

海阳核电站周围居民饮用水中锶-90 放射性水平调查与卫生学评价

杨昕^{1,2}, 陈英民¹, 许家昂¹, 张琳¹

1. 山东省医学科学院放射医学研究所 山东 济南 250062; 2. 济南大学山东省医学科学院医学与生命科学学院

中图分类号: TL75⁺1 文献标识码: A 文章编号: 1004-714X(2014)03-0193-05

摘要: 目的 调查海阳核电站周围居民饮用水中锶-90 的活度浓度, 分析枯水期和丰水期的放射性水平的变化规律, 评价周围居民由饮水所致待积有效剂量。方法 海阳核电站周围 30 km 内, 选择 10 个采样点, 每年按丰水期及枯水期分别采集样品 2 次, 两年共 8 次, 共计样品 87 个。样品预处理和制备采用国家标准(GB 12375-90)方法, 使用 FJ2603G 低本底 β 测量仪测量。结果 饮用水中锶-90 活度浓度均值为 (4.96 ± 1.6) mBq \cdot L⁻¹, 范围为 1.21 ~ 9.12 mBq \cdot L⁻¹。经配对 t 检验, 发现海阳核电站周围饮用水中锶-90 在枯水期与丰水期放射性水平差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。各类水体锶-90 活度浓度从大到小, 枯水期依次为自来水 > 水井水 > 地表水, 而丰水期依次为水井水 > 自来水 > 地表水。其所致居民待积有效剂量顺序为水井水 > 自来水 > 地表水, 分别为 0.104、0.103、0.095 μ Sv \cdot a⁻¹。结论 海洋核电站周围居民饮用水中锶-90 活度浓度处于本底水平; 周围居民饮水所致待积有效剂量远低于《电离辐射防护与辐射防护安全基本标准》(GB 18871-2002) 所规定的限值(1 mSv), 因此居民所受剂量为本底水平。

关键词: 锶-90; 海阳核电站; 活度浓度; 待积有效剂量

DOI:10.13491/j.cnki.issn.1004-714x.2014.03.001

Investigation and Analysis of Strontium Concentration of Drinking - water Surrounding Haiyang Nuclear Power Plant. YANG Xin, CHEN Ying-min, XU Jia-ang, ZHANG Lin. 1. Institute of Radiation Medicine, Shandong Academy of Medical Sciences, Jinan 250062 China. 2. School of Medicine and Life Sciences, University of Jinan - Shandong Academy of Medical Sciences.

Corresponding Author: CHEN Ying-min, E-mail: ying2002@aliyun.com

Abstract: **Objective** To investigate strontium concentrations of Drinking - water surrounding Haiyang nuclear powerplant, and make a analysis of the influencial factors of the strontium concentration; to assess the accumulated - effective dose of the residents surrounding nuclear power plant. **Methods** We choose 10 sample points, including surface water, groundwater and drinking water within 30 km surrounding Haiyang nuclear power plant in wet period and dry period, collecting 87 samples for all. The pretreatment and preparation of samples referred to the recommended methods of the national standards (GB 12375-90). The FJ2603G low background liquid β -spectrometer is used to measure the strontium concentration. **Results** The average level of the strontium concentration of water samples was (4.96 ± 1.6) mBq \cdot L⁻¹, the range of the strontium concentrations was from 1.21 ~ 9.12 mBq \cdot L⁻¹. The difference of the strontium concentrations between two different periods analyzed by the paired t -test was considered non - statistically significant ($P > 0.05$). The orders of the average strontium concentration of various hydrographic period from high to low in drought period: tap water > ground water > surface water, as groundwater > tap water > surface water in high flow period. The accumulated - effective doses of groundwater, tap water, surface water which surrounding nuclear power plant were 0.104, 0.103, 0.095 μ Sv \cdot a⁻¹, respectively. **Conclusion** The activity concentration of strontium in the drinking - water surrounding Haiyang nuclear power plant was at the lower level than that of others'; according to the limited value that is regulated by basic standards for protection against ionizing radiation and for the safety of radiation sources (GB 18871-2002) (1 mSv), the accumulated - effective dose which residents suffered was in background level of radiation.

Key words: Strontium; Nuclear Power Plant; Accumulated Effective Dose

锶-90 为核分裂的原料之一, 其半衰期约为 30 a, 属于中寿命核分裂原料。在核反应炉的用过核燃料

及核废料中占有重要份量, 在核试验后为放射性落下灰的主要成分。其通常经饮食或饮水途径进入生物组织, 除了七至八成的剂量会排出体外, 剩下的锶-90 都储存在骨骼和骨髓, 使骨髓造血组织受到严重破坏

基金项目: 山东省科技公关计划项目(2011GSF1206)

作者简介: 杨昕(1983-) 男, 在读研究生, 研究方向为辐射防护与监测。

通讯作者: 陈英民, 研究员, 硕士生导师, E-mail: ying2002@aliyun.com

而导致再障,并可大量侵入骨盐中,使骨组织中的钙化过程受到严重抑制,导致自发性骨折以及弥散性的骨质疏松等,所致的远期效应多为引起骨肉瘤和白血病。在切尔诺贝利核电厂事故后,铯-90 和铯-134、铯-137 和碘-131 同为对健康影响最大的放射性同位素。因此,调查海阳核电厂周围居民饮用水中铯-90 的活度浓度水平并对周围居民所受待积有效剂量进行估算,具有一定的意义。

1 调查方法

1.1 调查范围及布点原则 取厂址半径 30 km 范围内区域,重点监测核电厂周围 10 km 范围。主要依据《辐射环境监测技术规范》(HJ/T 61-2001)的要求,根据核电厂的源项特征和放射性“三废”排放的主要特点,并考虑到核电厂放射性物质释放可能影响的地区,建设项目辐射环境中的“关键核素、关键途径和关键人群组”及核电厂的自然环境、气象因素及周围环境中的人口分布特征等因素确定布点位置。另外监测方案的确定还要考虑到生态环境的特点,客观地确定监测项目的周期。

取样点设置 10 个,并从中区分出集中式供水点及分散式供水点,包括末梢水、地表水及地下水三类共 14 个点位,其中距厂址最近的邵家庄村(NNW 向 0.8 km)三类水源均进行监测。具体见表 1。

表 1 采样点设置

| 供水类型 | 采样点选择要求 | 点位 | 方位 | 距离(km) |
|-------|----------------|----------|-----|--------|
| 集中式供水 | 自来水出水口 | 邵家庄村 | NNW | 0.8 |
| | | 大辛家村 | NNW | 3.8 |
| | | 方里村 | NNE | 8.2 |
| | | 凤城镇 | W | 12.4 |
| | | 海阳市区 | WNW | 22.0 |
| 分散式供水 | 经常作饮用水的水井(地下水) | 邵家庄村 | NNW | 0.8 |
| | | 凤城镇 | W | 12.4 |
| | | P1 井(场内) | N | 0.8 |
| | | P2 井(场内) | NNW | 0.7 |
| | 水量较多的地方(地表水) | P3 井(场内) | NNE | 0.9 |
| | | 邵家庄村 | NNW | 0.8 |
| | | 大辛家村(水塘) | NNW | 3.8 |
| | | 南庄村(留格河) | NW | 5.6 |
| | | 盘石水库 | NNW | 22.8 |

1.2 监测频次及调查周期 饮用水采集每年枯、丰水期各 2 次,共 8 次;地表水及地下水采集每年枯、丰水期各 1 次,共 4 次,所有样品共计 87 个。枯水期定于 11~12 月采样,丰水期定于 6~9 月采样。

1.3 样品采集

1.3.1 自来水采集 用聚乙烯塑料桶采集,采样容器先用所采的水样清洗三次后,再将水样按采样量采集于清洗后的样品容器中,采样容器装满后加盖。如发现样品中有颗粒物沉淀,自然沉淀后尽快分离清液与颗粒物。密封托送回实验室。

1.3.2 地下水采集 用专门采样器(水泵)在预定水深处首先排出原井内滞水,停留一定时间,等扰动平稳后,再开始采样,采样器管道内原有水清除干净,并将采样容器用样水清洗三次后再放入样品桶内,如发现颗粒物自然沉淀后应与清液分开。

1.3.3 地表水采集 选择在水流混合均匀段取一断面,在断面中心线上采样,避开那些没有代表性的区域,如汇入支流的泾渭处、死水区或回水区。水库,选择在它的中心部位或多点取混合样,均采集其表层水下 0.2 m 处水样。

1.4 样品预处理 取水样 25 L 于大塑料盆,加入铯载体 5 ml,用浓氨水调至碱性,然后加入固体碳酸钠 50 g 搅拌,放置过夜,然后虹吸去上清液,沉淀转入烧杯,再转入离心管离心,弃清液,沉淀用 6N 盐酸 30 ml 加热浸取、抽滤,用热酸性水洗涤,滤液备铯-90 分析用。

1.5 测量所使用仪器及条件 本实验所用的仪器均在检定周期内,所使用的放射性标准源由中国计量科学研究院提供,在有效期内。⁹⁰Sr 浓度水平的测量使用 FJ2603G 低本底 β 测量仪,其本底计数(cpm)为 0.0498,样品用量 20 L,测量时间为 800 min,仪器对样品的测量效率为 16.9%。

1.6 测量结果与数据处理

1.6.1 测量结果 将仪器测量结果根据作业指导书计算得出测量值及标准差。为了确保调查结果的可靠性,在所采取的水样中,随机抽取 10%~20% 的样品开展平行双样测量。采样点位有平行样数据的,取算术平均值。

1.6.2 数据处理 数据处理过程中采用 SPSS17.0 统计软件,对不同水文期同一测量对象同一点位的活度浓度水平比较采用配对 t 检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

1.6.3 剂量估算 估算所检核素⁹⁰Sr 所致居民年有效剂量。

2 结果与分析

本次调查自来水出口处采样 45 个,经常作饮用水的水井采样 23 个,水塘及河水采样 19 个,共计 87 个

样品。

2.1 镭-90 放射性水平 所有样品的⁹⁰Sr 活度浓度测量结果见表 2~表 4。结果显示,自来水⁹⁰Sr 的活度浓度范围为 1.21~9.00 mBq·L⁻¹,活度浓度最低的样品为 2011 年 6 月 1 日所取的邵家庄村自来水,活度浓度最高的为 2011 年 9 月 28 日所取的海阳市区自来水,其活度浓度均值为(5.03±1.6) mBq·L⁻¹;水井水⁹⁰Sr 的活度浓度范围为 1.50~9.12 mBq·L⁻¹,活度

浓度最低的样品为 2010 年 11 月 3 日所取的凤城镇水井水,活度浓度最高的为 2011 年 6 月 1 日所取的邵家庄村水井水,其活度浓度均值为(5.09±1.8) mBq·L⁻¹;地表水⁹⁰Sr 的活度浓度范围为 2.43~6.47 mBq·L⁻¹,活度浓度最低的样品为 2011 年 6 月 1 日所取的大辛家水塘水,活度浓度最高的为 2011 年 12 月 27 日所取的邵家庄村水塘水,其活度浓度平均值为(4.65±1.1) mBq·L⁻¹。

表 2 自来水⁹⁰Sr 活度浓度测量结果

| 采样点 | 采样时间 | ⁹⁰ Sr (×10 ⁻³ Bq·L ⁻¹) | 采样时间 | ⁹⁰ Sr (×10 ⁻³ Bq·L ⁻¹) |
|--------|--------------------------|--|--------------------------|--|
| | | 测量值±标准差 | | 测量值±标准差 |
| 邵家庄村 | 2010.11.03 | 7.66±0.76 | 2011.06.01 | 1.21±0.32 |
| | 2011.03.28 | 1.51±0.37 | 2011.09.28 | 6.00±0.67 |
| | 2011.12.27 | 5.91±0.26 | 2012.05.22 | 5.81±0.36 |
| | 2012.02.29 | 5.25±0.34 | 2012.08.01 | 5.10±0.34 |
| 大辛家村 | 2010.11.03 | 6.20±0.69 | 2011.06.01 | 4.87±0.66 |
| | 2011.03.28 | 6.49±0.70 | 2011.09.28 | 7.30±0.68 |
| | 2011.12.27 | 4.30±0.23 | 2012.05.22 | 5.11±0.35 |
| | 2012.02.29 | 5.13±0.26 | 2012.08.01 | 4.58±0.23 |
| 方里村 | 2010.11.03 | 7.46±0.73 | 2011.06.01 | 4.07±0.45 |
| | 2011.03.28 | 3.85±0.64 | 2011.09.28 | 2.60±0.44 |
| | 2011.12.27 | 3.70±0.21 | 2012.05.22 | 4.25±0.23 |
| | 2012.02.29 | 4.69±0.35 | 2012.08.01 | 3.52±0.25 |
| | - | - | 2012.08.01 ¹⁾ | 3.43±0.26 |
| 凤城镇 | 2010.11.03 | 2.86±0.47 | 2011.06.01 | 5.04±0.54 |
| | 2011.03.28 | 4.12±0.58 | 2011.09.28 | 5.40±0.63 |
| | 2011.12.27 | 5.64±0.28 | 2012.05.22 | 5.61±0.26 |
| | 2012.02.29 | 5.88±0.30 | 2012.08.01 | 5.34±0.34 |
| 海阳市区 | 2010.11.3 | 5.40±0.89 | 2011.06.01 | 2.95±0.42 |
| | 2011.03.28 | 2.97±0.45 | 2011.09.28 | 9.00±0.82 |
| | 2011.03.28 ¹⁾ | 3.59±0.55 | 2012.05.22 | 5.33±0.26 |
| | 2011.12.27 | 6.68±0.29 | 2012.05.22 ¹⁾ | 4.99±0.34 |
| | 2011.12.27 ¹⁾ | 6.72±0.41 | 2012.08.01 | 5.78±0.28 |
| | 2012.02.29 | 6.56±0.40 | 2012.02.29 ¹⁾ | 6.40±0.38 |
| 范围 | | | 1.21~9.00 | |
| 均值及标准差 | | | 5.03±1.6 | |

注:1) 为平行样品。

2.2 丰水期与枯水期镭-90 活度浓度变化趋势 不同水文期镭-90 活度浓度见表 5,将不同水文期的镭-90 活度浓度采用配对 t 检验进行统计学分析,结果表明,饮用水枯水期和丰水期镭-90 的活度浓度差异无统计学意义(t=0.173,P>0.05)。将相同水文期中不同水质镭-90 活度浓度采用秩和检验进行统计学分析,结果表明枯水期自来水镭-90 浓度相对较高,为(5.13±1.6) mBq·L⁻¹;丰水期地下水镭-90 浓度相对较高,为(5.17±2.3) mBq·L⁻¹。各类水体平均镭-90 活度浓度从大到小,枯水期依次为自来水

>水井水>地表水,而丰水期依次为水井水>自来水>地表水。

2.3 剂量估算 辐射防护中摄入含镭-90 水的内照射剂量估算十分重要。人体摄入镭-90 的途径主要有呼吸道吸入及饮食、饮水摄入,两者进入体内的镭-90 的总量称为镭-90 摄入量。对镭-90 摄入量估计而言,这两种途径是相互独立的。其中对于通过饮水所致镭-90 的摄入量及所致待积有效剂量所用公式为:

$$I=Q_wC_w$$

(1)

$E = I \cdot e(g) = 2.8 \times 10^{-8} I$ (2)

式中: E 为摄入含锶-90 水所致的待积有效剂量,单位为 Sv; I 为估算的锶-90 摄入量,单位为 Bq; Q_w 为每年饮水的摄入量,单位为 L; C_w 为饮水中锶-90 活度浓度,单位为 Bq · L⁻¹; $e(g)$ 为锶-90 的待积有效剂量系数,单位为 Sv · Bq⁻¹。

表 3 水井水⁹⁰Sr 活度浓度测量结果

| 采样点 | 采样时间 | ⁹⁰ Sr (× 10 ⁻³ Bq · L ⁻¹) | 采样时间 | ⁹⁰ Sr (× 10 ⁻³ Bq · L ⁻¹) |
|---------|----------------------------|--|---------------------------|--|
| | | 测量值 ± 标准差 | | 测量值 ± 标准差 |
| 邵家庄村 | 2010. 11. 3 | 6. 43 ± 0. 88 | 2011. 6. 1 | 9. 12 ± 0. 85 |
| | 2010. 11. 3 ¹⁾ | 5. 68 ± 0. 71 | 2012. 5. 22 | 4. 73 ± 0. 36 |
| | 2011. 12. 27 | 5. 73 ± 0. 37 | 2012. 5. 22 ¹⁾ | 4. 01 ± 0. 32 |
| | 2011. 12. 27 ¹⁾ | 6. 01 ± 0. 27 | — | — |
| 凤城镇 | 2010. 11. 3 | 1. 50 ± 0. 35 | 2011. 6. 1 | 6. 84 ± 0. 73 |
| | 2011. 12. 27 | 4. 77 ± 0. 27 | 2012. 5. 22 | 5. 04 ± 0. 24 |
| P1 井地下水 | 2011. 7. 14 | 8. 28 ± 0. 75 | 2011. 12. 27 | 3. 37 ± 0. 28 |
| | 2012. 5. 22 | 3. 72 ± 0. 24 | 2012. 2. 29 | 6. 36 ± 0. 29 |
| P2 井地下水 | 2011. 7. 14 | 1. 76 ± 0. 37 | 2011. 12. 27 | 3. 55 ± 0. 21 |
| | 2012. 5. 22 | 3. 59 ± 0. 22 | 2012. 2. 29 | 6. 10 ± 0. 38 |
| P3 井地下水 | 2011. 7. 14 | 4. 38 ± 0. 55 | 2011. 12. 27 | 4. 61 ± 0. 34 |
| | 2012. 5. 22 | 4. 64 ± 0. 24 | 2012. 2. 29 | 6. 83 ± 0. 28 |
| 范围 | | | 1. 50 ~ 9. 12 | |
| 均值及标准差 | | | 5. 09 ± 1. 8 | |

注: 1) 为平行样品。

表 4 地表水⁹⁰Sr 活度浓度测量结果

| 采样点 | 采样时间 | ⁹⁰ Sr (× 10 ⁻³ Bq · L ⁻¹) | 采样时间 | ⁹⁰ Sr (× 10 ⁻³ Bq · L ⁻¹) |
|--------|----------------------------|--|---------------------------|--|
| | | 测量值 ± 标准差 | | 测量值 ± 标准差 |
| 邵家庄村 | 2010. 11. 3 | 3. 97 ± 0. 52 | 2011. 6. 1 | 3. 25 ± 0. 42 |
| | 2011. 12. 27 | 6. 47 ± 0. 28 | 2012. 5. 22 | 6. 36 ± 0. 39 |
| 大辛家村 | 2010. 11. 3 | 4. 38 ± 0. 62 | 2011. 6. 1 | 2. 43 ± 0. 43 |
| | 2011. 12. 27 | 4. 65 ± 0. 35 | 2012. 5. 22 | 4. 74 ± 0. 26 |
| 南庄村 | 2011. 7. 14 | 2. 90 ± 0. 52 | 2011. 12. 27 | 4. 13 ± 0. 58 |
| | 2012. 5. 22 | 4. 47 ± 0. 32 | 2012. 2. 29 | 4. 81 ± 0. 24 |
| 盘石水库 | 2010. 11. 3 | 5. 99 ± 0. 63 | 2011. 6. 1 | 5. 45 ± 0. 61 |
| | 2011. 12. 27 | 4. 52 ± 0. 24 | 2011. 6. 1 ¹⁾ | 6. 40 ± 0. 56 |
| | 2011. 12. 27 ¹⁾ | 4. 02 ± 0. 33 | 2012. 5. 22 | 4. 75 ± 0. 33 |
| | — | — | 2012. 5. 22 ¹⁾ | 4. 57 ± 0. 26 |
| 范围 | | | 2. 43 ~ 6. 47 | |
| 均值及标准差 | | | 4. 65 ± 1. 1 | |

注: 1) 为平行样品。

各年龄成员饮用水量数据采用诸洪达等编写的《中国人膳食组成及食入元素和放射性元素摄入量研究》^[4] 中的水摄入量数据,具体数据列于表 6。本研究采用成人(> 20 岁) 水的年摄入量。

海阳地区居民主要以自来水为主要饮用水来源,地下水次之,地表水最少。结合相关的摄入量数据,通过公式(1) 、(2) 计算,得出海阳核电站周围居民各水体锶-90 平均年摄入量和锶-90 致待积有效剂量,其所致居民待积有效剂量顺序为水井水 > 自来水 > 地表水,分别为 0. 0485、0. 0479、0. 0443 μSv · a⁻¹。

3 讨论

海阳核电站周围居民饮用水锶-90 活度浓度的监测,可为今后核电站运行后的周围环境监测提供本底数据与评价提供依据。核电站运行对于周围环境中锶-90 活度浓度分布的影响,国内研究者曾做过相关的研究工作^[5],水文期对环境中锶-90 活度浓度分布产生的影响一直未有统一的结论。本研究结果显示,枯水期锶-90 浓度平均值为(4. 97 ± 1. 5) mBq · L⁻¹,丰水期锶-90 浓度均值为(4. 90 ± 1. 7)

mBq · L⁻¹ 经配对 *t* 检验发现海阳核电站周围水环境中锶 -90 在枯水期与丰水期的分布无统计学意义(*P* >0.05) 。石本安^[6] 等在黄河水系水体中锶 -90 含量的水平与分布研究中 ,监测结果显示枯水期锶 -90 含量的波动范围为 0.52 ~ 1.52 mg /L ,平均值为0.88 mg/L; 丰水期锶含量的波动范围为 0.50 ~ 1.23 mg/L ,平均值为 0.84 mg/L; 经 *t* 检验两者差异无统计学意义(*P* >0.05) ,与本次研究结果基本一致。

表 5 各类型水样丰水期与枯水期锶 -90 活度浓度水平(mBq · L⁻¹)

| 采样点 | 统计参数 | 自来水 ⁹⁰ Sr 浓度(mBq · L ⁻¹) | | 水井水 ⁹⁰ Sr 浓度(mBq · L ⁻¹) | | 地表水 ⁹⁰ Sr 浓度(mBq · L ⁻¹) | |
|--------|--------|--|-------------|--|-------------|--|-------------|
| | | 枯水期 | 丰水期 | 枯水期 | 丰水期 | 枯水期 | 丰水期 |
| 邵家庄村 | 范围 | 1.51 ~ 7.66 | 1.21 ~ 6.00 | 5.68 ~ 6.43 | 4.01 ~ 9.12 | 3.97 ~ 6.47 | 3.25 ~ 6.36 |
| | 均值及标准差 | 5.08 ± 2.6 | 4.53 ± 2.3 | 5.96 ± 0.34 | 5.95 ± 2.8 | 5.22 ± 1.8 | 4.81 ± 2.2 |
| 大辛家村 | 范围 | 4.30 ~ 6.49 | 4.58 ~ 7.30 | — | — | 4.38 ~ 4.65 | 2.43 ~ 4.74 |
| | 均值及标准差 | 5.53 ± 1.0 | 5.47 ± 1.2 | — | — | 4.52 ± 0.19 | 3.59 ± 1.6 |
| 方里村 | 范围 | 3.70 ~ 7.46 | 2.60 ~ 4.25 | — | — | — | — |
| | 均值及标准差 | 4.93 ± 1.8 | 3.57 ± 0.65 | — | — | — | — |
| 凤城镇 | 范围 | 2.86 ~ 5.88 | 5.04 ~ 5.61 | 1.50 ~ 4.77 | 5.04 ~ 6.84 | — | — |
| | 均值及标准差 | 4.63 ± 1.4 | 5.35 ± 0.24 | 3.14 ± 2.3 | 5.94 ± 1.3 | — | — |
| 海阳市区 | 范围 | 2.97 ~ 6.72 | 2.95 ~ 9.00 | — | — | — | — |
| | 均值及标准差 | 5.47 ± 1.6 | 5.61 ± 2.2 | — | — | — | — |
| P1 井 | 范围 | — | — | 3.37 ~ 6.36 | 3.72 ~ 8.28 | — | — |
| | 均值及标准差 | — | — | 4.87 ± 2.1 | 6.00 ± 3.2 | — | — |
| P2 井 | 范围 | — | — | 3.55 ~ 6.10 | 1.76 ~ 3.59 | — | — |
| | 均值及标准差 | — | — | 4.83 ± 1.8 | 2.68 ± 1.3 | — | — |
| P3 井 | 范围 | — | — | 4.61 ~ 6.83 | 4.38 ~ 4.64 | — | — |
| | 均值及标准差 | — | — | 5.72 ± 1.6 | 4.51 ± 0.18 | — | — |
| 南庄村 | 范围 | — | — | — | — | 2.90 ~ 4.81 | 4.13 ~ 4.47 |
| | 均值及标准差 | — | — | — | — | 3.86 ± 1.4 | 4.30 ± 0.24 |
| 盘石水库 | 范围 | — | — | — | — | 4.02 ~ 5.99 | 4.57 ~ 6.40 |
| | 均值及标准差 | — | — | — | — | 4.84 ± 1.0 | 5.29 ± 0.83 |
| 范围 | | 1.51 ~ 7.66 | 1.21 ~ 9.00 | 1.50 ~ 6.83 | 1.76 ~ 9.12 | 2.90 ~ 6.47 | 2.43 ~ 6.40 |
| 均值及标准差 | | 5.13 ± 1.6 | 4.93 ± 1.7 | 4.90 ± 1.7 | 5.17 ± 2.3 | 4.68 ± 1.1 | 4.50 ± 1.3 |

海洋核电站运行前周围环境饮用水中锶 -90 活度浓度处于本底水平; 周围居民由饮水所致待积有效剂量不会造成过高的剂量负担。

表 6 不同年龄组成员对水的年摄入量

| 年龄组 | 年摄入量(L/a) |
|----------|------------|
| 2 ~ 7 岁 | 180 |
| 8 ~ 12 岁 | 230 |
| > 20 岁 | 340 |

参考文献

[1] Hanslik E ,IvanovovaD ,JuranovaE ,et al. Concentration of radionuclidesin hydrosphere affected by Temelin Nuclear PowerPlant in

Czech Republic [J]. Journal Environmental Radioact ,2009 ,100 (7) : 558 - 563.

[2] 国家环境保护局. GB 6766 - 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]. 北京: 中国标准出版社 ,1986.

[3] 国家环境保护局. HJ/T 21 - 1998 核设施水质监测采样规定[S]. 北京: 中国标准出版社 ,1998.

[4] 诸洪达 ,高俊全. 中国人膳食组成及食入元素和放射性元素摄入量研究[J]. 辐射防护通讯 ,1996 ,16(2) : 1 - 23.

[5] 徐萍 ,蒋云平 ,王利华. 田湾核电站运行后外围环境水体中锶 -90放射性水平研究[J]. 中国辐射卫生 ,2011 ,20(3) : 334 - 335.

[6] 石本安 ,梁晓聪. 黄河水系水体中锶的水平及分布[J]. 环境与健康 ,1996 ,13(2) : 63 - 64.