

# 声波钻机在环境地质调查中的应用研究

雷开先

(成都科光工程设计研究有限责任公司,四川 成都 610036)

**摘要:**中国第一台从荷兰引进的声波钻机(CRS-V型),在北京通州张家湾地下水检测基地完成了34口连续多通道地下水监测井的施工。阐述声波钻机的结构、工作原理,以及在本次施工中的工艺、机具配套以及声波钻进独特优势和功能拓展等。

**关键词:**声波钻机;地下水监测井;连续多通道监测井;钻井;取心;成井

**中图分类号:**P634.3<sup>+</sup>1;X832 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2013)06-0004-05

**Application Study of Sonic Drill in Environmental Geological Survey/LEI Kai-xian** (Chengdu Keguang Engineering Design & Research Co., Ltd., Chengdu Sichuan, 610036, China)

**Abstract:** In Zhangjiawan groundwater detection base of Tongzhou in Beijing, 34 groundwater monitoring wells were completed by the first sonic drill(CRS-V) which was imported from Holland. The paper discusses the sonic drill about the structure and working principle, as well as the construction process and equipment matching; especially introduces its unique advantages and functions expansion.

**Key words:** sonic drill; groundwater monitoring well; continuous multichannel monitoring well; drilling; coring; well completion

声波钻进(Sonic Drilling)又称为回转声波钻进或振动钻进,是目前国际上公认的新一代高效钻进技术。它是利用高频振动力、回转力和压力,三者结合在一起使钻头切入地层,加深钻孔,进行钻探或其它钻孔工程的一种新型钻探技术方法。目前,该技术在国内外尚处于探索研究阶段。

## 1 项目概况

北京市通州区张家湾试验场由北京市地质矿产勘查开发局、中国地质环境监测院、中国地质调查局水文地质环境地质调查中心和北京大学共同建设。其中的CMT连续多通道监测井项目的目的之一是对采用声波钻机施工连续多通道监测井的情况进行试验研究。

项目设计要求对地下水进行分层隔离、取样。井孔总量为34口,孔深30m、孔径130mm,钻孔完成后需要下入多孔取水管并在取水段投砾,相邻含水层之间要投粘土球形成隔离层。2011年曾用常规钻机做过试验(图1中粉色的钻孔),因为在钻进中使用了泥浆,不能很好地满足对地下水监测的需求。因此,本次试验采用声波钻机,禁用泥浆循环,以试验声波钻机的应用效果。

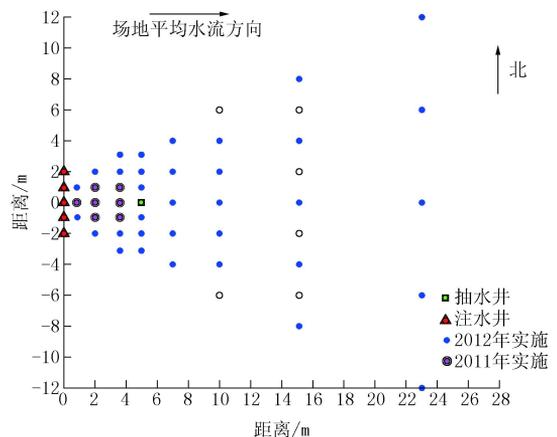


图1 井位平面布置图

## 2 地层情况

场区地层情况如图2所示。

## 3 声波钻机结构及工作原理

本工程中采用荷兰Sonic Samp Drill B.V.公司生产的CRS-V型紧凑型履带式声波钻机。这是中国第一台从荷兰引进的声波钻机。其主要结构组成为履带底盘、动力主机、钻架、回转声波动力头、操控系统、夹持器、机载水泵及水箱等。钻机外貌见图3。

收稿日期:2013-04-26

作者简介:雷开先(1957-),男(汉族),重庆人,成都科光工程设计研究有限责任公司董事长,探矿工程专业,从事岩土勘察、节能环保及资源勘探工作,四川省成都市蜀汉路426号上层建筑4单元23楼1号。

地质时代	推断底深 /m	推断层厚 /m	地质剖面及监测井结构	推断地层
Q	6.0	6.0		亚粘土
	11.5	5.5		细砂层
	14.0	3.5		中细砂层
	15.5	1.5		亚粘土
	17.0	1.5		细砂层
	21.0	4.0		亚粘土
	23.0	2.0		中细砂层
	28.5	5.5		细砂层
	30.0	1.5		亚粘土

图2 场区地层柱状图及井身结构图



图3 钻机外貌图

与传统全液压动力头钻机相比,声波钻机配置了一个输出高频振动(频率0~150 Hz 可调)的动力头(图4)。钻进过程中,当动力头产生的高频振动波频率与钻柱固有频率相吻合时,诱发钻柱产生共振,使能量向孔底传递达到最大。在大多数情况下,高频振动的钻杆会液化孔壁岩土层,产生更好的护壁和润滑效果,因而有利于快速钻进成孔。声波钻进原理见图5。



图4 回转声波动力头图片

### 4 钻井工艺

为避免干法成孔可能造成孔壁形成泥皮而对后续洗井效果带来影响,决定采用套管钻进+清水循环的方法。

#### 4.1 钻杆与套管

由于钻杆要承受高频振动,因此对钻杆的材质要求很高。同时钻杆口径级配必须满足小一级钻杆能在大一级钻杆内使用,实现套管护壁钻进。本工程先采用 GP100 钻杆+ $\varnothing 110$  mm 钻头(跟管  $\varnothing 127$  mm 套管+ $\varnothing 135$  mm 管靴)(图6)。

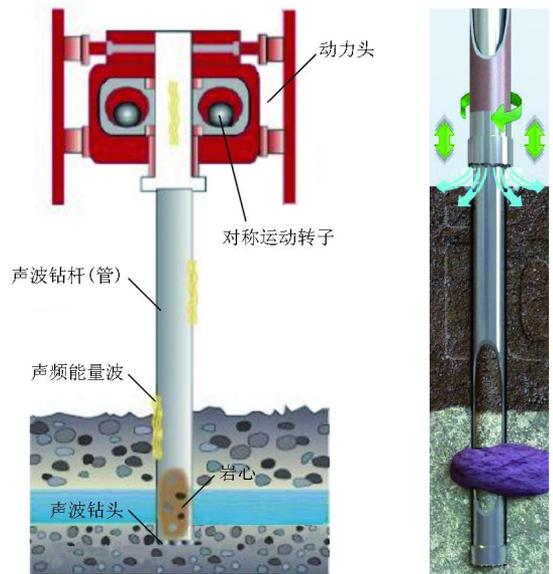


图5 声波钻进原理示意图

图6 钻柱结构示意图

#### 4.2 钻具与钻头

由于声波钻进在破碎潮湿地层中具有液化钻杆周边岩土的功能,再配以适当的取心工具,因此具有高取心率的优势。在中硬岩层中,取心方法与常规

的取心方法类似,也有单管和双管之分。针对不同的地层选择不同的钻具及相应的钻头。

#### 4.2.1 软岩或沙土地层

(1) Aqualock Sampler 水锁式取心器,见图7、图8。

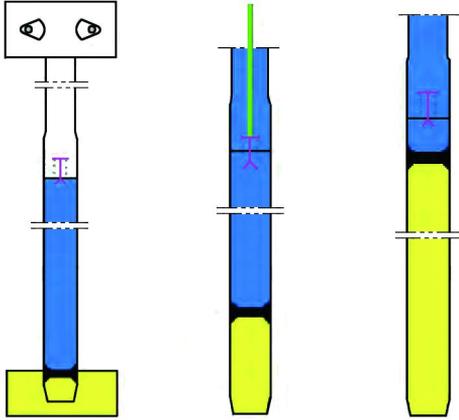


图7 Aqualock 水锁式取样钻具原理图



(a) 水锁式取样钻具



(b) 现场取出的沙土岩心

图8 Aqualock 水锁式取心钻具及其现场取心图片

选用 Aqualock Sampler 水锁式取心器及所用钻头,卡簧只用于极难取心的情况。

Aqualock Sampler 水锁式取心器工作原理是在取心钻具(结构类似于单管取心管)中充入清水,上端设置常闭弹簧阀门和下端滑动密封塞与中间水体组成水锁系统。在无需取心层段钻进时,下部密封塞端头与切割靴(相当于取心钻头)合成为一全面破碎钻头。当钻至需取心位置下入顶杆使阀门打开并保持阀门开启状态继续钻进,由于钻具内水体上端处于自由状态,岩心推动下端密封塞上行进入取心器。回次进尺终了,除去顶杆,上阀门恢复关闭,残余水体由于真空作用辅助防止岩心脱落。取心器提出孔口,可通过再压注入高压水推动密封塞进而推出岩心。

(2) 脱落锥钻进机具(应用于需在钻孔内安装、下入器具、仪器的场合),见图9。



图9 脱落锥

脱落锥钻进,即在全面钻进时,在钻进终了钻具底部锥头部分可脱落留在孔底的钻进方法。通过这种方法,在钻进终了后钻杆充当护壁套管保护孔壁,可通过钻杆内腔下入需安装的完井机具,如地源热泵用热交换管、地震勘探炸药管、监测仪器等。待完成孔内安装后提钻,脱落锥与孔内机具一同留在孔内。

#### 4.2.2 中硬岩层

(1) 单管钻具。与常规单管取心钻具类似,只在循环冲洗液使用方式上有所不同。

中硬岩可选用单管钻具或双管钻具钻进,所用钻头如图10所示。图11为单管钻具取出的岩心。



图10 中硬岩用取心钻头



图11 单管钻具取出的岩心

(2) 双管钻具。与常规双管取心钻具类似。

(3) 敲击脱落头。与前述脱落锥钻进原理相同。脱落头更适用于硬地层,且通过敲击的方法使其脱落。见图12。

(4) 声波绳索取心钻具(图13)。声波钻进进行绳索取心钻进,不仅可省去提下钻的时间,在浅孔松散破碎层钻探时,如果声波反打能力足够,可省去跟管钻进程序,钻效实现飞跃性的提高,同时钻探成本大大降低。



图 12 敲击脱落头



图 13 绳索取心钻具



(a) 钻井现场

(c) 成井后的情况



(b) 下入CMT井管

图 14 施工现场

钻头,软弱破碎地层用常规钻具不易取心,采用专用钻具,比如 Aqualock 钻具,可以实现几乎 100% 的取心率,在中硬岩层采用单管或双管取心。

(3)对岩土样及孔内周边地区最小的污染和扰动:由于钻速快,并且有液化作用,声波钻进对周围地层污染和干扰小,如果需要,配以合适的封闭取心管,可以采取封闭岩土样。

(4)适用的地层范围广:除了连续硬岩(比如厚度 > 2 m 时,用声波钻进综合经济成本要高于潜孔锤钻进),其他地层均可采用,特别是在软硬互层的地带,优势明显,可以在回填地层(各种回填物)钻进。

(5)钻杆可用作套管起护壁作用:利用声波振动可以大幅度提高钻机起拔钻杆(套管)的能力,小一级的钻杆在大一级的钻杆内钻进(取心或不取心),大一级的钻杆可当做套管起护壁作用。

(6)少用甚至不用循环液,减少对地下水的污染:在某些地层(主要是软岩土层)可以干钻。

(7)可快速、方便、准确地安装孔内器具。

(8)可以在钻进时取地层水样。

## 8 存在问题及建议

声波钻机纯钻进速度快,但成井过程中的填砾、止水、下管等工序所需时间较多,影响了总的成井效率。

建议配套预制过滤包及膨润土止水塞,根据测定的含水层位置与多通道井管组合安装后下入孔内,可以大幅度提高整体工作效率和安装精度。

其原理如下(参见图 15):将预先制作好的多孔取水管及需要止水的部位套上膨润土止水短节,经

## 5 成井工艺

成井流程为:清水循环套管钻进→测定孔深→确定含水层位置→下入 7 通路井管→根据层位、层厚确定填砾、投放粘土球的起止位置及投放量→提管辅助声波振动确保投料密实不架空,边提边测孔深,遇有塌孔位置调整投放量→井口部分孔段用粘土球填实,以避免雨水等侵入井孔→洗井(应在 2 h 内或 2 周后进行以免影响封孔效果)→抽水试验→完井。图 14 为施工现场情况。

## 6 施工效果

由于地层比较简单,声波钻进速度非常快,一个 30 m 的孔只需 30 min 就能完成(其中纯钻进时间大约 10 min)。但由于填砾、止水、下管等工序需要很多时间,最终一天只能全部完成 2 个孔。

## 7 声波钻进工艺优势

应用试验表明,声波钻进工艺具有以下优势。

(1)钻速高、不易发生钻孔偏斜:与常规钻机相比,钻速提高 4~5 倍。

(2)取心率高:不同的地层配备不同的钻具及

钻杆内放置到需要的深度,由于此时在钻杆内操作,下放的深度可以准确控制。膨润土短节可膨胀5~10倍,止水效果非常好。



图 15 连续多层监测井预制材料及安装

的优势,特别是在土壤采样及地下水监测井成井方面表现尤其突出,钻采过程避免了冲洗介质的二次侵扰。为国内环境地质调查、污染场地调查与评估及修复提供了先进、可靠的新方法。

此次声波钻机施工连续多通道监测井的成功,为今后大规模采用连续多通道监测管建立地下水多层监测井提供了适宜的钻孔和成井施工方法,具有重要的现实意义。

#### 参考文献:

- [1] 叶成明,李小杰,刘迎娟. 浅析声波钻进技术[J]. 勘察科学技术, 2007, (5).
- [2] 李小杰. 超声波钻机施工多通道监测井取得成功[EB/OL]. [http://www.chegs.cn/news\\_001.asp?inford=1597](http://www.chegs.cn/news_001.asp?inford=1597), 2012-08-21.
- [3] 张燕. 国外声波钻机及其应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2008, 35(7): 105-107.
- [4] 韩博,姜森,衣雪峰,等. 新型超声波钻探设备的建模分析[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2012, 39(5): 34-38.
- [5] Gerad P., Van Dyk. Degree of Disturbance of Soil Structure by Sonic Vibration[Z].

致谢:北京杰奥智波贸易有限公司为本文提供了大量文字及图片资料,特此感谢!

## 9 结语

声波钻进工艺在环境地质调查中显示出其独特

## “中国岩金勘探第一深钻”顺利终孔

本刊讯 备受我国钻探界关注的“中国岩金勘探第一深钻”——山东莱州三山岛西岭金矿区 ZK96-5 孔经甲方现场研究认可,已达到地质设计要求,决定终止钻进,终孔深度 4006.17 m,终孔口径 75 mm。

该孔由山东黄金集团地勘公司设计,山东省地矿局第三地质矿产勘查院负责施工,设计孔深 4000 m,于 2010 年 9 月 18 日开钻,2013 年 5 月 29 日终止钻进,历时 985 天。期间广大钻探职工发扬不怕疲劳连续作战的作风,夜以继日,精心操作,克服了钻孔深度大、地层复杂、自然环境差等诸多困难,严格执行钻探规程和钻探设计规定,保证了施工质量,实现了安全生产。

该孔施工的主要目的是揭示深部三山岛断裂和焦家断裂交汇处矿体及地层的物质组成、结构、产出、构造属性;研究深部成矿规律,为深部找矿理论探索提供可靠依据;探明

主矿体级次生矿体的赋存情况。利用深部钻探技术,探索本地区地层、地质构造、成矿规律,并充分运用最新科技手段,获取深部各种地质信息。如此超深孔小口径地质岩心钻探,在我国钻探史上尚属首次,对钻探设备、机具、工艺以及操作人员技术素质等都是严峻的考验。第三地勘院结合以往深孔施工和国外施工经验,认真研究制定对策,编制了详尽的钻孔施工技术方案设计,并组织了一支经验丰富、业务能力强的钻探施工团队负责施工。施工过程中开展了钻探设备改进、复合式钻杆、钻进参数随钻检测、深孔液动锤试验等一系列钻探新技术、新工艺的试验研究和应用,创造了多项全国钻探新纪录,为我国深部钻探技术积累了丰富成果和经验。

(张敏 供稿)