

ANNUAL REPORT OF THE NATIONAL  
RADIATION ENVIRONMENT

# 2016 全国辐射环境 质量报告

---

中华人民共和国环境保护部

# 2016 全国辐射环境质量报告

中华人民共和国环境保护部

# 前 言

为了确保公众健康和辐射环境安全，2007年环境保护部建立了国家辐射环境监测网，开展的监测覆盖了辐射环境质量监测、国家重点监管的核与辐射设施周围环境监督性监测和核与辐射事故应急监测。《2016全国辐射环境质量报告》以国家辐射环境监测网数据为基础，对全国辐射环境质量监测结果以及红沿河核电基地、田湾核电基地、秦山核电基地、宁德核电基地、福清核电基地、大亚湾核电基地、阳江核电基地、防城港核电基地和昌江核电基地周围环境监督性监测结果进行了分析和总结，为核与辐射安全监管提供科学依据和技术支撑。

本报告的数据来源于国家辐射环境监测网。2016年全国辐射环境质量监测按照《全国辐射环境监测方案》的要求，空气吸收剂量率监测包括104个地级及以上城市（含部分地、州、盟所在地，下同）辐射环境自动监测站空气吸收剂量率在线连续监测，237个地级及以上城市的累积剂量监测；空气监测包括93个地级及以上城市的气溶胶监测，直辖市和省会城市的沉降物、空气（水蒸汽）和降水中氡、气态放射性碘同位素监测；水体监测包括十大流域和20座湖泊（水库）地表水监测，327个地级及以上城市集中式饮用水水源地水监测，29个城市地下水监测，沿海11个省份海水和海洋生物监测；此外，还包括331个地级及以上城市的土壤监测，直辖市和省会城市的电磁辐射监测。核电基地周围辐射环境监督性监测，根据核电基地的环境影响特征及其周围的自然环境和社会环境状况，按照《全国辐射环境监测方案》和《辐射环境监测技术规范》（HJ/T 61-2001）的要求开展监测，监测的重点是核电站释放的人工放射性核素，通过与辐射本底水平对比，监督核电站运行对周围环境所产生的实时影响和长期累积趋势影响。

报告中辐射环境质量评价主要依据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2006）、《海水水质标准》（GB 3097-1997）、《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）、《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）。

监测结果表明：2016年，全国辐射环境质量总体良好。其中环境电离辐射水平处于本底涨落范围内，环境电磁辐射水平低于国家规定的电磁环境控制限值；核电基地运行所致公众个人年有效剂量远低于国家规定的剂量约束值。

# 目 录

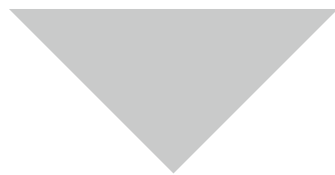
<b>1 辐射的来源</b>	<b>01</b>
1.1 环境中天然电离辐射源	02
1.2 环境中人工电离辐射源	05
1.3 电离辐射照射的途径	08
1.4 环境中电磁辐射	09
<b>2 辐射环境监测</b>	<b>11</b>
2.1 辐射环境监测目的	12
2.2 辐射环境监测概况	12
2.3 辐射环境质量监测方案	14
2.4 核电基地周围环境监督性监测方案	14
2.5 质量保证	15
<b>3 辐射环境质量监测结果</b>	<b>17</b>
3.1 监测结果概要	18
3.2 空气吸收剂量率	19
3.3 空气	27
3.4 水	34
3.5 土壤	54
3.6 环境电磁辐射	59



<b>4 运行核电基地周围辐射环境监督性监测结果</b> .....	<b>61</b>
4.1 监测结果概要 .....	62
4.2 红沿河核电基地 .....	64
4.3 田湾核电基地 .....	73
4.4 秦山核电基地 .....	83
4.5 宁德核电基地 .....	94
4.6 福清核电基地 .....	102
4.7 大亚湾核电基地 .....	112
4.8 阳江核电基地 .....	120
4.9 防城港核电基地 .....	129
4.10 昌江核电基地 .....	138
<b>附录</b> .....	<b>147</b>
附录1 监测方案 .....	148
附录2 监测方法、测量仪器和最小可探测浓度 .....	160
附录3 数据处理与评价 .....	164
附录4 名词解释 .....	169
附录5 符号说明 .....	170



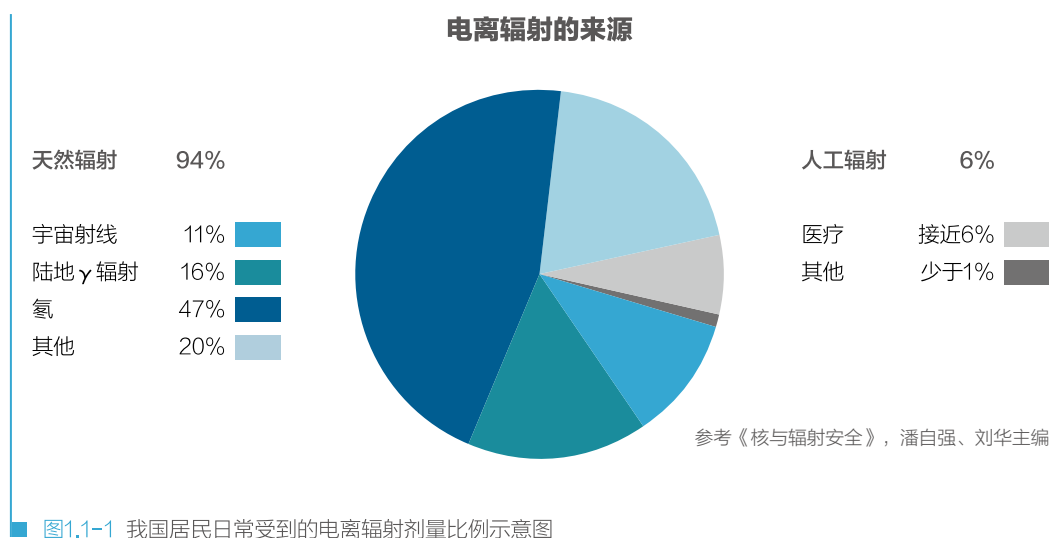
# 1 辐射的来源



## 1 辐射的来源

环境辐射按其能量不同可以分为电离辐射和电磁辐射，按其来源可以分为天然辐射源和人工辐射源。

我国居民所受的电离辐射个人年有效剂量比例示意图见图1.1-1。由图可见，我国居民所受的电离辐射照射中，绝大部分来自天然辐射源的照射，天然辐射源所致的居民个人年有效剂量占总剂量的94%，而人工辐射源所致的居民个人年有效剂量仅占总剂量的6%。



### 1.1 环境中天然电离辐射源

环境中的天然电离辐射源主要包括来自外层空间的宇宙射线及宇生放射性核素和地壳中的原生放射性核素。根据联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）2000年和2008年报告，全球天然电离辐射源所致个人年有效剂量平均值为2.4mSv（典型范围为1~13mSv），根据中国环境百科全书选编本《核与辐射安全》，我国天然电离辐射源所致个人年有效剂量平均值大约为3.1mSv。天然电离辐射源所致个人年有效剂量平均值分布见表1.1-1。

■ 表1.1-1 天然辐射源所致个人年有效剂量平均值<sup>1)</sup>

辐射来源		个人年有效剂量平均值 (mSv)	
		全球	我国
外照射	宇宙射线电离成分	0.28 <sup>2)</sup>	0.26 <sup>2)</sup>
	中子	0.10	0.10
	陆地伽马射线	0.48	0.54
内照射	氡及其子体	1.15	1.56
	钍及其子体	0.10	0.185
	钾-40	0.17	0.17
	其他核素	0.12	0.315
总计		2.4	3.1

注：1) 资料来源：UNSCEAR2000年报告和中国环境百科全书选编本《核与辐射安全》。

2) 因宇生放射性核素引起的全球居民照射相对较小，表中未包括。

### 1.1.1 宇宙辐射

宇宙射线是指来自外层空间射向地球表面的射线，分为初始宇宙射线和次级宇宙射线。初始宇宙射线为直接来自外层空间的高能带电粒子，主要是质子和 $\alpha$ 粒子，以及某些更重的原子核；次级宇宙射线是由初始宇宙射线与大气中的原子核相互作用产生的次级粒子和电磁辐射，主要是 $\mu$ 介子、光子、电子以及中子。来自外层空间的初始宇宙射线，绝大部分在大气层中被吸收，到达地球表面的宇宙射线几乎全是次级宇宙射线。

宇生放射性核素主要是由宇宙射线与大气层中的核素相互作用产生的，其次是由宇宙射线与地表中核素相互作用产生的。在这些核素中，对公众剂量有明显贡献的是碳-14、氚、钠-22和铍-7，其中碳-14、氚和钠-22也是人体组织所含核素的同位素。表1.1-2列出了这几种宇生放射性核素的特性，其产生个人年有效剂量最大的是碳-14，但也仅占全球天然辐射源所致个人年有效剂量的0.5%。目前我国已开展监测的宇生放射性核素包括碳-14、氚和铍-7。

■ 表1.1-2 主要宇生放射性核素的特性<sup>1)</sup>

核素	半衰期	全球存量/ $10^{12}$ Bq	个人年有效剂量/ $\mu$ Sv
氚	12.33年	1275	0.01
铍-7	53.29天	413	0.03
碳-14	5730年	12750	12
钠-22	2.602年	0.44	0.15

注：1) 资料来源：《中国辐射水平》。

### 1.1.2 原生放射性核素

原生放射性核素是指从地球形成开始一直存在于地壳中的放射性核素。原生放射性核素在环境（水、大气、土壤等）中到处存在，甚至在人体内也存在。由地球形成时产生的各种核素，在几十亿年后的今天，只有半衰期大于1亿年的核素尚未衰变完。这些放射性核素按现在技术判别共有31个，分为两类，一类为衰变系列核素，包括钍系、铀系和锕系三个放射性衰变系列，每个衰变系列包括十至十五种不同的放射性核素。以铀系为例，从铀-238开始，经过14次连续衰变，最后到稳定核素铅-206，其主要衰变系列示意图见图1.1-2。另一类为单次衰变的放射性核素，其中最常见的是钾-40。目前我国环境监测已开展监测的原生放射性核素主要为一些半衰期较长的核素，如铀-238、钍-232、镭-226、钾-40、铅-210等。

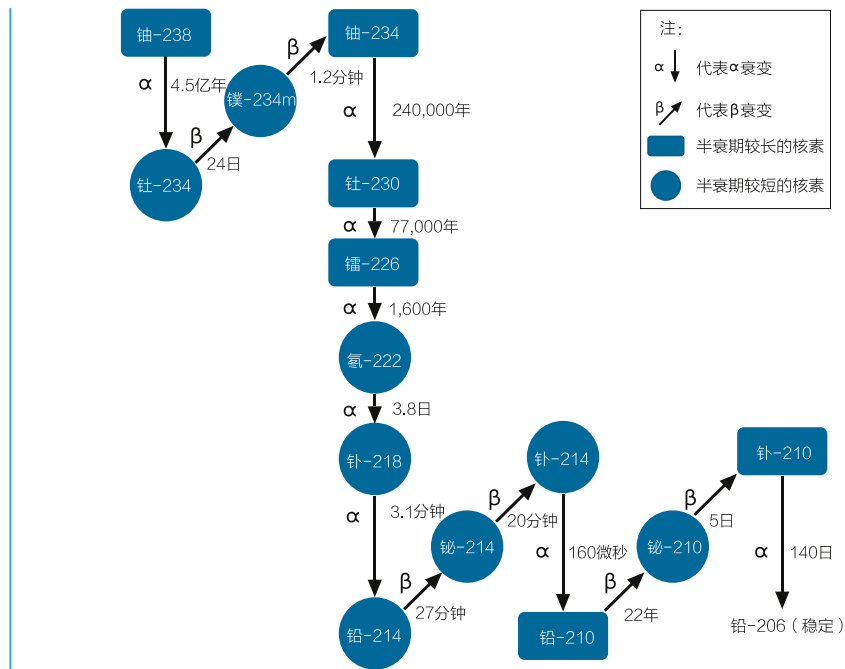


图1.1-2 铀-238主要衰变系列示意图

### 1.1.3 人为活动引起的天然辐射水平变化

天然辐射一直存在，仅就平均而言，数百年来天然辐射水平变化不大，但人为活动也可引起天然辐射水平升高。人为活动引起的天然辐射水平升高泛指人为活动所引起的天然存在放射性物质（NORM）活度浓度的增加或天然放射性核素分布的改变，进而导致工作场所或周围环境辐射水平明显升高的现象。引起天然辐射水平变化的人为活动分为两类：一类是改变了自然原有状况，从而引起辐射水平增加的人类活动；另一类是导致人所受辐射水平增加或减少的人类行为方式（如乘坐飞机、轮船和汽车等）。通常主要是指前者。

引起天然辐射水平升高的人为活动主要有：金属冶炼、磷酸盐加工、煤矿和燃煤电厂、石油和天然气开采、稀土金属和氧化钛工业、锆与制陶工业、天然放射性核素的使用（如镭和钷的应用）以及航空业、建筑业等。当放射性活度浓度或者工作人员及公众所受年有效剂量超过核安全监管机构的规定时，需要进行审管控制。

一些研究表明，有些问题值得关注，如掺渣建筑材料引起室内氡浓度水平的显著上升；燃煤电厂的放射性排放及其对公众的辐射照射远高于核电站的贡献；相当一部分非铀矿山的开发与利用引起的公众辐射照射明显高于铀矿开采与利用。因此，应对人为活动引起的天然辐射照射增加加以控制。

## 1.2 环境中人工电离辐射源

人工电离辐射源主要包括核武器试验和生产、核能生产、以及核与辐射技术在医学诊断与治疗、科学研究、工业、农业等各个领域的应用。根据UNSCEAR2008年报告，全球人工电离辐射源所致个人年有效剂量平均值约为0.6mSv（典型范围为零至几十mSv）；根据中国环境百科全书选编本《核与辐射安全》，我国人工电离辐射源所致个人年有效剂量平均值约为0.2mSv。在人工电离辐射源中，医学诊断检查是最大的辐射源，人工辐射源所致个人年有效剂量平均值分布见表1.2-1。

■ 表1.2-1 人工辐射源所致个人年有效剂量平均值<sup>1)</sup>

辐射来源	个人年有效剂量平均值 (mSv)	
	全球	我国
医学诊断检查	0.6 <sup>2)</sup>	0.21
大气层核试验	0.005	0.0005
切尔诺贝利事故	0.002	0.00005
核燃料循环（公众照射）	0.0002	0.00001

注：1) 资料来源：UNSCEAR2008年报告和中国环境百科全书选编本《核与辐射安全》。

2) 全球医学诊断检查所致的平均个人年有效剂量中不含治疗。

与天然放射性核素相反，人工放射性核素是指地球上本不存在，通过粒子加速器或核反应堆人为制备出来的。目前我国环境监测已开展监测的人工放射性核素包括氚、锶-90、碘-131、碘-133、铯-134和铯-137等。

### 1.2.1 医疗照射

核与辐射技术在各行各业的日益广泛应用中，医学应用的历史最久、应用最广、影响最大。电离辐射的医学应用分为放射诊断、放射治疗和核医学等三部分。UNSCEAR和国

际放射防护委员会（ICRP）等均指出，医疗照射是最大的并且必将不断增加的人工电离辐射照射来源。根据UNSCEAR2008年报告，在人工电离辐射照射来源中，医学放射诊断占绝大多数，所致全世界人均年有效剂量远高于所有其他人工源好几个数量级。与职业照射和公众照射的防护不同的是，个人剂量限值不适用于医疗照射防护。为更好地推动医疗照射防护最优化，我国在《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中，明确了放射诊断的医疗照射指导（参考）水平。

### 1.2.2 核试验

大气层核试验是环境中人工辐射源对全球公众产生辐射照射的主要来源。1945~1980年期间，世界各地进行了多次大气层核试验。核试验所产生的放射性裂变产物和其它放射性核素，一部分在试验场附近沉积，大部分在大气中迁移、弥散，造成全球性沉降。1980年后，大气层核试验中止。由于放射性核素的衰变及在地表中的迁移扩散作用，沉降到地表的大气层核试验沉降灰的影响逐渐减弱，目前在地表中仅存在一些痕量的长寿命裂变产物（如锶-90和铯-137）以及氡和碳-14等放射性核素。随着时间的推移，大气层核试验沉降灰的影响将继续不断地减弱。

### 1.2.3 核能生产

核能生产引起的公众照射包括整个核燃料循环引起的对公众照射。核燃料循环包括铀的采矿、水冶、转化、富集；核燃料组件的制造；核电站的运行；乏燃料的贮存和后处理；乏燃料中易裂变和有用物质的循环利用和回收；以及放射性废物贮存和处理。根据UNSCEAR报告资料，在核能生产各阶段中，对局部和区域集体剂量的主要贡献之一是核电站。核电站是最大型的一类核设施，具有完善的多重安全屏障系统，保证在正常运行状况下对环境释放很小，事故概率很低、安全水平很高。核电站在正常运行条件下，排入大气的主要是裂变气体（氪和氙等）、活化气体（碳-14和氚-41等）以及碘、微尘和氡。液态流出物主要有氡、碘、钴、铯及其它核素。关键核素可能因堆型和设计特征而有所不同。根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）的规定，在我国核电站必须按每堆实施流出物年排放总量的控制，此外，任何厂址的所有核电站反应堆向环境释放的放射性物质对公众中任何个人造成的有效剂量，每年必须小于0.25mSv的剂量约束值。2016年，我国运行的核电机组安全业绩良好，未发生国际核事件分级表2级及以上的安全事件和事故，气载和液态流出物排放低于国家规定的控制值。截止2016年底我国在建和运行核电厂分布图见图1.2-1。

核事故中人工放射性核素向环境的释放，亦成为公众照射的一部分。全球核电厂运行过程中发生过一些事故，如1979年、1986年和2011年分别发生了三哩岛、切尔诺贝利和福岛核事故。其中三哩岛核事故辐射泄漏的范围主要局限于安全壳内，对环境的影响极其

轻微，按照国际核事故分级表为5级。切尔诺贝利核事故是核电历史上最严重的事故，估计释放到环境的放射性物质总量为 $1.2E+19Bq$ ，释放的放射性核素主要为碘-131、铯-137和铯-134等，前苏联、北欧、西欧等国家的广大地区都受到明显的污染，我国和北半球的一些国家也受到不同程度的影响。福岛核事故与切尔诺贝利核事故虽然同为7级，但两者的事故状态不完全相同，福岛核事故放射性物质的释放量低于后者一个量级，福岛核事故发生后，我国全国范围内多种环境介质中陆续检测到碘-131、铯-137和铯-134等人工放射性核素，但到2011年4月底已基本检测不到核事故释放的人工放射性核素。

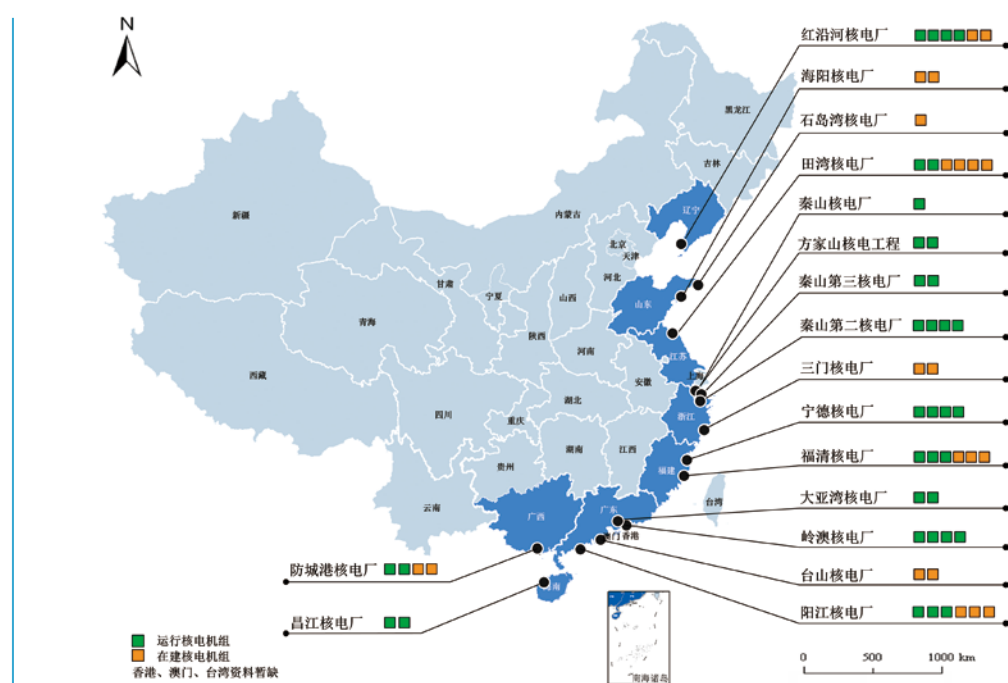


图1.2-1 我国在建和运行核电厂分布图

#### 1.2.4 核与辐射技术在其它领域的应用

核与辐射技术在其他领域的应用指的是除核能利用外，放射性同位素与射线装置在工业、农业、医疗、国防及科学研究等领域的应用。在辐射应用领域，我国开展的放射源应用主要有示踪和射线分析、射线检测技术和辐照技术等方面。我国的射线装置分为X射线机和加速器两类，X射线机除应用于放射诊断和治疗外，还广泛应用于工业探伤和荧光X射线分析，而且在电子设备生产中也常被使用。我国对放射源和射线装置两类辐射应用的从业资质、许可申请、屏蔽设计、防护要求、工作条件等都有明确的规定。



### 1.3 电离辐射照射的途径

人体接受辐射照射的途径分为外照射和内照射。辐射照射途径示意图见图1.3-1。

通常，环境中的天然辐射及人为实践或事件释放的核素形成对人体的外照射。土壤、岩石和建筑材料中存在着许多天然放射性核素，其衰变辐射形成了对人体的外照射。人为实践或事件释放的放射性核素进入大气，人们可能会受到它们的外照射，一般分为两类情景，一类为烟云从人体头顶上空经过时形成的外照射称为烟云照射，以及由于含有放射性核素的空气包围人体形成的外照射称为浸没照射；另一类为释入大气的放射性核素在运动过程中会衰变或在短期内由于干或湿沉降到地表，这些已沉积的核素将衰变而对沉积区内的人们产生外照射。

内照射通常是指摄入人体内的核素产生的照射，主要有两种途径，即吸入空气中的放射性核素所造成的吸入内照射，以及当环境中的放射性核素进入食物链时所造成的食入内照射。

在放射性核素进入环境后，食入照射与外照射通常是主要途径和持续来源。



图 1.3-1 辐射照射途径示意图

## 1.4 环境中电磁辐射

电磁辐射是一种物理现象，是能量以电磁波形式由源发射到空间的现象，是变化的电场和变化的磁场相互作用形成的一种能量流的传播。电磁辐射源从来源可分两类，即天然电磁辐射源和人工电磁辐射源。

天然的电磁辐射源主要有太阳系和星际电磁辐射（包括宇宙射线）、紫外线、可见光、红外线、地磁场、地球和大气层电磁场等。天然电磁辐射较人工电磁设施产生的电磁辐射要小几个数量级。人工电磁设施一般可分为广播电视发射系统、通讯雷达及导航系统类、高压输变电设施、轨道交通系统类和工业、科学、医疗用电磁能设施等，人工电磁设施的分类见图1.4-1。影响电磁环境质量的人工电磁辐射源主要为射频电磁设施和工频电磁设施。

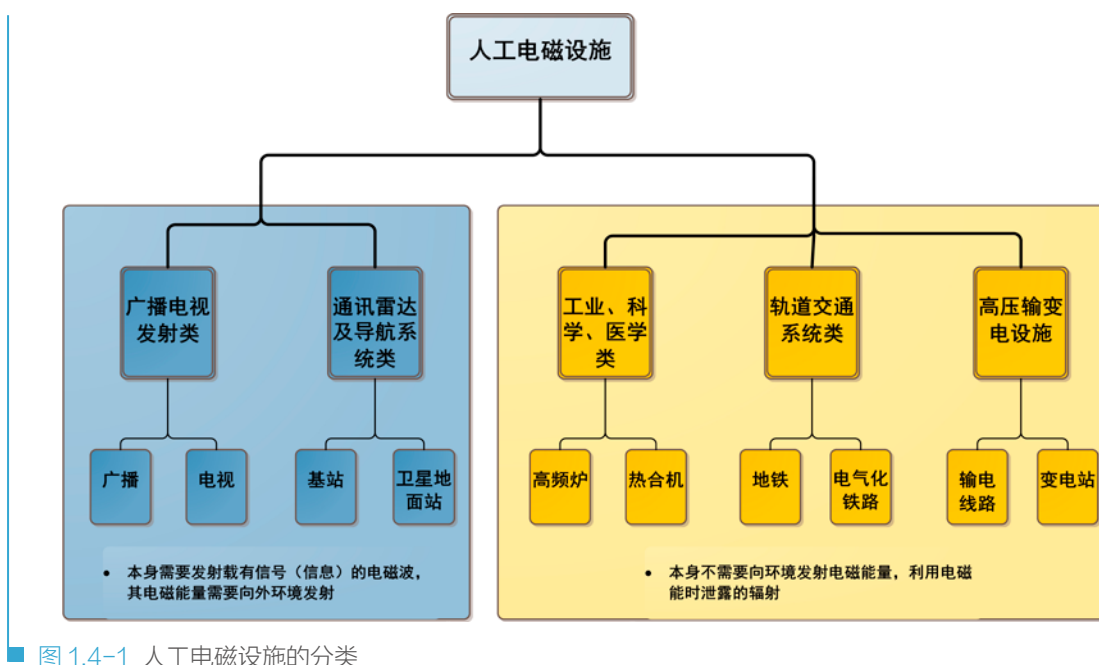


图 1.4-1 人工电磁设施的分类

世界卫生组织（WHO）将电磁辐射粗略地分为静频（0Hz）、极低频（0~300Hz）、中频（300Hz~10MHz）和射频（10MHz~300GHz）四种类型。工频电磁场是一种极低频率（ELF）的电磁场，包含电场和磁场两个分量。在我国，工频频率为50Hz，而有些国家（如美国）为60Hz。电磁波频谱图见图1.4-2。



图 1.4-2 电磁波频谱图

为了保护环境，保障人体健康，防治电磁污染，1988年我国首次发布《电磁辐射防护规定》（GB 8702-88），标准规定了0.1MHz~300GHz频率范围内的电磁辐射防护限值。2014年根据电磁环境基础研究的新进展和我国电磁环境特征的变化，同时为了适应经济建设发展的需求，对原标准进行了修订，并更名为《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）。新标准增加了1Hz~0.1MHz频率范围内电磁环境控制限值，明确了监测的要求，删除了职业控制限值。新标准于2015年1月1日起实施。《电磁环境控制限值》中规定的公众暴露电场强度控制限值与频率的关系见图1.4-3。

目前，我国环境监测开展的电磁辐射监测项目主要为频率范围为30~3000MHz的综合电场强度。

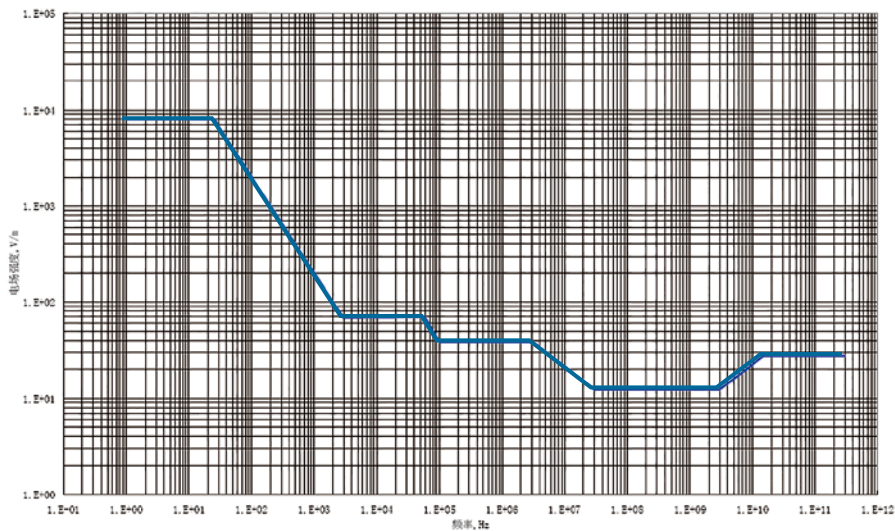
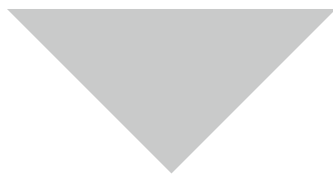


图 1.4-3 公众暴露电场强度控制限值与频率关系



## 2 辐射环境监测



## 2.1 辐射环境监测目的

辐射环境质量监测的目的为：1) 积累环境辐射水平数据，总结变化规律，为评价辐射环境质量提供数据；2) 对异常数据识别、跟踪并判断环境风险；3) 为公众提供信息。

核电厂周围环境监督性监测的目的为：1) 提供剂量评估的资料和数据，评估核电厂运行释放到环境中的放射性物质或辐射对公众造成的实际的或潜在的剂量；2) 监督核电厂运行所致个人年有效剂量是否符合国家规定的剂量约束值；3) 监视核电厂的运行状况和放射性物质的排放情况，识别并跟踪异常释放或事故情况，必要时启动应急监测，通过监测为后果评价和应急决策提供依据；4) 积累核电厂周界外环境辐射水平数据，总结变化规律；5) 积累环境中放射性核素迁移的数据；6) 为公众提供信息。

## 2.2 辐射环境监测概况

根据电离辐射照射途径和辐射环境监测目的，开展的电离辐射环境监测主要包括空气吸收剂量率等外部辐射水平监测，以及空气、水体、土壤和生物等环境样品、食品和饮用水中放射性核素活度浓度监测，此外，还必须开展海藻、苔藓等指示生物的监测，这些指示生物并不一定是直接食物链的一部分，但它具有浓集放射性核素的作用，是一种环境污染的灵敏指示剂。电离辐射环境监测对象示意图见图2.2-1。同时，为评估环境中电磁辐射水平，开展电场强度的监测。

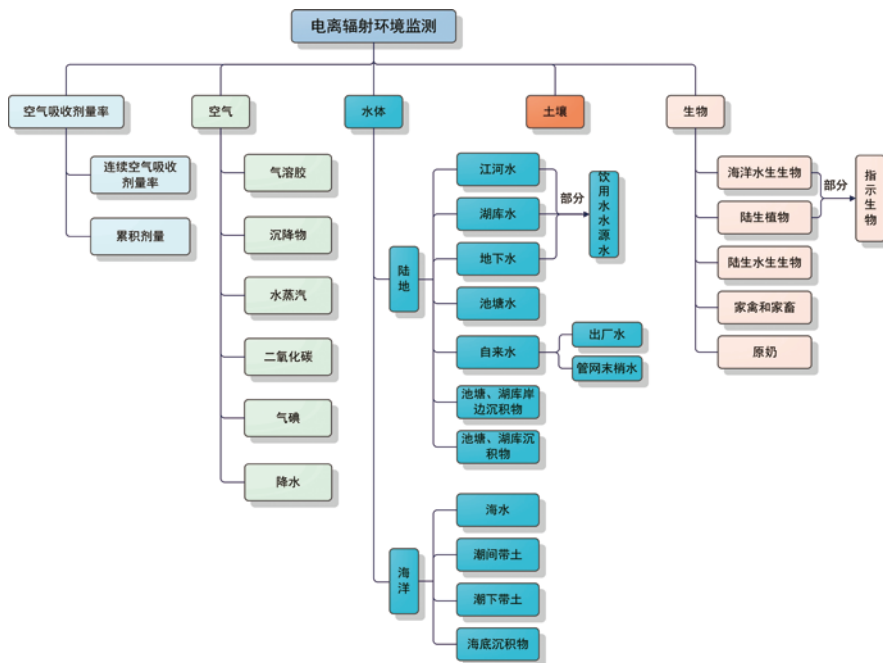


图 2.2-1 电离辐射环境监测对象示意图

根据电离辐射环境监测对象，将监测方式分为现场监测和样品采集实验室分析。

现场监测以辐射环境自动监测站（简称“自动站”，以下同）空气吸收剂量率在线连续监测为主，自动站的配置见图2.2-2。自动站数据通过通讯网络传送至省级和全国数据中心，通过数据管理系统实时监控环境 $\gamma$ 辐射水平和气象参数的变化，并对异常监测数据进行报警，报警示意图见图2.2-3。



■ 图 2.2-2 自动站配置图



■ 图 2.2-3 自动站异常数据报警



但是，在自然界中，相对于天然放射性核素而言，人工放射性核素的含量是很低的。在天然放射性核素干扰的情况下，甄别存在于环境中的痕量人工放射性核素非常不易，而环境中人工放射性核素含量又是评价核设施正常运行或应急情况下排放的放射性物质对环境、公众健康影响的关键指标。因此，辐射环境监测除了自动站的在线连续监测外，还须采集各种环境样品进行实验室分析。部分实验室放射性测量仪器见图2.2-4。



■ 图 2.2-4 实验室分析仪器

### 2.3 辐射环境质量监测方案

全国辐射环境质量监测空气吸收剂量率监测包括104个地级及以上城市的空气吸收剂量率在线连续监测，237个地级及以上城市的累积剂量监测；空气监测包括93个地级及以上城市的气溶胶监测，直辖市和省会城市的沉降物、空气（水蒸汽）和降水中氚、气态放射性碘同位素（以下简称“气碘”）监测；水体监测包括长江、黄河、珠江、松花江、淮河、海河、辽河七大江河流域以及西南和西北诸河、浙闽片河流的江河水监测，20座湖泊（水库）的监测，327个地级及以上城市的集中式饮用水水源地水监测，29个城市的地下水监测，沿海11个省份的海水和海洋生物监测；此外，还包括331个地级及以上城市的土壤监测，直辖市和省会城市的电磁辐射监测。

2016年，全国辐射环境质量监测方案见附录1。

### 2.4 核电基地周围环境监督性监测方案

根据核电基地的环境影响特征以及周围自然环境和社会环境状况，在核电基地厂区边界、地面最大浓度处、关键居民点布设自动站空气吸收剂量率在线连续监测点和空气监测点；在地面最大浓度处、厂界周围20公里范围内8个方位角布设累积剂量监测点；根据核

电基地周围近岸海域海流、潮汐状况，在液态流出物排放口周围设置海洋监测点，着重加强藻类、贝壳类等指示生物的监测；在可能受影响的河流、水库、饮用水源、地下水布设陆地水监测点；在主导下风向或排水口下游灌溉区布设陆生生物监测点，着重加强松针、茶叶等指示生物的监测；在厂界10公里范围内16个方位角布设土壤监测点。同时布设各种环境样品对照点。核电基地周围环境监督性监测的重点是核电站释放的人工放射性核素，通过与辐射本底水平对比，监督核电站运行对周围环境所产生的实时影响和长期累积趋势影响，估算核电站放射性物质排放对周围公众所致的个人年有效剂量。

2016年，运行核电基地周围环境监督性监测方案见附录1。

## 2.5 质量保证

国家辐射环境监测网的监测工作在环境保护部的组织、指导和监督下，主要由31个省级辐射环境监测机构和青岛市环境监测中心站共32家成员单位承担。省级辐射环境监测机构负责辖区内辐射环境质量监测，保证客观、公正和独立地从事环境监测活动，对出具的监测数据的真实性和准确性负责。环境保护部辐射环境监测技术中心受环境保护部委托，承担全国辐射环境监测管理技术支持工作，具体承担国家辐射环境监测网运行和管理的技术工作、质量保证、人员培训；负责收集国家辐射环境监测网监测数据，并编写全国辐射环境质量报告。

为确保辐射环境监测数据准确、可靠，通过强化实验室资质认定，规范监测人员持证上岗，加大监测人员的培训力度，加强实验室内部的质量控制和实验室质量考核，统一监测方法，严格计量器具和监测仪器的检定与检验等措施，对监测全过程进行质量控制，辐射环境监测的质量保证措施见表2.5-1。

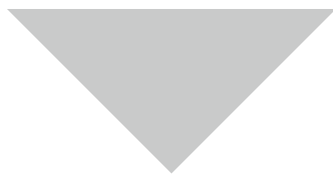


■ 表 2.5-1 辐射环境监测的质量保证措施

质量控制措施	内容
管理体系	32家监测机构通过相关辐射监测项目计量认证,确保各成员单位的人员、实验环境、仪器设备、质量管理等方面,满足辐射环境监测要求。
人员资质	监测人员具有辐射监测上岗证,保证所有从事监测活动的人员持证上岗。
人员培训和考核	定期举办各类辐射环境监测技术培训班,培训包括新进人员或岗位轮换人员的上岗培训和考核;标准、规范技术变更、监测技术革新时适时培训等。
监测方法	采用最新有效的国家或行业标准,方法检出限满足辐射环境监测要求。
监测仪器和标准物质	根据国家要求对监测仪器进行检定或校准,并定期进行期间核查。控制放射性标准物质来源:1、国家计量监督部门提供或经其认定;2、国际权威实验室提供或经其认定;3、某些天然放射性核素标准物质,用高纯度化学物质制备。保证各成员单位测量的量值可溯源至国家或国际计量基准。
样品采集和管理	按照监测方案所确定的采样点位、监测项目、频次、时间和方法进行采样,采样时满足相应的技术规范要求,并保证样品运输、交接和保存等过程中质量控制。
实验室内部质量控制	包括空白样测定、校准曲线的绘制和检验、平行样测定、留样复测、加标回收率测定、密码质量控制样和密码加标样测定、仪器比对、方法比对、人员比对等。
实验室外部质量控制	包括能力验证、比对测量、质量考核和样品外检等。



### 3 辐射环境质量监测结果



### 3.1 监测结果概要

2016年，全国辐射环境质量总体良好。

#### 3.1.1 环境电离辐射

1、实时连续空气吸收剂量率和累积剂量处于当地天然本底涨落范围内。

2、气溶胶和沉降物中天然放射性核素活度浓度处于天然本底水平，人工放射性核素活度浓度未见异常。空气（水蒸汽）和降水中氡活度浓度、空气中气态放射性碘同位素未见异常。

3、长江、黄河、珠江、松花江、淮河、海河、辽河、浙闽片河流、西南诸河、西北诸河、重点湖泊（水库）水中天然放射性核素铀和钍浓度、镭-226活度浓度处于天然本底水平，人工放射性核素锶-90和铯-137活度浓度未见异常。

4、城市地下水中天然放射性核素铀和钍浓度、镭-226活度浓度处于天然本底水平，饮用地下水中总 $\alpha$ 和总 $\beta$ 活度浓度低于《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2006）规定的放射性指标指导值。

5、城市集中式饮用水水源地水中天然放射性核素铀和钍浓度、镭-226活度浓度处于天然本底水平，人工放射性核素锶-90和铯-137活度浓度未见异常，总 $\alpha$ 和总 $\beta$ 活度浓度低于《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2006）规定的放射性指标指导值。

6、近岸海域海水中天然放射性核素铀和钍浓度、镭-226活度浓度处于天然本底水平，人工放射性核素锶-90和铯-137活度浓度未见异常，且低于《海水水质标准》（GB 3097-1997）规定的限值。海洋生物中天然放射性核素铅-210和钋-210活度浓度处于天然本底水平，人工放射性核素锶-90和铯-137活度浓度未见异常。

7、土壤中天然放射性核素铀-238、钍-232和镭-226活度浓度处于天然本底水平，人工放射性核素铯-137活度浓度未见异常。

8、各种环境介质中的人工放射性核素锶-90和铯-137，主要为20世纪大气层核试验和切尔诺贝利核事故残留，日本福岛核事故虽与切尔诺贝利核事故的事故等级同为7级，但两者事故的状态不完全相同，其放射性物质的释放量低于后者一个量级，对我国环境中人工放射性核素活度浓度的测量结果无可探测到的影响。

### 3.1.2 环境电磁辐射

直辖市和省会城市环境电磁综合电场强度远低于《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）中规定的公众曝露控制限值12V/m（频率范围为30~3000MHz）。

## 3.2 空气吸收剂量率

### 3.2.1 自动站空气吸收剂量率

2016年，全国自动站站点分布见图3.2-1，监测结果见表3.2-1。

监测结果表明，自动站空气吸收剂量率处于当地天然本底涨落范围内。除9个自动站因监测设备、供电等故障，数据获取率不满足数据统计的有效性规定，未能进行年均值统计外，其余140个自动站按站点统计年均值范围为（57.6~193.7）nGy/h。



图 3.2-1 自动站布点示意图

■ 表 3.2-1 自动站空气吸收剂量率监测结果

序号	省份	所在地市 (区)	自动站名称	空气吸收剂量率 (nGy/h)		
				小时均值 最小值	小时均值 最大值	年均值
1	北京	海淀区	万柳中路站	85.9	135.4	90.2
2		朝阳区	奥林匹克森林公园站	65.7	138.9	72.1
3		大兴区	亦庄博大公园站	66.7	195.9	77.7
4	天津	南开区	南开复康路站	63.7	117.9	70.7
5		宝坻区	宝坻建设路站	- <sup>1)</sup>	-	-
6		大港区	大港世纪大道站	78.4	129.2	81.2
7	河北	石家庄	石家庄市省辐射站	80.3	115.8	85.0
8			石家庄槐岭路站	64.6	119.7	73.1
9		张家口	张家口纬一路站	91.7	125.2	97.9
10		秦皇岛	秦皇岛秦皇东大街站	72.2	117.8	75.9
11	山西	太原	太原市省环保局站	-	-	-
12			太原长治路站	79.1	146.8	86.5
13		临汾	临汾鼓楼大街站	77.7	130.5	88.0
14		大同	大同魏都大道站	82.8	111.0	87.0
15	内蒙古	呼和浩特	内蒙古环境监测中心站	88.0	154.8	105.9
16			呼和浩特市环境监测站	-	-	-
17		包头	包头市标准站	106.0	167.1	113.2
18			包头市乌兰计站	-	-	-
19		通辽	通辽市环境监测站	72.9	119.2	78.0
20		呼伦贝尔	呼伦贝尔市环境监测站	80.9	120.2	88.3

注: 1) “-”表示自动站因监测设备、供电等故障, 数据获取率不满足数据统计的有效性规定, 未能进行相关统计项统计, 续表同。

表 3.2-1 (续)

序号	省份	所在地市 (区)	自动站名称	空气吸收剂量率 (nGy/h)		
				小时均值 最小值	小时均值 最大值	年均值
21	辽宁	沈阳	沈阳市东陵站 <sup>1)</sup>	70.2	143.3	73.8
22		辽阳	辽阳市文圣站 <sup>1)</sup>	75.3	107.2	79.0
23		大连	大连市西岗站	67.4	93.0	70.8
24			大连市庄河站	65.6	138.4	89.5
25		丹东	丹东市元宝站	94.5	141.6	100.8
26			丹东市宽甸站	78.7	150.2	89.9
27			丹东市凤城站	83.7	154.0	98.3
28			丹东市东港站	85.2	159.8	90.9
29		葫芦岛	葫芦岛市龙港站	69.9	138.6	74.5
30		抚顺	抚顺市新宾站	62.5	122.3	73.4
31		本溪	本溪市桓仁站	79.9	140.4	90.5
32		营口	营口市鲅鱼圈站	96.5	167.4	103
33	吉林	长春	长春卫星路站	80.0	117.6	84.7
34			长春青年路站	66.0	104.3	72.9
35		白山	长白山北山门站	70.1	164.8	98.8
36			长白县长白大街站	77.1	153.3	93.7
37			白山市三道沟镇站	92.1	160.2	115.6
38			临江葫芦套村站	68.3	104.0	77.7
39		通化	集安活龙村站	76.1	134.2	90.2
40		延边州	延边琿春圈河站	53.2	130.7	68.1
41		图们	图们市环保局站	78.4	112.8	86.9
42		龙井	龙井市三合镇站	72.9	132.7	88.9
43		和龙	和龙市南坪镇站	-	-	-
44	黑龙江	哈尔滨	哈尔滨通达街站	100.9	140.0	109.3
45			哈尔滨南直路站	70.7	101.5	76.2
46		黑河	黑河卡伦山村站	61.4	157.0	72.0
47		佳木斯	佳木斯江心岛站	63.7	118.4	81.1
48			佳木斯市抚远站	49.4	112.9	64.7
49		大庆	大庆黑鱼湖水厂站	69.6	135.2	78.3
50		牡丹江	牡丹江十二条站	75.3	138.5	85.1
51		鸡西	鸡西市虎林站	60.2	131.9	72.8
52		大兴安岭	大兴安岭地区漠河站	-	-	-

注: 1) 2015年12月起, 原沈阳市浑南站搬迁至沈阳市东陵站; 原沈阳市皇姑站搬迁至辽阳市文圣站。

表 3.2-1 (续)

序号	省份	所在地市 (区)	自动站名称	空气吸收剂量率 (nGy/h)		
				小时均值 最小值	小时均值 最大值	年均值
53	上海	浦东新区	浦东新区张江站	64.7	133.4	87.3
54		普陀区	普陀沪太路站	65.5	98.7	71.1
55		金山区	金山临桂路站	65.3	123.1	74.0
56		崇明县	崇明汲浜路站	71.5	119.4	75.7
57	江苏	南京	南京新城科技园站	55.4	97.9	60.1
58		苏州	苏州独墅湖站	71.8	114.9	76.5
59		淮安	淮安清河站	69.1	121.3	73.0
60		连云港	连云港新浦站	100.0	130.7	103.2
61	浙江	杭州	杭州省辐射站	99.0	127.7	104.2
62			杭州三义村站	78.2	152.3	84.3
63		宁波	宁波宝善路站	77.2	120.3	83.0
64		温州	温州会展路站	69.4	164.2	84.4
65	安徽	合肥	合肥市长江西路	71.8	121.4	80.8
66			合肥怀宁路站	70.2	132.9	76.3
67		宿州	宿州淮河路站	71.1	110.4	75.8
68		芜湖	芜湖赭山路站	60.2	110.9	68.2
69	福建	福州	福州晋安站	109.3	154.3	113.6
70			福州连江站	60.2	211.0	94.6
71		厦门	厦门杏林南路站	94.6	175.8	100.3
72		三明	三明麒麟公园站	66.1	189.0	78.6
73	江西	南昌	南昌江大路站	71.1	134.0	77.0
74		上饶	上饶滨江路站	95.5	206.7	103.9
75		九江	九江浔阳路站	67.0	116.9	72.1
76		景德镇	景德镇市景东大道站	89.2	186.1	96.9
77	山东	济南	济南市省辐射站	77.7	114.4	85.0
78			济南经十路站	61.4	108.6	66.6
79		威海	威海市环保局站	91.8	127.6	95.7
80		烟台	烟台青年南路站	63.2	126.6	71.1
81		青岛	青岛市环保局	85.7	114.5	88.5
82			青岛崂山区南窑站	97.5	130.8	102.3
83			青岛崂山区登瀛站	89.5	130.0	92.9
84		威海	荣成观海东路站	76.2	108.7	82.6
85	河南	郑州	郑州大王庄站	67.0	132.1	74.9
86		洛阳	洛阳中州东路站	58.5	141.8	70.4
87		漯河	漯河龙江路站	65.8	194.2	75.1

表 3.2-1 (续)

序号	省份	所在地市 (区)	自动站名称	空气吸收剂量率 (nGy/h)		
				小时均值最 小值	小时均值 最大值	年均值
88	湖北	武汉	武汉江夏站	-	-	-
89			武汉东湖风景区	66.5	122.4	71.4
90		襄阳	襄樊新华路站	69.1	144.6	74.7
91		宜昌	宜昌胜利四路站	51.4	109.9	65.7
92	湖南	长沙	长沙万家丽中路站	64.9	126.9	71.0
93			长沙望城环保局站	63.2	142.1	76.4
94		张家界	张家界大庸路站	56.1	133.4	78.2
95		怀化	怀化怀黔路站	86.5	194.4	94.9
96		广东	广州	广州大道站	94.9	129.4
97	茂名		茂名乙烯生活区站	84.1	176.3	88.2
98	韶关		韶关建筑学校站	72.5	150.2	78.6
99	广西	南宁	南宁市环保监测站	47.1	121.9	74.4
100			广西辐射站	66.0	132.8	72.7
101		桂林	桂林辐射站	66.5	136.2	77.9
102		百色	百色辐射站	58.6	131.5	67.8
103	海南	海口	海口市海南广场	67.2	111.8	71.4
104			海口红旗镇站	52.3	134.3	57.6
105		三亚	三亚榆亚路站	84.6	148.2	87.9
106		三沙	三沙永兴岛站	79.2	115.3	81.7
107	重庆	渝中区	大礼堂站	73.6	125.5	78.3
108		九龙坡区	白市驿站	65.6	190.7	78.2
109		万州区	天城大道站	66.3	123.9	72.2
110		涪陵区	李渡站	84.2	165.5	90.3
111	四川	成都	成都市温江区花土路站 <sup>1)</sup>	81.2	138.5	85.9
112			成都熊猫基地站	75.5	150.2	82.3
113		绵阳	绵阳三水厂站	65.6	115.1	71.0
114		攀枝花	攀枝花机场路站	83.7	154.4	89.3
115		宜宾	宜宾敬业路站	57.4	129.0	74.9
116	贵州	贵阳	省辐射环境监理站	80.8	173.6	96.1
117			贵阳青云路站	64.3	146.5	75.0
118		遵义	遵义市南京路站	63.8	120.7	72.0
119		六盘水	六盘市明湖路站	74.3	144.0	89.8
120	云南	昆明	昆明环城西路站	82.7	132.2	86.9
121		临沧	临沧玉带路站	111.5	161.3	121.4
122		保山	保山九龙路站	72.3	116.6	76.7
123		德宏州	芒市白象街站	88.8	126.0	98.1

注: 1) 2016年1月起, 原四川成都省辐射站搬迁至成都温江区花土路站。



表 3.2-1 (续)

序号	省份	所在地市 (区)	自动站名称	空气吸收剂量率 (nGy/h)		
				小时均值 最小值	小时均值 最大值	年均值
124	西藏	拉萨	拉萨东嘎镇站	186.8	225.2	193.7
125		林芝	林芝迎宾路站	147.0	194.3	154.0
126	陕西	西安	省环保大厦站	71.9	134.0	93.9
127			西安北郊污水处理厂站	69.3	142.1	78.1
128		汉中	汉中民主街站	67.0	122.6	74.8
129		延安	延安热电厂站	80.9	125.4	87.4
130		宝鸡	宝鸡眉县站	97.6	167.0	105.5
131	甘肃	兰州	兰州市东岗站	103.7	178.0	110.4
132			兰州市金昌路站	91.9	133.0	97.7
133		金昌	金昌市公园路站	91.2	111.9	97.4
134		嘉峪关	嘉峪关南市区工业园站	102.1	142.6	110.6
135	青海	西宁	西宁市共和路站	114.6	153.4	120.3
136			西宁南山路站	97.1	135.2	103.7
137		海西州	格尔木昆仑路站	132.4	166.2	139.3
138		玉树州	玉树通天河站	144.2	199.0	153.1
139		海南州	瓦里关站	166.8	238.0	178.6
140	宁夏	银川	银川市环保局西夏分局站	80.4	120.9	87.1
141			宁夏放射性废物库站	84.6	144.9	91.0
142		固原	固原市环保局站	77.9	128.3	89.5
143		中卫	中卫黄河站	82.2	156.7	88.9
144	新疆	乌鲁木齐	乌鲁木齐北艺公园街站	-	-	-
145			乌鲁木齐北京中路站	63.1	120.0	75.9
146		喀什	喀什人民东路站	85.1	112.4	91.5
147		伊犁州	伊犁新华西路站	-	-	-
148		克拉玛依	克拉玛依准葛尔路站	69.6	98.1	76.2
149		哈密	哈密建国南路站	127.2	136.4	116.6

### 专栏3-1 辐射环境自动监测站空气吸收剂量率

■ 辐射环境自动监测站空气吸收剂量率是一种可直接、快速、连续反映环境辐射水平的测量量，是环境辐射监测的一个重要组成部分，单位为戈瑞/小时（Gy/h）。

不同地区，由于海拔、经纬度以及环境条件等的不同，空气吸收剂量率本底水平是不同的。1983~1990年，原国家环境保护局组织开展了以全面掌握我国陆地天然辐射水平和分布状况为主要目的的全国环境天然放射性水平调查，获得的各省份陆地（原野） $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率和宇宙射线电离成分（未包括中子成分）所致空气吸收剂量率见下表。

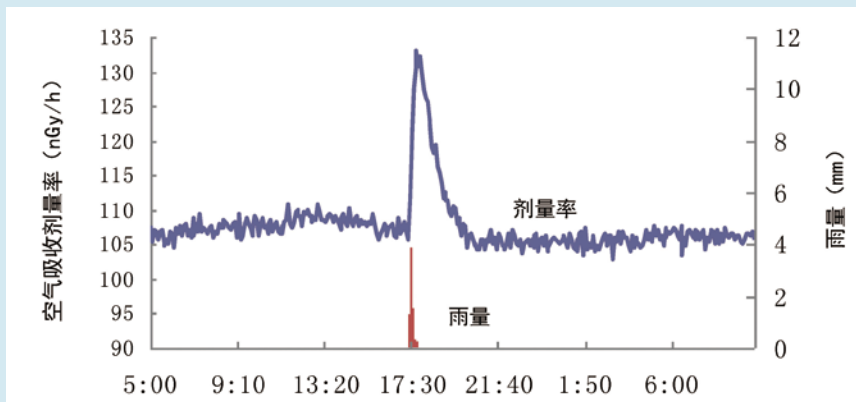
■ 各省份陆地（原野） $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率和宇宙射线电离成分（未包括中子成分）所致空气吸收剂量率

省份 <sup>1)</sup>	环境陆地 $\gamma$ 辐射剂量率 <sup>2)</sup> (nGy/h)			省份 <sup>1)</sup>	宇宙射线电离成分所致空气吸收剂量率 (nGy/h)		
	范围	均值	标准差		范围	均值	标准差
北京	29.2~88.9	32.3	1.6	河南	17.5~141.7	30.2	1.2
天津	36.0~99.7	29.7	0.2	湖北	10.9~140.3	31.8	3.0
河北	28.0~198.7	33.8	3.1	湖南	21.0~271.2	30.0	1.2
山西	31.1~85.7	38.5	2.6	广东 (含海南)	17.7~193.1	27.4	0.6
内蒙	9.6~186.2	39.3	2.5	广西	10.7~238.7	29.5	1.5
辽宁	19.8~178.3	30.7	0.9	四川 (含重庆)	2.4~214.0	39.6	7.8
吉林	18.9~128.6	32.8	1.9	贵州	13.1~142.3	40.4	4.5
黑龙江	21.6~196.9	32.4	1.1	云南	9.9~167.1	45.6	7.9
上海	34.2~79.5	28.8	0.6	西藏	24.4~166.0	121.4	20.0
江苏	33.1~72.6	29.2	0.2	陕西	25.0~150.0	37.0	3.0
浙江	18.6~149.8	32.4	1.5	甘肃	16.9~128.4	48.4	7.7
安徽	27.5~132.9	29.5	0.8	青海	24.7~128.0	95.4	18.0
福建	25.9~334.3	30.3	1.8	宁夏	38.8~87.6	46.2	13.8
江西	13.7~340.8	29.5	1.2	新疆	11.7~326.4	44.0	10.6
山东	16.9~162.6	29.8	0.7				

注：1) 调查未包括台湾省、香港特别行政区和澳门特别行政区。根据当时的行政区划，广东省包括海南省，四川省包括重庆市。

2) 陆地（原野） $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率，点位一般选择在田地、公园、山坡、空场等空旷开阔场所，土层较厚，距离周围房屋和其它障碍物30米以上。测量条件避开了高温、高湿、高寒、下雨、化雪、灌溉等影响。

■ 同一自动站天然辐射所致空气吸收剂量率时间上的变化，一般因降雨等自然因素所致。根据UNSCEAR2000年报告所述，环境地表 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率存在不可忽视的涨落，与地下水位、土壤中水分、降水的影响、冰雪的覆盖、放射性物质的地面沉降、射气的析出和扩散等环境因素有关。其中降雨引起的空气中氡子体沉降，土壤中水分，以及雪覆盖等因素的影响更为明显，特别是空气中氡子体受冲刷和雨水清洗作用，可使环境地表 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率短时间内增加50%至100%，升高的程度取决于降雨时间间隔和降雨量。升高可持续几小时，然后降至比平均低约5%的水平，降低的原因是土壤中水分增加而产生屏蔽作用。如果不再降雨，随着土壤中水分的减少，经几小时或几天恢复至正常水平。此外，雪覆盖可使环境地表 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率降低，大约1cm厚的雪可降低约1%。降雨导致空气吸收剂量率升高示例见下图。

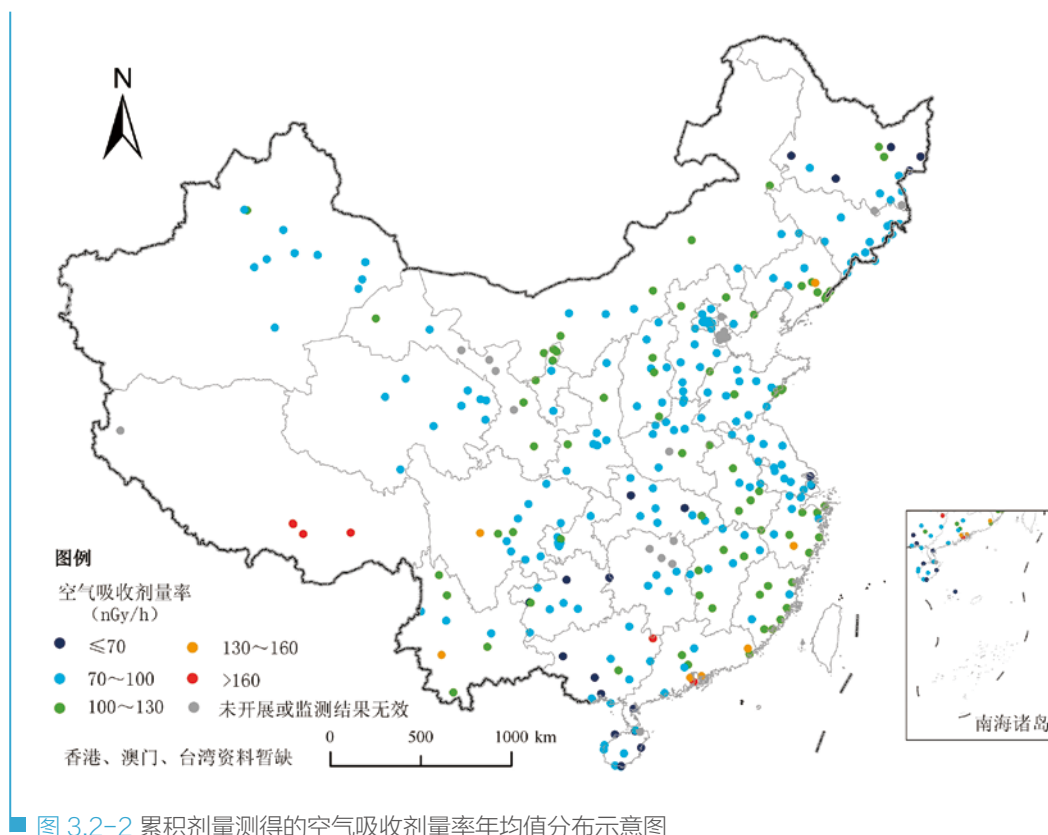


■ 某地降雨导致空气吸收剂量率的升高

### 3.2.2 累积剂量

2016年，全国累积剂量监测点位分布和监测结果见图3.2-2。

监测结果表明，累积剂量测得的空气吸收剂量率处于当地天然本底涨落范围内，304个监测点按点位统计年均值范围为（44.9~285）nGy/h。其中空气吸收剂量率年均值<70nGy/h的点位占6.9%，在（70~100）nGy/h之间的点位占62.2%，在（100~130）nGy/h之间的点位占25.0%，>130nGy/h的点位占5.9%。



## 3.3 空气

### 3.3.1 气溶胶

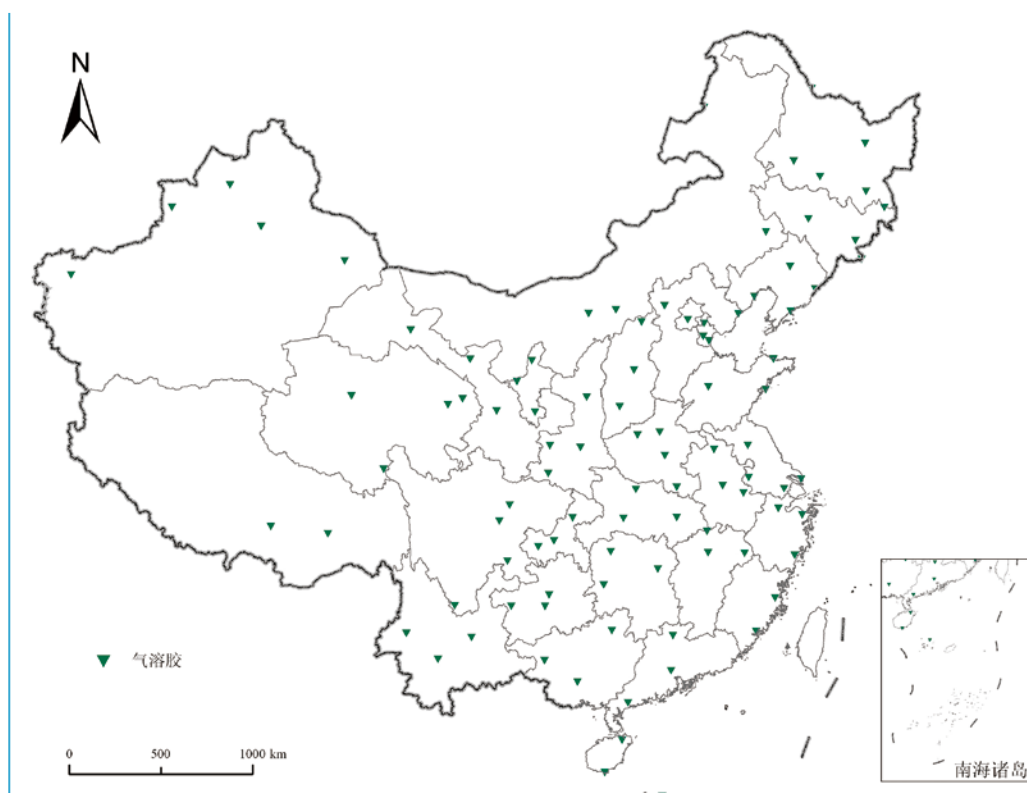
2016年全国气溶胶监测点位分布见图3.3-1，监测结果见表3.3-1。

监测结果表明，气溶胶中天然放射性核素活度浓度处于天然本底水平，人工放射性核素活度浓度未见异常。

■ 表3.3-1 气溶胶监测结果

监测项目	单位	n/m <sup>1</sup> )	高于MDC测值范围	MDC范围
铍-7	mBq/m <sup>3</sup>	946/946	0.12~16	-
钾-40	μ Bq/m <sup>3</sup>	410/993	12~610	14~143
铅-210	mBq/m <sup>3</sup>	206/206	0.17~9.7	-
钋-210	mBq/m <sup>3</sup>	178/178	0.05~1.5	-
碘-131	μ Bq/m <sup>3</sup>	0/968	-	0.46~10
铯-134	μ Bq/m <sup>3</sup>	0/996	-	0.35~9.8
铯-137 (γ能谱分析)	μ Bq/m <sup>3</sup>	1/987	1.2	0.22~9.9
铯-137 (放化分析)	μ Bq/m <sup>3</sup>	32/38	0.12~5.5	0.05~0.12
锶-90	μ Bq/m <sup>3</sup>	41/51	0.05~48	0.04~0.49

注：1) 个别点位因仪器设备等原因未开展相关项目监测，或因采样、样品前处理、测量等原因导致监测结果无效。



■ 图 3.3-1 气溶胶布点示意图

### 专栏3-2 气溶胶中放射性

- 大气气溶胶是指悬浮在大气中的固体或液体微粒。

核与辐射设施在正常运行时，向大气环境排放气态流出物，使周围环境中的气溶胶可能含有微量的人工放射性核素。地层和建筑物等散逸到空气中的氡，经衰变生成钋、铋、铅等天然放射性子体，使周围环境中的气溶胶可能含有微量的天然放射性核素。

气溶胶在大气中随气流而迁移，或在高空成为雨、雪的凝聚核心，或通过溶解和化学反应与水滴结合，降落到地面。沉降于地面的放射性物质又可通过水的蒸发、风的作用而重新进入大气。

气溶胶中的放射性核素对人直接造成外照射，也可因吸入而造成内照射。

#### 3.3.2 气碘

2016年，全国气碘监测点位分布见图3.3-2，监测结果见表3.3-2。

监测结果表明，空气中气态放射性碘-125和碘-131未见异常。

■ 表3.3-2 城市气碘监测结果

监测项目	单位	n/m <sup>1)</sup>	高于MDC测值范围	MDC范围
碘-131	mBq/m <sup>3</sup>	0/292	-	0.02~1.0
碘-125	mBq/m <sup>3</sup>	0/199	-	0.14~12

注：1) 个别点位因仪器设备等原因未开展相关项目监测，或因采样、样品前处理、测量等原因导致监测结果无效。

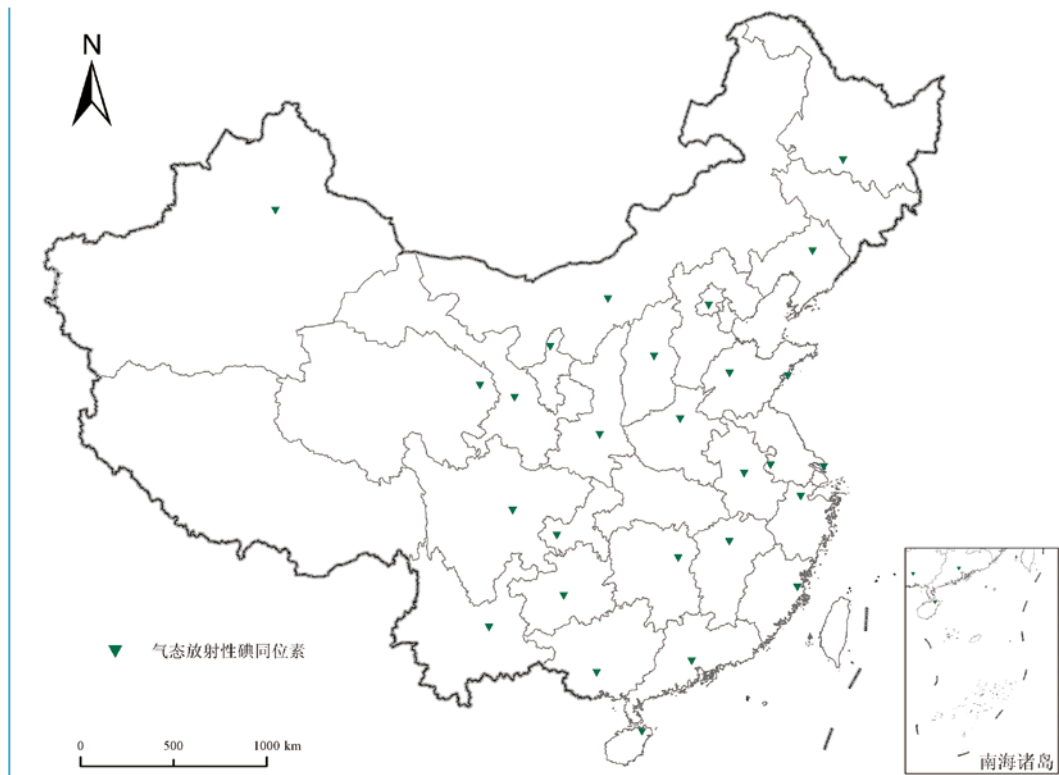


图 3.3-2 气碘布点示意图

### 专栏3-3 空气中碘

■ 碘有35种同位素和8种同质异能素，除碘-127为稳定核素外，其余均为放射性核素。其中最重要的放射性同位素碘-131，是人工放射性核素，正常情况下自然界中不会存在。碘-131是主要的裂变产物之一，在裂变反应中产额较高，半衰期又较短，易挥发，可作为反应堆周围环境的监测指标，也可作为核武器试验和反应堆事故的信号核素。

碘在空气中以微粒碘、无机碘和有机碘的形式存在。目前在局部环境可观察到的微量碘-131主要来自同位素生产、相关医疗机构和反应堆运行。

### 3.3.3 沉降物

2016年, 全国沉降物和降水监测点位分布见图3.3-3和图3.3-4, 监测结果见表3.3-3。

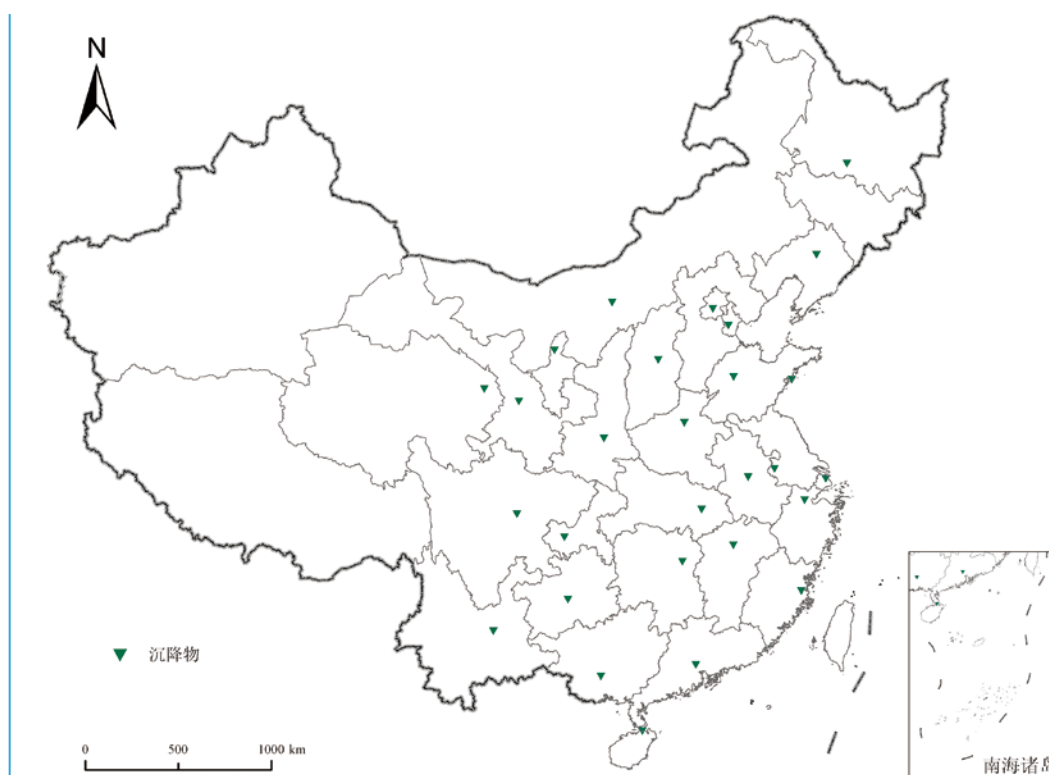
监测结果表明, 沉降物中天然放射性核素日沉降量处于天然本底水平, 人工放射性核素日沉降量未见异常。降水中氡活度浓度未见异常。

■表3.3-3 沉降物监测结果

监测项目	单位	n/m <sup>1)</sup>	高于MDC测值范围	MDC范围
铍-7	Bq/m <sup>2</sup> ·d	103/103	0.07~11	-
钾-40	mBq/m <sup>2</sup> ·d	81/105	10~553	4.5~79
铯-137	mBq/m <sup>2</sup> ·d	2/106	0.33~0.61	0.20~7.7
碘-131	mBq/m <sup>2</sup> ·d	0/107	-	0.18~7.4
铯-134	mBq/m <sup>2</sup> ·d	0/110	-	0.20~8.0
氡 <sup>2)</sup>	Bq/L	17/61	0.28~2.7	0.36~2.5

注: 1) 个别点位因仪器设备等原因未开展相关项目监测, 或因采样、样品前处理、测量等原因导致监测结果无效。

2) 为降水中氡。



■图 3.3-3 沉降物布点示意图



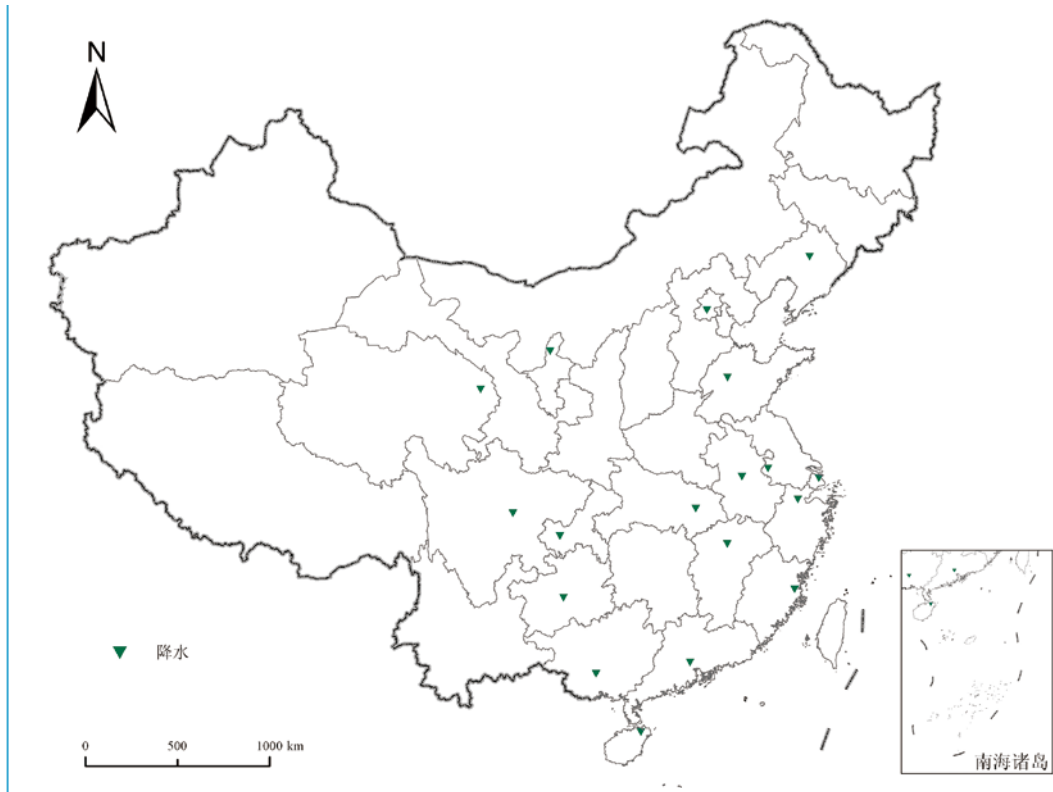


图 3.3-4 降水布点示意图

### 专栏3-4 沉降物中放射性

■ 放射性物质的沉降由重力沉降和干湿沉积组成。粒径和密度较大的颗粒物，受重力和空气阻力的影响，以一定的速度向地面沉降；因不规则随机运动，在与地表面相遇时，与地面之间发生碰撞、静电引力、吸附和各种可能的化学作用，使细小颗粒从空气中得以清除并沉积于地面；降雨对空气中的颗粒物和气溶胶的清洗作用导致湿沉降。

沉积到地面的放射性核素会对人直接造成外照射；沉积的放射性核素，经食物链对人造成内照射；部分沉积在地面上的颗粒物质可因风或人活动的扰动而扬起，造成空气的二次污染。

### 3.3.4 空气（水蒸汽）中氡

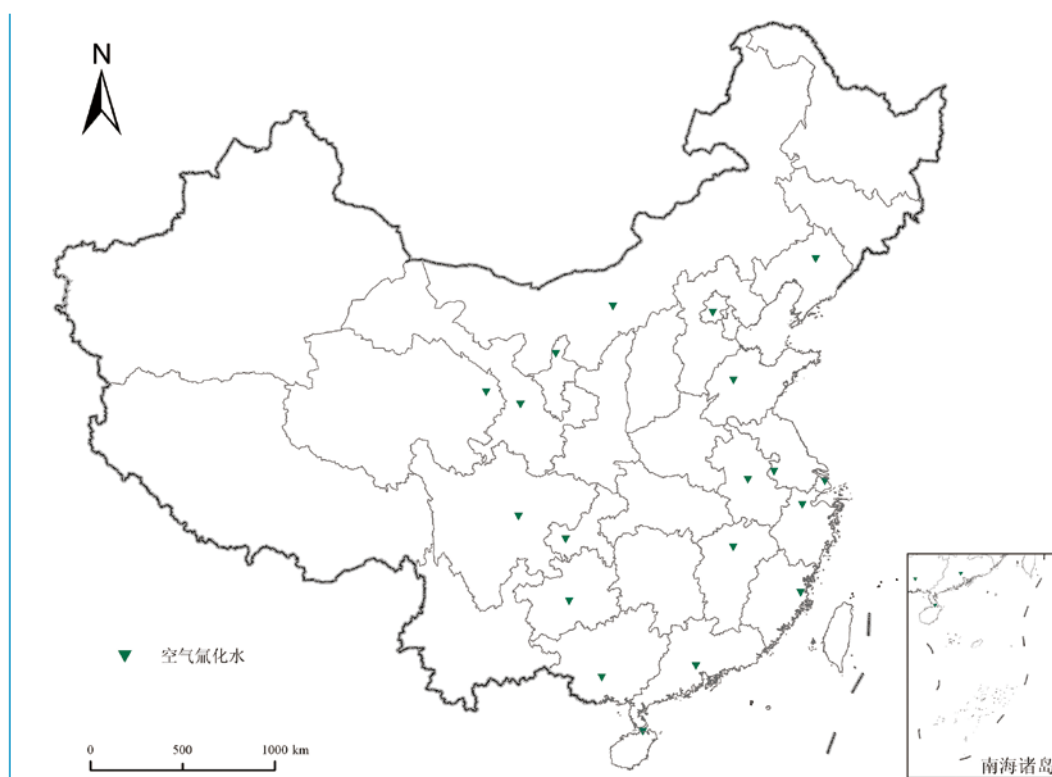
2016年，全国空气（水蒸汽）中氡监测点位分布见图3.3-5，监测结果见表3.3-4。

监测结果表明，空气（水蒸汽）中氡活度浓度未见异常。

■表3.3-4 空气（水蒸汽）中氡监测结果

监测项目	单位	n/m <sup>1</sup> )	高于MDC测值范围	MDC范围
氡	Bq/m <sup>3</sup>	7/19	0.006~0.034	0.006~0.040

注：1) 个别点位因仪器设备等原因未开展相关项目监测，或因采样、样品前处理、测量等原因导致监测结果无效。



■图 3.3-5 空气（水蒸汽）中氡布点示意图

### 专栏3-5 氚

■ 氚是氢的放射性同位素。它既是一种天然放射性核素，又是一种人工放射性核素。天然存在的氚是由高能宇宙射线（中子和质子）与大气中的氮和氧相互作用产生的，但其量甚微（ $10^{17}$ - $10^{18}$ 个氢原子：1个氚原子）。核爆炸试验和人工核裂变的释放（核电站与核燃料后处理厂等）是环境中氚的主要来源。环境中氚主要是以氚化水（HTO，大于99%）形式存在的。工业排放物中的氚虽有少量是以气体HT， $T_2$ 或 $CH_3T$ 的形态存在的，但由于它们的化学不稳定性（较强的氧化性），在潮湿的空气中能较快地转变成氚化水（HTO）形态，此外，人体吸收氚化水的能力约比HT大四个量级，所以在辐射环境监测中，氚的监测一般仅考虑氚化水形态。

■ 氚是一种放射纯 $\beta$ 射线的放射性核素，其 $\beta$ 射线的最大能量为18.6keV，平均能量为5.7keV，因此属于低毒性核素。从剂量学角度看，主要是内照射的危害。此外，氚的剂量转换系数低，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）所述，成人氚化水吸入单位摄入量所致的待积有效剂量转换系数为 $4.5 \times 10^{-11}$ Sv/Bq（吸收类型：M），食入单位摄入量所致的待积有效剂量转换系数为 $1.8 \times 10^{-11}$ Sv/Bq。

## 3.4 水

### 3.4.1 主要江河流域

2016年，全国主要江河流域监测点位分布见图3.4-1~图3.4-13，监测结果见表3.4-1和图3.4-1~图3.4-13。

监测结果表明，主要江河流域水中总 $\alpha$ 和总 $\beta$ 活度浓度，天然放射性核素铀和钍浓度、镭-226活度浓度处于天然本底水平；人工放射性核素锶-90和铯-137活度浓度未见异常。

高于MDC的江河水样品中,铀浓度为(0.10~3.0)  $\mu\text{g/L}$ 的样品占81.6%,钍浓度为(0.10~1.0)  $\mu\text{g/L}$ 的样品占76.7%,镭-226活度浓度为(2.0~15)  $\text{mBq/L}$ 的样品占94.5%,锶-90活度浓度为(1.0~6.0)  $\text{mBq/L}$ 的样品占87.1%,铯-137活度浓度为(0.1~0.7)  $\text{mBq/L}$ 的样品占80.0%。

■表3.4-1 主要江河流域监测结果

监测项目	单位	n/m <sup>1)</sup>	高于MDC测值范围	MDC范围
总 $\alpha$	Bq/L	127/154	0.01~0.41	0.01~0.05
总 $\beta$	Bq/L	153/153	0.04~0.69	-
铀	$\mu\text{g/L}$	152/152	0.09~7.8	-
钍	$\mu\text{g/L}$	150/151	0.02~1.7	0.01
镭-226	$\text{mBq/L}$	128/131	1.7~19	2.0~2.3
锶-90	$\text{mBq/L}$	147/147	0.57~11	-
铯-137	$\text{mBq/L}$	90/147	0.1~1.3	0.1~0.7

注: 1) 个别断面因仪器设备等原因未开展相关项目监测,或因采样、样品前处理、测量等原因导致监测结果无效。

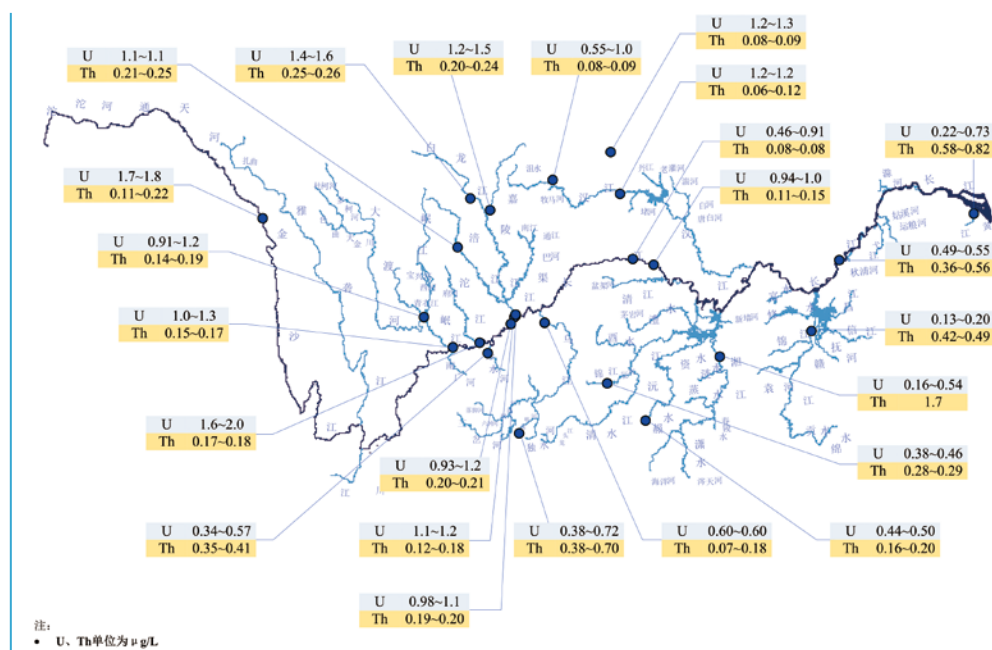


图 3.4-1 长江流域水中铀和钍浓度分布示意图

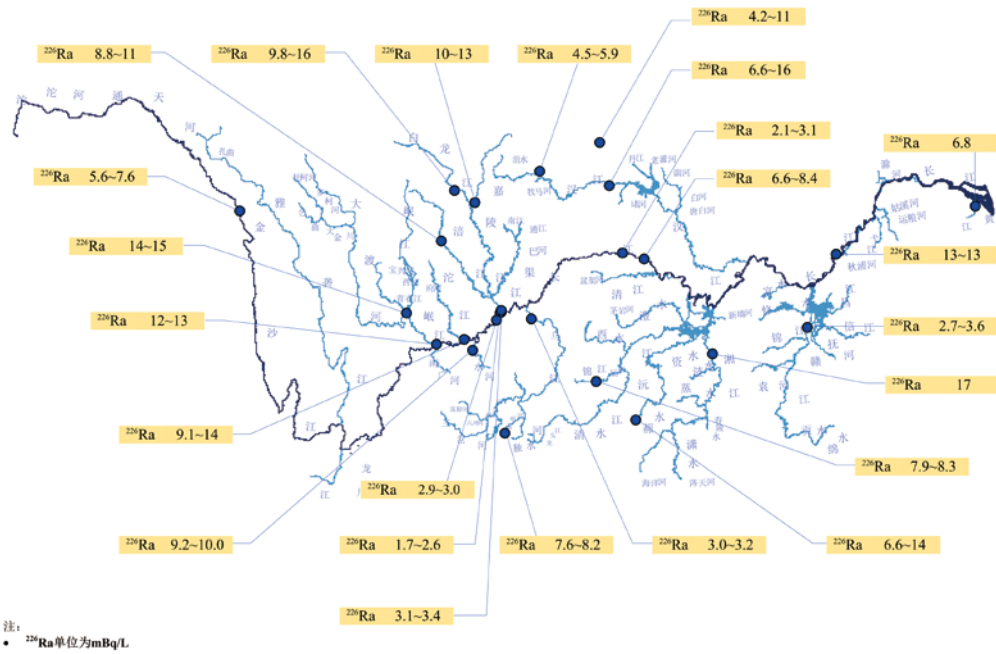


图3.4-2 长江流域水中镭-226活度浓度分布示意图

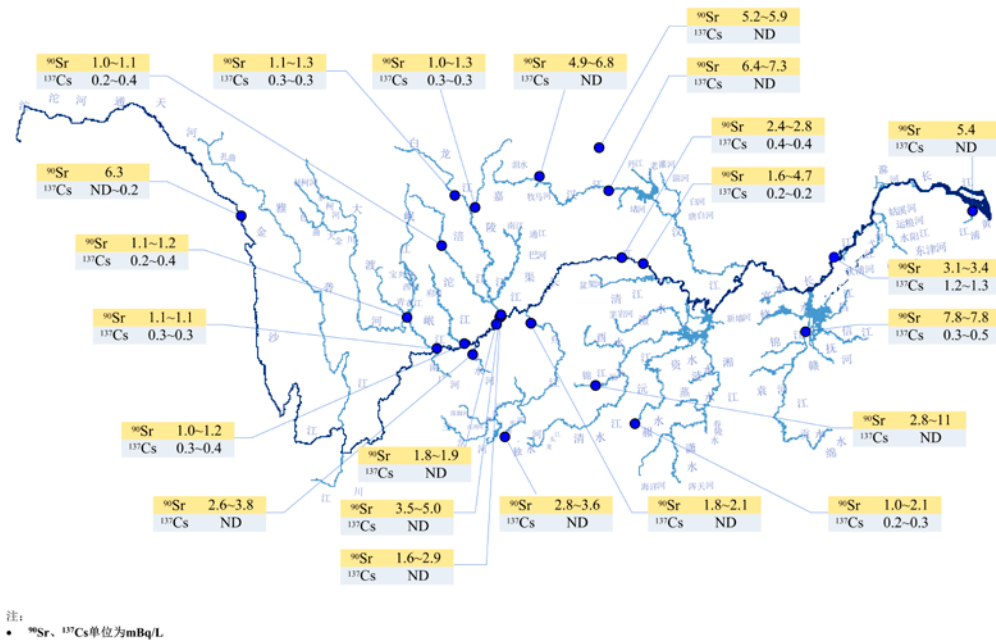


图3.4-3 长江流域水中锶-90和铯-137活度浓度分布示意图

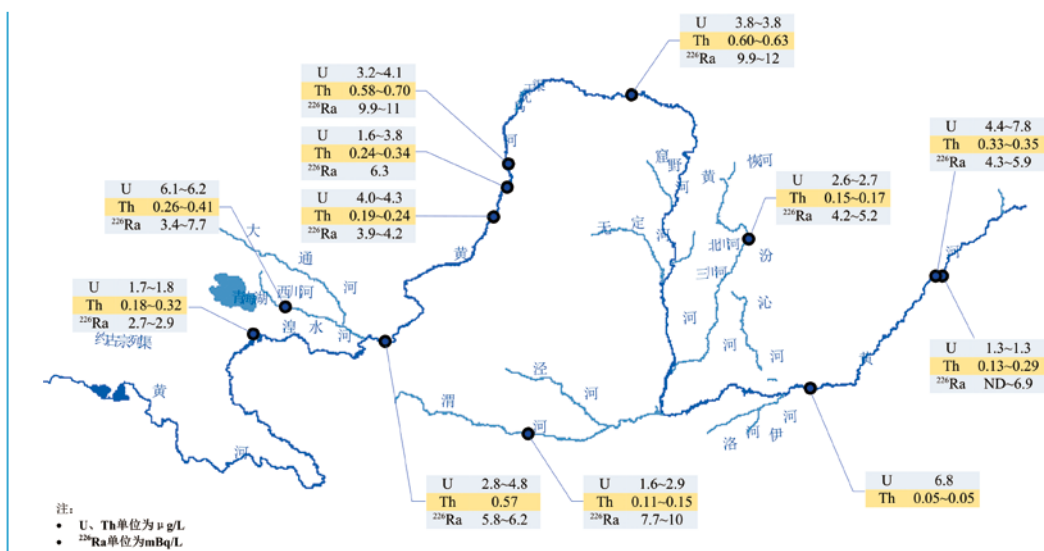


图3.4-4 黄河流域水中铀和钍浓度、镭-226活度浓度分布示意图

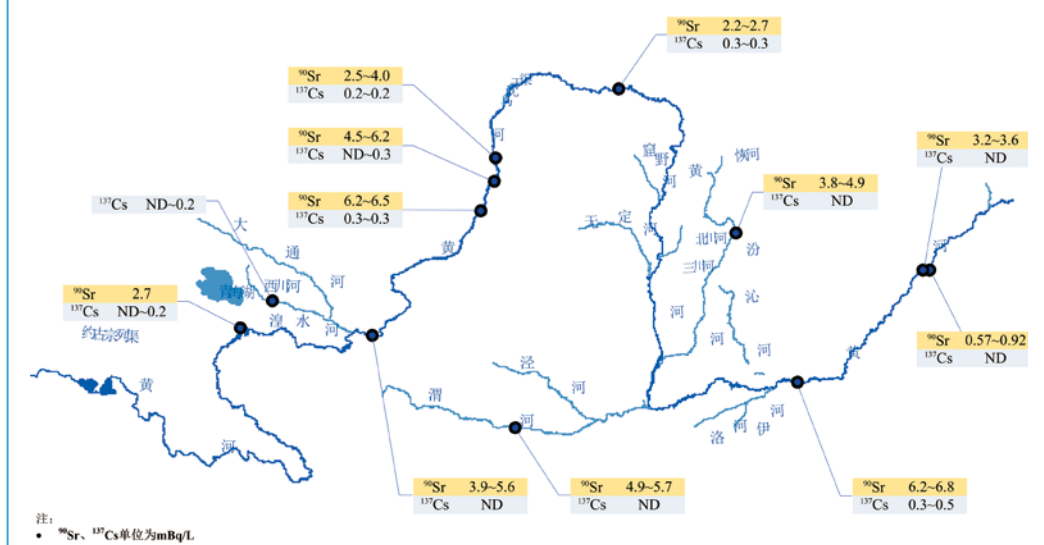


图3.4-5 黄河流域水中锶-90和铯-137活度浓度分布示意图

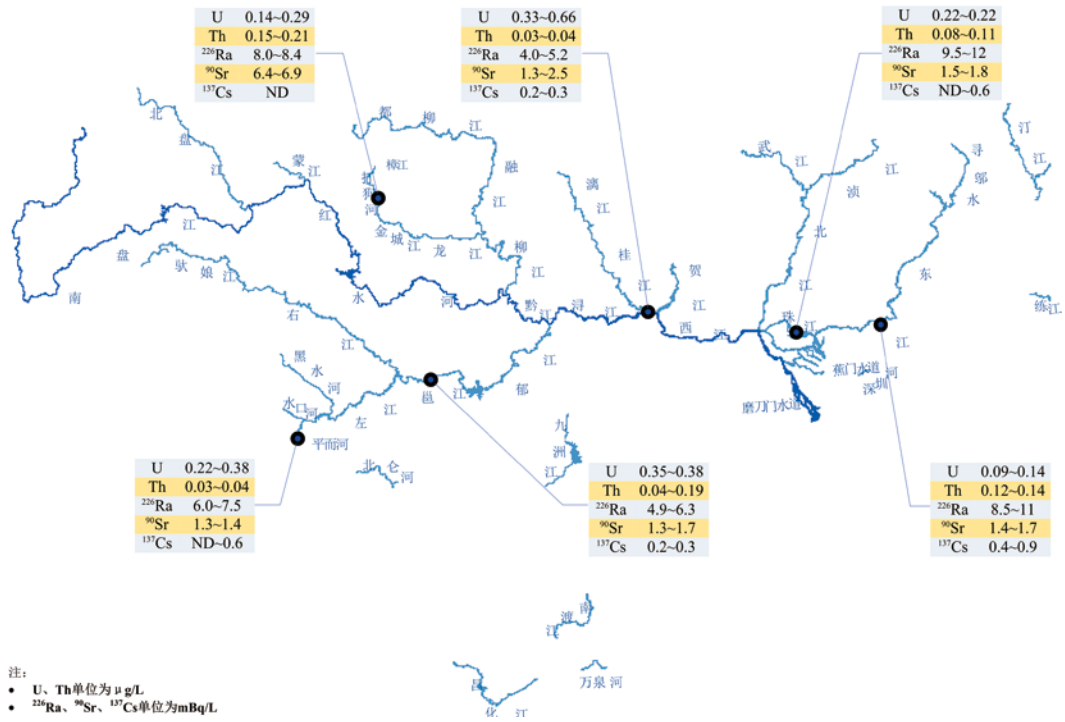


图3.4-6 珠江流域水中放射性核素浓度分布示意图

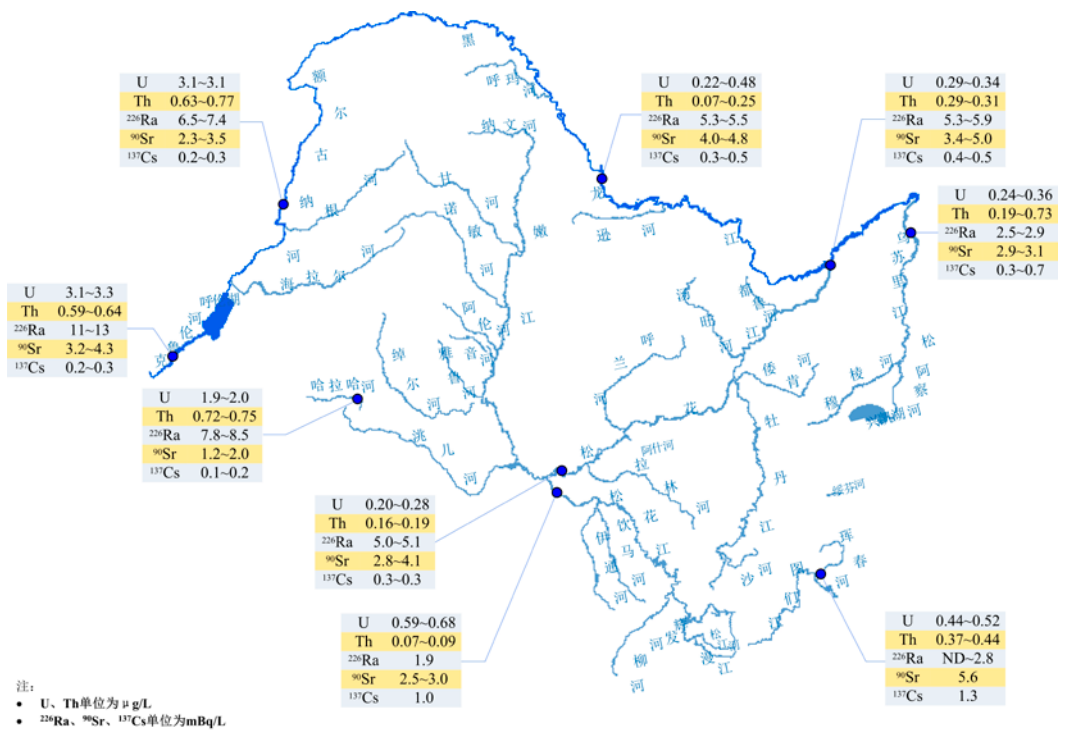


图3.4-7 松花江流域水中放射性核素浓度分布示意图

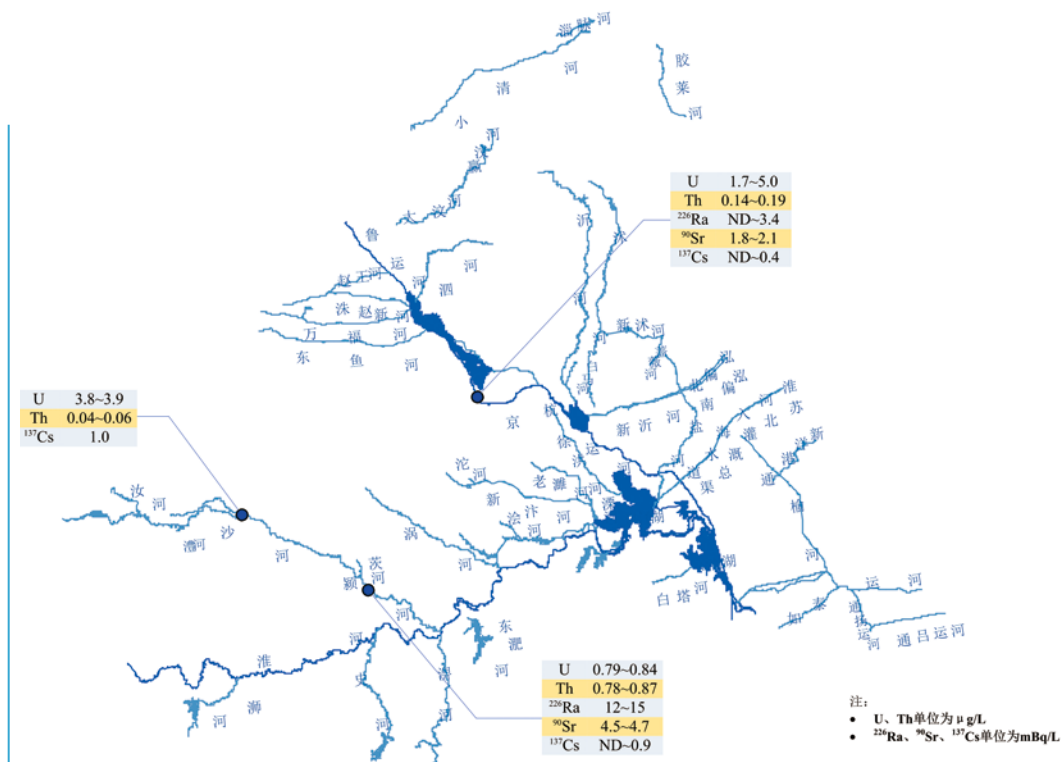


图3.4-8 淮河流域水中放射性核素浓度分布示意图

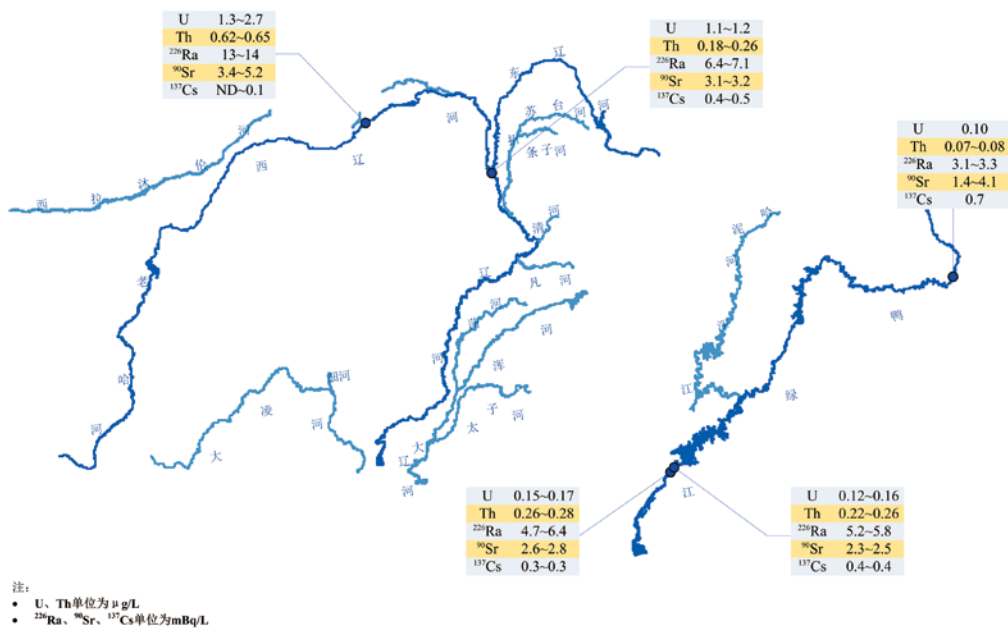


图3.4-9 辽河流域水中放射性核素浓度分布示意图



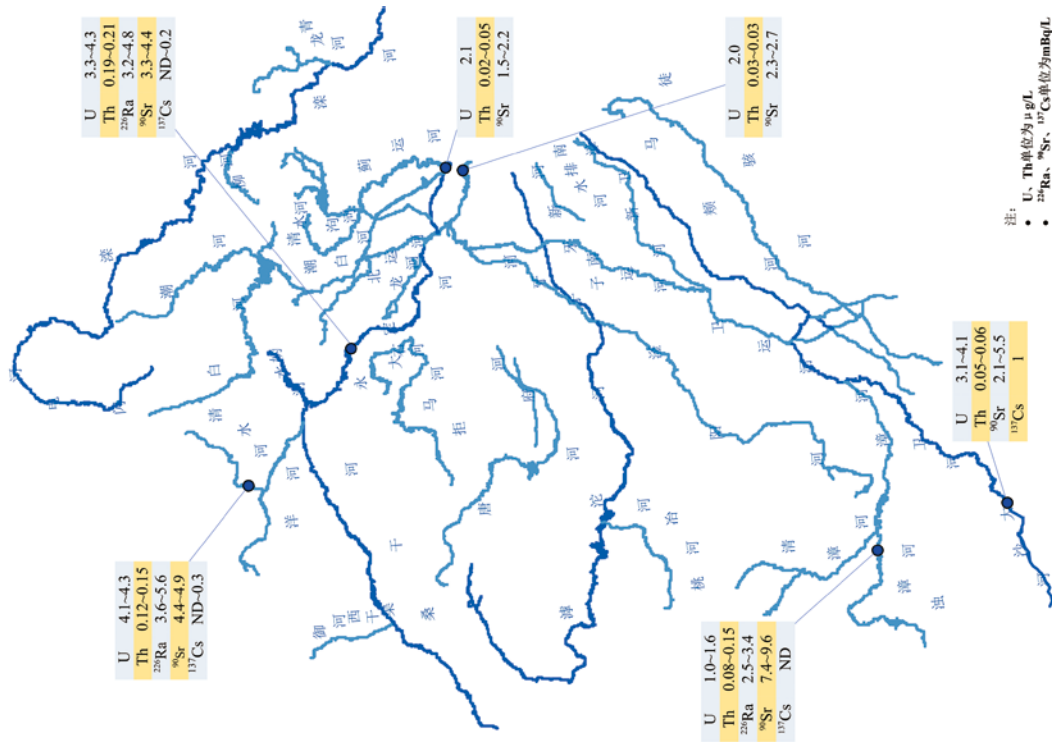


图3.4-10 海河流域水中放射性核素浓度分布示意图

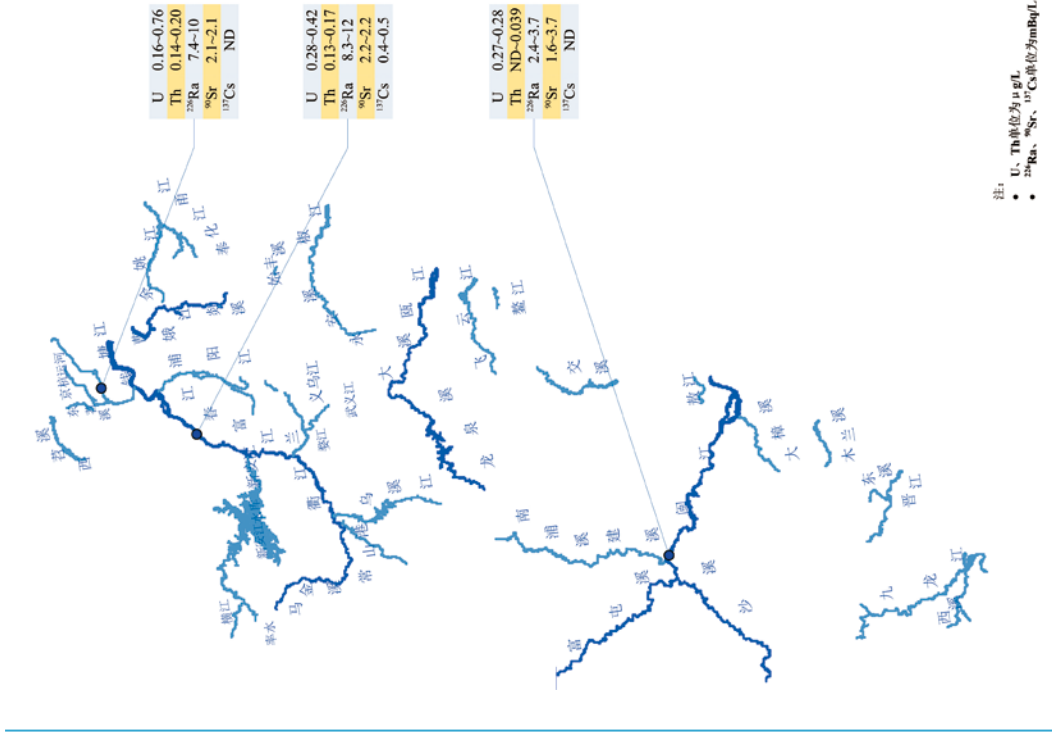


图3.4-11 浙闽片河流水中放射性核素浓度分布示意图

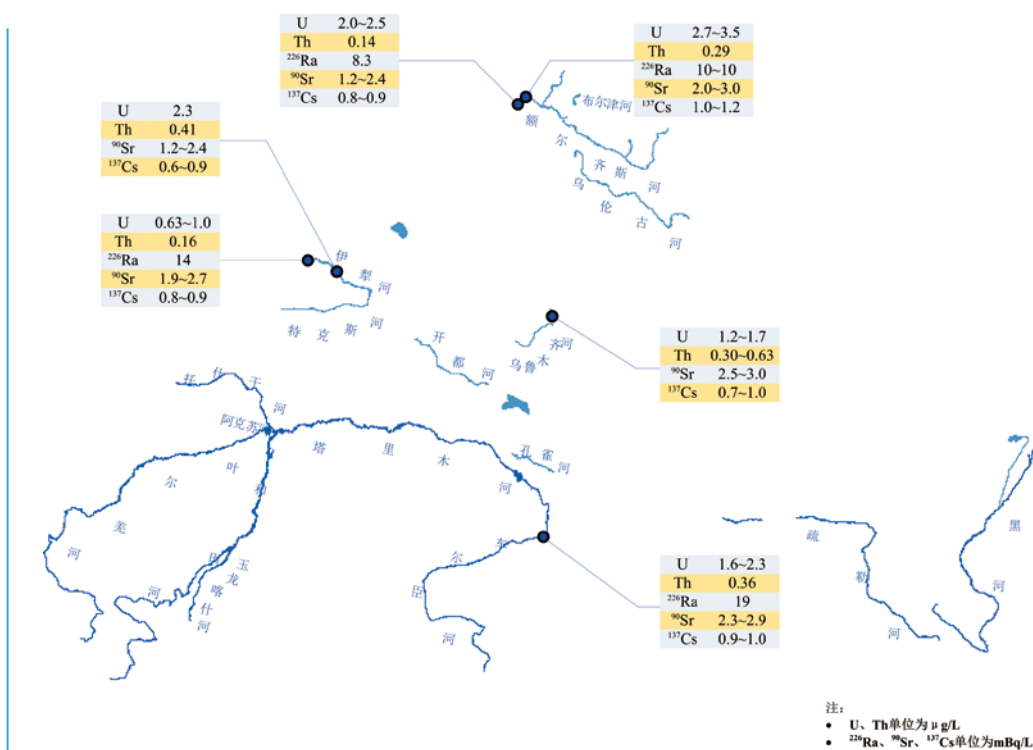


图3.4-12 西北诸河水中放射性核素浓度分布示意图

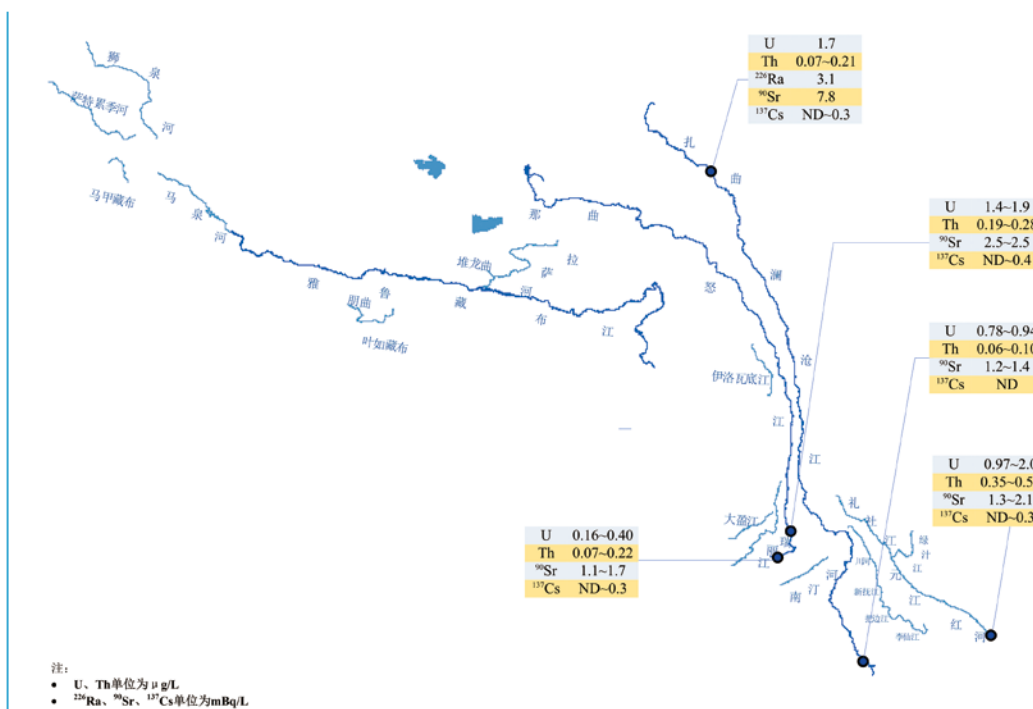


图3.4-13 西南诸河水中放射性核素浓度分布示意图

### 3.4.2 湖泊（水库）

2016年，全国湖泊（水库）水监测结果见表3.4-2、表3.4-3和图3.4-14~图3.4-16。

监测结果表明，重点湖泊（水库）水中总 $\alpha$ 和总 $\beta$ 活度浓度，天然放射性核素铀和钍浓度、镭-226活度浓度处于天然本底水平；人工放射性核素锶-90和铯-137活度浓度未见异常。

■ 表3.4-2 重点湖泊监测结果

监测项目	单位	n/m <sup>1)</sup>	高于MDC测值范围	MDC范围
总 $\alpha$	Bq/L	18/24	0.01~0.83 <sup>2)</sup>	0.01~0.04
总 $\beta$	Bq/L	24/24	0.05~4.6 <sup>2)</sup>	-
铀	$\mu$ g/L	24/24	0.09~5.7	-
钍	$\mu$ g/L	21/21	0.06~0.76	-
镭-226	mBq/L	21/22	1.4~14	2.0
锶-90	mBq/L	21/21	1.2~6.2	-
铯-137	mBq/L	11/18	0.2~1.8	0.1~0.5

注：1) 个别断面因仪器设备等原因未开展相关项目监测，或因采样、样品前处理、测量等原因导致监测结果无效。

2) 青海湖为咸水湖，水中总 $\alpha$ 和总 $\beta$ 活度浓度较高。

■ 表3.4-3 重点水库监测结果

监测项目	单位	n/m <sup>1)</sup>	高于MDC测值范围	MDC范围
总 $\alpha$	Bq/L	8/12	0.01~0.21	0.03~0.04
总 $\beta$	Bq/L	12/12	0.02~0.30	-
铀	$\mu$ g/L	13/13	0.03~5.6	-
钍	$\mu$ g/L	14/14	0.03~0.66	-
镭-226	mBq/L	10/12	1.2~7.0	2.6~2.6
锶-90	mBq/L	11/12	0.73~7.0	0.64
铯-137	mBq/L	6/12	0.1~0.6	0.2~0.5

注：1) 个别断面因仪器设备等原因未开展相关项目监测，或因采样、样品前处理、测量等原因导致监测结果无效。

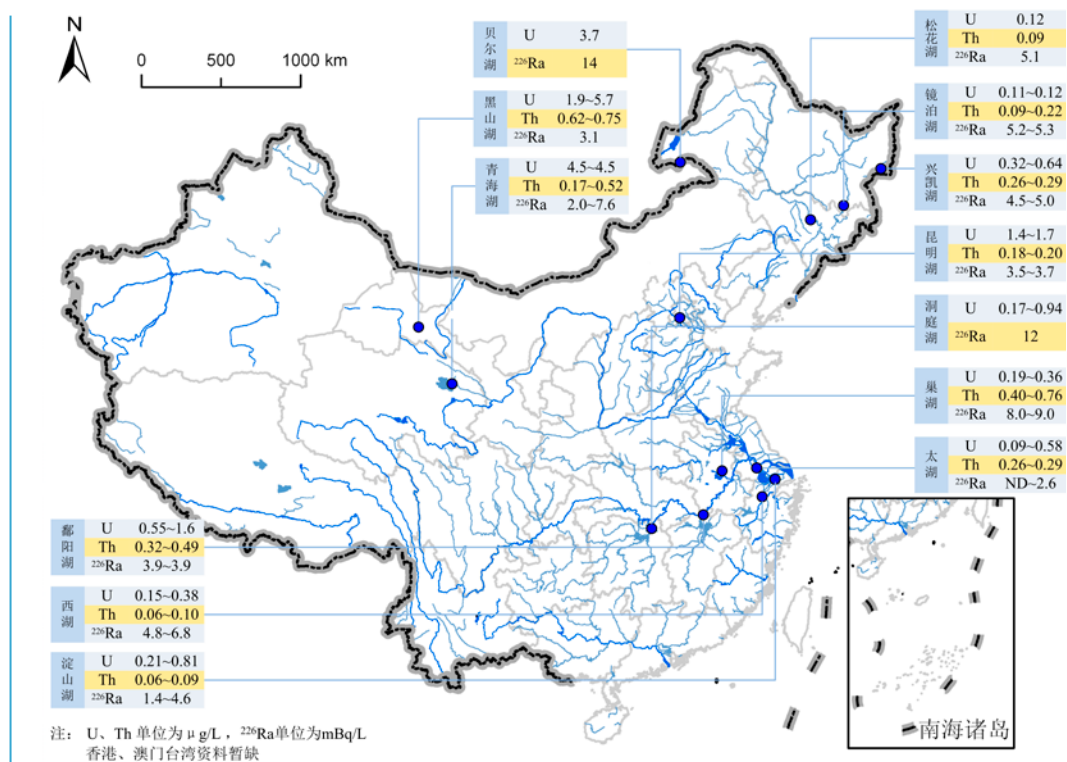


图3.4-14 重点湖泊水中铀和钍浓度、镭-226活度浓度分布示意图

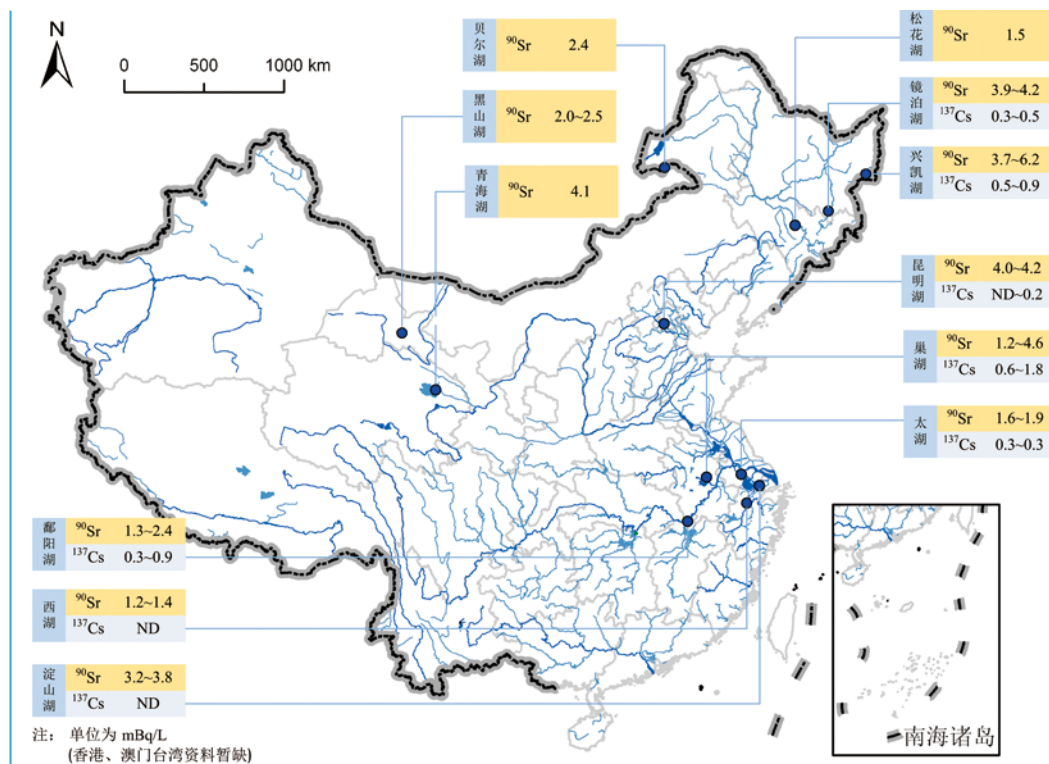


图3.4-15 重点湖泊水中锶-90和铯-137活度浓度分布示意图

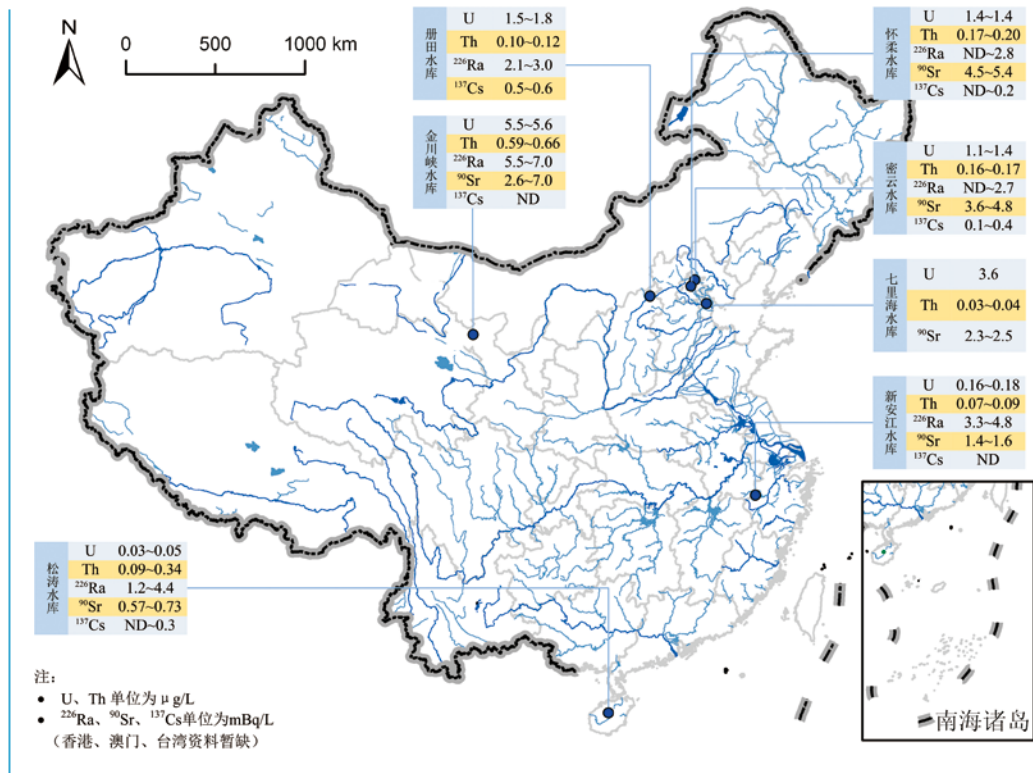


图3.4-16 重点水库水中放射性核素活度浓度分布示意图

### 3.4.3 地下水

2016年，全国地下水监测点位分布见图3.4-17，监测结果见表3.4-4和图3.4-18~图3.4-22。

监测结果表明，地下水中总α和总β活度浓度，天然放射性核素铀和钍浓度、镭-226活度浓度处于天然本底水平。其中，饮用地下水中总α和总β活度浓度低于《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2006）规定的放射性指标指导值。

表3.4-4 地下水监测结果

监测项目	单位	n(m <sup>1</sup> )	高于MDC测值范围	MDC范围
总α	Bq/L	24/29	0.01~0.30	0.01~0.05
总β	Bq/L	29/29	0.02~0.55	-
铀	μg/L	26/27	0.02~5.8	0.05
钍	μg/L	24/24	0.01~0.61	-
镭-226	mBq/L	23/24	3.5~22	2.0

注：1) 个别断面因仪器设备等原因未开展相关项目监测，或因采样、样品前处理、测量等原因导致监测结果无效。

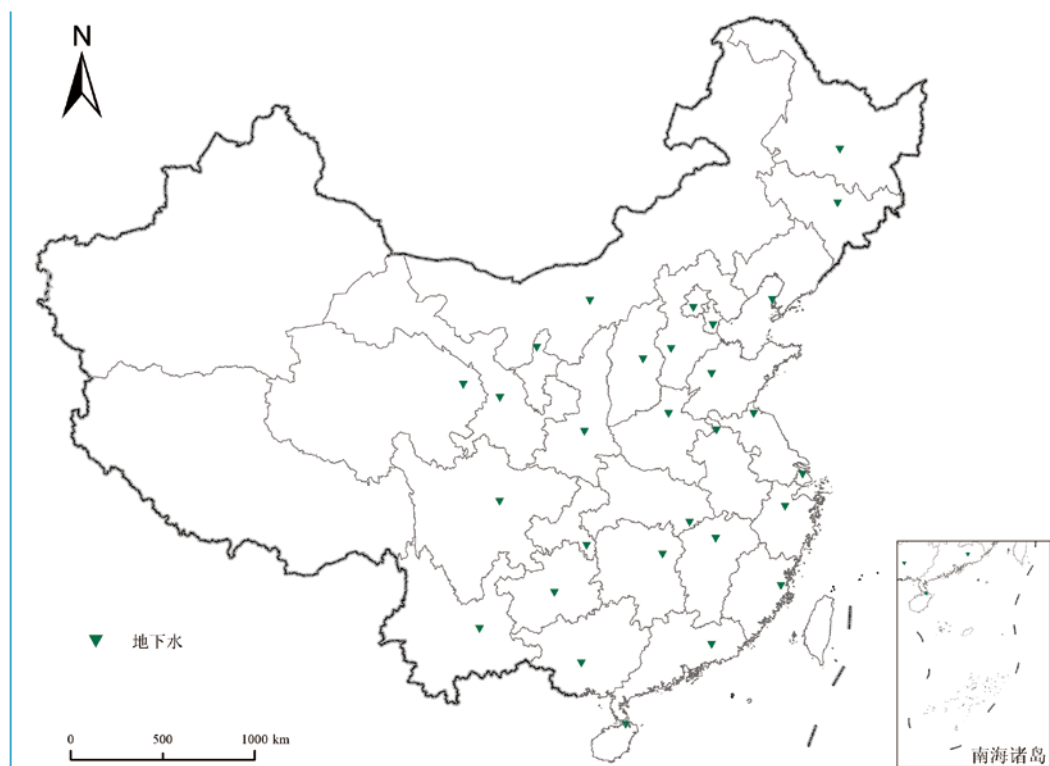


图3.4-17 地下水布点示意图

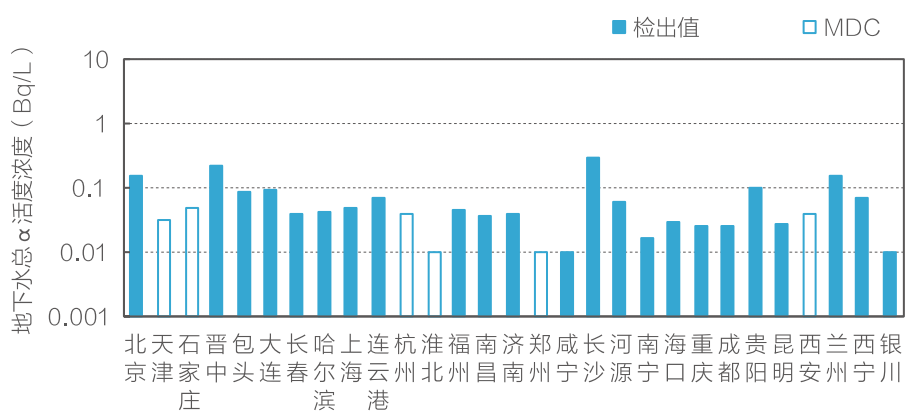


图 3.4-18 地下水中总  $\alpha$  活度浓度

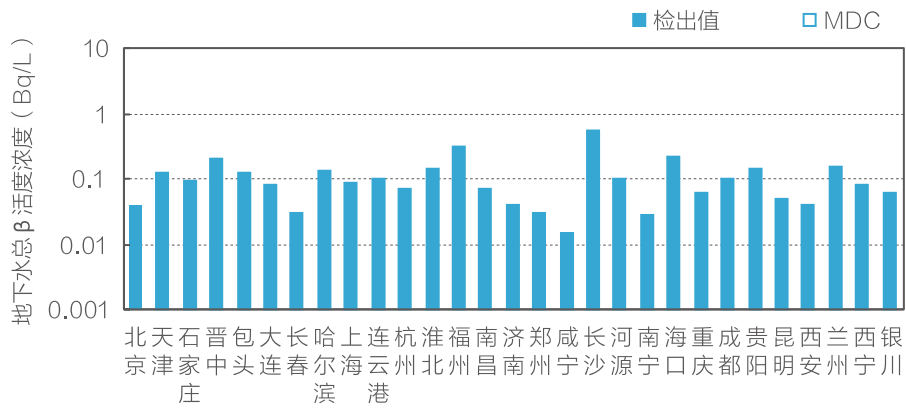


图 3.4-19 地下水中总β活度浓度

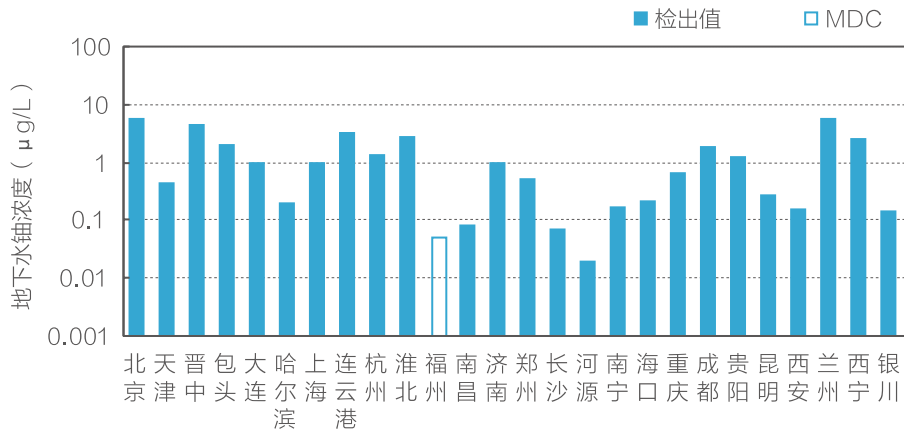


图 3.4-20 地下水中铀浓度

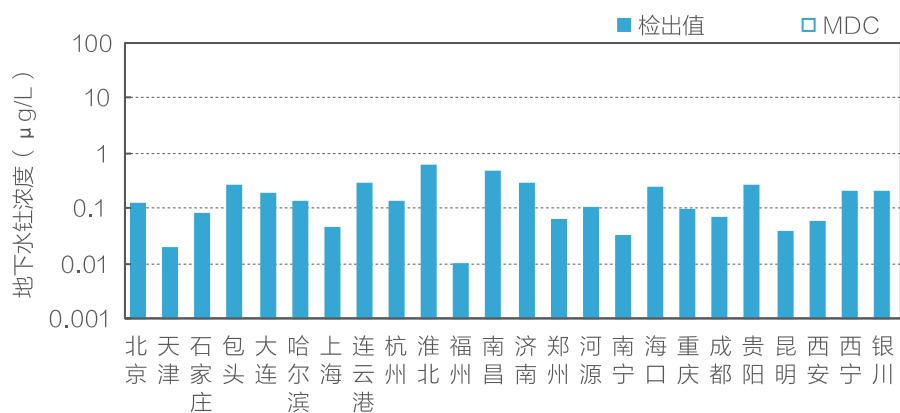


图 3.4-21 地下水中镭浓度

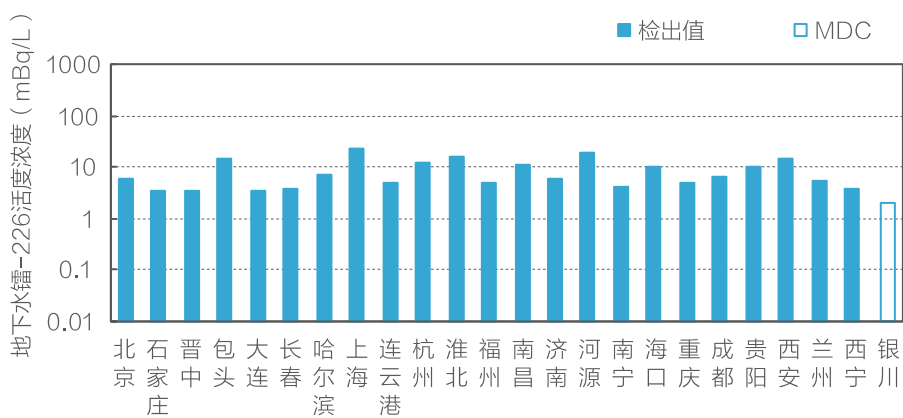


图 3.4-22 地下水中镭-226活度浓度



### 专栏3-6 总放射性分析

■ 通常是指总 $\alpha$ 放射性与总 $\beta$ 放射性的分析测量，所分析的不是样品中某种核素的活度浓度，而是分析样品中 $\alpha$ 放射性核素或 $\beta$ 放射性核素的总活度浓度。由于总放射性测量方法简便、快速，分析测量的成本低，又能很快报出分析结果，因此，总放射性分析方法对大量放射性监测样品的快速筛选是十分有用的。经总放射性测量，如果该样品的总 $\alpha$ 或总 $\beta$ 放射性活度浓度处在正常范围，就不必对该样品进行单种核素的分析测量，这样不仅可以节省大量的时间，又能节省大量的人力和物力。

#### 3.4.4 饮用水水源地水

2016年，全国集中式饮用水水源地监测点位分布见图3.4-23，监测结果见表3.4-5、图3.4-24和图3.4-25。

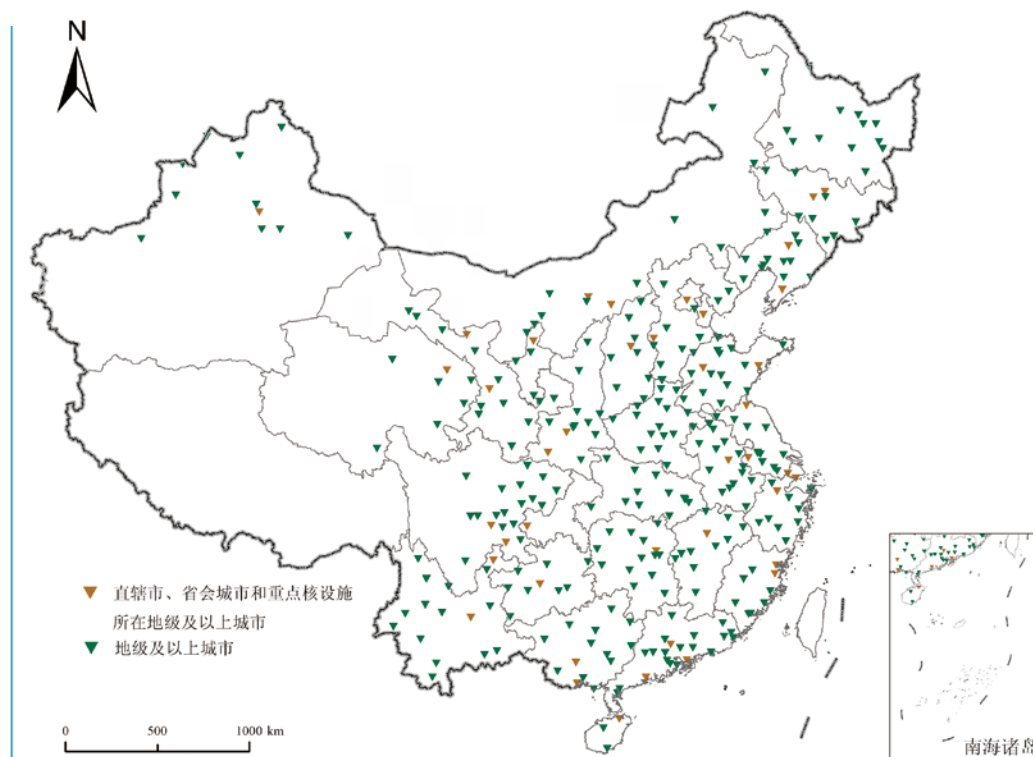
监测结果表明，饮用水水源地水中总 $\alpha$ 和总 $\beta$ 活度浓度，天然放射性核素铀和钍浓度、镭-226活度浓度处于天然本底水平；人工放射性核素锶-90和铯-137活度浓度未见异常。其中总 $\alpha$ 和总 $\beta$ 活度浓度低于《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2006）规定的放射性指标指导值。

■ 表3.4-5 饮用水水源地水监测结果

监测项目	单位	n/m <sup>1)2)</sup>	高于MDC测值范围 <sup>2)</sup>	MDC范围 <sup>2)</sup>
总 $\alpha$	Bq/L	499/629	0.01~0.44	0.01~0.06
总 $\beta$	Bq/L	626/626	0.01~0.48	-
铀	$\mu\text{g/L}$	71/74	0.04~6.4	0.05~0.05
钍	$\mu\text{g/L}$	70/71	0.02~0.78	0.01
镭-226	mBq/L	66/69	1.4~16	2.0~2.6
锶-90	mBq/L	70/72	0.49~7.6	0.8~0.9
铯-137	mBq/L	36/71	0.2~0.9	0.1~0.6

注：1) 个别点位因仪器设备等原因未开展相关项目监测，或因采样、样品前处理、测量等原因导致监测结果无效。

2) 开展饮用水水源地水中总 $\alpha$ 和总 $\beta$ 活度浓度监测的点位覆盖至地级及以上城市，开展放射性核素活度浓度监测的点位为直辖市、省会城市和重点核设施所在地级及以上城市。



■ 图3.4-23 饮用水水源地水布点示意图

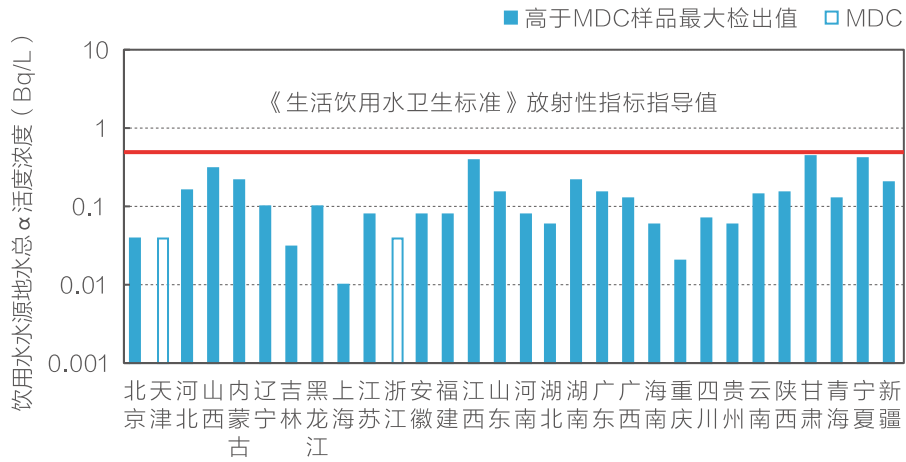


图 3.4-24 饮用水水源地水中总α活度浓度

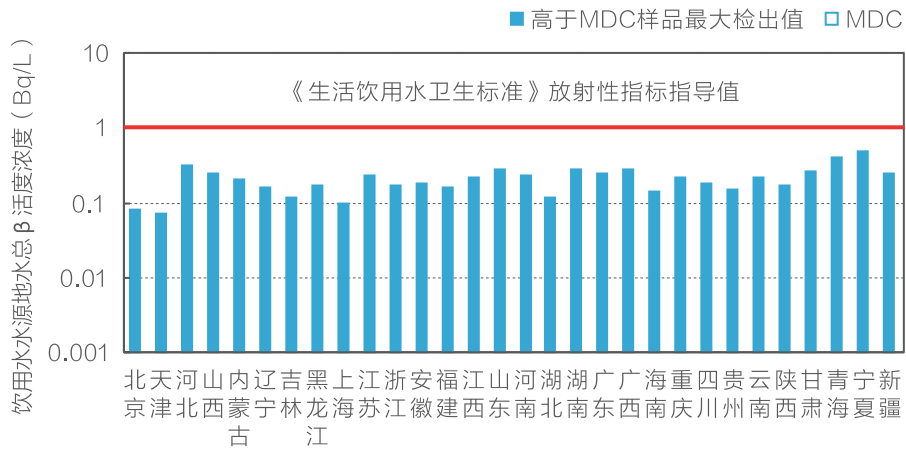


图 3.4-25 饮用水水源地水中总β活度浓度

### 3.4.5 海域

2016年，全国近岸海域海水和海洋生物监测结果见表3.4-6、表3.4-7和图3.4-26。

监测结果表明，近岸海域海水中天然放射性核素铀和钍浓度、镭-226活度浓度处于天然本底水平；人工放射性核素锶-90和铯-137活度浓度未见异常，且低于《海水水质标准》（GB 3097-1997）规定的限值。海洋生物中天然放射性核素铅-210和钋-210活度浓度处于天然本底水平，人工放射性核素锶-90和铯-137活度浓度未见异常。

■ 表3.4-6 近岸海域海水监测结果

监测项目	单位	n/m <sup>1)</sup>	高于MDC测值范围	MDC范围
铀	μg/L	46/46	0.75~7.5	-
钍	μg/L	45/45	0.02~0.78	-
镭-226	mBq/L	43/43	1.7~14	-
铯-90	mBq/L	45/47	0.51~4.8	0.5~0.5
铯-137	mBq/L	47/47	0.2~1.8	-

注：1) 个别断面因仪器设备等原因未开展相关项目监测，或因采样、样品前处理、测量等原因导致监测结果无效。

■ 表3.4-7 近岸海域海洋生物监测结果

海洋生物类别	单位	铅-210			钋-210			
		n/m <sup>1)</sup>	高于MDC测值范围 <sup>2)</sup>	MDC范围 <sup>2)</sup>	n/m <sup>1)</sup>	高于MDC测值范围	MDC范围	
海洋水生植物	海带	Bq/kg·鲜	1/1	0.15	-	1/1	0.21	-
	紫菜	Bq/kg·干	0/1	-	3.2	1/1	4.4	-
海鱼(黄鱼、鲳鱼等)	Bq/kg·鲜	4/10	0.72~3.0	0.38~2.6	7/7	1.3~22	-	
海贝(牡蛎、扇贝等)	Bq/kg·鲜	10/11	0.50~2.5	0.45	12/12	3.2~66	-	
海虾(海虾、爬虾)	Bq/kg·鲜	1/3	0.21	0.18~1.1	3/3	2.1~15	-	
海蟹(梭子蟹)	Bq/kg·鲜	0/1	-	0.5	1/1	25	-	

注：1) 个别点位因仪器设备等原因未开展相关项目监测，或因采样、样品前处理、测量等原因导致监测结果无效，续表同。

2) 表中铅-210低于MDC的监测结果采用γ能谱分析方法，高于MDC的监测结果采用化学分析方法。

■ 表3.4-7(续)

海洋生物类别	单位	铯-90			铯-137 <sup>3)</sup>			
		n/m <sup>1)</sup>	高于MDC测值范围	MDC范围	n/m	高于MDC测值范围	MDC范围	
海洋水生植物	海带	Bq/kg·鲜	1/1	0.07	-	1/1	0.024	-
	紫菜	Bq/kg·干	0/1	-	0.066	1/1	0.11	-
海鱼(黄鱼、鲳鱼等)	Bq/kg·鲜	8/9	0.005~0.11	0.004	9/9	0.018~0.22	-	
海贝(牡蛎、扇贝等)	Bq/kg·鲜	5/11	0.002~0.031	0.002~0.009	10/10	0.005~0.025	-	
海虾(海虾、爬虾)	Bq/kg·鲜	3/3	0.008~0.52	-	2/2	0.018~0.040	-	
海蟹(梭子蟹)	Bq/kg·鲜	0/1	-	0.011	1/1	0.025	-	

注：3) 表中铯-137的监测结果均采用化学分析方法。

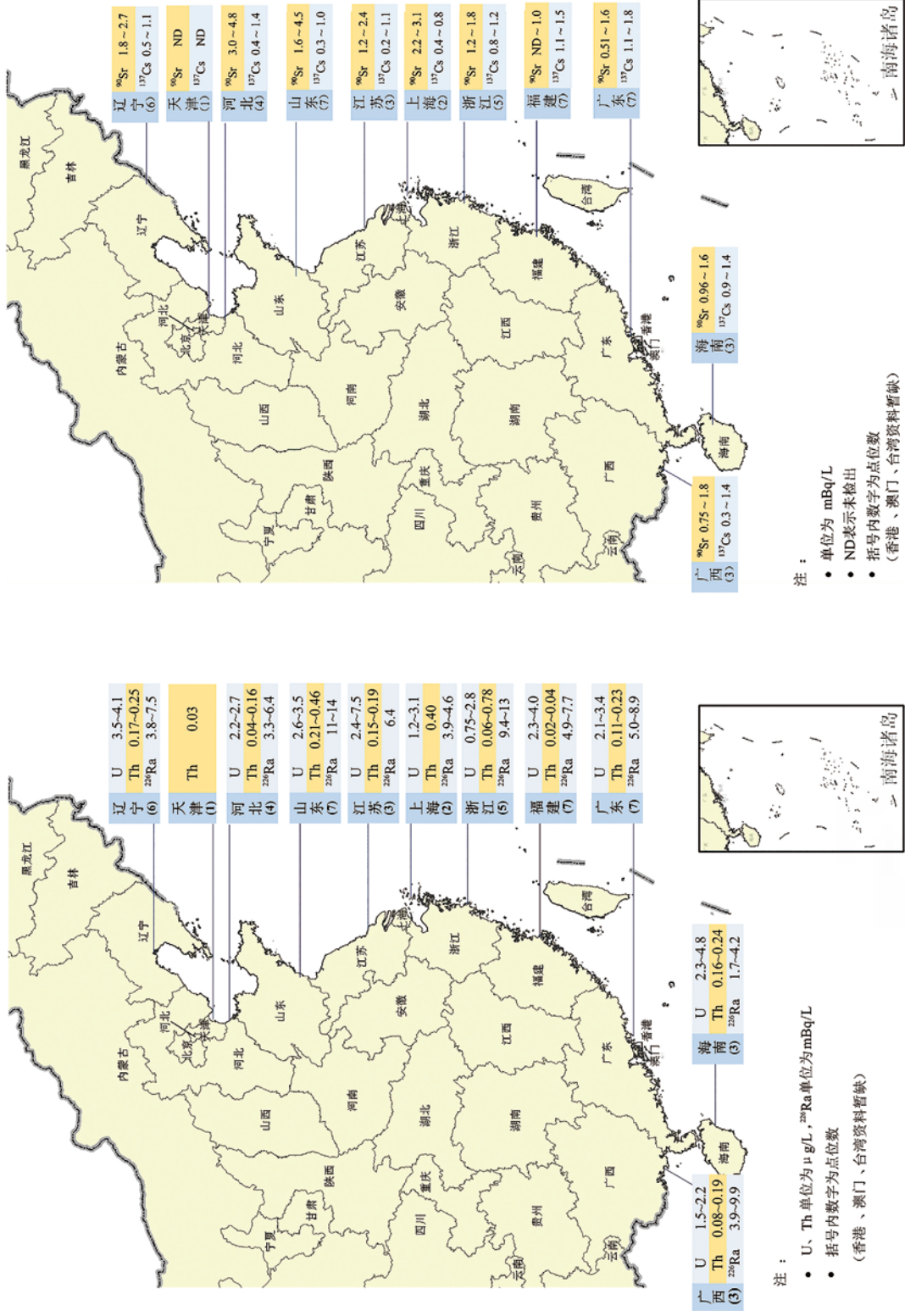


图 3.4-26 近岸海域海水中放射性核素浓度分布示意图

### 专栏3-7 水中放射性

■ 地面水体包括海洋、江河、湖泊和沼泽等水域，它们与地下水一起构成地球上的天然水系统。天然水一方面经由蒸发、凝结、降水、径流和渗透等多种途径，在空中、地面和地下形成复杂的水循环；另一方面又与周围空气、土壤、生物、岩石等环境物质有着广泛而频繁的接触，并与之发生多种化学反应。因此，天然水中往往溶解、夹带着各种环境物质。此外，天然水体中还生长着各种水生生物，从而形成复杂而庞大的体系。

放射性核素可通过以下几种方式进入水体：1) 核设施液态流出物的排放；2) 大气中气载放射性物质的沉降；3) 通过侵蚀和渗透，将土壤、岩石中放射性物质带入水体；4) 地下水流经含有放射性物质的矿藏，将放射性核素溶解带入地下水；5) 固体放射性废物的地下处置（环境屏障及工程屏障失效时）。放射性核素进入水体后，将伴随各种物理、化学及生物变化，物理变化包括水的流动导致放射性核素在水中的弥散及固体颗粒物在水中的沉积与再悬浮；化学变化包括放射性物质在水中的水解、络合、氧化还原、沉淀等；生物变化包括水生生物对放射性物质的吸附、吸收、代谢及转化作用。

水中的放射性核素会通过水中或岸边活动对人直接造成外照射，也可经食入或皮肤吸收途径对人造成内照射。

### 3.5 土壤

2016年全国土壤监测点位分布见图3.5-1，监测结果见表3.5-1、表3.5-2和图3.5-1~图3.5-4。

监测结果表明，土壤中天然放射性核素铀-238、钍-232和镭-226活度浓度处于天然本底水平，人工放射性核素铯-137活度浓度未见异常。

高于MDC的土壤样品中，天然放射性核素铀-238、钍-232和镭-226活度浓度为（20~70）Bq/kg的样品分别占85.4%、83.4%和87.4%；人工放射性核素铯-137活度浓度为（0.5~3.0）Bq/kg的样品占77.8%。

■ 表3.5-1 土壤监测结果

监测项目	单位	n/m <sup>1)</sup>	高于MDC测值范围	MDC范围
铀-238	Bq/kg·干	308/325	8~235	18~39
钍-232	Bq/kg·干	349/349	6~415	-
镭-226	Bq/kg·干	341/341	9~211	-
铯-137	Bq/kg·干	204/333	0.4~9.5	0.1~1.0

注：1) 个别断面因仪器设备等原因未开展相关项目监测，或因采样、样品前处理、测量等原因导致监测结果无效。

■表3.5-2 31个省份土壤监测结果

省份	铀-238		钍-232		镭-226		铯-137	
	n/m	范围 <sup>1)</sup> (Bq/kg·干)	n/m	范围 <sup>1)</sup> (Bq/kg·干)	n/m	范围 <sup>1)</sup> (Bq/kg·干)	n/m	范围 <sup>1)</sup> (Bq/kg·干)
北京	1/1	24	1/1	40	1/1	29	1/1	3.7
天津	7/7	13~36	8/8	21~55	7/7	13~21	6/7	0.5~1.8
河北	11/11	23~48	11/11	26~64	11/11	18~41	1/11	0.6
山西	10/10	23~49	11/11	24~55	10/10	22~46	6/11	0.7~2.8
内蒙古	7/7	22~28	12/12	31~44	8/8	23~30	12/12	0.8~2.2
辽宁	14/14	26~59	14/14	27~60	14/14	24~52	14/14	0.4~5.5
吉林	8/10	24~56	10/10	30~98	10/10	18~41	9/10	1.8~9.5
黑龙江	13/13	18~50	13/13	21~46	13/13	25~43	11/13	1.5~6.4
上海	1/4	26	4/4	46~53	4/4	28~33	3/4	0.6~2.0
江苏	13/13	26~53	13/13	36~57	13/13	21~35	1/13	5.6
浙江	11/11	27~56	11/11	38~87	11/11	22~41	9/11	0.7~3.6
安徽	16/16	18~45	16/16	46~73	16/16	26~45	10/16	1.2~3.8
福建	9/9	38~115	9/9	65~126	9/9	38~104	1/9	1.4
江西	11/11	33~88	11/11	40~85	11/11	34~62	5/10	0.5~1.5
山东	15/18	26~60	18/18	28~90	18/18	13~44	14/18	0.4~2.2
河南	17/17	26~47	18/18	36~60	18/18	24~48	0/18	-
湖北	10/14	21~39	14/14	32~48	14/14	27~48	13/14	2.3~3.1
湖南	-	-	14/14	50~104	14/14	41~109	5/5	1.0~4.2
广东	21/21	28~235	21/21	36~415	21/21	21~211	10/21	0.4~4.0
广西	14/14	35~143	14/14	35~152	14/14	27~160	6/14	0.6~6.7
海南	1/3	73	4/4	17~141	3/3	14~82	0/4	-
重庆	6/6	26~40	6/6	41~52	6/6	26~34	5/6	0.5~2.1
四川	20/21	18~80	21/21	22~63	21/21	16~42	12/21	0.5~3.8
贵州	9/9	34~192	9/9	32~104	9/9	25~196	3/8	1.5~6.5
云南	15/15	8~91	16/16	6~101	15/15	9~106	14/16	0.7~6.4
西藏	5/6	42~62	6/6	56~90	6/6	32~53	2/2	0.8~3.4
陕西	11/11	15~47	11/11	15~54	11/11	12~38	7/11	0.9~3.2
甘肃	14/14	29~62	14/14	36~58	14/14	30~54	9/14	0.8~7.2
青海	8/8	29~55	8/8	28~52	8/8	24~39	8/8	0.7~2.3
宁夏	5/5	26~43	5/5	32~41	5/5	21~33	4/5	0.6~2.0
新疆	6/6	25~34	6/6	30~51	6/6	26~35	3/6	1.1~3.2

注：1) 表中范围为高于MDC测值范围；个别点位因仪器设备等原因未开展相关项目监测，或因采样、样品前处理、测量等原因导致监测结果无效。



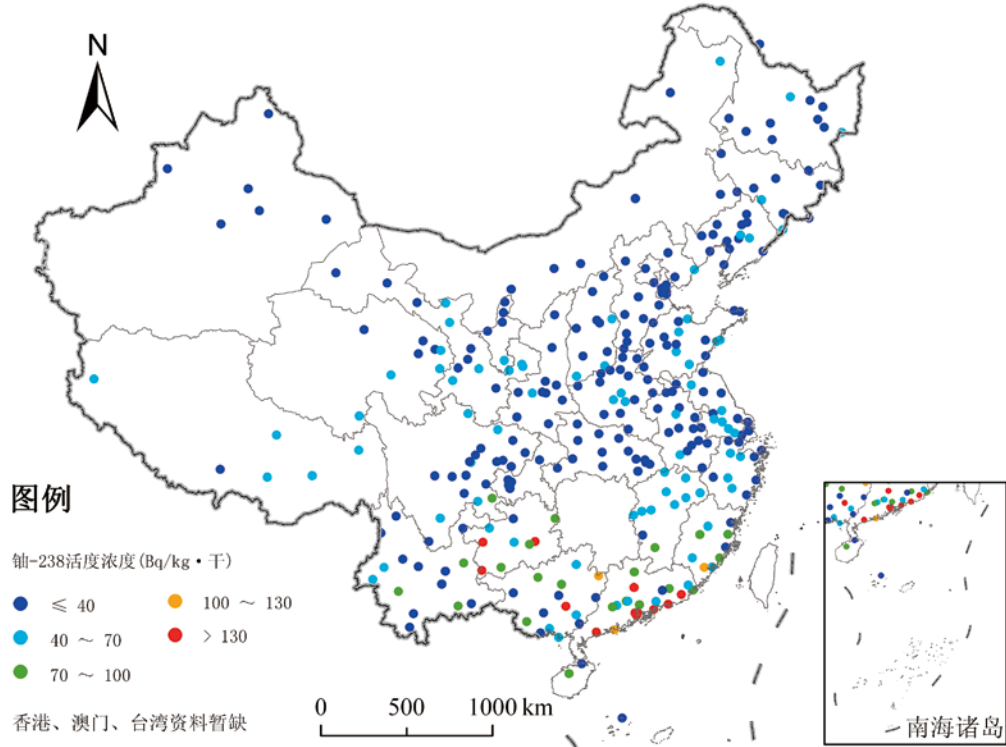


图 3.5-1 土壤中铀-238活度浓度分布示意图

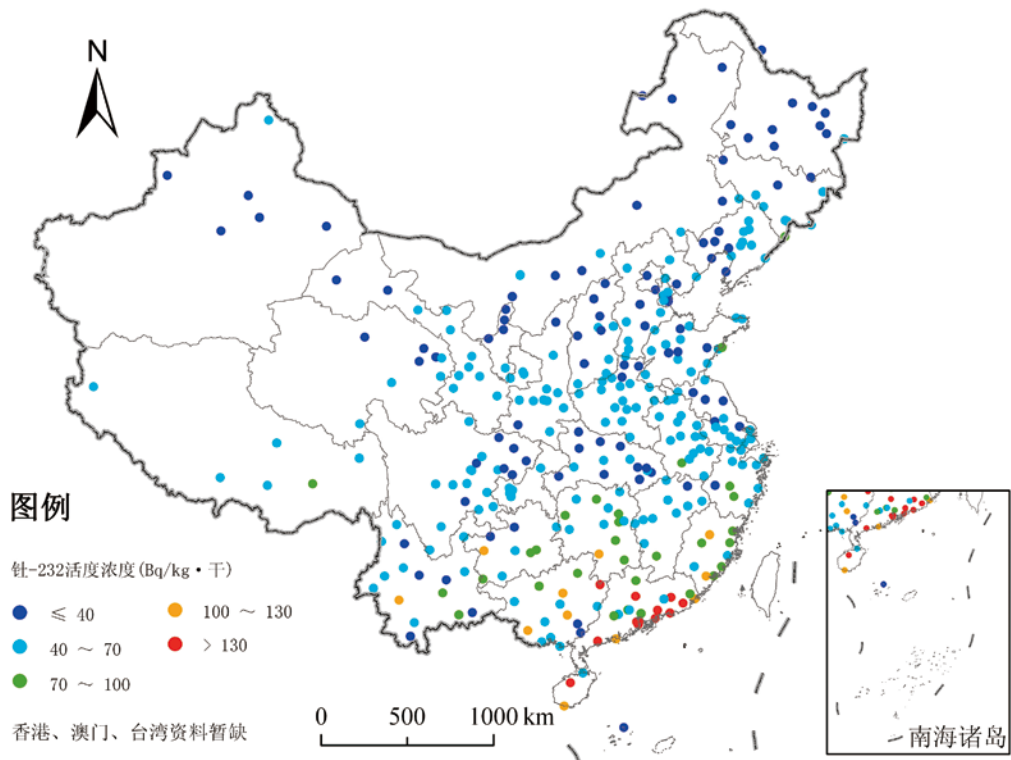


图 3.5-2 土壤中钍-232活度浓度分布示意图

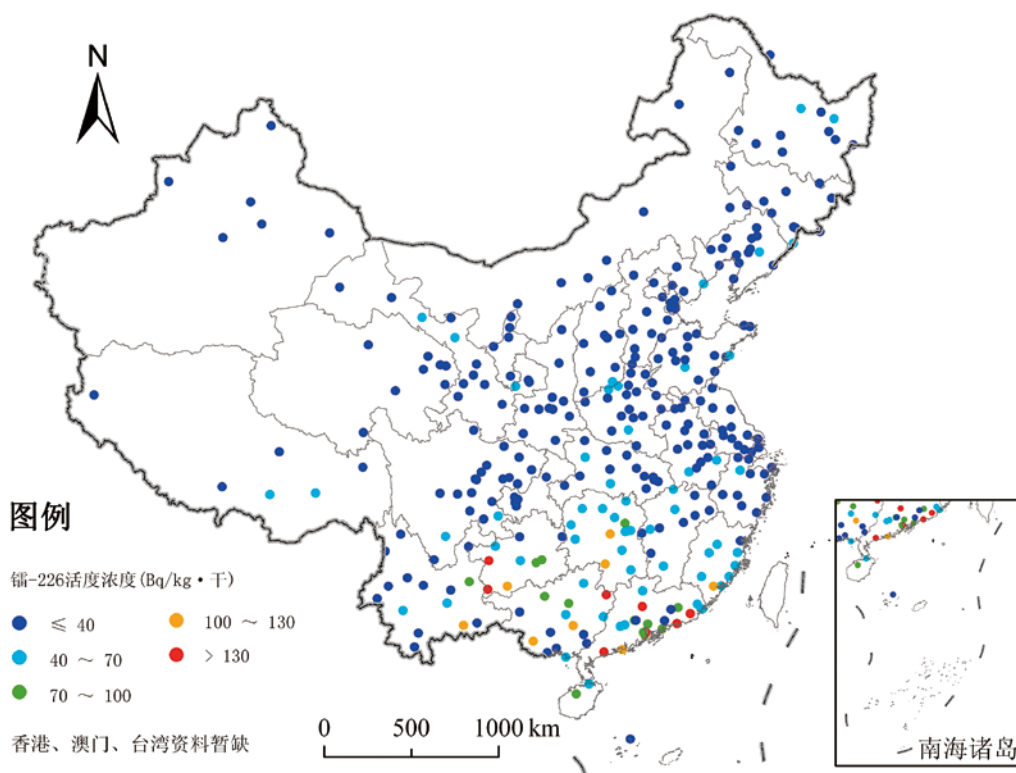


图 3.5-3 土壤中镭-226活度浓度分布示意图

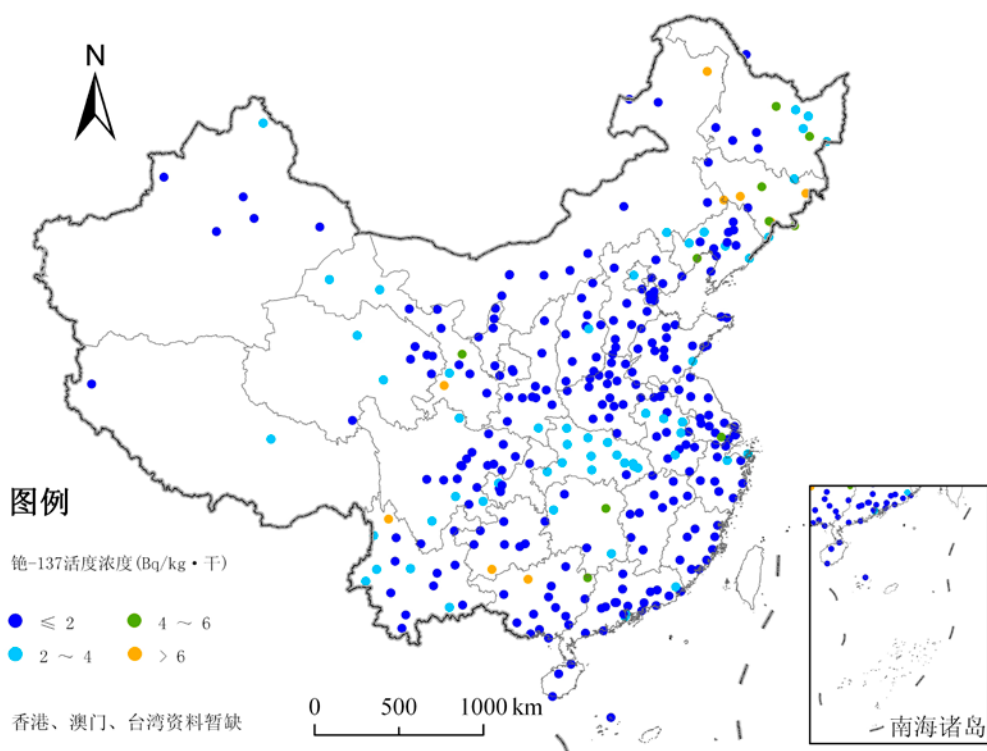


图 3.5-4 土壤中铯-137活度浓度分布示意图

### 专栏3-8 土壤中放射性

■ 土壤是指岩石的风化物，加上由于生物活动而生成的物质。它们主要是由黏土、淤泥、砂子以及有机物组成的混合物。由于土壤中的放射性水平反映了沉降物的累积，以及可能向食物链和其它途径（特别是水途径）转移，因此对土壤的采样监测十分重要。

土壤中的放射性核素来源包括：1）自地球形成以来，地壳岩石中就存在的原生放射性核素，作为岩石循环的一部分，原生放射性核素最终落于土壤。土壤中原生放射性核素的含量因其原生基石的类型、矿物组成和密度的不同而不同，有些人为活动，如采矿，会加速原生放射性核素的运动进入土壤。2）宇生放射性核素，包括碳-14、氚和铍-7等，以及重元素自发裂变或诱发裂变而产生的钍-95、铯-137等天然裂变产物核素。3）人为活动，如大气层核试验产生的沉降和像切尔诺贝利核事故一样的放射性事故。这些活动的沉积研究表明，放射性粒子随空气流环流世界，粒子的重量和天气决定了它们多久能落到地面，有时，一场大雨会使放射性粒子快速落到地面。地表水灌溉农田，也会使水中放射性核素进入土壤中。此外，核设施液态流出物的排放和雨水对铀矿冶废矿石及尾矿堆的冲刷也是区域性土壤中放射性物质的重要来源。

表层土壤的放射性物质对人直接造成外照射，根部吸收过程导致的农作物中的放射性物质会经食物链途径对人造成内照射，土壤表层颗粒和沉积物被风扬起（再悬浮）则会经呼吸途径对人造成内照射。

### 3.6 环境电磁辐射

2016年，全国环境电磁辐射监测点位分布见图3.6-1，监测结果见图3.6-2。

监测结果表明，直辖市和省会城市环境电磁综合电场强度远低于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）规定的公众曝露控制限值12V/m（频率范围为30~3000MHz）。

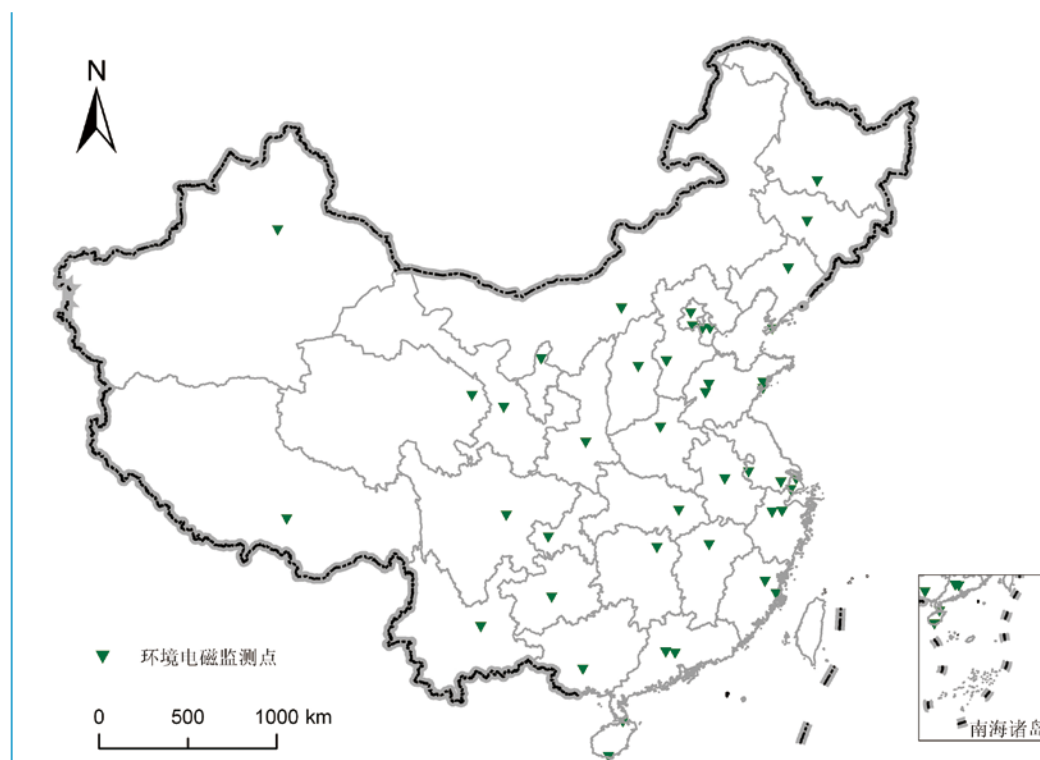


图 3.6-1 环境电磁辐射布点示意图

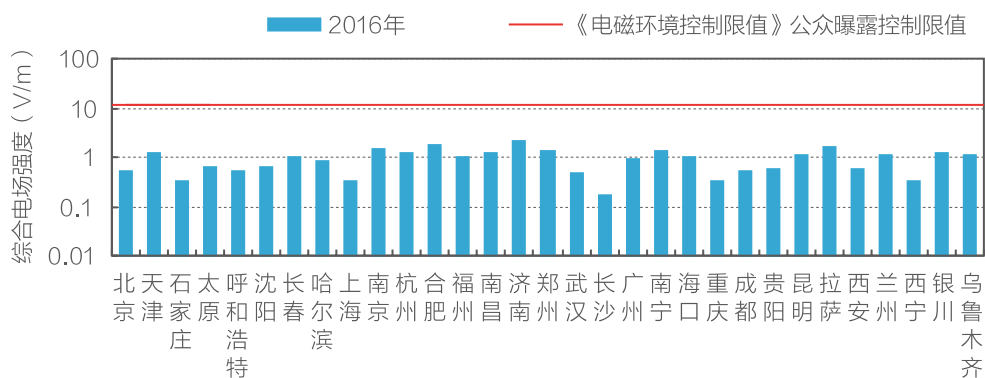


图 3.6-2 环境电磁辐射水平

### 专栏3-9 电磁环境

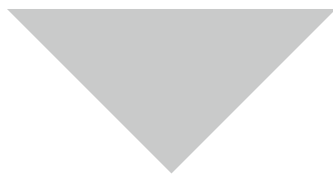
■ 电磁环境是由存在于给定场所的所有电磁现象的总和，它包括自然的和人为的，有源的（直射波）和无源的（反射波），静态和动态，它是由不同频率的电场和磁场所组成。

电磁环境的监测按监测参数分为电场强度、磁场强度和电磁场功率通量密度等的监测。对于不同的监测应选用不同类型的仪器，以期获取最佳的监测结果。监测仪器根据测量目的分为非选频式宽带辐射测量仪和选频式辐射测量仪。《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）规定：100kHz以下频率，需同时限制电场强度和磁感应强度；100kHz以上频率，在远场区，可以只限制电场强度或磁场强度，或等效平面波功率密度，在近场区，需同时限制电场强度和磁场强度。

环境电磁场监测布点要考虑地形、地物影响，避开高层建筑物、树木、金属结构以及高压线等明显的用电设备，尽量选择空旷地方。在电磁设备或设施正常工作时间进行测量，读取稳定状态的最大值。气候条件应符合行业标准和仪器标准中规定的使用条件，一般为无雨、无雪、无雾的天气，温度0~40℃。



## 4 运行核电基地周围辐射环境监督性监测结果



## 4.1 监测结果概要

运行核电基地周围实时连续空气吸收剂量率未监测到因核电基地运行引起的异常。红沿河核电基地、福清核电基地、阳江核电基地、防城港核电基地和昌江核电基地周围空气、水、土壤、生物等环境介质中人工放射性核素活度浓度均未见异常。虽然田湾核电基地、秦山核电基地、宁德核电基地和大亚湾核电基地周围部分环境介质中氡活度浓度高于本底水平，田湾核电基地和秦山核电基地周围个别环境样品中检出微量的钴-60等人工放射性核素，但评估结果表明，核电基地运行所致公众个人年有效剂量远低于国家规定的剂量约束值。

### (1) 空气吸收剂量率

核电基地周围实时连续空气吸收剂量率未监测到因核电基地运行引起的异常。  
核电基地周围累积剂量测得的空气吸收剂量率处于当地天然本底涨落范围内。

### (2) 空气

核电基地周围气溶胶中总 $\alpha$ 和总 $\beta$ 活度浓度处于天然本底水平；除个别气溶胶样品中检出微量的钴-60等人工 $\gamma$ 放射性核素外，核电基地周围其余气溶胶样品中人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常。

核电基地周围空气中气态放射性碘-131和碘-133活度浓度未见异常。

核电基地周围沉降物中总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 日沉降量处于天然本底水平；铯-90和人工 $\gamma$ 放射性核素日沉降量未见异常。

核电基地周围空气中碳-14活度浓度未见异常。

因秦山第三核电厂是重水堆核电站，其慢化剂和冷却剂均采用重水，与轻水堆相比向空气释放的氡较多，秦山核电基地周围关键居民点部分空气（水蒸汽）和降水样品中氡活度浓度高于本底水平；大亚湾核电基地周围个别空气（水蒸汽）样品中氡化水活度浓度略高于本底水平，但降水中氡活度浓度未见异常；其余核电基地周围空气（水蒸汽）和降水中氡活度浓度未见异常。

### (3) 水体

核电基地周围自来水出厂水和管网末梢水中总 $\alpha$ 和总 $\beta$ 活度浓度处于天然本底水平，且低于《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2006）中规定的放射性指标指导值；陆地水

中铯-90和人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常。秦山核电基地周围河水中氡活度浓度未见异常，但池塘水和井水中氡活度浓度高于本底水平；其余核电基地周围陆地水中氡活度浓度未见异常。

核电基地周围海域海水中铯-90和人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常，且铯-90和铯-137活度浓度低于《海水水质标准》（GB 3097-1997）规定的限值。田湾核电基地、秦山核电基地、宁德核电基地和大亚湾核电基地周围海域部分海水样品中氡活度浓度高于本底水平，其余核电基地周围海域海水中氡活度浓度未见异常。

核电基地周围岸边沉积物、潮间带土和海底沉积物中铯-90和人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常。

#### （4）土壤

核电基地周围土壤中铯-90和人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常。

#### （5）生物

秦山核电基地周围陆生植物和牡蛎中氡活度浓度高于本底水平，个别牡蛎样品中检出微量的银-110m，生物样品中其他人工放射性核素活度浓度未见异常。

其余核电基地周围生物中人工放射性核素活度浓度未见异常。



## 4.2 红沿河核电基地

### 4.2.1 空气吸收剂量率

红沿河核电基地设有辐射环境监测系统，系统共设8个自动站，其中在核电基地周围10公里范围内共设7个自动站，在10公里范围外的复州城设1个自动站，点位分布见图4.2-1。累积剂量监测点则分布在红沿河核电基地周围20公里范围内。2016年，红沿河核电基地周围自动站连续空气吸收剂量率监测结果见表4.2-1，累积剂量监测结果见表4.2-2。

监测结果表明，红沿河核电基地周围自动站空气吸收剂量率和累积剂量测得的空气吸收剂量率处于当地天然本底涨落范围内。



■ 图 4.2-1 红沿河核电基地周围自动站布点示意图

■ 表4.2-1 红沿河核电基地周围自动站空气吸收剂量率监测结果

自动站名称	空气吸收剂量率 (nGy/h)		
	小时均值最小值	小时均值最大值	年均值
红沿河村	77.1	121.2	81.1
大咀屯	55.8	90.7	59.6
大咀村	75.4	112.1	79.2
前大地村	75.2	112.1	81.1
红核中学	79.6	113.4	83.3
老渔窝	74.3	126.1	78.6
韩庙村	73.0	112.8	76.4
复州城	80.9	127.5	85.4

■ 表4.2-2 红沿河核电基地周围累积剂量监测结果

监测地点	点位数	累积剂量测得的空气吸收剂量率 (nGy/h)		
		最小值	最大值	均值
红沿河核电基地周围	23	68.4	122	91.6

#### 4.2.2 空气

2016年,红沿河核电基地周围气溶胶、气碘、空气中碳-14、空气(水蒸汽)和降水中的氡、沉降物的监测结果见表4.2-3~表4.2-5和图4.2-2。

监测结果表明,红沿河核电基地周围气溶胶中总 $\alpha$ 和总 $\beta$ 活度浓度处于天然本底水平;人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常。

空气中气态放射性碘-131和碘-133活度浓度未见异常。

空气中碳-14活度浓度、空气(水蒸汽)和降水中氡活度浓度未见异常。

沉降物中总 $\alpha$ 和总 $\beta$ 日沉降量处于天然本底水平;铯-90和人工 $\gamma$ 放射性核素日沉降量未见异常。

■ 表4.2-3 红沿河核电基地周围气溶胶监测结果<sup>1)</sup>

监测点位	总α		总β		<sup>137</sup> Cs		其他核素 <sup>2)</sup>	
	n/m	范围 (mBq/m <sup>3</sup> )	n/m	范围 (mBq/m <sup>3</sup> )	n/m	范围 (μBq/m <sup>3</sup> )	n/m	范围 (μBq/m <sup>3</sup> )
老渔窝	12/12	0.06~0.20	12/12	0.62~1.7	0/12	-	0/12	-
红沿河村	12/12	0.03~0.18	12/12	0.58~1.6	0/12	-	0/12	-
复州城 (对照点)	12/12	0.06~0.33	12/12	0.59~1.3	0/12	-	0/12	-

注：1) 表中范围为高于MDC样品的测值范围。

2) 其他核素包括<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>131</sup>I、<sup>134</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等人工γ放射性核素。

■ 表4.2-4 红沿河核电基地周围气碘监测结果<sup>1)</sup>

监测点位	<sup>131</sup> I		<sup>133</sup> I	
	n/m	范围 (mBq/m <sup>3</sup> )	n/m	范围 (mBq/m <sup>3</sup> )
老渔窝	0/12	-	0/12	-
红沿河村	0/12	-	0/12	-
复州城 (对照点)	0/12	-	0/12	-

注：1) 表中范围为高于MDC样品的测值范围。

■ 表4.2-5 红沿河核电基地周围沉降物监测结果<sup>1)</sup>

监测点位	总α		总β		<sup>90</sup> Sr		<sup>137</sup> Cs		其他核素 <sup>2)</sup>	
	n/m	范围 (Bq/m <sup>2</sup> ·d)	n/m	范围 (Bq/m <sup>2</sup> ·d)	n/m	范围 (mBq/m <sup>2</sup> ·d)	n/m	范围 (mBq/m <sup>2</sup> ·d)	n/m	范围 (mBq/m <sup>2</sup> ·d)
老渔窝	4/4	0.19~0.28	4/4	0.24~0.45	4/4	5.3~5.7	0/4	-	0/4	-
红沿河村	4/4	0.14~0.17	4/4	0.17~0.30	4/4	3.0~5.0	0/4	-	0/4	-
复州城 (对照点)	4/4	0.15~0.24	4/4	0.20~0.26	4/4	2.1~5.2	0/4	-	0/4	-

注：1) 表中范围为高于MDC样品的测值范围。

2) 其他核素包括<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>131</sup>I、<sup>134</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等人工γ放射性核素。



图 4.2-2 红沿河核电基地周围空气中碳-14、空气（水蒸汽）和降水中氚监测结果分布示意图

### 专栏4-1 空气中碳-14

■ 碳是所有生命现象中最基本元素之一，参与地球上大部分生物和地球化学过程。碳-14与碳的稳定同位素结合在一起，使得在大气中形成的碳-14也进入到碳循环中。鉴于碳-14的长半衰期和它在环境中的分布，作为在局部环境和全球范围内对居民产生辐射照射的潜在源项之一，受到人们的关注。因此，在核电站等设施周围的辐射环境监测中，碳-14也属必测的核素之一。

碳-14是一种纯 $\beta$ 辐射的放射性核素，其半衰期为5730年。碳-14发射 $\beta$ 射线的最大能量为156keV，平均能量为49.47keV。大气中的碳-14，主要来自宇宙射线的中子与氮原子作用产生的天然辐射源。大气层核试验停止后，大气中碳-14的活度浓度逐渐下降，当今人工辐射源中的碳-14主要来自核燃料循环。其中重水反应堆因以重水作为慢化剂和冷却剂，以二氧化碳气体作为环隙气体，重水中的氧-17、环隙气体中的碳-13与中子反应产生的碳-14量更多，因此重水堆核电站碳-14向环境的排放更值得重视。

### 4.2.3 水体

2016年,红沿河核电基地周围环境水体监测,陆地水体包括:水库水、水库沉积物和岸边沉积物、井水,海洋水体包括:核电厂液态流出物排放口附近海域海水、海底沉积物和海滩涂潮间带土,监测结果见表4.2-6~表4.2-7和图4.2-3~图4.2-4。

监测结果表明,红沿河核电基地周围井水中总 $\alpha$ 和总 $\beta$ 活度浓度低于《生活饮用水卫生标准》(GB 5749-2006)中规定的放射性指标指导值。水库水和井水中氚、锶-90和人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常。水库沉积物和岸边沉积物中锶-90和人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常。

海水中氚、锶-90和人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常,且锶-90和铯-137活度浓度低于《海水水质标准》(GB 3097-1997)规定的限值。海底沉积物、潮间带土中锶-90和人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常。



图 4.2-3 红沿河核电基地周围水库水和井水监测结果分布示意图

(注:水中 $^3\text{H}$ 的分析进行了电解浓缩处理;水中 $^{137}\text{Cs}$ 测值为放化分析的测值;水中其他人工 $\gamma$ 放射性核素 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{65}\text{Zn}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{124}\text{Sb}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{144}\text{Ce}$ 等均未检出。)

■ 表4.2-6 红沿河核电基地周围水库沉积物和岸边沉积物监测结果

监测点位	放射性核素活度浓度 (Bq/kg·干)					
	水库沉积物			水库岸边沉积物		
	<sup>90</sup> Sr	<sup>137</sup> Cs	其他核素 <sup>1)</sup>	<sup>90</sup> Sr	<sup>137</sup> Cs	其他核素 <sup>1)</sup>
双龙水库	0.79	0.9	ND	0.81	0.7	ND
桃房水库 (对照点)	0.96	ND	ND	0.88	ND	ND

注: 1) 其他核素包括<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>134</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等人工 $\gamma$ 放射性核素。

■ 表4.2-7 红沿河核电基地周围海水监测结果<sup>1)</sup>

监测点位	<sup>3</sup> H <sup>2)</sup>		<sup>90</sup> Sr		<sup>137</sup> Cs <sup>2)</sup>		其他核素 <sup>3)</sup>	
	n/m	范围 (Bq/L)	n/m	范围 (mBq/L)	n/m	范围 (mBq/L)	n/m	范围 (mBq/L)
一期排水口 1000米周围	2/2	0.40~0.42	2/2	1.9~1.9	2/2	1.0~1.1	0/2	-
长兴岛渤海 (对照点)	2/2	0.19~0.21	2/2	1.6~1.6	2/2	1.2~1.2	0/2	-

注: 1) 表中范围为高于MDC样品的测值范围。

2) 水中<sup>3</sup>H的分析进行了电解浓缩处理; 水中<sup>137</sup>Cs测值为放化分析的测值。

3) 其他核素包括<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>65</sup>Zn、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>124</sup>Sb、<sup>134</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等人工 $\gamma$ 放射性核素。



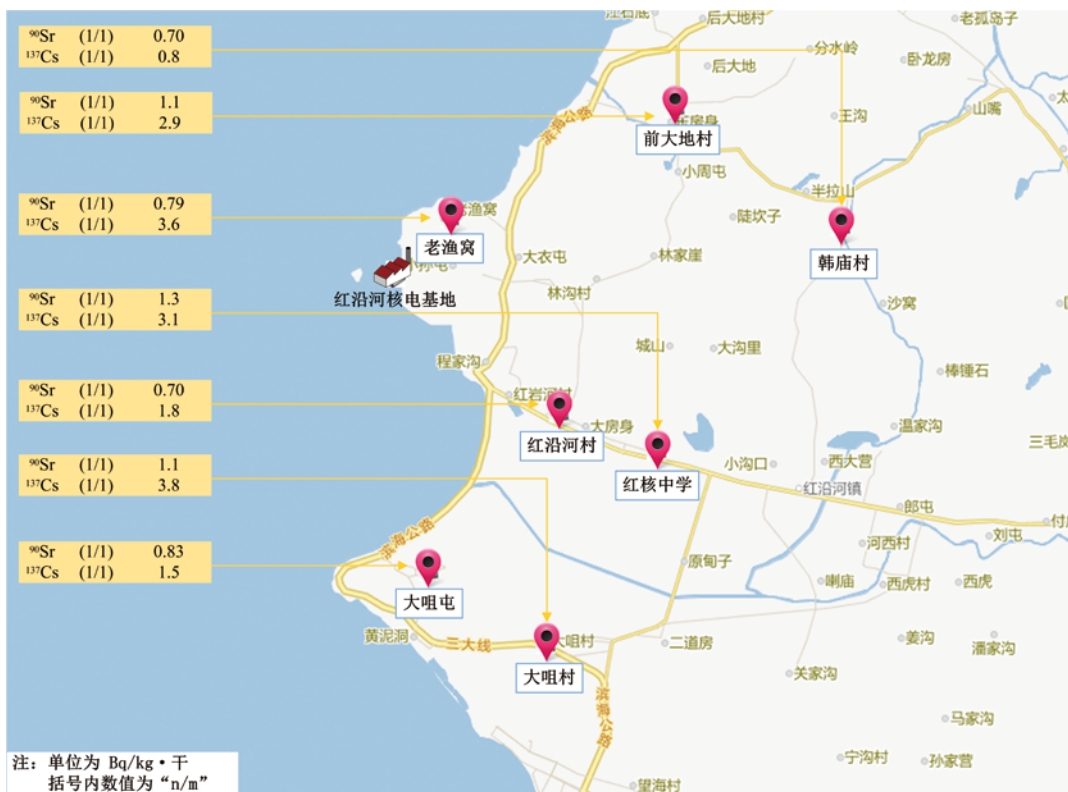
■ 图 4.2-4 红沿河核电基地周围海底沉积物和潮间带土监测结果分布示意图

(注: 海底沉积物和潮间带土中其他人工 $\gamma$ 放射性核素<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>134</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等均未检出。)

#### 4.2.4 土壤

2016年，红沿河核电基地周围土壤监测结果见图4.2-5。

监测结果表明，红沿河核电基地周围土壤中铈-90和人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常。



■ 图 4.2-5 红沿河核电基地周围土壤监测结果分布示意图

(注：土壤中其他人工 $\gamma$ 放射性核素 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{144}\text{Ce}$ 等均未检出。)

#### 4.2.5 生物

2016年，红沿河核电基地周围环境生物的监测，采集的陆生植物包括松针、玉米、甘薯和苹果，其中松针为指示生物；家禽为鸡；海洋水生生物包括石莼、小黄鱼、红螺和爬虾，其中石莼为指示生物，监测结果见表4.2-8。

监测结果表明，红沿河核电基地周围生物中人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常。

玉米、甘薯、苹果、小黄鱼、红螺和爬虾中铟-90活度浓度未见异常。

松针和石莼中碳-14活度浓度未见异常。

松针、玉米、甘薯、苹果、石莼、小黄鱼、红螺和爬虾中组织自由水汽活度浓度未见异常。

■表4.2-8 红沿河核电基地周围生物监测结果<sup>1)</sup>

样品名称	监测地点	TFWT <sup>2)</sup>		<sup>14</sup> C		<sup>90</sup> Sr		<sup>137</sup> Cs <sup>3)</sup>		其他核素 <sup>4)</sup>	
		n/m	范围 (Bq/kg·鲜)	n/m	范围 (Bq/g·碳)	n/m	范围 (Bq/kg·鲜)	n/m	范围 (Bq/kg·鲜)	n/m	范围 (Bq/kg·鲜)
松针	红沿河核电基地周围	1/1	0.72	1/1	0.19	/	/	1/1	0.050	0/1	-
玉米	红沿河核电基地周围	1/1	0.16	/	/	1/1	0.032	1/1	0.13	0/1	-
	对照点	1/1	0.15	/	/	1/1	0.028	1/1	0.034	0/1	-
甘薯	红沿河核电基地周围	1/1	0.33	/	/	1/1	0.24	1/1	0.064	0/1	-
	对照点	1/1	0.25	/	/	1/1	0.18	1/1	0.017	0/1	-
苹果	红沿河核电基地周围	1/1	0.35	/	/	1/1	0.015	1/1	0.006	0/1	-
	对照点	1/1	0.35	/	/	1/1	0.012	1/1	0.013	0/1	-
鸡肉	红沿河核电基地周围	/	/	/	/	/	/	1/1	0.039	0/1	-
	对照点	/	/	/	/	/	/	1/1	0.040	0/1	-
石莼	红沿河核电基地周围	1/1	0.74	1/1	0.17	/	/	1/1	0.081	0/1	-
小黄鱼肉	红沿河核电基地周围	1/1	0.33	/	/	1/1	0.062	1/1	0.051	0/1	-
	对照点	1/1	0.38	/	/	1/1	0.063	1/1	0.045	0/1	-
红螺肉	红沿河核电基地周围	1/1	0.40	/	/	1/1	0.076	1/1	0.036	0/1	-
	对照点	1/1	0.37	/	/	1/1	0.082	1/1	0.027	0/1	-
爬虾肉	红沿河核电基地周围	1/1	0.63	/	/	1/1	0.095	1/1	0.054	0/1	-
	对照点	1/1	0.64	/	/	1/1	0.091	1/1	0.058	0/1	-

注：1) 表中范围为高于MDC样品的测值范围。

2) TFWT为组织自由水汽。

3) 生物中<sup>137</sup>Cs测值，为放化分析的测值。

4) 其他核素包括<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>134</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等人工γ放射性核素。



## 专栏4-2 生物中氡

生物中氡分别分布在水和有机化合物中，分布在水中的氡通常称为组织自由水氡（TFWT），而有机化合物中的氡称为有机结合氡（OBT）。动植物与环境之间可进行组织自由水氡的交换，但当氡与碳结合形成不可交换的有机结合氡，将比组织自由水氡在动植物体内滞留的时间长得多，辐射危害更大。

陆生植物主要通过两个途径吸收组织自由水氡，一是植物叶子表面的气孔在进行光合作用的同时吸收大气水蒸汽中氡；二是通过根系吸收土壤水份中氡。在大多数陆生植物中，有机结合氡只占总氡活度的一小部分。但在谷物中，可高达90%，因为谷物中的有机质含量高。

动物体内的组织自由水氡主要通过两个途径摄入，一是通过饮用水；二是通过被动物摄入食物中的水，食物中的水包括食物中的水份和食物消化分解代谢产生的水。氡进入动物或人体后，组织自由水氡在数分钟与体液达到平衡，有机结合氡在体内滞留可长达40天，但组织自由水氡在体内滞留时间为10天左右。

## 4.3 田湾核电基地

### 4.3.1 空气吸收剂量率

田湾核电基地设有辐射环境监测系统，系统共设10个辐射环境自动监测站，其中在核电基地周围10公里范围内共设8个自动站，在10公里范围外的墟沟镇和中云各设1个自动站，点位分布图见图4.3-1。累积剂量监测点则分布在田湾核电基地周围30公里范围内。2016年，田湾核电基地周围自动站连续空气吸收剂量率监测结果见表4.3-1，累积剂量监测结果见表4.3-2。

监测结果表明，田湾核电基地周围自动站空气吸收剂量率和累积剂量测得的空气吸收剂量率处于当地天然本底涨落范围内。



图 4.3-1 田湾核电基地周围自动站布点示意图

■ 表4.3-1 田湾核电基地周围自动站空气吸收剂量率监测结果

自动站名称	空气吸收剂量率 (nGy/h)		
	小时均值最小值	小时均值最大值	年均值
厂前区	82.9	146.4	88.1
高公岛	82.4	139.5	86.2
连云港镇	86.4	122.7	89.9
墟沟镇	106.8	133.7	109.3
柳河	82.1	149.7	86.7
连岛	95.2	131.7	98.3
宿城	91.1	138.6	95.6
中云	82.6	117.6	85.9
东巷	86.1	119.0	90.5
蒿西	86.2	137.7	89.7

■ 表4.3-2 田湾核电基地周围累积剂量监测结果

监测地点	点位数	累积剂量测得的空气吸收剂量率 (nGy/h)		
		最小值	最大值	均值
田湾核电基地周围	29	79.8	105	92.3

### 4.3.2 空气

2016年, 田湾核电基地周围气溶胶、气碘、空气中碳-14、空气(水蒸汽)中氚、降水和沉降物的监测结果见表4.3-3~表4.3-5和图4.3-2。

监测结果表明, 田湾核电基地周围气溶胶中总 $\alpha$ 和总 $\beta$ 活度浓度处于天然本底水平; 一个气溶胶样品中检出微量的人工 $\gamma$ 放射性核素钴-60和铯-95, 其余气溶胶样品中人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常。

空气中气态放射性碘-131和碘-133活度浓度未见异常。

空气中碳-14和空气(水蒸汽)中氚活度浓度未见异常。

降水中氚、人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常。

沉降物中总 $\alpha$ 和总 $\beta$ 日沉降量处于天然本底水平；铯-90和人工 $\gamma$ 放射性核素日沉降量未见异常。

■表4.3-3 田湾核电基地周围气溶胶监测结果<sup>1)</sup>

监测点位	总 $\alpha$		总 $\beta$		<sup>137</sup> Cs		<sup>60</sup> Co		<sup>95</sup> Zr		其他核素 <sup>2)</sup>	
	n/m	范围 (mBq/m <sup>3</sup> )	n/m	范围 (mBq/m <sup>3</sup> )	n/m	范围 (μBq/m <sup>3</sup> )	n/m	范围 (μBq/m <sup>3</sup> )	n/m	范围 (μBq/m <sup>3</sup> )	n/m	范围 (μBq/m <sup>3</sup> )
中云	/	/	/	/	0/11	-	0/11	-	0/11	-	0/11	-
杨圩	/	/	/	/	0/11	-	0/11	-	0/11	-	0/11	-
厂前区	11/11	0.01~0.10	11/11	0.01~0.79	0/11	-	1/11	8.4	1/11	14	0/11	-
新浦 (对照点)	/	/	/	/	0/11	-	0/11	-	0/11	-	0/11	-

注：1) 表中范围为高于MDC样品的测值范围。

2) 其他核素包括<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>131</sup>I、<sup>134</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等人工 $\gamma$ 放射性核素。

■表4.3-4 田湾核电基地周围气碘监测结果<sup>1)</sup>

监测点位	<sup>131</sup> I		<sup>133</sup> I	
	n/m	范围 (mBq/m <sup>3</sup> )	n/m	范围 (mBq/m <sup>3</sup> )
杨圩	0/12	-	0/12	-

注：1) 表中范围为高于MDC样品的测值范围。

■表4.3-5 田湾核电基地周围沉降物监测结果<sup>1)</sup>

监测点位	总 $\alpha$		总 $\beta$		<sup>90</sup> Sr		<sup>137</sup> Cs		其他核素 <sup>2)</sup>	
	n/m	范围 (Bq/m <sup>2</sup> ·d)	n/m	范围 (Bq/m <sup>2</sup> ·d)	n/m	范围 (mBq/m <sup>2</sup> ·d)	n/m	范围 (mBq/m <sup>2</sup> ·d)	n/m	范围 (mBq/m <sup>2</sup> ·d)
杨圩	4/4	0.09~0.16	4/4	0.13~0.22	4/4	1.1~4.6	0/4	-	0/4	-
厂前区	4/4	0.05~0.14	4/4	0.10~0.22	4/4	1.4~2.8	0/4	-	0/4	-
高公岛	4/4	0.10~0.21	4/4	0.20~0.36	4/4	1.0~4.9	0/4	-	0/4	-
新浦 (对照点)	4/4	0.06~0.19	4/4	0.07~0.32	4/4	1.1~1.8	0/4	-	0/4	-

注：1) 表中范围为高于MDC样品的测值范围。

2) 其他核素包括<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>131</sup>I、<sup>134</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等人工 $\gamma$ 放射性核素。

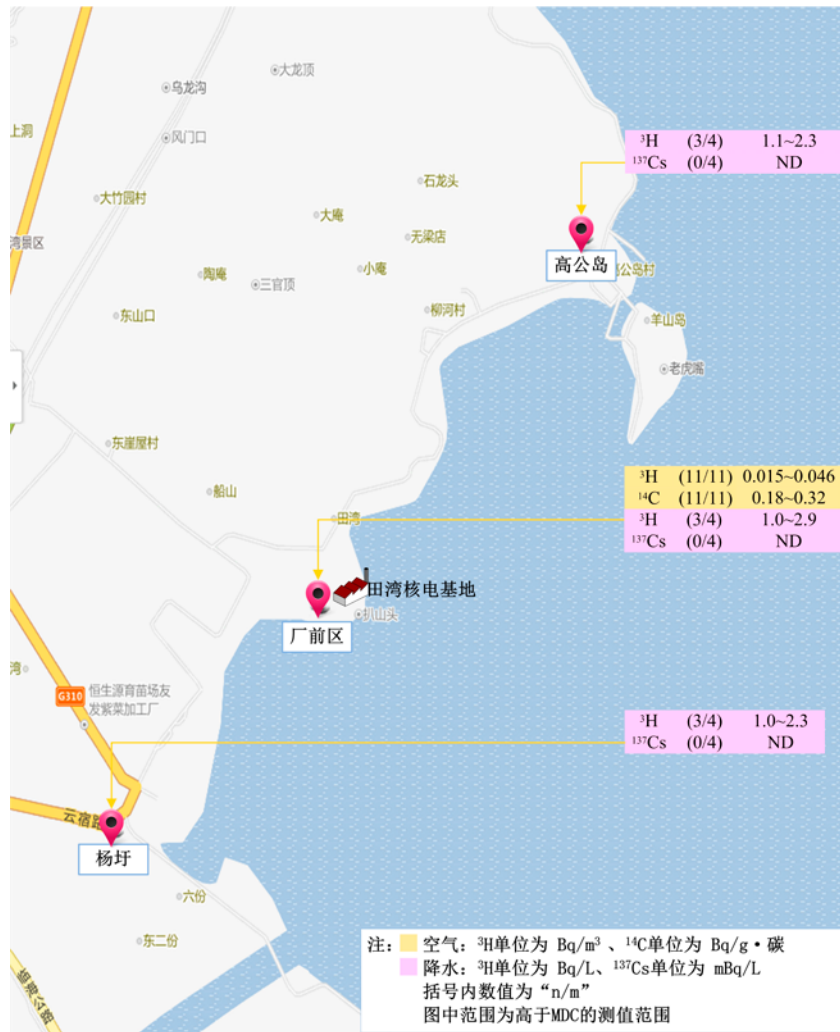


图 4.3-2 田湾核电基地周围空气中碳-14、空气（水蒸汽）中氚和降水监测结果分布示意图

（注：降水中其他人工 $\gamma$ 放射性核素 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{65}\text{Zn}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{124}\text{Sb}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{144}\text{Ce}$ 等均未检出。）

### 4.3.3 水体

2016年，田湾核电基地周围水体监测，陆地水体包括：自来水（出厂水）、水库水和水库沉积物、河水和河底沉积物、井水；海洋水体包括：核电厂液态流出物排放口附近海域海水、海底沉积物和潮间带土，监测结果见表4.3-6~表4.3-7和图4.3-3~图4.3-5。

监测结果表明，田湾核电基地周围自来水（出厂水）中总 $\alpha$ 和总 $\beta$ 活度浓度低于《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2006）中规定的放射性指标指导值。自来水（出厂水）、

水库水、河水和井水中氡、人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常。水库沉积物、河底沉积物中人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常。

海水中铯-90和人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常，且铯-90和铯-137活度浓度低于《海水水质标准》（GB 3097-1997）规定的限值；氡活度浓度高于本底水平。海底沉积物、潮间带土中铯-90和人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常。

■表4.3-6 田湾核电基地周围自来水（出厂水）监测结果<sup>1)</sup>

监测 点位	总 $\alpha$		总 $\beta$		$^3\text{H}$		$^{137}\text{Cs}$		其他核素 <sup>2)</sup>	
	n/m	范围 (Bq/L)	n/m	范围 (Bq/L)	n/m	范围 (Bq/L)	n/m	范围 (mBq/L)	n/m	范围 (mBq/L)
杨圩	4/4	0.03~0.06	4/4	0.12~0.29	1/4	0.91	0/4	-	0/4	-
青口 (对照点)	3/4	0.03~0.05	4/4	0.12~0.22	3/4	0.95~1.2	0/4	-	0/4	-

注：1) 表中范围为高于MDC样品的测值范围。

2) 其他核素包括 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{65}\text{Zn}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{124}\text{Sb}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{144}\text{Ce}$ 等人工 $\gamma$ 放射性核素。

■表4.3-7 田湾核电基地周围水库和河底沉积物监测结果

监测点位	放射性活度浓度 (Bq/kg·干)	
	$^{137}\text{Cs}$	其他核素 <sup>1)</sup>
宿城水库	ND	ND
蔷薇河	ND	ND

注：1) 其他核素包括 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{144}\text{Ce}$ 等人工 $\gamma$ 放射性核素。



图 4.3-3 田湾核电基地周围水库水、河水 and 井水监测结果分布示意图

(注：水库水、河水 and 井水中其他人工 $\gamma$ 放射性核素 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{65}\text{Zn}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{124}\text{Sb}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{144}\text{Ce}$ 等均未检出。)



图 4.3-4 田湾核电基地周围海水监测结果分布示意图

(注：海水中 $^{137}\text{Cs}$ 测值为放化分析的测值。海水中其他人工 $\gamma$ 放射性核素 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{65}\text{Zn}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{124}\text{Sb}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{144}\text{Ce}$ 等均未检出。)



图 4.3-5 田湾核电基地周围海底沉积物和潮间带土监测结果分布示意图  
 (注：海底沉积物和潮间带土中其他人工 $\gamma$ 放射性核素 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{56}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{144}\text{Ce}$ 等均未检出。)

#### 4.3.4 土壤

2016年，田湾核电基地周围土壤监测结果见图4.3-6。

监测结果表明，田湾核电基地周围土壤中锶-90和人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常。





图 4.3-6 田湾核电基地周围土壤监测结果分布示意图

(注：土壤中其他人工 $\gamma$ 放射性核素<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>134</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等均未检出。)

### 4.3.5 生物

2016年，田湾核电基地周围环境生物的监测，采集的陆生植物包括松针、茶叶、叶菜、小麦和大米，其中茶叶和松针为指示生物；家禽为鸡；陆生水生生物为鲫鱼；奶制品为牛奶（生牛乳）；海洋水生生物包括紫菜、小黄鱼、花蚬、牡蛎和南美白对虾，其中花蚬和牡蛎为指示生物，监测结果见表4.3-8~表4.3-10。

监测结果表明，田湾核电基地周围生物中人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常。

松针、茶叶、叶菜、小麦、花蚬和牡蛎中碳-14活度浓度未见异常。

松针、茶叶、叶菜、小麦、紫菜、小黄鱼、花蚬和牡蛎中有机结合氚活度浓度未见异常。

■表4.3-8 田湾核电基地周围奶类监测结果<sup>1)</sup>

样品名称	监测地点	<sup>90</sup> Sr		<sup>131</sup> I	
		n/m	范围(Bq/L)	n/m	范围(Bq/L)
生牛乳	田湾核电基地周围	1/1	0.013	0/1	-

注：1) 表中范围为高于MDC样品的测值范围。

■表4.3-9 田湾核电基地周围陆生生物监测结果<sup>1)</sup>

样品名称	监测地点	OBT <sup>6)</sup>		<sup>14</sup> C		<sup>137</sup> Cs		其他核素 <sup>2)</sup>	
		n/m	范围(Bq/kg·鲜)	n/m	范围(Bq/g·碳)	n/m	范围(Bq/kg·鲜)	n/m	范围(Bq/kg·鲜)
松针	田湾核电基地周围	1/1	0.36	1/1	0.23	1/1	0.047 <sup>5)</sup>	0/1	-
茶叶 <sup>3)</sup>	田湾核电基地周围	1/1	0.73	1/1	0.23	1/1	0.14 <sup>5)</sup>	0/1	-
叶菜	田湾核电基地周围	1/1	0.030	1/1	0.24	0/1	-	0/1	-
	对照点	1/1	0.050	1/1	0.21	0/1	-	0/1	-
小麦	田湾核电基地周围	1/1	0.46	1/1	0.28	0/1	-	0/1	-
	对照点	1/1	0.63	1/1	0.26	0/1	-	0/1	-
大米	田湾核电基地周围	/	/	/	/	1/1	0.025	0/1	-
鸡肉	田湾核电基地周围	/	/	/	/	0/1	-	0/1	-
	对照点	/	/	/	/	0/1	-	0/1	-
鲫鱼肉	田湾核电基地周围	/	/	/	/	1/1	0.023	0/1	-
	对照点 <sup>4)</sup>	/	/	/	/	0/1	-	0/1	-

注：1) 表中范围为高于MDC样品的测值范围。

2) 其他核素包括<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>134</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等人工 $\gamma$ 放射性核素。

3) 茶叶监测，分析的样品为干样，单位为Bq/kg·干。

4) 淡水鱼监测，对照点分析的样品为鲤鱼肉。

5) 松针和茶叶<sup>137</sup>Cs测值，为放化分析的测值。

6) OBT为有机结合氚。

■ 表4.3-10 田湾核电基地周围海洋生物监测结果<sup>1)</sup>

样品名称	监测地点	OBT <sup>6)</sup>		<sup>14</sup> C		<sup>137</sup> Cs		其他核素 <sup>2)</sup>	
		n/m	范围 (Bq/kg·鲜)	n/m	范围 (Bq/g·碳)	n/m	范围 (Bq/kg·鲜)	n/m	范围 (Bq/kg·鲜)
紫菜 <sup>3)</sup>	田湾核电基地周围	1/1	0.15	/	/	0/1	-	0/1	-
	对照点	1/1	0.04	/	/	0/1	-	0/1	-
小黄鱼肉	田湾核电基地周围	1/1	0.19	/	/	0/1	-	0/1	-
	对照点 <sup>4)</sup>	1/1	0.22	/	/	1/1	0.021	0/1	-
花蚬肉	田湾核电基地周围	1/1	0.19	1/1	0.24	1/1	0.048 <sup>5)</sup>	0/1	-
牡蛎肉	田湾核电基地周围	2/2	0.13~0.14	2/2	0.25~0.26	2/2	0.087~0.098 <sup>5)</sup>	0/2	-
南美 白对虾	田湾核电基地周围	/	/	/	/	0/1	-	0/1	-
	对照点	/	/	/	/	0/1	-	0/1	-

注：1) 表中范围为高于MDC样品的测值范围。

2) 其他核素包括<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>134</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等人工 $\gamma$ 放射性核素。

3) 紫菜监测，分析的样品为干样，人工 $\gamma$ 放射性核素的单位为Bq/kg·干。

4) 海鱼监测，对照点分析的样品为鲢鱼肉。

5) 花蚬肉和牡蛎肉<sup>137</sup>Cs测值，为放化分析的测值。

6) OBT为有机结合氚。

## 4.4 秦山核电基地

### 4.4.1 空气吸收剂量率

秦山核电基地设有以秦山核电厂、方家山核电厂、秦山第二核电厂和秦山第三核电厂为整体监测对象的秦山核电基地辐射环境监测系统，系统共设9个自动站，其中在秦山核电基地周围5公里范围内共设8个自动站，在5公里范围外的海盐县城武原镇设1个自动站，自动站分布见图4.4-1。累积剂量监测点则分布在秦山核电基地周围20公里范围内。2016年，秦山核电基地周围自动站连续空气吸收剂量率监测结果见表4.4-1，累积剂量监测结果见表4.4-2。

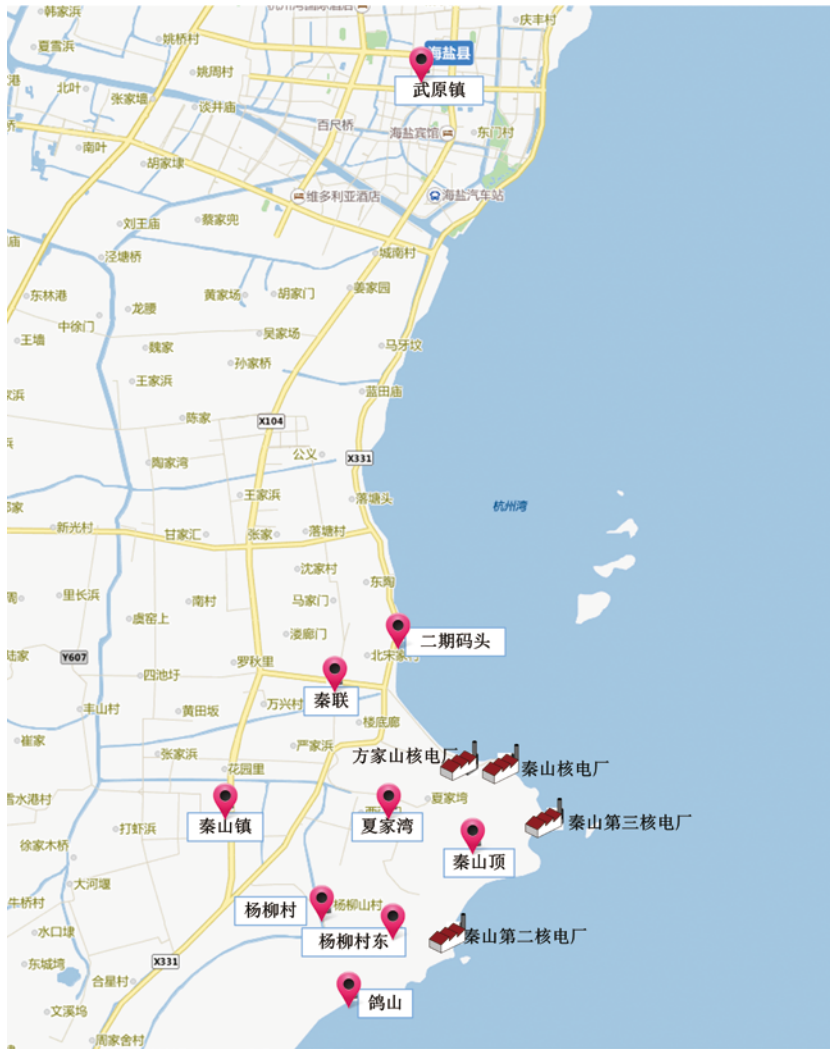
监测结果表明，秦山核电基地周围自动站空气吸收剂量率和累积剂量测得的空气吸收剂量率处于当地天然本底涨落范围内。

■ 表4.4-1 秦山核电基地周围自动站空气吸收剂量率监测结果

自动站名称	空气吸收剂量率 (nGy/h)		
	小时均值最小值	小时均值最大值	年均值
秦山顶	93.2	176.2	100.0
夏家湾	97.7	147.7	101.5
秦山镇	94.1	179.6	101.9
二期码头	88.7	143.0	93.4
秦联	96.8	150.9	101.1
杨柳村东	98.5	163.0	102.7
杨柳村	101.2	156.8	106.0
鸽山	76.0	138.0	86.8
武原镇	108.9	151.6	112.6

■ 表4.4-2 秦山核电基地周围累积剂量监测结果

监测地点	点位数	累积剂量测得的空气吸收剂量率 (nGy/h)		
		最小值	最大值	均值
秦山核电基地周围	29	76.8	108	89.5



■ 图 4.4-1 秦山核电基地周围自动站布点示意图

#### 4.4.2 空气

2016年，秦山核电基地周围气溶胶、气碘、空气中碳-14、空气（水蒸汽）和降水中的氚、沉降物的监测结果见表4.4-3～表4.4-5和图4.4-2。

监测结果表明，秦山核电基地周围气溶胶中总 $\alpha$ 和总 $\beta$ 活度浓度处于天然本底水平；一个气溶胶样品中检出微量的人工 $\gamma$ 放射性核素钴-58，其余气溶胶样品中人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常。

空气中气态放射性碘-131和碘-133未见异常。

空气中碳-14活度浓度未见异常。

部分空气（水蒸汽）和降水样品中氙活度浓度高于本底水平,主要因为秦山第三核电厂是重水堆核电站，其慢化剂和冷却剂均采用重水，与轻水堆相比向空气释放的氙较多。

沉降物中总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 日沉降量处于天然本底水平；铯-90和人工 $\gamma$ 放射性核素日沉降量未见异常。

■表4.4-3 秦山核电基地周围气溶胶监测结果<sup>1)</sup>

监测 点位	总 $\alpha$		总 $\beta$		<sup>58</sup> Co		<sup>137</sup> Cs		其他核素 <sup>2)</sup>	
	n/m	范围 (mBq/m <sup>3</sup> )	n/m	范围 (mBq/m <sup>3</sup> )	n/m	范围 ( $\mu$ Bq/m <sup>3</sup> )	n/m	范围 ( $\mu$ Bq/m <sup>3</sup> )	n/m	范围 ( $\mu$ Bq/m <sup>3</sup> )
秦联	12/12	0.02~0.14	12/12	0.18~1.5	0/12	-	0/12	-	0/12	-
夏家湾	12/12	0.02~0.12	12/12	0.16~1.2	1/12	9.1	0/12	-	0/12	-
杨柳村	12/12	0.02~0.07	12/12	0.16~1.1	0/12	-	0/12	-	0/12	-
浙江环保大厦 (对照点)	12/12	0.02~0.22	12/12	0.22~2.2	0/12	-	0/12	-	0/12	-

注：1) 表中范围为高于MDC的测值范围。

2) 其他核素包括<sup>54</sup>Mn、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>131</sup>I、<sup>134</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等人工 $\gamma$ 放射性核素。

■表4.4-4 秦山核电基地周围气碘监测结果<sup>1)</sup>

监测 点位	<sup>131</sup> I		<sup>133</sup> I	
	n/m	范围 (mBq/m <sup>3</sup> )	n/m	范围 (mBq/m <sup>3</sup> )
夏家湾	0/4	-	0/4	-
浙江环保大厦(对照点)	0/4	-	0/4	-

注：1) 表中范围为高于MDC的测值范围。

表4.4-5 秦山核电基地周围沉降物监测结果<sup>1)</sup>

监测点位	总α		总β		<sup>90</sup> Sr		<sup>137</sup> Cs		其他核素 <sup>2)</sup>	
	n/m	范围 (Bq/m <sup>2</sup> ·d)	n/m	范围 (Bq/m <sup>2</sup> ·d)	n/m	范围 (mBq/m <sup>2</sup> ·d)	n/m	范围 (mBq/m <sup>2</sup> ·d)	n/m	范围 (mBq/m <sup>2</sup> ·d)
秦联	4/4	0.19~0.43	4/4	0.38~0.94	4/4	5.2~8.8	0/4	-	0/4	-
夏家湾	4/4	0.14~0.38	4/4	0.29~0.91	4/4	1.2~11	0/4	-	0/4	-
杨柳村	4/4	0.16~0.27	4/4	0.30~0.81	4/4	3.7~10	0/4	-	0/4	-
浙江环保大厦 (对照点)	4/4	0.13~0.45	4/4	0.31~0.96	4/4	3.3~11	0/4	-	0/4	-

注：1) 表中范围为高于MDC的测值范围。

2) 其他核素包括<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>131</sup>I、<sup>134</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等人工γ放射性核素。



图 4.4-2 秦山核电基地周围空气中碳-14、空气（水蒸汽）和降水中氚监测结果分布示意图

#### 4.4.3 水体

2016年, 秦山核电基地周围水体监测, 其中陆地水体包括: 河水、井水、池塘水和池塘岸边沉积物; 海洋水体包括: 核电厂液态流出物排放口附近海域海水、海底沉积物和海滩涂潮间带土, 监测结果见表4.4-6~表4.4-7和图4.4-3~图4.4-5。

监测结果表明, 秦山核电基地周围河水中总 $\alpha$ 和总 $\beta$ 活度浓度低于《生活饮用水卫生标准》(GB 5749-2006)中规定的放射性指标指导值; 氡、铯-90和人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常。

池塘水中铯-90和人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常; 氡活度浓度高于本底水平。池塘岸边沉积物中铯-90和人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常。

井水中总 $\alpha$ 和总 $\beta$ 活度浓度低于《生活饮用水卫生标准》(GB 5749-2006)中规定的放射性指标指导值; 铯-90和人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常; 部分样品中氡活度浓度高于本底水平。

海水中铯-90和人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常, 且铯-90和铯-137活度浓度低于《海水水质标准》(GB 3097-1997)规定的限值; 部分样品中氡活度浓度高于本底水平。海底沉积物和潮间带土中铯-90和人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常。

■ 表4.4-6 秦山核电基地周围河水监测结果<sup>1)</sup>

监测 点位	总 $\alpha$		总 $\beta$		$^3\text{H}$		$^{90}\text{Sr}$		$^{137}\text{Cs}$		其他核素 <sup>2)</sup>	
	n/m	范围 (Bq/L)	n/m	范围 (Bq/L)	n/m	范围 (Bq/L)	n/m	范围 (mBq/L)	n/m	范围 (mBq/L)	n/m	范围 (mBq/L)
武原镇水厂	0/4	-	4/4	0.09~0.16	0/4	-	4/4	1.8~3.0	0/4	-	0/4	-
杭州市钱塘 江西区水厂 (对照点)	0/4	-	4/4	0.06~0.09	0/4	-	4/4	1.5~1.6	0/4	-	0/4	-

注: 1) 表中范围为高于MDC的测值范围。

2) 其他核素包括 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{65}\text{Zn}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{124}\text{Sb}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{144}\text{Ce}$ 等人工 $\gamma$ 放射性核素。



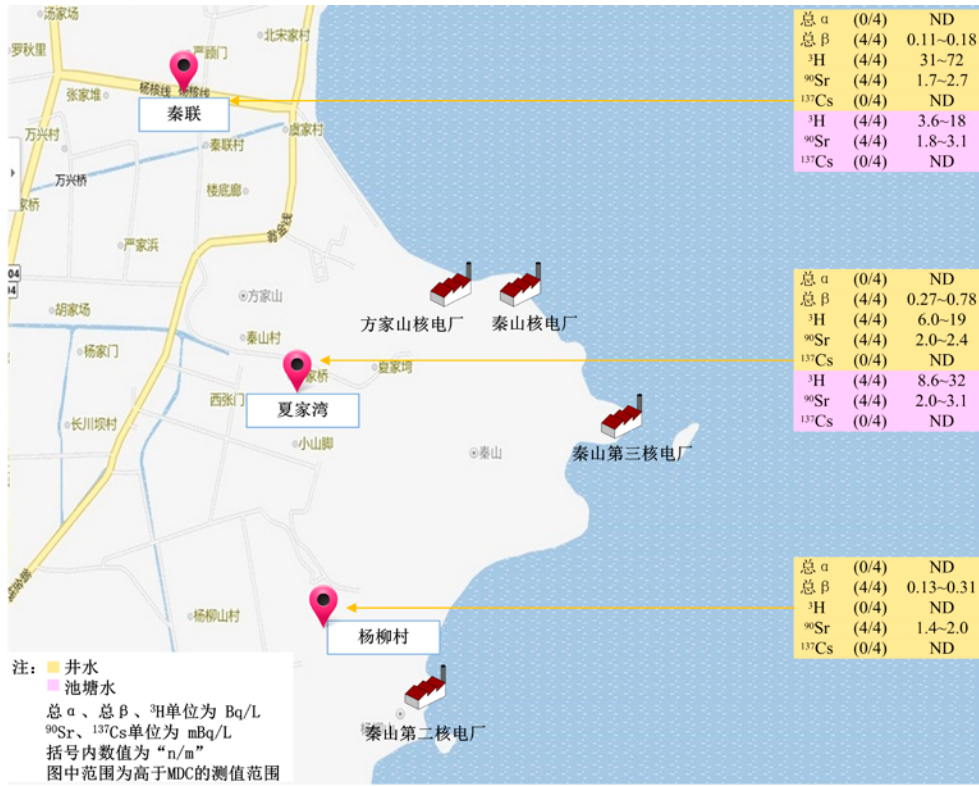


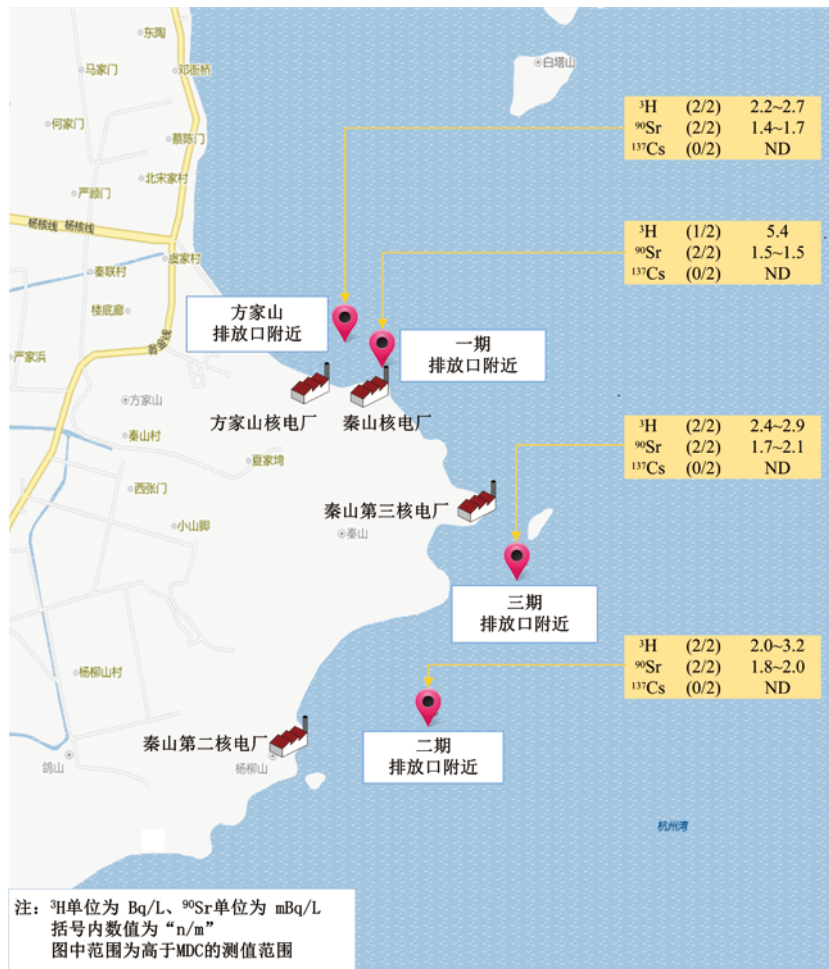
图 4.4-3 秦山核电基地周围井水和池塘水监测结果分布示意图

(注：池塘水和井水中其他人工γ放射性核素<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>65</sup>Zn、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>124</sup>Sb、<sup>134</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等均未检出。)

表4.4-7 秦山核电基地周围池塘岸边沉积物监测结果

监测点位	放射性活度浓度 (Bq/kg·干)		
	<sup>90</sup> Sr	<sup>137</sup> Cs	其他核素 <sup>1)</sup>
秦联	0.76	ND	ND
夏家湾	0.85	ND	ND
西湖(对照点)	0.71	2.7	ND

注：1) 其他核素包括<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>134</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等人工γ放射性核素。



■ 图 4.4-4 秦山核电基地周围海水监测结果分布示意图

(注：海水中其他人工 $\gamma$ 放射性核素 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{65}\text{Zn}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{124}\text{Sb}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{144}\text{Ce}$ 等均未检出。)

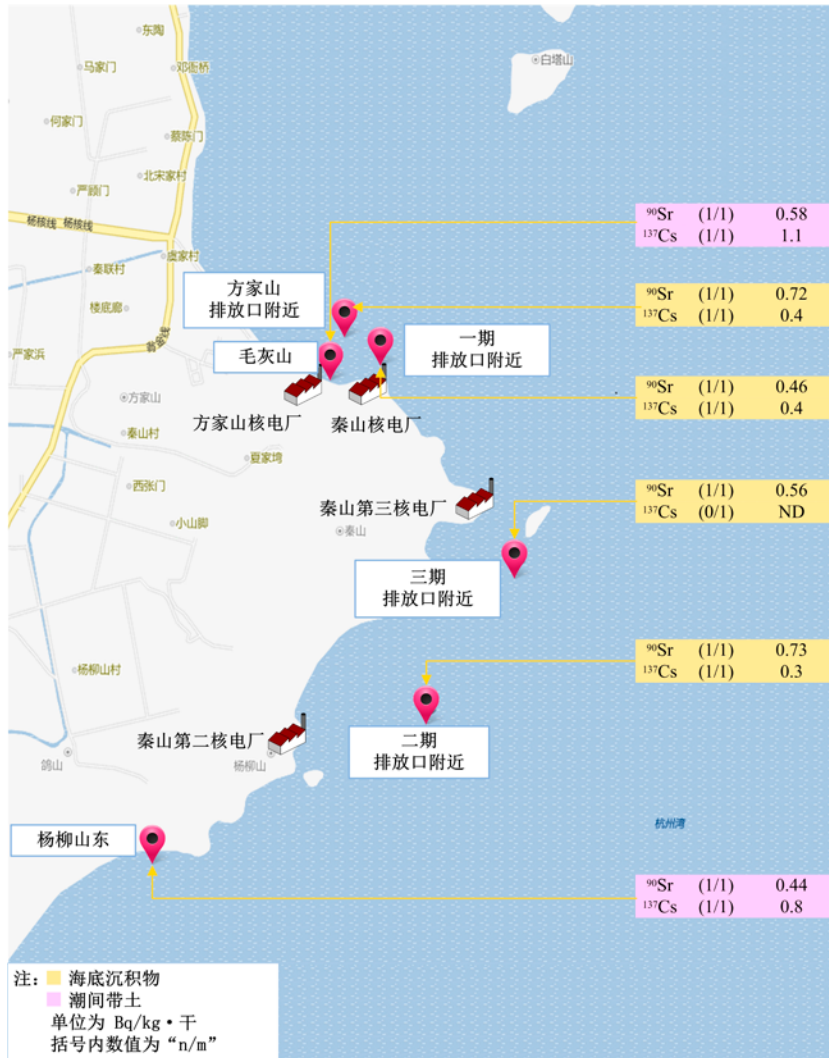


图 4.4-5 秦山核电基地周围海底沉积物和潮间带土监测结果分布示意图  
 (注：海底沉积物和潮间带土中其他人工 $\gamma$ 放射性核素 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{144}\text{Ce}$ 等均未检出。)

#### 4.4.4 土壤

2016年，秦山核电基地周围土壤监测结果见图4.4-6。

监测结果表明，秦山核电基地周围土壤中铯-90和人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常。

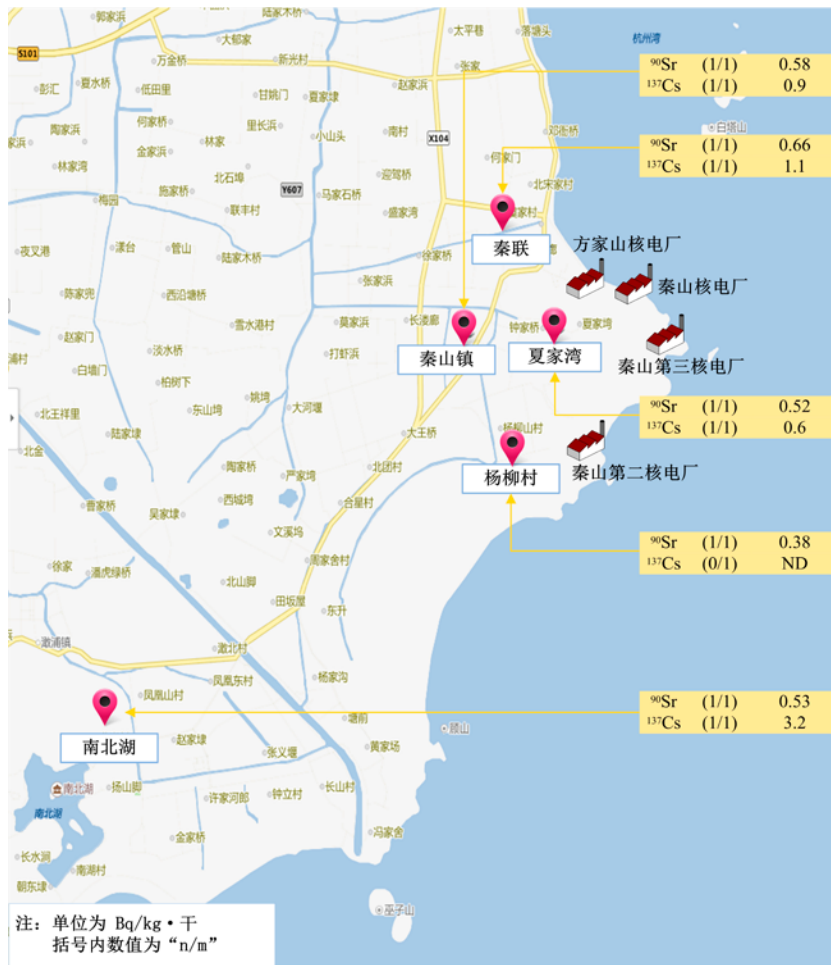


图 4.4-6 秦山核电基地周围土壤监测结果分布示意图

(注：土壤中其他人工 $\gamma$ 放射性核素<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>134</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等均未检出。)

#### 4.4.5 生物

2016年，秦山核电基地周围生物监测，采集的陆生植物包括茶叶、松针、大米和叶菜，其中松针为指示生物；家禽和家畜包括鸡和羊；奶制品为牛奶（生牛乳）；海洋水生生物包括牡蛎和鲻鱼，其中牡蛎为指示生物，监测结果见表4.4-8~表4.4-10。

监测结果表明，除一个牡蛎样品检出微量的银-110m外，秦山核电基地周围其余生物样品中人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常。

生物中锶-90活度浓度未见异常。

茶叶、叶菜、大米和海鱼中碳-14活度浓度未见异常。

茶叶、松针、叶菜、牡蛎和部分大米样品中组织自由水氚活度浓度高于本底水平；海鱼中组织自由水氚活度浓度未见异常。

茶叶、松针、叶菜和小米中有机结合氚活度浓度高于本底水平；海鱼中有机结合氚活度浓度未见异常。

■ 表4.4-8 秦山核电基地周围奶类监测结果<sup>1)</sup>

样品名称	监测点位	<sup>90</sup> Sr		<sup>131</sup> I		<sup>137</sup> Cs	
		n/m	范围 (Bq/L)	n/m	范围 (Bq/L)	n/m	范围 (Bq/L)
生牛乳	秦山核电基地周围	2/2	0.007~0.008	0/2	-	0/2	-
	对照点	2/2	0.009~0.010	0/2	-	0/2	-

注：1) 表中范围为高于MDC的测值范围。

■ 表4.4-9 秦山核电基地周围陆生生物监测结果<sup>1)</sup>

样品名称	监测地点	OBT <sup>2)</sup>		TFWT <sup>2)</sup>		<sup>14</sup> C		<sup>90</sup> Sr		<sup>137</sup> Cs		其他核素 <sup>3)</sup>	
		n/m	范围 (Bq/kg·鲜)	n/m	范围 (Bq/kg·鲜)	n/m	范围 (Bq/g·碳)	n/m	范围 (Bq/kg·鲜)	n/m	范围 (Bq/kg·鲜)	n/m	范围 (Bq/kg·鲜)
茶叶 <sup>4)</sup>	秦山核电基地周围	2/2	3.6~3.7	2/2	14~20	2/2	0.32~0.34	2/2	0.36~0.85	0/2	-	0/2	-
	对照点	0/1	-	0/1	-	1/1	0.25	1/1	0.95	0/1	-	0/1	-
松针	秦山核电基地周围	2/2	36~42	2/2	21~35	/	/	2/2	0.59~0.78	1/2	0.29	0/2	-
	对照点	0/1	-	0/1	-	/	/	1/1	0.96	0/1	-	0/1	-
叶菜	秦山核电基地周围	2/2	2.1~2.7	2/2	7.0~7.5	2/2	0.25~0.26	2/2	0.028~0.14	0/2	-	0/2	-
	对照点	0/1	-	0/1	-	1/1	0.22	1/1	0.095	0/1	-	0/1	-
大米	秦山核电基地周围	2/2	2.4~3.7	2/2	0.60~2.0	2/2	0.25~0.26	2/2	0.014~0.039	0/2	-	0/2	-
	对照点	0/1	-	0/1	-	1/1	0.23	1/1	0.045	0/1	-	0/1	-
鸡 <sup>5)</sup>	秦山核电基地周围	/	/	/	/	/	/	1/1	0.46	0/1	-	0/1	-
	对照点	/	/	/	/	/	/	1/1	0.31	0/1	-	0/1	-
羊 <sup>5)</sup>	秦山核电基地周围	/	/	/	/	/	/	1/1	1.2	0/1	-	0/1	-
	对照点	/	/	/	/	/	/	1/1	1.5	0/1	-	0/1	-

注：1) 表中范围为高于MDC的测值范围。

2) OBT为有机结合氚，TFWT为组织自由水氚。

3) 其他核素包括<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>134</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等人工γ放射性核素。

4) 茶叶中<sup>90</sup>Sr和γ能谱分析的样品为干样，单位为Bq/kg·干。

5) 鸡和羊监测，<sup>90</sup>Sr分析的样品为骨；其余项目分析的样品为肉。

■ 表4.4-10 秦山核电基地周围海洋生物监测结果<sup>1)</sup>

样品名称	监测地点	OBT <sup>2)</sup>		TFWT <sup>2)</sup>		<sup>14</sup> C		<sup>90</sup> Sr		<sup>110m</sup> Ag		<sup>137</sup> Cs		其他核素 <sup>3)</sup>	
		n/m	范围 (Bq/kg·鲜)	n/m	范围 (Bq/kg·鲜)	n/m	范围 (Bq/g·碳)	n/m	范围 (Bq/kg·鲜)	n/m	范围 (Bq/kg·鲜)	n/m	范围 (Bq/kg·鲜)	n/m	范围 (Bq/kg·鲜)
海鱼 <sup>4)</sup>	秦山核电 基地周围	0/1	-	0/1	-	1/1	0.28	1/1	0.35	0/1	-	0/1	-	0/1	-
	对照点	0/1	-	0/1	-	1/1	0.22	1/1	0.11	0/1	-	1/1	0.035	0/1	-
牡蛎	秦山核电 基地周围	<sup>5)</sup>	<sup>5)</sup>	1/1	8.9	/	/	1/1	0.056	1/1	0.015	0/1	-	0/1	-
	对照点	0/1	-	0/1	-	/	/	1/1	0.027	0/1	-	1/1	0.016	0/1	-

注：1) 表中范围为高于MDC样品的测值范围。

2) OBT为有机结合氚，TFWT为组织自由水氚。

3) 其他核素包括<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>134</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等人工 $\gamma$ 放射性核素。

4) 海鱼监测，<sup>90</sup>Sr分析的样品为骨；其余项目分析的样品为肉。

5) 采集的牡蛎样品量不足，未能进行有机结合氚分析。

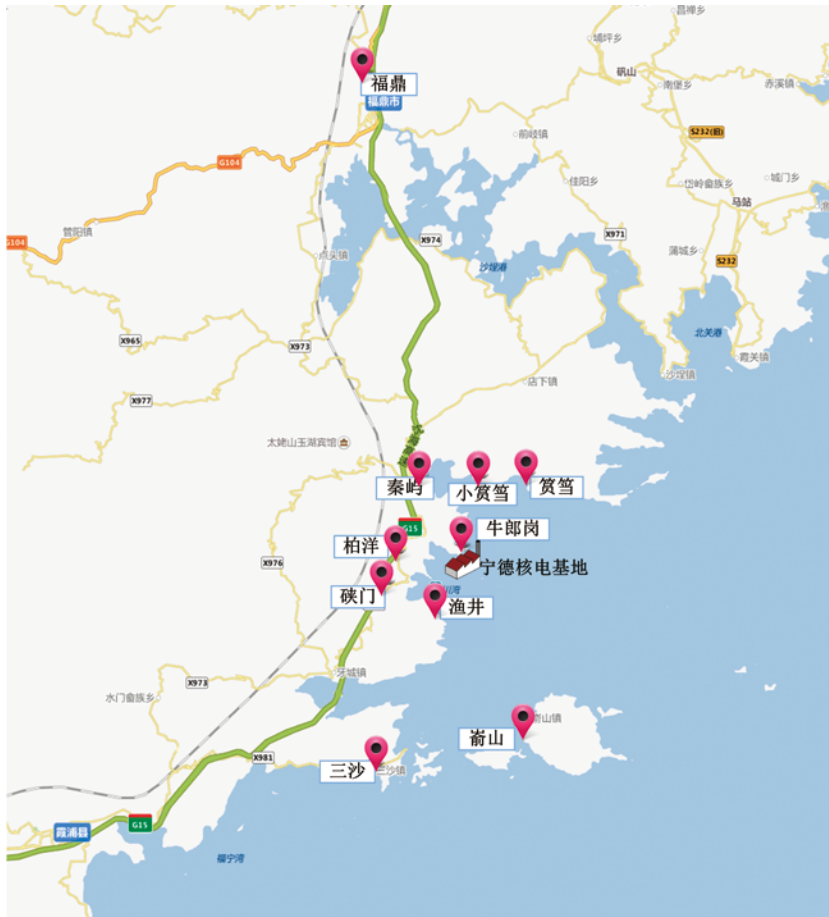


## 4.5 宁德核电基地

### 4.5.1 空气吸收剂量率

宁德核电基地设有辐射环境监测系统，系统共设10个自动站，其中在核电基地周围10公里范围内共设8个自动站，在10公里范围外的三沙和福鼎各设1个自动站，点位分布见图4.5-1。累积剂量监测点则分布在宁德核电基地周围25公里范围内。2016年，宁德核电基地周围自动站连续空气吸收剂量率监测结果见表4.5-1，累积剂量监测结果见表4.5-2。

监测结果表明，宁德核电基地周围自动站空气吸收剂量率和累积剂量测得的空气吸收剂量率处于当地天然本底涨落范围内。



■ 图 4.5-1 宁德核电基地周围自动站布点示意图

■ 表4.5-1 宁德核电基地周围自动站空气吸收剂量率监测结果

自动站名称	空气吸收剂量率 (nGy/h)		
	小时均值最小值	小时均值最大值	年均值
笕笕	105.2	187.2	110.8
小笕笕	92.1	180.2	98.0
秦屿	102.4	139.3	106.1
牛郎岗	113.5	170.1	119.2
柏洋小学	90.9	134.6	94.7
碇门	88.6	149.1	93.9
渔井	91.6	157.0	96.2
三沙	95.6	147.2	99.6
嵛山岛	71.1	136.1	75.6
福鼎	78.2	105.4	82.9

■ 表4.5-2 宁德核电基地周围累积剂量监测结果

监测地点	点位数	累积剂量测得的空气吸收剂量率 (nGy/h)		
		最小值	最大值	均值
宁德核电基地周围	25	80.2	141	97.3

#### 4.5.2 空气

2016年, 宁德核电基地周围气溶胶、空气中碳-14、空气(水蒸汽)和降水中氚、沉降物监测结果见表4.5-3~表4.5-4和图4.5-2。

监测结果表明, 宁德核电基地周围气溶胶中总 $\alpha$ 和总 $\beta$ 活度浓度处于天然本底水平; 人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常。

空气中碳-14活度浓度、空气(水蒸汽)和降水中氚活度浓度未见异常。

沉降物中总 $\alpha$ 和总 $\beta$ 日沉降量处于天然本底水平; 铯-90和人工 $\gamma$ 放射性核素日沉降量未见异常。



■ 表4.5-3 宁德核电基地周围气溶胶监测结果<sup>1)</sup>

监测 点位	总 $\alpha$		总 $\beta$		$^{137}\text{Cs}$		其他核素 <sup>2)</sup>	
	n/m	范围 (mBq/m <sup>3</sup> )	n/m	范围 (mBq/m <sup>3</sup> )	n/m	范围 ( $\mu\text{Bq/m}^3$ )	n/m	范围 ( $\mu\text{Bq/m}^3$ )
小笪筍	10/10	0.02~0.06	10/10	0.33~1.6	0/10	-	0/10	-
牛郎岗	12/12	0.02~0.06	12/12	0.30~1.2	0/12	-	0/12	-
渔井	12/12	0.02~0.13	12/12	0.25~2.2	0/12	-	0/12	-
福州(对照点)	12/12	0.04~0.35	12/12	0.35~2.9	0/12	-	0/12	-

注: 1) 表中范围为高于MDC的测值范围。

2) 其他核素包括 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{144}\text{Ce}$ 等人工 $\gamma$ 放射性核素。

■ 表4.5-4 宁德核电基地周围沉降物监测结果<sup>1)</sup>

监测 点位	总 $\alpha$		总 $\beta$		$^{90}\text{Sr}$		$^{137}\text{Cs}$		其他核素 <sup>2)</sup>	
	n/m	范围 (Bq/m <sup>2</sup> ·d)	n/m	范围 (Bq/m <sup>2</sup> ·d)	n/m	范围 (mBq/m <sup>2</sup> ·d)	n/m	范围 (mBq/m <sup>2</sup> ·d)	n/m	范围 (mBq/m <sup>2</sup> ·d)
小笪筍	4/4	0.02~0.13	4/4	0.06~0.38	1/1	0.26	0/4	-	0/4	-
渔井	4/4	0.03~0.39	4/4	0.03~0.76	1/1	0.14	0/4	-	0/4	-
牛郎岗	4/4	0.03~0.09	4/4	0.09~0.16	0/1	-	0/4	-	0/4	-
福州 (对照点)	4/4	0.08~0.34	4/4	0.21~0.52	0/1	-	0/4	-	0/4	-

注: 1) 表中范围为高于MDC样品的测值范围。

2) 其他核素包括 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{144}\text{Ce}$ 等人工 $\gamma$ 放射性核素。



图 4.5-2 宁德核电基地周围空气中碳-14、空气（水蒸汽）和降水氚监测结果分布示意图

### 4.5.3 水体

2016年，宁德核电基地周围环境水体监测，陆地水体包括：水库水和水库岸边沉积物、河水和河岸边沉积物、井水，海洋水体包括：核电厂液态流出物排放口附近海域海水、海底沉积物和海滩涂潮间带土，监测结果见图4.5-3~图4.5-6。

监测结果表明，宁德核电基地周围水库水中总 $\alpha$ 和总 $\beta$ 活度浓度低于《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2006）中规定的放射性指标指导值。水库水、河水、井水中氚、锶-90和人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常。水库岸边沉积物、河岸边沉积物中锶-90和人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常。

海水中锶-90和人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常，且锶-90和铯-137活度浓度低于《海水水质标准》（GB 3097-1997）规定的限值；部分样品中氚活度浓度略高于本底水平。海底沉积物、潮间带土中锶-90和人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常。



图 4.5-3 宁德核电基地周围水库水、河水和井水监测结果分布示意图

(注：水库水、河水和井水中其他人工  $\gamma$  放射性核素  $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{65}\text{Zn}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{124}\text{Sb}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{144}\text{Ce}$  等均未检出。)

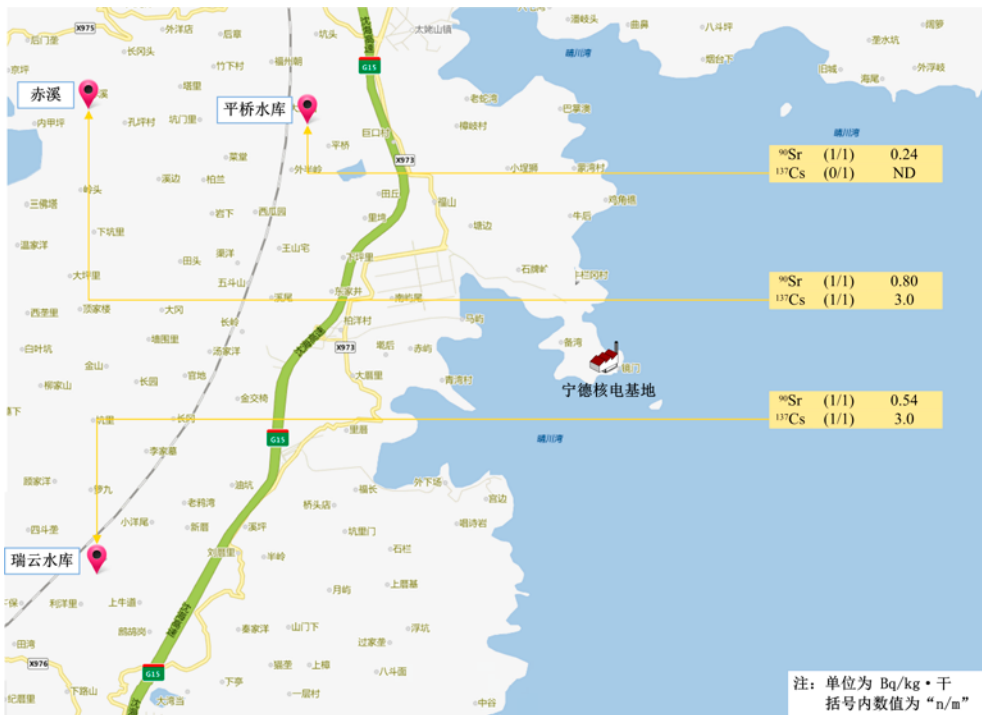


图 4.5-4 宁德核电基地周围水库和河岸边沉积物监测结果分布示意图

(注：岸边沉积物中其他人工  $\gamma$  放射性核素  $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{144}\text{Ce}$  等均未检出。)

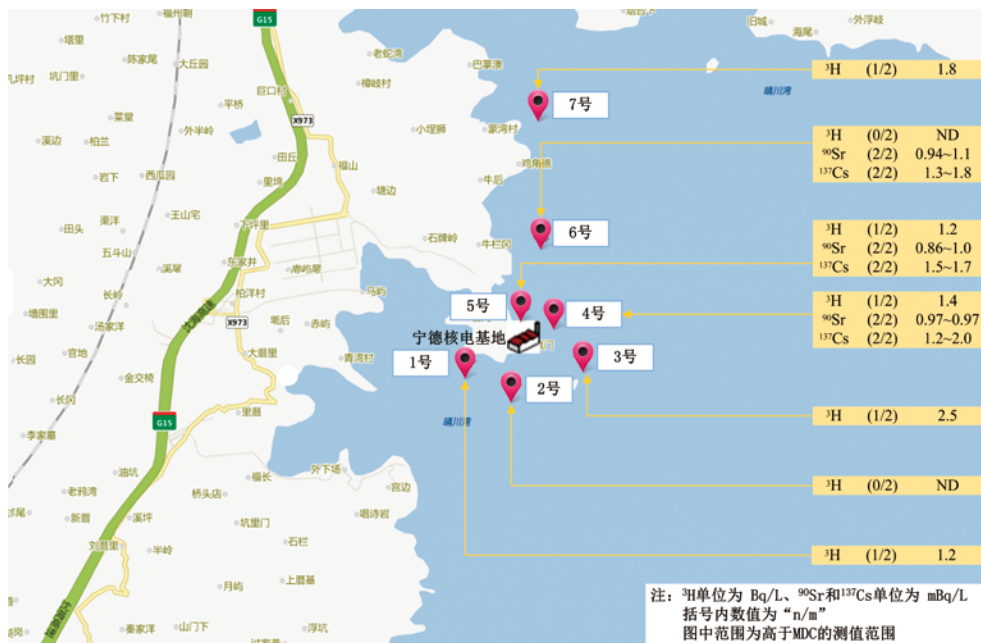


图 4.5-5 宁德核电基地周围海水监测结果分布示意图

(注：海水中其他人工 $\gamma$ 放射性核素 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{65}\text{Zn}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{124}\text{Sb}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{144}\text{Ce}$ 等均未检出。)



图 4.5-6 宁德核电基地周围海底沉积物和潮间带土监测结果分布示意图

(注：海底沉积物和潮间带土中其他人工 $\gamma$ 放射性核素 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{144}\text{Ce}$ 等均未检出。)

#### 4.5.4 土壤

2016年，宁德核电基地周围土壤监测结果见图4.5-7。

监测结果表明，宁德核电基地周围土壤中锶-90和人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常。



图 4.5-7 宁德核电基地周围土壤监测结果分布示意图

(注：土壤中其他人工 $\gamma$ 放射性核素 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{144}\text{Ce}$ 等均未检出。)

#### 4.5.5 生物

2016年, 宁德核电基地周围生物监测, 采集的陆生植物包括松针、叶菜和甘薯, 其中松针为指示生物; 家畜为猪; 海洋水生生物包括紫菜、弹涂鱼和牡蛎, 其中牡蛎为指示生物, 监测结果见表4.5-5。

监测结果表明, 宁德核电基地周围生物中人工 $\gamma$ 放射性核素、锶-90和组织自由水氡活度浓度未见异常。

陆生植物和家畜中碳-14活度浓度未见异常。

■ 表4.5-5 宁德核电基地周围生物监测结果<sup>1)</sup>

样品名称	监测地点	TFWT <sup>2)</sup>		<sup>14</sup> C		<sup>90</sup> Sr		<sup>137</sup> Cs		其他核素 <sup>3)</sup>	
		n/m	范围 (Bq/kg·鲜)	n/m	范围 (Bq/g·碳)	n/m	范围 (Bq/kg·鲜)	n/m	范围 (Bq/kg·鲜)	n/m	范围 (Bq/kg·鲜)
松针	宁德核电基地周围	1/1	0.50	1/1	0.17	1/1	0.45	0/1	-	0/1	-
叶菜	宁德核电基地周围	0/1	-	1/1	0.17	1/1	0.11	0/1	-	0/1	-
甘薯	宁德核电基地周围	0/1	-	1/1	0.19	1/1	0.007	0/1	-	0/1	-
猪肉	宁德核电基地周围	0/1	-	1/1	0.19	0/1	-	1/1	0.058	0/1	-
紫菜 <sup>4)</sup>	宁德核电基地周围	0/2	-	/	/	1/1	0.41	0/2	-	0/2	-
全弹涂鱼	宁德核电基地周围	0/2	-	/	/	1/2	0.052	1/2	0.023	0/2	-
牡蛎肉	宁德核电基地周围	1/2	1.2	/	/	0/2	-	1/2	0.017	0/2	-

注: 1) 表中范围为高于MDC样品的测值范围。

2) TFWT为组织自由水氡。

3) 其他核素包括<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>134</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等人工 $\gamma$ 放射性核素。

4) 紫菜监测, <sup>90</sup>Sr和 $\gamma$ 能谱分析的样品为干样, 单位为Bq/kg·干。

## 4.6 福清核电基地

### 4.6.1 空气吸收剂量率

福清核电基地设有辐射环境监测系统，系统共设11个自动站，其中在核电基地周围10公里范围内共设5个自动站，在10公里范围外的东元、江镜、前华、高岭、下宅和黄岐各设1个自动站，点位分布见图4.6-1。累积剂量监测点则分布在福清核电基地周围30公里范围内。2016年，福清核电基地周围自动站连续空气吸收剂量率监测结果见表4.6-1，累积剂量监测结果见表4.6-2。

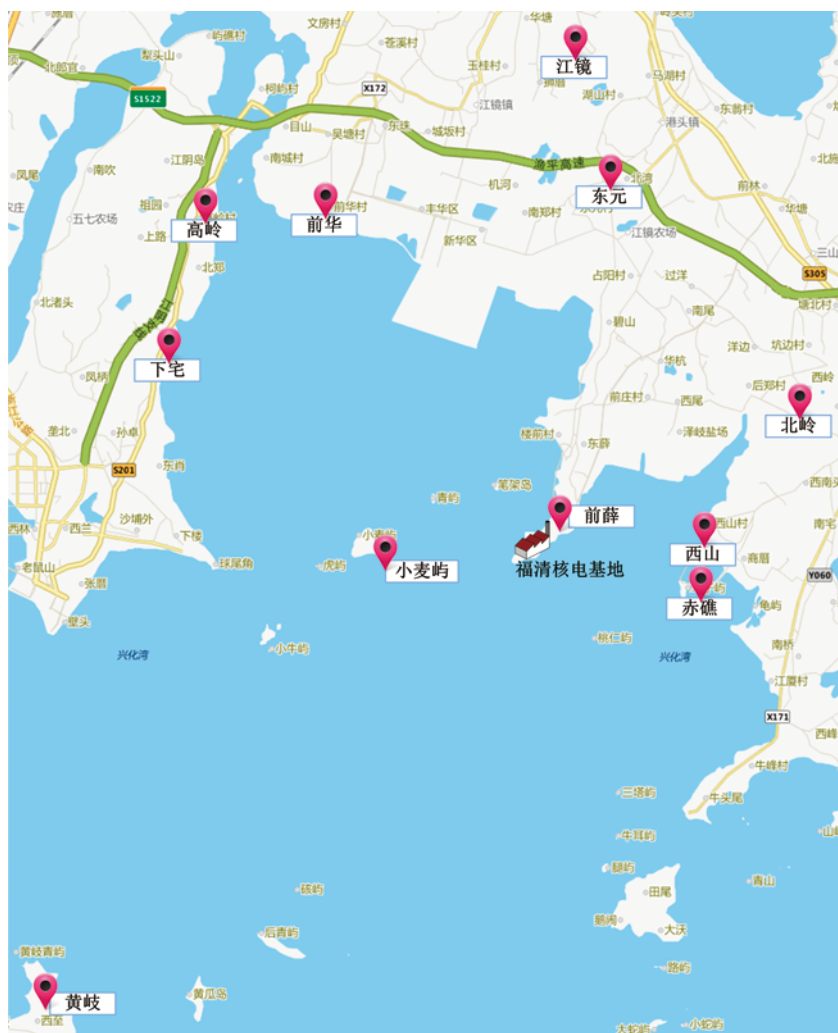
监测结果表明，福清核电基地周围自动站空气吸收剂量率和累积剂量测得的空气吸收剂量率处于当地天然本底涨落范围内。

■ 表4.6-1 福清核电基地周围自动站空气吸收剂量率监测结果

自动站名称	空气吸收剂量率 (nGy/h)		
	小时均值最小值	小时均值最大值	年均值
赤礁	75.6	144.7	81.8
西山	71.0	128.0	75.7
北岭	82.1	148.0	87.2
前薛	81.0	132.5	84.8
东元	82.0	140.5	86.9
江镜	72.7	122.7	80.7
前华	89.2	123.7	95.0
高岭	92.4	132.4	97.3
下宅	92.7	139.1	99.2
小麦屿	82.7	121.2	88.9
黄岐	100.5	149.9	105.7

■ 表4.6-2 福清核电基地周围累积剂量监测结果

监测地点	点位数	累积剂量测得的空气吸收剂量率 (nGy/h)		
		最小值	最大值	均值
福清核电基地周围	37	70.4	122	92.2



■ 图 4.6-1 福清核电基地周围自动站布点示意图

#### 4.6.2 空气

2016年,福清核电基地周围气溶胶、气碘、空气中碳-14、空气(水蒸汽)中氚、降水和沉降物监测结果见表4.6-3~表4.6-5和图4.6-2。

监测结果表明,福清核电基地周围气溶胶中总 $\alpha$ 和总 $\beta$ 活度浓度处于天然本底水平,人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常。

空气中气态放射性碘-131和碘-133活度浓度未见异常。

空气中碳-14活度浓度和空气(水蒸汽)中氚活度浓度未见异常。



降水中氚、铯-90和人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常。

沉降物中总 $\alpha$ 和总 $\beta$ 日沉降量处于天然本底水平，铯-90和人工 $\gamma$ 放射性核素日沉降量未见异常。

■表4.6-3 福清核电基地周围气溶胶监测结果<sup>1)</sup>

监测 点位	总 $\alpha$		总 $\beta$		$^{137}\text{Cs}$		其他核素 <sup>2)</sup>	
	n/m	范围 (mBq/m <sup>3</sup> )	n/m	范围 (mBq/m <sup>3</sup> )	n/m	范围 ( $\mu\text{Bq/m}^3$ )	n/m	范围 ( $\mu\text{Bq/m}^3$ )
前薛	12/12	0.02~0.12	12/12	0.26~1.9	0/12	-	0/12	-
东元	11/12	0.02~0.14	11/12	0.23~2.4	0/11	-	0/11	-
下宅小学	12/12	0.02~0.10	12/12	0.27~2.2	0/12	-	0/12	-
福州(对照点)	12/12	0.04~0.35	12/12	0.35~2.9	0/12	-	0/12	-

注：1) 表中范围为高于MDC样品的测值范围。

2) 其他核素包括 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{144}\text{Ce}$ 等人工 $\gamma$ 放射性核素。

■表4.6-4 福清核电基地周围气碘监测结果<sup>1)</sup>

监测 点位	$^{131}\text{I}$		$^{133}\text{I}$	
	n/m	范围 (mBq/m <sup>3</sup> )	n/m	范围 (mBq/m <sup>3</sup> )
前薛	0/12	-	0/12	-
东元	0/12	-	0/12	-
下宅小学	0/12	-	0/12	-
福州(对照点)	0/11	-	0/11	-

注：1) 表中范围为高于MDC样品的测值范围。

■ 表4.6-5 福清核电基地周围沉降物监测结果<sup>1)</sup>

监测点位	总 $\alpha$		总 $\beta$		$^{90}\text{Sr}$		$^{137}\text{Cs}$		其他核素 <sup>2)</sup>	
	n/m	范围 (Bq/m <sup>2</sup> ·d)	n/m	范围 (Bq/m <sup>2</sup> ·d)	n/m	范围 (mBq/m <sup>2</sup> ·d)	n/m	范围 (mBq/m <sup>2</sup> ·d)	n/m	范围 (mBq/m <sup>2</sup> ·d)
前薛	4/4	0.03~0.40	4/4	0.08~0.64	0/1	-	0/4	-	0/4	-
东元	4/4	0.04~0.08	4/4	0.09~0.22	1/1	0.18	0/4	-	0/4	-
下宅小学	4/4	0.02~0.11	4/4	0.07~0.30	0/1	-	0/4	-	0/4	-
福州 (对照点)	4/4	0.08~0.34	4/4	0.21~0.52	0/1	-	0/4	-	0/4	-

注：1) 表中范围为高于MDC样品的测值范围。

2) 其他核素包括 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{144}\text{Ce}$ 等人工 $\gamma$ 放射性核素。



■ 图 4.6-2 福清核电基地周围空气中碳-14、空气（水蒸汽）中氚和降水监测结果分布示意图

(注：降水中其他人工 $\gamma$ 放射性核素 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{65}\text{Zn}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{124}\text{Sb}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{144}\text{Ce}$ 等均未检出。)

### 4.6.3 水体

2016年，福清核电基地周围水体监测，陆地水体包括：自来水（管网末梢水）、水库水和水库岸边沉积物、河水和河岸边沉积物、井水，海洋水体包括：核电厂液态流出物排放口附近海域海水、海底沉积物和海滩涂潮间带土，监测结果见表4.6-6和图4.6-3~图4.6-6。

监测结果表明，福清核电基地周围自来水（管网末梢水）中总 $\alpha$ 和总 $\beta$ 活度浓度低于《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2006）中规定的放射性指标指导值。自来水（管网末梢水）、水库水、河水和井水中氚、锶-90和人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常。水库岸边沉积物、河岸边沉积物中锶-90和人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常。

海水中氚、锶-90和人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常，且锶-90和铯-137活度浓度低于《海水水质标准》（GB 3097-1997）规定的限值。海底沉积物和潮间带土中锶-90和人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常。

■ 表4.6-6 福清核电基地周围自来水（管网末梢水）监测结果<sup>1)</sup>

监测点位	总 $\alpha$		总 $\beta$		$^3\text{H}$		$^{90}\text{Sr}$		$^{137}\text{Cs}$		其他核素 <sup>2)</sup>	
	n/m	范围 (Bq/L)	n/m	范围 (Bq/L)	n/m	范围 (Bq/L)	n/m	范围 (mBq/L)	n/m	范围 (mBq/L)	n/m	范围 (mBq/L)
前薛村	4/4	0.02~0.09	4/4	0.13~0.32	0/4	-	4/4	1.9~7.7	0/4	-	0/4	-
泽岐村	2/4	0.02~0.02	4/4	0.10~0.38	0/4	-	3/3	0.84~2.8	0/4	-	0/4	-
省辐射站大楼 (对照点)	2/3	0.01~0.01	3/3	0.06~0.10	0/3	-	2/3	0.94~1.3	0/3	-	0/3	-

注：1) 表中范围为高于MDC样品的测值范围。

2) 其他核素包括 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{65}\text{Zn}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{124}\text{Sb}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{144}\text{Ce}$ 等人工 $\gamma$ 放射性核素。



■ 图 4.6-3 福清核电基地周围水库水、河水和井水监测结果分布示意图

(注：水库水、河水 and 井水中其他人工 $\gamma$ 放射性核素 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{65}\text{Zn}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{124}\text{Sb}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{144}\text{Ce}$ 等均未检出。)

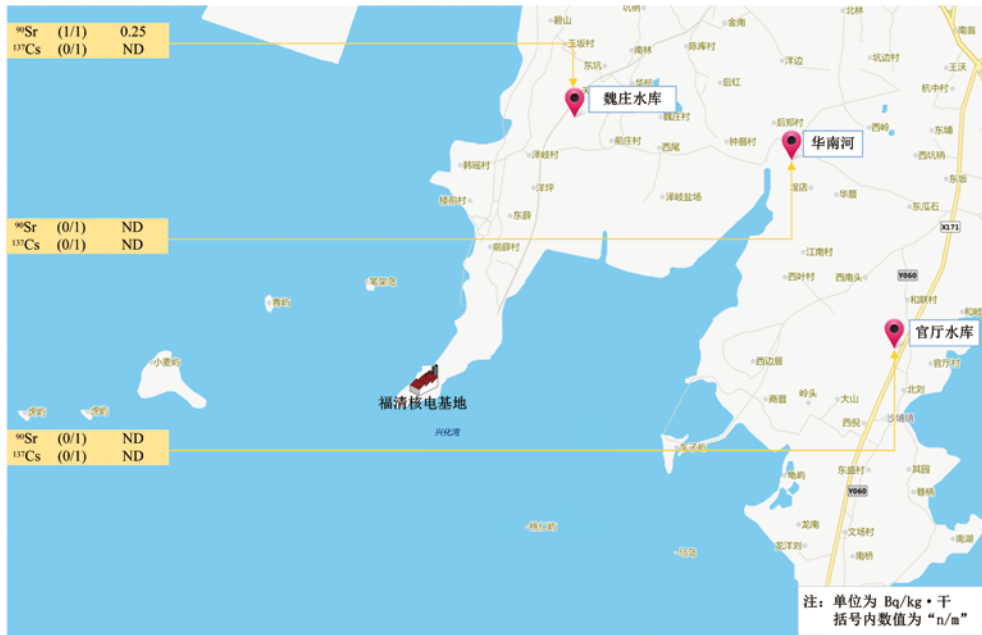


图 4.6-4 福清核电基地周围水库和河岸边沉积物监测结果分布示意图  
(注：岸边沉积物中其他人工 $\gamma$ 放射性核素<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>134</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等均未检出。)



图 4.6-5 福清核电基地周围海水监测结果分布示意图  
(注：海水中其他人工 $\gamma$ 放射性核素<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>65</sup>Zn、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>124</sup>Sb、<sup>134</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等均未检出。)



图 4.6-6 福清核电基地周围海底沉积物和潮间带土监测结果分布示意图  
(注：海底沉积物和潮间带土中其他人工 $\gamma$ 放射性核素 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{144}\text{Ce}$ 等均未检出。)

#### 4.6.4 土壤

2016年，福清核电基地周围土壤监测结果见图4.6-7。

监测结果表明，福清核电基地周围土壤中铯-90和人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常。



■ 图 4.6-7 福清核电基地周围土壤监测结果分布示意图

(注：土壤中其他人工 $\gamma$ 放射性核素<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>134</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等均未检出。)

#### 4.6.5 生物

2016年，福清核电基地周围生物监测，采集的陆生植物包括松针、叶菜和甘薯，其中松针为指示生物；家畜为猪；家禽为鸭；奶制品为牛奶（生牛乳）；海洋水生生物包括紫菜、鲈鱼、章鱼、牡蛎和基围虾，其中牡蛎为指示生物，监测结果见表4.6-7～表4.6-9。

监测结果表明，福清核电基地周围生物中组织自由水氚、锶-90和人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常。

陆生生物中碳-14活度浓度未见异常。

■表4.6-7 福清核电基地周围奶类监测结果<sup>1)</sup>

样品名称	监测地点	<sup>90</sup> Sr		<sup>131</sup> I	
		n/m	范围 (Bq/L)	n/m	范围 (Bq/L)
生牛乳	福清核电基地周围	2/2	0.010~0.016	0/2	-
	对照点	2/2	0.009~0.015	0/2	-

注：1) 表中范围为高于MDC样品的测值范围。

■表4.6-8 福清核电基地周围陆生生物监测结果<sup>1)</sup>

样品名称	监测地点	TFWT <sup>2)</sup>		<sup>14</sup> C		<sup>90</sup> Sr		<sup>137</sup> Cs		其他核素 <sup>3)</sup>	
		n/m	范围 (Bq/kg·鲜)	n/m	范围 (Bq/g·碳)	n/m	范围 (Bq/kg·鲜)	n/m	范围 (Bq/kg·鲜)	n/m	范围 (Bq/kg·鲜)
松针	福清核电基地周围	0/1	-	1/1	0.22	1/1	0.86	0/1	-	0/1	-
	对照点	0/1	-	1/1	0.25	1/1	0.54	0/1	-	0/1	-
叶菜	福清核电基地周围	0/1	-	1/1	0.22	1/1	0.032	0/1	-	0/1	-
	对照点	0/1	-	1/1	0.19	1/1	0.14	1/1	0.027	0/1	-
甘薯	福清核电基地周围	0/1	-	1/1	0.22	1/1	0.034	0/1	-	0/1	-
	对照点	0/1	-	1/1	0.23	1/1	0.044	0/1	-	0/1	-
猪肉	福清核电基地周围	0/1	-	1/1	0.20	0/1	-	1/1	0.026	0/1	-
	对照点	0/1	-	1/1	0.18	0/1	-	1/1	0.052	0/1	-
鸭胗	福清核电基地周围	/	/	/	/	/	/	0/1	-	0/1	-

注：1) 表中范围为高于MDC样品的测值范围。

2) TFWT为组织自由水汽。

3) 其他核素包括<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>134</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等人工γ放射性核素。

■ 表4.6-9 福清核电基地周围海洋水生生物监测结果<sup>1)</sup>

样品名称	监测地点	TFWT <sup>2)</sup>		<sup>90</sup> Sr		<sup>137</sup> Cs		其他核素 <sup>3)</sup>	
		n/m	范围 (Bq/kg·鲜)	n/m	范围 (Bq/kg·鲜)	n/m	范围 (Bq/kg·鲜)	n/m	范围 (Bq/kg·鲜)
紫菜 <sup>4)</sup>	福清核电基地周围	0/1	-	0/1	-	0/1	-	0/1	-
	对照点	0/1	-	0/1	-	0/1	-	0/1	-
鲈鱼肉	福清核电基地周围	0/1	-	1/1	0.014	0/1	-	0/1	-
	对照点	0/1	-	0/1	-	1/1	0.072	0/1	-
章鱼	福清核电基地周围	0/1	-	0/1	-	0/1	-	0/1	-
	对照点	0/1	-	0/1	-	0/1	-	0/1	-
牡蛎肉	福清核电基地周围	0/1	-	0/1	-	0/1	-	0/1	-
	对照点	0/1	-	0/1	-	0/1	-	0/1	-
基围虾肉	福清核电基地周围	0/1	-	0/1	-	0/1	-	0/1	-
	对照点	0/1	-	1/1	0.008	0/1	-	0/1	-

注: 1) 表中范围为高于MDC样品的测值范围。

2) TFWT为组织自由水氟。

3) 其他核素包括<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>134</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等人工 $\gamma$ 放射性核素。

4) 紫菜监测, <sup>90</sup>Sr和 $\gamma$ 能谱分析的样品为干样, 单位为Bq/kg·干。

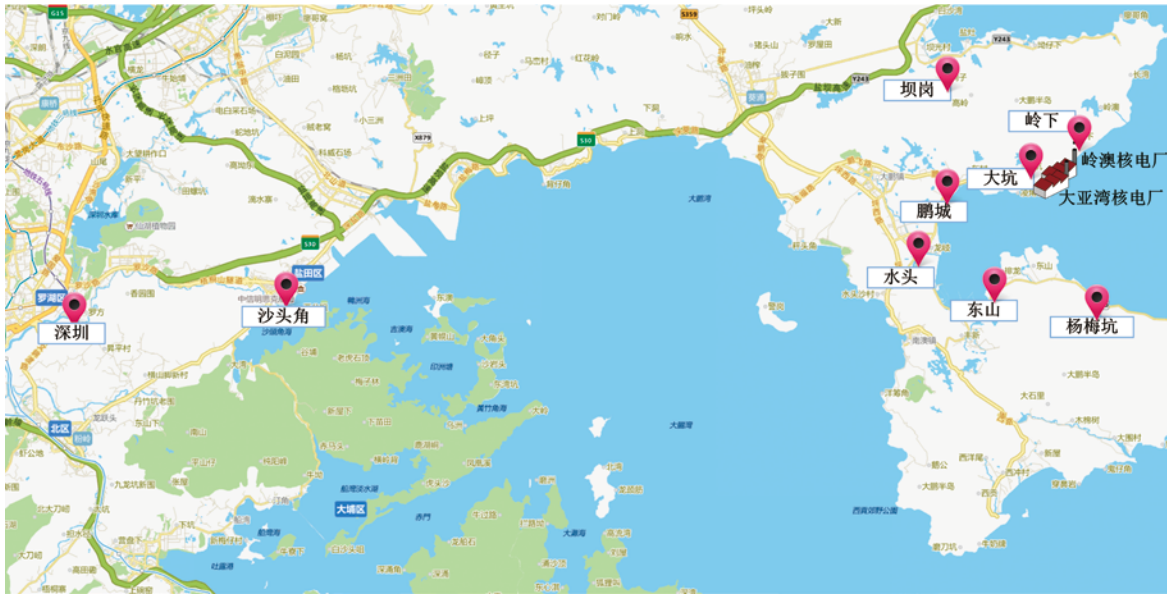


## 4.7 大亚湾核电基地

### 4.7.1 空气吸收剂量率

大亚湾核电基地设有以大亚湾核电站和岭澳核电站为整体监测对象的辐射环境监测系统，系统共设9个自动站，其中在大亚湾核电基地周围10公里范围内共设7个自动站，在10公里范围外的沙头角和深圳市各设1个自动站，点位分布见图4.7-1。累积剂量监测点则分布在大亚湾核电基地周围50公里范围内。2016年，大亚湾核电基地周围自动站连续空气吸收剂量率监测结果见表4.7-1，累积剂量监测结果见表4.7-2。

监测结果表明，大亚湾核电基地周围自动站空气吸收剂量率和累积剂量测得的空气吸收剂量率处于当地天然本底涨落范围内。



■ 图 4.7-1 大亚湾核电基地周围自动站布点示意图

■ 表4.7-1 大亚湾核电基地周围自动站空气吸收剂量率监测结果

自动站名称	空气吸收剂量率 (nGy/h)		
	小时均值最小值	小时均值最大值	年均值
大坑	129.8	298.7	138.5
岭下	116.7	241.0	121.4
杨梅坑	123.8	229.4	130.2
鹏城	96.8	213.8	102.3
水头	106.3	213.8	113.1
东山	123.4	258.0	132.8
坝岗	105.3	178.1	121.7
沙头角	119.6	187.3	123.2
深圳	89.9	200.8	108.3

■ 表4.7-2 大亚湾核电基地周围累积剂量监测结果

监测地点	点位数	累积剂量测得的空气吸收剂量率 <sup>1)</sup> (nGy/h)		
		最小值	最大值	均值
大亚湾核电基地周围	25	73.3	205	121

注: 1) 自2016年2季度始, 仪器检定单位变更, 检定系数略有变化。

#### 4.7.2 空气

2016年, 大亚湾核电基地周围气溶胶、气碘、空气中碳-14、空气(水蒸汽)中氚、降水和沉降物的监测结果见表4.7-3~表4.7-5和图4.7-2。

监测结果表明, 大亚湾核电基地周围气溶胶中总 $\alpha$ 和总 $\beta$ 活度浓度处于天然本底水平; 人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常。

空气中气态放射性碘-131和碘-133活度浓度未见异常。

空气中碳-14活度浓度未见异常。

一个空气(水蒸汽)样品中氚活度浓度略高于本底水平, 其余空气(水蒸汽)样品中氚活度浓度未见异常。

降水中氡、铯-90和人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常。

沉降物中总 $\alpha$ 和总 $\beta$ 日沉降量处于天然本底水平；铯-90和人工 $\gamma$ 放射性核素日沉降量未见异常。

■ 表4.7-3 大亚湾核电基地周围气溶胶监测结果<sup>1)</sup>

监测 点位	总 $\alpha$		总 $\beta$		<sup>137</sup> Cs		其他核素 <sup>2)</sup>	
	n/m	范围 (mBq/m <sup>3</sup> )	n/m	范围 (mBq/m <sup>3</sup> )	n/m	范围 ( $\mu$ Bq/m <sup>3</sup> )	n/m	范围 ( $\mu$ Bq/m <sup>3</sup> )
大坑	12/12	0.01~0.09	12/12	0.20~3.3	0/12	-	0/12	-
鹏城	12/12	0.02~0.11	12/12	0.23~1.8	0/12	-	0/12	-
河源(对照点)	12/12	0.06~0.32	12/12	0.51~2.0	0/12	-	0/12	-

注：1) 表中范围为高于MDC样品的测值范围。

2) 其他核素包括<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>131</sup>I、<sup>134</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等人工 $\gamma$ 放射性核素。

■ 表4.7-4 大亚湾核电基地周围气碘监测结果<sup>1)</sup>

监测 点位	<sup>131</sup> I		<sup>133</sup> I	
	n/m	范围 (mBq/m <sup>3</sup> )	n/m	范围 (mBq/m <sup>3</sup> )
大坑	0/12	-	0/12	-
鹏城	0/12	-	0/12	-
河源(对照点)	0/12	-	0/12	-

注：1) 表中范围为高于MDC样品的测值范围。

■ 表4.7-5 大亚湾核电基地周围沉降物监测结果<sup>1)</sup>

监测点位	总 $\alpha$		总 $\beta$		<sup>90</sup> Sr	<sup>137</sup> Cs	其他核素 <sup>2)</sup>			
	n/m	范围 (Bq/m <sup>2</sup> ·d)	n/m	范围 (Bq/m <sup>2</sup> ·d)	n/m	范围 (mBq/m <sup>2</sup> ·d)	n/m	范围 (mBq/m <sup>2</sup> ·d)		
大坑	4/4	0.10~0.31	4/4	0.15~0.74	1/1	0.049	0/4	-	0/4	-
鹏城	3/3	0.03~0.36	3/3	0.04~0.60	0/1	-	0/3	-	0/3	-
河源 (对照点)	4/4	0.06~0.12	4/4	0.11~0.26	1/1	0.067	0/4	-	0/4	-

注：1) 表中范围为高于MDC样品的测值范围。

2) 其他核素包括<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>131</sup>I、<sup>134</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等人工 $\gamma$ 放射性核素。



■ 图 4.7-2 大亚湾核电基地周围空气中碳-14、空气（水蒸汽）中氚和降水监测结果分布示意图

（注：降水中其他人工 $\gamma$ 放射性核素<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>65</sup>Zn、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>124</sup>Sb、<sup>134</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等均未检出。）

### 4.7.3 水体

2016年，大亚湾核电基地周围水体监测，陆地水体包括自来水（管网末梢水）、水库水和井水；海洋水体包括：核电厂液态流出物排放口附近海域海水、海底沉积物和海滩涂潮间带土，监测结果见表4.7-6~表4.7-7和图4.7-3~图4.7-4。

监测结果表明，大亚湾核电基地周围自来水（管网末梢水）中总 $\alpha$ 和总 $\beta$ 活度浓度低于《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2006）中规定的放射性指标指导值。自来水（管网末梢水）、水库水、井水中氚和人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常。

海水中锶-90和人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常，且锶-90和铯-137活度浓度低于《海水水质标准》（GB 3097-1997）规定的限值；部分海水样品中氚活度浓度高于本底水平。海底沉积物、潮间带土中锶-90和人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常。

■ 表4.7-6 大亚湾核电基地周围自来水（管网末梢水）监测结果<sup>1)</sup>

监测 点位	总 α		总 β		<sup>3</sup> H		<sup>137</sup> Cs		其他核素 <sup>2)</sup>	
	n/m	范围 (Bq/L)	n/m	范围 (Bq/L)	n/m	范围 (Bq/L)	n/m	范围 (mBq/L)	n/m	范围 (mBq/L)
深圳	4/4	0.01~0.03	4/4	0.07~0.08	0/4	-	0/4	-	0/4	-
核电站	2/4	0.01~0.01	4/4	0.03~0.04	0/4	-	0/4	-	0/4	-
鹏城	4/4	0.01~0.04	4/4	0.03~0.05	0/4	-	0/4	-	0/4	-
河源 (对照点)	3/4	0.01~0.01	4/4	0.05~0.06	0/4	-	0/4	-	0/4	-

注：1) 表中范围为高于MDC样品的测值范围。

2) 其他核素包括<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>65</sup>Zn、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>124</sup>Sb、<sup>134</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等人工γ放射性核素。

■ 表4.7-7 大亚湾核电基地周围水库水和井水监测结果<sup>1)</sup>

监测对象	监测点位	<sup>3</sup> H		<sup>137</sup> Cs		其他核素 <sup>2)</sup>	
		n/m	范围 (Bq/L)	n/m	范围 (mBq/L)	n/m	范围 (mBq/L)
水库水	深圳水库	0/2	-	0/2	-	0/2	-
	大坑水库	0/2	-	0/2	-	0/2	-
	岭澳水库	0/2	-	0/2	-	0/2	-
	河源市水库（对照点）	0/2	-	0/2	-	0/2	-
井水	戴屋巷003东南侧	0/2	-	0/2	-	0/2	-
	深圳南门一巷	0/2	-	0/2	-	0/2	-
	河源地下水（对照点）	0/2	-	0/2	-	0/2	-

注：1) 表中范围为高于MDC样品的测值范围。

2) 其他核素包括<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>65</sup>Zn、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>124</sup>Sb、<sup>134</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等人工γ放射性核素。

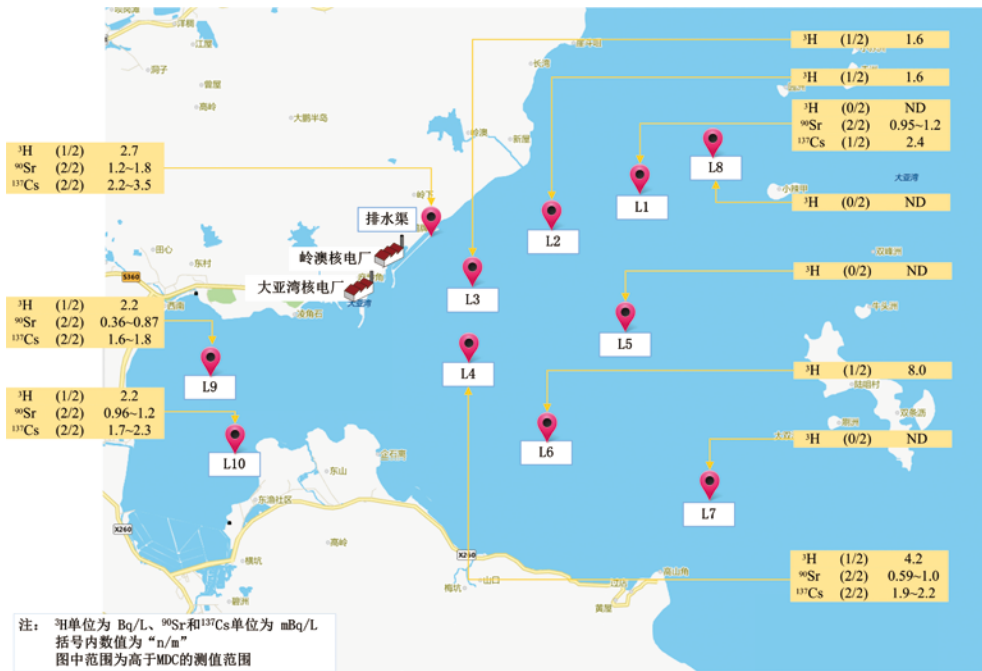


图 4.7-3 大亚湾核电基地周围海水监测结果分布示意图

(注：海水中其他人工 $\gamma$ 放射性核素<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>65</sup>Zn、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>124</sup>Sb、<sup>134</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等均未检出。)



图 4.7-4 大亚湾核电基地周围海底沉积物和潮间带土监测结果分布示意图

(注：海底沉积物和潮间带土中其他人工 $\gamma$ 放射性核素<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>134</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等均未检出。)

#### 4.7.4 土壤

2016年，大亚湾核电基地周围土壤监测结果见图4.7-5。

监测结果表明，大亚湾核电基地周围土壤中铈-90和人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常。

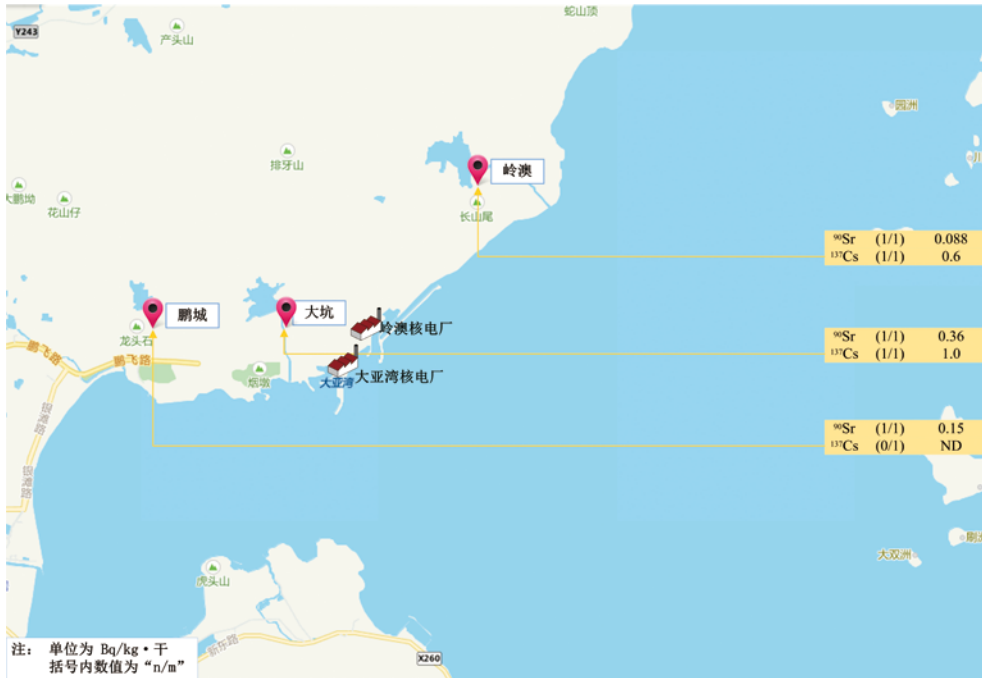


图 4.7-5 大亚湾核电基地周围土壤监测结果分布示意图

(注：土壤中其他人工 $\gamma$ 放射性核素 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{144}\text{Ce}$ 等均未检出。)

#### 4.7.5 生物

2016年，大亚湾核电基地周围生物监测，采集的陆生植物包括草、松针和叶菜，其中草和松针为指示生物；家禽为鸡；海洋水生生物包括马尾藻、牡蛎和贻贝，其中马尾藻和牡蛎为指示生物，监测结果见表4.7-8和表4.7-9。

监测结果表明，大亚湾核电基地周围生物中人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常。

草、松针中铈-90和碳-14活度浓度未见异常。

草、松针、贻贝和牡蛎中有机结合氚活度浓度未见异常。

■表4.7-8 大亚湾核电基地周围陆生生物监测结果<sup>1)</sup>

样品名称	监测地点	OBT <sup>2)</sup>		<sup>14</sup> C		<sup>90</sup> Sr		<sup>137</sup> Cs		其他核素 <sup>3)</sup>	
		n/m	范围 (Bq/kg·鲜)	n/m	范围 (Bq/g·碳)	n/m	范围 (Bq/kg·鲜)	n/m	范围 (Bq/kg·鲜)	n/m	范围 (Bq/kg·鲜)
草	大亚湾核电基地周围	1/2	0.18	2/2	0.23~0.26	2/2	0.043~0.043	0/2	-	0/2	-
	对照点	0/1	-	1/1	0.23	2/2	0.021~0.12	0/2	-	0/2	-
松针	大亚湾核电基地周围	1/2	0.19	2/2	0.22~0.29	2/2	0.047~1.1	1/2	0.046	0/2	-
	对照点	0/1	-	1/1	0.21	2/2	0.26~0.37	0/2	-	0/2	-
叶菜	大亚湾核电基地周围	/	/	/	/	/	/	0/1	-	0/1	-
	对照点	/	/	/	/	/	/	0/1	-	0/1	-
鸡肉	大亚湾核电基地周围	/	/	/	/	/	/	0/1	-	0/1	-
	对照点	/	/	/	/	/	/	1/1	0.12	0/1	-

注：1) 表中范围为高于MDC样品的测值范围。

2) OBT为有机结合氚。

3) 其他核素包括<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>134</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等人工 $\gamma$ 放射性核素。

■表4.7-9 大亚湾核电基地周围海洋生物监测结果<sup>1)</sup>

样品名称	监测地点	OBT <sup>2)</sup>		<sup>137</sup> Cs		其他核素 <sup>3)</sup>	
		n/m	范围 (Bq/kg·鲜)	n/m	范围 (Bq/kg·鲜)	n/m	范围 (Bq/kg·鲜)
马尾藻	大亚湾核电基地周围	/	/	0/4	-	0/4	-
贻贝 (青口肉)	大亚湾核电基地周围	1/1	0.32	0/1	-	0/1	-
	对照点	0/1	-	0/1	-	0/1	-
牡蛎 (生蚝肉)	大亚湾核电基地周围	1/2	0.21	1/2	0.018	0/2	-
	对照点	0/2	-	0/2	-	0/2	-

注：1) 表中范围为高于MDC样品的测值范围。

2) OBT为有机结合氚。

3) 其他核素包括<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>134</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等人工 $\gamma$ 放射性核素。



## 4.8 阳江核电基地

### 4.8.1 空气吸收剂量率

阳江核电基地设有辐射环境监测系统，系统共设9个自动站，其中分布在阳江核电基地周围10公里范围内共有5个自动站，在10公里范围外的那琴小学、新洲中学、海陵岛和粤西分部各设1个自动站，点位分布见图4.8-1。累积剂量监测点则分布在阳江核电基地周围50公里范围内。2016年，阳江核电基地周围自动站连续空气吸收剂量率监测结果见表4.8-1，累积剂量监测结果见表4.8-2。

监测结果表明，阳江核电基地周围自动站空气吸收剂量率未监测到因核电基地运行引起的异常。周围累积剂量测得的空气吸收剂量率处于当地天然本底涨落范围内。



图 4.8-1 阳江核电基地周围自动站布点示意图

■ 表4.8-1 阳江核电基地周围自动站空气吸收剂量率监测结果

自动站名称	空气吸收剂量率 (nGy/h)		
	小时均值最小值	小时均值最大值	年均值
新洲中学	112.1	155.2	118.3
气象塔	118.5	203.2	125.2
平堤水库	120.2	171.7	127.6
那琴小学	104.2	151.9	110.2
海陵岛	102.3	147.5	106.2
大澳	103.0	243.2	108.4
东平	93.7	147.3	105.9
允泊	131.8	228.9	141.0
粤西分部	87.2	194.0	96.1

■ 表4.8-2 阳江核电基地周围累积剂量监测结果

监测地点	点位数	累积剂量测得的空气吸收剂量率 (nGy/h)		
		最小值	最大值	均值
阳江核电基地周围	24	67.8	195	114

#### 4.8.2 空气

2016年, 阳江核电基地周围气溶胶、气碘、空气中碳-14、空气(水蒸汽)中氡、降水和沉降物的监测结果见表4.8-3~表4.8-5和图4.8-2。

监测结果表明, 阳江核电基地周围气溶胶中总 $\alpha$ 和总 $\beta$ 活度浓度处于天然本底水平; 人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常。

空气中气态放射性碘-131和碘-133活度浓度未见异常。

空气中碳-14活度浓度未见异常。

空气(水蒸汽)中氡活度浓度未见异常。

降水中氡、铯-90和人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常。

沉降物中总 $\alpha$ 和总 $\beta$ 日沉降量处于天然本底水平；铯-90和人工 $\gamma$ 放射性核素日沉降量未见异常。

■ 表4.8-3 阳江核电基地周围气溶胶监测结果<sup>1)</sup>

监测 点位	总 $\alpha$		总 $\beta$		<sup>137</sup> Cs		其他核素 <sup>2)</sup>	
	n/m	范围 (mBq/m <sup>3</sup> )	n/m	范围 (mBq/m <sup>3</sup> )	n/m	范围 ( $\mu$ Bq/m <sup>3</sup> )	n/m	范围 ( $\mu$ Bq/m <sup>3</sup> )
大澳	12/12	0.01~0.28	12/12	0.05~2.4	0/12	-	0/12	-
允泊	12/12	0.02~0.35	12/12	0.05~2.5	0/12	-	0/12	-
河源(对照点)	12/12	0.06~0.32	12/12	0.51~2.0	0/12	-	0/12	-

注：1) 表中范围为高于MDC样品的测值范围。

2) 其他核素包括<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>131</sup>I、<sup>134</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等人工 $\gamma$ 放射性核素。

■ 表4.8-4 阳江核电基地周围气碘监测结果<sup>1)</sup>

监测 点位	<sup>131</sup> I		<sup>133</sup> I	
	n/m	范围 (mBq/m <sup>3</sup> )	n/m	范围 (mBq/m <sup>3</sup> )
大澳	0/12	-	0/12	-
允泊	0/12	-	0/12	-
河源(对照点)	0/12	-	0/12	-

注：1) 表中范围为高于MDC样品的测值范围。

■ 表4.8-5 阳江核电基地周围沉降物监测结果<sup>1)</sup>

监测 点位	总 $\alpha$		总 $\beta$		<sup>90</sup> Sr		<sup>137</sup> Cs		其他核素 <sup>2)</sup>	
	n/m	范围 (Bq/m <sup>2</sup> ·d)	n/m	范围 (Bq/m <sup>2</sup> ·d)	n/m	范围 (mBq/m <sup>2</sup> ·d)	n/m	范围 (mBq/m <sup>2</sup> ·d)	n/m	范围 (mBq/m <sup>2</sup> ·d)
大澳	4/4	0.02~0.14	4/4	0.04~0.21	1/1	0.34	0/4	-	0/4	-
允泊	4/4	0.02~0.15	4/4	0.03~0.15	1/1	0.33	0/4	-	0/4	-
河源 (对照点)	4/4	0.06~0.12	4/4	0.11~0.26	1/1	0.067	0/4	-	0/4	-

注：1) 表中范围为高于MDC样品的测值范围。

2) 其他核素包括<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>131</sup>I、<sup>134</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等人工 $\gamma$ 放射性核素。

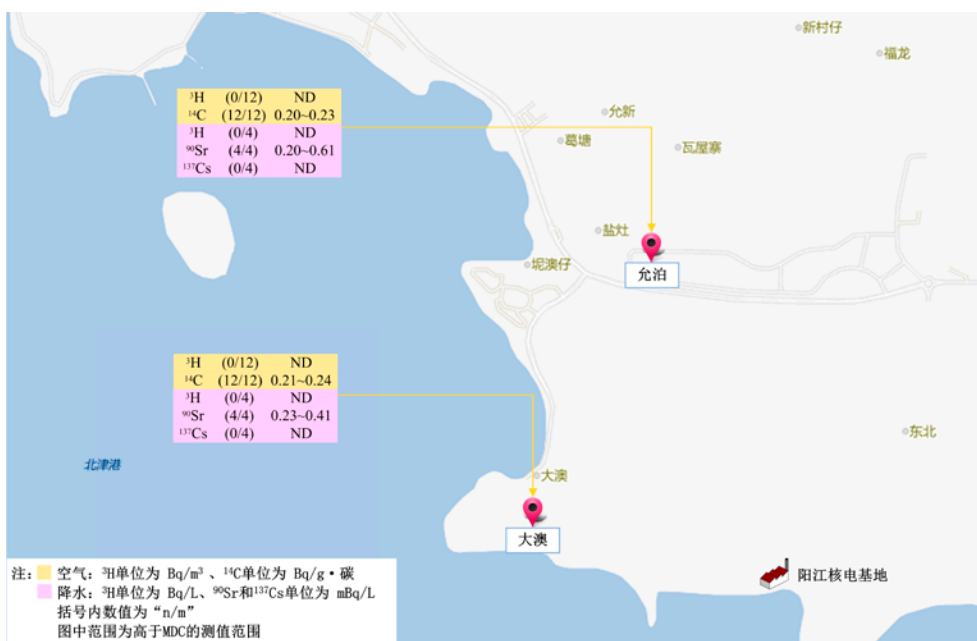


图 4.8-2 阳江核电基地周围空气中碳-14、空气（水蒸汽）中氚和降水监测结果分布示意图  
 （注：降水中其他人工 $\gamma$ 放射性核素 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{65}\text{Zn}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{124}\text{Sb}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{144}\text{Ce}$ 等均未检出。）

### 4.8.3 水体

2016年，阳江核电基地周围水体监测，陆地水体包括：自来水（管网末梢水）、水库水和水库沉积物、河水和河底沉积物、井水，海洋水体包括：核电厂液态流出物排放口附近海域海水和海底沉积物，监测结果见表4.8-6~表4.8-7和图4.8-3~图4.8-5。

监测结果表明，阳江核电基地周围自来水（管网末梢水）中总 $\alpha$ 和总 $\beta$ 活度浓度低于《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2006）中规定的放射性指标指导值。自来水（管网末梢水）、水库水、河水、井水中氚、锶-90和人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常。水库沉积物、河底沉积物中锶-90和人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常。

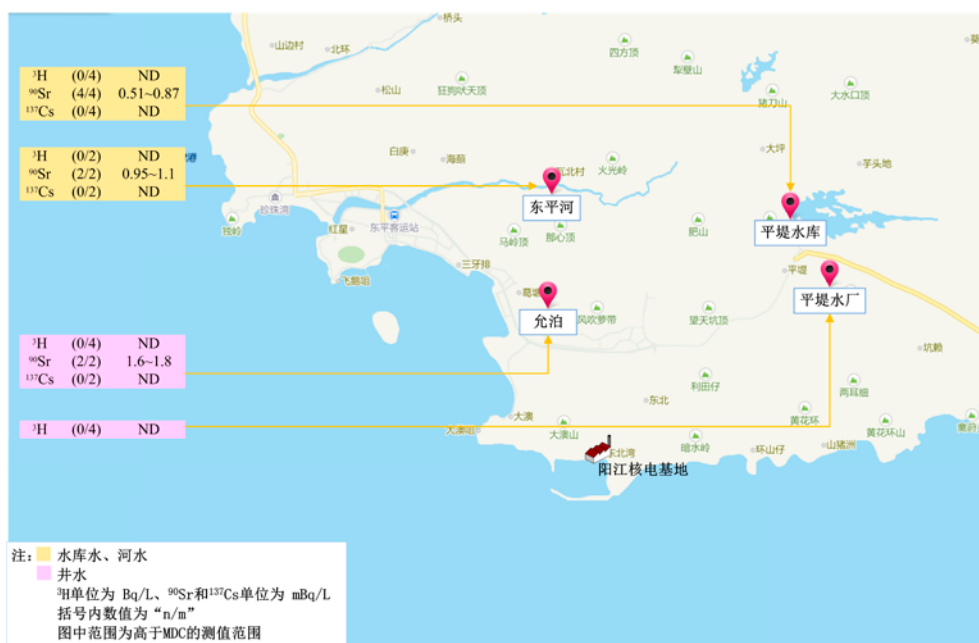
海水中氚、锶-90和人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常，且锶-90和铯-137活度浓度低于《海水水质标准》（GB 3097-1997）规定的限值。海底沉积物中锶-90和人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常。

■ 表4.8-6 阳江核电基地周围自来水（管网末梢水）监测结果<sup>1)</sup>

监测点位	总α		总β		<sup>3</sup> H	<sup>90</sup> Sr		<sup>137</sup> Cs		其他核素 <sup>2)</sup>		
	n/m	范围 (Bq/L)	n/m	范围 (Bq/L)		n/m	范围 (mBq/L)	n/m	范围 (mBq/L)	n/m	范围 (mBq/L)	
大澳	4/4	0.04~0.09	4/4	0.05~0.06	0/4	-	4/4	0.13~0.72	0/4	-	0/4	-
东平镇	3/4	0.01~0.03	4/4	0.04~0.05	0/4	-	4/4	0.18~0.46	0/4	-	0/4	-
河源（对照点）	3/4	0.01~0.01	4/4	0.05~0.06	0/4	-	4/4	0.58~1.5	0/4	-	0/4	-

注：1) 表中范围为高于MDC样品的测值范围。

2) 其他核素包括<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>65</sup>Zn、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>124</sup>Sb、<sup>134</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等人工γ放射性核素。



■ 图 4.8-3 阳江核电基地周围水库水、河水和井水监测结果分布示意图

(注：水库水、河水和井水中其他人工γ放射性核素<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>65</sup>Zn、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>124</sup>Sb、<sup>134</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等均未检出。)

■ 表4.8-7 阳江核电基地周围水库和河底沉积物监测结果

监测点位	放射性活度浓度 (Bq/kg·干)		
	<sup>90</sup> Sr	<sup>137</sup> Cs	其他核素 <sup>1)</sup>
平堤水库	0.25	ND	ND
东平河	0.092	ND	ND
河源市水库（对照点）	0.22	1.0	ND
河源市河流（对照点）	0.28	ND	ND

注：1) 其他核素包括<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>134</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等人工γ放射性核素。

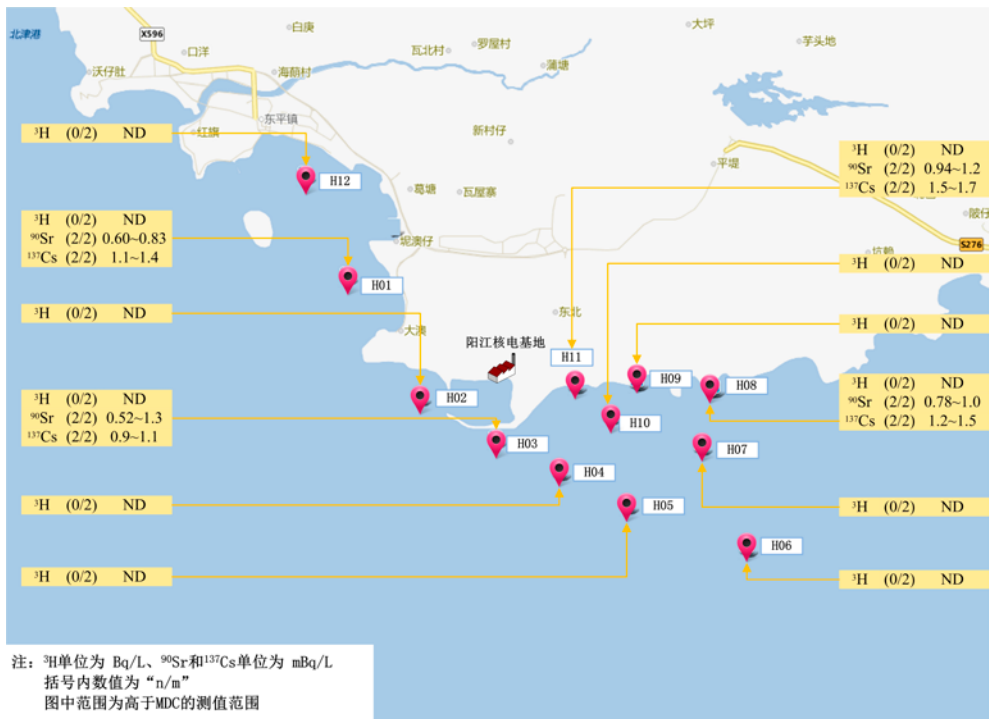


图 4.8-4 阳江核电基地周围海水监测结果分布示意图

(注：海水中其他人工 $\gamma$ 放射性核素 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{65}\text{Zn}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{124}\text{Sb}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{144}\text{Ce}$ 等均未检出。)



图 4.8-5 阳江核电基地周围海底沉积物监测结果分布示意图

(注：海底沉积物中其他人工 $\gamma$ 放射性核素 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{144}\text{Ce}$ 等均未检出。)

#### 4.8.4 土壤

2016年，阳江核电基地周围土壤监测结果见图4.8-6。

监测结果表明，阳江核电基地周围土壤中铯-90和人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常。



图 4.8-6 阳江核电基地周围土壤监测结果分布示意图

(注：土壤中其他人工 $\gamma$ 放射性核素 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{144}\text{Ce}$ 等均未检出。)

#### 4.8.5 生物

2016年，阳江核电基地周围环境生物的监测，采集的陆生植物包括草、松针、叶菜、稻谷、甘薯和荔枝，其中草和松针为指示生物；家禽为鸡；海洋水生生物包括石莼、野生海鱼（龙头鱼）、养殖海鱼（翘嘴红鲌）、东方对虾、红螺、牡蛎和贻贝，其中牡蛎为指示生物，监测结果见表4.8-8和表4.8-9。

监测结果表明，阳江核电基地周围生物中人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常。

草、松针及海洋水生生物中铯-90、有机结合氚和组织自由水氚活度浓度未见异常。

草和松针中碳-14活度浓度未见异常。

表4.8-8 阳江核电基地周围陆生生物监测结果<sup>1)</sup>

样品名称	监测地点	OBT <sup>2)</sup>		TFWT <sup>2)</sup>		<sup>14</sup> C		<sup>90</sup> Sr		<sup>137</sup> Cs		其他核素 <sup>3)</sup>	
		n/m	范围 (Bq/kg·鲜)	n/m	范围 (Bq/kg·鲜)	n/m	范围 (Bq/g·碳)	n/m	范围 (Bq/kg·鲜)	n/m	范围 (Bq/kg·鲜)	n/m	范围 (Bq/kg·鲜)
草	阳江核电基地周围	0/6	-	0/6	-	6/6	0.21~0.22	6/6	0.016~0.14	0/6	-	0/6	-
	对照点	0/1	-	/	/	1/1	0.23	2/2	0.021~0.12	0/2	-	0/2	-
松针 <sup>4)</sup>	阳江核电基地周围	0/6	-	0/6	-	6/6	0.20~0.23	5/5	0.11~0.30	1/6	0.031	0/6	-
	对照点	0/1	-	/	/	1/1	0.21	2/2	0.26~0.37	0/2	-	0/2	-
叶菜	阳江核电基地周围	/	/	/	/	/	/	/	/	4/6	0.016~0.058	0/6	-
	对照点	/	/	/	/	/	/	/	/	0/2	-	0/2	-
稻谷	阳江核电基地周围	/	/	/	/	/	/	/	/	3/4	0.15~0.23	0/4	-
	对照点	/	/	/	/	/	/	/	/	0/2	-	0/2	-
甘薯	阳江核电基地周围	/	/	/	/	/	/	/	/	2/4	0.016~0.088	0/4	-
	对照点	/	/	/	/	/	/	/	/	1/2	0.039	0/2	-
荔枝 <sup>5)</sup>	阳江核电基地周围	/	/	/	/	/	/	/	/	2/2	0.007~0.057	0/2	-
鸡肉	阳江核电基地周围	/	/	/	/	/	/	/	/	2/2	0.018~0.028	0/2	-
	对照点	/	/	/	/	/	/	/	/	1/1	0.12	0/1	-

注：1) 表中范围为高于MDC样品的测值范围。

2) OBT为有机结合氚，TFWT为组织自由水氚。

3) 其他核素包括<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>134</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等人工 $\gamma$ 放射性核素。

4) 阳江核电基地周围1个监测点因下半年未能采集到松针样品，采集的样品为木麻黄。

5) 对照点未能采集到荔枝样品。



■ 表4.8-9 阳江核电基地周围海洋水生生物监测结果<sup>1)</sup>

样品名称	监测地点	OBT <sup>2)</sup>		TFWT <sup>2)</sup>		<sup>14</sup> C		<sup>90</sup> Sr		<sup>137</sup> Cs		其他核素 <sup>3)</sup>	
		n/m	范围 (Bq/kg·鲜)	n/m	范围 (Bq/kg·鲜)	n/m	范围 (Bq/g·碳)	n/m	范围 (Bq/kg·鲜)	n/m	范围 (Bq/kg·鲜)	n/m	范围 (Bq/kg·鲜)
石莼	阳江核电基地周围	0/2	-	0/2	-	/	/	2/2	0.004~0.058	2/2	0.023~0.064	0/2	-
	对照点	0/1	-	0/1	-	/	/	1/1	0.004	0/1	-	0/1	-
野生 海鱼肉	阳江核电基地周围	0/4	-	0/4	-	/	/	1/4	0.005	3/4	0.014~0.019	0/4	-
	对照点	0/2	-	0/2	-	/	/	1/2	0.008	2/2	0.020~0.032	0/2	-
养殖 海鱼肉	阳江核电基地周围	0/2	-	0/2	-	/	/	2/2	0.001~0.006	2/2	0.021~0.029	0/2	-
	对照点	0/2	-	0/2	-	/	/	2/2	0.012~0.022	2/2	0.034~0.036	0/2	-
东方对 虾肉	阳江核电基地周围	0/4	-	0/4	-	/	/	2/4	0.003~0.006	4/4	0.030~0.040	0/4	-
	对照点	0/2	-	0/2	-	/	/	2/2	0.003~0.008	1/2	0.019	0/2	-
红螺肉	阳江核电基地周围	0/2	-	0/2	-	/	/	1/2	0.009	0/2	-	0/2	-
	对照点	0/2	-	0/2	-	/	/	1/2	0.011	0/2	-	0/2	-
牡蛎肉	阳江核电基地周围	0/4	-	0/4	-	/	/	3/4	0.001~0.004	1/4	0.008	0/4	-
	对照点	0/2	-	0/2	-	/	/	1/2	0.007	0/2	-	0/2	-
贻贝	阳江核电基地周围	0/4	-	0/4	-	/	/	4/4	0.002~0.014	3/4	0.013~0.027	0/4	-
	对照点	0/2	-	0/2	-	/	/	2/2	0.006~0.010	0/2	-	0/2	-

注：1) 表中范围为高于MDC样品的测值范围。

2) OBT为有机结合氚，TFWT为组织自由水氚。

3) 其他核素包括<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>134</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等人工 $\gamma$ 放射性核素。

## 4.9 防城港核电基地

### 4.9.1 空气吸收剂量率

防城港核电基地设有辐射环境监测系统，系统共设12个自动站，其中在核电基地周围10公里范围内共设10个自动站，在10公里范围外的前沿站和东兴各设1个自动站，点位分布见图4.9-1。累积剂量监测点则分布在防城港核电基地周围20公里范围内。2016年，防城港核电基地周围自动站连续空气吸收剂量率监测结果见表4.9-1，累积剂量监测结果见表4.9-2。

监测结果表明，防城港核电基地周围自动站空气吸收剂量率和累积剂量测得的空气吸收剂量率处于当地天然本底涨落范围内。



图 4.9-1 防城港核电基地周围自动站布点示意图

■ 表4.9-1 防城港核电基地周围自动站空气吸收剂量率监测结果

自动站名称	空气吸收剂量率 (nGy/h)		
	小时均值最小值	小时均值最大值	年均值
红沙村	71.4	191.0	78.9
仙人岛	79.6	174.7	86.2
金桂纸业	76.2	201.3	82.5
沙螺寮	70.9	190.0	78.0
簕山	68.6	230.7	75.0
供水站	79.1	301.6	86.5
东兴	86.7	204.8	94.1
山口村	81.9	253.7	87.7
进场道路	81.0	239.0	88.1
前沿站	80.5	214.7	86.4
老屋队	88.0	253.8	94.8
火筒径	77.0	221.4	83.2

■ 表4.9-2 防城港核电基地周围累积剂量监测结果

监测地点	点位数	累积剂量测得的空气吸收剂量率 (nGy/h)		
		最小值	最大值	均值
防城港核电基地周围	31	70.8	140	102

#### 4.9.2 空气

2016年,防城港核电基地周围气溶胶、气碘、空气中碳-14、空气(水蒸汽)中氚、降水和沉降物监测结果见表4.9-3~表4.9-5和图4.9-2~图4.9-3。

监测结果表明,防城港核电基地周围气溶胶中总 $\alpha$ 和总 $\beta$ 活度浓度处于天然本底水平;人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常。

空气中气态放射性碘-131和碘-133活度浓度未见异常。

空气中碳-14活度浓度和空气(水蒸汽)中氚活度浓度未见异常。

降水中氚、铯-90和人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常。

沉降物中总 $\alpha$ 和总 $\beta$ 日沉降量处于天然本底水平；铯-90和人工 $\gamma$ 放射性核素日沉降量未见异常。

■ 表4.9-3 防城港核电基地周围气溶胶监测结果<sup>1)</sup>

监测 点位	总 $\alpha$		总 $\beta$		<sup>137</sup> Cs		其他核素 <sup>2)</sup>	
	n/m	范围 (mBq/m <sup>3</sup> )	n/m	范围 (mBq/m <sup>3</sup> )	n/m	范围 ( $\mu$ Bq/m <sup>3</sup> )	n/m	范围 ( $\mu$ Bq/m <sup>3</sup> )
红沙村	12/12	0.03~0.14	12/12	0.30~1.4	0/12	-	0/12	-
仙人岛	12/12	0.02~0.21	12/12	0.32~1.8	0/12	-	0/12	-
前沿站	12/12	0.03~0.14	12/12	0.30~1.9	0/12	-	0/12	-
东兴	12/12	0.03~0.14	12/12	0.36~1.5	0/12	-	0/12	-
沙螺寮	12/12	0.03~0.20	12/12	0.37~1.7	0/12	-	0/12	-
广西辐射站 (对照点)	12/12	0.04~0.75	12/12	0.22~3.9	0/12	-	0/12	-

注：1) 表中范围为高于MDC样品的测值范围。

2) 其他核素包括<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>131</sup>I、<sup>134</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等人工 $\gamma$ 放射性核素。

■ 表4.9-4 防城港核电基地周围气碘监测结果<sup>1)</sup>

监测 点位	<sup>131</sup> I		<sup>133</sup> I	
	n/m	范围 (mBq/m <sup>3</sup> )	n/m	范围 (mBq/m <sup>3</sup> )
红沙村	0/12	-	0/12	-
仙人岛	0/12	-	0/12	-
前沿站	0/12	-	0/12	-
东兴	0/12	-	0/12	-
沙螺寮	0/12	-	0/12	-
广西辐射站(对照点)	0/12	-	0/12	-

注：1) 表中范围为高于MDC样品的测值范围。

表4.9-5 防城港核电基地周围沉降物监测结果<sup>1)</sup>

监测点位	总α		总β		<sup>90</sup> Sr		<sup>137</sup> Cs		其他核素 <sup>2)</sup>	
	n/m	范围 (Bq/m <sup>2</sup> ·d)	n/m	范围 (Bq/m <sup>2</sup> ·d)	n/m	范围 (mBq/m <sup>2</sup> ·d)	n/m	范围 (mBq/m <sup>2</sup> ·d)	n/m	范围 (mBq/m <sup>2</sup> ·d)
红沙村	4/4	0.03~0.09	4/4	0.08~0.22	3/3	2.0~2.6	0/4	-	0/4	-
仙人岛	4/4	0.10~0.77	4/4	0.26~1.1	3/3	0.75~2.4	0/4	-	0/4	-
沙螺寮	4/4	0.03~0.16	4/4	0.10~0.60	3/3	1.4~2.5	0/4	-	0/4	-
前沿站	4/4	0.03~0.10	4/4	0.08~0.22	3/3	1.0~2.8	0/4	-	0/4	-
东兴	4/4	0.05~0.12	4/4	0.13~0.34	3/3	1.3~1.8	0/4	-	0/4	-
广西辐射站 (对照点)	4/4	0.08~0.17	4/4	0.15~0.50	4/4	1.6~2.2	0/4	-	0/4	-

注：1) 表中范围为高于MDC样品的测值范围。

2) 其他核素包括<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>131</sup>I、<sup>134</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等人工γ放射性核素。



图 4.9-2 防城港核电基地周围空气中碳-14和空气（水蒸汽）中氚监测结果分布示意图



■ 图 4.9-3 防城港核电基地周围降水监测结果分布示意图

(注：降水中其他人工 $\gamma$ 放射性核素 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{56}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{65}\text{Zn}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{124}\text{Sb}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{144}\text{Ce}$ 等均未检出。)

### 4.9.3 水体

2016年，防城港核电基地周围水体监测，陆地水体包括：自来水（管网末梢水）、水库水和水库岸边沉积物、井水，海洋水体包括：核电厂液态流出物排放口附近海域海水、海底沉积物和海滩涂潮间带土，监测结果见表4.9-6～表4.9-7和图4.9-4～图4.9-6。

监测结果表明，防城港核电基地周围自来水（管网末梢水）中总 $\alpha$ 和总 $\beta$ 活度浓度低于《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2006）中规定的放射性指标指导值。自来水（管网末梢水）、水库水和井水中氡、锶-90和人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常。水库岸边沉积物中锶-90和人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常。

海水中氡、锶-90和人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常，且锶-90和铯-137活度浓度低于《海水水质标准》（GB 3097-1997）规定的限值。海底沉积物和潮间带土中锶-90和人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常。

表4.9-6 防城港核电基地周围自来水（管网末梢水）监测结果<sup>1)</sup>

监测点位	总α		总β		<sup>3</sup> H	<sup>90</sup> Sr		<sup>137</sup> Cs <sup>3)</sup>		其他核素 <sup>2)</sup>		
	n/m	范围 (Bq/L)	n/m	范围 (Bq/L)		n/m	范围 (mBq/L)	n/m	范围 (mBq/L)	n/m	范围 (mBq/L)	
白云村	4/4	0.01~0.02	4/4	0.04~0.06	0/4	-	4/4	1.2~2.2	4/4	0.3~0.4	0/4	-
沙螺寮	4/4	0.01~0.03	4/4	0.03~0.07	0/4	-	4/4	0.74~2.3	4/4	0.3~0.4	0/4	-
大王滩 (对照点)	1/4	0.01	4/4	0.06~0.11	0/4	-	4/4	0.74~2.7	4/4	0.2~0.6	0/4	-

注：1) 表中范围为高于MDC样品的测值范围。

2) 其他核素包括<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>65</sup>Zn、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>124</sup>Sb、<sup>134</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等人工γ放射性核素。

3) 自来水中<sup>137</sup>Cs测值，为放化分析的测值。

表4.9-7 防城港核电基地周围水库岸边沉积物监测结果

监测点位	放射性活度浓度 (Bq/kg·干)		
	<sup>90</sup> Sr	<sup>137</sup> Cs	其他核素 <sup>1)</sup>
官山辽水库	0.84	ND	ND
山口水库	0.22	ND	ND
大王滩水库(对照点)	0.35	ND	ND

注：1) 其他核素包括<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>134</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等人工γ放射性核素。



图 4.9-4 防城港核电基地周围水库水和井水监测结果分布示意图

(注：水中<sup>137</sup>Cs测值，为放化分析的测值。水库水和井水中其他人工γ放射性核素<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>65</sup>Zn、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>124</sup>Sb、<sup>134</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等均未检出。)

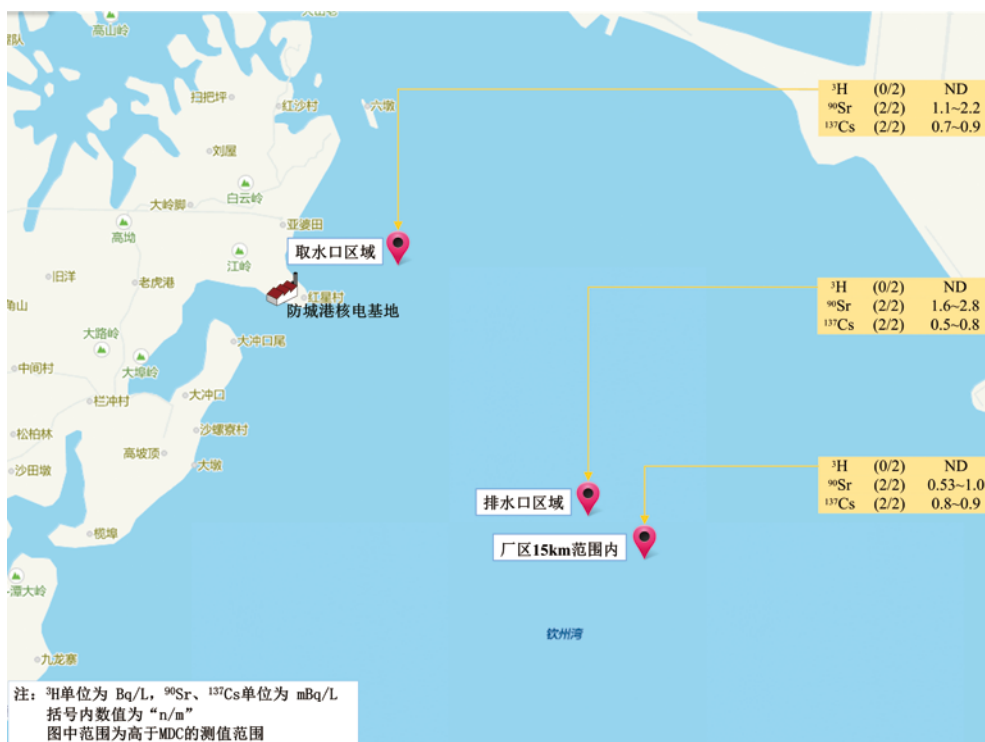


图 4.9-5 防城港核电基地周围海水监测结果分布示意图

(注：水中<sup>137</sup>Cs测值，为放化分析的测值。海水中其他人工 $\gamma$ 放射性核素<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>65</sup>Zn、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>124</sup>Sb、<sup>134</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等均未检出。)



图 4.9-6 防城港核电基地周围海底沉积物和潮间带土监测结果分布示意图

(注：海底沉积物和潮间带土中其他人工 $\gamma$ 放射性核素<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>134</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等均未检出。)



#### 4.9.4 土壤

2016年，防城港核电基地周围土壤监测结果见图4.9-7。

监测结果表明，防城港核电基地周围土壤中铈-90和人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常。

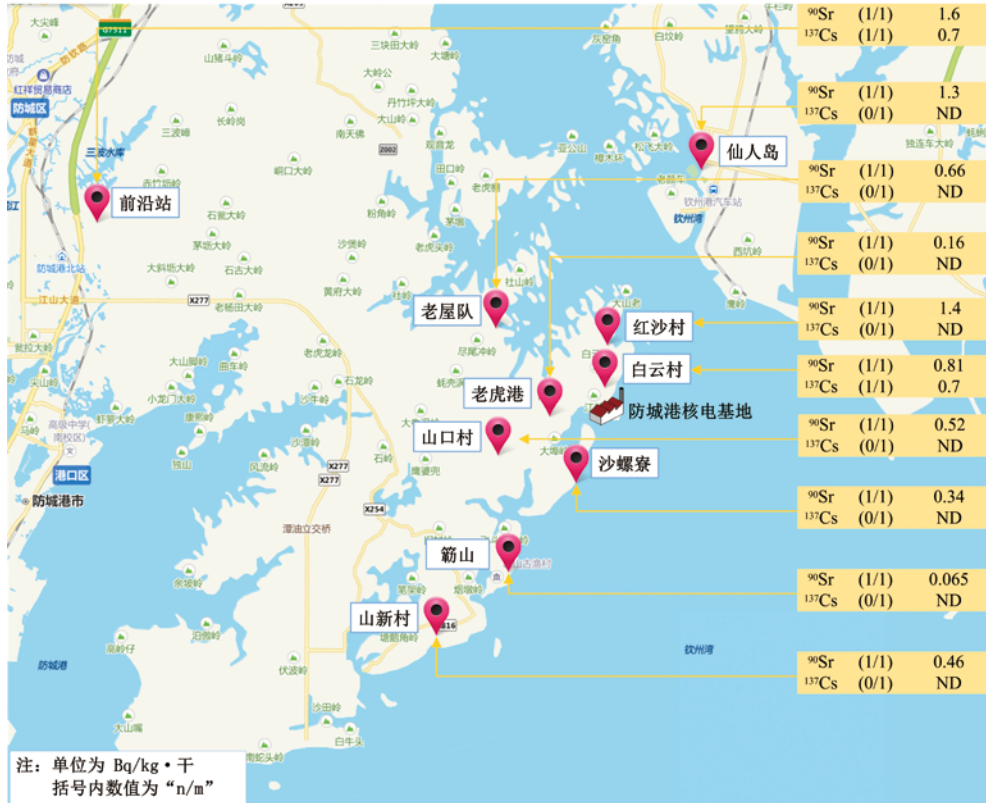


图 4.9-7 防城港核电基地周围土壤监测结果分布示意图

(注：土壤中其他人工 $\gamma$ 放射性核素 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{144}\text{Ce}$ 等均未检出。)

#### 4.9.5 生物

2016年，防城港核电基地周围生物监测，采集的陆生植物包括松针、叶菜、大米和香蕉，其中松针为指示生物；家禽为鸡；海洋水生生物包括马尾藻、秋茄叶、牡蛎和基围虾，其中牡蛎为指示生物，监测结果见表4.9-8~表4.9-9。

监测结果表明，防城港核电基地周围生物中人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常。

陆生植物和海洋水生生物中铈-90和组织自由水氚活度浓度未见异常。

陆生植物中碳-14活度浓度未见异常。

■ 表4.9-8 防城港核电基地周围陆生生物监测结果<sup>1)</sup>

样品名称	监测地点	TFWT <sup>2)</sup>		<sup>14</sup> C		<sup>90</sup> Sr		<sup>137</sup> Cs		其他核素 <sup>3)</sup>	
		n/m	范围 (Bq/kg·鲜)	n/m	范围 (Bq/g·碳)	n/m	范围 (Bq/kg·鲜)	n/m	范围 (Bq/kg·鲜)	n/m	范围 (Bq/kg·鲜)
松针	防城港核电基地周围	0/2	-	2/2	0.28~0.28	2/2	1.3~2.3	1/2	0.13	0/2	-
	对照点	0/1	-	1/1	0.23	1/1	1.6	0/1	-	0/1	-
叶菜	防城港核电基地周围	0/2	-	2/2	0.25~0.26	1/2	0.029	0/2	-	0/2	-
	对照点	0/1	-	1/1	0.25	1/1	0.036	0/1	-	0/1	-
大米	防城港核电基地周围	0/2	-	2/2	0.25~0.26	2/2	0.015~0.021	1/2	0.10	0/2	-
	对照点	0/1	-	1/1	0.21	1/1	0.015	0/1	-	0/1	-
香蕉	防城港核电基地周围	0/2	-	2/2	0.25~0.28	2/2	0.007~0.008	0/2	-	0/2	-
	对照点	0/1	-	1/1	0.27	0/1	-	0/1	-	0/1	-
鸡肉	防城港核电基地周围	/	/	/	/	/	/	1/2	0.027	0/2	-
	对照点	/	/	/	/	/	/	0/1	-	0/1	-

注：1) 表中范围为高于MDC样品的测值范围。

2) TFWT为组织自由水汽。

3) 其他核素包括<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>134</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等人工 $\gamma$ 放射性核素。

■ 表4.9-9 防城港核电基地周围海洋水生生物监测结果<sup>1)</sup>

样品名称	监测地点	TFWT <sup>2)</sup>		<sup>90</sup> Sr		<sup>137</sup> Cs		其他核素 <sup>3)</sup>	
		n/m	范围 (Bq/kg·鲜)	n/m	范围 (Bq/kg·鲜)	n/m	范围 (Bq/kg·鲜)	n/m	范围 (Bq/kg·鲜)
马尾藻	防城港核电基地周围	4)	4)	1/1	0.082	0/1	-	0/1	-
秋茄叶	防城港核电基地周围	0/2	-	2/2	0.16~0.22	0/2	-	0/2	-
	对照点	0/1	-	1/1	0.21	0/1	-	0/1	-
牡蛎肉	防城港核电基地周围	0/2	-	2/2	0.040~0.049	0/2	-	0/2	-
	对照点	0/1	-	1/1	0.006	0/1	-	0/1	-
全基围虾	防城港核电基地周围	0/2	-	2/2	0.056~0.075	0/2	-	0/2	-
	对照点	0/1	-	1/1	0.038	0/1	-	0/1	-

注：1) 表中范围为高于MDC样品的测值范围。

2) TFWT为组织自由水汽。

3) 其他核素包括<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>134</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等人工 $\gamma$ 放射性核素。

4) 因样品前处理的原因，未能进行马尾藻中组织自由水汽分析。

## 4.10 昌江核电基地

### 4.10.1 空气吸收剂量率

昌江核电基地设有辐射环境监测系统，系统共设9个自动站，均设在核电基地周围10公里范围内，点位分布见图4.10-1。累积剂量监测点则分布在昌江核电基地周围20公里范围内。2016年，昌江核电基地周围自动站连续空气吸收剂量率监测结果见表4.10-1，累积剂量监测结果见表4.10-2。

监测结果表明，昌江核电基地周围自动站空气吸收剂量率和累积剂量测得的空气吸收剂量率处于当地天然本底涨落范围内。



■ 图 4.10-1 昌江核电基地周围自动站布点示意图

■ 表4.10-1 昌江核电基地周围自动站空气吸收剂量率监测结果

自动站名称	空气吸收剂量率 (nGy/h)		
	小时均值最小值	小时均值最大值	年均值
鸡地村	79.8	169.1	91.1
原塘兴村	89.1	163.6	94.4
三联新村	93.1	171.7	105.8
永安村	81.1	155.5	90.4
双塘村	83.1	159.7	88.8
新港村	97.8	176.8	107.9
湿地公园	48.2	233.9	78.8
五大老村	76.0	132.0	82.8
海尾村	98.2	171.6	105.2

■ 表4.10-2 昌江港核电基地周围累积剂量监测结果

监测地点	点位数	累积剂量测得的空气吸收剂量率 (nGy/h)		
		最小值	最大值	均值
昌江核电基地周围	21	62.7	110	83.6

#### 4.10.2 空气

2016年,昌江核电基地周围气溶胶、气碘、空气中碳-14、空气(水蒸汽)中氡、降水和沉降物监测结果见表4.10-3~表4.10-5和图4.10-2。

监测结果表明,昌江核电基地周围气溶胶中总 $\alpha$ 和总 $\beta$ 活度浓度处于天然本底水平,人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常。

空气中气态放射性碘-131和碘-133活度浓度未见异常。

空气中碳-14活度浓度和空气(水蒸汽)中氡活度浓度未见异常。

降水中氡和人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常。

沉降物中总 $\alpha$ 和总 $\beta$ 日沉降量处于天然本底水平,铯-90和人工 $\gamma$ 放射性核素日沉降量未见异常。

■ 表4.10-3 昌江核电基地周围气溶胶监测结果<sup>1)</sup>

监测点位	总α		总β		<sup>137</sup> Cs		其他核素 <sup>2)</sup>	
	n/m	范围 (mBq/m <sup>3</sup> )	n/m	范围 (mBq/m <sup>3</sup> )	n/m	范围 (μBq/m <sup>3</sup> )	n/m	范围 (μBq/m <sup>3</sup> )
永安村	11/11	0.01~0.11	11/11	0.22~0.73	0/12	-	0/12	-
双塘村	9/9	0.01~0.04	9/9	0.20~0.65	0/12	-	0/12	-
鸡地村	10/10	0.01~0.06	9/9	0.32~0.74	0/12	-	0/12	-
石碌镇 (对照点)	11/11	0.02~0.13	11/11	0.23~0.89	0/12	-	0/12	-

注：1) 表中范围为高于MDC样品的测值范围。

2) 其他核素包括<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>131</sup>I、<sup>134</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等人工γ放射性核素。

■ 表4.10-4 昌江核电基地周围气碘监测结果<sup>1)</sup>

监测点位	<sup>131</sup> I		<sup>133</sup> I	
	n/m	范围 (mBq/m <sup>3</sup> )	n/m	范围 (mBq/m <sup>3</sup> )
鸡地村	0/12	-	0/9	-
永安村	0/12	-	0/9	-
双塘村	0/12	-	0/9	-
石碌镇(对照点)	0/12	-	0/9	-

注：1) 表中范围为高于MDC样品的测值范围。

■ 表4.10-5 昌江核电基地周围沉降物监测结果<sup>1)</sup>

监测点位	总α		总β		<sup>90</sup> Sr		<sup>137</sup> Cs		其他核素 <sup>2)</sup>	
	n/m	范围 (Bq/m <sup>2</sup> ·d)	n/m	范围 (Bq/m <sup>2</sup> ·d)	n/m	范围 (mBq/m <sup>2</sup> ·d)	n/m	范围 (mBq/m <sup>2</sup> ·d)	n/m	范围 (mBq/m <sup>2</sup> ·d)
鸡地村	4/4	0.13~0.17	3/3	0.27~0.34	3/3	0.95~5.2	0/4	-	0/4	-
永安村	4/4	0.12~0.28	3/3	0.24~0.43	4/4	0.46~10	0/4	-	0/4	-
双塘村	4/4	0.12~0.19	3/3	0.32~0.36	4/4	0.80~14	0/4	-	0/4	-
石碌镇 (对照点)	4/4	0.08~0.30	3/3	0.15~0.42	4/4	0.43~7.7	0/4	-	0/4	-

注：1) 表中范围为高于MDC样品的测值范围。

2) 其他核素包括<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>131</sup>I、<sup>134</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等人工γ放射性核素。



■ 图 4.10-2 昌江核电基地周围空气中碳-14、空气（水蒸汽）中氚和降水监测结果分布示意图

（注：降水中其他人工 $\gamma$ 放射性核素 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{65}\text{Zn}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{124}\text{Sb}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{144}\text{Ce}$ 等均未检出。）

### 4.10.3 水体

2016年，昌江核电基地周围环境水体监测，陆地水体包括：水库水和井水，海洋水体包括：核电厂液态流出物排放口附近海域海水、海底沉积物和海滩涂潮间带土，监测结果见表4.10-6和图4.10-3~图4.10-4。

监测结果表明，昌江核电基地周围水库水和井水中总 $\alpha$ 和总 $\beta$ 活度浓度低于《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2006）中规定的放射性指标指导值；氚和人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常。

海水中氚、铯-90和人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常，且铯-90和铯-137活度浓度低于《海水水质标准》（GB 3097-1997）规定的限值。海底沉积物和潮间带土中铯-90和人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常。



图 4.10-3 昌江核电基地周围水库水和井水监测结果分布示意图  
 (注：水库水和井水中其他人工γ放射性核素<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>65</sup>Zn、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>124</sup>Sb、<sup>134</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等均未检出。)

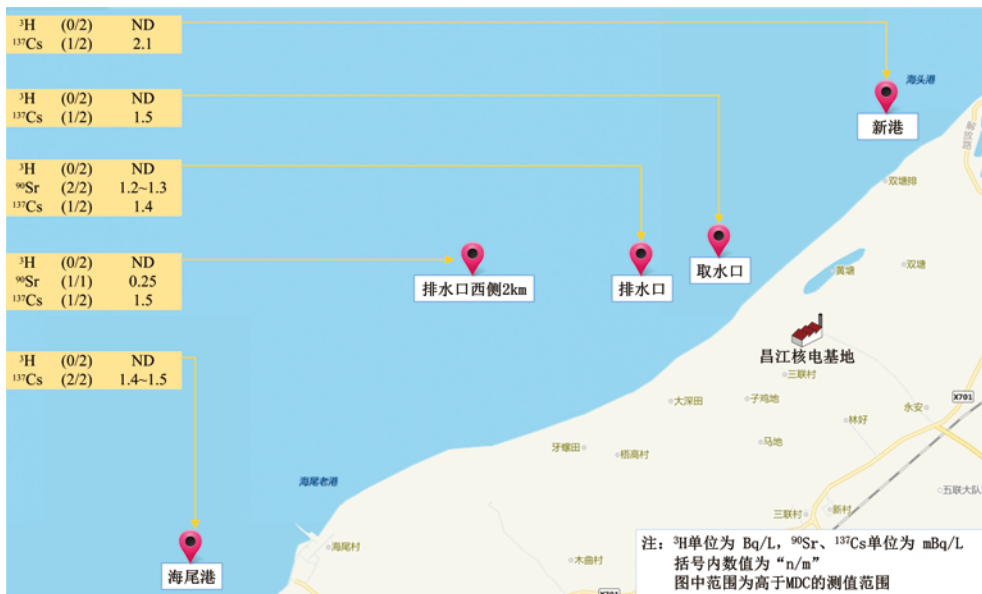


图 4.10-4 昌江核电基地周围海水监测结果分布示意图  
 (注：海水中其他人工γ放射性核素<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>65</sup>Zn、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>124</sup>Sb、<sup>134</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等均未检出。)

■ 表4.10-6 昌江核电基地周围海底沉积物和潮间带土监测结果

监测对象	监测点位	放射性活度浓度 (Bq/kg·干)		
		<sup>90</sup> Sr	<sup>137</sup> Cs	其他核素 <sup>1)</sup>
海底沉积物	排水口	1.1	ND	ND
	儋州兵马角 (对照点)	0.60	ND	ND
潮间带土	核电厂附近	0.11	ND	ND
	儋州兵马角 (对照点)	0.12	ND	ND

注: 1) 其他核素包括<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>134</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等人工 $\gamma$ 放射性核素。

#### 4.10.4 土壤

2016年, 昌江核电基地周围土壤监测结果见图4.10-5。

监测结果表明, 昌江核电基地周围土壤中锶-90和人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常。



■ 图 4.10-5 昌江核电基地周围土壤监测结果分布示意图

(注: 土壤中其他人工 $\gamma$ 放射性核素<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>134</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等均未检出。)



#### 4.10.5 生物

2016年，昌江核电基地周围环境生物的监测，采集的陆生植物包括木麻黄叶、叶菜、大米、甘薯和芒果，其中木麻黄叶为指示生物；家禽为鸡；家畜为羊；海洋水生生物包括麒麟菜、鹦嘴鱼、扇贝和南美白对虾，其中麒麟菜为指示生物，监测结果见表4.10-7~表4.10-8。

监测结果表明，昌江核电基地周围生物中人工 $\gamma$ 放射性核素活度浓度未见异常。

指示生物中铯-90活度浓度未见异常。

陆生植物和海洋水生生物中碳-14、组织自由水氚和有机结合氚活度浓度未见异常。

■ 表4.10-7 昌江核电基地周围陆生生物监测结果<sup>1)</sup>

样品名称	监测地点	OBT <sup>2)</sup>		TFWT <sup>2)</sup>		<sup>14</sup> C		<sup>90</sup> Sr		<sup>137</sup> Cs		其他核素 <sup>3)</sup>	
		n/m	范围 (Bq/kg·鲜)	n/m	范围 (Bq/kg·鲜)	n/m	范围 (Bq/g·碳)	n/m	范围 (Bq/kg·鲜)	n/m	范围 (Bq/kg·鲜)	n/m	范围 (Bq/kg·鲜)
木麻黄叶	昌江核电基地周围	1/2	0.24	0/2	-	2/2	0.19~0.20	2/2	0.046~0.057	0/2	-	0/2	-
	对照点	0/1	-	0/1	-	1/1	0.21	1/1	0.056	0/1	-	0/1	-
叶菜	昌江核电基地周围	1/2	0.064	0/2	-	2/2	0.19~0.20	/	/	0/2	-	0/2	-
	对照点	0/1	-	0/1	-	1/1	0.20	/	/	0/1	-	0/1	-
大米	昌江核电基地周围	0/2	-	0/2	-	2/2	0.18~0.20	/	/	2/2	0.30~0.32	0/2	-
	对照点	0/1	-	0/1	-	1/1	0.17	/	/	1/1	0.018	0/1	-
甘薯	昌江核电基地周围	0/2	-	0/2	-	2/2	0.23~0.24	/	/	2/2	0.024~0.036	0/2	-
	对照点	0/1	-	0/1	-	1/1	0.24	/	/	0/1	-	0/1	-
鲜芒果	昌江核电基地周围	0/1	-	0/1	-	1/1	0.20	/	/	0/1	-	0/1	-
	对照点	0/1	-	0/1	-	1/1	0.22	/	/	0/1	-	0/1	-
鸡肉	昌江核电基地周围	/	/	/	/	/	/	/	/	2/2	0.018~0.056	0/2	-
	对照点	/	/	/	/	/	/	/	/	1/1	0.031	0/1	-
羊肉	昌江核电基地周围	/	/	/	/	/	/	/	/	2/2	0.11~0.20	0/2	-
	对照点	/	/	/	/	/	/	/	/	1/1	0.068	0/1	-

注：1) 表中范围为高于MDC样品的测值范围。

2) OBT为有机结合氚，TFWT为组织自由水氚。

3) 其他核素包括<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>134</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等人工 $\gamma$ 放射性核素。

■ 表4.10-8 昌江核电基地周围海洋水生生物监测结果<sup>1)</sup>

样品名称	监测地点	OBT <sup>2)</sup>		TFWT <sup>2)</sup>		<sup>14</sup> C		<sup>90</sup> Sr		<sup>137</sup> Cs		其他核素 <sup>3)</sup>	
		n/m	范围 (Bq/kg·鲜)	n/m	范围 (Bq/kg·鲜)	n/m	范围 (Bq/g·碳)	n/m	范围 (Bq/kg·鲜)	n/m	范围 (Bq/kg·鲜)	n/m	范围 (Bq/kg·鲜)
麒麟菜 <sup>4)</sup>	昌江核电基地周围	0/2	-	0/2	-	2/2	0.21~0.23	2/2	0.25~0.43	0/2	-	0/2	-
鹦嘴鱼肉	昌江核电基地周围	0/1	-	0/1	-	1/1	0.22	/	/	1/1	0.036	0/1	-
	对照点	1/1	0.19	0/1	-	1/1	0.21	/	/	1/1	0.038	0/1	-
扇贝肉 <sup>4)</sup>	昌江核电基地周围	0/2	-	0/2	-	2/2	0.24~0.24	/	/	0/2	-	0/2	-
南美白 对虾肉	昌江核电基地周围	0/1	-	0/1	-	1/1	0.21	/	/	1/1	0.014	0/1	-
	对照点	0/1	-	0/1	-	1/1	0.23	/	/	1/1	0.014	0/1	-

注：1) 表中范围为高于MDC样品的测值范围。

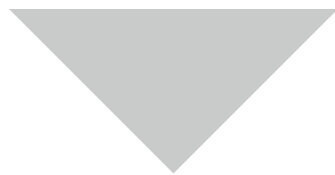
2) OBT为有机结合氚，TFWT为组织自由水氚。

3) 其他核素包括<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>134</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等人工γ放射性核素。

4) 对照点未能采集到麒麟菜和扇贝样品。



## 附录



## 附录1 监测方案

### 附录1.1 方案说明

辐射环境监测一般包括空气吸收剂量率监测、空气监测、水体监测、土壤监测、生物监测和电磁辐射监测。

#### (1) 空气吸收剂量率监测

自动站空气吸收剂量率连续监测，根据配备的探测器，基本分为二类，一类自动站配备的探测器为高压电离室，可连续监测环境空气吸收剂量率；另一类自动站配备的探测器为高压电离室、碘化钠晶体或溴化镧晶体，可连续监测环境空气吸收剂量率并识别核素。此外，部分自动站还配备有自动气象观测装置，可对风向、风速、温度、湿度、气压、雨量、感雨进行连续监测。

累积剂量监测，每季度布放热释光剂量计，回收后进行实验室分析，测量一个季度内环境辐射场的累积剂量值，并依据热释光剂量计布放的时间间隔计算出空气吸收剂量率。

#### (2) 空气监测

空气监测点主要布设在自动站，其中：

空气中气溶胶的监测，主要通过两类自动站来实现采样。一类自动站配备有超大流量气溶胶采样仪，采样流量为 $10\sim 16\text{m}^3/\text{min}$ ；另一类自动站配备有大流量气溶胶采样仪，采样流量约为 $1\text{m}^3/\text{min}$ 。两类自动站均连续采样，每个样品的采样量大于 $10000\text{m}^3$ ，取样后进行实验室分析。

空气中气态放射性碘同位素的监测，主要通过自动站配备的气碘采样仪进行采样，用纤维滤膜收集空气中的微粒碘，用活性炭滤盒收集空气中无机碘和有机碘，采样流量为 $20\sim 200\text{L}/\text{min}$ ，连续采样，每个样品的采样量大于 $100\text{m}^3$ ，取样后对活性炭滤盒进行实验室分析。

空气中沉降物的监测，主要通过两类自动站来实现采样。一类自动站配备有干湿沉降采样仪，可通过智能感雨器识别降雨的状态，自动收集干沉降和湿沉降样品；另一类自动站配备有不锈钢采样桶，湿法采样。两类自动站均连续采样，对收集的累积样进行实验室分析。

空气（水蒸汽）中氡的监测，采用冷冻法采样，将待测气流引入冷阱中，气流中的水蒸汽就在冷阱中凝结下来，以供分析之用。连续采样，对收集的累积样进行实验室分析。

空气中碳-14的监测，采用碱液吸收法采样，将空气中的碳-14以二氧化碳的形式被碱溶液捕集，被吸收的二氧化碳以碳酸钙淀析出，以供分析之用。连续采样，对收集的累积样进行实验室分析。

降水的监测，采用雨量计或干湿沉降采样仪收集样品，连续采样，对收集的累积样进行实验室分析。

### （3）水体监测

水体监测包括陆地水体监测和海洋水体监测。

陆地水体包括江河水、湖泊和水库水、池塘水、自来水和岸边沉积物。其中江河水一般在断面上有明显水流处采集表层水，湖库水和池塘水一般在湖库和池塘的中心位置采集表层水，自来水出厂水在水厂的出水口采集样品，自来水末梢水则在家庭等内部的自来水水龙头采集样品。岸边沉积物一般在河流、湖泊、水库和池塘岸边采集表层样品。

海洋水体包括海水、海底沉积物、海滩涂潮间带土和潮下带土。其中海水一般采集表层海水，海底沉积物一般采集海底表面至一定深度样品，潮间带土一般在平均大潮高潮线和低潮线之间的泥砂质沉积地带采集样品，潮下带土一般在平均低潮线的浅水区泥砂质沉积地带采集样品。

### （4）土壤监测

一般采集表层0~10cm的土壤样品。

### （5）生物监测

采集的生物样品经洗净与整理除去不可食部分后，根据监测项目的类别采用不同的前处理方法。其中氙的监测采用冷冻干燥机提取组织自由水样品后，经蒸馏纯化后供分析，采用氧化燃烧装置，将生物干样中有机结合氙氧化生成氙化水蒸汽，经冷凝纯化后供分析；碳-14的监测采用烘干、氧弹燃烧；铯-90和 $\gamma$ 能谱分析采用烘干、炭化与灰化，考虑到铯-90进入动物组织后，容易蓄积于动物骨内，可采取肉和骨分离，对骨开展铯-90监测。

### （6）电磁辐射监测

一般布设在城市广场、公园等空旷地，避开高层建筑物、树木、高压线及金属结构，在城市电磁辐射的高峰期（5：00~9：00、11：00~14：00、18：00~23：00）测量离地面1.7~2m处的综合场强。

## 附录1.2 全国辐射环境质量监测方案

监测对象	监测项目	监测（采样）频次	
空气吸收剂量率	连续空气吸收剂量率 <sup>1)</sup>	连续	
	累积剂量	累积样/季	
空气	气溶胶 $\gamma$ 能谱分析 <sup>2)</sup> 、 <sup>210</sup> Pb <sup>3)</sup> 、 <sup>210</sup> Po <sup>3)</sup>	1次/月	
	气溶胶 <sup>90</sup> Sr、 <sup>137</sup> Cs（放化分析）	1次/年 （1月采集1次，累积1年测量）	
	气碘	<sup>125</sup> I、 <sup>131</sup> I	1次/月
	沉降物	$\gamma$ 能谱分析 <sup>2)</sup>	累积样/季
	降水	<sup>3</sup> H	1次/季
	水蒸汽	<sup>3</sup> H	1次/年
	江河水、 湖泊水、水库水	总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、U、Th、 <sup>226</sup> Ra、 <sup>90</sup> Sr、 <sup>137</sup> Cs	1次/半年 （枯、平水期各1次）
水	饮用水水源地下水 <sup>4)</sup>	总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、U、Th、 <sup>226</sup> Ra、 <sup>90</sup> Sr、 <sup>137</sup> Cs	1次/半年
	地下水	总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、U、Th、 <sup>226</sup> Ra	1次/年
	海水	U、Th、 <sup>226</sup> Ra、 <sup>90</sup> Sr、 <sup>137</sup> Cs	1次/年
海洋生物	$\gamma$ 能谱分析 <sup>2)</sup> 、 <sup>90</sup> Sr、 <sup>137</sup> Cs（放化分析）、 <sup>210</sup> Pb、 <sup>210</sup> Po	1次/年	
土壤	$\gamma$ 能谱分析 <sup>2)</sup>	1次/年	
电磁辐射	综合电场强度	1次/年	

注：1) 全国辐射环境质量监测自动站配备的探测器主要为高压电离室，其中分布在直辖市、省会城市和青岛市的32个自动站还配备有自动气象观测装置、超大流量气溶胶采样仪、气碘采样仪、干湿沉降采样仪。

2) 气溶胶和沉降物 $\gamma$ 能谱分析包括：<sup>7</sup>Be、<sup>40</sup>K、<sup>131</sup>I、<sup>134</sup>Cs、<sup>137</sup>Cs等核素；海洋生物 $\gamma$ 能谱分析包括<sup>137</sup>Cs等核素；土壤 $\gamma$ 能谱分析包括<sup>238</sup>U、<sup>232</sup>Th、<sup>226</sup>Ra、<sup>137</sup>Cs等核素。

3) 气溶胶中<sup>210</sup>Pb、<sup>210</sup>Po的监测仅配备有超大流量气溶胶采样仪的自动站开展。

4) 开展饮用水水源地水中总 $\alpha$ 和总 $\beta$ 活度浓度监测的点位覆盖至地级及以上城市，开展放射性核素活度浓度监测的点位为直辖市、省会城市和重点核设施所在地级及以上城市。

## 附录1.3 红沿河核电基地周围环境监督性监测方案

监测对象	监测项目 <sup>3)</sup>	监测点位数 a(b) <sup>4)</sup>	监测(采样) 频次
空气吸收剂量率 <sup>1)</sup>	连续空气吸收剂量率	8(0)	连续
	累积剂量	23(0)	1次/季
空气	气溶胶 <sup>2)</sup>	总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $\gamma$ 能谱分析	2(1)
	气碘	$^{131}\text{I}$ 、 $^{133}\text{I}$	2(1)
	沉降物 <sup>2)</sup>	总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 能谱分析	2(1)
	降水	$^3\text{H}$	2(1)
	水蒸汽	$^3\text{H}$	2(1)
	二氧化碳	$^{14}\text{C}$	2(1)
水体	水库水	$^3\text{H}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ (放化分析)、 $\gamma$ 能谱分析	1(1)
	井水	$^3\text{H}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ (放化分析)、 $\gamma$ 能谱分析	1(1)
		总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $^3\text{H}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ (放化分析)、 $\gamma$ 能谱分析	1(1)
	水库岸边沉积物、沉积物	$^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 能谱分析	1(1)
	海水	$^3\text{H}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ (放化分析)、 $\gamma$ 能谱分析	1(1)
	海底沉积物、潮间带土	$^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 能谱分析	3(1)
土壤	$^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 能谱分析	7(1)	
生物	鸡	$^{137}\text{Cs}$ (放化分析)、 $\gamma$ 能谱分析	1(1)
	甘薯、玉米、苹果、 黄鱼、爬虾、红螺	TFWT <sup>6)</sup> 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ (放化分析)、 $\gamma$ 能谱分析	1(1)
	松针 <sup>5)</sup> 、石莼 <sup>5)</sup>	TFWT、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ (放化分析)、 $\gamma$ 能谱分析	1(0)

注：1) 自动站均配备高压电离室和碘化钠晶体探测器、自动气象观测装置。

2) 气溶胶监测，采用大流量气溶胶采样仪采样，其中老渔窝自动站还配备有超大流量气溶胶采样仪。沉降物监测采用干湿沉降采样仪采样，收集面积为0.28m<sup>2</sup>。

3) 气溶胶和沉降物 $\gamma$ 能谱分析项目为 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{144}\text{Ce}$ 等放射性核素；岸边沉积物、潮间带土、底泥、土壤和生物 $\gamma$ 能谱分析项目为 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{144}\text{Ce}$ 等放射性核素；水 $\gamma$ 能谱分析项目为 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{65}\text{Zn}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{124}\text{Sb}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{144}\text{Ce}$ 等放射性核素。

4) “a(b)”中a为红沿河核电基地周围监测点位数，b为对照点点位数。

5) 松针和石莼为指示生物。

6) TFWT为组织自由水汽。



## 附录1.4 田湾核电基地周围环境监督性监测方案

监测对象	监测项目 <sup>3)</sup>	监测点位数 a(b) <sup>4)</sup>	监测(采样) 频 次	
空气吸收剂量率 <sup>1)</sup>	连续空气吸收剂量率	10(0)	连续	
	累积剂量	29(0)	1次/季	
空气	气溶胶 <sup>2)</sup>	总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $\gamma$ 能谱分析	1(0)	1次/月
		$\gamma$ 能谱分析	2(1)	1次/月
	气碘	<sup>131</sup> I、 <sup>133</sup> I	1(0)	1次/月
	沉降物 <sup>2)</sup>	总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 <sup>90</sup> Sr、 $\gamma$ 能谱分析	3(1)	累积样/季
	降水	<sup>3</sup> H、 $\gamma$ 能谱分析	3(1)	累积样/季
	水蒸汽	<sup>3</sup> H	1(0)	1次/月
	二氧化碳	<sup>14</sup> C	1(0)	1次/月
水体	自来水(出厂水)	总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 <sup>3</sup> H、 $\gamma$ 能谱分析	1(1)	1次/季
	水库水、河水	<sup>3</sup> H、 $\gamma$ 能谱分析	2(1)	1次/半年
	井水	<sup>3</sup> H、 $\gamma$ 能谱分析	2(1)	1次/半年
	水库和河底沉积物	$\gamma$ 能谱分析	2(0)	1次/年
	海水	<sup>3</sup> H、 <sup>90</sup> Sr、 <sup>137</sup> Cs(放化分析)、 $\gamma$ 能谱分析	4(1)	1次/半年
	潮间带土	<sup>90</sup> Sr、 $\gamma$ 能谱分析	2(0)	1次/年
	海底沉积物	<sup>90</sup> Sr、 $\gamma$ 能谱分析	3(1)	1次/年
	土壤	<sup>90</sup> Sr、 $\gamma$ 能谱分析	8(2)	1次/年
生物	小麦、叶菜	OBT <sup>6)</sup> 、 <sup>14</sup> C、 $\gamma$ 能谱分析	1(1)	1次/年
	大米	$\gamma$ 能谱分析	1(0)	1次/年
	茶叶 <sup>5)</sup> 、松针 <sup>5)</sup>	OBT <sup>6)</sup> 、 <sup>14</sup> C、 <sup>137</sup> Cs(放化分析)、 $\gamma$ 能谱分析	1(0)	1次/年
	淡水鱼、猪、鸡	$\gamma$ 能谱分析	1(1)	1次/年
	牛奶	<sup>90</sup> Sr、 <sup>131</sup> I	1(0)	1次/半年
	海鱼	OBT <sup>6)</sup> 、 $\gamma$ 能谱分析	1(1)	1次/年
	海虾	$\gamma$ 能谱分析	1(1)	1次/年
	花蚬 <sup>5)</sup>	OBT <sup>6)</sup> 、 <sup>14</sup> C、 <sup>137</sup> Cs(放化分析)、 $\gamma$ 能谱分析	1(0)	1次/年
	牡蛎 <sup>5)</sup>	OBT <sup>6)</sup> 、 <sup>14</sup> C、 <sup>137</sup> Cs(放化分析)、 $\gamma$ 能谱分析	2(0)	1次/年
	紫菜	OBT <sup>6)</sup> 、 $\gamma$ 能谱分析	1(1)	1次/年

注: 1) 自动站均配备高压电离室探测器, 其中厂前区、高公岛、宿城和中云4个自动站还配备有溴化镧晶体探测器和自动气象测量装置。

2) 气溶胶监测, 中云自动站采用超大流量气溶胶采样仪采样, 其余自动站采用大流量气溶胶采样仪采样。沉降物监测采用干湿沉降采样仪采样, 收集面积为0.28m<sup>2</sup>。

3) 气溶胶和沉降物 $\gamma$ 能谱分析项目为<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>131</sup>I、<sup>134</sup>Cs、<sup>137</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等放射性核素; 潮间带土、沉积物、土壤和生物 $\gamma$ 能谱分析项目为<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>134</sup>Cs、<sup>137</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等放射性核素; 水 $\gamma$ 能谱分析项目为<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>65</sup>Zn、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>124</sup>Sb、<sup>134</sup>Cs、<sup>137</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等放射性核素。

4) “a(b)”中a为田湾核电基地周围监测点位数, b为对照点点位数。

5) 茶叶、松针、牡蛎和花蚬为指示生物。

6) OBT为有机结合氚。

## 附录1.5 秦山核电基地周围环境监督性监测方案

监测对象		监测项目 <sup>3)</sup>	监测点位数 a(b) <sup>4)</sup>	监测(采样) 频 次
空气吸收剂量率 <sup>1)</sup>		连续空气吸收剂量率	9(0)	连 续
		累积剂量	29(0)	累积样/季
空气	气溶胶 <sup>2)</sup>	总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $\gamma$ 能谱分析	3(1)	1次/月
	气碘	<sup>131</sup> I、 <sup>133</sup> I	1(1)	1次/季
	沉降物 <sup>2)</sup>	总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 <sup>90</sup> Sr、 $\gamma$ 能谱分析	3(1)	累积样/季
	降水	<sup>3</sup> H	3(1)	累积样/月
	水蒸汽	<sup>3</sup> H	3(1)	累积样/月
	二氧化碳	<sup>14</sup> C	3(1)	1次/月
水体	河水	总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 <sup>3</sup> H、 <sup>90</sup> Sr、 $\gamma$ 能谱分析	1(1)	1次/季
	井水	总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 <sup>3</sup> H、 <sup>90</sup> Sr、 $\gamma$ 能谱分析	3(0)	1次/季
	池塘水	<sup>3</sup> H、 <sup>90</sup> Sr、 $\gamma$ 能谱分析	2(1)	1次/季
	池塘岸边沉积物	<sup>90</sup> Sr、 $\gamma$ 能谱分析	2(1)	1次/年
	海水	<sup>3</sup> H、 <sup>90</sup> Sr、 $\gamma$ 能谱分析	3(1)	1次/半年
	潮间带土	<sup>90</sup> Sr、 $\gamma$ 能谱分析	2(1)	1次/年
	海底沉积物	<sup>90</sup> Sr、 $\gamma$ 能谱分析	3(1)	1次/年
	土壤	<sup>90</sup> Sr、 $\gamma$ 能谱分析	5(1)	1次/年
生物	大米、叶菜、茶叶	TFWT <sup>6)</sup> 、OBT <sup>6)</sup> 、 <sup>14</sup> C、 <sup>90</sup> Sr、 $\gamma$ 能谱分析	2(1)	1次/年
	鸡肉、羊肉	$\gamma$ 能谱分析	1(1)	1次/年
	鸡骨、羊骨	<sup>90</sup> Sr	1(1)	1次/年
	牛奶	<sup>131</sup> I、 <sup>90</sup> Sr、 $\gamma$ 能谱分析( <sup>137</sup> Cs)	1(1)	1次/半年
	鲑鱼肉	TFWT、OBT、 <sup>14</sup> C、 $\gamma$ 能谱分析	1(1)	1次/年
	鲑鱼骨	<sup>90</sup> Sr	1(1)	1次/年
	松针 <sup>5)</sup>	TFWT、OBT、 <sup>90</sup> Sr、 $\gamma$ 能谱分析	2(1)	1次/年
	牡蛎 <sup>5)</sup>	TFWT、OBT、 <sup>90</sup> Sr、 $\gamma$ 能谱分析	1(1)	1次/年

注：1) 自动站均配备高压电离室探测器，其中秦山镇、夏家湾和杨柳村3个自动站还配备有自动气象观测装置。

2) 气溶胶监测采用大流量气溶胶采样仪采样；沉降物监测采用收集面积为0.28m<sup>2</sup>的不锈钢采样桶湿法采样。

3) 气溶胶和沉降物 $\gamma$ 能谱分析包括<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>131</sup>I、<sup>134</sup>Cs、<sup>137</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等核素；岸边沉积物、沉积物、潮间带土、土壤和生物 $\gamma$ 能谱分析包括<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>134</sup>Cs、<sup>137</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等核素；水 $\gamma$ 能谱分析包括<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>65</sup>Zn、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>124</sup>Sb、<sup>134</sup>Cs、<sup>137</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等核素。

4) “a(b)”中a为秦山核电基地监测点位数，b为对照点点位数。

5) 松针和牡蛎为指示生物。

6) OBT为有机结合氚，TFWT为组织自由水氚。

附录1.6 宁德核电基地周围环境监督性监测方案

监测对象	监测项目 <sup>3)</sup>	监测点位数 a(b) <sup>4)</sup>	监测(采样) 频 次	
空气吸收剂量率 <sup>1)</sup>	连续空气吸收剂量率	10(0)	连续	
	累积剂量	25(0)	1次/季	
气溶胶 <sup>2)</sup>	总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $\gamma$ 能谱分析	3(1)	1次/月	
空气	沉降物 <sup>2)</sup>	总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 能谱分析	3(1)	累积样/季
	降水	$^3\text{H}$	3(1)	累积样/月
	水蒸汽	$^3\text{H}$	3(1)	1次/月
	二氧化碳	$^{14}\text{C}$	3(1)	1次/月
	水库水、河水	总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $^3\text{H}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 能谱分析	2(1)	1次/季
水体		$^3\text{H}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 能谱分析	2(0)	1次/半年
	井水	$^3\text{H}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 能谱分析	2(1)	1次/半年
	水库、河岸边沉积物	$^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 能谱分析	3(1)	1次/年
	海水	$^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 能谱分析	3(1)	1次/半年
		$^3\text{H}$	7(1)	
	潮间带土	$^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 能谱分析	4(1)	1次/年
	海底沉积物	$^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 能谱分析	3(1)	1次/年
土壤	$^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 能谱分析	9(1)	1次/年	
生物	叶菜、甘薯、松针 <sup>5)</sup> 、猪	TFWT <sup>6)</sup> 、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 能谱分析	1(0)	1次/年
	紫菜、弹涂鱼、牡蛎 <sup>5)</sup>	TFWT、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 能谱分析	2(0)	1次/年

注：1) 自动站均配备高压电离室和碘化钠晶体探测器，自动气象观测装置。

2) 气溶胶监测，前薛自动站采用超大流量气溶胶采样仪采样，其余自动站采用大流量气溶胶采样仪采样。沉降物监测采用干湿沉降采样仪采样，收集面积为0.28m<sup>2</sup>。

3) 气溶胶和沉降物 $\gamma$ 能谱分析项目为 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{144}\text{Ce}$ 等放射性核素；沉积物、潮间带土、土壤和生物 $\gamma$ 能谱分析项目为 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{144}\text{Ce}$ 等放射性核素；水 $\gamma$ 能谱分析项目为 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{65}\text{Zn}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{124}\text{Sb}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{144}\text{Ce}$ 等放射性核素。

4) “a(b)”中a为宁德核电基地周围监测点位数，b为对照点点位数。

5) 松针和牡蛎为指示生物。

6) TFWT为组织自由水氟。

## 附录1.7 福清核电基地周围环境监督性监测方案

监测对象	监测项目 <sup>3)</sup>	监测点位数 a(b) <sup>4)</sup>	监测(采样) 频 次	
空气吸收剂量率 <sup>1)</sup>	连续空气吸收剂量率	11(0)	连续	
	累积剂量	37(0)	1次/季	
空气	气溶胶 <sup>2)</sup>	总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $\gamma$ 能谱分析	3(1)	1次/月
	气碘	$^{131}\text{I}$ 、 $^{133}\text{I}$	3(1)	1次/月
	沉降物 <sup>2)</sup>	总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 能谱分析	3(1)	累积样/季
	降水	$^3\text{H}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 能谱分析	3(1)	累积样/月
	水蒸汽	$^3\text{H}$	3(1)	1次/月
	二氧化碳	$^{14}\text{C}$	3(1)	1次/月
水体	自来水(管网末梢水)	总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $^3\text{H}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 能谱分析	2(1)	1次/季
	水库水、河水	$^3\text{H}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 能谱分析	3(1)	1次/半年
	井水	$^3\text{H}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 能谱分析	2(1)	1次/半年
	水库、河岸边沉积物	$^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 能谱分析	3(1)	1次/年
	海水	$^3\text{H}$	7(1)	1次/半年
		$^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 能谱分析	4(1)	1次/半年
	潮间带土	$^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 能谱分析	3(1)	1次/年
	海底沉积物	$^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 能谱分析	4(1)	1次/年
土壤	$^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 能谱分析	8(1)	1次/年	
生物	叶菜、甘薯、 松针 <sup>5)</sup> 、猪	TFWT <sup>6)</sup> 、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 能谱分析	1(1)	1次/年
	鸭胗	$\gamma$ 能谱分析	1(0)	1次/年
	牛奶	$^{90}\text{Sr}$ 、 $^{131}\text{I}$	1(1)	1次/半年
	紫菜、海鱼、章鱼、 海虾、牡蛎 <sup>5)</sup>	TFWT、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 能谱分析	1(1)	1次/年

注：1) 自动站均配备高压电离室和碘化钠晶体探测器，自动气象观测装置。

2) 气溶胶监测，前薛自动站采用超大流量气溶胶采样仪采样，其余自动站采用大流量气溶胶采样仪采样。沉降物监测采用干湿沉降采样仪采样，收集面积为0.28m<sup>2</sup>。

3) 气溶胶和沉降物 $\gamma$ 能谱分析项目为 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{144}\text{Ce}$ 等放射性核素；沉积物、潮间带土、土壤和生物 $\gamma$ 能谱分析项目为 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{144}\text{Ce}$ 等放射性核素；水 $\gamma$ 能谱分析项目为 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{65}\text{Zn}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{124}\text{Sb}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{144}\text{Ce}$ 等放射性核素。

4) “a(b)”中a为福清核电基地周围监测点位数，b为对照点点位数。

5) 松针和牡蛎为指示生物。

6) TFWT为组织自由水氚。

## 附录1.8 大亚湾核电基地周围环境监督性监测方案

监测对象	监测项目 <sup>3)</sup>	监测点位数 a(b) <sup>4)</sup>	监测(采样) 频 次	
空气吸收剂量率 <sup>1)</sup>	连续空气吸收剂量率	10(0)	连续	
	累积剂量	25(0)	1次/季	
空气	气溶胶 <sup>2)</sup>	总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $\gamma$ 能谱分析	2(1)	1次/月
	气碘	<sup>131</sup> I、 <sup>133</sup> I	2(1)	1次/月
	沉降物 <sup>2)</sup>	总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $\gamma$ 能谱分析	2(1)	累积样/季
		<sup>90</sup> Sr	2(1)	累积样/年
	降水	<sup>3</sup> H、 <sup>90</sup> Sr、 $\gamma$ 能谱分析	2(1)	累积样/季
	水蒸汽	<sup>3</sup> H	2(1)	1次/月
	二氧化碳	<sup>14</sup> C	2(1)	1次/月
水体	自来水(管网末梢水)	总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 <sup>3</sup> H、 $\gamma$ 能谱分析	3(1)	1次/季
	水库水	<sup>3</sup> H、 $\gamma$ 能谱分析	3(1)	1次/半年
	井水	<sup>3</sup> H、 $\gamma$ 能谱分析	2(1)	1次/半年
	海水	<sup>90</sup> Sr、 $\gamma$ 能谱分析	5(1)	1次/半年
		<sup>3</sup> H	11(1)	1次/半年
	潮间带土	<sup>90</sup> Sr、 $\gamma$ 能谱分析	2(1)	1次/年
	海底沉积物	<sup>90</sup> Sr、 $\gamma$ 能谱分析	4(1)	1次/年
土壤	<sup>90</sup> Sr、 $\gamma$ 能谱分析	3(1)	1次/年	
生物	叶菜、鸡	$\gamma$ 能谱分析	1(1)	1次/年
	松针、草 <sup>5)</sup>	OBT <sup>6)</sup> 、 <sup>14</sup> C、 <sup>90</sup> Sr、 $\gamma$ 能谱分析	2(1)	1次/年
	马尾藻 <sup>5)</sup>	$\gamma$ 能谱分析	5(0)	1次/年
	牡蛎 <sup>5)</sup>	OBT、 $\gamma$ 能谱分析	2(1)	1次/年
	贻贝	OBT、 $\gamma$ 能谱分析	1(1)	1次/年

注：1) 自动站均配备高压电离室探测器和雨量观测装置。

2) 气溶胶监测采用2台大流量气溶胶采样仪同时采样；沉降物监测采用干湿沉降采样仪采样，收集面积为0.25m<sup>2</sup>。

3) 气溶胶和沉降物 $\gamma$ 能谱分析项目为<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>131</sup>I、<sup>134</sup>Cs、<sup>137</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等放射性核素；潮间带土、沉积物、土壤和生物 $\gamma$ 能谱分析项目为<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>134</sup>Cs、<sup>137</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等放射性核素；水 $\gamma$ 能谱分析项目为<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>65</sup>Zn、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>124</sup>Sb、<sup>134</sup>Cs、<sup>137</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等放射性核素。

4) “a(b)”中a为大亚湾核电基地周围监测点位数，b为对照点点位数。

5) 草、松针、牡蛎和马尾藻为指示生物。

6) OBT为有机结合氚。

## 附录1.9 阳江核电基地周围环境监督性监测方案

监测对象	监测项目 <sup>3)</sup>	监测点位数 a(b) <sup>4)</sup>	监测(采样) 频次	
空气吸收剂量率 <sup>1)</sup>	连续空气吸收剂量率	9(0)	连续	
	累积剂量	24(0)	1次/季	
空气	气溶胶 <sup>2)</sup>	总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $\gamma$ 能谱分析	2(1)	1次/月
	气碘	<sup>131</sup> I、 <sup>133</sup> I	2(1)	1次/月
	沉降物 <sup>2)</sup>	总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $\gamma$ 能谱分析	2(1)	累积样/季
		<sup>90</sup> Sr	2(1)	累积样/年
	降水	<sup>3</sup> H、 <sup>90</sup> Sr、 $\gamma$ 能谱分析	2(1)	累积样/季
	水蒸汽	<sup>3</sup> H	2(1)	1次/月
	二氧化碳	<sup>14</sup> C	2(1)	1次/月
水体	自来水(管网末梢水)	总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 <sup>3</sup> H、 <sup>90</sup> Sr、 $\gamma$ 能谱分析	2(1)	1次/季
	水库水、河水	<sup>3</sup> H、 <sup>90</sup> Sr、 $\gamma$ 能谱分析	2(2)	1次/半年
	井水	<sup>90</sup> Sr、 $\gamma$ 能谱分析	1(1)	1次/半年
		<sup>3</sup> H	2(1)	1次/季 <sup>5)</sup>
	水库/河岸边沉积物	<sup>90</sup> Sr、 $\gamma$ 能谱分析	2(2)	1次/年
	海水	<sup>90</sup> Sr、 $\gamma$ 能谱分析	4(1)	1次/半年
		<sup>3</sup> H	12(1)	1次/半年
	海底沉积物	<sup>90</sup> Sr、 $\gamma$ 能谱分析	4(1)	1次/年
土壤	<sup>90</sup> Sr、 $\gamma$ 能谱分析	3(1)	1次/半年	
生物	叶菜	$\gamma$ 能谱分析	3(1)	1次/半年
	甘薯、稻谷	$\gamma$ 能谱分析	2(1)	1次/半年
	荔枝、鸡	$\gamma$ 能谱分析	2(1)	1次/年
	草 <sup>6)</sup> 、松针 <sup>6)</sup>	<sup>90</sup> Sr、 $\gamma$ 能谱分析	3(1)	1次/半年
	石莼	OBT <sup>7)</sup> 、 <sup>90</sup> Sr、 $\gamma$ 能谱分析	2(1)	1次/年
	养殖海鱼	OBT、 <sup>90</sup> Sr、 $\gamma$ 能谱分析	1(1)	1次/半年
	野生海鱼、海虾、贻贝、 牡蛎 <sup>6)</sup> 、红螺	OBT、 <sup>90</sup> Sr、 $\gamma$ 能谱分析	2(1)	1次/半年

注：1) 自动站均配备高压电离室和碘化钠晶体探测器，自动气象观测装置。

2) 气溶胶监测，采用大流量气溶胶采样仪采样，其中允泊自动站还配备有超大流量气溶胶采样仪。沉降物监测采用干湿沉降采样仪采样，收集面积为0.25m<sup>2</sup>。

3) 气溶胶和沉降物 $\gamma$ 能谱分析项目为<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>131</sup>I、<sup>134</sup>Cs、<sup>137</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等放射性核素；沉降物、土壤和生物 $\gamma$ 能谱分析项目为<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>134</sup>Cs、<sup>137</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等放射性核素；水 $\gamma$ 能谱分析项目<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>65</sup>Zn、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>124</sup>Sb、<sup>134</sup>Cs、<sup>137</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce等放射性核素。

4) “a(b)”中a为阳江核电基地周围监测点位数，b为对照点点位数。

5) 井水对照点氡的监测频次为1次/半年。

6) 草、松针和牡蛎为指示生物。

7) OBT为有机结合氡。

## 附录1.10 防城港核电基地周围环境监督性监测方案

监测对象	监测项目 <sup>3)</sup>	监测点位数 a(b) <sup>4)</sup>	监测(采样) 频 次	
空气吸收剂量率 <sup>1)</sup>	连续空气吸收剂量率	12(0)	连续	
	累积剂量	31(0)	1次/季	
空气	气溶胶 <sup>2)</sup>	总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $\gamma$ 能谱分析	5(1)	1次/月
	气碘	$^{131}\text{I}$ 、 $^{133}\text{I}$	5(1)	1次/月
	沉降物 <sup>2)</sup>	总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 能谱分析	5(1)	累积样/季
	降水	$^3\text{H}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 能谱分析	5(1)	累积样/季
	水蒸汽	$^3\text{H}$	5(1)	1次/月
	二氧化碳	$^{14}\text{C}$	5(1)	1次/月
水体	自来水(管网末梢水)	总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $^3\text{H}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ (放化分析)、 $\gamma$ 能谱分析	2(1)	1次/季
	水库水、井水	$^3\text{H}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ (放化分析)、 $\gamma$ 能谱分析	2(1)	1次/半年
	水库岸边沉积物	$^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 能谱分析	2(1)	1次/年
	海水	$^3\text{H}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ (放化分析)、 $\gamma$ 能谱分析	3(1)	1次/半年
	海底沉积物、潮间带土	$^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 能谱分析	3(1)	1次/年
生物	土壤	$^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 能谱分析	10(1)	1次/年
	松针 <sup>5)</sup> 、叶菜、 大米、香蕉	TFWT <sup>6)</sup> 、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 能谱分析	2(1)	1次/年
	鸡	$\gamma$ 能谱分析	2(1)	1次/年
	马尾藻	TFWT、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 能谱分析	1(0)	1次/年
	秋茄、海虾、牡蛎 <sup>5)</sup>	TFWT、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 能谱分析	2(1)	1次/年

注: 1) 自动站均配备高压电离室和碘化钠晶体探测器, 自动气象观测装置。

2) 气溶胶监测, 沙螺寮和对照点自动站采用超大流量气溶胶采样仪采样, 其余自动站采用大流量气溶胶采样仪采样。沉降物监测采用干湿沉降采样仪采样, 收集面积为0.24m<sup>2</sup>。

3) 气溶胶和沉降物 $\gamma$ 能谱分析项目为 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{144}\text{Ce}$ 等放射性核素; 沉积物、潮间带土、土壤和生物 $\gamma$ 能谱分析项目为 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{144}\text{Ce}$ 等放射性核素; 水 $\gamma$ 能谱分析项目为 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{69}\text{Zn}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{124}\text{Sb}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{144}\text{Ce}$ 等放射性核素。

4) “a(b)”中a为防城港核电基地周围监测点位数, b为对照点点位数。

5) 松针和牡蛎为指示生物。

6) TFWT为组织自由水氟。

## 附录1.11 昌江核电基地周围环境监督性监测方案

监测对象	监测项目 <sup>3)</sup>	监测点位数 a(b) <sup>4)</sup>	监测(采样) 频次
空气吸收剂量率 <sup>1)</sup>	连续空气吸收剂量率	9(0)	连续
	累积剂量	30(0)	1次/季
空气	气溶胶 <sup>2)</sup>	总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $\gamma$ 能谱分析	3(1)
	气碘	$^{131}\text{I}$ 、 $^{133}\text{I}$	3(1)
	沉降物 <sup>2)</sup>	总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 能谱分析	3(1)
	降水	$^3\text{H}$ 、 $\gamma$ 能谱分析	3(1)
	水蒸汽	$^3\text{H}$	3(1)
	二氧化碳	$^{14}\text{C}$	3(1)
水体	水库水	总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $^3\text{H}$ 、 $\gamma$ 能谱分析	1(1)
	井水	总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $^3\text{H}$ 、 $\gamma$ 能谱分析	2(1)
	海水	$^3\text{H}$ 、 $\gamma$ 能谱分析	5(1)
		$^{90}\text{Sr}$	2(1)
	海底沉积物、潮间带土	$^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 能谱分析	1(1)
土壤	$^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 能谱分析	3(1)	
生物	叶菜、大米、甘薯、芒果	TFWT <sup>6)</sup> 、OBT <sup>6)</sup> 、 $^{14}\text{C}$ 、 $\gamma$ 能谱分析	2(1)
	木麻黄 <sup>5)</sup>	TFWT、OBT、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 能谱分析	2(1)
	鸡、羊	$\gamma$ 能谱分析	2(1)
	麒麟菜 <sup>5)</sup>	TFWT、OBT、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 能谱分析	2(1)
	海鱼、海虾	TFWT、OBT、 $^{14}\text{C}$ 、 $\gamma$ 能谱分析	1(1)
	海贝	TFWT、OBT、 $^{14}\text{C}$ 、 $\gamma$ 能谱分析	2(1)

注：1) 自动站均配备高压电离室和碘化钠晶体探测器，自动气象观测装置。

2) 气溶胶监测，鸡地自动站采用超大流量气溶胶采样仪采样，其余自动站采用大流量气溶胶采样仪采样。沉降物监测采用干湿沉降采样仪采样，收集面积为0.20m<sup>2</sup>。

3) 气溶胶和沉降物 $\gamma$ 能谱分析项目为 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{144}\text{Ce}$ 等放射性核素；沉积物、潮间带土、土壤和生物 $\gamma$ 能谱分析项目为 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{144}\text{Ce}$ 等放射性核素；水 $\gamma$ 能谱分析项目为 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{65}\text{Zn}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{124}\text{Sb}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{144}\text{Ce}$ 等放射性核素。

4) “a(b)”中a为昌江核电基地周围监测点位数，b为对照点点位数。

5) 木麻黄和麒麟菜为指示生物。

6) OBT为有机结合氚，TFWT为组织自由水氚。



## 附录2 监测方法、测量仪器和最小可探测浓度

环境辐射监测方法采用最新有效的国家标准和行业标准，各项目的监测方法和测量仪器见附表2-1、最小可探测浓度见附表2-2和附表2-3。

■ 附表2-1 监测方法和测量仪器

监测项目	监测对象 或类型	监测/分析方法	测量仪器
空气吸收 剂量率	连续监测	《环境地表 $\gamma$ 辐射剂量率测定规范》(GB/T 14583-93)	高压电离室
	累积测量	《个人和环境监测用热释光剂量测量系统》(GB/T 10264-2014)	热释光剂量测量系统
总 $\alpha$ 和总 $\beta$	气溶胶、沉降物、水	《水中总 $\alpha$ 放射性浓度的测定 厚源法》(EJ/T 1075-1998) 《水中总 $\beta$ 放射性测定 蒸发法》(EJ/T 900-94)	低本底 $\alpha/\beta$ 测量装置
氡	空气、降水、水	《水中氡的分析方法》(GB 12375-90)	低本底液闪谱仪
组织自水氡	生物	《水中氡的分析方法》(GB 12375-90)	低本底液闪谱仪
有机结合氡	生物	《水中氡的分析方法》(GB 12375-90) 《食品中放射性物质的检验 氡-3的测定》(GB 14883.2-94)	低本底液闪谱仪
$^{14}\text{C}$	空气、生物	《空气中 $^{14}\text{C}$ 的取样与测定方法》(EJ/T 1008-96)	低本底液闪谱仪
$^{125}\text{I}$ 、 $^{133}\text{I}$	空气	《空气放射性核素的 $\gamma$ 能谱分析方法》(WS/T 184-1999)	高纯锗 $\gamma$ 谱仪
$^{131}\text{I}$	空气	《空气中碘-131的取样与测定》(GB/T 14584-93) 《空气放射性核素的 $\gamma$ 能谱分析方法》(WS/T 184-1999)	高纯锗 $\gamma$ 谱仪
	牛奶	《牛奶中碘-131的分析方法》(GB/T 14674-93)	低本底 $\alpha/\beta$ 测量装置
$^{90}\text{Sr}$	气溶胶、沉降物	《土壤中锶-90的分析方法》(EJ/T 1035-2011)	低本底 $\alpha/\beta$ 测量装置
	水	《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》(GB 6766-86) 《水和生物样品灰中锶-90的放射化学分析方法》 (3二-(2-乙基己基)磷酸酯萃取色层法)(HJ 815-2016) <sup>1)</sup>	
	土壤	《土壤中锶-90的分析方法》(EJ/T 1035-2011)	
	生物	《生物样品灰中锶-90放射化学分析方法二—(2-乙基己基)磷酸酯萃取色层法》(GB 11222.1-89) 《水和生物样品灰中锶-90的放射化学分析方法》 (3二-(2-乙基己基)磷酸酯萃取色层法)(HJ 815-2016) <sup>1)</sup>	

■ 附表2-1 (续)

监测项目	监测对象 或类型	监测/分析方法	测量仪器
$^{137}\text{Cs}$	气溶胶	《生物样品灰中铯-137放射化学分析方法》(GB 11221-89) 《水和生物样品灰中铯-137的放射化学分析方法》(HJ 816-2016) <sup>1)</sup>	低本底 $\alpha/\beta$ 测量装置
	水	《水中铯-137放射化学分析方法》(GB 6767-86) 《水和生物样品灰中铯-137的放射化学分析方法》(HJ 816-2016) <sup>1)</sup>	
	生物	《生物样品灰中铯-137放射化学分析方法》(GB11221-89) 《水和生物样品灰中铯-137的放射化学分析方法》(HJ 816-2016) <sup>1)</sup>	
U	水	《水中微量铀分析方法》(GB 6768-86)	激光、荧光铀析仪
Th	水	《水中钍的分析方法》(GB 11224-89)	分光光度计
$^{226}\text{Ra}$	水	《水中镭-226的分析测定》(GB 11214-89) 《水中镭的 $\alpha$ 放射性核素的测定》(GB 11218-89)	氡钍分析仪、低本底 $\alpha/\beta$ 测量装置
$^{210}\text{Pb}$	气溶胶、生物	参照《水中铅-210的分析方法》(EJ/T 859-94)	低本底 $\alpha/\beta$ 测量装置
$^{210}\text{Po}$	气溶胶、生物	参照《水中钋-210的分析方法》(GB 12376-90) 参照《水中钋-210的分析方法》(HJ 813-2016) <sup>1)</sup>	$\alpha$ 谱仪
$\gamma$ 能谱	土壤	《土壤中放射性核素的 $\gamma$ 能谱分析方法》(GB/T 11743-2013)	高纯锗 $\gamma$ 谱仪
	气溶胶	《空气放射性核素的 $\gamma$ 能谱分析方法》(WS/T 184-1999)	
	沉降物	《高纯锗 $\gamma$ 能谱分析通用方法》(GB/T 11713-2015)	
	生物	《生物样品中放射性核素的 $\gamma$ 能谱分析方法》 (GB/T 16145-1995)	
	水	《水中放射性核素的 $\gamma$ 能谱分析方法》(GB/T 16140-1995)	
电磁辐射	综合场强	《电磁辐射监测仪器和方法》(HJ/T 10.2-1996)	射频辐射监测仪或频谱仪

注: 1) 2016年11月1日起实施, 同时旧的分析方法废止。

■ 附表2-2 核电基地周围环境监督性监测放化分析MDC

监测项目	监测对象	样品MDC
总 $\alpha$	陆地水	~20mBq/L
$^{90}\text{Sr}$	沉降物	~0.1mBq/m <sup>2</sup> ·d
	水	~0.5mBq/L
	生物	~2mBq/g·灰
	沉积物、潮间带土、土壤	~0.1Bq/kg
$^3\text{H}$	水	~1Bq/L
	空气(水蒸汽)	~20mBq/m <sup>3</sup>
组织自由水氚	乔木、草	~0.6Bq/kg·鲜
	粮食	~0.5Bq/kg·鲜
	叶菜	~0.8Bq/kg·鲜
	家禽家畜	~0.5Bq/kg·鲜
	海洋水生植物	~0.8Bq/kg·鲜
	动物水产品	~0.8Bq/kg·鲜
有机结合氚	乔木、草	~0.3Bq/kg·鲜
	粮食	~0.5Bq/kg·鲜
	叶菜	~0.05Bq/kg·鲜
	海洋水生植物	~0.05Bq/kg·鲜
	动物水产品	~0.1Bq/kg·鲜

■附表2-3 核电基地周围环境监督性监测 $\gamma$ 能谱分析MDC

监测对象	样品MDC											
	<sup>54</sup> Mn	<sup>59</sup> Co	<sup>60</sup> Co	<sup>65</sup> Zn	<sup>95</sup> Zr	<sup>110m</sup> Ag	<sup>124</sup> Sb	<sup>131</sup> I	<sup>133</sup> I	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>144</sup> Ce
气溶胶 ( $\mu$ Bq/m <sup>3</sup> )	~5.0	~5.0	~5.0	/	~5.0	/	/	~5.0	/	~5.0	~5.0	~30
气碘 (mBq/m <sup>3</sup> )	/	/	/	/	/	/	/	~0.30	~0.30	/	/	/
沉降物 (mBq/m <sup>2</sup> ·d)	~2.0	~2.0	~2.0	/	~2.0	/	/	~2.0	/	~2.0	~2.0	~10
陆地水 (mBq/L)	~2.0	~2.0	~2.0	~4.0	~4.0	~2.0	~2.0	/	/	~2.0	~2.0	~10
海水 (mBq/L)	~1.0	~1.0	~1.0	~2.0	~2.0	~1.0	~1.0	/	/	~1.0	~1.0	~10
沉积物、潮间带土、土壤 (Bq/kg·干)	~0.5	~0.5	~0.5	/	~1.0	~0.5	/	/	/	~0.5	~0.5	~4.0
未经耕作的产物(乔木、草等) (mBq/kg·鲜)	~20	~20	~20	/	~30	~20	/	/	/	~20	~20	~100
粮食(大米、甘薯、玉米等) (mBq/kg)	~10	~10	~10	/	~20	~10	/	/	/	~10	~10	~50
水果、蔬菜(叶菜、萝卜等) (mBq/kg·鲜)	~20	~20	~20	/	~30	~20	/	/	/	~20	~20	~80
家禽家畜(鸡、猪等) (mBq/kg·鲜)	~20	~20	~20	/	~30	~20	/	/	/	~20	~20	~80
海洋水生植物(石莼、麒麟菜等) (mBq/kg·鲜)	~30	~30	~30	/	~50	~30	/	/	/	~30	~30	~150
动物水产品(鱼、虾、贝等) (mBq/kg·鲜)	~20	~20	~20	/	~30	~20	/	/	/	~20	~20	~80

## 附录3 数据处理与评价

### 3.1 最小可探测浓度

最小可探测样品净计数 $LLD_N$ 的计算公式为:

$$LLD_N = (K_\alpha + K_\beta) S_N$$

式中,  $K_\alpha$  为显著性水平等于犯第 I 类错误的概率为  $\alpha$  时的标准正态变量的上侧分位数;  $K_\beta$  为显著性水平等于犯第 II 类错误的概率为  $\beta$  时的标准正态变量的上侧分位数;  $S_N$  为样品净计数的标准差。在一般环境监测中, 常有净计数比本底计数小得多, 而使样品总计数标准差  $S_{\text{总}}$  等于本底计数标准差  $S_b$ , 如果  $\alpha = \beta = 0.05$ , 即  $K_\alpha = K_\beta = 1.645$ , 则  $LLD_N$  为:

$$LLD_N = 2\sqrt{2}K_\alpha S_b = 4.65S_b$$

若样品测量时间  $t$  与本底测量时间  $t_b$  相等, 统计置信水平为 95%, 则最小可探测样品净计数率  $LLD_n$  为:

$$LLD_n = 4.65 \sqrt{\frac{n_b}{t_b}}$$

式中,  $n_b$  为本底计数率。

$LLD_n$  对应的样品放射性浓度称为最小可探测浓度 (简称 “MDC”), 由下式给出:

$$MDC = \frac{4.65}{\epsilon \rho m} \sqrt{\frac{n_b}{t_b}}$$

式中,  $\epsilon$  为探测效率;  $\rho$  为  $\gamma$  射线发射几率或化学回收率;  $m$  为被分析样品的质量 (或体积)。

当监测结果低于最小可探测浓度时, 用 “ND” 表示, 并注明 “ND” 表示未检出。

### 3.2 数据处理

#### 3.2.1 自动站空气吸收剂量率

(1) 自动站空气吸收剂量率均值包括 5 分钟、小时、日、月、年均值。其中 5 分钟均值由实时测量值计算得出, 小时均值由 5 分钟均值计算得出, 日均值由小时均值计算得出,

月均值由日均值计算得出，年均值由月均值计算得出。

(2) 自动站空气吸收剂量率5分钟均值的有效性规定为该5分钟内至少有测量时段3/4的测量数据；小时均值的有效性规定为该小时内至少有9个5分钟均值；日均值的有效性规定为当日至少有18个小时均值；月均值的有效性规定为当月至少有20个日均值；年均值的有效性规定为当年至少有9个月均值。

(3) 监测值保留小数点后1位，不扣除仪器对宇宙射线的响应值。

### 3.2.2 累积剂量

(1) 区域范围内多个监测点平均值的计算公式为：

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \bar{x}_j$$

式中： $\bar{x}$  为多个监测点的平均值； $\bar{x}_j$  为j监测点的平均值； $n$  为监测点的数目。

(2) 区域范围内多个监测点监测数据的最大值和最小值，为各监测点平均值的最大值和最小值。

(3) 监测值取3位有效数字，不扣除仪器对宇宙射线的响应值。

### 3.2.3 样品中放射性核素活度浓度

(1) 区域（流域）范围内多个监测点高于MDC监测值范围，当高于MDC样品数为1时，则范围为该样品的监测值。

(2) 监测值的有效数字根据分析方法和待测样品的浓度不同，一般取2位有效数字，同时监测值有效数字所能达到的位数不超过样品MDC的有效位数所能达到的位数。

### 3.2.4 电磁辐射水平

(1) 区域范围内多个监测点平均值的计算公式为：

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_j$$

式中： $\bar{x}$  为多个监测点的平均值； $x_j$  为j监测点的平均值； $n$  为监测点的数目。

(2) 监测值的有效数字一般取2位有效数字，同时监测值有效数字所能达到的位数不

超过仪器探测下限的有效位数所能达到的位数。

### 3.3 数据评价

全国辐射环境监测结果评价分为三类，分别为：1) 天然本底水平判断；2) 人工放射性核素异常判断；3) 相关标准限值比较，评价方法见附表3-1。

#### 3.3.1 自动站空气吸收剂量率

当自动站空气吸收剂量率小时均值超当地天然本底涨落范围，对以下影响监测值的因素进行调查：①监测和数据采集等设备故障、性能变化或受外界干扰；②降雨（雪）、潮汐等自然因素引起的变化；③土壤、道路、植被、水体和建筑物等周围环境条件的变化。

排除上述因素的影响，则进一步对以下影响监测值的因素进行排查：①核设施运行状况；②核与辐射事件；③核试验、医疗照射、核技术应用、NORM等其他人为活动。

如有必要，则开展专项调查监测，以评估对公众健康的影响。

#### 3.3.2 累积剂量

若累积剂量测得的空气吸收剂量率小时均值超当地天然本底涨落范围，对以下影响监测值的因素进行调查：①测量仪器的性能、测量方法等测量条件的变化；②降雨（雪）等自然因素引起的变化；③土壤、道路、水体和建筑物等周围环境条件的变化。

排除上述因素的影响，则进一步对以下影响监测值的因素进行排查：①核设施运行状况；②核与辐射事件；③核试验、医疗照射、核技术应用、NORM等其他人为活动。

如有必要，则开展专项调查监测，以评估对公众健康的影响。

#### 3.3.3 样品中放射性核素活度浓度

当样品中放射性核素活度浓度高于本底水平、出现异常、或超相关标准限值，对以下影响监测值的因素进行调查：①样品的采集与运输、前处理方法、测量仪器的性能、测量方法等测量条件的变化；②雾霾、沙尘、降雨（雪）、水文参数等自然因素引起的变化；③施工、植被等周围环境条件的变化。

排除上述因素的影响，则进一步对以下影响监测值的因素进行排查：①核设施运行状况；②核与辐射事件；③核试验、医疗照射、核技术应用、NORM等其他人为活动。

如有必要，则开展专项调查监测，以评估对公众健康的影响。

### 3.3.4 环境电磁辐射

当综合电场强度监测值超《电磁环境控制限值》中规定的控制限值，对以下影响监测值的因素进行调查：①测量仪器的性能、测量方法等测量条件的变化；②自然因素引起的变化；③周围环境的變化；④电磁辐射设施运行状况等。如有必要，则开展专项调查监测，以评估对公众健康的影响。

■附表3-1 监测结果评价方法

评价结论	监测对象	监测项目	评价对象	评价结论
处于当地天然本底涨落范围内	空气吸收剂量率	连续空气吸收剂量率	小时均值	①
		累积剂量	小时均值	②
处于天然本底水平	空气	总 $\alpha$ 、总 $\beta$ ； 天然放射性核素： $^7\text{Be}$ 、 $^{210}\text{Pb}$ 、 $^{210}\text{Po}$	样品测量值	③
	水	总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 天然放射性核素：U、Th、Ra	样品测量值	③ ④
	土壤	天然放射性核素： $^{238}\text{U}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{226}\text{Ra}$	样品测量值	④
	生物	天然放射性核素： $^{210}\text{Pb}$ 、 $^{210}\text{Po}$	样品测量值	③
未见异常	空气、水体、土壤、生物	人工放射性核素： $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ ； 其他核素： $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$	样品测量值	③
		除 $^{137}\text{Cs}$ 外其他人工 $\gamma$ 放射性核素	样品测量值	⑤
低于相关标准的限值	饮用水水源地水、 饮用地下水、自来水	总 $\alpha$ 、总 $\beta$	样品测量值	⑥
	海水	$^{90}\text{Sr}$ 、 $^{137}\text{Cs}$	样品测量值	⑦
	环境电磁	综合电场强度	频率范围为30 ~3000MHz的综合 电场强度测量值	⑧

附表3-1中所列的评价方法原则上分别为：

①排除降雨（雪）等自然因素的影响，低于该站点历年测量值的平均值（ $M$ ）+ 3倍标准偏差（ $\sigma$ ）。

②处于该点位历年测量值的平均值（ $M$ ） $\pm$  3倍标准偏差（ $\sigma$ ）的范围内，当历年监测值数目小于6，处于该核电基地运行前本底调查测量值范围内。

③处于全国辐射环境质量监测的历年测量值范围内，或处于全国核电基地运行前本底



调查的测量值范围内，或处于全国运行核电基地周围环境监督性监测对照点历年测量值范围内。

④其中，地下水处于全国辐射环境质量监测的历年测量值范围内；江河水处于1983~1990年全国环境天然放射性水平调查所在江河流域水的测量值范围内；湖库水处于1983~1990年全国环境天然放射性水平调查全国范围湖库水的测量值范围内；海水处于1983~1990年全国环境天然放射性水平调查全国近岸海域海水的测量值范围内；土壤处于1983~1990年全国环境天然放射性水平调查所在省份土壤的测量值范围内。

⑤低于MDC。

⑥低于《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2006）规定的放射性指标指导值：总 $\alpha$ 为0.5Bq/L，总 $\beta$ 为1.0Bq/L。

⑦低于《海水水质标准》（GB 3097-1997）规定的限值：锶-90为4000mBq/L，铯-137为700mBq/L。

⑧低于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中规定的相应频率范围公众曝露控制限值12V/m。

上述评价方法在进行历年测量值统计时，因自然因素外各种原因引起的高于本底水平的监测值不参与统计，数据收集期限为2011年~2015年。

## 附录4 名词解释

**(电离)辐射:** 在辐射防护领域,指能在生物物质中产生离子对的辐射。

**照射(受照):** 暴露于电离辐射之下。

**内照射:** 进入体内的放射性核素作为辐射源对人体的照射。

**外照射:** 体外辐射源对人体的照射。

**核素:** 具有特定质量数、原子序数和核能态,而且其平均寿命长得足以被观察到的一类原子。

**关键核素:** 在某一给定实践所涉及的对人体产生照射的各种核素中具有最重要意义的核素。

**放射性:** 某些核素自发地放出粒子或 $\gamma$ 射线,或在轨道电子俘获后放出X射线,或发生自发裂变的性质。

**放射性核素:** 具有放射性的核素。

**天然放射性核素:** 天然存在的放射性核素。

**人工放射性核素:** 由人工产生的放射性核素。

**放射性落下灰或放射性沉降物:** 在核爆炸后形成的或核设施等释放所形成的、在重力等力作用下逐渐沉降的含有放射性物质的微尘。

**放射性气溶胶:** 含有放射性核素的固体或液体微小颗粒在空气或其他气体中形成的分散系。

**核裂变:** 一个重原子核分裂成两个(在少数情况下,可分成三个或更多个)质量为同一量级的碎片的现象。通常伴随发射中子及 $\gamma$ 射线,在少数情况下也发射轻带电粒子。

**裂变产物:** 核裂变产生的放射性核素,如氪-85、铯-90、铯-137、碘-131等。

**活化产物:** 通过活化产生的放射性核素,如碳-14、氚-41等。

**本底(计数):** 在没有被测辐射源存在的条件下,测量装置的固有计数。这些计数来自宇宙射线、周围环境中的放射性物质和探测器本身的放射性污染等。

**本底调查:** 在新建核设施投料或装料运行之前、或在某项核实践开始之前,对特定区域的环境本底放射性进行的系统测量。

**食物链:** 任何物质(包括放射性落下灰和核企业排放的放射性物质)从最初将其吸收的生物体经环境中有关的植物、动物依次转移而最终被人所食入的途径。

**指示生物:** 在生物界中,能够高度浓集环境中的放射性物质的生物。

**核设施:** 以需要考虑安全问题的规模生产、加工、利用、操作、贮存或处置放射性物质的设施。

**(气、液态)流出物:** 实践中源(主要是核设施、核技术利用设施、铀(钍)矿和人为活动引起的天然放射性照射明显增高设施)向环境排放的满足国家相关的排放标准要求并获得监管部门批准的含有极少量放射性物质的气态流和液态流。

**电磁辐射:** 能量以电磁波形式通过空间传播的现象。

**电场强度:** 用来表示电场中各个点电场的强弱和方向的物理量,是一个矢量。电场的强弱可由单位电荷在电场中所受力的大小来表示。电场强度的单位为伏特每米(V/m)。

**(放射性)活度:** 一定量的放射性核素在一个很短的时间间隔内发生的核衰变量除以该时间间隔。亦称衰变率。放射性活度的单位为贝可[勒尔],符号为Bq,表示每秒1次,即 $1\text{Bq}=1\text{s}^{-1}$ 。以

前用居里表示,  $1\text{Ci}=3.7 \times 10^{10}\text{Bq}$ 。

**半衰期:** 放射性核素由于放射性衰变使其活度衰减到一半所经过的时间。单位可为秒 (s)、天 (d) 或年 (a) 等。

**贝可[勒尔] (Bq):** 放射性活度的国际单位制单位专名,  $1\text{Bq}=1\text{s}^{-1}$ 。

**戈(瑞) (Gy):** 吸收剂量、比释动能和比(授与)能的国际单位制单位专名,  $1\text{Gy}=1\text{J/kg}$ 。

**剂量:** 某一对象所接受或“吸收”的辐射的一种量度。

**有效剂量:** 是对剂量的量度, 用以反映该剂量可能导致的辐射危害的大小, 单位为希沃特 (Sv)。一般情况下, 实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的年有效剂量的限值为  $1\text{mSv}$ 。  $1\text{Sv}=1\text{J/kg}$ 。

**限值:** 在规定的活动中或情况下所使用的某个量的不得超过的值。

**剂量限值:** 受控实践使个人所受到的有效剂量或当量剂量不得超过的值。

**剂量约束:** 对源可能造成的个人剂量预先确定的一种限制, 它是源相关的, 被用作对所考虑的源进行防护和安全最优化时的约束条件。对于公众照射, 剂量约束是公众成员从一个受控源的计划运行中接受的年剂量的上界。

**源:** 为了放射防护的目的能够作为一个整体进行优化的实体。它表示任何导致某个人或某一组人受到潜在的可计量的辐射剂量的物理实体。它可以是一个物理的源(如放射性物质或X射线机), 也可以是一个设施(如一所医院或一座核电厂), 或具有相似特征的物理源组(本底或环境照射)。

**照射途径:** 放射性物质能够到达或者照射人体的途径。

**核事故:** 因链式反应失控或放射性物质外泄失控而造成的突发性意外事件或事件序列。

**NORM:** 即天然存在的放射性物质 (naturally occurring radioactive material) 的英文缩写。指含有天然放射性核素的非铀/钍矿物质, 如来自某些稀土矿、磷矿、油/气田物质。

## 附录5 符号说明

-: 表示不适用。

/: 表示监测方案未要求开展监测。

ND: 表示未检出。

n: 表示全年高于MDC样品数。

m: 表示全年总样品数。

MDC: 表示最小可探测浓度。