

ANNUAL REPORT OF THE NATIONAL
RADIATION ENVIRONMENT

2020年 全国辐射环境 质量报告

中华人民共和国生态环境部

2020年 全国辐射环境质量报告

中华人民共和国生态环境部
二〇二一年六月

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。《2020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状况进行了分析和总结，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。2020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197个地级及以上城市（含部分地、州、盟所在地，以下同）辐射环境自动监测站空气吸收剂量率自动监测，236个地级及以上城市的累积剂量监测。空气监测包括189个地级及以上城市的气溶胶监测，135个地级及以上城市的沉降物和气态放射性碘同位素监测，直辖市和省会城市空气（水蒸汽）和降水监测。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；336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337个地级及以上城市的土壤监测；直辖市和省会城市的环境电磁辐射监测。

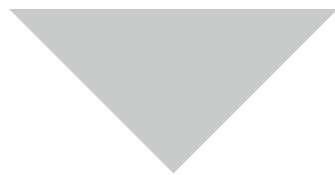
监测结果表明：2020年，全国辐射环境质量总体良好。其中环境电离辐射水平处于本底涨落范围内，环境电磁辐射水平低于国家规定的电磁环境控制限值。

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	17
3 辐射环境质量	19
3.1 环境 γ 辐射水平	20
3.2 空气	25
3.3 水体	37
3.4 土壤	55
3.5 环境电磁辐射	61
4 总结	63
4.1 环境电离辐射	64
4.2 环境电磁辐射	65
附录	66
附录1 监测方法、测量仪器和探测下限	67
附录2 数据处理与评价	69
附录3 名词解释	73
附录4 符号说明	74



1 辐射的来源



辐射是一种能量形式，它以电磁波或粒子的形式释放，通过与物质发生相互作用进行能量的传递和交换，按其作用于物质时所产生的效应不同可以分为电离辐射和非电离辐射（通常又称为电磁辐射），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%（参考中国环境百科全书选编本《核与辐射安全》，潘自强、刘华主编，中国环境出版社2015年1月出版）。

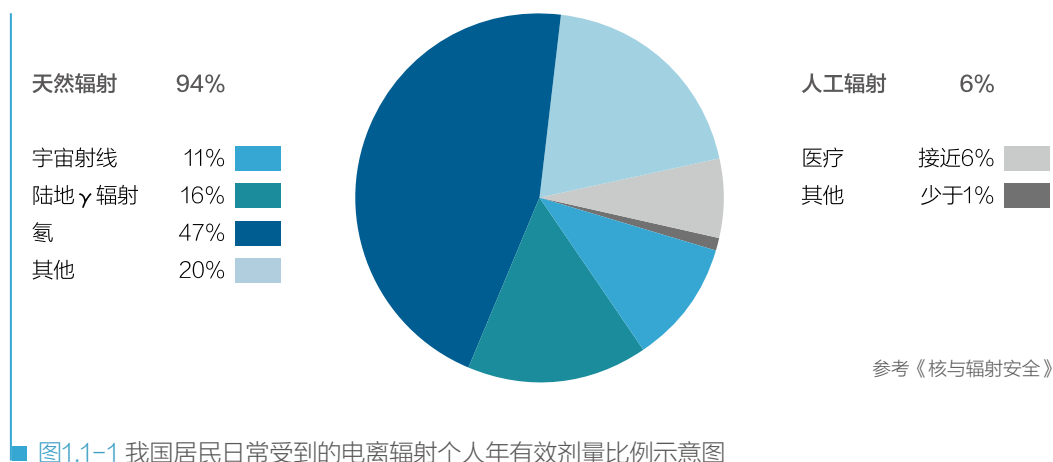


图1.1-1 我国居民日常受到的电离辐射个人年有效剂量比例示意图

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1mSv~13mSv）。根据《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《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。这些宇生放射性核素对个人年有效剂量的贡献很小，即使对个人年有效剂量贡献最大的碳-14，也仅占全球天然电离辐射源所致个人年有效剂量的0.5%。表1.1-2列出了这几种宇生放射性核素的特性。目前我国已开展监测的宇生放射性核素包括氚和铍-7。

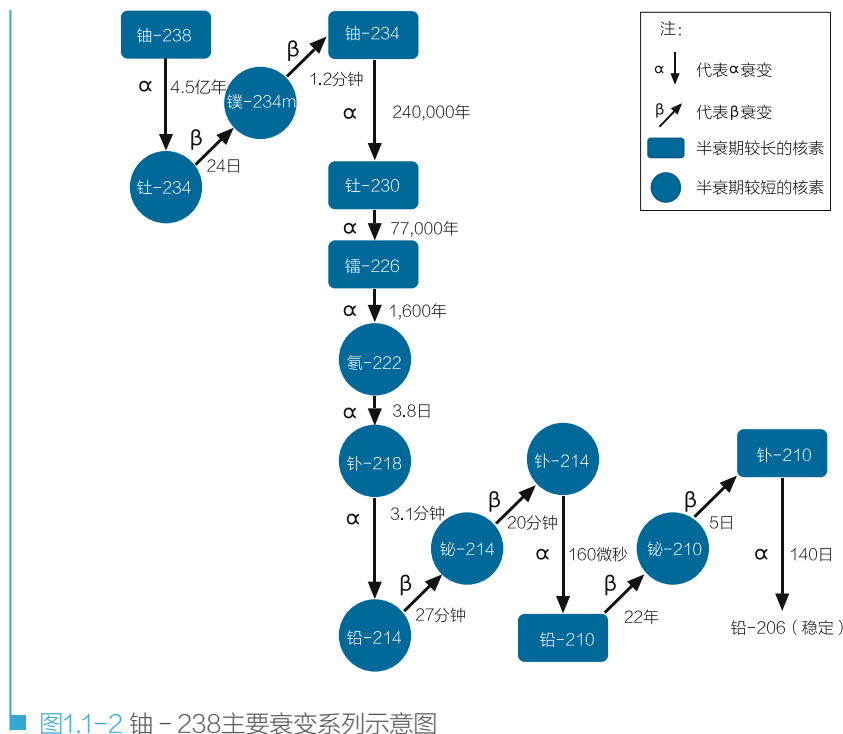
■ 表1.1-2 主要宇生放射性核素的特性¹⁾

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》，潘自强、刘森林等编著，原子能出版社2010年3月出版。

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对上述铀系、钍系等部分放射性核素及钾-40开展监测。



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《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《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氚、铯-90、碘-131、铯-134和铯-137等，其中，氚既是宇生放射性核素，又是人工放射性核素。

1.2.1 医疗照射

核与辐射技术在各行各业日益广泛的应用中，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电离辐射源对全球公众产生辐射照射的主要来源。1945~1980年期间，世界各地进行了多次大气层核试验。核试验所产生的放射性裂变产物和其它放射性核素，一部分在试验场附近沉积，大部分在大气中迁移、弥散，造成全球性沉降。1980年后，大气层核试验中止。由于放射性核素的衰变及在地表中的迁移扩散作用，沉降到地表的大气层核试验沉降灰的影响逐渐减弱，目前在地表中仅存在一些痕量的长寿命裂变产物（如铯-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贡献，主要来自核电厂、铀矿采矿及后处理厂。核电厂是最大的一类核设施，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（氙和氙等）、活化气体（碳-14和氚-41等）以及碘、微尘和氡。液态流出物主要有氡、碘、钴、铯及其它核素。关键核素可能因堆型和设计特征而有所不同。根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）的规定，在我国核电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剂量的万分之一，到2011年4月底已检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、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。按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，我国对放射源和射线装置实行分类管理，并对生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位在许可备案、安全和防护、辐射事故应急处理等方面都有明确规定。

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，人体可能会受到它们的外照射，这种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落到地表，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、通信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》中规定的公众暴露电场强度控制限值与频率的关系见图1.4-3。

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

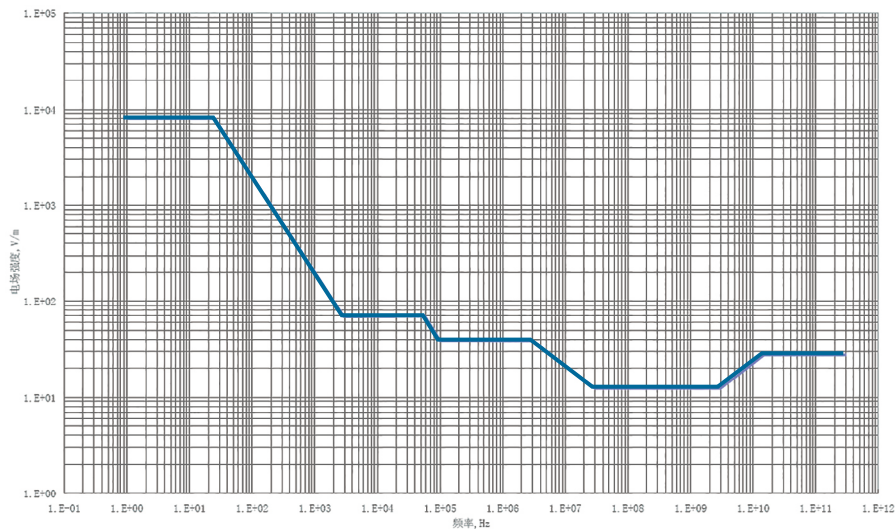
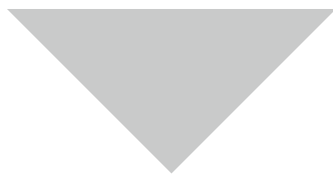


图 1.4-3 公众暴露电场强度控制限值与频率关系



2 辐射环境监测



2.1 辐射环境监测目的

辐射环境质量监测的目的为：1) 积累辐射环境基础数据，总结变化规律，准确、及时、全面反映辐射环境质量现状及发展趋势，为辐射环境质量评价和辐射环境影响评价提供依据；2) 识别异常数据、跟踪并判断环境风险；3) 为公众提供信息，保障公众对核与辐射安全的知情权，提升公众对核与辐射安全的认知水平。

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质量监测目的，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，开展综合电场强度的监测。

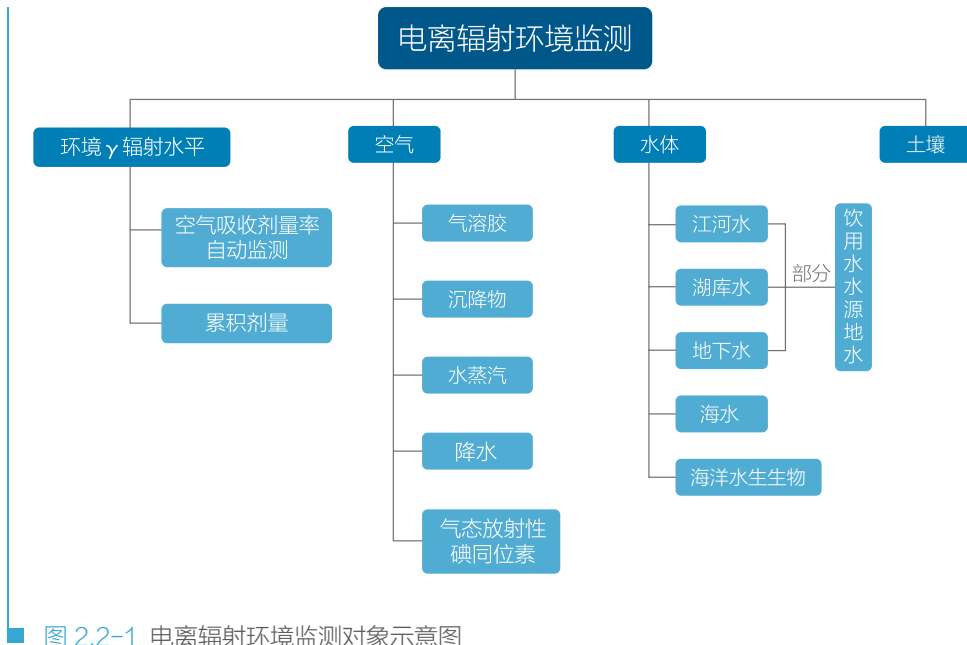
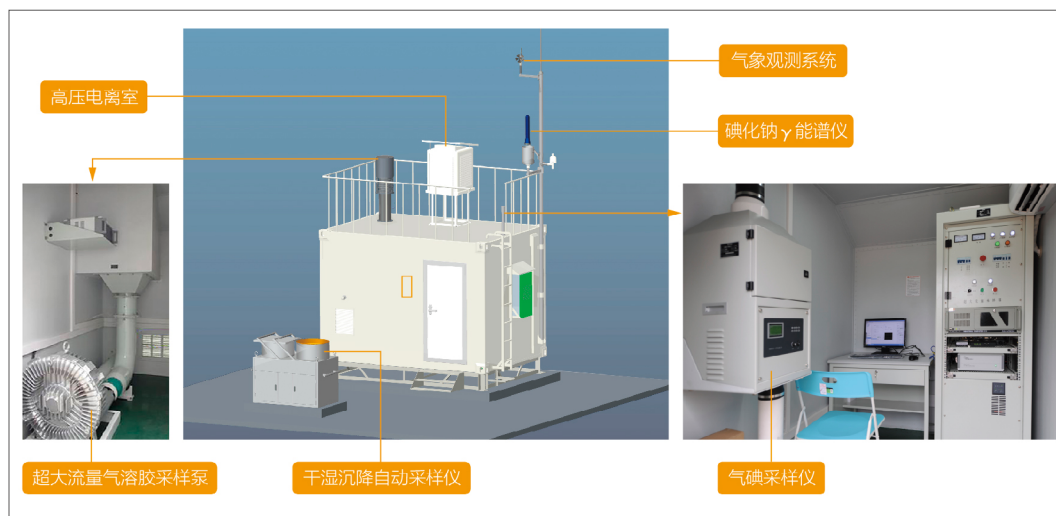


图 2.2-1 电离辐射环境监测对象示意图

根据电离辐射监测对象，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）空气吸收剂量率自动监测，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 自动站空气吸收剂量率报警

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自动监测外，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

2.3.1 方案说明

辐射环境监测一般包括环境 γ 辐射水平监测、空气监测、水体监测、土壤监测和电磁辐射监测。

(1) 环境 γ 辐射水平监测

自动站空气吸收剂量率自动监测，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 γ 能谱仪，可连续监测环境空气吸收剂量率并识别核素。此外，自动站均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采样器，采样流量不小于 $600\text{m}^3/\text{h}$ ；另一类自动站配备有大流量采样器，采样流量不小于 $60\text{m}^3/\text{h}$ 。两类自动站均连续采样，其中 γ 能谱分析样品的采样体积一般大于 10000m^3 ，取样后进行实验室分析。

空气中气态放射性碘同位素（以下简称“气碘”）的监测，主要通过自动站配备的气

碘采样器进行采样，用滤膜收集空气中的微粒碘，用活性炭滤盒收集空气中元素碘、非金属无机碘和有机碘，采样流量不高于100L/min，连续采样，每个样品的采样体积一般为200m³左右，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器，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，湿法收集总沉降样品。两类自动站均连续采样，对收集的累积样进行实验室分析。其中，对收集的干沉降和湿沉降样品合并成总沉降样品进行实验室分析。

空气（水蒸汽）的监测，主要采用冷冻法采样，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，采用降水采样器或干湿沉降采样器收集样品，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）环境电磁辐射监测

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1.7m~2m处的综合电场强度。

2.3.2 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197个地级及以上城市（含部分地、

州、盟所在地，以下同）辐射环境自动监测站空气吸收剂量率连续监测，236个地级及以上城市的累积剂量监测。空气监测包括189个地级及以上城市的气溶胶监测，135个地级及以上城市的沉降物和气碘监测，直辖市和省会城市空气(水蒸汽)和降水监测。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；336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337个地级及以上城市的土壤监测；直辖市和省会城市的环境电磁辐射监测。

2020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	
环境 γ 辐射水平	空气吸收剂量率自动监测	连续	
	累积剂量	累积样/季	
空气	^{210}Pb 、 ^{210}Po	1次/月	
	气溶胶 γ 能谱分析 ¹⁾	1次/月或1次/季	
	^{90}Sr 、 ^{137}Cs (放化)	1次/年 (每月或每季度采集1次样品, 累积1年样品测量)	
	气碘 ^{131}I	1次/季	
	沉降物 γ 能谱分析 ¹⁾	累积样/季	
	降水 ^{90}Sr 、 ^{137}Cs (放化)	1次/年 (每季度采集累积样, 累积1年样品测量)	
	水蒸汽 ^3H	累积样/季	
水体	江河水、湖泊水、水库水	总 α 、总 β 、U、Th、 ^{226}Ra 、 ^{90}Sr 、 ^{137}Cs (放化)	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 (放化)	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 (放化)	1次/年
	海洋生物	^{90}Sr 、 ^{137}Cs (放化)	1次/年
土壤	γ 能谱分析 ¹⁾	1次/年	
环境电磁辐射	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 、 ^{40}K 、 ^{131}I 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 等放射性核素；土壤 γ 能谱分析项目包括 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{137}Cs 等放射性核素。

2) 个别点位因仪器设备等原因，未开展相关项目监测。

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山东省青岛生态环境监测中心共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。生态环境部辐射环境监测技术中心（以下简称“监测技术中心”）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。

承担国控网监测工作的监测机构均通过实验室资质认定，在资质认定允许范围内开展监测工作；建立相应的质量管理体系并保证其有效运行，在机构、人员、场所环境、设备设施、管理体系等方面满足《检验检测机构资质认定能力评价检验检测机构通用要求》（RB/T214-2017）和《检验检测机构资质认定生态环境监测机构评审补充要求》的要求。

为规范辐射环境监测质量保证工作，确保辐射环境监测数据准确、可靠，监测技术中心依据生态环境部印发的《国家生态环境监测方案》，每年制定并印发配套的《全国辐射环境监测质量保证方案》，对承担国控网监测工作的监测机构从人员管理、监测方法、仪器设备、样品采集处理与管理、内部质量控制、外部质量控制、数据审核与报送等方面进行了详细规定，并对监测机构的质量保证工作完成情况进行监督检查，编制年度质量保证工作总结报告。

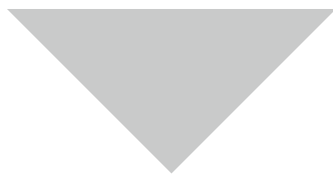
2020年，辐射环境监测的主要质量保证措施见表2.4-1。

■ 表 2.4-1 辐射环境监测的主要质量保证措施

质量保证措施	内容
人员资质	监测人员按照生态环境部的相关要求持证上岗，监测技术中心按照《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。至2020年底，32家监测机构共计925名监测人员持有监测技术中心颁发的辐射监测上岗证。
培训和交流	按照全国辐射监测技术培训和交流的年度计划，监测技术中心每年组织举办全国辐射监测技术培训班、技术研究与交流会，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与交流等。2020年，32家监测机构共计334人次参加了监测技术中心举办的技术培训班及技术研究与交流。
监测方法	采用的方法均通过资质认定，包括现行有效的标准方法或经确认的非标方法，优先选择国家环境保护标准，若无，可选择国家标准、其他行业标准、国际标准或非标方法，原则上满足《国控网监测样品探测下限管理要求》（试行）。
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、辅助测量设备等，制定量值溯源计划并定期实施，确保在有效期内使用，根据仪器设备的稳定性和使用频率开展期间核查，重点加强自动站剂量率仪等仪器设备的期间核查。
标准物质	统一国控网量值溯源，为监测机构统一配置各种环境介质标准物质，基本满足国控网监测工作需求。此外，监测技术中心定期组织监测机构开展 γ 能谱分析标准物质统一轮转刻度。标准物质在证书规定的有效期内使用，并根据使用情况进行期间核查。
样品采集和管理	根据监测方案所确定的采样点位、监测项目、频次、时间制定采样计划，使用地理信息定位、照相或录像等辅助手段，保证采样过程客观、真实和可追溯。采样应至少有2名监测人员在场。按照《辐射环境监测技术规范》（HJ 61）、相关监测标准方法及全国辐射环境监测质量保证方案的要求进行样品采集和处理，并保证样品运输、交接和保存中的质量控制。
场所环境	工作场所应满足相关法律法规、标准或技术规范的要求。
实验室分析 内部质量控制	按照全国辐射环境监测质量保证方案和监测标准方法的规定，开展刻度曲线的绘制和检验、空白样测定、平行样测定、留样复测、加标回收率测定、密码质控样与密码加标样测定、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	监测技术中心每年组织开展全国辐射环境监测质量考核。2020年开展的质量考核项目共计四个，分别为气溶胶中钋-210、气溶胶滤膜中总 α 和总 β 、沉降物 γ 能谱分析。监测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。监测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。2020年，国控网实施样品外检的项目包括水中钷和铯-90、气溶胶 γ 能谱分析。
监督检查	监测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。
数据审核	监测机构按照质量管理体系和国控网辐射环境监测数据管理相关实施细则的要求，对数据进行有效性审核，监测技术中心进行复核。发现数据可疑时，首先开展数据受控验证，核实是否受仪器和标准物质，样品的采集、运输、保存与分析等因素的影响，并进一步对自然现象和周围环境变化等影响因素进行排查。经排查后判定为异常的数据，上报相关管理部门组织调查。



3 辐射环境质量



3.1 环境 γ 辐射水平

3.1.1 空气吸收剂量率自动监测

2020年，全国空气吸收剂量率自动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。

除13个自动站因监测设备或供电故障，数据获取率不满足数据统计的有效性规定，未能进行年均值统计外，其余250个自动站空气吸收剂量率年均值范围为（49.8~194.4）nGy/h。31个省份自动站空气吸收剂量率小时均值在（年均值-10~年均值+10）nGy/h范围内的比例为（92.9~99.5）%，超过该范围的主要原因为降雨或降雪。



图 3.1-1 空气吸收剂量率自动监测布点示意图

表 3.1-1 31个省份空气吸收剂量率自动监测结果

序号	省份	自动站数 ¹⁾	空气吸收剂量率 年均值范围 (nGy/h)	空气吸收剂量率分布 (%)			
				A ²⁾ < -10	-10 ≤ A ≤ 10	10 < A ≤ 40	A > 40
1	北京	7	63.7~89.8	0.0	98.8	1.2	0.1
2	天津	10(1)	60.4~74.5	0.0	99.1	0.9	0.0
3	河北	13	63.4~90.3	0.0	98.7	1.3	0.0
4	山西	4	79.0~92.4	0.0	98.6	1.4	0.0
5	内蒙古	7(1)	82.1~118.1	1.6	97.1	1.3	0.0
6	辽宁	18	67.9~113.5	0.5	98.1	1.4	0.0
7	吉林	16	70.3~106.9	4.0	91.2	4.8	0.0
8	黑龙江	15(4)	66.8~108.4	0.2	97.8	1.9	0.0
9	上海	4	73.1~94.8	0.8	94.9	4.1	0.1
10	江苏	13	49.8~101.8	0.0	96.9	3.1	0.1
11	浙江	12(1)	71.1~101.1	0.0	96.4	3.5	0.1
12	安徽	7	66.7~83.0	0.0	96.1	3.6	0.3
13	福建	4	84.9~113.2	0.0	96.7	2.9	0.4
14	江西	6	73.9~100.5	0.1	93.8	5.3	0.8
15	山东	14	60.1~103.3	0.0	98.4	1.6	0.0
16	河南	3	67.2~76.2	0.0	97.3	2.5	0.1
17	湖北	4	59.4~77.8	0.0	95.5	4.4	0.2
18	湖南	4	68.0~93.0	0.0	94.0	5.5	0.5
19	广东	19	61.8~147.7	0.1	97.7	2.1	0.1
20	广西	15	61.2~89.9	0.0	96.9	3.0	0.1
21	海南	11	61.7~99.7	0.0	98.5	1.5	0.0
22	重庆	4	70.1~88.8	0.0	92.9	6.4	0.7
23	四川	14	67.5~121.3	0.0	95.4	4.2	0.5
24	贵州	4	78.0~92.6	0.1	94.0	5.6	0.2
25	云南	6	70.9~121.0	0.0	97.9	2.1	0.0
26	西藏	5(3)	154.9~194.4	0.0	98.1	1.9	0.0
27	陕西	5	76.4~96.3	0.0	96.9	3.0	0.1
28	甘肃	4(2)	92.6~98.2	0.8	97.3	2.0	0.0
29	青海	5	91.6~183.9	0.5	98.0	1.5	0.0
30	宁夏	4	87.1~92.1	0.0	99.1	0.9	0.0
31	新疆	6(1)	74.8~117.8	0.1	99.5	0.4	0.0

注：1) 为自动站总数，括号内的数表示辖区内因数据获取率不满足数据统计的有效性规定，未能进行年均值统计的自动站数。

2) A=小时均值-年均值，单位为nGy/h。

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，是重要的环境辐射监测项目，其测定结果包括环境地表 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，由于地质、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。

同一自动站空气吸收剂量率也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。其中降水引起的空气中氡子体沉降，土壤中水分，以及冰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，然后降至比平均值低约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，雪覆盖可使空气吸收剂量率降低，大约1cm厚的雪可降低约1%。

3.1.2 累积剂量

2020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，319个监测点的年均值范围为（42.1~265）nGy/h，主要分布区间为（73.2~130）nGy/h。

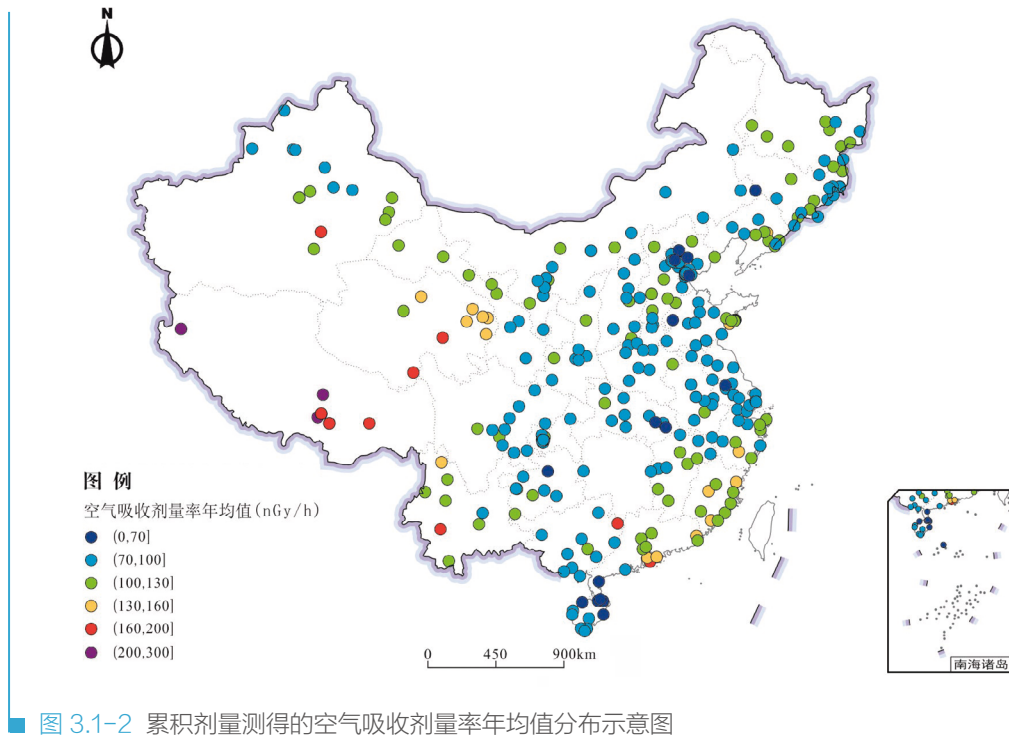


图 3.1-2 累积剂量测得的空气吸收剂量率年均值分布示意图

■ 表 3.1-2 31个省份累积剂量监测结果

序号	省 份	点位数	空气吸收剂量率年均值范围 (nGy/h)
1	北京	10	57.5~86.8
2	天津	10	60.6~90.4
3	河北	12	89.6~120
4	山西	9	71.9~112
5	内蒙古	11	87.1~121
6	辽宁	10	86.2~135
7	吉林	15	70.0~113
8	黑龙江	14	89.6~127
9	上海	4	71.9~79.6
10	江苏	12	63.4~95.7
11	浙江	11	86.9~133
12	安徽	11	83.0~111
13	福建	9	110~148
14	江西	11	79.7~127
15	山东	20	69.2~157
16	河南	10	95.0~99.8
17	湖北	10	64.7~102
18	湖南	*	*
19	广东	11	56.8~175
20	广西	11	70.4~200
21	海南	12	42.1~89.6
22	重庆	11	89.6~106
23	四川	12	77.6~124
24	贵州	9	65.1~112
25	云南	8	97.3~167
26	西藏	9	177~265
27	陕西	8	81.4~130
28	甘肃	8	87.2~118
29	青海	9	127~170
30	宁夏	10	84.0~123
31	新疆	12	73.5~136

注：“*”表示因仪器设备或样品采集、前处理、测量等原因导致数据缺失。

3.2 空气

3.2.1 气溶胶

2020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和表3.2-2。

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活度浓度处于本底涨落范围内，人工放射性核素碘-131、铯-134、铯-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	主要分布区间
铍-7	mBq/m ³	1667/1667	0.04~21	0.70~8.8
钾-40	mBq/m ³	768/1665	0.01~1.1	0.03~0.26
碘-131	μ Bq/m ³	0/1666	<MDC	<MDC
铯-134	μ Bq/m ³	0/1667	<MDC	<MDC
铯-137 (γ能谱分析)	μ Bq/m ³	19/1667	0.32~7.5	0.36~6.5
铅-210	mBq/m ³	375/375	0.11~8.4	0.47~2.6
钋-210	mBq/m ³	374/374	0.02~1.4	0.10~0.55
铯-137 (放化分析)	μ Bq/m ³	194/211	0.07~3.3	0.18~1.4
铯-90	μ Bq/m ³	179/193	0.06~16	0.16~8.0

注：1) n：高于MDC测值数，m：测值总数。

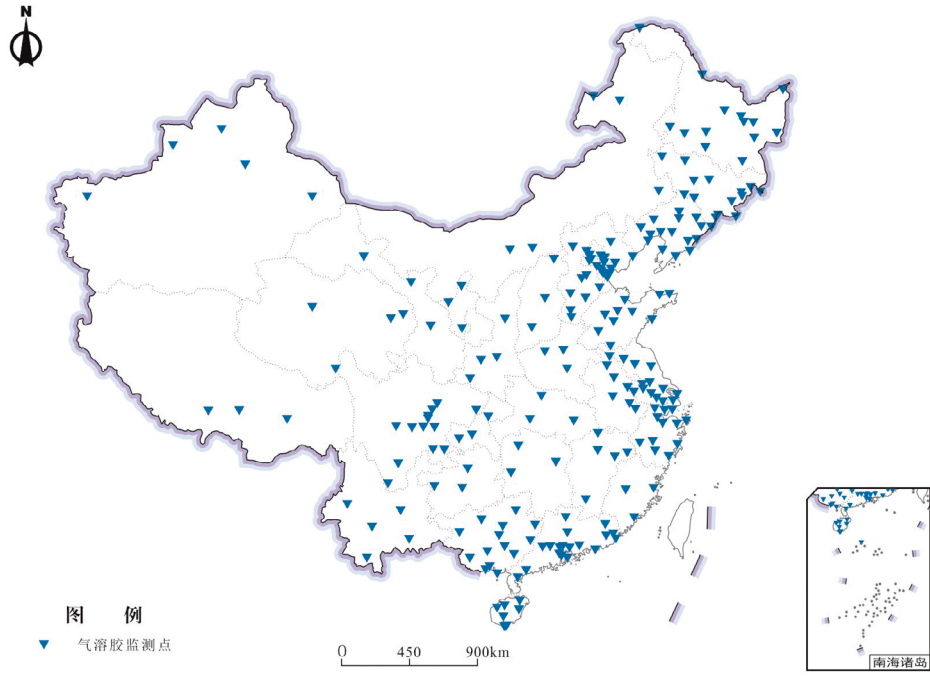


图 3.2-1 气溶胶布点示意图

表3.2-2 31个省份气溶胶监测结果

省份	铍-7			铅-210			钋-210			铯-137 (活化分析)			铯-90	
	n(m ¹)	范围 (mBq/m ³)	n(m ¹)	范围 (mBq/m ³)	n(m ¹)	范围 (mBq/m ³)	n(m ¹)	范围 (mBq/m ³)	n(m ¹)	范围 (μBq/m ³)	n(m ¹)	范围 (μBq/m ³)	n(m ¹)	范围 (μBq/m ³)
北京	51/51	2.1~10	12/12	0.45~2.3	12/12	0.08~1.1	12/12	0.08~1.1	5/5	0.68~1.8	5/5	0.68~1.8	5/5	0.51~2.8
天津	70/70	0.74~9.4	12/12	0.34~1.9	12/12	0.17~0.64	12/12	0.17~0.64	7/7	0.33~0.37	7/7	0.33~0.37	7/7	6.2~15
河北	110/110	0.94~16	12/12	0.5~3.5	12/12	0.13~1.1	12/12	0.13~1.1	11/11	0.26~1.7	11/11	0.26~1.7	11/11	0.55~14
山西	20/20	1.2~8.4	12/12	0.63~4.5	12/12	0.05~0.45	12/12	0.05~0.45	3/3	0.38~0.67	3/3	0.38~0.67	3/3	*2)
内蒙古	23/23	1.8~12	12/12	0.56~2.5	12/12	0.18~0.42	12/12	0.18~0.42	4/4	0.37~3.2	4/4	0.37~3.2	4/4	3.3~4.6
辽宁	104/104	0.91~11	12/12	0.41~1.3	12/12	0.26~0.59	12/12	0.26~0.59	15/15	0.60~1.8	15/15	0.60~1.8	15/15	1.6~9.2
吉林	85/85	0.49~8.3	12/12	0.27~4.1	11/11	0.14~0.68	11/11	0.14~0.68	14/14	0.37~1.5	14/14	0.37~1.5	14/14	0.50~2.0
黑龙江	79/79	0.04~9.7	9/9	0.68~8.4	10/10	0.30~0.65	10/10	0.30~0.65	13/14	0.42~1.4	13/14	0.42~1.4	1/3	4.9
上海	20/20	0.67~9.4	12/12	0.26~1.8	12/12	0.06~0.36	12/12	0.06~0.36	3/3	0.20~0.29	3/3	0.20~0.29	3/3	0.40~0.51
江苏	92/92	0.19~12	12/12	0.44~4.2	11/11	0.11~1.1	11/11	0.11~1.1	12/12	0.08~1.8	12/12	0.08~1.8	10/10	0.83~8.4
浙江	82/82	0.32~12	12/12	0.54~2.2	12/12	0.10~1.0	12/12	0.10~1.0	11/11	0.20~0.64	11/11	0.20~0.64	9/11	0.24~0.99
安徽	44/44	0.43~8.4	12/12	0.42~4.4	10/10	0.10~0.38	10/10	0.10~0.38	6/6	0.26~2.4	6/6	0.26~2.4	3/5	8.7~15
福建	20/20	0.54~9.4	12/12	0.37~2.4	12/12	0.05~0.64	12/12	0.05~0.64	1/3	0.18	1/3	0.18	1/3	0.06
江西	40/40	0.27~13	11/11	0.48~2.5	12/12	0.10~0.39	12/12	0.10~0.39	5/5	0.14~2.1	5/5	0.14~2.1	5/5	1.3~6.3
山东	90/90	0.31~12	22/22	0.17~2.8	23/23	0.02~0.56	23/23	0.02~0.56	8/9	0.35~1.2	8/9	0.35~1.2	9/10	0.20~0.98
河南	20/20	1.7~5.8	12/12	1.0~3.5	12/12	0.18~0.96	12/12	0.18~0.96	3/3	1.8~3.3	3/3	1.8~3.3	3/3	1.8~2.7
湖北	19/19	0.26~10	11/11	0.41~5.2	11/11	0.15~0.57	11/11	0.15~0.57	*	*	*	*	*	*
湖南	20/20	0.25~5.5	12/12	0.22~1.3	12/12	0.06~0.14	12/12	0.06~0.14	3/3	0.17~0.83	3/3	0.17~0.83	2/2	4.7~16

注: 1) n: 高于MDC测量数, m: 测量总数, 续表同。

2) *、*# 表示因仪器设备或样品采集、前处理、测量等原因导致数据缺失, 续表同。

表3.2-2 (续)

省份	铍-7		铅-210		钋-210		铯-137 (放化分析)		锶-90	
	n/(m ¹)	范围 (mBq/m ³)	n/(m ¹)	范围 (mBq/m ³)	n/(m ¹)	范围 (mBq/m ³)	n/(m ¹)	范围 (μ Bq/m ³)	n/(m ¹)	范围 (μ Bq/m ³)
广东	146/146	0.16~13	12/12	0.25~1.9	12/12	0.05~0.46	14/18	0.07~0.26	14/18	0.07~0.21
广西	130/130	0.07~9.2	12/12	0.32~3.2	12/12	0.08~1.4	13/14	0.14~1.6	14/14	0.31~1.4
海南	90/90	0.10~9.0	12/12	0.11~3.2	12/12	0.03~0.23	7/10	0.10~0.50	9/10	0.06~0.31
重庆	20/20	0.53~8.7	12/12	0.94~4.0	12/12	0.14~0.56	3/3	0.22~0.34	3/3	1.8~4.1
四川	112/112	0.06~14	12/12	0.22~4.6	12/12	0.06~0.49	13/13	0.44~0.87	13/13	1.4~2.7
贵州	20/20	0.05~8.8	12/12	0.46~2.7	12/12	0.09~0.57	3/3	0.28~1.1	3/3	2.9~8.0
云南	28/28	0.12~9.2	12/12	0.28~1.6	12/12	0.08~0.38	4/5	0.20~0.44	5/5	4.1~16
西藏	20/20	0.64~21	12/12	0.36~1.6	12/12	0.07~0.55	1/1	0.83	1/1	3.0
陕西	24/24	0.19~12	12/12	1.1~3.2	12/12	0.14~1.0	2/2	0.86~1.0	4/4	4.4~6.0
甘肃	20/20	3.5~16	12/12	0.61~4.5	12/12	0.18~0.84	0/3	<MDC	*	*
青海	24/24	0.36~14	12/12	0.70~2.2	12/12	0.11~0.71	2/3	0.20~0.20	3/3	1.0~2.2
宁夏	20/20	2.2~9.4	12/12	0.71~1.3	12/12	0.10~0.29	3/3	0.23~1.4	3/3	1.5~5.0
新疆	24/24	4.3~8.9	10/10	0.74~5.1	10/10	0.16~0.52	5/5	0.59~1.2	5/5	1.1~2.8

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，经衰变生成钋、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。降落到地面的沉降物又可通过水的蒸发、风的作用而重新进入大气。

气溶胶及其沉降物中的放射性物质对人直接造成外照射，也可因吸入和食入而造成内照射。

3.2.2 气碘

2020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，空气中气态放射性核素碘-131活度浓度未见异常。

■ 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	0/487	<MDC

注：1) n: 高于MDC测值数，m: 测值总数。



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，但由于碘-131半衰期较短，仅为8天，一般情况下自然界中不会存在。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

2020年，全国沉降物监测点分布见图3.2-3，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日沉降量处于本底涨落范围内，人工放射性核素碘-131、铯-134、铯-137和锶-90日沉降量未见异常。

■ 表3.2-3 沉降物（总沉降）监测结果

监测项目	单位	n/m ¹)	范围	主要分布区间
铍-7	Bq/m ² -天	471/471	0.01~8.7	0.10~3.2
钾-40	Bq/m ² -天	422/476	0.04~1.5	0.03~0.28
碘-131	mBq/m ² -天	0/476	<MDC	<MDC
铯-134	mBq/m ² -天	0/477	<MDC	<MDC
铯-137 (γ能谱分析)	mBq/m ² -天	12/476	0.64~6.6	0.64~4.7
铯-137 (放化分析)	mBq/m ² -天	116/148	0.07~4.5	0.22~1.5
锶-90	mBq/m ² -天	129/142	0.06~10	0.17~7.5

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

■表3.2-4 31个省份沉降物（总沉降）监测结果

省份	铍-7		铯-137（放化分析）		锶-90	
	n/m ¹⁾	范围(Bq/m ² -天)	n/m ¹⁾	(mBq/m ² -天)	n/m ¹⁾	(mBq/m ² -天)
北京	16/16	0.21~8.0	4/5	0.25~2.0	5/5	1.5~3.2
天津	20/20	0.59~3.9	7/7	0.85~0.90	7/7	1.7~4.7
河北	31/31	0.07~4.3	10/10	0.28~0.72	10/10	0.86~5.8
山西	4/4	0.09~0.57	1/1	0.73	* ²⁾	* ²⁾
内蒙古	5/5	0.12~0.44	2/2	1.5~2.3	2/2	10~10
辽宁	37/37	0.08~7.7	12/12	0.45~2.3	12/12	4.8~8.9
吉林	30/30	0.02~5.6	11/11	0.10~0.71	10/11	0.17~1.8
黑龙江	26/26	0.02~0.8	5/10	0.20~0.86	5/5	4.6~9.9
上海	4/4	0.60~6.2	1/1	0.74	1/1	1.3
江苏	29/29	0.01~3.5	6/10	0.16~0.37	6/10	0.07~0.99
浙江	28/28	0.42~7.3	7/9	0.23~0.71	9/9	0.25~1.8
安徽	13/13	0.03~0.14	0/4	<MDC	0/4	<MDC
福建	4/4	0.18~2.3	1/1	0.07	1/1	0.06
江西	10/10	0.03~1.3	3/3	0.20~0.73	3/3	0.64~8.0
山东	27/27	0.14~6.7	9/9	0.42~1.1	9/9	0.50~2.1
河南	4/4	0.49~0.52	1/1	1.5	1/1	3.8
湖北	4/4	0.17~0.31	*	*	*	*
湖南	4/4	0.92~4.3	1/1	0.24~0.24	*	*
广东	45/45	0.20~7.8	5/15	0.15~0.22	13/15	0.10~0.39
广西	37/37	0.08~3.4	12/12	0.35~4.5	12/12	0.36~9.1
海南	25/25	0.10~3.6	3/8	0.25~0.28	6/8	0.10~0.26
重庆	4/4	2.0~8.0	1/1	0.60	1/1	3.2
四川	31/31	0.02~7.0	10/10	0.40~0.91	10/10	0.38~0.88
贵州	4/4	0.28~0.96	1/1	0.30	*	*
云南	7/7	0.05~2.6	0/1	<MDC	3/3	1.4~3.9
西藏	3/3	0.43~6.4	*	*	*	*
陕西	4/4	0.22~0.71	1/1	0.32	1/1	3.1
甘肃	4/4	0.02~8.7	*	*	*	*
青海	4/4	0.89~3.8	1/1	0.53	1/1	2.3
宁夏	4/4	0.20~2.0	1/1	1.4	1/1	2.6
新疆	4/4	2.2~2.8	*	*	*	*

注：1) n: 高于MDC测值数, m: 测值总数。

2) “*”表示因仪器设备或样品采集、前处理、测量等原因导致数据缺失。

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 降水

2020年，全国降水监测点分布见图3.2-4，监测结果见表3.2-5。

监测结果表明，降水中氡活度浓度未见异常。

■ 表3.2-5 降水监测结果

监测项目	单位	n/m ¹⁾	范围	主要分布区间
氡	Bq/L	32/115	0.79~3.8	0.79~2.8

注：1) n: 高于MDC测值数，m: 测值总数。

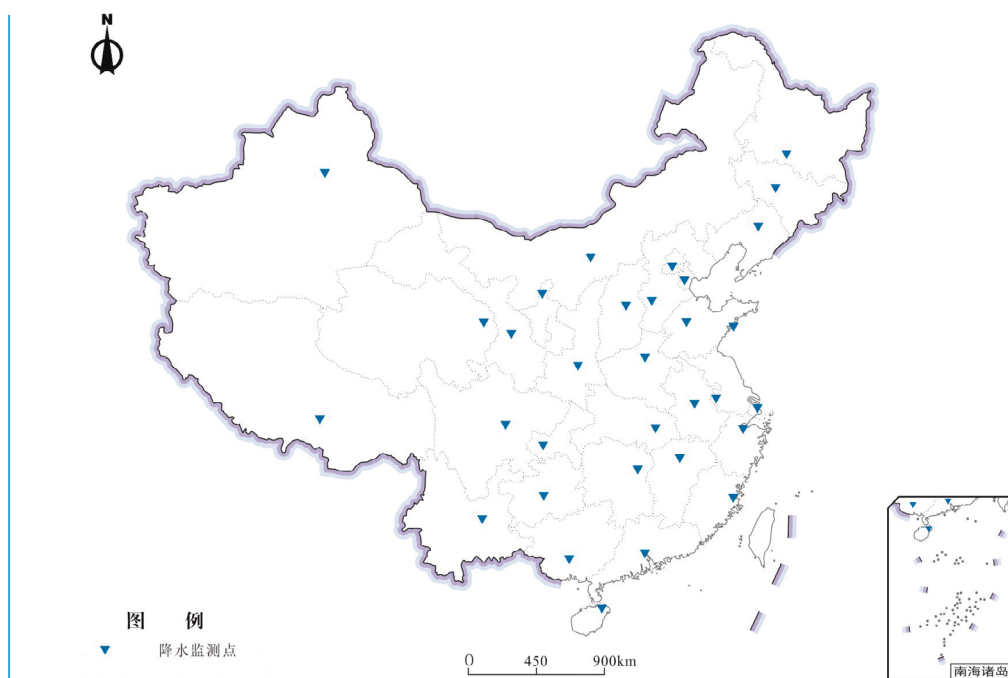


图 3.2-4 降水布点示意图

3.2.5 空气（水蒸汽）

2020年，全国空气（水蒸汽）监测点分布见图3.2-5，监测结果见表3.2-6。

监测结果表明，空气（水蒸汽）中氡活度浓度未见异常。

■ 表3.2-6 空气（水蒸汽）监测结果

监测项目	单位	n/m ¹	范围
氡	mBq/m ³ -空气	7/30	8.2~37
	Bq/L	7/30	0.49~12

注：1) n: 高于MDC测值数，m: 测值总数。

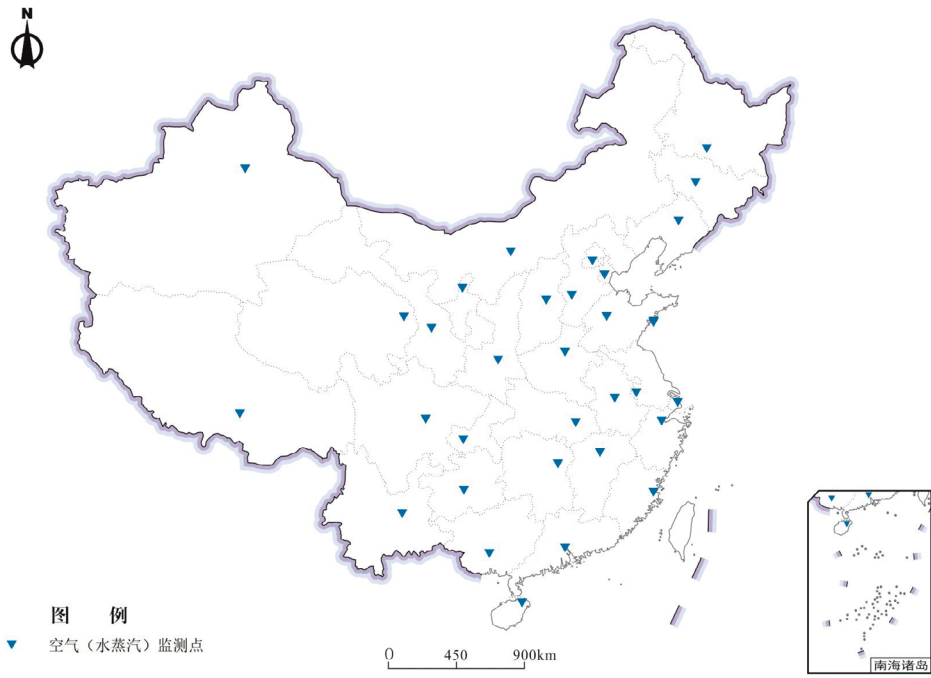


图 3.2-5 空气(水蒸汽)布点示意图

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 水体

3.3.1 主要江河流域

2020年，全国主要江河流域监测结果和监测点分布见表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活度浓度处于本底涨落范围内，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3.3-1 主要江河流域监测结果

监测项目	单位	n/m ¹⁾	范围	主要分布区间
总 α	Bq/L	137/160	0.01~0.32	0.02~0.16
总 β	Bq/L	161/161	0.03~0.80	0.06~0.23
铀	$\mu\text{g/L}$	162/162	0.05~8.4	0.20~4.4
钍	$\mu\text{g/L}$	157/162	0.02~1.0	0.06~0.44
镭-226	mBq/L	154/159	1.3~24	2.4~15
锶-90	mBq/L	162/162	0.52~8.7	1.1~5.0
铯-137	mBq/L	96/160	0.1~1.5	0.2~1.0

注：1) n：高于MDC测值数，m：测值总数。

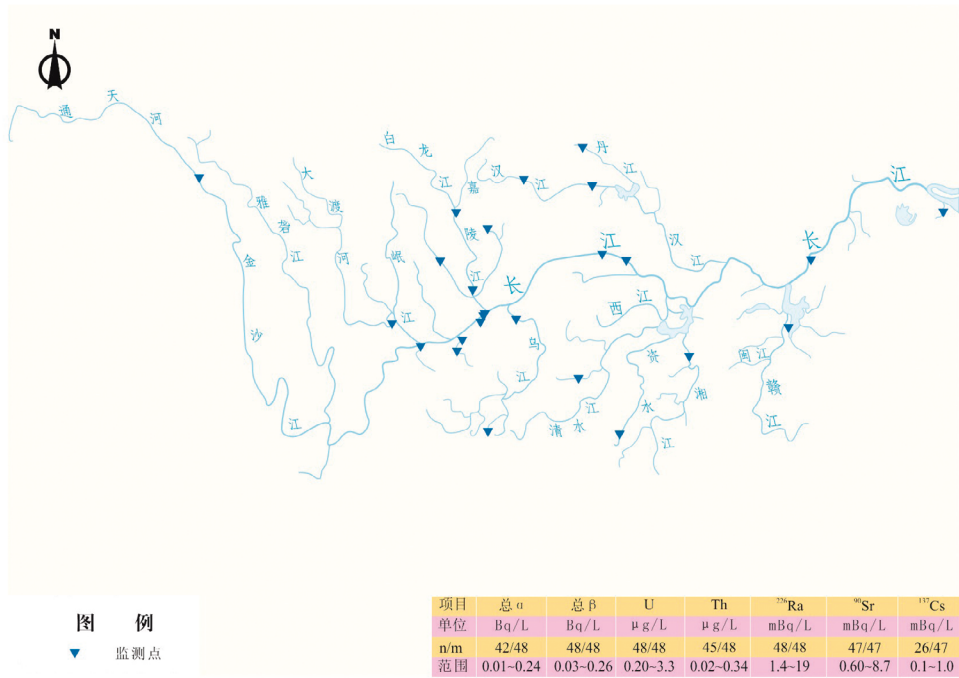


图 3.3-1 长江流域监测结果和监测点位示意图

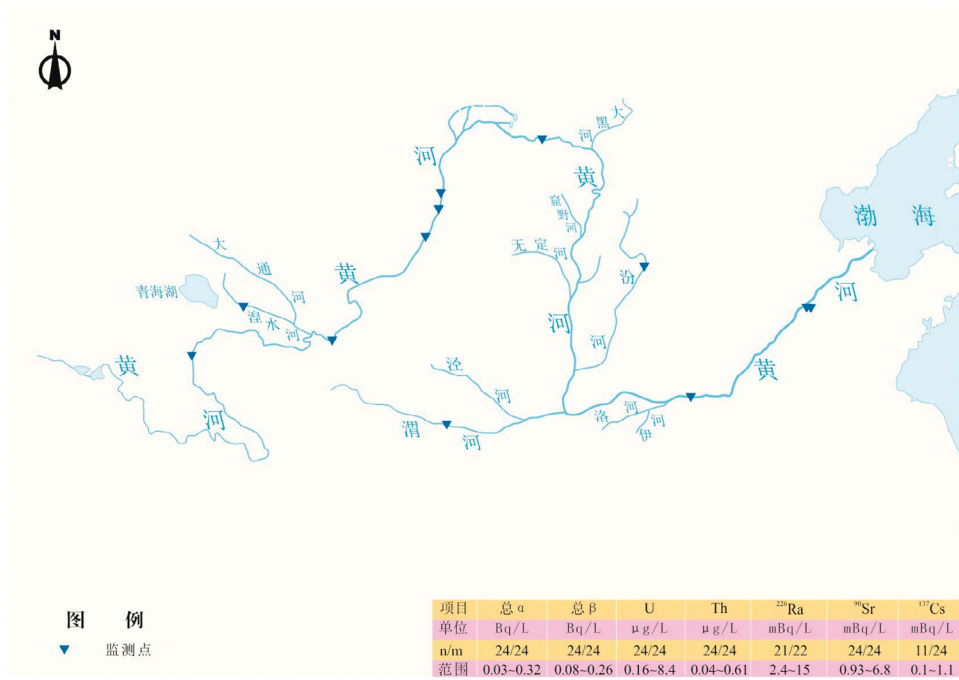


图 3.3-2 黄河流域监测结果和监测点位示意图

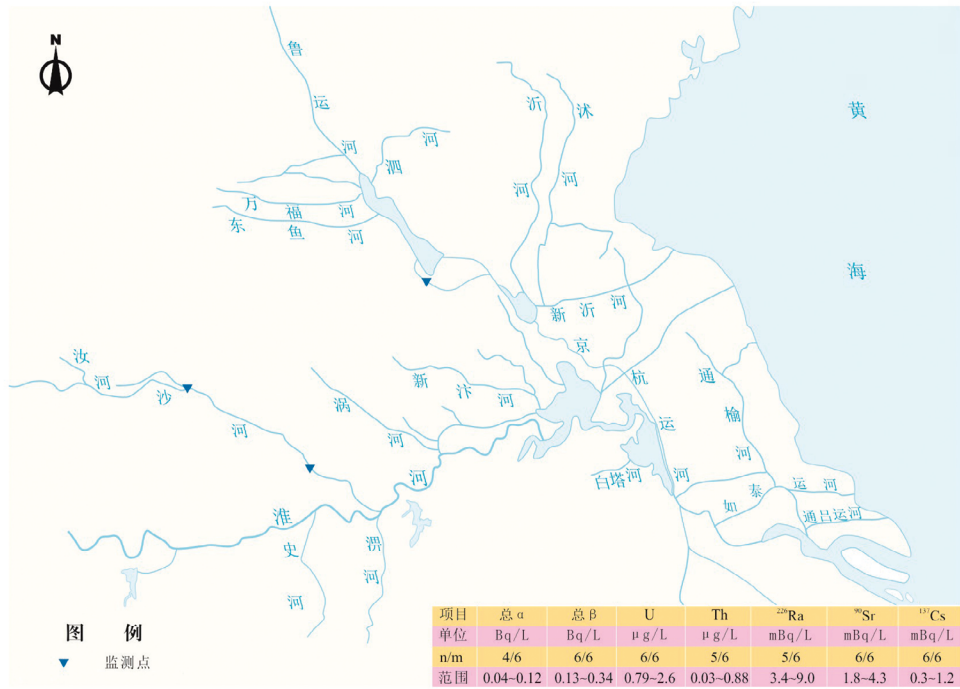


图 3.3-5 淮河流域监测结果和监测点位示意图

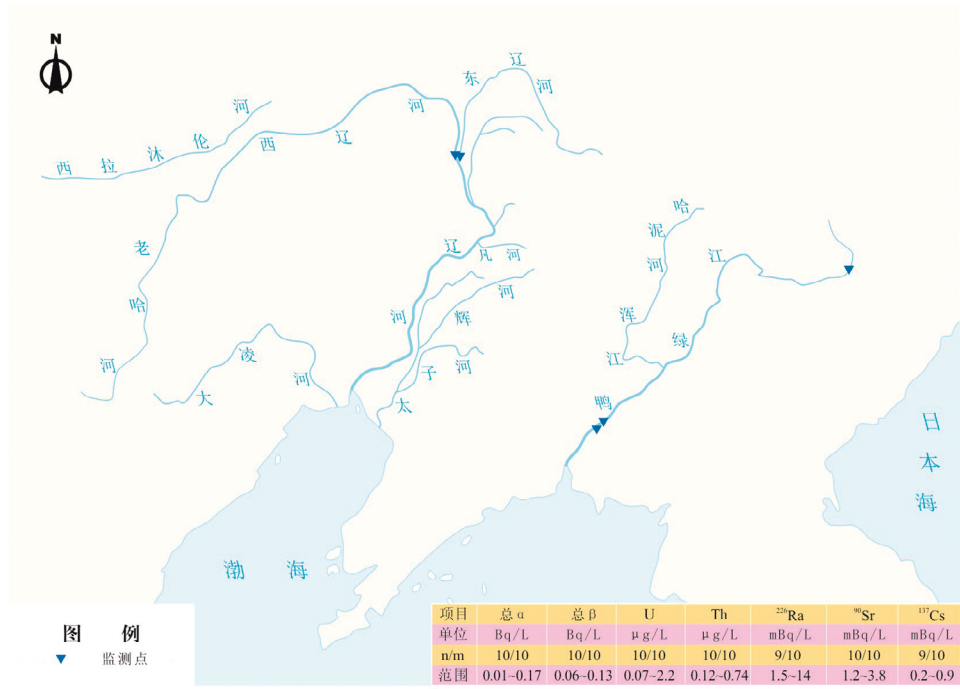


图 3.3-6 辽河流域监测结果和监测点位示意图



图 3.3-8 浙闽片河流监测结果和监测点位示意图

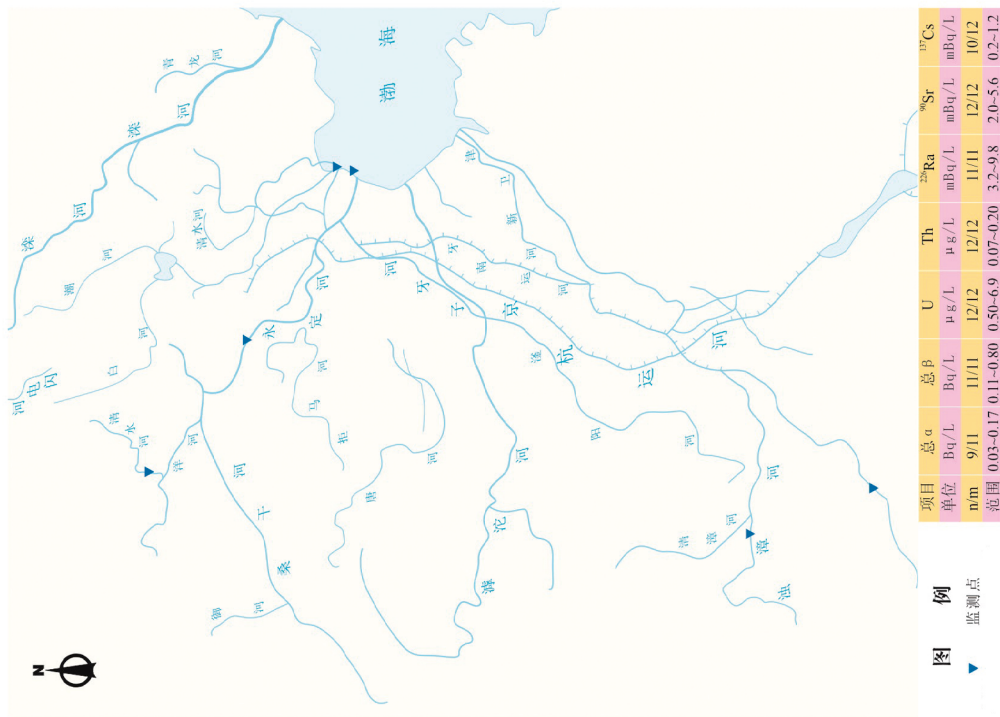


图 3.3-7 海河流域水监测结果和监测点位示意图

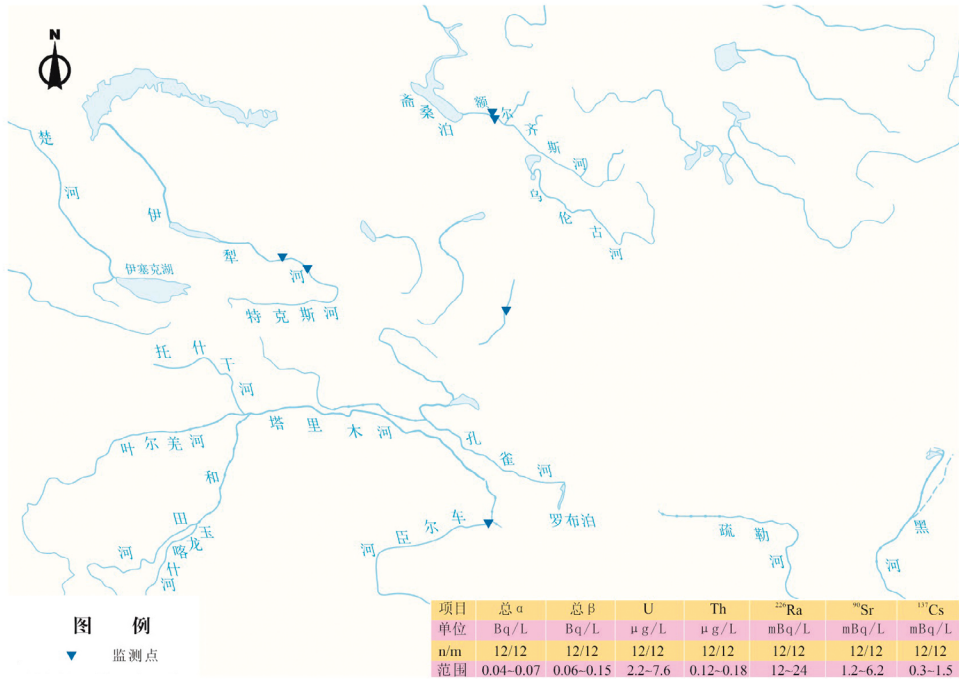


图 3.3-9 西北诸河监测结果和监测点位示意图

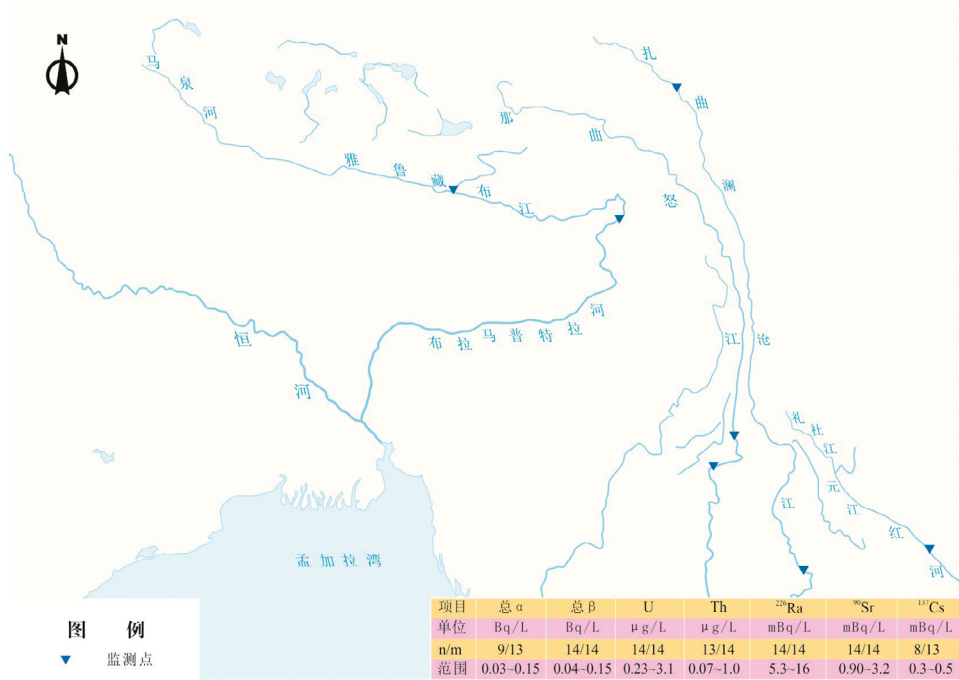


图 3.3-10 西南诸河监测结果和监测点位示意图

3.3.2 湖泊（水库）

2020年，全国湖泊（水库）水监测结果和监测点分布见表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活度浓度处于本底涨落范围内，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	主要分布区间
总 α	Bq/L	28/42	0.01~0.28	0.02~0.22
总 β	Bq/L	40/40	0.01~0.46	0.05~0.28
铀	$\mu\text{g/L}$	42/42	0.02~9.0	0.08~3.8
钍	$\mu\text{g/L}$	40/41	0.04~0.47	0.06~0.33
镭-226	mBq/L	41/41	0.98~16	1.9~10
锶-90	mBq/L	42/42	0.68~10	1.3~5.2
铯-137	mBq/L	18/40	0.2~1.4	0.19~1.1

注：1) 其中，青海湖为咸水湖。

2) n: 高于MDC测值数, m: 测值总数。

项目	总α	总β	U	Th	²²⁶ Ra	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs
单位	Bq/L	Bq/L	μg/L	μg/L	mBq/L	mBq/L	mBq/L
n/m	18/28	26/26	28/28	27/28	27/27	28/28	12/26
范围	0.01-0.24	0.05-0.28	0.06-9.0	0.04-0.47	1.9-16	1.2-10	0.2-1.4

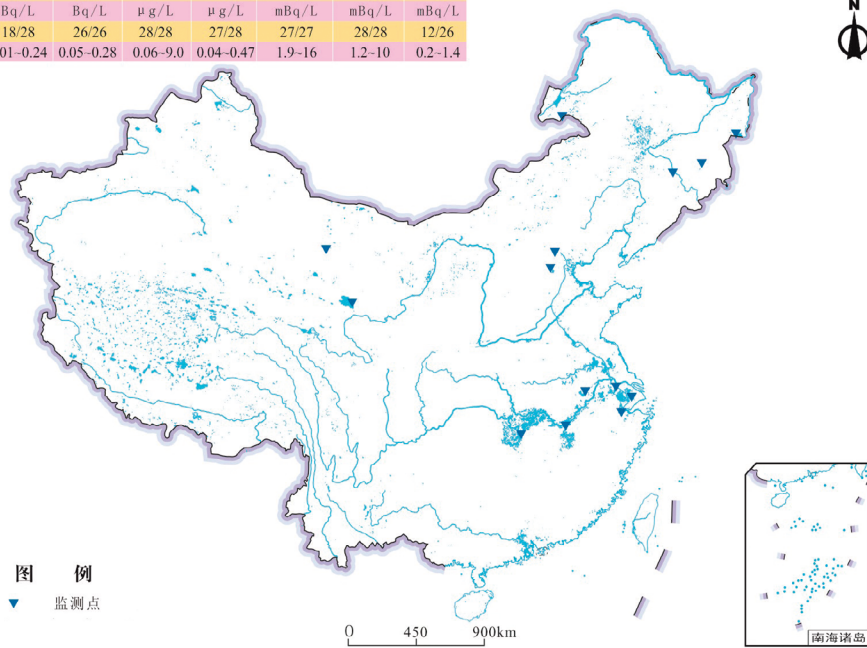


图 3.3-11 重点湖泊监测结果和监测点位示意图

项目	总α	总β	U	Th	²²⁶ Ra	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs
单位	Bq/L	Bq/L	μg/L	μg/L	mBq/L	mBq/L	mBq/L
n/m	10/14	14/14	14/14	13/13	14/14	14/14	6/14
范围	0.02-0.28	0.01-0.46	0.02-8.3	0.06-0.18	0.98-10	0.68-5.7	0.2-0.5

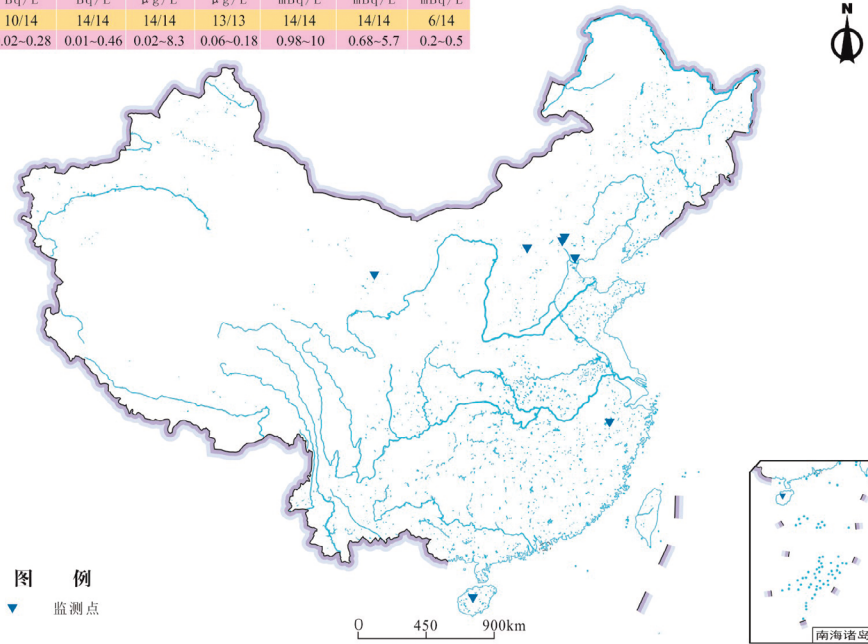


图 3.3-12 重点水库监测结果和监测点位示意图

3.3.3 地下水

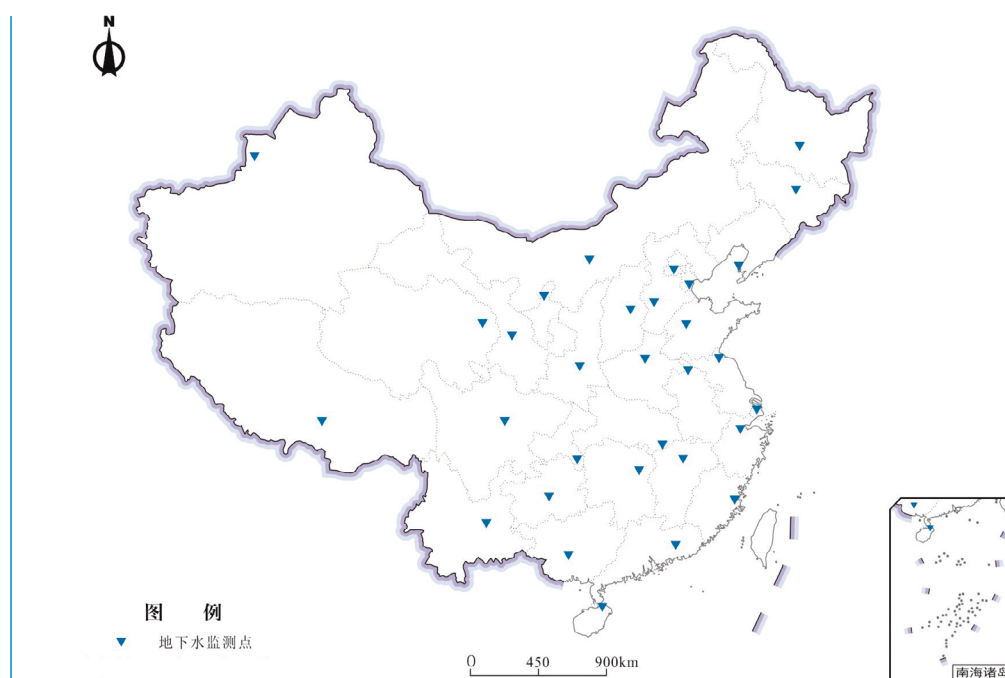
2020年，全国地下水监测点分布见图3.3-13，监测结果见表3.3-3和图3.3-14～图3.3-18。

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活度浓度处于本底涨落范围内，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	主要分布区间
总 α	Bq/L	24/31	0.01~0.26	0.01~0.19
总 β	Bq/L	31/31	0.02~0.56	0.04~0.16
铀	$\mu\text{g/L}$	31/31	0.02~25	0.08~5.7
钍	$\mu\text{g/L}$	30/31	0.01~0.31	0.02~0.22
镭-226	mBq/L	28/30	1.9~26	2.2~15

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

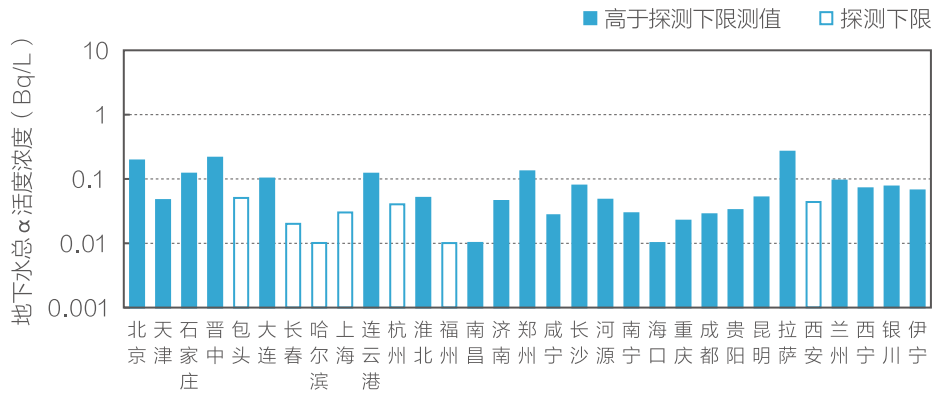


图 3.3-14 地下水总α活度浓度

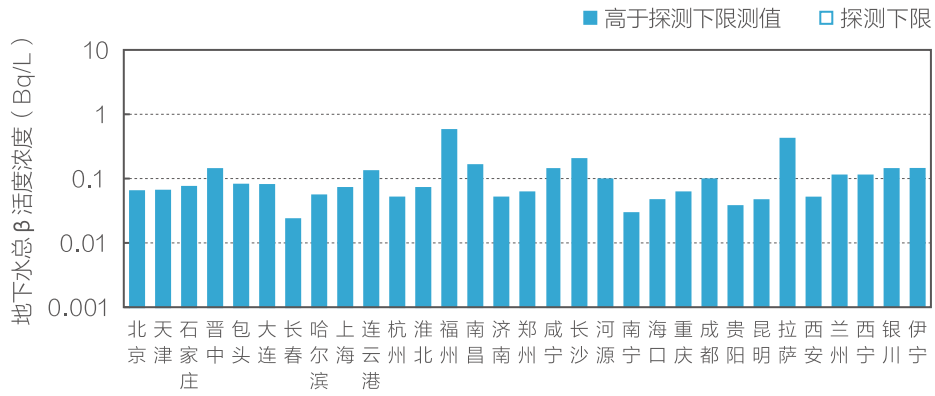


图 3.3-15 地下水总β活度浓度

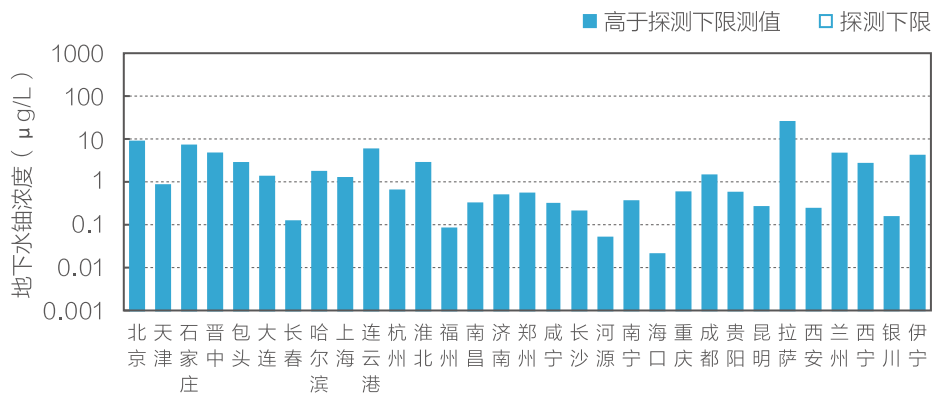


图 3.3-16 地下水中铀浓度

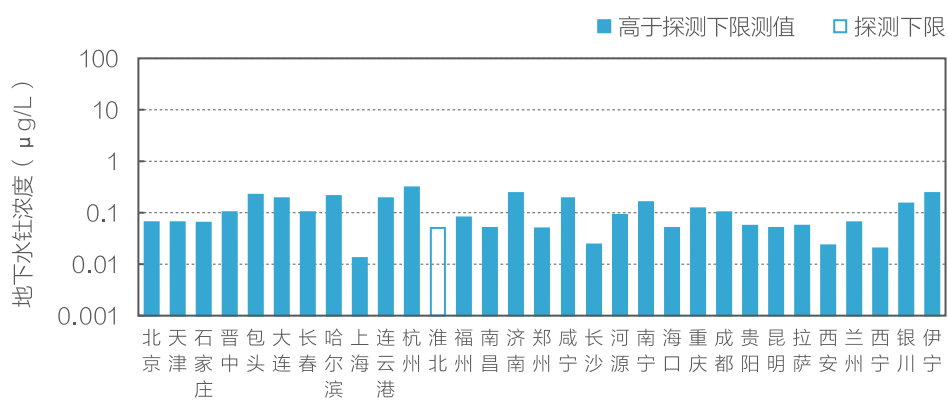


图 3.3-17 地下水中钚浓度

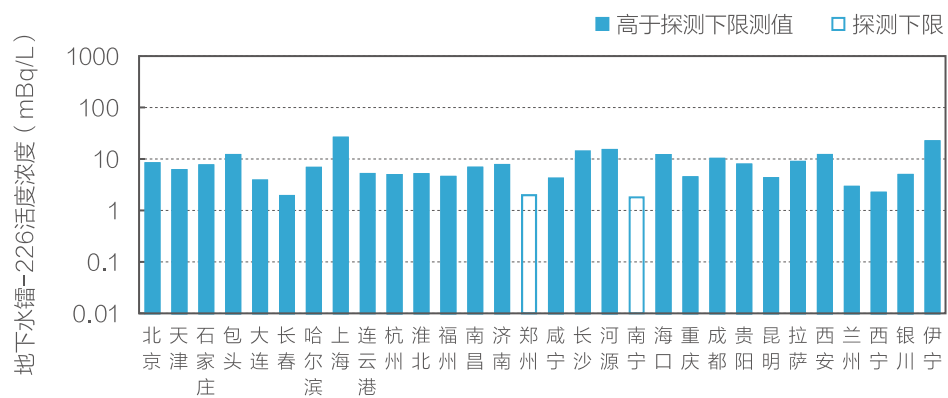


图 3.3-18 地下水中镭-226活度浓度

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

2020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。

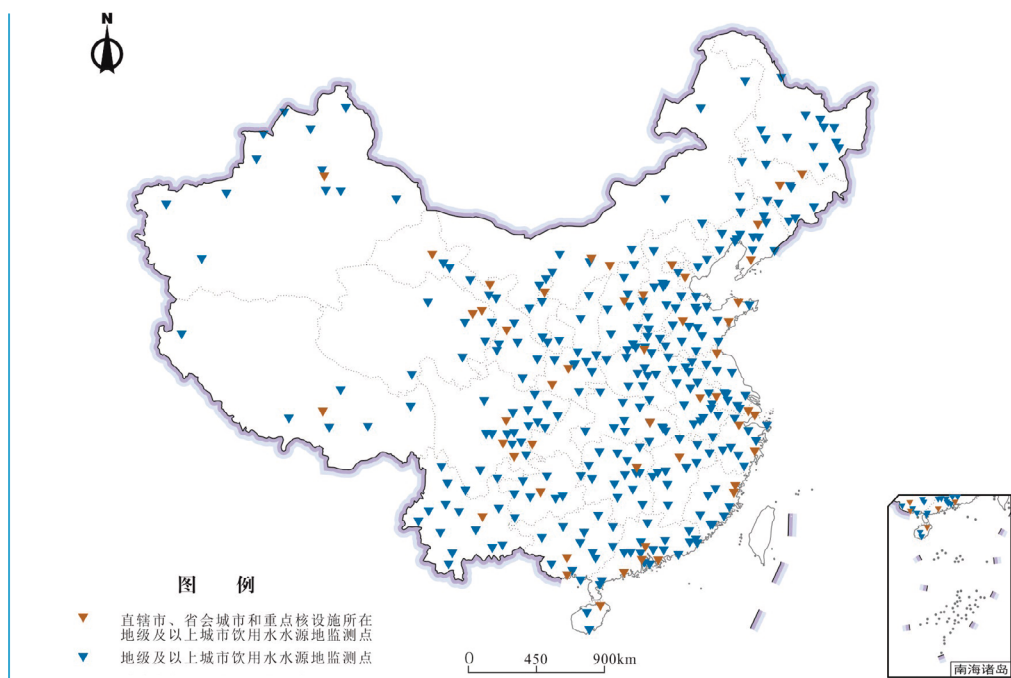
监测结果表明，饮用水水源地水中总 α 和总 β 活度浓度，天然放射性核素铀和钍浓度、镭-226活度浓度处于本底涨落范围内；人工放射性核素锶-90和铯-137活度浓度未见异常。其中总 α 和总 β 活度浓度低于《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2006）规定的放射性指标指导值。

■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	主要分布区间
总 α	Bq/L	546/683	0.01~0.46	0.01~0.14
总 β	Bq/L	687/687	0.01~0.68	0.04~0.17
铀	$\mu\text{g/L}$	93/96	0.02~7.8	0.10~3.8
钍	$\mu\text{g/L}$	90/94	0.02~0.63	0.05~0.25
镭-226	mBq/L	88/92	0.91~24	2.0~14
锶-90	mBq/L	95/96	0.29~5.6	0.94~4.1
铯-137	mBq/L	50/94	0.1~1.2	0.2~0.7

注：1) n：高于MDC测值数，m：测值总数。

2) 饮用水水源地水中总 α 和总 β 监测覆盖至地级及以上城市，放射性核素监测覆盖至直辖市、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	0.05~0.11
天津	2/2	0.02~0.02	2/2	0.09~0.10
河北	24/28	0.01~0.14	28/28	0.04~0.33
山西	20/22	0.05~0.34	22/22	0.06~0.25
内蒙古	24/24	0.08~0.32	24/24	0.05~0.22
辽宁	28/28	0.01~0.12	28/28	0.03~0.14
吉林	14/20	0.01~0.04	20/20	0.03~0.15
黑龙江	11/26	0.01~0.05	26/26	0.01~0.14
上海	2/2	0.01~0.01	2/2	0.09~0.10
江苏	24/26	0.01~0.14	26/26	0.06~0.24
浙江	9/22	0.01~0.06	22/22	0.02~0.17
安徽	10/32	0.05~0.07	32/32	0.04~0.20
福建	16/17	0.01~0.10	17/17	0.04~0.24
江西	22/22	0.01~0.04	22/22	0.02~0.15
山东	33/34	0.02~0.26	34/34	0.08~0.33
河南	36/36	0.01~0.23	36/36	0.03~0.31
湖北	26/26	0.01~0.10	26/26	0.06~0.17
湖南	24/28	0.01~0.07	28/28	0.02~0.11
广东	15/42	0.01~0.23	42/42	0.03~0.35
广西	27/28	0.01~0.08	28/28	0.02~0.20
海南	4/6	0.01~0.01	6/6	0.01~0.11
重庆	1/2	0.02~0.02	2/2	0.17~0.22
四川	41/42	0.01~0.05	42/42	0.02~0.10
贵州	18/18	0.01~0.07	18/18	0.02~0.11
云南	7/30	0.02~0.10	32/32	0.01~0.17
西藏	14/14	0.03~0.13	14/14	0.05~0.30
陕西	10/22	0.05~0.14	22/22	0.05~0.15
甘肃	30/30	0.03~0.46	30/30	0.06~0.38
青海	14/14	0.08~0.32	16/16	0.07~0.68
宁夏	10/10	0.10~0.30	10/10	0.09~0.37
新疆	28/28	0.03~0.07	28/28	0.07~0.16

注: 1) n: 高于MDC测值数, m: 测值总数。

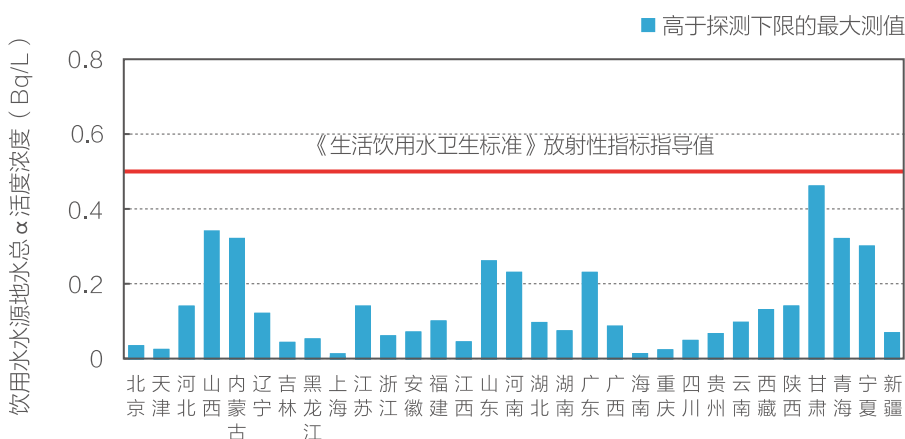


图 3.3-20 饮用水水源地水中总α活度浓度

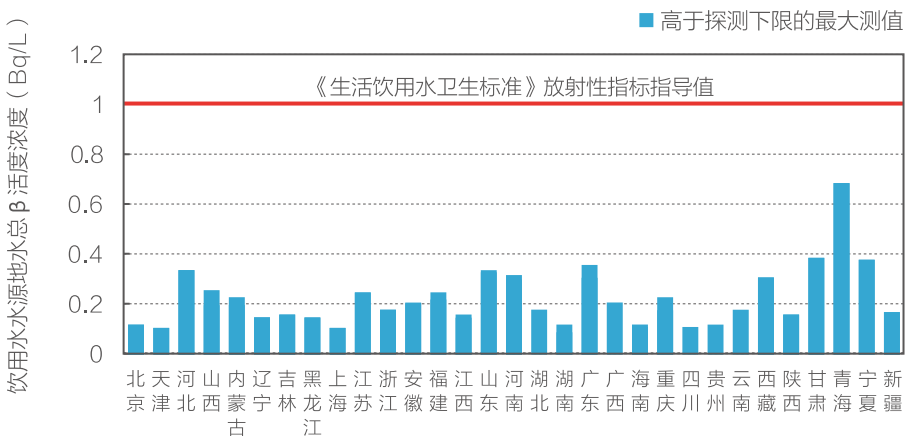


图 3.3-21 饮用水水源地水中总β活度浓度

3.3.5 海水和海洋生物

2020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活度浓度处于本底涨落范围内，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	主要分布区间
铀	μg/L	48/48	1.0~4.9	1.6~3.8
钍	μg/L	48/48	0.04~1.3	0.05~0.76
镭-226	mBq/L	46/46	1.3~16	4.1~13
锶-90	mBq/L	48/48	0.57~5.8	0.61~4.5
铯-137	mBq/L	48/48	0.2~2.4	0.47~1.6

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	锶-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	0.061	1/1	0.025
	紫菜	Bq/kg-干	0/1	<MDC	0/1	<MDC
海鱼(黄鱼、鲳鱼等)	Bq/kg-鲜	9/12	0.010~0.14	13/14	0.018~0.19	
海贝(牡蛎、扇贝等)	Bq/kg-鲜	6/12	0.003~0.23	8/12	0.005~0.050	
海虾(海虾、爬虾)	Bq/kg-鲜	4/5	0.020~0.13	4/5	0.013~0.070	
海蟹(梭子蟹)	Bq/kg-鲜	1/1	0.022	1/1	0.010	

注: 1) 为放化分析结果。

2) n: 高于MDC测值数, m: 测值总数。

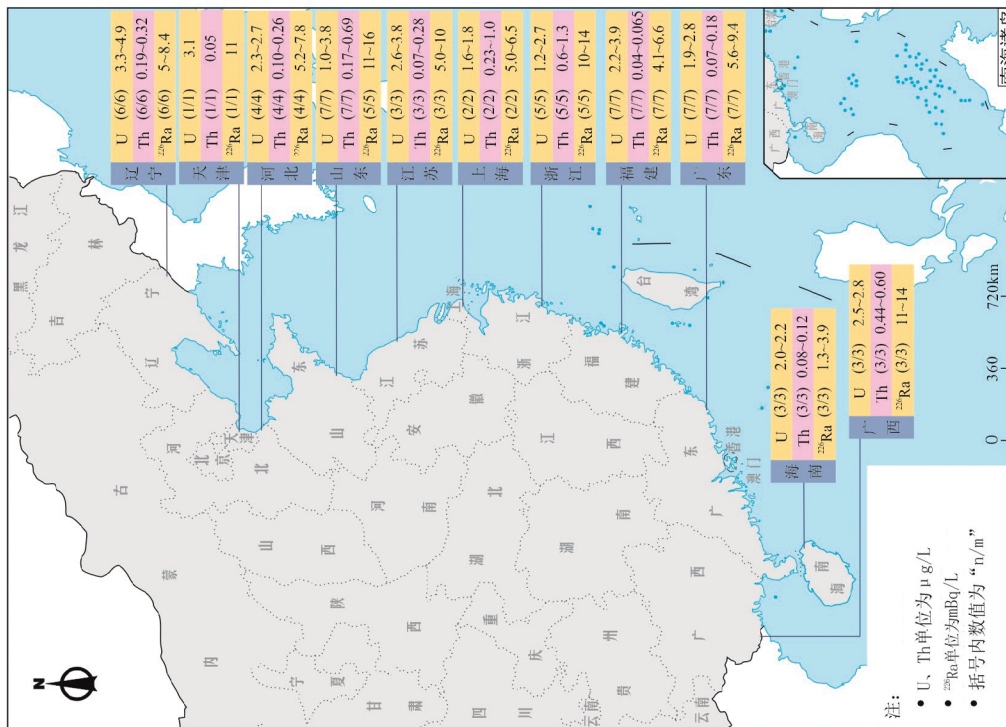
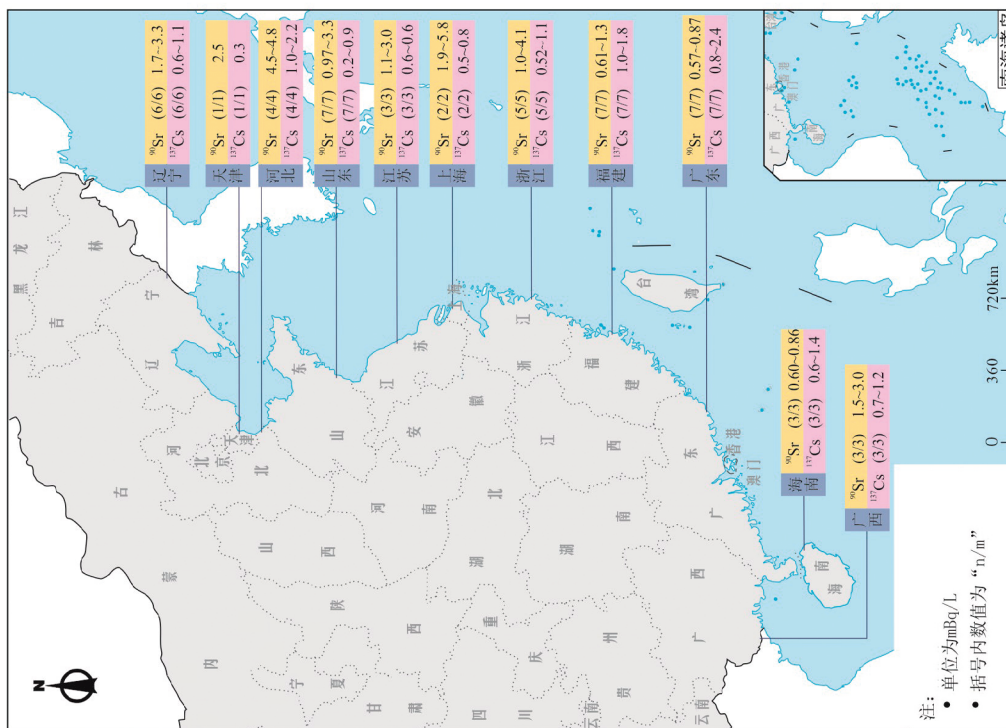


图 3.3-22 近岸海域海水监测结果

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，并与之发生多种化学反应。因此，天然水中往往溶解、夹带着各种环境物质。此外，天然水体中还生长着各种水生生物，从而形成复杂而庞大的体系。

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

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

3.4 土壤

2020年，全国土壤监测结果和监测点分布见表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活度浓度处于本底涨落范围内，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-137活度浓度未见异常。

■表3.4-1 土壤监测结果

监测项目	单位	n/m ¹	范围	主要分布区间
铀-238	Bq/kg-干	343/359	5~306	23~68
钍-232	Bq/kg-干	360/360	9~468	32~81
镭-226	Bq/kg-干	360/360	6~226	22~59
铯-137	Bq/kg-干	180/360	0.2~11	0.6~3.1

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	33	1/1	41	1/1	28	1/1	0.2
天津	8/8	32~39	8/8	46~56	8/8	36~41	0/8	<MDC
河北	14/14	17~30	14/14	28~55	14/14	21~36	8/14	0.6~3.1
山西	11/11	40~54	11/11	31~61	11/11	23~45	9/11	0.4~3.0
内蒙古	11/12	20~40	12/12	32~52	12/12	20~35	11/12	0.7~3.1
辽宁	14/14	20~58	14/14	22~54	14/14	18~55	14/14	0.4~4.6
吉林	10/10	13~41	10/10	25~52	10/10	13~34	5/10	0.7~3.8
黑龙江	13/13	12~38	13/13	27~48	13/13	16~50	11/13	1.0~7.0
上海	3/4	34~37	4/4	46~54	4/4	29~36	3/4	0.9~1.5
江苏	8/13	22~37	13/13	40~61	13/13	20~39	9/13	0.6~4.8
浙江	11/11	21~55	11/11	33~75	11/11	20~47	7/11	0.5~3.4
安徽	9/15	35~56	15/15	44~74	15/15	28~42	7/15	1.3~3.3
福建	9/9	34~127	9/9	74~142	9/9	44~112	1/9	1.5
江西	11/11	31~97	11/11	32~97	11/11	24~75	0/11	<MDC
山东	18/18	16~36	18/18	34~77	18/18	14~40	9/18	0.6~1.9
河南	18/18	18~38	18/18	37~63	18/18	22~45	0/18	<MDC
湖北	13/14	30~52	13/13	33~62	14/14	13~55	5/14	0.7~2.4
湖南	14/14	36~94	14/14	46~90	14/14	26~95	9/14	0.8~5.6

注: 1) n: 高于MDC测值数, m: 测值总数, 续表同。

表3.4-2 (续)

省份	铀-238		钍-232		镭-226		铯-137	
	n/(m ³)	范围 (Bq/kg-干)	n/(m ³)	范围 (Bq/kg-干)	n/(m ³)	范围 (Bq/kg-干)	n/(m ³)	范围 (Bq/kg-干)
广东	21/21	15~306	21/21	20~468	21/21	15~226	8/21	0.9~1.9
广西	14/14	24~165	14/14	29~213	14/14	18~154	6/14	0.6~6.2
海南	3/4	33~99	4/4	9~122	4/4	6~63	1/4	1.8
重庆	6/6	25~39	6/6	34~58	6/6	22~37	3/6	0.7~0.9
四川	21/21	16~48	21/21	22~59	21/21	17~60	13/21	0.5~1.1
贵州	9/9	31~145	9/9	24~85	9/9	23~197	0/9	<MDC
云南	14/14	10~119	16/16	13~134	16/16	9~84	10/16	1.0~3.2
西藏	7/7	44~63	7/7	51~100	6/6	30~59	1/7	2.6
陕西	11/11	5~32	11/11	16~60	11/11	9~34	7/11	0.4~1.9
甘肃	15/15	16~42	15/15	15~53	15/15	12~39	7/14	0.2~5.0
青海	8/8	22~54	8/8	27~53	8/8	16~42	8/8	0.9~3.3
宁夏	5/5	21~30	5/5	28~38	5/5	18~31	5/5	0.4~2.5
新疆	14/14	25~62	14/14	28~80	14/14	28~60	2/14	2.6~4.4

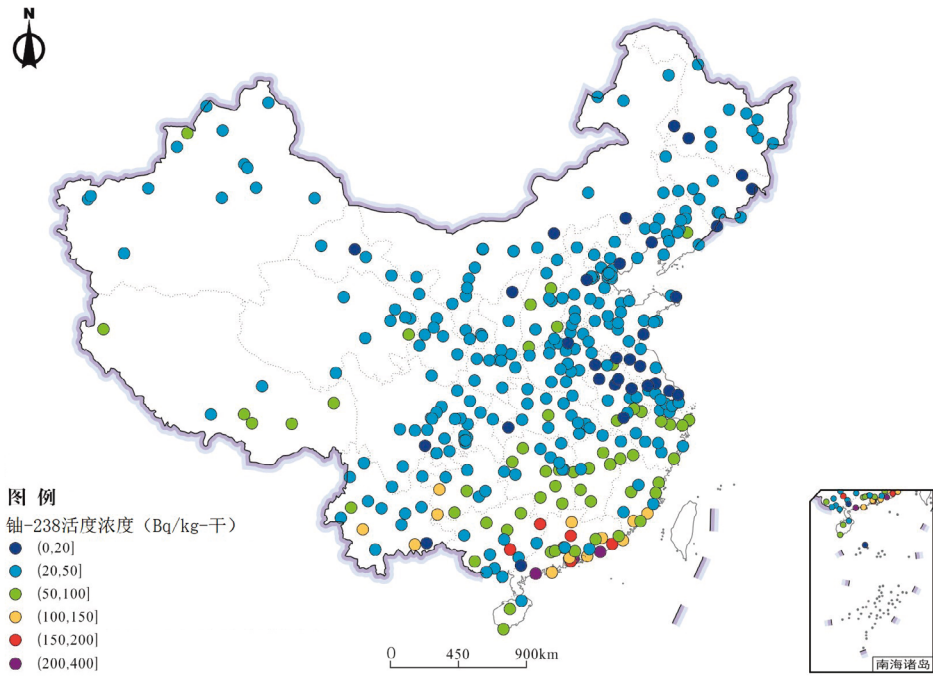


图 3.4-1 土壤中铀-238活度浓度分布示意图

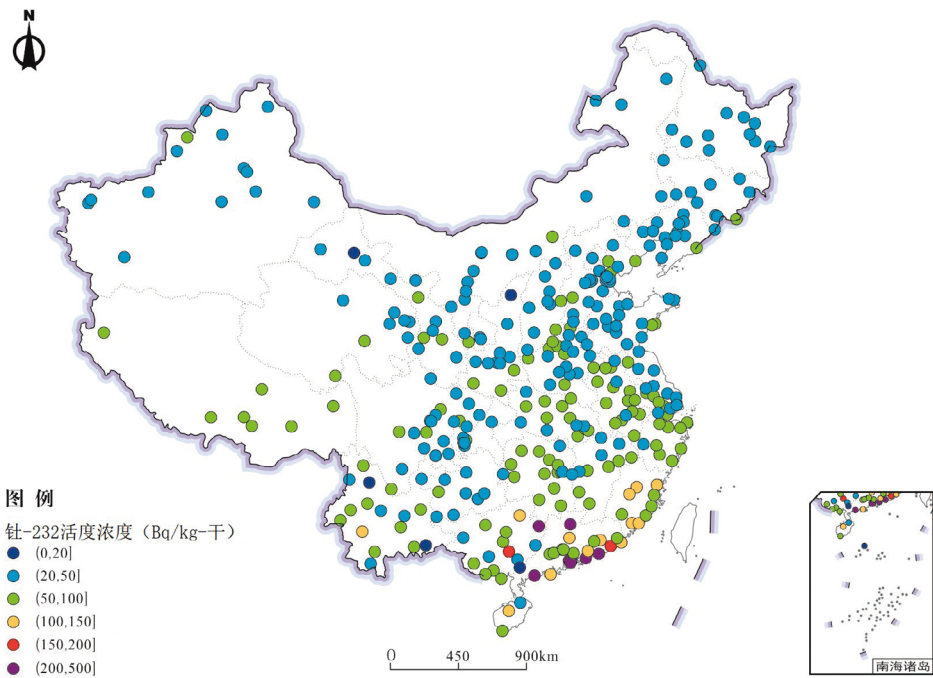


图 3.4-2 土壤中钍-232活度浓度分布示意图

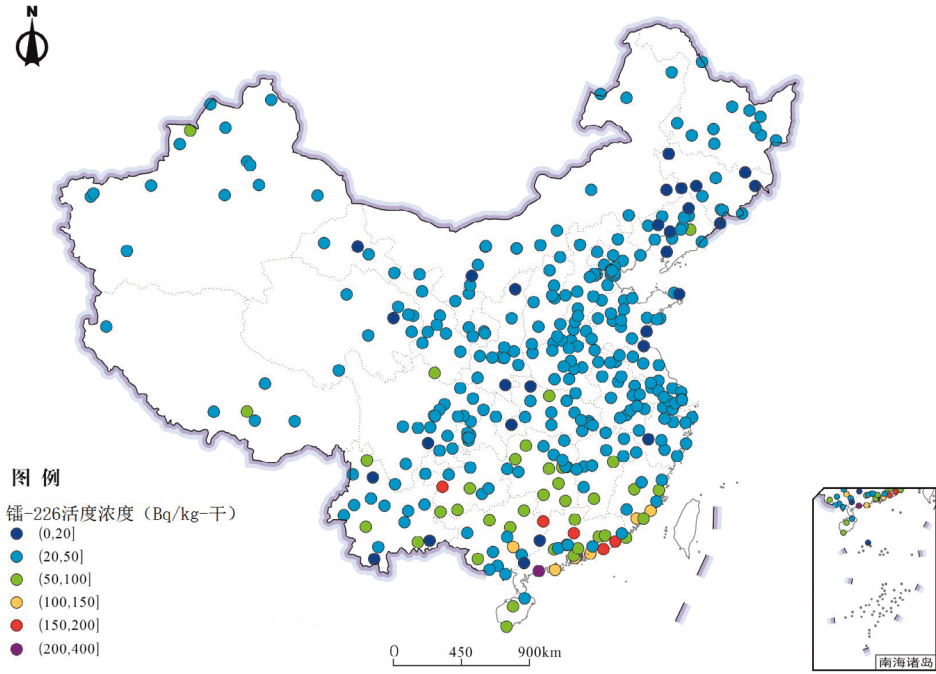


图 3.4-3 土壤中镭-226活度浓度分布示意图

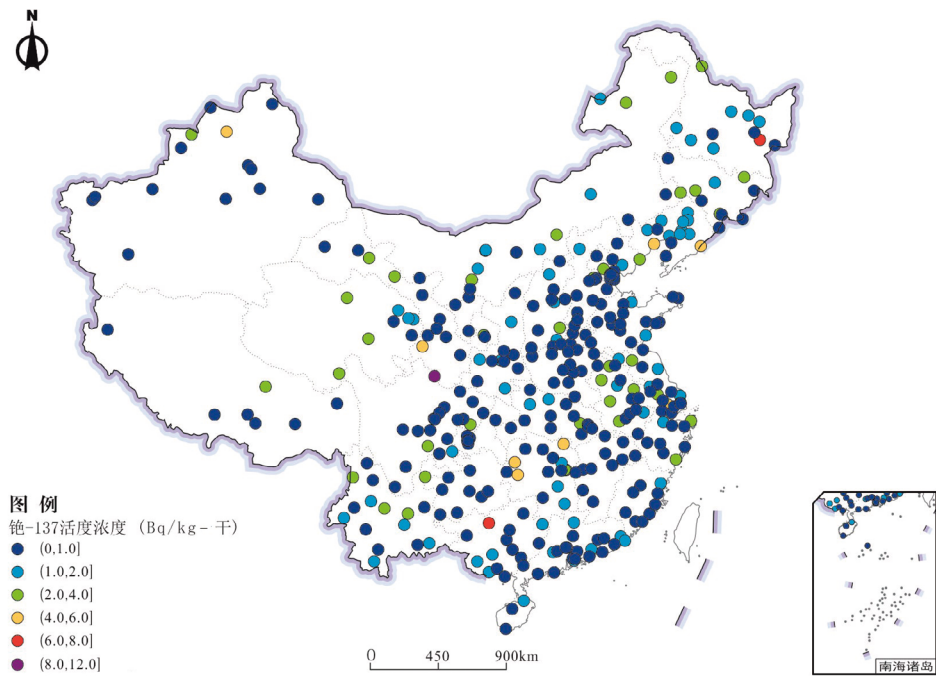


图 3.4-4 土壤中铯-137活度浓度分布示意图

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

2020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未见异常，且低于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）规定的公众曝露控制限值（频率范围为30MHz~3000MHz）。

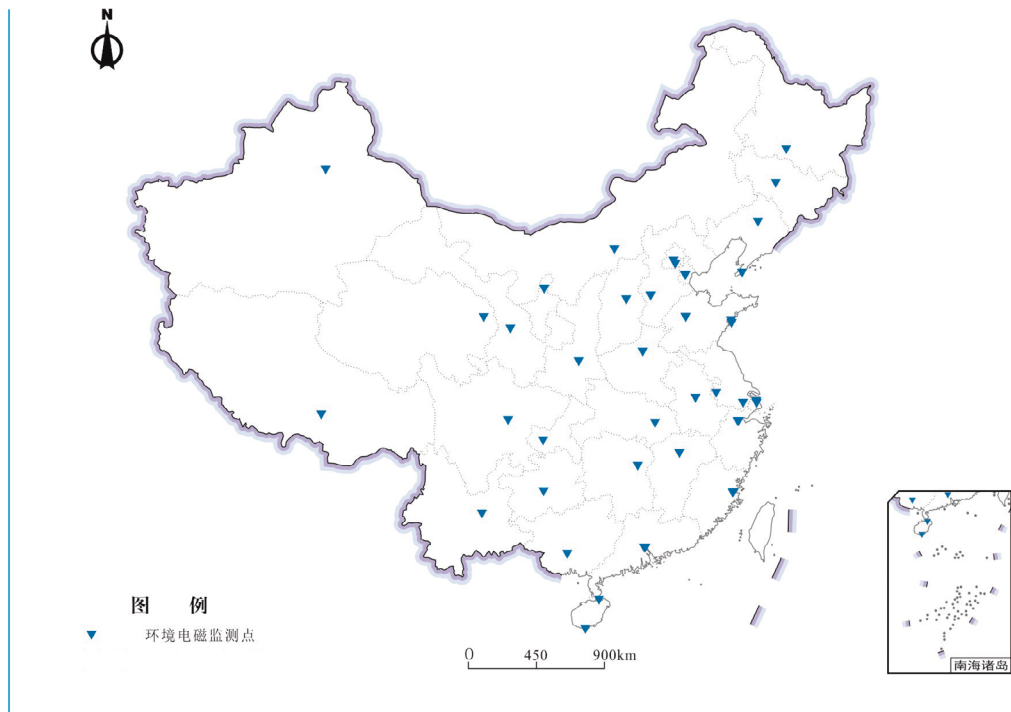


图 3.5-1 环境电磁辐射布点示意图

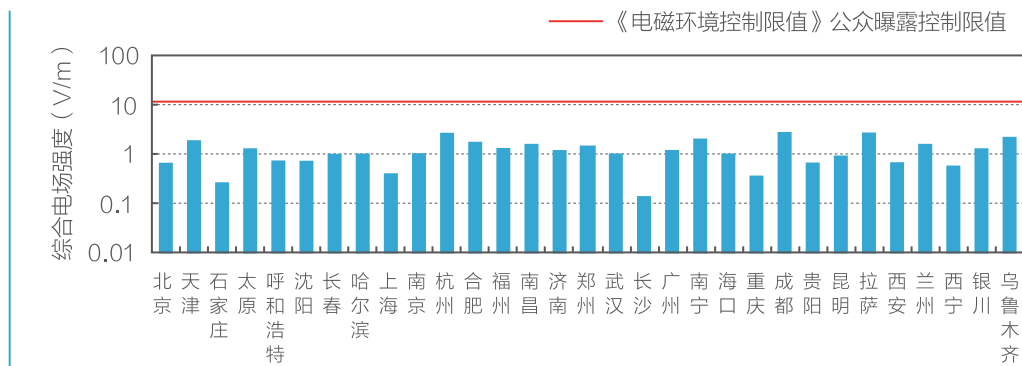


图 3.5-2 环境电磁辐射水平

专栏3-9 电磁环境

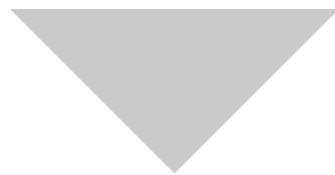
■ 电磁环境是由存在于给定场所的所有电磁现象的总和，它包括自然的和人为的，有源的（直射波）和无源的（反射波），静态和动态，它是由不同频率的电场和磁场所组成。

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。环境条件应符合行业标准和仪器标准中规定的使用条件。在电磁设备或设施正常工作时间进行测量，每个测点连续测5次，每次测量时间不少于15秒，读取稳定状态的最大值。



4 总结



2020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本底涨落范围内，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、气溶胶中天然放射性核素铍-7、钾-40、铅-210和钋-210活度浓度处于本底涨落范围内，人工放射性核素碘-131、铯-134、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日沉降量处于本底涨落范围内，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、空气中气态放射性核素碘-131活度浓度未见异常。

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活度浓度处于本底涨落范围内，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活度浓度处于本底涨落范围内，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活度浓度处于本底涨落范围内，人工放射性核素铯-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。

6、近岸海域海水中天然放射性核素铀和钍浓度、镭-226活度浓度处于本底涨落范围内；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活度浓度处于本底涨落范围内，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未见异常，且低于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中规定的公众曝露控制限值（频率范围为30MHz~3000MHz）。



附录



附录1 监测方法、测量仪器和探测下限

环境辐射监测方法均通过资质认定，包括现行有效的标准方法或经确认的非标方法，且需满足《国控网监测样品探测下限管理要求》，各项目的监测方法和测量仪器见附表1-1、探测下限管理要求见附表1-2和附表1-3。

■ 附表1-1 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
环境 γ 辐射水平	空气吸收剂量率 自动监测	《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 放射性浓度的测定 蒸发法》(EJ/T 900-94) 《水质 总 β 放射性的测定 厚源法》(HJ 899-2017) 《生活饮用水标准检验方法放射性指标》(GB/T 5750.13-2006)	α/β 测量装置
^3H	空气、降水	《水中氚的分析方法》(GB 12375-90) 《水中氚的分析方法》(HJ 1126-2020)	液闪谱仪
^{90}Sr	气溶胶、 沉降物	《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
	水、生物	《水和生物样品灰中锶-90的放射化学分析方法》(HJ 815-2016)	
^{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)	铀分析仪
Th	水	《水中钍的分析方法》(GB 11224-89) 《食品中放射性物质检验 天然钍和铀的测定》(GB 14883.7-2016)	分光光度计
^{226}Ra	水	《水中镭-226的分析测定》(GB 11214-89)	氡钍分析仪、 α/β 测量装置
		《水中镭的 α 放射性核素的测定》(GB 11218-89)	
^{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)	高纯锗 γ 谱仪
		《高纯锗 γ 能谱分析通用方法》(GB/T 11713-2015)	
	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)	
	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)		
生物	《生物样品中放射性核素的 γ 能谱分析方法》(GB/T 16145-1995) 《高纯锗 γ 能谱分析通用方法》(GB/T 11713-2015)		
环境 电磁辐射	综合 电场强度	《辐射环境保护管理导则-电磁辐射监测仪器和方法》 (HJ/T 10.2-1996)	非选频式宽带辐射 测量仪、选频式 辐射测量仪

■ 附表1-2 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	40
总β	陆地水	mBq/L	15
U	陆地水	μg/L	0.05
	海水	μg/L	0.20
Th	水	μg/L	0.05
²²⁶ Ra	水	mBq/L	4.0
	水	mBq/L	0.80
⁹⁰ Sr	气溶胶	μBq/m ³	0.40 (年度累积样)
	沉降物	mBq/m ² -天	0.70 (季度累积样)
	鱼类、虾类、贝类	mBq/kg-鲜	30
¹³⁷ Cs	水	mBq/L	0.40
	气溶胶	μBq/m ³	0.30
	沉降物	mBq/m ² -天	0.50
	鱼类、虾类、贝类	mBq/kg-鲜	30
³ H	降水、水蒸汽	Bq/L-水	2.0
²¹⁰ Pb	气溶胶	μBq/m ³	20
²¹⁰ Po	气溶胶	μBq/m ³	10

■ 附表1-3 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	¹³¹ I	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs
气溶胶	μBq/m ³	100	/	20	5.0	5.0
气碘	mBq/m ³	/	/	0.40	/	/
沉降物	mBq/m ² -天	50	/	3.0	3.0	3.0
土壤	Bq/kg-干	/	30	/	/	1.0

附录2 数据处理与评价

2.1 数据处理

2.1.1 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。探测下限LLD的数学表达式一般为：

$$LLD = (K_{\alpha} + K_{\beta}) \times S_N \quad (1)$$

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，考虑样品总计数 N_s 可以和本底计数 N_b 相比拟时，则有 $N_s = N_b$ ；并考虑 $\alpha = \beta = 0.05$ ，则有 $K_{\alpha} = K_{\beta} = 1.645$ 。此时探测下限LLD的数学表达式为：

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

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，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：

$$MDC = \frac{4.65}{\epsilon \rho m t} \sqrt{N_b} \quad (3)$$

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。

2.1.2 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。

2.1.3 累积剂量

(1) 区域内多个监测点的平均值计算见公式(4)：

$$\bar{A} = \frac{1}{N} (\bar{P}_1 + \bar{P}_2 + \cdots + \bar{P}_N) \quad (4)$$

式中： \bar{A} 为多个监测点的平均值； \bar{P} 为单个监测点的平均值；N为监测点的数目。

(2) 区域内多个监测点的范围计算见公式(5)和公式(6)：

$$A_{\min} = \min \{ \bar{P}_1, \bar{P}_2, \cdots, \bar{P}_N \} \quad (5)$$

$$A_{\max} = \max \{ \bar{P}_1, \bar{P}_2, \cdots, \bar{P}_N \} \quad (6)$$

式中： A_{\min} 为多个监测点的最小值； A_{\max} 为多个监测点的最大值；其余参数释义同上。

(3) 区域内多个监测点测值主要分布区间的下界为监测点平均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）。

(4) 测值取3位有效数字,不扣除仪器对宇宙射线的响应值。

(5) 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。

2.1.4 样品中放射性核素活度浓度

(1) 区域(流域)内多个监测点的范围计算见公式(7)和公式(8):

$$A_{\min} = \min\{S_1, S_2, \dots, S_M\} \quad (7)$$

$$A_{\max} = \max\{S_1, S_2, \dots, S_M\} \quad (8)$$

式中: A_{\min} 为多个监测点的最小值; A_{\max} 为多个监测点的最大值; S 为高于MDC的测值; M 为高于MDC的测值数目。

当高于MDC测值数为1时, 范围为该测值; 当高于MDC测值数为0时, 范围为“<MDC”。

(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)内所有高于MDC的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)。当高于MDC测值数为0时, 主要分布区间为“<MDC”。

(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) 因样品采集、前处理、测量等原因导致无效的监测结果, 不参与统计。

2.1.5 环境电磁辐射

(1) 区域内多个监测点的平均值计算见公式(4)。

(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。

2.2 数据评价

全国辐射环境质量监测结果主要依据 3σ 准则、全国环境天然放射性水平调查结果和《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)等标准规定值进行结果评价。评价时, 适当考虑与评价方法相关的置信水平、测量不确定度等风险水平, 并排除以下因素的影响: ①雾霾、沙尘、降雨(雪)、水文参数、潮汐等自然因素变化的影响; ②土壤、道路、植被、水体、建筑

物、施工等周围环境变化的影响。评价方法见附表2-1。

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核与辐射事件的影响；③核试验、核技术应用、NORM等其他人为活动的影响。

受探伤、医学诊疗等核技术应用的影响，造成个别辐射环境质量监测数据异常，因其不能反映环境辐射水平，不参与辐射环境质量监测结果评价。

■ 附表2-1 监测结果评价方法

评价类型	监测对象	监测项目	评价对象	评价方法 ¹⁾²⁾
本底涨落	环境 γ 辐射水平	空气吸收剂量率自动监测	小时均值	3σ 准则
		累积剂量	小时均值	
	空气、水、土壤、生物	总 α 、总 β 铀、铀-238、钍、钍-232、镭-226、钷-7、铅-210、钋-210	样品测值	
未见异常	空气、水、土壤、生物	氡、铯-90、铯-137	样品测值	3σ 准则
		除铯-137外其他人工 γ 放射性核素		MDC
	环境电磁	综合电场强度	现场测值	3σ 准则
全国天然环境放射性水平调查结果比较	江河水			所在江河流域调查值
	湖库水、井水、海水	铀、钍、镭-226	样品测值	全国范围相应水体调查值
	土壤	铀-238、钍-232、镭-226		所在省份调查值
相关标准规定值比较	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
	环境电磁	综合电场强度	现场测值	《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(频率范围30MHz~3000MHz)

注：1) 评价时，适当考虑与评价方法相关的置信水平、测量不确定度等风险水平。

2) 采用 3σ 准则法进行评价时，除自然因素外，其他因素引起的超本底涨落范围或异常的测值不参与平均值和标准偏差的统计；点位或周围环境发生变化，若测值存在显著性差异，则采用与当前相同状况后的测值进行平均值和标准偏差的统计。当历年测值数目小于10时，原则上，不进行 3σ 准则法评价，采用与历年测值对比分析的方法进行评价，依据历年测值进行评价时，除自然因素外，其他因素引起的超本底涨落范围或异常的测值不参与历年测值的统计。历年测值的收集期限为点位启用~上年度。

附录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。

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提高设施)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4 符号说明

m: 表示测值总数。

n: 表示高于MDC测值数。

MDC: 表示探测下限。

/: 表示监测方案未要求开展监测。

***:** 表示因仪器设备或样品采集、前处理、测量等原因导致数据缺失。

审图号: GS (2021) 3083 号