

核事故应急分析的启示和思考

赵淑权¹, 谈明光², 黄士斌³, 胡和平¹, 项希桥¹, 朱国英¹

中图分类号: IL73 文献标识码: B 文章编号: 1004 - 714X (2008) 04 - 0471 - 01

【摘要】目的 估算核事故的严重程度, 制定相应的应急处理措施, 以减少核事故带来的危害。方法 利用可采用的各种测量技术和放射分析方法, 分析进入放射性污染区域人员的体内污染核素及内照射剂量。结果 4个实例都及时有效地分析出污染核素, 有的估算了相应的内照射剂量。结论 核事故应急分析应加强基础科学与学科联合研究, 不断提高监测水平。对于不同人群和不同污染核素应采取与之相对应的处理措施和分析方法。

【关键词】核事故; 应急; 核素; 内照射剂量

自从原子弹发明以来, 用于战争仅广岛、长崎两例, 对环境和百姓造成极大的损害。然而核事故却频繁出现在人们的视野中, 最为严重的是 1986年 4月 26日发生在前苏联切尔诺贝利的核电站事故, 给前苏联国家、居民和周边环境造成了灾难性的后果。人们在核事故的应急处理过程中, 不断总结和提

1 进入体内的污染核素分析

核事故应急分析的一个重要内容是人员内照射剂量的快速分析。在全身计数器尚未得到普及的情况下, 24h尿样的系统分析不失为一个很好的选择方案。

1.1 分析测量方法 现代核技术发展很快, HP Ge 谱仪, 低本底液闪测量仪, 电感耦合等离子体质谱仪 (ICP-MS) 得到了普及, 成为核事故应急分析的得力工具。由于核裂变产物, 中子活化产物 (或感生放射性) 大都具有放射性, 因此, 通过谱分析, 可以全面得到它们的比活度, 速度快、效率高, 又是非破坏性分析; 低本底液闪测量仪对于低能射线的 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{147}Pm , 纯放射性的 ^{89}Sr 、 ^{90}Sr , 放射性核素 ^{239}Pu 、 ^{240}Pu 等具有良好的探测性能, 可以弥补谱仪的不足; ICP-MS测定 ^{235}U 、 ^{238}U , 计算 $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ 比率, 及时判断是否贫铀弹污染, 显示了卓越的本领。将以上三者有机结合起来, 配合适当的放射化学分析和低本底、测量技术, 进行比对分析, 应该能够圆满地完成核应急条件下, 受污染人员尿样的系统分析, 为受照人员的内照射剂量估算, 快速、全面提供基本数据。这里的核应急泛指核电站事故、核弹 (原子弹、氢弹)、脏弹、贫铀弹以及 ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 、 ^{60}Co 等放射源丢失或误食, 核医学的内污染造成人员的内污染等等。

1.2 系统分析步骤 我们将能谱分析作为系统分析的第一步, 判断有无放射性核素污染, 若有, 则列出测到的放射性核素, 根据这些核素以及它们之间的比例, 即可鉴别是核电站事故, 还是核弹 (原子弹、氢弹)、脏弹所污染; 第二步, 将谱测定后的尿样, 取一定量, 用 ICP-MS测定 ^{235}U 、 ^{238}U , 计算 $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ 比率, 即可判断是否贫铀弹所污染; 第三步, 再取一定量尿样, 作低本底液闪分析, 如 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{89}Sr 、 ^{90}Sr 、 ^{147}Pm 、 ^{239}Pu 、 ^{240}Pu 等; 第四步, 剩余尿样, 根据上述三步的结果, 再决定做放射化学分析, 用低本底、测量技术进行适当的比对。

1.3 应急分析实例 本系统分析程序曾经成功地运用于以下四个实例。

(1) 切尔诺贝利核电站事故期间, 本市一位在基辅进修的访问学者 (1986.4~8), 1987年初回沪后, 作了四次 24h尿样收集和谱分析, 前三次 (每月一次) 均测到了 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs , 最后一次, 即一年后的随访, 已降至本底。估算了 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 所致的内照射剂量。根据 UNSCEAR 2000年报告公布的 $^{131}\text{I}/^{134}\text{Cs}$ 、 $^{131}\text{I}/^{137}\text{Cs}$ 的比例, 回顾了 ^{131}I 所致的内照射剂量, 说明事故的早期测定 ^{131}I 的重要性^[1], 尤其对于胎儿和婴幼儿, 则显得更为必要。因为切尔诺贝利核事故后廿余年来的观察、研究结果表明, 儿童时期 (包括正怀孕的胎儿), ^{131}I 甲状腺剂量是造成若干年后甲状腺癌的主要原因^[2]。所以, 研究儿童个体甲状腺剂量与甲状腺癌之间的关系, 以及临床如何采取医学防范措施予以及时阻断, 则是一个很好的课题, 需要多学科的联合攻关, 值得重视。

(2) 一起 ^{90}Sr 粉末源丢失, 并被外地民工误食的应急事故。开始不清楚丢失的是什么放射源, 收集 24h尿样, 先作谱分析, 没有发现放射性核素。全取 24h尿样, 加入 Sr Y载体, 加固体草酸 5~10g, 加热近沸, 6N NaOH调 pH4, 冷却至室温, 抽滤、沉淀连同滤纸炭化、灰化, 600 灼烧, 冷却, 称重, 铺 0.3g, 在 FJ-2603低本底、测量仪上测放射性, 通过计算得到 24h尿样中 ^{90}Sr 的放射性强度, 根据 ICRP报告, 计算进入体内 ^{90}Sr 的量。此即为放射化学分析, 低本底测量仪测量 ^{90}Sr 内污染的例子。时间为 1995年 4月 7日至 14日。

(3) 1999年 7月 9日, 接上级通知, 一名驻南斯拉夫使馆归国工作人员作全面放射性体检, 采集 24h尿样。尿样先作谱分析, 结果没有放射性核素, 全部尿样加 Sr Y载体, 用 6N NaOH调 pH8, 加热凝聚后, 冷却, 抽滤。滤液加 5~10g草酸, 加热溶解, 至近沸, 用 6N NaOH调 pH4, 冷却至室温, 抽滤。合并两次滤液连同沉淀物, 炭化, 灰化在 600 下灼烧, 冷却称重, 铺 0.3g在 FJ-2603低本底、测量仪上测量, 放射性均为本底, 得出该使馆工作人员体内尚无放射性核素明显污染的结论。由于当时中国科学院上海应用物理研究所还未引进 ICP-MS, 所以还不能开展 ^{235}U 、 ^{238}U 的分析^[3]。

(4) 2007年 5月, 本市某医院核医学科工作人员热释光剂量监测出现异常, 患者经 80keV全身扫描, 发现头、脸显示有放射性聚集, 颈脖用 FD-3013B测量有明显放射性污染, 留 24h尿样, 经谱分析, 确定为 ^{131}I 内污染。患者女, 31岁, 并有一个十个月的喂奶女婴, 立即停止喂奶, 曾收集了女婴尿数毫升, 在谱上明显发现有 ^{131}I 。由于量少, 无法定量。应该收集 24h的尿不湿, 收集 24h母乳 (停止喂奶后) 供分析, 都没做到, 甚为可惜。该事例证明, 热释光剂量日常监测工作是很必要的。

2 思考与体会

通过这些年的应急分析工作, 深深体会到核事故应急分析要加强基础科研, 加强管理, 加强协作, 贯彻核应急管理 24

基金项目: 复旦大学 985 资金资助项目, 国家自然科学基金资助项目 (30370442)

作者单位: 1 复旦大学放射医学研究所, 上海 200032;

2 中国科学院上海应用物理研究所; 3 复旦大学上海医学院

作者简介: 赵淑权 (1942~) 男, 福建同安人, 研究员, 从事辐射监测与防护工作。

字方针;常备不懈,积极兼容,统一指挥,大力协同,保护环境,保护公众^[4]。

(1)加强对放射源,放射性药物等的监控,减少以至杜绝类似事件的发生。

(2)核事故应急分析,是一项公益性的事业,一般任务急,要求高,没有什么专项经费支持,全凭一种对社会的责任感和对事业的精益求精,获得了同行的大力协助,希望通过努力和重视,加强彼此的沟通和方法的比对,能做得更好些。

(3)加强基础科学多学科联合研究。如: 受照儿童个体甲状腺¹³¹I剂量(如何准确定量)与若干年后甲状腺癌之间的关系,以及临床上如何预防其发生; 甲状腺外照射剂量热释光剂量计的累积剂量, 24h尿样分析之间的关系。

(4)喂奶妇女¹³¹I内污染时,汗液、乳汁和 24h尿样之间的影响关系等等。

(5)依托国家重点实验室这个平台,大力协同,互通有无,使监测水平不断提高。

(致谢,本工作曾得到上海 CDC吴水龙、高林峰,上海辐射

环境监督站李传琛、戈立新等老师的大力协助,在此表示衷心的感谢!)

参考文献:

[1] ZHAO Shuquan, HUANG Shibin, L U Shiming, et al Measurements of ¹³⁴Cs and ¹³⁷Cs in urine and estimation of the internal dose of an adult exposed to the Chernobyl Accident [J]. NUCLEAR SCIENCE AND TECHN QUES 2007, 18 : 115 - 117.

[2] UNSCEAR 2000 Report Sources and effects of ionizing radiation [R]. United Nations, New York Annex J: 515 - 517, 519, 2000.

[3] E A. ough, B. J. lewis, W. S and et al An examination of uranium levels in canadian forces personnetl who served in the gulf war and kosovo [J]. Health Phys 2002, 82 : 527 - 532.

[4] 卫生部核辐射事故医学应急培训班教材 [Z]. 1999, 9, 16 - 20.

(收稿日期: 2008 - 07 - 01)

【工作报告】

莱芜市医用诊断 X射线机防护情况调查

翟爱华

中图分类号: F145 文献标识码: D

为了了解莱芜市医用诊断 X射线机卫生防护工作现状,对我市 56台 X射线机进行了现场监测调查。

1 调查内容和监测方法

1.1 调查内容 对市医用诊断 x射线机使用单位的 X射线机的使用情况、型号、容量、机房的面积、警示标识、指示灯、机房门窗的防护情况和是否有隔室操作及入射体表空气比释动能率等。

1.2 监测仪器和方法 用 F - 3013H型智能化 X射线辐射仪 3550型 X射线剂量仪,按《医用 X射线诊断卫生防护监测规范》、《医用 X射线诊断卫生防护标准》进行监测评价。

2 结果

2.1 各级医院医用诊断 X射线机机房基本情况 铅门铅窗使用率、隔室率市级 >区级 >乡镇,市、区级单位和 99%的乡镇卫生院工作场所都设有警示标志、指示灯。有些机房面积达不到《医用 X射线诊断卫生防护标准》中所规定的面积,我们对 40间机房面积进行了测量,其中 20%的机房面积达不到要求,造成的原因主要是 X射线机房在基建时未经放射防护部门审查图纸,其次是放射科增设 X射线机后,以各种普通房代替所致。

2.2 不同级别医院医用 X射线机外防护监测情况(表 1) 乡镇卫生院的外防护比市、区级的外防护情况差。

表 1 不同级别医院医用 X射线机外防护情况监测

级别	监测点数	合格点数	合格率 (%)
市级	726	718	98.90
区级	521	502	96.35
乡镇	688	591	85.90
合计	1935	1833	94.73

2.3 入射体表空气比释动能率监测结果 入射体表空气比释动能率超标不仅增加了受检者的受照剂量,而且使放射工作人

作者单位:莱芜市疾病预防控制中心,山东 莱芜 271100

员受照剂量增加,本次调查入射体表空气比释动能率合格率见表 2。

表 2 入射体表空气比释动能率监测结果

级别	监测台数	合格台数	合格率 (%)
市级	20	20	100
区级	10	9	90.0
乡镇	16	12	75.00
合计	46	41	89.13

2.4 个人防护用品 调查中还发现个人防护用品放射工作人员配置率达 90%以上,受检者防护用品配置率不到 5%,而且基本不用。

3 讨论

我市基层 X射线机使用单位主要以小容量的 X线机为主,机器的防护性能较差,仍使用旧的 X射线机,有的使用上级医院淘汰下来的机器。导致超剂量照射,这是因为地方经济和防护意识的差异所致。有的机房门或机房窗户封闭不严,铅板厚度不够,或拼接有漏洞;有的机房无窗户。采用全封闭方式,这虽然在射线防护上起到一定的作用,但不利于采光和通风,有的机房面积不合格,这是没有做好新、改、扩建机房的预防性卫生监督。

医用诊断 X射线的应用越来越广泛,应用项目不断增加,接触 X射线的人数也在不断增加,然而,本次调查发现,卫生防护存在不少问题,为了加强医用诊断 X射线特别是基层乡镇医院的卫生防护工作,应加强放射防护知识和有关法律法规的宣传和培训,加强经常性放射防护监测,严格执行有关放射防护法规和标准,落实和完善防护措施,强化放射防护工作的档案管理,使放射防护工作逐渐步入科学化、规范化、系统化的管理轨道,保护受检者的健康,这对提高我市放射卫生防护水平具有重要意义。

(收稿日期: 2008 - 05 - 28)