

核技术利用建设项目

纽威精密锻造（溧阳）有限公司

扩建固定式 X、 γ 射线探伤项目

环境影响报告表

纽威精密锻造（溧阳）有限公司

2026 年 10 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

纽威精密锻造（溧阳）有限公司 扩建固定式 X、 γ 射线探伤项目 环境影响报告表

建设单位名称：纽威精密锻造（溧阳）有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：溧阳市竹箦镇竹节路 9 号

邮政编码：213353

联 系 人：

电子邮箱：

联系电话：

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）	- 7 -
表 6 评价依据	- 8 -
表 7 保护目标与评价标准	- 11 -
表 8 环境质量和辐射现状	- 14 -
表 9 项目工程分析与源项	- 18 -
表 10 辐射安全与防护	- 26 -
表 11 环境影响分析	- 36 -
表 12 辐射安全管理	- 65 -
表 13 结论与建议	- 70 -
表 14 审批	- 78 -

表 1 项目基本情况

建设项目名称		纽威精密锻造（溧阳）有限公司扩建固定式 X、γ射线探伤项目					
建设单位		纽威精密锻造（溧阳）有限公司					
法人代表		鲁良锋	联系人		联系电话		
注册地址		溧阳市竹箦镇竹节路 9 号					
项目建设地点		溧阳市竹箦镇竹节路 9 号三期南部					
立项审批部门		/		批准文号	/		
建设项目总投资（万元）			项目环保投资（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（m²）	
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 用放射性物质				
		☐ 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						
1 建设单位基本情况、项目建设规模及任务由来							
1.1 建设单位基本情况							
<p>纽威精密锻造（溧阳）有限公司成立于 2017 年 11 月 16 日，注册地位于溧阳市竹箦镇竹节路 9 号。公司经营范围包括锻件制品制造及加工、销售；阀门铸件制造、加工与销售；金属材料、金属零部件的销售；自营和代理各类商品及技术的进出口业务。目前纽威精密锻造（溧阳）有限公司一期和二期，已在竹箦镇工业集中区新建锻件制品生产项目和高端阀门制造项目，根据企业生产的需要，纽威精密锻造（溧阳）有限公司投资 40000 万元，新增面积 70866.67m²，进行三期铸钢项目的建设。公司《高端铸钢结构件生产项目》于 2025 年 8 月 8 日通过溧阳市政务服务管理办公室审批备案(见附件 7)，项目代码为 2508-320481-89-01-211876，备案证号：溧政务审备（2025）</p>							

1129 号，该项目已编制环境影响评价报告表，目前正在审批中。

1.2 项目建设规模及任务由来

本项目拟于三期厂区南部扩建 4 座探伤房（5#~8#探伤房），服务于三期项目 12000 吨铸钢件新增产能产品的探伤检测工作，探伤产品主要为碳钢、不锈钢、合金钢、双相钢、镍基合金等材料的高端阀门铸件和结构件。

本项目拟于 5#探伤房内配备 1 台 ^{192}Ir γ 射线探伤机、1 台 ^{60}Co γ 射线探伤机，拟于 6#探伤房内配备 1 台 ^{60}Co γ 射线探伤机，拟于 7#探伤房内配备 1 台 ^{60}Co γ 射线探伤机，拟于 8#探伤房内配备 1 台 ^{60}Co γ 射线探伤机及 1 台工业电子加速器。本项目拟配备的 γ 射线探伤机均集中储存于 5#探伤房曝光室南侧的源库内，探伤时根据需求从源库内领取相应 γ 射线探伤机至各探伤场所内使用，使用完成后需将 γ 射线探伤机及时归还至源库。

本项目共配备 1 台 ^{192}Ir γ 射线探伤机及 4 台 ^{60}Co γ 射线探伤机，额定活度均为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$ ，其中 ^{192}Ir γ 射线探伤机探伤工件最大尺寸为 $1.5\text{m}\times 1.0\text{m}\times 1.0\text{m}$ ，壁厚不超过 40mm， ^{60}Co γ 射线探伤机探伤工件最大尺寸为 $2.0\text{m}\times 1.6\text{m}\times 1.6\text{m}$ ，壁厚不超过 150mm。

本项目共配备 1 台工业电子加速器，其 X 射线能量最大为 6MV，探伤工件最大尺寸为 $2.5\text{m}\times 2.0\text{m}\times 2.0\text{m}$ ，壁厚不超过 280mm。

纽威精密锻造（溧阳）有限公司现有 11 名辐射工作人员及 1 名辐射防护负责人，拟为本项目新增 10 名辐射工作人员，5#~8#探伤房各配备 2 名辐射工作人员，源库配备 2 名专职管理人员。本项目 5#~8#探伤房周开机曝光时间均约为 16 小时，年开机曝光时间均约为 800 小时。

纽威精密锻造（溧阳）有限公司核技术应用项目情况一览表见表 1-1：

表 1-1 纽威精密锻造（溧阳）有限公司核技术应用情况一览表

放射源							
序号	核素名称	枚数	单枚活度 Bq	放射源类别	工作场所名称	活动种类	备注
1	^{192}Ir	1	3.7×10^{12}	II 类	5#探伤房	使用	拟购，P 类探伤机
2	^{60}Co	1	3.7×10^{12}	II 类		使用	拟购，M 类探伤机
3	^{60}Co	1	3.7×10^{12}	II 类	6#探伤房	使用	拟购，M 类探伤机
4	^{60}Co	1	3.7×10^{12}	II 类	7#探伤房	使用	拟购，M 类探伤机

5	^{60}Co	1	3.7×10^{12}	II 类	8#探伤房	使用	拟购, M 类探伤机
射线装置							
序号	射线装置名称型号	数量	参数	装置类别	工作场所名称	活动种类	备注
1	工业电子加速器 (型号未定)	1	X 射线能量: 6MV 1m 处 X 射线剂量率: 1000cGy/min	II 类	8#探伤房	使用	拟购

根据《中华人民共和国生态环境法典》《建设项目环境保护管理条例》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《建设项目环境影响评价分类管理名录》等法律法规的规定, 本项目使用 II 类射线装置及 II 类放射源, 应当编制环境影响报告表。受纽威精密锻造 (溧阳) 有限公司委托, 江苏玖清玖蓝环保科技有限公司承担该项目的环境影响评价工作。我公司通过资料调研、现场监测和评价分析, 编制该项目环境影响报告表。

2 项目周边保护目标及项目选址情况

纽威精密锻造 (溧阳) 有限公司位于溧阳市竹箴镇竹节路 9 号, 公司地理位置见附图 1。公司厂区自北向南依次为一期、二期、三期, 公司厂区东侧为竹韵路, 南侧为规划道路、绿化及河流, 西侧为竹安南路, 北侧为竹节路。公司厂区平面布局及周围环境见附图 2。

本项目 5#~8#探伤房拟建于公司三期厂区南部, 4 座探伤房相邻而建, 自西向东依次为 5#~8#探伤房, 源库拟建于 5#探伤房曝光室南侧。本项目拟建址东侧为厂内道路及三期 1#厂房, 南侧为厂内道路、规划道路及绿化, 西侧为厂内道路, 北侧为厂内道路及三期 2#厂房, 楼上楼下均无建筑。三期厂区平面布局图见附图 3。

根据本项目特点, 结合《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) 的相关规定, 确定以本项目 5#~8#探伤房及源库拟建址周围 50m 的范围作为评价范围。根据现场调查分析及附图 2 可知, 本项目拟建址周围 50m 评价范围内无居民区、学校等敏感点。因此, 本项目保护目标主要为辐射工作人员、厂区内其他工作人员以及评价范围内其他公众人员等。

3 建设单位已有核技术利用项目许可情况

纽威精密锻造 (溧阳) 有限公司已取得江苏省生态环境厅颁发的辐射安全许可证 (苏环辐证[01378], 见附件 8), 有效期至 2030 年 8 月 26 日, 许可范围为: 使用 II

类放射源、使用 II 类射线装置。公司许可使用 6 台 ^{192}Ir γ 射线探伤机及 4 台 X 射线探伤机，目前已购置在用 4 台 ^{192}Ir γ 射线探伤机，未购置 X 射线探伤机，现建有 4 座探伤房（1#~4#）。公司现有核技术应用项目已履行环保手续，环评批复及竣工环保验收意见复印件见附件 9。公司现有核技术应用项目见表 1-2。

表 1-2 公司现有核技术利用项目清单

序号	核素名称	枚数	单枚活度 Bq	放射源类别	工作场所名称	活动种类	环评及审批时间	环保验收、许可情况
1	^{192}Ir	1	3.7×10^{12}	II 类	1#探伤房	使用	苏环辐（表）审（2019）20 号	已许可 已验收 2022 年 5 月
2	^{192}Ir	1	3.7×10^{12}	II 类	2#探伤房	使用		
3	^{192}Ir	1	3.7×10^{12}	II 类	3#探伤房	使用		
4	^{192}Ir	1	3.7×10^{12}	II 类	4#探伤房	使用		

4 实践正当性分析

本项目在运行期间将会产生电离辐射，有可能会增加 4 座探伤房及源库拟建址周围的辐射水平，但采取各种屏蔽措施和管理措施后可得到有效控制，其对周围环境的辐射影响能够满足标准要求。本项目的建设将满足企业的生产需求和提高产品质量，创造更大的经济效益和社会效益，在落实辐射安全与防护管理措施后，其带来的效益远大于可能对环境造成的影响，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（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	¹⁹² Ir	3.7×10 ¹² ×1	Ⅱ类	使用	无损检测	5#探伤房	拟贮存于 5#探伤房曝光室南侧源库内，放射源随源容器存放	拟购 (P类探伤机)
2	⁶⁰ Co	3.7×10 ¹² ×1	Ⅱ类	使用	无损检测			拟购 (M类探伤机)
3	⁶⁰ Co	3.7×10 ¹² ×1	Ⅱ类	使用	无损检测	6#探伤房		拟购 (M类探伤机)
4	⁶⁰ Co	3.7×10 ¹² ×1	Ⅱ类	使用	无损检测	7#探伤房		拟购 (M类探伤机)
5	⁶⁰ Co	3.7×10 ¹² ×1	Ⅱ类	使用	无损检测	8#探伤房		拟购 (M类探伤机)
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

表 3 非密封放射性物质

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

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

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
1	工业电子加速器	II 类	1	型号未定	电子	X 射线能量： 6MV	1m 处 X 射线剂量率： 1000cGy/min	无损检测	8#探伤房	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
退役的放射源	固态	^{60}Co 、 ^{192}Ir	^{60}Co 通常使用 10 年退役， ^{192}Ir 通常使用 2 个半衰期退役，退役时 ^{60}Co 源强约 $1.0 \times 10^{12}\text{Bq}$ ， ^{192}Ir 源强约 $9.25 \times 10^{11}\text{Bq}$	/	/	/	退回厂家回收前暂存于源库内	由放射源生产厂家回收处置
退役 γ 探伤机屏蔽装置（贫铀罐）	固态	/	通常使用 10 年后退役	/	/	/	退回厂家回收前暂存于源库内	由 γ 射线探伤机生产厂家回收处置
显影、定影废液	液态	/	/	约 250kg	约 3000kg	/	集中收集后暂存于公司危废库内	集中收贮后交由苏州市和源环保科技有限公司处理
胶片冲洗废水		/	/	约 350kg	约 4200kg	/	排入厂内废水处理设施	依托厂内废水处理设施，处理后回用于冷却塔补水，不外排
废胶片	固态	/	/	约 25kg	约 300kg	/	集中收集后暂存于公司危废库内	集中收贮后交由苏州市和源环保科技有限公司处理处置
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/	不暂存	通过通风系统排入外环境，臭氧常温下 50min 可自行分解为氧气，对环境影响较小

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

表 6 评价依据

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国生态环境法典》，2026 年 3 月 12 日第十四届全国人民代表大会第四次会议通过，自 2026 年 8 月 15 日起施行</p> <p>(2) 《建设项目环境保护管理条例》（2017 年修正版），国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日发布施行</p> <p>(3) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019 修订版），2005 年 9 月 14 日国务院令第 449 号发布，修订版于 2019 年 3 月 2 日国务院令第 709 号发布施行</p> <p>(4) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，中华人民共和国生态环境部令第 16 号公布，自 2021 年 1 月 1 日起施行</p> <p>(5) 《关于发布放射源分类办法的公告》，国家环境保护总局 2005 年第 62 号，2005 年 12 月 23 日</p> <p>(6) 《关于发布射线装置分类的公告》，环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年 第 66 号，2017 年 12 月 5 日起施行</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修正）生态环境部令第 20 号，2021 年 1 月 4 日起施行</p> <p>(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</p> <p>(9) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部令第 9 号，自 2019 年 11 月 1 日起施行</p> <p>(10) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》，国家环保总局，环发〔2006〕145 号，2006 年 9 月 26 日起施行</p> <p>(11) 《国家危险废物名录（2025 年版）》，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部令第 36 号公布，自 2025 年 1 月 1 日起施行</p> <p>(12) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，生态环境部公告 2019 年第 57 号，2020 年 1 月 1 日起施行</p> <p>(13) 《关于发布〈建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法〉配套文件的公告》，生态环境部公告 2019 年第 38 号，2019 年 11 月 1 日</p> <p>(14) 《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</p>
------	--

	<p>年第 39 号，2019 年 11 月 1 日</p> <p>（15）《江苏省辐射污染防治条例》（2026 年修正版），2026 年 7 月 31 日江苏省第十四届人民代表大会常务委员会第二十三次会议修正</p> <p>（16）《省政府关于印发江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》，苏政发〔2020〕49 号，2020 年 6 月 21 日</p> <p>（17）《省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》，苏政发〔2018〕74 号，2018 年 6 月 9 日</p> <p>（18）《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》，苏政发〔2020〕1 号，2020 年 1 月 8 日</p> <p>（19）《江苏省生态空间管控区域监督管理办法》，苏政发〔2021〕20 号，2021 年 3 月 26 日</p> <p>（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 11 月 9 日</p> <p>（21）《江苏省自然资源厅关于溧阳市 2023 年度生态空间管控区域调整方案的复函》，苏自然资函〔2023〕191 号，2023 年 3 月 28 日</p> <p>（22）《江苏省自然资源厅关于常州市生态空间管控区域评估优化成果的复函》，苏自然资函〔2026〕391 号，2026 年 5 月 27 日</p>
技术标准	<p>（1）《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）</p> <p>（2）《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）</p> <p>（3）《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022）</p> <p>（4）《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）</p> <p>（5）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）</p> <p>（6）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）</p> <p>（7）《无损检测用电子直线加速器工程通用规范》（GB/T 30371-2013）</p> <p>（8）《粒子加速器辐射安全与防护规定》（GB 5172-2025）</p> <p>（9）《无损检测用电子直线加速器》（GB/T 20129-2015）</p> <p>（10）参考《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）</p> <p>（11）参考《电子直线加速器工业 CT 辐射安全技术规范》（HJ 785-2016）</p> <p>（12）《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）</p> <p>（13）《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及修改单</p>

	<p>(14) 《γ射线探伤机》(GB/T 14058 -2023)</p> <p>(15) 《密封放射源及密封γ放射源容器的放射卫生防护标准》(GBZ 114-2006)</p> <p>(16) 《危险废物贮存污染控制标准》(GB 18597-2023)</p> <p>(17) 《剧毒化学品、放射源存放场所治安防范要求》(GA 1002-2012)</p>
其他	<p>与本项目相关附件:</p> <p>(1) 项目委托书(附件 1)</p> <p>(2) 放射源使用承诺书(附件 2)</p> <p>(3) 射线装置使用承诺书(附件 3)</p> <p>(4) 废源及废贫铀罐退役承诺书(附件 4)</p> <p>(5) 洗片废液及废胶片安全处置承诺书(附件 5)</p> <p>(6) 辐射屏蔽防护设计说明(附件 6)</p> <p>(7) 《高端铸钢结构件生产项目》备案证(附件 7)</p> <p>(8) 辐射安全许可证复印件(附件 8)</p> <p>(9) 环评批复及竣工环保验收意见复印件(附件 9)</p> <p>(10) 辐射环境现状检测报告复印件(附件 10)</p> <p>(11) 危险废物处置合同复印件(附件 11)</p> <p>(12) 年度环保检测报告复印件(附件 12)</p> <p>(13) 个人剂量监测报告复印件(附件 13)</p> <p>(14) 辐射工作人员考核证书复印件(附件 14)</p>

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

根据本项目的特点，结合《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的相关规定：“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围”，确定以本项目 5#~8#探伤房曝光室及源库实体边界外 50m 的范围（保守扩大至 4 座探伤房及源库边界外 50m 范围）作为评价范围。

保护目标

本项目评价范围内不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区。对照《省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》（苏政发〔2018〕74 号）、《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）、《江苏省自然资源厅关于溧阳市 2023 年度生态空间管控区域调整方案的复函》（苏自然资函〔2023〕191 号）及《江苏省自然资源厅关于常州市生态空间管控区域评估优化成果的复函》（苏自然资函〔2026〕391 号），本项目评价范围不涉及江苏省国家级生态保护红线、江苏省、常州市及溧阳市生态空间管控区域。

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。

本项目 50m 评价范围内无居民区、学校等环境敏感目标，本项目辐射环境保护目标主要为辐射工作人员、厂区内其他工作人员以及评价范围内其他公众人员等。

表 7-1 本项目评价范围内保护目标情况一览表

保护目标名称	保护目标位置	方位	最近距离	规模	环境保护要求
辐射工作人员	操作室等辅房	南侧	紧邻	10 人	职业人员年剂量约束值 5mSv/a
公众	厂内道路	东侧	紧邻	流动人员	公众人员年剂量约束值 0.1mSv/a
	三期 1#厂房		约 17m	约 20 人	
	厂内道路	南侧	紧邻	流动人员	
	规划道路及绿化		约 11m	流动人员	
	厂内道路	西侧	紧邻	流动人员	
	厂内道路	北侧	紧邻	流动人员	
	三期 2#厂房		约 13m	约 30 人	

评价标准

1 剂量限值

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

表 7-2 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

/	剂量限值
职业照射 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 剂量约束值

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

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

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

3 辐射剂量率控制水平

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）

5.2.3.3 放射源贮存设施应达到如下要求：

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。

6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：

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

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

6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：

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

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

确定本项目关注点剂量率参考控制水平:

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

(2) 本项目各曝光室墙和入口门外 30cm 处最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5 μ Sv/h。

(3) 本项目曝光室旁邻近建筑物不在自辐射源点到各曝光室顶内表面边缘所张立体角区域, 各曝光室顶部人员不可达, 顶部外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平不大于 100 μ Sv/h。

(4) 公众能接近的源库外表面 30cm 处最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5 μ Sv/h。

4 参考资料

(1) 《辐射防护导论》, 方杰主编。

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

表 7-3 江苏省环境天然 γ 辐射水平 (单位: nGy/h)

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

注: [1]测量值已扣除宇宙射线响应值。

[2]现状评价时, 参考测值范围进行评价。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

1 项目地理和场所位置

纽威精密锻造（溧阳）有限公司位于溧阳市竹箦镇竹节路 9 号，公司地理位置见附图 1。公司厂区自北向南依次为一期、二期、三期，公司厂区东侧为竹韵路，南侧为规划道路、绿化及河流，西侧为竹安南路，北侧为竹节路。公司厂区平面布局及周围环境见附图 2。

本项目 5#~8#探伤房拟建于公司三期厂区南部，4 座探伤房相邻而建，自西向东依次为 5#~8#探伤房，源库拟建于 5#探伤房曝光室南侧。本项目拟建址东侧为厂内道路及三期 1#厂房，南侧为厂内道路、规划道路及绿化，西侧为厂内道路，北侧为厂内道路及三期 2#厂房，楼上楼下均无建筑。三期厂区平面布局图见附图 3。

本项目 5#~8#探伤房及源库拟建址周围 50m 评价范围内无居民区、学校等敏感点，因此本项目保护目标主要为辐射工作人员、厂区内其他工作人员以及评价范围内其他公众等。本项目拟建址周围环境现状图见图 8-1。



拟建址东侧



拟建址南侧



拟建址西侧



拟建址北侧



拟建址处

图 8-1 本项目拟建址及周围环境现状照片

2 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

环境现状评价的对象：本项目 5#~8#探伤房及源库拟建址周围辐射环境

检测因子： γ 辐射空气吸收剂量率

检测点位：在本项目 5#~8#探伤房及源库拟建址周围进行布点，共计布点 9 个

3 检测方案、质量保证措施及检测结果

3.1 检测方案

检测单位：江苏玖清玖蓝环保科技有限公司

检测仪器：X、 γ 辐射空气比释动能率仪（型号 BG9512PG03）（设备编号：J2825，检定有效期：2025.8.13~2026.8.12，检测范围：10nGy/h~200 μ Gy/h，能量响应：25keV~3MeV）

检测项目： γ 辐射空气吸收剂量率

检测布点：在 4 座探伤房及源库拟建址周围进行布点，具体点位见图 8-2

检测时间：2026 年 6 月 8 日

天气：阴

温度：22.5℃

湿度：53.5%RH

检测方法：《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）

数据记录及处理：每个点位读取 10 个数据，读取间隔不小于 10s，并待计数稳定后读取数值。每组数据计算每个点位的平均值并计算方差

3.2 质量保证措施

检测单位：江苏玖清玖蓝环保科技有限公司，该公司已通过检验检测机构资质认

定

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

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

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

3.3 检测结果

评价方法：对照江苏省环境天然 γ 辐射水平调查结果进行评价，监测结果见表 8-1，详细检测结果见附件 10。

表 8-1 本项目辐射工作场所拟建址周围环境 γ 辐射水平



注：测量数据已扣除仪器宇宙响应值，建筑物对宇宙射线屏蔽修正因子原野取 1。



图 8-2 5#~8#探伤房及源库拟建址周围环境 γ 辐射空气吸收剂量率检测点位示意图

4 环境现状调查结果评价

从现场监测结果可知，本项目 5#~8#探伤房及源库拟建址及周围环境扣除仪器宇宙射线响应值后的原野 γ 辐射水平为（54~57）nGy/h，根据《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》（辐射防护 第 13 卷第 2 期，1993 年 3 月），江苏省扣除仪器宇宙射线响应值后的原野 γ 辐射水平为（33.1~72.6）nGy/h，本项目 5#~8#探伤房及源库拟建址周围监测点位 γ 辐射水平处于江苏省环境天然 γ 辐射水平室外原野测值范围内，属于正常辐射水平。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

1 工程设备

纽威精密锻造（溧阳）有限公司拟于三期厂区南部扩建 4 座探伤房（5#~8#探伤房），服务于三期项目 12000 吨铸钢件新增产能产品的探伤检测工作，探伤产品主要为碳钢、不锈钢、合金钢、双相钢、镍基合金等材料的高端阀门铸件和结构件。

本项目拟于 5#探伤房内配备 1 台 ^{192}Ir γ 射线探伤机、1 台 ^{60}Co γ 射线探伤机，拟于 6#探伤房内配备 1 台 ^{60}Co γ 射线探伤机，拟于 7#探伤房内配备 1 台 ^{60}Co γ 射线探伤机，拟于 8#探伤房内配备 1 台 ^{60}Co γ 射线探伤机及 1 台工业电子加速器。

本项目拟配备的 γ 射线探伤机均集中储存于 5#探伤房曝光室南侧的源库内，探伤时根据需求从源库内领取相应 γ 射线探伤机至各探伤场所内使用，使用完成后需将 γ 射线探伤机及时归还至源库。

本项目共配备 1 台 ^{192}Ir γ 射线探伤机及 4 台 ^{60}Co γ 射线探伤机，额定活度均为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$ ，其中 ^{192}Ir γ 射线探伤机探伤工件最大尺寸为 $1.5\text{m}\times 1.0\text{m}\times 1.0\text{m}$ ，壁厚不超过 40mm， ^{60}Co γ 射线探伤机探伤工件最大尺寸为 $2.0\text{m}\times 1.6\text{m}\times 1.6\text{m}$ ，壁厚不超过 150mm。

本项目共配备 1 台工业电子加速器，其 X 射线能量最大为 6MV，探伤工件最大尺寸为 $2.5\text{m}\times 2.0\text{m}\times 2.0\text{m}$ ，壁厚不超过 280mm。

1.1 γ 射线探伤机

本项目 γ 射线探伤机源容器是 ^{192}Ir 、 ^{60}Co 放射源的储存装置，内装约 20kg 的贫铀作为屏蔽材料，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。本项目 γ 射线探伤机采用电动遥控装置控制探伤机出源。典型的 γ 探伤设备外观见图 9-1，内部结构示意图见图 9-2。

图 9-1 γ 射线探伤机实物图

图 9-2 γ 射线探伤机结构示意图

1.2 工业电子加速器

根据检测需求，本项目拟配备 1 台工业电子加速器，在设备选型及具体厂家确定之前，拟对设备供应商提出如下限定条件：工业电子加速器 X 射线能量为 6MV，1m 处 X 射线最大剂量率为 1000cGy/min。加速器在水平方向不可旋转，竖直方向的旋转角度为-90°~0°，出束口距离地面为 0.8m~4.3m；工业电子加速器通过轨道可在东西、南北方向 2.55m×4.5m 范围内前后左右移动。加速器出束口距东、南、西、

北侧墙体最小距离为 2.65m、2.0m、4.8m、2.0m。工业电子加速器出束口射线角度为 30°，主射线范围朝西墙及地面照射。

工业电子加速器系统主要由控制台、调制器柜、水冷机组、加速器机头等组成，各组成设备示意图见图 9-3。

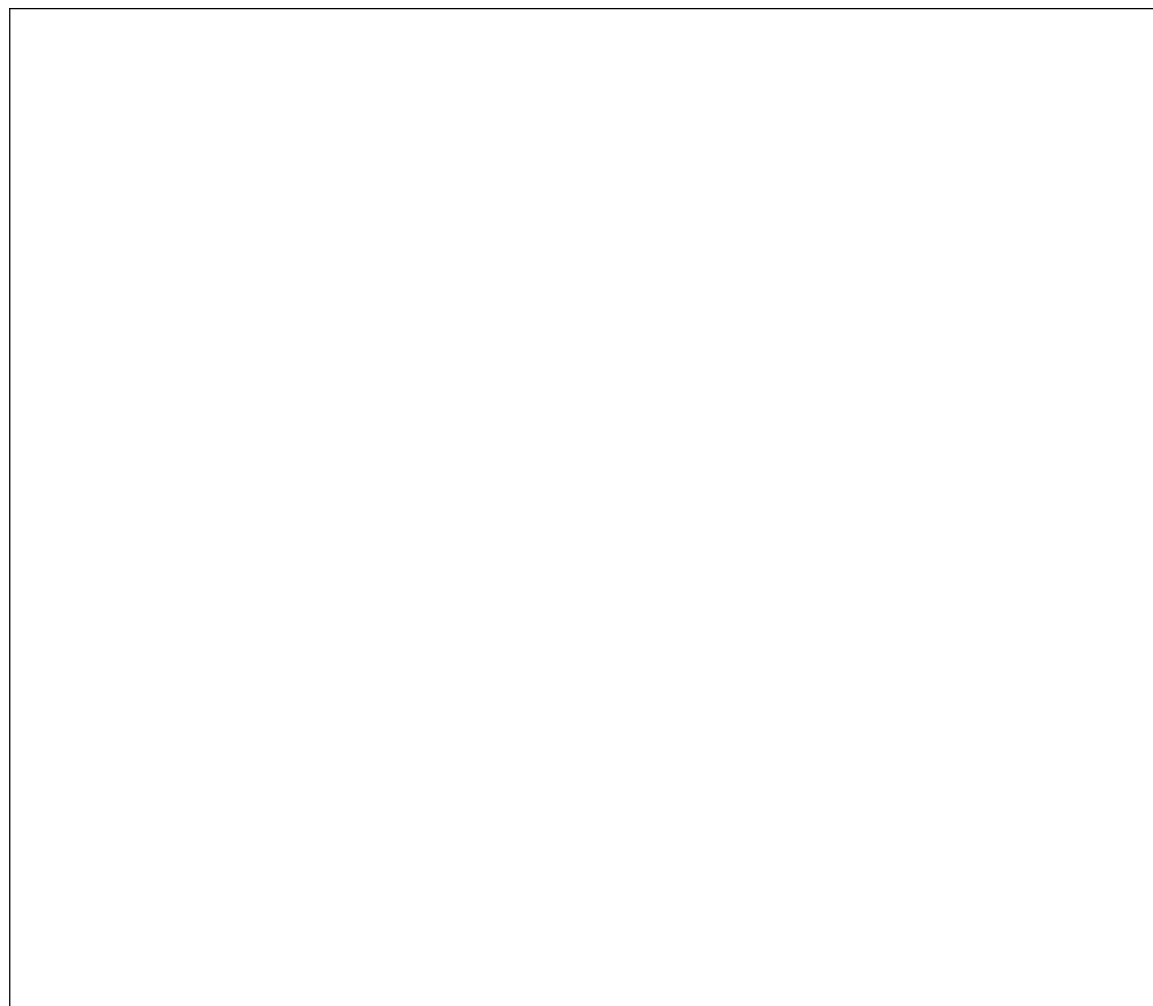


图 9-3 工业电子加速器系统组成设备示意图

2 工作原理

2.1 γ 射线探伤机工作原理

本项目 γ 射线探伤机未工作时放射源位于芯部的“S”形管道中央，以防射线的直通照射。工作时，用快速接头把输源管和源容器连起来，输源导管的另一端部构成照射头，用钥匙打开储源器的安全锁，再转动安全闸环到停止位置，使其指针对准红字“打开”处（即快门已开）；操作自控仪预置输源管距离、曝光时间，然后按下“启动”按钮，自控仪将自动完成“送源→曝光→收源”的检测照相过程。 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，由于被检工件内部结构密度不同，其对射线的阻挡能力也不一样，物质的密度越大，射线强度减弱越

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

2.2 工业电子加速器工作原理

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

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

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

2.3 无损检测原理

X、 γ 射线无损检测过程中，由于被检工件内部结构密度不同，其对射线的阻挡能力也不一样，物质的密度越大，射线强度减弱越大，底片感光量就小。当工件内部存在气孔、裂缝、夹渣等缺陷时，射线穿过有缺陷的路径比没有缺陷的路径所透过的物质密度要小得多，其强度减弱较小，即透过的射线强度较大，底片感光量较大，从而可以从底片曝光强度的差异判断焊接的质量、缺陷位置和被检样品内部的细微结构等。

3 本项目工业探伤工作流程

3.1 γ 射线固定探伤工作流程及产污环节

本项目 γ 射线探伤机探伤工作流程及产污环节分析示意图见图9-4。

图 9-4 固定式 γ 探伤工作流程及产污环节示意图

3.2 工业电子加速器探伤工作流程及产污环节

工业电子加速器探伤工作流程及产污环节见图9-5：

图 9-5 工业电子加速器探伤作业工作流程及产污环节示意图

4 工作人员配置及工作机制

公司现有 11 名辐射工作人员及 1 名辐射防护负责人，拟为本项目新增 10 名辐射工作人员。本项目运行后，每座曝光室各配备 2 名辐射工作人员，源库配备 2 名专职管理人员。本项目拟采取一班制工作制。本项目 5#~8#探伤房周开机曝光时间均约为 16 小时，年开机曝光时间均约为 800 小时。

5 原有工艺不足和改进情况分析

根据现场调查可知，公司已有的探伤项目工艺流程合理，已根据相应标准要求
在检测过程中采取安全防护措施。本项目扩建的 4 座探伤房，与已有项目工艺流程
一致，不存在工艺不足情况。

污染源分析

1 放射性污染源分析

1.1 γ射线探伤

本项目中 ¹⁹²Ir、⁶⁰Co 源为密封源，¹⁹²Ir、⁶⁰Co 核素特性见表 9-1。

表 9-1 放射性核素特性

--

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，其可能对曝光室外工作人员和公众产生一定外照射。另外，退役
的放射源也会对周围环境产生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 ¹⁹²Ir 及 ⁶⁰Co 放射源最大活度均为 100Ci（3.7×10¹²Bq），
¹⁹²Ir 通常在使用 2 个半衰期后退役，⁶⁰Co 通常使用 10 年后退役，退役时 ⁶⁰Co
源强约 1.0×10¹²Bq，¹⁹²Ir 源强约 9.25×10¹¹Bq。

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）。

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）表 2 及《γ射线探伤机》
（GB/T14058 -2023）中 4.1，¹⁹²Ir γ射线探伤机属于 P 类探伤机，⁶⁰Co γ射线探
伤机属于 M 类探伤机，源容器表面周围剂量当量率控制值见表 9-2。

表 9-2 γ射线探伤机源容器外表面一定距离处周围剂量当量率控制值

--

1.2 工业电子加速器

工业电子加速器在进行探伤时电子枪发射电子，高速运行的电子轰击钨靶时产
生韧致辐射，即 X 射线，本项目利用产生的 X 射线进行探伤，X 射线的贯穿能力

极强，会对曝光室周围环境造成辐射污染。因此，在工业电子加速器开机探伤期间，产生的 X 射线为项目主要的污染因素。本项目加速器型号尚未确定，拟需求的参数见表 9-3。

表 9-3 本项目拟配备的工业电子加速器特征参数表

--

2 非放射性污染源分析

2.1 固体废物

本项目γ射线探伤机及工业电子加速器均拟使用胶片成像，运行时会产生废显影液、废定影液及废胶片，属于《国家危险废物名录》中编号为 HW16（900-019-16）的危险废物，每月预计产生显影定影废液 250kg，每年预计产生显影定影废液 3000kg，每年预计产生废胶片 300kg。

本项目运行后工作人员还会产生一定量的生活垃圾。

2.2 废水

本项目洗片过程会产生胶片冲洗废水，胶片冲洗废水中含有重金属离子，拟依托厂内废水处理设施，处理后回用于冷却塔补水，不外排。每月预计产生胶片冲洗废水 350kg，每年预计产生胶片冲洗废水 4200kg。

本项目运行后工作人员还会产生一定量的生活污水。

2.3 废气

本项目 4 座探伤房内的γ射线探伤机及工业电子加速器在运行过程中，产生的 X、γ射线会使空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。

表 10 辐射安全与防护

<p>项目安全设施</p> <p>1 项目工作场所布局合理性分析</p> <p>本项目 5#~8#探伤房包括 5#~8#曝光室及辅房，曝光室均为一层结构，辅房为两层结构，5#曝光室南侧设有 1 座源库，源库为一层结构。辅房一层包括操作室 1~3、过道、裁片室、楼梯间、电井、晾片室、洗片室及电源室，辅房二层包括楼梯间、过道、评片室及资料室，5#~8#曝光室迷道上方及源库上方均为封闭空间，人员不可达。操作室 1 位于 5#曝光室南侧，操作室 2 位于 6#曝光室南侧，7#及 8#曝光室共用操作室 3，操作室 3 位于 7#及 8#曝光室南侧，8#曝光室内工业电子加速器主射线朝西墙照射，避开了操作室方向。本项目 5#~8#探伤房布局设计满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中关于操作室应避开有用线束照射的方向并应与曝光室分开的要求。本项目布局设计合理。</p> <p>本项目拟将 5#~8#探伤房曝光室作为本项目的辐射防护控制区（附图 4、附图 5 红色阴影部分），在各曝光室表面防护门表面明显位置设置电离辐射警告标志及中文警示说明，工作时任何人不得进入曝光室；拟将源库作为本项目的辐射防护控制区（附图 4 红色阴影部分），在源库防护门表面明显位置设置电离辐射警告标志及中文警示说明，无关人员不得进入源库。</p> <p>本项目拟将辅房一层操作室 1~3、过道、裁片室、楼梯间、电井、晾片室、洗片室及电源室，辅房二层楼梯间、过道、评片室及资料室作为辐射防护监督区（附图 4、附图 5 中黄色阴影部分），监督区入口处拟设立标明监督区的标牌，工作时无关人员不得进入。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》（GB18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定。</p> <p>2 辐射防护屏蔽设计</p> <p>本项目 5#~8#探伤房曝光室及源库的屏蔽防护设计见表 10-1，辐射屏蔽防护设计说明见附件 6，5#~8#探伤房及源库平面、剖面设计图见附图 7~附图 11。</p> <p>表 10-1 本项目 5#~8#探伤房曝光室及源库屏蔽设计参数一览表</p> <table><tr><td></td></tr></table>	

--	--

3 辐射安全措施设计

为确保辐射安全，保障工业电子加速器及 γ 射线探伤机安全运行，公司拟根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）、《无损检测用电子直线加速器工程通用规范》（GB/T 30371-2013）、《粒子加速器辐射安全与防护规定》（GB 5172-2025）、《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）设计相应的辐射安全装置和保护措施。本项目 5#~8#探伤房曝光室内每次探伤仅开启 1 台探伤装置。

3.1 辐射防护措施

3.1.1 5#~8#探伤房辐射安全措施

（1）安装门机联锁装置。本项目 5#~7#探伤房曝光室的工件门及人员门均拟设计安装门机联锁装置，即使用中的 γ 射线探伤机与防护门联锁。

本项目 8#探伤房曝光室的工件门及人员门均拟设计安装门机联锁装置，即使用中的工业电子加速器或 γ 射线探伤机与防护门联锁。

本项目 4 座探伤房门机联锁装置的设置均能方便曝光室内部的人员在紧急情况下离开曝光室。在探伤过程中，4 座探伤房的工件门或人员门被意外打开时，对应曝光室内工业电子加速器能立刻停止出束， γ 射线探伤机能自动回源，关上门不能自动开始照射。

（2）安装指示灯和声音提示装置。5#~7#探伤房曝光室工件门口、人员门口和内部均设有显示“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 射线探伤机联锁。拟在醒目的位置处设置对“照射”和“预备”信号意义的说明。

8#探伤房曝光室工件门口、人员门口和内部均设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与使用中的工业电子加速器或 γ 射线探伤机联锁。拟在醒目的位置处设置对“照射”和“预备”信号意义的说明。

4 座探伤房拟设置的“预备”信号能持续足够长的时间，以确保 4 座探伤房曝光室内

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

（3）安装监视装置。拟在 5#~8#探伤房曝光室内各设计安装 2 个摄像头，在曝光室迷道内各设计安装 2 个摄像头，在曝光室工件门及人员门外各设置 1 个摄像头，在对应操作室内拟设有专用的监视器，可监视各探伤房曝光室内、迷道内、工件门外、人员门外人员的活动和探伤设备的运行情况。

（4）设置警告标志。拟在 5#~8#探伤房曝光室工件门及人员门上设置符合标准要求的电离辐射警告标志和中文警示说明，提醒无关人员勿在其附近出入和逗留。

（5）安装急停按钮。拟在 5#~7#探伤房曝光室东墙及西墙上各设置 2 个急停按钮，在南墙及北墙上各设置 1 个急停按钮，在迷道内各设置 1 个急停按钮，在对应操作室的操作台上各设置 1 个急停按钮。

拟在 8#探伤房曝光室东墙及西墙上各设置 2 个急停按钮，在南墙及北墙上各设置 1 个急停按钮，在 8#探伤房迷道内设置 1 个急停按钮，在操作室 3 内 8#曝光室对应 γ 射线探伤机操作台及加速器控制台上各设置 1 个急停按钮。

本项目 4 座探伤房内急停按钮的设置能够使人员在探伤房曝光室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。急停按钮拟设置标签，标明使用方法。

（6）设置开门开关。拟在 5#~8#探伤房曝光室工件门内侧及人员门内侧墙体各设置 1 个开门开关，确保发生意外状况时，人员能够及时离开曝光室。

（7）安装固定式场所辐射探测报警装置。本项目 5#~8#探伤房固定式场所辐射探测报警装置的剂量探头拟安装在各曝光室内南墙上，辐射探测报警装置的显示装置拟安装在对应操作室内，辐射探测报警装置拟与各曝光室工件门及人员门联锁。

（8）设置钥匙开关。拟在 5#~7#探伤房对应的操作台处设计钥匙开关，只有在打开钥匙开关后，对应曝光室内 γ 射线探伤机才能出源，钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出。

拟在 8#探伤房对应 γ 射线探伤机操作台及加速器控制台上各设置 1 个钥匙开关，只有在对应钥匙开关闭合条件下，加速器才能出束， γ 射线探伤机才能出源。

（9）设置无人确认按钮。拟在 5#~8#探伤房迷道内侧设置无人确认按钮，辐射工作人员清场确认无人后，按下无人确认按钮，从迷道离开曝光室并关闭人员门。无人

确认按钮均与对应曝光室人员门联锁，只有当无人确认按钮按下时，对应曝光室人员门才能关闭。

（10）为确保各探伤房曝光室内每次仅开启 1 台探伤装置，公司拟在 4 座探伤房的电力控制箱内设置功率控制装置，若多台探伤装置同时开启，功率控制装置会立即自动切断电源，工业电子加速器停止出束， γ 射线探伤机自动回源。

在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全措施能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中关于辐射安全系统、安全设施要求。

本项目探伤房辐射安全与防护措施分布见附图 6。联锁逻辑图见图 10-1。

图 10-1 本项目安全联锁逻辑示意图

3.1.2 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。

（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）拟配备 2 名辐射工作人员专职负责源库的保管工作，源库实行双人双锁管理，钥匙授权专门的人员保管。

（4）源库内及防护门外拟各设置 1 个摄像头，监控显示器安装在公司 24h 值班室内，供 24h 值班人员巡视和监控。

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

（6）定期检查物品清单，确认探伤源、源容器和控制源的存放地点。建立放射源出入库台账，放射源进、出暂存库均进行登记，对 γ 探伤机表面进行辐射监测，并记录监测结果。进出台账与监测结果存档。

3.1.3 关于 γ 探伤的其他安全措施要求

2007 年，针对 γ 射线探伤，原国家环保总局发布环发〔2007〕8 号文：《关于印

发〈关于 γ 射线探伤装置的辐射安全要求〉的通知》。本项目对照《关于印发〈关于 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 γ 射线探伤的相关要求评价如表 10-2。

表 10-2 本项目 γ 射线探伤辐射安全工作与环发〔2007〕8号对照情况一览表

--

3.2 操作防护措施

(1) 辐射工作人员在开展检测工作前拟按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ

117-2022)中 5.1.2 及 5.2.1.2 要求对本项目 5#~8#探伤房进行检查,重点检查安全联锁、报警设备和警示灯、固定辐射检测仪等是否运行正常。

(2) 辐射工作人员在进入 5#~8#探伤房曝光室时,除佩戴常规个人剂量计外,还拟携带个人剂量报警仪和便携式 X- γ 剂量率仪。当剂量率达到设定的报警阈值报警时,辐射工作人员立即退出曝光室,同时防止其他人进入曝光室,并立即向辐射防护负责人报告。

(3) 辐射工作人员拟定期测量 5#~8#探伤房曝光室外周围区域的剂量率水平,包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时,立即终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。

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

(6) 辐射工作人员在领用及归还 γ 射线探伤机时,均拟通过手推车进行运输,以增加辐射工作人员与探伤机距离并减少探伤机运输时间。

3.3 探伤设施的退役

当工业电子加速器或 γ 射线探伤机不再使用时,应实施退役程序。

(1) 本项目 γ 射线探伤机内 ^{192}Ir 及 ^{60}Co 密封源退役后仍有较强的放射性,公司已承诺 γ 射线探伤机内 ^{192}Ir 及 ^{60}Co 密封源退役后,废源将由原生产厂家回收。放射源购买及报废手续遵照相应审管部门的具体规定,相关文件记录归档保存。

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

(3) 当所有辐射源从现场移走后,公司拟按监管机构要求办理相关手续。

(4) 公司计划将工业电子加速器的加速管及电子枪拆除,由原生产厂家回收。

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

(6) 公司计划清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

在落实以上辐射安全措施后,本项目辐射安全措施能够满足相关辐射安全要求。

三废治理

1 放射性三废

本项目运行过程中没有放射性废水、废气产生。

本项目 γ 射线探伤机内 ^{192}Ir 及 ^{60}Co 密封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 ^{192}Ir 、 ^{60}Co 密封源及贫铀罐退役后，废源及贫铀罐将由原生产厂家回收，承诺书详见附件 4，此举符合生态环境部门的相关管理要求。企业辐射工作人员不进行换源操作，放射源退役时换源由放射源厂家工作人员进行。

2 非放射性三废

公司拟将探伤作业时产生的废显影液、废定影液及废胶片暂存于危废库内（厂区中部，见附图 2）。公司已建的危废库为独立场所，危废库门外设置有危险废物警告标志及危险废物信息公开栏，整个危废库按照“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，危废库门上张贴有环保标识牌，明确危险废物种类。

公司已按照《江苏省危险废物集中收集体系建设方案（试行）》（苏环办〔2021〕290 号）和江苏省固体废物管理信息系统等管理规定，制定危险废物管理计划、建立危险废物管理台账，在全生命周期系统中实时申报危险废物的产生、贮存、转移等相关信息，在系统中打印的危废标志标识按规范要求张贴，实施对危险废物的规范化管理。危废库由专人管理，危废单独收集和贮存。

2.1 固体废物

本项目 5#~8#探伤房运行后产生的废显影液、废定影液及废胶片属《国家危险废物名录（2025 年版）》中编号为 HW16 的危险废物。纽威精密锻造（溧阳）有限公司已与苏州市和源环保科技有限公司签订废胶片处理处置合同（见附件 11），探伤过程中产生的废显影液、废定影液及废胶片在收集后拟临时贮存于危废库内，定期交由苏州市和源环保科技有限公司处理处置。

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

2.2 废水

本项目洗片产生的胶片冲洗废水拟依托厂内废水处理设施，通过“废水收集+中和、除氟+絮凝沉淀+斜管沉淀+石英石过滤+中间水池+蒸发”处理后回用于冷却塔补水，不外排。

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

2.3 废气

本项目 5#~8#探伤房内的工业电子加速器及 γ 射线探伤机工作时产生的 X、 γ 射线可使空气电离从而产生少量臭氧和氮氧化物。

本项目 5#~7#探伤房曝光室内南侧拟各设置一个地下“U”型通风管道，直径均为 300mm，埋于地坪以下 1000mm；本项目 8#探伤房曝光室内南侧拟设置一个地下“U”型通风管道，直径为 400mm，埋于地坪以下 1000mm。源库西侧拟设置一个地下“U”型通风管道，直径为 100mm，埋于地坪以下 1000mm。

本项目 5#~8#探伤房曝光室内均拟设置机械通风装置，其中 5#~7#探伤房曝光室净体积均约为 514m³，曝光室内拟配备的排风装置通风量均约为 3000m³/h，5#~7#曝光室内每小时通风换气次数约为 5 次；8#探伤房曝光室净体积约为 860m³，曝光室内拟配备的排风装置通风量约为 4000m³/h，8#曝光室内每小时通风换气次数约为 4 次。源库拟设置机械通风装置，净体积约为 16m³，拟配备的排风装置通风量约为 100m³/h，源库每小时通风换气次数约为 6 次。

本项目 5#~8#探伤房曝光室内探伤过程中产生的少量臭氧和氮氧化物通过机械通风装置排放到室外，排风口位于辅房顶部，避开人员活动密集区，臭氧在常温下 50min 可以自行分解为氧气，对周围环境影响较小。本项目 5#~8#探伤房曝光室的通风均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中曝光室每小时有效通风换气次数不小于 3 次及排风管道外口避免朝向人员活动密集区的要求。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目 4 座探伤房及源库在建设过程中将产生施工噪声、扬尘和建筑垃圾污染，对环境会产生如下影响：

大气：本项目在建设施工期需进行的挖掘地基等作业，各种施工将产生地面扬尘，另外机械和运输车辆作业时排放废气和扬尘，但这些方面的影响仅局限在施工现场附近区域。针对上述大气污染采取以下措施：a.及时清扫施工场地，并保持施工场地一定的湿度；b.车辆在运输建筑材料时尽量采取遮盖、密闭措施，以减少沿途抛洒；c.施工路面保持清洁、湿润，减少地面扬尘。

噪声：整个建筑施工阶段，建筑设备在运行中将产生不同程度的噪声，对周围环境造成一定的影响。在施工时严格执行《建筑施工噪声排放标准》（GB 12523-2025），尽量使用噪声低的先进设备，同时严禁夜间进行强噪声作业，如因工艺特殊情况要求，需在夜间施工而产生环境噪声污染时，按照《中华人民共和国生态环境法典》的规定执行。

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

废水：项目施工期间，有一定量含有泥浆的建筑废水产生，对这些废水进行初级沉淀处理，用于施工场地泼洒或水泥砂浆的配制。

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

运行阶段对环境的影响

1 辐射环境影响分析

1.1 γ 射线探伤辐射环境影响分析

1.1.1 预测计算模式

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

$$\dot{K}_0 = \frac{A \cdot \Gamma_K \cdot B}{r^2} \quad (11-1)$$

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

A ---- 放射源活度，Bq；

Γ_K ---- 空气比释动能常数，通过查阅《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）表 A.1， ^{192}Ir 放射源的 $\Gamma_K=0.17\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/(\text{MBq} \cdot \text{h})$ ， ^{60}Co 放射源的

$\Gamma_K=0.35\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{MBq}\cdot\text{h})$;

r ----参考点到放射源的距离, m;

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

利用上述公式 (11-1) 计算有屏蔽体情况下参考点的周围剂量当量率 $\dot{K}_0$ 。

1.1.2 理论计算结果

1.1.2.1 5#~7#探伤房理论计算结果

本项目 5#探伤房拟配备 1 台 ^{192}Ir γ 射线探伤机、1 台 ^{60}Co γ 射线探伤机, 每次仅开启 1 台探伤机进行探伤; 6#探伤房内拟配备 1 台 ^{60}Co γ 射线探伤机, 7#探伤房内拟配备 1 台 ^{60}Co γ 射线探伤机。拟配备的 1 台 ^{192}Ir γ 射线探伤机及 3 台 ^{60}Co γ 射线探伤机额定装源活度均为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$ 。

由于 ^{60}Co 核素最大能量为 1.33MeV, 大于 ^{192}Ir 核素最大能量 0.612MeV, 因此本项目 5#探伤房辐射影响预测选取 1 台 ^{60}Co γ 射线探伤机, 额定装源活度为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$ 进行评价, 若 ^{60}Co γ 射线探伤机探伤时, 曝光室屏蔽设计能满足要求, 则可推断 ^{192}Ir γ 射线探伤机探伤时也能满足要求。

5#~7#探伤房内净尺寸一致, 且 6#、7#探伤房四周、顶部及防护门的屏蔽均不低于 5#探伤房四周、顶部及防护门的屏蔽, 因此当 5#探伤房内使用 1 台 ^{60}Co γ 射线探伤机预测结果满足要求时, 6#、7#探伤房的屏蔽也能满足要求。

根据 5#探伤房设计参数, 按公司探伤时实际工作情况, 5#探伤房内 γ 射线探伤机照射头距离各侧屏蔽墙的最近距离均为 1.5m, 距离地面的最大高度为 1m, 参考点距离各屏蔽墙、屋顶及防护门表面的距离均为 30cm。将相关参数代入公式 (11-1), 5#探伤房曝光室屏蔽墙外辐射防护水平理论计算结果见表 11-1。计算点位示意图见附图 7、附图 8。

表 11-1 5#探伤房曝光室 γ 射线探伤各侧墙体屏蔽计算

--

--	--

根据表 11-1 的计算结果，当 5#探伤房曝光室内开启 1 台活度为 $3.7\times10^{12}\text{Bq}$ 的 ^{60}Co γ 射线探伤机探伤时，曝光室各侧屏蔽墙体和工件门外最大辐射剂量率约为 $0.586\mu\text{Sv/h}$ ，顶部外最大辐射剂量率约为 $13.522\mu\text{Sv/h}$ ，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 及无人员到达的曝光室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平为 $100\mu\text{Sv/h}$ ”的管理目标要求。由此可推断出 6#、7#探伤房曝光室四周墙体、顶部墙体及工件门外 30cm 处的辐射剂量率也能够满足相关标准要求。

1.1.2.2 8#探伤房理论计算结果

本项目 8#探伤房拟配备 1 台 ^{60}Co γ 射线探伤机，额定装源活度为 $3.7\times10^{12}\text{Bq}$ 。

根据 8#探伤房设计参数，按公司探伤时实际工作情况，8#探伤房内 γ 射线探伤机照射头距离各侧屏蔽墙的最近距离均为 1.5m，距离地面的最大高度为 1m，参考点距离各屏蔽墙、屋顶及防护门表面的距离均为 30cm。将相关参数代入公式（11-1），8#探伤房曝光室屏蔽墙外辐射防护水平理论计算结果见表 11-2。计算示意图见附图 7、附图 8 及附图 11。

表 11-2 8#探伤房曝光室 γ 射线探伤各侧墙体屏蔽计算

--	--

根据表 11-2 的计算结果，当 8#探伤房曝光室内开启 1 台活度为 $3.7 \times 10^{12} \text{Bq}$ 的 ^{60}Co γ 射线探伤机探伤时，曝光室各侧屏蔽墙体和工件门外最大辐射剂量率约为 $0.015 \mu\text{Sv/h}$ ，顶部外最大辐射剂量率约为 $0.089 \mu\text{Sv/h}$ ，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 及无人员到达的曝光室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平为 $100 \mu\text{Sv/h}$ ”的管理目标要求。

1.1.3 γ 射线探伤天空反散射分析

本项目 5#~8#曝光室顶部人员均不可到达，但 γ 射线穿透曝光室顶后因大气散射返回地面，可能会造成曝光室周围出现较高的辐射水平，因此 5#~8#曝光室顶的屏蔽主要考虑穿透 γ 射线的天空反散射影响，天空反散射示意图见图 11-1。

图 11-1 天空反散射示意图

天空反散射辐射水平预测模式根据《辐射防护导论》P181 公式（6.1）推导得出，具体计算公式如下：

$$H_{L,h} = \eta_{r,s} \cdot D_{10} \cdot \Omega^{1.3} / (0.67 \cdot r_i^2 \cdot r_s^2) \quad \dots\dots\dots (11-2)$$

式中：0.67：单位换算系数；

$H_{L,h}$ ：参考点处相应的剂量当量率，Sv/h；

$\eta_{r,s}$ ：透射比；

r_i : 辐射源到屋顶上方 2m 处的距离 m;

r_s : 室外参考点到源的水平距离, 本项目探伤房周围 50m 内没有敏感点, r_s 通过公式 $r_s=b \cdot r_i / (r_i-c)$ 计算得到;

D_{10} : 离源上方 1m 处的吸收剂量指数率, $Gy \cdot m^2/min$, 本项目 $D_{10}=A\Gamma$ 。

Ω : 辐射源对屋顶张的立体角, 单位为球面度, sr。 $\Omega=4\text{tg}^{-1}(ab/cd)$, 其中 a 是屋顶长度之半, b 是屋顶宽度之半 (根据《辐射防护导论》第 182 页), c 是辐射源到屋顶表面中心的最小距离 (此处 a、b 的值按照曝光室顶部内表面长、宽的一半取值, c 取探伤机出束口离顶部最近时, 出束口到屋顶外表面的距离, 即加上屋顶墙体厚度); d 是源到屋顶边缘的距离, $d=(a^2+b^2+c^2)^{1/2}$ 。

表 11-3 天空反散射影响预测表

--

根据表 11-3 中预测结果, 5#~7#探伤房曝光室内开启 1 台活度为 $3.7 \times 10^{12} Bq$ 的 ^{60}Co γ 射线探伤机探伤时, 天空反散射剂量率均为 $0.001 \mu Sv/h$, 叠加表 11-1 四周最大辐射剂量率 $0.586 \mu Sv/h$ 后为 $0.587 \mu Sv/h$ 。

8#探伤房曝光室内开启 1 台活度为 $3.7 \times 10^{12} Bq$ 的 ^{60}Co γ 射线探伤机探伤时, 天空反散射剂量率小于 $0.001 \mu Sv/h$, 叠加表 11-2 四周最大辐射剂量率 $0.015 \mu Sv/h$ 后为 $0.015 \mu Sv/h$ 。

5#~8#探伤房曝光室均能够满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5 \mu Sv/h$ ”的要求。

1.1.4 γ 射线探伤迷道散射辐射影响分析

本项目 5#~8#探伤房曝光室均采用几字型迷道设计，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，5#~7#曝光室迷道外均拟安装 10mmPb+6mmFe 的人员门，8#曝光室迷道外拟安装 15mmPb+6mmFe 的人员门。 γ 射线探伤机摆放在各曝光室内探伤时，射线至少需经过 4 次散射才能到达迷道入口处，散射示意图见图 11-2，根据《辐射防护导论》第 189 页“实例证明，如果一个能使辐射至少散射三次以上的迷道，是能保证迷道口工作人员的安全”，可推断射线经过多次散射及人员门的屏蔽后，迷道入口外的辐射剂量率能够满足标准要求。

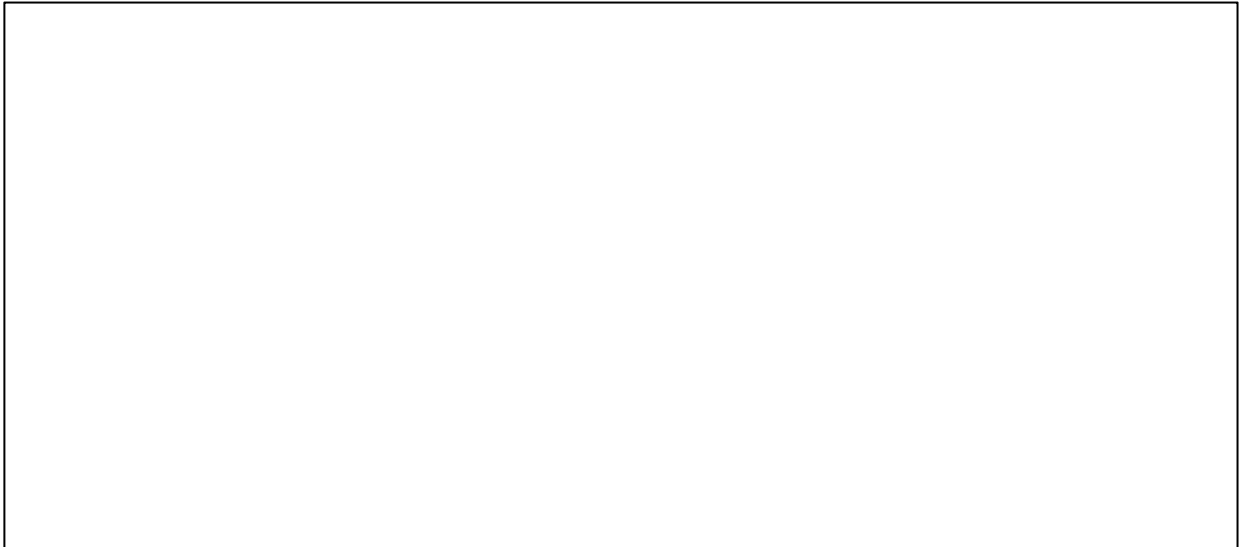


图 11-2 本项目 4 座探伤房迷道 γ 射线散射示意图

1.2 源库辐射影响预测

1.2.1 放射源屏蔽状态下辐射影响

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 处周围剂量当量率 $\dot{K}_1 \leq 0.5 \text{mSv/h}$ ，表面 1m 处周围剂量当量率 $\dot{K}_1 \leq 0.02 \text{mSv/h}$ ；M 类探伤机源容器外 5cm 处周围剂量当量率 $\dot{K}_1 \leq 1 \text{mSv/h}$ ，表面 1m 处周围剂量当量率 $\dot{K}_1 \leq 0.05 \text{mSv/h}$ 。周围剂量当量率与距离平方成反比，因此根据公式（11-3）可计算出距离探伤机不同位置处的辐射水平。

$$\dot{K}_1 = \dot{K}_0 \cdot (R_0 + 0.15)^2 / (R_1 + 0.15)^2 \quad (11-3)$$

式中 $\dot{K}_1$ ：距探伤机源容器表面 R 处的周围剂量当量率，mSv/h

$\dot{K}_0$ ：距离探伤机源容器表面 1m 处的周围剂量当量率，mSv/h

R_0 ：源容器表面外 1m

R_1 ：参考点距容器表面的距离，m

0.15：源贮存位置至源表面距离

表 11-4 ^{192}Ir γ 射线探伤机距探伤机源容器不同距离处的辐射水平估算结果

--

表 11-5 ^{60}Co γ 射线探伤机距探伤机源容器不同距离处的辐射水平估算结果

--

通过表 11-4、表 11-5 中计算数据可以看出，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，放射源对曝光室外环境影响较小，但辐射工作人员在曝光室内移动探伤机或进行其他活动的过程中将受到一定的外照射。因此，实际工作过程中辐射工作人员应注意控制与探伤机接触时间，在曝光室内进行工件调运、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。

1.2.2 源库辐射防护性能预测

本项目拟在 5#探伤房曝光室南侧新建 1 座源库，源库内拟暂存 1 枚活度为 $3.7 \times 10^{12}\text{Bq}$ 的 ^{192}Ir 放射源及 4 枚活度为 $3.7 \times 10^{12}\text{Bq}$ 的 ^{60}Co 放射源。5 台 γ 射线探伤机暂存于源库内划定区域（详见报告附图 7）。

源库的内净尺寸为 3.0m（长） $\times$ 2.15m（宽） $\times$ 2.5m（高）。源库东墙、南墙及西墙均拟采用 600mm 混凝土浇筑，北墙拟采用 1250mm 混凝土浇筑，顶部拟采用 600mm 混凝土浇筑，源库防护门拟采用 80mmPb+10mmFe。

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式计算：

$$\dot{K} = \frac{\dot{K}_0(R_0 + 0.15)^2}{R_1^2} \cdot B \quad (11-4)$$

式中： $\dot{K}$ ---距源 R 处的周围剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；
 R_1 ---参考点至源的距离，m；
 R_0 ---源容器外表面 1m；（注：公式 11-4 中 0.15m 为源贮存位置至源容器表面距离）；
 $\dot{K}_0$ ---距源容器外表面 1m 处的周围剂量当量率控制值， $\mu\text{Sv/h}$ ，P 类探伤机取 0.02mSv/h，M 类探伤机取 0.05mSv/h；
B---屏蔽透射因子，无量纲，按公式 $B=2^{-X/HVL}$ 计算（ ^{192}Ir 在铅中的 HVL 为 3mm，在混凝土中的 HVL 为 50mm，在钢中的 HVL 为 14mm； ^{60}Co 在铅中的 HVL 为 13mm，在混凝土中的 HVL 为 70mm，在钢中的 HVL 为 24mm（GBZ117-2022 表 A.2））；
在计算源库外周围剂量当量率时，将源库内 1 枚 ^{192}Ir 放射源、4 枚 ^{60}Co 放射源分别简化为点源进行计算，将相关参数代入公式（11-4），计算得到源库外表面 30cm 处的周围剂量当量率见表 11-6。计算点位示意图见图 11-3 及图 11-4。

表 11-6 源库屏蔽计算结果

--

由表 11-6 计算结果可知，源库四周屏蔽体和防护门外表面 30cm 处周围剂量当量率最大约为 $0.355\mu\text{Sv/h}$ ，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中的要求。

图 11-3 源库计算示意图（平面）

图 11-4 源库计算示意图（剖面）

1.3 工业电子加速器探伤时辐射影响分析

1.3.1 8#探伤房主屏蔽区域设计合理性分析

本项目 8#探伤房曝光室内拟配置 1 台工业电子加速器（最大 X 射线能量为 6MV、1m 处 X 射线最大剂量率为 1000cGy/min ）。工业电子加速器朝向西墙及地面照射，出束口距离地面为 0.8m~4.3m；工业电子加速器通过轨道可在东西、南北方向 $2.55\text{m}\times 4.5\text{m}$ 范围内前后左右移动。加速器出束口距东、南、西、北侧墙体最小距离为 2.65m、2.0m、4.8m、2.0m。本项目工业电子加速器移动区域范围见图 11-5、图 11-6 及图 11-7。工业电子加速器出束口射线角度为 30° ，主射线照射区域位于主屏蔽（西墙）区域内。

图 11-5 8#探伤房加速器计算示意图（平面）

图 11-6 8#探伤房加速器计算示意图（A-A 剖面）

图 11-7 8#探伤房加速器计算示意图（B-B 剖面）

1.3.1.1 主屏蔽区域宽度设计合理性

由图 11-5 可知，当工业电子加速器出束口移动到 D3 位置时，工业电子加速器主射束范围距西墙北侧距离最小；同理当工业电子加速器出束口移动到 D4 时，工业电子加速器主射束范围距西墙南侧距离最小。

工业电子加速器出束口射线角度为 30° ，当工业电子加速器出束口位于 D3 时，工业电子加速器出束口到西墙内侧的距离为 $2.55\text{m}+4.8\text{m}=7.35\text{m}$ ，其照射区域最大半径为 $7.35\times\tan 15^\circ=1.97\text{m}$ ，小于 D3 到北墙内侧的距离 2.0m ，因此当工业电子加速器出束口位于 D3 时主射线照射区域在主屏蔽区域内；D4 到南墙内侧的距离为 2.0m ，同理可知当工业电子加速器出束口位于 D4 时主射线照射区域在主屏蔽区域内。

1.3.1.2 主屏蔽区域高度设计合理性

由图 11-6 可知，当工业电子加速器出束口位于 D7 时（离地 4.3m ），工业电子加速器主射束范围高度最大。此时工业电子加速器出束口到西侧主屏蔽墙最上端（离水平地面 9.5m 高）所在水平高度的距离为 5.2m ，X 射线投射到西墙的垂直面上的范围为一个圆，出束口射线角度为 30° ，机头竖直方向的旋转角度为 $-90^\circ\sim 0^\circ$ ，工业电子加速器出束的最大距离可达到 $(2.55\text{m}+4.8\text{m})\times\tan 15^\circ=1.97\text{m}$ ，小于工业电子加速器出束口到西侧主屏蔽墙最上端所在水平高度的距离 5.2m ；所以当工业电子加速器出束口位于 D7 位置时，主射线照射区域位于主屏蔽墙区域内。

综上所述，本项目的主屏蔽宽度及高度均满足要求，设计合理。

1.3.2 主射线及漏射线辐射影响预测公式

拟建 8#探伤房曝光室西墙为工业电子加速器主射线区域，其他各侧墙壁及防护门均为次屏蔽，主要受到从工业电子加速器管中漏出来的泄漏 X 射线和被工件及屏蔽墙散射后的散射 X 射线影响，散射 X 射线剂量一般不超过泄漏辐射的剂量。根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录 A，对于能量大于 3MeV 的 X 射线其散射一次后能量为 0.5MeV，经散射后的次级 X 射线能量远小于初级 X 射线能量，因此散射对各侧次屏蔽墙外的辐射影响远小于漏射线，故本环评仅预测评价主屏蔽墙对主射线的防护以及次屏蔽墙对泄漏 X 射线的防护效果。

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

$$H_M = \frac{B_x \cdot D_0 \cdot f}{1.67 \times 10^{-2} \cdot d^2} \quad (11-5)$$

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

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

f ——对有用射束取 1，对泄漏辐射取泄漏辐射比率 0.1%；

d ——参考点至工业电子加速器机头的距离，m。

B_x ——X 射线在混凝土中的屏蔽透射率屏蔽透射比，按公式（11-6）计算：

$$B_x = 10^{-\left(1 + \frac{S - T_l}{T_e}\right)} \quad (11-6)$$

S ——屏蔽体的厚度，cm；

T_l 、 T_e ——分别为第一个十分之一值层厚度和平衡时的十分之一值层厚度，cm；

T_l 取值参考《无损检测用电子直线加速器工程通用规范》（GB/T 30371-2013）附录 C 图 C.1，对混凝土，本项目 T_l 取 34cm， T_e 取 34cm。

计算点位示意图见图 11-5、图 11-6 及图 11-7。

1.3.3 理论计算结果

表 11-7 8#探伤房曝光室 X 射线探伤各侧墙体屏蔽计算

--

从表 11-7 中预测结果可以看出，工业电子加速器满功率运行时，曝光室四周墙体、工件门外的最大辐射剂量率约为 $1.042\mu\text{Sv/h}$ ，顶部外最大辐射剂量率为 $3.942\mu\text{Sv/h}$ ，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。

1.3.4 X 射线探伤天空反散射分析

本项目 8#曝光室顶部人员不可到达，但 X 射线穿透曝光室顶后因大气散射返回地面，可能会造成曝光室周围出现较高的辐射水平，因此曝光室顶的屏蔽主要考虑穿透 X 射线的天空反散射影响。天空反散射辐射水平按公式（11-2）计算得到。

表 11-8 天空反散射影响预测表

--

从表 11-8 中预测结果可以看出，本项目工业电子加速器运行时，天空反散射影响值为 $0.001\mu\text{Sv/h}$ ，叠加表 11-7 四周最大辐射剂量率 $1.042\mu\text{Sv/h}$ 后为 $1.043\mu\text{Sv/h}$ ，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/T250-2014）中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

1.3.5 电子加速器迷道散射辐射影响分析

本项目 8#探伤房曝光室采用几字型迷道设计，利用散射降低人员门入口处的辐射水平，避免 X 射线直接照射迷道外人员门入口，迷道及射线进入迷道后散射示意图见图 11-8。

散射公式见（11-7）（美国辐射防护委员会 NCRP51 号报告）。

$$H_j = \frac{H_0}{d_s^2} \cdot \left(\frac{\alpha_1 A_1}{d_{r1}^2} \right) \cdot \left(\frac{\alpha_2 A_2}{d_{r2}^2} \right) \cdot \left(\frac{\alpha_j A_j}{d_{rj}^2} \right) \quad (11-7)$$

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 —距靶点 1m 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，取 5×10^{-3} ；

α_2 —随后从屏蔽层材料表面散射出来的 X 射线的散射系数（假设对以后所有散射过程是相同的），取 2×10^{-2} ；

A_1 —X 射线入射到第一散射物质的散射面积， m^2 ；

A_2 、 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} ... d_{rj} ---迷道内各处中心线的散射距离（近似取每段迷路的长度），m；

j —指第 j 个散射过程。

散射示意图见图 11-8。

图 11-8 工业电子加速器迷道散射示意图

迷道散射的计算参数及结果如下：

表 11-9 8#曝光室迷道散射计算

--

从表 11-9 中预测结果可以看出，经过迷道多次散射及人员门屏蔽后，人员门入口处的剂量率小于 $0.001\mu\text{Sv/h}$ ，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

1.4 通风管道、电缆管道、防护门缝隙处辐射防护评价

本项目 5#~8#探伤房曝光室均拟在南墙设置地下“U”型通风管道，5#~7#探伤房曝光室通风管道直径均为 300mm，埋于地坪以下 1000mm，通风管道的设置未破坏曝光室的屏蔽墙体；8#探伤房曝光室通风管道直径为 400mm，埋于地坪以下 1000mm，源库西墙设置地下 U 型通风管道，直径为 100mm，埋于地坪以下 1000mm，通风管道的设置未破坏曝光室及源库的屏蔽墙体。4 座探伤房曝光室内 X、 γ 经过 U 型埋地管道至少 3 次散射到达通

风管道口处。根据《辐射防护导论》第 189 页“实例证明，如果一个能使辐射至少散射三次以上的迷道，是能保证迷道口工作人员的安全”，由此可推断通风管道口处的辐射剂量率能够满足标准要求。通风管道散射示意图见图 11-9。

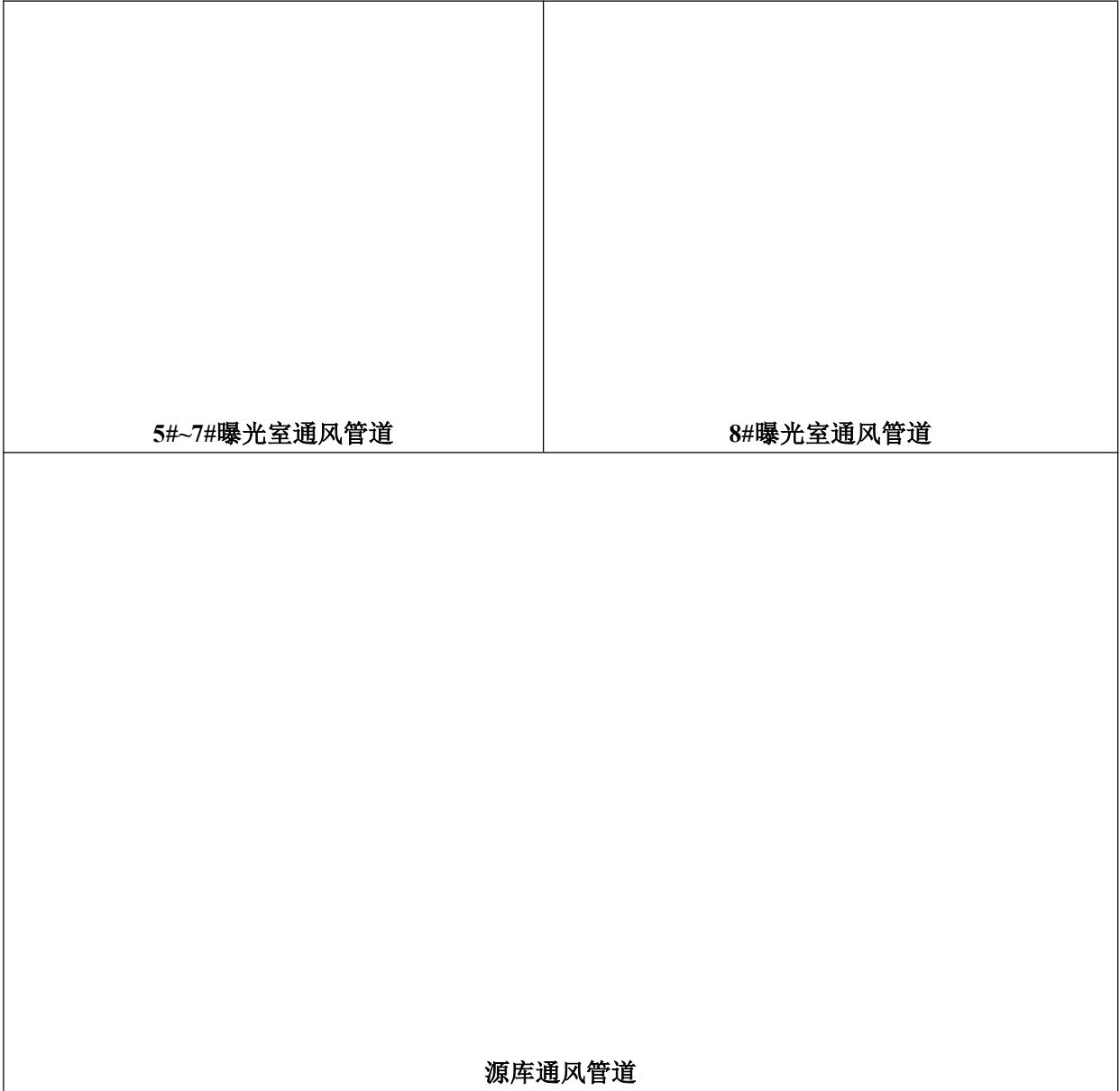


图 11-9 5#~8#探伤房通风管道散射示意图

本项目 5#~8#探伤房曝光室南墙均拟设置 U 型地下穿墙电缆管道，5#~7#探伤房曝光室均拟设 2 根直径 100mm 电缆管道，埋地深度均约为 650mm，电缆管道的设置均未破坏曝光室的屏蔽墙体；8#探伤房曝光室拟设 2 根直径 100mm 电缆管道（ γ 射线探伤机），埋地深度均约为 650mm，拟设 1 根 400mm×400mm 电缆管道（加速器），埋地深度约为 1000mm，电缆管道的设置均未破坏曝光室的屏蔽墙体。4 座探伤房曝光室内的 X、 γ 射线经过 U 型埋地管道至少 3 次散射到达电缆管道口处。根据《辐射防护导论》第 189 页“实例证明，如果一个能使辐射至少散射三次以上的迷道，是能保证迷道口工作人员的安全”，

由此可推断电缆管道口处的辐射剂量率能够满足标准要求。电缆管道散射示意图见图 11-10。

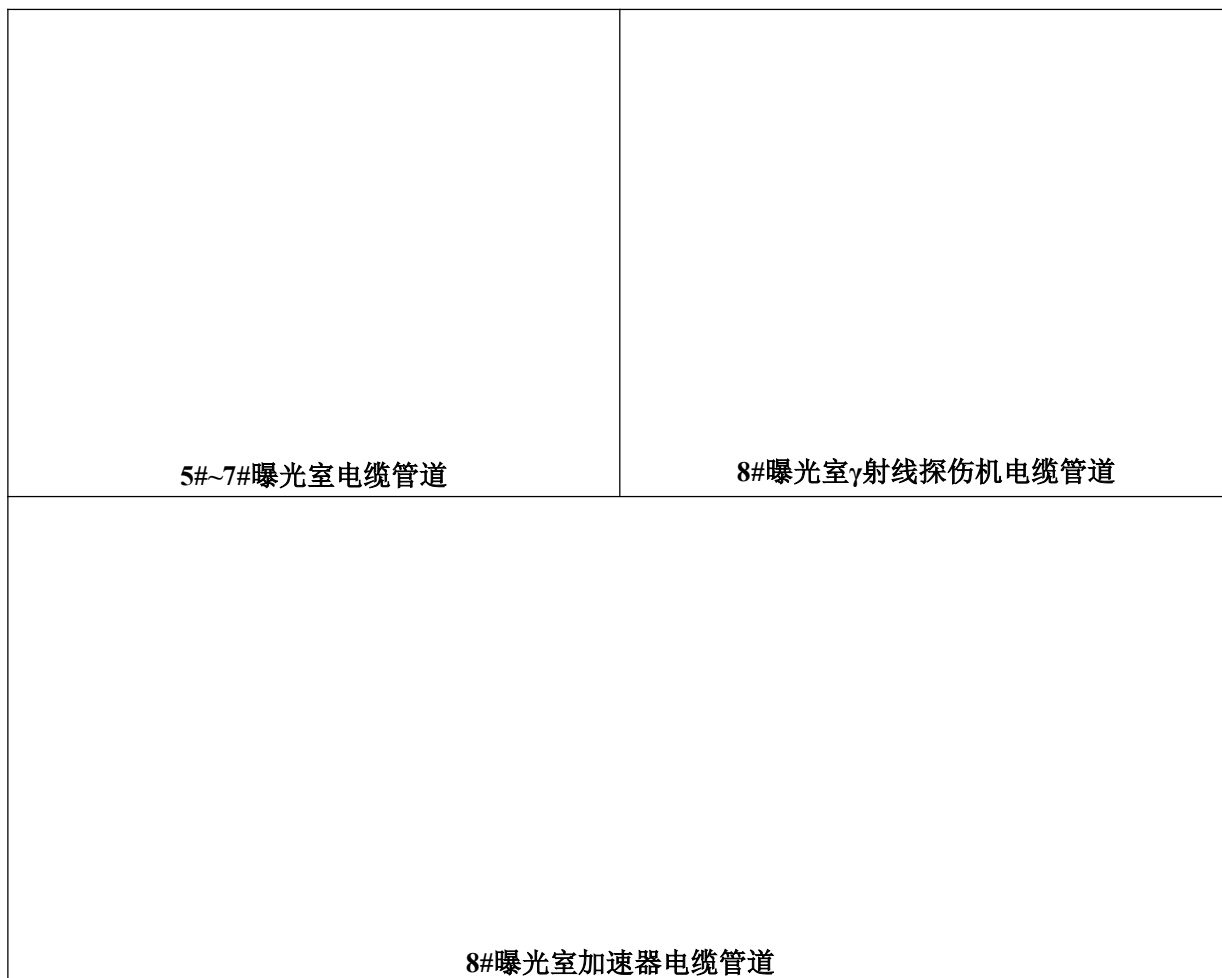


图 11-10 5#~8#探伤房电缆管道散射示意图

本项目 5#~7#探伤房曝光室工件门门洞尺寸均为 3.5m 宽×4.0m 高，工件门尺寸均为 5.3m 宽×4.9m 高，工件门左右各搭接 900mm，上下各搭接 450mm；人员门门洞尺寸均为 0.9m 宽×2.0m 高，人员门尺寸均为 1.3m 宽×2.3m 高，人员门左右各搭接 200mm，上搭接 200mm，下搭接 100mm。工件门、人员门与墙体之间的缝隙宽度均小于 10mm。

本项目 8#探伤房曝光室工件门门洞尺寸为 4.0m 宽×4.0m 高，工件门尺寸为 6.0m 宽×5.0m 高，工件门左右各搭接 1000mm，上下各搭接 500mm；人员门门洞尺寸为 0.9m 宽×2.0m 高，人员门尺寸为 1.3m 宽×2.3m 高，人员门左右各搭接 200mm，上搭接 200mm，下搭接 100mm。工件门、人员门与墙体之间的缝隙宽度均小于 10mm。

本项目 4 座探伤房曝光室的工件门、人员门与墙体重叠部分均大于工件门、人员门与墙体缝隙宽度的 10 倍，射线经过多次散射后才能出门缝隙，可推断防护门缝隙处的辐射剂量率能够满足标准要求。

2 有效剂量估算

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

$$H_c = \dot{H}_{c,d} \cdot t \cdot U \cdot T \quad (11-8)$$

上式中： H_c —受照剂量， μSv ；

$\dot{H}_{c,d}$ —参考点处剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

t —照射时间，（h）；

U —使用因子；

T —居留因子。

2.1 辐射工作人员周/年有效剂量

本项目 4 座探伤房均拟配备 2 名辐射工作人员从事探伤工作，源库拟配备 2 名辐射工作人员负责管理。本项目运行后辐射工作人员的年有效剂量贡献值，主要包括六部分：（1）工业电子加速器、 γ 射线探伤机正常探伤作业时，曝光室周围的辐射工作人员受到的经过墙体和防护门屏蔽衰减后的 X、 γ 射线产生的有效剂量；（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有效剂量；（3）将 γ 射线探伤机从放射源暂存库内运输至 5#~8#探伤房曝光室内时，由于近距离接触 γ 射线探伤机而受到的有效剂量；（4）中途更换被检测工件和重新贴片期间受到的剂量；（5）探伤作业时，摆位、更换被检测工件和重新贴片时受到相邻探伤房内 γ 射线探伤机所致的剂量；（6）探伤作业时，摆位、更换被检测工件和重新贴片时受到储存于源库的 γ 射线探伤机所致的剂量。5#探伤房内辐射工作人员年有效剂量贡献值主要包括以上（1）~（6）部分，6#~8#探伤房内辐射工作人员年有效剂量贡献值主要包括以上（1）~（5）部分；放射源暂存库辐射工作人员的年有效剂量贡献值，主要为①领取、归还 γ 射线探伤机时进行登记、检测 γ 探伤机所受到的辐射剂量；②定期盘点、检查及维护 γ 射线探伤机受到的辐射剂量。

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周/年工作时间表

--

--	--

2.1.1 辐射工作人员探伤作业时周/年有效剂量

由于本项目 5#~8#探伤房及源库相邻而建，需要考虑其叠加剂量影响。本项目 5#探伤房辐射工作人员主要考虑 5#曝光室、6#曝光室及源库的叠加影响；6#探伤房辐射工作人员主要考虑 5#曝光室、6#曝光室的叠加影响；7#~8#探伤房辐射工作人员主要考虑 7#曝光室、8#曝光室的叠加影响。根据前文计算可知，各曝光室顶部天空反散射影响值很小，可忽略不计，故未考虑其叠加影响。

表 11-11 5#~8#探伤房操作室所受其他探伤房叠加剂量率计算表

--

将表 11-11 计算结果代入公式（11-8）中计算得到正常探伤作业时辐射工作人员的有效剂量，结果见表 11-12。

表 11-12 正常探伤作业时辐射工作人员周/年有效剂量估算表

--

2.1.2 辐射工作人员提取、归还 γ 射线探伤机及 γ 射线探伤机摆位所受周/年有效剂量

本项目辐射工作人员提取和归还 γ 探伤机以及摆位时近距离接触放射源会受到一定剂量的 γ 射线照射，辐射工作人员受照射时间见表 11-10。 ^{60}Co γ 射线探伤机使用推车搬运，辐射

工作人员离 γ 射线探伤机表面约 1m，根据表 11-5 可知，辐射工作人员所受剂量率约为 50 μ Sv/h。将相关参数代入公式（11-8）中计算得到辐射工作人员有效剂量见表 11-13。

表 11-13 辐射工作人员周/年有效剂量估算表

--

2.1.3 辐射工作人员更换被检测工件和重新贴片所受周/年有效剂量

辐射工作人员中途更换被检测工件和重新贴片期间会受到一定剂量的 γ 射线照射，由于公司探伤过程中在曝光室内搬运工件及贴取胶片时间见表11-10。设工作期间辐射工作人员距 γ 射线探伤机最小距离为2m，根据表11-5，辐射工作人员所受剂量率约为14 μ Sv/h。2名辐射工作人员轮流作业，将相关参数代入公式（11-8）中计算得到辐射工作人员有效剂量见表11-14。

表 11-14 辐射工作人员周/年有效剂量估算表

--

2.1.4 将 γ 射线探伤机运送至曝光室内所受周/年有效剂量

本项目5#~8#探伤房辐射工作人员将 γ 射线探伤机运送至曝光室内时会受到一定剂量的 γ 射线照射，辐射工作人员将 γ 射线探伤机运送至曝光室内时间见表11-10。设 γ 射线探伤机运输期间，辐射工作人员距 γ 射线探伤机最小距离为1.5m，根据表11-5，辐射工作人员所受剂量率约为24 μ Sv/h。将相关参数代入公式（11-8）中计算得到辐射工作人员有效剂量见表11-15。

表 11-15 辐射工作人员周/年有效剂量估算表

--

2.1.5 辐射工作人员摆位、更换被检测工件和重新贴片受相邻探伤房影响所受年有效剂量

5#~8#探伤房内辐射工作人员摆位、更换被检测工件和重新贴片期间会受到相邻探伤房内的 γ 射线探伤机的照射，辐射工作人员受相邻探伤房辐射影响时间见表 11-10。将各探伤房辐射剂量率参数代入公式（11-8），计算得到辐射工作人员有效剂量见表 11-16。

表 11-16 辐射工作人员有效剂量估算表

--

2.1.6 辐射工作人员摆位、更换被检测工件和重新贴片所受储存于源库的 γ 射线探伤机辐射年有效剂量

5#探伤房内辐射工作人员摆位、更换被检测工件和重新贴片期间会受到储存于源库的 γ 射线探伤机的照射，辐射工作人员摆位、更换被检测工件和重新贴片时间见表11-10。根据表11-6，源库北侧（5#曝光室内）最大辐射剂量率小于 $0.001\mu\text{Sv/h}$ ，将相关参数代入公式（11-8）中计算得到辐射工作人员有效剂量见表11-17。

表 11-17 辐射工作人员周/年有效剂量估算表

--

2.1.7 源库管理人员所受周/年有效剂量

本项目源库2名辐射工作人员在其他辐射工作人员领取、归还 γ 射线探伤机时需进行检测、登记，检测、登记时间见表11-10。设检测、登记时距 γ 射线探伤机最小距离为1m，根据表11-4及表11-5，检测 ^{192}Ir γ 射线探伤机及检测 ^{60}Co γ 射线探伤机时，源库2名辐射工作人员所受剂量率分别约为 $20\mu\text{Sv/h}$ 及 $50\mu\text{Sv/h}$ 。

本项目源库2名辐射工作人员每月对源库内γ射线探伤机进行盘点、检查及维护，设盘点、检查及维护时距γ射线探伤机最小距离为1m，根据表11-4及表11-5，盘点、检查及维护源库γ射线探伤机时，源库2名辐射工作人员所受剂量率约为 $20\mu\text{Sv/h}+50\mu\text{Sv/h}\times 4=220\mu\text{Sv/h}$ 。

将相关参数代入公式（11-8）中计算得到辐射工作人员有效剂量见表11-18。

表 11-18 辐射工作人员周/年有效剂量估算表

--

2.1.8 辐射工作人员探伤期间所受叠加周/年有效剂量汇总

根据表11-12~表11-18，辐射工作人员探伤期间所受叠加周/年有效剂量汇总见表11-19。

表 11-19 辐射工作人员周/年有效剂量估算表

--

--	--	--

根据表11-19可知，本项目5#~8#探伤房投入运行后，5#~8#曝光室辐射工作人员所受周有效剂量最大值约为**55.090μSv**，年有效剂量最大值约为**2.755mSv**，源库辐射工作人员周有效剂量最大值约为**79.2μSv**，年有效剂量最大值约为**2.565mSv**，能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中剂量限值要求和本项目管理目标中对辐射工作人员的剂量约束值要求：职业人员周有效剂量不超过**100μSv**，年有效剂量不超过**5mSv**。

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应佩戴个人剂量计并进行职业健康体检，对于个人剂量监测结果异常的辐射工作人员，公司应查明其剂量异常的原因并上报主管部门，同时公司拟根据个人剂量监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。

2.2 公众周/年有效剂量

2.2.1 曝光室正常探伤作业及源库正常使用时受到X、γ射线影响产生的有效剂量

本项目运行后 5#~8#探伤房及源库周围公众人员的周/年有效剂量贡献值主要为各探伤房曝光室正常探伤作业时及源库正常使用时，各曝光室及源库周围的公众人员受到的经过墙体和防护门屏蔽衰减后的 X、γ射线产生的有效剂量。考虑本项目 4 座探伤房同时运行及源库对周围环境的叠加影响，根据剂量率与距离平方成反比公式（11-9），计算得到公众各关注点的剂量率，计算结果见表 11-20，关注点位示意图见附图 12。根据前文计算可知，各曝光室顶部天空反散射影响值很小，可忽略不计，故未考虑其叠加影响。

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{R_2^2}{R_1^2} \quad (11-9)$$

式中：H₁—距源点 R₁ 处的剂量率，μSv/h；

H_2 —距源点 R_2 处的剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

R_1 —屏蔽体外 30cm 处距源点的距离, m;

R_2 —各关注点位距源点的距离, m。

表 11-20 本项目 5#~8#探伤房、源库周围人员关注点位辐射剂量率

--

根据表 11-20 中计算结果, 将相关参数代入公式 (11-8) 可估算出本项目 4 座探伤房及源库周围公众的周/年有效剂量见表 11-21。

表 11-21 5#~8#探伤房及源库周围公众人员周/年受照有效剂量结果评价

--

根据表 11-21 中的计算结果可知，本项目 5#~8#探伤房正常探伤作业及源库正常使用时，周围公众周有效剂量最大值约为 $0.888\mu\text{Sv}$ ，年有效剂量最大值约为 0.044mSv ，能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）剂量限值和本项目剂量约束值的要求，即：公众周有效剂量不超过 $5\mu\text{Sv}$ ，年有效剂量不超过 0.1mSv 。

2.2.2 γ 射线探伤机运送至曝光室过程中受到 γ 射线影响产生的有效剂量

本项目 5#~8#探伤房辐射工作人员将 γ 射线探伤机运送至曝光室内时，周围公众会受到一定剂量的 γ 射线照射。 γ 射线探伤机运输过程中，辐射工作人员会对周围警戒，防止无关人员靠近。设 γ 射线探伤机运输期间，周围公众距 γ 射线探伤机最小距离为 5m ，根据公式（11-3）计算得到公众人员所受剂量率约为 $2\mu\text{Sv/h}$ 。将相关参数代入公式（11-8）中计算得到公众有效剂量见表 11-22。

表 11-22 公众人员周/年有效剂量估算表

根据表 11-22 中的计算结果可知，本项目 5#~8#探伤房辐射工作人员将 γ 射线探伤机运送至曝光室内时，周围公众周有效剂量最大值约为 $0.250\mu\text{Sv}$ ，年有效剂量最大值约为 0.013mSv ，能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）剂量限值和本项目剂量约束值的要求，即：公众周有效剂量不超过 $5\mu\text{Sv}$ ，年有效剂量不超过 0.1mSv 。

2.3 评价范围内其他单位公众人员影响

对于本项目 5#~8#探伤房周围 50m 范围内其他公众，根据前文理论预测结果，X、 γ

射线经距离的进一步衰减后，基本湮灭在环境本底辐射中，可推断 5#~8#探伤房周围 50m 范围内公众所受年有效剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）剂量限值和本项目剂量约束值的要求：公众人员周有效剂量不超过 5 μ Sv，年有效剂量不超过 0.1mSv。

3 放射性三废辐射环境影响分析

本项目运行过程中没有放射性废水、废气产生。

本项目 5#~8#探伤房的 γ 射线探伤机内 ^{60}Co 、 ^{192}Ir 密封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 、 ^{192}Ir 密封源及贫铀罐退役后，废源及贫铀罐将由原生产厂家回收，承诺书详见附件 4，此举符合生态环境部门的相关管理要求。企业辐射工作人员不进行换源操作，放射源退役时换源由放射源厂家工作人员进行。

4 非辐射环境影响分析

4.1 固体废物

本项目 5#~8#探伤房运行后产生的废显影液、废定影液及废胶片属《国家危险废物名录（2025 年版）》中编号为 HW16 的危险废物。纽威精密锻造（溧阳）有限公司已与苏州市和源环保科技有限公司签订废胶片处理处置合同，探伤过程中产生的废显影液、废定影液及废胶片在收集后拟临时贮存于危废库内，定期交由苏州市和源环保科技有限公司处理处置。

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

4.2 废水

本项目洗片过程中会产生胶片冲洗废水，胶片冲洗废水中含有重金属离子，拟依托厂内废水处理设施，处理后回用于冷却塔补水，不外排。

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

4.3 废气

本项目 4 座探伤房内的工业电子加速器及 γ 射线探伤机工作时产生的 X、 γ 射线可使空气电离从而产生少量臭氧和氮氧化物。臭氧和氮氧化物通过机械排风装置经排风管道排出各曝光室。臭氧在空气中 50min 可自动分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

事故影响分析

1 潜在事故分析

1.1 8#探伤房内工业电子加速器探伤可能发生的辐射事故

(1) 由于安全联锁装置失灵，防护门未关闭时辐射工作人员开机工作，人员误入或误留受到误照射；

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

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

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

1.2 5#~8#探伤房内 γ 射线探伤潜在事故分析

(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线缆经过挤压、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) γ 射线探伤过程中辐射工作人员或其他人员误留在曝光室内，致使其受到大剂量照射。

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

2 辐射事故预防措施

2.1 8#探伤房内工业电子加速器探伤事故预防措施

(1) 曝光室内拟设置紧急停机按钮及开门开关，误入人员可按下曝光室内紧急停机按钮，加速器停止出束曝光，并通过开门开关逃离曝光室。

(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，工业电子加速器才能进行照射；定期认真地对本单位射线装置的安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检测或者检查，定期对加速器进行维护、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) 工业电子加速器探伤时辐射工作人员应定期使用辐射巡检仪进行巡检，发现异常情况应立即停止出束，并检查排除异常，并做好记录。

(4) 制定工业电子加速器操作规程。凡涉及对加速器进行操作，必须按操作规程执行，探伤作业时，至少有 2 名操作人员同时在场，操作人员按照操作规程进行操作，并做好个人的防护，并应将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置。

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

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

2.2 5#~8#探伤房 γ 射线探伤事故预防措施

(1) 曝光室内拟设置紧急停机按钮及开门开关，误入人员可按下曝光室内紧急停机按钮，停止探伤机曝光，并通过开门开关逃离曝光室。

(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将放射源回收至探伤机内，并检查排除异常，并做好记录。

(4) 辐射工作人员进出探伤房曝光室时必须携带个人剂量报警仪。

(5) 制定 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 名操作人员同时在场，操作人员按照操作规程进行操作，并做好个人的防护，并应将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置。

(6) 辐射工作人员每次拿取、存放 γ 射线探伤机时携带个人剂量报警仪及辐射巡测仪，用仪器检验放射源是否回到贮存位，定期检查个人剂量报警仪及辐射巡测仪有效性并留存记录。

(7) 加强源库管理，落实双人双锁制度，由 2 名工作人员专职负责源库的保管工作，加强源容器出入源库登记记录。

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

3 辐射事故处置方法

根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》及《江苏省辐射污染防治条例》的规定，根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，辐射事故可分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级。本项目 X 射线探伤拟使用的工业电子加速器属于Ⅱ类射线装置， γ 射线探伤拟使用的 ^{192}Ir 及 ^{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重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故。在发生事故后：

(1) 辐射工作人员应第一时间关机或紧急回源，然后启动应急预案；

(2) 立即向单位领导汇报，并控制现场区域，防止无关人员进入；

(3) 对可能受到大剂量照射的人员，及时送医院检查和治疗。

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

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

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

纽威精密锻造（溧阳）有限公司已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。公司现有 11 名辐射工作人员及 1 名辐射防护负责人（均已通过生态环境部门组织的辐射安全与防护知识考核，见附件 14），本项目拟新增 10 名辐射工作人员，5#~7#探伤房工作人员及源库管理人员应通过生态环境部门组织的“伽马射线探伤”类辐射安全与防护知识考核方可上岗，8#探伤房工作人员应同时通过生态环境部门组织的“伽马射线探伤”及“X 射线探伤”类辐射安全与防护知识考核方可上岗。辐射工作人员及辐射防护负责人考核合格证明到期后，应当通过生态环境部门组织的相应类别的辐射安全与防护知识考核，考核合格后方可再次上岗。

辐射安全管理规章制度

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

本项目为扩建项目，公司已根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中相关要求制定一系列辐射安全管理制度，包括操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、放射性同位素使用登记制度、监测方案、事故应急预案等。公司相关制度均已落实且严格执行，公司各项辐射安全管理制度执行情况良好。公司开展辐射活动至今，未发生过辐射安全事故。

公司还应针对本项目，对现有制度进行补充和完善，使其具有较强的针对性和可操作性。本报告对各项管理制度完善要点提出如下建议：

探伤操作规程：明确 X、 γ 射线探伤辐射人员的资质条件要求、工业电子加速器及

γ射线探伤机操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施，重点是明确工业电子加速器及γ射线探伤机操作步骤以及作业过程中必须采取的辐射安全措施。

岗位职责：明确管理人员、操作人员、维修人员、源库管理员的岗位责任。明确辐射防护负责人负责辐射安全管理工作，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。

辐射防护和安全保卫制度：根据企业的具体情况完善辐射防护和安全保卫制度，重点是明确对工业电子加速器及γ射线探伤机的管理、维修等均要落实到个人，明确源库内安装监控探头，监控与公安部门进行联网，对放射源实施 24h 监控等。

设备维修制度：明确工业电子加速器、γ射线探伤机、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，确保工业电子加速器、γ射线探伤机、剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。

人员培训计划：完善人员培训计划，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。

放射源领用归还登记制度：明确配备专职人员负责γ放射源的管理，建立γ放射源台账登记，并建立登记保管、领用、注销和定期检查制度。在领用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；探伤作业完成后，再进行放射性水平测量，确认放射源在其中，并将γ射线探伤机放回源库，每次领用及交还均应进行详细的登记；放射源台账应定期清点检查，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。

监测方案：完善辐射工作人员剂量监测工作制度和工作场所定期监测制度。发现个人剂量异常的，应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部门、卫生健康部门调查处理。发现工作场所监测异常的，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部门报告。

台账管理制度：对工业电子加速器及γ射线探伤机使用情况进行登记，标明设备名称、型号、电压、电流、放射源种类、源编码等，并对工业电子加速器及γ射线探伤机使用进行严格管理。

事故应急预案：依据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》的要求，针对本项目具体情况，制定辐射事故应急预案，应明确应急机构和职责分工、应急人员的组织、培训、事故报告制度、辐射防护措施及事故处理

程序等，有效控制事故，及时制止事故的恶化，保证及时上报、渠道畅通，并附上各联系部门及联系人的联系方式。同时根据本单位实际情况，每年至少开展一次综合或单项的应急演练，应急演练前编制演习计划，包括演练模拟的事故/事件情景、演练参与人员等。当发生事故时，公司应当立即启动辐射事故应急方案，采取有效防范措施，及时制止事故的恶化，并在 1 小时内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，还应同时向当地卫生健康部门报告。

危险废物管理制度：明确废显影液、废定影液及废胶片暂存处置要求，明确危废库管理要求，按要求建立危险废物管理台账并悬挂于危废库内，台账上需注明危险废物的名称、来源、数量、入库日期、出库日期及接收单位名称等信息。重点是：明确产生的废显影液、废定影液及废胶片应按要求集中贮存后交由有资质单位回收处理。

放射性固体废物管理制度：明确 γ 射线探伤机内 ^{192}Ir 、 ^{60}Co 密封源及贫铀罐退役处置要求，废源及贫铀罐由原生产厂家回收，明确放射源退役时换源由放射源厂家工作人员进行，注意换源过程中的辐射安全防护。

辐射监测

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

公司已配备 1 台 RDS-30 型环境辐射剂量巡测仪及 8 台 HM131-B 型个人剂量报警仪，拟新增 7 台环境辐射剂量巡测仪及 10 台个人剂量报警仪，本项目每座曝光室配备 1 台环境辐射剂量巡测仪及 2 台个人剂量报警仪，源库配备 2 台个人剂量报警仪，能够满足审管部门对于监测仪器配备的要求。

公司现有核技术利用项目已委托江苏玖清玖蓝环保科技有限公司开展年度环保检测（见附件 12），根据检测结果可知，公司现有探伤房外的周围剂量当量率能满足标准的要求。

公司现有辐射工作人员均已配备个人剂量计监测累积剂量，并每三个月送江苏玖清玖蓝环保科技有限公司进行个人剂量监测（见附件 13），根据公司 2025~2026 年辐射工作人员个人剂量监测报告可知，辐射工作人员个人剂量监测结果均未见异常；公司已每两年组织辐射工作人员进行健康体检，并已按相关要求建立辐射工作人员个人剂量监测档案和职业健康监护档案。

公司已于每年 1 月 31 日前上报上一年度辐射安全年度评估报告。

本项目运行后，公司拟定期（不少于1次/年）请有资质的单位对辐射工作场所和周围环境的辐射水平进行监测；在进行检测作业时，公司拟定期对辐射工作场所和周围环境的辐射水平进行监测，并做好相关记录；本项目辐射工作人员均拟佩戴个人剂量计监测累积剂量，定期（1个月，最长不超过3个月）送有资质部门进行个人剂量测量，并建立个人剂量档案。同时公司拟定期（两次检查的时间间隔不应超过2年）安排新增辐射工作人员进行职业健康体检，并建立职业健康档案。公司还拟对辐射安全和防护状况进行年度评估，并于每年1月31日前提交上一年度的评估报告。

公司工作场所监测计划见表12-1。

表12-1 工作场所监测计划表

--

辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中关于应急报告与处理的相关要求，纽威精密锻造（溧阳）有限公司已针对射线探伤项目可能产生的辐射事故情况制定事故应急方案，应急方案内容包括：

- （1）应急机构和职责分工；
- （2）应急人员的组织和培训，应急装备、资金、物资的准备；
- （3）辐射事故分级与应急响应措施；
- （4）辐射事故调查、报告和处理程序；
- （5）辐射事故信息公开、公众宣传方案。

纽威精密锻造（溧阳）有限公司已依据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》及《江苏省辐射污染防治条例》的要求制定辐射事故应急预案，明确建立应急机构和人员职责分工，应急人员的组织、培训以及应急辐射事故分类与应急响应的措施。公司已组织应急人员对应急处理措施进行培训，并组织应急人员定期进行应急演练。

公司制定的事故应急预案较全面，并具有一定的可行性，公司开展辐射活动至今，

未发生过辐射安全事故。

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

表 13 结论与建议

结论

1 辐射安全与防护分析结论

1.1 项目位置

纽威精密锻造（溧阳）有限公司位于溧阳市竹箦镇竹节路 9 号。公司厂区自北向南依次为一期、二期、三期，公司厂区东侧为竹韵路，南侧为规划道路、绿化及河流，西侧为竹安南路，北侧为竹节路。

本项目 5#~8#探伤房拟建于公司三期厂区南部，4 座探伤房相邻而建，自西向东依次为 5#~8#探伤房，源库拟建于 5#探伤房曝光室南侧。本项目拟建址东侧为厂内道路及三期 1#厂房，南侧为厂内道路、规划道路及绿化，西侧为厂内道路，北侧为厂内道路及三期 2#厂房，楼上楼下均无建筑。

本项目 5#~8#探伤房及源库拟建址周围 50m 评价范围内无居民区、学校等敏感点。因此，本项目保护目标主要为辐射工作人员、厂区内其他工作人员以及评价范围内其他公众人员等。

1.2 项目分区及布局

本项目 5#~8#探伤房包括 5#~8#曝光室及辅房，曝光室均为一层结构，辅房为两层结构，5#曝光室南侧设有 1 座源库，源库为一层结构。辅房一层包括操作室 1~3、过道、裁片室、楼梯间、电井、晾片室、洗片室及电源室，辅房二层包括楼梯间、过道、评片室及资料室，5#~8#曝光室迷道上方及源库上方均为封闭空间，人员不可达。操作室 1 位于 5#曝光室南侧，操作室 2 位于 6#曝光室南侧，7#及 8#曝光室共用操作室 3，操作室 3 位于 7#及 8#曝光室南侧，8#曝光室内工业电子加速器主射线朝西墙照射，避开了操作室方向，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中关于操作室应避开有用线束照射的方向并应与曝光室分开的要求，本项目布局设计合理。

本项目拟将 5#~8#探伤房曝光室作为本项目的辐射防护控制区，在各曝光室表面防护门表面明显位置设置电离辐射警告标志及中文警示说明，工作时任何人不得进入曝光室；拟将源库作为本项目的辐射防护控制区，在源库防护门表面明显位置设置电离辐射警告标志及中文警示说明，无关人员不得进入源库。

本项目拟将辅房一层操作室 1~3、过道、裁片室、楼梯间、电井、晾片室、洗片室及电源室，辅房二层楼梯间、过道、评片室及资料室作为辐射防护监督区，监督区

入口处拟设立标明监督区的标牌，工作时无关人员不得进入。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》（GB18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定。

1.3 辐射安全措施

1.3.1 5#~8#探伤房辐射安全措施

本项目 5#~8#探伤房曝光室的工件门及人员门均拟设计安装门机联锁装置；5#~8#探伤房曝光室工件门口、人员门口和内部均同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与使用中的 γ 射线探伤机或工业电子加速器联锁，在醒目的位置处拟设置对“照射”和“预备”信号意义的说明；5#~8#探伤房拟各设计安装 6 个摄像头；拟在 5#~8#探伤房曝光室工件门及人员门上设置符合标准要求的电离辐射警告标志和中文警示说明；5#~7#探伤房拟各设置 8 个急停按钮，8#探伤房拟共设置 9 个急停按钮；拟在 5#~8#探伤房曝光室工件门内侧及人员门内侧墙体各设置 1 个开门开关；拟在 5#~8#探伤房曝光室内设计安装固定式场所辐射探测报警装置；拟在 5#~7#探伤房对应的操作台处设计钥匙开关，拟在 8#探伤房对应 γ 射线探伤机操作台及加速器控制台上各设置 1 个钥匙开关；拟在 4 座探伤房的电力控制箱内设置功率控制装置，确保各探伤房曝光室内每次仅开启 1 台探伤装置。

1.3.2 源库辐射安全措施

源库防护门外拟设置“当心电离辐射”警告标志；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；源库拟采用双人双锁；源库内及防护门外拟各设置 1 个摄像头；源库入口处拟安装红外线报警装置；放射源出入源库时均拟进行台账登记并对源容器进行监测。

1.3.3 操作防护措施

辐射工作人员在开展检测工作前应按照《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#~8#探伤房进行检查，重点检查安全联锁、报警设备和警示灯、固定辐射检测仪等是否运行正常；辐射工作人员在进入 5#~8#探伤房曝光室时，除佩戴常规个人剂量计外，还拟携带个人剂量报警仪和便携式 X- γ 剂量率仪；辐射工作人员拟定期测量 5#~8#探伤房曝光室外周围区域的剂量率水平；使用便携式 X- γ 剂量率仪前，拟检查是否能正常工作；在每一次照射前，辐射人员都拟确认对应探伤房曝光室内部没有人员驻留并关闭防护门，只有在防护门关闭、所有防护与安全装

置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始检测工作。

1.3.4 探伤设施的退役

本项目 γ 射线探伤机内 ^{192}Ir 、 ^{60}Co 密封源退役后仍有较强的放射性，公司已承诺 γ 射线探伤机内 ^{192}Ir 、 ^{60}Co 密封源退役后，废源将由原生产厂家回收，放射源购买及报废手续遵照相应审管部门的具体规定，相关文件记录归档保存；掺入贫铀的屏蔽装置拟与 γ 射线源一样对待，公司承诺掺入贫铀的屏蔽装置由原生产厂家回收；当所有辐射源从现场移走后，公司拟按监管机构要求办理相关手续；公司计划将工业电子加速器的加速管及电子枪拆除，由原生产厂家回收；公司计划对退役场所及相关物品进行全面的辐射监测，以确认现场没有留下放射源，并确认污染状况；公司计划对退役场所清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

1.4 辐射安全管理

纽威精密锻造（溧阳）有限公司已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。同时拟完善各项辐射安全管理制度。公司现有 11 名辐射工作人员及 1 名辐射防护负责人，本项目拟新增 10 名辐射工作人员，负责本项目探伤工作。公司拟对新增辐射工作人员进行职业健康监护和个人剂量监测，并为辐射工作人员建立个人职业健康监护档案和个人剂量档案。

公司已配备 1 台环境辐射剂量巡测仪及 8 台个人剂量报警仪，拟新增 7 台环境辐射剂量巡测仪及 10 台个人剂量报警仪，公司的仪器配备能够满足审管部门关于仪器配备的要求。

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

2 环境影响分析结论

2.1 辐射防护影响预测

根据理论预测结果，本项目 5#~8#探伤房运行后曝光室及源库周围的辐射剂量率能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）的辐射剂量率限值要求。

2.2 保护目标剂量

根据理论分析预测，本项目 5#~8#探伤房及源库运行后，在做好辐射安全措施的情况下，辐射工作人员及周围公众年有效剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中对职业人员和公众受照剂量限值要求以及本项目的剂量约束值要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过

0.1mSv)。

2.3 三废处理处置

2.3.1 放射性三废

本项目运行过程中没有放射性废水、废气产生。

本项目 γ 射线探伤机内 ^{60}Co 、 ^{192}Ir 密封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 、 ^{192}Ir 密封源及贫铀罐退役后，废源及贫铀罐将由原生产厂家回收，此举符合生态环境部门的相关管理要求。企业辐射工作人员不进行换源操作，放射源退役时换源由放射源厂家工作人员进行。

2.3.2 非放射性三废

2.3.2.1 固体废物

本项目运营时会产生废显影液、废定影液及废胶片，属于《国家危险废物名录（2025年版）》中危险废物。探伤过程中产生的废显影液、废定影液及废胶片在收集后拟临时贮存于危废库内，定期交由苏州市和源环保科技有限公司处理处置。

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

2.3.2.2 废水

本项目洗片过程会产生胶片冲洗废水，胶片冲洗废水中含有重金属离子，拟依托厂内废水处理设施，处理后回用于冷却塔补水，不外排。

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

2.3.3 废气

本项目5#~8#探伤房内的工业电子加速器及 γ 射线探伤机工作时产生的X、 γ 射线可使空气电离从而产生少量臭氧和氮氧化物，臭氧和氮氧化物通过机械排风装置经排风管道排出5#~8#曝光室，臭氧在空气中50min可自动分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

3 可行性分析结论

综上所述，纽威精密锻造（溧阳）有限公司扩建固定式X、 γ 射线探伤项目在落实本报告提出的各项辐射安全措施和管理措施后，该公司将具有与其所从事的辐射活

动相适应的技术能力和具备相应的辐射安全防护措施，其运行对周围环境产生的影响能够符合辐射环境保护的要求，从辐射环境保护角度论证，该项目的建设和运行是可行的。

建议与承诺

1.本项目运行后，建设单位应严格执行操作规程和辐射防护程序，并实施系统性的工作人员培训与考核制度。通过落实这些风险管控措施，切实预防意外事故的发生；并确保一旦发生辐射事故，能有效减轻其对职业人员和公众的辐射后果。同时，在正常运行期间，应持续优化管理，将项目对环境的辐射影响控制在可合理达到的尽量低水平。

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

3.项目建成投入运行前，建设单位应及时重新申领辐射安全许可证。

4.项目投产运行后，建设单位应按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的有关规定及时进行自主环境保护验收，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。

辐射污染防治措施“三同时”措施一览表

项目	“三同时”措施	预期效果	投资 (万元)
辐射安全管理机构	公司已成立辐射安全管理机构，并以文件形式明确各成员职责	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，使用Ⅱ类放射源及Ⅱ类射线装置的单位，应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构的要求	/
辐射安全和防护措施	<p>本项目 5#~7#探伤房曝光室内净尺寸均为 9.0m（长）×7.0m（宽）×7.5m（高），8#探伤房曝光室内净尺寸为 10.0m（长）×8.5m（宽）×9.5m（高），源库内净尺寸为 3.0m（长）×2.15m（宽）×2.5m（高），5#~8#曝光室及源库四周墙体、顶部墙体及工件门均采用混凝土屏蔽，人员门及源库防护门均拟采用铅屏蔽，详细设计见表 10-1</p>	满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5μSv/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”“在公众能接近的距外表面最近处，其屏蔽应能使该处周围剂量当量率小于 2.5μSv/h 或者审管部门批准的控制水平”的要求	
	<p>5#~8#探伤房辐射安全措施</p> <p>本项目 5#~8#探伤房曝光室的工件门及人员门均拟设计安装门机联锁装置；5#~8#探伤房曝光室工件门口、人员门口和内部均同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与使用中的γ射线探伤机或工业电子加速器联锁，在醒目的位置处拟设置对“照射”和“预备”信号意义的说明；5#~8#探伤房拟各设计安装 6 个摄像头；拟在 5#~8#探伤房曝光室工件门及人员门上设置符合标准要求的电离辐射警告标志和中文警示说明；5#~7#探伤房拟各设置 8 个急停按钮，8#探伤房拟共设置 9 个急停按钮；拟在 5#~8#探伤房曝光室工件门内侧及人员门内侧墙体各设置 1 个开门开关；拟在 5#~8#探伤房曝光室内设计安装固定式场所辐射探测报警装置；拟在 5#~7#探伤房对应的操作台处设计钥匙开关，拟在 8#探伤房对应γ射线探伤机操作台及加速器控制台上各设置 1 个钥匙开关；拟在 4 座探伤房的电力控制箱内设置功率控制装置，确保各探伤房曝光室内每次仅开启 1 台探伤装置。</p> <p>源库辐射安全措施</p> <p>源库防护门外拟设置“当心电离辐射”警</p>	满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中关于探伤房防护措施的相关要求	

	<p>告标志；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；源库拟采用双人双锁；源库内及防护门外拟各设置 1 个摄像头；源库入口处拟安装红外线报警装置；放射源出入源库时均拟进行台账登记并对源容器进行监测。</p> <p>操作防护措施</p> <p>辐射工作人员在开展检测工作前应按照《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#~8#探伤房进行检查，重点检查安全联锁、报警设备和警示灯、固定辐射检测仪等是否运行正常；辐射工作人员在进入 5#~8#探伤房曝光室时，除佩戴常规个人剂量计外，还拟携带个人剂量报警仪和便携式 X-γ剂量率仪；辐射工作人员拟定期测量 5#~8#探伤房曝光室外周围区域的剂量率水平；使用便携式 X-γ剂量率仪前，拟检查是否能正常工作；在每一次照射前，辐射人员都拟确认对应探伤房曝光室内部没有人员驻留并关闭防护门，只有在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始检测工作。</p> <p>探伤设施的退役</p> <p>本项目γ射线探伤机内 ^{192}Ir、^{60}Co 密封源退役后仍有较强的放射性，公司已承诺γ射线探伤机内 ^{192}Ir、^{60}Co 密封源退役后，废源将由原生产厂家回收，放射源购买及报废手续遵照相应审管部门的具体规定，相关文件记录归档保存；掺入贫铀的屏蔽装置拟与γ射线源一样对待，公司承诺掺入贫铀的屏蔽装置由原生产厂家回收；当所有辐射源从现场移走后，公司拟按监管机构要求办理相关手续；公司计划将工业电子加速器的加速管及电子枪拆除，由原生产厂家回收；公司计划对退役场所及相关物品进行全面的辐射监测，以确认现场没有留下放射源，并确认污染状况；公司计划对退役场所清除所有电离辐射警告标志和安全告知</p>		
人员 配备	<p>公司现有 11 名辐射工作人员及 1 名辐射防护负责人，本项目拟新增 10 名辐射工作人员，新增辐射工作人员均拟通过生态环境部培训平台上的线上考核后上岗</p> <p>拟委托有资质的单位对本项目新增辐射工作人员开展个人剂量监测，送检周期为 3 个月，并建立辐射工作人员个人剂量监测档案</p>	<p>满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中关于人员培训、个人剂量监测及职业健康体检的相关要求</p>	定期 投入

	公司拟定期（两次检查的时间间隔不应超过 2 年）组织本项目辐射工作人员进行职业健康体检，并按相关要求建立辐射工作人员职业健康监护档案		
监测仪器和防护用品	公司已配备 1 台环境辐射剂量巡测仪及 8 台个人剂量报警仪，拟新增 7 台环境辐射剂量巡测仪及 10 台个人剂量报警仪	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，本项目应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量报警仪、辐射剂量巡测仪等仪器的要求	
辐射安全管理制度	公司拟根据相关标准要求，完善现有辐射安全管理制度，包括操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、台账管理制度以及辐射事故应急方案等制度，公司还应根据相关条例、办法以及本报告的要求补充工业电子加速器相关制度，并在今后运行中结合实际工作不断完善，使其具有较强的针对性和可操作性	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中的有关要求，使用射线装置的单位要健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、台账登记制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急方案	/

以上措施应与主体工程同时设计、同时施工、同时投入运行。

表 14 审批

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