

生物多样性

SHENGWU
DUOYANGXING
JIANCE JISHU
SHOUCE

监测技术手册

李 果 李俊生 关 潇 吴晓莆 赵志平 / 主编

环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书

生物多样性监测技术手册

李 果 李俊生 关 潇 吴晓莆 赵志平 主编

中国环境出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

生物多样性监测技术手册 / 李果等主编. —北京: 中国环境出版社, 2013.12

ISBN 978-7-5111-1679-6

I. ①生… II. ①李… III. ①生物多样性—监测—技术手册 IV. ①Q16-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 295533 号

出版人 王新程
策划编辑 王素娟
责任编辑 俞光旭
责任校对 唐丽虹
封面设计 宋 瑞



出版发行 中国环境出版社
(100062 北京市东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn
联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京中科印刷有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2014 年 5 月第 1 版
印 次 2014 年 5 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 12
字 数 255 千字
定 价 48.00 元

【版权所有。未经许可，请勿翻印、转载，违者必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题，请寄回本社更换

总 序

我国作为一个发展中的人口大国，资源环境问题是长期制约经济社会可持续发展的重大问题。党中央、国务院高度重视环境保护工作，提出了建设生态文明、建设资源节约型与环境友好型社会、推进环境保护历史性转变、让江河湖泊休养生息、节能减排是转方式调结构的重要抓手、环境保护是重大民生问题、探索中国环保新道路等一系列新理念新举措。在科学发展观的指导下，“十一五”环境保护工作成效显著，在经济增长超过预期的情况下，主要污染物减排任务超额完成，环境质量持续改善。

随着当前经济的高速增长，资源环境约束进一步强化，环境保护正处于负重爬坡的艰难阶段。治污减排的压力有增无减，环境质量改善的压力不断加大，防范环境风险的压力持续增加，确保核与辐射安全的压力继续加大，应对全球环境问题的压力急剧加大。要破解发展经济与保护环境的难点，解决影响可持续发展和群众健康的突出环境问题，确保环保工作不断上台阶出亮点，必须充分依靠科技创新和科技进步，构建强大坚实的科技支撑体系。

2006年，我国发布了《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020年）》（以下简称《规划纲要》），提出了建设创新型国家战略，科技事业进入了发展的快车道，环保科技也迎来了蓬勃发展的春天。为适应环境保护历史性转变和创新型国家建设的要求，原国家环境保护总局于2006年召开了第一次全国环保科技大会，出台了《关于增强环境科技创新能力的若干意见》，确立了科技兴环保战略，建设了环境科技创新体系、环境标准体系、环境技术管理体系三大工程。五年来，在广大环境科技工作者的努力下，水体污染控制与治理科技重大专项启动实施，科技投入持续增加，科技创新能力显著增强；发布了502项新标准，现行国家标准达1263项，环境标准体系建设实现了跨越式发展；完成了100余项环保技术文件的制修订工作，初步建成以重点行业污染防治技术政策、技术指南和工程技术规范为主要内容的国家环

境技术管理体系。环境科技为全面完成“十一五”环保规划的各项任务起到了重要的引领和支撑作用。

为优化中央财政科技投入结构，支持市场机制不能有效配置资源的社会公益研究活动，“十一五”期间国家设立了公益性行业科研专项经费。根据财政部、科技部的总体部署，环保公益性行业科研专项紧密围绕《规划纲要》和《国家环境保护“十一五”科技发展规划》确定的重点领域和优先主题，立足环境管理中的科技需求，积极开展应急性、培育性、基础性科学研究。“十一五”期间，环境保护部组织实施了公益性行业科研专项项目 234 项，涉及大气、水、生态、土壤、固废、核与辐射等领域，共有包括中央级科研院所、高等院校、地方环保科研单位和企业等几百家单位参与，逐步形成了优势互补、团结协作、良性竞争、共同发展的环保科技“统一战线”。目前，专项取得了重要研究成果，提出了一系列控制污染和改善环境质量技术方案，形成一批环境监测预警和监督管理技术体系，研发出一批与生态环境保护、国际履约、核与辐射安全相关的关键技术，提出了一系列环境标准、指南和技术规范建议，为解决我国环境保护和环境管理中急需的成套技术和政策制定提供了重要的科技支撑。

为广泛共享“十一五”期间环保公益性行业科研专项项目研究成果，及时总结项目组织管理经验，环境保护部科技标准司组织出版“十一五”环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书。该丛书汇集了一批专项研究的代表性成果，具有较强的学术性和实用性，可以说是环境领域不可多得资料文献。丛书的组织出版，在科技管理上也是一次很好的尝试，我们希望通过这一尝试，能够进一步活跃环保科技的学术氛围，促进科技成果的转化与应用，为探索中国环保新道路提供有力的科技支撑。

中华人民共和国环境保护部副部长

吴晓青

2011 年 10 月

本书编写委员会

主 编 李 果 李俊生 关 潇 吴晓莆 赵志平

编 委 （按姓氏笔画排序）

付梦娣 关 潇 刘 艳 吴晓莆

李 果 李 亮 李俊生 胡理乐

赵志平 高军靖 银森录

环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书

编委会

顾 问：吴晓青

组 长：赵英民

副组长：刘志全

成 员：禹 军 陈 胜 刘海波

前 言

随着环境变化和物种灭绝问题凸显，保护生物多样性、认识生物多样性正在发生的变化成为当务之急。生物多样性监测是了解与掌握生物多样性现状与变化特征的重要途径。通过开展长期、动态的监测，可以掌握物种及其生境的存在状况，跟踪生态系统组成、结构与功能的变化，并有助于对影响生物多样性的压力因子进行识别与分析，认识潜在的趋势与规律，以服务生物多样性保护与管理。

由于生物多样性内涵广泛，生物多样性监测通常也涉及多个层次、多个方面的内容。在生命形式上，包括动物、植物、微生物；在属性上，包括组成、结构与功能；在组织层次上，包括地区景观、群落—生态系统、种群—物种以及遗传。各层次、各方面的监测有其自身的特点与特殊要求，并依靠特定的监测技术与方法获取相应的监测数据与监测结果。

需要强调的是，在有限的时间、人力与知识水平条件下，我们无法穷尽对生物多样性的认识。对于任何一个监测项目而言，都不可能做到调查生物多样性的“全貌”，即便只是在一个范围很小的区域内。因此，监测不可能是面面俱到的，应根据实际工作需要，制定监测计划并选择合适的监测指标与方法。通过对指标的调查与观测，从一定的侧面反映生物多样性的基本状况与变化。

针对生物多样性监测工作的需求，本手册对生物多样性监测的相关技术与方法进行了汇总与编录，以期为制定生物多样性监测计划、实施生物多样性监测活动提供方法参考与指导。

本手册由六个篇章组成。第一篇概述了生物多样性监测的特点、类型以及测度方法。第二篇从拟定监测计划的角度，介绍了生物多样性监测工作的

基本流程，并对监测中的几个关键问题如选择监测指标、选择监测方法、抽样等进行了说明。第三篇着眼于生境监测技术，从生境基本情况的观察描述方法以及生境中重要环境要素如植被、土壤、水、沉积物等的监测调查方法两个方面进行了详细的介绍。第四篇按生物类群分别介绍了各类群物种的常用监测调查技术，涉及大型真菌、地衣、苔藓、陆生维管束植物、大型水生植物、浮游生物、土壤动物、昆虫、大型底栖动物、鱼类、两栖动物、爬行动物、鸟类、哺乳动物，以及潮间带生物等生物类群。第五篇的内容为景观生态分类与景观生态制图的方法与技术。第六篇介绍了遗传多样性分析技术，内容包括表型性状多样性分析方法、染色体研究分析方法、等位酶分析方法以及 DNA 分子标记方法。

由于编者水平有限，手册中难免出现疏漏与错误之处，恳请使用者提出宝贵意见，以便我们进一步修订与完善。

本手册在编写过程中参考了国内外大量研究著作与文献，在此对参考文献的作者表示感谢。

本手册的出版获得环保公益性行业科研专项（200709018）的资助，在此一并表示感谢。

编 者

2013 年 7 月

目 录

第一篇 概 述	1
1 生物多样性监测的特点	1
2 生物多样性监测的类型	2
2.1 按监测目的划分	2
2.2 按监测的生态系统划分	3
2.3 按监测的生物多样性层次划分	3
3 生物多样性的测度	4
3.1 物种多样性的测度	4
3.2 遗传多样性的测度	11
3.3 生态系统多样性的测度	13
3.4 景观多样性的测度	14
参考文献	15
第二篇 监测计划	19
4 监测工作的流程	19
5 监测指标的确定	20
6 监测方法的选择	21
6.1 数据获取途径	21
6.2 选择方法需考虑的问题	21
7 抽样	23
7.1 监测范围	23
7.2 抽样调查的必要性	24
7.3 样地	24
7.4 取样方法	25
7.5 样本数量	30
8 监测周期与监测时间	31
8.1 监测周期的确定	31
8.2 监测时间的确定	31

16.3	样本采集与处理	67
17	苔藓	67
17.1	样地选择	68
17.2	直接观察法	68
17.3	样方法	68
17.4	样本采集与处理	70
18	陆生维管束植物	70
18.1	样地选择	71
18.2	样方法	71
18.3	目标物种监测	72
18.4	标本采集与制作	75
19	大型水生植物	76
19.1	监测点布设	76
19.2	定量采样法	76
19.3	定性采样法	77
19.4	标本制作	77
20	浮游生物	77
20.1	监测点布设	77
20.2	定量采样法	79
20.3	定性采样法	81
21	土壤动物	82
21.1	监测点布设	82
21.2	采样调查法	82
22	昆虫	85
22.1	样地设置	85
22.2	巴氏陷阱法	85
22.3	窗诱法	86
22.4	灯诱法	87
22.5	马氏网法	88
22.6	敲击震落法	89
22.7	网筛法	90
22.8	网捕法	90
22.9	扫捕法	91
22.10	水网法	91
22.11	苏伯氏网法	92

9	监测结果记录	33
9.1	记录形式	33
9.2	记录要求	34
	参考文献	35
第三篇	生境监测技术	36
10	生境描述	36
10.1	生境描述的要素	36
10.2	描述记录方法	36
11	植被	39
11.1	植物群落调查	39
11.2	植被拍摄	44
11.3	植被图编制	44
11.4	植被遥感监测	46
12	土壤	47
12.1	土样采集与制备	47
12.2	物理化学性质分析	48
13	水	50
13.1	水样采集与保存	51
13.2	物理化学性质分析	53
14	沉积物	55
14.1	沉积物样品采集与制备	55
14.2	物理化学性质分析	56
	参考文献	59
第四篇	物种监测技术	61
15	大型真菌	61
15.1	样地选择	61
15.2	全面调查法	61
15.3	样线法	62
15.4	样方法	63
15.5	样本采集与处理方法	64
16	地衣	65
16.1	样地选择	65
16.2	样方法	66

30.3	野外调查	131
31	景观生态分类	132
31.1	景观生态分类基本步骤	132
31.2	景观分类体系	132
31.3	景观分类方法	136
31.4	景观分类结果验证	146
32	景观生态制图	148
32.1	景观生态制图的类型与方法	148
32.2	制图要素	148
32.3	要素的分类与分级	148
32.4	制图的基本过程	149
	参考文献	149
第六篇	遗传多样性分析技术	151
33	表型性状多样性分析方法	151
33.1	调查方法	151
33.2	数据分析	152
34	染色体研究分析技术	152
34.1	植物染色体的常规制片技术	153
34.2	植物染色体的分带技术	153
34.3	染色体的银染技术	155
34.4	染色体核型分析	156
35	等位酶分析技术	157
35.1	酶液的提取	157
35.2	酶电泳	158
35.3	酶谱分析	163
36	DNA 分子标记技术	164
36.1	DNA 的提取	164
36.2	DNA 纯度与浓度的测定	166
36.3	DNA 的纯化	167
36.4	RFLP 标记技术	168
36.5	RAPD 标记技术	170
36.6	AFLP 标记技术	172
36.7	ISSR 标记技术	176
	参考文献	177

23	大型底栖动物	92
23.1	监测点布设	92
23.2	采样调查法	93
24	鱼类	95
24.1	监测点布设	95
24.2	目视法	95
24.3	捕捞法	96
24.4	回声探测法	98
25	两栖动物	99
25.1	路线调查法	99
25.2	样带法	100
25.3	定点计数法	100
25.4	捕尽法	101
25.5	陷阱法	101
26	爬行动物	103
26.1	样带法	103
26.2	样方法	103
26.3	陷阱法	105
26.4	笼捕法	105
27	鸟类	106
27.1	陆地鸟类监测方法	106
27.2	水鸟监测方法	112
27.3	海洋鸟类监测方法	112
28	哺乳动物	113
28.1	陆生哺乳动物监测方法	113
28.2	水生哺乳动物监测方法	116
29	潮间带生物	121
29.1	监测点布设	121
29.2	采样调查法	121
	参考文献	122

第五篇	景观分类与制图技术	128
30	景观分类与制图的准备	128
30.1	遥感数据源	128
30.2	遥感图像预处理	129

第一篇 概 述

1 生物多样性监测的特点

生物多样性监测是指定期或不定期重复进行的生物多样性监视 (surveillance) 活动 (Hellawell, 1991)。通过长期、系统地开展一系列监视与观测, 为查明生物多样性随时间推移而发生的变化提供观测数据, 以揭示与反映生物多样性的变化趋势。

生物多样性监测与生物多样性调查 (survey)、生物多样性编目 (inventory) 在技术方法上密切相关, 但目的与作用不尽相同。“调查”通常是了解基本情况在一段时间内按照标准程序集中开展的观测活动 (Hellawell, 1991)。“编目”是指对基因、个体、种群、物种、生境、群落、生态系统、景观或它们的组成成分等实体 (entity) 进行调查、分类、排序、数量化和制图, 并对这些信息进行分析或综合的过程 (Heywood, 1995)。而“监测”更强调随着时间和空间的变化对生物多样性的跟踪了解。

生物多样性监测通常具有如下特点:

① 目的性——监测目的是构建监测体系的基础。监测目标应具体、明确, 而不宽泛、笼统。实施监测可能是为了检测区域物种组成是否发生变化, 或测定某一珍稀濒危物种的保护情况, 或分析生境的质量, 或调查生物资源, 或进行生态学研究, 或服务于环境影响评估等。

② 长期持续性——生态系统组成与结构复杂, 且生态系统过程具有长期性的特点。为了跟踪与查明所关注的生物多样性特征随时间推移而发生的变化, 监测活动要求有计划地长期、持续开展。

③ 规范化——监测的效用受到监测指标与监测方法的稳定性、一致性的影响。监测指标不统一、监测方法不规范, 则难以获得时间序列上或区域间可比较的、有组织的数据, 造成信息无法整合, 并妨碍到数据的交流与应用。为充分地发挥监测的作用, 长期监测计划中的指标与方法一般要求是规范的、统一的。

④ 一些监测工作是根据生物多样性状况评估的需要,基于一定的“预期标准/目标”来进行的。即通过监测结果来检验预先设定的“标准/目标”是否达到。这些“预期标准/目标”通常是结合监测区域的生物多样性基本情况,基于生态学、生物学、保护生物学等理论与研究结果来设定的。具体的标准值可能是监测指标的基准值,如维持现有生境面积或现有种群大小,也可能是监测指标的目标值,如保护某地区的林地面积,使其维持在 3 万 hm^2 以上,或恢复某珍稀濒危物种种群,使其个体数达到 300 个个体以上等。

为了有效地开展生物多样性监测、实现监测目标,在开展具体的工作之前,需要根据监测工作的特点,结合监测区域的生物多样性基本情况做好监测方案设计。

2 生物多样性监测的类型

2.1 按监测目的划分

生物多样性监测按监测目的可以分为:

(1) 研究性监测

为进行生物多样性科学研究而开展的监测活动。

生物多样性研究是一个涉及内容十分广泛的交叉研究领域。该领域研究的热点问题包括:生物多样性编目,确定动植物中的濒危种类及其濒危等级;生态系统功能及其价值评估;群落与生态系统水平的生物多样性维持和动态;人类活动对生物多样性的影响;物种的濒危机制及保护对策研究;生物多样性异地保护和就地保护技术与方法;栽培植物与家养动物及其野生近缘种的遗传多样性研究等。监测是获取生物多样性研究基础数据的重要途径。

(2) 管理监视型监测

为服务生物多样性综合管理与保护而实施的例行监测。

《生物多样性公约》《国际重要湿地公约》《保护世界文化和自然遗产公约》等国际公约与协议(表 2-1)以及各国的生物多样性保护战略与行动计划中都提出了开展生物多样性监测的要求。通过定期、定点、定指标的监测可以为评定生物多样性状况、变化趋势以及保护管理的进展情况提供判断依据,并为生物多样性保护政策与措施的制定、环境影响评价、自然保护区保护、生态规划等管理工作提供重要支持。

(3) 生物资源监测

狭义的生物资源是指目前的社会经济技术条件下人类可以利用与可能利用的动植物与微生物等。开展生物资源监测,了解生物资源的数量与动态,以服务资源合理开发并促进可持续利用。

表 2-1 部分国际公约/协议中对生物多样性监测的要求

国际公约/协议	公约/协议的任务	监测要求	监测目的	报告机构	报告频率	中国加入时间
生物多样性公约	保护濒临灭绝的植物和动物，最大限度地保护地球上的生物资源	明确	测定生物多样性水平，识别有显著不利影响的过程	秘书处	≤5 年	1992 年
国际重要湿地公约	通过地方、区域、国家的保护措施及国际合作以保护及合理利用湿地，为全世界的可持续发展作出贡献	隐含	发现生态特征的变化	湿地公约局	≤3 年	1992 年
保护世界文化和自然遗产公约	保护和维护具有突出保护价值的文化和自然遗产，提供必要的集体性援助，维护、增进和传播知识	明确	促进保护地管理，改善规划，降低突发事件与特别的干扰，通过预防保护降低成本	世界遗产委员会	6 年	1985 年
濒危野生动植物物种国际贸易公约	通过许可制度，对国际间野生动植物及其产品、制成品的进出口实行全面控制和管理，以促进各国保护和合理开发野生动植物资源	隐含	评估贸易水平与物种状况的变化	秘书处	≤2 年	1980 年

2.2 按监测的生态系统划分

生物多样性监测按监测的生态系统类型可以分为：

(1) 陆生生态系统生物多样性监测

包括对森林、灌丛、草原、荒漠、冻原以及农田等类型生态系统的生物多样性监测。

(2) 水生生态系统生物多样性监测

水生生态系统生物多样性监测包括海洋生态系统生物多样性监测和淡水生态系统生物多样性监测。海洋生态系统从海岸到远洋可区分为海岸带、浅海带和远洋带。淡水生态系统的类型有流水生态系统，如溪流、河流、泉，以及静水生态系统，如湖泊、池塘、水库等。

(3) 湿地生态系统生物多样性监测

湿地是不同于水体亦不同于陆地的特殊过渡类型生态系统，地表长期或季节性处于过湿或积水状态，为水生、陆生生态系统界面相互延伸扩展的重叠空间区域。湿地生态系统生物多样性监测兼具陆生和水生生态系统监测的特点。湿地的类型主要包括沼泽湿地、湖泊湿地、河流湿地、浅海、滩涂、滨海湿地，以及人工湿地等。

2.3 按监测的生物多样性层次划分

生物多样性监测按监测的生物多样性层次可以分为：