

中华人民共和国国家职业卫生标准

GBZ 143—2015
代替 GBZ 143—2002

货物/车辆辐射检查系统的放射防护要求

Radiation protection requirements for cargo/vehicle radiographic inspection system

2015-01-13 发布

2015-06-01 实施



中 华 人 民 共 和 国
国家卫生和计划生育委员会 发 布

目 次

前言	Ⅲ
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 检查系统分类	2
5 辐射工作场所的分区及安全标志	3
6 辐射水平控制要求	3
7 辐射安全设施要求	4
8 操作要求	6
9 辐射防护监测与检查	7
附录 A (规范性附录) 辐射防护监测和检查的内容与周期	8
附录 B (规范性附录) 检查系统辐射防护监测方法	9
参考文献	12

前 言

根据《中华人民共和国职业病防治法》制定本标准。

本标准第4章为推荐性条款,其余为强制性条款。

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准代替GBZ 143—2002《集装箱检查系统放射卫生防护标准》。本标准与GBZ 143—2002相比,主要技术变化如下:

- 标准名称改为“货物/车辆辐射检查系统的放射防护要求”;
- 第1章的适用范围增加了利用(D,D)和(D,T)反应的中子检查系统,不适用范围增加了采用X射线机的检查系统、背散射式的检查系统;
- 增加了术语和定义;
- 修改了检查系统分类、辐射工作场所分区、辐射水平控制要求、辐射安全设施要求、操作要求、辐射防护监测与检查相关内容;
- 辐射水平控制要求中删除了加速器调制器泄漏辐射水平和放射源储存容器泄漏辐射水平的相关内容;
- 增加了个人剂量限制、有司机驾驶的货运车辆的检查系统的附加要求、有司机驾驶的货运列车的检查系统的附加要求、中子检查系统的附加要求等相关要求;
- 修改了附录A和附录B的相关内容。

本标准起草单位:清华大学、北京市疾病预防控制中心、山东省医学科学院放射医学研究所。

本标准主要起草人:李君利、邓大平、万玲、邓艳丽、侯利娜、张辉、明申金、朱国平、黄铭、桂立明。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为:

- GBZ 143—2002。

货物/车辆辐射检查系统的放射防护要求

1 范围

本标准规定了货物/车辆辐射检查系统(以下简称检查系统)的辐射水平控制、安全设施、操作、监测与检查等放射防护要求。

本标准适用于采用下列类型的辐射对货物、运输车辆、货运列车进行扫描成像的检查系统:

- 加速器(最大电子能量小于 10MeV)产生的 X 射线;
- 密封放射源释放的 γ 射线;
- (D,D)和(D,T)反应产生的快中子。

本标准不适用于采用 X 射线机的检查系统、背散射式的检查系统及计算机断层扫描检查系统。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件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文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB 4075 密封放射源 一般要求和分级

GB 7465 高活度钴 60 密封放射源

GB 11806 放射性物质安全运输规程

GB 18871—2002 电离辐射防护与辐射源安全基本标准

GBZ 114 密封放射源及密封 γ 放射源容器的放射卫生防护标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

货物/车辆辐射检查系统 cargo/vehicle radiographic inspection system

带有光子或中子辐射源、辐射探测器等装置及设施,利用辐射成像原理获得货物及车辆等被检物透视图象的检查系统。

3.2

X 射线检查系统 X-ray inspection system

利用产生 X 射线的加速器作为辐射源的检查系统。

3.3

γ 射线检查系统 gamma-ray inspection system

利用释放 γ 射线的密封放射源作为辐射源的检查系统。

3.4

中子检查系统 neutron inspection system

利用产生快中子的装置[例如(D,D)和(D,T)反应的中子发生器]作为辐射源的检查系统。

3.5

辐射源箱 radiation source box

包括辐射源、辐射源屏蔽体、初级准直器、快门装置等在内的组装体。

3.6

辐射源室 radiation source room

辐射源箱所处的由辐射屏蔽体围封着的空间。

3.7

控制区 controlled area

在辐射工作场所划分的一种区域,在这种区域内要求或可能要求采取专门的防护手段和安全措施,以便:

- a) 在正常工作条件下控制正常照射或防止污染扩散;
- b) 防止潜在照射或限制其程度。

3.8

监督区 supervised area

未被确定为控制区、通常不需要采取专门防护手段和措施但要不断检查其职业照射条件的任何区域。

3.9

辐射工作场所 radiation workplace

控制区和监督区的统称。

3.10

有用线束区 useful beam area

由辐射源发出并经准直装置限定的用于辐射成像的有用(初级)线束覆盖的区域。

3.11

泄漏辐射 leakage radiation

经贯穿辐射源的防护屏蔽体或经辐射源防护屏蔽体的缝隙逃逸出的辐射。

3.12

加速器泄漏率 accelerator leakage ratio

在有用线束以外的区域,距加速器靶 1 m 处的泄漏辐射在任一 100 cm² 面积上的平均空气比释动能(率)与有用线束中心轴上距靶 1 m 处无屏蔽体时空气比释动能(率)的比值。

4 检查系统分类

4.1 按辐射源类型分类:

- a) X 射线检查系统;
- b) γ 射线检查系统;
- c) 中子检查系统。

4.2 按结构形式分类:

- a) 固定式检查系统:辐射源和探测器系统固定不动,移动被检物通过有用线束区实现辐射成像的检查系统。检查系统的辐射屏蔽通常采用建筑物屏蔽或围栏等方法;
- b) 移动式检查系统:被检物固定不动,辐射源和探测器系统围绕被检物移动实现辐射成像的检查系统。检查系统的辐射屏蔽可采用自屏蔽、围栏或建筑物屏蔽等方法,可以在不同检查场地移动使用。

4.3 按检查对象分类:

- a) 无司机驾驶的货运车辆或货物的检查系统;

- b) 有司机驾驶的货运车辆的检查系统,配置了司机自动避让等保护措施,可实现不扫描司机只扫描货箱;
- c) 有司机驾驶的货运列车的检查系统,配置了列车车头自动避让等保护措施,可实现不扫描司机所在的列车车头只扫描载货车厢。

5 辐射工作场所的分区及安全标志

5.1 辐射工作场所的分区

检查系统的辐射工作场所按以下方法进行分区:

- a) 对无司机驾驶的货运车辆或货物的检查系统,应将辐射源室及周围剂量当量率大于 $40 \mu\text{Sv/h}$ 的区域划分为控制区。控制区以外的周围剂量当量率大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的区域划分为监督区;
- b) 对有司机驾驶的货运车辆的检查系统,应将辐射源室及有用线束区两侧距中心轴不小于 1 m 的区域划分为控制区。控制区以外的周围剂量当量率大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的区域划分为监督区;
- c) 对有司机驾驶的货运列车的检查系统,应将辐射源室及有用线束区两侧距中心轴不小于 10 m 的区域划分为控制区。控制区以外的周围剂量当量率大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的区域划分为监督区;
- d) 与辐射源安装在同一辆车上系统控制室划分为监督区。

5.2 辐射安全标志

在辐射源箱体上、辐射工作场所边界应设置电离辐射警告标志。电离辐射警告标志应符合 GB 18871—2002 中附录 F 相关要求。

6 辐射水平控制要求

6.1 个人剂量

检查系统工作人员职业照射和公众照射的剂量限值应符合 GB 18871 的要求,并制定年剂量管理目标值。

6.2 辐射源箱的泄漏辐射水平

6.2.1 加速器辐射源箱

无建筑物屏蔽的移动式检查系统中的加速器辐射源箱,加速器泄漏率应不大于 2×10^{-5} ;其他情况下应不大于 1×10^{-3} 。

6.2.2 γ 辐射源箱

γ 辐射源箱的泄漏辐射水平应不超过表 1 规定的值。

表 1 γ 辐射源箱外的漏射线周围剂量当量率控制值

单位为毫希每小时

检查系统类型	距源箱体外表面 5 cm 处	距源箱体外表面 1 m 处
固定式	1	0.1
移动式	0.5	0.02

6.2.3 中子辐射源箱

中子辐射源箱外泄漏辐射水平应满足 6.3 和 8.4.1 相关要求。

6.3 场所辐射水平

6.3.1 边界周围剂量当量率

检查系统监督区边界处的周围剂量当量率应不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

6.3.2 驾驶员位置一次通过周围剂量当量

对于有司机驾驶的货运车辆或列车的检查系统,驾驶员位置一次通过的周围剂量当量应不大于 $0.1 \mu\text{Sv}$ 。

6.3.3 控制室周围剂量当量率

检查系统控制室内的周围剂量当量率应不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$,操作人员操作位置的周围剂量当量率应不大于 $1.0 \mu\text{Sv/h}$ 。

7 辐射安全设施要求

7.1 安全联锁装置

7.1.1 出束控制开关

在检查系统操作台上应装有出束控制开关。只有当出束控制开关处于工作位置时,射线才能产生或出束。

7.1.2 门联锁

所有辐射源室门、进入控制区的门及辐射源箱体外防护盖板等应设置联锁装置,与辐射源安装在同一辆车上的系统控制室的门也应设置联锁装置。上述任一门或盖板打开时,射线不能产生或出束。

7.1.3 紧急停束装置

在检查系统操作台、辐射源箱体等处应设置标识清晰的紧急停束装置,例如急停按钮、急停拉线开关等,可在紧急情况下立即中断辐射源的工作。当任一紧急停束装置被触发时,检查系统应立即停止出束,并只有通过就地复位才可重新启动辐射源。

7.1.4 加速器输出剂量联锁

X 射线检查系统的加速器输出剂量超出预定值时,加速器应能自动停止出束。

7.2 其他安全装置

7.2.1 声光报警安全装置

检查系统工作场所应设有声光报警安全装置以指示检查系统所处的状态,至少应包括出束及待机状态。当检查系统出束时,红色警灯闪烁,警铃示警。

7.2.2 监视装置

检查系统辐射工作场所应设置监视用摄像装置,以观察辐射工作场所内人员驻留情况和设备运行

状态。

7.2.3 语音广播设备

在检查系统操作台上应设置语音广播设备,在辐射工作场所内设置扬声器,用于提醒现场人员注意和撤离辐射工作场所。

7.2.4 辐射监测仪表

根据检查系统特点,配备以下合适的辐射监测仪表:

- a) 个人剂量报警仪和剂量率巡检仪;
- b) 在 X 射线检查系统的加速器出束口处应配置辐射剂量监测仪表实时监测输出剂量,并在检查系统操作台上显示输出剂量率;
- c) γ 射线检查系统的辐射源箱应配备剂量报警装置,当放射源泄漏导致剂量超出报警阈值时能实时报警。

7.3 有司机驾驶的货运车辆的检查系统的附加要求

7.3.1 司机自动避让及保护措施

检查系统应设置避让及保护措施,避免司机受到有用线束照射。这些措施至少应包括:

- a) 判断进入检查通道是否为车辆的设施:只有当允许类型的被检车辆驶入检查通道时,检查系统才能出束;行人通过检查通道时,检查系统不能出束;
- b) 车辆位置自动探测设施:控制检查流程并确保司机驾驶位置已经驶离控制区后系统才能出束;
- c) 车速自动探测、停车、倒车保护设施:在车速低于允许的最低速度,以及停车、倒车情况下,检查系统均不能出束或立即停止出束;
- d) 出束时间保护措施:检查系统连续出束时间达到预定值时,应自动停止出束。

7.3.2 警示标识

辐射工作场所应醒目设置以下警示标识:

- a) 可检车型或禁检车型的警示:提醒和正确引导司机,可检车辆正常通行,其他车辆禁止通行;
- b) 限速标识:明确车辆通行速度的上限和下限;
- c) 保持车距警示:提醒待检车辆司机与前车保持一定距离,避免意外情况发生;
- d) “禁止停车、禁止倒车”、“禁止箱内有人”等警示:警示司机防止货厢内人员被误照射;
- e) 禁止穿行警示:禁止无关人员穿行或随车进入检查通道。

7.4 有司机驾驶的货运列车的检查系统的附加要求

7.4.1 司机自动避让及保护措施

检查系统应设置避让及保护措施,避免司机受到有用线束照射。这些措施至少应包括:

- a) 货运列车自动识别设施:只有当允许类型的货运列车通过检查通道时,检查系统才能出束检查;客运列车或行人通过检查通道时,检查系统不能出束;
- b) 列车位置自动探测设施:控制检查流程并确保司机驾驶位置已经驶离控制区后检查系统才能出束;
- c) 车速自动探测及停车保护设施:当车速低于允许的最低速度或停车情况下检查系统不能出束或立即停止出束;
- d) 出束时间保护措施:检查系统连续出束时间超出预定值时,应自动停止出束。

7.4.2 警示标识

辐射工作场所应醒目设置以下警示标识：

- a) 限速标识：明确车辆通行速度的上限和下限；
- b) 禁止穿行警示：禁止无关人员穿行或随车进入检查通道。

7.5 γ 射线检查系统的附加要求

7.5.1 密封放射源的级别，按密封放射源活度应达到 GB 7465 的要求。密封放射源的安全性能应符合 GB 4075 的规定。

7.5.2 只有在通电条件下，检查系统快门才能开启；断电时，快门自动关闭。

7.5.3 只有在快门关闭状态下，才能打开辐射源室（箱）门。

7.5.4 放射源工作及储存场所应装备防火、防盗或防破坏等安全保卫设施。

7.5.5 现场应配备适当的应急设备，例如当快门控制出现故障时能手动关闭装置的专用工具等。

7.6 其他要求

辐射源室内应有良好的通风，以保证臭氧的浓度低于 0.3 mg/m^3 。根据可能产生的臭氧浓度和工作需要确定通风系统的排风速率。

8 操作要求

8.1 一般要求

8.1.1 除非工作需要，工作人员应停留在监督区之外。

8.1.2 每天检查系统运行前，操作人员应按照表 A.1 的相关要求进行检查，确认其处于正常状态。

8.1.3 每次检查系统出束前，操作人员确认控制区内无人后，方可开启辐射源出束。

8.1.4 进入辐射工作场所时，操作人员应确认辐射源处于未出束状态，并携带个人剂量报警仪。

8.1.5 检查系统运行过程中，操作人员应通过监视器观察辐射工作场所内的情况，发现异常情况立即停止出束，防止事故发生。

8.1.6 检查系统发生故障或使用紧急停束装置紧急停机后，在未查明原因和维修结束前，禁止重新启动辐射源。

8.1.7 检查系统结束一天工作后，操作人员应取下出束控制开关钥匙交安全管理人员妥善保管，并做好安全记录。

8.2 安装调试和维修时的要求

8.2.1 检查系统的安装调试和维修人员，除应接受放射防护培训且考核合格外，还应经过设备厂家的专业技术培训合格后，方可进行相关的安装、调试和维修工作。

8.2.2 在设备调试和维修过程中，如果需要解除安全联锁，应先获得安全管理人员批准，并设置醒目的警示牌。工作结束后，操作人员应先恢复安全联锁并确认检查系统正常后才能使用。

8.3 γ 射线检查系统的附加要求

8.3.1 检查系统工作结束后，应用辐射剂量仪检查放射源位置和快门状态。

8.3.2 检查系统不工作时，非工作人员可以到达区域的周围剂量当量率应小于 $2.5 \text{ } \mu\text{Sv/h}$ 。

8.3.3 放射源从运输容器中转装入源容器或从源容器转装入运输容器应采用便于转移操作的辅助设

备和有一定屏蔽效果的装置。操作人员在一次换源过程中所接受的剂量应不超过 $500\mu\text{Sv}$ 。

8.3.4 被更换的退役放射源应由放射源供应单位回收或按国家有关规定处理或处置。

8.3.5 密封放射源运输应符合 GB 11806 的有关要求。

8.4 中子检查系统的附加要求

8.4.1 维修中子检查系统前,应进行操作位置的剂量监测,周围剂量当量率小于 $40\mu\text{Sv/h}$ 时方可操作。

8.4.2 被更换的靶及含感生放射性的部件应按国家有关规定处理或处置。

9 辐射防护监测与检查

9.1 监测项目和方法

9.1.1 监测项目和周期见附录 A。评价指标按第 6 章、第 7 章相关内容执行。

9.1.2 监测方法见附录 B。辐射监测仪器应依法检定或校准,并在其有效时间内使用。在使用过程中,应记录仪器使用状况。

9.2 验收监测和检查

9.2.1 检查系统出厂前,生产单位应按附录 A 中的验收监测和检查要求,对设备的辐射防护性能进行全面的型式试验,确认与辐射防护和安全有关的设计要求得到满足后方可出厂。

9.2.2 检查系统运营单位在产品正式使用前,应按国家有关法规规定委托具有相应资质的机构按附录 A 中的要求,进行验收监测和检查,并经审管部门验收合格后方可投入正式运行。

9.2.3 换源监测:γ 射线检查系统更换放射源后,应对放射源箱泄漏辐射水平、箱体外表面污染和工作场所的辐射水平进行监测。放射源箱外表面的非固定性放射性污染检测结果应符合 GBZ 114 的规定。

9.3 常规监测和检查

检查系统在正常运行中,运营单位应按附录 A 中的要求定期进行常规监测和安全检查,及时排除隐患,杜绝事故的发生。

附 录 A
(规范性附录)

辐射防护监测和检查的内容与周期

辐射防护监测和检查的内容与周期见表 A.1。

表 A.1 辐射防护监测和检查的内容与周期一览表

序号	类别	监测和检查内容	对应的本文件条款	监测与检查周期	监测与检查主体
1	出厂验收监测和检查	辐射源箱的泄漏辐射水平	6.2	设备出厂前	生产单位
2	验收监测和检查	场所辐射水平	6.3	设备运营前的监测和检查	运营单位委托有资质的机构
		辐射安全设施	7		
		换源监测	9.2.3	适时	
3	常规监测和检查	出束控制开关	7.1	每天	运营单位
		门联锁	7.1	每天	
		紧急停束装置	7.1	每天	
		监视、声光报警安全装置	7.2	每天	
		辐射监测仪表	7.2	每天	
		其他安全设施	7.3	适时	
			7.4		
			7.5		
			7.6		
		边界周围剂量当量率	6.3.1	1a	运营单位委托有资质的机构
控制室周围剂量当量率	6.3.3	1a			

附 录 B
(规范性附录)
检查系统辐射防护监测方法

B.1 加速器辐射源箱泄漏辐射水平

B.1.1 测试要求

各点测试结果中最大值应符合 6.2.1 要求。

B.1.2 测试方法

加速器辐射源箱泄漏辐射水平宜参考下述方法进行测试：

- a) 测量并记录加速器未开机时机头周围的天然本底；
- b) 将辐射源的输出参数调至最大工作状态；
- c) 测量并记录有用线束中心轴上距靶 1 m 远处的输出剂量率(空气比释动能率)；
- d) 采用至少 5 个什值层厚度的铅块挡住加速器前端出束缝；
- e) 选取测量点：以加速器靶点为球心半径为 1 m 的球面上，B、C、D 每面至少包含 8 个点，见图 B.1；
- f) 在选取的测量点上放置合适的检测仪器(例如热释光剂量计、X/γ 剂量(率)仪或胶片)测量该位置的空气比释动能(率)，应在不超过 100 cm² 的范围内取平均值；
- g) 计算各测量点的空气比释动能(率)相对于加速器输出剂量率的比值。

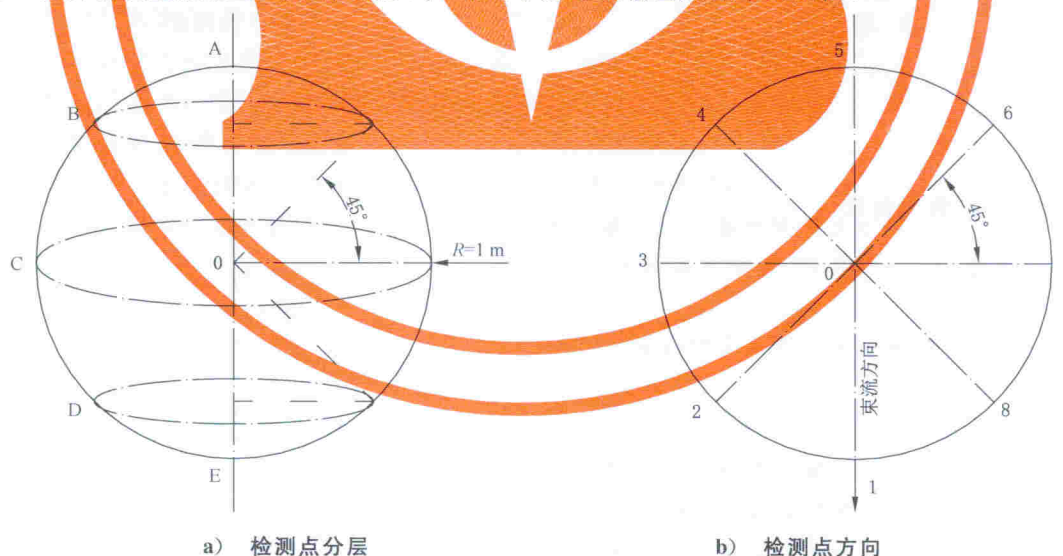


图 B.1 距加速器靶点 1 m 处的测量点示意图

B.2 γ 辐射源箱泄漏辐射水平

B.2.1 测试要求

各点测试结果应符合 6.2.2 要求。

B.2.2 测试方法

- γ 辐射源箱泄漏辐射水平宜参考下述方法进行测试：
- a) 将 γ 辐射源箱置于锁定状态且关闭快门等保护装置；
 - b) 选取测量点：距 γ 辐射源箱表面 5 cm 处和 1 m 远处的 6 个面上，每个面至少包含 6 个点，见图 B.2；
 - c) 在选取的测量点上放置合适的检测仪器（例如热释光剂量计、X/γ 剂量（率）仪或胶片）测量该位置的周围剂量当量（率），应在不超过 100 cm² 的范围内取平均值；
 - d) 将监测结果乘以放射性核素额定活度与监测时活度的比值，换算为放射性核素额定活度下的结果。

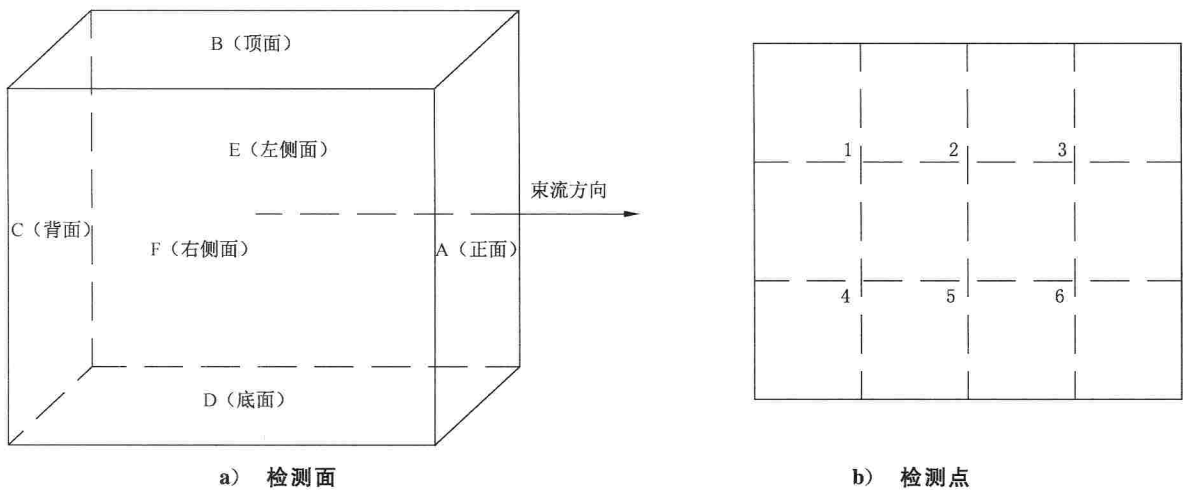


图 B.2 γ 辐射源箱泄漏辐射水平测量点示意图

B.3 边界周围剂量当量率

B.3.1 测试要求

检查系统边界周围剂量当量率应符合 6.3.1 要求。

B.3.2 测试方法

检查系统监督区边界周围剂量当量率宜参考下述方法进行测试：

- a) 测量监督区外边界处的天然本底；
- b) 将辐射源的输出参数调至最大工作状态；
- c) 测量或记录有用线束中心轴上距辐射源 1 m 远处的输出剂量率；
- d) 辐射源静止，将空集装箱或车辆的中部置于有用线束区；
- e) 测量并记录监督区外边界的周围剂量当量率；
- f) 测得的周围剂量当量率扣除天然本底后即为测量点的周围剂量当量率；
- g) 对于中子检查系统，应同时测量中子及光子的周围剂量当量率，中子与光子周围剂量当量率之和应符合 6.3.1 的要求。

B.4 驾驶员位置一次通过周围剂量当量

B.4.1 测试要求

驾驶员位置一次通过周围剂量当量应符合 6.3.2 要求。

B.4.2 测试方法

驾驶员位置一次通过周围剂量当量宜参考下述方法进行测试：

- a) 将辐射源的输出参数调至最大工作状态；
- b) 测量或记录有用线束中心轴上距辐射源 1 m 远处的输出剂量率；
- c) 将合适的检测仪器置于驾驶员位置；

在标准扫描速度下扫描至少 20 次，测量并记录累积周围剂量当量；累积周围剂量当量扣除测量时间内的天然本底后除以扫描次数即为驾驶员位置一次通过的周围剂量当量。

B.5 控制室周围剂量当量率

B.5.1 测试要求

检查系统控制室周围剂量当量率应符合 6.3.3 要求。

B.5.2 测试方法

检查系统控制室周围剂量当量率宜参考下述方法进行测试：

- a) 测量控制室内、操作人员操作位置的天然本底；
- b) 将辐射源的输出参数调至最大工作状态；
- c) 测量或记录有用线束中心轴上距辐射源 1 m 远处的输出剂量率；
- d) 辐射源静止，将空集装箱或车辆的中部置于有用线束区；
- e) 测量并记录控制室内、操作人员操作位置的周围剂量当量率；
- f) 测得的周围剂量当量率扣除天然本底后即为测量点的周围剂量当量率；
- g) 对于中子检查系统，应同时测量中子及光子的周围剂量当量率，中子与光子周围剂量当量率之和应符合 6.3.3 的要求。

参 考 文 献

- [1] IAEA《安全标准丛书》第 GSR Part 3 号(暂行)—2011,国际辐射防护和辐射源安全的基本安全标准(暂行版)
 - [2] IEC 62523:2010 Radiation protection instrumentation—Cargo/vehicle radiographic inspection system
 - [3] IEC 62463:2010 Radiation protection instrumentation—X-ray systems for the screening of person for security and the carrying of illicit items
 - [4] ANSI N42.41-2007 American National Standard Minimum Performance Criteria for Active Interrogation Systems Used for Homeland Security
 - [5] ANSI N42.46-2008 American National Standard for Determination of the Imaging Performance of X-Ray and Gamma-Ray Systems for Cargo and Vehicle Security Screening
 - [6] ANSI/HPS N43.3-2008 For General Radiation Safety—Installations Using Non—Medical X-Ray and Sealed Gamma-Ray Sources, Energies up to 10 MeV
 - [7] ANSI/HPS N43.17-2009 Radiation Safety For Personnel Security Screening Systems Using X-rays
 - [8] ANSI/HPS N43.14-2011 Radiation Safety for Active Interrogation Systems for Security Screening of Cargo, Energies up to 100 MeV
-