ICS 13.020.40

CCS Z00/09

团

体

标 准

T/CSES XXXX—XXXX

流域水环境耗氧污染物溯源技术指南

Technical guidelines for source tracing of oxygen-consuming substances for watershed water environment

（征求意见稿）

 XXXX - XX - XX 发布 XXXX - XX - XX 实施

中国环境科学学会 发 布

目 次

[前言 II](#_Toc27511)

[引言 III](#_Toc31100)

[1 范围 4](#_Toc6325)

[2 规范性引用文件 4](#_Toc25188)

[3 术语和定义 4](#_Toc17844)

[4 耗氧污染物溯源技术流程 4](#_Toc30550)

[5 污染超标流域范围确定 5](#_Toc14763)

[5.1 收集历史监测数据 5](#_Toc28461)

[5.2 污染超标的初步筛查 5](#_Toc4760)

[5.3 初步确定污染超标流域范围 5](#_Toc28724)

[6 资料收集与初步分析 5](#_Toc1211)

[6.1 适用条件 5](#_Toc28740)

[6.2 污染源类型及分布 5](#_Toc24248)

[6.3 水质监测数据 6](#_Toc15073)

[6.4 流域与气象数据 6](#_Toc16331)

[6.5 初步分析与溯源判断 6](#_Toc29964)

[7 野外现场勘察 7](#_Toc6337)

[7.1 适用条件 7](#_Toc29928)

[7.2 绘制点位布设草图 7](#_Toc5519)

[7.3 现场排查、采样确定重点区域 7](#_Toc13168)

[7.4 排查形式与方法 7](#_Toc15547)

[7.5 设备配备 7](#_Toc4287)

[7.6 溯源结果确认与记录 8](#_Toc15093)

[8 多技术集成溯源方法 8](#_Toc10176)

[8.1 适用条件 8](#_Toc17551)

[8.2 地理信息系统（GIS）技术 8](#_Toc5184)

[8.3 稳定同位素技术 9](#_Toc960)

[8.4 数学模型 9](#_Toc26299)

[8.5 三维荧光技术 9](#_Toc455)

[9 问题清单制定 10](#_Toc7000)

[9.1 问题识别与分类 10](#_Toc10866)

[9.2 评估污染源的贡献 10](#_Toc21997)

[9.3 确定污染物排放超标程度 10](#_Toc17558)

[9.4 明确治理措施与建议 10](#_Toc29443)

[附录A（资料性）多技术集成溯源方法技术特点和适用条件 12](#_Toc20336)

[附录B（资料性）问题清单 13](#_Toc15931)

1. 前言

本文件按照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。

本文件由大连理工大学提出。

本文件由中国环境科学学会归口。

本文件起草单位：大连理工大学、中国环境科学研究院、长江水利委员会长江科学院、北京科技大学、北京师范大学、中国环境监测总站、浙江工商大学。

本文件主要起草人：\*\*\*\*。

1. 引言

在流域环境中，污染源呈现出高度复杂的态势，农业、城市以及工业等多类型污染源相互交织，使得传统单一的溯源技术难以准确识别污染来源。2022年《关于加强入河入海排污口监督管理工作的实施意见》中要求明确开展排查溯源、实施分类整治、严格监督管理等重要工作要求，旨在有效管控入河入海污染物排放。

本指南提供了一套系统的耗氧污染物溯源技术流程，可对调查区域进行全面有序的污染物溯源。在调查区域划定的基础上，结合条件判断与决策的思想，对资料收集分析、野外现场勘察、多技术集成溯源三种手段进行迭代优化，最后编制问题清单。

本指南有望为流域生态环境的持续改善与修复注入强大动力，切实保障国家关于流域生态环境保护的相关政策在实际治理工作中得以高效贯彻和落实，为规范流域水污染溯源技术、推动流域水环境治理和完善水污染应急处理机制，基于此制定本文件。

流域水环境耗氧污染物溯源技术指南

* 1. 范围

本文件规定了流域水环境耗氧污染物溯源的技术流程及方法步骤。

本文件适用于江河、湖泊、水库等地表水体中耗氧污染物的溯源。

* 1. 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 3838 地表水环境质量标准

HJ 884 污染源源强核算技术指南准则

HJ 1310 入河入海排污口监督管理技术指南 名词术语

T/CSES 72 流域水环境模型评估验证技术指南

T/ZAEPI 027 基于三维荧光技术的水环境污染深度溯源技术规范

《地下水污染同位素源解析技术指南（试行）》（环办土壤〔2022〕16号）

* 1. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

溯源 traceability

通过分析和技术手段，确定地表水中耗氧性污染物的来源与位置，特别针对固定污染源，以支持污染治理和环境管理。

[来源：HJ 1310，3.3.7，有修改]

3.2

污染源 pollution source

在地表水环境中造成环境污染的耗氧污染物（COD、氨氮、总氮及总磷）发生源，包括：自然发生源：水体本身存在的自然过程所产生的耗氧性污染物；人为活动源：由于人类活动向环境引入的耗氧性污染物的场所、设备或装置。可以是水体本身存在的自然源，也可以是由人类活动引入的污染源，不涵盖大气、土壤及地下水中的污染源。

[来源：HJ 884，3.2，有修改]

* 1. 耗氧污染物溯源技术流程

流域水环境耗氧污染物溯源主要包括确定污染超标流域范围、资料收集与初步分析、野外现场勘察、多技术集成溯源和制定问题清单5个主要步骤，技术流程见图1。



图1 流域水环境耗氧污染物溯源技术流程图

* 1. 污染超标流域范围确定
		1. 收集历史监测数据

收集历史水质监测数据，作为确定污染超标流域的基础。优先使用可以提供连续、实时水质信息的自动监测站数据。若自动监测数据不可获取，推荐使用人工监测数据作为补充。

* + 1. 污染超标的初步筛查

在收集到历史监测数据后，应根据GB 3838中规定的标准值对比污染物浓度。对于COD、氨氮等耗氧污染物，应对比其浓度与水质标准限值进行初步筛查。具体步骤如下：

a）污染物浓度对比：应对比历史监测数据中的COD、氨氮、总氮和总磷浓度与GB 3838中规定的标准值，筛选出超标的区域。

b）时空分布分析：应结合时间和空间因素，分析污染物的浓度变化，确定污染超标的具体时段和区域。

c）历史趋势判断：应通过分析历史数据的趋势，确认污染超标是否为长期性问题，避免仅根据短期波动做判断。

* + 1. 初步确定污染超标流域范围

基于历史监测数据的筛查结果，可以初步确定污染超标流域的范围，同时，可以启动后续的溯源工作。

具体的流域范围确认、污染源分析和细化工作见6-9章节。

* 1. 资料收集与初步分析
		1. 适用条件

通过对已有的历史监测数据、区域性资料和相关污染源的信息进行初步分析，可以有效识别一些常见的污染源类型。特别适用于农业污染源，如化肥和农药等化学物质的排放，畜禽养殖产生的氮磷污染，以及城市污水排放和部分工业废水排放。适用于大范围、污染源类型较为常见的地区。

* + 1. 污染源类型及分布

在已初步确认的污染超标流域范围内，应重点收集与COD、氨氮等耗氧污染物相关的污染源数据，关注以下几个方面：

a）农业活动：尤其是化肥、农药的使用，它们是氮、磷污染的主要来源。应收集该流域内农业施肥、灌溉记录、作物种植结构等数据，特别是在雨季和非雨季之间的活动差异。

b）畜禽养殖：畜禽养殖场是氮、磷、COD等耗氧污染物的重要来源。应收集流域内养殖场的数量、密度、排污处理等情况。

c）城市污染源：如污水处理厂的排放情况，包括COD、氮、磷的浓度和排放量，特别关注流域内的主要城市或城镇。

d）工业排放：如化工厂、制药厂等工业企业的废水排放数据，特别关注COD污染物的排放。

* + 1. 水质监测数据

在污染超标流域范围内，收集的水质监测数据应包括：

a）历史水质数据：重点收集该流域内已有的COD、氨氮、总氮、总磷的历史监测数据，尤其是关键监测点的时间序列数据。对于雨季（通常为6月到9月，具体时间根据当地气候确定）与非雨季（通常为10月到次年5月）的数据进行区分。

b）空间分布：收集污染超标流域内不同地点（特别是污染热点区域）的水质数据，以明确污染物的空间分布模式。

* + 1. 流域与气象数据

a）降水量数据：收集污染超标流域范围内的降水数据，特别是雨季和非雨季的降水量差异。

b）流域土地利用类型：关注流域内的土地利用模式（如农业、城市化、工业、森林等）和不同土地利用类型对污染物来源和浓度的影响。

c）水文数据：流域的水位、流速等数据，可以帮助分析水体对污染物的稀释和分布。

d）气象数据：如温度、湿度等气象因素，特别是在雨季和非雨季之间的变化，影响农业活动、养殖过程和污染物的降解。

* + 1. 初步分析与溯源判断
			1. 数据分析与污染物浓度变化分析

a）依据已收集的历史水质监测数据，对耗氧污染物进行浓度分析。应区分雨季和非雨季的水质数据，并对比污染物在这两个季节中的浓度变化。

b）重点分析各监测点的空间分布情况，通过比较不同地点的水质数据，识别污染物浓度较高的区域。特别是在污染超标流域范围内，应聚焦那些污染物浓度持续超标的监测点，并进一步分析是否存在明显的空间集聚效应。

c）对比雨季与非雨季数据的差异，例如，雨季期间耗氧污染物浓度因降水量增加而出现的短期暴增，而非雨季期间，耗氧污染物浓度会趋于平稳。通过这种对比分析，可以初步推测污染源的季节性特征。

* + - 1. 污染源初步定位

a）根据耗氧污染物的季节性变化与流域内的活动模式进行关联分析。例如，若在某些特定时期（如施肥季节或雨季前后的几周），氮、磷浓度显著上升，可以推测农业活动（如施肥或灌溉）是污染物的主要来源。再根据流域内农业、养殖、工业等活动的时间节点与水质变化进行比对，确定污染源的可能性。

b）结合气象和流域土地利用数据分析，比如在雨季时降水较多的情况下，可能会出现由于农业施肥、土壤流失等因素引发的耗氧污染物冲刷。应分析不同土地利用类型（如农业、养殖、工业等）对污染物的贡献，并推测主要污染源的类型和来源。

c）结合畜禽养殖、化肥使用等关键活动的空间分布与水质数据进行交叉验证，进一步确认污染源。例如，若水质监测点位于畜禽养殖区附近，并且氮、磷浓度较高，则可以推测养殖活动可能是污染源之一。

d）通过初步的时空分析锁定污染源的排放源头，例如，通过分析农业活动的时间（如施肥时段）和污染物浓度的关系，可以确认农业施肥是氮、磷超标的主要来源。如果数据表明某些特定区域的污染物浓度常年偏高，并与排污点、养殖区、工业区等区域高度重合，则可进一步确认污染源。

* + - 1. 初步溯源结果确认

如果初步分析已经能够准确地识别污染源，并且污染物浓度与源头活动之间有明显的关联性，那么可以认为初步溯源已经成功。此时，应将结果反馈给相关部门或污染治理单位，以进行后续治理工作。

若初步分析并未明确污染源，或仍有疑问，则应进入下一步（7 野外现场勘查）的详细溯源工作，通过更加精细化的调查与数据收集进一步确认污染源。

* 1. 野外现场勘察
		1. 适用条件

在资料初步分析未能准确识别污染源的情况下，野外现场勘察能够帮助进一步确认污染源位置和种类。通过对流域进行现场调查、采样和排查，能够找到具体的污染源点。例如，非法排污点、生活污水排放源、点源污染（如工业厂区、污水处理厂等）等。现场勘察能够通过直接的现场证据和采样数据，提供更多关于污染源性质和分布的信息，尤其是能发现一些隐蔽或不易识别的污染源。

* + 1. 绘制点位布设草图

在野外现场勘察前，应根据污染超标流域的地形、地貌、污染源分布以及历史数据，绘制详细的现场点位布设草图。

草图应标明勘察区域内各个监测点的位置、耗氧污染物浓度超标点、潜在污染源位置（如养殖场、工业区、农业区等），以便在勘察过程中进行定位和采样。还应标注流域内主要的水系（河流、支流、湖泊等）、排污口以及可能影响水质的其他设施。

* + 1. 现场排查、采样确定重点区域

应在污染源附近、污染超标点及其上游、下游等多个关键位置进行水质采样，以确定污染物的浓度变化和源头可能的位置。重点排查污染物超标密集区域，包括农业排放区、畜禽养殖区、工业污水排放区以及城市生活污水排放区等。

采样点的布设应依据污染物浓度变化的特点，选择浓度差异较大的区域进行重点采样，并考虑季节性差异（如雨季与非雨季的污染物变化）对采样点位置的影响。

采样时应采集足够数量的水样，覆盖不同时间段、不同水体位置的变化，确保样本代表性和准确性。如遇降雨特殊情况（例如：无本地降雨但存在上游来水影响时），应制定补充采样方案。

根据草图确认现场重点排查区域，并对流域内的可能污染源进行实地调查，如确认养殖场的污水处理设施、农业用肥情况、工业废水排放管道、城市排污管网等。

* + 1. 排查形式与方法

现场排查应结合不同污染源的特点采用多种形式。例如：

a）对农业污染源进行实地调查，了解施肥、灌溉、农药使用等情况，检查田间施肥记录和水质监测数据。

b）对养殖污染源，应检查养殖场的排污管道、废水处理设施以及养殖过程中污染物的排放情况，并检查是否存在违规排放现象。

c）对工业污染源，可通过现场核查企业排污口、污水处理设施及其排放记录，并检查是否存在超标排放。

* + 1. 设备配备

在野外现场排查过程中，为支持调查、监测和分析工作需配备合适的排查设备，具体设备清单见表1。

表1 野外现场排查所需设备清单

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 设备类型 | 具体设备 | 用途 |
| 1 | 水质监测设备 | pH测量仪、溶解氧仪、电导率计、浊度计和水温计等 | 用于检测水体的酸碱度、溶解氧含量、电导率、浊度、温度等 |
| 2 | 水样采集设备 | 水样采集瓶、采样器等 | 采集水样进行后续水质分析 |
| 3 | 遥感监测设备 | 水质遥测仪、无人机、无人船等 | 用于远程实时监测水体环境参数，提升监测效率，减少现场操作负担 |
| 4 | 环境调查设备 | GPS定位仪、取样工具、镜头和相机等 | 用于记录调查地点的坐标、现场调查过程和可能的污染源情况、采集土壤、植被等环境样品 |
| 5 | 管线探索设备 | 管线探测仪、地下管网探测设备等 | 用于探测地下排水管线、管网走向及埋深，识别隐藏的排放通道与泄漏风险 |
| 6 | 移动通信设备 | 手持或无线对讲机、手机或平板电脑等 | 用于各组成员之间的即时通讯、记录数据、拍摄照片、发送报告等 |
| 7 | 个人防护装备 | 安全帽、手套、防护服、防护眼镜和口罩等 | 保护人员安全，防止受到污染物的侵害、防止化学物质或颗粒物进入眼睛和呼吸道 |
| 8 | 数据处理和分析设备 | 笔记本电脑或平板电脑以及数据传输设备等 | 用于现场数据记录、整理和分析、数据的传输和备份 |
| 9 | 应急药品 | 急救包、止血剂、抗过敏药物、消毒液等 | 用于处理现场突发的人员伤害或健康紧急情况，确保现场工作人员的安全与健康 |

* + 1. 溯源结果确认与记录

对现场采样的水质数据与污染源调查数据进行对比分析，结合流域水文条件、气象因素及污染源活动的季节性变化等因素，进一步验证污染源的位置和性质。

对污染源进行源追踪，通过追溯污染物浓度变化的轨迹，结合采样点数据，确认污染源的确切位置。

记录现场勘察过程中的关键发现，包括污染源的具体位置、可能存在的污染源类型、污染物浓度变化的趋势等。

根据现场排查结果，制定问题清单，如发现污染源的具体位置、治理设施的缺失、污染物浓度超标等问题。

若未能成功溯源，应继续进行下一步（8 多技术集成溯源方法）溯源工作。

* 1. 多技术集成溯源方法
		1. 适用条件

当资料初步分析和现场勘察无法准确识别复杂的污染源时，可以结合多种技术进行深入溯源。使用地理信息系统（GIS）技术、稳定同位素、数学模型和三维荧光技术中的一种或多种技术进行综合分析，能够溯源一些复杂的污染源类型，如多个污染源交织的区域，或者水质变化不显著但仍然对环境造成影响的污染源。特别适用于污染源较为复杂、变化不显著的情况，是一个更加精准和全面的溯源手段。各项方法优、缺点和适用条件见附录A。

* + 1. 地理信息系统（GIS）技术
1. 数据收集。收集以下3类数据：（1）高分辨率影像，可从公开的遥感数据平台（如Google Earth Engine、NASA Earthdata等）获取，或通过专业的遥感数据提供商（如中国地质调查局、USGS等）购买，包括遥感影像、数字高程模型（DEM）；（2）矢量数据，可以从政府部门的公开数据平台（如国家基础地理信息中心、自然资源部等）获取，或通过开放数据平台（如OpenStreetMap、GeoPlatform等）下载，或通过数字高程模型生成，包括河流、道路及行政区划分布，流域边界、土地利用和植被覆盖，污染源信息等；（3）水质监测数据，可通过水质自动监测站点的实时数据访问接口获得。
2. 空间分析。将收集的矢量数据（如河流、道路、行政区划、土地利用等）和影像数据（如遥感影像、DEM）导入GIS软件，进行坐标统一和预处理。通过DEM数据提取流域边界，并使用流域划分工具确定水系网络。通过空间分析方法，如空间插值（IDW、Kriging等），将水质监测数据扩展到流域内未监测区域，推算出污染物浓度的空间分布。同时，通过空间叠加分析，确定潜在的污染热点区域，识别污染源的空间特征。
3. 污染源预测。基于土地利用类型、社会经济活动和历史水质数据，建立污染源的空间分布模型。结合流域的水文、气象、农业和工业等相关数据，预测污染源的影响范围及其对水质的潜在影响。通过分析污染源类型（如农业排放、工业废水等）及其排放模式，利用GIS工具进一步预测流域内不同区域的污染物浓度变化趋势。结合预测结果与监测数据进行对比，确定潜在污染源的具体位置和污染程度。
4. 结果验证与精确化。通过现场监测数据与预测结果进行对比分析，验证污染源预测的准确性。通过实际采样和监测，校正模型中的误差，提升预测结果的精度。进一步利用空间分析工具对污染源的分布模式进行精细化调整，识别和确认关键污染源区域。最后，结合现场调查和数据分析结果，完善污染源的溯源路径。
	* 1. 稳定同位素技术
5. 样品采集与准备。在目标流域内选择具有代表性的采样点，涵盖不同类型的水体（如河流、湖泊等）以及可能的污染源区域（如农业排放、工业排放等）。采集水样和沉积物样品时应确保样品的代表性和无污染，采样时还需记录详细的现场环境条件（如流量、水温、降水情况等）。样品采集后，需在实验室进行样品的预处理和浓缩，以确保同位素分析的准确性。
6. 同位素分析。对采集的水样和沉积物样品进行稳定同位素分析，主要测定污染物的同位素比值，如氮、氧、碳等元素的同位素比（如δ15N、δ18O、δ13C等）。这些同位素比值能反映污染源的特征和流域水体的反应过程。通过分析耗氧污染物（如COD、氨氮、总氮和总磷）中同位素的特征，识别不同污染源（如农业、工业、城市污水等）的贡献。
7. 同位素数据解析与源头识别。利用同位素数据与已知污染源的同位素特征库进行比对，结合地理信息系统（GIS）等工具，对同位素数据进行空间分析，确定不同污染源对水体污染物的贡献比例。通过同位素比值的差异，可以揭示污染物的来源类型和来源强度。例如，δ15N值较高的水体可能来自化肥污染，较低的δ15N值可能指示畜禽养殖污染。
8. 溯源结果验证与精细化。在同位素分析结果的基础上，通过现场调查和水质监测数据进行溯源结果验证。通过采集更多的样本、对比不同时间和地点的数据，验证同位素分析的准确性。利用溯源结果，结合流域水质监测数据和污染源排放数据，精细化污染源分布，进一步确定关键污染源，并为后续的污染治理措施提供依据。

具体操作可参考《地下水污染同位素源解析技术指南（试行）》（环办土壤〔2022〕16号）。

* + 1. 数学模型

数学模型在流域水环境耗氧污染物溯源中的应用主要是通过建立模型模拟污染物的来源、传输、转化及其扩散过程。常用的数学模型包括水质模型（如SWAT、MIKE21、Delft3D等）、污染物扩散模型和统计回归模型等。模型选择、构建、校准等具体操作可参考T/CSES 72。

* + 1. 三维荧光技术

三维荧光技术（3D-EEM）是一种用于水质监测和污染物溯源的先进技术，通过测量水体中溶解物质的荧光特性，能够提供关于污染物来源、类型和浓度的信息。该技术特别适用于溯源COD、氨氮、总氮和总磷等耗氧污染物。

1. 样品采集与预处理。选择代表性的水体采样点，包括不同类型的水体（如地表水、污水排放口等）和不同污染源周围的水体。采样时应确保样品的代表性和无污染，采样后需进行适当的预处理，如过滤、酸化等，以去除悬浮物和颗粒物，避免对荧光测量结果的干扰。采集的水样通常需要在低温条件下保存，确保荧光特性的稳定性。
2. 三维荧光光谱分析。将采集的水样送入三维荧光光谱仪进行测量，获取水样在不同激发波长和发射波长条件下的荧光强度数据，生成三维荧光光谱图（EEMs）。该光谱图展示了水体中溶解物质的荧光特征，不同的污染物（如有机物、氮磷类物质等）会表现出不同的荧光特性。通过分析荧光强度的峰值和荧光带宽，可以推测水体中污染物的种类和浓度。
3. 荧光指纹匹配与污染源分析。通过与已知污染源的荧光特征库进行对比，确定水体中污染物的来源。不同的污染源（如农业废水、城市污水、工业废水等）具有特定的荧光“指纹”，这些指纹与流域内的污染源类型密切相关。通过对比荧光光谱，可以判断不同污染源对水体污染的贡献比例。此外，荧光光谱也可以揭示污染物的转化与降解过程，进一步辅助溯源分析。
4. 结果验证与溯源精确化。对三维荧光分析结果进行验证，通过与实际水质监测数据（如COD、氨氮、总氮和总磷的浓度）进行对比，检验荧光技术的准确性。如果荧光数据与水质监测结果存在较大差异，需要进一步调整荧光分析方法或增加采样点，确保污染源的识别精度。同时，根据荧光数据和水质模型的结合，精确化污染源的定位，为污染控制和治理措施提供依据。

具体操作可参考T/ZAEPI 027。

* 1. 问题清单制定
		1. 问题识别与分类

根据前期溯源结果，识别出流域内的污染问题，并将其分类。（1）根据污染物的种类（COD、氨氮、总氮、总磷）对问题进行分类；（2）根据污染源的类型（如农业、工业、生活污水、城市径流等）对问题进行细分。

* + 1. 评估污染源的贡献

对每个污染源进行评估，确定其对水体污染的贡献程度。这可以通过溯源分析中得到的污染物浓度数据以及源项分布情况来完成。应计算不同污染源对总污染物负荷的贡献比例，特别是占比高或具有显著影响的污染源。

* + 1. 确定污染物排放超标程度

根据水质监测数据和模型模拟结果，进一步明确流域内各类污染物的排放超标程度。可以设定阈值，确定污染物超标的严重性和超标范围。对不同污染物进行分级管理，标出“重点治理区”和“次要治理区”。例如，对于超标严重的区域，可能需要立即采取治理措施；而对于超标较轻的区域，则可采取监控、预警等措施。问题清单见附录B。

* + 1. 明确治理措施与建议

基于问题清单，提出相应的治理措施。例如：

对农业面源污染问题，可建议优化施肥、喷洒农药的方式，推广生态农业或精准农业。

对工业污染源问题，可建议加大排放监控、提升废水处理技术等。

对生活污水排放问题，可建议完善污水处理设施，提高污水处理效率。

每个问题应制定具体的治理方案和措施，并根据污染源的类型和污染程度优先处理。

建立一个动态更新的问题清单管理机制。随着后续水质监测、污染源治理措施的实施和效果评估，需要对问题清单进行周期性更新和调整。

# 附 录 A

（资料性）

多技术集成溯源方法技术特点和适用条件

流域水环境耗氧污染物溯源的可选技术方法包括地理信息系统（GIS）技术、稳定同位素技术、数学模型和三维荧光技术。不同方法原理、技术特点和适用条件各不相同，如表A.1所示。

表A.1 多技术集成溯源方法技术特点和适用条件

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 溯源方法 | 技术原理 | 主要优点 | 技术局限 | 适用条件 |
| 地理信息系统（GIS）技术 | 通过空间数据（遥感影像、DEM、矢量数据等）对流域范围内的污染源进行空间分析，识别污染源分布、污染物扩散路径以及影响范围 | （1）能整合多源空间数据，进行区域性污染源识别与评估；（2）操作便捷、适用范围广，适合大范围流域污染源分析 | （1）依赖高质量空间数据，若数据不完整或精度低，结果会受到较大影响；（2）不适合实时监测 | 适用于具有空间数据支持的流域，尤其适合需要大范围污染源分析、评估污染源分布情况的研究 |
| 稳定同位素技术 | 通过分析水体中稳定同位素的比例，推测污染物的来源、迁移路径及其污染源类型，帮助精确确定污染源 | 高灵敏度和高精度，适用于污染源追溯，尤其能精确追溯污染物的源头和迁移过程 | 设备和分析成本较高，实施周期较长，需专业技术人员，操作复杂 | 适用于污染源复杂、来源不明确的区域，尤其在污染物具有明确同位素特征，能够精准追溯源头时 |
| 数学模型 | 利用水质模型（如水动力学模型、水质传输模型等）模拟污染物在水体中的扩散、转化和沉降过程，从而确定污染源和其对水质的影响 | 可以通过精确的模型模拟评估污染源的贡献，适用于大范围流域的长期监测与污染评估 | （1）模型结果受输入数据的精度和假设条件的影响较大，可能存在一定的误差；（2）模型复杂，维护和更新成本高 | 适用于有长期监测数据、能够进行水质模拟的流域，尤其是可以模拟污染物扩散与转化的区域 |
| 三维荧光技术 | 通过激发水体中的荧光物质，利用荧光光谱分析技术对水质进行溯源，确定污染物质的来源及浓度 | 高灵敏度、快速无损检测，能够实时监测水质，适用于多污染物源的溯源 | （1）仅适用于含有荧光物质的污染源，部分污染物可能无法通过此技术识别；（2）设备投入较高，技术要求较高 | 适用于有荧光特征污染物且需实时溯源的区域，尤其适合识别水中有机污染物、化学物质来源的溯源分析 |

# 附 录 B

（资料性）

问题清单

表B.1 问题清单

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 污染源类型 | 污染物种类 | 超标程度 | 污染源位置 | 污染源贡献 | 治理优先级 | 治理措施 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |

填表说明：

1. 污染源类型：指流域内主要的污染源，如农业面源污染、生活污水排放、工业污染源等。
2. 污染物种类：列出每个污染源对应的污染物种类，本表格中包含COD、氨氮、总氮、总磷等。
3. 超标程度：污染物的超标程度，例如“超标3倍”意味着污染物浓度是标准值的三倍。
4. 污染源位置：标明污染源的具体地理位置或排放口位置，以便于后续治理。
5. 污染源贡献：指每个污染源对水体污染的贡献比例，根据溯源结果确定。
6. 治理优先级：根据超标程度、污染源贡献等因素，评定每个问题的治理优先级，“紧急”表示需要立即治理，“重要”表示应尽快治理，“次要”表示可以延后治理。
7. **治理措施**：提出针对每个污染源的治理建议，如推广精准施肥技术、完善污水处理设施、加强河道清淤等。