

团 体 标 准

T/ZJARP 003—2024

大气气溶胶 γ 放射性核素在线自动监测仪 技术要求及检测方法

Technical requirements and test procedures for atmospheric aerosol gamma-ray emitting radionuclides on-line automatic monitoring equipment

2024 - 01 - 16 发布

2024 - 02 - 01 实施

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 仪器组成	1
5 技术要求	2
5.1 使用环境条件	2
5.2 外观要求	2
5.3 性能要求	2
5.4 平均故障间隔时间 (MTBF)	4
5.5 电气安全	4
5.6 电磁兼容	4
6 主要性能指标及检测方法	4
6.1 主要性能指标	4
6.2 检测条件	5
6.3 试验仪器仪表及标准源	5
6.4 试验准备及校正	5
6.5 检测方法	5
7 操作说明书	7

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由浙江恒达仪器仪表股份有限公司提出。

本文件由浙江省辐射防护协会归口。

本文件起草单位：浙江恒达仪器仪表股份有限公司、浙江省辐射环境监测站、浙江国辐环保科技有限公司。

本文件主要起草人：潘志东、钱贵龙、唐旻、郑秀红、何李生、朱一昊、邢炎、曹龙生、丁逊、毛传林、吴程、王文鹏、吕安标。

大气气溶胶 γ 放射性核素在线自动监测仪技术要求及检测方法

1 范围

本标准规定了用滤膜压片/高纯锗 γ 能谱法测量环境空气气溶胶 γ 放射性核素的大气气溶胶 γ 放射性核素在线自动监测仪的仪器组成、技术要求、主要性能指标及检测方法。

本标准适用于大气气溶胶 γ 放射性核素在线自动监测仪的指导生产设计、指导应用选型和开展性能检测。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 9969 工业产品使用说明书 总则
- GB/T 11713—2015 高纯锗 γ 能谱分析通用方法
- GB/T 13306 标牌
- GB/T 16145—2022 环境及生物样品中放射性核素的 γ 能谱分析方法
- GB/T 18268.1—2010 测量、控制和实验室用的电设备 电磁兼容性要求 第1部分：通用要求
- GB/T 19661.1—2005 核仪器及系统安全要求 第1部分：通用要求
- HJ 61—2021 辐射环境监测技术规范
- HJ 1009—2019 辐射环境空气自动监测站运行技术规范
- HJ 1127—2020 应急监测中环境样品 γ 核素测量技术规范
- HJ 1149—2020 环境空气 气溶胶中 γ 放射性核素的测定 滤膜压片/ γ 能谱仪

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

气溶胶 aerosol

液体或固体微粒分散在空气中形成的相对稳定的悬浮体系。

[来源：HJ 1149—2020, 3.1]

3.2

大气气溶胶 γ 放射性核素在线自动监测仪 atmospheric aerosol gamma-ray emitting radionuclides on-line automatic monitoring equipment

通过对环境空气中的气溶胶自动采样，自动制样，使用高纯锗 γ 能谱仪自动测量，实现 γ 放射性核素识别和活度浓度分析的在线自动监测系统。

4 仪器组成

大气气溶胶 γ 放射性核素在线自动监测仪的仪器基本组成单元如图1所示，主要包含以下单元：

5.3.1 基本功能

- 5.3.1.1 应具有连续采样、制样、在线监测功能。
- 5.3.1.2 应具有样品编码溯源功能。
- 5.3.1.3 应具有样品复测功能。
- 5.3.1.4 应具有 γ 放射性核素识别及活度浓度分析功能。
- 5.3.1.5 应具有常规、应急、自定义模式，适应不同的监测方案功能。
- 5.3.1.6 应具有支持数据、状态、报警等信息的存储、查询、打印等功能。
- 5.3.1.7 应具有记录环境气象参数功能。
- 5.3.1.8 应具有来电自启、断电保护功能。

5.3.2 自动采样单元

- 5.3.2.1 应具有自动换膜功能。
- 5.3.2.2 应具有标况体积自动换算功能。
- 5.3.2.3 应具有采样风机过热保护功能。
- 5.3.2.4 应具有采样风机堵塞保护及处理功能。
- 5.3.2.5 采样滤膜在膜面流速为 0.6m/s 时，对 0.3 μ m 标准粒子的截留效率不低于 95%。在 0.6m/s 的洁净空气流速时，压降应小于 1kPa。[来源：HJ 1149—2020，5.1]
- 5.3.2.6 采样装置应放置在闭锁的设备中。
- 5.3.2.7 采样口高出基础面高度应符合 HJ 61—2021 中 6.2.1.1 的规定。
- 5.3.2.8 滤膜存储量应保证大气气溶胶 γ 放射性核素在线自动监测仪在 24 h 完成一个样品测量情况下，可连续工作时间不少于 1 个月。

5.3.3 自动制样单元

- 5.3.3.1 应具有静置烘干功能。
- 5.3.3.2 应具有传送功能。
- 5.3.3.3 应具有滤膜压片功能。
- 5.3.3.4 应具有压片后样品净尘量测量功能。
- 5.3.3.5 应具有压片后样品体积测量功能。
- 5.3.3.6 应具有装盒功能。
- 5.3.3.7 制样过程中，应防止滤膜上的积尘洒落，防止交叉污染。
- 5.3.3.8 滤膜有效采样部分应无损失，完整性不低于 99%。
- 5.3.3.9 样品自动压制，且制样压力及压力保持时间应符合 HJ 1149—2020 中 7.4.4 的规定。
- 5.3.3.10 压片后的样品应积尘分布均匀、表面平整、不易变形。
- 5.3.3.11 压片后样品直径和高度应符合 HJ 1127—2020 中 5.8 对超大流量气溶胶样品尺寸的规定。
- 5.3.3.12 样品容器应符合 HJ 1149—2020 中 5.2 的规定。

5.3.4 自动测量单元

- 5.3.4.1 应具有样品自动定位功能。
- 5.3.4.2 应具有 γ 能谱测量和计算功能。
- 5.3.4.3 应具有不间断电源供电功能。
- 5.3.4.4 能量响应范围应覆盖 40keV~2000keV。
- 5.3.4.5 相对探测效率应符合 GB/T 11713—2015 中 3.1.2 的规定。
- 5.3.4.6 屏蔽室应设有便于放、取样品的门或窗。
- 5.3.4.7 高纯锗探测器的制冷温度应符合 GB/T 11713—2015 中 3.1.2 的规定。
- 5.3.4.8 高压电源应符合 GB/T 11713—2015 中 3.1.4 的规定。
- 5.3.4.9 主放大器应符合 GB/T 11713—2015 中 3.1.5 的规定。
- 5.3.4.10 多道脉冲幅度分析器应符合 GB/T 11713—2015 中 3.1.6 的规定。
- 5.3.4.11 应包含谱分析软件，谱分析软件应符合 GB/T 16145—2022 中 5.2 的规定。

5.3.4.12 γ 能谱分析、不确定度评定应符合 GB/T 16145—2022 中 9、10 的规定。

5.3.5 自动存样单元

5.3.5.1 应具有样品自动进出样功能。

5.3.5.2 应具有样品自动传送功能。

5.3.5.3 应具有样品自动存储功能。

5.3.5.4 样品存储量应可保证大气气溶胶 γ 放射性核素在线自动监测仪在 24 h 完成一个样品测量情况下，可连续工作时间不少于 1 个月。

5.3.6 控制单元

5.3.6.1 应具有开启和关闭大气气溶胶 γ 放射性核素在线自动监测仪功能。

5.3.6.2 应具有质量控制数据录入功能。

5.3.6.3 应具有数据处理、存储、展示、断电续传功能。

5.3.6.4 应具有加密远程通讯功能，兼容有线、无线通讯模式功能。

5.3.6.5 应具有系统故障报警功能。

5.3.6.6 应具有核素数据异常报警功能。

5.3.6.7 应支持远程控制。

5.3.6.8 可存储数据总量不小于 36 个月的测量数据。

5.3.6.9 测量数据应可形成报告，报告应包含采样点位、样品编号、采样起止时间、采样流量、采样体积（工况、标况）、环境气象参数、测量时间、测量时长、净尘量、 γ 能谱测量结果、效率刻度谱数据或引用效率刻度谱文件名称、故障报警、用户自定义等采样、制样、测量信息。

5.4 平均故障间隔时间（MTBF）

应不小于1000 h。

5.5 电气安全

5.5.1 介电强度

应符合GB/T 19661.1—2005中关于介电强度的规定，在试验电压条件下，不应出现击穿或重复飞弧现象，电晕效应和类似现象（如单次瞬间闪烁）不考虑。

5.5.2 绝缘电阻

正常大气条件下，电源输入端与机壳（接地端）间的绝缘电阻应不小于20 M Ω 。

5.5.3 漏电保护

应具备漏电保护功能。

5.6 电磁兼容

应符合GB/T 18268.1—2010中关于工业场所对静电放电、浪涌（冲击）、射频电磁场辐射等的规定。

6 主要性能指标及检测方法

6.1 主要性能指标

大气气溶胶 γ 放射性核素在线自动监测仪按照本标准6.5规定的方法进行试验，大气气溶胶 γ 放射性核素在线自动监测仪性能必须满足表1的要求。

表1 大气气溶胶 γ 放射性核素在线自动监测仪主要性能指标及检测方法

指标名称	性能指标	检测方法
采样流量	$\geq 600\text{m}^3/\text{h}$ ，且流量可调	6.5.1
流量示值误差	符合HJ 1009—2019中5.3.1.1对超大流量采样	

	器的规定	
流量重复性	≤2%	6.5.2
流量稳定性	≤5% (24h内的采样流量变化)	6.5.3
负载能力	≤5% (采样口附加4kPa~6kPa的负载)	6.5.4
温度示值误差	符合HJ 1149—2020中B.1的规定	6.5.5
大气压示值误差	符合HJ 1149—2020中B.2的规定	6.5.6
能量分辨率	符合GB/T 11713—2015中3.1.2的规定 (对 ⁶⁰ Co的1332.5keV γ射线)	6.5.7
本底积分计数率	<3cps (40keV~2000keV)	6.5.8
谱仪稳定性	符合GB/T 11713—2015中3.1.7的规定	6.5.9
探测下限	在采样体积为10000m ³ (标准状态), 对 ¹³⁷ Cs、 ¹³¹ I的典型探测下限符合HJ 61—2021中表15的相关规定, 对 ²¹⁰ Pb的探测下限符合HJ 1149—2020中表A.1的相关规定。	6.5.10

6.2 检测条件

参照本标准5.1条款。

6.3 试验仪器仪表及标准源

表2 试验仪器仪表及标准点源

序号	名称	规格
1	卷尺	量程大于3 m
2	流量校准器	在采样器流量范围内, 误差≤2%
3	温度计	在测量范围-30°C~50°C内, 精度±0.5°C
4	气压计	在测量范围50kPa~107kPa内, 精度±0.1kPa
5	⁶⁰ Co标准源	在活度范围 (10 ³ ~10 ⁵) Bq内, 相对扩展不确定度≤4.0% (k=2)

6.4 试验准备及校正

6.4.1 检查仪器各部件, 调整仪器至正常工作状态。

6.4.2 检查仪器滤膜, 并保证足量且质量符合要求。

6.4.3 接通电源后, 按照仪器制造商提供的操作说明书中规定的预热时间进行预热运行, 以使各部分功能稳定。

6.4.4 按照仪器制造商提供的操作说明书中规定的校正方法, 对自动采样单元的流量传感器、温度传感器、大气压传感器及自动测量单元的高纯锗 γ能谱仪进行校正。

6.5 检测方法

6.5.1 采样流量及流量示值误差

按以下步骤进行:

a) 确保自动采样单元的滤膜压框上已有一张空白滤膜, 流量校准器按照使用说明与采样器连接, 保证气路密封不泄露, 采样器通电后, 将采样流量设置为不小于 600m³/h;

a) 启动采样器运行 10min, 待采样流量稳定后, 读取流量校准器和自动采样单元的流量读数, 重复读取 10次;

b) 流量示值误差按公式 (1) 计算。

$$\delta = \frac{\overline{Q}_S - \overline{Q}_R}{\overline{Q}_R} \times 100\% \quad (1)$$

式中: δ —流量示值误差, %;

\overline{Q}_R —流量校准器流量平均值, m³/h;

\overline{Q}_S —采样器流量平均值, m³/h。

6.5.2 流量重复性

依据 6.5.2 读取的流量值，按公式 (2) 计算流量重复性。

$$S_{rel} = \frac{\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Q_{Ri} - \overline{Q_R})^2}}{\overline{Q_R}} \times 100\% \quad (n=10) \quad (2)$$

式中： S_{rel} —流量重复性，%；

Q_{Ri} —流量校准器第 i 次测量显示的流量值， m^3/h 。

6.5.3 流量稳定性

按以下步骤进行：

- 确保自动采样单元的滤膜压框上已有一张空白滤膜，设置采样流量不小于 $600m^3/h$ ，采样时间为 24 小时；
- 启动采样，每隔两小时读取一个流量值，连续测试 24h，取最大值和最小值；
- 流量稳定性按公式 (3) 计算。

$$W = \frac{Q_{max} - Q_{min}}{Q} \times 100\% \quad (3)$$

式中： W —流量稳定性，%；

Q_{max} —自动采样单元采样流量的最大值， m^3/h ；

Q_{min} —自动采样单元采样流量的最小值， m^3/h ；

Q —自动采样单元的设置的流量值， m^3/h 。

6.5.4 负载能力

按以下步骤进行：

- 确保自动采样单元的滤膜压框上已有一张空白滤膜，设置采样流量不小于 $600m^3/h$ ；
- 启动采样，待采样流量稳定后，读取流量值；
- 在采样口逐渐增加 $4kPa \sim 6kPa$ 的负载，10min 后读取加载负载的流量值；
- 按公式 (4) 计算流量变化量 B 即为负载能力。

$$B = \frac{Q_{前} - Q_{后}}{Q} \times 100\% \quad (4)$$

式中： B —采样流量变化量，%；

$Q_{前}$ —增加负载前自动采样单元的流量值， m^3/h ；

$Q_{后}$ —增加负载后自动采样单元的流量值， m^3/h ；

Q —自动采样单元的设置的流量值， m^3/h 。

6.5.5 温度示值误差

按 HJ 1149—2020 中 B.1 规定的试验方法进行。

6.5.6 大气压示值误差

按 HJ 1149—2020 中 B.2 规定的试验方法进行。

6.5.7 能量分辨力

将标准源 ^{60}Co 置于探测器正上方合适的位置进行测量，使全谱计数率不大于 $2000s^{-1}$ ，全能峰面积净计数不小于 10000，计算能量为 1332.5keV 的 γ 射线全能峰的半高宽 (FWHM，以能量 eV 表示)，FWHM 即为自动测量单元的能量分辨力。

6.5.8 谱仪稳定性

设置多道分析器的道数为8192道,调节增益,使 ^{60}Co 的1332.5keV γ 射线的全吸收峰置于5000道附近,连续测量24h,检查24h内峰位漂移情况。

6.5.9 本底积分计数率

在屏蔽室内不放置样品的情况下,设置自动测量单元的测量时间为24h,启动自动测量单元进行测量,测量完成后,操作 γ 能谱分析软件,检查40keV~2000keV能量范围内的本底积分计数率。

6.5.10 探测下限

按以下步骤进行:

- a) 确保自动采样单元的滤膜压框已放置空白滤膜,设置累积采样体积为 10000m^3 (标准状态),静置时间为72h,测量时间为24h;
- b) 启动大气气溶胶 γ 放射性核素在线自动监测仪进行测量,样品测量完成后,操作 γ 能谱分析软件,分别读取 ^{137}Cs 、 ^{131}I 、 ^{210}Pb 特征 γ 射线全吸收峰对应的本底计数;
- c) 按标准 HJ 1149—2020 中附录 A 规定的计算公式计算 ^{137}Cs 、 ^{131}I 、 ^{210}Pb 的探测下限。

7 操作说明书

仪器的操作说明书应符合 GB/T 9969,至少包括以下内容:现场安装条件及方法、仪器操作方法、部件标识、校正方法、常见故障处理、日常维护说明及其他注意事项等。