

海洋保温保压取样钻具的研制

蔡家品, 赵义, 阮海龙, 陈云龙, 梁涛, 刘海龙, 刘协鲁
(北京探矿工程研究所, 北京 100083)

摘要:针对天然气水合物储层环境,依托中国地质调查局地质调查项目“水域地层原位钻探取样器具设计及工艺研究”研制了海洋保温保压取样钻具。在室内试验的基础上,依次在浅水及深水对研制的钻具进行了功能性海试,改进后在 1392 m 深海进行了保温保压取样钻具功能性试验获得成功,为我国今后在海域天然气水合物勘探取样奠定了坚实的基础。

关键词:保温保压取样钻具;深海钻探;海域天然气水合物;取样

中图分类号:P634.4⁺3 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2016)02-0060-04

Research on the Pressure-temperature Core Sampler for Ocean Exploration/CAI Jia-pin, ZHAO Yi, RUAN Hai-long, CHEN Yun-long, LIANG Tao, LIU Hai-long, LIU Xie-lu (Beijing Institute of Exploration Engineering, Beijing 100083, China)

Abstract: In view of the natural gas hydrate reservoir environment and relying on the research on the geological survey project “the design and technical study on in-situ drilling and sampling equipments for the water formations”, pressure-temperature core sampler for ocean was developed. On the basis of laboratory test, functional marine experiment was made on the developed drilling tools in shallow water and deep water successively. After the improvement, the functional test of pressure-temperature core sampler was made in 1392m deep sea with success, which lays a solid foundation for the ocean exploration and sampling of natural gas hydrate in China.

Key words: pressure-temperature core sampler; deep sea drilling; natural gas hydrate in ocean; sampling

0 引言

从能源角度看,天然气水合物是一种高度压缩的天然气,是一种新型的清洁环保能源^[1],它稳定存在于极地的海洋和陆地冻土层以及外陆架和岛屿边缘海洋沉积层等低温高压条件下^[2-3]。世界天然气水合物储量相当于地球上所有开采石油、天然气和煤的总量的2倍,海底天然气水合物至少够人类使用1000 a^[4-5]。我国海域面积广阔,天然气水合物资源丰富,赋存水深一般超过300~500 m,受限于深海取样技术,以往勘探大部分都是采用拟海底反射层法来判断天然气水合物的存在^[6-7],随着研究的深入,发现这种方法已经不能满足科学研究的需要,必须通过获得海底原状的沉积物样品才是真实判断天然气水合物是否存在的唯一可靠的办法。

目前为止,我国的海域天然气水合物勘查取样工作主要是依靠国外技术完成,成本非常高,严重制约了我国海域天然气水合物勘探工作。当然,国内也开展了一些研究,但主要集中在重力取样方面,如

浙江大学研制的重力活塞式天然气水合物保真取样器^[8],取得了一定的效果,但取样深度只局限于海底表面以下0~10 m的沉积物地层,勘探深度有限。因此,亟需研制一种能满足我国海域天然气水合物勘探工作需要的具有自主知识产权的取样设备。我们依托地质调查项目“水域地层原位钻探取样器具设计及工艺研究”研制了海洋保温保压取样钻具,通过研究团队2年多来不懈的努力,取得了较大进展。

1 保温保压取样钻具结构及其设计特点

根据以往勘探基础,我们知道天然气水合物储层多为较硬沉积岩地层,针对这一特点,结合我所海洋钻探取样科研成果基础,研制了如图1所示的TKP-1保温保压取样钻具。

1.1 结构特点

TKP-1保温保压取样钻具具有如下特点:

(1)采用模块化设计,同时与我所研制的TK-1型常规取样钻具可以共用外管总成;

收稿日期:2015-10-23;修回日期:2015-12-16

基金项目:中国地质调查局地质调查项目“水域地层原位钻探取样器具设计及工艺研究”(编号:12120113097100)

作者简介:蔡家品,男,汉族,1967年生,金刚石钻头研发中心主任,教授级高级工程师,探矿工程专业,从事金刚石钻头 and 取心工具的研发工作,北京市海淀区学院路29号探工楼207室,caijp@bjiee.com.cn。



图 1 TKP-1 保温保压取样钻具结构示意图

- (2) 取样筒长度 1 m, 样品直径 ≥ 50 mm;
- (3) 保压性能 ≤ 30 MPa;
- (4) 在取心过程中, 失温速率 < 5 $^{\circ}\text{C}/\text{h}$;
- (5) 适用于软—中硬地层, 组装拆卸方便, 安全可靠。

1.2 保温保压机构

天然气水合物的存在一般要求温度在 $0 \sim 10$ $^{\circ}\text{C}$ 、压力 > 10 MPa, 一旦压力降低, 即使温度保持在 0 $^{\circ}\text{C}$, 甲烷气也会逸出, 固态水合物样品将挥发。为了实现海底天然水合物岩心样品保持接近原始状态, 因此必须在取样器上设计保温保压机构, 通过主动和被动的保压功能, 使取样管内岩样尽可能保持地层环境压力, 通过保温功能的设计, 使取样筒内温度受外界的影响减小, 确保天然气水合物样品的安全回收。

1.2.1 主动保压机构

主动保压是通过蓄能器来实现的。蓄能器是液压气动系统中的一种能量储蓄装置, 它在适当的时机将系统中的能量转变为压缩能或位能储存起来, 当系统需要的时候, 又可将压缩能或位能转变为液压或气压而释放出来, 重新补给系统, 保持整个系统压力稳定。

通过在取样钻具内安装活塞式蓄能器 (见图 2), 当钻具到达井底进行取样时, 蓄能器将孔底环境压力转变为压缩能进行存储。当样品在取样过程中因泄漏而导致压力降低时, 蓄能器能主动将压缩能进行释放, 通过增大体积来对取样筒内压力进行补充, 形成主动保压机制。

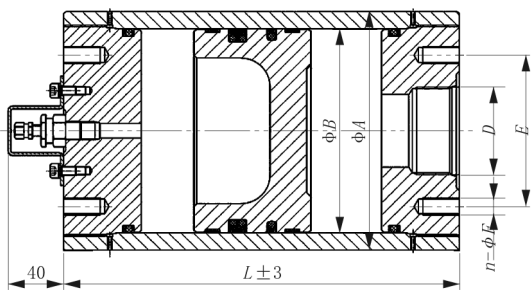


图 2 活塞蓄能器简图

1.2.2 被动保压机构

被动保压机构是对取样管进行整体密封, 取样管下端通过设计研究特殊的球阀进行密封 (见图 3)

或单片翻板阀密封 (见图 4)。

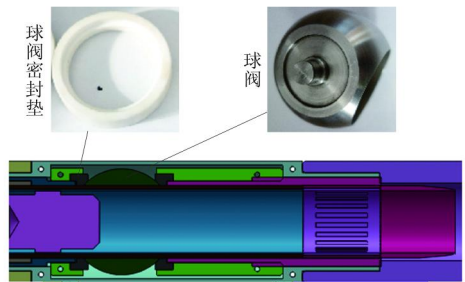


图 3 球阀密封图

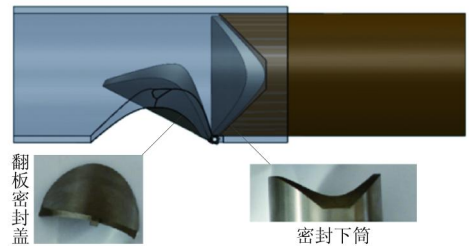


图 4 单片翻板阀密封图

与此同时, 笔者在室内对研制的被动保压装置进行了测试 (见图 5), 测试结果见图 6。



图 5 取样器保压机构性能测试图

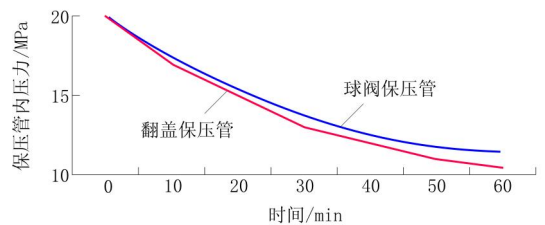


图 6 球阀保压管和翻板保压管内压力随时间变化曲线

从图 6 可以看出, 球阀的密封效果约为 1 h 损失压力 9 MPa, 管内压力从 20 MPa 降至 11 MPa 时趋于稳定。翻板的密封效果为 1 h 损失压力是 10 MPa, 管内压力从 20 MPa 降至 10 MPa 时趋于稳定。

这2种被动保压装置均满足设计要求。

1.2.3 保温机构

保温机构是采用真空管结构设计,即取样管采用双层结构,将取样管两端焊好后将两层管之间的空气抽尽,减缓取样管内外热量的交换。图7所示为室内试验情况,图8、图9为不同取样筒在同一环境温度下(初始水温35℃、室温28℃)筒内水温(筒内初始水温是冰水)变化曲线。从室内试验结果来看,使用真空取样筒能达到较好的保温效果。



图7 不同取样筒保温性能试验图

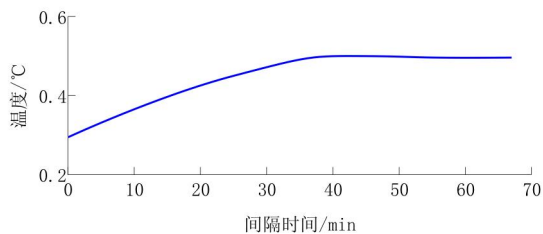


图8 真空取样筒内水温随时间变化曲线

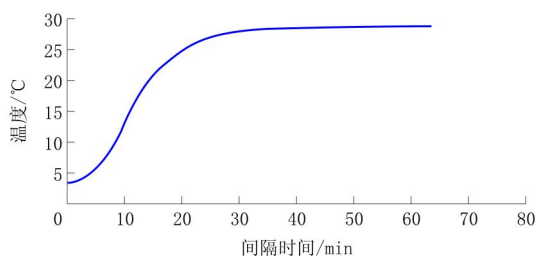


图9 普通取样筒内水温随时间变化曲线

1.3 工作原理

取样时将取样管总成投入钻杆中,并开动泥浆泵,由于密封作用,钻杆内泵压不断升高,在达到液动锤工作压力之后,液动锤开始工作并锤断销钉,同时继续在液动锤的作用下推动内管下行并压入地层,完成取样工作。

2 钻探取样工艺

钻头钻进至取样目的层位后,将组装好的内管

钻具总成投入至钻杆中,钻具自由下落一定时间后关闭球阀开始憋压,泥浆泵泵压憋至2~3 MPa,驱动液动锤工作,在液动锤的作用下推动取样管下行,锤击要持续一定时间,直至内管完全压入地层。内管压入地层1 m,下一次取心时需先钻进1 m后再重复上述取心动作,钻进1 m的过程中要选择合适的钻进参数以保证钻孔的稳定,选择钻压10~20 kN,转速30~60 r/min,泥浆泵排量10~15 L/s。取样工作完成后投放打捞工具,打捞内管钻具总成至甲板,获取保温保压样品。

3 保温保压取样钻具功能性海试

3.1 第一次功能性海试

2015年4月,由北京探矿工程研究所、中海油深圳分公司以及海洋石油708船钻井队共同组建试验小组,在中国南海100 m水深海域进行了TKP-1保温保压取样钻具的海上试验。本次试验共进行了6个回次,其中2个回次获得成功,其余4个回次未成功。本次试验证明,由我所研制的保压取样器在性能上已初步满足海上保压取样技术要求,实现取样器打捞成功率100%和保压取样2个回次,但在试验过程中发现了取样器存在的一些问题,通过检测分析,主要存在退样操作复杂、保压成功率低以及取样长度短3个问题。

发现问题后立即开展了改进方案研讨工作并确定了解决方案,通过增加透明衬管,重新设计密封结构、材质及泄压阀,调整取样工艺3方面改进,并在改进后进行了多次室内模拟试验,达到了预期的目的,准备下一次海试验证。

3.2 第二次功能性海试

2015年7月,由北京探矿工程研究所、中海油深圳分公司、中海油服物探事业部工程勘察中心共同组建试验小组,在中国南海对TKP-1保温保压取样钻具进行了改进后的海试。

试验分为2个阶段。

3.2.1 第一阶段

第一阶段针对改进的3套保温保压取样钻具在浅海处进行调试试验,并最终确定深水保温保压取样试验方案

在水深283 m处进行了7个回次的调试试验,在验证取样钻具功能性的同时最终确定了深水保温保压取样方案。

3.2.2 第二阶段

针对上述确定的保温保压取样方案在深海开展保温保压功能性海试。

试验分别在陵水区块 804 m 以及 1392 m 超深水海域进行,共完成 6 个回次取样,除第一个回次取出满管样品但未保压外,余下 5 个回次均连续成功完成保压取样,其中 4 次取到满管样品(1 m 长),样品直径均为 52 mm,如图 11 所示。



图 11 取出的实物样品

此次海试,突破了保温保压取样样品采取率以及保压成功率两大关键技术“瓶颈”,取样前后压力变化甚微,具体如图 12 所示。



图 12 样品压力

在圆满完成了保压取样试验的同时,试验小组还对 TKP-1 保温保压取样钻具的保温性能进行了初步探索。如图 13 所示,保温取样器出井后样品温度仍保持在 10.5℃,而采用常规取样器出井后样品温度为 13.9℃,可见,保温取样器获得了接近原位温度的样品,保温试验取得了阶段性成功。

4 结论

(1) 研究解决了保温保压取样钻具样品采取率以及保压成功率两大关键技术难题。通过海试,钻具保压效果好,保压成功率高,样品采取率高,样品



图 13 保温取样筒出井后样品温度



图 14 常规取样筒出井后样品温度

直径达到 52 mm。

(2) 通过海试验证了保温管的保温效果良好,同时完善了保温保压取样工艺,确定了关键工艺参数。

(3) 海试工作表明,该取样钻具组装拆卸方便,安全可靠性好。

(4) 经过海试验证,TKP-1 保温保压取样钻具在性能上已达到天然气水合物保温保压取样要求,标志着我国已经具备了海域天然气水合物保温保压取样作业能力。

参考文献:

- [1] 蒋向明. 天然气水合物的形成条件及成因分析[J]. 中国煤炭地质, 2009, 21(12): 7-11.
- [2] 李小森. 天然气水合物能源的勘探与开发[J]. 现代化工, 2008, 28(6): 1-15.
- [3] 邵仲妮. 天然气水合物资源分布及勘探开发进展[J]. 当代石油石化, 2007, 15(5): 25-26.
- [4] 江怀友, 乔卫杰, 等. 世界天然气水合物资源勘探开发现状与展望[J]. 中外能源, 2008, 13(6): 19-25.
- [5] 王淑红, 宋海斌, 颜文. 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, 2005, 20(4): 1145-1150.
- [6] 方银霞, 金翔龙, 黎明碧. 天然气水合物的勘探与开发技术[J]. 中国海洋平台, 2002, 17(2): 11-15.
- [7] 刘影, 史萌. 天然气水合物勘探技术综述[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2004, 40(6): 985-990.
- [8] 李世伦, 程毅, 秦华伟, 等. 重力活塞式天然气水合物保真取样器的研制[J]. 浙江大学学报(工学版), 2006, 40(5): 888-892.