

放射性监测仪器设备的现状、发展趋势和对策

杨 年

(四川省核工业地质调查院, 成都 610021)

摘要:随着人们生活水平的日益提高, 人们对生活环境的要求也更高了, 放射性环境问题也成为人们日益关注的问题。本文论述了放射性监测仪器设备的现状、发展趋势和对策措施。

关键词:放射性监测; 测氦仪; 探测器; 本底

中图分类号: P631. 6⁺ 3 文献标识码: A 文章编号: 1006- 0995(2006)01- 0055- 04

放射性监测仪器在全国只有几个企业在进行少量生产, 处于几近停产的地步。随着国门的开放和放射性元素的使用领域越来越广以及核电站的建设, 需要监测的领域越来越多, 因此仪器的滞后发展, 应引起人们的足够重视。

1 环境伽玛监测仪器发展的现状

目前, 国产的环境伽玛辐射仪有很多种, 功能、大小各异, 其中以北京的 FJ373、西安的 FJ347、上海的 FD- 3007、各大专院校自行研发的便携式辐射仪, 以及原来放射性地质找矿用的 FD- 3013 和 FD- 3014 等为主。大的有几十厘米长, 小的有 BB 机大小; 评价个人剂量而生产的个人剂量计均以小、方便为主。性能、可靠性已完全满足国内环境监测工作需要的, 主要是电离室、G- M 计数管和闪烁计数器; 近几年用得最多的是 G- M 计数管, 从而使环境伽玛监测有了质的飞跃。目前国内生产的仪器在性能(仪器的稳定性), 价格(同等技术的仪器), 工艺制作(包含材料)上, 仍比国外进口的环境伽玛监测仪器要差些; 目前以堪培拉公司和俄罗斯等公司生产的伽玛辐射仪占据了相当大的市场。

2 伽玛能谱测量仪器发展现状

伽玛能谱仪主要用在能谱测量上, 在放射性找矿、找水领域具有重要的作用; 在环境测量领域, 主要用于测定环境样品中放射性比活度。由于其应用的广泛性, 国内对该类测量仪的研发很多, 如原国营 261、262、263 核仪器厂, 以及各大专院校。由于技术上相对成熟, 使各家生产的仪器, 性能大致相同; 不同的在于探测器的选择、分析软件以及价格的比较。对大气污染源的监测, 主要趋向于使用高纯锗半导体探测器以及突出低本底的功效。表 1 是不同探测器的特点及主要用途。

表 1 不同探测器的特点及用途

探测器分类	特点及用途
气体探测器(电离室、正比计数器、G- M 计数器)	对于电离室来说, 源的面积可以很大, 有利于低比放射性的测量, 但换源不方便, 适合电子能量的测量。正比计数器适用于低能 β 谱的测量, 但最大能量一般限于 1MeV 以下。气体探测器一般结构简单, 价格比较便宜
闪烁计数器	分辨时间短, 适合于符合测量, 能测量射程较大的粒子, 灵敏面积较大, 可达 100 m ² 左右, 但分辨率差, 会因为散射问题影响谱线
半导体探测器	能量分辨率好, 小巧; 使用方便, 线性响应好, 分辨时间短, 但灵敏面积小, 并且温度效应及辐射损伤效应较大

目前, 伽玛能谱仪在建材放射性比活度的测量中具有一定的市场, 因此, 不断提高仪器性能和完善分析软件是主要的方向。

收稿日期: 2005- 03- 21

作者简介: 杨年(1979-), 男, 海南东方市人, 核工程与核技术、计算机科学与技术专业双学位, 助理工程师, 主要从事放射性环境监测, 核应急和核安全以及核辐射数据处理等工作

3 氦及氦子体监测仪器发展现状

适用于环境空气中氦的测量方法列于表 2, 适用于环境中氦子体测量方法列于表 3。表 4 为一些测氦仪的比较。

表 2 环境空气中氦的测量方法

方法	采样方式	采样动力	探测器	探测下限	备注
α 径迹蚀刻法	累积	被动式	聚碳酸酯膜 CR-39	$2.1 \times 10^3 \text{ Bq} \cdot \text{h} / \text{m}^3$	
活性炭盒法	累积	被动式	Nal(Tl) 或半导体	$6 \text{ Bq} / \text{m}^3$	
双滤膜法	瞬时	主动式	金硅面	$3.3 \text{ Bq} / \text{m}^3$	
气球法	瞬时	主动式	金硅面	$2.2 \text{ Bq} / \text{m}^3$	200L 气球
连续氦监测仪	连续	主动式	金硅面	$10 \text{ Bq} / \text{m}^3$	
闪烁室法	瞬时或连续	主动式	闪烁室	$40 \text{ Bq} / \text{m}^3$	0.5L 闪烁室
活性炭浓集法	瞬时	主动式	闪烁室或电离室	$3 \text{ Bq} / \text{m}^3$	

表 3 环境空气中氦子体的测量方法

方法	采样方式	采样动力	探测器	探测下限	备注
被动式 α 径迹蚀刻法	累积	被动式	聚碳酸酯膜 CR-39	$6 \times 10^{-5} \text{ Jh} / \text{m}^3$	
主动式 α 径迹蚀刻法	累积	主动式	聚碳酸酯膜 CR-39	$2.1 \times 10^{-5} \text{ Jh} / \text{m}^3$	用泵或加静电场
氦子体累计采样单元	累积	主动式	TLD	$1 \times 10^{-8} \text{ Jh} / \text{m}^3$	
库斯尼茨法	瞬时	主动式	金硅面	$1 \times 10^{-8} \text{ Jh} / \text{m}^3$	
马尔可夫法	瞬时	主动式	金硅面	$5.7 \times 10^{-8} \text{ Jh} / \text{m}^3$	
三段法	瞬时	主动式	金硅面	$2 \times 10^{-8} \text{ Jh} / \text{m}^3$	

表 4 一些测氦仪的比较

序号	仪器名称	仪器型号	原产地	探测器	检测范围	测量时间	备注
1	多功能测氦仪	RTM1688	德国	半导体偏压(电离室)	$0 \sim 1 \text{ MBq} / \text{m}^3$	15 分钟	快速
2	Portable 测氦仪	RTM2100	德国	半导体偏压(电离室)	$0 \sim 10 \text{ MBq} / \text{m}^3$	20 分钟	快速
3	连续测氦仪	1027	美国	半导体偏压(电离室)	$0.1 \sim 999 \text{ Pci} / \text{L}$	1 小时	正常
4	测氦仪	FT 648	北京	ZnS(Ag) 闪烁体	$3.3 \text{ Bq} / \text{m}^3$ (灵敏度)	30 分钟	正常
5	RaA 测氦仪	FD-3017	上海	半导体(垒型金硅面)	0.1 em (灵敏度)	20 分钟	正常
6	便携式测氦仪	RAD7	美国	半导体偏压(电离室)	$0.1 \sim 20\,000 \text{ Pci} / \text{L}$	1 小时	正常

4 水污染源监测仪器发展现状

我国水污染源监测仪器主要是由污水流量计和比例采样器构成, 该项技术业已成熟, 但污染水中的铀含量仍需采样后实验室分析, 目前还谈不上实时监测。对于水中铀的快速分析是下一步研发的重点。

5 辐射环境监测常用的大型分析仪器

1) 原子光谱技术在环境监测中的应用: 目前最先进的是等离子体发射光谱仪(ICP), 具有应用面广且灵敏度高的特点, 但其价格十分昂贵, 适合于大批量样品的分析。我国目前应用最多的是原子吸收分光光度计, 该仪器整体水平与国外相比相差不大, 主要是石墨炉原子化器的性能还不够理想。

2) 气相色谱仪: 当前的市场主要被进口产品和引进技术的合资产品所占领, 国产仪器应在自动化、稳定性、可靠性方面下功夫。

3) 液相色谱仪: 目前国内已有生产, 但因精密机械加工水平较差, 流路经常漏液, 使仪器无法工作, 所以如何提高制造工艺水平, 是液相色谱能否快速普及的不可忽略的因素。

4) 离子色谱仪: 专用于测定水中的无机离子, 国产仪器从 20 世纪 80 年代中期进行研制, 到目前已发展到全微机化自动测试, 前期的流路漏液问题已基本解决, 可能满足环境监测工作的需要。

5) 质谱仪: 质谱技术主要用于无机元素的同位素分析, 其与色谱分离技术结合, 可以用来作有机物的定性分析, 色质联机(GC-MS)是环境监测中用于有机物分析的重要手段, 目前在环境监测系统使用的所有色质联机, 全为进口产品。如何尽快填补这一空白, 应引起有关部门的重视。

6) 低本底 α 、 β 测量装置: 分为单与多路测量仪, 主要是指有单和多个独立的主探测器。又分为半导体探测器和气体探测器, 主要用于环境样品的总 α 、 β 分析。

6 应急监测技术与装备

所谓应急监测, 主要指突发性核泄漏事故和化学危险品泄漏事故。突发性的核事故, 来势凶猛, 短时间内难以控制, 防不胜防, 在一个广泛的范围内, 突然造成巨大的环境破坏, 导致大量人、财、物的损失, 并可能引起社会动乱。随着我国核电站建设的数量增加, 应急辐射监测仪器和设备的研制与生产, 已有一个比较完整的体系, 但因规模小、故障率高, 利润低, 亟待改进。

7 国内辐射环境监测仪器设备与国际水平的差距及对策措施

国内外监测仪器、设备水平的差距因仪器不同, 差距大小不一。其原因来自多个方面, 既有客观因素, 亦有主观因素, 现就其主要原因叙述如下。

1) 辐射环境监测仪器的发展具有将实验室搬到现场的趋势, 逐渐向数据直读, 实时监测连续监测发展, 这需要高、精、尖的光电、电化学传感器以及相应附加的其他压力、温度、湿度传感器等, 然而传感器的研制, 不仅需要高深的理论, 而且需要大量的设备投资, 人、物、财耗量大, 见效周期长, 这也是我国传感器行业比国外发达国家落后的主要原因。

2) 二次仪表的开发。就其整体设计水平来说, 国内外差距不大, 而就功能设置与软件编辑来说, 更适合我国的国情。对此我们也应有一个充分的认识。

3) 历史的原因: 我国早、中期一些辐射环境监测仪器、设备的研发项目, 多由国家分配给一些大的研究机构完成, 而完成后研究单位又不生产, 因其批量少, 综合技术多, 技术要求高, 一般具有规模效益的企业不愿接产, 有的小企业接产, 往往因为人员水平低、资金力量薄、制造工艺差造成用户意见大, 打不开市场局面, 致使我国辐射环境监测仪器、设备水平长期徘徊不前, 发展极慢。20世纪90年代初期, 我国早期涉足环境监测仪器、设备生产的企业, 因种种原因, 均逐渐退出这一领域。随之出现一批大小不一、水平参差不齐的环境监测仪器、设备专业生产企业, 进入了无序竞争的阶段。经过近10年的淘汰、竞争与发展, 监测仪器、设备领域正在逐渐走向规范有序。由于监测仪器、设备的生产企业起步晚、规模小、缺乏国家财政和地方财政的支持, 靠自有利润滚动发展, 短期内难有起色, 制约了我国监测仪器、设备技术的进一步发展。

综上所述, 说明我国监测仪器、设备与国外先进水平的根本差距是制造工艺粗糙, 表现形式为可靠性、稳定性差, 就其根源, 是我国整体制造水平低、工艺差、产品利润空间少。

8 今后重点发展的环境监测仪器

1) 污染源和辐射环境源项监测仪器: ①污染源在线监测仪器。污染物排放的总量监测要求浓度与流量同步连续监测, 在线测流和比例采样是总量监测的基本技术手段, 对于重点污染源还需要配备在线监测仪器。②流量计。用于规范化的明渠污水排放口流量的在线监测仪器。③自动采样器。用于污染源排放口具有流量比例和时间比例两种方式的在线自动采样装置, 有烟羽、碘及气溶胶采样装置。④在线监测仪器。用于铀矿冶炼、反应堆、核燃料厂等污染源或放射性废矿石的在线监测分析仪器。监测主要项目有: 伽玛照射剂量率、氡气、氡子体、氡析出率以及各种核素的比活度和含量分析等, 应具有自动校正和快速、准确测量的功能。⑤水中铀、镭、钍、钾自动监测仪器。用于地表水环境质量指标的在线自动监测仪器。主要是水中铀、镭、钍、钾自动监测仪。

2) 便携式现场应急监测仪器: 该仪器, 用于突发性环境污染事故监测, 其主要特点为小型、便于携带及快速监测, 如便携式 $\alpha\beta$ 表面沾污仪、碘快速分析仪等。

3) 放射性监测仪器: ①大面积屏栅电离室 α 谱仪。测量环境介质中 α 放射性核素的浓度。②全身计数

器。用于监测职业工作者或公众的全身污染情况。③环境辐射剂量率仪。用于监测环境贯穿辐射水平。

4) 提高我国监测仪器设备水平的对策和措施。①应该提倡在相近技术水平的情况下, 首先采用国产监测仪器设备, 目前除极个别高、精、尖仪器外, 国产仪器基本上能满足监测要求。②随着技术水平的提高, 适当的提高国产仪器、设备的价格, 提高利润空间使企业有足够的资金提高制造水平, 使产品的可靠性和稳定性接近国际水平。③监测仪器属强制性鉴定计量器具, 在许可证的发放上技术监督局有具体、详细地规定。但前几年许多环保部门组织比对或者是测试, 其过程根本无法与型式试验的严格程度相比, 今后是否应该避免, 应由权威部门进行协调。④国家有关部门, 应尽快制定有发展前途的环境监测仪器技术规范或技术指南, 尽量避免厂家在开发过程中各行其是。⑤对一些市场容量大、综合技术强、价值高的高新技术项目, 由国家进行招标, 由企业或企业加研究单位(或学院)联合投标的方式进行, 尽可能少走项目分给研究单位研究, 成功后再转让, 企业接受转让后再吸收、消化的模式。⑥对于重大项目或课题, 国家尽可能给予资金上的支持, 可利用少量拨款, 无息贷款或资本金注入等形式, 促使项目技术加快产业化的步伐。

参考文献:

- [1] 潘自强. 中国核工业三十年辐射环境质量评价[M]. 北京: 原子能出版社, 1990
- [2] 周文斌, 等. 核资源与环境研究成就与展望[M]. 北京: 原子能出版社, 2000
- [3] 凌球. 核电站辐射测量技术[M]. 北京: 原子能出版社, 2001.

Present Situation, Trend and Countermeasures of Radioactive Detecting Instruments

YANG Nian

(Sichuan Institute of Geological Survey of Nuclear Industry, Chengdu 610021)

Abstract: People's demands of environment have become higher with rising of living standards. Effect of radioactive material on environment has aroused general concern. This paper deals with present situation, trend and countermeasures of radioactive detecting instruments.

Key words: radioactive detecting; radonscope; detector; background

(上接第 54 页)

表明, 日照胡家岭石榴单辉辉石岩为地幔高程度部分熔融形成的岩浆凝结而成; ②铂族元素丰度高、正斜率的特点表明, 主要受高程度部分熔融的控制, 岩浆没有达到硫饱和, 未发生硫化物的分离; ③这种岩浆是地幔源区残留石榴石, 主要熔出单斜辉石而形成的, 与有关实验研究类比可知, 其形成压力大于 4.2 GPa, 部分熔融程度大于 30%, 该岩体折返前的矿物相组成可能为单斜辉石+ 石榴石。

9) 史仁灯报告了西藏班公湖 MOR 型和 SSZ 型蛇绿岩的地幔橄辉岩的研究成果, 指出: ①蛇绿岩不仅在威尔逊旋回的初期(MOR 型)可以形成, 而且在威尔逊旋回的末期(SSZ 型)也可以形成, 因而, MOR 型和 SSZ 型蛇绿岩的厘定具有不同的大地构造意义。

10) 李献华报告了金川超镁铁岩体形成时代的 SHRIMP 斜锆石定年, 介绍了斜锆石(ZrO_2)的特点: ①基性岩浆演化晚期的强分异岩浆中结晶; ②成为(超)镁铁侵入岩捕获晶的可能性非常小; ③比锆石具有更容易保持 U—Pb 同位素封闭体系, 不易发生后期的铅丢失; ④斜锆石是测定(超)镁铁侵入岩结晶年龄的最理想方法(Heaman and Lecheminant 1993); ⑤ $Th/U < 0.1$; ⑥斜锆石 U/Pb 分馏有“晶体方位”效应, 导致斜锆石的 U—Pb 年龄不可靠(Wingate and Compston, 2000), 因此斜锆石的定年应采用 $^{207}Pb^*/^{206}Pb^*$ 年龄。得出金川超基性岩锆石 U—Pb 年龄 = $(827 \pm 8)Ma$; 金川超基性岩斜锆石 Pb—Pb 年龄 = $(812 \pm 21)Ma$; 侵入超基性岩的辉绿岩锆石 U—Pb 年龄 = $(828 \pm 3)Ma$; 金川含铜镍超基性侵入岩和基性岩脉的形成年龄为 827 Ma, 并推论, 龙首山地块具有华南亲缘性。

(下转第 63 页)