

海南昌江核电站周围环境饮用水放射性本底调查

陈玉坤,王川健,王龙义,李永忠,李红环,金蕾

海南省疾病预防控制中心,海南 海口 570203

摘要: **目的** 通过开展在建的海南昌江核电站周围环境饮用水放射性监测,建立该核电站周围环境饮用水放射性基线数据库。**方法** 采用饱和厚度相对测量法,总 α 、总 β 分别用厚样法、薄样法。**结果** 总 α 、总 β 范围分别为(0.0001~0.0944)Bq/L和(0.0140~1.1029)Bq/L,几何均数分别为0.0028 Bq/L和0.0513 Bq/L;地下水总 β 比地表水高,差别有统计学意义($t=3.319, P<0.05$);水源水总 α 、总 β 略高于出厂水;井水、泉水总 α 、总 β 比出厂水高,差别有统计学意义($t=2.146, 3.301, P<0.05$);井水、泉水总 β 较末梢水高,差别有统计学意义($t=2.861, P<0.05$);分散式供水总 α 、总 β 比集中式高,差别有统计学意义($t=2.355, 3.293, P<0.05$);枯水期总 α 比丰水期高,差别有统计学意义($t=9.876, P<0.05$)。**结论** 昌江核电站周围环境大部分饮用水样品总 α 、总 β 放射性水平符合国家生活饮用水标准;总 α 、总 β 在海南省饮用水正常放射性本底水平内,且与国内其它地区相比处于相对低的水平。

关键词: 饮用水放射性;辐射本底;环境辐射;海南昌江核电站

中图分类号:R 144 文献标识码:A 文章编号:1009-9727(2014)8-926-04

Baseline survey of radiation of drinking water around Changjiang Nuclear Power Station in Hainan

CHEN Yu-shen, WANG Chuan-jian, WANG Long-yi, LI Yong-zhong, LI Hong-huan, JIN Lei

Hainan Provincial Center for Disease Control and Prevention, Haikou, 570203, Hainan, P.R.China.

Abstract: **Objective** To monitor and establish the radioactivity baseline database of drinking water of Changjiang Nuclear Power Station in Hainan. **Methods** The data were measured by the saturation thickness relative measuring method, the gross α were used by thickness method, gross β with thin sample method. **Results** The radioactive level ranges of gross α and gross β were (0.0001~0.0944)Bq/L and (0.0140~1.1029)Bq/L, respectively. The geometric means were 0.0028Bq/L and 0.0513Bq/L. The gross β radioactivity in ground water was higher than the surface water, showing significant difference ($t = 3.319, P<0.05$). Gross α and gross β radioactive level of source water was slightly higher than that of factory water; the radioactivity of gross α and gross β of well water and spring was higher than factory water, demonstrating significant difference ($t = 2.146, 3.301, P<0.05$). Gross β radioactive of well water and spring was slightly higher than tap water with the statistical significant difference ($t = 2.861, P<0.05$). Both gross α and gross β radioaction in decentralized water supply were higher than the centralized water supply, having significance difference ($t = 2.355, 3.293, P<0.05$). The radioactive level of gross α in the dry season was higher than in the wet season, showing significant difference ($t = 9.876, P<0.05$). **Conclusions** The radiation level of gross α and gross β in most drinking water samples around Changjiang Nuclear Power Station met the national drinking water standard. The radiation level of gross α and gross β in drinking water was within normal level of Hainan provincial radioactive background and was lower than that of the other regions.

Key words: Radiation in drinking water; Radiation background; Radiation environment; Hainan Changjiang Nuclear Power Station

在建的海南昌江核电站位于昌江县海尾镇塘兴村,西临北部湾,东面有白沙县和儋州市,南面为东方市。核电站地处北热带,4月至9月份盛行东南风和西南风,10月至次年的3月盛行东北风。5km范围内地表水主要用于灌溉,当地居民的饮用水主要是地下水,昌化江、珠碧江沿县界注入北部湾^[1]。在2012年7月至2013年5月通过开展该核电站周围环境饮用水放射性监测,建立该核电站周围环境饮用水放射性基线数据库,为当地政府和核电站提供宝贵的基线资

料,为国家提供基本国情资料。

1 对象与方法

1.1 对象 核电站环境饮用水,其中按水样类型分为地表水和地下水,按水样种类分为水源水、出厂水、末梢水、井水和泉水,按供水方式分为集中式和分散式,按采样时期分为枯水期和丰水期,监测饮用水总 α 、总 β 放射性水平。

1.2 方法 依据《核电站周围居民健康与卫生监测工作指南》(卫办监督发[2010]142号)^[2]和《2012年食

基金项目:海南省自然科学基金项目(No.811161)

作者简介:陈玉坤(1974~),女,硕士,主任医师,研究方向:放射卫生监测与评价。

品和饮用水中放射性物质监测工作手册》^[3]布点,按照《生活饮用水标准检验方法-放射性指标》(GB/T5750.13-2006)^[4]和《生活饮用水卫生标准》(GB5749-2006)^[5]监测和评价,采用饱和厚度相对测量法,总 α 、总 β 分别用厚样法、薄样法。

1.3 布点 根据可能受污染的情况、人口分布及气象条件,以核电站为中心半径30km内,核电站西南面、东南面、东北面分别布点,其中丰水期26个,枯水期时海头镇水厂关闭,增加红洋水厂和红洋水库2个点,共27个。

1.4 仪器 使用中国计量科学研究院生产的

LB-2008型二路低本底 α 、 β 剂量仪,使用时仪器检定合格并在有效期内。

1.5 资料整理与分析 采用SPSS13.0统计软件录入数据和分析,计量资料采用 t 检验,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 总 α 、总 β 监测结果 老宏村丰水期总 β 超过国家标准限值。总 α 枯水期比丰水期高,是16.6倍(0.0116/0.0007),差别有统计学意义($t=9.876$, $P < 0.05$),总 β 差别无统计学意义,见表1。

2.2 地表水、地下水监测结果 地下水总 β 是地表水

表1 饮用水总 α 、总 β 放射性水平监测结果

Table 1 Monitoring results of gross α and gross β radioactive level in drinking water

采样地点 Sampling sites	总 α (Bq/L)Gross α		总 β (Bq/L)Gross β	
	枯水期	丰水期	枯水期	丰水期
	Dry season	Wet season	Dry season	Wet season
孔与村 Kongyu village	0.0121	0.0009	0.0343	0.0759
石禄老干部活动中心 Old cadre activity center in Shilu	0.0012	0.0002	0.0182	0.0580
石禄河北水厂区 The north of Shilu river waterworks area	0.0040	0.0001	0.0203	0.0347
五联新村 Wulian new village	0.0128	0.0002	0.0282	0.0477
老宏村 Laohong village	0.0422	0.0027	0.6573	1.1029
昌化卫生院 Changhua institute of health	0.0065	0.0007	0.0276	0.0341
昌化镇政府 Changhua town government	0.0090	0.0009	0.0308	0.0451
乌烈卫生院 Wulie institute of health	0.0122	0.0004	0.0283	0.0446
乌烈水厂 Wulie waterworks	0.0046	0.0008	0.0252	0.0614
光田村 Guangtian village	0.0624	0.0007	0.0781	0.0878
道隆村 Daolong village	0.0695	0.0025	0.7337	0.7967
叉河龙快饭店 Chahe Longkuai restaurant	0.0056	0.0002	0.0262	0.0369
叉河道班 Chahe Daoban	0.0049	0.0013	0.0233	0.0570
海尾水厂 Haiwei waterworks	0.0064	0.0002	0.0336	0.0455
海尾水厂陈厂长家 Director Chen family of Haiwei waterworks	0.0209	0.0006	0.0647	0.0529
荣邦乡政府食堂 Government canteen in Rongbang town	0.0499	0.0002	0.0485	0.0189
荣邦福英村 Fuying village in Rongbang	0.0068	0.0002	0.0284	0.0287
邦溪镇水厂 Bangxi town waterworks	0.0029	0.0005	0.0140	0.0214
邦溪镇草头三队 The Caotou third team of Bangxi town Caotou in Bangxi town	0.0371	0.0009	0.0344	0.0445
三家镇岭村 Ling village in Sanjia town	0.0086	0.0013	0.0209	0.0498
南港村 Nangang village	0.0279	0.0014	0.1205	0.0446
那历村 Nali village	0.0081	0.0012	0.0276	0.0538
红洋水厂 Hongyang waterworks	0.0046	—	0.0348	—
海头镇水厂 Haitou town waterworks	—	0.0006	—	0.0434
三家镇乐安村 Lean village in Sanjia town	0.0944	0.0119	0.1691	0.2324
珠碧江 Zhubi river	0.0197	0.0013	0.0707	0.0698
红洋水库 Hongyang reservoir	0.0090	—	0.0415	—
昌化江 Changhua river	0.0067	0.0005	0.0258	0.0365
G (Bq/L)	0.0116	0.0007	0.0439	0.0603
s (Bq/L)	0.0238	0.0023	0.1778	0.2500
范围(Bq/L) Range	0.0001 ~ 0.0944		0.0140 ~ 1.1029	
G (Bq/L)	0.0028		0.0513	
s (Bq/L)	0.0195		0.2148	

注:“—”为未测。Note:“—”wasn't detected.

的2.3倍,差别有统计学意义($t=3.319, P<0.05$)。总 α 差别无统计学意义($t=1.844, P>0.05$),见表2。

表2 地表水、地下水总 α 、总 β 放射性水平监测结果
Table 2 Monitoring results of gross α and gross β radioactive level in surface water and ground water

水样类型 Water type	样品数 No. sample	总 α (Bq/L) Gross α		总 β (Bq/L) Gross β	
		G	s	G	s
地表水 Surface water	27	0.0018	0.0046	0.0344	0.0157
地下水 Ground water	26	0.0045	0.0257	0.0775	0.2914

2.3 不同种类水样监测结果 井水、泉水总 α 和总 β 均比出厂水高,分别是3.5倍和2.6,差别有统计学意义($t=2.146, 3.301, P<0.05$)。井水、泉水总 β 较末梢水高,是2.3倍,差别有统计学意义($t=2.861, P<0.05$)。其余不同种类水样间总 α 、总 β 差别均无统计学意义,见表3。

表3 不同种类水样总 α 、总 β 放射性水平监测结果
Table 3 Monitoring results of gross α and gross β radioactive level in different kinds of drinking water

水样种类 Water species	样品数 No. samples	总 α (Bq/L) Gross α		总 β (Bq/L) Gross β	
		G	s	G	s
水源水 Source water	5	0.0038	0.0077	0.0454	0.0203
出厂水 Factory water	14	0.0015	0.0027	0.0324	0.0140
末梢水 Tap water	12	0.0017	0.0064	0.0368	0.1496
井水、泉水 Well water, spring water	22	0.0052	0.0272	0.0846	0.3118

2.4 不同供水方式监测结果 分散式和集中式供水总 α 、总 β 差别均有统计学意义($t=2.355, 3.293, P$ 均 <0.05),见表4。

表4 不同供水方式饮用水总 α 、总 β 放射性水平监测结果
Table 4 Monitoring results of gross α and gross β radioactive level in drinking water of different water supply mode

供水方式 Water supply mode	样品数 No. samples	总 α (Bq/L) Gross α		总 β (Bq/L) Gross β	
		G	s	G	s
集中式 Centralized water supply	26	0.0016	0.0048	0.0343	0.0143
分散式 Decentralized water supply	27	0.0049	0.0252	0.0754	0.2869

3 讨论

3.1 总 α 、总 β 监测结果 总 α 均小于国家标准限值0.5Bq/L,除老宏村外,其余监测点的总 β 均小于国家标准限值1.0Bq/L,可见大部分样品总 α 、总 β 符合国家生活饮用水标准。总 α 、总 β 在全国^[6-7]范围内,小于海南省^[8]、三门核电站^[9]、丹东市^[10]和全国^[6]均数,可见该核电站环境饮用水总 α 、总 β 在海南省饮用水正常放射性本底水平内,且与国内其它地区相比处于相对低的水平。

3.2 老宏村 总 β 超过国家标准限值,经放射性核素分析,⁴⁰K为2.118 Bq/L,其它放射性核素均小于检出限,可见该水样总 β 主要是⁴⁰K的贡献,而且⁴⁰K是人体中一种必不可少的元素,在人体中不累积,而是维持在一个恒定水平,由此可见该饮用水的总 β 放射性水平对健康是安全的。

3.3 地表水和地下水 地下水总 β 比地表水高,且两者的差别有统计学意义,这与文献^[8, 10]报道的结果相一致。因为地下水在形成的过程,可能会溶入接触到的岩石中的天然放射性核素,可见地下水的放射性大小与其所处的地下地质有很大的关系。

3.4 不同种类及不同供水方式水样 水源水总 α 、总 β 略高于出厂水,这可能是水厂的处理过程中水中的矿物质沉淀所致^[10]。据谭汉云等^[11]报道,水中溶解性固形物与其天然放射性水平之间有明显正相关关系。井水、泉水总 α 、总 β 比出厂水高,差别有统计学意义;井水、泉水总 β 较末梢水高,差别有统计学意义。这与海南省^[8]、三门核电站^[9]、广州市^[11]及我国^[6]报道的一致。由表4可见,分散式总 α 、总 β 均比集中式高,且差别有统计学意义。因为井水放射性大小与其所处的地下水层的地质结构有关,地质含矿物质高可能导致高放射性^[11],出厂水、末梢水都是在一系列凝聚、沉淀、过滤等程序,从而水中放射性物质得到减少,降低了水中放射性水平^[8],据吴自香等^[12]的报道,自来水的放射性去污率,总 α 、总 β 分别可达到51.40%、23.10%。

3.5 枯水期、丰水期 枯水期总 α 比丰水期高,差别有统计学意义,这与朱昌寿^[13]和李海亮等^[14]的报道一致,与李福生等^[15]和王川健等^[16]的报道相反。

致谢:感谢昌江、白沙、东方和儋州各疾控中心的协作。

参考文献

[1] 中国核电工程有限公司.海南昌江和核电厂1、2号机组设计阶段环评报告简本[J].http://www.hnpc.cc/2009.
[2] 卫生部.卫办监督发[2010]142号 核电站周围居民健康与卫生监测工作指南.2010.
[3] 中国疾病预防控制中心.2012年食品和饮用水中放射性物质监测工

(Dengue hemorrhagic fever, DHF),是我国南方地区的重要蚊媒传染病,与我国临近的东南亚国家DF流行更为严重。由于尚无有效疫苗预防感染的发生,因此对医学媒介和人群的监测对防止该病的扩散和流行非常重要。河口口岸地区的DENV感染情况提示应加强蚊媒监测,及时掌握蚊媒密度,在群众中开展防蚊、灭蚊等措施的宣教,降低DF或DHF的发病。与河口相连的越南也是DF的高发区,DF病例占医院发热患者的三分之一^[10]。有调查显示从东南亚入境的健康人群DENV的IgM抗体阳性率为17%^[11],因此应在开展蚊媒监测的同时加强入境人员的传染病监测。

CHIKV不同于JEV和DENV,属于披膜病毒科甲病毒属,引起的基孔肯雅热是一种古老的传染病,主要表现为发热、关节痛、肌肉痛和皮疹。早在上世纪80年代,云南就从西双版纳州急性期发热病人血清中分离到CHIKV^[12],用血凝抑制试验(HI)检测CHIKV抗体,河口县所属的红河州健康人血清阳性率为6.64%^[13]。本次调查中河口地区发热人群CHIKV感染率为4.13%,高于JEV,多个年龄组均有不同程度感染,提示CHIKV始终在当地存在循环,是主要蚊媒传染病之一。由于基孔肯雅热可能增加其他疾病的死亡率^[14],所以应加强识别、诊断CHIKV的意识和能力。

河口与越南老街山水相连,县城和口岸连为一体,传染病防控难度大,掌握口岸地区蚊媒传染病流行情况,是有效防治医学媒介及其传播疾病扩散的前提和基础。本次调查显示,口岸地区发热人群中JEV、DENV和CHIKV三种蚊媒病毒总IgM抗体阳性率超过20%,DENV感染尤为严重,JEV和CHIKV均有向中老年人群发展的趋势,值得当地检验检疫和疾控部门的重视。

参考文献

- [1] 张海林, 自登云, 龚正达. 云南省登革热流行病学调查分析[J]. 地方病通报, 1999, 14(3): 50-54.
- [2] 张海林, 米竹青, 张云智, 等. 云南省边境地区蚊虫自然感染乙型脑炎病毒的研究[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2002, 13(2): 101-104.
- [3] 范国珍. “3+1”防线建设[M]. 昆明: 云南人民出版社, 2011, 136-150.
- [4] 孙肖红, 杨晓东, 白红岩, 等. 2011年中越河口口岸入境发热人员呼吸道病毒监测结果分析[J]. 中国国境卫生检疫杂志, 2013, 36(5): 289-292.
- [5] 张海林. 云南省虫媒病毒研究进展[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2004, 15(5): 410-414.
- [6] 李艺星, 尹遵栋, 李军宏, 等. 中国2004-2006年流行性乙型脑炎流行病学特征分析[J]. 中国计划免疫, 2007, 13(6): 508-511.
- [7] 梁国栋. 我国虫媒病毒的研究状况[J]. 中国人兽共患病杂志, 1997, 13(4): 61-64.
- [8] Wang LH, Fu SH, Wang HY, et al. Japanese Encephalitis Outbreak[J]. Yuncheng, China, 2006[J]. Emerg Infect Dis, 2007, 13(7): 1123-1124.
- [9] Hiscox A, Winter CH, Vongphrachanh P, et al. Serological Investigations of Flavivirus Prevalence in Khammouane Province, Lao People's Democratic Republic, 2007-2008[J]. Am J Trop Med Hyg, 2010, 83(5): 1166-1169.
- [10] Phuong HL, de Vries PJ, Nga TT, et al. Dengue as a cause of acute undifferentiated fever in Vietnam[J]. BMC Infect Dis, 2006, 25(6): 123-126.
- [11] 王佃鹏, 朱玉兰, 黄宗炎, 等. 入境东南亚及周边地区人群登革热IgG、IgM检测结果分析[J]. 中国热带医学, 2007, 7(3): 412-413.
- [12] 施华芳, 张海林, 自登云, 等. 云南首次从患者体内分离到基孔肯雅病毒[J]. 中国人兽共患病杂志, 1990, 6(1): 2-4.
- [13] 米竹青, 张海林, 施华芳, 等. 云南基孔肯雅病血清流行病学调查[J]. 中国人兽共患病杂志, 1993, 9(2): 36-37.
- [14] Krishnamoorthy K, Harichandrakumar K, Kumari A, et al. Burden of chikungunya in India: estimates of disability adjusted life years (DALY) lost in 2006 epidemic[J]. J Vect or Borne Dis, 2009, 46: 26-35.

收稿日期: 2014-04-10 编辑: 谢永慧

(上接第928页)

作手册. 北京, 2012.

- [4] 卫生部, 国家标准化管理委员会. GB/T5750.13-2006生活饮用水标准检验方法 放射性指标[S]. (第一版). 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [5] 卫生部, 国家标准化管理委员会. GB5749-2006生活饮用水卫生标准[S]. (第一版). 北京: 中国标准化委员会, 2007.
- [6] 尹亮亮, 吉艳琴, 申宝鸣, 等. 我国饮用水中总 α 、总 β 放射性数据评价[J]. 中国辐射卫生, 2011, 20(1): 1-5.
- [7] 周滢, 姚海云, 朱玲, 等. 1995-2009年我国部分地区饮用水放射性水平监测[J]. 辐射防护通讯, 2011, 31(6): 6-11, 40.
- [8] 林智, 王川健, 陈玉坤, 等. 海南省生活饮用水中放射性水平调查研究[J]. 中国辐射卫生, 2001, 10(3): 149-150.
- [9] 王子友, 宣志强, 郑士长, 等. 三门核电站周围环境放射性水平的基线调查[J]. 浙江预防医学, 2013, 25(5): 58-60.
- [10] 刘明辉, 魏强, 周昌鸿. 丹东市生活饮用水放射性监测分析[J]. 中国

辐射卫生, 2013, 22(2): 164-165.

- [11] 谭汉云, 莫素芳, 黎淑端. 2010年广州市饮用水中天然放射性水平分析与评价[J]. 职业卫生与病伤, 2011, 26(5): 312-313.
- [12] 吴自香, 张瑞香. 1988-1993年广东省自来水放射性水平与评价[J]. 中华放射医学与防护杂志, 1995, 15(2): 129-129.
- [13] 朱昌寿. 中国环境放射性水平及卫生评价[M]. (第一版). 北京: 人民卫生出版社, 1992.
- [14] 李海亮, 陈英民, 许家昂, 等. 海阳核电站周边地区水中总 α 、总 β 放射性水平[J]. 中国辐射卫生, 2011, 20(4): 455-456.
- [15] 李福生, 陈英民, 陈跃, 等. 小清河河水中的放射性水平及变化规律[J]. 中国辐射卫生, 2002, 9(2): 86-87.
- [16] 王川健, 林智, 陈玉坤, 等. 海南省六大江河水系总 α 、总 β 放射性水平[J]. 中国辐射卫生, 2003, 12(4): 229-230.

收稿日期: 2014-04-28 编辑: 符式刚