

ICS

CCS 点击此处添加 CCS 号

团 体 标 准

T/CSES XXXX—XXXX

草地植物多样性无人机调查技术规范

Technical specification for UAV survey of grassland plant diversity

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国环境科学学会 发布

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 总体工作流程	4
5 调查准备工作	4
6 数据采集与预处理	6
7 生物多样性调查参数获取	8
8 成果整理与归档	11
附 录 A (规范性)	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：

本文件主要起草人：

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总体技术流程、调查准备、数据采集与预处理、植物多样性调查参数获取、成果整理与归档等要求。

本文件适用于利用无人机的技术手段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 27663-2011 全站仪

GB/T 39616-2020 卫星导航定位基准站网络实时动态测量（RTK）规范

GB/T 41280 卫星遥感影像植被覆盖度产品规范

CH/T 2009-2010 全球定位系统实时动态测量（RTK）技术规范

CH/T 8024-2011 机载激光雷达数据获取技术规范

CH/Z 3001 无人机航摄安全作业基本要求

CH/Z 3005 低空数字航空摄影规范

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 草地资源调查技术规程

T/CECS 790-2020 地面三维激光扫描工程应用技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

样地 *sample area*

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。

3.2

样方 *sample plot*

用于观测植物群落特征而设置的取样地块，根据群落性质、观测对象，可以设置相应大小的地块面积。

3.3

草地植物 *grassland plants*

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。

3.4

物种丰富度 *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。

3.5

物种频度 frequency

群落中某种物种出现的样方数占整个样方数的百分比。

3.6

植被盖度 vegetation coverage

植被（包括叶、茎、枝）在地面的垂直投影面积占统计区总面积的百分比。

3.7

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总量。

4 总体工作流程

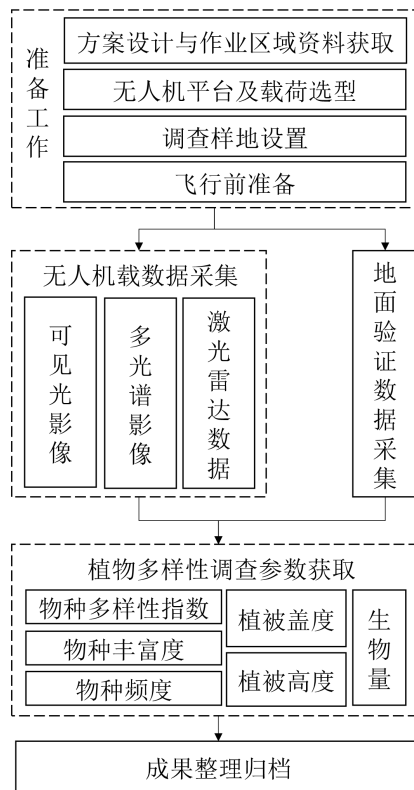


图 1 无人机草地生物多样性调查流程图

草地植物多样性无人机调查工作包括调查准备工作、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、成果整理与归档等部分（见图 1）。具体是对基于无人机获取的可见光影像、多光谱影像以及激光雷达点云等一种或多种数据进行处理和计算，获得物种丰富度、频度、高度、盖度、生物量等参数，并利用地面调查结果对参数进行验证，最终将结果按照一定要求进行整理和归档。

5 调查准备工作

5.1 方案设计与作业区域资料获取

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、交通图等作业资料，设计草地生物多样性无人机调查方案。

飞行作业前，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中5.1条相关规定执行。其中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物种。

5.2 无人机平台及载荷选型

- a) 根据飞行任务所规定的客户需求，进行飞行平台与载荷设备选型。无人机及载荷要求如下：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；
- b) ——工作温度范围不超过 $-15\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 45\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。可见光相机
- c) ——有效像素不低于1200 W。多光谱相机
 - 光谱范围不超过 $400\text{ nm}\sim 840\text{ nm}$ ，光谱通道数不低于5个，并至少包括红、绿、蓝、红边、近红外波段；
 - 波段半高宽不大于40 nm；
- d) ——探测器量化位数不低于12 bits。激光雷达
 - 激光雷达点测距误差 y_i 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

为保证生物多样性物种调查获取的可见光数据能够清晰识别植物个体，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 $30\text{ m}\times 30\text{ m}$ ，并在样地内规划4条均匀分布的虚拟样线，样线均匀分布，间距6 m，以便于无人机按样线飞行拍摄影像，见图2。其中，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，影像空间分辨率需优于50cm。

草地生态参数调查所需要的多光谱、激光雷达数据可在覆盖样地的基础上扩大无人机数据采集范围。

5.3.2 地面验证样方设置

便于无人机获取生态参数的地面验证，在每个 $30\text{ m}\times 30\text{ m}$ 样地中，设置不少于5个 $1\text{ m}\times 1\text{ m}$ 样方，样方布设见图2。调查方法参考NY/T 2998附录A，并按统一格式进行数据记录与归档，详见本文件附录A.4。

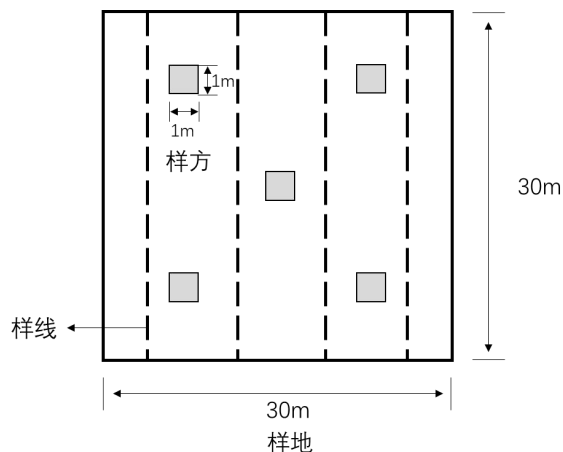


图2 样地样方布设示意图

5.4 飞行前准备

为保证飞行任务正常开展，对于天气状况、空域状态与设备状态需逐一确认，以保证飞行任务可正常开展。

——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、雾霾等天气不可执行任务）与风速（大于6m/s 时不可执行任务），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，并经批准后开展飞行任务；

——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物种识别，需稳定拍摄高空间分辨率影像，宜利用旋翼无人机，以悬停的方式拍摄。无人机在样地中按照样线飞行，飞行高度需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，且影像中应包含相机的焦距、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。一条样线中，拍摄点位均匀分布，宜不少于5个，每个拍摄点拍摄方式至少包括垂直拍摄和45° 角度侧拍。

悬停定位精度应满足：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。

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，需对单景影像进行畸变校正，用于修正因镜头畸变引起的影像内目标形变。

6.1.3 数据质量控制

参照CH/Z 3005，对影像质量检查相关要求进行检查：

- 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，命名要求见“8. 成果整理与归档”第（3）节；
- 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：见“8. 成果整理与归档”第（2）节及附录A.2。

6.2 机载多光谱影像采集

6.2.1 飞行作业要求

- a) 针对不同的飞行数据需求,按照以下两种方式进行数据获取:近地面飞行获取用于物种识别的数据;
- b) 利用旋翼无人机,以定点悬停、垂直对地观测方式,与6.1.1所述的可见光影像同步获取,影像空间分辨率宜优于2 mm,单张影像范围宜不小于2 m×2 m。定位精度要求参照6.1.1。低空飞行获取用于植被参数提取的数据:

利用无人机垂直对地观测、航线自动飞行方式对样地进行全覆盖拍摄,影像空间分辨率宜优于20 cm。

上述两种模式拍摄的影像中,均应包括相机焦距、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。此外,为进行辐射校正,上述两种模式需在飞行前后或飞行过程中拍摄反射率靶标,并在拍摄影像时同步测量太阳下行光辐射信息并记录。

其他操作要求参照CH/Z 3001-2010执行。

6.2.2 数据预处理方法

- a) 用于物种识别的近地面飞行多光谱数据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) 用于参数提取的低空飞行数据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近地面数据处理方式。
 - 2) 在此基础上,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,对处理后的影像质量相关要求进行检查:

- 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节。

6.3 机载激光雷达数据采集

6.3.1 飞行作业要求

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%,相对飞行高度一般不超过50 m,飞行速度为4 m/s~10 m/s,保存好航线轨迹便于后续复位扫描。作业范围尽可能覆盖多个样地。

需架设基站,对于需要复位调查的样地,基站尽可能架设在同一个基站点,保证多次飞行数据位置的一致性。对于无法固定架设的基站点位,参考GB/T 39616-2020执行。

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,参考GB-T27663-2011和CH/T 2009-2010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。

- 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

去噪是提高点云数据质量的关键处理环节，主要是去除目标物周围的一些噪点和杂点等异常值。

c) 滤波

滤波可以从原始点云中分离出植被点和地面点。

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得到；

——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DEM数据做差。

6.3.3 数据质量控制

参照CHT 8024-2011和NY/T 2998中关于精度的要求，点云数据质量检验的内容如下：

——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，并列出数据清单。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；其他内容参照6.1.4节。

6.4 地面验证数据采集

为保证无人机采集数据的准确性，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方法设置样方，统计每一样方内草本植物的种类、数量等数据，计算植物多样性参数。调查方法参考NY/T 2998的附录A。

b) 植被结构信息

采用群落学调查法，采用米尺测量优势物种高度，其均值作为样方高度。样方照片与目测结合估测样方盖度。调查方法参考NY/T 2998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。调查方法参考NY/T 2998的附录A。

7 植物多样性调查参数获取

7.1 植物多样性参数提取

7.1.1 物种识别

a) 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。框选的标准为：1. 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；2. 多植株生长在一起，则将多株一同框选出来；3. 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；4. 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。机器鉴定则建议通过卷积神经网络等深度学习的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。多光谱影像可以提供适当的波段作为辅助。

b) 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。

c) 结果整理

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

7.1.2 物种丰富度

a) 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）。

b) 精度要求

参照“7.1.1节b)”。

c) 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

a) 提取方法

基于无人机的调查区域物种多样性是参考辛普森生物多样性指数，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节a)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节a)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。

b) 精度要求

参照“7.1.1节b)”。

c) 结果整理

结果记录至调查表，见附录A.5。

7.1.4 物种频度

a) 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，计算样地内物种频度。具体方法图下：

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

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，具体由6.1.1节的要求确定。

b) 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达到80%以上。

c) 结果整理

结果记录至调查表，附录A.5。

7.2 植被结构参数提取

7.2.1 盖度

a) 提取方法

1) 基于样地多光谱影像影像，获取高分辨率像元级植被盖度，常用方法为像元二分法。样方、样地尺度植被盖度由像元级盖度平均而得。像元二分法如下：假设像元由植被和非植被两部分构成，因此它们的面积在像元中所占的比例即为各因子的权重，其中植被部分占像元的百分比即为该像元的植被覆盖度，较为常用的是利用归一化植被指数NDVI进行像元二分估算。参照公式（3）（4）计算。

$$NDVI = (\rho_{nir} - \rho_r) / (\rho_{nir} + \rho_r) \quad (3)$$

式中：

ρ_{nir} ——近红外波段反射率；

ρ_r ——近红外波段反射率。

$$fvc = (NDVI - NDVI_s) / (NDVI_v - NDVI_s) \quad (4)$$

式中：

fvc ——混合像元的植被覆盖度；

$NDVI$ ——植被 NDVI 值；

$NDVI_v$ ——纯植被 NDVI 值；

$NDVI_s$ ——纯裸土 NDVI 值。

2) 基于激光雷达数据，提取高分辨率植被盖度。对于某一统计单元内，激光雷达植被覆盖度计算方法是首次回波的植被点数与首次回波点数的比值。参照公式（5）计算。

$$fvc = n_{vegfirst} / n_{first} \quad (5)$$

式中：

fvc ——统计单元内植被覆盖度；

$n_{vegfirst}$ ——首次回波的植被点数；

n_{first} ——首次回波的总点数。

b) 精度要求

对样方级盖度精度做出要求。抽取样线中的部分可见光高清影像，利用照片法获得高精度植被盖度，作为真值，对提取的样方级盖度进行验证。提取的盖度结果误差不大于10%。

c) 结果整理

像元级盖度结果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，记录在附录 A.5。

7.2.2 高度

a) 提取方法

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）。

b) 精度要求

提取的高度结果平均误差不大于2 cm。

c) 结果整理

像元级高度结果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，记录在附录A. 5。

7.2.3 生物量提取

a) 提取方法

首先，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；其次，以样方生物量数据为桥梁，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。

b) 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%；

c) 结果整理

样地、样方尺度生物量记录在附录A. 5。

8 成果整理与归档

设置数据归档表，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。

- 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精度与十进制纬度、样地土壤类型、样地海拔等。见附录 A. 1。
- 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。
- 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，结构如下图

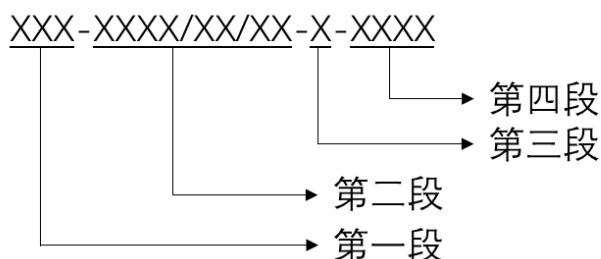


图3 数据存档编号要求

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：20230101代表2023年1月1日。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”。

- 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 (规范性)

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 ()					
坡 位	坡顶 () 坡上部 () 坡中部 () 坡下部 () 坡脚 ()					
坡 度						
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 ()					
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

飞行记录表：单号			
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

采集记录表			
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	单号
数据存档编号	1		
	2		
	3		
	4		
	5		
备注			
记录人：		记录日期：	

A.4 样方地面调查表

样地编号								样方号				
样方面积 (m ²)								总盖度 (%)				
数据采集日期								数据采集人				
无人机采集信息编号		(包括影像编号、提取参数)										
物种名称		株(丛)高度 (cm)						株(丛)数	生物量 (g/m ²)		生活型	
中文名	学名	1	2	3	4	...	平均高度		鲜重	干重		

注：1、“生活型”分为一年生和多年生植物
 2、“无人机采集数据编号”中数据包括该样方对应的可见光影像、多光谱影像、激光雷达数据。

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：

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

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

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

式中：

H ——航高，单位为米（m）；

X ——空间分辨率，单位为米（m）；

f_k ——相机焦距，单位为毫米（mm）；

a ——像素尺寸，单位为毫米（mm）；

D_w ——影像宽度，单位为米（m）；

D_h ——影像高度，单位为米（m）；

S_w ——相机传感器宽度，单位为毫米（mm）；

S_h ——相机传感器高度，单位为毫米（mm）。