

Geoprobe 直推式土壤钻机在涌砂层中的应用

彭新明¹, 周国庆¹, 李安², 佟雪健¹, 郭永岩¹, 薛洪林¹, 白江伟¹

(1.北京市地质勘察技术院,北京 100011; 2.北京和创辉煌科技发展有限公司,北京 100085)

摘要:本文介绍了 Geoprobe7822DT、Geoprobe 8040DT、Geoprobe 3230DT 三种型号直推式土壤钻机的结构、主要特点和应用情况,并与其他类型功能相近的取样钻机的使用效果进行了对比,分析了 Geoprobe 直推式土壤钻机在涌砂层钻进中存在护壁功能不足、整体稳定性较差、钻杆易损等主要问题,并对直推式土壤钻机后续的改进和使用提出了建议。

关键词:Geoprobe 直推式土壤钻机;钻探取样;涌砂层

中图分类号:P634 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2020)05-0060-05

Application of Geoprobe direct push & rotary rig in sampling in quicksand layers

PENG Xinming¹, ZHOU Guoqing¹, LI An², TONG Xuejian¹,

GUO Yongyan¹, XUE Honglin¹, BAI Jiangwei¹

(1. Beijing Institute of Geo-exploration Technology, Beijing 100011, China;

2. Beijing Hechuang Brilliant Technology Development Co., Ltd., Beijing 100085, China)

Abstract: This paper introduces the structure, main features and application of Geoprobe7822DT, Geoprobe 8040DT and Geoprobe 3230DT direct push soil drilling rigs, and compares them with other types of similar sampling rigs. Analysis is conducted on their inadequacies in quicksand sampling such as insufficient wall protection, poor overall stability, and easy drill pipe damage with suggestions put forward for further improvement and use of the direct push soil drilling rigs.

Key words: Geoprobe direct push & rotary rig; drilling sampling; quicksand layer

近年来我们大量采用 Geoprobe 7822DT 直推式土壤钻机进行土壤取样、地下水取样、监测井建设,该型钻机在土层钻进中效率高,原状取样质量可靠,在实际工程使用中取得了显著的环境效益和经济效益,成为开拓水土环境调查市场的利器。但该型钻机在涌砂层中钻进时存在护壁功能不足、整体稳定性较差、钻杆易损等主要问题。为此,本文通过总结该型钻机在涌砂层中应用的经验,以提出改进建议。

1 Geoprobe 直推式土壤钻机结构与特点

1.1 Geoprobe 直推式土壤钻机概况

美国环保署在 2005 年总结发布了利用直接推进技术进行土壤、土壤气体及地下水样品采集和监

测的技术指南,以指导其在污染场地调查中的推广应用^[1-2]。

直推式土壤钻机是采用直推方式将钻杆推入土壤,无需循环介质,能够连续快速地取出不受外界扰动的特定深度的柱状土样品;还可采取特定深度的原状地下水样品,并可建立长期监测井,监测地下水污染情况^[1]。一般直推式土壤钻机可配套相关设备进行实时探测、水土修复等作业^[3]。

Geoprobe 直推式土壤钻机由美国 Geoprobe (杰奥普)公司制造,体积小质量轻,采取原状样品质量可靠^[4],而且取样速度更快,该公司开发了 Geoprobe Systems 基础平台,在此平台上可集成多种功能,根据钻机的型号可以分为:3230DT、8040DT、7822DT、7730DT、6625CPT、6620DT、6610DT、

收稿日期:2019-07-08; 修回日期:2020-04-27 DOI:10.12143/j.tkgc.2020.05.010

作者简介:彭新明,男,汉族,1970 年生,副总工程师,教授级高级工程师,地质工程专业,博士,长期从事地热井、水文水井、矿产勘探孔、浅钻取样等钻探施工、技术研究工作,北京市西城区黄寺大街 24 号院 21 号楼,913668576@qq.com。

引用格式:彭新明,周国庆,李安,等. Geoprobe 直推式土壤钻机在涌砂层中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2020, 47(5): 60-64.

PENG Xinming, ZHOU Guoqing, LI An, et al. Application of Geoprobe direct push & rotary rig in sampling in quicksand layers[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2020, 47(5): 60-64.

6600、5410、54TR、54LT、540MT、540B 等;根据系统功能可分为:土壤与地下水取样系统、监测井系统、污染场地修复注射系统,现场检测 VOC 污染物的 MIP 系统、土工技术 CPT 系统、水力孔隙穿透度 HPT 系统、OIP 光学探测系统等。目前国内主要使用的是 7822DT、6620DT 型这两种型号,近年来也引进了少量 8040DT 型。

Geoprobe 独有的 MIP、HPT、OIP 三大在线监测系统,可实时探测土壤地层性质、土壤中 VOCs 及油类有机物含量。在钻进时同时进行监测,大大提高了土壤调查效率。另外,其钻孔及药剂注射系统,在注入相关药剂后可直接用于污染场地的土壤修复,在原位热脱附及原位化学氧化工艺中,起到不可或缺的作用。

下面以 Geoprobe 7822DT、Geoprobe 8040DT 与 Geoprobe 3230DT 三种型号钻机为例,介绍其结构特点、并以应用案例分析钻机的优点和在使用中存在的问题。

1.2 Geoprobe 7822DT 直推式土壤调查与修复钻机

1.2.1 钻机系统组成与结构

7822DT 型钻机系统包括:7822DT 钻机(含 GH64 冲击锤)、螺旋动力头、桅杆及卷扬、落架系统、氮气充压装置、25 加仑水箱及喷洗装置、台钳及安装架。可配置的钻具包括:直推钻具(1.25、1.5、2.25、3.25、3.5、3.75 in,1 in=25.4 mm,下同)、土壤取样钻具(MC5、DT22、DT325、DT35、DT375)、地下水取样钻具(SP16/SP22)、监测井钻具(4.25 inH)。

1.2.2 钻机特点

Geoprobe 7822DT 型直推式土壤钻机可快速完成无排渣土壤污染的调查工作,以及土壤污染的修复工作,可进行土壤取样、地下水取样、地下气体取样、监测井建设等工艺。

(1)7822DT 型直推钻机配备的 GH64 冲击动力头可出色完成土壤取样;转速高,可完成混凝土地面场地取样时的高速研磨开孔施工和岩心取样。

(2)GA4000 型螺旋动力头可使用中空螺旋钻杆完成多种口径监测井的施工。

(3)高度集成控制面板包含更多选项,可实现更多的控制,如自带的电子诊断系统,能实时掌握机器的工作情况,准确诊断故障。

(4)遍布机身各处的紧急停止开关和特有的紧急停止拉线为操作人员的安全提供全方位的保护。

(5)有线和无线两种遥控模式使得现场行动更加方便快捷。

1.3 Geoprobe 8040DT 直推式土壤调查与修复钻机

1.3.1 钻机系统组成与结构

8040DT 型钻机系统包括:8040DT 钻机(含 GH80 冲击锤)、一台四缸 120HP 涡轮增压柴油发动机、螺旋动力头、桅杆及卷扬、落架系统、氮气充压装置、150 加仑水箱及喷洗装置、台钳及安装架。可配置的钻具包括:直推钻具(2.25、3.5、4.5 in)、土壤取样钻具(MC5、DT22、DT325、DT35、DT375、DT45)、地下水取样钻具(SP16、SP22)、监测井钻具(4.25 inHSA)

1.3.2 钻机特点

与 Geoprobe 7822DT 型钻机相比,Geoprobe 8040DT 型钻机相对体积较大,配备先进的 CB8 联合动力头,动力强劲,提升力 400 kN,可进行土壤取样、地下水取样、地下气体取样、监测井建设等工艺,其取样及建井深度能达 60 多米,并具有以下特点。

(1)先进的 CB8 联合动力头,动力强劲;

(2)摇臂控制面板,可根据操作人员需要和安全位置的变化,随意改变控制面板位置;

(3)含有电子显示屏,可多数据显示;

(4)配备有先进的预报警显示,可保障操作人员安全。

1.4 Geoprobe 3230DT 直推式土壤调查与修复钻机

美国 Geoprobe(杰奥普)公司鉴于 8040DT 型钻机当前在商业方面存在局限性:系统动力偏大、价格偏贵、用户相对偏少的实际情况,结合用户和市场需求,又优化设计生产了比 8040DT 型钻机动力小、价格低的 3230DT 型钻机。3230DT 型直推钻机配备 GH70 系列冲击动力头、CB6 螺旋动力头,使用 MC 钻具或 DT 套管钻具可快速完成无排渣土壤污染的调查工作,以及土壤污染的修复工作。

2 主要应用案例分析

2.1 常规应用案例

我们承担的某污染场地详细调查项目地质条件为:0~2 m 人工填土,2~2.8 m 粘质粉土,2.8~

13.6 m 粉细砂,13.6~20 m 粉质粘土,地下水位埋深-3.60~-6.00 m。取样孔深度分别为6、10、15 m。采用1台 Geoprobe 7822DT 型钻机取样,MC5 土壤取样钻具,SP16 地下水取样钻具,每天取样钻进尺一般可达60~90 m,取样效果好。

2.2 在涌砂层中的应用案例

我们承担的某建设项目局部场地地质条件为:0~1 m 杂填土,1~2.2 m 砂质粉土,2.2~3.2 m 粉砂,3.2~20 m 粉细砂,20~20.5 m 粉质粘土,20.5~29 m 中细砂,29~30.5 m 粉质粘土,30.5~35 m 中细砂,30~39.5 m 粉质粘土—重粉质粘土,39.5~50 m 中粗砂含少量砾石。水位埋深-4.2~-4.5 m,砂土液化。

先采用 Geoprobe 7822DT 型直推式土壤钻机(见图1),配备直推 MC 钻具钻进至25 m 左右,在中细砂层中难以继续向下钻进,停止钻进并移机施工其它取样孔。停待较长时间后调进一台 Geoprobe 8040DT 型钻机施工该调查点(见图2),采用 Geoprobe 8040DT 型直推钻机钻至44 m 遇中粗砂含少量砾地层,钻进非常困难,下部钻杆外壁有摩擦痕且杆体较热,钻头刀口受损,终孔。



图1 Geoprobe 7822DT 型钻机

Fig.1 Geoprobe 7822DT drilling rig

2.3 与其他类型取样钻机使用效果的对比

国内污染场地勘探取样还处于借鉴、引用阶段,与发达国家相比,实践经验积累和理论研究均严重不足,通常还是以传统的钻探取样为主要技术手段,没有形成统一标准,仪器、设备方面的研究也不足,尚处于起步阶段^[5]。

目前国内对于污染场地钻探取样钻进方法主要



图2 Geoprobe 8040DT 型钻机

Fig.2 Geoprobe 8040DT drilling rig

有冲击钻进、螺旋钻进、振动钻进(包括声波钻进)、回转钻进、直推钻进,综合而言,直推钻进具有连续采取保持化学和物理原状土样的优势,适用于除砾石外的大部分土体^[6-15]。

国内对直推钻进工艺、设备的研究应用还存在不足之处^[16],我们在涌砂层钻进过程中曾采用过国产直推钻进工艺设备,难于在涌砂层钻进取样。在引进 Geoprobe 7822DT 型直推式土壤钻机之前,我们用于类似环境取样的设备有 SH30 系列冲击钻机,取出的样品易扰动、混合(见图3),特别是样品中挥发性有机物 VOC 易从土样中挥发掉;较深的取样孔采用 DPP-100 型汽车钻施工(见图4),因采用泥浆循环,部分有机物易受到水溶影响,难于保持样品的原始状态和物性。而 Geoprobe 直推式土壤钻机采用贝勒管取样,封闭式取样保证了样品的原状性状(见图5)。



图3 SH30 型钻机取出的土样

Fig.3 Soil samples by SH30 drilling rig

3 Geoprobe 直推式土壤钻机在涌砂层中应用时存在的主要问题与改进建议

3.1 在涌砂层钻进中存在的主要问题



图 4 DPP-100 型汽车钻取样

Fig.4 Samples by DPP-100 drilling rig



图 5 Geoprobe 型钻机贝勒管取样

Fig.5 Bayer tube samples by Geoprobe drilling rig

(1) 跟管护壁功能不足。在涌砂层钻进时, 由于没有泥浆护壁, 提钻后钻孔被砂充填, 二次下钻时钻具常不能下到孔底, 使得每次向下取样钻进都要重复钻穿上部砂层。

(2) 整体稳定性欠佳。涌砂层钻进过程中, 钻进负荷较大时, 钻机整体稳定性不足, 钻机会发生小幅度范围内移动, 故在进行此类地层的施工前应提前做好定位和加固工作。

(3) 钻杆易损。在含砾砂层钻进时, 钻杆外表面有沟痕, 钻杆丝扣易损伤。采用多种工艺重新对该进口钻杆加工丝扣后, 使用效果远不如原始丝扣, 整套进口费用较高。

(4) 钻头易坏。MC5 钻头钻遇含砾砂层时易损坏, 因而在砂砾石层中钻进效率受制约。

(5) 钻深能力降低。例如, 采用 MC 钻具, Geoprobe 7822DT 型钻机在含水的中砂层中钻至 25 m 后钻进就非常困难; Geoprobe 8040DT 型钻机在含水中粗砂含砾层中钻至 44 m 后钻进也非常困难。

(6) 孔口导向简易, 钻具的垂直度难于保持。

3.2 应用结论与建议

Geoprobe 7822DT 与 8040DT 型直推式多功能钻机是美国 Geoprobe 公司专门为土壤地下水污染调查领域研发, 该设备总体结构紧凑, 性能卓越, 功

能多样, 在土壤、地下水取样钻进中速度快, 优质高效采取原状土样、地下水样, 但在 20 m 以深涌砂层钻进中效率较低, 存在不足之处。

对于在含水砂层中钻进能力达 20 m 以深的直推式土壤钻机, 建议如下。

(1) 单配或加配跟管(拔管)装置, 采用套管护壁时, 护壁管底应过水止砂且能通过钻具, 外管壁与砂土层摩擦阻力小, 并具有较好的起拔性能。

(2) 可采用外挂配重、锚固支腿或其它稳固措施增强钻机整体稳定性, 以防移位。

(3) 增强孔口导向装置稳固性或设计嵌入地面式孔口导向装置。

(4) 研发高强耐磨新材质钻杆, 尤其提高丝扣性能。研制配套的取样钻头。

(5) 研发贝勒管, 进口贝勒管价格高, 而且订货周期长。在中砂含砾层钻进取样过程中, 砂砾会将贝勒管壁挤胀变形, 有时难于将贝勒管从钻杆内退出。

4 结语

Geoprobe 直推式土壤钻机体积小、质量轻, 总体结构紧凑、性能卓越、功能多样, 采取原状样品质量可靠, 独有的 MIP、HPT、OIP 三大在线监测系统, 可实时探测土壤地层性质、土壤中 VOCs 及油类有机物含量。其钻孔及药剂注射系统, 在注入相关药剂后可直接用于污染场地的土壤修复。Geoprobe 直推式土壤钻机在土层钻进中效率高, 但在涌砂层中钻进时存在护壁功能不足、整体稳定性较差、钻杆易损、钻头易损坏、钻深能力降低等主要问题。

对我国研发直推式土壤钻机建议如下:

(1) 钻机结构紧凑、轻便、耐用;

(2) 具有跟管护壁功能, 护壁管底应过水止砂且能通过钻具;

(3) 提高钻机的稳定性;

(4) 改进孔口导向;

(5) 同步研发新型实用的配套钻具、钻头、贝勒管等。

参考文献 (References):

- [1] US Environmental Protection Agency. Groundwater sampling and monitoring with direct push technology[R]. Washington

- DC: US Environmental Protection Agency, Office of Solid Waste and Emergency Response, 2005.
- [2] 孔祥科, 马骏, 韩占涛, 等. 直接推进技术在有机污染场地调查中的应用研究[J]. 水文地质工程地质, 2014, 41(3): 115-119.
KONG Xiangke, MA Jun, HAN Zhantao, et al. Application of direct push technology to organic contaminated site investigation[J]. Hydrogeology & Engineering Geology, 2014, 41(3): 115-119.
- [3] 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.
ZHAO Long, HAN Zhantao, KONG Xiangke, et al. Application of direct push technology in the investigation of contaminated site[J]. South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology, 2014, 12(2): 107-110.
- [4] 秦沛, 李海明, 刘春生. Geoprobe 直推钻机在城市水土环境地质调查中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2020, 47(3): 1-8.
QIN Pei, LI Haiming, LIU Chunsheng. Application of Geoprobe drilling rig in investigation of the urban soil and water environment[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2020, 47(3): 1-8.
- [5] 刘雪松, 张涛, 李敬杰. 污染场地调查技术综述[C]//中国环境科学学会、四川大学. 2014 中国环境科学学会学术年会论文集. 2014: 6267-6273.
LIU Xuesong, ZHANG Tao, LI Jingjie. A review of pollution site survey techniques [C]//Chinese Society for Environmental Sciences, Sichuan University. Proceedings of the academic annual meeting of Chinese society of environmental science. 2014: 6267-6273.
- [6] 詹良通, 龚标, 林伟岸, 等. 工(矿)业污染场地钻探取样技术要求及选用方法探讨[J]. 工程地质学报, 2016, 24(4): 642-648.
ZHAN Liangtong, GONG Biao, LIN Weian, et al. Technical requirement and selection of drilling and sampling techniques for contaminated sites by chemistry and mining industry[J]. Journal of Engineering Geology, 2016, 24(4): 642-648.
- [7] 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.
LIANG Long, CAI Guocheng, WANG Jinsong, et al. Discussion on application of the equipment and technique for drilling sampling in the survey of contaminated site[J]. Geotechnical Investigation & Surveying, 2018, 46(7): 16-21.
- [8] 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.
CHEN Hong. On site sampling methods and several discusses of site survey[J]. Guangdong Chemical Industry, 2017, 44(7): 157-158.
- [9] 王晓丽, 郑春苗, 刘改胜, 等. 利用直接推进技术测定渗透系数的最新进展[J]. 水文地质工程地质, 2012, 39(1): 8-12, 18.
WANG Xiaoli, ZHENG Chunmiao, LIU Gaisheng, et al. A review of recent developments in using direct-push technologies for rapid, high-resolution hydraulic conductivity measurements[J]. Hydrogeology & Engineering Geology, 2012, 39(1): 8-12, 18.
- [10] 郑继天, 王建增, 蔡五田, 等. 钻探技术在地下水污染调查中的应用研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2009, 36(S1): 197-199.
ZHENG Jitian, WANG Jianzeng, CAI Wutian, et al. Research on application of drilling technology to groundwater pollution investigation[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2009, 36(S1): 197-199.
- [11] 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.
LI Jiong, WANG Yu, ZHOU Qin, et al. Research on key technology and development trend of environmental sampling rig[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2019, 46(9): 81-87.
- [13] 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.
LEI Kaixian. Application study of sonic drill in environmental geological survey[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2013, 40(6): 4-8.
- [14] 俞超, 徐彬彬, 贾绍宽, 等. 30HB 型多功能环境勘察钻机[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2016, 43(10): 135-138.
YU Chao, XU Binbin, JIA Shaokuan, et al. 30HB multi-functional environmental investigation drilling rig[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2016, 43(10): 135-138.
- [15] 刘蓓, 刘娇, 李志军, 等. 达里湖冬季环境取样钻探技术研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2013, 40(11): 19-22.
LIU Bei, LIU Jiao, LI Zhijun, et al. Research on sampling technology for Dalinuoer Lake environmental scientific drilling in winter[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2013, 40(11): 19-22.
- [16] 郑继天, 王建增, 李小杰, 等. 直接推进在场地污染调查中的应用研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2010, 37(10): 93-96.
ZHENG Jitian, WANG Jianzeng, LI Xiaojie, et al. Study on direct pushing technology in contamination investigation[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2010, 37(10): 93-96.

(编辑 韩丽丽)