维普资讯 http://www.cqvip.com

生物多样性 2006, 14 (2): 98-106
Biodiversity Science
doi: 10.1360/biodiv.050161
http: //www.biodiversity-science.net

应用景观生态学原理评价鼎湖山自然保护区功能区划的实施与调整

张林艳[1, 2*] 叶万辉[1] 黄忠良[1]

1 (中国科学院华南植物园, 广州 510650)
2 (南京大学国际地球系统科学研究所, 南京 210093)

摘要: 景观生态学的发展为自然保护区的规划和管理注入了新的活力。鼎湖山自然保护区是我国第一个自然保护区, 其建立之初景观生态学还不够完善, 原功能区(核心区、缓冲区、过渡区)边界划分不尽合理, 如核心区与过渡区直接相连、缓冲区干扰甚重等。2001年鼎湖山自然保护区管理局对保护区功能区规划进行了局部调整。本文在探讨保护区15年间(1985–2000)各功能区植被景观变化的基础上, 应用景观生态学方法对原功能区规划及管理进行了评估, 并通过景观相似性系数度量了新旧区划方案中各功能区植被分布的相似性, 对新功能区规划实施的可行性进行了初步评价。研究结果表明, 原功能区划下各功能区的植被景观皆按顺向演替方向发展, 十几年来植被的形状变得更不规则。各功能区由于原有植被状况和人为干扰程度的不同, 植被景观变化亦呈现明显差异, 其中核心区和过渡区的植被景观趋于集中和连续; 缓冲区因为受到旅游活动的严重干扰, 植被景观相对破碎。2001年调整后的功能区规划保证了核心区植被景观的完整性, 与原功能区规划相比, 各功能区植被景观相似性系数为: 核心区>过渡区>缓冲区。建议将增设的缓冲区作为保护区实现和开展真正意义上的生态旅游示范区, 新开辟的科普旅游路线还可对游客量进行一定分流, 缓解原有缓冲区游客过多的现状。

关键词: 功能区划, 景观管理, 景观格局, 植被类型, 鼎湖山自然保护区

Assessment of function area design in Dinghushan Biosphere Reserve using landscape ecology principles

Linyan Zhang[1, 2*], Wanhui Ye[1], Zhongliang Huang[1]

1 *South China Botanical Garden, Guangzhou* 510650
2 *Internatinal Institute for Earth System Science, Nanjing University, Nanjing* 210093

Abstract: Principles of landscape ecology are playing significant roles in the design and management of nature reserves. Three function zones (core zone, buffer zone, and transitional zone) in Dinghushan Biosphere Reserve, the first nature reserve of China, were designed in 1988 and then readjusted in 2001 to make the division more reasonable. Based on vegetation map data of 1985 and 2000, we assessed the two designs using landscape ecology principles. And the changes in vegetation composition and landscape patterns between the two designs were compared. The results showed that, during the past 15 years, vegetations in the three function zones were in the process of ordinal succession, meanwhile the vegetation patches became more irregular. In each function zone, vegetation landscape had changed in different ways because of the different original vegetation types and human disturbance intensity: the core zone and transitional zone had become more continuous, whereas the buffer zone more fragmented resulted from excessive tourism. After readjustment of the design, the integrity of landscape vegetation in the core zone is maintained. Compared the two designs, the similarity index of vegetation landscape ranked as core zone > transition zone > buffer zone. We suggest setting the newly established buffer zone as an example of eco-tourism in order to protect the previous buffer zone against an excessive influx of tourists.

收稿日期: 2005-07-25; 接受日期: 2006-02-28
基金项目: 南京大学博士后启动基金
* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: zhangly@nju.edu.cn

维普资讯 http://www.cqvip.com

Key words: function design, landscape management, landscape pattern, vegetation type, Dinghushan Biosphere Reserve

为防止生物多样性的不断丧失, 保护主义者在20世纪初发展了保留面积技术——自然保护区。至20世纪70年代中期, Diamond(1975)提出了自然保护区圈层结构(核心区、缓冲区、实验区或过渡区)的功能区划模式, 并作为保护区设计时所遵循的基本原则而沿用至今。随着自然保护区理论的日臻完善, 以及相关学科如景观生态学的快速发展, 该模式的内容发生了较大变化, 其保护宗旨也从最初单一物种保护, 发展成注重物种与生境多样性的协调, 而今保育生物学家则是以追求人与生物和谐共存、共同发展为生物多样性保护的最终目标(Noss, 1983; Franklin, 1993)。

保护区建设的目标概括起来有以下4点: (1)维护大而完整且具功能性的生态系统; (2)保护生物多样性热点区域; (3)保护所关注的物种或物种组; (4)保护重要的自然群落(Holsinger, 1999)。在这种保护观念的转变中, 景观生态学为自然保护区的设计和管理提供了行之有效的理论途径和方法。景观生态学强调格局与过程的相互作用, 应用景观生态学的原理从宏观尺度对生物多样性进行管理, 不仅可以从种群水平和基因水平上保持物种的差异, 同时还可保护景观内部的物种, 维持复杂的生态功能过程, 从长远的目光来看更保证了人类自身的发展(李晓文等,1999; Poiani & Richter, 2000)。因此, 要实现生物多样性的长期保育, 需着眼于区域生物地理和景观水平的管理措施(Noss, 1983; Franklin, 1993)。

鼎湖山为我国第一个自然保护区, 1988年明确提出了三个功能区(核心区、缓冲区和过渡区)的分区与划界(图1a)。其中核心区的建设管理基本符合"世界自然保护策略"20世纪70年代针对保护区提出的设计和管理原则; 然而缓冲区因为分布有鼎湖山著名的风景点(如庆云寺、飞水潭), 旅游和科普教育活动等对保护区的生态环境及生物多样性带来严重干扰。因此, 如何保持自然资源的可持续利用, 开展真正意义上的生态旅游, 减轻旅游对核心区的干扰, 是当前保护区旅游管理的紧迫议题。2001年鼎湖山自然保护区管理局对保护区功能区进行了重新规划(图1b), 旨在保证旅游资源与生态保护的可持续协调发展。

本文在探讨鼎湖山自然保护区1985–2000年15年间各功能区植被景观格局变化的基础上, (1)应用景观生态学方法对原功能区规划及管理进行简单评估; (2)通过景观相似性系数量度新旧区划方案中各功能区植被分布的相似性; (3)对新功能区规划实施的可行性进行了初步评价, 并简要提出了相应的景观管理措施。

1　研究区概况

鼎湖山森林在植被区划上属亚热带季雨林区, 呈现亚热带向热带过渡的南亚热带植物区系的明显特征, 其地带性典型植被为南亚热带季风常绿阔叶林。鼎湖山森林群落外貌复杂多样、物种丰富, 具有孑遗植物和热带植物较多而温带植物相对贫乏等特点(王铸豪等, 1982)。森林植被沿海拔梯度依次分布有沟谷雨林(50–300 m)、季风常绿阔叶林(含次生季风常绿阔叶林)(75–500 m)、山地常绿阔叶林或山地常绿灌丛(500–800 m)、山地常绿灌草丛(800 m以上), 且在季风常绿阔叶林的外围丘陵山地伴有处于顺行演替状态的针阔混交林(曹洪麟等, 2002)。

2　研究方法

2.1　图面数据及处理

所采用的鼎湖山自然保护区有关原始图件资料共有5张: (1)1985年1:10,000植被类型图(王铸豪等, 1982; 周厚诚等, 1986); (2)1:10,000手绘地形图(等高线25 m, 中科院华南植物园鼎湖山生态定位站提供); (3)2000年1:10,000植被类型图(曹洪麟等, 2002); (4)1988年1:30,000功能区划图(Kong *et al.*, 1993;邓良炳和黄光耀, 1997); (5)2001年重新修订的1:10,000功能区划图(JPG格式彩绘图, 中科院华南植物园鼎湖山自然保护区管理局提供)。

选择广泛应用的地理信息系统(GIS)软件Arc/Info完成图件空间数据库的建立和处理, 并在ArcView中成图, 包括1988年、2001年鼎湖山自然保护区功能区划图(图1); 1985年、2000年各功能区植

维普资讯 http://www.cqvip.com

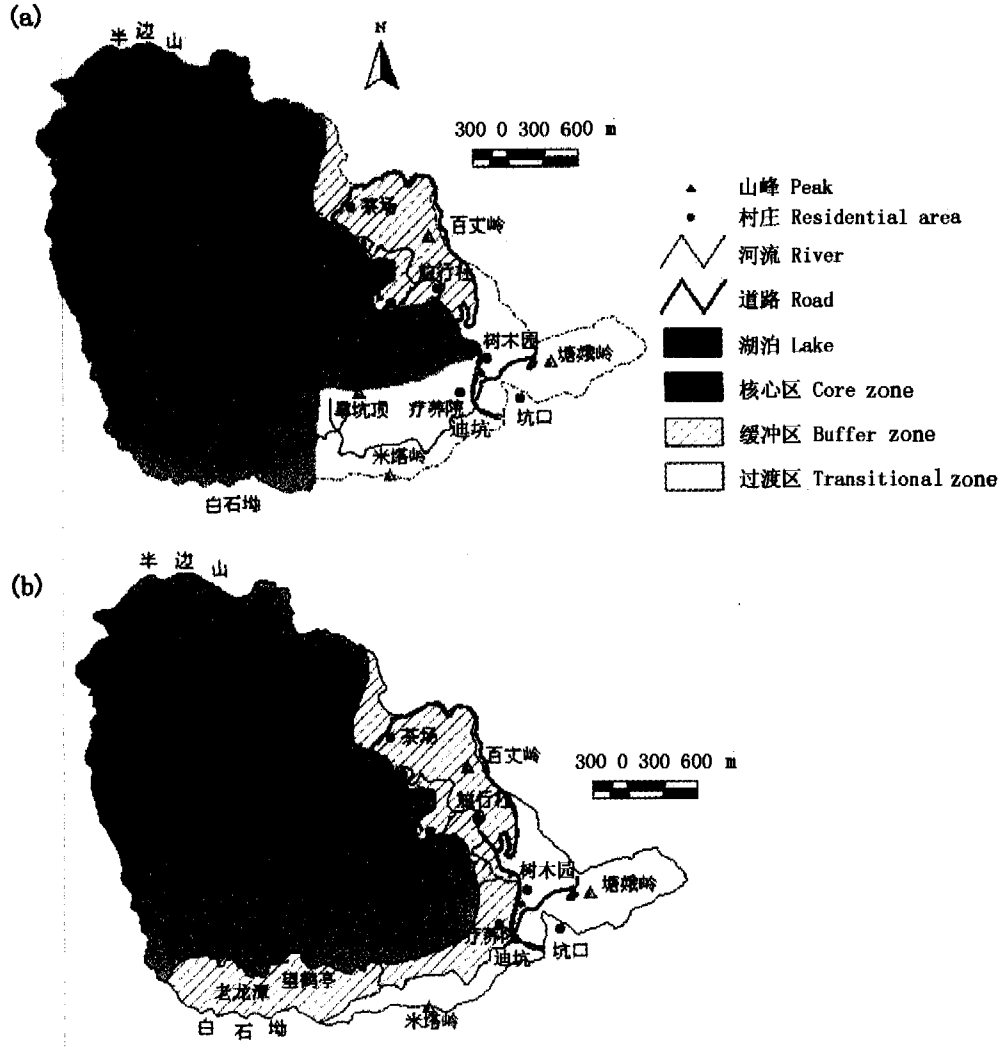

图1 鼎湖山自然保护区原功能区划图(a)与现功能区划图(b)的比较
Fig. 1 Comparision between the original (a) and the current function plan (b) in Dinghushan Biosphere Reserve

被景观图(图2)。在Arc/Info的Grid模块中分别将1985年和2000年植被景观矢量图转化为栅格图，并导入景观指数计算软件FRAGSTATS中进行植被景观格局的量化。

2.2 缀块类型的划分

缀块类型的划分需以景观的外在特征如景观尺度、缀块特征等为依据，结合研究目的进行类型划分和边界确定。由于岭南四大名刹庆云寺的存在，鼎湖山森林在近千年来一直受到较好保护，人为干扰甚少。新中国成立之后，自然保护区的建立使这片森林保持得相对完整。除旅游影响之外，其他人为破坏和毁灭性自然灾害对鼎湖山森林的发展基本不起主导作用。因而，本文拟研究的植被景观变化主要涉及森林群落的自然演替过程和旅游干扰作用。由此，主要从演替系列的角度出发，把鼎湖山森林按植被亚型分为10个缀块类型：山地常绿灌草丛、山地常绿灌丛、山地常绿阔叶林、季风常绿阔叶林、次生季风常绿阔叶林、针阔混交林、热性针叶林、沟谷雨林、河岸林、人工植被。

该区重点保护植被为南亚热带季风常绿阔叶林，但从本区森林群落目前发展的状态来看，针阔混交林仍占绝对优势，南亚热带季风常绿阔叶林尚处于不断壮大扩展之中；而次生季风常绿阔叶林是季风常绿阔叶林受到破坏后出现的天然次生林，或

维普资讯 http://www.cqvip.com

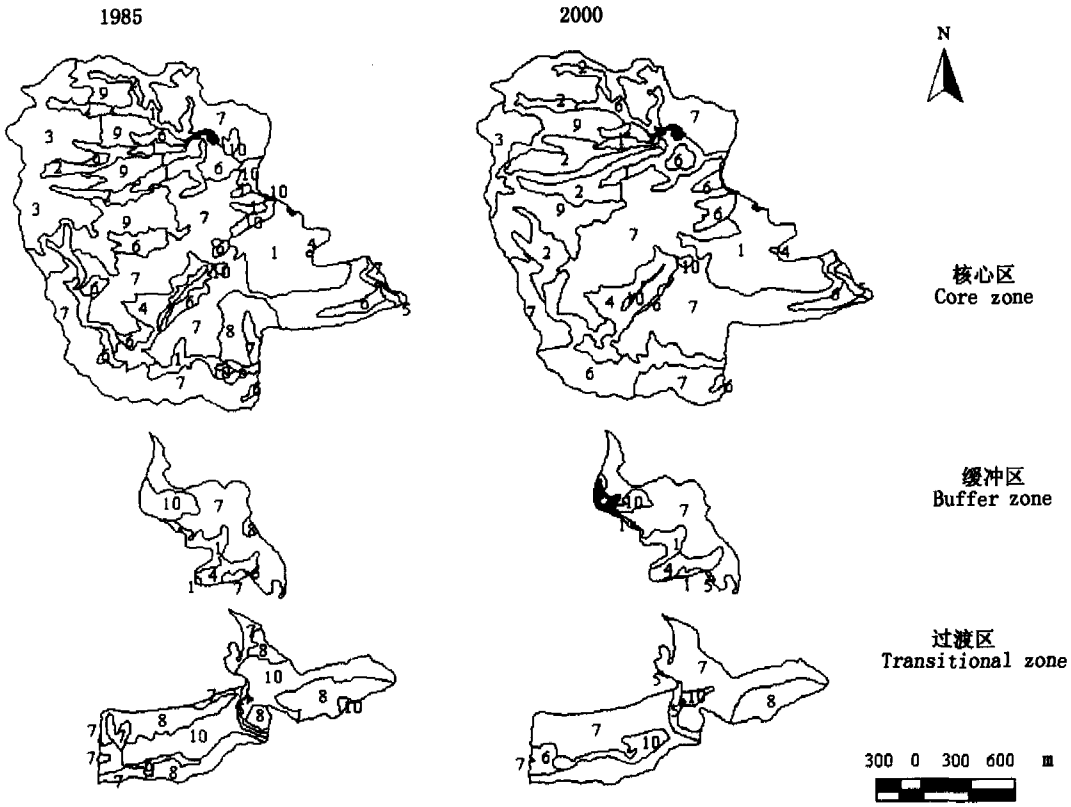

图2 1985年、2000年鼎湖山自然保护区各功能区植被景观图
Fig. 2 The landscape map of vegetation in the three function zones of Dinghushan Biosphere Reserve in 1985 and 2000

从针阔混交林正向演替而来, 对该植被型的研究有助于深入了解南亚热带季风常绿阔叶林的内部演替动态, 因此, 这里单独将其作为一类区分开来。

2.3 功能区边界划分

综合考虑本区的地形、地理和社会因素, 从有效保护该区天然植被和合理开展旅游科普活动的角度出发, 将鼎湖山自然保护区科学地划分为核心区、缓冲区和过渡区。各功能区因气候、海拔及人为活动干扰强度等环境因子和人为因子的差别而呈现不同景观。1988年正式划定的功能区划中, 核心区包括保护区的中心、西北、西部和西南部分, 面积约850 hm^2(图1a)。缓冲区位于保护区东部的边缘部分, 方圆100 hm^2。过渡区由保护区北面和东南面边缘的山地组成, 面积约200 hm^2。为了合理规划保护区, 2001年鼎湖山自然保护区管理局提出了功能区划的新方案, 在核心区和过渡区之间建立缓冲地带, 将西坑一条线从核心区划出来, 开展科普教育径。经调整后核心区面积近800 hm^2, 缓冲区面积约220 hm^2, 过渡区面积大概有130 hm^2 (图1b)。

维普资讯 http://www.cqvip.com

2.4 植被景观格局描述指标的选取

选取缀块类型面积、缀块数目、平均缀块面积(标准差)、边缘密度、面积加权平均形状指数、蔓延度、离散邻近指数、香农多样性指数、香农均匀度指数等景观指数进行计算，用以表征该区植被景观格局。有关指数的具体含义参考McGarigal和Marks(1995)与张林艳(2004)。此外，还应用相似性系数度量不同区划方案下鼎湖山自然保护区现有植被在核心区、缓冲区和过渡区分布的相似性。相似性系数计算公式如下(Coppedge *et al.*, 2001)：

$$P=\sum_{i=1}^{k} MIN(p_{i1}, p_{i2}) \quad (1)$$

式中，P为景观1和2的相似百分比，p_{i1}为植被类型i在景观1中的百分比，p_{i2}为植被类型i在景观2中的百分比，k是两景观中所含缀块类型的数目。相似百分比的取值范围为$0 \leqslant P \leqslant 1$。相似百分比越小，景观结构分异性越强，反之则弱。当P=100%时，表明两个景观中缀块类型的分布完全相似。

3 结果

3.1 原功能区划下各功能区植被组成变化

因所处的自然地理环境、人为管理方式和干扰强度不同，鼎湖山自然保护区各功能区植被组成变化呈现诸多差异(图2, 3)。

核心区位于保护区中西部，约占保护区总面积的3/4，从树木园西边沟谷至本区最高峰鸡笼山，海拔在50–1,000 m之间。该区内植被类型多样，包含了鼎湖山绝大部分重点保护植被——季风常绿阔叶林，且山地植被全部位于该区。经过15年的演变，山地植被中灌草丛减少，而灌丛及阔叶林皆增加；在低山丘陵南亚热带森林里，1985年马尾松针叶林在该区尚有分布，现已演替为马尾松针阔混交林或次生季风常绿阔叶林。

约占保护区总面积9%的缓冲区位于保护区东部百丈岭一带的坡地，1985年有季风常绿阔叶林、针阔混交林和针叶林3种植被类型，其中马尾松针阔混交林最多，针叶林极少。2000年，针叶林已全部演变为针阔混交林，而十几年来季风常绿阔叶林和马尾松针阔混交林的面积均有所增加。

过渡区位于保护区东南部海拔较低的沟谷山地，约占保护区总面积的17%。区内仅有次生季风常绿阔叶林、针阔混交林和针叶林3种植被类型。1985年以马尾松针叶林占优势，经过十几年的演变，大部分已演替为马尾松针阔混交林。

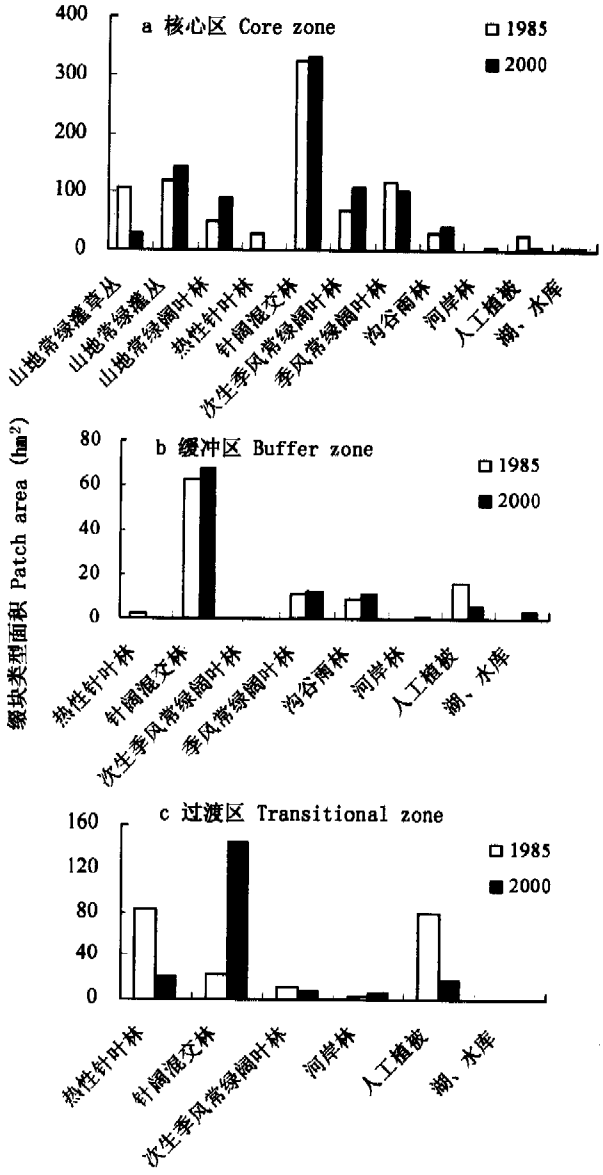

图3 1985–2000年鼎湖山自然保护区各功能区植被组成变化

Fig. 3 Changes of vegetation composition in the three function zones of Dinghushan Biosphere Reserve between 1985–2000. Vegetation types see Fig. 2.

可见，在自然或半自然状态下鼎湖山植被随时间变化发生顺行演替，并逐步向气候顶极植被过渡。目前，3个功能区中马尾松针阔混交林的面积均居首位。马尾松针阔混交林是一个不稳定的植被类

维普资讯 http://www.cqvip.com

型, 这表明当前各功能区的植被尚处于发展阶段。

3.2 原功能区划下各功能区植被景观格局变化

随着演替进程的发生, 各功能区的植被景观多样性减少, 植被缀块的形状变得更为复杂, 在核心区内尤其显著(图4 d、g)。过去十几年里, 核心区和过渡区的植被景观变化趋势较为一致: 植被缀块趋于集中和连续(图4 a、b、c、e), 不同植被类型之间相邻概率降低(图4 f)、面积差异增大(图4 g), 景观异质性增强(图4 g、h)。而在缓冲区内, 植被缀块趋于破碎(图4 a、b、c、e), 且不同植被类型之间相邻概率增加(图4 f)、面积差异减小(图4 g)。

保护区的建立使得无论是核心区、缓冲区还是过渡区的植被都受到了不同程度的保护。特别是核心区, 除进行少量科研之外, 几乎不受其他人为干扰, 该区植被处于自然顺向演替状态。过渡区内仅迪坑和塘蛾岭一带的植被受人为干扰相对严重,其他植被基本处于自然或半自然演替状态。因而, 这两个功能区的植被景观变化趋势十分相似。缓冲区虽然仅占保护区面积的1/10, 但是鼎湖山有名的风景点庆云寺、飞水潭等皆位于此区, 因而该区受到的人为干扰较大。这不仅表现在汽车尾气和香火熏烟等对大气、土壤、水质及动植物的污染, 同时旅游开发也使局部生境遭受破坏, 如20世纪80年代末建坝围湖后席草地不复存在。因此, 与核心区和过渡区的植被景观格局变化比较, 该区植被景观格局变化呈现相反趋势, 这反映了旅游活动所带来的负面影响。

3.3 新旧功能区划下各功能区植被景观相似性

原功能区划与2001年功能区划各功能区植被景观的组成如表1所示。两次功能区划的核心区、缓冲区和过渡区的植被景观相似百分比分别为95.32%、75.61%、81.24%。与原功能区划相比, 2001年功能区划下的核心区植被景观变化不大, 除次生季风常绿阔叶林有所减少外, 其他植被类型几乎没有变化; 缓冲区植被景观变化相对较大, 次生季风常绿阔叶林和针阔混交林均有较大幅度的增加; 过渡区植被景观变化不及缓冲区大, 仅针阔混交林减少较多, 其他植被类型变化极小。

上述结果表明, 现有核心区确保了原生性植被的完整性, 符合核心区规划要求。同时, 现有缓冲区内开通的“望鹤亭—老龙潭—跃龙庵”科普教育径, 可作为科研、科普、旅游相结合的有益探索, 在监测和调控旅游干扰对环境影响的基础上, 实现本区旅游资源的可持续发展和有效利用。

表1 鼎湖山自然保护区原功能区划与现功能区划下2000年植被景观组成比较

Table 1 Comparison of vegetation composition between the original and the current function design of Dinghushan Biosphere Reserve in 2000

植被亚型 Vegetation subtype	原功能区划 Original function planning			现功能区划 Current function planning		
	核心区 Core zone (hm^2)	缓冲区 Buffer zone (hm^2)	过渡区 Transition zone (hm^2)	核心区 Core zone (hm^2)	缓冲区 Buffer zone (hm^2)	过渡区 Transition zone (hm^2)
季风常绿阔叶林 Monsoon evergreen broad-leaved forest	100.53	11.97	0	100.20	12.24	0
山地常绿阔叶林 Mountain evergreen broad-leaved forest	87.86	0	0	87.86	0	0
山地常绿灌草丛 Mountain evergreen shrubby grassland	28.99	0	0	28.98	0	0
沟谷雨林 Ravine rain forest	38.78	11.39	0	35.92	14.32	21.80
河岸林 River-banks forest	4.50	0.48	6.19	0.00	5.44	5.75
次生季风常绿阔叶林 Secondary monsoon evergreen broad-leaved forest	106.43	0	7.60	67.68	46.89	1.04
针阔混交林 Pine and broad-leaved mixed forest	331.81	67.59	144.10	329.04	122.59	90.36
热性针叶林 Pine forest	0	0	21.81	0	0	21.80
山地常绿灌草丛 Mountain Evergreen shrub	144.22	0	0	144.19	0	0
人工植被 Artificial vegetation	2.98	5.73	18.48	2.98	14.87	9.32

维普资讯 http://www.cqvip.com

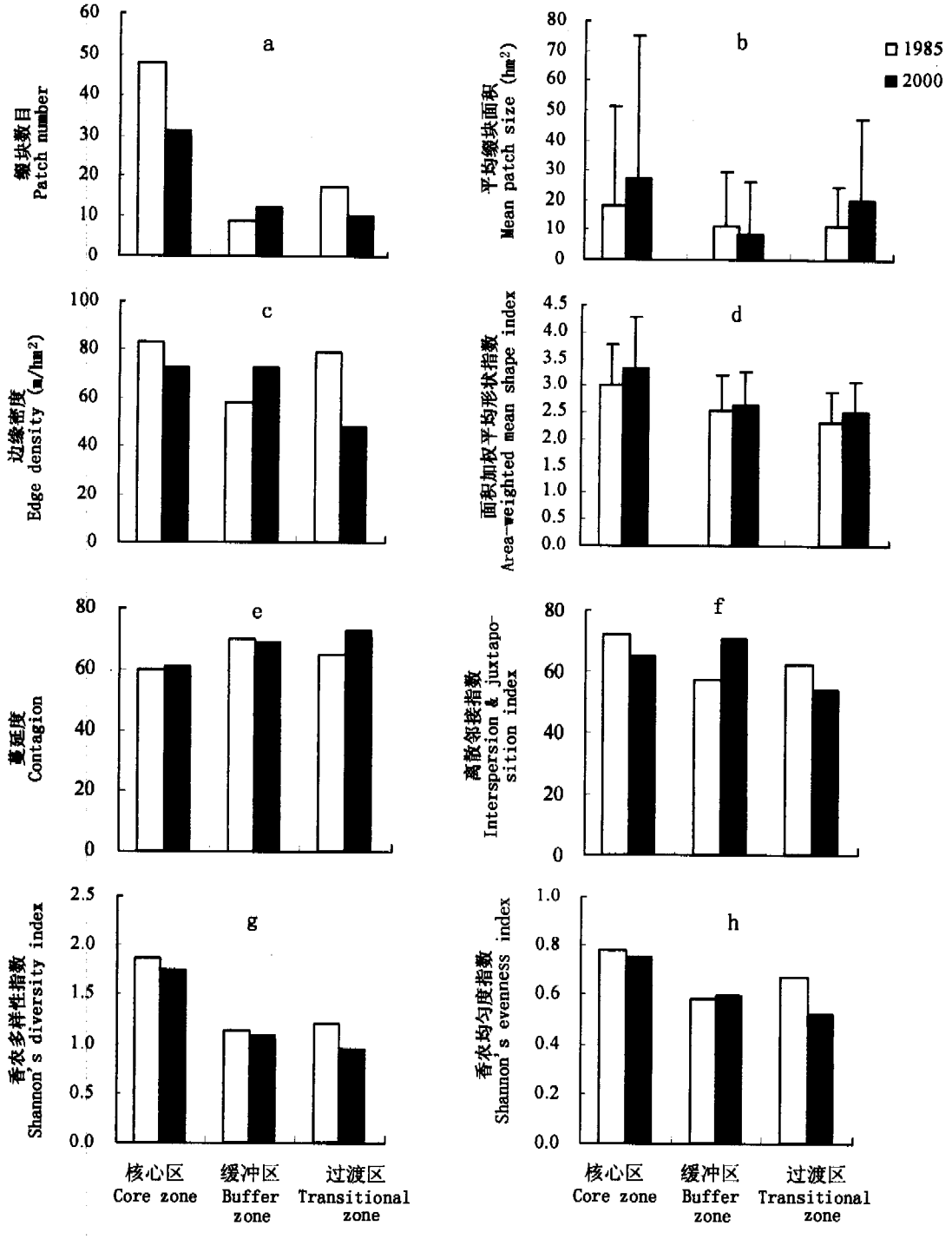

图4 鼎湖山自然保护区各功能区景观格局变化 (1985–2000)

Fig. 4 Changes of landscape pattern in three function zones of Dinghushan Biosphere Reserve between 1985 and 2000

4 结论与讨论

4.1 各功能区景观变化及景观规划

通过15年间植被景观格局变化的研究可知，原有功能区划下核心区内植被保持相对完整，保护得当；而缓冲区面积较小，旅游干扰严重、植被景观破碎；过渡区植被发展状态良好，但其边界与核心区直接相连，需建立缓冲隔离带，以加强核心区资

维普资讯 http://www.cqvip.com

源保护。因此, 新的功能区划的宗旨是在保证核心区植被完整性的前提下, 对缓冲区边界进行适当调整, 并根据现有情况制定相应的景观管理措施。

新旧功能区划下核心区植被景观相似百分比较高(95.32%), 确保了原生性植被的完整性, 加之新区划下在核心区与过渡区之间建立了缓冲带, 因此2001年重新调整的功能区划更为合理。并且, 原有缓冲区内聚集了鼎湖山有名的风景点, 近年游客量不断上升, 给这一带的自然环境造成严重影响。现有缓冲区围绕核心区而建, 可缓冲外界人为干扰对核心区的影响。同时, 新开通的科普教育径不仅可以作为探索该区生态旅游的示范区, 还可分流原有缓冲区内过多的游客。

4.2 鼎湖山自然保护区的景观管理

早期自然保护的目标一般为管理单个物种, 这些物种属于自然保护区的稀有种。随着自然保护理论的发展, 自然保护管理的目标从单物种保护转向群落保护, 即上升到对整个群落的保护, 并根据群落所处的演替阶段和保护需要进行干预管理。就鼎湖山自然保护区来说, 景观管理可以从以下几点入手: (1) 对于季风常绿阔叶林、次生季风常绿阔叶林内存在的顶极群落或接近顶极的群落, 一般采取不加干预的“免除控制”管理措施。(2)进行适当的人工抚育并采取适宜的管理干预措施, 为保护区内不同群落阶段的物种创造适宜生境, 避免某些物种在植被演替中消亡(王俊浩和黄忠良, 1998)。(3) 自然保护管理中最大的威胁是人类的干扰破坏, 如乱砍乱伐、环境污染、生境破坏等。如鼎湖山的药用植物七叶一枝花(*Paris polyphylla*)、观赏植物广东万年青(*Aglaonema modestum*), 皆因文革期间过度利用而大幅度减少(王俊浩和黄忠良, 1998)。因此, 要努力采取各种措施如开展生态旅游等减少人类对环境的干扰与破坏, 保证自然资源的良好发展。(4) 现阶段外来种入侵是导致全球生物多样性丧失的主要原因之一, 因而成为自然保护中不容忽视的一大问题(Levine, 2000)。尽管鼎湖山自然保护区内生态系统成熟度较高, 人为干扰程度相对非保护区来说小得多, 外来种入侵的几率相对较低, 但有关监测和研究表明, 鼎湖山的外来维管植物占所有维管植物种类的比例已达23%, 且各功能区外来植物入侵程度明显存在差异。究其根源主要还是人工引入所致, 干扰增加了群落的可入侵性(贺握权和黄忠良, 2004)。因此, 鼎湖山自然保护管理还在于采取多种有效举措如谨慎引进外来植物、实时监测外来入侵植物的影响等, 调整外来种与本地群落之间的平衡, 防范和阻止外来植物对本地生态系统的破坏。(5)建立生态旅游示范区, 实施科普教育, 并将成功的经验逐渐推广应用到业已开展的旅游线路中。进一步规范管理鼎湖山的旅游, 实行科研、科普、可持续利用多方面结合的旅游管理模式, 开辟良好的生态旅游发展道路。

总之, 自然保护区不是圈禁的禁区, 保护不应是静态的而应是动态的保护。因此, 鼎湖山自然保护区需注重景观管理并实现真正意义的生态旅游, 保证资源可持续利用与发展相协调。实践证明, 自然保护区建立以后, 能否真正发挥保护生物资源的功能, 关键在于管理水平的高低, 缺乏科学有效的管理, 自然保护区的建立就形同虚设(阳含熙和刘玉凯, 1985)。

致谢: 感谢鼎湖山站及鼎湖山自然保护区管理局为本文提供所需图件原始数据!

参考文献

Cao HL (曹洪麟), Huang ZL (黄忠良), Zhang LY (张林艳), Kong GH (孔国辉) (2002) *Vegetation Map of Dinghushan Nature Reserve*. In: *Tropical and Subtropical Forest Ecosystem, Vol.9* (热带亚热带森林生态系统研究第9集) (ed. Dinghushan Forest Ecosystem Research Station), pp. 1–9. China Environmental Science Press, Beijing. (in Chinese with English abstract)

Coppedge BR, Engle DM, Fuhlendorf SD, Masters RE, Gregory MS (2001) Landscape cover type and pattern dynamics in fragmented southern Great Plains grasslands, USA. *Landscape Ecology*, **8**, 677–690.

Deng LB (邓良炳), Huang GY (黄光耀) (1997) The design of aerial photos in Dinghushan Biosphere Reserve. *Map* (地图), (1), 31–32. (in Chinese)

Diamond JM (1975) The island dilemma: lessons of biogeographic studies for the design of natural reserves. *Biological Conservation*, **7**, 129–146.

Franklin JF (1993) Preserving biodiversity: species, ecosystem, or landscapes? *Ecological Applications*, **3**, 202–205.

He WQ (贺握权), Huang ZL (黄忠良) (2004) Dynamics and impacts of invasion by non-native plant species to Dinghushan Nature Reserve. *Guangdong Forestry Science and Technology* (广东林业科技), **20**(3), 42–45. (in Chinese with English abstract)

Holsinger K (1999) *Theory and Design of Nature Reserves*.

维普资讯 http://www.cqvip.com

http: //darwin.eeb.uconn.edu/ eeb310/lecture-notes/reserves/reserves.html (2003).

Kong GH, Liang C, Wu HM, Huang ZL (1993) *Dinghushan Biosphere Reserve: Ecological Research History and Perspective*. Science Press, Beijing.

Levine JM (2000) Species diversity and biological invasions: relating local process to community pattern. *Science*, **288**, 852–854.

Li XW (李晓文), Hu YM (胡远满), Xiao DN (肖笃宁) (1999) Landscape ecology and biodiversity conservation. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), **3**, 399–407. (in Chinese with English abstract)

McGarigal K, Marks B (1995) *FRAGSTATS: Spatial Analysis Program for Quantifying Landscape Structure*. USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. PNW–GTR–351.

McGarigal K (2002) Landscape pattern metrics. In: *Encyclopedia of Environmentrics, Vol. 2* (eds El-Shaarawi AH, Piegorsch WW), pp.1135–1142. John Wiley & Sons, Sussex, England. From: http:// www.umass.edu/landeco/-pubs/ Fragmetrics_short.pdf. (2003).

Noss RF (1983) A regional landscape approach to maintain diversity. *BioScience*, **11**, 700–705.

Poiani K, Richter B (2000) Functional landscapes and the conservation of biodiversity. http:// www.conserveonline.org/2000/11/b/en/WP1.pdf. (2003).

Wang JH (王俊浩), Huang ZL (黄忠良) (1998) Endangered mechanism and protective countermeasure of the species in Dinghu Mountain Biosphere Reserve. *Journal of Jilin Agricultural University* (吉林农业大学学报), **2**, 100–102. (in Chinese with English abstract)

Wang ZH (王铸豪), He DQ (何道泉), Song SD (宋绍敦), Chen SP (陈树培), Chen DR (陈定如), Tu MZ (屠梦照) (1982) The vegetation of Dinghushan Reserve. In: *Tropical and Subtropical Forest Ecosystem, Vol.1* (热带亚热带森林生态系统研究第1集) (ed. Dinghushan Forest Ecosystem Research Station), pp. 77–141. Popular Science Press, Guangzhou. (in Chinese)

Yang HX (阳含熙), Liu YK (刘玉凯) (1985) The planning and building of biosphere reserve. In: *Articles Selection of Nature Reserve Symposium* (自然保护区学术讨论会论文选集) (ed. Yang HX (阳含熙)), pp. 12–16. China Forestry Publishing House, Beijing. (in Chinese)

Zhang LY (张林艳) (2004) *Landscape Changes of Vegetation in Dinghushan Biosphere Reserve* (鼎湖山自然保护区植被景观变化). PhD dissertation, South China Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences. (in Chinese with English abstract)

Zhou HC (周厚诚), Li MG (李明桂), Zhou YR (周远瑞), He DQ (何道泉), Huang YJ (黄玉佳) (1986) The vegetation map and its description of Dinghushan Nature Reserve. In: *Tropical and Subtropical Forest Ecosystem, Vol.4* (热带亚热带森林生态系统研究第4集) (ed. Dinghushan Forest Ecosystem Research Station), pp. 43–52. Hainan People's Publishing House, Haikou. (in Chinese)

(责任编委: 马克明 责任编辑: 周玉荣)