

罗柏文, 欧阳爱良, 李进, 等. 深海孔隙水原位采样柱过滤性能试验[J]. 湖南科技大学学报(自然科学版), 2019, 34(2): 60-64. doi:10.13582/j.cnki.1672-9102.2019.02.008

Luo B W, Ouyang A L, Li J, et al. Experiment About the Filtration Performance of Deep Sea Pore Water in Situ Sampler[J]. Journal of Hunan University of Science and Technology(Natural Science Edition), 2019, 34(2): 60-64. doi:10.13582/j.cnki.1672-9102.2019.02.008

深海孔隙水原位采样柱过滤性能试验

罗柏文*, 欧阳爱良, 李进, 胡璇宇

(湖南科技大学 海洋矿产资源探采装备与安全技术国家地方联合工程实验室, 湖南 湘潭 411201)

摘要:在原位采样柱过滤系统的基础上,为检测过滤精度能否达到 $5\ \mu\text{m}$,在确保过滤网层材质和结构分布达到要求的情况下,对过滤孔径分别为 1.0, 1.5 和 2.0 mm 的采样柱进行了分组试验.试验结果表明:采样柱过滤孔径会直接影响储样室内孔隙水中沉积物粒径的大小,从而间接影响到孔隙水的澄清度.试验具有原创性和可重复性,经过 5 次试验后,可以将过滤孔径为 1.0 mm 的采样柱作为最佳的过滤设备,同时满足了过滤精度能够达到 $5\ \mu\text{m}$ 的技术指标,从而为采样柱的设计提供了参考依据.

关键词:原位采样柱;孔隙水;沉积物;过滤孔径;过滤精度

中图分类号:P744.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-9102(2019)02-0060-05

Experiment About the Filtration Performance of Deep Sea Pore Water in Situ Sampler

Luo Bowen, Ouyang Ailiang, Li Jin, Hu Xuanyu

(National Local Joint Engineering Laboratory of Marine Mineral Resources Exploration Equipment and Safety Technology, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China)

Abstract: Based on the filtration system of sampling column, the filtering accuracy whether was up to $5\ \mu\text{m}$ was detected. In order to ensure that the material and structure distribution of the filter layer meet all requirements, the experiments of sampling columns were conducted, which was respectively 1.0, 1.5 and 2.0 mm of filter aperture. The experimental results show that the filter aperture of sampling column directly have an effect on the the size of the sediment particle in the sample chamber, which indirectly affects the clarity of pore water. The test is original and repeatable. After 5 trials, the sample size of 1 mm can be used as the best filtering equipment, which meet the technical specifications of the filter accuracy of $5\ \mu\text{m}$, which provides a reference for the design of the sampling column.

Keywords: in situ sampler; pore water; sediment; filter aperture; filter accuracy.

为了获取大量具有原位特性的多层位、气密性、无污染的孔隙水样本,深海沉积物孔隙水原位采样技术和相关设备得到了广泛的应用^[1].由于传统的深海沉积物孔隙水原位采样器受容积和过滤设备技术的限制,单次采样只能获得少量样本而且很难保证孔隙水较高的澄清度和保真保压效果^[1-3].

收稿日期:2017-05-19

基金项目:国家高技术研究发展计划(863计划)资助项目(2013AA092502-3);湖南省自然科学基金资助项目(2017JJ4038)

*通信作者, E-mail: 363610250@qq.com

针对传统深海沉积物孔隙水原位采样器存在的不足,现研制了一套高纯度、大容量的原位采样柱过滤设备^[4].通过对采样柱外表面过滤孔径大小的设计和对过滤网层材质的选取,同时对整个设备进行了试验验证,从而确保了采样柱储样室内孔隙水中沉积物的粒径小于 $5\ \mu\text{m}$ 的技术要求.该采样柱过滤设备在规定的采样时间内,大大提高了采样的过滤效率,从而为实现水体中烃类气体、主要离子等的快速检测提供了高技术支撑^[5].

1 采样柱结构及工作原理

1.1 设备结构

采样柱结构如图1所示,主要有电磁阀安装筒、高电磁阀室、取样筒、储样室以及卡箍等构成.电磁阀安装筒内的高电磁阀室用于安装电磁阀,而电磁阀用于控制阀门的开启和关闭;取样筒内的储样室用于采集孔隙水;卡箍用于连接多个采样柱,起到固定作用^[6-7].

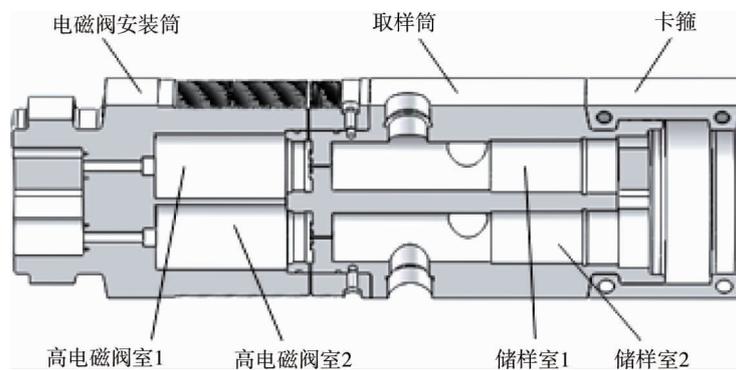


图1 采样柱结构

1.2 工作原理

采样柱工作原理如图2所示,处于关闭状态的真空储样室1和储样室2当下降到深海预定工作位置时,储样室1的电磁阀4打开,此时储样室1抽取了腔内上层海水3后,电磁阀4关闭.间隔一定时间,储样室2的电磁阀5接着打开,储样室2通过过滤网层2采集深海沉积物(孔隙水)1,经一定的时间,储样室2的电磁阀5关闭.这样大大降低了储样室2内的深海孔隙水被污染的程度,确保孔隙水满足预期要求^[8-10].

在采样柱被提升的过程中,由于外界环境压力逐渐减小,储样室内外压差逐渐增大,此时采样柱通过溢流阀8和溢流阀9来确保储样室安全.

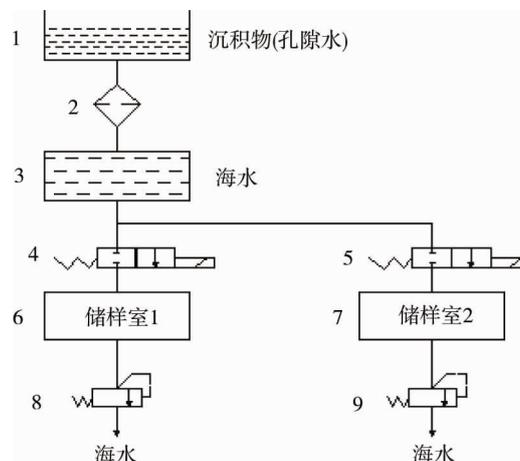


图2 采样柱工作原理

2 过滤试验材料与方方法

2.1 试验材料

1) 孔径为 1.0, 1.5 和 2.0 mm 的单节试验孔隙水采样柱, 如图 3 所示.

2) 三层过滤网的外层采用不锈钢网孔板, 中层采用聚合膜网层, 内层采用不锈钢纤维烧结毡, 如图 4 所示.

3) 120 MPa 深海高压仓如图 5 所示; 加压电机如图 6 所示; 准备好的单节试验孔隙水采样柱过滤设备如图 7 所示.

4) 由“海牛”号深海钻机从南海某海域水深 3 109 m 取上来的真实海底沉积物如图 8 所示, 并由中南大学资源生物工程学院出示的该沉积物粒度分析情况, 如表 1 和图 9 所示, 其中图 9 中的 4 条曲线分别代表不同区域的海底沉积物污泥粒度-体积分布情况.



图 3 不同孔径单节试验孔隙水采样柱

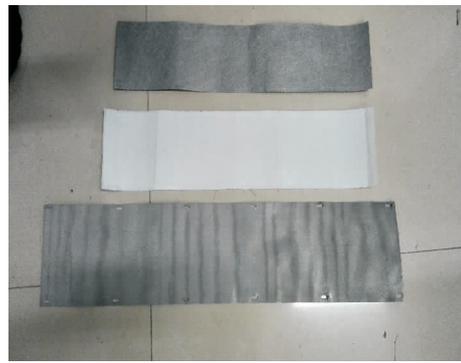


图 4 三层过滤网



图 5 120 MPa 深海高压仓



图 6 加压电机



图 7 单节试验孔隙水采样柱过滤设备



图 8 真实海底沉积物

表1 粒度分析表

名称	备注	名称	备注
样品名称	海底污泥-平均	分散剂折射率	1.330
颗粒名称	default2	残差	1.720%
进样器名	Hydro 2000MU(A)	结构模拟	关
分析模式	通用	浓度	0.007 2%
灵敏度	正常	径距	3.932
颗粒折射率	1.520	一致性	1.5
颗粒吸收率	0.1	结果类别	体积
颗粒范围	0.020~2 000 μm	比表面积	2.24 m^2/g
遮光度	16.25%	表面积平均粒径	2.679 μm
分散剂名称	Water	体积平均粒径	8.911 μm

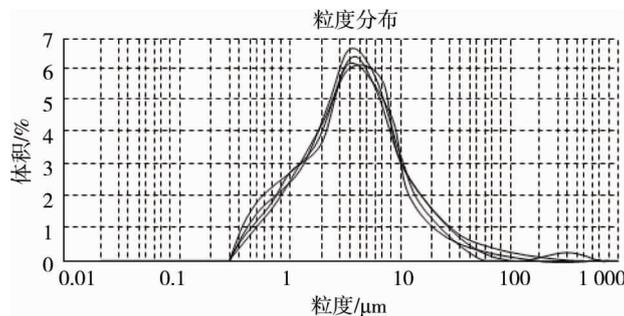


图9 粒度-体积分布(4种不同区域海底沉积物污泥)

2.2 试验方法

将三层过滤材料安装在采样柱上后,在采样柱一端安装一个单向阀和一个皮囊;将准备好的单节试验孔隙水采样柱过滤设备,插入到真实海底沉积物当中.为了防止海泥被稀释,对装有海泥的试验桶进行适当密封;接下来将装有海底沉积物和单节试验孔隙水采样柱过滤设备的试验桶放入高压仓内,盖上高压仓密封盖,打压至20 MPa;等待10 min后,打开高压仓,取出采样柱过滤设备,将储样室内孔隙水倒入量杯中并观察水的浑浊程度.

3 过滤试验结果与讨论

图10是过滤失败后的采样柱.图11显示的是不同孔径单节采样柱所采集到的孔隙水,其中1[#]水杯是自来水,2[#]水杯是孔径为2 mm的采样柱2次出现过滤失败的水质,3[#]水杯是孔径为1.5 mm的采样柱2次出现过滤失败的水质,4[#]水杯是孔径为1 mm的采样柱收集到的理想过滤水质.试验总共进行了5次,其分析结果讨论如下:

1) 因孔径大导致进出口处的水流量大,当高压仓快速泄压时,采样柱里面的孔隙水快速泻出,对过滤层产生冲击,导致过滤层材料变形,当孔隙水泻出速度为0时导致采样柱腔内为负压,外面的水又流进腔内,因过滤层材料已变形导致过滤失效.

2) 试验结果表明:当采样柱过滤系统选用孔径为1 mm的三层过滤材料结构时,整体装置内部孔隙水的沉积物粒径能够达到不超过5 μm 的技术要求.

3) 建议采样柱外表面过滤孔的位置尽可能远离过滤层材料的边界,降低材料变形对过滤效果的影响.



图10 过滤失败的采样柱

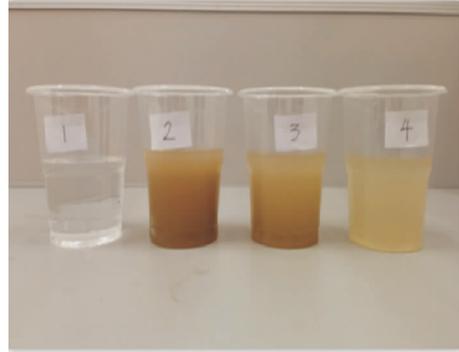


图11 过滤水质样本

4 结论

1) 通过对深海沉积物孔隙水原位采样柱进行过滤试验验证,结果表明:过滤孔径为 1 mm 时能够达到过滤精度为 5 μm 的技术要求,同时也说明了采样柱过滤装置的可行性.

2) 采样柱过滤孔径的设计大小对储样室内孔隙水中沉积物的粒径有直接的影响,从而间接的影响到孔隙水的浑浊程度.

3) 针对试验结果出现多次过滤失败的水质问题,可以考虑改变采样柱过滤孔的位置使其尽可能的靠近过滤网层的中心线或者增加安装过滤网层紧固螺钉的数量.

4) 经试验结果验证分析和总结,影响孔隙水中沉积物粒径的主要因素有外部环境压力、打压时间、过滤网层厚度以及采样柱外表面过滤孔径大小和位置等.

参考文献:

- [1] 刘少军,陈毅章,李力,等.深海保真取样器研究及其虚拟样机实现[J].机械工程与自动化,2005(1):1-4.
- [2] 安莉,程焯,秦华伟,等.新型深水天然气水合物保真筒保压特性研究[J].海洋工程,2013,31(5):75-81.
- [3] 庄广胶,王彪,吴超,等.搭载于ROV的深海半自动沉积物保压取样器设计[J].舰船科学技术,2016,38(17):108-111.
- [4] 陈毅章,刘少军,李力,等.深海悬浮物过滤薄膜过流能力与压力损失研究[J].液压气动与密封,2005(1):17-19.
- [5] 杨涛,叶鸿,赖亦君.南海北部陆坡天然气水合物的沉积物孔隙水地球化学研究进展[J].海洋地质与第四纪地质,2017(5):48-58.
- [6] Sansone F J, Spalding H L, Smith C M. Submersible-operated porewater sampler for permeable sediments[J]. Limnology & Oceanography Methods, 2008, 6(1):119-125.
- [7] Schacht U, Wallmann K, Kutterolf S, et al. Volcanogenic sediment-seawater interactions and the geochemistry of pore waters[J]. Chemical Geology, 2008, 249(3):321-338.
- [8] 张洪,温胜芳,单保庆,等.一种沉积物孔隙水的野外原位分层采集装置:中国,103105317A[P].2013-05-15.
- [9] 刘广虎,陈道华,杨灿军,等.深海分层气密水样采集系统的设计与应用[J].气象水文海洋仪器,2009,26(2):9-12.
- [10] 张洪,张文强,单保庆,等.一种便携式沉积物孔隙水快速抽滤装置:中国,103100253A[P].2016-05-09.