

水力反循环连续取心(样)钻探 在浅海砂矿勘查中的应用

张永勤¹, 孙建华¹, 刘秀美¹, 王汉宝¹, 郑志昌², 梁开²

(1. 中国地质科学院勘探技术研究所, 河北 廊坊 065000; 2. 广州海洋地质调查局, 广东 广州 510075)

摘要:概述了水力反循环(HRC—Hydraulic Reverse Circulation)连续取心钻探技术首次在我国海南砂矿勘查取心(样)钻探施工过程及取得的效果;总结了海上砂矿取心(样)钻探施工的经验。该技术的成功应用,为国内外开展海洋区域地质、海洋环境地质、海洋工程地质调查等钻探取心(样)施工提供了一种全新、高效实用的技术方法。

关键词:水力反循环;钻探;取样;砂矿勘查;海洋工程与环境地质

中图分类号:P634.5 文献标识码:B 文章编号:1672-7428(2008)06-0015-04

Application of Hydraulic Reverse Circulation Continuous Coring (Sampling) Drilling in Placer Mineral Prospecting in Shallow Sea/ZHANG Yong-qin¹, SUN Jian-hua¹, LIU Xiu-mei¹, WANG Han-bao¹, ZHENG Zhi-chang², LIANG Kai² (1. The Institute of Exploration Techniques, CAGS, Langfang Hebei 065000, China; 2. Guangzhou Marine Geological Survey, Guangzhou Guangdong 510075, China)

Abstract: The paper outlines and summarizes the initial application process and effect of the HRC drilling and the experience for placer mineral prospecting in Hainan of China. The successful application of HRC supplies a new and high efficient technology for coring (sampling) drilling in marine geological survey in China and foreign countries.

Key words: hydraulic reverse circulation (HRC); drilling; sampling; placer prospecting; marine engineering and environment geology

0 前言

随着我国陆地矿产资源的不断开发,陆地矿产资源将日益贫乏、枯竭,地质学家们已将目光投向了我国水域、浅海砂矿,以求在我国 18000 余千米的陆地海岸线的滨、浅海砂层中寻求具有工业价值的各种矿产资源。然而,在水域及浅海区域如何利用钻探手段对这一特殊施工环境及复杂地层进行钻探勘查取(心)样,是摆在钻探工程师面前的一个新课题。按以往水域及浅海工程地质钻探的常规方法,在水域砂层钻探中存在着效率不高、岩心采取率严重不足、孔内事故增多等诸多问题,很难达到固体矿藏勘探的技术要求。

2007 年 6 月 19 日,广州海洋地质调查局受海南省地质调查院的委托对海南省感城及昌化两个浅海水域的锆、钛砂矿区块进行预查。针对海上施工的特殊环境、海底地层松软不稳定、砂层取样困难等一系列难题,广州海洋地质调查局向中国地质科学院勘探技术研究所咨询,双方为开发海洋砂矿勘查及地质调查取样钻探技术达成了合作协议。勘探技

术研究所根据多年从事陆地各种复杂地层钻探取心(样)技术研究及施工经验,提出了采用双壁钻杆 HRC 连续取心钻探技术的总体方案。根据施工环境、地层情况及业主对取心的具体要求,广州海洋地质调查局同勘探技术研究所制定了总体施工及设备和器具配套方案。2007 年 8 月 22 日,HRC 连续取心钻探技术首次在我国海南岛浅海砂矿勘查中应用。本文对该种钻探方法的实际勘查效果进行概述、分析和总结,以供国内外从事海洋区域地质、海洋环境地质及海洋工程地质研究及钻探取心(样)施工的技术人员参考。

1 工程概况

本次海域砂矿勘察取心施工共完成钻孔 93 个。其中:感城工区 55 个,水深 5 ~ 19.4 m,平均水深 10.4 m,总进尺 515.9 m,平均海底进尺 9.38 m;昌化工区完成钻取心(样)钻孔 38 个,水深 26.1 ~ 35.0 m,平均水深 31.9 m,总进尺 515.4 m,平均海底进尺 13.56 m。总计完成钻探取心(样)进尺

收稿日期:2007-12-26

作者简介:张永勤(1960-),男(汉族),江苏沛县人,中国地质科学院勘探技术研究所新技术一室主任、教授级高级工程师,探矿工程专业,从事各种钻探取心(样)钻掘施工设备、器具及其施工工艺的研究开发工作,zyqiet@cniel.com;孙建华(1962-),男(汉族),山东禹城人,中国地质科学院勘探技术研究所教授级高级工程师,探矿工程专业,从事勘探设备与器具研究工作,sunjianhua@cniel.com。

1031.2 m,有效工作期 15 天。

2 海域工区地层情况

2.1 感城海域工区

该工区的地层主要包括砾砂层、粗砂层、细砂层、粗砂-砾砂层、粗砂-细砂层、中砂-细砂层、卵砾石层、粘土层等,各种地层厚度不等,最大厚度 13.6 m,最小厚度只有 0.6 m。在一些砂砾层,含有石英、长石,细砂颗粒均匀,磨圆度好;粗砾砂粒度不均,局部含粘土团块,分选差,混有少量贝壳碎屑,部分地层底部夹 1~3 cm 的岩块。地层颜色有黄色、灰色及深灰色等。

2.2 昌化海域工区

该工区的主要地层为淤泥层、砾砂层、粗砂层、细砂层、粉砂层、粘土层、砂土混层、粉质粘土层及卵砾石层等,粗砾砂粒度不均,分选差,砾砂层含大量 2~4 cm 的砾石、岩块。地层复杂、分层较多,厚度 0.4~13 m 不等,颜色呈黄色、灰黄色、灰色。砂、砾地层胶结性较差。

3 钻探取样施工

3.1 钻探设备器具的选择及技术参数

3.1.1 钻探施工船

本次海上钻探施工选用“腾龙三号”100 吨级的民用运输船,该民用运输船曾被租用过进行海洋地质钻探施工,主要指标如下:船长 32 m,船宽 6.25 m,满载排水量 100 t,吃水 1.80 m,最大航速 10 节,锚系由前后各 2 个组成。该船可在船上铺设平台,在船舷安装钻机实施钻探取样施工(见图 1)。



图 1 钻探施工船外貌

3.1.2 钻机

采用重庆探矿机械总厂生产的 XY-2B 型大通孔立轴岩心钻机,立轴通孔直径达到 76 mm,配备 $\varnothing 73$ mm 内径圆卡瓦卡盘,无须配备主动钻杆,可以满足外径 73 mm 双壁钻杆通过要求。配 20 kW 柴

油动力机。钻进深度 300 m(含水深)。

3.1.3 水泵

配备衡阳探矿机械总厂生产的 BW-250 型水泵 1 台,最大排量 250 L/min,最大泵压 5 MPa,柴油机驱动方式,动力 12 hp(约 9 kW)。

3.1.4 钻塔

自制简易门字形钻塔,钻塔高度 6.8 m,底座尺寸 2.8 m \times 1.8 m,承载能力 200 kN。

3.1.5 双壁钻杆及钻具

双壁钻杆直径 73/48 mm;钻杆长度 3.2 m;钻杆直径 83 mm;取心直径 46 mm;最大抗拉强度 > 640 kN。

3.1.6 样品接收装置

砂样接收装置为不锈钢筛网接收,可以按顺序接收柱状岩心及 100~250 目的粉砂样品。

3.1.7 平台设计及设备安装

为了利用民用运输船实现海上钻探施工,根据海况、钻探施工要求及钻探工艺特点,钻探施工技术人员在钻船上进行了钻探施工平台的改装及搭建,在钻船的一侧与钻船的轴向垂直方向搭建钻进施工平台,并伸出钻船的边缘,立轴钻机安置在平台上,钻机纵向与钻船的纵向垂直,钻机回转器伸出钻船的边缘。为了防止钻船在钻进过程中偏斜,在船舱内放置配重物。平台搭建及钻机安装后,孔口的活动区域可以达到 250~1800 mm,钻机整体可纵向移动距离 450 mm。钻探设备的整体起拔力达 200 kN。

3.2 钻进工艺参数及施工过程

3.2.1 水深测量

水深测量沿设定的钻探勘查线进行,勘查线间距为 2 km,总测线工作量为 62.52 km。

3.2.2 钻船布置与固定

在钻探船就位安装前,必须采用测深仪及导航定位系统进行水深和孔位确定。本次施工采用美国的 Innerspace IT456 型双频数字测深仪,精度为 0.1% 水深值,频率 33 kHz/200 kHz,测深数据实时传送给导航定位计算机记录。导航定位采用的是美国 HYPACK 导航系统。根据测深及定位系统提供数据使钻船定位和固定,采用抛锚固定方式。

3.2.3 钻进施工过程及工艺参数

钻船就位并固定后,开钻前首先在孔口进行水深测量,准确掌握水深。开始钻进时,首先将钻头、钻具、钻杆在送水时下降到海底,由于海底表面一定厚度内为非常松软的沉积层,所以在开始送水之前,要求压入海底一定深度后开始回转和送水钻进。

钻进回转速度一般为 40 ~ 120 r/min, 钻进轴向压力 5 ~ 8 kN, 给进速度根据钻进速度及时调节, 一般不低于 50 m/h。内管上返速度 1.5 ~ 2.5 m/s (在允许的情况下尽可能提高上返速度)。岩心直径 46 mm, 钻孔直径 83 mm。回次进尺长度 3 m (钻杆长度), 样品采取率 85% ~ 100%。

钻进过程中采用无主动钻杆 (即每一根钻杆都是主动钻杆)、加接钻杆时采用不提出孔内钻杆、不移车让开孔口和机上加杆方式, 采用这种方式除了具有减少加接钻杆辅助时间的优点外, 最大的优点是避免了采用传统加接钻杆时必须提出主动钻杆和移车让开孔口而造成孔底坍塌、新钻杆无法加接的缺点。

为了便于掌握地层情况及岩心编录和采样, 征得地质方面的同意, 决定采样长度初步定为 1 m, 即每钻进 1 m 作为一个样段, 但如果地层发生变化, 也可根据地层厚度随时决定样段长度。由于 HRC 连续取心 (样) 钻进工艺方法在钻进的同时即可获得所钻地层样品, 为了及时准确地了解地层和进行地质编录, 要求地质编录人员在钻进过程中必须亲临现场。由于地质要求 150 目以内样品必须采集, 所以采用 150 目样品接收装置, 每米样品用砂样袋将样品收集起来, 标明孔号、回次号、回次起止深度等。在钻进到预定深度后, 还要进行终孔测量。

钻进过程中, 水泵直接吸入海水作为循环介质, 水泵将海水经双通道水龙头、双壁钻杆内外环隙输送到孔底, 然后携带岩 (心) 样到达钻船上的样品接收装置。由于循环介质不添加任何添加剂, 所以携带岩心的海水到达接收装置后直接排入海里, 不会对海洋造成任何污染, 海洋管理部门对该钻进技术比较满意。钻进过程中, 若地层、矿层发生变化时, 跟班地质技术人员根据实际情况决定终孔或者继续钻进, 以便达到揭穿矿层的目的。钻进过程中跟班地质技术人员随时进行地质编录, 确保钻进取心及编录质量。

由于海上钻探施工受海况的影响非常大, 而本次钻探施工采用的小型民用运输船及简易改装钻探设备, 没有升降补偿装置, 对海况的适应性较差, 因此钻进过程中海水的升降对控制进尺、给进速度、取样长度的准确等带来一定的影响, 特别是海水的突然升降, 由于没有自动补偿装置, 造成钻杆及钻具随之提离孔底或钻杆弯曲。在开始钻进取样施工时, 由于没有施工经验, 海底表层的沉积层、流砂层、较软的淤泥层采取率较低, 一般采取率在 30% ~ 50%

之间。通过几个钻孔的施工, 积累一定的施工操作经验, 当海水突然升降时, 操作人员可以及时松开钻机的卡盘停止钻进, 让钻杆、钻具靠自重放在孔内, 保证钻头不突然提离孔底、不使钻杆受钻船的重力而使得钻杆弯曲。当然, 当海浪较大使得钻船升降及倾斜较大时, 为了安全起见, 必须停止施工。另外, 对于海底表层的沉积层、流砂层、较软的淤泥层, 采取先将钻具下放到海底靠钻杆及钻具重力压入地层一定深度并用钻机卡盘施加一定轴向力后再开泵送水钻进的技术措施, 提高了上述地层样品采取率。通过不断总结施工经验和改进操作措施, 使得样品采取率达到 80% ~ 130%, 终孔深度和取心率均达到设计要求。取出的各种类型地质样品见图 2。



(a) HRC 取出的柱状地质样品

(b) HRC 取出的沉积物、粉砂及砾石样品

图 2 取出的地质样品实物图

4 取得主要成果

本次钻探取样施工在 2 个工区、有效工作时间 15 天内共完成 8 条勘探线, 长 76.2 km, 勘查区域面积 187.22 km² 海域, 取样钻孔 93 个, 进尺 1031.2 m。

从施工环境、海底砾石及粉细砂地层情况看, 如果采用传统回转或冲击提钻取心 (样) 方法是很难完成任务的, 因为提出孔内钻具时, 海底钻孔会立刻坍塌, 而且砾石及粉砂层在提升钻具过程中容易脱落。另外, 采用 HRC 连续取心 (样) 钻进效率是传统钻进方法无法达到的, 本次钻进最高时效可超过 120 m, 这也是本次钻探施工在 15 天就完成了上述如此大工作量的根本原因。不仅工期比计划缩短了 50%, 同时节省了大量的钻探费用。

本次利用 HRC 连续取心 (样) 钻探技术进行浅海砂矿勘查取样施工, 在完成了非常困难的取样任务的同时, 还总结了浅海区域利用该技术钻探取心

(样)的经验,为未来我国开展海岸带区域地质、工程地质、环境地质调查及深水海洋油气调查应用这种高效钻探技术与开发相关设备及器具提供了实用的技术方法及经验。

5 结论及体会

本次采用将 HRC 连续取心(样)钻探技术用于近海砂矿勘探取样在国内外属于首创,钻探取心(样)的实践证明,这种工艺方法本身用于海洋区域地质、环境地质调查、砂矿勘探、地质填图等是完全可以满足地质样品要求的,特别是海上钻探施工以时取费、钻探施工费用是陆地施工费用的 5~10 倍的情况下,采用 HRC 连续取心钻探技术具有非常现实的经济意义及社会效益。

当然,任何钻探技术都有其应用范围及局限性,由于该钻探取样过程是利用冲洗液经过双壁钻杆的中心通道将岩心(样)携带至钻船样品接收装置里的,所以对保持样品的原始状态有欠缺。另外钻进过程中个别情况下出现样品采取率较低或超过 100% 的现象不是这种工艺方法本身的问题,主要是所配备的钻船没有深度补偿装置使得定位不稳造成的,因此,当出现海浪时,钻船的上下浮动及摆动,使得钻头突然提离孔底或突然压入地层,不能保证钻头准确有效地接触实际钻进地层,使得样品采取率偏低或超样。从陆地钻探取心(样)应用的实际情况看,只要保证钻具有效接触地层,不会发生混样、超样及采取率较低的现象。而本次钻进过程中,操作人员根据海浪情况及时松开钻机卡盘和熟练地操作已经基本上解决上述问题。

通过总结 HRC 连续取心(样)钻探技术在本次浅海砂矿勘查取样的应用,笔者认为 HRC 连续取心(样)钻探具有以下优点:

(1) 最明显的优点就是水源有保证,无须陆地供水设施,取水方便,施工环节少,不存在回次起下钻具取心的程序,钻进速度快、辅助时间少、效率高,可而大幅度降低成本;

(2) 不仅样品采取率高,而且在钻进过程中可随时了解所钻地层情况;

(3) 因不使用泥浆,所采取岩心无污染,保证了样品的纯洁性;

(4) 能在海况较差的情况下施工,解决常规回转或冲击提钻取心有时无法施工的难题;

(5) 不仅能在可塑状质地较纯的粘土层获得质量较好的柱状岩心样品,而且能在松散粉砂层、直径小于内管内径的砾石层获得较满意的地质样品。

我国有 18000 km 的海岸线,随着我国把海洋资源开发作为国家发展战略的重要内容和把发展海洋经济作为振兴经济的重大措施的实施,将有大量的海域地质调查及海洋资源勘探开发钻探取样工作需要完成,因此,要加快完善和研发海洋地质调查 HRC 连续取心(样)钻探设备、器具及工艺方法,同时应开发与 HRC 技术配套应用的双壁钻杆内水力压入式原状样品取样钻具,满足各种海洋地质钻探取样施工需要。

这项取样钻探技术开发及应用必将对完成我国海洋经济发展纲要中的各项任务发挥巨大作用,同时将节省大量的施工费用和获得巨大的经济及社会效益。

“屠厚泽教授 80 华诞庆祝会”在武汉召开

本刊讯 2008 年 5 月 31 日,由屠厚泽教授的学生自发组织的“屠厚泽教授 80 华诞庆祝会”在中国地质大学(武汉)八角楼召开。中国地质大学(武汉)校长张锦高、党委副书记丁振国,第九、十届全国人大代表、《地球科学》杂志主编王亨君教授,屠厚泽教授夫人励美恒老师,中国地质大学工程学院的部分师生以及屠厚泽教授的众多海内外弟子、好友、同事参加了庆祝会。

庆祝会由俄罗斯自然科学院外籍院士鄯泰安教授主持。

中国工程院资深院士刘广志先生,中国地质学会探矿工程专业委员会,中国大陆科学钻探工程中心主任王达教授,河南省国土资源执法监察总队队长石昆山等单位和个人纷纷发来贺信、贺电表示祝贺。

张锦高校长在庆祝会上致词,他说,屠厚泽教授自学校 1952 年建校以来就奋战在教学、科研岗位上,是我国探矿工程专业的创始人和学科的奠基人之一,他治学严谨,诲人不倦,堪称教书育人的楷模。张锦高校长代表学校对屠厚泽教授 80 华诞暨从事探矿工程事业 50 余载表示热烈的祝贺,并充分肯定了屠厚泽教授为学校探矿工程事

业和人才培养所作的突出贡献。

庆祝会上,屠教授的同事、学生们踊跃发言,深情回忆与屠先生相处的点点滴滴。大家一致认为,屠老师学识渊博,理论精深,提携后辈,桃李天下;严于律己,诚恳待人,在探矿工程界德高望重,是大家学习的楷模。他严谨的治学态度、认真的工作作风、助人为乐的宽厚胸怀让学生满怀尊重与感激之情。大家衷心祝愿屠厚泽教授、励美恒老师安康长寿、生活幸福。

屠厚泽教授在答谢发言时说,他很感动,许多连自己都淡忘的小事,大家却记得那么清晰。自己一辈子从事探矿工程工作,今后将一如继往地关注学校、学院和探矿工程学科的发展。

屠厚泽教授,浙江人,博士生导师,1952 年毕业于清华大学机械工程专业,长期从事探矿工程教学与科研工作,一生桃李满天下。曾任原武汉地质学院探矿工程系主任,全国探矿工程专业委员会第三、第四、第五委员,为我国首批全国劳模。他 1990 年主编的《岩石破碎学》一书至今仍被国内多所高校引用为专业教材。

(窦斌 徐燕 供稿)