

团 体 标 准

T/CSES 123—2023

草地植物多样性无人机调查技术规范

Technical specification for unmanned aerial vehicle survey of grassland plant diversity

(发布稿)

2023 - 12 - 20 发布

2023 - 12 - 20 实施

目 次

前言	II
1 范围	3
2 规范性引用文件	3
3 术语和定义	3
4 调查程序	4
5 调查准备	5
6 数据采集与预处理	6
7 植物多样性调查参数获取	9
8 成果整理与归档	12
附录 A（资料性）信息记录表	13
附录 B（资料性）无人机影像空间分辨率、影像大小的计算方法	18

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由生态环境部卫星环境应用中心提出。

本文件由中国环境科学学会归口。

本文件起草单位：生态环境部卫星环境应用中心、长光禹辰信息技术与装备(青岛)有限公司、中国科学院植物研究所、山东省济南生态环境监测中心、中央民族大学、宁波大学。

本文件主要起草人：高吉喜、万华伟、杨斌、李敏、彭羽、孙军、谢淦、孙伟伟、孙晨曦、张军强、刘建军、杨晓钰、杨刚、王永财、马桂仓、张志如、朱萨宁、高海峰、施佩荣、吕娜。

草地植物多样性无人机调查技术规范

1 范围

本文件规定了草地植物多样性无人机调查的调查程序、调查准备、数据采集与预处理、植物多样性调查参数获取、成果整理与归档等技术要求。

本文件适用于利用无人机开展草地植物多样性调查。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 27663 全站仪

GB/T 39616 卫星导航定位基准站网络实时动态测量（RTK）规范

CH/T 2009 全球定位系统实时动态测量（RTK）技术规范

CH/Z 3001-2010 无人机航摄安全作业基本要求

CH/T 3005 低空数字航空摄影规范

CH/T 8024 机载激光雷达数据获取技术规范

HJ 1168 全国生态状况调查评估技术规范——草地生态系统野外观测

NY/T 2998-2016 草地资源调查技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

草地植物 grassland plant

生长在草地生态系统中的植物。本文件指草地上的种子植物，不包含蕨类、苔藓、地衣等孢子植物。

3.2

样地 sample site

为开展观测所选定的一定面积的、能代表群落基本特征（如种类组成、群落结构、层片、外貌以及数量特征等）的地段。

3.3

样方 sample plot

用于观测植物群落特征而设置的取样地块。

3.4

样线 line transect

在具有植物代表性的地段中所设置的一条基线。

3.5

物种丰富度 species richness

一个群落或生境中物种种类数目的多寡。本文件中指草地植物物种的种类数量。

3.6

物种频度 species frequency

群落中某种物种出现的样方数占整个样方数的百分比。

3.7

植被盖度 fractional vegetation cover

单位面积内植被冠层（包括叶、茎、枝）垂直投影面积所占的比例。

3.8

地上生物量 aboveground biomass

某一时刻单位面积内地面上植物实存生活的有机物质（干重）总量。

4 调查程序

草地植物多样性无人机调查工作可分为调查准备、无人机数据采集与预处理、地面验证数据采集、植物多样性调查参数获取、成果整理与归档等阶段，具体内容见图1。调查前，应结合具体需求，按照调查程序的要求，制定相应的调查方案，确定调查的主要内容。

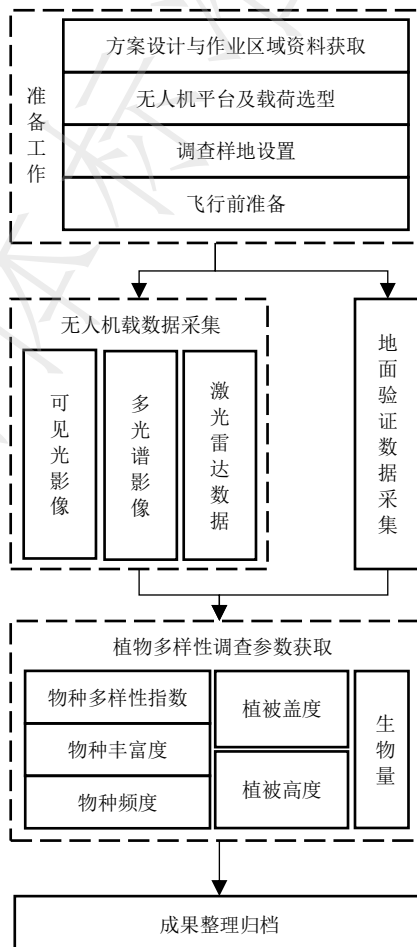


图1 草地植物多样性无人机调查流程

5 调查准备

5.1 作业区域资料获取和方案设计

5.1.1 应根据飞行任务区域范围、数据需求，获取卫星高清影像、地形图、交通图、草地类型图、草地土壤类型和质地等作业资料，设计草地生物多样性无人机调查方案。

5.1.2 飞行作业前，应结合作业资料赴飞行任务区域实地踏勘验证作业区域范围、面积、地势起伏状况等地理条件，实地踏勘应按照 CH/Z 3001-2010 中 5.1 条相关规定执行。其中还应包括但不限于以下信息：

- 最大高程差：通过地图工具，大致评估最大高差，并在实地踏勘时询问、对比，确定真实高差；
- 优选起飞点：寻找测区范围内或邻近测区的起飞点与转场点，增加有效数据采集时间；
- 测区组成：寻找不同气候、不同海拔等生境条件下的草地区域，保证测区内具有当地典型的植被类型或物种。

5.2 无人机平台及载荷选型

应根据数据采集和植物多样性调查需求，进行飞行平台与载荷设备选型。无人机及载荷应符合以下要求：

- a) 无人机平台
 - 无人机满电满载续航时间应不小于20 min；
 - 抗风能力大于四级；
 - 工作温度范围不超过-15 ℃~45 ℃。
- b) 可见光相机
 - 有效像素不低于1200 W。
- c) 多光谱相机
 - 光谱范围不小于400 nm ~ 900 nm，光谱通道数不低于4个，并至少包括红、绿、蓝、近红外波段；
 - 波段半高宽不大于40 nm；
 - 探测器量化位数不低于12 bits。
- d) 激光雷达
 - 激光雷达点测距误差宜不大于1 cm；
 - 回波数不小于3个；
 - 扫描频率不低于100000点/秒。

5.3 调查样地和样方设置

5.3.1 无人机调查样地设置

5.3.1.1 在设置样地前，宜采用无人机载多光谱或可见光相机对调查区域获取全局概况图，包括调查区域面积、植被群落分布、草地长势空间分布等信息，影像空间分辨率宜优于50 cm。

5.3.1.2 无人机物种调查以样地为基本单元，在调查区域内，按照物种的代表性、典型性，以及草地长势的差异，分梯度布设样地，样地大小宜设置为30 m×30 m。

5.3.1.3 在样地内规划4条均匀分布的虚拟样线，间距6 m，以便于无人机按样线飞行拍摄影像，见图2。

5.3.2 地面验证样方设置

5.3.2.1 对于同一调查区域，在无人机调查初期，随机选取部分30 m×30 m样地，在每个样地中设置不少于5个1 m×1 m样方，用于验证无人机调查结果的真实性，样方布设见图2。

5.3.2.2 调查方法应符合 HJ 1168、NY/T 2998 的规定，并按统一格式（附录 A.4）进行数据记录与归档。

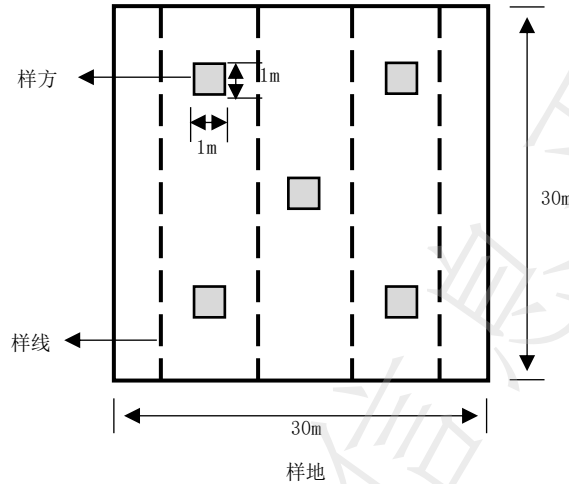


图2 样地样方布设示意图

5.4 飞行前准备

飞行前，针对天气状况、空域状态与设备状态等进行检查，并符合以下条件：

- 飞行条件评估：在计划飞行任务日期前，评估飞行任务当天的光照条件（如阴天、多云、雨雪、雾霾等天气不宜执行任务）与风速（大于5.5 m/s时不应执行任务），研究确定飞行时段；
- 空域申请：至少提前3天向空域管理部门申请飞行任务区域的飞行空域，经批准后方可开展飞行任务；
- 设备检查：至少提前1天对使用设备进行全面检查，并对执行飞行任务区域进行室内飞行任务模拟，以保证飞行任务开展当天硬件设备状态与飞行作业流程正常。

6 数据采集与预处理

6.1 机载可见光影像采集

6.1.1 飞行作业要求

机载可见光影像主要用于调查工作中的物种识别，飞行作业应满足以下要求：

- 拍摄方式：利用旋翼无人机，以悬停的方式拍摄，稳定拍摄高空间分辨率影像，每个拍摄点至少包括垂直拍摄和45°角度侧拍；
- 悬停定位精度：垂直方向误差不大于0.1 m，水平方向误差不大于0.3 m，可通过RTK设备保证空间信息定位精度；地理位置信息宜采用经纬度表示。
- 飞行方式：无人机在样地中按照样线飞行，一条样线中，拍摄点位均匀分布，宜不少于5个；拍摄时，应确保样线内植被未受风的扰动出现明显的摆动、翻叶等状况。
- 飞行高度：通过影像的空间分辨率与影像大小综合确定（见附录B），空间分辨率宜优于1 mm，单张影像范围宜不小于2 m×2 m。
- 影像信息：应包含相机的焦距、像素尺寸、像素分辨率以及影像获取时的地理位置、相对高度等关键信息。

其他操作要求参照CH/Z 3001-2010执行。

6.1.2 数据预处理方法

为保证单景影像中研究目标细节信息准确度，应对单景影像进行畸变校正。无人机调查中，畸变主要是视场过宽造成的边缘畸变。对于没有明显形变的影像，裁剪影像外围部分，裁剪后影像范围不小于 $1\text{ m}\times 1\text{ m}$ ；对于有明显形变的影像，宜采用棋盘格法进行几何标定。

6.1.3 数据质量控制

参照CH/Z 3005对影像质量进行检查，影像质量应符合以下要求：

- 影像质量好，影像无拖影、无畸变；
- 影像中不可有大面积的阴影、烟雾、过曝等缺陷；
- 数据信息准确，读取部分数据并通过读取检验。

6.1.4 数据存储

数据获取完成后，以文件夹的方式管理，并列数据清单。数据至少包含以下内容：

- 原始数据：无人机获取的原始数据，数据命名应符合第8章c)中要求；
- 处理结果：经过几何畸变纠正的单景影像以及处理过程中的辅助信息，数据命名方式应与原始数据对应；
- 飞行设置：飞行中的重要参数设置，如航线，飞行高度，重叠度设置等，建议以录屏或截图等方式进行记录；
- 外业现场照：外场作业时现场拍摄的照片，其中包括人员、设备、场景等要素；
- 无人机飞行记录表：记录表参见第8章b)及附录A.2。

6.2 机载多光谱影像采集

6.2.1 飞行作业要求

飞行作业宜符合以下要求：

a) 用于物种识别的影像获取的飞行作业

- 拍摄方式：以定点悬停、垂直对地观测的方式，与6.1.1条的可见光影像同步拍摄；
- 悬停定位精度：按照6.1.1条的“悬停定位精度”；
- 飞行方式：按照6.1.1条的“飞行方式”，利用旋翼无人机近地面飞行；
- 飞行高度：通过影像的空间分辨率与影像大小综合确定（见附录B），空间分辨率宜优于 2 mm ，单张影像范围宜不小于 $2\text{ m}\times 2\text{ m}$ ；
- 影像信息：应包括相机的焦距、像素尺寸、像素分辨率以及影像获取时的地理位置、相对高度、下行光辐射强度以及探测器曝光时间、增益等关键信息。

b) 用于植被参数提取的影像获取的飞行作业

- 拍摄方式：以垂直对地观测的方式对样地进行全覆盖拍摄；
 - 几何精度：误差不大于 0.1 m ；
 - 飞行方式：利用无人机，按照设定的航线自动低空飞行；
 - 飞行高度：通过影像的空间分辨率与影像大小综合确定（见附录B），空间分辨率宜优于 20 cm ，拍摄范围设定为由样地各边向外扩大 5 m 以上；
 - 影像信息：按照6.2.1 a)执行；
 - 标准板信息：飞行前后应拍摄标准参考板，作业中可根据光照情况进行加密拍摄，在拍摄影像时同步测量太阳下行光辐射信息；
- 其他操作要求参照CH/Z 3001执行。

6.2.2 数据预处理方法

数据预处理宜符合以下规定：

a) 针对用于物种识别的影像，预处理包括通道配准、辐射校正两部分：

- 1) 通过提取原始多光谱数据特征点生成多通道配准矩阵，根据配准矩阵将原始影像校正为配准影像；

- 2) 结合载荷的实验室辐射定标结果与经验线性场地辐射校正法,综合运用反射率靶标图像及下行光辐射信息同步测量结果,将DN值形式的遥感影像转换为反射率影像。
- b) 针对用于参数提取的影像,预处理包括通道配准、辐射校正和影像拼接三部分:
 - 1) 通道配准及辐射校正参照6.2.2 a)的方式处理;
 - 2) 将通道配准后的合并光谱影像进行空中三角测量、点云加密与正射镶嵌,最终生成多波段的全局拼接大图,同时拼接大图具备投影信息。

6.2.3 数据质量控制

参照CH/Z 3005影像质量进行检查,影像质量应符合以下要求:

- 影像质量良好,影像无拖影、无畸变;
- 影像中不可有大面积的阴影、烟雾、过曝等缺陷;
- 数据信息准确,读取部分数据并通过读取检验;
- 拼接影像色彩均衡,无明显模糊、重影和错位现象。

6.2.4 数据存储

数据获取完成后,以文件夹的方式管理,并列出数据清单。数据至少包含以下内容:原始数据、处理结果、飞行设置、外业现场照、飞行记录表。其中,处理结果至少包括参考板信息、经过反射率校正的单景影像、经过反射率校正的拼接影像等;其他内容参照6.1.4条。

6.3 机载激光雷达数据采集

6.3.1 飞行作业要求

6.3.1.1 机载激光雷达主要用于生物量的调查,飞行作业应满足以下要求:

- 飞行方式:根据当地地形和植被特征规划航线,航线的旁向重叠率设置为50%,作业范围尽可能覆盖多个样地;
- 飞行高度:相对高度一般不超过50 m;
- 飞行速度:宜设定为4 m/s~10 m/s;
- 基站架设:需架设地面基站,对于需要多次调查的样地,基站宜架设在同一位置;对于无法固定架设的基站点位,参照GB/T 39616执行。

6.3.1.2 植被盖度超过90%时,激光雷达无法获取地面点,可在植被枯黄期进行地形数据采集,将获取的地形信息作为计算基准;也可利用全站仪、RTK测量设备等进行地形数据的获取,参照GB/T 27663和CH/T 2009执行。

6.3.2 数据预处理方法

激光雷达点云数据预处理流程包括航带拼接、去噪、滤波、生成基础数据产品与归一化,并宜符合以下要求:

- a) 航带拼接
不同航带之间点云数据同名点的平面位置误差应小于平均点云间距。

- b) 去噪

去除目标物周围的噪点等异常值。可采用以下方法去噪:搜索每一个点的指定邻域内的相邻点,计算该点到所有相邻点间距离的平均值,并计算这些平均值的中值和标准差,如果这个点的平均值距离大于最大距离(最大距离=中值+标准差倍数×标准差),则认为该点为噪点,将之去除。

- c) 滤波

滤波可以从原始点云中分离出植被点和地面点。可采用以下方法滤波:先设定一定大小的格网,寻找该格网内的局部最低点,再设定一个高度阈值,将格网内的最低点到高度阈值之间的点云设定为地面点,其余点则为植被点。

- d) 生成基础数据产品

基础数据产品包括数字高程模型、数字表面模型、冠层高度模型,其处理要求如下:

- 数据高程模型通过对地面点插值得到；
- 数字表面模型通过首次回波点插值获得；
- 冠层高度模型通过数字表面模型减去数字高程模型获得。

e) 归一化

利用每个点的高程值与其最近的地面点高程值或数字高程模型（DEM）数据做差。

6.3.3 数据质量控制

参照CH/T 8024和NY/T 2998对影像质量进行检查，影像质量应符合以下要求：

- 航带重叠满足要求，无遗漏；
- 点云数据覆盖范围大于数据采集目标区域，样地边界数据扫描角不超过 $\pm 30^\circ$ ；
- 接边无明显分层和数据缺失，满足使用要求；
- 点云无明显离群点，不影响后续产品生成；
- 点云密度满足使用要求；
- 点云数据精度优于1:500地形图数据精度要求。

6.3.4 数据存储

数据获取完成后，以文件夹的方式归档管理，并列数据清单。数据至少包含以下内容：原始数据、处理结果及辅助信息、飞行设置、外业现场照、飞行记录表。其中处理结果至少包括点云数据和点云分类产品（数据格式为LAS1.0以上版本），以及GeoTiff格式的数字高程模型、数字表面模型和冠层高度模型；其他内容要求参照6.1.4条。

6.4 地面验证数据采集

为保证无人机采集信息的准确性，需开展以下必要的地面验证工作：

a) 植物多样性信息

在无人机获取影像数据的每个样地内，按照5.3条要求设置样方，统计每一样方内草地植物的种类、数量等数据，计算植物多样性参数。调查方法参照NY/T 2998-2016的附录A。

b) 植被结构信息

采用群落学调查法采集，即用米尺测量优势物种高度，其均值作为样方植被高度。样方照片与目测结合估测样方植被盖度。调查方法参照NY/T 2998-2016的附录A，并按统一格式进行数据记录与归档。

c) 地上生物量

地上生物量野外观测应选择植物生长高峰期时进行，主要方法是将样方内植物地面以上所有绿色部分用剪刀齐地面剪下，不分物种按样方分别装进信封袋，做好标记。对于每一个样方，对采集的样本进行称量鲜重后， 65°C 烘干称量干重，得到该样本的生物量。调查方法参照NY/T 2998-2016的附录A。

7 植物多样性调查参数获取

7.1 物种多样性参数提取

7.1.1 物种识别

7.1.1.1 识别方法

机载可见光、多光谱影像均能用于物种识别，所用影像均为沿样线低空悬停拍摄的单张影像。

根据草地植物器官（花、果、茎、叶）形态特征，基于可见光高清影像，建立大量草地物种样本。同一影像上存在多个物种时，需要对影像进行物种框选。框选要求为：

- a) 影像上能够目视判别为同一植株的，需将整个植株框选出来；
- b) 多植株生长在一起，则将多株全部框选出来；
- c) 不能目视清晰判别出植株，但能看清其花或果实的，则将花或果实单独框选出来；
- d) 无法目视识别出植株且没有明显鉴定特征的，则不框选。

完成目标框选后,可采用人工鉴定或机器鉴定两种方式进行样方物种调查。其中,人工鉴定建议采用分层、分类群审核的方式进行:由相关工作人员进行初步鉴定后,由各分类群专家进行复核。机器鉴定可通过监督分类方法训练物种框选和识别模型,实现机载可见光高清影像的物种框选和识别。可以提供适当的多光谱影像波段作为辅助。

7.1.1.2 精度要求

对机器识别的方式做出精度要求。利用机器进行鉴定时,人工确定需要鉴定的截图集,用物种识别模型进行识别。结果检验时,随机抽取优势、建群物种截图的智能识别结果与人工识别结果对比验证,要求准确识别截图数达到总数的80%以上。

7.1.1.3 结果整理

每张影像记录为“调查区号-样地号-序号”,影像中框选的待识别截图记录为“调查区号-样地号-序号-截图号”,识别的物种以表格的方式记录为“调查区号-样地号-序号-截图号-学名”。

7.1.2 物种丰富度

7.1.2.1 提取方法

样地的物种丰富度为样地中沿样线所拍摄的所有影像框选截图所识别的物种总数量(不计重复的识别结果)。

7.1.2.2 精度要求

参照7.1.1.2。

7.1.2.3 结果整理

结果记录至调查表(见附录A.5)。

7.1.3 物种多样性指数

7.1.3.1 提取方法

将辛普森生物多样性指数作为无人机的调查区域物种多样性,基于样地中沿样线所拍摄点的所有可见光高清影像智能框选截图及识别结果进行计算。其中,截图数量由7.1.1.1节中的要求确定。计算公式如下:

$$D = 1 - \sum_{i=1}^s p_i^2 \quad (1)$$

式中:

D ——基于无人机的样地植物物种多样性指数;

S ——样地中的物种数,参照7.1.2.1节计算;

P_i ——鉴定为种 i 的截图数在样地总截图数中的比例, P_i^2 则为随机取两张截图均为种 i 的概率。

7.1.3.2 精度要求

参照7.1.1.2。

7.1.3.3 结果整理

结果记录至调查表(见附录A.5)。

7.1.4 物种频度

7.1.4.1 提取方法

通过样地中的物种识别结果和拍摄点数量进行统计,样地内物种频度按照公式(2)计算:

$$f = \frac{N_{veg}}{N_{pic}} \quad (2)$$

式中:

f ——样地的物种频度；

N_{veg} ——所有参与识别和统计的拍摄点中，识别出特定物种的拍摄点数量；

N_{pic} ——所有参与识别和统计的拍摄点数量，参照6.1.1条的要求确定。

7.1.4.2 精度要求

对样方进行物种调查，用对应影像中相应范围内的特定物种识别结果与之对比，该特定物种可识别比例应达到80%以上。

7.1.4.3 结果整理

结果记录至调查表（见附录A.5）。

7.2 植被结构参数提取

7.2.1 植被盖度

7.2.1.1 提取方法

基于样地或样方多光谱影像，获取高分辨率植被盖度图像或样方植被盖度。宜采用二值分类的方法，判断植被像元和非植被像元，进而根据分辨率需求提取植被盖度结果。

7.2.1.2 精度要求

在监测区域内获取可见光高清影像，利用照片法获得高精度植被盖度，作为真值，对提取的样地或样方植被盖度进行验证。提取的盖度结果误差不大于10%。

7.2.1.3 结果整理

样地植被盖度结果应保存为植被盖度影像文件，以“盖度-调查区号-样地号”或“盖度-调查区号”命名，将文件名记录在附录A.5。

7.2.2 植被高度

7.2.2.1 提取方法

植被高度可由激光雷达点云数据和冠层高度模型进行计算。根据得到的数字表面模型与数字高程模型，通过二者的相减，即可生成冠层高度模型。高度信息则可以通过冠层高度模型或归一化的点云数据进行统计得到（包括统计单元内的最大高度、最小高度、平均高度、分位数高度等）。该方法适用于平均高度10 cm以上的调查区。

7.2.2.2 精度要求

提取的高度结果平均误差不大于2 cm。

7.2.2.3 结果整理

像元级高度结果应保存为植被高度影像文件，以“高度-调查区号-样地号”或“盖度-调查区号”命名，将文件名记录在附录A.5。

7.2.3 生物量提取

7.2.3.1 提取方法

生物量提取过程如下：

- a) 将地面调查样方的生物量调查数据，与多光谱相机以及激光雷达等载荷获取的参数信息获取的信息建立回归模型，并对模型精度进行验证，确保满足生物量调查的精度要求；
- b) 以样方生物量数据为基础，结合样地多光谱数据、激光雷达数据等，利用样方尺度建立的回归模型，通过尺度上推方法获得样地生物量。

7.2.3.2 精度要求

利用机载数据估算的样地尺度生物量的误差不大于20%；

7.2.3.3 结果整理

样地、样方尺度生物量信息记录在附录A.5。

8 成果整理与归档

宜设计数据归档表，便于野外实验数据的归类和管理。数据归档表内容主要分为以下五个部分：

- a) 调查区基本信息表。记录调查区域和调查工作的基本情况，包括样地编号、样地植被群落类型、数据采集人、数据采集日期、样地所属行政区划、数据采集点位十进制经度与十进制纬度、样地土壤类型、样地海拔等。见附录 A.1。
- b) 无人机飞行记录表。记录实际作业中的操作情况，包括飞行的具体时间、地点、参加人员、天气情况、风力等级；记录飞行信息，包括飞行高度、飞行目的以及飞行器型号、负载、使用的反射率靶标信息；记录每个架次的飞行操作流程，并在备注中记录遇到的问题，以便后期的汇总解决。见附录 A.2。
- c) 无人机数据采集记录表。记录无人机数据采集工作的基本情况，包括采集的具体时间、地点、参加人员、天气情况、风力等级；记录数据情况，包括采集数据的类型、数据的大小（单位为GB）等；记录每次采集的流程，并在备注中记录遇到的问题，以便后期的汇总解决，见附录 A.3。表中的数据存档编号由16位数字与字母构成，分四段，编号代码结构见图3。其中，数据存档编号代码第一段采用《中华人民共和国行政区划代码》（GB/T 2260-2007）中的三位字母代码，代表数据采集地点的市/县/区级行政区划。第二段代表数据采集的日期，以8位数记录（例如：2023年1月1日记录为20230101。）。第三段代表数据的类型，其中，K代表可见光、D代表多光谱、J代表激光雷达。第四段代表数据在单次采样数据集中的编号，不满四位的编号前要加“0”。

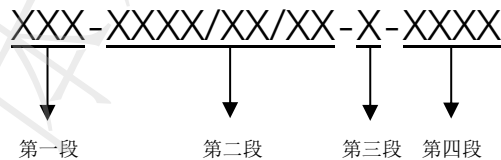


图3 数据存档编号代码要求

- d) 样方地面调查表，记录地面传统方法的调查结果，包括样地编号、样方编号、样方物种表，中文名-学名等，以及相应地点的无人机获取的参数。见附录 A.4。
- e) 无人机调查参数记录表，记录基于无人机调查的草地生物多样性参数，以及对应的无人机采集的原始数据。见附录 A.5。

附录 A
(资料性)
信息记录表

A.1 调查区基本信息表

表A.1 调查区基本信息表

调查区名称				调查区编号		
数据采集日期				数据采集人		
调查区地址	省	市	县(区)	街镇、村		
经度			纬度		海拔	
地形地貌	山地 () 丘陵 () 高原 () 平原 () 盆地 ()					
坡向	东南 ()、南 ()、西南 ()、西 ()、西北 ()、北 ()、东北 ()、东 ()、不适用 ()					
坡位	坡顶 () 坡上部 () 坡中部 () 坡下部 () 坡脚 () 不适用 ()					
坡度	坡度 ()、不适用 ()					
土壤类型	棕钙土 () 灰漠土 () 灰棕漠土 () 风沙土 () 草甸土 () 盐碱土 () 潮土 () 粗骨土 () 其他 ()					
草地类型						
利用方式	全年放牧 () 冬季放牧 () 夏季放牧 () 春秋放牧 () 打草场 () 禁牧 () 放牧与打草交替利用 () 其他 ()					
利用强度	未利用 () 轻度 () 中度 () 重度 () 极重 ()					

A.2 无人机飞行记录表

表A.2 无人机飞行记录表

编号			
时间		地点	
天气		风力	
飞行高度			
飞行目的			
飞行器型号、载荷及其他信息			
作业人员			
流程简介	1		
	2		
	3		
	4		
	5		
备注			
记录人		记录日期	

A.3 无人机数据采集记录表

表A.3 无人机数据采集记录表

编号			
时间		地点	
天气		风力	
选择数据类型	K 可见光 <input type="checkbox"/> D 多光谱 <input type="checkbox"/> J 激光雷达 <input type="checkbox"/>		
原始文件名称		采集信息名称	
处理结果名称		数据总量	
参加人员		飞行记录表编号	
数据存档编号	1		
	2		
	3		
	4		
	5		
备注			
记录人		记录日期	

A.5 无人机调查参数记录表

表 A.5 无人机调查参数记录表

样地编号		参数生产日期	
物种丰富度		物种频度	
盖度	(样地尺度的盖度影像编号、对应的原始采集数据存档编号)		
高度	(样地尺度的高度影像编号、对应的原始采集数据存档编号)		
生物量	(样地尺度的生物量影像编号、对应的原始采集数据存档编号)		

附 录 B
(资料性)
无人机影像空间分辨率、影像大小的计算方法

飞行高度与空间分辨率、影像大小的计算公式如下：

$$\frac{H}{X} = \frac{f_k}{a} \quad (\text{B.1})$$

$$\frac{H}{D_w} = \frac{f_k}{S_w} \quad (\text{B.2})$$

$$\frac{H}{D_h} = \frac{f_k}{S_h} \quad (\text{B.3})$$

式中：

H ——航高，m；

X ——空间分辨率，m；

f_k ——相机焦距，mm；

a ——像素尺寸，mm；

D_w ——影像宽度，m；

D_h ——影像高度，m；

S_w ——相机传感器宽度，mm；

S_h ——相机传感器高度，mm。