

DOI: 10.13758/j.cnki.tr.2021.03.004

宋家音, 赵玲, 滕应, 等. 污染场地采样调查技术与设备研究进展. 土壤, 2021, 53(3): 468–474.

## 污染场地采样调查技术与设备研究进展<sup>①</sup>

宋家音<sup>1,2</sup>, 赵玲<sup>2</sup>, 滕应<sup>2\*</sup>, 骆永明<sup>2</sup>, 徐德福<sup>1\*</sup>

(1 南京信息工程大学环境科学与工程学院, 南京 210044; 2 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), 南京 210008)

**摘要:** 近年来, 随着重点行业企业用地土壤污染状况调查工作的开展, 以及建设用地地块环境调查制度的规范, 我国污染场地调查的市场需求急剧增长。污染场地采样是保障场地调查结果可靠性的重要环节, 但是我国污染场地调查采样技术与设备的研究和实践还处于初级阶段。因此, 本文系统梳理了国内外先进的土壤和地下水采样技术与设备, 包括其发展情况、适用范围和优缺点, 并分析了采样设备在采样过程中产生扰动的原因; 总结了实地采样过程中出现的问题及发展趋势, 为我国污染场地调查原位弱扰动采样技术和设备研发提供基础信息。

**关键词:** 污染场地; 调查采样; 采样技术; 采样设备

**中图分类号:** X53      **文献标志码:** A

### Research Progresses on Sampling Survey Technology and Equipment for Contaminated Sites

SONG Jiayin<sup>1,2</sup>, ZHAO Ling<sup>2</sup>, TENG Ying<sup>2\*</sup>, LUO Yongming<sup>2</sup>, XU Defu<sup>1\*</sup>

(1 School of Environmental Science and Engineering, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, China; 2 Key Laboratory of Soil Environment and Pollution Remediation, Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China)

**Abstract:** In recent years, with the development of soil pollution surveys of enterprise lands in key industries and the standardization of environmental survey systems for construction lands, the market demands for polluted site surveys have increased dramatically in China. Contaminated site sampling is an important link to ensure the reliability of site survey results, but the research and practice of survey techniques and equipment on contaminated sites are still in the initial stage. Therefore, in order to provide basic information on the research and development of in situ weak disturbance sampling techniques and equipment for polluted site surveys in China, in this paper, the current advanced soil and groundwater sampling techniques and equipment at home and abroad were systematically reviewed, including their development, scope of application, advantages and disadvantages, the reasons for the disturbance of the sampling equipment during the sampling process were analyzed, and the problems and development trends in the field sampling process were finally summarized.

**Key words:** Contaminated site; Survey sampling; Sampling technology; Sampling equipment

污染场地是指因生产、管理、储存及不正当处理有毒有害物质或者危险废弃物、进行矿山开采等活动对人体健康或自然环境造成危害的场地<sup>[1]</sup>。近些年来, 随着国家产业结构升级、城市布局调整以及“退二进三”、“退城进园”等政策的实施, 全国各个城市出现了大批污染企业关停和搬迁后遗留下来的工业场地<sup>[2]</sup>。场地调查则是明确场地污染情况及修复的首要前提。然而, 我国污染场地管理一直存在着“轻调查、重修复”的观念。早期, 除了法律法规的不完善

外, 还与相关部门的环保意识薄弱有关。自 2004 年发生了“宋家庄事件”<sup>[3]</sup>, 污染场地调查才逐渐引起了重视。目前, 我国的污染场地调查还处于缺乏相关的标准体系以及自主研发先进调查采样技术与设备的初级阶段。为了获知场地实际污染状况, 除了要求样品检测数据准确可靠外, 现场采样的规范性和样品采集的准确性是直接决定污染场地调查结果可靠性的重要环节。

对于污染场地调查采样来说, 布点作为第一步

①基金项目: 国家重点研发计划项目(2018YFC1800800)资助。

\* 通讯作者(yteng@issas.ac.cn; defuxu1@163.com)

作者简介: 宋家音(1995—), 女, 江苏南通人, 硕士研究生, 主要从事污染场地调查技术与设备采样性能验证研究。E-mail: 1933696540@qq.com

同时也是最为关键的一步, 必须严格按照国家标准进行。根据已颁布的 HJ 25.1—2014《场地环境调查技术导则》<sup>[4]</sup>、HJ 25.2—2014《场地环境监测技术导则》<sup>[5]</sup>、HJ 166—2004《土壤环境监测技术规范》<sup>[6]</sup>、HJ 164—2004《地下水环境监测技术规范》<sup>[7]</sup>的要求, 首先编制符合调查需求的布点方案。在制定了合理的布点方案的前提下, 现场调查的采样技术和设备对于保证样品的准确性起着至关重要的作用。

针对采样技术与设备问题, 我国从国外引进的采样设备及技术, 但这些技术并不能完全适应我国污染场地土壤和地下水所存在的问题, 如场地土壤类型复杂、水文地质条件差异大、污染物类型多样、有机无机复合、污染成因复杂等<sup>[8]</sup>。因此, 根据调查采样目的和场地条件, 研发适用于我国土壤和地下水的采样技术与设备, 才是有效保证场地调查采样可靠性的关键。本文梳理分析了国内外污染场地采样技术与设备的适用范围和优缺点, 以及污染场地采样过程中产生扰动的原因, 以期为我国污染场地调查原位弱扰动采样技术和设备研发提供科学依据和基础资料。

## 1 土壤采样技术和设备

### 1.1 采样技术

土壤的采样分为表层土以及深层土。表层土壤的采集深度为 0~20 cm<sup>[5]</sup>, 主要是利用简单工具进行人工挖掘, 深层土壤则以钻孔取样为主, 包括人工和机械钻进。大多数情况下土壤采样以机械钻进为主。目前, 常用的几种钻进方式有冲击钻进、回转钻进、螺旋钻进以及声波钻进。

冲击钻进指的是利用钻具自身重力进行冲击来破坏土层的方法。冲击钻进起源于中国, 早在 2 200 多年前已被用于钻凿盐井和水井。直到 20 世纪中叶,

美国才出现冲击钻进工具进行硬岩钻探, 20 世纪 70 年代又出现了用冲击力破碎岩层, 再利用反循环排出钻屑的冲击反循环技术, 这是冲击钻进工艺的一项重大突破。回转钻进是通过轴心压力作用使钻头回转破碎岩石的技术。1958 年出现的冲击-回转钻进技术同时具备冲击钻进和回转钻进的优点, 该技术在 20 世纪七八十年代发展迅速, 引起了国内外钻探界的瞩目<sup>[9]</sup>。螺旋钻进算是一种干式回转钻进方法, 就是电动机带动螺旋钻杆使得钻头在钻压作用下回转进入地层, 最早用于露天煤矿, 20 世纪 50 年代末才开始在工程钻探中广泛使用, 自 20 世纪 70 年代来, 螺旋钻进有了很大的发展, 出现了振动、冲击、空气、取芯、泥浆循环等新型的螺旋钻进技术, 被誉为当今大口径工程钻进钻孔施工的三大方法之一<sup>[10]</sup>。但以上几种钻进技术多应用于地质勘探领域, 达不到污染场地调查弱扰动的采样要求。

声波钻进(振动钻进)是指利用高频振动力、回转力和压力结合将钻头切入土层进行钻孔的方法<sup>[11]</sup>(图 1A)。从 20 世纪 40 年代起, 声波钻进技术开始有了初步研究, 但因振动能过高损坏设备未能成功, 70 年代开始小功率振动器逐渐出现, 90 年代以后经过多方面的改进, 高频声波钻进技术开始日益成熟, 国外多家公司生产了高频声波钻机, 使得这项技术得以广泛应用, 目前, 这仍是国际上较为先进的钻进技术。

近 20 年来, 直接推进钻探技术作为新兴的土壤采样技术, 以其快速精确的优点在发达国家迅速推广。所谓的直推式技术, 就是以贯入、推进和振动的方式将小直径空心钢管直接压入地层取样, 空心钢管内附有取样器<sup>[14]</sup>(图 1B), 钻探深度可达 6 m, 采集到的样品比较完整, 具有很好的代表性。

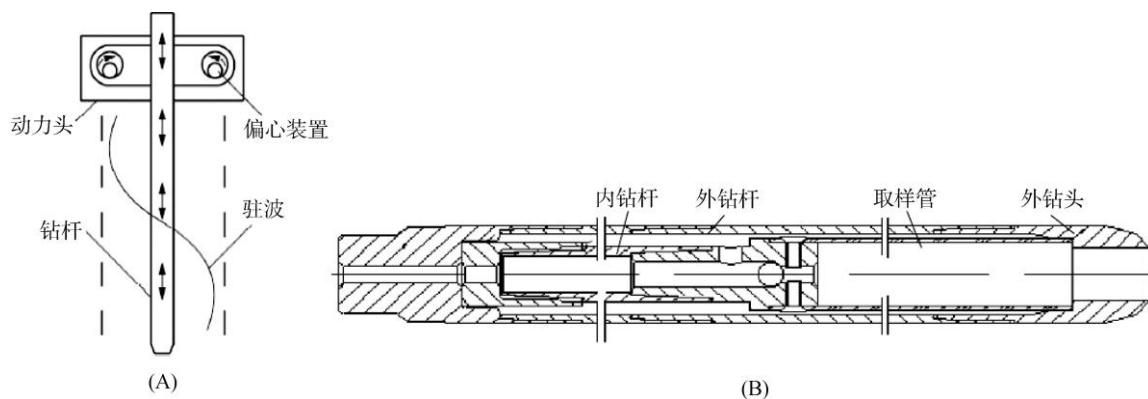


图 1 钻具结构示意图(A: 声波钻机<sup>[12]</sup>; B: 直推钻机<sup>[13]</sup>)  
Fig. 1 Structure diagrams of drilling tools(A, Sonic drill; B, Direct push drill)

此外,针对挥发性有机污染物(volatile organic compounds, VOCs)和半挥发性有机污染物(semi-volatile organic compounds, SVOCs),直接推进设备搭配膜界面探测器进行采样分析,此组合被称为膜界面探测技术(MIP)。膜界面探测器在使用过程中能够加热土壤,挥发性成分扩散到探针侧面的薄透膜后进入探针内部,惰性载气会将化学物质带到表面进行分析<sup>[15]</sup>,可以估算 VOCs 或 SVOCs 的分布范围及相对污染程度,但是该技术应用不仅受土壤中有有机污染物含量和土壤理化性质的影响,而且不能区分有机污染物单组分的含量,甚至还会出现重叠现象<sup>[16]</sup>(图 2)。

## 1.2 采样设备

根据不同的钻进方法,常用的设备有冲击、回转、螺旋、声波和直推式钻机,主要靠机械传动或液压力气等方式进行钻进。表 1 列出了这几种钻进

设备的适用范围、优缺点以及对土体产生扰动或者弱扰动的原因。

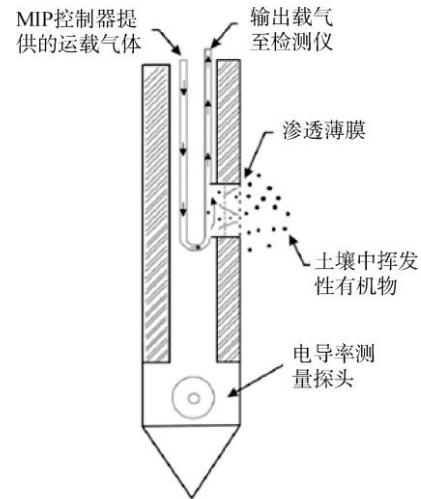


图 2 膜界面探测器结构示意图<sup>[17]</sup>  
Fig. 2 Structure diagram of membrane interface detector

表 1 土壤钻进设备  
Table 1 Soil drilling equipment

设备名称	钻进液	适用范围	优点	缺点	(弱)扰动原因
冲击钻机	无	各类土层	钻探深度大 <sup>[18]</sup> ; 功率小; 构造简单, 便于维修; 速度快, 效率高	无循环系统, 不能保护孔壁; 钻进时有多余的土壤 <sup>[18]</sup> ; 劳动强度小; 普遍出现钻孔偏斜; 排渣方式落后	岩粉悬浮引起土壤污染 <sup>[19]</sup>
回转钻机	液压式	除砾石外大部分土体 <sup>[20]</sup>	适用范围广, 样品可保持原状 <sup>[20]</sup>	钻进液易流失, 可能改变孔内流体的化学性质 <sup>[20]</sup>	钻进液会污染土壤
	空气式	不含 VOCs 和 SVOCs 的土体 <sup>[20]</sup>	适用范围广, 样品可保持原状 <sup>[20]</sup>	空气容易携带土壤中的 VOCs <sup>[20]</sup>	目标物质会氧化、挥发和沉淀; VOCs 会逸散; 压缩机排出空气中可能含有碳氢化合物
螺旋钻机	无	松散、软土、砂层 <sup>[16]</sup>	钻进效率高 <sup>[21]</sup> ; 无振动、低噪音; 施工成本低; 便于管理	适用范围小; 可能会发生向上钻屑的垂直混合; 取样质量较差	钻眼时容易粘附污染物, 导致浓度增加; 易将淤泥等流体物质吹入钻柱 <sup>[22]</sup> , 钻头返回时土壤会受到干扰
声波钻机	一般不用	各种覆盖层(砂土、粉砂土、黏土、砾石等)及软基岩(砂岩、灰岩、页岩、板岩等) <sup>[23]</sup>	钻进速度快; 岩土样保真度好; 无二次污染; 适用范围广; 钻进成本低 <sup>[24]</sup>	设备复杂 <sup>[25]</sup> ; 技术要求严格	钻速快, 有液化作用, 对土层扰动小; 基本不用钻进液, 无化学干扰, 土壤污染小; 钻进过程中周期性振动使土体扰动 <sup>[20]</sup>
直推式钻机	手动式、无	浅土层, 非固结土层, 未压实土层 <sup>[26]</sup>	钻机灵活轻便; 推进迅速; 效率高; 样品具有代表性 <sup>[17]</sup>	驱动力大 <sup>[27]</sup> ; 钻探深度小; 受砾石、鹅卵石的存在限制大; 土层受到压缩	密封取样孔可取得连续样品, 保证样品不会交叉污染; 检测结果受污染物浓度、土层岩性、土壤含水量等影响较大 <sup>[17]</sup> ; 钻探深度较小, 但一些重金属污染物可能渗透到较深的地层 <sup>[14,28]</sup>
	液压式				

冲击钻机、回转钻机、螺旋钻机在国内目前主要运用于地质勘探,在钻孔过程中很容易引起土壤的交叉污染,难以运用于环境调查采样。声波钻机和直推

式钻机是适用于环境调查土壤采样的钻进设备。近年来,国内引进了荷兰 Eijkelkamp SonicSampDrill 公司生产的 SRS-PL 高频声波钻机<sup>[29]</sup>,该钻机通过线性共

振切屑穿透地层, 获得精确的地质信息, 不仅钻进速度快, 效率高, 同时还可以获得几乎无扰动的样品, 采样时不会损失易挥发有机物以及其他污染物, 对环境的污染比较小。

在使用国外先进设备的同时, 国内的企业也在积极地进行自主研发, 我国的第一台 YGL-S100 型声波钻机由无锡金帆钻凿设备股份有限公司生产<sup>[30]</sup>, 具有地层适应性强、钻孔速度快、钻孔质量好、样品无扰动的优点。2013 年 1 月向家坝电站污水厂不取样快速成孔钻进试验对此钻机的取样能力进行了很好的验证<sup>[31]</sup>。钻孔穿过的地层有填方层、砂卵石层以及基岩, 利用配套的绳索取芯钻具采集到了较为完整的土壤样品, 但是在使用过程中, 钻头的寿命可能无法支持深孔内一个钻头一个孔, 另外, 可能存在高频振动下螺纹脱扣的情况, 因此需要加强设备的稳定性, 尽可能地延长钻头的寿命。

直推式钻机中以美国 Kejr. Inc. 公司的 Geoprobe 系列的直推式钻机<sup>[32]</sup>为代表, 该类钻机具有很大容量, 广泛应用于土壤取样、岩石取心、地下水监测、岩土工程等。此外, 该类钻机还具有采样速度快、取样方式先进、使用简便、功能多样的优点, 是目前最为先进的且常用的直推式钻机。目前, 国内已有可以生产直推式钻机的公司, 如江苏盖亚环境科技股份有限公司自主研发生产的 GY-SR60 直推式土壤采样钻机, 具有直推密闭无扰动取原状土、取水以及螺旋钻探设置监测井的功能。

搭载在 Geoprobe 钻机上的膜界面探测器<sup>[33]</sup>可测量挥发性烃类和溶剂等污染物以及土壤的电导率和渗透率, 确定污染物的分布范围和迁移途径, 实时生成污染物筛选信息。2015 年, 上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司在上海北部区域的某一主要生产大型高压变压器的总石油烃(TPH)污染场地进行了环境调查<sup>[34]</sup>, 利用 MIP 配合火焰离子探测器(FID)对场地内土壤和地下水中的 TPH 进行现场筛选检测, 同时准确获得了场地内 TPH 的空间分布情况以及扩散情况。

## 2 地下水采样技术和设备

### 2.1 采样技术

目前, 地下水采样技术分为直接推进型原位地下水采样技术和监测井技术<sup>[35]</sup>。其中, 应用较为普遍的是监测井采样技术, 包括单管单层监测井、单管多层监测井、从式监测井、巢式监测井、连续多通道监测井等多种形式<sup>[36]</sup>。单管单层监测井是指一个钻孔

内安装单根井管来监测单一目标含水层。单管多层监测井是指一个钻孔内安装单根井管监测不同深度的多个目标含水层。从式监测井是指在一个监测点附近钻多个不同深度的监测井分别监测不同深度的目标含水层。巢式监测井是指在一个钻孔中安装多根不同长度的井管分别监测不同深度的多个目标含水层。连续多通道监测井是指一根独立的具有多通道的管子采用连续方式挤出带有 7 个通道的高密度聚乙烯管<sup>[37]</sup>, 在一个钻孔中完成地下水的分层采样和监测。

对于深层地下水, 采集原状流体具有相当大的困难, 一方面操作不当容易对地下水产生扰动, 另一方面钻进液会产生交叉污染, 最重要的是井下存在很高的液柱压力, 对采样的要求比较高<sup>[38]</sup>。由于深层地下水的取样工艺极其复杂, 成本相当高, 我国在这方面的取样技术还处于薄弱阶段。

目前, 最为先进的深层地下水取样技术是 U 形管采样技术, 其最大特点是在环状间隙很小的井筒内实现深层取样, U 形管取样器就是一个简单的流体容积泵, 使用高压气体驱动(图 3)。其原理就是取样管和驱动管形成一个 U 形回路<sup>[38]</sup>, 采集地下水样品时, 驱动管和取样管管头连接大气, 地下水通过单向阀进入 U 形管, 单向阀关闭后高压氮气从驱动管管头注入, 地下水则从取样管流出。U 形管取样器可以采集 3 000 m 深度以下的地下水。我国引进此项技术后不断地进行改进和应用, 已经改造出可以适用于浅层地下水采样的 U 形管<sup>[39]</sup>, 但目前尚未广泛应用。

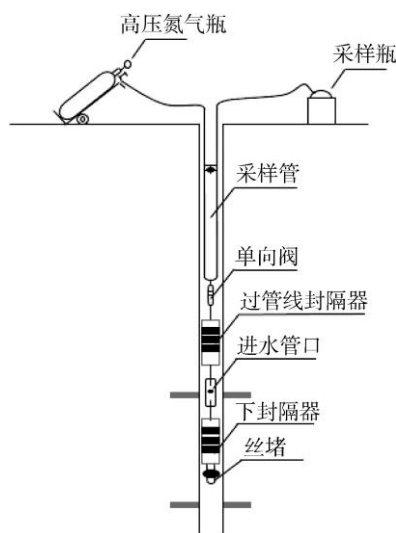


图 3 U 形管采样器结构示意图<sup>[38]</sup>

Fig. 3 Structure diagram of U-shaped tube sampler

### 2.2 采样设备

目前, 国内外用于地下水采样的设备主要有贝勒

管、不连续间隔取样器以及各种取样泵,包括气囊泵、潜水泵、气提泵、惯性泵(底阀泵)、蠕动泵、膜片泵

等<sup>[40]</sup>,其优缺点、适用范围以及对地下水产生扰动或弱扰动的原因为表 2。

表 2 地下水监测井采样设备  
Table 2 Sampling equipment for groundwater monitoring well

设备名称	适用范围	优点	缺点	(弱)扰动原因
贝勒管	各种地下水污染;井径 $\geq 2$ cm <sup>[41]</sup>	操作简便,不需要特殊动力,不受直径和深度的限制 <sup>[42]</sup>	耗时,不连续;采集含有 VOCs 的样品时损失较大 <sup>[42]</sup> ;容易受周围环境与操作方法的影响;洗井废水量较大	采样器上下提拉往复运动,不仅使井水浊度增加,还会产生曝气,空气中部分氧气进入水中,溶解氧浓度偏高 <sup>[43]</sup>
不连续间隔取样器	含 VOCs 的地下水样品 <sup>[44]</sup>	间断且多次重复取样;可从不同深度或进水位置从物质漂浮层(油)下采集有代表性的样品 <sup>[35]</sup> ;监测井无需清洗	取样器容积小	-
取样泵	气囊泵 各种地下水污染;井径 $\geq 2$ cm;采样深度 $\leq 65$ m <sup>[41]</sup>	抽水速度可调节 <sup>[44]</sup> ;无叶轮,搅动小,样品浊度低;不会曝气;重复性好;可在采样时直接进行过滤,扬升能力好;干运行也不会损坏采样泵 <sup>[44]</sup>	需要气源做为动力;需要压缩气体和控制装置,拆卸和净化耗时 <sup>[44]</sup>	低速洗井采样,井内水位不会大幅度变化,不会压力骤降导致水中气体散失 <sup>[43]</sup> ;设备稳定降低水样浊度,减少交叉污染
潜水泵	不适用于 VOCs 采样 <sup>[45]</sup> ;井径 $\geq 5$ cm;采样深度 $\leq 90$ m <sup>[41]</sup>	重量轻尺寸小,效率高 <sup>[42]</sup> ;流速可调;流量大;扬程高	叶轮及垫片易磨损;电机发热影响水质,易导致设备故障;受浊度影响大 <sup>[46]</sup>	挥发性气体容易逸散,甲醛浓度偏低;抽水时流量较大,不同层位的水体混合使浊度增加 <sup>[45]</sup>
气提泵	不适用于采集 VOCs 及对溶氧敏感的样品;不适合浅井,采样深度 $\leq 7.5$ m <sup>[41]</sup> ;不适合多通道监测井 <sup>[42]</sup>	价格低廉;便携	流量和效率随井深的增加而减小;氧化严重 <sup>[40]</sup>	样品中混入大量空气,测定的溶解氧参数失真 <sup>[42]</sup> ;与气体接触,反吹产生大量气泡
惯性泵	不适用于 VOCs 采样;适用于小直径采样井 <sup>[47]</sup>	价格低廉;结构简单;不受样点位置和地势限制;耗水体积小,水位下降小 <sup>[48]</sup>	流量和效率随井深的增加而减小;劳动强度大;洗井时间长	抽水时上下抖动,对样品产生扰动 <sup>[42]</sup> ;曝气严重
蠕动泵	不适用于 VOCs 采样;井径 $\geq 2$ cm;采样深度 $\leq 10$ m <sup>[41]</sup>	成本低;结构简单;可调流速;无沾染;样品能够直接在取样时过滤 <sup>[44]</sup>	需要动力;扬程有限制 <sup>[44]</sup> ;柔性管使承受压力受到限制;在运作时会产生一个脉冲流	产生的真空引起挥发性、敏感性气体发泡 <sup>[44]</sup> ;液体只接触泵管,避免污染
膜片泵	适用于 VOCs 采样	在多种情况下保持恒定、高质量的采样;使用压缩空气来膨胀和收缩柔性气囊 <sup>[49]</sup> ;对水化学影响最小	非连续流;流量小;清理孔体积很费时	采样动作平缓,扰动小;样品不与驱动气体、水分接触,减小污染 <sup>[49]</sup>

贝勒管作为最常用的地下水采样器,使用简便快速,多年来一直是地下水采样的首选设备。一般使用的是美国 Geotech 公司的一次性和可重复使用贝勒管,其中,一次性的贝勒管具有非常好的可生物降解性,同时有双止回阀可以隔绝不同深度下获得的样品。

取样泵中的惯性泵是目前最为简单最常用的地下水洗井采样泵,且在多层监测井采样中有着重要作用<sup>[50]</sup>。加拿大 Solinst 公司的 404 型惯性泵可以在浅深度手动操作,也可以使用地面抽水机轻松操作,油管和底阀的尺寸范围适合大多数井径和采样应用,具有低成本、避免交叉污染、消除重复的泵消毒、操作简单快速的优点。除了 404 型惯性泵,407 型膜片泵在采样过程中没有空气/水的接触,可以避免脱气或污染样品,还可以减少重复采样的需要,缩短每一

轮采样所需的时间,低吹扫体积保证快速采样,能够节省成本;410 型可逆流动蠕动泵适用于浅井和地表水的蒸汽采样或水采样,可以用于真空抽送和液体的压力输送。美国 Xylem 公司 Steady 1300 系列潜水泵高效且能处理固体颗粒的叶轮设计,能够确保水泵平稳的运行,并且节省维护成本和能耗。

加拿大 Solinst 公司的 425 型不连续间隔取样器作为一种新型的地下水取样器,提供了一个无吹扫采样选项,用于从井和井眼的离散水平和流入点收集地下水样本。以离散间隔进行采样应得到代表性的样本,而无需清除。取样器可以不接触油而获取样品,非常适合从水表面的油/产品层下面取样,能够取得高质量样品且对水几乎无扰动。

随着采样技术的逐渐成熟,低流量采样日益成为

获得高质量地下水样品的方法<sup>[49]</sup>, 样品的抽取速度与周围地下水的流速相当, 水位下降至最低, 能够降低井内浑浊度和扰动。美国 Geotech 公司的气囊泵系列用于地下水水质和污染物监控, 具有专用采样系统或便携式系统, 是真正的低流量采样, 对地下水的扰动非常小, 采集的样品能真实反映地下水状况。

### 3 存在问题与发展趋势

#### 3.1 存在问题

目前, 我国污染场地调查理论研究与实践工作尚处于初级阶段<sup>[51]</sup>, 现场采样技术还存在以下一些问题:

1) 水文地质调查的开展, 可以有效地研究污染物在土壤与地下水中的污染深度与迁移规律, 从而可以合理地布置采样点、采样深度以及选择采样设备, 但在实际过程中, 常由于忽视水文地质调查导致采样过程中针对性不强, 准确性不高。

2) 在采样过程中, 因为操作不规范, 例如采样工具材料使用错误、仪器使用顺序不正确、洗井后水质参数未达到标准便采样等, 使得采集到的样品不具有代表性, 另外设备使用之后清洗工作不到位也会引起前后样品交叉污染。

3) 取样结束后, 需要对废物进行处理、钻孔和监测井进行回填, 防止周边污染物进入钻孔对土壤和地下水产生污染。但是, 由于管理不当, 常出现钻孔或监测井直接废弃而不回填的情况, 导致严重的二次污染。

4) 我国对于污染场地管理与修复这一方面的法律法规还不够完善, 相关部门缺少针对污染场地调查设置的机构和管理人员, 因管理不够而导致项目的实施遇到多方面的困难, 难以长期进行下去。

#### 3.2 采样建议

在实际采样过程中, 由于不规范导致采集到的样品不具有代表性, 使得采样结果出现偏差。针对以上出现的问题, 提出如下建议:

1) 在钻探之前, 需要进行场地侦查, 了解场地或周围区域可能存在的污染源, 进一步查询资料, 确定污染物类型、浓度以及空间分布。另外, 应该在垂直和水平方向描述和定义选定地点内的土壤和地下水条件。根据不同的污染情况及地质条件, 选择适合的钻探方法以及钻井设备。

2) 无论是土壤还是地下水, 取样设备使用前后清洗工作都必须到位, 防止点位之间存在交叉污染。所有钻孔可以用一个能够锁定的盖子盖住, 以避免地表

水、灰尘或者其他异物的进入。另外, 套管、钻进液和钻孔中使用的任何材料都不可以有污染物。

3) 对于地下水来说, 尽可能地根据地球物理调查<sup>[12]</sup>来选择最优的钻井方法。在安装监测井时, 首先考虑不使用或者少量使用钻进液的方法。在钻井同时利用套管前进能够最小化钻进液对井壁的侵入影响, 但是在取样之前, 必须去除套管中的积水。一般来说, 至少去除 3 套管体积的积水<sup>[49]</sup>。如果钻井时要对监测井进行水质取样, 也必须考虑钻进液侵入井壁造成的损害以及含水层污染。

#### 3.3 发展趋势

采样是污染场地调查中非常重要的一步, 采集的样品好坏对于调查结果有决定性作用。因此, 要根据污染场地的条件和调查目的选择最合适的方法, 严格按照步骤采集最具代表性的样品。目前, 国外对于土壤和地下水采样的技术无论在理论还是实践方面都较为成熟, 我国在借鉴学习国外采样技术和引进使用国外采样设备的同时, 更要自主研发适用于我国污染场地调查需求的采样技术和设备, 以提高我国污染场地调查水平。

#### 参考文献:

- [1] 鞠凤萍, 郭密文, 李旭, 等. 污染场地调查评估现状及市场分析[J]. 绿色科技, 2016(16): 68-70.
- [2] 余慧萍, 张亚楠. 工厂搬迁仍留“毒”, 污染场地修复产业红火[N]. 南方都市报, 2011-01-17(3).
- [3] 宋昕, 林娜, 殷鹏华. 中国污染场地修复现状及产业前景分析[J]. 土壤, 2015, 47(1): 1-7.
- [4] 中华人民共和国环境保护部. 场地环境调查技术导则: HJ 25.1—2014[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2014.
- [5] 中华人民共和国环境保护部. 场地环境监测技术导则: HJ 25.2—2014[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2014.
- [6] 中华人民共和国环境保护部. 土壤环境监测技术规范: HJ/T 166—2004[S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.
- [7] 中华人民共和国环境保护部. 地下水环境监测技术规范: HJ/T 164—2004[S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.
- [8] 吴以中. 污染场地土壤环境管理体系研究[D]. 南京: 南京大学, 2011.
- [9] 叶宗跃, 谈冲击回转钻探技术[J]. 黑龙江科技信息, 2013(5): 19.
- [10] 彭新明. 螺旋钻进技术在工程施工中的应用[J]. 西部探矿工程, 1998, 10(3): 53-56.
- [11] 雷开先. 声波钻机在环境地质调查中的应用研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2013, 40(6): 4-8.
- [12] 李炯, 王瑜, 周琴, 等. 环境取样钻机的关键技术及发展趋势研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2019, 46(9):

- 81-87.
- [13] 赵磊. 取样技术在挥发性有机物污染土壤治理中的应用研究[D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2009.
- [14] 陈红. 污染场地的现场采样方法与若干思考[J]. 广东化工, 2017, 44(7): 157-158.
- [15] Schenk T, Bracke R. Direct sensing of soil conductivity and detection of volatile organic compounds in soil by membrane interface probe (MIP) system[C]//Gottlieb J, Hötzl H, Huck K, et al. Field Screening Europe. Dordrecht: Springer, 1997: 153-156
- [16] ASTM. Standard practice for direct push technology for volatile contaminant logging with the membrane interface probe (MIP): ASTM D7352[S]. American Society for Testing and Materials (ASTM) International, 2012.
- [17] 赵龙, 韩占涛, 孔祥科, 等. 直接推进钻探技术在污染场地调查中的应用进展[J]. 南水北调与水利科技, 2014, 12(2): 107-110.
- [18] 生态环境部. 地块土壤和地下水中挥发性有机物采样技术导则: HJ 1019—2019[S]. 北京: 中国标准出版社, 2019..
- [19] ASTM. Standard guide for selection of soil and rock sampling devices used with drill rigs for environmental investigations :ASTM D 6169[S]. American Society for Testing and Materials (ASTM) International, 2013.
- [20] 梁龙, 蔡国成, 王劲松, 等. 污染场地勘察钻探取样设备及工艺应用探讨[J]. 工程勘察, 2018, 46(7): 16-21.
- [21] ASTM. Standard practice for rock core drilling and sampling of rock for site exploration: ASTM D2113 [S]. American Society for Testing and Materials (ASTM) International, 2014.
- [22] ASTM. Standard guide for soil sampling from the vadose zone: ASTM D4700[S]. American Society for Testing and Materials (ASTM) International, 1998.
- [23] 颜纯文. 声波钻进和宝长年 LS250 声波钻机[J]. 地质装备, 2016, 17(5): 11-15.
- [24] 石艺. 声波钻进技术[J]. 石油钻采工艺, 2009, 31(S1): 129,134.
- [25] ASTM. Standard guide for selection of drilling methods for environmental site characterization: ASTM D6286 [S]. American Society for Testing and Materials (ASTM) International, 2012.
- [26] 中华人民共和国建设部. 岩土工程勘察规范: GB 50021—2001[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2004.
- [27] McCall W. Groundwater monitoring gets a direct push[J]. Environmental Protection, 2002, 13(8): 49.
- [28] Ted Strickland, Chris Korleski. Use of direct push technologies for soil and ground water sampling[S]. State of Ohio Environmental Protection Agency, 2005.
- [29] Eijkelkamp SonicSampDrill. SmallRotoSonic crawler SRS PL[EB/OL]. <https://www.sonicsampdrill.com/>.
- [30] 罗强, 刘良平, 谢士求, 等. YGL-S100 型声波钻机及其在深厚覆盖层成孔取样施工实践[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2013, 40(6): 9-13.
- [31] 罗强. 声波钻机在深厚覆盖层成孔及取样的施工技术[J]. 地质装备, 2013, 14(6): 37-40,25.
- [32] Geoprobe Systems. Environmental & Geotechnical Drill Rig[EB/OL]. 2013. <http://Geoprobe.com/>.
- [33] Geoprobe Systems. Membrane Interface Probe (MIP) [EB/OL]. 2013. <http://Geoprobe.com/>.
- [34] 朱煜. 薄膜界面探测器在污染场地调查中的应用实例探讨[J]. 城市道桥与防洪, 2015(6): 228-231,23.
- [35] 张斌, 陈辉, 万正茂, 等. 污染场地环境调查现场采样技术现状及存在问题的探讨[J]. 工业安全与环保, 2017, 43(9): 82-86.
- [36] 郑继天, 王建增, 蔡五田, 等. 地下水污染调查多级监测井建造及取样技术[J]. 水文地质工程地质, 2009, 36(3): 128-131.
- [37] 关晓琳, 郑继天, 叶成明, 等. 连续多通道监测井在北京张家湾地区的应用与研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2013(z1): 160-162, 170.
- [38] 潘德元, 李小杰, 郑继天, 等. U 形管采样技术研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2014, 41(5): 50-52,65.
- [39] Liu X H, Li Q, Song R R, et al. A multilevel U-tube sampler for subsurface environmental monitoring[J]. Environmental Earth Sciences, 2016, 75(16): 1-13.
- [40] [40] Texas Waster Development Board. A Field Manual for Groundwater Sampling. Austin:Texas Water Development Board, 2003.
- [41] 中华人民共和国生态环境部. 重点行业企业用地调查样品采集保存和流转技术规定(试行)[S]. 2018.
- [42] 郑继天, 王建增, 冉德发, 等. 地下水采样技术研究 [C]//2009 重金属污染监测、风险评价及修复技术高级研讨会论文集. 青岛, 2009: 137-142.
- [43] 李文攀, 朱擎, 嵇晓燕, 等. 地下水采样方法对比研究 [J]. 中国环境监测, 2016, 32(4): 104-108.
- [44] 郑继天, 王建增. 国外地下水污染调查取样技术综述[J]. 勘察科学技术, 2005(6): 20-23.
- [45] 章爱卫, 蔡五田, 王建增, 等. 石油类污染的地下水取样方法对比[J]. 安全与环境工程, 2014, 21(2): 109-113,120.
- [46] US EPA. Douglas Yeskis, Bernard Zavala. Groundwater Sampling Guidelines for Superfund and RCRA Project Managers: EPA 542-S-02-001[S]. 2002.
- [47] 郑继天, 叶成明, 王建增, 等. 地下水污染调查惯性取样泵的设计[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2010, 37(9): 37-39.
- [48] 李海英, 黄文琥, 周黔兰, 等. 地下水采样方法对分析结果影响的探讨[J]. 广州化工, 2016, 44(20): 121-122, 164.
- [49] Sundaram B, Feitz A J, de Caritat P, et al. Groundwater sampling and analysis – A field guide[S]. Geoscience Australia, 2009.
- [50] 王明明, 解伟. 轻便机动惯性泵在 CMT 监测井采样中的应用研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2017, 44(9): 7-11.
- [51] 史伟玲. 污染场地环境调查现场采样技术现状及存在问题的探讨[J]. 科技风, 2019(7): 115 - 116.