

ANNUAL REPORT OF THE NATIONAL  
RADIATION ENVIRONMENT

# 2013 全国辐射环境 质量报告

---

中华人民共和国环境保护部



# 2013 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。

本报告包括全国辐射环境质量监测结果以及秦山核电基地、大亚湾/岭澳核电厂、田湾核电站和红沿河核电厂周围辐射环境监督性监测结果。数据均来源于国家辐射环境监测网，未包括台湾省、香港和澳门特别行政区。根据《2013年全国辐射环境监测方案》，全国辐射环境自动监测站空气吸收剂量率连续自动监测和气溶胶监测覆盖了94个地级及以上城市；沉降物和空气氟化水监测覆盖了直辖市和省会城市；地表水、地下水和饮用水源地监测覆盖了每个省（区、市）；土壤监测覆盖了177个地级及以上城市；电磁辐射监测覆盖了直辖市和省会城市。核电厂周围辐射环境监督性监测，主要根据运行核电厂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《2013年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。监测的重点是观察核电厂释放的人工放射性核素在环境中的变化规律，通过与核电厂运行前的辐射本底水平或对照点的参考水平对比，监督核电厂运行对周围环境所产生的即时影响或长期累积趋势影响。

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）、《辐射环境监测技术规范》（HJ/T 61-2001）、《电磁辐射防护规定》（GB 8702-88）、《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）、《食品中放射性物质限制浓度标准》（GB 14882-1994）。

监测结果表明：2013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，运行核电厂周围环境电离辐射水平总体未见明显变化，环境电磁辐射质量总体良好。

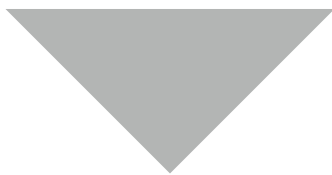
# 目 录

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 1 环境电离辐射的来源及其照射 ..... | 01 |
| 1.1 天然辐射源 .....       | 02 |
| 1.2 人工辐射源 .....       | 04 |
| 1.3 辐射照射的途径 .....     | 07 |
| 2 辐射环境监测概况 .....      | 08 |
| 2.1 辐射环境监测目的 .....    | 09 |
| 2.2 辐射环境质量监测 .....    | 09 |
| 2.3 核电厂监督性监测 .....    | 11 |
| 2.4 监测方法与仪器 .....     | 11 |
| 2.5 质量控制 .....        | 11 |
| 2.6 数据统计与处理 .....     | 12 |
| 3 辐射环境质量监测结果 .....    | 13 |
| 3.1 监测结果概要 .....      | 14 |
| 3.2 空气吸收剂量率 .....     | 14 |
| 3.3 大气 .....          | 23 |
| 3.4 水 .....           | 31 |
| 3.5 土壤 .....          | 49 |
| 3.6 电磁辐射水平 .....      | 55 |

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 4 运行核电厂周围辐射环境监督性监测结果 ..... | 56 |
| 4.1 监测结果概要 .....           | 57 |
| 4.2 秦山核电基地 .....           | 58 |
| 4.3 大亚湾/岭澳核电厂.....         | 70 |
| 4.4 田湾核电站 .....            | 78 |
| 4.5 红沿河核电厂 .....           | 86 |
| 5 附录 .....                 | 93 |
| 5.1 监测方法和测量仪器 .....        | 94 |
| 5.2 数据的统计与处理 .....         | 95 |
| 5.3 名词解释 .....             | 97 |
| 5.4 符号说明 .....             | 98 |



# 1 环境电离辐射的来源及其照射

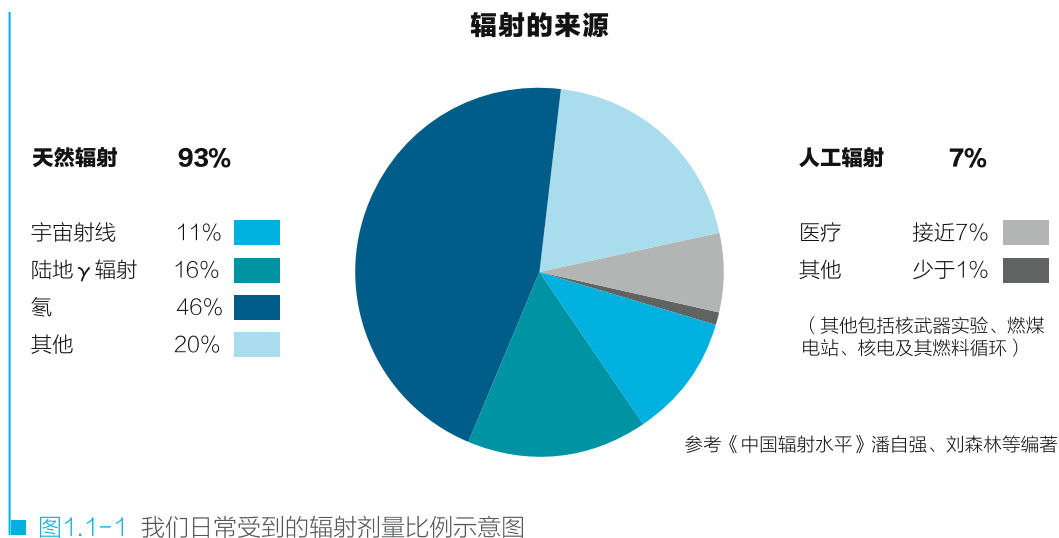




环境电离辐射按来源可以分为两大类，即天然辐射源与人工辐射源。

## 1.1 天然辐射源

天然辐射照射具有持续性的和不可避免的特征。天然辐射源主要包括：进入地球大气层的高能宇宙射线粒子和地壳中原生的、在环境中到处都存在的、包括人自身体内也存在的放射性核素。公众所受的电离辐射照射中，绝大部分来自天然辐射源的照射。全球天然辐射源所致个人年有效剂量平均值为2.4mSv（典型范围为1~10mSv），我国天然辐射源所致个人年有效剂量平均值大约为3.1mSv，我们日常受到的辐射剂量比例示意图见图1.1-1。（资料来源：联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）2000年报告和《中国辐射水平》）



### 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。

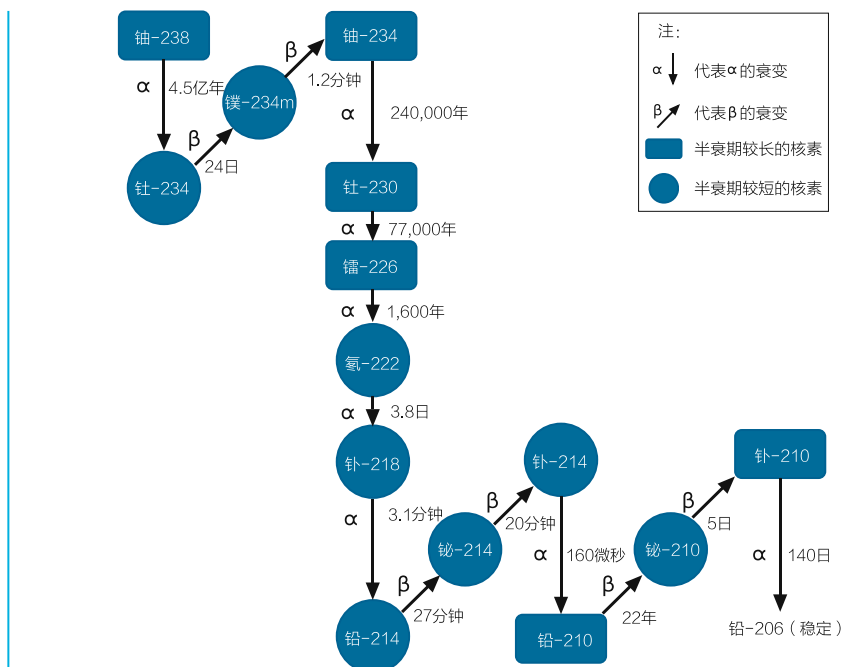
宇生放射性核素主要是由宇宙射线与大气层中的核素相互作用产生的，其次是由宇宙射线与地表中核素相互作用产生的。在这些核素中，对公众剂量有明显贡献的是碳-14、氚、钠-22和铍-7，其中碳-14、氚和钠-22也是人体组织所含核素的同位素。表1.1-1列出了这几种宇生放射性核素的特性。其产生年有效剂量最大的是碳-14，但也仅占全球天然辐射源所致个人年有效剂量的0.58%。目前我国已开展监测的宇生放射性核素包括碳-14、氚和铍-7。

■ 表1.1-1 主要宇生放射性核素的特性

| 核素               | 半衰期    | 全球存量/ $10^{12}\text{Bq}$ | 年有效剂量/ $\mu\text{Sv}$ |
|------------------|--------|--------------------------|-----------------------|
| $^3\text{H}$     | 12.33年 | 1275                     | 0.01                  |
| $^7\text{Be}$    | 53.29天 | 413                      | 0.03                  |
| $^{14}\text{C}$  | 5730年  | 12750                    | 12                    |
| $^{22}\text{Na}$ | 2.002年 | 0.44                     | 0.15                  |

### 1.1.2 原生放射性核素

原生放射性核素指地球上原生的、环境（水、大气、土壤等）中到处存在的，包括人体内的放射性核素。由宇宙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。目前国家辐射环境监测网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 人为活动引起公众天然辐射照射的变化

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。但因人为活动而导致天然存在的放射性物质的活度浓度增加或放射性核素分布发生了改变，使得工作场所或周围环境的辐射水平升高（简称为NORM），从而引起公众辐射照射的增加。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审管部门的规定时，需要进行审管控制。如，工业上使用许多含有天然放射性的不同类型原材料，这些原料被开采、运输以及加工，以便使用。伴随的后果是放射性核素进入空气和水，最后对公众形成照射。又如，乘坐飞机增加公众的天然辐射照射。引起天然辐射水平增加的人为活动主要有：矿山开采、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。

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 人工辐射源

人工辐射源对公众的照射，尽管其远小于天然辐射源的照射，但却是公众关注的焦点。人工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。

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、铯-90、碘-131、碘-133、铯-134和铯-137等。

### 1.2.1 医疗照射

电离辐射已在医学领域获得广泛应用，并成为医学诊断和治疗的重要工具。电离辐射在医学诊断和治疗中应用对公众产生的医疗照射是公众接受的最大的人工辐射源照射。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。

### 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他放射性核素，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（如铯-90和铯-137）以及氙和碳-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；核电厂的运行；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报告数据，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厂。核电厂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、安全水平达到很高水平。核电厂在正常运行条件下，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、铯及其他核素。关键核素可能因堆型和设计特征而有所不同。在我国任何厂址的所有核电厂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。核电厂还必须按每堆实施流出物年排放总量的控制。截至2013年底，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级及以上事件和事故，气载和液态流出物排放远低于国家标准规定的控制值。截止2013年底我国拟建、在建和运行核电厂分布图见图1.2-1。

在核电站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；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，福岛核事故的释放量低于后者一个量级。核事故中人工放射性核素向环境的释放，成为公众照射的一部分。

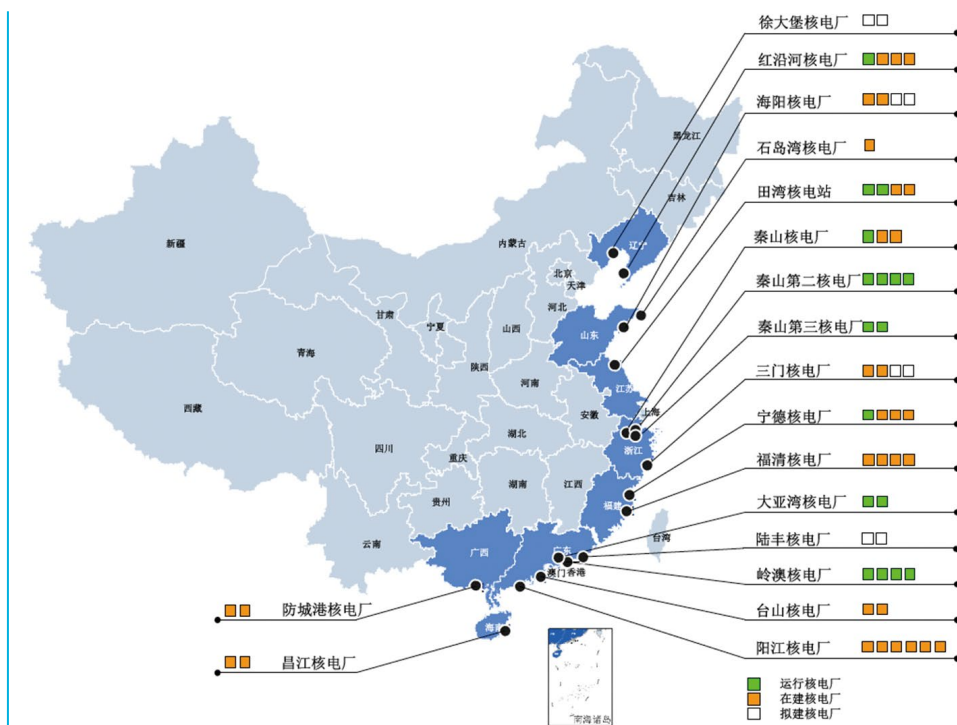


图1.2-1 我国拟建、在建和运行核电厂分布图

### 1.2.4 核与辐射技术在其它领域的应用

辐射技术是利用放射源、射线装置等作为辐射源的现代技术，在我国它被广泛地应用在工业、农业、环境保护、医疗卫生、科学研究以及其它方面。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条件，通常，辐射应用过程中工作场所之外的辐射照射水平一般会远低于可测量水平。

### 1.3 辐射照射的途径

人体接受辐射照射的途径主要包括外照射和内照射。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类照射的外照射场。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。

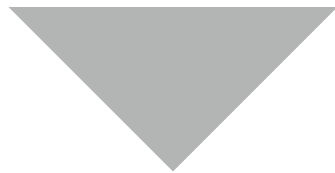
在放射性核素进入环境后，食入照射与外照射通常是主要途径和持续来源。



■ 图1.3-1 辐射照射途径示意图



## 2 辐射环境监测概况



## 2.1 辐射环境监测目的

各种辐射环境监测的目的如下：

### ①空气吸收剂量率：

自动站连续测量-实时测量固定监测点空气吸收剂量率的连续变化值，对环境水平的任何非预期增加给出警告，并可提供对人体造成的外照射信息。

累积测量-通过布设热释光剂量计测出一定间隔时间内环境辐射场的累积剂量值，并依据累积剂量值和布设的时间间隔计算出空气吸收剂量率，提供一定间隔时间内对人体造成的外照射信息。

②气溶胶、空气氟化水、空气中碳-14等：提供吸入空气中的放射性核素所造成的吸入内照射信息。

③沉降物：掌握大气中放射性核素的沉降量，推断环境中放射性核素的来源。

④饮用水：提供饮水所造成的食入内照射信息。

⑤地表水（非饮用）、海水：指示放射性核素向水生植物和水生动物转移的可能性。

⑥地下水（非饮用）：可作为核与辐射设施环境管理是否满意的指示。

⑦土壤、沉积物：反映环境中放射性核素的累积沉降状况。

⑧生物：包括陆生植物（谷物、蔬菜、草、松针、茶叶）、陆生水生生物（鲫鱼、鲢鱼）、家禽家畜（鸡、羊、猪）、牛奶、海洋生物（鱼、藻类、贝类）等，提供摄入食物所造成的食入内照射信息。

⑨指示生物：反映环境中放射性核素的累积状况和变化趋势，同时可补充摄入食物所造成的食入内照射信息。

⑩电磁辐射：反映环境中的电磁辐射水平，提供对电磁辐射实行有效环境管理的信息。

## 2.2 辐射环境质量监测

国家辐射环境监测网在全国各地设有辐射环境自动监测站，可连续监测环境空气吸收剂量率，其中部分自动站可连续监测相关气象参数。自动站数据通过通讯网络传送至省级和全国数据中心，监控环境辐射水平的变化和自动站运行状况，可对异常监测数据进行报警，报警示意图见图2.2-1。





■ 图2.2-1 全国辐射环境监测系统异常数据报警

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，除了辐射环境自动监测站的在线连续监测外，辐射环境监测最主要的任务是采集不同环境介质样品进行实验室分析。

国家辐射环境监测网在全国布设了数百个辐射环境质量采样监测点，样品采集后由经过计量认证的省级辐射环境监测机构的实验室进行分析。采样包括不同的环境介质，其中大气环境有气溶胶、沉降物、水汽；陆地环境有江河水、湖库水、饮用水源地水、地下水、土壤；海洋环境有海水。

## 2.3 核电厂周围辐射环境监督性监测

根据核电厂的环境影响特征以及周围自然环境和社会环境状况，在核电厂厂区边界、地面最大浓度处、关键居民点布设辐射环境自动监测站和大气环境监测点；在地面最大浓度处、厂界周围20公里范围内8个方位角布设陆地辐射监测点；根据核电厂周围近岸海域海流、潮汐状况，在液态流出物排放口周围设置海洋环境监测点。海洋环境着重于加强对放射性核素具有浓集作用的指示生物（如藻类、贝壳类等）的监测；在可能受影响的河流、水库、饮用水源地、地下水布设陆地水环境监测点；在厂界10公里范围内16个方位角布设土壤监测点。同时布设各种环境介质对照点。核电厂周围辐射环境监督性监测的重点是观察核电厂释放的人工放射性核素在环境中的变化规律，通过与核电厂运行前的辐射本底水平或对照点的参考水平对比，监督核电厂运行对周围环境所产生的即时影响或长期累积趋势影响，估算核电厂放射性物质排放对周围公众附加的有效剂量。

## 2.4 监测、分析方法与仪器

辐射环境监测方法采用最新有效的国家标准和行业标准，各监测项目的监测、分析方法和仪器见附录5.1。

## 2.5 质量控制

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，加强和实验室内部的质量控制和实验室考核，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控制措施见表2.5-1。

■ 表2.5-1 辐射环境监测的质量控制措施

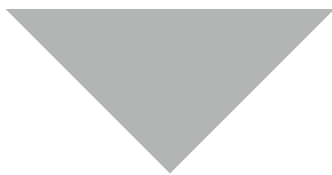
| 质量控制措施    | 内容  |
|-----------|---|
| 管理体系      | 31家成员单位通过计量认证,其中5家成员单位通过国家实验室认可。2010-2013年环境保护部对31家成员单位进行内部监测能力评估,确保各成员单位的人员、实验环境、仪器设备、质量管理等方面,满足辐射环境监测要求。                      |
| 人员资质      | 成员单位共915名监测人员具有辐射监测上岗证,保证所有从事监测活动的人员持证上岗。   |
| 人员培训和考核   | 定期举办各类辐射环境监测技术培训班,培训包括新进人员或岗位轮换人员的上岗培训和考核;标准、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。   |
| 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,并进行定期期间核查。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,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   | 按照监测方案的监测项目、采样点位、频次、时间和采样技术规范要求进行采样,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 | 包括方法的确认、仪器设备校验、空白实验、探测下限的测量、校准曲线的绘制和检验、平行样分析、加标样和盲样分析、绘制质量控制图等。   |
| 实验室外部质量控制 | 各成员单位间采用能力验证、比对测量和质量控制考核,并与国内外非成员单位实验室进行能力验证和比对测量。  |

## 2.6 数据统计与处理

数据的统计与处理方法见附录5.2。



### 3 辐射环境质量监测结果



### 3.1 监测结果概要

2013年，全国辐射环境质量总体良好。

1、辐射环境自动监测站实时连续空气吸收剂量率均在当地天然本底水平涨落范围内。

2、气溶胶总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 和 $\gamma$ 放射性核素活度浓度，沉降物总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 和 $\gamma$ 放射性核素日沉降量，空气中氟化水活度浓度均为正常环境水平。

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）人工放射性核素活度浓度与历年相比未见明显变化，天然放射性核素活度浓度与1983~1990年全国环境天然放射性水平调查结果处于同一水平。开展监测的城市地下水中总 $\alpha$ 和总 $\beta$ 活度浓度、天然放射性核素铀和钍浓度、镭-226和钾-40活度浓度与历年相比未见明显变化，为正常环境水平。开展监测的省会城市集中式饮用水源地水中总 $\alpha$ 和总 $\beta$ 活度浓度均低于《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2006）规定的放射性指标指导值。近岸海域海水中人工放射性核素铯-90和铯-137活度浓度均低于《海水水质标准》（GB 3097-1997）规定的限值。

4、土壤中人工放射性核素活度浓度与历年相比未见明显变化，天然放射性核素活度浓度与1983~1990年全国环境天然放射性水平调查结果处于同一水平。

5、环境电磁综合场强均远低于《电磁辐射防护规定》（GB 8702-88）中有关公众照射参考导出限值。

### 3.2 空气吸收剂量率

全国辐射环境监测系统在94个地级及以上城市设有130个辐射环境自动监测站，点位分布见图3.2-1。自动站的探测器均为高压电离室，实时连续监测环境空气吸收剂量率，其中分布在直辖市、省会城市和青岛市的32个自动站还配置有自动气象观测装置，可对风向、风速、温度、湿度、气压、雨量、感雨进行实时连续监测，自动站的配置见图3.2-2。2013年全国辐射环境监测系统自动站监测结果见表3.2-1。

由表可见，各省（区、市）130个自动站除因监测设备、供电等故障，数据获取率低于统计原则的要求，未能进行年均值统计的自动站外，其余112个自动站空气吸收剂量率排除降雨等自然因素的影响，未见明显变化，按站点统计年均值范围为（56.6~183.6）nGy/h，平均值为88.0nGy/h，均在当地的天然本底水平涨落范围内。

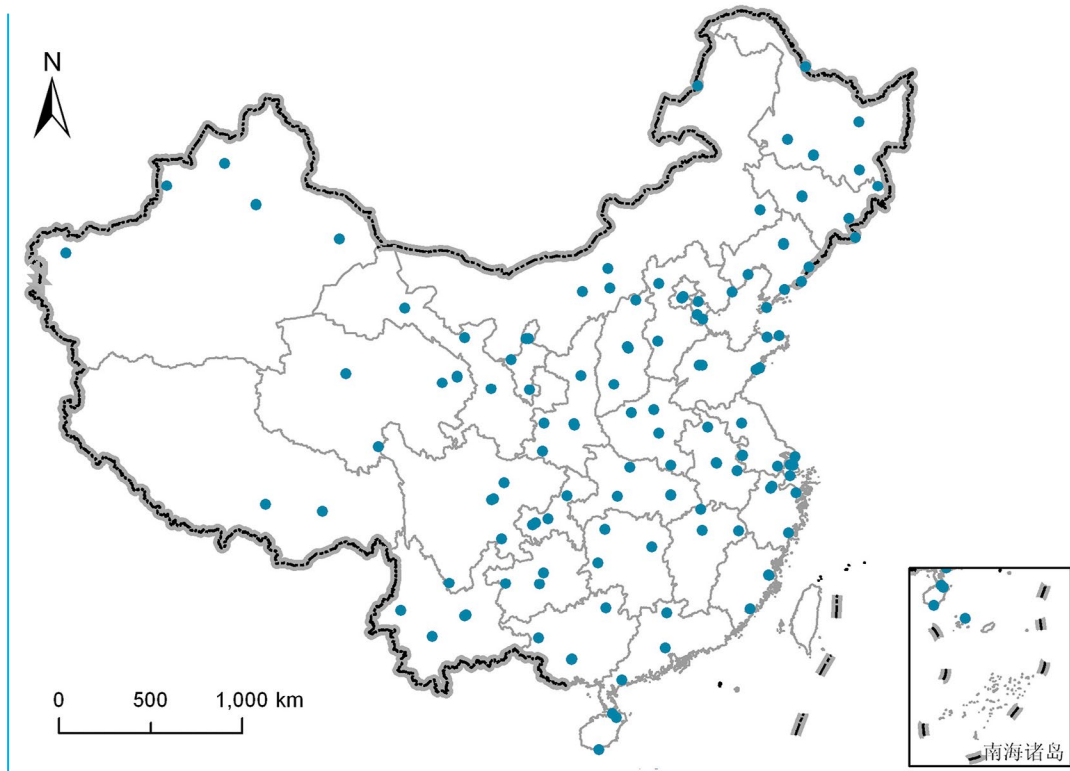


图3.2-1 辐射环境自动监测站布点示意图



图3.2-2 辐射环境自动监测站配置图

■ 表3.2-1 辐射环境自动监测站空气吸收剂量率监测结果

| 序号 | 省(区、市) | 所在地市(区) | 自动站名称      | 空气吸收剂量率 <sup>1)</sup> (nGy/h) |                 |                 |
|----|--------|---------|------------|-------------------------------|-----------------|-----------------|
|    |        |         |            | 小时均值<br>最小值                   | 小时均值<br>最大值     | 年均值             |
| 1  | 北京     | 海淀区     | 万柳中路站      | 85.2                          | 128.7           | 91.2            |
| 2  |        | 朝阳区     | 奥林匹克森林公园站  | 71.6                          | 164.1           | 79.1            |
| 3  | 天津     | 南开区     | 复康路站       | 63.1                          | 100.6           | 67.2            |
| 4  |        | 宝坻区     | 建设路站       | 55.8                          | 101.8           | 68.3            |
| 5  |        | 大港区     | 世纪大道站      | - <sup>2)</sup>               | - <sup>2)</sup> | - <sup>2)</sup> |
| 6  | 河北     | 石家庄     | 省辐射站       | 75.3                          | 119.3           | 85.4            |
| 7  |        |         | 槐岭路站       | 65.3                          | 145.2           | 72.8            |
| 8  |        | 张家口     | 纬一路站       | -                             | -               | -               |
| 9  |        | 秦皇岛     | 秦皇东大街站     | 67.3                          | 105.3           | 74.0            |
| 10 | 山西     | 太原      | 省环保局站      | 88.0                          | 129.6           | 97.1            |
| 11 |        |         | 长治路站       | 75.9                          | 169.7           | 90.4            |
| 12 |        | 临汾      | 鼓楼大街站      | 38.5                          | 107.5           | 81.9            |
| 13 |        | 大同      | 魏都大道站      | 80.2                          | 130.8           | 109.9           |
| 14 | 内蒙古    | 呼和浩特    | 内蒙古环境监测中心站 | 97.2                          | 147.7           | 108.8           |
| 15 |        |         | 环境监测站      | 90.7                          | 122.8           | 99.7            |
| 16 |        | 包头      | 标准站        | 105.4                         | 179.1           | 113.1           |
| 17 |        | 通辽      | 环境监测站      | -                             | -               | -               |
| 18 |        | 呼伦贝尔    | 环境监测站      | -                             | -               | -               |

注：1) 未扣除宇宙射线响应值，续表同；

2) “-”表示该自动站因监测设备、供电等故障，数据获取率低于统计原则的要求，未能进行该统计项统计，续表同。

■ 表3.2-1 (续)

| 序号 | 省(区、市) | 所在地(区) | 自动站名称    | 空气吸收剂量率 <sup>1)</sup> (nGy/h) |             |       |
|----|--------|--------|----------|-------------------------------|-------------|-------|
|    |        |        |          | 小时均值<br>最小值                   | 小时均值<br>最大值 | 年均值   |
| 19 | 辽宁     | 沈阳     | 皇姑站      | -                             | -           | -     |
| 20 |        |        | 浑南站      | 70.2                          | 150.5       | 77.9  |
| 21 |        | 大连     | 西岗站      | 60.0                          | 112.0       | 72.3  |
| 22 |        |        | 庄河站      | 74.3                          | 165.9       | 90.1  |
| 23 |        | 丹东     | 元宝站      | 84.5                          | 135.7       | 98.7  |
| 24 |        |        | 宽甸站      | 82.2                          | 133.8       | 92.4  |
| 25 |        | 葫芦岛    | 龙港站      | 74.4                          | 122.6       | 79.7  |
| 26 | 吉林     | 长春     | 卫星路站     | 67.5                          | 99.7        | 81.2  |
| 27 |        |        | 青年路站     | 58.7                          | 92.4        | 75.3  |
| 28 |        | 延边州    | 珲春圈河站    | 54.1                          | 88.7        | 68.7  |
| 29 |        | 白山     | 长白山北山门站  | 67.9                          | 146.2       | 90.9  |
| 30 |        |        | 长白县长白大街站 | 75.5                          | 121.9       | 93.5  |
| 31 | 黑龙江    | 哈尔滨    | 黑龙江省站    | 97.3                          | 150.6       | 106.6 |
| 32 |        |        | 南直路站     | 67.0                          | 111.0       | 73.1  |
| 33 |        | 黑河     | 卡伦山村站    | 59.1                          | 112.0       | 70.7  |
| 34 |        | 佳木斯    | 江心岛站     | 71.1                          | 124.7       | 79.7  |
| 35 |        | 大庆     | 黑鱼湖水厂站   | -                             | -           | -     |
| 36 |        | 牡丹江    | 十二条站     | 68.0                          | 141.9       | 83.7  |
| 37 | 上海     | 浦东新区   | 张江站      | 86.8                          | 138.0       | 92.6  |
| 38 |        | 普陀区    | 沪太路站     | 51.9                          | 99.2        | 71.2  |
| 39 |        | 金山区    | 临桂路站     | 46.7                          | 111.0       | 68.1  |
| 40 |        | 崇明县    | 汲浜路站     | 78.0                          | 147.0       | 83.5  |
| 41 | 江苏     | 南京     | 莫愁湖公园站   | 60.7                          | 119.6       | 77.7  |
| 42 |        |        | 新城科技园站   | 71.8                          | 119.0       | 79.5  |
| 43 |        | 苏州     | 独墅湖站     | 80.7                          | 121.7       | 95.3  |
| 44 |        | 淮安     | 清河站      | 69.2                          | 120.1       | 73.1  |
| 45 | 浙江     | 杭州     | 省辐射站     | 103.4                         | 147.0       | 108.6 |
| 46 |        |        | 三义村站     | 74.9                          | 158.5       | 80.5  |
| 47 |        | 宁波     | 宝善路站     | 79.1                          | 115.5       | 84.1  |
| 48 |        | 温州     | 会展路站     | 82.7                          | 144.4       | 87.1  |



■ 表3.2-1 (续)

| 序号 | 省(区、市) | 所在地(区) | 自动站名称  | 空气吸收剂量率 <sup>1)</sup> (nGy/h) |             |       |
|----|--------|--------|--------|-------------------------------|-------------|-------|
|    |        |        |        | 小时均值<br>最小值                   | 小时均值<br>最大值 | 年均值   |
| 49 | 安徽     | 合肥     | 长江西路   | 87.8                          | 144.0       | 100.1 |
| 50 |        |        | 怀宁路站   | 73.2                          | 140.8       | 77.3  |
| 51 |        | 宿州     | 淮河路站   | 78.3                          | 145.1       | 90.6  |
| 52 |        | 芜湖     | 赭山路站   | 49.2                          | 100.4       | 64.3  |
| 53 | 福建     | 福州     | 晋安区茶园站 | 106.5                         | 148.8       | 109.7 |
| 54 |        |        | 连江站    | 77.4                          | 137.4       | 89.7  |
| 55 |        | 厦门     | 杏林南路站  | 97.6                          | 201.8       | 104.1 |
| 56 |        | 三明     | 麒麟公园站  | 81.2                          | 185.9       | 93.0  |
| 57 | 江西     | 南昌     | 江大南路   | 86.9                          | 151.4       | 94.9  |
| 58 |        |        | 江大路站   | 68.2                          | 137.9       | 74.5  |
| 59 |        | 上饶     | 滨江路站   | -                             | -           | -     |
| 60 |        | 九江     | 浔阳路站   | 66.3                          | 118.6       | 71.1  |
| 61 | 山东     | 济南     | 省辐射站   | 81.7                          | 112.1       | 84.2  |
| 62 |        |        | 经十路站   | 66.7                          | 121.2       | 78.0  |
| 63 |        | 威海     | 环境监测站  | -                             | -           | -     |
| 64 |        | 烟台     | 青年南路站  | 62.7                          | 109.2       | 73.4  |
| 65 |        | 青岛     | 市环保局   | 84.9                          | 111.5       | 87.7  |
| 66 |        |        | 崂山区南窑站 | 81.4                          | 126.5       | 102.9 |
| 67 |        |        | 崂山区登瀛站 | 91.0                          | 137.6       | 99.3  |
| 68 | 河南     | 郑州     | 大王庄站   | 72.6                          | 73.9        | 73.4  |
| 69 |        | 洛阳     | 中州东路站  | -                             | -           | -     |
| 70 |        | 漯河     | 龙江路站   | -                             | -           | -     |
| 71 | 湖北     | 武汉     | 东湖风景区  | -                             | -           | -     |
| 72 |        |        | 八一路站   | 67.1                          | 118.9       | 71.3  |
| 73 |        | 襄樊     | 襄樊新华路站 | 70.1                          | 118.9       | 75.1  |
| 74 |        | 宜昌     | 胜利四路站  | 54.9                          | 143.8       | 64.2  |
| 75 | 湖南     | 长沙     | 万家丽中路站 | 64.1                          | 136.6       | 69.9  |
| 76 |        | 张家界    | 大庸路站   | 62.3                          | 109.9       | 73.3  |
| 77 |        | 怀化     | 怀黔路站   | -                             | -           | -     |

■ 表3.2-1 (续)

| 序号  | 省(区、市) | 所在地市(区) | 自动站名称      | 空气吸收剂量率 <sup>1)</sup> (nGy/h) |             |       |
|-----|--------|---------|------------|-------------------------------|-------------|-------|
|     |        |         |            | 小时均值<br>最小值                   | 小时均值<br>最大值 | 年均值   |
| 78  | 广东     | 广州      | 广州大道站      | 96.3                          | 144.1       | 100.5 |
| 79  |        | 茂名      | 乙烯生活区站     | 82.0                          | 174.0       | 88.9  |
| 80  |        | 韶关      | 韶关建筑学校站    | 71.6                          | 128.5       | 78.6  |
| 81  | 广西     | 南宁      | 环保监测站      | 65.1                          | 112.0       | 71.2  |
| 82  |        |         | 广西辐射站      | 67.5                          | 168.0       | 76.1  |
| 83  |        | 桂林      | 桂林辐射站      | 74.1                          | 162.8       | 80.5  |
| 84  |        | 百色      | 百色辐射站      | 60.8                          | 112.5       | 67.3  |
| 85  | 海南     | 海口      | 海南广场       | 73.4                          | 80.4        | 76.2  |
| 86  |        |         | 红旗镇站       | 43.2                          | 117.2       | 56.6  |
| 87  |        | 三亚      | 榆亚路站       | 49.2                          | 153.9       | 71.0  |
| 88  |        | 三沙      | 永兴岛站       | -                             | -           | -     |
| 89  | 重庆     | 渝中区     | 大礼堂站       | 77.5                          | 141.2       | 82.6  |
| 90  |        | 九龙坡区    | 白市驿站       | 74.9                          | 217.0       | 80.6  |
| 91  |        | 万州区     | 天城大道站      | -                             | -           | -     |
| 92  |        | 涪陵区     | 李渡站        | -                             | -           | -     |
| 93  | 四川     | 成都      | 省辐射站       | 83.2                          | 211.2       | 91.9  |
| 94  |        |         | 熊猫基地站      | 81.4                          | 236.2       | 89.6  |
| 95  |        | 绵阳      | 三水厂站       | 67.3                          | 169.4       | 75.0  |
| 96  |        | 攀枝花     | 机场路站       | 84.9                          | 154.0       | 92.2  |
| 97  |        | 宜宾      | 敬业路站       | 70.3                          | 181.4       | 77.3  |
| 98  | 贵州     | 贵阳      | 贵州省辐射环境监理站 | 72.8                          | 145.7       | 81.2  |
| 99  |        |         | 青云路站       | 67.4                          | 118.3       | 72.8  |
| 100 |        | 遵义      | 南京路站       | 64.7                          | 129.9       | 72.5  |
| 101 |        | 六盘水     | 明湖路站       | 53.2                          | 130.7       | 70.3  |
| 102 | 云南     | 昆明      | 省辐射站       | 84.2                          | 151.1       | 95.4  |
| 103 |        |         | 环城西路站      | 82.6                          | 149.3       | 89.4  |
| 104 |        | 临沧      | 玉带路站       | 136.5                         | 180.6       | 144.7 |
| 105 |        | 保山      | 九龙路站       | 58.9                          | 132.9       | 68.4  |

■ 表3.2-1 (续)

| 序号  | 省(区、市)  | 所在地(区) | 自动站名称    | 空气吸收剂量率 <sup>1)</sup> (nGy/h) |             |       |
|-----|---------|--------|----------|-------------------------------|-------------|-------|
|     |         |        |          | 小时均值<br>最小值                   | 小时均值<br>最大值 | 年均值   |
| 106 | 西藏      | 拉萨     | 东嘎镇站     | 174.8                         | 227.8       | 183.6 |
| 107 |         | 林芝     | 迎宾路站     | 146.6                         | 194.9       | 153.1 |
| 108 | 陕西      | 西安     | 省环保大厦站   | 89.0                          | 138.9       | 96.6  |
| 109 |         |        | 北郊污水处理厂站 | 72.2                          | 138.7       | 79.9  |
| 110 |         | 汉中     | 民主街站     | 70.3                          | 165.2       | 76.9  |
| 111 |         | 延安     | 热电厂站     | 69.5                          | 144.9       | 85.9  |
| 112 |         | 宝鸡     | 眉县站      | 95.7                          | 186.4       | 105.7 |
| 113 |         | 甘肃     | 兰州       | 东岗站                           | 104.5       | 165.5 |
| 114 | 金昌      |        | 公园路站     | 102.5                         | 152.3       | 106.8 |
| 115 | 嘉峪关     |        | 嘉北工业园站   | -                             | -           | -     |
| 116 | 青海      | 西宁     | 共和路站     | 105.6                         | 143.9       | 114.0 |
| 117 |         |        | 南山路站     | 92.0                          | 135.1       | 99.8  |
| 118 |         | 海西州    | 格尔木昆仑路站  | 127.0                         | 154.8       | 136.2 |
| 119 |         | 玉树州    | 通天河站     | -                             | -           | -     |
| 120 |         | 海南州    | 瓦里关站     | 159.9                         | 235.3       | 174.7 |
| 121 |         | 宁夏     | 银川       | 市环保局西夏分局站                     | 83.4        | 128.0 |
| 122 | 放射性废物库站 |        |          | 85.8                          | 119.8       | 90.8  |
| 123 | 固原      |        | 市环保局站    | -                             | -           | -     |
| 124 | 中卫      |        | 黄河站      | 83.1                          | 116.9       | 87.3  |
| 125 | 新疆      | 乌鲁木齐   | 北艺公园街站   | 73.5                          | 104.4       | 79.3  |
| 126 |         |        | 北京中路站    | 63.8                          | 116.8       | 76.8  |
| 127 |         | 喀什     | 人民东路站    | 88.2                          | 101.1       | 93.0  |
| 128 |         | 伊犁州    | 新华西路站    | 64.4                          | 134.5       | 77.5  |
| 129 |         | 克拉玛依   | 准格尔路站    | 73.6                          | 117.0       | 78.3  |
| 130 |         | 哈密     | 建国南路站    | 106.1                         | 131.9       | 116   |

### 专栏3-1 辐射环境自动监测站空气吸收剂量率

■ 本报告公布的辐射环境自动监测站空气吸收剂量率为未扣除仪器对宇宙射线响应部分的环境地表  $\gamma$  辐射剂量率，单位为戈瑞/小时（Gy/h）。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。

不同地区，由于地质、经纬度以及环境条件等情况的不同，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，获得的省（区、市）原野环境地表  $\gamma$  辐射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表3.2-2。

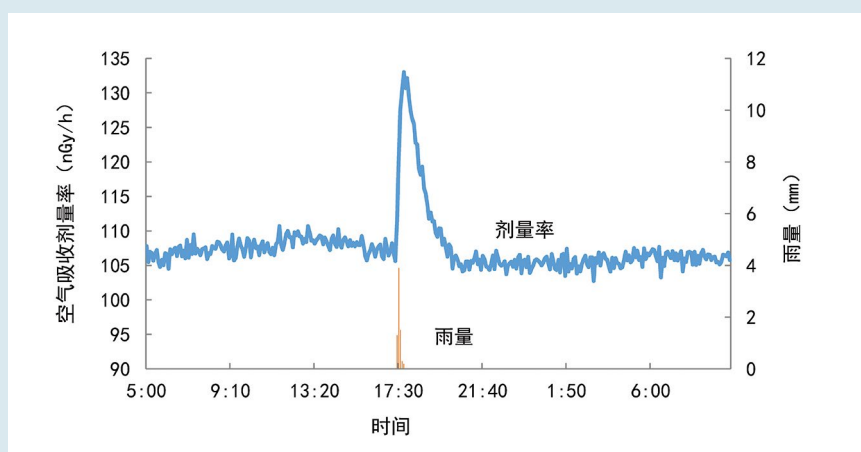
■ 表3.2-2 各省（区、市）原野环境地表  $\gamma$  辐射剂量率和宇宙射线电离成分（未包括中子成分）所致空气吸收剂量率分布

| 省<br>(区、市) <sup>1)</sup> | 环境地表 $\gamma$<br>辐射剂量率 <sup>2)</sup><br>(nGy/h) |      | 宇宙射线电离成分<br>所致空气吸收剂量率<br>(nGy/h) |        | 省<br>(区、市) <sup>1)</sup> | 环境地表 $\gamma$<br>辐射剂量率 <sup>2)</sup><br>(nGy/h) |      | 宇宙射线电离成分<br>所致空气吸收剂量率<br>(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(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(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) 为原野环境地表  $\gamma$  辐射剂量率，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，距离周围房屋和其他障碍物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。

■ 同一自动监测站天然辐射所致空气吸收剂量率时间上的变化，一般因降雨等天然因素所致。根据UNSCEAR2000年报告所述，环境地表 $\gamma$ 辐射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、射气的析出和扩散与植被的关系等环境因素有关。其中由于降雨引起的空气中氡子体的沉降，土壤中的水分，以及雪覆盖等因素影响较大，特别是空气中氡子体受冲洗和雨水清洗作用，可使地表 $\gamma$ 辐射剂量率短时间内增加50%到100%。升高的程度决定于降雨间隔以及降雨量。升高水平可持续几小时，然后降到比平均水平低约5%，低的原因是由于土壤中水分增加产生屏蔽作用。如果不再下雨，随着土壤饱和的消失，经几小时或几天再恢复正常情况。雪覆盖可使本底水平降低，大约1cm厚的雪降低1%。下雨导致空气吸收剂量率升高示例见图3.2-3。



■ 图3.2-3 某地下雨导致空气吸收剂量率的升高

### 3.3 大气

#### 3.3.1 气溶胶

对大气气溶胶中放射性物质的监测，主要通过两类自动站来实现。一类为分布在直辖市、省会城市和青岛市的32个自动站，配置有超大流量气溶胶采样仪，流量为10~16m<sup>3</sup>/min，24小时连续采样，监测项目为 $\gamma$ 能谱分析。另一类为分布在94个地级市的自动站，配置有大流量气溶胶采样仪，流量为1m<sup>3</sup>/min左右，一周连续采样，监测项目除 $\gamma$ 能谱分析外，再增加总 $\alpha$ 和总 $\beta$ 分析，监测结果见表3.3-1、表3.3-2和图3.3-1。

由图表可见，气溶胶中总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 和天然放射性核素铍-7、钾-40、铅-210活度浓度与历年相比未见明显变化，为正常环境水平，人工放射性核素铯-134、碘-131、碘-133均未检出，个别样品检出人工放射性核素铯-137，主要为20世纪大气层核试验和切尔诺贝利核事故残留。

■ 表3.3-1 气溶胶监测结果汇总表

| 监测项目       | 单位                      | 点位数/样品总数/<br>高于探测下限样品数 <sup>1)</sup> | 高于探测下限样品           |      |      |
|------------|-------------------------|--------------------------------------|--------------------|------|------|
|            |                         |                                      | 最小值                | 最大值  | 均值   |
| 总 $\alpha$ | mBq/m <sup>3</sup>      | 79/211/211                           | 0.01               | 1.24 | 0.22 |
| 总 $\beta$  | mBq/m <sup>3</sup>      | 79/209/209                           | 0.05               | 2.48 | 0.94 |
| 铍-7        | mBq/m <sup>3</sup>      | 58/248/248                           | 0.10               | 9.0  | 3.8  |
| 铅-210      | mBq/m <sup>3</sup>      | 20/99/93                             | 0.17               | 6.0  | 1.4  |
| 钾-40       | $\mu$ Bq/m <sup>3</sup> | 73/290/161                           | 40                 | 590  | 211  |
| 铯-137      | $\mu$ Bq/m <sup>3</sup> | 67/281/4                             | 2.2                | 7.3  | 3.9  |
| 碘-131      | $\mu$ Bq/m <sup>3</sup> | 50/197/0                             | <MDC <sup>2)</sup> |      |      |
| 碘-133      | $\mu$ Bq/m <sup>3</sup> | 50/201/0                             | <MDC               |      |      |
| 铯-134      | $\mu$ Bq/m <sup>3</sup> | 49/202/0                             | <MDC               |      |      |

注：1) 个别点位因仪器设备等原因未开展相关项目监测，或因样品前处理、测量等原因导致监测结果异常未参与统计。

2) MDC表示最小可探测浓度，详见附录5.2.2，余表同。

■表3.3-2 各省(区、市)气溶胶总 $\alpha$ 和总 $\beta$ 监测结果

| 序号    | 省(区、市) | 总 $\alpha$ 活度浓度 (mBq/m <sup>3</sup> ) |      |      | 总 $\beta$ 活度浓度 (mBq/m <sup>3</sup> ) |      |      |
|-------|--------|---------------------------------------|------|------|--------------------------------------|------|------|
|       |        | 最小值                                   | 最大值  | 年均值  | 最小值                                  | 最大值  | 年均值  |
| 1     | 北京     | 0.13                                  | 0.53 | 0.33 | 0.72                                 | 1.89 | 1.05 |
| 2     | 天津     | 0.19                                  | 0.37 | 0.27 | 0.48                                 | 0.88 | 0.64 |
| 3     | 河北     | 0.48                                  | 0.58 | 0.53 | 1.12                                 | 1.42 | 1.27 |
| 4     | 山西     | 0.05                                  | 0.39 | 0.17 | 0.29                                 | 1.97 | 0.91 |
| 5     | 内蒙古    | 0.34                                  | 0.47 | 0.41 | 1.14                                 | 1.17 | 1.16 |
| 6     | 辽宁     | 0.09                                  | 0.42 | 0.20 | 0.45                                 | 1.90 | 1.03 |
| 7     | 吉林     | 0.32                                  | 0.34 | 0.33 | 0.58                                 | 0.61 | 0.60 |
| 8     | 黑龙江    | *                                     | *    | 0.32 | *                                    | *    | 1.09 |
| 9     | 上海     | 0.24                                  | 0.45 | 0.35 | 1.33                                 | 1.99 | 1.66 |
| 10    | 江苏     | 0.06                                  | 1.10 | 0.33 | 0.66                                 | 1.80 | 1.33 |
| 11    | 浙江     | 0.02                                  | 0.31 | 0.12 | 0.03                                 | 1.40 | 0.62 |
| 12    | 安徽     | 0.14                                  | 0.28 | 0.19 | 0.90                                 | 2.25 | 1.32 |
| 13    | 福建     | 0.02                                  | 0.36 | 0.15 | 0.07                                 | 1.98 | 0.88 |
| 14    | 江西     | 0.06                                  | 0.30 | 0.14 | 0.49                                 | 2.10 | 1.04 |
| 15    | 山东     | 0.03                                  | 0.43 | 0.21 | 0.29                                 | 1.64 | 0.59 |
| 16    | 河南     | *                                     | *    | 0.27 | *                                    | *    | 0.62 |
| 17    | 湖北     | 0.48                                  | 0.54 | 0.51 | 0.90                                 | 1.20 | 1.05 |
| 18    | 湖南     | 0.12                                  | 0.33 | 0.23 | 1.64                                 | 2.02 | 1.83 |
| 19    | 广东     | 0.03                                  | 0.19 | 0.10 | 0.24                                 | 1.15 | 0.65 |
| 20    | 广西     | 0.02                                  | 0.08 | 0.04 | 0.27                                 | 1.12 | 0.60 |
| 21    | 海南     | 0.01                                  | 0.18 | 0.08 | 0.05                                 | 0.66 | 0.34 |
| 22    | 重庆     | 0.08                                  | 0.31 | 0.16 | 0.89                                 | 1.79 | 1.27 |
| 23    | 四川     | 0.01                                  | 0.10 | 0.04 | 0.15                                 | 2.41 | 0.80 |
| 24    | 贵州     | 0.03                                  | 0.20 | 0.10 | 0.60                                 | 2.07 | 1.24 |
| 25    | 云南     | 0.11                                  | 0.92 | 0.32 | 0.17                                 | 1.88 | 0.52 |
| 26    | 西藏     | 0.13                                  | 0.17 | 0.15 | 0.87                                 | 1.36 | 1.12 |
| 27    | 陕西     | 0.04                                  | 0.79 | 0.22 | 0.26                                 | 2.48 | 0.86 |
| 28    | 甘肃     | 0.23                                  | 0.30 | 0.26 | 0.69                                 | 0.97 | 0.80 |
| 29    | 青海     | 0.38                                  | 1.24 | 0.76 | 0.46                                 | 2.30 | 1.29 |
| 30    | 宁夏     | 0.07                                  | 0.36 | 0.15 | 0.48                                 | 1.76 | 1.06 |
| 31    | 新疆     | *                                     | *    | 0.50 | *                                    | *    | 0.93 |
| 2013年 | 点位数    | 79                                    |      |      | 79                                   |      |      |
|       | 样品数    | 211                                   |      |      | 209                                  |      |      |
|       | 全国     | 0.01                                  | 1.24 | 0.22 | 0.05                                 | 2.48 | 0.94 |

注：“\*”表示该省市区部分点位因仪器设备等原因未开展监测，或因样品前处理、测量等原因导致监测数据异常而不参与统计，不适用该统计项，余表同。

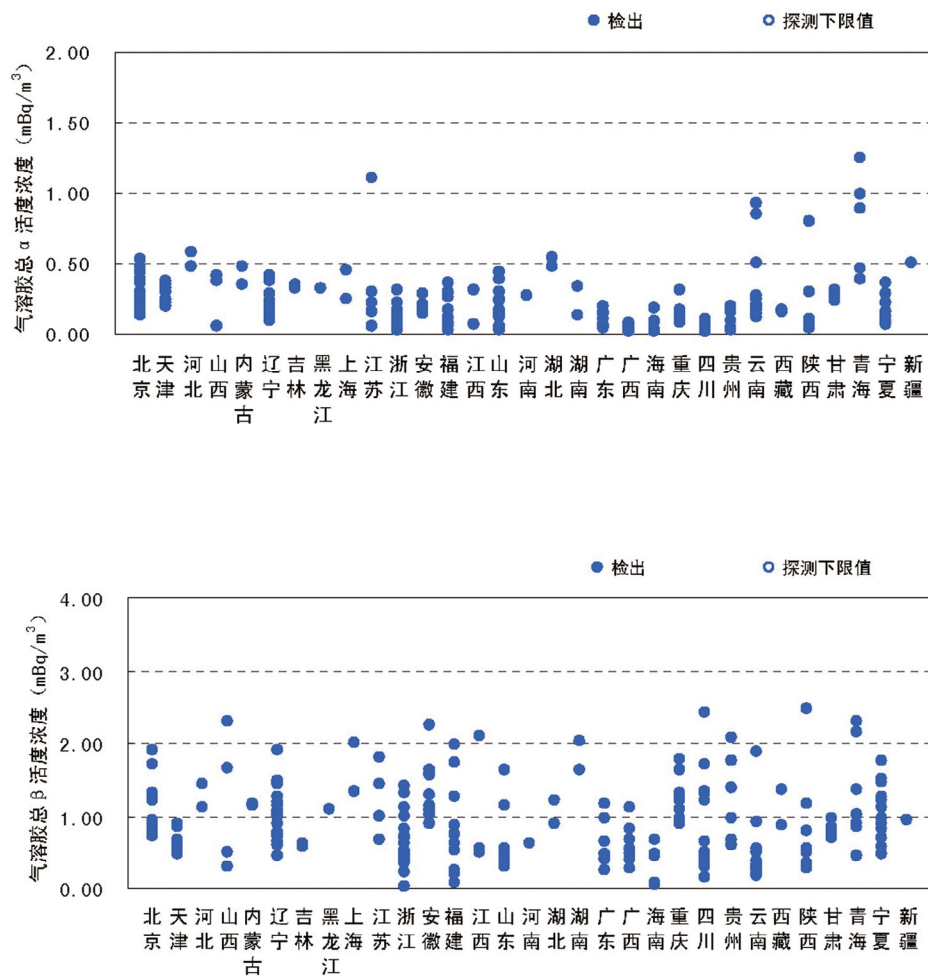


图3.3-1 省（区、市）气溶胶中总α和总β活度浓度



## 专栏3-2 气溶胶

■ 大气气溶胶主要包括微尘、有机碳化合物和液态的雾。在大气中液态或固态放射性核素绝大多数以气溶胶的形式存在。

核武器爆炸时产生的大量放射性物质，随高温气团上升到对流层顶部，然后被随温度逐渐下降而形成的固体微粒或水滴捕集，形成放射性气溶胶；由大地散逸到大气中的氡，经衰变生成钋、铋、铅等放射性子体，通过扩散或静电吸附而被大气气溶胶捕集，也能形成放射性气溶胶；此外，核设施或核事故也向大气释放放射性气溶胶。

放射性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，形成放射性气溶胶。

空气中的放射性核素将对人（尤其是皮肤及浅表组织）直接造成外照射；人会因吸入空气中的放射性核素而受到内照射。

### ■ 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。

### 3.3.2 沉降物

对大气沉降物中放射性物质的监测，主要通过配置有干湿沉降采样仪的自动站来实现，这类自动站主要分布在直辖市、省会城市。干湿沉降采样仪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（即降水）样品，半年连续采样，对累积的沉降物样品进行监测，监测项目为总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 和 $\gamma$ 能谱分析。监测结果见表3.3-3、表3.3-4和图3.3-2。

由表可见，沉降物中总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 和天然放射性核素铍-7、钾-40日沉降量与历年相比未见明显变化，为正常环境水平。人工放射性核素铯-137、铯-134、碘-131、碘-133均未检出。

■ 表3.3-3 沉降物监测结果汇总表

| 项目         | 单位                    | 点位数/样品总数/高于探测下限样品数 <sup>1)</sup> | 高于探测下限样品 |      |      |
|------------|-----------------------|----------------------------------|----------|------|------|
|            |                       |                                  | 最小值      | 最大值  | 均值   |
| 总 $\alpha$ | Bq/m <sup>2</sup> ·d  | 39/70/70                         | 0.02     | 1.56 | 0.35 |
| 总 $\beta$  | Bq/m <sup>2</sup> ·d  | 39/69/69                         | 0.07     | 2.22 | 0.64 |
| 铍-7        | mBq/m <sup>2</sup> ·d | 21/36/36                         | 0.24     | 9.5  | 2.1  |
| 钾-40       | mBq/m <sup>2</sup> ·d | 28/48/44                         | 48       | 1150 | 212  |
| 碘-131      | mBq/m <sup>2</sup> ·d | 22/34/0                          | <MDC     |      |      |
| 碘-133      | mBq/m <sup>2</sup> ·d | 22/36/0                          | <MDC     |      |      |
| 铯-134      | mBq/m <sup>2</sup> ·d | 22/37/0                          | <MDC     |      |      |
| 铯-137      | mBq/m <sup>2</sup> ·d | 25/40/0                          | <MDC     |      |      |

注：1) 个别点位因仪器设备等原因未开展相关项目监测，或因样品前处理、测量等原因导致监测结果异常未参与统计。

■ 表3.3-4 城市沉降物总 $\alpha$ 和总 $\beta$ 监测结果

| 序号    | 所在城市 | 总 $\alpha$ 日沉降量 (Bq/m <sup>2</sup> ·d) |      |      | 总 $\beta$ 日沉降量 (Bq/m <sup>2</sup> ·d) |      |      |
|-------|------|--|------|------|---------------------------------------|------|------|
|       |      | 最小值                                    | 最大值  | 年均值  | 最小值                                   | 最大值  | 年均值  |
| 1     | 北京   | 0.32                                   | 0.76 | 0.54 | 0.48                                  | 1.13 | 0.81 |
| 2     | 天津   | 0.18                                   | 0.26 | 0.22 | 0.27                                  | 0.63 | 0.45 |
| 3     | 石家庄  | 0.45                                   | 0.48 | 0.47 | 0.67                                  | 0.96 | 0.82 |
| 4     | 太原   | *                                      | *    | 0.56 | *                                     | *    | 1.1  |
| 5     | 沈阳   | 0.21                                   | 0.21 | 0.21 | 0.22                                  | 0.27 | 0.24 |
| 6     | 大连   | 0.18                                   | 0.27 | 0.23 | 0.18                                  | 0.25 | 0.22 |
| 7     | 丹东   | *                                      | *    | 0.28 | *                                     | *    | 0.30 |
| 8     | 长春   | 0.85                                   | 0.89 | 0.87 | 0.90                                  | 0.91 | 0.91 |
| 9     | 哈尔滨  | 0.56                                   | 0.60 | 0.58 | 0.83                                  | 1.22 | 1.03 |
| 10    | 上海   | 0.17                                   | 0.57 | 0.37 | 0.71                                  | 1.14 | 0.93 |
| 11    | 南京   | 0.33                                   | 0.85 | 0.59 | 0.44                                  | 0.85 | 0.65 |
| 12    | 杭州   | 0.08                                   | 0.85 | 0.46 | 0.13                                  | 1.40 | 0.80 |
| 13    | 合肥   | *                                      | *    | 0.29 | *                                     | *    | 0.51 |
| 14    | 福州   | 0.10                                   | 0.11 | 0.10 | 0.16                                  | 0.39 | 0.27 |
| 15    | 南昌   | *                                      | *    | 0.17 | *                                     | *    | 0.15 |
| 16    | 济南   | 0.05                                   | 0.26 | 0.16 | 0.10                                  | 0.75 | 0.30 |
| 17    | 青岛   | 0.20                                   | 0.32 | 0.23 | 0.35                                  | 0.67 | 0.49 |
| 18    | 郑州   | 0.42                                   | 0.43 | 0.42 | 0.40                                  | 0.41 | 0.41 |
| 19    | 武汉   | 0.10                                   | 0.14 | 0.12 | 0.07                                  | 0.26 | 0.16 |
| 20    | 长沙   | *                                      | *    | 0.34 | *                                     | *    | 0.25 |
| 21    | 广州   | 0.11                                   | 0.14 | 0.13 | 0.13                                  | 0.26 | 0.19 |
| 22    | 南宁   | 0.23                                   | 0.23 | 0.23 | 0.66                                  | 0.84 | 0.74 |
| 23    | 海口   | 0.10                                   | 0.14 | 0.12 | 0.35                                  | 0.38 | 0.37 |
| 24    | 重庆   | 0.48                                   | 0.63 | 0.52 | 1.02                                  | 1.60 | 1.43 |
| 25    | 成都   | 0.09                                   | 0.11 | 0.10 | *                                     | *    | 1.35 |
| 26    | 贵阳   | 0.14                                   | 0.39 | 0.27 | 0.47                                  | 0.76 | 0.62 |
| 27    | 昆明   | 0.27                                   | 0.27 | 0.27 | 0.32                                  | 0.48 | 0.40 |
| 28    | 西安   | 0.10                                   | 0.12 | 0.11 | 0.23                                  | 0.32 | 0.28 |
| 29    | 兰州   | 0.02                                   | 0.05 | 0.04 | 0.07                                  | 0.09 | 0.08 |
| 30    | 西宁   | *                                      | *    | 1.56 | *                                     | *    | 2.22 |
| 31    | 银川   | 0.26                                   | 1.23 | 0.75 | 0.64                                  | 2.16 | 1.40 |
| 32    | 乌鲁木齐 | *                                      | *    | 0.19 | *                                     | *    | 0.89 |
| 2013年 | 点位数  | 39                                     |      |      | 39                                    |      |      |
|       | 样品数  | 70                                     |      |      | 69                                    |      |      |
|       | 全国   | 0.02                                   | 1.56 | 0.35 | 0.07                                  | 2.22 | 0.63 |

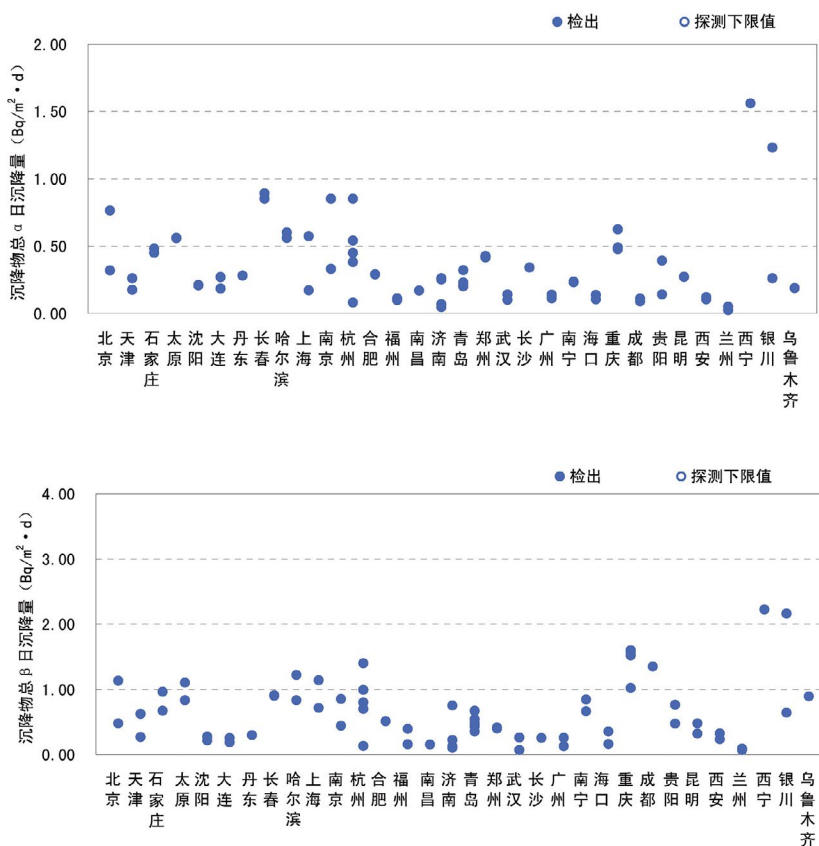


图3.3-2 城市沉降物中总α和总β日沉降量

### 专栏3-3 沉降物

■ 放射性核素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质，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及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造成外照射；沉积的放射性核素会进入农作物，经食物链途径对人造成内照射；部分沉积在地面上的颗粒物质可因风或人的活动的扰动而扬起，造成空气的二次污染。

### 3.3.3 空气氚化水

对大气中氚的监测，主要监测的是空气中氚化水。采用冷冻法采样，将待测气流引入冷阱中，气流中的氚化水蒸气就在冷阱中凝结下来，供分析之用。空气氚化水的监测点主要分布在直辖市和省会城市，监测频次为1次/年，监测结果见表3.3-5。

由表可见，高于探测下限的空气氚化水（HTO）样品，其活度浓度范围为（5.2~32）mBq/m<sup>3</sup>，与历年相比未见明显变化，为正常环境水平。

■ 表3.3-5 城市空气氚化水（HTO）监测结果

| 序号 | 所在城市 | 氚化水活度浓度<br>(mBq/m <sup>3</sup> ) | 序号    | 所在城市                    | 氚化水活度浓度<br>(mBq/m <sup>3</sup> ) |     |
|----|------|----------------------------------|-------|-------------------------|----------------------------------|-----|
| 1  | 北京   | <MDC                             | 14    | 青岛                      | <MDC                             |     |
| 2  | 天津   | <MDC                             | 15    | 武汉                      | <MDC                             |     |
| 3  | 太原   | 29                               | 16    | 广州                      | <MDC                             |     |
| 4  | 沈阳   | <MDC                             | 17    | 南宁                      | <MDC                             |     |
| 5  | 大连   | <MDC                             | 18    | 海口                      | 13                               |     |
| 6  | 丹东   | <MDC                             | 19    | 重庆                      | <MDC                             |     |
| 7  | 上海   | <MDC                             | 20    | 成都                      | 11                               |     |
| 8  | 南京   | 32                               | 21    | 昆明                      | 5.2                              |     |
| 9  | 杭州   | <MDC                             | 2013年 | 点位数                     | 23                               |     |
| 10 | 合肥   | <MDC                             |       | 样品数 <sup>1)</sup> (n/m) | 6/34                             |     |
| 11 | 福州   | <MDC                             |       | 高于探<br>测下限              | 最小值                              | 5.2 |
| 12 | 南昌   | <MDC                             |       |                         | 最大值                              | 32  |
| 13 | 济南   | 14                               |       |                         | 年均值                              | 17  |

注：1) n为高于探测下限样品数，m为总样品数，余表同。

### 专栏3-4 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<sup>17</sup>-10<sup>18</sup>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<sub>2</sub>或CH<sub>3</sub>T的形态存在的，但由于它们的化学性质不稳定性（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β射线的放射性核素，能量很低，其β射线的最大能量为18.6keV，平均能量为5.7keV。因此，从剂量学角度看，主要是内照射的危害。根据《世界卫生组织饮用水水质标准》的规定，饮用水中氚单一核素的指导水平为10000Bq/L。由于氚的剂量转换系数低，即使一个成人一次摄取7.3×10<sup>6</sup>Bq氚，在吸收氚后的第一年所受的剂量约为0.13mSv。

## 3.4 水

### 3.4.1 主要江河流域

国家辐射环境监测网在主要江河流域共布设有92个监测断面，其中长江流域24个断面、黄河流域12个断面、珠江流域6个断面、松花江流域8个断面、淮河流域3个断面、海河流域6个断面、辽河流域5个断面、浙闽片河流18个断面、西北诸河4个断面、西南诸河6个断面。监测项目为总 $\alpha$ 和总 $\beta$ ；放射性核素铀、钍、镭-226、钾-40、铯-90、铯-137，监测频次为1次/半年。监测结果见表3.4-1和图3.4-1~图3.4-15。

由图表可见，主要江河流域水中总 $\alpha$ 和总 $\beta$ 活度浓度与历年相比未见明显变化，为正常环境水平；天然放射性核素铀和钍浓度、镭-226和钾-40活度浓度与历年相比未见明显变化，且与1983~1990全国环境天然放射性水平调查结果处于同一水平；人工放射性核素铯-90和铯-137活度浓度与历年相比未见明显变化，主要为20世纪大气层核试验和切尔诺贝利核事故残留。

高于探测下限的江河水样品中，放射性核素铀浓度为（0.1~3.0） $\mu\text{g/L}$ 的样品占85.1%，放射性核素钍浓度为（0.10~1.0） $\mu\text{g/L}$ 的样品占83.7%，放射性核素镭-226活度浓度为（2.0~15.0） $\text{mBq/L}$ 的样品占89.8%，放射性核素钾-40活度浓度为（30~300） $\text{mBq/L}$ 的样品占91.2%，放射性核素铯-90活度浓度为（1.0~6.0） $\text{mBq/L}$ 的样品占90.7%，放射性核素铯-137活度浓度为（0.1~1.0） $\text{mBq/L}$ 的样品占83.8%。

■ 表3.4-1 主要江河流域监测结果汇总表

| 监测项目       | 单位              | 断面数 <sup>1)</sup> | 样品数 <sup>1)</sup><br>(n/m) | 高于探测下限样品 |      |      |
|------------|-----------------|-------------------|----------------------------|----------|------|------|
|            |                 |                   |                            | 最小值      | 最大值  | 年均值  |
| 总 $\alpha$ | Bq/L            | 88                | 142/182                    | 0.01     | 0.39 | 0.06 |
| 总 $\beta$  | Bq/L            | 88                | 179/181                    | 0.02     | 0.64 | 0.15 |
| 铀          | $\mu\text{g/L}$ | 85                | 164/165                    | 0.04     | 7.69 | 1.38 |
| 钍          | $\mu\text{g/L}$ | 84                | 149/161                    | 0.01     | 2.92 | 0.38 |
| 镭-226      | $\text{mBq/L}$  | 84                | 158/161                    | 1.6      | 20.3 | 8.3  |
| 钾-40       | $\text{mBq/L}$  | 73                | 155/155                    | 7        | 673  | 102  |
| 铯-90       | $\text{mBq/L}$  | 73                | 138/141                    | 1.0      | 10.1 | 3.3  |
| 铯-137      | $\text{mBq/L}$  | 68                | 81/130                     | 0.1      | 1.2  | 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，或因样品前处理、测量等原因导致监测结果异常未参与统计。

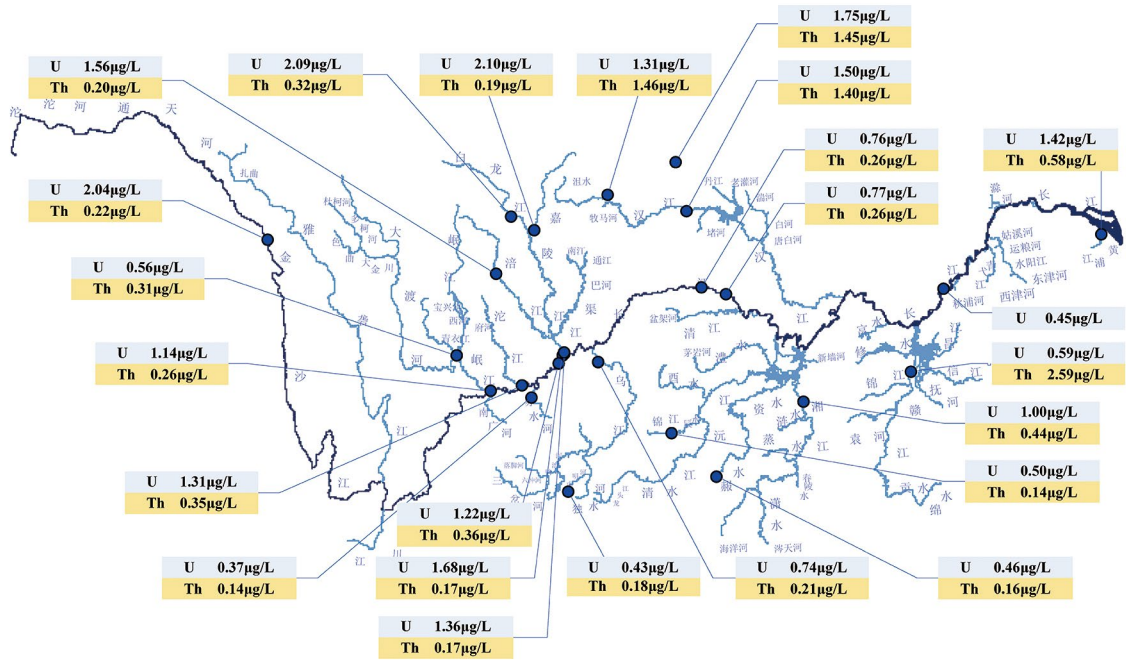


图3.4-1 长江流域水中铀和钍浓度分布示意图

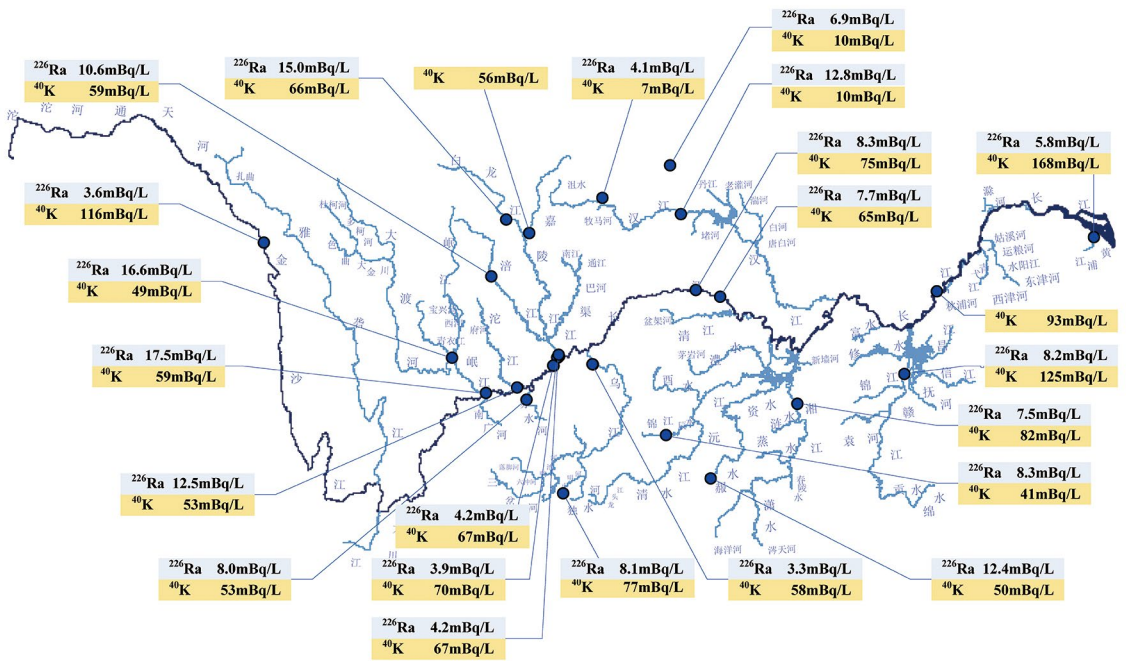


图3.4-2 长江流域水中镭-226和钾-40活度浓度分布示意图

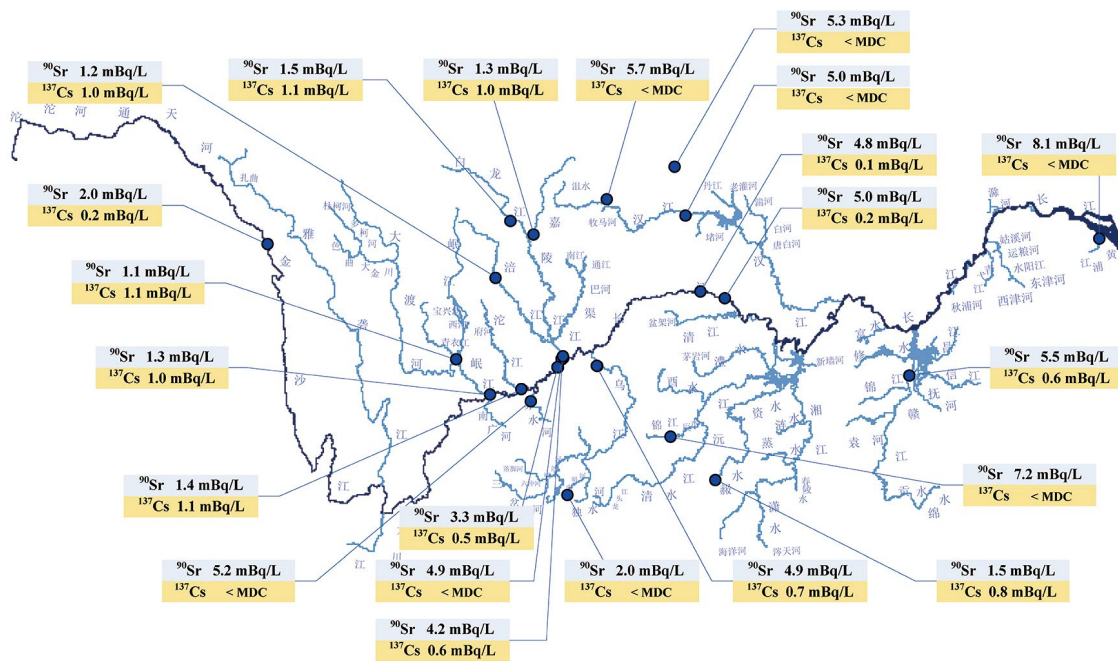


图3.4-3 长江流域水中锶-90和铯-137活度浓度分布示意图

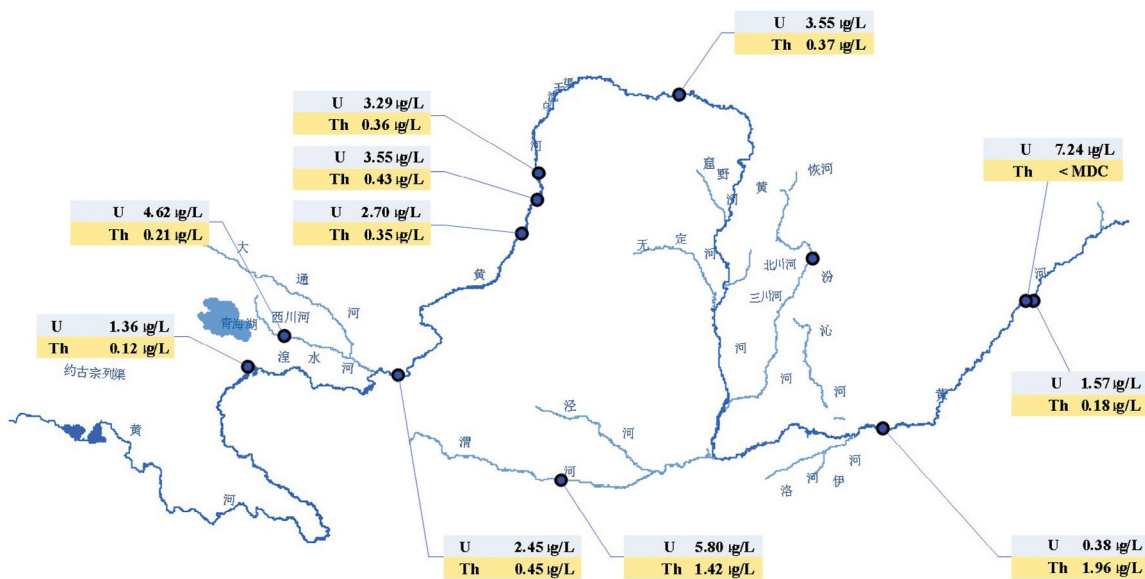


图3.4-4 黄河流域水中铀和钍浓度分布示意图



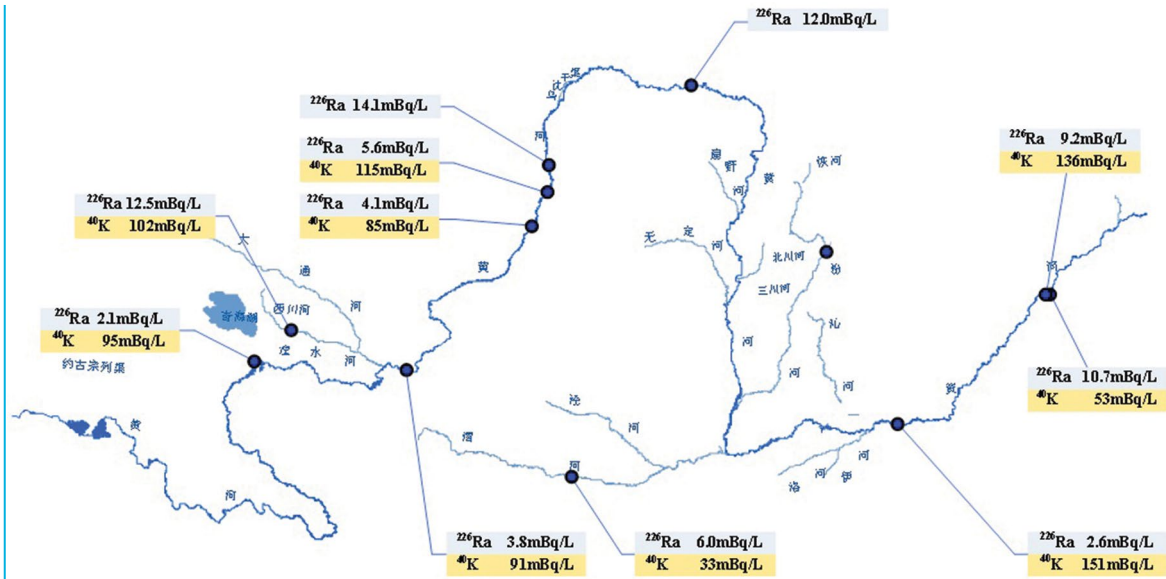


图3.4-5 黄河流域水中镭-226和钾-40活度浓度分布示意图

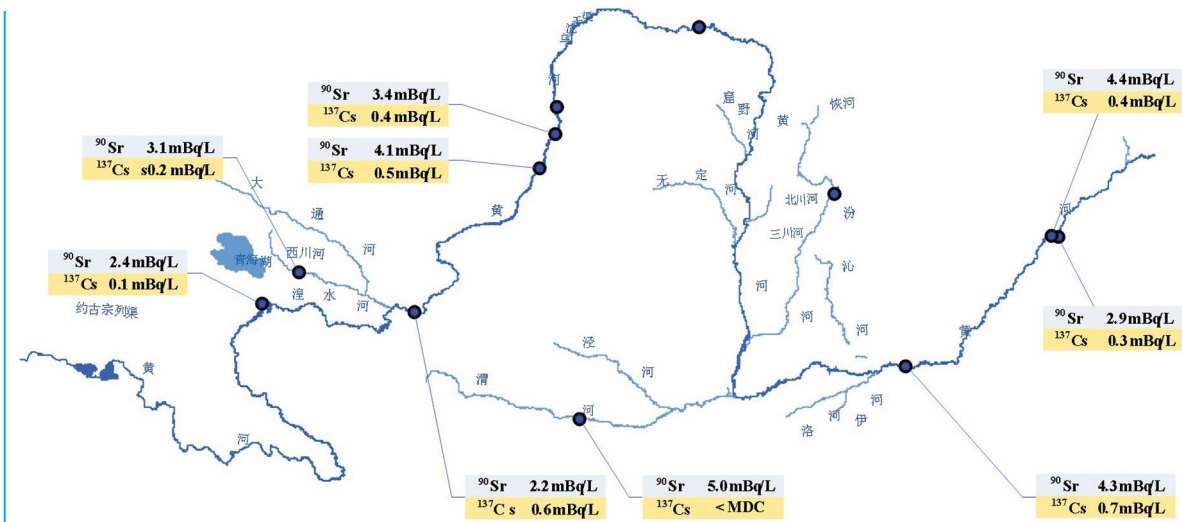


图3.4-6 黄河流域水中锶-90和铯-137活度浓度分布示意图



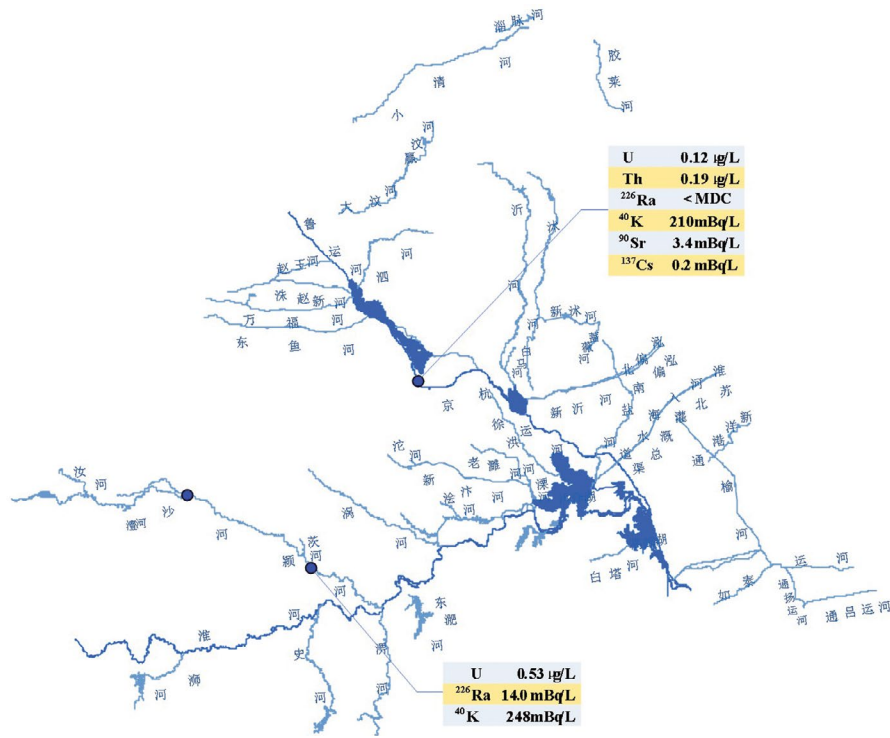


图3.4-9 淮河流域水中放射性核素活度浓度分布示意图

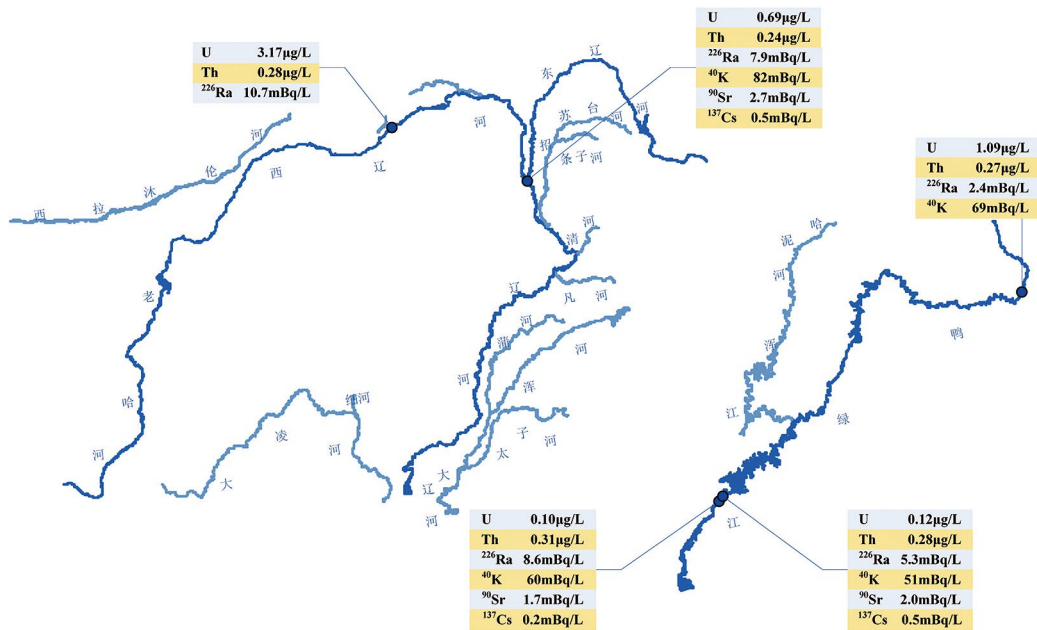


图3.4-10 辽河流域水中放射性核素活度浓度分布示意图

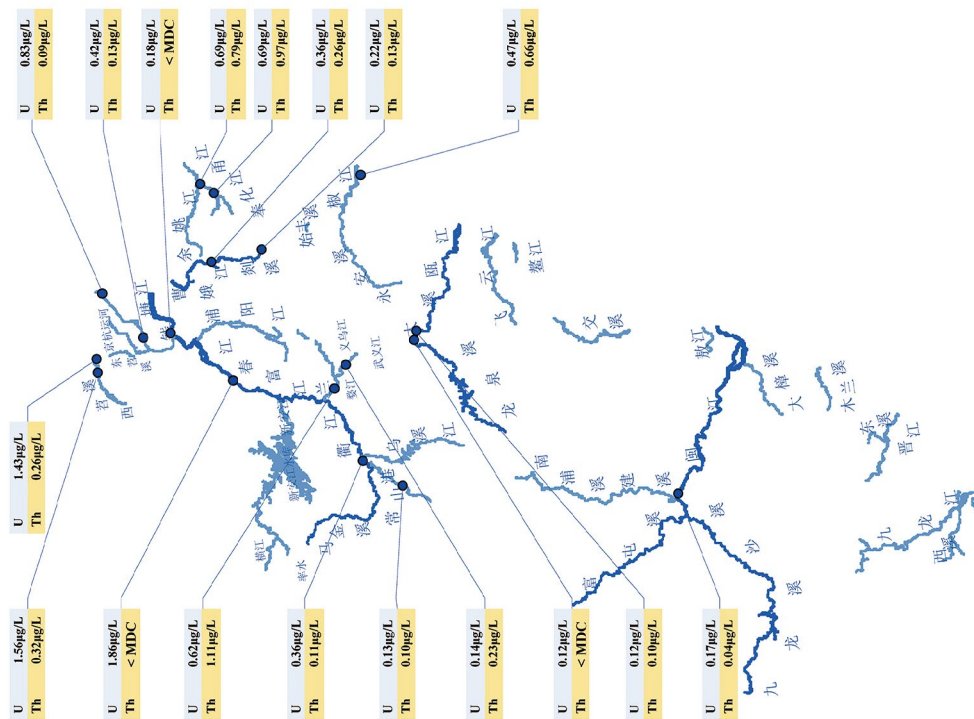


图3.4-12 浙闽片河流水中铀和钍浓度分布示意图

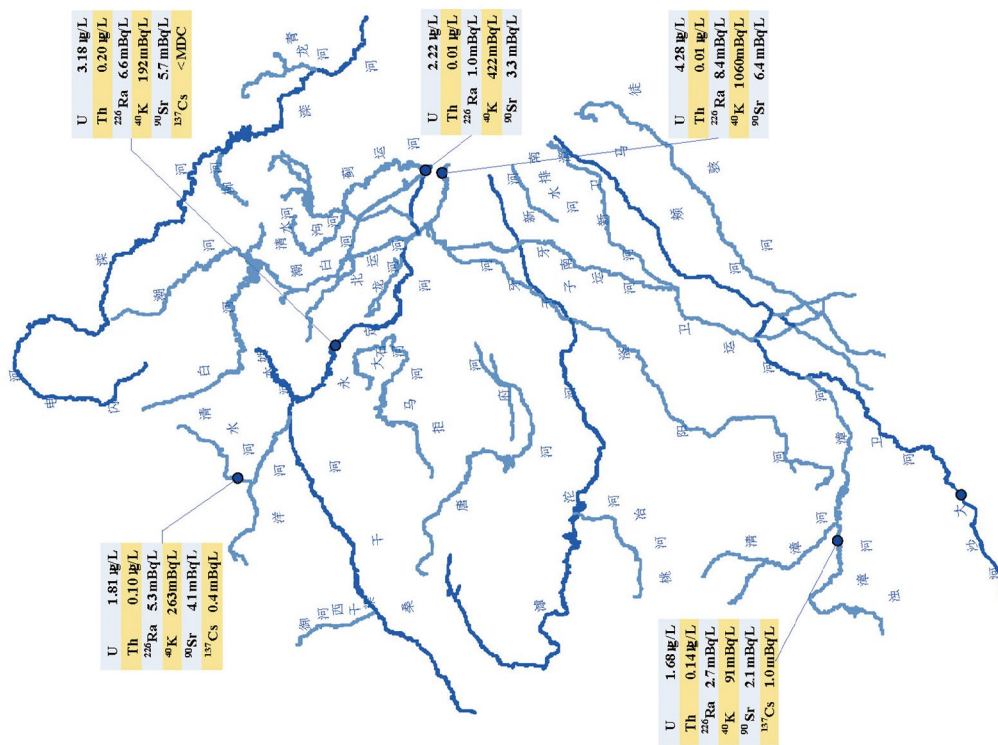


图3.4-11 海河流域水中放射性核素活度浓度分布示意图

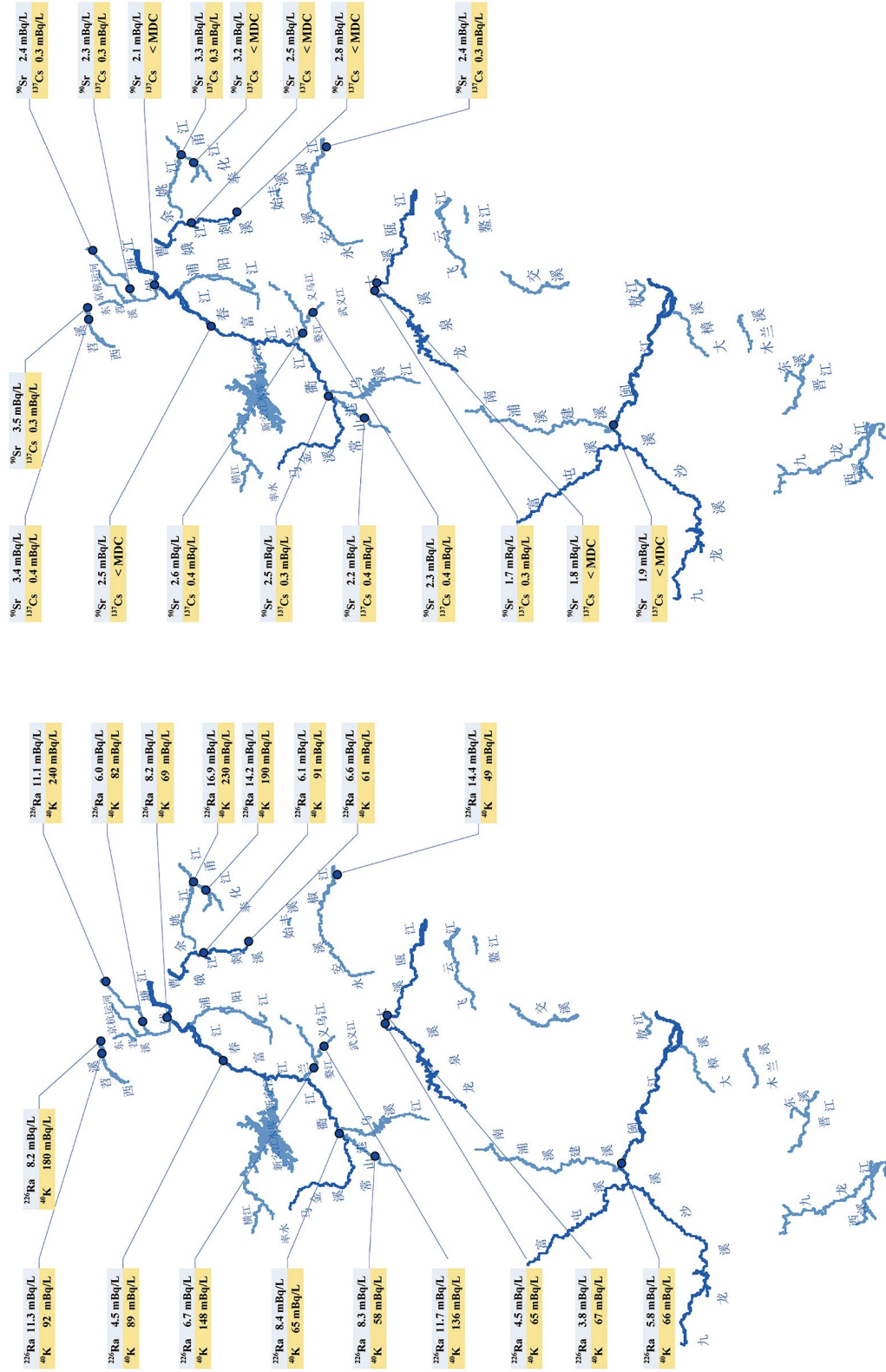


图3.4-13 浙闽片河流水中镭-226、钾-40、铯-90和铯-137活度浓度分布示意图

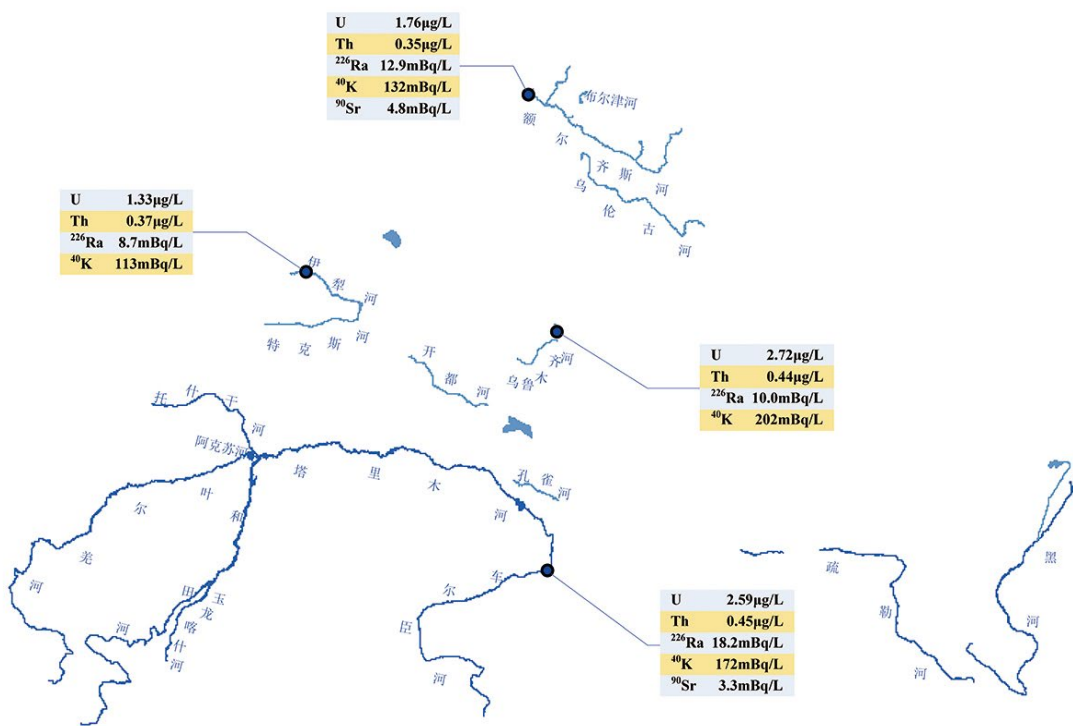


图3.4-14 西北诸河水中放射性核素活度浓度分布示意图

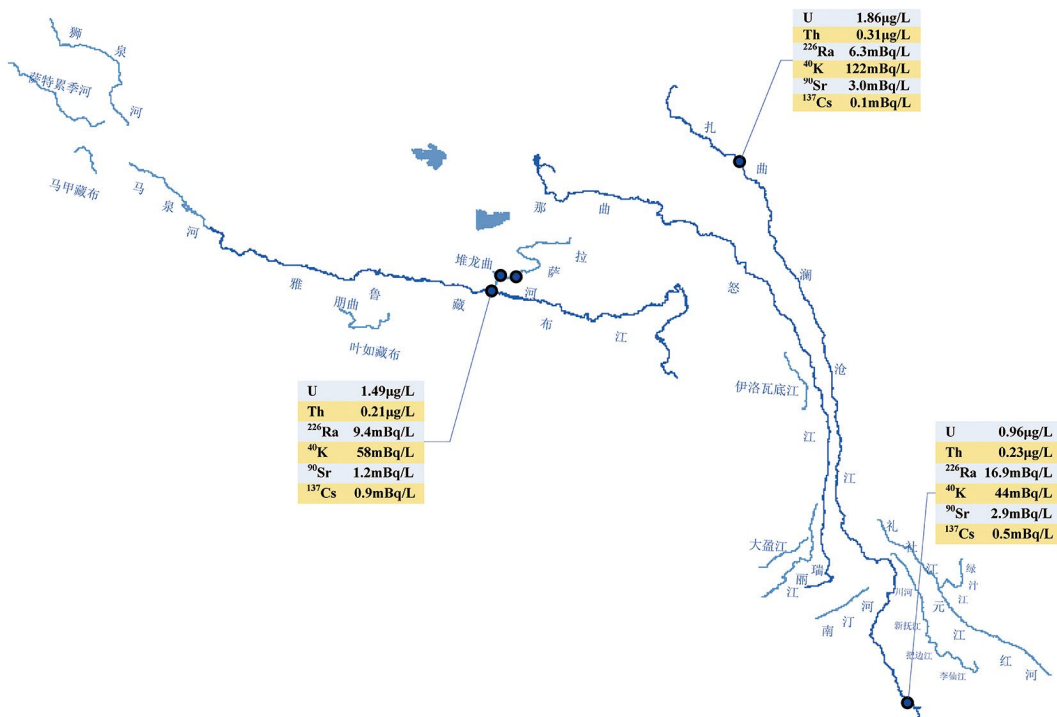


图3.4-15 西南诸河水中放射性核素活度浓度分布示意图

### 3.4.2 湖泊（水库）

国家辐射环境监测网对昆明湖、兴凯湖、镜泊湖、淀山湖、太湖、西湖、巢湖、鄱阳湖、洞庭湖、黑山湖10个湖泊，对密云水库、怀柔水库、七里海水库、册田水库、新安江水库、松涛水库、金川峡水库7个水库进行了监测。监测项目为总 $\alpha$ 和总 $\beta$ ；放射性核素铀、钍、镭-226、钾-40、锶-90、铯-137，监测频次为1次/半年。监测结果见表3.4-2和表3.4-3。

由表可见，重点湖泊（水库）水中总 $\alpha$ 和总 $\beta$ 活度浓度与历年相比未见明显变化，为正常环境水平；天然放射性核素铀和钍浓度、镭-226和钾-40活度浓度与历年相比未见明显变化，且与1983~1990全国环境天然放射性水平调查结果处于同一水平；人工放射性核素锶-90和铯-137活度浓度与历年相比未见明显变化，主要为20世纪大气层核试验和切尔诺贝利核事故残留。

表3.4-2 重点湖泊监测结果

| 湖泊名称 |      | 放射性活度浓度              |                     |                          |                          |                  |                 |                 |                  |
|------|------|----------------------|---------------------|--------------------------|--------------------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|
|      |      | 总 $\alpha$<br>(Bq/L) | 总 $\beta$<br>(Bq/L) | 铀<br>( $\mu\text{g/L}$ ) | 钍<br>( $\mu\text{g/L}$ ) | 镭-226<br>(mBq/L) | 钾-40<br>(mBq/L) | 锶-90<br>(mBq/L) | 铯-137<br>(mBq/L) |
| 昆明湖  | 测值范围 | 0.04~0.05            | 0.12~0.16           | 1.24~2.00                | *                        | 4.1~11.6         | 120~135         | 7.2~10.4        | *                |
|      | 均值   | 0.05                 | 0.14                | 1.62                     | 1.16                     | 7.9              | 128             | 8.8             | 0.8              |
| 兴凯湖  | 测值范围 | 0.02~0.03            | 0.08~0.11           | *                        | 0.62~0.66                | 2.6~9.2          | 85~145          | *               | 0.2~0.4          |
|      | 均值   | 0.03                 | 0.1                 | 0.59                     | 0.64                     | 5.9              | 115             | 3.3             | 0.3              |
| 镜泊湖  | 测值范围 | 0.01~0.02            | 0.03~0.04           | *                        | 0.38~0.60                | 3.1~3.7          | 38~50           | 4.6~5.6         | *                |
|      | 均值   | 0.02                 | 0.04                | 0.19                     | 0.49                     | 3.4              | 44              | 5.1             | 0.6              |
| 淀山湖  | 测值范围 | <MDC                 | 0.23~0.26           | 0.70~0.75                | 0.05~0.16                | 2.7~4.0          | 202~207         | 3.0~4.9         | <MDC             |
|      | 均值   | <MDC                 | 0.25                | 0.73                     | 0.11                     | 3.4              | 205             | 4               | <MDC             |
| 太湖   | 测值范围 | 0.03~0.07            | 0.04~0.19           | 1.20~1.70                | 0.16~0.19                | <MDC             | 200~270         | 3.6~4.8         | *                |
|      | 均值   | 0.05                 | 0.12                | 1.45                     | 0.18                     | <MDC             | 235             | 4.2             | 0.2              |
| 西湖   | 测值范围 | <MDC                 | 0.08~0.10           | 0.14~0.17                | <MDC                     | 5.1~5.9          | 74~83           | 1.8~2.3         | <MDC             |
|      | 均值   | <MDC                 | 0.09                | 0.16                     | <MDC                     | 5.5              | 79              | 2.1             | <MDC             |
| 巢湖   | 测值范围 | 0.03~0.04            | 0.32~0.35           | 0.27~0.29                | *                        | *                | *               | *               | *                |
|      | 均值   | 0.04                 | 0.34                | 0.28                     | *                        | 12.9             | 245             | *               | *                |
| 鄱阳湖  | 测值范围 | 0.01~0.03            | 0.02~0.07           | 0.40~0.79                | *                        | 5.2~9.3          | 60~81           | 3.5~5.4         | *                |
|      | 均值   | 0.02                 | 0.05                | 0.60                     | *                        | 7.3              | 71              | 4.5             | 0.9              |

■ 表3.4-2 (续)

| 湖泊名称  |              | 放射性活度浓度              |                     |                          |                          |                  |                 |                 |                  |
|-------|--------------|----------------------|---------------------|--------------------------|--------------------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|
|       |              | 总 $\alpha$<br>(Bq/L) | 总 $\beta$<br>(Bq/L) | 铀<br>( $\mu\text{g/L}$ ) | 钍<br>( $\mu\text{g/L}$ ) | 镭-226<br>(mBq/L) | 钾-40<br>(mBq/L) | 铯-90<br>(mBq/L) | 铯-137<br>(mBq/L) |
| 洞庭湖   | 测值范围         | <MDC                 | 0.13~0.13           | 1.71~3.01                | *                        | 2.2~8.0          | 59~80           | *               | *                |
|       | 均值           | <MDC                 | 0.13                | 2.36                     | *                        | 5.1              | 70              | *               | *                |
| 黑山湖   | 测值范围         | 0.09~0.18            | 0.13~0.16           | 2.60~4.17                | *                        | 2.2~3.8          | 60~124          | 5.9~5.9         | *                |
|       | 均值           | 0.14                 | 0.15                | 3.40                     | 0.30                     | 3.0              | 92              | 5.9             | 0.6              |
| 2013年 | 点位数          | 10                   | 10                  | 10                       | 7                        | 10               | 10              | 8               | 8                |
|       | 样品数<br>(n/m) | 14/19                | 20/20               | 18/20                    | 10/12                    | 17/19            | 19/19           | 15/15           | 7/14             |
|       | 测值范围         | 0.01~0.18            | 0.02~0.35           | 0.14~4.17                | 0.05~1.16                | 2.2~12.9         | 38~270          | 1.8~10.4        | 0.2~0.9          |
|       | 均值           | 0.05                 | 0.14                | 1.22                     | 0.43                     | 5.6              | 122             | 4.8             | 0.5              |

■ 表3.4-3 重点水库监测结果

| 水库名称  |              | 放射性活度浓度              |                     |                          |                          |                  |                 |                 |                  |
|-------|--------------|----------------------|---------------------|--------------------------|--------------------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|
|       |              | 总 $\alpha$<br>(Bq/L) | 总 $\beta$<br>(Bq/L) | 铀<br>( $\mu\text{g/L}$ ) | 钍<br>( $\mu\text{g/L}$ ) | 镭-226<br>(mBq/L) | 钾-40<br>(mBq/L) | 铯-90<br>(mBq/L) | 铯-137<br>(mBq/L) |
| 密云水库  | 测值范围         | 0.02~0.03            | 0.10~0.10           | 1.10~1.21                | *                        | 8.2~8.2          | 90~95           | 6.8~7.7         | *                |
|       | 均值           | 0.03                 | 0.10                | 1.16                     | 0.77                     | 8.2              | 93              | 7.3             | 0.4              |
| 怀柔水库  | 测值范围         | 0.02~0.03            | 0.07~0.07           | 1.20~1.50                | *                        | 4.8~11.8         | 77~83           | 6.0~7.0         | *                |
|       | 均值           | 0.03                 | 0.07                | 1.40                     | 0.58                     | 8.3              | 80              | 6.5             | 0.6              |
| 七里海水库 | 测值范围         | 0.03~0.10            | 0.35~0.93           | 2.70~4.52                | 0.01~0.04                | 4.0~13.8         | *               | 3.7~3.7         | *                |
|       | 均值           | 0.07                 | 0.64                | 3.61                     | 0.03                     | 8.9              | *               | 3.7             | *                |
| 册田水库  | 测值范围         | 0.11~0.12            | 0.65~0.85           | 0.66~0.90                | 0.04~0.24                | *                | 411~472         | 1.6~3.2         | 0.6~1.0          |
|       | 均值           | 0.12                 | 0.75                | 0.80                     | 0.14                     | 5.6              | 442             | 2.4             | 0.8              |
| 新安江水库 | 测值范围         | <MDC                 | 0.12~0.13           | *                        | <MDC                     | 3.1~7.1          | 37~41           | 1.4~1.5         | <MDC             |
|       | 均值           | <MDC                 | 0.13                | 0.09                     | <MDC                     | 5.1              | 39              | 1.5             | <MDC             |
| 松涛水库  | 测值范围         | 0.02~0.04            | 0.12~0.16           | 0.33~0.62                | *                        | *                | 11~35           | 1.2~1.4         | *                |
|       | 均值           | 0.03                 | 0.14                | 0.48                     | 0.08                     | 10.0             | 23              | 1.3             | 0.4              |
| 金川峡水库 | 测值范围         | 0.20~0.31            | 0.19~0.20           | *                        | 0.19~1.14                | 3.7~4.4          | 94~100          | 2.7~11.0        | 0.6~0.7          |
|       | 均值           | 0.26                 | 0.20                | *                        | 0.67                     | 4.1              | 97              | 6.8             | 0.7              |
| 2013年 | 点位数          | 7                    | 7                   | 6                        | 7                        | 7                | 6               | 7               | 6                |
|       | 样品数<br>(n/m) | 12/14                | 14/14               | 11/11                    | 9/12                     | 12/13            | 12/12           | 14/14           | 7/11             |
|       | 测值范围         | 0.02~0.31            | 0.07~0.93           | 0.09~4.52                | 0.01~1.14                | 3.1~13.8         | 11~472          | 1.2~11.0        | 0.4~1.0          |
|       | 均值           | 0.09                 | 0.29                | 1.35                     | 0.34                     | 7.1              | 129             | 4.2             | 0.6              |



### 3.4.3 地下水

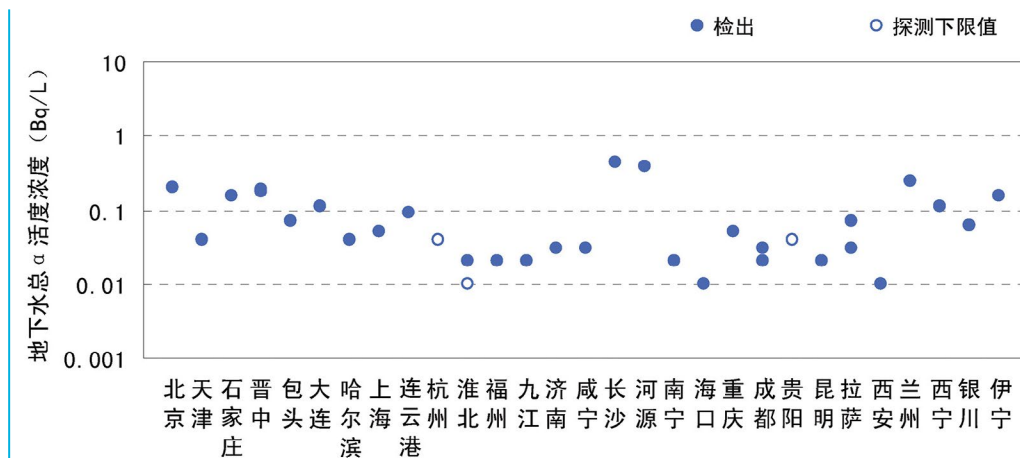
国家辐射环境监测网对30个城市的地下水进行了监测，监测项目为总 $\alpha$ 和总 $\beta$ ；放射性核素铀、钍、镭-226、钾-40，监测频次为1次/年。监测结果见表3.4-4和图3.4-16~图3.4-21。

由图表可见，地下水中总 $\alpha$ 和总 $\beta$ 活度浓度、天然放射性核素铀和钍浓度、镭-226和钾-40活度浓度与历年相比未见明显变化，为正常环境水平。

■ 表3.4-4 地下水监测结果汇总表

| 监测项目       | 单位              | 点位数 <sup>1)</sup> | 样品数 <sup>1)</sup><br>(n/m) | 高于探测下限样品 |      |      |
|------------|-----------------|-------------------|----------------------------|----------|------|------|
|            |                 |                   |                            | 最小值      | 最大值  | 年均值  |
| 总 $\alpha$ | Bq/L            | 29                | 31/35                      | 0.01     | 0.44 | 0.10 |
| 总 $\beta$  | Bq/L            | 28                | 32/35                      | 0.02     | 0.37 | 0.12 |
| 铀          | $\mu\text{g/L}$ | 26                | 30/30                      | 0.05     | 4.89 | 1.42 |
| 钍          | $\mu\text{g/L}$ | 26                | 27/29                      | 0.01     | 1.50 | 0.19 |
| 镭-226      | mBq/L           | 28                | 31/33                      | 0.9      | 35.5 | 7.8  |
| 钾-40       | mBq/L           | 25                | 30/30                      | 4        | 260  | 73   |

注：1) 个别点位因仪器设备等原因未开展相关项目监测，或因样品前处理、测量等原因导致监测结果异常未参与统计。



■ 图3.4-16 城市地下水中总 $\alpha$ 活度浓度

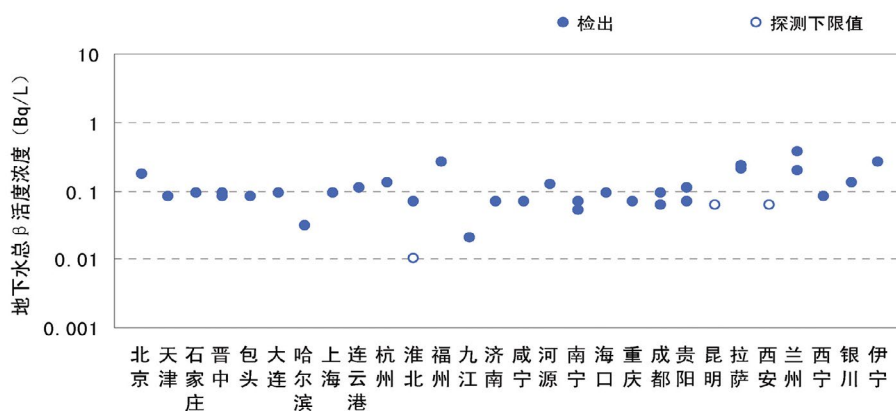


图3.4-17 城市地下水中总β活度浓度

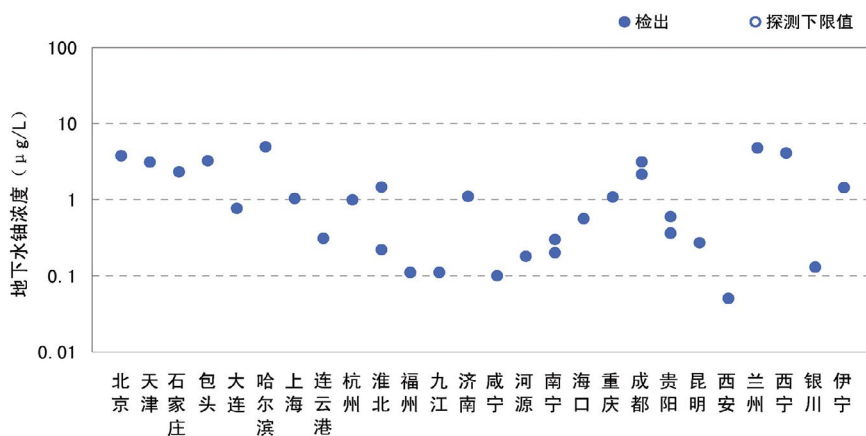


图3.4-18 城市地下水中铀浓度

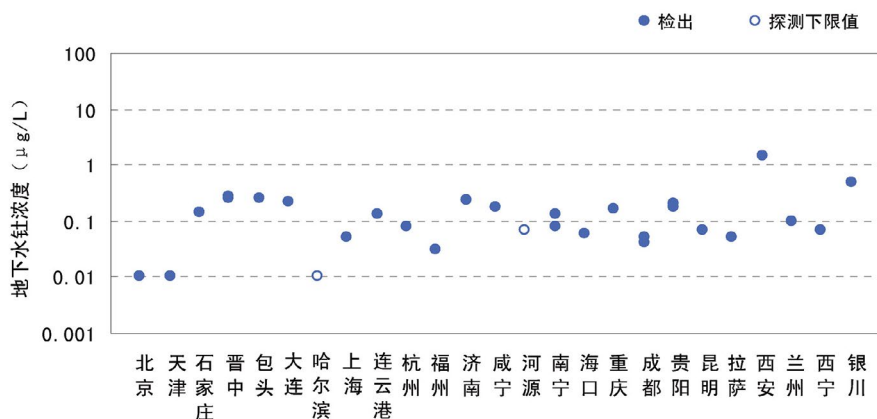


图3.4-19 城市地下水中钚浓度

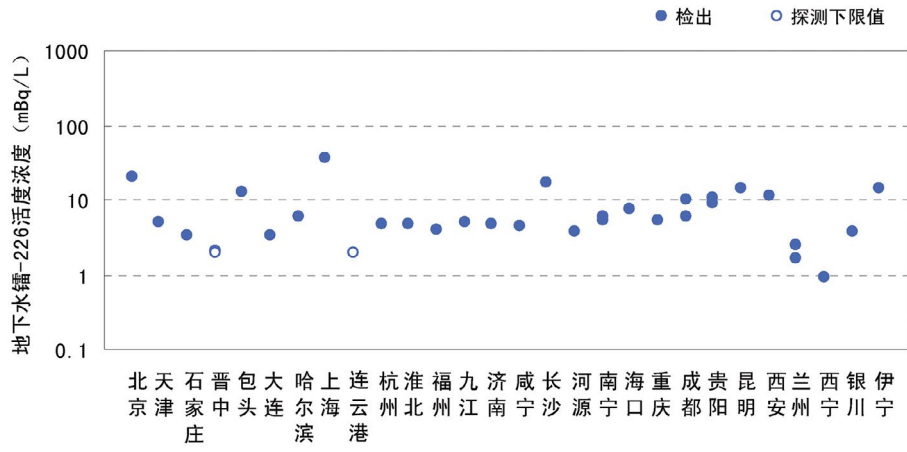


图3.4-20 城市地下水中镭-226活度浓度

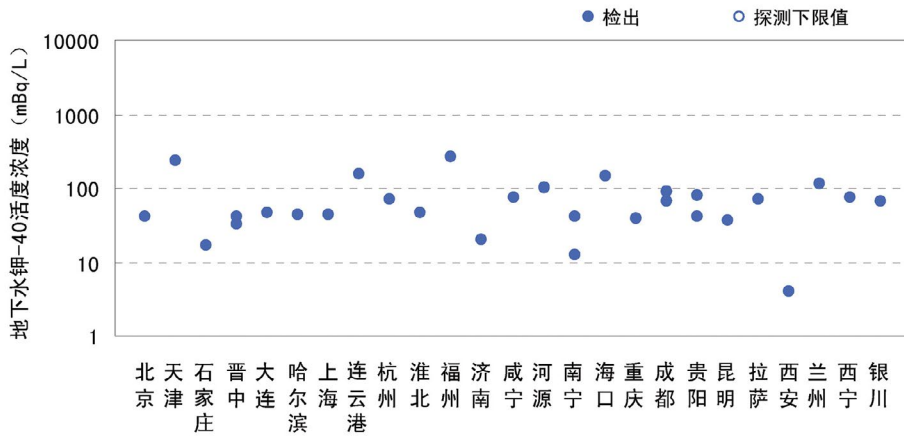


图3.4-21 城市地下水中钾-40活度浓度

### 3.4.4 饮用水源地

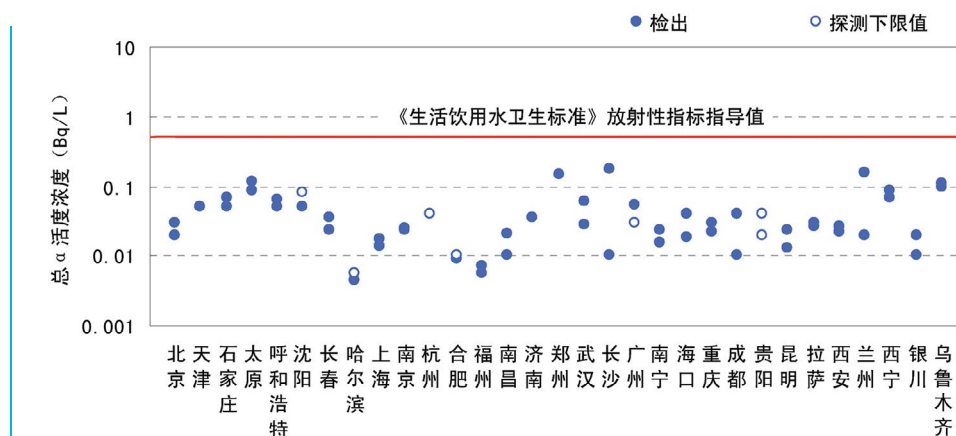
国家辐射环境监测网对直辖市、省会城市和青岛市的32个饮用水源地进行了监测，监测项目为总 $\alpha$ 和总 $\beta$ ；放射性核素铀、钍、镭-226、钾-40、锶-90、铯-137，监测频次为1次/半年。监测结果见表3.4-5、图3.4-22和图3.4-23。

由图表可见，饮用水源地水中总 $\alpha$ 和总 $\beta$ 活度浓度均低于《生活饮用水卫生标准》（GB5749-2006）规定的放射性指标指导值；天然放射性核素铀和钍浓度、镭-226和钾-40活度浓度与历年相比未见明显变化，为正常环境水平；人工放射性核素锶-90和铯-137活度浓度与历年相比未见明显变化，主要为20世纪大气层核试验和切尔诺贝利核事故残留。

■ 表3.4-5 饮用水源地监测结果汇总表

| 监测项目       | 单位              | 点位数 <sup>1)</sup> | 样品数 <sup>1)</sup><br>(n/m) | 高于探测下限样品 |      |      |
|------------|-----------------|-------------------|----------------------------|----------|------|------|
|            |                 |                   |                            | 最小值      | 最大值  | 年均值  |
| 总 $\alpha$ | Bq/L            | 30                | 54/62                      | 0.01     | 0.18 | 0.04 |
| 总 $\beta$  | Bq/L            | 30                | 60/62                      | 0.03     | 0.41 | 0.11 |
| 铀          | $\mu\text{g/L}$ | 29                | 57/58                      | 0.06     | 5.67 | 1.35 |
| 钍          | $\mu\text{g/L}$ | 28                | 49/53                      | 0.01     | 1.59 | 0.26 |
| 镭-226      | mBq/L           | 29                | 53/57                      | 1.5      | 17.7 | 7.1  |
| 钾-40       | mBq/L           | 29                | 57/57                      | 7        | 190  | 86   |
| 锶-90       | mBq/L           | 25                | 50/51                      | 0.8      | 8.8  | 3.4  |
| 铯-137      | mBq/L           | 24                | 26/45                      | 0.1      | 1.3  | 0.4  |

注：1) 个别点位因仪器设备等原因未开展相关项目监测，或因样品前处理、测量等原因导致监测结果异常未参与统计。



■ 图3.4-22 饮用水源地水中总 $\alpha$ 活度浓度

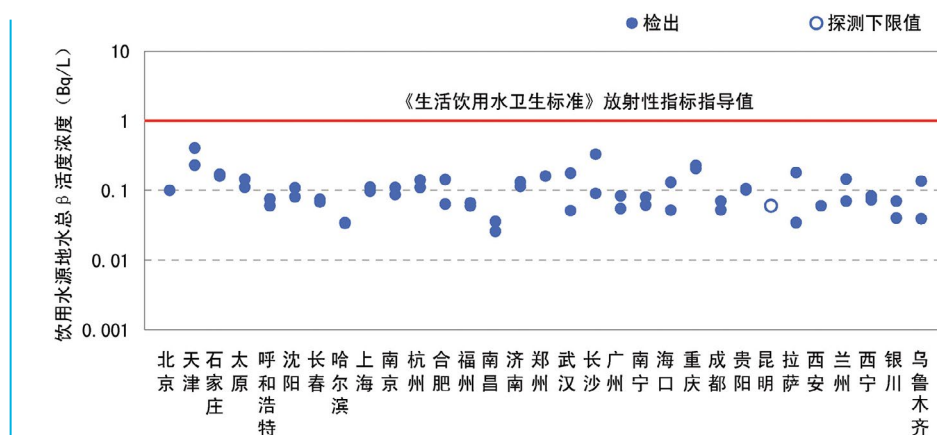


图3.4-23 饮用水源地水中总 $\beta$ 活度浓度

### 3.4.5 海域

国家辐射环境监测网在沿海11个省(市)的近岸海域共布设有14个监测点,覆盖了渤海的葫芦岛、天津和秦皇岛;黄海的日照和青岛;东海的上海、舟山、宁波、台州、温州和宁德;北部湾的北海;南海的汕头、儋州、文昌和西沙群岛。监测项目为放射性核素铀、钍、镭-226、铯-90、铯-137,监测频次为1次/年。监测结果见表3.4-6和图3.4-24。

由图表可见,近岸海域海水中天然放射性核素铀和钍浓度、镭-226活度浓度与历年相比未见明显变化,且与1983~1990全国环境天然放射性水平调查结果处于同一水平;人工放射性核素铯-90和铯-137活度浓度与历年相比未见明显变化,且均低于《海水水质标准》(GB 3097-1997)规定的限值,主要为20世纪大气层核试验和切尔诺贝利核事故残留。

表3.4-6 近岸海域海水监测结果汇总表

| 监测项目  | 单位              | 点位数 <sup>1)</sup> | 样品数 <sup>1)</sup><br>(n/m) | 高于探测下限样品 |      |      |
|-------|-----------------|-------------------|----------------------------|----------|------|------|
|       |                 |                   |                            | 最小值      | 最大值  | 年均值  |
| 铀     | $\mu\text{g/L}$ | 12                | 14/15                      | 1.0      | 5.8  | 2.4  |
| 钍     | $\mu\text{g/L}$ | 13                | 14/15                      | 0.01     | 0.46 | 0.19 |
| 镭-226 | mBq/L           | 14                | 17/17                      | 1.2      | 17.0 | 8.1  |
| 铯-90  | mBq/L           | 14                | 17/17                      | 0.3      | 4.5  | 2.4  |
| 铯-137 | mBq/L           | 13                | 14/16                      | 0.4      | 2.3  | 1.0  |

注: 1) 个别点位因仪器设备等原因未开展相关项目监测,或因样品前处理、测量等原因导致监测结果异常未参与统计。

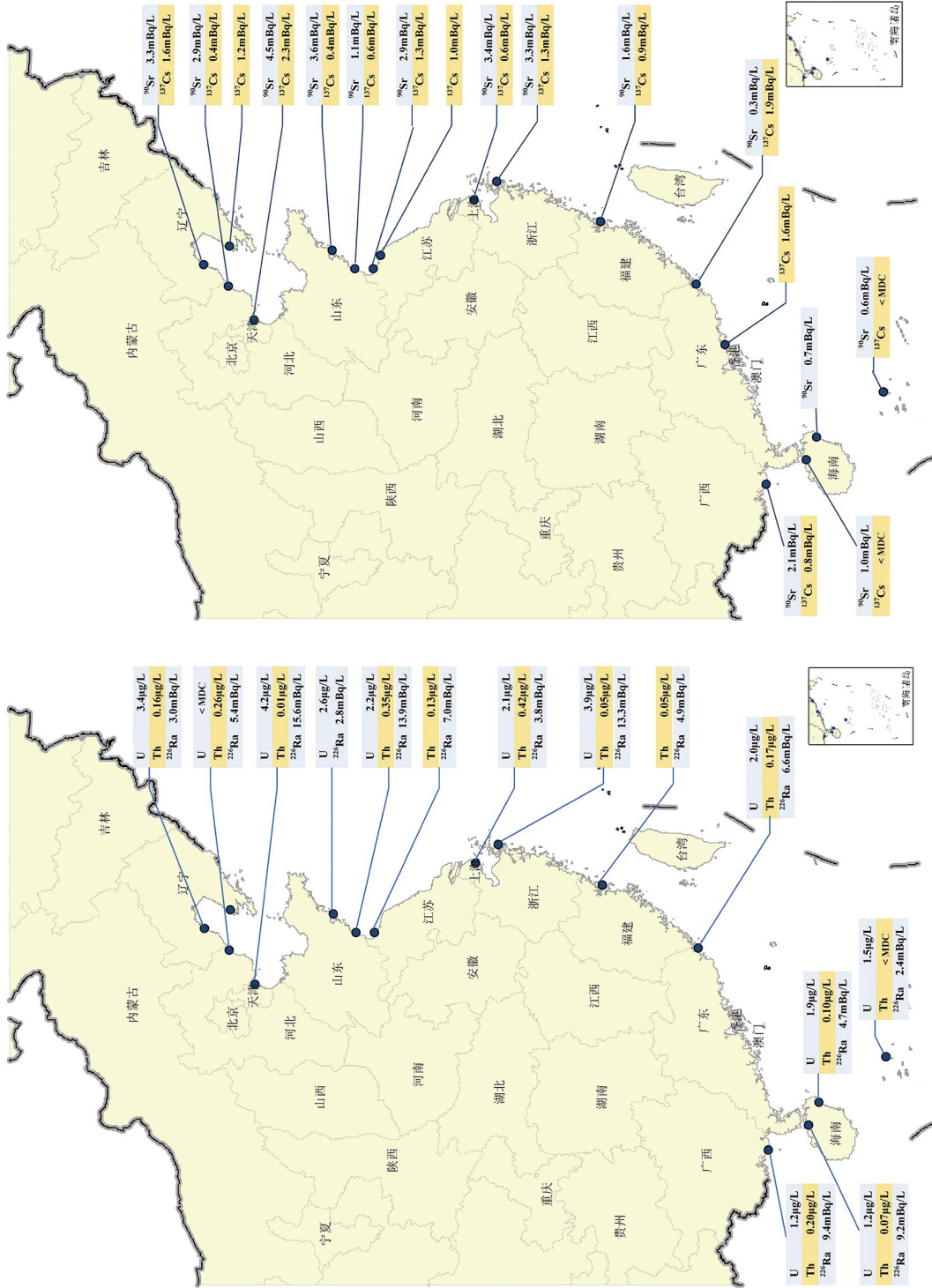


图3.4-24 近岸海域海水中放射性核素活度浓度分布示意图

### 专栏3-5 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。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。

地面水中的放射性核素可经由饮水途径对人造成内照射；放射性物质会进入水生生物和农作物，经由生物链途径对人造成内照射。

### 3.5 土壤

国家辐射环境监测网和部分省级辐射环境监测网在177个地级及以上城市布设了土壤监测点，采集表层0~10cm的土壤样品，监测项目为 $\gamma$ 能与铯-90分析，监测频次为1次/年，监测结果见表3.5-1和图3.5-1~图3.5-6。

由图表可见，土壤中天然放射性核素铀-238、钍-232、镭-226和钾-40活度浓度与历年相比未见明显变化，且与1983~1990年全国环境天然放射性水平调查结果处于同一水平；人工放射性核素铯-90和铯-137活度浓度与历年相比未见明显变化，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，对我国土壤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。

高于探测下限的土壤样品中，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78.4%、82.4%和82.7%；天然放射性核素钾-40活度浓度为（400~1000）Bq/kg的样品占77.9%；人工放射性核素铯-90和铯-137活度浓度为（0.1~2.0）Bq/kg的样品分别占87.2%和63.1%。

土壤中天然放射性核素的地理分布与我国的地质条件密切相关，大致趋势为：铀-238、钍-232、镭-226，分布趋势均为北低南高；钾-40，分布趋势为东部南低北高，中部由南至北变化不大，西部由南北变化不大但高于中部。这一分布趋势与1983~1990年全国环境天然放射性水平调查结果基本一致。土壤中人工放射性核素铯-90和铯-137的地理分布与纬度有关，主要为20世纪大气层核试验和切尔诺贝利核事故残留。



表3.5-1 各省(区、市)土壤监测结果

| 省(区、市) | 高于探测下限样品       |      |      |                |      |      |                |      |      |               |      |     |               |     |     |                |      |     |
|--------|----------------|------|------|----------------|------|------|----------------|------|------|---------------|------|-----|---------------|-----|-----|----------------|------|-----|
|        | 铀-238(Bq/kg·干) |      |      | 钍-232(Bq/kg·干) |      |      | 镭-226(Bq/kg·干) |      |      | 钾-40(Bq/kg·干) |      |     | 铯-90(Bq/kg·干) |     |     | 铯-137(Bq/kg·干) |      |     |
|        | 最小值            | 最大值  | 均值   | 最小值            | 最大值  | 均值   | 最小值            | 最大值  | 均值   | 最小值           | 最大值  | 均值  | 最小值           | 最大值 | 均值  | 最小值            | 最大值  | 均值  |
| 北京     | #              | #    | 46.5 | #              | #    | 48.0 | #              | #    | 32.0 | #             | #    | 654 | #             | #   | 0.4 | #              | #    | 5.5 |
| 天津     | 35.8           | 54.7 | 41.8 | 33.4           | 50.3 | 43.9 | 21.8           | 52.5 | 34.6 | 399           | 713  | 540 | 0.9           | 2.8 | 1.9 | 0.6            | 0.9  | 0.7 |
| 河北     | *              | *    | 14.5 | 29.1           | 58.0 | 42.2 | 19.0           | 27.6 | 23.2 | 422           | 720  | 594 | 0.6           | 0.8 | 0.7 | 0.2            | 1.6  | 0.7 |
| 山西     | 34.1           | 37.8 | 36.0 | 35.6           | 39.0 | 37.3 | 26.1           | 30.1 | 28.1 | 497           | 504  | 500 | *             | *   | *   | 1.1            | 1.8  | 1.5 |
| 内蒙古    | 14.3           | 19.7 | 17.0 | 31.2           | 39.2 | 34.9 | 14.3           | 19.3 | 16.4 | 588           | 634  | 618 | *             | *   | *   | *              | *    | *   |
| 辽宁     | 21.5           | 73.0 | 45.7 | 29.2           | 109  | 57.2 | 15.8           | 72.9 | 39.8 | 650           | 1060 | 809 | 0.5           | 2.5 | 1.4 | 0.4            | 5.8  | 2.7 |
| 吉林     | 17.4           | 28.4 | 23.3 | 14.6           | 43.6 | 32.7 | 19.0           | 34.4 | 27.1 | 572           | 1200 | 767 | *             | *   | *   | 1.8            | 10.6 | 4.4 |
| 黑龙江    | 20.9           | 44.7 | 32.0 | 27.8           | 56.3 | 43.8 | 21.0           | 39.6 | 29.1 | 620           | 791  | 709 | 0.7           | 1.7 | 1.1 | 2.0            | 4.3  | 2.7 |
| 上海     | <MDC           | <MDC | <MDC | 38.0           | 55.0 | 47.4 | 25.5           | 36.5 | 30.8 | 490           | 545  | 518 | 0.2           | 1.0 | 0.4 | 0.5            | 2.7  | 1.6 |
| 江苏     | 29.5           | 43.7 | 34.9 | 36.0           | 54.8 | 43.0 | 23.9           | 33.3 | 28.2 | 420           | 559  | 489 | 0.2           | 0.6 | 0.3 | 0.7            | 2.1  | 1.2 |
| 浙江     | 27.0           | 44.4 | 36.3 | 39.0           | 86.4 | 54.8 | 23.2           | 45.6 | 36.0 | 336           | 823  | 634 | 0.7           | 1.7 | 1   | 0.9            | 4.1  | 2.2 |
| 安徽     | #              | #    | *    | #              | #    | 57.6 | #              | #    | *    | #             | #    | 425 | #             | #   | *   | #              | #    | *   |
| 福建     | 40.7           | 89.7 | 56.9 | 51.9           | 138  | 81.9 | 38.1           | 128  | 68.4 | 110           | 958  | 505 | 0.6           | 1.0 | 0.7 | *              | *    | 1.2 |
| 江西     | 28.6           | 82.0 | 54.0 | 32.4           | 82.2 | 56.9 | 23.1           | 47.0 | 30.2 | 235           | 1060 | 441 | 0.7           | 3.5 | 1.8 | 0.5            | 2.1  | 1.1 |
| 山东     | 32.5           | 45.6 | 40.9 | 46.4           | 66.3 | 54.0 | 25.7           | 31.1 | 27.8 | 528           | 727  | 617 | 0.5           | 2.0 | 1.4 | 1.4            | 1.5  | 1.5 |
| 河南     | #              | #    | 25.3 | #              | #    | 60.3 | #              | #    | 28.7 | #             | #    | 765 | #             | #   | *   | #              | #    | 1.3 |
| 湖北     | 13.7           | 14.7 | 14.2 | 45.4           | 55.4 | 50.3 | 28.0           | 36.3 | 33.2 | 582           | 606  | 592 | 0.8           | 0.9 | 0.8 | 4.2            | 4.3  | 4.2 |

注：“#”表示该省区市因点位偏少，不适用该统计项。

表3.5-1 (续)

| 省(区、市)                     | 高于探测下限样品       |      |      |                |      |      |                |      |      |               |      |     |               |     |     |                |      |     |
|----------------------------|----------------|------|------|----------------|------|------|----------------|------|------|---------------|------|-----|---------------|-----|-----|----------------|------|-----|
|                            | 铀-238(Bq/kg·干) |      |      | 钍-232(Bq/kg·干) |      |      | 镭-226(Bq/kg·干) |      |      | 钾-40(Bq/kg·干) |      |     | 铯-90(Bq/kg·干) |     |     | 铯-137(Bq/kg·干) |      |     |
|                            | 最小值            | 最大值  | 均值   | 最小值            | 最大值  | 均值   | 最小值            | 最大值  | 均值   | 最小值           | 最大值  | 均值  | 最小值           | 最大值 | 均值  | 最小值            | 最大值  | 均值  |
| 湖南                         | *              | *    | 46.3 | 50.1           | 73.4 | 62.3 | 47.7           | 48.8 | 48.3 | 216           | 234  | 225 | *             | *   | *   | *              | *    | *   |
| 广东                         | 26.6           | 112  | 78.4 | 27.7           | 196  | 103  | 24.2           | 125  | 81.2 | 76            | 1700 | 553 | 0.1           | 0.5 | 0.2 | 1.0            | 3.4  | 2.1 |
| 广西                         | 28.7           | 155  | 73.0 | 28.5           | 178  | 79.1 | 23.5           | 164  | 69.1 | 90            | 1170 | 318 | 0.3           | 0.8 | 0.4 | 0.5            | 5.4  | 1.9 |
| 海南                         | 17.6           | 30.6 | 24.1 | 30.3           | 50.0 | 40.2 | 18.4           | 31.6 | 25.8 | 39            | 123  | 81  | 0.1           | 0.4 | 0.2 | 0.8            | 1.3  | 1.1 |
| 重庆                         | 33.9           | 47.3 | 40.3 | 37.8           | 47.4 | 41.7 | 26.8           | 43.2 | 31.8 | 496           | 612  | 585 | 0.7           | 3.3 | 1.9 | 0.9            | 1.3  | 1   |
| 四川                         | 17.3           | 41.4 | 31.9 | 25.7           | 51.5 | 41.9 | 16.5           | 47.7 | 27.7 | 174           | 734  | 488 | 0.9           | 1.3 | 1.1 | 1.7            | 2.3  | 2.1 |
| 贵州                         | 67.1           | 116  | 88.4 | 32.9           | 104  | 62.4 | 49.1           | 84.7 | 66.4 | 85            | 248  | 169 | *             | *   | *   | 1.9            | 3.4  | 2.7 |
| 云南                         | 17.8           | 86.2 | 53.5 | 16.9           | 103  | 56.2 | 8.0            | 47.0 | 28.8 | 63            | 738  | 374 | 0.5           | 1.8 | 0.9 | 0.4            | 5.2  | 2   |
| 西藏                         | 39.1           | 90.4 | 61.9 | 47.6           | 179  | 83.8 | 29.7           | 94.9 | 49.1 | 566           | 772  | 663 | *             | *   | *   | 1.1            | 8.1  | 4.2 |
| 陕西                         | 12.5           | 43.4 | 26.6 | 16.2           | 45.0 | 36.6 | 12.5           | 36.5 | 28.1 | 515           | 667  | 601 | 0.6           | 1.3 | 1   | 1.0            | 3.0  | 1.7 |
| 甘肃                         | *              | *    | 47.3 | 35.5           | 41.1 | 38.3 | 28.6           | 34.5 | 31.6 | 580           | 604  | 592 | 0.5           | 1.8 | 1.1 | 0.7            | 3.0  | 1.9 |
| 青海                         | 39.6           | 65.0 | 48.8 | 21.4           | 56.6 | 44.8 | 18.2           | 45.4 | 32.8 | 428           | 643  | 557 | 0.6           | 2.2 | 1.4 | 1.0            | 7.9  | 2.3 |
| 宁夏                         | 30.0           | 43.4 | 36.4 | 32.9           | 40.0 | 35.9 | 26.9           | 37.4 | 31.3 | 530           | 720  | 613 | 0.4           | 1.8 | 1.3 | 0.9            | 2.4  | 1.9 |
| 新疆                         | 17.4           | 36.9 | 25.2 | 25.7           | 50.6 | 36.7 | 17.2           | 34.8 | 24.8 | 458           | 849  | 572 | *             | *   | *   | 0.9            | 5.5  | 1.7 |
| 样品数 <sup>1)</sup><br>(n/m) | 182/189        |      |      | 205/205        |      |      | 198/198        |      |      | 200/200       |      |     | 148/154       |     |     | 146/191        |      |     |
| 全国                         | 12.5           | 155  | 44.5 | 14.6           | 196  | 54.1 | 8              | 164  | 38.2 | 39            | 1700 | 570 | 0.1           | 3.5 | 1.1 | 0.2            | 10.6 | 2.1 |

注: 1) 个别点位仪器设备等原因未开展相关项目监测, 或因样品前处理、测量等原因导致监测结果异常未参与统计。

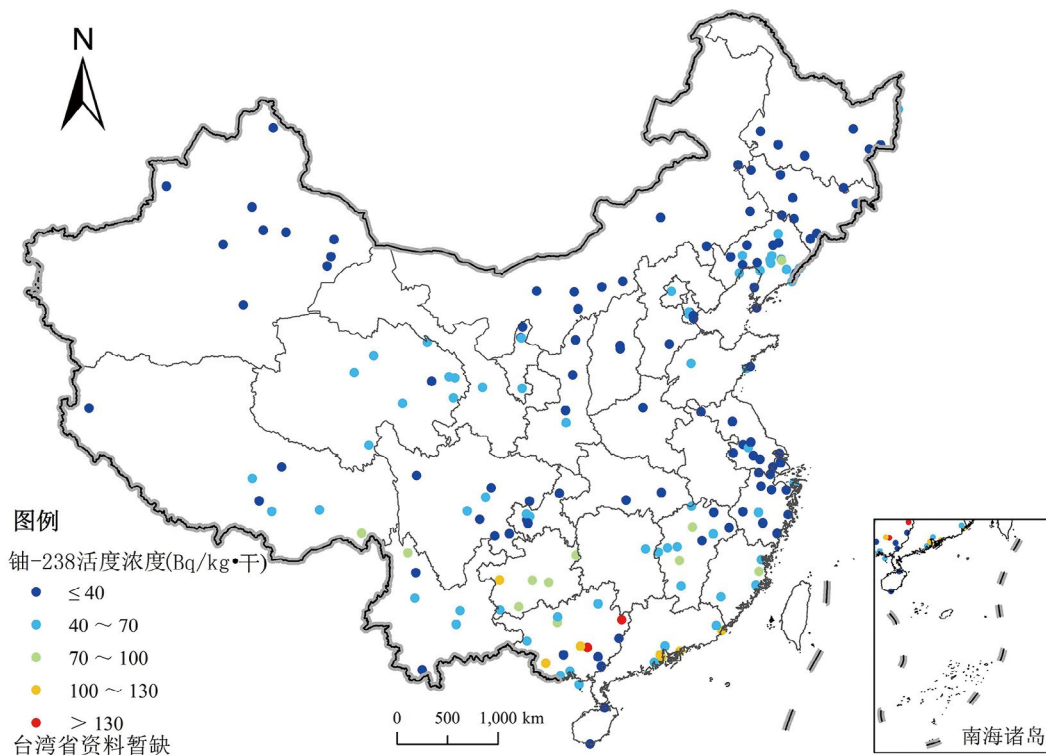


图3.5-1 城市土壤中铀-238活度浓度分布示意图

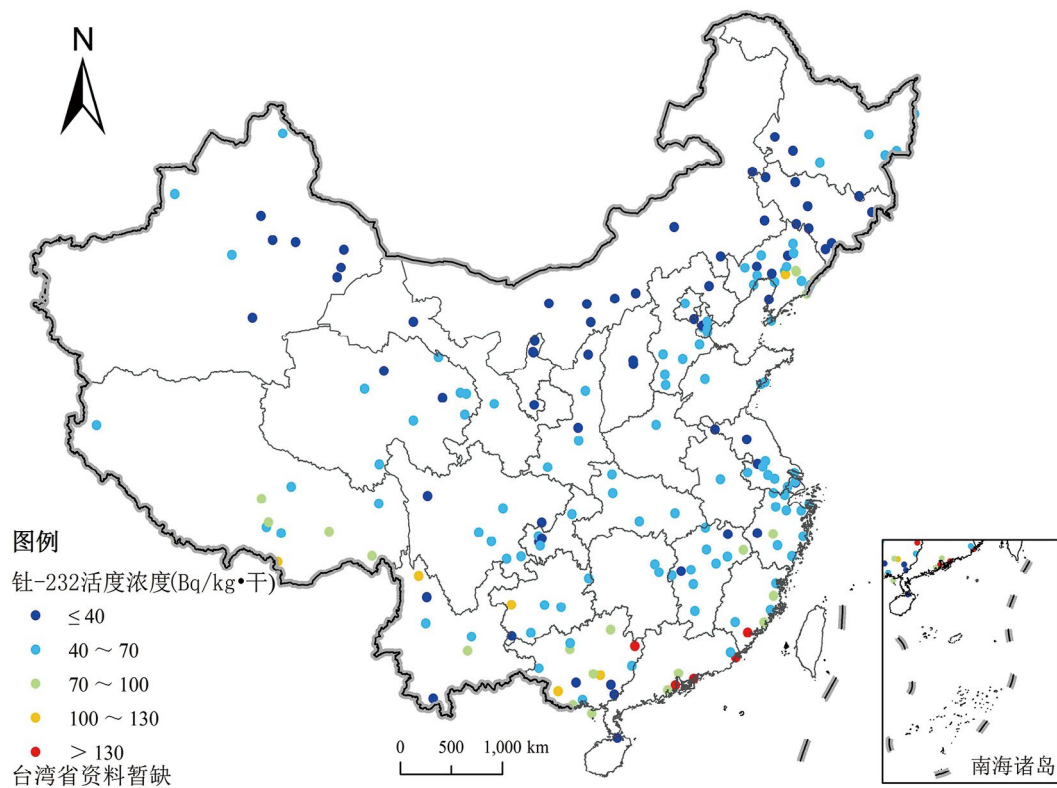


图3.5-2 城市土壤中钍-232活度浓度分布示意图

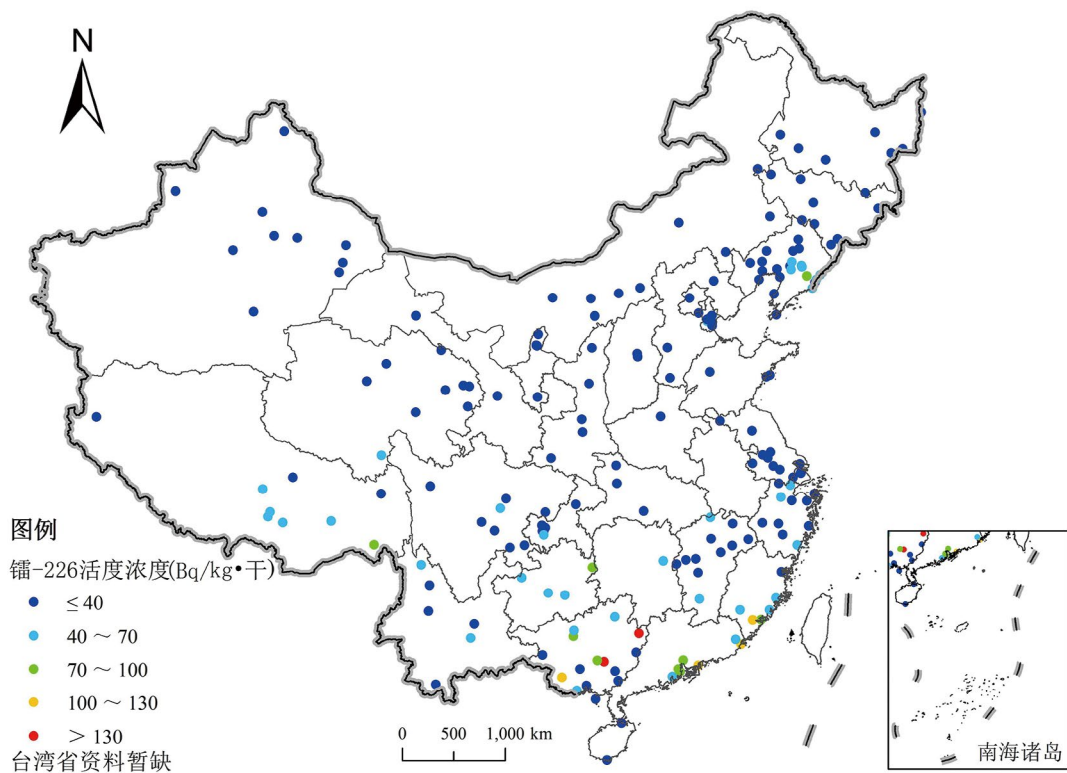


图3.5-3 城市土壤中镭-226活度浓度分布示意图

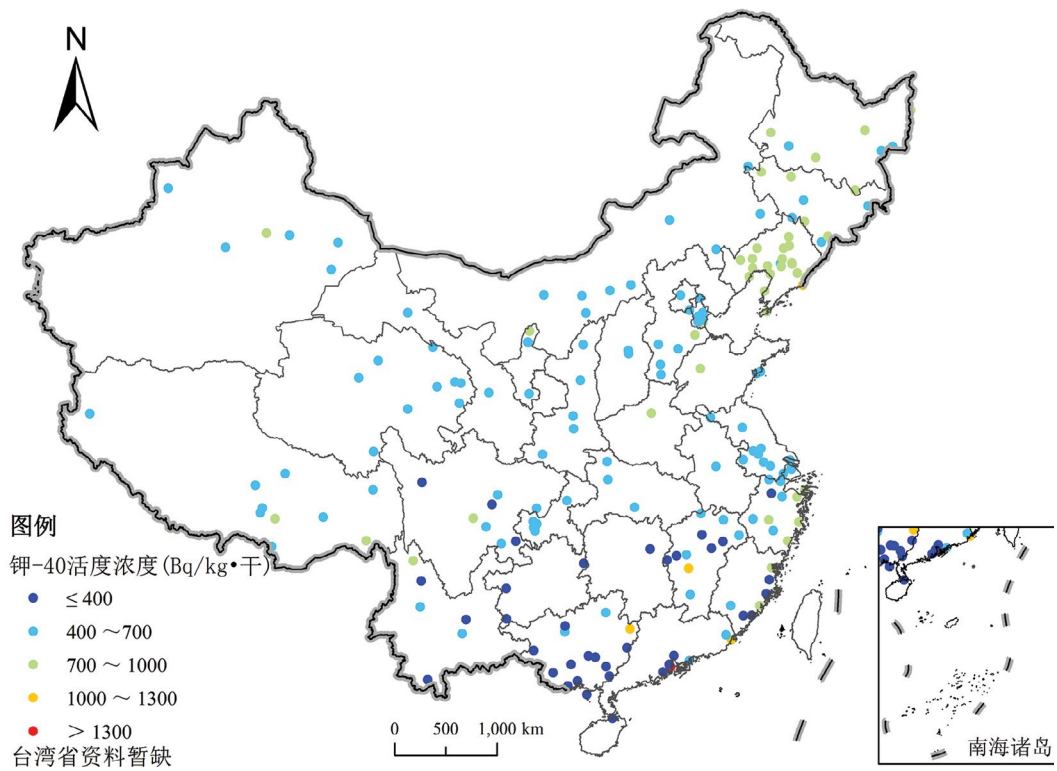


图3.5-4 城市土壤中钾-40活度浓度分布示意图

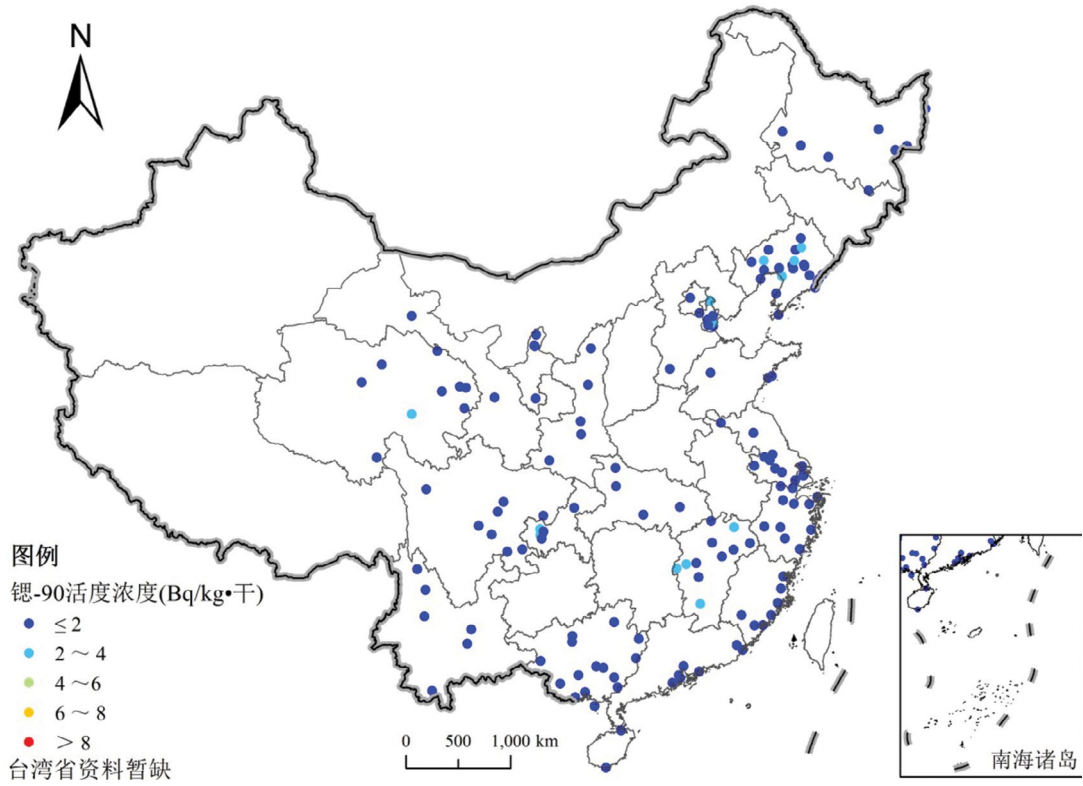


图3.5-5 城市土壤中铯-90活度浓度分布示意图

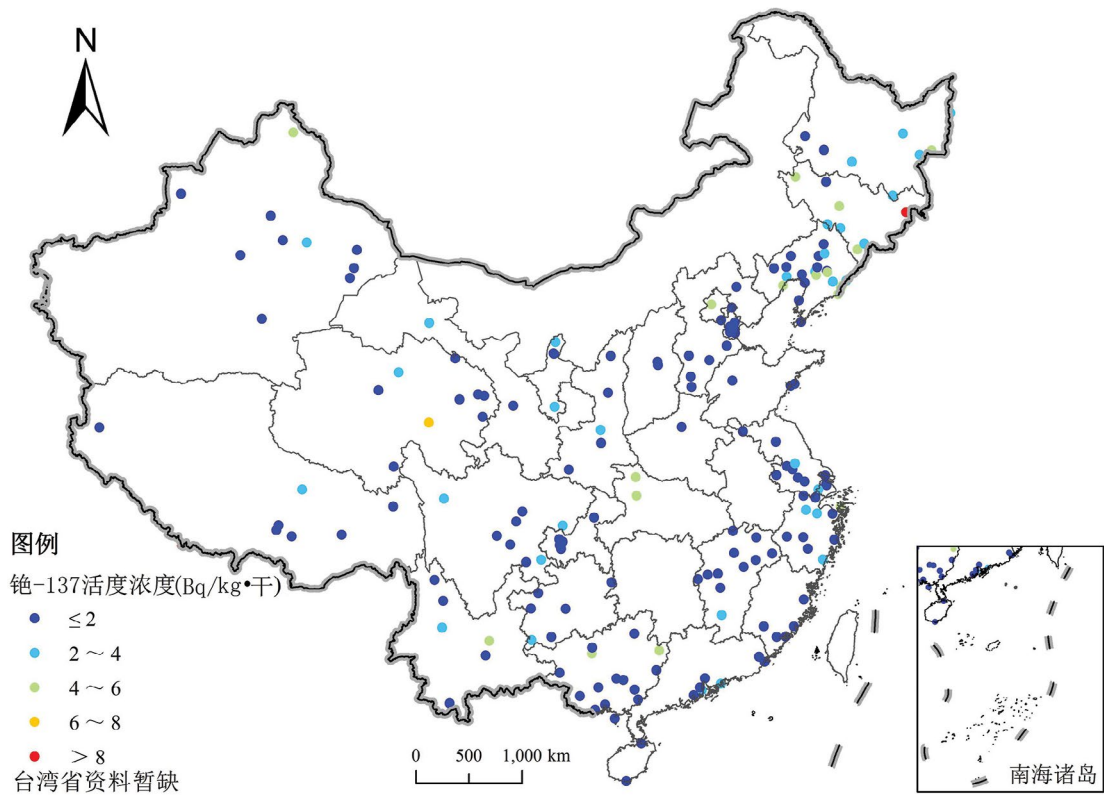


图3.5-6 城市土壤中铯-137活度浓度分布示意图

### 专栏3-6 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他途径（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铯-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将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的被风扬起（再悬浮）则会经呼吸途径对人造成内照射。

### 3.6 电磁辐射水平

国家辐射环境监测网在31个直辖市和省会城市布设了电磁辐射监测点，监测项目为环境综合电场强度，监测频次为1次/年，监测结果见图3.6-1。

由图可见，直辖市和省会城市环境电磁综合场强与历年相比未见明显变化，均远低于《电磁辐射防护规定》（GB 8702-1988）中有关公众照射参考导出限值12V/m（频率范围为30~3000MHz），环境电磁质量状况良好。各城市环境电磁监测点综合场强测量范围为（0.1~2.6）V/m，平均值为1.0V/m。



图3.6-1 直辖市和省会城市环境电磁辐射水平

#### 专栏3-7 电磁辐射

■ 随时间变化的电场和磁场相互转换，形成电磁波。能量以电磁波的形式发射到空间的现象称为电磁辐射。电磁辐射按其来源分为天然电磁辐射和人工电磁辐射。天然电磁辐射为自然界存在的，如自然界的静电放电、大气层的闪电、太阳磁暴与太阳黑子、银河系的电磁变动等。人工电磁辐射为人类制造的用电设备和电磁能利用应用设备，包括广播电视发射设施、通信雷达及导航设备、工科医设备、电牵引交通系统、高压输电设施。当环境中的电磁辐射的强度符合国家规定的电磁环境标准，就不会影响环境中活动公众的健康。



## 4 运行核电厂周围辐射环境监督性 监测结果





## 4.1 监测结果概要

### (1) 空气吸收剂量率

各运行核电厂周围辐射环境自动监测站实时连续空气吸收剂量率排除降雨等自然因素的影响未见明显变化，周围环境累积剂量测得的空气吸收剂量率与历年相比未见明显变化，均在当地的天然本底水平涨落范围内。

### (2) 大气

各运行核电厂周围环境气溶胶总 $\alpha$ 和总 $\beta$ 活度浓度与历年相比，未见明显变化，为正常环境水平，人工 $\gamma$ 放射性核素均未检出。

各运行核电厂周围环境沉降物总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 及铯-90日沉降量与历年相比，未见明显变化，为正常环境水平，人工 $\gamma$ 放射性核素均未检出。

泰山核电基地、田湾核电站和红沿河核电厂周围环境空气中碳-14活度浓度与历年相比，未见明显变化，为正常环境水平。大亚湾/岭澳核电厂周围环境空气中碳-14活度浓度高于对照点。

大亚湾/岭澳核电厂、田湾核电站、红沿河核电厂周围环境空气中氟化水活度浓度、降水中氚活度浓度与历年相比，未见明显变化，为正常环境水平。由于泰山第三核电厂是我国首座重水堆核电站，其慢化剂和冷却剂均采用重水，与轻水堆相比向大气环境释放的氚较多，在泰山核电基地周围关键居民点，空气中氟化水活度浓度、降水中氚活度浓度高于对照点，其中空气中氟化水活度浓度仍在历年波动范围内，个别降水样品氚活度浓度高于历年监测结果。

### (3) 水体

各运行核电厂周围陆地环境水中人工 $\gamma$ 放射性核素均未检出。饮用水源地水中总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 活度浓度均低于《生活饮用水卫生标准》(GB 5749-2006)中规定的放射性指标指导值。大亚湾/岭澳核电厂、田湾核电站、红沿河核电厂周围陆地环境水中氚活度浓度与历年相比，未见明显变化，为正常环境水平；泰山核电基地周围环境饮用水源地水中氚未检出，部分池塘水、井水样品氚活度浓度高于核电厂运行前本底，主要受核电厂气载流出物沉降的影响，但远低于《世界卫生组织饮用水水质标准》中规定的饮用水中氚单一核素指导水平(10000Bq/L)。

各运行核电厂周围环境海域海水中铯-137活度浓度与历年相比，均未见明显变化，为正常环境水平，其余人工 $\gamma$ 放射性核素均未检出。红沿河核电厂周围环境海水中氚未检出，秦山核电基地、大亚湾/岭澳核电厂和田湾核电站周围环境部分海水样品氚活度浓度高于核电厂运行前本底，主要受核电厂液态流出物排放的影响。

各运行核电厂周围环境岸边沉积物、潮间带土、潮下带土和底泥中铯-90和铯-137活度浓度与历年相比，未见明显变化，为正常环境水平，其余人工 $\gamma$ 放射性核素均未检出。

#### (4) 土壤

各运行核电厂周围环境土壤中铯-90和铯-137活度浓度与历年相比，未见明显变化，为正常环境水平，其余人工 $\gamma$ 放射性核素均未检出。

#### (5) 生物

各运行核电厂周围环境采集的生物样品中铯-90和铯-137活度浓度与历年相比，未见明显变化，为正常环境水平；除秦山核电基地和大亚湾/岭澳核电厂周围海域采集的部分牡蛎样品中监测到极微量的银-110m外，各运行核电厂周围环境采集的生物样品中其余人工 $\gamma$ 放射性核素均未检出。

秦山核电基地周围环境采集的生物样品中碳-14活度浓度与历年相比，未见明显变化，为正常环境水平；采集的部分生物样品中氚活度浓度高于对照点，但仍在历年波动范围内，主要受核电厂气载流出物沉降的影响。

#### (6) 结论

虽然核电厂的运行，引起周围部分环境介质（大气、水、生物）样品中氚活度浓度升高，采集的部分牡蛎样品中监测到极微量的银-110m，但对公众健康的影响可忽略不计。

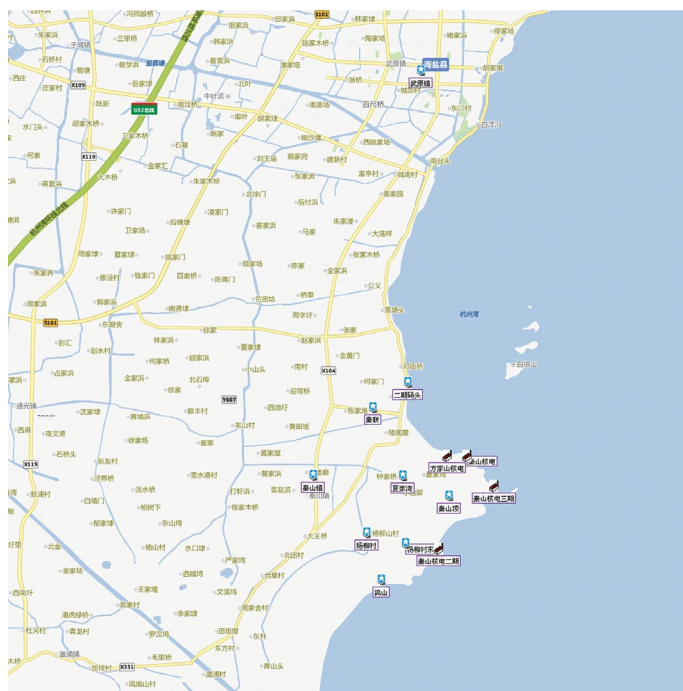
## 4.2 秦山核电基地

### 4.2.1 空气吸收剂量率

秦山核电基地周围设有以秦山核电厂、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个辐射环境自动监测站，其中分布在秦山核电基地周围5公里范围内共有8个自动站，此外还在武原镇设有1个自动站，并在杭州设有对照点，点位分布见图4.2-1。自动站的探测器均为高压电离室，实时连续监测环境空气吸收剂量率，其中秦山镇、夏家湾和杨柳村3个自动站还配置有自动气象观测装置，可对风向、风速、温度、湿度、气压、雨量、感雨进行实时连续监测，监测结果见表4.2-1。除辐射环境自动监测站的实时监测外，在秦山核电基地周围20公里范围内设置29个监测点，每季度布放和回收热释光剂量计（TLDs），测量累积剂量并根据累积剂量和布放时间计算空气吸收剂量率，监测结果见图4.2-2。

由图表可见，秦山核电基地周围9个自动站空气吸收剂量率排除降雨等自然因素的影响未见明显变化，按站点统计年均值范围为（89.5~112.6）nGy/h，平均值为100.8nGy/h，均在当地的天然本底水平涨落范围内。

周围环境累积剂量测得的空气吸收剂量率与对照点相比，未见明显变化，29个监测点测值范围为（61.9~97.5）nGy/h，平均值为77.5nGy/h，均在当地的天然本底水平涨落范围内。

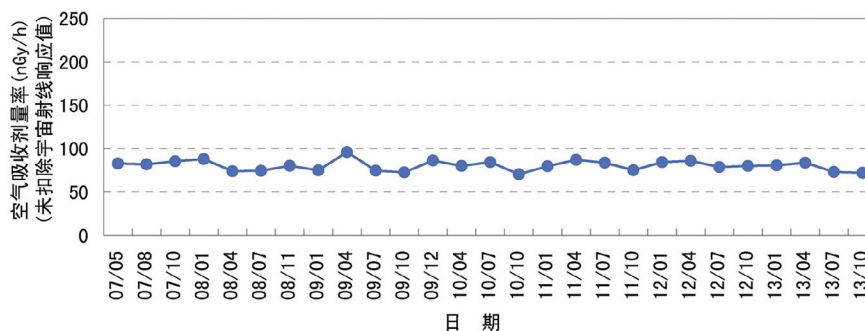


■ 图4.2-1 秦山核电基地辐射环境监测系统布点示意图

■ 表4.2-1 秦山核电基地辐射环境监测系统监测结果

| 自动站名称   | 空气吸收剂量率 <sup>1)</sup> (nGy/h) |         |       |
|---------|-------------------------------|---------|-------|
|         | 小时均值最小值                       | 小时均值最大值 | 年均值   |
| 秦山顶     | 89.6                          | 160.5   | 98.2  |
| 夏家湾     | 95.7                          | 145.9   | 100.7 |
| 秦山镇     | 95.1                          | 179.8   | 103.2 |
| 二期码头    | 88.5                          | 149.6   | 93.1  |
| 秦联      | 95.0                          | 152.2   | 101.7 |
| 杨柳村东    | 96.8                          | 164.5   | 102.2 |
| 杨柳村     | 101.0                         | 149.6   | 105.6 |
| 鸽山      | 83.6                          | 150.4   | 89.5  |
| 武原镇     | 108.4                         | 161.7   | 112.6 |
| 杭州(对照点) | 103.4                         | 147.0   | 108.6 |

注：1) 未扣除宇宙射线响应值。



■ 图4.2-2 秦山核电基地周围环境累积剂量监测结果

## 4.2.2 大气

秦山核电厂、秦山第二核电厂和秦山第三核电厂的关键居民点分别在秦联、杨柳村和夏家湾一带。因此，对大气气溶胶和沉降物中放射性物质的监测、对空气中氡化和碳-14的监测、对降水中氡的监测，监测点均设置在以上关键居民点的自动站，并在杭州设置对照点。

气溶胶采用大流量气溶胶采样仪采样，流量约为 $1\text{m}^3/\text{min}$ ，8天连续采样，采样量大于 $10000\text{m}^3$ ，对累积样进行监测，监测项目为总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 及 $\gamma$ 能谱分析<sup>①</sup>，监测频次为1次/季，监测结果见表4.2-2。由表可见，秦山核电基地周围环境气溶胶中总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 活度浓度与对照点相比，未见明显变化；人工 $\gamma$ 放射性核素均未检出。

<sup>①</sup>各运行核电厂周围环境气溶胶和沉降物中 $\gamma$ 能谱分析包括锰-54、钴-58、钴-60、锆-95、银-110m、碘-131、碘-133、铯-134、铯-137等人工 $\gamma$ 放射性核素。

沉降物采用面积约为0.13m<sup>2</sup>的不锈钢采样桶湿法采样，每季度连续采样，对累积的干湿总沉降样品进行监测，监测项目为总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、锶-90和 $\gamma$ 能谱分析<sup>①</sup>，监测频次为1次/季，监测结果见表4.2-2。由表可见，秦山核电基地周围环境沉降物中总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 和锶-90日沉降量与对照点相比，未见明显变化，其中锶-90主要为20世纪大气层核试验和切尔诺贝利核事故残留；人工 $\gamma$ 放射性核素均未检出。

空气中氡化水采用冷冻法采样，每个月连续采样，对累积样进行监测，监测频次为1次/月，监测结果见图4.2-3。降水采用雨量传感器收集样品，记录实时降雨量，每个月连续采样，对累积样进行监测，监测频次为1次/月，监测结果见图4.2-4。由图可见，秦山核电基地周围环境空气中氡化水活度浓度及降水中氡活度浓度高于对照点，其中空气中氡化水活度浓度仍在历年波动范围内，但个别降水样品中氡活度浓度高于历年监测结果，主要因为秦山第三核电厂是我国首座重水堆核电站，与轻水堆相比，慢化剂和冷却剂采用重水的原因，产生的氡较多。

空气中碳-14采用直接导入碱液捕集二氧化碳的方法，捕集碱液采用氢氧化钠溶液，将捕集了空气中二氧化碳的氢氧化钠溶液与氯化钙反应，生成碳酸钙沉淀进行测量。采样仪器为智能恒温连续采样器，采样流量约1L/min，7天连续采样，对累积样进行监测，监测频次为1次/月，监测结果见图4.2-3。由图可见，秦山核电基地周围环境空气中碳-14活度浓度与对照点相比，未见明显变化。

■ 表4.2-2 秦山核电基地周围气溶胶和沉降物监测结果

| 监测点位            | 气溶胶放射性活度浓度年均值<br>(mBq/m <sup>3</sup> ) |           |                    | 沉降物放射性日沉降量年均值<br>(Bq/m <sup>2</sup> ·d) |           |                      |                    |
|-----------------|--|-----------|--------------------|---|-----------|----------------------|--------------------|
|                 | 总 $\alpha$                             | 总 $\beta$ | 其余核素 <sup>1)</sup> | 总 $\alpha$                              | 总 $\beta$ | <sup>90</sup> Sr     | 其余核素 <sup>1)</sup> |
| 秦联              | 0.07                                   | 0.34      | <MDC               | 0.33                                    | 0.63      | $11 \times 10^{-3}$  | <MDC               |
| 夏家湾             | 0.11                                   | 0.46      | <MDC               | 0.36                                    | 0.71      | $11 \times 10^{-3}$  | <MDC               |
| 杨柳村             | 0.07                                   | 0.47      | <MDC               | 0.22                                    | 0.49      | $9.5 \times 10^{-3}$ | <MDC               |
| 浙江环保大厦<br>(对照点) | 0.14                                   | 0.92      | <MDC               | 0.56                                    | 0.97      | $9.8 \times 10^{-3}$ | <MDC               |

注：1) 其余核素包括<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>131</sup>I、<sup>133</sup>I、<sup>134</sup>Cs、<sup>137</sup>Cs等人工 $\gamma$ 放射性核素。

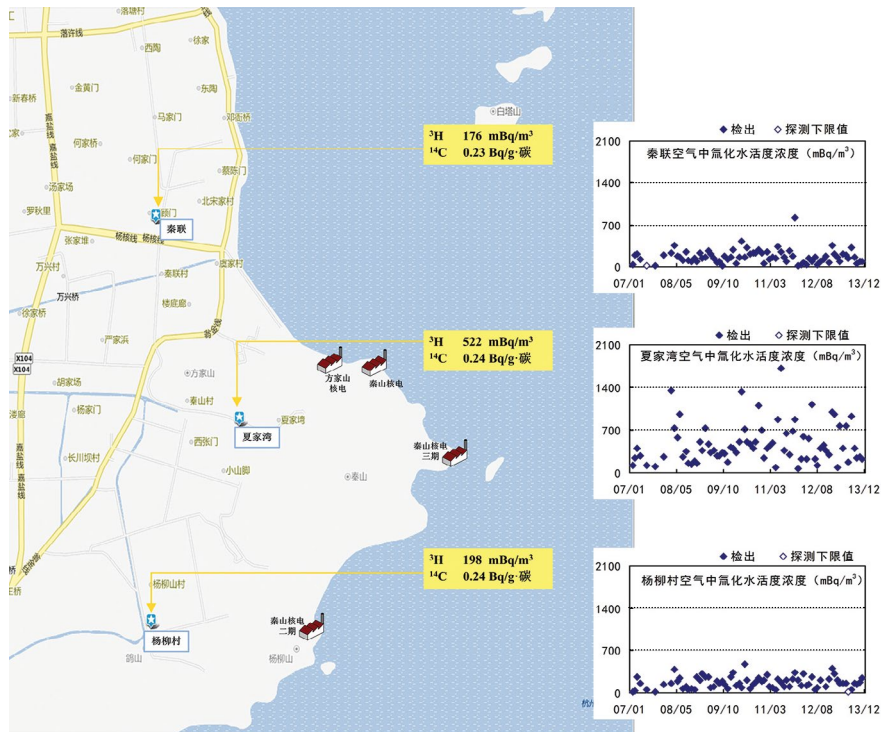


图4.2-3 秦山核电基地周围空气中氚化水 (HTO) 和碳-14监测结果分布示意图

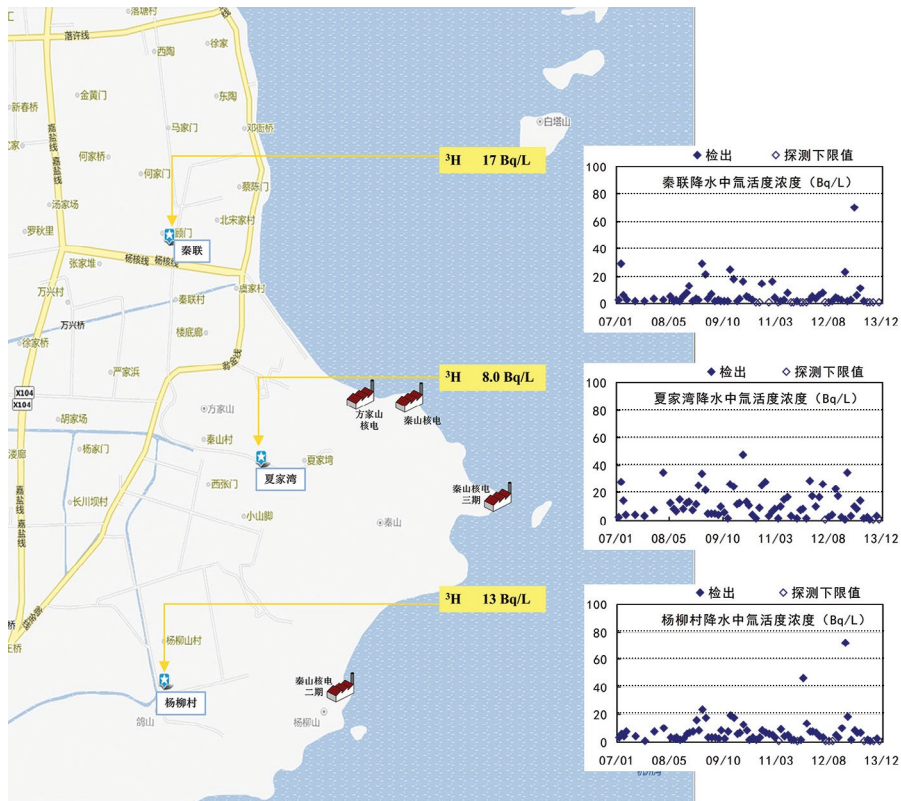


图4.2-4 秦山核电基地周围降水中氚监测结果分布示意图

### 专栏4-1 大气中碳-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的比放射性逐渐下降，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，以二氧化碳气作环隙气体，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

秦山核电基地周围环境水体监测，陆地水环境包括：河水（饮用水源地水）、井水、池塘水和池塘岸边沉积物，重点加强放射性核素氚的监测。其中饮用水源地水、井水和池塘水中氚监测的频次为1次/季，放射性核素 $\gamma$ 能谱分析<sup>②</sup>的频次为1次/半年，饮用水源地水、井水还增加总 $\alpha$ 和总 $\beta$ 监测项目，频次为1次/半年；池塘岸边沉积物中 $\gamma$ 能谱分析<sup>②</sup>的频次为1次/年。海洋水环境包括：核电厂液态流出物排放口附近海域海水、海域底泥和海滩涂潮间带土，其中海水中氚和放射性核素 $\gamma$ 能谱分析<sup>②</sup>的频次为1次/半年，海域底泥和海滩涂潮间带土中铯-90及放射性核素 $\gamma$ 能谱分析<sup>②</sup>的频次为1次/年。同时布设各种环境水体对照点。秦山核电基地周围环境水体监测结果见表4.2-3和图4.2-5~图4.2-7。

由图表可见，秦山核电基地周围环境饮用水源地水中总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 活度浓度均低于《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2006）中规定的放射性指标指导值，氚及人工 $\gamma$ 放射性核素均未检出。

井水和池塘水中人工 $\gamma$ 放射性核素均未检出；井水中总 $\alpha$ 和总 $\beta$ 活度浓度均低于《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2006）中规定的放射性指标指导值；部分井水和池塘水样品中氚活度浓度高于核电厂运行前本底，其中池塘水中氚活度浓度仍在历年波动范围内，但个别井水样品氚活度浓度高于历年监测结果，主要来源于核电厂气载流出物的沉降。池塘岸边沉积物中铯-137活度浓度与对照点相比，未见明显变化，其余人工 $\gamma$ 放射性核素均未检出。

<sup>②</sup>各运行核电厂周围环境水体中 $\gamma$ 能谱分析包括锰-54、钴-58、钴-60、锆-95、银-110m、铯-134、铯-137等人工 $\gamma$ 放射性核素。

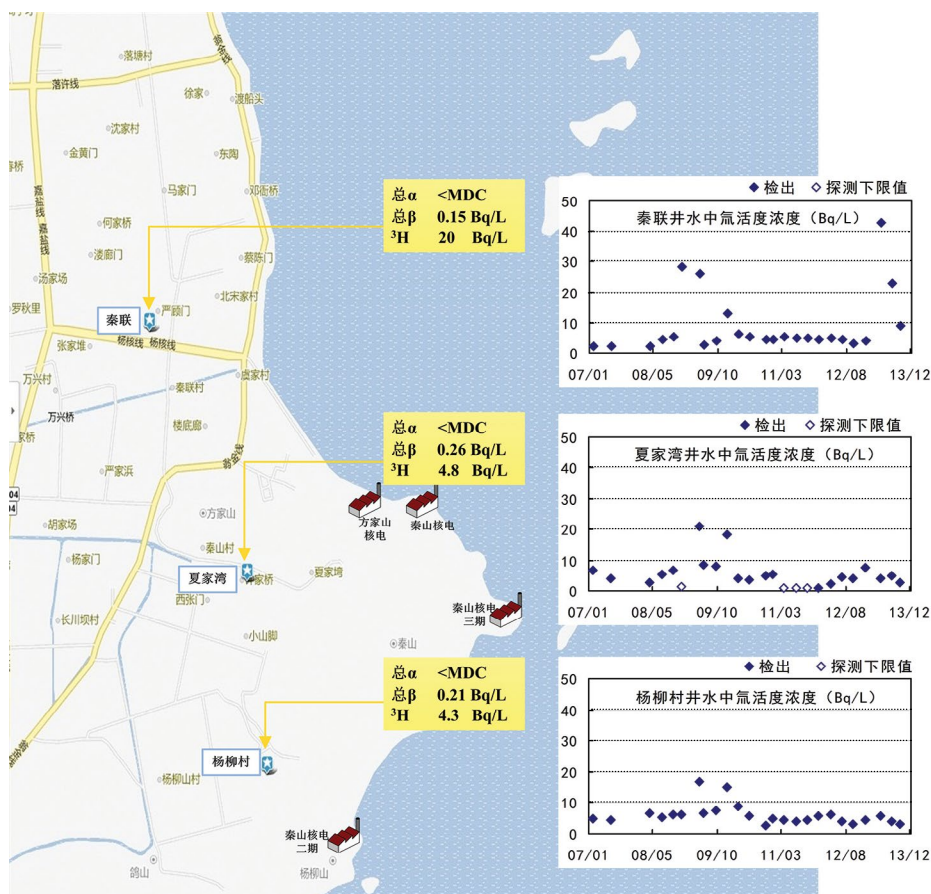
海水中人工  $\gamma$  放射性核素均未检出，个别样品中氡活度浓度高于对照点，主要受核电厂液态流出物排放的影响。周围海域底泥和潮间带土中铯-90和铯-137活度浓度与历年相比，未见明显变化，为正常环境水平，其余人工  $\gamma$  放射性核素均未检出。

核电基地周围环境水体中的铯-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。

■ 表4.2-3 秦山核电基地周围饮用水源地监测结果

| 水源地      | 水厂名称   | 放射性活度浓度年均值 (Bq/L) |           |                    |
|----------|--------|-------------------|-----------|--------------------|
|          |        | 总 $\alpha$        | 总 $\beta$ | 其余核素 <sup>1)</sup> |
| 千亩荡      | 武原镇水厂  | <MDC              | 0.22      | <MDC               |
| 钱塘江(对照点) | 杭州西区水厂 | <MDC              | 0.10      | <MDC               |

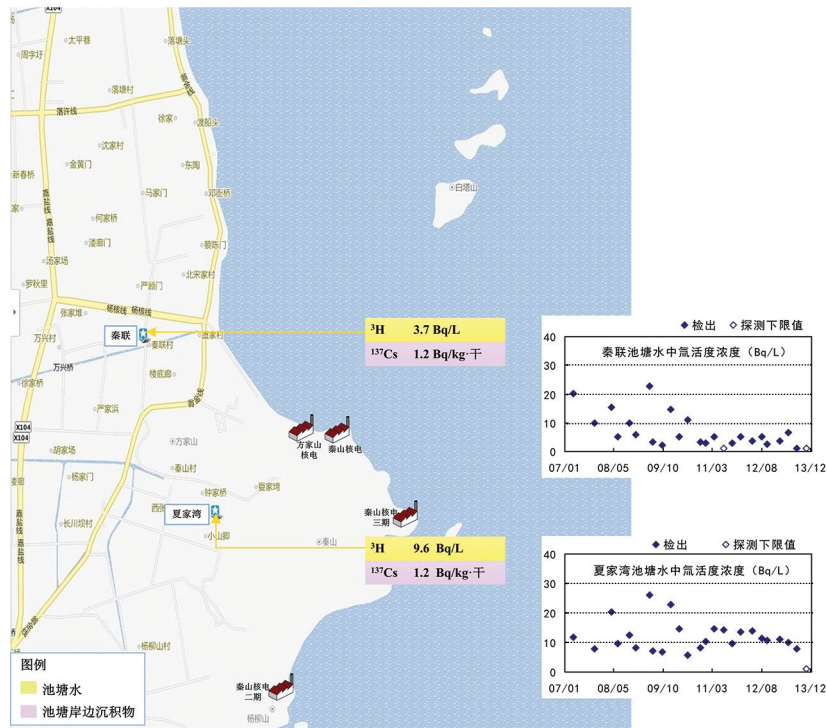
注：1) 其余核素包括<sup>3</sup>H及人工  $\gamma$  放射性核素<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>134</sup>Cs、<sup>137</sup>Cs等。



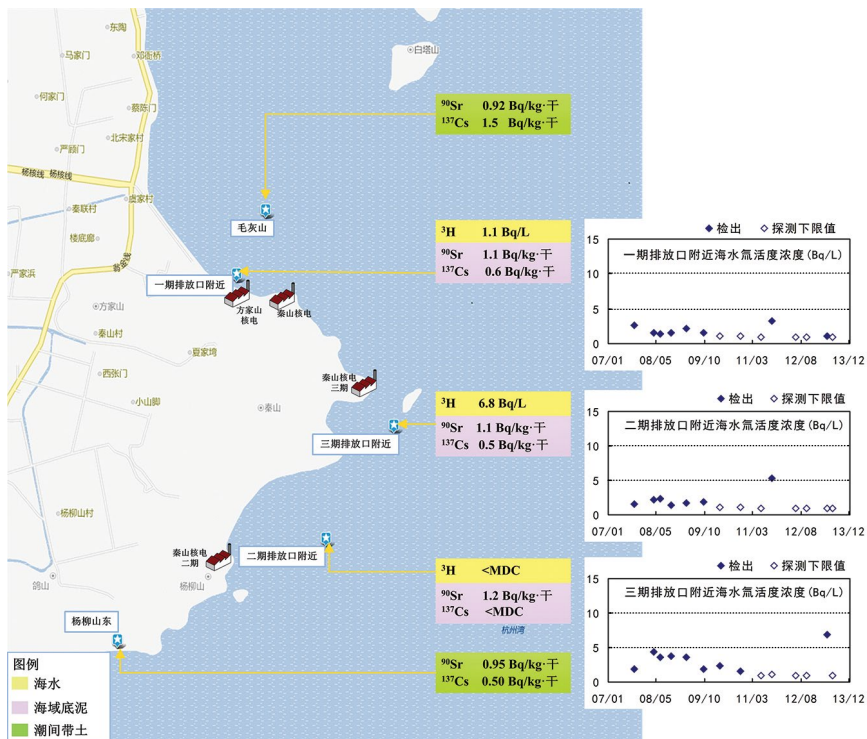
■ 图4.2-5 秦山核电基地周围井水监测结果分布示意图

(注：井水中<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等人工  $\gamma$  放射性核素均未检出。)





■ 图4.2-6 秦山核电基地周围池塘水及池塘岸边沉积物监测结果分布示意图  
(注: 池塘水中<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等人工γ放射性核素均未检出; 池塘岸边沉积物中<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>134</sup>Cs等人工γ放射性核素均未检出。)



■ 图4.2-7 秦山核电基地周围海水、海域底泥及潮间带土监测结果分布示意图  
(注: 海水中<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等人工γ放射性核素均未检出; 海域底泥和潮间带土中<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>134</sup>Cs等人工γ放射性核素均未检出。)

#### 4.2.4 土壤

秦山核电基地周围环境土壤监测，监测点设置在秦联、杨柳村、夏家湾、南北湖和秦山镇，并在杭州设置对照点。采集表层0~10cm的土壤样品，监测项目为锶-90及 $\gamma$ 能谱分析<sup>③</sup>，监测频次为1次/年，监测结果见图4.2-8。

由图可见，秦山核电基地周围环境土壤中锶-90和铯-137活度浓度与对照点相比，未见明显变化，主要为20世纪大气层核试验和切尔诺贝利核事故残留，其余人工 $\gamma$ 放射性核素均未检出。



图4.2-8 秦山核电基地周围土壤监测结果分布示意图

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

<sup>③</sup>各运行核电厂周围环境土壤中 $\gamma$ 能谱分析包括锰-54、钴-58、钴-60、锆-95、银-110m、铯-134、铯-137等人工 $\gamma$ 放射性核素。

#### 4.2.5 生物

秦山核电基地周围环境生长的生物监测，采集的陆生植物包括大米、青菜、茶叶和松针，着重加强对放射性核素具有浓集作用的指示生物松针的监测，陆生水生生物为当地的特产鲢鱼，陆生植物和陆生水生生物的监测项目为组织自由水氘、碳-14及 $\gamma$ 能谱分析<sup>④</sup>，其中茶叶、松针、鲢鱼骨还增加铯-90监测项目。家禽和家畜包括鸡和羊，监测项目为铯-90及 $\gamma$ 能谱分析<sup>④</sup>。奶制品为牛奶（原奶），监测项目为碘-131。海洋水生生物为牡蛎，监测项目为 $\gamma$ 能谱分析<sup>④</sup>。所有生物样品的监测频次均为1次/年。

采集的生物样品经洗净与整理（除去不可食部分）后，根据监测项目类别采用不同的前处理方法，其中氘的监测采用冷冻干燥仪真空抽取组织自由水样品；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，对于鸡、羊和鲢鱼等样品，采取肉和骨分离，其中肉开展 $\gamma$ 能谱分析，骨开展铯-90监测。秦山核电基地周围环境生物样品监测结果见表4.2-4～表4.2-5和图4.2-9。

由图表可见，秦山核电基地周围环境陆生植物（大米、青菜、茶叶、松针）、陆生水生生物（鲢鱼）、家禽家畜（鸡、羊）中铯-90、铯-137及碳-14活度浓度与对照点相比，未见明显变化，主要为20世纪大气层核试验和切尔诺贝利核事故残留，其中碳-14还来源于宇宙射线与大气层中核素之间的相互作用，其余人工 $\gamma$ 放射性核素均未检出；牛奶中碘-131未检出。陆生植物（大米、青菜、茶叶、松针）中组织自由水氘活度浓度高于对照点，但仍在历年波动范围内，主要来源于核电厂气载流出物的沉降。

海洋水生生物牡蛎样品监测到极微量的银-110m，其活度浓度范围为（0.021～0.033）Bq/kg·鲜，平均值为0.028Bq/kg·鲜，其余人工 $\gamma$ 放射性核素均未检出。

<sup>④</sup>各运行核电厂周围环境采集的生物样品中 $\gamma$ 能谱分析包括锰-54、钴-58、钴-60、锆-95、银-110m、铯-134、铯-137等人工 $\gamma$ 放射性核素。

■ 表4.2-4 秦山核电基地周围环境陆生生物监测结果

| 样品名称             | 监测地点     | 点位数<br>(样品数) | 放射性核素活度浓度                 |                             |                               |                                |                    |
|------------------|----------|--------------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------|
|                  |          |              | $^3\text{H}$<br>(Bq/kg·鲜) | $^{14}\text{C}$<br>(Bq/g·碳) | $^{90}\text{Sr}$<br>(Bq/kg·鲜) | $^{137}\text{Cs}$<br>(Bq/kg·鲜) | 其余核素 <sup>2)</sup> |
| 大米               | 秦山核电基地周围 | 2(2)         | 1.9~2.2                   | 0.22~0.23                   | / <sup>1)</sup>               | <MDC                           | <MDC               |
|                  | 对照点      | 1(1)         | <MDC                      | 0.22                        | /                             | <MDC                           | <MDC               |
| 茶叶 <sup>3)</sup> | 秦山核电基地周围 | 2(2)         | 17~24                     | 0.20~0.23                   | 0.59~0.71                     | 0.21~0.26                      | <MDC               |
|                  | 对照点      | 1(1)         | <MDC                      | 0.23                        | 0.24                          | 0.37                           | <MDC               |
| 青菜               | 秦山核电基地周围 | 2(2)         | 3.7~3.9                   | 0.24~0.25                   | /                             | <MDC                           | <MDC               |
|                  | 对照点      | 1(1)         | <MDC                      | 0.20                        | /                             | <MDC                           | <MDC               |
| 松针               | 秦山核电基地周围 | 2(2)         | 6.8~15                    | /                           | 0.57~0.68                     | <MDC                           | <MDC               |
|                  | 对照点      | 1(1)         | <MDC                      | /                           | 0.42                          | <MDC                           | <MDC               |
| 鸡 <sup>4)</sup>  | 秦山核电基地周围 | 1(1)         | /                         | /                           | 0.18                          | <MDC                           | <MDC               |
|                  | 对照点      | 1(1)         | /                         | /                           | 0.15                          | <MDC                           | <MDC               |
| 羊 <sup>4)</sup>  | 秦山核电基地周围 | 1(1)         | /                         | /                           | 1.8                           | <MDC                           | <MDC               |
|                  | 对照点      | 1(1)         | /                         | /                           | 1.5                           | <MDC                           | <MDC               |
| 鲑鱼 <sup>4)</sup> | 秦山核电基地周围 | 1(1)         | <MDC                      | 0.22                        | 0.29                          | <MDC                           | <MDC               |

注：1) “/”表示监测方案未要求开展监测，余表同。

2) 其余核素包括 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 等人工 $\gamma$ 放射性核素。

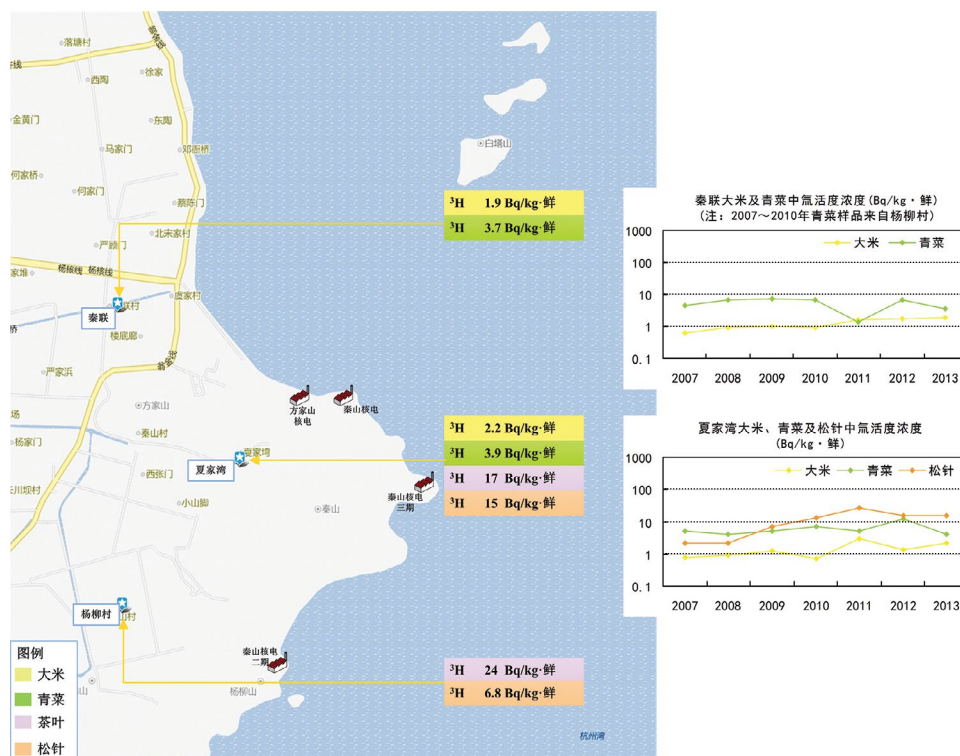
3) 茶叶样品， $^{90}\text{Sr}$ 和 $^{137}\text{Cs}$ 等人工放射性核素监测的样品为干样，单位为Bq/kg·干；而组织自由水汽监测的样品为鲜样，其单位为Bq/kg·鲜。

4) 鸡、羊、鲑鱼样品， $^{90}\text{Sr}$ 监测的样品为骨；其余项目监测的样品为肉。牛奶中人工放射性核素 $^{131}\text{I}$ 未检出，未列入此表格。

■ 表4.2-5 秦山核电基地周围环境海洋生物监测结果

| 样品名称 | 监测地点     | 点位数<br>(样品数) | 放射性核素活度浓度                 |                             |  |                    |
|------|----------|--------------|---------------------------|-----------------------------|--|--------------------|
|      |          |              | $^3\text{H}$<br>(Bq/kg·鲜) | $^{14}\text{C}$<br>(Bq/g·碳) | $^{110\text{m}}\text{Ag}$<br>(Bq/kg·鲜) | 其余核素 <sup>1)</sup> |
| 牡蛎   | 秦山核电基地周围 | 4(4)         | /                         | /                           | 0.021~0.033                            | <MDC               |
|      | 对照点      | 1(1)         | /                         | /                           | <MDC                                   | <MDC               |

注：1) 其余核素包括 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 等人工 $\gamma$ 放射性核素。



■ 图4.2-9 秦山核电基地周围环境陆生植物中组织自由水氚监测结果分布示意图

## 专栏4-2 生物样品中氚

■ 生物样品中氚分别分布在水和有机化合物中，分布在水中的氚通常称为组织自由水氚（TFWT），而有机化合物中的氚称为有机结合氚（OBT）。动植物与环境之间可进行氚化水的交换，但当氚与碳结合形成不可交换的有机结合氚，将比氚化水在动植物体内滞留的时间长得多，因此，对总剂量贡献也就非常大。

陆生植物主要通过两个途径吸收氚化水，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中氚化水蒸汽；二是通过根系吸收土壤中氚化水。在大多数陆生植物中，有机结合氚只占总氚活度的一小部分。但在谷物中，可高达90%，因为谷物中的有机质含量高。

动物体内的氚化水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。氚进入动物或人体后，氚化水在数分钟与体液达到平衡，尽管有机结合氚在体内滞留可长达40天，但大多数氚在体内滞留时间为10天左右。

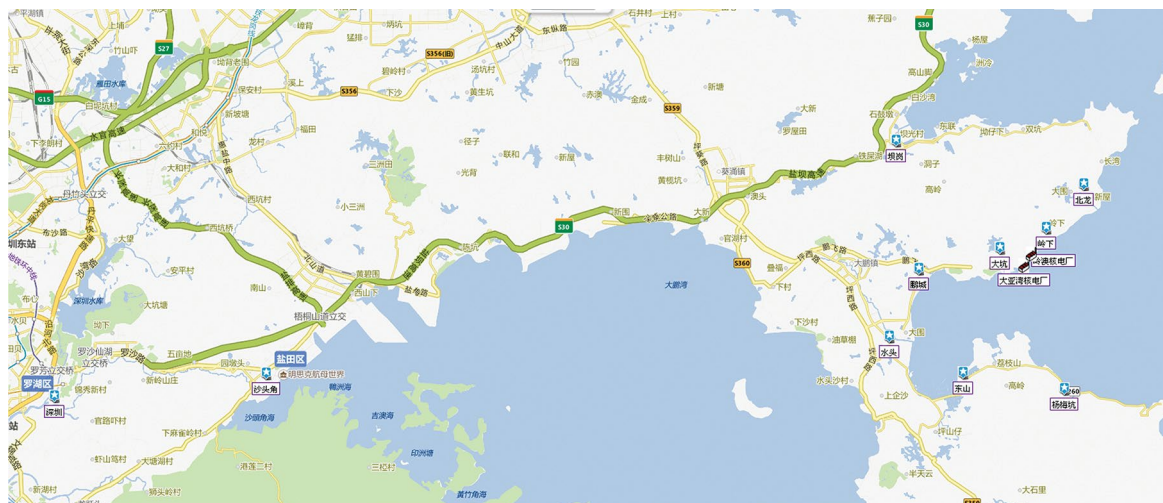
## 4.3 大亚湾/岭澳核电站

### 4.3.1 空气吸收剂量率

大亚湾/岭澳核电站周围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10个辐射环境自动监测站，其中分布在大亚湾/岭澳核电站周围10公里范围内共有8个自动站，此外还在沙头角和深圳市各设1个自动站，并在广州设置对照点，点位分布见图4.3-1。自动站的探测器均为高压电离室，实时连续监测环境空气吸收剂量率，同时还配有雨量观测装置，可对雨量进行实时连续监测，监测结果见表4.3-1。除辐射环境自动监测站的实时监测外，在大亚湾/岭澳核电站周围50公里范围内设置25个监测点，每季度布放和回收热释光剂量计（TLDs），测量累积剂量并根据累积剂量和布放时间计算环境空气吸收剂量率，监测结果见图4.3-2。

由图表可见，大亚湾/岭澳核电站周围10个自动站，除位于北龙低、中放废物处置场内的北龙自动站因核电站将部分中低放废物转入处置场，造成其空气吸收剂量率略有波动外，其余自动站空气吸收剂量率排除降雨等自然因素的影响未见明显变化，均在当地的天然本底水平涨落范围内。10个自动站按站点统计年均值范围为（104.4~154.9）nGy/h，平均值为123.7nGy/h。

周围环境累积剂量测得的空气吸收剂量率与岭澳核电站运行前相比，未见明显变化，25个监测点测值范围为（61.8~221）nGy/h，平均值为125nGy/h，均在当地的天然本底水平涨落范围内。



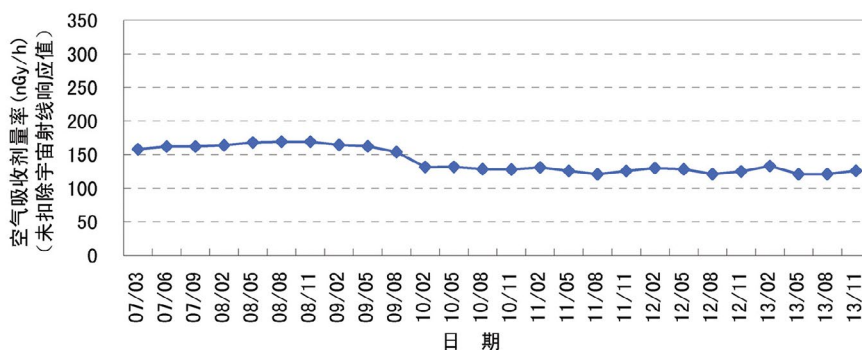
■ 图4.3-1 大亚湾/岭澳核电站辐射环境监测系统布点示意图

■ 表4.3-1 大亚湾/岭澳核电站辐射环境监测系统监测结果

| 自动站名称            | 空气吸收剂量率 <sup>1)</sup> (nGy/h) |         |       |
|------------------|-------------------------------|---------|-------|
|                  | 小时均值最小值                       | 小时均值最大值 | 年均值   |
| 大坑               | 127.8                         | 213.9   | 135.8 |
| 岭下               | 113.1                         | 183.9   | 122.5 |
| 北龙 <sup>2)</sup> | 145.5                         | 243.4   | 154.9 |
| 杨梅坑              | 124.6                         | 292.5   | 131.5 |
| 鹏城               | 107.3                         | 175.6   | 114.0 |
| 水头               | 107.0                         | 169.0   | 113.5 |
| 东山               | 122.5                         | 210.7   | 133.0 |
| 坝岗               | 111.9                         | 223.9   | 120.8 |
| 沙头角              | 91.2                          | 179.0   | 106.1 |
| 深圳               | 98.0                          | 177.6   | 104.4 |
| 广州(对照点)          | 102.5                         | 150.5   | 108.6 |

注：1) 未扣除宇宙射线响应值。

2) 北龙自动站位于大亚湾和岭澳核电站的北龙低、中放废物处置内，受核电厂转入废物的影响，空气吸收剂量率略有波动。



■ 图4.3-2 大亚湾/岭澳核电站周围环境累积剂量监测结果

(注：2007~2009年、2010年以后使用两种不同的TLD剂量计)

### 4.3.2 大气

大亚湾/岭澳核电站的关键居民点在鹏城一带。因此，对大气气溶胶和沉降物中放射性物质的监测、空气中氡化水和碳-14的监测，监测点均设置在鹏城、大坑的自动站，降水中氡的监测点则设置在北龙自动站。

气溶胶采用2台大流量气溶胶采样仪同时采样，流量约为1m<sup>3</sup>/min，4天连续采样，采样量大于10000m<sup>3</sup>，对累积样进行监测，监测项目为总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 及 $\gamma$ 能谱分析，监测频次为1次/季，自2013

年9月份起监测频次增为1次/月，监测结果见表4.3-2。由表可见，大亚湾/岭澳核电站周围环境气溶胶中总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 活度浓度与岭澳核电站运行前相比，未见明显变化；人工 $\gamma$ 放射性核素均未检出。

沉降物采用干湿沉降采样仪采样，大坑、鹏城监测点的收集面积分别为0.57m<sup>2</sup>、0.79m<sup>2</sup>，每季度连续采样，对累积的干沉降样品进行监测，监测项目同气溶胶，监测频次为1次/季，监测结果见表4.3-2。由表可见，大亚湾/岭澳核电站周围环境沉降物中总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 日沉降量与岭澳核电站运行前相比，未见明显变化；人工 $\gamma$ 放射性核素均未检出。

空气中氚化水采用冷冻法采样，1天连续采样，对累积样进行监测，监测频次为1次/季，从2013年9月份开始监测频次增为1次/月，监测结果见图4.3-3。降水采用不锈钢桶采样，于降水期间人工收集样品，对累积样进行监测，监测频次为1次/季，监测结果见图4.3-3。由图可见，大亚湾/岭澳核电站周围环境空气中氚化水活度浓度、降水中氚活度浓度与历年相比，未见明显变化，为正常环境水平。

空气中碳-14采用直接导入碱液捕集二氧化碳的方法，采样仪器为空气中碳-14采样器，采样流量约0.1m<sup>3</sup>/h，4天连续采样，对累积样进行监测，监测频次为1次/季，自2013年10月份起监测频次增为1次/月，监测结果见图4.3-3。由图可见，大亚湾/岭澳核电站周围环境空气中碳-14活度浓度高于对照点。

■ 表4.3-2 大亚湾/岭澳核电站周围环境气溶胶和沉降物监测结果

| 监测<br>点位 | 气溶胶放射性活度浓度年均值<br>(mBq/m <sup>3</sup> ) |           |                    | 沉降物放射性日沉降量年均值<br>(Bq/m <sup>2</sup> ·d) |           |                    |
|----------|--|-----------|--------------------|---|-----------|--------------------|
|          | 总 $\alpha$                             | 总 $\beta$ | 其余核素 <sup>1)</sup> | 总 $\alpha$                              | 总 $\beta$ | 其余核素 <sup>1)</sup> |
| 大坑       | 0.085                                  | 1.0       | <MDC               | 0.079                                   | 0.12      | <MDC               |
| 鹏城       | 0.092                                  | 0.80      | <MDC               | 0.12                                    | 0.12      | <MDC               |

注：1) 其余核素包括<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>131</sup>I、<sup>133</sup>I、<sup>134</sup>Cs、<sup>137</sup>Cs等人工 $\gamma$ 放射性核素。





■ 图4.3-3 大亚湾/岭澳核电厂周围环境空气中氚化水（HTO）、碳-14及降水中氚监测结果分布示意图

### 4.3.3 水体

大亚湾/岭澳核电厂周围环境水体监测，陆地水环境为水库水（饮用水源地水），其监测项目为总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、氡及 $\gamma$ 能谱分析，监测频次为1次/半年，自2013年9月份起监测频次增为1次/季。海洋水环境包括：核电厂液态流出物排放口附近海域海水、海域底泥和海滩涂潮间带土，其中海水监测项目为氡及 $\gamma$ 能谱分析，监测频次为1次/季；海域底泥和海滩涂潮间带土监测项目为锶-90及 $\gamma$ 能谱分析，监测频次为1次/年。同时布设环境水体对照点。大亚湾/岭澳核电厂周围环境水体监测结果见表4.3-3和图4.3-4。

由图表可见，大亚湾/岭澳核电厂周围环境饮用水源地水中总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 活度浓度均低于《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2006）中规定的放射性指标指导值，氡及人工 $\gamma$ 放射性核素均未检出。

海水中铯-137活度浓度与对照点相比，未见明显变化；其余人工 $\gamma$ 放射性核素均未检出；部分样品氚活度浓度高于对照点，但仍在历年波动范围内，主要受核电厂液态流出物排放的影响。海域底泥中锶-90和铯-137活度浓度与岭澳核电厂运行前相比，未见明显变化，其余人工 $\gamma$ 放射性核素未检出。潮间带土中锶-90活度浓度与岭澳核电厂运行前相比，未见明显变化，人工 $\gamma$ 放射性核素均未检出。

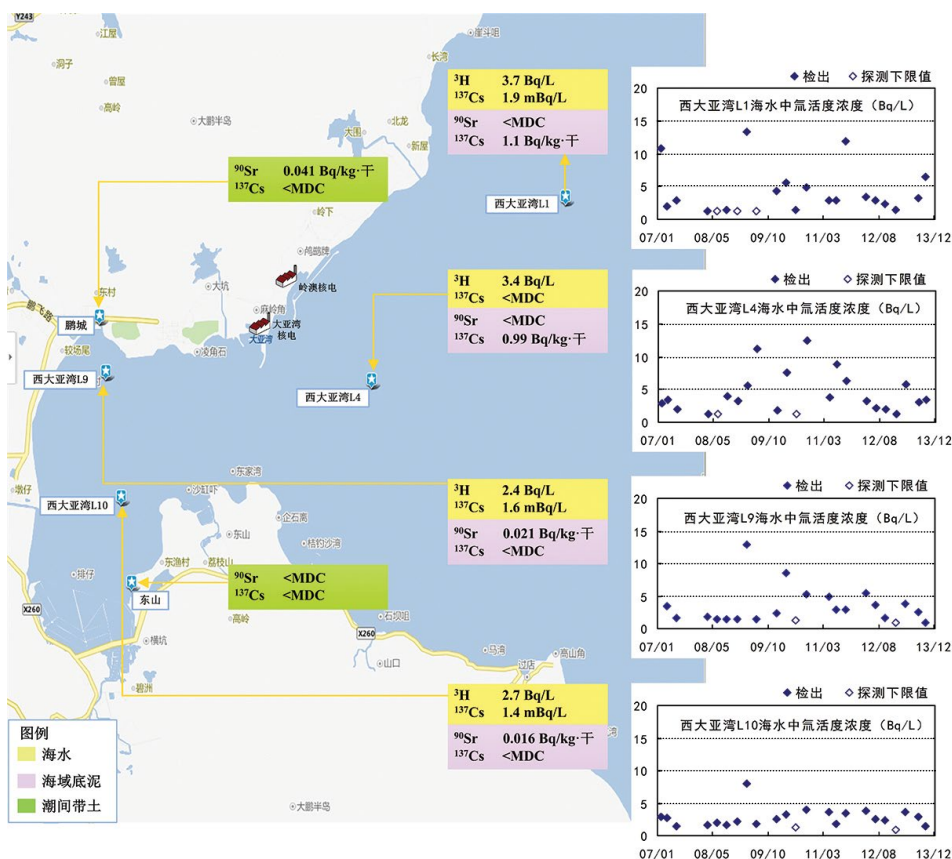
核电厂周围环境水体中的锶-90、铯-137主要为20世纪大气层核试验和切尔诺贝利核事故残留。

■ 表4.3-3 大亚湾/岭澳核电厂周围环境饮用水源地监测结果

| 水源地                | 水厂名称  | 放射性活度浓度年均值 (Bq/L) |           |                    |
|--------------------|-------|-------------------|-----------|--------------------|
|                    |       | 总 $\alpha$        | 总 $\beta$ | 其余核素 <sup>1)</sup> |
| 大坑水库               | 核电站水厂 | 0.015             | 0.033     | <MDC               |
| 岭澳水库 <sup>2)</sup> | 核电站水厂 | 0.012             | 0.019     | <MDC               |
| 深圳水库<br>(对照点)      | 东湖水厂  | 0.026             | 0.089     | <MDC               |

注：1) 其余核素包括 $^3\text{H}$ 及人工 $\gamma$ 放射性核素 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 等。

2) 岭澳水库为核电站水厂的备用饮用水源地。



■ 图4.3-4 大亚湾/岭澳核电厂周围环境海水、海域底泥及潮间带土监测结果分布示意图

(注：海水、海域底泥、潮间带土中 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 等人工 $\gamma$ 放射性核素均未检出。)

#### 4.3.4 土壤

大亚湾/岭澳核电站周围环境土壤监测，监测点设置在鹏城、大坑、岭澳，并在惠东设置对照点。采集表层2~10cm的土壤样品，监测项目为锶-90及 $\gamma$ 能谱分析，监测频次为1次/年，监测结果见图4.3-5。

由图可见，大亚湾/岭澳核电站周围环境土壤中锶-90和铯-137活度浓度与岭澳核电站运行前相比，未见明显变化，主要为20世纪大气层核试验和切尔诺贝利核事故残留，其余人工 $\gamma$ 放射性核素均未检出。



■ 图4.3-5 大亚湾/岭澳核电站周围环境土壤监测结果分布示意图

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

### 4.3.5 生物

大亚湾/岭澳核电站周围环境生长的生物监测，采集的陆生植物包括大白菜、萝卜、草和松针，着重加强指示生物草和松针的监测；陆生水生生物为鲫鱼；家禽为鸡；海洋水生生物包括牡蛎、马尾藻和青口；同时布设各种生物样品对照点。生物样品的监测项目为 $\gamma$ 能谱分析，其中草和松针还增加锶-90监测项目，除牡蛎监测频次为1次/半年外，其余生物样品监测频次均为1次/年。

采集的生物样品经洗净与整理（除去不可食部分），对于鸡和鲫鱼样品，采取肉和骨分离，取其肉进行监测，所有样品经烘干、炭化与灰化后进行 $\gamma$ 能谱分析，监测结果见表4.3-4~表4.3-5和图4.3-6。

由图表可见，大亚湾/岭澳核电站周围环境陆生植物（大白菜、萝卜）、家禽（鸡）、陆生水生生物（鲫鱼）中铯-137活度浓度与对照点相比，未见明显变化；其余人工 $\gamma$ 放射性核素均未检出。指示生物（草、松针）中锶-90活度浓度与岭澳核电站运行前相比，未见明显变化；人工 $\gamma$ 放射性核素均未检出。

海洋水生生物马尾藻和青口中人工 $\gamma$ 放射性核素均未检出。牡蛎中铯-137活度浓度与岭澳核电站运行前相比，未见明显变化；个别牡蛎样品监测到极微量的银-110m，其活度浓度为0.049Bq/kg·鲜；其余人工 $\gamma$ 放射性核素均未检出。

核电站周围环境采集的生物样品中的锶-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。

■ 表4.3-4 大亚湾/岭澳核电站周围环境陆生生物监测结果

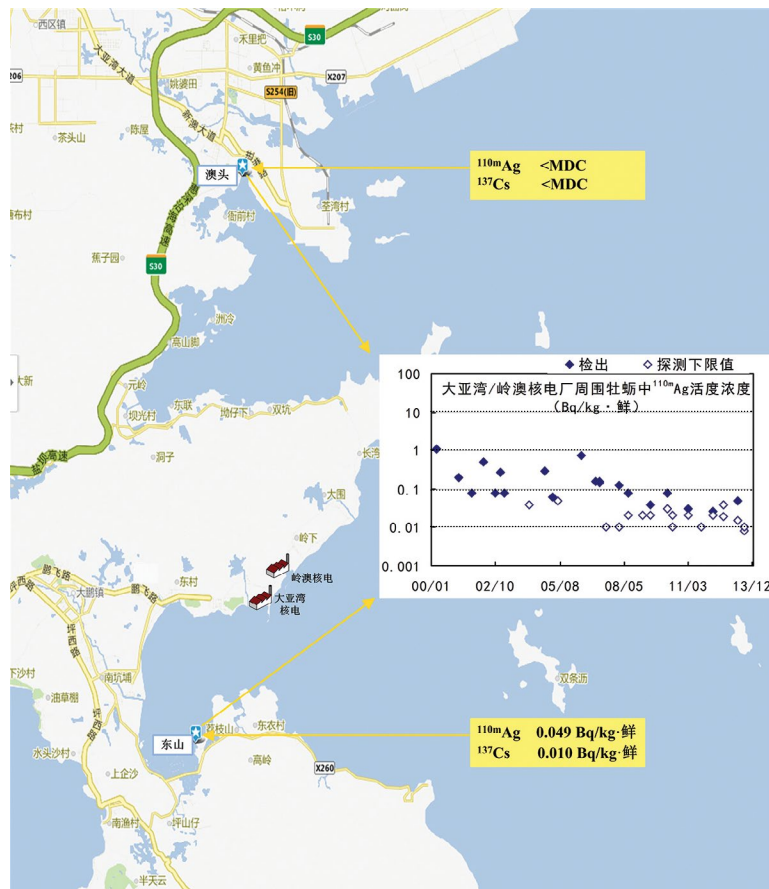
| 样品名称 | 监测地点        | 点位数<br>(样品数) | 放射性核素活度浓度                     |                                |                    |
|------|-------------|--------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------|
|      |             |              | <sup>90</sup> Sr<br>(Bq/kg·鲜) | <sup>137</sup> Cs<br>(Bq/kg·鲜) | 其余核素 <sup>1)</sup> |
| 大白菜  | 大亚湾/岭澳核电站周围 | 1(1)         | /                             | <MDC                           | <MDC               |
|      | 对照点         | 1(1)         | /                             | 0.023                          | <MDC               |
| 萝卜   | 大亚湾/岭澳核电站周围 | 1(1)         | /                             | <MDC                           | <MDC               |
|      | 对照点         | 1(1)         | /                             | <MDC                           | <MDC               |
| 草    | 大亚湾/岭澳核电站周围 | 2(2)         | 0.019~0.020                   | <MDC                           | <MDC               |
| 松针   | 大亚湾/岭澳核电站周围 | 2(2)         | 0.13~0.42                     | <MDC                           | <MDC               |
| 鸡肉   | 大亚湾/岭澳核电站周围 | 1(1)         | /                             | 0.017                          | <MDC               |
|      | 对照点         | 1(1)         | /                             | 0.019                          | <MDC               |
| 鲫鱼   | 大亚湾/岭澳核电站周围 | 1(1)         | /                             | <MDC                           | <MDC               |
|      | 对照点         | 1(1)         | /                             | 0.021                          | <MDC               |

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

■ 表4.3-5 大亚湾/岭澳核电站周围环境海洋生物监测结果

| 样品名称 | 监测地点        | 点位数<br>(样品数) | 放射性核素活度浓度                      |                                 |                    |
|------|-------------|--------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------|
|      |             |              | <sup>137</sup> Cs<br>(Bq/kg·鲜) | <sup>110m</sup> Ag<br>(Bq/kg·鲜) | 其余核素 <sup>1)</sup> |
| 青口   | 大亚湾/岭澳核电站周围 | 1(1)         | <MDC                           | <MDC                            | <MDC               |
| 马尾藻  | 大亚湾/岭澳核电站周围 | 10(10)       | <MDC                           | <MDC                            | <MDC               |
| 牡蛎   | 大亚湾/岭澳核电站周围 | 2(4)         | 0.010                          | 0.049                           | <MDC               |

注: 1) 其余核素包括<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>134</sup>Cs等人工 $\gamma$ 放射性核素。



■ 图4.3-6 大亚湾/岭澳核电站周围环境海洋水生生物牡蛎监测结果分布示意图  
(注: 牡蛎样品中<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>134</sup>Cs等人工 $\gamma$ 放射性核素均未检出。)

## 4.4 田湾核电站

### 4.4.1 空气吸收剂量率

田湾核电站周围设有辐射环境监测系统，系统共设6个辐射环境自动监测站，其中分布在核电站周围10公里范围内共有5个自动监测站，此外还在距核电站28公里的新浦设有1个自动站，并在南京设置对照点，点位分布图见图4.4-1。自动站的探测器均为高压电离室，实时连续监测环境空气吸收剂量率，其中杨圩和新浦2个自动站还配置有自动气象测量装置，可对风向、风速、温度、湿度、气压、雨量、感雨进行实时连续监测，监测结果见表4.4-1。除辐射环境自动站的实时监测外，在田湾核电站周围30公里范围内设置29个监测点，每季度布放和回收热释光剂量计（TLDs），测量累积剂量并根据累积剂量和布放时间计算空气吸收剂量率，监测结果见图4.4-2。

由图表可见，田湾核电站周围6个自动站空气吸收剂量率排除降雨等自然因素的影响，未见明显变化，按站点统计年均值范围为（93.2~113.1）nGy/h，平均值为99.9nGy/h，均在当地的天然本底水平涨落范围内。

周围环境累积剂量测得的空气吸收剂量率与核电站运行前本底相比，未见明显变化，29个监测点测值范围为（82.0~126）nGy/h，平均值为106nGy/h，均在当地的天然本底水平涨落范围内。

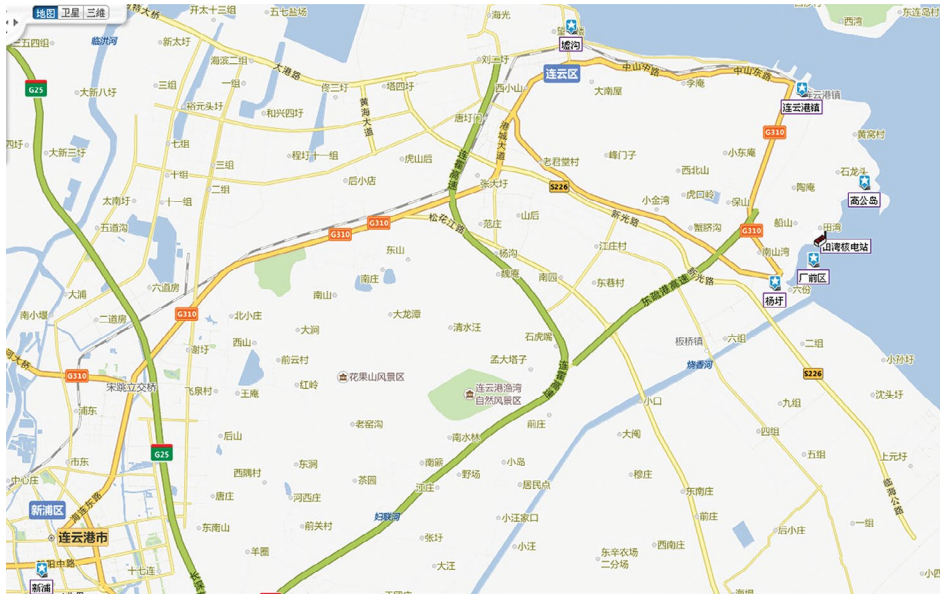


图4.4-1 田湾核电站周围辐射环境监测系统布点示意图

表4.4-1 田湾核电站周围辐射环境监测系统监测结果

| 自动站名称       | 空气吸收剂量率 <sup>1)</sup> (nGy/h) |         |       |
|-------------|-------------------------------|---------|-------|
|             | 小时均值最小值                       | 小时均值最大值 | 年均值   |
| 厂前区         | 96.8                          | 170.3   | 102.7 |
| 杨圩          | 86.0                          | 158.8   | 98.5  |
| 高公岛         | 89.6                          | 137.0   | 94.9  |
| 连云港镇        | 87.8                          | 133.4   | 93.2  |
| 墟沟镇         | 93.4                          | 134.8   | 96.7  |
| 新浦          | 109.8                         | 151.4   | 113.1 |
| 莫愁湖公园 (对照点) | 60.7                          | 119.6   | 77.7  |

注：1) 未扣除宇宙射线响应值。

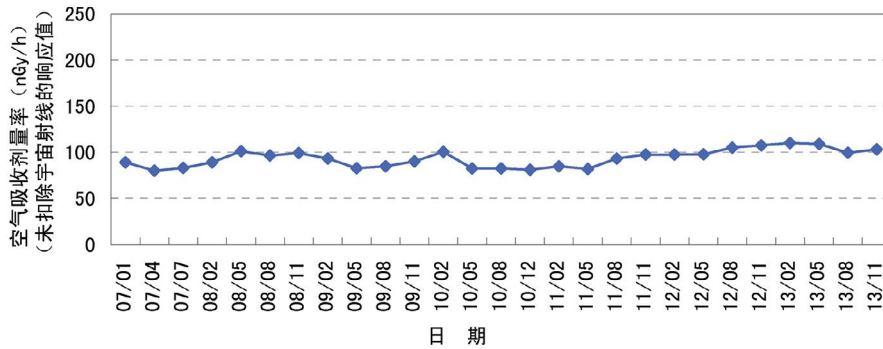


图4.4-2 田湾核电站周围环境累积剂量监测结果

#### 4.4.2 大气

田湾核电站的关键居民点在杨圩、厂前区和高公岛一带。因此，对大气气溶胶、沉降物和降水中放射性物质的监测，监测点均设置在以上关键居民点的自动站，并在新浦设置对照点；空气中氙化水和碳-14的监测，监测点则设置在厂前区自动站。

气溶胶采用大流量气溶胶采样仪采样，流量约为 $1\text{m}^3/\text{min}$ ，8天连续采样，采样量大于 $10000\text{m}^3$ ，对累积样进行监测，监测项目为总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 及 $\gamma$ 能谱分析，监测频次为1次/季，监测结果见表4.4-2。由表可见，田湾核电站周围环境气溶胶中总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 活度浓度与核电站运行前本底相比，未见明显变化；人工 $\gamma$ 放射性核素均未检出。

沉降物采用干湿沉降采样仪采样，收集面积约为 $0.071\text{m}^2$ ，每季度连续采样，对累积的干沉降样品进行监测，监测项目为总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 及 $\gamma$ 能谱分析，监测频次为1次/季。此外，还对1年的累积干总沉降样品进行铯-90监测，监测频次为1次/年，监测结果见表4.4-2。由表可见，田湾核电站周围环境沉降物中总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 和铯-90日沉降量与对照点相比，未见明显变化，其中铯-90主要为20世纪大气层核试验和切尔诺贝利核事故残留；人工 $\gamma$ 放射性核素均未检出。

空气中氙化水采用干燥剂法采样，用干燥剂捕集空气中水份，再驱出之水样以供分析。2天连续采样，对累积样进行监测，监测频次为1次/季，监测结果见图4.4-3。降水采用干湿沉降采样仪采样，每季度连续采样，对湿沉降收集器收集的累积样进行监测，监测频次为1次/季，监测结果见图4.4-3。由图可见，田湾核电站周围环境空气中氙化水活度浓度、降水中氙活度浓度与核电站运行前本底相比，未见明显变化。

空气中碳-14采用催化氧化后导入碱液捕集二氧化碳的方法，空气首先通过粒子过滤器，除去空气中的灰尘，然后经 $450^\circ\text{C}$ 催化器催化后，使一氧化碳和碳氢化合物氧化成二氧化碳后被氢氧化钠溶液捕集，将捕集了空气中二氧化碳的氢氧化钠溶液与氯化钙反应，生成碳酸钙沉淀进行测量。采样仪器为空气中碳-14采样器，采样流量约为 $1\text{L}/\text{min}$ ，2天连续采样，对累积样进行监测，监测频次为1次/季，监测结果见图4.4-3。由图可见，田湾核电站周围环境空气中碳-14活度浓度与核电站运行前本底相比，未见明显变化。



■ 表4.4-2 田湾核电站周围环境气溶胶和沉降物监测结果

| 监测<br>点位 | 气溶胶放射性活度浓度年均值<br>(mBq/m <sup>3</sup> ) |     |                    | 沉降物放射性日沉降量年均值<br>(Bq/m <sup>2</sup> ·d) |      |                        |                    |
|----------|--|-----|--------------------|---|------|------------------------|--------------------|
|          | 总α                                     | 总β  | 其余核素 <sup>1)</sup> | 总α                                      | 总β   | <sup>90</sup> Sr       | 其余核素 <sup>1)</sup> |
| 杨圩       | 0.24                                   | 1.6 | <MDC               | 0.42                                    | 1.1  | 8.3 × 10 <sup>-3</sup> | <MDC               |
| 厂前区      | 0.16                                   | 1.1 | <MDC               | 0.17                                    | 0.33 | 19 × 10 <sup>-3</sup>  | <MDC               |
| 高公岛      | 0.37                                   | 1.7 | <MDC               | 0.67                                    | 1.4  | 5.3 × 10 <sup>-3</sup> | <MDC               |
| 新浦(对照点)  | 0.30                                   | 1.4 | <MDC               | 0.41                                    | 0.56 | 2.1 × 10 <sup>-3</sup> | <MDC               |

注：1) 其余核素包括<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>131</sup>I、<sup>133</sup>I、<sup>134</sup>Cs、<sup>137</sup>Cs等人工γ放射性核素。



■ 图4.4-3 田湾核电站周围环境空气中氚化水 (HTO)、碳-14及降水氚监测结果分布示意图

#### 4.4.3 水体

田湾核电站周围环境水体监测，陆地水环境包括：水库水、河水、地下水、水库底泥、河流底泥；海洋水环境包括：核电站液态流出物排放口附近海域海水、海滩涂潮间带土及潮下带土。其中水库水、河水、地下水和海水的监测项目为氚及 $\gamma$ 能谱分析，监测频次为1次/半年；水库底泥、河流底泥、潮间带土及潮下带土的监测项目为铯-90及 $\gamma$ 能谱分析，监测频次为1次/年。同时布设环境水体对照点。田湾核电站周围环境水体监测结果见图4.4-4~图4.4-5。

由图可见，田湾核电站周围环境水库水、河水、地下水中氚活度浓度与核电站运行前本底相比，未见明显变化；人工 $\gamma$ 放射性核素均未检出。水库和河流底泥中铯-90和铯-137活度浓度与核电站运行前本底相比，未见明显变化，其余人工 $\gamma$ 放射性核素均未检出。

海水中铯-137活度浓度与对照点相比，未见明显变化，其余人工 $\gamma$ 放射性核素均未检出；部分样品氚活度浓度高于核电站运行前本底，主要因为受核电站液态流出物排放的影响，但仍在历年波动范围内。潮间带土及潮下带土中铯-90及铯-137活度浓度与核电站运行前本底相比，未见明显变化，其余人工 $\gamma$ 放射性核素均未检出。

核电站周围环境水体中的铯-90、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。



图4.4-4 田湾核电站周围环境地表水、地下水及底泥监测结果分布示意图

(注：地表水、地下水、底泥中 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 等人工 $\gamma$ 放射性核素均未检出。)

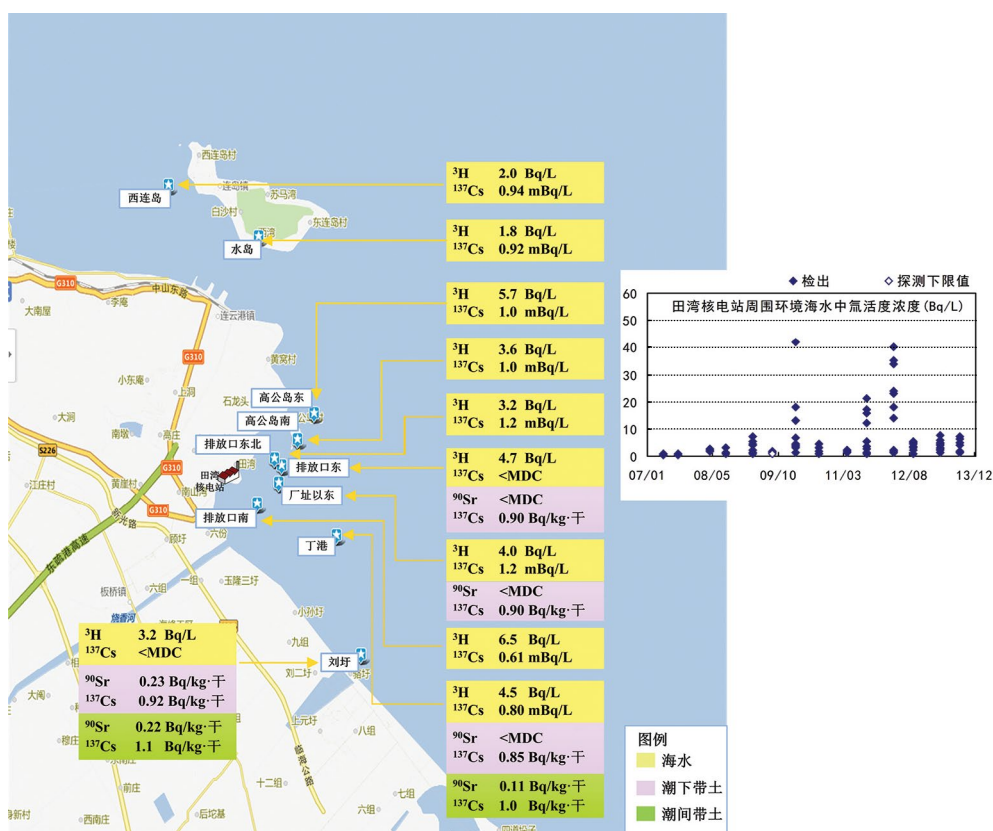


图4.4-5 田湾核电站周围环境海水、潮下带土及潮间带土监测结果分布示意图  
(注：海水、潮间及潮下带土中<sup>54</sup>Mn、<sup>59</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>134</sup>Cs等人工 $\gamma$ 放射性核素均未检出。)

#### 4.4.4 土壤

田湾核电站周围环境土壤监测，设置了8个监测点，并在青口设置了2个对照点。采集表层0~10cm的土壤样品，监测项目为铯-90及 $\gamma$ 能谱分析，监测频次为1次/年，监测结果见图4.4-6。

由图可见，田湾核电站周围环境土壤中铯-90及铯-137活度浓度与核电站运行前本底相比，未见明显变化，主要为20世纪大气层核试验和切尔诺贝利核事故残留，其余人工 $\gamma$ 放射性核素均未检出。



■ 图4.4-6 田湾核电站周围环境土壤监测结果分布示意图

(注: 土壤中 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{110}\text{mAg}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 等人工 $\gamma$ 放射性核素均未检出。)

#### 4.4.5 生物

田湾核电站周围环境生长的生物监测, 采集的陆生植物包括小麦、叶菜、茶叶和松针, 着重加强对指示生物茶叶和松针的监测, 监测项目为 $\gamma$ 能谱分析, 其中茶叶和松针增加镭-90监测项目。陆生水生生物为鲫鱼, 家禽和家畜包括鸡和猪, 监测项目均为 $\gamma$ 能谱分析。海洋水生生物包括紫菜、海鱼、海虾、牡蛎和花蚬, 着重加强对指示生物牡蛎和花蚬的监测, 海洋水生生物的监测项目为镭-90及 $\gamma$ 能谱分析。同时布设各种生物样品对照点。所有生物样品的监测频次均为1次/年。

采集的生物样品经洗净与整理(除去不可食部分), 对于家禽和家畜、水生生物采取肉和骨分离, 取其肉进行监测, 其中家禽和家畜, 以瘦肉为主, 所有样品经烘干、炭化与灰化后进行镭-90及 $\gamma$ 能谱分析。田湾核电站周围环境生物样品监测结果见表4.4-3和表4.4-4。

由表可见, 田湾核电站周围陆生植物(小麦、叶菜、茶叶、松针)、陆生水生生物(鲫鱼)、家禽家畜(鸡肉、猪肉)及海洋水生生物(海鱼、海虾、紫菜、花蚬、牡蛎)中铯-90及铯-137活度浓度与历年相比, 未见明显变化, 主要为20世纪大气层核试验和切尔诺贝利核事故残留; 其余人工 $\gamma$ 放射性核素均未检出。

■ 表4.4-3 田湾核电站周围环境陆生生物监测结果

| 样品名称             | 监测地点    | 点位数<br>(样品数) | 放射性核素活度浓度                     |                                |                    |
|------------------|---------|--------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------|
|                  |         |              | <sup>90</sup> Sr<br>(Bq/kg·鲜) | <sup>137</sup> Cs<br>(Bq/kg·鲜) | 其余核素 <sup>1)</sup> |
| 小麦               | 田湾核电站周围 | 1(1)         | /                             | <MDC                           | <MDC               |
|                  | 对照点     | 1(1)         | /                             | <MDC                           | <MDC               |
| 叶菜               | 田湾核电站周围 | 1(1)         | /                             | <MDC                           | <MDC               |
|                  | 对照点     | 1(1)         | /                             | <MDC                           | <MDC               |
| 茶叶 <sup>2)</sup> | 田湾核电站周围 | 1(1)         | 0.91                          | 0.29                           | <MDC               |
| 松针               | 田湾核电站周围 | 1(1)         | 2.9                           | <MDC                           | <MDC               |
| 猪肉               | 田湾核电站周围 | 2(2)         | /                             | 0.031~0.036                    | <MDC               |
|                  | 对照点     | 1(1)         | /                             | 0.036                          | <MDC               |
| 鸡肉               | 田湾核电站周围 | 1(1)         | /                             | <MDC                           | <MDC               |
|                  | 对照点     | 1(1)         | /                             | 0.013                          | <MDC               |
| 鲫鱼               | 田湾核电站周围 | 1(1)         | /                             | <MDC                           | <MDC               |
|                  | 对照点     | 1(1)         | /                             | <MDC                           | <MDC               |

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

2) 茶叶样品, <sup>90</sup>Sr和<sup>137</sup>Cs等人工放射性核素监测的样品为干样, 单位为Bq/kg·干。

■ 表4.4-4 田湾核电站周围环境海洋生物监测结果

| 样品名称 | 监测地点    | 点位数<br>(样品数) | 放射性核素活度浓度                     |                                |                    |
|------|---------|--------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------|
|      |         |              | <sup>90</sup> Sr<br>(Bq/kg·鲜) | <sup>137</sup> Cs<br>(Bq/kg·鲜) | 其余核素 <sup>1)</sup> |
| 花蚬   | 田湾核电站周围 | 1(1)         | 0.35                          | <MDC                           | <MDC               |
| 牡蛎   | 田湾核电站周围 | 2(2)         | 0.033                         | <MDC                           | <MDC               |
| 海鱼   | 田湾核电站周围 | 1(1)         | 0.034                         | 0.031                          | <MDC               |
|      | 对照点     | 1(1)         | 0.010                         | 0.029                          | <MDC               |
| 海虾   | 田湾核电站周围 | 1(1)         | *                             | <MDC                           | <MDC               |
|      | 对照点     | 1(1)         | *                             | <MDC                           | <MDC               |
| 紫菜   | 田湾核电站周围 | 3(3)         | 0.13~0.40                     | <MDC                           | <MDC               |
|      | 对照点     | 1(1)         | 0.12                          | <MDC                           | <MDC               |

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

## 4.5 红沿河核电厂

### 4.5.1 空气吸收剂量率

红沿河核电厂1号机组于2013年6月正式投入商业运行，2号机组于2013年11月并网发电。核电厂周围设有辐射环境监测系统，系统共设7个辐射环境自动监测站，分布在核电厂周围10公里范围内，并在距核电厂约17公里的复州城设置对照点，点位分布见图4.5-1。自动站的探测器均为高压电离室和碘化钠谱仪，实时连续监测环境空气吸收剂量率和 $\gamma$ 能谱，每个自动站还配置有自动气象观测装置，可对风向、风速、温度、湿度、气压、雨量、感雨进行实时连续监测，监测结果见表4.5-1。除辐射环境自动监测站的实时监测外，在红沿河核电厂周围20公里范围内设置22个监测点，每季度布放和回收热释光剂量计（TLDs），测量累积剂量并根据累积剂量和布放时间计算空气吸收剂量率，监测结果见表4.5-2。

由表可见，红沿河核电厂周围7个自动站空气吸收剂量率排除降雨等自然因素的影响未见明显变化，按站点统计年均值范围为（59.9~83.4）nGy/h，平均值为76.8nGy/h，均在当地的天然本底水平涨落范围内。

周围环境累积剂量测得的空气吸收剂量率与核电厂运行前本底相比，未见明显变化，22个监测点测值范围为（62.1~138）nGy/h，平均值为91.5nGy/h，均在当地的天然本底水平涨落范围内。

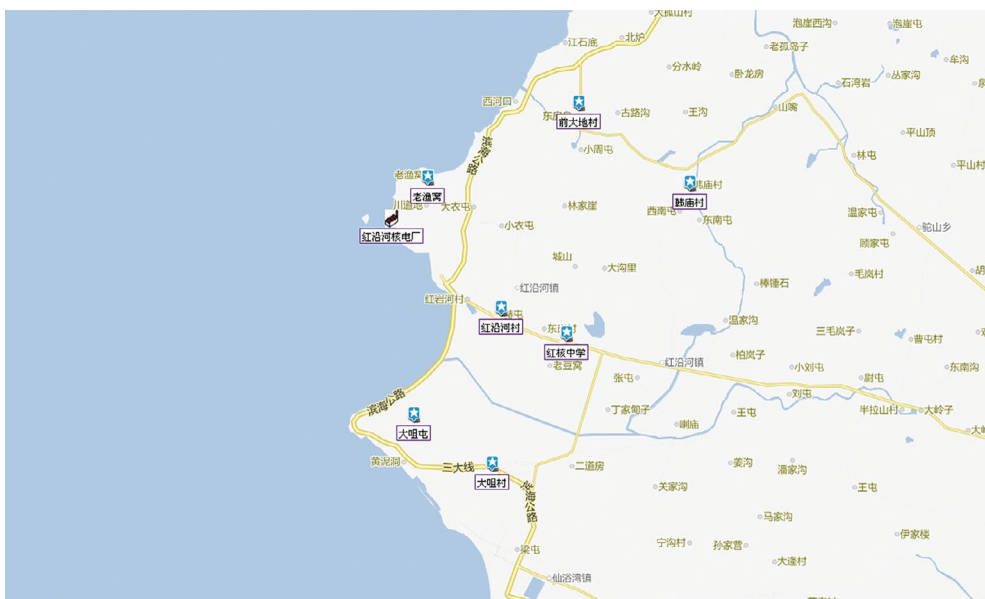


图4.5-1 红沿河核电厂周围辐射环境监测系统布点示意图

表4.5-1 红沿河核电厂周围辐射环境监测系统监测结果

| 自动站名称     | 空气吸收剂量率 <sup>1)</sup> (nGy/h) |         |      |
|-----------|-------------------------------|---------|------|
|           | 小时均值最小值                       | 小时均值最大值 | 年均值  |
| 红沿河村      | 70.6                          | 109.1   | 76.0 |
| 大咀屯       | 54.9                          | 90.5    | 59.9 |
| 大咀村       | 72.2                          | 114.7   | 79.0 |
| 前大地村      | 71.6                          | 112.1   | 79.9 |
| 红核中学      | 78.5                          | 114.2   | 83.4 |
| 老渔窝       | 64.3                          | 117.8   | 78.6 |
| 韩庙村       | 77.3                          | 118.0   | 81.1 |
| 复州城 (对照点) | 74.5                          | 118.4   | 84.1 |

注: 1) 未扣除宇宙射线响应值。

表4.5-2 红沿河核电厂周围环境累积剂量监测结果

| 监测点位      | 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 | 年均值  |
| 红沿河核电厂    | 22  | 62.1                                 | 138 | 91.5 |
| 复州城 (对照点) |     | 103                                  | 107 | 104  |

注: 1) 未扣除宇宙射线响应值。

#### 4.5.2 大气

红沿河核电站的关键居民点在红沿河村一带。因此，对大气气溶胶和沉降物中放射性物质的监测、空气中氚化水及碳-14的监测、降水中氚的监测，监测点均设置在红沿河村和老渔窝的自动站，并在复州城的自动站设置对照点。

气溶胶采用大流量气溶胶采样仪采样，流量约为150m<sup>3</sup>/h，3天连续采样，采样量大于10000m<sup>3</sup>，其中老渔窝自动站还配备有超大流量气溶胶采样仪，流量约为15m<sup>3</sup>/min。对累积样进行监测，监测项目为总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 及 $\gamma$ 能谱分析，监测频次为1次/月，监测结果见表4.5-3。由表可见，红沿河核电站周围环境气溶胶中总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 活度浓度与核电站运行前本底相比，未见明显变化；人工 $\gamma$ 放射性核素均未检出。

沉降物采用干湿沉降采样仪采样，收集面积约为0.28m<sup>2</sup>，每季度连续采样，对累积的干沉降样品进行监测，监测项目为总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、铯-90及 $\gamma$ 能谱分析，监测频次为1次/季，监测结果见表4.5-3。由表可见，红沿河核电站周围环境沉降物中总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 和铯-90日沉降量与核电站运行前本底相比，未见明显变化，其中铯-90主要为20世纪大气层核试验和切尔诺贝利核事故残留；人工 $\gamma$ 放射性核素均未检出。

空气中氚化水采用冷冻法采样，每月连续采样，对累积样进行监测，监测频次为1次/月，监测结果见图4.5-2。降水采用干湿沉降采样仪采样，每季度连续采样，对湿沉降收集器收集的累积样进行监测，监测频次为1次/季，监测结果见图4.5-2。由图可见，红沿河核电站周围环境空气中氚化水及降水中氚均未检出。

空气中碳-14采用催化氧化后导入碱液捕集二氧化碳的方法，采样仪器为空气中碳-14采样器，采样流量约为0.5L/min，5天连续采样，对累积样进行监测，监测频次为1次/月，监测结果见图4.5-2。由图可见，红沿河核电站周围环境空气中碳-14活度浓度与核电站运行前本底相比，未见明显变化。



■ 表4.5-3 红沿河核电厂周围环境气溶胶和沉降物监测结果

| 监测点位         | 气溶胶放射性活度浓度年均值<br>(mBq/m <sup>3</sup> ) |      |                    | 沉降物放射性日沉降量年均值<br>(Bq/m <sup>2</sup> ·d) |      |                      |                    |
|--------------|--|------|--------------------|---|------|----------------------|--------------------|
|              | 总α                                     | 总β   | 其余核素 <sup>1)</sup> | 总α                                      | 总β   | <sup>90</sup> Sr     | 其余核素 <sup>1)</sup> |
| 老渔窝          | 0.078                                  | 0.96 | <MDC               | 0.19                                    | 0.27 | $3.0 \times 10^{-3}$ | <MDC               |
| 红沿河村         | 0.074                                  | 0.94 | <MDC               | 0.18                                    | 0.23 | $2.6 \times 10^{-3}$ | <MDC               |
| 复州城<br>(对照点) | 0.12                                   | 0.91 | <MDC               | 0.19                                    | 0.23 | $2.6 \times 10^{-3}$ | <MDC               |

注：1) 其余核素包括<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>131</sup>I、<sup>133</sup>I、<sup>134</sup>Cs、<sup>137</sup>Cs等人工γ放射性核素。



■ 图4.5-2 红沿河核电厂周围环境空气中氚化水 (HTO)、碳-14及降水中氚监测结果

### 4.5.3 水体

红沿河核电厂周围环境水体监测，陆地水环境包括：水库水、井水、水库岸边沉积物、水库底泥，海洋水环境包括：核电厂液态流出物排放口附近海域海水、海滩涂潮间带土。水库水、井水、海水的监测项目为氡、 $\gamma$ 能谱分析及铯-137（放化），监测频次为1次/半年，其中井水增设总 $\alpha$ 和总 $\beta$ 监测项目，监测频次为1次/半年。水库岸边沉积物、水库底泥和海滩涂潮间带土的监测项目为锶-90及 $\gamma$ 能谱分析，监测频次为1次/年。同时布设环境水体对照点。红沿河核电厂周围环境水体监测结果见表4.5-4~表4.5-5及图4.5-3。

由图表可见，红沿河核电厂周围环境井水、水库水中氡及人工 $\gamma$ 放射性核素均未检出，其井水中总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 活度浓度均低于《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2006）中规定的放射性指标指导值。水库岸边沉积物和底泥中锶-90、铯-137活度浓度与核电厂运行前本底相比，未见明显变化，其余人工 $\gamma$ 放射性核素未检出。

海水中铯-137活度浓度与核电厂运行前本底相比，未见明显变化，氡及其余人工 $\gamma$ 放射性核素均未检出。潮间带土中锶-90及铯-137活度浓度与核电厂运行前本底相比，未见明显变化，其余人工 $\gamma$ 放射性核素未检出。

核电厂周围环境水体中的锶-90、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。

■ 表4.5-4 红沿河核电厂周围环境水库水、井水监测结果

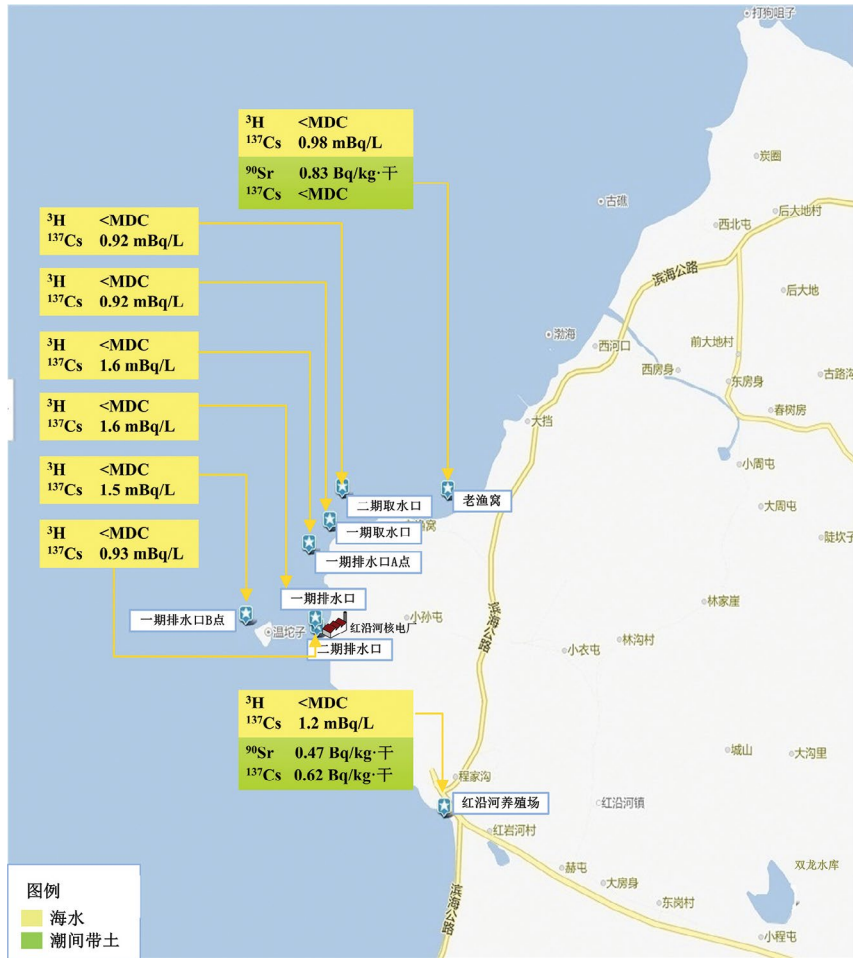
| 监测对象 | 监测点位      | 放射性活度浓度年均值（Bq/L） |           |                     |
|------|-----------|------------------|-----------|---------------------|
|      |           | 总 $\alpha$       | 总 $\beta$ | 放射性核素 <sup>1)</sup> |
| 水库水  | 双龙水库      | /                | /         | <MDC                |
|      | 莲花水库（对照点） | /                | /         | <MDC                |
| 井水   | 红沿河村委会    | 0.12             | 0.082     | <MDC                |
|      | 复州城（对照点）  | 0.060            | 0.050     | <MDC                |

注：1) 放射性核素包括 $^3\text{H}$ 及人工 $\gamma$ 放射性核素 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 等。

■ 表4.5-5 红沿河核电厂周围环境水库底泥及水库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） |                   |                    |                  |                   |                    |
|-----------|--------------------|-------------------|--------------------|------------------|-------------------|--------------------|
|           | 水库底泥               |                   |                    | 水库岸边沉积物          |                   |                    |
|           | $^{90}\text{Sr}$   | $^{137}\text{Cs}$ | 其余核素 <sup>1)</sup> | $^{90}\text{Sr}$ | $^{137}\text{Cs}$ | 其余核素 <sup>1)</sup> |
| 双龙水库      | 0.94               | 1.4               | <MDC               | 0.47             | <MDC              | <MDC               |
| 莲花水库（对照点） | 0.47               | 0.71              | <MDC               | 0.41             | <MDC              | <MDC               |

注：1) 水库底泥和岸边沉积物中其余核素包括 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 等人工 $\gamma$ 放射性核素。



■ 图4.5-3 红沿河核电厂周围环境海水、潮间带土监测结果  
 (注：海水及潮间带土中<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>134</sup>Cs等人工 $\gamma$ 放射性核素均未检出。)

#### 4.5.4 土壤

红沿河核电厂周围环境土壤监测，监测点设置在老渔窝，并在复州城设置对照点。采集表层0~10cm的土壤样品，监测项目为铯-90及 $\gamma$ 能谱分析，监测频次为1次/年，监测结果见表4.5-6。

由表可见，红沿河核电厂周围环境土壤中铯-90及铯-137活度浓度与核电厂运行前本底相比，未见明显变化，主要为20世纪大气层核试验和切尔诺贝利核事故残留，其余人工 $\gamma$ 放射性核素未检出。

■ 表4.5-6 红沿河核电厂周围环境土壤监测结果

| 监测点位      | 放射性核素活度浓度 (Bq/kg·干) |                   |                    |
|-----------|---------------------|-------------------|--------------------|
|           | <sup>90</sup> Sr    | <sup>137</sup> Cs | 其余核素 <sup>1)</sup> |
| 老渔窝       | 0.79                | 2.5               | <MDC               |
| 复州城 (对照点) | 1.8                 | 1.4               | <MDC               |

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

#### 4.5.5 生物

红沿河核电厂周围环境生长的生物监测, 采集陆生植物包括松针和玉米, 着重加强指示生物松针的监测; 家禽为鸡; 海洋水生生物包括海藻和小黄花鱼, 其中海藻为指示生物。同时布设各种生物样品对照点。监测项目为 $\gamma$ 能谱分析及铯-137 (放化), 其中松针和海藻还增设组织自由水氚的监测项目, 监测频次均为1次/年。

采集的生物样品经洗净与整理 (除去不可食部分), 对于家禽和家畜、水生生物小黄花鱼采取肉和骨分离, 取其肉进行监测, 根据监测项目类别采用不同的前处理方法。其中氚的监测采用冷冻干燥仪真空抽取组织自由水样品;  $\gamma$ 能谱及铯-137 (放化) 分析采用烘干、炭化与灰化。红沿河核电厂周围环境生物样品监测结果见表4.5-7。

由表可见, 红沿河核电厂周围环境陆生植物 (玉米、松针)、海洋水生生物 (小黄花鱼、海藻)、家禽 (鸡) 中铯-137活度浓度与核电厂运行前本底相比, 未见明显变化, 主要为20世纪大气层核试验和切尔诺贝利核事故残留, 氚及其余人工 $\gamma$ 放射性核素未检出。

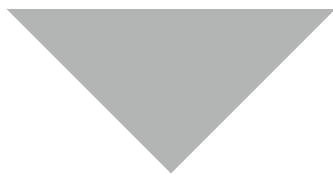
■ 表4.5-7 红沿河核电厂周围环境生物监测结果

| 样品名称 | 监测点位     | 点位数 (样品数) | 放射性核素活度浓度                |                             |                    |
|------|----------|-----------|--------------------------|-----------------------------|--------------------|
|      |          |           | <sup>3</sup> H (Bq/kg·鲜) | <sup>137</sup> Cs (Bq/kg·鲜) | 其余核素 <sup>1)</sup> |
| 玉米   | 红沿河核电厂周围 | 1(1)      | /                        | 0.14                        | <MDC               |
|      | 对照点      | 1(1)      | /                        | 0.052                       | <MDC               |
| 松针   | 红沿河核电厂周围 | 1(1)      | <MDC                     | 0.060                       | <MDC               |
| 鸡肉   | 红沿河核电厂周围 | 1(1)      | /                        | 0.036                       | <MDC               |
|      | 对照点      | 1(1)      | /                        | 0.035                       | <MDC               |
| 小黄花鱼 | 红沿河核电厂周围 | 1(1)      | /                        | 0.052                       | <MDC               |
|      | 对照点      | 1(1)      | /                        | 0.077                       | <MDC               |
| 海藻   | 红沿河核电厂周围 | 1(1)      | <MDC                     | 0.077                       | <MDC               |

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



## 5 附录



## 5.1 监测、分析方法和测量仪器

环境辐射监测、分析方法采用最新有效的国家标准和行业标准，各监测项目的监测、分析方法和测量仪器见表5.1-1，部分放射性测量仪器见图5.1-1。

■ 表5.1-1 监测、分析方法和测量仪器

| 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 10264-1988)  | 热释光读出仪<br>TLD元件               |
| 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<br>或频谱仪               |
| 总 $\alpha$ 和总 $\beta$ | 气溶胶     | 《水中总 $\alpha$ 放射性浓度的测定 厚源法》(EJ/T 1075-1998)<br>《水中总 $\beta$ 放射性测定 蒸发法》(EJ/T 900-94) | 低本底 $\alpha/\beta$<br>测量装置    |
|                       | 沉降物     |   |                               |
|                       | 水       |   |                               |
|                       | 土壤      |   |                               |
| 氡                     | 空气      | 《水中氡的分析方法》(GB 12375-90)   | 低本底<br>液闪谱仪                   |
|                       | 水       |   |                               |
|                       | 生物      |   |                               |
| $^{14}\text{C}$       | 空气      | 《空气中 $^{14}\text{C}$ 的取样与测定方法》(EJ/T 1008-96)  | 低本底<br>液闪谱仪                   |
|                       | 生物      |   |                               |
| $^{131}\text{I}$      | 牛奶      | 《牛奶中碘-131的分析方法》(GB/T 14674-93)  | 高纯锗 $\gamma$ 谱仪               |
| $^{90}\text{Sr}$      | 沉降物     | 《土壤中锶-90的分析方法》(EJ/T 1035-2011)  | 低本底 $\alpha/\beta$<br>测量装置    |
|                       | 水       | 《水中锶-90 放射化学分析方法二—(2-乙基己基)磷酸酯萃取色层法》(GB 6766-86)                                     |                               |
|                       | 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)                             |                               |
| $^{137}\text{Cs}$     | 水       | 《水中铯-137放射化学分析方法》(GB 6767-86)   | 低本底 $\alpha/\beta$ 测量装置       |
|                       | 生物      | 《生物样品灰中铯-137放射化学分析方法》(GB 11221-89)  |                               |
| U                     | 水       | 《水中微量铀分析方法》(液体激光荧光法)(GB 6768-86)  | 激光、荧光铀分析仪                     |
| 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)   | 氡钍分析仪、低本底 $\alpha/\beta$ 测量装置 |
|                       |         | 《水中镭的 $\alpha$ 放射性核素的测定》(GB 11218-89)   |                               |
| $^{40}\text{K}$       | 水       | 《水中钾-40的分析方法》(火焰光度法/原子吸收分光光度法)(GB 11338-89)   | 火焰光度计/原子吸收<br>分光光度计           |
| $\gamma$ 能谱分析         | 气溶胶     | 《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               |
|                       | 沉降物     | 《用半导体 $\gamma$ 谱仪分析低比活度 $\gamma$ 放射性样品的标准方法》(GB 11713-89)                           |                               |
|                       | 水       | 《水中放射性核素的 $\gamma$ 能谱分析方法》(GB/T 16140-1995)   |                               |
|                       | 土壤      | 《土壤中放射性核素的 $\gamma$ 能谱分析方法》(GB 11743-89)  |                               |
|                       | 生物      | 《生物样品中放射性核素的 $\gamma$ 能谱分析方法》(GB/T 16145-1995)                                      |                               |



■ 图5.1-1 放射性测量仪器

## 5.2 数据的统计与处理

### 5.2.1 数据的统计

#### (1) 平均值

辐射环境自动监测站单个监测点的数据平均值主要为5分钟、小时、日、月、年平均值计算。5分钟均值由即时测量值计算得出，小时均值由5分钟均值计算得出，日平均值由小时均值计算得出，月均值由日均值计算得出，年均值应由月均值计算得出。

辐射环境自动监测站空气吸收剂量率进行5分钟、小时、日、月、年平均值计算时，应满足监测频次的要求。须有测量时段3/4以上即时测量值方能计算5分钟均值；须有9个以上5分钟均值方能计算小时均值；须有18个以上小时均值方能计算日均值；须有20个以上日均值方能计算月均值；须有9个以上月均值，方能计算年均值。

其它监测项目，为区域范围内高于探测下限样品的平均值。

#### (2) 最大值和最小值

辐射环境自动监测站，为单个监测点2013年小时均值的最大值和最小值。

其它监测项目，为区域范围内高于探测下限样品的最大值和最小值。

### 5.2.2 探测下限

对于计数率、活度或活度浓度的探测下限，均可由最小可探测样品净计数 $LLD_N$ 算得，其计算公式为：

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

式中， $K_\alpha$ 为显著性水平等于犯第Ⅰ类错误的概率 $\alpha$ 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 $\beta$ 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：

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

$S_b$ 可以是多次重复测量的高斯分布的本底计算标准差，也可以是平均本底计数算得的泊松分布标准差。

当样品测量时间 $t$ 与本底测量时间 $t_b$ 相等时，采用泊松分布标准差，若统计置信水平为95%时，则 $LLD_N$ 为：

$$LLD_N = 4.65\sqrt{N_b}$$

式中， $N_b$ 为本底计数。

当样品净计数等于 $LLD_N$ 时，对应的放射性浓度称为最小可探测浓度MDC。

### 5.2.3 数据处理

一般情况下，同一监测点的空气吸收剂量率及环境介质中放射性活度浓度的变化与以下因素有关：1) 样品的采集与前处理方法、测量仪器的性能、测量方法等测量条件的变化；2) 降雨、降雪等气象因素及地质、地形等自然条件的变化；3) 大气层核试验与核事故残留的影响；4) 核电厂运行状况的变化。

这些因素中，大气层核试验与核事故残留的影响一般变化不大，通过加强测量条件的管理，限定核电厂正常运行状况，监测结果应处于正常的涨落范围内。根据“放射性核转变的统计规律”（引自《辐射防护基础》，原子能出版社），其涨落应符合正态分布规律。根据辐射环境监测数据的分布特征，对各监测项目设置异常值判断条件。

#### (1) 异常值的判断条件

辐射环境自动监测站，以该站点“空气吸收剂量率历年小时均值的平均值 $\pm 3$ 倍标准偏差”作为其异常值判断的上下限，同时辅以雨量、感雨等测量结果进行相关性判断分析。



其它监测项目，以该点位该监测项目的“历年测量值的平均值 $\pm$ 3倍标准偏差”作为其异常值判断的上下限。有的监测点历年测量值数据不齐全，则参考本省区市其他监测点的历年测量值、全国放射性水平调查测量值、核电厂运行前本底调查测量值、对照点测量值。在计算历年测量值的平均值时，剔除因自然条件以外原因引起的异常值。

## (2) 异常值的原因分析

当监测值超异常值判断限，对以下影响监测值的因素进行调查：1) 测量仪器和数据传输是否故障；2) 样品的采集、前处理、分析和测量是否正确；3) 降雨等自然因素引起的变化；4) 地形、地质等周围环境的变化；5) 大气层核试验与核事故残留的影响；6) 正常的数据统计涨落。排除上述影响因素的影响，则确认为环境中放射性异常。

## 5.3 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。

**电磁辐射:** 能量以电磁波形式通过空间传播的现象。

**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。

**照射途径:** 放射性物质能够到达或者照射人体的途径。

**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它气体中形成的分散系。

**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。

**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，如氙-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。

**(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数除以该时间间隔。亦称衰变率。放射性活度的单位为贝可[勒尔], 符号为Bq。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。单位为秒(s)。

**贝可[勒尔](Bq):** 放射性活度的国际单位制单位专名。

**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。

**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1mSv。

**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。

## 5.4 符号说明

**-:** 表示自动站因监测设备、供电等故障, 数据获取率低于统计原则的要求, 未能进行相关统计项统计;

**\***: 表示因仪器设备等原因未开展监测, 或因样品前处理、测量等原因导致监测数据异常而不参与统计, 不适用相关统计项;

**#:** 表示因点位偏少, 不适用相关统计项;

**/:** 表示监测方案未要求开展监测。



