

地质条件和污染物特征,确定出模型的边界条件、初始条件和参数,接着通过模型校准和验证,来提高模拟结果的准确性。而边界条件为水头边界、流量边界等,初始条件则是指模拟开始时的地下水水头和污染物浓度分布,参数包括了渗透系数、弥散系数等水文地质参数。之后的模型校准,即通过调整模型参数,使模拟结果与实际监测数据尽可能保持一致,验证便是利用另一组监测数据对校准后的模型进行检验,有助于确保模型的可靠性。

3 污染场地环境水文地质勘察技术的具体应用

3.1 污染范围的确定

污染范围地确定是污染场地环境水文地质勘察的重要任务之一,通常需要综合地运用场地调查技术、污染物检测技术和水文地质参数测定技术,如此才能够准确地圈定污染区域^[9]。为此在场地调查的基础上,要根据可能的污染来源和扩散路径,布置土壤和地下水采样点。其中土壤采样点应覆盖场地的不同区域和深度,地下水采样点则应沿地下水流向进行布置。然后通过对采集的样品进行检测分析,就能确定出污染物的种类和浓度。同时结合水文地质参数,如地下水流速、流向等,来分析污染物的迁移方向和距离,确定出污染的水平 and 垂直范围。

3.2 污染物迁移规律的研究

污染场地环境水文地质勘察的核心内容便是研究污染物迁移规律,而经过水文地质参数测定技术和数值模拟技术,就能够揭示污染物在地下水中的迁移路径和影响因素。第一步是测定场地的水文地质参数,即渗透系数、弥散系数等等,进而为污染物迁移模拟提供基础的数据。第二步需要利用数值模拟软件建立污染物迁移模型,以此模拟不同情景下污染物的浓度分布和迁移趋势。第三步为分析地下水的流动速度、流向、含水层岩性、污染物的理化性质等因素对污染物迁移的影响,随即便掌握了污染物的迁移规律。

3.3 污染风险评估

污染风险评估即根据污染场地的勘察结果,来评估污染物对人体健康和生态环境的潜在风险,评估的结果能够为污染场地的治理与修复决策提供依据。而污染风险评估可分为暴露评估、毒性评估和风险表征三个阶段。第一阶段为暴露评估,核心在于确定人体或生态系统接触污染物的途径、频率和剂量;第二阶段是毒性评估,重点是评价污染物的毒性大小和危害程度;第三阶段为风险表征,它需要综合地暴露评估和毒性评估结果,并计算出风险值,进而判断污染风险是否可接受^[10]。与此同时,在污染风险评估的过程中,还需要利用场地调查和污染物检测获得的数据,如污染物浓度、暴露途径等等,再结合相关的风险评估模型和标准进行风险计算和评价。

4 结语

污染场地环境水文地质勘察技术是污染场地治理与修复的关键支撑,其应用能够为准确地识别污染特征、掌握污染物迁移规律、评估污染风险提供科学依据。本文主语介绍的场地调查技术、污染物检测技术、水文地质参数测定技术和数值模拟技术等,其在污染场地勘察中各有其优势和适用范围,若相互配合使用则能够提高勘察的精度和效率。虽然这些技术的合理应用能够有效地解决污染场地勘察中的诸多问题,为制定有效的治理修复方案提供了有力支持。但随着污染场地类型的多样化和污染程度的加剧,现有技术依然会面临一些挑战,比如复杂场地条件下的勘察精度有待提高、新型污染物的检测方法不够完善、数值模拟的准确性受参数不确定性影响较大等等。对此,未来应加强污染场地环境水文地质勘察技术的研发与创新,同步推动无人机遥感技术、生物监测技术、高精度数值模拟技术等新技术、新方法的应用,持续地提高勘察技术的智能化和精准化水平。同时还要加强不同技术的融合与集成,建立起完善的勘察技术体系,最终才能为污染场地的治理与修复提供更全面、更可靠的技术支持。

参考文献

- [1] 韩彦霞.水文勘测技术在水污染环境地质中的应用研究[J].农村实用技术,2022,(01):131-132.
- [2] 李世立,王蓓,陈铭杰.水环境污染地区的地质水文勘察技术的新思考[J].中国金属通报,2022,(22):179-181.
- [3] 汪雅楠,李甫.污染场地水文地质勘察技术的应用探析[J].皮革制作与环保科技,2022,3(24):155-156+159.DOI:10.20025/j.cnki.CN10-1679.2022-24-53.
- [4] 李宏亮.污染场地环境水文地质勘察技术应用研究[J].现代工程技术,2024,3(07):101-104.
- [5] 龚良成.污染场地环境岩土工程地质勘察中水文地质条件评估方法研究[J].环境科学与管理,2024,49(05):186-190.
- [6] 魏婧,张亚宁.基于抽水法的煤矿矿区污染场地环境水文地质勘察研究[J].能源与环保,2024,46(08):49-54.DOI:10.19389/j.cnki.1003-0506.2024.08.008.
- [7] 孙太亮.基于水文地质勘察的水网污染地块风险评估方法研究[J].工程技术研究,2025,10(09):220-222.DOI:10.19537/j.cnki.2096-2789.2025.09.072.
- [8] 周扬.基于污染场地环境水文地质勘察技术应用分析[J].经济技术协作信息,2025,(3):0268-0270.
- [9] 石磊.基于污染场地环境水文地质勘察技术应用分析[J].科技创新,2020,(07):36-37.
- [10] 吴仕军.水文地质勘察在污染场地环境调查中的重要性探讨[J].冶金管理,2022,(01):103-105.

Optimization of groundwater monitoring site selection and long-term monitoring scheme design in environmental impact assessment

Binhe Xu Lu Shi

Liaoning Province Geological Mineral Survey Institute Co., Ltd., Shenyang, Liaoning, 110034, China

Abstract

In environmental impact assessment, groundwater monitoring serves as a crucial tool for assessing project impacts and evaluating groundwater quality. The scientific design of monitoring sites and long-term tracking protocols are essential to ensure data validity. This paper explores principles and methodologies for optimizing groundwater monitoring site selection in environmental impact assessments, including representativeness, cost-effectiveness, and dynamic monitoring strategies. It also examines spatial interpolation methods and Analytic Hierarchy Process (AHP) techniques. Furthermore, the study outlines core elements of long-term monitoring protocol design, such as indicator selection, sampling frequency, periodicity, and data management. Through case studies from Liaoning Geological and Mineral Group, the paper identifies common issues including improper site selection, insufficient sampling frequency, and inadequate data utilization in current practices. Targeted optimization strategies are proposed to enhance the scientific rigor and timeliness of groundwater monitoring in environmental impact assessments, thereby providing practical support for groundwater conservation efforts.

Keywords

environmental impact assessment; groundwater monitoring; site optimization; long-term tracking; Liaoning Geological and Mineral Group

环境影响评价中地下水监测布点优化与长期跟踪监测方案设计

徐彬赫 石璐

辽宁省地质矿产调查院有限责任公司, 中国 · 辽宁 沈阳 110034

摘 要

在环境影响评价中, 地下水监测是掌握地下水环境质量状况、评估工程项目影响的重要手段, 而科学合理的监测布点与长期跟踪监测方案则是保障监测数据有效性的关键。本文重点探讨的是环境影响评价中地下水监测布点优化的原则和方法, 即代表性、经济性、动态性等原则及空间插值法、层次分析法等方法, 在此基础上还阐述了长期跟踪监测方案设计的核心内容, 如监测指标、频次、周期及数据管理等。同时结合辽宁地矿集团的实践案例, 分析了当前布点与跟踪监测中存在的布点不合理、频次不足、数据应用不充分等问题, 并且提出了针对性的优化对策。旨在为提升环境影响评价中地下水监测的科学性和时效性提供一定的借鉴意义, 在实践中为地下水环境保护提供有力的支撑。

关键词

环境影响评价; 地下水监测; 布点优化; 长期跟踪; 辽宁地矿集团

1 引言

地下水作为重要的水资源, 其环境质量与人类生存发展、生态系统稳定是息息相关的。但随着各类工程项目的不断推进, 使得地下水面临着污染、水位下降等潜在的风险, 此时环境影响评价作为预防环境风险的前置环节, 对地下水

监测也提出了更高的要求。因为地下水监测布点的合理性直接决定了监测数据的代表性, 而长期跟踪监测是掌握地下水环境动态变化、评估项目长期影响的必要手段。就当前的环境影响评价实践而言, 传统的地下水监测布点常存在布设随意、密度不均等问题, 已经难以全面地反映地下水环境的真实状况, 因此深入地研究地下水监测布点优化与长期跟踪监测方案设计, 对于提高环境影响评价质量、保护地下水环境来说极其关键。

【作者简介】徐彬赫 (1996-), 男, 中国吉林吉林人, 本科, 工程师, 从事水文和环境地质研究。

2 环境影响评价中地下水监测布点优化的原则与方法

2.1 布点优化的核心原则

地下水监测布点优化需遵循多项原则,才能确保监测数据的科学性和代表性。对于原则的详细阐述如下:第一是代表性原则,它是首要原则,要求监测点能反映出评价区域不同水文地质单元、含水层类型及污染风险区的地下水环境特征,如在污染源下游应增设监测点以捕捉污染物的迁移轨迹^[2]。第二是经济性原则,该原则强调要在满足监测需求的前提下,合理地控制监测点数量,进而避免过度布设而造成的资源浪费,通常可在前期水文地质勘查精简冗余点位。第三为动态性原则,其要求布点根据项目阶段、地下水环境变化进行动态地调整,如施工期应加密临时监测点,运营期则可优化为常规的监测网络。辽宁地矿集团在某煤矿项目环境影响评价中,便严格地遵循上述了原则。它在井田范围内按不同煤层的含水层分布布设监测点,且兼顾污染源周边与对照区。此举既保证了对矿井排水影响区域的全面覆盖,又通过前期勘查数据减少了30%的冗余点位,因此实现了代表性与经济性的平衡。

2.2 布点优化的常用方法

空间插值法是布点优化的最为有效工具,其原理是通过对已有监测数据的空间分析,来预测未监测区域的地下水环境参数,进而确定需补充监测的区域。例如采用克里金插值法绘制地下水水位等值线图,即可直观地显示水位异常区,为新增监测点提供了依据。层次分析法则是通过构建指标体系(如水文地质条件、污染风险、交通便利性等),对潜在监测点进行权重赋值与排序,从中筛选出最优监测组合^[1]。而辽宁地矿集团在某化工园区环境影响评价中,综合地运用了上述两种方法,先通过空间插值法识别出园区周边地下水污染风险高值区,再用层次分析法对备选监测点进行评估,最终确定的20个监测点较传统布点方案来看,数据覆盖率提升了40%,且精准地捕捉到了园区边界处的污染物扩散趋势。

2.3 不同项目类型的布点差异

由于不同的工程项目对地下水的影响特征不同,所以布点需体现出针对性^[3]。像工业项目,就应重点围绕着生产装置区、废水处理站、固废堆场等污染源布设监测点,同时还要设置对照点与背景点;矿山项目则需兼顾采矿区、尾矿库及周边地下水径流路径,关注点为水位与水质的协同变化;水利工程的侧重点为监测坝体上下游及灌区的地下水补排关系。

3 长期跟踪监测方案设计的核心内容

3.1 监测指标与频次的确定

长期跟踪监测指标的筛选需要建立在对项目污染特征、区域地下水敏感目标及水文地质条件的综合研判之上,使其

形成“常规指标+特征指标”的双层监测体系。其中,常规指标作为反映地下水环境基底状况的基础参数,除了水位、pH值、溶解氧、高锰酸盐指数之外,还应包括总硬度、硫酸盐、氯化物等等。

监测频次的设定应当遵循“动态调整、精准响应”的原则,既要避免过度监测而造成的资源浪费,又要确保关键时段的监测密度。就施工期来说,由于场地开挖、桩基施工、临时排水等活动可能引发地下水水位骤变、悬浮物增加及局部污染,因此需要实施加密监测。对于大型工业项目,常规的指标建议每月监测1次,特征指标每两周监测1次。但若施工区域涉及敏感含水层或邻近饮用水源,便应在关键工序(如基坑降水、防渗透层铺设)期间增设临时监测点,并将监测频次提升至每周1次。之后在运营期随着生产工况趋于稳定,污染释放的强度会有所减弱,此时可调整为常规指标每季度1次、特征指标每半年1次,可对于高风险环节(如储罐区、污水处理站)周边的监测点,依然需保持每月1次的特征指标监测。一定监测数据出现了异常征兆,如某特征污染物浓度较上期上升20%以上或接近标准的限值,一定要立即启动应急监测机制,将该指标的监测频次加密至每月2-3次,并同步扩大监测的范围,以确保能够追踪到污染扩散的边界。

3.2 监测周期与阶段划分

长期跟踪监测的周期设计需要覆盖工程项目从施工准备到退役后生态恢复的全生命周期,以形成“阶段聚焦、全程覆盖”的时间轴。展开来说:施工期作为环境扰动最剧烈的阶段,其监测周期应与工程进度进行深度地绑定,通常从场地平整开始至主体工程竣工结束,一般为1-3年。在此阶段,需重点捕捉因土方开挖而导致的地下水水力联系改变、施工废水泄漏引发的短期污染,以及降水排水造成的区域地下水水位下降。而运营期的监测周期应根据项目服务年限确定,一般为5-30年,此时需持续地跟踪正常工况下污染物的累积效应及长期水文地质变化。像化工、制药等重污染行业,运营期前5年均为污染风险高发期,该阶段监测周期需保持高位。往后随着生产设备的老化,后期应重点关注跑冒滴漏导致的突发性污染。以某大型石化项目为例,运营期前10年每季度均会监测特征污染物,10年后则调整为每半年1次,但对储罐区周边的监测点始终保持着季度频次。另外便是退役期的监测周期设置,应该充分地考虑到污染物的降解周期与生态恢复进程,通常不低于项目退役后5年,面对含有难降解污染物(如多环芳烃、重金属)的项目,还需延长至10-20年。此阶段检测的重点在于残留污染物在地下水中的迁移转化规律,以及生态修复措施(如渗透性反应墙、生物修复)的长期效果。

以辽宁地矿集团某金属冶炼厂项目的跟踪方案为例,其将20年监测周期划分为“三阶段五节点”,即施工期2年(以地基处理、厂房建设为节点划分监测时段)每季度监