

## 二、项目简介

### 项目简介（限1000字）

长期以来，入河排污口排查工作一直以人员野外现场核查为主，存在着效率较低，准确性较差，成本过高等问题。对此，上海市测绘院提出了基于多元近景遥感数据，结合高分辨率正射影像、热红外数据、多光谱数据，利用人工智能手段实现排污口的自动化识别。该技术满足信息化、自动化的工作要求，有效推进了排污口的规范整治，为改善长江生态环境质量提供保障。本项目主要开展了以下几个方面的工作：

（1）采集制作高分辨率正射影像图。经过影像融合，影像纠正，影像拼接，影像调色、影像坐标转换等流程，最后提交正射影像图；

（2）多源数据影像融合。将正射影像图、热红外影像、多光谱数据进行时空上的融合；

（3）采用深度学习方法进行排污口自动识别。根据上海市生态环境局提供的已有排污口位置信息，选择大量的不同类型的排污口影像作为样本进行训练，然后将训练好的模型应用到本次无人机采集制作的高分辨率正射影像中，从而实现明显排污口的自动识别；

（4）利用热红外影像识别排污口。通过无人机搭载热成像传感器进行航拍获取热红外影像，对沿陆水域进行水温反演分析，根据反演数据获得的水温差异发现疑似的隐藏排污口；

（5）利用多光谱影像识别排污口。依据水体中不同化学物质的光谱特性的差异性，通过无人机采集水体的多光谱影像，同时在地面利用地面光谱仪采集水体本征光谱特征，并利用传统方法采集水体样品。构建光谱数据与水质参数的反演数学模型，实现水质的定量化分析，最后通过水质污染规律发现疑似排污口。

通过上述研究，本项目：

（1）拓展了近景遥感技术的应用范围，对多源数据进行融合，完成一个发明专利，完成多光谱校正软件，实现排污口排查工作的信息化；

（2）基于人工智能方法实现排污口自动化识别提取，完成了排污口自动识别软件编写，大大提高了工作效率，减少人力物力，经济效益显著；

（3）全面考虑排污口特点及污染物属性，基于热污染和水质情况，综合利用热红外数据和多光谱数据进行排污口的排查，避免出现漏查情况。

（4）对上述技术的延伸扩展与进一步的细化研究，可进一步转化成系统技术，并进行推广，为同类型工作的顺利开展提供强有力的技术支持，社会效益显著。

### 三、科技创新

科技创新（限5000字）

#### 1. 立项背景

良好生态环境是实现中华民族永续发展的内在要求，是增进民生福祉的优先领域。开展长江流域生态隐患和环境风险调查评估，划定高风险区域，从严实施生态环境风险防控措施，扎实推进长江入河排污口排污整治，切实做好长江入河排污口排查整治相关资料整合工作。入河排污口排查整治是根本改善长江生态环境质量的基础工作，是压实各方治污责任的关键。

2019年3月，国家生态环境部下发了《长江入河排污口排查整治专项行动工作方案》，要求采用三级排查的模式开展排污口排查整治工作。第一级排查是利用多种技术手段，按照“全覆盖”的要求开展技术排查，分析辨别疑似入河排污口；第二级排查是组织人员对发现的疑似排口进行徒步现场排查；第三级排查是组织业务骨干对疑点难点问题重点攻坚。

传统排污口排查方法多采用人工野外巡查方法，按照“全覆盖”的要求开展技术排查所需的人力物力巨大，成本高、任务繁重，并且部分排污口不可接近，易产生漏检现象。针对这一问题，本项目结合三级排查模式的要求，采集制作高分辨率正射影像、热红外影像和多光谱影像，利用人工智能技术，基本实现排污口的自动化识别，大大减少了排污口检查的工作量，实现了信息化、自动化的要求，经济和社会效益显著。

#### 2. 科技含量

##### 2.1 总体思路

入河排污口调查的主要任务和目标是全面掌握排污口的位置，排污种类及主要污染物浓度，并对监测结果进行科学评价，为排污口的管理提供科学依据。

本项目从排污口的特点入手，考虑一般的排污口有明显的形状结构，对于这类排污口，可以采集制作高分辨正射影像图，利用人工智能中的深度学习的方法进行自动化识别。对于隐蔽的排污口，从排出的污染物属性角度考虑，来识别排污口。首先是污染物温度，利用污染物与水源温差来识别；第二是利用污染物成分，利用不同水质的光谱性差异来识别排污口。本项目最终通过外业核查，验证了上述技术路线的可靠性。

##### 2.2 技术方案

(1) 制作高分辨率正射影像，人工智能自动识别排污口。将获取的航片进行影像融合，影像纠正，影像拼接，影像调色、影像坐标转换等处理，获得高分辨率多光谱正射影像。根据上海市生态环境局提供的已有排污口位置信息在影像中进行标记，选择大量的不同类型的排污口作为样本，采用人工智能中深度学习的方法进行训练，实现自动化识别排污口。

(2) 热红外影像探测隐蔽疑似排污口。利用人工智能方法只能识别在影像上有明显形状特征的排污口，对于隐蔽的或形状结构不明显的排污口，本项目采用热红外影像数据进行识别。采用无人机航飞获得的监测区热红外影像，测定出地物各点的温度，并能迅速绘制出地物的温度分布图。通过无人机搭载热成像传感器进行航拍获取热红外影像，对沿陆水域进行水温检测分析，根据水温差异发现疑似的隐藏排污口。

(3) 多光谱影像探测隐蔽疑似排污口。对于水温变化不明显的区域，以上方法都会造成排污口的漏检，因此，本项目从水质情况的角度入手。不同地物有不同的光谱特性，可以利用光谱特性的差异建立相应的地物光谱数据库从而来判别地物。用传统方法采集水体样品，利用无人机采集水体的多光谱影像，同时在地面利用地面光谱仪采集水体本征光谱特征，确保三类数据采集的时效性相当，空间位置可匹配。其中水体样品采集后，采用传统水质检测手段获取水体的精准水质参数，用于低空遥感数据的标定与检核，确保低空遥感数据用于动态水质检测时的数据质量可靠，精度可评定。构建光谱数据与水质参数的反演数学模型，实现水质的定量化分析，通过水质情况来判别疑似排污口。

通过三种手段获取排污口的精确位置信息，判定排污口污染类型，最后通过野外实地调查，进行解译精度的验证，实现对排污口位置和类型的监测与制图。

## 2.3 关键技术

(1) 多源影像的融合。传统热红外影像分辨率低，精度差，达不到排污口排查的要求，因此，将航飞获取到的正射影像图、热红外影像和多光谱数据进行融合，提高热红外影像和多光谱数据的分辨率，保证三类数据的时效性和空间一致性。由于正射影像分辨率较高，而热红外影像与多光谱影像分辨率较低，给数据融合造成了一定难度。本项目以正射影像图为基准，确认匹配基准，计算融合参数，完成三类影像的融合工作。

(2) 深度学习，自动识别处排污口。深度学习作为一种近年来新诞生的机器学习方法，目前已经成为人工智能领域最为热门的研究方向。为准确快捷地识别明显的入河排污口，针对高分辨率正射影像，采用了深度学习方法进行排污口自动识别。以2018年年初采集的全市0.1米航空影像为基础，根据上海市生态环境局提供的已有排污口位置信息，选择大量的不同类型的排污口影像作为样本进行训练，然后将训练好的模型应用到本次无人机采集制作的高分辨率正射影像，从而实现明显排污口的自动识别。

(3) 利用热红外影像测定隐藏排污口。入河排污口中的污染源通常具有温度高、排量大、持续排放等特点，排入河流后随水流扩散，会形成水平、垂直方向的温度分布。而热红外影像是通过热红外探测器搜集地物辐射出的热红外辐射通量，经过能量转换而变成人眼能看到图像。根据热红外影像，可以测定出地物各点的温度，并能迅速绘制出地物的温度分布图。通过无人机搭载热成像传感器进行航拍获取热红外影像，对沿陆水域进行水温检测分析，根据水温差异发现疑似的隐藏排污口。

(4) 构建水质参数反演模型，建立光谱库，实现排污口识别。水体中不同化学物质（总磷、总氮、氨氮等）的光谱特性是有差异的，通过无人机采集水体的多光谱影像，同时在地面利用地面光谱仪采集水体本征光谱特征，并利用传统方法采集水体样品；然后构建光谱数据与水质参数的反演数学模型，实现水质的定量化分析；最后通过水质污染规律发现疑似排污口。

## 2.4 实施效果

(1) 社会和经济效益

本项目以无人机为平台，快速、灵活地采集多类型遥感数据，综合使用深度学习算法、热红外影像分析、多光谱水质反演等技术手段，旨在实现入河排污口的快速识别发现。利用制作出的高精度正射影像图，结合上海市生态环境局提供的已有排污口位置信息，在影像中进行标记，选择大量的不同类型的排污口作为样本，采用人工智能中深度学习的方法进行训练，实现自动化识别有明显特征的排污口。对于隐藏的排污口，首先利用热红外影像图，发现有温差的隐藏的疑似排污口。然后利用光谱差异，找到隐藏的疑似排污口。

本项目的顺利完成改变了本市传统的排污口排查作业方式，实现了从外业调查到内业分析的转变，大大提高了排污口排查的效率和精度，减轻劳动强度、降低资金消耗，经济效益显著，对构建全市入河排污口智能化监测体系具有重要意义。

本项目的研究成果具有国内领先性和较高的应用推广价值，可以为全国其它区域的排污口排查工作提供指导和借鉴，社会效益显著。

#### (2) 专利及软件著作权

发明专利名称：一种窄带多光谱相机阵列成像装置（专利号：ZL 2016 1 0161160.3）；

实用新型名称：辐射定标系统（专利号：ZL 2018 2 1980913.4）；

软件名称：同繁多光谱校正软件（软件著作权登记号：2018SR961792）。

#### (3) 科技查新

该项目通过中国科学院上海科技查新咨询中心的检索，检索结果：“该课题研究具有新颖性，并能够产生良好的社会效益和效率，建议进一步推广研究成果的应用，达到了国内领先，国际先进水平。”

#### (4) 科技论文

Zhang, Shuhang & Liu, Chun & Zhou, Yuan. (2019). UAV-Based Gigapixel Panoramic Image Acquisition Planning with Ray Casting-Based Overlap Constraints.

王斯健, 尹玉廷. 基于无人机多源遥感技术的入河排污口排查应用研究。

### 3. 创新点

(1) 建立新的工作模式，完成“天-地-水”数据融合，多维度自动化排查。

利用多源数据，充分结合航空正射影像、热红外影像、地面光谱仪数据、水质数据。利用无人机航拍制作的高精度正射影像图来查找排污口，利用人工智能手段，通过深度学习的方法，利用已有资料，建立训练样本库，实现机器深度学习，实现在正射影像中自动识别排污口的功能。充分考虑排污物的特性，如温度变化及污染物化学成分等属性，根据属性特征找到隐藏排污口的识别办法。根据温度变化，利用热红外影像，根据温差差异发现隐藏的排污口；根据水质情况，通过光谱数据和水质参数反演模型，实现水质的定量化分析，通过水质污染规律发现疑似的隐藏排污口。最终实现排污口的全面核查。

(2) “一飞多载”，同时获得多源影像。

无人机同时搭载光学相机、热红外相机和多光谱相机，同时获取正射影像图、热红外

影像和多光谱影像，提高数据获取效率；为实现该技术，定制多光谱传感器。极视窄带可定制敏捷型多光谱成像传感器是自主研发的高光谱分辨率、高空间分辨率多波段低空机载遥感成像系统。该系统具备高空间分辨率、高光谱分辨率、大画幅、高速曝光等特点，能有效形成满足大范围多类遥感产品的生产能力。该系统采用大画幅CMOS传感器，在400nm至1000nm光谱范围内具备稳定高效的量子效率，是保证成像系统高空间分辨率与高光谱分辨率的基础。多光谱成像系统结构采用多传感器搭配多滤镜结构，制造成本低，便于小型化、轻量化。整个传感器系统可根据应用目的、任务量等因素，灵活调整搭载传感器的数量以及观测波段位置，可同时记录400nm至1000nm光谱范围内3至8个不同波段影像，每个波段影像光谱分辨率高达10nm，地物分辨率最高可达1cm/pixel。

利用地面光谱仪对实验水域进行光谱数据采集，利用该光谱数据分析存在最大差异性的波段分别为550 nm 波段600 nm 波段、700 nm波段、750 nm 波段、850 nm波段，基于最大差异性波段，对多光谱传感器进行波段定制，即利用窄带滤镜获得单波段光谱信息。利用该多光谱传感器进行数据采集，得到低空多光谱遥感影像。

### (3) 多光谱水质定量化检测。

水质评价参数是应用遥感技术进行水质参数因子的反演而获得，其成本低，节省人力物力，同时可获得大范围的区域面数据。目前利用遥感技术并不能完全反演所需要的各项水质评价参数，仅能反演叶绿素a浓度和总悬浮物浓度等参数。本项目用传统方法进行水体样品采集后，采用传统水质检测手段获取水体的精准水质参数，建立光谱数据库，利用总磷、总氮、氨氮、化学需氧量、高锰酸盐指数、叶绿素浓度、浊度、悬浮物浓度、酸碱度为参数，进行水质参数的反演，并在此基础上进行水质评价。

### 4. 保密方面

本项目的有关科学技术内容不存在需要保密的内容。

### 5. 国际比较

项目提出利用多源遥感影像自动化识别排污口的技术，拓展了遥感技术的使用范围，建立排污口自动识别算法模型，完成自动化识别软件编写，满足信息化、自动化的工作要求。传统方法采用人工巡查的方式对排污口逐一排查，不仅消耗大量人力物力，还受空间位置和人员资质的限制。本项目利用高分辨率正射影像，结合人工智能中深度学习的方法，达到自动化识别明显排污口的效果。对于隐蔽的排污口，本项目利用热红外影像，发现水域和污染物温差区域，达到识别隐蔽排污口的目的。为全面考虑排污口情况，本项目还结合了多光谱数据，通过不同水质的光谱差异实现隐蔽排污口的排查。该项目在时效上，完成了自动化识别过程，大大提高了工作效率；在效果上，保证了结果的全面性和有效性，结合三类遥感数据，针对不同类型的排污口建立不同的识别方法，避免了隐蔽排污口漏检的情况；在空间上，不受任何环境限制，可解决任何区域的排查问题。

2019年11月，上海市生态环境局对《基于无人机遥感技术的入河排污口排查应用研究》进行了应用和评价。上海市生态环境局专家一致认为：“该成果在技术上支撑了排污口的快速高效、无污染、自动化、信息化巡查的目标，支持了上海市排污口排查任

务的顺利完成，产生了良好的社会效益和可观的经济效益。”同时，项目通过中国科学院上海科技查新咨询中心检索，检索表明：“该课题研究具有新颖性，并能够产生良好的社会效益和经济效率，建议进一步推广研究成果的应用，达到了国内领先，国际先进水平。”

地理信息科技进步奖

## 四、推广应用情况

### 1、推广、应用情况及社会评价（限 2000字）

多源遥感数据应用于排污口排查，技术成果具有新颖性，研究成果已应用于上海市多流域排污口排查工作中。

传统方式以人工实地巡查为主，对人员资质要求较高，受危险区域的限制，成本较高，工作周期长。该技术解决了传统方法存在的问题。该项目利用高分辨率正射影像，结合生态环境局提供的已有排污口位置信息，制作深度学习样本，实现人工智能自动化识别明显排污口的效果。该技术改变了传统作业方式，解决了传统方式时效性差、不经济等问题，提高了工作效率。结合热红外影像，可及时发现热污染区域，通过温差，快速识别隐蔽的疑似排污口。此外，本项目全方位考虑排污口可能存在的位置，通过水质参数反演模型，建立光谱数据库，以光谱差异为识别依据，全面实现排污口的排查工作。

上海市生态环境局采用新的技术方法用于排污口的检查。经使用，该成果在技术上支持了排污口排查工作的快速高效、无污染、自动化、信息化的目标，支持了上海市排污口的排查任务的顺利完成。本项目的顺利完成改变了本市传统的排污口排查作业方式，实现了从外业调查到内业分析的转变。新方法使明显排污口确认工作自动化，及时发现隐蔽排污口，避免了漏查情况，整个过程仅需少量的人工干预，大大提高了排污口排查的效率和精度，减轻劳动强度、降低资金消耗，加快了排污口检查整治的工作进度，对构建全市入河排污口智能化监测体系具有重要意义。

2020年，本项目技术成果将会进一步丰富完善，推广应用到全市市管/区管河道的排污口排查工作中（河道长度超过4000千米），并在此基础上向全国其它区域开展应用示范工作。