

DOI: 10.5846/stxb202108242363

肖能文, 赵志平, 李果, 高晓奇, 吉晟男, 徐靖, 刘冬梅, 李俊生. 中国生物多样性保护优先区域生物多样性调查和评估方法. 生态学报, 2022, 42(7): 2523-2531.

Xiao N W, Zhao Z P, Li G, Gao X Q, Ji S N, Xu J, Liu D M, Li J S. Biodiversity survey and assessment methods in biodiversity conservation priority areas in China. Acta Ecologica Sinica, 2022, 42(7): 2523-2531.

中国生物多样性保护优先区域生物多样性调查和评估方法

肖能文, 赵志平, 李 果, 高晓奇, 吉晟男, 徐 靖, 刘冬梅, 李俊生*

中国环境科学研究院, 北京 100012

摘要:我国高度重视生物多样性保护, 而开展本底调查是生物多样性保护的基础。但以往研究对苔藓、生物多样性相关传统知识等关注不够, 而且调查大部分集中在生物多样性丰富区域。随着我国社会经济的快速发展, 全国土地利用格局和生态环境发生了巨大变化, 已有的部分调查成果数据与实际情况不符, 难以满足我国生物多样性保护管理需求, 因此亟待组织开展全国生物多样性调查与评估工作。在整理历史和现有生物多样性调查技术的基础上, 推荐采用网格法开展全国生物多样性调查, 按照 10 km × 10 km 分辨率, 将全国划分为 97109 个调查网格; 制定了陆生高等植物、植被、陆生哺乳动物、鸟类、两栖类和爬行类、昆虫、大型真菌、内陆鱼类、内陆浮游生物、内陆大型底栖无脊椎动物、内陆周丛藻类以及生物多样性相关传统知识 12 个类群县域生物多样性调查评估技术规定; 建立了全国统一、动态更新、信息共享的生物多样性数据库和信息化管理平台。从调查内容规范、评估指标体系和技术要求等方面探讨了陆域生态系统与物种调查、重点河流水生生物调查、重点物种调查、生物多样性相关传统知识调查技术方法, 并构建生物多样性综合评估指标体系, 规范了生物多样性保护优先区域生物多样性调查和评估。技术方法在横断山南、武陵山、太行山、西双版纳等生物多样性保护优先区域得到应用, 同时北京、江苏、浙江和湖北等省份和祁连山、武夷山等区域也采用该技术体系开展调查, 网格法得到逐步推广, 并获得大量的生物多样性基础数据, 为我国生物多样性保护和可持续利用、生物多样性公约履约等提供了基础数据。

关键词:生物多样性; 调查; 评估; 网格法; 数据平台; 生物多样性保护优先区域

Biodiversity survey and assessment methods in biodiversity conservation priority areas in China

XIAO Nengwen, ZHAO Zhiping, LI Guo, GAO Xiaoli, JI Shengnan, XU Jing, LIU Dongmei, LI Junsheng*

Chinese Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China

Abstract: China pays high attention to biodiversity protection, and survey is the basis of biodiversity protection. Many biodiversity surveys were carried out by ministries, universities and scientific research institutions. However, surveys on the mosses and biodiversity related traditional knowledge were not pay enough attention in previous studies, and most of the surveys focused on rich biodiversity areas. With the rapid development of China's economy, great changes have taken place in the national land use pattern and ecological environment. Some of the existed survey data are inconsistent with the actual distribution, which is difficult to meet the needs of biodiversity protection and management. Therefore, it is urgent to organize and carry out the biodiversity survey and assessment at national level. On the basis of sorting out the history and existing biodiversity survey methods, the grid method is recommended to the national biodiversity survey. The country is

基金项目: 生态环境部生物多样性调查评估项目 (2019HJ2096001006)

收稿日期: 2021-08-24; 采用日期: 2021-12-02

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: lijsh@craes.org.cn

divided into 97109 survey grids according to the resolution by 10 km × 10 km. 12 technical guidelines for county biodiversity survey and assessment were formulated, including terrestrial higher plants, vegetation, terrestrial mammals, birds, amphibians and reptiles, insects, macrofungi, inland fish, inland plankton, inland macrobenthic invertebrates, inland Periphytic algae and traditional knowledge related to biodiversity. A national biodiversity database and information management platform have been established, which realizes the dynamic update of survey data and information sharing. A biodiversity survey APP with 23 modules has been developed, and it ensures the data electronization and standardization. The quality control such as field survey methods, species classification system, species scientific name and basic geographic information format were required. The survey technical methods, including land ecosystem and species survey, key river aquatic organisms survey, key species survey and biodiversity related traditional knowledge survey from the technical system construction, survey content standardization and evaluation index system and technical requirements were discussed. Meanwhile, the index system of biodiversity assessment is also discussed from the current situation, threat and protection. The technical system has been applied in some biodiversity conservation priority areas, such as the south of Hengduan Mountain, Wuling Mountain, Taihang Mountain, Qinling Mountain and Xishuangbanna. Moreover, the technical system has also been used in Beijing, Jiangsu, Zhejiang and Hubei provinces and Qilian Mountain, Wuyi Mountain and other regions. The grid method has been applied and a large number of basic biodiversity data have been obtained, which provides the basic data and technical support for China's biodiversity conservation and sustainable use and the implementation of the Convention on Biological Diversity.

Key Words: biodiversity; survey; assessment; grid method; data platform; biodiversity conservation priority areas

生物多样性是人类生存和社会经济可持续发展的战略资源,同时为人类提供福祉^[1]。我国是世界上生物多样性最丰富的国家之一,高等植物数量居世界第三位;脊椎动物占世界总种数的 13.7%,也是世界四大遗传资源起源中心之一。同时也是生物多样性受威胁最严重的国家之一。

从全球到区域和国家尺度,组织开展很多生物多样性调查监测评估工作,为生物多样性保护提供翔实可靠的基础数据。全球开展物种 2000”(Species 2000)、“全球生物多样性信息网络”(GBIF)、“全球生物多样性观测网络(GEO BON)”、国际生物多样性计划(DIVERSITAS)和全球性的海洋生物调查计划等行动;在区域尺度上,欧洲和亚太地区都有相关的项目在组织推动^[2];国家水平上,巴西、南非、印度、日本、德国、瑞典、美国等均开展了全国性的生物多样性本底调查。

我国高度重视生物多样性保护,发布了《中国生物多样性保护战略与行动计划》(2011—2030 年)和《关于进一步加强生物多样性保护的意见》。战略与行动计划重点任务和包括生物多样性调查、监测和评估。相关部门开展了大量生物多样性调查工作。国家林业和草原局组织了全国陆生重点野生动物和重点保护野生植物资源调查、全国湿地资源调查、全国森林资源清查等。原农业部开展了农业野生近缘植物、畜禽品种资源、水产种质资源调查、农作物种质资源普查与收集行动。国家中医药管理局开展了中药资源普查试点。中国科学院编辑出版了《中国植被》《中国植物志》和《中国动物志》等各类志书。科学技术部通过基础性工作专项,支持开展区域和特有类群的生物多样性考察工作。原环境保护部实施了全国生物物种资源联合执法检查、县域生物多样性综合示范调查^[3]、全国性的生态状况调查与评估等工作^[4]、许多地方政府、自然保护区、高等院校和科研单位也开展了大量的本底调查工作,获得了生物多样性基础数据。许多学者探讨了生物多样性调查技术规范,如针对自然保护区资源调查^[5]以及畜禽遗传资源调查等^[3, 6];相关部门也发布了一系列关于野生动植物资源、森林资源、药用植物和淡水浮游生物等类群调查技术标准规范^[7-9]。通过上述工作,积累了我国生物多样性大量本底数据^[10]。但已有的调查侧重于植物和脊椎动物等类群,对大型真菌、苔藓、生物多样性相关传统知识等关注不够,对生物多样性之间相互关系认识缺乏数据支撑,同时调查也集中在生物多样性丰富区域,而缺少全国性调查,同时也存在调查方法不统一、数据格式不一致、数据分散等现象,急需建立

统一、系统和综合的调查与评估方法体系。

网格法是国际上较多采用的生物多样性调查取样方法,许多国家和地区均采用网格法开展调查,如德国、英国和日本均以网格为单元开展全国生物多样性调查。1940年,英国将国土划分为3000个 $10\text{ km}\times 10\text{ km}$ 的网格,之后逐渐将网格细分得到 $20\text{ km}\times 20\text{ km}$ 、 $5\text{ km}\times 5\text{ km}$ 或 $1\text{ km}\times 1\text{ km}$ 的网格,以网格为基础开展了动植物、河流生境等进行调查。日本依据地形图划分地理网格,基本单位为 $1\text{ km}\times 1\text{ km}$,以此为基础开展植被、野生动植物、地形、地质、陆地水域、海域、生态系统等调查。我国部分区域调查与监测均采用网格法布样。网格法能获得更加均匀的物种分布数据,同时也能规避行政区变化等带来的问题。

近几十年来,由于经济的快速发展和人口的快速增长,资源过度利用、工程建设、外来物种入侵、环境污染与气候变化的影响下,我国的生物多样性状况发生了巨大变化,物种消失、生态系统退化问题严峻。近20年以来,我国未进一步组织开展大规模生物多样性综合调查工作,已有的部分工作远不足以全面掌握我国生物多样性本底,制约了全国及地区的生物多样性编目与评估。同时也制约了生物多样性保护工作的开展。

针对我国生物多样性本底不清,动态不明等问题,我国组织开展全国生物多样性调查与评估工作。本论文探讨了生态系统和陆域物种、水生生物、重点物种和生物多样性相关传统知识等的调查内容、技术指标以及各指标获取的技术要求,并规范了评估方法,以便得到规范的数据,保障调查和评估质量,服务于国生物多样性保护优先区域生物多样性调查,为建立全国统一标准的数据库提供技术支撑。

1 技术方法体系

1.1 采用网格法开展生物多样性调查

全国生物多样性调查采用网格法取样,分辨率为 $10\text{ km}\times 10\text{ km}$ 。网格文件采用WGS_1984_Albers投影坐标系统,将全国划分为97109个网格。全国网格四至范围为:上下(5926515.209684 m , 1876585.548743 m),左右(-2638293.110529 m , 2211625.887005 m)。利用地理信息系统技术生成包含每个网格4个顶点的文件,然后获得每个网格4个顶点的经纬度坐标。网格采用8位编号,前四位为($X\text{ 坐标} + 5000$)/10取整后乘以10,后四位为 $Y\text{ 坐标}/10$ 取整后乘以10, X 、 Y 坐标均以 km 表示。若网格内县域面积 $\geq 25\text{ km}^2$ (即网格面积的25%),则该网格视为该区域工作网格。

1.2 调查评估技术方法体系

生物多样性调查涉及生态系统、物种和遗传资源3个层级的调查,每个生物类群调查方法不一样,样点设置也存在很大差异,因此在调查中,编制并发布了县域生物多样性调查评估技术规定^[6],共包括陆生高等植物、植被、陆生哺乳动物、鸟类、两栖类和爬行类、昆虫、大型真菌、内陆鱼类、内陆浮游生物、内陆大型底栖无脊椎动物、内陆周丛藻类以及生物多样性相关传统知识12个类群的调查评估技术,统一调查采用的方法、样线/样点设置方法,统一数据的采集等技术,保证方法和数据统一^[11]。

1.3 新技术开发与使用

生物多样性调查和保护需要快速、有效的获得生物多样性基础数据,需要开发和应用一系列新的技术方法^[12-13]。一方面依靠遥感技术获得大范围的数据,一方面依靠红外相机、环境DNA等方法获取数据。

生物多样性调查中应用较为广泛的技术方法包括卫星遥感、激光雷达、声音、无人机热红外、红外相机、环境DNA等方法^[14-15]。如哺乳动物和鸟类的调查普遍采用红外相机方法^[16-17],而两栖类和鱼类的调查普遍采用环境DNA方法^[18-20],无人机搭载热成像仪技术调查大型哺乳动物,这些方法还能提供动物行为、丰富度和群落结构等信息。

1.4 数据平台构建

为了便于数据管理,建立了全国统一、动态更新、信息共享的生物多样性数据库和信息化管理平台。实现按区域、名称、网格等不同途径进行数据查询与检索,提供统计汇总、分析输出、动态更新等功能,形成多源多尺度的国家生物多样性调查与评估数据汇总和成果展示平台。

1.5 数据质量控制

调查评估工作质量控制主要集中在野外调查方法的统一、物种的分类体系、物种名称的规范以及基础地理信息格式的统一。物种分类以及命名符合最新版国际动物和植物命名法规的规定,并参照最新版《中国生物物种名录》。

为了便于数据统一管理以及数据格式的统一,开发了相关生物多样性调查 APP,共包括红外相机自动拍摄调查、哺乳动物样线调查、鸟类样线法/样点调查、两栖爬行动物样线/样点调查、昆虫多样性样线调查、高等植物样方/线路调查、生态系统多样性调查、底栖动物样点调查、浮游生物样点调查、水域鱼类样点调查、大型真菌调查、生物多样性相关传统知识调查、陆生重点动物/植物样线调查等功能模块,可以采集样方/样线、物种名称、数量、经纬度、生境、环境信息、威胁因子等信息,按照各类群调查技术方案,遵照数据采集的工作流程,填报采集信息。请专家对上报的数据进行审核。每份信息数据应有其对应的凭证。

为了规范野外调查与数据整理工作,调查中编写统一培训教材,对调查人员开展技术与安全培训。培训内容包括方案编制、数据与标本采集、调查方法、标本制作与保存、数据报送、报告编写和安全事项等。

2 调查评估内容与技术要求

2.1 陆域生态系统与物种调查

完成全国生物多样性保护优先区域内所有行政县(区)的生物多样性综合调查与评估,掌握区域生物多样性本底,评估区域生物多样性现状及受威胁情况。调查内容包括(1)陆域生态系统与植被调查:开展生态系统遥感调查,掌握生态系统类型与分布、自然生态系统质量及生物多样性维持能力;开展陆域植被实地调查,掌握植被类型、分布、植物群落特征。(2)陆域物种多样性调查:开展县域陆生野生高等植物、陆生野生脊椎动物、陆生无脊椎动物(昆虫)、微生物(大型真菌)的调查,掌握物种种类、组成、分布、生境状况、威胁因子(表1)。

表1 生物多样性调查内容、指标与技术要求

Table 1 Biodiversity survey contents, indices and technical requirements

调查内容与方式 Survey contents and methods		调查指标 Survey indices	技术要求 Technical requirements
生态系统 Ecosystem	生态系统类型空间分布	森林、灌木、草地、湿地、荒漠、农田等生态系统三级类别的多样性调查;主要包括各类生态系统面积与空间分布	遥感解译获取。主要通过卫星组网实现本底年份的数据获取,以高精度空间影像(优于2 m)为底图,实现精细制图
	自然生态系统质量	生态参数:植被覆盖度、生物量、光合有效辐射、叶面积指数、蒸散发、净初级生产力等	遥感反演获取。实现本底调查年份一年多次的时序测量
植被 Vegetation	植被	类型 分布 生境状况 群落组成与群落特征	采用样方法。在样方内,分乔木层、灌木层、草本层、层间植物对其植物物种组成及特征进行全面的调查记录
高等植物 Higher plant	普查	种类 分布 生境状况 威胁因子	采取线路调查法。基于全面性、代表性、可达性原则布设调查线路
哺乳类 Mammals	普查	种类 分布 生境状况 威胁因子	以样线调查法和红外相机自动拍摄法为主,根据所调查物种生物学特性辅以其他调查方法
鸟类 Birds	普查	种类 分布 生境状况 干扰因素	调查次数原则上不少于4次以样线法、样点法、直接计数法和红外相机自动拍摄法为主,根据所调查物种生物学特性辅以其他调查方法

续表		
调查内容与方式 Survey contents and methods	调查指标 Survey indices	技术要求 Technical requirements
两栖爬行类 Amphibians and reptiles	普查 种类 分布 生境状况 威胁因子	以样线法为主,根据所调查物种生物学特性辅 以其他调查方法;调查样线或调查点的设立应 注意代表性、随机性、整体性及可达性相结合; 调查时期原则上涵盖繁殖期和非繁殖期
昆虫 Insects	普查 种类 分布 生境状况 威胁因子	调查样线或调查点的设立应注意代表性、整体 性及可达性相结合样地的布局要尽可能全面, 分布在整个调查地区内的各代表性地段,避免 在一些地区产生漏空;调查次数需根据其世代 历期等来确定
大型真菌 Macrofungi	普查 种类 分布 生境状况 威胁因子	采用样线法、踏查法、访谈和市场调查相结 合的方式进行调查。各级自然保护区、风景名 胜区、自然遗产地、其他原始植被分布区等生 物多样性丰富的区域采用踏查法,其他区域采 用样线法;具有重要经济价值的大型真菌,辅 以访谈和市场调查;调查时间尽量贯穿整个大 型真菌子实体生长季节;每年至少调查 3 次

2.2 重点河流水生生物调查

七大重点河流(长江、珠江、黄河、海河、辽河、淮河、松花江等)水系的水生生物,包括淡水鱼类、大型底栖动物(多毛类、寡毛类、水生昆虫、软体类、甲壳类等)、浮游生物(浮游动物和浮游藻类)、着生藻类和水生哺乳类(白鳍豚和长江江豚)等的多样性调查,掌握物种种类、组成、分布、生境状况、威胁因子(表 2)。

表 2 重点河流水生生物调查主要指标及技术要求

Table 2 Main indexes and technical requirements of aquatic organisms survey in key rivers		
类群 Biological group	调查指标 Survey indices	技术要求 Technical requirements
水生哺乳类 Aquatic mammals	种类 数量 分布 生境状况 威胁因子	以观察为主要调查方式,不采集标本样品;根据调 查对象生活阶段确定调查时间和范围
鱼类 Birds	种类 分布 生境状况 威胁因子	以现场采样为主,通过访谈补充调查市场渔获物; 每年至少保证春、秋季 2 次调查;尽量降低对生境和 物种资源的破坏
大型底栖动物 Macrobenthos	种类 分布 生境状况 干扰因素	采用现场调查法;至少保证每季度调查 1 次,可根 据调查需求增加调查采样频次;尽量在鱼类调查采 样范围内设置采样点
浮游生物 Plankton	种类 分布 生境状况 干扰因素	采用现场调查法;至少保证每季度调查 1 次,可根 据调查需求增加调查采样频次;尽量在鱼类调查采 样范围内设置采样点
着生藻类 Epiphytic algae	种类 分布 生境状况 干扰因素	采用现场调查法;至少保证每季度调查 1 次,可根 据调查需求增加调查采样频次

2.3 重点物种调查

为降低我国重点代表性物种灭绝风险,逐步减缓并遏制栖息地破坏趋势,依据《中国生物多样性红色名
录——高等植物卷》《中国生物多样性红色名录——脊椎动物卷》《中国生物多样性红色名录——大型真菌

卷》《中国物种红色名录(第三卷·无脊椎动物)》等资料,筛选我国保护旗舰物种、特有种、受威胁物种、重点野生经济资源物种、社会关注物种以及重点遗传资源,以资料收集、数据共享、大数据分析为主,辅以实地补充调查和分子测序的方法,获取重点物种和生物遗传资源的基础信息数据,评估其分布状况、种群数量、遗传多样性、动态变化趋势、保护现状与成效,掌握其受威胁因素,提出重点物种保护与监管的对策措施。通过典型流失与丧失案例研究,明确导致重要生物遗传资源流失、丧失的主要因素,针对保护空缺与监管需求,提出对策建议(表3)。

表3 重点物种调查内容、指标与技术要求

Table 3 Survey contents, indices and technical requirements of key species

调查内容与方式 Survey contents and methods		调查指标 Survey indices	技术要求 Technical requirements
高等植物 Higher plant	重点物种详查	除普查指标外,还包括:重点物种所在群落特征、重点物种生长状况及数量特征、受威胁程度	重点物种详查对象为:中国生物多样性红色名录中受威胁和数据缺乏物种以及稀有的地方特有种等;采取样方法,按照典型取样原则合理布设样方,对样方内分布的重点物种进行调查记录
哺乳类 Mammals	重点物种详查	除普查指标外,还包括:发现位置、物种特征、受威胁程度	重点关注对象为:重点保护物种、中国生物多样性红色名录中受威胁物种与数据缺乏物种、中国特有种、有重要经济价值和科学研究价值的稀有野生动物种等
鸟类 Birds	重点物种详查	除普查指标外,还包括:种群密度	重点关注对象为中国生物多样性红色名录中受威胁物种与数据缺乏物种

2.4 生物多样性相关传统知识调查

查明生物多样性相关传统知识的类别、生物基源、持有者、数量、分布、利用、保护与传承、丧失与流失。重点关注传统利用农业遗传资源的相关知识、传统利用药用生物资源的相关知识、具有工业开发潜力的与生物资源可持续利用相关的传统技术等。调查指标和技术要求如表4。

表4 生物多样性相关传统知识调查主要指标及技术要求

Table 4 Main indicators and technical requirements of biodiversity related traditional knowledge survey

调查指标 Survey indices	技术要求 Technical requirements
类别 Category 生物基源 Biogenic source 持有者 Holder 数量 Quantity 分布 Distribution 利用 Utilize 惠益分享 Benefit sharing 保护与传承 Protection and inheritance 受威胁因素 Threatened factors 丧失与流失 Loss	采取文献研究和实地调查相结合的方式进行调查;实地调查点覆盖县域内所有乡镇;尽量采集与制作生物基源凭证标本;充分利用影音设备记录调查过程

2.5 生物多样性综合评估

从生物多样性的现状、威胁因子、保护状况等方面构建生物多样性评估指标体系,开展生物多样性综合评估(表5)。从全国、区域和县域三个尺度,评估物种丰富度与多度、物种特有性、物种濒危程度,分析人为干扰和自然因素对生物多样性的影响。明确急需保护的生态系统类型、物种、生物多样性相关传统知识,提出生物多样性保护的相关政策建议。

3 讨论

生物多样性调查技术规范,大多针对特定区域或特有类群,如针对自然保护区资源调查^[5]、畜禽遗传资

源调查等^[3, 6]、野生动植物资源、森林资源和淡水浮游生物等类群调查技术规范^[7-9]。这些技术探讨对规范野外调查和数据有重要的推动作用。但是也存在侧重资源调查等不足,且缺少生物多样性本底调查的技术体系。本研究共包括了生态系统、物种等 12 个类群的调查评估技术,统一了外业收集和统一数据采集技术,尤其关注了生物多样性相关传统知识调查,覆盖类群全面,保证方法和数据统一,将为生物多样性本底调查提供技术指导。县域生物多样性调查评估技术规范发布后,在横断山南、武陵山、太行山、西双版纳等生物多样性保护优先区域得到应用,同时北京、江苏、浙江和湖北等省份和祁连山、武夷山等区域也采用该技术体系开展调查,网格法得到逐步应用,并获得大量的生物多样性基础数据,为我国生物多样性保护和可持续利用、生物多样性公约履约等提供了基础数据。但技术体系以常规调查方法为主,存在对新技术关注不够等不足,如鱼类和底栖动物等水生生物的环境 DNA 技术,鸟类的声音监测等。同时也缺少土壤动物、除昆虫外的无脊椎动物等类群的调查评估技术,尤其是土壤动物受到广泛关注,需要尽快制定相关技术规范。

表 5 生物多样性评估指标及技术要求
Table 5 Biodiversity assessment indicators and technical requirements

评估内容 Assessment content	评估指标 Assessment indicators	技术要求 Technical requirements
现状 Situation	生态系统构成	生态系统面积:土地覆被分类系统中,各类生态系统面积统计值 构成比例;土地覆被分类系统中,基于三级分类的各类生态系统面积比例
	生态系统分布格局	斑块数:评价范围内斑块的数量,衡量目标景观的复杂程度 平均斑块面积:评价范围内平均斑块面积,用于衡量景观总体完整性和破碎化程度 聚集度指数:景观总体单位面积异质景观要素斑块间的边缘长度
	生态系统质量	植被覆盖度:某一地域植物垂直投影面积与该地域面积之比,用百分数表示 生物量:某一时间单位面积或体积栖息地内生物群落中所有生物种的总个数或总干重 叶面积指数:单位土地面积上植物叶片总面积占土地面积的倍数 净初级生产力:净第一生产力中再减去异养呼吸所消耗的光合产物的剩余部分
	物种丰富度	调查区内物种总种数;统计调查区内物种总数
	物种多度	频度:物种在调查区内出现的频率,以包含该物种个体的抽样单元数占全部抽样单元数的百分比统计
	物种受威胁程度	受威胁物种比例:调查区域受威胁物种占调查区域内物种比例 红色名录指数:基于红色物种名录指数进行评估
	威胁 Threaten	土地利用变化 生境破碎度 环境污染 生境退化 自然灾害 病虫害害 外来入侵物种
保护 Protect	土地覆盖变化	不同土地利用类型面积与分布的改变
	生境破碎度	景观破碎度指数:景观被分割的破碎程度
	环境污染	水体水质:依据《地表水环境质量标准》进行评价 湖泊水库富营养化:采用综合营养状态指数法进行计算 污染物排放:单位 GDP 污染物(SO ₂ 和 COD)排放量
	生境退化	水土流失:面积和强度 荒漠化、沙化与石漠化:面积
	自然灾害	极端气候:如暴雨、洪水、高温、干旱、严寒、大风等气象灾害发生的频率与强度 火灾:发生频率与强度
	病虫害害	发生范围与影响强度
	外来入侵物种	数量 发生面积与危害强度
	自然保护地	面积及所占国土面积比例
	县域财政转移支付强度	国家财政对于重要生态功能区县域生态补偿额度

生物多样性评估在不用尺度上有不同指标体系。在全球尺度上,《生物多样性公约》在决议 VII/30 中确定了一套由生物多样性状况、生物多样性面临的压力或威胁、生态系统服务、人类福利、文化上的多样性等 7 个重点方面组成的评估体系,用于评估全球尺度上 2010 年生物多样性保护目标的进程。区域尺度也制定了

一系列评估指标体系,如欧盟于 2005 年启动“整合欧洲 2010 年生物多样性指标”(SEBI 2010),环北极生物多样性监测的指标^[21]。英国、美国、德国、墨西哥和日本等国也分别制定了国家尺度的生物多样性评估指标体系。这些指标体系基本都是参考《生物多样性公约》全球生物多样性指标的基本框架,适用于全球与区域尺度,部分指标不适用我国情况。我国从 20 世纪 90 年代开始生物多样性评估方面的探讨。部分指标体系侧重于生态系统尺度及局部地区尺度上的生物多样性评估^[22–24],也有针对某个生物类群的评估指标体系^[25]。我们指标体系基于实地调查数据,从现状、威胁、保护三方面开展评估,共 15 个指标构成,基本能反映行政区生物多样性本底、受威胁状况与保护现状,数据也可以通过调查以及地方政府报告获取,对制定相关保护政策有重要参考作用。

通过生物多样性调查,可以获得较为完整的区域生物多样性本底数据,明确区域生物多样性种类、分布、受威胁状况以及保护现状,对探讨生物多样性分布格局和维持机理研究提供基础,国际生物多样性计划发布的方案中明确提出生物多样性科学的 9 个关键科学问题/重要研究方向^[26],问题的解决均需要生物多样性本底数据以及长期的生物多样性观测数据作为支撑^[27–29],大量的新数据集(如物种分布、特征、系统发育和交互网络)能理解生物多样性变化的深度,可靠地预测变化,并实施保护行动^[13, 30–31]。《生物多样性公约》第 15 次缔约国大会将提出“2020 后生物多样性保护目标”^[32–33],为了推动“2020 后”目标的实现,需要加强生物多样性调查和评估。生物多样性保护政策与措施制定均需要对我国生物多样性现状及保护情况有较为精确的了解,如国家野生动植物保护名录的制定与修编,以国家公园为主体的自然保护地体系建立以及生态保护红线监管^[34],生物多样性红色名录制定与修编^[35–37]等,尤其是重点保护物种有长期监测,才能有效评估其保护成效,针对性开展监管措施^[38–39]。全国生物多样性调查数据将为其提供基础数据。

参考文献(References):

- [1] Ouyang Z Y, Zheng H, Xiao Y, Polasky S, Liu J G, Xu W H, Wang Q, Zhang L, Xiao Y, Rao E M, Jiang L, Lu F, Wang X K, Yang G B, Gong S H, Wu B F, Zeng Y, Yang W, Daily G C. Improvements in ecosystem services from investments in natural capital. *Science*, 2016, 352 (6292): 1455-1459.
- [2] 马克平. 中国生物多样性监测网络建设: 从 CForBio 到 Sino BON. *生物多样性*, 2015, 23(1): 1-2.
- [3] 薛达元, 武建勇. 生物多样性本底调查技术规范与滇黔桂 26 县调查示范研究. 北京: 中国环境出版社, 2016.
- [4] 欧阳志云, 王桥, 郑华, 张峰, 侯鹏. 全国生态环境十年变化(2000—2010 年)遥感调查评估. *中国科学院院刊*, 2014, 29(4): 462-466.
- [5] 李迪强, 张于光. 自然保护区资源调查和标本采集整理共享技术规程. 北京: 中国大地出版社, 2009: 124-128.
- [6] 陈伟生. 畜禽遗传资源调查技术手册. 北京: 中国农业出版社, 2005.
- [7] 国家林业局. LY/T 1820—2009 野生植物资源调查技术规程. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [8] 国家林业局. LY/T 1954—2011 森林资源调查卫星遥感影像图制作技术规程. 北京: 中国标准出版社, 2011.
- [9] 中华人民共和国农业部. SC/T 9402—2010 淡水浮游生物调查技术规范. 北京: 中国农业出版社, 2011.
- [10] Mi X C, Feng G, Hu Y B, Zhang J, Chen L, Corlett R T, Hughes A C, Pimm S, Schmid B, Shi S H, Svenning J C, Ma K P. The global significance of biodiversity science in China: an overview. *National Science Review*, 2021, 8(7): nwab032.
- [11] 环境保护部. 关于发布县域生物多样性调查与评估技术规定的公告. 环境保护部, 2017. https://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/bgg/201801/t20180108_429275.htm
- [12] Turner W, Spector S, Gardiner N, Fladeland M, Sterling E, Steininger M. Remote sensing for biodiversity science and conservation. *Trends in Ecology & Evolution*, 2003, 18(6): 306-314.
- [13] Pollock L J, O'Connor L M J, Mokany K, Rosauer D F, Talluto M V, Thuiller W. Protecting biodiversity (in all its complexity): new models and methods. *Trends in Ecology & Evolution*, 2020, 35(12): 1119-1128.
- [14] Stephenson P J. Technological advances in biodiversity monitoring: applicability, opportunities and challenges. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2020, 45: 36-41.
- [15] 边琦, 王成, 郝泽周. 生物声音监测研究在生物多样性领域的应用. *应用生态学报*, 2021, 32(3): 1119-1128.
- [16] 肖治术, 李欣海, 姜广顺. 红外相机技术在我国野生动物监测研究中的应用. *生物多样性*, 2014, 22(6): 683-684.
- [17] 李晟. 中国野生动物红外相机监测网络建设进展与展望. *生物多样性*, 2020, 28(9): 1045-1048.
- [18] Ruppert K M, Kline R J, Rahman M S. Past, present, and future perspectives of environmental DNA (eDNA) metabarcoding: a systematic review

- in methods, monitoring, and applications of global eDNA. *Global Ecology and Conservation*, 2019, 17: e00547.
- [19] Zou K S, Chen J W, Ruan H T, Li Z H, Guo W J, Li M, Liu L. eDNA metabarcoding as a promising conservation tool for monitoring fish diversity in a coastal wetland of the Pearl River Estuary compared to bottom trawling. *Science of the Total Environment*, 2020, 702: 134704.
- [20] 王萌, 金小伟, 林晓龙, 杜丽娜, 崔永德, 吴小平, 孙红英, 谢志才, 王新华, 王备新. 基于环境 DNA-宏条形码技术的底栖动物监测及水质评价研究进展. *生态学报*, 2021, 41(18): 7440-7453.
- [21] Christensen T, Barry T, Taylor J J, Doyle M, Aronsson M, Braa J, Burns C, Coon C, Coulson S, Cuyler C, Falk K, Heiðmarsson S, Kulmala P, Lawler J, MacNearney D, Ravolainen V, Smith P A, Soloviev M, Schmidt N M. Developing a circumpolar programme for the monitoring of Arctic terrestrial biodiversity. *Ambio*, 2020, 49(3): 655-665.
- [22] 王琦, 史娜娜, 韩煜, 肖能文. 中国陆域生物多样性综合评估指标体系构建. *应用生态学报*, 2021, 32(8): 2773-2782.
- [23] 傅伯杰, 于丹丹, 吕楠. 中国生物多样性与生态系统服务评估指标体系. *生态学报*, 2017, 37(2): 341-348.
- [24] 李果, 吴晓蕾, 罗遵兰, 李俊生. 构建我国生物多样性评价的指标体系. *生物多样性*, 2011, 19(5): 497-504.
- [25] 刘冬梅, 薛达元, 蔡蕾, 李俊生, 肖能文. 中国生物多样性相关传统知识调查与评估指标体系构建. *生物多样性*, 2018, 26(12): 1350-1357.
- [26] 赵士洞, 郝占庆. 从“DIVERSITAS 计划新方案”看生物多样性研究的发展趋势. *生物多样性*, 1996, 4(3): 125-129.
- [27] Chen L, Swenson N G, Ji N N, Mi X C, Ren H B, Guo L D, Ma K P. Differential soil fungus accumulation and density dependence of trees in a subtropical forest. *Science*, 2019, 366(6461): 124-128.
- [28] van Klink R, Bowler D E, Gongalsky K B, Swengel A B, Gentile A, Chase J M. Meta-analysis reveals declines in terrestrial but increases in freshwater insect abundances. *Science*, 2020, 368(6489): 417-420.
- [29] Brondizio E S, Settele J, Díaz S, Ngo H T. Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Bonn, Germany: IPBES Secretariat, 2019.
- [30] Xu W B, Svenning J C, Chen G K, Zhang M G, Huang J H, Chen B, Ordonez A, Ma K P. Human activities have opposing effects on distributions of narrow-ranged and widespread plant species in China. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2019, 116(52): 26674-26681.
- [31] Li G, Xiao N W, Luo Z L, Liu D M, Zhao Z P, Guan X, Zang C X, Li J S, Shen Z H. Identifying conservation priority areas for gymnosperm species under climate changes in China. *Biological Conservation*, 2021, 253: 108914.
- [32] Díaz S, Zafra-Calvo N, Purvis A, Verburg P H, Obura D, Leadley P, Chaplin-Kramer R, De Meester L, Dulloo E, Martín-López B, Shaw M R, Visconti P, Broadgate W, Bruford M W, Burgess N D, Cavender-Bares J, DeClerck F, Fernández-Palacios J M, Garibaldi L A, Hill S L L, Isbell F, Khoury C K, Krug C B, Liu J G, Maron M, McGowan P J K, Pereira H M, Reyes-García V, Rocha J, Rondinini C, Shannon L, Shin Y J, Snelgrove P V R, Spehn E M, Strassburg B, Subramanian S M, Tewksbury J J, Watson J E M, Zanne A E. Set ambitious goals for biodiversity and sustainability. *Science*, 2020, 370(6515): 411-413.
- [33] Ma T X, Hu Y S, Wang M, Yu L J, Wei F W. Unity of nature and man: a new vision and conceptual framework for the Post-2020 global biodiversity framework. *National Science Review*, 2021, 8(7): nwaa265.
- [34] 杜傲, 崔彤, 宋天宇, 欧阳志云. 国家公园遴选标准的国际经验及对我国的启示. *生态学报*, 2020, 40(20): 7231-7237.
- [35] 王科, 刘冬梅, 蔡蕾, 吴海军, 李熠, 魏铁铮, 王永会, 吴红梅, 卫晓丹, 李斌斌, 李俊生, 姚一建. 中国大型真菌红色名录评估方法和程序. *生物多样性*, 2020, 28(1): 11-19.
- [36] 覃海宁, 赵莉娜. 中国高等植物濒危状况评估. *生物多样性*, 2017, 25(7): 689-695.
- [37] 蒋志刚, 江建平, 王跃招, 张鹗, 张雁云, 李立立, 谢锋, 蔡波, 曹亮, 郑光美, 董路, 张正旺, 丁平, 罗振华, 丁长青, 马志军, 汤宋华, 曹文宣, 李春旺, 胡慧建, 马勇, 吴毅, 王应祥, 周开亚, 刘少英, 陈跃英, 李家堂, 冯祚建, 王燕, 王斌, 李成, 宋雪琳, 蔡蕾, 臧春鑫, 曾岩, 孟智斌, 方红霞, 平晓鸽. 中国脊椎动物红色名录. *生物多样性*, 2016, 24(5): 501-551.
- [38] Xu W H, Xiao Y, Zhang J J, Yang W, Zhang L, Hull V, Wang Z, Zheng H, Liu J G, Polasky S, Jiang L, Xiao Y, Shi X W, Rao E M, Lu F, Wang X K, Daily G C, Ouyang Z Y. Strengthening protected areas for biodiversity and ecosystem services in China. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2017, 114(7): 1601-1606.
- [39] Chen C, Park T, Wang X H, Piao S, Xu B D, Chaturvedi R K, Fuchs R, Brovkin V, Ciais P, Fensholt R, Tømmervik H, Bala G, Zhu Z C, Nemani R R, Myneni R B. China and India lead in greening of the world through land-use management. *Nature Sustainability*, 2019, 2(2): 122-129.