

DB4403

深 圳 市 地 方 标 准

DB4403/T 22-2019

城市辐射防控 γ 射线成像探测系统技术规范

City radiation prevention and control γ radiation imaging detecting system technical specifications

2019-07-05 发布

2019-08-01 实施

深圳市市场监督管理局 发布

目 次

前言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	2
4 功能要求.....	3
4.1 视频成像要求.....	3
4.2 探测范围要求.....	3
4.3 遥控功能要求.....	3
4.4 防雷与接地要求.....	3
4.5 数据储存与传输要求.....	3
4.6 故障检查要求.....	4
5 性能要求.....	4
5.1 环境适应性要求.....	4
5.2 电气要求.....	4
5.3 电磁兼容性要求.....	4
5.4 IP 防护等级要求.....	5
5.5 探测性能要求.....	5
6 性能试验方法.....	6
6.1 试验环境条件.....	6
6.2 试验用 γ 射线辐射源.....	6
6.3 环境适应性.....	6
6.4 电气防护性能.....	7
6.5 电磁兼容性.....	7
6.6 IP 防护等级.....	8
6.7 探测性能.....	8
7 系统安装与验收要求.....	10
7.1 系统安装.....	10
7.2 系统验收.....	10

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由深圳海关提出和归口。

本标准起草单位：深圳市检验检疫科学研究院、深圳海关、皇岗海关、深圳市生态环境局、北京永新医疗设备有限公司。

本标准主要起草人：赵振拴、慕容灏鼎、邢军、曹景显、余宇、郭键锋、王东、陈枝楠、谢晋雄、邝凯毅、刘迈、叶颖、丁淦、刘亚男、马佳楷、朱波、杨建垒、冯江平、刘炎、张兵、钟催林。

城市辐射防控 γ 射线成像探测系统技术规范

1 范围

本标准规定了城市辐射防控中 γ 射线成像探测系统的功能要求、性能要求、性能试验方法、安装与验收要求等内容。

本标准适用于具备成像定位功能的 γ 射线探测系统。本标准适用的 γ 射线成像探测系统可用于人流物流密集的公共场所的辐射防控，如地铁、口岸、仓库和集装箱堆场、核电设施、医院、展览会场、运动场所、矿产资源等城市区域的辐射防控。

本标准不适用于非成像 γ 射线探测设备。

2 规范性引用文件

下列文件对于本标准的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本标准。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

- GB/T 2423.1—2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温
- GB/T 2423.2—2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温
- GB/T 4208—2017 外壳防护等级（IP代码）
- GB 4793.1—2007 测量、控制和实验室用电气设备的安全要求 第1部分：通用要求
- GB/T 4835.1—2012 辐射防护仪器 β 、 X 和 γ 辐射周围和/或定向剂量当量（率）仪和/或监测仪 第1部分：便携式工作场所和环境测量仪与监测仪
- GB/T 9254—2008 信息技术设备的无线电骚扰限值和测量方法
- GB/T 17626.2—2018 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验
- GB/T 17626.3—2016 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验
- GB/T 17626.4—2018 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验
- GB/T 17626.5—2008 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌（冲击）抗扰度试验
- GB/T 17626.6—2017 电磁兼容 试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度
- GB/T 17626.11—2008 电磁兼容 试验和测量技术 电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验
- GB 17799.4—2012 电磁兼容 通用标准 工业环境中的发射
- GB 18871—2002 电离辐射防护与辐射源安全基本标准
- GB/T 24246—2009 放射性物质与特殊核材料监测系统
- GB/T 28181—2016 公共安全视频监控联网系统信息传输、交换、控制技术要求
- GB/T 30148—2013 安全防范报警设备 电磁兼容抗扰度要求和试验方法
- GB 50343—2012 建筑物电子信息系统防雷技术规范
- GB 50348—2004 安全防范工程技术规范
- GB 50395—2007 视频安防监控系统工程设计规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

γ 辐射源 γ radiation source

可以通过释放 γ 射线而引起辐射照射的一切物质和实体。

注：改写 GB 18871—2002，定义 J1.2。

3.2

成像定位 image positioning

在探测系统的显像画面中对 γ 辐射源方位进行成像显示。

3.3

γ 射线成像探测系统 γ radiation imaging detecting system

能够实现成像定位的 γ 射线探测系统，由可见光成像组件、γ 射线探测组件以及其配套的控制和数据处理组件等组成，简称探测系统。

3.4

探测器 detector

探测系统中，由光成像组件、γ 射线探测组件以及其配套电路等组成的用于采集可见光和 γ 射线的部件。

3.5

有效探测视野角度 effective detecting vision angle

探测系统能够实现成像定位功能的探测范围角度。

3.6

静态监测 static monitoring

γ 辐射源与探测系统相对静止的监测活动。

3.7

动态监测 dynamic monitoring

γ 辐射源与探测系统之间产生相对位移的监测活动。

3.8

能量探测范围 energy detection range

探测系统对辐射能量的探测限值范围。

3.9

成像角度偏差 imaging angle deviation

探测系统标示的辐射源方位与其实际位置之间的夹角大小。

3.10

成像定位灵敏度 image positioning sensitivity

在一定的测量条件下，探测系统能够对特定强度标准 γ 辐射源实现成像定位的能力。

3.11

能量分辨率 energy resolution

针对不同能量的入射粒子，探测系统所能够测定最小的能量间隔，以全能峰半高宽（FWHM）与峰位能量的比值表示。

3.12

γ 探测灵敏度 γ-ray detection sensitivity

在一定的测量条件下，探测系统检测到的标准辐射试验源的最小活度。

[GB/T 24246—2009，定义3.18]

3.13

成像采集时间 image acquisition time

探测系统对 γ 辐射源实现成像定位所需经历的时间。

3.14

探测效率 detection efficiency

在指定位置上的单位活度或一定质量的标准 γ 辐射试验源所引起的源计数率。

[GB/T 24246—2009, 定义3.17]

3.15

辐射报警响应时间 radiation alarm response time

探测系统从探测到辐射超出阈值到系统发出报警信号之间经历的时间。

3.16

连续辐射成像追踪能力 continuous radiation image tracing ability

探测系统对辐射源成像定位的更新速率, 以每秒更新的图像帧数表示。

4 功能要求

4.1 视频成像要求

探测系统视频成像部分应符合 GB 50395—2007 的要求, 同时还应符合以下要求:

- a) 应具有时间、日期的字符叠加、记录和调整功能, 字符叠加应不影响对图像的监视和记录效果, 字符时间与标准时间的误差应在 $\pm 30s$ 以内;
- b) 应具有视频联网接口, 联网接口应符合 GB/T 28181—2016 的相关要求;
- c) 图像分辨率应不低于 1920×1080 ;
- d) 视频录像的压缩格式为 H.265;
- e) 录像图像分辨率应不低于 1920×1080 , 视频录像帧率应不少于 25 帧/s。图像 24h 连续录像, 保存时间应不少于 30 天, 对于重点监控场所的录像, 保存时间应不少于 90 天。

4.2 探测范围要求

4.2.1 探测系统的有效探测视野角度应不小于 30° 。

4.2.2 带有探测方向调节功能的探测系统, 水平探测方向的调节范围应不小于 $0^\circ \sim 90^\circ$, 垂直探测方向的调节范围应不小于 $-15^\circ \sim 15^\circ$ 。

4.3 遥控功能要求

静态监测用探测系统应具备遥控功能, 支持探测器及其组件的远距离控制和数据传输, 响应时间应不超过 100ms, 其远距离控制和数据传输的距离应不小于 50m。

4.4 防雷与接地要求

室外固定安装的探测系统的防雷与接地应符合 GB 50343—2012 的要求。

4.5 数据储存与传输要求

4.5.1 探测系统应保存包括报警起始及结束时间、报警阈值、报警影像、探测结果等数据。

4.5.2 数据保存期限应根据用户需求设定。

4.5.3 探测系统应提供标准数据传输接口。

4.6 故障检查要求

探测系统应具备自检或通过网络实现检查的功能，并可通过文字或故障代码方式显示故障信息。

5 性能要求

5.1 环境适应性要求

5.1.1 工作环境适应性

探测系统应能在以下工作环境中正常工作：

- a) 温度：-25℃～50℃；
- b) 相对湿度：25%～95%，不结露；
- c) 大气压：8.60×10⁴ Pa～1.06×10⁵ Pa。

5.1.2 贮存及运输环境适应性

探测器应能在以下环境中贮存及运输而不出现故障：

- a) 温度：-40℃～60℃；
- b) 相对湿度：25%～95%，不结露；
- c) 大气压：8.60×10⁴ Pa～1.06×10⁵ Pa；

注：探测器的贮存及运输环境中不应存在易燃、易爆、易腐蚀、有毒有害等物质。

5.1.3 机械环境适应性

探测系统应能在以下机械环境中正常工作且满足下列相应要求：

a) 在6.3.3的机械冲击条件下，探测系统性能应不受到影响，探测系统各组件不应出现部件松动或破损；

b) 在6.3.4.2的机械振动条件下，探测系统显示的读数与相关的正常参考读数之间的变化不应大于15%，探测系统的部件应不受到该振动的影响。

5.2 电气要求

5.2.1 探测系统的电气防护性能应符合GB 4793.1—2007中第6章防电击的要求。

5.2.2 探测系统应使用单相100V～240V/50Hz～60Hz交流电或12V～36V直流电供电。

5.3 电磁兼容性要求

5.3.1 设备抗扰度要求

5.3.1.1 静电放电抗扰度

探测系统静电放电抗扰度应符合GB/T 30148—2013中9.4的规定。

5.3.1.2 射频电磁场辐射抗扰度

探测系统射频电磁场辐射抗扰度应符合GB/T 30148—2013中10.4的规定。

5.3.1.3 电快速瞬变脉冲群抗扰度

探测系统电快速瞬变脉冲群抗扰度应符合GB/T 30148—2013中12.4的规定。

5.3.1.4 浪涌（冲击）抗扰度

探测系统浪涌（冲击）抗扰度应符合GB/T 30148—2013中13.4的规定。

5.3.1.5 射频场感应的传导骚扰抗扰度

探测系统射频场感应的传导骚扰抗扰度应符合GB/T 30148—2013中11.4的规定。

5.3.1.6 电压暂降、短时中断和电压变化抗扰度

探测系统电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度应符合GB/T 30148—2013中8.4的规定。

5.3.2 设备发射要求

5.3.2.1 辐射骚扰

探测系统辐射骚扰值应符合GB 17799.4—2012中表1的相关要求。

5.3.2.2 传导骚扰

探测系统传导骚扰值应符合GB 17799.4—2012中表2和表3的相关要求。

5.4 IP 防护等级要求

室外使用探测系统中探测器的IP防护等级应不低于GB/T 4208—2017中的IP65。

5.5 探测性能要求

5.5.1 静态监测的探测性能

探测系统静态监测的探测性能应符合表1的要求。

表1 静态监测性能要求

项目	性能要求
能量探测范围	不小于 50keV~1500keV
成像角度偏差	≤2°
成像定位灵敏度	6min 以内能成像定位自然环境本底下于探测器所在位置产生 30nGy/h 剂量率辐射的 ¹³⁷ Cs 试验源
能量分辨率	≤10%（对于 ¹³⁷ Cs 的 661.6keV 能峰）

5.5.2 动态监测的探测性能

探测系统动态监测的探测性能除符合表1的要求外，还应符合表2的要求。

表2 动态监测性能要求

项目	性能要求
γ 探测灵敏度	应符合 GB/T 24246—2009 中 5.5.4 的要求
探测效率	应符合 GB/T 24246—2009 中 5.5.3 的要求
辐射报警响应时间	≤2s
连续辐射成像追踪能力	≥2 帧/s

6 性能试验方法

6.1 试验环境条件

本标准中除环境适应性试验以外，其它试验在下述环境下进行：

- a) 温度：15℃~35℃；
- b) 相对湿度：25%~75%；
- c) 大气压： $8.60 \times 10^4 \text{ Pa} \sim 1.06 \times 10^5 \text{ Pa}$ ；
- d) 试验环境周围无除试验用 γ 射线辐射源外的其它辐射源干扰。

6.2 试验用 γ 射线辐射源

涉及试验辐射源使用的试验应选择表3中的 γ 射线辐射源进行。

表3 γ 试验源与试验源的活度

放射性核素	试验源最大活度/Bq
^{241}Am	2.4×10^8
^{137}Cs	7.4×10^8
^{60}Co	4.2×10^8

6.3 环境适应性

6.3.1 温度下限

6.3.1.1 工作温度下限

按GB/T 2423.1—2008“试验 Ad”的要求进行试验。受试样品进行初始检查。严酷程度取工作温度下限值，加电运行2h，恢复时间2h。

6.3.1.2 贮存运输温度下限

按GB/T 2423.1—2008“试验 Ab”的要求进行试验。严酷程度取贮存运输温度下限值。受试样品在不工作条件下存放72h。恢复时间为2h，并进行最后检查。

为防止试验中受试样品结霜和凝露。允许将受试样品用聚乙烯薄膜密封后进行试验，必要时还可以在密封套内装吸潮剂。

6.3.2 温度上限

6.3.2.1 工作温度上限

按GB/T 2423.2—2008“试验 Bd”的要求进行试验。严酷程度取工作温度上限值，加电运行2h，恢复时间2h。

6.3.2.2 贮存运输温度上限

按GB/T 2423.2—2008“试验 Bb”的要求进行试验。严酷程度取贮存运输温度上限值。受试样品在不工作条件下存放72h，恢复时间为2h，并进行最后检查。

6.3.3 机械冲击

将探测器或其探测组件安装在一个冲击试验台上，使其承受分别来自三个正交方向的峰值加速度为 300 m/s^2 ，脉冲持续时间为 6 ms，波形为半正弦的机械冲击，每个方向重复 10 次，

试验结果应满足 5.1.3 条 a) 款的要求。

6.3.4 机械振动

6.3.4.1 试验前应对监测系统在无机械振动情况下测得的计数率数值进行记录并确定其平均值。

6.3.4.2 试验时，分别由三个正交方向对被测探测器或其组件施加2g的谐波负载，持续时间为15min，频率可在10Hz~21Hz和22Hz~33Hz的范围内任意选择一个或多个频率点。记录三个正交方向的任意一组振动15min期间的数据并确定其平均值，将此平均值与振动试验前的相关参考计数率平均值进行比较，结果应符合5.1.3条b)的要求。

6.4 电气防护性能

探测系统的电气防护性能按 GB 4793.1—2007 第 6 章的方法进行试验。

6.5 电磁兼容性

6.5.1 设备抗扰度要求

6.5.1.1 静电放电抗扰度

按GB/T 17626.2—2018中规定的试验和测量方法对设备进行静电放电抗扰度试验和检查。

6.5.1.2 射频电磁场辐射抗扰度

按GB/T 17626.3—2016中规定的试验和测量方法对设备进行射频电磁场辐射抗扰度试验和检查。

6.5.1.3 电快速瞬变脉冲群抗扰度

按GB/T 17626.4—2018中规定的试验和测量方法对设备进行电快速瞬变脉冲群抗扰度试验和检查。

6.5.1.4 浪涌（冲击）抗扰度

按GB/T 17626.5—2008中规定的试验和测量方法对设备进行浪涌（冲击）抗扰度试验和检查。

6.5.1.5 射频场感应的传导骚扰抗扰度

按GB/T 17626.6—2017中规定的试验和测量方法对设备进行射频场感应的传导骚扰抗扰度试验和检查。

6.5.1.6 电压暂降、短时中断和电压变化抗扰度

按GB/T 17626.11—2008中规定的试验和测量方法对设备进行电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验和检查。

6.5.2 设备发射要求

6.5.2.1 辐射骚扰

按GB/T 9254—2008中规定的辐射骚扰试验方式进行试验。

6.5.2.2 传导骚扰

按GB/T 9254-2008中规定的传导骚扰试验方式进行试验。

6.6 IP 防护等级

按GB/T 4208-2017中规定的试验方式进行试验，观察试验结果是否符合IP65防护等级的要求。

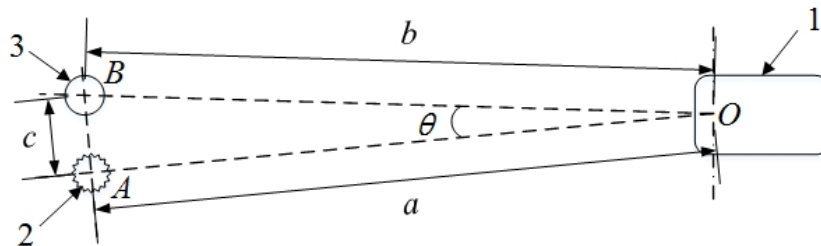
6.7 探测性能

6.7.1 能量探测范围

使用表 3 中的试验源分别置于探测器正前方的视野内，距离探测器 4m，探测器系统应能准确成像定位辐射源。观察探测器系统中的能谱曲线图，检查其是否能明显显示对应 59.5keV、662keV、1.17MeV、1.33MeV 的能峰。

6.7.2 成像角度偏差

将探测器放置于γ试验源（点源）的前方，使探测器面向γ试验源并使其能成像定位，将参考物放置于探测系统中观察到的辐射源方位中心点处，见图1。



说明：

- 1——探测器；
- 2——γ试验源；
- 3——参考物的位置，即γ试验源在探测系统中检测到的映射位置。

图1 成像角度偏差试验示意图

OA为连接γ试验源与探测器之间的直线，测量O点到A点的距离a；OB为探测器检测到的射线方向直线，测量O点到B点的距离b；测量A点到B点的距离c。通过式（1）计算出探测系统的成像定位偏离角度θ：

$$\theta = \arccos \frac{a^2 + b^2 - c^2}{2ab} \dots\dots\dots (1)$$

通过计算得出的成像定位偏离角度θ应符合表1中成像角度偏差的要求。

6.7.3 成像定位灵敏度

放置¹³⁷Cs 试验源，使用符合 GB/T 4835.1-2012 要求的γ辐射剂量率仪测出其产生 30nGy/h（允许误差范围为-2nGy/h~2nGy/h）辐射剂量率的区域范围，将探测器置于该区域中并使其正对试验源，屏蔽试验源。启动探测器使其进入工作状态，解除试验源的屏蔽，探测系统应在表 1 中规定的时间内准确成像定位辐射源。

6.7.4 能量分辨率

使用 ¹³⁷Cs 试验源进行试验，获得对应的能谱曲线，从中获取全能峰部分曲线，如图 2。

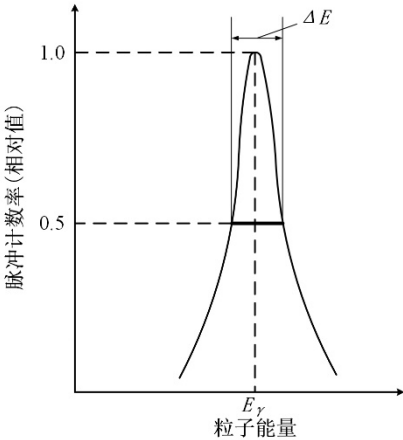


图2 全能峰能谱曲线

通过式 (2) 计算出探测器的能量分辨率：

$$R = \frac{\Delta E}{E_\gamma} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

其中，

- ΔE——探测系统测得全能峰曲线在其半幅高处的能量宽度，即全能峰半高宽(FWHM)；
- E_γ——探测系统测得全能峰的峰值能量。

6.7.5 γ 探测灵敏度

按GB/T 24246—2009中第6.6.4条的试验方式进行试验，试验结果应符合表2中γ探测灵敏度的要求。

6.7.6 探测效率

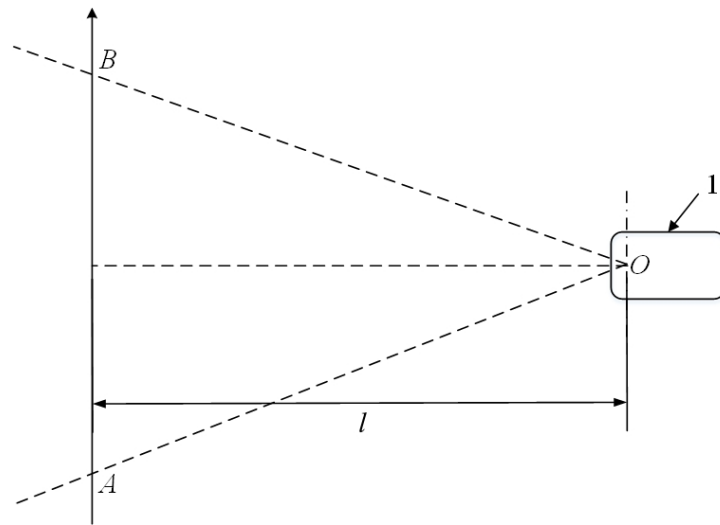
按GB/T 24246—2009中第6.6.3条的试验方式进行试验，试验结果应符合表2中探测效率的要求。

6.7.7 辐射报警响应时间

将探测器放置于被屏蔽的γ试验源正前方2m处，使探测器的有效探测区域正面面对γ试验源，解除γ试验源的屏蔽，使用计时装置记录从解除γ试验源屏蔽到探测系统发出报警所经历的时间，应符合表2中辐射报警响应时间的要求。

6.7.8 连续辐射成像追踪能力

使用表3规定的最大活度的¹³⁷Cs试验源从探测器有效探测视野范围外开始，在距离探测器正前方l=5m处，沿任意垂直于探测器视角中轴线方向的直线路径（例如沿图3所示AB方向的直线路径）以2m/s的速度匀速经过探测器的有效探测区域，检查探测系统在有效探测期间的单位时间内的准确成像定位图片数量，应符合表2中连续辐射成像追踪能力的要求。



说明:

1——探测器。

图3 连续辐射成像追踪能力试验示意图

7 系统安装与验收要求

7.1 系统安装

系统应按照GB 50348—2004的要求进行，其防护级别应按二级防护进行设计。

7.2 系统验收

系统安装完成后应进行检验，系统检验应符合GB 50348—2004和GB 50395—2007的要求。