

环境科学钻探取样技术研究

何远信^{1,2}, 夏柏如¹, 赵尔信²

(1. 中国地质大学 工程技术学院, 北京 100083; 2. 北京探矿工程研究所, 北京 100083)

摘要: 为了给环境科学研究提供地下的真实原状样品, 研究了具有国际先进水平的射流式取样技术、液压快速压入取样技术以及环保型钻井液。在新疆罗布泊、吐鲁番和北京周口店等地进行钻探实验, 实验结果表明: 射流式取心技术在采心过程中能有效地减少钻具的振动, 防止岩心自磨, 提高卡取岩心的可靠性, 从而显著地提高岩心的采取率; 液压快速压入取样技术适用于松散地层, 能快速压入地层, 土心采取率高, 并且土心样品的原始结构完整、代表性强; 环保型钻井液具有优良的综合性能, 低滤失性、强抑制性和优良的润滑性, 能有效保护孔壁的稳定性和松散岩心的完整性, 起到既护壁又护心的作用, 同时对环境无污染。

关键词: 环境科学钻探; 射流; 取心; 液压快速压入取样器; 环保; 泥浆

中图分类号: P634 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000 - 8527(2005)03 - 0471 - 04

Research on the Sampling Technology of Environmental and Scientific Drilling

HE Yuan-xin^{1,2}, XIA Bai-ru¹, ZHAO Er-xin²

(1. School of Engineering and Technology, China University of Geosciences, Beijing 100083, China;

2. Beijing Institute of Exploration Engineering, Beijing 100083, China)

Abstract: Environmental scientific drilling aims at providing in-situ sample for environmental scientific research. For this purpose, the shooting-type sampling technique with international advanced level, advanced hydraulic piston coring technique using the hydraulic pressure, and the environmental-protection drilling fluid were developed. Further fieldtests which were executed in Lop Nur and Tupan, Xinjiang, and Zhoukoudian, Beijing, indicated that shooting-type sampling technique could effectively reduce the vibration of drilling tool in the process of core drilling, thus could avoid autogenetic grinding of core and improve the reliability of core collection and obviously increase core recovery. It is also revealed that advanced hydraulic piston coring technique is suitable to soil formation with the characteristics of quick indentation, high recovery of soil core, in-situ structure of the core sample preserved and high representativeness, and that environmental-protection drilling fluid has excellent functions of low filtrate loss, strong rejection capability and good lubrication, thus effectively protect the stability of the hole wall and the intactness of the bore core without any environmental pollution.

Key words: environmental and scientific drilling; shooting; coring; hydraulic piston corer; environmental protection; drilling fluid

0 引言

环境科学钻探是一项研究人类生存环境的新型钻探项目。环境科学钻探的研究内容是: 研究大陆古气候及古环境的变化规律^[1]; 研究沉积物

时代、沉积环境^[2]; 研究环境污染程度^[3], 为国家经济区域规划提供决策依据。环境钻探工程的核心是取出原始状态的岩心供科学研究, 因此, 环境钻探工程的关键技术是取样技术。国内环境钻探取样技术要解决的主要难题为: 岩心采取率

收稿日期: 2005-03-21; 改回日期: 2005-06-18; 责任编辑: 潘令枝。

基金项目: 科技部科技基础和社会公益研究专项 (2003D B3J111)。

作者简介: 何远信, 男, 教授级高级工程师, 博士研究生, 1964年出生, 地质工程专业, 主要从事地质、环境、石油钻探的研究和管理工作。

不足——岩心的丢失可能会造成数百年甚至数万年古环境和古气候变迁信息的丢失；岩心被均化——钻探过程中某些层位被均化；岩心结构被扰动——钻探过程中地层原来的沉积序列被破坏，局部层位被上下颠倒，影响到对古气候环境规律的认识；在盐层、石膏层中采心困难——在盐层或石膏层中钻进遇水时岩心会溶化。为解决上述难题，笔者对环境科学钻探取样技术进行了深入研究，研发了射流式取样器^[4]、液压快速压入取样器和可护壁护心的环保型钻井液，分别在新疆罗布泊环境钻探中和北京周口店试验基地进行了示范性应用，并取得了良好的效果。

1 射流式取样技术

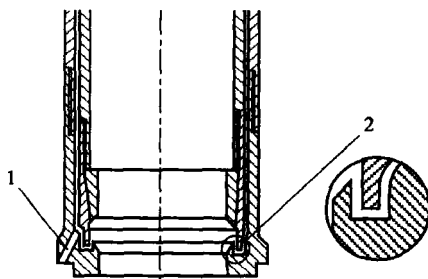
笔者对竖心、护心、采心 3 个环节进行了研究，采取以下措施提高岩（土）心采取率。

1.1 抗涡动钻头

抗涡动钻头采用 PDC 复合片^[5]、不对称的布齿方案、光滑保径规表面，钻头在钻进过程中由于 PDC 复合片不对称分布而产生了一个指向孔壁的分力，迫使钻头光滑表面紧贴孔壁，产生一种平稳的转动，有效地防止钻头的涡动，即减轻了钻头的横向抖动，有利于岩（土）心柱的形成，即有利于竖心。

1.2 特殊隔水装置

特殊隔水装置由 PDC 复合片钻头和内管卡簧座组成^[4]（图 1）。PDC 复合片钻头具有底喷水眼，卡簧座和内管表面之间设置了隔水面。当冲洗液从内、外管之间流到钻头部位时，由于隔水面的存在，大部分（90%）冲洗液从底喷水眼流走，少部分（10%）冲洗液从隔水面通过，从而防止冲洗液冲蚀岩（土）心根部，这为形成岩（土）心柱（即竖心）提供了首要保证。



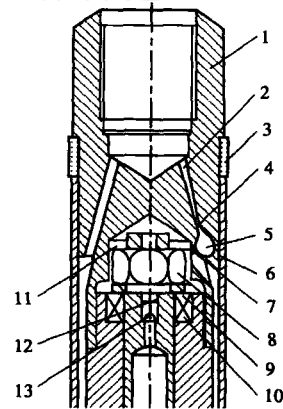
1. 底喷水眼；2. 隔水面

图 1 特殊隔水装置

Fig. 1 Special exclusion of water in bottom-discharge bit

1.3 射流式装置

岩（土）心柱一旦形成，很快进入双层岩心管的内管。一般由于岩心的自重力向下，岩心之间互相磨损，严重影响岩心的采取率。笔者研制的射流式装置可有效地克服以上弊端。射流式取心器的基本结构如图 2 所示。当冲洗液流经水道（图 2 中 2），从喷嘴中射入承喷室（图 2 中 5）中，内管中的冲洗液从回水眼（图 2 中 7）被吸出，其作用是给内管形成负压并给岩心一个上浮力，使岩心悬浮在液体中，岩心之间不发生相互摩擦，有效地提高岩心采取率。射流元件在接头中，射流直接射向内、外管之间，不搅混内管中岩心位置，可保持其原来的岩层结构和岩层顺序，即保护了岩心。



1. 接头；2. 水道；3. 保径块；4. 喷嘴；5. 承喷室；6. 外管；7. 回水眼；8. 锁母；9. 弹簧垫片；10. 轴承；11. 垫片；12. 回水阀；13. 钢球

图 2 射流式取心钻具机械结构简图

Fig. 2 Shooting-style core barrel

1.4 带有簧片及耐磨材料的卡簧

采用带有簧片及耐磨材料的卡簧^[6]，提取岩心时球阀密封回水通道，减少岩心上部液柱的压力；同时，在扭断岩心时由于卡簧内有耐磨材料，能牢靠地卡住岩心，使之不会脱落，达到可靠采心的目的。

2 液压快速压入取样技术

液压快速压入取样技术的基本工作原理是：利用泥浆泵的液压，在钻具内形成一定的压力，当压力达到某一数值时剪断销钉，内管被压入土层进行取样。该取样技术在土层中取心时，可有效地克服回转取心方法所引起的土层层面扭曲错位、局部层位被上下颠倒的严重缺点。液压快速压入式钻具的结构如图 3 所示，其工作过程如

下：冲击器内管在不回转的条件下，利用液压作用，以高速度将内岩心管压入土层，同时内岩心管的活塞排出岩心管内的水到顶部，以防止土心被冲洗液污染，在提取土心过程中活塞可以把作用在土心上的液体背压减到最小。冲击式取样器一次取土心长度可达 3 m，取样直径可达 62 mm。通过采心试验发现采取的土心样品不扰动、完整度好、采取率高，从根本上满足了环境科学钻探提取土样的需要。

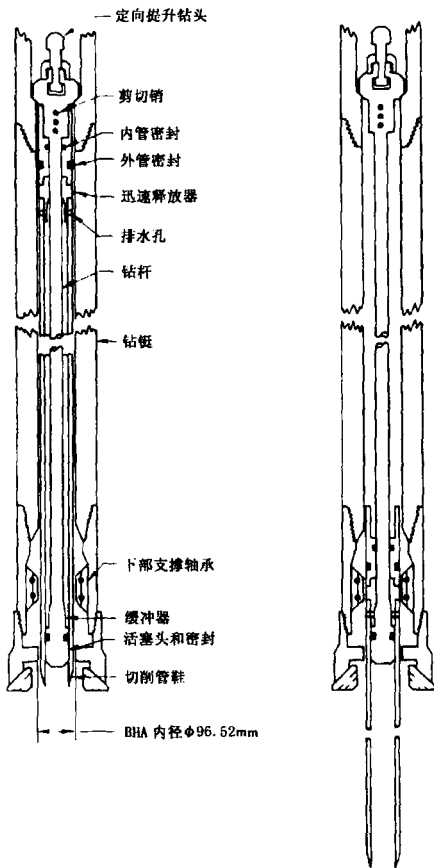


图 3 液压快速压入取样器

Fig. 3 Advanced hydraulic piston corer

3 环保型钻井液护壁护心技术

环境钻探地层的特点是松散、遇水流失、胶结性差，因此在钻进中护壁护心至关重要，研究满足环境钻探取心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。笔者通过生物毒性试验，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要求的环境钻井液^[7]。与普通钻井液相比，该钻井液具有更优良的钻井液综合性能——低滤失性、强抑制性和优良的润滑性，能有效地保护孔壁的稳定性 and 保护松散岩心的完整性；能在岩心柱状表面形成一层薄而韧的泥皮，防止岩心坍塌，对岩心起支护作用，可有效地提高岩心采取率。另外，该钻井液还具有良好的润滑作用，可以降低钻杆、孔壁、岩心三者之间的摩擦阻力，除了降低钻进扭矩外，还可以有效地防止岩心与内管之间摩擦所引起的耗损，退出岩心也十分方便和快捷。

环保型钻井液由新型广谱护壁剂（GSP-1）、高温聚合物稀释剂（HPT-1）、防塌型随钻暂堵剂（PSC-1）及高效极压润滑剂（GLUB）组成。各部分的成分和功能如下：

GSP-1 由高分子聚合物、中小分子聚合物和抑制性副料按一定比例复合而成，起降失水、包被抑制稳壁的作用；

HPT-1 为阴阳离子型高温聚合物稀释剂，起调整流变性作用；

PSC-1 为防塌型随钻暂堵剂，由降解的植物纤维改性而成，能迅速有效地封闭裂隙性漏失，同时加固孔壁；

GLUB 是高效极压润滑剂，主要由植物油改性而成。

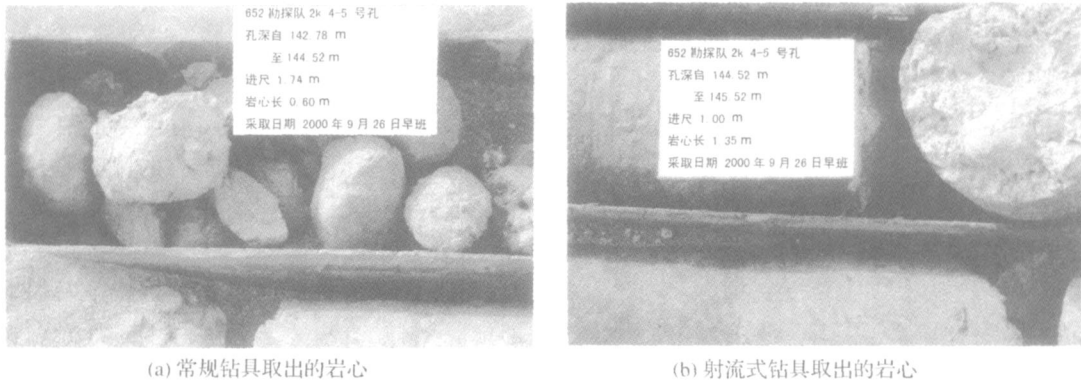
4 示范性应用效果

2003 年笔者利用射流式取心器在新疆罗布泊和吐鲁番盆地等地的砂砾层中进行钻探，松软地层岩心的采取率为 95% 以上，并且岩心成柱状，完整度好，剪性强（图 4），满足环境科学和资源钻探对岩样的严格要求。而采用常规取心方法的岩心采取率只有 30% 左右。

笔者利用液压快速压入取样器在北京周口店试验基地的松软土层中进行取样试验，岩样采取率达 97% 以上，而且土心的层状明显，保持了地下原始土层的结构（图 5），较好地克服了常规回转法取样的岩样采取率低、样品被严重扰动的缺点。

Peterson M N. Design and operation of an advanced hydraulic piston corer, technical report. Washington: National Science Foundation, National Ocean Sediment Coring Program, 1984.

何远信. 环保型钻井液体系研究报告. 2002. 1 - 41.



(a) 常规钻具取出的岩心

(b) 射流式钻具取出的岩心

图 4 常规钻具与射流式钻具取出岩心对比图

Fig. 4 Images of core sample recovered by shooting-type and general corer

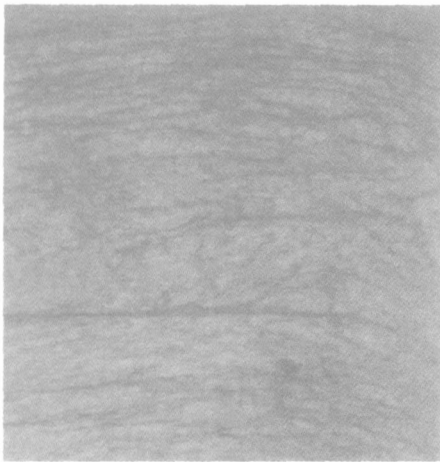


图 5 液压快速压入取样器取出的土样

Fig. 5 Image of soil core drilled by advanced hydraulic piston corer

5 结 论

通过野外现场和台架试验可以看出射流式取心技术、液压快速压入取样技术和环保型钻井液能满足当前环境科学研究对样品的要求, 初步提出下列几点看法:

(1) 射流式取样技术在松软地层中进行环境科学钻探应用时, 能保证岩心采取率, 采心过程中可减少钻具的振动, 防止岩心自磨和提高卡取岩心的可靠性;

(2) 液压快速压入取样技术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, 土心的采取率高、原始结构保持好、代表性强;

(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, 保护岩心的完整, 同时对环境无污染。

参考文献:

- [1] 张世洪, 李海燕. 地磁学、古地磁学和环境科学的研究新进展——第 32 届国际地质大会学科总结和评述 [J]. 现代地质, 2004, 18 (4): 415 - 422.
- [2] 苏新, 陈芳, 于兴河, 等. 南海陆坡中新世以来沉积物特性与气体水合物分布初探 [J]. 现代地质, 2005, 19 (1): 1 - 13.
- [3] 马连成. 工程环保勘察与钻探施工 [J]. 探矿工程 (岩土钻掘工程), 2003, 30 (增刊): 221 - 222.
- [4] 赵尔信, 黄卫东, 黄玉文, 等. 新疆砂岩铀矿的取心与钻进工艺 [J]. 探矿工程 (岩土钻掘工程), 2001, 28 (增刊): 190 - 192.
- [5] 贾美玲. 金刚石钻头制造新技术探讨 [J]. 探矿工程 (岩土钻掘工程), 2001, 28 (增刊): 256 - 257.
- [6] 刘广志. 金刚石钻探手册 [M]. 北京: 地质出版社, 1991. 347 - 389.
- [7] Liu Guangzhi. Scientific and Technological History of Drilling in China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2002. 410 - 411.