

乌鲁木齐市“十三五”辐射环境质量

祝继东, 周海强

新疆辐射环境监督站, 新疆 乌鲁木齐

收稿日期: 2022年5月6日; 录用日期: 2022年6月9日; 发布日期: 2022年6月20日

摘要

本文分析了十三五期间(2016年~2020年)乌鲁木齐市电离辐射与电磁辐射的环境质量, 对掌握乌鲁木齐市环境空气、大气、水体和土壤的放射性水平提供了科学依据。通过对 γ 辐射剂量率、总 α 、总 β 、 ^7Be 、 ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 、综合电场等多种项目的监测分析, 结果表明, 十三五期间乌鲁木齐市各类监测项目均处于正常范围内, 电离辐射环境质量良好, 电磁辐射水平远低于公众曝露控制限值, 核与辐射环境质量水平保持稳定。

关键词

乌鲁木齐, 电离辐射, 放射性核素, 电磁辐射, 环境质量

Radiation Environmental Quality in Urumqi during the 13th Five Year Plan

Jidong Zhu, Haiqiang Zhou

Xinjiang Radiation Environment Supervision Station, Urumqi Xinjiang

Received: May 6th, 2022; accepted: Jun. 9th, 2022; published: Jun. 20th, 2022

Abstract

This paper analyzes the environmental quality of ionizing radiation and electromagnetic radiation in Urumqi during the 13th Five-Year Plan period (2016~2020), which provides a scientific basis for grasping the radioactivity level of ambient air, atmosphere, water body and soil in Urumqi. Based on a variety of monitoring analysis of gamma radiation dose rate, total α , β , ^7Be , ^{90}Sr , ^{137}Cs , integrated electric field results show that in Urumqi during the 13th Five-Year Plan period, various monitoring items are in normal range, ionizing radiation environmental quality is good, the electromagnetic radiation level is far lower than the public exposure control limit, nuclear and radiation environmental levels remained stable.

Keywords

Urumqi, Ionizing Radiation, Radionuclide, The Electromagnetic Radiation, Environment Quality

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 前言

我国的辐射环境监测工作始于 20 世纪 50 年代核工业建立初期, 目前已建成较为完整的辐射监测体系。我国辐射环境监测法规体系是在借鉴国际原子能机构(IAEA)的辐射环境监测法规体系基础上, 结合我国核工业发展经验而制定, 由法律、行政法规、部门规章、导则及规范性文件四个层级法规体系组成 [1]。辐射环境监测主要包括电离辐射和电磁辐射的监测, 按其来源可进一步分为天然电离辐射、人工电离辐射、天然电磁辐射、人工电磁辐射。环境中的电磁辐射主要来自人工电磁辐射。国外辐射环境监测工作研究侧重于核辐射环境质量对生物和人类的影响。国内主要是通过国控点监测掌握气溶胶放射性活度浓度、土壤中 U、Th、Ra、Cs、K 放射性元素、陆地辐射空气吸收量率进行变化趋势分析, 地表水和饮用水以及电磁辐射环境数据进行分析当地辐射环境质量状况。

2. 辐射环境监测网络

十三五期间乌鲁木齐市辐射环境监测范围逐渐扩大, 监测对象及监测指标逐步增加。通过掌握乌鲁木齐近五年的辐射环境质量状况和变化趋势, 这为政府加强辐射环境管理提供技术支持, 为公众提供相关信息, 确保了当地辐射环境安全。2020 年乌鲁木齐市有辐射环境监测国控点 9 个(包括 1 个环境辐射标准自动监测站点、1 个环境辐射基本自动监测站点、1 个陆地辐射监测点、1 个土壤监测点、2 个陆地水体监测点、1 个电磁辐射环境监测点, 2 个重点源监测点)。截止目前, 乌鲁木齐市辐射环境监测区控点共 18 个, 包括 10 个乌鲁木齐电磁辐射环境监测点、1 个重点核技术利用污染源监测点、乌鲁木齐 3 个生物样品监测点、2 个 I 类放射源使用场所、2 个放射性药品生产场所监测点。根据《辐射环境监测技术规范》 [2]和《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》 [3]对乌鲁木齐市国控点和区控点进行了监测, 以下为十三五期间乌鲁木齐市辐射环境监测的质量现状。

3. 电离辐射环境质量

3.1. 环境空气

3.1.1. 自动站空气吸收剂量率

空气吸收剂量率监测自动站乌鲁木齐有 1 个基本站, 1 个标准站, 十三五期间环境 γ 辐射空气吸收剂量率(nGy/h)测值在正常范围内, 监测结果表明处于当地天然本底涨落范围内, 2 个自动站五年间年均值范围为 74.8~118.6 nGy/h, 具体结果详见表 1 和图 1。

3.1.2. 累积剂量

为估算核设施在正常工作或事故情况下释放于环境中产生的辐射剂量提供数据, 依据《GB10264-2014 个人和环境监测用热释光剂量测量系统》 [4], 进行环境累积剂量监测。乌鲁木齐市十三五期间累积 γ 剂量监测结果如表 2 和图 2。

Table 1. Monitoring results of Urumqi automatic radiation environment monitoring station from 2016 to 2020
表 1. 2016~2020 年乌鲁木齐市辐射环境自动监测站监测结果

| 自动站名称 | 空气吸收剂量率(nGy/h) | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|----------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 乌鲁木齐市基本站 | 小时均值最小值 | 70.6 | 67.8 | 90.1 | 105.6 | 107 |
| | 小时均值最大值 | 100.6 | 109.2 | 103.6 | 114.5 | 289 |
| | 年均值 | 78.9 | 80.8 | 94.2 | 111.1 | 109.3 |
| 乌鲁木齐市标准站 | 小时均值最小值 | 63.1 | 62.5 | 72.1 | 67.9 | 66.9 |
| | 小时均值最大值 | 120 | 99.2 | 96.9 | 107.5 | 105.1 |
| | 年均值 | 75.9 | 76.2 | 76.2 | 74.9 | 74.8 |

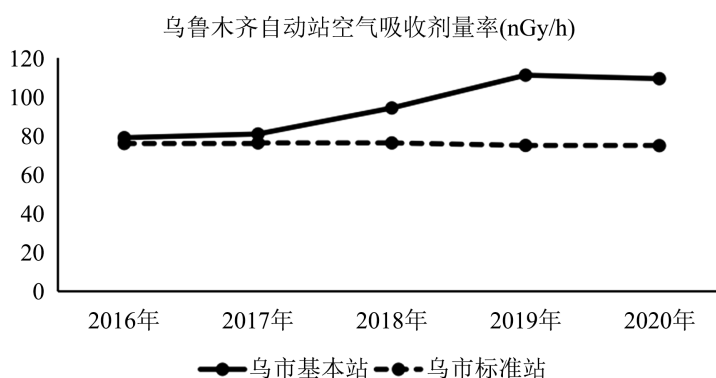


Figure 1. Urumqi environment γ radiation air absorbed dose rate
图 1. 乌鲁木齐环境 γ 辐射空气吸收剂量率

Table 2. Monitoring results of Urumqi from 2016 to 2020 (nGy/h) (response values for cosmic rays were not deducted)
表 2. 2016~2020 年乌鲁木齐市监测结果(nGy/h) (未扣除宇宙射线的响应值)

| 监测点位 | 2016 | | 2017 | | 2018 | | 2019 | | 2020 | |
|----------|-------|------|--------|------|-------|------|-------|-----|-------|------|
| | 测值范围 | 平均值 | 测值范围 | 平均值 | 测值范围 | 平均值 | 测值范围 | 平均值 | 测值范围 | 平均值 |
| 乌鲁木齐市植物园 | 89~96 | 91.1 | 66~101 | 85.8 | 61~87 | 69.3 | 75~78 | 76 | 70~77 | 73.5 |

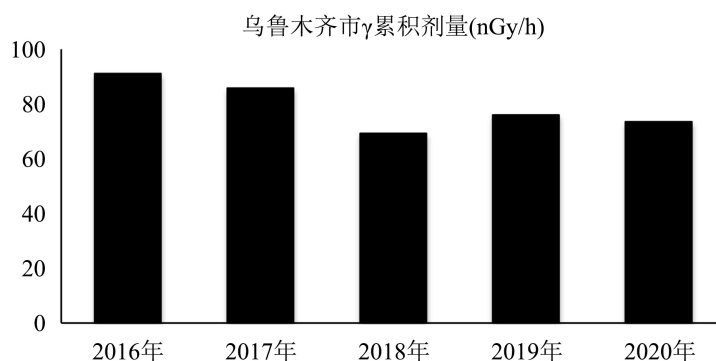


Figure 2. Urumqi γ cumulative dose
图 2. 乌鲁木齐市 γ 累积剂量

3.2. 大气

空气是人类赖以生存的自然资源。人为活动所产生的放射性核素通过各类途径进入到大气中, 导致大气受到放射性污染的可能性加大[5]。放射性核素通过呼吸道、皮肤等途径进入到人体中, 经过血液运输富集在人体内不同的器官和组织中, 对人体健康产生内照射危害。因此, 对大气进行监测可以及时发现大气中总放射性核素含量具有重要的意义。

3.2.1. 气溶胶

从 2014 年开始对乌鲁木齐市气溶胶的放射性水平进行监测, 因国家监测方案的调整, 各年的监测项目有所变化。十三五期间乌鲁木齐市气溶胶中天然放射性核素活度浓度处于天然本底水平, 人工放射性核素活度浓度未见异常, 为环境正常水平[5]。

3.2.2. 气碘

十三五期间, 乌鲁木齐市空气中气态放射性碘-131 未见异常, 均小于探测限, 为环境正常水平。

3.2.3. 沉降物

从 2017 年开始测量乌鲁木齐市总沉降中 ^7Be 天然放射性核素含量, 十三五期间乌鲁木齐市总沉降处于天然本底水平, 人工放射性核素含量未见异常, 监测结果见表 3。与历年相比, 无明显变化, 为环境正常水平。

Table 3. Settlement ^7Be monitoring results in Urumqi Bq/m²·d

表 3. 乌鲁木齐沉降物 ^7Be 监测结果 Bq/m²·d

| 监测点 | 2016 年 | 2017 年 | 2018 年 | 2019 年 | 2020 年 |
|------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 乌鲁木齐 | / | 1.5~1.7 | 1.2~1.6 | 1.1~2.4 | 1.9~2.4 |

3.3. 水体

一般选用塑料容器桶对水样进行采集, 采样前用去离子水清洗采样桶, 采样时用样品水体洗涤三次后采集 20 L 左右, 随后用浓硝酸将 pH 调节至 1~2, 若水中含沙量较高, 需静置 24 后取上清液或过滤后再进行酸化。乌鲁木齐的监测水体主要分为地表水和饮用水两大类。

3.3.1. 地表水

2016~2020 年地表水乌鲁木齐河的总 α 和总 β 活度浓度、天然放射性核素均在环境本底范围内波动, 未见放射性异常[6], 监测结果见表 4 和图 3。

Table 4. Monitoring results of radionuclide activity concentration in river water

表 4. 江河水放射性核素活度浓度监测结果

| 点位名称 | 年份 | 总 α (mBq/L) | 总 β (mBq/L) | ^{90}Sr (mBq/L) | ^{137}Cs (mBq/L) | ^{226}Ra (mBq/L) | Th ($\mu\text{g/L}$) | U ($\mu\text{g/L}$) |
|-------|------|-----------------------|----------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------|--------------------------|
| 乌鲁木齐河 | 2016 | 0.071 | 0.084 | 2.8 | 0.84 | 22 | 0.46 | 1.5 |
| | 2017 | 0.065 | 0.089 | 7.5 | 0.63 | 9 | 0.2 | 6.3 |
| | 2018 | 0.06 | 0.11 | 3.5 | 0.42 | 17 | 0.19 | 2.9 |
| | 2019 | 0.06 | 0.097 | 3.5 | 0.31 | 27 | 0.2 | 1.8 |
| | 2020 | 0.039 | 0.0587 | 2.8 | 1.3 | 23 | 0.15 | 3.3 |

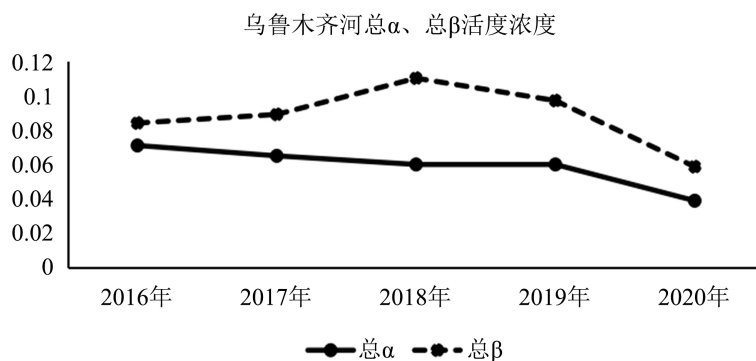


Figure 3. General layout of Urumqi River α , total β activity concentration
图 3. 乌鲁木齐河总 α 、总 β 活度浓度

3.3.2. 饮用水

2016年~2020年乌鲁木齐乌拉泊饮用水水源中总 α 和总 β 活度浓度均低于《生活饮用水卫生标准》[7] (GB5749-2022)规定的放射性指标 0.5 Bq/L 和 1 Bq/L 指导值, 未见放射性异常, 监测结果见表 5 和图 4。

Table 5. Monitoring results of radionuclide activity concentration in drinking water in Urumqi
表 5. 乌鲁木齐饮用水放射性核素活度浓度监测结果

| 点位名称 | 监测项目 | 单位 | 2016年 | 2017年 | 2018年 | 2019年 | 2020年 |
|------|------------|-----------------|--------|-------|--------|--------|--------|
| 乌拉泊 | 总 α | Bq/L | 0.089 | 0.081 | 0.058 | 0.050 | 0.041 |
| | 总 β | Bq/L | 0.097 | 0.098 | 0.113 | 0.084 | 0.120 |
| | Sr-90 | mBq/L | 2.400 | 2.530 | 3.200 | 3.200 | 3.150 |
| | Cs-137 | mBq/L | 0.726 | 0.452 | 0.700 | 0.140 | 0.460 |
| | Ra-226 | mBq/L | 25.300 | 8.860 | 19.000 | 25.000 | 23.000 |
| | Th | $\mu\text{g/L}$ | 0.091 | 0.138 | 0.146 | 0.140 | 0.115 |
| | U | $\mu\text{g/L}$ | 1.430 | 5.060 | 2.300 | 2.250 | 3.000 |

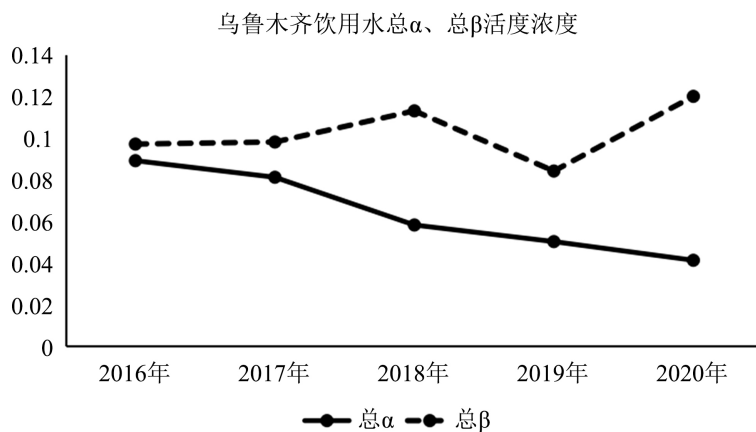


Figure 4. Total of drinking water in Urumqi α , total β activity concentration
图 4. 乌鲁木齐饮用水中总 α 、总 β 活度浓度

3.4. 土壤

依据《高纯锗 γ 能谱分析通用方法》(GB-11713-2015) [8], 使用 HPGe γ 谱仪, 将已剔除草、碎石等异物的土壤样品放置在温度设置为 105 $^{\circ}$ C 的烘箱中烘干至恒重, 然后压碎过筛(100 目)称重, 装入与标准源相同大小和体积的样品盒中密封。为保证 Ra-226 与其子体间放射达到平衡状态, 需将样品放置 20 d 以上, 待 U、Ra 平衡后再进行测量。十三五期间, 乌鲁木齐市土壤中天然放射性核素活度浓度处于本底水平, 人工放射性核素活度浓度未见异常, 监测结果见表 6 和图 5。乌鲁木齐土壤放射性核素比活度与 1983~1990 年全国环境天然放射性水平调查的测量值处于同一水平。1983~1990 年全国环境天然放射性水平调查的新疆本底测量值范围[9]: ^{238}U : 5.2~153.7; ^{232}Th : 10.5~190.4; ^{226}Ra : 10.9~203.4; ^{40}K : 190~1792。

Table 6. Specific activity range of soil radionuclides (Bq/kg-dry sample)

表 6. 土壤放射性核素比活度范围(Bq/kg·干)

| 点位 | 年份 | K-40 | Cs-137 | Ra-226 | Th-232 | U-238 |
|------|------|------|--------|--------|--------|-------|
| 乌鲁木齐 | 2016 | 539 | 1.4 | 26 | 30 | 28 |
| | 2017 | 681 | <0.51 | 29 | 41 | 34 |
| | 2018 | 620 | 2.9 | 22 | 26 | 34 |
| | 2019 | 642 | <0.73 | 29 | 31 | 34 |
| | 2020 | 800 | <0.92 | 40 | 38 | 38 |

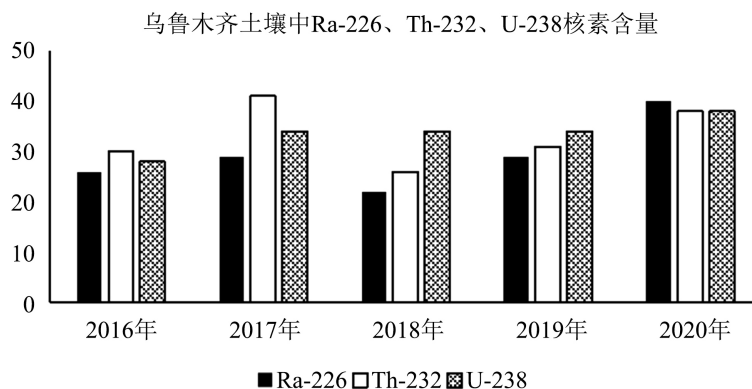


Figure 5. Contents of U-238, Th-232 and Ra-226 nuclides in Urumqi soil

图 5. 乌鲁木齐土壤中 U-238、Th-232、Ra-226 核素含量

4. 电磁辐射环境质量

一般布设在城市广场、公园等空旷地, 避开高层建筑物、树木、高压线及金属结构, 在城市电磁辐射的高峰期(5:00~9:00、11:00~14:00、18:00~23:00)测量离地面 1.7~2 m 处的综合场强[10]。根据以上布点原则, 乌鲁木齐市有 1 个国控电磁辐射环境质量监测点人民广场, 10 个区控电磁辐射环境质量监测点位(天山大峡谷、达坂城区政府、乌鲁木齐县政府、新疆大学、自治区党委、红山体育馆、新医大第一附属医院、市妇联开发区幼儿园、220 kV 钢东变、米东区政府广场)。

2016~2020 年, 乌鲁木齐市电磁辐射综合场强范围为 1.11~3.12 伏/米, 远低于《电磁环境控制限值》(GB8702-2014) [11]中规定的相应频率范围公众曝露控制限值(频率范围为 30 MHz~3000 MHz), 电磁环境质量良好[12]。十三五期间乌鲁木齐市电磁辐射环境质量监测结果见下表 7 和图 6。

Table 7. Monitoring results of electromagnetic radiation in Urumqi from 2016 to 2020 (unit V/m)
表 7. 2016~2020 年乌鲁木齐电磁辐射监测结果(单位 V/m)

| 监测 点位 | 监测 项目 | 2016 年 | | 2017 年 | | 2018 年 | | 2019 年 | | 2020 年 | |
|----------------------------------|------------|-------------|------|------------|------|------------|------|-------------|------|-----------|------|
| | | 测值 范围 | 平均值 | 测值 范围 | 平均值 | 测值 范围 | 平均值 | 测值 范围 | 平均值 | 测值 范围 | 平均值 |
| 乌鲁 木齐 市人 民广 场 | 综合电 场强度 | 1.112~1.562 | 1.34 | 1.32~1.35 | 1.34 | 1.922~2.01 | 2 | 2.16~2.24 | 2.2 | 2.21~ | 2.67 |
| | 工频电 场强度 | 0.67~1.128 | 0.9 | 0.63~0.88 | 0.76 | 0.86~0.90 | 0.88 | 0.21~0.23 | 0.22 | 0.21~0.23 | 0.22 |
| 乌鲁 木齐 市 10 个区 控 点 | 综合电 场强度 | 0.114~1.562 | 0.7 | 0.21~1.744 | 0.69 | 0.172~2.01 | 1 | 0.13~2.79 | 1.31 | 0.16~2.01 | 0.89 |
| | 工频电 场强度 | 0.52~1.128 | 0.68 | 0.24~0.88 | 0.57 | 0.24~0.90 | 0.41 | 0.209~0.623 | 0.35 | 0.21~1.2 | 0.36 |

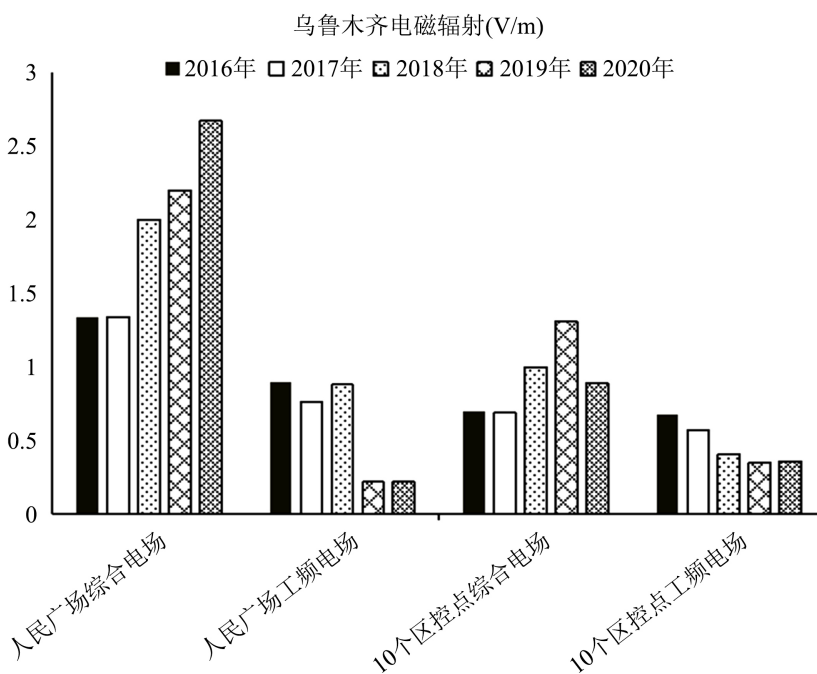


Figure 6. Urumqi electromagnetic radiation
图 6. 乌鲁木齐电磁辐射

5. 质量保证

5.1. 仪器设备的期间核查及长期可靠性验证

1) 泊松分布的检验

低水平放射性测量装置(γ 谱仪、 α 谱仪、低本底 α 、 β 测量仪、热释光读出仪)年内至少进行一次本底计数是否满足泊松分布的检验。按照《辐射环境监测技术规范》(HJ/T61-2001)中方法和步骤进行检验。

2) 放射性测量装置长期可靠性验证

大型精密仪器(γ 谱仪、 α 谱仪、低本底 α 、 β 测量仪、热释光读出仪)需按照《辐射环境监测技术规范》

(HJ/T61-2001)取常规测量的本底和效率测量值 12 个以上, 由这些数据计算平均值和标准差, 绘制质控图, 控制仪器设备正常使用。 γ 谱仪需要做本底质控图和 1332 keV 全吸收峰处的泊松分布, 与能量刻度时该能量全吸收峰道址的变化应小于 ± 0.5 keV, 若道址变化大于 ± 0.5 keV, 应检查仪器的性能和运行条件, 必要时重新刻度, 同时对以前的监测结果造成的影响进行追溯。

3) 便携仪器设备期间核查

对 γ 辐射空气吸收剂量率瞬时监测设备、表面污染测量设备、氡及子体监测设备和电磁辐射测量设备开展仪器比对或人员比对, 频次为 1 次/年; 对 γ 辐射空气吸收剂量率瞬时监测设备还需定期在稳定辐射场中测量, 采用均值 - 极差控制图判断仪器的稳定性, 频次为 1 次/季。

5.2. 实验室分析测量

1) 空白样测定

空白样品一般为实验室空白, 频次不少于 1 次/年, 更换试剂时, 应进行空白样测定。

2) 平行样测定

保证平行样不少于监测样品总数的 10%。

3) 加标回收率测定

加标样的测定不少于监测样品总数的 10%。

4) 留样复测

对气溶胶、沉降物样品的 γ 谱测量项目进行留样复测, 复测样品数量不少于监测样品总数的 10%。

5) “盲样”测定

质控室不定期发放“盲样”, 对各测量项目负责人进行盲样考核。

5.3. 自动站质控

自动站在线实时监测仪器的量值溯源和期间核查根据《辐射环境空气自动监测站空气吸收剂量率仪期间核查实施细则(试行)》(国环辐[2019] 18 号), 利用全国辐射环境监测标准物质配置项目统一配置的放射源和固定装置, 或采用性能指标符合期间核查实施细则规定的装置开展期间核查。

期间核查每年至少 1 次。自动站运行期间, 排除周围自然因素和环境影响后, 若空气吸收剂量率与剂量率仪检定/校准后首次测量时的本底值单向变化超过 8%, 需立即进行核查。超大流量采样器每年进行一次比对。

6. 小结

2016~2020 年, 乌鲁木齐市电离辐射环境质量良好, 核与辐射环境水平保持稳定, γ 辐射空气吸收剂量率和累积剂量处于天然本底涨落范围内, 空气中天然放射性核素活度浓度处于本底水平, 人工放射性核素活度浓度未见异常[13]。乌鲁木齐市地表水乌鲁木齐河总 α 和总 β 活度浓度处于正常环境水平, 乌拉泊饮用水中总 α 和总 β 活度浓度低于《生活饮用水卫生标准》(GB5749-2022)的指导值。乌鲁木齐市土壤中天然放射性核素活度浓度处于本底水平, 人工放射性核素活度浓度未见异常。乌鲁木齐市环境电磁辐射水平远低于《电磁环境控制限值》(GB8702-2014) [8]规定的公众曝露控制限值。

参考文献

- [1] 商照荣, 王文海. 借鉴 IAEA 安全标准体系完善我国核与辐射安全法规标准体系[J]. 核安全, 2010, 8(4): 3-13.
- [2] 国家环境保护总局. HJ-T61-2011 辐射环境监测技术规范[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2021.
- [3] 生态环境部. HJ 1157-2021 环境 γ 辐射剂量率测量技术规范[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2021.

- [4] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 10264-2014 个人和环境监测用热释光剂量测量系统[S]. 北京: 中国标准出版社, 2015.
- [5] 周程, 张起虹, 蒋云平, 等. 大气中放射性气溶胶的监测和评价[J]. 核技术, 2011, 34(11): 866-871.
- [6] 周海强. 新疆主要地表水放射性水平现状[J]. 新疆环境保护, 2019, 41(2): 17-21.
- [7] 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. GB 5749-2022 生活饮用水卫生标准[S]. 北京: 中国质检出版社, 2022.
- [8] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 11713-2015 高纯锗 γ 能谱分析通用方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2015.
- [9] 全国环境天然放射性水平调查总结报告编写小组. 全国土壤中天然放射性核素含量调查研究(1983-1990年) [J]. 辐射防护, 1992, 12(2): 122-142.
- [10] 秦敏, 徐鹏, 郑士懿. 台州市辐射环境质量监测与评价[J]. 华东科技(学术版), 2016(11): 407.
- [11] 环境保护部, 国家质量监督检验检疫总局. GB 8702-2014 电磁环境控制限值[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2015.
- [12] 张慧, 李云艳. 云南省辐射环境质量现状监测与分析[J]. 中国辐射卫生, 2015, 24(4): 372-374+377.
- [13] 罗文仲, 覃建强, 何鑫, 杨永安, 伍启良, 肖正龙. 遂宁市辐射环境质量监测与评价[J]. 四川职业技术学院学报, 2018, 28(5): 156-160.