



中华人民共和国国家标准

GB/T 7165.4—2008/IEC 60761-4:2002
代替 GB/T 7165.4—1989

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

Equipment for continuous monitoring of radioactivity in gaseous effluents—
Part 4: Specific requirements for radioactive iodine monitors

(IEC 60761-4:2002, 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 4 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》。

本部分是对 GB/T 7165.4—1989 的修订。

本部分等同采用 IEC 60761-4:2002《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》(英文版)。

为便于使用,本部分做了下列编辑性修改：

——删除原国际标准的目录和前言；

——用小数点“.”代替原国际标准中小数点的“,”；

——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 GB 9254—1998 代替 IEC/CISPR 22:1997)；

——在交流电源的电压和频率中只保留我国现行使用的内容。

本部分代替 GB/T 7165.4—1989《气态排出流(放射性)活度连续监测设备 第四部分：碘监测仪的特殊要求》。

本部分与 GB/T 7165.4—1989 相比主要变化如下：

——对碘监测仪的类型,增加了在烟囱和管道中直接测量碘的监测仪；

——在取样和探测装置中,增加了对气泵的要求；

——参考源的选择种类中增加了气体参考源,增加了对专用源的规定；

——对标准试验条件作了修订,增加了流量、静电场、氩子体和化学污染等标准试验条件,修改了设备的预热时间和将标称频率变化范围由 $f_N(1\pm 1\%)$ 修订为 $f_N(1\pm 0.5\%)$ ；

——对相对固有误差的线性要求,由 20% 修订为 10%；

——对指示稳定性试验要求的持续时间,由 500 h 修订为 100 h；

——对报警阈值稳定性试验要求的时间,由 500 h 修订为 100 h,报警阈漂移要求从 20% 改为 5%；

——室内仪表环境温度的要求由 10℃~50℃ 修订为 10℃~35℃；

——相对湿度试验的温度由 30℃ 修订为 35℃；

——改变影响量的试验内容中增加了对密封、机械冲击和电磁兼容性的要求；

——空气回路试验内容中增加了收集效率试验,时间影响量量值范围由 1 h~100 h 修订为 30 min~100 h；

——“空气吸收剂量率”修订为“空气比释动能率”。

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。

GB/T 7165.4—2008/IEC 60761-4:2002

本部分由全国核仪器标准化技术委员会归口。

本部分起草单位:上海核工程研究设计院。

本部分起草人:付羲、施红。

原标准于1989年10月首次发布。



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

1 范围

GB/T 7165 的本部分适用于针对所有形式放射性碘的同时、延时或顺序测量的设备。当对排出流进行取样测量时,附着在气溶胶上的碘一般由前置过滤器进行采集,然后在实验室进行单独分析,以提供完整的测量。

放射性碘监测仪应具有下列功能:

- 测量气态排出流中碘和碘化合物的体积活度以及排放的放射性碘的总活度;
- 当碘或碘化合物的放射性活度浓度或总活度超过预置阈值时,启动报警信号。

这类设备会测量到气态排出流中存在的其他放射性核素的活度,其中包括天然放射性核素。对其他核素的甄别在测量低水平的放射性碘时非常重要。

在烟囱或通风管道中,本部分既考虑了利用活性炭来作为碘的取样介质,又考虑了对碘的直接测量。

本部分的目的是规定第4章所列碘监测仪的特定标准要求,包括技术特性和一般试验条件,并给出可行方法的实例。

GB/T 7165.1—2005 中规定了这类设备的一般要求、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)

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

碘 iodine

除非另有说明,本部分中使用的“碘”是指以所有形态存在的化合物和非化合物的放射性碘,还包括附着在气溶胶中的碘。

注:通常先将气溶胶中的碘收集在一个前置过滤器上,然后在实验室进行单独分析。

GB/T 7165.4—2008/IEC 60761-4:2002

3.2

碘监测仪 iodine monitor

用于连续或顺序地监测气态排出流中向环境排放的碘的设备。

3.3

取样介质的寿命 life time of the sampling medium

从取样介质开始工作到其采集效率降到标称值的 90% 时的时间间隔。

4 碘监测仪的分类

根据被测辐射类型,设备可分为:

- 仅测量¹³¹I 的监测仪;
- 测量¹²⁵I 和/或¹²⁹I 的监测仪;
- 测量所有碘同位素的监测仪。

根据工作方式,设备可分为:

- 带有固定收集介质并进行同时测量的监测仪;
- 带有移动收集介质并进行同时测量的监测仪;
- 在烟囱或管道中直接测量碘的监测仪。

5 取样和探测装置(适用时)

5.1 取样和排气系统

除了满足 GB/T 7165.1—2005 规定的一般要求外,还应考虑下列特性并由制造厂与用户商定:

- 使用材料的性能,特别要注意碘的吸附;
- 为防止碘或碘化合物的凝结而对空气通道进行的温度控制。

5.2 气泵

GB/T 7165.1—2005 第 11 章和第 29 章的要求适用于本部分。

另外,空气或气体泵应在正常运行条件(最大预期取样时间、可用的碘滞留装置和大气尘埃等)引起的不同压力下维持其要求的空气或气体流量,并确保在取样的后期,空气流量的下降不超过标称流量的 10%,或总的取样体积误差不超过 8%。

应设置碘滞留介质的破裂(低差压)和阻塞(压力变化大于流量下降 10% 时所对应的差压)报警。

5.3 入口过滤器

必要时(如碘蒸气监测仪)在取样回路入口端设置一个过滤器以便去除灰尘和气溶胶。为了保持设备的特定性能,该过滤器不捕集也不暂时滞留气溶胶形态以外的碘。

本过滤器应处于远离辐射探测器的位置或对其进行屏蔽,使其对测量值的影响可被忽略。

5.4 碘收集介质

——根据装置的工作方式(见第 4 章),收集介质可以有不同的几何形状。

——碘的沉积应尽可能均匀,可以通过环形空气通道来提高均匀性。

——碘滞留装置的设计特性(尺寸和几何形状等)应考虑实际滞留介质的特性和空气(或气体)取样泵的特性。

——被监测空气中存在的其他放射性气体(例如⁴¹Ar, ⁸⁵Kr, ¹³³Xe 和²²²Rn)会对碘的监测产生影响,尤其对非选择性探测器更为敏感。为了降低这些放射性核素的影响,探测器邻近处和碘收集介质内的气体空间应保持最小,见 13.3 的要求。

——设计时应考虑将空气泄漏减到最少,特别是旁路碘滞留介质引起的内部泄漏。

——碘滞留装置和过滤器的拆装应尽可能快速、方便而又不损害辐射探测器或碘滞留装置。同时,碘滞留装置或过滤器的更换应使操作人员所受到的照射不超过规定的剂量限值。

——制造厂应说明碘滞留介质的寿命,在温度和相对湿度的参考条件下至少为 8 d。制造厂应规定相对湿度为 90% 条件下的取样时间。

5.5 收集效率和滞留方式

制造厂应针对不同的载荷因子说明收集元素碘和易挥发碘化合物的介质的收集效率和滞留方式。

碘与取样介质的接触时间应大于 0.2 s。如果与滞留介质的接触时间小于 0.2 s(例如大流量监测仪),则应说明收集效率的降低情况。实际的取样效率应由制造厂规定并得到用户的同意。

制造厂应说明碘的化学形态、大气条件和取样空气中存在的其他化学物质对收集效率的影响。制造厂应规定收集介质的储存条件。

5.6 辐射探测器

制造厂应提供探测器的全部特性,包括探测器尺寸和传输特性,例如探测器的有效表面积等。

当探测器的外壳与被测气体直接接触时,设计应特别注意探测器要易于去污。

6 检查源

检查源应与设备一起提供。在间接测量装置中,应设计取代碘滞留介质的检查源(见 GB/T 7165.1—2005 第 14 章)。在直接测量装置中,应置检查源于接近探测器的固定位置上。

7 测量结果的表示

根据 GB/T 7165.1—2005 第 9 章的要求,与探测器相连的电子测量装置应能提供直接用体积活度(Bq/m³)为单位表示的读数。

制造厂应说明校准因子和所适用的碘同位素。

8 对其他电离辐射的响应

设备的设计应尽可能限制拟测同位素以外的电离辐射的影响。制造厂应规定适用场合和由其他电离辐射造成的影响。

9 天然放射性活度的甄别

设备设计(设备外形、探测器和信号处理)应使天然放射性核素及其衰变产物对设备的影响可忽略。假如无法满足此要求,制造厂应说明其影响的具体大小。

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,这些试验中的任何一项或全部都可作为验收试验。

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
参考源	¹³¹ I 或规定的同位素	¹³¹ I 或规定的同位素
预热时间:整个设备	30 min	≥30 min
环境温度	20 ℃	18 ℃~22 ℃

GB/T 7165.4—2008/IEC 60761-4:2002

表 1 (续)

影响量	参考条件	标准试验条件
相对湿度	65%	50%~75%
大气压 ^a	101.3 kPa	86 kPa~106 kPa
电源电压	标称电源电压 U_N	$U_N(1\pm 1\%)$
交流电源频率 ^b	标称频率 f_N	$f_N(1\pm 0.5\%)$
交流电源波形	正弦波	总谐波畸变小于 5%
γ 辐射场	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	小于地磁场引起干扰的两倍
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±5%)
装置控制	处于正常工作状态	处于正常工作状态
放射性污染	可忽略	可忽略
氡子体(²²² Rn, ²²⁰ Rn)	可忽略	小于引起干扰的最低值
化学污染	可忽略	可忽略

^a 当探测技术对大气压变化特别敏感时,应规定该条件为参考压力的(1±5%)。
^b 可以使用直流电源,无频率要求。

表 2 标准条件下完成的试验

试验特性	要 求	参考条款	
		GB/T 7165.1	本部分
参考响应	按制造厂技术规格书±20%	26.2	13.1
线性	在整个有效测量范围内指示值相对误差小于 10%	26.3	13.2
过载	当受到能产生 10 倍最大可测量指示值的放射源照射时,设备的指示值应保持在满刻度	26.6	
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	按照 GB/T 7165.1—2005 第 12 章	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	探测器故障报警按照 GB/T 7165.1—2005 的 27.7 执行,其他报警由制造厂和用户商定	27.8	

11 改变影响量的试验

改变影响量的试验见表 3 和表 4。应按 GB/T 7165.1—2005 第 24 章进行这些试验。

表 3 改变影响量的试验

影响量	影响量的数值范围	指示值的变化范围	参考条款	
			GB/T 7165.1	本部分
¹³⁷ Cs 源外部 γ 辐射(源与探测器在规定几何条件下)	空气比释动能率为 $10 \mu\text{Gy/h}$	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 $10 \mu\text{Gy/h}$	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(源与探测器在规定几何条件下)	空气比释动能率为 $10 \mu\text{Gy/h}$	在使用 ¹³⁷ Cs 源的情况下,由制造厂规定数值的两倍	26.5	
放射性气体响应	由制造厂规定	由制造厂规定		13.3
预热时间	$\leq 30 \text{ min}$	$\pm 10\%^a$	27.2	
电源电压	$88\%U_N \sim 110\%U_N$ (U_N 为标称电源电压)	$\pm 10\%^a$	27.3	
交流电源频率	$47 \text{ Hz} \sim 51 \text{ Hz}$	$\pm 10\%^a$	27.3	
交流电源瞬变影响	按照 GB/T 17626.4, 严酷度水平 3	按照 GB/T 17626.4, 严酷度水平 3	27.4	
环境温度 ^b	$+10 \text{ }^\circ\text{C} \sim +35 \text{ }^\circ\text{C}$ (中点: $+22 \text{ }^\circ\text{C}$) $-10 \text{ }^\circ\text{C} \sim +40 \text{ }^\circ\text{C}$ (中点: $+15 \text{ }^\circ\text{C}$) $-25 \text{ }^\circ\text{C} \sim +50 \text{ }^\circ\text{C}$ (中点: $+12 \text{ }^\circ\text{C}$)	$\pm 10\%^a$ 正常值 $\pm 10\%$ $\pm 20\%^a$ 正常值 $\pm 10\%$ $\pm 50\%^a$ 正常值 $\pm 10\%$	28.1	
相对湿度	$90\% (+35 \text{ }^\circ\text{C})$	$\pm 10\%^a$	28.2	
大气压	— ^c	— ^c	28.3	
密封	— ^c	— ^c	28.4	
机械冲击	按照制造厂规定	按照制造厂规定	28.5	
抗外界电磁场干扰和静电放电	按照 GB/T 17626 系列标准, 严酷度水平为 3	按照 GB/T 17626 系列标准, 严酷度水平为 3	28.6	
电磁发射	按照 GB 9254 标准, 严酷度水平为 A 类	按照 GB 9254 标准, 严酷度水平为 A 类	28.7	
注: 非线性刻度设备, 可以用线性仪表代替设备的指示表头来验证是否满足本表的性能要求。				
^a 相对于标准试验条件下的指示值。				
^b 装置用于温带气候条件, 在更热或更冷的气候条件下, 可以规定其他限值。				
^c 一般不作规定, 必要时, 影响量变化范围和指示值变化限值应满足 GB/T 2423.5 的要求。				

表 4 空气回路试验

影响量	影响量数值范围	变化限值	参考条款	
			GB/T 7165.1	本部分
时间	$30 \text{ min} \sim 100 \text{ h}$	标称流量 ($1 \pm 10\%$)	29.1	
外泄漏	进出口流量之差	进出口流量之差小于 5%		14.1
收集效率	标准运行条件	制造厂规定数值的 $\pm 10\%$		14.2

GB/T 7165.4—2008/IEC 60761-4:2002

表 4 (续)

影响量	影响量值范围	变化限值	参考条款	
			GB/T 7165.1	本部分
电源电压	$88\%U_N \sim 110\%U_N$ (U_N 为标称电源电压)	标称流量($1 \pm 5\%$)	29.3	
交流电源频率	47 Hz~51 Hz	标称流量($1 \pm 10\%$)	29.4	
注 1: 可以使用直流电源, 无频率要求。				
注 2: 这些试验仅适用于其响应与流量有关的设备。				

12 参考源和专用源

12.1 参考源

为了在型式试验期间确定参考响应, 参考源应是拟测碘同位素蒸气及碘的化学形态的已知体积活度的空气。碘的化学形态可以是分子碘或有机碘(例如: ICH_3 或 HIO_3)。与收集介质具有相同物理特征的已知活度的同类固体源可用于传递标准。

参考源应是拟测放射性核素源, 但由于部分放射性核素的半衰期较短, 因此可用其他放射性核素替代(例如: ^{133}Ba 代替 ^{131}I 、 ^{129}I 代替 ^{125}I)。当这两种方案都可使用时, 制造厂应向用户提出建议。

12.2 专用源

用于能量响应试验和产生辐射干扰的源统称为专用源。

12.3 试验用源活度的不确定度

空气中碘体积活度的约定真值应已知, 其不确定度应小于 10% ($k=2$)。

所用的固体源表面发射率或活度的约定真值应已知, 其不确定度应小于 10% ($k=2$)。

13 辐射性能试验

13.1 参考响应

13.1.1 要求

参考响应与制造厂规定值之差不应大于 20% 。

13.1.2 试验方法

应将适当形态的碘从监测仪入口直接注入。稳定时显示的碘活度与约定真值之差不应大于 20% 。

13.2 线性

13.2.1 要求

GB/T 7165.1—2005 中 26.3 规定的要求和试验方法适用于本部分。

13.3 对放射性气体的响应

13.3.1 要求

应由制造厂规定对空气(或气体)中放射性气体的响应。

13.3.2 试验方法

两种方法可供选择:

方法一: 向监测仪持续地注入已知体积活度的放射性气体, 例如 ^{133}Xe 、 ^{85}Kr 或 ^{222}Rn , 直到待试验设备达到平衡。

方法二: 连接空气进出口管并测量其气体空间的总容量(例如: 在已知的压力条件下向空气进口处通入一已知量的空气并记达到平衡时的压力变化)。向该系统注入少量已知活度的气体(约为管道空气总量的 1%), 例如 ^{133}Xe 或 ^{85}Kr , 然后正常运行该设备。

记录达到平衡时的读数或最大值。试验结果用指示值与试验气体体积活度的比值来表示。

14 空气回路试验

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

14.1 外部泄漏

本试验测量外部泄漏而不是碘滞留装置周围的内部泄漏。不考虑内部泄漏的定量试验方法。

14.1.1 要求

由流量计上游漏入装置的空气(或气体)应小于标称流量的 5%。

14.1.2 试验方法

应使用两台流量计(或体积测量计)来测量监测仪空气回路的泄漏率,它们应相互校准到两者的相对偏差小于 1%。其中一台应位于装置的上游而另一台则位于碘滞留介质下游并紧靠装置所带流量计的上游。

监测仪应用清洁的收集介质进行试验。以合适的时间间隔(甚至包括严重的沉积以后)测得一组 10 个连续的测量值,其上下游被测流量的平均值之差不应大于 5%。如果适用,应对空气压差进行修正。

14.2 收集效率

14.2.1 要求

所测得的收集效率与制造厂说明的收集效率之差应在±10%以内。

14.2.2 试验方法

以下两种方法之一都可用于收集介质效率的试验:

方法一:利用放射性碘蒸气进行试验,碘蒸气的化学形态由制造厂规定。收集介质中吸附的碘可利用 γ 能谱测定法进行测量。

方法二:利用非放射性碘蒸气进行试验,其碘蒸气的化学形态由制造厂规定。给监测仪安装一个清洁的收集介质(未被任何形态的碘污染过的),然后向空气回路中注入已知量的蒸气。经适当时间收集全部蒸气后,应取出滞留介质。所有收集的碘可利用化学方法将其提取并测定其总量。在考虑了化学分离和定量分析中的损耗后,再与注入空气回路的原始量进行比较。

15 型式试验报告和合格证书

制造厂为每台设备提供一份合格证书,除了 GB/T 7165.1—2005 第 30 章规定的内容外,合格证书还应包括下述内容:

- 碘滞留装置的尺寸、类型和流动方向(对于使用该装置的仪表);
- 所用源的特性;
- 取样和测量之间的延迟时间;
- 碘及碘化合物滞留装置的使用周期;
- 设备是否对碘的同位素有选择,如果有选择,则应说明所选择的碘同位素;
- 对放射性气体的响应;
- 对易挥发性碘化合物的收集效率。