

核生化灾害应急救援及处置技术 国外监测体系现状及发展趋势

贺 鑫，廖韩林，薛红民，赵，毅

(中国人民解放军 73921 部队 南京 210028)

摘要：本文通过对部分国家的辐射监测体系的调研，从核与辐射安全管理体制、辐射监测体系运行、辐射监测技术等几个方面，深入总结其特点和先进经验，并对我国辐射环境监测体系监测建设作出了有益的思考。

关键词：监测体系，现状，发展趋势

0 引言

当前，我国正处于经济高速发展的战略机遇期。制约我国经济发展的重要因素之一是日益增长的能源需求和脆弱的环境承载力之间的矛盾。核电，作为一种清洁高效的能源成为我国突破能源瓶颈的必然选择，必将迎来大发展。然而，由于公众缺乏对原子能的认知，对核电的安全性心存疑虑，给核电项目建设造成了很大的阻力。

加强我国辐射环境监测体系建设，能够起到确保辐射环境安全，消除公众疑虑，推进经济建设的作用。为使我国辐射环境监测体系建设更加科学有效，亟需对辐射环境监测开展较早、体系建设水平先进的国家进行充分调研。欧洲国家辐射环境监测体系建立早、水平高、且管理体制与我国相似，是我们学习研究的天然蓝本。

本文选取了一些较先进的欧洲国家辐射环境监测体系进行了深入调研，并结合我国实际情况进展开探讨。

1 世界部分国家监测体系现状

1.1 奥地利辐射监测系统

奥地利辐射监测系统是 197 年设计，1976 年开始安装的一套辐射监测预警系统。2003 年 1 月 1 日，联邦环境署从农业部、林业部、环境和水资源管理部接管了该系统的运行。辐射监测早期预警系统共有 336 个监测点，遍布奥地利全国，监测环境辐射剂量率。另外还有 10 个气溶胶监测站，监测空气中的放射性核素。

1.2 德国辐射监测系统

德国综合测量和信息系统 IMIS 成立于 1993 年，是一个覆盖整个联邦德国的辐射监测系统，可对所有环境介质进行环境放射性活度的持续监测。IMIS 有超过 2000 个长期监测站，除了进行剂量率测量外，同时监测大气、降水和水中放射性活度浓度。此外，对食物、饲料、饮用水、废水、废料也进行放射性监测。

参与 IMIS 监测的联邦机构有德国气象局 (DWD)、辐射防护联邦办公室(BfS)、联邦水文局(BfG)、联邦海事和水文地质办公室(BSH)、联邦水产业研究所(BfF)、联邦环境、自然和核安全部(BMU)以及大气研究所 (IAR)。

所有监测装置通过 BfS 的数据监测系统连接，BfS 收集所有放射性测量数据并进行处理、备份、传输给 BMU。根据这些监测数据以及德国气象局 (传播预测) 和辐射防护联邦办公室(辐射预测)预报的数据，环境部、自然资源保护核安全部决定是否有必要以进行干预以保护公众免受危害。

1.3 意大利辐射监测系统

意大利国家环保局 (ANPA) 成立于 1994 年 1 月，现在改名为环保技术服务部，直属环境部。ANPA 于 1996 年建立了环境辐射监测系统，监测空气中低水平人工放射性核素，选择气溶胶微粒作为监测环境的

主要介质, 持续监测并可早期预警。该系统由连接于 ANPA 应急中心控制中心的两个全国监测网组成, 将测量数据、警报信号和系统状况信息实时传给控制中心以对数据进行评估、报告并录入到数据库中, 并可对监测站功能进行远程诊断。ANPA 环境辐射监测系统的最大特征就是它是一个自动监测网络, 由两个空气放射性持续自动监测网组成: REMRAD 监测网和 GAMMA 监测网。REMRAD 监测网是建立在空军基地监测空气微粒的自动监测站。该监测网作为早期预警系统(第一水平网), 包含 7 个自动监测站, 其监测地点为气象条件适合于覆盖来自欧洲核电站放射性核素最有可能经过的地方。GAMMA 监测网(第二水平网)包括 50 个剂量率探测器, 分布在各国家林业公司, 目的是按照放射性烟羽在意大利地区的空间分布, 对受到影响的地理覆盖区域进行实时评估。两个监测网都是实时持续连接着各自在 NAPA 应急中心的控制中心, 在控制中心对测量结果加以分析并将异常情况报告给操作人员。

1.4 英国辐射监测系统

在英国, 法律规定所有使用电离辐射的地方(例如医院、大学、核设施)都有义务对其周围环境进行辐射监测并记录核废料的处理情况。各地的监测方式多种多样, 都配置了复杂的放射防护仪器来测定各种放射性同位素。有些情况下, 尽管相关第三方(大学、医院、商业性试验室)会进行监测评估, 但是地方当局还会亲自监测。迄今为止, 在英国 300 多个地方机构进行着独立的放射性监测。批准公司或机构向环境排放放射性物质是英国环境署(EA)和苏格兰环境保护局(SEPA)的职责。这两个部门负责检查这些涉核机构对放射性核废料的监测和处理情况。核准的辐射水平充分考虑了放射性核素所有可能的照射途径, 它们的物理半衰期, 以及可能影响关键人群的预测辐射剂量。

1988 年 1 月, 在分析切尔诺贝利核事故之后, 为了应对国外的核事故对英国本土的影响, 英国政府提出了一项“全国反应计划”, 其核心是建立国家辐射事故应急监测网(RIMNET)。RIMNET 的第一阶段于 1988 年启动, 旨在探索一套临时方案。1994 年 4 月 26 日第二阶段正式开始实施, 旨在提高未来英国应对任何海外核事故的能力。第二阶段于 2003 年左右结束, 随后就开始第三阶段, 第三阶段采用最先进和最高效的软件、硬件和通信系统。

英国还有很多地方性的放射监测机构, 南英格兰放射监测小组(SERMG)就是其中最大、最知名的。该组织成立于 1988 年, 是与南安普敦大学合作成立的。其成立的最初目的是为人们解答对于切尔诺贝利核事故的疑惑, 并调查法国北部和英格兰南部的核设施对周围环境的影响, 后来开始对该区域的环境本底辐射水平进行测量和发布报告, 并向 RIMNET 和 NRPB 提供信息和数据。健康和委员会(HSE)下的核安全监管办(ONR)于 2011 年 4 月 1 日成立, 作为 HSE 的组成部门被确定为法定机构。ONR 合并了 HSE 的核理事会、核设施监管会、国内核安全组织和英国安全防护办公室等部门的安全和防护功能。从 2011 年夏天开始, 交通部的放射性材料运输部门也将加入 ONR。

2 监测技术发展趋势

通过对国外的辐射环境监测体系的分析, 可以从中得出一些规律, 抓住并遵循这些规律可以在我国辐射环境监测体系建设中起到事半功倍的作用。

2.1 区域间辐射监测数据交换平台作用重要性增强

区域核事故辐射监测数据交换平台和预警系统的作用将得到加强。如在福岛和事故中以欧洲各国辐射环境监测网络为基础开发的欧洲委员会辐射紧急通知系统(ECURIE)和欧洲辐射环境实时监测数据交换平台(EURDEP)对欧洲国家的监测和预警起到重要作用。EURDEP 网络中心位于意大利 Ispra 市的欧洲委员会联合研究中心, 除此之外, EURDEP 还在德国 Freiburg 市设有镜像站点。EURDEP 可以以三种方式接收数据: (1) 通过授权给 JRC 采用 ftp 进行传输; (2) 通过 ftp 直接传输; (3) 采用 Email 直接发送各成员国可以以 Email 或 ftp 的形式定期接收来自 EURDEP 的数据, 并通过 EURDEP 图示界面了解欧洲各国得监测点的数据信息。EURDEP 可以与核事故应急大气扩散研究程序 ENSEMBLE 系统相结合研究核事故时放射性物质的大气迁移。丹麦芬兰冰岛挪威和瑞典五国组建了北欧核安全研究-NKS(Nordic Nuclear Safety Research)组织, 其监测数据对公众免费开放。此类区域性监测数据交换/共享网络可以扩大监测范围至国土之外, 有效

弥补本国监测点位不足，能够从宏观层面把握辐射扩散形式，并为参与国家提供更充裕的预警时间。

2.2 辐射监测将更加强调快速灵活的特点

监测系统时效性作用更加突出，环境样品监测就地化快速化渐成趋势如德国 IMIS 通过对地表覆盖物和空气的长期测量，实现可快速可靠地评估环境放射性的轻微变化，在福岛应急情况下能快速确定事件的性质和规模，快速确定环境污染的程度和辐射所致居民的有效剂量日本的相关企业加快了能在短时间内检测放射性物质的新机器的开发，某企业新开发了一种新的测定装置，只要将待检样品放入铅制容器中，只需 10 分钟左右即可测定放射性物质含量。

有别于核试验沉降，核事故和恐怖袭击是当前辐射监测重点关注的事件，迅速的反应有助于最大限度减少辐射污染对公众和环境的影响。

2.3 公众对监测数据等信息公开的要求日益增强

公众对监测系统的数据/信息公开的要求更高，有关国家逐步强化信息公开如德国 IMIS 在监测结束后，监测结果在万维网上及时向公众发布并为联邦政府有关部门的应急决策提供基础数据；奥地利辐射监测系统向奥地利广播公司（ORF）和联合研究中心（JRC）提供监测数据，这两个机构也收集其它欧洲国家的大量早期预警系统的环境放射性数据奥地利监测网中有 96 个被选站点的辐射测量数据能够在奥地利广播公司的电视以文字显示监测数据的公开有助于公众了解实际情况，减轻恐慌情绪，从而能够从容有序应对紧急情况。

2.4 移动检测设备在核事故中作用突出

移动监测如车载移动实验室航空测量设备作用更加突出如福岛核事故中移动监测车沿日本西北部高速公路沿线迅速开展监测，迅速取得大量珍贵数据，为应急措施提供了依据德国 BfS 有六辆环境辐射监测移动实验室（MobileSPEC），在福岛核事故中，BfS 命令联邦边界警察在直升机中安装测量土壤放射性的装置在飞机上安装配备便携式和实验室使用的 NaI(Tl)或 HPGe 探测器监测系统，便于在短时间进行大范围内快速准确的放射性监测和能谱分析为了对福岛附近海域海水中放射性核素 Cs-134 及 Cs-137 的含量进行测量连续性测量，美国俄勒冈大学开发了一套船载流水式测量系统，该系统省去了海水人工采样等环节，可直接对海水核素含量进行连续性测量。

2.5 监测设备设施在极端条件下的可靠性以及数据传输能力要求更严格

对监测设备设施在极端条件下的可靠性以及数据传输能力要求提高如在福岛核事故中，厂区周围人员难以进入，监测设备损毁严重造成固定站监测数据匮乏有鉴于此，英国监测机构将对一些自动监测站进行加固和无线传输升级；意大利 REMRAD 监测网监测站要求配备备用柴油发电机；韩国要求安装在海岸线和核电站的 ERMS（环境辐射监测系统）应具有可持续供电 4 个小时的蓄电池，以备在外部电源丧失的情况下使用英国 RIMNET 的监测站监测仪器安放在不受风雨影响的柜子中，每个监测器都有一个电池作为备用能源，保证在外界断电的时候设备能够继续运行；奥地利检测系统使用标准的危机管理数据线，建立一套错误验证系统，该技术可保证在中枢系统出现错误时，系统照常运转，所有部件持续供电，最重要的部件要有备份，以便在需要时立即更换，在整个联邦辐射预警系统崩溃的形势下，独立的备用中心可代替其运行。

2.6 无人/远程控制监测取样设备在核事故中作用显著

无人/远程控制监测取样设备将发挥更大作用在核事故的严酷环境下，人控监测将使监测人员面临极大危险，随着技术发展，无人/远程控制监测取样设备将可以有效解决此问题此次福岛事故中，日本美国等国家先后应用了此类设备并获取了大量数据东京电力福岛第一核电厂发生事故时，为了避免被辐射感染，自卫队用直升机搜集情报受到限制，而美国的无人侦察机和军事用机器人能够深入反应炉附近，掌握内部的情况，日本政府为了加强对核电厂灾害等的应对能力，决定引入无人侦察机与军事用机器人，将采购 2 架波音公司的扫描鹰和 2 架国产无人侦察机为了对福岛核电站上空空气中放射性核素含量进行监测，日本开发了无人空中飞行系统（UAV），可以到达手持和车载测量仪器无法到达的核电站上空无人飞行直升机上携带一个联合了 NaI 和塑料闪烁体的探测器和尘土采样器，可以通过无线电和雷达操控，在空中一次停留 90 分钟测量数据可以实时传输到地面。

2.7 各层次监测力量协同配合作用凸显

福岛核事故中, 不仅国家级监测机构投入了大量监测力量, 各科研机构地方性监测机构甚至个人监测者也做了大量的工作, 对监测体系起到了重要的补充作用多级机构的协同也可以检验数据质量, 应对公众质疑, 降低监测成本如在英国有 300 多个地方机构进行着独立的放射性监测, 在福岛期间发布了大量监测数据信息

2.8 传统监测技术与现代信息技术和通讯技术相结合的趋势

福岛事故后短期内, 监测技术未见突破性发展, 在原有监测技术基础上, 整合了先进信息处理技术和通讯技术的监测手段成为目前的研发方向信息处理技术体现在数据集成存储分析整合(如包含地理信息等)设备自诊断等; 通讯技术体现在通讯方式选择上(如射频 3G 技术卫星蓝牙 WIFI 等), 实现远程探测(包含应急响应和环境测量), 远程剂量探测, 从而取得更可靠及时稳定的监测数据信息处理技术的整合将使设备的对专业技术人员的依赖性越来越少, 监测设备将具有自行开展监测操作控制报告自检自诊断修正工作的能力数据存储和控制能力在不断增强, 设备的尺寸和费用相应减小

3 总结

通过分析, 并结合我国辐射环境监测能力现状, 认为我国今后辐射环境检测体系建设应做到以下几点:

1) 应加强军地协同, 加强各级监测站点建设, 各级各部门监测机构协同合作, 实现数据互通监测站的设立应更灵活更有效

2) 应强化监测设备设施在极端条件下的可靠性以及数据传输能力

3) 应强化固定监测点布局和密度以及监测/取样要求, 使固定观测点具备实时气象参数监测能力实时气象数据能够为放射性物质扩散与沉降的预测提供依据, 辐射监测站应该具备测量气象数据的能力

4) 应加强移动监测如车载移动实验室航空测量设备监测力量建设, 针对各种现场环境(高空海洋等)的测量系统改进是应急辐射监测的一个重要技术支持

5) 应加强监测系统快速化建设, 争取环境样品监测就地化快速化就地能谱测量技术(Insitu) 更受重视有关放射性核素污染的现场测量, 已经显露出由实验室测量方法向现场测量发展的动态

6) 应加强无人/远程控制监测取样设备监测能力建设, 加强高空无人放射性测量系统海洋连续放射性测量系统开发并投入使用

参考文献:

- [1] 张瑞珠. 利用自蔓延高温合成技术固化放射性废物[D]. 北京: 北京科技大学, 2005
- [2] 张瑞珠, 郭志猛, 高峰. 用 SHS 将核废物固定于类矿石[J]. 稀有金属. 2005, 29 (1): 25
- [3] 张瑞珠, 郭志猛. 自蔓延高温合成钙钛矿型人造岩石固化体[J]. 北京科技大学学报, 2004, 26(5):