

组合式大体积水样采集与富集装置的研制及应用

袁雷 朱强 丛野 纪兴华 贾婷婷

(辽东学院城市建设学院 辽宁 丹东 118003)

[摘要]当前水环境中放射性核素的富集、监测和检验成了新的技术前沿,水环境放射性研究与痕量污染元素的溯源追踪技术都需要采集和富集大体积的水样。研发一种可直接应用于野外现场大体积水样采集和富集的装置可大幅提高放射性研究工作的效率。本文作者介绍了拟研制的组合式大体积水样采集与富集装置的设计原理、特点、应用,讨论了该装置的应用前景。

[关键词]组合式;大体积水样;放射性核素

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-627X.2021.05.369

0 引言

人类周围的水环境中存在着以天然铀(^{238}U 、 ^{235}U)为首的一系列衰变子体物质,宇宙射线与大气中氧、氮、碳等原子相互作用生成的辐射产物,以及核武器试验和核设施运行产生的裂变产物和活化产物,如 ^{137}Cs 、 ^{239}Pu 、 ^{240}Pu 等。由于这些放射性核素在水环境中的含量极低,因此一份样品往往需要采集几百升到几立方米水样,将他们富集才能达到分析仪器所能及的定量检测限。

如果使用普通采水器采集水样,并使用常规实验室抽滤装置过滤水样,不仅操作费时、费力,采集水样时可能还会遇到大体积沉淀泥浆分离的极大困难。因此设计、试制一套快速、方便的大体积水样采集与富集装置就显得尤为重要。

拟研制的组合式大体积水样采集和富集的技术装置与普通采水器不同,该装置不仅能够采集和同步过滤水样,还能够直接富集水中的放射性待测元素;同时可以采集水体之中悬浮物质样品。该装置将大体积的水样变成了小体积的富集样品,既解决了大体积水样的采集效率问题,又解决了元素的浓集问题,同时也避免了野外水样到实验室的长途运输问题。该技术装置研制成功将具有广泛的应用前景与使用价值。

1 组合式大体积水样采集与富集装置设计原理

组合式大体积水样采集与富集装置的设计从下到上分别为不锈钢挡板—膜过滤部分—不锈钢挡板—钢管—不锈钢挡板—吸附部分—不锈钢挡板。膜过滤部分分别为挡板—过滤单元—挡板,过滤单元有四个出水框和五个进水框,直径约为310毫米。8组直径30厘米、孔径0.45微米的微孔滤膜与直径30厘米、孔径30微米的PP膜夹在进水框(刻槽宽)和入水框(刻槽窄)之间,两膜粗糙面朝向进水框放置,以截留水中处于粒子态的元素,具体结构为进水框—微孔滤膜—PP膜—入水框,构成过滤框,过滤单元共有4个过滤框,1个过滤框由4个过滤层组成。前两个过滤层为第一过滤组,水流从上至下经过滤膜和PP膜,后两个过滤层与前两个过滤层相反,为第二过滤组,水流从下至上经过滤膜和PP膜。吸附部分有3个串联的吸附床,海水吸附时,单个吸附床内装6毫米厚100~200目色层中性氧化铝吸附剂约500克,以吸附海水中处于可溶态的元素,结构为PP膜—氧化铝—PP膜—氧化铝—PP膜—氧化铝—PP膜;河水吸附时,三个吸附床分别内装阴离子交换树脂、阳离子交换树脂以及色层中性氧化铝,以吸附河水中处于可溶态的元素,结构为PP膜—阴离子交换树脂—PP膜—阳离子交换树脂—PP膜—氧化铝—PP膜。装置可吸附的元素有As、Na、Cu、Zn、Ba、La、Eu、Tc、Ru、Ce、Cs等。同时为防止滤料流出,保证装置过滤速度,在单元出口处与吸附层a之间加装2张120目钢丝网,第二张钢丝网直径略小于第一张,以增大单元出口处与吸附层a的孔隙。装置紧固件和支持固件采用不锈钢材料,吸附层与过滤层均采用聚氯乙烯材料。

在运行方面,该装置采用自启动可调速自吸泵抽水,使水依次通过每个过滤层与吸附层,完成过滤与吸附过程。处理后

的水样通过一水流量计来记录水样流过的瞬时速度与总体积。装置底面不锈钢板与螺栓构成的抬升式结构与聚氯乙烯板内圈凹陷结构,在解决装置拆卸组装困难的同时,增大了装置的密封性。

2 组合式大体积水样采集与富集装置的河水与海水速率测试

使用该装置分别处理了一次河水样品与海水样品,记录了两次测试 0m^3 、 1m^3 、 2m^3 时的速度,记录结果如下:

表1 河水与海水样品速率测试

	0m^3	1m^3	2m^3
河水样品 (m^3/h)	1.20	0.98	0.59
海水样品 (m^3/h)	1.32	1.15	0.98

在样品处理速度方面,由于河水样品相对于海水样品吸附剂多了离子交换树脂,所以速度相对于海水慢了一些。随着样品处理量的增加,滤膜上的固体颗粒增多,处理速度下降。

3 组合式大体积水样采集与富集装置的特点与使用

3.1 组合式大体积水样采集与富集装置的特点

拟研制的组合式大体积水样采集与富集装置组装后在结构上更加紧凑、合理、技术更加先进,具有采集体积大、采集速度快、操作简便、组装与拆卸灵活、应用范围广等特点。

3.2 组合式大体积水样采集与富集装置的使用

组合式大体积水样采集与富集装置可用于水库、湖泊、河流、海洋等水体水样的放射性核素采集与富集的工作中。同时,针对某一种核素,可以选择吸附效率更高的吸附剂,进而达到更好的吸附效果,做到一器多用。装置真正将处理水样过程中的过滤步骤与核素吸附步骤组合起来,避免了一些水样处理过程中的问题,在实际应用中有较高的使用价值。

4 组合式大体积水样采集与富集装置的应用前景

综合来看,研发这样一种组合式的适用于采集大体积水样悬浮颗粒、富集大体积水样放射性核素的装置可极大减轻人力、物力,缩短处理时间,避免野外水样到实验室长途运输的麻烦,同时也解决了水样贮存时放射性核素不稳定性和过滤时沉淀分离困难的问题,提高了处理水样的工作效率。装置的研制成功将在大体积水样放射性核素的富集方面有较好的应用前景。

参考文献

- [1] 李志远,胡爱英.氧化铝吸附剂对海水中多种放射性核素的浓集效率研究[J].海洋环境科学,1984(3).
- [2] 李志远.适于水系环境放射性监测应用的无机离子交换剂[J].环境科学从刊,1983(5).

基金项目:2021年大学生创新创业计划训练项目(D202103201029593811)

作者简介:

袁雷,(2000.6),男,汉族,籍贯:辽宁沈阳,学历:本科在读,专业:自然地理与资源环境。