

## 田湾核电站运行后外围环境水体中锶-90 放射性水平研究

徐 萍<sup>1</sup> 蒋云平<sup>1</sup> 王利华<sup>2</sup>

中图分类号:X591 文献标识码:B 文章编号:1004-714X(2011)03-0334-02

【摘要】 目的 为了评估田湾核电站运行后对外围环境水体的影响。方法 依据国家环境保护总局通知精神和国家相关的标准规定的分析监测方法。结果 2005~2009 年,田湾核电站外围地下水、地表水、饮用水和海水锶-90 的监测结果分别为 0.74 mBq/L~14.4 mBq/L、3.0 mBq/L~16 mBq/L 和 3.6 mBq/L~7.0 mBq/L; 1.0 mBq/L~3.07 mBq/L。结论 与运行前本底值相比,田湾核电站外围环境水体放射性水平在正常波动范围内,核电站外围陆地淡水和附近海域海水没有受到放射性污染。

【关键词】 水体; 锶-90 放射性; 田湾核电站

田湾核电站位于连云港市高公岛乡柳河村管辖的田湾,座落于后云台山南麓的扒山头地区,东临黄海,西与宿城山谷相邻,南面是黄海滩地,北靠后云台山。厂址距连云港市区(新浦)直线距离约 28 km,北与连云港镇隔山相对,直线距离约 5.2 km。核电站非居住区边界定为以反应堆为中心,半径 0.5 km,限制区外边界定为以反应堆为中心,半径 5 km。

田湾核电站于 2005 年投入运行,在 2000~2001 年田湾核电站选址时候进行过本底调查,2004 年建成而未装料时又进行过本底监测。在放射性污染物中,锶-90 备受人们关注,锶-90 是人工核素,是核裂变产物,裂变产额较高,它不仅是核爆的裂变产物,也是核燃料后处理厂废物的重要放射性成分。并且锶-90 是一种长寿的放射性核素,它能长久地存在于

生态系统中,锶的化学性质与钙相似,能够形成多种溶解度;较大的化合物,它们在生态系统中有较大的流动性,而且锶-90 易于沉积在含钙的组织中或介质中。锶-90 主要随食物进入人体,从消化道进入血液中,并参与钙的代谢过程。人体中的锶-90 大部分蓄积于骨骼中,它在骨骼中的生物半衰期非常长,达  $1.8 \times 10^4$  d,因此在有核电站的区域,对锶-90 的监测占有重要位置。2005 年以来,江苏省辐射环境监测管理站一直对该核电站外围环境中  $\gamma$  辐射剂量率水平和各种环境介质放射性核素含量进行连续监督性监测,以掌握核电站周围环境辐射水平变化和放射性核素累积情况,结合核电站常规运行放射性流出物的排放数据和监测结果,验证与评价核电站安全运行和排放管理状况,评估核电站意外放射性排放对周围环境的影响,为环保行政主管部门监督管理提供依据。笔者主要报道 2005~2009 年田湾核电站外围环境水体中锶-90 核素放射性水平的监测结果。

作者单位:1 江苏省辐射环境保护咨询中心,江苏 南京 210036; 2 江苏省辐射环境监测管理站  
作者简介:徐萍(1970~),女,汉族,江苏南京人,技师,从事放射化学分析工作。

较低,但大气气溶胶中<sup>7</sup>Be 浓度监测数据的月平均值较低,原因可能是该时间段内监测点设备维护,样品数量较少,影响了月平均值数据。11、12 月<sup>7</sup>Be 浓度月平均值较低可能与该时间段降雪次数较多有关。

表 1 兰州地区 2009 年度大气气溶胶<sup>7</sup>Be 浓度

| 月份  | 样品数 | <sup>7</sup> Be 浓度范围<br>(mBq·m <sup>-3</sup> ) | 平均值<br>(mBq·m <sup>-3</sup> ) |
|-----|-----|--|-------------------------------|
| 1   | 13  | 3.58~10.15                                     | 7.37±1.67                     |
| 2   | 17  | 4.46~9.29                                      | 6.65±1.35                     |
| 3   | 31  | 3.72~17.81                                     | 9.74±2.84                     |
| 4   | 29  | 2.94~12.95                                     | 9.83±2.64                     |
| 5   | 31  | 2.75~16.07                                     | 9.92±3.28                     |
| 6   | 30  | 3.89~14.54                                     | 9.48±2.54                     |
| 7   | 31  | 2.37~13.81                                     | 9.23±3.47                     |
| 8   | 29  | 2.72~12.50                                     | 8.19±2.84                     |
| 9   | 29  | 0.31~12.60                                     | 6.81±3.77                     |
| 10  | 31  | 2.66~11.52                                     | 8.51±2.21                     |
| 11  | 30  | 1.92~12.77                                     | 7.59±2.93                     |
| 12  | 31  | 4.83~10.30                                     | 7.63±1.23                     |
| 年总计 | 332 | 0.31~17.81                                     | 8.54±2.93                     |

3.2 海拔高度影响 全世界范围有 70 多个监测站长期观测放射性核素<sup>7</sup>Be 的浓度,其全球平均水平是 2.45 mBq·m<sup>-3</sup>,在海拔高于 700 m 站点观测数据的平均值是 3.54 mBq·m<sup>-3</sup>,海拔低于 700 m 站点观测数据的平均值为 1.84 mBq·m<sup>-3</sup>[2]。兰州海拔平均高度为 1 520 m,<sup>7</sup>Be 浓度年平均值为 (8.54±2.93) mBq·m<sup>-3</sup>,高于世界平均值和海拔高于 700 m 站点数据平均值。

3.3 剂量估算 由兰州地区大气气溶胶中<sup>7</sup>Be 浓度年平均值为 (8.54±2.93) mBq·m<sup>-3</sup>,采用我国成人呼吸率典型值 22.2 m<sup>3</sup>

·d<sup>-1</sup>[3] 吸入放射性核素<sup>7</sup>Be 所致的待积有效剂量  $5.2 \times 10^{-11}$  Sv·Bq<sup>-1</sup>[4],估算出兰州附近地区成人吸入<sup>7</sup>Be 所致的年吸收剂量为  $3.60 \times 10^{-9}$  Sv。

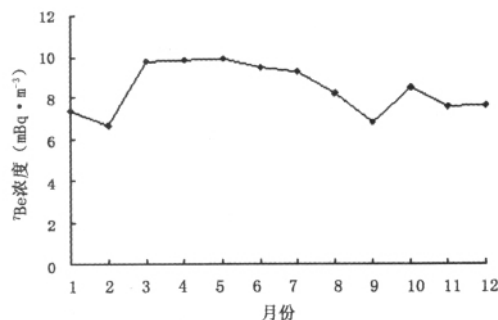


图 2 兰州地区 2009 年度大气气溶胶<sup>7</sup>Be 浓度月平均值变化曲线

## 参考文献:

- [1] 万国江,郑向东,LEE HN,等.瓦里关山与观风山近地面空气<sup>7</sup>Be 浓度季节性变化对比[J].地球化学,2006,35(3):257-264.
- [2] 林伟立,朱彤,唐孝炎.珠穆朗玛峰地区大气示踪剂 Be-7 的观测[J].北京大学学报(自然科学版),2003,39(4):462-466.
- [3] GB/T 17982-2000 核事故应急情况下公众受照剂量估算的模式和参数[S].
- [4] GB 18871-2002 电离辐射防护与辐射源安全基本标准[S].

(收稿日期:2011-02-16)

1 监测布点与方法

1.1 监测布点 田湾核电外围辐射环境监测点位布设 ,原则上优先考虑尽量与本底调查点位重合 ,并考虑人口分布、地理环境、水文、气象、生态环境等因素。饮用水监测点位设在青口镇、杨圩镇。地下水点位设在高公岛、平山警备区、地表水点位分布在蔷薇河断面、青口河段面、宿城水库。海水点位设在核电厂排放口、三磨刀塘、丁港、水岛、高公岛、厂址以东、刘圩、西连岛、青口闸 ,海水监测点位见图 1。

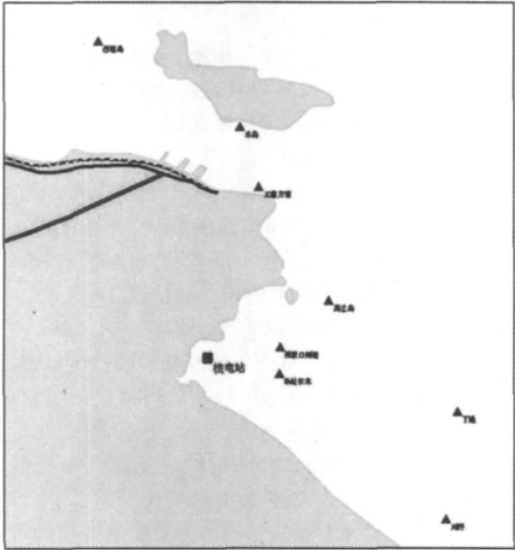


图 1 海水监测点位分布图

1.2 监测方法与仪器 地下水、地表水、饮用水、海水中锶 -90 的分析方法均采用 GB 6766 - 1986《水中锶 -90 放射化学分析方法 二 - (2 - 乙基己基) 磷酸萃取色层法》<sup>[1]</sup>。分析仪器采用流气式 LB770 低本底 α、β 测量仪、PIC - MDS - 8 低本底 α、β 测量仪 两台仪器的本底均在 0.25 ~ 0.38cpm 之间 ,效率均在 36% ~ 40% 之间。

表 1 2005 ~ 2009 年地表水中锶 -90 监测结果 (mBq/L)

| 类别  | 监测点位  | 本底水平       | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2005 ~ 2009 |
|-----|-------|------------|------|------|------|------|------|-------------|
| 地下水 | 高公岛井水 | 9.2 ~ 19.5 | 9.0  | 9.7  | 14.4 | 10.2 | /    | 0.74 ~ 14.4 |
|     | 平山警备区 | 2.4 ~ 5.3  | 2.6  | 2.6  | 2.6  | 0.74 | /    |             |
|     | 宿城水库水 | 4.4 ~ 11.7 | 16.0 | 12.1 | 10.8 | 10.3 | /    | 3.0 ~ 16.0  |
| 地表水 | 蔷薇河水  | 2.2 ~ 3.1  | 4.7  | 3.7  | 3.9  | 3.4  | /    |             |
|     | 青口河水  | 1.6 ~ 5.8  | 3.6  | 3.6  | 3.0  | 3.2  | /    |             |
|     | 青口镇   | 2.7 ~ 10.1 | 4.9  | 4.4  | 5.9  | 4.6  | 3.9  | 3.6 ~ 7.0   |
| 饮用水 | 杨圩    | 1.8 ~ 16.0 | 8.1  | 8.5  | 7.0  | 4.2  | 3.6  |             |

注:2009 年因为数据稳定国家方案里取消地下水、地表水锶 -90 的监测 ,只测饮用水 ,故 2009 年没有地下水、地表水的监测数据。

3.2 海水监测结果 2005 年 ~ 2009 年 ,田湾核电站外围地区海水中锶 -90 放射性水平的监测结果见表 2。

表 2 2005 ~ 2009 年海水锶 -90 监测结果的比较 (mBq/L)

| 监测点位   | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2005 ~ 2009 | 本底水平      |
|--------|------|------|------|------|------|-------------|-----------|
| 排放口海水  | 2.4  | 1.3  | 2.1  | 2.6  | 1.3  | 1.3 ~ 2.6   | 2.5 ~ 2.6 |
| 丁港海水   | 1.4  | 1.3  | 1.8  | 2.3  | 1.9  | 1.3 ~ 2.3   | 2.3 ~ 2.6 |
| 三磨刀塘海水 | 3.2  | 2.2  | 1.7  | 1.5  | /    | 1.5 ~ 3.2   | 1.9 ~ 2.4 |
| 水岛海水   | 1.4  | 2.0  | 2.3  | 1.3  | /    | 1.3 ~ 2.3   | 1.3 ~ 2.7 |
| 高公岛海水  | 1.2  | 1.1  | 2.0  | 1.8  | 1.8  | 1.1 ~ 2.0   | 2.0 ~ 2.2 |
| 厂址以东海水 | 1.4  | 1.5  | 2.1  | 1.6  | 1.4  | 1.4 ~ 2.1   | 1.6 ~ 2.4 |
| 刘圩海水   | 1.4  | 1.8  | 2.3  | 1.2  | /    | 1.2 ~ 2.3   | 1.3 ~ 2.6 |
| 西连岛海水  | 1.4  | 1.3  | 2.2  | 1.0  | /    | 1.0 ~ 2.2   | 1.8 ~ 2.2 |
| 青口闸海水  | 1.4  | 2.4  | 3.1  | 1.1  | 1.8  | 1.1 ~ 3.1   | 2.2 ~ 2.5 |

注:2009 年因为三磨刀塘、水岛、刘圩、西连岛这四点位数据稳定 ,采样点位调整国家方案里取消这四个锶 -90 项目的监测 ,故 2009 年没有这四个点位的监测数据。

1.3 样品采集与处理

1.3.1 采样设备 表层自动采水器或水泵 ,25L 聚乙烯桶。  
1.3.2 采样方法 采样前洗净采样设备 ,采样时用原水洗涤三次后采集。用采水器采集水样 ,装入样品容器 ,直至获得所需数量的水样 ,采好后立即盖好容器 ,严密封固。饮用水直接来自供水水龙头。  
1.3.3 样品预处理 采集时加入浓硝酸或浓盐酸酸化 ,使 pH = 1 ~ 2。样品采集后 ,原则上不进行过滤处理 ,当水中含泥沙量较高时 ,静置 24h 后取上清液 ,进行<sup>90</sup>Sr 测定样品的预处理。水体样品经加热、沉淀、溶解、过柱和称重等程序 ,制备成可供测量的样品。

2 质量保证

我站实验室质量保证措施严格按江苏省辐射环境监测管理站《质量手册》和《程序文件》执行。站所有监测和分析人员均经过专业培训和考核后持证上岗。  
每年按照国家环境保护部和江苏省环境保护厅对核电厂辐射环境监测要求 ,结合上年度监测情况 ,制定监测计划、确定监测数据质量要求、统一数据统计方法等措施;实施强制检定、自检实验室测量装置和长期可靠性检验;分析样品严格按照《程序文件》及《作业指导书》进行。定期对测量装置的稳定性进行测量和记录 ,定期进行空白样测定;随机抽取 10% ~ 20% 样品作平行双样测定;随机抽取 10 ~ 20% 样品进行加标回收率测定 ,并绘制质量控制图;不定期添加“盲样”作对照分析 ,控制分析结果的准确度。参加国内外实验室间比对等。对监测过程实行全过程质量管理 ,保证结果的准确、可靠 ,测量数据可追溯到国家计量标准。保证实验室分析测量监测结果的准确可靠。

3 监测结果

3.1 陆地淡水监测结果 2005 年 ~ 2009 年 ,田湾核电站外围地区地下水、地表水和饮用水中锶 -90 放射性水平的监测结果见表 1。

4 结语

根据 2005 ~ 2009 年对田湾核电站外围淡水、海样品连续监测 ,可以得出以下结论:  
2005 年 ~ 2009 年 ,地下水、地表水、饮用水、海水中锶 -90 的监测结果在 0.74mBq/L ~ 14.4 mBq/L、3.0mBq/L ~ 16.0 mBq/L、3.6 mBq/L ~ 7.0 mBq/L、1.0 mBq/L ~ 3.2 mBq/L 范围内;与本底调查时本底值相比 ,所有地下水、地表水、饮用水中锶 -90 和海水的监测结果均在本底涨落范围内 ,未发现异常。  
田湾核电站目前运行正常 ,安全。随着核电站的继续运行扩建 ,为避免环境污染 ,继续加强对核电站周围的锶 -90 核素的监测还是很重要的。

参考文献:

[1] GB6766 - 86 ,水中锶 -90 放射化学分析方法二 - (2 - 乙基己基) 磷酸萃取色层法 [S].