2023-HP-0127

核技术利用建设项目

帕博检测技术服务有限公司华东分公司
新建固定式X射线探伤及
移动式X、γ射线探伤项目
环境影响报告表

帕博检测技术服务有限公司华东分公司

2024年3月

生态环境部监制

目 录

表 1 项目基本情况.....1
表 2 放射源.....6
表 3 非密封放射性物质.....6
表 4 射线装置.....7
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....8
表 6 评价依据.....10
表 7 保护目标与评价标准.....14
表 8 环境质量和辐射现状.....26
表 9 项目工程分析与源项.....31
表 10 辐射安全与防护.....45
表 11 环境影响分析.....73
表 12 辐射安全管理.....96
表 13 结论与建议.....110

附 图

附图一 帕博检测技术服务有限公司华东分公司地理位置示意图
附图二 帕博检测技术服务有限公司华东分公司租赁探伤房产权方连云港凯帝重工科技有限公司厂区平面布置、探伤房位置及周围环境示意图
附图三 1#结构件厂房平面布置示意图
附图四 帕博检测技术服务有限公司华东分公司 X 射线探伤房及源库的尺寸示意图

附 件

附件 1：项目委托书
附件 2：射线装置使用情况承诺书
附件 3：放射源使用情况承诺书
附件 4：探伤设施退役方案承诺书
附件 5：帕博检测技术服务有限公司辐射安全许可证正副本复印件
附件 6：原连云港凯帝重工科技有限公司辐射安全许可证复印件（附件 6-1）及报废 X 射线装置回收证明（附件 6-2）、辐射安全许可证注销证明（附件 6-3）
附件 7：连云港凯帝重工科技有限公司与帕博检测技术服务有限公司华东分公司就 1#结构件厂房内一座现有探伤房的租赁合同
附件 8：帕博检测技术服务有限公司华东分公司 HW16 危险废物安全处置承诺书
附件 9：帕博检测技术服务有限公司华东分公司移动 γ 探伤委托运输承诺书
附件 10：本项目辐射环境现状检测报告及检测单位资质
附件 11：帕博检测技术服务有限公司华东分公司营业执照（附件 11-1）及帕博检测技术服务有限公司营业执照（附件 11-2）

表 1 项目基本情况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="6">帕博检测技术服务有限公司华东分公司
新建固定式 X 射线探伤及移动式 X、γ 射线探伤项目</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="6">帕博检测技术服务有限公司华东分公司</td></tr>
<tr><td colspan="2">法人代表</td><td>曹炳亮</td><td>联系人</td><td>张 新</td><td colspan="2">联系电话</td></tr>
<tr><td colspan="2">注册地址</td><td colspan="6">江苏省连云港市徐圩新区江苏大道 396 号</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="6">江苏省连云港市徐圩新区江苏大道 396 号</td></tr>
<tr><td colspan="2">立项审批部门</td><td colspan="2">/</td><td>批准文号</td><td colspan="2">/</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设项目总投资（万元）</td><td>200</td><td>项目环保投资（万元）</td><td>100</td><td>投资比例（环保投资/总投资）</td><td>50%</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目性质</td><td colspan="3">■新建 □改建 □扩建 □其他</td><td>占地面积（m^2）</td><td>约 500</td></tr>
<tr><td rowspan="9">应用类型</td><td rowspan="2">放射源</td><td>□销售</td><td colspan="4">□I 类 □II 类 □III 类 □IV 类 □V 类</td></tr>
<tr><td>■使用</td><td colspan="4">□I 类（医疗使用）■II 类 □III 类 □IV 类 □V 类</td></tr>
<tr><td rowspan="3">非密封放射性物质</td><td>□生产</td><td colspan="4">□制备 PET 用放射性药物</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="4">/</td></tr>
<tr><td>□使用</td><td colspan="4">□乙 □丙</td></tr>
<tr><td rowspan="3">射线装置</td><td>□生产</td><td colspan="4">□II 类 □III 类</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="4">□II 类 □III 类</td></tr>
<tr><td>■使用</td><td colspan="4">■II 类 □III 类</td></tr>
<tr><td>其他</td><td colspan="5">/</td></tr>
</table>

项目概述

1.1 建设单位基本情况、项目建设规模及由来

1.1.1 建设单位基本情况

帕博检测技术服务有限公司华东分公司（以下简称帕博检测华东分公司）是帕博检测技术服务有限公司全资分公司，具有非独立法人资格，两个公司营业执照见附件 11。



帕博检测华东分公司成立于 2019 年 7 月，占地 1100 平方米，坐落在江苏省连云港市东南部-国家东中西区域合作示范区先导区（徐圩新区），拥有金属材料检测实验室、化学分析检测实验室、高分子材料检测实验室等。是具有公正性的第三方独立检测机构。

帕博检测华东分公司现有工作人员 90 人，其中工程师 5 人，助理工程师 1 人，大专以上学历 23 人。预计本项目运行后，公司无损检测人员达到 22 人。

帕博检测华东分公司办公地点位于番禺珠江钢管（连云港）有限公司独栋无损检测楼（共 2F）内，与其租赁的连云港凯帝重工科技有限公司探伤房所在的 1#结构件厂房，均位于珠江钢管连云港基地内（江苏省连云港市徐圩新区江苏大道 396 号），上述三个公司均为广州珠钢管业集团有限公司下属公司。公司地理位置示意图见附图一。

1.1.2 项目建设规模及由来

连云港凯帝重工科技有限公司于江苏省连云港市徐圩新区江苏大道 396 号厂区内 1#结构件厂房内的东侧建设了一座探伤房（仅申请开展固定式 X 射线探伤），该探伤房于 2015 年 11 月首次取得辐射安全许可证，并于 2020 年 10 月延续许可证，于 2021 年办理许可证地址变更，许可使用II类射线装置（X 射线探伤机和 X 射线实时成像系统，见附件 6-1）。

因集团业务调整，广州珠钢管业集团有限公司决定剥离连云港凯帝重工科技有限公司无损检测业务，交由独立第三方检测公司帕博检测技术服务有限公司成立的华东分公司统一管理。

连云港凯帝重工科技有限公司已于 2023 年 6 月注销其原有的辐射安全许可证（见附件 6-

3），探伤房内原有的一套 X 射线实时成像系统和 2 台 X 射线探伤机已送交生产厂家报废处理（见附件 6-2）。连云港凯帝重工科技有限公司已将其位于 1#结构件厂房内的一座探伤房于 2023 年 6 月租赁给帕博检测技术服务有限公司华东分公司（租赁合同见附件 7）。

帕博检测技术服务有限公司华东分公司作为独立的第三方检测机构，拟在租赁探伤房内开展固定式 X 射线探伤（主要服务于集团各公司），还计划为集团各公司及客户开展移动式 X、γ 射线探伤。考虑 γ 探伤需配建屏蔽足够的源库，公司计划在探伤室内，利用原有屏蔽墙体、沿西北墙建设一座 γ 探伤机源库（内设十个源坑存放 γ 探伤机），建设完成后使用 10 台 γ 探伤机（7 台 100Ci 的 ^{192}Ir 探伤机、3 台 100Ci 的 ^{75}Se 探伤机）开展移动 γ 射线探伤；同时公司计划将该探伤房南侧辅房的第一间设置为移动探伤器材库房，用于存放移动探伤所需的警戒绳、警示牌、工作状态指示灯和现场辐射检测仪器等，若有指定用于移动探伤的 X 射线探伤机和退役探伤机，也将存放于移动探伤器材库房内；公司还将配备 8 台 X 射线探伤机（最高管电压 350kV）供固定 X 射线探伤和移动 X 探伤使用。以上为本次环评内容。

本项目配备的探伤设备详见表 1-1。

本项目为使用 II 类放射源、使用 II 类射线装置项目。为保护环境和公众利益，防止辐射污染，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》等法律法规的规定，帕博检测技术服务有限公司华东分公司应办理核技术应用项目环境影响评价手续。依照《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 版）的分类，“使用 II 类放射源、使用 II 类射线装置”，属于“172 核技术利用建设项目”中的“使用II类放射源的”和“使用II类射线装置的”范畴，应编制环境影响报告表。

受帕博检测技术服务有限公司华东分公司委托，江苏辐环环境科技有限公司承担该项目的环境影响评价工作。我公司通过资料调研、项目工程分析，并在结合现场勘察、现场检测（委托江苏核众环境监测技术有限公司检测）等工作的基础上，编制了该核技术应用项目环境影响报告表。

1.2 项目周边保护目标及项目选址情况

本项目探伤房产权方连云港凯帝重工科技有限公司厂区平面布置见附图二，本项目租赁的探伤房区域周边 50m 范围均在连云港凯帝重工科技有限公司厂区内。本项目探伤房位于连云港凯帝重工科技有限公司厂区内 1#结构件厂房内的东侧，1#结构件厂房平面布局及探伤房位置

示意和周边环境见附图三。帕博检测华东分公司开展移动探伤项目现场主要是移动探伤委托客户（主要是石化企业的在役管道、船舶企业的钢结构等无损检测工作）的户外作业现场。

本项目固定式探伤房周围50m评价范围内无学校、居民区等环境敏感点；移动探伤现场在户外，周围50m评价范围一般也没有学校、居民区等环境敏感点。本项目环境保护目标包括本项目的辐射工作人员、探伤房所在的凯帝重工 1#结构件厂房内外工作人员，以及移动探伤现场的周边公众（若有）。

1.3 实践正当性分析及产业政策相符性

因广州珠钢管业集团有限公司业务发展需要，帕博检测技术服务有限公司成立华东分公司，为集团公司在华东区域各子公司或分公司开展无损检测业务，或为委托客户（主要是石化企业、船舶企业的钢结构和在役管道等无损检测工作）提供户外现场的无损检测业务。

本项目的建设和运行可满足集团公司的发展需求，整合无损检测工作，其建设和运行对受照个人或社会所带来的利益能够弥补其可能引起的辐射危害，该项目符合《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。

本项目不属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中“禁止类”、“淘汰类”、“限制类”项目，项目符合国家产业政策。

1.4 本次环评核技术利用项目许可情况

帕博检测技术服务有限公司华东分公司系帕博检测技术服务有限公司在连云港设置的非独立法人资格的分公司，为首次申领辐射安全许可证的分公司。帕博检测技术服务有限公司华东分公司本次环评的核技术利用情况见表1-1。

表1-1 帕博检测技术服务有限公司华东分公司核技术应用情况一览表

放射源									
序号	放射源名称	数量（枚）	单枚活度（Bq）	放射源类别	工作场所名称	使用情况	环评情况及批号	许可情况	验收情况及时间
1	^{192}Ir	7	3.7×10^{12}	II	移动探伤现场	拟购	**本次环评**	未许可	未验收
2	^{75}Se	3	3.7×10^{12}	II					
射线装置									

序号	射线装置名称	数量（台）	管电压 kV	管电流 mA	射线装置类别	工作场所名称	使用情况	环评情况及批号	许可情况	验收情况及时间
1	X射线探伤机，XXG-3505D	1	350	5	II	探伤房/移动探伤现场	拟购	**本次环评**	未许可	未验收
2	X射线探伤机，XXG-3505C	1	350	5	II					
3	X射线探伤机，XXG-3005D	1	300	5	II					
4	X射线探伤机，XXG-3005C	1	300	5	II					
5	X射线探伤机，XXG-2505D	3	250	5	II					
6	X射线探伤机，XXG-2505C	1	250	5	II					

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	^{192}Ir	3.70×10^{12}Bq/枚 ×7 枚	II 类源	使用	无损检测	移动探伤现场	安放在γ射线探伤机内。 日常随探伤机一起贮存在源库内。 开展移动探伤时随探伤机一起贮存在移动探伤现场的临时源库内。	移动探伤
2	^{75}Se	3.70×10^{12}Bq/枚 ×3 枚	II 类源	使用	无损检测	移动探伤现场	安放在γ射线探伤机内。 日常随探伤机一起贮存在源库内。 开展移动探伤时随探伤机一起贮存在移动探伤现场的临时源库内。	移动探伤
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量（MeV）	额定电流（mA）/剂量率（Gy/h）	用途	工作场所	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

（二）X 射线管，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	最大管电压（kV）	最大管电流（mA）	用途	工作场所	备注
1	X 射线探伤机	II类射线装置	1	XXG-3505D	350	5	无损检测	探伤房或移动探伤现场	定向机
2	X 射线探伤机		1	XXG-3505C	350	5			周向机
3	X 射线探伤机		1	XXG-3005D	300	5			定向机
4	X 射线探伤机		1	XXG-3005C	300	5			周向机
5	X 射线探伤机		1	XXG-2505D	250	5			定向机
6	X 射线探伤机		1	XXG-2505D	250	5			定向机
7	X 射线探伤机		1	XXG-2505D	250	5			定向机
8	X 射线探伤机		1	XXG-2505C	250	5			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	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
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/		
显影、定影废液	液态	/	/	/	约 1500kg	/		
冲洗废水	液态	/	/	/	不超过 3000kg	/		
废胶片	固态	/	/	/	约 1500 张/年，约 70kg	/		
存档胶片（7 年后也作为废胶片处理）	固态	/	/	/	约 50000 张/年	/		
退役 X 射线探伤机	固态	/	/	/	/	/		

退役 ^{75}Se 放射源	固态	^{75}Se	$T_{1//2}$=120d，使用约 3~5 个半衰期后退役，退役时活度不超过 10Ci	/	3 枚/年	/		
退役 ^{192}Ir 放射源	固态	^{192}Ir	$T_{1//2}$=74d，使用约 3~5 个半衰期后退役，退役时活度不超过 10Ci	/	14 枚/年	/		
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

2.含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别厍比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/ m^3）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

法规文件	（1）《中华人民共和国环境保护法》（2014 年修订版），2015 年 1 月 1 日起施行； （2）《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年修正版），2018 年 12 月 29 日起施行； （3）《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日起施行； （4）《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020 年修订版），2020 年 9 月 1 日起施行； （5）《放射性物品运输安全管理条例》，国务院令第 562 号，2010 年 1 月 1 日起施行。 （6）《放射性物品运输安全许可管理办法》（2021 年修正版），生态环境部 部令第 20 号，2021 年 1 月 4 日起施行； （7）《放射性物品运输安全监督管理办法》，中华人民共和国环境保护部令 第 38 号，2016 年 5 月 1 日起施行； （8）《建设项目环境保护管理条例》（2017 修改版），国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日发布施行； （9）《国家危险废物名录（2021 年版）》，生态环境部令 第 15 号，2021 年 1 月 1 日起施行。 （10）《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019 年修改版），国务院令第 709 号，2019 年 3 月 2 日起施行； （11）《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 版），生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行； （12）《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行； （13）《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》，国家环境保护总局文件，环发[2006] 145 号文； （14）《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修正版），生态环境部 部令第 20 号，2021 年 1 月 4 日起施行；

	（15）《关于印发<关于γ射线探伤装置的辐射安全要求>的通知》，国家环境保护总局文件，环发[2007]8号文； （16）《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； （17）关于发布《放射源分类办法》的公告，国家环境保护总局公告2005年第62号； （18）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2017年第66号公告，2017年12月5日起施行； （19）关于印发《建设项目环境影响评价政府信息公开指南（试行）》的通知，环办[2013]103号，2014年1月1日起施行； （20）《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》，环办辐射函[2016]430号，2016年3月7日起施行； （21）《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； （22）《产业结构调整指导目录（2019年本）》（2021修改版），中华人民共和国国家发展和改革委员会令第49号修改，2021年12月30日起施行。 （23）《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 部令第9号，2019年11月1日起施行； （24）《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日起施行； （25）《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2019年第38号公告，2019年11月1日起施行； （26）《江苏省辐射污染防治条例》，（2018年修改版），江苏省第十三届人民代表大会常委会公告第2号，2018年5月1日起施行； （27）《江苏省辐射安全许可证办理等工作程序和规范》，苏环规〔2019〕4号，2019年12月10日起施行； （28）《江苏省辐射事故应急预案》，苏政办函〔2020〕26号，2020年2月19日起施行。

	（29）《移动伽马射线探伤委托单位辐射安全管理提醒》，苏核管中心发[2023]24号，2023年9月6日发布。 （30）《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5月31日起施行。 （31）《江苏省国家级生态保护红线规划》，苏政发[2018]74号，2018年6月9日起施行； （32）《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日起施行。 （33）《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日起施行。 （34）《江苏省生态空间管控区域监督管理办法》，苏政办发[2021]20号，2021年5月1日起施行。 （35）《建设项目危险废物环境影响评价指南》，生态环境部公告2017年第43号，2017年10月1日起施行。 （36）《省生态环境厅关于进一步加强危险废物污染防治工作的实施意见》，苏环办[2019]327号，2019年9月24日起施行。 （37）《产业结构调整指导目录（2024年本）》，中华人民共和国国家发展和改革委员会令 第7号，2024年2月1日起施行。
技术标准	（1）《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）； （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）； （3）《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）； （4）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）； （5）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； （6）《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）； （7）《γ射线探伤机》（GB/T 14058-2023）； （8）《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及其修改单； （9）《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）； （10）《危险废物识别标志设置技术规范》（HJ 1276-2022）；

	（11）《剧毒化学品、放射源存放场所治安防范要求》（GA 1002-2012）。
其他	（1）项目委托书（附件 1） （2）射线装置使用情况承诺书（附件 2） （3）放射源使用情况承诺书（附件 3） （4）探伤设施退役方案承诺书（附件 4） （5）帕博检测技术服务有限公司辐射安全许可证正副本复印件（附件 5） （6）原连云港凯帝重工科技有限公司辐射安全许可证复印件（附件 6-1）及报废 X 射线装置回收证明（附件 6-2）、辐射安全许可证注销证明（附件 6-3） （7）连云港凯帝重工科技有限公司与帕博检测技术服务有限公司华东分公司就 1#结构件厂房内一座现有探伤房的租赁合同（附件 7） （8）帕博检测技术服务有限公司华东分公司 HW16 危险废物安全处置承诺书（附件 8） （9）帕博检测技术服务有限公司华东分公司移动γ探伤委托运输承诺书（附件 9） （10）本项目辐射环境现状检测报告及检测单位资质（附件 10） （11）帕博检测技术服务有限公司华东分公司营业执照（附件 11-1）及帕博检测技术服务有限公司营业执照（附件 11-2） **参考资料：** （1）《辐射防护导论》，方杰主编。 （2）《辐射防护手册-第三分册》，李德平、潘自强主编。 （3）《核技术利用单位辐射安全标准化建设指南（工业射线探伤类）》。生态环境部辐射源安全监管司，江苏省生态环境厅。 （4）江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究。刘明，王承保。辐射防护，1993 年第 13 卷第 2 期。

江苏省天然贯穿辐射水平调查结果（单位：nGy/h）

	室外剂量率	室内剂量率
均值	79.5	115.1
标准差 s	7.0	16.3
（均值±3s）*	（79.5±21.0） 58.5~100.5	（115.1±48.9） 66.2~164

取均值±3 倍标准差范围作为现状评价时参考的数值

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

本项目为使用 II 类射线装置开展固定式探伤工作、使用 II 类放射源和 II 类射线装置开展移动式探伤工作，根据《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）的要求：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）。

因此，本项目评价范围，对于固定式 X 射线探伤，为探伤房边界外延 50m 的区域；对于移动 X、γ 射线探伤，为移动探伤出束探伤机理论估算的监督区边界外 100m。本项目固定式 X 射线探伤评价范围示意见图 7-1。

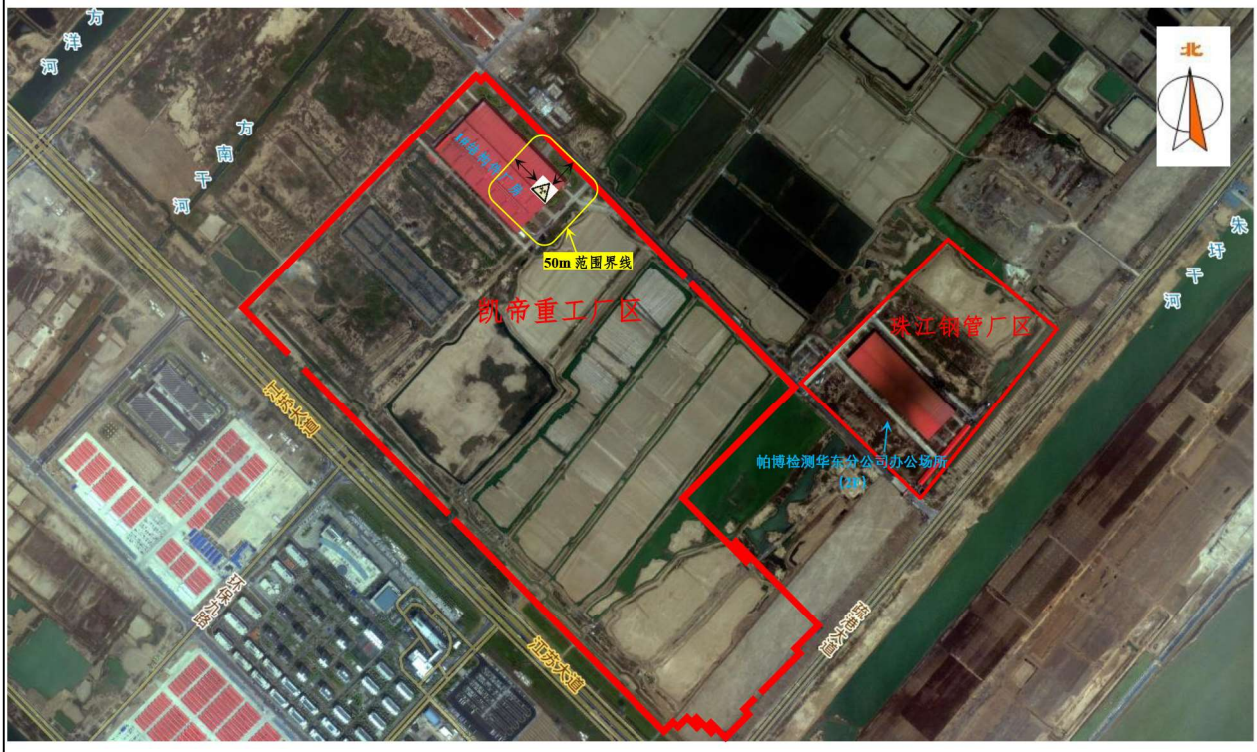


图 7-1 本项目固定式 X 射线探伤评价范围示意图

7.2 保护目标

本项目探伤房系租用凯帝重工在 1#结构件厂房内的已建探伤房。该座探伤房建设于 1#结构件厂房的自北向南第二跨内，1#结构件厂房为单层建筑，顶上和地下无其他建筑；探伤房的曝光室、资料室和操作室等相邻辅房也均为单层建筑，顶上和地下无其他建筑。探伤房周围 50m 区域：

东南侧辅房外为 1#结构件厂房围墙，围墙外目前为厂内道路及空地；

西南侧 50m 范围均在 1#结构件厂房内，为第三跨车间的内外观检验区/返修区、预焊区；

西北侧 50m 范围均在 1#结构件厂房内，为第二跨车间的后处理区、待终检区、校圆区、割引熄弧板区；

东北侧 35m 范围在 1#结构件厂房内，为 1#结构件厂房的入口通道及待探伤工件吊装等待区所在的第一跨车间；再东北侧 15m 为厂房绿化带、厂内道路和厂区北围墙。

探伤房区域周边 50m 范围均在凯帝重工公司厂区内。

本项目固定式 X 射线探伤的探伤房 50m 评价范围内无学校、居民区等环境敏感点，环境保护目标包括本项目辐射工作人员、探伤房所在的凯帝重工厂区内（主要是 1#结构件厂房）的工作人员。本项目固定式 X 射线探伤环境保护目标情况见表 7-1。

表 7-1 本项目固定式 X 射线探伤环境保护目标分布情况

主要环境保护目标	方位	场所名称	最近距离	规模	年有效剂量约束值
本项目辐射工作人员	探伤室东南侧	暗室、操作室、评片室、资料室等	0.3m	固定式 X 射线探伤约 3~4 人	5mSv/a
公众	东南侧	1#结构件厂房外的厂区道路及空地工作人员	10m	流动人员	0.1mSv/a
	东北侧	1#结构件厂房内待探伤工件吊装等待区工作人员和厂房入口通道路过人员	15m	流动人员	
		1#结构件厂房外的厂区道路及空地工作人员	35m	流动人员	
	西北侧	1#结构件厂房内后处理区、待终检区、校圆区、割引熄弧板区工作人员	5m	约 50 人	
	西南侧	1#结构件厂房内外观检验区/返修区、预焊区工作人员	10m	约 50 人	

本项目移动式 X、γ 射线探伤主要在石化企业的在役管道、船舶企业的钢结构等无损检测现场开展，各探伤现场情况及周边环境将存在较大差异。移动式 X、γ 射线探伤的环境保护目标情况见表 7-2。

表 7-2 本项目移动式 X、γ 射线探伤环境保护目标分布情况

主要环境保护目标	方位	最近距离	规模	年有效剂量约束值
本项目辐射	源库内外	/	2 名源库保管员	5mSv/a

工作人员	探伤现场控制区外	根据现场情况划定	每个移动探伤现场至少 2 人， 最多同时开展 10 个移动探伤现场	
公众	探伤现场监督区外	根据现场情况划定	不定	0.1mSv/a

7.3 评价标准

（1）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

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 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： 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； ②任何一年中的有效剂量，50mSv。
公众照射 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： ①年有效剂量，1mSv； 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）《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及其修改单。

（3）《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）

4 使用单位放射防护要求

4.1 开展工业探伤工作的使用单位对放射防护安全应负主体责任。

4.2 应建立放射防护管理组织，明确放射防护管理人员及其职责，建立和实施放射防护管理制度和措施。

4.3 应对从事探伤工作的人员按 GBZ128 的要求进行个人剂量监测，按 GBZ98 的要求进行职业健康监护。

4.4 探伤工作人员正式工作前应取得符合 GB/T 9445 要求的无损探伤人员资格。

4.5 应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。

4.6 应制定辐射事故应急预案。

5.2.3 放射源的贮存和领用

5.2.3.1 使用单位应设立专用的放射源（或带源的探伤机）的贮存库。

5.2.3.2 移动式探伤工作间歇临时贮存含源容器或放射源、控制源，应在专用的贮存设施内贮存。现场存储设施包括可上锁的房间、专用存储箱或存储坑等。应具有与使用单位主要基地的存储设施相同级别的防护。临时贮存完毕，应进行巡测，确保存储安全。

5.2.3.3 放射源贮存设施应达到如下要求：

a）严格控制对周围人员的照射、防止放射源被盗或损坏，并能防止非授权人员采取任何损伤自己或

公众的行动，贮存设施门口应设置电离辐射警告标志；

b）应能在常规环境条件下使用，结构上防火，远离腐蚀性和爆炸性等危险因素；

c）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；

d）贮存设施的门应保持在锁紧状态，实行双人双锁管理；

e）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。

5.2.3.4 放射源的储存应符合 GA1002 的相关要求。

5.2.3.5 使用单位应制定放射源领用及交还制度，建立领用台账，明确放射源的流向，并有专人负责。

5.2.3.6 领用、交还含放射源的源容器时，应对离源容器外表面一定距离处的周围剂量当量率进行测量，确认放射源在源容器内。含放射源的源容器应按规定位置存放，领用和交还都应有详细的登记。

5.2.4 放射源的运输和移动

5.2.4.1 放射源的货运运输要求按 GB11806 的规定执行，应满足 A 类与 B 类运输货包要求。在运输过程中，源窗应处于关闭状态，并有专门的锁定装置。

5.2.4.2 含源装置应置于储存设施内运输，只有在合适的源容器内正确锁紧并取出钥匙后方能移动。

5.2.4.3 在不涉及公用道路的厂区内移动时，应使用小型车辆或手推车，使含源装置处于人员监视之下。

5.2.5 废旧放射源的处理

使用单位应与生产销售单位签订废旧放射源返回协议，当放射源需报废时，应按照协议规定将废旧放射源返回生产单位或原出口方。放射源的购买及报废手续应遵照相应审管部门的具体规定，相关文件记录应归档保存。

6 固定式探伤的放射防护要求

6.1 探伤室放射防护要求

6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开。探伤室的屏蔽墙厚度应充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素。无迷路探伤室门的防护性能应不小于同侧墙的防护性能。X 射线探伤室的屏蔽计算方法参见 GBZ/T 250。

6.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 GB 18871 的要求。

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 100μSv/h。

6.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置，应在门（包括人员进出门和探伤工件进出门）关闭后才能进行探伤作业。门-机联锁装置的设置应方便探伤室内部的人员在紧急情况下离开探伤室。在探伤过程中，防护门被意外打开时，应能立刻停止出束或回源。探伤室内有多台探伤装置时，每台装置均应与防护门联锁。

6.1.6 探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与探伤机联锁。“预备”信号应持续足够长的时间，以确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。在醒目的位置处应有对“照射”和“预备”信号意义的说明。

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

6.1.8 探伤室防护门上应有符合 GB 18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。

6.1.9 探伤室内应安装紧急停机按钮或拉绳，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮或拉绳的安装，应使人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮或拉绳应带有标签，标明使用方法。

6.1.10 探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次。

6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。

6.2 探伤室探伤操作的放射防护要求

6.2.1 对正常使用的探伤室应检查探伤室防护门机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。

6.2.2 探伤工作人员在进入探伤室时，除佩戴常规个人剂量计外，还应携带个人剂量报警仪和便携式 X-γ 剂量率仪。当剂量率达到设定的报警阈值报警时，探伤工作人员应立即退出探伤室，同时防止其他人进入探伤室，并立即向辐射防护负责人报告。

6.2.3 应定期测量探伤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。测量值应与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。

6.2.4 交接班或当班使用便携式 X-γ 剂量率仪前，应检查是否能正常工作。如发现便携式 X-γ 剂量率仪不能正常工作，则不应开始探伤工作。

6.2.5 探伤工作人员应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。

6.2.6 在每一次照射前，操作人员都应该确认探伤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，才能开始探伤工作。

6.2.7 开展探伤室设计时未预计到的工作，如工件过大等特殊原因必须开门探伤的，应遵循本标准第7.1条～第7.4条的要求。

6.3 探伤设施的退役

当工业探伤设施不再使用，应实施退役程序。包括以下内容：

a) 有使用价值的γ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，或者按照本标准第5.2.5条中废旧放射源的处理要求执行。

b) 掺入贫铀的屏蔽装置应与γ射线源一样对待。

c) X射线发生器应处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构。

d) 包含低活度γ射线源的管道爬行器，应按照相关要求执行。

e) 当所有辐射源从现场移走后，使用单位按监管机构要求办理相关手续。

f) 清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

g) 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。

7 移动式探伤的放射防护要求

7.1 作业前准备

7.1.1 在实施移动式探伤工作之前，使用单位应对工作环境进行全面评估，以保证实现安全操作。评估内容至少应包括工作地点的选择、接触的工人与附近的公众、天气条件、探伤时间、是否高空作业、作业空间等。应考虑移动式探伤对工作场所内其他的辐射探测系统带来的影响（如烟雾报警器等）。

7.1.2 使用单位应确保开展移动式探伤工作的每台探伤机至少应配备两名专职工作人员。

7.1.3 移动式探伤工作如在委托单位的工作场地实施准备和规划，使用单位应与委托单位协商适当的探伤地点和探伤时间、现场的通告、警告标识和报警信号等，避免造成混淆。委托单位应给予探伤作业人员充足的时间以确保探伤工作的安全开展和所需安全措施的实施。

7.2 分区设置

7.2.1 探伤作业时，应对工作场所实行分区管理，将工作场所划分为控制区和监督区。并在相应的边界设置警示标识。现场射线探伤工作应在指定为控制区的区域内进行。

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

a) 对于X射线探伤，如果每周实际开机时间高于7 h，控制区边界周围剂量当量率应按公式（1）

计算：

$$\dot{H} = \frac{100}{\tau} \quad \text{……（1）}$$

式中：

$\dot{H}$ ——控制区边界周围剂量当量率，单位为微希沃特每小时（μSv/h）；

100——5mSv 平均分配到每年 50 工作周的数值，即 100μSv/周；

τ ——每周实际开机时间，单位为小时（h）。

b) 对于γ射线探伤，控制区距离的估算方法参见本标准附录 A。

7.2.3 控制区边界上合适的位置应设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌，探伤作业人员应在控制区边界外操作，否则应采取专门的防护措施。

7.2.4 控制区的边界尽可能设定实体屏障，包括利用现有结构（如墙体）、临时屏障或临时拉起警戒线（绳）等。

7.2.5 移动式探伤作业工作过程中，控制区内不应同时进行其他工作。为了使控制区的范围尽量小，应使用合适的准直器并充分考虑探伤机和被检物体的距离、照射方向、时间和现场屏蔽等条件。视情况采用局部屏蔽措施。

7.2.6 每一个探伤作业班组应至少配备一台便携式 X-γ 剂量率仪，并定期对其开展检定/校准工作。应配备能在现场环境条件下可听见、看见或产生震动信号的个人剂量报警仪。

7.2.7 探伤作业期间还应对控制区边界上代表点的剂量率进行检测，尤其是探伤的位置在此方向或射线束的方向发生改变时，适时调整控制区的边界。

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 μ 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。

7.2.9 移动式探伤工作在多楼层的工厂或工地实施时，应防止移动式探伤工作区上层或下层的人员通过楼梯进入控制区。

7.2.10 探伤机控制台（ X 射线发生器控制面板或γ射线绕出盘）应设置在合适位置或设有延时开机装置，以便尽可能降低操作人员的受照剂量。

7.3 安全警示

7.3.1 委托单位（业主单位）应配合做好探伤作业的辐射防护工作，通过合适的途径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。

7.3.2 应有提示“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”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。夜晚作业时控制区边界应设置警示灯。

7.3.3 X 和γ射线探伤的警示信号指示装置应与探伤机联锁。

7.3.4 在控制区的所有边界都应能清楚地听见或看见“预备”信号和“照射”信号。

7.3.5 应在监督区边界和建筑物进出口的醒目位置张贴电离辐射警告标志和警示语等提示信息。

7.4 边界巡查与检测

7.4.1 开始移动式探伤之前，探伤工作人员应确保在控制区内没有任何其他人员，并防止有人进入控制区。

7.4.2 控制区的范围应清晰可见，工作期间应有良好的照明，确保没有人员进入控制区。如果控制区太大或某些地方不能看到，应安排足够的人员进行巡查。

7.4.3 在试运行（或第一次曝光）期间，应测量控制区边界的剂量率以证实边界设置正确。必要时应调整控制区的范围和边界。

7.4.4 开始移动式探伤 工作之前，应对便携式 X -γ 剂量率仪进行检查，确认能正常工作。在移动式探伤工作期间，便携式 X -γ 剂量率仪应一直处于开机状态，防止射线曝光异常或不能正常终止。

7.4.5 移动式探伤期间，工作人员除进行常规个人监测外，还应佩戴个人剂量报警仪。个人剂量报警仪不能替代便携式 X-γ 剂量率仪，两者均应使用。

7.5 移动式探伤操作要求

7.5.1 X 射线移动式探伤

7.5.1.1 周向式探伤机用于移动式探伤时，应将 X 射线管头组装体置于被探伤物件内部进行透照检查。做定向照射时应使用准直器（仅开定向照射口）。

7.5.1.2 应考虑控制器与 X 射线管和被检物体的距离、照射方向、时间和屏蔽条件等因素，选择最佳的设备布置，并采取适当的防护措施。

7.5.2 γ 射线移动式探伤

7.5.2.1 应根据要进行射线探伤的物体的类型和尺寸，确定所使用的放射性核素。对于有多个 γ 射线源的使用单位，应使用与获得所需射线照片相一致的最低活度源。

7.5.2.2 探伤作业开始前应备齐下列防护相关物品，并使其处于正常状态：

a) 便携式 X-γ 剂量率仪和个人剂量计、个人剂量报警仪；

b) 导向管，控制缆和遥控；

c) 准直器和局部屏蔽；

d) 现场屏蔽物；

e) 警告提示和信号；

f) 应急箱，包括放射源的远距离处理工具；

g) 其他辅助设备，例如：夹钳和定位辅助设施。

7.5.2.3 探伤工作完成后，操作人员应使用便携式 X γ 剂量率仪进行监测，以确保所有 γ 放射源均已完全退回源容器中，并且没有任何放射源留在曝光位置或脱落。操作人员在离开现场之前，应进行目视

检查，以确保设备没有损坏。应通过锁定曝光设备并将防护屏蔽放在适当位置来准备好运输设备。曝光装置和辅助设备应物理固定在车辆中，以免在运输过程中脱落（或掉落）、损坏。

（4）《γ射线探伤机》（GB/T 14058-2023）

5.3 安全监控装置

5.3.1 基本要求

安全监控装置应符合以下基本要求。

a)每个安全监控装置上有唯一编码,且与设备一一对应,字体清晰，不易磨损。

b)安全监控装置含电源指示灯、运行指示灯。

c)安全监控装置的天线部分无金属遮挡。

d) 安全监控装置运行符合以下要求：

- 正常运行情况下，持续不低于 24 h；
- 设备待机状态下，持续不低于 72 h；
- 当电池电量低于 20%时，终端发出声光提醒，并向系统发送低电量提醒信息。

5.3.2 密封源回收异常报警

安全监控装置应能监测源容器周围剂量当量率，当密封源回收异常时应发出报警信息。

5.3.3 定位精度

安全监控装置应具有地理位置定位功能，以及时监测密封源的位置。其定位精度要求如下：

a) 基于位置服务(LBS)的定位精度应小于 1000m

b) 全球导航卫星系统(GNSS)的定位精度应小于 30m。

5.3.4 数据传输

5.3.4.1 安全监控装置的数据传输频次应符合以下要求：

a)γ射线探伤机在非静止状态或周围剂量当量率发生明显变化时，数据上传间隔不超过 5 min 一次，该间隔时间终端或后台可设置；

b)γ 射线探伤机在静止状态且周围剂量当量率未发生明显变化时，数据上传间隔不超过 24h 一次，该间隔时间终端或后台可设置。

5.3.4.2 安全监控装置传输的数据信息应至少包含以下内容：

a)电池电量；

b)定位经纬度；

c)当前周围剂量当量率值；

d)密封源状态信息。

5.3.5 无线通信连接

安全监控装置宜使用主流的无线通信技术，例如：

a) 采用无线局域网通信技术(Wi-Fi)连接；

b) 采用蓝牙连接；

c) 采用移动通信技术连接；

d) 采用 433 MHz 无线技术连接；

e) 采用无线射频识别技术(RFID)连接。

5.4 安全性能

5.4.1 源容器

5.4.1.2 屏蔽性能

当源容器装载最大额定值的密封源并处于锁定状态时,其周围剂量当量率极限值应不超过表 3 规定的限值。

表 3 周围剂量当量率极限值

类别	最大周围剂量当量率/(mSv/h)		
	容器外表面	离容器外表面 50 mm 处	离容器外表面 1 m 处
P	2	0.5	0.02
M	2	1	0.05
F	2	1	0.1

5.4.1.3 防意外拆卸

γ 射线探伤机的源容器以及对源组件保持在安全或锁定状态有影响的零部件应设计成只能使用专用工具才能拆除，以防止未经许可的人员拆卸。

安全监控装置与γ射线探伤机应保持一体化结构设计，能防止未经许可的人员的拆卸，应设计成只能使用专用工具才能拆除。且拆卸时应向系统发送报警信息，并推送至管理人员。

（5）《剧毒化学品、放射源存放场所治安防范要求》（GA 1002-2012）

II、III类放射源为二级风险等级。

二级风险的库房墙壁应采用混凝土墙或实心砖墙建造，墙壁厚度应不小于 250mm；顶部应采用现浇钢筋混凝土或钢筋混凝土楼板建造，厚度应不小于 160mm。

库房出入口应设置入侵报警装置，视频监控装置、出入口控制装置。

（6）项目管理目标

本项目探伤房探伤室为单层建筑，屋顶人员不可达。综合考虑 GB 18871-2002、GBZ117-2022、GBZT250-2014 确定本项目的管理目标为：

①移动式 X 射线探伤控制区、监督区边界辐射剂量率控制限值：

控制区边界周围剂量当量率 15μSv/h；

监督区边界周围剂量当量率 2.5μSv/h。

②放射源贮存设施辐射剂量率控制限值：

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。

③探伤房辐射剂量率控制限值：

探伤房探伤室四周墙体、防护门外 30cm 关注点处辐射剂量率不大于 2.5μSv/h；

本项目探伤房顶上无法到达，不上人顶外 30cm 关注点处辐射剂量率不大于 100μSv/h。

④周剂量参考控制水平：职业工作人员不大于 **100μSv/周**，对公众不大于 **5μSv/周**。

⑤剂量约束值：职业人员年剂量约束值不超过 **5mSv/a**，公众年剂量约束值不超过 **0.1mSv/a**。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

8.1 项目地理位置、周边环境和选址合理性分析

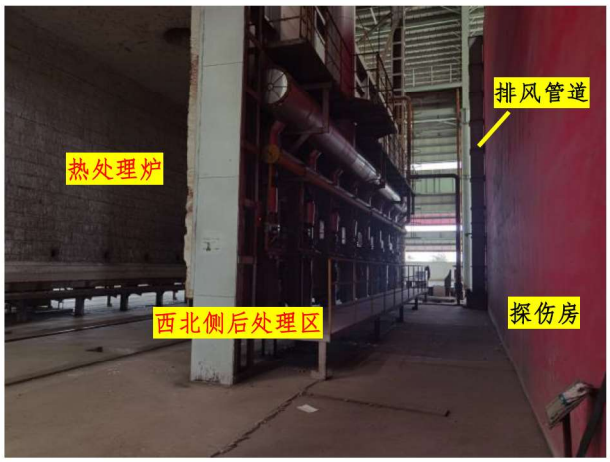
帕博检测华东分公司办公地点位于番禺珠江钢管（连云港）有限公司独栋无损检测楼（共 2F）内，与其租赁的连云港凯帝重工科技有限公司探伤房，均位于珠江钢管连云港基地内（江苏省连云港市徐圩新区江苏大道 396 号）。公司地理位置见附图一。

本项目探伤房产权方连云港凯帝重工科技有限公司厂区平面布置见附图二，本项目租赁的探伤房区域周边 50m 范围均在连云港凯帝重工科技有限公司厂区内。本项目探伤房位于连云港凯帝重工科技有限公司厂区内 1#结构件厂房内的东侧，1#结构件厂房平面布局及探伤房位置示意和周边环境见附图三。帕博检测华东分公司开展移动探伤项目现场主要是移动探伤委托客户（主要是石化企业的在役管道、船舶企业的钢结构等无损检测工作）的户外作业现场。

本项目探伤房及周围环境现状见图 8-1。













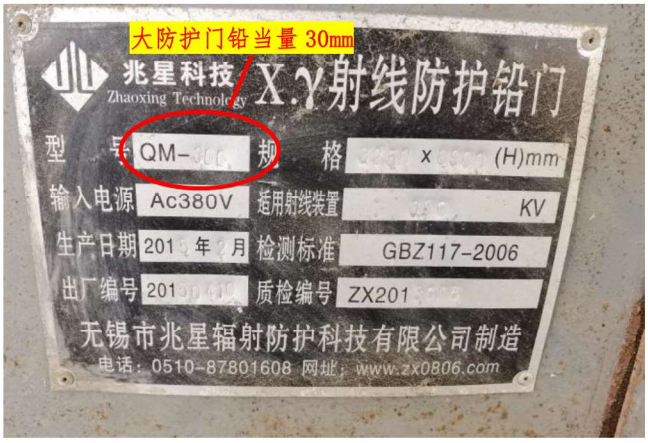












图 8-1 本项目探伤房及周围环境现状

8.2 环境现状检测

本项目为使用II类射线装置进行固定探伤作业，使用II类射线装置、II类放射源进行移动探伤作业，根据项目工作原理及特点，项目运行期间主要的环境污染物为X、γ射线电离辐射污染。在进行现状调查时，主要调查租赁的一座已建探伤房及源库拟建址周围环境的辐射水平。

1、检测因子、检测方法

检测因子：X-γ辐射剂量率

检测方法：《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）

《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）

2、检测点位布设

根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）有关布点原则进行布点，共计布点6个，重点调查探伤房及源库拟建址周围环境辐射水平，具体点位见图8-2。

3、检测单位、检测时间和检测仪器

检测单位：江苏核众环境监测技术有限公司（CMA资质认定证书编号：171012050259）

检测报告编号：（2023）苏核环监（综）字第（0281）号

检测时间：2023年5月6日

检测天气：晴

仪器名称：辐射巡测仪

仪器型号：FH40G+FHZ672E-10

仪器编号：030360+11395

能量响应范围：40keV~4.4MeV

量程范围：1nSv/h~100μSv/h

检定单位：江苏省计量科学研究院

检定证书编号：Y2023-0044112

检定有效期：2023.3.27~2024.3.26

4、质量保证措施、检测结果

（1）质量保证措施

①委托的检测机构已通过计量认证，具备有相应的检测资质和检测能力，其计量认证证书及检测能力证书见附件10；

②委托的检测机构制定有质量体系文件，所有活动均按照质量体系文件要求进行，实施全过程质量控制；

③委托的检测机构所采用的检测设备均通过计量部门检定，并在检定有效期内；

④所有检测人员均通过专业的技术培训和考核，考核合格上岗；

⑤检测仪器在使用前、后进行性能检查，确保工作状态正常；

⑥检测报告实行三级审核，经过校对、校核，最后由授权签字人签发。

（2）检测结果及评价

本项目租赁探伤房及周围环境辐射水平检测结果见表 8-1，检测点位见图 8-2，详细检测结果见附件 7。

表 8-1 本项目租赁探伤房及周围环境辐射水平检测结果

测点号	点位描述	位置属性	测量结果（nSv/h）	测量结果（nGy/h）	备注
1	探伤室大防护门前（1#结构件厂房内第一跨车间）	平房	116	96.7	环境本底检测
2	探伤室操作室内	平房	126	105	
3	探伤室西南侧墙外（探伤室与第三跨车间墙之间的夹道）	平房	141	118	
4	探伤室西北侧墙外（探伤室与热处理炉之间的夹道）	平房	119	99.2	
5	探伤室西南侧墙外（第三跨车间的外观检验区/返修区）	平房	87.1	72.6	
6	探伤室东南侧 1#结构件厂房外厂区道路	道路	64.3	53.6	

注：1）表中数据已扣除检测仪器宇宙射线响应值 19.4nSv/h。
2）根据建筑物对宇宙射线的屏蔽，分为①楼房、②平房、③原野、④道路。
3）本项目检测仪器使用 ^{137}Cs 作为检定参考辐射源，根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021），换算系数取 1.20Sv/Gy

根据检测结果可知，本项目探伤房及周围环境辐射水平，室内为（72.6~118）nGy/h，室外为 53.6 nGy/h。

根据《江苏省天然贯穿辐射水平调查结果》，江苏省天然贯穿辐射水平室内剂量率的范围为（66.2~164）nGy/h，室外剂量率的范围为（58.5~100.54）nGy/h，本项目探伤房室内辐射剂量率处于江苏省环境天然贯穿辐射水平正常范围内，室外辐射剂量率略低于江苏省天然贯穿辐射水平室外范围，可能与该处地质条件有关。



图 8-2 帕博检测技术服务有限公司华东分公司新建固定式探伤 X 射线及移动式 X、γ射线探伤项目检测点位示意图

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 工程设备

射线探伤，即无损检测技术，是利用不同材料对 X 或者 γ 射线吸收的差异性，使胶片感光形成黑度不同的图像，从而反映出被检测物体内部的缺陷。目前工业射线探伤主要采用 X 射线或者 γ 射线，其各有利弊。

工业无损检测用 X 射线探伤机，一般管电压不超过 400kV，主要用于检测厚度小于 70mm 的钢（或等效钢）。X 射线探伤的优点是射线能量可调，可根据探伤工件厚度灵活调整；探伤机断电即不再产生辐射，有利于日常的辐射安全管理。

使用 ^{192}Ir 的 γ 射线探伤机透照范围为（12~70）mm 钢，使用 ^{75}Se 的 γ 射线探伤机透照范围为（8~30）mm 钢。γ 探伤机的优点是无需耗电，放射源可持续发射射线且穿透力强；探伤时出源的曝光头体积小，在工件内部易于摆放，尤其适合一些复杂工件焊缝的探伤；效率高，可连续运行，且无易损部件。缺点是随着放射源的衰变，需要定期换源；此外放射源射线能量固定，无法根据工件厚度进行调节，当穿透度与能量不适配时，灵敏度下降较严重；且持续发射 γ 射线的含源 γ 探伤机，不仅需要配建放射源源库，而且对工作人员的辐射安全和探伤场所的安全，以及含源探伤机的运输，都有更高的要求。

（1）X 射线探伤机

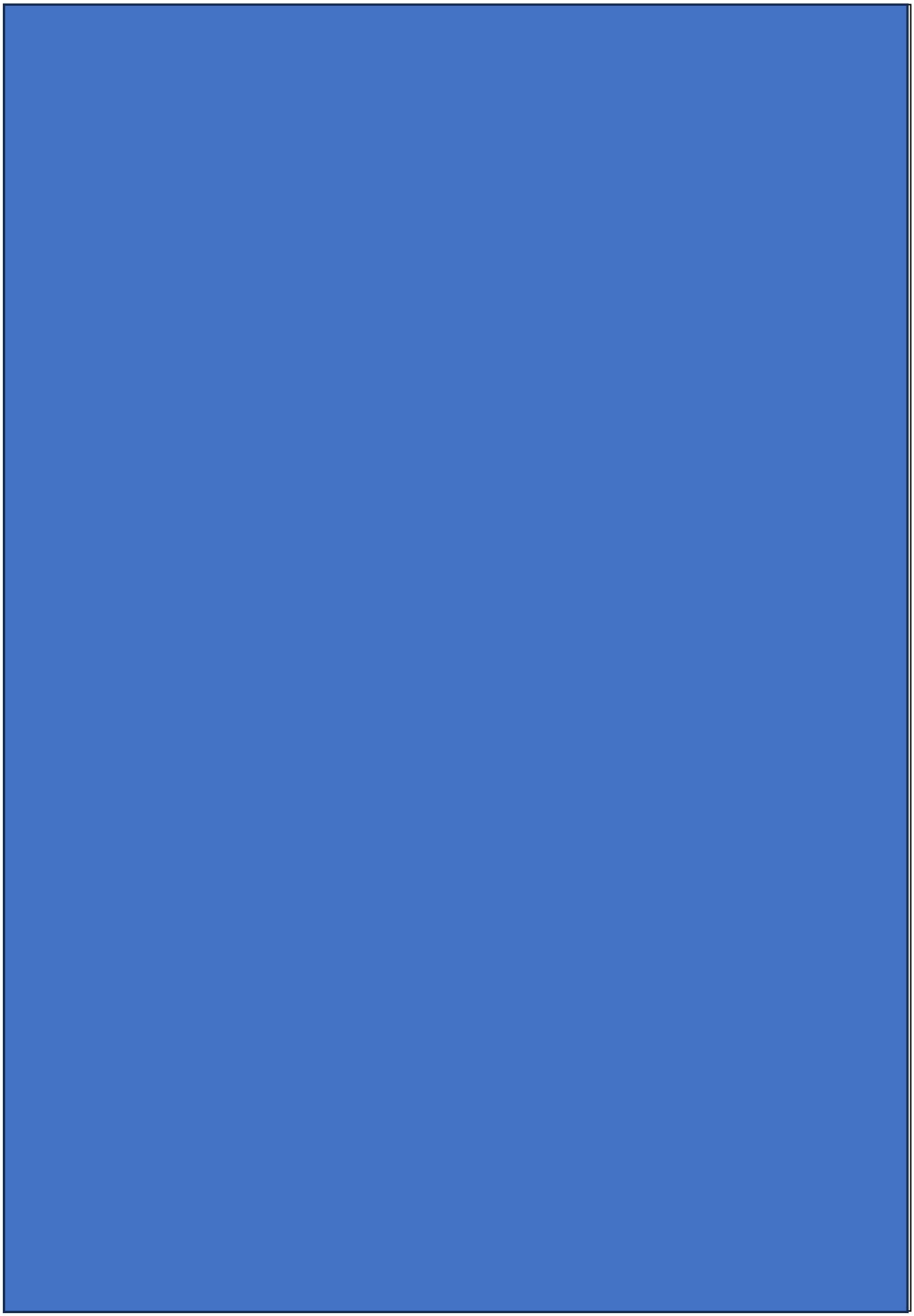
该公司固定式及移动式 X 射线探伤使用的 X 射线探伤机为便携式 X 射线探伤机，主要由控制箱、X 射线发生器和低压连接电缆三部分组成。常见 X 射线探伤机外观见图 9-1，产生射线的 X 射线管结构图见图 9-2。






控制箱操作界面
X-ray Controller
开/ON
关/OFF
X-ray


门机联锁接入端
控制箱钥匙开关



本项目探伤房内使用的 8 台 X 射线探伤机辐射源参数见表 9-1。

表 9-1 本项目 8 台 X 射线探伤机辐射源参数

序号	探伤机型号	最大开机工况	离靶 1m 处 X 射线输出量（$mGy \cdot m^2 \cdot mA^{-1} \cdot min^{-1}$）	离靶 1m 处 X 射线输出量（$\mu Gy \cdot m^2 \cdot mA^{-1} \cdot h^{-1}$）
1	XXG-3505D/ XXG-3505C	350kV/5mA	≤23.5	≤1.41E+6
2	XXG-3005D/ XXG-3005C	300kV/5mA	≤20.9	≤1.254E+6
3	XXG-2505D XXG-2505C	250kV/5mA	≤16.5	≤9.9E+5

（2）γ 射线探伤机

γ 射线探伤机一般由放射源及源容器（贮源容器）、安全锁、源托、输源管、遥控装置和其他附件组成。

源容器，即探伤机机体，用作放射源贮存和运输的屏蔽容器。其最外层为钢包壳，内部是一般为贫铀屏蔽层。当放射源被锁闭在探伤机机体的安全位置时，该屏蔽体能将放射源的辐射剂量率屏蔽在标准规定值之内。

源容器的一端有联锁装置，用来连接控制缆；另一端通过管接头和输源管连接。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，转动快门环操作偏心轮，使偏心轮中的曝光通道和源通道对直，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为曝光头，操作遥控装置将放射源移出源容器送至曝光头，进行曝光照相检测。

遥控装置分为手动和电动两种类型。在没有供电的移动 γ 探伤野外作业，一般是靠手摇曲柄驱动放射源出源。γ 射线探伤机结构示意图见图 9-3、常见 γ 射线探伤机见图 9-4。

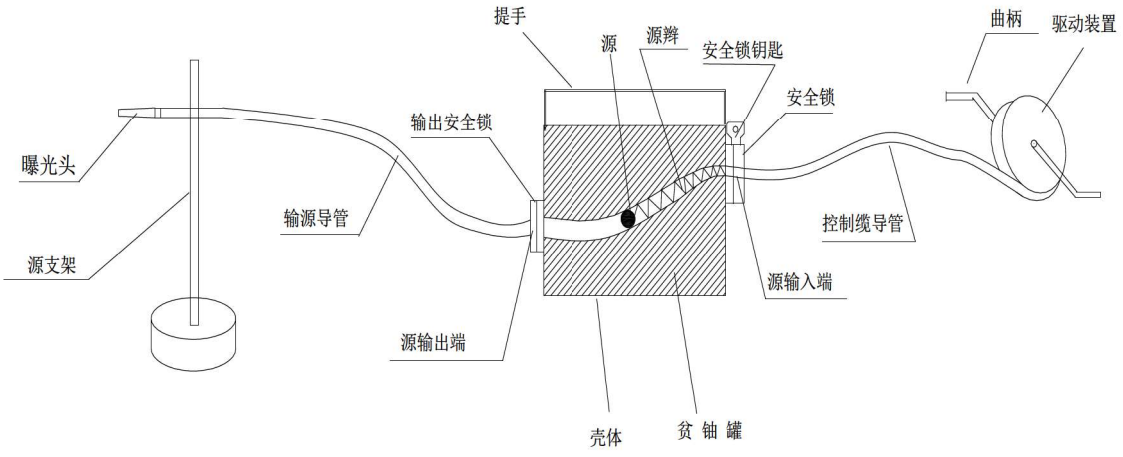


图 9-3 γ 射线探伤机结构示意图



图 9-4 常见γ射线探伤机组件及外观示意图

公司拟采购的新γ探伤机需满足《γ射线探伤机》（GB/T 14058-2023）要求，即配备有①安全锁②源组件安全锁止装置③源组件位置显示器④带有定位、数据传输以及监测源容器周围剂量当量率并在源回收异常时可报警的安全监控装置的γ探伤机。

本项目拟使用 ^{192}Ir、^{75}Se 进行γ射线探伤移动探伤，其核素特性见表 9-2。

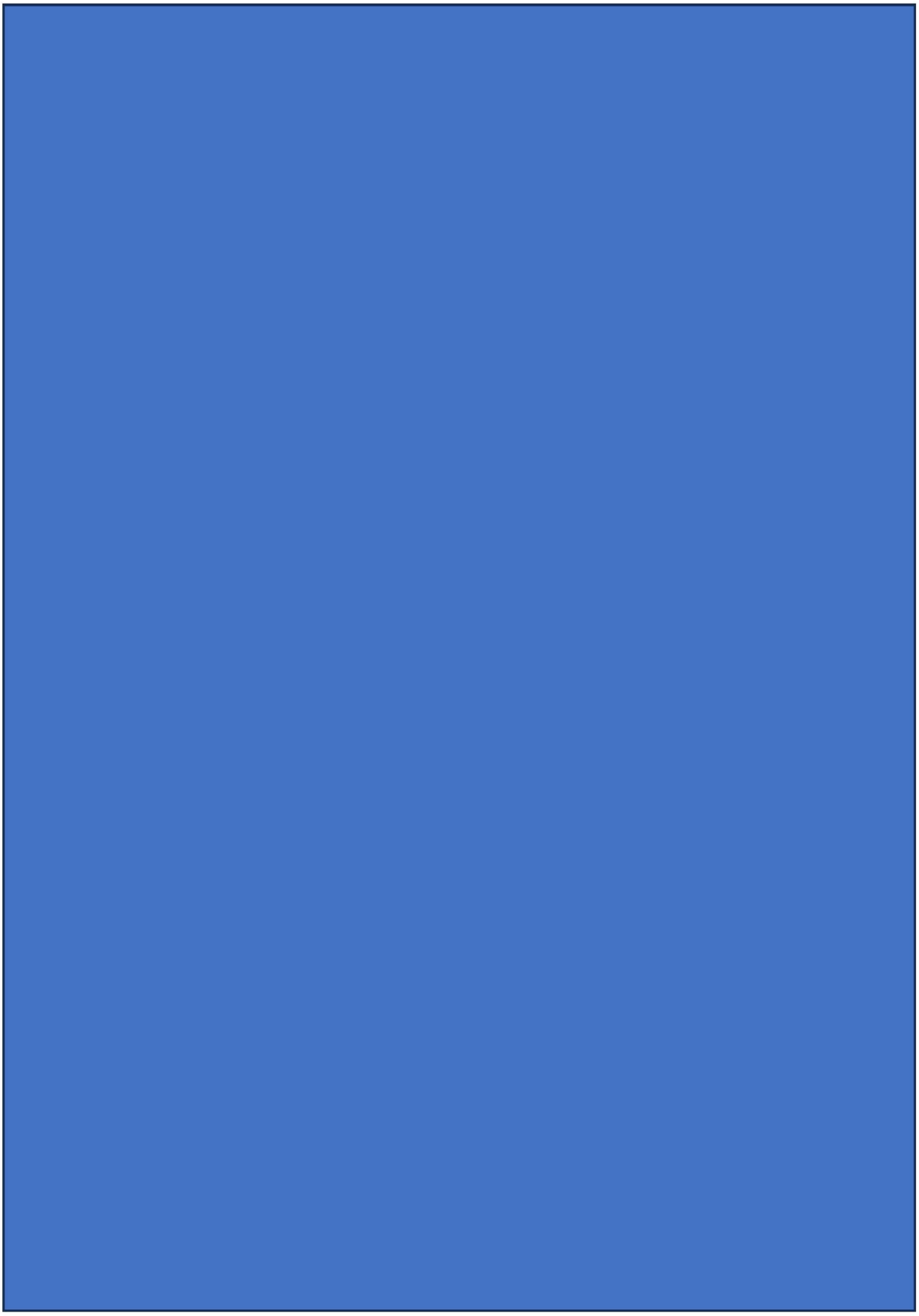
表 9-2 本项目核素特性一览表

核素	半衰期	主要γ、X射线能量（keV）与绝对强度（%）	γ射线能量均值（MeV）	周围剂量当量率常数 μSv·㎡/（MBq· h）	常用探伤钢件厚度（mm）
^{192}Ir	74d	316.5（82.75） 468.1（47.81） 308.5（29.68）	0.355	0.17	12~70
^{75}Se	120d	136.0（58.3） 264.7（58.9） 400.7（11.47）	0.206	0.072	8~30

本项目放射源安装在γ探伤机内，非出束时保持在在γ探伤机的贮存位置。γ探伤机不工作时存放在探伤房双人双锁源库的指定源坑内。

9.1.2 工作原理及工作负荷

X射线探伤机的核心部件是X射线管，X射线管是一个内真空的玻璃管（或金属陶瓷管），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，产生大量X射线。



9.1.3 工作流程及产污环节分析

9.1.3.1 固定式X射线探伤工作流程

厂家提供的固定式X射线探伤工作流程如下：

① 每日上班工作前，辐射工作人员检查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 剂量率仪才能进入探伤室。确认上述均正常方可从事今日探伤工作。

② 将被探伤工件通过工件大门运至曝光室内固定，并在检测部位贴上感光胶片；

③ 根据工件材质、焊缝厚度选择合适的探伤机，并把探伤机摆放在合适的位置、出束角度；

④ 检查曝光室内人员滞留情况，确定无人后探伤工作人员关闭工件大防护门，通过迷道小防护门离开曝光室，并关闭小防护门；

⑤ 探伤工作人员在操作室内，通过控制箱设定管电压、管电流及曝光时间，开始无损检测，开高压出束期间X射线探伤机会产生X射线用于胶片显像，同时 X 射线会电离曝光室空气中气体分子，产生少量臭氧及氮氧化物；

⑥ 达到预定照射时间和曝光量后X射线探伤机停机，工作人员打开小防护门，由迷道进入曝光室，取下胶片，曝光结束；

⑦ 工作人员对探伤胶片进行洗片、读片，判断工件焊接质量、缺陷等，洗片读片过程中会产生显影、定影废液和冲洗废水、废胶片等；

⑧ 合格的胶片将用于出具焊缝的检测报告，并作为档案保存至少 7 年，到期后作为废胶片处置。

X 射线探伤工作流程及产污环节示意图见图 9-5。

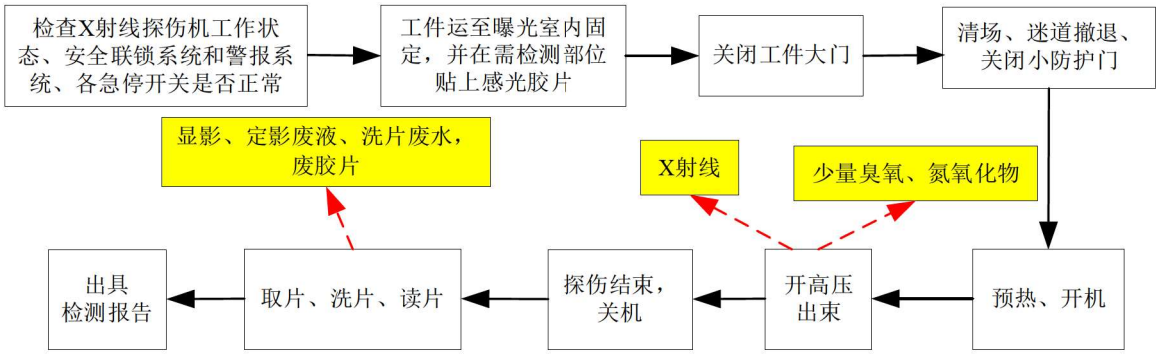


图 9-5 固定式 X 射线探伤工作流程及产污环节示意图

9.1.3.2 源库管理及移动式 X/γ 射线探伤工作流程

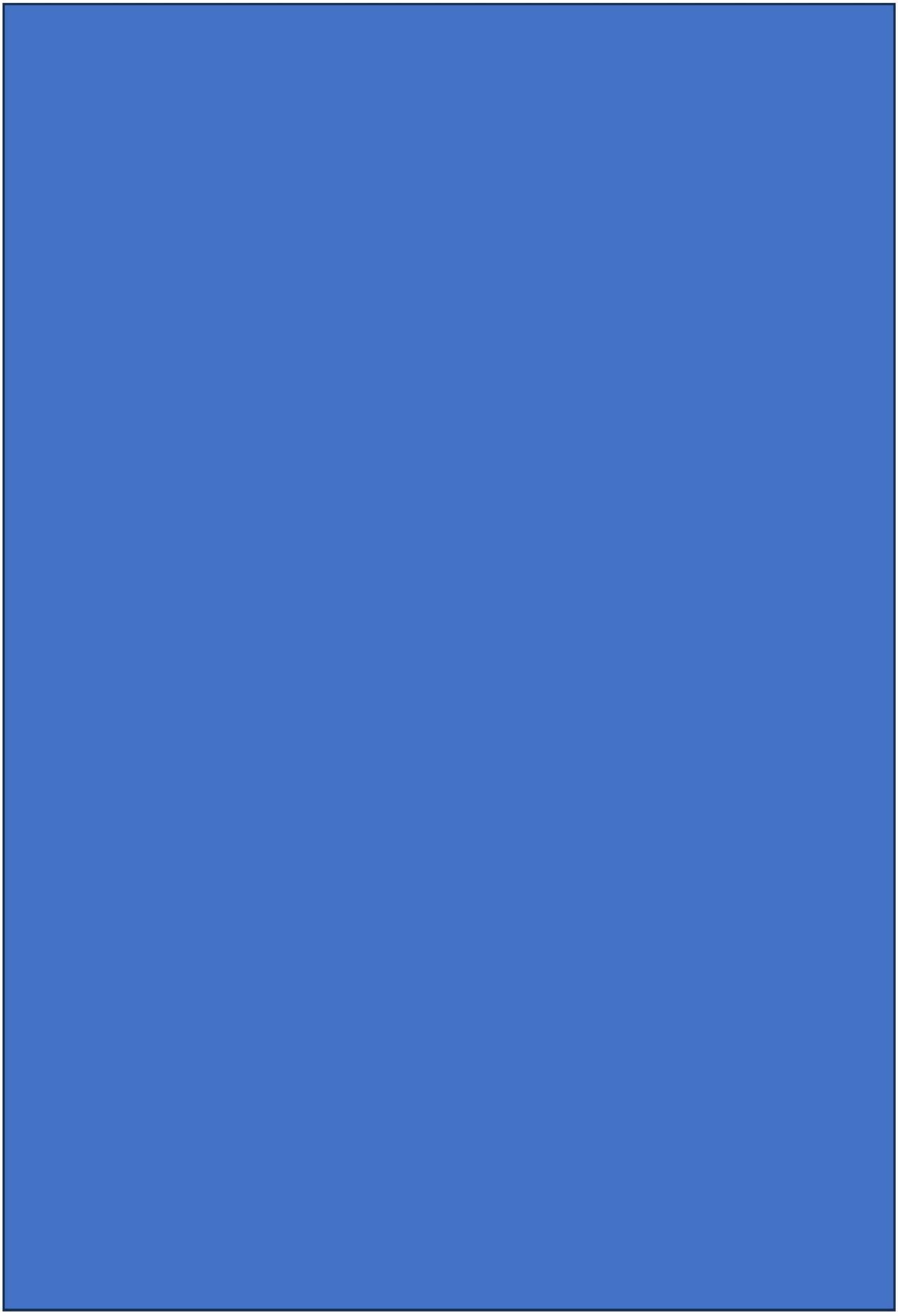
厂家提供了源库及移动式 X/γ 射线探伤工作流程的工作流程如下：

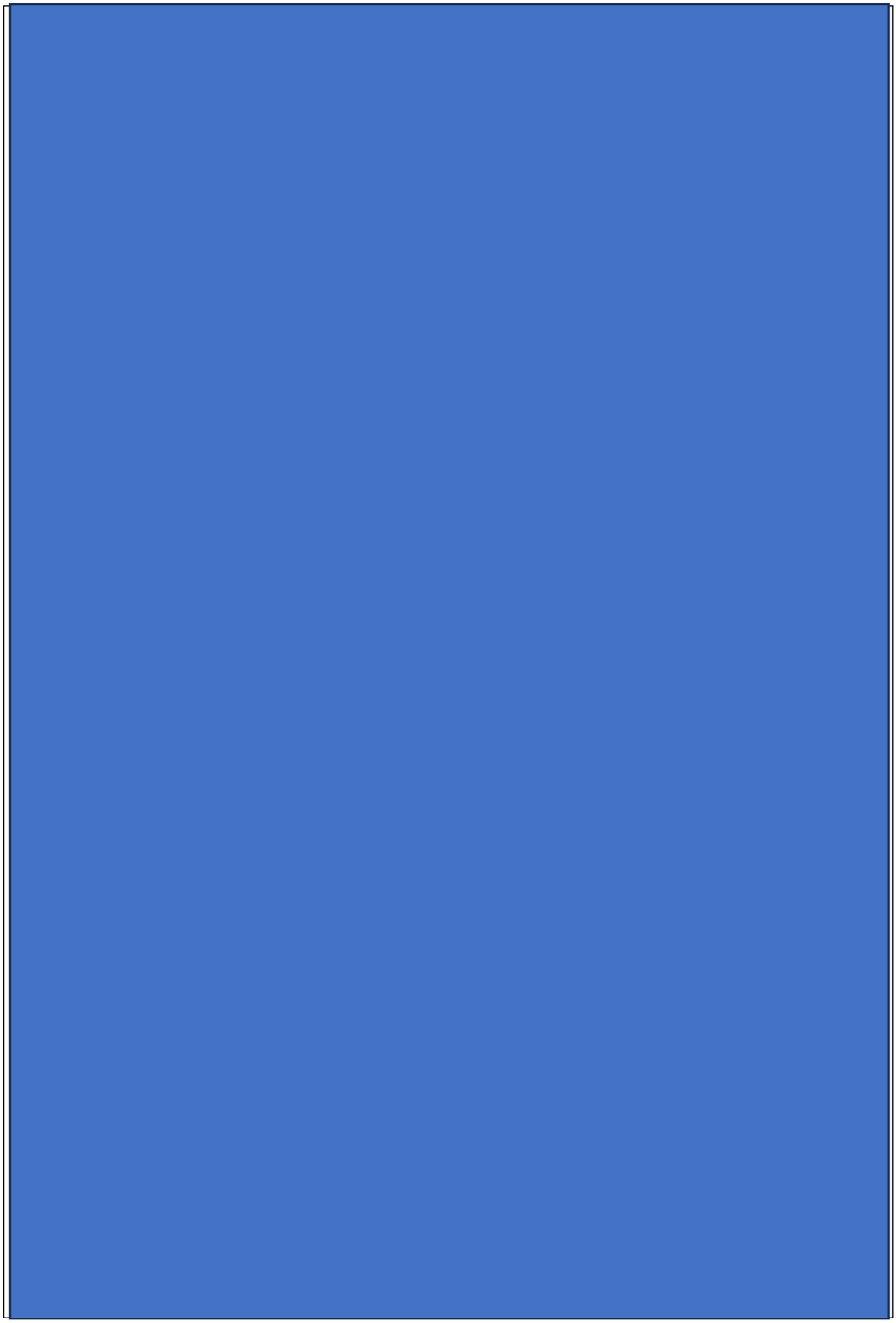
- **源库工作流程**



➢ 移动式 X/γ 射线探伤工作流程







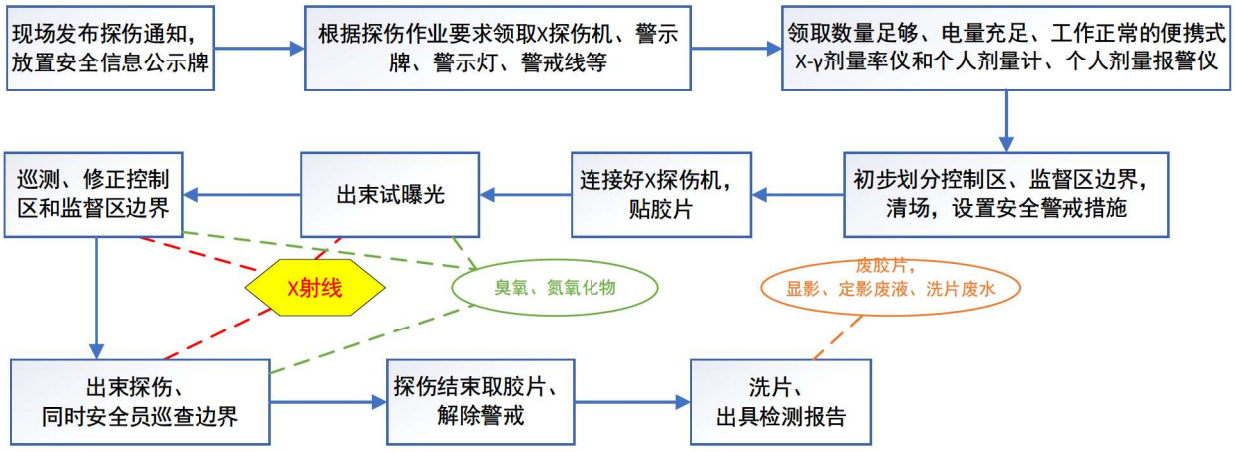


图9-7 移动式X射线探伤工作流程及产污环节示意图

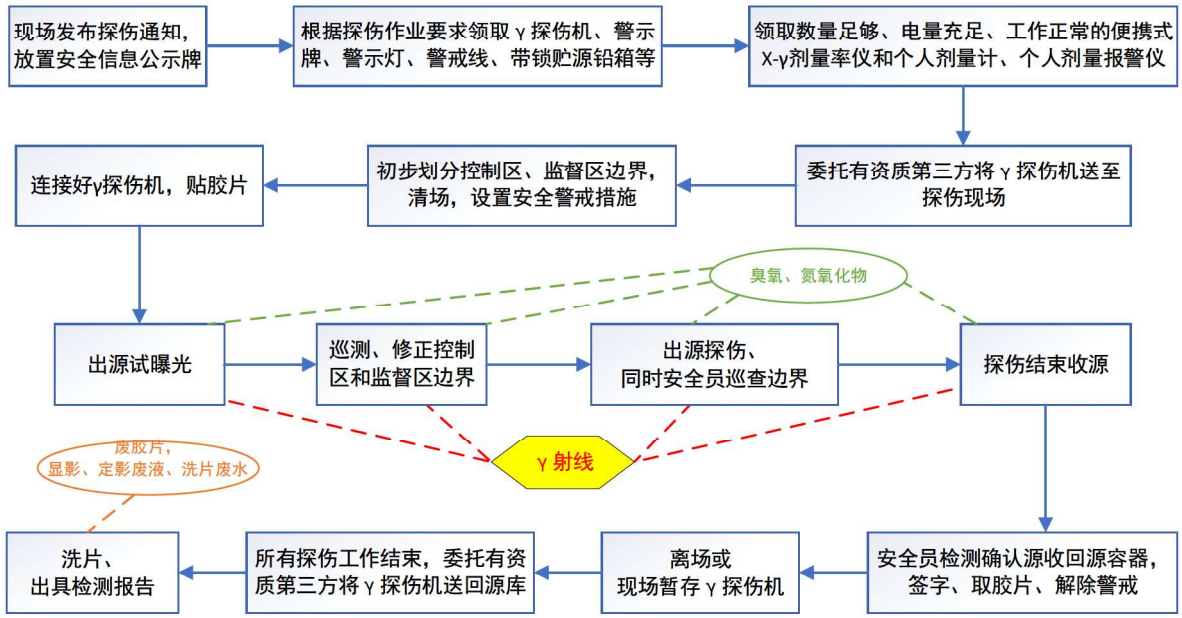


图 9-8 移动式γ射线探伤工作流程及产污环节示意图

9.2 污染源项描述

9.2.1 电离辐射污染

➢ **X 射线探伤机**

由 X 射线探伤机的工作原理可知，探伤机只有在开机并处于出束状态时（曝光状态）才会发出 X 射线，对探伤房外/移动探伤现场辐射工作人员和公众产生一定外照射，因此X射线探伤机在开机曝光期间，X射线是本项目X射线探伤的主要污染因素。本项目固定/移动 X 射线探伤现场每次仅开启 1 台 X 射线探伤机进行探伤，最大工况为

350kV、5mA 的 XXG-3505D 型号定向探伤机，开机出束时产生的射线包括以下三类：

有用线束：X 射线探伤机出束窗口发射的用于工件焊缝探伤的辐射束，又称为主射线束。在 350kV 下离靶 1m 处 X 射线输出量最大值为 1.41E+6μSv·m^2·mA^{-1}·h^{-1}。

漏射线：虽然 X 射线探伤机外壳自带一定厚度的铅屏蔽套，但由于各组件缝隙的存在，仍无法完全避免 X 射线从铅屏蔽套中泄漏出来，这些从 X 射线探伤机中泄漏出来的射线被称为漏射线。根据 GBZ/T250-2014，对于管电压大于 200kV 的合格出厂 X 射线探伤机，距靶点 1m 处的泄漏辐射剂量率应不超过 5E+3μSv/h。

散射线：当主射线照射到被检测工件时，除部分光子被工件吸收，在康普顿散射作用下，还会产生各个方向的散射辐射。根据 GBZ/T250-2014 表 2，对应原始 X 射线能量 300＜kV≤400kV，X 射线 90°散射辐射最高能量相应的 kV 值为 250kV。

此外，探伤机达到使用年限后将退役，其 X 射线管虽然老化无法满足探伤要求，但在性能完好的情况下通电仍会产生 X 射线，因此退役 X 射线探伤机也需妥善处置。

- **γ 射线探伤机**

本项目 γ 射线探伤辐射污染主要是当放射源处于贮源位时，放射源发射的 γ 射线经不完全屏蔽对周围环境产生的外照射，以及放射源进行出源曝光时发射的 γ 射线对周围环境产生的外照射。因此 γ 射线是本项目 γ 射线探伤的主要污染因素。本项目配备 7 台 ^{192}Ir 源探伤机和 3 台 ^{75}Se 源探伤机，均拟购自正规厂家。每台 γ 探伤机中有 1 枚密封源，单枚活度最大不超过 3.7E+12Bq（100Ci），属于《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中 P 类探伤机。源容器表面 5cm 处周围当量剂量率限值不超过 500μSv/h，1m 处不超过 20μSv/h。

探伤时 γ 源发射的射线各向同性，均为主射线，在被检测工件上会产生散射。

此外，γ 射线探伤机使用的放射源，随着活度的衰减，穿透量逐渐减弱，曝光时间逐渐增加，直至不能满足工作需要而需要更换源。一般 ^{192}Ir 源使用约 3~5 个半衰期（不超过 1 年）后退役，退役时活度不超过 10Ci；^{75}Se 源使用约 3~5 个半衰期后退役（不超过 1.5 年），退役时活度不超过 10Ci。退役放射源仍有放射性，会对周围环境产生一定的 γ 辐射影响。

γ 射线探伤机贮源位屏蔽层大多为一定厚度的贫铀材料，根据 GBZ117-2022 的要求，掺入贫铀的屏蔽装置应与 γ 射线源一样对待。因此使用超过 10 年的 γ 探伤机，若屏蔽层含贫铀，也应参考退役 γ 源，返回原生产厂家。

9.2.2 非电离辐射污染

① X、γ射线探伤洗片作业时会产生显影、定影废液（含重金属离子），属于《国家危险废物名录》中的“HW16 感光材料废物”中“非特定行业、废物代码 900-019-16”的“其他行业产生的废显（定）影剂、胶片和废像纸”，本项目年产生约 1500kg 显影、定影废液和约 1500 张（约 70kg）的废胶片。此外胶片在最终定影后还需流水冲洗，冲洗废水中可能还残存少量银离子，冲洗废水年产生量约 3000kg。

② X、γ 射线探伤出束时，高能光子会电离空气产生少量臭氧（O_3）和氮氧化物（NO_x）。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 工作场所布局与分区

10.1.1.1 X 射线探伤房及源库的布局与分区

本项目 X 射线探伤房，由探伤室（曝光室）、暗室、操作室、评片室、资料室，以及用于移动探伤器材放置的库房和辅房走廊等构成，均为单层建筑。其中探伤室内还拟建设一座源库，用于贮存γ射线移探伤使用的γ探伤机，实行双人双锁管理。

操作室位于曝光室外迷道的东南侧，曝光室与操作室分开单独设置；采用定向探伤机工作时主射线避免朝向东南墙的操作室照射，而周向机主射线方向受工件结构限制以及场地布局限制无法避开朝向操作室方向。针对操作室无法避开周向机主射线方向的问题，本项目探伤房采取了下列措施：

①防护墙采用混凝土浇筑，具有足够的屏蔽厚度。经理论估算，即使主射线直射，所致墙外辐射剂量率也远低于 GBZ117-2022 要求的“≤2.5μSv/h”剂量率限值。

②在操作室与曝光室之间设置了迷道，由于迷道的散射和多重屏蔽，大大降低了探伤机开机时操作室内的辐射水平。经理论估算，即使考虑主射线的贯穿辐射和迷道散射的叠加，操作室内辐射剂量率也远低于 GBZ117-2022 要求的“≤2.5μSv/h”剂量率限值。

通过上述措施，操作室即使无法避开周向机主射线方向，也能够保障良好的辐射安全。本项目探伤房布局基本满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中关于“探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开。”的要求。

本项目拟将曝光室及东南侧的外迷道作为控制区，探伤期间禁止任何人员进入；将其辅房的暗室、操作室、评片室、资料室，以及用于移动探伤器材放置的库房和辅房走廊等作为监督区，探伤期间禁止非辐射工作人员进入。拟将存放移动探伤使用的γ探伤机的源库作为控制区，除源库管理人员和借还γ探伤机的辐射工作人员外，禁止其他人进入。本项目探伤室辐射防护分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中关于辐射工作场所的分区规定，控制区和监督区划分示意图见图 10-1。

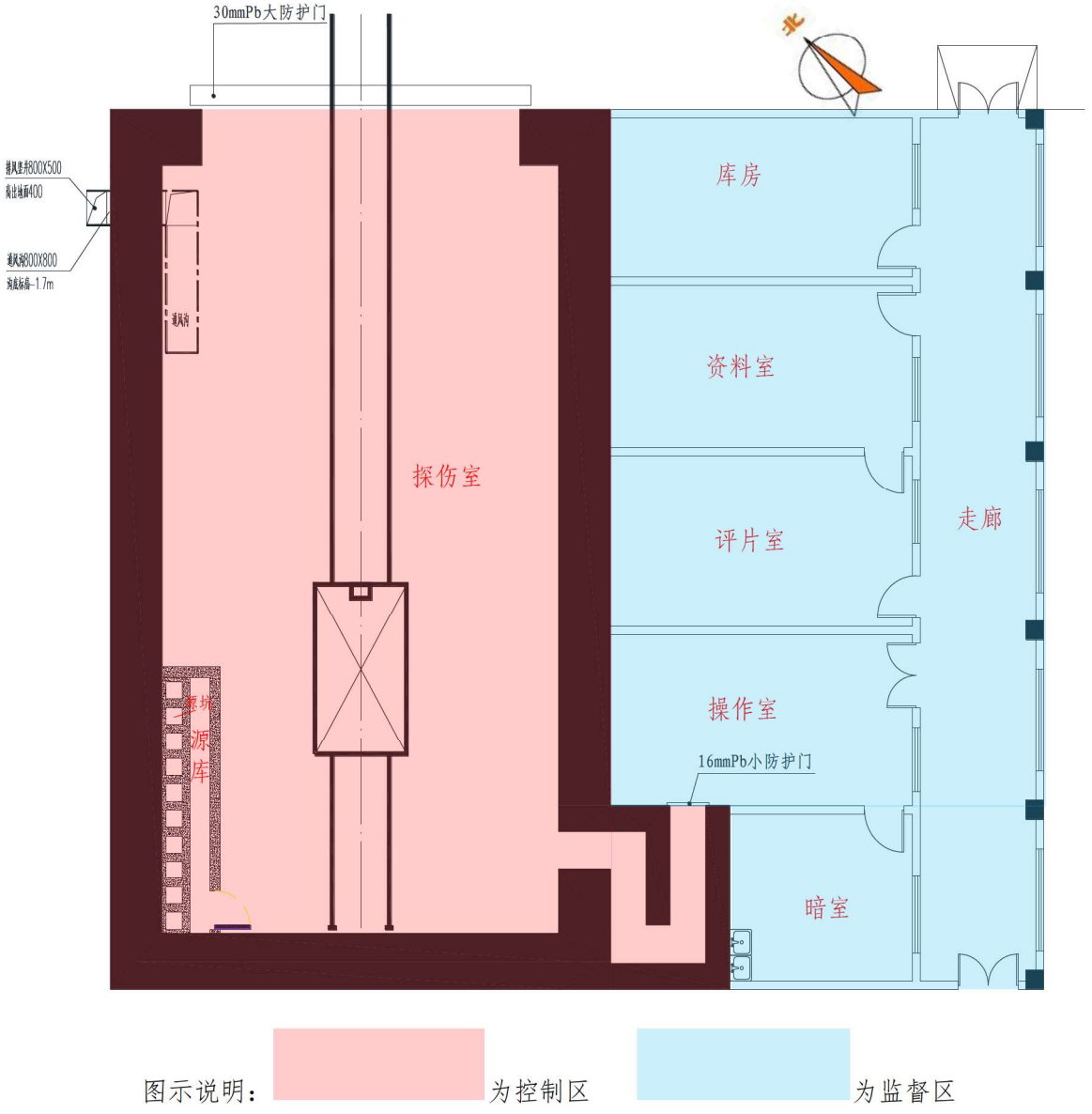


图 10-1 探伤房控制区及监督区划分示意图

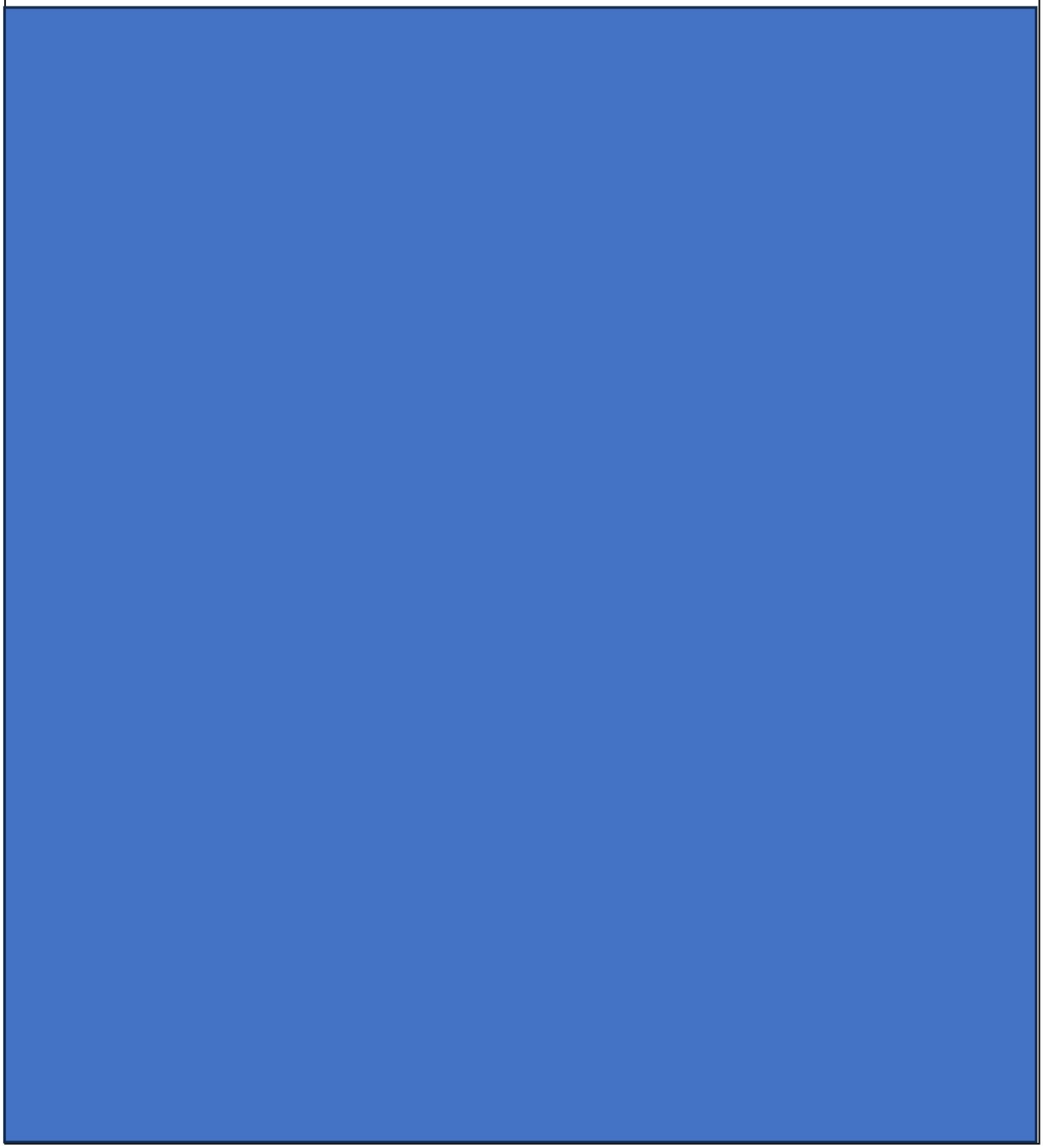
10.1.1.2 移动式 X、γ 射线探伤现场的布局与分区

帕博检测华东分公司在开展移动式 X、γ 射线现场探伤作业时，将根据现场具体情况，利用便携式 X-γ 剂量率仪进行巡测，拟将作业场所中周围剂量当量率大于 15μSv/h 的区域划为控制区，并设置实体屏障（包括利用现有墙体、临时屏障或临时拉起警戒线等），在控制区边界合适位置设置“当心电离辐射”警告标志，边界上悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌，探伤期间禁止任何人员进入；拟将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 2.5μSv/h 的范围划为监督区，并拟在其边界上悬挂“无关人员禁止入内”警告牌，必要时拟设专人警戒，禁止非辐射工作人员进入；如在多楼层的工厂或

工地开展移动探伤，还在移动探伤区域上下层人员入口设置屏障，避免人员通过楼梯/电梯等进入控制区。该布局满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中关于移动探伤辐射工作场所的分区要求。

10.1.2 辐射防护屏蔽设计

本项目X射线探伤房屏蔽防护厚度见表10-1（a），源库屏蔽防护设计方案见表10-1（b）。X射线探伤房及源库的具体尺寸见附图四。



已建 X 射线探伤房的工件大门的门体与门洞搭接处间隙≤1cm，门体与三面墙体的重叠尺寸达到 25cm，与地面的重叠尺寸达到 10cm，满足重叠尺寸大于 10 倍的间隙尺寸的要求，工件大门为两扇对开门，对开位置为阶梯型咬合，可有效避免射线在门缝处的泄漏。人员进出小防护门与四周搭接及门扇间阶梯咬合实景照片见图 8-1。

已建 X 射线探伤房的迷道小门的门体与门洞搭接处间隙≤1cm，门体与三面墙体和地面的重叠尺寸≥10cm，满足重叠尺寸大于 10 倍的间隙尺寸的要求，可有效避免射线在门缝处的泄漏。人员进出小防护门与四周搭接见图 10-2。





图 10-2 人员进出小防护门与四周搭接实景照片

10.1.3 辐射安全和防护措施分析

10.1.3.1 X 射线探伤房的辐射安全和防护措施分析

本项目 X 射线探伤房系租用原凯帝重工 X 射线探伤房，原环评及建设时已设计安装了满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）的辐射安全和防护措施，现根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）要求，对其已有的辐射安全和防护措施进行评价：

1) 电离辐射警告标志

探伤房已在两扇对开工件大门和一扇迷道小门表面张贴满足 GB18871-2002 要求的“当心电离辐射”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。上述电离辐射警告标志共配备 3 个，满足要求。

2) 声光报警装置

探伤房工件大门和迷道小门上方已安装有带声音提示的工作状态指示灯，并与探伤机联锁，此提示声音与工作场所内使用的其他报警信号（例如行车吊运工件时候的警铃声等）有明显区别。**还需安装也与探伤机联锁的显示“预备”和“照射”状态的工作状态显示牌，并在醒目位置张贴对“预备”和“照射”信号意义的说明。探伤室内还需补充一套联锁的工作状态指示灯和“预备”和“照射”状态的工作状态显示牌及说明。**

在完善上述声光报警装置后，探伤房方满足GBZ117-2022对声光报警装置的要求。

上述声光报警装置共需配备3套。

3) 门机联锁

探伤室工件大门和迷道小门已设置门-机联锁装置，二套防护门不关闭、关闭不到位或未关闭严实，工作状态指示灯不亮，X射线探伤机也不能正常工作出束，只有当完全关闭电动工件大门和电动迷道小门后才能进行探伤作业；当正在进行探伤作业时，若其中任何一套防护门意外开启，X射线探伤机即自动停止射线出束，即使再次关上门也不能自动开始射线照射，需重新启动才能再次连通电路。

上述门机联锁配备共2套。

还需对探伤室各台X射线探伤机控制箱采取措施（如程序控制、电路控制等），确保每次仅能开启一台X射线探伤机，且多台探伤装置均与防护门联锁。

4) 急停按钮

探伤室内四面墙上已配有一套与X射线探伤机高压电路联锁的紧急停机按钮，共计6个急停按钮，迷道内也已配备1个急停按钮，X射线探伤机的控制箱一般也自带急停按钮，**后期需将该套急停按钮接入新购X射线探伤机电路，实现按下停止出束的功能。**现有急停按钮布设可确保出现紧急事故时，人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够按下急停按钮。**紧急停机按钮旁还需设置醒目的标签和使用方法，如“急停按钮，按下停止探伤”，方能够有效指导误留误入人员紧急停机。**

上述探伤室内外急停按钮共8个。

5) 电动开门按钮

本项目探伤房的工件大门和迷道小门，均为电动结构，还需在探伤室内各门旁边安装电动开门按钮，若有误留人员，可从探伤室内部打开防护门。同时电动开门按钮+门机联锁，也能够实现X射线探伤机即刻停止出束的功能，是急停按钮的冗余补充。

上述电动开门按钮共2个。

6) 固定式场所辐射探测报警装置

探伤房设计安装一套固定式辐射监测报警仪，探伤室内在靠近源库门的位置设置一个探头，辐射剂量率显示屏位于操作室操作台。通过显示屏不仅可以了解探伤室内X射线探伤机是否已经开机，也可以实时了解源库门外辐射剂量率水平，确保任何状态下源库外辐射剂量率不超过2.5μSv/h。

7) 监视装置

探伤房设计有一套视频监控系统：在探伤室内墙角各设置一个监控探头，可同时观察到探伤室内、源库门口的人员活动和X射线探伤机的运行情况、γ探伤机的进出源库情况；在探伤房迷道内设置一个监控探头，能够观察到探伤室迷道出入口人员活动情况；在存放移动探伤器材的库房内也安装有一个监控探头，用于监控移动探伤器材的拿取归还情况。上述4个监控探头的监视器安装在控制室的操作台处，用于实时监控及观察，同时也拟接入公司24h值班室内，供24h值班人员巡视和监控。

在落实上述要求后，本项目探伤房的辐射安全和防护措施方满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中相关辐射安全要求。本项目X射线探伤房及γ源库辐射安全措施布设示意见图10-3。

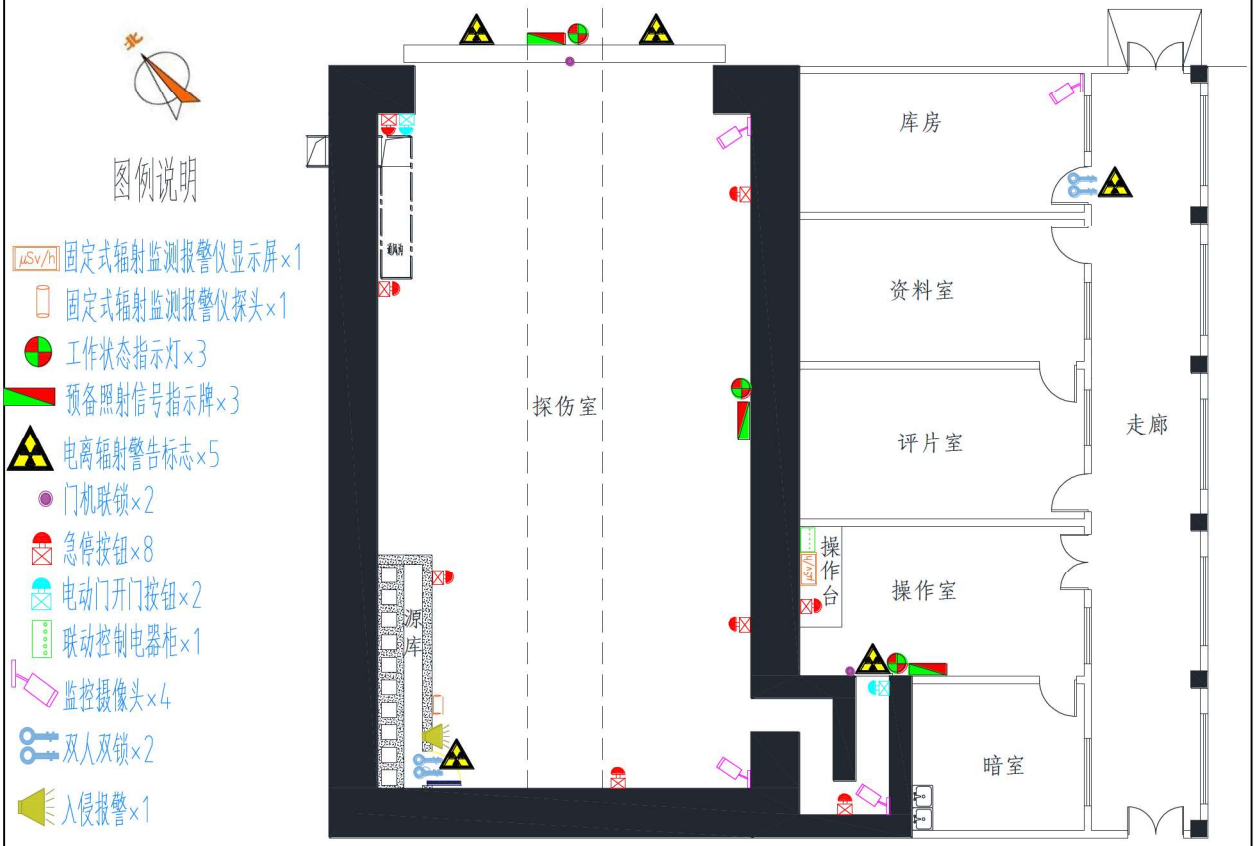


图10-3 本项目X射线探伤房及γ源库配套辐射安全措施布设示意图

10.1.3.2 γ探伤机源库的辐射安全和防护措施分析

探伤房曝光室内西角拟建一座混凝土现浇源库，内设十个源坑，用于贮存供γ射线移动探伤使用的10台γ探伤机，每个源坑仅放置一台γ探伤机且位置固定，射线能量较高的Ir-192探伤机靠内放置，射线能量较低的Se-75探伤机靠门放置。源库的每个源坑具有足够的混凝土墙体及便于手动翻开的铅盖板屏蔽，确保放入的每台γ探伤机屏蔽良好。根据理论估算源库墙/门外可实现辐射剂量率≤2.5μSv/h的辐射水平。

源库设置在X射线探伤房内，避免非本公司人员和公众靠近，进一步确保了源库周边环境的安全。源库门设计为双人双锁防盗门，门外拟设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志，并设置入侵报警系统，同时利用曝光室内的两个红外监控探头实时监控源库，在公司24小时监控值班室内也设置监视器，确保非工作时间监控放射源安全。

源库拟设置2名专职的源库管理员，对含源γ探伤机出入源库进行台账登记并监测出入库的γ探伤机的表面辐射水平，确保放射源在源容器内，并及时调整γ探伤机在库/离库指示牌，并注明去向。根据源库管理制度，源库管理员将定期盘查探伤源、源容器的使用及存放地点。

根据《剧毒化学品、放射源存放场所治安防范要求》（GA 1002-2012），本项目存放II类密封放射源的源库，为二级风险等级，本项目源库的建设与GA 1002-2012相符性分析见表10-2。



10.1.3.3 γ探伤机的运输和移动辐射安全和防护措施分析

本项目γ射线移动探伤场所是集团各公司厂区及客户现场（主要是石化企业的在役管道、船舶企业的钢结构等户外作业现场），因此需要将γ探伤机从源库运输至无损检测现场。

公司拟委托有放射源运输资质的单位负责（委托运输承诺书见附件 9），委托放射源运输时应检查运输单位车辆是否具有有效行驶证和营运证；驾驶人、押运人员是否具有有效资质证件；运输车辆、容器是否在检验合格有效期内；所装货物是否与货物运单载明的事项相一致。

公司按《放射性物品运输安全管理条例》、《放射性物品运输安全许可管理办法》、《放射性物品道路运输管理规定》和《放射性物品安全运输规程》、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的相关要求，开展跨省跨市作业的γ探伤履行备案手续：出省作业前后按要求在连云港市生态环境部门办理“放射性同位素临时出省作业审批”的放射性同位素跨省转移备案和注销确认手续。跨市作业按要求在使用地、移出地设区的市生态环境部门备案。并做好上述文件的归档和保存。

公司确保每次运输的γ探伤机置于贮存铅箱内运输，只有在铅箱正确锁紧并取出钥匙后方能移动。委托运输时向承运单位提交运输说明书、辐射检测报告、核与辐射事故应急响应指南、装卸作业方法、安全防护指南等。当在不涉及公用道路的厂区内移动时，使用小型车辆或手推车，使γ探伤机处于人员监视之下。

按此落实将符合环境保护管理要求。

10.1.3.4 移动式X、γ射线探伤的辐射安全和防护措施分析

本项目移动式X、γ射线探伤所需配套安全措施，包括警戒绳、警示牌、与辐射联锁的声光报警指示灯、γ移动探伤现场信息公告牌、环境辐射巡测仪、个人剂量报警仪、现场临时贮源铅箱等，均拟存放在探伤房辅房的移动探伤器材库房内。若有指定仅用于X射线移动探伤的X射线探伤机，以及退役的探伤机，也放置于移动探伤器材库房内。为确保X射线探伤机的安全贮存，该库房参考源库管理，拟采用双人双锁防盗门，门外拟设置“当心电离辐射”警告标志，并拟在库房内安装红外摄像头，同样开展24h监控。X射线探伤机出入库也必须进行使用台账登记。

本项目γ探伤机用于移动探伤作业，应安装安全监控定位装置，每次移动探伤作业均需在江苏省高风险移动源在线监管系统（http://39.106.168.165:8080/fsy/login.html）中上传相关信息，便于监管部门了解移动γ探伤作业情况。

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）标准要求，本项目移动 X 射线探伤项目拟落实以下表 10-3 辐射安全和防护措施要求。

表 10-3 本项目移动 X 射线探伤项目辐射安全措施评价

执行标准	项目	标准要求	本项目拟采取措施	是否满足
《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）	工作前检查	5.1.2 工作前检查项目应包括： a) 探伤机外观是否完好； b) 电缆是否有断裂、扭曲以及破损； c) 液体制冷设备是否有渗漏； d) 安全联锁是否正常工作； e) 报警设备和警示灯是否正常运行； f) 螺栓等连接件是否连接良好。 5.1.3 X 射线探伤机的维护应符合下列要求： a) 使用单位应对探伤机的设备维护负责，每年至少维护一次。设备维护应由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行； b) 设备维护包括探伤机的彻底检查和所有零部件的详细检测； c) 当设备有故障或损坏需更换零部件时，应保证所更换的零部件为合格产品； d) 应做好设备维护记录。	[redacted]	
	作业前准备	7.1.1 在实施移动式探伤工作之前，使用单位应对工作环境进行全面评估，以保证实现安全操作。评估内容至少应包括工作地点的选择、接触的工人与附近的公众、天气条件、探伤时间、是否高空作业、作业空间等。应考虑移动式探伤对工作场所内其他的辐射探测系统带来的影响（如烟雾报警器等）。 7.1.2 使用单位应确保开展移动式探伤工作的每台探伤机至少应配备两名专职工作人员。 7.1.3 移动式探伤工作如在委托单位的工作场地实施		

执行标准	项目	标准要求	本项目拟采取措施	是否满足
		准备和规划，使用单位应与委托单位协商适当的探伤地点和探伤时间、现场的通告、警告标识和报警信号等，避免造成混淆。委托单位应给予探伤作业人员充足的时间以确保探伤工作的安全开展和所需安全措施的实施。		
	分区设置	7.2.1 探伤作业时，应对工作场所实行分区管理，将工作场所划分为控制区和监督区。并在相应的边界设置警示标识。现场射线探伤工作应在指定为控制区的区域内进行。 7.2.2 一般应将作业场所中周围剂量当量率大于15μSv/h 的区域划为控制区。 7.2.3 控制区边界上合适的位置应设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌，探伤作业人员应在控制区边界外操作，否则应采取专门的防护措施。 7.2.4 控制区的边界尽可能设定实体屏障，包括利用现有结构（如墙体）、临时屏障或临时拉起警戒线（绳）等。 7.2.5 移动式探伤作业工作过程中，控制区内不应同时进行其他工作。为了使控制区的范围尽量小，应使用合适的准直器并充分考虑探伤机和被检物体的距离、照射方向、时间和现场屏蔽等条件。视情况采用局部屏蔽措施。 7.2.6 每一个探伤作业班组应至少配备一台便携式 X-γ剂量率仪，并定期对其开展检定/校准工作。应配备能在现场环境条件下可听见、看见或产生震动信号的个人剂量报警仪。 7.2.7 探伤作业期间还应对控制区边界上代表点的剂量率进行检测，尤其是探伤的位置在此方向或射线束的方向发生改变时，适时调整控制区的边界。		满足

执行标准	项目	标准要求	本项目拟采取措施	是否满足
		7.2.8 应将控制区边界外、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。 7.2.9 移动式探伤工作在多楼层的工厂或工地实施时，应防止移动式探伤工作区上层或下层的人员通过楼梯进入控制区。 7.2.10 探伤机控制台应设置在合适位置或设有延时开机装置，以便尽可能降低操作人员的受照剂量。		
	安全警示	7.3.1 委托单位（业主单位）应配合做好探伤作业的辐射防护工作，通过合适的途径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。 7.3.2 应有提示“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”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。夜晚作业时控制区边界应设置警示灯。 7.3.3 X 射线探伤机的警示信号指示装置应与探伤机联锁。 7.3.4 在控制区的所有边界都应能清楚地听见或看见“预备”信号和“照射”信号。 7.3.5 应在监督区边界和建筑物进出口的醒目位置张贴电离辐射警告标志和警示语等提示信息。		满足
	边界巡查与检测	7.4.1 开始移动式探伤之前，探伤工作人员应确保在控制区内没有任何其他人员，并防止有人进入控制区。 7.4.2 控制区的范围应清晰可见，工作期间应有良好的照明，确保没有人员进入控制区。如果控制区太大或某些地方不能看到，应安排足够的人员进行巡		满足

执行标准	项目	标准要求	本项目拟采取措施	是否满足
		查。 7.4.3 在试运行（或第一次曝光）期间，应测量控制区边界的剂量率以证实边界设置正确。必要时应调整控制区的范围和边界。 7.4.4 开始移动式探伤工作之前，应对便携式 X-γ 剂量率仪进行检查，确认能正常工作。在移动式探伤工作期间，便携式 X-γ 剂量率仪应一直处于开机状态，防止射线曝光异常或不能正常终止。 7.4.5 移动式探伤期间，工作人员除进行常规个人监测外，还应佩戴个人剂量报警仪。个人剂量报警仪不能替代便携式 X-γ 剂量率仪，两者均应使用。		
	移动探伤的操作要求	7.5.1.1 周向式探伤机用于移动式探伤时，应将 X 射线管头组装体置于被探伤物件内部进行透照检查。做定向照射时应使用准直器（仅开定向照射口）。 7.5.1.2 应考虑控制器与 X 射线管和被检物体的距离、照射方向、时间和屏蔽条件等因素，选择最佳的设备布置，并采取适当的防护措施。		满足

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）、《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）及《关于印发〈关于γ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γ射线探伤项目拟落实以下表10-4辐射安全和防护措施要求。

表10-4 本项目移动γ射线探伤项目辐射安全措施评价

执行标准	项目	标准要求	本项目拟采取措施	是否满足
《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）	工作前检查	5.2.1.2 工作前检查项目主要包括： a) 检查源容器和源传输导管的照射末端是否损伤或者有异常； b) 检查螺母和螺丝的紧密程度、螺纹和弹簧是否有损伤； c) 确认放射源锁紧装置工作正常； d) 检查控制软轴末端是否有磨损、损坏（磨损标准由厂家提供），与控制导管是否有效连接； e) 安全联锁是否工作正常； f) 报警设备和警示灯运行是否正常； g) 检查源容器和源传输导管是否连接牢固； h) 检查源传输导管和控制导管是否有毛刺、破损、扭结； i) 检查警告标签和源的标志内容是否清晰； j) 测量源容器表面一定距离处的周围剂量当量率是否符合5.2.1.1的要求，并确认放射源处于屏蔽状态。 5.2.2.1 应定期对γ射线探伤机中涉及放射防护的部件进行检查维护，发现问题及时维修。维修γ射线探伤机时，应由厂家专业人员将放射源倒入换源器后进行。使用单位人员不应单独对探伤机进行维修。 5.2.2.2 应经常对γ射线探伤机的控制组件包括摇柄、源传输导管进行润滑擦洗，齿轮应经常添加润滑剂，并对源传输导管接头进行擦洗，避免灰尘和砂粒。	[redacted]	满足

执行标准	项目	标准要求	本项目拟采取措施	是否满足
	作业前准备	7.1.1 在实施移动式探伤工作之前，使用单位应对工作环境进行全面评估，以保证实现安全操作。评估内容至少应包括工作地点的选择、接触的工人与附近的公众、天气条件、探伤时间、是否高空作业、作业空间等。应考虑移动式探伤对工作场所内其他的辐射探测系统带来的影响（如烟雾报警器等）。 7.1.2 使用单位应确保开展移动式探伤工作的每台探伤机至少应配备两名专职工作人员。 7.1.3 移动式探伤工作如在委托单位的工作场地实施准备和规划，使用单位应与委托单位协商适当的探伤地点和探伤时间、现场的通告、警告标识和报警信号等，避免造成混淆。委托单位应给予探伤 作业人员充足的时间以确保探伤工作的安全开展和所需安全措施的实施。	[redacted]	满足
	分区设置	7.2.1 探伤作业时，应对工作场所实行分区管理，将工作场所划分为控制区和监督区。并在相应的边界设置警示标识。现场射线探伤工作应在指定为控制区的区域内进行。 7.2.2 一般应将作业场所中周围剂量当量率大于15μSv/h 的区域划为控制区。 7.2.3 控制区边界上合适的位置应设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌，探伤作业人员应在控制区边界外操作，否则应采取专门的防护措施。 7.2.4 控制区的边界尽可能设定实体屏障，包括利用现有结构（如 墙体）、临时屏障或临时拉起警戒线（绳）等。 7.2.5 移动式探伤作业工作过程中，控制区内不应同时进行其他工作。为了使控制区的范围尽量小，应使用合适的准直器并充分考虑探伤机和被检物体的		满足

执行标准	项目	标准要求	本项目拟采取措施	是否满足
		距离、照射方向、时间和现场屏蔽等条件。视情况采用局部屏蔽措施。 7.2.6 每一个探伤作业班组应至少配备一台便携式X-γ 剂量率仪，并定期对其开展检定/校准工作。应配备能在现场环境条件下可听见、看见或产生震动信号的个人剂量报警仪。 7.2.7 探伤作业期间还应对控制区边界上代表点的剂量率进行检 测，尤其是探伤的位置在此方向或射线束的方向发生改变时，适时调整控制区的边界。 7.2.8 应将控制区边界外、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。 7.2.9 移动式探伤工作在多楼层的工厂或工地实施时，应防止移动式探伤工作区上层或下层的人员通过楼梯进入控制区。 7.2.10 探伤机控制台应设置在合适位置或设有延时开机装置，以便尽可能降低操作人员的受照剂量。		
	安全警示	7.3.1 委托单位（业主单位）应配合做好探伤作业的辐射防护工作，通过合适的途径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。 7.3.2 应有提示“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”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。夜晚作业时控制区边界应设置警示灯。 7.3.3 γ 射线探伤的警示信号指示装置应与探伤机联锁。 7.3.4 在控制区的所有边界都应能清楚地听见或看见“预备”信号和“照射”信号。		满足

执行标准	项目	标准要求	本项目拟采取措施	是否满足
		7.3.5 应在监督区边界和建筑物进出口的醒目位置张贴电离辐射警告标志和警示语等提示信息。		
	边界巡查与检测	7.4.1 开始移动式探伤之前，探伤工作人员应确保在控制区内没有任何其他人员，并防止有人进入控制区。 7.4.2 控制区的范围应清晰可见，工作期间应有良好的照明，确保没有人员进入控制区。如果控制区太大或某些地方不能看到，应安排足够的人员进行巡查。 7.4.3 在试运行（或第一次曝光）期间，应测量控制区边界的剂量率以证实边界设置正确。必要时应调整控制区的范围和边界。 7.4.4 开始移动式探伤工作之前，应对便携式 X-γ 剂量率仪进行检查，确认能正常工作。在移动式探伤工作期间，便携式 X-γ 剂量率仪应一直处于开机状态，防止射线曝光异常或不能正常终止。 7.4.5 移动式探伤期间，工作人员除进行常规个人监测外，还应佩戴个人剂量报警仪。个人剂量报警仪不能替代便携式 X-γ 剂量率仪，两者均应使用。		满足
	移动探伤的操作要求	7.5.2.1 应根据要进行射线探伤的物体的类型和尺寸，确定所使用的放射性核素。对于有多个 γ 射线源的使用单位，应使用与获得所需射线照片相一致的最低活度源。 7.5.2.2 探伤作业开始前应备齐下列防护相关物品，并使其处于正常状态： a) 便携式 X-γ 剂量率仪和个人剂量计、个人剂量报警仪； b) 导向管，控制缆和遥控；		满足

执行标准	项目	标准要求	本项目拟采取措施	是否满足
		c) 准直器和局部屏蔽； d) 现场屏蔽物； e) 警告提示和信号； f) 应急箱，包括放射源的远距离处理工具； g) 其他辅助设备，例如：夹钳和定位辅助设施。 7.5.2.3 探伤工作完成后，操作人员应使用便携式 X-γ 剂量率仪进行监测，以确保所有 γ 放射源均已完全退回源容器中，并且没有任何放射源留在曝光位置或脱落。操作人员在离开现场之前，应进行目视检查，以确保设备没有损坏。应通过锁定曝光设备并将防护屏蔽放在适当位置来准备好运输设备。曝光装置和辅助设备应物理固定在车辆中，以免在运输过程中脱落（或掉落）、损坏。		
《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）	人员管理	建设单位应加强从业人员管理，按照法规要求做好人员培训工作，严禁无证人员操作探伤装置。		满足
	现场安全员	γ 射线移动探伤作业时应配备现场安全员，主要负责场所区域的划分与控制、场所限制区域的人员管理、场所辐射剂量水平监测等安全相关工作，并承担探伤装置的领取、归还以及确认探伤源是否返回装置等工作。现场安全员应接受与操作人员等同的辐射安全培训。		满足
	信息公示	γ 射线移动探伤室外作业时（应急探伤作业除外），应在作业现场边界外公众可达地点放置安全信息公示牌，将辐射安全许可证、公司法人、辐射安全负责人、操作人员和现场安全员的姓名、照片、资质证书和环保部门监督举报电话等信息进行公示，接受公众监督。安全信息公示牌面积应不小于 2 平方米，公示信息应采取喷绘（印刷）的方式进行制		满足

执行标准	项目	标准要求	本项目拟采取措施	是否满足
		作。安全信息公示牌应适应野外作业需要（具备防水、防风等抵御外界影响的能力），确保信息的清晰辨识。公示信息如发生变化应重新制作安全信息公示牌，禁止对安全信息公示牌进行涂改、污损。		
	辐射安全主体责任	建设单位应明确并牢记辐射安全主体责任，及时履行环保手续，加强企业自身的辐射安全管理，强化辐射工作人员的法律法规学习，培植单位的核安全文化，防止事故发生。		满足
《关于印发〈关于γ射线探伤装置的辐射安全要求〉的通知》（环发［2007］8号）	安全管理	（1）至少有 1 名以上专职人员负责辐射安全管理工作。 （2）每台探伤装置须配备 2 名以上操作人员，操作人员应参加辐射安全与防护培训，并考核合格。 （3）必须取得省级环境保护主管部门颁发的辐射安全许可证。 （4）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，源库门应为双人双锁。 探伤装置用毕不能及时返回本单位放射源库保管的，应利用保险柜现场保存，但须派专人 24 小时现场值班。保险柜表面明显位置应粘贴电离辐射警告标志。 （5）更换放射源时，探伤装置使用单位应向所在地省级环境保护主管部门提交《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环境保护主管部门备案。 （6）探伤装置转移到外省、自治区、直辖市使用的，使用单位应当于活动实施前填写“放射性同位素异地使用备案表”，先向使用地省级环境保护主		满足

执行标准	项目	标准要求	本项目拟采取措施	是否满足
		管部门备案，经备案后，到移出地省级环境保护主管部门备案。异地使用活动结束后，使用单位应在放射源转移出使用地后 20 日内，先后向使用地、移出地省级环境保护主管部门注销备案。		
	探伤机要求	（1）从事移动探伤作业的，应拥有 5 台以上探伤装置。 （2）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。		满足
	探伤机管理	（1）制定探伤装置的领取、归还和登记制度，放射源台帐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。 （2）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。 （3）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。		满足
	现场探伤作业	（1）探伤作业时，至少有 2 名操作人员同时在场，每名操作人员应配备一台个人剂量报警仪和个人剂量计。个人剂量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。 （2）每次探伤工作前，操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。 （3）探伤装置必须专车运输，专人押运。押运人员须全程监护探伤装置。 （4）室外作业时，应设定控制区，并设置明显的		满足

执行标准	项目	标准要求	本项目拟采取措施	是否满足
		警戒线和辐射警示标识，专人看守，监测控制区的辐射剂量水平。 （5）作业结束后，必须用辐射剂量监测仪进行监测，确定放射源收回源容器后，由检测人员在检查记录上签字，方能携带探伤装置离开现场。		
	事故应急	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、卫生健康主管部门报告。		满足

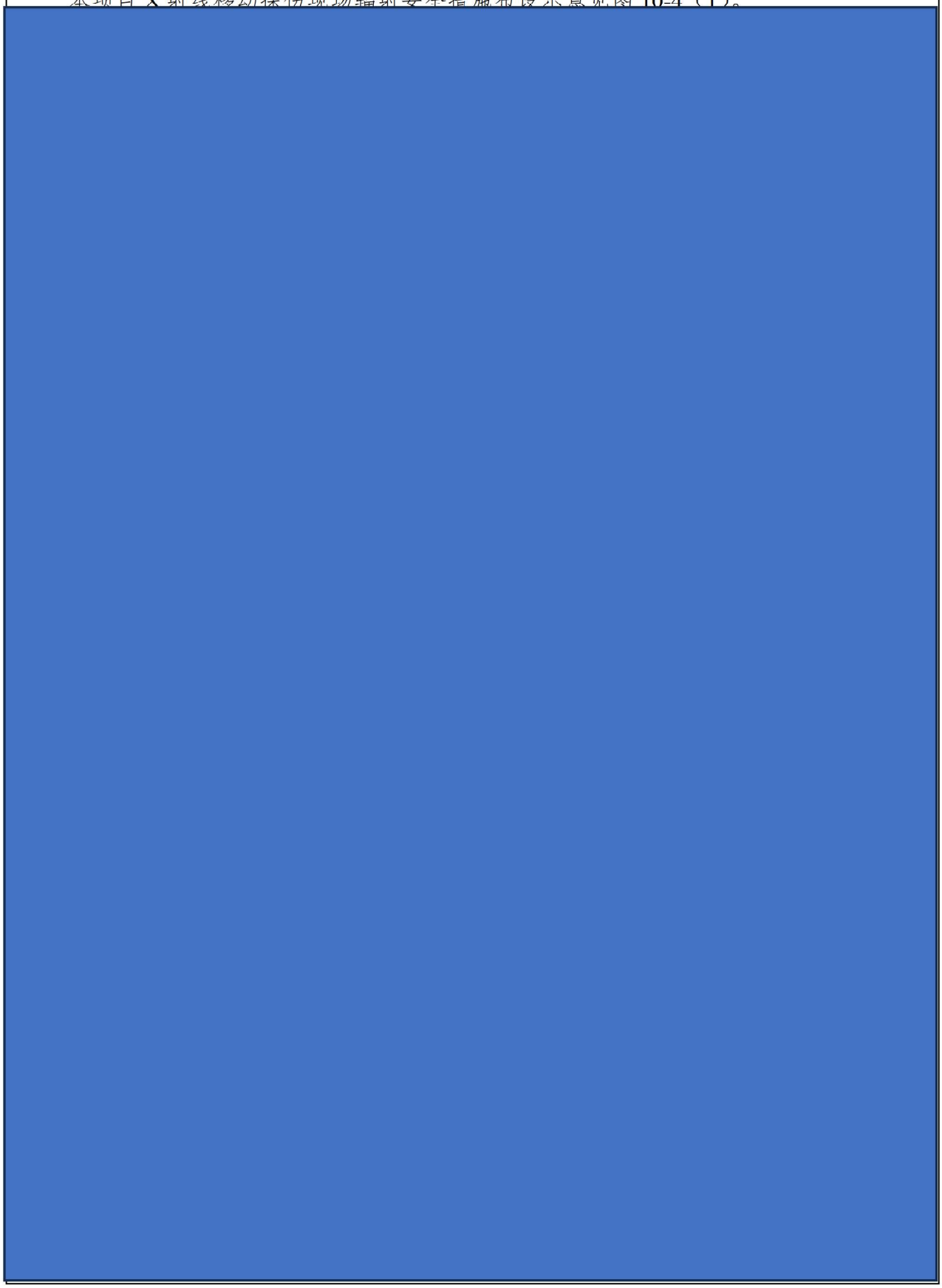
公司落实以上辐射安全措施后，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中对源库、X射线移动探伤、γ射线移动探伤的相关辐射安全要求。针对源库及移动式X、γ射线探伤，公司拟采取辐射安全防护设施见表10-5。

表10-5 辐射安全防护设施一览表（以最多同时开展10个移动探伤现场考虑）

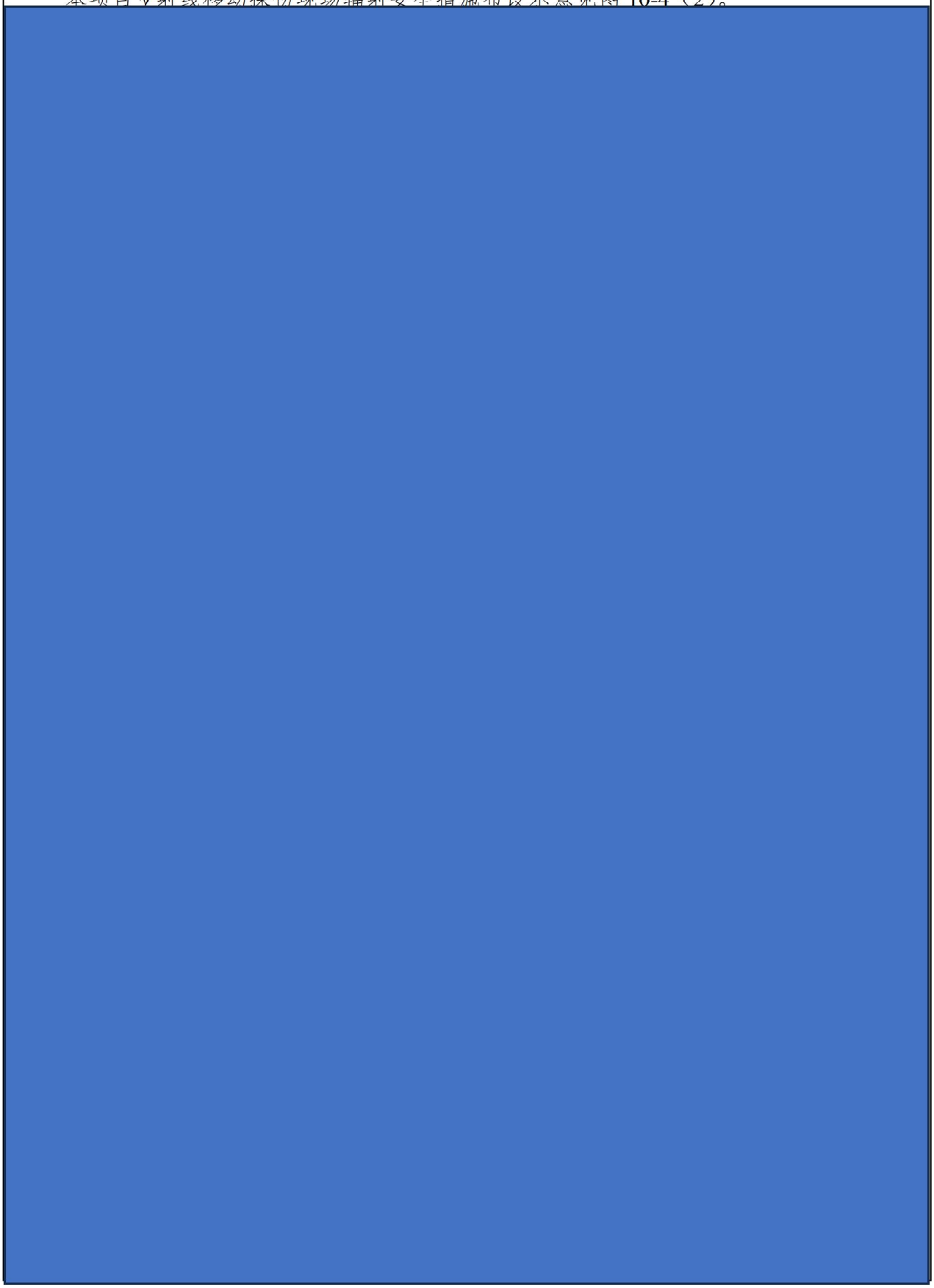
项目		辐射安全防护设施
辐射防护	警告标识	
	个人防护用品	
	监测仪器	
	安全装置	
	现场防护装置	
	现场暂存装置	
辐射应急		
辐射安全		

注：以上为公司拟采取的辐射安全防护设施，具体摆放位置不固定，根据现场实际需要而确定。

本项目 X 射线移动探伤现场辐射安全措施布设示意见图 10-4（1）。



本项目γ射线移动探伤现场辐射安全措施布设示意见图10-4（2）。



10.2 三废的治理

10.2.1 HW16 感光材料废物治理措施

本项目运行过程中无放射性废水、放射性固废、放射性废气产生。



图 10-5 帕博检测技术服务有限公司华东分公司拟租赁暂存 HW16 感光材料废物的番禺珠江钢管（连云港）有限公司危废库与本项目探伤房位置关系示意图





图 10-6 帕博检测技术服务有限公司华东分公司拟租赁暂存 HW16 感光材料废物的番禺珠江钢管（连云港）有限公司危废库现状



10.2.2 臭氧和氮氧化物治理措施

探伤工作时，X 射线会电离空气产生少量臭氧（O_3）和氮氧化物（NO_x）。氮氧化物（NO_x）中，以 NO_2 为主，其产额约为 O_3 的一半。而工作场所中 NO_2 的浓度限值远大于 O_3 的浓度限值，因而，NO_x 的产生和排放对周围大气环境的影响很小，主要考虑臭氧的产生和排放。

本项目 X 射线探伤房设置有排风风机，风量达到为 7200m^3/h，其曝光室净体积为 1800m^3，工作状态下，风机可使探伤房曝光室每小时换气至少 4 次。室内通风口在地面，有利于密度大于空气的臭氧和氮氧化物的排放，室外排风口由管道引至本项目探伤房屋顶排放（在 1#厂房车间内，考虑车间为半敞开通风结构，见图 8-1，不影响臭氧及氮氧化物的扩散），满足 GBZ117-2022 中 X 射线探伤房“探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数不小于 3 次。”的通风要求。本项目探伤房内产生的少量臭氧和氮氧化物可通过机械排风系统排至室外，移动探伤在野外作业时 X 射线电离空气产生少量臭氧（O_3）和氮氧化物（NO_x）将直接扩散在外环境中。臭氧常温下可自动分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

10.2.3 探伤设施的退役



表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目 X 射线探伤房已建成，移动 X、γ 射线探伤现场无土建施工，仅需在 X 射线探伤房内因地制宜建设一座放射源库，以及相关辐射安全措施的安装，会产生一定量的扬尘、施工噪声、施工废水、固体垃圾等污染物，由于源库建设工作量不大，且仅在探伤室内进行，对周围环境影响较小。且这些环境影响具有时效性，随着施工期的结束，对环境的影响也消除。

本项目 X 射线探伤机未通电开机之前，不会对周围环境产生辐射污染。

源库建设施工时对环境会产生如下影响：

噪声：本项目施工期噪声源主要为施工机械和车辆，其特点是间歇或阵发性，并具备流动性、噪声较高的特征。本项目施工期应采用低噪声机械设备，合理安排施工时间，场地施工车辆出入现场应低速、禁鸣等措施减小施工期噪声对周围环境的影响，施工期噪声标准执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）的要求。

扬尘：本项目施工期间产生扬尘的作业主要有建材运输、堆放、装卸和搅拌等过程，建设单位在施工期对运输的道路及时清扫和洒水，并加强施工管理，配置工地细目滞尘防护网，同时采用封闭车辆运输，以便最大程度减少扬尘对周围大气环境的影响。

废水：本项目施工期间会产生有一定量的建筑废水，废水收集后经过污水处理设施处理，排放厂区污水管网。

固体废物：本项目施工期间会产生一定量的建筑垃圾，建筑垃圾按有关管理要求及时清运出场并进行填埋等处置。

该单位在施工期间认真搞好组织工作，文明施工，切实落实各种环保措施，将施工期的影响控制在 X 射线探伤房内局部区域，对周围环境影响较小。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 固定式 X 射线探伤辐射影响分析

本项目 X 射线探伤房的辐射环境影响采取理论计算的方法来分析与评价。

考虑本项目探伤房配备 8 台 X 射线探伤机，但每次探伤最多仅开一台探伤机，因此最大工况为使用一台 XXG-3505D 型定向 X 射线探伤机。若探伤房屏蔽计算能够满足该台探伤机的使用，也能够满足其他 1 台同样 350kV 和 6 台能量低于 350kV 的 X 射线探伤机的使用要求。根据表 9 工程分析内容，本项目曝光室各面墙体、防护门及屋顶均可能为主射线方向。探伤机主射线贯穿能力要远大于散射线及漏射线，因此若各面墙体/防护门/屋顶能够屏蔽主射线，也能够屏蔽探伤机的散射线和漏射线。

11.2.1.1 有用线束屏蔽效果预测

（1）估算模式选取

本项目 X 射线探伤采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的计算公式 11-1 估算曝光室四周墙体、大小防护门、迷道及屋顶等主射线方向外表面外 30cm 处的辐射水平，估算模式如下：

$$\text{有用线束 } \dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \qquad \text{……公式 11-1}$$

上式中：$\dot{H}$—关注点处剂量率，μSv/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，$\mu Sv \cdot m^2 \cdot mA^{-1} \cdot h^{-1}$；

B—屏蔽透射因子，根据 GBZ/T 250-2014，在给定屏蔽物质厚度 X 时，由附录 B.1 曲线查出相应的屏蔽透射因子 B；

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，m。

（2）估算结果

将相关参数代入上述公式 11-1，可得到使用 1 台 XXG-3505D 型定向 X 射线探伤机时，曝光室各墙体及大小防护门、屋顶等主射线方向表面外 30cm 关注点的辐射剂量率，计算参数及计算结果见表 11-1。

表 11-1 曝光室各关注点屏蔽防护计算参数及计算结果（XXG-3505D 型定向探伤机）

参数 \ 关注点		东、南、西、北墙外 30cm	东侧工件入门外 30cm	东南侧迷道墙外 30cm	南迷道顶外 30cm	探伤室顶部外 30cm 处
屏蔽厚度		[redacted]				
I（mA）						
H_0[①] ($\mu Sv \cdot m^2 \cdot mA^{-1} \cdot h^{-1}$)						
B[②]						
R（m）[③]						
参考点处剂量率 $\dot{H}$(μSv/h)	$\dot{H}$估算值	8.7E-08	1.5E+00	1.1E-06	2.1E+00	1.6E-06
	$\dot{H}_c$控制值	2.5	2.5	2.5	100	100
	评价结果	满足	满足	满足	满足	满足

[redacted]

由表 11-1 可知，当 1 台 XXG-3505D 型定向 X 射线探伤机以最大管电压 350kV、最大管电流 5mA 的工况在探伤室内进行探伤作业时，该探伤房的曝光室四周墙体、屋顶、大防护门、迷道顶和迷道外墙等主射线方向屏蔽防护设计能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中“墙外 30cm 关注点最高周围剂量当量率不大于 2.5μSv/h”及“对不需要人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平通常可取为 100μSv/h”的要求。

11.2.1.2 迷道外口辐射剂量率预测（迷道散射+贯穿）

1. 迷道外口散射剂量率

由图 11-1 可知，本项目迷道为 U 型迷道，从曝光室入射至迷道内的主射线，将在迷道内散射至少 3 次到达迷道外口位置，再贯穿 16mmPb 的小防护门。这里迷道入口处的多次散射辐射剂量率，参考 NCRP 51 号报告《Radiation Protection Design Guidelines for 1 - 100 MeV Particle Accelerator Facilities》 中提供的光子在迷道中散射的公式 11-2 进行计算。

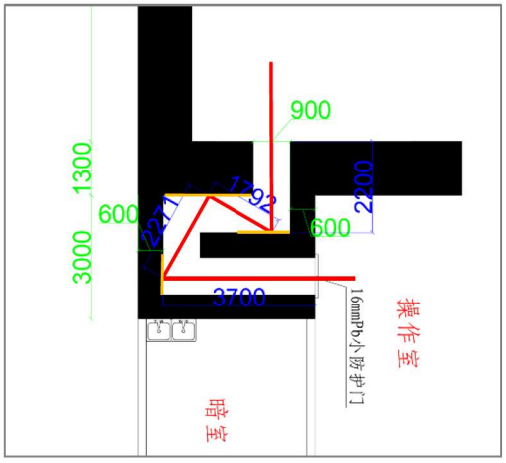


图 11-1 本项目探伤室迷道散射路径及尺寸示意图

（图中红色线条为 X 射线散射路径，橙色线条表示对应迷道墙上的散射面积）

（1） 估算模式选取

$$H_{1,rj}=\frac{D_{10}\alpha_1 A_1(\alpha_2 A_2)^{j-1}}{(d_1.d_{r1}.d_{r2}...d_{rj})^2} \quad \text{……公式 11-2}$$

代入计算可知，一次散射后，X 射线能量降低至 0.21 MeV；二次散射后，X 射线能量降低至 0.15MeV；三次散射后，X 射线能量降低至 0.12MeV。

（2） 估算结果

表 11-2 迷道外口防护门处散射辐射剂量率估算参数及计算结果

参数	数值
D_{10}(μSv·m^2·h^{-1})	7.05E+6
α1	0.02
A1（m2）	2.25
α2	0.02
A2（m2）	5.5
A3	0.02
A3（m2）	2.25
d1（*m*）	4.2
d2（*m*）	1.8
d3（*m*）	2.3
d4（*m*）	3.7
迷道外口防护门内辐射剂量率（μSv/h）	4.19E+2

三次散射后，辐射剂量率为 0.38μSv/h、能量为 120kV 的 X 射线，将被 16mmPb 的小防护门屏蔽，屏蔽透射因子 B=1E-16，防护门外辐射剂量率将降低至 3.8E-17μSv/h。

2. 迷道散射+贯穿辐射剂量率的叠加

由表 11-1 可知，由于主射线贯穿所致南墙外关注点辐射剂量率为 8.7E-08μSv/h；由上节估算可知，多次散射线经迷道外口小防护门屏蔽所致门外关注点辐射剂量率为 3.8E-17μSv/h，上述迷道外口小防护门外辐射剂量率叠加值远小于 0.001μSv/h，仍能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中“门外 30cm 关注点最高周围剂量当量率不大于 2.5μSv/h”的要求。

11.2.2 移动 X 射线探伤现场辐射影响分析

11.2.2.1 有用线束屏蔽效果预测

该公司移动式 X 射线探伤项目探伤现场一般位于委托公司厂区内或野外工地现场，检测对象主要是石化企业的在役管道、船舶企业的钢结构等。主射线方向为有工件屏蔽，散射线、漏射线无工件屏蔽。采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）4.1 有用线束的公式 11-4 导出控制区、监督区的距离计算公式 11-5。

$$H=\frac{I\cdot H_0\cdot B}{R^2}$$ ……公式 11-4

导出得到：

$$R=\sqrt{\frac{I\cdot H_0\cdot B}{H}}$$ ……公式 11-5

式中：

H：关注点处剂量率，μSv/h；控制区取 15μSv/h，监督区取 2.5μSv/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，本项目为 5mA；

H_0：距辐射源点（靶点）1m 处输出量，μSv·m2/(mA·h)，取值参考表 9-1；

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）附录 B 表 B.2；

R：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m。

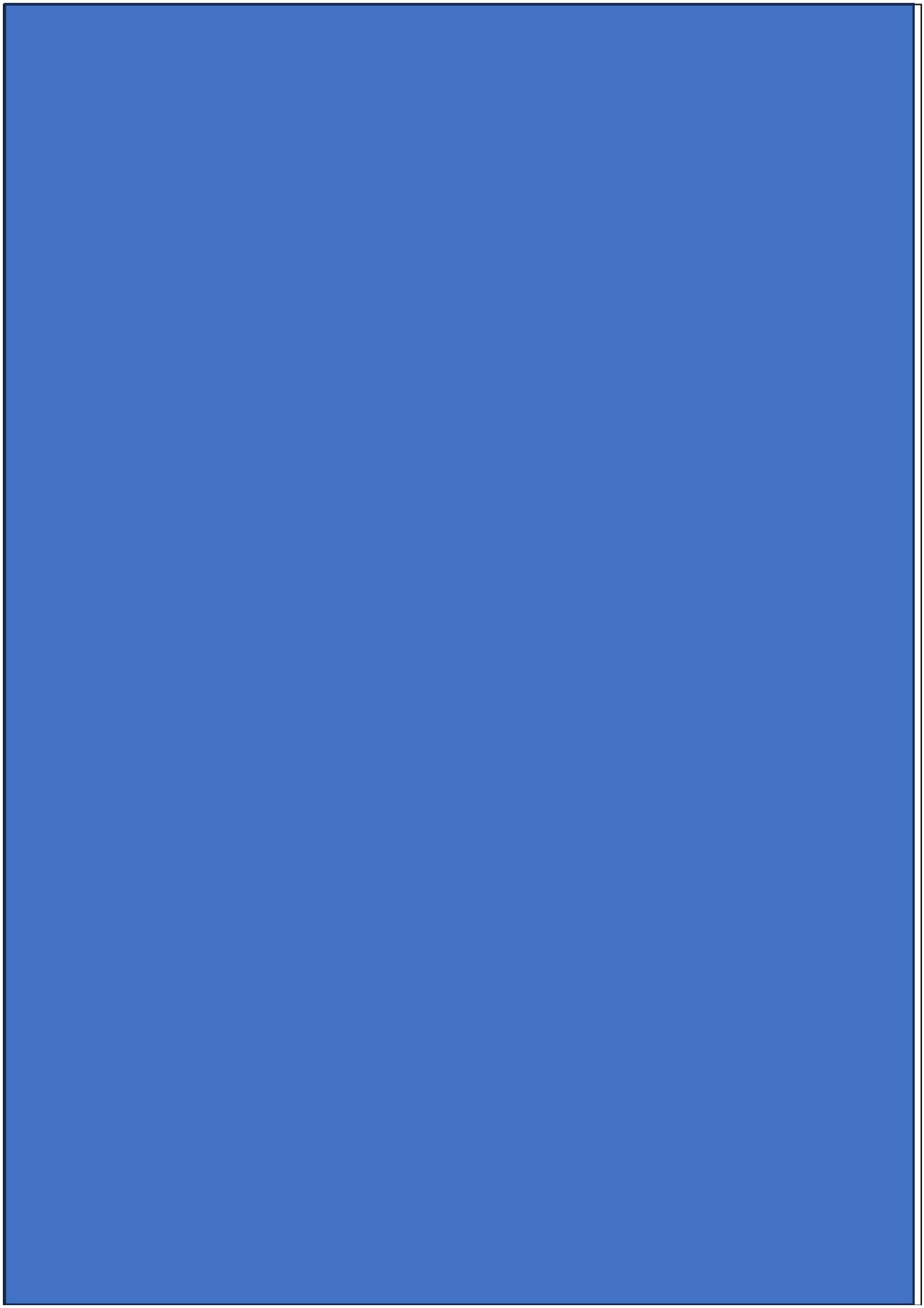
公式 11-5 中屏蔽透射因子 B 的计算公式：

$$B=10^{-X/TVL}$$ …… 公式 11-6

上式中：X—屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL—屏蔽材料的什值层厚度，mm。

公司移动式 X 射线探伤根据待检测的工件材料及厚度，主要是依据 X 射线探伤机的曝光曲线以及经验公式，去选用相应的探伤机并确定开机管电压、管电流。探伤曲线见下图：



本项目移动X射线探伤假设探伤机满功率运转，将不同探伤机相关参数代入公式11-5，可以估算出探伤过程中不同X射线探伤机主射线经工件屏蔽后的控制区和监督区范围见表11-3。

表11-3 主射线方向控制区和监督区距离估算

探伤机类别	XXG-2505D/ XXG-2505C	XXG-3005D/ XXG-3005C	XXG-3505D/ XXG-3505C
最薄工件厚度（mmFe）	28	32	38
H_0（μGy·m²·mA⁻¹·h⁻¹）	9.9E+5	1.254E+6	1.41E+6
I（mA）	5	5	5
屏蔽透射因子B	0.048	0.050	0.039
主射线方向控制区距离（m）			
主射线方向监督区距离（m）			

11.2.2.2 非有用射束屏蔽效果预测

1.估算模式选取

（1）漏射线：根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022），X射线装置在额定工作条件下，当X射线机管电压＞200kV时，X射线管焦点1m处的漏射线空气比释动能率＜5mGy/h。

泄漏辐射所致控制区及监督区范围的计算模式采用《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中泄露辐射计算公式11-7。

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \times B}{R^2} \quad \text{…… 公式 11-7}$$

式中：$\dot{H}$—控制区/监督区边界的辐射剂量率限值，μSv/h；

$\dot{H}_L$—距靶点1m处X射线管组装体的泄露辐射剂量率，μSv/h，这里为5000μSv/h；

B—屏蔽透射因子，保守不考虑漏射线方向上的屏蔽，这里取1；

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，m。

（2）散射线：本项目运行过程中探伤机主射线朝向工件照射，当射线打到被探伤工件表面时，大部分透过工件或被吸收或到达底片使胶片曝光，少部分被工件散射至周围环境，形成探伤的辐射场。

假设主射线束X射线经被探伤工件一次散射后到达参考点，散射线所致控制区及监督区范围可根据《工业X射线探室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中散射辐射计算公式11-8计算：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{{R_s}^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{{R_0}^2} \quad \text{……公式 11-8}$$

式中：Ḣ—控制区/监督区边界的辐射剂量率限值，μSv/h；

I—X射线管在最高管电压下的常用最大管电流，mA，这里为5mA；

H_0—距辐射源点（靶点）1m处输出量，μSv·m²/(mA·h)，对于350kV探伤机为1.41E+6μSv·m²/(mA·h)，对于300kV探伤机为1.254E+6μSv·m²/(mA·h)，对于250kV探伤机为9.9E+5 μSv·m²/(mA·h)；

B—屏蔽透射因子，保守不考虑散射线方向上的屏蔽，这里取1；

R_s—散射体至关注点的距离，m；

$\frac{F \cdot \alpha}{R_0^2}$—根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）B.4.2，$\frac{F \cdot \alpha}{R_0^2}$取$\frac{1}{50}$（200~400kV）。

（3）漏射线+散射线的叠加影响

非主射线方向上的关注点，上述两种非有用射束的叠加，仍然是要求低于控制区/监督区辐射剂量率限值。即：

[redacted]

2. 估算结果

根据公式11-7和公式11-8估算，防护非有用线束所需控制区与监督区边界范围见表11-4。

表 11-4 非有用线束所需控制区与监督区范围核算结果

探伤机类别	XXG-2505D/ XXG-2505C	XXG-3005D/ XXG-3005C	XXG-3505D/ XXG-3505C
$\dot{H}_L$（μSv/h）	5000	5000	5000
H_0（μGy·m²·mA⁻¹·h⁻¹）	9.9E+5	1.254E+6	1.41E+6
I（mA）	5	5	5
$\frac{F \cdot \alpha}{R_0^2}$	0.02	0.02	0.02
非有用线束方向控制区距离（m）			
非有用线束方向监督区距离（m）			

综上所述，从理论计算结果可知：

在XXG-2505型X射线探伤机满功率开机条件下现场探伤，主射束方向控制区范围最大为126m，监督区最大为308m；非有用射束方向控制区范围最大为83m，监督区最大为204m。

在XXG-3005型X射线探伤机满功率开机条件下现场探伤，主射束方向控制区范围最大为145m，监督区最大为354m；非有用射束方向控制区范围最大为93m，监督区最大为228m。

在XXG-3505型X射线探伤机满功率开机条件下现场探伤，主射束方向控制区范围最大为135m，监督区最大为332m；非有用射束方向控制区范围最大为99m，监督区最大为242m。

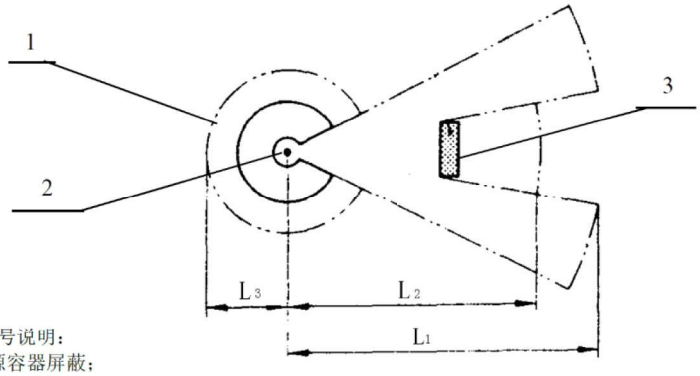
上述理论计算结果仅为本项目 X 射线现场探伤控制区和监督区的划分提供参考。实际探伤过程中 X 射线探伤机的管电压的降低、射线水平照射角度的改变、被检测工件的厚度的增加以及探伤现场的遮蔽物都会使辐射场的辐射剂量水平下降，从而缩小控制区和监督区的范围。因此在实际探伤过程中探伤工作人员应根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的要求：在移动探伤工作开始前，根据上述理论估算值和经验划定并标志出控制区边界，借助环境辐射巡测仪进行检测或修正，将周围剂量当量率在15μSv/h以上的范围内划为控制区，控制区边界外周围剂量当量率在2.5μSv/h以上的范围内划为监督区。

11.2.3 移动γ射线探伤现场辐射影响分析

本项目移动γ射线探伤现场每次最多使用一台γ射线探伤机，本项目γ探伤机使用的^{192}Ir源单枚最大活度3.7E+12Bq，使用的^{75}Se源单枚最大活度3.7E+12Bq。

这里采用GBZ117-2022给出的γ射线移动探伤控制区距离计算方法，如图11-1所示。

根据放射源的γ射线向各个方向辐射时的不同情况，确定三类不同的控制区距离，如图A.1所示。



标引序号说明：
1——源容器屏蔽；
2——放射源；
3——探伤对象。

标引符号说明：
L_1——辐射未经工件衰减时要求的控制区距离；
L_2——有用线束方向，经检测对象屏蔽后要求的控制区距离；
L_3——有用线束方向以外，经源容器或其他屏蔽物屏蔽后要求的控制区距离。

图11-1 γ射线移动探伤应用屏蔽物的控制区计算示意图

对于γ射线移动探伤，可由公式11-9计算确定控制区和监督区的距离：

$$L1=\sqrt{\frac{A\times\Gamma}{H}} \qquad \text{……公式11-9}$$

式中：

L1：无工件衰减时需要的控制区距离值，m；

A：放射源的活度，MBq；

Γ：周围剂量当量率常数，μSv·㎡/（MBq·h），取值见 GBZ117-2022 的表 A.1；

H：边界处剂量率，μSv/h；控制区取 15μSv/h，监督区取 2.5μSv/h。

L2和L3分别由L1乘以检测工件和放射源屏蔽物（检测工件壁厚）屏蔽衰减因子获得。有用线束方向，经检测工件屏蔽后要求的控制区/监督区距离的计算见公式11-10：

$$L_2 = L_1 \times \sqrt{2^{-\frac{t_1}{HVL_1}}} \qquad \text{……公式11-10}$$

式中：

L2：有工件衰减时需要的控制区/监督区距离值，m；

L1：无工件衰减时需要的控制区/监督区距离值，m；

t1：被检测工件的厚度，mm；

HVL1:被检测工件的半值层厚度，mm。

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/监督区距离计算公式见公式 11-11。

$$L_3 = L_1 \times \sqrt{2^{-\frac{t_2}{HVL_2}}} \quad \text{……公式 11-11}$$

式中：

L3：有用线束方向以外，经源容器或其他屏蔽物屏蔽后要求的控制区/监督区距离值，m；

L1：无工件衰减时需要的控制区/监督区距离值，m；

t2：源容器或其他屏蔽物厚度，mm；公司拟采购 20mm 厚钨合金准直器供 ^{192}Ir 探伤机使用，拟采购 10mm 厚钨合金准直器供 ^{75}Se 探伤机使用。

HVL2: 源容器或其他屏蔽物的半值层厚度，mm。

上述计算结果见表11-5。

表11-5 移动γ射线探伤核算的控制区、监督区范围

γ探伤机类别	Ir-192	Se-75
A（MBq）		
Γ（μSv·㎡/（MBq·h））		
L1未衰减控制区距离（m）		
L1未衰减监督区距离（m）		
被检测工件最薄t1（mmFe）		
HVL1（mmFe）		
L2有工件衰减控制区距离（m）		
L2有工件衰减监督区距离（m）		
钨合金准直器t2（mm）		
钨合金准直器HVL2(mm)		
L3准直器屏蔽的控制区距离（m）		
L2准直器屏蔽的监督区距离（m）		

综上所述，从理论计算结果可知：

在使用100Ci的Ir-192源探伤时，有用线束未经工件衰减的控制区范围最大为205m，监督区最大为502m；有用线束经过工件衰减后的控制区范围最大为152m，监督区最大为373m；经准直器屏蔽的非有用线束方向控制区范围最大为13m，监督区最大为31m。

在使用100Ci的Se-75源探伤时，有用线束未经工件衰减的控制区范围最大为133m，监督区最大为326m；有用线束经过工件衰减后的控制区范围最大为98m，监督区最大为240m；经准直器屏蔽的非有用线束方向控制区范围最大为33m，监督区最大为82m。

上述理论计算结果仅为本项目γ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γ探伤机的源活度的降低、被检测工件的厚度的增加以及探伤现场的遮蔽物都会使辐射场的辐射剂量水平下降，从而缩小控制区和监督区的范围。因此在实际探伤过程中探伤工作人员应根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的要求：在移动探伤工作开始前，根据上述理论估算值和经验划定并标志出控制区边界，借助环境辐射巡测仪进行检测或修正，将周围剂量当量率在15μSv/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2.5μSv/h以上的范围内划为监督区。

公司在日常移动式X、γ射线探伤工作中还需落实以下要求：

1) 使用的射线探伤装置应满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“探伤机的放射防护要求”；γ探伤机应安装安全监控定位装置，每次移动探伤作业均在江苏省高风险移动源在线监管系统（http://39.106.168.165:8080/fsy/login.html）中上传相关信息，便于监管部门了解移动γ探伤作业情况。

2) 应考虑控制箱/手摇曲柄与 X 射线机/γ 探伤机和被检测物体的距离、照射方向、时间和屏蔽条件等因素，选择最佳的设备布置。操作人员尽可能利用各种屏蔽方式保护自己；

3) 当探伤机、场所、被检测体（材料、规格、形状）、照射方向、屏蔽等条件发生变化时，均应重新进行巡测，确定新的划区界线；

4) 公司在进行移动探伤过程中应注意对控制区和监督区的管理和控制，若探伤现场环境不能满足监督区的防护距离时，辐射工作人员应对探伤机附加一定的防护装置如准直器、铅防护挡板、钨合金屏蔽罩等或采取其他防护措施，限制射线束中的无用射线，减小散射面积，减少散射量，屏蔽漏射线，降低探伤作业现场周围的辐射水平，缩小控制区和监督区的范围。

5) 若在厂区内开展移动探伤，应采取各种措施确保厂区边界处周围剂量当量率达到监督区边界周围剂量当量率水平，否则不宜在此开展移动探伤。

11.2.4 γ探伤机源库的辐射影响分析

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》（GBZ117-2022），P类探伤机源容器外5cm处周围当量剂量率H_0≤0.5mSv/h，表面1m处周围当量剂量率H_0≤0.02mSv/h。周围当量剂量率与距离平方成反比，可根据公式11-12计算得出距离探伤机不同位置处的辐射水平。

$$H_1=H_0\times R_0^2/R^2 \quad \text{……公式11-12}$$

式中：

H_1：距放射源R处的周围当量剂量率，μSv/h.

H_0：距离放射源1.07m处的周围当量剂量率，20μSv/h

R_0：距离放射源距离，1.07m，源贮存位置至探伤机表面距离取7cm。

R_1：参考点距放射源的距离。

表11-6列出了距源容器不同距离处的周围当量剂量率的估算结果。

表11-6 距探伤机放射源不同距离处的辐射水平估算结果

距离探伤机表面（m）	0.3	0.5	**1**	2	3
距离放射源R_1（m）	0.37	0.57	**1.07**	2.07	3.07
周围当量剂量率（μSv/h）	167	70.5	**20**	5.3	2.4

注：源贮存位置至探伤机表面距离取7cm。

通过表11-6中数据可以看出，γ探伤机在手提搬运或运输过程中，均会对近距离的辐射工作人员产生一定的外照射，辐射工作人员应控制与探伤机接触时间，注意与探伤机保持一定的距离，必要时应穿戴个人防护用品。

（1）源库容量分析

本项目γ源库为地面上混凝土源坑结构，共设计10个源坑，每个γ探伤机单独存放于一个源坑内，避免取放γ探伤机时受到其他γ探伤机不必要的照射。源坑内部净尺寸为40cm（长）×40cm（宽）×35cm（高），能够满足目前所有P类γ探伤机的存放要求。每个源坑的坑壁厚至少20cm砼，顶部盖板为10mmPb。上述源库及源坑的容量能够满足公司本项目10台γ射线探伤机的贮存要求。

（2）γ探伤机贮存过程的辐射影响分析

根据GBZ 117-2022，单台γ射线探伤机在额定装源活度时 1m 处的周围当量剂量率 H_0 ≤0.02mSv/h。由此可推出γ探伤机在贮源状态下，经屏蔽后不同距离关注点的辐射剂量率，由公式11-13可计算得到。

$$H = H_0 \cdot B / R^2 \quad \text{……公式11-13}$$

式中 H：关注点处的周围当量剂量率，μSv/h。

H_0：距离放射源 1m 处的周围当量剂量率，根据GBZ 117-2022，距离探伤机表面 1m 处剂量率不超过 20μSv/h，源贮存位置至探伤机表面距离取 7cm，即距离源表面1.07m处剂量率不超过20μSv/h，求得距离放射源 1m 处的周围当量剂量率为 22.9μSv/h。

R：参考点距放射源的距离，m

B：屏蔽透射因子，即源坑坑壁、铅盖板、源库墙体对γ射线的屏蔽。

这里以最保守10台γ探伤机均在库时，叠加辐射影响估算，见图11-2所示，源库内辐射工作人员可达的最不利关注点是1#点位，源库外公众可达的最不利关注点是2#点位。考虑叠加的情况下，源库内外最不利关注点的受照剂量率计算见表11-7。

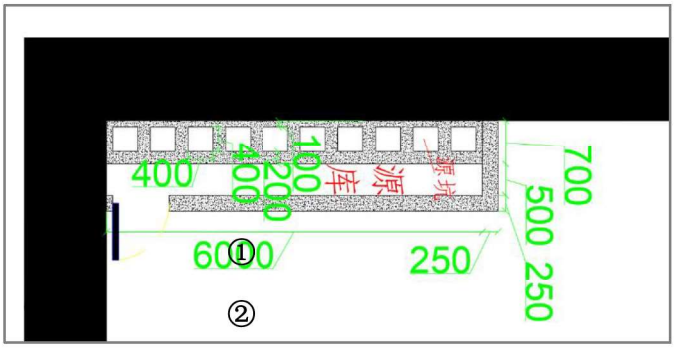


图11-2 源库屏蔽计算示意图

表11-7 （1）源库内辐射工作人员可达关注点①的叠加辐射影响计算结果

	1#坑	2#坑	3#坑	4#坑	5#坑	6#坑	7#坑	8#坑	9#坑	10#坑
H_0（μSv/h）										
B*										
至①关注点距离(m)										
H(μSv/h)										
叠加辐射影响（μSv/h）	14.9									

*：考虑Ir-192源的HVL=3mmPb，因此源坑盖板10mmPb对Ir-192源的B=0.1；
考虑Se-75源的HVL=1mmPb，因此源坑盖板10mmPb对Se-75源的B=0.00098。
关注点最近距离的源坑，保守按放置了辐射影响最大的Ir-192探伤机考虑。

表11-7 （2）源库墙外公众可达关注点②的叠加辐射影响计算结果

	1#坑	2#坑	3#坑	4#坑	5#坑	6#坑	7#坑	8#坑	9#坑	10#坑
H_0（μSv/h）										
B*										
至②关注点距离(m)										
H(μSv/h)										
叠加辐射影响（μSv/h）	0.18									

*：考虑Ir-192源的HVL=3mmPb/5cm砼，因此源坑盖板10mmPb+源库外墙25cm砼对Ir-192源的B=0.1×0.03=0.003；

考虑Se-75源的HVL=1mmPb/3cm砼，因此源坑盖板10mmPb+源库外墙25cm砼对Se-75源的B=0.00098×0.003=3E-6。

关注点最近距离的源坑，保守按放置了辐射影响最大的Ir-192探伤机考虑。

表11-7 （3）源库门外公众可达关注点③的叠加辐射影响计算结果

	1#坑	2#坑	3#坑	4#坑	5#坑	6#坑	7#坑	8#坑	9#坑	10#坑
H_0（μSv/h）										
B*										
至③关注点距离(m)										
H(μSv/h)										
叠加辐射影响（μSv/h）	1.5									

*：考虑Ir-192源的HVL=3mmPb，因此源坑盖板10mmPb对Ir-192源的B=0.1；

考虑Se-75源的HVL=1mmPb，因此源坑盖板10mmPb对Se-75源的B=0.00098。

源库门为双人双锁防盗门，保守不考虑其对γ射线的屏蔽。

从表 11-7 （1）中估算结果可以看出，当源库内10 枚γ射线探伤机（7台 ^{192}Ir探伤机+3台 ^{75}Se探伤机）满载状态下，室内存在一定的辐射场，辐射工作人员在拿取γ探伤机时，应尽快行动，避免在源库内长时间停留，进行放射源领用登记及表面辐射水平的测量记录工作建议在源库外进行。

从表 11-7 （2）中估算结果可以看出，当该公司 10 枚γ射线探伤机（7台 ^{192}Ir探伤机+3台 ^{75}Se探伤机）满载状态在源库的源坑内贮存时，放射源库墙外表面 30cm处公众可达关注点最大辐射水平合计为0.19μSv/h，放射源库门外表面 30cm处公众可达关注点最大辐射水平合计为1.5μSv/h，能够满足《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剂量率小于 2.5μSv/h控制水平”的要求，该放射源源库防护设计方案能够满足本项目γ射线探伤机贮存要求。

公司还为当天无法返回源库的γ探伤机配备了现场临时贮存铅箱，考虑人工提起的可携带重量，壁厚为8mmPb，对于100Ci的Ir-192源B=0.157，铅箱表面50cm的辐射水平约为70.5μSv/h×0.157=11μSv/h。而公众不允许靠近现场暂存铅箱周围2m的范围，暂存铅箱周围公众可达处的辐射水平不超过5.3Sv/h×0.157=0.8μSv/h，随着放射源活度衰减上述辐射水平也会降低，也能够满足《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剂量率小于 2.5μSv/h控制水平”的要求，该现场暂存铅箱的防护设计方案能够满足本项目γ射线探伤机现场临时贮存要求。

11.2.3 辐射工作人员和公众剂量估算及评价

关注点人员的有效剂量由方杰主编的《辐射防护导论》中的公式 11-14 算出：

$$D_{Eff}=\dot{K}_{\alpha}\cdot t\cdot T\cdot U \qquad \text{……公式 11-14}$$

上式中：D_{Eff}—关注点人员年有效剂量（Sv/a）；

$\dot{K}_{\alpha}$—人员所在关注点的辐射剂量率（Gy/h）；

t —关注点处年受照时间（h）；

T —居留因子，取值在 1/32~1，典型值：全部居留 T=1，部分居留 T=1/4，偶尔居留 T=1/16，基本不居留 T=1/32；

U —使用因子，本项目取 1；

简化估算：1Gy 近似为 1Sv。

本项目人员辐射受照有效剂量估算分为探伤工作人员、源库保管员以及公众三部分进行评价。本项目人员辐射受照情况分析如下图 11-3 所示。

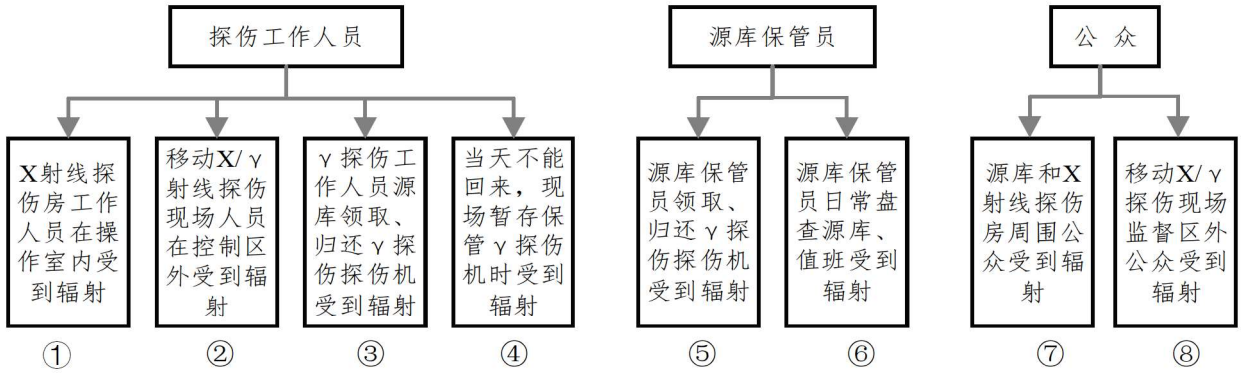


图 11-3 本项目人员辐射受照情况分析示意图

11.2.3.1 辐射工作人员剂量估算

➢ 探伤工作人员受照剂量计算

关注人员	受照情况	受照辐射剂量率	年工作时间	年有效剂量（mSv/a）	总计（mSv/a）
探伤工作人员	①	X 射线探伤房迷道散射+贯穿辐射剂量率的叠加值不超过 0.001μSv/h	年累计出束 500h	＜0.01	4.45
	②	控制区边界外进行移动探伤作业，辐射剂量率不超过 15μSv/h	每个探伤小组预计周曝光出束时间 4h，年工作 50 周，年累计出束 200h	3	
	③	手提 γ 探伤机放上小推车，躯干离探伤机 0.5m 处辐射剂量率为 70.5μSv/h，考虑放射源持续衰减，按平均值 35.3μSv/h 计算	当天来回的年工作日约 200 天，每日领取归还各一次，单人近距离接触时间 10min。	1.177	
	④	暂存铅箱表面 50cm 辐射剂量率最大 11μSv/h，考虑放射源持续衰减，按平均值 5.5μSv/h 计算。	现场暂存的年工作日约 50 天，值守时单人近距离接触时间按 1h/天估算	0.275	

➢ 源库保管员受照剂量计算

关注人员	受照情况	受照辐射剂量率	年工作时间	年有效剂量（mSv/a）	总计（mSv/a）
源库保管员	⑤	源库保管员领取、归还 γ 探伤探伤机，躯干 30cm 处近距离接触辐射剂量率最大 167μSv/h，考虑放射源持续衰减，按平均值 83.5μSv/h 计算	平均每天领取、归还近距离接触耗时约 10min，年工作 250 天	3.48	3.8
	⑥	源库保管员日常盘查源库、值班，源库内辐射辐射剂量率最大 15.5μSv/h，考虑放射源持续衰减，按平均值 7.75μSv/h 计算	平均每天在源库内停留时间 10min，年工作 250 天	0.32	

根据以上估算，辐射工作人员年受照射有效剂量最大为 4.45mSv/a，能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）剂量限值和本项目管理目标限值的要求：职业人员年有效剂量不超过 5mSv/a。

11.2.3.2 公众剂量估算

关注人员	受照情况	受照辐射剂量率	年工作时间	年有效剂量（mSv/a）
公众	⑦	源库外公众受到辐射剂量率最大值为门外 1.5μSv/h，考虑放射源持续衰减，按平均值 0.75μSv/h 计算	年工作 250 天，每天 8h。考虑源库门外是 X 射线探伤房内，非辐射工作人员一般不会进入探伤房，居留因子 1/32	0.047

		X 射线探伤房周围公众受到辐射剂量率最大值为工件大门外 1.5μSv/h。	年工作 250 天，每天 8h。考虑工件大门外是 1#结构件厂房的入口通道且较为宽阔，厂内工人居留因子 1/32	0.094
	⑧	移动探伤作业时公众在监督区边界外，辐射剂量率不超过 2.5μSv/h	每个探伤小组在某个项目地停留时间不超过 2 个月，预计出束时间不超过 32h，周边公众居留因子保守取 1	0.08

根据以上估算，本项目公众年受照射有效剂量最大为 0.094mSv/a，能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）剂量限值和本项目管理目标限值的要求：公众年有效剂量不超过 0.1mSv/a。

11.2.3 三废治理措施评价

本项目运行过程中无放射性废水和放射性废气产生。

（1） HW16 感光材料废物治理措施评价

本项目洗片作业均在暗室内进行，洗片过程中产生的显影、定影废液，将作为 HW16 感光材料废液临时收集在暗室中，集满一桶即送至公司租赁共用的番禺珠江钢管（连云港）有限公司危废库统一收贮。公司租赁共用的危废库需按环评所提要求进行建设，确保暂存时使用的容器耐腐蚀，并设置危险废物识别标志，场所及地面、墙面确保满足“防雨淋、防渗漏、防流失”的要求。公司已承诺将与有资质单位（危险废物经营许可证核准经营范围含 HW16 废定影液、废显影液、废胶片）签订危险废物处置合同，确保洗片过程中产生的显影、定影废液、废胶片集中贮存后交由该单位回收处理，方满足危险废物暂存处置要求。公司还应建立显影、定影废液、废胶片管理台帐记录，定期向生态环境主管部门申报；移交有资质单位处理前，办理相关危险废物转移的环保手续，实现在江苏省危险废物全生命周期监控系统上的全过程管理。

此外胶片在显影定影工序后的流水冲洗胶片产生的冲洗废水，仍可能含有微量银离子，将并入凯帝重工污水管网系统，经沉淀、过滤、废水处理达标后排入市政管网，入市政管网的排水口安装有自动监控监测系统，24 小时与连云港生态环境局联网，满足工业废水处理要求。

（2）臭氧和氮氧化物治理措施评价

本项目 X 射线探伤房设置有排风风机，风量达到为 7200m^3/h，满足 GBZ117-2022 中 X 射线探伤房“探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数不小于 3 次。”的通风要求。本项目探伤房内产生的少量臭氧和氮氧化物

可通过机械排风系统排至室外，移动探伤在野外作业时 X 射线电离空气产生少量臭氧（O_3）和氮氧化物（NO_x）将直接扩散在外环境中。臭氧常温下可自动分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

（3）探伤设施的退役

当工业探伤设施不再使用时，本项目 X、γ 射线探伤机和源库已承诺将根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）6.3 要求实施退役，具体如下：

①有使用价值的γ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，或者按照协议规定将废旧放射源返回生产单位或原出口方。

②掺入贫铀的γ探伤机壳体应与γ射线源一样，按照协议规定返回生产单位或原出口方。

③X 射线探伤机需要退役时，将 X 射线管处置至无法使用（如敲碎玻璃外壳或破坏真空），或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构。目前废旧 X 射线探伤机多在供货商处通过以旧换新，实现报废 X 射线探伤机的安全处置。上述措施满足 GBZ117-2022 中关于探伤设施的退役要求。

④当所有辐射源从现场移走后，公司按监管机构要求相关放射源转让转移备案等手续。

⑤办理源库（使用II类放射源场所）的退役环评手续：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，根据是否污染，申报源库退役报告表或退役登记表。

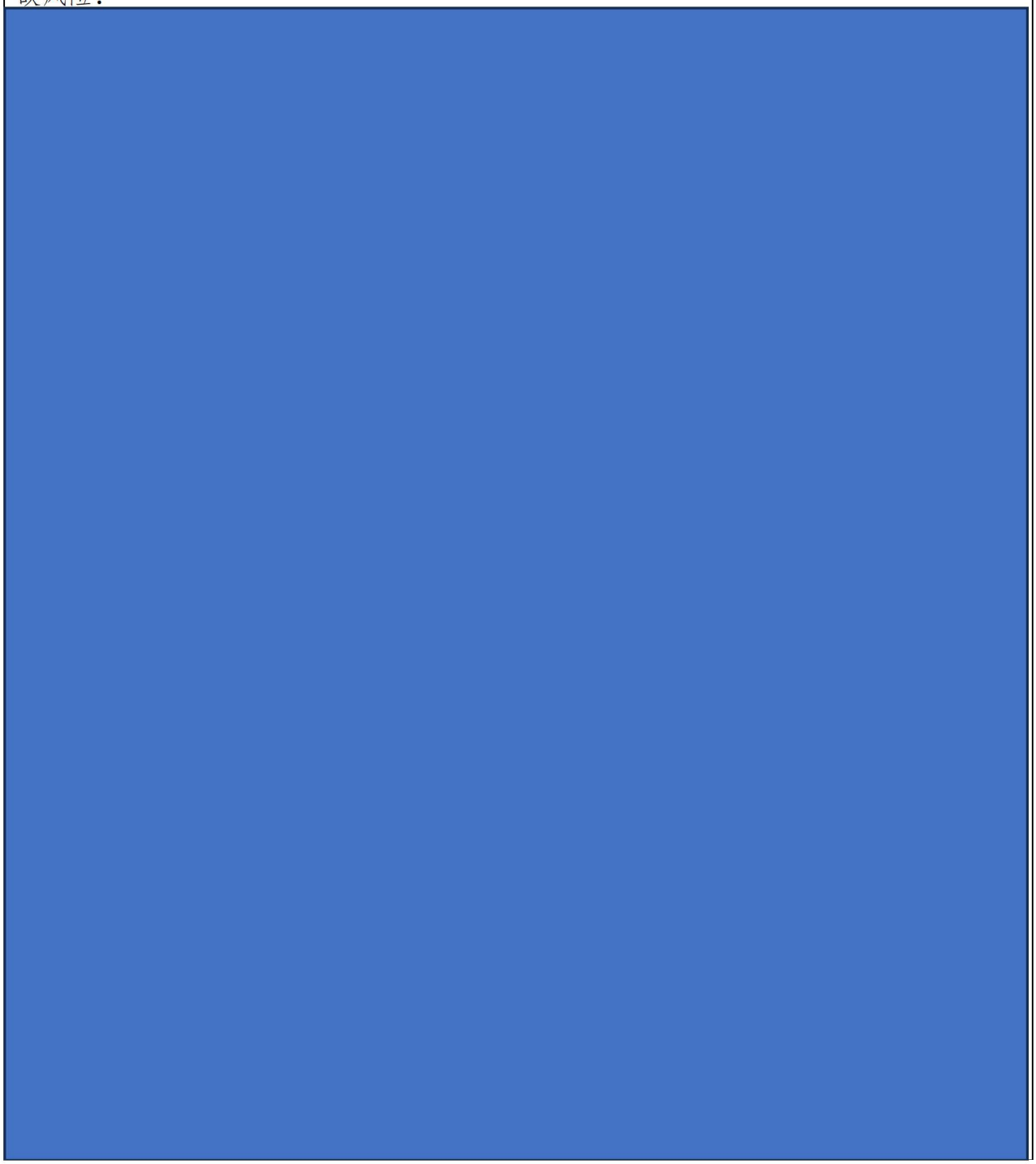
⑥清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

公司已承诺将按 GBZ117-2022 要求落实探伤设施的退役（见附件 4），并在辐射安全管理制度中落实，确保得到执行，满足管理要求。

11.3 事故影响分析

11.3.1 潜在辐射事故分析

本项目使用的 X 射线探伤机为 II 类射线装置，事故时可以使受到照射的人员产生较严重放射损伤，其安全与防护要求较高。γ探伤使用的II类放射源为高危险源，没有防护情况下，接触这类源几小时至几天可致人死亡。结合本项目使用 II 类射线装置开展移动/固定探伤、使用 II 类放射源进行移动探伤的实际情况，项目开展后主要存在以下几种事故风险：



上述辐射事故，将导致人员有可能受到超剂量的射线照射、产生较严重放射损伤，大剂量照射甚至导致死亡。

参考《江苏省辐射事故应急预案》（苏政办函〔2020〕26 号），根据事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，把辐射事故分为特别重大、重大、较大和一般 4 个等级。考虑本项目使用II类放射源和II类射线装置，参考前述可能发生的辐射事故风险分析，本项目可能发生的辐射事故多为II类放射源丢失被盗失控的重大辐射事故（二级），或放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值照射的一般辐射事故（四级）。

11.3.2 辐射事故处置方法及预防措施

帕博检测技术服务有限公司华东分公司还需制定《辐射事故应急预案》，并给出上述辐射事故风险的处置方法。供参考的具体处置措施如下：



表 12 辐射安全管理

12.1 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和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规要求，使用II类射线装置、II类放射源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；辐射工作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。

帕博检测技术服务有限公司华东分公司还应成立由公司法人为组长，由承担探伤作业、辐射安全管理、职业健康、质量控制和安全保卫等职能的关键部门负责人为组员的辐射安全与环境保护管理机构，明确1名具有本科以上学历的技术人员（辐射防护负责人）专职负责辐射安全与环境保护工作，同时以单位正式文件形式明确各成员管理职责。

根据《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》的要求，自2020年 1 月 1 日起，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：http://fushe.mee.gov.cn）或者微信小程序”HJSLY”报名并参加考核，考核合格者可取得电离辐射安全与防护考核成绩报告单，成绩全国有效，有效期 5 年。2020 年 1 月 1 日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效。

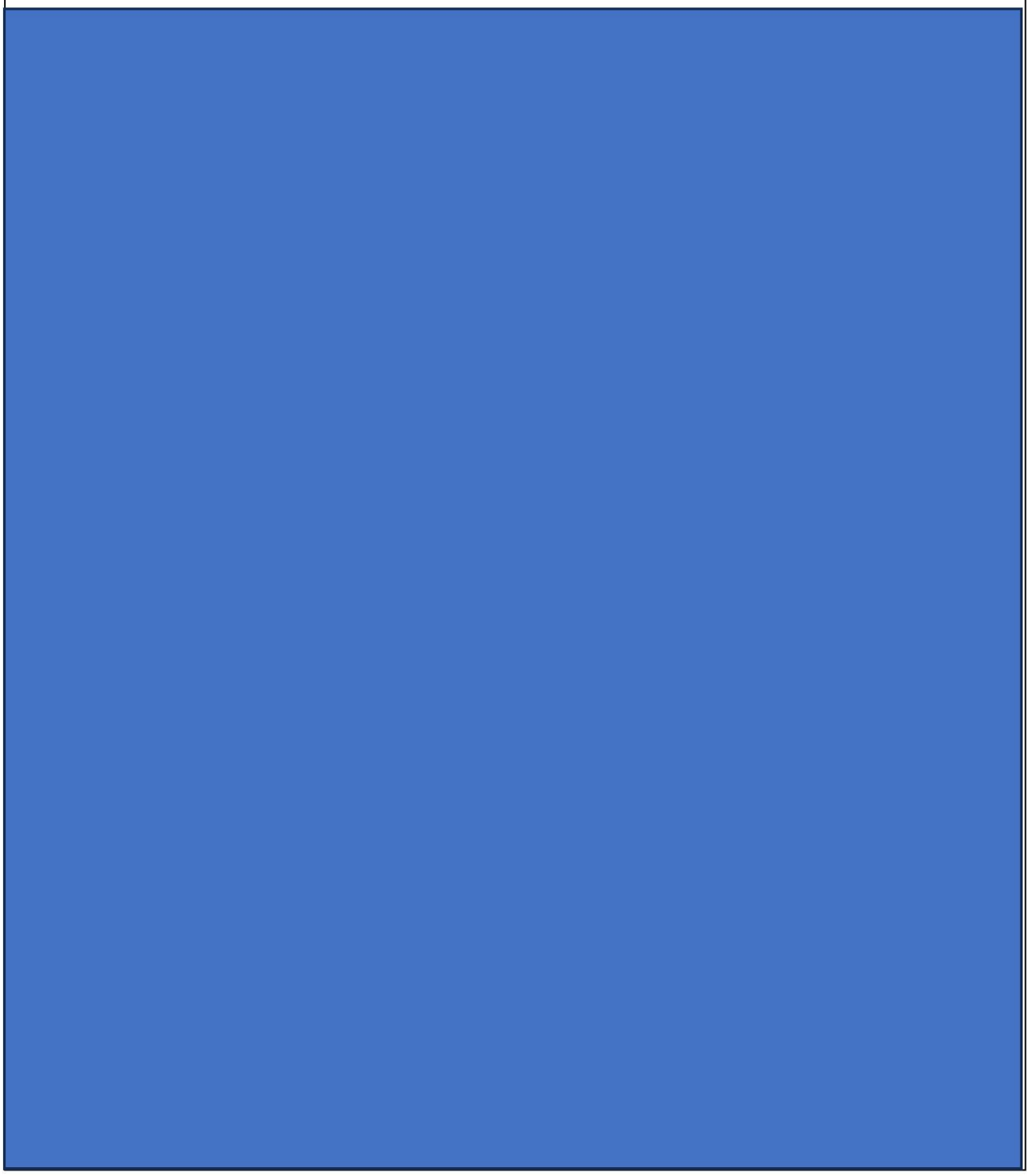
帕博检测技术服务有限公司华东分公司应按照上述要求，安排公司 20 名探伤操作人员（含安全员）和 2 名专职源库管理员，以及单位辐射防护负责人，及时在培训平台学习相关辐射安全防护知识，及时报名并完成对应专业科目的考核，取得核技术利用辐射安全与防护考核成绩报告单方可上岗。根据《电离辐射安全与防护培训大纲（试行）》的要求，结合本项目特点，本项目探伤操作人员（含安全员）和 2 名专职源库管理员专业科目选择 “伽马射线探伤”类别（同时从事 X 射线探伤的工作人员宜再报名“X 射线探伤”考核），辐射防护负责人专业科目选择“辐射安全管理”类别。

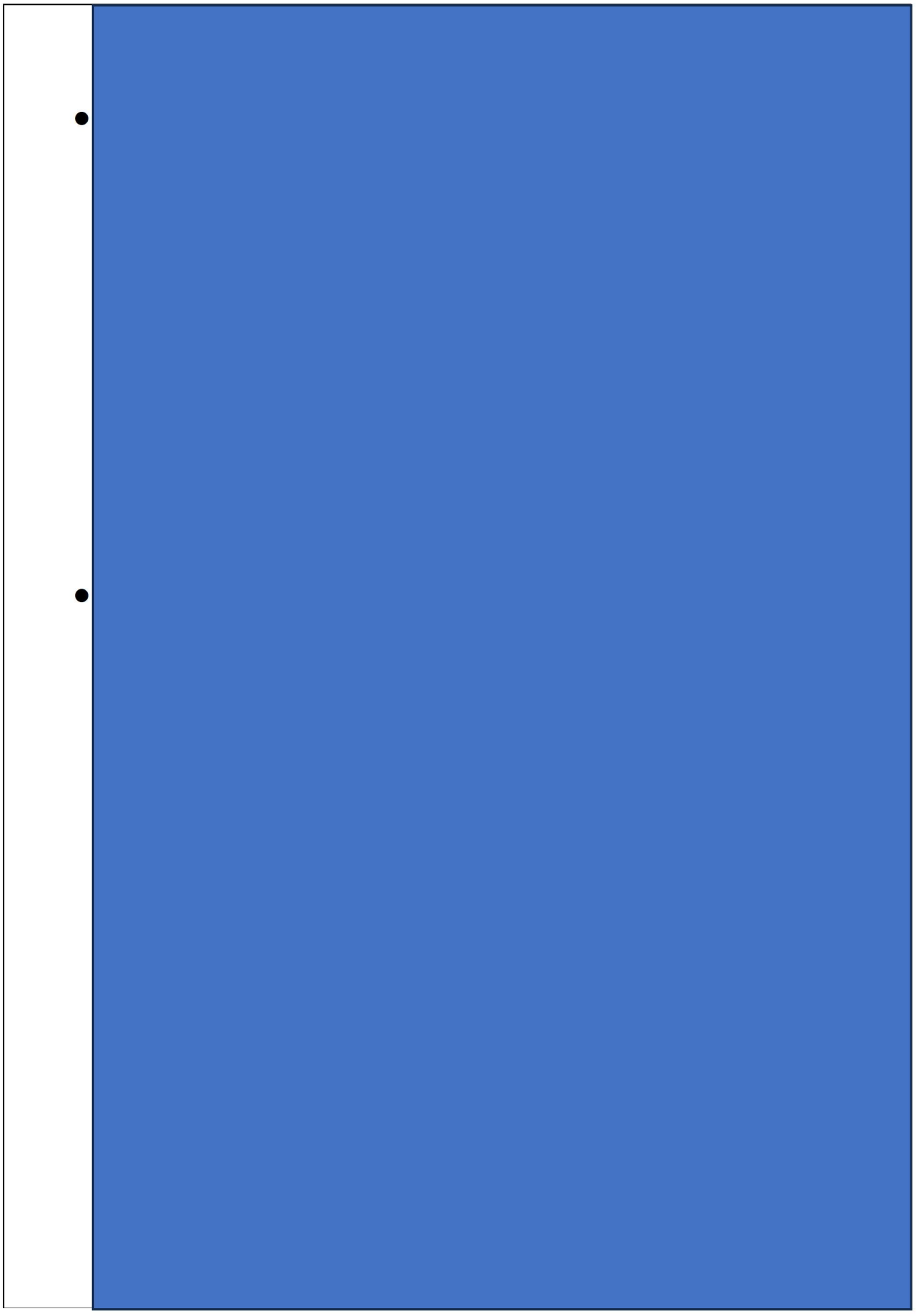
12.2 辐射安全管理规章制度

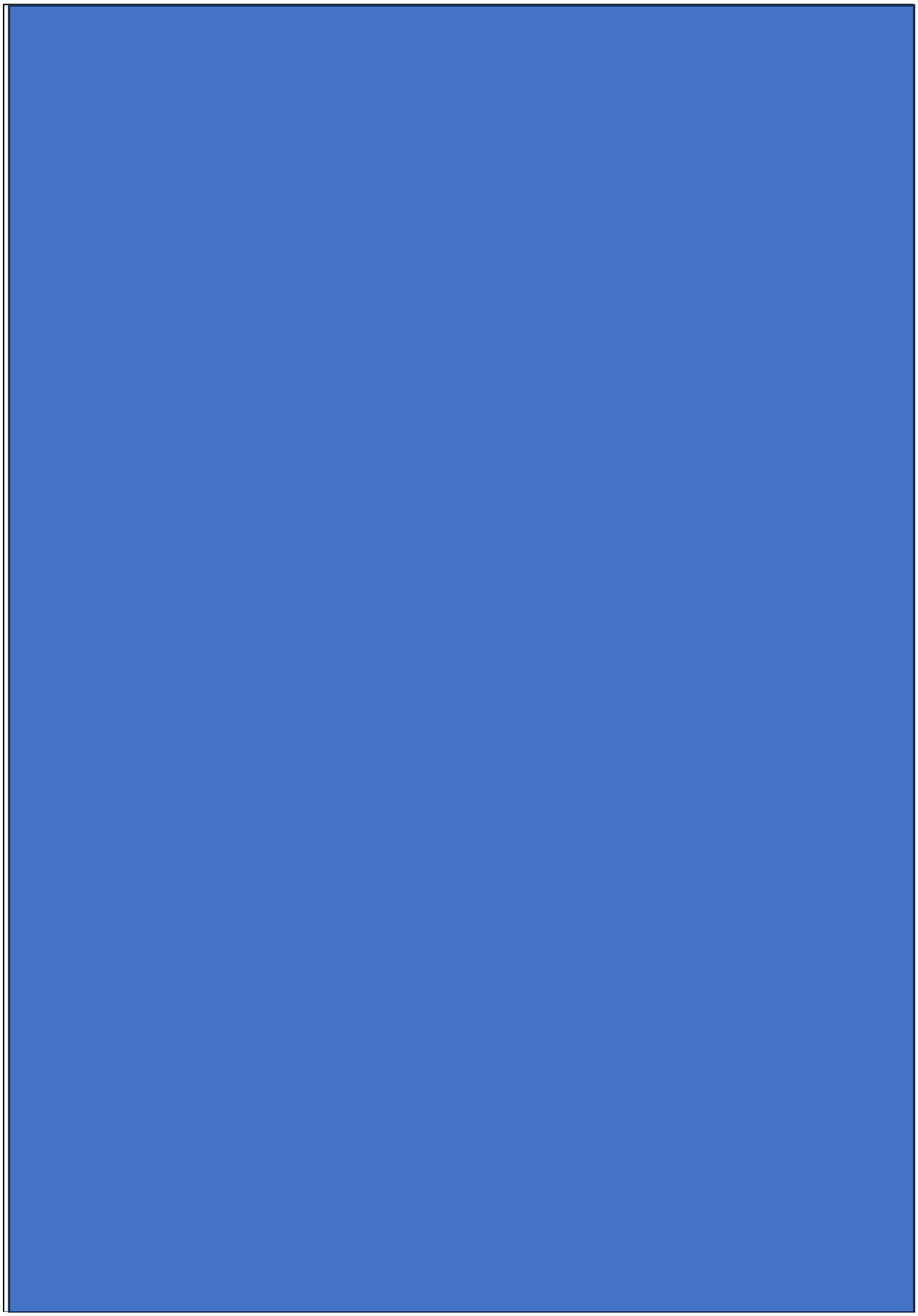
根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，使用II类放射源、II类射线装置的单位，应建立健全的操作规程、岗位职责、辐射防护制度、安全保卫制度、设备检修维护制度、射线装置使用登记制度、人员培训制度、台帐管理制度和监测方案。公司

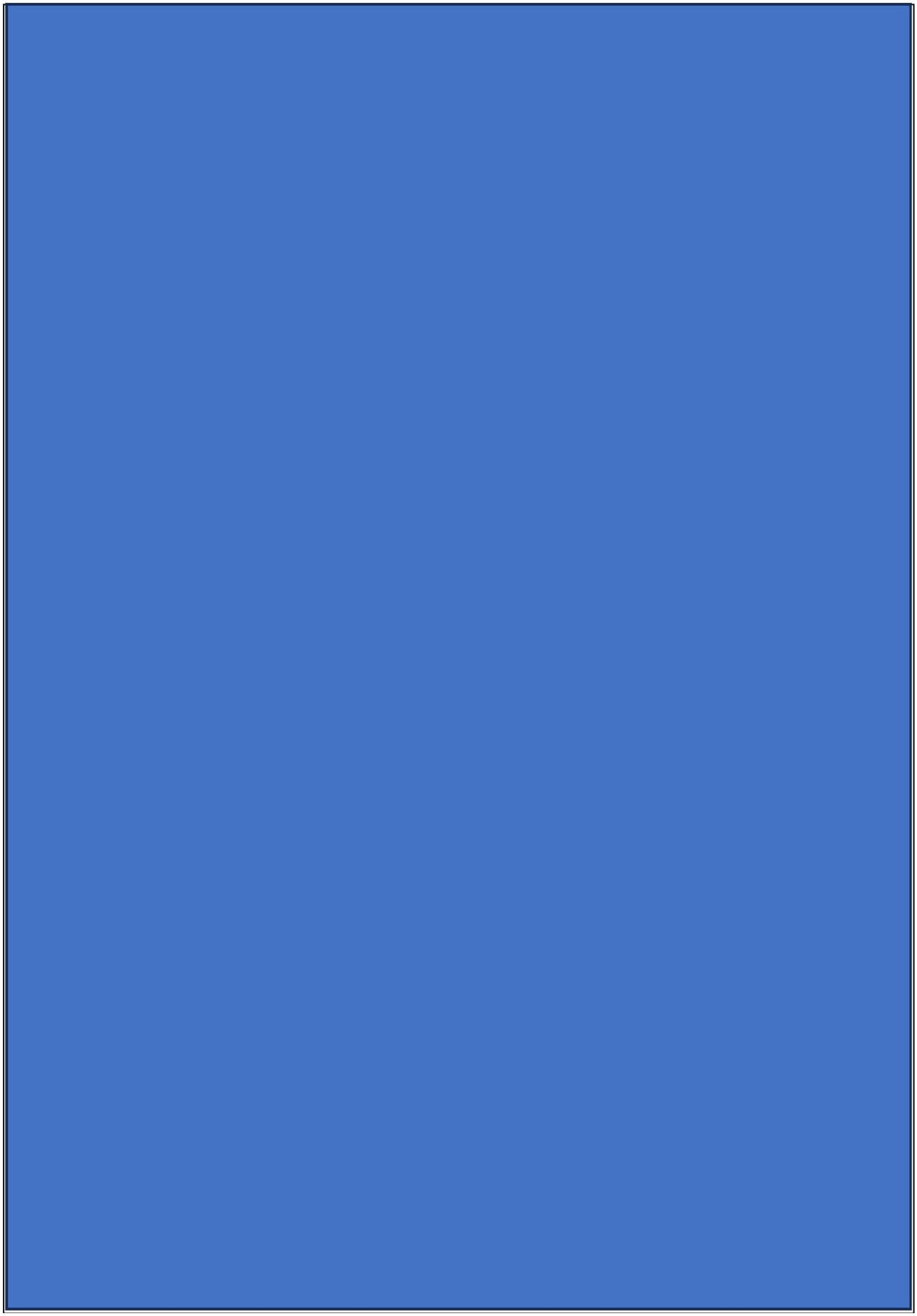
还需为固定式X射线探伤和移动式X、γ射线探伤工作制定辐射安全管理制度。

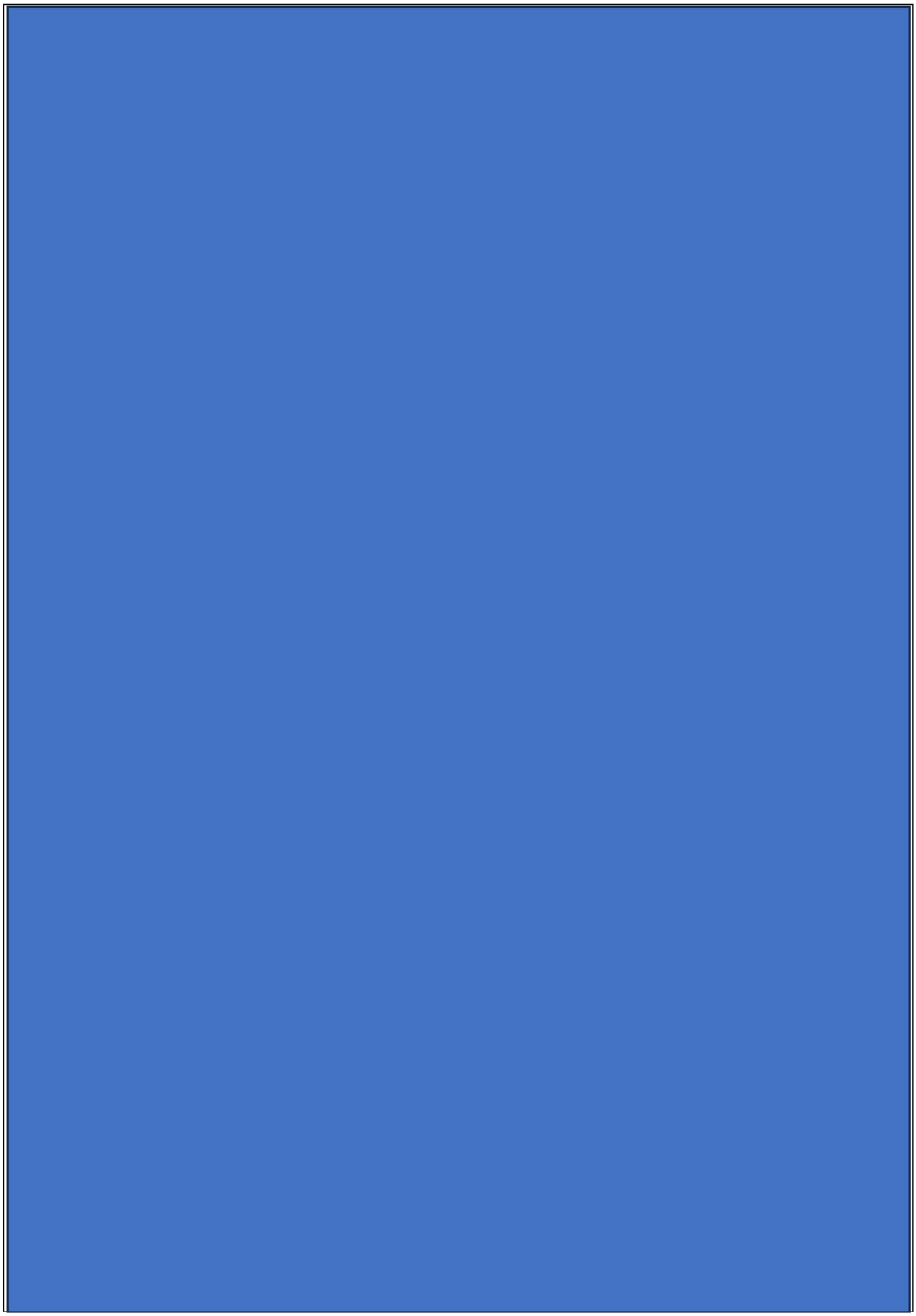
根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令第 18 号）的要求，生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素和射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前在全国核技术利用辐射安全申报系统（http://rr.mee.gov.cn/）提交备案。

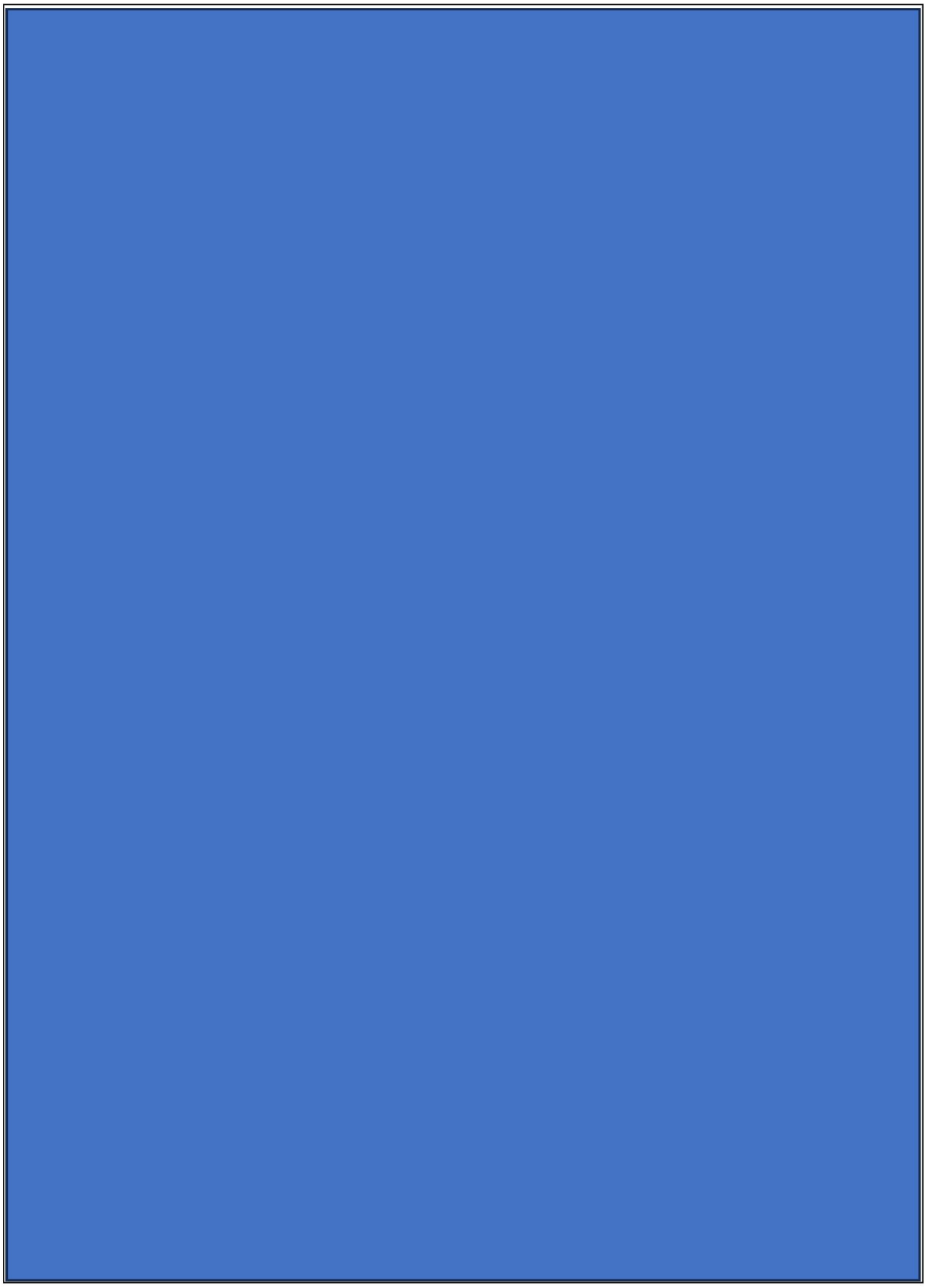


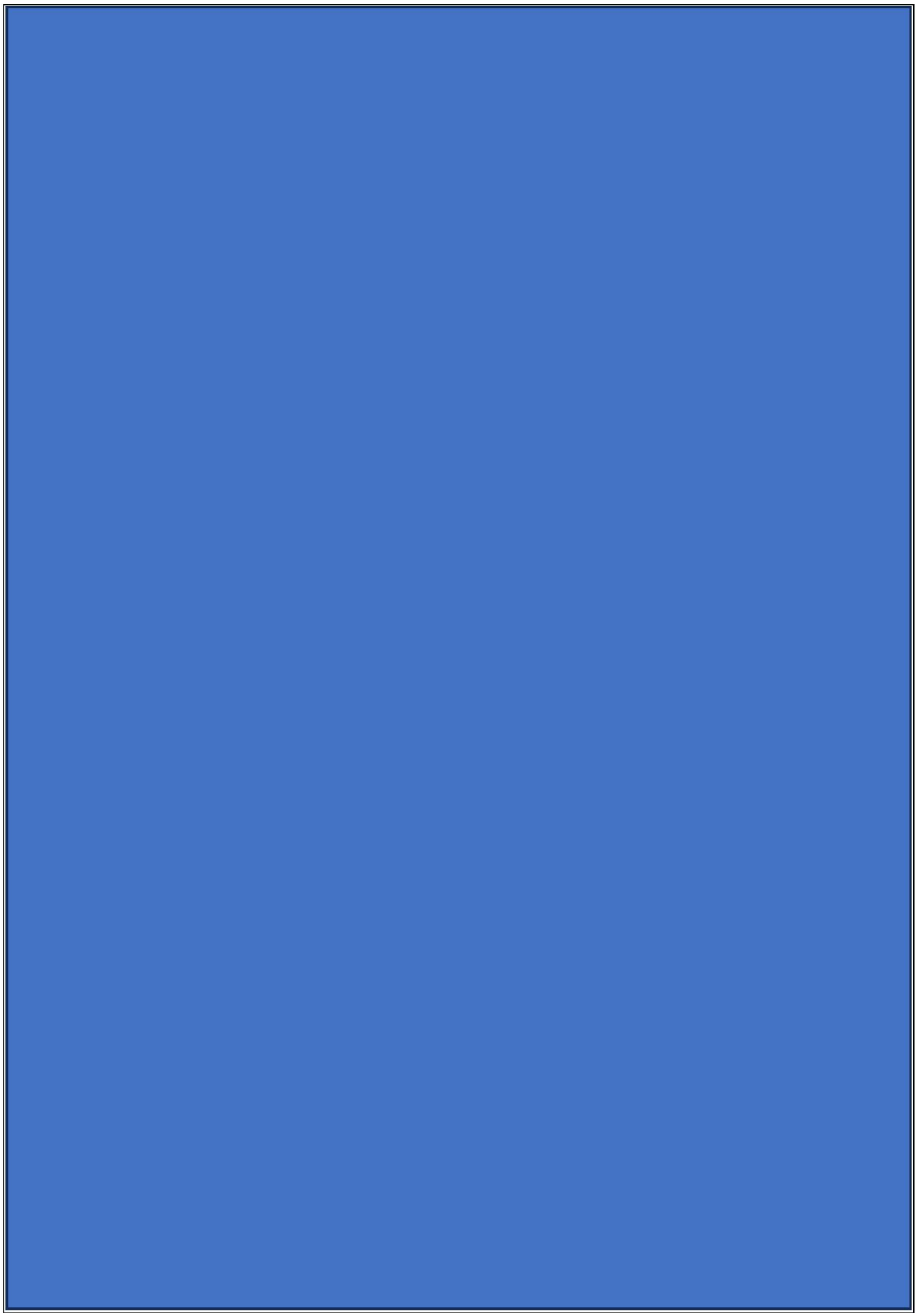


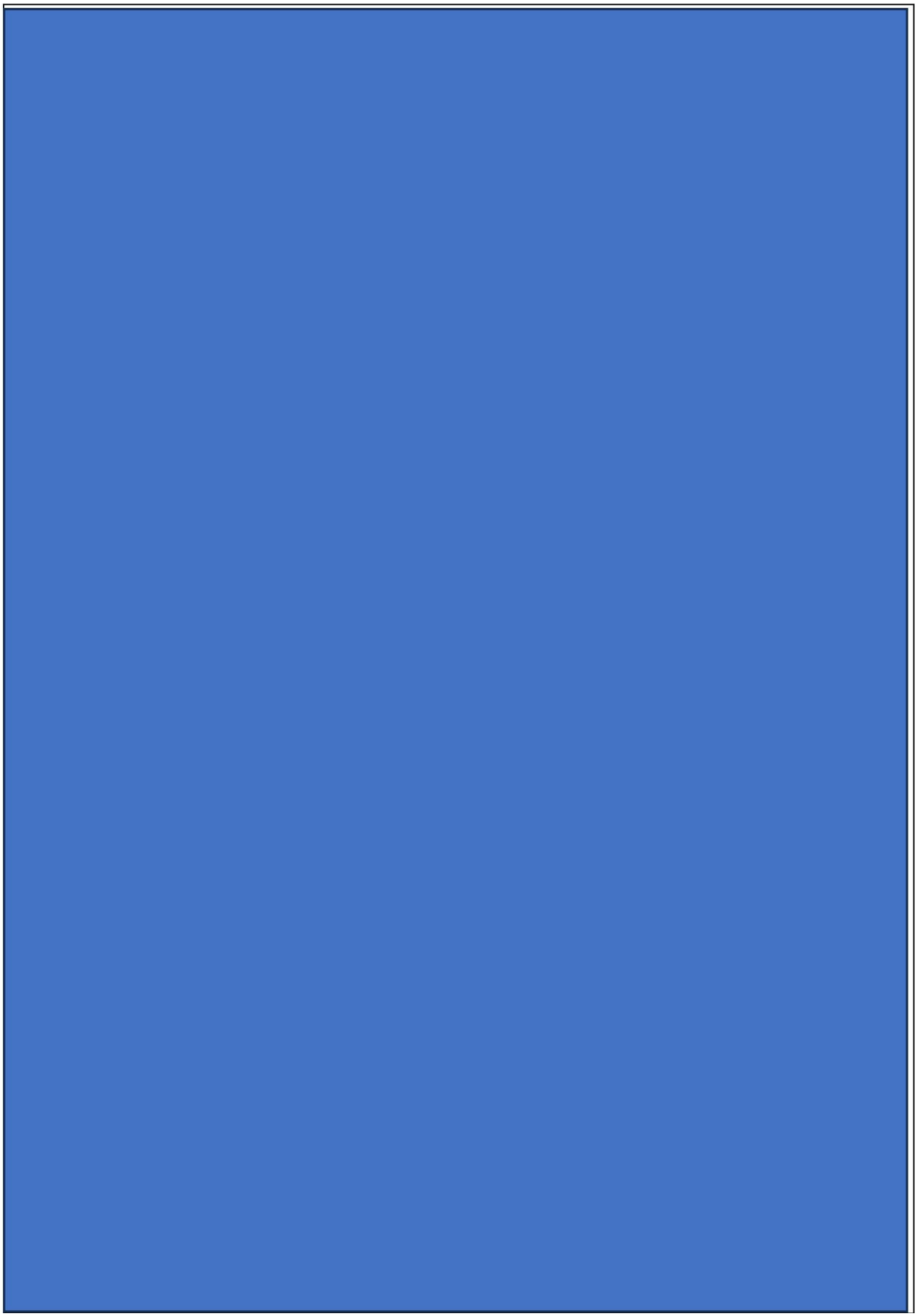












12.3 辐射监测

12.3.1 监测仪器

根据《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条例》的要求，使用II类放射源、使用II类射线装置的单位，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，包括个人剂量测量报警、固定式和便携式辐射监测、表面污染监测、流出物监测等设备。”，“对直接从事生产、销售、使用活动的工作

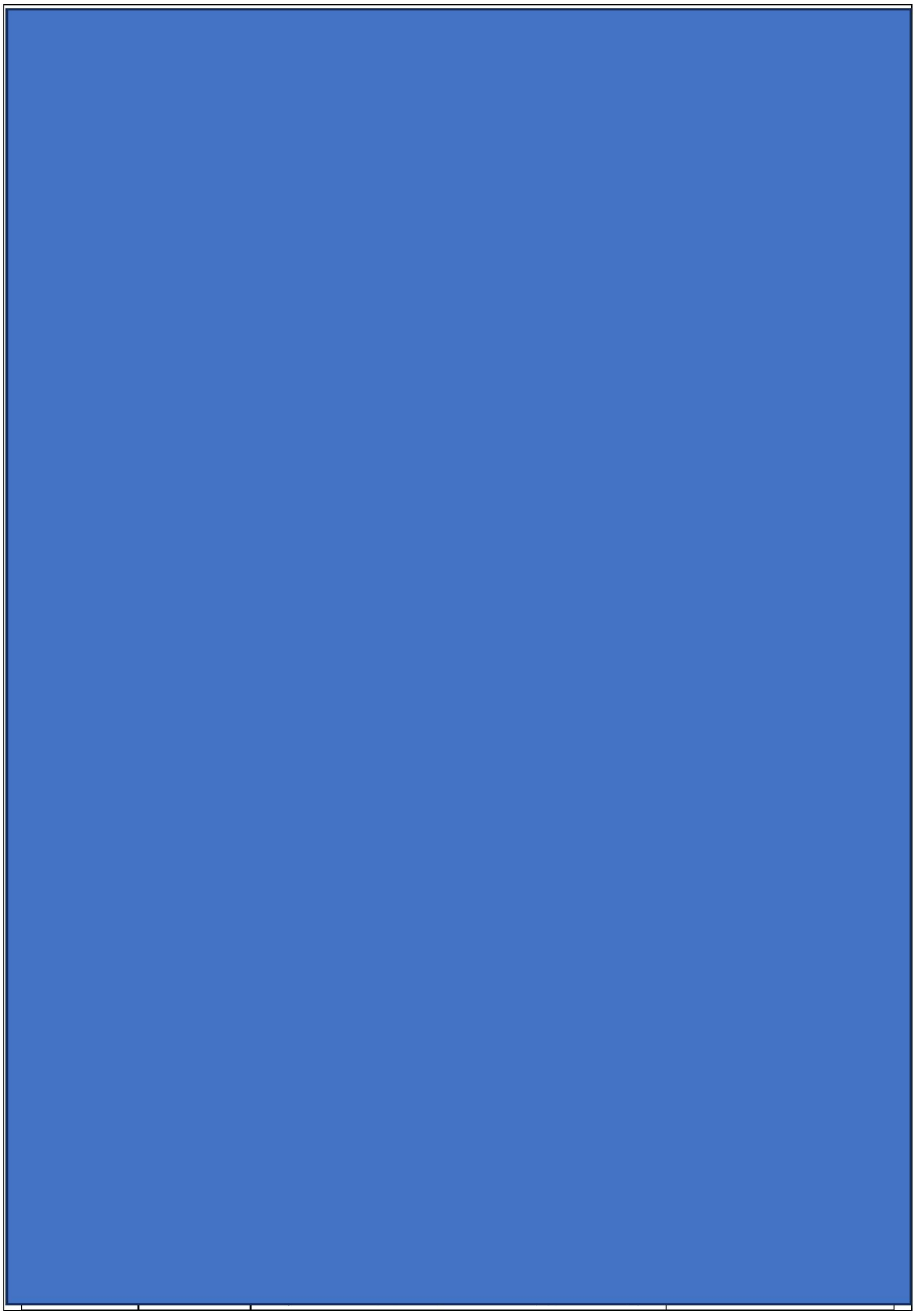
人员进行个人剂量监测和职业健康检查，建立个人剂量档案和职业健康监护档案。”

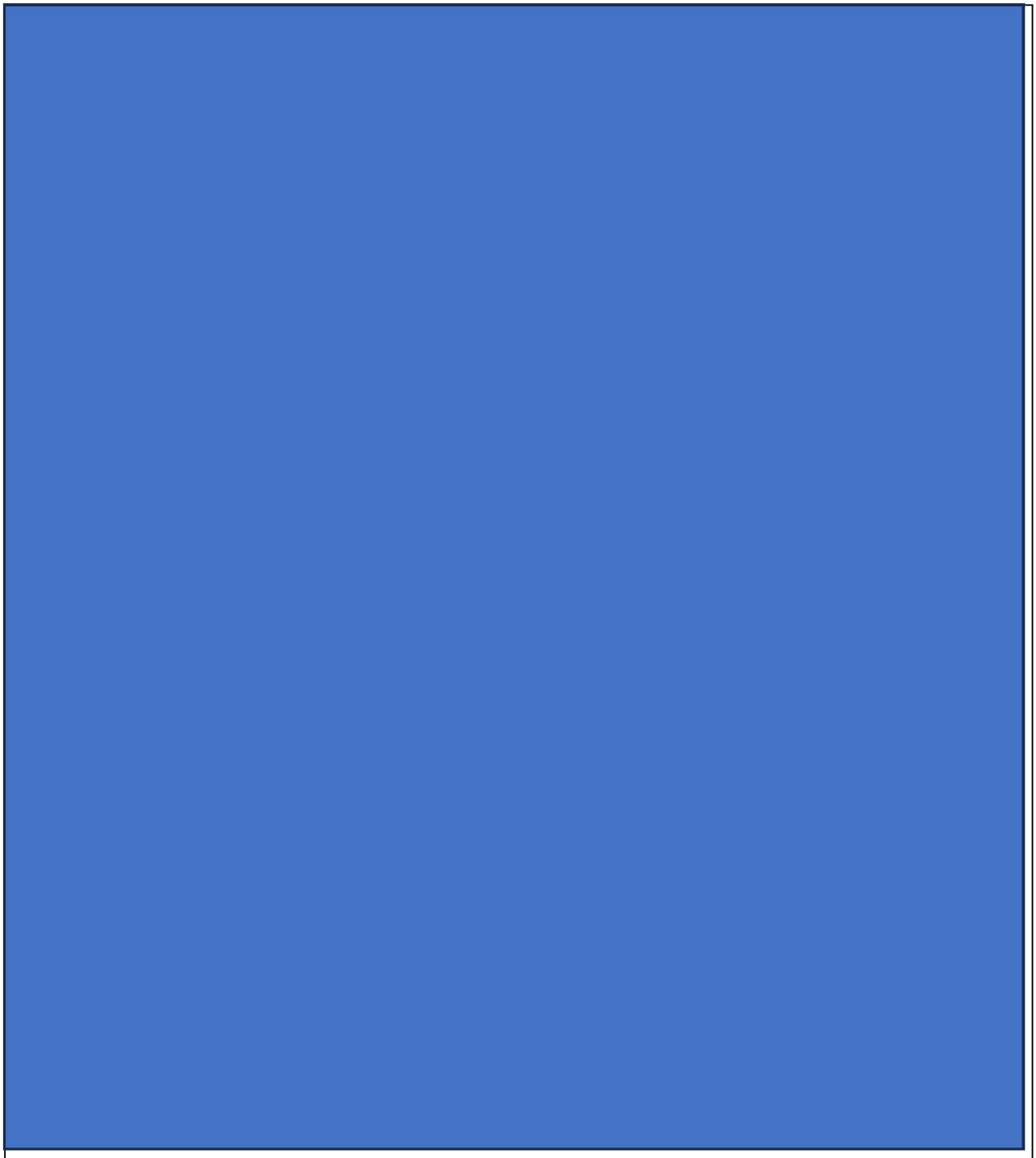
公司应为其一座固定式 X 射线探伤房配备 1 台环境辐射巡测仪和 1 套固定式场所辐射探测报警装置、2 台个人剂量报警仪，用于公司固定 X 射线探伤的日常辐射监测；应为其移动探伤现场（最多同时开展十个）配备 10 台环境辐射巡测仪、20 台个人剂量报警仪，用于移动 X/γ 射线探伤工作的日常辐射监测；为其源库管理员配备 2 台个人剂量报警仪，用于探伤机出入库和源库日常管理时的辐射监测。监测仪器的性能及管理要求应满足公司辐射安全管理制度“监测方案”的相关要求。以上监测仪器按要求配备后，方能够满足本项目的监测仪器配备要求。

12.3.2 监测方案

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的要求，使用放射源、射线装置的单位，应制定完善的监测计划和监测方案，对本单位放射源、射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前在全国核技术利用辐射安全申报系统网络（http://rr.mee.gov.cn/login.jsp）提交上一年度的评估报告。公司根据辐射管理要求，还应制定辐射监测方案。







12.4 辐射事故应急

为加强辐射工作过程中的辐射安全和管理，预防和控制放射性突发事故的发生而造成的危害，保障辐射工作人员和周围公众的健康与安全，帕博检测技术服务有限公司华东分公司还需制定《辐射事故应急预案》。该《辐射事故应急预案》中，应明确辐射事故的确认、处置步骤，环保、公安、卫生相关部门的联系方式，使之具有较强的可操作性，可参考“12.2 辐射安全管理规章制度”相关要求。

其应急预案内容包括：

（1）应急机构和职责分工；

（2）辐射事故分级与应急响应措施；

（3）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；

（4）应急演习计划；

（5）辐射事故调查、报告和处理程序。

当发生辐射事故，公司作为辐射事故责任单位，应当立即启动事故应急方案，采取必要的先期应急处置措施，并在事故发生后 1 小时内向所在地生态环境和公安部门报告，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 13 结论与建议

13.1 结论

一、项目概况介绍

帕博检测技术服务有限公司华东分公司（以下简称帕博检测华东分公司）是帕博检测技术服务有限公司全资分公司，具有非独立法人资格，拟开展新建固定式X射线探伤及移动式X、γ射线探伤项目，将申请独立的辐射安全许可证。

帕博检测华东分公司拟租赁连云港凯帝重工科技有限公司一座已建探伤房，开展固定式 X 射线探伤（主要服务于集团各公司），还计划为集团各公司及客户开展移动式X、γ 射线探伤，并在探伤房内利用原有屏蔽墙体新建一座源库，用于贮存 γ 射线探伤机。本项目拟购置 8 台 X 射线探伤机（最高管电压 350kV）供固定式 X 射线探伤或移动式 X 探伤使用，拟购置 10 台 γ 探伤机（7 台 100Ci 的 ^{192}Ir 探伤机、3 台 100Ci 的 ^{75}Se 探伤机）开展移动式 γ 射线探伤。

二、实践正当性评价

本项目的建设和运行不仅满足了企业的发展需求，还提高了客户产品的质量，其建设和运行对受照个人或社会所带来的利益能够弥补其可能引起的辐射危害，该项目符合《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。

三、选址、布局合理性评价

帕博检测技术服务有限公司华东分公司租赁的固定式X射线探伤房位于江苏省连云港市徐圩新区江苏大道396号连云港凯帝重工科技有限公司厂区内1#结构件厂房东侧，开展移动探伤项目现场主要是移动探伤委托客户（主要是石化企业的在役管道、船舶企业的钢结构等无损检测工作）的户外作业现场。探伤房曝光室和辅房均为单层独立建筑，顶上及地下均无其他建筑，周围50m范围均在凯帝重工公司厂区内，无学校、居民区等环境敏感点，选址合理；移动探伤现场在户外，周围 50m 评价范围一般也没有学校、居民区等环境敏感点。

本项目探伤房，由探伤室（曝光室）、暗室、操作室、评片室、资料室，以及用于移动探伤器材放置的库房和辅房走廊等构成，均为单层建筑。其中探伤室内还建设有一座源库，用于贮存γ射线移探伤使用的γ探伤机，实行双人双锁管理。满足曝光室与操作室、评片室、暗室等辅房分开设置的要求，操作室尽量避开有用线束照射方向，布局合理。

公司拟将探伤房曝光室和配套源库划分为控制区，探伤期间禁止任何人员进入，将暗室、操作室、评片室、资料室，以及用于移动探伤器材放置的库房和辅房走廊等与曝光室相邻的房间划分为监督区，探伤期间禁止非辐射工作人员进入，该公司拟采取的分区措施满足GB18871-2002和GBZ117-2022中关于固定式X射线探伤房的分区的要求。

在开展移动式X、γ射线现场探伤作业时，公司将根据现场具体情况，利用便携式X-γ剂量率仪进行巡测，拟将作业场所中周围剂量当量率大于15μSv/h的区域划为控制区，并设置实体屏障；拟将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于2.5μSv/h的范围划为监督区，并拟在其边界上悬挂“无关人员禁止入内”警告牌，必要时拟设专人警戒，禁止非辐射工作人员进入；如在多楼层的工厂或工地开展移动探伤，还在移动探伤区域上下层人员入口设置屏障，避免人员通过楼梯/电梯等进入控制区。该布局满足GB18871-2002和GBZ117-2022中关于移动探伤辐射工作场所的分区要求。

四、辐射防护措施评价

本项目固定式X射线探伤房及源库的主体结构均为混凝土浇筑，γ移动探伤现场临时贮存铅箱为铅结构，具体屏蔽设计参数见表10-1。

根据理论估算结果，探伤房和源库、γ移动探伤现场临时贮存铅箱的屏蔽防护设计能够满足各自最大工况下辐射剂量率控制水平“探伤房屏蔽体外30cm处周围剂量当量率参考控制水平应不大于2.5μSv/h。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”、“放射源贮存设施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”。

根据理论计算结果，在X射线探伤机满功率、最薄工件无损检测开机条件下现场探伤，XXG-2505型X射线探伤机主射束方向控制区范围最大为126m、监督区最大为308m，非有用射束方向控制区范围最大为83m、监督区最大为204m；XXG-3005型X射线探伤机主射束方向控制区范围最大为145m、监督区最大为354m，非有用射束方向控制区范围最大为93m、监督区最大为228m；XXG-3505型X射线探伤机主射束方向控制区范围最大为135m、监督区最大为332m，非有用射束方向控制区范围最大为99m、监督区最大为242m。上述理论计算结果仅为本项目X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X射线探伤机的管电压的降低、射线水平照射角度的改变、被检测工件的厚度的增加以及探伤现场的遮蔽物都会使辐射场的辐射剂量水平下降，从

而缩小控制区和监督区的范围。因此在实际探伤过程中探伤工作人员应根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的要求：在移动探伤工作开始前，根据上述理论估算值和经验划定并标志出控制区边界，借助环境辐射巡测仪进行检测或修正，将周围剂量当量率在15μSv/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2.5μSv/h以上的范围内划为监督区。

根据理论计算结果，在使用 100Ci 的 Ir-192 源探伤时，有用线束未经工件衰减的控制区范围最大为 205m，监督区最大为 502m；有用线束经过工件衰减后的控制区范围最大为 152m，监督区最大为 373m；经准直器屏蔽的非有用线束方向控制区范围最大为 13m，监督区最大为 31m。在使用 100Ci 的 Se-75 源探伤时，有用线束未经工件衰减的控制区范围最大为 133m，监督区最大为 326m；有用线束经过工件衰减后的控制区范围最大为 98m，监督区最大为 240m；经准直器屏蔽的非有用线束方向控制区范围最大为 33m，监督区最大为 82m。上述理论计算结果仅为本项目 γ 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 γ 探伤机的源活度的降低、被检测工件的厚度的增加以及探伤现场的遮蔽物都会使辐射场的辐射剂量水平下降，从而缩小控制区和监督区的范围。因此在实际探伤过程中探伤工作人员应根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的要求：在移动探伤工作开始前，根据上述理论估算值和经验划定并标志出控制区边界，借助环境辐射巡测仪进行检测或修正，将周围剂量当量率在 15μSv/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 2.5μSv/h 以上的范围内划为监督区。

五、辐射安全措施评价

1、探伤房辐射安全措施

本项目探伤房已设置有电离辐射警告标志、声光报警装置、门机联锁、可联锁切换的急停按钮、紧急开门按钮、固定式场所辐射探测报警装置、监控系统。

还需在探伤房工件大门和迷道小门上方安装**与探伤机联锁的显示“预备”和“照射”状态的工作状态显示牌，并在醒目位置张贴对“预备”和“照射”信号意义的说明。探伤室内还需补充一套联锁的工作状态指示灯和“预备”和“照射”状态的工作状态显示牌及说明。还需对探伤室各台 X 射线探伤机控制箱采取措施（如程序控制、电路控制等），确保每次仅能开启一台 X 射线探伤机，且多台探伤装置均与防护门联锁。还需将探伤室内急停按钮接入新购 X 射线探伤机电路，实现按下停止出束的功能，并在紧急停机按钮旁还需设置醒目的标签和使用方法，如“急停按钮，按下停止探伤”，方能够有效指**

导误留误入人员紧急停机。还需安全电动开门按钮，确保误留探伤房人员能够尽快打开门，同时探伤机停止出束，并通过防护门离开探伤房。

落实以上措施后，本项目一座固定式 X 射线探伤房的辐射安全和防护措施将满足GBZ117-2022 中对固定式 X 射线探伤房的辐射安全要求。

2、源库辐射安全措施

本项目源库墙体设计为 25cm 厚砼、屋顶设计为 20cm 厚砼，每台γ探伤机独立存放于混凝土浇筑的带铅盖板的地上源坑，防盗门设置双人双锁管理，门外拟设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志，并设置入侵报警系统，同时利用曝光室内的两个红外监控探头实时监控源库，在公司 24 小时监控值班室内也设置监视器，确保非工作时间监控放射源安全。

放射源出入进行台账登记并监测，确保放射源安全。源库源坑高于地面 0.5m 防水淹；源库内禁止堆放易燃、易爆等危险物品，同时源库拟配备 1 个灭火器。

落实以上措施后，能够满足GBZ112-2022对放射源贮存的要求，以及满足防火、防水、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄漏的相关要求。

3、γ探伤机的运输和移动辐射安全措施

本项目开展跨省、市的γ射线移动探伤时，公司拟委托有放射源运输资质的单位负责γ射线探伤机的运输。委托放射源运输时应检查运输单位车辆是否具有有效行驶证和营运证；驾驶人、押运人员是否具有有效资质证件；运输车辆、容器是否在检验合格有效期内；所装货物是否与货物运单载明的事项相一致。公司确保每次运输的γ探伤机置于贮存铅箱内运输，只有在铅箱正确锁紧并取出钥匙后方能移动。委托运输时向承运单位提交运输说明书、辐射检测报告、核与辐射事故应急响应指南、装卸作业方法、安全防护指南等。当在不涉及公用道路的厂区内移动时，使用小型车辆或手推车，使γ探伤机处于人员监视之下。

开展跨省跨市作业的γ探伤履行备案手续：出省作业前后按要求在连云港市生态环境部门办理“放射性同位素临时出省作业审批”的放射性同位素跨省转移备案和注销确认手续。跨市作业按要求在使用地、移出地设区的市生态环境部门备案。并做好上述文件的归档和保存。

按此落实将符合放射性物品道路运输相关环境保护管理要求。

4、移动 X、γ射线探伤的辐射安全措施

公司在开展移动式 X/γ射线现场探伤作业时，对探伤现场工作环境进行全面评估；

每台探伤机配备 2 名辐射工作人员；利用辐射巡测仪巡测，将作业场所中周围剂量当量率大于 15μSv/h 的范围划为控制区，并在控制区边界设置“禁止进入射线工作区”警告牌和电离辐射警示标识、与探伤机进行联锁的提示“预备”、“照射”状态的指示灯和声音提示装置, 夜晚作业时控制区边界设置警示灯；将控制区边界外、作业时周围量当量率大于 2.5μSv/h 的范围划为监督区，并在其边界上悬挂醒目的“无关人员禁止入内”的警告牌和电离辐射警示标识，必要时设专人警戒。移动 γ 射线探伤时还将在现场设置安全信息公示牌。并配备必要的局部屏蔽设施和辐射应急设施等。

探伤现场配备辐射巡测仪，探伤人员佩戴个人剂量计及个人剂量报警仪，探伤机操作人员延时开机后退至控制区外操作；探伤之前对工作场所清场，确保在控制区内没有任何其他人员，并防止有人进入控制区。γ 射线探伤机在不使用时放置在公司源库内，现场则暂存在临时贮源铅箱内，并建立 γ 射线探伤机使用登记台账；X 射线探伤机在不使用时放置在公司移动探伤器材库房内，并建立 X 射线探伤机使用台账。

γ 探伤机应安装安全监控定位装置，每次移动探伤作业均在江苏省高风险移动源在线监管系统（http://39.106.168.165:8080/fsy/login.html）中上传相关信息，便于监管部门了解移动 γ 探伤作业情况。

在落实以上辐射安全措施后，本项目的移动X、γ射线探伤辐射安全措施能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中对移动X、γ射线探伤的辐射安全要求。

六、辐射安全管理评价

帕博检测技术服务有限公司华东分公司还应成立由公司法人为组长，由承担探伤作业、辐射安全管理、职业健康、质量控制和安全保卫等职能的关键部门负责人为组员的辐射安全与环境保护管理机构，明确 1 名具有本科以上学历的技术人员（辐射防护负责人）专职负责辐射安全与环境保护工作，同时以单位正式文件形式明确各成员管理职责。

公司拟安排 20 名探伤操作人员（含安全员）和 2 名专职源库管理员，以及单位辐射防护负责人，及时在培训平台学习相关辐射安全防护知识，及时报名并完成对应专业科目的考核，取得核技术利用辐射安全与防护考核成绩报告单方可上岗，探伤操作人员（含安全员）和 2 名专职源库管理员专业科目应选择 “伽马射线探伤”类别（同时从事 X 射线探伤的工作人员宜再报名“X 射线探伤”考核），辐射防护负责人专业科目应选择“辐射安全管理”类别。

公司辐射工作人员还应进行个人剂量监测和职业健康体检，建立了辐射工作人员个人剂量档案和职业健康监护档案。

此外，公司应根据“12.2 辐射安全管理规章制度”的要点，制定辐射管理制度和辐射事故应急预案。

落实以上措施后，方满足辐射安全管理要求。

七、辐射防护监测仪器

公司应为其一座固定式 X 射线探伤房配备 1 台环境辐射巡测仪和 1 套固定式场所辐射探测报警装置、2 台个人剂量报警仪，用于公司固定 X 射线探伤的日常辐射监测；应为其移动探伤现场（最多同时开展十个）配备 10 台环境辐射巡测仪、20 台个人剂量报警仪，用于移动 X/γ 射线探伤工作的日常辐射监测；为其源库管理员配备 2 台个人剂量报警仪，用于探伤机出入库和源库日常管理时的辐射监测。监测仪器的性能及管理要求应满足公司辐射安全管理制度“监测方案”的相关要求。

以上监测仪器按要求配备后，方能够满足本项目的监测仪器配备要求。

八、保护目标剂量评价

根据理论估算结果可知，公司在做好安全防护措施的情况下，本项目投入运行后辐射工作人员和公众的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）和本项目剂量约束值（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）的剂量限值要求。

九、HW16 感光材料废物处理措施评价

探伤洗片工作中将产生显影、定影废液及废胶片，属 HW16 感光材料废物，公司承诺将与有资质单位签订危险废物处置合同，洗片过程中产生的显影、定影废液、废胶片集中贮存后交由该单位回收处理。胶片在显影定影工序后的流水冲洗胶片产生的冲洗废水，仍可能含有微量银离子，将并入凯帝重工污水管网系统，经沉淀、过滤、废水处理达标后排入市政管网，入市政管网的排水口安装有自动监控监测系统，24 小时与连云港生态环境局联网。

公司显影、定影废液及废胶片将暂存于租赁的番禺珠江钢管（连云港）有限公司危废库内，应确保使用的容器耐腐蚀、贮存措施做到“防雨淋、防渗漏、防流失”， 并做好危险废物及危废库的标志标识，录入江苏省危险废物全生命周期监控系统进行全过程管理，方满足危险废物暂存处置要求。

十、臭氧和氮氧化物处理措施评价

本项目探伤房已建设有排风管道，排风风机可使探伤房曝光室每小时换气至少 4 次。室内通风口在地面，有利于密度大于空气的臭氧和氮氧化物的排放，室外排风口由管道引至本项目探伤房屋顶排放，满足 GBZ117-2022 中“探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数不小于 3 次。”的通风要求。

探伤房内产生的少量臭氧和氮氧化物可通过该机械排风系统排至室外，移动探伤在野外作业时 X 射线电离空气产生少量臭氧（O_3）和氮氧化物（NO_x）将直接扩散在外环境中。臭氧常温下可自动分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

十一、探伤设施的退役措施评价

本项目γ射线探伤机内 ^{192}Ir 和 ^{75}Se 放射源使用约 3~5 个半衰期后将退役，产生的退役放射源公司承诺将由原生产厂家回收；掺入贫铀的 γ 探伤机壳体承诺与 γ 射线源一样，按照协议规定返回生产单位或原出口方；X 射线探伤机需要退役时，承诺将 X 射线管处置至无法使用（如敲碎玻璃外壳或破坏真空），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，公司承诺按监管机构要求相关放射源转让转移备案等手续，并办理源库（使用II类放射源场所）的退役环评手续，最后清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

此探伤设施的退役处置方案满足 GBZ117-2022 对探伤设施的退役要求。

总结论：

综上所述，帕博检测技术服务有限公司华东分公司新建固定式 X 射线探伤及移动式 X、γ 射线探伤项目在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，将具备其所从事的辐射活动的技术能力和辐射安全防护措施，其运行对周围环境产生的影响较小，故从辐射环境保护角度论证，该项目的建设运行是可行的。

建议与承诺

（1）公司应定期或不定期针对 γ 探伤装置的各种管理、操作、保安措施的落实情况进行检查，确保其辐射安全措施的完好和有效。

（3）针对本项目可能出现的辐射事故，公司应加强辐射工作人员的安全思想教育，杜绝麻痹大意思想，以避免意外事故的发生。

（3）本项目竣工后，建设单位应当按照国务院生态环境行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告。验收期限一般不超过3

个月；需要对环境保护设施进行调试或者整改的，验收期限可以适当延期，但最长不超过12个月。建设项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，其主体工程方可投入使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入使用。

建设单位应公开相关验收信息，向发放辐射安全许可证的生态环境主管部门报送相关信息，并接受监督检查，确保建设项目需要配套建设的环境保护设施与主体工程同时使用。**验收报告公示期满后5个工作日内，建设单位应当登录全国建设项目竣工环境保护验收信息平台，填报建设项目基本信息、环境保护设施验收情况等相关信息。**

本项目建设竣工并申请辐射安全许可证后，帕博检测技术服务有限公司华东分公司应按照上述要求尽快开展竣工环保验收工作，本项目竣工环保验收“三同时”检查内容见附表。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见 公　　章 经办人　　年　月　日
审批意见 公　　章 经办人　　年　月　日

附表

“三同时”措施一览表

项目	“三同时”措施	预期效果	预计投资（万元）
辐射安全管理机构	公司拟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，以文件形式明确各成员的管理职责。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中使用射线装置、使用放射性同位素的单位应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构的管理要求。	/
辐射防护措施	探伤房及源库、现场暂存铅箱具体屏蔽参数详见表 10-1。 X 射线移动探伤，在 X 射线探伤机满功率、最薄工件无损检测开机条件下，XXG-2505 型 X 射线探伤机主射束方向控制区范围最大为 126m、监督区最大为 308m，非有用射束方向控制区范围最大为 83m、监督区最大为 204m；XXG-3005 型 X 射线探伤机主射束方向控制区范围最大为 145m、监督区最大为 354m，非有用射束方向控制区范围最大为 93m、监督区最大为 228m；XXG-3505 型 X 射线探伤机主射束方向控制区范围最大为 135m、监督区最大为 332m，非有用射束方向控制区范围最大为 99m、监督区最大为 242m。 γ 射线移动探伤，在使用 100Ci 的 Ir-192 源探伤时，有用线束未经工件衰减的控制区范围最大为 205m，监督区最大为 502m；有用线束经过工件衰减后的控制区范围最大为 152m，监督区最大为 373m；经准直器屏蔽的非有用线束方向控制区范围最大为 13m，监督区最大为 31m。在使用 100Ci 的 Se-75 源探伤时，有用线束未经工件衰减的控制区范围最大为 133m，监督区最大为 326m；有用线束经过工件衰减后的控制区范围最大为 98m，监督区最大为 240m；经准直器屏蔽的非有用线束方向控制区范围最大为 33m，监督区最大为 82m。	探伤房和源库、γ 移动探伤现场临时贮存铅箱的屏蔽防护设计能够满足各自最大工况下辐射剂量率控制水平“探伤房屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5μSv/h。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”、“放射源贮存设施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”。 移动式 X、γ 射线探伤的控制区监督区划分能够满足“在移动探伤工作开始前，根据上述理论估算值和经验划定并标志出控制区边界，借助环境辐射巡测仪进行检测或修正，将周围剂量当量率在 15μSv/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 2.5μSv/h 以上的范围内划为监督区。”的要求。 辐射工作人员和公众均满足本项目剂量约束值“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**。”的要求。	50

项目	“三同时”措施	预期效果	预计投资（万元）
辐射安全措施	**探伤房辐射安全措施：**探伤房设置电离辐射警告标志、声光报警装置、门机联锁、可联锁切换的急停按钮、紧急开门按钮、固定式场所辐射探测报警装置、监控系统。 还需在探伤房工件大门和迷道小门上方安装与探伤机联锁的显示“预备”和“照射”状态的工作状态显示牌，在醒目位置张贴对“预备”和“照射”信号意义的说明。探伤室内还需补充一套联锁的工作状态指示灯和“预备”和“照射”状态的工作状态显示牌及说明。还需对探伤室各台 X 射线探伤机控制箱采取措施（如程序控制、电路控制等），确保每次仅能开启一台 X 射线探伤机，且多台探伤装置均与防护门联锁。还需将探伤室内急停按钮接入新购 X 射线探伤机电路，实现按下停止出束的功能，并在紧急停机按钮旁还需设置醒目的标签和使用方法，如“急停按钮，按下停止探伤”，方能够有效指导误留误入人员紧急停机。	满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中对固定式X射线探伤房的辐射安全要求。	30
	源库辐射安全措施：本项目源库墙体设计为 25cm 厚砼、屋顶设计为 20cm 厚砼，每台γ探伤机独立存放于混凝土浇筑的带铅盖板的地上源坑，防盗门设置双人双锁管理，门外拟设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志，并设置入侵报警系统，同时利用曝光室内的两个红外监控探头实时监控源库，在公司 24 小时监控值班室内也设置监视器，确保非工作时间监控放射源安全。 放射源出入进行台账登记并监测，确保放射源安全。源库源坑高于地面 0.5m 防水淹；源库内禁止堆放易燃、易爆等危险物品，同时源库拟配备 1 个灭火器。	满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中对放射源贮存的要求，以及满足防火、防水、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄漏的相关要求。	
	γ探伤机的运输和移动辐射安全措施：本项目开展跨省、市的γ射线移动探伤时，公司拟委托有放射源运输资质的单位负责γ射线探伤机的运输。委托放	满足放射性物品道路运输相关环境保护管理要求。	

项目	“三同时”措施	预期效果	预计投资（万元）
	射源运输时应检查运输单位车辆是否具有有效行驶证和营运证；驾驶人、押运人员是否具有有效资质证件；运输车辆、容器是否在检验合格有效期内；所装货物是否与货物运单载明的事项相一致。公司确保每次运输的γ探伤机置于贮存铅箱内运输，只有在铅箱正确锁紧并取出钥匙后方能移动。委托运输时向承运单位提交运输说明书、辐射检测报告、核与辐射事故应急响应指南、装卸作业方法、安全防护指南等。当在不涉及公用道路的厂区内移动时，使用小型车辆或手推车，使γ探伤机处于人员监视之下。 开展跨省跨市作业的γ探伤履行备案手续：出省作业前后按要求在连云港市生态环境部门办理“放射性同位素临时出省作业审批”的放射性同位素跨省转移备案和注销确认手续。跨市作业按要求在使用地、移出地设区的市生态环境部门备案。并做好上述文件的归档和保存。 γ探伤机安装安全监控定位装置，每次移动探伤作业均在江苏省高风险移动源在线监管系统中上传相关信息，便于监管部门了解移动γ探伤作业情况。		
	移动X、γ射线探伤的辐射安全措施： 公司在开展移动式X/γ射线现场探伤作业时，对探伤现场工作环境进行全面评估；每台探伤机配备2名辐射工作人员；利用辐射巡测仪巡测，将作业场所中周围剂量当量率大于15μSv/h的范围划为控制区，并在控制区边界设置“禁止进入射线工作区”警告牌和电离辐射警示标识、与探伤机剂量联锁的提示“预备”、“照射”状态的指示灯和声音提示装置，夜晚作业时控制区边界设置警示灯；将控制区边界外、作业时周围量当量率大于2.5μSv/h的范围划为监督区，并在其边界上悬挂醒目的“无关人员禁止入内”的警告牌和电离辐射警示标识，必要时设专人警	满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中对移动X、γ射线探伤的辐射安全要求。	

项目	“三同时”措施	预期效果	预计投资（万元）
	戒。移动γ射线探伤时还将在现场设置安全信息公示牌。并配备必要的局部屏蔽设施和辐射应急设施等。 探伤现场配备辐射巡测仪，探伤人员佩戴个人剂量计及个人剂量报警仪，探伤机操作人员延时开机后退至控制区外操作；探伤之前对工作场所清场，确保在控制区内没有任何其他人员，并防止有人进入控制区。γ射线探伤机在不使用时放置在公司源库内，现场则暂存在临时贮源铅箱内，并建立γ射线探伤机使用登记台账；X射线探伤机在不使用时放置在公司移动探伤器材库房内，并建立 X 射线探伤机使用台账。		
	通风措施：探伤房已建设有排风管道，排风风机风量达到为 7200m3/h，其曝光室净体积为 1800m3，工作状态下，风机可使探伤房曝光室每小时换气至少4次。室内通风口在地面，有利于密度大于空气的臭氧和氮氧化物的排放，室外排风口由管道引至本项目探伤房屋顶排放	满足GBZ117-2022中“探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数不小于3次。”的通风要求。	
	电缆管线：探伤房设置埋地“U”型电缆管道，电缆管线通过埋地“U”型电缆管道连接至操作室，不破坏探伤房的整体防护效果。	满足电缆管线的设置不破坏探伤房屏蔽防护效果的要求。	
辐射安全管理	还需还应成立由公司法人为组长，由承担探伤作业、辐射安全管理、职业健康、质量控制和安全保卫等职能的关键部门负责人为组员的辐射安全与环境保护管理机构，明确 1 名具有本科以上学历的技术人员（辐射防护负责人）专职负责辐射安全与环境保护工作，同时以单位正式文件形式明确各成员管理职责。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中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、开展个人剂量监测以及开展职业健康体检的管理要求。	/
	公司 20 名探伤操作人员（含安全员）和2名专职源库管理员，以及单位辐射防护负责人均应参加并通过辐射安全和防护专业知识的培训和考核。		3
	公司辐射工作人员均应配备个人剂量计，定期送检（1 次/3 个月），并建立		

项目	“三同时”措施	预期效果	预计投资（万元）
	辐射工作人员个人剂量档案。 公司辐射工作人员均应定期进行职业健康体检（1 次/2 年），并建立了职业健康监护档案。		
监测仪器和防护用品	为其一座固定式X射线探伤房配备1台环境辐射巡测仪和1套固定式场所辐射探测报警装置。 为其移动探伤现场（最多同时开展十个）配备10台环境辐射巡测仪。 为其一座固定式X射线探伤房配备2台个人剂量报警仪。 为其移动探伤现场（最多同时开展十个）配备20台个人剂量报警仪。 为其源库管理员配备2台个人剂量报警仪。 监测仪器的性能及管理要求应满足公司辐射安全管理制度“监测方案”的相关要求。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和 GBZ117-2022 中辐射监测仪器和防护用品的配置要求。	15
辐射安全管理制度	应制定满足“12.2 辐射安全管理规章制度”一节要点的辐射安全管理制度，包括以下内容： （1）辐射安全与防护管理制度（组织机构与岗位职责）； （2）辐射防护和安全保卫制度； （3）设施设备维护与维修制度； （4）台账管理制度； （5）射线装置使用登记制度； （6）放射源使用登记制度； （7）放射源运输装载查验制度； （8）射线探伤操作规程； （9）个人剂量及职业健康管理制度； （10）人员培训制度； （11）监测方案； （12）辐射安全检查和风险隐患排查制度； （13）辐射事故应急方案； （14）年度评估制度； （15）危废管理制度； （16）监测异常报告制度。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中使用放射性同位素的单位需具备有健全的辐射安全管理制度的管理要求。	/
显影、定影废液处理	应有资质单位签订 HW16 感光材料废物回收处理协议，洗片过程中产生的显影、定影废液，废胶片集中贮存后	满足HW16危险废物暂存处置要求。	1

项目	“三同时”措施	预期效果	预计投资（万元）
	交由该单位回收处理，应确保使用的贮存容器耐腐蚀、租赁的番禺珠江钢管（连云港）有限公司危废库贮存措施应做到“防雨淋、防渗漏、防流失”，并做好危险废物及危废库的标志标识，录入江苏省危险废物全生命周期监控系统进行全过程管理。 冲洗胶片产生的冲洗废水，仍可能含有微量银离子，将并入凯帝重工污水管网系统，经沉淀、过滤、废水处理达标后排入市政管网，入市政管网的排水口安装有自动监控监测系统，24小时与连云港生态环境局联网。		
探伤设施的退役措施	退役放射源和含贫铀源容器由放射源生产厂家回收并在购源时签订回收。	满足废源处置要求。	1
	退役X射线探伤机应将X射线管处置至无法使用（如敲碎玻璃外壳或破坏真空），或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构。	满足退役X射线探伤机处置要求。	
	当所有辐射源从现场移走后，应按监管机构要求相关放射源转让转移备案等手续，并办理源库（使用II类放射源场所）的退役环评手续，最后清除所有电离辐射警告标志和安全告知。	满足使用II类放射源场所退役要求。	