水文·工程·环境

doi:10.12134/j.dzykt.2020.06.015

# 海洋沉积地层多功能取样钻具研制

李小洋,李 宽,梁 健,施山山,张永勤,刘秀美
(中国地质科学院勘探技术研究所,河北廊坊 065000)

[摘 要]目前,海洋钻探主要采用提钻或绳索打捞的方式获取岩心。随着对取心质量和采取率要求越来越高,再加上海底沉积层变化多样,单一的取样器具已经不能满足当前的取样需要。为此,本文研制了一种海洋沉积地层多功能取样钻具,能够根据海底地层性质,开展低扰动、高品质的取样操作。通过海洋钻进取样试验表明,针对海底的淤泥、粘土及砂质地层,超前取样钻具、液压剪切取样钻具和半合管取样钻具能够有效获取海底的沉积层岩样,平均采取率为73.34%。研制的多功能取样钻具采用超前取样和液压压入取样技术,降低了对沉积物岩心的扰动,提升了岩心品质和采取率,为下一步的工程化应用奠定了基础。

[关键词] 低扰动 液压剪切取样 超前取样 岩心采取率
[中图分类号]P715.1 [文献标识码]A [文章编号]0495-5331(2020)06-06

**Li Xiaoyang,Li Kuan,Liang Jian,Shi Shanshan,Zhang Yongqin,Liu Xiumei. Development of the multiple-function drill tool for core sampling in marine sedimentary strata[J]. Geology and Exploration,2020,56(6):1266-1271.**

## 0 引言

我国海洋管辖面积接近300万$km^2$(段新胜等,2003),其中蕴藏了丰富的油气及矿产资源(王淑红等,2005;刘德顺等,2013),同时伴随着跨海大桥、海洋风能利用及环境地质调查等工程项目的大面积铺开(姚彤宝等,2008),掌握海底地层的物理、化学性质成为资源勘探开发、工程实施的必备条件之一,而钻井取样又是获取海底沉积物地层物化性质最直接、最准确的技术手段(窦斌等,2004;吕海波等,2006;马胜中等,2006)。目前近海钻探取样主要采用无隔水管钻井的方式,采用绳索取样或者提钻取样(董刚等,2011;胡建平和王年喜,2015),取样技术比较单一。然而海底地层比较多样,导致岩心采取率普遍不高,尤其是松散的砂层或是坚硬的透镜状夹层,在取心过程中对岩心扰动比较大,取心品质较差,进而影响对相关海域地层评价的准确性(鄢泰宁等,2001;胡海良等,2009)。此外,国内钻探船的数量很少,大部分深海和超深海海域沉积物取样技术和装备基本上被国外的研究组织和大公司所垄断,如大洋钻探组织、荷兰辉固公司(赵尔信等,2009;阮海龙等,2017;刘双双,2019)。针对当前海洋钻井取样过程中岩心采取率不高,且品质无法保证的难题,同时为了适应海洋资源大开发的时代需求(郭慧等,2018),项目组研制了一种海洋沉积层多功能取样钻具,包括超前取样钻具、液压剪切取样钻具和半合管取样钻具,当钻遇不同的地层时,采用绳索打捞的方式有针对性地更换相应的取样钻具,提高岩心采取率,确保岩心有较高的品质,为后续地质分析和工程力学测定提供良好的基础。

## 1 海洋多功能取样钻具结构设计

根据钻探船配备钻机能力及取样直径(岩心直径不小于80 mm)需求,选用P110钢级127 mm规格的管材(内径106 mm)作为绳索取心钻杆,通过强度校核和海上钻进试验,该规格的绳索取心钻杆能够有效满足500 m(水深+钻深)的钻探取样要求。据此,研发了105 mm规格的海洋多功能取样

[收稿日期]2020-03-16;[改回日期]2020-06-04;[责任编辑]郝情情。
[基金项目]国家重点研发计划国际合作项目“天然气水合物勘查开发技术联合研究”(编号:2018YFE0208200)和中国地质科学院勘探技术研究所科技项目“海洋天然气水合物保压取样钻具研发”(编号:YB202005)联合资助。
[第一作者]李小洋(1988年-),男,2013年毕业于吉林大学,获硕士学位,工程师,长期从事取样工艺及钻具研究工作。E-mail:Lixy0692@163.com。

钻具,包括超前取样钻具、液压剪切取样钻具和半合管取样钻具,取样直径分别为 82 mm、82 mm 和 95 mm,取样长度为 1.5 m,具体技术参数及适用地层见表 1。

**表 1　海洋多功能取样钻具技术参数表**

**Table 1　Technical parameters of marine multiple – function sampling drill tool**

| 序号 | 钻具名称 | 绳索钻杆内径(mm) | 取心直径(mm) | 取心长度(m) | 适用地层 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 超前取样钻具 | 106 | 82 | 1.5 | 淤泥、黏土等地层取心 |
| 2 | 液压剪切取样钻具 | 106 | 82 | 1.5 | 粉砂、细砂等地层取心 |
| 3 | 半合管取样钻具 | 106 | 95 | 1.5 | 黏土及固结等地层取心 |

## 1.1　工作原理

海洋沉积层多功能取样钻具(见图 1),采用同一规格的绳索钻杆,配套三种不同的取样器具。针对地层软硬多变的情况,采用不同的取样器具和取样策略,且不用提钻更换钻具,仅用绳索打捞的方式即可完成,能够有效解决取样器具与地层的匹配性难题,在提高岩心采取率和钻井效率的同时(朱伟亚等,2016;刘文武等,2018;彭奋飞等,2020),保证了更优的岩心质量,能够满足工程勘查、地质填图、环境地质等多方面的需求(孙巧银等,2018;冉灵杰等,2019)。

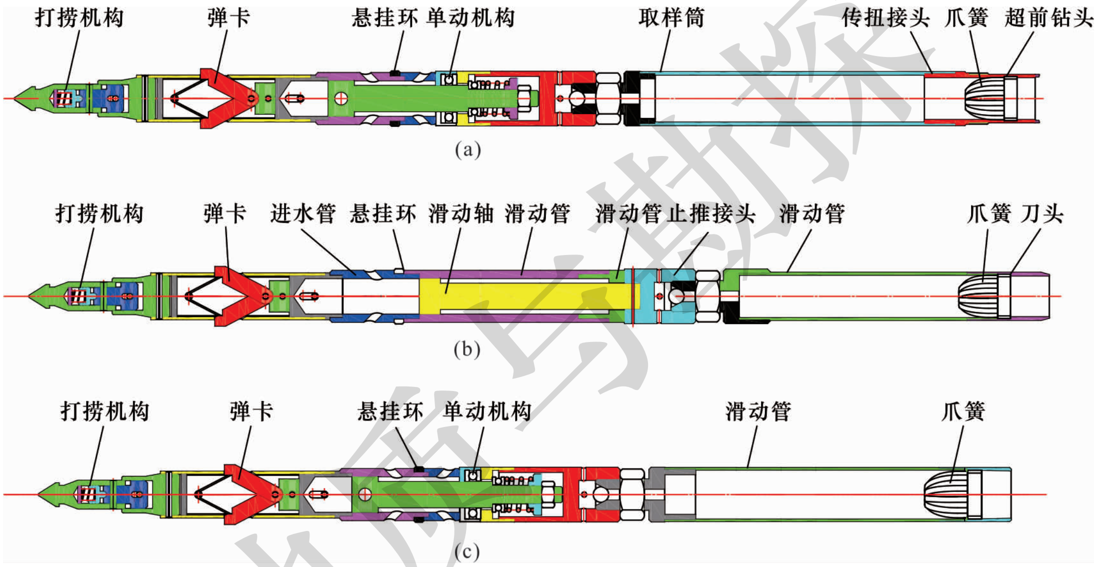


**图 1　海洋沉积层多功能取样钻具结构示意图**

**Fig. 1　Schematic diagrams of marine sediment multifunctional core samplers**

a – 超前取样钻具;b – 液压剪切取样钻具;c – 半合管取样钻具

a – advancing core sampler;b – hydraulic shear core sampler;c – semi – closed pipe core sampler



(1)超前取样钻具

超前取样钻具包括打捞机构、弹卡、悬挂环、单动机构、取样筒、传扭短节、爪簧(杨昌杰等,2014;汪发文等,2015)和超前内钻头(王怀志等,2004;王维等,2014)。通过弹卡和悬挂环进行轴向定位,传扭短节上端通过螺纹与取样筒连接,其下端与超前内钻头连接,并通过传扭短节上的外花键与外钻头内花键配合,实现超前内钻头与外钻头一起转动。在钻进取样过程中,超前内钻头伸出外钻头约 150 mm,岩心通过超前钻头直接进入取样筒,避免了泥浆对岩心的冲蚀,有效保证了岩心质量(卢春华和鄢泰宁,2009;苏宏岸等,2015;苏洋,2019),在淤泥和黏土地层有较好的适应性。

(2)液压剪切取样钻具

液压剪切取样钻具主要由打捞机构、弹卡、进水管、悬挂环、滑动轴、滑动管、止推接头、调节接头、取样筒、爪簧和切入刀头等组成。同样地,采用弹卡和悬挂环进行轴向定位,并通过悬挂环与座环端面贴合实现两者之间的流体通道密封,当泥浆通过进水管进入到滑动管内孔时,形成一定的压力,泥浆压力升高到 3 ~ 5 MPa 后将滑动轴和止推接头之间的连接铜销剪断,快速推动滑动轴、取样筒和切入刀头压

入地层，获取原位低扰动岩心，滑动轴运动到止推接头的内台阶后停止运动，然后打捞钻具获取岩心。在整个取样过程中，泥浆未流经钻头，对岩心的扰动程度最低，特别适用于粉砂、细砂等松散地层。

（3）半合管取样钻具

半合管取样钻具主要由打捞机构、弹卡、悬挂环、单动机构、取样筒及爪簧组成，其中取样筒采用半合管（叶兰肃等，2017；罗敦明等，2019），便于转移岩心。当钻遇固结地层或“铁板砂”等坚硬地层时（张民生等，2009；王虎等，2019），地层的成岩性较好，抗扰动能力较强，此时采用半合管取样钻具，可以获取更多的岩心。

1.2　剪切销设计

液压剪切取样钻具剪切销的强度设计主要取决于地层性质、固结状态（非固结或半固结）以及取样长度。一般来说，非固结软土所需的推力较小，半固结地层需要的推力较大，为此设计了 3 道剪切销，材质为 H62 黄铜，其抗剪强度为 255 MPa，对于非固结地层使用 1 道剪切销，对于半固结地层使用 2 ~ 3 道剪切销。剪切销设计需考虑如下受力因素：

（1）剪切销首先需要承受止推接头、调节接头、取样筒、爪簧和切入刀头等零部件的自重，总重约为 350 N。在取样钻具的投放过程中，悬挂环先接触到外管总成上的座环，此时由于惯性作用，剪切销下部的钻具会对剪切销产生一个冲击力。但由于取样钻具的悬挂环外径只比绳索钻杆内径小 2 mm，导致取样钻具在下降过程中受到较大的泥浆阻力，下降速度比较缓慢且平稳，再加上在悬挂环和座环碰触过程中产生的“水垫”，将产生的冲击力变得很小，因此在剪切销的设计过程中可以忽略不计。

（2）在取样筒压入地层过程中，地层与取样筒之间会产生摩擦力和阻力。由于取样筒添加了 PVC 内衬，其表面非常光滑，在进样过程中产生的摩擦力就很小，可以忽略不计。因此设计剪切销时要重点考虑取样筒压入地层所需的推力。

通过以上三点分析可知，钻具自重、投放取样钻具产生的冲击力和进样过程中的摩擦力对剪切销的设计影响不大，而取样筒压入地层所需的推力成为剪切销设计的主要因素。从相关的土工试验获知，取样筒压入地层 1.5 m 所需的最小推力为 13 kN。根据圆柱销的抗剪强度公式（1）反推可得，满足使用要求的黄铜圆柱销最小直径为 8 mm。

$$\tau \leq \frac{F_s}{A} \quad (1)$$

式中：$\tau$ － H62 黄铜的抗剪强度，N/mm$^2$；$F_s$ －黄铜销所受向下的推力，N；$A$ － 黄铜销的截面积，mm$^2$。

1.3　取样工艺

海洋多功能取样钻具主要应用于海底沉积物钻探取样，超前取样钻具主要适用于松散淤泥层和黏土层等取样，液压剪切取样主要适用于砂层和粉、细砂层等取样，半合管取样钻具主要适用于黏土和半固结地层等取样。具体的取样工艺如下：

（1）超前取样钻具和半合管取样钻具调整完成之后，通过打捞器将其投放到井底，然后回转钻具进行取样钻进。当回次钻进深度达到 1.5 m 后，投放打捞器将取样钻具打捞到钻探船上，拆卸取样筒以获取岩心。为了增强海洋取样的可靠性，采用了滑动冲击式打捞器，当取样钻具卡死而导致打捞器无法拉动时，通过收放钢丝绳，收放长度为 0.5 ~ 0.8 m，上下拉动打捞器，打捞器自由滑动产生的冲击力作用在取样钻具上，进行往复振动解卡，可有效解决取样钻具砂卡、顶死等问题。在钻进过程中，钻进参数选择：钻压 20 ~ 50 kN，转速 30 ~ 60 r/min，泥浆泵流量 60 ~ 90 L/min，泥浆密度 1.0 ~ 1.1 g/cm$^3$。

（2）液压剪切取样钻具选用直径 $\Phi$8 mm 的 H62 黄铜圆柱剪切销，并可根据所钻地层的实际情况选择 1 根或者 2 ~ 3 根配合使用。为了提高回次进尺和岩心采取率，采用轻质高强、内外壁光滑的透明 PVC 管作为内衬管以及爪簧作为岩心抓取装置。取样时泥浆泵憋压至 3 ~ 5 MPa，剪切销剪断，泥浆压力快速推动取样筒压入地层进行取样，此时泥浆泵压力会变小，取样筒压入地层最大深度为 1.5 m，然后通过绳索打捞将取样钻具打捞到钻探船上。在下一次取样之前，应先回转钻具扫孔至上次取样深度处，避免造成混样。由于地层较软，扫孔过程中要选择合理的钻进参数以保证钻孔的稳定，钻压 15 ~ 35 kN，转速 50 ~ 100 r/min，泥浆泵流量 60 ~ 90 L/min，泥浆密度 1.0 ~ 1.1 g/cm$^3$。

## 2　海上取样试验

2020 年 1 月 12 日 ~ 16 日，项目组在渤海某海域开展了针对海洋多功能取样钻具的海上钻进取样试验，根据钻遇地层的性质，三种取样钻具共计安排了 35 个回次的钻探取样。试验海域水深 62.00 m，浪高 0.5 ~ 0.8 m，钻探船四锚定位，船体轻微晃动。首先将 127 mm 规格的绳索取心钻杆依次下到海中，钻头触碰到海底后，再将取样钻具投放到绳索钻

杆中,后续根据上次取样的沉积物软硬程度调整使用取样钻具的种类。本次海试实际作业钻进总深度为 45.40 m(试验取样深度区间 75.0 ~ 120.40 m),获取岩心总长度为 33.30 m,总体岩心采取率为 73.34%,具体取样数据见表 2,打捞取样钻具及岩心见图 2 和图 3。

表 2　海洋多功能取样钻具试验情况表

Table 2　Test description of marine multi – function sampler

| 序号 | 钻具名称 | 试验回次 | 取心长度(m) | 钻进进尺(m) | 岩心采取率 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 超前取样钻具 | 16 | 14.00 | 18.90 | 74.07% |
| 2 | 液压剪切取样钻具 | 13 | 12.90 | 17.50 | 73.71% |
| 3 | 半合管取样钻具 | 6 | 6.40 | 9.00 | 71.10% |
| 4 | 合计 | 35 | 33.30 | 45.40 | 73.34% |


图 2　绳索打捞取样钻具

Fig. 2　Wire – line fishing core sampler

图 3　获取的沉积层岩心

Fig. 3　Obtained core of sedimentary formation

## 3　结论及建议

(1)创新性地研发了海洋沉积地层多功能取样钻具,根据取样地层特点在同一规格的绳索钻杆内,采用不同的取样策略和方法,及时对超前取样钻具、液压剪切钻具和半合管取样钻具进行更换。通过海洋多功能取样钻具的设计、试制与海上取样试验,其平均岩心采取率达到了 73.34%,岩心扰动较小,特别是在淤泥、黏土和松散砂层等松软地层中有较好的使用效果,可满足海洋地质勘查、工程施工等取样要求。

(2)下一步优化改进海洋沉积地层多功能取样钻具,将岩心采取率提高到 85% 以上,并逐步向更深的海域推进,为我国深水及超深水海域沉积地层高效、高质量取样提供技术支撑,以打破国外的相关技术垄断。



[References]

Dong Gang, Gong Jianming, Su Xin. 2011. Coring technology for marine gas hydrate[J]. Marine Geology Frontiers, 27(3): 48 – 51(in Chinese with English abstract).

Dou Bin, Zhu Yunli, Jiang Guosheng, Tang Fenglin. 2004. The theory on design a in – situ sampling system of gas hydrate[J]. Geology and Exploration, 40(1): 86 – 88(in Chinese with English abstract).

Duan Xinsheng, Yan Taining, Chen Jin, Gu Xiang. 2002. Several ideas for developing our seabed sampling [J]. Geology and Exploration, 39(2): 69 – 73(in Chinese with English abstract).

Guo Hui, Li Yaping, Wang Xueming. 2018. Introduction of the international ocean drilling program[J]. Geology in China, 45(3): 638 – 639(in Chinese with English abstract).

Hu Hailiang, Tang Haixiong, Luo Junfeng, Wei Hongshu. 2009. Deep – water gas hydrate drilling and coring techniques[J]. Oil Drilling & Production Technology, 31(1): 27 – 30(in Chinese with English abstract).

Hu Jianping, Wang Nianxi. 2015. Development of a soil sampler in back silting layer[J]. Exploration Engineering(Rock & Soil Drilling and Tunneling), 42(1): 55 – 59, 84(in Chinese with English abstract).

Liu Deshun, Jin Yongping, Wan Buyan, Peng Youduo, Huang Xiaojun. 2013. Review and development trends of deep – sea mineral resource coring sampling technology and equipment[J]. China Mechanical Engineering, 25(23):3255 – 3265(in Chinese with English abstract).

Liu Shuangshuang. 2019. Present condition and development trends of marine core sampling technology[J]. China Offshore Platform, 34(6):1 – 4, 17(in Chinese with English abstract).

Liu Wenwu, Ouyang Zhiyong, Zhao Zhitao, Guo Kun. 2019. Brief discussion on drilling technology for sandstone type uranium in Huatugou area, Qinghai[J]. Mineral Exploration, 5(10):1228 – 1232(in Chinese with English abstract).

Lu Chunhua, Yan Taining. 2009. New drilling tools for improving core recovery in complex strata[J]. Geology and Exploration, 45(2):112 – 114(in Chinese with English abstract).

Luo Dunming, Lu Chunhua, Wang Xu, Wu Xiang. 2019. The development of quadruplex – tube sampler for loose, fractured and erodible strata[J]. Geo – technical Investigation & Surveying, 47(7):1 – 4(in Chinese with English abstract).

Lv Haibo, Ning Shichao, Gong Xianwei, Zhao Yanlin. 2006. Sampling quality evaluation of two soft soils under shallow sea[J]. Soil Engineering and Foundation, 20(5):75 – 77(in Chinese with English abstract).

Ma Shengzhong, Chen Yanbiao, Chen Taihao. 2006. Engineering geological features of the bridge of Guangdong and Hong Kong and Macao [J]. Geological Research of South China Sea, (1):156 – 164(in Chinese with English abstract).

Peng Fenfei, Wang Jialing, Wan Buyan. 2020. Optimization of key mechanism of the wire – line coring drilling tool for submarine hard rock[J]. Geology and Exploration, 56(1):154 – 162(in Chinese with English abstract).

Ran Lingjie, He Yuanxin, Song Dianlan. 2019. Application of hallow sampling drilling technology to geological mapping in the Qingtongxia area of Ningxia[J]. Geology and Exploration, 55(1):187 – 193(in Chinese with English abstract).

Ruan Hailong, Chen Yunlong, Cai Jiapin, Jiang Weiyan, He Fan. 2017. Optimization and application of a sampling drilling tool for ultra – deep water drilling in the South China Sea[J]. China Offshore Oil and Gas, 29(1):105 – 109(in Chinese with English abstract).

Su Hongan, Zhang Shaohe, Wu Jingjing. 2014. Development of the advanced lateral jet wire – line coring tool[J]. Geology and Exploration, 50(1):178 – 181(in Chinese with English abstract).

Su Yang. 2019. Environmentally – friendly sealed coring technology for unconsolidated formations[J]. Oil Drilling & Production Technology, 41(5):592 – 596(in Chinese with English abstract)

Sun Qiaoyin, Fang Lei, Wang Huaqi. 2018. Luhuatai in the Yinchuan Basin for the 1∶50 000 map: dataset from engineering geology boreholes, samples and geo – technical tests[J]. Geology in China, 45(S2):56 – 61, 168 – 175(in Chinese with English abstract).

Wang Fawen, Wu Xuenong, Xu Jun, Fang Bo, Ye Hui. 2015. Research on coring inner – tube of flexible retractable and folable pipe(bag) and the application[J]. Exploration Engineering(Rock & Soil Drilling and Tunneling), 42(1):49 – 54(in Chinese with English abstract).

Wang Hu, Su Li, Bai Yuchuan. 2019. Research progress on consolidated silt in estuarine and coastal areas[J]. Advances in Water Science, 30(4):601 – 612(in Chinese with English abstract).

Wang Huaizhi, Sun Jie, Zhang Yongcheng. 2004. Optimization of cutter structure design for mine shaft boring project in Longgu mine[J]. Coal Science and Technology, (10):70 – 73(in Chinese with English abstract).

Wang Shuhong, Song Haibin, Yan Wen. 2005. The global and regional estimation of gas resource quantity in gas hydrates[J]. Progress in Geophysics, 20(4):1145 – 1154(in Chinese with English abstract).

Wang Wei, Peng Jianming, Wang Hongyan, Chen Chen, Wang Xinliang, Fu Weigen. 2014. FEM simulation analysis of sampling disturbance with PCS drill bit in gas – hydrate – bearing stratum[J]. Journal of Central South University(Science and Technology), 45(4):1183 – 1189(in Chinese with English abstract).

Yan Taining, Bu Jiawu, Chen Hanzhong. 2001. Theoretic discussion and parameter calculation of subsea sampler: The fifth introduction of subsea coring technology[J]. Geological Science and Technology Information, 20(2):103 – 106(in Chinese with English abstract).

Yang Changjie, Zhang Shaohe, Su Hongan, Zhao Chongquan, Wu Hao. 2014. The application test of the new double – barreled and single – acting coring tool in fractured formation[J]. Coal Geology & Exploration, 42(1):87 – 89(in Chinese with English abstract).

Yao Tongbao, Liu Baolin, Li Guomin. 2008. Environmental scientific drilling sampling in lake[J]. Exploration Engineering(Rock & Soil Drilling and Tunneling), (4):17 – 19(in Chinese with English abstract).

Ye Lansu, Miao Xiaoxiao, Wang Jianxing, Liu Jianfu, Sun Xiumei, Rao Jianhui. 2017. Development of 91 single – action triple coupling pipe core drilling tools and its application[J]. Exploration Engineering(Rock & Soil Drilling and Tunneling), 44(7):56 – 61(in Chinese with English abstract).

Zhang Minsheng, Liu Hongjun, Li Xiaodong, Jia Yonggang, Wang Xiuhai. 2009. Study of liquefaction of silty soil and mechanism of development of hard layer under wave actions at Yellow River Estuary[J]. Rock and Soil Mechanics, 30(11):3347 – 3351, 3356(in Chinese with English abstract).

Zhao Erxin, Cai Jiapin, Jia Meiling. 2009. Offshore deep – water drilling vessels and sampling techniques[J]. Exploration Engineering(Rock & Soil Drilling and Tunneling), 36(S1):152 – 154(in Chinese).

Zhu Weiya, Wan Buyan, Huang Xiaojun, Deng Daiqiang. 20016. Research and development core – sampling drills on medium – and deep – hole for abyss seafloor[J]. China Construction Machinery, 14(1):38 – 43(in Chinese with English abstract).

［附中文参考文献］

董刚，龚建明，苏新. 2011. 海洋天然气水合物钻探取心工艺[J]. 海洋地质前沿，27(3):48 – 51，69.

窦斌，朱云丽，蒋国盛，汤凤林. 2004. 天然气水合物保真取样系统设计的理论基础[J]. 地质与勘探，40(1):86 – 88.

段新胜，鄢泰宁，陈劲，顾湘. 2002. 发展我国海底取样的几点设想[J]. 地

质与勘探,39(2):69 - 73.
郭慧,李亚萍,王学明. 2018. 国际大洋科学钻探计划简介[J]. 中国地质,45(3):638 - 639.
胡海良,唐海雄,罗俊丰,韦红术. 2009. 深水天然气水合物钻井及取心技术[J]. 石油钻采工艺,31(1):27 - 30.
胡建平,王年喜. 2015. 一种回淤层取土器的研制[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),42(1):55 - 59,84.
刘德顺,金永平,万步炎,彭佑多,黄筱军. 2013. 深海矿产资源岩心探测取样技术与装备发展历程与趋势[J]. 中国机械工程,25(23):3255 - 3265.
刘双双. 2019. 海洋钻孔取样技术现状及发展趋势[J]. 中国海洋平台,34(6):1 - 4,17.
刘文武,欧阳志勇,赵志涛,郭坤. 2019. 青海花土沟地区砂岩型铀矿钻探施工技术研究[J]. 矿产勘查,5(10):1228 - 1232.
卢春华,鄢泰宁. 2009. 提高复杂地层取心质量的新型钻具[J]. 地质与勘探,45(2):112 - 114.
罗敦明,卢春华,王旭,吴翔. 2019. 松散、破碎、易冲蚀地层四重管密闭保形取芯钻具研制[J]. 工程勘察,47(7):1 - 4.
吕海波,宁世朝,龚宪伟,赵艳林. 2006. 两种浅海软土的取样质量评价[J]. 土工基础,20(5):75 - 77.
马胜中,陈炎标,陈太浩. 2006. 粤港澳跨海大桥海域工程地质特征[J]. 南海地质研究,(1):156 - 164.
彭奋飞,王佳亮,万步炎. 2020. 针对海底钻机硬岩钻进的绳索取心钻具关键机构优化[J]. 地质与勘探,56(1):154 - 162.
冉灵杰,何远信,宋殿兰. 2019. 浅钻技术在宁夏青铜峡地区地质填图中的应用研究[J]. 地质与勘探,55(1):187 - 193.
阮海龙,陈云龙,蔡家品,蒋卫焱,何繁. 2017. 南海超深水钻探取样钻具优化及应用[J]. 中国海上油气,29(1):105 - 109.
苏宏岸,张绍和,吴晶晶. 2015. 超前侧喷绳索取心钻具的研制[J]. 地质与勘探,51(1):181 - 185.
苏洋. 2019. 松散地层密闭环保取心技术[J]. 石油钻采工艺,41(5):592 - 596.
孙巧银,方磊,王化齐. 2018. 银川盆地 1:50000 芦花台幅工程地质钻孔及取样土工试验数据集[J]. 中国地质,45(S2):56 - 61,168 - 175.
汪发文,邬学农,徐俊,方波,叶慧. 2015. 伸缩叠合型柔性(袋)管取心内管的研究与应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),42(1):49 - 54.
王虎,粟莉,白玉川. 2019. 河口海岸铁板砂研究进展[J]. 水科学进展,30(4):601 - 612.
王怀志,孙杰,张永成. 2004. 龙固煤矿深钻井工程钻头结构设计优化[J]. 煤炭科学技术,(10):70 - 73.
王淑红,宋海斌,颜文. 2005. 全球与区域天然气水合物中天然气资源估算[J]. 地球物理学进展,20(4):1145 - 1154.
王维,彭枧明,王红岩,陈晨,王馨靓,付伟根. 2014. 天然气水合物地层 PCS 取样扰动有限元仿真分析[J]. 中南大学学报(自然科学版),45(4):1183 - 1189.
鄢泰宁,补家武,陈汉中. 2001. 海底取样器的理论探讨及参数设计——海底取样技术介绍之五[J]. 地质科技情报,20(2):103 - 106.
杨昌杰,张绍和,苏宏岸,赵冲全,吴昊. 2014. 适用于破碎地层的新型单动双管钻具[J]. 煤田地质与勘探,42(1):87 - 89.
姚彤宝,刘宝林,李国民. 2008. 湖泊环境科学钻探取样技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),(4):17 - 19.
叶兰肃,苗晓晓,王建兴,刘建福,孙秀梅,饶剑辉. 2017. 91 单动三重半合管钻具的研制与应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),44(7):56 - 61.
张民生,刘红军,李晓东,贾永刚,王秀海. 2009. 波浪作用下黄河口粉土液化与“铁板砂”形成机制的模拟试验研究[J]. 岩土力学,30(11):3347 - 3351,3356.
赵尔信,蔡家品,贾美玲. 2009. 海洋深水钻探船及取样技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),36(S1):152 - 154.
朱伟亚,万步炎,黄筱军,邓代强. 2016. 深海底中深孔岩芯取样钻机的研制[J]. 中国工程机械学报,14(1):38 - 43.

## Development of the Mutiple - Function Drill Tool for Core Sampling in Marine Sedimentary Strata

LI Xiaoyang, LI Kuan, LIANG Jian, SHI Shanshan, ZHANG Yongqin, LIU Xiumei
(*Institute of Exploration Technology, Chinese Academy of Geological Sciences, Langfang, Hebei* 065000)

**Abstract**: At present, marine core - taking drilling commonly adopts the lifting drill - pipe or wire - line fishing. With the increasing requirements on the coring quality and recovery rate, plus varieties of seafloor sediments, such a single sampling tool cannot meet current sampling needs. To solve this problem, this work has developed a multifunctional tool of marine core sampling that can conduct low - disturbance, high - quality sampling operation according to properties of seabed formations. Marine drill sampling experiments show that at the site with seabed silt, clay and sand, this new drilling tool, consisting of the advancing core sampler, hydraulic shear core sampler and semi - closed pipe core sampler, can effectively take sediment core samples with an average rate of 73.34%. This multifunctional sampling drill tool adopts pilot sampling and hydraulic pressure sampling technology, which can reduce disturbance to sediment core and improve core quality and recovery rate, laying a foundation for further engineering application.

**Key words**: low disturbance, hydraulic shear sampling, advancing sample, core recovery rate