

第四系地层连续取心钻探技术

方国庆, 李保华, 王中波, 杨守业

(同济大学 海洋与地球科学学院, 上海 200092)

摘 要:在长江三角洲以及杭州湾地区第四系地层连续取心钻探工作中,通过选用大功率钻机以及活动头双套取土器,采用无泵干钻工艺,取心率达到 90% 以上,且岩心内部原生沉积层理清晰,扰动小。

关键词:第四系地层; 钻探; 双套取土器; 连续取心

中图分类号:P634 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2004)07-0048-02

随着研究精度的不断提高和研究内容的不断丰富,覆盖区第四纪地质研究对钻孔的依赖程度越来越高。它要求所钻取的岩心尽可能达到无扰动、大直径以及连续全取心。就目前的基于工程地质勘探的取心技术来看,要达到这些要求是有一定困难的,它们普遍存在采收率低、扰动和成本高的问题。可以说,现有的常规钻探取心技术,难以满足第四纪地质研究向深度和广度发展的需要。为此,我们研究组与钻探部门合作,基于现有的设备条件,通过采取一系列有利措施,精心施工,特别是结合了我们对于区域地层发育了解的优势,在长江三角洲以及杭州湾地区第四系地层全取心钻探中取得了较好的效果。

1 基本技术要求

(1)岩心直径。钻取的岩心直径不应小于 80 mm。这是因为研究内容涉及元素地球化学、重矿物、古地磁、 C^{14} 定年、粒度、微体古生物等多个方面,足够粗的岩心才能满足多种分析测试的样品需求。除了采集用于分析测试的样品外,还要保留另外一半岩心,以备后查使用。显然,大直径取心是十分必要的。

(2)取心率。粘性土(粘土、粉砂质粘土等)不低于 90%;砂土(砾砂、粗砂、中砂、细砂、粉砂等)不低于 80%。

(3)连续性。单回次进尺深度 ≥ 80 cm,岩心长度 ≥ 65 cm,连续岩心缺失长度 ≤ 50 cm。

(4)扰动度。岩心外层扰动深度 ≤ 10 mm。

(5)组分。水分、气体等组分尽可能不散失。

(6)孔轴线。最大井斜 $\leq 3^\circ$ 。

(7)孔深 100 m。

以上技术要求与常规的工勘取心技术要求相比有一定的差别,主要表现在取心直径和连续性上。工勘规范要求隔段取样,其取心直径一般不大于 90 mm。显然,为达到我们的研究目的,对常规的以工勘为目的的取心技术进行改进是必要的。

2 主要设备

2.1 钻机

钻机型号为 GXY-1 型,设计钻孔深度为 150 m,立轴额定起拔力 25 kN、立轴额定加压力 20 kN;柴油机为动力,11 kW、2200 r/min。

之所以选择 150 m 钻机,是为了确保有足够的动力进行较长的单回次取心。

2.2 取土器

$\varnothing 108$ mm 活动头取土器:外径 108 mm,内径 100 mm,管长 2.6 m。

活动头取土器是目前常用的取土器类型,又称双套取土器。活动头是一种特别的异径接头,一端与钻杆连接,另一端与岩心管连接,中间能够上下活动。其基本原理是:钻进时,活动头向下压入下部六方套,通过六方套传递扭矩。同时,出水口进入岩心管内,由于该出水口位于活动头的侧面,因此能够有效避免有水钻进时钻井液直射岩心;提钻时,活动头向上拉出,出水口被提出岩心管外,在岩心管顶部形成真空,从而将岩心取至地面。

取心长度应合适,如太长,将会造成岩心在岩心管中的停留时间过长,不仅增加钻进的扭力,而且会增加地表转移岩心的难度;太短则会增加钻进回次,

收稿日期:2004-02-10

基金项目:国家自然科学基金“冰后期长江三角洲地区下切河谷充填和河口湾演化的研究”(编号:40276018)

作者简介:方国庆(1963-),男(汉族),江苏沐阳人,同济大学副研究员,沉积与构造地质学专业,博士,从事长江三角洲第四纪地质研究工作,上海市四平路 1259 号,(021)65982208,fangguoq@sohu.com。

增加岩心的缺失率。一般来说,采用 2~3 m 的岩心管,进尺 1.6~2.2 m 较为合适。在取粘性土时,要充分考虑岩心的膨胀问题^[1],进尺不宜超过岩心管长度的 75%。

Ø108 mm 取土器是工勘中最为常用的取土器类型之一,已积累了丰富的使用经验。一般来说,岩心直径越大钻进阻力越大,也越容易掉样^[2]。如果岩心直径太小,则不适于开展研究,扰动比率也大。

采用硬质合金钻头,能够有效扩大孔径。井孔不能太小,否则在取土器提升过程中,其底部容易产生负压,使样品脱落。

3 技术要点

3.1 充分的准备工作

收集已有的钻井及地质资料,了解钻探区基本的地层情况,分析可能遇到的技术问题及应急处理方案,做到心中有数,并且制定出详细的钻探计划。井位确定时,除考虑交通、用水及用电方便外,尚应注意避开以前的废弃公路、厂房以及池塘等,使开口即进入原状土。另外,还要考虑给可能的补孔预留出一定的位置,并且要远离高压输电线等危险场所。

3.2 钻进前

钻进前,应清洗取土器,特别是检查活动头的密封情况。

3.3 仔细编录

严格记录每次的进尺情况,包括回次,机上余尺,顶底深度,取心部位,取心长度,及时计算出取心率。现场一定要确定残留岩心的深度,这对补心进尺的确定十分重要。

记录每回次泵压、泵量、钻压、转速以及泥浆的使用情况。

岩心提出地表后,应及时观测取土器和岩心的温度,了解取土器在地下所受温度的情况,为相关研究作基础资料储备。如温度对磁组构、气体以及有机质成分可能产生的影响等。

仔细观察岩性、破碎性以及含水量的变化,并及时通知机长。

3.4 取心钻进

每回次取心之前应水冲清孔。具体做法是:下钻至孔底 0.5~1 m 时(或自重下至井底,向上提升 0.5 m 左右),开大泵量进行冲孔排渣,经钻扫到孔底后方可开始正常钻进取心。清孔既不能过,也不能少。过了将把原状地层冲掉,欠了则会有残留物,影响正常取心。通过仔细观察泥浆的涌出情况来了

解清孔的效果。

正常钻进时,避免频繁改变钻进参数和随意提动钻具,以防止岩心堵塞和岩心扰动。钻进时钻速要保持均匀,每回次一钻到位,中间不要停顿。本次取心都是用低挡慢速钻探,以增加钻进动力。回次终了前,机上预留 20~30 cm,加大钻压,直到干钻进尺很慢或不进尺,干钻卡心。

提、下钻实际就是活塞在泥浆中的抽吸运动^[3],因此,提钻期间应平稳、缓慢,尽可能减少振动。由于越向上岩心顶底的压力差就越小,因此,岩心越到上部就越容易滑落,更应小心。特别是出井口时,要迅速托住岩心管底部,防止掉心。

3.5 泥浆制备

泥浆制备十分重要,合适的泥浆不仅能够护壁,将破碎扰动碎屑冲出地面,而且能够增加孔内压力,对岩心管内的样品起到浮托作用^[2]。

本次钻进采用膨润土泥浆,具体配比为:水:膨润土:纯碱=100:10:0.5。

制备的具体方法是,将纯碱加入清水之中,搅拌使之溶解,倒入泥浆池中,然后将膨润土倒进泥浆池搅拌均匀。纯碱能够有效增加膨润土的膨胀性,大大降低膨润土的用量。

3.6 退心

取土器提至地表后,卸掉活动头,塞入隔水塑料,拧上进水接头,泵压退心至同尺寸 PVC 管中。退心要快,避免岩心在取心器中停留过长的时间,产生粘连现象,从而加剧退心困难。如有条件的话,也可以用电动液压机退心。退心时,要将钻头取下,以避免岩心变细变长。隔水塑料松紧一定要合适,太紧增加退心困难;太松则会造成对岩心的注水,人为增加岩心的含水量。退心与钻进一样,也要一次完成,否则不均匀退心会造成岩心的不均匀变形。

将装入岩心的 PVC 管裁齐,标记回次、顶底、进尺等,最后用塑料袋和防水胶布密封装箱。

3.7 运输

运输是最容易被忽视的环节,由于大多第四系地层含水量较高,切忌在运输过程中的多次装卸及强烈振动,否则会造成部分含水较高的砂岩产生液化现象,形成强烈的扰动,破坏原生的沉积组构。

4 钻探效果

钻探效果主要以取心率和扰动度来评价。本次所钻 3 个孔的岩心扰动深度均小于 10 mm,岩心内

(下转第 53 页)

4.2.2 累积腐蚀疲劳损伤的影响

井眼曲率意味着钻具承受弯曲交变载荷,钻具在严重井斜段弯曲交变应力下承受的交变循环应力损伤不可恢复,累计断裂循环次数至疲劳极限时即发生断裂(一般认为疲劳应力下钻杆断裂循环次数为 10^7)。井斜段下部钻具疲劳断裂寿命参数可由图 6 求得。

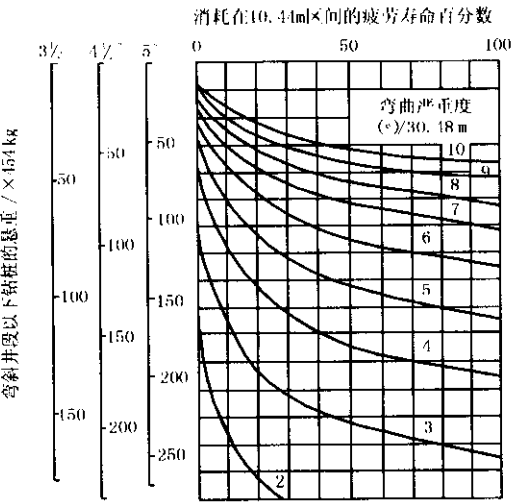


图 6 严重腐蚀介质中钻杆在平缓变化的弯斜井段的腐蚀疲劳损伤

$D_i = D_{oi} \times (\text{实际转速}/100) \times (10/\text{实际钻速})$
式中: D_i ——钻杆的寿命消耗百分数; D_{oi} ——10.44 m 钻杆的寿命消耗百分数。

该批钻杆服役中尽管已经发现了钻杆接头的偏磨等问题,没有引起足够的重视,偏磨钻杆继续入井

导致钻杆工况恶化,影响钻杆使用寿命。

5 结论和建议

(1)该批钻杆化学成分、金相组织、机械性能、内加厚过渡区结构等各项指标均符合 API 标准、SY/T5987 标准和用户订货技术条件。

(2)钻杆管体断裂、刺穿、裂纹均属于腐蚀疲劳。

(3)造成钻杆失效原因有:①失效钻杆没有内涂层,加速了内壁的腐蚀;②钻井液 pH 值 $<10\sim12$,有添加缓蚀剂,加速了钻杆服役中遭受严重腐蚀;③钻杆接头的偏磨、个别井斜段钻杆管体在弯曲应力下的疲劳循环损伤不可恢复性促进了管体的疲劳裂纹扩展、刺穿及断裂。

(4)建议进行内涂层及接头喷焊耐磨合金带处理后降级使用。

参考文献:

[1] 李鹤林,等.石油钻杆失效分析与预防[M].北京:石油工业出版社,1999.
[2] 编委会.钻井手册(甲方)[M].北京:石油工业出版社,1990.
[3] 陈理中,等.美国钻井手册[M].北京:石油工业出版社,1985.
[4] API RP7G 钻柱设计与操作限度的推荐作法(第 14 版)[Z], 1990.
[5] 卢绮敏,等.石油工业中的腐蚀与防护[M].北京:化学工业出版社,2001.
[6] 张毅,等.石油专用管柱失效分析案例集[Z].上海:宝钢股份有限公司,2001.

(上接第 49 页)

部层理清晰,未扰动岩心直径大于 80 mm。取心率见表 1。

表 1 实际取心效果表

孔号 (位置)	层位	岩性	总进尺 /m	总 回 次	岩心 总长 度/m	取心 率 /%
HQ1(江苏黄桥)	Q ₃₋₄	粘性土 35%,砂土 65%	0~70.6	41	67.2	91
HMI(江苏海门)	Q ₃₋₄	粘性土 30%,砂土 70%	0~80.4	49	78.2	93.5
NBI(浙江宁波)	Q ₁₋₄	粘性土 30%,砂土 70%	0~104.6	52	98	93.7

5 结语

就目前的取心效果看,基本满足研究的要求,而且工期短,成本低,值得推广。当然,该钻探技术在其它地区的适应性尚不得而知,有待于今后的尝试。是否适用于其它地层,也都需要进一步试验探索。

需要特别指出的是,在第四纪地质研究中取心决不是一个简单的钻探工作,应予以高度重视,否则会影响研究的精度。在实际钻探过程中,应加强科研人员、钻探设备开发者、钻井工程师以及操作工人等多方面的密切合作。针对实际情况,合力攻关,现场及时发现与解决问题,甚至提前预测可能出现的问题,及时调整钻探工艺,以达到理想的取心效果,为后续研究打下坚实的基础。

参考文献:

[1] 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.
[2] 朱荣汉,孙福堂.粘性土、砂土保真取心技术[J].勘察科学技术,1991,(5):60-63.
[3] Reiner, H. 泥状岩样取心钻进方法及钻具[J].探矿工程,1992,(4):57-59.