

# 我国污染场地含水层监测现状与技术研发趋势

吴春发<sup>1</sup>, 骆永明<sup>1, 2\*</sup>

(1 中国科学院土壤环境与污染修复重点实验室, 南京土壤研究所, 江苏 南京 210008

2 中国科学院烟台海岸带研究所, 山东 烟台 264003)

**摘要:** 通过分析我国污染场地含水层监测现状和污染场地环境管理需求, 指出我国污染场地含水层监测的不足之处并探讨了我国污染场地含水层监测技术研发趋势。当前, 我国污染场地含水层监测主要以地下水监测为主, 且监测仪器设备简陋陈旧、技术手段落后, 不能满足数量日益增长的污染场地环境管理需求, 急需发展一批新型、高效、经济、实用的监测技术和监测方法, 而可靠性程度更高、灵活性更强的多级监测井技术、遥感监测技术、新型地球物理监测技术以及多技术集成技术将是今后一段时间我国污染场地含水层监测技术研发趋势。

**关键词:** 污染场地; 含水层; 环境监测; 监测技术

中图分类号: X833 文献标识码: A 文章编号: 1006-2009(2011)03-0077-04

## Current Status of Aquifer Monitoring of Contaminated Sites in China and the Tendency of Monitoring Technology Research and Development

WU Chun-fa<sup>1</sup>, LUO Yong-ming<sup>1, 2\*</sup>

(1 Key Laboratory of Soil Environment and Pollution Remediation, Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing, Jiangsu 210008 China; 2 Yantai Institute of Coastal Zone Research, Chinese Academy of Sciences, Yantai, Shandong 264003 China)

**Abstract** Based on the analyses of aquifer monitoring of contaminated sites in China and the need of environmental management of contaminated sites, the shortcoming of aquifer monitoring of contaminated sites in China and the tendency of aquifer monitoring technology research and development were discussed. The current aquifer monitoring was mainly composed by groundwater monitoring and the monitoring could not meet the need of environmental management for more and more contaminated sites because of the old monitoring equipment and backward monitoring technology. It was urgent to develop a set of new-style, high-efficient, economical and practical monitoring technologies and methods, and multi-level monitoring well with high efficient and strong flexibility, remote sensing monitoring, new-style geophysical monitoring technology and multi-technology integration will be the tendency of aquifer monitoring technology research and development.

**Key words** Contaminated site; Aquifer; Environmental monitoring; Monitoring technology

污染场地是指由于过量有毒有害物质的存在而对周围环境及人体健康造成直接或长期影响的区域<sup>[1]</sup>。场地污染已经成为世界性的环境问题, 目前很多国家存在污染场地问题, 而且数量多、种类全、危害严重<sup>[2]</sup>。从世界范围来看, 污染场地是社会工业化进程中的产物。随着我国工业化、城市化进程的加快和履约工作的深入, 许多城市为调整产业结构而实施了城市布局的“退二进三”“退城

进园”战略, 大批工业、企业将逐步被关停转产或

收稿日期: 2011-04-25

基金项目: 环保公益性行业科研专项“工业污染场地中挥发及半挥发性有机污染物的风险控制与规范”基金资助项目(201109017); 国家环境保护公益性基金资助项目(2010467016)

作者简介: 吴春发(1978-), 男, 安徽池州人, 助理研究员, 主要从事环境信息与环境模型研究。

\* 通讯作者: 骆永明 E-mail: ymluo@issas.ac.cn

搬迁,产生许多新的污染场地。这些搬迁和关停的工业企业,由于历史原因,长期以来生产技术落后、设备陈旧、以及管理不善,造成污染物的跑、冒、滴、漏,对场地的土壤或地下水等造成一定影响,甚至污染;此外,地方政府对这些场地往往存在着监管不力和保护不当,造成新的场地污染。污染场地不仅给周边的人体健康和环境安全造成了极大危害或潜在威胁;还面临着用途的转换和二次开发利用问题,给后续利用者的健康和环境带来潜在风险<sup>[3-5]</sup>。

近年来,国家实施中西部大开发,鼓励东部部分产业向中西部转移,随着产业转移,大量重污染企业从东部地区搬迁到中西部,从而加快了我国新旧污染场地数量增长。此外,随着我国工业化和城市化的快速发展,工矿企业场地数量也将增多,新老工矿企业污染场地将涌现。面对日益增多的污染场地,如何实施有效的环境管理是一项繁杂且艰巨的工作任务。

### 1 我国污染场地管理现状

由于一定历史原因,我国污染场地责任主体不明,造成很多污染场地无人治理、无人问津的局面<sup>[6]</sup>。到目前为止,我国还没有关于污染场地的专门法规<sup>[6-7]</sup>。由于历史的原因,污染场地管理没有引起政府和社会的足够重视,污染场地的管理同样也没有引起各级环保部门足够的重视,基本上没有专门管理污染场地的机构和人员,导致目前我国污染场地现状的基础数据严重缺乏,对污染场地的种类、数量、污染程度、扩散范围缺乏基本的了解,其对人类健康和环境的影响的了解程度也非常有限<sup>[8]</sup>。而西方发达国家不论是美国,还是欧盟国家都通过场地监测建立了污染场地数据库体系,为场地风险优先管理奠定了基础。

为加强场地开发利用过程中的环境管理,保护人体健康和生态环境,防止场地环境污染事故发生,国家环保部门在 2004 年颁布了《关于切实做好企业搬迁过程中环境污染防治工作的通知》,规定了对于已经开发和正在开发的外迁工业区域,要尽快制定土壤环境状况调查、勘探、监测方案。污染场地环境监测可以推动场地环境调查及污染场地的风险评估与治理修复,为污染场地环境管理的全过程提供依据。然而,当前污染场地环境监测工作还处于起步阶段。为加强场地环境管理与监督,规

范场地全过程管理各环节的环境监测,环境保护部在 2009 年下达了制定《场地环境监测技术导则》的任务,沈阳环境科学研究院作为项目承担单位承担了这一任务,目前已完成《污染场地环境监测技术导则》(征求意见稿)。由于污染物主要位于地表以下,场地污染与大气和地表水污染相比,迁移扩散能力相对较低,具有隐蔽性和局部性特点<sup>[9]</sup>。

### 2 我国污染场地含水层监测现状

污染场地,尤其是一些地下水埋深浅、含水层防污性能差且存在有机溶剂泄漏的污染场地,污染物常随降水入渗、溶剂泄漏、挥发等途径进入含水层,并随含水层中地下水运移而迁移扩散。含水层是指地表以下充满地下水的、大致为层状的透水岩土,是地下水的贮存和运动的场所。要了解污染场地的污染状况和污染特征,就必须对包括位于地表以下含水层包括对含水介质(岩土)和含水层中地下水进行可靠的调查和监测。《污染场地环境监测技术导则》征求意见稿将污染场地环境监测工作程序根据污染场地环境管理各阶段的不同需求,分为场地环境调查监测、场地治理修复监测、工程验收监测及场地回顾性评估监测等,各阶段监测的介质主要是土壤,同时也应包括必要的地下水、地表水和环境空气等环境介质。含水层监测就包括了地下水监测和部分深层土壤的监测。

1974 年,美国安全饮水法令与资源保护和恢复法令引起了人们对地下水环境监测的关注,促使环境监测机构开展地下水监测。1985 年,美国已建成 2 000 多个地下水水质观测点,26 个州开展了城市地下水污染的监测工作。欧洲大多数国家地下水监测是从 20 世纪 70—80 年代开始的,除德国外,欧洲其他国家监测网都是全国范围的<sup>[10]</sup>。我国的地下水监测工作始于 20 世纪 70 年代末,地质、水利、环保部门都开展了地下水监测工作。地质部门于 20 世纪中叶在全国组织了地质普查和图件编绘工作,20 世纪 80 年代开始加强实施城市地下水要素的动态监测。水利部门于 20 世纪 60 年代开展地下水动态监测,对地下水水位、水量、水质和水温等要素全面监测,已建成布局较合理、完善的地下水监测井网。环保部门近年来也开展了省控、市控地下水井点的例行环境监测,部分地区还开展了监督性监测、污染事故仲裁监测等。

由于我国地下水监测工作主要是由水利和地

质部门开展的,其主要目的为地下水资源开发和保护,在监测点位置时几乎没有考虑污染场地的分布,致使我国大部分污染场地缺乏地下水监测数据。我国除了城市地下水监测、化工废渣填埋场、城市卫生填埋场有专门的监测井设计规定外,其他污染场地及其他具有污染的企业生产区没有设立监测井的规定。此外,我国地下水常规监测指标中有关地下水水质指标相对较少,不少有机污染物和新型污染物都不在监测指标范围之内。由于人们对污染场地含水层含水介质污染的危害认识不足,致使到目前为止,污染场地含水层含水介质监测工作还刚处于起步阶段。而有关此方面监测工作相对地下水更为少见,为数不多的含水层含水介质污染监测数据也主要是在污染场地环境调查中通过岩心取样分析测试和地球物探获取的。而含水层含水介质和含水层中的地下水存在着密切的交互作用,因此需把它们作为一个整体来监测和研究。

### 3 我国污染场地含水层监测的主要监测技术与研发趋势

欧洲、美国、日本等发达国家在地下水监测技术方面发展迅速,并处于领先地位,其施工设备、监测仪器和配套设施基本成熟。相比而言,我国地下水监测仪器设备简陋陈旧、技术手段和装备落后,这一问题已成为我国地下水监测中日益突出的瓶颈问题之一。虽然当前地下水监测技术发展迅速,技术种类也不断增加,但地下水监测主要还是以监测井法、自动监测技术和地球物理方法为主。

#### 3.1 监测井技术

监测井技术是地下水污染调查的基础,通过它可以确定地下水污染物的成分、分布范围以及迁移路径等许多重要参数。国外发达国家高度重视地下水污染调查监测技术,对监测井技术也进行了深入研究,成功开发出了丛式监测井、巢式监测井、连续多通道监测井、Waterloo 监测井、Westbay MP 监测井等多种监测井。各种监测井有较大的差异,也都有各自的优缺点<sup>[11]</sup>,见表 1。

表 1 各种地下水监测井技术的主要特征、优缺点

Table 1 The main characteristic, merit and shortcoming of several kinds of groundwater monitoring well

监测井种类	主要特征	优点	缺点
丛式监测井	按不同监测层的取样和监测要求分别钻进许多不同深度的单独监测井	安装工艺简单	钻孔数量多,监测井建造成本和监测成本较高
巢式监测井	在一个钻孔中分别将多根不同长度的监测管下至选定的监测层位,通过分层填砾和止水,使几个监测井在一个钻孔中完成,从而达到分层采样和分层监测的目的	钻孔数量少,节省成本	围绕多根监测管的封闭止水较困难,不同地层之间可能相互影响,导致监测数据失真
连续多通道监测井	采用连续方式挤出的带有 7 个通道的高密度聚乙烯管,管外径 43 mm,标准长度为 30 m、60 m 和 90 m	止水容易、可靠,回填方便,可避免渗漏,安装位置准确	监测通道较小,地下水位测量和采集地下水水样需要专用水位计和采样器
Waterloo 监测井	一种在直径 50 mm 的 PVC 套管内包含 8 根从不同进水窗口直达地表的小直径监测管组成的具有标准组件的系统	监测井的可靠性和成井安装的灵活性高,监测目的层多,安装深度大,可实现固定式安装或移动式安装	系统加工成本高,监测通道直径小,地下水位测量和采集地下水水样需要专用水位计和采样器
Westbay MP 监测井	由安装在钻孔中的套管组件、用于水压测量的便携式探测器和获取地下水水样的专用工具组成。由于套管组件中设置了一种带阀门的特殊接头,该系统成井时只需在孔内下一根套管柱便能实现对众多监测目的层的监测与采样	监测窗口可根据监测和采样需要进行设置,一根套管柱止水可靠性高,成井深度大	技术复杂,地下水压力测量和水样采集需要专用的仪器设备

#### 3.2 地下水污染自动监测技术

为了提高地下水监测质量,取得具有代表性的数据,使地下水监测数据具有与现代测试技术水平相应的准确性和先进性,人们开发出了多种由多参

数复合式探头、测量系统、数据存储系统、自动控制及通讯接口等部分组成的地下水污染自动监测系统。地下水污染自动监测系统正被广泛应用于地下水监测中,如基于分布式总线技术的地下水分布

式多参数监测系统, 利用各种监测传感器和多路复用器, 实现了对地下水多种参数的远程集中实时监测, 解决了地下水多种参数监测问题<sup>[12]</sup>。

### 3.3 地下水污染监测地球物理方法

地球物理方法监测地下水污染是根据污染物与其周围介质在物理、化学性质上的差异, 借助一定的装置和专门的仪器, 测量其污染物理场的分布状态, 通过分析和研究物理场的变化规律, 结合地质、水文等有关资料, 推断解释地下一定深度范围内污染物的分布特征, 以达到监测的目的。目前地球物理方法主要用于地下水无机物污染、有机物污染、地下水氡辐射的调查以及未污染水体的保护等方面。所采用的方法主要有: 大地电磁法、电阻率测井法、自然电位测井法、动态导体充电法探测和地质雷达探测等。

当前, 我国在地下水监测技术方面, 仍以单孔监测和生产井等一些传统监测技术为主, 但这些监测技术有几个明显缺点: ①监测点位置有限, 基本上是“一孔之见”, 难以做到全面了解; ②地质钻孔或贯入探测则会破坏污染物在地下的分布和富集的结构, 可能造成污染物沿着钻孔或贯入探头继续向更深处运移; ③常规监测周期太长, 实时性差, 不适合作长期的监测<sup>[13]</sup>。我国在含水层岩土监测方面主要以钻孔取芯分析和地球物理反演技术为主, 前一种监测方法受工作量和费用限制难以满足监测需求, 后者主要受技术精度影响也难以满足需求。总之, 我国在含水层监测技术和监测方法方面, 还存在较大的不足, 难以满足数量日益增多的污染场地环境监测需求, 急需发展一批新型、高效、经济、实用的监测技术和方法体系。综观我国污染场地含水层监测现状、需求以及国内外污染场地含水层监测技术发展趋势, 认为在今后一段时间内, 我国在污染场地含水层监测技术有以下几点研发趋势: ①监测井技术向集成化和可靠性程度更高、灵活性更强的多级监测井技术方向发展; ②随着遥感监测技术不断发展, 遥感反演技术将被运用于污染场地含水层监测或辅助监测; ③随着地球物理技术的快速发展, 将会涌现出更多污染物地球物理反演模型, 地球物理方法的监测精度将不断提高, 其在含水层监测中的应用范围也将不断扩大; ④随着传感器技术、信息传输技术、可视化技术以及专家知识解译系统等新兴技术快速发展, 污染场地含水层监测系统将向多种技术集成方向发展。

## 4 结语

含水层监测是污染场地环境监测的一部分, 对污染场地含水层进行必要的环境监测可以有助于了解污染场地污染的迁移转换规律和地下水的质量状况, 以便尽早采取一些相对有效的控制和治理修复措施降低污染场地的环境风险。随着我国工业化进程的加快, 污染场地数量将快速增加。含水层的污染是一个缓慢的过程, 污染具有累积和滞后效应, 有时在泄漏发生数年、甚至数十年后才会发现。因此, 随着时间的推移, 我国污染场地含水层污染问题可能日益严重。而我国污染场地含水层监测技术比较落后, 不能满足监测需求, 需大力发展各种新型监测技术, 提高我国污染场地含水层监测技术水平。

### [参考文献]

- [1] 于晓冬, 孙保卫. 英美两国城市污染场地管理模式比较研究与借鉴 [J]. 城市管理与科技, 2007, 9(2): 61-63
- [2] 周友亚, 颜增光, 郭观林, 等. 污染场地国家分类管理模式与方法 [J]. 环境保护, 2007(10): 32-35
- [3] THORNTON G, FRANZ M, EDWARDS D, et al. The challenge of sustainability: incentives for brownfield regeneration in Europe [J]. Environmental Science & Policy, 2007, 10(2): 116-134
- [4] MCCARTHY L. The brownfield dual land use policy challenge: reducing barriers to private redevelopment while connecting reuse to broader community goals [J]. Land use policy, 2002, 19(4): 287-296.
- [5] 赵沁娜, 杨凯. 发达国家污染土地置换开发管理实践及其对我国的启示 [J]. 环境污染与防治, 2006, 28(7): 540-543.
- [6] 赵沁娜, 杨凯, 张勇. 土壤污染治理与开发的环境经济调控对策研究 [J]. 环境科学与技术, 2005, 28(5): 49-50.
- [7] 赵宇红. 危险废物污染土壤的治理——美国立法给我们的启示 [J]. 可持续发展战略与法律, 2003(2): 63-68.
- [8] 赵沁娜, 黄启飞, 易爱华, 等. 我国污染场地的管理现状与环境对策 [J]. 环境科学与技术, 2006, 29(12): 39-40.
- [9] 赵红静, 李东. 工业拆迁场地环境风险评价的不确定性与环境风险过程管理 [J]. 三峡环境与生态, 2009, 2(4): 60-62
- [10] 戴长雷, 迟宝明. 地下水监测研究进展 [J]. 水土保持研究, 2005, 12(2): 86-88.
- [11] 叶成明, 李小杰, 郑继天, 等. 国外地下水污染调查监测井技术 [J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2007(11): 57-60
- [12] 付明, 胡晓辉. 地下水分布式多参数实时监测系统 [J]. 地球信息科学, 2004, 6(1): 72-75.
- [13] 叶腾飞, 龚育龄, 能昌信, 等. 环境地球物理方法在污染场地调查中的应用 [J]. 南华大学学报(自然科学版), 2008, 22(3): 9-14.