

构建我国生物多样性评价的指标体系

李 果 吴晓蓊 罗遵兰 李俊生*

(中国环境科学研究院, 北京 100012)

摘要: 生物多样性指标体系的建设过程长期而复杂, 需要结合科学研究、监测以及决策制定, 并基于合理的结构进行指标设计。构建适宜的生物多样性评价指标体系、监测评估生物多样性状况及变化趋势, 已被纳入我国国家生物多样性战略及其行动计划。本文结合国内外经验, 从指标的逻辑框架、空间尺度、时间尺度、指标类型、评价方法等5个方面探讨了指标体系构建中需要注意的问题。并依据我国2011–2030年国家生物多样性保护战略与行动计划, 提出了我国生物多样性评价的8个重要参考方面, 分别是: 生物多样性的现状与变化趋势; 生态系统的产品与服务功能; 生物多样性面临的威胁; 可持续利用; 遗传资源的获取与惠益共享; 政策法律体系与生态规划; 财政资源状况; 公众意识。最后基于适用性、代表性、敏感性、综合性原则, 甄选出26个评价指标。这些指标可以从压力、现状、影响及响应等方面对遗传多样性、物种多样性以及生态系统多样性分别进行评价, 并评估国家生物多样性战略行动目标的实施进展。

关键词: 生物多样性公约, 决策制定与管理, 国家生物多样性战略, DPSIR框架

Establishing an indicator system for biodiversity assessment in China

Guo Li, Xiaopu Wu, Zunlan Luo, Junsheng Li*

Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012

Abstract: The development of biodiversity indicators is a complex and long-term process that requires linking research with monitoring and policy making, choosing sound approach to structure indicators, and implementing the technical design. The need to develop suitable indicators for monitoring and assessing biodiversity status and trends is reflected in China's national biodiversity strategies. We review the practices of indicator development from both home and abroad and discuss the issues concerning the technical design of indicators, including causal frameworks of indicator system, spatial and temporal scales, indicator types and assessment methods. We also identify eight focal areas for biodiversity assessment which reflect the objectives of the 2011–2030 national biodiversity strategy and action plan. These propositional focal areas include status and trends of biodiversity, ecosystem goods and services, threats to biodiversity, sustainable use, access and benefit-sharing of genetic resources, policy and legal systems/ecological planning, financial resources, and public awareness. We propose a set of 26 possible indicators characterized by 'practicality', 'representativeness', 'sensitiveness' and 'aggregation possibilities'. The indicators in this set could be grouped and logically linked under the Pressure-State-Impact-Response framework. And they could be used to assess biodiversity at genetic, species, and ecosystem levels, and to measure the progress toward the national biodiversity strategic goals.

Key words: Convention on Biological Diversity, decision-making and management, national biodiversity strategy, DPSIR framework

生物多样性监测与评价是生物多样性保护工作的重要基础。通过对生物多样性信息的汇编、收

集与评估, 可以为完善保护管理措施提供参考。随着生物多样性丧失成为全球性问题, 《生物多样性

收稿日期: 2011-04-18; 接受日期: 2011-08-29

基金项目: 环境保护公益项目“全国生物多样性监测与评价技术研究”(200709018)和“十一五”国家科技支撑计划重点项目课题“物种资源监测网络构建和监测技术标准与规范研究”(2008BAC39B01)

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: lijsh@craes.org.cn

公约》(CBD)不断强调“预测、预防,从源头消除导致生物多样性降低或丧失原因”的重要性,并对缔约国开展生物多样性监测与评估提出了具体要求。为满足生物多样性评价工作的需求,亟待建立国家(national)、区域(regional)和全球(global)尺度上的生物多样性评价指标体系。

通常,建立生物多样性评价指标是为了满足如下三类工作的需要:(1)监测生物多样性状况,跟踪生物多样性变化;(2)检验科学假说,增进对生态学过程的认识;(3)服务生物多样性管理,提高保护对策和措施的有效性(Failing & Gregory, 2003)。服务于上述目的指标彼此相似但又具有差异。长期以来,指标的功能主要偏重于监测生物多样性状况和验证科学假说两个方面,一般基于特定的生态学实验设计,目的在于从特定的生态学角度深入地揭示生物多样性的某一方面特性。但《生物多样性公约》框架下的生物多样性指标有其特殊含义,更注重对决策和管理的服务支持,体现国家或地区生物多样性战略的需求。因此国家生物多样性评价指标体系更强调综合性与实用性,目的在于加强生物多样性数据/信息基础建设,并完善决策机制,是履行《生物多样性公约》、评估国家生物多样性总体状况的重要工具。本文将从国家生物多样性指标体系构架思路与方法的角度探讨我国指标体系构建中需要特别关注的问题。

1 生物多样性评价的内容

CBD框架下的生物多样性概念内涵广泛,涉及自然、社会、人口、经济等多个方面,而与公约履约相关、需要监测评价的具体问题主要涉及状况(state)、压力(pressure)、利用(use)、响应(response)和能力(capacity)5个方面(CBD, 2003)。为支持生物多样性的可持续管理与决策,应查明生物多样性组成部分的现状,以及对生物多样性产生重要影响的过程与活动,并评估保护管理措施的效果。

CBD第七次缔约方大会上提出了生物多样性评价的7个重要方面,分别是:调查生物多样性组成部分的状况与变化趋势,降低生物多样性的丧失速度;促进生物多样性资源的可持续利用;消除对生物多样性的主要威胁,如外来入侵物种、污染物排放、气候变化等;维护生态系统完整性和生态系统产品与服务;保护传统知识、创新与实践;保证

公平的获取与分享遗传资源产生的利益;调动资金与技术资源,促进国际间的协作。可以看到,CBD框架中生物多样性评价不仅包括了生物方面,也涉及人文、社会、经济方面;同时,生物多样性的影响因素与保护响应措施两个方面占有较大比重,关注人类发展及其环境影响已成为生物多样性保护中的重点问题。

2 国外的评价指标体系

2006年CBD第八次缔约方大会上,“2010生物多样性指标合作伙伴关系”(the 2010 Biodiversity Indicators Partnership, 2010 BIP) (<http://www.twentyten.net>)宣布成立,以期通过众多国际机构的共同参与及合作,为全球提供权威的可获取的生物多样性信息,开展全球尺度的生物多样性评价工作,并协助地区和国家尺度的指标建设。2010 BIP的项目成果(如CBD全球生物多样性指标体系等)代表了目前生物多样性评价的发展方向,其建立的生物多样性评价指标不仅支持《生物多样性公约》、《拉姆萨尔湿地公约》(Ramsar Convention on Wetlands)、《迁移物种公约》(Convention on Migratory Species, CMS)、《濒危野生动植物种国际贸易公约》(Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora, CITES)、《联合国防治荒漠化公约》(United Nations Convention to Combat Desertification, UNCCD)等国际环境协议,还为诸如联合国千年发展计划(Millennium Development Goals, MDGs)、泛欧地区“整合欧洲2010年生物多样性指标”(Streamlining European 2010 Biodiversity Indicators, SEBI 2010)、环北极生物多样性监测项目(Circumpolar Biodiversity Monitoring Programme, CBMP)等国际项目提供指标构建方面的建议。而开发生物多样性评价指标体系也是各个国家生物多样性保护工作的重点,一些国家已建立了相关的国家生物多样性监测与评价体系,如德国生物多样性国家战略指标(BfN, 2008),英国生物多样性指标(Defra, 2009),南非生物多样性评价指标(DEAT, 2009)等。

根据国际上的设计经验,在构建指标体系时需先明确各个国家或地区管理中面对的实际问题与目标,再据此选择合适的评价指标。具体目标或出发点不同,生物多样性指标的侧重点也有差异。因

此, 根据国家或地区的生物多样性战略与行动计划, 明确生物多样性指标的应用目的, 是设计指标体系的关键所在。

3 指标体系构建中应重点关注的问题

3.1 逻辑框架

逻辑框架是指标体系设计的基础, 解决的是如何构架体系的问题。生物多样性评价中的常用逻辑框架包括“压力(pressures)-状态(state)-响应(responses)模型”(PSR) (OECD, 1993)、“驱动力(driving forces)-状态(state)-响应(responses)模型”(DSR) (UNCSD, 2001)与“驱动力(driving forces)-压力(pressures)-状态(state)-影响(impact)-响应(responses)模型”(DPSIR) (EEA, 1999; 2010 BIP, 2010)等。其中, DPSIR模型较前两个模型具有更强的逻辑性和整体性, 尤其解决了驱动力指标与状态指标之间的逻辑缺陷, 是目前CBD以及欧盟指标体系依据的主要模型。

明确指标间的因果关系, 量化指标间的相互影响与作用, 是搭建逻辑框架的前提。比如, 社会经济生产对资源的消耗强度以及对环境的破坏强度取决于生产中采用的技术及其环境生态效益; 而自然生态系统状况对人类获取生态系统产品与服务的影响取决于生态系统的环境容量及其阈值。但指标间逻辑关系的建立依赖于对事物现象及其本质的正确认识, 如果只是片面地使用监测数据进行分析, 可能会造成归因错误, 对策略的制定产生误导。因此宜根据确定的、经过验证的物理、化学或生态学模型, 抓住问题的根本。在评价指标确定后, 还可运用逻辑框架再次检验其合理性。

3.2 空间尺度

3.2.1 覆盖范围

由于国家生物多样性调查的区域广阔, 不同区域获得的数据要有可比性与可处理性, 因而需要制定标准的技术方法, 统一测量和取样, 加强对整个区域的数据采集和分析。

此外, 生物多样性评价不仅应关注陆地, 还应重视海洋。但现阶段对海洋生物多样性的监测与管理还较不足, 国内外目前的指标体系中也仅涉及海洋营养指数(Marine Trophic Index, MTI)以及水体水质等方面。MTI指数是由UBC渔业中心的Sea Around US项目开发的(Pauly *et al.*, 1998; Pauly &

Watson, 2005), 2004年CBD将其作为监测全球生物多样性的指标之一。但MTI指数主要基于渔业资料进行估算, 一些研究认为受渔业的物种偏好、捕捞技术、作业空间分布等影响, MTI指数并不能全面真实地反映海洋生态系统的平均营养级状况(Sethi *et al.*, 2010; Branch *et al.*, 2010), 因此该指标的应用受到限制, 还有待开发更有效的指标。

3.2.2 多尺度问题

除了用于评估区域的生物多样性整体状况外, 生物多样性评价指标还可用于地区间的比较, 所以往往涉及多个空间尺度。指标设计时除需遵循规范的监测调查方法外, 还应把握空间上的多尺度现象和尺度效应(张娜, 2006; Hess *et al.*, 2006)。

另外也要注意多尺度对于评价单元选取的影响。按行政边界(如国家、省、市、县等)或基于生物地理区域(如亚盆地(subbasin)、流域(watershed)、亚流域(subwatershed))等, 从大到小进行评价, 属于松散尺度定义的评价单元设计; 而按照确定的面积设置评价范围, 如网格法(grid method), 则属于严格尺度定义的设计(赵海军和纪力强, 2003)。综合运用不同尺度的信息能更加全面地认识生物多样性的状况(吕一河和傅伯杰, 2001; 江小雷等, 2010)。

3.3 时间尺度

生物多样性指标最主要的功能是监测变化, 尤其是评估保护措施的效果, 所以最好使用动态指标。评估变化趋势与变化速率, 并以统计形式表述结果, 往往要求高频率采样以获取充足的数据。如SEBI 2010指标体系(EEA, 2009)与英国生物多样性评价指标(Defra, 2009)都选取了鸟类和蝴蝶作为调查对象, 这两类物种对环境的变化和干扰都十分敏感, 而且分布广泛。欧洲国家对鸟类和蝴蝶已有长期的观测基础, 依靠专门机构和众多训练有素的志愿者实施观测, 可以保证数据及时更新(欧洲鸟类观测数据每年更新一次, 英国的蝴蝶观测数据也每年更新一次)(Gregory *et al.*, 2005; van Swaay *et al.*, 2008)。另外, 遥感方法的推广应用也有助于获得更新频率较快的数据, 如以月为监测周期的植被覆盖数据和净初级生产力(net primary productivity, NPP)数据等。

有时监测频率会受到指标复杂性、调查难度等的影响。例如“红色名录指数”、“氮沉降”等, 由于指标本身属性与监测技术的限制, 数据更新周期一

般需要4–6年。对于这类指标,就需要收集更长期的历史资料,以增加数据量(Dobson, 2005)。但像“生态系统类型多样性”等在大尺度下较为稳定的指标;如“物种丰富度”指标的内涵很广,对所有物种亦或是对几个主要类群的全部种类进行调查均需要相当长的周期以及大量的人力物力。这些调查作为本底资料十分重要,但若纳入评价指标体系却不能完全符合动态评价的要求,所以应谨慎使用。

3.4 指标类型

国际上已建立的指标体系中,除包括生物指标(如物种、物种特征等)外,还有大量非生物指标,如非生物环境指标(如景观面积、破碎化程度、氮沉降、淡水水质等)以及社会经济生活指标(如专利申请、发展援助与资金支持、公众参与情况等)。非生物指标通过跟踪环境与政策措施变化,揭示社会经济活动给自然环境造成的压力,可以间接地反映生物多样性状况。因此非生物指标的应用是目前大尺度生物多样性指标体系构建的一个发展趋势(Feld *et al.*, 2009)。但是,非生物指标与生物多样性之间的关系仍需要大量基础研究验证。

3.5 指标评价方法

国内的指标评价目前主要使用综合评分法,通过指标值量化、数值标准化、权重设置等步骤,获得综合得分。然而采用不同的标准化方法会得到不同的数据,并可能得出不一致的结论(焦立新和杨靖东, 1997; 李美娟等, 2004)。另外,指标权重设置目前主要采用主观法如层次分析法、德尔菲法等(吴殿廷和李东方, 2004; 徐蔼婷, 2006),由于主观法本身存在不确定性与随意性,所以评价结果的准确性与可信度受到制约。

国外主要利用“红绿灯(traffic light)”法(Defra, 2007; 2010 BIP, 2010)。这一方法的技术关键是确定指标参比的基准值/标准值,并获得一定时期内连续的监测数据。基于指标值与基准值/标准值之间的定量比较,判断指标状态在一定时期内发生的变化。具体包括4种可能的变化情形:(1)绿灯表示状况改善,指标呈正向发展;(2)黄灯表示总体上没有或几乎没有变化;(3)红灯表示状况恶化,指标呈负向发展;(4)如果数据不充分或没有可参比的基本数据,则作单独说明。最后的评价结果采用列表与图形的方式,说明各个指标的变化情况并作总体趋势分析。红绿灯评价法由于方法简便、结果直观而具

有很大的优势。

4 中国国家生物多样性评价指标体系的构建

我国从20世纪90年代与国外同步开始生物多样性评价指标的探讨,并侧重于生态系统尺度及局部尺度上的生物多样性评价,主要从遗传、物种和生态系统三个层次,利用多样性、特有性、代表性、稀有性、稳定性和干扰性等指标分析生物多样性的组成与结构(郑允文等, 1994; 史作民等, 1996; 张崢等, 1999; 杨树华, 1999)。这些指标着重于分析生物多样性的现状与人类活动的威胁,但在评估的动态性方面比较欠缺。2004年CBD第七次缔约方大会后,国际上对国家及更大尺度上生物多样性评价更加重视,公约关注的内容也更加广泛,国内的专家学者也就大尺度指标技术体系进行了深入研究(万本太等, 2007; 陈圣宾等, 2008; 丁晖和秦卫华, 2009; Xu *et al.*, 2009)。我国在履行《生物多样性公约》的第四次国家报告中,从生物多样性组成部分的现状与变化、生态系统的完整性/产品和服务、对生物多样性造成的威胁、可持续利用、遗传资源获取与惠益分享状况、财政资源状况与公众意识等7个方面选择了17个评价指标,对全国的生物多样性情况进行了综合分析(中国环境保护部, 2009)。这些研究与评价实践无疑为我国国家生物多样性指标评价体系建设与完善提供了重要的信息。

2011年我国公布了未来20年(2011–2030年)生物多样性保护战略与行动计划,为实现其战略目标,需要完成一系列重点工作,具体涉及:生物多样性保护优先区域本底调查、自然保护区建设、重点保护物种与典型生态系统类型保护、外来物种管理、提高应对气候变化的能力、生物遗传资源获取与惠益共享、生物多样性保护政策法规体系建设、生物资源可持续利用,以及公众参与等内容(中国环境保护部等, 2011)。

考虑到我国生物多样性保护管理的需要,同时结合公约履约需求与国内外发展趋势,我们认为如下8个方面可以作为我国国家生物多样性评价指标体系构建的重要方面:(1)生物多样性的现状与变化趋势;(2)生态系统的产品与服务功能;(3)生物多样性面临的威胁;(4)可持续利用;(5)遗传资源的获取与惠益共享;(6)政策法规体系与生态规划;(7)财政资源状况;(8)公众意识。其中,“政策法规体系与生

态规划”主要调查我国与生物多样性保护相关的法律法规体系的建设与发展, 评价我国环境影响评价制度与生态规划执行情况, 以促进生物资源的保护与可持续利用。其他7个方面与CBD重要方面的内容设置基本相似, 但在“生物多样性的现状与变化趋势”中包含了对生态系统完整性的评价, 而“生态系统的产品与服务功能”只强调对生态系统功能及其价值的评估。在此基础上, 根据适用性、代表性、敏感性、综合性等原则, 我们甄选出用于国家尺度上生物多样性评价的部分指标(表1)。

从所选指标的特点看, 评价范围覆盖了陆地与海洋, 评价内容包括生物多样性三个层次, 涉及驱

动力、压力、状态、响应、影响等方面。由于受威胁与重点保护物种的状况是物种保护的焦点问题, 也是衡量保护工作成效的重要标志(许再富和汪松, 1993), 因此在生物多样性现状层面我们选取了“重点保护物种的种群动态(D3)”指标。但由于国内大尺度上特定生物类群的长期观测数据较为欠缺, 在未来的评价工作中还需要逐渐积累数据。考虑到监测评价工作的可操作性, 指标数量不宜过多, 主要确定了26个指标。其中部分指标已有全国标准的监测统计方法(如表1中D7、D9、D10、D14、D15、D18等), 其余指标还有待建立统一的监测评价标准, 尤其是“生态足迹(D17)”等指标的计算与评价尺度及

表1 中国生物多样性评价重点方面与参考指标

Table 1 The focal areas for biodiversity assessment in China and possible indicators

重点方面 Focal areas	参考指标 Possible indicators	
生物多样性的现状与变化趋势 Status and trends of biodiversity	D1 具有重要经济社会价值的畜禽、养殖鱼类、栽培植物的遗传多样性 Genetic diversity of domesticated animals, fish species, and cultivated plants of major socioeconomic importance (S)	
	D2 受威胁物种状况(红色名录指数) Status of threatened species (Red list index) (S)	
	D3 重点保护物种的种群动态 Population dynamics of key protected species (S)	
	D4 自然生态系统(森林、草原、湿地、荒漠)的面积 Area of natural ecosystems (forest, grassland, wetland, and desert) (S)	
	D5 重要生态系统及栖息地的面积与生境质量 Area and habitat quality of important ecosystems (S)	
	D6 生态系统的连续性与破碎化 Connectivity and fragmentation of ecosystems (S/P)	
	D7 保护区的数量和面积 Number and coverage of protected areas (R)	
生态系统的产品与服务功能 Ecosystem goods and services	D8 碳储量与生态系统生产力 Carbon stock/ecosystem productivity (I)	
	D9 淡水生态系统的水质 Freshwater quality (I/P)	
	D10 海岸带、海洋水质 Sea water quality (I/P)	
	D11 海洋营养指数 Marine trophic index (S/I)	
生物多样性面临的威胁 Threats to biodiversity	D12 转基因生物的扩散 Dispersal of genetically modified organisms (P)	
	D13 外来入侵物种的发展趋势 Dispersal of invasive alien species (P)	
	D14 主要污染物排放 Emissions of major pollutants (P)	
	D15 气候变化的影响(干旱发生频率与规模, 海洋表层温度) Impact of climate change (severity, areal extent, and frequency of drought, sea surface temperature) (P)	
	D16 城市面积扩张与道路建设 City expansion and road construction (P)	
	D17 生态足迹 Ecological footprint (P)	
可持续利用 Sustainable use	D18 森林活立木总蓄积量和年净增量 Total standing stock volume and annual net stock increase of forests (I)	
	D19 草地过牧情况 Grassland affected by overgrazing (P)	
	D20 农业生态系统氮平衡 Nitrogen balance in agricultural ecosystem (P)	
	D21 基于遗传资源的新产品开发与专利申请 New product development and patent applications based on genetic resources (I)	
遗传资源的获取与惠益共享 Access and benefit sharing of genetic resources	D22 国际贸易中的主要野生品种及出口量 Species traded in the international wildlife market and quantity of export (I/P)	
	D23 生态规划的编制与实施 Formulation and implementation of ecological planning (R)	
政策法律体系与生态规划 Policy and legal systems, ecological planning	D24 环境影响评价工作的开展及其有效性 Implementation of environmental impact assessment and its effectiveness and efficiency (R)	
	财政资源状况 Financial resources	D25 生物多样性保护相关资金的投入 Funding to biodiversity (R)
		公众意识 Public awareness

表内括号中的字母表示指标在DPSIR框架中所属指标类型。其中, P表示压力型指标, S表示状态型, I表示影响型, R表示响应型。

The letters in brackets indicate the types of indicators according to DPSIR framework, where P represents pressure, S represents state, I represents impact, and R represents response.

评价区域密切相关, 还需要更完善的设计。

5 指标的组合运用

生物多样性评价指标的运用包括两个方面: 一是通过综合评价, 把握生物多样性的总体情况; 二是通过指标的组合运用揭示关键问题。这两个方面密切联系、相辅相成。

按照表1中的结构层次与指标组合方式, 可以了解8个重要方面的情况。这些重要方面是根据国家生物多样性保护战略与行动计划设置的, 因此可以用于跟踪评估战略行动目标的实现情况, 反映我国生物多样性保护的总体趋势。

此外, 在体系内将指标进行重新组合, 可以对遗传多样性、物种多样性、生态系统多样性三个层次进行单独评价, 说明不同层次面临的压力、现状、影响及得到的响应与保护等问题。具体而言:

评价遗传多样性的指标包括表1中的D1、D12、D13、D21与D26。评价的内容与DPSIR逻辑关系为: 转基因生物和外来入侵物种的发展(P)将影响畜禽、养殖鱼类及栽培植物的状况, 可能导致遗传多样性丧失(S), 从而影响到对遗传资源的利用与开发(I); 而公众对转基因产品、外来引进产品的态度, 将反过来影响转基因品种的开发与外来品种的引入(R)。

物种多样性层次的评价指标为表1中的D2、D3、D6、D7、D13、D22、D25与D26。评价的内容与指标间的DPSIR逻辑关系为: 生态系统的连续性与破碎化影响到生境的质量(P), 而外来入侵物种对本地物种将形成竞争(P), 因此区域内的受威胁物种以及重点保护物种的种群发生变化(S), 这也将影响到地区贸易中野生物种的组成及其供应量(I); 而保护资金的投入、保护区的建设, 以及公众保护意识的增强将有利于对物种的保护(R)。

生态系统多样性层次的评价指标以湿地生态系统为例进行说明。评价湿地生态系统的组合指标包括表1中的D2、D3、D4、D5、D6、D7、D9、D14、D15、D16、D20、D23、D25与D26。指标评价的内容与指标间的DPSIR逻辑关系为: 污染物排放以及农业氮肥过量使用造成的氮流失(P)将导致湿地水体水质下降(S), 城市扩张与道路建设等(P)可能会造成生态系统破碎化(S)、湿地面积减少(S), 而长时间、大规模的干旱(P)会造成水体水位降低、面积缩减(S), 严重影响湿地功能, 导致湿地物种多样性降

低, 受威胁物种与重点保护物种生存状况堪忧(I)。而良好的生态发展规划、保护资金的投入以及自然保护区的建设(R), 将有利于湿地的可持续发展。公众的参与与保护意识的加强(R)也将促进对湿地生态系统的保护。

6 结语

基于保护管理目标评估国家生物多样性, 需要构建与之相适应的评价指标体系。判断指标体系是否合理, 不仅要从科学性上进行验证, 同时也要考虑其综合功能。生物多样性问题具有自然与社会经济的双重属性, 因此指标评价必须有一定的广度, 能涵盖与生物多样性相关的重要方面。但受客观因素的限制, 指标数量以及指标内部参数的设置都需要根据可操作性进行权衡。本文根据我国生物多样性保护国家战略与行动计划, 提出了生物多样性评价的8个重要参考方面, 并甄选了26个评价指标。但指标设置的合理性还需要广泛的研究论证, 尤其是遗传多样性与海洋生物多样性方面的评价指标还有待完善。

指标清单的确定只是生物多样性监测与评价工作的第一步, 后续工作还包括明确各个指标的具体内容与评价参数、规定指标值计算方法、规定综合评价方法、构建生物多样性监测方案、收集数据开展评价等。在指标综合评价方法上, 本文推荐借鉴国外的“红绿灯”评价法, 结合彩色图形与趋势分析图等方式, 简单、直观地表述评价结果, 使生物多样性监测评价结论不仅只被研究者所掌握, 更能得到管理者和公众等的理解与接受, 以提高社会的响应能力, 促进生物多样性的保护和管理。

参考文献

- BfN (Federal Agency for Nature Conservation) (2008) *Policy-related Indicators: Measure the Effectiveness of the German National Strategy on Biological Diversity*. Berlin, Germany. http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/themen/monitoring/Indicators_German_Biodiversity_Strategy.pdf. (Accessed 2010-03-24)
- Branch TA, Watson R, Fulton EA, Jennings S, McGilliard CR, Pablico GT, Ricard D, Tracey SR (2010) The trophic fingerprint of marine fisheries. *Nature*, **468**, 431–435.
- CBD (2003) *Monitoring and Indicators: Designing National-level Monitoring Programmes and Indicators*. UNEP/CBD/SBSTTA/9/10. <http://www.biodiv.org/doc/meetings/sbstta/sbstta-09/official/sbstta-09-10-en.pdf>. (Accessed 2010-02-25)

- Chen SB (陈圣宾), Jiang GM (蒋高明), Gao JX (高吉喜), Li YG (李永庚), Su D (苏德) (2008) Review of indicators system developing for biodiversity monitoring. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), **28**, 5123–5132. (in Chinese with English abstract)
- DEAT (Department of Environmental Affairs and Tourism, Republic of South Africa) (2009) *South Africa's Fourth National Report to the Convention on Biological Diversity*. <http://www.cbd.int/doc/world/za/za-nr-04-en.pdf>. (Accessed 2010-03-31)
- Defra (Department for Environment, Food and Rural Affairs) (2007) *Biodiversity Indicators in Your Pocket 2007: Measuring Progress towards Halting Biodiversity Loss*. London, UK. <http://jncc.defra.gov.uk/pdf/2010-BIYP2007.pdf>. (Accessed 2010-03-24)
- Defra (Department for Environment, Food and Rural Affairs) (2009) *Biodiversity Indicators in Your Pocket 2009: Measuring Progress towards Halting Biodiversity Loss*. London, UK. http://jncc.defra.gov.uk/pdf/Biyp_2009.pdf. (Accessed 2010-03-24)
- Ding H (丁晖), Qin WH (秦卫华) (2009) *Biodiversity Assessment Indicator and Case Study* (生物多样性评估指标及其案例研究). China Environmental Science Press, Beijing. (in Chinese)
- Dobson A (2005) Monitoring global rates of biodiversity change: challenges that arise in meeting the Convention on Biological Diversity (CBD) 2010 goals. *Philosophical Transactions of the Royal Society: Biological Sciences*, **360**, 229–241.
- EEA (European Environment Agency) (1999) *Environmental Indicators: Typology and Overview*. EEA Technical Report No. 25. Copenhagen, Denmark. <http://www.eea.europa.eu/publications/TEC25>. (Accessed 2010-03-15)
- EEA (European Environment Agency) (2009) *Progress Towards the European 2010 Biodiversity Target*. EEA Report No 4/2009. Copenhagen, Denmark. <http://www.eea.europa.eu/publications/progress-towards-the-european-2010-biodiversity-target>. (Accessed 2010-03-15)
- Failing L, Gregory R (2003) Ten common mistakes in designing biodiversity indicators for forest policy. *Journal of Environmental Management*, **68**, 121–132.
- Feld CK, da Silva PM, Sousa JP, de Bello F, Bugter R, Grandin U, Hering D, Lavorel S, Mountford O, Pardo I, Pärtel M, Römcke J, Sandin L, Jones KB, Harrison P (2009) Indicators of biodiversity and ecosystem services: a synthesis across ecosystems and spatial scales. *Oikos*, **118**, 1862–1871.
- Gregory RD, van Strien A, Vorisek P, Meyling AWG, Noble DG, Foppen EPB, Gibbons DW (2005) Developing indicators for European birds. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, **360**, 269–288.
- Hess GR, Bartel RA, Leidner AK, Rosenfeld KM, Rubino MJ, Snider SB, Ricketts TH (2006) Effectiveness of biodiversity indicators varies with extent, grain, and region. *Biological Conservation*, **132**, 448–457.
- Jiang XL (江小雷), Yue J (岳静), Zhang WG (张卫国), Liu B (柳斌) (2010) Biodiversity, ecosystem functioning and spatio-temporal scales. *Acta Prataculturae Sinica* (草业学报), **19**(1), 219–225. (in Chinese with English abstract)
- Jiao LX (焦立新), Yang JD (杨靖东) (1997) On methods of standardization management of index. *Journal of University of Electronic Science and Technology of China* (电子科技大学学报), **26**(Suppl.), 740–744. (in Chinese with English abstract)
- Li MJ (李美娟), Chen GH (陈国宏), Chen YT (陈衍泰) (2004) Study on target standardization method of comprehensive evaluation. *Chinese Journal of Management Science* (中国管理科学), **12**(Special issue), 45–48. (in Chinese with English abstract)
- Lü YH (吕一河), Fu BJ (傅伯杰) (2001) Ecological scale and scaling. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), **21**, 2096–2105. (in Chinese with English abstract)
- Ministry of Environmental Protection of China (中国环境保护部) (2009) *China's Fourth National Report on Implementation of the Convention on Biological Diversity* (中国履行《生物多样性公约》第四次国家报告). China Environmental Science Press, Beijing. (in Chinese)
- Ministry of Environmental Protection of China *et al.* (中国环境保护部等) (2011) *China National Biodiversity Conservation Strategy and Action Plan* (中国生物多样性保护战略与行动计划) (2011–2030). China Environmental Science Press, Beijing. (in Chinese)
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) (1993) *OECD Core Set of Indicators for Environmental Performance Reviews*. Environmental Monograph No. 83. Paris, France. <http://www.fao.org/ag/againfo/programmes/en/lead/toolbox/Refer/gd93179.pdf>. (Accessed 2010-04-10)
- Pauly D, Christensen V, Dalsgaard J, Froese R, Torres F Jr. (1998) Fishing down marine food webs. *Science*, **279**, 860–863.
- Pauly D, Watson R (2005) Background and interpretation of the 'Marine Trophic Index' as a measure of biodiversity. *Philosophical Transactions of the Royal Society: Biological Sciences*, **360**, 415–423.
- Sethi SA, Branch TA, Watson R (2010) Global fishery development patterns are driven by profit but not trophic level. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, **107**, 12163–12167.
- Shi ZM (史作民), Cheng RM (程瑞梅), Chen L (陈力), Liu SR (刘世荣) (1996) Study on method for regional eco-system biodiversity assessment. *Rural Eco-Environment* (农村生态环境), **12**(2), 1–5. (in Chinese with English abstract)
- UNCSD (United Nations Commission for Sustainable Development) (2001) *Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies*. New York, USA. <http://www.un.org/esa/sustdev/publications/indisd-mg2001.pdf>. (Accessed 2010-04-10)

- van Swaay CAM, Nowicki P, Settele J, van Strien AJ (2008) Butterfly monitoring in Europe: methods, applications and perspectives. *Biodiversity and Conservation*, **17**, 3455–3469.
- Wan BT (万本太), Xu HG (徐海根), Ding H (丁晔), Liu ZL (刘志磊), Wang J (王捷) (2007) Methodology of comprehensive biodiversity assessment. *Biodiversity Science* (生物多样性), **15**, 97–106. (in Chinese with English abstract)
- Wu DT (吴殿廷), Li DF (李东方) (2004) Shortcomings of analytical hierarchy process and the path to improve the method. *Journal of Beijing Normal University (Natural Science)* (北京师范大学学报(自然科学版)), **40**, 264–268. (in Chinese with English abstract)
- Xu AT (徐蔼婷) (2006) Application of Delphi method and its difficulties. *China Statistics* (中国统计), (9), 57–59. (in Chinese)
- Xu HG, Tang XP, Liu JY, Ding H, Wu J, Zhang M, Yang QW, Cai L, Zhao HJ, Liu Y (2009) China's progress toward the significant reduction of the rate of biodiversity loss. *BioScience*, **59**, 843–852.
- Xu ZF (许再富), Wang S (汪松) (1993) Conservation and research progress of biodiversity in China. In: *Status and Conservation Strategy of Biodiversity in China* (中国的生物多样性: 现状及其保护对策) (ed. Chen LZ (陈灵芝)). Science Press, Beijing. (in Chinese)
- Yang SH (杨树华) (1999) A study on the indexes system of the assessments on the watershed ecosystem plateau. *Journal of Yunnan University* (云南大学学报(自然科学版)), **21**, 149–152. (in Chinese with English abstract)
- Zhang N (张娜) (2006) Scale issues in ecology: concepts of scale and scale analysis. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), **26**, 2340–2355. (in Chinese with English abstract)
- Zhang Z (张峥), Zhang JW (张建文), Li YN (李寅年), Wang X (王欣), Liu H (刘泓), Zhang JG (张敬国) (1999) Study on ecological evaluation index system for wetland. *Agro-Environmental Protection* (农业环境保护), **18**, 283–285. (in Chinese with English abstract)
- Zhao HJ (赵海军), Ji LQ (纪力强) (2003) Biodiversity assessment at broad scale. *Biodiversity Science* (生物多样性), **11**, 78–85. (in Chinese with English abstract)
- Zheng YW (郑允文), Xue DY (薛达元), Zhang GS (张更生) (1994) Study on ecological evaluation criteria and standards for nature reserves in China. *Rural Eco-Environment* (农村生态环境), **10**(3), 22–25. (in Chinese with English abstract)
- 2010 BIP (2010 Biodiversity Indicators Partnership) (2010) *Biodiversity Indicators and the 2010 Target: Experiences and Lessons Learnt from the 2010 Biodiversity Partnership*. Technical Series No. 53. Secretariat of the Convention on Biodiversity Diversity, Montréal, Canada. <http://www.cbd.int/doc/publications/cbd-ts-53-en.pdf>. (Accessed 2011-01-01)

(责任编辑: 薛达元 责任编辑: 时意专)