



T/CECS G XXXX: 2021

中国工程建设标准化协会标准

Standard of China Association for Engineering Construction
Standardization

公路工程环（水）保验收无人机遥感调查
技术规程

Technical Specification for Unmanned Aerial Vehicle Remote Sensing Survey of
Highway Engineering Environment (Water) Acceptance

（征求意见稿）

中国工程建设标准化协会 发布

Issued by China Association for Engineering Construction Standardization

中国工程建设标准化协会标准

公路工程环（水）保验收无人机遥感调查
技术规程

Technical Specification for Unmanned Aerial Vehicle Remote Sensing Survey of
Highway Engineering Environment (Water) Acceptance

CECS G XXX-XXXX

主编单位：交通运输部公路科学研究所

批准部门：中国工程建设标准化协会

实施日期：202X年XX月XX日

前 言

根据中国工程建设标准化协会公路[2018]30 号文《2018 年第二批协会标准制订、修订计划》的通知的要求，由交通运输部公路科学研究所承担《公路工程环（水）保验收无人机遥感调查技术规程》的制定工作。

本规程明确无人机技术参数、遥感影像获取、信息提取、分析评价等工作内容的要求，为规范公路工程环（水）保验收无人机遥感调查工作，制定本规程。

请各有关单位在执行过程中，将发现的问题和意见，函告本规程日常管理组，联系人：张东（地址：北京市海淀区西土城 8 号；邮编：100088；电话：82022466-876；电子邮箱：421312606@qq.com）以便修订时参考。

主编单位：交通运输部公路科学研究所

参编单位：上海市路政局

上海城建城市运营集团

河北省交通规划设计院

天津水运工程科学研究院

北京公投路达科技有限公司

主编：张 东

主要参编人员：邵社刚、李 青、王 榕、李彦伟、杨俊卿、王赵明、胡建波、袁旻忝、蒋海峰、魏显威、王 健、何勇海、彭 飞、杜晓岱。

目 次

| | |
|-------------------|----|
| 1 总则 | 1 |
| 2 术语和定义 | 2 |
| 3 基本规定 | 4 |
| 4 调查准备 | 10 |
| 5 无人机遥感调查 | 11 |
| 6 无人机调查数据处理 | 15 |
| 7 质量检查 | 17 |
| 8 成果提交 | 18 |
| 9 附录 | 19 |

征求意见稿

1 总则

1.0.1 为落实国家环境保护政策要求，适应公路交通行业发展需求，提升公路工程环（水）保验收信息化水平，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于无人机在公路工程环（水）保验收中的现场调查，辅助公路工程环保竣工验收、水保设施验收。

1.0.3 公路工程环（水）保验收无人机遥感调查除应符合本规程的规定外，应符合国家和行业现行有关标准的规定。

【条文说明】1.0.4 现行有关标准有《建设项目竣工环境保护验收技术规范 公路》（HJ 552—2010）、《水利部水土保持设施验收技术评估工作要点》（水保监便字[2016]第 20 号）、《生产建设项目水土保持技术标准》（GB50433）、《无人机数字航空摄影测量与遥感外业技术规范》（GDEILB007）等。

1.0.4 无人机航拍应遵守国家现行相关管理规定。

【条文说明】1.0.4 现行相关管理规定《中华人民共和国飞行基本规则》、《通用航空飞行管理条例》、《民用无人驾驶航空器管理办法暂行规定》以及地方管理部门实时发布的禁飞通告等。

2 术语和定义

2.1 遥感 remote sensing (RS)

不接触物体本身，用传感器收集目标物的电磁波信息，经处理、分析后，识别目标物、揭示其几何、物理特征和相互关系及其变化规律的现代科学技术。

2.1 无人机 unmanned aerial vehicle (UAV)

由动力驱动、机上无人驾驶的航空飞行器的简称。它通常由机体、动力装置、航空电子电气设备、任务载荷设备等组成。

2.2 无人机系统 unmanned aircraft system (UAS)

以无人机为主体，配有相关的分系统，能执行特定任务的一组设备。无人机系统通常由无人机机体、任务载荷设备、无线电测控与信息传输分系统、地面站指挥控制站、发射与回收系统、保障与维修分系统等组成。

2.3 地面控制站 ground control station

用于实现任务规划、链路控制、飞行控制、载荷控制、航迹显示、参数显示、图像显示和载荷信息显示以及记录和发布等功能的设备。

2.4 传感器 sensor

收集、探测、记录遥感对象的电磁波辐射、反射或散射特性的器件或装置。

2.5 地面分辨率 ground resolution

影像分辨率对应地面尺寸。

2.6 设计资料矢量化 design information vectorization

将公路工程设计资料进行空间化和图形化处理，包括空间配准、边界勾绘和属性录入，最终获得具有空间地理坐标信息和属性信息的矢量文件的过程。

2.7 扰动地表 disturbed surface

因生产建设活动挖填、占压、翻扰以及其他扰动方式破坏了原有植被、改变了原有地形或表层物质物理性状的土地。

2.8 无人机环境监测 UAV environmental monitoring

利用无人机搭载光学相机、红外相机、成像光谱仪、机载雷达等任务载荷，对水环境、大气环境、生态环境等进行航空遥感监测，获取环境遥感影像并进行处理、专题信息提取和分析应用。

2.9 环境敏感路段 environmentally sensitive sections

公路穿越生态环境敏感区、声环境敏感点集中区域的路段，包括水源保护区、风景名胜、自然保护区、森林公园等在内的需特殊保护区地区，包括天然湿地、珍稀动植物栖息地或特殊生境、天然林、热带雨林等在内的生态敏感与脆弱区，包括人口密集区、文教区等在内的社会关注区。

2.10 水土流失防治责任范围 Scope of responsibility for soil erosion prevention and control

建设单位依法应承担水土流失防治义务的区域。

3 基本规定

3.1 调查内容

公路工程现状、路域生态环境现状、环保设施、水保设施等指标内容，包括：

3.1.1 环境敏感目标

调查工程影响区域内环境敏感目标的情况，包括数量、类型、分布、变更情况。

3.1.2 永久占地

调查工程永久占土地情况，包括占地类型、占地面积。

3.1.3 临时占地

调查施工便道、场站、施工营地等的位置、占地面积、恢复措施。

3.1.4 扰动地表

调查施工扰动地表分布、占地类型、面积。

3.1.5 取、弃土（渣）场

调查取、弃土（渣）场的位置、占地类型、占地面积，土石方数量。

3.1.6 绿化工程

调查绿化工程的位置、绿化面积。

3.1.7 水土保持工程措施

调查水土保持工程防护措施（包括边坡植被防护、弃渣场挡墙、截排水沟、沉砂池等）的位置、措施类型。

3.1.6 林草覆盖率

调查项目水土流失防治责任范围内林草类植被面积占总面积的百分比。

3.2 调查原则

3.2.1 无人机遥感调查方法应符合国家有关技术规范要求。

3.2.2 充分利用已有资料，并与实地踏勘、现场调研、现状调查相结合。

3.2.2 根据项目特征，突出重点、兼顾一般。

3.3 工作流程

3.3.1 资料收集、整理

明确调查项目的分布区域，收集整理施工图文件、施工进度、地形图、影像资料等，以及环境敏感区、取弃土场等临时工程、环境影响评价报告、水土保持方案等相关资料。

3.3.2 空域申请报备

了解调查区域的地形地貌、水系情况、交通情况、建筑物及构筑物等，对收集到的资料进行核查，初步选定航拍的起降平台和相控点。调查范围应符合我国航空飞行器管理要求，调查前应向相关部门收集空管区域的划设情况，了解区域空管要求，禁止突破机场障碍物控制面、飞行禁区、未经批准的限制区及危险区等。

需要申请空域许可的，在开展调查任务前完成空域申请工作。

3.3.3 无人机选型，加载装备

选取适用的无人机系统，根据调查内容，配备相应的传感器设备。

3.3.4 航线规划，制定方案

针对拍摄区域，制定航飞方案，规划航飞航线，保证航拍质量和角度，合理安排航飞次数。

3.3.5 处理数据，分析结果

采取目视解译与监督分类解译相结合的方法，分析解译统计拍摄调查区域的环（水）保验收的调查内容。

3.4 无人机设备要求

3.4.1 飞行高度

相对航高一般不超过 1000m。

3.4.2 续航能力

无人机的续航时间不小于 0.5h。

3.4.3 抗风能力

无人机应具备 4 级风力条件下安全飞行的能力。

3.4.4 飞行速度

无人机作业巡航速度一般不超过 120km/h。

3.4.5 自动驾驶仪

航路点存储数量不少于 250 个，曝光点的存储数量不少于 3000 个。

3.4.6 导航定位 GNSS

- a) GNSS 数据输出频率应不小于 4Hz;
- b) 可使用双天线 GNSS 导航和自动修正旋角;
- c) 可使用带数据存储功能的双频 GNSS 差分定位或精密单点定位来计算实际曝光点坐标。

3.4.7 惯性测量装置

可使用惯性测量装置辅助内业空中三角测量计算。

3.4.8 测控范围

无人机环境遥感监测系统应配备数传电台和地面测控站，测控半径应不小于 10km。

3.4.9 任务载荷

无人机搭载任务载荷（含稳定装置）的能力应不小于 2kg。

3.4.10 起降性能

无人机应具备不依赖机场起降的能力。

3.4.11 性能要求

a) 飞行姿态控制稳度：侧滚角误差小于 $\pm 2^\circ$ ，俯仰角误差小于 $\pm 2^\circ$ ，偏航角误差小于 $\pm 6^\circ$ ；

b) 航迹控制精度：偏航距小于 $\pm 20\text{m}$ ，航高差小于 $\pm 20\text{m}$ ，直线航迹弯曲度小于 $\pm 5^\circ$ 。

3.4.12 其他要求

无人机飞行作业应遵守我国空域管理部门的相关规定。

3.5 任务载荷系统

任务载荷系统包括光学相机、视频传输系统、红外相机、成像光谱仪、差分 GPS (DGPS)、惯性测量装置 (IMU) 等传感器及配套设备，具备单载荷独立工作和多载荷协同工作能力。

3.5.1 光学相机

a) 有效像素不低于 1500 万；

-
- b) 存储量不小于 32G;
 - c) 感光度不低于 ISO100;
 - d) 影像获取速率优于 1 幅/s;
 - e) 相机镜头应为定焦镜头;
 - f) 最高快门速度应不低于 1/1000s。

3.5.2 视频传输系统

用于机载视频数据的获取、传输和显示，主要由机载摄像机、视频发射/接收机、视频发射/接收天线、显示计算机等组成。

其性能要求如下：

- a) 视频图像为全动态 DVD 品质，不低于 92 万像素 (1280*720)，每秒不低于 25fps;
- b) 视频传输距离不小于 10km (无遮挡情况下);
- c) 视频图像传输速率不低于 1Mbps;
- d) 视频图像传输误码率小于 1×10^{-5} ;
- e) 视频图像延时小于 50ms。

3.5.3 红外相机

- a) 像元数大于 320×280 ;
- b) 热灵敏度小于 100mK;
- c) 测量精度小于 $\pm 3K$;
- d) 图像传输速率不低于 40HZ。

3.5.4 成像光谱仪

- a) 像元数大于 480×480 ;

-
- b) 波段数大于 150;
 - c) 光谱分辨率优于 10nm;
 - d) 帧频不低于 50fps。

3.5.5 DGPS/IMU

- a) 定位精度优于 0.8m;
- b) 速度精度优于 0.08m/s;
- c) 加速度精度优于 0.05m/s²;
- d) 陀螺偏速小于 0.1deg/hr。

3.5.6 其它任务载荷

根据不同环保任务需求选择相应的无人机任务载荷。

4 调查准备

4.1 资料准备与分析

开始调查前,首先需要明确无人机遥感调查区域概况、调查目标,收集项目施工图资料、环境敏感区、取弃土场等临时工程、环境影响评价报告、水土保持方案等;了解调查区域的地形地貌、水系情况、交通情况、建筑物及构筑物等。

4.2 现场勘察

开展任务前,对调查区域进行现场勘察,重点了解与航拍相关的地物、气象条件、高程变化、交通情况等,为航拍任务规划提供依据。

4.3 航拍任务规划

对收集到的资料进行核查,根据调查任务目标,初步选定航拍的起降平台和路线规划。

调查任务应符合我国航空飞行器管理要求,航拍前应向相关部门收集空管区域的划设情况,了解区域空管要求,明确是否需要开展空域申报工作,禁止突破机场障碍物控制面、飞行禁区、未经批准的限制区及危险区等。

建立任务实施的组织管理机制,规定任务执行所需人员数量并明确人员分工。

5 无人机遥感调查

5.1 技术要求

5.1.1 任务载荷

根据无人机遥感调查目标的不同,选择可以获取目标信息并满足精度要求的任务载荷。

5.1.2 地面分辨率

根据无人机环境遥感调查制图要求,综合考虑图像用途、飞行区域地形条件、制图精度、制图周期、经济成本等因素确定无人机作业地面分辨率。

5.1.3 航线分区划分

根据作业区域的自然地理特征,利用已有的地图、遥感影像、DEM 等资料,对作业区域的形状与空间分布特征等进行分析,选择最优方案:

- a) 应对作业区域摄影全覆盖;
- b) 航摄分区内的地面高差应小于 $1/6$ 相对航高。

5.1.4 航线敷设

航线一般按东西向平行于图廓线敷设,特殊条件下亦可按南北向或沿线路、河流、海岸等方向敷设;

5.1.5 时相选择

a) 无人机遥感调查应选择作业区域最有利的气象条件,尽量避免地表植被和其他覆盖物(如积雪、洪水、扬尘等)对作业的不利影响,确保图像能够真实显现地物细节;

b) 无人机遥感调查时，应保证具有充足的光照度；

c) 在沙漠、戈壁等区域执行任务时，正午前后 2 小时内可见光传感器不应开展作业；

d) 陡峭山区和高层建筑物密集区域应在正午前后 2 小时内作业。

5.1.6 红外摄影选择与拍摄要求

5.1.6.1 红外摄影选择

无人机遥感调查需要计算植被覆盖率时，需要进行红外摄影拍摄。

5.1.6.2 拍摄要求

利用精确控制的地面人工靶标，拍摄前必须对多光谱相机进行辐射定标。

5.1.7 飞行质量要求

5.1.7.1 像片重叠度

a) 航向重叠度一般不小于 30%；

b) 旁向重叠度一般不小于 20%。

5.1.7.2 像片倾角

像片倾角一般小于 5° ，最大不超过 12° 。

5.1.7.3 像片旋角

像片旋角一般不大于 15° 。

5.1.7.4 作业区边界覆盖

航向覆盖超出作业边界线应不少于两条基线，旁向覆盖超出作业边界线应不少于像幅的 50%。

5.1.7.5 飞行记录填写

每次飞行结束，应填写无人机遥感调查飞行记录表。

5.2 航拍设计

5.2.1 无人机起降场地选取

根据无人机起降方式的不同，选取适合的起降场地。非应急情况下，无人机起降场地应满足以下要求：

a) 距离机场及军事敏感区须在 10km 以上；

b) 远离人口密集区，半径 200m 范围内不能有高压线、高大建筑物、重要设施等；

c) 附近应无正在使用的雷达站、微波中继、无线通信等干扰源。在不能确定的情况下，应测试信号的频率和强度，如对系统设备有干扰，须另选起降场地。

5.2.2 现场环境背景数据采集

通过采集环境背景数据，判断现场环境是否适合无人机飞行。环境背景数据主要包括：

a) 环境敏感点、风险源等；

b) 地形地貌、海拔高度；

c) 云高、云量、光照、能见度；

d) 风向、风速；

e) 温度、湿度；

f) 电磁环境和雷电。

5.2.3 飞行前检查

每次飞行前，须逐项检查无人机的地面测控站、任务载荷、飞行

平台、电池、动力系统、电气系统等设备。每项内容须两名操作员交叉检查。检查地面测控站并记录检查结果，存在问题的应注明。

5.3 保障措施

5.3.1 人员保障

无人机遥感调查应配备业务指导人员、无人机操控手、地面站工程师、机械师、影像处理和信息提取人员、司机等后勤保障人员。

5.3.2 设备保障

无人机遥感调查应配备飞行平台、任务载荷、地面测控设备、通讯设备、图像处理系统、个人防护用品等。

征求意见稿

6 无人机调查数据处理

无人机遥感调查内业工作主要包括航空遥感影像处理、专题信息提取等。

6.1 影像处理

主要包括无人机影像快速拼接、精细拼接及拼接质量要求。

6.1.1 快速拼接

通过机载位置和姿态数据对影像进行姿态计算和校正，快速自动匹配生成具有投影信息的拼接影像。主要过程自动完成，较少人工干预。

6.1.2 精细拼接

利用无人机影像处理软件，定义任务载荷参数、内外方位元素及相关信息，计算图像金字塔，进行空中三角测量，完成无人机数据的精细拼接，形成正射影像等成果。

6.1.3 拼接影像质量要求

a) 影像应清晰，层次丰富，反差适中，色调柔和；应能辨认出与地面分辨率相适应的细小地物；

b) 拼接影像应无明显模糊、重影和错位现象。

6.1.4 影像纠正处理

a) 几何纠正，无人机影像结合 POS 数据进行空三加密，逐一正射纠正单幅影像。

b) 辐射纠正，根据构建的高阶多项式方程，计算系数矩阵，构建校正模型并对待校正影像进行校正。

6.2 专题信息提取

在无人机遥感影像拼接的基础上,结合调查区其他环境背景数据,根据调查目标,提取环境敏感信息并进行分析,编制无人机环境遥感调查专题图和报告。专题信息提取方法主要包括人工目视解译和自动信息提取。

6.2.1 人工目视解译

根据遥感影像目视解译标志(色调、颜色、阴影、形状、纹理、大小、位置、图型、相关布局等)和工作人员的解译经验,结合多种非遥感信息资料,运用地学、环境学、生态学等相关知识,从遥感影像中获取需要的环境敏感目标、永久占地、临时占地、取、弃土(渣)场、绿化工程等指标信息。

6.2.2 自动信息提取

利用遥感影像处理软件的自动信息提取功能,根据地物的波谱、纹理等特征,提取需要的环境敏感目标、永久占地、临时占地、取、弃土(渣)场、绿化工程、以及林草覆盖率指标信息。

7 质量检查

7.1 应对公路工程环（水）保无人机遥感调查结果的正确性、合理性和完整性进行质量检查。

7.2 应抽取不少于调查区域总面积 20%的信息提取成果进行质量检查；检测样本应均匀分布，兼顾不同地形地貌类别。

征求意见稿

8 成果提交

8.1 公路工程环（水）保无人机遥感调查应提交调查技术总结、数据成果及专题图件。

8.2 技术总结说明无人机系统参数及数据处理方法，信息提取结果，公路工程环（水）保无人机遥感调查成果汇总表与明细表，质量检查与验收情况等。

8.3 数据成果应包括信息提取的环境敏感目标、永久占地、临时占地、取、弃土（渣）场、绿化工程的矢量数据和属性数据。

8.4 专题图件应包括各指标信息的成果展示图与统计分析图。

9 附录

| 编号 | 使用时间 | 飞行地点 | 任务 | 起飞时间 | 降落时间 | 飞行时间 | 累计时间 | 操作员 |
|----|------|------|----|------|------|------|------|-----|
| 1 | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | |

征求意见稿



征求意见稿