

核技术利用建设项目

江苏森永装备科技有限公司

新建 3 座固定式 X、 $\gamma$ 射线探伤房

及移动式 $\gamma$ 射线探伤项目

环境影响报告表

江苏森永装备科技有限公司

2025 年 7 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

江苏森永装备科技有限公司

新建 3 座固定式 X、 $\gamma$ 射线探伤房

及移动式 $\gamma$ 射线探伤项目

环境影响报告表

建设单位名称：江苏森永装备科技有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：如皋市长江镇泓北沙路 2 号

邮政编码：226500

联系人：

电子邮箱：/

联系电话：



HP00018601刘芳芳

持证人签名:

Signature of the Bearer

2016035320352015320101000277

管理号:  
File No.

姓名: 刘芳芳  
Full Name \_\_\_\_\_  
性别: 女  
Sex \_\_\_\_\_  
出生年月: 1987年10月  
Date of Birth \_\_\_\_\_  
专业类别: \_\_\_\_\_  
Professional Type \_\_\_\_\_  
批准日期: 2016年05月  
Approval Date \_\_\_\_\_

签发单位盖章:

Issued by

签发日期: 2016年08月28日

Issued on



本证书由中华人民共和国人力资源和社会保障部、环境保护部批准颁发。它表明持证人通过国家统一组织的考试,取得环境影响评价工程师的职业资格。

This is to certify that the bearer of the Certificate has passed national examination organized by the Chinese government departments and has obtained qualifications for Environmental Impact Assessment Engineer.



Ministry of Human Resources and Social Security  
The People's Republic of China



Ministry of Environmental Protection  
The People's Republic of China

编号: HP 00018601  
No.

## 编制主持人现场照片

地址：如皋市长江镇泓北沙路2号

时间：2024年11月27日

编制主持人：刘芳芳

职业资格证书管理号：2016035320352015320101000277



本项目拟建址处

## 江苏省社会保险权益记录单 (参保单位)



请使用官方江苏智慧人社APP扫描验证

参保单位全称：江苏玖清玖蓝环保科技有限公司

现参保地：建邺区

统一社会信用代码：91320105MA1MQU5T14

查询时间：202505-202507

共1页，第1页

|        |     |               |                 |      |
|--------|-----|---------------|-----------------|------|
| 单位参保险种 |     | 养老保险          | 工伤保险            | 失业保险 |
| 缴费总人数  |     | 29            | 29              | 29   |
| 序号     | 姓名  | 公民身份号码（社会保障号） | 缴费起止年月          | 缴费月数 |
| 1      | 徐呈亮 |               | 202505 - 202507 | 3    |
| 2      | 刘芳芳 |               | 202505 - 202507 | 3    |

说明：

- 本权益单涉及单位及参保职工个人信息，单位应妥善保管。
- 本权益单为打印时参保情况。
- 本权益单已签具电子印章，不再加盖鲜章。
- 本权益单记录单出具后有效期内(6个月)，如需核对真伪，请使用江苏智慧人社APP，扫描右上方二维码进行验证(可多次验证)。



**表 1 项目基本情况**

|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                            |                                                                                                                                                                  |      |                            |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----------------------------|
| 建设项目名称      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 新建 3 座固定式 X、γ射线探伤房及移动式γ射线探伤项目                                                                                              |                                                                                                                                                                  |      |                            |
| 建设单位        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 江苏森永装备科技有限公司                                                                                                               |                                                                                                                                                                  |      |                            |
| 法人代表        | 魏明利                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 联系人                                                                                                                        |                                                                                                                                                                  | 联系电话 |                            |
| 注册地址        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 如皋市长江镇泓北沙路 2 号                                                                                                             |                                                                                                                                                                  |      |                            |
| 项目建设地点      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 如皋市长江镇泓北沙路 2 号公司厂区内                                                                                                        |                                                                                                                                                                  |      |                            |
| 立项审批部门      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | /                                                                                                                          |                                                                                                                                                                  | 批准文号 | /                          |
| 建设项目总投资（万元） |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 1000                                                                                                                       | 项目环保投资（万元）                                                                                                                                                       | 700  | 投资比例（环保投资/总投资）<br>70%      |
| 项目性质        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他 |                                                                                                                                                                  |      | 占地面积（m <sup>2</sup> ）<br>/ |
| 应用类型        | 放射源                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | <input type="checkbox"/> 销售                                                                                                | <input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类                  |      |                            |
|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <input checked="" type="checkbox"/> 使用                                                                                     | <input type="checkbox"/> I类（医疗使用） <input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类 |      |                            |
|             | 非密封放射性物质                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <input type="checkbox"/> 生产                                                                                                | <input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性物质                                                                                                                           |      |                            |
|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <input type="checkbox"/> 销售                                                                                                | /                                                                                                                                                                |      |                            |
|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <input type="checkbox"/> 使用                                                                                                | <input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙                                                                                                            |      |                            |
|             | 射线装置                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <input type="checkbox"/> 生产                                                                                                | <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类                                                                                                       |      |                            |
|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <input type="checkbox"/> 销售                                                                                                | <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类                                                                                                       |      |                            |
|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <input checked="" type="checkbox"/> 使用                                                                                     | <input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类                                                                                            |      |                            |
|             | 其他                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | /                                                                                                                          |                                                                                                                                                                  |      |                            |
|             | <p><b>项目概述</b></p> <p><b>1 建设单位基本情况、项目建设规模及任务由来</b></p> <p><b>1.1 建设单位基本情况</b></p> <p>江苏森永装备科技有限公司成立于 2022 年 12 月，公司地址位于如皋市长江镇泓北沙路 2 号。公司主要经营范围包括：民用核安全设备设计，民用核安全设备制造，民用核安全设备安装，特种设备制造，特种设备设计，特种设备安装改造修理，技术服务、技术开发、技术咨询、技术交流、技术转让、技术推广，炼油、化工生产专用设备制造，炼油、化工生产专用设备销售，气体、液体分离及纯净设备制造，气体、液体分离及纯净设备销售等。公司拟在如皋市长江镇泓北沙路 2 号建设厂区用于制造高端过程装备，高端过程装备一期建设过程生产装备 1.3 万吨/年，二期建设过程生产装备 1.2 万吨/年，《江苏森永装备科技有限公司高端过程装备制造项目》已履行环保</p> |                                                                                                                            |                                                                                                                                                                  |      |                            |

手续，其环评批复复印件见附件 8。

## 1.2 项目建设规模及任务由来

江苏森永装备科技有限公司拟于公司厂区北部建设 1 座固定式 X、 $\gamma$ 射线探伤房（1#探伤房），于厂区 1#2#3#联合厂房内建设 2 座固定式 X、 $\gamma$ 射线探伤房（2#、3#探伤房），用于对公司生产的管件、容器进行无损检测。在 1#探伤房内进行探伤时，探伤工件为圆筒状，长度 3000mm~25000mm，直径 500mm~6000mm，壁厚 20mm~100mm；在 2#、3#探伤房内进行探伤时，探伤工件均为圆筒状，长度均为 3000mm~10000mm，直径均为 300mm~5000mm，壁厚均为 6mm~65mm。

根据客户需求以及提高产品质量需要，公司需对生产的大型管件、容器等（长度 30000mm~50000mm，直径 4000mm~8000mm，壁厚 25mm~40mm、55mm~75mm）进行无损检测。由于大型压力容器尺寸较大，无法置于固定式 X、 $\gamma$ 射线探伤房内进行探伤，因此公司拟于厂区 4#5#6#联合厂房西侧划定区域内（详见附图 2 红色阴影部分）开展移动式 $\gamma$ 射线探伤，用于对公司生产的大型管件、容器等进行无损检测。

公司共拟为本项目配备 1 台  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ 射线探伤机、3 台  $^{192}\text{Ir}$   $\gamma$ 射线探伤机及 2 台  $^{75}\text{Se}$   $\gamma$ 射线探伤机，其中 1 台  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ 射线探伤机固定于 1#探伤房内使用，3 台  $^{192}\text{Ir}$   $\gamma$ 射线探伤机及 2 台  $^{75}\text{Se}$   $\gamma$ 射线探伤机可于 1#~3#探伤房及厂内划定移动探伤区域内使用（每个场所最多同时使用 1 台  $^{192}\text{Ir}$   $\gamma$ 射线探伤机或 1 台  $^{75}\text{Se}$   $\gamma$ 射线探伤机）。本项目拟配备的 $\gamma$ 射线探伤机均集中储存于 1#探伤房曝光室内的放射源暂存库内，探伤时根据需求从放射源暂存库内领取相应 $\gamma$ 射线探伤机至各探伤场所内使用，使用完成后需将 $\gamma$ 射线探伤机及时归还至放射源暂存库内。

公司还拟为本项目配备 1 台工业电子加速器及 19 台 X 射线探伤机，其中 1 台工业电子加速器及 5 台 X 射线探伤机（具体型号见表 1-1）固定于 1#探伤房内使用，7 台 X 射线探伤机（具体型号见表 1-1）固定于 2#探伤房内使用，7 台 X 射线探伤机（具体型号见表 1-1）固定于 3#探伤房内使用。

公司拟为本项目配备 12 名辐射工作人员，其中 1 名人员为辐射防护负责人。本项目 1#~3#探伤房各拟配备 2 名辐射工作人员，移动探伤项目拟配备 3 名辐射工作人员，放射源暂存库内拟配备 2 名专职管理人员。本项目 1#~3#探伤房周开机曝光时间均约为 16 小时，年开机曝光时间均约为 800 小时，移动探伤周开机曝光时间约为 4 小时，

年开机曝光时间约为 200h。公司厂内移动探伤仅在夜间 10 点员工下班后进行，移动探伤时间为夜间 10 点至第二天早晨 6 点，不与公司其他生产活动（含固定探伤）同时进行，移动探伤开展时，公司厂内处两栋宿舍楼内及 24h 值班室内有其他工作人员停留休息外，其余场所内均无人员停留。该单位本次核技术应用项目情况一览表见下表 1-1：

表 1-1 江苏森永装备科技有限公司核技术应用情况一览表

| 放射源  |                      |    |                                                                                        |        |                 |           |      |           |
|------|----------------------|----|----------------------------------------------------------------------------------------|--------|-----------------|-----------|------|-----------|
| 序号   | 放射源名称                | 数量 | 单枚活度 Bq                                                                                | 放射源类别  | 工作场所名称          | 环评情况及审批时间 | 许可情况 | 备注        |
| 1    | $^{60}\text{Co}$     | 1  | $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$                                                           | II     | 1#探伤房           | 本次环评      | 未许可  | 拟购，M 类探伤机 |
| 2    | $^{192}\text{Ir}$    | 3  | $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$                                                           | II     | 1#~3#探伤房、厂内移动探伤 |           |      | 拟购，P 类探伤机 |
| 3    | $^{75}\text{Se}$     | 2  | $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$                                                           | II     |                 |           |      | 拟购，P 类探伤机 |
| 射线装置 |                      |    |                                                                                        |        |                 |           |      |           |
| 序号   | 射线装置                 | 数量 | 参数                                                                                     | 射线装置类别 | 工作场所名称          | 环评情况及审批时间 | 许可情况 | 备注        |
| 1    | RD-3505TH 型 X 射线探伤机  | 1  | 350kV，5mA                                                                              | II     | 1#探伤房           | 本次环评      | 未许可  | 拟购，周向机    |
| 2    | RD-3505 型 X 射线探伤机    | 1  | 350kV，5mA                                                                              | II     |                 |           |      | 拟购，定向机    |
| 3    | XXGHP-3005 型 X 射线探伤机 | 1  | 300kV，5mA                                                                              | II     |                 |           |      | 拟购，周向机    |
| 4    | XXG-3005 型 X 射线探伤机   | 1  | 300kV，5mA                                                                              | II     |                 |           |      | 拟购，定向机    |
| 5    | XXG-1605 型 X 射线探伤机   | 1  | 160kV，5mA                                                                              | II     |                 |           |      | 拟购，定向机    |
| 6    | DZ-2/200 型电子直线加速器    | 1  | 电子束、X 射线能量：2MeV<br>1m 处 X 射线剂量率： $200\text{cGy}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$ | II     |                 |           |      | 拟购        |
| 7    | RD-3505TH 型 X 射线探伤机  | 1  | 350kV，5mA                                                                              | II     | 2#探伤房           |           |      | 拟购，周向机    |
| 8    | RD-3505 型 X 射线探伤机    | 1  | 350kV，5mA                                                                              | II     |                 |           |      | 拟购，定向机    |
| 9    | XXGHP-3005 型 X 射线探伤机 | 1  | 300kV，5mA                                                                              | II     |                 |           |      | 拟购，周向机    |

|    |                      |   |            |    |       |  |  |         |
|----|----------------------|---|------------|----|-------|--|--|---------|
| 10 | XXG-3005 型 X 射线探伤机   | 1 | 300kV, 5mA | II | 3#探伤房 |  |  | 拟购, 定向机 |
| 11 | XXG-2505 型 X 射线探伤机   | 1 | 250kV, 5mA | II |       |  |  | 拟购, 定向机 |
| 12 | XXGHP-2005 型 X 射线探伤机 | 1 | 200kV, 5mA | II |       |  |  | 拟购, 周向机 |
| 13 | XXG-1605 型 X 射线探伤机   | 1 | 160kV, 5mA | II |       |  |  | 拟购, 定向机 |
| 14 | RD-3505TH 型 X 射线探伤机  | 1 | 350kV, 5mA | II |       |  |  | 拟购, 周向机 |
| 15 | RD-3505 型 X 射线探伤机    | 1 | 350kV, 5mA | II |       |  |  | 拟购, 定向机 |
| 16 | XXGHP-3005 型 X 射线探伤机 | 1 | 300kV, 5mA | II |       |  |  | 拟购, 周向机 |
| 17 | XXG-3005 型 X 射线探伤机   | 2 | 300kV, 5mA | II |       |  |  | 拟购, 定向机 |
| 18 | XXG-2505 型 X 射线探伤机   | 1 | 250kV, 5mA | II |       |  |  | 拟购, 定向机 |
| 19 | XXGHP-2005 型 X 射线探伤机 | 1 | 200kV, 5mA | II |       |  |  | 拟购, 周向机 |

根据《中华人民共和国环境影响评价法》《中华人民共和国放射性污染防治法》《建设项目环境保护管理条例》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《建设项目环境影响评价分类管理名录》等法律法规的规定,本项目使用 II 类射线装置及 II 类放射源,应当编制环境影响报告表。受江苏森永装备科技有限公司委托,江苏玖清玖蓝环保科技有限公司承担该项目的环评工作。我公司通过资料调研、现场监测和评价分析,编制该项目环境影响报告表。

## 2 项目周边保护目标及项目选址情况

江苏森永装备科技有限公司位于如皋市长江镇泓北沙路 2 号,公司地理位置见附图 1。公司厂区东侧为江苏闽江矿业有限公司,南侧为森松路,西侧为森松(江苏)重工有限公司,北侧为空地。公司厂区总平面图及周围环境见附图 2。

本项目 1#探伤房拟建于公司厂区北部,1#探伤房拟建址东侧为厂内道路及喷砂喷漆车间,南侧为厂内道路及 1#2#3#联合厂房,西侧为厂内道路、垃圾房及危废库,北侧为绿化及空地,楼上、楼下均无建筑;2#、3#探伤房拟建于公司 1#2#3#联合厂房内,2#探伤房拟建址东侧、南侧及北侧均为 1#2#3#联合厂房内场所,西侧为 1#2#3#联合厂房内场所及厂内道路,楼上、楼下均无建筑;3#探伤房拟建址东侧依次为 1#2#3#联合厂房内场所及厂内道路,南侧、西侧及北侧均为 1#2#3#联合厂房内场所,楼上、

楼下均无建筑。

公司拟于厂区 4#5#6#联合厂房西侧划定区域内（详见附图 2 红色阴影部分）开展移动探伤项目，移动探伤区域南北长约 55m，东西宽约 10m，移动探伤区域东侧为 4#5#6#联合厂房内场所、7#车间、堆场及江苏闽江矿业有限公司，南侧为 4#5#6#联合厂房内场所、厂内道路、研发楼、综合楼、1#宿舍楼、2#宿舍楼及门卫，西侧为厂内道路、1#2#3#联合厂房内场所及森松（江苏）重工有限公司，北侧为 4#5#6#联合厂房内场所、厂内道路、下料中心、公用站房、喷砂喷漆车间、动力站房、1#探伤房、空地、垃圾房及绿化，楼上、楼下均无建筑。移动探伤区域距东侧厂界的最小距离约为 134m，距南侧厂界的最小距离约为 232m，距南侧宿舍楼的最近距离约为 135m，距西侧厂界的最小距离约为 172m，距北侧厂界的最小距离约为 135m。本项目移动探伤区域及各探伤房周围环境图见附图 2。

根据本项目特点，结合《辐射环境保护管理导则-核技术利用项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的相关规定，确定以本项目各 X、 $\gamma$ 射线探伤房曝光室实体屏蔽墙外 50m 的范围（保守扩大至探伤房边界外 50m 范围）及移动探伤区域监督区外 100m 的范围作为评价范围。根据现场调查分析及附图 2 可知，本项目各 X、 $\gamma$ 射线探伤房拟建址周围 50m 评价范围及移动探伤区域监督区外 100m 内均无居民区、学校等敏感点。因此，本项目保护目标主要为辐射工作人员、厂区内其他工作人员以及评价范围内东侧江苏闽江矿业有限公司内公众人员、西侧森松（江苏）重工有限公司内公众人员等。

### 3 建设单位已有核技术利用项目许可情况

本项目为公司首次开展核技术利用项目。

### 4 实践正当性分析

本项目在运行期间将会产生电离辐射，有可能会增加各 X、 $\gamma$ 射线探伤房拟建址周围及厂内划定移动探伤区域周围的辐射水平，但采取各种屏蔽措施和管理措施后可得到有效的控制，其对周围环境的辐射影响能够满足标准要求。本项目的建设将满足企业的生产需求和提高产品质量，创造更大的经济效益和社会效益，在落实辐射安全与防护管理措施后，其带来的效益远大于可能对环境造成的影响，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“实践的正当性”的原则。

**表 2 放射源**

| 序号 | 核素名称              | 总活度（Bq）/活度（Bq）×枚数       | 类别 | 活动种类 | 用途   | 使用场所            | 贮存方式与地点                         | 备注 |
|----|-------------------|-------------------------|----|------|------|-----------------|---------------------------------|----|
| 1  | <sup>60</sup> Co  | 3.7×10 <sup>12</sup> ×1 | II | 使用   | 无损检测 | 1#探伤房           | 拟贮存于 1#探伤房曝光室的放射源暂存库内，放射源随源容器存放 | 拟购 |
| 2  | <sup>192</sup> Ir | 3.7×10 <sup>12</sup> ×3 | II | 使用   | 无损检测 | 1#~3#探伤房、厂内移动探伤 |                                 |    |
| 3  | <sup>75</sup> Se  | 3.7×10 <sup>12</sup> ×2 | II | 使用   | 无损检测 |                 |                                 |    |
| /  | /                 | /                       | /  | /    | /    | /               | /                               | /  |
|    |                   |                         |    |      |      |                 |                                 |    |

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素以及产生的中子流强度（n/s）。

**表 3 非密封放射性物质**

| 序号 | 核素名称 | 理化性质 | 活动种类 | 实际日最大操作量 (Bq) | 日等效最大操作量 (Bq) | 年最大用量 (Bq) | 用途 | 操作方式 | 使用场所 | 贮存方式与地点 |
|----|------|------|------|---------------|---------------|------------|----|------|------|---------|
| /  | /    | /    | /    | /             | /             | /          | /  | /    | /    | /       |
|    |      |      |      |               |               |            |    |      |      |         |
|    |      |      |      |               |               |            |    |      |      |         |

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）。

**表 4 射线装置**

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各类型加速器

| 序号 | 名称      | 类别 | 数量 | 型号       | 加速粒子 | 最大能量<br>(MeV)   | 额定电流 (mA) /<br>剂量率 (Gy/h)                                  | 用途       | 工作场所  | 备注 |
|----|---------|----|----|----------|------|-----------------|------------------------------------------------------------|----------|-------|----|
| 1  | 工业电子加速器 | II | 1  | DZ-2/200 | 电子   | X 射线能量：<br>2MeV | 1m 处 X 射线剂量<br>率：200cGy·min <sup>-1</sup> ·m <sup>-1</sup> | 工业探<br>伤 | 1#探伤房 | 拟购 |
| /  | /       | /  | /  | /        | /    | /               | /                                                          | /        | /     | /  |

(二) X 射线机：包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

| 序号 | 名称      | 类别 | 数量 | 型号           | 最大管电<br>压 (kV) | 最大管电<br>流 (mA) | 用途   | 工作场所  | 备注     |
|----|---------|----|----|--------------|----------------|----------------|------|-------|--------|
| 1  | X 射线探伤机 | II | 1  | RD-3505TH 型  | 350            | 5              | 无损检测 | 1#探伤房 | 拟购，周向机 |
| 2  | X 射线探伤机 | II | 1  | RD-3505 型    | 350            | 5              | 无损检测 |       | 拟购，定向机 |
| 3  | X 射线探伤机 | II | 1  | XXGHP-3005 型 | 300            | 5              | 无损检测 |       | 拟购，周向机 |
| 4  | X 射线探伤机 | II | 1  | XXG-3005 型   | 300            | 5              | 无损检测 |       | 拟购，定向机 |
| 5  | X 射线探伤机 | II | 1  | XXG-1605 型   | 160            | 5              | 无损检测 |       | 拟购，定向机 |
| 6  | X 射线探伤机 | II | 1  | RD-3505TH 型  | 350            | 5              | 无损检测 | 2#探伤房 | 拟购，周向机 |
| 7  | X 射线探伤机 | II | 1  | RD-3505 型    | 350            | 5              | 无损检测 |       | 拟购，定向机 |
| 8  | X 射线探伤机 | II | 1  | XXGHP-3005 型 | 300            | 5              | 无损检测 |       | 拟购，周向机 |
| 9  | X 射线探伤机 | II | 1  | XXG-3005 型   | 300            | 5              | 无损检测 |       | 拟购，定向机 |
| 10 | X 射线探伤机 | II | 1  | XXG-2505 型   | 250            | 5              | 无损检测 |       | 拟购，定向机 |

|    |         |    |   |              |     |   |      |       |         |
|----|---------|----|---|--------------|-----|---|------|-------|---------|
| 11 | X 射线探伤机 | II | 1 | XXGHP-2005   | 200 | 5 | 无损检测 |       | 拟购, 周向机 |
| 12 | X 射线探伤机 | II | 1 | XXG-1605 型   | 160 | 5 | 无损检测 |       | 拟购, 定向机 |
| 13 | X 射线探伤机 | II | 1 | RD-3505TH 型  | 350 | 5 | 无损检测 | 3#探伤房 | 拟购, 周向机 |
| 14 | X 射线探伤机 | II | 1 | RD-3505 型    | 350 | 5 | 无损检测 |       | 拟购, 定向机 |
| 15 | X 射线探伤机 | II | 1 | XXGHP-3005 型 | 300 | 5 | 无损检测 |       | 拟购, 周向机 |
| 16 | X 射线探伤机 | II | 2 | XXG-3005 型   | 300 | 5 | 无损检测 |       | 拟购, 定向机 |
| 17 | X 射线探伤机 | II | 1 | XXG-2505 型   | 250 | 5 | 无损检测 |       | 拟购, 定向机 |
| 18 | X 射线探伤机 | II | 1 | XXGHP-2005   | 200 | 5 | 无损检测 |       | 拟购, 周向机 |
| /  | /       | /  | / | /            | /   | / | /    | /     | /       |
|    |         |    |   |              |     |   |      |       |         |

(三) 中子发生器, 包括中子管, 但不包括放射性中子源

| 序号 | 名称 | 类别 | 数量 | 型号 | 最大管电压 (kV) | 最大靶电流 (μA) | 中子强度 (n/s) | 用途 | 工作场所 | 氚靶情况    |      |    | 备注 |
|----|----|----|----|----|------------|------------|------------|----|------|---------|------|----|----|
|    |    |    |    |    |            |            |            |    |      | 活度 (Bq) | 贮存方式 | 数量 |    |
| /  | /  | /  | /  | /  | /          | /          | /          | /  | /    | /       | /    | /  | /  |
|    |    |    |    |    |            |            |            |    |      |         |      |    |    |
|    |    |    |    |    |            |            |            |    |      |         |      |    |    |
|    |    |    |    |    |            |            |            |    |      |         |      |    |    |
|    |    |    |    |    |            |            |            |    |      |         |      |    |    |

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

| 名称                       | 状态 | 核素名称                                                    | 活度                                                                                                                                                                                                                 | 月排放量    | 年排放总量    | 排放口浓度 | 暂存情况                         | 最终去向                                          |
|--------------------------|----|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------|-------|------------------------------|-----------------------------------------------|
| 退役的放射源                   | 固态 | $^{60}\text{Co}$ 、 $^{192}\text{Ir}$ 、 $^{75}\text{Se}$ | $^{60}\text{Co}$ 通常使用 10 年退役, $^{192}\text{Ir}$ 及 $^{75}\text{Se}$ 通常使用 2 个半衰期退役, 退役时 $^{60}\text{Co}$ 源强约 $1.0 \times 10^{12}\text{Bq}$ , $^{192}\text{Ir}$ 及 $^{75}\text{Se}$ 源强约 $9.25 \times 10^{11}\text{Bq}$ | /       | /        | /     | 退回厂家回收前暂存于 1#探伤房曝光室内的放射源暂存库内 | 由放射源生产厂家回收处置                                  |
| 退役 $\gamma$ 探伤机屏蔽装置（贫铀罐） | 固态 | /                                                       | 通常使用 10 年后退役                                                                                                                                                                                                       | /       | /        | /     | 退回厂家回收前暂存于 1#探伤房曝光室内的放射源暂存库内 | 由 $\gamma$ 射线探伤机生产厂家回收处置                      |
| 显影、定影废液                  | 液态 | /                                                       | /                                                                                                                                                                                                                  | 约 100kg | 约 1200kg | /     | 集中收集后暂存于公司危废库内               | 集中收贮后交由有资质单位处理处置                              |
| 胶片冲洗废水                   |    | /                                                       | /                                                                                                                                                                                                                  | 约 500kg | 约 6000kg | /     | 集中收集后暂存于公司危废库内               | 集中收贮后交由有资质单位处理处置                              |
| 废胶片                      | 固态 | /                                                       | /                                                                                                                                                                                                                  | 约 40kg  | 约 480kg  | /     | 集中收集后暂存于公司危废库内               | 收集贮存后交由有资质单位进行处理处置                            |
| 臭氧、氮氧化物                  | 气态 | /                                                       | /                                                                                                                                                                                                                  | 少量      | 少量       | /     | 不暂存                          | 通过通风系统最终排入外环境, 臭氧常温下 50min 可自行分解为氧气, 对环境的影响较小 |

注: 1. 常规废弃物排放浓度, 对于液态单位为  $\text{mg/l}$ , 固体为  $\text{mg/kg}$ , 气态为  $\text{mg/m}^3$ , 年排放总量用  $\text{kg}$ 。

2. 含有放射性的废弃物要注明, 其排放浓度用比活度( $\text{Bq/l}$ , 或  $\text{Bq/kg}$ , 或  $\text{Bq/m}^3$ ), 年排放总量分别用  $\text{Bq}$  和  $\text{kg}$ 。

表 6 评价依据

|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 法规文件 | <p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》(2014 年修订)，中华人民共和国主席令第 9 号公布，2015 年 1 月 1 日起施行</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》(2018 年修正)，中华人民共和国主席令第 24 号公布，2018 年 12 月 29 日起施行</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，国家主席令第 6 号公布，2003 年 10 月 1 日起施行</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》(2017 年修正版)，国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日发布施行</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(2019 修订版)，2005 年 9 月 14 日国务院令第 449 号发布，修订版于 2019 年 3 月 2 日国务院令第 709 号发布施行</p> <p>(6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录(2021 年版)》，中华人民共和国生态环境部令第 16 号公布，自 2021 年 1 月 1 日起施行</p> <p>(7) 《关于印发&lt;关于γ射线探伤装置的辐射安全要求&gt;的通知》，国家环境保护总局文件，环发[2007]8 号文</p> <p>(8) 《关于进一步加强γ射线移动探伤辐射安全管理的通知》，环境保护部办公厅函，环办函[2014]1293 号文</p> <p>(9) 《关于发布放射源分类办法的公告》，国家环境保护总局 2005 年第 62 号，2005 年 12 月 23 日</p> <p>(10) 《关于发布射线装置分类的公告》，环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年 第 66 号，2017 年 12 月 5 日起施行</p> <p>(11) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2021 年修正)生态环境部令第 20 号，2021 年 1 月 4 日起施行</p> <p>(12) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环保部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行</p> <p>(13) 《建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法》，生态环境部令第 9 号，自 2019 年 11 月 1 日起施行</p> <p>(14) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》国家环保总局，环发[2006]145 号，2006 年 9 月 26 日起施行</p> |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      | <p>(15) 《国家危险废物名录(2025 年版)》，部令第 36 号公布，自 2025 年 1 月 1 日起施行</p> <p>(16) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，生态环境部公告 2019 年第 57 号，2020 年 1 月 1 日起施行</p> <p>(17) 《关于发布〈建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法〉配套文件的公告》，生态环境部公告 2019 年第 38 号，2019 年 11 月 1 日</p> <p>(18) 《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，生态环境部公告 2019 年第 39 号，2019 年 11 月 1 日</p> <p>(19) 《江苏省辐射污染防治条例》(2018 年修正版)，江苏省第十三届人民代表大会常务委员会公告第 2 号，2018 年 5 月 1 日起施行</p> <p>(20) 《省政府关于印发江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》，苏政发〔2020〕49 号，2020 年 6 月 21 日</p> <p>(21) 《江苏省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》，苏政发〔2018〕74 号 2018 年 6 月 9 日</p> <p>(22) 《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》，苏政发〔2020〕1 号，2020 年 1 月 8 日</p> <p>(23) 《江苏省生态空间管控区域监督管理办法》，苏政发〔2021〕20 号，2021 年 3 月 26 日</p> <p>(24) 《省生态环境厅关于进一步做好建设项目环境影响报告书(表)编制单位监管工作的通知》，苏环办〔2021〕187 号，2021 年 11 月 9 日</p> <p>(25) 《江苏省辐射事故应急预案》(2020 年修订版)，苏政办函〔2020〕26 号，2020 年 2 月 19 日发布</p> |
| 技术标准 | <p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ2.1-2016)</p> <p>(2) 《辐射环境保护管理导则-核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)</p> <p>(3) 《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ 19-2022)</p> <p>(4) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)</p> <p>(5) 《环境<math>\gamma</math>辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)</p> <p>(6) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)</p> <p>(7) 《无损检测用工业电子加速器工程通用规范》(GB/T 30371-2013)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | <p>(8) 《粒子加速器辐射防护规定》 (GB5172-1985)</p> <p>(9) 《无损检测用电子直线加速器》 (GB/T 20129-2015)</p> <p>(10) 参考《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》 (HJ979-2018)</p> <p>(11) 参考《电子直线加速器工业 CT 辐射安全技术规范》 (HJ 785-2016)</p> <p>(12) 《工业探伤放射防护标准》 (GBZ 117-2022)</p> <p>(13) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》 (GBZ/T 250-2014) 及修改单</p> <p>(14) 《<math>\gamma</math>射线探伤机》 (GB/T14058 -2023)</p> <p>(15) 《密封放射源及密封<math>\gamma</math>放射源容器的放射卫生防护标准》 (GBZ114-2006)</p> <p>(16) 《建筑施工场界环境噪声排放标准》 (GB12523-2011)</p> <p>(17) 《施工场地扬尘排放标准》 (DB32/4437-2022)</p> |
| 其他 | <p><b>与本项目相关附件:</b></p> <p>(1) 项目委托书 (附件 1)</p> <p>(2) 放射源使用承诺书 (附件 2)</p> <p>(3) 射线装置使用承诺书 (附件 3)</p> <p>(4) 废源及废贫铀罐退役承诺书 (附件 4)</p> <p>(5) 辐射环境现状检测报告复印件 (附件 5)</p> <p>(6) 洗片废液及废胶片安全处置承诺书 (附件 6)</p> <p>(7) 辐射防护屏蔽设计说明 (附件 7)</p> <p>(8) 《江苏森永装备科技有限公司高端过程装备制造项目》环评批复复印件 (附件 8)</p> <p>(9) 加速器参数说明复印件 (附件 9)</p>                                                                                                                                                                                    |

**表 7 保护目标与评价标准**

**评价范围**

根据本项目的特点，结合《辐射环境保护管理导则-核技术利用项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的相关规定“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围）”的规定，确定分别以本项目各 X、 $\gamma$ 射线探伤房曝光室实体边界外 50m 的范围（保守扩大至探伤房边界外 50m 范围）、移动探伤区域有用线束方向边界外 230m 及非有用线束方向边界外 116m 的范围（有用线束方向监督区范围约为 130m，非有用线束方向监督区范围约为 16m 评价范围为监督区边界向外约 100m）作为评价范围。

**保护目标**

本项目评价范围内不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区。根据《江苏省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》（苏政发〔2018〕74 号）及《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》（苏政发〔2020〕1 号），本项目评价范围不涉及江苏省国家级生态保护红线、江苏省生态空间管控区域。本项目利用工业电子加速器及 X、 $\gamma$ 射线探伤机进行无损检测，占用资源少，不会降低评价范围内水、气、土壤的环境功能类别和环境质量，符合“三线一单”相关要求。本项目各 X、 $\gamma$ 射线探伤房拟建址周围 50m 范围内及移动探伤区域边界外 229m 的范围内均无居民区、学校等环境敏感目标，本项目辐射环境保护目标主要为辐射工作人员、厂区内其他工作人员以及评价范围内东侧江苏闽江矿业有限公司内公众人员、西侧森松（江苏）重工有限公司内公众人员等。

**表 7-1 本项目评价范围内保护目标情况一览表**

| 项目    | 方位 | 保护目标名称        | 最近距离  | 规模    | 环境保护要求（mSv/a）       |
|-------|----|---------------|-------|-------|---------------------|
| 1#探伤房 | 西侧 | 操作室内辐射工作人员    | 紧邻    | 2 人   | 职业人员年剂量约束值 5mSv/a   |
|       | 东侧 | 厂内道路上行人       | 约 2m  | 流动人员  | 公众人员年剂量约束值 0.1mSv/a |
|       |    | 喷砂喷漆车间内其他工作人员 | 约 13m | 4~6 人 |                     |
|       | 南侧 | 厂内道路上行人       | 约 2m  | 流动人员  |                     |

|        |              |                   |        |          |                            |
|--------|--------------|-------------------|--------|----------|----------------------------|
|        |              | 1#2#3#联合厂房内其他工作人员 | 约 37m  | 10~15 人  |                            |
|        | 西侧           | 厂内道路上行人           | 约 7m   | 流动人员     |                            |
|        |              | 垃圾房、危废库内其他工作人员    | 约 13m  | 2~5 人    |                            |
|        | 北侧           | 空地上行人             | 约 7m   | 流动人员     |                            |
| 2#探伤房  | 北侧           | 操作室内辐射工作人员        | 紧邻     | 2 人      | 职业人员年<br>剂量约束值<br>5mSv/a   |
|        | 东南侧          | 3#探伤房内辐射工作人员      | 约 36m  | 2 人      |                            |
|        | 东侧           | 1#2#3#联合厂房内其他工作人员 | 约 2m   | 10~15 人  | 公众人员年<br>剂量约束值<br>0.1mSv/a |
|        | 南侧           | 1#2#3#联合厂房内其他工作人员 | 约 2m   | 20~30 人  |                            |
|        | 西侧           | 1#2#3#联合厂房内其他工作人员 | 约 2m   | 15~20 人  |                            |
|        |              | 厂内道路上行人           | 约 27m  | 流动人员     |                            |
|        | 北侧           | 1#2#3#联合厂房内其他工作人员 | 约 2m   | 15~20 人  |                            |
| 3#探伤房  | 南侧           | 操作室内辐射工作人员        | 约 2m   | 2 人      | 职业人员年<br>剂量约束值<br>5mSv/a   |
|        | 西北侧          | 2#探伤房内辐射工作人员      | 约 36m  | 2 人      |                            |
|        | 东侧           | 1#2#3#联合厂房内其他工作人员 | 约 2m   | 10~15 人  | 公众人员年<br>剂量约束值<br>0.1mSv/a |
|        |              | 厂内道路上行人           | 约 35m  | 流动人员     |                            |
|        | 南侧           | 1#2#3#联合厂房内其他工作人员 | 约 2m   | 20~30 人  |                            |
|        | 西侧           | 1#2#3#联合厂房内其他工作人员 | 约 2m   | 20~30 人  |                            |
|        | 北侧           | 1#2#3#联合厂房内其他工作人员 | 约 2m   | 15~20 人  |                            |
| 厂内移动探伤 | 东、南、<br>西、北侧 | 控制区边界处辐射工作人员      | 约 53m  | 3 人      | 职业人员年<br>剂量约束值<br>5mSv/a   |
|        |              | 厂内放射源运输人员         | /      |          |                            |
|        | 源库内外         | 源库管理人员            | /      | 2 人      |                            |
|        | 东侧           | 江苏闽江矿业有限公司内工作人员   | 约 134m | 80~100 人 | 公众人员年<br>剂量约束值<br>0.1mSv/a |
|        | 南侧           | 厂内道路上行人           | 约 230m | 流动人员     |                            |
|        | 西侧           | 厂内道路上行人           | 约 147m | 流动人员     |                            |
|        |              | 森松（江苏）重工有限公司内工作人员 | 约 172m | 30~50 人  |                            |
|        | 北侧           | 垃圾房内其他工作人员        | 约 152m | 1~2 人    |                            |
|        |              | 空地上行人             | 约 135m | 流动人员     |                            |

## 评价标准

### 1 剂量限值

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

表 7-2 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

| /            | 剂量限值                                                                                                        |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 职业照射<br>剂量限值 | 工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值：<br>①由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv；<br>②任何一年中的有效剂量，50mSv。                |
| 公众照射<br>剂量限值 | 实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值：<br>①年有效剂量，1mSv；<br>②特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。 |

### 2 剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中11.4.3.2 剂量约束值通常应在公众照射剂量限值10%~30%（即0.1mSv~0.3 mSv）的范围之内，但剂量约束的使用不应取代最优化要求，剂量约束值只能作为最优化值的上限。确定本项目辐射工作人员及公众的剂量约束值如下：

（1）辐射工作人员年剂量约束值取《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中职业人员年剂量限值的1/4，即职业人员年剂量约束值不大于5mSv/a；

（2）公众年剂量约束值取《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中公众照射剂量限值的10%，即公众年剂量约束值不大于0.1mSv/a。

### 3 辐射剂量率控制水平

（1）根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2002）

6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：

a) 关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值应不大于100μSv/周，对公众场所，其值应不大于 5μSv/周；

b) 屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5μSv/h。

6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：

a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内时，探伤室顶的辐射屏蔽要求同 6.1.3；

b) 对没有人员到达的探伤室顶,探伤室顶外表面 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平通常可取 100 $\mu$ Sv/h。

7.2.2 一般应将作业场所中周围剂量当量率大于 15 $\mu$ Sv/h 的区域划为控制区。

7.2.8 应将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 2.5 $\mu$ Sv/h 的范围划为监督区,并在其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。

(2) 根据《电子直线加速器工业 CT 辐射安全技术规范》(HJ 785-2016)

#### 4.3.2 工作场所剂量控制

附录 A 所包含的工作场所以及周边环境的屏蔽体(墙)表面大于或等于 30cm 处任何监测点的周围剂量当量率应不大于 2.5 $\mu$ Sv/h。

确定本项目关注点剂量率参考控制水平:

(1) 关注点的周围剂量当量参考控制水平,对放射工作场所,其值不大于 100 $\mu$ Sv/周,对公众场所,其值不大于 5 $\mu$ Sv/周。

(2) 本项目各 X、 $\gamma$ 射线探伤房四周屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5 $\mu$ Sv/h。

(3) 本项目各 X、 $\gamma$ 射线探伤房曝光室顶部人员不可达,外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平不大于 100 $\mu$ Sv/h。

(4) 本项目 $\gamma$ 射线移动作业场所中控制区边界周围剂量当量率不大于 15 $\mu$ Sv/h,监督区边界周围剂量当量率不大于 2.5 $\mu$ Sv/h。

## 4 参考资料

(1) 《辐射防护导论》,方杰主编。

(2) 《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》(辐射防护 第 13 卷第 2 期,1993 年 3 月),江苏省环境监测站。

表 7-3 江苏省环境天然 $\gamma$ 辐射水平(单位: nGy/h)

|        | 原野        | 道路         | 室内         |
|--------|-----------|------------|------------|
| 测值范围   | 33.1~72.6 | 18.1~102.3 | 50.7~129.4 |
| 均值     | 50.4      | 47.1       | 89.2       |
| 标准差(s) | 7.0       | 12.3       | 14.0       |

注: [1]测量值已扣除宇宙射线响应值。

[2]现状评价时,参考测值范围进行评价。

表 8 环境质量和辐射现状

## 环境质量和辐射现状

### 1 项目地理和场所位置

江苏森永装备科技有限公司位于如皋市长江镇泓北沙路 2 号，公司地理位置见附图 1。公司厂区东侧为江苏闽江矿业有限公司，南侧为森松路，西侧为森松（江苏）重工有限公司，北侧为空地。公司厂区总平面图及周围环境见附图 2。

本项目 1#探伤房拟建于公司厂区北部，1#探伤房拟建址东侧为厂内道路及喷砂喷漆车间，南侧为厂内道路及 1#2#3#联合厂房，西侧为厂内道路、垃圾房及危废库，北侧为绿化及空地，楼上、楼下均无建筑；2#、3#探伤房拟建于公司 1#2#3#联合厂房内，2#探伤房拟建址东侧、南侧及北侧均为 1#2#3#联合厂房内场所，西侧为 1#2#3#联合厂房内场所及厂内道路，楼上、楼下均无建筑；3#探伤房拟建址东侧依次为 1#2#3#联合厂房内场所及厂内道路，南侧、西侧及北侧均为 1#2#3#联合厂房内场所，楼上、楼下均无建筑。

公司拟于厂区 4#5#6#联合厂房西侧划定区域内（详见附图 2 红色阴影部分）开展移动探伤项目，移动探伤区域南北长约 55m，东西宽约 10m，移动探伤区域东侧为 4#5#6#联合厂房内场所、7#车间、堆场及江苏闽江矿业有限公司，南侧为 4#5#6#联合厂房内场所、厂内道路、研发楼、综合楼、1#宿舍楼、2#宿舍楼及门卫，西侧为厂内道路、1#2#3#联合厂房内场所及森松（江苏）重工有限公司，北侧为 4#5#6#联合厂房内场所、厂内道路、下料中心、公用站房、喷砂喷漆车间、动力站房、1#探伤房、空地、垃圾房及绿化，楼上、楼下均无建筑。移动探伤区域距东侧厂界的最小距离约为 134m，距南侧厂界的最小距离约为 232m，距南侧宿舍楼的最近距离约为 135m，距西侧厂界的最小距离约为 172m，距北侧厂界的最小距离约为 135m。本项目移动探伤区域及各探伤房周围环境图见附图 2。

本项目各 X、 $\gamma$ 射线探伤房拟建址周围 50m 评价范围及移动探伤区域监督区外 100m 内均无居民区、学校等敏感点。因此，本项目保护目标主要为辐射工作人员、厂区内其他工作人员以及评价范围内东侧江苏闽江矿业有限公司内公众人员、西侧森松（江苏）重工有限公司内公众人员等。本项目各 X、 $\gamma$ 射线探伤房拟建址及厂内划定移动探伤区域拟建址周围环境现状图见图 8-1。



图 8-1 本项目各 X、 $\gamma$ 射线探伤房及移动探伤区域拟建址周围环境现状照片

## 2 环境现状评价的对象、检测因子和检测点位

环境现状评价的对象：本项目各 X、 $\gamma$ 射线探伤房及移动探伤区域拟建址周围辐射环境

检测因子： $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率

检测点位：在本项目各 X、 $\gamma$ 射线探伤房及移动探伤区域拟建址周围进行布点，共计布点 24 个

## 3 检测方案、质量保证措施及检测结果

### 3.1 检测方案

检测单位：江苏玖清玖蓝环保科技有限公司

检测仪器：FH40G 型多功能环境辐射剂量率仪（探头型号 FHZ672E-10）（设备编号：J2718，检定有效期：2024.5.21~2025.5.20，能量响应：48keV~4.4MeV，测量范围：1nSv/h~100 $\mu$ Sv/h）

检测项目： $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率

检测布点：在各 X、 $\gamma$ 射线探伤房及移动探伤区域拟建址周围进行布点，具体点位见图 8-2

检测时间：2024 年 10 月 30 日

天气：晴

温度：21.5℃

湿度：67.2%RH

检测方法：《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）

《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）

数据记录及处理：每个点位读取 10 个数据，读取间隔不小于 10s，并待计数稳定后读取数值。每组数据计算每个点位的平均值并计算方差。根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021），本项目空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）中 5.5，使用  $^{137}\text{Cs}$  作为检定/校准参考辐射源，换算系数取 1.20Sv/Gy

### 3.2 质量保证措施

检测单位：江苏玖清玖蓝环保科技有限公司，该公司已通过资质认定

检测布点质量保证：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）有关布点原则进行布点

检测过程质量控制质量保证：本项目检测按照《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）的要求，实施全过程质量控制

检测人员、检测仪器及检测结果质量保证：检测人员均经过考核并持有合格证书，所有检测仪器经过计量部门检定，并在有效期内，检测仪器使用前经过校准或检验，检测报告实行三级审核。

### 3.3 检测结果

评价方法：参照江苏省环境天然γ辐射水平调查结果，检测结果见表 8-1，详细检测结果见附件 5。

表 8-1 本项目 X、γ射线探伤房及移动探伤区域拟建址周围环境γ辐射水平

| 测点编号 | 测点位置描述     | 测量结果 (nGy/h) | 备注 |
|------|------------|--------------|----|
| 1    | 1#探伤房拟建址处  | 51.7         | 原野 |
| 2    | 1#探伤房拟建址东侧 | 52.1         | 原野 |
| 3    | 1#探伤房拟建址南侧 | 50.6         | 原野 |
| 4    | 1#探伤房拟建址西侧 | 52.6         | 原野 |
| 5    | 1#探伤房拟建址北侧 | 51.1         | 原野 |
| 6    | 2#探伤房拟建址处  | 54.3         | 原野 |

|    |                   |      |    |
|----|-------------------|------|----|
| 7  | 2#探伤房拟建址东侧        | 52.5 | 原野 |
| 8  | 2#探伤房拟建址南侧        | 51.2 | 原野 |
| 9  | 2#探伤房拟建址西侧        | 52.7 | 原野 |
| 10 | 2#探伤房拟建址北侧        | 53.0 | 原野 |
| 11 | 3#探伤房拟建址处         | 53.3 | 原野 |
| 12 | 3#探伤房拟建址东侧        | 53.9 | 原野 |
| 13 | 3#探伤房拟建址南侧        | 51.8 | 原野 |
| 14 | 3#探伤房拟建址西侧        | 52.8 | 原野 |
| 15 | 3#探伤房拟建址北侧        | 52.7 | 原野 |
| 16 | 移动探伤区域拟建址处        | 52.0 | 原野 |
| 17 | 移动探伤区域拟建东侧        | 53.1 | 原野 |
| 18 | 移动探伤区域拟建南侧        | 52.3 | 原野 |
| 19 | 移动探伤区域拟建西侧        | 51.8 | 原野 |
| 20 | 移动探伤区域拟建北侧        | 51.6 | 原野 |
| 21 | 2#宿舍楼拟建址处         | 51.6 | 原野 |
| 22 | 1#宿舍楼拟建址处         | 52.6 | 原野 |
| 23 | 东侧江苏闽江矿业有限公司西墙外   | 52.9 | 原野 |
| 24 | 西侧森松（江苏）重工有限公司东墙外 | 52.8 | 原野 |

注：测量数据已扣除仪器宇宙响应值，本项目检测仪器宇宙响应值为 18.7nSv/h，由于公司目前厂区尚未建设，因此各检测点位均按照原野考虑，原野对宇宙射线的屏蔽修正因子取 1。

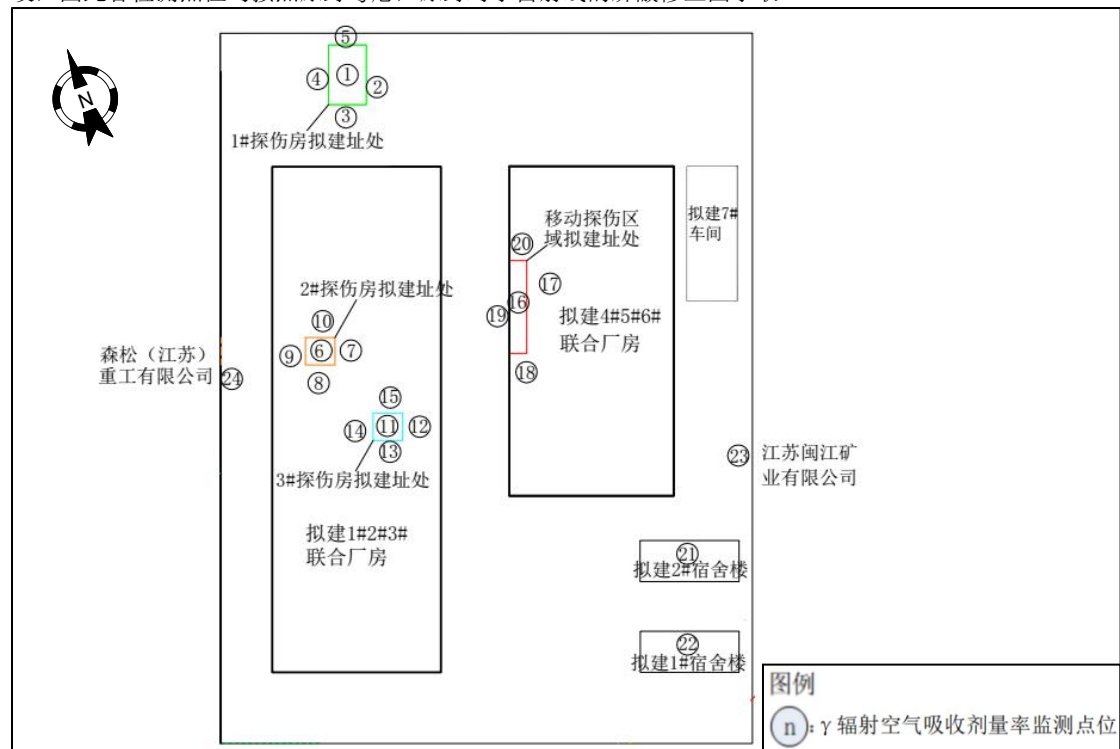


图 8-2 检测点位图

#### 4 环境现状调查结果评价

从现场监测结果可知，本项目各 X、 $\gamma$ 射线探伤房及移动探伤区域拟建址周围原野环境 $\gamma$ 辐射水平为（50.6~54.3）nGy/h，根据《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》（辐射防护第 13 卷第 2 期，1993 年 3 月），江苏省扣除仪器宇宙射线响应值后的室外原野天然 $\gamma$ 辐射水平为（33.1~72.6）nGy/h，本项目各 X、 $\gamma$ 射线探伤房及移动探伤区域拟建址周围室外原野 $\gamma$ 辐射水平处于江苏省室外环境天然 $\gamma$ 辐射水平测值范围内。

表 9 项目工程分析与源项

## 工程设备和工艺分析

### 1 工程设备

江苏森永装备科技有限公司拟于公司厂区北部建设 1 座固定式 X、 $\gamma$ 射线探伤房（1#探伤房），于厂区 1#2#3#联合厂房内建设 2 座固定式 X、 $\gamma$ 射线探伤房（2#、3#探伤房），用于对公司生产的管件、容器进行无损检测。公司还拟于厂区 4#5#6#联合厂房西侧划定区域内（详见附图 2 红色阴影部分）开展移动式 $\gamma$ 射线探伤，用于对公司生产的管件、容器等进行无损检测。

公司共拟为本项目配备 1 台  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ 射线探伤机、3 台  $^{192}\text{Ir}$   $\gamma$ 射线探伤机及 2 台  $^{75}\text{Se}$   $\gamma$ 射线探伤机，其中 1 台  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ 射线探伤机固定于 1#探伤房内使用，3 台  $^{192}\text{Ir}$   $\gamma$ 射线探伤机及 2 台  $^{75}\text{Se}$   $\gamma$ 射线探伤机可于 1#~3#探伤房及厂内划定移动探伤区域内使用（每个场所最多同时使用 1 台  $^{192}\text{Ir}$   $\gamma$ 射线探伤机或 1 台  $^{75}\text{Se}$   $\gamma$ 射线探伤机）。本项目拟配备的 $\gamma$ 射线探伤机均集中储存于 1#探伤房曝光室内的放射源暂存库内，探伤时根据需求从放射源暂存库内领取相应 $\gamma$ 射线探伤机至各探伤场所内使用，使用完成后需将 $\gamma$ 射线探伤机及时归还至放射源暂存库内。

公司还拟为本项目配备 1 台工业电子加速器及 19 台 X 射线探伤机，其中 1 台工业电子加速器及 5 台 X 射线探伤机（具体型号见表 1-1）固定于 1#探伤房内使用，7 台 X 射线探伤机（具体型号见表 1-1）固定于 2#探伤房内使用使用，7 台 X 射线探伤机（具体型号见表 1-1）固定于 3#探伤房内使用使用。

在 1#探伤房内进行探伤时，探伤工件为圆筒状，长度 3000mm~25000mm，直径 500mm~6000mm，壁厚 20mm~100mm，在曝光室内两端呈南北向放置；在 2#、3#探伤房内进行探伤时，探伤工件均为圆筒状，长度均为 3000mm~10000mm，直径均为 300mm~5000mm，壁厚均为 6mm~65mm，在曝光室内两端均呈东西向放置；在进行移动探伤时，探伤工件为圆筒状，长度 30000mm~50000mm，直径 4000mm~8000mm，壁厚 25mm~40mm、55mm~75mm，在划定移动探伤区域内呈南北向放置。

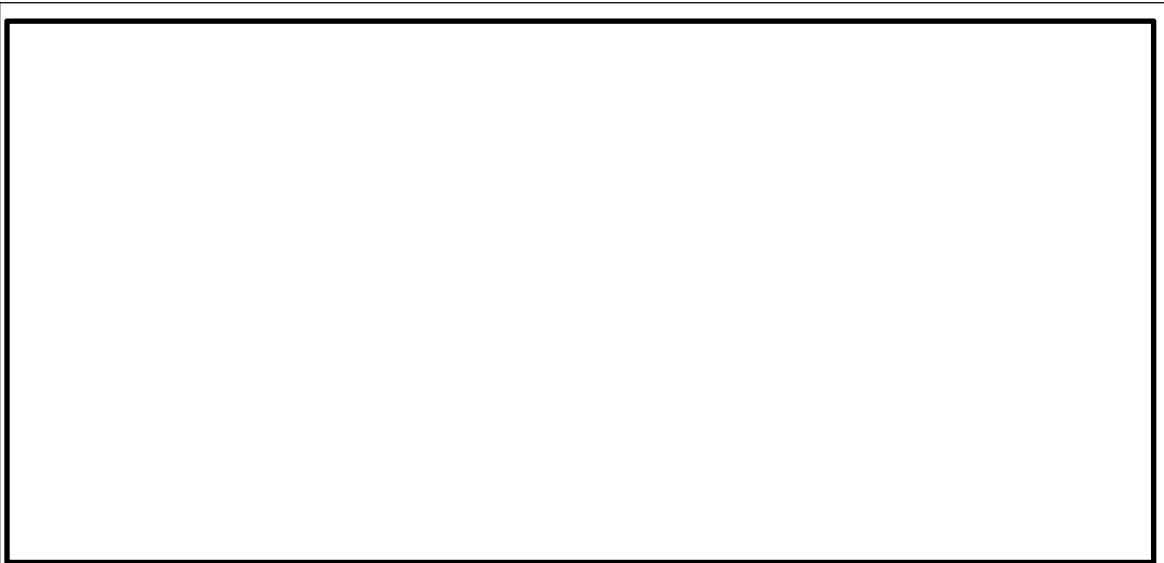
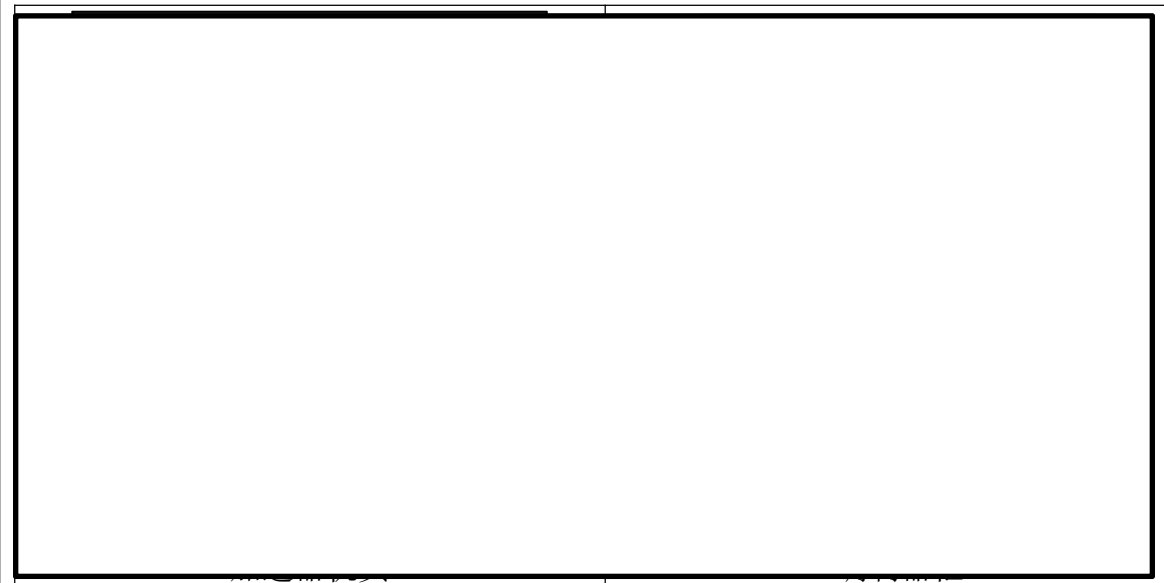


图 9-1 环形准直器及定向准直器样式图

公司拟为本项目配备 12 名辐射工作人员，其中 1 名人员为辐射防护负责人。本项目 1#~3#探伤房各拟配备 2 名辐射工作人员，移动探伤项目拟配备 3 名辐射工作人员，放射源暂存库内拟配备 2 名专职管理人员。本项目 1#~3#探伤房周开机曝光时间均约为 16 小时，年开机曝光时间均约为 800 小时，移动探伤周开机曝光时间约为 4 小时，年开机曝光时间约为 200h。公司厂内移动探伤仅在夜间 10 点员工下班后进行，且不与公司其他生产活动（含固定探伤）同时进行。

### 1.1 工业电子加速器

本项目拟配备的 DZ-2/200 型工业电子加速器电子能量为 2MeV，X 射线最大剂量率为 200cGy/min。工业电子加速器系统主要由控制台、调制器柜、水冷机组、加速器机头等组成，各组成设备示意图见图 9-2。



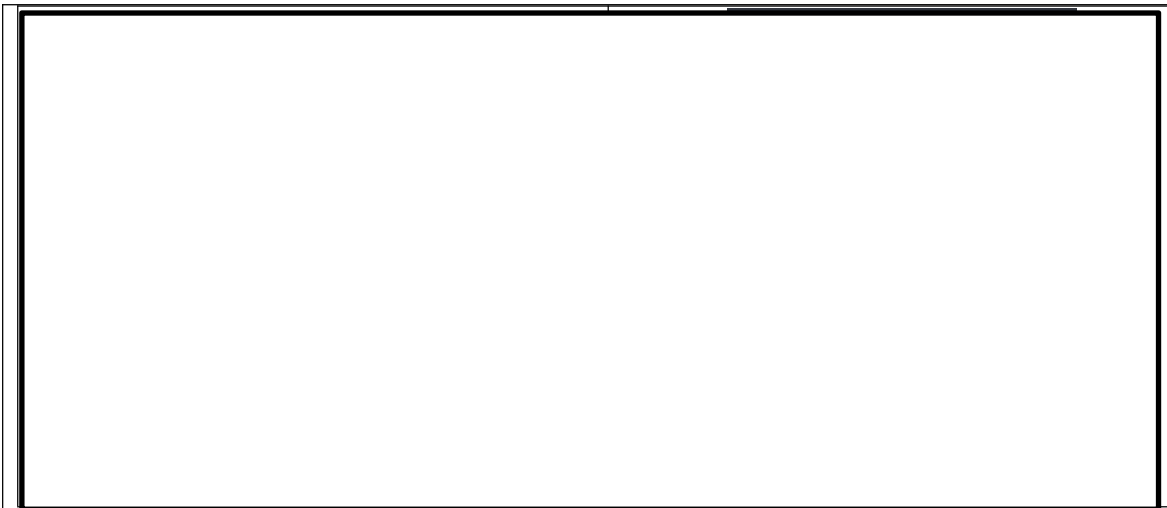


图 9-2 工业电子加速器系统组成设备示意图



### 1.2 X 射线探伤机

本项目 X 射线探伤机主要由控制箱、X 射线发生器和低压连接电缆等构成，常见 X 射线探伤机外观图见图 9-3。

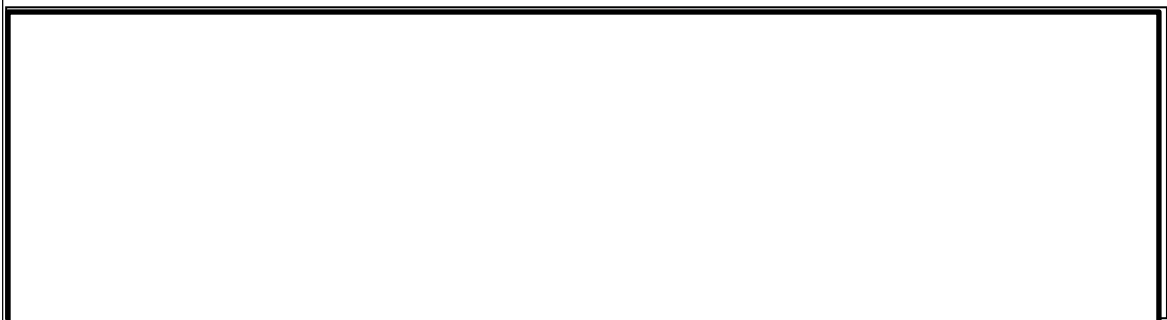


图 9-3 常见 X 射线探伤机外观图

本项目 1#~3#探伤房拟配备的 X 射线探伤机最大管电压均不超过 350kV，最大管电流均不超过 5mA。本项目 1#探伤房内的定向 X 射线探伤机主射线朝向东墙或顶部照射，周向机朝向东墙、西墙、顶部及地面照射；2#探伤房内的定向 X 射线探伤机主射线朝南墙或顶部照射，周向机朝南墙、北墙、顶部及地面照射；3#探伤房内的定向 X 射线探伤机主射线朝向北墙或顶部照射，周向机朝南墙、北

墙、顶部及地面照射。探伤机探伤时离地最大距离均约为 2.5m，距四周墙面最近距离均约为 2m。X 射线探伤机出束口射线角度均为 40°。

### 1.3 $\gamma$ 射线探伤机

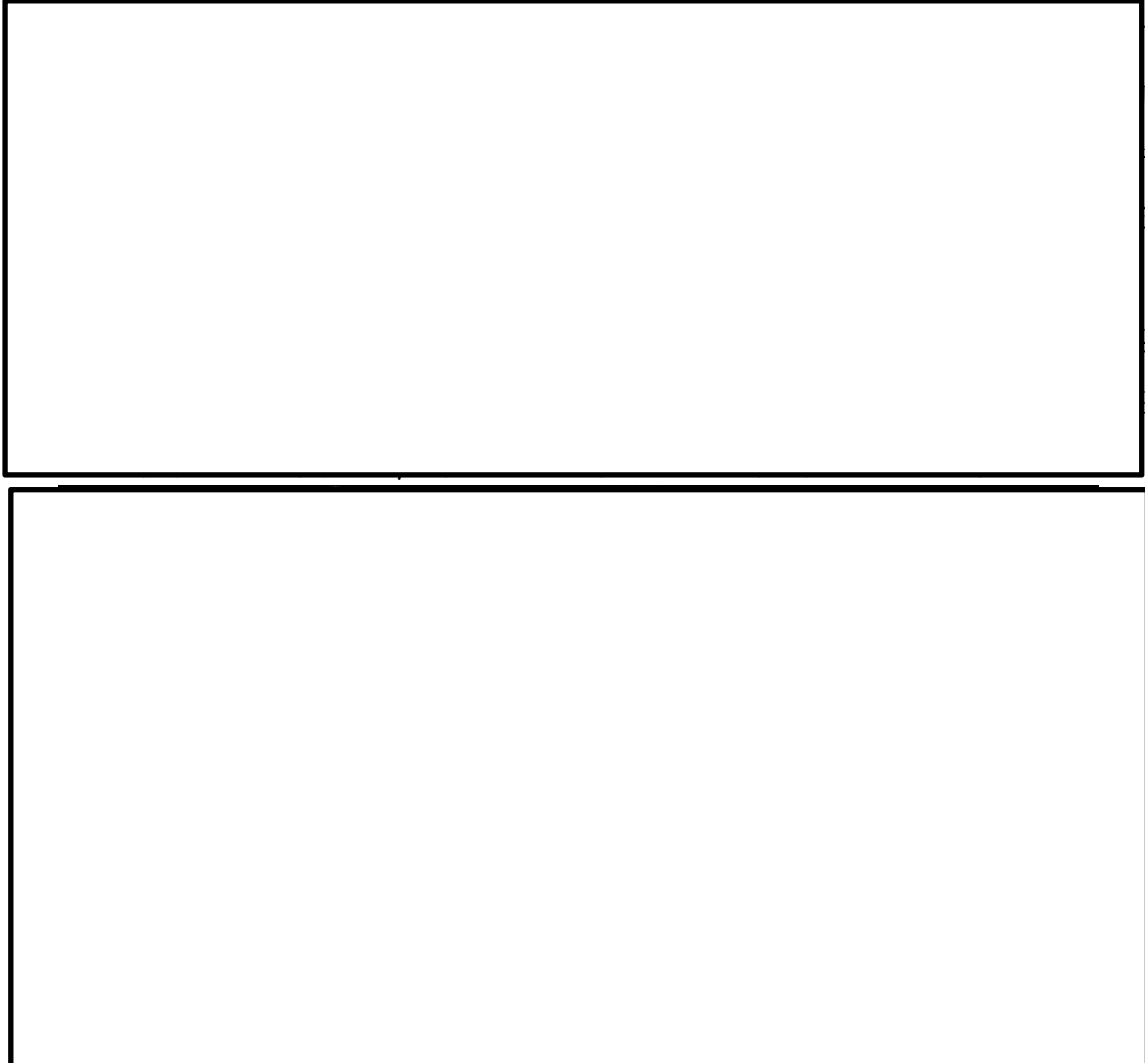


图 9-4  $\gamma$ 射线探伤机实物图

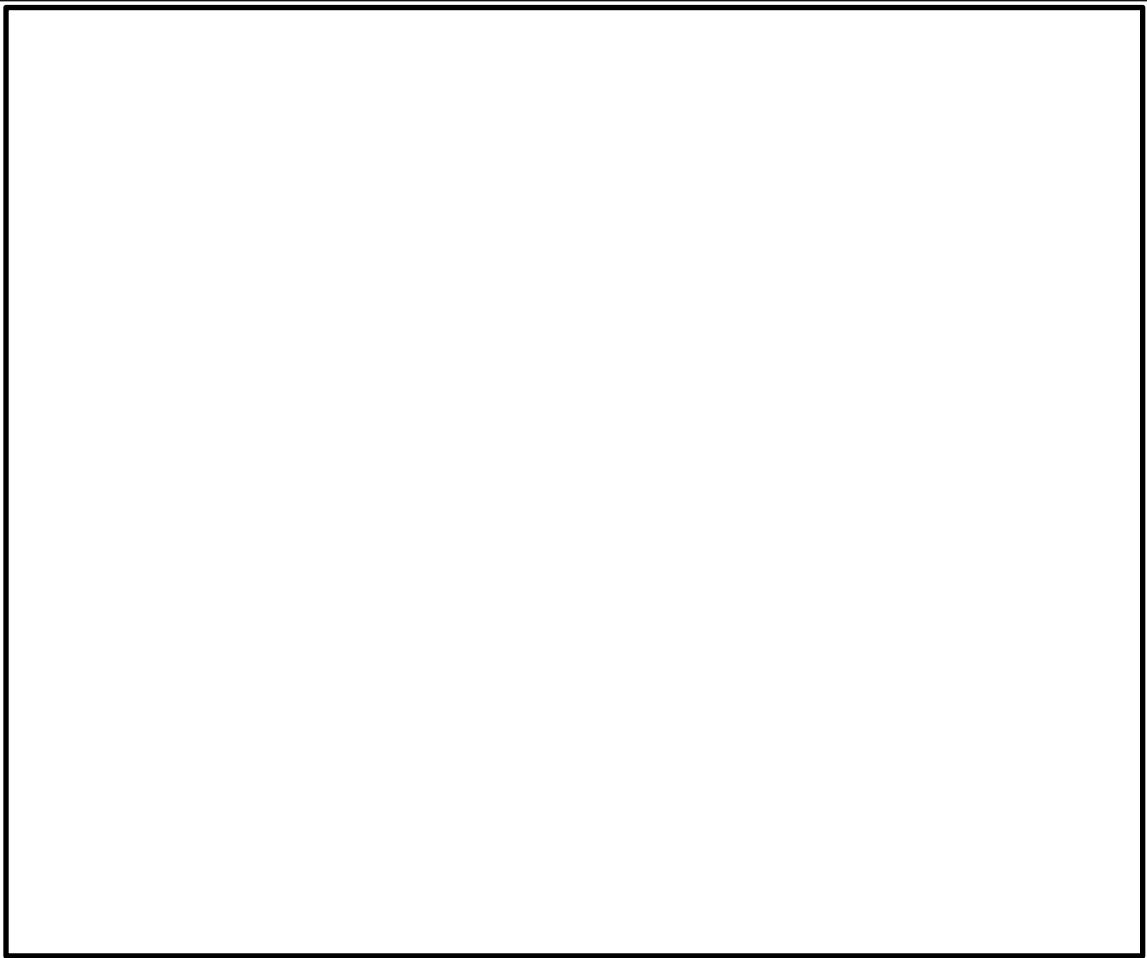


图 9-5  $\gamma$ 射线探伤机结构示意图

本项目共拟配备 1 台  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ 射线探伤机、3 台  $^{192}\text{Ir}$   $\gamma$ 射线探伤机及 2 台  $^{75}\text{Se}$   $\gamma$ 射线探伤机，6 台  $\gamma$ 射线探伤机最大装源活度均为  $3.7 \times 10^{12} \text{Bq}$ 。

## 2 工作原理

### 2.1 工业电子加速器工作原理

工业电子加速器是产生高能电子束的装置，主要由产生带电粒子的机构即电子枪或离子源、加速器主体及粒子引出机构三部分组成，加速器主体包括加速电场系统、控制磁场系统和真空系统等。

加速器运行时加速器调制器（实际为一个振荡回路）向速调管提供脉冲高压，速调管在脉冲高压的作用下，将电子流放大并转换成高功率微波输出，它经波导环流器等微波传输系统送入加速管，加速管中的电子从微波获得能量，加速电子使其达到预定能量。

高速运行的电子轰击靶材时产生韧致辐射，即 X 射线，其最大能量为电子束的最大能量。利用 X 射线胶片照相技术可对探测物件或装置的缺陷进行无损检测。

## 2.2 X 射线探伤机工作原理

X 射线探伤机核心部件是 X 射线管。它是一个内真空的玻璃管，其中一端是作为电子源的阴极，另一端是嵌有靶材料的阳极。当两端加有高压时，阴极的灯丝热致发射电子。由于阴极和阳极两端存在电位差，电子向阳极运动，形成静电式加速，获取能量。具有一定动能的高速运动电子，撞击靶材料，产生 X 射线。常见典型的 X 射线管结构图见图 9-6。



图 9-6 典型的 X 射线管结构图

## 2.3 $\gamma$ 射线探伤机工作原理

本项目 $\gamma$ 射线探伤机未工作时放射源位于芯部的“S”形管道中央，以防射线的直通照射。工作时，用快速接头把输源管和源容器连起来，输源导管的另一端部构成照射头，用钥匙打开储源器的安全锁，再转动安全闸环到停止位置，使其指针对准红字“打开”处（即快门已开）；操作自控仪预置输源管距离、曝光时间，然后按下“启动”按钮，自控仪将自动完成“送源→曝光→收源”的检测照相过程。 $\gamma$ 射线探伤机在工作过程中通过 $\gamma$ 放射源产生的 $\gamma$ 射线对受检工件进行照射，由于被检工件内部结构密度不同，其对射线的阻挡能力也不一样，物质的密度越大，射线强度减弱越大，底片感光量就小。当工件内部存在气孔、裂缝、夹渣等缺陷时，射线穿过有缺陷的路径比没有缺陷的路径所透过的物质密度要小得多，其强度减弱较小，即透过的射线强度较大，底片感光量较大，从而可以从底片曝光强度的差异判断焊接的质量、缺陷位置和被检样品内部的细微结构等。

## 2.4 无损检测原理

X、 $\gamma$ 射线无损检测过程中，由于被检工件内部结构密度不同，其对射线的阻挡能力也不一样，物质的密度越大，射线强度减弱越大，底片感光量就小。当工件

内部存在气孔、裂缝、夹渣等缺陷时，射线穿过有缺陷的路径比没有缺陷的路径所透过的物质密度要小得多，其强度减弱较小，即透过的射线强度较大，底片感光量较大，从而可以从底片曝光强度的差异判断焊接的质量、缺陷位置和被检样品内部的细微结构等。

### 3 本项目工业探伤工作流程

#### 3.1 工业电子加速器探伤工作流程及产物环节

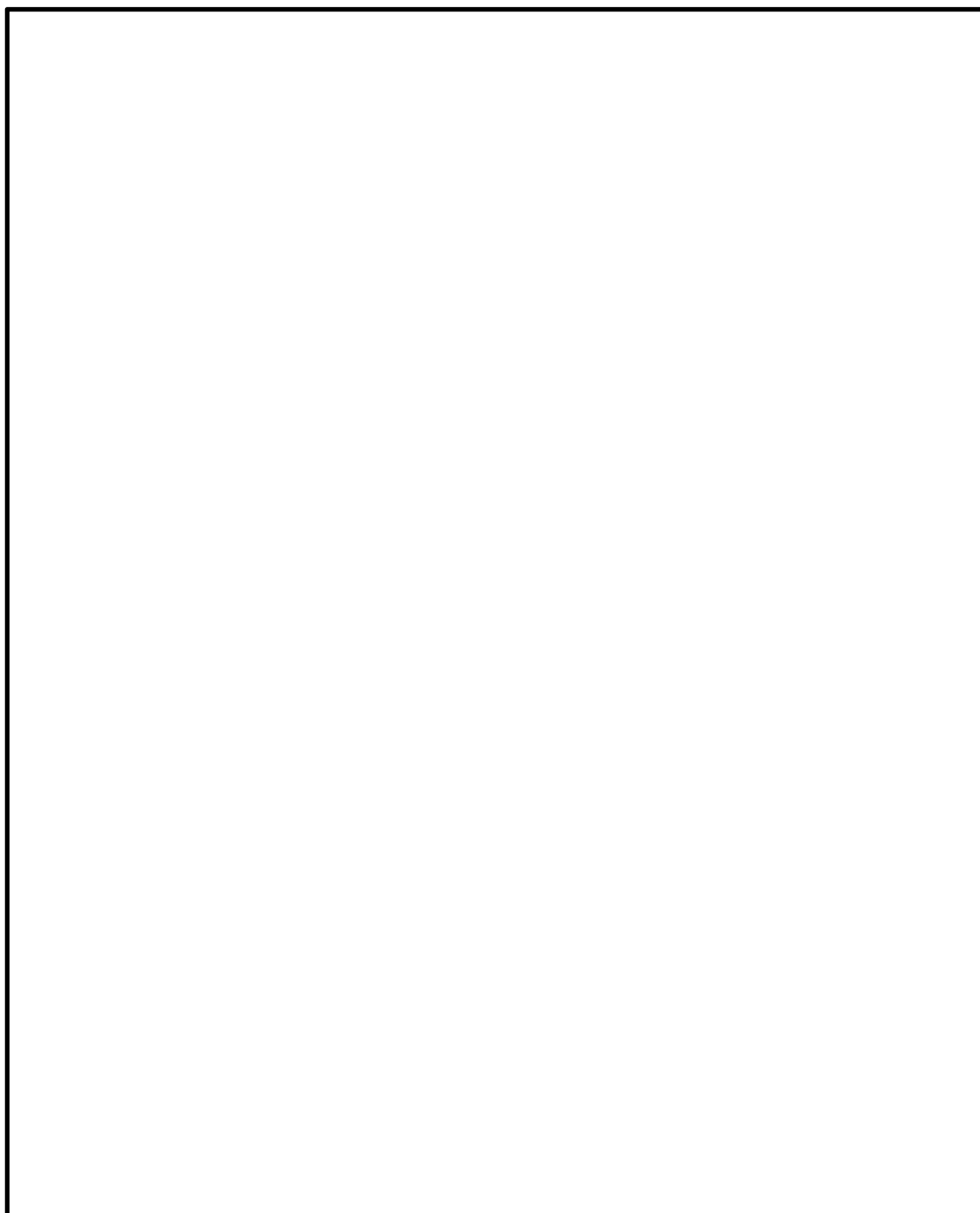


图 9-7 工业电子加速器探伤作业工作流程及产污环节示意图

### 3.2 X 射线探伤机探伤工作流程及产物环节

(1) 每日工作前，辐射工作人员检查 X 射线探伤机外观是否完好，电缆是否有断裂、扭曲及破损，液体制冷设备是否有渗漏，探伤房的安全联锁是否正常工作，报警设备和警示灯是否正常运行，螺栓等连接件是否连接良好，探伤房内安装的固定辐射检测仪是否正常。辐射工作人员将个人剂量计别在胸前并携带开机的个人剂量报警仪和便携式 X-γ 剂量率仪才能进入曝光室。确认上述均正常方可从事今日探伤工作；

(2) 将被探伤工件通过平板车运至曝光室内固定，并在检测部位贴上感光胶片；

(3) 将 X 射线探伤机固定在合适的位置，清场，确认无人后，关闭工件门，人员离开曝光室，通过按钮关闭人员门；

(4) 辐射工作人员在操作室开启 X 射线探伤机进行无损检测，曝光过程中会产生 X 射线和少量的  $O_3$ 、 $NO_x$ ；

(5) 达到预定照射时间和曝光量后关闭 X 射线探伤机，曝光结束，辐射工作人员戴个人剂量计及个人剂量报警仪进入曝光室取下胶片；

(6) 辐射人员对探伤胶片进行洗片、读片，判断工件焊接质量、缺陷等，在此过程中会产生废显影液、废定影液、胶片冲洗废水及废胶片；

(7) 用平板车将被探伤工件运出曝光室；

(8) 出具检测报告。

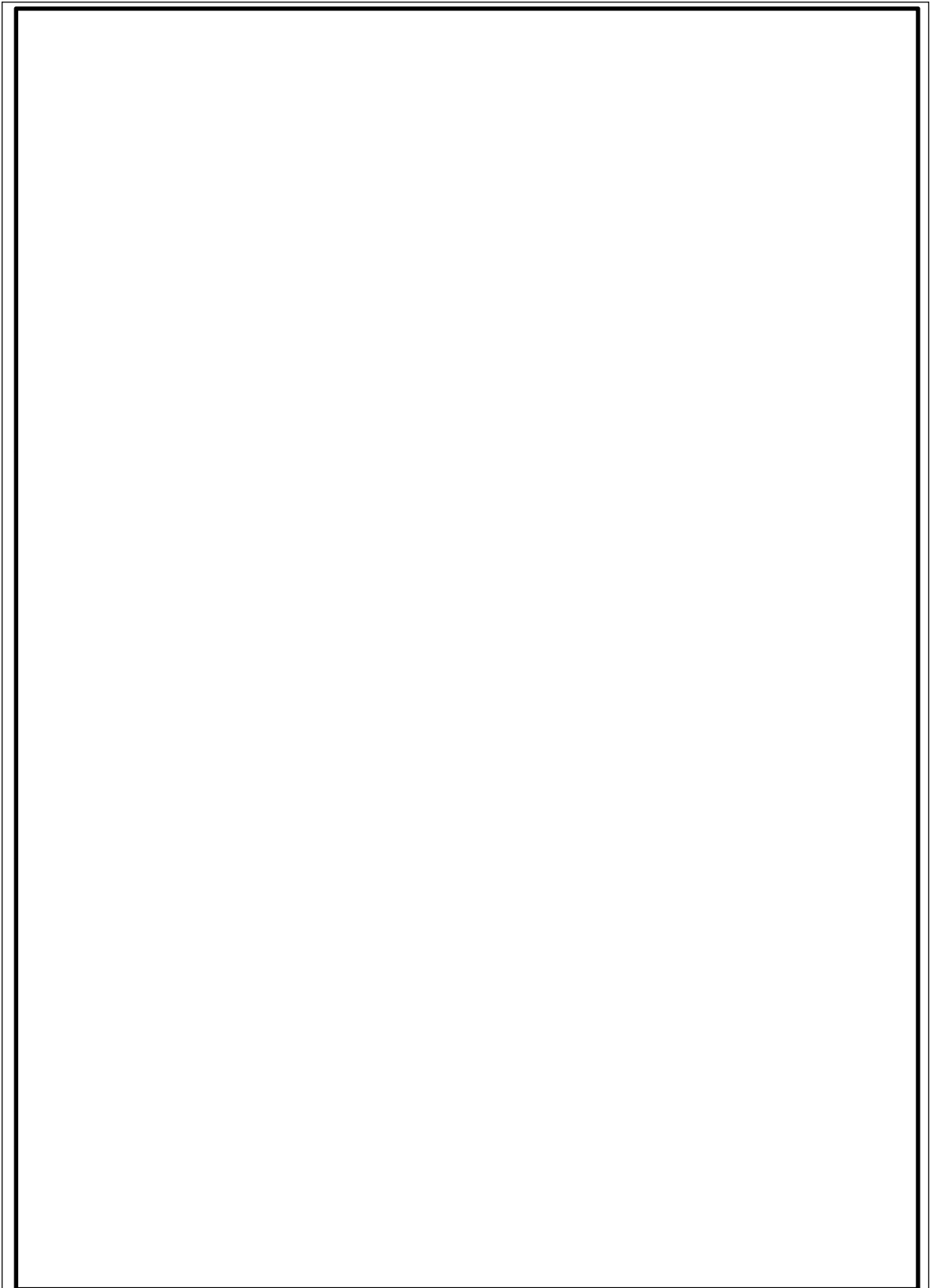
本项目 X 射线探伤机探伤工作流程及产污环节分析示意图见图 9-8。



图 9-8 X 射线固定探伤工作流程及产污环节分析示意图

### 3.3 γ射线固定探伤工作流程及产物环节

(1) 每日工作前，辐射工作人员检查探伤房的安全联锁是否正常工作，报警



本项目 $\gamma$ 射线探伤机探伤工作流程及产污环节分析示意图见图9-9。

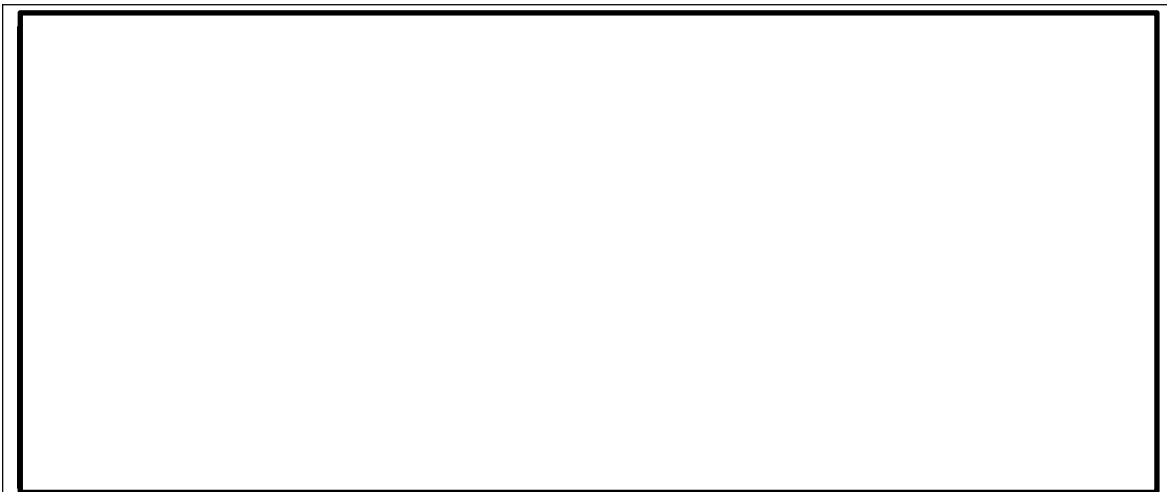
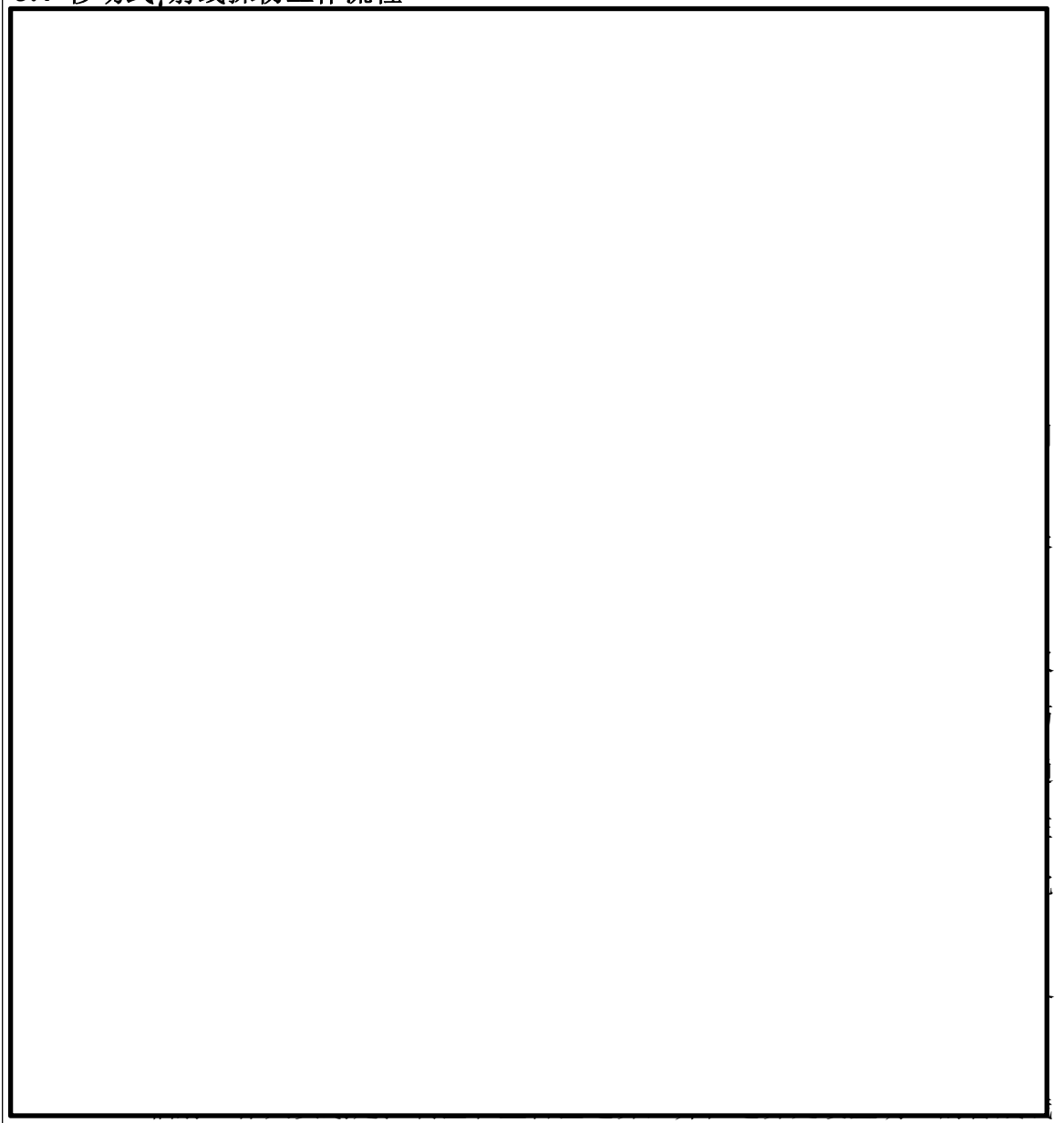


图 9-9 固定式 $\gamma$ 探伤工作流程及产污环节示意图

#### 3.4 移动式 $\gamma$ 射线探伤工作流程



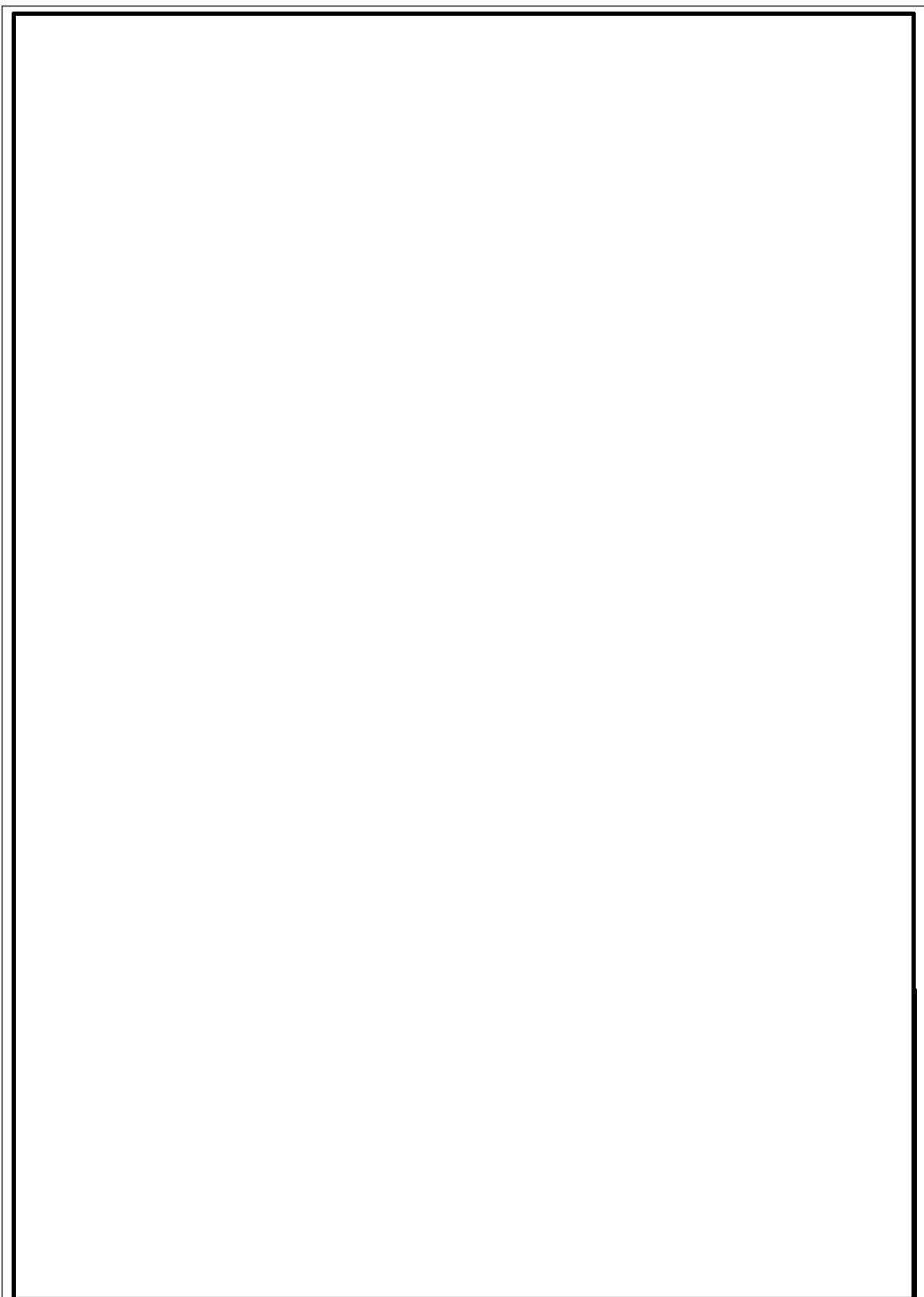


图 9-10 移动式 $\gamma$ 射线探伤工作流程及产污环节示意图

污染源分析

1 放射性污染源分析

1.1 工业电子加速器

工业电子加速器在进行探伤时电子枪发射电子，高速运行的电子轰击钨靶时产生韧致辐射，即 X 射线，本项目利用产生的 X 射线进行探伤，X 射线的贯穿能力极强，会对曝光室周围环境造成辐射污染。因此，在工业电子加速器开机探伤期间，产生的 X 射线为项目主要的污染因素。根据加速器厂家提供的参数，本项目工业电子加速器参数见表 9-1。

表 9-1 本项目拟配备的工业电子加速器特征参数表

|  |
|--|
|  |
|--|

## 1.2 X 射线探伤机

由 X 射线探伤机的工作原理可知，X 射线是随探伤机的开、关而产生和消失。因此，正常工况时，在开机曝光期间，放射性污染物为 X 射线及其散射线、漏射线。本项目探伤期间 X 射线是主要污染物。本项目 X 射线辐射类型主要分为以下三类：

有用线束辐射：X 射线探伤机发出的用于工件检测的辐射束，又称为主射线束。根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 B.1，由于本项目 X 射线探伤机未获得厂家给出的输出量，因此本项目 RD-3505 型及 RD-3505TH 型 X 射线探伤机射线管 1m 处的输出量根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 B.1，以 300kV 及 400kV 下 X 射线管输出量较大值（ $20.9\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$  及  $23.5\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ）进行插值计算得到，1m 处的输出量为  $22.2\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ；XXG-3005 型及 XXGHP-3005 型 X 射线探伤机射线管 1m 处的输出量取《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 B.1 中 300kV 下 X 射线管输出量较大值，即  $20.9\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ；XXG-2505 型 X 射线探伤机射线管 1m 处的输出量取《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 B.1 中 250kV 下 X 射线管输出量较大值，即  $16.5\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ；XXGHP-2005 型 X 射线探伤机射线管 1m 处的输出量取《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 B.1 中 200kV

下 X 射线管输出量较大值，即  $28.7\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ；XXG-1605 型 X 射线探伤机射线管 1m 处的输出量根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 B.1，以 150kV 及 200kV 下 X 射线管输出量较大值（ $18.3\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$  及  $28.7\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ）进行插值计算得到，1m 处的输出量为  $20.38\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 。

**漏射线辐射：**由辐射源点在各个方向上从屏蔽装置中泄漏出来的射线称为漏射线。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）表 1，本项目 RD-3505 型、RD-3505TH 型、XXG-3005 型、XXGHP-3005 型及 XXG-2505 型 X 射线探伤机距辐射源点（靶点）1m 处的泄漏辐射剂量率均为  $5\times 10^3\mu\text{Sv/h}$ ，XXGHP-2005 型及 XXG-1605 型 X 射线探伤机距辐射源点（靶点）1m 处的泄漏辐射剂量率均为  $2.5\times 10^3\mu\text{Sv/h}$ 。

**散射线辐射：**当主射线照射到检测工件时，会产生散布于各个方面上的散射辐射，《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 2，350kV 电压下 X 射线 90°散射辐射相应的 X 射线为 250kV；300kV 及 250kV 电压下 X 射线 90°散射辐射相应的 X 射线为 200kV；200kV 及 160kV 电压下 X 射线 90°散射辐射相应的 X 射线为 150kV。详细参数见表 9-2。

**表 9-2 本项目 X 射线探伤装置参数一览表**

| 设备型号                             | 最大管电压 (kV) | 最大管电流 (mA) | X 射线机的发射率常数 $\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ | 泄漏辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 90°散射后能量 (kV) |
|----------------------------------|------------|------------|--------------------------------------------------------------------|------------------------------|---------------|
| RD-3505 型及 RD-3505TH 型 X 射线探伤机   | 350        | 5          | 22.2                                                               | 5000                         | 250           |
| XXG-3005 型及 XXGHP-3005 型 X 射线探伤机 | 300        | 5          | 20.9                                                               | 5000                         | 200           |
| XXG-2505 型 X 射线探伤机               | 250        | 5          | 16.5                                                               | 5000                         | 200           |
| XXGHP-2005 型 X 射线探伤机             | 200        | 5          | 28.7                                                               | 2500                         | 150           |
| XXG-1605 型 X 射线探伤机               | 160        | 5          | 20.38                                                              | 2500                         | 150           |

注：本项目未获得厂家给出的输出量，故屏蔽估算选取表中各千伏（kV）下输出量的较大值保守估计。

### 1.3 $\gamma$ 射线探伤

本项目中  $^{60}\text{Co}$ 、 $^{192}\text{Ir}$  及  $^{75}\text{Se}$  源均为密封源， $^{60}\text{Co}$ 、 $^{192}\text{Ir}$  及  $^{75}\text{Se}$  核素特性见表

9-3。

表 9-3 放射性核素  $^{60}\text{Co}$ 、 $^{192}\text{Ir}$  及  $^{75}\text{Se}$  核素特性

| 核素                | 半衰期  | 衰变类型                    | 主要射线及能量(MeV)                                                         | 周围剂量当量率常数<br>( $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{MBq}\cdot\text{h})$ ) |
|-------------------|------|-------------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| $^{60}\text{Co}$  | 5.3a | $\beta^-$               | $\beta^-0.315(99.74\%)$<br>$\gamma1.173(99.87\%) 1.332(99.98\%)$     | 0.35                                                                     |
| $^{192}\text{Ir}$ | 74d  | $\beta^-$<br>$\epsilon$ | $\beta^-0.672(46\%)$<br>$\gamma0.468(58.0\%) 0.316(82.9\%)$          | 0.17                                                                     |
| $^{75}\text{Se}$  | 120d | $\epsilon$              | $\gamma0.265(56.6\%)、0.121(16.9\%)$<br>$0.136(56.7\%)、0.279(23.9\%)$ | 0.072                                                                    |

$\gamma$ 射线探伤机贮源位屏蔽层大多为一定厚度的贫铀材料，称其为贫铀罐。本项目辐射污染主要是当放射源从贫铀罐出源后进行曝光时发射的 $\gamma$ 射线对周围环境产生的外照射，其可能对曝光室外工作人员和公众产生一定外照射。另外，退役的放射源也会对周围环境产生 $\gamma$ 射线外照射影响。因此 $\gamma$ 射线是本项目主要的污染物。

本项目拟使用的  $^{60}\text{Co}$ 、 $^{192}\text{Ir}$  及  $^{75}\text{Se}$  放射源最大活度均为  $100\text{Ci}(3.7\times10^{12}\text{Bq})$ ， $^{60}\text{Co}$  通常在使用 10 年后退役， $^{192}\text{Ir}$  及  $^{75}\text{Se}$  通常在使用 2 个半衰期后退役，退役时  $^{60}\text{Co}$  源强约  $1.0\times10^{12}\text{Bq}$ ， $^{192}\text{Ir}$  及  $^{75}\text{Se}$  源强约  $9.25\times10^{11}\text{Bq}$ 。

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）表 2，便携式 $\gamma$ 射线探伤机（P 类）离源容器表面 5cm 处最大周围剂量率不大于  $0.5\text{mSv/h}$ ，离源容器表面 1cm 处最大周围剂量率不大于  $0.02\text{mSv/h}$ ；移动式 $\gamma$ 射线探伤机（M 类）离源容器表面 5cm 处最大周围剂量率不大于  $1\text{mSv/h}$ ，离源容器表面 1cm 处最大周围剂量率不大于  $0.05\text{mSv/h}$ 。

本项目 $\gamma$ 射线探伤机退役时还会产生 $\gamma$ 探伤机屏蔽装置（贫铀罐）。

## 2 非放射性污染源分析

### 2.1 固体废物

本项目工业电子加速器、X 射线探伤机及 $\gamma$ 射线探伤机均拟使用胶片成像，运行时会产生废胶片，属于《国家危险废物名录（2025 年版）》中编号为 HW16（900-019-16）的危险废物，每年预计产生废胶片 480kg。

本项目运行后工作人员还会产生一定量的生活垃圾。

### 2.2 废水

本项目洗片过程会产生废显（定）影剂及胶片冲洗废水，废显（定）影剂属于《国家危险废物名录（2025 年版）》中编号为 HW16（900-019-16）的危险废物，

胶片冲洗废水拟按危险废物进行管理处置。每月预计产生废显（定）影剂 100kg，胶片冲洗废水 500kg，每年预计产生废显（定）影剂 1200kg，胶片冲洗废水 6000kg。

本项目运行后工作人员还会产生一定量的生活污水。

### **2.3 废气**

本项目 3 座 X、 $\gamma$ 射线探伤房内及移动探伤的射线装置在运行过程中，产生的 X、 $\gamma$ 射线会使空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

1 项目工作场所布局合理性分析

1.1 3 座 X、 $\gamma$ 射线探伤房布局合理性分析

江苏森永装备科技有限公司本项目 1#探伤房包括曝光室及辅房，其中东侧曝光室为一层结构，西侧辅房为三层结构。曝光室内西北角拟设置 1 个放射源暂存库，探伤房辅房一层为 UT 试块室、暗室、切片室、加速器操作室、操作室、楼梯间、评片室及强弱电间，二层为底片室（2 间）、UT 室、耗材室、资料室、IT 室及楼梯间，三层为底片室（2 间）、UT 室、资料室、楼梯间及资料室。1#探伤房设有迷道，探伤房操作室位于曝光室西侧，曝光室内工业电子加速器主射线朝向东墙或地面照射，定向 X 射线探伤机朝向东墙或顶部照射，工业电子加速器及定向 X 射线探伤机的照射方向均避开了操作室的方向，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中关于操作室应避开有用线束照射的方向并应与曝光室分开的要求，布局设计合理。

本项目 2#探伤房包括曝光室及辅房，其中南侧曝光室为一层结构，北侧辅房为三层结构。探伤房辅房一层为操作室、暗室及楼梯间，二层为资料室（2 间）及楼梯间，三层为资料室（2 间）及楼梯间。2#探伤房设有迷道，探伤房的操作室位于曝光室北侧，曝光室内定向 X 射线探伤机朝南墙或顶部照射，定向 X 射线探伤机的照射方向均避开了操作室的方向，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中关于操作室应避开有用线束照射的方向并应与曝光室分开的要求，布局设计合理。

本项目 3#探伤房包括曝光室及辅房，其中北侧曝光室为一层结构，南侧辅房为三层结构。探伤房辅房一层为操作室、暗室及楼梯间，二层为资料室（2 间）及楼梯间，三层为资料室（2 间）及楼梯间。3#探伤房设有迷道，探伤房的操作室位于曝光室南侧，曝光室内定向 X 射线探伤机朝向北墙或顶部照射，定向 X 射线探伤机的照射方向均避开了操作室的方向，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中关于操作室应避开有用线束照射的方向并应与曝光室分开的要求，布局设计合理。

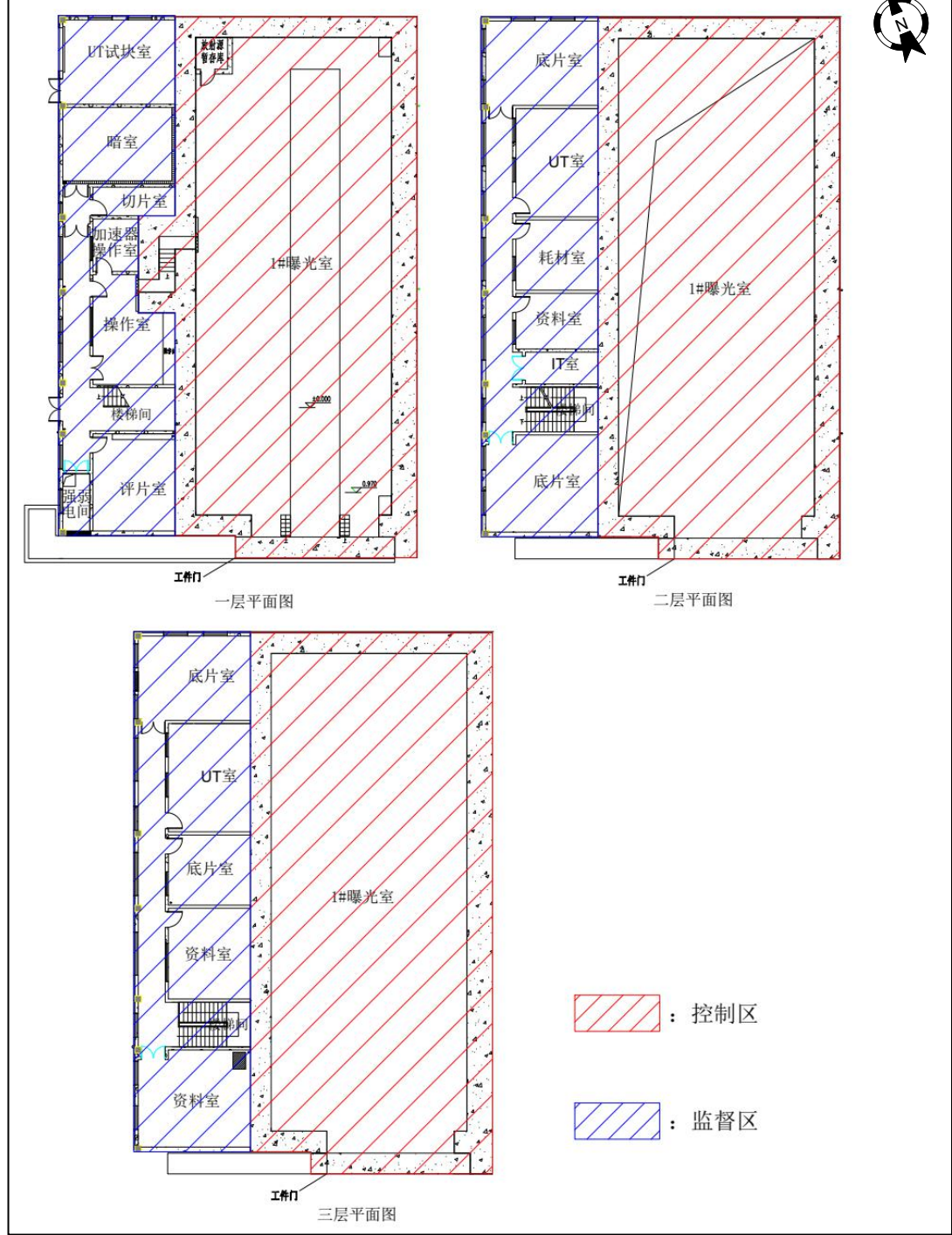


图 10-1 本项目 1#探伤房平面布局及分区图

本项目拟将 1#探伤房曝光室及放射源暂存库作为本项目的辐射防护控制区（图 10-1 红色阴影部分），在曝光室表面及放射源暂存库防护门表面明显位置设置电离辐射警告标志及中文警示说明，工作时任何人不得进入曝光室及放射源暂存库；将 1#探伤房一层的 UT 试块室、暗室、切片室、加速器操作室、操作室、

楼梯间、评片室及强弱电间，二层的底片室（2间）、UT室、耗材室、资料室、IT室及楼梯间，三层的底片室（2间）、UT室、资料室、楼梯间及资料室作为辐射防护监督区（图10-1中蓝色阴影部分），监督区入口处拟设立表明监督区的标牌，工作时无关人等不得进入。

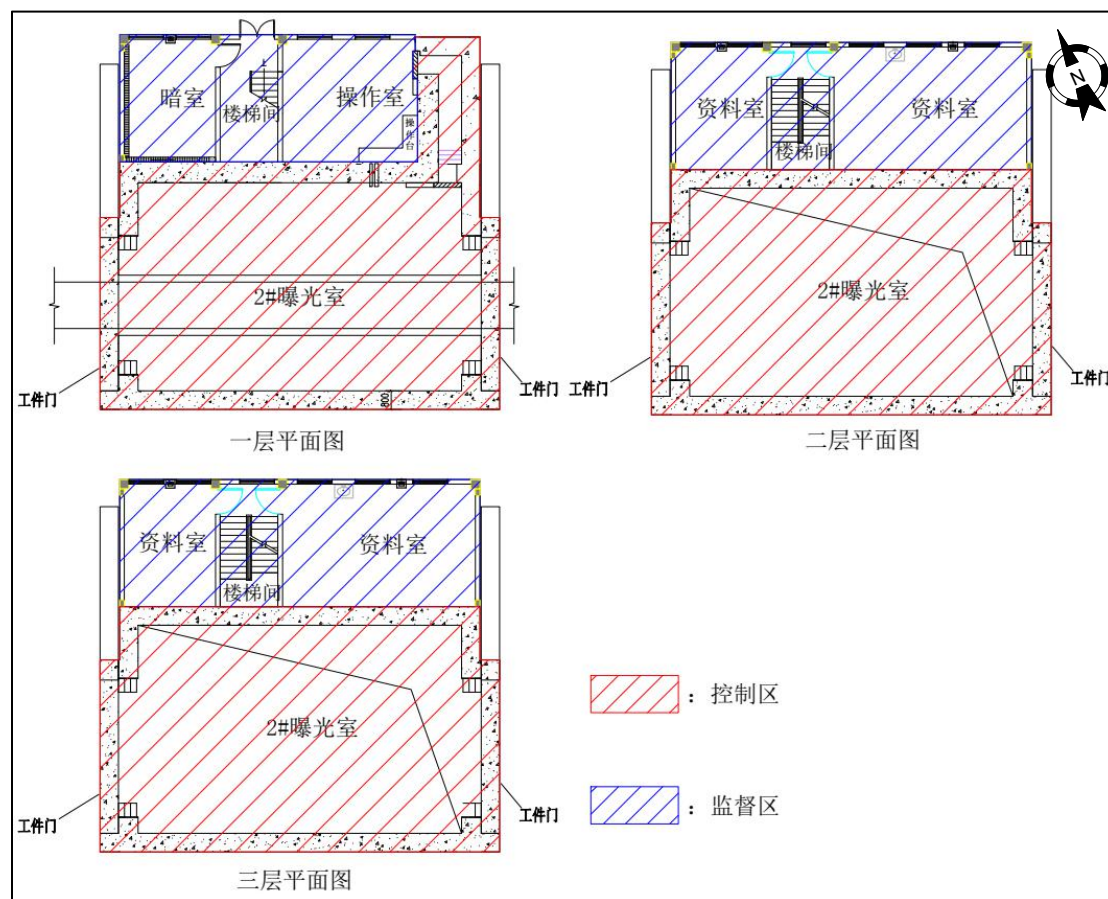


图 10-2 本项目 2#探伤房平面布局及分区图

本项目拟将 2#探伤房曝光室作为本项目的辐射防护控制区（图 10-2 红色阴影部分），在曝光室表面明显位置设置电离辐射警告标志及中文警示说明，工作时任何人不得进入；将 2#探伤房一层的操作室、暗室及楼梯间，二层的资料室（2间）及楼梯间，三层的资料室（2间）及楼梯间作为辐射防护监督区（图 10-2 中蓝色阴影部分），监督区入口处拟设立表明监督区的标牌，工作时无关人等不得进入。

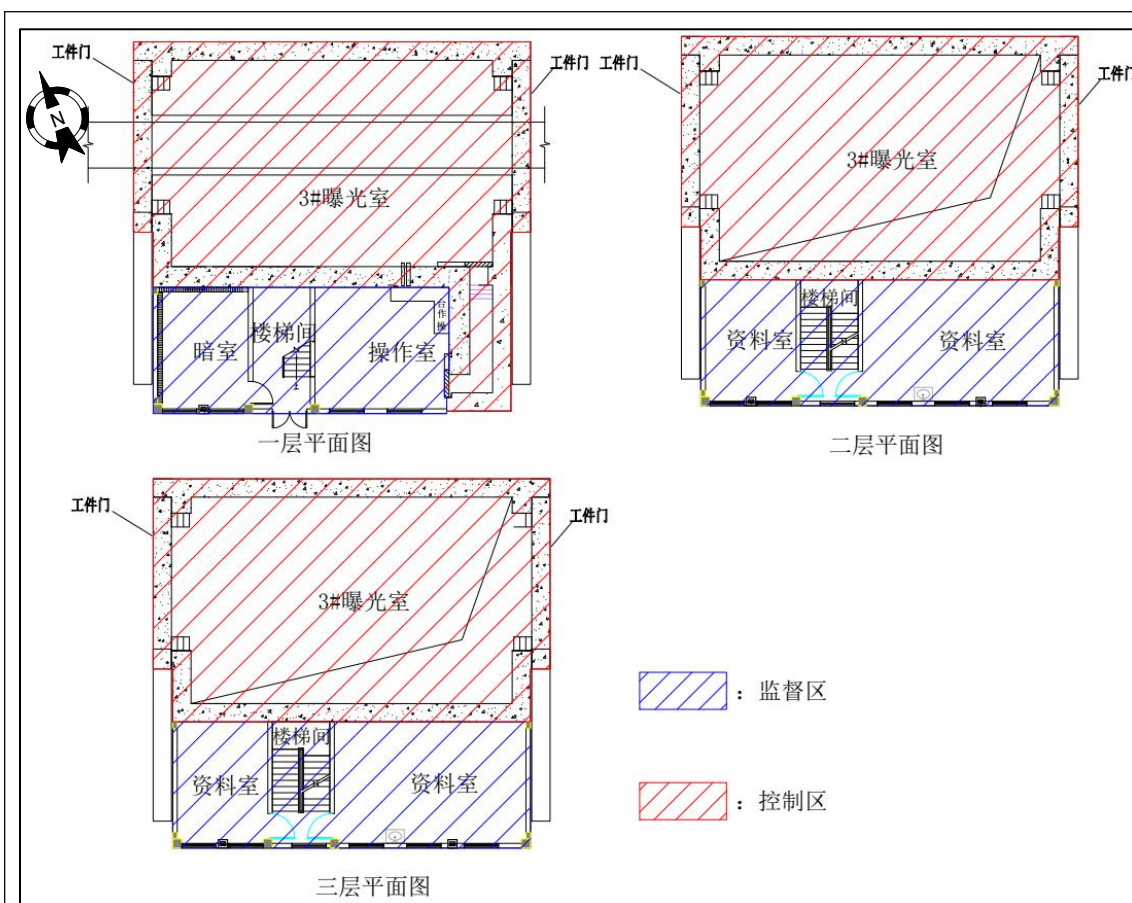


图 10-3 本项目 3#探伤房平面布局及分区图

本项目拟将 3#探伤房曝光室作为本项目的辐射防护控制区（图 10-3 红色阴影部分），在曝光室表面明显位置设置电离辐射警告标志及中文警示说明，工作时任何人不得进入；将 3#探伤房一层的操作室、暗室及楼梯间，二层的资料室（2 间）及楼梯间，三层的资料室（2 间）及楼梯间作为辐射防护监督区（图 10-3 中蓝色阴影部分），监督区入口处拟设立表明监督区的标牌，工作时无关人等不得进入。

本项目 3 座 X、 $\gamma$ 射线探伤房辐射防护分区的划分均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定。

## 1.2 移动式 $\gamma$ 射线探伤房布局合理性分析

本项目拟于厂区划定移动探伤区域内进行 $\gamma$ 射线移动探伤，公司厂内移动探伤仅在夜间 10 点员工下班后进行，现场探伤时每次仅允许在厂区划定的现场探伤区域开启 1 台 $\gamma$ 射线探伤机进行探伤，且不与公司其他生产活动（含固定探伤）同时进行，以避免交叉照射。本项目移动式 $\gamma$ 射线探伤的两区划分图见图 10-4，两区划分管理措施见表 10-1。

| 表 10-1 本项目γ射线现场探伤两区划分与管理 |                                                                                                      |                                                                                                    |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 现场探伤                     | 控制区                                                                                                  | 监督区                                                                                                |
| 两区划分范围                   | 周围剂量当量率大于 15μSv/h 的范围                                                                                | 将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 2.5μSv/h 的范围                                                                  |
| 辐射防护措施                   | 禁止人员进入控制区，控制区边界拟根据现场情况优先利用现场墙体、工件等进行划区，没有墙体、工件等实体防护时，拟在边界处设置显眼的警戒线；东、南、西、北边界处均拟悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌 | 禁止无关人员进入监督区，监督区边界拟设置显眼的警戒线，在东、南、西、北边界处均拟悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，并拟设置明显的电离辐射警告标志和警告标语，同时在监督区边界设置人员进行警戒 |

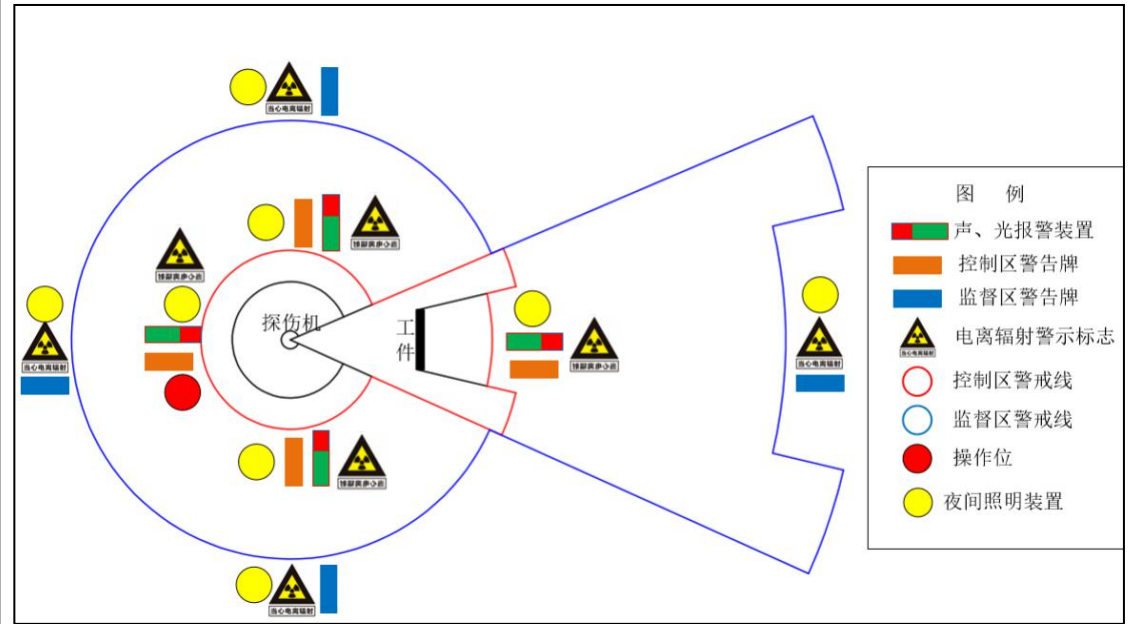


图 10-4 本项目γ射线移动探伤两区划分及辐射安全措施布置示意图

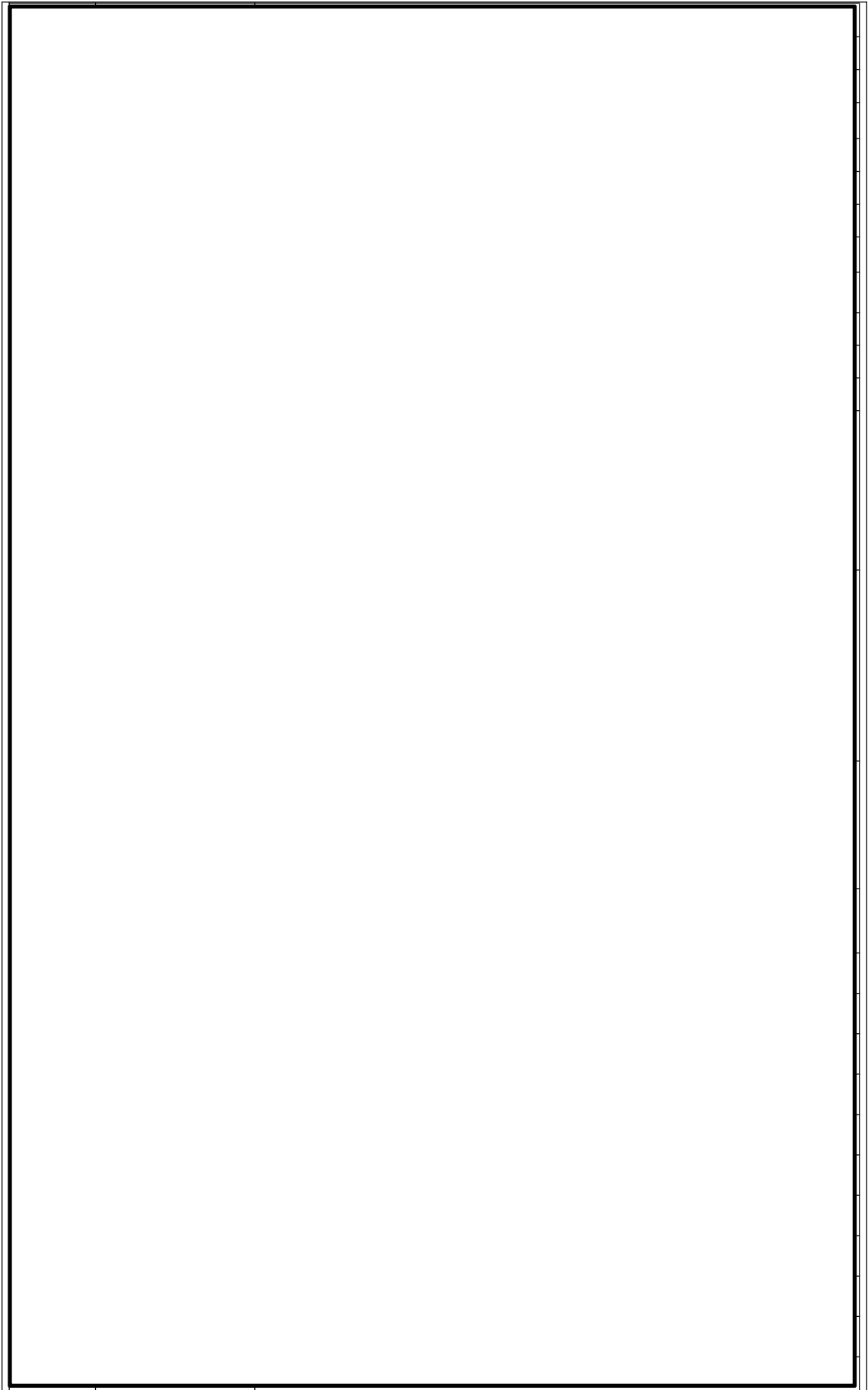
江苏森永装备科技有限公司厂区内移动γ射线探伤现场拟充分利用厂房及工件对射线进行屏蔽，现场拟划定控制区和监督区，该公司探伤现场布局及分区满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求，布局及分区基本合理。

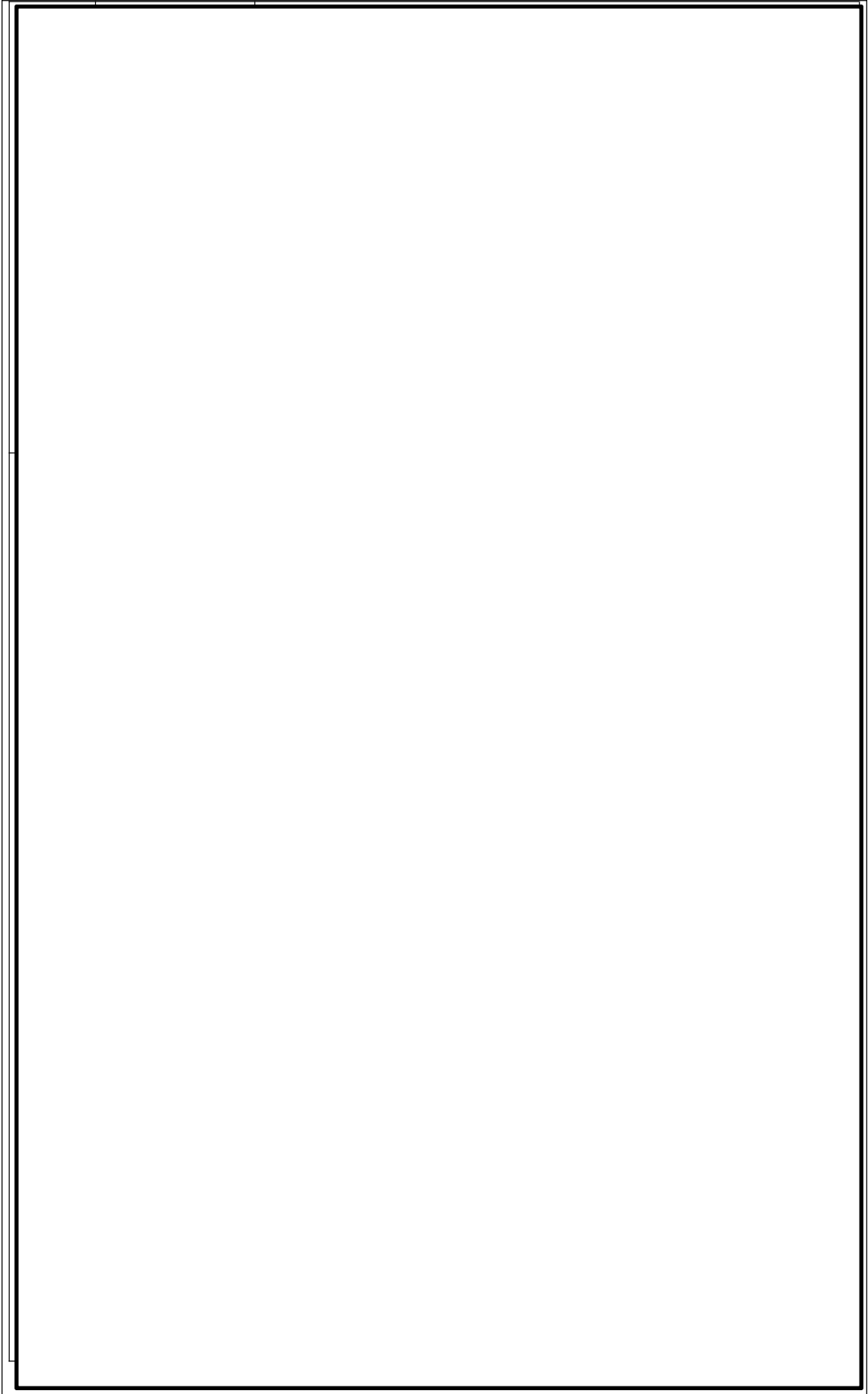
2 辐射防护屏蔽设计

本项目 3 座固定式 X、γ射线探伤房曝光室的屏蔽防护设计见表 10-2，辐射屏蔽防护设计说明见附件 7，3 座 X、γ射线探伤房平面、剖面设计图见附图 3~附图 5。

表 10-2 本项目 3 座固定式 X、γ射线探伤房屏蔽设计参数一览表

|  |
|--|
|  |
|--|





混凝土的密度均为  $3.2\text{g/cm}^3$ 。

### 3 辐射安全措施设计

#### 3.1 固定式 X、 $\gamma$ 射线探伤辐射安全措施设计

为确保辐射安全，保障工业电子加速器、X 射线探伤机及 $\gamma$ 射线探伤机安全运行，公司拟根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）、《无损检测用工业电子加速器工程通用规范》（GB/T 30371-2013）、《粒子加速器辐射防护规定》（GB 5172-1985）、《关于印发<关于 $\gamma$ 射线探伤装置的辐射安全要求>的通知》（环发[2007]8 号）设计相应的辐射安全装置和保护措施，本项目 3 座 X、 $\gamma$ 射线探伤房曝光室内每次探伤仅开启 1 台探伤装置。

##### 3.1.1 辐射防护措施

###### 3.1.1.1 3 座 X、 $\gamma$ 射线探伤房辐射安全措施

（1）安装门机联锁装置。本项目 1#探伤房曝光室的工件门、人员内门及人员外门均拟设计安装门机联锁装置，即使用中的工业电子加速器、X 射线探伤机或 $\gamma$ 射线探伤机与防护门联锁。

本项目 2#、3#探伤房曝光室的工件门、人员内门及人员外门均拟设计安装门机联锁装置，即使用中的 X 射线探伤机或 $\gamma$ 射线探伤机与防护门联锁。

本项目 3 座 X、 $\gamma$ 射线探伤房门机联锁装置的设置均能方便曝光室内部的人员在紧急情况下离开曝光室。在探伤过程中，3 座 X、 $\gamma$ 射线探伤房的工件门或人员门被意外打开时，X 射线探伤机能立刻停止出束， $\gamma$ 射线探伤机能自动回源，关上门不能自动开始照射。

（2）曝光室设计安装指示灯和声音提示装置。1#探伤房曝光室工件门口、人员外门口和内部均同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与使用中的工业电子加速器、X 射线探伤机或 $\gamma$ 射线探伤机联锁。并拟在醒目的位置处均拟设置对“照射”和“预备”信号意义的说明。

2#、3#探伤房曝光室东侧工件门口、西侧工件门口、人员外门口和内部均同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与使用中的 X 射线探伤机或 $\gamma$ 射线探伤机联锁。并拟在醒目的位置处均拟设置对“照射”和“预备”信号意义的说明。

3 座 X、 $\gamma$ 射线探伤房拟设置的“预备”信号能持续足够长的时间，以确保 3

座 X、 $\gamma$ 射线探伤房曝光室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号有明显的区别，并且与工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。探伤工作时，各探伤房曝光室工件门口、人员门口工作状态指示灯箱拟醒目显示“禁止入内”。

(3) 安装监视装置。拟在 1#探伤房曝光室内设计安装 2 个摄像头，在 1#探伤房曝光室迷道内设计安装 1 个摄像头，在 1#探伤房曝光室工件门及人员外门外各设置 1 个摄像头，在 1#探伤房的加速器操作室及探伤机操作室内均拟设有专用的监视器，可监视 1#探伤房曝光室内、迷道内、工件门外、人员门外人员的活动和探伤设备的运行情况。

拟在 2#探伤房曝光室内设计安装 2 个摄像头，在 2#探伤房曝光室迷道内设计安装 1 个摄像头，在 2#探伤房曝光室东侧工件门、西侧工件门及人员外门外各设置 1 个摄像头。在 2#探伤房的操作室内拟设有专用的监视器，可监视 2#探伤房曝光室内、迷道内、东、西侧工件门外、人员门外人员的活动和探伤设备的运行情况。

拟在 3#探伤房曝光室内设计安装 2 个摄像头，在 3#探伤房曝光室迷道内设计安装 1 个摄像头，在 3#探伤房曝光室东侧工件门、西侧工件门及人员外门外各设置 1 个摄像头，在 3#探伤房的操作室内拟设有专用的监视器，可监视 3#探伤房曝光室内、迷道内、工件门外、人员门外人员的活动和探伤设备的运行情况。

(4) 拟在 3 座 X、 $\gamma$ 射线探伤房曝光室工件门及人员门上设置符合标准要求的电离辐射警告标志和中文警示说明，提醒无关人员勿在其附近出入和逗留。

(5) 安装紧急停机按钮。拟在 1#探伤房曝光室东墙及西墙上各设置 5 个紧急停机按钮，在南侧及北侧墙上各设置 1 个紧急停机按钮，在 1#探伤房迷道内设置 1 个紧急停机按钮，在 1#探伤房操作室及加速器操作室的控制台上各设置 1 个紧急停机按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。

拟在 2#、3#探伤房曝光室东墙及西墙上各设置 1 个紧急停机按钮，在南侧及北侧墙上各设置 2 个紧急停机按钮，在 2#、3#探伤房迷道内设置 1 个紧急停机按钮，在 2#、3#探伤房操作室的控制台上设置 1 个紧急停机按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。

本项目 3 座 X、 $\gamma$ 射线探伤房内紧急停机按钮的设置能够使人员处在探伤房曝光室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。紧急停机按钮拟设置标

签，标明使用方法。

(6) 拟在 1#探伤房曝光室南墙、人员内门旁及迷道内人员外门旁各设置 1 个开门开关，在 2#、3#探伤房曝光室东墙、西墙、人员内门旁及迷道内人员外门旁各设置 1 个开门开关，确保发生意外状况时，人员能够及时离开曝光室。

(7) 拟在 3 座 X、 $\gamma$ 射线探伤房曝光室内设计安装固定式场所辐射探测报警装置。本项目 1#探伤房固定式场所辐射探测报警装置的剂量探头拟安装在曝光室内北墙上，辐射探测报警装置的显示装置拟安装在 1#探伤房的操作室内，辐射探测报警装置拟与防护门联锁。

本项目 2#探伤房固定式场所辐射探测报警装置的剂量探头拟安装在曝光室内东南角墙上，辐射探测报警装置的显示装置拟安装在 2#探伤房的操作室内，辐射探测报警装置拟与防护门联锁。

本项目 3#探伤房固定式场所辐射探测报警装置的剂量探头拟安装在曝光室内东北角墙上，辐射探测报警装置的显示装置拟安装在 3#探伤房的操作室内，辐射探测报警装置拟与防护门联锁。

(8) 拟在 1#探伤房加速器操作室及探伤机操作室的控制台上设置钥匙开关，只有在钥匙开关闭合条件下，加速器、X 射线探伤机才能出束或 $\gamma$ 射线探伤机才能出源。

拟在 2#、3#探伤房操作室的控制台处设计钥匙开关，只有在打开钥匙开关后，X 射线探伤机才能出束或 $\gamma$ 射线探伤机才能出源，钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出。

(9) 为确保各探伤房曝光室内每次仅开启 1 台探伤装置，公司拟在 3 座探伤房的电力控制箱内设置功率控制装置，若多台探伤装置同时开启，功率控制装置会立即自动切断探伤机电源，X 射线探伤机或工业电子加速器停止出束， $\gamma$ 射线探伤机自动回源。

(10) 各探伤房曝光室迷道内均拟设置照明装置，便于人员进出曝光室及在紧急情况下逃离曝光室。

在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全措施能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中关于辐射安全系统、安全设施要求。本项目 3 座 X、 $\gamma$ 射线探伤房辐射安全与防护措施分布分别见图 10-5~图 10-7。



图 10-5 本项目 1#探伤房辐射防护措施布置图

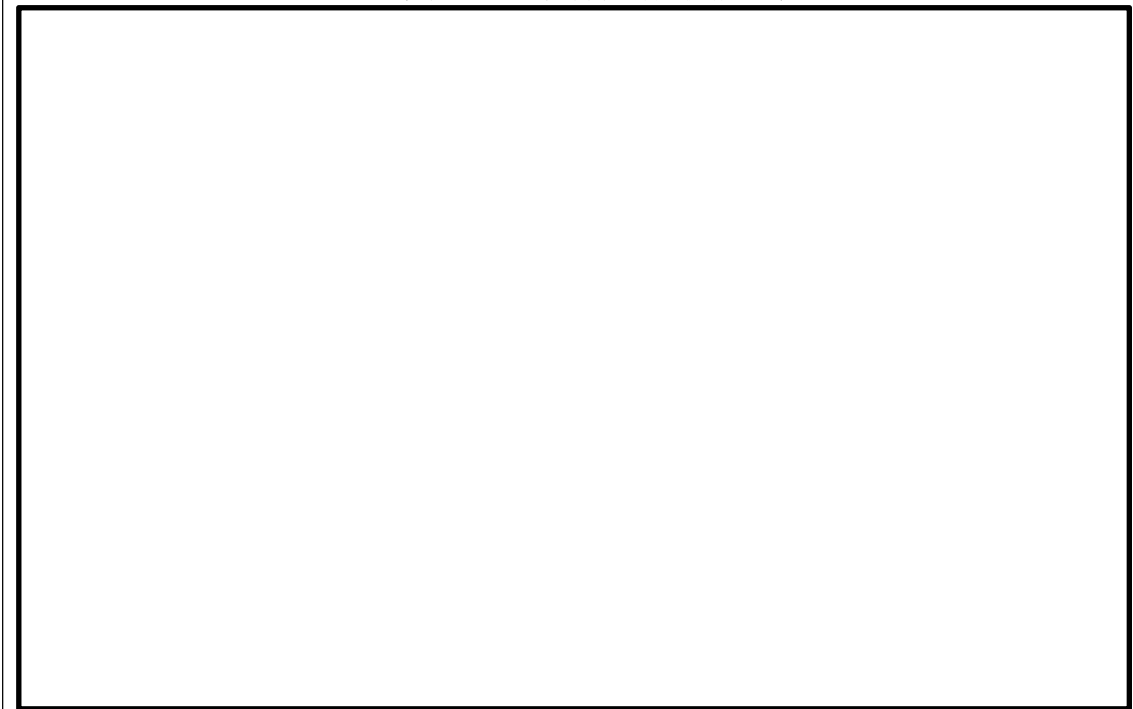


图 10-6 本项目 2#探伤房辐射防护措施布置图

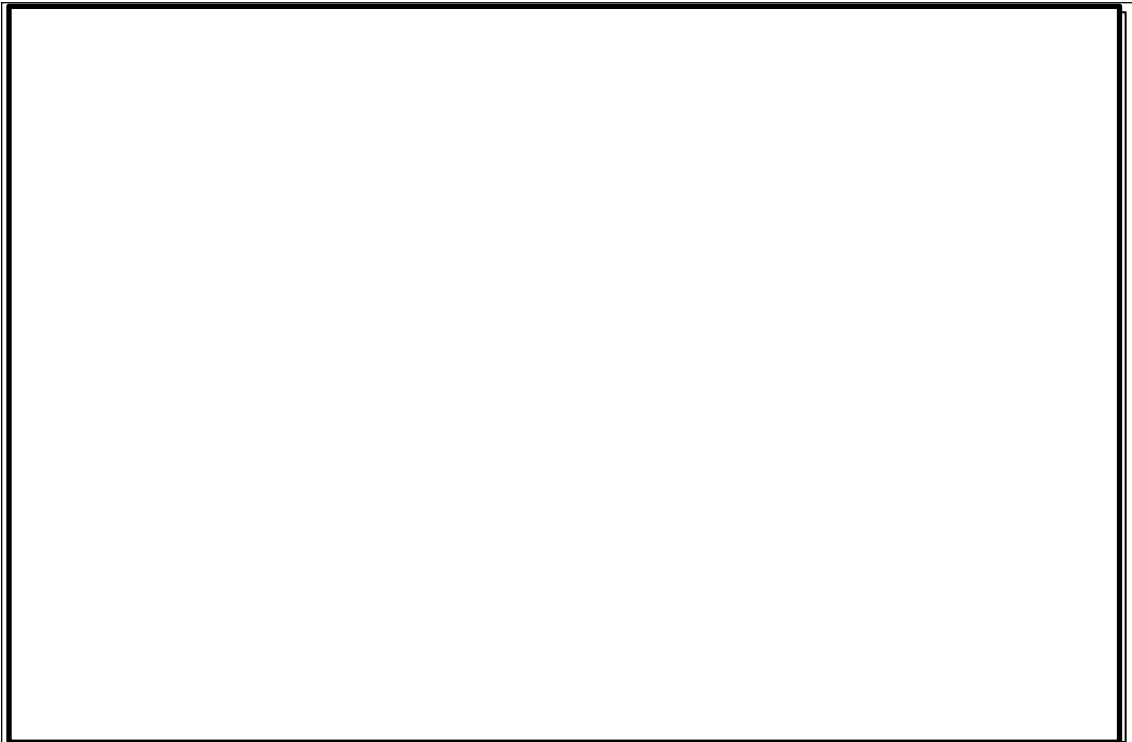


图 10-7 本项目 3#探伤房辐射防护措施布置图

#### 3.1.1.2 放射源暂存库辐射安全措施

- (1) 放射源暂存库防护门上拟设置电离辐射警告标志。
- (2) 放射源暂存库拟采用硫酸钡混凝土建造，结构上防火，放射源暂存库内不存放腐蚀性和爆炸性物品。
- (3) 由 2 名专职人员负责放射源暂存库的管理工作，放射源暂存库实行双人双锁管理，钥匙授权专门的人员保管。
- (4) 放射源暂存库内拟设置 1 个摄像头，监控显示器拟安装在公司 24h 值班室内，供 24h 值班人员巡视和监控。
- (5) 放射源暂存库入口处拟安装红外线报警装置，并与 110 联网，人员非正常进入时发出警报传送至公安系统。
- (6) 定期检查物品清单，确认探伤源、源容器和控制源的存放地点。建立放射源出入库台账，放射源进、出暂存库均进行登记，对 $\gamma$ 探伤机表面进行辐射监测，并记录监测结果。进出台账与监测结果存档。

#### 3.1.1.3 关于 $\gamma$ 探伤的其他安全措施要求

2007 年，针对 $\gamma$ 射线探伤，原国家环保总局发布环发〔2007〕8 号文：关于印发《关于 $\gamma$ 射线探伤装置的辐射安全要求》的通知。本项目对照《关于印发〈关于 $\gamma$ 射线探伤装置的辐射安全要求〉的通知》（环发〔2007〕8 号）中关于 $\gamma$ 射线

探伤的相关要求评价如下：

（1）至少有 1 名以上专职人员负责辐射安全管理工作。---该公司拟设置辐射安全防护管理小组，并有 1 名专职人员负责辐射安全管理工作，符合要求。

（2）必须取得省级环境保护主管部门颁发的辐射安全许可证。---该公司本项目拟在履行环评手续后向省级生态环境主管部门申领辐射安全许可证，符合要求。

（3）探伤装置的安全使用期限为 10 年，禁止使用超过 10 年的探伤装置。---该公司拟在 $\gamma$ 射线探伤装置使用达到使用年限之前及时报废，并将该要求写入探伤设备管理要求，符合要求。

（4）每个月对探伤装置的配件进行检查、维护，每 3 个月对探伤装置的性能进行全面检查、维护，发现问题应及时维修。并做好记录。严禁使用铭牌模糊不清或安全锁、联锁装置、输源管、控制缆、源辨位置指示器等存在故障的探伤装置。---该公司拟制定相应规章制度，使其符合上述要求；并在今后的生产实践过程中严格按照制度执行，严禁使用铭牌模糊不清或安全锁、联锁装置、输源管、控制缆、源辨位置指示器等存在故障的探伤装置，符合要求。

（5）探伤作业时，至少有 2 名辐射工作人员同时在场，每名辐射工作人员应配备一台个人剂量报警仪和个人剂量计。个人剂量计应定期送交有资质的检测部门进行测量，并建立个人剂量档案。---该公司在开展 $\gamma$ 射线探伤时，至少有 3 名辐射工作人员在场；公司拟为从事 $\gamma$ 射线探伤的每名辐射工作人员配备个人剂量计及个人剂量报警仪，个人剂量计定期送检，并建立个人剂量档案，符合要求。

（6）每次探伤工作前，辐射工作人员应检查探伤装置的安全锁、联锁装置、位置指示器、输源管、驱动装置等的性能。---该公司拟制定相关制度，并在制度中明确上述要求，在今后的生产实践过程中严格按照制度执行，符合要求。

（7）更换放射源时，探伤装置使用单位应向所在地省级生态环境主管部门提交《放射性同位素转让审批表》，申请转入放射源。探伤装置使用单位、放射源生产单位应当在转让活动完成之日起 20 日内，分别将 1 份《放射性同位素转让审批表》报送各自所在地省级生态环境主管部门备案。---该公司拟在管理制度内明确上述要求，明确更换放射源时，由厂家人员进行倒源操作，并在今后的工作中严格按照制度实施，符合要求。

（8）明确 2 名以上工作人员专职负责放射源库的保管工作。放射源库设置

红外和监视器等保安设施，源库门为双人双锁。---该公司拟安排 2 名辐射工作人员专职负责放射源暂存库的管理工作，符合要求；放射源暂存库入口处拟安装红外监视摄像头；各放射源暂存库防护门上拟设置两道锁，钥匙分别由 2 名专职辐射工作人员保管，满足源库门为双人双锁管理的要求。

（9）制定探伤装置的领取、归还和登记制度，放射源台账和定期清点检查制度。定期核实探伤装置中的放射源，明确每枚放射源与探伤装置的对应关系，做到账物相符，一一对应。核实时应有 2 人在场，核实记录应妥善保存，并建立计算机管理档案。---该公司拟制定相关的档案管理制度，放射源暂存库拟设置 2 名专职放射源保管员做好放射源领用情况的登记、收集和存档工作，符合要求。

（10）发生或发现辐射事故后，当事人应立即向单位的辐射安全负责人和法定代表人报告。事故单位应根据法规要求，立即向使用地生态环境主管部门、公安部门、卫生主管部门报告。---该公司拟根据上述内容制定辐射事故应急预案，符合要求。

（11）探伤室建筑（包括辐射防护墙、门、辐射防护迷道）的防护厚度应充分考虑 $\gamma$ 射线直射、散射效应。---公司本项目 3 座固定式 X、 $\gamma$ 射线探伤房拟采用硫酸钡混凝土及铅板对 $\gamma$ 射线进行屏蔽，经理论预测，其能够充分屏蔽 $\gamma$ 射线，符合要求。

（12）探伤室应安装固定式辐射剂量仪，剂量率水平应显示在控制机房内，并与门连锁。---公司本项目 3 座固定式 X、 $\gamma$ 射线探伤房曝光室内均拟安装固定式辐射剂量监测探头，辐射探测报警装置的显示装置拟安装在操作室内。在进行探伤时，固定辐射监测系统拟与防护门进行连锁，当辐射剂量超过预定水平时，防护门无法打开，符合要求。

（13）应配置便携式辐射检测报警仪，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。---公司拟为本项目 3 座固定式 X、 $\gamma$ 射线探伤房各配备 2 台个人剂量报警仪，公司拟将报警仪与防护门钥匙、探伤装置的安全锁钥匙串结一起，符合要求。

（14）探伤室工作人员入口门外和被探伤物件出入口门外应设置固定的电离辐射警告标志和工作状态指示灯箱。探伤作业时，应有声音警示，灯箱应醒目显示“禁止入内”。---本项目 3 座固定式 X、 $\gamma$ 射线探伤房曝光室内及工件门上方、人

员门上方各设计安装 1 个工作状态指示灯及声音报警装置，其中工作状态指示灯可显示“预备”和“工作”状态，探伤作业时，有声音警示，灯箱拟醒目显示“禁止入内”，符合要求。

(15)  $\gamma$ 射线探伤室的各项安全措施必须定期检查，并做好记录。---公司拟对本项目 3 座固定式 X、 $\gamma$ 射线探伤房的各项安全措施必须定期检查、记录，并拟在管理制度内明确上述要求，并在今后的工作中严格按照制度实施，符合要求。

### **3.1.2 操作防护措施**

(1) 辐射工作人员在开展检测工作前拟按照《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 中 5.1.2 及 5.2.1.2 要求对本项目各 X、 $\gamma$ 射线探伤房进行检查，重点检查安全联锁、报警设备和警示灯、固定辐射检测仪等是否运行正常。

(2) 辐射工作人员在进入各 X、 $\gamma$ 射线探伤房曝光室时，除佩戴常规个人剂量计外，还拟携带个人剂量报警仪和便携式 X- $\gamma$ 剂量率仪。当剂量率达到设定的报警阈值报警时，辐射工作人员立即退出曝光室，同时防止其他人进入曝光室，并立即向辐射防护负责人报告。

(3) 辐射工作人员拟定期测量各 X、 $\gamma$ 射线探伤房曝光室外周围区域的剂量率水平，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，立即终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。

(4) 交接班或当班使用便携式 X- $\gamma$ 剂量率仪前，拟检查是否能正常工作。如发现便携式 X- $\gamma$ 剂量率仪不能正常工作，则不应开始检测工作。

(5) 辐射工作人员拟正确使用配备的辐射防护装置，如准直器和附加屏蔽，把潜在的辐射降到最低。

(6) 在每一次照射前，辐射工作人员都拟确认探伤房曝光室内部没有人员驻留并关闭防护门。只有在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始检测工作。

### **3.1.3 探伤设施的退役**

当工业电子加速器、X 射线探伤机及 $\gamma$ 射线探伤机不再使用时，公司计划实施退役程序。

(1) 本项目 $\gamma$ 射线探伤机内  $^{60}\text{Co}$ 、 $^{192}\text{Ir}$  及  $^{75}\text{Se}$  密封源退役后仍有较强的放射

性，公司已承诺 $\gamma$ 射线探伤机内  $^{60}\text{Co}$ 、 $^{192}\text{Ir}$  及  $^{75}\text{Se}$  密封源退役后，废源将由原生产厂家回收。放射源购买及报废手续遵照相应审管部门的具体规定，相关文件记录归档保存。

(2) 掺入贫铀的屏蔽装置拟与 $\gamma$ 射线源一样对待，公司承诺掺入贫铀的屏蔽装置由原生产厂家回收。

(3) 公司计划将工业电子加速器及 X 射线探伤机的 X 射线发生器处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构。

(4) 当所有辐射源从现场移走后，公司拟按监管机构要求办理相关手续。

(5) 公司计划对退役场所及相关物品进行全面的辐射监测，以确认现场没有留下放射源，并确认污染状况。

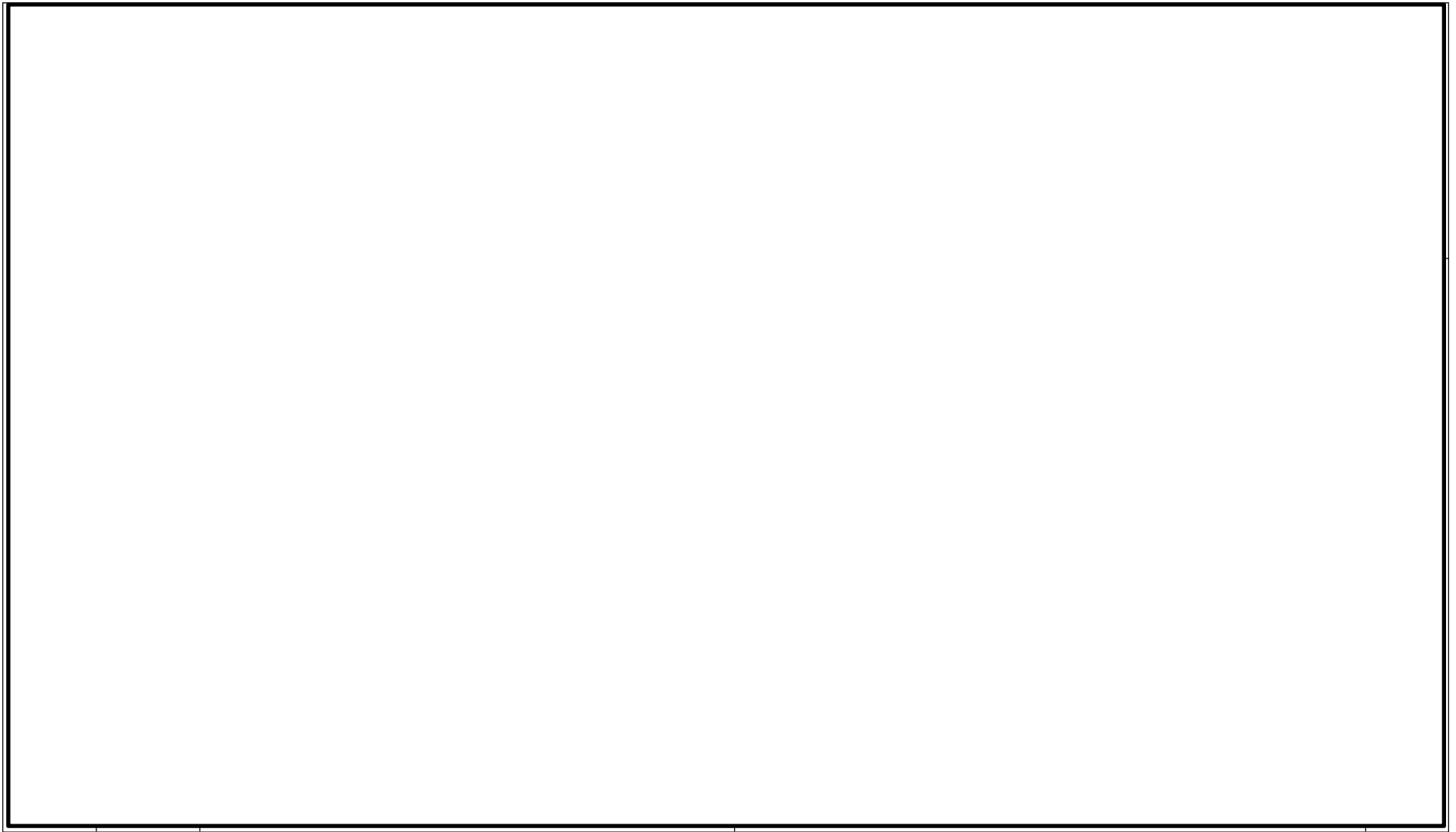
(6) 公司计划清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

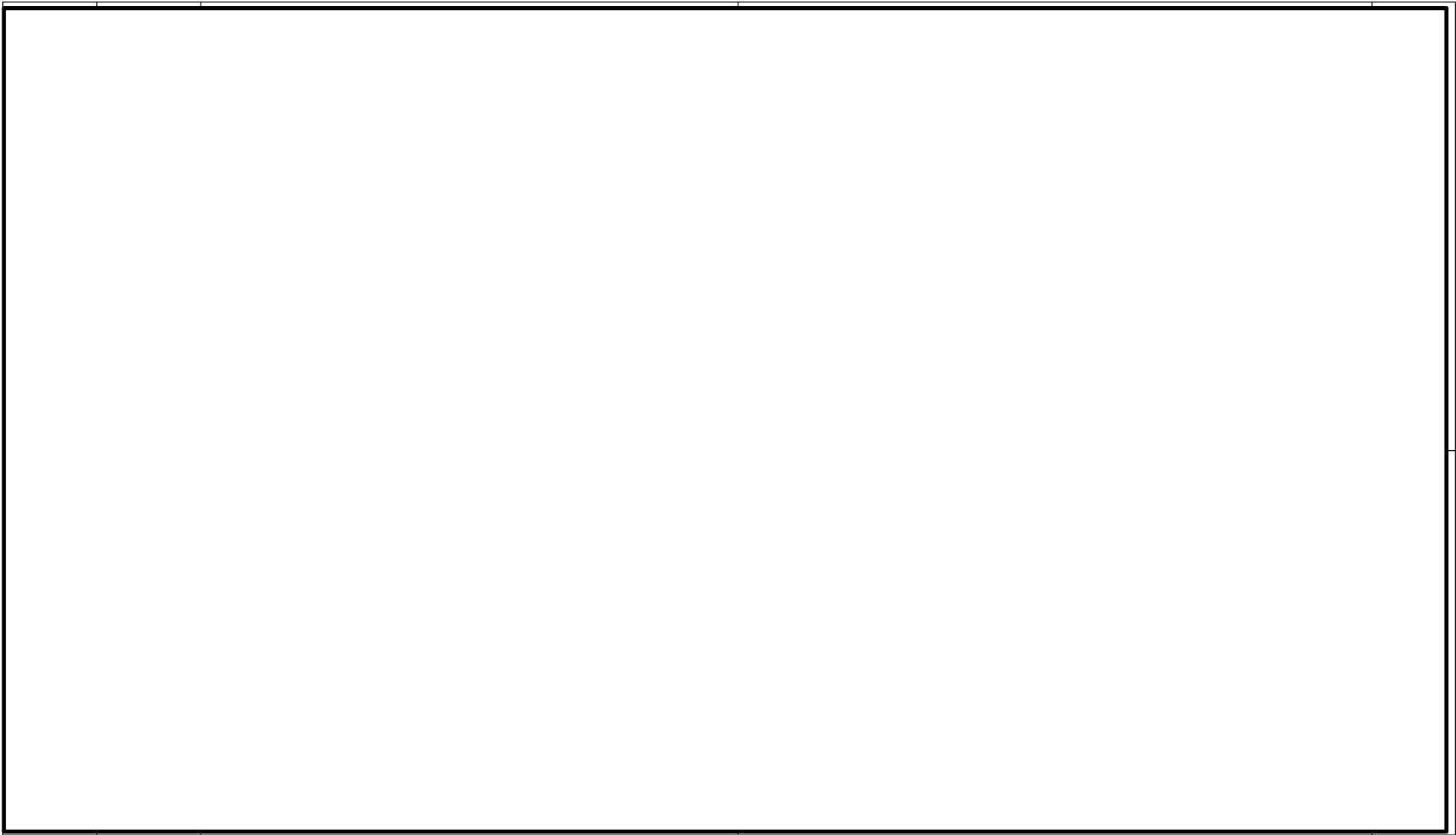
在落实以上辐射安全措施后，本项目辐射安全措施能够满足相关辐射安全要求。

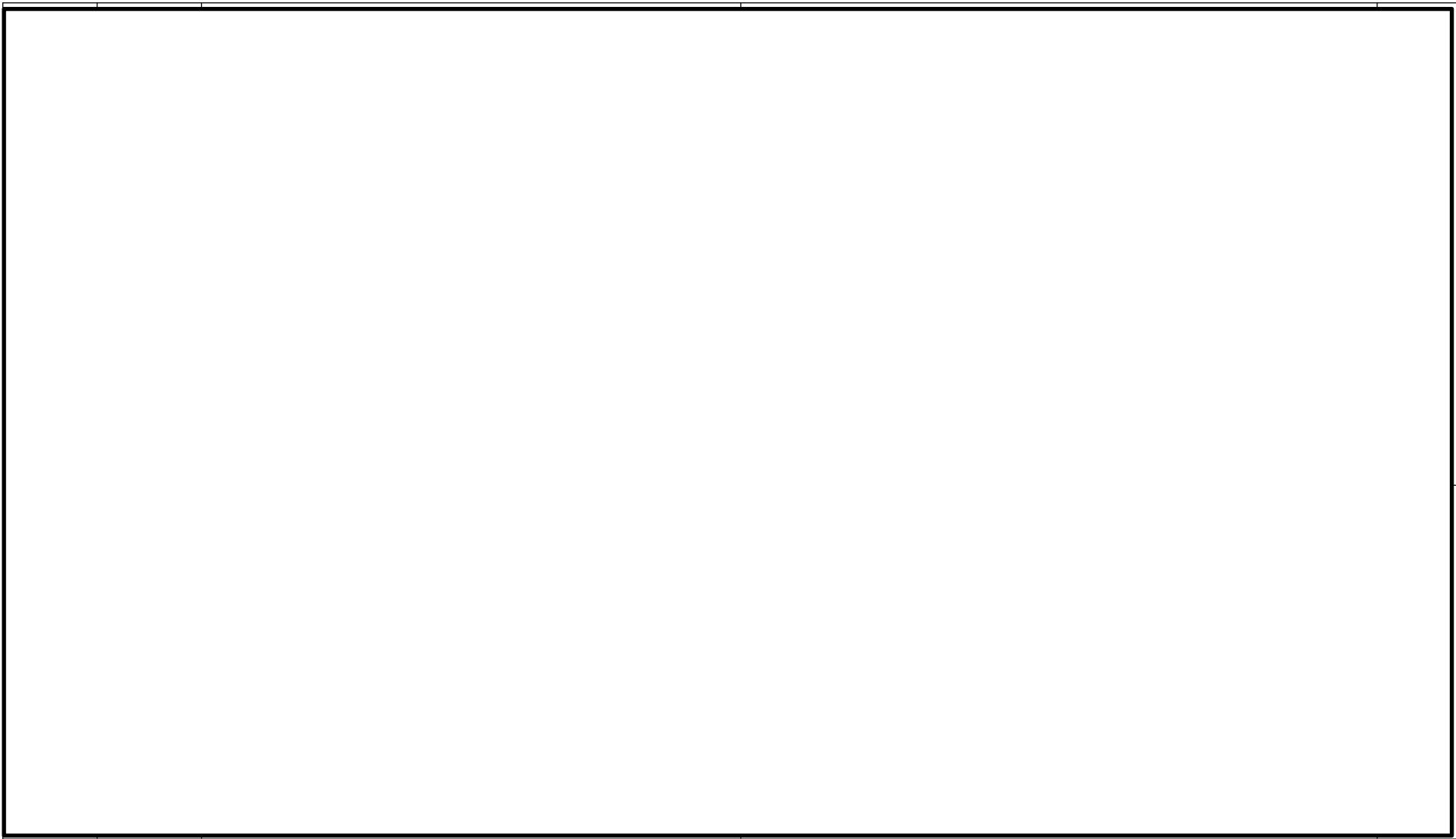
### 3.2 厂区移动式 $\gamma$ 射线移动探伤辐射安全措施

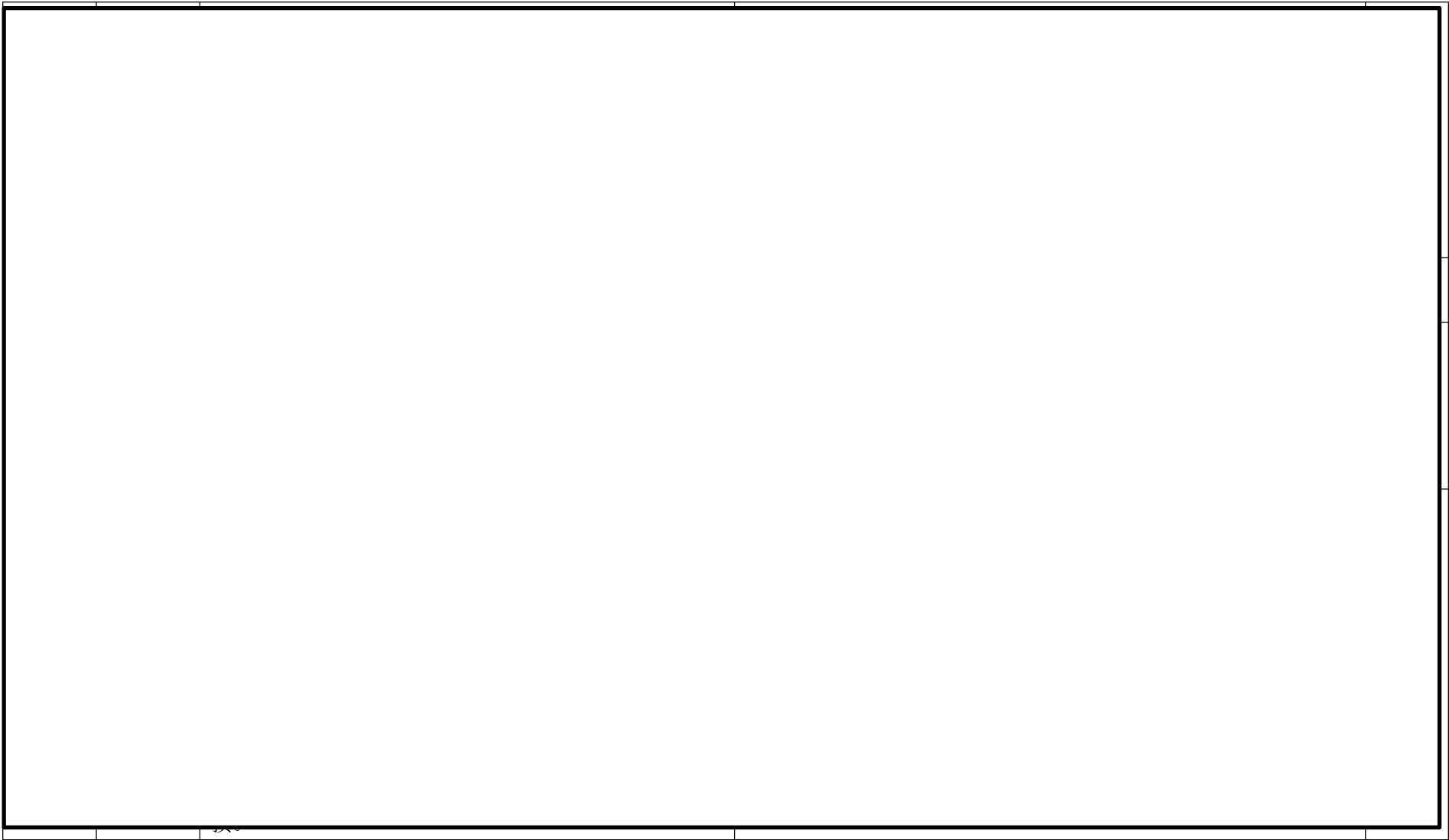
根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)、《关于进一步加强 $\gamma$ 射线移动探伤辐射安全管理的通知》(环办函[2014] 1293 号)及《关于印发<关于 $\gamma$ 射线探伤装置的辐射安全要求>的通知》(环发[2007]8 号)标准要求，本项目移动 $\gamma$ 射线探伤项目拟落实下表 10-3 中的辐射安全和防护措施要求。

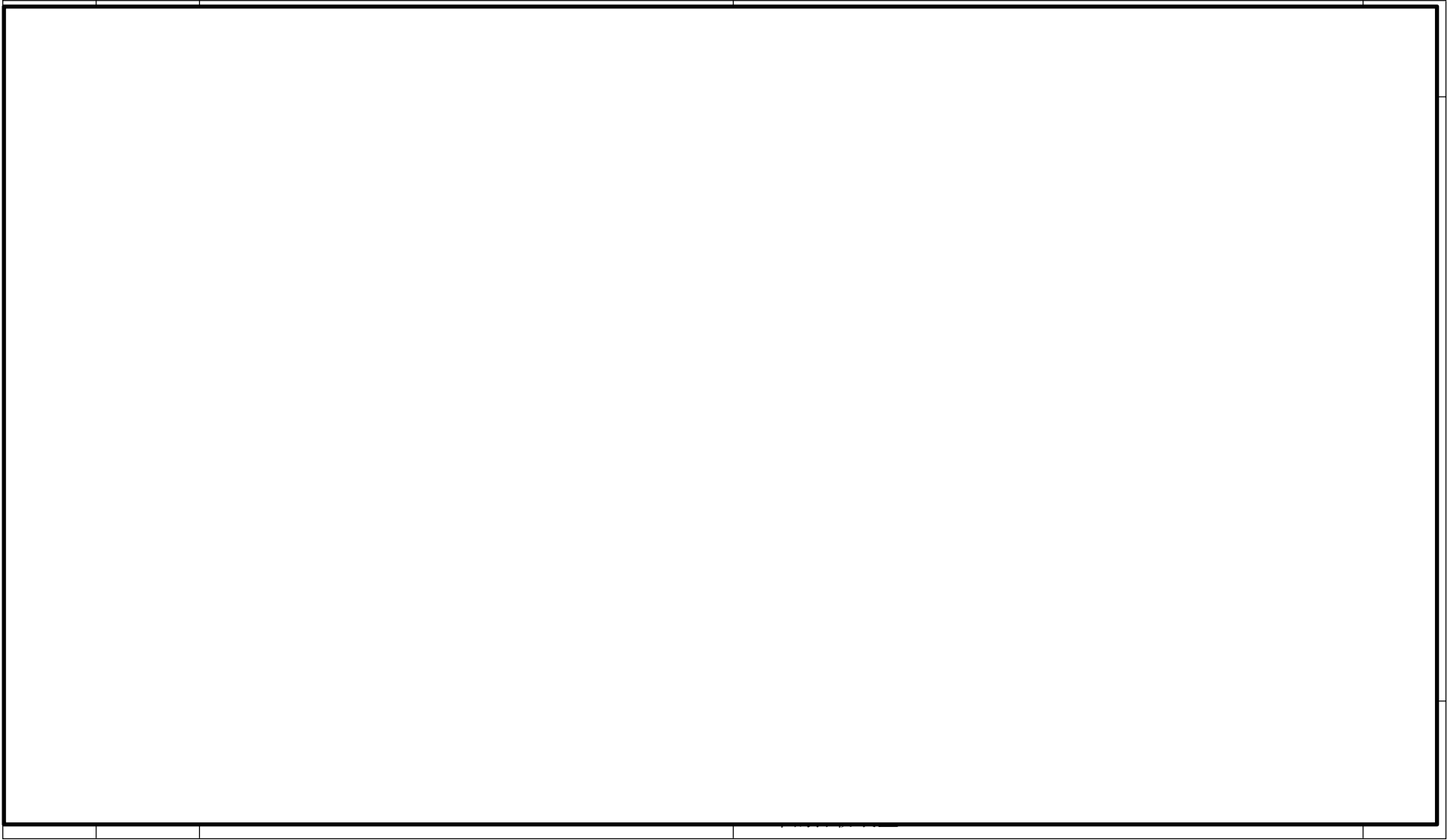


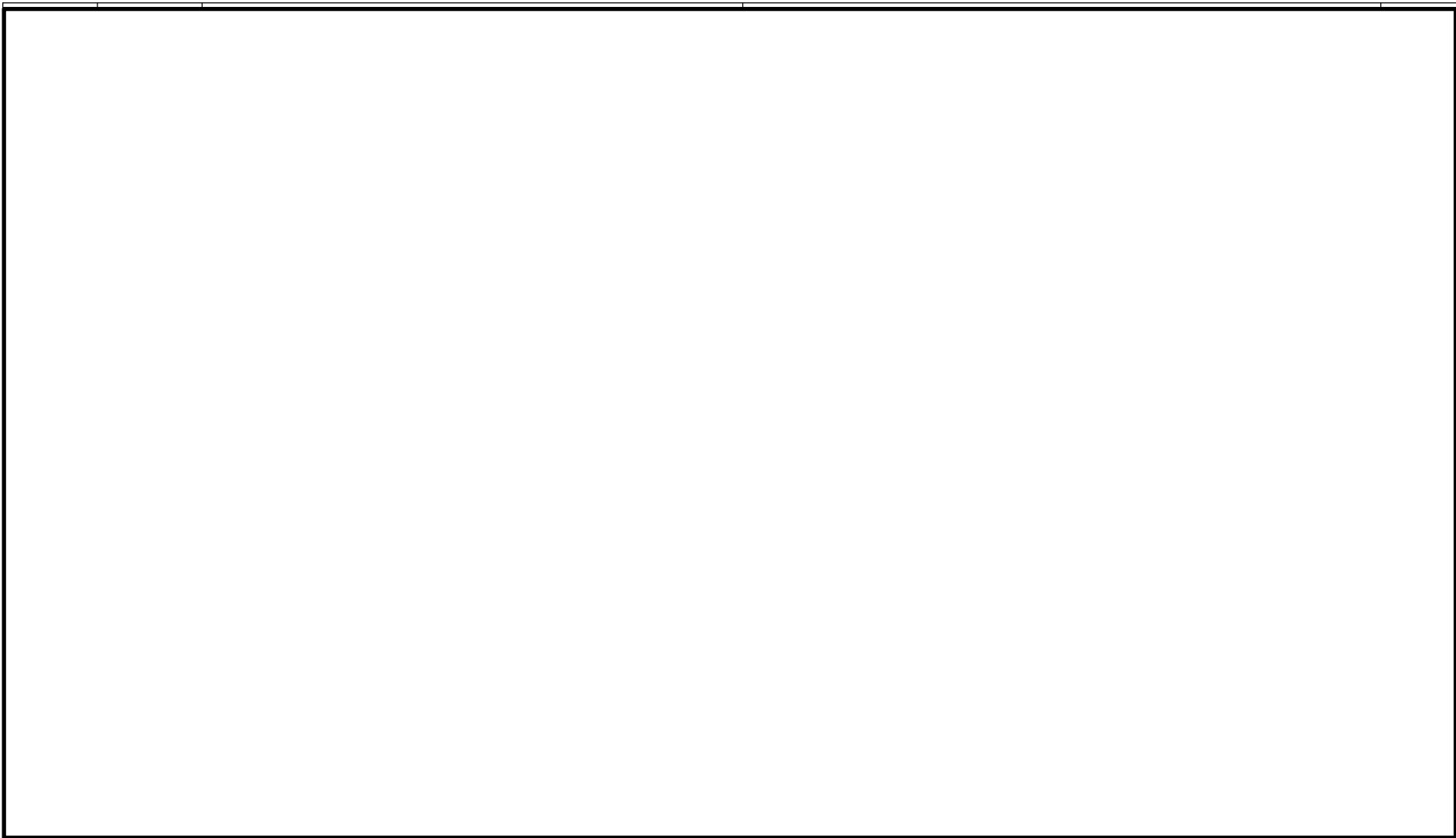












公司拟为本项目移动式 $\gamma$ 射线探伤配备相应的辐射安全设施及设备，具体情况见表 10-4。

表 10-4 本项目移动式 $\gamma$ 射线探伤拟配备的防护用品和监测仪器一览表

|  |
|--|
|  |
|--|

### 三废治理

#### 1 放射性三废

本项目运行过程中没有放射性废水、废气产生。

本项目 $\gamma$ 射线探伤机内  $^{60}\text{Co}$ 、 $^{192}\text{Ir}$  及  $^{75}\text{Se}$  密封源退役后仍有较强的放射性， $\gamma$ 射线探伤机退役时产生的 $\gamma$ 探伤机屏蔽装置（贫铀罐）也具有一定的放射性，公司已承诺 $\gamma$ 射线探伤机内  $^{60}\text{Co}$ 、 $^{192}\text{Ir}$  及  $^{75}\text{Se}$  密封源及贫铀罐退役后，废源及贫铀罐将由原生产厂家回收，承诺书详见附件 4，此举符合生态环境部门的相关管理要求。企业辐射工作人员不进行换源操作，放射源退役时换源由放射源厂家工作人员进行。

#### 2 非放射性三废

公司拟于厂区内西北角新建 1 座危废库（见附图 2），拟将探伤作业时产生的洗片废液、胶片冲洗废水及废胶片暂存于危废库内。公司拟新建的危废库为独立场所，危废库门外拟设置危险废物警告标志及危险废物信息公开栏，整个危废库将按照“防风、防雨、防晒、防泄漏、防流失、防逸散、防火、防盗”的八防要求建设，危废库门上张贴环保标识牌，明确危险废物种类。

公司拟按照《江苏省危险废物集中收集体系建设方案（试行）》（苏环办〔2021〕290 号）和江苏省固体废物管理信息系统等管理规定，制定危险

废物管理计划、建立危险废物管理台账，在全生命周期系统中实时申报危险废物的产生、贮存、转移等相关信息，在系统中打印的危废标志标识按规范要求张贴，实施对危险废物的规范化管理。危废库由专人管理，危废单独收集和贮存。

## 2.1 固体废物

本项目 3 座固定式 X、 $\gamma$ 射线探伤房及移动式 $\gamma$ 射线探伤项目运行后产生的废胶片属《国家危险废物名录（2025 年版）》中编号为 HW16 的危险废物。江苏森永装备科技有限公司已承诺将与有资质单位签订洗片废液及废胶片处理处置合同（见附件 6），探伤过程中产生的废胶片在收集后拟临时贮存于危废库内（详见附图 2），定期交由有资质单位处理处置。

本项目运行后工作人员会产生一定量的生活垃圾，产生的生活垃圾由公司统一收集后，交给环卫部门清运。

## 2.2 废水

本项目 3 座固定式 X、 $\gamma$ 射线探伤房及移动式 $\gamma$ 射线探伤项目运行后产生的显影、定影废液属《国家危险废物名录（2025 年版）》中编号为 HW16 的危险废物，胶片冲洗废水拟按危险废物进行管理处置，不得随意排放。公司已承诺将与有资质单位签订洗片废液及废胶片处理处置合同（见附件 6），探伤过程中产生的显影、定影废液及胶片冲洗废水在收集后拟临时贮存于危废库内（详见附图 2），定期交由有资质单位处理处置。

本项目运行后，工作人员会产生一定量的生活污水，生活污水排入公司污水管网，最终进入污水处理厂处理。

## 2.3 废气

本项目 3 座固定式 X、 $\gamma$ 射线探伤房内的工业电子加速器、X 射线探伤机及 $\gamma$ 射线探伤机工作时产生的 X、 $\gamma$ 射线可使空气电离从而产生少量臭氧和氮氧化物。

本项目 1#探伤房曝光室内东南角及东北角各设置一个地下通风管道，一个为进风管道，一个为排风管道，进风管道室内进风口拟设置在 1#曝光室内东北角离地 10m 高处，排风管道室内出风口拟设置在 1#曝光室内东南角离地 0.4m 高处，进风管道及排风管道均拟采用地下“U”型设计，埋地深度为 600mm，管道尺寸均为 1000mm×600mm；2#探伤房曝光室东南角及西南角各设置一个地下通风管道，一个为进风管道，一个为排风管道，进风管道室内进风口拟设置在 2#曝

光室内东南角离地 8m 高处,排风管道室内出风口拟设置在 2#曝光室内西南角离地 0.4m 高处,进风管道及排风管道均拟采用地下“U”型设计,埋地深度为 600mm,管道尺寸均为 1000mm×630mm; 3#探伤房曝光室东北角及西北角各设置一个地下通风管道,一个为进风管道,一个为排风管道,进风管道室内进风口拟设置在 3#曝光室内东北角离地 8m 高处,排风管道室内出风口拟设置在 3#曝光室内西北角离地 0.4m 高处,进风管道及排风管道均拟采用地下“U”型设计,埋地深度为 600mm,管道尺寸均为 1000mm×630mm。

本项目 3 座 X、 $\gamma$ 射线探伤房曝光室内均拟设置机械通风装置,其中 1#探伤房曝光室净体积约为 4523m<sup>3</sup>,曝光室内拟配备的进风机通风量约为 16000m<sup>3</sup>/h,排风装置的通风量约为 18000m<sup>3</sup>/h,曝光室内通风次数约为 4.0 次/h; 2#、3#探伤房曝光室净体积均约为 1170m<sup>3</sup>,曝光室内拟配备的进风机通风量均约为 5250m<sup>3</sup>/h,排风装置的通风量约为 6200m<sup>3</sup>/h,2#、3#探伤房曝光室内通风次数均约为 5.3 次/h。本项目 1#~3#探伤房曝光室的通风均能够满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)中曝光室每小时有效通风换气次数不小于 3 次的要求。本项目 3 座 X、 $\gamma$ 射线探伤房曝光室内探伤过程中产生的少量臭氧和氮氧化物通过机械通风装置及工件门排放到室外,再经过车间内的排风系统排至外环境,臭氧在常温下 50min 可以自行分解为氧气,对周围环境影响较小。

本项目移动式 $\gamma$ 射线探伤项目的 X、 $\gamma$ 射线机在工作状态时,产生的 X、 $\gamma$ 射线将会使空气电离产生一定量的臭氧和氮氧化物。产生的臭氧和氮氧化物可通过自然通风排入外环境,臭氧常温下 50min 可自行分解为氧气,对环境影响较小。

**表 11 环境影响分析**

**建设阶段对环境的影响**

本项目厂内移动式 $\gamma$ 射线探伤项目无需进行挖掘地基、混凝土浇筑等作业，建设阶段对周围环境无影响。本项目 3 座固定式 X、 $\gamma$ 射线探伤房在建设过程中将产生施工噪声、扬尘和建筑垃圾污染，对环境会产生如下影响：

大气：本项目在建设施工期需进行的挖掘地基等作业，各种施工将产生地面扬尘，另外机械和运输车辆作业时排放废气和扬尘，但这些方面的影响仅局限在施工现场附近区域。针对上述大气污染采取以下措施：a.及时清扫施工场地，并保持施工场地一定的湿度；b.车辆在运输建筑材料时尽量采取遮盖、密闭措施，以减少沿途抛洒；c.施工路面保持清洁、湿润，减少地面扬尘，本项目 3 座固定式 X、 $\gamma$ 射线探伤房施工面积约为 1250m<sup>2</sup>，在施工过程中，对照《施工场地扬尘排放标准》（DB32/ 4437-2022），在施工场地设置 1 个扬尘排放监测点位；d.对施工机械和车辆燃油造成的废气排放污染应引起重视，应要求其燃用符合国家标准的高热值清洁燃料，安装尾气净化器，尽量减少废气污染物的排放。

噪声：整个建筑施工阶段，建筑设备在运行中将产生不同程度的噪声，对周围环境造成一定的影响。在施工时严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）的标准，尽量使用噪声低的先进设备，同时严禁夜间进行强噪声作业，如因工艺特殊情况要求，需在夜间施工而产生环境噪声污染时，按照《中华人民共和国噪声污染防治法》的规定，需取得当地人民政府或有关主管部门的证明，并公告附近居民。

固体废物：项目施工期间，产生一定量以建筑垃圾为主的固体废弃物，委托有资质的单位清运，并做好清运工作中的装载工作，防止建筑垃圾在运输途中散落。

废水：项目施工期间，有一定量含有泥浆的建筑废水产生，对这些废水进行初级沉淀处理，并经隔渣后排放。

公司在施工阶段计划采取上述污染防治措施，将施工期的影响控制在公司局部区域，对周围环境影响较小。

**运行阶段对环境的影响**

**1 辐射环境影响分析**

**1.1 X 射线固定探伤辐射环境影响分析**

**1.1.1 工业电子加速器探伤时辐射影响分析**

#### 1.1.1.1 1#探伤房主屏蔽区域设计合理性分析

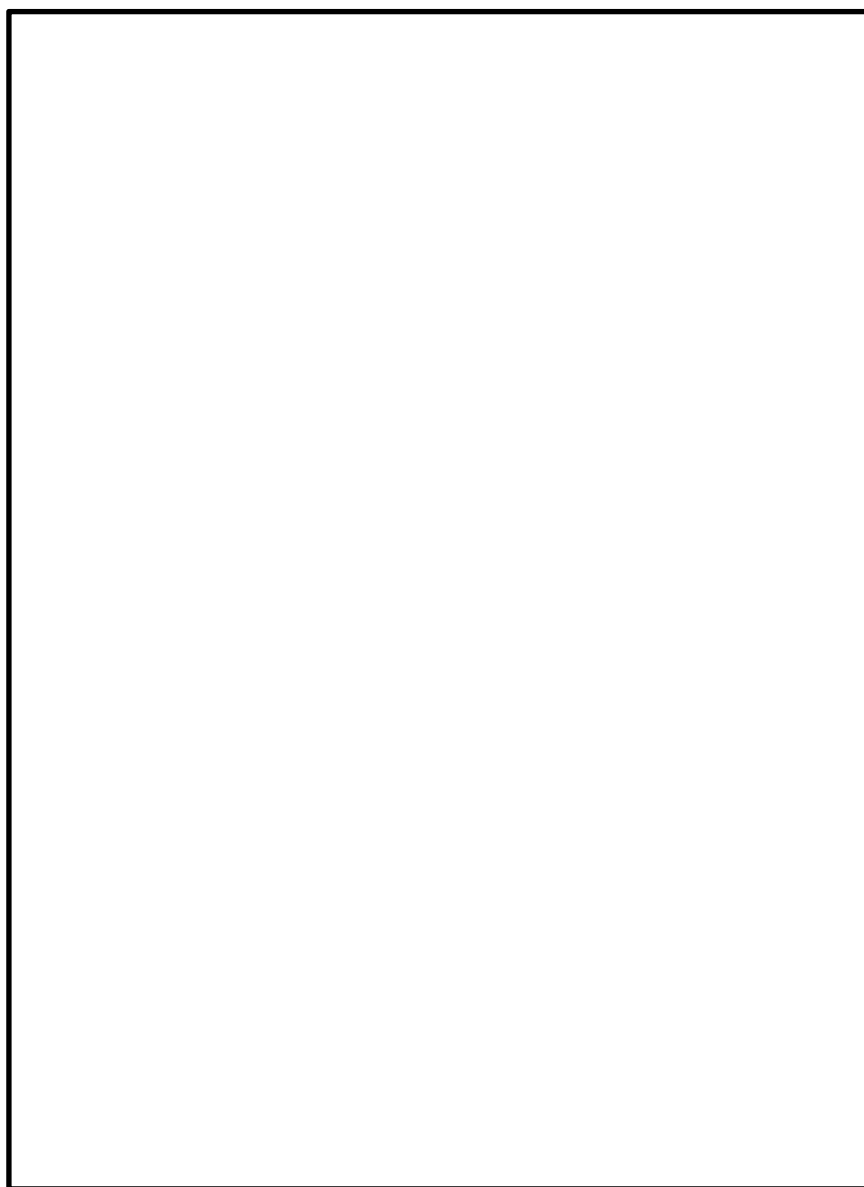
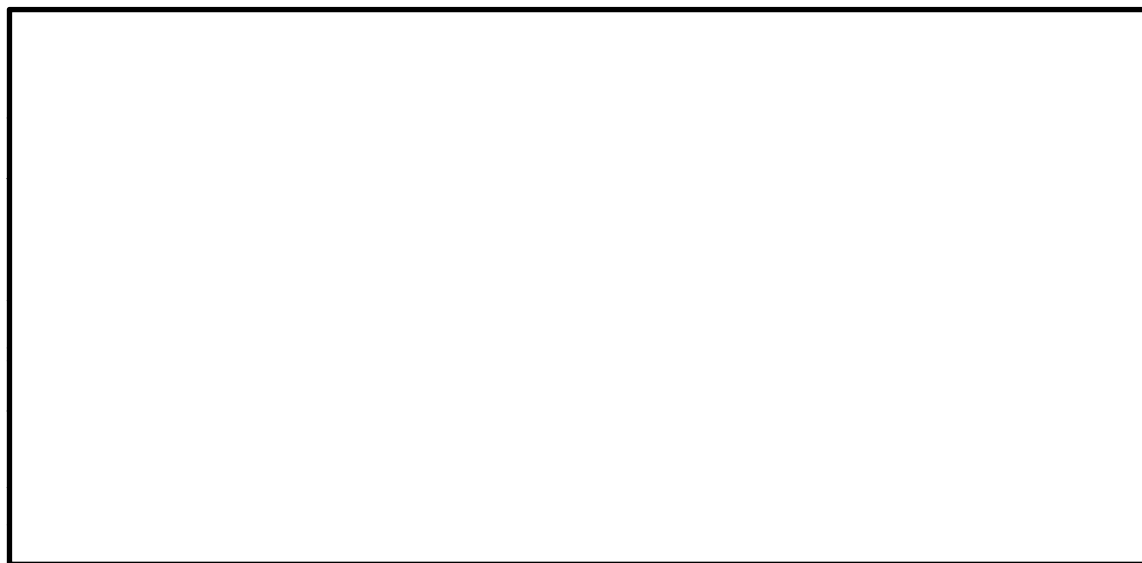




图 11-1 1#探伤房加速器计算示意图

1.1.1.1.1 主屏蔽区域宽度设计合理性



1.1.1.1.2 主屏蔽区域高度设计合理性



### 1.1.1.2 主射线及漏射线辐射影响预测公式

拟建 1#探伤房曝光室东墙为工业电子加速器主射线区域，其它各侧墙壁及防护门均为次屏蔽，主要受到从工业电子加速器管中漏出来的泄漏 X 射线和被工件及屏蔽墙散射后的散射 X 射线影响，散射 X 射线剂量一般不超过泄漏辐射的剂量。根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录 A，对于能量大于 3MeV 的 X 射线其散射一次后能量为 0.5MeV，经散射后的次级 X 射线能量远小于初级 X 射线能量，因此散射线对各侧次屏蔽墙外的辐射影响远小于漏射线，故本环评仅预测评价主屏蔽墙对主射线的防护以及次屏蔽墙对泄漏 X 射线的防护效果。

参考《辐射防护导论》P102 公式（3.51），本项目工业电子加速器的主射线及漏射线辐射影响预测计算模式采用下面的计算公式：

$$H_M = \frac{B_X \cdot D_0 \cdot f}{1.67 \times 10^{-2} \cdot d^2} \quad (11-1)$$

式中：  $H_M$ ——参考点处剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$D_0$ ——离靶 1m 处 X 射线的空气吸收剂量率， $\mu\text{Gy/min}$ ；

$f$ ——对有用射束取 1，对泄漏辐射取泄漏辐射比率 0.1%；

$d$ ——参考点至工业电子加速器机头的距离，m。

$B_X$ ——X 射线在混凝土中的屏蔽透射率屏蔽透射比，按公式（11-2）计算：

$$B_X = 10^{-\left(1 + \frac{S - T_l}{T_e}\right)} \quad (11-2)$$

$S$ ——屏蔽体的厚度，cm；

$T_l$ 、 $T_e$ ——分别为第一个十分之一值层厚度和平衡时的十分之一值层厚度，cm； $T_l$ 取值参考《无损检测用工业电子加速器工程通用规范》（GB/T 30371-2013）附录 C 图 C.1，对混凝土，本项目  $T_l$  取 22.5cm， $T_e$  取 20cm。

### 1.1.1.3 理论计算结果

表 11-1 1#探伤房曝光室工业电子加速器屏蔽计算结果

注：①d<sub>东墙主屏蔽</sub>=工业电子加速器机头距离东侧主屏蔽墙的最近距离 3.8m+墙厚 1.6m+参考点 0.3m=5.7m

$d_{\text{东墙次屏蔽}} = \text{工业电子加速器机头距离东侧次屏蔽墙的距离 } 12.1\text{m} + \text{参考点 } 0.3\text{m} = 12.4\text{m}$

$$d_{\text{南墙、北墙}} = \text{工业电子加速器机头距离南墙/北墙的最短距离 } 5.0\text{m} + \text{墙厚 } 1.3\text{m} + \text{参考点 } 0.3\text{m} = 6.6\text{m}$$

d<sub>西墙 6.8m 以下</sub> = 工业电子加速器机头距离西墙的最近距离 2.5m + 墙厚 1.3m + 参考点 0.3m = 4.1m

$d_{\text{西墙 6.8m 以上}} = \text{工业电子加速器机头距离西墙 6.8m 以上的距离 } 10.7\text{m} + \text{参考点 } 0.3\text{m} = 11.0\text{m}$

$$d_{\text{工件门}} = \text{工业电子加速器机头距离南墙的最近距离 } 5.0\text{m} + \text{墙厚 } 1.3\text{m} + \text{门厚 } 1.3\text{m} + \text{参考点 } 0.3\text{m} = 7.9\text{m}$$
$$d_{\text{人员门}} = \text{工业电子加速器机头距离西墙的最近距离 } 2.5\text{m} + \text{墙厚 } 1.3\text{m} + \text{迷道 } 1.0\text{m} + \text{墙厚 } 1.3\text{m} + \text{参考点 } 0.3\text{m} = 6.4\text{m}$$
$$d_{\text{顶部}} = \text{工业电子加速器机头距离顶部的最近距离 } 6.0\text{m} + \text{墙厚 } 1.0\text{m} + \text{参考点 } 0.3\text{m} = 7.3\text{m}$$

②本项目硫酸钡混凝土的密度不低于 3.2g/cm<sup>3</sup>，混凝土的密度为 2.35g/cm<sup>3</sup>，通过密度换算可得出不同厚度的硫酸钡混凝土对应的混凝土厚度。

从表 11-1 中预测结果可以看出，DZ-2/200 型工业电子加速器满功率运行时，曝光室四周墙体、工件门外的最大辐射剂量率约为 0.002μSv/h，顶部外最大辐射剂量率小于 0.001μSv/h，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5μSv/h 及无人员到达的探伤室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平为 100μSv/h”的要求。

#### 1.1.1.4 天空反散射分析

从表 11-1 中预测结果可以看出，DZ-2/200 型工业电子加速器满功率运行时，曝光室顶部 30cm 处的最大辐射剂量率小于 0.001μSv/h，穿透顶部屏蔽体后的 X 射线在经大气散射返回地面后的辐射剂量率将更低，叠加 1#探伤房曝光室四周墙体外最大辐射剂量率后，关注点总剂量约为 0.002μSv/h，能够满足“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5μSv/h”的要求。

#### 1.1.1.5 电子加速器迷道散射辐射影响分析

本项目 1#探伤房曝光室采用“Z”型外迷道设计，利用散射降低人员门入口处的辐射水平，避免 X 射线直接照射迷道外人员门入口，迷道及射线进入迷道后散射示意图见图 11-2。散射公式见（11-3）（美国辐射防护委员会 NCRP51 号报告）。

$$H_j = \frac{H_0}{d_s^2} \cdot \left( \frac{\alpha_1 A_1}{d_{r1}^2} \right) \cdot \left( \frac{\alpha_2 A_2}{d_{r2}^2} \right) \cdot \left( \frac{\alpha_j A_j}{d_{rj}^2} \right) \quad (11-3)$$

式中： $H_j$ —经  $j$  次散射后迷道口处的辐射剂量率，（μSv/h）；

$H_0$ —距靶点 1m 的辐射剂量率（μSv·m<sup>2</sup>/h）；

$\alpha_1$ —X 射线第一个散射体的散射系数，取  $5 \times 10^{-3}$ ；

$\alpha_2$ —随后从屏蔽层材料表面散射出来的 X 射线的散射系数（假设对以后所有散射过程是相同的），取  $2 \times 10^{-2}$ ；

$A_1$ —X 射线入射到第一散射物质的散射面积，m<sup>2</sup>；

$A_2$ 、 $A_j$ —迷道的截面积，m<sup>2</sup>；

$d_s$ —X 射线辐射源到第一散射体的距离，m；

$d_{r1}$ 、 $d_{r2}$ ... $d_{rj}$  ---迷道内各处中心线的散射距离（近似取每段迷路的长度），m；

$j$ —指第  $j$  个散射过程。

散射示意图见图 11-2。

图 11-2 工业电子加速器迷道散射示意图

迷道散射的计算参数及结果如下：

表 11-2 曝光室迷道散射计算

从表 11-2 中预测结果可以看出，经过迷道内外人员门屏蔽后，迷道外人员门口处的剂量率约为 0.003 $\mu$ Sv/h，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5 $\mu$ Sv/h”的要求。

#### 1.1.2 X 射线探伤机探伤时辐射影响分析

本项目 1#探伤房曝光室内拟配备 5 台 X 射线探伤机（最大管电压 350kV，最大管电流 5mA），1#探伤房曝光室内的周向机拟朝向东墙、西墙、顶部及底部照射，定向机拟朝向东墙或顶部照射。2#探伤房曝光室内拟配备 7 台 X 射线探伤机（最大管电压 350kV，最大管电流 5mA），2#探伤房曝光室内的周向机拟朝南墙、北墙、顶部及底部照射，定向机拟朝南墙或顶部照射。3#探伤房曝光室内拟配备 7 台 X 射线探伤机（最大管电压 350kV，最大管电流 5mA），3#探伤房曝光室内的周向机拟朝南墙、北墙、顶部及底部照射，定向机拟朝向北墙或顶部照射。本项目 3 座探伤房曝光室内每次均仅开启 1 台探伤机进行探伤。计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的计算公式。

##### 1.1.2.1 有用射束方向屏蔽效果预测公式

计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中有用线束屏蔽估算的计算公式：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \quad (11-4)$$

式中： $\dot{H}$ ：关注点处剂量率， $\mu$ Sv/h；

$I$ ：X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA；

$H_0$ ：距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu$ Sv·m<sup>2</sup>/(mA·h)，取值参考《工

业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的附录表 B.1，保守以 300kV 及 400kV 下 X 射线管输出量较大值（20.9mGy·m<sup>2</sup>/（mA·min）及 23.5mGy·m<sup>2</sup>/（mA·min））进行插值计算得到，本项目 350kV 的 X 射线管 1m 处的输出量取 22.2mGy·m<sup>2</sup>/（mA·min）；

$R$ ：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

$B$ ：屏蔽透射因子，因《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中 B.2 无 350kV 对应的屏蔽透射曲线，因此取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的表 B.2，通过 300kV 及 400kV 管电压下混凝土对应的 TVL 值进行插值计算得到 350kV 管电压下混凝土的 TVL 值为 100mm，铅的 TVL 值为 6.95mm，然后按公式（11-5）计算得出：

$$B=10^{-X/TVL} \quad (11-5)$$

式中： $X$ ：屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL：屏蔽材料的十值层厚度。

#### 1.1.2.2 非有用线束屏蔽效果预测公式

非有用线束方向预测计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中非有用线束屏蔽估算的计算公式：

##### ① 泄漏辐射

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \quad (11-6)$$

式中： $\dot{H}$ ：关注点处剂量率，μSv/h；

$\dot{H}_L$ ：距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，μSv/h，取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的表 1；

$R$ ：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

$B$ ：屏蔽透射因子，取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的表 B.2，通过 300kV 及 400kV 管电压下混凝土对应的 TVL 值进行插值计算得到 350kV 管电压下混凝土的 TVL 值为 100mm，再按公式（11-5）计算得出。

② 散射辐射

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \quad (11-7)$$

式中： $\dot{H}$ ：关注点处剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$I$ ：X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA；

$H_0$ ：距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ，本项目 350kV 的 X 射线管 1m 处的输出量取  $22.2 \text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ ；

$B$ ：屏蔽透射因子，按《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中表 2 确定  $90^\circ$  散射辐射的射线能量，按表 2 确定 250kV 管电压下混凝土相应的 TVL 值为 90mm，然后按公式（11-2）计算得出；

$F$ ： $R_0$  处的辐射野面积， $\text{m}^2$ ；

$\alpha$ ：散射因子，入射辐射被单位面积（ $1 \text{m}^2$ ）散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比。与散射物质有关，在未获得相应物质的  $\alpha$  值时，可以用水的  $\alpha$  值保守估计，取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的附录 B 表 B.3；计算公式中的  $R_0^2 / F \cdot \alpha$  因子根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 中 B.4.2 中给出的值（150kV 取 60、200kV~400kV 取 50）取 50；

$R_s$ ：散射体至关注点的距离，m；

$R_0$ ：辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，m。

### 1.1.2.3 理论计算结果

#### 1.1.2.3.1 1#探伤房理论计算结果

本项目 1#探伤房曝光室内每次仅开启 1 台探伤机进行探伤，本次评价选取 RD-3505TH 型周向 X 射线探伤机满功率运行时的工况进行预测，其最大管电压为 350kV，最大管电流为 5mA。本次评价将曝光室东墙、西墙、人员门及顶部按照有用线束照射进行预测计算，将曝光室南墙、北墙及工件门均按照非有用线束照射进行预测计算，预测时取探伤机离地距离约为 2.5m，距四周墙面最近距离约为 2m。将相关参数代入公式（11-4）~（11-7），计算结果见表 11-3 及表 11-4。

表 11-3 有用线束方向屏蔽墙屏蔽效果预测表

②R: 本项目探伤机工作时在曝光室位置非固定不变, 有一定的移动范围, 因此本项目探伤机距墙体的距离取探伤机到东、西侧墙体的最小距离 2m, 距地面 2.5m 进行计算:

$$R_{\text{车侧次屏蔽}} = \text{出束口到东侧次屏蔽墙的垂直距离 } 2.6\text{m} + \text{墙体厚度 } 1.0\text{m} + \text{参考点 } 0.3\text{m} = 3.9\text{m};$$
$$R_{\text{西墙 } 10.5\text{m 以上}} = \text{出束口到西墙 } 10.5\text{m 以上的垂直距离 } 2.3\text{m} + \text{墙体厚度 } 1.0\text{m} + \text{参考点 } 0.3\text{m} = 3.6\text{m};$$

$R_{\text{顶部}}$  = 出束口到顶部的距离  $10.5\text{m} + \text{墙体厚度 } 1.0\text{m} + \text{参考点 } 0.3\text{m} = 11.8\text{m}$ 。

③本项目硫酸钡混凝土的密度不低于  $3.2\text{g/cm}^3$ ，混凝土的密度为  $2.35\text{g/cm}^3$

厚度的硫酸钡混凝土对应的混凝土厚度。

[illegible]



#### 1.1.2.3.2 2#探伤房理论计算结果

表 11-5 有用线束方向屏蔽墙屏蔽效果预测表

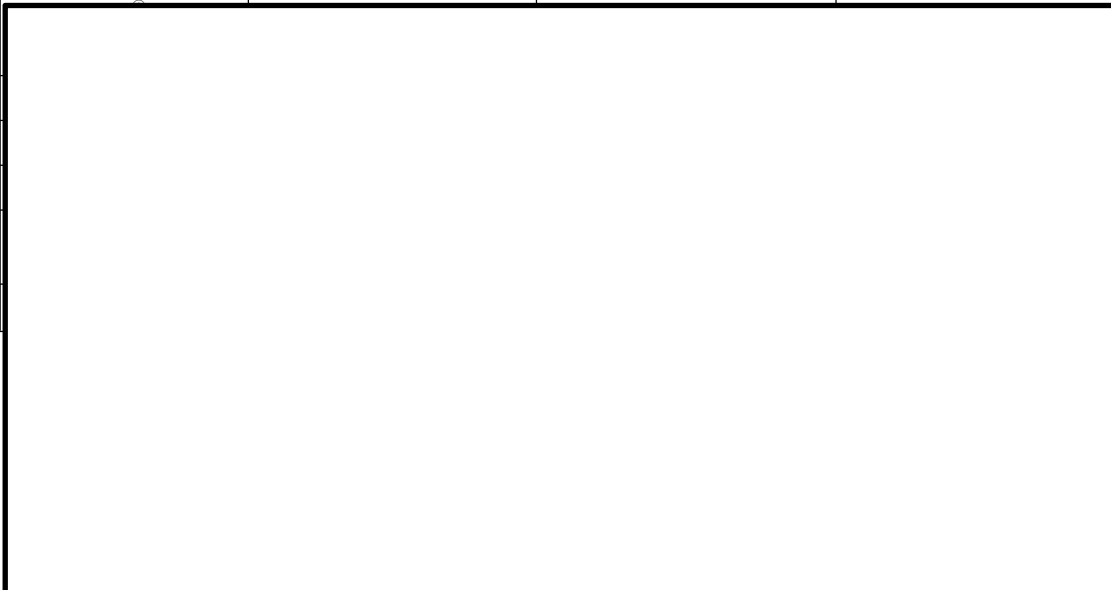


表 11-6 非有用线束方向屏蔽墙屏蔽效果预测表



①R：本项目探伤机工作时在曝光室位置非固定不变，有一定的移动范围，因此本项目探伤机距墙体的距离取探伤机到墙体的最小距离 2.0m 进行计算：

$R_{\text{东墙、西墙}} = \text{出束口到东侧（西侧）墙体的距离 } 2.0\text{m} + \text{墙体厚度 } 0.8\text{m} + \text{参考点 } 0.3\text{m} = 3.1\text{m}$

$R_{\text{东侧工件门、西侧工件门}} = \text{出束口到东侧（西侧）墙体的距离 } 2.0\text{m} + \text{墙厚 } 0.8\text{m} + \text{门厚 } 0.8\text{m} + \text{参考点 } 0.3\text{m} = 3.9\text{m}$

②Rs 值为工件到关注点距离，由于工件大小不定，因此保守取探伤机出束口到关注点的距离

③本项目硫酸钡混凝土的密度不低于  $3.2\text{g/cm}^3$ ，混凝土的密度为  $2.35\text{g/cm}^3$ ，通过密度换算可得出不同厚度的硫酸钡混凝土对应的混凝土厚度。

从表 11-5 及表 11-6 中预测结果可知，当本项目 RD-3505TH 型周向 X 射线探伤机满功率运行时，曝光室四周墙体及工件门外 30cm 处的最大辐射剂量率小于  $0.001\mu\text{Sv/h}$ ，顶部外 30cm 处的最大辐射剂量率约为  $0.001\mu\text{Sv/h}$ ，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$  及无人员到达的曝光室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平为  $100\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

### 1.1.2.3.3 3#探伤房理论计算结果

本项目 3#探伤房曝光室内每次仅开启 1 台探伤机进行探伤，本次评价选取 RD-3505TH 型周向 X 射线探伤机满功率运行时的工况进行预测，其最大管电压为 350kV，最大管电流为 5mA。本次评价将曝光室南墙、北墙及顶部按照有用线束照射进行预测计算，将曝光室东墙、西墙、东侧工件门及西侧工件门均按照非有用线束照射进行预测计算，预测时取探伤机离地距离约为 2m，距四周墙面最近距离约为 2m。将相关参数代入公式（11-4）~（11-7），计算结果见表 11-7 及表 11-8。

表 11-7 有用线束方向屏蔽墙屏蔽效果预测表

|  |
|--|
|  |
|--|

$$R_{\text{顶部}} = \text{出束口到顶部的距离 } 7.5\text{m} + \text{墙体厚度 } 0.6\text{m} + \text{参考点 } 0.3\text{m} = 8.4\text{m}$$

表 11-8 非有用线束方向屏蔽墙屏蔽效果预测表

77

（GBZ/T 250-2014）中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$  及无人员到达的曝光室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平为  $100\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

#### 1.1.2.4 天空反散射分析

本项目 1#探伤房曝光室内 RD-3505TH 型周向 X 射线探伤机满功率运行时，曝光室顶部 30cm 处的最大辐射剂量率小于  $0.001\mu\text{Sv/h}$ ，穿透顶部屏蔽体后的 X 射线在经大气散射返回地面后的辐射剂量率将更低，叠加 1#探伤房曝光室四周墙体外最大辐射剂量率后，关注点总剂量小于  $0.001\mu\text{Sv/h}$ ；2#、3#探伤房曝光室内 RD-3505TH 型周向 X 射线探伤机满功率运行时，曝光室顶部 30cm 处的最大辐射剂量率均约为  $0.001\mu\text{Sv/h}$ ，穿透顶部屏蔽体后的 X 射线在经大气散射返回地面后的辐射剂量率将更低，分别叠加 2#、3#探伤房曝光室四周墙体外最大辐射剂量率后，关注点总剂量均约为  $0.001\mu\text{Sv/h}$ 。

因此本项目 3 座固定式 X、 $\gamma$ 射线探伤房天空反散射均能够满足“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

#### 1.1.2.5 迷道散射辐射影响分析

本项目 1#探伤房曝光室采用“Z”型迷道设计，2#、3#探伤房迷道拟采用“L”型迷道设计，利用散射降低人员门入口处的辐射水平，避免 X 射线直接照射迷道外人员门入口，迷道及射线进入迷道后散射示意图见图 11-3~图 11-5，散射计算公式见（11-3），迷道散射的计算参数及结果见表 11-9。



图 11-3 1#探伤房 X 射线探伤迷道散射示意图

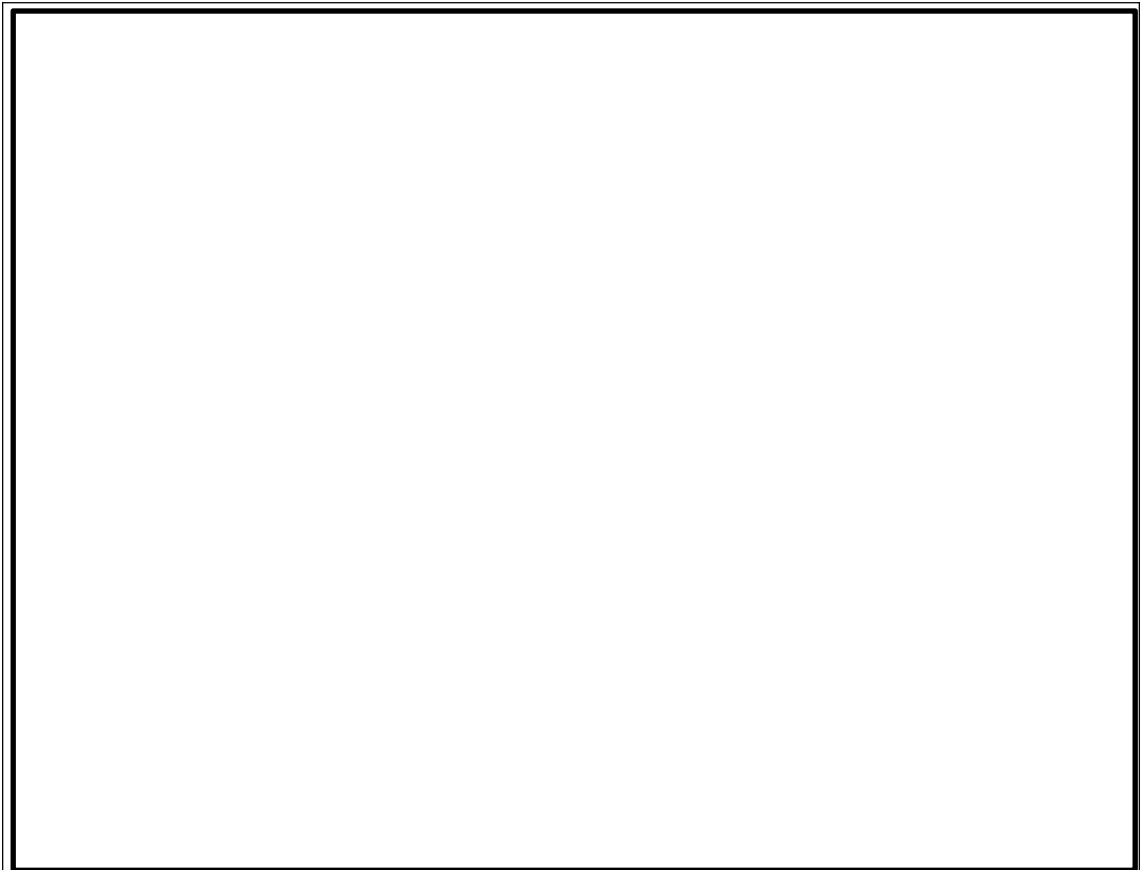


图 11-4 2#探伤房 X 射线探伤迷道散射示意图

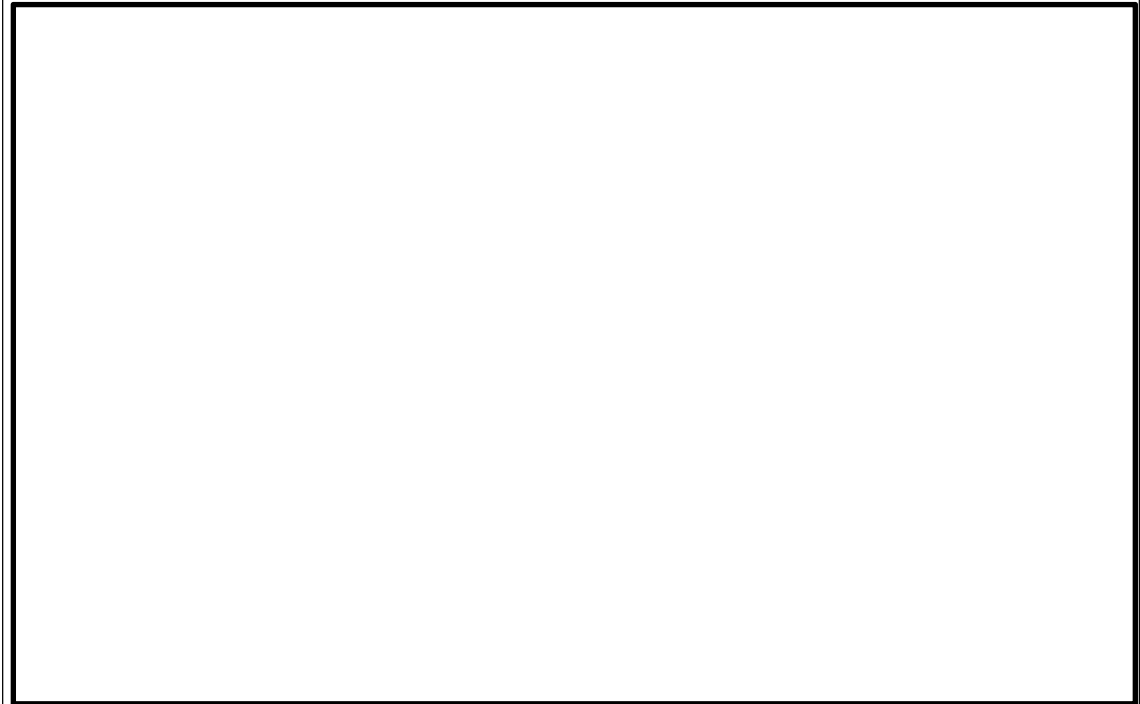


图 11-5 3#探伤房 X 射线探伤迷道散射示意图

表 11-9 本项目 3 座 X、 $\gamma$ 射线探伤房 X 射线迷道散射计算

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|  |  |  |  |
|--|--|--|--|

从表 11-9 中预测结果可以看出，经过迷道人员门屏蔽后，3 座 X、 $\gamma$ 射线探伤房迷道外人员门入口处的剂量率均小于  $0.001\mu\text{Sv/h}$ ，均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

### 1.1.3 $\gamma$ 射线固定探伤辐射环境影响分析

#### 1.1.3.1 预测计算模式

$\gamma$ 射线辐射影响预测采用《辐射防护导论》（方杰编） $\gamma$ 点源周围剂量当量率计算公式，计算出参考点的周围剂量当量率  $\dot{K}_0$ ：

$$\dot{K}_0 = \frac{A \cdot \Gamma_K \cdot B}{r^2} \quad (11-8)$$

式中：  $\dot{K}_0$  ---- 参考点的周围剂量当量率， $\mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ ；

$A$  ---- 放射源活度，Bq；

$\Gamma_K$  ---- 周围剂量当量率常数，通过查阅《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）表 A.1， $^{60}\text{Co}$  放射源的  $\Gamma_K = 0.35\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{MBq} \cdot \text{h})$ ， $^{192}\text{Ir}$  放射源的  $\Gamma_K = 0.17\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{MBq} \cdot \text{h})$ ， $^{75}\text{Se}$  放射源的  $\Gamma_K = 0.072\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{MBq} \cdot \text{h})$ ；

$r$  ---- 参考点到放射源的距离， $m$ ；

B ----屏蔽透射因子，根据屏蔽体厚度 X， $\gamma$ 射线在相应材质屏蔽体中的半值层厚度 HVL，按公式  $B=2^{-X/HVL}$  计算。根据 GBZ117-2022 表 A.2， $^{60}\text{Co}$  对混凝土的半值层为 70mm， $^{192}\text{Ir}$  对混凝土的半值层为 50mm， $^{75}\text{Se}$  对混凝土的半值层为 30mm。

利用上述公式（11-8）计算有屏蔽体情况下参考点的周围剂量当量率  $\dot{K}_0$ 。

### 1.1.3.2 理论计算结果

#### 1.1.3.2.1 1#探伤房理论计算结果

本项目 1#探伤房曝光室内拟采用 100Ci 的  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ 射线探伤机、100Ci 的  $^{192}\text{Ir}$   $\gamma$ 射线探伤机及 100Ci 的  $^{75}\text{Se}$   $\gamma$ 射线探伤机进行探伤。由于  $^{60}\text{Co}$  核素最大能量为 1.33MeV，大于  $^{192}\text{Ir}$  核素最大能量为 0.672MeV 及  $^{75}\text{Se}$  的最大能量 0.279MeV，因此 1#探伤房辐射影响预测选取 1 台  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ 射线探伤机，额定装源活度为  $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$  进行评价。正常检测工作中工件运至曝光室，放射源被放置在工件内进行照射。根据 1#探伤房设计参数，按公司探伤时实际工作情况，1#探伤房内  $\gamma$ 射线探伤机照射头距离各侧屏蔽墙的最短距离均为 2.0m，距离地面的最大高度为 2.5m，参考点距离各屏蔽墙、屋顶及防护门表面的距离均为 30cm。将相关参数代入公式（11-8），1#探伤房曝光室屏蔽墙外辐射防护水平理论计算结果见表 11-10。

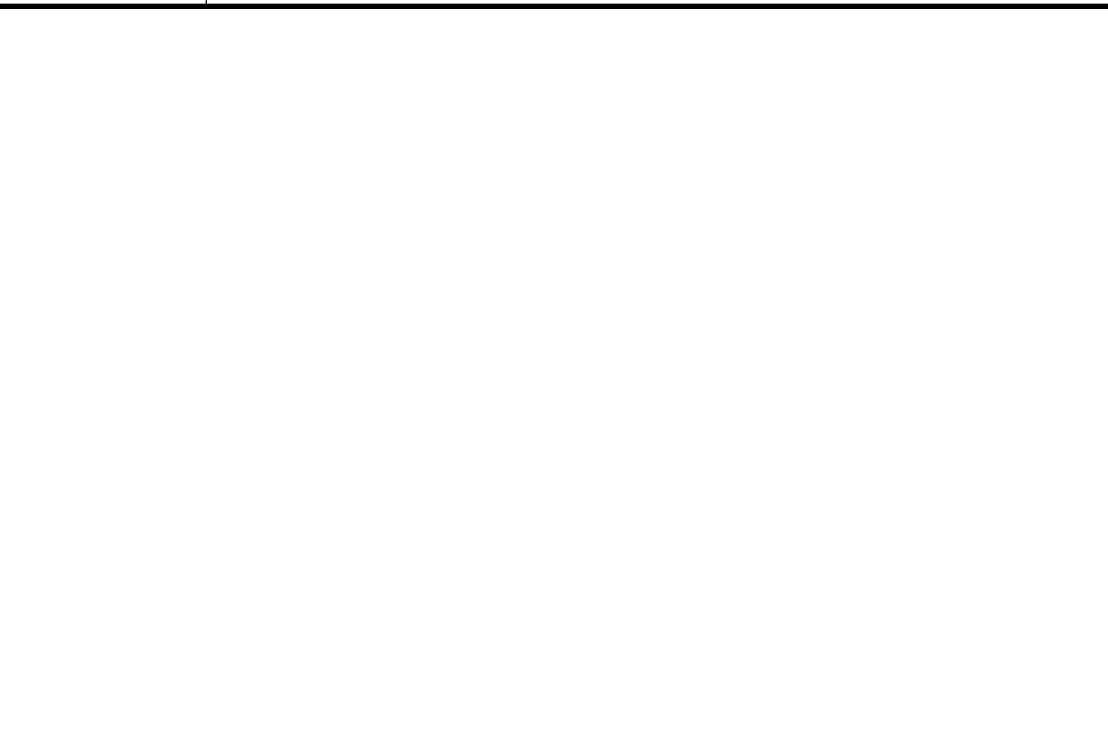
表 11-10 1#探伤房曝光室 $\gamma$ 射线探伤各侧墙体屏蔽计算

This image shows a completely blank white rectangular area. It is surrounded by a thin, solid black border that frames the entire content. There are no markings, text, or illustrations present on the page.

根据表 11-10 的计算结果,当 1#探伤房曝光室内开启 1 台活度为  $3.7 \times 10^{12} \text{Bq}$  的  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ 射线探伤机探伤时,曝光室各侧屏蔽墙体和工件门外最大辐射剂量率约为  $0.002 \mu\text{Sv/h}$ ,顶部外最大辐射剂量率约为  $0.013 \mu\text{Sv/h}$ ,满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于  $2.5 \mu\text{Sv/h}$  及无人员到达的曝光室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平为  $100 \mu\text{Sv/h}$ ”的管理目标要求。

#### 1.1.3.2.2 2#探伤房理论计算结果

本项目 2#探伤房曝光室内拟采用 100Ci 的  $^{192}\text{Ir}$   $\gamma$ 射线探伤机及 100Ci 的  $^{75}\text{Se}$   $\gamma$ 射线探伤机进行探伤。由于  $^{192}\text{Ir}$  核素最大能量为 0.672MeV，大于  $^{75}\text{Se}$  核素的最大能量 0.279MeV，因此 2#探伤房辐射影响预测选取 1 台  $^{192}\text{Ir}$   $\gamma$ 射线探伤机，额定装源活度为  $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$  进行评价。正常检测工作中工件运至曝光室，放射源被放置在工件内进行照射。根据 2#探伤房设计参数，按公司探伤时实际工作情况，2#探伤房内  $\gamma$ 射线探伤机照射头距离各侧屏蔽墙的最短距离均为 2.0m，距离地面的最大高度为 2.5m，参考点距离各屏蔽墙、屋顶及防护门表面的距离均为 30cm。将相关参数代入公式（11-8），2#探伤房曝光室屏蔽墙外辐射防护水平理论计算结果见表 11-11。

表 11-11 2#探伤房曝光室 $\gamma$ 射线探伤各侧墙体屏蔽计算

|  |
|--|
|  |
|--|

根据表 11-11 的计算结果，当 2#探伤房曝光室内开启 1 台活度为  $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$  的  $^{192}\text{Ir}$   $\gamma$ 射线探伤机探伤时，曝光室各侧屏蔽墙体和工件门外最大辐射剂量率约为  $0.018\mu\text{Sv/h}$ ，顶部外最大辐射剂量率约为  $0.107\mu\text{Sv/h}$ ，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$  及无人员到达的曝光室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平为  $100\mu\text{Sv/h}$ ”的管理目标要求。

#### 1.1.3.2.3 3#探伤房理论计算结果

本项目 3#探伤房曝光室内拟采用 100Ci 的  $^{192}\text{Ir}$   $\gamma$ 射线探伤机及 100Ci 的  $^{75}\text{Se}$   $\gamma$ 射线探伤机进行探伤。由于  $^{192}\text{Ir}$  核素最大能量为  $0.672\text{MeV}$ ，大于  $^{75}\text{Se}$  核素的最大能量  $0.279\text{MeV}$ ，因此 3#探伤房辐射影响预测选取 1 台  $^{192}\text{Ir}$   $\gamma$ 射线探伤机，额定装源活度为  $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$  进行评价。正常检测工作中工件运至曝光室，放射源被放置在工件内进行照射。根据 3#探伤房设计参数，按公司探伤时实际工作情况，3#探伤房内  $\gamma$ 射线探伤机照射头距离各侧屏蔽墙的最短距离均为 2.0m，距离地面的最大高度为 2.0m，参考点距离各屏蔽墙、屋顶及防护门表面的距离均为 30cm。将相关参数代入公式（11-8），3#探伤房曝光室屏蔽墙外辐射防护水平理论计算结果见表 11-12。

表 11-12 3#探伤房曝光室  $\gamma$ 射线探伤各侧墙体屏蔽计算

|  |
|--|
|  |
|--|

根据表 11-12 的计算结果，当 3#探伤房曝光室内开启 1 台活度为  $3.7 \times 10^{12} \text{Bq}$  的  $^{192}\text{Ir}$   $\gamma$ 射线探伤机探伤时，曝光室各侧屏蔽墙体和工件门外最大辐射剂量率约为  $0.018 \mu\text{Sv/h}$ ，顶部外最大辐射剂量率约为  $0.107 \mu\text{Sv/h}$ ，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于  $2.5 \mu\text{Sv/h}$  及无人员到达的曝光室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平为  $100 \mu\text{Sv/h}$ ”的管理目标要求。

#### 1.1.3.3 天空反散射分析

根据表 11-10~表 11-12 中预测结果，1#探伤房曝光室内开启 1 台活度为  $3.7 \times 10^{12} \text{Bq}$  的  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ 射线探伤机探伤时，1#探伤房曝光室顶部 30cm 处的最大辐射剂量率约为  $0.013 \mu\text{Sv/h}$ ，穿透顶部屏蔽体后的 X 射线在经大气散射返回地面后的辐射剂量率将更低，叠加 1#探伤房曝光室四周墙体外最大辐射剂量率后，关注点总剂量小于  $0.015 \mu\text{Sv/h}$ 。

2#、3#探伤房曝光室内开启 1 台活度为  $3.7 \times 10^{12} \text{Bq}$  的  $^{192}\text{Ir}$   $\gamma$ 射线探伤机探伤时，2#、3#探伤房曝光室顶部 30cm 处的最大辐射剂量率均约为  $0.107 \mu\text{Sv/h}$ ，穿透顶部屏蔽体后的 X 射线在经大气散射返回地面后的辐射剂量率将更低，叠加 2#、3#探伤房曝光室四周墙体外最大辐射剂量率后，关注点总剂量小于  $0.125 \mu\text{Sv/h}$ 。

因此本项目 3 座固定式 X、 $\gamma$ 射线探伤房 $\gamma$ 射线天空反散射均能够满足“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于  $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

#### 1.1.3.4 迷道散射辐射影响分析

本项目 1#探伤房曝光室采用“Z”型迷道设计，2#、3#探伤房迷道拟采用“L”型迷道设计，利用散射降低人员门入口处的辐射水平，避免 $\gamma$ 射线直接照射迷道外人员门入口，迷道及射线进入迷道后散射示意图见图 11-3~图 11-5，散射计算公式见（11-3），迷道散射的计算参数及结果见表 11-13。

表 11-13 本项目 3 座 X、 $\gamma$ 射线探伤房 $\gamma$ 射线迷道散射计算

|  |
|--|
|  |
|--|

根据表 11-13 计算结果可知，经过迷道人员门屏蔽后，1#探伤房迷道外人员门入口处的剂量率约为  $0.066\mu\text{Sv/h}$ ，2#、3#探伤房迷道外人员门入口处的剂量率均约为  $0.006\mu\text{Sv/h}$ ，均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

#### 1.1.4 通风管道、电缆管道、防护门缝隙处辐射防护评价

本项目 1#探伤房曝光室内东南角及东北角各设置一个地下通风管道，一个

为进风管道，一个为排风管道，进风管道及排风管道均拟采用地下“U”型设计，埋地深度均为 600mm，管道尺寸均为 1000mm×600mm，通风管道的设置不破坏曝光室的屏蔽效果；2#探伤房曝光室东南角及西南角各设置一个地下通风管道，一个为进风管道，一个为排风管道，进风管道及排风管道均拟采用地下“U”型设计，埋地深度为 600mm，管道尺寸均为 1000mm×630mm，通风管道的设置不破坏曝光室的屏蔽效果；3#探伤房曝光室东北角及西北角各设置一个地下通风管道，一个为进风管道，一个为排风管道，进风管道及排风管道均拟采用地下“U”型设计，埋地深度为 600mm，管道尺寸均为 1000mm×630mm，通风管道的设置不破坏曝光室的屏蔽效果。3 座探伤房曝光室内 X 射线经过 U 型埋地管道至少 3 次散射到达通风管道口处。根据《辐射防护导论》第 189 页“实例证明，如果一个能使辐射至少散射三次以上的迷道，是能保证迷道口工作人员的安全”，由此可推断通风管道口处的辐射剂量率能够满足标准要求。通风管道散射示意图见图 11-6。



图 11-6 本项目 3 座固定式 X、 $\gamma$ 射线探伤房通风管道散射示意图

本项目 1#探伤房曝光室西墙拟设置 U 型地下穿墙电缆管道，电缆管道直径约为 160mm，埋地深度约为 500mm，电缆管道的设置均未破坏曝光室的屏蔽墙体；2#探伤房曝光室北墙拟设置 U 型地下穿墙电缆管道，电缆管道直径约为 160mm，埋地深度约为 500mm，电缆管道的设置均未破坏曝光室的屏蔽墙体；3#探伤房曝光室南墙拟设置 U 型地下穿墙电缆管道，电缆管道直径约为 160mm，埋地深度约为 500mm，电缆管道的设置均未破坏曝光室的屏蔽墙体。3 座固定式 X、 $\gamma$ 射线探伤房曝光室内的 X、 $\gamma$ 射线经过 U 型埋地管道至少 3 次散射到达电缆管道口处。根据《辐射防护导论》第 189 页“实例证明，如果一个能使辐射至少散射三次以上的迷道，是能保证迷道口工作人员的安全”，由此可推断 3 座固定

式 X、 $\gamma$ 射线探伤房电缆管道口处的辐射剂量率能够满足标准要求。电缆管道散射示意图见图 11-7。



图 11-7 本项目 3 座固定式 X、 $\gamma$ 射线探伤房电缆管道散射示意图

本项目 1#探伤房曝光室工件门门洞尺寸为 8.0m 宽×10.0m 高，工件门尺寸为 10.0m 宽×10.8m 高，工件门左右各搭接 1000mm，上下各搭接 400mm；人员内门及人员外门门洞尺寸均为 0.8m 宽×2.0m 高，人员内门及人员外门尺寸均为 1.2m 宽×2.2m 高，人员门左右各搭接 200mm，上下各搭接 100mm。工件门、人员内门及人员外门与墙体之间的缝隙宽度均小于 10mm。

本项目 2#及 3#探伤房曝光室工件门门洞尺寸均为 6.0m 宽×8.0m 高，工件门尺寸均为 7.5m 宽×8.8m 高，工件门左右各搭接 750mm，上下各搭接 400mm；人员内门及人员外门门洞尺寸均为 0.8m 宽×2.0m 高，人员内门及人员外门尺寸均为 1.2m 宽×2.2m 高，人员门左右各搭接 200mm，上下各搭接 100mm。工件门、人员内门及人员外门与墙体之间的缝隙宽度均小于 10mm。

本项目 3 座固定式 X、 $\gamma$ 射线探伤房曝光室的工件门、人员内门及人员外门与墙体重叠部分均大于工件门、人员内门及人员外门与墙体缝隙宽度的 10 倍，射线经过多次散射后才能出门缝隙，可推断防护门缝隙处的辐射剂量率能够满足标准要求。

### 1.1.5 放射源暂存库辐射影响预测

#### 1.1.5.1 放射源屏蔽状态下辐射影响

本项目 1#探伤房曝光室的放射源暂存库内拟暂存 1 枚活度为  $3.7 \times 10^{12}$ Bq 的  $^{60}\text{Co}$  放射源、3 枚活度为  $3.7 \times 10^{12}$ Bq 的  $^{192}\text{Ir}$  放射源及 2 枚活度为  $3.7 \times 10^{12}$ Bq 的  $^{75}\text{Se}$  放射源。当放射源处于探伤机源容器内时，根据《工业探伤放射防护标准》

$$\dot{K}_1 = \dot{K}_0 \cdot (R_0 + 0.15)^2 / (R_1 + 0.15)^2 \quad (11-9)$$

式中  $\dot{K}_1$  : 距探伤机源容器表面  $R$  处的周围剂量当量率, mSv/h  
 $\dot{K}_0$  : 距离探伤机源容器表面 1m 处的周围剂量当量率, mSv/h  
 $R_0$  : 源容器表面外 1m  
 $R_1$  : 参考点距容器表面的距离, m  
0.15: 源贮存位置至源表面距离

[illegible]

|           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-----------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 谷 老 上 不 正 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

### 1.1.5.2 放射源暂存库辐射防护性能预测



由表 11-16 计算结果可知，1#探伤房曝光室内放射源暂存库东墙、南墙及防护门外表面 30cm 处最大周围剂量当量率约为 2.346μSv/h（公众无法接近），西墙及北墙外表面 30cm 处周围剂量当量率小于 0.001μSv/h（公众可接近），满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“在公众能接近的距外表面最近处，其屏蔽应能使该处周围剂量当量率小于 2.5μSv/h 或者审管部门批准的控制水平”的要求。

#### 1.1.6 有效剂量估算

本项目辐射工作人员和周围公众年有效剂量预测可通过《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的公式来估算，估算公式如下：

$$H_c = \dot{H}_{c,d} \cdot t \cdot U \cdot T \quad (11-11)$$

上式中：H—受照剂量，μSv；

$\dot{H}$ —参考点处剂量率，μSv/h；

U—使用因子；

T—居留因子；

t—照射时间，（h）。

##### 1.1.6.1 辐射工作人员周/年有效剂量估算

|  |
|--|
|  |
|--|

表 11-17 各操作过程中辐射工作人员周/年工作时间表

|  |
|--|
|  |
|--|

#### 1.1.6.1.1 辐射工作人员探伤作业时周/年有效剂量

对于本项目 3 座固定式 X、 $\gamma$ 射线探伤房操作室内的辐射工作人员，保守取各操作室内最大辐射剂量率进行预测分析。根据表 11-1~表 11-13 计算结果可知，1#探伤房辐射工作人员所在操作室的辐射剂量率最大约为 0.002 $\mu$ Sv/h（使用  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ 射线探伤机探伤时操作室内的剂量率），2#及 3#探伤房辐射工作人员所在操作室的辐射剂量率最大均约为 0.018 $\mu$ Sv/h（使用  $^{192}\text{Ir}$   $\gamma$ 射线探伤机探伤时操作室内的剂量率），将相关参数代入公式（11-11）中计算得到辐射工作人员有效剂量见表 11-18。

表 11-18 正常探伤作业时辐射工作人员周/年有效剂量估算表

|   |  |
|---|--|
| 1 |  |
| 2 |  |
| 3 |  |

#### 1.1.6.1.2 辐射工作人员提取、归还 $\gamma$ 射线探伤机及 $\gamma$ 射线探伤机摆位所受周/年有效剂量

本项目辐射工作人员提取和归还 $\gamma$ 探伤机以及摆位时近距离接触放射源会受到一定剂量的 $\gamma$ 射线照射，辐射工作人员受照射时间见表 11-17。假设提取、归还 $\gamma$ 射线探伤机及 $\gamma$ 射线探伤机摆位时，辐射工作人员离 $\gamma$ 射线探伤机表面约 50cm，根据表 11-14 及表 11-15 可知，1#探伤房辐射工作人员所受剂量率约为 157 $\mu$ Sv/h，2#、3#探伤房辐射工作人员所受剂量率约为 63 $\mu$ Sv/h。将相关参数代入公式（11-11）中计算得到辐射工作人员有效剂量见表 11-19。

表 11-19 辐射工作人员周/年有效剂量估算表

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|

#### 1.1.6.1.3 辐射工作人员更换被检测工件和重新贴片所受周/年有效剂量

辐射工作人员中途更换被检测工件和重新贴片期间会受到一定剂量的 $\gamma$ 射线照射，辐射工作人员探伤过程中在曝光室内搬运工件及贴取胶片时间见表11-17。设工作期间辐射工作人员距 $\gamma$ 射线探伤机最小距离为3m，根据表11-14及表11-15，1#探伤房辐射工作人员所受剂量率约为 $7\mu\text{Sv/h}$ ，2#、3#探伤房辐射工作人员所受剂量率约为 $2.7\mu\text{Sv/h}$ 。假设每座探伤房内的2名辐射工作人员轮流作业，将相关参数代入公式（11-11）中计算得到辐射工作人员有效剂量见表11-20。

表 11-20 辐射工作人员周/年有效剂量估算表

|  |
|--|
|  |
|--|

#### 1.1.6.1.4 辐射工作人员摆位、更换被检测工件和重新贴片受源库影响所受年有效剂量

1#探伤房内辐射工作人员摆位、更换被检测工件和重新贴片期间会受到储存于源库的 $\gamma$ 射线探伤机的照射，辐射工作人员摆位、更换被检测工件和重新贴片时间见表11-17。假设工作期间辐射工作人员距源库最小距离为2m，根据表11-15，1#探伤房内放射源暂存库外最大辐射剂量率约为 $2.346\mu\text{Sv/h}$ 。根据距离平方反比公式可计算得出1#探伤房辐射工作人员所受源库辐射剂量率约为 $0.551\mu\text{Sv/h}$ 。将相关参数代入公式（11-11）中计算得到辐射工作人员有效剂量见表11-21。

表 11-21 辐射工作人员有效剂量估算表

|  |
|--|
|  |
|--|

#### 1.1.6.1.5 将 $\gamma$ 射线探伤机运送至曝光室内所受周/年有效剂量

本项目2#、3#探伤房辐射工作人员将 $\gamma$ 射线探伤机运送至曝光室内时会受到一定剂量的 $\gamma$ 射线照射，辐射工作人员将 $\gamma$ 射线探伤机运送至曝光室内时间见表11-17。设 $\gamma$ 射线探伤机运输期间，辐射工作人员距 $\gamma$ 射线探伤机最小距离为2m，

根据表11-14，辐射工作人员所受剂量率约为 $5.7\mu\text{Sv/h}$ 。将相关参数代入公式（11-11）中计算得到辐射工作人员有效剂量见表11-22。

表 11-22 辐射工作人员周/年有效剂量估算表

|  |
|--|
|  |
|--|

#### 1.1.6.1.6 辐射工作人员探伤期间所受叠加周/年有效剂量汇总

根据表11-18~表11-22，辐射工作人员探伤期间所受叠加年有效剂量汇总见表11-23。

表 11-23 辐射工作人员周/年有效剂量估算表

|  |
|--|
|  |
|--|

根据表11-23可知，本项目3座X、 $\gamma$ 射线探伤房投入运行后，1#探伤房曝光室辐射工作人员所受叠加周有效剂量最大值约为 $69.624\mu\text{Sv}$ ，叠加年有效剂量最大值约为 $3.482\text{mSv}$ ，2#探伤房曝光室辐射工作人员所受叠加周有效剂量最大值约为 $38.238\mu\text{Sv}$ ，叠加年有效剂量最大值均约为 $1.912\text{mSv}$ ，3#探伤房曝光室辐射工作人员所受叠加周有效剂量最大值约为 $38.238\mu\text{Sv}$ ，叠加年有效剂量最大值均约为 $1.912\text{mSv}$ ，均能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中剂量限值要求和本项目管理目标中对辐射工作人员的剂量约束值要求：职业人员周有效剂量不超过 $100\mu\text{Sv}$ ，年有效剂量不超过 $5\text{mSv}$ 。

由于本项目 $\gamma$ 射线探伤过程中辐射工作人员的受照剂量受多种不确定因素的

影响，辐射工作人员的受照射情况复杂多变，难以准确估算其年有效剂量，因此上述理论估算结果只能大致反映出辐射工作人员受照射程度。本项目辐射工作人员在工作过程中均应佩戴个人剂量计并进行职业健康体检，对于个人剂量监测结果异常的辐射工作人员，公司应查明其剂量异常的原因并上报主管部门，同时公司拟根据个人剂量检测结果以及健康体检结果及时对辐射工作人员工作岗位进行调整，确保其年有效剂量满足本项目的剂量约束值要求。

#### 1.1.6.2 公众周/年有效剂量估算

由于本项目放射源暂存库位于 1#探伤房曝光室内，因此 1#探伤房周围的公众人员还需考虑源库的辐射影响。根据表 11-15，1#探伤房曝光室内放射源暂存库西墙及北墙外（公众可接近）的辐射剂量率均小于  $0.001\mu\text{Sv/h}$ ，其对辐射工作人员产生的辐射影响可忽略不计，因此，本项目 1#探伤房周围公众人员所受年有效剂量仅需考虑曝光室内的射线装置正常探伤作业时，曝光室周围的公众人员受到的经过墙体和防护门屏蔽衰减后的 X、 $\gamma$ 射线产生的有效剂量。

本项目运行后 3 座固定式 X、 $\gamma$ 射线探伤房周围公众人员的周/年有效剂量贡献值主要为各探伤房曝光室内的射线装置正常探伤作业时,各曝光室周围的公众人员受到的经过墙体和防护门屏蔽衰减后的 X、 $\gamma$ 射线产生的有效剂量。根据表 11-1~表 11-12 中计算结果,将相关参数代入公式(11-11)可估算出本项目 X、 $\gamma$ 射线探伤房曝光室周围公众的周/年有效剂量见表 11-24。

表 11-24 X、 $\gamma$ 射线探伤房周围公众人员周/年受照有效剂量结果评价



根据表 11-24 中的计算结果可知，本项目 1#探伤房周围公众周有效剂量最大值约为  $0.004\mu\text{Sv}$ ，年有效剂量最大值小于  $0.001\text{mSv}$ ，2#、3#探伤房周围公众周有效剂量最大值均约为  $0.288\mu\text{Sv}$ ，年有效剂量最大值均约为  $0.014\text{mSv}$ ，均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）剂量限值和本项目剂量约束值的要求，即：公众周有效剂量不超过  $5\mu\text{Sv}$ ，年有效剂量不超过  $0.1\text{mSv}$ 。

由于本项目 2#、3#探伤房评价范围有重合区域，因此需考虑叠加影响。保守取 2#、3#探伤房周围公众所受最大年有效剂量进行叠加，即  $0.014\text{mSv}+0.014\text{mSv}=0.028\text{mSv}$ ，能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）剂量限值和本项目剂量约束值的要求，即：公众年有效剂量不超过  $0.1\text{mSv}$ 。

对于本项目 X、 $\gamma$ 射线探伤房周围 50m 范围内的其他公众，根据前文理论预测结果，X、 $\gamma$ 射线经距离的进一步衰减后，基本湮灭在环境本底辐射中，可推断本项目 1#~3#探伤房周围 50m 评价范围内其他公众年有效剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）剂量限值和本项目剂量约束值的要求。

## 1.2 厂区内移动式 $\gamma$ 射线探伤辐射影响预测

江苏森永装备科技有限公司本项目移动式 $\gamma$ 射线探伤项目只针对厂区移动探伤区域内的管件、容器（钢材料）等进行无损检测。现场探伤仅在夜间 10 点后进行，探伤时每次仅允许在本项目划定的探伤区域内开启一台 $\gamma$ 射线探伤机进行探伤，

且不与公司其他生产活动（含固定探伤）同时进行，以避免交叉照射。

探伤前根据探伤工件需要选择合适的探伤机，并由辐射工作人员巡查控制区及监督区内的人员滞留情况，待清场完毕后进行示警、探伤。本项目拟用于移动探伤的有 1 台  $^{192}\text{Ir}$   $\gamma$ 射线探伤机及 1 台  $^{75}\text{Se}$   $\gamma$ 射线探伤机， $^{192}\text{Ir}$  及  $^{75}\text{Se}$   $\gamma$ 射线探伤机的额定装源活度均为  $3.7 \times 10^{12}\text{Bq}$ 。

### 1.2.1 预测模式

现场 $\gamma$ 射线探伤控制区根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）附录 A 所提供的控制区确定方法：

①无工件衰减时需要的控制区距离值：

$$L_1 = \sqrt{\frac{A \times \Gamma}{15}} \quad (11-12)$$

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），本项目  $^{192}\text{Ir}$  及  $^{75}\text{Se}$  放

射源均取  $3.7 \times 10^6 \text{MBq}$ ;

$\Gamma$ —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 [ $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{MBq} \cdot \text{h})$ ]，本项目  $^{192}\text{Ir}$  周围剂量当量率常数取  $0.17 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{MBq} \cdot \text{h})$ ， $^{75}\text{Se}$  周围剂量当量率常数取  $0.072 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{MBq} \cdot \text{h})$ 。

②有工件衰减时需要的控制区距离值：

$$L_2 = L_1 \times \sqrt{2^{-\frac{t_1}{HVL_1}}} \quad (11-13)$$

式中： $L_1$ —无工件衰减时需要的控制区距离值，单位为米（m）；

$L_2$ —有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），本项目  $^{192}\text{Ir}$   $\gamma$ 射线探伤机探伤工件厚度取 55mm， $^{75}\text{Se}$   $\gamma$ 射线探伤机探伤工件厚度取 25mm；

$HVL_1$ —被检测工件的半值层厚度，单位为毫米（mm），对  $^{192}\text{Ir}$  放射源，铁的半值层取 14mm，对  $^{75}\text{Se}$  放射源，铁的半值层取 9mm。

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：

$$L_3 = L_1 \times \sqrt{2^{-\frac{t_2}{HVL_2}}} \quad (11-14)$$

### 1.2.2 预测结果

将相关参数代入公式 11-12~公式 11-14 中，计算得出  $L_1$ 、 $L_2$  及  $L_3$  的值见表 11-25。

表 11-25  $\gamma$ 射线探伤  $L_1$ 、 $L_2$  及  $L_3$  核算结果

各方向的监督区距离，根据射线的距离平方衰减定律，当辐射剂量率由控制区的  $15\mu\text{Sv/h}$  减弱至监督区的  $2.5\mu\text{Sv/h}$  时，监督区的距离较控制区距离相应扩大 2.45 倍。现根据该公司提供的  $^{192}\text{Ir}$  及  $^{75}\text{Se}$   $\gamma$ 射线探伤机日常探伤工件厚度，给出控制区及监督区的参考划分范围，见表 11-26。

表 11-26  $\gamma$ 射线探伤控制区与监督区边界范围核算结果

|  |
|--|
|  |
|--|

由上表 11-26 可知， $^{192}\text{Ir}$   $\gamma$ 射线探伤机在典型工况下（活度为  $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$  的  $^{192}\text{Ir}$   $\gamma$ 射线探伤机对 55mm 厚的工件进行探伤，有用线束方向控制区的范围最大约为 53.0m，监督区的范围最大约为 130m，非有用线束方向控制区的范围最大约为 6.4m，监督区的范围最大约为 16m； $^{75}\text{Se}$   $\gamma$ 射线探伤机在典型工况下（活度为  $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$  的  $^{75}\text{Se}$   $\gamma$ 射线探伤机对 25mm 厚的工件进行探伤，有用线束方向控制区的范围最大约为 51m，监督区的范围最大约为 125m，非有用线束方向控制区的范围最大约为  $5.6\times 10^{-4}\text{m}$ ，监督区的范围最大约为  $1.4\times 10^{-3}\text{m}$ 。本项目划定的移动探伤区域到四面厂界的最小距离为 134m，监督区位于厂区范围内。典型工况下监督区、控制区范围图见附图 2。

上述理论计算结果仅为本项目  $\gamma$ 射线现场探伤控制区和监督区的划分提供参考。实际探伤过程中，由于放射源活度的变化、探伤机的摆放位置、被检测物体的厚度改变、其形状以及探伤现场的屏蔽物对射线的遮挡，都会使辐射场的辐射剂量水平变化，从而改变控制区和监督区的范围。因此上述计算结果不能完全作为划分控制区与监督区边界的依据，仅供现场初次布置时参考。实际工作时，辐射工作人员应根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求，通过辐射测量仪实测，将周围剂量当量率在  $15\mu\text{Sv/h}$  以上的范围内划为控制区，控制区边界外周围剂量当量率在  $2.5\mu\text{Sv/h}$  以上的范围内划为监

督区。若现场复测过程发现厂区划定的监督区边界仍不能满足监督区划分要求时，现场应采取适当屏蔽措施或其他防护措施，如在探伤机周围放置铅挡板、铅罩、厚钢板或其他厚工件等。

江苏森永装备科技有限公司应根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求制定本公司 $\gamma$ 射线移动探伤的辐射安全措施，将 $\gamma$ 射线移动探伤现场划分为控制区与监督区，其中控制区边界剂量率值不超过  $15\mu\text{Sv/h}$ ，监督区边界剂量率值不超过  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，并落实在其规章制度里。

### 1.2.3 辐射工作人员和公众剂量估算

#### 1.2.3.1 辐射工作人员现场探伤周/年有效剂量估算

本项目运行后，预计年现场 $\gamma$ 射线探伤的总曝光时间约为 200h 左右，周开机曝光时间约为 4 小时，公司拟为移动探伤项目配备 3 名辐射工作人员。辐射工作人员在控制区边界外作业，其所处场所的辐射剂量率不超过  $15\mu\text{Sv/h}$ ，居留因子取 1。将相关参数代入公式（11-11）中，计算得到辐射工作人员现场探伤年有效剂量见表 11-27。

表 11-27 辐射工作人员现场探伤所受周/年有效剂量计算表

|  |
|--|
|  |
|--|

#### 1.2.3.2 辐射工作人员探伤前、后贴取胶片时所受年有效剂量估算

本项目每年每名辐射工作人员 $\gamma$ 射线探伤前、后贴取胶片的时间取 100h，每周贴取胶片的时间取 2h，设工作期间辐射工作人员距离探伤机最小距离约为 3m，根据表 11-14，辐射工作人员所受剂量率约为  $2.7\mu\text{Sv/h}$ 。将相关参数代入公式（11-11）中计算可得每名辐射工作人员贴取胶片过程中受到的年有效剂量见表 11-28。

表 11-28 辐射工作人员贴取胶片过程中所受周/年有效剂量计算表

|  |
|--|
|  |
|--|

#### 1.2.3.3 辐射工作人员领取、归还 $\gamma$ 射线探伤机时所受年有效剂量估算

本项目每年每名辐射工作人员领取、归还 $\gamma$ 射线探伤机的时间取 25h，每周领取、归还 $\gamma$ 射线探伤机的时间取 0.5h，假设领取、归还 $\gamma$ 射线探伤机时，辐射工作人员距离探伤机最小距离约为 1m，根据表 11-14，辐射工作人员所受剂量率约为

20 $\mu$ Sv/h。将相关参数代入公式（11-11）中计算可得每名辐射工作人员领取、归还 $\gamma$ 射线探伤机时受到的年有效剂量见表 11-29。

表 11-29 辐射工作人员领取、归还 $\gamma$ 射线探伤机时所受周/年有效剂量计算表

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|

#### 1.2.3.4 $\gamma$ 射线探伤机厂内运输时辐射工作人员所受年有效剂量估算

本项目 $\gamma$ 射线探伤机每周厂内运输时间取 1h，每年厂内运输时间取 50h，假设 $\gamma$ 射线探伤机厂内运输时，辐射工作人员距离探伤机最小距离约为 1.2m，根据表 11-14，辐射工作人员所受剂量率约为 15 $\mu$ Sv/h。将相关参数代入公式（11-11）中计算可得 $\gamma$ 射线探伤机厂内运输时辐射工作人员受到的年有效剂量见表 11-30。

表 11-30  $\gamma$ 射线探伤机厂内运输时辐射工作人员所受周/年有效剂量计算表

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|

#### 1.2.3.5 辐射工作人员探伤期间所受叠加年有效剂量汇总

根据表 11-27~表 11-30，辐射工作人员探伤期间所受叠加年有效剂量汇总见表 11-31。

表 11-31 辐射工作人员周/年有效剂量估算表

|          |  |
|----------|--|
|          |  |
| $\gamma$ |  |
| $\gamma$ |  |
| $\gamma$ |  |
| $\gamma$ |  |

根据表11-31可知，本项目移动式 $\gamma$ 射线探伤投入运行后，辐射工作人员所受叠加周有效剂量约为90.4 $\mu$ Sv，叠加年有效剂量约为4.52mSv，能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中剂量限值要求和本项目管理目标中对辐射工作人员的剂量约束值要求：职业人员周有效剂量不超过100 $\mu$ Sv，年有效剂量不超过5mSv。

#### 1.2.4 源库管理人员周/年有效剂量估算

本项目拟配备 2 名专职辐射工作人员管理放射源暂存库。每年领取、归还 $\gamma$ 射线探伤机的总时间约为 100h（3 座固定式 X、 $\gamma$ 射线探伤房及厂内移动探伤领取、归还 $\gamma$ 射线探伤机时间均取 25h），领取、归还 $\gamma$ 射线探伤机时，2 名专职管理人员会近距离接触 $\gamma$ 射线探伤机，2 名专职管理人员离 $\gamma$ 射线探伤机表面约 1m，根据表 11-14 及表 11-15 可知，领取、归还  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ 射线探伤机时，2 名管理人员所受剂量率约为  $50\mu\text{Sv/h}$ ，领取、归还  $^{192}\text{Ir}$  及  $^{75}\text{Se}$   $\gamma$ 射线探伤机时，2 名管理人员所受剂量率约为  $20\mu\text{Sv/h}$ 。将相关参数代入公式（11-11）中计算得到辐射工作人员有效剂量见表 11-32。

表 11-32 辐射工作人员周/年有效剂量估算表

|  |
|--|
|  |
|--|

根据表11-32可知，本项目源库2名辐射工作人员所受周有效剂量约为 $55\mu\text{Sv}$ ，所受年有效剂量约为 $2.75\text{mSv}$ ，能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中剂量限值要求和本项目管理目标中对辐射工作人员的剂量约束值要求：职业人员周有效剂量不超过 $100\mu\text{Sv}$ ，年有效剂量不超过 $5\text{mSv}$ 。

#### 1.2.5 公众人员年有效剂量估算

根据公司提供的信息，移动探伤年总曝光时间约 200h，周曝光时间约 4h，公众人员在监督区边界外，其所处场所的辐射剂量率不超过  $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。将相关数据代入公式（11-11）中，计算可得公众人员周/年有效剂量值见表 11-33。

表 11-33 公众人员所受周/年有效剂量计算表

|  |
|--|
|  |
|--|

根据表 11-33 可知，本项目移动探伤公司内公众人员所受周有效剂量最大约为 0.625 $\mu$ Sv，所受年有效剂量最大约为 0.031mSv，能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及本项目管理目标值的要求：公众周有效剂量不超过 5 $\mu$ Sv，年有效剂量不超过 0.1mSv。

对于本项目移动探伤区域评价范围内的其他外单位公众，根据表 11-33，评价范围内其他单位公众人员所受周有效剂量最大约为 0.575 $\mu$ Sv，所受年有效剂量最大约为 0.029mSv，能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及本项目管理目标值的要求：公众周有效剂量不超过 5 $\mu$ Sv，年有效剂量不超过 0.1mSv。

## 2 放射性三废辐射环境影响分析

本项目运行过程中没有放射性废水、废气产生。

本项目 X、 $\gamma$ 射线探伤房及移动探伤使用的 $\gamma$ 射线探伤机内  $^{60}\text{Co}$ 、 $^{192}\text{Ir}$  及  $^{75}\text{Se}$  密封源退役后仍有较强的放射性， $\gamma$ 射线探伤机退役时产生的 $\gamma$ 探伤机屏蔽装置（贫铀罐）也具有一定的放射性，公司已承诺 $\gamma$ 射线探伤机内  $^{60}\text{Co}$ 、 $^{192}\text{Ir}$  及  $^{75}\text{Se}$  密封源及贫铀罐退役后，废源及贫铀罐将由原生产厂家回收，承诺书详见附件 4，此举符合生态环境部门的相关管理要求。企业辐射工作人员不进行换源操作，放射源退役时换源由放射源厂家工作人员进行。

## 3 非辐射环境影响分析

### 3.1 固体废物

本项目 3 座固定式 X、 $\gamma$ 射线探伤房及移动探伤运行后会产生废胶片，属于《国家危险废物名录（2025 年版）》中编号为 HW16 的危险废物，每年预计产生废胶片 480kg。江苏森永装备科技有限公司已承诺将与有资质单位签订废胶片处理处置合同（见附件 6），探伤过程中产生的废胶片在收集后拟临时贮存于危废库内，定期交由有资质单位处理处置。

本项目运行后辐射工作人员会产生一定量的生活垃圾，本项目产生的生活垃圾由公司统一收集后，交给环卫部门清运。

### 3.2 废水

本项目洗片过程会产生废显（定）影剂及胶片冲洗废水，每月预计产生废显（定）影剂 100kg，胶片冲洗废水 500kg，每年预计产生废显（定）影剂 1200kg，胶片冲洗废水 6000kg。探伤过程中产生的显影、定影废液及胶片冲洗废水在收集后拟临时贮存于危废库内，定期交由有资质单位处理处置。

本项目运行后，工作人员会产生一定量的生活污水，生活污水排入公司污水管网，最终进入污水处理厂处理。

### 3.3 废气

本项目 3 座固定式 X、 $\gamma$ 射线探伤房内的工业电子加速器、X 射线探伤机及  $\gamma$ 射线探伤机工作时产生的 X、 $\gamma$ 射线可使空气电离从而产生少量臭氧和氮氧化物。臭氧和氮氧化物通过机械排风装置经排风管道排出各曝光室。臭氧在空气中 50min 可自动分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

本项目  $\gamma$ 射线探伤机在移动探伤区域工作时，会使车间内探伤区域的空气电离产生臭氧（O<sub>3</sub>）和氮氧化物（NO<sub>x</sub>），最终通过车间排风系统排入车间外，臭氧常温下 50min 内可自行分解为氧气，对周围环境影响较小。

## 事故影响分析

### 1 潜在事故分析

#### 1.1 X、 $\gamma$ 射线探伤房内 X 射线探伤可能发生的辐射事故

(1) 由于安全联锁装置失灵，防护门未关闭时辐射工作人员开机工作，致使周围人员受到误照射；

(2) 探伤时未进行清场，曝光室内仍有人员滞留即开始探伤作业，致使人员受到意外照射；

(3) 机器调试、检修时误照射。X 射线探伤房内的 X 射线探伤机、工业电子加速器在调试或检修过程中，责任者脱离岗位，不注意防护或他人误开机使人员受到照射；

(4) 二人作业，配合失误受照。两个人一起作业时，一人放置待测工件，而另一人却仍误开机导致人员受到误照射；

#### 1.2 X、 $\gamma$ 射线探伤房内 $\gamma$ 射线探伤潜在事故分析

(1)  $\gamma$ 射线探伤机放射源发生被盗事故，对社会安全及公众人身安全造成严重危害。

(2)  $\gamma$ 射线探伤机源容器出口安全锁损坏，导致探伤机移动过程中放射源移出源容器。

(3)  $\gamma$ 射线探伤机输源管或控制缆经过挤压、弯曲后不能保持结构完整导致放射源不能在导管内运动，造成卡源事故。

(4)  $\gamma$ 射线探伤过程中辐射工作人员或其他人员误留在曝光室内，致使其受到大剂量照射。

(5)  $\gamma$ 射线探伤过程中因门-机联锁失效、警告灯损坏等原因，工作人员或其他人员误入曝光室使其受到大剂量照射；曝光期间防护门未能完全关闭时，大量 $\gamma$ 射线泄漏到曝光室外面，给周围活动的人员造成不必要的照射。

#### 1.3 厂内移动式 $\gamma$ 射线探伤潜在事故分析

(1)  $\gamma$ 射线探伤装置自身的问题，不合格的射线装置或与放射源活度不匹配的射线装置导致的 $\gamma$ 射线泄漏。

(2)  $\gamma$ 射线探伤机在调试或检修过程中，责任者脱离岗位，不注意防护或他人误开机使人员受到照射。或者 $\gamma$ 射线探伤机检修时，放射源从容器中掉出，将对操作工人产生很强的辐射照射。

(3) 公司在日常管理时，由于管理人员疏忽或人为故意造成源丢失或偷盗事故或卡源事故，将造成严重的安全隐患。

(4) 废源在供源单位还未及时回收期间，对于废源的保管不善，可能会发生被盗事故，将造成安全隐患。

(5) 在现场进行探伤作业时，人员误入控制区及监督区内，发生误照事故。

(6) 放射源在使用、运输和存储过程中丢失、被盗，公众有可能在不知情的情况下受到超剂量 $\gamma$ 射线照射。

(7)  $\gamma$ 移动探伤完成后，由于 $\gamma$ 射线探伤机源容器出口安全锁损坏，导致放射源移出源容器脱落在 $\gamma$ 探伤现场，导致人员受到意外照射。

## **2 辐射事故预防措施**

### **2.1 X、 $\gamma$ 射线探伤房内 X 射线探伤事故预防措施**

(1) 曝光室内拟设置紧急停机按钮及开门开关，若人员误入曝光室可及时按下急停按钮，停止探伤机曝光。

(2) 辐射工作人员应经常检查门机联锁装置，确保安全措施完好。确保在所有防护门关闭后，X 射线探伤机才能进行照射；定期认真地对本单位射线装置的安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检测或者检查，定期对探伤机进行维护、保养，对可能引起操作失灵的关键零配件定期进行更换。制定各项管理制度并严格按照要求执行，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生。

(3) X 射线探伤时辐射工作人员应定期使用辐射巡检仪进行巡检，发现异常情况应立即停止出束，并检查排除异常，并做好记录。

(4) 制定 X 射线探伤机操作规程。凡涉及对 X 射线探伤机进行操作，必须按操作规程执行，探伤作业时，至少有 2 名操作人员同时在场，操作人员按照操作规程进行操作，并做好个人的防护，并应将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置。

(5) 辐射工作人员通过考核后方能从事探伤作业，同时定期进行辐射安全与防护培训，提升安全与防护意识。

(6) 公司在日常工作中应加强辐射安全管理，定期对 X 射线探伤机进行检查、维护，发现问题及时维修；严格要求辐射工作人员按照操作规程进行探伤操作，每次探伤前检查曝光室门机联锁、急停按钮等安全防护措施的有效性，定期检测曝光室的周围辐射水平，确保安全措施有效运行；同时针对可能发生的辐射安全事故，完善切实可行的辐射事故应急预案，以能够有序应对事故。此外，公

司应制定应急计划演练，配备应急物品，通过演练确定应急措施是否可行。同时公司应在今后的工作实践中不断完善辐射安全制度，提高制度的可操作性。

## **2.2 X、 $\gamma$ 射线探伤房 $\gamma$ 射线探伤事故预防措施**

(1) 曝光室内拟设置紧急停机按钮及开门开关，若人员误入曝光室可及时按下急停按钮，停止探伤机曝光。

(2) 辐射工作人员应经常检查门机联锁装置，确保安全措施完好。确保在所有防护门关闭后， $\gamma$ 射线探伤机才能启动出源；每月应对 $\gamma$ 射线探伤机进行检查、维护，每 3 个月应对其性能进行全面检查、维护，发现问题应及时维修。

(3)  $\gamma$ 射线探伤时辐射工作人员应定期使用辐射巡检仪进行巡检，发现异常情况应立即将放射源回收至探伤机内，并检查排除异常，并做好记录。

(4) 辐射工作人员进出探伤房曝光室时必须携带个人剂量报警仪。

(5) 制定 $\gamma$ 射线探伤机操作规程。凡涉及对 $\gamma$ 射线探伤机进行操作，必须按操作规程执行，探伤作业时，至少有 2 名操作人员同时在场，操作人员按照操作规程进行操作，并做好个人的防护，并应将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置。

(6) 加强放射源暂存库管理，落实双人双锁制度，每个放射源暂存库均由 2 名辐射工作人员负责源库的保管工作，加强源容器出入放射源暂存库登记记录。

(7) 辐射工作人员通过考核后方能从事探伤作业，同时定期进行辐射安全与防护培训，提升安全与防护意识。

(8)  $\gamma$ 射线探伤装置的安全使用期限为 10 年，禁止使用超过 10 年的 $\gamma$ 射线探伤装置。

(9) 公司在日常工作中应加强辐射安全管理，严格要求辐射工作人员按照操作规程进行探伤操作，每次探伤前检查曝光室门机联锁、急停按钮等安全防护措施的有效性，定期检测曝光室的周围辐射水平，确保安全措施有效运行；同时针对可能发生的辐射安全事故，完善切实可行的辐射事故应急预案，以能够有序应对事故。此外，公司应制定应急计划演练，配备应急物品，通过演练确定应急措施是否可行。同时公司应在今后的工作实践中不断完善辐射安全制度，提高制度的可操作性。

## **2.3 厂内 $\gamma$ 射线移动探伤事故预防措施**

(1) 向正规厂家购买合格探伤机，购买的放射源不得超过批准活度。每月

对 X、 $\gamma$ 射线探伤机进行检查、维护，每 3 个月对其性能进行全面检查、维护，发现问题应及时维修。

(2) 制定各项管理制度并严格按照要求执行，辐射工作人员通过考核后方能从事探伤作业，定期进行辐射安全与防护培训，提升安全与防护意识。同时加强放射源出入库管理，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生。

(3) 移动 $\gamma$ 射线探伤前应确保完全清场下进行探伤作业，辐射工作人员使用辐射巡检仪进行巡检，发现异常情况应立即停止出束，并检查排除异常，并做好记录。对辐射工作人员造成意外照射，应及时检测辐射工作人员所佩戴的个人剂量计，剂量超标则人员应及时调岗，并及时到专业医院就诊检查治疗。

(4) 辐射工作人员应检查两区措施，确保各项措施完好后， $\gamma$ 射线探伤机才能启动。

(5)  $\gamma$ 射线探伤时辐射工作人员应定期使用辐射巡检仪进行巡检，发现异常情况应立即停止将放射源回收至探伤机内，并检查排除异常，并做好记录。

(6) 单位拟制定 $\gamma$ 射线移动探伤操作规程。凡涉及对 $\gamma$ 射线探伤机进行移动探伤操作，必须按操作规程执行，探伤作业时，至少有 3 名辐射工作人员同时在场，辐射工作人员按照操作规程进行操作，并做好个人的防护。

(7) 加强放射源暂存库管理，落实双人双锁制度，每个放射源暂存库均由 2 名专职辐射工作人员负责源库的保管工作，加强源容器出入放射源暂存库登记记录，每次拿取、存放 $\gamma$ 射线探伤机时用辐射巡测仪器检验放射源回到贮存位。

(8) 辐射工作人员通过考核后方能从事探伤作业，同时定期进行辐射安全与防护培训，提升安全与防护意识。

(9) 定期检查辐射巡测仪、个人剂量报警仪等，确保仪器处于正常状态。

(10) 公司在日常工作中应加强辐射安全管理，严格要求辐射工作人员按照操作规程进行探伤操作，每次探伤前检查安全防护措施的有效性，并检测监督区、控制区边界的辐射水平，确保安全措施有效运行；同时针对可能发生的辐射安全事故，完善切实可行的辐射事故应急预案，以能够有序应对事故。此外，公司应制定应急计划演练，配备应急物品，通过演练确定应急措施是否可行。同时公司应在今后的工作实践中不断完善辐射安全制度，提高制度的可操作性。

### 3 辐射事故处置方法

根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》及《江苏省辐射污染防治条例》的规定，根据辐射事故的性质、严重程度、

可控性和影响范围等因素，辐射事故可分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级。本项目 X 射线探伤拟使用的工业电子加速器及 X 射线探伤机属于Ⅱ类射线装置， $\gamma$ 射线探伤拟使用的  $^{60}\text{Co}$ 、 $^{192}\text{Ir}$  及  $^{75}\text{Se}$  放射源均属于Ⅱ类放射源，根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》及《江苏省辐射污染防治条例》的规定，本项目 X 射线探伤可能发生的事故主要为一般辐射事故，本项目  $\gamma$ 射线探伤可能发生的事故主要为一般辐射事故及重大辐射事故。在发生事故后：

（1）辐射工作人员应第一时间停止放射源或射线装置操作，然后启动应急预案；

（2）立即向单位领导汇报，并控制现场区域，防止无关人员进入；

（3）对可能受到大剂量照射的人员，及时送医院检查和治疗。

当发生或发现辐射事故时，公司应当立即启动事故应急方案，采取必要的防范措施，在事故发生后 1 小时内向所在地生态环境和公安部门报告，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，造成或者可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向卫生健康部门报告。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

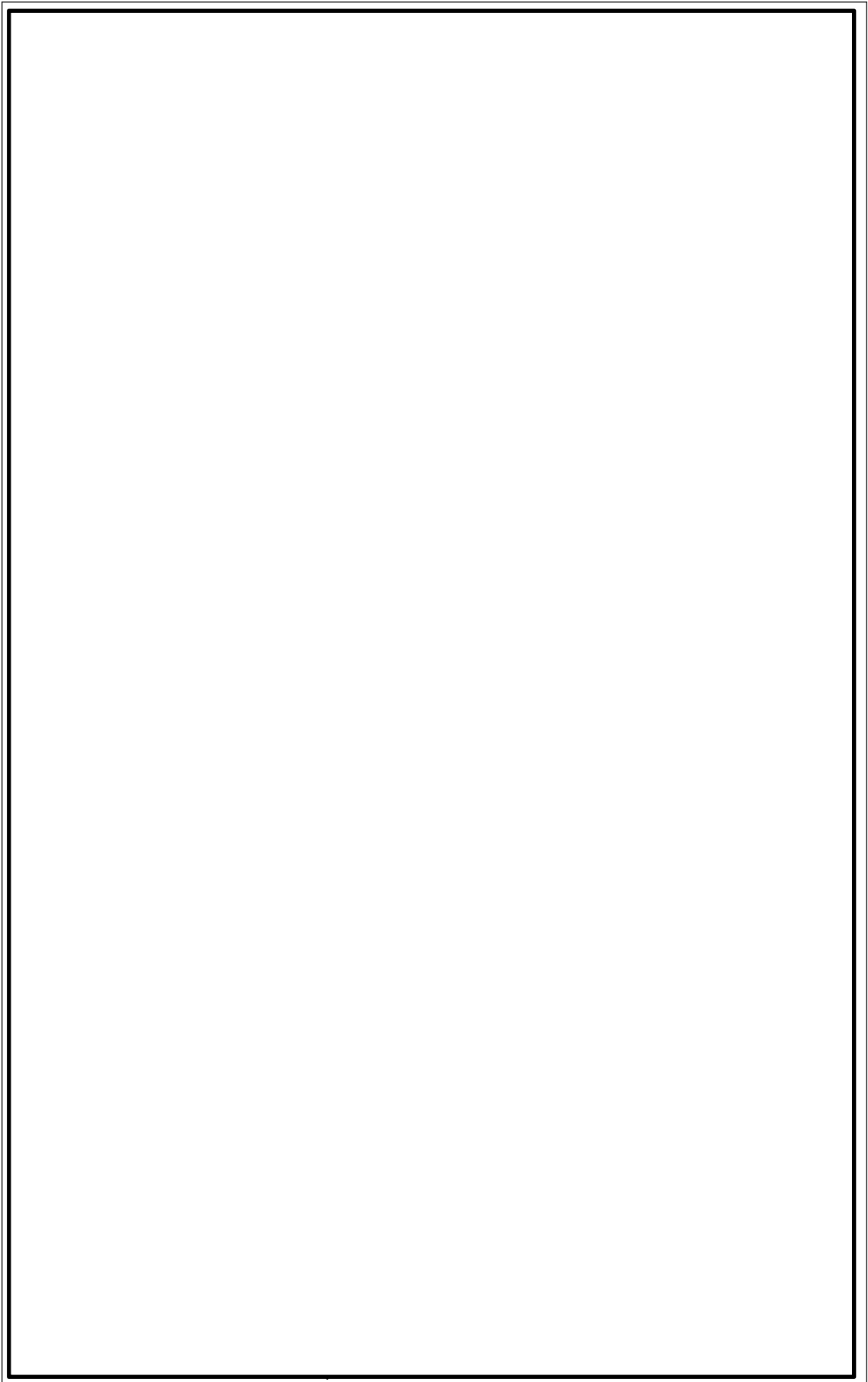
根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，使用放射性同位素和射线装置的单位，应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确管理人员职责。从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。

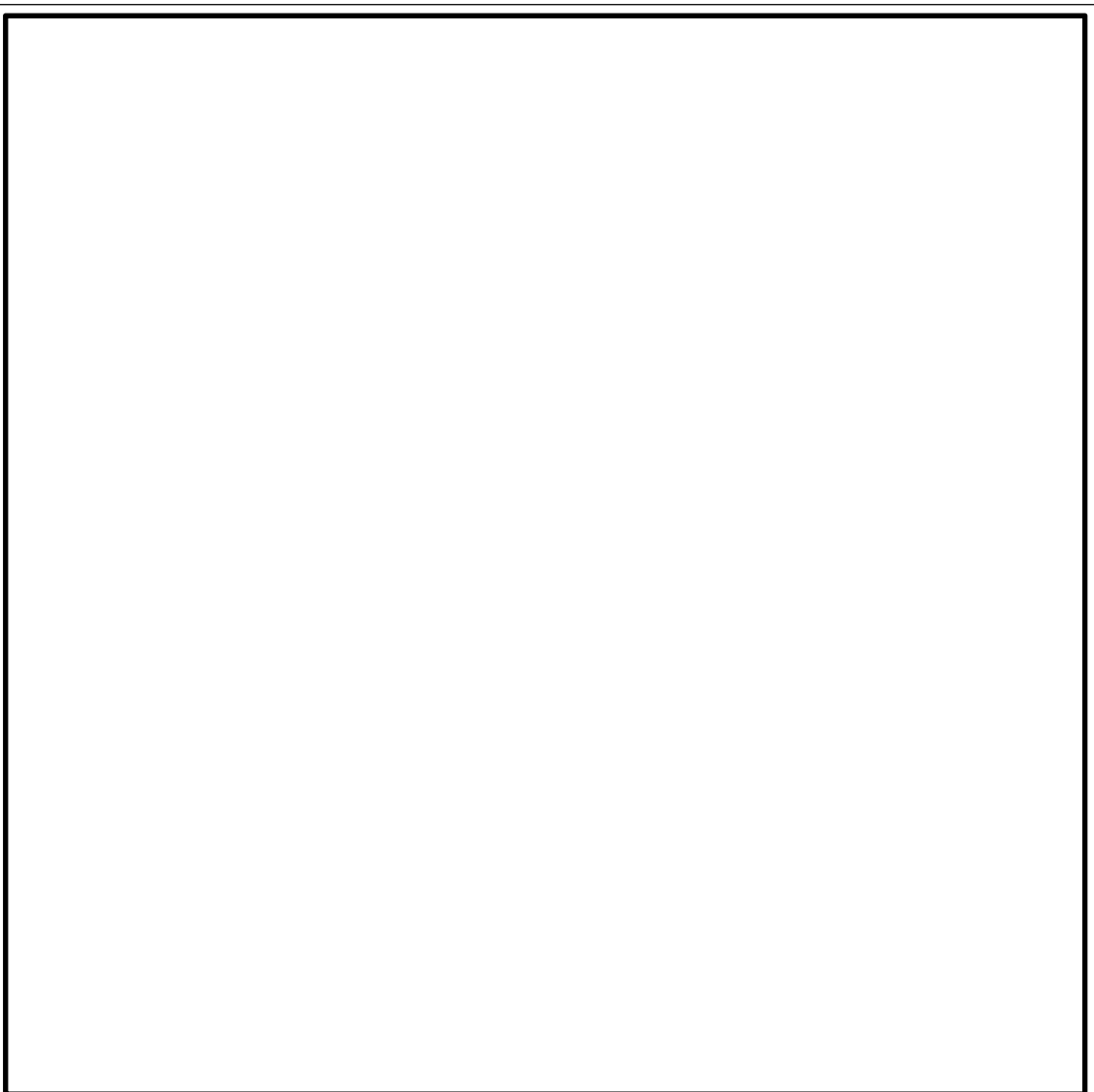
根据上述要求，江苏森永装备科技有限公司拟成立专门的辐射防护管理小组，同时确定辐射防护负责人，并以文件形式明确管理人员及辐射防护负责人的职责。本项目拟配备 12 名辐射工作人员，其中 1 人拟作为辐射防护负责人。12 名辐射工作人员均应通过生态环境部培训平台进行学习，考核通过后方可上岗，辐射防护负责人考核科目为“辐射安全管理”，探伤人员考核科目为“伽马射线探伤”及“X 射线探伤”，2 名源库管理人员考核科目为“伽马射线探伤”，辐射工作人员考核合格证明到期后，应当参加并通过生态环境部培训平台上的线上考核后方可再次上岗。

辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中的有关要求，使用射线装置的单位要健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、台账登记制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急方案。

本项目为新建项目，公司拟根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中相关要求制定一系列辐射安全管理制度，包括操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、放射源领用、归还登记制度、监测方案、台账管理制度、事故应急预案等，在实际工作中公司还应不断对其进行补充和完善，使其具有较强的针对性和可操作性。本报告对各项管理制度完善要点提出如下建议：





### 辐射监测

本项目使用 II 类放射源及 II 类射线装置，根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，本项目应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量报警仪、辐射剂量巡测仪等仪器；用于对辐射工作场所周围的辐射水平进行巡测。

公司拟为本项目配备 4 台环境辐射剂量巡测仪，用于对本项目 3 座固定式 X、 $\gamma$ 射线探伤房及移动 $\gamma$ 射线探伤项目运行时周围的辐射水平进行监测。公司还为本项目辐射工作人员配备 12 台个人剂量报警仪。公司仪器配备能够满足审管部门关于仪器配备的要求。

公司拟定期（不少于 1 次/年）请有资质的单位对辐射工作场所和周围环境的辐射水平进行监测；在进行探伤作业时，公司拟定期（不少于 1 次/月）对辐射工作场所和周围环境的辐射水平进行监测，并做好相关记录；本项目辐射工作

人员及辐射防护负责人均拟佩戴个人剂量计监测累积剂量，定期（每 3 个月/次）送有资质部门进行个人剂量测量，并建立个人剂量档案。同时公司拟定期安排辐射工作人员及辐射防护负责人进行职业健康体检，并建立职业健康档案。公司还拟对辐射安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前提交上一年度的评估报告。

公司工作场所监测计划见表 12-1。公司在落实上述监测方案后，将满足辐射监测要求。

表 12-1 工作场所监测计划表

|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|

## 辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中关于应急报告与处理的相关要求,江苏森永装备科技有限公司拟针对射线探伤项目可能产生的辐射事故情况制定事故应急预案,应急预案内容应包括:

- (1) 应急机构和职责分工;
- (2) 应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备;
- (3) 辐射事故分级与应急响应措施;
- (4) 辐射事故调查、报告和处理程序;
- (5) 辐射事故信息公开、公众宣传方案。

江苏森永装备科技有限公司拟依据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》及《江苏省辐射污染防治条例》的要求制定辐射事故应急预案,建立应急机构,明确人员职责分工,加强应急人员的组织、培训,完善辐射事故分类与应急响应措施,并在今后工作中定期组织应急人员进行应急演练。

发生辐射事故时,公司应立即启动事故应急预案,采取必要防范措施,在 1 小时内向所在地生态环境部门和公安部门报告,并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》,造成或者可能造成人员超剂量照射的,同时向卫生健康部门报告。事故发生后公司应积极配合生态环境部门、公安部门及卫生健康部门调查事故原因,并做好后续工作。

表 13 结论与建议

## 结论

### 1 辐射安全与防护分析结论

#### 1.1 项目位置

江苏森永装备科技有限公司位于如皋市长江镇泓北沙路 2 号，公司厂区东侧为江苏闽江矿业有限公司，南侧为森松路，西侧为森松（江苏）重工有限公司，北侧为空地。

本项目 1#探伤房拟建于公司厂区北部，1#探伤房拟建址东侧为厂内道路及喷砂喷漆车间，南侧为厂内道路及 1#2#3#联合厂房，西侧为厂内道路、垃圾房及危废库，北侧为绿化及空地，楼上、楼下均无建筑；2#、3#探伤房拟建于公司 1#2#3#联合厂房内，2#探伤房拟建址东侧、南侧及北侧均为 1#2#3#联合厂房内场所，西侧为 1#2#3#联合厂房内场所及厂内道路，楼上、楼下均无建筑；3#探伤房拟建址东侧依次为 1#2#3#联合厂房内场所及厂内道路，南侧、西侧及北侧均为 1#2#3#联合厂房内场所，楼上、楼下均无建筑。

公司拟于厂区 4#5#6#联合厂房西侧划定区域内（详见附图 2 红色阴影部分）开展移动探伤项目，移动探伤区域南北长约 55m，东西宽约 10m，移动探伤区域东侧为 4#5#6#联合厂房内场所、7#车间、堆场及江苏闽江矿业有限公司，南侧为 4#5#6#联合厂房内场所、厂内道路、研发楼、综合楼、1#宿舍楼、2#宿舍楼及门卫，西侧为厂内道路、1#2#3#联合厂房内场所及森松（江苏）重工有限公司，北侧为 4#5#6#联合厂房内场所、厂内道路、下料中心、公用站房、喷砂喷漆车间、动力站房、1#探伤房、空地、垃圾房及绿化，楼上、楼下均无建筑。移动探伤区域距东侧厂界的最小距离约为 134m，距南侧厂界的最小距离约为 232m，距南侧宿舍楼的最近距离约为 135m，距西侧厂界的最小距离约为 172m，距北侧厂界的最小距离约为 135m。本项目各 X、 $\gamma$ 射线探伤房拟建址周围 50m 评价范围及移动探伤区域监督区外 100m 内均无居民区、学校等敏感点。因此，本项目保护目标主要为辐射工作人员、厂区内其他工作人员以及评价范围内东侧江苏闽江矿业有限公司内公众人员、西侧森松（江苏）重工有限公司内公众人员等。

#### 1.2 项目分区及布局

##### 1.2.1 固定式 X、 $\gamma$ 射线探伤项目分区及布局

本项目 1#探伤房设有迷道，探伤房操作室位于曝光室西侧，曝光室内工业电子加速器主射线朝向东墙或地面照射，定向 X 射线探伤机朝向东墙或顶部照射，工业电子加速器及定向 X 射线探伤机的照射方向均避开了操作室的方向，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中关于操作室应避开有用线束照射的方向并应与曝光室分开的要求，布局设计合理。

公司拟将 1#探伤房曝光室及放射源暂存库作为本项目的辐射防护控制区，在曝光室表面明显位置设置电离辐射警告标志及中文警示说明，工作时任何人不得进入；将 1#探伤房一层的 UT 试块室、暗室、切片室、加速器操作室、操作室、楼梯间、评片室及强弱电间，二层的底片室（2 间）、UT 室、耗材室、资料室、IT 室及楼梯间，三层的底片室（2 间）、UT 室、资料室、楼梯间及资料室作为辐射防护监督区，监督区入口处拟设立表明监督区的标牌，工作时无关人等不得进入。

本项目 2#探伤房设有迷道，探伤房的操作室位于曝光室北侧，曝光室内定向 X 射线探伤机朝南墙或顶部照射，定向 X 射线探伤机的照射方向均避开了操作室的方向，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中关于操作室应避开有用线束照射的方向并应与曝光室分开的要求，布局设计合理。

公司拟将 2#探伤房曝光室作为本项目的辐射防护控制区，在曝光室表面明显位置设置电离辐射警告标志及中文警示说明，工作时任何人不得进入；将 2#探伤房一层的操作室、暗室及楼梯间，二层的资料室（2 间）及楼梯间，三层的资料室（2 间）及楼梯间作为辐射防护监督区，监督区入口处拟设立表明监督区的标牌，工作时无关人等不得进入。

本项目 3#探伤房设有迷道，探伤房的操作室位于曝光室南侧，曝光室内定向 X 射线探伤机朝向北墙或顶部照射，定向 X 射线探伤机的照射方向均避开了操作室的方向，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中关于操作室应避开有用线束照射的方向并应与曝光室分开的要求，布局设计合理。

公司拟将 3#探伤房曝光室作为本项目的辐射防护控制区，在曝光室表面明显位置设置电离辐射警告标志及中文警示说明，工作时任何人不得进入；将 3#探伤房一层的操作室、暗室及楼梯间，二层的资料室（2 间）及楼梯间，三层的资料室（2 间）及楼梯间作为辐射防护监督区，监督区入口处拟设立表明监督区的标

牌，工作时无关人等不得进入。

本项目 3 座 X、 $\gamma$ 射线探伤房辐射防护分区的划分均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定。

### 1.2.2 移动式 $\gamma$ 射线探伤项目分区及布局

本项目移动探伤利用辐射巡测仪巡测，拟将作业场所中周围剂量当量率大于  $15\mu\text{Sv/h}$  的区域划为控制区，将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$  的区域划为监督区。公司厂区内移动 $\gamma$ 射线探伤现场拟充分利用厂房及工件对射线进行屏蔽，现场拟划定控制区和监督区，该公司探伤现场布局及分区满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求，布局及分区基本合理。

## 1.3 辐射安全措施

### 1.3.1 固定式 X、 $\gamma$ 射线探伤辐射安全措施

#### 1.3.1.1 3 座 X、 $\gamma$ 射线探伤房辐射安全措施

本项目 1#探伤房曝光室的工件门、人员内门及人员外门均拟设计安装门机联锁装置，本项目 2#、3#探伤房曝光室的工件门、人员内门及人员外门均拟设计安装门机联锁装置；本项目 3 座 X、 $\gamma$ 射线探伤房曝光室内每次仅开启 1 台探伤装置；1#探伤房曝光室工件门口、人员外门口和内部均同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，2#、3#探伤房曝光室东侧工件门口、西侧工件门口、人员外门口和内部均同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并拟在醒目的位置处均拟设置对“照射”和“预备”信号意义的说明；拟在 1#探伤房曝光室内、曝光室的放射源暂存库内、迷道内、工件门及人员外门外共设计安装 6 个摄像头，拟在 2#探伤房曝光室内、曝光室的放射源暂存库内、迷道内、东侧工件门、西侧工件门及人员外门外共设计安装 7 个摄像头，拟在 3#探伤房曝光室内、曝光室的放射源暂存库内、迷道内、东侧工件门、西侧工件门及人员外门外共设计安装 7 个摄像头，拟在各探伤房的操作室内拟设有专用的监视器；拟在 3 座 X、 $\gamma$ 射线探伤房曝光室工件门及人员门上设置符合标准要求的电离辐射警告标志和中文警示说明；拟在 1#探伤房曝光室内、迷道内、操作室及加速器操作室的控制台上共设置 15 个紧急停机按钮，拟在 2#探伤房曝光室内、迷道内、操作室的控制台上共设置 8 个紧急停机按钮，拟在 3#探伤房曝光室内、迷道内、操作室的控制台上共设置 8 个紧急停机按钮，紧急停机按钮拟设置标签，标明使用方法；拟在 1#探伤房曝光室南墙、人员内门旁及迷道内人员外门旁各设置 1 个开门开关，在 2#、3#探伤房曝光室东墙、西墙、人员内

门旁及迷道内人员外门旁各设置 1 个开门开关；拟在 3 座 X、 $\gamma$ 射线探伤房曝光室内设计安装固定式场所辐射探测报警装置；拟在 1#探伤房加速器操作室及探伤机操作室的控制台上拟设置钥匙开关，在 2#、3#探伤房操作室的控制台处设计钥匙开关；公司拟在 3 座探伤房的电力控制箱内设置功率控制装置，确保各探伤房曝光室内每次仅开启 1 台探伤装置；各探伤房曝光室迷道内均拟设置照明装置。

### **1.3.1.2 放射源暂存库辐射安全措施**

放射源暂存库防护门上均拟设置电离辐射警告标志；各放射源暂存库均拟采用硫酸钡混凝土建造，结构上防火，放射源暂存库内不存放腐蚀性和爆炸性物品；由 2 名专职人员负责放射源暂存库的管理工作，放射源暂存库实行双人双锁管理，钥匙授权专门的人员保管；放射源暂存库内拟设置 1 个摄像头，监控显示器拟安装在公司 24h 值班室内，供 24h 值班人员巡视和监控；放射源暂存库入口处拟安装红外线报警装置，并与 110 联网，人员非正常进入时发出警报传送至公安系统；定期检查物品清单，确认探伤源、源容器和控制源的存放地点。建立放射源出入库台账，放射源进、出暂存库均进行登记，对 $\gamma$ 探伤机表面进行辐射监测，并记录监测结果。进出台账与监测结果存档。

### **1.3.1.3 操作防护措施**

辐射工作人员在开展检测工作前拟按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中 5.1.2 及 5.2.1.2 要求对本项目各 X、 $\gamma$ 射线探伤房进行检查，重点检查安全联锁、报警设备和警示灯、固定辐射检测仪等是否运行正常；辐射工作人员在进入各 X、 $\gamma$ 射线探伤房曝光室时，除佩戴常规个人剂量计外，还拟携带个人剂量报警仪和便携式 X- $\gamma$ 剂量率仪。当剂量率达到设定的报警阈值报警时，辐射工作人员立即退出曝光室，同时防止其他人进入曝光室，并立即向辐射防护负责人报告；辐射工作人员拟定期测量各 X、 $\gamma$ 射线探伤房曝光室外周围区域的剂量率水平，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，立即终止探伤工作并向辐射防护负责人报告；交接班或当班使用便携式 X- $\gamma$ 剂量率仪前，拟检查是否能正常工作。如发现便携式 X- $\gamma$ 剂量率仪不能正常工作，则不应开始检测工作；辐射工作人员拟正确使用配备的辐射防护装置，如准直器和附加屏蔽，把潜在的辐射降到最低；在每一次照射前，辐射工作人员都拟确认探伤房曝光室内部没有人员驻留并关闭防护门。只有在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，

才能开始检测工作。

#### **1.3.1.4 探伤设施的退役**

对于有使用价值的 $\gamma$ 放射源可在获得监管机构批准后转移到另一个已获使用许可的机构，或者进行废源报废处理，应按照协议规定将废旧放射源返回生产单位或原出口方；掺入贫铀的屏蔽装置拟与 $\gamma$ 射线源一样对待，公司承诺掺入贫铀的屏蔽装置由原生产厂家回收；公司计划将工业电子加速器及 X 射线探伤机的 X 射线发生器处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构；当所有辐射源从现场移走后，公司拟按监管机构要求办理相关手续；公司计划对退役场所及相关物品进行全面的辐射监测，以确认现场没有留下放射源，并确认污染状况。

#### **1.3.2 厂区移动式 $\gamma$ 射线移动探伤辐射安全措施**

公司拟做好探伤作业的辐射防护工作，提前发布探伤作业信息，应通知到所有相关人员，防止误照射发生； $\gamma$ 射线探伤工作拟安排在夜间 10 点后工人完全离场的情况下进行，根据现场条件来划定防护距离，运用距离、时间及屏蔽物等防护原则进行防护；配备各监测仪表、现场屏蔽物（铅板）、防护用品及辅助用品等；现场探伤前做好人员准备；现场探伤前对 $\gamma$ 探伤设备进行安全检查，确认探伤机内放射源安全；根据《工业探伤放射防护标准》GBZ117-2022、《关于进一步加强 $\gamma$ 射线移动探伤辐射安全管理的通知》（环办函[2014]1293 号）、《关于 $\gamma$ 射线探伤装置的辐射安全要求的通知》（环发[2007]8 号），开展现场 $\gamma$ 探伤时采取并重点加强各项安全措施，如：将工作场所划分控制区和监督区，控制区边界外剂量率低于  $15\mu\text{Sv/h}$ ，监督区边界外剂量率低于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，在控制区边界上合适的位置设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入放射性工作场所”标牌，现场安全人员对控制区边界进行巡逻，探伤作业期间对控制区边界上代表点的剂量率进行检测，控制放射源传输的操作位尽量设置于控制区外；在监督区边界外公众可达地点（如监督区边界）放置安全信息公示牌，监督区边界醒目位置张贴电离辐射警告标志和警示语等提示信息；拟配备提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置；“预备”信号和“照射”信号有明显的区别，并且与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别；夜晚作业时监督区及控制区边界拟设置照明装置； $\gamma$ 射线探伤的警示信号指示装置拟与探伤机连锁；现场探伤完成后必须用辐射剂量巡检仪进行检测，确认放射源回到源容器；对 $\gamma$ 射线探伤机进行日常维护保养。

## 1.4 辐射安全管理

江苏森永装备科技有限公司拟成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确辐射防护负责人。公司拟制定各项辐射安全管理制度。公司拟为本项目配备 12 名辐射工作人员，12 名辐射工作人员均应通过生态环境部培训平台上的线上考核方可上岗；公司拟对 12 名辐射工作人员进行职业健康监护和个人剂量监测，并为辐射工作人员建立个人职业健康监护档案和个人剂量档案。

公司拟为本项目配备 4 台环境辐射剂量巡测仪及 12 台个人剂量报警仪，公司的仪器配备能够满足审管部门关于仪器配备的要求。

在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全管理措施能够满足辐射安全管理要求。

## 2 环境影响分析结论

### 2.1 辐射防护影响预测

本项目 1#探伤房曝光室内净尺寸为 30.0m（长）×12.3m（宽）×13.0m（高），曝光室东侧主屏蔽墙拟采用 1600mm 硫酸钡混凝土，东侧次屏蔽墙拟采用 1000mm 硫酸钡混凝土，南墙及北墙均拟采用 1300mm 硫酸钡混凝土，西侧主屏蔽墙拟采用 1300mm 硫酸钡混凝土，西侧次屏蔽墙拟采用 1000mm 硫酸钡混凝土，顶部拟采用 1000mm 硫酸钡混凝土浇筑，南侧、西侧及北侧迷道外墙均拟采用 1300mm 硫酸钡混凝土，工件门拟采用 1300mm 硫酸钡混凝土，人员内门及人员外门均拟采用 6mmPb+4mmFe。1#探伤房曝光室内西北角拟建 1 个放射源暂存库，放射源暂存库内净尺寸为 2.5m（长）×2.0m（宽）×2.2m（高），放射源暂存库东墙及南墙均拟采用 300mm 硫酸钡混凝土浇筑，西墙及北墙均拟采用 1300mm 硫酸钡混凝土浇筑，顶部拟采用 240mm 硫酸钡混凝土浇筑，源库门拟采用 45mmPb+4mmFe。

本项目 2#探伤房曝光室内净尺寸为 14.0m（长）×9.0m（宽）×10.0m（高），曝光室东墙、南墙、西墙及北墙均拟采用 800mm 硫酸钡混凝土，顶部拟采用 600mm 硫酸钡混凝土浇筑，东侧、西侧及北侧迷道外墙均拟采用 800mm 硫酸钡混凝土，东侧及西侧工件门均拟采用 800mm 硫酸钡混凝土，人员内门及人员外门均拟采用 6mmPb+4mmFe。

本项目 3#探伤房曝光室内净尺寸为 14.0m（长）×9.0m（宽）×10.0m（高），曝光室东墙、南墙、西墙及北墙均拟采用 800mm 硫酸钡混凝土，顶部拟采用

600mm 硫酸钡混凝土浇筑，东侧、南侧及西侧迷道外墙均拟采用 800mm 硫酸钡混凝土，东侧及西侧工件门均拟采用 800mm 硫酸钡混凝土，人员内门及人员外门均拟采用 6mmPb+4mmFe。

根据理论预测结果，本项目 3 座固定式 X、 $\gamma$ 射线探伤房运行后曝光室周围的辐射剂量率均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）的辐射剂量率限值要求。

本项目移动式 $\gamma$ 射线探伤项目运行后， $\gamma$ 移动探伤现场控制区、监督区的划定满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求。

## **2.2 保护目标剂量**

根据理论分析预测，本项目 3 座固定式 X、 $\gamma$ 射线探伤房及厂内移动式 $\gamma$ 射线探伤项目运行后，在做好辐射安全措施的情况下，辐射工作人员及周围公众年有效剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中对职业人员和公众受照剂量限值要求以及本项目的剂量约束值要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv）。

## **2.3 三废处理处置**

### **2.3.1 放射性三废**

本项目运行过程中没有放射性废水、废气产生。

本项目 $\gamma$ 射线探伤机内  $^{60}\text{Co}$ 、 $^{192}\text{Ir}$  及  $^{75}\text{Se}$  密封源退役后仍有较强的放射性， $\gamma$ 射线探伤机退役时产生的 $\gamma$ 探伤机屏蔽装置（贫铀罐）也具有一定的放射性，公司已承诺 $\gamma$ 射线探伤机内  $^{60}\text{Co}$ 、 $^{192}\text{Ir}$  及  $^{75}\text{Se}$  密封源及贫铀罐退役后，废源及贫铀罐将由原生产厂家回收，此举符合生态环境部门的相关管理要求。企业辐射工作人员不进行换源操作，放射源退役时换源由放射源厂家工作人员进行。

### **2.3.2 非放射性三废**

#### **2.3.2.1 固体废物**

本项目运营时会产生废胶片，属于《国家危险废物名录（2025 年版）》中危险废物。探伤过程中产生的废胶片在收集后拟临时贮存于危废库内，定期交由有资质单位处理处置。

本项目运行后辐射工作人员会产生一定量的生活垃圾，本项目产生的生活垃圾由公司统一收集后，交给环卫部门清运。

#### **2.3.2.2 废水**

本项目洗片过程会产生废显（定）影剂、胶片冲洗废水及。探伤过程中产生的显影、定影废液及胶片冲洗废水在收集后拟临时贮存于危废库内，定期交由有资质单位处理处置。

本项目运行后，工作人员会产生一定量的生活污水，生活污水排入公司污水管网，最终进入污水处理厂处理。

### 2.3.2.3 废气

本项目 3 座固定式 X、 $\gamma$ 射线探伤房内的工业电子加速器、X 射线探伤机及 $\gamma$ 射线探伤机工作时产生的 X 射线可使空气电离从而产生少量臭氧和氮氧化物，3 座 X、 $\gamma$ 射线探伤房曝光室内均拟设置机械通风装置，其中 1#探伤房曝光室内通风次数约为 4.0 次/h；2#、3#探伤房曝光室内通风次数均约为 5.3 次/h，均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中曝光室每小时有效通风换气次数不小于 3 次的要求。臭氧和氮氧化物通过机械排风装置经排风管道排出曝光室，臭氧在空气中 50min 可自动分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

本项目移动式 $\gamma$ 射线探伤项目的 X、 $\gamma$ 射线机在工作状态时，产生的 X、 $\gamma$ 射线将会使空气电离产生一定量的臭氧和氮氧化物。产生的臭氧和氮氧化物可通过自然通风排入外环境，臭氧常温下 50min 可自行分解为氧气，对环境影响较小。

## 3 可行性分析结论

综上所述，江苏森永装备科技有限公司新建 3 座固定式 X、 $\gamma$ 射线探伤房及移动式 $\gamma$ 射线探伤项目在落实本报告提出的各项辐射安全措施和管理措施后，该公司将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和具备相应的辐射安全防护措施，其运行对周围环境产生的影响能够符合辐射环境保护的要求，从辐射环境保护角度论证，该项目的建设和运行是可行的。

### 建议与承诺

1、该项目运行中，应严格遵守操作规程，加强对辐射工作人员的培训，杜绝麻痹大意思想，以避免意外事故造成对公众和职业人员的附加影响，使对环境的影响降低到最低。

2、各项辐射安全措施及辐射防护设施必须正常运行，严格按国家有关规定要求进行操作，确保其安全可靠。

3、项目建成后企业应按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的有关规定及时进行自主环境保护验收。

辐射污染防治措施“三同时”措施一览表

| 项目        | “三同时”措施                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 预期效果                                                                                                                            | 投资<br>(万元) |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 辐射安全管理机构  | 公司拟成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确其管理职责                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，使用Ⅱ类放射源及Ⅱ类射线装置的单位，应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构的要求                                                             | /          |
| 辐射安全和防护措施 | <p>本项目 1#探伤房曝光室内净尺寸为 30.0m（长）×12.3m（宽）×13.0m（高），曝光室东侧主屏蔽墙拟采用 1600mm 硫酸钡混凝土，东侧次屏蔽墙拟采用 1000mm 硫酸钡混凝土，南墙及北墙均拟采用 1300mm 硫酸钡混凝土，西侧主屏蔽墙拟采用 1300mm 硫酸钡混凝土，西侧次屏蔽墙拟采用 1000mm 硫酸钡混凝土，顶部拟采用 1000mm 硫酸钡混凝土浇筑，南侧、西侧及北侧迷道外墙均拟采用 1300mm 硫酸钡混凝土，工件门拟采用 1300mm 硫酸钡混凝土，人员内门及人员外门均拟采用 6mmPb+4mmFe。1#探伤房曝光室内西北角拟建 1 个放射源暂存库，放射源暂存库内净尺寸为 2.5m（长）×2.0m（宽）×2.2m（高），放射源暂存库东墙及南墙均拟采用 300mm 硫酸钡混凝土浇筑，西墙及北墙均拟采用 1300mm 硫酸钡混凝土浇筑，顶部拟采用 240mm 硫酸钡混凝土浇筑，源库门拟采用 10mmPb+4mmFe。</p> <p>本项目 2#探伤房曝光室内净尺寸为 14.0m（长）×9.0m（宽）×10.0m（高），曝光室东墙、南墙、西墙及北墙均拟采用 800mm 硫酸钡混凝土，顶部拟采用 600mm 硫酸钡混凝土浇筑，东侧、西侧及北侧迷道外墙均拟采用 800mm 硫酸钡混凝土，东侧及西侧工件门均拟采用 800mm 硫酸钡混凝土，人员内门及人员外门均拟采用 6mmPb+4mmFe。</p> <p>本项目 3#探伤房曝光室内净尺寸为 14.0m（长）×9.0m（宽）×10.0m（高），曝光室东墙、南墙、西墙及北墙均拟采用 800mm 硫酸钡混凝土，顶部拟采用 600mm 硫酸钡混凝土浇筑，东侧、南侧及西侧迷道外墙均拟采用 800mm 硫酸钡混凝土，东侧及西侧工件门均拟采用 800mm 硫酸钡混凝土，人员内门及人员外门均拟采用 6mmPb+4mmFe。</p> | 满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中“屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5μSv/h”及“对没有人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平通常可取 100μSv/h”的要求 | 630        |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                            |    |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
|  | <p><b>3 座 X、<math>\gamma</math>射线探伤房辐射安全措施：</b></p> <p>本项目 1#探伤房曝光室的工件门、人员内门及人员外门均拟设计安装门机联锁装置，本项目 2#、3#探伤房曝光室的工件门、人员内门及人员外门均拟设计安装门机联锁装置；本项目 3 座 X、<math>\gamma</math>射线探伤房曝光室内每次仅开启 1 台探伤装置；1#探伤房曝光室工件门口、人员外门口和内部均同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，2#、3#探伤房曝光室东侧工件门口、西侧工件门口、人员外门口和内部均同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并拟在醒目的位置处均拟设置对“照射”和“预备”信号意义的说明；拟在 1#探伤房曝光室内、曝光室的放射源暂存库内、迷道内、工件门及人员外门外共设计安装 6 个摄像头，拟在 2#探伤房曝光室内、曝光室的放射源暂存库内、迷道内、东侧工件门、西侧工件门及人员外门外共设计安装 7 个摄像头，拟在 3#探伤房曝光室内、曝光室的放射源暂存库内、迷道内、东侧工件门、西侧工件门及人员外门外共设计安装 7 个摄像头，拟在各探伤房的操作室内拟设有专用的监视器；拟在 3 座 X、<math>\gamma</math>射线探伤房曝光室工件门及人员门上设置符合标准要求的电离辐射警告标志和中文警示说明；拟在 1#探伤房曝光室内、迷道内、操作室及加速器操作室的控制台上共设置 15 个紧急停机按钮，拟在 2#探伤房曝光室内、迷道内、操作室的控制台上共设置 8 个紧急停机按钮，拟在 3#探伤房曝光室内、迷道内、操作室的控制台上共设置 8 个紧急停机按钮，紧急停机按钮拟设置标签，标明使用方法；拟在 1#探伤房曝光室南墙、人员内门旁及迷道内人员外门旁各设置 1 个开门开关，在 2#、3#探伤房曝光室东墙、西墙、人员内门旁及迷道内人员外门旁各设置 1 个开门开关；拟在 3 座 X、<math>\gamma</math>射线探伤房曝光室内设计安装固定式场所辐射探测报警装置；拟在 1#探伤房加速器操作室及探伤机操作室的控制台上拟设置钥匙开关，在 2#、3#探伤房操作室的控制台处设计钥匙开关；公司拟在 3 座探伤房的电力控制箱内设置功率控制装置，确保各探伤房曝光室内每次仅开启 1 台探伤装置；各探伤房曝光室迷道内均拟设置照明装置。</p> <p><b>放射源暂存库辐射安全措施：</b></p> <p>各放射源暂存库防护门上均拟设置电离辐射警告标志；各放射源暂存库均拟采用硫酸钡混凝</p> | <p>满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）、《关于进一步加强 <math>\gamma</math> 射线移动探伤辐射安全管理的通知》（环办函[2014] 1293 号）及《关于印发&lt;关于 <math>\gamma</math> 射线探伤装置的辐射安全要求&gt;的通知》（环发[2007]8 号）中关于探伤房及移动探伤防护措施的相关要求</p> | 66 |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  | <p>土建造，结构上防火，放射源暂存库内不存放腐蚀性和爆炸性物品；由 2 名专职人员负责放射源暂存库的管理工作，放射源暂存库实行双人双锁管理，钥匙授权专门的人员保管；放射源暂存库内拟设置 1 个摄像头，监控显示器拟安装在公司 24h 值班室内，供 24h 值班人员巡视和监控；放射源暂存库入口处拟安装红外线报警装置，并与 110 联网，人员非正常进入时发出警报传送至公安系统；定期检查物品清单，确认探伤源、源容器和控制源的存放地点。建立放射源出入库台账，放射源进、出暂存库均进行登记，对<math>\gamma</math>探伤机表面进行辐射监测，并记录监测结果。进出台账与监测结果存档。</p> <p><b>操作防护措施：</b></p> <p>辐射工作人员在开展检测工作前拟按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中 5.1.2 及 5.2.1.2 要求对本项目各 X、<math>\gamma</math>射线探伤房进行检查，重点检查安全联锁、报警设备和警示灯、固定辐射检测仪等是否运行正常；辐射工作人员在进入各 X、<math>\gamma</math>射线探伤房曝光室时，除佩戴常规个人剂量计外，还拟携带个人剂量报警仪和便携式 X-<math>\gamma</math>剂量率仪。当剂量率达到设定的报警阈值报警时，辐射工作人员立即退出曝光室，同时防止其他人进入曝光室，并立即向辐射防护负责人报告；辐射工作人员拟定期测量各 X、<math>\gamma</math>射线探伤房曝光室外周围区域的剂量率水平，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，立即终止探伤工作并向辐射防护负责人报告；交接班或当班使用便携式 X-<math>\gamma</math>剂量率仪前，拟检查是否能正常工作。如发现便携式 X-<math>\gamma</math>剂量率仪不能正常工作，则不应开始检测工作；辐射工作人员拟正确使用配备的辐射防护装置，如准直器和附加屏蔽，把潜在的辐射降到最低；在每一次照射前，辐射工作人员都拟确认探伤房曝光室内部没有人员驻留并关闭防护门。只有在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始检测工作。</p> <p><b>探伤设施的退役：</b></p> <p>本项目<math>\gamma</math>射线探伤机内 <math>^{60}\text{Co}</math>、<math>^{192}\text{Ir}</math> 及 <math>^{75}\text{Se}</math> 密封源退役后仍有较强的放射性，公司已承诺<math>\gamma</math>射线探伤机内 <math>^{60}\text{Co}</math>、<math>^{192}\text{Ir}</math> 及 <math>^{75}\text{Se}</math> 密封源退役后，废源将由原生产厂家回收。放射源购买及报废手续遵照相应审管部门的具体规定，相关文件记录归档保存；掺入贫铀的屏蔽装置拟与<math>\gamma</math>射线源一样对待，公司</p> |  |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                      |      |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|------|
|      | <p>承诺掺入贫铀的屏蔽装置由原生产厂家回收；公司计划将工业电子加速器及 X 射线探伤机的 X 射线发生器处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构；当所有辐射源从现场移走后，公司拟按监管机构要求办理相关手续；公司计划对退役场所及相关物品进行全面的辐射监测，以确认现场没有留下放射源，并确认污染状况。</p> <p><b>厂区移动式γ射线移动探伤辐射安全措施：</b></p> <p>公司拟做好探伤作业的辐射防护工作，提前发布探伤作业信息，应通知到所有相关人员，防止误照射发生；γ射线探伤工作拟安排在夜间 10 点后工人完全离场的情况下进行，根据现场条件来划定防护距离，运用距离、时间及屏蔽物等防护原则进行防护；配备各监测仪表、现场屏蔽物（铅板）、防护用品及辅助用品等；现场探伤前做好人员准备；现场探伤前对γ探伤设备进行安全检查，确认探伤机内放射源安全；根据《工业探伤放射防护标准》GBZ117-2022、《关于进一步加强γ射线移动探伤辐射安全管理的通知》（环办函[2014]1293 号）、《关于γ射线探伤装置的辐射安全要求的通知》（环发[2007]8 号），开展现场γ探伤时采取并重点加强各项安全措施，如：将工作场所划分控制区和监督区，控制区边界外剂量率低于 15μSv/h，监督区边界外剂量率低于 2.5μSv/h，在控制区边界上合适的位置设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入放射性工作场所”标牌，现场安全人员对控制区边界进行巡逻，探伤作业期间对控制区边界上代表点的剂量率进行检测，控制放射源传输的操作位尽量设置于控制区外；在监督区边界外公众可达地点（如监督区边界）放置安全信息公示牌，监督区边界醒目位置张贴电离辐射警告标志和警示语等提示信息；拟配备提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置；“预备”信号和“照射”信号有明显的区别，并且与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别；夜晚作业时监督区及控制区边界拟设置照明装置；γ射线探伤的警示信号指示装置拟与探伤机连锁；现场探伤完成后必须用辐射剂量巡检仪进行检测，确认放射源回到源容器；对γ射线探伤机进行日常维护保养。</p> |                                      |      |
| 人员配备 | 公司拟为本项目配备 12 名辐射工作人员，拟配备的 12 名辐射工作人员均拟通过生态环境部培训平台上的线上考核后上岗                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全 | 定期投入 |

|           |                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                               |   |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
|           | <p>拟委托有资质的单位对本项目 12 名辐射工作人员开展个人剂量检测（不超过 3 个月/次），并按相关要求建立辐射工作人员个人剂量监测档案</p> <p>公司拟每两年组织本项目 12 名辐射工作人员进行职业健康体检，并按相关要求建立辐射工作人员职业健康监护档案</p>                                      | <p>许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中关于人员培训、个人剂量监测及职业健康体检的相关要求</p>                                                                                               |   |
| 监测仪器和防护用品 | <p>公司拟为本项目配备 4 台环境辐射剂量巡测仪及 12 台个人剂量报警仪</p>                                                                                                                                   | <p>满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，本项目应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量报警仪、辐射剂量巡测仪等仪器的要求</p>                                                                          | 4 |
| 辐射安全管理制度  | <p>公司拟根据相关标准要求，制定一系列辐射安全管理制度，包括操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、射线装置使用登记、台账管理制度以及辐射事故应急预案等制度，公司还应根据相关条例、办法以及本报告的要求补充γ探伤相关制度，并在今后运行中结合实际工作不断完善，使其具有较强的针对性和可操作性。</p> | <p>满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中的有关要求，使用射线装置的单位要健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、台账登记制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急预案。</p> | / |

以上措施应与主体工程同时设计、同时施工、同时投入运行。

表 14 审批

|             |             |  |
|-------------|-------------|--|
| 下一级环保部门预审意见 |             |  |
| 经办人签字       | 公章<br>年 月 日 |  |
| 审批意见：       |             |  |
| 经办人签字       | 公章<br>年 月 日 |  |