

ICS 13.320

A 91

备案号

DB11

北京市地方标准

DB11/T 646.5—2016

代替 DB11/ 646.5-2009

城市轨道交通安全防范系统技术要求 第 5 部分：放射性材料监测与处置

Technical requirements for urban rail traffic security
Part 5: Radioactive material monitoring and response

地方标准信息服务平台

2016 - 10 - 19 发布

2017 - 02 - 01 实施

北京市质量技术监督局 发布

目 次

前 言..... II

引 言..... IV

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 总则..... 3

5 放射性材料监测..... 3

6 应急处置措施..... 6

7 系统运行管理和维护要求..... 6

地方标准信息服务平台

前 言

DB11/T 646《城市轨道交通安全防范系统技术要求》分为六个部分：

- 第1部分：通则；
- 第2部分：视频安防监控子系统；
- 第3部分：实体防护与入侵报警子系统；
- 第4部分：化学监测子系统；
- 第5部分：放射性材料监测与处置；
- 第6部分：武器与爆炸危险品检测及处置。

本部分为DB11/T 646的第5部分。

本部分按照GB/T1.1-2009给出的规则起草。

本部分代替DB11/646.5-2009《城市轨道交通安全防范技术要求 第5部分：放射性材料监测与处置》。

本部分与DB11/646.5-2009相比，除编辑性修改外，主要变化如下：

- 修改了规范性引用文件及术语和定义的引导语（见2、3，2009年版2、3）；
- 修改了“放射性”、“核材料”、“高浓缩铀HEU”、“低浓缩铀LEU”、“反应堆级Pu”、“武器级Pu”、“放射性材料”、“放射性材料监测系统”、“置信度”、“误报率”、“伽马探测灵敏度”、“中子探测灵敏度”、“剂量当量率”的定义（见3.1、3.2、3.3、3.4、3.5、3.6、3.7、3.8、3.9、3.10、3.13、3.14、3.15，2009年版3.1、3.2、3.3、3.4、3.5、3.6、3.7、3.8、3.9、3.10、3.13、3.14、3.15）；
- 将“放射性材料监测范围”和“放射性材料的检测”修改为“放射性材料监测”，并将各级条目的序号和名称相应做了修改（见5，2009年版5、6）；
- 修改了监测模式中精检的说明（见5.2.3，2009年版6.1.3）；
- 增加了监测模式中有关信息联网的要求（见5.2.4）；
- 修改了放射性材料检测流程图（见5.3，2009年版6.2）；
- 修改了普检功能要求的部分指标（见5.4.2 a)、d)，2009年版6.3.2 a)、d)）；
- 修改了普检性能要求的部分指标（见5.4.3 c)、e)，2009年版6.3.3 c)、d)、e)）；
- 修改了便携式核素识别装置的名称（见5.5.1，2009年版6.4.1）；
- 修改了精检功能要求的部分指标（见5.5.2 a)、c)、e)、h)、i)，2009年版6.4.2 a)、c)、e)、f)、i)、j)）；
- 修改了精检性能要求的部分指标（见5.5.3b) c)、d)、e)、f)、g)，2009年版6.4.3.2、6.4.3.3、6.4.3.4、6.4.3.5、6.4.3.6）；
- 修改了应急处置措施的部分要求（见6.1、6.2，2009年版7.1）；
- 增加了系统运行管理和维护要求一章（见7）。

本部分由北京市公安局公共交通安全保卫总队提出。

本部分由北京市公安局归口。

本部分由北京市公安局组织实施。

本部分起草单位：清华大学、同方威视技术股份有限公司、北京亚太安讯科技有限责任公司、北京市轨道交通建设管理有限公司、北京市地铁运营有限公司、机械科学研究总院。

本部分主要起草人：孙伟年、李树启、左五平、魏义祥、赵崑、蒲中奇、吴晓光、王小平、赵金勇、梁孟昌、马腾、叶响、李泽雄、王培新、陈敏波、孙明阳、张国建、张晔、曾广坤、陈伟、宋爱丽。

DB11/T 646.5的历次版本发布情况为：
——DB11/ 646.5—2009。

地方标准信息服务平台

引 言

城市轨道交通是大型城市公共交通系统的重要组成部分。北京市城市轨道交通经过多年发展，正处于高速建设发展期，在北京市公共交通领域正起着越来越重要的作用。

城市轨道交通是一个相对封闭的高速交通系统，人流疏散量大、通道和流量受客观条件限制，对公共安全防范提出了很高的要求。

安全防范是人防，物防，技防系统的总成和有机结合。本标准主要对实体防范和技术防范系统的设计、施工做出了要求和规定，涉及人力防范的要求由相关的法规、文件规定。

本标准是系列标准，由总体结构及一般设计要求、视频安防监控子系统，实体防护与入侵报警子系统、化学监测子系统、放射性材料监测与处置、武器与爆炸危险品检测与处置等部分组成，为新建和改造既有城市轨道交通线路的安全防范技术系统提供了技术依据。

地方标准信息服务平台

城市轨道交通安全防范系统技术要求

第 5 部分：放射性材料监测与处置

1 范围

DB11/T 646的本部分规定了城市轨道交通安全防范系统放射性材料监测、应急处置措施和系统运行管理与维护的要求。

本部分适用于城市轨道交通安全防范的放射性材料监测与处置的规划、设计和建设，并指导工程验收。

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，仅所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 50348 安全防范工程技术规范

GA/T 75 安全防范工程程序与要求

DB11/T 646.1—2016 城市轨道交通安全防范技术要求第1部分：通则

DB11/T 855 安全技术防范系统维护通用要求

3 术语和定义

DB11/T646.1-2016界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

放射性 radioactivity

某些核素能自发与随机地发生核转变，同时发射一种或多种辐射，或发生自发裂变，或在轨道电子俘获后发射 X 辐射，这种特性被称为放射性。

3.2

核材料 nuclear material

任何含有钚（ ^{238}Pu 同位素浓度超过 80%者除外）、 ^{233}U 、浓缩铀（ ^{235}U 或 ^{233}U ）、非矿石或矿渣形式的含天然存在的同位素混合物的铀中一种或多种成分的材料。

3.3

高浓铀 HEU high enriched uranium

含 ^{235}U 的质量百分数大于 0.72%的铀称为浓缩铀， ^{235}U 的含量大于等于 20%的浓缩铀称为高浓铀。

3.4

低浓铀 LEU low enriched uranium

指 ^{235}U 的含量低于20%的浓缩铀。

3.5

反应堆级Pu reactor grade plutonium

指²⁴⁰Pu的含量大于6%的²³⁹Pu。

3.6

武器级Pu weapon grade plutonium

指²⁴⁰Pu的含量小于等于6%的²³⁹Pu。

3.7

放射性材料 radioactive material

核材料以及任何具有放射性的物质统称放射性材料。

3.8

放射性材料监测系统 monitoring system for radioactive material

通过测量周围环境本底辐射水平确定报警阈值,并能够对辐射水平大于报警阈值的放射性材料产生报警的监测系统,以下简称为监测系统。

3.9

置信度 confidence level

一个统计估算量的真值落入其估算值预先设定区间内的概率,通常用百分数表示。

3.10

误报率 false alarm rate

在给定的环境本底下监测系统因本底辐射水平统计涨落导致误报警的概率。

3.11

探测概率 detection probability

放射性材料通过监测系统产生报警的几率。

3.12

本底 background

由于宇宙射线和环境中天然放射性的存在而引起的剂量率。

3.13

伽马探测灵敏度 gamma-ray detection sensitivity

在一定的测试条件下,监测系统能够以不小于0.9的探测概率(置信度95%)探测到的伽马标准测试源的最小活度。

3.14

中子探测灵敏度 neutron detection sensitivity

在一定的测试条件下,监测系统能够以不小于0.9的探测概率(置信度95%)探测到的中子标准测试源的最小活度(或与之对应的最小中子发射率)。

注:使用铅屏蔽容器将中子标准测试源的伽马辐射强度降至未屏蔽数值的1%以下。

3.15

剂量当量率 dose equivalent rate

一般说来,剂量当量可认为是人体组织“吸收”辐射能量引起辐射效应的一种量度,单位时间内人体吸收的剂量当量增量称为剂量当量率,用 $\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ 表示。

4 总则

4.1 城市轨道交通安全防范放射性材料监测与处置系统建设,应纳入城市轨道交通工程总体规划,并进行综合设计、同步施工、独立验收,同时交付使用。

4.2 城市轨道交通安全防范放射性材料监测与处置系统建设应符合 GB 50348 中第 3 章的规定,并应根据 DB11/T 646.1—2016 中表 2 的要求设置。

4.3 城市轨道交通安全防范系统的设计、施工程序应符合 GA/T 75 的规定。

4.4 城市轨道交通安全防范系统中选择使用的设备、产品应具有国家认可的检验部门出具的有效的检验合格报告。

5 放射性材料监测**5.1 监测类别**

5.1.1 特殊核材料包括: ^{233}U 、 ^{235}U (包括高浓铀 HEU, 低浓铀 LEU, 贫铀 DU)、 ^{237}Np 、 ^{239}Pu (包括武器级、反应堆级)等。

5.1.2 工业用核素包括: ^{57}Co 、 ^{75}Se 、 ^{60}Co 、 ^{133}Ba 、 ^{137}Cs 、 ^{192}Ir 、 ^{241}Am 、 ^{152}Eu 等。

5.1.3 医用核素包括: ^{18}F 、 ^{67}Ga 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{111}In 、 ^{123}I 、 ^{125}I 、 ^{131}I 、 ^{133}Xe 、 ^{201}Tl 、 ^{51}Cr 、 ^{103}Pd 等。

5.1.4 天然放射性核素包括: ^{40}K (如化肥、猫砂、瓷砖、陶器等)、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 、天然铀中的 ^{238}U 及其衰变产物 (如彩色玻璃或彩色餐具等) 等。

5.2 监测模式

5.2.1 对于放射性材料的监测,应根据检查方式的不同分为普检和精检。

5.2.2 普检指对进站旅客人身及携带的行李进行有无放射性材料的定性判断的检查方式,具体检查比例可根据相应站点的风险级别以及客流量大小进行确定。

5.2.3 精检指在普检报警后,对引起报警的旅客人身及携带的行李进行报警确认和放射性核素识别,并对危险与有害核素进行甄别的检查方式。

5.2.4 所有监测系统的有关信息应能通过网络接口传输至站/段综控室,以便能及时调度相关系统或程序进行应急响应处理。

5.3 监测流程

放射性材料监测流程见图1。



图1 放射性材料检测流程图

5.4 普检

5.4.1 设置方式

普检系统应为固定式放射性探测装置，可是门式的，也可是立柱式或隐蔽式的，应部署在各地铁车站的人员及其携带物必经通道或入口。

5.4.2 功能要求

普检系统的具体功能应满足：

- a) 系统应具有 24 小时连续探测能力, 对进入地铁站的人员及其携带物进行普检, 并保证人员及其携带物正常通过;
- b) 系统应能探测伽马辐射或者同时探测伽马和中子;
- c) 应具有声光报警功能;
- d) 具有数据记录存储功能, 保存记录应不少于 10 万条, 保存时间大于 30 天, 并能够通过网络接入平台实时传输数据进行统计研究, 以确保突发事件情况下的时效和数据分析。

5.4.3 性能要求

普检系统的具体性能指标应满足:

- a) 单人通过时间小于等于 1s;
- b) 报警反应时间小于 1s;
- c) 伽马辐射能量探测范围应为 30keV~3MeV;
- d) 误报率应不大于 0.01%;
- e) 当放射源以 $1.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的速度沿距离监测系统表面 0.5m、平行于监测系统表面且高度为 1m 的直线通过时: 伽马探测灵敏度应小于等于 100kBq 的 ^{137}Cs 、24kBq 的 ^{60}Co 、2.72MBq 的 ^{241}Am ; 中子探测灵敏度应不低于 3500 s^{-1} 的 ^{252}Cf (伽马辐射被屏蔽到原来的 1% 以下);
- f) 探测概率不低于 90% (置信度 95%), 即相当于放射源通过监测系统 50 次应有不少于 49 次报警;
- g) 工作环境温度范围为 $-20^{\circ}\text{C} \sim +45^{\circ}\text{C}$, 相对湿度不大于 93%。

5.5 精检

5.5.1 设置方式

精检系统应为便携式核素识别仪, 每个站至少应配备一台。

5.5.2 功能要求

精检系统的具体功能应满足:

- a) 具有搜寻放射性材料并定位的功能;
- b) 具有核素识别功能, 给出分析结果或提示信息;
- c) 能够探测伽马和中子辐射, 具有伽马辐射剂量当量率测量功能, 其测量值能随时间变化实时显示;
- d) 应具有声光报警功能, 报警剂量当量率阈值可以预先设置和调节;
- e) 探测器应装在仪器内, 仪器要有方便的把手, 便于单手操作;
- f) 仪器应具有稳谱功能, 允许使用低活度伽马放射源进行稳谱, 如果使用发光二极管稳谱, 应定期使用伽马放射源检查能量刻度曲线;
- g) 采用电池供电, 测量过程中能显示电池状态或具有低电压报警提示功能;
- h) 具有数据记录存储功能, 应能保存至少 1000 个 1024 道的能谱数据及与其对应的参数, 保存时间大于 30 天;
- i) 仪器应具有无线传输功能, 具有 USB 接口与计算机进行能谱数据通信和上传系统平台, 并能与计算机软件和平台配合进行能谱数据的进一步精确分析。

5.5.3 性能要求

精检系统的具体性能应满足:

- a) 多道分析器的道数应不小于 1024 道，伽马辐射能量探测范围应为 30keV~3MeV;
 - b) 在单个放射性核素或混合核素中每个核素使探测器所在位置剂量当量率比本底升高 $0.5\mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ ($\pm 30\%$) 的情况下，应在 10 次中有 9 次能够正确识别以下规定的放射性材料并进行正确分类：
 - 1) 单个核素识别要求：
仪器应在 1min 时间内识别无屏蔽的 ^{111}In , ^{133}Xe , $^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{201}Tl , ^{67}Ga , ^{125}I , ^{123}I , ^{131}I 。仪器应在 2min 时间内识别使用 5mm 钢屏蔽的高浓缩铀 HEU，低浓缩铀 LEU，反应堆级 Pu，武器级的 Pu， ^{57}Co , ^{137}Cs , ^{241}Am , ^{237}Np 。
 - 2) 混合核素识别要求：
仪器应在 1min 时间内识别 ^{137}Cs + 高浓缩铀； ^{131}I + 高浓缩铀， ^{57}Co + 高浓缩铀， ^{133}Ba + 反应堆级 Pu。
 - 3) 对于核素识别结果应显示核素类别和名称见示例 1、示例 2、示例 3。
- 示例1：当识别到任何碘（I）核素时，核素名称应显示为“医学用核素碘（I）”。
- 示例2：当识别到任何钚（Pu）核素时，核素名称应显示为“核材料钚（Pu）”。
- 示例3：当识别到钍及其衰变产物时，核素名称应显示为“天然核素钍（Th）”。
- c) 伽马射线剂量当量率的测量范围为 $0.1\mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1} \sim 10\text{mSv} \cdot \text{h}^{-1}$ 。在 ^{137}Cs 辐射剂量当量率测量范围选择为 $1\mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1} \sim 100\mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ 时，测量误差不大于 $\pm 30\%$;
 - d) 将中子发射率为 $2 \times 10^4 \text{ s}^{-1}$ 的 ^{252}Cf 置于距离监测仪器的中子探测参考点 25cm 处，10s 内设备应发出中子报警信号；
 - e) 便携式监测仪器在正常温度（+20℃）环境且无报警的情况下，电池寿命应大于 8h。在持续报警的情况下，电池寿命应大于 3h；
 - f) 能够在环境温度范围在 -20℃~+45℃，相对湿度不大于 93% 的条件下正常工作；
 - g) 监测仪器的重量（含电池） $\leq 3\text{kg}$ ，外形尺寸 $\leq 300\text{mm} \times 200\text{mm} \times 150\text{mm}$ 。

6 应急处置措施

- 6.1 当普检系统发生报警时，应尽快确定引起报警的具体人员及其携带物并带到指定区域进行精检，以便进行报警核实。如果报警得到确认，应进一步进行核素识别和危险评估，以确定放射性材料的核素类别及其危险程度。
- 6.2 当确定或怀疑有危险性放射性材料存在时，应立即对该放射性材料采取隔离、屏蔽等防护措施，并设立警戒隔离区。
- 6.3 立即启动辐射应急预案，与计算机软件和平台配合上传能谱数据并进一步进行能谱解析，上报放射性材料监管部门进行准确鉴定，同时由专业人员进行应急处理。
- 6.4 警戒隔离区应设明显的警戒标志，禁止无关人员靠近。

7 系统运行管理和维护要求

- 7.1 系统运行管理应符合 DB11/T 646.1-2016 中 11.1 的要求。

7.2 系统维护应符合 DB11/T 646.1-2016 中 11.2 的要求。放射性材料监测系统的日常维护和定期维护参照 DB11/T 855 的相关规定和本标准的表 1、表 2 执行。如果监测系统或仪器不包含表中所列的某些对象，则无需进行相应项目的维护。

7.3 设备设施的更新应符合 DB11/T 646.1-2016 中 11.3 的要求。

表1 放射性物质监测系统维护内容

序号	区域	对象	项目内容要求	日常维护	定期维护
1	探测器	伽马探测器	检查伽马计数率是否正常。	■	□
2		中子探测器	检查中子计数率是否正常。	■	□
3	系统性能(测试中所使用放射源均为豁免源)	伽马报警	使用 100kBq 的 ^{137}Cs 豁免源通过监测通道中心, 设备应能发出伽马声光报警。	□	■
4		中子报警	使用 1100 s^{-1} 的 ^{252}Cf 豁免源通过监测通道, 设备应能发出中子声光报警。	□	■
5		报警记录	设备能够将报警记录存储至数据库, 并能够对报警记录进行查询、统计和分析。	□	■
6		误报率	使用误报警模拟测试软件进行误报率测试, 应至少模拟 10000 次探测, 误报次数应不大于 5 次, 以保证误报率小于 0.1% (置信度 95%)。	□	■
3	系统外观	外壳	保持外观清洁。	■	□
4		防护漆	检查外壳防护漆面, 对掉漆部分进行补漆, 防止裸露钣金腐蚀生锈。	□	■
5		占用传感器	清洁传感器上的灰尘污垢, 检查传感器工作是否正常。	■	□
6		安装螺丝	检查各安装螺丝, 确保其紧固无锈蚀。	■	□
7		接口	检查外部接口, 确认其无损伤, 连接接口线缆后, 系统通讯正常。	□	■
8		声光报警	检查监测系统的声、光报警装置是否工作正常。	□	■
9	电源组件	交流输入	检查输入交流电压是否符合输入标准。	■	□
10		直流输出	检查并校准电源输出的直流电压, 使其符合标称值。	□	■
11		电源滤波器	检查电源滤波器各插接端子紧固无漏电。	□	■
		漏电保护器	检查漏电保护器工作是否正常。	□	■
12	软件参数	软件	检查软件运行显示有无异常, 操作有无延迟。	■	□
13		软件	定期进行新版本软件升级。	□	■
14		参数调整	如设备不满足灵敏度指标或误报率指标, 应调整相关参数, 使其满足相关指标要求。	□	■
15	监控中心	主机	应工作正常, 表面保持清洁。	■	□
16		显示器	应显示正常, 表面保持清洁。	■	□
17		鼠标键盘	应工作正常, 表面保持清洁。	■	□

表1 放射性物质监测系统维护内容（续）

序号	区域	对象	项目内容要求	日常维护	定期维护
18	外部电源	UPS	检查 UPS 转换功能是否正常。	☐	■
19		交流输出	检查并调整交流输出电压，使其符合标称值。	☐	■
20		连接线缆	检查各供电线缆连接是否紧固，线缆外皮有无破损。	☐	■
21		电池	检查电池性能，更换已经老化的电池。对电池进行定期的充电放电检查。	☐	■

注：表中■表示应进行维护的内容，□表示无需进行维护。

表2 便携式核素识别仪维护内容

序号	区域	对象	项目内容要求	日常维护	定期维护
1	探测器	伽马探测器	检查伽马计数率和剂量当量率是否正常	■	☐
2		中子探测器	检查中子计数率是否正常。	■	☐
3	仪器性能（测试中所使用放射源均为豁免源）	剂量当量率显示	仪器的剂量当量率读数偏差应在±30%以内。	☐	■
4		寻源定位	应能根据仪器给出的声音、计数率或图像的提示，正确定位测试源。	☐	■
5		核素识别	仪器应能正确识别多种测试源。	☐	■
6		核素识别	仪器应能正确识别多种测试源。	☐	■
6	仪器外部	显示屏	检查显示屏、触摸屏工作是否正常。	■	☐
7		显示屏	清洁显示屏灰尘污垢。	■	☐
8		操作按键	检查操作按键反应是否灵敏，确定其有无异常。	■	☐
9		接口	检查外部接口，确认其有无损伤；连接接口线缆后，检查仪器与所连接设备的通信是否正常。	☐	■
10		声光报警	检查仪器的声、光、震动等报警提示是否正常。	☐	■
11		连接线缆	检查各外部连接线缆是否工作正常，线缆外皮有无破损。	☐	■
12	仪器电源	外壳	保持仪器外壳清洁。	■	☐
13		电池	使用前需充电至电池电量显示充满。	■	☐
14		电源适配器	检查并校准电源适配器输出电压。	☐	■
15	软件参数	电池	检查电池性能，更换已经老化的电池。对电池进行定期的充电放电检查。	☐	■
16		软件	检查软件显示无异常，操作无延迟。	■	☐
17		软件	定期进行新版本软件升级。	☐	■
18	参数标定	参数标定	如核素识别或剂量当量率显示不准确，需使用放射源进行标定。	☐	■

注：表中■表示应进行维护的内容，□表示无需进行维护。