

附件 4

HJ

中华人民共和国国家生态环境标准

HJ□□□-202□

入河（海）排污口排查整治

无人机遥感航测技术规范

Technical specification for UAV aerial survey for inspection and

treatment at sewage outlets into environmental water bodies

（征求意见稿）

202□-□□-□□发布

202□-□□-□□实施

生态环境部

发布

目 次

前 言.....	ii
1 适用范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 工作流程.....	2
5 飞行准备.....	3
6 飞行实施.....	6
7 数据处理.....	7
8 质量控制要求.....	9
9 成果提交要求.....	9
附录 A（规范性附录）飞行记录表.....	12
附录 B（规范性附录）可见光/热红外/倾斜摄影飞行区域信息统计表.....	13

前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国水污染防治法》《中华人民共和国海洋环境保护法》《中共中央国务院关于全面加强生态环境保护坚决打好污染防治攻坚战的意见》等，防治环境污染，改善生态环境质量，规范和指导我国开展入河（海）排污口排查工作，制定本标准。

本标准规范了入河（海）排污口排查整治无人机航测的工作流程、飞行准备、飞行实施、数据处理、质量控制、成果提交等相关要求。

本标准为首次发布。

本标准的附录 A、附录 B 为规范性附录。

本标准由生态环境部生态环境执法局、法规与标准司组织制订。

本标准主要起草单位：生态环境部卫星环境应用中心、生态环境部华南环境科学研究所、清华大学环境学院。

本标准生态环境部 202□年□□月□□日批准。

本标准自 202□年□□月□□日起实施。

本标准由生态环境部解释。

入河（海）排污口排查整治 无人机遥感航测技术规范

1 适用范围

本标准规定了入河（海）排污口排查整治无人机航测的工作流程、飞行准备、飞行实施、数据处理、质量控制、成果提交等相关要求。

本标准适用于利用无人机航摄系统开展入河（海）排污口的第一级排查工作。

2 规范性引用文件

本标准引用了下列文件或其中的条款。凡是注明日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本标准。凡是未注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB/T 24356	测绘成果质量检查与验收
GB/T 39610-2020	倾斜数字航空摄影技术规程
CH/Z 3003	低空数字航空摄影测量内业规范
CH/Z 3004	低空数字航空摄影测量外业规范
CH/T 9008.3	基础地理信息数字成果 1:500、1:1000、1:2000数字正射影像图
HJ □□□	入河（海）排污口三级排查技术指南

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1 入河（海）排污口 sewage outlets into environmental water bodies

直接或者通过管道、沟、渠等排污通道向环境水体排水的口门。

3.2 无人机 unmanned air vehicle (UAV)

一种由动力驱动、机上无人驾驶、可重复使用的航空器，具有遥控、半自主、自主三种飞行控制方式。

3.3 无人机航摄系统 unmanned air vehicle aerial photography system

以无人机为飞行平台、以影像传感器为任务设备的航空遥感影像获取系统。

3.4 定位定向系统 position and orientation system (POS)

利用全球卫星导航系统（GNSS）和惯性测量装置（IMU）直接确定传感器空间位置和姿态的集成技术。

3.5 数字正射影像图 digital orthophoto map (DOM)

对无人机、卫星等像片进行数字微分纠正和镶嵌，按一定图幅范围裁剪生成的数字正射影像集。它是同时具有地图几何精度和影像特征的图像。

3.6 倾斜数字航摄影 oblique digital aerial camera

由一个垂直相机和多个倾斜相机组成，对地面进行多个视角摄影的数字航摄设备与器械。

3.7 第一级排查 Level 1 inspection

基于遥感影像解译识别疑似排污口和可疑区域的工作。

4 工作流程

4.1 利用无人机航摄系统获取入河（海）排污口排查范围的可见光影像数据和沿河工业集聚区、人口集聚区等重点区域的热红外影像和倾斜摄影数据，对影像数据进行处理并生成数字图像成果。

4.2 入河（海）排污口排查整治无人机遥感航测主要工作包括飞行准备、飞行实施、数据处理、质量控制要求及成果提交要求，具体如图 1 所示。

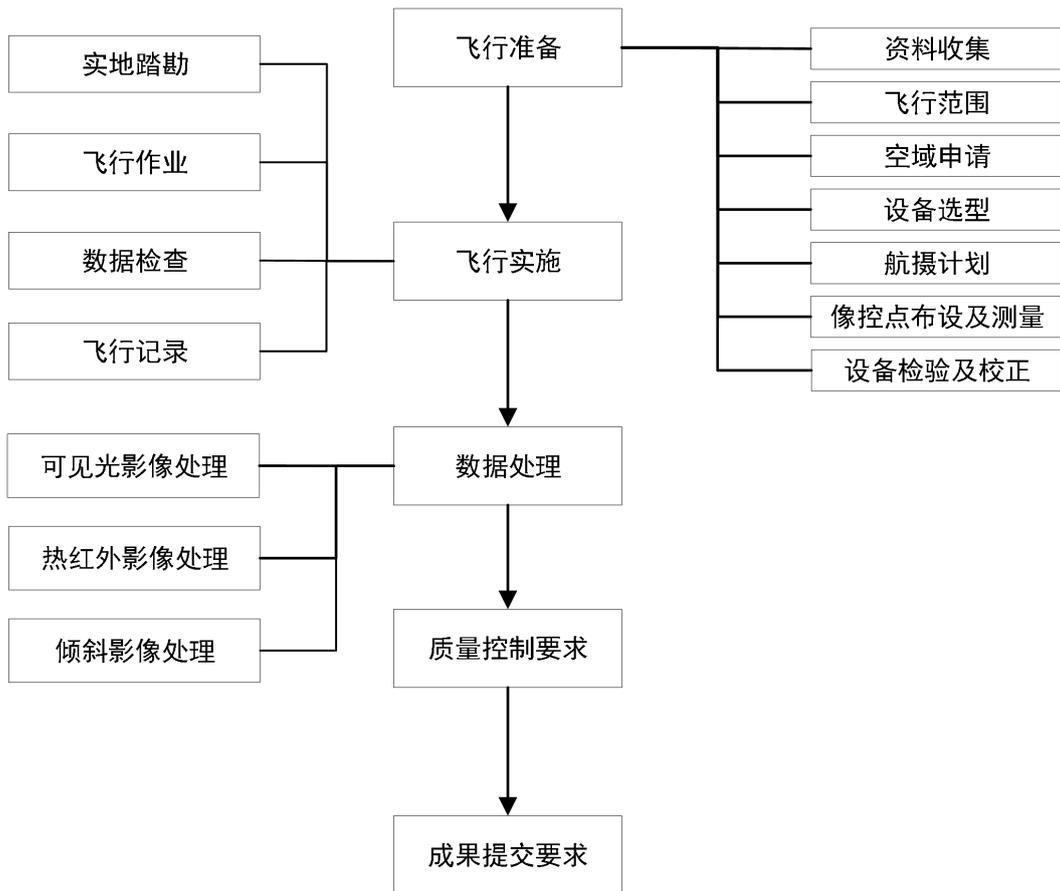


图 1 入河（海）排污口排查整治无人机遥感航测工作流程

5 飞行准备

5.1 资料收集

无人机航摄作业前，应收集相关资料。主要包括：

- a) 卫星影像资料、地形图、交通图、行政区划图、水系图等；
- b) 入河（海）排污口设置规划图、城市排水系统图、农田排水系统图、工业园区（集聚区）规划、水环境功能区划图等；
- c) 排查范围内的机场、重要设施等情况；
- d) 排查范围气候条件等。

5.2 飞行范围

5.2.1 可见光数字正射影像范围

a) 针对河流，以河流两侧现状岸线为基准向水、陆两侧适当延伸，其中向水一侧延伸不小于 100 m；针对湖泊，以湖泊现状岸线为基准向水、陆两侧适当延伸，其中向水一侧延伸不低于 100 m；针对海域，以实际海岸线为基准向海、陆两侧适当延伸，其中向海一侧延伸不低于 200 m；

b) 河（湖）心洲、沿河（湖）岸线滩涂湿地可根据实际情况全覆盖；近海岸岛屿以实

际岸线为基准向水、陆两侧适当延伸；

c) 有监测断面的入海河流，监测断面以下入海河流岸线需纳入飞行范围；无监测断面入海河流，可根据实际情况自河流入海口处追溯不少于 5 km 岸线纳入飞行范围；

d) 沿河（海、湖）工业集聚区根据实际情况以河（海、湖）岸线为基准向陆一侧延伸至覆盖整个工业集聚区；

e) 可根据实际情况适当扩大或缩小飞行范围；

f) 对于特殊地形或航空管制等原因无法开展飞行作业的区域，可用最新的高分辨率卫星影像作为替代。

5.2.2 热红外影像范围

a) 工业园区、工业集聚区等重点区域水系岸线；

b) 人口集居区、城市排水系统规划重点区域；

c) 其他要求待入河（海）排污口三级排查技术指南发布后从其规定。

5.2.3 倾斜摄影范围

a) 峡谷、悬崖以及容易被林木、构筑物等遮挡的水系岸线区域；

b) 河流、湖泊、海岸线的垂直堤坝区域；

c) 其他要求待入河（海）排污口三级排查技术指南发布后从其规定。

5.3 空域申请

无人机飞行前需向空域管理部门申请临时飞行空域，经批准后方可开展飞行作业。

5.4 设备选型

5.4.1 无人机系统

无人机系统由飞行平台和任务载荷组成。飞行平台包括机体、动力系统、电气系统以及其他保证飞行平台正常工作的设备和部件；任务载荷包括可见光相机、热红外相机、倾斜数字航摄仪及配套的 POS 系统。

5.4.2 飞行平台

飞行平台的主要性能指标需满足以下要求：

a) 任务载重应大于 2 kg；

b) 实用升限高于海拔 3000 m；

c) 抗风能力大于 5 级；

d) 在-10℃~55℃温度环境中能正常工作。

5.4.3 任务载荷

5.4.3.1 可见光相机主要性能指标要求

a) 相机镜头应为定焦镜头，且对焦无限远；

b) 有效成像尺寸不低于 36 mm×24 mm；

- c) 成像探测器面阵应不小于 2000 万像素；
- d) 最高快门速度应不低于 1/1000 s；
- e) 真彩色影像每通道的灰度记录范围不低于 12 bit；
- f) 镜头与相机机身，以及相机与成像探测器稳固连接。

5.4.3.2 热红外相机主要性能指标要求

- a) 热红外传感器像素数不低于 640×480 px；
- b) 温度测量范围不小于-10 °C~100 °C；
- c) 温度灵敏度（温度分辨率）小于等于 0.2 °C；
- d) 测温精度需在±2 °C范围之内；
- e) 镜头与相机机身，以及相机与成像探测器稳固连接。

5.4.3.3 倾斜数字航摄仪主要性能指标要求

倾斜数字航摄仪满足 GB/T 39610-2020 中 5.1 的要求。

5.4.3.4 POS 系统主要性能指标要求

POS 系统与可见光相机、热红外相机以及倾斜数字航摄仪配合使用，为影像数据提供精确的位置信息，其主要性能指标需满足以下要求：

- a) 能输出位置和姿态测量参数；
- b) 姿态测量精度优于 0.5°。

5.5 航摄计划

飞行实施前，需在明确任务范围、飞行平台、任务载荷、目标精度的基础上，制定详细的实施计划。航摄计划应包含航摄分区、航线敷设等内容。

5.5.1 航摄分区

航摄分区的制定应遵循以下原则：

- a) 河流、海岸线等按飞行架次分区，工业区、岛屿等分区界限应与图廓线相一致；
- b) 分区内的地形高差一般不大于 1/6 摄影航高；
- c) 在地形高差符合 b) 条规定，且能够确保航线的直线性的情况下，分区的跨度应能完整覆盖整个摄区；
- d) 当地形高差突变，地形特征差别显著或有特殊要求时，可以破图廓划分航摄分区。

5.5.2 航线敷设

航线敷设的制定应遵循以下原则：

- a) 航线沿河流、海岸线等方向敷设；
- b) 工业集聚区等大范围区域沿东西向平行于图廓线直线飞行，特殊情况下亦可沿南北向飞行；
- c) 可见光影像：航向重叠度为 60%~80%，最小应不小于 53%，旁向重叠度为 15%~60%，最小应不小于 8%；

- d) 热红外影像：航向重叠度及旁向重叠度在可见光影像要求的基础上增加 5%~10%；
- e) 倾斜数字航摄影像：航向重叠度及旁向重叠度按照 GB/T 39610-2020 中 6.2.7 的要求执行；
- f) 航向覆盖超出作业边界线不少于两条基线；
- g) 旁向覆盖超出作业边界线不少于相幅的 50%；
- h) 进行水域、海区摄影时，应避免像主点落水。

5.6 像控点布设及测量

像控点布设及测量按照 CH/Z 3004 中的要求执行。

5.7 设备检验及校正

飞行实施之前应对所有设备进行检验和校正，满足下列要求后方可使用：

- a) 所有设备外观、结构完整；
- b) 相机与 POS 系统稳定、牢固固定于飞行平台上；
- c) 所有连接线正常、稳固连接；
- d) 相机镜头无遮挡并擦拭干净；
- e) 油箱（电池）容量满足至少一个飞行架次；
- f) 所有设备通电测试后工作正常；
- g) 热红外相机在使用前进行过标定。

6 飞行实施

6.1 实地踏勘

飞行作业前需对测区进行实地踏勘，了解测区内的基本情况，如地形地貌、地表植被以及周边的机场、重要设施、道路交通、工业布局、人口密度等信息，并选择合适的起降点。

6.2 飞行作业

飞行作业需满足以下条件方可开展：

- a) 每次飞行作业前，需仔细检查设备的状态是否正常；
- b) 飞行作业应避免大雾、霾等能见度低的气象条件，以及各种覆盖物（如积雪、洪水、扬尘等）的不利影响；
- c) 不同地形太阳高度角要求，平地 $>20^\circ$ ，丘陵 $>30^\circ$ ，山地 $>45^\circ$ ；
- d) 飞行作业应选择在低潮位时期和枯水期等窗口时间开展作业；
- e) 航迹控制精度的偏航距 $<\pm 10\text{ m}$ ，航高差 $<10\text{ m}$ ；
- f) 按 6.4 的要求做好飞行记录。

6.3 数据检查

每个架次的飞行结束后，应立即检查影像及 POS 数据的数量和质量，对于不符合要求的数据，需及时补飞。检查的内容包括：

- a) 影像数量和预估的数量基本一致;
- b) 影像数据和 POS 数据一一对应;
- c) 影像目视清晰、纹理结构正常、反差适中、色调柔和,能够辨认出与影像分辨率相适应的细小地物;
- d) 影像上不应有大面积的云、云影、烟、大面积反光、污点等缺陷;
- e) POS 数据值在正常范围内。

6.4 飞行记录

每个飞行架次结束后应填写飞行记录,飞行记录表见附录 A。所有飞行结束后,完成可见光/热红外/倾斜摄影飞行区域信息统计并填写可见光/热红外/倾斜摄影飞行区域信息统计表,具体要求见附录 B。

7 数据处理

7.1 可见光影像数据处理

7.1.1 影像预处理

7.1.1.1 格式转换

为了方便后续处理,在不损失几何信息和辐射信息的前提下,将航摄原始数据进行格式转换。

7.1.1.2 畸变差改正

基于相机畸变系数,可利用专业软件对原始影像进行畸变差改正;也可利用摄影测量软件在空中三角测量阶段进行畸变差改正。

7.1.1.3 图像增强

为提高数据处理精度及影像解译精度,可对原始数据进行图像增强处理。

7.1.2 空中三角测量

空中三角测量按 CH/Z 3003 的相关要求执行。

7.1.3 定向建模

定向建模按 CH/Z 3003 的相关要求执行。

7.1.4 数字高程模型制作

数字高程模型制作按 CH/Z 3003 的相关要求执行。

7.1.5 数字正射影像图制作

7.1.5.1 纠正

采用数字微分纠正的方法。纠正选择的影像之间应有足够的非水域重叠区域,以保证镶

嵌的完成。

7.1.5.2 匀色

对影像进行色彩、亮度和对比度的调整和匀色处理。匀色处理应缩小影像间的色调差异，使色调均匀，反差适中，层次分明，保持地物色彩不失真。水域部分处理在不影响入河（海）排污口解译的前提下可适当放宽要求。

7.1.5.3 镶嵌

检查镶嵌的接边精度是否满足 CH/T 9008.3 的规定，如果接边处为水域，可适当放宽要求。

7.1.6 产品要求

- a) 区域范围等符合入河（海）排污口排查整治要求；
- b) 影像清晰，色调色彩均匀；
- c) 可见光影像分辨率满足优于 0.1 m 要求；
- d) 各类参数（坐标系统、投影参数、起止点坐标等）符合 CH/T 9008.3 要求；
- e) 平面位置中误差满足平地、丘陵地 2.5 m，山地、高山地 3.75 m；
- f) 与相邻影像的接边误差不大于 2 个像元。

7.2 热红外影像数据处理

7.2.1 热红外数据预处理

热红外数据预处理按照 7.1.1.1 及 7.1.1.2 要求执行。

7.2.2 数字正射影像图制作

7.2.2.1 纠正

利用 DEM 数据，采用数字微分纠正的方法。纠正选择的影像之间应有足够的非水域重叠区域，以保证镶嵌的完成。

7.2.2.2 镶嵌

检查镶嵌的接边精度是否满足 CH/T 9008.3 的规定，如果接边处为水域，可适当放宽要求。

7.2.3 产品要求

产品要求满足 7.1.6 中 a)、b)、d) 规定。

7.3 倾斜影像数据处理

7.3.1 数据预处理

倾斜影像数据预处理按 7.1.1.1 要求执行。

7.3.2 产品要求

倾斜影像产品要求满足 7.1.6 中 a)、b)规定。

8 质量控制要求

8.1 原始影像

以目视方式检查，要求影像完整，纹理清晰，反差、色调适中。

8.2 可见光数字正射影像图质量检查

质量检查主要包括：

- a) 以目视的方式检查影像，是否存在拼接错位、模糊、扭曲变形、重影等现象；
- b) 是否满足 7.1.6 要求；
- c) 其他要求参考 GB/T 24356 相关内容。

8.3 热红外数字正射影像图质量检查

质量检查主要内容满足 8.2 a) 及 7.2.3 要求。

8.4 倾斜影像产品质量检查

质量检查主要内容满足 8.2 a) 及 7.3.2 要求。

8.5 质量检查结果处理

在质量检查中发现质量问题时，应及时提出处理意见，提交产品生成部门进行修正。当问题较多或性质问题较严重时，可要求补飞或将部分或全部产品退回数据处理部门重新处理，再次进行最终检查并填写检查记录。

9 成果提交要求

9.1 成果数据的组织及命名

9.1.1 飞行成果数据结构组织

a) 以飞行架次为单位组织，即一个飞行架次目录由原始影像目录、POS 数据目录、像控点目录、像控点照片目录及影像产品目录组成，各目录下存储其对应的数据体文件（其结构形式见图 2）；

b) 数据体文件为原始影像、POS 数据、像控点数据、像控点照片及影像产品；

c) 对于倾斜影像成果，原始影像目录和影像产品目录下再设置一层目录，即第三级目录，其目录数量与飞行使用的倾斜数字航摄仪中的相机数量保持一致；

d) 对于热红外影像成果，不包括像控点目录和像控点照片目录。

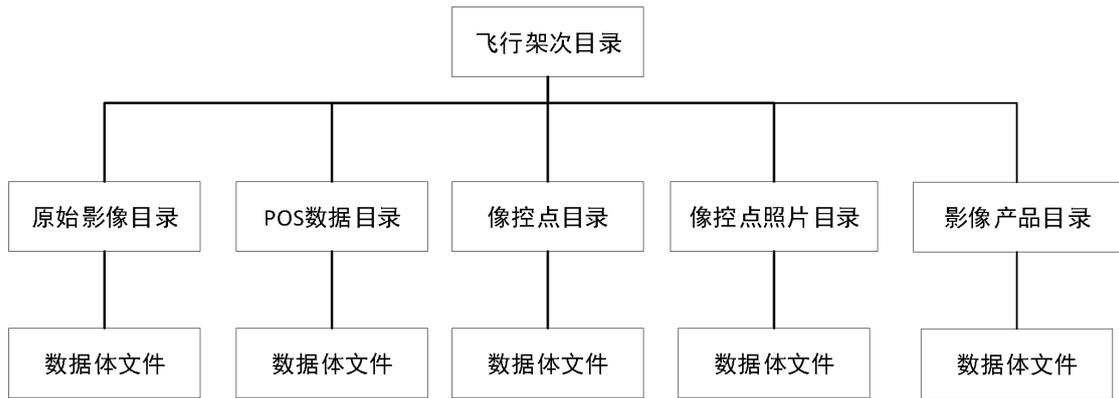


图 2 成果数据文件组织结构

9.1.2 各目录及数据体文件命名规则

a) 飞行架次目录按照 XXX-AAAABBCC-XXX-XX 的编号规则编制目录名称，各部分含义见图 3。

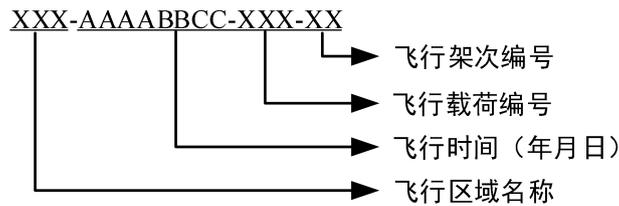


图 3 成果数据文件夹命名规则

b) 飞行载荷编号按照飞行载荷首字母缩写命名，即可见光载荷编号为 KJG，热红外载荷编号为 RHW，倾斜数字航摄影编号为 QX；

c) 倾斜摄影成果中，三级目录按照相机编号命名，即垂直相机编号为 01，倾斜相机编号为 02、03、……；

d) 原始影像目录按照数据体类型命名，即原始影像，其数据体文件按照顺序命名，开始为 0001；

e) POS 数据目录按照数据体类型命名，即 POS 数据，其数据体文件按照飞行架次目录命名；

f) 像控点目录按照数据体类型命名，即像控点，其数据体文件按照飞行架次目录命名；

g) 像控点照片目录按照数据体类型命名，即像控点照片，其数据体文件按照顺序命名，开始为 0001；

h) 影像产品目录按照数据体类型命名，即影像产品，其数据体文件按照飞行架次目录命名。

9.2 成果的内容

上交的成果应经检查验收后，交下一工序使用。上交的成果应准确、清楚、齐全，包括：

- a) 成果清单；
- b) 飞行范围文件，为 shapfile 矢量格式；
- c) 飞行记录表，为原版复印件及电子扫描件；
- d) 飞行区域信息统计表；
- e) 相机检校参数报告，为原版复印件及电子扫描件；
- f) 飞行成果数据，存储于移动存储设备内；
- g) 可见光数字正射影像产品精度报告，为 PDF 格式；
- h) 其他相关资料。

附录 A
(规范性附录)
飞行记录表

表 A.1 飞行记录表

日期:

时间: 从 时 分 到 时 分

测区	测区名称		测区编号		地形地貌	
航摄系统	品牌		型号		自驾仪	
	电台型号		云台型号		起降方式	
载荷	品牌		型号		光圈大小	
	焦距		像元大小		感光度	
	是否检校					
影像数据	影像数量		飞行时间航		拍摄方向	
	航线数		相对航高		绝对航高	
	航向重叠		旁向重叠		地面分辨率	
天气	天气状况		水平能见度		垂直能见度	
机组人员 姓名	飞控手			地面站		
	组长			参与人员		
航线飞行示意图						
备注:						

附录 B
(规范性附录)

可见光/热红外/倾斜摄影飞行区域信息统计表

表 B.1 可见光/热红外飞行/倾斜摄影区域信息统计表

流域/海域名称				无人机品牌及型号	
载荷品牌及型号				地面分辨率	
飞行起止时间					
序号	水系名称	行政区划	岸线长度 (km)	航测面积 (km ²)	边界位置 (起止点)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
合计					