

T/ZBXH

新疆维吾尔自治区植物保护学会团体标准

T/ZBXH 125—2025

灰旱獭无人机监测技术规范

Technical specification for monitoring of *Marmota baibacina* Kastschenko with
unmanned aerial vehicle

2025 - 09 - 20 发布

2025 - 09 - 27 实施

新疆维吾尔自治区植物保护学会 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 监测 2

5 发生程度等级划分 3

6 安全防护与应急措施 3

7 数据整理与上报 3

8 档案管理 3

附录 A（资料性） 灰旱獭相关信息 4

附录 B（规范性） 灰旱獭监测样地登记表 5

附录 C（资料性） 灰旱獭监测布局示意图 6

附录 D（规范性） 灰旱獭无人机监测要求 7

附录 E（规范性） 灰旱獭发生程度记录表 9

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。

本文件由新疆维吾尔自治区草原生物灾害防控中心提出。

本文件由新疆维吾尔自治区植物保护学会归口并组织实施。

本文件起草单位：新疆维吾尔自治区草原生物灾害防控中心，新疆大学，中国农科院植物保护研究所，国家林草局生物灾害防控中心，新疆维吾尔自治区农业科学院，新疆维吾尔自治区质量基础发展研究院。

本文件主要起草人：李璇、郑江华、梁中、林峻、王大伟、郭雅婷、姜璠、陈新乔、阿布都克尤木·卡德尔、吴莹、王晓彤、李金花、陈家荣、刘亮、尚智。

本文件适用于新疆维吾尔自治区内所有相关单位及组织，自愿采用。

本文件由采用本标准的单位及组织自行承担相关责任。

本文件由新疆维吾尔自治区植物保护学会负责解释。

本文件为首次公布。

灰旱獭无人机监测技术规范

1 范围

本文件规定了灰旱獭监测、发生程度等级划分、安全防护、数据上报、档案管理的要求。
本文件适用于灰旱獭监测调查。

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 38058 民用多旋翼无人机系统试验方法
- GB/T 38997 轻小型多旋翼无人机飞行控制与导航系统通用要求
- CH/Z 3001 无人机航摄安全作业基本要求
- CH/Z 3002 无人机航摄系统技术要求
- NY/T 1240 草原鼠荒地治理技术规范
- NY/T 1481 农区鼠害监测技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

灰旱獭 *Marmota baibacina* Kastschenko

隶属啮齿目Rodntia，松鼠科Sciuridae，旱獭属*Marmota*，形态特征、生活习性和地理分布见附录A。

3.2

监测单元 *monitoring unit*

用于开展灰旱獭密度监测的基本单元。

3.3

洞口系数 *coefficient of holes*

一定面积内捕获灰旱獭数量与旱獭洞穴数比值。

3.4

人工监测样地 *manual monitoring sample plots*

用于调查每个监测单元内灰旱獭洞口系数的样地。

3.5

发生程度 *occurrence degree*

判断一个监测单元内灰旱獭密度高低的指标。

3.6

无人机监测样地 *UAV monitoring sample plots*

用于调查每个监测区内灰旱獭发生程度的样地。

3.7

洞口数 *number of effective holes*

一定面积内灰旱獭洞穴的数量。

3.8

捕尽法 *thorough capture method*

通过彻底捕获样地内所有灰旱獭，以获取接近绝对数值的灰旱獭密度数据的调查技术方法。

3.9

总体精度 overall accuracy

被正确分类的像元总和除以总像元数，是衡量灰旱獭洞穴分类效果的指标。

3.10

Kappa 系数 kappa coefficient

用于衡量灰旱獭洞穴分类效果一致性检验的指标。

4 监测

4.1 监测时间

每年监测两次，分别在灰旱獭出蛰后（4月至5月）和繁殖后期（6月至7月）。

4.2 监测单元布设

在灰旱獭分布区，选择灰旱獭连片分布的区域，设置1个长期监测单元，面积为 $1 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。每个监测单元赋予唯一编号，并进行定位上图，监测单元设立后不应随意更改。首次设立时应登记详细特征，填入附录B.1。

4.3 监测点布设

在每个监测单元均匀布设4个面积 2500 hm^2 的监测区；在每个监测区内，选地势平坦、无固定障碍物和电磁干扰源的区域设1个面积 25 hm^2 的无人机监测点。监测点布设可参考附录C。

4.4 洞口系数测定

在每个监测单元，选择灰旱獭分布具有代表性的区域设立1个面积 1 hm^2 的人工监测样地，统计样地内灰旱獭所有洞穴数量，计算洞口密度，计算公式参见NY/T 1240。采用捕尽法调查样地内旱獭数量，并计算洞口系数，结果填入附录B.1。

洞口系数按照公式（1）进行计算：

$$R = \frac{M}{D} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

R—洞口系数；

M—人工监测样地内旱獭密度，单位为只每公顷（只/ hm^2 ）；

D—人工监测样地内旱獭洞穴密度，单位为个每公顷（个/ hm^2 ）。

4.5 洞口数监测

在无人机监测点，对样地内灰旱獭洞穴进行无人机拍摄，飞行高度 $60 \text{ m} \sim 120 \text{ m}$ ，无人机飞行参数见附录D.1，飞行要求参见附录D.2，影像处理方法参加附录D.3，无人机数据记录填入附录D.4。灰旱獭洞穴识别阈值分割参数设置参见附录E，统计影像识别出的灰旱獭洞穴数量。评判分类效果，精度评定步骤参见附录F，总体精度不低于80%，Kappa系数不低于0.75。计算洞口密度，结果填入附录B.1。

每个监测单元旱獭洞穴密度按照公式（2）进行计算：

$$\bar{D} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$\bar{D}$ —监测单元内平均旱獭洞穴密度，单位为个每公顷（个/ hm^2 ）；

n—监测区数量，单位为个；

D_i —第*i*个监测区内旱獭平均洞穴密度，单位为个每公顷（个/ hm^2 ）。

4.6 灰旱獭密度计算

每个监测单元灰旱獭密度按照公式（3）进行计算：

$$M' = R \times \bar{D} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

M' —监测单元灰旱獭密度，单位为只每公顷（只/hm²）；

R —洞口系数；

$\bar{D}$ —监测单元平均灰旱獭洞穴数量，单位为个。

结果填入附录B.1。

5 发生程度等级划分

发生程度等级划分为轻度发生、中度发生、重度发生，轻度发生为灰旱獭密度低于 10 只/hm²，中度发生为灰旱獭密度 11 只/hm²~20 只/hm²，重度发生为灰旱獭密度高于 21 只/hm²。

6 安全防护与应急措施

调查灰旱獭的工作人员准备好急救药品，安全防护措施参见NY/T 1481中3.5安全防护，正确穿戴防护服、防蚤袜和手套，并喷洒防蚤剂。如调查中有发热等现象，应及时就诊。

7 数据整理与上报

及时对监测数据进行统计分析，并按期上报。

8 档案管理

应及时对原始调查资料、影像资料整理归档，并安排专人管理。

附录 A
(资料性)
灰旱獭相关信息

A.1 形态特征

体型较大旱獭，体长可达620 mm，体重平均可达5.5 kg。尾较短，长不及体长的1/3。背腹毛色差别十分明显。体背毛色为沙黄或沙褐色，背底上露出大量细针毛的黑色。口围白色。前额、头顶、耳下及颊部的具黑色或棕黄、淡褐色毛。体侧及四肢外侧毛色与体背相似。整个腹面及四肢内侧均为纯深棕黄色，尾上面毛色同体背，下面毛色同负面，尾端毛黑褐色或浅棕黄色。颅骨较宽，颅全长小于95 mm，颧弓后部明显扩张，宽约颅长的63%，鳞骨的眶后突起十分发达，明显突向前方，是区别于其他种旱獭的最重要头骨特征。

A.2 生活习性

灰旱獭为穴居、群居动物，洞巢成家族型。灰旱獭冬眠，一般3月~4月中上旬出蛰，8月末~9月初开始入蛰。灰旱獭出蛰后在洞口附近觅食，活动半径一般很少过50 m，到4月，逐渐恢复活动性，活动半径可达百米。7月至8月上旬为育肥时期，觅食活动十分频繁，8月下旬活动减弱，9月开展陆续入蛰。灰旱獭为营白昼活动，出洞活动时间与日出、日落相一致。在日出后、日落前3 h为活动高峰。灰旱獭主要食物为禾本科、莎草科植物绿色部分，早春出蛰时挖食草根，秋季取食少量昆虫，食量大，进食后胃重可达200 g~500 g。灰旱獭一年一次发情，年产一窝，每窝产仔3只~10只，平均6只。性成熟较迟，通常经两三次冬眠方可达到性成熟。

A.3 地理分布

在新疆主要分布在天山中部、西部，阿尔泰山南部山地，准噶尔界山山地草甸、草原。



图A.1 灰旱獭个体和洞穴照

(图片来源：拍摄于和静县巴音布鲁克草原；拍摄人：李璇)

附 录 B
(规范性)
灰旱獭监测样地登记表

B.1 灰旱獭监测样地登记表

表B.1提供了监测样地记录。

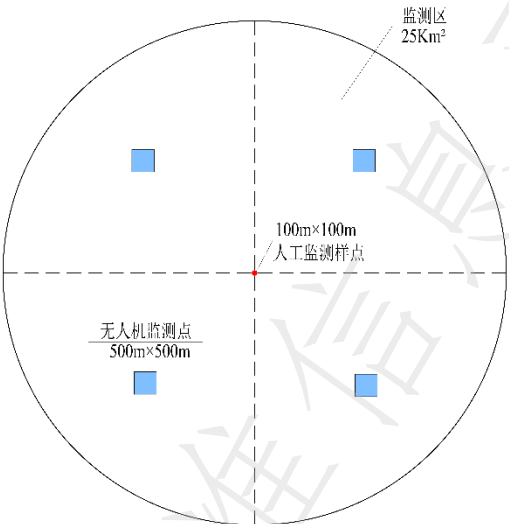
表B.1 灰旱獭监测样地登记表

行政区属:	地(州、市)	县(市、区)	乡(镇)	村
监测单元编号		调查日期		
调查人员				
样地名称	经度°	纬度°	海拔(m)	
监测单元位置 (四至经纬度)				
人工监测样地位置				
无人机监测样地位置				
草原类型		地形		
主要植物		植被盖度(%)		
注: 行政名称: 应填写标准完整的行政名称, 不能简写。 (1) 监测单元编号: 由 6 位县级行政区划编码+YD++3 位顺序编码组成, 顺序编码范围 01~999。例如, 塔城地区乌苏市 2 号长期定位监测单元的编码为: 654201YD002。 (2) 经度、纬度: 确定样地边界后, 填写每个拐点经纬度。按±×××.×××××° 填写, 例: 113.84981° (3) 草原类型: 按全国统一分类系统中类的名称填写。 (4) 地形: 平原、高原、丘陵、山地、盆地。 (5) 主要植物: 填写主要 3 种~4 种, 按每种植物的出现频度递减排序。				

附录 C
(资料性)
灰旱獭监测点布局示意图

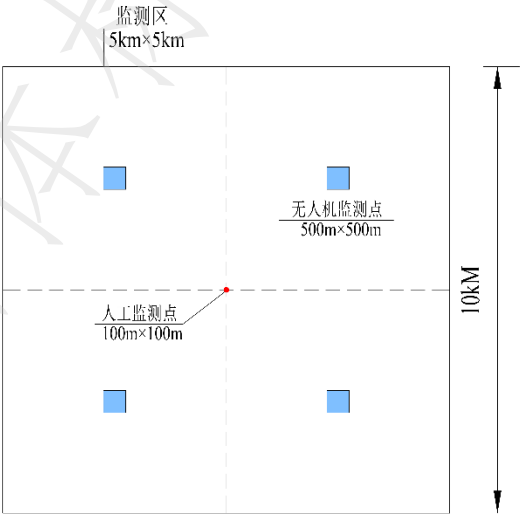
C.1 灰旱獭监测点布局示意图

图C.1提供了圆形监测点布局示意图。图C.2提供了方形监测点布局示意图。图C.3长正方形监测点布局示意图。



监测单元 (100Km^2 , $R=5.64\text{Km}$)

图 C. 1 圆形监测点布局示意图



监测单元 ($10\text{Km} \times 10\text{Km}$)

图C. 2方形监测点布局示意图

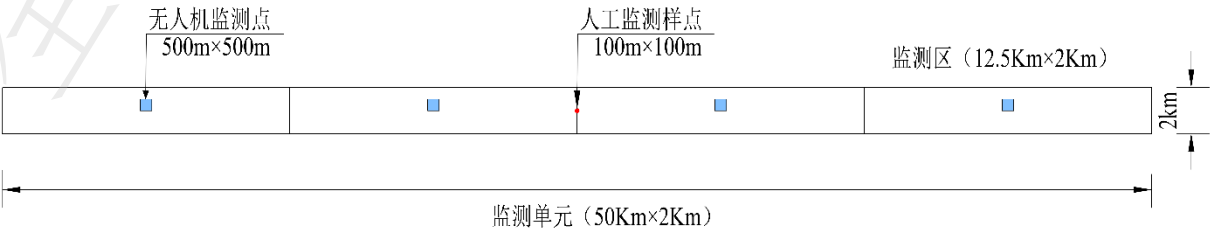


图 C. 3 长方形监测点布局示意图

附录 D
(规范性)
灰旱獭无人机监测要求

D.1 无人机参数

表D.1 提供了推荐的无人机参数。

表 D.1 推荐无人机参数

名称	无人机参数范围	名称	无人机参数范围
最大飞行时长	不低于30 min	焦距	16 mm~100 mm
推荐飞行高度	60 m~120 m	图像采集模块	CMOS/CCD
卫星定位模块	至少具备单模定位系统	最大分辨率	1080 p~8 K
最大抗风等级	5级~8级	有效像素	2000 px~6000 px
飞行速度	20 km/h~60 km/h	控制距离	不低于5 km
波段数量	4个~12个（至少包含红绿蓝近红外4个波段）	近红外波段范围	770 nm~900 nm

D.2 飞行要求

无人机飞行要求参见GB/T 38058 、GB/T 38997，无人机航摄安全作业基本要求参见CH/Z 3001，无人机航摄系统技术要求参见CH/Z 3002。

- a) 航线规划：规则测区以矩形航线自动规划航线；不规则区域以自定义多边形航线手动设置航点（或通过直接导入测区矢量边界实现测区划分）。
- b) 航线设计：应以测区为主要覆盖对象，航线方向与测区分布方向保持统一，避免过多转弯导致有效航时减少。
- c) 飞行高度设置：空间分辨率宜为 0.8 cm~1.5 cm，应注意评估测区内障碍物高度，飞行高度不应小于障碍物高度。
- d) 航片重叠率设置：推荐航向 70%~75%，推荐旁向 70%~75%。
- e) 航速设置：监测灰旱獭洞时，为兼顾高分辨率影像与飞行效率，通常建议无人机巡航速度控制在 3 m/s ~5 m/s 范围内；其中地形平坦、旱獭洞口较大时可适当提高至 5 m/s ~7 m/s 以提升覆盖效率，而在地形复杂或需获取更细节图像时则应降低至 2 m/s ~3 m/s，以最大程度减少运动模糊并保证图像质量
- f) 飞行状态检查：查看指示栏是否可安全飞行，待接受到的卫星数达到 7 颗以上并完成记录返航点，如果有提示须校准 IMU 和指南针，根据情况设定或调整返航高度。

D.3 影像处理

影像数据导入与预处理：对原始航拍影像进行质量筛查，剔除不合格影像；转换为JPG、RAW或TIFF等格式；检测航向与旁向重叠率达到70%以上；依据GPS/RTK数据设定坐标系统，并整理飞行日志。

影像空中三角测量：利用软件自动提取和匹配影像特征点，计算每张影像的外方位元素；采用最小二乘法校正重叠区域误差，生成高精度加密点云数据。生成数字表面模型与正射影像：基于点云数据生成DSM，通过软件自动插值计算高程并滤除噪声；对影像进行正射纠正、色彩均衡及无缝拼接，按研究区域裁剪影像，剔除冗余数据。

D.4 灰旱獭洞穴识别阈值分割参数设置

D.4.1 影像分割

将数据影像数据处理软件，采用多尺度分割算法分割影像，将航拍影像分为植被、裸地、旱獭洞、其他四类。

参数设置为：分割尺度20，形状因子0.2，紧致度0.8。

D.4.2 特征提取

对每个分割对象提取以下特征：

- a) 光谱特征：红、绿、蓝及近红外波段的亮度值均值、最小值以及归一化植被指数；
- b) 纹理特征：利用灰度共生矩阵计算每个分割后对象的对比度、能量和最大化差异度量；
- c) 几何特征：计算每个对象的像元个数、边缘长度。

D.4.3 阈值分割规则设定

基于提取的特征数据，采用阈值分割方法对影像对象进行分类，样本量 ≤ 50 个。具体要求如下：

- a) 灰旱獭洞穴：要求亮度值 < 140 ；像元个数 < 100 ；蓝波段最小像元值 < 50 ；边缘长度 < 80 ；最大化差异度量 > 0.16 ；
- b) 裸地：要求归一化植被指数 < 0.2 ；亮度值 > 100 ；对比度介于15至85；能量介于5.5至6.5；
- c) 植被：要求归一化植被指数 > 0.3 ；
- d) 其他：非旱獭洞、非裸地、非草地。

D.5 精度评定步骤

D.5.1 验证数据采集

验证数据可以基于实地调查、目视解译方式获取。所有样本在研究区内随机均匀分布，每类不少于50个，确保验证数据的可靠性。

D.5.2 数据处理与混淆矩阵构建

将采集的验证点数据导入GIS软件，并提取分类图像的类别属性，构建混淆矩阵。

D.5.3 精度计算

基于混淆矩阵计算总体精度、用户精度、生产者精度及Kappa系数。要求总体精度 $\geq 80\%$ ，Kappa ≥ 0.75 。

D.5.4 误分类分析

通过混淆矩阵分析灰旱獭洞穴的误分类情况，识别灰旱獭洞穴混淆的可能原因，评估分类规则和特征提取的合理性，为优化分类方法提供针对性依据。

附 录 E
(规范性)
灰旱獭发生程度记录表

E.1 灰旱獭发生程度记录表

表E.1提供了灰旱獭发生程度记录表。

表 E.1 灰旱獭发生程度记录表

行政区属：		地（州、市）	县（市、区）	乡（镇）	村
监测单元编号			调查日期		
调查人员					
调查结果					
无人机 监测点	监测指标	样地 1	样地 2	样地 3	样地 4
	洞穴数量 (个)				
	监测样地面积 (hm ²)				
	洞穴密度 (个/hm ²)				
人工监 测样点	个体数量 (只)				
	洞穴数量 (个)				
洞口系数					
监测单元灰旱獭密度 (只/hm ²)					
发生程度		☐ 轻度发生 ☐ 中度发生 ☐ 重度发生			