

HJ

中华人民共和国国家生态环境标准

HJ 1340—2023

生物多样性（陆域生态系统）遥感调查 技术指南

Technical guidelines for biodiversity (terrestrial ecosystem) survey by
remote sensing

本电子版为正式标准文本，由生态环境部环境标准研究所审校排版。

2023-12-29 发布

2024-04-01 实施

生态环境部 发布

目 次

前 言.....	ii
1 适用范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 调查基本原则.....	2
5 技术流程与工作程序.....	3
6 工作方案编制要求.....	4
7 数据获取和预处理.....	4
8 遥感指标提取.....	5
9 遥感指标分析与应用.....	9
10 成果及归档.....	9
附录 A（规范性附录） 卫星数据收集及预处理.....	10
附录 B（规范性附录） 航空遥感数据获取及预处理.....	12
附录 C（资料性附录） 主要调查指标及遥感获取方法.....	14
附录 D（资料性附录） 生物多样性遥感调查报告编制目录.....	18



前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》，切实有效推动生态文明建设，统一规范生物多样性（陆域生态系统）遥感调查技术、方法和指标体系，进一步将遥感技术纳入常规生物多样性调查工作，加强和完善我国生物多样性观测网络建设，提高区域生物多样性观测和预警能力，制定本标准。各地可结合实际情况，参考制定本地标准。

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。

本标准的附录 A 和附录 B 为规范性附录，附录 C 和附录 D 为资料性附录。

本标准首次发布。

本标准由生态环境部自然生态保护司、法规与标准司组织制订。

本标准主要起草单位：生态环境部卫星环境应用中心、中国科学院植物研究所、中国环境科学研究院、生态环境部南京环境科学研究所、四川省环境保护科学研究院。

本标准生态环境部 2023 年 12 月 29 日批准。

本标准自 2024 年 4 月 1 日起实施。

本标准由生态环境部解释。

生物多样性（陆域生态系统）遥感调查技术指南

1 适用范围

本标准规定了生物多样性（陆域生态系统）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）进行陆域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、重要物种及相关生境，不涉及遗传多样性。

2 规范性引用文件

本标准引用了下列文件或其中的条款。凡是注明日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本标准。凡是未注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）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
HJ 1166	全国生态状况调查评估技术规范—生态系统遥感解译与野外核查
CH/T 8023	机载激光雷达数据处理技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

生物多样性 biodiversity

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。本标准中的生物多样性主要指陆域生态系统的生物多样性，遥感指标不涉及遗传多样性。

3.2

生态系统干扰 ecosystem disturbance

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功能发生部分甚至全部的明显变化，包括地质灾害、气象灾害、人类活动等。

3.3

植被覆盖度 fractional vegetation cover

HJ 1340—2023

单位面积内植被（包括叶、茎、枝）垂直投影面积所占百分比。

3.4

地上生物量 above ground biomass

植物的叶、茎、枝等组成在土壤以上的生物量。

3.5

净初级生产力 net primary production

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。

3.6

植被聚集指数 clumping index

表征植被冠层中叶子的随机和聚集分布情况，是生态过程模型中重要的冠层结构参数。

3.7

可见光遥感 visible spectral remote sensing

传感器工作波段限于可见光波段范围内的遥感。

[GB/T 14950, 定义 3.8]

3.8

高光谱遥感 hyperspectral remote sensing

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。

[GB/T 14950, 定义 3.14]

3.9

微波遥感 microwave remote sensing

传感器工作波段限于微波波段范围之内的遥感。

[GB/T 14950, 定义 3.10]

3.10

激光雷达 lidar

发射激光束并接收回波信息获取目标三维信息的系统。

[GB/T 14950, 定义 4.150]

3.11

重要物种 important species

本标准中重要物种包括但不限于国家一、二级重点保护物种、省级或地方重点保护物种、旗舰种、珍稀濒危物种、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。

4 调查基本原则

4.1 科学性

生物多样性遥感调查应坚持科学、严谨的技术方法和规范的流程，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。

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。

4.3 全面与重点相结合

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、重要物种的生境开展重点调查。

4.4 最小干扰原则

在对生态系统进行研究和监测时，尽量减少对生态系统的干扰和影响，以确保获取的数据和信息真实反映自然状态。

5 技术流程与工作程序

生物多样性遥感调查工作，以摸清生物多样性本底、完善生物多样性观测网络、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 1。



图 1 生物多样性遥感调查技术流程和工作程序

6 工作方案编制要求

生物多样性遥感调查工作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、数据来源、技术路线、调查内容与指标、质控方法、参加人员、时间进度等方面。

7 数据获取和预处理

7.1 基础资料收集及空间化处理

7.1.1 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。

7.1.2 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。

7.2 地面调查数据获取及处理

7.2.1 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、干扰类型的地面核查等。

7.2.2 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：

- a) 在不同海拔、不同地形地貌区设置；
- b) 能够反映当地的主要生物多样性特征；
- c) 不易被自然灾害或人为破坏；
- d) 尽可能与巡护线路、重点调查物种、调查样带（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，适当考虑陆域生态系统不同特征，差别化设定核查样点设置规则，尽量覆盖所有类型。

7.2.3 地面调查数据处理

地面调查数据处理包括以下流程：

- a) 进行数据筛选，剔除异常数据，对缺失数据进行插补，确保数据完整和连续；
- b) 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；
- c) 对调查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。

7.3 遥感数据获取及预处理

生物多样性遥感调查所采用的遥感数据源包括卫星遥感、无人机和有人机等航空遥感数据。

7.3.1 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 m~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 m~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。具体数据获取及预处理流程见附录 A。

7.3.2 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。具体数据获取及预处理流程见附录 B。

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、结构功能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评估提供科学一致、长时间序列的空间化信息。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。

8.1 生态系统类型空间分布

8.1.1 指标与方法

8.1.1.1 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，调查方法及流程可参考附录 C。对生态系统类型的空间分布，可通过空间专题图、定性或定量描述的方式进行展示和表达。

8.1.1.2 生态系统面积和比例

对各类生态系统，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。通过计算该类型生态系统面积与区域总面积的比例，得到该类型生态系统比例。

8.1.1.3 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。

8.1.2 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。

8.1.3 调查时间和频次

生态系统类型信息提取频次可每年 1 次，尽量选取不同年份同一时间段的数据，涉及不同调查目标和任务的特殊类型调查可适当增加调查频次。

8.1.4 数据精度

生态系统类型遥感调查结果需根据实地调查数据或更高分辨率更高精度影像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%。

8.2 生态系统干扰状况

8.2.1 指标与方法

8.2.1.1 干扰类型

生态系统干扰包括自然干扰和人为干扰，类型参见附录 C 中表 C.2，干扰类型一般通过人工解译、计算机分类或地面监测的方法获得。

8.2.1.2 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、定性或定量描述的方式进行展示和表达。

8.2.1.3 干扰起止时间

干扰起止时间指一次干扰从开始到结束的时间，干扰持续时间表现为生境发生变化开始至生境变化稳定之间持续的时间。

8.2.1.4 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。

8.2.2 遥感数据源

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

8.2.3 调查时间和频次

对于人类活动干扰，调查频次应保证每年 1 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。

8.2.4 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。

8.3 生态系统结构和功能遥感参数

8.3.1 指标与计算方法

8.3.1.1 植被覆盖度

植被覆盖度主要反映了植被的覆盖比例，具体计算方法见附录 C。

8.3.1.2 地上生物量

地上生物量是林分、林龄、密度、演替阶段以及生产力的一个间接反映指标，是影响生物生境选择和生物多样性的一个重要指标，具体计算方法见附录 C。

8.3.1.3 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，具体计算方法见附录 C。

8.3.1.4 植被聚集指数

植被聚集指数描述叶片在空间上的分布特征，比如是随机分布、有规律的分布还是聚集分布，是反映冠层结构的重要参数，具体计算方法见附录 C。

8.3.1.5 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，具体计算方法见附录 C。数字表面模型（DSM）表示地表及地表以上所有物体的高度信息，一般通过激光雷达、立体摄影测量等技术获取点云数据生成。数字高程模型（DEM）表示地表的高程信息，是不考虑地表以上物体的高程数据模型，主要通过激光雷达、雷达干涉测量、遥感数据解译、地面测量等手段得到。

8.3.1.6 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一个重要指标。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。

8.3.2 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低分辨率遥感数据源，重点区域采用中高分辨率的遥感数据源。

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。当有经济可行的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。

8.3.3 调查时间和频次

生态系统结构和功能参数的遥感调查时间需覆盖调查区域内的植被生长季节。

植被覆盖度调查频次为每月 1 次；草地和湿地地上生物量调查频次为每年 1 次，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每年 1 次；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。

8.3.4 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调查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，地面采样点应在不同生境类型进行分层布设，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，需根据调查范围大小和冠层覆盖状况选取合适的卫星或航空平台和传感器确保数据获取精度，总体反演精度不低于 70%。

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遥感调查指标为：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。

8.4.1 调查指标与计算方法

8.4.1.1 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，可以结合地面调查数据，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》的分类体系或更高精度的植被分类制图。

8.4.1.2 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：

- a) 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；
- b) 通过建立物种分布模型获取物种的适宜性生境空间分布。

8.4.1.3 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 8.2 生态系统干扰状况部分。

8.4.1.4 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，不仅使得原生境的面积减少，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，具体计算方法见附录 C。

8.4.2 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，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。

8.4.3 调查频次

针对重要物种生境信息的调查频次为每 2~5 年 1 次。

8.4.4 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。

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。

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、空间专题图集以及报告等。其中：

- a) 调查数据集应包括各项指标采集的原始数据和经规范化处理后的数据，遥感数据集的要求需符合 GB/T 34514；
- b) 空间专题图的制作需符合 GB/T 13989、GB/T 15968 的规定；
- c) 报告编制需包括调查区域概况、调查内容、指标与方法、数据来源、技术路线、成果内容等部分，参见附录 D。

附录 A
(规范性附录)
卫星数据收集及预处理

A.1 数据源

A.1.1 低分辨率遥感卫星数据

250 m~1000 m 空间分辨率卫星数据，如：FY-3 MERSI、Terra/Aqua MODIS 等遥感数据。

A.1.2 中高分辨遥感卫星数据

30 m 及以下空间分辨率卫星数据，如：HJ-1 CCD 数据、GF-1 2 m/8 m/16 m 宽覆盖多光谱相机和全色多光谱相机数据、GF-2 1 m/4 m 全色多光谱相机数据、GF-4 多光谱相机数据、GF-5 卫星高光谱相机数据、全谱段光谱成像仪数据、HJ-2 S 波段合成孔径雷达数据、Landsat 系列卫星数据、Sentinel-2 卫星数据等遥感数据。

A.1.3 其他主动遥感卫星数据

包括星载合成孔径雷达数据（如：Sentinel-1、Sentinel-3、ERS、RadarSat、JERS、CALIOP 等）和星载激光雷达数据（如：ICESat 1 & 2、GEDI 等）。

A.2 数据处理

A.2.1 影像质量检测

获取的卫星数据质量在很大程度上决定了调查指标提取的精度，故在数据选取时需要对数据质量进行检查，选择高质量卫星数据。

- a) 时相：光学影像应尽量选取 6 月至 9 月数据，也可根据调查区域和调查内容及指标选择合适时相；
- b) 云量要求：光学影像单景平均云量应小于 10%，重点区、变化较快的区域要求尽量无云覆盖，非重点区或不易发生变化的区域，可适当放宽；
- c) 噪声：单景影像噪声面积要求小于 10%；
- d) 变形、条带：单景影像变形或条带严重，不符合要求，需重新查找补充和替代影像。

A.2.2 辐射定标

按照载荷定标系数进行定标，将 DN 值转换为实际的物理量。

A.2.3 几何精校正

A.2.3.1 确定校正方法

根据高分卫星数据几何畸变的性质和数据源来确定几何校正的方法，一般选择多项式校正方法。

A.2.3.2 控制点输入

一般要求均匀分布在整幅高分卫星数据上，尽量选择明显、清晰的定位识别标志，如道路交叉点等特征点。

A.2.3.3 重采样

对原始输入的高分卫星数据进行重采样，得到消除几何畸变后的影像，一般选用双线性内插法。

A.2.3.4 精度评价

将几何校正后的影像与控制影像套合，检验精度，要求几何校正精度在3~5个像元以内。

A.2.4 影像融合

对正射校正后满足精度要求的全色和多光谱影像进行融合，要求融合后影像能清晰地表现纹理信息，影像色调均匀、反差适中、无重影模糊等现象，光谱特征还原真实、准确，监测区域无明显光谱异常。

A.2.5 影像镶嵌

对于面积较大的调查区域，需要多景影像才能完全覆盖，要求进行影像镶嵌。流程包括：

- a) 指定参考图像作为镶嵌过程中对比匹配以及镶嵌后输出图像的地理投影、像元大小、数据类型的基准；
- b) 在重叠区内选择一条连接两边图像的拼接线，进行影像镶嵌，要求景与景的接边精度控制在3~5个像元以内。

A.2.6 影像裁切

镶嵌后的影像需要用调查区域边界裁切出来，得到每个调查区域的遥感影像。流程包括：

- a) 对调查区域的矢量边界进行投影转换，与几何校正好的卫星数据一致；
- b) 利用遥感软件，将卫星数据用调查区域边界裁切出来。

A.2.7 大气校正

利用卫星遥感数据计算生态功能遥感参数前，需选用合适的大气校正模型（如：FLAASH模型、6S模型、MORTAN模型、ATCOR模型），消除大气影响所造成的辐射误差，得到地物真实的表面反射率。

附录 B
(规范性附录)
航空遥感数据获取及预处理

B.1 航空遥感数据采集

B.1.1 数据采集前准备

为了保证数据采集的顺利开展，航空遥感数据采集前需要一系列准备工作，具体包括：区域资料收集、数据采集路线初步设计、实地勘察等过程。

B.1.2 采集方案设计

在前期准备的基础上，结合已收集的调查区域相关资料进行采集方案的设计，方案设计主要包括采集路线设计、数据采集流程、地面控制与校检过程、应急预案设计等。

B.1.3 控制点布设

航空遥感平台获取的遥感数据需要进行拼接处理；搭载多种类型传感器的航空平台需对多源遥感数据进行融合。为保证数据拼接质量以及提高融合匹配的空间精确度，要在观测区域以及边缘地带设置一定数量的高反光白板（标靶）。标靶放置的位置距离地面高度需一致，标靶大小至少应能满足 100 m 低空飞行时获取 2~3 个空间像元。同时，控制点布设要在满足要求情况下考虑野外作业的可操作性。

B.1.4 作业路线规划

同期开展作业路线规划工作。在此期间需要架设地面定位站，在地面资料较为完备以及前期实地勘察的基础上，进行数据采集路线（地面行走轨迹或航线）规划，路线规划应对观测区全覆盖，根据传感器的幅宽，采集路线的重叠度应达到 30% 及以上，影像航向重叠度不小于 60%，旁向重叠度不小于 30%，航线向外延伸至少一条，保证作业区完全覆盖。激光雷达数据航线应根据扫描角度和激光雷达有效测距确保采集路线能满足采集数据的完整性，同时对于地面标靶区域应重点覆盖，确保标靶至少一次能被清晰捕捉。

B.1.5 数据检查和精度控制

航空遥感数据获取完成后，要进行数据的初步拼接检查以确保数据的完整性以及是否达到既定空间分辨率要求。

B.2 数据预处理

B.2.1 光学航空影像数据预处理流程

B.2.1.1 畸变差校正

基于原始影像和航摄传感器校检信息对影像进行畸变差校正，减少原始影像数据的几何变形。

B.2.1.2 空三加密

基于控制资料和经过畸变差校正后的影像进行空三加密，生成空三加密资料。

B.2.1.3 制作数字正射影像

完成航空数据拼接，生成数字正射影像，对影像进行质量检查。

B.2.2 激光雷达航空数据预处理流程

B.2.2.1 点云拼接

将多站或多条航带数据拼接成完整的统一坐标系下的数据。

B.2.2.2 点云去噪

对拼接后数据进行去除噪点处理，消除孤立点、飞点、低点等异常点。

B.2.2.3 点云分类

对去除噪点后的点云数据基于反射强度、回波次数、地物形状等对点云进行分类，具体可参见 CH/T 8023。

B.2.2.4 基础产品生成

利用分类后的点云生成数字高程模型（DEM）、数字表面模型（DSM）和冠层高度模型（CHM）。

附录 C
(资料性附录)

主要调查指标及遥感获取方法

C.1 生态系统类型和干扰调查分类体系

表 C.1 陆域生态系统类型调查 I、II 级分类体系

I级代码	I级分类	II级代码	II级分类	分类依据
1	森林生态系统	11	阔叶林	$H=3\text{ m}\sim 30\text{ m}$, $C\geq 0.2$, 阔叶
		12	针叶林	$H=3\text{ m}\sim 30\text{ m}$, $C\geq 0.2$, 针叶
		13	针阔混交林	$H=3\text{ m}\sim 30\text{ m}$, $C\geq 0.2$, $25\%<F<75\%$
		14	稀疏林	$H=3\text{ m}\sim 30\text{ m}$, $C=0.04\sim 0.2$
2	灌丛生态系统	21	阔叶灌丛	$H=0.3\text{ m}\sim 5\text{ m}$, $C\geq 0.2$, 阔叶
		22	针叶灌丛	$H=0.3\text{ m}\sim 5\text{ m}$, $C\geq 0.2$, 针叶
		23	稀疏灌丛	$H=0.3\text{ m}\sim 5\text{ m}$, $C=0.04\sim 0.2$
3	草地生态系统	31	草甸	$K\geq 1$, 土壤湿润, $H=0.03\text{ m}\sim 3\text{ m}$, $C\geq 0.2$
		32	草原	$K<1$, $H=0.03\text{ m}\sim 3\text{ m}$, $C\geq 0.2$
		33	草丛	$K\geq 1$, $H=0.03\text{ m}\sim 3\text{ m}$, $C\geq 0.2$
		34	稀疏草地	$H=0.03\text{ m}\sim 3\text{ m}$, $C=0.04\sim 0.2$
4	湿地生态系统	41	沼泽	地表经常过湿或有薄层积水, 生长沼泽生和部分湿生、水生或盐生植物, 有泥炭积累或明显的浅育层, 包括森林沼泽、灌丛沼泽、草本沼泽等
		42	湖泊	自然水面, 静止
		43	河流	自然水面, 流动
5	农田生态系统	51	耕地	人工植被, 土地扰动, 水生或旱生作物, 收割过程
		52	园地	人工植被, $C\geq 0.2$, 包括经济林等
6	城镇生态系统	61	居住地	城市、镇、村等聚居区
		62	城市绿地	城市的公共绿地、居住区绿地、单位附属绿地、防护绿地、生产绿地以及风景林地等
		63	工矿交通	人工挖掘表面和人工硬表面, 工矿用地、交通用地
7	荒漠生态系统	71	沙漠	自然, 松散表面, 沙质, $C<0.04$
		72	沙地	分布在半干旱区及部分半湿润区的沙质土地, $C<0.04$
		73	盐碱地	自然, 松散表面, 高盐分
8	其他	81	冰川/永久积雪	自然, 水的固态
		82	裸地	自然, 松散表面或坚硬表面, 壤质或石质, $C<0.04$

注: C: 覆盖度/郁闭度; H: 植被高度 (m); F: 针叶树与阔叶树的比例; K: 湿润指数。

表 C.2 生态系统干扰 I、II、III 级分类体系

I 级编码	I 级名称	II 级编码	II 级名称	III 级编码	III 级名称
1	自然干扰	11	地质灾害	111	地震
				112	滑坡
				113	泥石流
				114	地面塌陷
				115	其他
		12	气象灾害	121	台风
				122	洪涝
				123	干旱
				124	冻害
				125	其他
		13	生物灾害	131	病虫害
				132	外来物种入侵
				133	其他
		14	火灾	141	火灾
2	人为干扰	21	开发建设	211	矿山开发
				212	路桥建设
				213	房屋建造
				214	旅游开发
				215	水坝建设
				216	光伏建设
				217	风电建设
				218	其他
		22	农林牧渔活动	221	毁林、毁草开垦
				222	围湖造田、造林
				223	树木砍伐
				224	水产养殖
				225	畜禽养殖
				226	过度放牧
				227	其他
		23	环境污染	231	土壤污染
				232	水污染
				233	大气污染
234	光污染				
235	其他				

C.2 生态功能遥感参数计算方法

C.2.1 植被覆盖度

基于遥感估算植被覆盖度可采用植被指数法、回归模型、机器学习法等方法，可根据区域特点和数据基础确定具体模型方法。植被指数法即通过对各像元中植被类型及分布特征的分析，建立植被指数与植被覆盖度的转换关系来直接估算植被覆盖度。如：用归一化植被指数（NDVI）估算植被覆盖度的方法模型，按公式（1）计算：

$$f = \frac{NDVI - NDVI_i}{NDVI_v - NDVI_i} \quad (1)$$

式中： f ——所计算像元的植被覆盖度；

$NDVI$ ——所计算像元的 NDVI 值；

$NDVI_i$ ——裸露地表(土壤或者建筑表面)覆盖区域的 NDVI 值，即无植被覆盖像元的 NDVI 值；

$NDVI_v$ ——完全被植被所覆盖的像元的 NDVI 值，即纯植被像元的 NDVI 值。

C.2.2 地上生物量

地上生物量估算可采用植被指数法、异速生长方程法和机器学习等方法进行计算。植被指数法适用于森林和草地生物量估算，异速生长方程法常用于森林生物量估算，机器学习方法在森林和草地生物量估算均适用，可根据区域植被特点和数据基础确定具体方法。

植被指数法即采用实地测量的植被生物量数据和遥感植被指数建立统计模型，然后在遥感数据的基础上反演得到整个区域的生物量，通过植被指数估算生物量目前已发展多个经验模型，可根据区域特点选用模型，如：常用 NDVI 和地面实测生物量建立回归模型用于估算一定范围的地上生物量，回归系数常用最小二乘法计算得到，植被指数和生物量关系如公式（2）：

$$B = \frac{1}{\alpha + \beta \left[\frac{1}{NDVI^2} + \gamma \varphi \right]} \quad (2)$$

式中： B ——生物量；

$NDVI$ ——植被指数；

φ ——纬度；

α 、 β 、 γ ——回归系数。

C.2.3 净初级生产力

净初级生产力（NPP）可利用统计模型（如：Miami 模型）、过程模型（如：BIOME-BGC 模型、BEPS 模型）和光能利用率模型（如：CASA 模型）进行计算。可根据区域植被特点和数据基础确定具体方法。

通过 CASA 模型来计算净初级生产力，按公式（3）计算：

$$NPP(x,t) = APAR(x,t) \times \varepsilon(x,t) \quad (3)$$

式中： NPP ——净初级生产力；

$APAR$ ——植被所吸收的光合有效辐射；

ε ——光能转化率；

x ——空间位置；

t ——时间。

C.2.4 植被聚集指数

植被聚集指数根据数据源不同有不同的计算方法,目前被动光学遥感估算植被聚集指数基本都利用经验统计方法,最普遍的是基于植被聚集指数与归一化热点暗点指数 (Normalized Difference Hotspot and Darkspot Index, NDHD) 的线性关系,具体按公式 (4) 计算:

$$CI = a(\theta) \times NDHD + b(\theta) \quad (4)$$

式中: CI ——植被聚集度指数;

$NDHD$ ——归一化热点暗点指数;

a 、 b ——从模型模拟得出的线性系数,这些系数随太阳天顶角 (θ) 和冠形而变化;

其中, $NDHD$ 按公式 (5) 计算:

$$NDHD = \frac{\rho_h - \rho_d}{\rho_h + \rho_d} \quad (5)$$

式中: $NDHD$ ——归一化热点暗点指数;

ρ_h ——冠层二向性反射率主平面上热点处的反射率;

ρ_d ——冠层二向性反射率主平面上暗点处的反射率。

C.2.5 冠层高度

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 (6) 计算:

$$CHM = DSM - DEM \quad (6)$$

式中: CHM ——冠层高度模型;

DSM ——数字表面模型;

DEM ——数字高程模型。

C.2.6 生境破碎度

生境破碎度按公式 (7) 计算:

$$C_i = \frac{N_i}{A_i} \quad (7)$$

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。

附录 D

(资料性附录)

生物多样性遥感调查报告编制目录

题目：XXX 区生物多样性遥感调查报告

D.1 调查区域概况

内容要求：介绍调查区域的行政区划、基础地理、资源环境、重要物种、关键生态系统、生物多样性保护方面的当地最新政策与情况。

D.2 调查内容、指标与方法

内容要求：详细介绍调查的时间、指标体系及采用的方法。

D.3 数据来源

内容要求：要求数据获取时间满足调查时间的要求。

D.3.1 空间矢量数据来源及概况

D.3.2 遥感数据来源及概况

D.3.3 其他数据来源及概况

D.4 技术路线

D.5 成果内容

内容要求：成果展示要求展示本阶段调查成果及本次调查结果与历史调查结果的对比结果，如本次生态系统类型本底调查结果与历史生态系统类型本底调查结果的变化矩阵等。

D.5.1 生态系统空间分布遥感调查结果

D.5.2 生态系统干扰状况遥感调查结果

D.5.3 生态系统结构和功能遥感参数调查结果

D.5.4 重要物种及栖息地遥感调查结果

D.5.5 总体分析与应用

D.5.6 对策与建议

D.6 致谢

D.7 参考文献