



中华人民共和国国家标准

GB/T 7165.2—2008/IEC 60761-2:2002
代替 GB/T 7165.2—1988 和 GB/T 7165.6—1989

气态排出流(放射性)活度连续监测设备 第2部分:放射性气溶胶(包括超铀 气溶胶)监测仪的特殊要求

Equipment for continuous monitoring of radioactivity in gaseous effluents—
Part 2: Specific requirements for radioactive aerosol monitors including
transuranic aerosols

(IEC 60761-2:2002, IDT)

2008-06-19 发布

2009-04-01 实施

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

发布

前 言

本部分是 GB/T 7165《气态排出流(放射性)活度连续监测设备》标准的第 2 部分,该标准共包括下列五个部分:

- GB/T 7165.1《气态排出流(放射性)活度连续监测设备 第 1 部分:一般要求》;
- GB/T 7165.2《气态排出流(放射性)活度连续监测设备 第 2 部分:放射性气溶胶(包括超铀气溶胶)监测仪的特殊要求》;
- GB/T 7165.3《气态排出流(放射性)活度连续监测设备 第 3 部分:放射性惰性气体监测仪的特殊要求》;
- GB/T 7165.4《气态排出流(放射性)活度连续监测设备 第 4 部分:放射性碘监测仪的特殊要求》;
- GB/T 7165.5《气态排出流(放射性)活度连续监测设备 第 5 部分:氡监测仪的特殊要求》。

本部分等同采用 IEC 60761-2:2002《气态排出流(放射性)活度连续监测设备 第 2 部分:放射性气溶胶(包括超铀气溶胶)监测仪的特殊要求》(英文版)。

为了便于使用,本部分对 IEC 60761-2:2002 做了下列编辑性修改:

- 删除原国际标准的前言;
- 按照汉语习惯对一些编排格式进行了修改(例如:注的后面加“:”,一些列项说明的后面将“。”改为“;”);
- 用小数点符号“.”代替国际标准中的小数点符号“,”;
- 在“2 规范性引用文件”中将已有相应国家标准和行业标准的国际标准改为我国的标准(以 GB/T 2423.5 代替 IEC 60028-2-27:1987,以 GB/T 7165.1—2005 代替 IEC 60761-2:2002,以 GB/T 17626 代替 IEC 61000,以 EJ/T 1010—1996 代替 IEC 61578:1997,以 GB 9254 代替 IEC/CISPR 22:1997),删去了在正文中未出现的标准 EN 481:1993;
- 12.5 中的不确定度已包括了范围,故将“ $\pm 10\%$ ”改为“10%”;
- 在交流电源的电压和频率中只保留我国现行使用的内容;
- 删除参考文献。

本部分代替 GB/T 7165.2—1988《气态排出流(放射性)活度连续监测设备 第二部分:气溶胶排出流监测仪的特殊要求》和 GB/T 7165.6—1989《气态排出流(放射性)活度连续监测设备 第六部分:超铀气溶胶排出流监测仪的特殊要求》。

本部分的附录 A 为资料性附录。

本部分应与 GB/T 7165.1—2005 结合使用。

本部分由中国核工业集团公司提出。

本部分由全国核仪器仪表标准化技术委员会归口。

本部分起草单位:深圳市计量质量检测研究院、福建省计量科学技术研究所。

本部分主要起草人:李名兆、周迎春、卢瑞祥、罗峰、李阳武、邹锋。

原标准于 1988 年 4 月首次发布。

气态排出流(放射性)活度连续监测设备

第2部分:放射性气溶胶(包括超铀气溶胶)监测仪的特殊要求

1 范围

GB/T 7165 的本部分适用于同时、延时或顺序测量向环境排放的气溶胶排出流的设备。

这类设备应具有下述功能:

- 测量气溶胶排出流的体积活度(Bq/m^3)和/或气溶胶总排放活度(Bq);
- 当超过预定的体积活度或预定的气溶胶总排放活度时,启动报警信号。

这类设备用于在宽范围内测量活度,包括在很大的天然本底中存在的很小的量。天然本底的气溶胶中通常存在 ^{222}Rn 和 ^{220}Rn 的子体。在监测低水平活度中,一个重要的问题就是鉴别本底活度。为了提供更多和更准确的信息,可以对取样后的过滤器进行补充或后续的实验室分析。

本部分的目的是规定特殊的标准要求,包括技术特性和一般试验条件,并给出气溶胶排出流监测仪可行方法的实例。

GB/T 7165.1—2005 给出了一般要求、技术特性、试验方法、辐射特性、电气特性、机械特性、安全特性和环境特性。除非另有说明,这些要求均适用于本部分。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过 GB/T 7165 的本部分的引用而成为本部分的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本部分,然而,鼓励根据本部分达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本部分。

GB/T 2423.5 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 Ea 和导则:冲击(GB/T 2423.5—1995, idt IEC 60068-2-27:1987)

GB/T 7165.1—2005 气态排出流(放射性)活度连续监测设备 第1部分:一般要求(IEC 60761-1:2002, IDT)

GB 9254 信息技术设备的无线电骚扰限值和测量方法(GB 9254—1998, idt IEC/CISPR 22:1997)

GB/T 17626(所有部分) 电磁兼容 试验和测量技术(idt IEC 61000)

EJ/T 1010—1996 α 、 β 放射性气溶胶监测仪 校准与氡子体补偿有效性的检验方法(eqv IEC 61578:1997)

3 术语和定义

GB/T 7165.1—2005 确立的以及下列术语和定义适用于本部分。

3.1

气溶胶 aersols

固体或液体微粒在空气或其他气体中形成的悬浮物。

3.2

空气动力学等效直径 aerodynamic equivalent diameter

与气溶胶粒子具有相同沉降速度的单位密度球形粒子的直径。

GB/T 7165.2—2008/IEC 60761-2:2002

3.3

活度中值空气动力学直径 activity median aerodynamic diameter(AMAD)

小于(或大于)该直径的粒子,其活度各占 50%。

3.4

气溶胶监测仪 aerosols monitor

设计用于同时、延时或顺序测量向环境排放的气态排出流中气溶胶活度的设备。

3.5

总等效窗厚度 total equivalent window thickness

从气溶胶收集介质表面发射的粒子到达探测器灵敏体积所须穿过的等效厚度(或密度厚度),通常以单位面积上的质量(mg/cm^2)表示。

注:这个厚度包括粒子穿过空气层的厚度加上探测器窗的厚度以及为防止放射性污染、有害化学物质或水蒸气而涂覆在探测器上的保护层厚度。

3.6

高效源 high efficiency source

能量大于 5 keV 的粒子、源效率大于 0.25(包括反散射粒子的影响)的源(该定义适用于最大能量大于 150 keV 的 β 发射体)。

3.7

源效率 source efficiency

源的表面发射率与单位时间内从放射源或其饱和层厚度内产生或释放的同一类型粒子数的最大比值。

4 气溶胶排出流监测仪的分类

按照测量方法,设备可分为:

- 总 γ 气溶胶监测仪;
- 总 β 气溶胶监测仪;
- 总 α 气溶胶监测仪;
- 总 α 和总 β 气溶胶监测仪;
- α 谱监测仪;
- γ 谱监测仪。

按照工作方式,设备也可分为:

- 带固定过滤取样器并同时测量的设备;
- 带移动过滤取样器并同时测量的设备;
- 带移动过滤取样器并延时测量的设备;
- 带移动过滤取样器并同时和延迟测量的设备;
- 带固定过滤取样器并同时测量与带移动过滤取样器并同时和/或延时测量相结合的设备;
- 带碰撞器的设备;
- 带静电沉积器的设备。

5 取样和探测装置

5.1 气泵

除了满足 GB/T 7165.1—2005 第 11 章的要求,气泵还应承受由正常工作条件(预计的最大取样时间、收集介质或备用过滤器、大气含尘量和引起收集介质堵塞的质量厚度等)引起的压力变化,所以在取样结束时,标称空气流量的减少不应大于 10%,或者总的空气取样体积的误差不应大于 8%。为了将泵

的污染减至最小,应使用备用过滤器。

在所有情况下,为了滞留粒子,仪器应设计成具有防止气流堵塞或收集装置故障的能力。

为了探测收集介质(例如过滤器或碰撞器)的缺失、破裂或堵塞,应配备报警。

注:取样管的效率不总是常量,可能随工作时间发生变化。因此,在安装系统后应验证效率并定期检查,例如每两年检查一次。

5.2 气溶胶收集部件

收集表面可根据装置的工作方式(见第4章)采用不同的几何形状:

——圆形,例如:用于固定过滤装置或盒式系统(过滤纸在探测器或圆形碰撞器下方移动);

——正方形或矩形,例如:用于移动过滤装置或矩形碰撞器设计;

注:对于移动过滤器,正方形或矩形几何形状允许通过计算简化。

——对于测量 α 辐射的设备,其使用的探测器应尽可能选择对 α 粒子吸收小的收集介质;

——应避免在过滤器上所收集的气溶胶沉积出现明显的不均匀;

——气溶胶滞留部件的设计应将除收集介质以外的表面沉积减至最小;

——过滤器支架的设计特性(尺寸、几何形状、过滤器支撑方式等)应考虑所用过滤器的机械强度和抽气取样泵的特性;

——对于同时取样和测量的装置,气溶胶体积活度的测量可能受到取样空气中存在的放射性气体(例如: ^{41}Ar 、 ^{85}Kr 、 ^{133}Xe 等)的干扰。通过在过滤器前方和后方靠近探测器的位置安装具有特殊几何形状的空腔将这种干扰减至最小,并相应减小无用体积;

——设计应将泄漏减至最小,特别注意引起收集介质旁路的内部泄漏;

——应以可快速和容易移动、但对探测装置没有损坏风险和当累积活度处于高水平时对工作人员危害最小的方式设计收集介质的入口;

——为了改善测量的准确度和灵敏度,在取样之后,设备应能用于介质的补充实验室分析。此外,收集介质可提供验证仪器测量的方法。另外,在仪器的电子部件出现故障的情况下,介质分析可用作补充测量。

5.3 粒子收集效率

制造厂应说明取样装置的收集效率,取样装置应能收集空气动力学等效直径范围至少在 $0.1\ \mu\text{m}$ ~ $10\ \mu\text{m}$ 的粒子或由制造厂与用户商定的其他范围的粒子。制造厂应给出正常运行条件下的效率值,例如空气取样流量。

注:具有小于 $10\ \mu\text{m}$ 空气动力学直径的粒子有50%能够穿入肺部区域。

5.4 辐射探测器

制造厂应规定探测器的特性,包括探测器尺寸和保护层的传输特性(例如:有效面积、厚度等)。制造厂还应规定探测效率随粒子能量的变化。

探测器的有效探测表面积应近似等于气溶胶收集表面积:

——对于总活度测量,探测器尺寸可大于收集介质;

——对于 α 谱测量,两者的尺寸应相近。

应根据探测的辐射类型选择最大的总等效窗厚度(源表面垂直于探测器的有效体积):

——总 α 测量:总等效窗厚度小于 $2\ \text{mg}/\text{cm}^2$ (相当于 $3.2\ \text{MeV}$ 的能量损失);

——总 β 测量:总等效窗厚度应适应于被探测粒子的能谱。制造厂应说明总等效窗厚度;

—— α 谱测量:总等效窗厚度应适应于探测器技术;

—— γ 射线:总等效窗厚度应适应于探测器技术。

当使用谱测量时,制造厂应规定在考虑了空气间隙和探测器特性的能量范围内对 α 粒子的能量分辨率。制造厂应规定某些测量条件,例如:接近天然(^{222}Rn 和 ^{220}Rn)放射性本底水平的测量条件。

GB/T 7165.2—2008/IEC 60761-2:2002

5.5 易于去污

在辐射探测器与含有放射性气溶胶的气态介质接触的场所,设计中应特别注意探头要易于去污。只要有可能,通过在探测器窗前面使用易于更换或去污的薄膜来保护探头。

5.6 取样入口和取样管道

除了 GB/T 7165.1—2005 第 7 章的一般要求以外,应考虑下述特性并由制造厂与用户协商:

- 所用材料的特性应特别注意静电效应和化学腐蚀。例如:为了防止由于静电在管壁上产生粒子沉积,应避免使用某些带电荷积累的塑料;
- 入口和出口之间的最小距离,以防止发生回流;
- 入口和收集介质之间的最大距离;
- 满足具有代表性取样条件的取样管横截面、气体流量特性和取样管入口的位置;
- 控制取样管的温度和压力,以防止气体凝结。

6 检查源

应配备一个检查源,检查源用以代替气溶胶收集装置或将其置于靠近探测器的地方(也可见 GB/T 7165.1—2005 的第 14 章)。

7 测量结果的表示

满足 GB/T 7165.1—2005 第 9 章的要求,带有探测器的电子测量装置应提供直接以活度单位(Bq、Bq/m³)表示的读数。

制造厂应说明监测仪的响应和所用的放射性核素。

8 对其他电离辐射的响应

设计的设备应尽可能限制其他电离辐射的影响。制造厂应规定其他电离辐射的干扰。

9 天然放射性的补偿

9.1 补偿方法

监测由天然放射性核素(例如:²²²Rn、²²⁰Rn 及其子体,其浓度随时间、气象、通风等条件而发生变化)产生的气体或空气中低水平活度是最困难的问题。

有几种补偿天然放射性核素影响的方法,包括:

- α 能量范围(路径长度)甄别;
- 在天然放射性核素(主要是短半衰期核素)衰减后进行延迟测量;
- 谱测量;
- 天然放射性核素其他物理特性的测量,例如:假符合测量;
- 粒子尺寸选择。

在这些方法中,有些包括了软件技术的应用。

在使用 α 谱测量技术的情况下,为了减少自吸收,应选择合适的收集介质。

9.2 电子学补偿法的要求

如果使用电子学方法补偿天然放射性,制造厂应说明:

- 调整程序,通常包括补偿因子的正确确定和调整;
- 用于检查补偿装置特有功能的合适的试验方法;
- 补偿效率,以每秒单位空气中天然放射性活度的剩余计数或以剩余脉冲计数率与未补偿的脉冲计数率之间的关系表示。

10 标准试验条件

除非另有规定,这些试验均为型式试验。由制造厂和用户协商,这些试验也可作为验收试验。

参考条件和标准试验条件见表1。表中给出了进行试验的各种影响量数值和允许的变化范围,试验时影响量数值保持不变。

标准试验条件下进行的试验见表2。

表1 参考条件和标准试验条件
(除非制造厂另有说明)

| 影响量 | 参考条件 | 标准试验条件 |
|------------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| 参考 γ 辐射源 | ^{137}Cs | ^{137}Cs |
| 参考 β 辐射源 ^a | ^{36}Cl 或 ^{204}Tl | ^{36}Cl 、 ^{204}Tl 或 ^{137}Cs |
| 参考 α 辐射源 ^a | ^{239}Pu 或 ^{241}Am | ^{239}Pu 或 ^{241}Am |
| 预热时间:整个系统 | 30 min | ≥ 30 min |
| 环境温度 | 20 $^{\circ}\text{C}$ | 18 $^{\circ}\text{C}$ ~22 $^{\circ}\text{C}$ |
| 相对湿度 | 65% | 50%~75% |
| 大气压力 ^b | 101.3 kPa | 86 kPa~106 kPa |
| 电源电压 | 标称电压 U_N | $U_N \pm 1\% U_N$ |
| 交流电源频率 ^c | 标称频率 f_N | $f_N \pm 0.5\% f_N$ |
| 交流电源波形 | 正弦波 | 总谐波畸变小于5% |
| γ 辐射本底 | 空气比释动能率为 0.20 $\mu\text{Gy/h}$ | 空气比释动能率小于 0.25 $\mu\text{Gy/h}$ |
| 静电场 | 可忽略 | 可忽略 |
| 外界电磁场 | 可忽略 | 小于引起干扰的最低值 |
| 外界磁感应 | 可忽略 | 小于地磁场感应值的两倍 |
| 取样流量 | 调节到标称流量(由制造厂规定) | 调节到标称流量($1 \pm 5\%$) |
| 装置控制 | 处于正常工作状态 | 处于正常工作状态 |
| 放射性物质的污染 | 可忽略 | 可忽略 |
| ^{222}Rn 和 ^{220}Rn 子体 | 可忽略 | 小于引起影响的最低值 |
| 化学物质的污染 | 可忽略 | 可忽略 |

^a 应根据制造厂与用户的协议选择参考源。
^b 当探测技术对大气压力的变化特别灵敏时,应限制该条件为参考压力的($1 \pm 5\%$)。
^c 可以使用直流电源,不规定频率。

表2 标准试验条件下进行的试验

| 试验特性 | 要 求 | 参考条款 | |
|------|-----------------------------------|-------------|------|
| | | GB/T 7165.1 | 本部分 |
| 参考响应 | 按制造厂的技术规格书 $\pm 20\%$ | 26.2 | 13.4 |
| 线性 | 在整个有效测量范围内指示值的相对误差小于 $\pm 10\%$ | 26.3 | 13.5 |
| 过载 | 当受到大约10倍的最大可测量指示值的活度照射时,指示值保持在满刻度 | 26.6 | |

GB/T 7165.2—2008/IEC 60761-2:2002

表 2 (续)

| 试验特性 | 要 求 | 参考条款 | |
|--------|----------------------------------------------------|-------------|-----|
| | | GB/T 7165.1 | 本部分 |
| 统计涨落 | 变异系数小于 10% | 27.1 | |
| 指示值稳定性 | 在 100 h 内指示值变化小于 10% | 27.5 | |
| 报警阈范围 | 满足 GB/T 7165.1—2005 第 12 章的规定 | 27.6 | |
| 报警阈稳定性 | 在 100 h 内工作点变化小于 5% | 27.7 | |
| 设备故障报警 | 探测器故障报警满足 GB/T 7165.1—2005 的 27.7 规定,其他报警由制造厂与用户商定 | 27.8 | |

11 改变影响量的试验

这些试验见表 3 和表 4。应按照 GB/T 7165.1—2005 第 24 章进行试验。

表 3 改变影响量的试验

| 影响量 | 影响量的数值范围 | 指示值的变化限值 | 参考条款 | |
|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------|
| | | | GB/T 7165.1 | 本部分 |
| β 辐射能量 | 从小于 0.4 MeV 到大于 1 MeV | 按制造厂的技术规格书 | | 13.6 |
| 其他电离辐射 ——β 测量装置 ——α 测量装置 | α 参考源 ²³⁹ Pu 或 ²⁴¹ Am β 参考源 ⁹⁰ Sr + ⁹⁰ Y | $R \leq 0.25 R_{ref\beta}$ $R \leq 0.02 R_{ref\alpha}$ | | 13.8 |
| 对放射性气体的响应 | 由制造厂规定 | 按制造厂的技术规格书 | | 13.9 |
| ¹³⁷ Cs 源外部 γ 辐射(源与探测器在规定的几何条件下) | 空气比释动能率为 10 μGy/h | 按制造厂的技术规格书 | 26.5 | |
| ¹³⁷ Cs 源外部 γ 辐射(源与探测器在其他几何条件下) | 空气比释动能率为 10 μGy/h | 在规定的几何条件下,由制造厂规定数值的两倍 | 26.5 | |
| 其他源外部 γ 辐射(源与探测器在规定的几何条件下) | 空气比释动能率为 10 μGy/h | 在使用 ¹³⁷ Cs 源情况下,由制造厂规定数值的两倍 | 26.5 | |
| 预热时间 | ≤ 30 min | ± 10% ^a | 27.2 | |
| 电源电压 | 88%U _N ~ 110%U _N (U _N = 标称电压) | ± 10% ^a | 27.3 | |
| 交流电源频率 | 47 Hz ~ 51 Hz | ± 10% ^a | 27.3 | |
| 交流电源瞬变影响 | 按 GB/T 17626.4 的规定 严酷等级 3 | 按 GB/T 17626.4 的规定 严酷等级 3 | 27.4 | |
| 环境温度 ^b | 10 °C ~ 35 °C (中点: 22 °C) -10 °C ~ 40 °C (中点: 15 °C) -25 °C ~ 50 °C (中点: 15 °C) | ± 10% ^a 正常值 ± 10% ± 20% ^a 正常值 ± 10% ± 50% ^a 正常值 ± 10% | 28.1 | |
| 氦子体 | 按 EJ/T 1010—1996 的规定 | 按 EJ/T 1010—1996 的规定 | | 13.10 |
| 相对湿度 | 35 °C, 90% | ± 10% ^a | 28.2 | |

表 3 (续)

| 影响量 | 影响量的数值范围 | 指示值的变化限值 | 参考条款 | |
|------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------|-----|
| | | | GB/T 7165.1 | 本部分 |
| 大气压力 | — ^c | — ^c | 28.3 | |
| 密封 | — ^c | — ^c | 28.4 | |
| 机械冲击 | 由制造厂规定 | 由制造厂规定 | 28.5 | |
| 抗电磁干扰和静电放电 | 按 GB/T 17626 系列标准的规定 严酷等级 3 | 按 GB/T 17626 系列标准的规定 严酷等级 3 | 28.6 | |
| 电磁发射 | GB 9254 严酷等级 A | GB 9254 严酷等级 A | 28.7 | |

^a 相对于标准试验条件下的指示值。
^b 适用于温带使用的装置。在较热和较冷的气候条件下,可以规定其他限值。
^c 一般不作规定,必要时,影响量的数值范围和指示值的变化限值应满足 GB/T 2423.5 的规定。

表 4 空气回路的试验

| 影响量 | 影响量的数值范围 | 变化限值 | 参考条款 | |
|---------|-----------------------|---------------------|-------------|-------------|
| | | | GB/T 7165.1 | GB/T 7165.2 |
| 时间 | 30 min~100 h | 标称流量的±10% | 29.1 | |
| 过滤器压降 | 按制造厂的技术规格书 | 标称流量的(0%~ -10%) | 29.2 | |
| 外部泄漏 | | 入口流量和出口流量 之差小于5% | | 14.1 |
| 监测仪取样效率 | 由制造厂和用户协商 | 制造厂说明值的±10% | | 14.2 |
| 电源电压 | 88% U_N ~110% U_N | 标称流量的±5% | 29.3 | |
| 交流电源频率 | 47 Hz~51 Hz | 标称流量的±10% | 29.4 | |

注: 这些试验仅适用于其响应取决于流量的装置,可以使用直流电源。

12 源

12.1 参考源

为了在型式试验期间确定参考响应,参考源应是已知体积活度和已知活度中值空气动力学直径(约为 0.4 μm)的空气中放射性气溶胶。对于使用特殊收集技术(例如:惯性碰撞)的气溶胶监测仪,应使用具有合适活度中值空气动力学直径的参考气溶胶。当校准设备时,应确定沉积在过滤器中活度的实际自吸收因子。可能采用的参考源特性见 EJT 1010—1996。

作为使用已校准放射性气溶胶的替代方法,可以使用已校准的监测仪。

通常由 ^{36}Cl 、 ^{204}Tl 或 ^{137}Cs 参考源提供参考 β 辐射,由 ^{239}Pu 或 ^{241}Am 参考源提供参考 α 辐射,由 ^{137}Cs 提供 γ 辐射。由制造厂和用户协商也可使用其他参考辐射源。

附录 A 给出了一些适用的参考核素。

参考源应可溯源至国家基准。

12.2 专用源

随 β 能量变化的试验使用的源规定为专用源。专用源应是高效固体源。附录 A 给出了一些适用的参考核素。

GB/T 7165.2—2008/IEC 60761-2:2002

对于使用 α 谱的超铀元素气溶胶监测仪,可使用天然本底校准能谱。

12.3 检查源

检查源用于常规的设备试验。源的特性由制造厂与用户协商确定。

12.4 固体源的设计

参考源应与处于工作位置中的收集介质具有相同的几何尺寸。这些源应可溯源至国家基准。

专用源可与收集介质具有相似的几何尺寸。

12.5 试验用源活度的不确定度

参考源体积活度的约定真值已知,其不确定度应小于 10%($k=2$)。

所有固体试验源表面发射率的约定真值已知,其不确定度应小于 10%($k=2$)。

13 辐射特性试验

除非制造厂与用户另有协议,型式试验应包括对仪器测量的至少一种气溶胶响应的试验。

应在标准试验条件下进行这些试验。除非能够证明装置吸入的氧活度与正常工作条件无关,否则还应在空气(或气体)流动的情况下进行这些试验。

13.1 动态试验

应在实验室对仪器的整个工作过程进行这些试验。产生一已知(体积活度、粒子大小和放射性核素成分)的放射性气溶胶,在监测所有标准试验条件的同时将其引到取样入口。

根据不同目的,可以使用或不使用氡子体进行动态试验(见 EJ/T 1010—1996)。

13.2 静态试验

经制造厂与用户协商,可以使用固体源的静态方法对设备进行试验。在这种情况下,通常是验证探测效率而不是监测仪的响应。

13.3 对天然本底的补偿

如果方法包括了对天然本底的补偿,应在补偿状态下进行监测仪的所有试验。应按 EJ/T 1010—1996 的规定使用氡子体对补偿特性进行试验。

13.4 参考响应

13.4.1 要求

参考响应与制造厂规定值之差不应大于 20%。

13.4.2 试验方法

应进行动态试验和静态试验。

应使用参考源进行动态试验,试验时不存在氡子体(例如:使用过滤空气)。应使用动态试验所用参考源进行静态试验,以确定监测仪的探测效率。当使用固体源时,源的位置应模拟收集介质(例如:探测器)的正常位置。

13.5 线性

要求和试验方法按 GB/T 7165.1—2005 的规定。

13.6 探测效率随 β 辐射能量的变化(β 监测仪)

13.6.1 要求

设备探测效率的变化不应超过制造厂规定的限值。

按要求应由制造厂说明监测仪对小于 150 keV 能量的响应。

应给出每台设备的探测效率随 β 辐射能量变化的典型校准曲线。应由制造厂说明选用的 β 辐射能量以及过滤器和探测器灵敏体积之间的材料厚度和性质。

13.6.2 试验方法

试验结果应以仪器对每个所用 β 源单位表面发射率的指示值与对 β 参考辐射单位表面发射率的指示值之比来表示。

试验应至少选用三个 β 源来进行,其最大能量为:

- 一个小于或等于 0.4 MeV;
- 一个在 0.4 MeV~1 MeV 之间;
- 一个大于或等于 1 MeV。

使用的 β 源应从附录 A 所列的放射性核素中选取。

为了使指示值的相对标准偏差小于 1%,使用的所有源应具有足够的活度。

13.7 探测效率随 α 辐射能量的变化(α 监测仪)

通常探测效率与 α 能量无关,不要求进行随 α 能量变化的试验。

13.8 对非特定辐射的探测效率

13.8.1 要求

当设备用于测量混合 α - β 活度排出流中的 β 或 α 活度时,由于两种辐射的相互干扰,可能影响各自的测量值。

在 α 道中测量 β 源,对非特定辐射探测效率的变化限值应小于 2%;在 β 道中测量 α 源,对非特定辐射探测效率的变化限值应小于 25%。

13.8.2 试验方法

对于某一给定设备,应根据对适用源表面发射率的计数率确定探测效率(ϵ),见式(1)。

$$\epsilon = \frac{\text{计数率}}{\text{表面发射率}} \dots\dots\dots (1)$$

然后对于同一设备,使用另一种辐射源(对 β 监测仪用 α 参考源,对 α 监测仪用 β 参考源)确定对其他电离辐射的探测效率。辐射源不必具有参考能量,但应能引起干扰,例如: ^{241}Am 对 α 和 $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ 对 β 。

应以与 ϵ_{ref} 相同的单位给出探测效率:

$$\begin{aligned} \epsilon &\leq 0.02 \epsilon_{\text{ref}} && \text{在 } \alpha \text{ 道中测量 } \beta \\ \epsilon &\leq 0.25 \epsilon_{\text{ref}} && \text{在 } \beta \text{ 道中测量 } \alpha \end{aligned}$$

13.9 对放射性气体的响应

13.9.1 要求

由制造厂规定对空气(或气载)样品中存在的待测放射性气体的响应。

13.9.2 试验方法

可以使用两种方法:

- 将已知体积活度的惰性气体(例如: ^{133}Xe 或 ^{85}Kr)连续注入监测仪并使其达到平衡。记录平衡时的指示值。以指示值与试验气体的体积活度的比值来表示测量结果。
- 将空气入口管道与空气出口管道连接并测量空气管道的总体积(例如:在一个大气压下,将空气入口管道与一已知体积的管道连接,并记录处于平衡状态的压力变化)。向系统内注入总活度已知(例如: ^{133}Xe 或 ^{85}Kr)的少量气体(空气管道体积的 1%)。以常规方法操作气溶胶监测仪。记录平衡时的指示值和能达到的最大指示值。以指示值与试验气体的体积活度的比值来表示测量结果。

13.10 对 ^{222}Rn 和 ^{220}Rn 子体的响应

制造厂应说明为减少氡子体对监测仪响应影响所使用的技术。为了确定所用技术的有效性,应按 EJ/T 1010—1996 规定的试验方法进行试验。

注:对于本项试验,应根据监测仪响应(见 EJ/T 1010—1996 的 8.2.2)而不是 EJ/T 1010—1996 的 8.2.1 规定的被测计数率来计算氡子体的影响系数。

14 空气回路的试验

除了 GB/T 7165.1—2005 第 29 章规定的试验以外,还应进行以下试验。

GB/T 7165.2—2008/IEC 60761-2:2002

14.1 外部泄漏

本项试验用于提供对外部泄漏的测量，而不测量过滤器支架周围或其他滞留部件的内部泄漏。

14.1.1 要求

由流量计上游漏入的空气或气体应小于标称流量的 5%。

14.1.2 试验方法

应使用两个容量计或流量计测量泄漏率。应将两个容量计或流量计校准到两者的相对偏差小于 1%。过滤器支架应配备干净的过滤材料或其他粒子滞留装置。一个流量计位于装置的上游，另一个位于过滤器支架或其他滞留装置下游与装置原有流量计上游之间。在合适的时间间隔内(包括在过滤材料上已有大量沉积物的情况)连续测量十次。在正常的取样周期范围内，在上游和下游测量的流量平均值之差不应超过 5%。必要时应对压差进行修正。

14.2 监测仪的取样效率

14.2.1 要求

对于每种给定大小的粒子，收集效率与制造厂的规定值之差不应大于 10%。

14.2.2 粒子大小

在测量取样系统的收集效率中使用的粒子直径和大小范围由制造厂和用户商定，例如：被监测的气溶胶直径、过滤介质的收集效率对应的粒子大小等。

14.2.3 气溶胶类型

适用于收集效率试验的气溶胶有各种类型，包括：

- 具有荧光示踪物粒子的非放射性气溶胶；
- 由胶乳或聚苯乙烯小球组成的非放射性气溶胶；
- 放射性气溶胶。

14.2.4 试验方法

把含有合适活度中值空气动力学直径粒子的空气样品引入取样管道入口进行收集效率的试验。粒子可以呈具有很小几何标准偏差的多分散分布。取样设备应在标准试验条件(例如：流量)下运行。

在关闭取样设备以后，应确定取样介质上收集的气溶胶数量。此外，还应确定在监测仪入口处有用的气溶胶总量。这可以通过单独测量气溶胶的取样数量完成，或通过下述方法确定：

- 在管道入口的内表面和收集介质上游空气回路的其他表面上收集的气溶胶数量；
- 收集介质下游的气溶胶数量。

14.2.5 取样效率的确定

取样效率(E_m)应按式(2)计算。

$$E_m = \frac{C_M}{C_T} \times 100 \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

C_M ——沉积在收集介质上的气溶胶数量；

C_T ——试验期间渗入到监测仪内的气溶胶总量。

如果可能，建议使用另一种方法来确定气溶胶总量(C_T)，以验证所获得的数值。这些方法包括使用不同仪器技术(例如：分光光度计、粒子分析器、参考取样等)测量进入仪器的气溶胶浓度。

如果由监测仪内收集的气溶胶总和来确定取样的气溶胶总量，那么气溶胶的总量 C_T (以活度、质量或粒子数表示)由式(3)给出。

$$C_T = C_M + C_U + C_D \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

C_U ——从收集介质上游空气回路的内表面回收的气溶胶数量；

C_D ——在收集介质下游收集的气溶胶数量。

15 型式试验报告和合格证书

制造厂应给每台设备提供一份合格证书,除了 GB/T 7165.1—2005 第 30 章规定的内容以外,还应给出下述内容:

- 所用过滤介质的尺寸、类型和取向(流向);
- 探测器窗的总等效厚度;
- 所用源的特性;
- 取样和测量之间的延迟时间(当取样和测量不是同时进行);
- 过滤器上灰尘沉积量的上限,该限值不会对测量造成不利影响;
- 设备(有选择性地)探测的放射性核素以及对这些核素的响应;
- 对其他放射性核素的响应(如果是有选择性的测量);
- 对放射性气体以及²²²Rn 和²²⁰Rn 子体的响应;
- 收集效率。

GB/T 7165.2—2008/IEC 60761-2:2002

附录 A
(资料性附录)

随 β 能量变化试验的适用放射性核素

| 放射性核素 | 半衰期 | β 最大能量/MeV |
|----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|
| ^{63}Ni | 96 a | 0.065 9 |
| ^{14}C | 573 0 a | 0.156 5 |
| ^{203}Hg | 46.60 d | 0.212 2 |
| ^{147}Pm | 2.623 4 a | 0.224 7 |
| ^{45}Ca | 163 d | 0.256 9 |
| ^{60}Co | 5.271 a | 0.317 9 |
| ^{137}Cs | 30.0 a | 0.511 55(94.6%) 1.173 2(5.4%) |
| ^{185}W | 75.1 d | 0.432 4 |
| ^{204}Tl | 3.799 a | 0.763 4(97.4%) |
| ^{36}Cl | 3.01×10^5 a | 0.709 55(98.1%) |
| ^{198}Au | 2.696 d | 0.282 41(1.30%) 0.960 7(98.7%) |
| ^{89}Sr | 50.5 d | 1.491 3 |
| ^{32}P | 14.29 d | 1.710 4 |
| $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ | 29.12 a | 0.545 2.283 9 |

注 1: 数据取自 ICRP 38—1983, 放射性核素的转换-发射能量和强度。
 注 2: 平均能量小于 0.01 MeV 或产出率小于 1% 的 β 放射性核素未列入表中。
 注 3: 放射性核素按每种核素具有最大 β 平均能量递减的顺序列出。