

# 基于空间信息的河流污染监控服务系统建设

范玉茹<sup>1</sup> 王战举<sup>2</sup>

1. 61206 部队, 北京;

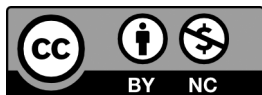
2. 北京航天泰坦科技股份有限公司, 北京

**摘要** | 迅速有效的控制水污染, 提高水资源质量, 保证水资源的可持续开发利用, 对促进经济社会的可持续发展具有重大意义。本文通过对传统水资源污染监控手段以及目前监控系统建设现状的分析, 介绍了基于空间信息的河流污染监控服务系统建设内容、总体设计、功能模块以及实现的关键技术, 系统的研制能够在实践应用中, 能够实现实时、快速、准确的进行河流污染监控。

**关键词** | 空间信息; 遥感; 河流污染监控

Copyright © 2021 by author (s) and SciScan Publishing Limited

This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



水是地球上所有生命赖以生存的根本, 是生态环境的重要因素, 是维持一切生命活动不可替代的基本物质, 不仅是人类生活所必需, 也是人类的生产活动和维持人类生存环境的基本条件。随着人口的增长以及经济社会的快速发展, 水资源的需求量日益增加, 水污染和水资源短缺的问题随之愈演愈烈, 已经严重危害到人民的生产生活。水体污染对工农业生产和人们生活带来严重危害,

作者简介: 范玉茹, 61206 部队, 工程师, 主要研究方向: 数据保障。

文章引用: 范玉茹, 王战举. 基于空间信息的河流污染监控服务系统建设 [J]. 测绘观察, 2021, 3 (4): 159-170.

<https://doi.org/10.35534/go.0304016>

已经成为制约我国社会经济可持续发展的重要因素。

传统的水污染监测主要是采用定点定剖面采样进行水质的化学因子分析, 这样的监测方法需要在水域布置大量的测点才能得到水质分布信息, 而且这种方法测得的水质参数只具有局部和典型的代表意义。面对大尺度的水域时, 传统的监测方法则表现出工作量大、投入大、周期长的缺点。由于遥感影像具有直观明了、宏观性强的特点<sup>[1]</sup>, 能清楚地反映出区域或者整个流域污染现状和空间分布特征。利用空间信息可以观察同一水域的污染历史, 并且对污染趋势进行研究和预测, 为水资源的保护和规划提供准确的信息。

## 1 河流污染监控建设现状

从20世纪80年代初期开始, 经过多年的水污染防治工作, 我国的水污染在一定程度上得到了治理, 但是情况仍然比较严峻。根据国家环保总局《2014年中国环境状况公报》资料表明: 在2014年我国七大水系和浙闽片河流、西北诸河、西南诸河中, 长江、珠江、西北诸河水质辽河, 辽河、淮河、黄河、松花江水质较差, 海河水质差; 主要污染指标为化学需氧量、五日生化需氧量和总磷。我国水环境污染情况还是不容乐观, 水环境污染的防治工作仍然任重道远。

我国已经在长江三峡库首、汉江、黄河、广西桂江等地建成了水质监测预警系统, 但在信息获取与发布、精细化监测、应急监测、应急系统组织等方面还存在如下问题<sup>[2-5]</sup>:

(1) 精细化应急水质监测存在问题。应急监测的目标是采用快捷、有效、精细化的应急监测技术, 迅速、准确地查明污染的来源、种类、程度以及范围, 为控制污染蔓延, 采取应急处理措施提供正确的信息和依据。但目前我国的应急监测还存在不少问题。如: 监测人员缺乏专业培训, 对污染事故敏感性认识不足; 水污染严重, 水质监测任务繁重; 现行监测方法不能满足精细化监测的要求等。

(2) 应急系统组织机构间协调性差。发生突发性水污染事件时, 不能够形

成明确统一的组织形式，水利系统内部在系统组织机构方面尚未建立专门的水污染应急管理机构<sup>[6]</sup>，主要依靠流域管理机构和各省级水行政主管部门及水环境的监测系统。事故的调查处理则涉及水利、环保、交通、公安、城建、通讯等多个部门。各部门缺乏有效的沟通和协调，使得处理应急事件的力量分散，功能难以发挥。

(3) 缺乏及时有效的信息支持。目前处理这类污染事故最大的问题之一就是信息反馈不及时，准确程度低。这种情况给应急处理的实施带来了诸多不便，有时甚至贻误了处理的最佳时机，造成了严重的危害。另外，计算机、网络技术、通讯技术和信息技术未得到有效应用，信息网络化建设滞后，力量分散，低水平重复建设现象严重，造成资源浪费；覆盖面小，技术服务面窄；缺乏资金，技术升级困难。应急处理各方面的数据库尚未建立，信息咨询服务体系不健全，缺乏资源共享<sup>[7]</sup>，这些问题都给应急救援工作增加了难度。

综上所述，在河流污染监控系统的建设方面，需要以卫星影像数据、无人机影像数据、传感器数据及各种专题数据为数据源，结合通信、导航、云计算以及大数据等技术，面向全国河流污染监测，构建基于空间信息的河流污染监控服务系统，实现对内陆河流的污染现状的实时监测，污染区域空间扩散趋势预测，污染源的位置追溯等功能，并对突发灾害的应急联动指挥决策，为后续的应急指挥提供坚实的决策支持。

## 2 基于空间信息的河流污染监控系统建设

### 2.1 系统建设的主要内容

基于空间信息的河流污染监控服务系统采用卫星监测、无人机监测与传感器监测相结合的监测手段（见图1）进行全天候全方位实时监测，针对所有河流实现基于卫星影像河流污染的宏观监控，对于重点地区采用无人机数据实现高精度的污染监控管理，针对核心城市、人畜饮用水源等核心地区，安置无线传感器进行监控，实现空天地一体化空间信息应用河流污染监控服务。系统建

设内容包括基于卫星影像的河流污染监控、重点地区无人机数据的河流污染监控和核心水域无线传感器网络综合监控。

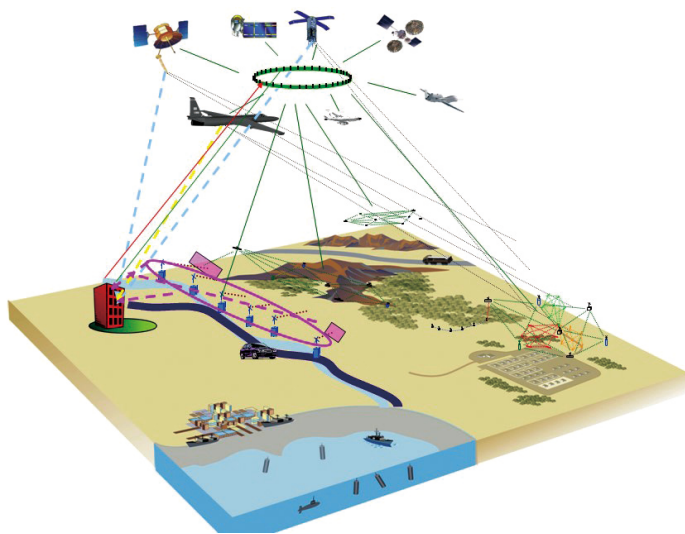


图 1 空天地一体化空间信息应用河流污染监控服务

Figure 1 Air space integration spatial information application river pollution monitoring service

### 2.1.1 基于卫星影像的河流污染监控

利用多时相高分辨率卫星遥感影像,开展全国河流污染遥感监测,结合地理国情普查成果数据、高分遥感影像资料、基础地理信息成果数据以及相关部门的专题数据资料等基础地理信息数据和水质数据等专题资料,开展河流水质动态监测试验,定性化反映监测区水质状况及其变化的宏观监测情况,通过实时的动态监测预测污染物的扩散趋势,并追溯污染源的位置。

### 2.1.2 重点地区无人机数据的河流污染监控

针对水体环境复杂、水域面积相对小且污染类型多样的重点地区,对数据精度要求较高,采用无人机遥感技术进行监测,主要是利用无人机环境遥感技术从宏观上观测水质状况,航拍制作分辨率为 0.1 m 的影像数据进行监测,并实时追踪和监测突发环境污染事件的发展。

### 2.1.3 核心水域无线传感器网络综合监控

针对饮用水源、城市用水等核心水域，设置无线传感器网络监测点，实现与卫星、无人机影像的同步监测，提出了使用无线传感器网络的水污染实时在线监测方案。将无线传感器网络节点布置于所监测水域，协作地感知、采集和处理网络覆盖的地理区域中感知对象的信息，并利用无线分组服务数据通信技术远程将监测数据传送给监控中心，并通过因特网显示平台的监测点管理查询技术，实现对控区对象的科学管理，全面提升系统的自动化与监测水平。

## 2.2 系统的总体设计（如图 2）

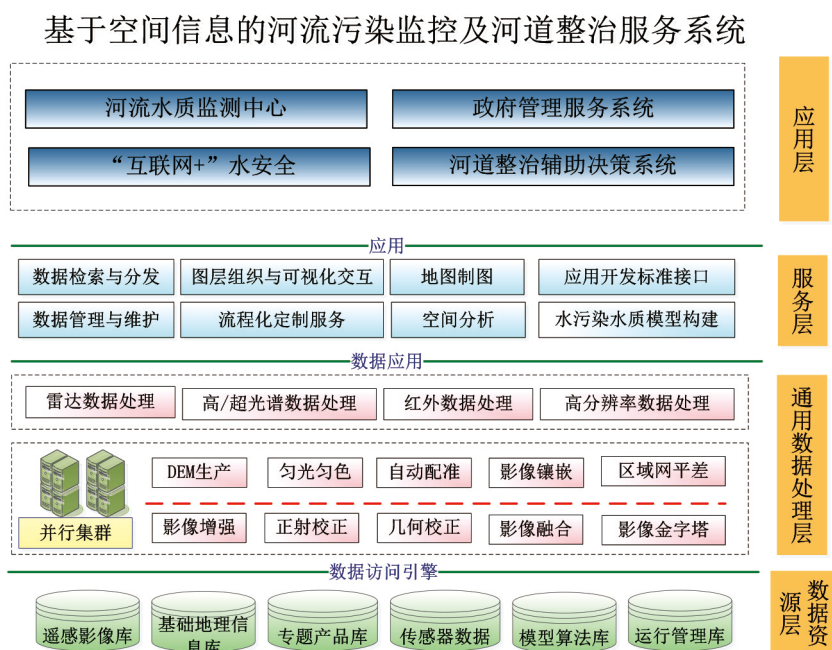


图 2 系统总体架构

Figure 2 System overall architecture

## 2.3 系统功能组成

### 2.3.1 河流水质监测中心

建立河流水质监测中心（见图 3），通过该中心设立的大型电子屏幕，能

够实时监测所管理水域的水质情况，并且能对污染物进行综合评价，在发现水质污染超标后及时发出报警提示，并针对报警区域给出详细的污染指数、污染源信息等报告，便于管理人员及时进行决策与应急处理。

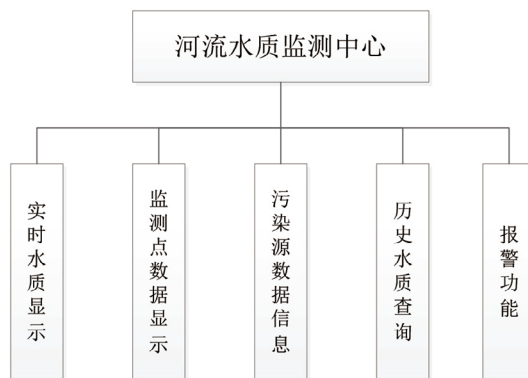


图 3 水污染监控子系统功能图

Figure 3 Function diagram of water pollution monitoring subsystem

### (1) 实时水质显示

将从监测站和遥感影像中获取的实时数据通过处理，按照污染程度划分成不同的等级，在大屏幕中以不同的颜色显示整个监测区域各个河段水质变化情况。同时，将各类实时数据形成图表，工作人员可以通过选择不同的河口查看各个河口的污染指数与具体参数，及时了解到当前的水质情况。

### (2) 监测点数据显示

提供无线传感器监测的化学需氧量、生化需氧量、石油类、挥发酚、氨氮、总磷等指标数据，提供监控区域内所有监测点的位置图，使管理人员能对监控范围形成直观的理解，并可以利用工具栏提供的工具查看任意一个监测点的实施水质数据。通过不同监测点水质变化情况，分析污染源的分布范围和扩散趋势。

### (3) 污染源数据信息

提供监控区域内所有已知污染源的位置图，并能实时显示污染源排污情况，

使管理人员能对潜在污染有一定的了解，以具体指标的形式预测可能存在的潜在危险。

（4）历史水质查询

本模块提供了以往的水质信息的查询与显示。管理人员通过选择日期，自动查询水质信息数据库，以图表的方式给出相应日期的水质信息。

（5）报警功能

当水污染指标达到一定值的时候触发报警，在监测中心电子屏以及相关对应平台出现警报提示，能够准确地确定水污染发生的具体位置，并自动生成包含系列指标的水质评价报告，并通过实时更新及时掌握水体动态变化状况。

2.3.2 政府管理服务系统

政府管理服务系统（见图 4）能够为管理人员提供实时 / 历史水质报告、预警系统，应急指挥管理功能，负责信息的收集及命令的下发，在整个污染监管处理中占有至关重要的地位，是整个服务系统的中枢。

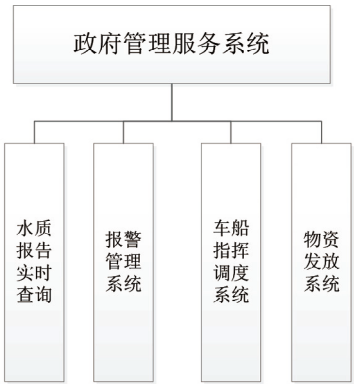


图 4 应急决策子系统功能图

Figure 4 Function diagram of emergency decision subsystem

（1）水质报告实时查询

通过提供无线传感器监测的化学需氧量、生化需氧量、石油类、挥发酚、氨氮、总磷等指标数据，结合遥感影像对其进行综合评价，就可以得出水体的质量报告。



管理部门相关领导及人员能够在任何接入互联网的手机、电脑、平板等终端查询各个河段的水质报告,以及实时水质指标,为综合管理提供辅助决策功能,提高管理水平。

### (2) 报警管理系统

当水污染事故发生时,河流水质监测中心第一时间发出报警通知。同时,管理部门领导和相关人员会通过短信、系统推送、工作邮件等多种渠道收到报警信息,报警信息中包含水污染发生的准确地点,污染等级,造成污染的主要污染源等基本信息;登录系统可以实时了解污染变化情况;还具有跟水质监测中心直接通话的功能,领导能通过该功能直接与污染现场、水质监测中心进行通讯联络,加强互相的沟通。

### (3) 车船智慧调度系统

车船智慧调度系统采用了北斗监控调度系统,将定位卫星发出的信号用设备进行接收,然后对其进行编码,政府管理服务系统接收到的就是这些无线通讯系统传递过来的信号,电子地图上会立刻显示出船只、车辆的移动位置。对居民区分布图、公路交通图及水系分布图进行合理利用,加上具有分析功能的网络技术,能够快速的调拨应急车船的使用情况。

### (4) 物资发放系统

物资调度是统计所有用于救灾的物资,包括食品、饮用水、棉被、医疗用品,实时更新物资发放情况,根据污染区居民区分布图以及污染指数、扩散速度,结合具有分析功能的网络技术,能够快速的调拨应急处理的物资和设备。

### (5) 信息发布系统

信息发布平台,以公告、简报、报告等形式定期发布所辖区域内动态监测的信息产品,同时通过网络、电视台、报纸等媒体适时发布相关的水体污染的监测信息。信息发布平台是一个较为复杂的系统,主要包括:网站内容、管理系统和运行维护系统三大块,其中后两块分别从管理角度和运行维护角度对网站给予支持。网站主要包括:监测产品、业务管理、技术答疑、新闻动态、信息导航、搜索、每日更新、问题上报等栏目。内容信息管理系统包括:文章采



编系统、审批管理系统等。

### 2.3.3 “互联网+”水安全信息发布

“互联网+”水安全系统是一个信息发布平台，以公告、简报、报告等形式定期发布所辖区域内动态监测的信息产品，同时通过网络、电视台、报纸、APP等媒体适时发布相关的水体污染的监测信息。

其中，“互联网+”水安全APP使得管理人员和社会大众能够通过移动客户端获取监测产品、业务管理、技术答疑、新闻动态、信息导航、搜索、每日更新、问题上报等内容。

### 2.3.4 河道整治辅助决策

遥感数据信息量丰富，包含了地物的光谱信息和空间信息。随着遥感技术的发展，其空间分辨率由千米级逐渐提高到米级、分米级，与此同时，时间分辨率也在不断提高，对于河道演变的监测技术也越来越成熟。该功能利用多时相遥感技术获取河道演变信息，利用河道演变发生的空间位置及分布特征，并对河道整治工作提供决策支持。

## 2.4 系统实现的关键技术

### （1）大数据快速处理关键技术研究

大型网络数据库环境下，采用基于GPU-CPU的协同遥感处理技术，以生产 workflow 为导向，开发面向测绘遥感应用的中间件，建立集群环境下的扩展、调度与分发机制，在系统实现海量遥感数据的集中管理和并行分布处理，以及网络资源（存储、计算、传输）的共享协同，对外提供可动态伸缩的、流程化的空间信息产品生产。

### （2）水污染水质模型构建技术

水质模型是应用物理学、生物学、化学、数学等方面的知识，在监测和收集有关数据的基础上，借助编制的计算机软件系统，描述水体中物质的混合、输移和转化规律的数学模型的总称，是根据排入水体的污染物，分析预测未来水质状况的一种数学手段和工具。水质模型的应用，是水质评价及预测的重要手段。

选取一个适用的模型,一般应考虑以下因素:如获得的难易度,使用是否容易,理论及假设说明是否完整,是否满足计划的需求,是否可以取得模型需要的基础资料以及是否曾应用于实际的河流模拟等。一般而言,所能模拟的项目越多,模型的复杂程度就更多,所需要的资料也更多,因此需花费更多的经费、人力和时间。

### (3) 面向水体变换监测的遥感动态分析关键技术研究

针对国内高分辨率卫星数据的特点,结合水体变换的特性以及河流分布范围广、建筑物相对稀疏等特点,利用不同时相的、具有一定时间间隔的遥感数据,就可以对水体水质情况进行监测,并对水体的变化进行跟踪与评价,实现面向水体监测的遥感动态分析,有效地提高了监测的效率,节约了人力物力。水体的遥感监测主要是以污染水与清洁水的反射光谱特征研究作为基础的。总的看来,清洁水体反射率比较低,水体对光有较强的吸收性能,而较强的分子散射性仅存在于光谱区较短的谱段上。故在一般遥感影像上,水体表现为暗色调,在红外谱段上尤其明显。为了进行水质监测,可以采用以水体光谱特性和水色为指标的遥感技术。

### (4) 卫星遥感、无人机遥感与传感器综合监控系统集成技术研究

研究和确定卫星遥感、无人机遥感与传感器综合监控系统的组成、接口、流程、数据快速分发、快速部署策略、快速接入地面网络方法;研制可重构高速硬件平台、光学和 SAR 载荷处理软件系统;进行系统集成,开展各项试验及应用系统建设。

### (5) 应急信息系统标准规范研究

对应急信息系统组成、接口、流程、数据分发、快速部署、快速接入地面网络等进行设计,对数据格式、通信协议、可靠性、安全性、容错性、维修性、兼容性等方面进行分析研究,对关键技术指标进行综合论证,制定一套高分辨率遥感信息应急处理系统标准和规范。

## 3 结束语

与传统的监测方式相比,基于空间信息的河流监控系统既可以从宏观上观

测某河流域的土壤、植被和水质状况,也可以实时快速地跟踪和监测河流流域内突发环境污染事件的发展,及时制定处理措施,减少污染造成的损失通过水污染治理能够产生一定社会效益和生态环境效益:一方面能够减少水污染引起的发病率,提高居民健康指数,有效提高人民生活舒适性,从而产生一定的社会效应;另一方面,由于河道水质的改善,可以为人们钓鱼、有用、河边散步、旅游等带来一定的环境效益。同时,避免了由于河道污染使得沿岸土地价值贬值所造成的经济损失,有一定的经济效益。

## 参考文献

- [1] 吴海毓,王桥,王昌佐,等. 遥感在大型工程生态环境影响评价中的应用[J]. 环境与可持续发展, 2009(1): 50-51.
- [2] 王占宏,白穆,李宏建. 地理空间大数据服务自然资源调查监测的方向分析[J]. 地理信息世界, 2019(2): 1-5.
- [3] 赵云. 雷达高度计数据中国主要湖泊水位变化监测方法研究[D]. 北京: 中国科学院大学(中国科学院遥感与数字地球研究所), 2017.
- [4] 唐庆忠,余顺超,卢敬德. 珠江水政监察遥感信息系统框架设计[J]. 人民珠江, 2009(2): 5-8.
- [5] 毋琳,王宁,赵建辉,等. 河流径流雷达卫星遥感监测系统的设计与实现[J]. 河南大学学报(自然科学版), 2020(7): 433-442.
- [6] 姚继平,郝芳华. 人工智能技术对长江流域水污染治理的思考[J]. 环境科学研究, 2020(5): 268-273.
- [7] 夏细禾,戴昌军. 切实加强长江流域水资源管理工作的实践与思考[J]. 长江技术经济, 2019, 3(4): 35-38.

# Construction of River Pollution Monitoring Service System Based on Spatial Information

Fan Yuru   Wang Zhanju

1. 61206 Troops, Beijing;

2. Beijing Aerospace TITAN Technology Co., Ltd, Beijing

**Abstract:** Rapid and effective control of water pollution, improve the quality of water resources and ensure the sustainable development and utilization of water resources are of great significance to promote the sustainable development of economy and society. Based on the analysis of traditional water resources pollution monitoring means and the current situation of monitoring system construction, this paper introduces the construction content, overall design, functional modules and key technologies of river pollution monitoring service system based on spatial information. The development of the system can realize real-time, fast and accurate river pollution monitoring in practical application.

**Key words:** Spatial information; Remote sensing; River pollution monitoring