

DOI: 10.5846/stxb202108192315

焦雯珺, 刘显洋, 何思源, 闵庆文. 基于多类型自然保护区整合优化的国家公园综合监测体系构建. 生态学报, 2022, 42(14): 5825-5837.

Jiao W J, Liu X Y, He S Y, Min Q W. Establishing a comprehensive monitoring system in national parks based on the integration and optimization of multiple types of protected areas. Acta Ecologica Sinica, 2022, 42(14): 5825-5837.

基于多类型自然保护区整合优化的国家公园综合监测体系构建

焦雯珺¹, 刘显洋^{1,2}, 何思源^{1,*}, 闵庆文^{1,2}

1 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101

2 中国科学院大学, 北京 100049

摘要:随着我国自然保护区事业进入新时代,以国家公园为主体的自然保护地体系建设思路得以明确,以国家公园为代表的自然保护地监测工作也被赋予了更高的要求。监测在促进国家公园科学规划与管理中发挥着重要作用,国家公园管理目标的实现离不开可靠的监测数据和信息的支撑。我国的国家公园试点由多类型自然保护区整合设立,因此面临不同监测类型之间的整合,存在缺乏统一的监测指标体系、有效的监测数据管理、健全的监测实施机制等问题。在对各类型自然保护区整合优化的基本思路下,基于国外国家公园监测实践与经验,综合考虑我国自然保护区的监测现状和需求,从顶层设计出发,构建了以自然资源清查为基础、以生态监测为核心、以自然与人为干扰监测为辅助、以管理有效性监测为补充并服务管理有效性评价的国家公园综合监测体系。在此基础上,进一步提出由三级监测网络、监测数据管理、管理有效性评价三部分组成的国家公园监测实施机制。在国家公园监测体系构建方面进行了探索与尝试,以期为我国国家公园监测体系以及监测制度的建立提供有益参考。

关键词:国家公园;自然保护区;监测体系;理论框架;实施机制

Establishing a comprehensive monitoring system in national parks based on the integration and optimization of multiple types of protected areas

JIAO Wenjun¹, LIU Xianyang^{1,2}, HE Siyuan^{1,*}, MIN Qingwen^{1,2}

1 Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

2 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

Abstract: As the establishment of protected areas in China entered a new development stage, national parks have been recognized as the main body of a new system of protected areas. Realization of management objectives requires a large number of monitoring data and information, so the monitoring of national parks has been given great significance. However, the pilot national parks were established through integration of different types of protected areas, so they were facing the challenge of the integration of different types of monitoring. Specific problems include inconsistent monitoring indicator systems, ineffective monitoring data management, flawed monitoring implementation mechanism, and so on. Firstly, this paper analyzed the monitoring status and needs of protected areas in China and found that such problems existed in the monitoring of protected areas as different monitoring priorities, redundant monitoring data and diverse monitoring departments. Then, this paper sorted out the monitoring practice and experience of foreign national parks and found that most monitoring systems of national parks in other countries took the long-term ecological monitoring as the core, established a top-down monitoring implementation mechanism, designed a monitoring indicator system with both consistency

基金项目:国家重点研发计划(2017YFC0506404);国家自然科学基金项目(41801204)

收稿日期:2021-08-19; **网络出版日期:**2022-03-23

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: hesy@igsnrr.ac.cn

and difference, and emphasized effective data management and utilization. Under the basic idea of integrating and optimizing various types of protected areas, learning from the monitoring practice and experience of foreign national parks, and considering the monitoring status and needs of protected areas in China, this paper constructed a comprehensive monitoring system for national parks in China from the top-level design. The system is based on natural resource inventory, centered on ecological monitoring, assisted by natural and human interference monitoring, and supplemented by management effectiveness monitoring that serves the evaluation of management effectiveness. The natural resource inventory is used to determine the baseline of conservation and management, the ecological monitoring is applied to learn the rules of ecosystem changes, the natural and human interference monitoring helps clarify the correlation mechanism, and the management effectiveness monitoring serves the evaluation of management effectiveness. On this basis, the paper further proposed an implementation mechanism for the national park monitoring, which is composed of three-level monitoring network, monitoring data management, and management effectiveness evaluation. In the “nation-province-national park” implementation mechanism, on the one hand, a unified monitoring database system and management platform should be established to realize the storage, management and analysis of monitoring data; on the other hand, the management effectiveness evaluation system should also be set up, to promote the monitoring data to serve the conservation planning and management of national parks. The paper made an important attempt in the construction of the national park monitoring system, and is expected to provide a useful reference for the establishment of the national park monitoring system and implementation mechanism in China.

Key Words: national park; protected area; monitoring system; theoretical framework; implementation mechanism

自 1956 年建立第一个自然保护区以来,我国的自然保护地建设经历了从无到有、从小到大、从单一到多样、从陆地到海洋的发展历程。目前我国的自然保护地已达到 1.18 万处,占国土面积的 18%、海域面积的 4.6%,有效地保护了我国重要的自然生态系统、生物物种、自然遗迹和自然景观。2017 年十九大报告指出要“建立以国家公园为主体的自然保护地体系”,2019 年中共中央办公厅 国务院办公厅印发《关于建立以国家公园为主体的自然保护地体系的指导意见》提出“形成以国家公园为主体、自然保护区为基础、各类自然公园为补充的具有中国特色的自然保护地体系”。

作为自然保护地体系的重要组成部分,国家公园模式在全球得到广泛应用。自 1832 年国家公园的概念首次被提出,1872 年美国建立了世界上第一个国家公园——黄石国家公园,全世界有 142 个国家先后建立了约 5600 个国家公园^[1-2]。尽管世界各国对国家公园的定义存在一定差异,但是以生态系统保护、自然与文化资源利用为主要目标的国家公园建设思路是一致的。因此,建设国家公园被认为是推动我国自然保护地体系改革的重要环节,是实现严格保护与合理利用自然与文化资源最直接、最有效的措施^[3]。在 2015—2019 年间,我国设立了首批共 10 个国家公园试点,涉及 12 个省份,总面积 22.29 万 km²。

虽然我国建立国家公园的首要目标是保护生态系统的完整性和原真性,但是国家公园的游憩体验、科研教育、社区发展等功能也得到普遍认同。因此,我国国家公园的管理目标具有多元性,既要实现生态系统保护和自然与文化资源的利用,也要发挥游憩科普功能、促进社区可持续发展。多元管理目标的实现有赖于对国家公园进行科学的规划与管理,而监测在促进国家公园科学规划与管理中发挥着重要作用^[4-5]。国家公园管理者通过可靠的监测数据和信息,跟踪关键资源的利用状况和变化趋势,识别生态系统的动态变化和威胁因素,从而发现管理活动的影响并以此为基础制定和实施管理决策^[6-8]。长期的监测和研究能够进一步加深人们对自然资源和生态系统的理解和认识,使国家公园的规划和管理建立在坚实的科学基础之上^[9]。

随着我国自然保护事业进入新时代,以国家公园为主体的自然保护地体系的监测工作也被赋予了更高的要求。然而,我国的国家公园试点由各类型自然保护地整合设立,因此现行国家公园监测多沿用原自然保护地的常规监测,或依托科研项目开展专题监测。不同类型自然保护地的监测对象和监测内容差别较大,这使

得国家公园监测面临不同监测类型之间的整合,存在缺乏统一的监测指标体系、有效的监测数据管理、健全的监测实施机制等问题^[10]。尽管一些国家公园试点通过整合各方面资源,在监测技术上取得一定突破^[11],国家林业和草原局也出台了《国家公园监测规范》(GB/T 39738—2020)以提供指导^[12],但从整体上看,我国国家公园的监测工作尚处于初级阶段,且与国家公园的管理需求还存在较大差距,亟需建立一整套科学有效的国家公园综合监测体系。

在对各类型自然保护区整合优化的基本思路下,本文首先对自然保护区、风景名胜区、重要湿地、地质公园等自然保护区的监测现状与需求进行了系统梳理,然后对美国、加拿大、英国、南非等代表性国家的国家公园监测实践与经验进行了全面总结,最后结合自身需求与经验借鉴,提出我国国家公园综合监测体系构建的总体思路和理论框架,以期为我国国家公园等自然保护区的监测体系和监测制度的建立提供科学支撑。

1 我国自然保护区监测现状与需求

随着《建立国家公园体制总体方案》《关于建立以国家公园为主体的自然保护区体系的指导意见》等文件的出台,各类型自然保护区整合优化的基本思路得以确立,我国自然保护区体系建设进入新发展阶段。根据生态价值和保护强度高低,我国自然保护区被分为国家公园、自然保护区和自然公园3类,其中,自然公园包括森林公园、地质公园、海洋公园、湿地公园等多种类型^[3]。有学者指出,由于监测体系顶层设计不到位,我国自然保护区监测存在监测数据科学性不足、数据获取协同性不足、数据管理支撑性不足等问题^[5]。本文以自然保护区、风景名胜区、重要湿地、地质公园、自然遗产等自然保护区类型为对象,对我国自然保护区的监测现状与需求做了进一步梳理。

1.1 监测重点相异,需要在一致性框架下整合

由于保护对象和管理目标的不同,不同类型自然保护区的监测重点存在明显差异,体现在监测对象、内容、指标等多个方面。自然保护区监测是对自然及人为因素引起的环境及保护对象变化进行的长期定点监测,现行监测活动主要针对生物多样性和人类活动^[13]。以陆域自然保护区为例,其监测内容集中在植被覆盖和土地覆被、重要的动植物物种及其生境(栖息地)、重要的环境要素等。人与生物圈保护区监测则是一种整体性监测,既包括自然系统也包括社会经济系统,关注保护区内的生物多样性、资源利用、社会经济、政策制度、价值等多方面的变化^[14]。

风景名胜区监测最初以建设工程和土地利用监测为主,后扩展到生态环境、游客数量等的综合监测。现行监测内容可以概括为资源价值监测、展示监测、环境监测和威胁因素监测^[15]。地质公园监测则以地质遗迹资源调查与评价为基础,还包括地质遗迹周边环境变化、地质遗迹宣传及保护设施(工程)状况和人类活动对地质遗迹影响的监测。国际重要湿地的监测主要在《湿地公约》的框架下进行,即对重要湿地在一定时期内的生态特征(生态组分、生态过程和生态系统服务)变化进行测度^[16]。我国对重要湿地的监测不仅包括湿地生态特征监测,还包括对湿地生态特征影响因素的监测^[17]。同样是国际认定项目,世界自然遗产监测则侧重对遗产价值影响因素的监测^[18]。我国的自然遗产监测起初多从环境要素监测出发,后逐步扩展到影响遗产价值的人类活动与自然因素的监测^[19]。

由于不同类型自然保护区的监测对象和监测内容存在差异,基于多类型自然保护区建立起来的国家公园便面临着不同监测类型之间的整合。虽然不同国家公园之间也存在差异,但是监测活动所要达到的目标是一致的。因此,需要在一致性的逻辑框架下建立国家公园监测体系,既有利于实现园内已有监测类型的整合优化,又有利于形成统一的国家公园监测网络。

1.2 监测技术多元,需要在一体化建设中融合

地面调查和人工巡查是自然保护区监测中的传统技术手段,在自然保护区监测特别是生物多样性监测中发挥了重要作用^[20]。在重要湿地,传统监测技术以固定样点、样线和样区监测为主,通过构建湿地监测网络采集水体环境和生物多样性数据^[21]。在陆域自然保护区和自然遗产地,固定样地监测、样线、样带和样点调

查等传统监测技术被广泛应用^[22-23]。在地质公园,人工巡查一直被作为地质环境调查与灾害勘察的主要技术手段。然而,这些传统的地面监测技术受限于人力、物力、时间等因素,在监测深度、角度和频次上难以突破,因此难以对大尺度的生态过程进行连续监测。

随着遥感技术的发展,对自然保护区开展大尺度长期生态监测成为可能。遥感监测目前被广泛应用于自然保护区和自然遗产监测,在植被调查、动物迁徙、景观格局分析等方面起着重要作用^[24-26]。遥感监测也是风景名胜监测的主要技术手段,国家级风景名胜区监管信息系统便是以地理空间数据和遥感影像数据为基础建立的。遥感与地理信息系统、全球定位系统组成的 3S 技术在重要湿地和地质公园监测中发挥着重要作用。以 3S 技术为主的大范围宏观监测和典型湿地定位连续监测相结合,在湿地保护、监测、管理等方面得到越来越多的应用^[27-28]。此外,因影像获取速度快、应用周期短、清晰度高、受自然环境约束小、运行和维护成本低等特点,无人机低空遥感技术近年来在自然保护区监测中得到越来越多的应用^[29-30]。红外相机技术也因能够做到全天候监测,近年来被广泛应用于自然保护区监测,特别是自然保护区和自然遗产地鸟类、兽类等野生动物的监测^[31-32]。

随着技术手段的多元化,遥感监测与地面监测技术的有机结合成为未来自然保护区监测技术的发展趋势。因此,在国家公园监测体系的构建中,必须注重多途径、多类型监测技术的融合发展,构建自上而下的完整监测技术链,加快监测技术“空、天、地”一体化建设。

1.3 监测数据庞杂,需要进行统一管理与利用

监测作为一种科学的方法和手段,必然要求有科学的量化指标。不同类型自然保护区的监测对象和内容不同,因此建立起的监测指标体系也存在差异,导致基于多类型自然保护区的国家公园面临监测数据来源不同、类型多样、体量庞大的现实情况。此外,不同类型自然保护区对监测数据的管理与利用方式也各不相同,这为国家公园监测体系的一体化建设和融合发展带来挑战。

监测指标的获取依赖基础数据和分析结论,因此基础数据库建设被认为是监测数据管理与利用的基础。世界地质公园在建设过程中大量应用 3S 技术,建立了以环境地质数据为主的基础数据库及信息系统。国家文物局建立了国家世界文化遗产监测信息系统,其中数据库是该系统的核心部分^[33]。我国风景名胜区建立了风景名胜区管理信息系统,管理数据包括空间框架数据、遥感影像数据、规划数据等多种类型^[15]。尽管一些自然保护区建立了基础数据库和信息系统,但是总体来说我国自然保护区在监测数据管理方面仍然存在信息化程度偏低、准确性、完整性与关联性不足、更新和维护机制不健全等问题。

一些自然保护区利用监测数据对管理工作的开展情况以及管理目标的实现程度进行评价。例如,在 2008—2017 年间国家林业与草原局、国家生态环境部相继发布规范性文件指导自然保护区开展管理有效性评价,评价内容涉及土地权属、资源调查与监测、规划编制等多个方面。再如,人与生物圈保护区每十年需要提交一份用于审查的周期性评估报告,内容包括生态系统服务供给能力、生态系统保护功能、社会经济发展功能等^[14]。国家级风景名胜区管理机构每年需要向国家和省级主管部门提交遥感监测年度工作报告,对信息系统运行维护、监测绩效、拓展应用等情况进行说明。尽管如此,我国自然保护区在监测数据转化利用上并没有形成统一的规范与标准。为了促进国家公园监测体系的一体化建设以及不同国家公园之间的对比研究,我国国家公园应建立统一的监测数据管理与转化利用规范与标准。

1.4 监测部门多样,需要建立统一的实施机制

在国务院机构改革之前,我国自然保护区实行的是条块式管理模式,环保、住建、国土资源、农业、水利、林业、海洋等职能部门各自依法律和部门政策对各类型自然保护区进行管理。因此,不同类型自然保护区的监测工作是分别进行的,所采取的监测实施机制也是多种多样的。例如,我国自然保护区的监测工作多由保护区主管部门主导,各保护区根据环保、林业、海洋等主管部门提出的指南或规范具体开展监测。我国地质公园监测形成了在国土资源部门统一协调与监督下、多个部门参与管理的共同责任机制,而具体的监测工作则由地方政府负责。我国湿地资源的调查与监测则依托国家、省级和基层三级管理制度,在湿地资源监测中心的

组织和指导下完成。该中心由原国家林业局于 1995 年 4 月正式成立,建立了全国湿地保护管理信息平台,编制了《全国湿地资源调查与监测技术规程》、《国际重要湿地监测技术规程》等国家标准。

2018 年 3 月发布的《深化党和国家机构改革方案》将我国自然资源管理部门和相关机构进行了重组,由自然资源部对国土空间的自然资源实行统一管理,其下属国家林业和草原局对自然保护区、风景名胜区、自然遗产、地质公园、重要湿地等统一管理,并加挂国家公园管理局牌子。这一改革从顶层设计层面解决了原有自然资源空间规划重叠、管理职能交叉等实际问题。在这一背景下,我国国家公园监测体系建设也必须从顶层设计出发,在国家层面上确立国家公园监测的根本性法律依据,自上而下地建立统一、科学、高效的监测实施机制,以解决目前多类型自然保护区监测重点不同、监测数据庞杂、监测部门多样等问题。

2 国外国家公园监测实践与经验

不同国家的国家公园监测体系因基本国情、经济发展速度、管理体制的差异而有所不同,但总的来说,世界范围内国家公园监测的发展历程包括以下几个阶段:最初国家公园内出现监测需求和简单的监测活动,以了解公园内各种生物物理及文化过程的认识;到了 20 世纪 70 年代末,长期监测的重要性被认知,监测方案出现且被视为监管体系的一部分,以辅助管理者做出管理决策;到 20 世纪 90 年代中后期,国家公园监测体系逐步建立并不断完善,监测被纳入国家公园管理规划,用于论证国家公园管理成效^[34-35]。本文对美国、加拿大、英国、南非等代表性国家的国家公园监测体系进行系统梳理,发现各国国家公园的监测体系既有共同点又有差异性,在以下四个方面的有益经验十分值得我国借鉴。

2.1 以长期生态监测为核心

国外的国家公园监测因监测重点不同,可分为几种不同类型。第一种是明确的国家公园长期生态监测,如英国“通用标准监测(Common Standard Monitoring, CSM)项目”^[6,36]和加拿大“生态完整性监测(Ecological Integrity Monitoring, EIM)项目”^[37]。第二种是国家公园自然资源清查与生态系统监测相结合,如美国“国家公园自然资源清查和监测项目(Natural Resources Inventory & Monitoring Program,简称“I&M 项目”)^[38]。第三种是以生物多样性监测为代表的专题监测,如南非国家公园“生物多样性监测系统(BMS)”^[39]、新西兰国家公园“生物多样性监测报告制度”。

尽管不同国家的国家公园监测之间略有差异,但是总的来说还是以长期生态监测为核心的。加拿大国家公园监测围绕生态完整性监测展开,一直处于国际领先水平^[37]。长期生态监测被认为是收集可靠数据的基础,有助于了解国家公园的生态系统变化以及为制定保护行动提供详细信息^[40]。美国“I&M 项目”的清查是指自然资源本底状况的调查,监测是对动态的自然生态系统的持续跟踪,因此实质上是以自然资源清查为基础的长期生态监测方案^[41]。南非“BMS”等国家公园生物多样性监测也不仅监测动植物种群层面的变化,而是关注更高层面生态系统的变化,是国家公园生态监测的重要组成部分^[42-43]。

实践经验表明,长期的生态监测能够为国家公园提供理解和识别以复杂性、可变性为特征的自然系统变化所需的信息,这些信息可用于帮助评估观察到的变化是否在自然变化水平内。长期监测和研究可加深人们对生态系统的理解和认识,使国家公园的保护、管理和规划建立在坚实的科学基础之上,不断优化和更新国家公园保护的目标和策略。

2.2 自上而下的实施机制

国外国家公园的监测实施机制多是自上而下建立起来的,但因实施空间单元的差异又可分为两种不同类型。一种是基于生态地理空间来实施监测,如加拿大的“EIM 项目”和美国的“I&M 项目”;另一种是基于行政管辖区来实施监测,如英国的“CSM 项目”。

加拿大的“EIM 项目”基于国土自然地理区划,将 43 处国家公园分组划入 6 个生物区,建立起“国家-生物区-国家公园”三级监测实施机制。美国的“I&M 项目”根据自然地理分区和自然资源相似度,将 280 多个国家公园管理单元分为 32 个生态区^[38],形成了“国家-生态区-国家公园”监测实施机制。在国家层面,国家公

园管理局发布全国性指南,指导各国家公园开展监测工作^[44-46]。在生物区或生态区层面,各区针对区内实际情况自行制定监测指标和监测计划。例如,加拿大同一生物区中的国家公园通常统一设置 6—8 个综合监测指标^[47],再根据公园内实际情况进一步制定监测计划;美国各生态区内的国家公园则通过建立合作关系,共同制定具体的生态监测指标^[48]。

英国自然保护地的监测工作基于行政管辖区进行推进,由地区机构负责指导各管辖范围内的自然保护地开展监测工作^[36]。因此,英国包括国家公园在内的自然保护地监测便形成了“国家-地区-自然保护地”的监测实施机制。在国家层面,英国联合自然保护委员会(Joint Nature Conservation Committee, JNCC)负责制定标准并进行数据分析^[49];在地区层面,各地区机构在各自管辖范围内指导并推进监测工作;在自然保护地层面,各自然保护地的管理机构负责实际监测工作。

2.3 一致性与差异性共存的监测指标体系

建立统一的国家公园监测指标体系对于国家公园的保护和管理至关重要。长期以一致的方式收集可靠数据,为解释生态系统的变化提供了一致性背景,并为实施新的管理规划或改变现有规划提供了充足的信息^[40]。加拿大国家公园监测指标体系的一致性主要体现在国家层面上,国家公园管理局提出统一的生态完整性监测指标框架并发布指南。同一生物区的国家公园根据指南设置统一的监测指标,但是不同生物区的国家公园生态完整性监测指标则有明显差异^[47]。

美国国家公园监测指标体系的一致性主要体现在自然资源清查方面。“I&M 项目”建立了统一的自然资源清查体系,包含物种、植被群落图、地表地质和土壤图等 12 项基础调查内容。为避免监测指标体系过于庞大,保证监测活动的可操作性,“I&M 项目”重点监测反映国家公园自然资源总体状况的状态性指标,即关键指征^[50]。在生态系统监测方面,“I&M 项目”提出了建立长期生态监测方案的程序^[38]。但由于美国境内生态系统具有多样性,各生态区被授权自行制定生态监测指标^[48]。

英国国家公园的监测指标体系的一致性体现在“CSM 项目”提出了统一的监测基础框架,其中最为重要的内容是价值要素。价值要素是指使得自然保护地之所以成为保护地的要素,可以理解为资源保护的底线,包括物种、生境和地质要素三大类^[6]。具体监测指标的差异性则由不同生境和物种类型来决定。2004 年起“CSM 项目”陆续推出了 31 册专项《通用标准监测指南》,针对海岸带、淡水、草地、海洋、林地等不同生境的不同价值要素提出监测指标、方法及标准。

2.4 有效的数据管理与利用

国家公园监测数据的管理与转化利用对国家公园的保护、规划与管理至关重要。监测信息如果分析不正确、归档不好、报告不及时或沟通不恰当,就会被浪费^[51]。美国“I&M 项目”从产品的视角完善了数据处理机制,将分析报告和数据信息视为监测计划的主要产品,意在努力向关键受众提供有组织的、有据可查的数据和信息^[38]。更为重要的是,“I&M 项目”将监测作为机构运作的一个组成部分,将监测方案纳入决策、规划等关键业务,成功地促进了监测数据向规划和管理服务。

英国“CSM 项目”的监测数据由国家层面的 JNCC 进行汇总和分析,在此基础上“CSM 项目”建立了一套完整的评估与报告体系,并作为一种制度融入自然保护地管理规划中^[49]。评估结果将直接指导自然保护地的管理,如果结果是持续良好、经恢复后良好或不佳但处于恢复中,将不用采取任何管理措施,反之则需要采取管理措施^[52]。

加拿大“EIM 项目”设立了生态系统数据库信息中心,记录所有的标准、本底数据和监测数据^[53]。在此基础上,“EIM 项目”制定了系统的评估报告制度,将监测明确纳入国家公园管理周期,促进监测数据服务管理计划。加拿大国家公园建立了“年度国家公园报告-10 年周期公园管理计划-主动管理和恢复-生态监测”的循环体系。生态监测结果用于评估国家公园生态健康状况以及管理计划是否有效,在规定的时间内提出政策建议和意见,对发现的问题进行整改以达到要求,保证国家公园的健康运行并指导新一轮国家公园管理计划的编制。

3 我国国家公园综合监测体系构建

我国将国家公园定义为具有国家代表性的、大面积重要的自然或接近自然的生态系统,同时具有独特的自然景观和丰富的科学内涵。由于管理目标的多元性,我国国家公园监测应是针对“山水林田湖草人”的系统的、全面的监测,也是国家公园生态保护与资源管理的重要内容及评价其管理有效性的的重要手段。

基于国外国家公园监测实践与经验,综合考虑我国自然保护地的监测现状和需求,本文认为在我国基于多类型自然保护地整合优化的国家公园建设中,应建立以自然资源清查为基础、以生态监测为核心、以自然与人为干扰监测为辅助、以管理有效性监测为补充并服务管理有效性评价的国家公园综合监测体系。在我国国家公园综合监测体系中,生态监测是主体、占据核心地位,自然资源清查起到支撑作用,为生态监测奠定数据基础,自然与人为干扰监测为生态监测提供辅助性和相关性分析,而管理有效性监测则是对以上监测结果的有效补充,从而服务于国家公园管理有效性评价(图1)。

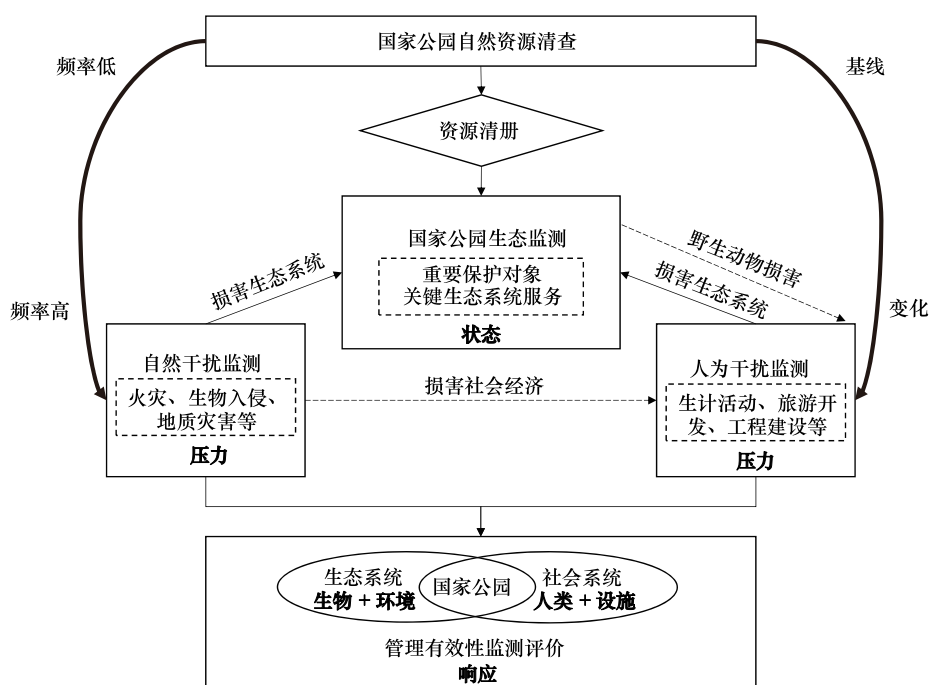


图1 我国国家公园综合监测体系构建的理论框架

Fig.1 The theoretical framework for establishing a comprehensive monitoring system in national parks

3.1 以自然资源清查为基础,确定保护与管理基线

资源清查是国家公园监测的基础。我国国家公园实行生态保护优先的管理目标,自然资源清查则是国家公园生态保护和资源管理的重要基石。为保护自然生态系统免受损害,国家公园管理者必须明确自然资源在国家公园内的类型、分布、状态等基本信息,收集这一信息的过程即为自然资源清查。通过自然资源清查得到的资源清册既是国家公园管理的基线状况,即静态的“库存”,也是进一步建立监测系统以探究动态变化的基础。

国家公园自然资源清查对象为国家公园及其周边区域(如行政边界、流域或其他边界)内重要的自然资源,并可依据国家公园管理目标包含文化资源,如历史、风景和游憩资源。根据国家公园管理目标与监测体系建设需求,自然资源清查应注重两个方面。首先,自然资源清查以获取多种资源的状态信息为主要目的,这些资源包括但不限于空气、矿产、土壤、能源、水体、鱼类、野生动植物、森林等。本文认为自然资源清查的主要内容应随着国家公园管理目标的变化而进行调整。其次,自然资源清查应充分立足自然生态系统保护需求,建

立相应的描述指标体系。本文认为自然资源清查应以森林、草原、湿地、荒漠等生态系统的结构、功能和生态系统服务为核心来开展,具体内容涉及到土地利用类型、土地权属、土地覆被、土壤类型、地形、地质、水文、生物量、野生动植物、生物多样性、生态系统健康等诸多方面。

根据国外国家公园的实践经验,我国国家公园的自然资源清查也应包含以下三部分内容。第一,需要确定清查对象类型,以便采用适宜的调查方法来分门别类形成清册。一般来说,需要进行地质资源清查、植被制图清查、水资源清查、物种调查、气候(变化)清查、地形清查、空气质量清查、土壤资源清查等,并需要对国家公园范围内的优先保护生物进行详细清查。第二,自然资源清查需根据调查对象采用相应调查手段。一般来说,首先进行文献、资料收集与分析,确定清查对象、内容及指标,然后开展野外调查工作,结合地面调查与3S技术进行直接调查。第三,利用原始数据进行必要的制图、测算、描述,形成包括地图、属性数据和文字报告等多种形式的清册。其中,地图用以显示森林、地表水、地下水等现有资源的位置和范围以及重要物种的栖息地和分布情况;属性数据用以提供地图上相应要素的更多详细信息,如土壤特性、水质特征等;文字报告用以说明每个清查对象的清查目标、方法和结果。

以5—10年为尺度开展自然资源清查所形成的清册,为开展更高频率的生态监测提供详实的基础数据,为生态监测选择监测对象、位置、频率等方面提供支持,而多次自然资源清查结果也是长期生态监测的重要组成部分。

3.2 以生态监测为核心,掌握生态系统变化规律

生态监测是国家公园监测的核心内容。长期的生态监测能够为国家公园管理者提供可靠的监测数据和信息,识别出生态系统的动态变化和威胁因素,揭示管理计划和生态保护行动的影响,从而为管理决策的制定和实施提供基础。

根据我国国家公园建立的根本目的和首要目标,生态监测的主要对象可分为物种、生态系统等保护对象和生态系统所能提供的服务。考虑到监测的成本和可操作性,国家公园生态监测必须首先识别出重要的保护对象和关键的生态系统服务。重要保护对象应与国家公园保护管理目标相一致,可进一步细分为具有重要指示意义或保护象征意义的关键物种、作为生态系统完整性典型代表的优势生态系统和具有重要价值的突出文化遗产。关键生态系统服务则必须满足国家公园生态保护与社区发展的多元目标,其识别应基于供给-需求的生态系统服务权衡分析^[54-55]。本文认为具有高供给与高需求重要性的生态系统服务,对实现生态保护和社区发展目标都有重要贡献,应被识别为关键生态系统服务;而供给与需求重要性差异显著的生态系统服务,反映出生态保护和社区发展目标间的冲突关系,也应被识别为关键生态系统服务进行监测与管理。

国家公园生态监测指标的识别和选取也要与保护管理目标相匹配,从而更好地服务于对保护管理目标实现程度的评估^[56-57]。此外,国家公园生态监测指标体系的建立还必须兼具一致性与差异性。一致性是指国家层面应提出统一的生态监测指标制定方法,便于出台规范性文件,指导各国家公园开展实际监测工作;差异性则是指各国家公园应在规范性文件的指导下,根据自身实际情况制定具体的监测指标开展实际监测工作。综上,本文认为国家公园生态监测指标体系的建立应以监测对象所涉及的关键生态过程为基础,与国家公园对监测对象的管理要求相匹配,能够从不同尺度反映出生态系统的变化和管理活动的影响。生态过程的总体一致性为不同国家公园构建生态监测指标体系提供了统一的方法论基础,而管理目标的个体差异性又让不同国家公园的生态监测指标体系能最大程度地服务于自身,从而极大地增强生态监测指标体系的可行性以及生态监测的效率。

基于目前监测技术的发展现状,我国国家公园生态监测数据的获取必须依赖遥感监测与地面监测技术的有机结合。遥感监测包括卫星遥感监测和无人机遥感监测,地面监测则包括人工实地调查、红外相机、无线电项圈、定位观测站及其他自动监测系统。在国家公园生态监测的具体开展中,应注重多途径、多类型监测技术的优势整合,构建从卫星遥感到无人机遥感再到地面调查自上而下的完整调查监测技术链,从而在整个国家公园或更大尺度上实现生态过程的监测。

3.3 以自然与人为干扰监测为辅助,明晰关联作用机制

在国家公园管理中,自然现象本质上是中性的,在其影响下自然生态系统一般以自然恢复为主。然而,自然过程和环境特殊性也可能形成灾害,对野生动植物与自然生态系统造成损伤,威胁国家公园范围内的人员生命与财产、设备设施等。同时,国家公园内及其周边人群的游憩、生产、生活等干扰也可能成为国家公园自然生态系统的胁迫因素。因此,自然与人为干扰监测是国家公园监测的关键组成,能够为生态监测提供辅助性和相关性分析,以便全面、系统掌握国家公园社会与生态组分间的关联和作用机制^[58]。

根据国家公园管理目标和国家公园自然环境特征,自然干扰监测主要是针对可能直接或间接造成野生动植物个体、种群、群落和生态系统严重损失、人员伤亡、财产损失、国家公园运行所需的基础实施和设备损害的致灾因子和孕灾环境开展监测。监测重点是国家公园所在区域内常见、频发、危害范围较广、危害程度较大的各类自然灾害,以及与生态特征相关的特殊生物疫病的监测。监测内容包括气象、地质、生物、生态灾害的常见致灾因子与一般孕灾环境的相关指标。在监测指标的选取上,本文认为既要注重与国家、地方和行业部门开展的各类灾害监测预警进行对接,也要注重与生态监测形成胁迫-状态的监测关系。根据国家公园空间范围内的生态特征和管理复杂性,可对区域监测指标进行查漏补缺或者提高监测密度、频率、范围^[59]。此外,还要提高监测技术水平,利用智能传感技术、全球导航卫星系统技术、物联网技术、云计算技术、大数据技术等优化现行监测数据获取途径。

人为干扰监测主要是针对国家公园边界内外多个空间尺度上可能对生态系统及其生物与非生物组分带来干扰的不同类型、规模和强度的人类活动开展监测。监测重点是国家公园所在区域内快速变化、对自然保护存在潜在影响的土地利用方式、国家公园周边长期存在或快速发展的生计和产业活动、国家公园内访客相对集聚和允许利用的空间上的人类行为等^[60-61]。在监测指标的选取上,本文认为应根据人类活动的尺度和类型,按照遥感监测、地面监测和巡护监测三类监测技术分别选择。在遥感监测中,重点关注影响生态系统的土地利用变化;在地面监测中,主要选择反映人类活动频率、环境容量和生态后果的指标,并在监测地点与指标上与生态监测对接,注重在暴露在人类活动风险下的高生态价值地点、实施特定管理措施的游步道、有长期人类活动进行但生态后果不明确的宿营地等地区开展监测;在巡护监测中,主要选择行为负面清单开展监测。

3.4 以管理有效性监测为补充,服务管理有效性评价

管理有效性是指管理实践实现自然保护区保护价值并达到预期目标的程度^[62]。对管理有效性进行评价能够辅助管理者了解保护规划和管理活动的真实进展,并与预期效果进行对比分析,从而进一步做出适应性管理决策^[63]。因此,管理有效性评价对于国家公园的保护、规划与管理具有重要意义,也成为国家公园各项监测结果的主要服务对象。

根据国内外的研究成果与实践经验,本文认为我国国家公园管理有效性评价既要考虑现行自然保护区管理要素评价思路,又要结合国际上先进的管理过程评价思路,从国家公园管理周期出发,形成由管理基础、管理过程和管理结果三部分构成的评价框架。管理基础反映的是支撑管理机构进行管理的条件和能力,是开展有效性管理的前提;管理过程反映的是管理机构为实现管理目标所采取的行动,注重的是有效性管理的过程;管理结果反映的是管理机构所取得的目标成果,强调的是有效性管理的成果。

在“条件基础-过程行动-取得成效”的评价思路下,管理有效性监测可以理解为针对国家公园管理基础、管理过程和管理结果的监测活动。在国家公园综合监测体系中,自然资源清查、生态监测以及自然与人为干扰监测的过程和结果是管理有效性监测的底层,均能较好地服务于管理有效性评价。国家公园范围界限、土地权属、自然资源状态等清查结果为国家公园有效性管理提供了基础条件,也在一定程度上反映出国家公园的管理效果。国家公园生态监测结果则为国家公园的生态保护效果提供了最为直接的证据信息,同时也对国家公园所采取的生态保护行动形成反馈。自然与人为干扰监测结果一方面反映出旅游开发、工程建设等管理行动的实施过程,另一方面也能够为社会经济发展效果评价提供相关信息。

尽管如此,要实现国家公园管理全过程要素的评价,所需要的监测数据和信息远不止这些。因此,在国家

公园综合监测体系中,管理有效性监测可以看作是对自然资源清查、生态监测以及自然与人为干扰监测的补充。本文认为应首先构建管理有效性评价指标体系,然后在自然资源清查、生态监测以及自然与人为干扰监测的基础上,开展服务于管理有效性评价的补充监测活动。例如,在管理基础监测中增加对管理机构、管理办法等体制机制建设的监测;在管理过程监测中增加对特许经营、科普宣传等管理活动的监测^[64—65];在管理结果监测中增加对经济效益增量、公众认可度等社会经济发展指标的监测。

3.5 建立统一监测实施机制,支撑国家公园管理决策

监测数据的管理和转化利用对于实现国家公园的有效性管理至关重要。借鉴国外国家公园监测的经验与启示,综合考虑我国现实国情以及国家公园建设需求,本文认为我国一方面应建立统一的监测数据库系统与管理平台,实现对监测数据的存储、管理和分析,另一方面应建立管理有效性评价制度,促进监测数据服务于国家公园的保护、规划和管理。为此,本文提出我国国家公园监测的主要实施机制,由三级监测网络、监测数据管理、管理有效性评价 3 部分构成(图 2)。

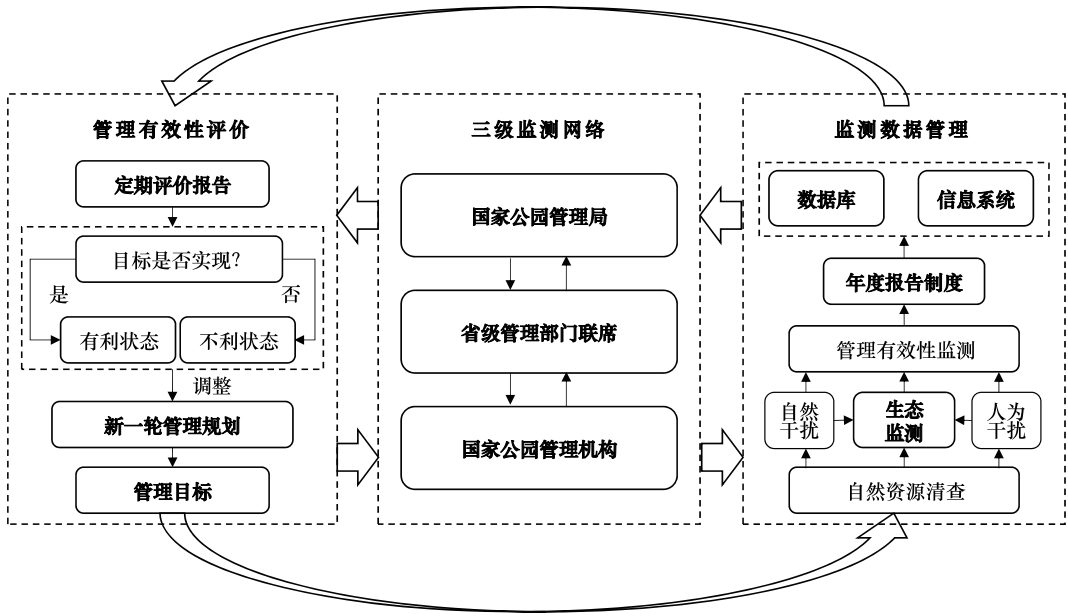


图 2 我国国家公园监测的实施机制
Fig.2 The implementation mechanism of the national park monitoring system

国家公园管理局、省级管理部门和各国家公园管理机构是国家公园监测的实施主体,因此应建立国家、省和国家公园三级监测网络。国家公园管理局是国家层面的监测责任机构,应制定统一的监测技术框架,并出台规范性文件,指导全国范围内国家公园监测工作的开展。省级管理部门应建立联席工作制度,既要为行政区域内国家公园开展监测提供指导和监督,也要为跨行政区域国家公园开展监测提供组织和协调,及时将监测结果及存在问题上报给国家公园管理局。国家公园管理机构是各国家公园内监测的实施人和责任人,应根据监测的规范性文件,制定符合自身核心特征和管理要求的具体监测指标,按规定向省级管理部门和国家公园管理局提交监测结果。

国家公园管理局是国家层面的监测数据汇总管理机构,其出台的规范性文件也是各国家公园记录与提交监测数据的主要依据。国家公园管理局一方面应建立国家公园监测年度报告制度,推动监测数据收集与汇交的规范化与制度化,另一方面应建立国家公园监测数据库与信息系统,推动国家公园监测工作的信息化与业务化。此外,国家公园管理局还应建立国家公园管理有效性评价制度,定期对国家公园生态保护和社会经济发展结果进行评价,促进监测服务于国家公园的保护、规划和管理。在省级层面,各管理部门也可以不定期对国家公园的生态保护和社会经济发展状况进行检查,起到监督与指导作用。由于保护或管理不善造成生态系

统严重受损的国家公园,应列入警示名单,在规定期限内未整改到位的国家公园应退出。

4 结论

随着我国自然保护事业进入新时代,以国家公园为主体的自然保护地体系建设思路得以明确,以国家公园为代表的自然保护地监测工作也被赋予了更高的要求。由于监测体系顶层设计不到位,我国自然保护地监测存在监测重点相异、监测数据庞杂、监测部门多样等问题,这为我国国家公园监测体系的建立带来诸多不便。我国国家公园试点是由各类型自然保护地整合设立的,因此面临整合不同类型自然保护地监测的现实问题,需要一致性的监测理论框架、统一的监测指标体系设计、自上而下的监测实施机制等。在对各类型自然保护地整合优化的基本思路下,本文基于国外国家公园监测实践与经验,综合考虑我国自然保护地的监测现状和需求,从顶层设计出发,提出我国国家公园综合监测体系构建的总体思路和理论框架以及我国国家公园监测的实施机制。这无疑是一次有益的探索与尝试。

在国家公园综合监测体系中,自然资源清查是基础,以确定保护与管理基线;生态监测是核心,以掌握生态系统变化规律;自然与人为干扰监测为辅助,以明晰关联作用机制;管理有效性监测为补充,以服务管理有效性评价。在“国家-省-国家公园”监测实施机制中,一方面通过建立统一的监测数据库系统与管理平台,实现对监测数据的存储、管理和分析;另一方面通过建立管理有效性评价制度,促进监测数据服务于国家公园的保护、规划和管理。虽然其中的一些理论方法已经在个别国家公园试点进行了应用研究,但是离一整套监测体系的落地实施还有很大的距离。然而,建设具有中国特色的国家公园是一项长期、艰巨且复杂的系统工程,本文在国家公园监测体系构建方面的研究与探索或成为日后不断完善的有益参考。

鉴于我国国家公园试点由各类型自然保护地整合设立,本文在国家公园监测体系构建方面的研究与探索,也为我国自然保护地监测体系的建设提供了有益参考。相较于其他类型自然保护地监测体系,本文所提出的国家公园综合监测体系立足于顶层设计,监测理念与监测框架科学完整,在一定程度上解决了目前我国自然保护地监测所面临的难题。因此,其他类型自然保护地监测可参照国家公园综合监测体系细化监测内容或增减监测指标,统一并入我国自然保护地监测体系。

参考文献(References):

- [1] Dudley N. Guidelines for Applying Protected Area Management Categories. Gland: IUCN, 2008.
- [2] Dudley N. IUCN 自然保护地管理分类应用指南. 朱春全, 欧阳志云, 译. 北京: 中国林业出版社, 2016.
- [3] 黄宝荣, 王毅, 苏利阳, 张丛林, 程多威, 孙晶, 何思源. 我国国家公园体制试点的进展、问题与对策建议. 中国科学院院刊, 2018, 33(1): 76-85.
- [4] Vos P, Meelis E, Keurs W J T. A framework for the design of ecological monitoring programs as a tool for environmental and nature management. Environmental Monitoring and Assessment, 2000, 61(3): 317-344.
- [5] 彭琳, 杜春兰. 面向规划管理的国外国家公园监测体系研究及启示——以美国、加拿大、英国为例. 中国园林, 2019, 35(8): 39-44.
- [6] Gaston K J, Charman K, Jackson S F, Armsworth P R, Bonn A, Briers R A, Callaghan C S Q, Catchpole R, Hopkins J, Kunin W E, Latham J, Opdam P, Stoneman R, Stroud D A, Tratt R. The ecological effectiveness of protected areas: the United Kingdom. Biological Conservation, 2006, 132(1): 76-87.
- [7] Anderson N E, Bessell P R, Mubanga J, Thomas R, Eisler M C, Fèvre E M, Welburn S C. Ecological monitoring and health research in Luambe National Park, Zambia: generation of baseline data layers. EcoHealth, 2016, 13(3): 511-524.
- [8] Théau J, Trottier S, Graillon P. Optimization of an ecological integrity monitoring program for protected areas: case study for a network of national parks. PLoS One, 2018, 13(9): e0202902.
- [9] Wallace L L. After the Fires: the Ecology of Change in Yellowstone National Park. New Haven, London: Yale University Press, 2004.
- [10] 叶菁, 宋天宇, 陈君帆. 大熊猫国家公园监测指标体系构建研究. 林业资源管理, 2020, (2): 53-60, 66-66.
- [11] 王天明. 东北虎豹国家公园监测、评估和管理. 林业建设, 2018, (5): 151-166.
- [12] 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. GB/T 39738—2020 国家公园监测规范. 北京: 中国标准出版社, 2020.
- [13] 环境保护部南京环境科学研究所. 自然保护区监测、评估和优化布局技术研究. 北京: 中国环境出版社, 2013.

- [14] Lotze-Campen H, Reusswig F, Stoll-Kleemann S. Socio-ecological monitoring of biodiversity change: building upon the world network of biosphere reserves. *GAIA-Ecological Perspectives for Science and Society*, 2008, 17(S1): 107-115.
- [15] 李如生. 风景名胜保护区保护性开发的机制与评价模型研究[D]. 长春: 东北师范大学, 2011.
- [16] 关蕾, 刘平, 雷光春. 国际重要湿地生态特征描述及其监测指标研究. *中南林业调查规划*, 2011, 30(2): 1-9.
- [17] 张明祥, 张建军. 中国重要湿地监测的指标与方法. *湿地科学*, 2007, 5(1): 1-6.
- [18] Negula I D, Sofronie R, Virsta A, Badea A. Earth observation for the world cultural and natural heritage. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 2015, 6: 438-445.
- [19] 李青盈, 肖时珍. 世界自然遗产地监测评价研究进展. *遗产与保护研究*, 2016, 1(2): 51-59.
- [20] 李苗苗, 夏万才, 王猛, 栾晓峰. 基于文献计量的中国自然保护区监测研究. *生态学报*, 2020, 40(6): 2158-2165.
- [21] 祁增营, 王京, 左正立. 湿地变化监测研究现状与展望. *遥感信息*, 2012, 27(6): 124-132.
- [22] 谢宗强, 申国珍, 周友兵, 樊大勇, 徐文婷, 高贤明, 杜彦君, 熊高明, 赵常明, 祝燕, 赖江山. 神农架世界自然遗产地的全球突出普遍价值及其保护. *生物多样性*, 2017, 25(5): 490-497.
- [23] 张媛. 森林生态系统类型自然保护区生物多样性监测体系构建探索. *林业资源管理*, 2018, (3): 29-34.
- [24] Xu W H, Viña A, Kong L Q, Pimm S L, Zhang J J, Yang W, Xiao Y, Zhang L, Chen X D, Liu J G, Ouyang Z Y. Reassessing the conservation status of the giant panda using remote sensing. *Nature Ecology & Evolution*, 2017, 1(11): 1635-1638.
- [25] 宋晓阳, 申文明, 万华伟, 侯鹏, 林刚. 基于高分遥感的可可西里自然保护区藏羚羊生境适宜性动态监测. *资源科学*, 2016, 38(8): 1434-1442.
- [26] 韩鑫, 胡江玲, 刘传胜, 王心源. 基于遥感的山地景观健康诊断及格局演变研究——以新疆天山自然遗产地喀拉峻-库尔德宁为例. *生态学报*, 2021, 41(16): 6451-6465.
- [27] 吴志峰, 曹峥, 宋松, 蒋卫国, 郭冠华, 吴艳艳. 粤港澳大湾区湿地遥感监测与评估: 现状、挑战及展望. *生态学报*, 2020, 40(23): 8440-8450.
- [28] 丛毓, 邹元春, 吕宪国, 于寒, 姜明. 湿地资源调查与湿地监测的比较研究. *湿地科学*, 2021, 19(3): 277-284.
- [29] 郭庆华, 吴芳芳, 胡天宇, 陈琳海, 刘瑾, 赵晓倩, 高上, 庞树鑫. 无人机在生物多样性遥感监测中的应用现状与展望. *生物多样性*, 2016, 24(11): 1267-1278.
- [30] 刘方正, 杜金鸿, 周越, 黄志旁, 李延鹏, 王伟, 肖文. 无人机和地面相结合的自然保护地生物多样性监测技术与实践. *生物多样性*, 2018, 26(8): 905-917.
- [31] 周鸭仙, 李言阔, 李佳琦, 刘武华, 邵瑞清, 钟毅峰, 曹开强. 基于红外相机技术调查桃红岭梅花鹿国家级自然保护区鸟兽多样性. *生态学报*, 2019, 39(13): 4975-4984.
- [32] 郭英荣, 兰文军, 邹思成, 袁荣斌, 董晓雨, 曹吉锐, 杨清培, 宋庆妮. 江西武夷山国家级自然保护区林下鸟类和兽类资源的红外相机监测. *生物多样性*, 2021, 29(6): 811-818.
- [33] 闵庆文, 赵贵根, 焦雯珺. 世界遗产监测评估进展及对农业文化遗产管理的启示. *世界农业*, 2015, (11): 97-100.
- [34] Hockings M, Phillips A. How well are we doing? Some thoughts on the effectiveness of protected areas. *Parks*, 1999, 9(2): 5-14.
- [35] Hockings M. Systems for assessing the effectiveness of management in protected areas. *BioScience*, 2003, 53(9): 823-832.
- [36] Bishop K, Phillips A, Warren L M. Protected areas for the future: models from the past. *Journal of Environmental Planning and Management*, 1997, 40(1): 81-110.
- [37] Parks Canada Agency. "Unimpaired for Future Generations?" Conserving Ecological Integrity with Canada's National Parks: Volume II: Setting a New Direction for Canada's National Parks. Ottawa: Report of the Panel on the Ecological Integrity of Canada's National Parks, 2000.
- [38] Fancy S G, Gross J E, Carter S L. Monitoring the condition of natural resources in US national parks. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2009, 151(1/4): 161-174.
- [39] Vermeulen W, van Wilgen N, Smith K, Dopolo M, Swemmer L, Annecke W, Bezuidenhout H, Durrheim G, Hanekom N, Hendricks H, McGeoch M, Ngubeni N, Symonds A. Monitoring consumptive resource use in South African national parks. *Koedoe-African Protected Area Conservation and Science*, 2019, 61(1), doi: 10.4102/koedoe.v61i1.1516.
- [40] Jones D A, Hansen A J, Bly K, Doherty K, Verschuyt J P, Paugh J I, Carle R, Story S J. Monitoring land use and cover around parks: a conceptual approach. *Remote Sensing of Environment*, 2009, 113(7): 1346-1356.
- [41] Soukup M. Integrating science and management: becoming who we thought we were. *The George Wright Forum*, 2007, 24(2): 26-29.
- [42] Buckley R, Robinson J, Carmody J, King N. Monitoring for management of conservation and recreation in Australian protected areas. *Biodiversity and Conservation*, 2008, 17(14): 3589-3606.
- [43] Manolaki P, Sutherland, Trigkas V, Vogiatzakis I. Assessing Ecosystem Services in a peri-urban national park: the case of Rizoelia Forest Park-Cyprus//Urban Landscape Ecology: Science, Policy and Practice, IaleUK Annual Conference 2014. Strand, London: King's College

- London, 2014.
- [44] Parks Canada. Consolidated Guidelines for Ecological Integrity Monitoring in Canada's National Parks. Parks Canada; Protected Areas Establishment and Conservation Branch, 2011.
- [45] National Park Service. Inventory and Monitoring Program; Data Management Guidelines for Inventory and Monitoring Networks. Natural Resource Report NPS/NRPC/NRR—2008/035. Fort Collins, Colorado; National Park Service, 2008.
- [46] National Park Service. Inventory and Monitoring Program; Guidance for Designing an Integrated Monitoring Program. Fort Collins, Colorado; National Park Service, 2012.
- [47] McLennan D, Zorn P. Monitoring for ecological integrity and state of the parks reporting//Monitoring in Ontario's Parks and Protected Areas. Peterborough, Ontario; Waterfront Holiday Inn, 2005; 35-39.
- [48] Boetsch J R, Christoe B, Holmes R E. Data Management Plan for the North Coast and Cascades Network Inventory and Monitoring Program (2005). Fort Collins, Colorado; National Park Service, 2009.
- [49] Williams J M. Common Standards Monitoring for Designated Sites; First Six Year Report. Peterborough; Joint Nature Conservation Committee, 2006.
- [50] Monz C, Leung Y F. Meaningful measures; developing indicators of visitor impact in the national park service inventory and monitoring program. Parks Stewardship Forum, 2006, 23(2): 17-27.
- [51] Gibbs J P, Snell H L, Causton C E. Effective monitoring for adaptive wildlife management; lessons from the Galápagos islands. The Journal of Wildlife Management, 1999, 63(4): 1055-1065.
- [52] Kirby K J, Solly L. Assessing the condition of woodland SSSIs in England. British Wildlife, 2000, 11(5): 305-311.
- [53] Office of the Auditor General of Canada. Report of the Commissioner of the Environment and Sustainable Development. Chapter 8: Federal and Departmental Sustainable Development Strategies. Ottawa-Ontario; Office of the Auditor General of Canada, 2013.
- [54] He S Y, Su Y, Wang L, Gallagher L, Cheng H G. Taking an ecosystem services approach for a new national park system in China. Resources, Conservation and Recycling, 2018, 137: 136-144.
- [55] Zhang J Z, Yin N, Wang S, Yu J P, Zhao W W, Fu B J. A multiple importance-satisfaction analysis framework for the sustainable management of protected areas; integrating ecosystem services and basic needs. Ecosystem Services, 2020, 46: 101219.
- [56] 姚帅臣, 闵庆文, 焦雯珺, 何思源, 刘某承, 刘显洋, 张碧天, 李文华. 面向管理目标的国家公园生态监测指标体系构建与应用. 生态学报, 2019, 39(22): 8221-8231.
- [57] 姚帅臣, 闵庆文, 焦雯珺, 何思源, 刘某承, 张碧天, 刘显洋, 杨潇, 李文华. 基于管理分区的神农架国家公园生态监测指标体系构建. 长江流域资源与环境, 2021, 30(6): 1511-1520.
- [58] 何思源, 王国萍, 焦雯珺, 丁陆彬, 刘某承, 李禾尧, 闵庆文. 面向国家公园管理目标的综合灾害风险管理: 一个概念模型. 生态学报, 2020, 40(20): 7238-7247.
- [59] 李禾尧, 何思源, 王国萍, 丁陆彬, 焦雯珺, 闵庆文. 国家公园灾害风险管理研究与实践及其对中国的启示. 自然资源学报, 2021, 36(4): 906-920.
- [60] 曹巍, 黄麟, 肖桐, 吴丹. 人类活动对中国国家级自然保护区生态系统的影响. 生态学报, 2019, 39(4): 1338-1350.
- [61] 刘晓曼, 李静, 刘玉平, 刘慧明, 闻瑞红. 自然保护区人类活动天地一体化监管与评价技术体系. 中国环境科学, 2016, 36(10): 3135-3142.
- [62] Hockings M, Stolton S, Dudley N. Evaluating effectiveness: A framework for assessing the management of protected areas//Phillips A G, ed. World Commission on Protected Areas Best Practice Protected Area Guidelines Series. Cambridge, Switzerland; IUCN, 2000.
- [63] Slocumbe D S. Environmental monitoring for protected areas; review and prospect. Environmental Monitoring and Assessment, 1992, 21(1): 49-78.
- [64] 刘显洋, 闵庆文, 焦雯珺, 何思源, 刘某承, 姚帅臣, 张碧天. 基于最优实践的国家公园管理能力评价方法体系研究. 生态学报, 2019, 39(22): 8211-8220.
- [65] 张碧天, 闵庆文, 焦雯珺, 刘某承, 何思源, 刘显洋, 姚帅臣, 李禾尧. 中国三江源国家公园与韩国智异山国家公园的对比研究. 生态学报, 2019, 39(22): 8271-8285.