

ANNUAL REPORT OF THE NATIONAL
RADIATION ENVIRONMENT

2018 全国辐射环境 质量报告

中华人民共和国生态环境部

2018 全国辐射环境质量报告

中华人民共和国生态环境部
二〇一九年六月

前 言

为了确保公众健康和辐射环境安全，2007年原国家环境保护总局建立了国家辐射环境监测网，开展的监测覆盖了辐射环境质量监测、国家重点监管的核与辐射设施周围环境监督性监测和核与辐射事故应急监测。《2018全国辐射环境质量报告》以国家辐射环境监测网数据为基础，对全国辐射环境质量监测结果进行了分析和总结，为核与辐射安全监管提供科学依据和技术支撑。

本报告的数据来源于国家辐射环境监测网。2018年全国辐射环境质量监测按照《全国辐射环境监测方案》的要求，空气吸收剂量率监测包括116个地级及以上城市（含部分地、州、盟所在地，下同）辐射环境自动监测站空气吸收剂量率在线连续监测，235个地级及以上城市的累积剂量监测；空气监测包括103个地级及以上城市的气溶胶监测，直辖市和省会城市的沉降物、空气（水蒸汽）和降水中氡、气态放射性碘同位素监测；水体监测包括长江、黄河、珠江、松花江、淮河、海河、辽河七大流域和浙闽片河流、西北诸河、西南诸河及重点湖泊（水库）地表水监测，337个地级及以上城市集中式饮用水水源地水监测，31个城市地下水监测，沿海11个省份海水和海洋生物监测；此外，还包括338个地级及以上城市的土壤监测，直辖市和省会城市的电磁辐射监测。

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

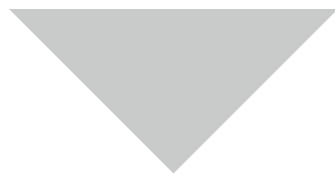
监测结果表明：2018年，全国辐射环境质量总体良好。其中环境电离辐射水平处于本底涨落范围内，环境电磁辐射水平低于国家规定的电磁环境控制限值。

目 录

1 辐射的来源	01
1.1 环境中天然电离辐射源	02
1.2 环境中人工电离辐射源	05
1.3 电离辐射照射的途径	07
1.4 环境中电磁辐射	08
2 辐射环境监测	11
2.1 辐射环境监测目的	12
2.2 辐射环境监测概况	12
2.3 辐射环境质量监测方案	14
2.4 质量保证	15
3 辐射环境质量	17
3.1 空气吸收剂量率	18
3.2 空气	29
3.3 水	37
3.4 土壤	55
3.5 环境电磁辐射	60
4 总结	62
附录	65
附录1 监测方案	66
附录2 监测方法、测量仪器和探测下限	68
附录3 数据处理与评价	70
附录4 名词解释	75
附录5 符号说明	77



1 辐射的来源



环境辐射可以分为电离辐射和电磁辐射，按其来源可以分为天然辐射源和人工辐射源。

我国居民所受的电离辐射个人年有效剂量比例示意图见图1.1-1。由图可见，我国居民所受的电离辐射照射中，绝大部分来自天然辐射源的照射，天然辐射源所致的居民个人年有效剂量占总剂量的94%，而人工辐射源所致的居民个人年有效剂量仅占总剂量的6%（参考潘自强、刘华主编的《核与辐射安全》）。

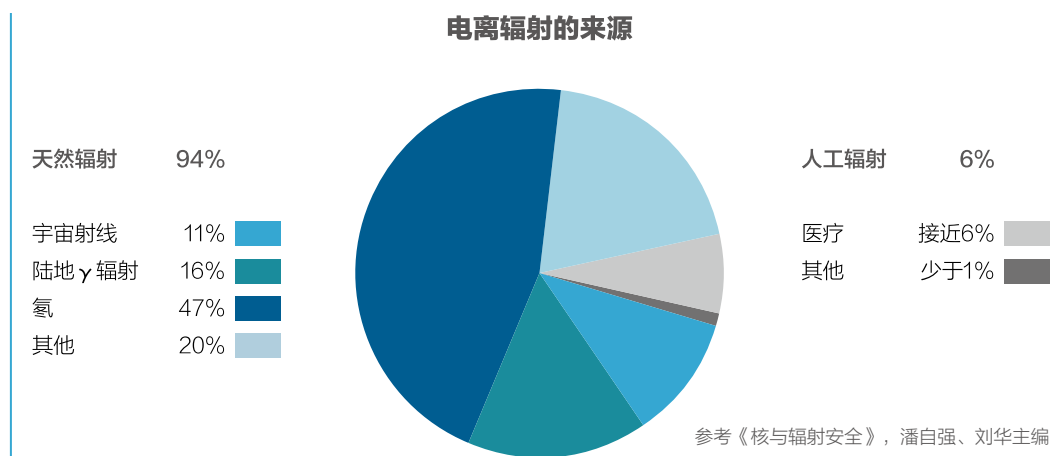


图1.1-1 我国居民日常受到的电离辐射个人年有效剂量比例示意图

1.1 环境中天然电离辐射源

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

■ 表1.1-1 天然辐射源所致个人年有效剂量平均值¹⁾

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

注：1) 资料来源：UNSCEAR 2008年报告和中国环境百科全书选编本《核与辐射安全》。

2) 因宇生放射性核素引起的全球居民照射相对较小，表中未包括。

1.1.1 宇宙辐射

宇宙射线是指来自外层空间射向地球表面的射线，分为初始宇宙射线和次级宇宙射线。初始宇宙射线为直接来自外层空间的高能带电粒子，主要是质子和 α 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 μ 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（即氢-3）、钠-22和铍-7，其中碳-14、氚和钠-22也是人体组织所含的核素。表1.1-2列出了这几种宇生放射性核素的特性，其所致个人年有效剂量最大的是碳-14，但也仅占全球天然辐射源所致个人年有效剂量的0.5%。目前我国已开展监测的宇生放射性核素包括氚和铍-7。

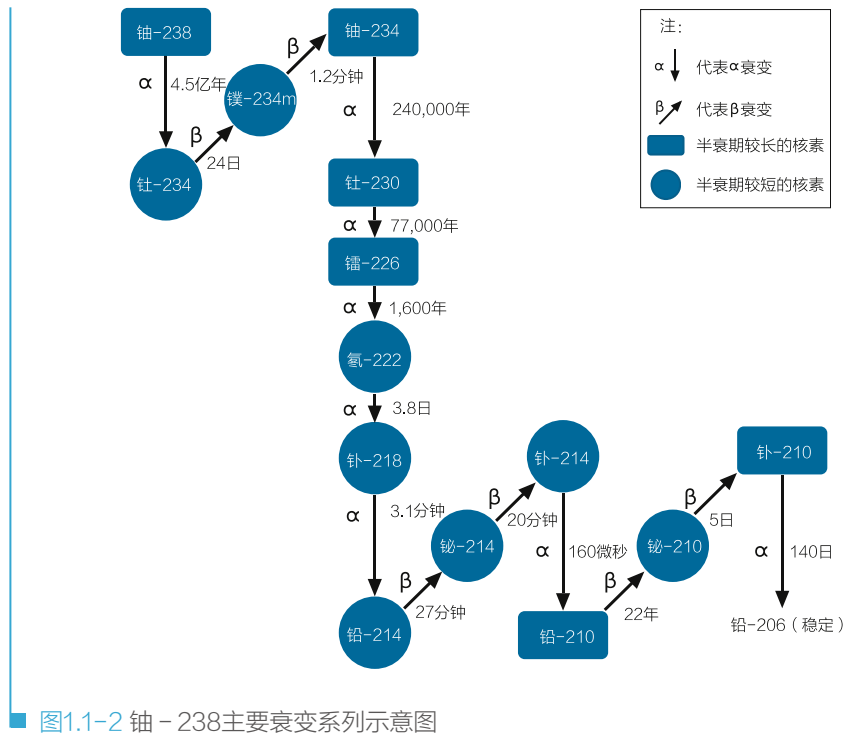
■ 表1.1-2 主要宇生放射性核素的特性¹⁾

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

注：1) 资料来源：《中国辐射水平》。

1.1.2 原生放射性核素

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



1.1.3 人为活动引起的天然辐射水平变化

天然辐射一直存在，仅就平均而言，数百年来天然辐射水平变化不大，但人为活动可引起天然辐射水平升高。人为活动引起的天然辐射水平升高泛指人为活动所引起的天然存在放射性物质（NORM）活度浓度的增加或天然放射性核素分布的改变，进而导致工作场

所或周围环境辐射水平明显升高的现象。引起天然辐射水平变化的人为活动分为两类：一类是改变了自然原有状况，从而引起辐射水平增加的人类活动；另一类是导致人所受辐射水平增加或减少的人类行为方式（如乘坐飞机、轮船和汽车等），通常主要是指前者。引起天然辐射水平升高的人为活动主要有：金属冶炼、磷酸盐加工、煤矿和燃煤电厂、石油和天然气开采、稀土金属和氧化钛工业、锆与制陶工业、天然放射性核素的使用（如镭和钷的应用）以及航空业、建筑业等。当放射性活度浓度或者工作人员及公众所受年有效剂量超过核安全监管机构的规定时，需要进行审管控制。

一些研究表明，有些人为活动引起的天然辐射水平升高值得关注，如建筑材料的掺渣、燃煤电厂的放射性排放以及相当一部分非铀矿山的开发与利用等。因此，应对人为活动引起的天然辐射照射增加加以控制。

1.2 环境中人工电离辐射源

人工电离辐射源主要包括核武器试验和生产、核能生产、以及核与辐射技术在医学诊断与治疗、科学研究、工业、农业等各个领域的应用。根据UNSCEAR 2008年报告，全球人工电离辐射源所致个人年有效剂量平均值约为0.6mSv（典型范围为零至几十mSv）；根据中国环境百科全书选编本《核与辐射安全》，我国人工电离辐射源所致个人年有效剂量平均值约为0.2mSv。在人工电离辐射源中，医学诊断检查是最大的辐射源，人工辐射源所致个人年有效剂量平均值分布见表1.2-1。

■ 表1.2-1 人工辐射源所致个人年有效剂量平均值¹⁾

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

注：1) 资料来源：UNSCEAR 2008年报告和中国环境百科全书选编本《核与辐射安全》。

2) 全球医学诊断检查所致个人年有效剂量平均值中不含治疗。

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

1.2.1 医疗照射

核与辐射技术在各行各业的日益广泛应用中，医学应用的历史最久、应用最广、影响最大。电离辐射的医学应用分为放射诊断、放射治疗和核医学等三部分。UNSCEAR和国际放射防护委员会（ICRP）等均指出，医疗照射是最大的并且必将不断增加的人工电离辐射照射来源。根据UNSCEAR 2008年报告，在人工电离辐射照射来源中，医学放射诊断占绝大多数，所致全世界人均年有效剂量远高于所有其他人工源好几个数量级。与职业照射和公众照射的防护不同的是，个人剂量限值不适用于医疗照射防护。为更好地推动医疗照射防护最优化，我国在《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中，明确了放射诊断的医疗照射指导（参考）水平。

1.2.2 核试验

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

1.2.3 核能生产

核能生产引起的公众照射包括整个核燃料循环引起的对公众照射。核燃料循环包括铀矿的开采和选冶、铀的转化和富集、核燃料组件的制造、核电厂的运行、乏燃料的贮存和后处理、以及放射性废物贮存和处理。根据UNSCEAR报告资料，在核能生产各阶段中，对局部和区域集体剂量的主要贡献之一是核电厂。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、安全水平很高。核电厂在正常运行条件下，排入大气的主要是裂变气体（氦和氙等）、活化气体（碳-14和氙-141等）以及碘、微尘和氡。液态流出物主要有氡、碘、钴、铯及其它核素。关键核素可能因堆型和设计特征而有所不同。根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）的规定，在我国核电厂必须按每堆实施流出物年排放总量的控制，此外，任何厂址的所有核电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。

核事故中人工放射性核素向环境的释放，亦成为公众照射的一部分。全球核电厂运行过程中发生过一些事故，如1979年、1986年和2011年分别发生了三哩岛、切尔诺贝利和

福岛核事故。其中三哩岛核事故辐射泄漏的范围主要局限于安全壳内，对环境的影响极其轻微，按照国际核事故分级表确定为5级。切尔诺贝利核事故是核电历史上最严重的事故，也是首例被国际核事故分级表评为7级的特大事故，估计释放到环境的放射性物质总量为 1.2×10^{19} Bq，释放的放射性核素主要为碘-131、铯-137和铯-134等，前苏联、北欧、西欧等国家的广大地区都受到明显的污染，我国和北半球的一些国家也受到不同程度的影响。福岛核事故与切尔诺贝利核事故虽然同为7级，但两者的事故状态不完全相同，福岛核事故放射性物质的释放量低于后者一个量级，福岛核事故发生后，我国全国范围内多种环境介质中陆续检测到碘-131、铯-137和铯-134等人工放射性核素，这些人工放射性核素所致个人有效剂量仅为天然辐射源所致个人年有效有效剂量的万分之一，到2011年4月底已探测不到福岛核事故对我国环境的影响。

1.2.4 核与辐射技术在其它领域的应用

核与辐射技术在其他领域的应用指的是除核能利用外，放射性同位素与射线装置在工业、农业、医疗、国防及科学研究等领域的应用。我国的放射性同位素应用主要有示踪和射线分析、射线检测技术和辐照技术等；我国的射线装置应用分为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。我国对放射性同位素和射线装置两类辐射应用的从业资质、许可申请、屏蔽设计、防护要求、工作条件等都有明确的规定。

1.3 电离辐射照射的途径

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

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

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

在放射性核素进入环境后，食入照射与外照射通常是主要途径和持续来源。



图 1.3-1 辐射照射途径示意图

1.4 环境中电磁辐射

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

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

业控制限值。新标准于2015年1月1日起实施。《电磁环境控制限值》中规定的公众曝露电场强度控制限值与频率的关系见图1.4-3。

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

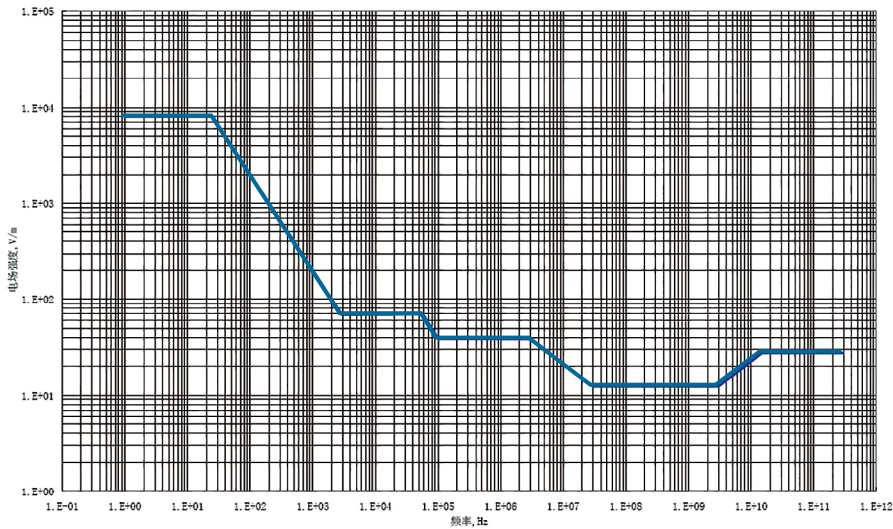
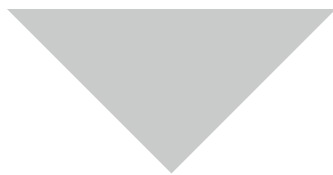


图 1.4-3 公众曝露电场强度控制限值与频率关系



2 辐射环境监测

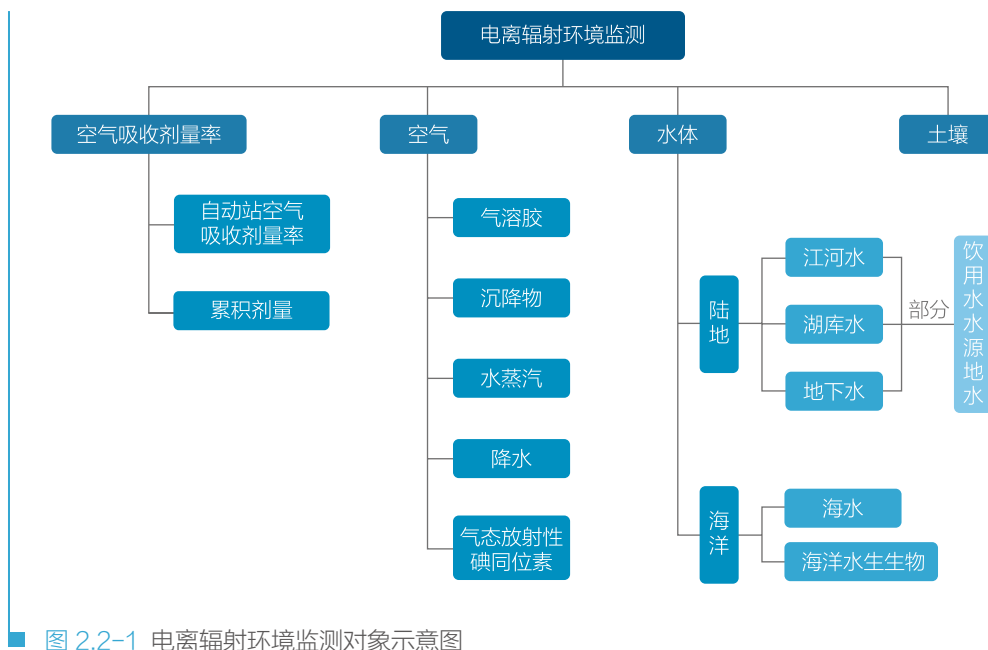


2.1 辐射环境监测目的

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

2.2 辐射环境监测概况

根据电离辐射照射途径和辐射环境监测目的，开展的电离辐射环境监测主要包括空气吸收剂量率等环境辐射水平监测，以及空气、水体、土壤和生物等环境样品中放射性核素活度浓度监测。电离辐射环境监测对象示意图见图2.2-1。同时,为评估环境中电磁辐射水平，开展电场强度的监测。



根据电离辐射监测对象，将监测方式分为现场监测和样品采集实验室分析。

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



■ 图 2.2-2 自动站配置图



■ 图 2.2-3 自动站异常数据报警

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



■ 图 2.2-4 实验室分析仪器

2.3 辐射环境质量监测方案

全国辐射环境质量监测空气吸收剂量率监测包括116个地级及以上城市的空气吸收剂量率在线连续监测，235个地级及以上城市的累积剂量监测；空气监测包括103个地级及以上城市的气溶胶监测，直辖市和省会城市的沉降物、空气（水蒸汽）和降水中氡、气态放射性碘同位素（以下简称“气碘”）监测；水体监测包括长江、黄河、珠江、松花江、淮河、海河、辽河七大江河流域以及西南和西北诸河、浙闽片河流的江河水监测，21座湖泊（水库）的监测，337个地级及以上城市的集中式饮用水水源地水监测，31个城市的地下水监测，沿海11个省份的海水和海洋生物监测；此外，还包括338个地级及以上城市的土壤监测，直辖市和省会城市的电磁辐射监测。

2018年，全国辐射环境质量监测方案见表2.3-1。

■表 2.3-1 全国辐射环境质量监测方案

监测对象	监测项目	监测（采样）频次	
空气吸收剂量率	自动站空气吸收剂量率	连续	
	累积剂量	累积样/季	
空气	γ 能谱分析 ¹⁾ 、 ²¹⁰ Pb、 ²¹⁰ Po	1次/月	
	气溶胶	1次/年 (每月采集1次样品, 累积1年样品测量)	
	气碘	¹²⁵ I、 ¹³¹ I	1次/月
		γ 能谱分析 ¹⁾	累积样/季
	沉降物	⁹⁰ Sr、 ¹³⁷ Cs (放化分析)	1次/年 (每季度采集累积样, 累积1年样品测量)
	降水	³ H	1次/季
	水蒸汽	³ H	1次/年
水	江河水、湖泊水、水库水	总 α 、总 β 、U、Th、 ²²⁶ Ra、 ⁹⁰ Sr、 ¹³⁷ Cs	2次/年 (枯、平水期各1次)
	饮用水水源地水	总 α 、总 β 、U、Th、 ²²⁶ Ra、 ⁹⁰ Sr、 ¹³⁷ Cs	1次/半年
	地下水	总 α 、总 β 、U、Th、 ²²⁶ Ra	1次/年
	海水	U、Th、 ²²⁶ Ra、 ⁹⁰ Sr、 ¹³⁷ Cs	1次/年
海洋生物	⁹⁰ Sr、 ¹³⁷ Cs (放化分析)	1次/年	
土壤	γ 能谱分析 ¹⁾	1次/年	
电磁辐射	综合电场强度	1次/年	

注：1) 气溶胶和沉降物 γ 能谱分析项目包括：⁷Be、⁴⁰K、¹³¹I、¹³⁴Cs、¹³⁷Cs等放射性核素；土壤 γ 能谱分析项目包括²³⁸U、²³²Th、²²⁶Ra、¹³⁷Cs等放射性核素。

2.4 质量保证

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

为确保辐射环境监测数据准确、可靠，通过强化实验室资质认定，规范监测人员持证

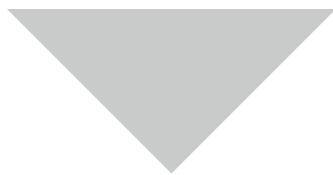
上岗，加大监测人员的培训力度，加强实验室内部的质量控制和实验室质量考核，统一监测方法，严格计量器具和监测仪器的检定与检验等措施，对监测全过程进行质量控制，辐射环境监测的质量保证措施见表2.4-1。

■ 表 2.4-1 辐射环境监测的质量保证措施

质量保证措施	内容
管理体系	监测机构均具有计量认证资质，建立了相应的质量体系并保证其有效运行，确保在人员、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。在允许范围内开展工作，对出具的数据负责。
人员资质和考核	监测人员按照生态环境部的相关要求持证上岗，技术中心按照《辐射环境监测人员持证上岗考核实施细则》的规定，每年集中举办持证上岗考核。
人员培训	根据《全国辐射监测培训年度计划》，技术中心每年组织举办全国辐射监测技术培训班，包括新进人员或岗位轮换人员的上岗培训；标准、规范技术变更、监测技术革新时的适时培训等。
监测方法	采用最新有效的国家或行业标准，执行统一的《国控网环境监测方法探测下限管理要求》。
监测仪器	对监测结果的准确性或有效性有影响的仪器设备，包括采样设备、辅助测量设备制定量值溯源计划并定期实施，确保在有效期内使用，根据仪器设备的使用情况进行期间核查。
标准物质	统一国控网量值溯源，开展“全国辐射环境监测标准物质配置项目”建设，为每个监测机构配置各种环境介质标准物质，基本满足国控网监测需求。此外，由技术中心定期组织开展全国辐射环境监测系统 γ 能谱分析标准物质统一流转刻度。标准物质在证书规定的有效期内使用，定期检定或校准，并根据使用情况进行期间核查。
样品采集和管理	统一国控网气溶胶、气碘、沉降物、降水等采样技术规范，根据监测方案所确定的采样点位、监测项目、频次、时间进行采样，采样时满足相应的技术规范要求，并保证样品运输、交接和保存中的质量控制。
实验室内部质量控制	按照全国辐射环境监测质量保证年度计划，开展仪器性能检查、校准曲线的绘制和检验、空白样测定、平行样测定、留样复测、加标回收率测定、密码质量控制样和密码加标样测定、仪器比对、方法比对、人员比对等内部质量控制，统一监测机构内部质量控制措施和评价指标。
实验室外部质量控制	技术中心每年组织开展全国辐射环境监测质量考核，定期组织技能竞赛。技术中心和监测机构定期参加国际原子能机构、日本化学分析中心、中国疾病预防控制中心、中国合格评定委员会等国际和国内权威机构组织的能力验证和比对测量活动。此外，监测机构之间亦开展比对测量活动。技术中心每年组织开展样品外检，样品外检执行统一的技术规范和评价指标。
监督检查	技术中心根据质量考核结果，每年组织开展现场监督检查，同时通过数据管理系统对监测机构质量控制措施的执行情况进行日常监督检查。



3 辐射环境质量



3.1 空气吸收剂量率

3.1.1 自动站空气吸收剂量率

2018年，全国空气吸收剂量率连续监测布点示意图见图3.1-1，监测结果见表3.1-1。

监测结果表明，自动站空气吸收剂量率处于当地天然本底涨落范围内。157个自动站的年均值范围为（49.6~195.2）nGy/h。

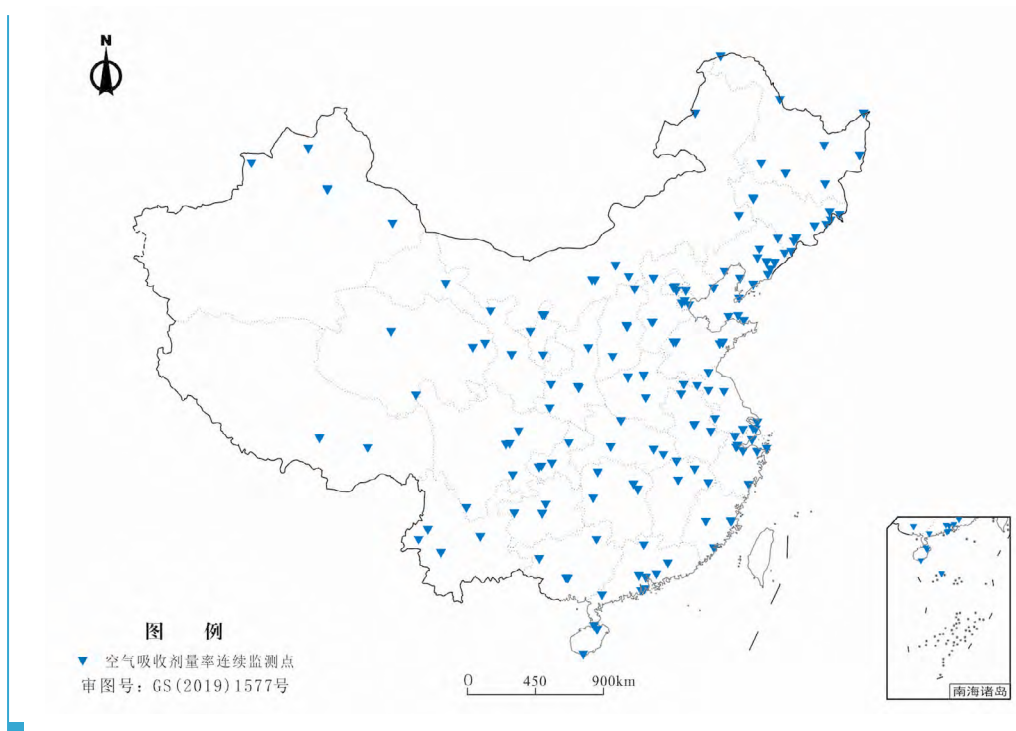


图 3.1-1 空气吸收剂量率连续监测布点示意图

■表 3.1-1 自动站空气吸收剂量率监测结果

序号	省份	所在地市 (区)	自动站名称	空气吸收剂量率 (nGy/h)		
				小时均值 最小值	小时均值 最大值	年均值
1	北京	海淀区	万柳中路站	83.9	114.5	89.4
2		朝阳区	奥林匹克森林公园站	65.3	121.0	74.1
3		大兴区	亦庄博大公园站	69.5	132.2	74.9
4	天津	南开区	南开复康路站	69.8	105.0	72.9
5		宝坻区	宝坻建设路站	61.2	96.8	64.9
6		大港区	大港世纪大道站	78.3	107.4	81.2
7		静海区	静海区西钓台站	65.1	102.2	70.3
8	河北	石家庄	石家庄市省辐射站	82.1	115.1	85.3
9			石家庄槐岭路站	64.7	104.9	74.3
10		张家口	张家口纬一路站	86.7	120.5	90.6
11		秦皇岛	秦皇岛秦皇东大街站	71.5	102.2	75.6
12		山西	太原	太原市省环保局站	87.9	120.6
13	太原长治路站			78.7	127.2	84.4
14	临汾		临汾市开发区西大街站	81.5	117.7	86.5
15	大同		大同市文兴路站	81.4	112.8	84.6
16	内蒙古	呼和浩特	内蒙古环境监测中心站	100.0	148.2	106.8
17			呼和浩特市环境监测站	81.7	125.4	95.8
18		包头	包头市标准站	106.6	145.6	112.8
19			包头市乌兰计站	114.6	151.6	120.9
20		通辽	通辽市环境监测站	77.9	118.4	83.3
21		呼伦贝尔	呼伦贝尔市扎兰屯路站 ¹⁾	74.4	103.6	84.9

注：1) 2018年1月起，原内蒙古呼伦贝尔市环境监测站更名为呼伦贝尔市扎兰屯路站。

表 3.1-1 (续)

序号	省份	所在地市 (区)	自动站名称	空气吸收剂量率 (nGy/h)		
				小时均值 最小值	小时均值 最大值	年均值
22	辽宁	沈阳	沈阳市东陵站	68.8	125.5	73.4
23		辽阳	辽阳市文圣站	82.6	108.2	86.1
24		大连	大连市西岗站	70.7	96.4	73.5
25			大连市庄河站	67.8	166.4	89.9
26		丹东	丹东市元宝站	96.8	141.4	100.8
27			丹东市宽甸站	83.0	127.2	89.4
28			丹东市凤城站	91.9	154.9	107.9
29			丹东市东港站	85.6	138.1	89.7
30		葫芦岛	葫芦岛市龙港站	68.3	100.3	72.4
31		抚顺	抚顺市新宾站	66.6	117.3	74.8
32		本溪	本溪市桓仁站	82.6	167.0	91.8
33		营口	营口市鲅鱼圈站	-	-	-
34	吉林	长春	长春卫星路站	79.6	119.8	84.8
35			长春青年路站	65.8	103.0	74.1
36		白山	长白山北山门站	70.8	163.6	101.6
37			长白县长白大街站	-	-	-
38			白山市三道沟镇站	103.6	166.6	115.1
39			临江市鸭绿江大街站	67.4	106.2	75.9
40		通化	集安活龙村站	78.1	143.9	89.0
41		延边州	延边珲春圈河站	56.4	111.4	70.3
42			图们市环保局站	81.3	110.7	87.7
43			龙井市三合镇站	82.0	143.0	92.4
44			和龙市南坪镇站	90.5	145.2	98.5
45	黑龙江	哈尔滨	哈尔滨通达街站	103.1	132.9	109.2
46			哈尔滨南直路站	70.4	101.6	75.9
47		黑河	黑河卡伦山村站	62.6	111.0	72.2
48		佳木斯	佳木斯江心岛站	61.6	116.8	81.3
49			佳木斯市抚远站	54.0	118.0	66.6
50		大庆	大庆黑鱼湖水厂站	71.9	165.5	79.4
51		牡丹江	牡丹江十二条站	75.1	135.1	85.6
52		鸡西	鸡西市虎林站	64.3	121.2	76.1
53		大兴安岭	大兴安岭地区漠河站	73.9	114.7	84.1

表 3.1-1 (续)

序号	省份	所在地市 (区)	自动站名称	空气吸收剂量率 (nGy/h)		
				小时均值 最小值	小时均值 最大值	年均值
54	上海	浦东新区	浦东新区张江站 ¹⁾	75.9	134.8	84.0
55		普陀区	普陀沪太路站	67.1	113.4	75.1
56		金山区	金山临桂路站	63.9	114.0	69.6
57		崇明区	崇明汲浜路站	72.6	145.5	78.0
58	江苏	南京	南京新城科技园站	53.7	103.0	60.0
59		苏州	苏州独墅湖站	71.7	118.7	76.0
60		淮安	淮安清河站	66.4	123.4	72.3
61		连云港	连云港新浦站	100.3	140.1	102.9
62		盐城	盐城市文港北路站	85.7	147.1	94.7
63		徐州	徐州市自来水厂站	42.8	84.6	49.6
64		宿迁	宿迁市自来水厂站	43.4	124.2	53.3
65	浙江	杭州	杭州省辐射站	102.5	130.2	108.8
66			杭州三义村站	77.1	159.0	82.7
67		宁波	宁波宝善路站	76.9	120.7	83.5
68		温州	温州会展路站	72.8	171.6	86.2
69		湖州	湖州市沿圩湾站	88.0	195.1	99.8
70		绍兴	绍兴市环保局站	79.9	122.6	87.5
71		舟山	舟山市体育场路站	80.9	119.1	85.9
72	安徽	合肥	合肥市长江西路	70.6	114.1	81.8
73			合肥怀宁路站	65.5	155.6	75.3
74		宿州	宿州淮河路站	70.4	115.6	75.1
75		芜湖	芜湖赭山路站	59.6	119.1	70.7
76	福建	福州	福州市福飞北路站	109.0	163.8	114.4
77			福州连江站	88.5	166.5	95.4
78		厦门	厦门杏林南路站	92.6	178.8	101.4
79		三明	三明麒麟公园站	73.6	227.9	83.3
80	江西	南昌	南昌洪都北大道站	70.1	130.2	77.1
81		上饶	上饶滨江路站	93.4	227.6	102.1
82		九江	九江浔阳路站	54.8	131.1	70.7
83		景德镇	景德镇市景东大道站	87.5	253.1	96.8

注: 1) 2018年12月, 上海浦东新区张江站站址搬迁。

■ 表 3.1-1 (续)

序号	省份	所在地市 (区)	自动站名称	空气吸收剂量率 (nGy/h)				
				小时均值最 小值	小时均值 最大值	年均值		
84	山东	济南	济南市省辐射站	82.2	117.7	85.2		
85			济南经十路站	62.4	104.8	66.7		
86		威海	威海市环保局站	89.5	142.1	96.1		
87			荣成观海东路站	71.5	112.7	83.5		
88		烟台	烟台青年南路站	63.8	100.1	70.9		
89	青岛		青岛市环保局	86.9	156.4	90.1		
90			青岛崂山区南窑站	98.3	140.7	102.7		
91			青岛崂山区登瀛站	85.9	144.9	91.9		
92	河南	郑州	郑州大王庄站	71.4	116.3	75.2		
93		洛阳	洛阳中州东路站	54.3	166.1	68.2		
94		漯河	漯河龙江路站	65.6	125.8	76.6		
95	湖北	武汉	武汉东湖风景区	68.0	118.3	73.6		
96			黄石	黄石市苏州路站	50.4	116.3	59.0	
97			襄阳	襄阳新华路站	70.5	132.7	78.0	
98			宜昌	宜昌胜利四路站	63.4	164.0	69.7	
99	湖南	长沙	长沙万家丽中路站	61.3	112.2	69.4		
100			长沙望城环保局站	68.3	128.0	76.8		
101			张家界	张家界大庸路站	82.2	140.5	89.5	
102			怀化	怀化怀黔路站	83.6	209.8	95.3	
103	广东	广州	广州大道站	94.3	139.0	101.0		
104			茂名	茂名乙烯生活区站	82.5	132.5	87.2	
105			韶关	韶关建筑学校站	71.8	154.6	78.3	
106			中山	中山市横栏镇站	89.1	178.1	97.3	
107			惠州	惠州市红花湖站	77.0	139.7	83.0	
108			珠海	珠海市中山大学站	138.6	234.2	155.0	
109			东莞	东莞市植物园站	80.2	201.5	87.2	
110			河源	河源市紫金县站	106.8	165.3	118.2	
111			广西	南宁	南宁市环保监测站	72.9	133.4	77.5
112					广西辐射站	65.3	179.7	70.8
113	桂林	桂林辐射站			66.2	132.4	76.9	
114	百色	百色辐射站			73.0	140.1	77.2	

表 3.1-1 (续)

序号	省份	所在地市 (区)	自动站名称	空气吸收剂量率 (nGy/h)		
				小时均值 最小值	小时均值 最大值	年均值
115	海南	海口	海口市白驹大道站 ¹⁾	60.3	116.1	71.2
116			海口红旗镇站	54.7	164.2	63.1
117		三亚	三亚榆亚路站	84.8	128.0	88.3
118		三沙	三沙永兴岛站	69.1	138.3	71.7
119	重庆	渝中区	大礼堂站	71.3	140.4	79.3
120		九龙坡区	白市驿站	71.7	148.0	77.8
121		万州区	天城大道站	64.4	137.9	70.8
122		涪陵区	李渡站	83.4	168.7	89.6
123	四川	成都	成都市温江区花土路站	76.4	181.7	87.5
124			成都熊猫基地站	74.7	214.2	81.5
125		绵阳	绵阳三水厂站	65.5	181.8	71.1
126		攀枝花	攀枝花机场路站	73.8	146.0	86.9
127		宜宾	宜宾敬业路站	69.1	133.3	79.6
128	贵州	贵阳	省辐射环境监理站	74.9	146.9	92.4
129			贵阳青云路站	63.4	133.2	77.9
130		遵义	遵义市南京路站 ²⁾	62.0	150.2	82.0
131		六盘水	六盘水明湖路站	72.7	121.7	80.4
132	云南	昆明	昆明环城西路站	82.3	134.6	87.0
133		临沧	临沧玉带路站	112.2	162.1	120.9
134		保山	保山九龙路站	68.2	105.5	75.6
135		德宏州	芒市白象街站	90.7	142.3	98.2
136	西藏	拉萨	拉萨东嘎镇站	187.2	250.1	195.2
137		林芝	林芝迎宾路站	149.1	197.4	155.9
138	陕西	西安	省环保大厦站	63.4	110.9	84.1
139			西安北郊污水处理厂站	69.5	131.0	77.2
140		汉中	汉中民主街站	63.4	143.6	74.1
141		延安	延安热电厂站	82.2	125.6	87.6
142		宝鸡	宝鸡眉县站	89.6	149.4	97.3
143	甘肃	兰州	兰州市东岗站	104.3	162.5	110.2
144			兰州市金昌路站	90.8	149.6	95.8
145		金昌	金昌市公园路站	93.3	120.7	97.9
146		嘉峪关	嘉峪关南市区工业园站	102.0	135.1	110.9

注: 1) 2018年11月, 原海南海口市海南广场站搬迁至白驹大道并更名为海口市白驹大道站。

2) 2018年7月, 贵州遵义市南京路站站址搬迁。

■ 表 3.1-1 (续)

序号	省份	所在地市 (区)	自动站名称	空气吸收剂量率 (nGy/h)		
				小时均值 最小值	小时均值 最大值	年均值
147	青海	西 宁	西宁市共和路站	-	-	-
148			西宁南山路站	99.0	129.8	104.2
149		海西州	格尔木昆仑路站	132.6	158.4	139.6
150		玉树州	玉树通天河站	144.5	203.9	153.9
151		海南州	瓦里关站	167.6	244.5	179.0
152	宁夏	银 川	银川市环保局西夏分局站	82.7	128.2	87.7
153			宁夏放射性废物库站	85.7	156.8	90.5
154		固 原	固原市环保局站	82.7	132.4	90.9
155		中 卫	中卫黄河站	82.9	143.9	88.8
156	新疆	乌鲁木齐	乌鲁木齐北艺公园街站	76.1	113.7	97.7
157			乌鲁木齐北京中路站	66.3	126.4	76.3
158		喀 什	喀什人民东路站	-	-	-
159		伊犁州	伊犁新华西路站	91.5	133.5	103.9
160		克拉玛依	克拉玛依准噶尔路站	59.2	99.5	75.1
161		哈 密	哈密建国南路站	110.3	139.6	118.6

专栏3-1 自动站空气吸收剂量率

■ 自动站空气吸收剂量率可直接、快速、连续反映环境辐射水平，是重要环境辐射监测项目，其监测结果包括环境地表 γ 辐射空气吸收剂量率及仪表对宇宙射线所致空气吸收剂量率的响应，单位为戈瑞/小时（Gy/h）。其中环境地表 γ 辐射空气吸收剂量率为地表上方一定高度周围物质中的天然和人工核素发出的 γ 射线所致空气吸收剂量率。

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

■ 各省份环境地表 γ 辐射空气吸收剂量率和宇宙射线所致空气吸收剂量率

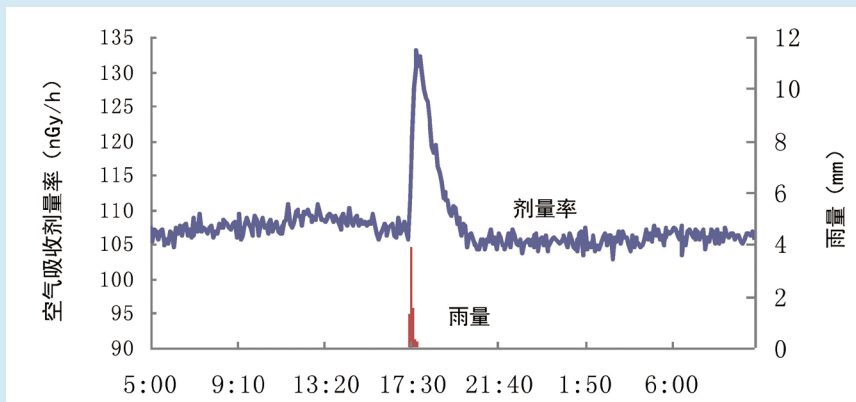
省份 ¹⁾	环境地表 γ 辐射空气吸收剂量率 ²⁾ (nGy/h)			省份 ¹⁾	宇宙射线所致空气吸收剂量率 ³⁾ (nGy/h)		
	范围	均值	标准差		范围	均值	标准差
北京	29.2~88.9	32.3	1.6	河南	17.5~141.7	30.2	1.2
天津	36.0~99.7	29.7	0.2	湖北	10.9~140.3	31.8	3.0
河北	28.0~198.7	33.8	3.1	湖南	21.0~271.2	30.0	1.2
山西	31.1~85.7	38.5	2.6	广东(含海南)	17.7~193.1	27.4	0.6
内蒙	9.6~186.2	39.3	2.5	广西	10.7~238.7	29.5	1.5
辽宁	19.8~178.3	30.7	0.9	四川(含重庆)	2.4~214.0	39.6	7.8
吉林	18.9~128.6	32.8	1.9	贵州	13.1~142.3	40.4	4.5
黑龙江	21.6~196.9	32.4	1.1	云南	9.9~167.1	45.6	7.9
上海	34.2~79.5	28.8	0.6	西藏	24.4~166.0	121.4	20.0
江苏	33.1~72.6	29.2	0.2	陕西	25.0~150.0	37.0	3.0
浙江	18.6~149.8	32.4	1.5	甘肃	16.9~128.4	48.4	7.7
安徽	27.5~132.9	29.5	0.8	青海	24.7~128.0	95.4	18.0
福建	25.9~334.3	30.3	1.8	宁夏	38.8~86.7	46.2	3.8
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) 点位一般选择在田地、公园、山坡、空场等空旷开阔场所，土层较厚，距离周围房屋和其它障碍物30米以上。测量条件避开了高温、高湿、高寒、下雨、化雪、灌溉等影响。

3) 为宇宙射线电离成分（未包括中子成分）所致空气吸收剂量率。

■ 同一自动站天然辐射所致空气吸收剂量率时间上的变化，一般因降雨等自然因素所致。根据UNSCEAR 2000年报告所述，环境地表 γ 辐射空气吸收剂量率存在不可忽视的涨落，与地下水位、土壤中水分、降水的影响、冰雪的覆盖、放射性物质的地面沉降、射气的析出和扩散等环境因素有关。其中降雨引起的空气中氡子体沉降，土壤中水分，以及雪覆盖等因素的影响更为明显，特别是空气中氡子体受雨水的冲刷和清洗，可使环境地表 γ 辐射空气吸收剂量率短时间内增加50%至100%，升高的程度取决于降雨时间间隔和降雨量。升高可持续几小时，然后降至比平均低约5%的水平，降低的原因是土壤中水分增加而产生屏蔽作用。如果不再降雨，随着土壤中水分的减少，经几小时或几天恢复至正常水平。此外，雪覆盖可使环境地表 γ 辐射空气吸收剂量率降低，大约1cm厚的雪可降低约1%。降雨导致空气吸收剂量率升高示例见下图。



■ 某地降雨导致空气吸收剂量率的升高

3.1.2 累积剂量

2018年，全国累积剂量监测点分布和监测结果见表3.1-2和图3.1-2。

监测结果表明，累积剂量测得的空气吸收剂量率处于当地天然本底涨落范围内，297个监测点的年均值范围为（45.9~260）nGy/h，主要分布区间为（71.7~120）nGy/h。

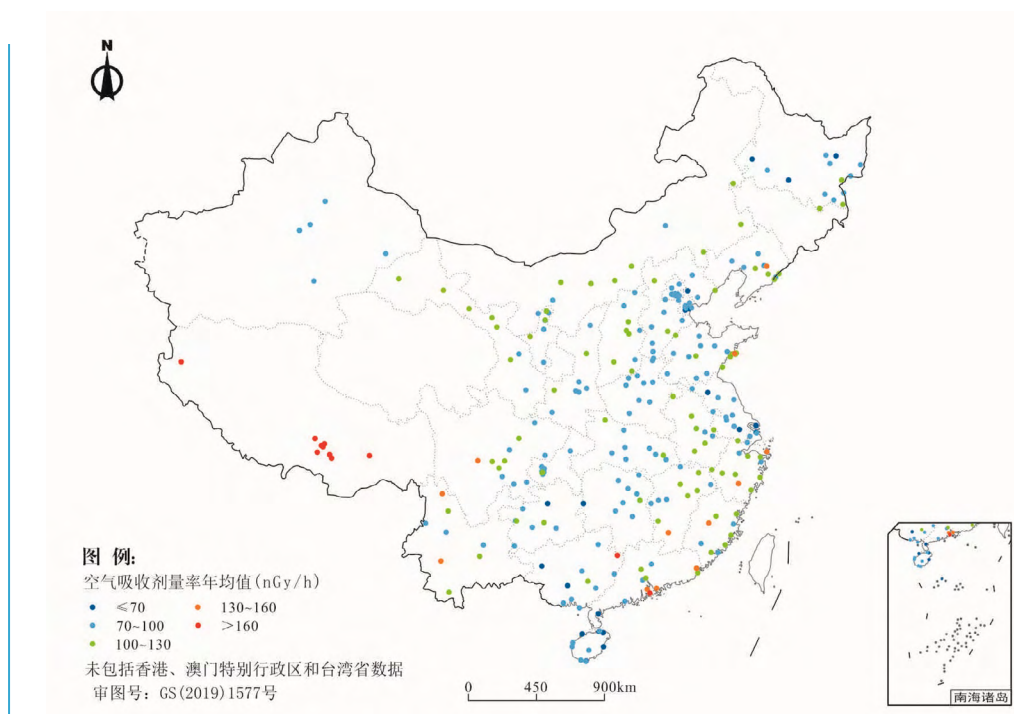


图 3.1-2 累积剂量测得的空气吸收剂量率年均值分布示意图

■ 表 3.1-2 31个省份累积剂量监测结果

序号	省份	点位数	累积剂量测得的空气吸收剂量率 (nGy/h)
1	北京	10	68.8~89.0
2	天津	10	64.0~89.5
3	河北	12	77.5~106
4	山西	9	79.3~125
5	内蒙古	11	97.3~111
6	辽宁	10	84.6~137
7	吉林	-	-
8	黑龙江	14	64.7~118
9	上海	4	69.1~87.1
10	江苏	12	68.5~91.1
11	浙江	11	90.3~157
12	安徽	11	87.2~110
13	福建	9	96.3~134
14	江西	11	79.4~135
15	山东	20	79.0~147
16	河南	10	87.2~96.8
17	湖北	9	78.4~109
18	湖南	9	70.1~104
19	广东	11	53.5~169
20	广西	11	68.1~220
21	海南	12	45.9~92.7
22	重庆	11	84.1~106
23	四川	12	86.3~146
24	贵州	9	59.9~105
25	云南	8	88.5~153
26	西藏	9	175~260
27	陕西	8	76.9~110
28	甘肃	8	100~127
29	青海	-	-
30	宁夏	10	83.0~118
31	新疆	6	81.5~98.5

3.2 空气

3.2.1 气溶胶

2018年全国气溶胶监测点分布见图3.2-1，监测结果见表3.2-1。

监测结果表明，气溶胶中天然放射性核素铍-7、钾-40、铅-210和钋-210活度浓度处于天然本底水平，人工放射性核素碘-131、铯-134、锶-90和铯-137活度浓度未见异常。

■表3.2-1 气溶胶监测结果

监测项目	单位	n/m ¹⁾	范围
铍-7	mBq/m ³	1274/1274	0.02~18
钾-40	mBq/m ³	557/1276	0.01~0.74
铅-210	mBq/m ³	358/358	0.15~8.9
钋-210	mBq/m ³	349/349	0.03~1.0
碘-131	μ Bq/m ³	0/1275	-
铯-134	μ Bq/m ³	0/1278	-
铯-137 (γ能谱分析)	μ Bq/m ³	6/1275	0.28~4.1
铯-137 (放化分析)	μ Bq/m ³	83/92	0.01~4.3
锶-90	μ Bq/m ³	78/86	0.07~20

注: 1) n: 高于MDC测值数, m: 测值总数。

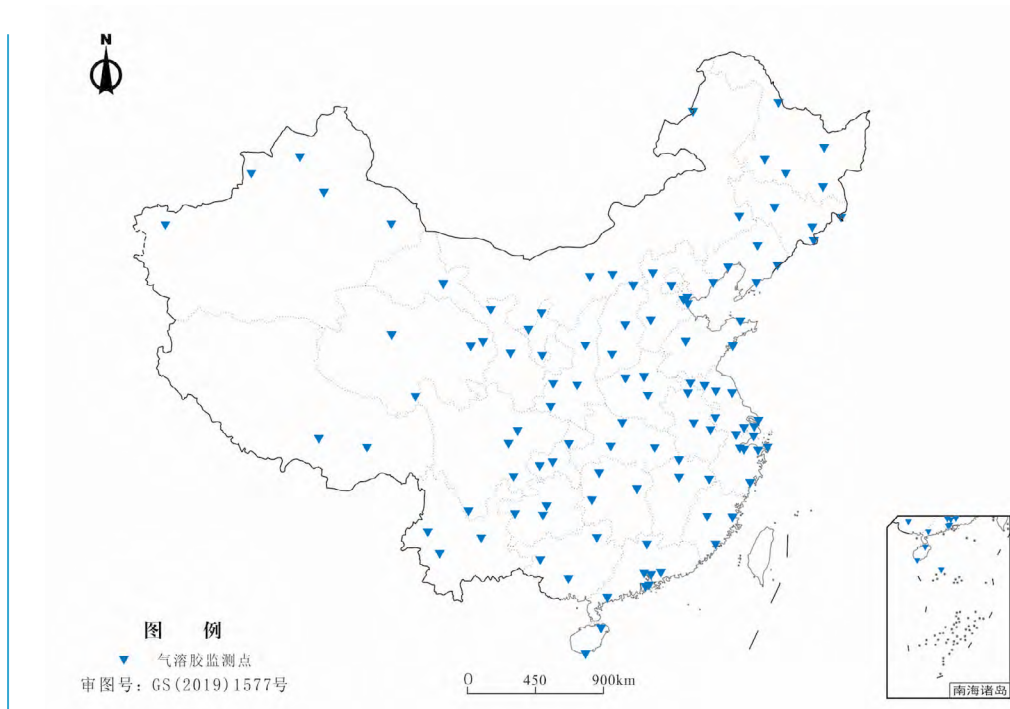


图 3.2-1 气溶胶布点示意图

专栏3-2 气溶胶中放射性

- 气溶胶是悬浮在大气中的固体或液体微粒。

放射性物质可通过以下几种方式进入大气，从而使环境中气溶胶含有放射性核素：1) 核与辐射设施在正常运行时，向大气环境排放气态流出物；2) 大气层核试验、切尔诺贝利和福岛等核事故向大气环境释放大量放射性物质；3) 地层和建筑物等散逸到空气中的氡，经衰变生成钍、铋、铅等天然放射性子体；4) 燃煤电厂等人为活动向大气环境排放天然放射性物质。

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

气溶胶中的放射性核素对人直接造成外照射，也可因吸入而造成内照射。

3.2.2 气碘

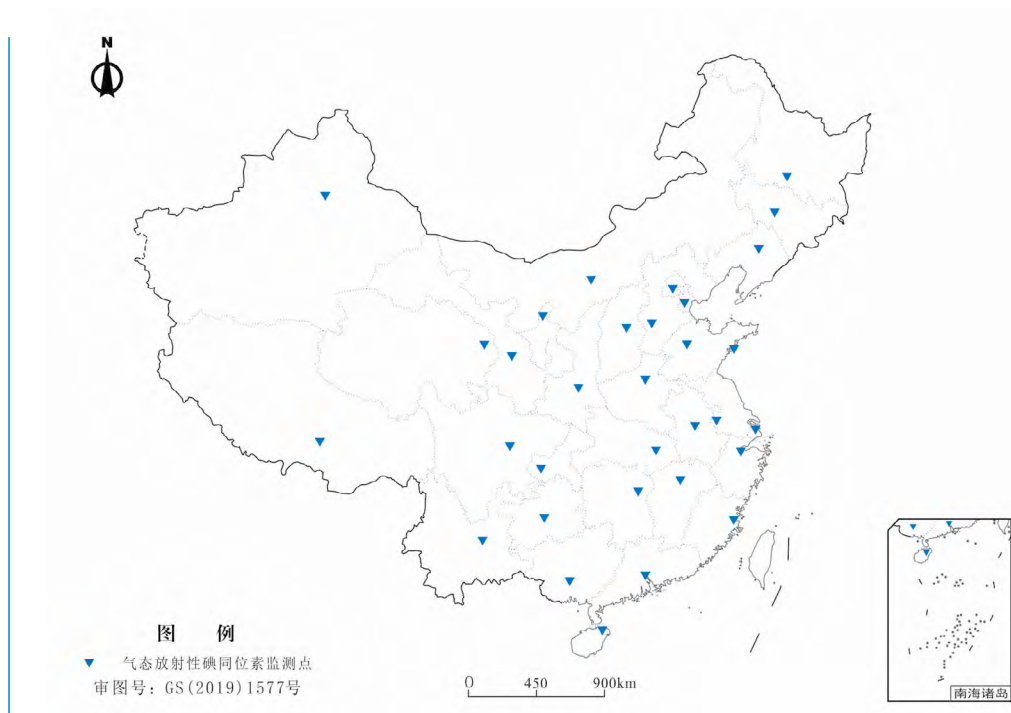
2018年，全国气碘监测点分布见图3.2-2，监测结果见表3.2-2。

监测结果表明，空气中气态放射性碘-125和碘-131未见异常。

■ 表3.2-2 城市气碘监测结果

监测项目	单位	n/m ¹⁾	范围
碘-131	mBq/m ³	0/370	-
碘-125	mBq/m ³	0/359	-

注：1) n：高于MDC测值数，m：测值总数。



■ 图 3.2-2 气碘布点示意图

专栏3-3 空气中碘

- 碘在空气中以微粒碘、无机碘和有机碘的形式存在。

碘有35种同位素和8种同质异能素，除碘-127为稳定核素外，其余均为放射性核素。其中最重要的放射性同位素碘-131，是人工放射性核素，正常情况下自然界中不会存在。尽管核试验和核事故会向环境释放大量的碘-131，但目前局部环境有时可观察到的微量碘-131主要来自同位素生产、相关医疗机构和反应堆运行。

碘-131是一种极易挥发的放射性核素，在全球范围内弥散和迁移，通过吸入、以及沉降后经食物链对人造成内照射。

3.2.3 沉降物

2018年，全国沉降物和降水监测点分布见图3.2-3和图3.2-4，监测结果见表3.2-3和表3.2-4。

监测结果表明，沉降物中天然放射性核素铍-7和钾-40日沉降量处于天然本底水平，人工放射性核素碘-131、铯-134、铯-90和铯-137日沉降量未见异常。降水中氡活度浓度未见异常。

■ 表3.2-3 沉降物监测结果

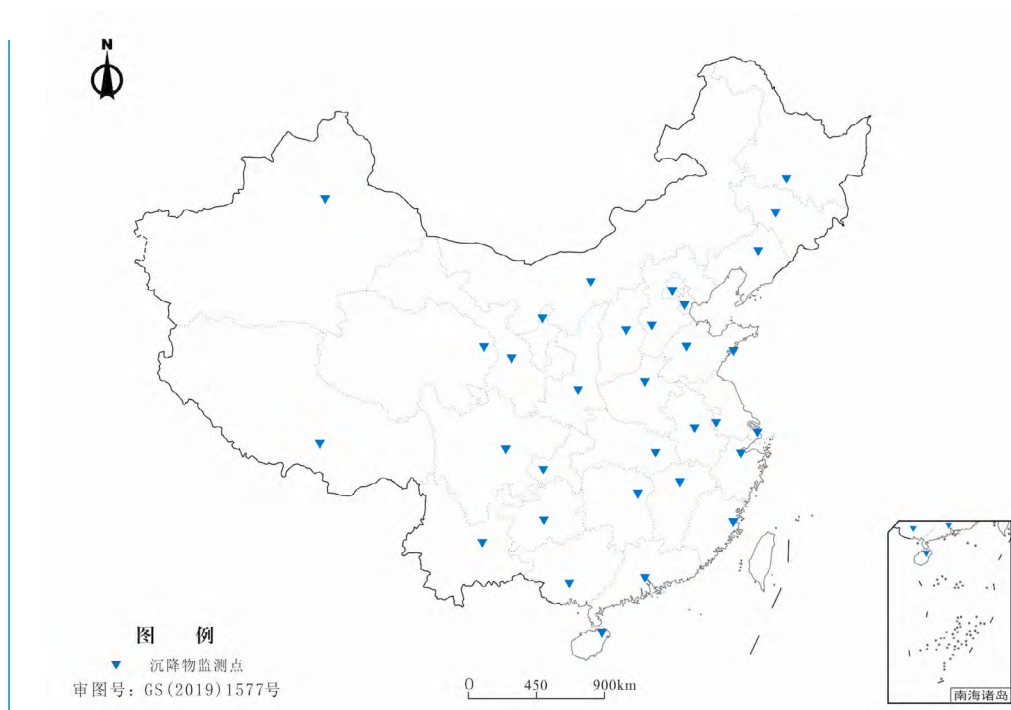
监测项目	单位	总沉降		干沉降		湿沉降	
		n/m ¹⁾	范围	n/m ¹⁾	范围	n/m ¹⁾	范围
铍-7	Bq/m ² ·d	87/87	0.06~10	29/29	0.09~1.8	27/28	0.02~2.9
钾-40	Bq/m ² ·d	79/88	0.01~1.4	20/28	0.02~0.18	13/29	0.01~0.24
碘-131	mBq/m ² ·d	0/85	-	0/29	-	0/29	-
铯-134	mBq/m ² ·d	0/89	-	0/29	-	0/29	-
铯-137 (γ 能谱分析)	mBq/m ² ·d	4/88	3.4~4.9	0/29	-	0/29	-
铯-137 (放化分析)	mBq/m ² ·d	16/18	0.38~3.9	5/7	0.09~0.88	6/7	0.06~0.68
铊-90	mBq/m ² ·d	22/23	0.32~9.1	5/6	1.2~13	7/7	0.19~3.6

注: 1) n: 高于MDC测值数, m: 测值总数。

■ 表3.2-4 降水监测结果

监测项目	单位	n/m ¹⁾	范围
氡	Bq/L	33/107	0.39~3.6

注: 1) n: 高于MDC测值数, m: 测值总数。



■ 图 3.2-3 沉降物布点示意图

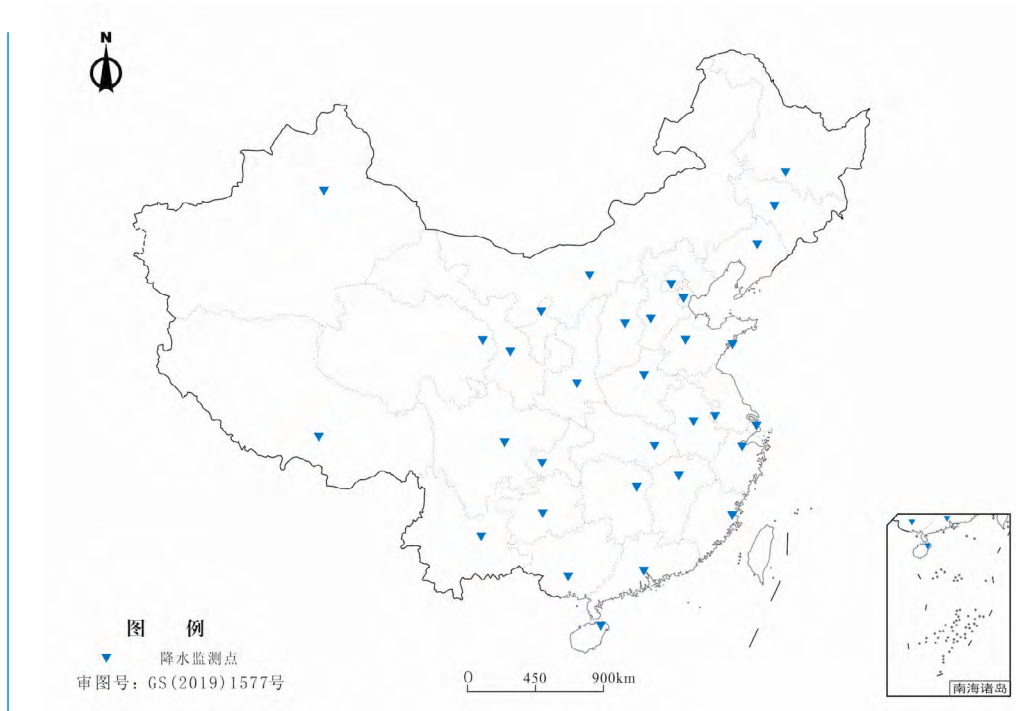


图 3.2-4 降水布点示意图

专栏3-4 沉降物中放射性

■ 沉降物是指自然降至地表的颗粒物，由重力沉降和干湿沉积形成。其中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；降水对空气中的颗粒物和气溶胶的清洗作用导致湿沉降。

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

3.2.4 空气（水蒸汽）中氡

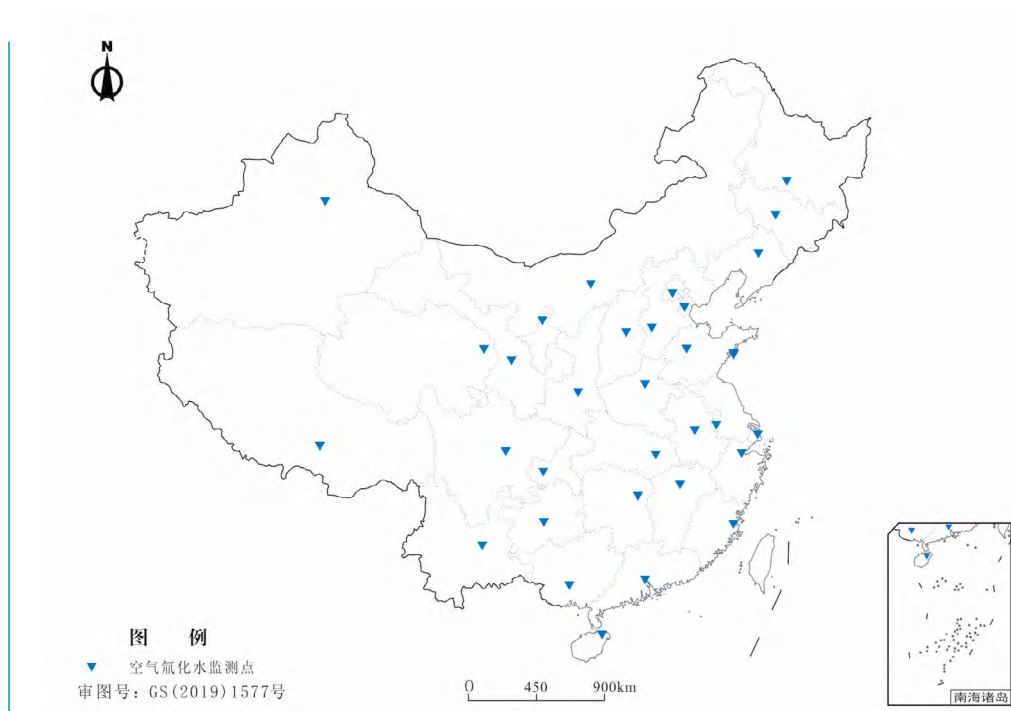
2018年，全国空气（水蒸汽）中氡监测点分布见图3.2-5，监测结果见表3.2-5。

监测结果表明，空气（水蒸汽）中氡活度浓度未见异常。

■ 表3.2-5 空气（水蒸汽）中氡监测结果

监测项目	单位	n/m ¹⁾	范围
氡	Bq/m ³	10/27	0.006~0.029

注：1) n: 高于MDC测值数, m: 测值总数。



■ 图 3.2-5 空气（水蒸汽）中氡布点示意图

专栏3-5 氚

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

■ 氚是一种发射纯 β 射线的放射性核素，其 β 射线的最大能量为18.6keV，平均能量为5.7keV，因此属于低毒性核素。从剂量学角度看，主要是内照射的危害。此外，氚的剂量转换系数低，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）所述，成人氚化水吸入单位摄入量所致的待积有效剂量转换系数为 4.5×10^{-11} Sv/Bq（吸收类型：M），食入单位摄入量所致的待积有效剂量转换系数为 1.8×10^{-11} Sv/Bq。

3.3 水

3.3.1 主要江河流域

2018年，全国主要江河流域监测点分布见图3.3-1~图3.3-10，监测结果见表3.3-1和图3.3-1~图3.3-10。

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

江河水高于MDC的测值中，天然放射性核素铀浓度的主要分布区间为（0.28~3.7） $\mu\text{g/L}$ ，钍浓度的主要分布区间为（0.06~0.46） $\mu\text{g/L}$ ，镭-226活度浓度的主要分布区间为（3.2~14） mBq/L ；人工放射性核素锶-90活度浓度的主要分布区间为（1.2~5.9） mBq/L ，铯-137活度浓度的主要分布区间为（0.2~0.9） mBq/L 。

■ 表3.3-1 主要江河流域监测结果

监测项目	单位	n/m ¹⁾	范围
总 α	Bq/L	138/159	0.01~0.33
总 β	Bq/L	160/160	0.03~0.92
铀	$\mu\text{g/L}$	160/160	0.05~7.6
钍	$\mu\text{g/L}$	156/161	0.02~1.0
镭-226	mBq/L	144/148	1.6~22
锶-90	mBq/L	154/155	0.72~8.5
铯-137	mBq/L	108/161	0.1~1.6

注：1) n：高于MDC测值数，m：测值总数。

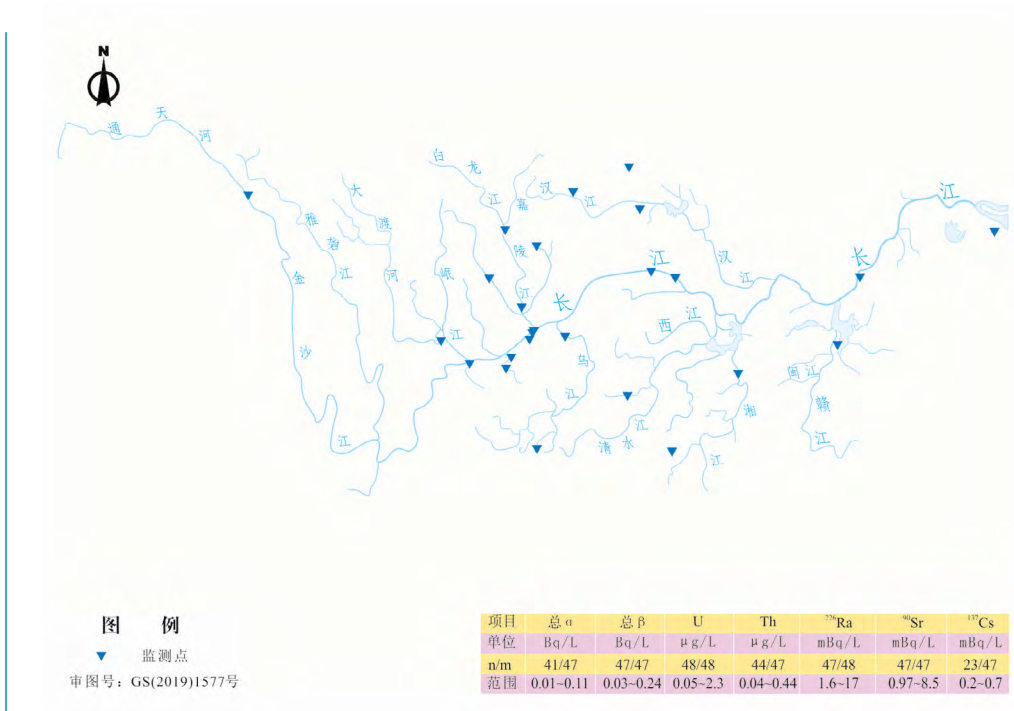


图 3.3-1 长江流域监测结果

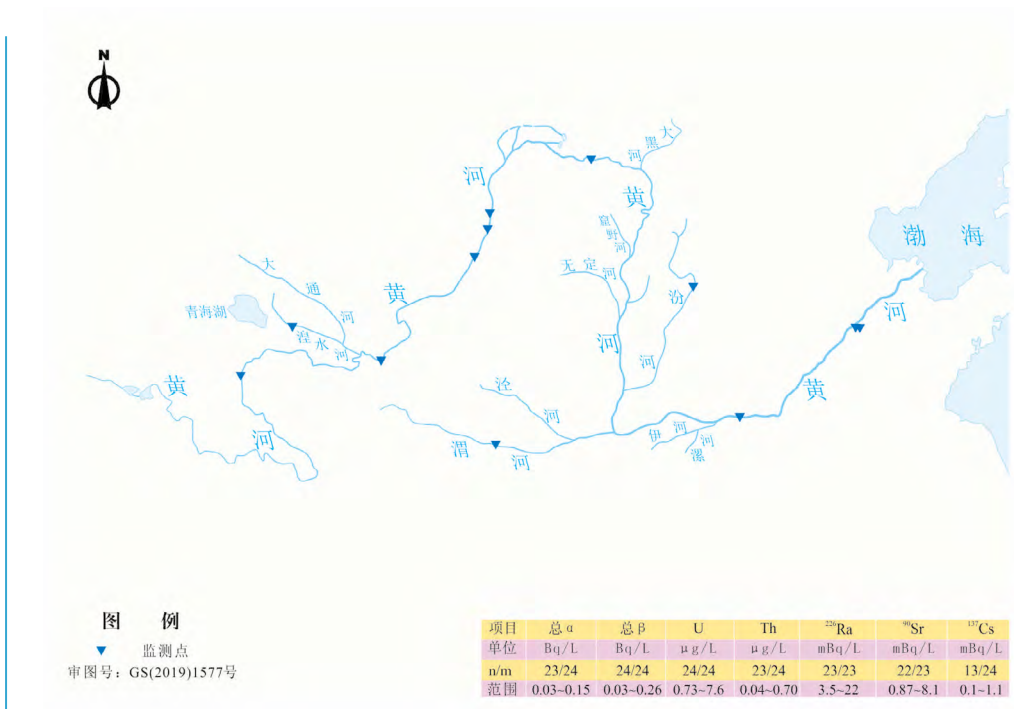


图 3.3-2 黄河流域监测结果

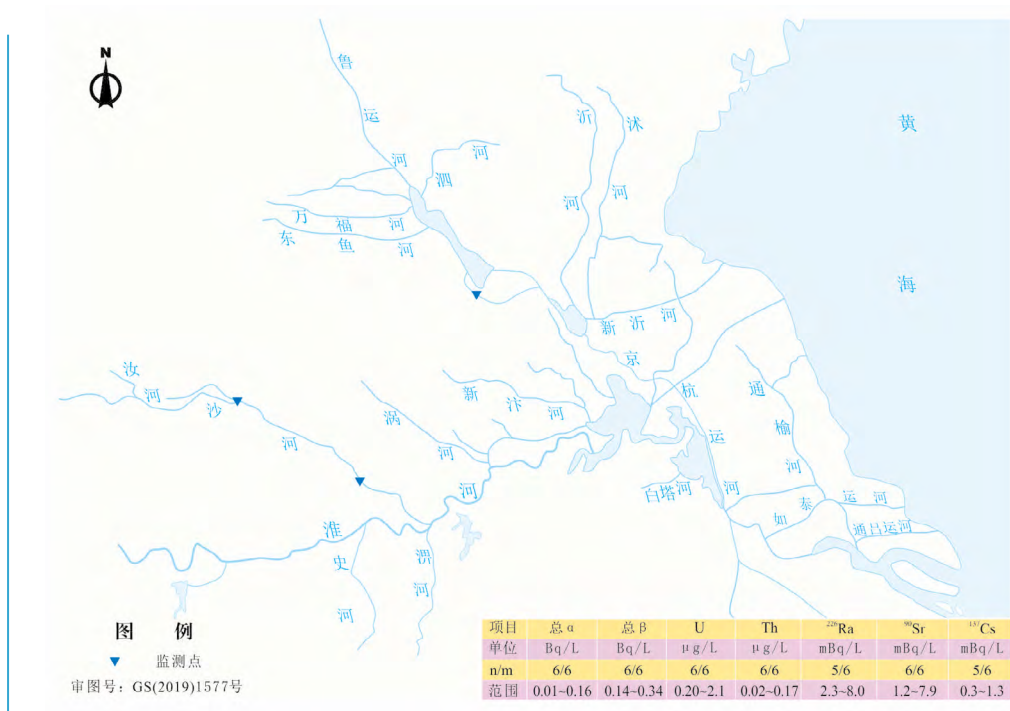


图 3.3-5 淮河流域监测结果

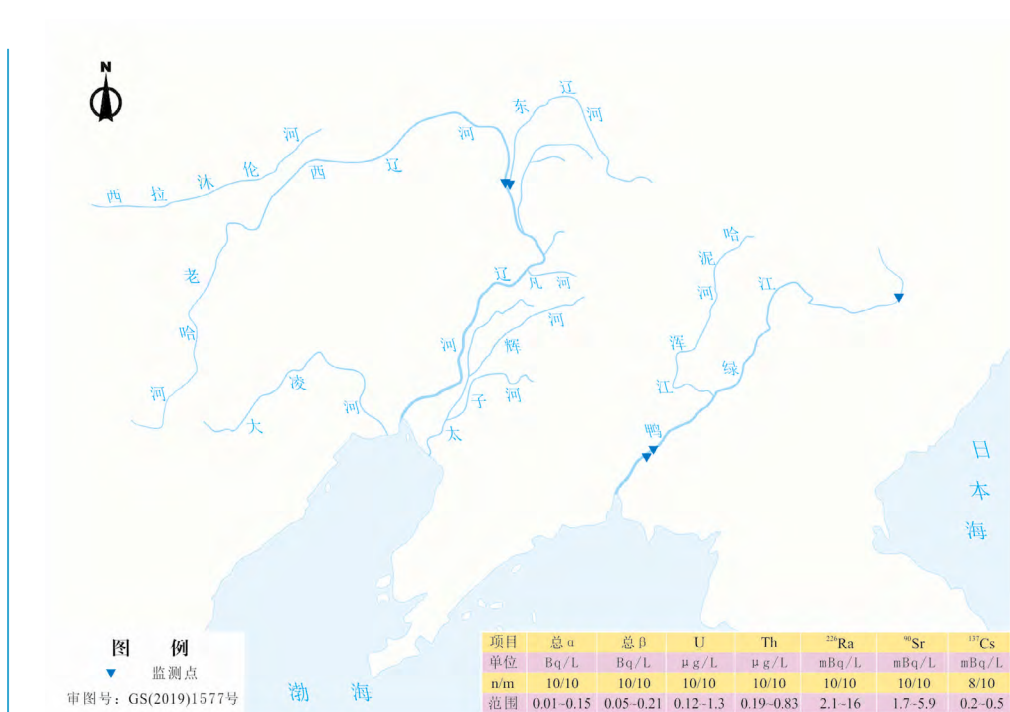


图 3.3-6 辽河流域监测结果



图 3.3-7 海河流域水监测结果



图 3.3-8 浙闽片河流监测结果

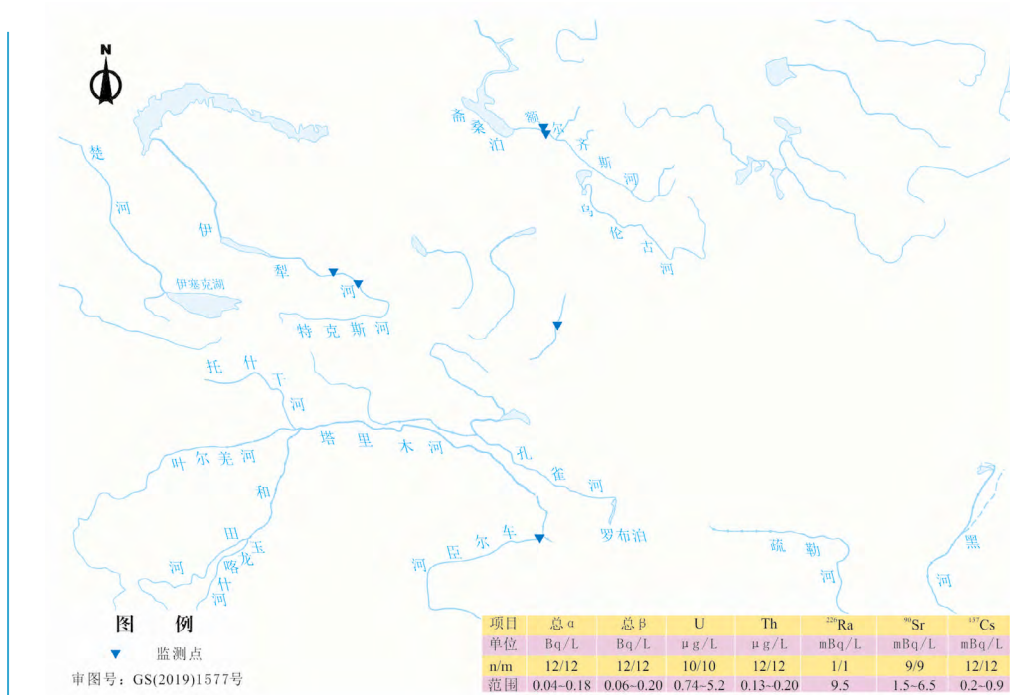


图 3.3-9 西北诸河监测结果

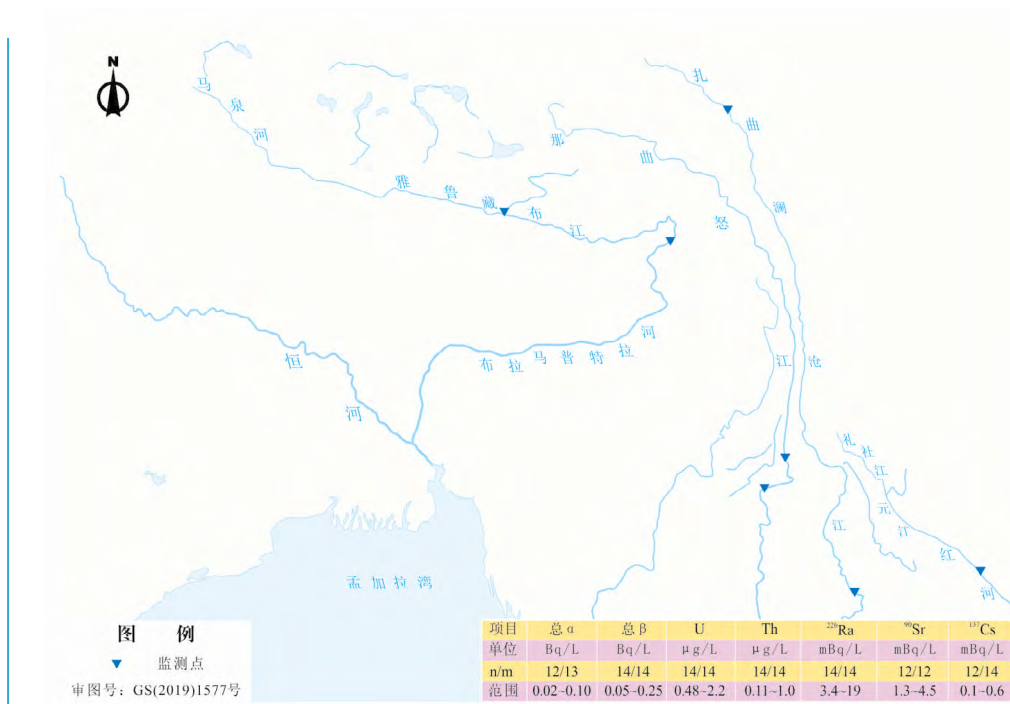


图 3.3-10 西南诸河监测结果

3.3.2 湖泊（水库）

2018年，全国湖泊（水库）水监测结果见表3.3-2、图3.3-11和图3.3-12。

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

■ 表3.3-2 重点湖泊¹⁾（水库）监测结果

监测项目	单位	n/m ²⁾	范围
总 α	Bq/L	29/41	0.01~0.89
总 β	Bq/L	42/42	0.03~1.5
铀	μ g/L	42/42	0.03~11
钍	μ g/L	41/41	0.05~0.88
镭-226	mBq/L	39/41	0.76~21
锶-90	mBq/L	42/42	0.66~10
铯-137	mBq/L	20/40	0.2~2.0

注：1) 其中，青海湖为咸水湖。

2) n：高于MDC测值数，m：测值总数。

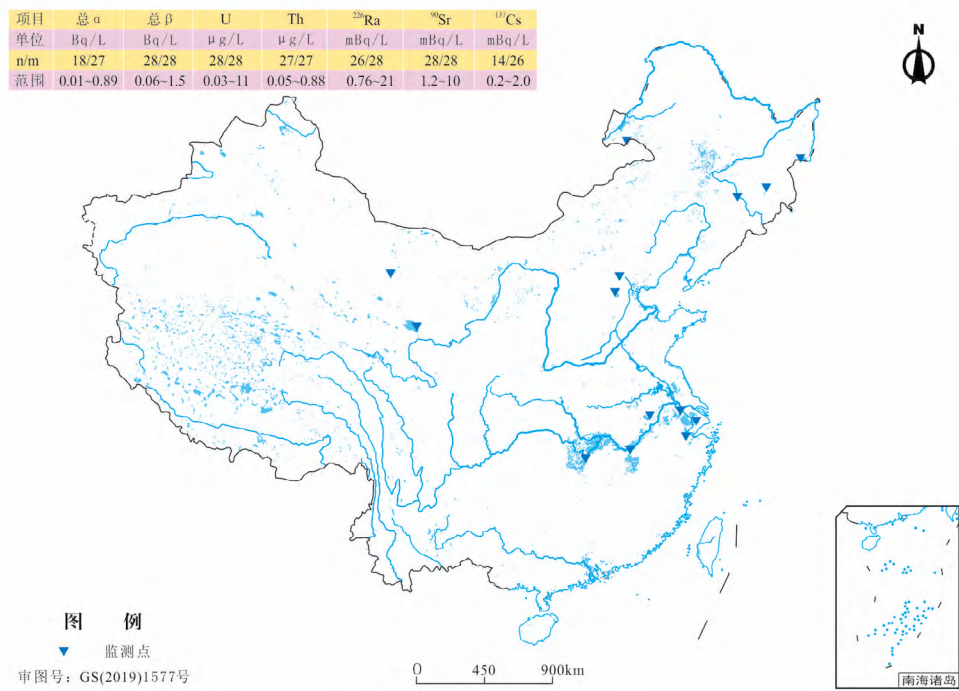


图 3.3-11 重点湖泊监测结果

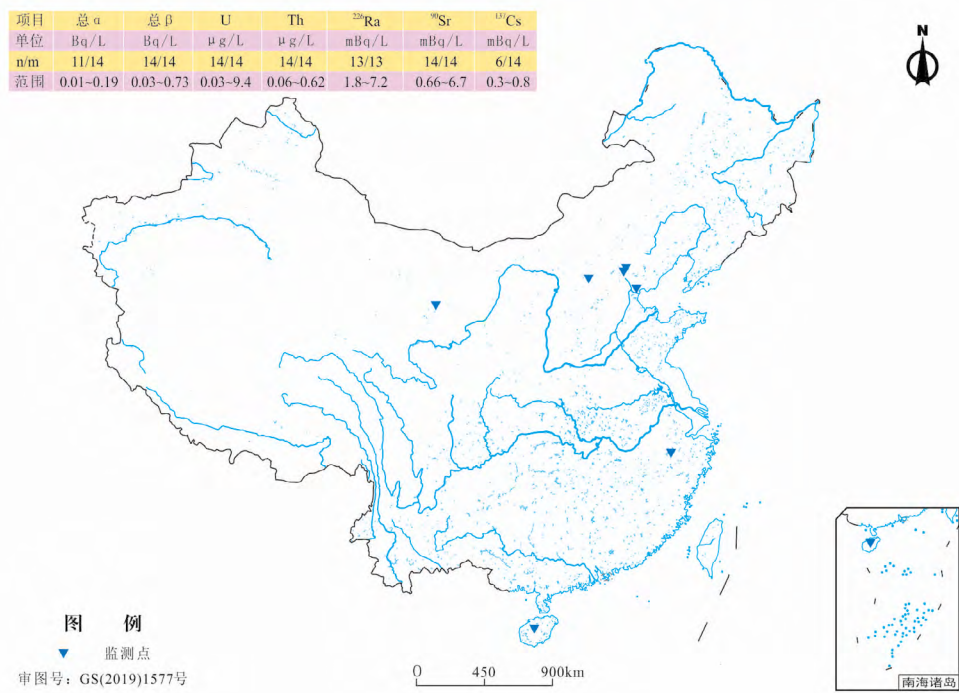


图 3.3-12 重点水库监测结果

3.3.3 地下水

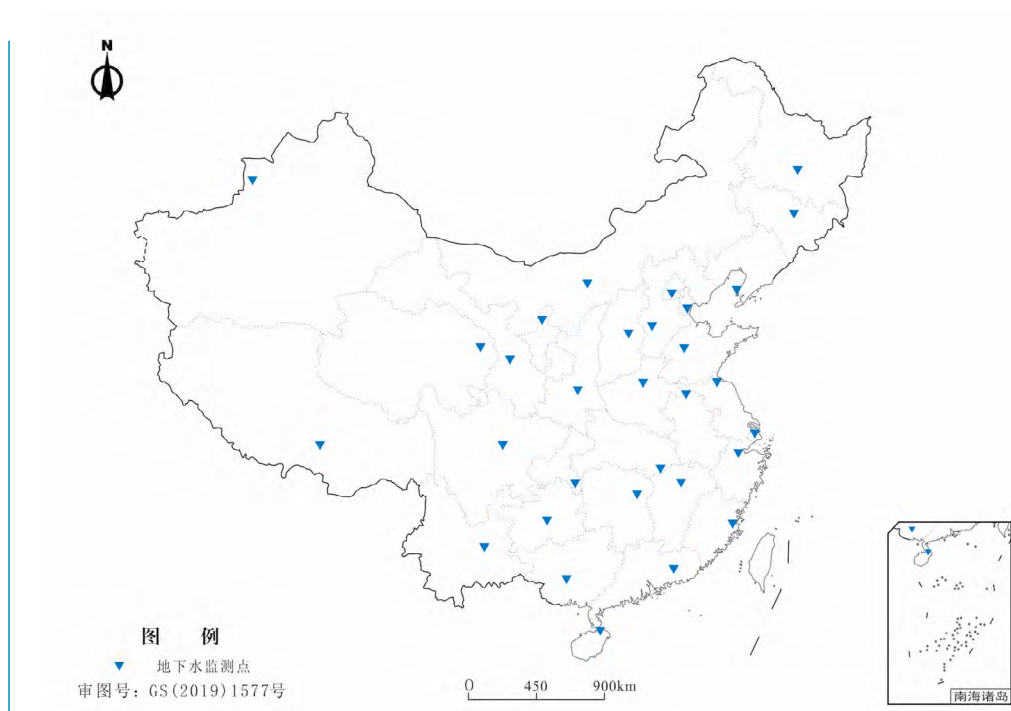
2018年，全国地下水监测点分布见图3.3-13，监测结果见表3.3-3和图3.3-14～图3.3-18。

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

■表3.3-3 地下水监测结果

监测项目	单位	n/m ¹⁾	范围
总 α	Bq/L	23/30	0.01~0.18
总 β	Bq/L	30/30	0.03~0.60
铀	$\mu\text{g/L}$	30/30	0.03~20
钍	$\mu\text{g/L}$	28/30	0.04~0.57
镭-226	mBq/L	28/30	1.0~25

注：1) n：高于MDC测值数，m：测值总数。



■图 3.3-13 地下水布点示意图

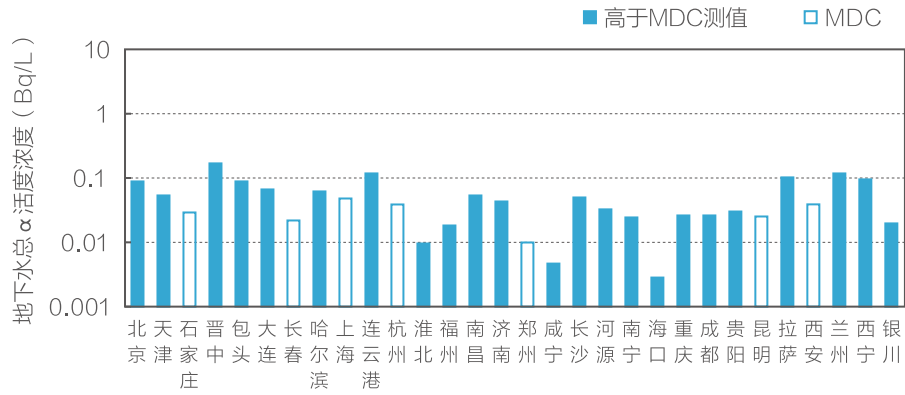


图 3.3-14 地下水中总α活度浓度

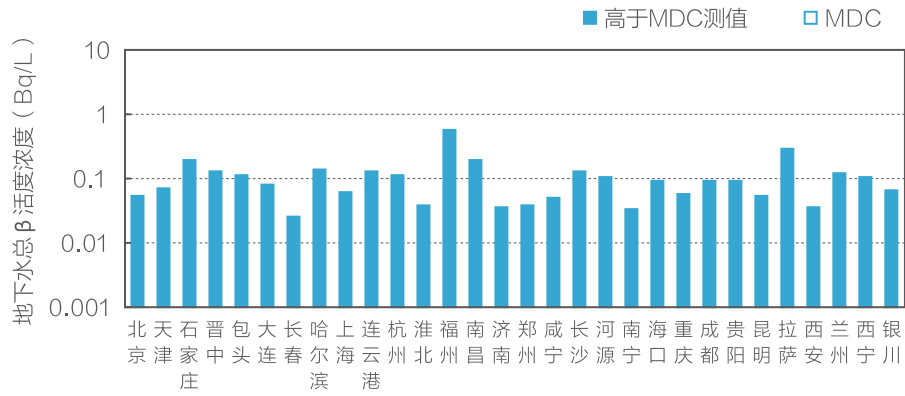


图 3.3-15 地下水中总β活度浓度

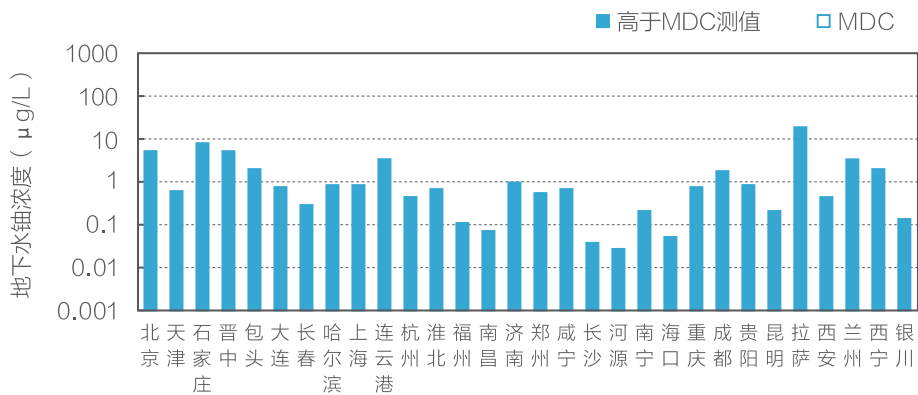


图 3.3-16 地下水中铀浓度

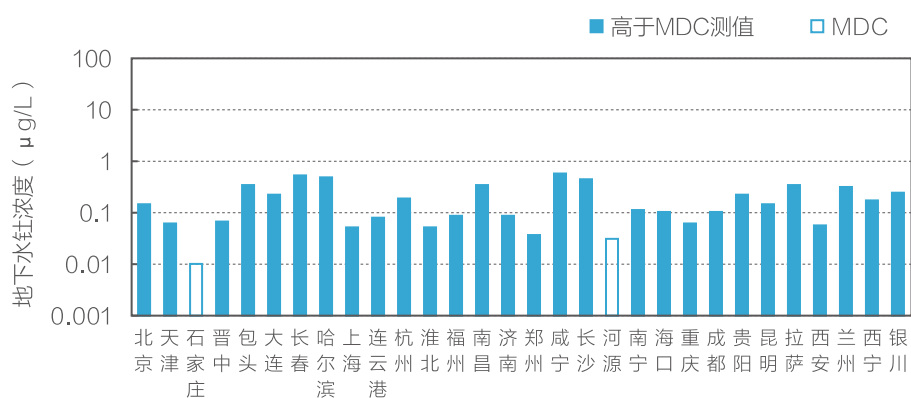


图 3.3-17 地下水中钚浓度

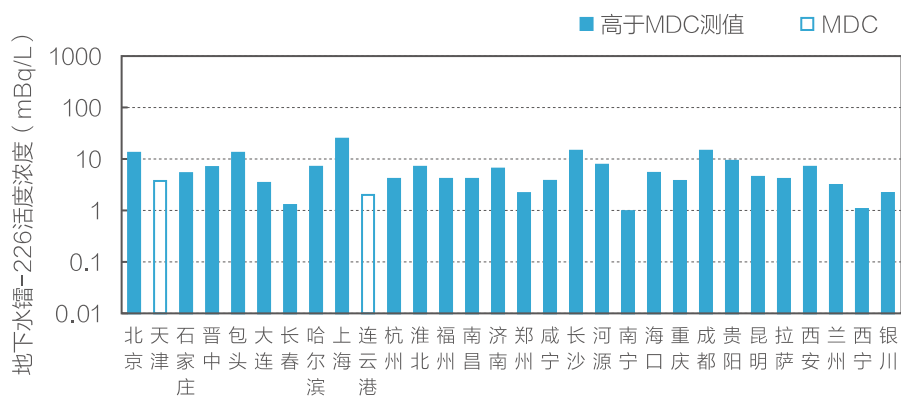


图 3.3-18 地下水中镭-226活度浓度

专栏3-6 总放射性分析

■ 通常是指总 α 放射性与总 β 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 α 放射性核素或 β 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 α 或总 β 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。

3.3.4 饮用水水源地水

2018年，全国集中式饮用水水源地水监测点分布见图3.3-19，监测结果见表3.3-4、表3.3-5、图3.3-20和图3.3-21。

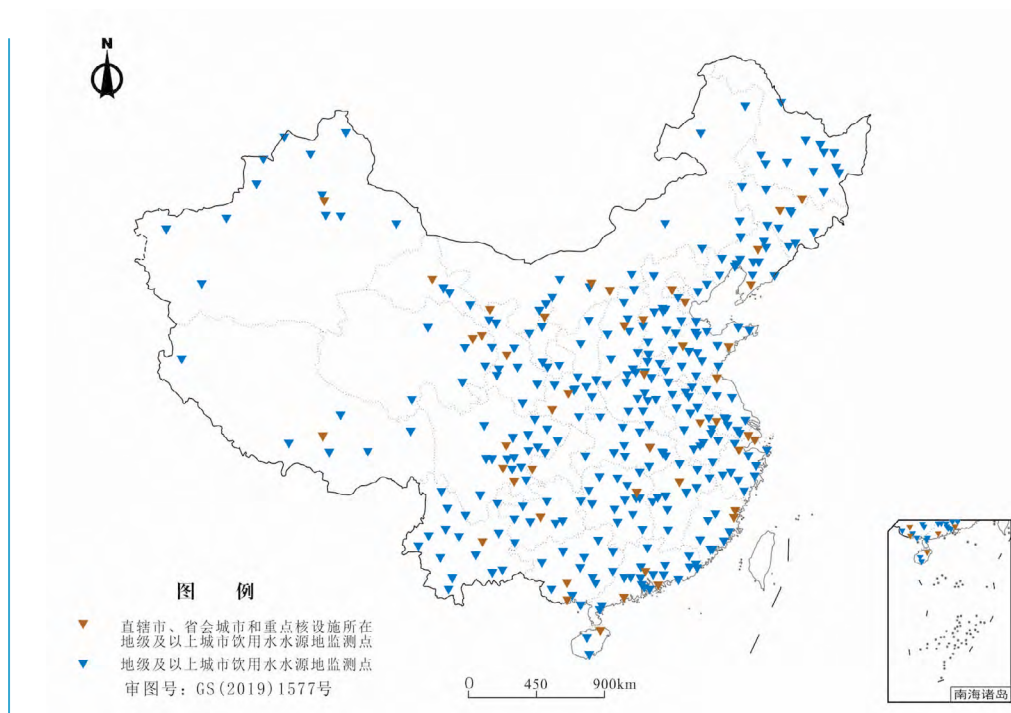
监测结果表明，饮用水水源地水中总 α 和总 β 活度浓度，天然放射性核素铀和钍浓度、镭-226活度浓度处于天然本底水平；人工放射性核素锶-90和铯-137活度浓度未见异常。其中总 α 和总 β 活度浓度低于《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2006）规定的放射性指标指导值。

■ 表3.3-4 饮用水水源地水监测结果

监测项目	单位	n/m ¹⁾²⁾	范围 ²⁾
总 α	Bq/L	535/684	0.01~0.35
总 β	Bq/L	683/683	0.01~0.37
铀	μ g/L	89/91	0.04~6.0
钍	μ g/L	89/92	0.02~1.2
镭-226	mBq/L	79/85	1.0~18
锶-90	mBq/L	88/90	0.50~7.2
铯-137	mBq/L	47/92	0.1~0.9

注: 1) n: 高于MDC测值数, m: 测值总数。

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



■ 图 3.3-19 饮用水水源地水布点示意图

■表3.3-5 31个省份饮用水水源地水中总放监测结果

省份	总 α		总 β	
	n/m ¹⁾	范围 (Bq/L)	n/m ¹⁾	范围 (Bq/L)
北京	2/2	0.02~0.03	2/2	0.07~0.07
天津	2/2	0.03~0.03	2/2	0.12~0.13
河北	16/28	0.01~0.11	28/28	0.05~0.37
山西	20/22	0.03~0.33	21/21	0.05~0.26
内蒙古	24/24	0.04~0.20	24/24	0.05~0.24
辽宁	28/28	0.01~0.09	28/28	0.03~0.15
吉林	5/20	0.02~0.04	20/20	0.01~0.17
黑龙江	26/26	0.01~0.20	26/26	0.03~0.15
上海	2/2	0.01~0.01	2/2	0.10~0.12
江苏	23/26	0.02~0.13	26/26	0.06~0.26
浙江	2/22	0.02~0.02	22/22	0.02~0.24
安徽	32/32	0.01~0.03	32/32	0.02~0.15
福建	17/18	0.01~0.04	18/18	0.04~0.25
江西	22/22	0.01~0.10	22/22	0.05~0.13
山东	34/34	0.01~0.25	34/34	0.07~0.30
河南	18/36	0.01~0.14	36/36	0.01~0.30
湖北	23/26	0.01~0.05	26/26	0.04~0.20
湖南	18/28	0.01~0.04	28/28	0.04~0.18
广东	17/42	0.01~0.18	42/42	0.02~0.35
广西	24/28	0.01~0.03	28/28	0.03~0.16
海南	4/6	0.01~0.01	6/6	0.05~0.09
重庆	2/2	0.03~0.03	2/2	0.19~0.26
四川	42/42	0.01~0.05	42/42	0.02~0.10
贵州	16/18	0.01~0.04	18/18	0.02~0.12
云南	15/32	0.03~0.06	32/32	0.02~0.26
西藏	14/14	0.03~0.10	14/14	0.07~0.17
陕西	9/22	0.05~0.11	22/22	0.05~0.15
甘肃	28/30	0.02~0.35	30/30	0.05~0.29
青海	14/14	0.07~0.10	14/14	0.06~0.14
宁夏	10/10	0.01~0.30	10/10	0.04~0.30
新疆	26/26	0.03~0.16	27/27	0.03~0.14

注: 1) n: 高于MDC测值数; m: 测值总数。

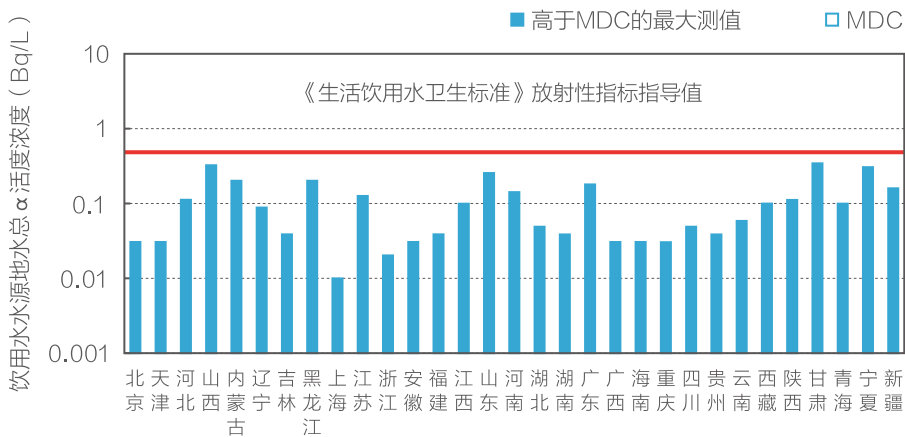


图 3.3-20 饮用水水源地水中总α活度浓度

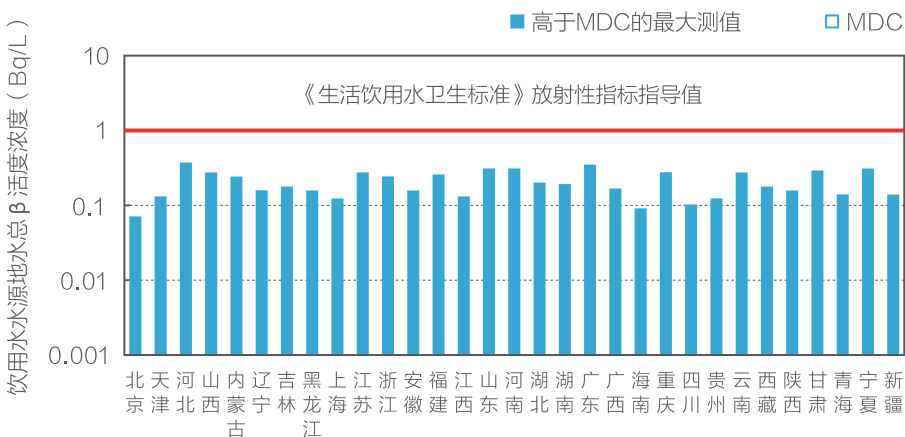


图 3.3-21 饮用水水源地水中总β活度浓度

3.3.5 海域

2018年，全国近岸海域海水和海洋生物监测结果见表3.3-6、表3.3-7和图3.3-22。

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

■ 表3.3-6 近岸海域海水监测结果

监测项目	单位	n/m ¹⁾	范围
铀	μg/L	46/46	1.3~5.0
钍	μg/L	44/44	0.04~1.0
镭-226	mBq/L	43/46	2.8~13
铯-90	mBq/L	48/48	0.53~5.2
铯-137	mBq/L	44/46	0.4~2.0

注: 1) n: 高于MDC测值数, m: 测值总数。

■ 表3.3-7 近岸海域海洋生物监测结果

海洋生物类别	单位	铯-90		铯-137 ¹⁾	
		n/m ²⁾	范围	n/m ²⁾	范围
海洋水生植物	海带 Bq/kg·鲜	1/1	0.063	1/1	0.026
	紫菜 Bq/kg·干	0/1	-	1/1	0.12
海鱼(黄鱼、鲳鱼等)	Bq/kg·鲜	12/15	0.003~0.16	12/13	0.021~0.25
海贝(牡蛎、扇贝等)	Bq/kg·鲜	4/11	0.002~0.036	7/11	0.007~0.024
海虾(海虾、爬虾)	Bq/kg·鲜	4/5	0.008~0.092	3/4	0.016~0.041
海蟹(梭子蟹)	Bq/kg·鲜	1/1	0.023	1/1	0.019

注: 1) 铯-137的测值均采用化学分析方法。

2) n: 高于MDC测值数, m: 测值总数。

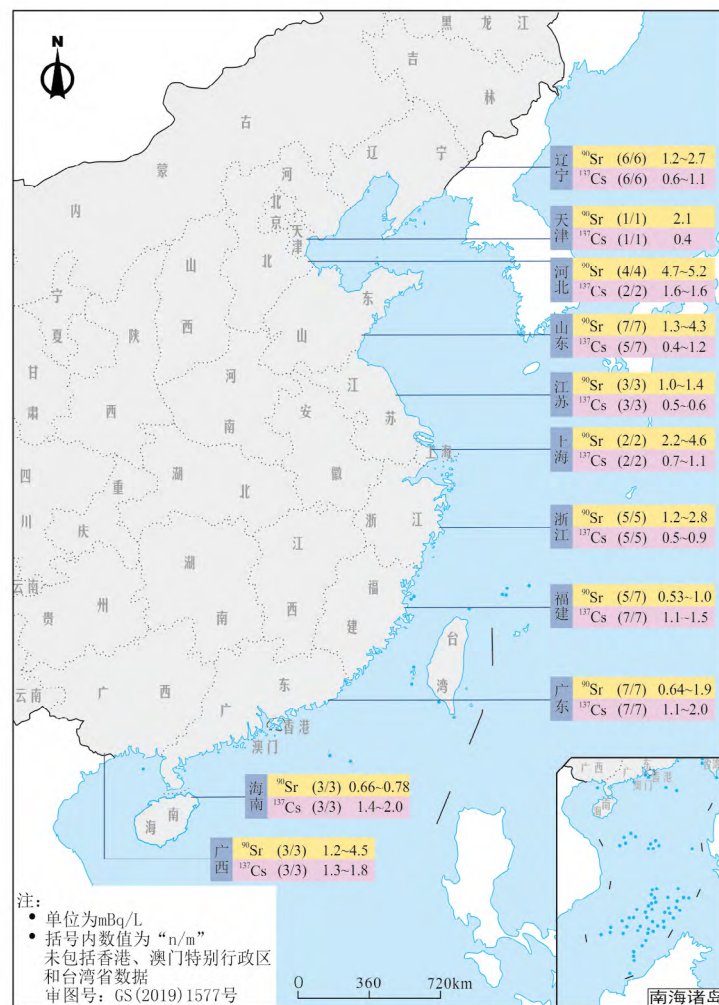
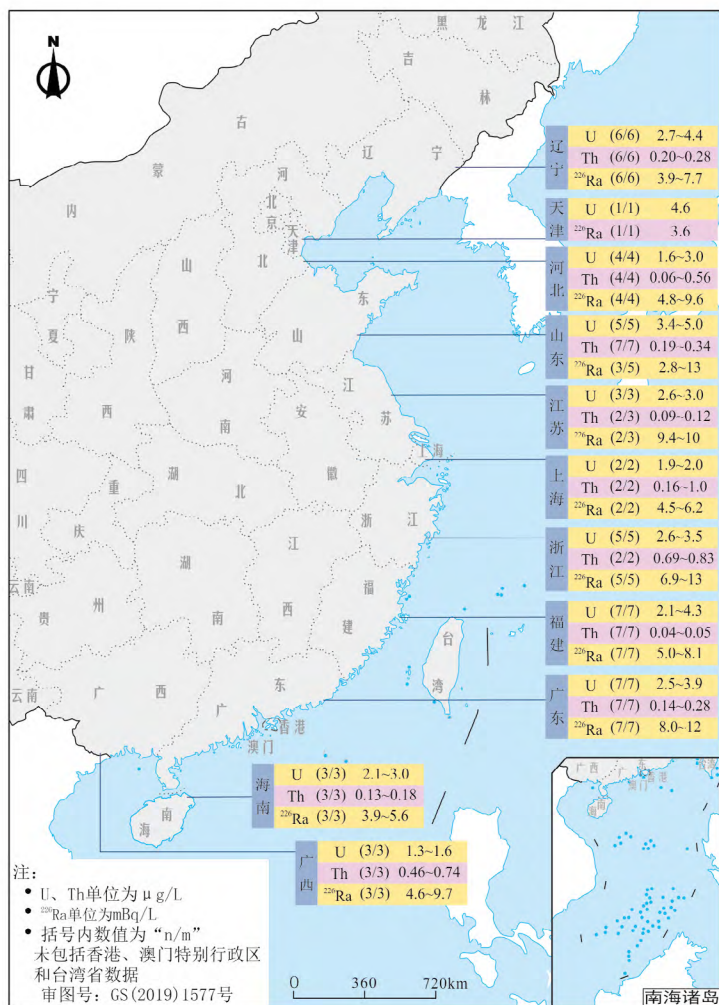


图 3.3-22 近岸海域海水监测结果

专栏3-7 水中放射性

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

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

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

3.4 土壤

2018年全国土壤监测点分布见图3.4-1，监测结果见表3.4-1、表3.4-2和图3.4-1~图3.4-4。

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

土壤高于MDC的测值中，天然放射性核素铀-238活度浓度的主要分布区间为（24~74）Bq/kg，钍-232活度浓度的主要分布区间为（32~83）Bq/kg，镭-226活度浓度的主要分布区间为（22~63）Bq/kg；人工放射性核素铯-137活度浓度的主要分布区间为（0.5~3.5）Bq/kg。

■ 表3.4-1 土壤监测结果

监测项目	单位	n/m ¹⁾	范围
铀-238	Bq/kg·干	325/346	7~302
钍-232	Bq/kg·干	359/359	9~425
镭-226	Bq/kg·干	361/361	9~344
铯-137	Bq/kg·干	206/341	0.2~8.1

注：1) n：高于MDC测值数，m：测值总数。

■表3.4-2 31个省份土壤监测结果

省份	铀-238		钍-232		镭-226		铯-137	
	n/m ¹⁾	范围 (Bq/kg·干)	n/m ¹⁾	范围 (Bq/kg·干)	n/m ¹⁾	范围 (Bq/kg·干)	n/m ¹⁾	范围 (Bq/kg·干)
北京	1/1	31	1/1	41	1/1	28	1/1	1.0
天津	8/8	25~57	8/8	38~66	8/8	30~50	4/6	0.9~1.6
河北	-	-	14/14	29~111	14/14	19~92	4/13	2.0~5.7
山西	11/11	24~58	11/11	39~50	11/11	20~43	9/10	0.4~2.3
内蒙古	12/12	20~40	12/12	21~47	12/12	20~36	12/12	0.6~2.5
辽宁	14/14	22~58	14/14	27~62	14/14	18~55	14/14	0.5~5.2
吉林	10/10	19~44	10/10	21~55	10/10	14~35	5/8	2.8~8.1
黑龙江	12/13	14~52	13/13	24~64	13/13	16~51	12/13	1.1~5.7
上海	0/4	-	4/4	41~52	4/4	25~33	1/4	1.3
江苏	10/13	23~44	13/13	33~54	13/13	20~30	11/13	0.7~2.2
浙江	11/11	27~48	11/11	35~89	11/11	22~42	8/11	1.2~5.3
安徽	15/16	29~88	15/15	50~82	16/16	28~52	11/15	1.0~3.7
福建	9/9	42~146	9/9	66~147	9/9	38~135	0/9	-
江西	11/11	57~92	11/11	34~87	11/11	31~58	1/11	1.6
山东	10/18	30~62	18/18	36~60	18/18	23~42	13/18	0.4~2.2
河南	18/18	30~50	18/18	35~66	18/18	26~44	0/18	-
湖北	14/14	26~43	14/14	29~61	14/14	18~36	5/14	2.3~4.4
湖南	14/14	32~73	14/14	45~94	14/14	30~70	7/14	1.1~6.0
广东	21/21	20~302	21/21	19~425	21/21	17~344	10/21	0.8~3.4
广西	14/14	26~118	14/14	29~132	14/14	20~146	6/14	0.5~1.8
海南	4/4	21~76	4/4	9~121	4/4	9~63	4/4	0.2~1.3
重庆	6/6	22~40	6/6	34~53	6/6	22~37	3/6	0.8~2.2
四川	21/21	17~42	21/21	27~63	21/21	16~39	12/21	0.4~3.1
贵州	9/9	27~173	9/9	26~116	8/8	33~276	1/9	3.5
云南	16/16	19~98	15/15	13~131	16/16	9~74	16/16	0.4~5.1
西藏	7/7	45~86	6/6	53~86	7/7	29~71	6/6	0.5~4.9
陕西	11/11	7~36	11/11	15~55	11/11	10~35	5/10	0.4~3.6
甘肃	15/15	18~49	15/15	16~58	15/15	12~43	10/15	0.3~2.1
青海	8/8	25~68	8/8	28~53	8/8	17~40	8/8	1.0~3.6
宁夏	4/5	22~31	5/5	32~41	5/5	22~34	5/5	0.6~1.6
新疆	14/14	11~53	14/14	20~52	14/14	21~48	14/14	2.9~8.6

注: 1) n: 高于MDC测值数, m: 测值总数。



图 3.4-1 土壤中铀-238活度浓度分布示意图

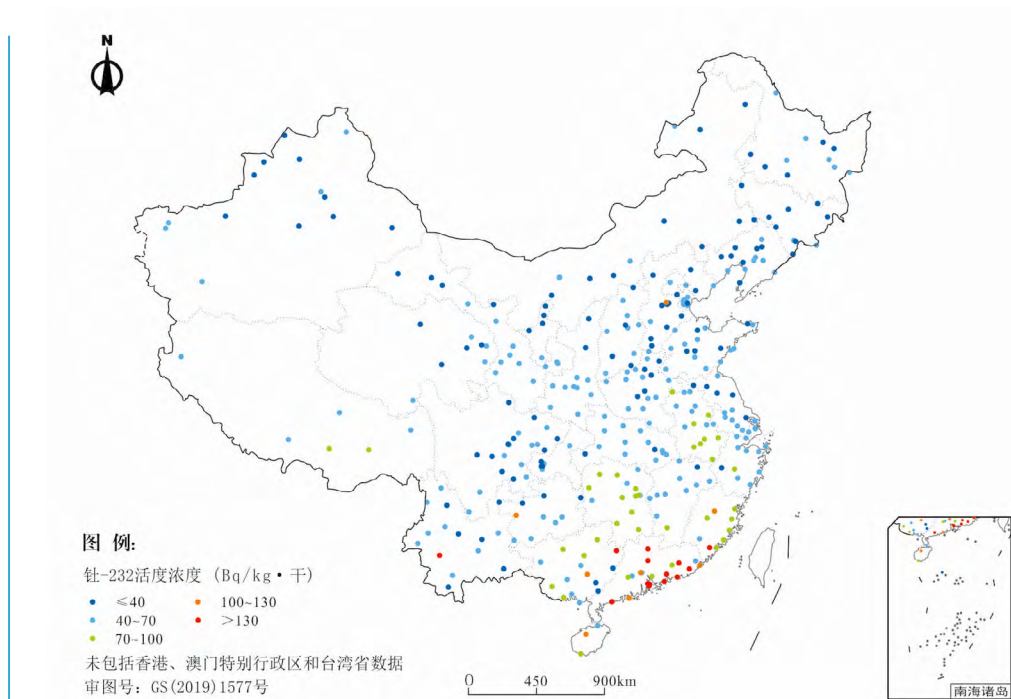


图 3.4-2 土壤中钍-232活度浓度分布示意图

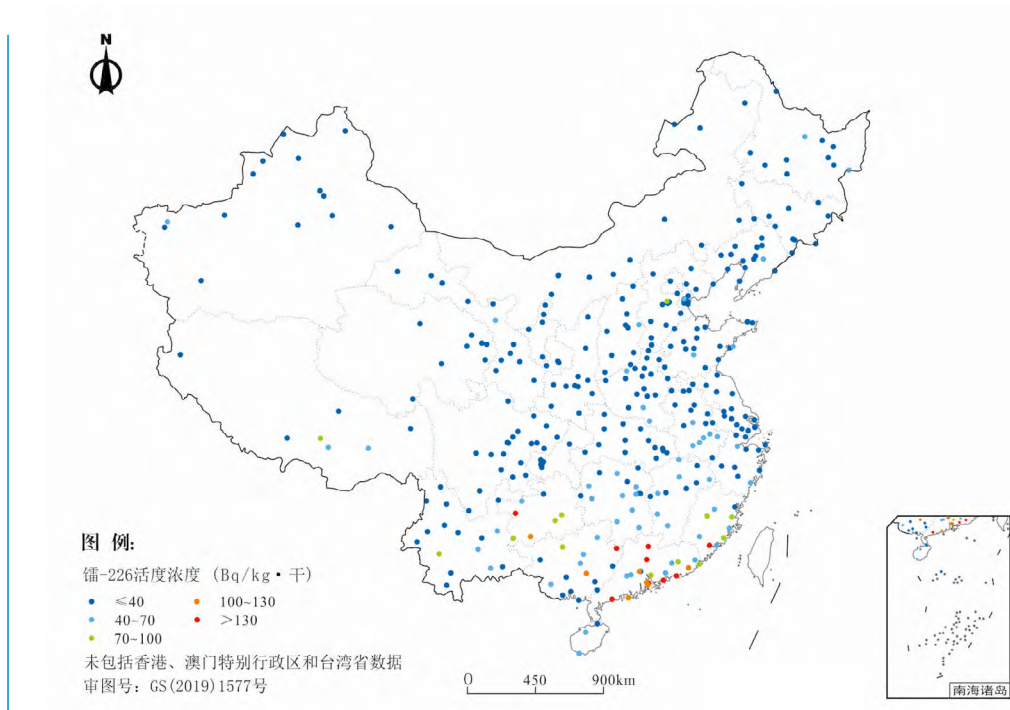


图 3.4-3 土壤中镭-226活度浓度分布示意图

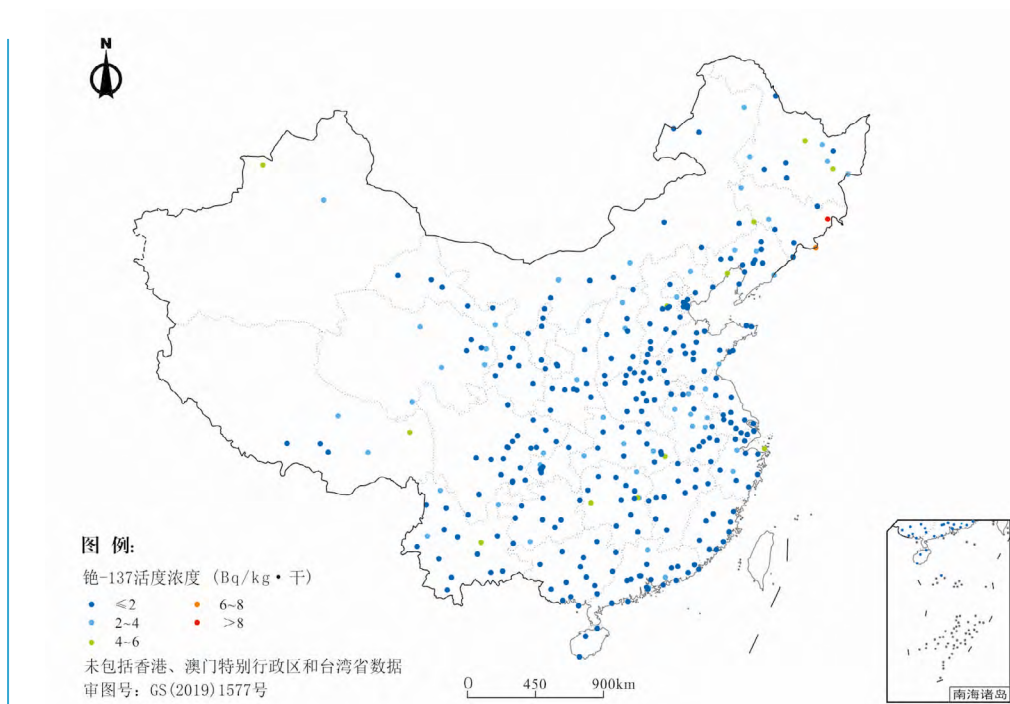


图 3.4-4 土壤中铯-137活度浓度分布示意图

专栏3-8 土壤中放射性

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

土壤中的放射性核素来源包括：1）自地球形成以来，地壳岩石中就存在的原生放射性核素，作为岩石循环的一部分，原生放射性核素最终落于土壤。土壤中原生放射性核素的含量因其原生基岩的类型、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钚-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、以及雨水对铀矿冶废矿石及尾矿堆的冲刷也是区域性土壤中放射性物质的重要来源。

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

3.5 环境电磁辐射

2018年，全国环境电磁辐射监测点分布见图3.5-1，监测结果见图3.5-2。

监测结果表明，直辖市和省会城市环境电磁综合电场强度远低于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）规定的公众曝露控制限值。



图 3.5-1 环境电磁辐射布点示意图

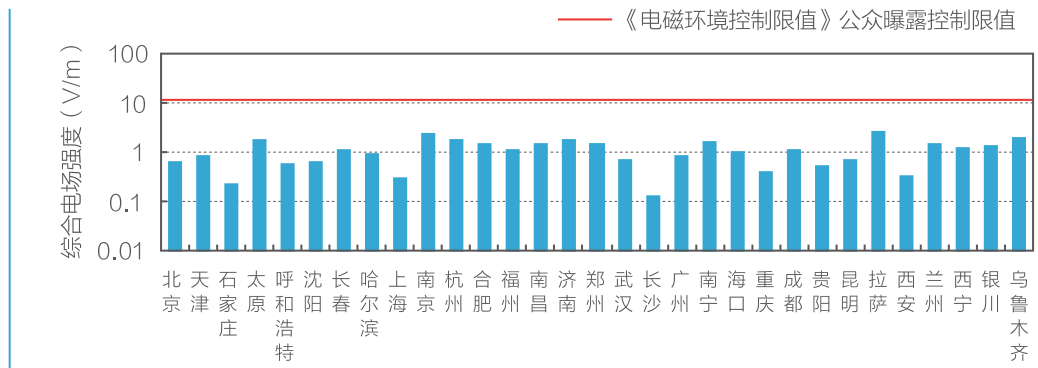


图 3.5-2 环境电磁辐射水平

专栏3-9 电磁环境

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

电磁环境监测包括电场强度、磁场强度和等效平面波功率密度等的监测，监测仪器根据测量目的分为非选频式宽带辐射测量仪和选频式辐射测量仪。《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）规定：100kHz以下频率，需同时限制电场强度和磁感应强度；100kHz以上频率，在远场区，可以只限制电场强度或磁场强度，或等效平面波功率密度，在近场区，需同时限制电场强度和磁场强度。

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



总结



2018年，全国辐射环境质量总体良好。空气吸收剂量率处于当地天然本底涨落范围内；环境介质中的天然放射性核素活度浓度处于天然本底水平，人工放射性核素活度浓度未见异常。环境电磁辐射水平低于国家规定的电磁环境控制限值。

4.1 环境电离辐射

1、自动站空气吸收剂量率和累积剂量处于当地天然本底涨落范围内。

2、气溶胶和沉降物中天然放射性核素铍-7、钾-40、铅-210和钋-210活度浓度处于天然本底水平，人工放射性核素碘-131、铯-134、铯-90和铯-137活度浓度未见异常。沉降物中天然放射性核素铍-7和钾-40日沉降量处于天然本底水平，人工放射性核素碘-131、铯-134、铯-90和铯-137日沉降量未见异常。空气（水蒸汽）和降水中氡活度浓度、空气中气态放射性碘同位素未见异常。

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

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

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

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

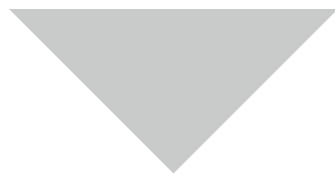
7、土壤中天然放射性核素铀-238、钍-232和镭-226活度浓度处于天然本底水平，人工放射性核素铯-137活度浓度未见异常。

4.2 环境电磁辐射

直辖市和省会城市环境电磁综合电场强度远低于《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）中规定的公众曝露控制限值。



附录



附录1 监测方案

附录1.1 方案说明

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

(1) 空气吸收剂量率监测

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

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

(2) 空气监测

空气监测点主要布设在自动站，其中：

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

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

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

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

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

(3) 水体监测

水体监测包括陆地水监测和海洋水体监测。

陆地水包括江河水、湖库水和地下水。其中江河水一般在断面上有明显水流处采集表层水；湖库水一般在湖库的中心位置采集表层水；对于封闭的井水，在泵房出水管放水阀处采样，采样前将抽水管中存水放净。

海洋水体包括海水和海洋生物。其中海水一般采集表层海水；采集的海洋生物样品经洗净与整理除去不可食部分后，采用烘干、炭化与灰化后分析。

(4) 土壤监测

一般采集表层0~10cm的土壤样品。

(5) 电磁辐射监测

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

附录2 监测方法、测量仪器和探测下限

环境辐射监测方法采用最新有效的国家标准和行业标准，且需满足《国控网环境监测方法探测下限管理要求》，各项目的监测方法和测量仪器见附表2-1、探测下限管理要求见附表2-2和附表2-3。

■ 附表2-1 监测方法和测量仪器

监测项目	监测对象或类型	监测/分析方法	测量仪器
空气吸收剂量率	自动站空气吸收剂量率	《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》(GB/T 14583-93)	高压电离室
	累积测量	《个人和环境监测用热释光剂量测量系统》(GB/T 10264-2014)	热释光剂量测量系统
总 α 和总 β	水	《水中总 α 放射性浓度的测定 厚源法》(EJ/T 1075-1998) 《水质 总 α 放射性的测定 厚源法》(HJ 898-2017) 《水中总 β 放射性测定 蒸发法》(EJ/T 900-94) 《水质 总 β 放射性的测定 厚源法》(HJ 899-2017)	α/β 测量装置
氡	空气、降水	《水中氡的分析方法》(GB 12375-90)	液闪谱仪
^{90}Sr	气溶胶、沉降物 水、生物	《土壤中锶-90的分析方法》(EJ/T 1035-2011) 《水和生物样品灰中锶-90的放射化学分析方法》(HJ 815-2016)	α/β 测量装置
^{137}Cs	气溶胶、沉降物、水、生物	《水和生物样品灰中铯-137的放射化学分析方法》(HJ 816-2016)	α/β 测量装置
U	水	《环境样品中微量铀的分析方法》(HJ 840-2017)	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}Ra	水	《水中镭-226的分析测定》(GB 11214-89) 《水中镭的 α 放射性核素的测定》(GB 11218-89)	钍钡分析仪、 α/β 测量装置
^{210}Pb	气溶胶	《水中铅-210的分析方法》(EJ/T 859-94)	α/β 测量装置
^{210}Po	气溶胶	《水中钋-210的分析方法》(HJ 813-2016)	α 谱仪
γ 能谱分析	气溶胶	《空气中放射性核素的 γ 能谱分析方法》(WS/T 184-2017) ¹⁾	高纯锗 γ 谱仪
	气碘	《空气中碘-131的取样与测定》(GB/T 14584-93) 《空气中放射性核素的 γ 能谱分析方法》(WS/T 184-2017) ¹⁾	
	沉降物	《高纯锗 γ 能谱分析通用方法》(GB/T 11713-2015)	
	土壤	《土壤中放射性核素的 γ 能谱分析方法》(GB/T 11743-2013) 《高纯锗 γ 能谱分析通用方法》(GB/T 11713-2015)	
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、频谱仪

注：1) 本标准自2018年5月起实施，代替《空气放射性核素的 γ 能谱分析方法》(WS/T 184-1999)。

■ 附表2-2 国控网放化分析探测下限管理要求

监测项目	监测对象	单位	探测下限
总 α	陆地水	mBq/L	~50
总 β	陆地水	mBq/L	~15
U	陆地水	μ g/L	~0.05
	海水	μ g/L	~0.2
Th	水	μ g/L	~0.05
^{226}Ra	水	mBq/L	~2.0
^{90}Sr	水	mBq/L	~1.0
	气溶胶	μ Bq/m ³	~2.0
	沉降物	mBq/m ² ·d	~1.0
	海洋水生植物	mBq/kg鲜	~100
	鱼类	mBq/kg鲜	~50
	贝类	mBq/kg鲜	~5.0
	虾蟹类	mBq/kg鲜	~50
^{137}Cs	水	mBq/L	~0.5
	气溶胶	μ Bq/m ³	~0.2
	沉降物	mBq/m ² ·d	~1.0
	海洋水生植物	mBq/kg鲜	~25
	鱼类	mBq/kg鲜	~25
	贝类	mBq/kg鲜	~25
	虾蟹类	mBq/kg鲜	~50
^3H	降水	Bq/L水	~2.0
	水蒸汽	mBq/m ³	~25

■ 附表2-3 国控网 HPGe γ 能谱分析探测下限管理要求

监测项目	单位	探测下限					
		^{40}K	^{238}U	^{125}I	^{131}I	^{134}Cs	^{137}Cs
气溶胶	μ Bq/m ³	~100	/	/	~10	~10	~10
气碘	mBq/m ³	/	/	~5.0	~0.50	/	/
沉降物	mBq/m ² ·d	~70	/	/	/	~3.0	~3.0
土壤	Bq/kg·干	/	~30	/	/	/	~1.0

附录3 数据处理与评价

3.1 数据处理

3.1.1 探测下限

探测下限是用特定分析方法在给定的置信度内可从样品中定量测定待测物质的最低活度或最低活度浓度。其中，以活度表示的探测下限LLD的数学表达式一般为：

$$LLD = (K_{\alpha} + K_{\beta}) S_N$$

式中：

S_N —样品净计数标准差；

K_{α} —与当样品中实际不存在放射性时而做出存在放射性的错误判断概率 α 相应的值。 K_{α} 与 α 的对应关系查表可得；

K_{β} —与当样品中实际存在放射性时而做出不存在放射性的错误判断概率 β 相应的值。 K_{β} 与 β 的对应关系查表可得。

对于低活度测量，考虑本底加样品的总计数 $N_{b,s}$ 可以和本底计数 N_b 相比拟时，则有 $N_{b,s} = N_b$ ；并考虑概率 $\alpha = \beta = 0.05$ ，则有 $K_{\alpha} = K_{\beta} = 1.645$ 。此时探测下限LLD的数学表达式为：

$$LLD = 2K_{\alpha} \sqrt{2N_b} = 4.65 \sqrt{N_b}$$

考虑探测效率、 γ 射线发射概率或化学回收率、测量时间、测量样品量后，以活度表示的探测下限LLD则变换成以活度浓度表示的探测下限（MDC），其数学表达式为：

$$MDC = \frac{4.65}{\epsilon \rho m t} \sqrt{N_b}$$

式中：

ϵ —探测效率；

ρ — γ 射线发射概率或化学回收率；

m —被分析样品的质量（或体积）；

N_b —本底计数；

t —测量时间（本底和样品的测量时间相同）。

如无特殊说明，本报告中的探测下限均指以活度浓度表示的探测下限MDC。

3.1.2 自动站空气吸收剂量率

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

(2) 自动站空气吸收剂量率5分钟均值的有效性规定为该5分钟内至少有测量时段3/4的测量数据;小时均值的有效性规定为该小时内至少有9个5分钟均值;日均值的有效性规定为当日至少有18个小时均值;月均值的有效性规定为当月至少有20个日均值;年均值的有效性规定为当年至少有9个月均值。数据获取率不满足数据统计的有效性规定,则不进行相关均值的统计。

(3) 测值保留小数点后1位,不扣除仪器对宇宙射线的响应值。

3.1.3 累积剂量

(1) 区域内多个监测点平均值的计算公式为:

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

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

(2) 区域内多个监测点测值的范围,为多个监测点平均值的范围。

(3) 测值取3位有效数字,不扣除仪器对宇宙射线的响应值。

(4) 因热释光片布放、处理、测量等原因导致无效的监测结果,不参与统计。

3.1.4 样品中放射性核素活度浓度

(1) 区域(流域)内多个监测点测值范围为该区域(流域)内所有样品测值中高于MDC测值的范围,当高于MDC测值数为1时,则范围为该测值。

(2) 区域(流域)内多个监测点测值主要分布区间的下界为该区域(流域)内所有样品测值从小到大排列后的第10百分位数,上界为第90百分位数,表示为(第10百分位数,第90百分位数)。

(3) 测值的有效数字根据分析方法和待测样品的浓度不同，一般取2位有效数字，同时测值有效数字所能达到的数位不能超过探测下限的有效数字所能达到的数位。

(4) 因采样、样品前处理、测量等原因导致无效的监测结果，不参与统计。

3.1.5 环境电磁辐射

(1) 区域内多个监测点平均值的计算公式为：

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

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

(2) 测值的有效数字一般取2位有效数字，同时测值有效数字所能达到的数位不能超过探测下限的有效数字所能达到的数位。

3.2 数据评价

全国辐射环境质量监测结果评价分为三类，分别为：1) 基于历年监测值，依据 3σ 准则进行本底涨落判断；2) 全国环境天然放射性水平调查结果比较；3) 相关标准限值比较。评价时，适当考虑与判断方法相关的风险水平，并排除降雨（雪）等自然因素和周围环境变化的影响，评价方法见附表3-1。

3.2.1 自动站空气吸收剂量率

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

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

如有必要，则开展专项调查监测，以评估对公众健康的影响。

3.2.2 累积剂量

若累积剂量测得的空气吸收剂量率小时均值超当地天然本底涨落范围，对以下影响测值的因素进行调查：①测量仪器的性能、测量方法等测量条件的变化；②降雨（雪）等自

然因素引起的变化；③土壤、道路、水体和建筑物等周围环境条件的变化。

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

如有必要，则开展专项调查监测，以评估对公众健康的影响。

3.2.3 样品中放射性核素活度浓度

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

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

如有必要，则开展专项调查监测，以评估对公众健康的影响。

3.2.4 环境电磁辐射

当综合电场强度测值超《电磁环境控制限值》中规定的控制限值，对以下影响测值的因素进行调查：①测量仪器的性能、测量方法等测量条件的变化；②自然因素引起的变化；③周围环境的变化；④电磁辐射设施运行状况等。

如有必要，则开展专项调查监测，以评估对公众健康的影响。

■ 附表3-1 监测结果评价方法

评价类型	监测对象	监测项目	评价对象	判断规则 ¹⁾ (评价时,适当考虑与判断方法相关的风险水平)
本底水平 (本底涨落)	空气吸收剂量率	自动站空气吸收剂量率	小时均值	
		累积剂量	小时均值	
	空气、水、土壤、生物	总 α 、总 β	样品测值	3 σ 准则
		天然放射性核素: 铀、铀-238、钍、钍-232、镭-226、铍-7、铅-210、钋-210		
		人工放射性核素: 氡、铯-90、铯-137		
	除铯-137外其他人工 γ 放射性核素	MDC		
电磁环境	综合电场强度(频率范围为0.1~3000MHz)	监测值	3 σ 准则	
全国天然环境放射性水平调查结果比较	水	天然放射性核素: 铀、钍、镭-226	样品测值	a.江河水为所在江河流域调查值范围; b.湖库水、井水、海水为全国范围相应水体调查值范围
	土壤	天然放射性核素: 铀-238、钍-232、镭-226		所在省份调查值范围
相关限值比较	饮用水水源 地水、饮用 地下水	总 α 、总 β	样品测值	《生活饮用水卫生标准》(GB 5749-2006)规定的放射性指标指导值
	海水	铯-90、铯-137	样品测值	《海水水质标准》(GB 3097-1997)规定的限值
	电磁环境	综合电场强度	监测值	《电磁环境控制限值》(GB 8702-2014)中规定的相应频率范围公众曝露控制限值

注: 1) 基于历年监测值统计平均值 ± 3 倍标准偏差的范围时,除自然因素外,其他因素引起的可疑数据不参与统计;若发生点位变动或周围环境变化,则从变化之后起重新计算。原则上,当历年监测值数目小于10时,不进行3 σ 准则判断,可用与历年监测值范围比较的方法进行判断。统计历年测值范围时,因自然因素外各种原因引起的高于本底水平的数据不参与统计,数据收集期限为点位启用~上年度。

附录4 名词解释

(电离)辐射: 在辐射防护领域,指能在生物物质中产生离子对的辐射。

照射(受照): 暴露于电离辐射之下。

内照射: 进入体内的放射性核素作为辐射源对人体的照射。

外照射: 体外辐射源对人体的照射。

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

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

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

放射性核素: 具有放射性的核素。

天然放射性核素: 天然存在的放射性核素。

人工放射性核素: 由人工产生的放射性核素。

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

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

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

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

活化产物: 通过活化产生的放射性核素,如碳-14、氚-41等。

天然本底: 与天然源或环境中不受控制的任何其他源有关的剂量、剂量率或放射性浓度。通常认为该术语包括与天然源有关的剂量、剂量率或放射性浓度;大气层核武器试验和切尔诺贝利事故产生的全球放射性沉降(不是局部沉降)。

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。

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

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

电磁辐射: 能量以电磁波形式通过空间传播的现象。

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

（放射性）活度：一定量的放射性核素在一个很短的时间间隔内发生的核衰变量除以该时间间隔。亦称衰变率。放射性活度的单位为贝可[勒尔]，符号为Bq，表示每秒1次，即 $1\text{Bq}=1\text{s}^{-1}$ 。以前用居里表示， $1\text{Ci}=3.7 \times 10^{10}\text{Bq}$ 。

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

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

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

剂量：某一对象所接受或“吸收”的辐射的一种量度。

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

限值：在规定的活动中或情况下所使用的某个量的不得超过的值。

剂量限值：受控实践使个人所受到的有效剂量或当量剂量不得超过的值。

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

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

照射途径：放射性物质能够到达或者照射人体的途径。

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

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

附录5 符号说明

- : 表示不适用。
- /: 表示监测方案未要求开展监测。
- n: 表示高于MDC测值数。
- m: 表示测值总数。
- MDC: 表示探测下限。