

反应堆排污河流放射性水平与评价

谢明义 谢成瑶¹

(四川省放射卫生防护所, 成都 610041)

中图分类号: TL75⁺1 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2000)02-088-02

反应堆是核能利用和同位素生产的主要核设施。由于反应堆运行期间伴有放射性废物产生, 其中的液态废物通常都排入所在地水域中, 因而对受纳地区造成一定的放射性污染。为了解其对环境辐射的影响, 我们对川江上游某核动力基地所属排污口, 及其下游河段水环境的放射性状况进行了调查研究。依据国家标准对河水放射性给予卫生评价, 为保障下游公众用水安全提供科学依据。

1 调查与实验方法

根据调研目的和要求, 考虑到反应堆排污受纳河流的地理环境、人口分布和污染源特征, 调查采样断面布局以排污口为中心, 取上游 10km 处为对照点, 排污口起点为 0km, 下游 0.5km、3km、8km 和 30km, 共 6 个采样断面。由于反应堆放射性废水中以含人工放射性核素为主, 其中大多数核素半衰期短且归一化释放量小于 1GBq/GW(a)^[1], 经过放射性衰变和受纳河流的自净化作用, 只有少数人工核素能够显现出来。所以, 本次调研采用放化分析和 γ 能谱定量相结合的方法^[2], 检测受纳河流水体及底泥中天然核素²³⁸U、²²⁶Ra、²³²Th、⁴⁰K 和人工核素⁶⁰Co、⁹⁰Sr、¹³⁷Cs 的含量。放射性测量仪器为低本底 α 、 β 放射性测量装置和 HPGe-8192 道 γ 谱仪系统, 检测程序和所用标准源经国家计量标准比对、量值传递, 保证样品分析测定结果准确可靠。

2 结果和讨论

2.1 河流水体放射性水平与分布

表 1 列出了受纳河流水体放射性检测结果, 各项数据是一年内数次测定的平均值。

表 1 纳污河流水体放射性水平与分布(mBq·L⁻¹)

	0km	0.5km	3km	8km	30km	对照
总 β ($\times 10$)	238	10.6	5.0	3.9	3.2	4.3
⁶⁰ Co	503	4.5	3.8	2.6	0.8	N.D
⁹⁰ Sr	1614	9.7	9.6	6.8	2.4	2.1
¹³⁷ Cs	506	4.2	4.6	2.8	0.5	N.D
²³⁸ U	6.3	10.4	8.8	6.4	9.7	7.4
²²⁶ Ra	5.9	7.2	5.7	4.9	5.7	4.3
²³² Th	0.8	0.9	0.7	0.6	0.9	0.9
⁴⁰ K	54	66	62	39	31	42

* N.D 表示未检出

由于受纳河流常年平均水流量较大, 废水进入河道后很快被河水稀释, 原来具有较高活性的人工放射性物质在 0.5km 之后稀释度达到两个数量级以上。0.5km 后的采样断面上, 水体放射性核素含量为每升毫贝可级。主要人工核素⁶⁰Co、⁹⁰Sr、¹³⁷Cs 的比活度都高于对照点, 并随离排口的距离增加而逐步降低。水中天然核素比活度变化范围和对照点检出值处于同一水平, 在水中的含量与排放距离无关。水中总 β 放射性与人核素有相同的变化趋势, 在 0.5km 内, 总 β 比活度远高于对照点。可见, 反应堆排污河流对水体的污染主要是人工放射性核素, 与此相关的总 β 放射性是近距离污染监测的重要指标, 采用“减⁴⁰K 总 β ”监测, 可早期发现放射性污染。

2.2 河流底泥放射性水平与分布

1 四川省人民医院

作者简介: 谢明义(1941~), 男, 重庆市人, 研究员, 主要从事放射卫生专业。

河底沉积物对河水放射性有蓄积和调节作用, 分析河底泥是放射性污染调查的重要工作。在采水样时, 取同一点的底泥, 检测同样的核素含量。结果列于表 2。

表 2 纳污河流底泥放射性水平与分布(Bq·kg⁻¹)

	0km	0.5km	3km	8km	30km	对照
总 β	1300	640	670	667	659	488
⁶⁰ Co	13.2	2.8	2.5	0.7	0.4	N.D
⁹⁰ Sr	6.0	5.3	0.8	0.3	0.2	0.2
¹³⁷ Cs	9.0	2.1	1.8	1.5	1.2	0.3
²³⁸ U	22.4	18.9	24.0	29.6	36.1	25.6
²²⁶ Ra	34.2	28.0	29.4	31.6	42.3	35.0
²³² Th	39.4	36.1	35.1	42.8	49.4	44.2
⁴⁰ K	518	525	547	600	600	505

由表 2 所示, 底泥总 β 放射性和人工核素比活度在 30km 内的各断面上都高于对照点; 也高于 1979 年川江水系放射性调查的数值^[3], 与河水人工放射性随离排口距离递减的变化规律一样, 底泥放射性的递减变化更加明显。各断面底泥中天然核素含量差异不大, 和对照点处于同一水平, 它们的存在与废水排放无关。可见, 反应堆排污对底泥也主要是人工放射性污染。污染物随河水迁移, 在沉积物中留下放射性残余物, 经底泥的蓄积、释放, 使河水中的放射性在非排放期间仍高于对照点。所以, 监测底泥人工核素含量, 既可了解放射性污染程度, 也可了解污染范围, 是较上监测河水更好的方法。

2.3 河水放射卫生评价

为了解反应堆排污所致河水放射性污染程度, 把各断面河水放射性检出值(A), 与我国规定的露天水源限制浓度(MPC)进行比较,^[4]按式 $P=A/MPC$ 计算相应核素的等标污染指数^[4], 结果列于表 3。

表 3 纳污河流水体等标污染指数(P)

	0km	0.5km	3km	8km	30km
总 β	2.38	0.011	0.005	0.004	0.003
⁶⁰ Co	1.4E-03	1.2E-05	1.0E-05	0.7E-05	0.2E-05
⁹⁰ Sr	0.62	3.7E-03	3.7E-03	2.6E-03	0.9E-03
¹³⁷ Cs	1.4E-02	1.1E-04	1.2E-04	0.7E-04	0.1E-04
²³⁸ U	1.7E-04	2.8E-04	2.4E-04	1.7E-04	2.6E-04
²²⁶ Ra	5.4E-03	6.5E-03	6.3E-03	4.5E-03	6.3E-03
²³² Th	2.2E-03	2.4E-03	1.9E-03	1.6E-03	2.4E-03

从各断面河水 P 值看出: 0.5km 后水中⁹⁰Sr、¹³⁷Cs、⁶⁰Co 的含量虽然较对照点高, 但污染程度很低。与限制浓度比较, 分别为 MPC 值的 10⁻³、10⁻⁴、10⁻⁵量级; 主要天然核素在水中的浓度²²⁶Ra 和²³²Th 为 MPC 值的 10⁻³量级, ²³⁸U 为 MPC 值的 10⁻⁴量级, 都是很低的。按照我国放射卫生防护标准, 在此河道的下游取水是可以的。但应指出: 由于我们调查的时间只有一年, 讨论时使用的都是检测平均值。从河水和底泥的监测中, 已看出纳污河流受到一定的放射性污染。所以, 为保障排口下游沿岸居民的用水安全, 加强对核设施排污河流放射性污染的监督监测是十分必要的。

3 小结

云南省 γ 辐照加工装置安全隐患及处置

胡 培 朱 瑾 寇静冬 李长青 王大芳

(云南省 卫生防疫站,昆明 650022)

中图分类号: R148 文献标识码: B 文章编号: 1004—714X(2000)02—089—01

γ 辐照加工装置是指用于医疗用品辐射消毒、农业育种、化工产品加工、食品保鲜以及辐射研究用的 γ 放射源装置。所用放射源一般为 ^{60}Co 源,装源活度 $3.7 \times 10^{14} \sim 3.7 \times 10^{16} \text{Bq}$ 。由于装源活度大,一旦发生事故后果严重。为此,我们对云南省 3 个 γ 辐照加工装置安全防护设施进行了现场抽检。

1 概况

云南省现有 γ 辐照加工装置 3 个,分别简称为辐照室 A、辐照室 B、辐照室 C。均使用 ^{60}Co 作为辐照源。辐照室 A1974 年建成投入运行,现装源活度 $1.85 \times 10^{14} \text{Bq}$,主要用于科研及种子辐照,其次是药品灭菌。辐照室 B1994 年建成运行,目前装源总活度 $6.24 \times 10^{15} \text{Bq}$,主要用于辐照中成药、卫生巾、食品及橡胶制品等。辐照室 C1997 年建成运行,装源活度 $7.4 \times 10^{15} \text{Bq}$,主要用于辐照中成药、生物制品及卫生用品等。

2 检查依据

- 2.1 《放射性同位素与射线装置放射防护条例》
- 2.2 《 γ 辐照加工装置卫生防护管理规定》
- 2.3 《放射工作人员健康管理规定》

3 检查方法

检查前,向 γ 辐照加工装置使用单位发放“ γ 辐照加工装置放射防护情况自查表”,由使用单位如实填写后,返回放射卫生防护部门进行备案审查。

检查开始,首先听取 γ 辐照装置使用单位基本情况汇报,内容包括装置投入运行以来设备运转状况、安全管理规章制度制定和执行情况,以及放射工作人员健康管理等工作。汇报完毕,对 γ 辐照加工装置的安全防护设施进行现场抽检,对其安全性、有效性通过实际操作,在运行、静止等不同状态下进行全面检查。

对检查中存在问题,针对具体情况,分别以监督意见书形式提出改进措施。

4 存在问题

检查发现的问题主要有:控制台钥匙不起连锁作用;货物出口处未设置光电报警系统及降源连锁装置;货栏不严密,被照物有倒出危险;迷道红外报警系统使用的蓄电池发现未充电;拉线开关出现继电器故障,显示有误;应急降源按钮少,且操作不便。

更为严重的是,检查发现某辐照加工装置使用单位持无效《放射性同位素工作许可登记证》;辐照室开门状态下可以升源;自动升降源装置不能工作,升降源位靠目测钢丝绳判断,而钢丝绳松动,不能正确判断源位;源位指示灯混乱,源在贮存位时警灯亮、铃响;辐照室无源架保护,未见迫降装置,无光电踏

板、红外连锁等装置;工作人员无《放射工作人员证》,无健康体检、个人剂量、防护知识培训等档案记录。

同时,部分辐照场对运行期间发生机械故障事故隐瞒不报,自行处理,构成相当大的事故隐患。

5 处置

针对存在的不同问题,提出相应处理意见,重点强调保证连锁装置运行的可靠性和功能的互补性,对重要控制元器件的质量提出具体检查要求。同时,从规范管理的角度出发,指导辐照装置使用单位,根据相关法规、标准规定,建立、完善安全防护检查和记录制度。

对存在严重问题的辐照场,责令停止使用辐照装置,提出整改方案,经专家审核同意后实施改造。整改完成后由省卫生厅、公安厅组织验收审查,合格后发放“放射性同位素工作许可证”、“放射性同位素工作登记证”,取得上述证件方可恢复使用辐照装置。

6 小结

作为一类特殊的放射性同位素使用装置,国家对 γ 辐照加工装置制定了严格的安全管理规定和详尽的技术标准,以规范运行,预防与缓减潜在照射危害,应该说,对其管理要求、监督力度远高于一般的放射性同位素使用装置。其工作人员文化层次较高,安全文化意识较强,对事故的防范应表现出相对高的安全度。但事实上,全国 γ 辐照加工装置事故仍屡有发生^①,我省 3 座辐照场的检查也发现确实存在较多隐患。

因此,对 γ 辐照加工装置在强调预防性卫生监督和常规监督检查工作的同时,必须增加管理工作的技术含量,应注意从辐照场设计、选址、建造、装源、定位、安装、调试、运行、维修、管理及其它安全防护等诸多方面,规范、全面地审视辐照场的安全防护水平和整体安全防护的可靠性;对与源相关所包容的许多问题,实行必要的安全分析,跟踪检查各重要元器件功效,并将重点置于安全防护连锁硬件系统和全面软件管理。而目前一些放射卫生监督人员此方面的专业知识是不够的,需要不断补充与强化。为此,建议组织全国范围内技术培训工作,由专家讲解 γ 辐照加工装置设计、运营、维护、检查等方面专业知识,并针对历年工作中发现的问题,重点指导应采取的技术措施,以提高执法检查水平,确保杜绝放射事故发生。

(本文得到梅水笙主任技师具体指导,特此致谢!)

参考文献:

- [1] 侯庆梅,等. 1985~1994 年 γ 辐照装置放射事故原因浅析[J]. 中国辐射卫生, 1997, 6(1): 16.

收稿日期: 1999—05—07

修回日期: 1999—09—13

作者简介: 胡培, (1963~)男,河南省人,副主任技师,主要研究方向:放射卫生。

3.1 反应堆排污河流主要形成人工放射性污染,关键核素是⁹⁰Sr、¹³⁷Cs、⁶⁰Co,它们在水和底泥中的含量随离排口距离的增加而逐步降低。

3.2 底泥有富集放射性物质的能力,监测受纳河流底泥放射性可了解放射性污染规律,结合近距离河水“⁴⁰K 总 β ”监测,可早期发现异常放射性污染。

3.3 由于河水的稀释和自净化,受纳河流受放射性污染的程度很低,仍符合国家卫生标准。排口下游 8km 外的河水放射性水平与上游基本一致,已看不出有放射性污染。

(参加本工作的人员还有向长兴、白建林等同志)

参考文献:

- [1] UNSCEAR 1982 Report[R]. New York, 1982, UN.
- [2] 《环境放射性监测方法》编写组. 环境放射性监测方法[M]. 北京:原子能出版社, 1977.
- [3] 长江水系放射性水平调查协作组. 长江水系放射性水平及其卫生评价[R]. 卫生部防疫司, 1983.
- [4] GBJ8—74 放射防护规定[S].

收稿日期: 1999—05—26