

ICS 13.280

CCS F70/79

DB61

陕西省地方标准

DB61/T \*\*\*-2024

工业射线探伤辐射安全和防护技术规范

Technical Specification for Radiation Safety and Protection in  
Industrial Radiography

(征求意见稿)

2024- - 发布

2024- - 实施

陕西省市场监督管理局 发布



# 目 次

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 探伤设备辐射安全与防护.....	3
6 工作场所辐射安全与防护.....	4
7 辐射环境监测要求.....	6
8 辐射事故应急响应要求.....	7
<b>附录 A</b> （资料性）移动式探伤控制区距离估算.....	9
<b>附录 B</b> （资料性）测量仪器读数响应时间修正方法.....	13
<b>附录 C</b> （资料性）辐射监测记录表.....	14
<b>附录 D</b> （资料性）辐射事故应急预案编制大纲.....	17
参考文献.....	18

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由陕西省生态环境厅提出并归口。

本文件起草单位：陕西省生态环境厅、陕西省核与辐射安全监督站、陕西秦洲核与辐射安全技术有限公司。

本文件主要起草人：汪源、商建波、王云波、张丹、鱼泳洋、刘禹、孟令飞、李广军、杨善潮、鲁顺利、何思雨。

本文件由陕西省生态环境厅负责解释。

本文件首次发布。

联系信息如下：

单位：陕西省生态环境厅

电话：029-63916236

地址：陕西省西安市新城区省政府大楼

邮编：710006

# 工业射线探伤辐射安全和防护技术规范

## 1 范围

本文件规定了工业射线探伤实践的一般要求，探伤设备、工作场所的辐射安全与防护，辐射环境监测和辐射事故应急响应的要求。

本文件适用于600 kV及以下X射线、 $\gamma$ 射线固定式探伤和移动式探伤，以及同辐射源范围的工业CT探伤。不适用于加速器和中子工业探伤。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 18871 电离辐射防护与辐射源安全基本标准

GB/T 14058  $\gamma$ 射线探伤机

GB/T 26837 无损检测仪器 固定式和移动式工业 X 射线探伤机

GBZ 98 放射工作人员健康要求及监护规范

GBZ 117 工业探伤放射防护标准

GBZ 128 职业性外照射个人监测规范

GA 1002 剧毒化学品、放射源存放场所治安防范要求

## 3 术语和定义

GBZ 117 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**工业探伤** Industrial radiography

采用射线对物体进行照射成像，以检查其内部缺陷的方法。

[来源：GBZ 117-2022, 3.1]

### 3.2

**X 射线探伤机** X-ray radiography facilities

使用 X 射线摄影或断层检查发现物体内部缺陷的设备总称，包括 X 射线管头组装体、控制箱及连接电缆。

[来源：GBZ 117-2022, 3.2]

### 3.3

**$\gamma$ 射线探伤机**  $\gamma$ -ray radiography facilities

使用密封放射源发射的 $\gamma$ 射线用于发现物体内部缺陷的设备，包括一个源容器及其附件。

[来源：GBZ 117-2022, 3.3]

## 3.4

**工业 CT 探伤设备 Industrial computed tomography equipments**

使用 X、 $\gamma$  射线对工件进行断层扫描成像的一组装置，包括 CT 扫描装置、数据采集与处理系统、操作台等。

## 3.5

**固定式探伤 Stationary defect detecting**

在探伤室内使用固定安装或可有限移动的探伤机产生的射线对物体进行照射成像，以检查其内部缺陷的方法。

[来源：GBZ 117-2022, 3.4]

## 3.6

**移动式探伤 Mobile defect detecting**

在探伤室以外的生产车间、工地或安装现场等场地使用移动式探伤机产生的射线对物体进行照射成像，以检查其内部缺陷的方法。

[来源：GBZ 117-2022, 3.5]

## 3.7

**换源器 Source changer**

用于更换 $\gamma$ 射线探伤源组件的屏蔽容器。通常具有两个贮源孔，旧源从换源器的一个源孔被推进，新源从另一个源孔中被移出。

[来源：GBZ 117-2022, 3.6]

## 3.8

**使用单位 Operating organization**

利用工业探伤装置进行工业探伤作业的营运单位。

[来源：GBZ 117-2022, 3.9]

## 3.9

**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管理措施，以便：

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

## 3.10

**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安全管理措施但要不断检查其职业照射条件的任何区域。

## 4 总则

### 4.1 一般要求

- 4.1.1 使用单位应对所开展工业射线探伤的辐射防护与安全工作全面负责，实现保护辐射工作人员、公众和环境的目标。
- 4.1.2 在规划、设计、开展工业射线探伤的过程中，应遵循辐射实践正当性、剂量限制和潜在照射危险限制、防护与安全最优化等辐射防护要求。
- 4.1.3 工业射线探伤项目在建设前应取得环境影响评价文件的批复，并及时办理竣工验收手续及辐射安全许可证业务。
- 4.1.4 使用单位应严格执行放射源进出口、转让、转移、收贮等相关要求，建立放射源、射线装置台账，并指定专人负责全国核技术利用辐射安全申报系统信息更新真实、准确、及时、完整。
- 4.1.5 使用II类放射源的工业射线探伤项目退役，按照建设项目环境影响评价分类管理名录要求，根据场所有无污染情况，使用单位分别组织编制环境影响报告表或者填报环境影响登记表。场所退役后，清除所有电离辐射警告标志和安全告知。
- 4.1.6 使用单位应建立健全辐射安全与防护大纲，制定和落实各项规章制度及操作规程。其中，操作规程应包含工作前后检查项目，确保固有安全措施有效，确认放射源处于屏蔽状态等安全防护关键环节。
- 4.1.7 使用单位应落实探伤机的领取审批制度，做好登记、检查、检测及定期盘点等记录，做到账物相符。
- 4.1.8 使用单位的辐射工作人员应当通过国家核技术利用辐射安全与防护培训及考核，考核合格后方可上岗。
- 4.1.9 使用单位应对从事探伤工作的人员按 GBZ 128 的要求进行个人剂量监测，按 GBZ 98 的要求进行职业健康监护。

### 4.2 剂量限值和剂量约束值

工业射线探伤实践过程中，工作人员职业照射剂量限值和工业射线探伤实践使公众成员所受到的剂量照射限值应满足 GB 18871 的要求。从事工业射线探伤的职业照射和公众照射剂量约束值应符合以下要求：

- a) 一般情况下，从事工业射线探伤的职业照射剂量约束值不超过 5 mSv/a；
- b) 公众照射的剂量约束值不超过 0.1 mSv/a。

## 5 探伤设备辐射安全与防护

### 5.1 $\gamma$ 射线探伤机

5.1.1 当源容器装载最大活度值的密封源并处于锁定状态且装配好保护盖（若有）时，源容器外表面一定距离处的周围剂量当量率应不超过表 1 规定的控制值，随机文件中应有该指标的说明。

表 1 源容器外表面一定距离处周围剂量当量率控制值

γ射线探伤装置类别与代号		最大周围剂量当量率（mSv/h）	
		离源容器表面 5 cm 处	离源容器表面 100 cm 处
便携式	P	0.5	0.02
移动式	M	1	0.05

γ射线探伤装置类别与代号		最大周围剂量当量率 (mSv/h)	
		离源容器表面 5 cm 处	离源容器表面 100 cm 处
固定式	F	1	0.1

- 5.1.2 探伤机的安全使用期限不得超过 10 年。
- 5.1.3 其他辐射安全与防护性能应符合 GB/T 14058 的要求。
- 5.1.4 使用单位从事 γ 移动探伤作业的，应拥有 5 台以上探伤装置。
- 5.1.5 使用单位人员不应单独对探伤机进行维修，维修 γ 射线探伤机时，应由厂家专业人员将放射源倒入换源器后进行。
- 5.1.6 使用单位应与放射源生产、销售单位签订废旧放射源返回协议，当放射源需报废时，应按照协议规定将废旧放射源返回生产单位或原出口方。

## 5.2 X 射线探伤机

- 5.2.1 X 射线探伤机在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 100 cm 处的漏射线所致周围剂量当量率应符合表 2 的要求，在随机文件中应有这些指标的说明。

表 2 X 射线管头组装体漏射线所致周围剂量当量率控制值

管电压 (kV)	漏射线所致周围剂量当量率 (mSv/h)
<150	<1
150~200	<2.5
>200	<5

- 5.2.2 其他辐射安全与防护性能应符合 GB/T 26837 的要求。

## 5.3 工业 CT 探伤设备

使用 γ 射线的工业 CT 探伤设备按本文件 5.1 条的要求执行，使用 X 射线的工业 CT 探伤设备按本文件 5.2 条的要求执行。

## 6 工作场所辐射安全与防护

### 6.1 放射源的贮存

- 6.1.1 使用单位应选择场地稳定、地质条件较好、远离腐蚀性和爆炸性等危险因素的地段设立专用、独立的放射源（或带源的探伤机）贮存库。源库墙体、门窗、室顶等屏蔽体外 30 cm 处周围剂量当量率小于 2.5 μSv/h；对人员不可达的室顶，外表面 30 cm 处的周围剂量当量率参考控制水平可取 100 μSv/h。
- 6.1.2 当放射源不能及时返回放射源贮存库贮存时，应在专用的贮存设施内临时贮存，并派专人 24 小时值守。
- 6.1.3 放射源库应配备网络视频监控系统，并具备红外防盗报警功能，治安防范应符合 GA 1002 的相关要求。
- 6.1.4 放射源贮存设施外应设置电离辐射警示标志，并具有防火、防水、防盗（防抢）、防丢失、防破坏、防射线泄露等安全防护措施。
- 6.1.5 放射源贮存设施应指派 2 名辐射工作人员专职负责，执行双人双锁要求。

## 6.2 放射源的运输

- 6.2.1 运输车辆应配备北斗卫星定位系统的行驶记录仪，且具有在线监控功能，并接入符合要求的监控平台。
- 6.2.2 使用单位应委托取得放射性物品道路运输经营许可的单位运输放射源；使用单位已取得《放射性物品道路运输许可证》的，可自行运输。
- 6.2.3 运源车应采取相应的屏蔽防护措施，同时应满足以下要求：
- 距车辆外表面 30 cm 处周围剂量当量率小于 0.1 mSv/h；
  - 距运源车外表面 2 m 处周围剂量当量率小于 2.5  $\mu$ Sv/h；
  - 驾驶员位置周围剂量当量率小于 2.5  $\mu$ Sv/h。
- 6.2.4 运输车辆货箱设有盛装和固定源容器的装置，应与车体牢固连接，同时源容器应采取有效的防震、防冲撞、防雨、防盗、防火、防丢失、防辐射、双人双锁等安全防护措施。
- 6.2.5 放射源的货运运输应符合 GB 11806 的要求，运输时应对货包作标记、贴标签、挂牌牌。
- 6.2.6 运输车辆应当悬挂符合国家标准要求的警示标志。

## 6.3 固定式探伤的辐射安全与防护要求

### 6.3.1 分区管理

固定式探伤的辐射工作场所应划分控制区、监督区。通常，探伤室为控制区，监督区为操作室和其他需要对职业照射条件进行监督和评价的区域。探伤室辐射屏蔽应满足 GBZ117 的要求，同一探伤室内每次只能启动 1 台射线探伤装置进行探伤作业。操作室与探伤室分开，并避开有用线束照射的方向。

### 6.3.2 通风要求

探伤室设置机械通风装置，排风管道外口朝向避开人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次。

### 6.3.3 联锁要求

6.3.3.1 探伤室防护门上设置电离辐射警示标志和中文警示说明。探伤室门口和内部同时设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与探伤机联锁。探伤室内、外醒目位置处设置清晰的“预备”和“照射”信号意义说明。探伤室设置门-机联锁装置。探伤室内有多台探伤装置时，每台装置均应与防护门联锁。

6.3.3.2 探伤室内设置紧急停机按钮或拉绳，并带有标签，标明使用方法。按钮或拉绳的安装，应使人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。

6.3.3.3 探伤室内应在合适位置设置固定式场所辐射监测装置，并设置报警阈值，当探伤室内辐射剂量超过设定阈值时应给出报警，同时锁定探伤室门。

### 6.3.4 监视装置

探伤室内和探伤室出入口应安装监视装置，在控制室的操作台应有专用的监视器，可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况。

### 6.3.5 便携式剂量警报设备

6.3.5.1 探伤室应配置便携式辐射监测报警仪，该报警仪应与防护门钥匙、探伤装置的安全锁钥匙串结一起。

6.3.5.2 探伤作业人员进入探伤室前应佩戴个人剂量计、个人剂量报警仪，携带便携式辐射监测报警仪，仪器先行，当剂量率达到设定的报警阈值报警时，应立即撤离探伤室并检查原因，确保人员进入探伤室时探伤设备已停止出束或未意外出束，或放射源已收回源容器。

## 6.4 移动式探伤的辐射安全与防护要求

### 6.4.1 探伤准备

移动式探伤工作如在委托单位的工作场地实施准备和规划，使用单位应与委托单位协商适当的探伤地点和探伤时间、现场的通告、警告标识和报警信号等，避免造成混淆。

### 6.4.2 安全信息公示牌

作业现场边界外公众可达地点应放置安全信息公示牌，并应满足以下要求：

- a) 公示牌面积不小于 2 m<sup>2</sup>；
- b) 公示牌信息内容包括辐射安全许可证、公司法人、辐射安全负责人、操作人员和现场安全员的姓名、照片、资质证书和生态环境部门监督举报电话等；
- c) 公示信息采取喷绘（印刷）的方式进行制作；
- d) 公示牌信息应实时更新，禁止涂改、污损。

### 6.4.3 分区管理

6.4.3.1 移动式探伤时，工作场所控制区与监督区的划分应符合 GBZ 117 的要求，现场射线探伤工作应在指定为控制区的区域内进行。控制区距离估算参考附录 A。

6.4.3.2 控制区边界上合适的位置应设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌。应有提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。夜晚作业时控制区边界应设置警示灯。监督区边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时设专人警戒。X 和 $\gamma$ 射线探伤的警示信号指示装置应与探伤机联锁。

6.4.3.3 探伤作业人员应在控制区边界外操作，否则应采取专门的防护措施。

### 6.4.4 便携式剂量警报设备

6.4.4.1 每一个探伤作业班组应至少配备一台便携式 X- $\gamma$ 剂量率仪，开始移动式探伤工作之前，应对便携式 X- $\gamma$ 剂量率仪进行检查，确认能正常工作。在移动式探伤工作期间，便携式 X- $\gamma$ 剂量率仪应一直处于开机状态，防止射线曝光异常或不能正常终止。

6.4.4.2 每台探伤机至少配备 2 名操作人员同时在场，每名操作人员应配备一台个人剂量报警仪和个人剂量计，个人剂量报警仪应能在现场环境条件下可听见、看见或产生震动信号。

### 6.4.5 $\gamma$ 射线探伤机的移动

在作业点移动 $\gamma$ 射线探伤机时应使用小型车辆或手推车，使探伤装置处于人员监视之下。

### 6.4.6 特殊要求

管道爬行探伤和 underwater  $\gamma$ 射线探伤，活动开展的特殊要求应满足 GBZ 117 规定。

## 7 辐射环境监测要求

### 7.1 监测仪器

7.1.1 使用单位应选用合适的辐射监测仪器，并按要求进行定期检定/校准，取得相应证书。使用前，应检查辐射监测仪器，包括电池、仪器对射线的响应及是否有物理损坏、调零问题等。

7.1.2 辐射监测仪器的主要性能应满足以下要求：

- a) 量程范围：最低示值不高于  $1 \times 10^{-1} \mu\text{Gy/h}$  ( $\mu\text{Sv/h}$ )，最高示值不低于  $5 \text{ mGy/h}$  ( $\text{mSv/h}$ )；
- b) 能量响应： $50 \text{ keV} \sim 1.3 \text{ MeV} \leq \pm 30\%$  ( $^{137}\text{Cs}$ )；
- c) 具有声、光报警及电池电量检查功能。

7.1.3 使用单位应选用低响应时间的辐射监测仪器，若辐射防护监测仪器响应时间高于 X 射线探伤机单次曝光时间，应按照附录 B 对检测结果进行响应时间修正。

## 7.2 $\gamma$ 射线探伤机源容器辐射监测

放射源每次出入库、使用、运输前后，均应对源容器进行辐射监测，以判断放射源是否处于源容器内及源容器屏蔽是否符合要求，监测位置为源容器表面  $5 \text{ cm}$  和  $1 \text{ m}$ ，监测结果应满足表 1 的要求，监测记录表可参考附录 C。

## 7.3 固定式探伤辐射监测

7.3.1 应采取巡测和定点监测相结合的方式监测探伤室周围的辐射水平，首先巡测周围辐射水平，用便携式 X- $\gamma$  剂量率仪巡测探伤室墙壁外  $30 \text{ cm}$  处的辐射水平，以发现可能出现的高辐射水平区。定点监测应包含以下各点：

- a) 探伤室外  $30 \text{ cm}$  离地面高度为  $1 \text{ m}$  处，门体左、中、右侧 3 个点和门缝四周；
- b) 探伤室墙外  $30 \text{ cm}$  离地面高度为  $1 \text{ m}$  处，每个墙面至少测 3 个点；
- c) 人员可能到达的探伤室上层外  $30 \text{ cm}$  处，至少包括主射束到达范围的 5 个检测点；
- d) 人员经常活动位置；
- e) 巡测发现的辐射水平异常高的位置。

7.3.2 每次探伤作业结束后，监测探伤室的入口，以确保探伤机已经停止工作。

7.3.3 使用单位应每季度至少进行一次自主监测，每年至少委托有资质的技术服务机构进行一次委托监测。

## 7.4 移动式探伤辐射监测

7.4.1 每次移动式探伤作业时，探伤作业人员均应对控制区、监督区及探伤前后操作位进行监测并形成记录，当探伤机、场所、被检物体（材料、规格、形状）、照射方向、屏蔽等条件发生变化时，均应重新进行巡测，确定新的划区界线。

7.4.2 每年至少委托有资质的技术服务机构进行一次委托监测。

## 8 辐射事故应急响应要求

### 8.1 编制应急预案

8.1.1 使用单位应根据实际情况，制定具有可操作性的辐射事故应急预案，辐射事故应急预案的编制大纲可参考附录 D。

8.1.2 辐射事故应急预案应报所在地县级生态环境行政主管部门备案。

8.1.3 辐射事故应急预案应定期评审，并根据评审结果或实际情况的变化进行修订和完善。

### 8.2 应急物资配备

使用单位应针对可能发生的辐射事故类型配备必要的辐射事故应急物资，如应急监测设备、

应急处理工具（长柄夹具等）、个人防护用品（铅衣、铅眼镜、铅帽子、铅围裙、铅手套、铅围脖、铅屏风、口罩等）、必备的警示标志和标识线、灭火器材及应急包装容器等。

### 8.3 应急演练

使用单位应组织相关人员进行应急演练，每年开展 1 次，并评价演练效果，形成记录和总结，并留存相关档案。

### 8.4 应急响应

#### 8.4.1 启动预案

发生或者可能发生辐射事故时，使用单位应当立即启动辐射事故应急预案，采取必要措施，制定事故处置方案，组织救治可能受到辐射伤害的人员，并立即向所在地县级以上生态环境、公安、卫生健康等行政主管部门报告，及时告知周围可能受到辐射危害的单位和个人。

#### 8.4.2 应急处理

现场处置在当地人民政府或辐射安全许可证发证机关的监督、指导下实施。

#### 8.4.3 应急调查

使用单位应按要求成立事故调查组，按时提交事故调查报告，并积极配合各级人民政府组织的事故调查，应随时接受事故调查组的询问，如实反映有关情况。

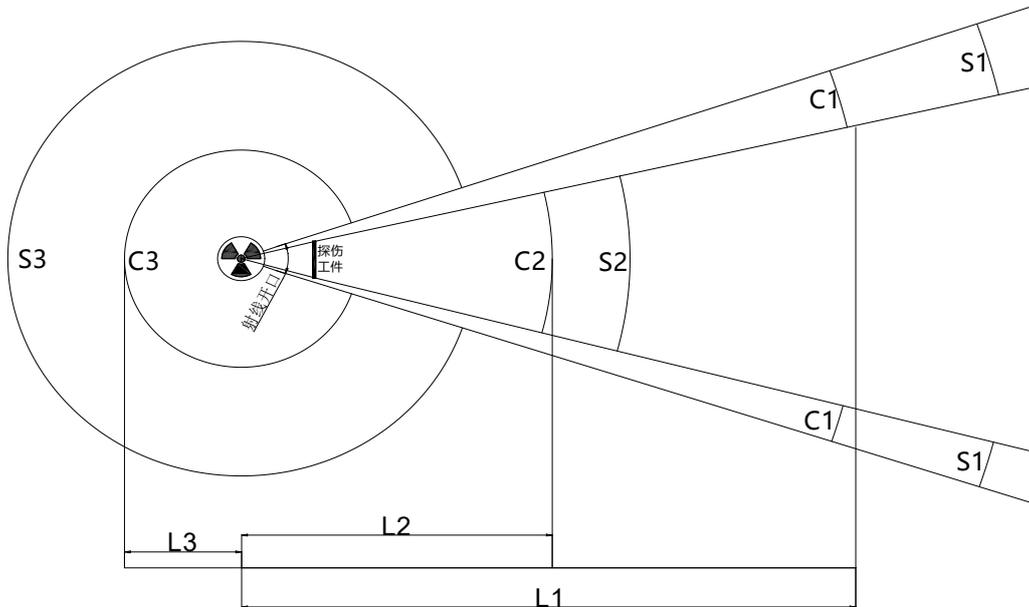
#### 8.4.4 总结评价

使用单位应建立辐射事故/事件档案，内容包括事故/事件时间、地点、级别、类型、经过、原因、处理和教训等内容。

附录 A  
(资料性)  
移动式探伤控制区距离估算

### A.1 控制区距离标识

根据探伤机向各个方向辐射时的不同情况，确定三类不同的控制区距离，如图A.1所示。



标引序号说明：

C1、C2、C3：控制区边界示意；

S1、S2、S3：监督区边界示意；

L1：辐射未经工件屏蔽时要求的控制区距离；

L2：有用线束方向，经检测对象屏蔽后要求的控制区距离；

L3：有用线束方向以外，经源容器或其他屏蔽物屏蔽后要求的控制区距离。

**图A.1 移动式探伤控制区距离示意图（无比例）**

### A.2 $\gamma$ 射线移动式探伤控制区距离的确定

对于移动式探伤，控制区边界的周围剂量当量率为 $15 \mu\text{Sv/h}$ ，可由公式（A.1）计算确定 $\gamma$ 射线移动式探伤的控制区距离。

$$L_1 = \sqrt{\frac{A \times \Gamma}{15}} \dots\dots\dots \text{(A.1)}$$

式中：

$L_1$ ——无工件衰减时需要的控制区距离值，单位为米（m）；

$A$ ——放射源的活度，单位为兆贝可（MBq）；

$\Gamma$ ——周围剂量当量率常数，单位为微希沃特平方米每兆贝可每小时 $[\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{MBq} \cdot \text{h})]$ ，见表

A.1；

表A.1 射线探伤中最常用的放射性核素及其特性

放射性核素	能量 keV	周围剂量当量率常数 (Γ) μSv·m <sup>2</sup> /(MBq·h)	半衰期	常用探伤钢件厚度 (mm)
<sup>60</sup> Co	1170和1330	0.35 <sup>a</sup>	5.3a	50~120
<sup>192</sup> Ir	206~612	0.17	74d	12~70
<sup>75</sup> Se	97~401	0.072	120d	8~30
<sup>169</sup> Yb	63~308	0.064	32d	4~20
<sup>170</sup> Tm	51~84	0.007	128d	2.5~12.5

<sup>a</sup>除该数据来源于DIN2006外，其余数据来源于IAEASSG-11,2011。

$L_2$  和  $L_3$  分别由  $L_1$  乘以检测工件和放射源屏蔽物（照射容器壁）屏蔽衰减因子获得。有用线束方向，经检测对象屏蔽后要求的控制区距离的计算见公式（A.2）：

$$L_2 = L_1 \times \sqrt{2^{-\frac{t_1}{HVL_1}}} \dots \dots \dots \text{(A.2)}$$

式中：

$L_2$ ——有工件衰减时需要的控制区距离值，单位为米（m）；

$L_1$ ——无工件衰减时需要的控制区距离值，单位为米（m）；

$t_1$ ——被检测工件的厚度，单位为毫米（mm）；

$HVL_1$ ——被检测工件的半值层厚度，单位为毫米（mm），近似值见表 A.2。

有用线束方向以外，经源容器或其他屏蔽物屏蔽后要求的控制区距离的计算见公式（A.3）：

$$L_3 = L_1 \times \sqrt{2^{-\frac{t_2}{HVL_2}}} \dots \dots \dots \text{(A.3)}$$

式中：

$L_3$ ——有用线束方向以外，经源容器或其他屏蔽物屏蔽后要求的控制区距离值，单位为米（m）；

$L_1$ ——无工件衰减时需要的控制区距离值，单位为米（m）；

$t_2$ ——源容器或其他屏蔽物厚度，单位为毫米（mm）；

$HVL_2$ ——源容器或其他屏蔽物的半值层厚度，单位为毫米（mm）。

### A.3 X 射线移动式探伤控制区距离的确定

对于移动式探伤，控制区边界的周围剂量当量率为15 μSv/h，可由公式（A.4）计算确定X射线移动式探伤的控制区距离。

$$L_1 = \sqrt{\frac{I \times H_0}{15}} \dots \dots \dots \text{(A.4)}$$

式中：

$L_1$ ——无工件衰减时需要的控制区距离值，单位为米（m）；

$I$ ——X 射线机管电流，单位为毫安（mA）；

$H_0$ ——X 射线机发射率常数，单位为毫希沃特平方米每毫安分[mSv·m<sup>2</sup>/(mA·min)]，见表 A.3。

$L_2$  和  $L_3$  分别由  $L_1$  乘以检测工件屏蔽衰减因子获得。有用线束方向，经检测对象屏蔽后要求的控制区距离的计算见公式（A.5）：

$$L_2 = L_1 \sqrt{\eta} \dots \dots \dots \text{(A.5)}$$

式中：

$L_2$ ——有工件衰减时需要的控制区距离值，单位为米（m）；

$L_1$ ——无工件衰减时需要的控制区距离值，单位为米（m）；

$\eta$ ——透射比，不同管电压下铁的近似铅当量厚度见表 A.4，根据 GBZ/T250-2014 附录 B 图 B.1，可查得其透射比。

表A.2 不同材料在不同放射源能量下半值层厚度的近似值

屏蔽材料	半值层厚度 (HVL)			
	mm			
	$^{60}\text{Co}$	$^{192}\text{Ir}$	$^{169}\text{Yb}$	$^{75}\text{Se}$
铝	70	50	27	30
混凝土	70	50	27	30
钢	24	14	8.5	9
铅	13	3	0.8	1
钨	10	2.5	-	-
铀	6	2.3	-	-

表A.3 X射线输出量

管电压 (kV)	滤过条件	输出量 $H_0$ [mSv·m <sup>2</sup> /(mA·min)]
150	2mm铝	18.3
	3mm铝	5.2
200	2mm铝	28.7
	3mm铝	8.9
250	0.5mm铜	16.5
	3mm铝	13.9
300	3mm铝	20.9
	3mm铜	11.3
400	3mm铜	23.5

注1：表中值取自ICRP33，在本文件中以等量值的[mSv·m<sup>2</sup>/(mA·min)]进行屏蔽计算。

注2：有用线束屏蔽估算时根据透射曲线的过滤条件选取相对应的输出量。

注3：在未获得厂家给出的输出量，散射辐射屏蔽估算选取表中各千伏（kV）下输出量的较大值保守估计。

表A.4 不同管电压下铁的近似铅当量厚度(mm)

管电压 (kV)	铅当量 (Pbmm)			
	1	2	3	4
100	6.4	13	/	/
150	11	25	37	50
200	12	27	40	55
300	12	20	28	35
400	11	18	23	28

有用线束方向以外，无附加屏蔽的控制区距离的计算见公式（A.6）：

$$L_3 = \sqrt{\frac{H_L}{15}} \dots\dots\dots (A.6)$$

式中:

$L_3$ ——有用线束方向以外, 无附加屏蔽的控制区距离, 单位为米 (m);

$H_L$ ——X 射线管泄露辐射限值, 见本文件表 2, 单位 ( $\mu\text{Sv/h}$ )。

#### A.4 估算示例

##### A.4.1 $\gamma$ 射线移动式探伤控制区距离估算

$^{192}\text{Ir}$ , 放射源活度  $1.85 \times 10^{12} \text{ Bq}$ , 检测对象为结构钢, 厚度 28 mm(对于  $^{192}\text{Ir}$  放射源,  $\text{HVL}=14 \text{ mm}$ ), 放射源屏蔽物(照射容器壁)为钨制, 厚 25 mm(对于  $^{192}\text{Ir}$  放射源,  $\text{HVL}=2.5 \text{ mm}$ )。

由公式 (A.1) 计算  $L_1$ :

$$L_1 = \sqrt{\frac{A \times \Gamma}{15}} = \sqrt{\frac{1.85 \times 10^{12} / 10^6 \times 0.17}{15}} = 145 \text{ m}$$

由公式 (A.2) 计算  $L_2$ :

$$L_2 = L_1 \times \sqrt{2^{-\frac{t_1}{\text{HVL}_1}}} = 145 \times \sqrt{2^{-\frac{28}{14}}} = 72.5 \text{ m}$$

由公式 (A.3) 计算  $L_3$ :

$$L_3 = L_1 \times \sqrt{2^{-\frac{t_2}{\text{HVL}_2}}} = 145 \times \sqrt{2^{-\frac{25}{2.5}}} = 4.35 \text{ m}$$

##### A.4.2 X 射线移动式探伤控制区距离估算

X射线探伤机管电压为 300 kV, 管电流为 5 mA, 输出量  $H_0$  为  $20.9 \text{ mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ , 探伤工件为 50 mm 钢板, 无局部屏蔽。

由公式 (A.1) 计算  $L_1$ :

$$L_1 = \sqrt{\frac{I \times H_0}{15}} = \sqrt{\frac{5 \times 20.9 \times 1000 \times 60}{15}} = 646.5 \text{ m}$$

查表 A.4, 300 kV 下 50 mm 后钢板的铅当量约为 7 mm, 透射比为 0.0035;

$$L_2 = L_1 \times \sqrt{\eta} = 646.5 \times \sqrt{0.0035} = 38.2 \text{ m}$$

由公式 (A.3) 计算  $L_3$ :

查表 2, 300 kV 下 X 射线探伤机泄露辐射剂量率的限值为 5 mSv/h。

$$L_3 = \sqrt{\frac{H_L}{15}} = \sqrt{\frac{5 \times 1000}{15}} = 18.25 \text{ m}$$

附录 B  
(资料性)  
测量仪器读数响应时间修正方法

读数响应时间修正系数 $k$ 可由式 (B.1) 计算:

$$k = \frac{1}{1 - 9^{(-t/\tau)}} \quad \text{式 (B.1)}$$

式中:

$k$ ——响应时间修正系数;

$t$ ——剂量率测量时出束时间, 单位 s;

$\tau$ ——剂量仪读数响应时间, 单位 s, 由仪器厂家给出。

仪器读数响应时间的修正按式 (B.2) 计算:

$$D = (D_1 - D_2) \times k \times f \quad \text{式 (B.2)}$$

式中:

$D$ ——机房外实际剂量率水平;

$D_1$ ——仪器直接测读剂量率;

$D_2$ ——仪器自身和天然本底剂量率;

$k$ ——对不同出束时间建立的仪表的剂量率响应时间修正系数;

$f$ ——校准因子。

附录 C  
(资料性)  
辐射监测记录表

C.1  $\gamma$ 射线探伤机出入库辐射环境监测记录表示例

探伤机型号		探伤机编号				探伤机生产商							
放射性核素		放射源编码				出厂活度		Bq		出厂日期		年 月 日	
序号	领用时间	领用人	出库人	源容器表面剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )				放射源 是否正常		归还时间	归还人	入库人	
				领用		归还		领用	归还				
				1 m	5 cm	1 m	5 cm						
	年 月 日 时 分									年 月 日 时 分			





## 附录 D

(资料性)

### 辐射事故应急预案编制大纲

#### D.1 总则

##### D.1.1 编制目的

简述应急预案编制的目的。

##### D.1.2 编制依据

包括相关法律法规、规范性文件、标准、各级政府部门批准发布的辐射事故应急预案。

##### D.1.3 应急原则

明确应急预案实施的原则。

##### D.1.4 适用范围

明确应急预案的适用范围。

##### D.1.5 应急预案衔接

明确应急预案与政府部门应急预案、行业主管部门应急预案、本单位及上级单位相关预案的关系，可用框图形式表述。

#### D.2 核技术利用单位基本情况

概述核技术利用单位基本情况，包括单位地址、辐射安全许可证号及核技术利用台账、核技术利用场景等，必要时附平面布局图进行说明。

#### D.3 可能发生的辐射事故及分级

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中规定的辐射事故分级原则，结合本单位核技术利用实际情况，分析可能发生的辐射事故，描述可能发生的情景、部位、原因、影响、分级等。

#### D.4 应急组织机构及职责

明确本单位的应急组织机构及体系，应急组织机构通常由应急指挥部（日常为应急领导小组）和若干应急响应小组构成，以结构图形式表示。应急组织机构各成员应明确工作任务和职责，应急指挥部应明确总指挥及其代理人。应列明所有应急人员的应急联系方式。

#### D.5 应急响应

包括报告、应急启动、响应行动等内容。

#### D.6 应急状态终止

包括应急状态终止条件、应急状态终止后的行动、总结报告等。

#### D.7 应急能力维持

包括应急保障、应急培训、应急演练、应急预案的修订等。

#### D.8 附件

包括核技术利用台账、相关平面布局图、内部应急组织机构各成员及其应急联系方式、外部应急联系方式、辐射事故应急响应流程、辐射事故应急物资清单、规范化的格式文本等。

### 参考文献

- [1] Radiation Safety in Industrial Radiography. IAEA Safety Standards Series No. SSG-11, Vienna, 2011.
  - [2] International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 33: Protection Against Ionizing Radiation from External Sources Used in Medicine. Oxford: Pergamon Press, 1982.
  - [3] 李德平. 辐射防护手册[M]. 原子能出版社, 1987.
  - [4] 方杰. 辐射防护导论[M]. 原子能出版社, 1991.
-