

团体标准 编制说明

标准名称 应急情况下海水中锶-90

快速测量技术规范（征求意见稿）

主编单位 浙江省辐射环境监测站

参编单位 中国辐射防护研究院

《应急情况下海水中锶-90 快速测量技术规范》（征求意见稿）编制说明

一、任务来源及计划要求

本规范基于“海洋环境安全保障专项——海上放射性事件跟踪监测与应急处置技术和装备研究”项目。清华大学是该项目的牵头承担单位。生态环境部辐射环境监测技术中心作为子课题“主要人工放射性核素的跟踪监测技术和标准研究”（课题编号：2016YFC1402503）的牵头单位，与山东省科学院海洋仪器仪表研究所和中国工程物理研究院核物理与化学研究所共同承担该课题的研究工作，研究主要内容是编制海洋主要人工放射性核素监测技术规范，研究开发海洋环境辐射自动跟踪监测数据收集与分析系统平台，课题已于 2021 年结题。《应急情况下海水中锶-90 快速测量技术规范》是其中一项监测技术规范。

为了更好地巩固成果以及开展海洋辐射环境监测工作的需要，2021 年 3 月我站向中国同位素与核辐射行业协会申请标准立项。协会根据国家标准化管理委员会、民政部《团体标准管理规定》（国标委联[2019]1 号）及《中国同位素与辐射行业协会标准化工作管理办法（修订）》和《中国同位素与辐射行业协会标准制修订工作程序》等要求，经提案、立项申报、立项评审等环节，最终准予本规范立项。协会下达 2021 年第一批团体标准立项计划的通知》（中同辐协[2021]26 号），项目计划号为 CIRA-STD2105。

二、编制情况

2.1 编制原则

2.1.1 充分考虑我国目前辐射应急监测的技术水平和能力；

2.1.2 与常规辐射环境质量监测和监督性监测积极兼容；

2.1.3 编制适用于应急情况的监测方法和监测数据处理方法。

2.2 编制组成员

序号	姓名	单位	职称	起草组 职务
1	周彦	浙江省辐射环境监测站	工程师	项目负责
2	杨永刚	中国辐射防护研究院	助理研究员	成员
3	胡晓燕	浙江省辐射环境监测站	工程师	成员
4	马莉娜	中国辐射防护研究院	助理研究员	成员
5	姚海云	浙江省辐射环境监测站	高工	成员
6	黄凌欣	浙江省辐射环境监测站	工程师	成员

2.3 工作分工

2.3.1

主编单位：浙江省辐射环境监测站

工作分工：全面负责《应急情况下海水中锶-90 快速测量技术规范》的编制工作。

2.3.2

参编单位：中国辐射防护研究院

工作分工：参与《应急情况下海水中锶-90 快速测量技术规范》的编制工作，并提供相应支持。

2.4 工作过程

（1）立项申请

2021 年 3 月我站向中国同位素与核辐射行业协会申请标准立项。

（2）立项批复

2021 年 5 月经立项申报、立项评审等环节，中国同位素与核辐射行业协会准予本规范立项。《中国同位素与辐射行业协会关于下达 2021 年第一批团体标准立项计划的通知》中同辐协 [2021]26 号。

（3）成立编制组

2021 年 12 月成立编制组，并和协作单位明确分工。

（4）标准启动会

2022 年 3 月 14 日，由中国同位素与核辐射行业协会组织，在线上召开了标准启动会，会后编制组按照启动会专家意见对标准（初稿）进行了修改。

（5）编制组内部讨论会

2022 年 6 月 22 日，编制组在线上召开了内部会议，再次讨论修改标准（初稿），并形成了标准（征求意见稿）及其编制说明。

（6）征求意见

2022 年 9 月 6 日，正式提交协会征求意见。

三、主要技术内容的说明

3.1 适用范围

本文件规定了海水样品中锶-90 的测量原理，试剂和材料，仪器和设备，探测效率，分析步骤，测量方法和计算。适用于应急情况下对海水中的锶-90 进行快速测量。

3.2 探测效率刻度

要计算样品中锶-90 的含量，必须要知道锶-89，锶-90 和钇-90 的切伦科夫计数效率和液闪计数效率，缺一不可。规范详细列出了锶-89、锶-90、钇-90 以及锶钇混合源的制备方法以及刻度方法。

3.3 分析步骤

样品的预处理和分离纯化是关键。海水成分比较复杂，含有大量钙、镁元素，若沉淀剂选择不当会产生较多沉淀，给后续处理带来麻烦。本规范采用氯化铵和碳酸铵为沉淀剂，可以明显减少沉淀量。分离纯化采用特效锶树脂，固定相是溶于辛醇中的dicyclo-hexano-18 crown-6衍生物。图3-1为不同硝酸浓度下锶树脂对一些金属离子的吸附能力。图中表明该树脂对锶的吸附能力远大于碱金属、碱土金属及其它一些阳离子。另外该树脂对锶的选择性要远大于钙，而钙是海水的重要组分。所以锶树脂适合海水中锶的分离纯化。

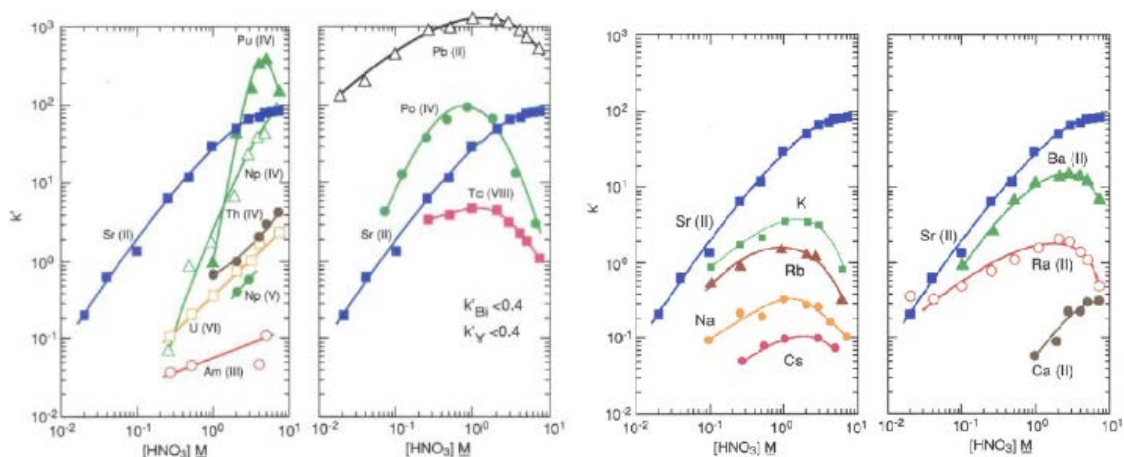


图3-1 不同硝酸浓度下锆树脂对一些金属离子的吸附能力

四、试验验证的情况和结果

核应急状况下，海水中可能同时存在 ^{89}Sr 和 ^{90}Sr 。为验证该方法在核应急状况下的适用性，采用不同活度比例的海水加标样品，验证本项目建立的应急状况下海水中 ^{90}Sr 快速测量方法。 ^{89}Sr 与 ^{90}Sr 的活度比例分别为 1:1、5:1、10:1 和 20:1，分析结果见表 4-1。如表 4-1 所示， ^{90}Sr 测量结果偏差随着 ^{89}Sr : ^{90}Sr 比例的增大而增大，这与相关文献报道（Michelle Tayeb, 2016）基本一致，这是由于高活度 ^{89}Sr 对 ^{90}Sr 的液闪测量干扰引起。而对于 ^{89}Sr : ^{90}Sr =1:1 的样品，本验证中 ^{89}Sr 和 ^{90}Sr 的测量结果出现相反的偏差结果，这个结果可能是液闪测量方面的问题，需要进一步验证。

总的来说，此次方法验证结果中最大偏差为 36% (^{89}Sr : ^{90}Sr =50:1)，这对于核应急状况下快速筛查污染情况的需求是可以接受的。目前的验证结果显示，该方法可适用于事故状况下海水中锆-90 快速测量。为充分验证核状况下的该方法的可行性，还需要进一步验证 ^{89}Sr : ^{90}Sr <1 状况下该方法的可靠性。

表 4-1 加标样品中海水中 ⁹⁰Sr 和 ⁸⁹Sr 测量结果

样品		测量值（Bq/kg）		MDA（Bq/kg）		平均活度（Bq/kg）		参考值（Bq/kg）		偏差		测量比值
⁸⁹ Sr/ ⁹⁰ Sr	ID	⁸⁹ Sr	⁹⁰ Sr			⁸⁹ Sr	⁹⁰ Sr	⁸⁹ Sr	⁹⁰ Sr	⁸⁹ Sr	⁹⁰ Sr	
1:1	R-1-1	6.73±0.84	4.02±0.53	⁸⁹ Sr: 2.5; ⁹⁰ Sr: 1.6		6.21±0.84	4.30±0.51	~5	~5	24%	-14%	1.44:1
	R-1-2	6.55±0.86	4.23±0.50	⁸⁹ Sr: 2.5; ⁹⁰ Sr: 1.6								
	R-1-3	5.36±0.83	4.66±0.50	⁸⁹ Sr: 2.5; ⁹⁰ Sr: 1.6								
5:1	R-5-1	236±15	53.2±5.7	⁸⁹ Sr: 31.8; ⁹⁰ Sr: 16.6		232±15	52.8±5.3	~250	~50	-7%	6%	4.39:1
	R-5-2	230±15	53.5±5.1	⁸⁹ Sr: 30.3; ⁹⁰ Sr: 14.0								
	R-5-3	230±15	51.6±5.0	⁸⁹ Sr: 30.5; ⁹⁰ Sr: 14.1								
10:1	R-10-1	235±14	29.8±4.8	⁸⁹ Sr: 28.7; ⁹⁰ Sr: 15.1		231±14	29.8±4.4	~250	~25	-8%	19%	7.75:1
	R-10-2	227±14	30.7±4.2	⁸⁹ Sr: 27.3; ⁹⁰ Sr: 12.8								
	R-10-3	231±14	28.8±4.2	⁸⁹ Sr: 27.7; ⁹⁰ Sr: 13.0								
20:1	R-20-1	470±28	33.7±8.8	⁸⁹ Sr: 53.8; ⁹⁰ Sr: 28.5		468±29	34.0±8.4	~500	~25	-6%	36%	13.8:1
	R-20-2	466±28	32.8±7.5	⁸⁹ Sr: 51.4; ⁹⁰ Sr: 24.2								
	R-20-3	468±30	35.5±8.7	⁸⁹ Sr: 60.1; ⁹⁰ Sr: 27.9								

a:不确定度为 1σ 水平

五、采用国际标准和国外先进标准的情况

为保证本项目建立的海水中锶-90 快速测量方法的先进性与可靠性，本项目充分调研了当前先进的国外海水中 ^{90}Sr 分离与测量相关的标准。目前，因为对 Sr 的高选择性及操作简单，基于 Sr 树脂已经开发了多种 ^{90}Sr 分析方法，该技术也被 IAEA、ISO 和美国环境保护署采用或列入水体样品中 ^{90}Sr 分析方法，详细信息如表 5-1。综合对比看，IAEA 方法样品处理量小，操作简单，8 小时可完成样品分析，其检测限满足核应急需求。所以，本项目基于 IAEA 的牛奶中放射性锶快速分析方法开发核状况下的 ^{90}Sr 快速分析方法。

表 5-1 国内外 ^{90}Sr 标准汇总表

序号	名称	发布单位	时间	分离方法	测量技术	检测限
1	Rapid Simultaneous Determination of ^{89}Sr and ^{90}Sr in Milk: a Procedure Using Cerenkov and Scintillation Counting. IAEA/AQ/27	International Atomic Energy Agency	2013	Sr 树脂	Cerenkov 测量技术; 液闪测量技术	^{90}Sr : 1.7~3.5 Bq/L; ^{89}Sr : 0.5~2.4 Bq/L (100 mL, 15 分钟) *
2	Water quality — Strontium 90 and strontium 89 — Test methods using liquid scintillation counting or proportional counting	ISO	2012	Sr 树脂	液闪测量技术	0.05 Bq/L (1 L, 1 小时)
3	Rapid Radiochemical Methods for Selected Radionuclides in Water for Environmental Restoration Following Homeland Security Events	EPA	2010	Sr 树脂	正比计数器	0.037 Bq/L (500 mL, 1.25 小时)
4	食品中放射性物质检验锶-89和锶-90的测定 (GB14883.3-2016)	国家卫生和计划生育委员会	2016	HDEHP/阳离子交换树脂	正比计数器	0.016Bq/g 灰
5	水和生物样品灰中锶-90的放射化学分析方法 (HJ 815-2016)	环境保护部	2016	HDEHP/阳离子交换树脂/发烟硝酸法	正比计数器	0.001 Bq/L(10L, 17 小时)

*: 该检测限来源于 TAYEB M, DAI X, SDRAULIG S. Rapid and simultaneous determination of Strontium-89 and Strontium-90 in seawater [J]. Journal of Environmental Radioactivity, 2016,

六、标准涉及的知识产权情况说明

无

七、与现行法律、法规、政策和相关标准的关系

填补空白，与《水和生物样品灰中锶-90 的放射化学分析方法》（HJ 815-2016）和食品中放射性物质检验锶-89 和锶-90 的测定（GB14883.3-2016）等互为补充。

八、实施标准的要求和措施建议

标准实施后建议组织相应的培训。

九、修改或废止有关标准的建议及理由

无

十、标准印刷数量建议

无

十一、其他需说明的事项

无

十二、参考资料清单

- (1) ISO13160-2012 Water quality — Strontium 90 and strontium 89 — Test methods using liquid scintillation counting or proportional counting.
- (2) IAEA/AQ/27 Rapid Simultaneous Determination of ^{89}Sr and ^{90}Sr in Milk: a Procedure Using Cerenkov and Scintillation Counting.
- (3) U.S.EPA-2010. Rapid Radiochemical Methods for Selected Radionuclides in Water for Environmental Restoration Following.

(4)GB14883.3-2016 食品中放射性物质检验锶-89和锶-90的测定.

(5) HJ 815-2016水和生物样品灰中锶-90的放射化学分析方法.