

国家级自然保护区保护成效评估指标体系构建 ——以陆生脊椎动物(除候鸟外)类型为例*

晏玉莹¹ 杨道德^{1*} 邓 娇¹ 张志强¹ 周先雁¹ 王 伟² 李俊生²

(¹中南林业科技大学野生动植物保护研究所,长沙 410004; ²中国环境科学研究院,北京 100012)

摘 要 充分发挥自然保护区的保护成效是实现生物多样性保护目标的关键,开展保护成效评估对促进国家级自然保护区的有效管理和宏观决策具有重要意义。本研究以 10 年为评估时间尺度,以保护目标物种为评估重点,采用频度统计法、专家咨询法、层次分析法(AHP)及案例调研法,率先构建了我国陆生脊椎动物(除候鸟外)类型国家级自然保护区保护成效评估指标体系。该评估框架包括 1 个目标层、2 个系统层、9 个因素层和 40 个指标层,其中系统层包括生态有效性评估(分值占 60%)和管理有效性评估(分值占 40%)。生态有效性评估以目标物种种群及其生境动态变化为主;管理有效性评估注重资源监测、日常巡护等管理行动评估;赋分区主要针对人类活动对保护区目标物种种群及自然资源影响的评估。本研究首次将生态有效性和管理有效性有机结合,注重时空动态变化,区分人为因素的影响与自然变化的结果,将评估指标量化,可促进我国野生动物资源的科学保护、自然保护区的有效管理与宏观规划决策。

关键词 保护成效评估;指标体系;生态有效性;管理有效性;野生动物保护;自然保护区管理

文章编号 1001-9332(2015)05-1571-08 中图分类号 Q16 文献标识码 A

Construction of an indicator system for evaluating the protection efficacy of national nature reserves in China: A case study on terrestrial vertebrates (excluding migratory birds). YAN Yu-ying¹, YANG Dao-de¹, DENG Jiao¹, ZHANG Zhi-qiang¹, ZHOU Xian-yan¹, WANG Wei², LI Jun-sheng² (¹*Institute of Wildlife Conservation, Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410004, China*; ²*Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China*). -*Chin. J. Appl. Ecol.*, 2015, 26(5): 1571-1578.

Abstract: The protection efficacy of nature reserves is a key element in achieving targets of biodiversity conservation. It is therefore very important to develop a scientific, systematic, and accurate index system for evaluating the protection efficacy of national nature reserves in China. Using methods of frequency statistics, expert consultation, analytic hierarchy process, and demonstration survey, we present a novel index system for evaluating the protection efficacy of Chinese national nature reserves for terrestrial vertebrates (excluding migratory birds) over a 10-year period. The indicator system included one target layer, two system layers, nine factor layers, and forty index layers. The system layer included ecological effectiveness evaluation (with a score of 60%) and management effectiveness evaluation (score of 40%). The ecological effectiveness evaluation was a comprehensive, dynamic evaluation of the target species, population, habitat, and ecological system. The management effectiveness evaluation was focused on the effectiveness of patrol and monitoring. The additional part aimed to analyze the impact of humans on the target species, population and nature resources of the nature reserve. This study combined the ecological effectiveness evaluation and the management effectiveness evaluation for the first time, highlighted the importance of time and space changes, distinguished the influence of natural factors from human factors, and integrated them into the evaluation results. By emphasizing quantifiable indicators, this evaluation index system could

* 环保公益性行业科研专项(201209028)和国家自然科学基金项目(31472021,31071946)资助。

* * 通讯作者。E-mail: csfuyydd@126.com

2014-08-17 收稿,2015-02-04 接受。

vastly assist the protection of nature reserves by improving management effectiveness, biodiversity conservation, and macroscopic decision-making.

Key words: protection efficacy evaluation; indicator system; ecological effectiveness; management effectiveness; wildlife protection; nature reserve management.

建立自然保护区是保护生物多样性最直接、最有效的措施之一^[1],充分发挥自然保护区的保护成效是实现生物多样性保护目标的关键^[2].截至 2014 年初,我国已建立 407 个国家级自然保护区,但全国生物多样性丧失的速度并没有因建立了数量众多的自然保护区而减缓^[3],且目前仍不清楚这些自然保护区的保护成效如何^[4-5].因此,开展国家级自然保护区保护成效评估很有必要且十分紧迫.

目前,国内外对自然保护区保护成效评估的内容和方法尚未统一,研究主要集中于保护价值或管理有效性的评估^[6].保护价值评估是从多样性、稀有性、代表性、适宜性、自然性、人类干扰等方面偏重对生态系统的静态评估^[7];管理有效性评估基于背景、规划、投入、过程、结果、效果 6 个基本要素构建评估指标体系,目前已在全球运用超过 2000 个指标对 9250 个具体保护区完成了评估^[8].尽管有些管理有效性评估体系涉及生态指标,但并未揭示生态方面的影响^[9],且自然保护区管理有效性评估与生态有效性评估的有机结合并不充分^[6].此外,虽然国内外已对湿地类型^[10-11]和森林生态系统类型^[12]自然保护区的保护成效进行了评估,但与生态系统类型和自然遗迹类型自然保护区相比,野生动物类型自然保护区更具有动态性、复杂性和不确定性,目前国内针对野生动物类型自然保护区保护成效评估的研究仍处于探索阶段,研究多偏重野生动物类型自然保护区内目标物种的保护有效性或自然保护区的管理有效性评估^[13-14].

野生动物类型自然保护区保护成效评估,是指在一定时间和空间尺度内基于自然保护区目标野生动物物种或类群保护的动态评估,包括生态有效性评估、管理有效性评估和人为影响评估 3 个方面.利用现有的监测数据结合 3S 技术分析,是未来评估自然保护区保护成效的主要方法^[6].本研究采用频度统计法、专家咨询法、层次分析法和案例调研法,率先构建了我国陆生脊椎动物(除候鸟外)类型国家级自然保护区保护成效评估指标体系,将生态有效性和管理有效性有机结合,注重时空动态的变化,区分人为因素的影响与自然变化的结果,将评估指标量化,为促进我国野生动物资源的科学保护和自然

保护区的有效管理与宏观规划提供依据.

1 研究对象与研究方法

1.1 研究对象

截至 2014 年初,我国已批准建立 105 个野生动物类型国家级自然保护区^[4],其主要保护对象为黑冠长臂猿(*Nomascus nasutus*)、猕猴(*Macaca mulatta*)、黔金丝猴(*Rhinopithecus brelichi*)、滇金丝猴(*Rhinopithecus bieti*)、白头叶猴(*Presbytis leucocephalus*)、黑叶猴(*Presbytis francoisi*)、亚洲象(*Elephas maximus*)、藏羚(*Pantholops hodgsoni*)、扭角羚(*Budorcas taxicolor*)、野骆驼(*Camelus ferus*)、马鹿(*Cervus elaphus*)、麋鹿(*Elaphunis davidianus*)、南方梅花鹿(*Cervus nippon*)、白唇鹿(*Gervus albirostris*)、海南坡鹿(*Cervus eldi hainanus*)、大熊猫(*Ailuropoda melanoleuca*)、东北虎(*Panthera tigris altaica*)、金雕(*Aquila chrysaetos*)、褐马鸡(*Crossoptilon mantchuricum*)、白冠长尾雉(*Syrmaticus reevesii*)、朱鹮(*Nipponia nippon*)、扬子鳄(*Alligator sinensis*)、蛇岛蝮(*Gloydus shedaoensis*)、大鲵(*Andrias davidianus*)、白鳍豚(*Lipotes vexillifer*)、江豚(*Neophocaena phocaenoides*)等珍稀濒危野生动物及其生境.陆生脊椎动物与无脊椎动物在生态习性上的差异明显,而候鸟、水生兽类及鱼类迁徙范围甚广,其生境受水质和水量等因素的影响大,与陆生脊椎动物(除候鸟外)在管理方式存在很大的差别,故有必要根据不同动物类群分别构建评估指标体系,以便客观地反映这些自然保护区的保护成效^[15].本研究将陆生脊椎动物(除候鸟外)类型国家级自然保护区定义为以除候鸟外的陆生脊椎动物物种,特别是珍稀濒危和重要经济物种种群及其自然生境为主要保护对象的国家级自然保护区.对于我国保护目标涉及陆生脊椎动物的生态系统类型国家级自然保护区,也可参考本指标体系进行自然保护区保护成效评估.

1.2 研究方法

1.2.1 指标筛选 在集成国内外评估指标体系研究结果的基础上,针对我国陆生脊椎动物类型国家级自然保护区的现状,考虑目标物种种群、生态功能、环境因子、自然保护区管理等层面的因素^[16-17],通

过问题树和决策树的分析方法,筛选与自然保护区保护成效有关的各项指标,并对每项指标的有效性和可获取性进行评价,选择既能反映该自然保护区的保护成效又相对容易获取的指标,从而以这些指标来反映自然保护区在目标物种种群、生态功能、与环境相互作用、自然保护区管理等方面的参数^[18],初步构建国家级自然保护区保护成效评估指标体系。

1.2.2 专家咨询 邀请动物学、植物学、自然保护区学、野生动物管理学等学科的专家对评估指标体系的科学性和可行性提出咨询建议,再通过集体讨论、频度统计和反复过滤产生法等筛选出评估指标及确定各指标重要值。

1.2.3 权重确定 利用层次分析法(AHP)等数学方法计算权重,构建基于目标物种保护的国家级自然保护区保护成效评估指标体系。层次分析法是美国运筹学家 Saaty^[19]于20世纪70年代提出的一种定性与定量相结合的多目标决策分析方法,主要步骤包括建立层次结构模型、建立判断矩阵、确定各要素的权重并进行一致性检验,其特点是将分析人员的经验判断给予量化,得出不同要素重要性程度的权重。

在已建立层次结构模型的基础上,首先构造判断矩阵(表1)。以生态有效性B层(因素层)对A层(系统层)的权重分析为例计算,B₁为代表性,B₂为适宜性,B₃为稀有性,B₄为多样性,B₅为完整性。

利用SPSS 20.0归一化处理得出矩阵A的特征向量 $W^0 = [0.3333\ 0.3333\ 0.1111\ 0.1111\ 0.1111]^T$,矩阵A的最大特征根 $\lambda_{\max} = 5$ 。利用 $CR = CI/RI$ 进行一致性检验,其中:CR为矩阵随机一致性比率;C为一般一致性指标;RI为平均随机一致性指标; $CI = (\lambda_{\max} - n)/(n - 1)$,RI由表查得。当 $n = 5$ 时, $RI = 1.12$, $CR = 0$ 。在层次分析法中,当 $CR < 0.1$ 时,则认

表1 生态有效性因素层对系统层判断矩阵
Table 1 Judgment matrix of the factor layer of ecological effectiveness on the system layer

A	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅
B ₁	1	1	3	3	3
B ₂	1	1	3	3	3
B ₃	1/3	1/3	1	1	1
B ₄	1/3	1/3	1	1	1
B ₅	1/3	1/3	1	1	1

A: 系统层 System layer; B: 因素层 Factor layer。B₁: 代表性 Representativeness; B₂: 适宜性 Suitability; B₃: 稀有性 Rarity; B₄: 多样性 Diversity; B₅: 完整性 Integrity。

为原评判矩阵A具有满意的一致性,即特征向量 W^0 可以作为B₁~B₅的权重系数。

生态有效性中指标层对因素层、管理有效性中因素层对系统层及指标层对因素层的权重分析按上述方法计算,得出各权重,计算微调后得到分值(图1)。形成陆生脊椎动物(除候鸟外)类型国家级自然保护区保护成效指标体系。

1.3 案例调研

2011—2012年,在江苏大丰麋鹿和湖北石首麋鹿国家级自然保护区开展实地踏查,根据自然保护区建设现状、已有本底资料和保护区工作人员的经验,对评估指标的内容和可行性进行初步验证。2012—2014年,对主要保护目标物种为哺乳类、鸟类或爬行类的湖北石首麋鹿、江苏大丰麋鹿、四川卧龙、陕西汉中朱鹮、安徽扬子鳄等国家级自然保护区进行案例调研。通过座谈、资料收集、问卷调查、实地调查(在目标物种的繁殖期和越冬期)来验证指标的可获取性、科学性和可行性。

2 结 果

2.1 评估指标体系

野生动物类型自然保护区具有动态性和不确定性,其管理核心是确保对野生动物及其生境的有效保护^[17],而种群和生境管理的有效性可通过物种种群的动态变化来体现^[14]。本套指标体系以10年为评估时间尺度,包括目标层、系统层、因素层和指标层4个层次。目标层即为保护成效评估;系统层包括生态有效性评估和管理有效性评估,同时增加了赋分区。生态有效性强调物种或生境等保护目标的代表性和互补性,以及自然保护区对生物多样性可持续性的保障^[20-21],同时参考《国家级自然保护区评审标准》^[22]的评估指标;物种方面以目标物种种群动态为重点,综合物种多样性和稀有性;环境方面则以生境适宜性和完整性评估为主。管理有效性评估指标基于WCPA(World Commission on Protected Areas)的管理有效性评价框架,参考我国《自然保护区有效管理评价技术规范》^[23],在日常巡护、资源监测等管理行动方面有所偏重。赋分区主要针对人类活动对目标物种种群及保护区内资源影响的评估(表1)。

2.2 评估等级标准

根据对每项指标进行评估打分的结果,野生动物类型国家级自然保护区保护成效评估总分值=生态有效性评估分值(总分100分)×60%+管理有效

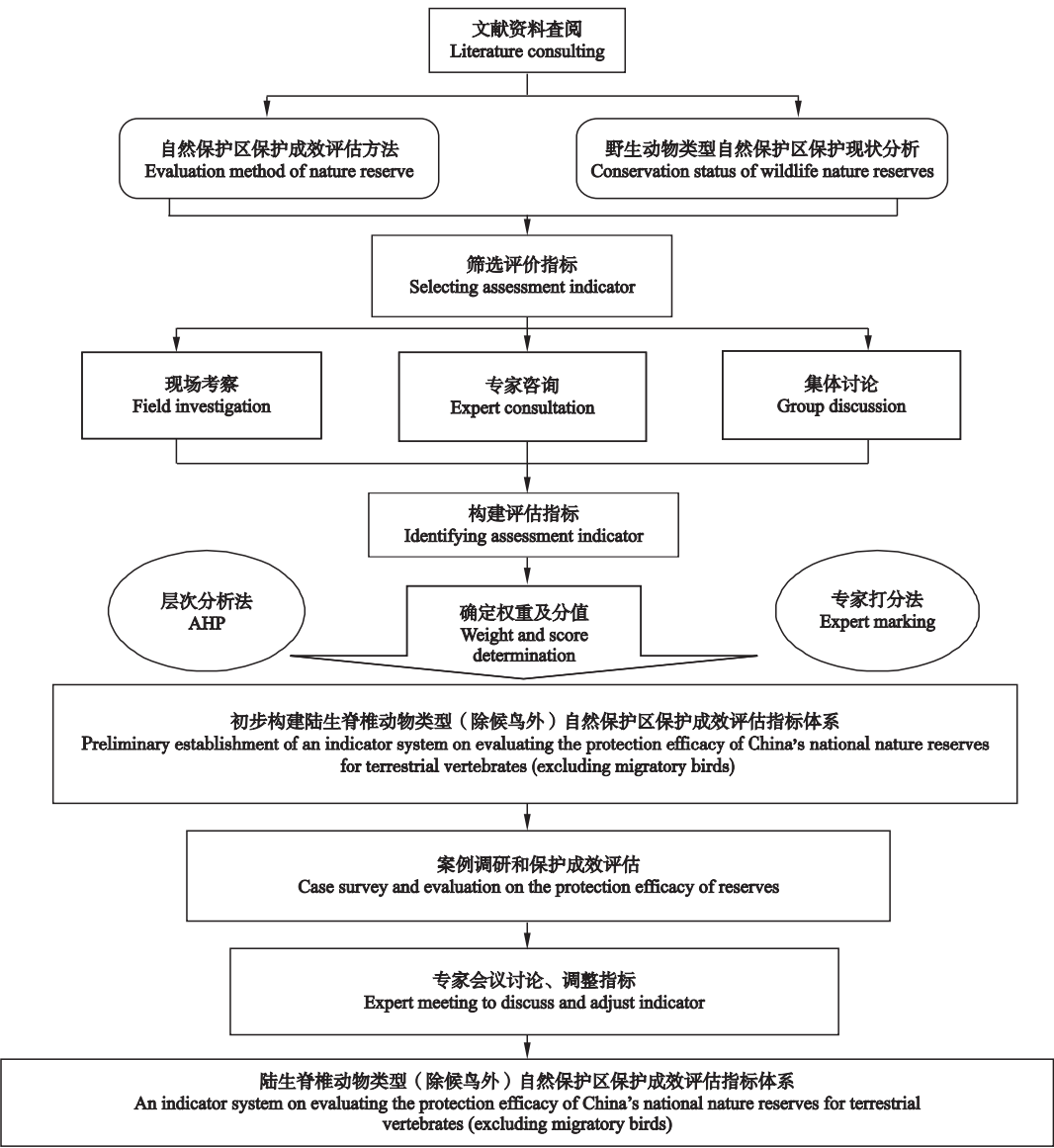


图 1 陆生脊椎动物(除候鸟外)类型国家级自然保护区保护成效评估技术路线
Fig.1 A technology roadmap for the protection efficacy evaluation of China's national nature reserves for terrestrial vertebrates (excluding migratory birds).

性评估分值(总分 100 分)×40%+赋分区评估分值(−12 分~+8 分).保护成效评估结果分为优(≥88 分)、良(75~87 分)、中(60~74 分)、差(<60 分)4 个等级,若生态有效性或管理有效性评估结果任 1 项为差,则自然保护区总体保护成效为差(表 3、表 4).

3 讨 论

3.1 评估指标的针对性

野生动物类型自然保护区有明确的保护目标物种,而目前湿地、草地、森林等生态系统类型自然保护区的保护成效评估指标虽然也强调关键物种及生物多样性的重要性,但因各类型自然保护区保护目

标的差异,在反映目标物种的保护成效方面仍不够系统直观^[11-12,26].本指标体系将自然保护区内目标物种的种群动态变化作为代表性的指标,强调近 10 年种群数量的变化及未来的发展趋势,而生境是影响目标物种种群生存繁衍的重要因子,如水、食物、隐蔽场所^[27],故选择目标物种种群数量动态性、种群结构稳定性、目标物种重要性、目标物种分布范围、食物资源、隐蔽资源、水资源变化等作为代表性和适宜性指标,稀有性、多样性和完整性则是对保护区整个生态系统的生态有效性评估.因野生动物类型自然保护区保护目标的动态性、复杂性和不确定性,管理有效性评估更注重日常巡护、资源监测等管

表 2 陆生脊椎动物(除候鸟外)类型国家级自然保护区保护成效评估框架和指标体系

Table 2 Framework and indicator system for evaluating the protection efficacy of China's national nature reserves for terrestrial vertebrates (excluding migratory birds)

系统层	因素层	权重	指标层	评估内容	权重	评分参照依据
System layer	Factor layer	Weight	Indicator layer	Evaluation content	Weight	Reference
生态有效性 Ecological effectiveness (100 分, 权重 60%)	代表性 Representativeness (33 分)	0.3333	目标物种群数量动态性 Dynamic of target species population (18 分)	种群数量增长变化趋势	0.5455	实地调查数据、科考报告、日常监测数据及文献资料
			目标物种群结构稳定性 Stability of target species population (9 分)	幼体、亚成体、成体、老年体比率变化趋势	0.2727	
			目标物种重要性 Importance of target species (6 分)	保护区种群规模占全国种群规模的比例变化趋势	0.1818	
	适宜性 Suitability (33 分)	0.3333	目标物种分布范围 Distribution of target species (9 分)	自然状态下分布面积或分布点变化	0.2941	实地调查数据、科考报告、日常监测数据、文献资料、座谈及问卷调查
			目标物种食物资源 Food of target species (8 分)	所需食物种类、质量及丰富度变化	0.2353	
			目标物种隐蔽环境资源 Shelter of target species (8 分)	繁殖期、越冬期所需隐蔽环境变化	0.2353	
			目标物种水资源 Water resource of target species (8 分)	所需水质、水量、水源分布变化	0.2353	
	稀有性 Rarity (11 分)	0.1111	国家 I、II 级重点保护物种 National key protected species (level I and II) (6 分)	物种数或目标物种外的重要保护物种种群数量变化	0.5000	科考报告、日常监测数据、文献资料及访问调查
			《中国物种红色名录》 ^[24-25] 濒危种 Endangered species in 'China species red list' ^[24-25] (3 分)	物种数变化	0.2500	
			中国特有种 Endemic species of China (2 分)	物种数变化	0.2500	
	多样性 Diversity (11 分)	0.1111	动物物种多样性 Species diversity of wild animals (6 分)	脊椎动物物种数变化	0.5000	
			植物物种多样性 Species diversity of wild plants (5 分)	高等植物物种数变化	0.5000	
	完整性 Integrity (12 分)	0.1111	景观连续性 Landscape connectivity (6 分)	核心区和缓冲区景观连续性变化	0.5000	实地调查数据、科考报告、文献资料、总体规划、遥感图
			群落演替 Community succession (6 分)	核心区和缓冲区目标物种分布的生境面积变化	0.5000	
管理有效性 Management effectiveness (100 分, 权重 40%)	管理对象 Object (12 分)	0.1176	土地权属 Land ownership (4 分)	保护区所有权与管理权的变化	0.3333	土地征用或共管协议及问卷调查
			功能区划 Function zoning (4 分)	功能区划的合理性与调整情况	0.3333	
			保护对象信息 Information of conservation object (4 分)	保护对象信息系统健全性	0.3333	
	管理行动 Action (35 分)	0.3529	日常巡护 Patrol (10 分)	野外巡护达标率及防控重大盗猎盗伐事件	0.2727	日常监测数据及问卷调查
			资源监测 Monitoring (8 分)	资源监测的全面性和连续性变化	0.2121	
			科研协作 Research collaboration (5 分)	与科研院所、高校或 NGO 科研协作	0.1515	
			资源本底调查 Investigation of resources (4 分)	资源本底调查的次数	0.1212	
	管理保障 Assurance (20 分)	0.1765	野外救护 Field ambulance (4 分)	救护站、救护人员工作水平变化	0.1212	问卷调查和实地踏查
			宣传教育 Publicity and education (4 分)	宣传教育的连续性与社会影响	0.1212	
			工作制度保障 Work system assurance (5 分)	工作制度落实情况	0.2500	
			机构与人员保障 Institutions and personnel assurance (5 分)	科室人员数、保护站点设置的变化	0.2500	
	管理效果 Effectiveness (33 分)	0.3529	资金保障 Funds assurance (5 分)	资金稳定性变化	0.2500	资金收入记录表及问卷调查
			基础设施保障 Infrastructure assurance (5 分)	各项基础设施完备性与维护变化	0.2500	
			公众参与 Public participation (5 分)	社区与志愿者参与保护区工作情况	0.1579	

续表 2
Table 2 continued

系统层 System layer	因素层 Factor layer	权重 Weight	指标层 Indicator layer	评估内容 Evaluation content	权重 Weight	评分参照依据 Reference
赋分区 Additional part -12~8 分	人为影响 Human impact (-12~8 分)	-	社区关系 Community relations (4 分)	保护区与社区关系变化	0.1053	问卷调查
			生境质量 Habitat quality (10 分)	保护区水、空气、声环境变化	0.3158	环境质量监测报告、问卷调查及实地踏查
			规划落实 Implementation of the overall planning (5 分)	总体规划落实率	0.1579	发展规划、实地踏查及座谈
			科研能力 Scientific research ability (5 分)	自身科研能力提升程度	0.1579	发表的论著及科研监测活动开展程度
			居民生活水平 Residents' livelihood level (4 分)	社区居民从保护区建设中受益情况	0.1053	问卷调查及当地居民 GDP 资料
			人类活动干扰 Human disturbance (-7~0 分)	土地利用对不同功能区造成的干扰程度	-	实地调查及问卷调查,土地利用对比图
			传统文化 Traditional culture (-2~2 分)	特殊文化对野生动物的影响	-	座谈和访问调查
			建立生物廊道 Wildlife corridors (0~1)	是否建立生物廊道	-	座谈和实地调查
			是否发生人为灾害 Man-made disasters (-2~1 分)	人为火灾、安全责任事故、重大管理问题等	-	问卷调查及媒体资料
			保护区荣誉成果 Awards (-1~1 分)	受省部级及以上表扬或批评	-	座谈及实地调查
			野生动物危害补偿 Wildlife damage compensation (0~2 分)	野生动物危害补偿机制的完善性	-	座谈及问卷调查
			自然灾害应对能力 Natural disaster response capacity (0~1 分)	对自然灾害的应对能力	-	座谈及相关资料收集

表 3 陆生脊椎动物(除候鸟外)类型国家级生态有效性和管理有效性评价等级标准
Table 3 Evaluation criteria for the ecological effectiveness and the management effectiveness of China's national nature reserves for terrestrial vertebrates (excluding migratory birds)

评估分值 Assessment score	评估等级 Assessment level			
	优 Excellent	良 Good	中 Medium	差 Poor
生态有效性 Ecological effectiveness	≥88	75~87	60~74	<60
管理有效性 Management effectiveness	≥88	75~87	60~74	<60

表 4 陆生脊椎动物(除候鸟外)类型国家级自然保护区保护成效评价等级标准
Table 4 Criteria for protection efficacy evaluation of China's national nature reserves for terrestrial vertebrates (excluding migratory birds)

评估等级 Assessment level	优 Excellent	良 Good	中 Medium	差 Poor
保护成效评估分值 Scores of protection efficacy evaluation	≥88	75~87	60~74	<60 或:管理有效性与生态有效性任一项目得分为差<60

理行动方面^[28-29],本指标体系对野生动物类型自然保护区保护成效评估具有较强的针对性.

3.2 评估指标的客观性

在自然保护区保护成效的评估过程中,评估方法和评估人员的专业能力对评估结果的影响非常明

显^[30-31].本指标体系在集成分析国内外研究现状的基础上^[6],率先采用频度统计法、保护区实地调查法和专家咨询法筛选指标,然后运用层次分析法将每个指标量化,最后通过进行案例研究,验证评估指标的科学性和可行性,再次对指标的选择和分值进行调整.因而,本指标体系的构建具有一定的客观性.

在自然保护区保护成效的评估过程中,区分人为因素的影响与自然变化的结果是首先要考虑而又容易被忽略或混淆的因素^[32-33].本套评估指标将自然变化的结果和人为因素的影响区分并综合到评估结果中,如在适宜性评估中,目标物种分布范围仅考虑物种自然扩散的结果,食物、水资源和隐蔽环境则分为自然或人造生境状态能否满足目标物种所需等四个层次水平;多样性和稀有性评估结果中人工引进的物种数则视为无效数据.

3.3 评估指标的动态性

尺度是动态监测在空间或时间方面的基准尺寸^[34-35].在保护成效的评估过程中,应明确时间和空间尺度,注重时空过程中的动态变化.本套指标体系以整个自然保护区为空间尺度,以 10 年为时间尺度,充分考虑自然保护区内的环境容纳量,参考实地调研数据、自然保护区近 10 年的巡护监测数据以及

学术文献,通过时空格局的量化和有效模拟来评估自然保护区保护成效.因本套指标体系对自然保护区基础数据的要求较高,需要自然保护区开展长期的监测活动.若自然保护区数据严重缺乏,评估工作将无法顺利开展,会直接评定为差.建议对于晋升不足3年的国家级自然保护区,待其保护成效明显后再开展评估.

4 结 论

我国自然保护区具有多目标属性特点,保护区性质和功能不明确,缺乏多方位、综合评估的方法对自然保护区进行系统的评估和规划建设^[36-37].本研究遵循代表性、科学性和可行性的原则,首次将自然保护区生态有效性和管理有效性有机结合,以保护目标物种为评估重点,注重时空的动态变化,发展量化评估方法,避免主观因素干扰,构建了陆生脊椎动物类型(除候鸟外)国家级自然保护区保护成效评估指标体系,以期快速、简捷、准确地评估自然保护区保护成效.本套指标体系的应用,可明确陆生脊椎动物类型(除候鸟外)自然保护区的建设内容,使保护区有计划地进行保护规划和管理体制改革.

致 谢 北京师范大学张正旺教授、北京林业大学徐基良教授、北京麋鹿苑张林源研究员、江苏大丰麋鹿国家级自然保护区丁玉华主任、湖北石首麋鹿国家级自然保护区李鹏飞副主任对评估指标框架和指标体系提出了宝贵的建议;四川卧龙国家级自然保护区、陕西汉中朱鹮国家级自然保护区、安徽扬子鳄国家级自然保护区、江苏大丰麋鹿国家级自然保护区、湖北石首麋鹿国家级自然保护区的干部、职工及项目组成员文仕知、喻勳林、宋玉成、李弛、傅祺、费冬波、陈斯侃、罗遵兰等在实地调研和指标体系构建过程中给予了大力支持与帮助,在此一并感谢!

参考文献

- [1] Defries R, Hansen A, Newton AC, *et al.* Increasing isolation of protected areas in tropical forest over the past twenty years. *Ecological Applications*, 2005, **15**: 19–26
- [2] Convention on Biological Diversity (CBD). Global Biodiversity Outlook 3. Montreal: Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2010
- [3] Butchart SHM, Walpole M, Collen B, *et al.* Global biodiversity: Indicators of recent declines. *Science*, 2010, **328**: 1164–1168
- [4] Fuller RA, Madden EMD, Wilson KA, *et al.* Replacing underperforming protected areas achieves better conservation outcomes. *Nature*, 2010, **466**: 365–367
- [5] Department of Nature and Ecology Conservation, Ministry of Environmental Protection of the People's Republic of China (中华人民共和国环境保护部自然生态保护司). The Nature Reserve List of China [EB/OL]. (2013-09-27) [2014-03-31]. <http://sts.mep.gov.cn/zrbhq/zrbhq/201309/P020130927386454626867.pdf> (in Chinese)
- [6] Yan Y-Y (晏玉莹), Deng J (邓 娇), Zhang Z-Q (张志强), *et al.* Research progress in the protection efficacy evaluation of wildlife nature reserves. *Chinese Journal of Ecology* (生态学报), 2014, **33**(4): 1128–1134 (in Chinese)
- [7] Zheng Y-W (郑允文), Xue D-Y (薛达元), Zhang G-S (张更生). Study on ecological evaluation criteria and standards for nature reserves in China. *Rural Eco-Environment* (农村生态环境学报), 1994, **10**(3): 22–25 (in Chinese)
- [8] Leverington F, Costa KL, Pavese H, *et al.* A global analysis of protected area management effectiveness. *Environmental Management*, 2010, **46**: 685–698
- [9] Quan J (权 佳), Ouyang Z-Y (欧阳志云), Xu W-H (徐卫华), *et al.* Management effectiveness of China nature reserves: Status quo assessment and counter measures. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2009, **20**(7): 1739–1746 (in Chinese)
- [10] Victoria CJ, Cheng MS, Chen XW. The development of landscape analysis of wetland function (LAWF): A GIS-based wetland functional assessment tool. *Proceedings of the Water Environment Federation, Watershed*, Alexandria, VA, 2002: 418–424
- [11] Zheng Y-M (郑姚闽), Zhang H-Y (张海英), Niu Z-G (牛振国), *et al.* Protection efficacy of national wetland reserves in China. *Chinese Science Bulletin* (科学通报), 2012, **57**(4): 207–230 (in Chinese)
- [12] Wang W, Pechacek P, Zhang M, *et al.* Effectiveness of nature reserve system for conserving tropical forests: A statistical evaluation of Hainan Island, China. *PLoS ONE*, 2013, **8**(2): e57561
- [13] Underwood FM. A framework for adapting survey design through time for wildlife population assessment. *Environmental and Ecological Statistics*, 2012, **19**: 413–436
- [14] Caro T, Gardner TA, Stoner C, *et al.* Assessing the effectiveness of protected areas: Paradoxes call for pluralism in evaluating conservation performance. *Diversity and Distributions*, 2009, **15**: 178–182
- [15] Yang D-D (杨道德), Deng J (邓 娇), Zhou X-Y (周先雁), *et al.* Construction of an indicator system and a case study of protection efficacy evaluation of China's national nature reserves for migratory birds. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), 2015, **35**(6): 1891–1898 (in Chinese)
- [16] Convention on Biological Diversity (CBD). Information [EB/OL]. (2004-02-20) [2014-07-07]. <http://www.cbd.int/decision/cop/default.shtml? id=7767>
- [17] Sinclair ARE, Fryxell JM, Caxcughley G. *Wildlife Ecology, Conservation and Management*. 2nd Ed. Oxford, UK: Blackwell, 2006
- [18] Dudley N, Mulongoy KJ, Cohen S, *et al.* Towards effective Protected Area Systems, An Action Guide to Implement The Convention on Biological Diversity Programme

of Work on Protected Areas. Technical Series No. 18. Montreal: Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2005

[19] Saaty TL. The Analysis Hierarchy Process. New York: McGraw-Hill Inc., 1980

[20] Margules CR, Pressey RL. Systematic conservation planning. *Nature*, 2000, **405**: 243–253

[21] Gaston KJ, Jackson SF, Cantú-Salazar L, *et al.* The ecological performance of protected areas. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 2008, **39**: 93–113

[22] Ministry of Environmental Protection of the People’s Republic of China (中华人民共和国环境保护部). National nature reserve evaluation standard [EB/OL]. (1999-04-15) [2014-07-07]. http://sts.mep.gov.cn/zrbhq/pxbz/199904/t19990415_85000.htm (in Chinese)

[23] State Forestry Administration (国家林业局). Technical Regulations for Management Effectiveness Evaluation of Nature Reserves (LY/T 1726–2008). Beijing: China Standards Press, 2008 (in Chinese)

[24] Wang S (汪 松), Xie Y (解 焱). China Species Red List. Vol. I Red List. Beijing: Higher Education Press, 2004 (in Chinese)

[25] Wang S (汪 松), Xie Y (解 焱). China Species Red List. Vol. II Vertebrates. Beijing: Higher Education Press, 2009 (in Chinese)

[26] Xin L-J (辛利娟), Wang W (王 伟), Qi Y-C (靳勇超), *et al.* Indices of ecological effects of grassland nature reserves in China. *Pratacultural Science* (草业科学), 2014, **31**(1): 75–82 (in Chinese)

[27] Ma J-Z (马建章), Zou H-F (邹红菲), Jia J-B (贾竞波). Wildlife Management. 2nd Ed. Harbin: Northeast Forestry University Press, 2004 (in Chinese)

[28] Danielsen F, Mendoza MM, Alviola P, *et al.* Biodiversity monitoring in developing countries: What are we trying to achieve? *Oryx*, 2003, **37**: 407–409

[29] Stoner CJ, Caro T, Mduma S, *et al.* Assessment of effectiveness of protection strategies in Tanzania based on a decade of survey data for large herbivores. *Conservation Biology*, 2007, **21**: 635–646

[30] Burton AC. Critical evaluation of a long-term, locally-based wildlife monitoring program in West Africa. *Biodiversity and Conservation*, 2012, **21**: 3079–3094

[31] Nurse GA, Benfield JA, Bell PA. New implications for wildlife loss evaluation: The role of subjective predictors. *Human Dimensions of Wildlife*, 2011, **16**: 87–99

[32] Huntington BE, Karnauskas M, Babcock EA, *et al.* Untangling natural seascape variation from marine reserve effects using a landscape approach. *PLoS ONE*, 2010, **5**(8): e12327

[33] Yang J (杨 军), Zhang M-X (张明祥), Lei G-C (雷光春). Biases in ‘protection efficacy of national wetland reserves in China’. *Chinese Science Bulletin* (科学通报), 2012, **57**(15): 1367–1370 (in Chinese)

[34] Schulze R. Transcending scales of space and time in impact studies of climate and climate change on agrohydrological responses. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2000, **82**: 185–212

[35] Chee YE, Wintle BA. Linking modelling, monitoring and management: An integrated approach to controlling overabundant wildlife. *Journal of Applied Ecology*, 2010, **47**: 1169–1178

[36] Sun R (孙 锐), Cui G-F (崔国发), Lei T (雷霆), *et al.* An evaluation indicator system classifying the conservation value of wetland nature reserves based on AHP. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), 2013, **33**(6): 1952–1963 (in Chinese)

[37] Ding J-Y (丁婧祎), Zhao W-W (赵文武). Progress and prospects on evaluation of ecological restoration: A review of the 5th world conference on ecological restoration. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2014, **25**(9): 2716–2722 (in Chinese)

作者简介 晏玉莹,女,1988年生,硕士研究生.主要从事野生动物保护与自然保护区管理研究. E-mail: yanyuying1624@126.com

责任编辑 肖 红
