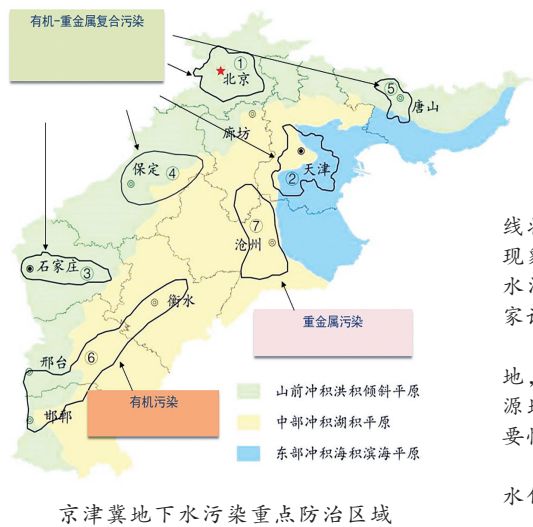


精准施策,科技助力京津冀地下水环境管理

水专项“京津冀地下水污染特征识别与系统防治研究”课题成果显著



课题背景

“密怀顺地区的地下水污染以排污河道线状污染为主,局部地区存在硝酸盐氮超标现象。”在密怀顺平原区调研时,“京津冀地下水污染特征识别与系统防治研究”课题组专家说。

密怀顺平原区是北京市重要的供水水源地,八厂水源地、怀柔应急水源地等地下水水源地均位于这一区域内,其地下水水质的重要性不言而喻。

而这里,只是京津冀地区的缩影。地下水作为京津冀地区重要战略水资源和饮用水

源,超采严重且污染形势严峻,危及京津冀区域用水安全。

针对京津冀地区地下水污染形成机制及演变趋势不清、战略布局和关键技术体系不完善等问题,水专项“京津冀地下水污染特征识别与系统防治研究”课题着眼京津冀地下水污染防控与修复,由中国环境科学研究院总工程师席北斗研究员担任课题负责人,中国环境科学研究院、生态环境部环境规划院、中国地质调查局水文地质环境地质调查中心、同济大学、中国地质科学院水文地质环境地质研究所、清华大学、成都理工大学、中持水务股份有限公司等8家单位携手,共同为京津冀地下水安全保障提供科技支撑。



农灌井地下水样品采集

精准识别污染特征,明确防控发力点

地下水环境质量控制至关重要。

根据《2017年中国水资源公报》,我国供水结构中,地下水供水量为1016.7亿立方米,占总供水量的16.8%。“尽管地下水供水占比不到20%,但由于我国北方城市多为地表水、地下水混合供水,供水人口比例相对较高。”生态环境部环境规划院水环境规划部主任助理刘伟江说。

但长期以来,京津冀地区的区域、行业地下水污染状况、成因和形成机制不明确,成为掣肘地下水污染防治目标实现的重要因素。

“《国家十三五规划纲要》《水污染防治行动计划》《京津冀协同发展规划纲要》《全国地下水污染防治规划(2011-2020年)》和《华北平原地下水污染防治工作方案(2012-2020年)》等国家战略均在着力布局京津冀地下水安全保障工作。”席北斗道出京津冀地下水安全保障的重要意义。

谋定而后动。要开展地下水污染防治,必须先明确地下水污染特征,进行分类分区,识别与评估地下水污染源。

课题组以“六五”国家重点科技攻关项目《华北地区及分区地下水水质评价及水源保护研究报告》为基准,对2006-2009年地质调查项目“华北平原地下水污染调查评价”样品检测结果进行地下水系统数理统计分析,确定了京津冀地下水“三氮”、重金属和有机指标的对照值。基于对照值,选取三氮、重金属、挥发性有机物、半挥发性有机物指标共45项,对京津冀平原区的浅层地下水污染进行评价分级。

工欲善其事,必先利其器。针对典型

行业与地下水污染关联性分析,课题组基于地质统计学和贝叶斯方法构建了一套模型。

通过对京津冀地下水监测数据进行采集、污染指标关联分析测算和评估数据库构建,可实现在线污染源概率分析以及污染分级计算。

以滹沱河平原区为研究对象,课题组利用模型对比了2006-2009年与2019年的浅层地下水样品监测数据,发现该区域浅层地下水有机污染指标含量明显下降,主要的污染指标仍是“三氮”,其中硝酸盐氮污染有明显恶化的趋势。通过构建面状分布指标的地下水污染插值分区方法和非面状分布指标的单元影响范围分区方法,课题组还划分了地下水硝酸盐氮的面状污染分区和重金属、有机物的非面状污染分区。

“识别风险源,必须精准。”课题组专家说。而精准的背后,是对京津冀区域内各类污染源及其分布状况的详细调查,是区域尺度和城市尺度风险源的科学识别方法。

在区域尺度上,课题组构建了涵盖污染源种类K(包括毒性、衰减能力、迁移性等)、污染物产生量Q、污染物释放可能性L(有无防护措施、有无泄漏)及污染缓冲半径D等4个指标的污染源评价体系。

在城市尺度上,课题组从污染源自身的属性和污染源排放的排放量两个方面考虑污染源风险源的危害性。结合国家技术规范和目前地下水污染源分类研究进展,识别了京津冀区域内

工业源、生活源、农业源、废物处置类、地下设施类和地表水体六大类污染源。

综合考虑污染物迁移性、毒性特征、降解性、排放浓度、排放量、防范措施和释放可能性指标,课题组构建出地下水污染风险源强度评价指标体系,确定了重点研究区各污染源的贡献率,地下水污染风险源清单就此形成。

清单显示,在北京顺义区,高风险源为工业源,贡献率过半,中风险源为农业源,贡献率约1/4。在天津静海区,高风险源同样为工业源,但贡献率高达77.49%,其余风险源则为低风险源。而石家庄滹沱河平原区的高风险源则是生活源,贡献率近半,较高风险源为工业源,贡献率约为1/3。



地下水样品现场监测

解析地下水污染过程,突破关键节点

京津冀地区地下水污染的形成机制和影响因素是什么?优先控制污染物有哪些?如何识别?过去,这些问题都是京津冀地下水污染治理工作中的“拦路虎”。

这意味着,地下水污染过程识别与成因分析、优先控制污染物识别与清单构建势在必行。

课题组研究发现,京津冀区域主要存在大气降水渗入污染型、河流或渠道渗入污染型、渗坑/水塘污染型、垂向优势通道污染型和地下水水位回升污染型5种地下水污染模式。

从区域维度来看,大气降水渗入污染型主要分布在除地表水体外的华北平原区;河流或渠道渗入污染型主要分布在太行山、燕山山前至滨海的河道带或人工渠系;渗坑/水塘污染型主要分布在白洋淀周边及滨海区域;垂向优势通道污染型主要存在于点状

污染源与水井并存区、油田油井分布区;地下水水位回升污染型主要存在于地下水压采区。

通过对京津冀地区区域尺度及场地尺度地下水污染调查评价成果进行分析,课题组形成了不同污染情景模式下的因子分类清单。

课题组创新结合包气带与饱和带,构建了主控因子识别目标函数,形成了基于数值模型和敏感度分析的主控因子识别方法。采用Hydrus 2D/3D软件,模拟了不同污染情景模式下的地下水污染过程,分析了污染过程的主控因子。

例如,大气降雨入渗模式下,主控因子是包气带吸附系数、弥散度和包气带土壤容重,而季节性河流驱动模式下,主控因子则是地下水水位变化幅度。

随着污染过程逐渐明晰,课题组将目光投向优先控制污染物清单。

要建立优先控制污染物清单,必须首先了解污染物的种类,从中加以筛选。课题组扎实分析了京津冀地下水特征污染物清单、国内外优先控制清单、国内外饮用水质量标准、水环境质量标准,确立了含有197种污染物的京津冀优先控制污染物初始名单。其中包含49种挥发性有机物(VOC)、116种半挥发性有机物(SVOC)、22种重金属和10种其他类污染物。

197种污染物,究竟哪些才是优先控制污染物?课题组结合文献调研、模型

验算和室内实验,开展了污染物环境效应研究。

一方面,课题组确定了14个毒性端点,评估了京津冀地下水优先控制污染物初始名单中每种污染物的一般毒性(急性和慢性毒性)、特殊毒性(致癌致畸致突变性)和内分泌干扰性等指标,建立了毒性效应数据库。

另一方面,课题组利用8个环境行为参数,评估了京津冀地下水优先控制污染物初始名单中各污染物的环境排放量和污染程度、迁移性、降解性和生物累积性等指标。基于包气带和饱和带的二维水流-溶质运移模型,课题组综合考虑污染物在水中的扩散系数、地下水孔隙结构的弯曲度、污染物在土壤中的吸附-解吸平衡,鉴定了反映了地下水优先控制污染物迁移性的特征因子,确定了污染物在地下水中的迁移行为,建立了污染物环境行为数据库。

摸清每种污染物的环境效应后,课题组更进一步,分别利用潜在危害指数法、密切值法、层次分析法3种方法,对重点研究区及典型行业的地下水优先控制污染物进行了筛选。通过对比分析,初步建立了京津冀重点区域的地下水优先控制污染物清单。

以密怀顺研究区为例,课题组形成了含有89种优先控制污染物的清单,其中包含16种金属元素和73种有机物。

“这份清单涵盖了填埋场、化工行业、冶炼行业等重点行业污染场地以及有机物、重金属、无机盐、微生物等类型的污染物,与国内外重点关注的污染物名单及相关标准具有较高一致性。”课题组专家介绍。

“多亏了课题组,有了优先控制污染物清单,我们的地下水环境监管和污染防治工作才能有的放矢,才能有抓手。”地方生态环境部门的同志表示。

划定风险分区,科学管控风险

“身边没有井,总感觉地下水与自己有距离。”这或许是不少人对地下水的印象。实际上,如果地下水被污染,不仅会对工农业生产产生深远危害,而且修复需要的时间也相当漫长。因此,防控地下水污染风险十分重要。

知己知彼,方能百战不殆。长期以来,京津冀地区地下水污染风险不清、缺乏风险管控措施的问题一直存在,是保证地下水安全必须啃下的“硬骨头”。

但可能造成地下水污染的风险很复杂,要想精准识别风险并不容易。收集资料、调研采样、分析检测、室内试验、地质钻孔建井……课题组通过大量实际工作,构建了耦合风险源综合危害性、地下水脆弱性、地下水功能价值的多要素评价模型。

有了这个模型,评价工作随之展开。课题组结合京津冀“山前平原-中部平原-滨海平原”等不同区域的水文地质特征,主要考虑地下水埋深、含水层净补给量、含水层介质、土壤介质、地形坡度、包气带介电类型、含水层渗透系数等水文地质参数,确定了地下水的脆弱性。

而针对饮用水、农业或工业用水等不同的地下水使用功能和环境管理目标,课题组建立了综合考虑水质、水量、含水层深度等多因素的地下水功能价值评估方法。

随后,以多因素综合评价方法为基础,课题组利用层次分析法、设置指数法,建立京津冀地下水污染风险分级分类方法,并对京津冀平原区、北京密怀顺平原区、石家庄滹沱河平原区等区域进行了地下水污染风险区划。

研究发现,京津冀平原区地下水污染风险等级呈现出自西部山前至东部滨海平原逐渐降低的趋势,北京、石家庄、保定、唐山等山前地区地下水污染风险相对较高,污染源集中区域、冲洪积扇上游以及水源地分布区的地下水污染风险普遍较高。

在此基础上,课题组提出了“以防为主、综合施策、突出重点、分类防治”的地下水污染风险分级防控基本原则,结合地下

水污染风险区划结果将京津冀平原区划定为严格防治区、一般防控区和系统保护区。针对不同等级地下水污染风险防控分区,分别提出了“治理措施为主”“防控措施为主”和“制度控制为主”的地下水污染风险防控策略,并按照区域、城市和场地3个尺度,提出了地下水污染风险的管控技术对策,形成了京津冀地下水污染风险识别分级与分类管控体系,并发布了《集中式地下水饮用水水源地补给区污染源强评价与分级技术指南(试行)》团体标准。

同时,为了实现京津冀地下水污染风险信息化管理,课题组还开发了“京津冀地下水污染风险分级管控技术平台”,让京津冀区域全面开展地下水污染顶层设计、分区防治,让地下水污染源分类监管更加智慧。地下水如何安全回补也是课题组重点关注的问题之一。

“由于长期持续大规模开采,是北京形成的地下水巨大亏空及局部地下水漏斗区依然会在一定时期内存在。”北京市水务局相关负责人表示。

“并不是所有地区都适合回补。”课题组专家说。从识别京津冀地区地下水适宜回补区的角度入手,课题组基于水文地质条件的分析,系统梳理了京津冀平原区含水层岩性结构、蓄水性和给水条件,甄别地形地貌、包气带介质与含水砂层分布、厚度以及粒径特征等,掌握了京津冀平原区水文地质特征与包气带岩性结构特征,确定了京津冀地区优先回补、可控回补和禁止回补地段。

用理论指导实践,以实践验证理论。课题组选取了滹沱河平原区作为重点区域,开展地下水水位、水质长期监测工作,监测回补过程中地下水水化学演化规律、流场演化规律、水岩相互作用以及人类活动影响下水质变化规律,结合地下水回补过程和作用机制,建立不同回补水源地水质与地下水位抬升过程中物理-化学环境改变对地下水水质影响的关键因素链,建立了环境约束条件下京津冀地下水回补影响评估与环境风险防控技术体系。

构建技术体系,完善顶层设计

在梳理京津冀地下水风险源时,课题组发现,规模以上工业行业在京津冀区域内分布数量多、废水量大,对区域地下水环境具有一定的污染风险。

“结合国内现有相关文件对重点行业的界定,我们确定了化学原料和化学制品制造业、黑色金属冶炼和压延加工业、黑色金属矿采选业、皮革、毛皮、羽毛及其制品和鞋业、医药制造业、金属制品业和非金属矿采选业等7个行业,作为京津冀地下水污染重点行业。”课题组专家介绍。

考虑到地下水污染防治工作的复杂性和长期性,地下水质量改善的滞后性,采取各类控源、风险管控和污染修复措施,遏制地下水水质恶化趋势的任务十分紧迫。

课题组的专家们知道,必须有一套污染防治技术体系,搭建起顶层防治技术方案,才能为地下水提供更好的保障。

结合地下水污染状况、脆弱性及水资源功能价值的评价结果,课题组划分出7个典型的重点行业地下水污染防治区域。

聚焦京津冀重点污染区的重点行业特点和人文地质条件,课题组筛选了有效防治技术,对比多种方法后,最终确定以改进的IOC方法来确定京津冀重点污染区地下水污染防治适宜技术清单。

课题组专家表示,改进的IOC排序法无需获取各评价指标的具体权重值,减少了多次评分过程中主观因素的影响,结果也更科学、合理。

通过运用改进的IOC方法对京津冀重点防控区域进行分类、分区的地下水污染防治适宜技术筛选,课题组形成了涵盖12项技术的分区、分类地下水污染防治适宜技术清单。例如,对于中部冲击平原地区的有机污染区域,推荐适宜的源处理技术有原位热处理技术、强化生物修复技术和原位化学修复技术。

而针对京津冀地下水污染重点行业之首——石油化工业,课题组专门编制了《石油化工业地下水污染防治技术指南》,保障我国石油化工业污染场地地下水环境质量的改善。

基于京津冀水文地质条件及地下水污染特征等因素,课题组结合国内相关导则规范,确定了京津冀重点区域地下水污染修复与风险管控目标与模式,筛选了不同类型污染场地的可行性技术,并分别提出了重点区域地下水污染修复与防控的技术方案,京津冀地下水污染防治的顶层设计更加完善,防治目标的实现更有保障。

李玲玉



重点区域地下水补充采样