

T/GXDSL

团体标准

T/GXDSL —2026

# 基于遥感技术的河流水体污染快速识别与 监测指南

Guidelines for Rapid Identification and Monitoring of River Water Pollution Based  
on Remote Sensing Technology

（工作组讨论稿）

（本草案完成时间：2026-01-29）

2026 - - 发布

2026 - - 实施

广西电子商务企业联合会 发布

目 次

前 言 ..... III

1 引言 ..... 1

2 范围 ..... 1

3 规范性引用文件 ..... 2

4 术语和定义 ..... 2

    4.1 水体遥感反射率 ..... 2

    4.2 水质参数遥感反演 ..... 2

    4.3 污染水体遥感识别指数 ..... 3

    4.4 异常水体像元 ..... 3

5 总体原则 ..... 3

    5.1 科学性原则 ..... 3

    5.2 规范性原则 ..... 3

    5.3 适用性原则 ..... 3

    5.4 协同性原则 ..... 3

    5.5 时效性原则 ..... 3

6 工作流程 ..... 3

    6.1 监测方案设计 ..... 4

    6.2 遥感数据获取与预处理 ..... 4

    6.3 污染信息提取与反演 ..... 4

    6.4 地面同步验证 ..... 4

    6.5 结果分析与报告编制 ..... 4

7 技术要求 ..... 4

    7.1 监测方案设计 ..... 4

    7.2 遥感数据选择与获取 ..... 5

    7.3 遥感数据预处理 ..... 5

    7.4 污染信息提取与水质参数反演 ..... 5

    7.5 地面同步观测与验证 ..... 6

8 质量控制 ..... 6

    8.1 数据获取阶段 ..... 7

    8.2 地面采样阶段 ..... 7

    8.3 预处理阶段 ..... 7

    8.4 地面验证阶段 ..... 7

    8.5 成果评估阶段 ..... 7

9 成果产出 ..... 7

    9.1 技术报告 ..... 7

    9.2 专题图件 ..... 8

9.3 数据成果 ..... 8

10 实施保障 ..... 8

10.1 强化技术队伍建设 ..... 8

10.2 完善软硬件设施配置 ..... 8

10.3 健全质量管理体系 ..... 8

10.4 推动技术创新与交流 ..... 8

11 附则 ..... 9

## 前 言

本文件依据GB/T 1.1-2020《标准化工作导则第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。  
请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由广西产学研科学研究院提出。

本文件由广西电子商务企业联合会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本文件为首次发布。

# 基于遥感技术的河流水体污染快速识别与监测指南

## 1 引言

当前,我国正处于经济社会高质量发展与生态文明建设深度融合的关键阶段,工业化、城镇化进程持续推进的同时,河流水体污染问题仍对生态环境安全、人民群众健康福祉及国家水安全战略构成严峻挑战。传统水体污染监测依赖实地采样与实验室分析,虽能保障局部监测精度,但存在耗时费力、成本高昂、监测点位稀疏、覆盖范围有限等固有短板,难以满足新时期对河流水体污染状况全域覆盖、实时动态、精准管控的战略需求。遥感技术凭借覆盖范围广、重访周期短、信息获取高效、成本相对可控且可规避人员直接接触污染水体的独特优势,已成为破解传统监测瓶颈、支撑水环境治理体系和治理能力现代化的核心技术手段。近年来,我国遥感技术实现跨越式发展,高空间、高光谱、高时间分辨率遥感数据资源日益丰富,数据处理与信息提取技术持续迭代成熟,为定量、半定量反演悬浮物、叶绿素 a、有色可溶性有机物及特征污染物等关键水质参数提供了坚实的技术支撑,在河流水体污染监测实践中取得了显著成效。为全面规范遥感技术在河流水体污染识别与监测中的应用,统一技术流程、提升监测成果的科学性、准确性与可比性,推动该技术标准化、业务化、规模化应用,助力国家碧水保卫战深入推进和生态环境保护现代化进程,特制定本指南。本指南立足我国遥感技术发展现状与水环境保护国家战略需求,充分借鉴国内外先进研究成果与技术标准,为各级生态环境管理部门、科研机构及相关从业单位开展河流水体污染遥感监测工作,提供一套系统完整、规范统一、可操作性强的技术遵循。

## 2 范围

本指南规定了利用遥感技术开展河流水体污染快速识别与监测的总体原则、工作流程、核心技术方法、全流程质量控制及成果产出等关键要求。本指南适用于利用多光谱、高光谱等航天及航空遥感数据,对我国境内各类河流水体(含干流、支流、沟渠等)污染状况进行快速识别、动态监测与初步评估的相关工作。可有效支撑河流水环境常规监测、突发水污染事件应急响应、污染源溯源追踪、污染治理成效评估等核心任务,为国家及地方水生态环境监管、决策部署提供技术支撑。本指南作为地面实地监测与

实验室分析的重要补充与延伸，不替代法定地面监测工作，鼓励构建“遥感宏观监测+地面精准验证”的协同监测模式，全面提升河流水体污染监测的精准度与高效性。

### 3 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用具有强制性或基础性作用。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有修改单）均适用于本文件。

GB/T 37926-2019 遥感数据分类与编码规范

GB/T 39468-2020 陆地观测卫星遥感数据质量检验方法

HJ 630-2018 环境监测质量管理技术导则

HJ 1096-2020 水污染遥感监测技术导则

HY/T 147.5-2013 海洋监测技术规程第5部分：海洋遥感监测

DZ/T 0266-2014 区域生态地球化学评价规范（涉及遥感应用部分）

HJ 494 水质采样技术指导

HJ 897 水质叶绿素 a 的测定分光光度法

GB/T 11901 水质悬浮物的测定重量法

国家环境保护标准《水质遥感反演模型验证与精度评价技术规范（征求意见稿）》相关精神

### 4 术语和定义

GB/T 37926-2019、HJ 1096-2020 界定的术语和定义适用于本指南。下列术语和定义专为本指南界定，供使用时统一遵循。

#### 4.1 水体遥感反射率

指在水体表面上方，单位立体角内水体向上辐亮度与恰好不包含水体贡献的向下总辐照度之比，是连接遥感器观测信号与水体内在光学性质的核心表观光学参数，是水质参数遥感反演的基础数据源。

#### 4.2 水质参数遥感反演

基于遥感数据获取的水体辐射信号，通过构建经验、半经验或分析模型，定量估算水体中特定物质（如悬浮颗粒物、叶绿素 a、黄色物质等）浓度或相关光学参数的技术过程，是遥感监测从定性识别到定量评估的核心环节。

### 4.3 污染水体遥感识别指数

通过组合遥感影像特定波段反射率或衍生参数，构建的用于突出受污染水体光谱特征差异、抑制背景干扰的数值指标，可实现污染区域快速提取与分级识别，是突发污染事件应急监测的核心技术工具。

### 4.4 异常水体像元

在遥感影像上，光谱特征显著偏离同一河流河段或邻近清洁水体背景值的像元，其异常特征可能指示存在污染物排放、藻类水华暴发、底质裸露或其他水环境异常状况，是污染隐患早期识别的关键靶点。

## 5 总体原则

立足国家水生态环境保护战略需求，应用遥感技术开展河流水体污染监测工作，应严格遵循以下基本原则，确保监测工作科学规范、高效实用、精准可靠。

### 5.1 科学性原则

监测方法选择、模型构建与参数设置需具备坚实的物理基础、光学理论支撑或充分的实证依据，确保技术路线科学合理，符合河流水体光学特性与污染演化规律。

### 5.2 规范性原则

全技术流程严格遵循国家及行业相关标准规范，统一技术要求、操作流程与成果形式，确保监测过程可追溯、监测结果可比对、可验证。

### 5.3 适用性原则

结合监测目标、河流水文水动力特征、污染类型、遥感数据可获取性及成本效益等因素，科学选择适宜的遥感数据源、技术方法与反演模型，确保监测方案切实可行、符合实际需求。

### 5.4 协同性原则

强化遥感监测与地面实测数据的有机融合，充分利用地面数据开展模型率定、结果验证与精度校正，构建“空天地”一体化监测体系，全面提升监测成果的可信度与精准度。

### 5.5 时效性原则

充分发挥遥感数据快速获取优势，建立高效的业务化处理流程，缩短数据处理与成果输出周期，满足污染快速识别、动态跟踪及突发污染事件应急响应的时效需求。

## 6 工作流程

基于遥感技术的河流水体污染监测工作应遵循标准化流程，整体分为监测方案设计、遥感数据获取与预处理、污染信息提取与反演、地面同步验证、结果分析与报告编制五大核心环节，各环节紧密衔接、闭环管理，具体流程如下：

### 6.1 监测方案设计

明确监测目标（常规普查、重点监控、应急响应等）、监测范围（精确至河流名称、起止坐标及关键控制断面）、监测内容（污染范围识别、水质参数反演等）与精度要求，结合实际需求制定科学可行的监测方案，明确遥感数据源、技术方法、地面验证布点及成果产出要求。

### 6.2 遥感数据获取与预处理

根据监测方案选择适配的遥感数据并完成采集，采集后需开展辐射定标、大气校正、几何校正等核心预处理工作，消除传感器误差、大气干扰、光照与观测几何影响，获取真实可靠的地表反射率或水体遥感反射率产品；同步完成影像裁剪、水体掩模提取等辅助处理，实现河流水体与陆地信息的有效分离。

### 6.3 污染信息提取与反演

基于预处理后的遥感数据，采用污染识别指数法快速提取污染水体空间分布范围，通过定量反演模型估算悬浮物、叶绿素 a 等关键水质参数浓度，形成污染空间分布与定量评估结果。

### 6.4 地面同步验证

在遥感影像过境±3 小时内（水质稳定期可适当放宽）开展地面同步采样，记录采样点 GPS 坐标、水文气象参数，按规范采集水样并送资质实验室分析，获取实测水质数据，用于遥感反演结果的精度验证与校正。

### 6.5 结果分析与报告编制

对比分析遥感反演结果与地面实测数据，开展精度评估；结合 GIS 技术进行空间分析与制图，系统梳理监测结论，编制监测报告，提出针对性的环境管理与决策建议。

## 7 技术要求

### 7.1 监测方案设计

监测方案应立足国家及地方水生态环境监管需求，明确核心任务目标，区分宏观污染普查、重点河段常态化监控、突发污染事件应急响应等不同场景的监测侧重点。精准界定监测地理范围，明确河流名称、起止经纬度坐标、关键控制断面及重点关注区域（如工业园区下游、排污口附近等）；科学确定监测时间频率，结合遥感数据重访周期、河流汛期/枯水期变化规律及污染波动特征，合理设定监测频次



（如每月 1 次、汛期加密监测等）。根据监测目标明确监测内容，可包括污染水体空间范围识别、关键水质参数（悬浮物、叶绿素 a、有色可溶性有机物等）浓度反演、污染程度分级评估等。方案中需明确拟采用的遥感数据源（如 Landsat 8/9 OLI、Sentinel-2 MSI、GF-1/6 WFV 等）、反演模型与技术方法，同步制定地面验证布点方案，明确验证参数、采样方法、分析标准及质量控制要求，确保方案具备较强的可操作性与针对性。

## 7.2 遥感数据选择与获取

遥感数据选择应遵循“适配性、经济性、时效性”原则，综合考量空间分辨率、光谱分辨率、时间分辨率及数据成本，确保数据满足监测精度与时效需求。对于大江大河全域性污染普查，优先选用空间分辨率优于 30 米的多光谱数据，如 Sentinel-2 MSI（10 米/20 米分辨率）、Landsat 8/9 OLI（30 米分辨率）等；对于重点河段、支流或排污口周边的精细监测，可选用空间分辨率优于 5 米的商用卫星数据（如 WorldView 系列）或航空高光谱数据，提升局部污染识别的精准度。针对叶绿素 a、藻类等生物光学参数反演，应优先选择具备红光、近红外波段，且包含荧光峰或红光吸收谷敏感波段的遥感数据；针对悬浮物等参数反演，重点关注可见光波段数据的适用性。时间维度上，优先选择无云或云覆盖占比低于 10%、太阳高度角适宜（ $30^{\circ}$  -  $60^{\circ}$ ）、气象条件稳定的影像，避免阴雨、大风等天气对监测结果的干扰。数据获取过程中，需完整记录元数据信息（含传感器类型、成像时间、轨道号、大气状况等），确保数据可追溯。

## 7.3 遥感数据预处理

数据预处理是保障污染信息提取与反演精度的核心前提，必须严格按照标准化流程开展，核心预处理步骤及要求如下：一是辐射定标，将影像数字量化值（DN 值）转换为具有物理意义的表观辐亮度或反射率，消除传感器本身的响应误差，采用传感器自带的定标系数完成处理；二是大气校正，消除大气散射、吸收等干扰，获取地物真实反射率或水体遥感反射率，针对水体监测推荐采用黑暗像元法、基于辐射传输模型的 6S/Modtran 法等专用水体大气校正算法，提升校正精度；三是几何精校正，采用地面控制点法完成校正，确保影像地理坐标准确，平面位置误差控制在 1 个像元以内，满足空间分析与制图需求。根据监测工作需要，还需开展影像裁剪（按监测范围裁剪，剔除无关区域）、水体掩模提取（采用归一化差异水体指数 NDWI 等方法，分离水体与陆地信息，剔除陆地像元干扰）、影像降噪等辅助预处理工作。预处理全过程需详细记录所采用的算法、参数设置、软件工具（如 ENVI、ERDAS 等）及处理结果，确保预处理过程可追溯、可复现。

## 7.4 污染信息提取与水质参数反演

污染水体快速识别以“高效、精准、全覆盖”为目标，优先采用成熟的污染识别指数结合阈值分割

法开展。针对富营养化、藻类水华等污染类型，可利用近红外波段对藻类的高反射特性，采用归一化差异植被指数（NDVI）变体、藻类指数（AI）等开展信息提取；针对有机物污染、悬浮物污染等类型，结合污染水体与清洁水体在可见光波段的反射率差异，构建波段比值（如红波段/绿波段）、波段组合等专属识别指数，增强污染信号、抑制背景干扰。阈值分割是污染范围提取的核心步骤，阈值确定需结合多方法验证，可通过目视判读、统计分析（Otsu 法、均值-标准差法）或地面实测数据校准等方式确定最优阈值，确保污染水体提取结果准确可靠。提取完成后，需对结果进行人工核查与修正，剔除误提取像元，最终输出污染水体空间分布范围图，明确污染区域的位置、面积及空间格局。水质参数定量反演需根据监测参数类型、遥感数据源特性及区域水体光学特征，科学选择反演模型，优先选用经过本地化验证的成熟模型。经验模型（单波段模型、波段比值模型、三波段模型等）基于遥感反射率与地面实测浓度的统计关系构建，模型简单、计算高效，适用于特定区域、特定时期的水质参数反演，需具备足够数量（不少于 30 组）的地面实测数据用于模型率定与验证；半分析模型基于水体光学理论，通过参数化经验关系平衡模型复杂性与普适性，适用于中尺度区域的水质反演；分析模型基于辐射传输理论，物理基础坚实、普适性强，但模型复杂、对输入参数要求高，适用于高精度监测场景。反演过程中，需对模型输入参数进行严格核查，剔除异常值；反演完成后，需结合地面实测数据开展精度验证，确保反演结果满足监测精度要求。反演成果以专题图形式呈现，明确水质参数浓度分级标准、空间分布特征，为污染程度评估提供定量依据。

## 7.5 地面同步观测与验证

地面同步观测与验证是保障遥感监测成果可靠性的关键环节，必须严格遵循国家相关标准规范开展。观测时间需与遥感影像过境时间保持同步，时间窗口控制在 $\pm 3$ 小时内，若水体水质稳定（如枯水期、无明显排污干扰），可适当放宽至 $\pm 24$ 小时。采样点布设需遵循“代表性、均匀性、梯度性”原则，覆盖监测河段从清洁到污染的完整浓度梯度，重点覆盖污染高发区、排污口附近、关键控制断面等区域，确保采样点能全面反映监测区域水质状况。每个采样点需精确记录 GPS 坐标（精度至米级）、采样时间、现场水文气象参数（风速、光照、水温、流量等），严格按照 HJ 494《水质 采样技术指导》规范采集水样，做好采样记录与样品保存。水样需在 24 小时内送至具备 CMA 资质的实验室，按照 HJ 897、GB/T 11901 等国家标准方法开展叶绿素 a、悬浮物等参数的实验室分析，获取准确的实测浓度数据。验证点数量需满足统计学要求，每个监测参数的有效验证点对不少于 30 个，确保精度评估结果科学可靠。

## 8 质量控制

立足国家环境监测质量管理体系要求，建立覆盖遥感监测全流程的质量控制机制，确保监测工作各环节合规、监测成果精准可靠。具体要求如下：

### 8.1 数据获取阶段

严格核查遥感数据质量等级，优先选择云量少、无条带噪声、辐射精度高的数据，核实元数据信息的完整性与准确性。

### 8.2 地面采样阶段

严格执行采样规范，做好现场空白样、平行样采集，确保样品采集、保存、运输全过程符合质量控制要求。

### 8.3 预处理阶段

对辐射定标、大气校正结果进行合理性检查，清洁水体反射率曲线需符合典型光谱特征；几何校正后需开展精度验证，确保平面位置误差满足要求；所有预处理步骤需记录完整，可复现、可追溯。信息提取与反演阶段，评估模型适用性，对反演结果进行异常值剔除与合理性分析，避免不合理结果输出。

### 8.4 地面验证阶段

实验室分析需严格执行质量控制程序，开展空白样、平行样、加标回收样分析，确保实测数据准确无误。

### 8.5 成果评估阶段

系统计算精度评价指标，定量反演结果需计算决定系数（ $R^2$ ）、均方根误差（RMSE）、平均相对误差（MRE），其中  $R^2$  应不低于 0.6，MRE 应不超过 20%；污染范围识别结果需采用混淆矩阵计算总体精度、Kappa 系数，总体精度应不低于 85%，Kappa 系数应不低于 0.8。所有质量控制活动均需形成详细记录，纳入监测成果档案管理。

## 9 成果产出

监测成果产出需符合国家生态环境监测成果管理要求，格式规范、内容完整、数据准确，能够为环境管理决策提供清晰有效的技术支撑。成果体系主要包括：

### 9.1 技术报告

作为核心成果，需详细阐述监测任务背景、战略意义、监测目标与范围、技术路线、所用遥感数据与地面数据、全流程处理步骤、精度评价结果、主要监测结论（污染分布特征、污染程度、变化趋势等）及针对性的管理建议；报告编制需逻辑清晰、数据详实、结论科学，满足国家及地方环境监管决策需求。

## 9.2 专题图件

需包含研究区域遥感影像底图、污染水体空间分布图、关键水质参数浓度空间分布专题图、污染程度分级评价图等核心图件；所有图件需符合制图规范，包含图名、比例尺、图例、指北针、制图单位、制图日期等要素，坐标系统一采用 CGCS2000 国家大地坐标系，高程基准采用 1985 国家高程基准，确保图件的规范性与通用性。

## 9.3 数据成果

包括经预处理的标准格式遥感影像数据、水质参数反演栅格数据、地面验证点空间分布数据、实测水质数据表、模型参数文件及质量控制记录等；数据格式需标准化，便于后续数据共享、二次分析与归档管理，涉及敏感区域的信息需严格遵循国家信息安全管理要求。

# 10 实施保障

为确保本指南有效落地实施，支撑国家河流水体污染遥感监测业务化开展，需从技术能力、软硬件设施、质量管理、技术创新等方面构建全方位实施保障体系：

## 10.1 强化技术队伍建设

承担监测任务的机构需配备具备遥感技术、水环境科学、地理信息系统等专业背景的复合型技术人员，建立常态化培训机制，定期开展标准规范、技术方法、软件操作等培训，提升从业人员的专业素养与标准化操作能力，打造一支高素质、专业化的监测技术队伍。

## 10.2 完善软硬件设施配置

机构需配备先进的遥感图像处理软件（ENVI、ERDAS 等）、地理信息系统软件（ArcGIS 等）、大数据处理计算机设备及地面采样与分析设备，保障监测工作高效开展；同步搭建数据存储与管理平台，确保监测数据安全存储与规范管理。

## 10.3 健全质量管理体系

严格遵循 HJ 630 等国家质量管理标准，建立覆盖项目承接、方案设计、外业采样、内业处理、成果编制与审核的全流程质量管理体系，明确各环节质量责任，定期开展质量核查与考核，确保监测工作合规、成果可靠。

## 10.4 推动技术创新与交流

鼓励监测机构积极采用国家及行业最新标准方法，参与国内外技术交流与比对活动，加强与科研单位的合作，开展遥感监测技术与模型的创新研究，持续提升技术水平的标准化、专业化与智能化程度，

为国家水生态环境保护提供更加强有力的技术支撑。

## 11 附则

本标准由广西电子商务企业联合会负责解释。本标准自发布之日起试行，试行期为一年。试行期满后，根据实施反馈情况进行修订和完善。各相关单位可依据本标准制定具体的实施细则。若本标准与国家新颁布的法律法规或强制性标准有不一致之处，应以国家法律法规和强制性标准为准。本标准所引用的规范性引用文件如有更新，其最新版本适用于本标准。广西电子商务企业联合会将根据技术发展和应用需求，适时组织对本标准的复审与修订工作，以保障其持续的先进性和适用性。本标准的有效实施，有赖于各级医疗机构、主管部门、技术服务商和各相关方的共同努力，通过规范智慧医院数据互联互通共享技术，推动医疗健康数据资源有效整合与安全共享，提升医疗服务质量和效率，促进智慧医院建设规范化发展，为推进健康中国建设提供技术支撑。

---