

2022 ANNUAL REPORT OF THE NATIONAL
RADIATION ENVIRONMENT QUALITY



2022年 全国辐射环境 质量报告

生态环境部辐射环境监测技术中心



2022年 全国辐射环境质量报告

生态环境部辐射环境监测技术中心

前 言

为了防治放射性污染，保护环境，保障公众健康，促进核能、核技术的开发与和平利用，国务院生态环境主管部门依据《中华人民共和国放射性污染防治法》，建立了国家辐射环境监测网（以下简称“国控网”）。《2022年全国辐射环境质量报告》以国控网数据为基础，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。

按照《全国辐射环境监测方案》，2022年国控网环境 γ 辐射监测包括324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环境 γ 辐射剂量率连续自动监测，235个地级及以上城市的环境 γ 辐射剂量率累积监测；空气监测包括320个地级及以上城市的气溶胶监测，280个地级及以上城市的沉降物和气态放射性碘同位素监测，32个地级及以上城市的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、西南诸河及重要湖泊（水库）的地表水监测，336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个省份的近岸海域海水和海洋生物监测；土壤监测包括337个地级及以上城市的监测。此外，还包括35个地级及以上城市的环境电磁辐射监测。

监测结果表明：2022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。

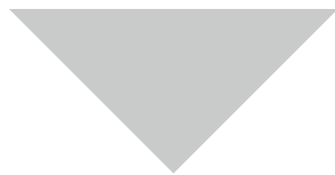
本报告中的数据除特殊说明外，均未包括香港、澳门特别行政区和台湾省数据。报告在编写过程中得到了各省级辐射环境监测机构及山东省青岛生态环境监测中心的大力支持和帮助，在此表示衷心感谢！由于视野和水平有限，报告中难免存在不足，敬请批评指正。

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	08
1.4 环境中电磁辐射	08
2 辐射环境质量监测概况	11
2.1 监测目的	12
2.2 监测方式	12
2.3 监测方案	14
2.4 质量保证	16
3 辐射环境质量状况	19
3.1 环境 γ 辐射剂量率	20
3.2 空气	25
3.3 水体	41
3.4 土壤	60
3.5 环境电磁辐射	66
4 总结	68
附录	71
附录1 监测方法、测量仪器和探测下限	72
附录2 数据处理与评价	76
附录3 名词解释	81
附录4 符号说明	82



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%¹。

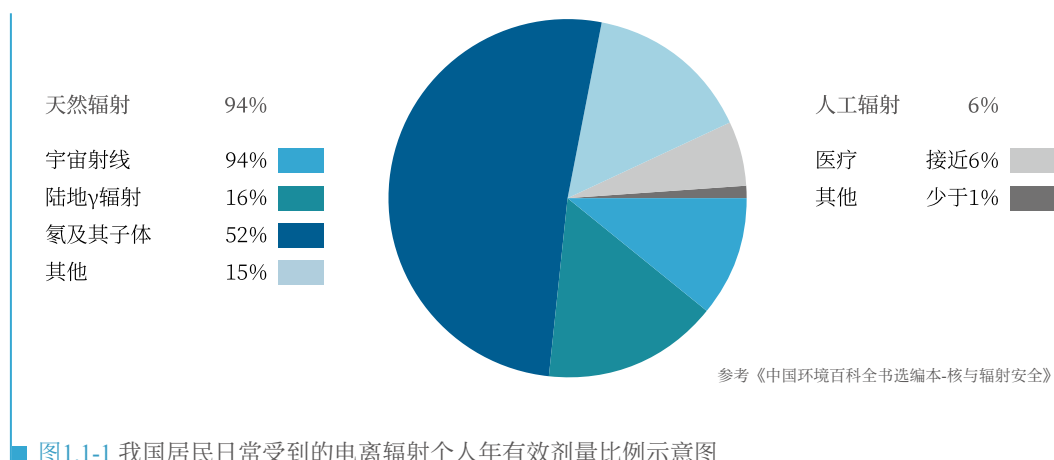


图1.1-1 我国居民日常受到的电离辐射个人年有效剂量比例示意图

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影响科学委员会（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）。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。

¹引自《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年出版。

■ 表1.1-1 天然辐射源所致个人年有效剂量平均值¹⁾

单位: mSv

辐射来源		个人年有效剂量平均值	
		全球	我国
外照射	宇宙射线电离成分 ¹⁾	0.28	0.26
	中子	0.10	0.10
	陆地 γ 射线	0.48	0.54
内照射	氡(氡-222和氡-220)及其子体	1.25	1.745
	钾-40	0.17	0.17
	其他核素	0.12	0.315
总计		2.4	3.13

注: 1) 因宇生放射性核素引起的全球居民照射相对较小, 表中未列入。

1.1.1 宇宙射线

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。到达地表的宇宙射线可分为电离成分和中子成分, 是人体外照射的重要来源。影响宇宙射线剂量率的因素有海拔高度、地磁纬度等, 其中海拔高度是主要影响因素, 1983~1990年全国环境天然放射性水平调查结果表明, 我国青藏高原室外宇宙射线剂量率按面积加权均值为111nGy/h, 为海平面处均值的3倍以上。

1.1.2 宇生放射性核素

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%。UNSCEAR 2000年报告中给出了主要宇生放射性核素在大气层中的产生率及浓度, 见表1.1-2。目前我国环境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在大气层中的产生率及浓度¹单位: 产生率, PBq/a; 总量, 10¹²Bq; 浓度, mBq/m³

核素	半衰期	产生率	全球总量	在对流层中的浓度
³ H	12.33年	72	1275	1.4
⁷ Be	53.29天	1960	413	12.5
¹⁴ C	5730年	1.54	12750	56.3
²² Na	2.602年	0.12	0.44	0.0021

1.1.3 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。为摸清我国天然放射性水平、分布及其规律，1983~1990年间，原国家环境保护总局组织了一次全国环境天然放射性水平调查，调查的内容包括了江河水、湖泊水、水库水、井水、海水等各类水体和土壤中铀-238、钍-232、钾-40等放射性核素活度浓度。目前我国环境监测的原生放射性核素包括铀系、钍系的部分放射性核素及钾-40，在本报告中统称为天然放射性核素。

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、2}

单位：mSv

辐射来源	个人年有效剂量平均值	
	全球	我国
医学诊断检查（不含治疗）	0.6	0.21
大气层核试验	0.005	0.006
切尔诺贝利事故	0.002	0.00005
核燃料循环（公众照射）	0.0002	0.00001

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造出来的放射性核素。目前我国环境监测的人工放射性核素包括氙、锶-90、碘-131、铯-134和铯-137等。其中，氙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

²引自《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。

表的大气层核试验沉降灰的影响逐渐减弱，在未扰动的且排水良好的浅层砂质土和砂壤中，人工放射性核素活度浓度相对高一些。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 核燃料循环

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、核反应堆的运行、乏燃料的贮存和后处理、以及放射性废物贮存和处理。核反应堆中裂变所释放的能量，可用于核电厂生产电能。此外，还可用于科学研究、放射性同位素生产、供热等。根据UNSCEAR报告资料，在核燃料循环各阶段中，对局部和区域集体剂量的贡献，主要来自核电厂、铀矿冶设施及后处理厂。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，排入大气的主要是惰性气体（氦、氡、氩等）、碘、碳-14、氡及粒子（锰-54、钴-58、钐-106等）。液态流出物主要有氡、碳-14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。

1.2.4 核事故

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。

1.2.5 核与辐射技术在其它领域的应用

核与辐射技术在其它领域的应用指的是除核能和医学应用以外，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。主要包括用于医疗卫生用品消毒、食品保藏、农业育种等的辐照加工；检查焊缝缺陷的工业探伤；测量材料厚度、水分、密度等的密封放射源仪表以及石油、天然气勘探中的放射性测井活动等。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，环境中宇宙辐射，以及土壤、岩石和建筑材料等中存在的天然放射性核素，对人体形成外照射。此外，人为实践或事件释放至环境中的辐射，以及释放至环境中的放射性核素亦对人体形成外照射。

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，食入内照射与外照射通常是主要途径和持续来源。

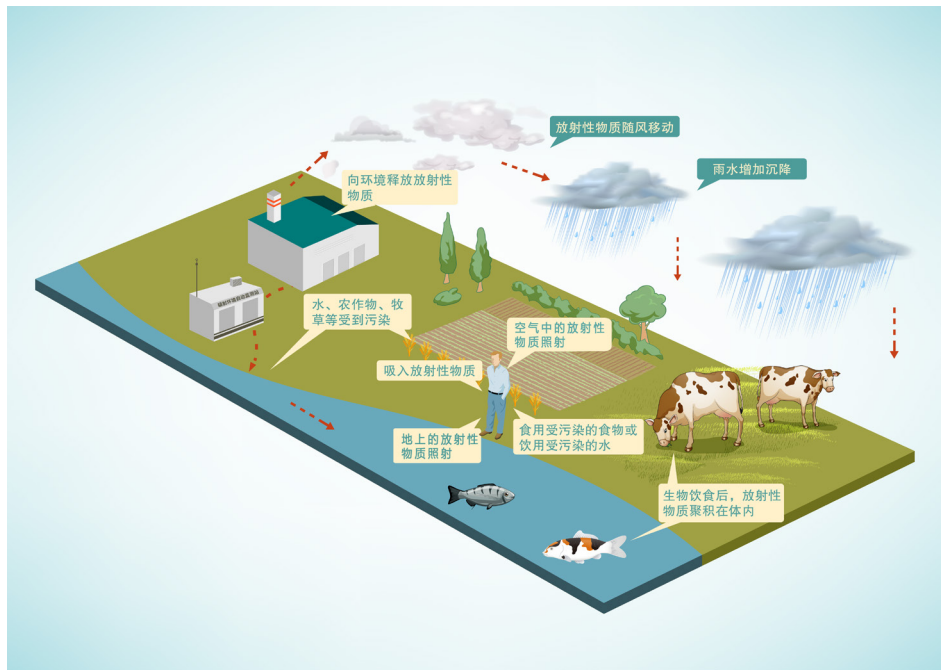


图 1.3-1 辐射照射途径示意图

1.4 环境中电磁辐射

电磁辐射是能量以电磁波形式由源发射到空间的物理现象，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、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。

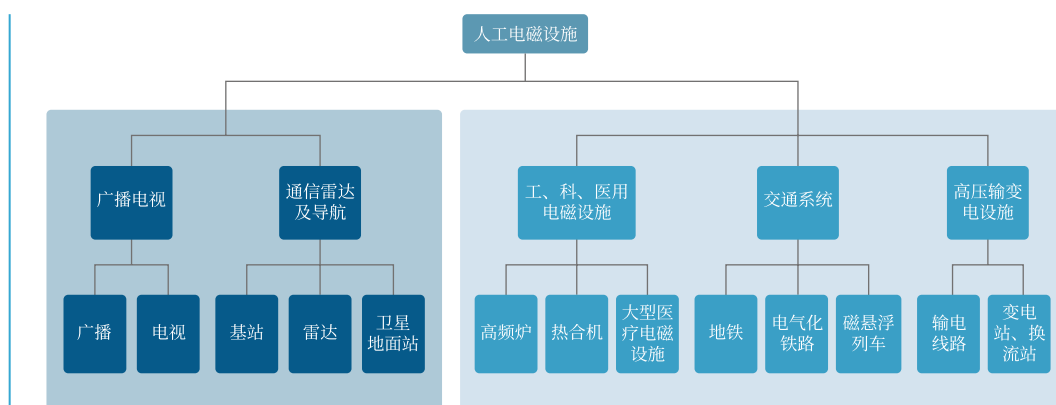


图 1.4-1 人工电磁设施的分类

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



图 1.4-2 电磁波频谱图

为了保护环境，保障人体健康，防治电磁辐射污染，1988年我国首次发布《电磁辐射防护规定》（GB 8702-88），标准规定了0.1MHz~300GHz频率范围内的电磁辐射防护限值。2014年根据电磁环境基础研究的新进展和我国电磁环境特征的变化，同时为了适应经济建设发展的需求，对原标准进行了修订，并更名为《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）。新标准增加了1Hz~0.1MHz频率范围内电磁环境控制限值，明确了监测的要求，删除了职业控制限值。新标准于2015年1月1日起实施。根据新标准的规定，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。《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，我国环境监测的电磁辐射监测项目为0.1MHz~3000MHz频率范围内的功率密度。

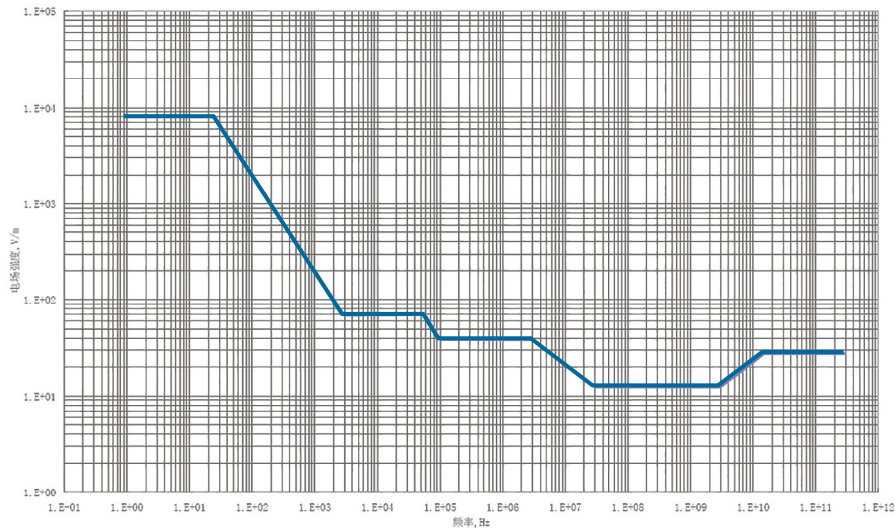
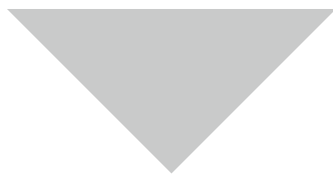


图 1.4-3 公众曝露电场强度控制限值与频率关系



2 辐射环境质量监测概况



2.1 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，评价辐射环境质量状况，为环境管理等提供依据；2) 识别异常数据、跟踪并判断环境风险；3) 为公众提供信息。

2.2 监测方式

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环境 γ 辐射剂量率连续自动监测和累积监测等环境 γ 辐射水平监测，以及空气、水、土壤和海洋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，开展功率密度的监测。

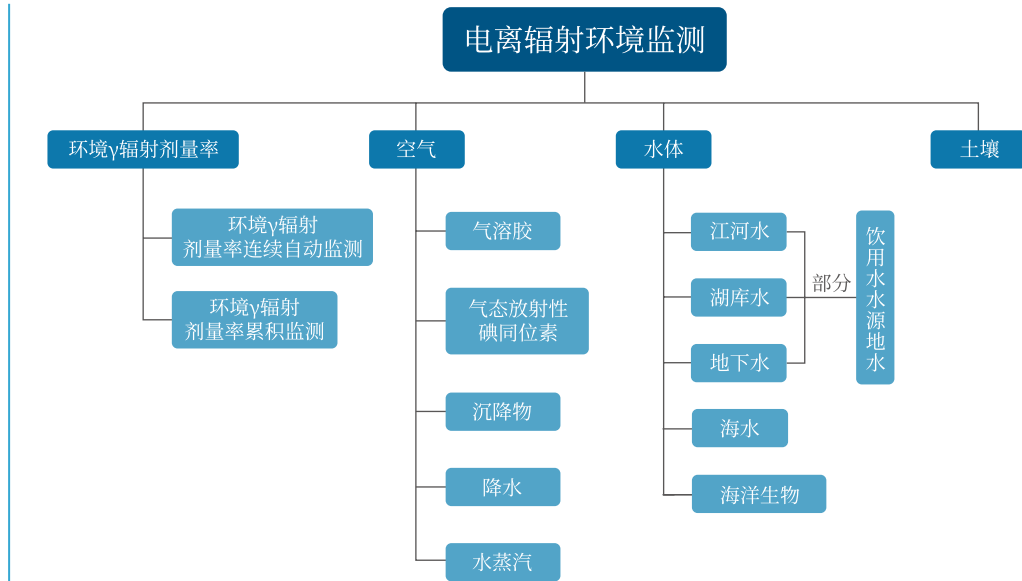


图 2.2-1 电离辐射环境监测对象示意图

电离辐射的监测方式包括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）环境 γ 辐射剂量率连续自动监测，自动站的配置示意图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，通过数据管理系统结合气象数据实时监视环境 γ 辐射水平的变化，并对异常数据进行报警，报警示意图见图2.2-3。

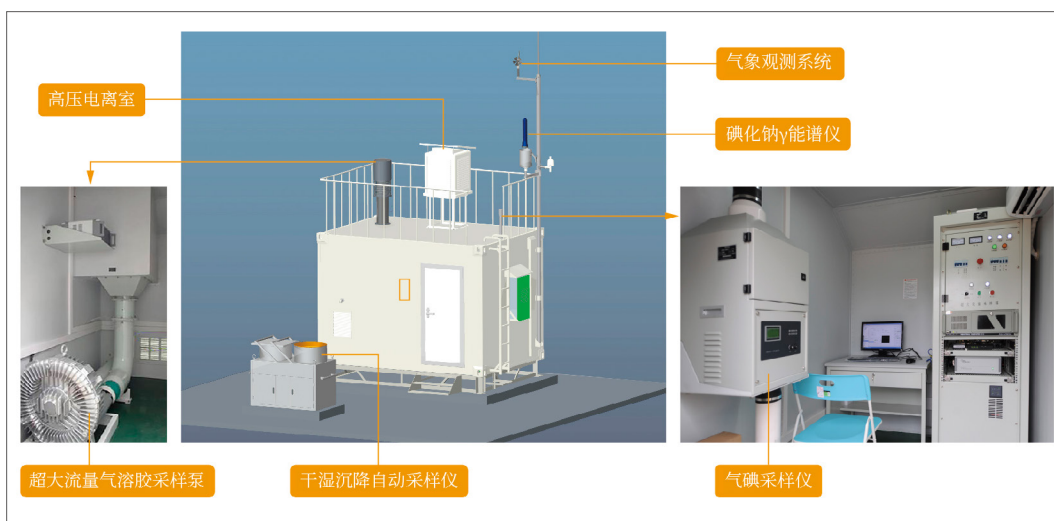


图 2.2-2 自动站配置示意图



图 2.2-3 自动站异常数据报警示意图

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 实验室测量仪器

2.3 监测方案

全国辐射环境质量监测方案不断优化与发展，2022年环境 γ 辐射剂量率连续自动监测，气溶胶、沉降物和气态放射性碘同位素（以下简称“气态碘”）监测均新增了点位，其中，环境 γ 辐射剂量率监测包括324个地级及以上城市的自动站环境 γ 辐射剂量率连续自动监测，布设点位从263个增至497个；235个地级及以上城市环境 γ 辐射剂量率累积监测，布设点位328个。空气监测包括320个地级及以上城市气溶胶监测，布设点位从225个增至459个；280个地级及以上城市沉降物和气态碘监测，布设点位从157个增至391个；32个地级及以上城市空气水蒸汽和降水监测，每个城市布设1个点位。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、西南诸河河水监测，布设断面81个；太湖、巢湖、密云水库、新安江水库等湖泊（水库）水监测，布设点位21个；336个地级及以上城市集中式饮用水水源地水监测，布设点位344个；31个城市地下水监测，每个城市布设1个点位；沿海11个省份海水和海洋生物监测，布设海水点位48个，海洋生物点位34个³；土壤监测包括337个地级及以上城市监测，布设点位362个；此外，还包括35个地级及以上城市环境电磁辐射监测，布设点位44个。

2022年，全国辐射环境质量监测方案见表2.3-1。

³根据《全国辐射环境质量监测方案》，有核电省份采集的海洋生物样品至少包含一种藻类样品，受采样限制，山东省在威海远遥村采集了藻类样品，该点位未计入统计。

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	点位数	
环境 γ 辐射剂量率	环境 γ 辐射剂量率连续自动监测	连续	497	
	环境 γ 辐射剂量率累积监测	累积样/季	328	
空气	^{210}Pb 、 ^{210}Po	1次/月	32	
	气溶胶	γ 能谱 ¹⁾	1次/月	32
			1次/季	427
		^{90}Sr 、 ^{137}Cs	1次/年 (每月或每季度采集1次样品, 合并全年样品测量)	459
	气态碘	^{131}I	1次/季	391
	沉降物	γ 能谱 ¹⁾	累积样/季	391
		^{90}Sr 、 ^{137}Cs	1次/年 (每季度采集累积样, 合并全年样品测量)	391
	降水	^3H	累积样/季	32
	水蒸汽	^3H	1次/年	32
	水体	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 、 ^{90}Sr 、 ^{137}Cs	1次/半年	49
		总 α 、总 β	1次/年	295
地下水		总 α 、总 β 、U、Th、 ^{210}Pb 、 ^{210}Po 、 ^{226}Ra	1次/年	31
海水		U、Th、 ^3H 、 ^{90}Sr 、 γ 能谱 ¹⁾	1次/年	48
海洋生物		^3H (TFWT ²⁾ 、OBT ²⁾)、 ^{14}C 、 ^{90}Sr 、 γ 能谱 ¹⁾	1次/年	34
土壤	^{90}Sr 、 γ 能谱 ¹⁾	1次/年	362	
环境电磁辐射	功率密度	1次/年	44	

注: 1) 气溶胶 γ 能谱分析包括但不限于 ^7Be 、 ^{40}K 、 ^{131}I 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 等核素; 沉降物 γ 能谱分析包括但不限于 ^7Be 、 ^{40}K 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 等核素; 海水和海洋生物 γ 能谱分析包括但不限于 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{65}Zn 、 ^{95}Zr 、 ^{106}Ru 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{124}Sb 、 ^{125}Sb 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{144}Ce 等核素; 土壤 γ 能谱分析包括但不限于 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{137}Cs 等核素。

2) TFWT为组织自由水氚, OBT为有机结合氚。

2.4 质量保证

国控网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家单位（以下简称“监测机构”）承担。各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，承担国控网建设和管理的技术支持、质量管理、人员培训等工作；负责全国辐射环境质量状况的分析评价，编写辐射环境质量报告和其他专题报告。

为规范辐射环境监测质量保证工作，严守监测数据质量“生命线”，国控网监测按照内部质控为主、外部监督为辅的质量管理方针，建立了国家-区域-监测机构三级质控体系，在实验室资质认定、人员资质与培训、监测方法、量值溯源、样品采集和管理、实验室分析内部和外部质量控制、监督检查、数据审核等方面采取了一系列质控措施。

（1）实验室资质认定

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。

（2）人员资质与培训

根据《生态环境监测技术人员持证上岗考核规定》的要求，从事国控网监测工作的人员应具备与其承担工作相适应的能力，接受相应的培训，并持有上岗证。未取得上岗证者，只能在持证人员的指导下开展工作，监测质量由相应持证人员负责。

受生态环境部委托，监测技术中心组织实施省级辐射环境监测机构持证上岗考核。至2022年底，32家监测机构共计924名监测人员持有监测技术中心颁发的辐射监测上岗证。

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与技术交流，包括新制订标准方法和技术规范宣贯培训、监测技术革新培训、监测薄弱项目培训、新进人员或岗位轮换人员上岗培训等。2022年，32家监测机构共计604人·次参加了监测技术中心举办的技术培训与交流。

此外，各监测机构积极派员参加国际和国内权威机构组织的各类监测技术培训，共计742人·次。

（3）监测方法

采用能满足国控网监测工作需求和质量管理的监测方法，包括现行有效的国家生态环境标准方法、国家标准方法、其他部门行业标准方法、国际标准方法或经确认的非标方法，监测方法原则上满足《国控网监测样品探测下限管理要求》。2022年，海水中氡分析首次采用电解浓集法进行前处理。国控网辐射环境监测方法和探测下限管理要求见附录1。

（4）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。量值溯源的方式包括送有资质的计量机构校准或自行校准、比对。2022年，国控网监测量值溯源有效的监测仪器设备共计1295台。

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的期间核查，以及高纯锗 γ 能谱仪、液闪谱仪、 α 谱仪、 α/β 测量装置、热释光剂量测量系统等低水平测量装置的性能检验。

（5）标准物质

统一国控网监测量值溯源，为监测机构统一配置可有效溯源至国家计量基准的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，监测技术中心还定期组织监测机构开展 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，并根据使用情况进行期间核查。

（6）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》、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。

（7）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，2022年共开展925个样品平行样测定、405个样品留样复测、355个样品加标回收率测定、163个样品密码质控样与密码加标样测定。此外，还开展了空白样测定、仪器比对、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。

(8) 实验室分析外部质量控制

监测技术中心每年组织开展全国辐射环境监测质量考核。2022年质量考核共计4个项目，分别为水中钍放化分析、水中碳-14放化分析、碘采样器气溶胶滤膜 γ 能谱分析和热释光探测器环境 γ 辐射累积剂量测量，考核结果总体良好。2022年，监测技术中心和7家监测机构参加了国际原子能机构组织的全球能力验证活动，验证结果总体满意。监测技术中心还组织了电解浓集法海水中氡测量的比对工作，比对结果均为满意。此外，监测机构之间亦开展各类比对测量活动。

依托于国控网样品外检体系，监测技术中心每年组织开展监测样品外检活动，样品外检执行统一的技术规范和评价指标。国控网监测样品外检体系见图2.4-1。2022年，国控网实施样品外检的共计4个项目，分别为气溶胶中镭-90和 γ 能谱分析、水中铀和镭-226，外检双方测量结果总体无显著性差异。

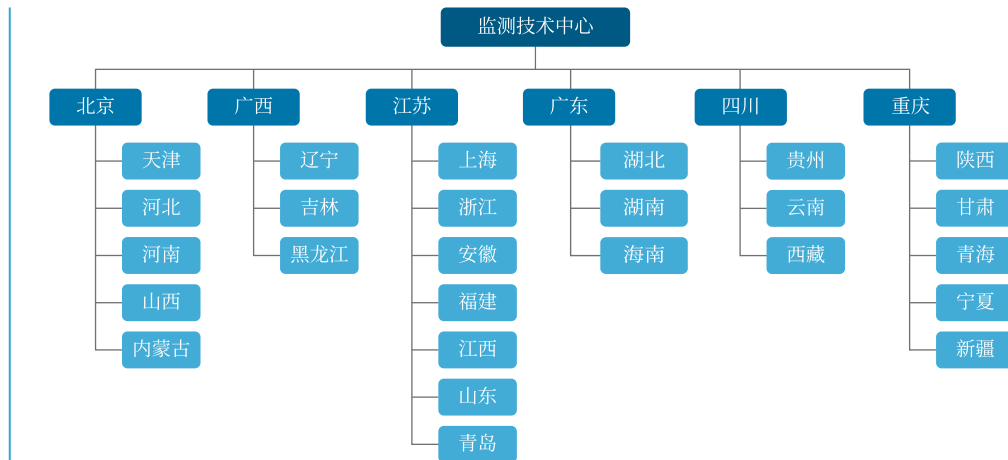


图2.4-1 国控网监测样品外检体系

(9) 监督检查

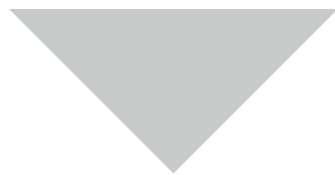
监测技术中心根据质量考核结果，每年组织开展现场监督检查，同时通过数据管理系统对监测机构质量控制措施的执行情况进行日常监督检查。

(10) 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 辐射环境质量状况



3.1 环境 γ 辐射剂量率

3.1.1 连续自动监测

2022年，全国环境 γ 辐射剂量率连续自动监测点分布和监测结果见表3.1.1-1和图3.1.1-1。

监测结果表明，环境 γ 辐射剂量率连续自动监测结果处于当地天然本底涨落范围内。

自动站环境 γ 辐射剂量率连续自动监测年均值范围为（48.9~273.0）nGy/h，主要分布区间为（66.1~102.4）nGy/h。

环境 γ 辐射剂量率连续自动监测小时均值主要分布在年均值附近，除少量自动站受降水和雪覆盖等自然因素影响，其他自动站小时均值在（年均值 \pm 10）nGy/h范围内的比例为（94.0~100.0）%。

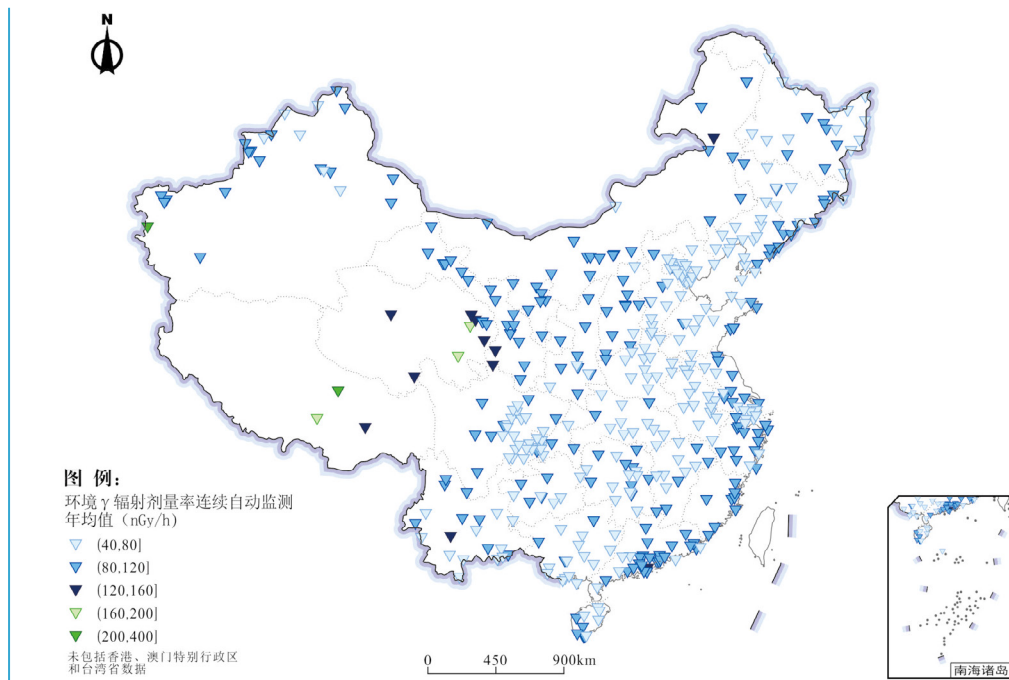


图 3.1.1-1 环境 γ 辐射剂量率连续自动监测年均值分布示意图

表 3.1.1-1 31个省份环境 γ 辐射剂量率连续自动监测结果

单位: 年均值, nGy/h; 小时均值分布, %

省份	自动站数	年均值 (D) 范围	小时均值分布			
			<D-10	[D-10, D+10]	(D+10,D+40]	>D+40
北京	7	61.0~90.0	0.0	98.9	1.0	0.1
天津	10	59.9~73.0	0.0	99.1	0.9	0.0
河北	13	63.4~92.1	0.0	99.0	1.0	0.1
山西	12	69.0~111.2	0.0	98.6	1.3	0.1
内蒙古	21	77.8~121.0	0.1	98.9	0.9	0.0
辽宁	22	65.0~108.5	0.1	98.1	1.7	0.1
吉林	16	64.3~99.8	0.1	97.9	1.9	0.0
黑龙江	27	64.1~94.4	3.9	94.0	2.0	0.0
上海	7	63.9~81.6	0.0	97.2	2.7	0.1
江苏	14	48.9~101.8	0.0	97.7	2.2	0.1
浙江	18	69.8~108.1	0.3	96.9	2.7	0.1
安徽	17	57.5~77.6	0.0	96.9	2.8	0.2
福建	9	82.9~111.7	0.0	97.5	2.3	0.2
江西	13	66.5~104.2	0.3	94.1	5.2	0.4
山东	15	59.8~101.4	0.0	98.5	1.5	0.1
河南	18	59.6~85.3	0.0	98.1	1.8	0.1
湖北	15	58.9~114.6	1.6	94.4	3.8	0.3
湖南	18	61.2~116.3	0.0	94.9	4.9	0.2
广东	29	65.4~143.3	0.6	95.6	3.7	0.1
广西	20	61.0~84.0	0.1	95.6	4.2	0.2
海南	13	62.4~96.8	0.0	97.3	2.6	0.1
重庆	13	54.0~87.2	0.0	94.9	4.7	0.4
四川	27	61.9~151.8	0.1	96.1	3.5	0.3
贵州	10	63.0~90.8	0.8	93.0	5.9	0.2
云南	27	57.9~120.4	0.3	96.6	3.1	0.1
西藏	9	153.0~207.0	0.1	96.6	3.3	0.0
陕西	12	76.9~93.4	0.3	97.3	2.2	0.1
甘肃	24	81.4~132.2	0.0	99.0	1.0	0.0
青海	10	91.4~181.3	0.1	98.4	1.5	0.0
宁夏	6	82.5~92.6	0.0	99.1	0.8	0.0
新疆	25	54.2~273.0	1.8	97.1	1.2	0.0

3.1.2 累积监测

2022年，全国环境 γ 辐射剂量率累积监测点分布和监测结果见表3.1.2-1和图3.1.2-1。

监测结果表明，环境 γ 辐射剂量率累积监测结果处于当地天然本底涨落范围内，328个地点的年均值范围为（49.1~241）nGy/h，主要分布区间为（73.0~126）nGy/h。



图 3.1.2-1 环境 γ 辐射剂量率累积监测年均值分布示意图

■ 表 3.1.2-1 31个省份环境 γ 辐射剂量率累积监测结果

单位: nGy/h

省份	点位数	年均值范围
北京	10	64.7~83.0
天津	10	49.1~75.6
河北	12	67.0~92.7
山西	9	82.6~126
内蒙古	11	91.6~108
辽宁	10	88.7~142
吉林	15	75.2~122
黑龙江	14	87.0~124
上海	4	80.4~93.5
江苏	12	74.2~101
浙江	11	93.4~147
安徽	11	97.0~112
福建	9	97.0~131
江西	11	86.7~121
山东	20	80.2~178
河南	10	66.0~100
湖北	10	63.6~102
湖南	9	73.6~116
广东	11	59.8~160
广西	11	72.7~202
海南	12	50.1~94.9
重庆	11	83.9~100
四川	12	77.1~129
贵州	9	68.0~116
云南	8	97.8~165
西藏	9	178~241
陕西	8	80.5~102
甘肃	8	89.3~119
青海	9	110~170
宁夏	10	84.0~118
新疆	12	79.0~139

专栏3-1 环境 γ 辐射剂量率及其监测

■ X射线、 γ 射线、中子等强贯穿电离辐射会对人体造成外照射，外照射主要包括宇宙射线外照射以及陆地 γ 辐射外照射。

环境 γ 辐射剂量率是指环境中天然放射性核素、人工放射性核素或射线装置发出的X/ γ 射线在空气中产生的吸收剂量率，是陆地 γ 辐射外照射的主要监测指标。

环境 γ 辐射剂量率的测量方式有三种，分别为自动测量、累积测量和即时测量，前两种均为连续测量方式，主要用于监视环境 γ 辐射水平的变化，其中自动监测还具有实时监视作用。

环境 γ 辐射剂量率自动测量，根据自动站配备的探测器分为两类。一类自动站配备的探测器为高压电离室，可连续测量环境 γ 辐射剂量率；另一类自动站配备的探测器为高压电离室和碘化钠 γ 能谱仪，除可连续监测环境 γ 辐射剂量率外，还可识别核素。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。

环境 γ 辐射剂量率累积测量，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环境 γ 辐射剂量率。

根据监测方法，环境 γ 辐射剂量率自动测量和累积测量结果包含仪器对宇宙射线的响应值，即时测量结果则扣除仪器对宇宙射线的响应值。

不同地点环境 γ 辐射剂量率本底水平存在差异，主要与当地土壤、岩石和建材等陆地环境中天然放射性核素含量等因素相关，同时受当地自然、地理等环境因素的影响。此外，连续测量结果还与当地宇宙射线剂量率相关。

同一地点的环境 γ 辐射剂量率本底水平也存在不可忽视的涨落，主要与降水、冰雪覆盖、土壤中水分、地下水位、射气析出和扩散等环境因素相关。其中降水、土壤中水

分以及冰雪覆盖等因素的影响尤为明显，特别是空气中氡子体受雨水的冲刷和清洗，可使环境 γ 辐射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。升高持续数小时，再降至比平均值低约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，在数小时至数天恢复至正常水平。此外，雪覆盖可使环境 γ 辐射剂量率降低，大约1cm厚的雪可降低约1%。

3.2 空气

3.2.1 气溶胶

2022年，全国气溶胶监测点分布见图3.2.1-1，监测结果见表3.2.1-1~表3.2.1-4。

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；人工放射性核素铯-90和铯-137活度浓度未见异常，碘-131检出主要受医疗机构核医学应用的影响，铯-134等人工 γ 放射性核素活度浓度小于探测下限。

■ 表3.2.1-1 气溶胶监测结果汇总

单位： ${}^7\text{Be}$ 、 ${}^{210}\text{Pb}$ 、 ${}^{210}\text{Po}$ ，mBq/m³；其他， $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$

监测项目	点位数 ¹⁾	n/m ¹⁾	范围 ¹⁾	主要分布区间 ¹⁾	
γ 能谱 分析	${}^7\text{Be}$	442	1843/1843	0.054~23	0.81~8.2
	${}^{40}\text{K}$	442	1020/1854	6.5~624	22~113
	${}^{210}\text{Pb}$	31	350/350	0.040~7.2	0.48~2.6
	${}^{131}\text{I}$	364	8/1073	2.6~14	-
	${}^{134}\text{Cs}$	440	0/1846	<MDC	-
	${}^{137}\text{Cs}$	442	14/1855	0.49~5.2	-
放化 分析	${}^{210}\text{Po}$	31	347/347	0.014~0.99	0.085~0.54
	${}^{90}\text{Sr}$	342	320/343	0.017~3.8	0.15~1.9
	${}^{137}\text{Cs}$	348	324/349	0.050~2.9	0.19~1.6

注：1) “n”为检出值数，“m”为测值总数，“范围”和“主要分布区间”均为检出值统计结果。受疫情等不可抗力的影响，部分点位未开展相关项目监测。

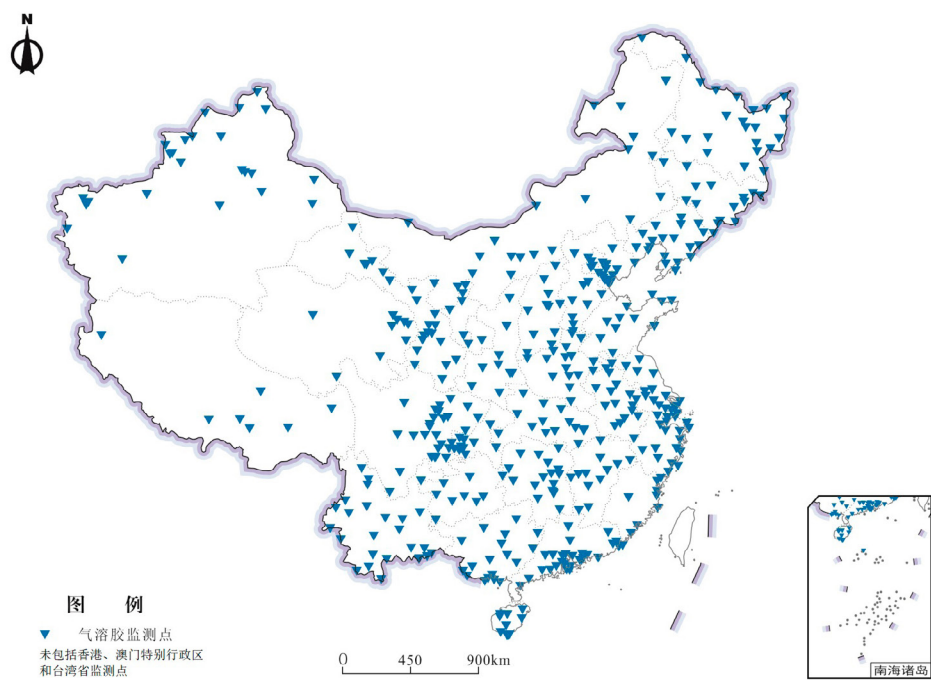


图 3.2.1-1 气溶胶布点示意图

表3.2.1-2 31个省份气溶胶 γ 能谱监测结果单位: ${}^7\text{Be}$, mBq/m^3 ; 其他, $\mu\text{Bq/m}^3$

省份	点位数 ¹⁾	${}^7\text{Be}^{2)}$		${}^{40}\text{K}^{2)}$		${}^{131}\text{I}^{2)}$		${}^{137}\text{Cs}^{2)}$	
		n/m^3	范围 ³⁾	n/m^3	范围 ³⁾	n/m^3	范围 ³⁾	n/m^3	范围 ³⁾
北京	5	28/28	1.3~7.1	14/28	28~170	0/13	<MDC	1/28	2.9
天津	8	36/36	1.9~8.8	25/36	21~105	0/26	<MDC	0/36	<MDC
河北	12	56/56	1.2~14	56/56	31~196	0/3	<MDC	0/56	<MDC
山西	3	3/3	5.3~6.5	12/12	16~120	* ⁴⁾	* ⁴⁾	0/11	<MDC
内蒙古	18	66/66	1.3~12	30/64	37~411	0/24	<MDC	5/66	0.61~3.1
辽宁	19	84/84	0.27~5.5	60/84	24~103	0/82	<MDC	0/84	<MDC
吉林	15	62/62	0.15~10	20/62	22~221	0/48	<MDC	0/62	<MDC
黑龙江	26	112/112	0.070~10	77/112	15~223	0/80	<MDC	0/112	<MDC
上海	6	30/30	0.45~9.8	23/30	18~65	1/16	2.6	1/30	0.59
江苏	13	60/60	0.27~7.2	24/60	19~82	0/33	<MDC	0/60	<MDC
浙江	17	75/75	0.58~13	14/76	29~140	0/47	<MDC	0/76	<MDC
安徽	16	71/71	0.77~12	71/71	13~134	0/20	<MDC	0/71	<MDC
福建	8	40/40	0.30~16	19/40	18~80	0/40	<MDC	0/40	<MDC
江西	12	54/54	0.19~14	27/56	25~163	0/21	<MDC	0/56	<MDC
山东	11	60/60	0.88~10	27/60	31~106	1/44	14	1/60	0.49
河南	18	78/78	0.98~16	64/78	29~624	0/9	<MDC	2/78	1.1~2.0
湖北	14	64/64	0.27~11	43/64	10~115	0/40	<MDC	0/64	<MDC
湖南	17	75/75	0.40~11	45/76	18~132	0/9	<MDC	0/76	<MDC
广东	28	120/120	0.054~13	64/120	10~147	5/113	2.7~8.0	0/120	<MDC
广西	19	75/75	0.12~14	34/75	19~117	0/75	<MDC	0/75	<MDC
海南	12	46/46	0.10~7.7	27/46	6.5~46	0/45	<MDC	0/46	<MDC
重庆	12	56/56	0.10~7.1	52/56	11~70	1/31	4.5	0/56	<MDC
四川	26	112/112	0.33~23	70/112	12~248	0/46	<MDC	0/112	<MDC
贵州	9	44/44	0.080~12	25/44	6.5~82	0/13	<MDC	0/44	<MDC
云南	26	110/110	0.12~8.1	0/110	<MDC	0/105	<MDC	0/110	<MDC
西藏	*	*	*	*	*	*	*	*	*
陕西	11	51/51	0.060~12	2/51	309~340	0/1	<MDC	0/51	<MDC
甘肃	23	64/64	0.31~17	51/64	26~531	0/26	<MDC	4/64	3.0~5.2
青海	9	32/32	0.86~17	22/32	24~128	0/24	<MDC	0/32	<MDC
宁夏	5	28/28	0.96~14	13/28	29~266	0/26	<MDC	0/28	<MDC
新疆	24	52/52	3.2~8.9	8/52	70~143	0/12	<MDC	0/52	<MDC

注: 1) 受疫情等不可抗力的影响, 部分点位未开展相关监测。

2) 气溶胶中 ${}^{134}\text{Cs}$ 等其他人工 γ 放射性核素活度浓度均小于探测下限。

3) “n”为检出值数, “m”为测值总数, “范围”为检出值范围。

4) “*”表示因疫情、仪器设备或采样、样品前处理、测量等原因导致数据缺失。

表3.2.1-3 31个省份气溶胶中铅-210和钋-210监测结果

单位: mBq/m³

省份 ¹⁾	²¹⁰ Pb		²¹⁰ Po	
	n/m ²)	范围 ²⁾	n/m ²)	范围 ²⁾
北京	12/12	0.31~1.3	12/12	0.075~0.63
天津	11/11	0.80~1.5	12/12	0.21~0.62
河北	12/12	0.51~2.8	12/12	0.060~0.55
山西	8/8	0.39~1.5	9/9	0.061~0.33
内蒙古	10/10	0.79~4.1	10/10	0.22~0.52
辽宁	12/12	0.79~1.2	12/12	0.18~0.29
吉林	12/12	0.46~2.6	12/12	0.21~0.71
黑龙江	12/12	1.4~5.8	11/11	0.51~0.69
上海	10/10	0.26~2.1	10/10	0.032~0.48
江苏	12/12	0.59~1.9	12/12	0.16~0.54
浙江	12/12	0.47~2.1	12/12	0.13~0.51
安徽	12/12	0.66~2.1	12/12	0.060~0.49
福建	12/12	0.32~3.6	12/12	0.046~0.24
江西	12/12	0.28~1.4	12/12	0.034~0.27
山东	24/24	0.53~2.6	24/24	0.054~0.41
河南	12/12	0.61~4.5	12/12	0.20~0.76
湖北	12/12	0.61~2.8	12/12	0.080~0.86
湖南	12/12	0.39~3.9	12/12	0.080~0.99
广东	12/12	0.11~3.6	12/12	0.031~0.72
广西	12/12	0.34~7.2	12/12	0.054~0.91
海南	12/12	0.04~1.8	12/12	0.020~0.41
重庆	12/12	0.42~3.7	12/12	0.12~0.33
四川	12/12	0.79~3.7	12/12	0.20~0.44
贵州	12/12	0.71~4.0	12/12	0.014~0.41
云南	12/12	0.35~1.3	12/12	0.10~0.26
西藏	* ³⁾	* ³⁾	* ³⁾	* ³⁾
陕西	10/10	1.2~4.1	11/11	0.22~0.94
甘肃	10/10	0.94~5.3	10/10	0.17~0.90
青海	9/9	0.71~4.4	5/5	0.22~0.62
宁夏	12/12	0.60~3.8	12/12	0.070~0.28
新疆	6/6	1.5~3.2	5/5	0.23~0.43

注: 1) 除山东省布设2个点位外, 其他30个省份每个省份布设1个点位。

2) “n”为检出值数, “m”为测值总数, “范围”为检出值范围。

3) “*”表示因疫情、仪器设备或采样、样品前处理、测量等原因导致数据缺失。

表3.2.1-4 31个省份气溶胶中铯-90和铯-137放化监测结果

单位: $\mu\text{Bq/m}^3$

省份	点位数	^{90}Sr		^{137}Cs	
		n/m ¹⁾	范围 ¹⁾	n/m ¹⁾	范围 ¹⁾
北京	5	5/5	0.30~1.4	5/5	1.3~2.6
天津	8	8/8	1.7~3.7	8/8	0.30~0.40
河北	12	12/12	0.35~3.5	12/12	0.22~0.90
山西	* ²⁾	* ²⁾	* ²⁾	* ²⁾	* ²⁾
内蒙古	17	16/16	0.61~1.2	17/17	0.16~2.5
辽宁	19	19/19	0.32~1.2	19/19	0.35~1.4
吉林	15	15/15	0.27~2.8	13/13	0.25~2.9
黑龙江	26	26/26	0.41~2.1	26/26	0.34~2.1
上海	6	6/6	0.44~0.64	6/6	0.13~0.37
江苏	13	12/13	0.055~1.6	11/13	0.064~0.45
浙江	17	16/17	0.16~0.77	16/17	0.25~0.63
安徽	16	9/16	0.40~1.2	12/16	0.31~2.0
福建	8	5/8	0.10~0.41	8/8	0.22~0.34
江西	12	12/12	0.18~2.1	12/12	0.38~1.1
山东	11	11/11	0.16~0.63	11/11	0.19~0.73
河南	18	15/15	0.78~3.8	18/18	0.75~1.9
湖北	14	14/14	0.36~2.8	14/14	0.34~2.2
湖南	17	12/12	0.27~1.9	17/17	0.47~2.4
广东	28	24/28	0.060~0.40	21/28	0.070~0.54
广西	18	18/18	0.10~0.44	11/18	0.20~0.46
海南	12	7/12	0.017~0.15	9/12	0.050~0.33
重庆	12	10/12	0.16~2.7	11/12	0.13~0.79
四川	26	26/26	0.55~1.6	26/26	0.41~0.99
贵州	3	3/3	0.33~0.55	3/3	1.7~2.6
云南	3	3/3	1.4~1.9	2/2	0.44~0.53
西藏	*	*	*	*	*
陕西	11	11/11	0.46~1.6	11/11	0.79~1.8
甘肃	*	*	*	*	*
青海	*	*	*	*	*
宁夏	5	5/5	1.3~3.3	5/5	0.70~1.2
新疆	*	*	*	*	*

注: 1) “n”为检出值数, “m”为测值总数, “范围”为检出值范围。

2) “*”表示因疫情、仪器设备或采样、样品前处理、测量等原因导致数据缺失。

专栏3-2 气溶胶中放射性及其监测

- 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。

目前局部环境有时可观察到的微量碘-131主要受核技术应用的影响，如医疗机构的核医学技术应用等。

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600m³/h；另一类自动站配备有大流量采样器，采样流量不小于60m³/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10000m³，取样后进行实验室分析。

3.2.2 气态碘

2022年，全国气态碘监测点分布见图3.2.2-1，监测结果见表3.2.2-1。

监测结果表明，空气中气态放射性核素碘-131活度浓度小于探测下限。

■ 表3.2.2-1 气态碘监测结果汇总

单位：mBq/m³

监测项目	点位数 ¹⁾	n/m ¹⁾	范围 ¹⁾
¹³¹ I	369	0/1218	<MDC

注：1) “n”为检出值数，“m”为测值总数，“范围”为检出值范围。受疫情等不可抗力的影响，部分点位未开展监测。



图 3.2.2-1 气态碘布点示意图

专栏3-3 空气中碘及其监测

- 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，是一种极易挥发的人工放射性核素，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。

气态碘的监测，主要通过自动站配备的气态碘采样器进行采样，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、非元素无机碘和有机碘，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。

3.2.3 沉降物

2022年，全国沉降物监测点分布见图3.2.3-1，监测结果见表3.2.3-1～表3.2.3-3。

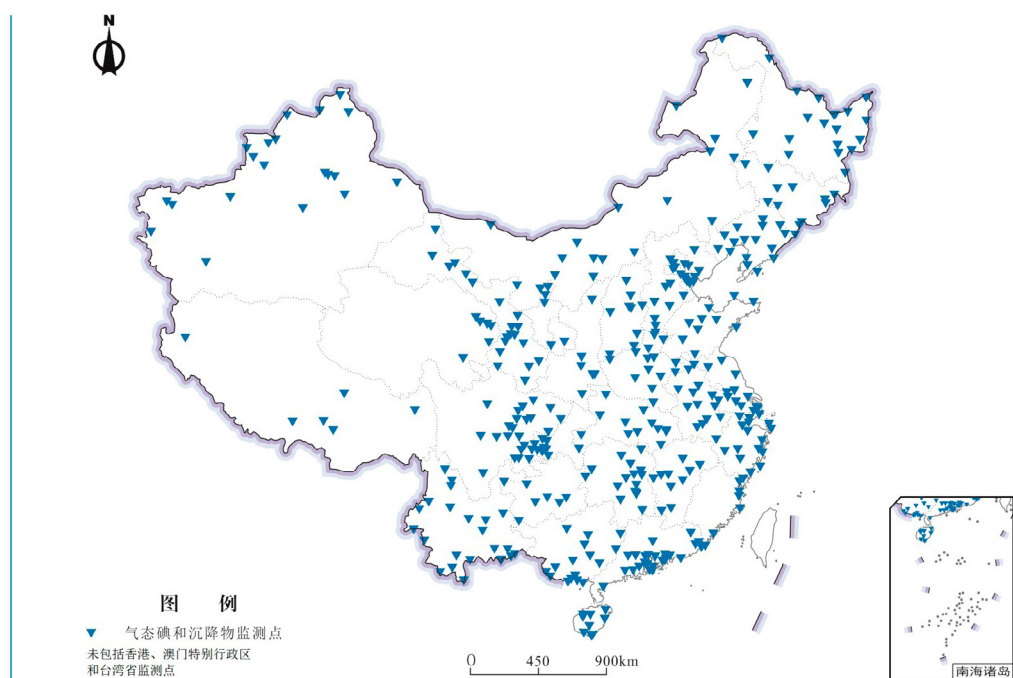
监测结果表明，沉降物中天然放射性核素铍-7和钾-40日沉降量处于本底涨落范围内；人工放射性核素铯-90和铯-137日沉降量未见异常，铯-134等人工 γ 放射性核素日沉降量小于探测下限。

■ 表3.2.3-1 沉降物监测结果汇总

单位: ${}^7\text{Be}$, $\text{Bq}/\text{m}^2\cdot\text{天}$; 其他, $\text{mBq}/\text{m}^2\cdot\text{天}$

监测项目	点位数 ¹⁾	n/m ¹⁾	范围 ¹⁾	主要分布区间 ¹⁾	
γ 能谱分析	${}^7\text{Be}$	374	1332/1332	0.005~8.8	0.10~2.5
	${}^{40}\text{K}$	374	1068/1360	2.4~757	19~192
	${}^{134}\text{Cs}$	374	0/1349	<MDC	-
	${}^{137}\text{Cs}$	374	22/1358	0.65~6.7	0.68~4.0
放化分析	${}^{90}\text{Sr}$	298	284/300	0.022~5.8	0.12~2.2
	${}^{137}\text{Cs}$	290	247/290	0.041~4.2	0.18~2.2

注: 1) “n”为检出值数, “m”为测值总数, “范围”和“主要分布区间”均为检出值统计结果。受疫情等不可抗力的影响, 部分点位未开展相关项目监测。



■ 图 3.2.3-1 沉降物布点示意图

表3.2.3-2 31个省份沉降物 γ 能谱监测结果单位: ${}^7\text{Be}$, $\text{Bq}/\text{m}^2\cdot\text{天}$; 其他, $\text{mBq}/\text{m}^2\cdot\text{天}$

省份	点位数	${}^7\text{Be}^{1)}$		${}^{40}\text{K}^{1)}$		${}^{137}\text{Cs}^{1)}$	
		n/m ²)	范围 ²⁾	n/m ²)	范围 ²⁾	n/m ²)	范围 ²⁾
北京	5	20/20	0.050~6.9	20/20	44~605	7/20	0.65~1.6
天津	6	24/24	0.62~3.1	19/24	44~138	0/24	<MDC
河北	10	40/40	0.064~2.4	40/40	66~188	0/40	<MDC
山西	1	1/1	0.31	2/2	71~374	0/2	<MDC
内蒙古	16	32/32	0.036~2.1	38/43	12~542	3/43	0.95~4.0
辽宁	16	64/64	0.068~3.8	59/64	26~274	0/64	<MDC
吉林	12	37/37	0.012~1.2	27/43	4.4~699	0/43	<MDC
黑龙江	22	88/88	0.018~5.7	66/88	13~432	1/88	4.0
上海	4	16/16	1.3~2.5	16/16	63~380	0/16	<MDC
江苏	11	42/42	0.017~3.8	33/44	7.0~220	0/44	<MDC
浙江	15	60/60	0.20~5.2	58/60	18~459	1/60	1.4
安徽	14	55/55	0.005~1.9	51/55	2.4~73	0/55	<MDC
福建	6	24/24	0.14~5.9	23/24	20~157	0/24	<MDC
江西	10	40/40	0.024~2.0	19/40	28~188	0/40	<MDC
山东	10	39/39	0.25~6.6	30/39	37~224	0/39	<MDC
河南	16	64/64	0.19~8.8	64/64	74~757	3/63	0.68~3.2
湖北	12	46/46	0.010~5.4	42/48	12~285	0/48	<MDC
湖南	15	60/60	0.007~5.9	53/60	8.5~282	0/60	<MDC
广东	26	104/104	0.14~3.0	88/104	16~575	0/103	<MDC
广西	17	59/59	0.040~1.7	51/59	10~157	0/59	<MDC
海南	10	40/40	0.14~3.4	35/40	25~275	0/40	<MDC
重庆	10	39/39	0.18~7.9	37/40	7.3~305	0/40	<MDC
四川	23	89/89	0.045~7.2	63/92	5.0~375	1/92	3.5
贵州	7	28/28	0.27~5.2	27/28	12~115	1/28	1.4
云南	24	87/87	0.030~4.1	0/87	<MDC	0/87	<MDC
西藏	* ³⁾	* ³⁾	* ³⁾	* ³⁾	* ³⁾	* ³⁾	* ³⁾
陕西	8	32/32	0.027~2.6	11/32	15~159	0/32	<MDC
甘肃	19	36/36	0.011~3.6	35/38	8.6~551	1/38	1.2
青海	6	16/16	0.090~4.4	15/16	23~661	0/16	<MDC
宁夏	3	12/12	0.16~4.4	12/12	104~342	4/12	1.6~6.7
新疆	19	38/38	0.86~2.4	34/38	72~164	0/38	<MDC

注: 1) 沉降物中 ${}^{134}\text{Cs}$ 等其他人工 γ 放射性核素日沉降量均小于探测下限。

2) “n”为检出值数, “m”为测值总数, “范围”为检出值范围。

3) “*”表示因疫情、仪器设备或采样、样品前处理、测量等原因导致数据缺失。

■ 表3.2.3-3 31个省份沉降物中锶-90和铯-137放化监测结果

单位: mBq/m²-天

省份	点位数	⁹⁰ Sr		¹³⁷ Cs	
		n/m ¹⁾	范围 ¹⁾	n/m ¹⁾	范围 ¹⁾
北京	5	4/4	0.69~1.6	5/5	0.61~3.6
天津	6	6/6	2.5~5.6	6/6	0.43~0.54
河北	10	10/10	0.67~3.7	10/10	0.32~0.99
山西	* ²⁾	* ²⁾	* ²⁾	* ²⁾	* ²⁾
内蒙古	16	16/16	0.86~2.8	16/16	0.89~4.2
辽宁	16	16/16	0.25~2.2	16/16	0.51~1.5
吉林	12	12/12	0.18~1.4	12/12	0.17~1.4
黑龙江	22	21/21	0.66~2.2	22/22	0.49~2.1
上海	4	4/4	0.32~1.0	4/4	0.20~0.26
江苏	11	6/10	0.061~0.43	3/11	0.11~0.14
浙江	15	14/15	0.32~1.4	14/15	0.25~0.54
安徽	14	12/14	0.070~0.62	3/14	0.68~0.80
福建	6	4/6	0.070~0.18	6/6	0.15~0.38
江西	10	9/9	0.33~3.0	10/10	0.27~0.79
山东	10	9/10	0.17~1.1	10/10	0.16~0.86
河南	16	16/16	0.90~3.2	8/8	0.63~2.7
湖北	12	12/12	0.21~2.9	11/11	0.16~0.38
湖南	15	15/15	0.46~5.8	15/15	1.2~4.2
广东	26	22/26	0.049~0.23	11/25	0.041~0.20
广西	17	17/17	0.022~0.50	16/17	0.22~1.3
海南	10	9/10	0.086~0.54	7/10	0.11~1.0
重庆	10	10/10	0.19~2.2	10/10	0.45~1.2
四川	23	23/23	0.36~1.8	23/23	0.19~0.46
贵州	5	4/5	0.53~1.5	3/3	1.2~2.4
云南	*	*	*	*	*
西藏	*	*	*	*	*
陕西	8	8/8	0.21~1.2	3/8	0.65~0.90
甘肃	*	*	*	*	*
青海	*	*	*	*	*
宁夏	3	3/3	1.8~3.3	3/3	1.4~1.8
新疆	*	*	*	*	*

注: 1) “n”为检出值数, “m”为测值总数, “范围”为检出值范围。

2) “*”表示因疫情、仪器设备或采样、样品前处理、测量等原因导致数据缺失。

专栏3-4 沉降物中放射性及其监测

■ 沉降主要包括干沉降和湿沉降。重力、扩散和吸附等作用引起的颗粒物沉积于地面，导致干沉降；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，对累积的总沉降样品进行实验室分析。其中，自动收集的干沉降和湿沉降样品合并成总沉降样品分析。

3.2.4 降水

2022年，全国降水监测点分布见图3.2.4-1，监测结果见表3.2.4-1和表3.2.4-2。

监测结果表明，降水中氡活度浓度未见异常。

■ 表3.2.4-1 降水监测结果汇总

单位: Bq/L

监测项目	点位数 ¹⁾	n/m ¹⁾	范围 ¹⁾	主要分布区间 ¹⁾
³ H	31	42/114	0.44~4.1	0.76~3.0

注: 1) “n”为检出值数, “m”为测值总数, “范围”和“主要分布区间”均为检出值统计结果。受疫情等不可抗力的影响, 个别点位未开展监测。

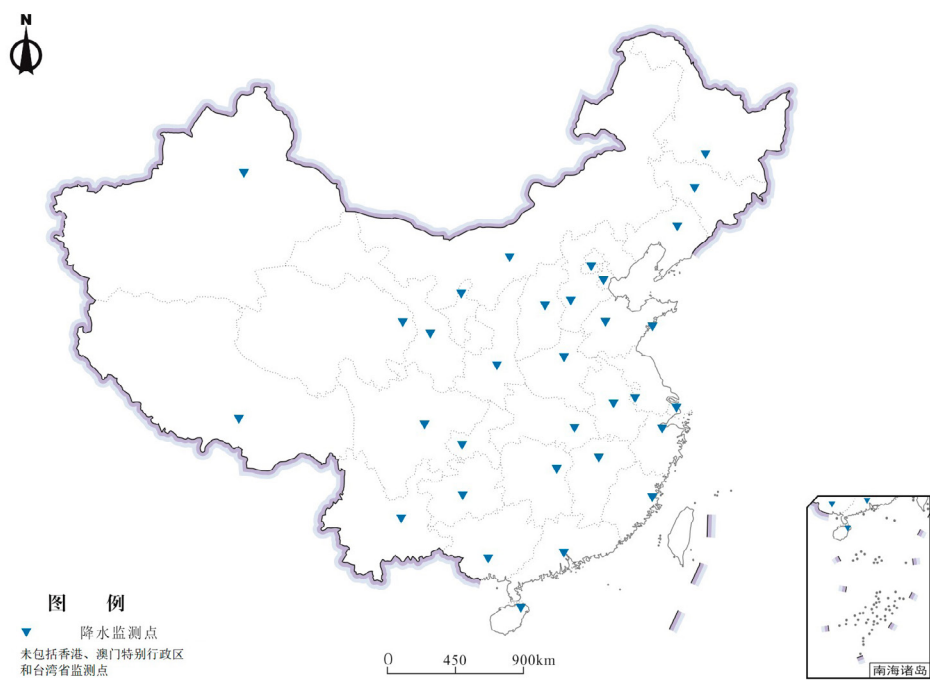


图 3.2.4-1 降水布点示意图

■ 表3.2.4-2 31个省份降水监测结果

单位: Bq/L

省份 ¹⁾	³ H	
	n/m ²⁾	范围 ²⁾
北京	2/2	1.0~3.0
天津	4/4	0.44~0.76
河北	0/4	<MDC
山西	2/2	0.82~1.5
内蒙古	4/4	1.9~2.5
辽宁	0/4	<MDC
吉林	4/4	1.0~2.2
黑龙江	0/4	<MDC
上海	0/4	<MDC
江苏	1/4	1.2
浙江	0/4	<MDC
安徽	1/4	3.7
福建	0/4	<MDC
江西	0/4	<MDC
山东	2/8	0.87~0.94
河南	3/4	1.0~2.0
湖北	0/3	<MDC
湖南	1/4	1.0
广东	0/4	<MDC
广西	0/4	<MDC
海南	0/4	<MDC
重庆	3/4	1.3~2.7
四川	4/4	1.8~2.0
贵州	0/4	<MDC
云南	0/4	<MDC
西藏	* ³⁾	* ³⁾
陕西	0/4	<MDC
甘肃	4/4	1.5~4.1
青海	3/3	1.8~2.5
宁夏	2/2	3.0~3.4
新疆	2/2	2.7~3.0

注: 1) 除山东省布设2个点位外, 其他30个省份每个省份布设1个点位。

2) “n”为检出值数, “m”为测值总数, “范围”为检出值范围。

3) “*”表示因疫情、仪器设备或采样、样品前处理、测量等原因导致数据缺失。

3.2.5 空气水蒸汽

2022年，全国空气水蒸汽监测点分布见图3.2.5-1，监测结果见表3.2.5-1和表3.2.5-2。

监测结果表明，空气水蒸汽中氡活度浓度未见异常。

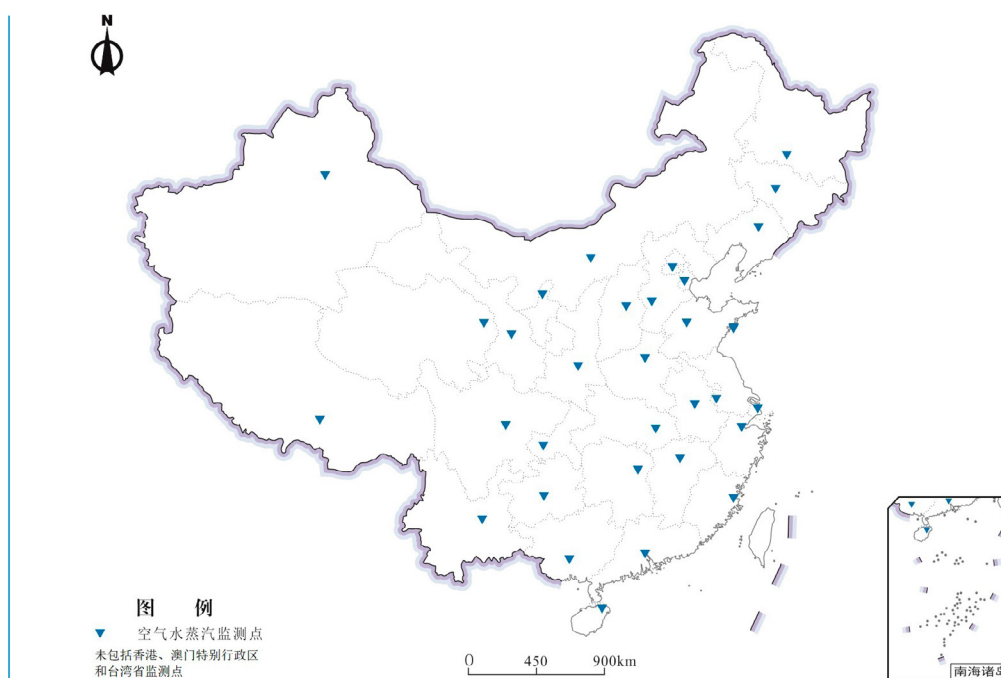
■ 表3.2.5-1 空气水蒸汽监测结果汇总¹⁾

单位: Bq/L

监测项目	点位数 ²⁾	n/m ²⁾	范围 ²⁾
³ H	29	7/29	1.2~3.8

注: 1) 为空气水分中氡活度浓度。

2) “n”为检出值数，“m”为测值总数，“范围”为检出值范围。受疫情等不可抗力的影响，个别点位未开展监测。



■ 图 3.2.5-1 空气水蒸汽布点示意图

表3.2.5-2 31个省份空气水蒸汽监测结果

单位: Bq/L

省份 ¹⁾	n/m ²⁾	³ H ³⁾
北京	0/1	<MDC
天津	1/1	1.2
河北	0/1	<MDC
山西	* ⁴⁾	* ⁴⁾
内蒙古	1/1	2.0
辽宁	0/1	<MDC
吉林	0/1	<MDC
黑龙江	0/1	<MDC
上海	0/1	<MDC
江苏	0/1	<MDC
浙江	0/1	<MDC
安徽	1/1	1.8
福建	0/1	<MDC
江西	0/1	<MDC
山东	0/2	<MDC
河南	0/1	<MDC
湖北	0/1	<MDC
湖南	0/1	<MDC
广东	0/1	<MDC
广西	0/1	<MDC
海南	0/1	<MDC
重庆	0/1	<MDC
四川	1/1	2.2
贵州	0/1	<MDC
云南	0/1	<MDC
西藏	*	*
陕西	0/1	<MDC
甘肃	1/1	1.4
青海	1/1	3.8
宁夏	1/1	2.0
新疆	*	*

注: 1) 除山东省布设2个点位外, 其他30个省份每个省份布设1个点位。

2) “n”为检出值数, “m”为测值总数。

3) 为空气水分中氚活度浓度。

4) “*”表示因疫情、仪器设备或采样、样品前处理、测量等原因导致数据缺失。

专栏3-5 氚及其监测

■ 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，属于低毒性核素。根据《世界卫生组织饮用水水质标准》，饮用水中氚单一核素的指导水平为10000Bq/L。

降水氚的监测，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。

空气水蒸汽中氚的监测，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，进行实验室分析，得到空气水分中氚活度浓度（Bq/L）。此外，根据采样期间的平均气温和平均相对湿度求出空气中水分含量（ L/m^3 ），将其与空气水分中氚活度浓度（Bq/L）相乘，即可换算成空气中氚活度浓度（ Bq/m^3 ）。

3.3 水体

3.3.1 主要江河流域

2022年，全国主要江河流域监测点分布和监测结果见表3.3.1-1和图3.3.1-1~图3.3.1-10。

监测结果表明，主要江河流域水中总 α 和总 β 活度浓度处于本底涨落范围内；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，且与全国环境天然放射性水平调查结果处于同一水平；人工放射性核素铯-90和铯-137活度浓度未见异常。

■ 表3.3.1-1 主要江河流域监测结果汇总

单位：总 α 、总 β ，Bq/L；U、Th， $\mu\text{g/L}$ ；其他，mBq/L

监测项目	点位数 ¹⁾	n/m ¹⁾	范围 ¹⁾	主要分布区间 ¹⁾
总 α	79	126/139	0.008~0.25	0.022~0.15
总 β	79	140/140	0.028~0.40 ²⁾	0.058~0.23
U	76	137/137	0.055~7.0	0.22~4.1
Th	75	133/136	0.016~1.0	0.054~0.52
²²⁶ Ra	72	133/136	1.0~17	2.8~10
⁹⁰ Sr	77	140/140	0.52~9.6	1.2~5.6
¹³⁷ Cs	77	77/141	0.13~1.5	0.22~0.98

注：1) “n”为检出值数，“m”为测值总数，“范围”和“主要分布区间”均为检出值统计结果。受疫情等不可抗力的影响，个别点位未开展相关项目监测。

2) 海河流域个别断面为入海河流断面，总 β 为减钾总 β 监测结果。

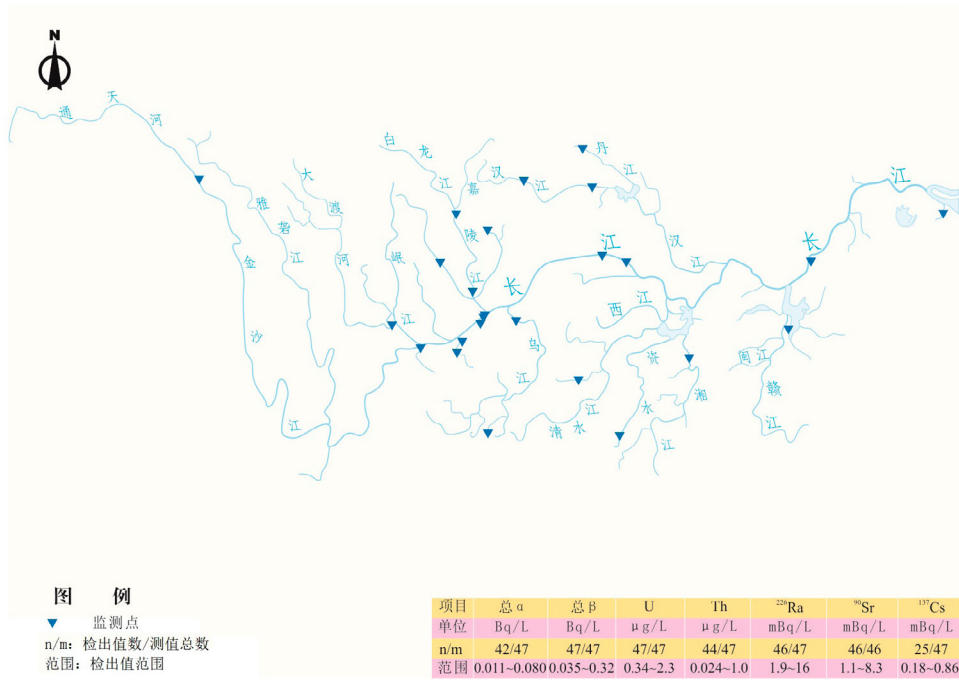


图 3.3.1-1 长江流域布点和监测结果示意图

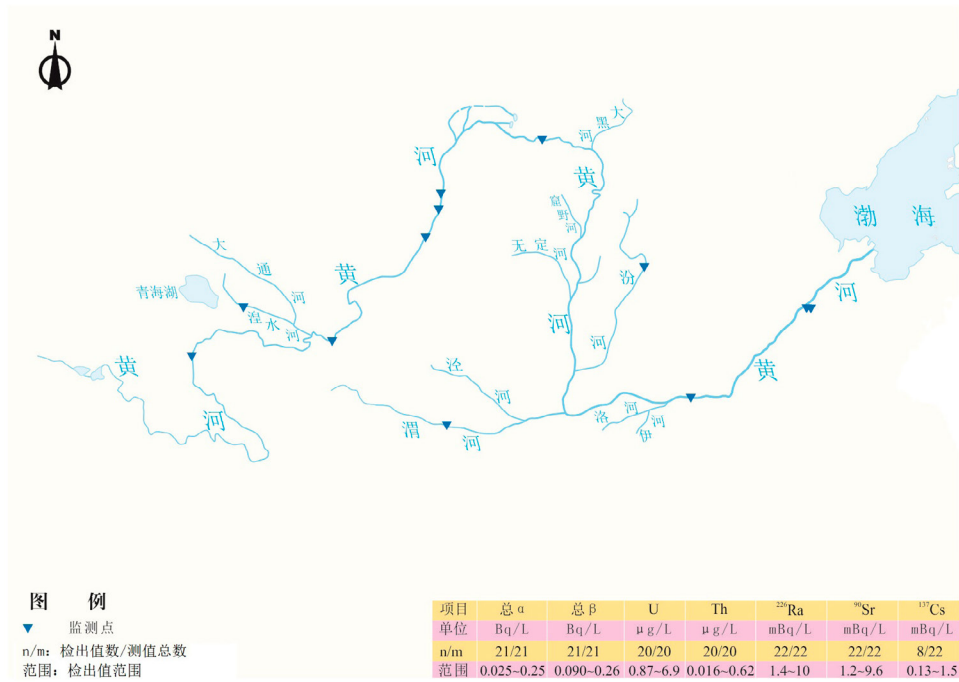


图 3.3.1-2 黄河流域布点和监测结果示意图

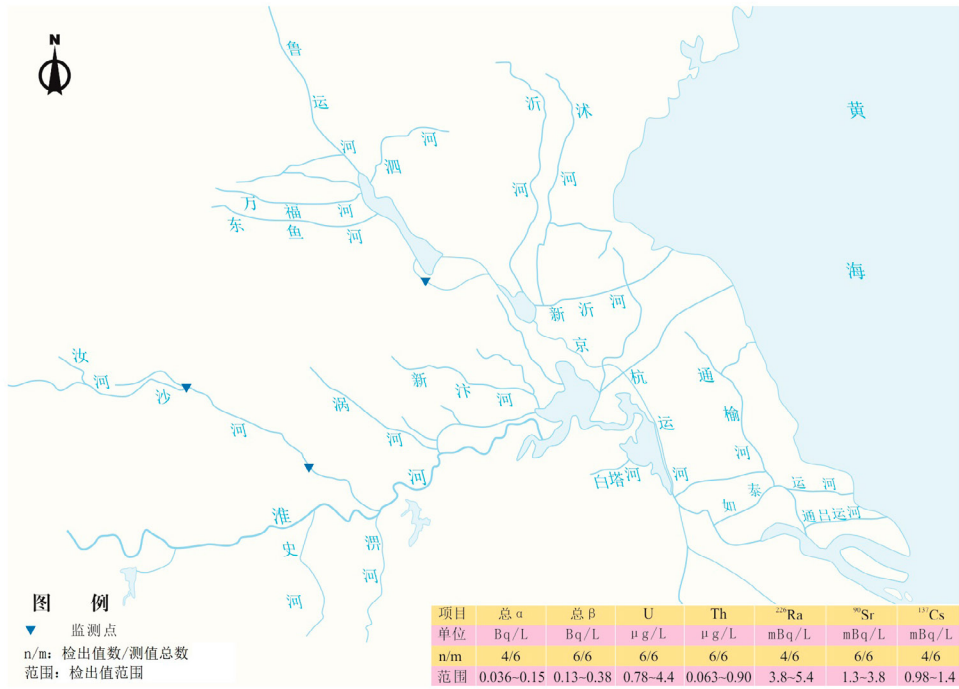


图 3.3.1-5 淮河流域布点和监测结果示意图

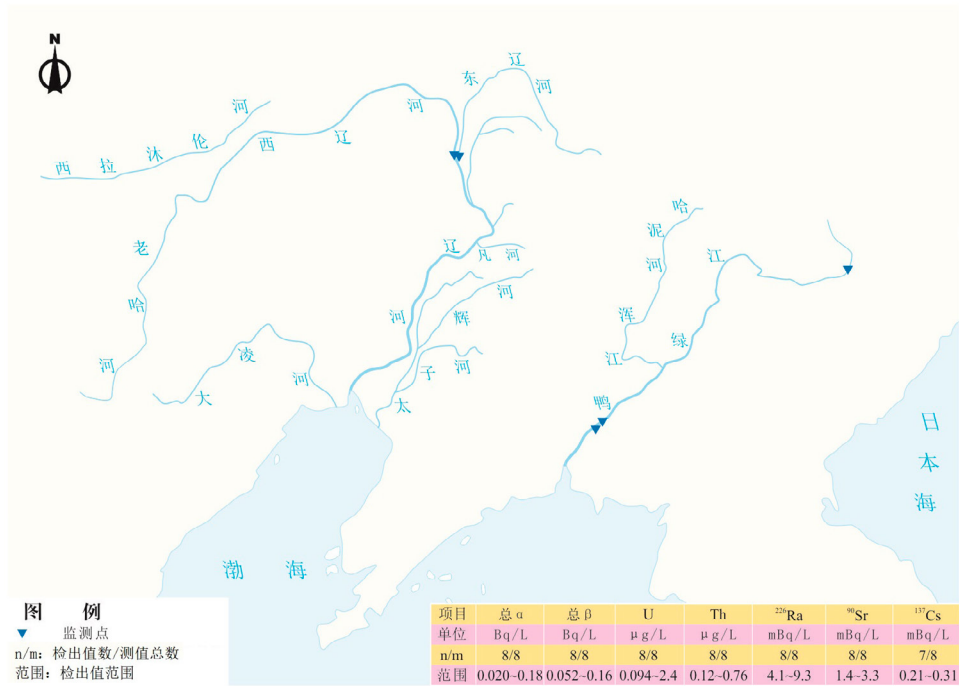


图 3.3.1-6 辽河流域布点和监测结果示意图

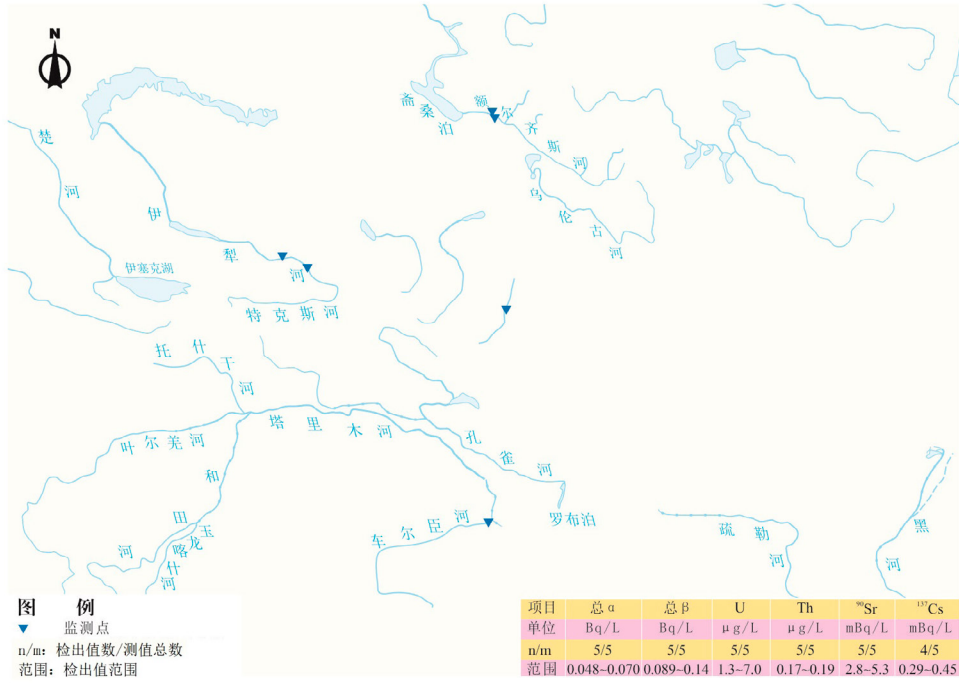


图 3.3.1-9 西北诸河布点和监测结果示意图
 (注：西北诸河中镭-226因仪器设备、采样、样品前处理、测量等原因导致数据缺失。)

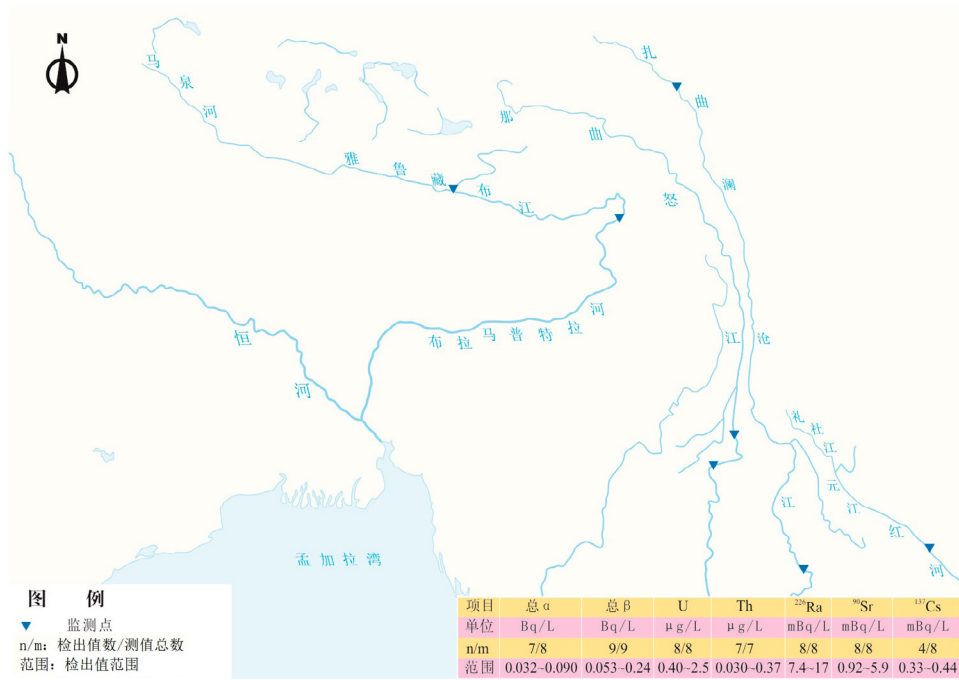


图 3.3.1-10 西南诸河布点和监测结果示意图

3.3.2 湖泊（水库）

2022年，全国湖泊（水库）水监测点分布和监测结果见表3.3.2-1、图3.3.2-1和图3.3.2-2。

监测结果表明，重要湖泊（水库）水中总 α 和总 β 活度浓度处于本底涨落范围内；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，且与全国环境天然放射性水平调查结果处于同一水平；人工放射性核素铯-90和铯-137活度浓度未见异常。

■ 表3.3.2-1 重要湖泊¹⁾（水库）监测结果汇总

单位：总 α 、总 β ，Bq/L；U、Th， $\mu\text{g/L}$ ；其他，mBq/L

监测项目	点位数 ²⁾	n/m ²⁾	范围 ²⁾	主要分布区间 ²⁾
总 α	20	29/38	0.012~0.29	0.013~0.21
总 β	19	37/37	0.040~0.46	0.041~0.26
U	20	38/39	0.020~9.8	0.090~3.7
Th	19	30/37	0.045~0.44	0.062~0.33
²²⁶ Ra	20	38/39	1.8~22	2.6~7.7
⁹⁰ Sr	20	39/39	0.59~7.3	1.6~6.2
¹³⁷ Cs	20	19/39	0.16~1.4	-

注：1) 其中，青海湖为咸水湖。

2) “n”为检出值数，“m”为测值总数，“范围”和“主要分布区间”均为检出值统计结果。受疫情等不可抗力的影响，个别点位未开展相关项目监测。

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	18/25	25/25	25/25	20/25	24/25	25/25	11/25
范围	0.013-0.23	0.051-1.8	0.050-8.9	0.045-0.44	2.6-22	1.2-7.3	0.18-1.4

图例

▼ 监测点
 n/m: 检出值数/测值总数
 范围: 检出值范围
 未包括香港、澳门特别行政区和台湾省数据

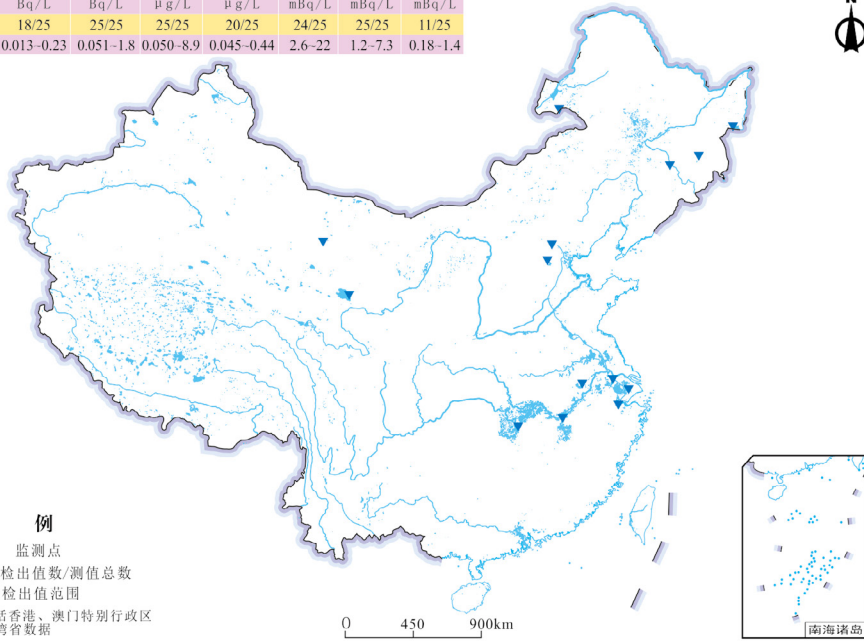


图 3.3.2-1 重要湖泊布点和监测结果示意图

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	11/13	13/13	13/14	10/12	14/14	14/14	8/14
范围	0.012-0.29	0.040-0.46	0.020-9.8	0.045-0.33	1.8-6.6	0.59-6.2	0.16-0.30

图例

▼ 监测点
 n/m: 检出值数/测值总数
 范围: 检出值范围
 未包括香港、澳门特别行政区和台湾省数据

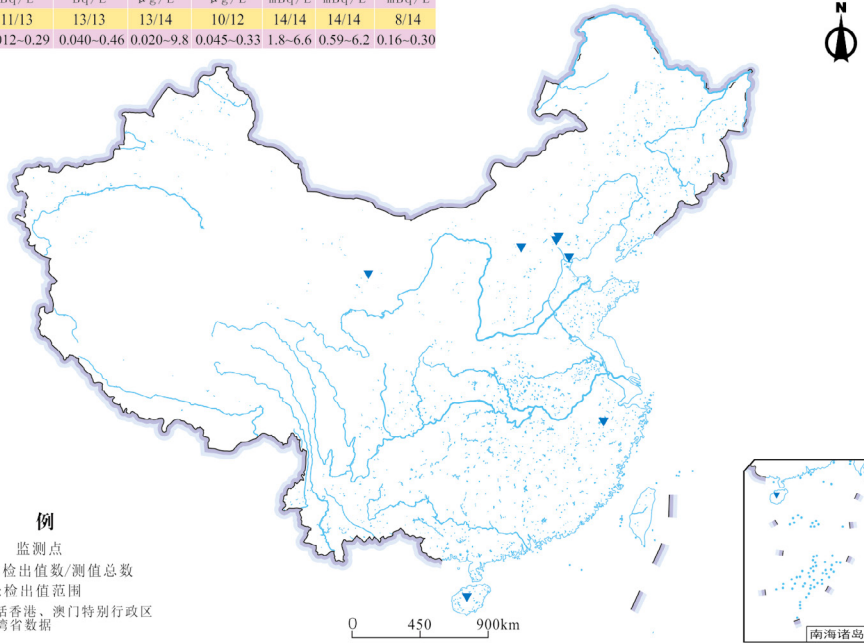


图 3.3.2-2 重要水库布点和监测结果示意图

3.3.3 饮用水水源地水

2022年，全国集中式饮用水水源地水监测点分布见图3.3.3-1，监测结果见表3.3.3-1、表3.3.3-2、图3.3.3-2和图3.3.3-3。

监测结果表明，饮用水水源地水中总 α 和总 β 活度浓度处于本底涨落范围内，且低于《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2022）规定的放射性指标指导值；人工放射性核素锶-90和铯-137活度浓度未见异常。

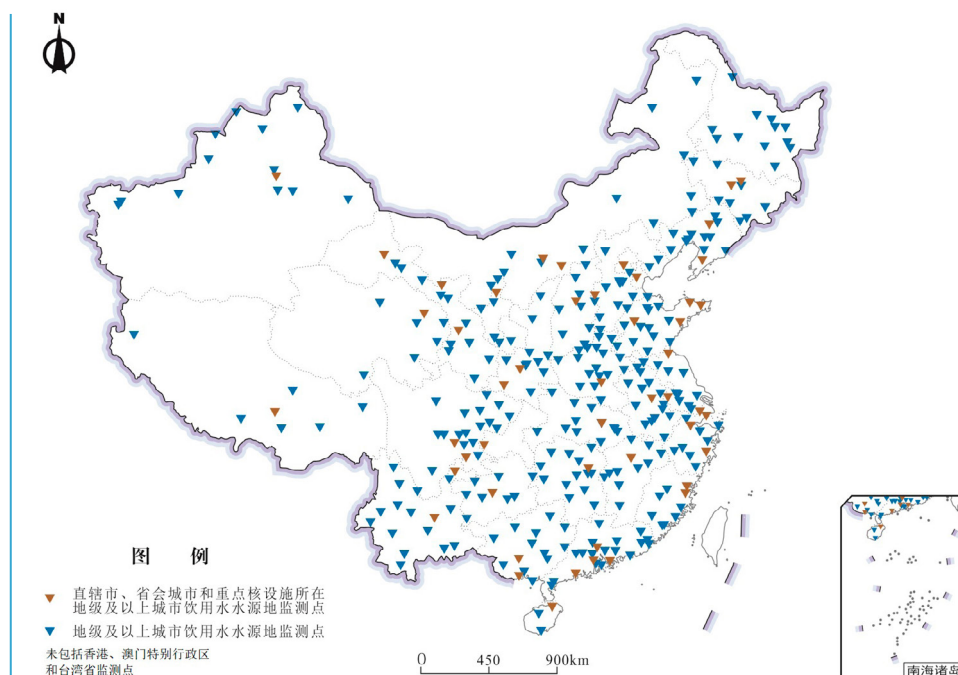
■ 表3.3.3-1 饮用水水源地水监测结果汇总

单位：总 α 、总 β ，Bq/L；其他，mBq/L

监测项目	点位数 ¹⁾	n/m ^{1) 2)}	范围 ¹⁾	主要分布区间 ¹⁾
总 α	317	289/343	0.004~0.34	0.013~0.13
总 β	318	344/344	0.012~0.39	0.042~0.17
⁹⁰ Sr	47	73/74	0.39~7.2	0.84~4.7
¹³⁷ Cs	47	34/74	0.14~1.5	0.19~0.64

注：1) “n”为检出值数，“m”为测值总数，“范围”和“主要分布区间”均为检出值统计结果。受疫情等不可抗力的影响，部分点位未开展相关项目监测。

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 3.3.3-1 饮用水水源地水布点示意图

表3.3.3-2 31个省份饮用水水源地水中总放监测结果

单位: Bq/L

省份	点位数	总 α		总 β	
		n/m ¹⁾	范围 ¹⁾	n/m ¹⁾	范围 ¹⁾
北京	1	2/2	0.032~0.038	2/2	0.064~0.088
天津	1	2/2	0.020~0.032	2/2	0.090~0.10
河北	14	14/15	0.017~0.13	15/15	0.060~0.24
山西	11	11/11	0.025~0.32	11/11	0.064~0.22
内蒙古	12	9/9	0.030~0.18	8/8	0.040~0.20
辽宁	14	15/15	0.015~0.12	15/15	0.048~0.13
吉林	10	10/10	0.010~0.069	10/10	0.024~0.12
黑龙江	13	14/14	0.012~0.074	14/14	0.034~0.090
上海	1	1/2	0.010	2/2	0.079~0.13
江苏	13	11/14	0.019~0.11	14/14	0.053~0.28
浙江	11	0/12	<MDC	12/12	0.030~0.12
安徽	16	10/17	0.040~0.060	17/17	0.030~0.18
福建	9	10/10	0.011~0.046	10/10	0.034~0.18
江西	11	12/12	0.004~0.047	12/12	0.052~0.15
山东	17	18/18	0.031~0.23	18/18	0.081~0.26
河南	18	19/19	0.016~0.20	19/19	0.050~0.39
湖北	13	14/14	0.004~0.024	14/14	0.048~0.11
湖南	14	12/15	0.010~0.036	15/15	0.035~0.12
广东	21	11/22	0.014~0.048	22/22	0.039~0.16
广西	14	15/15	0.008~0.083	15/15	0.058~0.17
海南	3	4/4	0.004~0.028	4/4	0.039~0.12
重庆	1	1/2	0.011	2/2	0.15~0.15
四川	21	21/22	0.023~0.074	22/22	0.012~0.12
贵州	9	10/10	0.017~0.058	10/10	0.034~0.11
云南	16	6/15	0.013~0.087	16/16	0.019~0.18
西藏	1	1/1	0.084	1/1	0.11
陕西	11	7/12	0.050~0.13	12/12	0.060~0.12
甘肃	15	15/15	0.059~0.34	16/16	0.046~0.29
青海	7	7/7	0.060~0.14	7/7	0.070~0.16
宁夏	5	6/6	0.15~0.26	6/6	0.13~0.26
新疆	14	1/1	0.060	1/1	0.091

注: 1) “n”为检出值数, “m”为测值总数, “范围”为检出值范围。

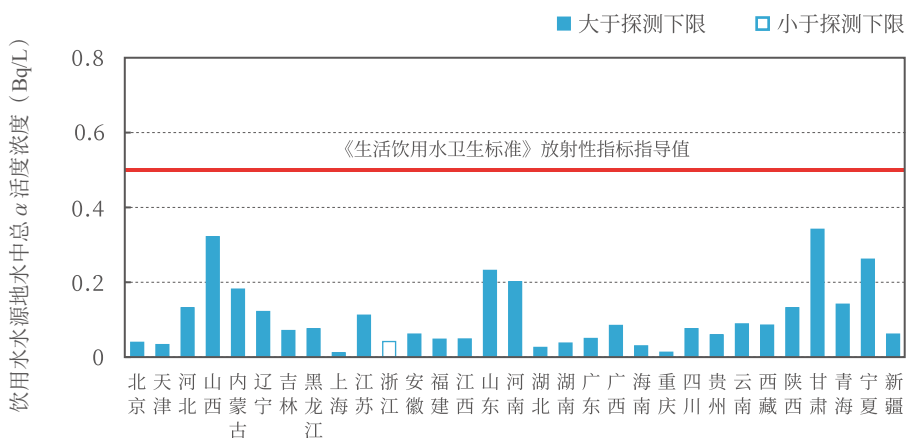


图 3.3.3-2 饮用水水源地水中总 α 活度浓度

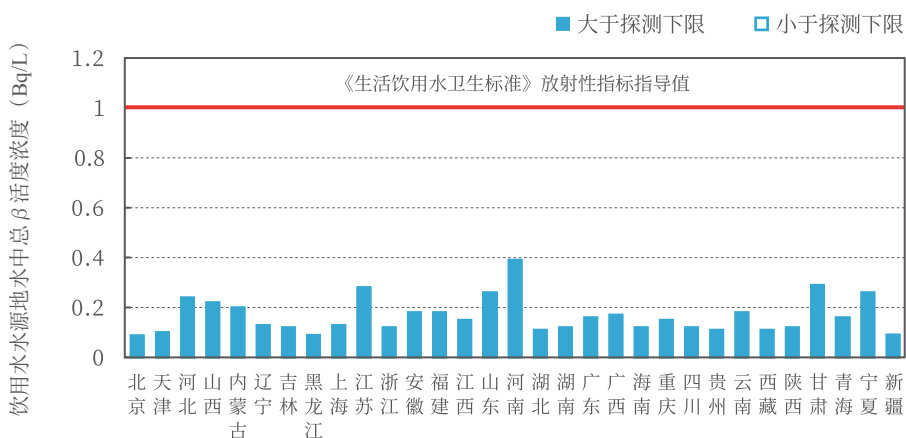


图 3.3.3-3 饮用水水源地水中总 β 活度浓度

3.3.4 地下水

2022年，全国地下水监测点分布见图3.3.4-1，监测结果见表3.3.4-1和图3.3.4-2~图3.3.4-8。

监测结果表明，地下水中总 α 和总 β 活度浓度处于本底涨落范围内，其中饮用用途的地下水中总 α 和总 β 活度浓度低于《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2022）规定的放射性指标指导值。

地下水中天然放射性核素铀和钍浓度、铅-210、钋-210和镭-226活度浓度处于本底涨落范围内，其中，铀和钍浓度、镭-226活度浓度与全国环境天然放射性水平调查结果处于同一水平。

■ 表3.3.4-1 地下水监测结果汇总

单位：总 α 、总 β ，Bq/L；U、Th， $\mu\text{g/L}$ ；其他，mBq/L

监测项目	点位数 ¹⁾	n/m ¹⁾	范围 ¹⁾	主要分布区间 ¹⁾
总 α	30	25/30	0.010~0.14	0.011~0.14
总 β	30	30/30	0.020~0.28	0.038~0.17
U	29	28/29	0.014~6.7	0.065~5.5
Th	28	26/28	0.020~0.25	0.030~0.19
²¹⁰ Pb	28	28/28	0.77~43	1.7~19
²¹⁰ Po	29	29/29	0.27~7.9	0.36~5.7
²²⁶ Ra	29	27/29	1.2~28	2.0~24

注：1) “n”为检出值数，“m”为测值总数，“范围”和“主要分布区间”均为检出值统计结果。受疫情等不可抗力的影响，个别点位未开展相关项目监测。

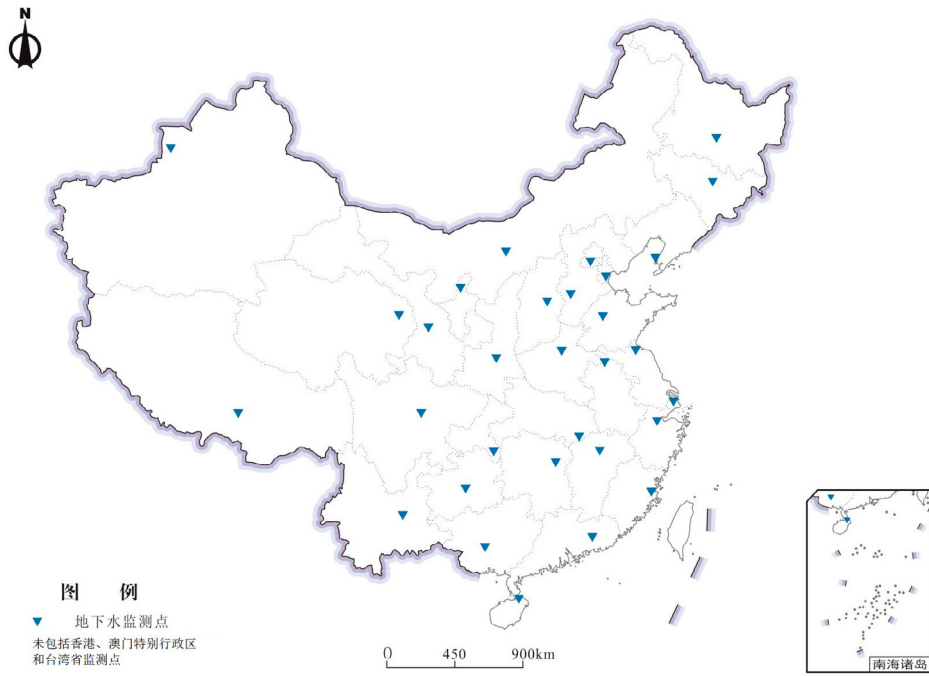


图 3.3.4-1 地下水布点示意图

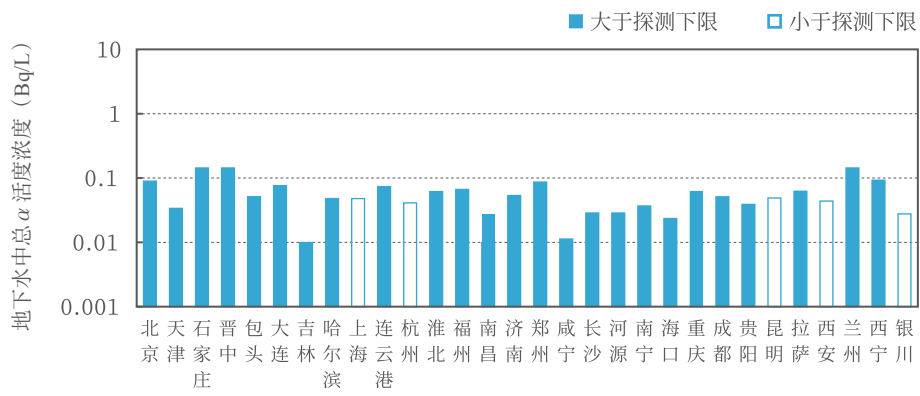


图 3.3.4-2 地下水中总 α 活度浓度

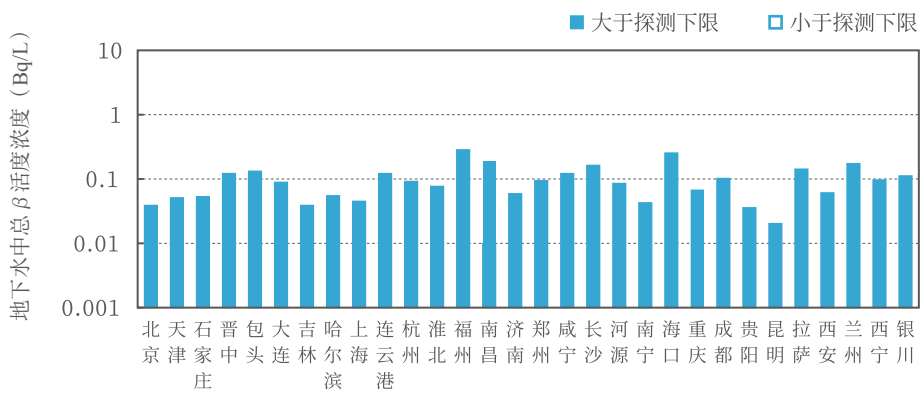


图 3.3.4-3 地下水中总β活度浓度

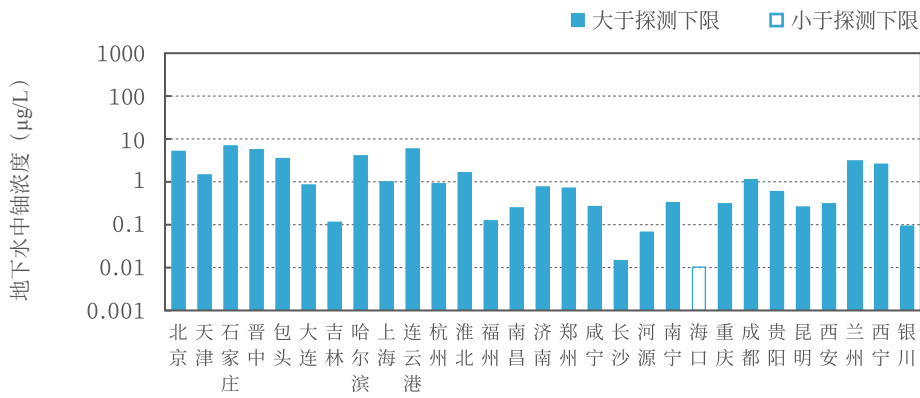


图 3.3.4-4 地下水中铀浓度

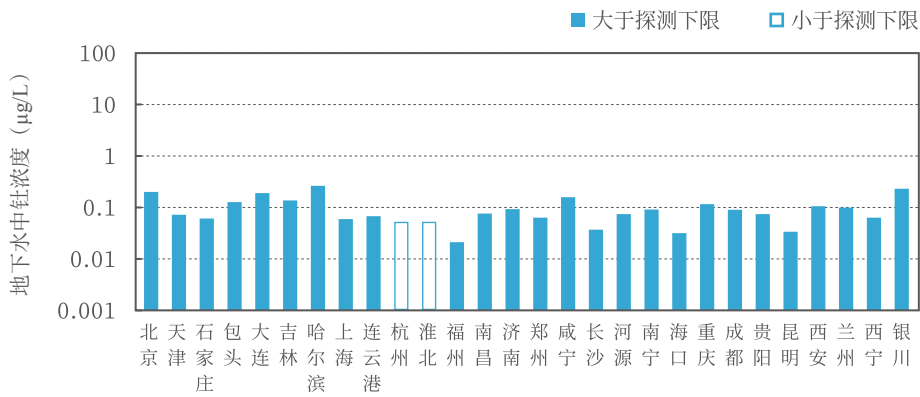


图 3.3.4-5 地下水中镭浓度

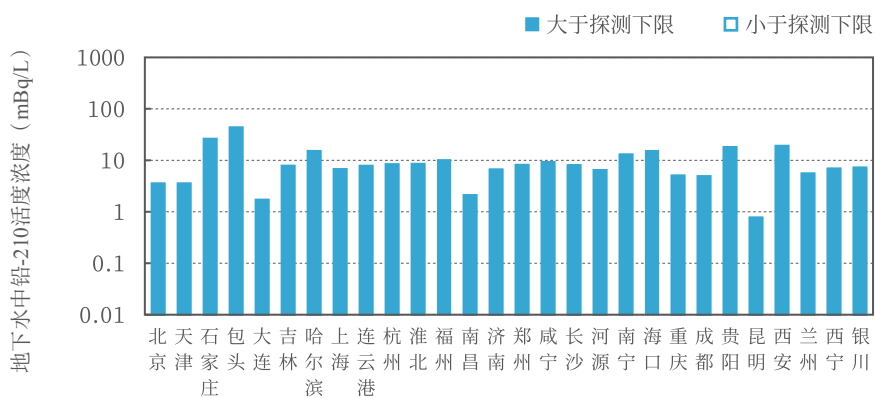


图 3.3.4-6 地下水中铅-210活度浓度

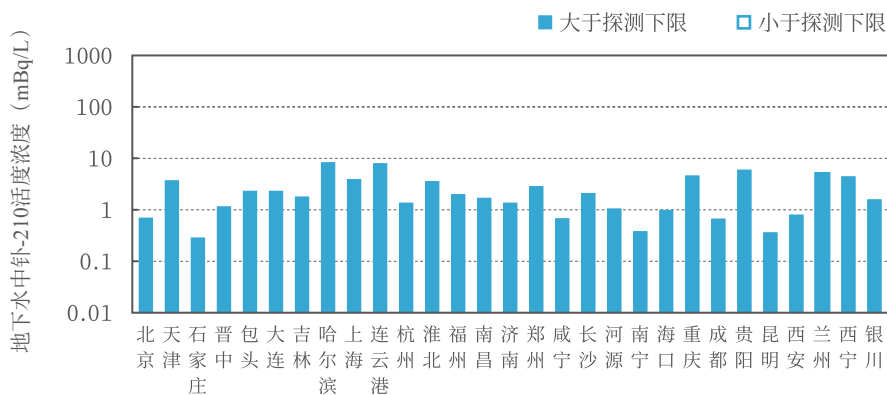


图 3.3.4-7 地下水中钋-210活度浓度

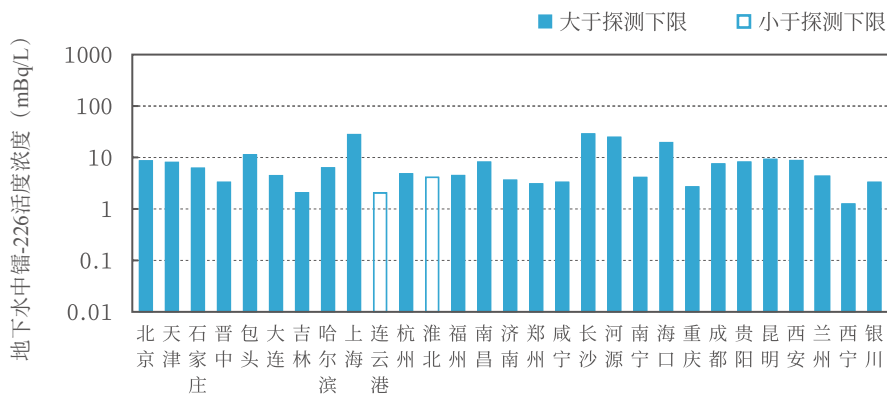


图 3.3.4-8 地下水中镭-226活度浓度

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。

3.3.5 海水和海洋生物

2022年，全国近岸海域海水和海洋生物监测结果见表3.3.5-1、表3.3.5-2和图3.3.5-1。

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处于本底涨落范围内，且与全国环境天然放射性水平调查结果处于同一水平；人工放射性核素氚、铯-90和铯-137活度浓度未见异常，锰-54、钴-58、钴-60、锌-65、锆-95、钌-106、银-110m、铟-124、铟-125、铯-134、钷-144等人工 γ 放射性核素活度浓度均小于探测下限，其中钴-60、铯-90、钌-106、铯-134和铯-137活度浓度低于海水水质标准。

海洋生物中人工放射性核素氚、碳-14、铯-90和铯-137活度浓度未见异常，其中氚、铯-90和铯-137活度浓度低于《食品中放射性物质限制浓度标准》（GB 14882-94）规定的限制浓度；锰-54、钴-58、钴-60、锌-65、锆-95、钌-106、银-110m、铟-124、铟-125、铯-134、钷-144等人工 γ 放射性核素活度浓度均小于探测下限。

表3.3.5-1 近岸海域海水监测结果汇总

单位: U、Th, $\mu\text{g/L}$; ^3H , Bq/L; 其他, mBq/L

监测项目	点位数	n/m ¹⁾	范围 ¹⁾	主要分布区间 ¹⁾	
放化分析	U	48	48/48	0.86~4.4	1.2~3.7
	Th	48	48/48	0.026~0.70	0.030~0.48
	^3H ²⁾	48	46/48	0.074~2.0	0.099~0.73
	^{90}Sr	48	47/48	0.18~4.7	0.29~3.2
γ 能谱分析 ³⁾	^{137}Cs	48	29/48	0.34~1.6	0.71~1.3

注: 1) “n”为检出值数, “m”为测值总数, “范围”和“主要分布区间”均为检出值统计结果。

2) 2022年起, 海水中 ^3H 的分析采用电解浓缩法进行前处理, 探测下限约为0.1Bq/L。3) 海水中 γ 能谱分析除 ^{137}Cs 外, 其他 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{65}Zn 、 ^{95}Zr 、 ^{106}Ru 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{124}Sb 、 ^{125}Sb 、 ^{134}Cs 、 ^{144}Ce 等人工 γ 放射性核素活度浓度均小于探测下限。

表3.3.5-2 近岸海域海洋生物监测结果汇总

单位: 有机结合氚、组织自由水氚, Bq/kg-鲜; 碳-14, Bq/g-碳; 其他, mBq/kg-鲜

监测项目	生物类别 ¹⁾		藻类	鱼类	贝类	甲壳类
	有机结合氚	n/m ²⁾	1/6	3/15	1/11	1/5
放化分析	有机结合氚	范围 ²⁾	0.070	0.31~0.65	0.11	0.14
	组织自由水氚	n/m	0/6	2/15	0/11	0/5
		范围	<MDC	0.38~0.72	<MDC	<MDC
	碳-14	n/m	6/6	15/15	11/11	5/5
		范围	0.20~0.23	0.19~0.29	0.19~0.27	0.18~0.29
	锶-90	n/m	3/5	13/14	4/11	2/3
范围		28~36	4.1~67	12~22	11~19	
γ 能谱分析 ³⁾	铯-137	n/m	0/5	6/13	6/11	1/3
		范围	<MDC	22~159	9.5~72	57

注: 1) 其中藻类样品包括海带、紫菜、石莼等; 鱼类样品包括梭鱼、黄鱼、鲳鱼等; 贝类样品包括牡蛎、贻贝、花蚶等; 甲壳类样品包括海虾和海蟹等。

2) “n”为检出值数, “m”为测值总数, “范围”为检出值范围。

3) 海洋生物中 γ 能谱分析除 ^{137}Cs 外, 其他 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{65}Zn 、 ^{95}Zr 、 ^{106}Ru 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{124}Sb 、 ^{125}Sb 、 ^{134}Cs 、 ^{144}Ce 等人工 γ 放射性核素活度浓度均小于探测下限。

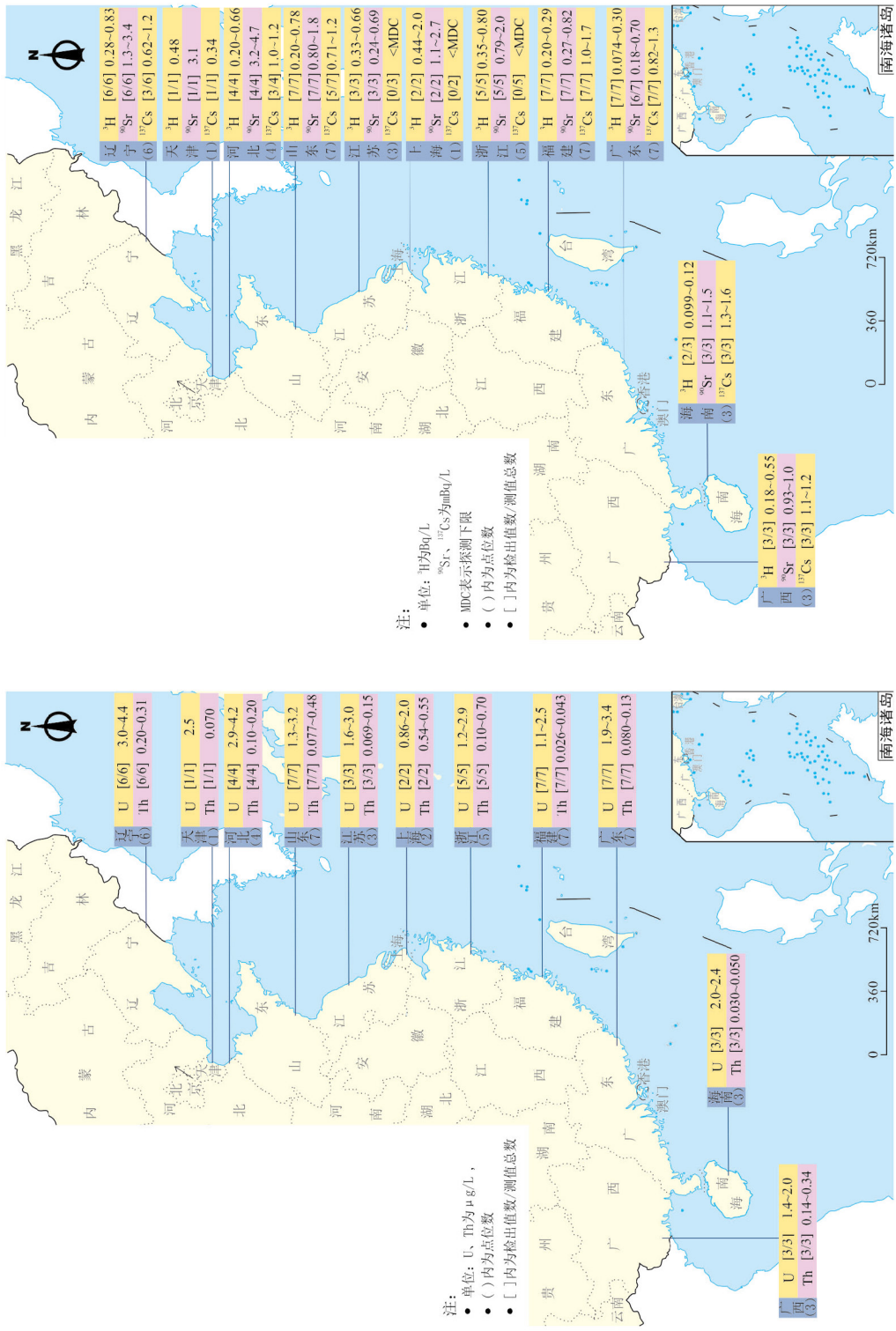


图 3.3-5-1 近岸海域海水监测结果

专栏3-7 水体中放射性及其监测

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

放射性核素主要可通过以下几种方式进入水体：1) 核与辐射设施在正常运行时排放出的液态流出物；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。

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。

水体监测包括江河水、湖库水和地下水等陆地水监测，以及海水、海洋生物等海洋水体监测。

江河水一般在河川中心部位（断面流速最大部分）处采集表层水；湖库水一般在湖库的中心部位采集表层水；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；海水一般在潮间带外采集表层海水。

海洋生物主要包括藻类、鱼类、贝类和甲壳类，通过底栖拖网捕捞、近岸定点养殖采样、渔船捕捞、沿岸海域定置网捕捞或市场直接购买等方式采集。采集的海洋生物样品经洗净与整理除去不可食部分后，根据监测项目的类别采用不同的前处理方法，其中，组织自由水氚监测采用真空冷冻干燥处理；有机结合氚和碳-14监测将生物干样氧化燃烧处理；铯-90和 γ 能谱采用烘干、炭化与灰化处理。

3.4 土壤

2022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3.4-5。

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，且与全国环境天然放射性水平调查结果处于同一水平；人工放射性核素铯-90和锶-137活度浓度未见异常。

■ 表3.4-1 土壤监测结果汇总

单位: Bq/kg-干

监测项目	点位数 ¹⁾	n/m ¹⁾	范围 ¹⁾	主要分布区间 ¹⁾	
γ能谱 分析	²³⁸ U	332	315/332	7.1~312	22~75
	²³² Th	344	344/344	13~464	32~84
	²²⁶ Ra	332	332/332	9.2~240	21~64
	¹³⁷ Cs	337	188/337	0.26~14	0.52~2.8
活化分析	⁹⁰ Sr	324	305/324	0.050~2.5	0.16~1.4

注：1) “n”为检出值数，“m”为测值总数，“范围”和“主要分布区间”均为检出值统计结果。受疫情等不可抗力的影响，部分点位未开展相关项目监测。

表3.4-2 31个省份土壤监测结果

单位: Bq/kg-干

省份	点位数	²³⁸ U		²³² Th		²²⁶ Ra		¹³⁷ Cs		⁹⁰ Sr	
		n/m ¹⁾	范围 ¹⁾	n/m ¹⁾	范围 ¹⁾	n/m ¹⁾	范围 ¹⁾	n/m ¹⁾	范围 ¹⁾	n/m ¹⁾	范围 ¹⁾
北京	1	1/1	22	1/1	43	1/1	23	1/1	1.8	1/1	0.42
天津	8	8/8	31~40	8/8	48~51	8/8	25~28	8/8	0.67~1.0	8/8	0.29~0.69
河北	14	14/14	21~38	14/14	32~55	14/14	22~35	4/14	1.3~2.1	14/14	0.49~1.2
山西	11	2/2	50~64	11/11	32~49	2/2	21~23	6/10	0.43~2.4	4/5	0.37~0.80
内蒙古	12	6/9	18~29	9/9	16~47	9/9	16~31	6/8	0.92~2.3	9/9	0.46~0.88
辽宁	14	14/14	16~48	14/14	21~46	14/14	13~39	14/14	0.37~3.4	14/14	0.56~2.5
吉林	10	9/10	17~42	10/10	26~78	10/10	12~36	5/9	0.74~6.7	10/10	0.52~2.4
黑龙江	13	13/13	16~45	13/13	26~54	13/13	29~56	12/13	0.85~6.7	13/13	0.99~2.4
上海	4	0/4	<MDC	4/4	44~56	4/4	26~33	2/4	0.60~2.2	4/4	0.26~0.50
江苏	13	7/13	17~56	13/13	39~63	13/13	25~48	5/13	1.2~2.6	11/13	0.11~0.42
浙江	11	11/11	24~52	11/11	39~78	11/11	22~44	8/11	0.26~3.3	11/11	0.23~1.2
安徽	16	16/16	28~59	16/16	46~69	16/16	25~42	7/16	0.93~2.8	11/16	0.22~1.2
福建	9	9/9	29~182	9/9	71~166	9/9	48~153	0/9	<MDC	8/9	0.090~0.42
江西	11	11/11	31~60	11/11	34~83	11/11	24~56	0/11	<MDC	11/11	0.18~0.72
山东	18	18/18	20~53	18/18	27~67	18/18	18~44	14/18	0.36~2.1	18/18	0.13~0.56
河南	18	18/18	28~49	18/18	35~69	18/18	28~41	11/18	0.48~0.88	16/18	0.25~0.81
湖北	14	13/14	24~60	14/14	29~54	14/14	17~55	5/12	0.47~2.8	12/13	0.17~1.2
湖南	14	14/14	39~87	14/14	40~84	14/14	27~81	8/14	0.81~4.5	13/13	0.40~0.97
广东	21	21/21	27~312	21/21	36~464	21/21	24~240	11/21	0.70~2.9	18/21	0.050~0.25
广西	14	13/13	37~156	13/13	32~205	13/13	31~148	2/13	0.59~4.1	12/12	0.089~0.77
海南	4	3/4	34~136	4/4	21~130	4/4	17~95	1/4	0.65	2/4	0.16~0.57
重庆	6	6/6	19~36	6/6	35~56	6/6	24~36	5/6	0.34~2.0	6/6	0.20~1.4
四川	21	21/21	10~49	21/21	14~61	21/21	17~48	8/20	0.36~14	21/21	0.82~1.6
贵州	9	9/9	40~135	9/9	25~100	9/9	19~170	0/9	<MDC	8/9	0.20~1.6
云南	16	15/15	7.1~118	16/16	13~117	15/15	9.2~80	14/16	1.1~3.5	15/16	0.16~1.2
西藏	7	7/7	45~77	7/7	59~118	6/6	36~69	2/6	1.3~1.9	* ²⁾	* ²⁾
陕西	11	10/10	11~33	11/11	15~52	10/10	9.7~28	7/11	0.55~2.2	11/11	0.74~0.97
甘肃	15	13/14	23~48	15/15	22~60	15/15	20~44	9/15	0.50~5.0	11/11	0.92~2.5
青海	8	8/8	11~43	8/8	20~50	8/8	14~35	8/8	0.38~3.2	8/8	0.38~1.3
宁夏	5	5/5	19~32	5/5	25~35	5/5	20~30	5/5	0.67~1.6	5/5	0.35~1.5
新疆	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

注: 1) “n”为检出值数, “m”为测值总数, “范围”为检出值范围。

2) “*”表示因疫情、仪器设备或采样、样品前处理、测量等原因导致数据缺失。

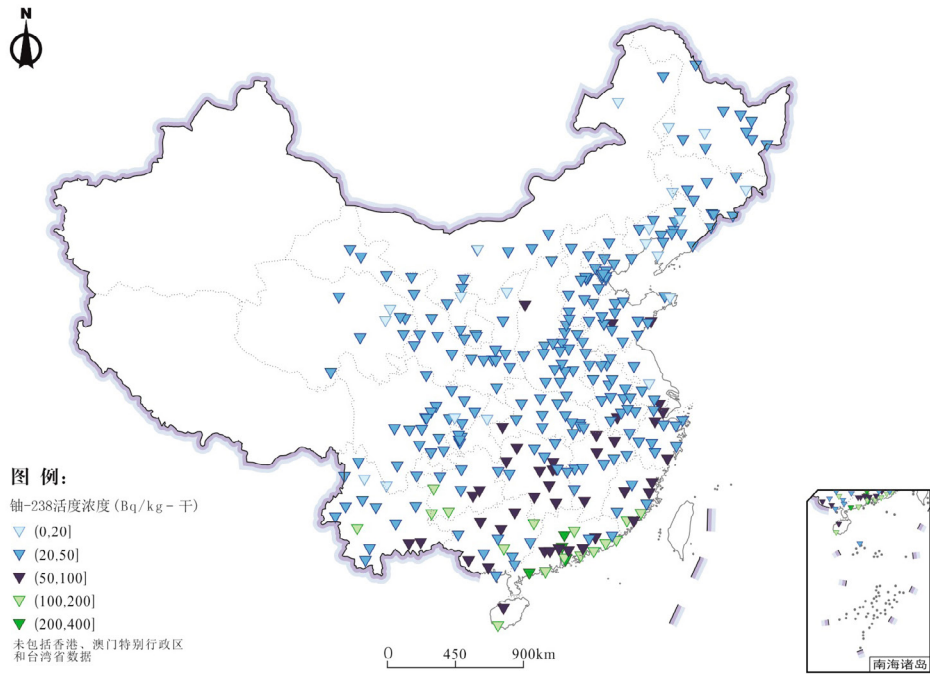


图 3.4-1 土壤中钍-238活度浓度分布示意图

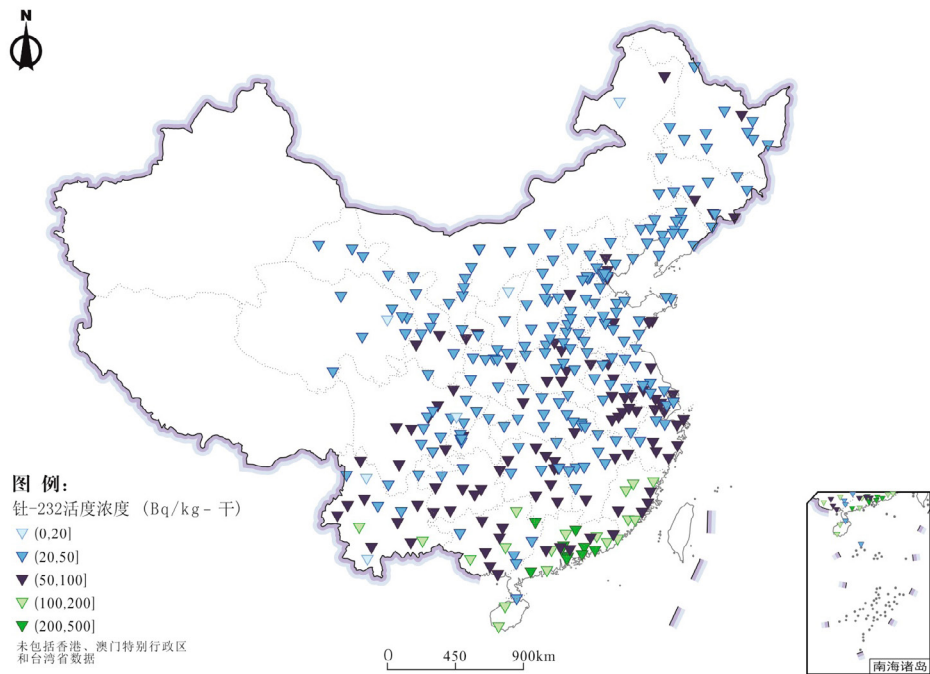


图 3.4-2 土壤中钍-232活度浓度分布示意图

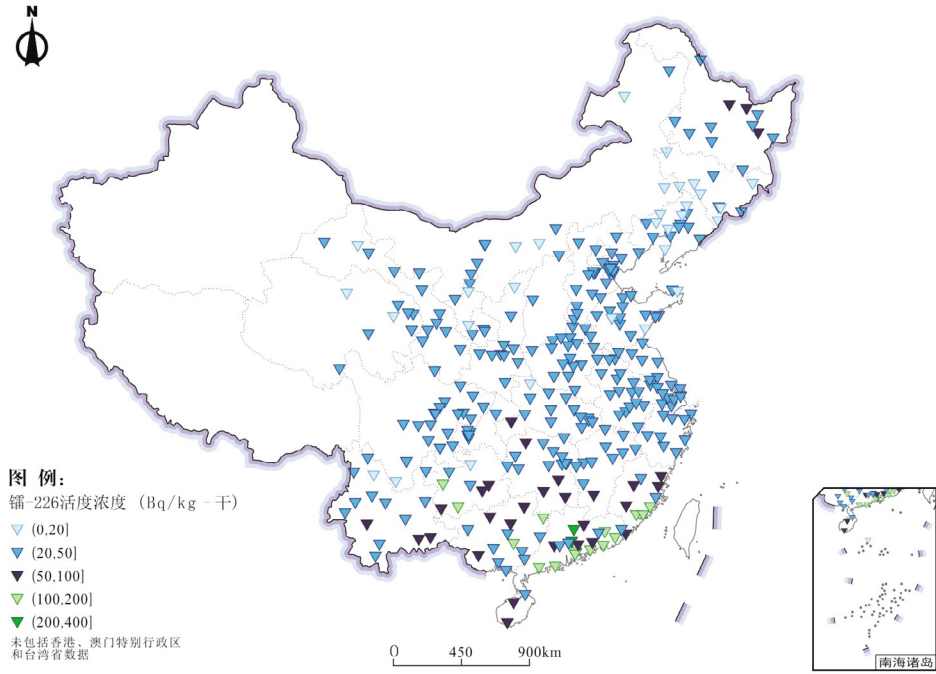


图 3.4-3 土壤中镭-226活度浓度分布示意图

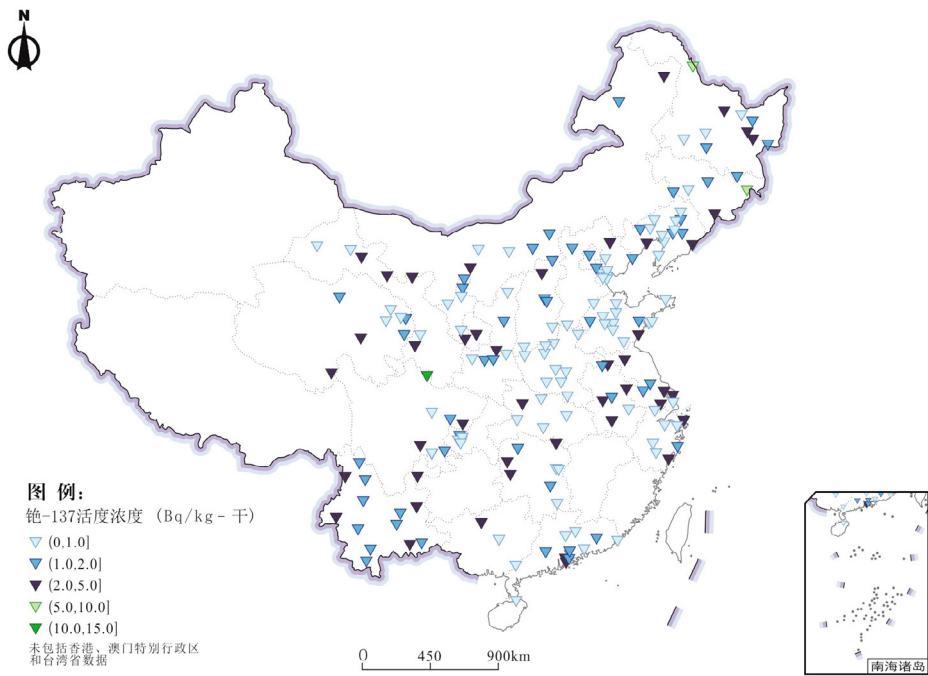


图 3.4-4 土壤中铯-137活度浓度分布示意图

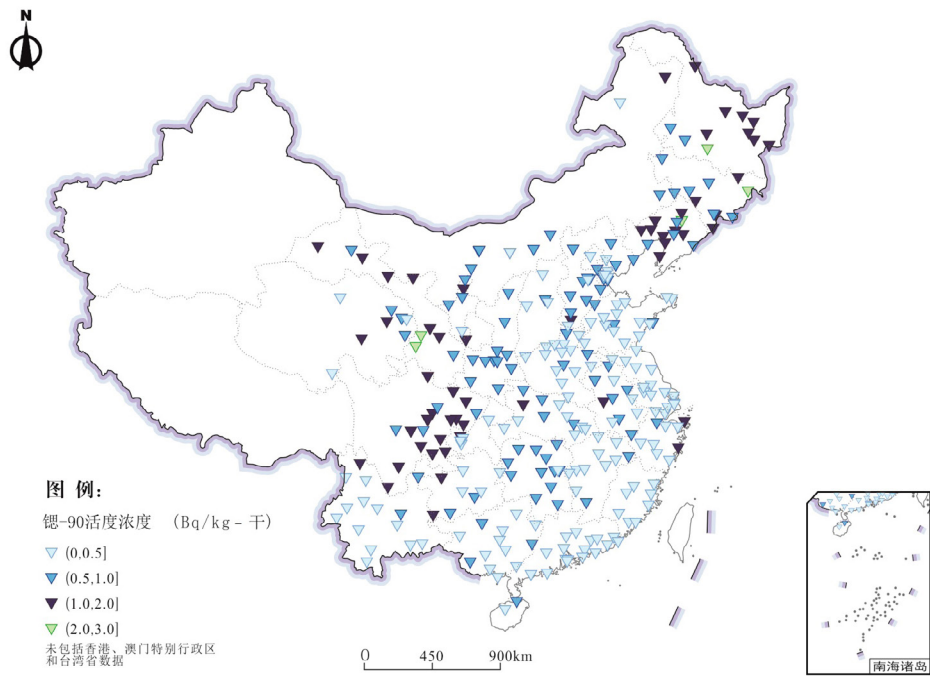


图 3.4-5 土壤中铯-90活度浓度分布示意图

专栏3-8 土壤中放射性及其监测

■ 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。

土壤中放射性核素来源主要包括：1) 自地球形成以来，地壳岩石中就存在的原生放射性核素，作为岩石循环的一部分，原生放射性核素最终落于土壤。土壤中原生放射性核素的含量因其原生基石的类型、矿物组成和密度的不同而不同，有些人活动，如采矿，会加速原生放射性核素的运动进入土壤。2) 宇生放射性核素，包括碳-14、氚和铍-7等，以及重元素自发裂变或诱发裂变而产生的钍-95、铯-137等天然裂变产物核素。3) 人为活动，如大气层核试验产生的沉降和像切尔诺贝利核事故一样的放射性事故。这些活动的沉积研究表明，放射性粒子随空气流环流世界，粒子的重量和天气决定了它们多久能落到地面，有时一场大雨会使放射性粒子快速落到地面。地表水灌溉农田，也会使水中放射性核素进入土壤中。

土壤监测，选择周围没有建筑物和人为干扰、无水土流失的原野或田间土壤，一般采集0~10cm的表层土。若采集农田土，则采样至耕种深度或根系深度。

3.5 环境电磁辐射

2022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，环境中频率范围为0.1MHz~3000MHz的功率密度低于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）规定的相应频率范围公众曝露控制限值。



图 3.5-1 环境电磁辐射布点示意图

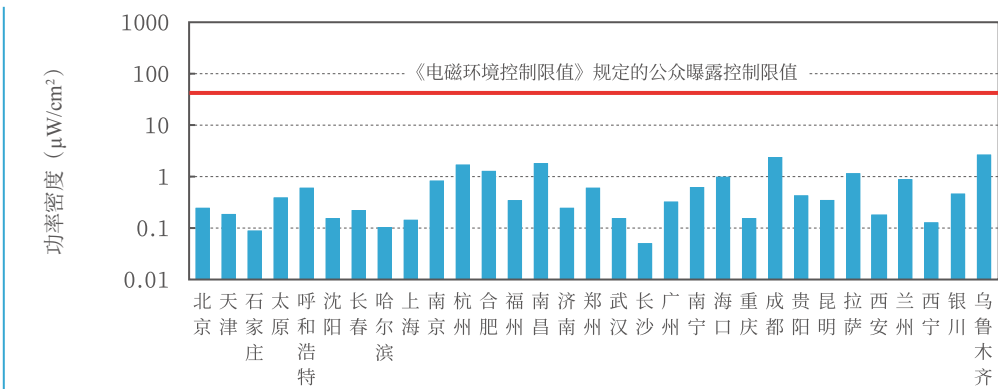


图 3.5-2 环境电磁辐射水平

专栏3-9 电磁环境及其监测

■ 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。

环境电磁辐射监测包括电场强度和等效平面波功率密度等监测，按照测量目的分别采用非选频式宽带辐射测量仪和选频式辐射测量仪。

功率密度是垂直于传播方向单位截面积上的电磁波功率，单位为 W/m^2 或 $\mu W/cm^2$ ，是衡量环境电磁辐射水平的重要指标。对于频率在 $0.1MHz\sim 3000MHz$ 范围的电磁波，一般用功率密度来评价其在环境中的强度。

环境电磁辐射监测布点要考虑地形、地物的影响，避开高层建筑物、树木、金属结构以及高压线等明显用电设备，一般布设在城市广场、公园等空旷地，在城市电磁辐射的高峰期（ $5:00\sim 9:00$ 、 $11:00\sim 14:00$ 、 $18:00\sim 23:00$ ）测量离地面 $1.7m\sim 2m$ 处的电场强度或功率密度。



4 总结



2022年，全国辐射环境质量总体良好。环境 γ 辐射水平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、环境 γ 辐射剂量率连续自动和累积监测结果处于当地天然本底涨落范围内。

2、空气中天然放射性核素活度浓度处于本底涨落范围内，人工放射性核素氡、铯-90和铯-137活度浓度未见异常，铯-134等人工 γ 放射性核素活度浓度小于探测下限。气溶胶中碘-131检出主要受医疗机构核医学应用的影响。

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、重要湖泊（水库）水中总 α 和总 β 活度浓度处于本底涨落范围内；天然放射性核素活度浓度处于本底涨落范围内，且与全国环境天然放射性水平调查结果处于同一水平；人工放射性核素活度浓度未见异常。

4、城市集中式饮用水水源地水中总 α 和总 β 活度浓度处于本底涨落范围内，且低于《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2022）规定的放射性指标指导值；人工放射性核素活度浓度未见异常。

5、城市地下水中总 α 和总 β 活度浓度处于本底涨落范围内，其中饮用用途的地下水中总 α 和总 β 活度浓度低于《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2022）规定的放射性指标指导值。地下水中天然放射性核素活度浓度处于本底涨落范围内，其中铀和钍浓度、镭-226活度浓度与全国环境天然放射性水平调查结果处于同一水平。

6、近岸海域海水中天然放射性核素活度浓度处于本底涨落范围内，且与全国环境天然放射性水平调查结果处于同一水平；人工放射性核素氡、铯-90和铯-137活度浓度未见异常，其他人工 γ 放射性核素活度浓度均小于探测下限，其中，钴-60、铯-90、钷-106、铯-134和铯-137活度浓度低于海水水质标准。海洋生物中人工放射性核素氡、碳-14、铯-90和铯-137活度浓度未见异常，其中氡、铯-90和铯-137活度浓度低于《食品中放射性物质限制浓度标准》（GB 14882-94）规定的限制浓度，其他人工 γ 放射性核素活度浓度均小于探测下限。

7、土壤中天然放射性核素活度浓度处于本底涨落范围内，且与全国环境天然放射性水平调查结果处于同一水平；人工放射性核素活度浓度未见异常。

4.2 环境电磁辐射

环境中频率范围为0.1MHz~3000MHz的功率密度低于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中规定的相应频率范围公众曝露控制限值。



附录



附录1 监测方法、测量仪器和探测下限

国控网监测的标准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 辐射剂量率	连续自动监测	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021) 《辐射环境空气自动监测站运行技术规范》(HJ 1009-2019)	高压电离室
	累积监测	参照《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 、总 β	水	《水质总 α 放射性的测定 厚源法》(HJ 898-2017) 《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) 《水中总 α 放射性浓度的测定 厚源法》(EJ/T 1075-1998) 《水中总 β 放射性浓度的测定 蒸发法》(EJ/T 900-94)	α/β 测量装置
^3H	空气、降水	参照《水中氚的分析方法》(HJ 1126-2020)	液闪谱仪
	水	《水中氚的分析方法》(HJ 1126-2020)	
有机结合氚、组织自由水氚	生物	参照《水中氚的分析方法》(HJ 1126-2020) 《食品安全国家标准 食品中放射性物质氚-3的测定》(GB 14883.2-2016)	液闪谱仪
^{90}Sr	气溶胶、沉降物	参照《水和生物样品灰中锶-90的放射化学分析方法》(HJ 815-2016) 参照《土壤中锶-90的分析方法》(EJ/T 1035-2011)	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)	
	土壤	《土壤中锶-90的分析方法》(EJ/T 1035-2011)	
^{137}Cs	气溶胶、沉降物	参照《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
	水	《水和生物样品灰中铯-137的放射化学分析方法》(HJ 816-2016)	
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)	

附表1-1 (续)

监测项目	监测对象 或类型	监测/分析方法	测量仪器
^{210}Pb	气溶胶	参照《水中铅-210的分析方法》(EJ/T 859-94)	α/β 测量装置
	水	《水中铅-210的分析方法》(EJ/T 859-94) 参照《Standard Test Method for Lead-210 in Water》 (D7535-2009)	
^{210}Po	气溶胶	参照《水中钋-210的分析方法》(HJ 813-2016)	α 谱仪
	水	《水中钋-210的分析方法》(HJ 813-2016)	
γ 能谱 分析	气溶胶	《环境空气 气溶胶中 γ 放射性核素的测定 滤膜压片/ γ 能谱法》 (HJ 1149-2020) 《空气中放射性核素的 γ 能谱分析方法》(WS/T 184-2017) 《高纯锗 γ 能谱分析通用方法》(GB/T 11713-2015)	高纯锗 γ 谱仪
	气态碘	《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)	
	水	《水中放射性核素的 γ 能谱分析方法》(GB/T 16140-2018) 《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 16145-2020) 《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)	
	环境电磁 辐射	功率密度	

■ 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	30
U	陆地水	μ g/L	0.050
	海水	μ g/L	0.20
Th	水	μ g/L	0.050
^{226}Ra	水	mBq/L	4.0
^{90}Sr	气溶胶	μ Bq/m ³	0.40 (年度累积样)
	沉降物	mBq/m ² -天	0.40 (年度累积样)
	水	mBq/L	0.80
	土壤	Bq/kg-干	0.20
	海洋生物	mBq/kg-鲜	30
^{137}Cs	气溶胶	μ Bq/m ³	0.30 (年度累积样)
	沉降物	mBq/m ² -天	0.50 (年度累积样)
	水	mBq/L	0.40
^3H (未进行电解浓集前处理)	降水、水蒸汽	Bq/L-水	1.1 ¹⁾
^3H (电解浓集前处理)	海水	Bq/L-水	0.1
^{210}Pb	气溶胶	μ Bq/m ³	20
	陆地水	mBq/L	2.0
^{210}Po	气溶胶	μ Bq/m ³	10
	陆地水	mBq/L	0.30

注: 1) 因仪器型号不同, 个别省份液闪谱仪的探测下限可达2.0Bq/L。

■ 附表1-3 高纯锗 γ 能谱分析探测下限管理要求

监测对象	单位	探测下限														
		⁴⁰ K	²³⁸ U	⁵⁴ Mn	⁵⁸ Co	⁶⁰ Co	⁶⁵ Zn	⁹⁵ Zr	¹⁰⁶ Ru	^{110m} Ag	¹²⁴ Sb	¹²⁵ Sb	¹³¹ I	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	
气溶胶	$\mu\text{Bq}/\text{m}^3$	100	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	20	5.0	5.0
气态碘	mBq/m^3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0.40	/	/
沉降物	$\text{mBq}/\text{m}^2\cdot\text{天}$	50	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	3.0	3.0
土壤	$\text{Bq}/\text{kg}\cdot\text{干}$	/	30	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1.0
海水	mBq/L	/	/	1.0	1.0	1.0	2.0	2.0	10	1.0	2.0	2.0	3.0	/	1.0	1.0
海洋生物	$\text{mBq}/\text{kg}\cdot\text{鲜}$	/	/	50	50	50	/	70	250	50	/	/	60	/	50	50

附录2 数据处理与评价

2.1 数据处理

2.1.1 探测下限

用特定分析方法在给定的置信度内，能够准确定量测量待测环境样品的最低浓度，该浓度在本报告中称为探测下限，表示为MDC。

探测下限与 γ 射线发射概率或化学回收率、探测效率、本底计数、测量时间和测量样品量等因素相关。

此外，探测下限还与前处理方法密切相关。2022年，海水中氚分析，首次采用电解浓集法前处理，探测下限从约1.1Bq/L降至约0.1Bq/L。

如无特殊说明，本报告中大于探测下限的测值称为检出值。

2.1.2 自动监测数据统计

(1) 均值的计算

环境 γ 辐射剂量率连续自动监测均值包括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) 均值的有效性

环境 γ 辐射剂量率连续自动监测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。数据获取率不满足统计的有效性规定，则不进行相关均值的统计。

(3) 年均值主要分布区间的计算

下界为区域内各点位年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）。当数据数小于20时，不进行主要分布区间统计。

(4) 有效数字

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 手工监测数据统计

(1) 点位年均值的计算

点位年均值为年度内各单次点位测值的算术平均值。

(2) 区域年均值的计算

区域年均值为年度内区域各点位年均值的算术平均值。

(3) 区域年均值范围的计算

区域年均值范围为区域内各点位年均值的范围。

(4) 区域（流域）检出值范围的计算

区域（流域）检出值范围为年度内区域（流域）各单次点位检出值的范围。当检出值数为1时，范围表示为该检出值；当检出值数为0时，范围表示为“<MDC”。

(5) 区域年均值主要分布区间的计算

下界为区域内各点位年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）。当数据数小于20时，不进行主要分布区间统计。

(6) 区域（流域）检出值主要分布区间的计算

下界为区域（流域）内各单次点位检出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）。当数据数小于20时，不进行主要分布区间统计。

(7) 数据的有效性

因采样、样品前处理、测量等原因导致无效的数据，不参与统计。

(8) 有效数字

一般取2~3位有效数字，有效数字所能达到的数位不能超过探测下限有效数字所能达到的数位，环境 γ 辐射剂量率累积监测结果不扣除仪器对宇宙射线的响应。

2.2 数据评价

2.2.1 评价依据

(1) 数据统计处理和解释相关标准

《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）

《控制图 第2部分：常规控制图》（GB/T 17989.2-2020）

《数据的统计处理和解释 正态样本离群值的判断和处理》（GB/T 4883-2008）

《数据的统计处理和解释 正态分布均值和方差的估计与检验》（GB/T 4889-2008）

《测量不确定度在符合性判定中的应用》（CNAS-TRL-010:2019）等。

（2）相关标准规定值

相关标准规定值见附表2-1。

■ 附表2-1 相关标准规定值

标准	项目	规定值		
《生活饮用水卫生标准》 (GB 5749-2022)	总 α	0.5 Bq/L	放射性指标 指导值	
	总 β	1 Bq/L		
《海水水质标准》 (GB 3097-1997)	^{60}Co	0.03 Bq/L	水质标准	
	^{90}Sr	4 Bq/L		
	^{106}Ru	0.2 Bq/L		
	^{134}Cs	0.6 Bq/L		
	^{137}Cs	0.7 Bq/L		
《食品中放射性物质限制浓度标准》 (GB 14882-94)	^3H	6.5×10^5 Bq/kg	限制浓度	
	^{90}Sr	2.9×10^2 Bq/kg		
	^{137}Cs	8.0×10^2 Bq/kg		
《电磁环境控制限值》 (GB 8702-2014)	功率 密度	0.1MHz~3MHz	$400 \mu\text{W}/\text{cm}^2$	公众曝露 控制限值
		3MHz~30MHz	$12/f^{1/4} \times 10^2 \mu\text{W}/\text{cm}^2$	
		30MHz~3000MHz	$40 \mu\text{W}/\text{cm}^2$	

注：1) f 为频率。

（3）相关背景水平

1983~1990年开展的全国环境天然放射性水平调查结果，包括江河水、湖库水、地下水、海水中铀和钍浓度、镭-226活度浓度，土壤中铀-238、钍-232和镭-226活度浓度。

2.2.2 评价方法

采用数据统计处理和解释系列标准中的Grubbs检验、控制图等方法进行本底涨落评价和异常评价。

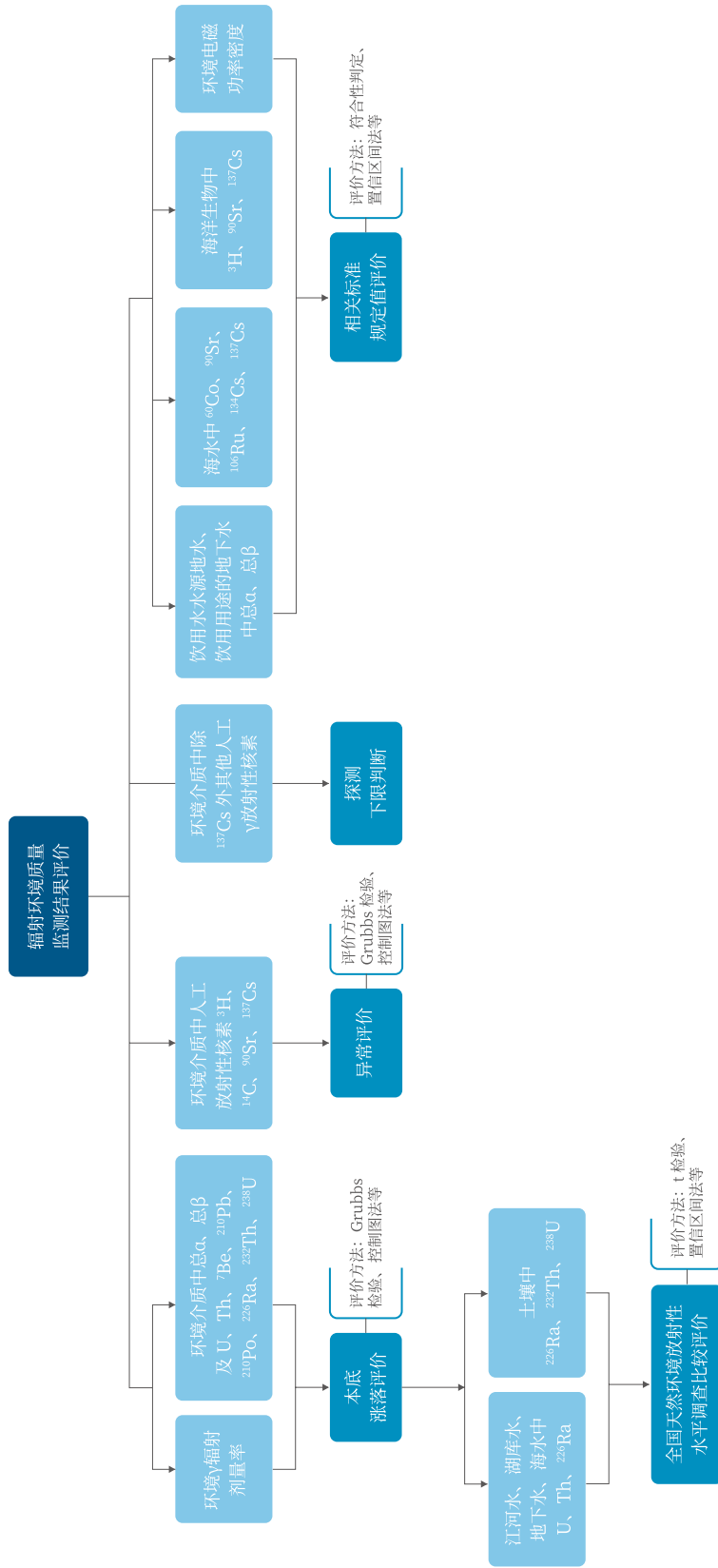
采用数据统计处理和解释系列标准中t检验、置信区间等方法进行全国环境天然放射性

水平调查结果、相关标准限值的对比评价。

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。评价方法见附图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。



■ 附图2-1 监测结果评价方法

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Grubbs检验和控制图等方法进行评价时，除自然因素外，其他因素引起的超本底涨落范围或异常值不参与平均值和标准差统计；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: 进入人体内的放射性核素对人体所产生的照射。

外照射: 体外辐射源对生物体所产生的照射。

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: 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: 通过各种途径自发发生核衰变的不稳定核素。

天然放射性核素: 自然界中原本就存在的放射性核素。

人工放射性核素: 自然界中原本不存在而由人工制造出来的放射性核素。

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: 重原子核分裂成两个或两个以上中等质量核碎片并释放巨大能量的核反应过程。

裂变产物: 核裂变成成的裂变碎片及其衰变产物。常见的裂变产物有铯-90和铷-137等。

活化产物: 通过辐照产生的放射性核素。在核能领域, 活化产物是指在反应堆慢化剂、冷却剂以及结构和屏蔽材料中通过中子辐照诱发产生的放射性核素, 也包括 γ 射线诱发产生的放射性核素。常见的活化产物有氚、碳-14、钴-60和银-110m等, 其中氚和碳-14既是活化产物又是裂变产物, 同时也是天然放射性核素。

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: 指核电厂、核热电厂、核供汽供热厂等核动力厂及装置; 核动力厂以外的研究堆、实验堆、临界装置等其他反应堆; 核燃料生产、加工、贮存和后处理设施等核燃料循环设施; 放射性废物的处理、贮存、处置设施。

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

放射性活度: 处于某一特定能态的放射性核素在单位时间内的衰变数, 是表征放射性核素特性的一个物理量。单位为贝可[勒尔](Bq), 以前用居里表示, $1\text{Ci}=3.7\times 10^{10}\text{Bq}$ 。

放射性半衰期: 放射性核素的原子核经过衰变使本身的数目为原先的一半所需要的时间。单位可为秒(s)、天(d)或年(a)等。

贝可[勒尔] (Bq)：放射性物质活度大小的国际单位制单位的特定名称， $1\text{Bq}=1\text{s}^{-1}$ 。

戈[瑞] (Gy)：用于衡量电离辐射在受照物质中所产生的吸收剂量大小的剂量学单位，符号为Gy， $1\text{Gy}=1\text{J/kg}$ 。此外，戈[瑞]也可以作为比释动能的单位。

剂量：某一对象所接受或“吸收”的辐射的一种量度。

有效剂量：人体各组织或器官的当量剂量经相应的组织权重因数加权后所得之积，单位为J/kg，特定名称为希[沃特] (Sv)。 $1\text{Sv}=1\text{J/kg}$ 。一般情况下，实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的年有效剂量的限值为1毫希伏。

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：核设施内的核燃料、放射性产物、废料或运入运出核设施的核材料所发生的放射性、毒性、爆炸性或其他危害性事故，或一系列事故。

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：表示检出值数。

MDC：表示探测下限。

*：表示因疫情、仪器设备或采样、样品前处理、测量等原因导致数据缺失。

-：表示不适用

审图号：GS浙（2023）151号

