

附件 5

《地下水污染同位素源解析技术指南 (试行)(征求意见稿)》编制说明

2022 年 1 月

目 录

一、任务来源.....	1
二、编制必要性.....	1
三、国内外应用情况.....	2
（一）国外相关技术规范应用情况.....	2
（二）国内相关技术规范应用情况.....	2
（三）国外经验对中国的借鉴意义.....	3
（四）本指南与国外相关规范的对比.....	3
四、编制过程.....	4
五、主要技术要点说明.....	4
（一）适用条件.....	4
（二）工作内容和流程.....	5
（三）调查范围确定.....	5
（四）布点采样.....	6
（五）污染源解析.....	7
六、指南实施建议.....	7

《地下水污染同位素源解析技术指南（试行） （征求意见稿）》编制说明

一、任务来源

为贯彻落实《地下水管理条例》《“十四五”土壤、地下水和农村生态环境保护规划》，推进我国地下水污染防治工作，发挥同位素源解析技术在地下水污染调查评估中的作用，加强同位素源解析技术应用的科学性和规范性，由生态环境部土壤生态环境司组织，生态环境部土壤与农业农村生态环境监管技术中心、生态环境部环境规划院、中国地质大学（武汉）、中国科学院地质与地球物理研究所、吉林大学联合起草编制了《地下水污染同位素源解析技术指南（试行）（征求意见稿）》（以下简称“指南”）。

二、编制必要性

我国地下水污染形势严峻，防治基础薄弱，部分地区地下水污染来源和污染途径不清，难以有效实施相应的污染阻控和修复措施。

地下水污染具有复杂性、隐蔽性、难恢复性等特点。地下水污染来源多样、污染特征和污染机理复杂，精确识别地下水污染来源是地下水污染防控的重点和难点。污染物的同位素组成常保留其来源信息，可作为环境污染的“指纹”。本指南在水文地球化学研究的基础上，结合同位素解析技术，提出地下水污染同位素

源解析的可行性方法，将具体适用条件和技术实施形成规范的模式，为地下水资源保护和地下水污染防治提供理论依据和技术指导，并可供地表水体污染源解析参考。

三、国内外应用情况

（一）国外相关技术规范应用情况

1993年12月，国际原子能机构在会议上发起了利用同位素技术研究地下水污染的提议，并提出了协调研究项目（CRP）。与会的成员国有奥地利、巴西、中国、捷克共和国、法国、匈牙利、印度、以色列、意大利、新西兰、巴基斯坦、波兰、塞内加尔和英国。该项目为同位素技术在地下水污染领域的应用起到了重要作用。随后，国际原子能机构发表了系列关于应用同位素技术调查地下水污染的专著，总结了CRP项目应用各种同位素技术调查研究地下水污染的典型案例。

2008年，美国环境保护总署发布了《应用有机单体同位素评价地下水有机污染物的生物降解及污染来源识别的指南》，对地下水有机污染物同位素数据的获取及解译过程进行了详细的说明，评价了该方法的不确定性。在《欧盟水框架指令》指导下，欧洲生命科学研究所完成了《N、O、B同位素评估水中硝酸盐污染分析实用手册》，详细介绍了取样程序、测试方法、数据分析等具体内容，可供水资源管理人员、决策者和政府部门使用。

（二）国内相关技术规范应用情况

我国地下水污染防治研究基础薄弱，受技术水平发展滞后和基础资料不完善的影响，目前与地下水环境相关的工作指南有

《地下水环境状况调查评价工作指南》《地下水污染模拟预测评估工作指南》《地下水污染防治区划分工作指南》等，在地下水污染同位素源解析技术方面尚未出台相关指导性文件。

（三）国外经验对中国的借鉴意义

国外的同位素技术起步较早，基础理论丰富，相应的科学体系也更加完善，极大促进了同位素技术在地下水污染源识别领域发展，逐步形成了实用性较强的技术指南和规范性文件。相关指南或规范具有以下几个特点：（1）目的性强，每个指南制定都是为了解决特定的问题；（2）专业性强，指南中各问题都具有很强的专业性，需要一定专业知识储备，注重对指南使用人员的专业素质要求；（3）指导性强，指南中对于专业问题的解释非常明确，循序渐进地把专业性问题解释清楚，包括每个术语和概念都有详细的说明，对实验步骤的论述非常详尽。

目前国内利用同位素技术进行地下水污染源解析还处在起步阶段。随着经济发展，市场需求不断增加，同位素技术将在各领域不断推进，国外现行技术法规对我国地下水污染同位素源解析技术具有较好指导和借鉴意义。

（四）本指南与国外相关规范的对比

本指南在借鉴国外已有指南的基础上，充分结合我国地下水污染源解析技术的实际情况，对目前环境领域同位素技术应用情况进行详细梳理，内容涵盖各种同位素技术在地下水污染领域的应用原理及技术操作流程，旨在为地下水污染同位素源解析工作提供详细的技术指导。

四、编制过程

本指南编制过程中选择了试点省市开展了地下水污染同位素源解析案例研究，于 2016 年 1 月形成了地下水污染同位素源识别工作指南初稿及编制说明。2017-2018 年，生态环境部环境规划院多次组织召开指南编制修订工作会议，并结合已完成的实际调查结果反复研讨，明确工作定位、适用范围、指导原则和主要内容，进一步明确了本指南与《地下水环境状况调查评价》以及其他相关指南的衔接关系。指南编制组按照历次会议形成的专家意见逐步完善，并结合地方地下水环境状况调查评价成果，选择不同污染类型的地下水饮用水源地开展案例验证，编写技术报告，检验指南可操作性，并逐步完善。

2019 年 6 月，生态环境部土壤与农业农村生态环境监管技术中心组织编制组，完善指南并形成评审稿。2020-2021 年，在多次组织专家咨询会、研讨会的基础上，征求部内相关司局意见，修改完善后，形成征求意见稿。2022 年 1 月，经司务会审议后，建议公开征求意见。

五、主要技术要点说明

（一）适用条件

当地下水遭受特定的无机盐（硝酸盐、硫酸盐和氯化物）、重金属（铬、铅）或有机物污染，且污染物含有稳定同位素，测试技术成熟，但污染物来源不明，污染途径不清，借助相关同位素技术，可准确识别污染源及其贡献率，开展地下水污染同位素源解析工作。

地下水污染同位素源解析工作需基于已开展过 1:50000 比例尺以上精度水文地质调查和地下水基础环境状况调查评价进行。未开展区域水文地质调查，或者水文地质调查精度不够，需参照《水文地质手册》（第二版）、DZ/T 0282-2015 水文地质调查规范（1:50000）等进行补充调查。未开展过地下水基础环境状况调查评价的，需参照《地下水环境状况调查评价工作指南》（环办土壤函〔2019〕770号）完成补充调查。

（二）工作内容和流程

明确了开展地下水污染同位素源解析的工程内容和流程，包括调查范围确定、布点采样、污染源解析和技术成果编制。

（三）调查范围确定

确定调查范围旨在明确工作边界，主要包括资料收集、水文地质条件分析、地下水污染现状分析和确定调查范围四部分内容。

开展污染物同位素源解析工作前，应当充分收集区域已有基础资料，主要包括水文地质条件、地下水污染现状、潜在污染源特征和分布等资料。

根据水文地质条件复杂性和已有资料的详实程度，判断是否需要开展补充水文地质调查。若需补充，可结合地下水流动系统辅助同位素调查，精确识别地下水补给来源、径流途径、排泄方式，估算地下水年龄，以提高对工作区水文地质条件认识的精度。根据相关资料建立满足精度需求的水文地质概念模型。

根据地下水环境状况调查资料情况，明确地下水污染层位、污染程度、污染范围、潜在污染源特征等信息。若资料不足，可进行地下水污染现状补充调查。

在完成水文地质条件分析、明确地下水污染现状的基础上，通过现场踏勘，分析已收集资料信息的准确性，并确定地下水污染同位素源解析的工作范围。

(四) 布点采样

该工作主要包括同位素及水化学指标遴选、采样方案设计和样品采集与测试分析三部分内容。

综合考虑地下水污染物性质（无机盐类污染、重金属类污染、有机物污染）和污染特点（单一污染、复合污染），结合有关同位素的应用原理及适用条件，选择同位素和水化学指标组合。通过综合解析同位素及水化学数据得到地下水污染来源信息。若外部条件允许，建议选取多同位素组合，以便采用多维同位素信息提供更精确的结果。

采样方案设计需考虑采样点布设位置、采集样品类型、样品数量以及采样时间与频次等。采样点布设应考虑其代表性、可控性、经济性及可行性。通常需根据污染源特征（点源、线源、面源）采取相应布点方式，综合考虑水文地质条件，确定重点工作对象，并兼顾对整个调查范围的点位控制。样品类型包括地下水样品和各种潜在污染源样品。样品数量、采样时间和频次要根据调查范围、水文地质条件、潜在污染源等确定。

样品采集和保存方法根据污染物和潜在污染源性质确定。采集工作完成后委托有资质的实验室进行样品测试。测试指标包括特征污染物、主要化学组成和污染物同位素组成。

(五) 污染源解析

该部分主要包括地下水污染特征分析、地下水污染源识别、污染源贡献率计算三部分内容。

基于调查范围内地下水污染现状，选取具有代表意义的水化学指标分析，识别污染物的水文地球化学过程，确定转化过程对污染物同位素分馏的影响。

根据地下水污染物中的同位素组成和潜在污染源的同位素组成，绘制相应的多元同位素关系图或同位素—水化学指标关系图，综合分析，识别地下水污染来源。通过污染途径分析结果及区域实际情况（含水层岩性、土地利用类型等），对识别结果综合校验。

基于地下水中污染物转化过程反向推导其初始同位素组成。根据同位素混合模型，结合地下水中污染物的初始同位素组成以及识别出的污染源中同位素组成，计算各主要污染源对地下水污染的贡献率，同时给出该过程的不确定性。

六、指南实施建议

本指南围绕地下水污染防治实施需要，在调查国内外各类同位素在污染水文学领域的应用进展的基础上，提出了适应我国当前研究水平和实际需求的地下水污染同位素源解析技术。

本指南提出了开展地下水污染同位素源解析的技术流程，为地下水污染同位素源解析成果质量提供了有效保障。本指南可对

地下水污染源及其贡献率作出判定，为地下水资源管理、保护和污染修复决策提供帮助，并可供地表水体污染源解析参考。从事地下水污染同位素源解析工作的技术人员应具备相关专业背景，以确保工作成果的科学性和可靠性，技术人员需根据实际水文地质条件、潜在污染源性质，选择适宜的同位素方法。鉴于同位素的多解性，应充分结合水化学指标进行解析，或采用多维同位素技术，以便得到更为可靠的结果。