

核技术利用建设项目

永大化工机械（如东）有限公司

新建固定式 X、 γ 射线探伤房项目

环境影响报告表

永大化工机械（如东）有限公司

2025 年 6 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

永大化工机械（如东）有限公司

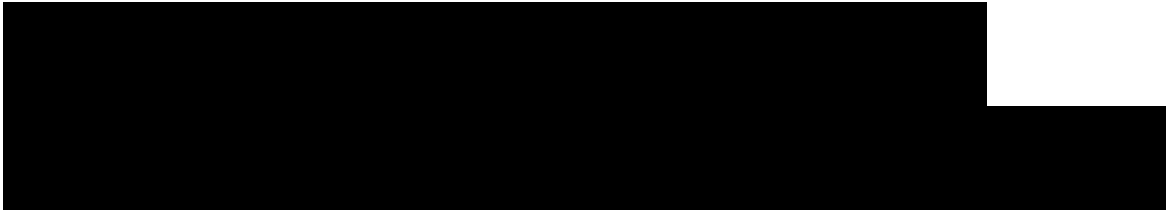
新建固定式 X、 γ 射线探伤房项目

环境影响报告表

建设单位名称：永大化工机械（如东）有限公司

建设单位法人代表（签名或盖章）：

通讯地址：江苏省南通市如东县洋口港经济开发区渤海路 1 号



目 录

表 1	项目基本情况	- 1 -
表 2	放射源	- 5 -
表 3	非密封放射性物质	- 5 -
表 4	射线装置	- 6 -
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	- 8 -
表 6	评价依据	- 9 -
表 7	保护目标与评价标准	- 13 -
表 8	环境质量和辐射现状	- 18 -
表 9	项目工程分析与源项	- 21 -
表 10	辐射安全与防护	- 28 -
表 11	环境影响分析	- 42 -
表 12	辐射安全管理	- 69 -
表 13	结论与建议	- 75 -
表 14	审批	- 81 -

表 1 项目基本情况

建设项目名称		永大化工机械（如东）有限公司新建固定式 X、γ 射线探伤房项目				
建设单位		永大化工机械（如东）有限公司 (统一社会信用代码：91320623MABWJ73T52)				
法人代表		■	■	■	■	■
注册地址		江苏省南通市如东县洋口港经济开发区渤海路 1 号				
项目建设地点		如东洋口港经济开发区临港工业区二期的生产基地一期厂区内				
立项审批部门		江苏如东洋口港经济开发区管理委员会		批准文号	2210-320667-89-01-666478	
建设项目总投资 (万元)		■	(万元)	■	投资比例（环保 投资/总投资）	■
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其他			占地面积（m ² ）	■
应用 类型	放射源	☐ 销售	☐ I 类 ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类			
		☒ 使用	☐ I 类（医疗使用） ☒ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类			
	非密封 放射性 物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物			
		☐ 销售	/			
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙			
	射线 装置	☐ 生产	☐ II 类 ☐ III 类			
		☐ 销售	☐ II 类 ☐ III 类			
		☒ 使用	☒ II 类 ☐ III 类			
	其他	/				
	项目概述： 一、建设单位基本情况、项目建设规模及由来 永大(如东)重型化工装备项目暨永大化工机械（如东）有限公司由江苏永大化工机械股份有限公司投资建设。项目位于洋口港经济开发区，2024 年 10 月开工建设，预计 2025 年 12 月竣工投产。 永大化工机械（如东）有限公司拟在如东县洋口港临港工业园区二期新征用地					

166.03 亩，新建厂房、办公楼及配套辅助设施，购置切割设备、焊接设备、喷漆房、喷砂房等设备，新建重型化工装备生产基地一期建设项目，项目建成后具有年产压力容器 3 万吨的生产能力。该项目环境影响报告书由南通恒源环境技术有限公司编制，已于 2023 年 4 月 4 日取得江苏如东洋口港经济开发区管理委员会关于该项目的批复文件，文号：港管环〔2023〕5 号。该项目已取得江苏如东洋口港经济开发区管理委员会赋予的项目代码，备案证号：港管审备〔2023〕2 号，项目代码：2210-320667-89-01-666478（见附件 7）。

根据公司生产发展需求，永大化工机械（如东）有限公司拟在位于江苏省如东洋口港经济开发区临港工业区二期的生产基地一期厂区内的联合厂房北部新建 4 座固定式 X 射线探伤房（1~4 号探伤房）、特材厂房北部新建 1 座固定式 X、 γ 射线探伤房（5 号探伤房），于 1~2 号探伤房内共配备 6 台 X 射线探伤机，于 3~4 号探伤房内共配备 4 台 X 射线探伤机，于 5 号探伤房内配备 1 台 ^{60}Co γ 射线探伤机、1 台 X 射线探伤机，用于开展公司产品的无损检测工作。存放 ^{60}Co γ 射线探伤机的源库位于 5 号探伤房的北部。

本项目 γ 射线探伤机及 X 射线探伤机均采用胶片成像，需进行洗片作业。5 号探伤房洗片场所位于 5 号探伤房东侧辅房的洗片室内，1~4 号探伤房洗片场所位于 4 号探伤房西侧辅房的洗片室内。本项目产生的洗片废液、废胶片等危险废物，暂存于厂区北部的危废库内，定期交由有资质单位处理处置。

永大化工机械（如东）有限公司拟为本项目配备 12 名辐射工作人员，均为新增人员。5 号探伤房内拟配备 1 台 γ 射线探伤机， γ 射线探伤机周曝光时间均不超过 2h，年工作 50 周，年曝光总时间不超过 100h；1~5 号探伤房内共拟配备 11 台 X 射线探伤机，每台 X 射线探伤机周开机曝光时间均不超过 3h，年工作 50 周，年曝光总时间不超过 1650h。

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、法规和部门规章的规定，永大化工机械（如东）有限公司新建固定式 X、 γ 射线探伤房项目需进行环境影响评价。受永大化工机械（如东）有限公司的委托，南京瑞森辐射技术有限公司承担了新建固定式 X、 γ 射线探伤房项目的环境影响评价工作（见附件 1）。依照《建设项目环境影响评价分类管理名录》（生态环境部令 第 16 号，

2021 年版），本项目为新建固定式 X、 γ 射线探伤房项目，属于“172 核技术利用建设项目”中的“使用 II 类放射源的；使用 II 类射线装置的”项目，确定为编制环境影响报告表。南京瑞森辐射技术有限公司通过资料调研、项目工程分析、现场勘察及现场监测等工作的基础上，编制了项目环境影响报告表。公司新建固定式 X、 γ 射线探伤房项目情况见表 1-1：

表 1-1 新建固定式 X、 γ 射线探伤房项目情况一览表

项目基本情况									
序号	项目名称	建设单位	建设地点	建设内容	建设规模	建设周期	投资总额	环保投资	备注
1	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
项目辐射安全与防护									
序号	项目名称	建设单位	建设地点	建设内容	建设规模	建设周期	投资总额	环保投资	备注
1	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
2	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
3	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
4	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
5	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
6	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
7	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
8	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
9	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
10	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
11	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
12	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
13	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
14	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
15	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
16	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
17	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
18	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
19	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
20	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX

二、项目选址情况

永大化工机械（如东）有限公司厂区位于江苏省如东洋口港经济开发区临港工业区二期，厂区东侧为经九路，南侧为纬三路，西侧为经八路，北侧为中心河和中心路。

本项目地理位置示意图附图 1，永大化工机械（如东）有限公司厂区周围环境示意图及总平面图见附图 2。

本次新建固定式 X、 γ 射线探伤房项目位于厂区特材厂房、联合厂房内。特材厂房为地上一层建筑，东侧为堆场，南侧隔厂区内道路为检测车间、倒班楼，西侧为经八路，北侧为中心河、中心路。联合厂房为地上一层建筑，东侧为经九路，南侧隔厂区内道路为综合楼，西侧为堆场，北侧为中心河、中心路。本项目 5 号探伤房位于特材厂房内，探伤房东侧为辅房、空压机房、卫生间，南侧为卷板区，西侧为特材及下料车间，北侧为室外道路；1~4 号探伤房位于联合厂房内，1 号、2 号探伤房位于下料成型车间北部呈东北向镜像分布，东侧为管材车间+小件车间，南侧为卷板区，西侧为过道，北侧为控制室、室外；3~4 号探伤房位于组对车间北部，东侧为下料成型车间，南侧为卷板区，西侧为探伤辅房，北侧为控制室、室外。5 座探伤房上方无建筑，下方为土层。永大化工机械（如东）有限公司厂区 1~5 号探伤房及其辅房平面布置及周围环境示意图见附图 4 至附图 6。

本次新建固定式 X、 γ 射线探伤房项目周围 50m 评价范围除北侧至中心河外，其余方向均位于厂区边界内。项目运行后的环境保护目标主要为本项目辐射工作人员、厂区内的其他工作人员和其他公众等。

三、原有核技术利用项目许可情况

本项目为永大化工机械（如东）有限公司首次开展核技术利用项目，无原有核技术利用情况。

四、实践正当性分析

本项目属于核技术在无损检测领域内的运用，永大化工机械（如东）有限公司因公司产品的无损检测需求，拟新建 5 座固定式 X、 γ 射线探伤房，确保其产品质量。本项目的建设将满足企业提供产品质量的需求，创造更好的经济效益，从社会角度而言，能够使用安全系数更高的产品，减少安全事件发生的可能性。虽然在运行期间，探伤机的应用可能会对周围环境、工作人员及周围公众造成一定辐射影响，但公司在做好各项辐射防护措施，严格按照规章制度运营本项目的情况下，其对周围环境的辐射影响能够满足标准要求。因此，经辐射防护屏蔽和安全管理后，本项目的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，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）“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	⁶⁰ Co	3.70×10 ¹² (Bq) ×1 枚	II 类	使用	无损检测	特材厂房 5 号探伤房	贮存在 γ 射线探伤机内，随探伤机一起贮存在源库内	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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	1	████████	██	█	无损探伤	联合厂房 1 号探伤房	定向机
2	X射线探伤机	II类	1	████████	██	█			周向机
3	X射线探伤机	II类	1	████████	██	█			定向机
4	X射线探伤机	II类	1	████████	██	█			周向机
5	X射线探伤机	II类	1	████████	██	█		联合厂房 2 号探伤房	定向机
6	X射线探伤机	II类	1	████████	██	█			周向机

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
7	X射线探伤机	Ⅱ类	1	████████	██	█		联合厂房3号探伤房	定向机
8	X射线探伤机	Ⅱ类	1	████████	██	█			周向机
9	X射线探伤机	Ⅱ类	1	████████	██	█		联合厂房4号探伤房	定向机
10	X射线探伤机	Ⅱ类	1	████████	██	█			周向机
11	X射线探伤机	Ⅱ类	1	████████	██	█		特材厂房5号探伤房	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 ^{60}Co 放射源	固态	^{60}Co	配备 1 枚 ^{60}Co 放射源，使用约 10 年后退役，退役时活度约为 $1.00 \times 10^{12} \text{Bq}$	/	/	/	退役后暂存于源库内	由放射源生产厂家回收处理。
退役 γ 射线探伤机屏蔽装置（贫铀罐）	固态	/	通常使用 10 年后退役	/	/	/	暂存于源库内	由 γ 射线探伤机生产厂家回收处理。
废显（定）影剂	液态	/	/	██████	██████	/	集中收集后暂存于公司危废库内	集中收贮后定期交由有资质单位处理处置。
第一、二次冲洗废水		/	/	██████	██████	/		
废胶片	固态	/	/	██████	██████	/	暂存于公司危废库内	集中收贮后定期交由有资质单位处理处置。
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/	不暂存	通过排风系统排入外环境，臭氧在常温下约 50 分钟可自行分解为氧气。
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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、年排放总量分别用比活度（ 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》，1989年12月26日第七届全国人民代表大会常务委员会第十一次会议通过，2014年4月24日第十二届全国人民代表大会常务委员会第八次会议修订，中华人民共和国主席令 第九号； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，中华人民共和国主席令 第七十七号，2002年10月28日发布，根据2016年7月2日第十二届全国人民代表大会常务委员会第二十一次会议《关于修改〈中华人民共和国节约能源法〉等六部法律的决定》第一次修正，根据2018年12月29日第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议《关于修改〈中华人民共和国劳动法〉等七部法律的决定》第二次修正； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，中华人民共和国主席令 第六号，2003年10月1日起实施； (4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令 第449号，2005年12月1日起施行；2019年修改，国务院令 第709号，2019年3月2日施行； (5) 《建设项目环境保护管理条例》，中华人民共和国国务院令 第253号，1998年11月29日发布，根据2017年7月16日《国务院关于修改<建设项目环境保护管理条例>的决定》（中华人民共和国国务院令 第682号）修订； (6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年修正本），生态环境部令 第20号，2021年1月4日起施行； (7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021年版），生态环境部令 第16号，2021年1月1日起施行； (8) 《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； (9) 《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，2005年12月23日发布施行； (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；
------	--

	(11) 《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，2007年1月15日发布； (12) 国家危险废物名录（2025年版）（2024年11月26日生态环境部、国家发展和改革委员会、公安部、交通运输部、国家卫生健康委员会令第36号公布，自2025年1月1日起施行）； (13) 《江苏省辐射污染防治条例》（2018年修正本），江苏省第十三届人民代表大会常务委员会第二次会议第2号公告，2018年5月1日起实施； (14) 《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10月25日发布； (15) 《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10月25日发布； (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，2019年12月24日发布； (17) 《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，2019年11月1日起施行； (18) 《关于印发〈生态环境分区管控管理暂行规定〉的通知》，生态环境部，环环评〔2024〕41号，2024年7月8日发布； (19) 《自然资源部 生态环境部 国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》，自然资发〔2022〕142号，2022年8月16日起试行； (20) 《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28日发布； (21) 《江苏省生态环境厅关于印发辐射安全许可证办理等工作程序和规范的通知》，苏环规〔2019〕4号，2019年12月10日起施行； (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日发布； (23) 《关于进一步加强生态保护红线监督管理的通知》，苏自然资函〔2023〕880号，2023年10月10日发布； (24) 《省政府关于印发江苏省国土空间规划（2021—2035年）的通知》，苏政发〔2023〕69号，2023年8月16日发布；
--	--

	(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。
技术标准	(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002); (2) 《危险废物贮存污染控制标准》(GB 18597-2023) (3) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ 2.1-2016); (4) 《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》(HJ 10.1-2016); (5) 《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ 19-2022); (6) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021); (7) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021); (8) 《危险废物识别标志设置技术规范》(HJ 1276-2022); (9) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019); (10) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) (11) 《γ射线探伤机》(GB/T 14058-2023); (12) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 及其第 1 号修改单。
其他	附图: (1) 永大化工机械(如东)有限公司新建固定式 X、γ 射线探伤房项目地理位置示意图; (2) 永大化工机械(如东)有限公司厂区总平面及周围环境示意图; (3) 永大化工机械(如东)有限公司厂区总平面效果图; (4) 特材厂房北部部分平面布局图; (5) 联合厂房北部部分平面布局图; (6) 永大化工机械(如东)有限公司 1~5 号探伤房辐射防护分区图。 附件: (1) 项目委托书; (2) 放射源及射线装置使用承诺书;

	(3) 放射源退役承诺书； (4) 洗片废液及废胶片安全处置承诺书； (5) 1~5 号探伤房屏蔽设计情况； (6) 永大化工机械（如东）有限公司营业执照； (7) 厂区一般项目环评批复及江苏省投资项目备案证； (8) 本项目辐射环境现状监测报告； (9) 本项目江苏省生态环境分区管控综合查询报告书。
--	--

表 7 保护目标与评价标准

评价范围 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》（HJ 10.1-2016）中“放射性药物生产及其他非密封放射性物质工作场所项目的评价范围，甲级取半径 500m 的范围，乙、丙级取半径 50m 的范围。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”的规定，结合本项目的特点，确定本项目评价范围为本次新建固定式 X、γ 射线探伤房项目工作场所实体屏蔽墙体边界外周围 50m 范围内区域，评价范围详见附图 2。
保护目标 本次新建固定式 X、γ 射线探伤房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《自然资源部 生态环境部 国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》（自然资发〔2022〕142 号）、《关于印发<生态环境分区管控管理暂行规定>的通知》（环环评〔2024〕41 号）和《关于进一步加强生态保护红线监督管理的通知》（苏自然资函〔2023〕880 号）要求，经江苏省生态环境厅江苏省生态环境分区管控综合服务系统查询，本项目所在地块位于江苏如东洋口港经济开发区二三期（不含如东产业园和纤维新材料产业园）重点管控单元（编码：ZH32062320316）内，不在南通市生态保护红线内，评价范围内均不涉及优先保护单元和一般管控单元。对照《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022），本项目评价范围内不涉及受影响的重要物种、生态敏感区以及其他需要保护的物种、种群、生物群落及生态空间等生态保护目标。 根据《永大化工机械（如东）有限公司重型化工装备生产基地一期建设项目环境影响报告书》“1.6 环境影响报告书的主要结论：永大化工机械（如东）有限公司选址于洋口港经济开发区临港工业园区二期，新征用地进行建设。经分析评价后认为，本项目符合国家产业政策和“三线一单”要求；与洋口港经济开发区临港工业园区二期规划相容、选址合理；经采取有效的污染防治措施后，污染物可实现达标排放和安全处置，且满足总量控制的要求。本项目排放的污染物对周围环境影响较小，不会对区域现有的环境功

能造成较大影响，项目建设具有一定的环境经济效益，环境风险可控。因此，在严格落实各项环境保护对策措施和环境管理要求、加强风险防范、实现污水接管排放的前提下，从环评角度分析，本项目的建设是可行的。”

本项目 γ 射线探伤机及 X 射线探伤机利用 γ 射线或 X 射线开展无损检测工作，项目的建设符合江苏省“三线一单”生态环境分区管控要求。

本项目主要考虑 γ 射线探伤机、X 射线探伤机工作时可能对周围环境产生的辐射影响。项目周围 50m 评价范围除北侧至中心河外，其余方向均位于厂区边界内。项目运行后的环境保护目标主要为本项目辐射工作人员、厂区内的其他工作人员和其他公众等。详见表 7-1。

表 7-1 本项目保护目标一览表

序号	保护目标名称	保护目标性质	保护目标坐标	保护目标与项目最近距离	保护目标人口	保护目标备注
1	厂区边界内	辐射工作人员	辐射工作人员	10m	10	辐射工作人员
			辐射工作人员	10m	10	辐射工作人员
			辐射工作人员	10m	10	辐射工作人员
			辐射工作人员	10m	10	辐射工作人员
			辐射工作人员	10m	10	辐射工作人员
			辐射工作人员	10m	10	辐射工作人员
			辐射工作人员	10m	10	辐射工作人员
			辐射工作人员	10m	10	辐射工作人员
			辐射工作人员	10m	10	辐射工作人员
			辐射工作人员	10m	10	辐射工作人员
			辐射工作人员	10m	10	辐射工作人员
			辐射工作人员	10m	10	辐射工作人员
2	厂区边界内	辐射工作人员	辐射工作人员	10m	10	辐射工作人员
			辐射工作人员	10m	10	辐射工作人员
3	厂区边界内	辐射工作人员	辐射工作人员	10m	10	辐射工作人员
			辐射工作人员	10m	10	辐射工作人员
4	厂区边界内	辐射工作人员	辐射工作人员	10m	10	辐射工作人员
			辐射工作人员	10m	10	辐射工作人员
			辐射工作人员	10m	10	辐射工作人员

评价标准

一、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）：

工作人员职业照射和公众照射剂量限值

对象	要求
职业照射 剂量限值	应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值： ①由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量，20mSv ②任何一年中的有效剂量，50mSv ③眼晶体的年当量剂量，150mSv ④四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv
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。

辐射工作场所的分区

应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

控制区：

注册者和许可证持有者应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

监督区：

注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区：这种区域未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

二、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）：

5 探伤机的放射防护要求

5.1 X 射线探伤机

5.1.1 X 射线探伤机在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 100cm 处的漏射线所致周围剂量当量率应符合表 1 的要求，在随机文件中应有这些指标的说明。其他放射防护性能应符合 GB/T 26837 的要求。

表 1 X 射线管头组装体漏射线所致周围剂量当量率控制值

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

5.2 γ 射线探伤机

5.2.1 源容器及其传输导管

5.2.1.1 当源容器装载最大活度值的密封源并处于锁定状态且装配好保护盖（若有）时，源容

器外表面一定距离处的周围剂量当量率应不超过表 2 规定的控制值，随机文件中应有该指标的说明。其他放射防护性能应符合 GB/T 14058 的要求。

表 2 源容器外表面一定距离处周围剂量当量率控制值

探伤机类别	探伤机代号	最大周围剂量当量率 mSv/h	
		离源容器表面 5cm 处	离源容器表面 100cm 处
便携式	P	0.5	0.02
移动式	M	1	0.05
固定式	F	1	0.1

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 100 μ Sv/周，对公众场所，其值应不大于 5 μ Sv/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 2.5 μ Sv/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 μ Sv/h。

三、《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）：

8.1.3.3 辐射屏蔽室外围的辐射剂量水平应符合 GB 18871-2002 的职业照射剂量限值要求（见附录 A）；在工程设计时防护设计的剂量规定为：职业照射个人年有效剂量限值为 5mSv；公众成员个人年有效剂量限值为 0.1mSv。

四、项目管理目标限值

综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）等标准，确定本项目的管理目标，本项目剂量约束值为：职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超 0.1mSv。

探伤室四侧墙体和防护门外 30cm 处辐射剂量率参考控制水平取 2.5 μ Sv/h，顶部（人员不可达）表面 30cm 处辐射剂量率参考控制水平取 100 μ Sv/h。源库周围在公众能接近的距外表面最近处（30cm），其屏蔽应能使该处周围剂量当量率小于 2.5 μ Sv/h。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 100 μ Sv/周，对公众场所，其值应不大于 5 μ Sv/周。

五、参考资料：

（一）《辐射防护导论》，方杰主编。

(二) 《辐射防护手册 第一分册 辐射源与屏蔽》，李德平、潘自强主编。

(三) 《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。

江苏省环境天然 γ 辐射水平（单位：nGy/h）

	原野剂量率	道路剂量率	室内剂量率
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：测量值已扣除宇宙射线响应值；评价时采用“测值范围”作为辐射环境本底参考范围。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

一、项目位置、布局和周边环境

永大化工机械（如东）有限公司厂区位于江苏省如东洋口港经济开发区临港工业
区二期，厂区东侧为经九路，南侧为纬三路，西侧为经八路，北侧为中心河和中心路。

本次新建固定式 X、 γ 射线探伤房项目位于厂区特材厂房、联合厂房内。特材厂
房为地上一层建筑，东侧为堆场，南侧隔厂区内道路为检测车间、倒班楼，西侧为经
八路，北侧为中心河、中心路。联合厂房为地上一层建筑，东侧为经九路，南侧隔厂
区内道路为综合楼，西侧为堆场，北侧为中心河、中心路。本项目 5 号探伤房位于特
材厂房内，探伤房东侧为辅房、空压机房、卫生间，南侧为卷板区，西侧为特材及下
料车间，北侧为室外道路；1~4 号探伤房位于联合厂房内， 1 号、2 号探伤房位于下
料成型车间北部呈东北向镜像分布，东侧为管材车间+小件车间，南侧为卷板区，西侧
为过道，北侧为控制室、室外；3~4 号探伤房位于组对车间北部，东侧为下料成型车
间，南侧为卷板区，西侧为探伤辅房，北侧为控制室、室外。5 座探伤房上方无建筑，
下方为土层。

本次新建固定式 X、 γ 射线探伤房项目周围 50m 评价范围除北侧至中心河外，其
余方向均位于厂区边界内。项目运行后的环境保护目标主要为本项目辐射工作人员、
厂区内的其他工作人员和其他公众等。永大化工机械（如东）有限公司厂区拟建址周
边环境见图 8-1。



二、辐射环境现状调查

根据《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》（HJ 61-2021）相关方法和要求，在进行环境现场调查时，于本次新建固定式X、 γ 射线探伤房项目拟建址周围进行布点，测量 γ 辐射剂量率。监测结果见表8-1，监测点位示意图见图8-2。

监测单位：南京瑞森辐射技术有限公司

监测项目： γ 辐射剂量率

检测仪器：6150AD6/H+6150AD-b/H型X- γ 辐射监测仪（设备编号：NJRS-126，检定有效期：2024年10月28日~2025年10月27日，检定单位：江苏省计量科学研究院，检定证书编号：Y2024-0107802）

能量范围：20keV~7MeV

剂量率范围：1nSv/h~99.9 μ Sv/h

监测日期：2024年12月6日

天气：阴

温度：6℃

湿度：83%RH

监测布点：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）有关布点原则进行布点。

质量控制：本项目监测单位南京瑞森辐射技术有限公司已通过检验检测机构资质认定（证书编号：221020340350，检测资质见附件8），具备有相应的检测资质和检测能力，监测按照南京瑞森辐射技术有限公司《质量管理手册》和《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）要求，实施全过程质量控制。

监测人员、监测仪器及监测结果：监测人员均经过考核，监测仪器经过计量部门检定，并在有效期内，监测仪器使用前经过检验，监测报告实行三级审核。

数据记录及处理： γ 辐射空气吸收剂量率监测每个点位读取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。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），使用 ^{137}Cs 作为检定/校准参考辐射源，换算系数取1.20Sv/Gy。

评价方法：参照江苏省天然 γ 辐射剂量水平调查结果，评价项目周围的辐射环境

质量。



由表 8-1 监测结果可知，永大化工机械（如东）有限公司新建固定式 X、 γ 射线探伤房项目拟建址周围环境 γ 辐射剂量率为（46~64）nGy/h，位于江苏省原野 γ 辐射（空气吸收）剂量率本底水平（33.1~72.6）nGy/h 之间。



表 9 项目工程分析与源项

工程设备与工艺分析

一、工程设备

永大化工机械（如东）有限公司拟在厂区内特材厂房内新建 1 座固定式 X、 γ 射线探伤房，并配备 1 台 ^{60}Co γ 射线探伤机、1 台 X 射线探伤机；拟在联合厂房内新建 4 座固定式 X 射线探伤房，于 1~2 号探伤房内共配备 6 台 X 射线探伤机，于 3~4 号探伤房内共配备 4 台 X 射线探伤机，用于开展公司产品的无损检测工作。

（一） γ 射线探伤机

本项目拟在 5 号探伤房内配备 1 台 ^{60}Co γ 射线探伤机，最大装源活度为 $3.70\text{E}+12\text{Bq}$ 。

本项目 γ 射线探伤机是 ^{60}Co 放射源的储存装置，内装贫铀作为屏蔽材料，探伤机一端与输源管相连接，另一端与控制部件相连接， γ 射线探伤机一般由放射源及源容器（贮源容器）、源托、输源管、遥控装置和其他附件组成。源容器是探伤机主体，用做放射源贮存和运输的屏蔽容器。其最外层为钢包壳，内部一般为贫铀屏蔽层。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。 γ 射线探伤设备外观示意图见图 9-1，内部结构示意图见图 9-2。



（二）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。

本项目拟在 1 号探伤房内配备 XXG-3005T 型（最大管电压 300kV，最大管电流 5mA，定向机）、XXG-3505C 型（最大管电压 350kV，最大管电流 5mA，周向机）、XXG-2005T 型（最大管电压 200kV，最大管电流 5mA，定向机）、XXG-2005C 型（最大管电压 200kV，最大管电流 5mA，周向机）共 4 台 X 射线探伤机，2 号探伤房内配备 XXG-3005T 型（最大管电压 300kV，最大管电流 5mA，定向机）、XXG-3505C 型（最大管电压 350kV，最大管电流 5mA，周向机）共 2 台 X 射线探伤机，3 号~4 号探伤房内各配备 1 台 XXG-3505T 型（最大管电压 350kV，最大管电流 5mA，定向机）X 射线探伤机、1 台 RD-3605TH 型（最大管电压 360kV，最大管电流 5mA，周向机）X 射线探伤机，5 号探伤房内配备 1 台 RD-3605TH 型（最大管电压 360kV，最大管电流 5mA，周向机）X 射线探伤机。其中周向机主射线朝四周墙体照射，定向机主射线朝地面照射。



二、工作原理

（一） 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）、源托、输源管、遥控装置、和其他附件组成。源容器是探伤机主体，用作放射源贮存和运输的屏蔽容器。其最外层为钢包壳，内部一般为贫铀屏蔽层。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构成照射头，操作遥控装置将放射源移出源容器至照射头，进行曝光照相检测。

γ 射线探伤机在工作过程中通过 γ 放射源产生的 γ 射线对受检工件进行照射，当

射线在穿过裂缝时其衰减明显减少，胶片接受的辐射增大，根据曝光强度的差异判断焊接的质量。如有焊接质量问题，在显影后的胶片上产生一个较强的图像显示裂缝所在的位置， γ 射线探伤机据此实现探伤目的。

（二）X射线探伤机

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。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。

X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。

三、工作流程及产污环节分析

（一） γ 射线探伤机

固定式 γ 射线探伤时，被探伤工件通过工件门运至探伤室内，辐射工作人员在控制室内进行远距离操作，对工件焊缝等需检测部位进行无损检测，其工作流程如下：

1、检查探伤房的各项辐射安全设施（安全连锁、报警、急停等装置）是否有效，辐射巡检仪、个人剂量报警仪是否正常工作；

2、产品入室：将被探伤工件通过工件门运至探伤室内固定；

3、贴片定位：在工件需检测的部位贴上感光胶片；

4、辐射工作人员从源库中取出探伤机，并将 γ 射线探伤机放置在合适的位置，把控制部件和输源管连接好，开启探伤机闭锁装置；

5、关门：检查探伤室内人员滞留情况，确定无人后辐射工作人员关闭防护门；

6、开机、送源、曝光：辐射工作人员在控制室内，接通探伤机电源，通过探伤设备控制面板电动驱动，将放射源推送至曝光位置进行曝光；

7、关机：待曝光结束后，通过电动装置再将放射源收回探伤机贮源位，放射源回位时安全锁自动关闭，曝光结束；

8、辐射工作人员用辐射巡检仪检测放射源，确认放射源是否回到安全位置；

9、取片、洗片、读片、出具检测报告：辐射工作人员携带个人剂量计、个人剂量报警仪和便携式 X- γ 剂量率仪进入探伤室，取下胶片，将探伤工件运出探伤室，对探伤胶片进行洗片、读片，判断工件焊接质量、缺陷等。

固定式 γ 射线探伤工作流程及产污环节示意图见图 9-4。



出现卡源状况时，可在控制室内通过摇柄手动送源/回源方式驱动放射源回到储源位，并再次确认放射源回到贮源位。若手动仍不能回源的，通知 γ 射线探伤机生产厂家到现场处理。放射源换源由放射源生产厂家负责。

（二）X 射线探伤机

固定式 X 射线探伤时，被探伤工件通过工件门运至探伤室内，辐射工作人员在控制室内进行远距离操作，对工件焊缝等需检测部位进行无损检测，其工作流程如下：

1、检查探伤房的各项辐射安全设施（安全连锁、报警、急停等装置）是否有效，辐射巡检仪、个人剂量报警仪是否正常工作；

2、产品入室：将被探伤工件通过工件门运至探伤室内固定；

3、贴片定位：在工件需检测的部位贴上感光胶片，并将 X 射线探伤机放置在合适的位置；

4、关门：检查探伤室内人员滞留情况，确定无人后辐射工作人员关闭防护门；

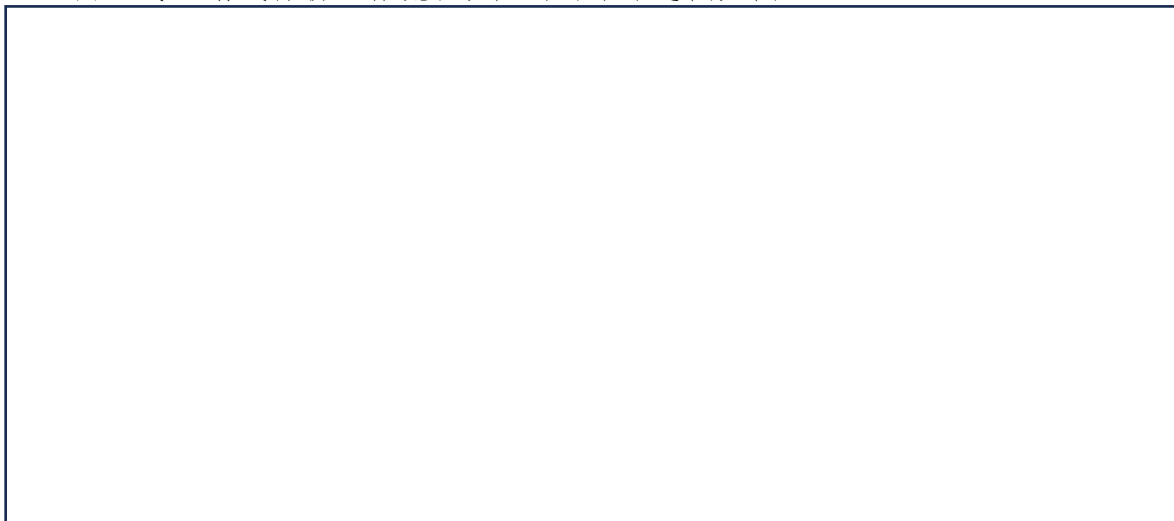
5、开机、加高压、曝光：辐射工作人员在控制室内，开启 X 射线探伤机进行无损检测；

6、关机：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；

7、取片、洗片、读片、出具检测报告：辐射工作人员进入探伤室，取下胶片，将

探伤工件运出探伤室，对探伤胶片进行洗片、读片，判断工件焊接质量、缺陷等。

固定式 X 射线探伤工作流程及产污环节示意图见图 9-5。



四、工作负荷

根据建设单位提供的工作量，本项目运行后，5 号探伤房内拟配备 1 台 γ 射线探伤机， γ 射线探伤机周曝光时间均不超过 2h，年工作 50 周，年曝光总时间不超过 100h；1~5 号探伤房内共拟配备 11 台 X 射线探伤机，每台 X 射线探伤机周开机曝光时间均不超过 3h，年工作 50 周，年曝光总时间不超过 1650h。本项目探伤房每次探伤只使用 1 台探伤机，不存在在探伤室内同时使用多台探伤机的情况。

永大化工机械（如东）有限公司拟为本项目配备 12 名辐射工作人员，包括 2 名 γ 射线探伤机操作人员，8 名 X 射线探伤机操作人员（其中 1 名兼职辐射安全管理人员），2 名源库专职管理人员，年工作 250 天，辐射安全管理人员参加“辐射安全管理”辐射安全与防护考核，使用 X 射线探伤机的辐射工作人员参加“X 射线探伤”辐射安全与防护考核，使用 ^{60}Co γ 射线探伤机的辐射工作人员参加“ γ 射线探伤”辐射安全与防护考核，合格后方可上岗。

五、辐射工作场所人流及物流路径

人流:本项目辐射工作人员由探伤房控制室门进入控制室，从人员门进入探伤室进行工件摆放、贴胶片等准备工作，准备工作完成后，并确认探伤室内无人员停留后依次关闭工件门及人员门，返回至控制室开始探伤工作。探伤工作结束后，辐射工作人员通过人员门进入探伤室，在探伤室内取下胶片，并将工件从工件门运出探伤室进入洗片室进行洗片工作。一天的工作结束后，辐射工作人员从控制室门离开探伤房。

物流:本项目探伤工件由辐射工作人员从工件门运至探伤室内进行探伤检测工作检测完成后,工件由工件门运出探伤室。

污染源项描述

一、放射性污染

(一) γ 射线探伤机

本项目 5 号探伤房内拟配备 1 台 ^{60}Co γ 射线探伤机,最大装源活度为 $3.70\text{E}+12\text{Bq}$ 。

本项目拟配备的 ^{60}Co 放射源为密封源,其放射性核素特性见表 9-1。

表 9-1 本项目拟配备放射性核素及其特性

放射性核素	能量 (keV)	周围剂量当量率常数 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{MBq}\cdot\text{h})$)	半衰期
^{60}Co	1170 和 1330	0.35	5.3a

注:放射性核素及其特性相关数据取自《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)表 A.1。

γ 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 γ 射线对周围环境产生的外照射,其可能对探伤室外辐射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 γ 射线外照射影响。因此 γ 射线是本项目主要的污染物。本项目拟使用的 1 枚 ^{60}Co 放射源最大活度为 $3.70\text{E}+12\text{Bq}$ (100Ci),通常在使用 10 年后退役,退役时放射性活度约 $1.00\text{E}+12\text{Bq}$ 。本项目 γ 射线探伤机退役时还会产生 γ 探伤机屏蔽装置(贫铀罐)。

(二) 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,X 射线是主要污染因子。辐射场中的 X 射线包括有用线束辐射、泄漏辐射和散射辐射。

1、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。由于本项目 X 射线探伤机未获得厂家给出的输出量及滤过条件,因此本项目 X 射线探伤机 1m 处的输出量均根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)表 B.1 采用插值法取值。

2、泄漏辐射: 本项目探伤房内 X 射线探伤机保守按照周向机运行时(即四周和顶面均受有用线束照射)进行计算。

3、散射辐射：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，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 2， $300<kV\leq 400$ X 射线 90° 散射辐射相应的 X 射线能量为 250kV。

二、非放射性污染

（一）废气

本项目 γ 射线探伤机、X 射线探伤机在工作状态时，会使探伤室内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。

（二）废水

本项目洗片过程会产生废显（定）影剂及第一、二次冲洗废水，废显（定）影剂属于《国家危险废物名录》中编号为 HW16（900-019-16）的危险废物，第一、二次冲洗废水拟按危险废物进行管理处置。 [REDACTED]

[REDACTED]

本项目运行后工作人员会产生少量的生活污水。

（三）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》中编号为 HW16（900-019-16）的危险废物， [REDACTED]

本项目运行后工作人员产生少量的生活垃圾。

表 10 辐射安全与防护

项目安全措施

一、工作场所布局及分区

本次新建固定式 X、 γ 射线探伤房项目位于厂区特材厂房、联合厂房内。5 号探伤房位于特材厂房内，探伤房东侧为辅房、空压机房、卫生间，南侧为卷板区，西侧为特材及下料车间，北侧为室外道路；1~4 号探伤房位于联合厂房内，1 号、2 号探伤房位于下料成型车间北部呈东北向镜像分布，东侧为管材车间+小件车间，南侧为卷板区，西侧为过道，北侧为控制室、室外；3~4 号探伤房位于组对车间北部，东侧为下料成型车间，南侧为卷板区，西侧为探伤辅房，北侧为控制室、室外。5 座探伤房上方无建筑，下方为土层。5 座探伤房均为地上一层结构，下方为土层，顶部为不上人屋面。5 座固定式 X、 γ 射线探伤房均设有迷道，探伤室内每次均仅开启 1 台装置进行探伤，工作场所布局设计合理。

本项目拟在 5 号探伤房内部北侧建设 1 座源库，用于贮存本项目拟配备的 1 台 ^{60}Co γ 射线探伤机，源库东侧、南侧为探伤房内部，西侧为过道，北侧为厂房室外，下方为土层，上方无建筑。

为加强辐射防护管理和职业照射控制，本项目拟将 1~5 号探伤室、源库作为辐射防护控制区，严格控制人员进出，并在探伤室工件门、人员门和源库防护门上粘贴有电离辐射警告标志和中文警示说明；与探伤室相邻的控制室、评片室、暗室、办公室、检测材料间、检测设备间等辅房划为监督区，在监督区入口处的适当地点设立表明监督区的标牌。本项目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》（GB 18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定要求。本项目 5 座固定式 X、 γ 射线探伤房平面布置及分区见附图 4~附图 6。

二、辐射防护屏蔽设计

本项目 5 座固定式 X、 γ 射线探伤房具体屏蔽设计参数见表 10-1。

表 10-1 固定式 X、 γ 射线探伤房屏蔽设计一览表

探伤房名称		辐射类型
1 号	探伤室	X 射线
2 号	探伤室	X 射线
3 号	探伤室	X 射线
4 号	探伤室	X 射线
5 号	探伤室	X、 γ 射线

■ ■	■	■
	■	■
	■	■
	■	■
	■	■
	■	■
	■	■
	■	■
	■	■
	■	■
	■	■
	■	■
	■	■
	■	■
■	■	■
	■	■
	■	■
	■	■
	■	■

注：*铅密度为 11.3g/cm³，混凝土密度为 2.35g/cm³。

三、辐射安全和防护措施

为确保辐射安全，保障 γ 射线探伤机及 X 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）、《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）等标准要求设计相应的辐射安全装置和防护措施，本项目 5 座固定式 X、 γ 射线探伤房内每次均仅开启 1 台装置进行探伤。

（一）辐射防护措施

1、X、 γ 射线固定探伤辐射安全措施

（1）设置门-机联锁装置。本项目 5 座固定式 X、 γ 射线探伤房的工件门及人员

门均拟设置安装门-机联锁装置，即 γ 射线探伤机或 X 射线探伤机通过电路与防护门联锁。门-机联锁装置的设置能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，能立刻停止出束或回源，本项目每台设备均拟与防护门联锁。

(2) 设置指示灯和声音提示装置。本项目 5 座固定式 X、 γ 射线探伤房的工件门外、人员门外和探伤室内部均拟设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与 γ 射线探伤机或 X 射线探伤机的电路联锁。“预备”信号能持续足够长的时间，以确保探伤室内的人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号有明显的区别，并且与探伤室内使用的其他报警信号有明显区别。在醒目的位置处拟设置对“预备”和“照射”信号意义的说明。

(3) 安装监视装置。拟在 5 座固定式 X、 γ 射线探伤房内各设计安装 4 个摄像头，源库内设计安装 1 个摄像头，监视器设置在控制室处，可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况。

(4) 设置电离辐射警告标志和中文警示说明。本项目 5 座固定式 X、 γ 射线探伤房的工件门外、人员门外均拟设置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 5 座固定式 X、 γ 射线探伤室四周墙体上、控制室操作台上各设置 1 个紧急停机按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。本项目紧急停机按钮的设置能够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。紧急停机按钮拟设置标签，标明使用方法。

(6) 设置紧急开门装置。拟在 5 座固定式 X、 γ 射线探伤房迷道内人员门旁各设置 1 个紧急开门装置。

(7) 配置固定式场所辐射探测报警装置。拟在 5 座固定式 X、 γ 射线探伤室内配置固定式场所辐射探测报警装置，剂量监测探头拟安装在探伤室内，辐射探测报警装置的显示装置拟安装在控制室内。

(8) 设置机械通风装置。拟在 5 座固定式 X、 γ 射线探伤房内设置机械通风装置，排风管道深埋地下，未破坏墙体，探伤室内每小时有效通风换气次数拟不小于 3 次。

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》（GBZ 117-2022）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）中关于辐射安全系统、安全设施要求。

2、源库辐射安全措施

（1）源库防护门上拟设置电离辐射警告标志和中文警示说明。

（2）源库拟采用混凝土建造，结构上防火，源库内不存放腐蚀性和爆炸性物品。

（3）源库拟实行双人双锁管理，钥匙授权专门的人员保管。

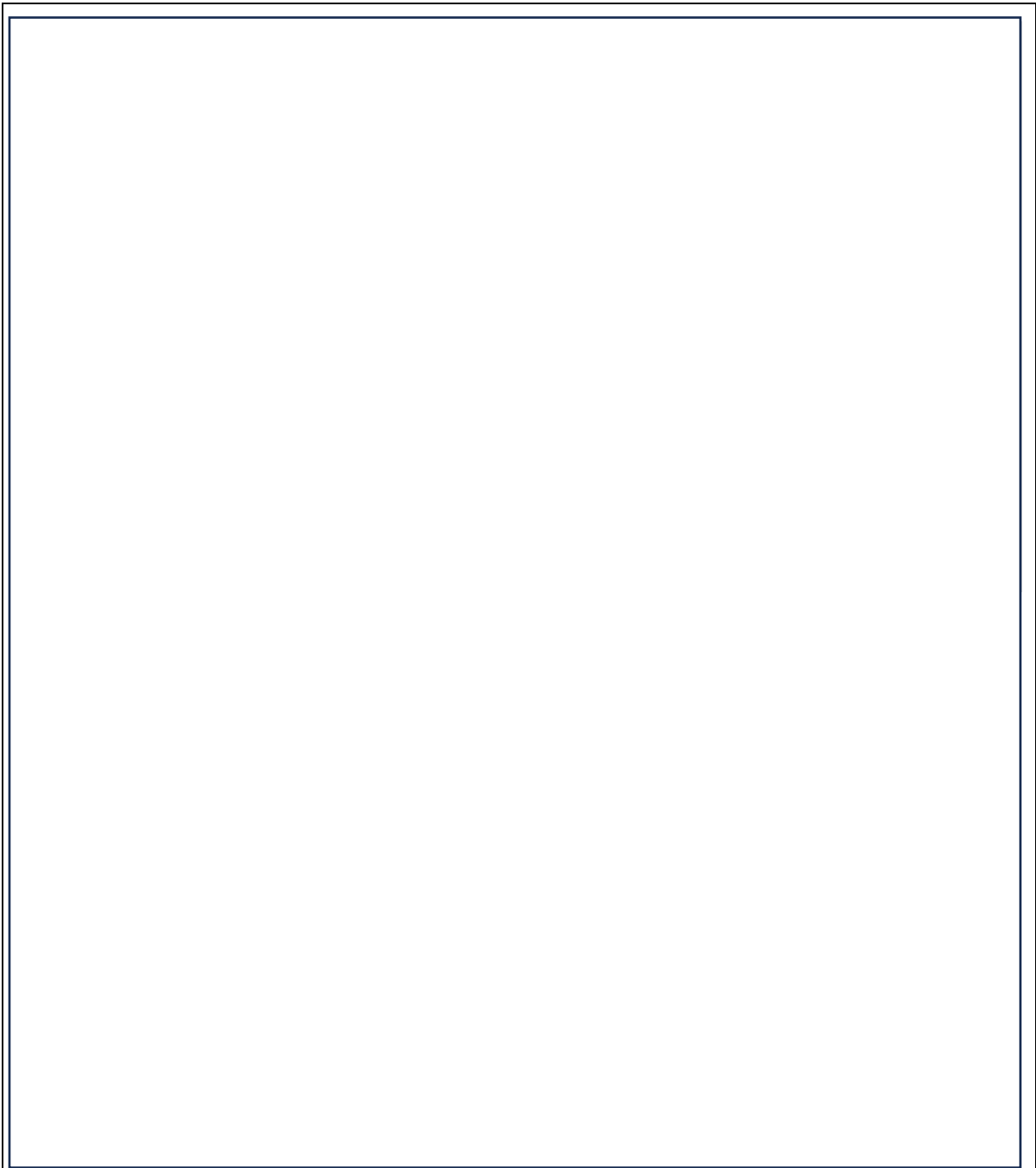
（4）源库入口处拟安装红外线报警装置，对源实行 24 小时监控，并与 110 联网，人员非正常进入时发出警报传送至公安系统。

（5）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。公司拟制定放射源领用及交还制度，建立领用台帐，领用、交还 γ 射线探伤机时，拟对探伤机表面周围剂量当量率进行监测。

探伤房、源库辐射安全与防护设施布设见图 10-1。



1 号、2 号探伤房



本项目探伤房拟采取的措施与相关标准对照情况见表 10-2。

表 10-2 本项目拟采取的措施与辐射安全要求对照情况

■	■ ■	■	是否 满足
■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	满足

[illegible]

3、关于 γ 探伤的其他安全措施要求 对照《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）文中的要求，公司承诺见下表。 表 10-3 公司拟承诺事项与辐射安全要求对照情况			
序号			
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			

14	[REDACTED]	[REDACTED]
15	[REDACTED]	[REDACTED]
16	[REDACTED]	[REDACTED]

（二）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 5 座固定式 X、 γ 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、固定式场所辐射探测报警装置等是否运行正常。

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，还拟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。

3、辐射工作人员拟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- γ 剂量率仪前，拟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，则不应开始检测工作。

5、探伤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，操作人员都拟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，才能开始检测工作。

（三）探伤设施的退役

当 X、 γ 射线探伤装置不再使用时，应实施退役程序。

1、本项目 γ 射线探伤机内 ^{60}Co 放射源退役后仍有较强的放射性， γ 射线探伤机退役时产生的 γ 探伤机屏蔽装置（贫铀罐）也具有一定的放射性，公司已承诺 γ 射线探伤机内 ^{60}Co 放射源及贫铀罐退役后，放射源及贫铀罐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、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。

3、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。

4、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，并确认无污染。

5、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。

三废的治理

一、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 γ 射线探伤机内 ^{60}Co 放射源退役后仍有较强的放射性， γ 射线探伤机退役时产生的 γ 探伤机屏蔽装置（贫铀罐）也具有一定的放射性，公司已承诺 γ 射线探伤机内 ^{60}Co 放射源及贫铀罐退役后，放射源及贫铀罐将由原生产厂家回收（附件 3），此举符合生态环境部门的相关管理要求。公司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。

二、非放射性“三废”

（一）废气

本项目 γ 射线探伤机及 X 射线探伤机在工作状态时，X 射线、 γ 射线会使探伤室内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，本项目探伤设备均为短时间、间歇式出束/出源探伤作业，少量臭氧和氮氧化物可通过通风系统排至室外，排风管道深埋地下，未破坏墙体屏蔽防护效果。

均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）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应不小于3次”的相关要求。

（二）废水

本项目洗片过程会产生废显（定）影剂及第一、二次冲洗废水，废显（定）影剂属于《国家危险废物名录》中编号为 HW16（900-019-16）的危险废物，第一、二次冲洗废水拟按危险废物进行管理处置，临时贮存于危废库内，定期交由有资质单位处理处置（见附件4）。

本项目运行后工作人员产生的生活污水，将进入公司污水处理系统，处理达标后排入城市污水管网。

（三）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》中编号为 HW16（900-019-16）的危险废物，临时贮存于危废库内，定期交由有资质单位处理处置（见附件4）。

本项目运行后工作人员产生的生活垃圾，分类收集后，将交由城市环卫部门处理。

公司拟于厂区北部新建1座危废库，拟将本项目5座固定式X、 γ 射线探伤房探伤作业时产生的废胶片、废显（定）影剂及第一、二次冲洗废水暂存于危废库内。危废库为独立场所，内净尺寸为7.4m（长） $\times$ 7.25m（宽） $\times$ 5.7m（高），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，危险废物标识拟按照《危险废物识别标志设置技术规范》（HJ 1276-2022）进行设置。

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《江苏省危险废物全生命周期监控系统》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。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目探伤房建设属于整个厂区基础建设的部分工程，土建部分已纳入主体项目建设。本项目建设时主要工作为辐射防护工程施工与内饰装潢，将产生施工噪声、扬尘和建筑垃圾污染，建设施工时对环境会产生如下影响：

一、大气

本项目在建设施工期需进行的辐射防护工程施工等作业，将产生地面扬尘，另外机械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：及时清扫施工场地，设立围挡，并保持施工场地一定的湿度。

二、噪声

整个建筑施工阶段，如辐射防护工程与内饰装潢等施工中都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》（GB 12523-2011）的标准，尽量采用噪声低的先进设备，同时严禁夜间进行强噪声作业。

三、固体废物

项目施工期间，会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。

四、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厂区内局部区域，对周围环境影响较小。

运行阶段对环境的影响

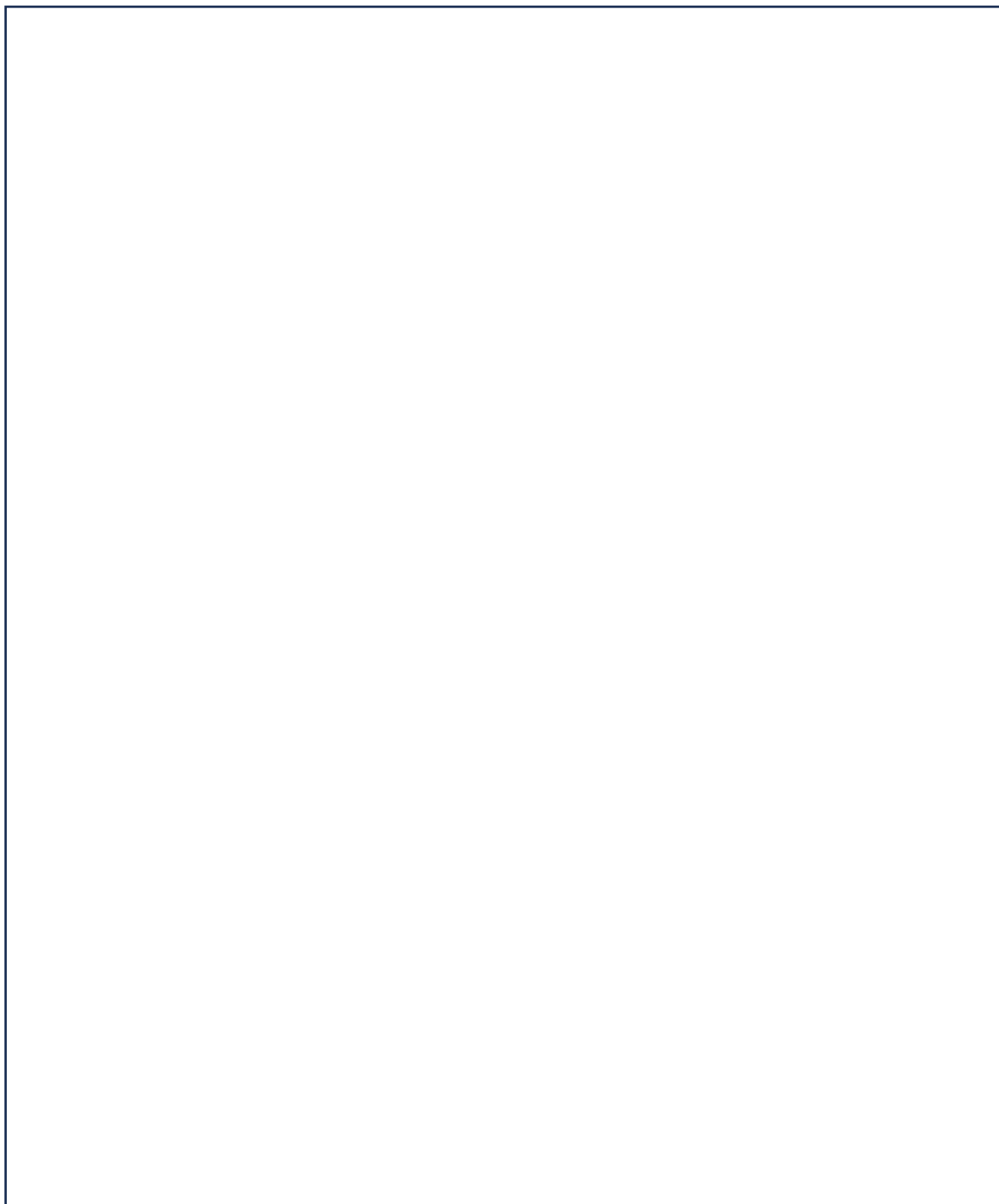
一、辐射环境影响分析

（一） γ 射线探伤机辐射影响分析

本项目拟在 5 号探伤房内配备 1 台 ^{60}Co γ 射线探伤机，对探伤工件进行无损检测

工作。

根据公司探伤实际工况，探伤过程中， γ 射线探伤机照射头距四周屏蔽墙体最短距离为 1.2m，距离地面的最大高度为 3.0m，参考点距离各侧屏蔽墙、防护门及顶部外表面的距离均为 30cm。 γ 射线探伤机出源照射状态下，5 号探伤房的关注点设定见图 11-1。



(1) 辐射防护效果预测

5 号探伤房外关注点的辐射水平预测计算模式采用《辐射防护导论》（方杰编）中的公式计算参考点的周围剂量当量率，计算结果列于表 11-1。

$$\dot{K}_\alpha = \frac{A \cdot \Gamma_k}{r^2} \cdot \eta \quad \text{公式 11-1}$$

式中： $\dot{K}_\alpha$ —参考点的周围剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

A —放射源活度， Bq ；

Γ_k —放射源的周围剂量当量率常数， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{MBq}\cdot\text{h})$ ，取自《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）表 A.1；

r —放射源到参考点的距离， m ；

η —屏蔽透射因子，根据屏蔽体厚度 X 和《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）表 A.2 查不同材料在不同放射源能量下半值层厚度 HVL ，按公式 $\eta=2^{-X/HVL}$ 求得。

2、本项目参考点均为相应墙外 30cm 处， X_e 、 r 的取值由 CAD 图纸上读取。

由表 11-1 可知， ^{60}Co γ 射线探伤机出源照射时，5 号探伤房四侧屏蔽墙体、防护门外 30cm 处的最大辐射剂量率为 $0.424\mu\text{Sv/h}$ ，顶部外 30cm 处的最大辐射剂量率为 $1.25\mu\text{Sv/h}$ ，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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 及无人员到达的探伤室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平为 $100\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

（2）迷道辐射影响分析

本项目 5 号探伤房采用“U”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 γ 射线直接照射迷道外人员门入口，探伤室迷道处拟设置 15mmPb 的防护门。迷道及射线进入迷道后散射示意图见图 11-1，参考 NCRP Report No.51 中公式对 5 号探伤房迷道口处的辐射剂量率进行计算，见公式 11-2，计算结果见表 11-2。

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

式中： H_j —经 j 次散射后迷道口处的辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

H_0 —距靶 1m 处的辐射剂量率， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ ；

α_1 —X 射线第一个散射体的散射系数；

$\alpha_2\ldots\alpha_j$ —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）；

A_1 —X 射线入射到第一散射物质的散射面积， m^2 ；

$A_2\ldots A_j$ —迷道的截面积， m^2 ；

d_s —X 射线辐射源到第一散射体的距离，m；

d_{r1} 、 $d_{r2}\ldots d_{rj}$ —分别为 X 射线迷道内各处中心线的散射距离，m；

j —指第 j 个散射过程。

表 11-2 5 号探伤房人员门外关注点散射辐射剂量率核算值（ ^{60}Co γ 射线探伤机出源状态下）

■	■
■	■
■	■
■	■

■			■
■			■
■			■
■			■
■			■
■			■
■			■
■			■
■	■	■	■
		■	■
	■		■
■	■		■
	■		■

注：1、 α_1 保守取为 $\alpha_{ph} \cdot 10000/400$ ， α_{ph} 取值参照《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第3部分： γ 射线源放射治疗机房》（GBZ/T 201.3-2014）表 C.3，通常取散射角 45° ； α_2 取值参照《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第3部分： γ 射线源放射治疗机房》（GBZ/T 201.3-2014）表 C.4，通常取入射角为 45° ，散射角为 0° ，保守使用 0.25MeV 的值；

2、 d_s 、 d_{r1} 、 d_{r2} 、 d_{r3} 的取值由 CAD 图纸上读取；

3、本项目 5 号探伤房迷道外设有 1 扇含 15mm 铅板的防护门进行屏蔽补偿，考虑到射线散射后能量衰减的影响，散射辐射能量约 0.2MeV，铅中的 TVL 值为 5.0mm，屏蔽透射因子按公式 $B=10^{-X/TVL}$ 求得。

本项目 5 号探伤房迷道外口人员门处同时受到迷道内散射辐射及泄漏辐射经迷道内墙屏蔽后在迷道入口的辐射剂量，由表 11-1 可知， ^{60}Co γ 射线探伤机出源照射时，迷道外口人员门处漏射辐射剂量率为 $1.55\text{E-}01\mu\text{Sv/h}$ ，叠加该处的散射辐射，人员门处的辐射剂量率为 $1.57\text{E-}01\mu\text{Sv/h}$ 。

（3）放射源在源容器内时的辐射影响分析

当放射源处于探伤机容器内时，根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）表 2 的要求，M 类探伤机的源容器外表面一定距离处周围剂量当量率控制值见表 11-3。

表 11-3 源容器外表面一定距离处周围剂量当量率控制值

■	■	■
---	---	---

周围剂量当量率与距离平方成反比,根据公式 11-3 可计算得出距离探伤机不同位置处的辐射水平,具体计算结果见表 11-4。

$$\dot{K}_1 = \dot{K}_0 \cdot (R_0 + L)^2 / (R_1 + L)^2 \quad \text{公式 11-3}$$

式中: $\dot{K}_1$ —距探伤机外表面 R_1 处的周围剂量当量率, mSv/h;

$\dot{K}_0$ —距探伤机外表面 1m 处的周围剂量当量率, mSv/h;

R_0 —源容器表面外 1m;

R_1 —参考点距源容器表面的距离, m;

L —源贮存位置至探伤机表面距离, 取 15cm。

表 11-4 距探伤机外表面不同距离处的周围剂量当量率估算结果

通过表 11-4 中计算结果可知,本项目 γ 射线探伤机未工作时由于探伤机自身源容器的屏蔽防护,放射源对探伤房外环境影响较小,但工作人员在进行移动探伤机或其他活动的过程中近距离接触 γ 射线探伤机时将受到一定的外照射。因此,实际工作过程中工作人员应注意控制与探伤机接触时间,在进行工件调运以及胶片贴、取等其他工作时还应注意与探伤机保持一定的距离。

(4) 源库辐射影响分析

本项目拟在 5 号探伤房内部建设 1 座源库,用于贮存本项目拟配备的 1 台 ^{60}Co γ 射线探伤机。源库内净尺寸为 2m (长) $\times$ 1.5m (宽) $\times$ 2.5m (高)。源库东墙、南墙、顶部拟采用 500mm 混凝土,西墙、北墙拟采用 1300mm 混凝土、防护门拟采用 20mmPb 进行辐射屏蔽。

因关注点处周围剂量当量率与其至源点的距离平方成反比,源库表面 30cm 处的周围剂量当量率可按公式 11-4 计算:

$$\dot{K} = \dot{K}_1 \cdot \eta \quad \text{公式 11-4}$$

式中: $\dot{K}$ —参考点处的周围剂量当量率, mSv/h;

$\dot{K}_1$ —距探伤机外表面 R_1 处的周围剂量当量率, mSv/h, 按公式 11-4 求得;

η —屏蔽透射因子，根据屏蔽体厚度 X ，根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）表 A.2 查不同材料在不同放射源能量下半值层厚度 HVL ，按公式 $\eta=2^{-X/HVL}$ 求得。

将相关参数代入公式 11-4，计算得到源库外表面 30cm 处的辐射剂量率，计算结果列于表 11-5。

表 11-5 源库外表面 30cm 处的周围剂量当量率估算结果

[REDACTED]		[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]		[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]		[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
K_1 [REDACTED]		[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]			
	[REDACTED]	[REDACTED]			
[REDACTED]		[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]		[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]		[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]		[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

注：1、 $R_{L-西墙、北墙}$ —墙厚 130cm+参考点 30cm=1.6m；
2、 $R_{L-东墙、东侧防护门}$ —探伤机距离墙 1m+墙厚 50cm+参考点 30cm=1.8m；
3、 $R_{L-南墙}$ —墙厚 50cm+参考点 30cm=0.8m。

由表 11-5 可知，源库西墙、北墙外 30cm 处周围剂量当量率最大<0.001μSv/h，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”的要求；东墙、南墙、防护门外 30cm 处公众无法接近。

（二）X 射线探伤机辐射影响分析

本项目拟在 1 号探伤房内配备 XXG-3005T 型（最大管电压 300kV，最大管电流 5mA，定向机）、XXG-3505C 型（最大管电压 350kV，最大管电流 5mA，周向机）、XXG-2005T 型（最大管电压 200kV，最大管电流 5mA，定向机）、XXG-2005C 型（最大管电压 200kV，最大管电流 5mA，周向机）共 4 台 X 射线探伤机，2 号探伤房内配备 XXG-3005T 型（最大管电压 300kV，最大管电流 5mA，定向机）、XXG-3505C 型

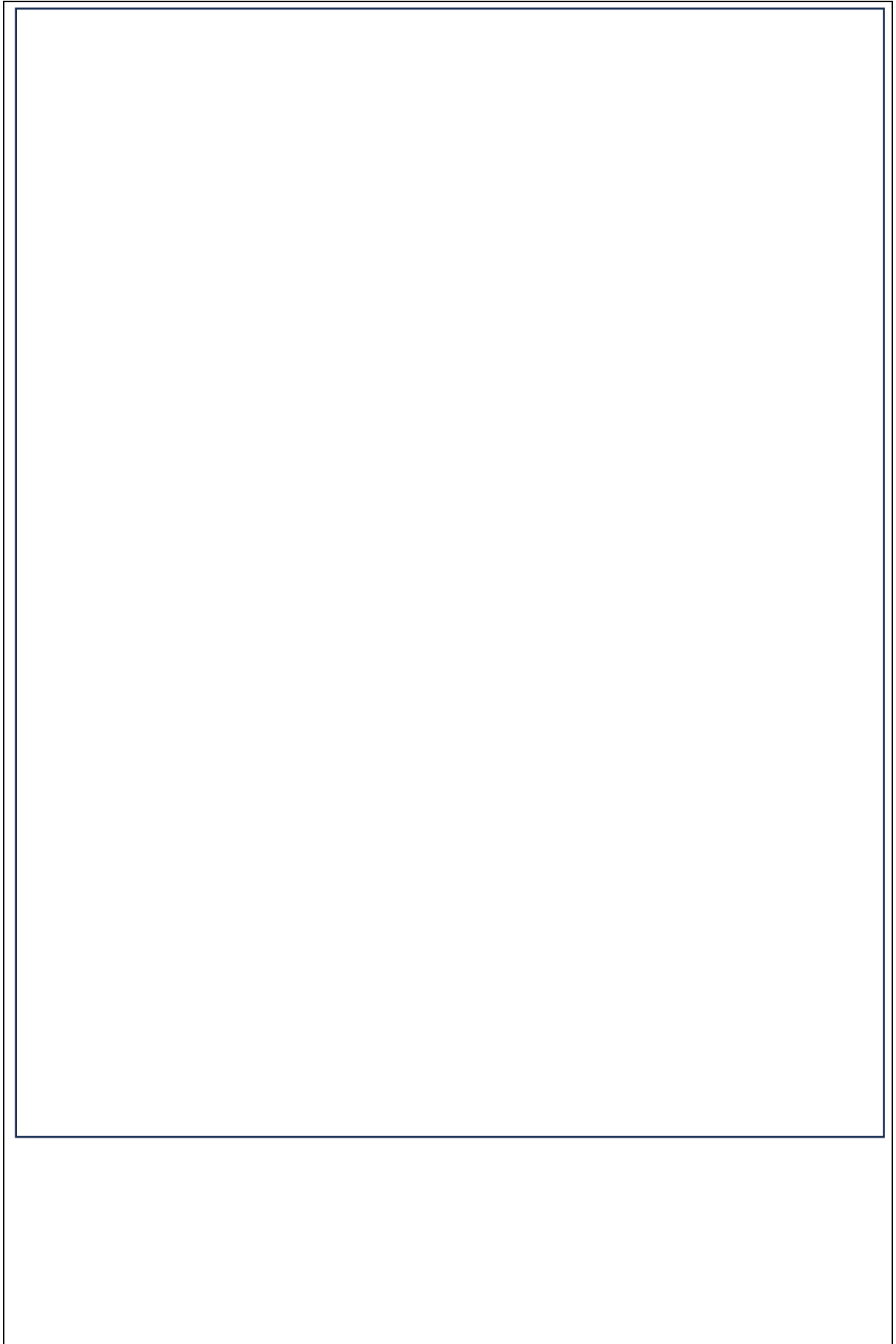
（最大管电压 350kV，最大管电流 5mA，周向机）共 2 台 X 射线探伤机，3 号~4 号探伤房内各配备 1 台 XXG-3505T 型（最大管电压 350kV，最大管电流 5mA，定向机）X 射线探伤机、1 台 RD-3605TH 型（最大管电压 360kV，最大管电流 5mA，周向机）X 射线探伤机，5 号探伤房内配备 1 台 RD-3605TH 型（最大管电压 360kV，最大管电流 5mA，周向机）X 射线探伤机。周向机主射线朝四周墙体照射，定向机主射线朝地面照射。使用时，根据探伤工件的形状、尺寸、厚度等选择使用 X 射线探伤机进行无损检测工作，每次探伤仅开启 1 台探伤装置。

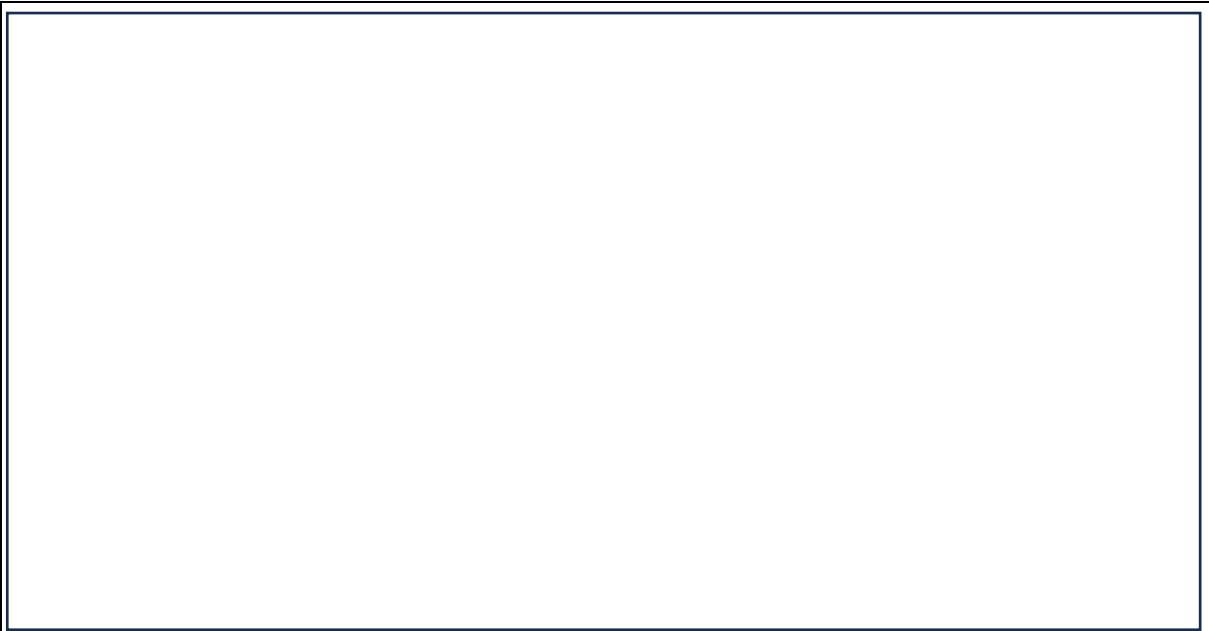
在预测 1 号~5 号探伤房外关注点的辐射水平时，四侧屏蔽墙体、防护门及顶部保守均按照有用线束的防护要求进行辐射影响预测计算。1 号~2 号探伤房选取 XXG-3505C 型 X 射线探伤机（周向机）在满功率运行工况下进行预测评价；3 号~5 号探伤房选取 RD-3605TH 型 X 射线探伤机（周向机）在满功率运行工况下进行预测评价。

根据公司探伤实际工况，探伤过程中，X 射线探伤机照射头距离四周屏蔽墙体的最小距离为 1.2m，距离地面的高度最大为 3m，参考点距离各侧屏蔽墙、防护门及顶部表面的距离均为 30cm。

本项目 X 射线探伤房关注点设定见图 11-1~图 11-3。







(1) 辐射防护效果预测

5 座探伤房外关注点的辐射水平预测计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的公式计算参考点的周围剂量当量率，计算结果列于表 11-6。

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2}$$

公式 11-5

式中：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， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，可通过《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中的附录表 B.1 查得；

B—屏蔽透射因子，按公式 $B=10^{-X/TVL}$ 求得。350kV、360kV 管电压下混凝土、铅对应的 TVL 值由《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 B.2 查取；

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，m。

表 11-6 1 号、2 号探伤房外关注点辐射剂量率核算值（X 射线探伤机 350kV 出束状态下）

[illegible]

上述情况均能够满足《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/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。

（2）迷道辐射影响分析

本项目 5 座探伤房采用“U”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，1~4 号探伤室迷道外口处均拟设置 10mmPb 的防护门，5 号探伤室迷道外口处拟设置 15mmPb 的防护门。迷道及射线进入迷道后散射示意图见图 11-1~图 11-3，按照公式 11-2 计算迷道外人员门处的散射辐射剂量率，计算结果列于表 11-9。

表 11-9 1~5 号探伤房人员门外关注点散射辐射剂量率核算值（X 射线探伤机出束状态下）

探伤室编号	关注点位置		
	东	南	西
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			
41			
42			
43			
44			
45			
46			
47			
48			
49			
50			
51			
52			
53			
54			
55			
56			
57			
58			
59			
60			
61			
62			
63			
64			
65			
66			
67			
68			
69			
70			
71			
72			
73			
74			
75			
76			
77			
78			
79			
80			
81			
82			
83			
84			
85			
86			
87			
88			
89			
90			
91			
92			
93			
94			
95			
96			
97			
98			
99			
100			

注：1、 d_s 、 d_{r1} 、 d_{r2} 的取值由 CAD 图纸上读取；

2、本项目探伤房迷道外均设有 1 扇铅防护门进行屏蔽补偿，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.2，250kV 管电压下铅对应的半值层厚度 TVL 取 2.9mm，屏蔽透射因子按公式 $B=10^{-X/TVL}$ 求得。

本项目 5 座探伤房迷道外口人员门处同时受到迷道内散射辐射及泄漏辐射经迷道内墙屏蔽后在迷道入口的辐射剂量，X 射线探伤机出束照射时，1 号、2 号迷道外口人员门处漏射辐射剂量率为 $3.93E-03\mu Sv/h$ ，叠加该处的散射辐射，人员门处的辐射剂量率为 $4.19E-03\mu Sv/h$ ；3 号、4 号迷道外口人员门处漏射辐射剂量率最大为 $1.43E-03\mu Sv/h$ ，叠加该处的散射辐射，人员门处的辐射剂量率为 $1.58E-03\mu Sv/h$ ；5 号迷道外口人员门处漏射辐射剂量率 $<0.001\mu Sv/h$ ，叠加该处的散射辐射，人员门处的辐射剂量率 $<0.001\mu Sv/h$ 。

3、电缆管道、通风管道、防护门缝隙处辐射影响分析

本项目探伤房电缆管道直径为 180mm，管道埋深不小于 200mm，电缆管道的设置未破坏探伤室的屏蔽墙体。电缆管道散射示意图见图 11-4。X 射线、 γ 射线经过“U”型埋地管道至少 3 次散射后才能到达管道出口处，根据《辐射防护手册 第一分册 辐射源与屏蔽》P434 “一个能使射线至少要经过三次散射才能到达门口的迷道，将能保证迷道口工作人员的安全”，本项目 5 座探伤房电缆管道设计满足辐射防护的要求。



本项目通风管道管道从地下穿过北墙至厂房室外，未破坏探伤室的屏蔽墙体，X 射线、 γ 射线经过“U”型埋地管道至少 3 次散射后才能到达管道出口处，满足辐射防

5 座探伤房内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。

4、天空反散射辐射影响分析

本项目 5 座探伤房内探伤设备满功率运行时，探伤房顶部 30cm 处最大辐射剂量率为 1.73μSv/h，射线在经大气、厂房散射返回地面后的辐射剂量率将小于 1.73μSv/h，因此其天空反散射能够满足“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。

二、周围公众及辐射工作人员年有效剂量估算

固定式 X、γ 射线探伤房周围公众和辐射工作人员年有效剂量由《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的公式进行估算：

$$H_c = \dot{H}_{c,d} \cdot t \cdot U \cdot T \quad \text{公式 11-6}$$

式中： H_c —参考点的年剂量水平，μSv/a；

$\dot{H}_{c,d}$ —参考点处剂量率，μSv/h；

t —探伤装置年照射时间，h/a；

U —探伤装置向关注点方向照射的使用因子；

T —人员在相应关注点驻留的居留因子，可通过《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的附录表 A.1 得到。

（一）辐射工作人员年有效剂量

公司拟为本项目探伤室配备 10 名辐射工作人员从事探伤工作，本项目运行后，辐射工作人员的年有效剂量贡献值，主要包括四部分：（1）γ 射线探伤机和 X 射线探伤机正常探伤作业时，探伤室周围的辐射工作人员受到的经过墙体、屋顶和防护门屏蔽衰减后的 X、γ 射线产生的照射剂量；（2）在从源库内提取、归还 γ 射线探伤机以及在 γ 射线探伤机摆位过程中，由于近距离接触 γ 射线探伤机而受到的照射剂量；（3）中途更换被检测工件和重新贴片期间受到 γ 射线探伤机的照射剂量；（4）X 射线探伤机工作时，中途更换被检测工件和重新贴片期间受到 ^{60}Co 放射源的照射剂量。

公司为源库配备 2 名专职工作人员，源库工作人员的年有效剂量贡献值主要为放射源的出入库工作、放射源的定期清点检查等所致的剂量。

各操作过程中辐射工作人员年工作时间见表 11-10。

表 11-10 各操作过程中辐射工作人员年工作时间汇总

1、 γ 射线探伤机和 X 射线探伤机正常探伤过程中受到的剂量：本项目 γ 射线探伤机周曝光时间不超过 2h，每台 X 射线探伤机周开机曝光时间均不超过 3h，年工作 50 周，考虑周围公众及辐射工作人员的居留因子，将固定式 X、 γ 射线探伤房外各典型参考点处的辐射剂量率估算值代入公式 11-6，估算公众及辐射工作人员的年有效剂量，计算结果列于表 11-11 至表 11-13。

表 11-11 5 号探伤房周围人员年有效剂量

照射，设辐射工作人员在该过程中距源库内的 γ 射线探伤机最小距离为 1.5m，考虑到探伤房中途更换被检工件和重新贴片的时间，居留因子保守取 1，由表 11-14 计算结果可知，中途更换被检工件和重新贴片过程中，5 号探伤房内的操作 X 射线探伤机时，辐射工作人员年有效剂量为 1.25mSv。

表 11-14 近距离接触 γ 射线探伤机过程辐射工作人员受到 γ 射线探伤机的年有效剂量

[REDACTED]			[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
		[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
		[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
		[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

注：*X 射线探伤机工作时， ^{60}Co 放射源贮存在源库内，源库铅门为 20mmPb。

本项目拟配备 10 名辐射工作人员共同承担 5 座探伤房的探伤工作，拟 2 人为一组开展辐射工作。根据以上估算结果可知，公司在做好安全防护措施的情况下，

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]，能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对职业人员的剂量限值要求和本项目剂量约束值要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv）。

5、源库工作人员放射源的出入库工作、放射源的定期清点检查等所受有效剂量：本项目拟配备 2 名辐射工作人员专职负责源库相关工作，人员拿取探伤机时距探伤机 0.3m，用推车运输探伤机、放射源的清点检查时距探伤机外表面 0.5m，居留因子保守取 1，由表 11-15 计算结果可知，源库工作人员年有效剂量为 [REDACTED] [REDACTED]，满足上述相关标准要求。

表 11-15 源库工作人员受到 γ 射线探伤机的年有效剂量

[REDACTED]		[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
		[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

由于本项目 γ 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。

(二) 公众年有效剂量

本项目固定式 X、 γ 射线探伤室、源库周围的公众，可能受到本项目运行造成的辐射影响。公众人员年有效剂量拟按照监督区外辐射剂量率取值计算。根据剂量率与距离的平方成反比公式可得到监督区周围的辐射剂量率。

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{R_2^2}{R_1^2} \quad \text{公式 11-7}$$

- 式中：H₁—距射线源点 R 处的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；
H₂—距射线源 R 处的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；
R₁—装置屏蔽体外 30cm 处距射线源的距离，m；
R₂—监督区外各点位距射线源的距离，m。

固定式 X、 γ 射线探伤室周围公众的年有效剂量见表 11-11 至表 11-13，源库周围公众的年有效剂量见表 11-16。

表 11-16 源库周围人员年有效剂量

I			

[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

根据表 11-11 至表 11-13 计算结果可知，本项目运行后，5 座探伤房周围公众的年有效剂量最大为 0.032mSv。考虑 5 座探伤房对公众的叠加影响，公众选取的参考点布设图见图 11-6，估算结果见表 11-17。

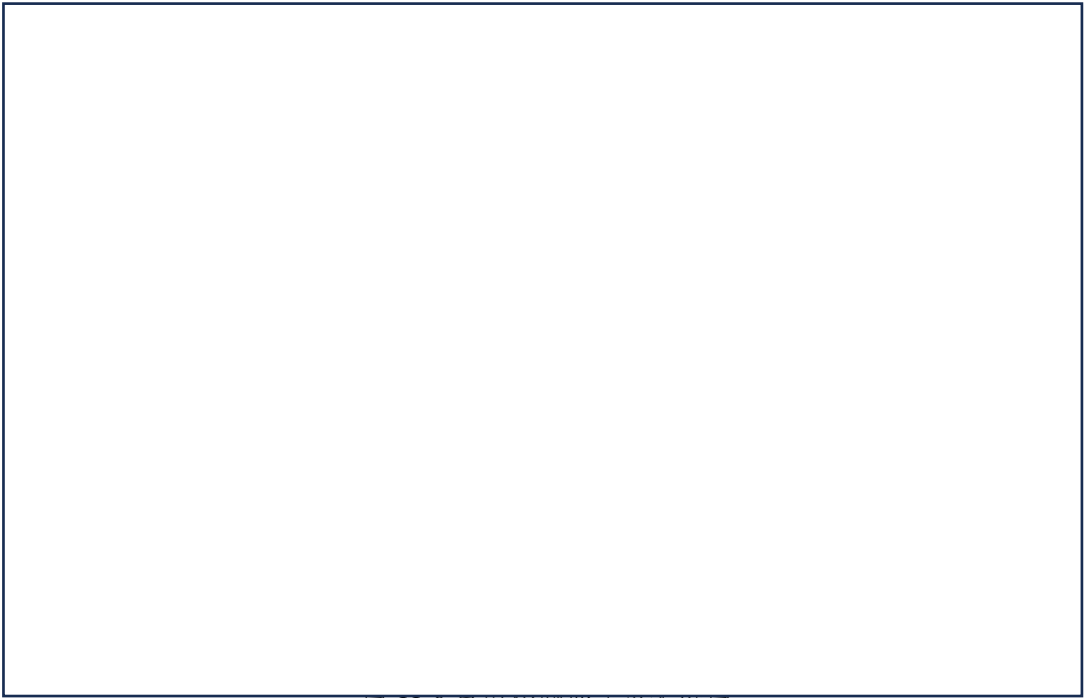


表 11-17 5 座探伤房周围公众年有效剂量

[REDACTED]		[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]		[REDACTED]
[REDACTED]		[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]		[REDACTED]		
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]		[REDACTED]		
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]		[REDACTED]		
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]		[REDACTED]		
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]		[REDACTED]		
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]		[REDACTED]		
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]		[REDACTED]		
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]		[REDACTED]		
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]		[REDACTED]		
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]		[REDACTED]		

■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■		■		■	
	■	■	■	■		■		■	
	■	■	■	■		■		■	
	■	■	■	■		■		■	
	■	■	■	■		■		■	
	■	■	■	■		■		■	
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■		■		■	
	■	■	■	■		■		■	

注：由于 5 号探伤房周围辐射影响较大，5#参考点选取距离 5 号探伤房距离较短的位置，居留因子保守取 1。

由表 11-16~表 11-17 计算结果可知，5 座探伤房、源库周围公众的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》（GB18871-2002）中对周围公众的剂量限值要求和本项目剂量约束值要求（公众年有效剂量不超过 0.1mSv）。

三、放射性“三废”的治理评价

本项目运行过程中没有放射性废水、废气产生。

本项目 γ 射线探伤机内 ^{60}Co 放射源退役后仍有较强的放射性， γ 射线探伤机退役时产生的 γ 探伤机屏蔽装置（贫铀罐）也具有一定的放射性，公司已承诺 γ 射线探伤机内 ^{60}Co 放射源及贫铀罐退役后，放射源及贫铀罐将由原生产厂家回收（附件 3），此举符合生态环境部门的相关管理要求。 ^{60}Co 放射源与源容器使用 10 年后退役，本项目 γ 射线探伤机使用 10 后退役，设备整体由放射源厂家回收处理，不在探伤房内开展换源事宜。

四、非放射性“三废”的治理评价

（一）废气

本项目 γ 射线探伤机及 X 射线探伤机在工作状态时，X 射线、 γ 射线会使探伤室内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，本项目探伤设备均为短时间、间歇式出束/出源探伤作业，5 座固定式 X、 γ 射线探伤房建设在厂房内部，少量臭氧和氮氧化物可通过通风系统排至室外，臭氧在常温下约 50 分钟可自行分解为氧气，这部分废气对周围环境影响较小。

（二）废水

本项目洗片过程会产生废显（定）影剂及第一、二次冲洗废水，废显（定）影剂属于《国家危险废物名录》中编号为 HW16（900-019-16）的危险废物，第一、二次冲洗废水拟按危险废物进行管理处置，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产生的生活污水，将进入公司污水处理系统，处理达标后排入城市污水管网，对周围环境影响较小。

（三）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》中编号为 HW16（900-019-16）的危险废物，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产生的生活垃圾，分类收集后，将交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小。

事故影响分析

本项目拟配备的 X 射线探伤机为Ⅱ类射线装置， γ 射线探伤机内含Ⅱ类放射源。在 X、 γ 射线探伤过程中，如果安全管理或防护不当，可能对辐射工作人员及周围公众造成意外照射，产生放射性损伤。

一、主要事故风险

（一）X 射线探伤可能发生的辐射事故

1、X 射线探伤机在对工件进行探伤的工况下，探伤室门-机联锁装置失效，工作人员误入探伤室；

2、探伤室门-机联锁装置失效，防护门未完全关闭，X 射线探伤机在对工件进行探伤的工况下对探伤室周围人员造成意外照射；

3、辐射工作人员未发现探伤室内仍有人员滞留即开始 X 射线探伤作业，致使人员受到意外照射；

4、X 射线探伤机在检修、维修过程发生误照射对周围人员造成意外照射；

5、探伤室防护门屏蔽受损，漏射线对周围人员造成意外照射。

（二） γ 射线探伤可能发生的辐射事故

1、 γ 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、 γ 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、 γ 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、辐射工作人员未发现探伤室内仍有人员滞留即开始 γ 射线探伤作业，致使人员受到意外照射。

5、 γ 射线探伤过程中因门-机联锁装置失效、指示灯或声音提示装置损坏等原因，辐射工作人员或其他公众误入探伤室使其受到大剂量照射；探伤期间防护门未能完全关闭时，大量 γ 射线泄漏，给周围人员造成不必要的照射。

二、辐射事故预防措施

（一）X 射线探伤事故预防措施

1、误入人员可按下探伤室内紧急停机按钮并通过迷道内的紧急开门装置逃离探伤室，辐射工作人员发现人员误入探伤室，应及时按下急停按钮，停止 X 射线探伤机出束，误照射人员应及时就医检查；

2、辐射工作人员应经常检查门-机联锁装置，确保完好。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，定期对探伤装置进行维护、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、若辐射工作人员发生意外照射，应及时检测其所佩戴的个人剂量计，剂量超标则人员应及时就医检查并调岗；

5、建设单位需制定 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，并应将操作规程张贴在辐射工作人员可看到的醒目位置；

6、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；

7、建设单位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，每次探伤前检查探伤室门-机联锁装置、紧急停机按钮等安全防护措施的有效性，定期检测探伤室的周围辐射水平，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，建设单位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。同时建设单位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。

(二) γ 射线探伤事故预防措施

1、误入人员可按下探伤室内紧急停机按钮并通过迷道内的紧急开门装置逃离探伤室，辐射工作人员发现人员误入探伤室，应及时按下急停按钮，回收放射源，误照射人员应及时就医检查；

2、辐射工作人员应经常检查门-机联锁装置，确保完好。确保在所有防护门关闭后， γ 射线探伤机才能启动出源；每月应对 γ 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、 γ 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、若辐射工作人员发生意外照射，应及时检测其所佩戴的个人剂量计，剂量超标则人员应及时就医检查并调岗；

5、辐射工作人员进出探伤室时必须携带个人剂量报警仪；

6、建设单位需制定 γ 射线探伤机操作规程。凡涉及对 γ 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，并应将操作规程张贴在辐射工作人员可看到的醒目位置；

7、加强源库管理，落实双人双锁制度，钥匙授权专门的人员保管，加强源容器出入库登记记录；

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、 γ 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 γ 射线探伤装置。

10、建设单位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，每次探伤前检查探伤室门-机联锁装置、紧急停机按钮等安全防护措施的有效性，定期检测探伤室的周围辐射水平，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，建设单位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。同时建设单位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。

三、辐射事故处理措施

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 X 射线探伤机属于 II 类射线装置， γ 射线探伤拟使用的 ^{60}Co 放射源属于 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 γ 射线探伤可能发生的事故主要为一般辐射事故、较大辐射事故和重大辐射事故。在发生事故后：

- （一）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；
- （二）立即向单位领导汇报，并控制现场区域，防止无关人员进入；
- （三）对可能受到大剂量照射的人员，及时送医院检查和治疗。

建设单位应根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《江苏省辐射污染防治条例》等要求，发生辐射事故的，立即启动事故应急方案，采取必要防范措施，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；对于可能受到大剂量照射的人员，迅速安排医学检查和救治，积极配合政府管理部门做好事故调查和善后工作。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

永大化工机械（如东）有限公司拟在厂区内特材厂房新建 1 座固定式 X、 γ 射线探伤房，并配备 1 台 ^{60}Co γ 射线探伤机、1 台 X 射线探伤机；拟在联合厂房新建 4 座固定式 X 射线探伤房，于 1~2 号探伤房内共配备 6 台 X 射线探伤机，于 3~4 号探伤房内共配备 4 台 X 射线探伤机，用于开展公司产品的无损检测工作。根据《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，并以文件形式明确管理人员职责。从事辐射工作的人员均可通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规并参加考核。

永大化工机械（如东）有限公司拟成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职责。公司拟根据本次新建固定式 X、 γ 射线探伤房项目制订相关文件，为本项目配备 12 名辐射工作人员（包含 2 名 γ 射线探伤机操作人员、8 名 X 射线探伤机操作人员，2 名源库专职管理人员），均为新增人员，辐射安全管理人员和辐射工作人员须通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规，辐射安全管理人员参加“辐射安全管理”辐射安全与防护考核，使用 X 射线探伤机的辐射工作人员参加“X 射线探伤”辐射安全与防护考核，使用 ^{60}Co γ 射线探伤机的辐射工作人员参加“ γ 射线探伤”辐射安全与防护考核，合格后方可上岗。

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》的有关要求，使用放射源和射线装置的单位要“有健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急措施”。本项目为永大化工机械（如东）有限公司首次开展核技术利用项目，公司拟制定相关辐射安全与防护管理制度，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、辐射事故应急措施等。本报告对各项管理制度制定要点提出如下建议：

一、操作规程

制定 γ 射线探伤机和 X 射线探伤机操作规程，明确辐射工作人员的资质条件要求、操作过程中采取的具体防护措施及步骤。重点是：

（一）确保开展辐射工作时所有辐射屏蔽措施均已到位，严格按照规定操作流程操作，防止发生辐射事故；

（二）从事辐射工作时必须佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪；

（三）在工作场所严禁吸烟、进食。

二、岗位职责

制定辐射安全管理人员和辐射工作人员岗位职责，明确 γ 射线探伤机和 X 射线探伤机使用工作人员、台帐管理人员及辐射安全管理人员的岗位责任，并落实到个人，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，并层层落实。

三、辐射防护和安全保卫制度

根据具体情况制定相应的辐射防护和安全保卫制度。重点是：

（一）定期检查相关的辐射安全装置及检测仪器，发现问题及时修理或更换，确保辐射安全联锁装置、个人剂量报警仪、环境辐射剂量监测仪保持良好工作状态；

（二）辐射工作人员定期开展个人剂量检测和职业健康监护。

四、设备维修制度

制定设备维修制度，明确 γ 射线探伤机、X 射线探伤机和辐射监测设备维修计划、维修的记录和在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，并做好记录。确保射线检测装置、安全措施（联锁装置、电离辐射警告标志、工作状态指示灯、急停按钮）、剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。

五、人员培训计划和健康管理制

制定人员培训计划和健康管理制，明确培训对象、内容、周期、方式以及考核的办法等内容，并强调对培训档案的管理，做到有据可查。相关辐射工作人员应及时学习最新的国家政策法规及标准，熟练掌握放射性防护知识、最新的操作技术。根据 18 号令及《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》，辐射工作人员均可通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习

辐射安全和防护专业知识及相关法律法规并通过考核。公司应组织辐射工作人员定期参加职业健康体检（不少于 1 次/2 年），并为其建立辐射工作人员职业健康监护档案。

六、放射源领用、归还登记制度

制定放射源领用、归还登记制度，明确要配备专（兼）职人员负责放射源的管理，建立放射源台帐登记，并建立登记保管、领用、注销和定期检查制度。在领用、交还 γ 射线探伤机时，进行放射性水平测量，确认放射源在探伤机中，每次领用及交还均应进行详细的登记；放射源台帐应定期清点检查，定期核实探伤装置中的放射源，明确放射源与探伤装置的对应关系，做到账物相符，一一对应。

七、监测方案

为了确保 II 类射线装置、II 类放射源的辐射安全，公司应制定监测方案，重点是：

（一）明确监测项目和频次；

（二）建立个人剂量档案，依据《江苏省辐射污染防治条例》（2018 年修正），在日常检测中发现个人剂量异常的，当对有关人员采取保护措施，并在接到监测报告之日起五日内报告发证的生态环境、卫生健康部门调查处理；

（三）公司应当按照有关标准、规范的要求定期对工作场所及周围环境进行监测或者委托有资质的机构进行监测，发现异常情况的，应当立即采取措施，并在一小时内向县（市、区）或者设区的市生态环境行政主管部门报告；

（四）委托有资质监测单位对本单位的放射源、射线装置的安全和防护状况进行年度检测，每年 1 月 31 日前将年度评估报告上传至全国核技术利用辐射安全申报系统，年度评估发现安全隐患的，应当立即整改。

辐射监测

根据辐射管理要求，永大化工机械（如东）有限公司拟为本次新建固定式 X、 γ 射线探伤房项目配备固定式场所辐射探测报警装置 5 套、辐射巡测仪 5 台和个人剂量报警仪 10 台，用于辐射防护监测和报警，同时结合本项目实际情况，拟制定如下监测计划：

一、委托有资质的单位定期对项目周围环境 X- γ 辐射剂量率进行监测，周期：1~2 次/年；

二、辐射工作人员配备个人剂量计监测累积剂量，定期（不少于1次/季）送有资质机构进行个人剂量监测，建立个人剂量档案；

三、定期使用辐射监测仪器对项目周围辐射环境进行自检，包括控制室工作位置和周围毗邻区域人员居留处，并保留自检记录；

四、所有辐射工作人员上岗前进行职业健康体检，以排除职业禁忌症。开展辐射工作后，定期开展职业健康体检（不少于1次/2年），并建立个人职业健康档案；

五、出现外照射事故，立即采取应急措施，并在1小时之内向县（市、区）或者设区的市生态环境行政主管部门报告。

永大化工机械（如东）有限公司拟根据上述监测计划，明确监测项目，定期（不少于1次/季）使用辐射监测仪器对项目周围辐射环境进行自检，并保留自检记录，每年委托有资质的单位定期对项目周围环境 X-γ 辐射剂量率进行监测，监测结果上报生态环境行政主管部门。

永大化工机械（如东）有限公司拟为辐射工作人员配备个人剂量计，组织辐射工作人员进行个人剂量监测（1次/季）和职业健康体检（1次/2年），辐射安全与环境保护管理机构负责全公司辐射工作人员个人剂量的收发和管理以及职业健康监护、个人剂量监测档案的存放保管。

永大化工机械（如东）有限公司计划每年编写放射源与射线装置安全和防护状况年度评估报告，包括放射源、射线装置台账、辐射安全和防护设施的运行与维护、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、事故和应急以及档案管理等方面的内容，每年1月31日前将年度评估报告上传至全国核技术利用辐射安全申报系统。

表 12-1 工作场所监测计划一览表

■	■	■	■	■	■
■ ■	■ ■	■	■	■	■
		■	■	■	■
		■	■	■	■
		■	■	■	■
■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■

辐射事故应急

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等相关规定，辐射事故应急方案应明确以下几个方面：

- 一、应急机构和职责分工；
- 二、应急的具体人员和联系电话；
- 三、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；
- 四、辐射事故发生的可能、分级及应急响应措施；
- 五、辐射事故调查、报告和处理程序。

假若本项目发生了辐射事故，公司应迅速、有效地采取以下应急措施：

一、一旦发现有其他无关人员误入探伤室内，辐射工作人员应立即利用最近的紧急停机开关切断设备电源。误入人员应在最短的时间内撤离探伤室，尽量缩短受照时间。同时，事故第一发现者应及时向公司的辐射安全与环境保护管理机构及上级领导报告。辐射安全与环境保护管理机构在接到事故报告后，应以最快的速度组织应急救援工作，迅速封闭事故现场，禁止无关人员进入该区域，严禁任何人擅自移动和取走现场物件（紧急救援需要除外）。

二、对可能受到超剂量照射的人员，尽快安排其接受检查和救治，并在第一时间将事故情况通报当地生态环境部门、卫生健康行政部门等主管部门。

三、迅速查明和分析发生事故的原因，制订事故处理方案，组织专业技术人员，尽快排除故障。

四、事故的善后处理，总结事故原因，吸取教训，采取补救措施。

对于在公司定期监测或委托监测时发现异常情况时，应根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《江苏省辐射污染防治条例》等要求，在1小时之内向所在地生态环境和公安部门报告，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。在发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门和公安部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，同时向当地卫生健康行政部门报告。

永大化工机械（如东）有限公司拟制定《辐射事件应急处理预案》，该预案应包括成立辐射事故应急处理领导小组、应急预案领导小组的职责、放射性事故应急处理的

责任划分、放射性事故应急处理程序和放射性事故的调查等内容。由辐射事故应急处理领导小组组织辐射工作人员，定期（1次/年）开展应急培训演练，在物资、通讯、技术、人员、经费等准备方面均应加以落实。

表 13 结论与建议

结论

一、项目概况

永大化工机械（如东）有限公司厂区位于江苏省如东洋口港经济开发区临港工业区二期。根据公司生产发展需求，公司拟在厂区内特材厂房新建 1 座固定式 X、 γ 射线探伤房，并配备 1 台 ^{60}Co γ 射线探伤机、1 台 X 射线探伤机；拟在联合厂房新建 4 座固定式 X 射线探伤房，共配备 10 台 X 射线探伤机，用于开展公司产品的无损检测工作。

二、项目建设的必要性

本项目的建设，可对公司生产的产品开展无损检测工作，控制产品质量。

三、实践正当性

本项目的运行，具有良好的社会效益和经济效益，经辐射防护屏蔽和安全管理后，本项目的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，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）“实践的正当性”的原则。

四、选址合理性

永大化工机械（如东）有限公司厂区位于江苏省如东洋口港经济开发区临港工业区二期，厂区东侧为经九路，南侧为纬三路，西侧为经八路，北侧为中心河和中心路。

本次新建固定式 X、 γ 射线探伤房项目位于厂区特材厂房、联合厂房内。特材厂房为地上一层建筑，东侧为堆场，南侧隔厂区内道路为检测车间、倒班楼，西侧为经八路，北侧为中心河、中心路。联合厂房为地上一层建筑，东侧为经九路，南侧隔厂区内道路为综合楼，西侧为堆场，北侧为中心河、中心路。本项目 5 号探伤房位于特材厂房内，探伤房东侧为辅房、空压机房、卫生间，南侧为卷板区，西侧为特材及下料车间，北侧为室外道路；1~4 号探伤房位于联合厂房内，1 号、2 号探伤房位于下料成型车间北部呈东北向镜像分布，东侧为管材车间+小件车间，南侧为卷板区，西侧为过道，北侧为控制室、室外；3~4 号探伤房位于组对车间北部，东侧为下料成型车间，南侧为卷板区，西侧为探伤辅房，北侧为控制室、室外。5 座探伤房上方无建筑，下方为土层。

本次新建固定式 X、 γ 射线探伤房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《自然资源部 生态环境部 国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》（自然资发〔2022〕142 号）、《关于印发<生态环境分区管控管理暂行规定>的通知》（环环评〔2024〕41 号）和《关于进一步加强生态保护红线监督管理的通知》（苏自然资函〔2023〕880 号）要求，经江苏省生态环境厅江苏省生态环境分区管控综合服务系统查询，本项目所在地块位于江苏如东洋口港经济开发区二三期（不含如东产业园和纤维新材料产业园）重点管控单元（编码：ZH32062320316）内，不在南通市生态保护红线内，评价范围内均不涉及优先保护单元和一般管控单元。本项目为核技术利用项目，满足重点管控单元的管控要求。本项目的建设符合江苏省“三线一单”生态环境分区管控要求。

五、辐射环境现状评价

永大化工机械（如东）有限公司新建固定式 X、 γ 射线探伤房项目拟建址周围环境 γ 辐射剂量率为（46~64）nGy/h，位于江苏省原野 γ 辐射（空气吸收）剂量率本底水平（33.1~72.6）nGy/h 之间。

六、环境影响评价

本项目探伤房建设属于整个厂区基础建设的部分工程，土建部分已纳入主体项目建设，建设时主要工作为辐射防护工程施工与内饰装潢，公司在施工阶段采取污染防治措施，可将施工期的影响控制在内局部区域，对周围环境影响较小。

根据理论估算结果，永大化工机械（如东）有限公司新建固定式 X、 γ 射线探伤房项目在做好个人防护措施和安全措施的情况下，项目对辐射工作人员及周围的公众产生的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和本项目剂量约束值要求（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）。

七、“三废”的处理处置

本项目 γ 射线探伤机内 ^{60}Co 放射源退役后仍有较强的放射性， γ 射线探伤机退役时产生的 γ 探伤机屏蔽装置（贫铀罐）也具有一定的放射性，公司已承诺 γ 射线探伤机内 ^{60}Co 放射源及贫铀罐退役后，放射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。

本项目产生的废胶片、废显（定）影剂属于《国家危险废物名录》中编号为 HW16（900-019-16）的危险废物，第一、二次冲洗废水按危险废物进行管理处置，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 γ 射线探伤机及 X 射线探伤机在工作状态时，会使探伤室内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，少量臭氧和氮氧化物可通过通风系统排至室外，臭氧在常温下约 50 分钟可自行分解为氧气；工作人员产生的生活污水，将进入公司污水处理系统，处理达标后排入城市污水管网；工作人员产生的生活垃圾，分类收集后，将交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小。

八、主要污染源及拟采取的主要辐射安全防护措施

永大化工机械（如东）有限公司拟配备的 1 台 γ 射线探伤机内含 1 枚 ^{60}Co ，最大装源活度为 $3.70\text{E}+12\text{Bq}$ ；拟配备的 11 台 X 射线探伤机最大管电压为 360kV、最大管电流为 5mA，故本项目开展工业探伤期间，产生的 X 射线、 γ 射线为主要辐射环境污染因素。

本项目 5 座固定式 X、 γ 射线探伤房的工件门及人员门均拟设置安装门-机联锁装置；工件门外、人员门外和探伤室内部均拟设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与使用中的 γ 射线探伤机或 X 射线探伤机联锁；探伤室内拟安装摄像头，监视器设置在控制室处；工件门外、人员门外均拟设置电离辐射警告标志和中文警示说明；探伤室内、控制台上均拟设置紧急停机按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射；迷道内人员外门旁拟设置紧急开门装置；探伤室内配置固定式场所辐射探测报警装置，剂量监测探头拟安装在探伤室内，辐射探测报警装置的显示装置拟安装在控制室内。源库防护门上拟设置电离辐射警告标志，实行双人双锁管理；源库入口处拟安装红外线报警装置，并与 110 联网；放射源出入源库时均拟进行台帐登记并对源容器进行剂量监测，《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）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）的安全管理要求。

九、辐射安全管理评价

永大化工机械（如东）有限公司拟设立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，并以公司内部文件形式明确其管理职责。公司拟制定辐射安全管理制度，建议根据本报告的要求，对照《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》，建立符合公司实际情况的、完善可行的辐射安全管理制度，并在日常工作中落实。

永大化工机械（如东）有限公司需为本项目辐射工作人员配置个人剂量计，定期送有资质部门监测个人剂量，建立个人剂量档案；定期进行健康体检，建立个人职业健康监护档案。永大化工机械（如东）有限公司拟为本项目配备固定式场所辐射探测报警装置 5 套、辐射巡测仪 5 台和个人剂量报警仪 10 台。

综上所述，永大化工机械（如东）有限公司新建固定式 X、 γ 射线探伤房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，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，从环境保护角度论证，本项目的建设和运行是可行的。

建议和承诺

一、该项目运行中，应严格遵循操作规程，加强对操作人员的培训，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。

二、各项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。

三、定期进行辐射工作场所的检查及监测，及时排除事故隐患。

四、建设单位取得本项目环评批复后，应及时申领辐射安全许可证，按照法规要求开展竣工环境保护验收工作，环境保护设施的验收期限一般不超过 3 个月，最长不超过 12 个月。

辐射污染防治“三同时”措施一览表

项目	“三同时”措施	预期效果	
辐射安全管理机构	建立辐射安全与环境保护管理机构，或配备不少于 1 名大学本科以上学历人员从事辐射防护和环境保护管理工作。公司拟设立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职责。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》相关要求。	I
辐射安全和防护措施	屏蔽措施：本项目 5 座固定式 X、 γ 射线探伤房四侧墙体、顶部和工件门均采用混凝土、人员门采用铅板进行辐射防护，采用“U”型外迷道、“U”型埋地管道设计，详见表 10-1。	满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对职业人员和公众受照剂量限值要求和本项目剂量约束值要求。	II
	安全措施：固定式 X、 γ 射线探伤房的工件门及人员门均拟设置安装门-机联锁装置；工件门外、人员门外和探伤室内部均拟设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与使用中的 γ 射线探伤机或 X 射线探伤机联锁；探伤室内拟安装摄像头，监视器设置在控制室处；工件门外、人员门外均拟设置电离辐射警告标志和中文警示说明；探伤室内、控制台上均拟设置紧急停机按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射；迷道内人员外门旁拟设置紧急开门装置；探伤室内配置固定式场所辐射探测报警装置，剂量监测探头拟安装在探伤室内，辐射探测报警装置的显示装置拟安装在控制室内。源库防护门上拟设置电离辐射警告标志，实行双人双锁管理；源库入口处拟安装红外线报警装置，并与 110 联网；放射源出入源库时均拟进行台帐登记并对源容器进行剂量监测。	满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2002）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）的相关要求。	
人员配备	辐射安全管理人员和辐射工作人员均可通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规并考核，考核合格后上岗。	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》要求。	III
	辐射工作人员在上岗前佩戴个人剂量计，并定期送检（两次监测的时间间隔不应超过 3 个月），加强个人剂量监测，建立个人剂量档案。		
	辐射工作人员定期进行职业健康体检（不少于 1 次/2 年），并建立辐射工作人员职业健康档案。		

监测仪器和防护用品	拟配备固定式场所辐射探测报警装置 5 套。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》有关要求。	■
	拟配备辐射巡测仪 5 台。		
	拟配备个人剂量报警仪 10 台。		
辐射安全管理制度	制定操作规程、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、辐射事故应急措施等制度：根据环评要求，按照项目的实际情况，补充相关内容，建立完善、内容全面、具有可操作性的辐射安全规章制度。	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》有关要求。	■
总计	/	/	■

以上污染防治的措施必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见：	
经办人	公 章 年 月 日

审批意见	
经办人	公 章 年 月 日