

附件 3

《生物多样性（陆域生态系统）遥感调查 技术指南（第二次征求意见稿）》

编制说明

《生物多样性（陆域生态系统）遥感调查技术指南》编制组

2023 年 9 月

目 录

1	项目背景.....	1
1.1	任务来源	1
1.2	工作过程	1
2	标准制（修）订的必要性分析.....	2
3	国内外相关标准发展趋势.....	5
3.1	国外相关标准发展概况.....	5
3.2	国内相关标准发展状况.....	7
4	标准制（修）订的基本原则和技术路线.....	8
4.1	标准制（修）订的基本原则.....	8
4.2	标准制（修）订的技术依据.....	8
4.3	标准制（修）订的技术路线.....	8
5	生物多样性遥感技术方法总结.....	9
5.1	直接法	9
5.2	间接法	10
5.3	生物多样性遥感观测的主要内容.....	10
6	标准的框架结构.....	13
7	主要条文说明.....	13
7.1	适用范围	13
7.2	规范性引用文件	13
7.3	术语与定义	14
7.4	调查与观测的基本原则.....	15
7.5	技术流程与工作程序	15
7.6	工作方案编制要求	16
7.7	数据获取和预处理	16
7.8	遥感指标提取	17
7.9	遥感指标分析与应用	21
7.10	成果及归档.....	21
8	与国内外同类标准或技术法规的水平对比和分析.....	21
8.1	强调生物多样性遥感调查指标.....	21
8.2	面向生物多样性评估和管理需求选取遥感指标.....	22
9	实施本标准的管理措施、技术措施、实施方案建议.....	22
10	标准送审稿技术审查情况.....	22
11	标准报批稿审查情况	22

1 项目背景

1.1 任务来源

根据《关于开展 2017 年度国家环境保护标准项目实施工作的通知》(环办科技函(2017)413 号),按照《国家环境保护标准制修订工作管理办法》(国环规科技(2017)1 号)的有关要求,开展生物多样性遥感调查与观测技术指南制修订任务及相关技术性工作。项目统一编号为:2017-58。本标准由生态环境部卫星环境应用中心承担,中国科学院植物研究所、生态环境部南京环境科学研究所、中国环境科学研究院、四川省环境保护科学研究院等作为协作单位,共同组成标准编制组。

1.2 工作过程

按照《国家环境保护标准制修订工作管理办法》的有关要求,项目承担单位接到研究任务后,组织专家和相关单位成立了标准编制组。标准编制组成员进一步调研并系统分析了生物多样性调查与观测的相关国际组织、加拿大等国家的相关标准,结合国内外相关研究成果,在前期项目研究、文献资料分析和调研的基础上,编制组召开了研讨会,讨论并确定了开展标准编制工作的原则、程序、步骤和方法,形成了开题报告和初稿。

2017 年 6 月 28 日,标准编制组召开专家咨询会,邀请了来自中科院动物研究所、植物研究所、遥感与数字地球研究所以及北京师范大学、北京市环境监测站、四川省环境保护科学研究院、中国环境科学研究院等长期从事生物多样性和遥感研究以及标准制定等工作的 7 名专家,对标准开题材料进行了咨询。专家高度评价了开展本项目的必要性,并对报告中涉及的遥感指标给出了很多切实可行的建议,建议进一步围绕生物多样性定期调查的需求,遴选成熟指标纳入本技术指南。

2017 年 12 月 29 日,原环境保护部自然生态保护司组织召开项目开题论证会。由来自中科院动物所、中科院遥感与数字地球研究所、中科院地理所、北京师范大学、原国家林业局调查规划设计院、中国环境科学研究院、中国环境监测总站等 7 家单位的专家组成专家论证组。标准编制组就标准制修订的背景情况、前期调研和实施方案等内容进行了详细汇报,专家组对项目开题材料进行质询和讨论,一致同意通过开题论证,并提出如下意见:(1)生物多样性保护是国家生态文明建设的重大任务之一,遥感技术是生物多样性调查与观测的重要技术手段。本标准的编制对于促进该项工作的规范化和业务化,完善生物多样性观测技术体系具有重要意义;(2)该开题报告围绕国家生物多样性调查的需求,提出了生物多样性遥感观测的技术指标体系和方法流程,总体思路科学合理,开题报告结构完整,符合标准开题相关要求;(3)建议修改完善标准草案中的适用范围、术语与定义和技术流程,并注意与国际生物多样性相关技术方法的衔接。

2018 年 1-6 月,标准编制组针对专家组意见,修改完善后形成《生物多样性遥感调查与观测技术指南(征求意见稿)》和《生物多样性遥感调查与观测技术指南(征求意见稿)编制说明》。

2018 年 7 月 31 日,标准编制组在北京组织召开标准的技术座谈会,邀请山西、吉林、

甘肃、海南、湖北、重庆等省级生态环境部门有关技术专家进行了研讨和交流。与会专家从标准的实用性等方面给出了建议。

2018年8月16日，标准编制组在北京召开标准专家咨询会，邀请了中科院、生态环境部、高等院校等相关单位的专家就指标选取等具体问题给出建议。

2018年9月-2020年6月，课题组进一步对技术指南和编制说明进行修改完善。

2020年7月3日，生态环境部自然生态保护司组织召开技术指南（征求意见稿）技术审查会。由来自中央民族大学、中科院空天信息创新研究院、中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所、中科院地理所、北京师范大学、生态环境部环境规划院、北京市环境科学研究院等7家单位的专家组成专家论证组。标准编制组就标准制修订的背景情况、征求意见稿及编制说明等内容进行了详细汇报，专家组对材料进行质询和讨论，一致同意通过本标准征求意见稿技术审查。

2020年7月4日-2020年8月14日，课题组进一步对技术指南和编制说明进行了修改完善。

2020年11月26日-2021年3月1日，生态环境部办公厅发布《关于征求<生物多样性遥感调查与观测技术指南>等13项国家环境保护标准意见的函》（环办标征函〔2020〕56号），公开征求意见，共收到各省（区、市）生态环境厅（局）和相关直属单位18家的反馈意见，共计45条。

2021年3月，标准编制组对意见进行修改，形成《生物多样性遥感调查与观测技术指南（送审稿）》。

2021年5月，生态环境部自然生态保护司组织召开技术指南（送审稿）技术审查会。由北京师范大学、中国林业科学研究院、中国科学院西北高原生物研究所、中国科学院生态环境研究中心、中科院亚热带农业生态研究所、中科院空天信息创新研究院、北京大学、北京林业大学、北京市生态环境监测中心等9家单位的专家组成专家组，对材料进行质询和讨论，一致同意通过本标准送审稿技术审查。

2021年7月，标准编制组按照送审稿技术审查会专家意见进一步做了修改，形成《生物多样性遥感调查与观测技术指南（报批稿）》。

2021年11月，《生物多样性遥感调查与观测技术指南（报批稿）》通过司务会审查，标准编制组根据司务会意见，对标准名称和生态系统分类体系进行了修改完善。

2 标准制（修）订的必要性分析

生物多样性遥感调查与观测技术指南的制定具有重要的意义，主要体现在以下几个方面：

（1）适应新形势下全球生物多样性保护的要求

生物多样性保护是当今国际社会最为瞩目的重大环境问题之一，保护生物多样性是《生物多样性公约》三大目标之一，历届缔约方大会（Conference of Parties, COP）围绕公约目标形成各项决定，2002年第6次缔约方大会通过战略计划（2002-2010年），2010年在日本爱知县召开的第十次缔约方大会通过了《生物多样性战略与行动计划》（2011-2020年），确定了全球生物多样性2020年目标，也称爱知目标。爱知目标由2050年远景目标、2020年目标、5个战略目标和20个具体目标组成，为全球生物多样性的保护提供了指导框架。

国际社会对生物多样性目标的达成情况需要长期连续的跟踪评估。遥感技术作为一种可重复对地表进行观测的手段,可提供长期、一致的观测数据,为生物多样性保护目标评估提供了新的信息源。因此,制订生物多样性遥感调查与观测技术标准符合新形势下全球生物多样性保护的要求。

(2) 国家及生态环境主管部门管理的相关要求

我国是世界上生物多样性最丰富的国家之一,同时也是受到威胁最严重的国家之一。我国政府高度重视生物多样性的保护工作,是最早加入《生物多样性公约》的缔约方之一,并将生物多样性保护上升为国家战略,编制了《中国生物多样性保护国家战略与行动计划》(2011-2030年),并经国务院常务会议审议通过,在全国范围内划定了35个内陆陆地及水域、海洋和海岸生物多样性保护优先区域,加强生物多样性的保护工作。

中共中央、国务院印发的《关于加快推进生态文明建设的意见》要求,到2020年,生物多样性丧失速度得到基本控制,并明确提出实施生物多样性保护重大工程,建立监测评估与预警体系。遥感技术作为重要技术手段和数据源,急需建立统一的调查和观测技术标准。

(3) 国家相关标准技术体系建设的要求

根据生物多样性保护和管理工作的需求,原环境保护部、原国家林业局等单位陆续发布了生物多样性观测标准和技术导则,标准针对自然保护区等重要区域、森林等重要生态系统、以及鸟类、爬行动物、陆生哺乳动物等不同类群规定了生物多样性调查的技术要求。表2-1列出了已有的生物多样性调查与观测相关技术标准情况。

表 2-1 已有的生物多样性调查与观测相关技术标准

编号	名称	实施日期
HJ 710.6-2014	生物多样性观测技术导则 两栖动物	2015-01-01
HJ 710.5-2014	生物多样性观测技术导则 爬行动物	2015-01-01
HJ 710.4-2014	生物多样性观测技术导则 鸟类	2015-01-01
HJ 710.3-2014	生物多样性观测技术导则 陆生哺乳动物	2015-01-01
HJ 710.2-2014	生物多样性观测技术导则 地衣和苔藓	2015-01-01
HJ 710.1-2014	生物多样性观测技术导则 陆生维管植物	2015-01-01
HJ 710.8-2014	生物多样性观测技术导则 淡水底栖大型无脊椎动物	2015-01-01
HJ 710.7-2014	生物多样性观测技术导则 内陆水域鱼类	2015-01-01
HJ 710.11-2014	生物多样性观测技术导则 大型真菌	2015-01-01
HJ 710.10-2014	生物多样性观测技术导则 大中型土壤动物	2015-01-01
HJ 710.12-2016	生物多样性观测技术导则 水生维管植物	2016-08-01
HJ 710.13-2016	生物多样性观测技术导则 蜜蜂类	2016-08-01
LY/T 2649-2016	自然保护区生物多样性保护价值评估技术规程	2016-12-01
LY/T 2241-2014	森林生态系统生物多样性监测与评估规范	2014-12-01
LY/T 1814-2009	自然保护区生物多样性调查规范	2009-10-01
HY/T 215-2017	近岸海域海洋生物多样性评价技术指南	2017-06-01
HJ 623-2011	区域生物多样性评价标准	2012-01-01

LY/T 2242-2014	自然保护区建设项目生物多样性影响评价技术规范	2014-12-01
DB53/T 701-2015	建设项目生物多样性影响评价	2015-07-22

随着卫星技术的发展,面向不同的行业需求,原国家气象局、原国家林业局、水利部等有关单位也制定了遥感技术监测的行业技术标准或导则,具体包括卫星影像植被指数产品规范、森林/湿地资源监测、土地利用监测、自然灾害、水土保持、矿产资源开发等多项技术规范。表 2-2 列出了已有遥感信息提取的技术标准或导则。

表 2-2 已有遥感信息提取的相关技术标准或导则

编号	名称	实施日期
GB/T 30115-2013	卫星遥感影像植被指数产品规范	2014-07-15
QX/T 188-2013	卫星遥感植被监测技术导则	2013-05-01
LY/T 2021-2012	基于 TM 遥感影像的湿地资源监测方法	2012-07-01
TD/T 1010-2015	土地利用动态遥感监测规程	2016-01-01
GB/T 28923-2012	自然灾害遥感专题图产品制作要求	2013-02-01
SL 592-2012	水土保持遥感监测技术规范(附条文说明)	2012-10-31
GB/T 29391-2012	岩溶地区草地石漠化遥感监测技术规程	2013-06-01
GB/T 28419-2012	风沙源区草原沙化遥感监测技术导则	2012-11-01
NY/T 2739-2015	农作物低温冷害遥感监测技术规范	2015-08-01
DZ/T 0266-2014	矿产资源开发遥感监测技术规范	2014-12-30
DL/T 5492-2014	电力工程遥感调查技术规程(附条文说明)	2015-03-01
QX/T 140-2011	卫星遥感洪涝监测技术导则	2012-03-01
QX/T 141-2011	卫星遥感沙尘暴天气监测技术导则	2012-03-01
QX/T 96-2008	积雪遥感监测技术导则	2008-08-01
LY/T 1954-2011	森林资源调查卫星遥感影像图制作技术规程	2011-07-01
QX/T 207-2013	湖泊蓝藻水华卫星遥感监测技术导则	2014-02-01
DB21/T 1455-2015	极轨卫星遥感监测	2015-08-02
DB51/T 939-2009	草原资源遥感监测地面布点与样方测定技术规程	地方标准
DB51/T 1089-2010	基于 MODIS 数据的草原地上生物量遥感估测技术规范	地方标准

综上所述,面向生物多样性调查和观测的需求,仍缺乏遥感调查和观测的技术标准,急需建立相关标准。

(4) 现行生物多样性遥感调查与观测标准存在的主要问题

根据资料调研,尽管各地在生物多样性保护和管理工作中,大量采用了遥感数据,但目前尚未发布生物多样性遥感调查与观测的技术标准。因此,本项目重点解决在大范围内,以及常规的生物多样性调查和观测中遥感技术的规范化应用问题。

（5）生物多样性周期调查与观测的保障

生物多样性正经历着前所未有的快速变化,使得对生物多样性的认知也变得更为复杂和困难。已有研究显示:与人口增长、文化变迁、政治和经济有关的土地利用变化会直接导致生物生境的减小和重组,这将是造成 21 世纪生物多样性丧失的最强驱动力;物种分布和丰富度的变化最终将会影响生物地球化学循环中的土壤、水和大气化学组成,进而影响生态系统功能和服务的变化。而这些变化又具有长期、复杂、结果滞后和难以预测的特点。国际社会已取得广泛共识:需要借助遥感、地理信息系统、全球定位系统、数据智能化处理技术及虚拟环境等新技术、新方法,从单站点的定位观测转向台站网络,对一些基本规律的认识拓展到区域、国家层面的应用。

围绕生物多样性调查、观测和评价,我国相继出台《自然保护区生物多样性调查规范》、《区域生物多样性评价标准》以及一些重要物种栖息地观测技术规范,规范了我国生物多样性观测工作的观测指标、方法。由于我国地域辽阔,自然保护区分布广泛,且部分自然保护区地处无人区,导致在生物多样性调查与观测中实地调研较为困难。生物多样性遥感调查与观测技术指南以遥感数据为基础数据来源,可以实现宏观、周期性、区域性的调查与观测,不仅减少人力成本,而且使得周期性调查成为可能。

（6）生物多样性保护和管理的基礎

生物多样性与人类的生存和发展有着密切的关系,每个层次生物多样性都有着重要的实用价值和意义,如何有效地实现生物多样性保护和管理是当前急需解决的问题,而实现有效的生物多样性调查与观测则是生物多样性保护和管理的基礎。根据生物多样性管理中“摸清家底,开展常态化观测”的需求,要充分利用多源卫星遥感数据和近地面遥感观测技术,建立生物多样性遥感调查和观测的指标体系、技术流程和业务流程,明确调查观测内容、指标和方法流程,为生物多样性保护和管理工作的开展提供保障。

3 国内外相关标准发展趋势

3.1 国外相关标准发展概况

生物多样性遥感调查和观测技术在国际上受到广泛关注,一些国家、国际组织和国际合作项目建立的国家、区域甚至全球尺度的观测和信息共享网络,如国际卫星对地观测委员会 CEOS (Committee on Earth Observation Satellites)、国际生物多样性观测网络对地观测工作组 GEO BON (Group on Earth Observations Biodiversity Observation Network) 等都在努力推动遥感技术在生物多样性观测和保护中的应用,制定了项目执行的参考技术规范。

（1）国际卫星对地观测委员会 CEOS

CEOS 创立于 1984 年 9 月,CEOS 创立之初的作用是协调和配合地球观测以保证用户群能够更加便捷地获得相关数据,主要工作集中于数据格式的通用性、器材的内部校准及产品内部验证和比较,而随着时间的流逝,对地观测数据的使用和搜集大环境已经发生了变化。为了适应这种变化,CEOS 的工作也发生了变化。根据 2017 年 3 月 CEOS 发布的《2017-2019 工作计划》可知,CEOS 当前主要任务包括三个方面:1) 通过 CEOS 机构的任务规划和兼容性的数据产品、格式、服务、应用和政策,优化其空间对地观测技术方面的优势;2)

在空间对地观测活动中作为服务焦点来服务和帮助 CEOS 机构自身和其他国际组织；3）在空间对地观测系统服务、发展和数据方面交换政策和技术信息以达到政策和技术信息的补充和通用性目标。在 2017-2019 年，CEOS 机构的主要研究将针对十一个方面，包括气候监测、调查和服务、碳（包括森林区域在内）的观测、农业观测、灾害观测、水观测、未来数据结构、数据访问能力和质量及 CEOS 发展方面的一些内容。

（2）国际生物多样性观测网络对地观测工作组 GEO BON

GEO BON 是国际生物多样性计划（DIVERSITAS）、世界自然保护联盟（IUCN）和美国国家航空航天局（NASA）等国际和地区性组织在 2008 年成立的生物多样性观测和保护平台。其目标是构建一个全球性平台，来整合和共享生物多样性观测数据和信息，为生物多样性数据整合和分析提供工具，并给生物多样性保护决策提供更多的服务和支持。GEO BON 的第七工作组专门进行整合遥感数据和基于遥感数据的生物多样性观测方法和模型的开发。其目的是在全球范围内通过合理布设样点，整合各个样点的遥感观测资料，加强同 NASA 在内的国际遥感数据主要提供者之间的联系，在不同的时空尺度上建立遥感生物多样性观测数据整合中心，结合遥感生物信息、土地利用变化数据、气候数据、监测站点信息数据，制定相关数据使用规范和模型，并提供以下信息：1)生物多样性变化指示信息；2)需要优先监测和保护的生物多样性重点区域；3)基于遥感监测的生物多样性保护计划；4)生物多样性资源变化趋势；5)生态系统服务。

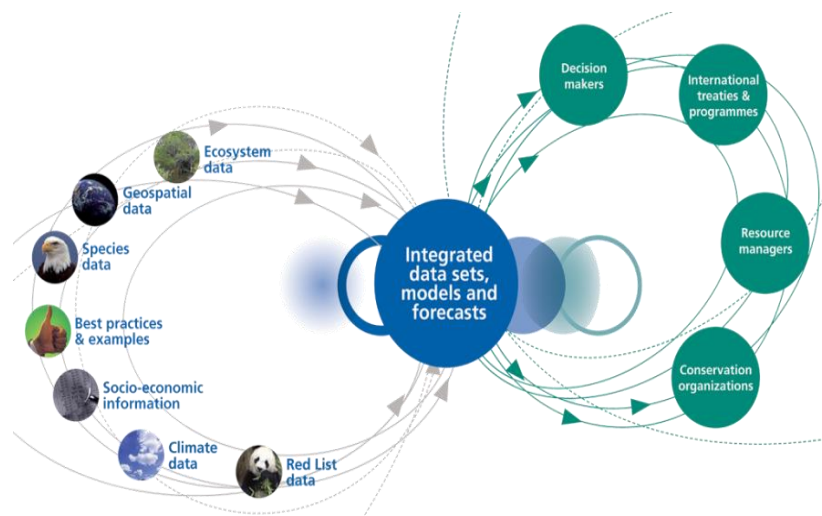


图 3-1 GEO BON 主要业务图

（3）美国国家生态观测站网络 NEON（National Ecological Observatory Network）

NEON 作为综合性以及跨学科、跨尺度生物学研究全美国联网观测平台，结合站点数据与遥感数据和现有洲际尺度的数据集（如卫星数据），生成了一系列数据产品用于探究生态系统在空间和时间维度的变化。NEON 的任务之一是提供区域景观和植被的详细航片拍摄数据，这一目标是通过称为“机载观测平台”助力完成的。机载观测平台（Airborne Observation Platform, AOP）主要由三架搭载仪器的飞机构成，在专家指定和常规模式下对 NEON 所有计划的样地进行航拍，其搭载的仪器主要包括可见光至短波红外光谱范围的成像光谱仪、波形激光测距仪（waveform-LiDAR）及高分辨率数码相机等。机载观测平台的仪器配置能够提供观测区域的土地利用、植被结构、植被的生物化学和生物物理特性以及由于土地利用、

气候等的变化和入侵物种的活动所引起的生态系统响应。

(4) 欧洲生物多样性观测网络 EU BON

EU BON 于 2012 年 12 月成立，建立在 GBIF、LifeWatch、EBONE 等已有项目基础上，是 GEO BON 成员中的实质性组成部分。其目标是借助于新的生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台（Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, IPBES）获取数据，有效地处理和分析数据，并给相关人员和团体提供措施来保护生物多样性。EU BON 会提供最新的从局地到全球尺度的实地观测数据和遥感数据，并致力于开发模型用于高度整合各尺度、各站点的生物多样性观测数据。



图 3-2 EU BON 主要业务图

(5) 加拿大 Alberta 地区生物多样性观测网络 ABMI (Alberta Biodiversity Monitoring Institute)

加拿大 Alberta 地区生物多样性观测网络，定期对物种、土地覆盖、植被类型、人类活动等进行监测，发布相关数据（按照一定标准进行生产），为当地生物多样性保护提供了有效的数据支持，包括：

- Alberta 地区人类活动数据集；
- 通过物种、栖息地、人类活动等数据集的积累，生成物种网络数据集；
- 土地覆被包括水、灌丛带、草地、农业用地、裸地、建设用地和不同森林用地类型的分布；
- 记录 Alberta 地区的野生物种。

3.2 国内相关标准发展状况

本编制说明第 2 部分列出了目前已有的生物多样性调查相关技术标准情况和遥感信息提取技术标准或导则。但面向生物多样性调查的需求，尚缺乏遥感调查的技术标准。目前，我国开展的生物多样性网络观测项目对生境或生态系统的调查主要还是以地面测量为主，工作量大、体力劳动强度大、周期长。虽然也有少量项目采用遥感方法进行了基于景观指数或者植被指数以及光谱异质性的生物多样性研究，但总体而言，生物多样性生境监测在跨尺度

监测既定目标格局（包括水平和垂直两个方向）与动态变化掌握方面尚未形成体系。

4 标准制（修）订的基本原则和技术路线

4.1 标准制（修）订的基本原则

（1）适用性、可操作性原则

本标准的内容应具有普遍适用性，方法应具有可操作性，能为相关工作的实施提供技术参考。

（2）科学性、先进性原则

本标准在编制过程中积极借鉴和利用国内外相关研究成果，运用可靠的原理、成熟先进的技术科学的方法，保证制定的标准具有科学性和先进性。

（3）经济技术可行性原则

标准中采用的技术方法应经济可行，确保按照该标准开展生物多样性遥感调查时，涉及到的数据源比较容易获取、方法比较容易实现，成本较低，经济可行。

4.2 标准制（修）订的技术依据

- （1）GB/T 13989 国家基本比例尺地形图分幅和编号
- （2）GB/T 14950-2009 摄影测量与遥感术语
- （3）GB/T 15968 遥感影像平面图制作规范
- （4）GB/T 34514 陆地观测卫星遥感数据分发与用户服务要求
- （5）GB/T 36100-2018 机载激光雷达点云数据质量评价指标及计算方法
- （6）GB/T36301-2018 航天高光谱成像数据预处理产品分级

4.3 标准制（修）订的技术路线

标准制定主要包括3个阶段，调研、指标遴选和确定方法流程。具体技术路线见图4-1：

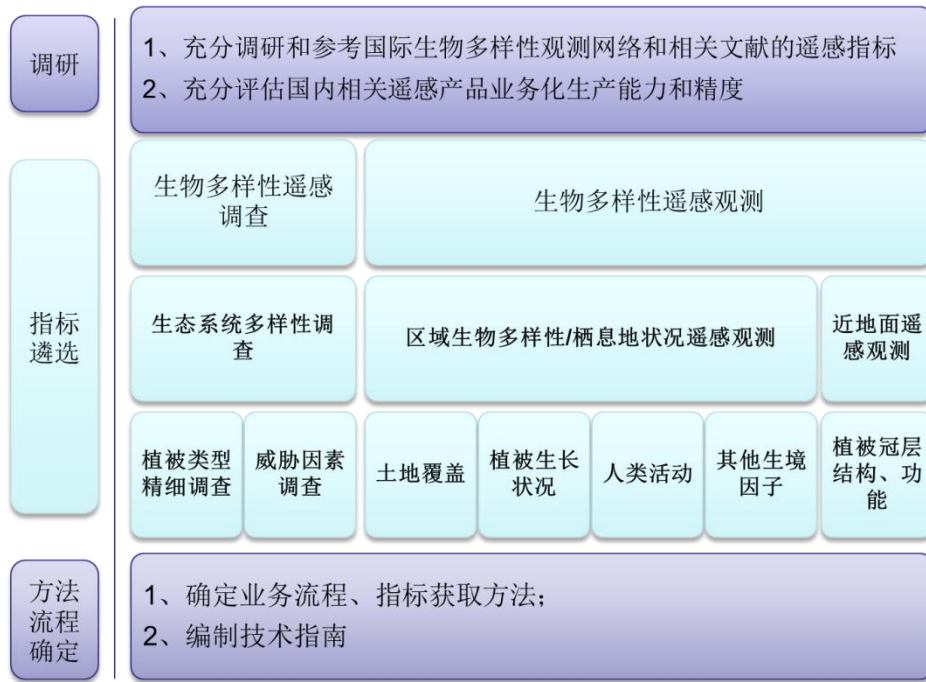


图 4-1 技术路线图

5 生物多样性遥感技术方法总结

目前通过遥感技术定量和模拟生物多样性的方法可分为直接和间接两种途径。直接法是直接识别物种或群落类型及其分布、多度，对遥感数据的空间分辨率和光谱分辨率有相当高的要求，是该领域未来的发展方向；间接法是通过遥感数据衍生一些指标或变量，而这些指标或变量被认为或证实是与生物多样性密切相关的，然后结合野外采样构建模型来预测物种分布以及多样性格局，目前这种方法是生物多样性遥感的应用主流。

5.1 直接法

早期该方向的应用研究都是利用卫星影像数据生成土地覆盖分类信息，在此基础上区分植被类型并计算斑块数量和面积、边界密度、Shannon 多样性等一系列景观指数，围绕森林砍伐等干扰引起生境丧失和景观破碎化导致的物种丰富度降低这一问题，来预测物种应对这些变化的抗风险能力并对此展开评价。

随着遥感影像数据空间分辨率和光谱分辨率的不断提高，可直接建立光谱辐射值与样地调查得到的物种分布模式的相关关系，这种研究方式特别适用于物种丰富度较高的小范围区域。该方法的特别之处还在于：它最有可能通过区分地物的特殊光谱特征解决基于遥感技术的个体物种识别这一难题。该方法的理论基础是光谱变异性与物种丰富度和多样性有很好的相关关系，即光谱异质性假说。因为光谱异质性可以作为栖息地异质性的指标，而异质性高的栖息地理论上允许更多的物种存在。

近年来，基于多源遥感数据融合的生物多样性研究越来越受到重视，比如高光谱数据反演植被冠层生化指标结合主动传感器提取冠层结构参数。高光谱影像在光谱维度方面能达到纳米级分辨率，可以提供地物细节特征区分信息，根据光谱差异分析不同的物种组成。激光

雷达点云 (point cloud) 数据能提取树高、枝下高、林冠体积等, 可以从生活型、生长型角度反映物种差异。二者的有效结合可以实现数据优势互补, 增强遥感技术直接定量生物多样性的实际应用效果。已有研究表明, 激光雷达点云数据与高光谱数据的结合在林冠树种识别、地上生物量估算、目标树种高度提取、冠层孔隙分析及阴影去除等研究中都有了成功的应用。

5.2 间接法

相对于直接监测, 间接途径主要是利用遥感技术获取 4 类环境遥感变量进行生物多样性的间接估算与模拟。监测内容主要包括: (1)气候和地形; (2)生产力; (3)生境状况; (4)干扰等。这些变量在不同环境背景下的重要程度表现不同。

气候决定区域和全球尺度上的生物多样性格局已是共识。气候变量主要是温度和降水两方面, 通常采用年均温、年降水量和潜在或实际蒸发量等。在不考虑地形变量的情况下, 仅基于气候因子的物种多样性预测精度就可以达到 70–88%。而地形已被很好地证实是解释区域、景观生物多样性差异的关键变量。

净初级生产力 (NPP) 和总初级生产力 (GPP) 是大尺度生物多样性格局的另外两个重要驱动因子。这主要是基于生产力与物种丰富度存在正相关关系, 即: 生产力高的地区相较于生产力低的地区能够为更多竞争的共存物种提供更丰富的资源, 从而支撑更为庞大的生物类群和种群规模。

在局地、景观等小尺度范围, 如土地覆盖类型较为稳定的原始森林地区, 生境数量、布局和质量 (类型、结构等) 等因素对物种的分布、丰富度和多度影响更为显著。其中生境垂直维度的信息是解释和预测生物多样性的关键因子。在该尺度范围开展的生物多样性遥感监测对数据的精细程度要求也更高。另外, 传统的光学遥感影像及航片的不足之处就在于难以描绘生境的三维结构特征, 而生物多样性研究中亟需且严重缺乏关于生境的三维结构和质量的定量描述, 如植被冠层高度、冠层生物量, 尤其是生物量垂直分布剖面轮廓 (vertical biomass profiles)、枝下高、真实叶面积指数 (true leaf area index)、材积等。因此, 仅依靠光学遥感已经不能完全满足生境数量和质量描述的需要。

激光雷达技术的兴起和发展把遥感空间分析成功地拓展到了三维领域, 点云和波形数据提供的扫描区域精确的三维位置和结构信息被视为提高生物多样性测量精度的两个有效补充。机载激光雷达数据可以刻画地形和植被的三维结构, 即动物栖息地信息, 也就可以间接估测动物多样性。

干扰发生在一系列时空尺度上, 也具有不同的强度, 通常在提高植被地区的空间异质性方面发挥着关键作用。遥感技术在监测生态系统干扰事件尤其是对于火、砍伐以及飓风等事件导致的立木更新、景观破碎化方面很有优势。

5.3 生物多样性遥感观测的主要内容

表 5-1 中列出了当前开展生物多样性遥感观测的主要内容和目前主要用到的相关传感器信息。

表 5-1 目前已有生物多样性遥感观测的主要内容

	传感器 (S 星 载 A 机载)	传感器 类型	空间 分辨率	光谱分辨率	重访 时间	观测 内容

直接观测						
物种组成	TM/ETM + (S)	可见光 O	30–120 m	PAN (ETM+), VNIR (4), SWIR (2), TIR (1)	16 d	冠层及物种信息
	HYPERION (S)	可见光 O	30 m	400–2,500 nm (242 band)	16 d	
	IKONOS (S)	可见光 O	1–4 m	PAN, VNIR (4 band)	3 d	
	Quickbird (S)	可见光 O	0.6–2.4 m	PAN, VNIR (4 band)	2.5–5.6 d	
	AVIRIS (A)	可见光 O	20 m	380–2,500 nm (224 band), 400–1,010 nm (32 band)	N/A	
	CASI (A)	可见光 O	1 m	385–1,050 nm (288 band)	N/A	
土地覆盖	MODIS (S)	可见光 O	250–1,000 m	400 nm–14.4 μm, 36 band	1–2 d	土地分类
	TM/ETM + (S)	可见光 O	30–120 m	PAN (ETM+), VNIR (4), SWIR (2), TIR (1)	16 d	
	ASTER (S)	可见光 O	15/30/90 m	VNIR (4), SWIR (6), TIR (5)	16 d	物种分布
	IKONOS (S)	可见光 O	1–4 m	PAN, VNIR (4 band)	3 d	
	Quickbird (S)	可见光 O	0.6–2.4 m	PAN, VNIR (4 band)	2.5–5.6 d	
间接观测						
初级生产力	MODIS (S)	可见光 O	250–1,000 m	400 nm–14.4 μm, 36 band	1–2 d	植被绿度
	ASTER (S)	可见光 O	90 m	VNIR (4), SWIR (6), TIR (5)	16 d	
	TM/ETM + (S)	可见光 O	30–120 m	PAN (ETM+), VNIR (4), SWIR (2), TIR (1)	16 d	生产力
	ALI (S)	可见光 O	10/30 m	PAN, VNIR (8), SWIR (1), MIR (1)	16 d	
	HYPERION (S)	可见光 O	30 m	400–2,500 nm (242 band)	16 d	植物健康监测
	IKONOS (S)	可见光 O	1–4 m	PAN, VNIR (4 band)	3 d	
	Quickbird (S)	可见光 O	0.6–2.4 m	PAN, VNIR (4 band)	2.5–5.6 d	
	AVIRIS	可见光 O	20 m	380–2,500 nm (224 band), 400–1,010 nm (32 band)	N/A	
CASI (A)	可见光 O	1 m	385–1,050 nm (288 band)	N/A		

降水	CERES (S)	可见光 O	20km	band) Microwave	<1 d	降水	
	AMSR-E (S)	被动微波 PM	5-50 km	Microwave	1-2 d		
	土壤湿度	AMSR-E (S)	被动微波 PM	5-50 km	Microwave	1-2 d	地表湿度、干旱程度
		可见光 O	可见光 O	250-1,000 m	400 nm-14.4 μm, 36 band	1-2 d	开花结果周期
	物候	TM/ETM + (S)	可见光 O	30-120 m	PAN, VNIR (8), SWIR (1), MIR (1)	16 d	
		ASTER (S)	可见光 O	15/30/90 m	VNIR (4), SWIR (6), TIR (5)	16 d	物候事件探测
		ALI (S)	可见光 O	10/30 m	PAN, VNIR (8), SWIR (1), MIR (1)	16 d	
		HYPERION (S)	可见光 O	30 m	400-2,500 nm (242 band)	16 d	
		IKONOS (S)	可见光 O	1-4 m	PAN, VNIR (4 band)	3 d	
		Quickbird (S)	可见光 O	0.6-2.4 m	PAN, VNIR (4 band)	2.5-5.6 d	
生境结构	地形	SRTM (S)	雷达 R	30/90 m	Microwave	N/A	数字高程
		ASTER (S)	可见光 O	15/30/90 m	VNIR (4), SWIR (6), TIR (5)	16 d	
		IKONOS (S)	可见光 O	1-4 m	PAN, VNIR (4 band)	3 d	
	冠层垂直结构	GLAS (S)	激光雷达 L	70 m	LiDAR	N/A	
		Airborne LiDAR(A)	激光雷达 L		LiDAR	N/A	冠层结构和生物量计算
		GLAS (S)	激光雷达 L	70 m	LiDAR	N/A	

在已有生物多样性遥感技术方法的基础上，结合调查的实际需求，提出本标准的框架和具体内容。

6 标准的框架结构

本标准主要内容包括 11 个部分，具体如下：

1. 适用范围：本标准的主题内容与适用范围；
2. 规范性引用文件：本标准中引用的规范、标准等；
3. 术语和定义：本标准中关键词语的解释；
4. 调查与观测的基本原则：生物多样性遥感调查遵循的基本原则；
5. 技术流程与工作程序：生物多样性遥感调查的技术流程与工作程序；
6. 工作方案编制要求：生物多样性遥感调查的工作方案编制要求；
7. 数据获取和预处理：生物多样性遥感调查数据获取和预处理的具体内容；
8. 遥感指标提取：生物多样性遥感调查遥感指标提取的具体方面和要求；
9. 遥感指标分析与应用：生物多样性遥感调查遥感指标分析与应用概括；
10. 成果及归档：生物多样性遥感调查成果及归档的具体内容和要求；
11. 规范性附录：本标准涉及到的一些规范性资料。

7 主要条文说明

7.1 适用范围

为贯彻落实《中华人民共和国环境保护法》《中国生物多样性保护战略与行动计划(2011-2030 年)》《关于做好生物多样性保护优先区域有关工作的通知》有关要求，开展生物多样性监测和预警工作，提升我国生物多样性管理水平，保证观测成果的科学性和系统性，制定本标准。

本标准规定了生物多样性遥感调查的对象、技术流程与工作程序、工作方案编制、遥感数据获取、指标提取、指标分析以及成果归档等方面的要求。

本标准适用于区域层面利用卫星遥感、航空遥感、地面遥感技术(传感器包括但不限于：多光谱/高光谱成像仪、高分辨率相机、荧光探测传感器、热红外相机、激光雷达、合成孔径雷达等)进行陆地范围内的生物多样性遥感调查工作。所指区域包括了生物多样性保护优先区域、自然保护地、行政区域及其他有类似需求的区域；所涉及生物多样性指标主要为生态系统、物种多样性及相关生境，不涉及遗传多样性。

7.2 规范性引用文件

本标准内容引用了下列文件或其中的条款。凡是不注明日期的引用文件，其有效版本适用于本标准。

- GB/T 13989 国家基本比例尺地形图分幅和编号
- GB/T 14950 摄影测量与遥感术语
- GB/T 15968 遥感影像平面图制作规范
- GB/T 34514 陆地观测卫星遥感数据分发与用户服务要求
- CH/T 8023 机载激光雷达数据处理技术规范

7.3 术语与定义

本部分为执行本标准制定的专门术语和对容易引起歧义的名词进行的定义。

7.3.1 生物多样性 biodiversity

本标准中生物多样性的定义，引自《中国的生物多样性保护》白皮书，是指生物（动物、植物、微生物）与环境形成的生态复合体以及与此相关的各种生态过程的总和，包括生态系统、物种和基因三个层次。本标准中的遥感指标不涉及遗传多样性。

7.3.2 植被结构 vegetation structure

本标准中植被结构是指植被构成的各个组分在空间上的不同配置和形态变化特征，包括水平分布上的镶嵌性、垂直分布上的成层性和时间上的发展演替特征，即水平结构、垂直结构和时空分布格局。本标准主要通过观测植被覆盖度、冠层高度、冠层高度剖面等来反映植被结构信息，从而来指示观测区域内生物多样性的状况和重点物种生境状况。

7.3.3 生态系统干扰 ecosystem disturbance

本标准中的生态系统干扰主要参考《县域生物多样性调查与评估技术》系列标准中的定义，是指来自于生态系统外部某种因子的突然作用或连续存在因子的超出正常范围的波动，会引起生态系统结构或者质量发生部分甚至全部的明显变化。本标准中的生态系统干扰包括地质灾害、气象灾害、人类活动等，主要通过检测干扰的大小、频率和程度来反映其对观测区域内生物多样性的影响，从而制定保护和恢复措施。

7.3.4 植被覆盖度 fractional vegetation cover

本标准中的植被覆盖度是指单位面积内植被（包括叶、茎、枝）的垂直投影面积所占百分比，用于反映观测区域内的植被水平结构。

7.3.5 地上生物量 above ground biomass

本标准中的地上生物量是指植物的叶、茎、枝等组成在土壤以上的生物量，用于指示观测区域内的生态系统功能，从而间接反映生物多样性状况。

7.3.6 净初级生产力 net primary production

本标准中的净初级生产力是指绿色植物在单位面积、单位时间内所累积的有机物数量，是由光合作用所产生的有机质总量中扣除自养呼吸后的剩余部分。净初级生产力是其他生物成员生存和繁衍的物质基础，其数值的高低间接反映了可容纳物种的数量，在本标准中用于指示观测区域内的生态系统功能从而间接反映生物多样性状况。

7.3.7 可见光遥感 visible remote sensing

传感器工作波段限于可见光波段范围内的遥感。该技术在本标准中主要用于获取植被覆盖度、地上生物量、净初级生产力和生态系统干扰等指标。

7.3.8 高光谱遥感 hyperspectral remote sensing

本标准高光谱遥感的来自 GB/T 14950 中的定义，在电磁波谱的可见光、近红外、中红外和热红外波段范围内，获取光谱分辨率高于百分之一波长达到纳米(nm)数量级，光谱通道

数多达数十甚至数百的遥感技术。高光谱遥感能够提取更多的光谱信息，反映植物物种和生态系统结构功能的变化。

7.3.9 微波遥感 microwave remote sensing

本标准中微波遥感的定义来自 GB/T 14950 中的定义，定义为传感器工作波段限于微波波段范围内的遥感。该技术在本标准中可用于获取冠层高度和生态系统地上生物量，用于指示观测区域的生物多样性。

7.3.10 激光雷达 lidar

本标准中的激光雷达定义来自 GB/T 14950 中的定义，发射激光束并接收回波信息获取目标三维信息的系统。该技术在本标准中可用于获取生态系统结构参数，如覆盖度、冠层高度和冠层高度剖面以及生态系统地上生物量。

7.3.11 重要物种 important species

本标准中重要物种包括但不限于国家 I、II 级重要保护物种、省级或地方重要保护物种、旗舰种、特有种、受威胁物种、极小种群、外来入侵物种以及对气候和环境变化具有指示意义的物种。

7.4 调查与观测的基本原则

7.4.1 科学性

对调查区域进行全面遥感调查，并结合调查区域的具体特点，对重要生态系统、重点物种的生境开展重点调查。

7.4.2 可操作性

根据需求和调查区域的具体情况，选取操作性强的指标和计算方法，保障常态化的定期调查。

7.4.3 全面与重点相结合

生物多样性遥感调查与观测应坚持科学、严谨的技术方法和流程规范，保证调查结果的一致性，对于调查和监测的指标，都需要对其进行精度验证。

7.5 技术流程与工作程序

生物多样性遥感调查工作，以摸清家底、完善生物多样性网络、服务保护状况评估为目标，以遥感技术为主要手段，以生态系统和重要物种及生境为主要对象，开展本底和周期性调查，结合地面数据，开展深入分析，形成定期报告，服务于生物多样性保护工作。生物多样性遥感调查技术流程和工作程序见图 7-1。

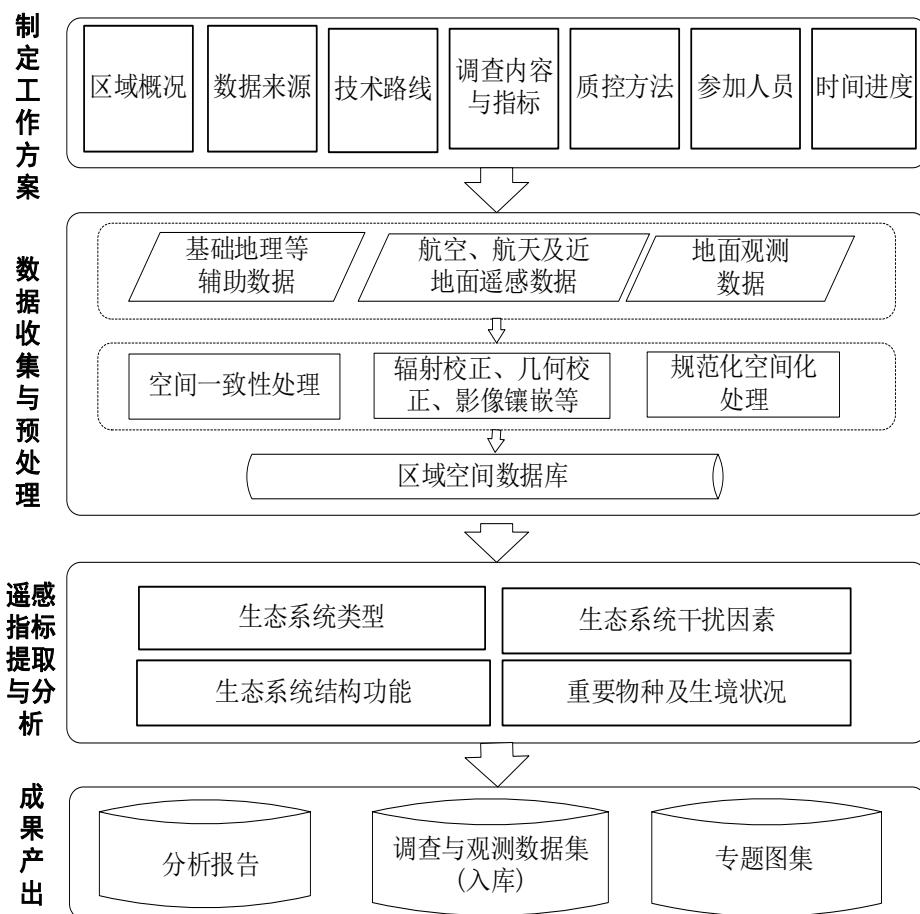


图 7-1 生物多样性遥感调查技术流程和工作程序

7.6 工作方案编制要求

生物多样性遥感调查应根据工作要求和区域特点，制定科学合理、可操作性强的工作方案，具体应包括区域概况、调查内容与指标、数据来源、技术路线、质控方法、参加人员、时间进度等方面。

7.7 数据获取和预处理

7.7.1 基础资料收集及空间化处理

a) 资料内容：

基础资料包括区域内的重要物种资源、关键生态系统、生物多样性保护方面的最新资料，以及气象、水文、地形等相关自然状况和人口分布、开发建设等相关社会经济状况数据资料。

b) 空间化处理：

将可空间化的基础资料进行空间化处理，包括坐标转换、投影转换和数据序列化处理等，统一为一致的坐标和投影。

7.7.2 地面数据获取及处理

a) 调查内容：

地面调查为开展遥感指标提取提供所需要的模型参数，以及为检验和提高遥感指标测量

精度提供地面验证数据。主要内容包括植被遥感参数地面测量、生态系统类型和干扰类型的地面核查等。

b) 固定样地/核查样点设置:

固定样地用于进行植被遥感参数的地面测量，布设应遵循以下原则:

- 1) 在不同海拔、不同地形地貌区设置;
- 2) 能够反映当地的主要生物多样性特征;
- 3) 不易被自然灾害或人为破坏;
- 4) 尽可能与巡护线路、重点观测物种、观测样带(线、点)结合,并根据所在区域生态系统类型,设置合适的样方大小。

核查样点根据生态系统类型和干扰类型的地面核查要求确定,要求每平方公里至少 2 个,根据实际情况进行加密,需覆盖所有类型。

c) 地面调查数据处理:

- 1) 观测数据首先要进行异常数据剔除,对缺失数据进行插补,确保数据完整和连续;
- 2) 对数据结构进行标准化、规范化处理,统一数据格式并进行规范化存储,注明数据来源和数据格式;
- 3) 对观测数据或采样数据进行加工处理,生成遥感指标提取和验证所需要的数据。

7.7.3 遥感数据获取及预处理

针对区域尺度(面积 $>100\text{ km}^2$)的生物多样性遥感观测,以卫星遥感手段为主,无人机等航空遥感主要用于获取地面验证数据;针对景观尺度(面积 $\leq 100\text{ km}^2$)的生物多样性观测主要采用无人机、有人机或高分辨率遥感数据。

a) 卫星遥感数据

根据调查区域的特点,搜集历史卫星遥感数据,并定期获取不同分辨率的卫星数据。低分辨率卫星数据以 250~1000 m 空间分辨率的卫星数据源为主,中分辨率卫星数据以 15~30 m 空间分辨率的卫星数据源为主,高分辨率卫星数据以优于 10 m 空间分辨率的卫星数据源为主,可根据工作目标进行调整。

b) 航空遥感数据

航空遥感平台获取的数据能够连接地面调查和卫星遥感,包括无人机和有人机航空平台,可搭载多种类型传感器。

7.8 遥感指标提取

结合遥感数据特点和优势,生物多样性遥感调查的重点为生态系统层次和物种层次,具体包括生态系统空间分布、干扰状况、生态系统结构功能遥感参数和重要物种及生境状况 4 个方面,为开展区域内生物多样性保护及威胁状况提供科学一致、长时间序列的空间化调查信息。同一区域相同指标应采用统一的分辨率,为保证数据质量,每个指标均应进行质量控制,达到相应精度要求。

7.8.1 生态系统类型空间分布

(1) 指标与方法

a) 生态系统类型

生态系统类型参考 HJ 1166 执行，类型划分为两级，一级类型包括森林生态系统、灌丛生态系统、草地生态系统、湿地生态系统、农田生态系统、城镇生态系统、荒漠生态系统和其他，二级生态系统类型划分体系见附录 C 中表 C-1，可在此框架下，根据区域特点自行定义三级类型。

生态系统类型遥感调查可采用机器分类和人工判读相结合的方法。对生态系统类型的空间分布，可通过空间专题图、定性和定量描述的方式进行展示和表达。

b) 生态系统面积和比例

对各类生态系统类型，通过计算该类型所有斑块面积之和，统计得到该类型生态系统面积。通过该类型生态系统面积与区域总面积的比例，得到该生态系统比例。

c) 自然生态系统比例

自然生态系统比例为区域内除农田和城镇之外的所有生态系统类型面积占区域总面积的比例。

(2) 正遥感数据源

生态系统一级类型所采用的卫星遥感数据源空间分辨率优于 30 m，二级类型所采用的卫星数据源空间分辨率优于 10 m。对于植被类型复杂区域采用的影像空间分辨率优于 2 m。所采用卫星数据源的时相以植被生长季为宜，针对具体类型可采用多时相的卫星数据，也可结合高光谱或合成孔径雷达等载荷数据。

(3) 调查时间和频次

生态系统类型信息提取频次可一年一次，尽量选取不同年份同一时间段的数据，涉及不同观测目标和任务的特殊类型调查可适当增加调查频次。

(4) 数据精度

生态系统类型遥感结果需根据实地调查数据开展质量控制和精度评估，要求一级类型总精度高于 90%，二级类型总精度高于 80%。

7.8.2 生态系统干扰状况

(1) 指标与方法

a) 干扰类型

本标准中的生态系统类型主要参考《县域生物多样性调查与评估技术》中的定义，将生态系统干扰划分为自然干扰和人为干扰两类，每类中再细划分成两级。干扰类型一般通过人工解译或计算机分类的方法获得。

b) 干扰面积和分布

干扰面积指一次干扰中生态系统所受到直接影响的面积大小。

干扰分布指不同干扰类型的空间分布，可通过空间专题图、定性和定量描述的方式进行展示和表达。

c) 干扰起止时间

干扰起止时间指一次干扰从开始到干扰结束的时间，干扰持续时间表现为生境发生剧烈变化开始时间至生境变化稳定之间持续的时间。

d) 干扰强度

干扰强度是指一定面积的区域受某种外界影响而产生的扰动程度，可通过单位面积受干

扰生境面积、干扰持续时间等相关指标来评估干扰强度。

(2) 遥感数据源

生态系统干扰所采用的卫星遥感数据源应为优于 5 m 高空间分辨率的可见光卫星数据，时相无固定要求，可采用多时相数据。红外数据、合成孔径雷达数据可作为光学遥感数据的补充。

(3) 调查时间和频次

对于人类活动干扰，观测频次应保证一年一次；对于自然干扰和重点关注的人类活动干扰，需要在干扰发生后的最短应急时间内进行调查。

(4) 数据精度

干扰类型的遥感识别结果需根据实地调查数据开展精度评估和质量控制，要求二级类型总精度高于 90%，三级类型总精度高于 80%，最小上图图斑为 6×6 个像元。

7.8.3 生态系统结构和功能遥感参数

(1) 指标与计算方法

a) 植被覆盖度

植被覆盖度主要反映了植被的覆盖比例。

b) 地上生物量

生物量是林分、林龄、密度、演替阶段以及生产力的一个间接反映指标，是影响生境选择和生物多样性的重要指标。

c) 净初级生产力

净初级生产力是生产者能用于生长、发育和繁殖的能量值，也是生态系统中其他生物成员生存和繁衍的物质基础。

d) 冠层高度

冠层高度是指树木冠层顶端相对于地面的高度，用来反映生境范围内植被在垂直维度的总体情况。冠层高度模型（CHM）基于数字表面模型（DSM）和数字高程模型（DEM）二者的差值得到，按公式（1）计算：

$$CHM = DSM - DEM \quad (1)$$

式中：CHM——冠层高度；

DSM——数字表面模型；

DEM——数字高程模型。

e) 冠层高度剖面

冠层高度剖面是指冠层在垂直方向的分布情况，反映了林分垂直结构的复杂性，也是预测鸟类、昆虫及其他生物的生境和生物多样性的重要指标。冠层高度剖面的计算是基于激光雷达数据，用一定高度间隔内（如 0.5 m）点云数量/能量占总点云数量/总能量的比值表示，即分层覆盖度随高度变化的分布。

(2) 遥感数据源

植被覆盖度、地上生物量、净初级生产力调查需采用 30 m 左右的中分辨率遥感数据源或更高分辨的遥感数据源。

冠层高度和冠层高度剖面的数据源为卫星或航空平台的激光雷达遥感数据。当有经济可

行数据源时可全陆域开展此项工作, 否则可考虑使用无人机平台针对局部重点区域开展监测。

(3) 调查时间和频次

生态系统结构和功能参数的调查时间需覆盖观测区域内的植被生长季节。

植被覆盖度调查频次为旬; 草地和湿地地上生物量调查频次为年, 森林地上生物量调查频次最低为每 5 年 1 次; 净初级生产力的调查频次为年; 冠层高度和冠层高度剖面调查频次为每 2~3 年 1 次。以上频次在极端事件等特殊情况下按实际需求进行加密。

(4) 数据精度

植被覆盖度、地上生物量、净初级生产力和冠层高度的遥感监测结果需通过地面采样点所获取的值进行精度评估和质量控制, 地面采样点布设在不同生境类型进行分层布点, 样点个数根据研究区范围大小和复杂程度设定, 植被覆盖度、净初级生产力和冠层高度总体反演精度不低于 80%, 地上生物量总体反演精度不低于 60%。

冠层高度剖面获取精度受激光雷达点密度、穿透性和光斑大小等影响, 应根据调查范围大小和冠层覆盖状况选取合适平台和传感器确保数据获取精度, 总体反演精度不低于 70%。

7.8.4 重要物种及生境状况

重要物种的选取根据区域实际情况而定, 物种的适宜性生境具有一定空间范围和规律, 可通过模型进行表达。物种及生境状况的主要调查指标为: 种群数量和分布面积、适宜性生境空间分布、生境干扰类型及分布、生境破碎化状况。

(1) 调查指标与计算方法

a) 种群数量和分布

针对部分可通过卫星或航空遥感数据的光谱、纹理等信息识别的动植物物种, 通过人工或计算机分类的方法获取其种群数量和空间分布, 植被分类可参照《1: 100 万中华人民共和国植被图》的分类体系。

b) 适宜性生境空间分布

物种的适宜性生境可能包括一种或多种生态系统类型。可通过以下两种方式获取:

1) 适宜性生境为特定生态系统或多种生态系统, 可从区域生态系统类型调查数据获取, 对于特殊的生境类型也可以直接通过遥感数据分类获取, 一般可采用计算机分类或人工解译的方法获取。地面调查作为提取该类生境遥感影像特征的重要补充方式。

2) 通过建立物种分布模型获取物种的适宜性生境空间分布。

c) 生境干扰类型及分布

针对区域内的生境干扰类型, 获取各类型面积及空间分布, 可参考 7.8.2 生态系统干扰状况部分。

d) 生境破碎化状况

生境破碎化也称生境片段化, 是指由于人为或自然原因使得原来大面积连续分布的生境分离为片段化的生境, 不仅使得生境的面积减少, 同时使得各个小生境之间产生一定空间距离隔离、中心与边界的距离变小。生境破碎化状况可用生境破碎度表征, 按公式 (2) 计算:

$$C_i = \frac{N_i}{A_i} \quad (2)$$

式中： C_i ——第 i 类生境的破碎度；
 N_i ——第 i 类生境的斑块数；
 A_i ——第 i 类生境的总面积。

(2) 遥感数据源

重要物种生境信息提取所采用的遥感数据源依其分布范围确定，可根据实际情况选取中、高分辨率遥感数据源，其中光学数据为主要数据源，高光谱、激光雷达可作为信息提取的补充数据源。

(3) 调查频次

建议针对重要物种生境信息的调查频次为每 2~5 年 1 次。

(4) 数据精度

适宜性生境空间分布、生境干扰类型及分布需利用地面数据开展精度评估，并形成指标精度评价报告。

7.9 遥感指标分析与应用

对于生态系统的结构和功能参数，遥感可作为主要技术手段，而对于气候变化、生物入侵、环境污染等扰动，可结合更多的地面调查技术和方法配合开展。开展遥感指标分析时，为保证不同分辨率指标的匹配性，需科学设定统计单元或子单元。

对于生态系统分布、生态系统干扰状况、生态系统结构和功能遥感参数均为调查区域全覆盖，可以用于分析生态系统多样性、健康或退化状况以及威胁情况，表征生态系统层次的生物多样性状况，同时也可以用于指示物种种群的生境状况。

重要物种及生境状况围绕物种分布及适宜生境区域开展调查，结合地面物种调查，可以了解物种种群状况、适宜生境分布、威胁因素和生境质量，为物种保护、规划和监管提供有效数据支撑。

7.10 成果及归档

数据归档与存储是遥感影像处理和应用的环节，生物多样性遥感调查工作的成果包括：调查数据集、专题图集以及报告等。其中：

调查数据集应包括原始遥感数据、预处理后遥感数据集，遥感数据集的要求需符合 GB/T 34514；

专题图的制作需符合 GB/T 13989、GB/T 15968 的规定；

报告编制需包括调查区概况、调查内容指标与方法、数据来源、技术路线、成果内容等部分。

8 与国内外同类标准或技术法规的水平对比和分析

8.1 强调生物多样性遥感调查指标

本标准较我国目前已发布的生物多样性观测技术导则，如《生物多样性观测技术导则 两栖动物》(HJ 710.6-2014)、《生物多样性观测技术导则 爬行动物》(HJ 710.5-2014)等，强

调以遥感技术开展生物多样性定期调查的指标体系，补充了该方面标准的空白。

8.2 面向生物多样性评估和管理需求选取遥感指标

目前国内外尚无相关标准，但在建设本区域内的生物多样性观测网络的过程中也提出了遥感指标，本标准更侧重的是，面向我国生物多样性评估和管理需求，在生态系统和物种两个层次，综合考虑当前遥感技术发展，选取了指示生物多样性的直接和间接观测指标。对于国内使用单位来说，实用性和可操作性较强。

9 实施本标准的管理措施、技术措施、实施方案建议

本标准首次建立了利用遥感技术开展生物多样性调查的指标体系，与生物多样性地面物种调查体系形成有效补充，形成天-空-地一体化生物多样性调查体系。本标准可有效提高生物多样性保护相关基础能力，掌握区域内生物多样性动态变化情况，提高生物多样性管控水平，便于自然保护区等相关单位使用，建议采用本标准。

10 标准送审稿技术审查情况

2021年5月8日，生态环境部自然生态保护司组织召开标准送审稿技术审查会，来自北京师范大学等9家单位的相关专家组成专家组对标准送审稿进行技术审查。经过质询讨论，专家组一致认为编制组提供标准审查材料完整，符合标准制定的相关要求，标准具有科学性、适用性和可操作性，对征求意见的处理恰当、合理，一致通过送审稿审查，并就标准提出如下修改建议：（1）进一步规范标准中所涉及的术语和定义的表达；（2）进一步细化标准个别指数的计算方法。

根据专家组意见，编制组对标准进行了修改，具体如下：

（1）对标准中的术语重新梳理，对标已有相关术语，对表述不规范的术语进行了修改、补充与完善。

（2）对标准中个别指数的计算方法做了进一步细化，并对指数的适用范围做了界定。

11 标准报批稿审查情况

2021年11月17日，生态环境部自然生态保护司召开生态司司务会，审议《生物多样性遥感调查与观测技术指南》等13项国家生态环境标准。

会议审议并原则通过《生物多样性遥感调查与观测技术指南》标准，并指出：一是各标准中的术语等内容要统一；二是将《生物多样性遥感调查与观测技术指南》更名为《生物多样性（陆域生态系统）遥感调查技术指南》，进一步斟酌标准中使用的生态系统分类体系。

根据会议意见，编制组对标准进行了修改。具体如下：

（1）将术语与生态环境部已有生物多样性相关标准进行了统一；

（2）将标准名称进行了更名；

（3）进一步对生态系统分类体系进行确认。