Table 7 The correlation between ecological environment carrying capacity in forest community and geographic factors						
指标	海拔	坡度	坡向	坡形	坡位	距游径的距离
森林群落的生态环境承载力	-0.28	-0.27	-0.07	-0.02	0.16	-0.15

观重要值、地上芽重要值比值等生态指标值表现出下降的趋势，整体生态环境质量也呈现出下降的变化趋势。

(2) 游径附近森林群落生态环境承载力测算结果表明，在41个样地中，33个样地的生态环境承载力未“超载”，“超载”样地7个，“超载率”为17.07%。其中，“超载”样方主要分布在游径和景点附近。这些地方由于海拔位置较为适中，承载着景区主要的游览、交通功能，受人类活动影响较大，森林群落生态环境承载力受到一定程度的影响。

(3) 基于相关性分析结果可知，森林群落的生态环境承载力、衡量森林群落生态环境承载力的评价指标以及地理因子之间存在一定的关联性。森林群落生态环境承载力评价指标中部分指标对生态环境承载力产生显著的正向预测作用；地理因素中，坡度对灌木盖度、乔木景观重要值、灌木景观重要值、高位芽重要值比值、幼苗量等构成森林群落生态环境承载力的评价指标均产生显著正向作用，而和地面芽重要值比值则呈显著负相关。然而，总体的生态环境承载力与各地理因子之间的相关性则不明显。

3.2 讨论

开展自然保护区游径附近森林群落生态环境承载力研究，对于改善游径规划设计，缓解生态负荷，实现自然保护区可持续发展具有重要意义，同时也是响应国家生态文明建设的积极实践。基于多学科视角，本文建立了由群落垂直结构、群落水平结构、生活型比例、群落更新能力等四个方面组成的森林群落生态环境承载力的指标体系，同时借助TWINSpan和DCA方法把不同群落类型的生态信息综合起来，构建了群落生态环境承载力的测算模型，并将其应用于历山自然保护区游径附近森林群落的生态环境承载力研究中。这一研究路径是对群落生态环境承载力研究的一种新尝试。

与以往生态环境承载力的研究相比,本文所构建的测算模型的侧重点有所不同。已有学者多倾向于从水^[4,33]、草地^[34]、农田^[35]等不同生态系统的角度,或从省域^[36]、市域^[37]、县域^[38]等不同空间尺度出发,探索生态环境承载力的评价指标体系与测算方法。而本文的研究路径则是基于人为干扰对森林群落影响的前提下,从群落的生态功能及其指示特征的角度,来构建和研究不同群落类型的生态环境承载力。事实上,森林群落中植被是自然保护区中一种最为敏感、最有生机的生态要素,其对人为干扰的生态响应尤其明显。因此,从这一生态要素的角度来考虑人为影响下的生态环境承载力具有特殊意义。此外,本文就森林群落的生态环境承载力与其评价指标、地理因子之间的相关性也展开研究,并揭示出他们之间存在一定的关联性,由此识别出影响森林群落生态环境承载力的主要评价指标与关键地理因子。这不仅在理论上拓展了森林群落生态环境承载力的研究深度,在实践上,也为有效评估及预测自然保护区的生态环境承载能力,加强区域生态综合管理工作提供了坚实的理论基础和数据支撑。这是本文的突出贡献之一,也是以往的研究所不曾涉及的^[14,26]。本文也存在一些不足之处,亟待进一步深入探讨。其一,对于森林群落生态环境承载力评价指标体系的构建,本文主要是结合了历山自然保护区自然生态状况来考虑,但该保护区的森林植被属于亚热带向温带过渡的典型暖温带森林植被类型,因此该评价指标体系仅适用于暖温带森林群落生态环境承载力的测算,而对于其他森林植被类型则需结合各地区的实际情况来展开。其二,本文仅从植物群落的视角来考虑自然保护区游径附近的生态环境承载力,缺乏从种群、生境等视角来综合考虑和研究,这将是今后探索的重点方向。

参考文献(References):

- [1] 王静,袁怡怡,陈晔,等.面向可持续城市生态系统管理的资源环境承载力评价方法与实践应用:以烟台市为例.自然资源学报,2020,35(10):2371-2384. [WANG J, YUAN X Y, CHEN Y, et al. Evaluation method and application for resources-environment carrying capacity towards sustainable urban ecosystem management: A case study of Yantai city. Journal of Natural Resources, 2020, 35(10): 2371-2384.]
- [2] 李龙,吴大放,刘艳艳,等.生态文明视角下喀斯特地区“双评价”研究:以生态敏感区宁远县为例.自然资源学报,2020,35(10):2385-2400. [LI L, WU D F, LIU Y Y, et al. "Double evaluations" of karst area from the perspective of ecological civilization: A case study of Ningyuan in ecologically sensitive area. Journal of Natural Resources, 2020, 35(10): 2385-2400.]
- [3] 张侠,胡琳,李茜,等.陕西省大气环境承载力分析.干旱区地理,2018,41(4):712-717. [ZHANG X, HU L, LI Q, et al. Bearing capacity of atmospheric environment in Shaanxi province. Arid Land Geography, 2018, 41(4): 712-717.]
- [4] 张宁宁,栗晓玲,周云哲,等.黄河流域水资源承载力评价.自然资源学报,2019,34(8):1759-1770. [ZHANG N N, SU X L, ZHOU Y Z, et al. Water resources carrying capacity evaluation of the Yellow River Basin based on EFAST weight algorithm. Journal of Natural Resources, 2019, 34(8): 1759-1770.]
- [5] 王玮,闫慧敏,杨艳昭,等.基于膳食营养需求的西藏县域土地资源承载力评价.自然资源学报,2019,34(5):921-933. [WANG W, YAN H M, YANG Y Z, et al. Evaluation of land resources carrying capacity of Tibetan counties based on dietary nutritional demand. Journal of Natural Resources, 2019, 34(5): 921-933.]
- [6] 柯志成,连海峰,陈奕,等.福建省2009—2018年人均生态足迹和人均生态承载力的时空动态.福建农林大学学报:自然科学版,2021,50(5):677-685. [KE Z C, LIAN H F, CHEN Y, et al. Temporal and spatial dynamic of ecological footprint per capita and ecological carrying capacity per capita in Fujian province from 2009 to 2018. Journal of Fujian Agriculture and Forestry University: Natural Science Edition, 2021, 50(5): 677-685.]
- [7] 李嫒,段佩利,邵喜高,等.长江经济带城市群开发强度与生态环境承载力关系分析.统计与决策,2021,37(10):70-74. [LI H, DUAN P L, SHAO X G, et al. Analysis on the relationship between urban agglomeration development intensity and ecological environment carrying capacity in the Yangtze River Economic Belt. Statistics & Decision, 2021, 37

- (10): 70-74.]
- [8] 何苏玲, 王金亮, 角媛梅, 等. 国土空间规划视角下资源环境承载力评价分析: 以昆明市为例. 中国农业资源与区划, 2022, 43(4): 119-128. [HE S L, WANG J L, JIAO Y M, et al. Resource and environmental carrying capacity evaluation analysis under the perspective of territory development planning: A case study of Kunming city. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2022, 43(4): 119-128.]
- [9] 甘丽铭, 姜宁. 基于生态足迹的广西环江县生态环境承载力评价. 南宁师范大学学报: 自然科学版, 2021, 38(2): 129-134. [GAN L M, JIANG N. Exploring sustainable development based on ecological footprint and ecological carrying capacity methods of Huanjiang, Guangxi. Journal of Nanning Normal University: Natural Science Edition, 2021, 38(2): 129-134.]
- [10] 薛选登, 高佳琳. 粮食主产区耕地生态足迹与粮食安全空间相关性分析. 生态经济, 2021, 37(8): 93-99. [XUE X D, GAO J L. Analysis of spatial correlation between ecological footprint of cultivated land and food security in main grain production areas. Ecological Economy, 2021, 37(8): 93-99.]
- [11] 史丹, 王俊杰. 基于生态足迹的中国生态压力与生态效率测度与评价. 中国工业经济, 2016, (5): 5-21. [SHI D, WANG J J. Measurement and evaluation of China's ecological pressure and ecological efficiency based on ecological footprint. China Industrial Economics, 2016, (5): 5-21.]
- [12] 黄晖, 胡求光, 马劲韬. 基于DPSIR模型的浙江省海域承载力的评价分析. 经济地理, 2021, 41(11): 48-55. [HUANG H, HU Q G, MA J T. Evaluation analysis of marine carrying capacity in Zhejiang province based on DPSIR model. Economic Geography, 2021, 41(11): 48-55.]
- [13] 旷开金, 胡典, 刘金福, 等. 不同生态系统管理情景下资源环境承载力动态仿真研究. 环境科学学报, 2021, 41(9): 3834-3846. [KUANG K J, HU D, LIU J F, et al. Dynamic simulation of resource and environmental carrying capacity under different ecosystem management scenarios. Acta Scientiae Circumstantiae, 2021, 41(9): 3834-3846.]
- [14] 姜杰, 杨超裕, 陈传国, 等. 森林生态承载力评价指标体系构建: 以广东省为例. 林业与环境科学, 2021, 37(4): 146-153. [JIANG J, YANG C Y, CHEN C G, et al. Construction of evaluation index system of forest ecological carrying capacity: Taking Guangdong province as an example. Forestry and Environmental Science, 2021, 37(4): 146-153.]
- [15] 张静静, 穆艳华. 伏牛山地区森林生态系统生境质量多视角评价. 生态科学, 2021, 40(5): 116-121. [ZHANG J J, MU Y H. Multi-perspective evaluation on habitat quality of forest ecosystem in Funiu Mountain Region. Ecological Science, 2021, 40(5): 116-121.]
- [16] 王娜, 楚鑫磊, 勾蒙蒙, 等. 三峡库区森林生态系统服务权衡与协同分析. 生态环境学报, 2021, 30(3): 475-484. [WANG N, CHU X L, GOU M M, et al. Trade-off and synergistic analysis of forest ecosystem services in the Three Gorges Reservoir Area. Ecology and Environmental Sciences, 2021, 30(3): 475-484.]
- [17] 石小亮, 王铁龙, 吕杰, 等. 森林生态系统服务信度分析与累积影响评价: 以吉林省为例. 林业经济, 2020, 42(12): 59-69. [SHI X L, WANG T L, LYU J, et al. Reliability analysis and cumulative effect assessment of forest ecosystem services: A case study from the Jilin province. Forest Economic, 2020, 42(12): 59-69.]
- [18] 崔万晶, 侯巍, 杨睿智, 等. 北京城市森林生态系统能量分配的季节动态研究. 北京林业大学学报, 2021, 43(1): 27-36. [CUI W J, HOU W, YANG R Z, et al. Seasonal dynamics of energy distribution in Beijing urban forest ecosystem. Journal of Beijing Forestry University, 2021, 43(1): 27-36.]
- [19] 苏军德, 蒲济林, 李国霞, 等. 甘肃祁连山自然保护区生态系统效益评价研究. 生态科学, 2021, 40(5): 89-94. [SU J D, PU J L, LI G X, et al. Study on ecosystem benefit evaluation of Qilian Mountains National Nature Reserve of Gansu province. Ecological Science, 2021, 40(5): 89-94.]
- [20] 刘业轩, 石晓丽, 史文娇. 福建省森林生态系统水源涵养服务评估: InVEST模型与Meta分析对比. 生态学报, 2021, 41(4): 1349-1361. [LIU Y X, SHI X L, SHI W J. Assessment of water conservation services in forest ecosystems in Fujian province: Comparison between InVEST model and meta-analysis. Acta Ecologica Sinica, 2021, 41(4): 1349-1361.]
- [21] 孙中元, 官静, 苏爱锋, 等. 基于GIS的森林生态系统固碳释氧功能评估: 以烟台市为例. 林业与生态科学, 2020, 35(4): 405-413. [SUN Z Y, GUAN J, SU A F, et al. Function evaluation of carbon fixation and oxygen release of forest ecosystem based on GIS: A case study of Yantai city. Forestry and Ecological Sciences, 2020, 35(4): 405-413.]
- [22] 林恩惠, 修新田, 郭进辉, 等. 基于SD和DPSIR模型的湿地公园旅游环境承载力模拟研究: 以闽江河口国家湿地公园为例. 林业经济, 2017, 39(6): 32-37. [LIN E H, XIU X T, GUO J H, et al. Simulation research on the model of wet-

- land park eco-tourism environmental capacity based on SD and DPSIR model: A case study at Minjiang Estuary National Wetland Park. *Forest Economic*, 2017, 39(6): 32-37.]
- [23] 郭紫荆, 曾辉. 基于 meta 分析的中国森林生态系统服务价值评估. *生态学报*, 2021, 41(14): 5533-5545. [WU Z J, ZENG H. Evaluation of forest ecosystem services value in China based on meta-analysis. *Acta Ecologica Sinica*, 2021, 41(14): 5533-5545.]
- [24] 马守佳. 横头山国家森林公园生态旅游环境承载力评价研究. *科技创业家*, 2012, (19): 214. [MA S J. Research on the evaluation of ecological tourism environment carrying capacity of Hengtoushan National Forest Park. *Technological Pioneers*, 2012, (19): 214.]
- [25] 王志东, 徐东瑞. 山东省蒙山国家森林公园旅游生态承载力研究. *林业经济问题*, 2008, (2): 162-165, 170. [WANG Z D, XU D R. A study on the tourism ecological carrying capacity of Shandong province Mengshan Country Forest Park. *Issues of Forestry Economic*, 2008, (2): 162-165, 170.]
- [26] 肖随丽, 贾黎明, 杜建军, 等. 北京市香山公园和鹫峰森林公园游憩承载力对比研究. *北京林业大学学报: 社会科学版*, 2010, 9(4): 38-43. [XIAO S L, JIA L M, DU J J, et al. Comparative study on the recreational carrying capacity of Xiangshan Park and Jiufeng Forest Park in Beijing. *Journal of Beijing Forestry University: Social Science Edition*, 2010, 9(4): 38-43.]
- [27] 程占红, 张金屯, 上官铁梁. 芦芽山自然保护区旅游开发与植被环境关系: 旅游影响系数及指标分析. *生态学报*, 2003, 23(4): 703-711. [CHENG Z H, ZHANG J T, SHANGGUAN T L. Relationship between tourism development and vegetation environment in Luya Mountain Nature Reserve: Tourism influencing index and some indices analysis. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(4): 703-711.]
- [28] 程占红, 张金屯. 生态旅游区不同距离带上植物群落的结构对比. *应用与环境生物学报*, 2002, 8(1): 8-13. [CHENG Z H, ZHANG J T. Structure comparison of plant communities at different distance from tourist path in ecotourism region. *Chinese Journal of Applied Environmental Biology*, 2002, 8(1): 8-13.]
- [29] 白晓航, 张金屯. 小五台山森林群落优势种的生态位分析. *应用生态学报*, 2017, 28(12): 3815-3826. [BAI X H, ZHANG J T. Niche analysis of dominant species of forest community in Xiaowutai Mountain, China. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2017, 28(12): 3815-3826.]
- [30] 牛莉芹, 程占红. 基于旅游开发影响的五台山植被景观特征分析. *地理研究*, 2019, 38(5): 1162-1174. [NIU L Q, CHENG Z H. Analysis on characteristics of vegetation landscapes based on tourism development in Wutai Mountain scenic area. *Geographical Research*, 2019, 38(5): 1162-1174.]
- [31] 程占红, 牛莉芹, 胡亚晴. 五台山风景区人为干扰下湿地植物物种的生态变化. *湿地科学*, 2014, 12(1): 89-96. [CHENG Z H, NIU L Q, HU Y Q. Ecological change of species of wetland plant with human disturbance in scenic area of Wutai Mountains. *Wetland Science*, 2014, 12(1): 89-96.]
- [32] 张金屯. *数量生态学*. 北京: 科学出版社, 2004. [ZHANG J T. *Quantitative Ecology*. Beijing: Science Press, 2004.]
- [33] BU J, LI C, WANG X, et al. Assessment and prediction of the water ecological carrying capacity in Changzhou city, China. *Journal of Cleaner Production*, 2020, 277: 123988, Doi: 10.1016/j.jclepro.2020.123988.
- [34] 鄢玲艳, 孔令桥, 张路, 等. 草地生态系统承载力概念、方法及关键问题. *中国生态农业学报*, 2022, 30(8): 1228-1237. [YAN L Y, KONG L Q, ZHANG L, et al. The definition, methods and key issues of grassland ecosystem carrying capacity. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2022, 30(8): 1228-1237.]
- [35] 李佳慧, 黄麟, 祝萍, 等. 无定河流域农田与草地生态承载力变化及其限制因素分析. *草业科学*, 2022, 39(5): 850-863. [LI J H, HUANG L, ZHU P, et al. Evolution of ecological carrying capacity and its limiting factors in farmlands and grasslands in the Wuding River Basin, China. *Pratacultural Science*, 2022, 39(5): 850-863.]
- [36] WEI X, SHEN L, LIU Z, et al. Comparative analysis on the evolution of ecological carrying capacity between provinces during urbanization process in China. *Ecological Indicators*, 2020, 112: 106179, Doi: 10.1016/j.ecolind.2020.106179.
- [37] LIU K, YANG S, ZHOU Q, et al. Spatiotemporal evolution and spatial network analysis of the urban ecological carrying capacity in the Yellow River Basin. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2022, 19: 229, Doi: 10.3390/ijerph19010229.
- [38] LI X, QIN X, LU Z, et al. Comparative analysis of ecological carrying capacity at different scales in Xilingol League, Inner Mongolia. *Ecological Indicators*, 2022, 141: 109127, Doi: 10.1016/j.ecolind.

Study on ecological environment carrying capacity of forest community near tourist roads in Lishan Nature Reserve based on tourism disturbance

NIU Li-qin¹, WANG Zi-yan¹, WANG Yao-yao¹, WANG Zheng², CHENG Zhan-hong²

(1. School of Resource and Environment, Shanxi University of Finance and Economics, Taiyuan 030006, China;

2. School of Culture Tourism, Shanxi University of Finance and Economics, Taiyuan 030031, China)

Abstract: The present study was carried out in Lishan Nature Reserve. Firstly, the evaluation index system for the ecological environment carrying capacity in forest community near tourist roads was constructed from multiple angles in this paper. Secondly, all the samples were classified using a two-way indicator species analysis method, and the characteristics of different forest communities were studied, especially the critical types. Thirdly, the comprehensive ecological information of all the samples was extracted by detrended correspondence analysis method, the ecological distance of each sample was calculated, and their ecological environment carrying capacity was also measured. At last, the correlations among the ecological environment carrying capacity in forest community and the evaluation indicators measuring for the ecological environment carrying capacity in forest community and various geographic factors were identified. The results showed that: (1) Forest communities can be divided into 7 different types in Lishan Nature Reserve: the group of no therophytes- more seedlings- more chamaephytes, the group of no therophytes- the most seedlings- no chamaephytes, the group of no therophytes- no chamaephyte- the most cryptophytes, the group of less therophytes-no chamaephytes-no cryptophytes, the group of the most therophytes-medium seedlings-more chamaephytes, the group of more therophytes-few seedlings- no shrubs, the group of less therophytes-the least seedlings- less shrubs. (2) The calculation results of the ecological environment carrying capacity in forest community near tourist roads showed that: in all the samples, 33 were unoverloaded, and 7 were overloaded, with an overload rate of 17.07%. (3) In part, most of the evaluation indicators (such as the coverage of shrub layer, the important value of tree and shrub landscape, the important value ratio of phaenerophytes and hemicryptophyte and the quantity of seedling) which were used for measuring ecological environment carrying capacity in forest community were significantly correlated with slope, however, they had no correlation with other geographical factors. Nevertheless, the correlation between the ecological environment carrying capacity in forest community and the geographical factors was not significant on the whole. In addition, the correlation was significant between the ecological environment carrying capacity in forest community and the index in terms of not only the vertical and horizontal structure of the community (such as the coverage of tree and herbaceous layer and the landscape important value of trees and the herbaceous) but also the ratio of life form (such as the important value ratio of therophytes and chamaephytes).

Keywords: Lishan Nature Reserve; tourist road; forest community; ecological environment carrying capacity