

# 地下水中总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 放射性的测定及成果初步分析

许一鸣

(北京市水文总站 100089)

**摘 要:**随着生活水平的提高和环保意识的增强,人们对生活饮用水中的放射性指标越来越关注。生活饮用水中的总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 放射性在国家标准中被列为重要的监测指标。分析了水中放射性的来源与危害,结合一些地下水站点的放射性 $\alpha$ 、 $\beta$ 测定过程与数据,分析了影响检测结果的因素与减小误差的措施,为其他地区开展同类工作提供了有益的参考。

**关键词:**饮用水;总 $\alpha$ 放射性;总 $\beta$ 放射性;测量

中图分类号:X591

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2018)03-0073-03

## 1 地下水中总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 放射性检测的意义

《中华人民共和国水污染防治法》中明确规定了禁止向水体排放、倾倒放射性固体废物或者含有高放射性和中放射性物质的废水,向水体排放含低放射性物质的废水,应当符合国家有关放射性污染防治的规定和标准。2016年颁布的北京市水污染防治条例,其中也明确了防止水体放射性污染的措施。

一般来说,地下水中的放射性主要来自岩石、土壤及空气中的放射性物质。岩石、土壤中含有铀等天然放射性核素,这些核素形成的各种水溶物可被流水带到饮用水中,不溶性的放射性物质也会随泥沙等固体微粒进入水体中。同时空气中含有的放射性核素,可被雨雪、降尘带入水中。人们如果饮用了被放射性物质污染的水就会危害人体健康。

在所有放射性核素的检测与检验中,地下水中总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 放射性具有衰变期短、核素稳定性强,穿透力小的特点,而且相对来说,操作比较简便,具有精确、灵敏度高、特异性强、检测迅速的特点。

地下水中总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 放射性的测量意义主要有以下几点:初步判断样品的污染水平;为是否需要対样品继续进行核素分析提供筛选指标;在样品中核素的大概组成不明的情况下,以总 $\alpha$ 、 $\beta$ 放射性代替单个核素的分析;特殊情况下,以总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 放射性测定的数据作为各部门放射性管理的依据。

目前水文部门从事的水中总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 放射性检测主要以地下水为水源地的水源为主。本研究主要通过対海河流域一些平原地下水站点进行检测,总结出一些经验与建议,供水文部门同行参考借鉴。

## 2 检测方法的确定和检测仪器的选择

目前一般根据国家标准《生活饮用水标准检验法》(GB/T5750.13-2006)<sup>[1]</sup>采用低本底总 $\alpha$ 检测法来测量生活饮用水中总 $\alpha$ 放射性体积活度,采用薄样法来测量总 $\beta$ 的放射性体积活度。根据国家地下水质量标准(GB/T14848-93)规定<sup>[2]</sup>,井水、地下水的水质标准达到I、II、III类方可饮用,总 $\alpha$ 放射性浓度小于或等于0.1Bq/L、总 $\beta$ 放射性浓度小于或等于1.0Bq/L,就可认为饮用水是符合水质标准的。只有当总 $\alpha$ 或总 $\beta$ 超过这个界限时,才需要根据具体情况作进一步核素分析。

由于一般水样的放射性浓度低,与仪器的探测限较接近,特别是 $\alpha$ 粒子,射程短、测量的计数率小、测量时间长等影响准确探测的因素较多,如果忽视了测量过程中的各种可变性,可能出现较大的误差。所以饮用水的总放射性测量通常是弱放射性测量,必须采用低本底、高效率的 $\alpha$ 、 $\beta$ 测量装置。根据探测方式的不同,放射性检测装置通常分为三类,即电离型检测器、闪烁检测器和半导体检测器。本研究中使用的是四路低本底测量仪,四路是指可以一次同时测量4组

样品,属于闪烁检测器,该仪器采用的标准是 GB/T 11682-2008<sup>[3]</sup>,它的特点是本底低、效率高, $\alpha$ 、 $\beta$ 射线能同时测量。

仪器的使用前要先对仪器进行本底测量以及用  $\alpha$ 、 $\beta$  标准源进行效率刻度,本底测量是来测定仪器的工作条件,标准源测量是用来检验探测器的工作效率。仪器工作条件设置是否得当、标准源效率刻度的准确与否都直接影响后面各种测量的精确度。在实验中, $\alpha$  标准源采用成分为核素符号 (241Am) 镅-241 粉末, $\beta$  标准源采用成份为 40KCl 粉末,这两种标准源的比对结果与标准值更为接近。

3 地下水水中总  $\alpha$ 、总  $\beta$  放射性的测定

根据国家标准 GB/T5750.13-2006<sup>[1]</sup>水中总  $\alpha$ 、总  $\beta$  放射性的测定方法原理是将一定体积的水样蒸干且灼烧后,称取一定量的残渣,测量其  $\alpha$  和  $\beta$  放射性活度,根据残渣的放射性活度计算得到水中总  $\alpha$ 、总  $\beta$  放射性比活度。水样品测试过程分为水样浓缩、水样酸化、水样灰化、称重、制片、测量、产生数据这七个步骤。

(1)将 1L 水样品用电炉或电热板蒸发到 200ml 以下,转移至 250ml 烧杯中继续蒸发浓缩至 50ml。

(2)待样品冷却至室温后,转移至已知质量的125ml 瓷蒸发皿中,加入 1ml 浓硫酸,搅拌均匀。缓慢加热蒸干。待硫酸烟雾散尽,取下蒸发皿冷却至室温。加入 1~2ml 浓硝酸,再次缓慢加热蒸干,残渣变为淡黄色。

(3)将蒸干后的样品残渣放入马弗炉内灰化,温度 350℃,时间 1~2h,直至把样品残渣灰化到白色为止。

(4)用称量设备准确称量蒸发皿和灰化总重量。

(5)将灰化后的水样品粉末研磨成小于颗粒单位体积为 100 目的粉末。

(6)称取 160mg 水样品粉末铺于清洁干燥的样品盘中,每盘滴入少量 1:1 的无水乙醇与丙酮的混合溶液,用回形针使样品平整均匀的分布在样品盘中,用红外灯把有机溶剂彻底烘干,以固定样品粉末。然后放入干燥器内待测量使用。

(7)开启仪器预热 30min。从干燥器中取出制备好的水样品,放入仪器内进行测量,连续测 4 次,每次 3600s。测试结束后保存测量结果。

4 地下水水中总  $\alpha$ 、总  $\beta$  放射性检测结果的初步分析

2015 年至 2017 年共采集生活饮用水地下水水样

195 份,选取平原地带某一生活区域内的 10 个地下水监测站点进行数据分析,取样的时间分别为 4 月和 9 月。经过检测,10 个地下水监测站的总  $\alpha$ 、总  $\beta$  数值详见表 1。

表1 各监测站总 $\alpha$ 和总 $\beta$ 的测试值 (bq/l)  
Table1 The test values of the gross  $\alpha$  and  $\beta$  at the various monitoring stations

站名	采样日期	总 $\alpha$ 放射性	总 $\beta$ 放射性
1 号井	2017/4/19	0.039	0.115
	2017/9/13	0.045	0.146
2 号井	2017/4/26	0.018	0.052
	2017/9/13	0.074	0.125
3 号井	2017/4/19	0.024	0.095
	2017/9/13	0.007	0.113
4 号井	2017/4/26	0.064	0.089
	2017/9/13	0.037	0.092
5 号井	2017/4/26	0.011	0.045
	2017/9/13	0.048	0.073
6 号井	2017/4/26	0.004	0.071
	2017/9/13	0.036	0.098
7 号井	2017/4/19	0.077	0.089
	2017/9/13	0.066	0.122
8 号井	2017/4/10	0.03	0.128
	2017/9/13	0.035	0.085
9 号井	2017/4/10	0.097	0.091
	2017/9/13	0.059	0.119
10 号井	2017/4/19	0.026	0.099
	2017/9/13	0.011	0.098

4 月份研究区地下水水位较低,属于枯水期,10 个监测站总  $\alpha$ 、总  $\beta$  放射性的平均值分别为 0.039 与 0.0874bq/l。

在丰水期 9 月总  $\alpha$ 、总  $\beta$  放射性的平均值分别为 0.0418 与 0.1071bq/l,比枯水期略高一些。10 个监测点间总  $\alpha$ 、总  $\beta$  放射性相差不大,从整体来看,各监测点总  $\beta$  放射性大于总  $\alpha$  放射性。

本次检测的用于生活饮用水的地下水中的总  $\alpha$ 、总  $\beta$  放射性指标均达标。

5 影响检测结果因素及减小其影响的措施

由于饮用水中放射性活度低,接近或略高于本底水平,测量时干扰因素多,准确测量困难。根据总  $\alpha$ 、总

$\beta$ 放射性的检测流程(水样蒸发→硫酸盐化→高温灼烧→样品源制备→本底测量→样品源测量),将影响检测结果的因素及减小误差的方法总结如下:

(1)尽量减小水样预处理过程中的误差,减少残渣的损失。由于饮用水放射性活度较低,测量时先将一定体积的水样进行预处理,包括:取样、浓缩、转换、洗涤、灼烧、称重。操作必须认真仔细,尽量减小误差。尤其在水样的浓缩时,选择适当的蒸发方式减少残渣量的损失,从而保证测量结果的准确性。

(2)样品需进行硫酸盐化。在水样的预处理过程中,为了避免高温灼烧后的残渣吸潮而影响测量,所以要对样品进行硫酸盐化,但硫酸试剂的量过多也会在一定程度上导致灰化后的残渣吸潮,要按标准加入规定的适量硫酸试剂。

(3)本底测量要准确。生活饮用水的放射性活度接近或略高于本底水平,因此本底测量的准确性对仪器的效能检测、稳定性检测以及后期的数据结果有直接的影响。测量本底值时,要选用专用的样品盘进行测量,分别测量本底值,取本底值小且基本相同的测量盘置于干燥器中保存备用。

(4)样品源和标准源的要求。放射性测量中一般采用与样品源中放射性核素的有效能量接近的标准源作比较测量。由于标准源的厚度影响粒子的计数率,所以要用与样品源相同质量的标准源来做对比。在样品源的制备过程中,首先样品残渣一定要研细混匀,其次在样品盘上要涂抹均匀,且不能超过样品盘边缘,避免增大误差。

(5)制好的源在放进仪器测量前需认真检查样品盘边缘有无污染物,避免污染仪器探头。将测量盘送入探测室时应轻推,取出时应慢拉,放入检测仪器中的样

品托盘需要定期用酒精棉擦洗,保持清洁,避免样品灰尘或杂质影响测量结果。工作源、标准源、样品源测量完成后,要及时从托盘中取出,避免仪器本底增加。制作源的工具应专用,且需经常用酒精棉清洁送样板。

(6)做好仪器及环境的维护。为了使仪器中电子元件及线路保持干燥,测量标准源或水样后,要及时将源取出。要做到仪器每周至少开机一次,至少运行3h,以确保仪器各部件均能保持良好状态。仪器要定期进行校正以保证测试结果的准确性。

## 6 结语

饮用水中的总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 放射性的测定有其特殊性,作为水文部门,在这方面需要承担的检测任务将越来越重。在检测过程中,要严格按照总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 放射性的检测流程(水样蒸发→硫酸盐化→高温灼烧→样品源制备→本底测量→样品源测量),尽量减少影响检测结果的因素并减小误差。

根据本研究中的平原地带某一生活区域内的10个地下水监测站点进行数据分析,总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 放射性的水平均在国家相关标准限定值以内。

## 参考文献:

- [1] GB/T5750.13-2006, 生活饮用水标准检验法放射性指标 [S]. (GB/T5750.13-2006, Standard Examination Methods for Drinking Water-Radiological Parameters [S]. (in Chinese))
- [2] GB/T14848-93, 国家地下水质量标准 [S]. (GB/T14848-93, Quality Standard for Ground Water [S]. (in Chinese))
- [3] GB/T 11682-2008, 低本底 $\alpha$ 和/或 $\beta$ 测量仪 [S]. (GB/T 11682-2008, Low Background Alpha and/or Beta Measuring Instruments [S]. (in Chinese))

## Determination of Gross $\alpha$ and $\beta$ Radioactivity in Groundwater and Preliminary Analysis

XU Yiming

(Beijing Hydrological Center, Beijing 100089, China)

**Abstract:** With the improvement of living standards and environmental consciousness enhancement, the people have paid more and more attention to the radioactive indicators in the drinking water. Now, the radioactivity of gross  $\alpha$  and  $\beta$  in the drinking water has been listed as one of the important monitoring indicators in the national standards of China. This paper described the radioactive sources in water and harm, analyzed the influence factors on the testing results, and put forward the measures of decreasing errors.

**Key words:** drinking water; gross  $\alpha$  radioactivity; gross  $\beta$  radioactivity; measurement