

# 刘长营环境科学钻探取样技术研究

赵洪波, 李国民, 刘宝林, 王建强

(中国地质大学(北京)地质超深钻探技术国家专业实验室, 北京 100083)

**摘要:**针对环境取样的高取心率要求,利用 SDR-100 型全液压声频振动钻机结合压卡式钻具,完成了刘长营环境科学钻探取样。主要介绍了钻进工艺以及取样过程中遇到的问题,并给出了解决方案,最后对环境取样技术进行了展望。

**关键词:**环境科学钻探;取样;全液压声频振动钻机;压卡式取样钻具

**中图分类号:**P634.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2011)11-0014-04

**Research on Sampling Technology for Environmental Scientific Drilling in Liuchangying/ZHAO Hong-bo, LI Guo-min, LIU Bao-lin, WANG Jian-qiang** (National Lab on Scientific Drilling, China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

**Abstract:** According to the requirement of high coring rate in environmental sampling, SDR-100 full hydraulic sonic frequency resonance drill combined with press-fitting sampling drilling tool was used for sampling in Liuchangying. The drilling technology and the problems may encountered in sampling process are mainly introduced in the paper with solutions. The future development of environmental sampling drilling technology is prospected.

**Key words:** environmental scientific drilling; sampling; full hydraulic sonic frequency resonance drill; press-fitting sampling drilling tool

## 1 项目背景

刘长营取样地位于山东省济宁市嘉祥县西北部的梁宝寺镇刘长营村,其早前是东平湖的一部分,通过若干年的气候与环境变化,如今已成为平地,并形成了村庄。鉴于东平湖与黄河的密切关系,利用东平湖湖泊沉积物对黄河决口、改道以及洪水泛滥及其动力机制等进行精细研究具有独特的优越性。通过钻孔取样,利用古湖泊沉积粒度特征来进行分析黄河洪水泛滥与环境变迁的关系。目前而言,环境取样技术是获取这些沉积物的关键,它对于准确分析环境变化状态、环境污染机理以及寻求有效的环境保护措施等具有非常重要的作用<sup>[1]</sup>。

刘长营环境科学取样地层为第四系地层(浅海、湖泊、沼泽、湿地等)。该类地层具有沉积速率大、地层胶结性差或完全未胶结等特点,成为国内外环境科学研究获取高分辨率样品的首选。短尺度气候变化研究内在的对沉积物样品高分辨率的要求不允许样品的缺失和紊乱。因此它对科学钻探取样(心)的基本要求是样品无污染、无变形、无扰动;样品连续、完整,取心率必须为 100% (鉴于含砂层较厚的情况,则要求非砂层 100%,砂层 90% 以上。准

确找到分层位置,明确砂层厚度);取心位置选取准确。

## 2 取样设备及钻具

SDR-100 型全液压声频振动钻机结合压卡式钻具是目前第四系地层取样的最佳组合。采用回转钻进,可以使岩心顺利地进入内管,同时避免了对样品的冲蚀、冲散,降低对其的扰动。

### 2.1 钻机

针对第四纪环境湖泊取样,地质超深钻探技术国家专业实验室研制了 SDR-100 型全液压声频振动钻机,其基本参数如下:

- (1) 适用第四系覆盖层回转取样钻进;
- (2) 采用硬质合金回转钻进工艺;
- (3) 回转轴输出最大扭矩  $>1000 \text{ N} \cdot \text{m}$ ;
- (4) 回转轴输出最大转速  $<200 \text{ r/min}$ ;
- (5) 回转钻进深度 100 m;
- (6) 钻进给进力设计值为 25 kN,起拔力为 50 kN。

本次环境科学钻探的工作全貌如图 1 所示。

### 2.2 钻具

收稿日期:2011-05-27;修回日期:2011-09-20

基金项目:国家自然科学基金委资助项目“全新世以来东平湖变迁与黄河洪水关系及动力机制研究”(41072258)

作者简介:赵洪波(1988-),男(汉族),安徽亳州人,中国地质大学(北京)硕士生,地质工程专业,从事科学钻探技术与方法的研究工作,北京市海淀区学院路 29 号中国地质大学工程技术学院, zhaohb\_2009@hotmail.com。



图1 刘长营环境科学钻探现场全貌

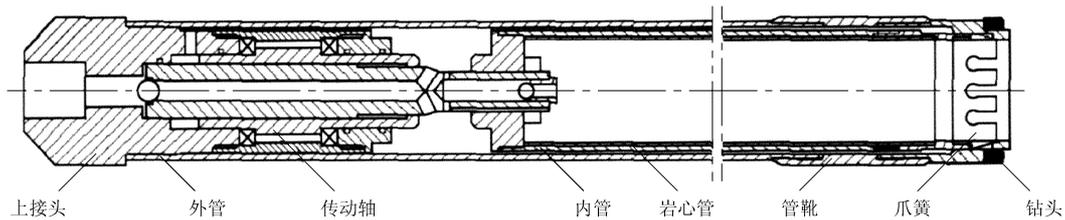


图2 压卡式取样钻具结构示意图

遇地层多属松、散、软沉积物,胶结性差,整体强度小,怕振动、冲刷。因此,对钻探施工提出了很高的技术要求<sup>[3]</sup>。

(1)如何获取高取心率而又完整的样品?

(2)如何防止堵心和及时解决堵心问题?出现堵心的地层一般较松软,一旦发生堵心而未能及时发现,极易将样品磨掉,取心率很低。堵心常发生在压实的泥质(土)层。

(3)如何防止脱心和漏心?因地层松软,一旦发生脱心,打捞极其困难。脱心常发生在压实的含砂泥质(土)层。而漏心现象常出现在爪簧没有闭合的情况下。

(4)如何防止砂层的冲蚀?因砂层几乎没有胶结物,钻进时待取的样品极易被冲洗液冲掉,有可能根本取不到样品。

(5)如何保护孔壁和减少缩径?尤其在一些含细砂的泥质(土)层中,极易缩径,甚至出现塌孔现象,而套管一般适合较浅的钻孔中。

(6)在砂层和泥层交界处,如何保证较高的取心率?

### 3.2 钻进工艺

在一个回次钻进过程中,通常包括下钻、钻进、

主要钻具有单动双管取心钻具、钻头、钻杆和套管。钻头为 $\varnothing 108$  mm 硬质合金钻头,其外出刃为 $\varnothing 112$  mm,采用 $\varnothing 42$  mm 钻杆,单根长2 m,外平接头连接。套管规格为 $\varnothing 127$  mm。

取心是本次钻探施工的重要内容,取心钻具采用单动双管钻具,外管带动钻头转动钻进,内管保持不动,防止对岩心产生扰动,保证岩心的完整性。一个回次钻进完成后,向钻具内投钢球压缩内管,使内管底部的爪簧收缩,抓住样品。为了保证所取样品更好的分样,在内管处放入PC复合管,内壁光滑,易于样心进入。取心钻具结构如图2所示<sup>[2]</sup>。

### 3 钻进工艺

#### 3.1 对钻探施工的要求

环境取样不同于工程勘察和地质钻探,其钻

投球、加压、提钻等工序,由于环境钻探的特殊要求,钻进工艺必须相应改变。有时在钻进完成后,需要下套管、扫孔等。正常钻进时的参数为:钻压8~10 MPa,转速60 r/s,流量为45~50 L/min,泵压1~2 MPa。在每一次下钻前,要具体检查单动接头的单动性能以及爪簧的爪齿位置。每一回次提钻时,及时向孔内回灌泥浆,这是因为泥浆可以为样心提供支持力,很好地防止样心脱落,同时还可以平衡提钻时产生的抽吸力,防止孔壁坍塌。具体钻孔孔身结构如图3所示。

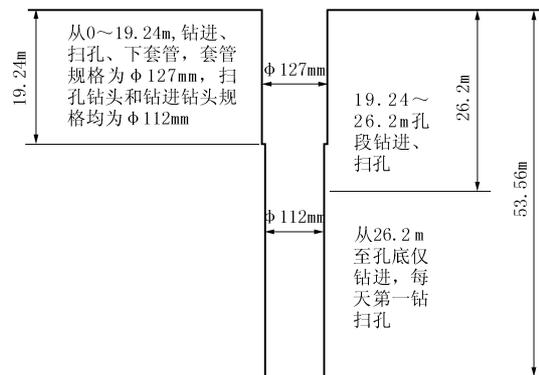


图3 钻孔孔身结构图

在取样过程中,主要地层包括粉质粘土、粉土、

淤泥、细砂、中砂。

0~3 m,属于杂填土,比较松散,胶结性差,难以取心。使用内管直接快速钻进压实,取心效果较好,取心率达到98%,此时开始下套管。

3~15 m,属于粉质粘土局部含有淤泥,使用单动双管钻具,在套管保护孔壁的情况下,取心率达到100%。

15~20 m,中砂,使用泥浆护壁,小泵量快速钻进,取心率有所下降。

20~35 m,属于粉质粘土含有钙结核,裸眼钻进,出现钙结核造成的爪簧断齿现象,影响钻进效率。

35~40 m,粗砂,局部含有粉质粘土。在泥浆护心护壁的情况下,提钻及时往孔内回灌泥浆,防止提

钻引起的孔壁坍塌。保证了较好的取心率。

40~53.56 m(终孔),粉质粘土,局部含有大颗粒状钙结合。

由于钻具自身长度的限制,每一回次取心极限长度为1.5 m。在钻进一下套管—扫孔—钻进过程中,每一回次离孔底具有10 cm的间距时结束扫孔,各回次进尺 $\geq 140$  cm,这样做一方面防止在扫孔过程中将未钻井底层冲刷,而导致丢失样心;另一方面,有不小于10 cm的空间留给下钻过程中刮蹭下来的孔壁泥样,使取得的样品保证100%的可信度。图4为所取样品图片,整体完整,右侧断裂处为拆卸钻头时造成的折断,右侧顶端留有爪簧抓痕。全长128 cm,该回次进尺128 cm,取心率100%。

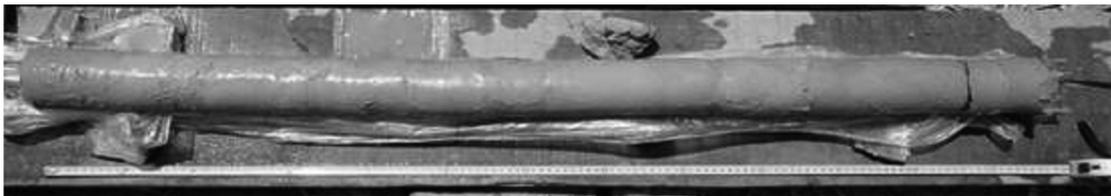


图4 压卡式钻具所取的样品图片

#### 4 取样过程中出现的问题及解决方案

通过本次取样,笔者发现一些需要在以后的环境取样中需要注意的问题,主要表现在以下几个方面。

(1)特殊地层对堵心的影响。黄河流域的沉积物和一些湖泊的沉积物不尽相似,湖泊沉积物主要包括很细的泥土和粉细砂,个别孔段可能出现粗砂。而在本次环境取样中还出现在一些较硬的土样中有较大的钙质结核(又称钙结核,指黄土中的碳酸钙形成的结核)。在取样过程中出现钙结核,可能导致钻头内部爪簧齿出现折断,出现停止进尺现象,造成堵心。此种情况很难通过泵压反应孔下情况,钻机操作者应及时停止钻进,而开始下一步投球加压,提钻。所取样品中含有钙结核如图5所示。

(2)岩心顺利进入问题。在试验孔中,首先采用的是铁质半合管,出现堵心现象,由于半合管内部摩擦力较大,样心难以进入,进尺停止。在卸开钻具后,由于样心的挤压,导致半合管变形,样心难以从内管中取出。换成高透明PC管后,减小了摩擦。高透明PC管不仅能保护样心,而且可以防止样心堵塞和岩心脱落。

(3)掉心问题及掉心后处理问题。正常情况

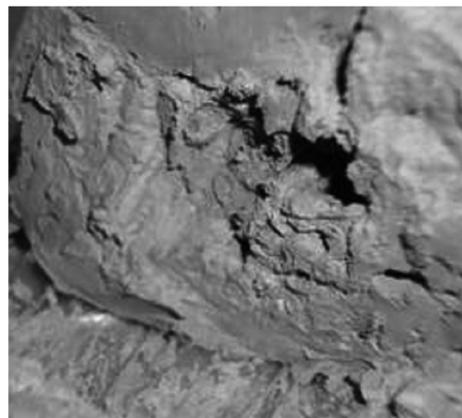


图5 泥层中的钙结核

下,爪簧收缩,可以很好的抓住样心(如图6所示),顺利地取出样心。但有时在钻进过程中单管转动出现故障,在钻进完成投球后,爪簧没有收缩,导致样心脱落。此时应及时下钻打捞,实践证明,只要泥层硬度适中,都能够接近完整的取出。尤其在超过30 m的深孔中更应该积极采取打捞的措施。

(4)扫孔需要注意的问题。扫孔时,特别是在接近孔底时,要控制好扫孔速度,防止因扫孔过度导致破坏未钻进地层。本次取样,每回次扫孔都离孔底有10 cm以上间距,这样可以防止因冲洗液冲蚀孔底而对未钻进地层产生破坏。同时,当扫孔至设

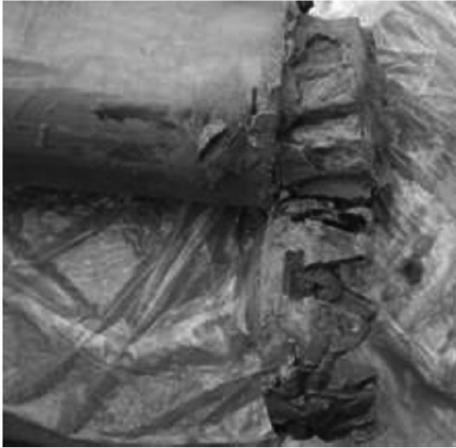


图6 爪簧抓取效果图

定扫孔线时,应该略微提钻,再扫孔。这样也可防止破坏未钻进地层。

(5)砂层的取样。砂层比泥(土)层更松散、遇水极易流失、胶结性更差,因此在钻进中护壁护心至关重要,研究满足环境钻探中取砂要求的高效钻井液是解决环境钻探取样难题的关键技术之一<sup>[4]</sup>。笔者根据现场砂层样品,选用符合环境保护要求的处理剂进行钻井液体系的配方试验研究,研制成一种能满足环境钻探取砂要求的钻井液。该钻井液由聚丙烯酰胺(PAM)、腐殖酸钾(CAS)、聚阴离子纤维素(PAC)等组成。

聚丙烯酰胺(PAM)为水溶性高分子聚合物,不溶于大多数有机溶剂,具有良好的絮凝性,可以降低液体之间的摩擦阻力。

腐殖酸钾(CAS)具有降粘、降失水和防塌的作用,并且抗温可以达到180℃。

聚阴离子纤维素(PAC)是一种白色、类白色或微黄色的粉末或颗粒,无毒、无味,易溶解于水,形成具有一定粘度的透明溶液,有良好的韧性、分散性和化学稳定性,吸水能力强,有非常优秀的增稠抗裂性能。

(6)其他原因引起的堵心问题。钻具在孔内正常进尺时,不要提动钻具,也不要随意改变钻进参数,否则易产生样心堵塞。出现样心堵塞后,若提动钻具几次无效,应及时提钻,避免磨掉样心。由于没有堵心报警机构,给操作人员及时判断堵心事故造成困难。在本次取样中,主要通过2方面判断是否

堵心:一是在发现没有达到预设定的进尺情况下停止进尺;另一方面钻压发生剧烈的变化。在压实的泥质(土)层中钻进时,由于泥心进入内钻头之后,横向膨胀,造成严重堵心。主要原因有:①压实的泥质(土)样品进入钻头后,遇水膨胀;②压实的泥质(土)样品进入钻头后,应力释放造成横向膨胀;③样品强度小,在PC管的阻力和样品自重的作用下横向膨胀;④由于从孔壁刮下来的土样使内管空间变小,或是提前充满内管,导致新钻进泥层岩样不能进入PC管。

## 5 结论与展望

(1)本次取样进尺53.56m,样品长度52.17m,取心率为97.4%。其中泥(土)层长度为41.25m,所取样品长度为41.01m,取心率为99.4%;砂层长度为12.31m,所取样品长度为11.16m,取心率为90.6%。基本满足环境钻探取样的严格要求。

(2)压卡式钻具结合SDR-100型全液压声频振动钻机在松散地层中进行环境科学钻探应用时,能将内岩心管快速压入地层,样心的采取率高、原始结构保持好、代表性强,所取样品完整性好。

(3)环保型钻井液能起到既护壁又护心的作用,可有效地保持孔壁的稳定,保护样心的完整,同时对环境无污染。

(4)有待进一步研究改善在钻进砂层时双管钻具单动性差的问题。

(5)进一步研究随钻系统及时监控孔内情况,保障样心顺利取出。

(6)有待进一步研究双层保护措施防止爪簧未及时收缩导致的掉心现象。

## 参考文献:

- [1] 李国民,刘宝林,毛志新.冰冻取样技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2005,32(2):44-46.
- [2] 宋涛,刘宝林,李国民.冬季呼伦湖环境科学钻探冰上湖泊钻探平台及取样技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(10):1-6,10.
- [3] 刘宝林,何跃文,司敬成.湖泊环境科学钻探施工技术[J].探矿工程,1999,(2):47-49.
- [4] 何远信,夏柏如,赵尔信.环境科学钻探取样技术研究[J].现代地质,2005,19(3):471-474.