

# 新型双管取心钻具及其在软土地层中的应用

欧阳涛坚,程春红  
(浙江省工程勘察院,浙江宁波315010)

**摘要:**宁波河姆渡—田螺山遗址科学钻探要求采取无扰动原状土样,由于宁波地区特殊的地层岩性,采用传统的厚壁取土器及薄壁取土器均难以达到试验要求。为此,研发了新型双管取心钻具,同时改进泥浆工艺。应用证明提高了岩心采取率,大幅减少对原状土扰动,取得高质量岩土样;新型双管取心钻具,采用PVC内管和单向阀、大出水口钻头和高出刃切削片,具有高效、高性价比和操作性强等优点。

**关键词:**双管取心钻具;泥浆工艺;原状土;岩心采取率;软土

**中图分类号:** P634.4 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2017)09-0065-03

**Application of New Type Double-tube Core Barrel in Soft Soil Stratum/OUYANG Tao-jian, CHENG Chun-hong** (Zhejiang Engineering Prospecting Institute, Ningbo Zhejiang 315010, China)

**Abstract:** The soil samples are required to be undisturbed in scientific drilling of Hemudu - Tianluoshan site in Ningbo. Due to the special strata lithology in Ningbo area, it is difficult to meet the requirements with the traditional thick-wall and thin-wall soil samplers. In this case, a new type double-tube core barrel is developed, and the mud technology is also improved. The application shows that the core recovery has been improved with high quality soil and rock samples, the disturbance on undisturbed soil are largely decreased. This new type double-tube core drilling tool, with PVC inner tube and one-way valve, large water outlet and proud exposure bit, has advantages of high efficiency, high performance price ratio and good operability.

**Key words:** double-tube core barrel; mud technology; undisturbed soil; core recovery; soft soil

## 0 引言

宁波位于我国海岸线中段、浙江宁绍平原东端,属典型饱和软粘土地区,在漫长复杂的地质历史中,自上而下逐渐形成了粘土、淤泥、粉质粘土、泥炭质土、淤泥质粉质粘土、粉细砂、粉质粘土等典型土层。软粘土具有含水量较高、强度偏低、压缩性大、固结速度较慢等特点。同时,软弱土层有一定的结构性,这种特性主要表现为触变性和高灵敏度。触变性软土的原状土受到振动或扰动后,由于土体结构遭破坏,强度会大幅度降低。

根据《浙江1:5万鸣鹤场、澥浦镇、慈城镇、鄞江镇、姜山镇幅区调成果报告》,河姆渡—田螺山研究区及周边区域,为平原区和山麓沟谷区。其中山麓沟谷区沉积物成因类型简单,为典型的陆相地层,冲积平原的浅部多为河漫滩相,具典型的二元结构。

《四明山地质公园研究课题》为了查明河姆渡—田螺山遗址及附近全新世沉积物的物质组分、结构、粒度变化、形成时间、成因类型,系统分析全新

世以来沉积物质变化的时空分布特征,拟对河姆渡—田螺山遗址外围实施地质钻探,地质钻探共布设4个钻孔,180 m全孔取心。本次钻探为科学钻探,要求所采取岩心不能出现任何形式的扰动,达到I级原状土试样标准。

根据原状土取样规范,原状土样的采取可采用薄壁取土器、二(三)重管回转取土器、束节式取土器、厚壁取土器。在工程地质钻探中,技术人员根据不同硬度的土层,不同的取样要求,选择不同的取土器和钻进工艺,采取I级原状土试样、II级原状土样、扰动土样等。

目前,宁波地区工程地质钻探土样的采取大多采用厚壁取土器单管干钻法,该法工艺简单、成本低、可操作性强,因而被广泛应用。然而该取心工艺存在岩心采取率低的问题,尤其在遇流变性强的地层或细颗粒、厚度大的砂层时,采取率更低,而且对原状土样扰动严重,破坏了原状土的原始应力结构,导致室内土工试验数据严重失真,甚至无法制成测

收稿日期:2017-03-08;修回日期:2017-06-18

作者简介:欧阳涛坚,男,汉族,1970年生,高级工程师,注册岩土工程师,从事岩土工程设计和技术管理工作,浙江省宁波市宝善路206号,284474128@qq.com。

试土样,从而严重影响基础资料的质量。

薄壁取土器可以减小对原状土的扰动,但适用范围受限,岩心管长度短,二(三)重管回转取土器在可塑至流塑粘性土、粉砂、粉土、可塑—坚硬的粘性土、粉土、粉砂、细砂、硬塑—坚硬的粘性土、中砂、粗砂、砾砂、碎石土、软岩中使用,可提高原状土样采取率,但对钻探设备和操作人员的要求高,双(三)管钻进时钻机要求扭矩大,操作人员经验丰富,操作不当很容易糊钻烧钻,处理事故费时费力且不能保证取心质量。

为顺利完成本次课题钻探任务,提高钻探工艺水平,获得真实准确的第一手钻探基础资料,我院研发了一套新型钻具和钻探工艺。

## 1 工程概况

河姆渡—田螺山作为未来四明山申报国家地质公园的组成部分。本次野外钻探共布置4个钻孔,孔深20~50 m,孔径110 mm。按设计要求,所采取岩心不能出现任何形式的扰动,每一回次岩心提钻上来后,岩心的顶部和底部不能有扰动,出现扰动即为不合格岩心,如出现2次以上底部、顶部、岩心中部扰动现象,则该孔作废、在原地重新开孔。

每孔上部取心时,务必保证岩心的长度,即每一回次取心务必1.5 m以上的长度,切不可出现几十厘米一截一截的短钻。

每一回次的取心率要达到95%以上,如遇砂层至少保证80%以上的取心率,在保证岩心质量的前提下,每孔综合取心率要达到90%以上。

总之,本次钻探对岩心的采取要求非常高,如果使用常规的取心工具和方法,难以完成设计任务。

## 2 新型双管取心钻具结构及特点

新型双管取心钻具包括分水接头、废土管、外管、钻头及内管(见图1),分水接头内设置单向阀(钢球),冲洗液只能自下而上单向流动;分水接头的侧壁上开有供分水接头中的泥浆流出的出水通道;取心管内腔上部为废土管,上端与分水接头下端相连接;外管上端与废土管下端相连接;钻头设于外管下端,且钻头的上部连接于外管下端的内侧;内管设置于外管内且下端与钻头的上端相抵,该内管与外管之间形成有一间隙。

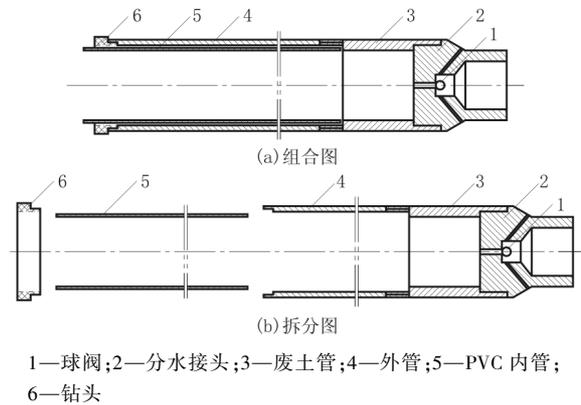


图1 双管取心钻具结构组合及拆分图

相对于普通双管取心钻具而言,新型双管取心钻具具有如下优点。

(1)结构简单、轻便,操作方便。因内管采用轻质PVC管,中间减少了单动装置双向推力轴承等,因而十分轻便简单,操作方便,效率高;普通双管取心钻具因结构复杂,质量大,取心时显得笨重,地层复杂钻机扭矩小时功率不足,操作时操作工必须小心谨慎,稍有不慎内管就会被卡死。

(2)内管与外管连接简单,内管只要直接插入即可,钻进时,岩心进入内管,因岩心与内管间存在摩擦力,取心时外管转动而内管不动,内管对岩心起到保护作用,实现单动双管功能,且不存在单动装置失效烧钻的可能。

(3)内管超前于外管,土样先于钻头进入内管,可减小对土样的扰动,内管超前长度和壁厚可根据地层软硬程度调整。

(4)钻具的外管与内管分离,降低了对原状土样的扰动,提高了钻具的取心质量及岩心采取率。

(5)内管采用PVC管,成本低,大幅度降低了钻具造价。

## 3 泥浆工艺改进

按设计要求,钻孔要求全孔连续取心,山麓沟谷区钻孔,浅部地层松散,成孔过程中易出现坍塌,为保证孔壁稳定,采用常规自造浆难以保证安全,为此采用改良泥浆,适当加大泥浆密度,在泥浆中加入纯碱、聚丙烯酰胺等泥浆处理剂,控制泥浆性能指标:粘度20~23 s、密度1.08~1.15 g/cm<sup>3</sup>、pH值7.5~8.5,在孔内形成优质泥浆。

泥浆配制前,先计算孔壁侧压力 $P_c$ 和冲洗液液柱压力 $P_m$ ,以 $P_m \geq P_c$ 为原则配制泥浆。

$$P_m = 9.81 \times 10^{-3} H \rho_m$$

$$P_c = \lambda P_s = 9.81 \times 10^{-3} \lambda \rho_s$$

$$9.81 \times 10^{-3} H \rho_m \geq 9.81 \times 10^{-3} \lambda \rho_s$$

得出:  $\rho_m \geq \lambda \rho_s$

式中:  $\rho_m$ ——冲洗液密度,  $\text{g}/\text{cm}^3$ ;  $\rho_s$ ——土层密度,  $\text{g}/\text{cm}^3$ ;  $\lambda$ ——土层侧压力系数。

本次钻孔松散层密度  $\rho_s = 2.15 \text{ g}/\text{cm}^3$ ,  $\lambda$  值在  $0.35 \sim 0.4$  之间,  $\rho_m \geq \lambda \rho_s = 0.4 \times 2.15 = 0.86 \text{ g}/\text{cm}^3$ 。

考虑平衡安全附加压力和冲洗液上返时作用在孔底的循环附加压力, 确定泥浆密度应控制在  $1.08 \sim 1.15 \text{ g}/\text{cm}^3$  较为合适。

#### 4 钻头改进

本次钻探地层以土层为主, 土层硬度不大, 可采用硬质合金钻头, 新型双管钻具因出水改为侧边, 因而对钻头进行了改进, 加大出水口尺寸, 出水口高度改为  $25 \text{ mm}$ , 硬质合金外出刃  $3 \text{ mm}$ , 底出刃  $7 \text{ mm}$ , 内出刃  $3.5 \text{ mm}$ 。钻头内出刃一定要保证, 以免岩心进入内管后受到挤压扰动。

改进后钻头结构如图2所示。

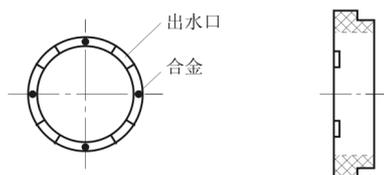


图2 钻头结构示意图

#### 5 工程应用及使用效果

2015年3月在井头山附近实施了第一口钻探岩心取样孔(ZK1), 采用XY-1型岩心钻机, 孔径  $110 \text{ mm}$ , 取样时, 开孔  $0.50 \text{ m}$  左右采用慢速压入, 低压慢速钻进, 钻压在  $5 \sim 8 \text{ kN}$ , 转速  $142 \text{ r}/\text{min}$ , 采用普通泥浆, 卧式单缸双作用泥浆泵, 第一次取样后, 钻速采用中速或高速, 转速  $285 \sim 570 \text{ r}/\text{min}$ , 钻压在  $5 \sim 8 \text{ kN}$ , 因ZK1孔  $20 \text{ m}$  以浅地层均为软土, 故采用普通泥浆, 泵量控制在  $30 \sim 50 \text{ L}/\text{min}$ 。ZK1孔采集了  $20 \text{ m}$  的岩心样, 钻孔深至黄灰色第二硬土层, 采取岩心长  $19.63 \text{ m}$ , 岩心采取率  $98.12\%$ , 具体见表1。

第二次在宁波横街西陆(ZK2)、河姆渡庐山寺村、杭州市余杭区西良村完成3口钻探岩心取样孔,

表1 ZK1 钻孔取心情况

钻进回次	取心位置/m	回次进尺/m	取心长度/m	采取率/%
1	0~1.50	1.50	1.45	0.9667
2	1.50~3.50	2.00	1.96	0.9800
3	3.50~5.31	1.81	1.79	0.9890
4	5.31~7.31	2.00	1.96	0.9800
5	7.31~9.10	1.79	1.75	0.9777
6	9.10~11.02	1.92	1.88	0.9792
7	11.02~12.73	1.71	1.68	0.9825
8	12.73~14.53	1.80	1.78	0.9889
9	14.53~16.32	1.79	1.75	0.9777
10	16.32~18.02	1.70	1.68	0.9882
11	18.02~19.63	1.61	1.58	0.9814
总计		19.63	19.26	0.9812

ZK2孔浅部为第四系松散堆积层, 厚度  $4.3 \text{ m}$ , 土层胶结性差, 采用改良泥浆护壁, 没有出现坍孔, 保证顺利成孔。3个孔共取心  $196 \text{ m}$ , 每孔综合岩心采取率  $98.3\%$ , 均达到了设计要求, 每孔均为一次性取心成功, 没有出现返工情况。

所有采取土样送检至检测单位, 均达到I级原状土试样标准。图3为ZK1孔岩心开样后情况。



图3 ZK1孔采取土样照片

#### 6 结语

通过工程中的实际应用检验, 新型双管取心钻具在本项目及宁波轨道交通1号线工程地质钻探项目中应用, 都取得非常好的效果, 值得推广应用。

从使用效果可以证明, 新型双管取心钻具具有以下优点:

- (1) 使用方便, 操作简单;
- (2) 可以达到普通双管钻具效果, 可以减小对原状土的扰动, 提高岩心采取率, 获得高质量原状土样;
- (3) 轻便, 功耗低, 比普通双管钻具成孔速度快;
- (4) 钻具成本低。

(下转第88页)

泌水通道是由浅到深逐渐发展的,不同深度的水分向上运动的路径长短与阻力不同,其携带水泥颗粒的能力与效率有差别,故胶结物的含量自上而下也是由少变多,泛砂层密实度和强度也有相应变化。另外,泌水反应时间受初凝时间控制,初凝时间受缓凝剂种类与添加量控制,故混凝土的泌水深度也是有限的,一般泛砂深度在10 m以内。由于泌水通道不相同,所以泛砂位置与形态也各不相同,但即使发生泌水效应,泌水通道无法形成,则混凝土只是骨料分层,并不会形成泛砂现象,所以不是每根桩都会发生泛砂现象,泌水效应是发生泛砂现象的必要条件。合理地使用减水剂与缓凝剂,是有效控制桩顶混凝土泛砂的关键。

#### 4 结论

(1)混凝土下沉的内因是孔壁土软易变形,外因是混凝土侧压力对孔壁的挤压产生桩身扩径,预防措施是通过降低混凝土流动性而减少其侧压力,在浇注混凝土过程中通过插管预先对孔壁挤压扩径来消除后期混凝土再下沉。

(2)混凝土冒水有2种形式:第一种冒水来自混凝土内部,原因是混凝土产生泌水效应;第二种冒水来自孔壁土层,原因是桩顶与孔壁土层之间缝隙贯通,且存在水头差。

(3)混凝土泛砂原因与第一种冒水现象相关联,泌水效应导致混凝土分层离析并产生泌水压力,水流过程中携带出细骨料中的水泥颗粒,形成泛砂现象,泛砂现象与泌水效应和泌水通道有关系。

#### 参考文献:

- [1] 孙立宝. 混凝土灌注桩桩头渗水的处理及预防措施[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2016, 43(5): 86-88.
- [2] 金维芬, 姚建阳. 钻孔灌注桩桩顶冒水原因分析及处理[J]. 工程质量, 2006, (9): 40-42.
- [3] GB 50164—2011, 混凝土质量控制标准[S].
- [4] 胡海滨. 冲孔灌注桩顶冒浆分析与质量控制的施工技术[J]. 中国水运, 2013, (8): 236-238.
- [5] 王哲, 等. 灌注桩桩身泌水的原因分析与控制[J]. 化学工程与装备, 2015, (5): 114-116.
- [6] 严新华. 混凝土泌水的影响及控制——从深桩基桩头泌水危害谈起[J]. 商品混凝土, 2012, (3): 53-54.
- [7] GB 50119—2013, 混凝土外加剂应用技术规范[S].
- [8] JGJ 94—2008, 建筑桩基技术规范[S].

#### (上接第67页)

当然,新型双管取心钻具也存在一些不足和需要改进的地方,一是在软土中可以百分之百保证土样不脱落,但在极松散地层,如单次进尺过长(大于1 m),则土样容易脱落;二是遇到局部硬土层,超前内管不易压入,有时一个小碎石就可能损坏内管。改进方法:(1)控制单次进尺;(2)内管底端加接金属环刀等,但有时还是会有土样脱落现象,下步改进主要是解决土样脱落问题。

#### 参考文献:

- [1] 王达,何远信,等. 地质钻探手册[M]. 湖南长沙:中南大学出版社, 2014.
- [2] JGJ/T 87—2012, 建筑工程地质勘探与取样技术规程[S].
- [3] 欧阳涛坚,程顺利,潘永坚,等. 双套管取芯钻具:中国, CN204552659U[P]. 2015-08-12.
- [4] 周宗尧,等. 浙江1:5万鸣鹤场、澥浦镇、慈城镇、鄞江镇、姜山镇幅区调成果报告[R]. 浙江杭州:浙江省地质调查院, 2011.
- [5] 石立明,曹灶开. 凝胶堵漏技术在阳山矿区漏失地层中的应用

- [J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2015, 42(9): 22-24, 29.
- [6] 孙建华,刘秀美,王志刚,等. 地质钻探孔内复杂情况和孔内事故种类梳理分析[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2017, 44(1): 4-9.
- [7] 齐波,牛文明,张一飞. 滨海新区钻探取芯技术的改良及应用[J]. 工程勘察, 2011, (12): 25-27, 76.
- [8] JGJ 120—2012, 建筑基坑支护技术规程[S].
- [9] 唐红梅,张金浩,陈洪凯. 含裂隙岩石的受压破坏机理研究[J]. 工程地质学报, 2016, 24(3): 363-368.
- [10] 潘永坚,姚燕明,欧阳涛坚,等. 软土城市轨道交通勘察管理与实践[M]. 四川成都:西南交通大学出版社, 2015.
- [11] 项伟,唐辉明. 岩土工程勘察[M]. 北京:化学工业出版社, 2012.
- [12] 潘永坚,李高山,欧阳涛坚,等. 宁波软土地区基准基床系数试验方法与取值标准研究[J]. 水文地质工程地质, 2016, 43(4): 103-107.
- [13] 段鸿海,周无极. 工程勘察与评价[M]. 河南郑州:黄河水利出版社, 2009.
- [14] 潘永坚,李高山,欧阳涛坚,等. 软土地区基床系数室内试验成果影响因素分析[J]. 工程勘察, 2016, 44(7): 16-21.
- [15] 张鹏宇,郭威,贾瑞,等. 分水钻具的设计及其数值模拟分析[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2017, 44(5): 53-57.