T/CECS G X：XXX—2023

中国工程建设标准化协会标准

Standard of China Association for Engineering Construction Standardization

公路水土保持无人机监测技术规程

Technical Specification for Highway Soil and Water Conservation Monitoring By UAV

征求意见稿

中国工程建设标准化协会　发布

Issued by China Association for Enigineering Construction Standardization

中 国 工 程 建 设 标 准 化 协 会 标 准

公路水土保持无人机监测技术规程

Technical Specification for Highway Soil and Water Conservation Monitoring By UAV

T/CECS G：XXXX-2023

主编单位：交通运输部科学研究院
交科院环境科技（北京）有限公司

发布机构：中 国 工 程 建 设 标 准 化 协 会

实施日期：202X 年 XX 月 XX 日

征求意见稿

人民交通出版社股份有限公司

北 京

前　　言

根据中国工程建设标准化协会公路分会《关于开展 2019 年第二批中国工程建设标准化协会标准（CECS G）制修订项目编制工作的通知》（中建标公路〔2019〕169 号）的要求，由交通运输部科学研究院、交科院环境科技（北京）有限公司作为主编单位承担《公路水土保持无人机监测技术规程》（以下简称“本规程”）的制订工作。

编写组在总结多年来公路建设项目水土保持无人机监测工作经验和相关科研成果的基础上，以完善和提升公路水土保持监测技术为核心，完成了本规程的编写工作。

本规程分为 6 章和 2 个附录，主要内容包括：1 总则、2 术语、3 基本规定、4 监测准备、5 无人机航测、6 水土保持监测，附录 A 航测记录表、附录 B 成果清单表。

本规程的某些内容可能直接或间接涉及专利，本规程的发布机构不承担识别这些专家的责任。

本规程基于通用的低空遥感理论及原则编制，适用于本规程提出的应用条件。对于某些特定专项应用条件，使用本规程相关条文时，应对适用性及有效性进行验证。

本规程由中国工程建设标准化协会公路分会负责归口管理，由交通运输部科学研究院负责具体技术内容的解释，在执行过程中如有意见或建议，请函告本标准日常管理组，中国工程建设标准化协会公路分会（地址：北京市海淀区西土城路 8 号，邮编：100088，电话：010-62079839，传真：010-62079983，电子邮箱：shc@日 riho.cn）或交通运输部科学研究院（地址：北京市朝阳区惠新里 240 号，邮编：100029；联系人：赵俊喜；电话 010-58278857，电子邮箱：280405779@qq.com），以便修订时研用。

主 编 单 位： 交通运输部科学研究院、交科院环境科技（北京）有限公司

参 编 单 位：

主　　编：

主要参编人员：

主　　审：

参与审查人员：

参 加 人 员：

征求意见稿

目　次

1　总则 1
2　术语 2
3　基本规定 3
3.1 一般规定 3
3.2 技术流程 3
4　航测准备 5
4.1 资料收集 5
4.2 航测准备 5
4.3 无人机检查 5
5　无人机航测 6
5.1 一般规定 6
5.2 像控点 6
5.3 航测要求 7
5.4 影像处理 8
5.5 影像质量 8
5.6 影像成果 8
6　水土保持监测 10
6.1 一般规定 10
6.2 扰动面积 10
6.3 弃土（石、渣）场 10
6.4 取土（石、砂）场 11
6.5 水土保持措施 11
6.6 水土流失危害 11
附录 A 航测记录表 13
附录 B 成果清单表 14
本规程用词用语说明 15

征求意见稿

1 总则

1.0.1 为规范公路建设项目无人机水土保持监测工作，提高监测成果质量，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于各等级公路建设项目无人机水土保持监测。

1.0.3 公路建设项目水土保持监测工作中宜采取先进技术手段，提高水土保持监测质量和水平。

1.0.4 水土保持无人机监测应体现我国无人机设计和生产的发展水平和技术的先进性。

1.0.5 公路建设项目水土保持无人机监测技术除应符合本规程外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

征求意见稿

2　术语

2.0.1 无人机　unmanned aerial vehicle

空机重量不超过 4 千克且最大起飞重量不超过 7 千克，最大平飞速度不超过 100 千米/小时，具备符合空域管理要求的空域保持能力和可靠被监视能力，全程可以随时人工介入操控的多旋翼无人驾驶航空器。可称轻型多旋翼无人机。不包括微型无人驾驶航空器。

2.0.2 垂直摄影　vertical photography

无人机搭载的数码相机镜头以与垂线夹角不大于 3°的角度、近乎垂直地对航测区域进行拍摄。主要用于采集地物顶部信息。

2.0.3 倾斜摄影　oblique photography

无人机搭载的数码相机镜头以与垂线夹角大于 3°的角度对航测区域进行拍摄。可用于采集地物侧面信息。

2.0.4 像控点　image control point

摄影测量前在测区内布设的可以明确辨认的真实坐标点，可用于后期对无人机航测出的坐标点进行矫正。

2.0.5 航测影像　aerial photography image

利用无人机上携带的传感器、摄影仪，从空中对地面目标进行摄影获得的反映地物状态、具有测量属性的图像。

征求意见稿

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 无人机飞行范围应符合我国航空飞行器管理要求，飞行前应向相关部门收集空管区域的划设情况，了解监测区域空管要求，禁止突破空中禁区以及周边空域、军用航空超低空飞行空域、以及划设为管制空域等。

3.1.2 水土保持监测应执行《生产建设项目水土保持监测与评价标准》（GB/T51240）及《生产建设项目水土保持监测规程（试行）》（办水保[2015]139号）相关规定。

3.1.3 无人机航测应执行《低空数字航空摄影测量外业规范》（CH/Z 3004）及《低空数字航空摄影测量规范》（CH/Z 3005）等相关规定。

3.2 技术流程

3.2.1 公路建设项目水土保持无人机监测航测流程主要包括承接任务、监测准备、外业航测、影像处理、数据提取与验证等，详见如图 3.2.1。

3.2.2 提取航测成果后，应按照《生产建设项目水土保持监测规程（试行）》（办水保[2015]139 号）要求开展相应的水土保持监测工作。

征求意见稿

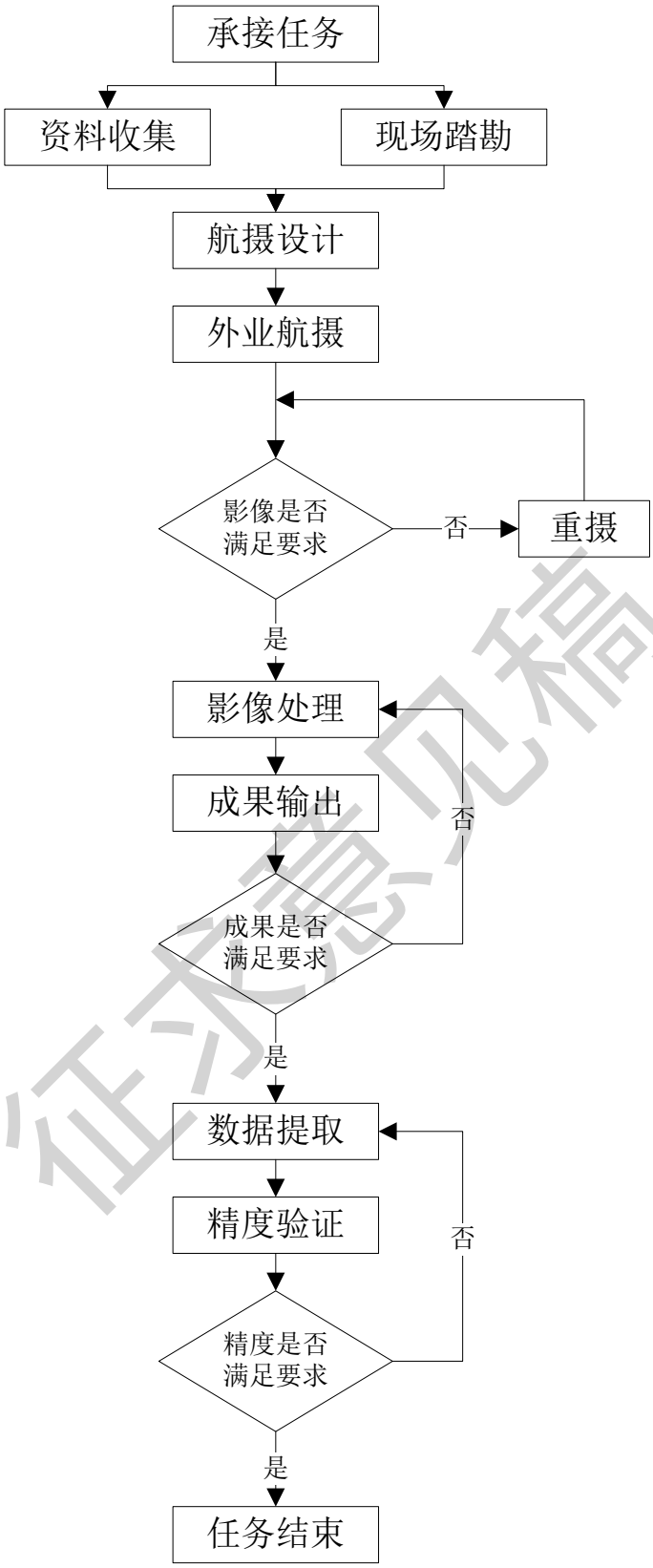

图 3.2.1 公路水土保持无人机监测航测流程

征求意见稿

4 航测准备

4.1 资料收集

4.1.1 应收集公路建设项目设计、施工相关资料。

4.1.2 应收集公路建设项目水土保持方案报告书及批复文件。

4.1.3 应收集监测区域地形地貌、水系、交通、建（构）筑物分布情况。

4.1.4 宜收集监测区域地形图、遥感影像。

4.1.5 应收集监测范围内已有的控制点、控制网等基础控制资料。

4.2 航测准备

4.2.1 飞行前应遵循相关空域管理规定，获得有关空域管理部门的飞行批准文件。操控人员应持有无人机操控执照，具备熟练操作无人机的能力。

4.2.2 无人机监测前，应进行测区踏勘，了解测区内起降场地、较高建筑物/构筑物、危险源等相关情况，确保飞行安全。

4.2.3 飞行前应进行航线规划,填写航测记录表，参见附录 A

4.3 无人机检查

4.6.1 检查遥控器、智能飞行电池是否电量充足。

4.6.2 检查螺旋桨是否正确安装。

4.6.3 检查电源开启后相机和云台是否正常工作。

4.6.4 检查周边环境飞行是否安全。

征求意见稿

5 无人机航测

5.1 一般规定

5.1.1 无人机性能应能够满足水土保持监测的需求：

1 能实现飞行姿态、飞行高度、飞行速度的稳定控制。

2 续航时间大于 15 分钟。

3 抗风能力应大于 4 级。

4 实用升限高度大于 100m。

5 可切换手动控制模式和自动控制模式。

6 具备 GPS/INS 惯性导航功能。

7 可实时获取或估计剩余续航时间。

8 可在起飞前检测传感器、能源、动力单元等安全相关模块的状态及限飞区域，采取告警、阻止起飞、限制飞行高度等保护措施。

9 可在自动控制模式下按预设航线飞行。

5.1.2 相机性能应能够满足水土保持监测需求：

1 照片清晰、分辨率不低于 1m。

2 相机镜头应为定焦镜头，且对焦无限远。

3 传感器有效像素不小于 1000 万像素。

4 最高快门速度不低于 1/1000s。

5 存储器一般大于 16GB。

5.1.3 飞行环境要求：

1 大风（风速五级及以上）、下雪、下雨、有雾天气等恶劣天气下请勿飞行。

2 选择开阔、周围无高大建筑物的场所作为飞行场地。

3 飞行时，请保持在视线内控制，远离障碍物、人群、水面等。

5.2 像控点

5.2.1 像控点优先选取测区内已有的基础控制点，必要时对收集到的基础控制点进行复核检测，确保资料真实、有效。

征求意见稿

5.2.2 像控点数量应根据监测区域面积合理确定，均匀布设，满足水土保持监测的精度要求。

5.2.3 选取的像控点应在航测影像上易于辨别，与监测区域大部分的颜色反差强烈，直观醒目，必要时可以使用红油漆、白石灰等人为设置。

5.2.4 像控点宜选择平坦地形布设，避免遮挡。

5.3 航测要求

5.3.1 航高应符合下列规定：

1 根据数码相机航拍影像分辨率和监测精度要求，结合航测范围内地物高度及操控人员飞行经验确定。

2 同一航线上相邻像片的航高差不得大于 30 m；最大航高与最小航高之差不得大于 50 m。

5.3.2 边界范围应符合下列规定：

1 航向覆盖范围应超出监测区域边界线不少于 1 条基线。

2 旁向覆盖范围应超出拟监测区域边界线不少于单幅影像的 50%，最少不少于像幅的 30%。

5.3.3 像片重叠边界范围应符合下列规定：

1 像片航向重叠度宜为 60%~90%，最小不应小于 53%。

2 旁向重叠度宜为 15%~60%，个别最小不应小于 8%。

5.3.4 像片倾斜角不宜大于 2°，最大不宜超过 3°。

5.3.5 航线方向一般情况下航线按东西向直线飞行。特定条件下亦可按照地形走

征求意见稿

向作南北向飞行或沿线路、河流等任意方向飞行。

5.3.6 摄影方式根据监测对象和监测成果要求选定，可以选择垂直摄影或者倾斜摄影，必要时采用两种摄影方式进行航拍。

5.4 影像处理

5.4.1 影像处理流程包括：影像筛选、辐射校正、预处理、配准、拼接镶嵌、成果图输出等。

5.4.2 通过专业软件对航片添加、对齐、建立密集云点、生成三维网格、网格纹理、建立模型、输出数据等。

5.4.3 成果图制作按现行《低空数字航测与数据处理规范》（GB/T 39612）相关要求执行。

5.4.4 根据水土保持监测对象的范围，对成果图影像进行裁剪、输出，作为水土保持监测成果的一部分，供下阶段数据提取分析使用。

5.5 影像质量

5.5.1 航测影像应清晰直观、反差适中、色彩鲜明，应能辨认出与地面分辨率相适应的细小地物影像。

5.5.2 影像上不应有云、烟、大面积反光、污点等缺陷。

5.5.3 拼接影像应无明显模糊、重影、错位、拼接痕迹。

5.6 影像成果

5.6.1 正射影像图 DOM，用于提取位置、长度、面积等平面信息。

5.6.2 数字高程模型 DEM，用于提取土石方量等体积信息。

征求意见稿

5.6.3 瓦片地图 Map Tile，与卫星影像互动地图结合，可以用于水土保持风险分析。

5.6.4 数字影像处理成果的投影、坐标系、高程基准执行现行《水土保持遥感监测技术规范》（SL592）相关要求。

征求意见稿

6 水土保持监测

6.1 一般规定

6.1.1 水土保持监测内容和要求应执行现行《生产建设项目水土保持监测与评价标准》（GB/T 51240）相关规定。

6.1.2 监测数据提取采用人机交互方式，利用软件对处理后的航测影像图进行坐标、长度、面积、体积等进行测量。

6.2 扰动面积

6.2.1 监测对象包括公路路基、桥梁、隧道、施工便道等线型扰动目标，及互通立交、附属设施、取土场、弃渣场、施工生产生活区等点型扰动目标。

6.2.2 监测内容包括扰动范围、面积及其变化情况等。

6.2.3 监测频次应达到施工前开展 1 次，施工期每年不少于 1 次，竣工验收前开展 1 次。

6.2.4 监测方法使用计算机输出的 DOM 影像图，在计算机中勾绘扰动区域边界，利用计算机软件计算边界围成区域的面积。

6.3 弃土（石、渣）场

6.3.1 监测对象包括弃土（石、渣）场、临时堆土场等。

6.3.2 监测内容包括弃土（石、渣）场数量、位置、方量、防治措施、距离重要设施相对位置、汇水面积等。

6.3.3 监测频次应到达每个月不少于 1 次，水土保持措施不少于 3 个月 1 次。

6.3.4 监测方法将地图瓦片嵌入卫星影像互动地图，识别场址的位置，使用计

征求意见稿

算机输出的 DOM 影像图提取汇水面积、重要设施目标和相对距离、水土保持措施。使用计算机输出的 DEM 影像图，在计算机中勾绘场址边界，利用软件计算体积。

6.3.5 下游影像距离弃土（石、渣）不少于 1km。

6.4 取土（石、砂）场

6.3.1 监测对象包括取土（石、砂）场。

6.3.2 监测内容包括取土（石、砂）场数量、位置、方量、防治措施、汇水面积等。

6.3.3 监测频次应到达每个月不少于 1 次，水土保持措施不少于 3 个月 1 次。

6.3.4 监测方法将地图瓦片嵌入卫星影像互动地图，识别场址的位置，提取汇水面积、水土保持措施。使用计算机输出的 DEM 影像图，在计算机中勾绘场址边界，利用软件计算体积。

6.5 水土保持措施

6.5.1 监测对象包括工程措施、植物措施和临时措施等。

6.5.2 监测内容包括措施类型、位置、数量等。

6.5.3 监测频次应不少于每个季度 1 次，重点区域应每月监测 1 次。

6.5.3 监测方法包括使用计算机输出的 DOM 影像图，结合实地调查，在计算机中勾绘措施所在位置，利用计算机软件计算措施的长度，得到措施的数量。

6.6 水土流失危害

6.6.1 监测对象包括公路建设项目对周边水土流失危害。

征求意见稿

6.6.2 监测内容包括对主体工程、重要设施、生态敏感区等造成危害的方式、数量、程度。

6.6.3 监测频次应在水土流失危害发生后 1 周内完成。

6.6.4 监测方法包括将地图瓦片嵌入卫星影像互动地图，识别水土流失影响范围内敏感对象分布位置，分析潜在水土流失风险。使用计算机输出的 DOM 影像图，在计算机中勾绘产生危害区域的边界。

征求意见稿

附录 A 航测记录表

表 A 航测记录表

项目名称			
项目分区		地理坐标	
航测人		航测时间	
无人机型号		天气情况	
航测方式		绝对航高（m）	
航向重叠度		旁向重叠度	
航测区地表情况			
航测轨迹示意图			
航测影像编号			
填表说明	1 无人机编号由航测单位自行编制； 2 航测区地表情况包括地形地貌、实施的水保措施、植被生长情况等。		

征求意见稿

附录 B 成果清单表

表 B 成果清单表

项目名称				
项目分区		地理坐标		
航测时间		数据处理时间		
成果归档时间		成果归档人员		
序号	项目	数量	完整程度	备注
1	成果清单			纸质、电子文档
2	原始航飞影像			电子文档
3	正射影像图			电子文档
4	数字高程模型图			电子文档
5	监测成果汇总			纸质、电子文档

征求意见稿

本规程用词用语说明

1 本规程执行严格程度的用词，采用下列写法：

1） 表示很严格，非这样做不可的用词，正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2） 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词，正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3） 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词，正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4） 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2 引用标准的用语采用下列写法：

1） 在标准总则中表述与相关标准的关系时，采用“除应符合本规程的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定”。

2） 在规程条文及其他规定中，当引用的标准为国家标准和行业标准时，表述为“应符合《××××××》(×××)的有关规定”。

3） 当引用本规程中的其他规定时，表述为“应符合本规程第×章的有关规定”、“应符合本规程第×.×节的有关规定”、“应符合本规程第×.×.×条的有关规定”或“应按本规程第×.×.×条的有关规定执行”。

征求意见稿

引用标准目录

本标准的引用标准主要有以下标准：

生产建设项目水土保持监测与评价标准》（GB/T 51240）

生产建设项目水土保持监测规程（试行）（办水保[2015]139 号 ）

水土保持遥感监测技术规范（SL592-2012）

生产建设项目水土保持技术标准（GB50433-2018 ）

轻小型多旋翼无人机飞行控制欲导航系统通用要求（GB/T 38997）

低空数字航空摄影测量内业规范（CH/Z 3003 ）

低空数字航空摄影测量外业规范（CH/Z 3004）

低空数字航空摄影规范（CH/Z3005）

1:500 1:1000 1:2000 地形图航空摄影规范（GB 6962 ）

无人机数字航空摄影测量与遥感外业技术规范（GDEILB007）

征求意见稿