检索号	2024-HP-0194
商密级别	普通商密

核技术利用建设项目

江苏江锅智能装备股份有限公司
扩建固定式 X、γ 射线探伤项目
环境影响报告表
（公开本）

江苏江锅智能装备股份有限公司

2025 年 **4** 月

生态环境部监制

目录

表 1 项目基本情况 1
表 2 放射源 7
表 3 非密封放射性物质 7
表 4 射线装置 8
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物） 9
表 6 评价依据 10
表 7 保护目标与评价标准 13
表 8 环境质量和辐射现状 16
表 9 项目工程分析与源项 19
表 10 辐射安全与防护 31
表 11 环境影响分析 46
表 12 辐射安全管理 74
表 13 结论与建议 79
表 14 审批 83

表 1 项目基本情况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="7">江苏江锅智能装备股份有限公司扩建固定式 X、γ 射线探伤项目</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="7">江苏江锅智能装备股份有限公司</td></tr>
<tr><td colspan="2">法人代表</td><td>张建东</td><td>联系人</td><td colspan="2"></td><td>联系电话</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">注册地址</td><td colspan="7">江苏扬子江国际化学工业园港丰公路 139 号（太子圩港西侧）</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="7">张家港市张地 2022G21 号地块</td></tr>
<tr><td colspan="2">立项审批部门</td><td colspan="3">/</td><td>批准文号</td><td colspan="2">/</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设项目总投资(万元)</td><td>3000</td><td>项目环保投资(万元)</td><td>341.5</td><td>投资比例（环保投资/总投资）</td><td>11.4%</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目性质</td><td colspan="4">☐新建 ☐改建 ☑扩建 ☐其他</td><td>占地面积（m^2）</td><td>约 1000</td></tr>
<tr><td rowspan="9">应用类型</td><td rowspan="2">放射源</td><td>☐销售</td><td colspan="5">☐I类 ☐II类 ☐III类 ☐IV类 ☐V类</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="5">☐I类（医疗使用） ☑II类 ☐III类 ☐IV类 ☐V类</td></tr>
<tr><td rowspan="3">非密封放射性物质</td><td>☐生产</td><td colspan="5">☐制备 PET 用放射性药物</td></tr>
<tr><td>☐销售</td><td colspan="5">/</td></tr>
<tr><td>☐使用</td><td colspan="5">☐乙 ☐丙</td></tr>
<tr><td rowspan="3">射线装置</td><td>☐生产</td><td colspan="5">☐II类 ☐III类</td></tr>
<tr><td>☐销售</td><td colspan="5">☐II类 ☐III类</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="5">☑II类 ☐III类</td></tr>
<tr><td>其他</td><td colspan="6">/</td></tr>
</table>

1.1 项目概述：

1、建设单位基本情况

江苏江锅智能装备股份有限公司（以下简称“公司”）前身为张家港市江南锅炉压力容器有限公司，于 2022 年底股份制改制后更名。公司现有 1 个厂区，位于江苏省苏州市张家港市江苏扬子江国际化学工业园港丰公路 139 号（太字圩港西侧），目前公司拟在张家港市张地 2022G21 号地块扩建一个新的厂区，该项目目前已取得江苏省张家

港保税区管委会环评批复（张保审批〔2024〕180 号）。公司经营范围包括锅炉压力容器（按制造许可证经营）制造、加工，压力容器设计（按制造许可证经营）；化工机械设备、压力容器检测、探伤，化工工艺分析，化工设备、管道安装（凭资质经营）；自营和代理各类商品及技术的进出口业务（国家限定企业经营或禁止进出口的商品和技术除外）。

2、项目建设规模和任务由来

根据生产、检测需要，江苏江锅智能装备股份有限公司拟在新厂区建设 1 座固定式 X、γ射线探伤房，并拟配备 1 台无损检测用工业电子加速器（X 射线最大能量 6MeV）、1 台 ^{60}Co 探伤机（放射源初始活度为 $3.7\times10^{12}Bq$），2 台 ^{192}Ir 探伤机（放射源初始活度为 $3.7\times10^{12}Bq$）及 9 台 X 射线探伤机，用于开展公司产品的无损检测操作。本项目工业电子加速器、X 射线探伤机及γ射线探伤机均采用胶片成像，需进行洗片作业，洗片场所位于探伤室北侧辅房的洗片室内。本项目探伤作业时会产生废显（定）影液、废胶片等危险废物，公司拟于新厂区联合厂房北侧中部新建 1 座危废库，并拟将本项目洗片作业时产生的废显（定）影液及一次、二次冲洗废水、废胶片暂存于新建危废库内，定期交由有资质单位处理处置。

江苏江锅智能装备股份有限公司检测的工件主要为锅炉，压力容器等，直径约为 1m~8m，长度最大约为 20m，厚度最大为 280mm，公司将根据工件的不同厚度及尺寸大小选择相应的探伤机或加速器进行探伤。

公司拟为本项目配备 8 名辐射工作人员，其中探伤室操作人员 6 名，两班制工作，源库专职管理人员 2 名，均为新增人员。探伤室周曝光时间不超过 40h，年曝光时间不超过 2000h，每班辐射工作人员周曝光时间不超过 20h，年曝光时间不超过 1000h。

本项目核技术利用项目详见下表 1-1。

表 1-1 本项目核技术利用项目一览表

射线装置										
序号	**射线装置名称及型号**	**数量**	**最大管电压（kV）**	**最大管电流（mA）**	**类别**	**场所名称**	**活动种类**	**环评情况及审批时间**	**许可情况**	**备注**
1	X 射线探伤机（型号未定）	2	350	5	II	新厂区探伤室	使用	本次环评	未许可	周向机
2	X 射线探伤机（型号未定）	2	350	5	II		使用	本次环评	未许可	定向机
3	X 射线探伤机（型号未定）	3	250	5	II		使用	本次环评	未许可	周向机

4	X 射线探伤机（型号未定）	2	250	5	II		使用	本次环评	未许可	定向机
序号	**射线装置名称及型号**	**数量**	**加速粒子**	**最大能量**	**类别**	**场所名称**	**活动种类**	**环评情况及审批时间**	**许可情况**	**备注**
1	工业电子直线加速器	1	电子	6MeV	II	新厂区探伤室	使用	本次环评	未许可	剂量率1500cGy/min
放射源										
序号	**放射源名称**	**数量**	**单枚活度 Bq**		**类别**	**场所名称**	**活动种类**	**环评情况及审批时间**	**许可情况**	**备注**
1	^{192}Ir	2	3.7×10^{12}		II	新厂区探伤室	使用	本次环评	未许可	/
2	^{60}Co	1	3.7×10^{12}		II		使用	本次环评	未许可	/

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》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规的规定，本项目需进行环境影响评价，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），本项目使用II类射线装置及II类放射源，应编制环境影响报告表。受江苏江锅智能装备股份有限公司的委托，江苏辐环环境科技有限公司承担该公司本次核技术利用项目的环境影响评价工作。我公司通过资料调研、项目工程分析，并在结合现场勘察、辐射环境现状监测等工作的基础上，编制了该项目的环境影响报告表。

1.2 项目周边保护目标及项目选址情况

江苏江锅智能装备股份有限公司新建厂区拟建址位于张家港市张地 2022G21 号地块。公司东侧及南侧为待开发工业用地，西侧为待开发工业用地及江苏利柏特股份有限公司厂区，北侧为待开发工业用地及炎鑫（张家港）重型装备有限公司厂区，东北侧为张家港富瑞重型装备有限公司厂区。

公司内拟建设 1 座联合厂房，探伤房拟建设于公司厂房东北侧，探伤房东侧为厂区道路和绿化，南侧及西侧均位于厂房内，北侧为道路及炎鑫（张家港）重型装备有限公司厂区，东北侧为张家港富瑞重型装备有限公司厂区。

本项目探伤房的探伤室为一层建筑，下方为土层；辅房为二层建筑，一层为操作室等辅房，二层为实验检测室。

1.3 项目选址合理性分析

本项目探伤房位于公司厂区北部，周围无环境制约因素。本项目 50m 评价范围内

无居民区、学校等环境敏感目标，且不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地等环境敏感区，项目选址合理。本项目环境保护目标主要是本项目辐射工作人员、公司内其他工作人员、炎鑫（张家港）重型装备有限公司的工作人员、张家港富瑞重型装备有限公司的工作人员及空地上的流动人员。

1.4“三线一单”符合性分析

根据《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张家港市重型装备制造基地重点管控单元（编码：ZH32058220392）内，不涉及苏州市生态保护红线，评价范围内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，对照张家港市重型装备制造基地重点管控单元管控要求，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。

1.5 实践正当性评价

本项目的建设将满足企业发展需求，创造更好的经济效益，从经济角度而言，可以提升公司的竞争力，增加公司利益，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，X射线探伤、γ探伤可能会对周围环境、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，在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，其对社会所带来的利益足以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》（GB18871-2002）中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

1.6 公司现有核技术利用项目许可情况

1.6.1 公司现有核技术利用项目许可情况

目前，公司已申领江苏省生态环境厅颁发的辐射安全许可证，辐射安全许可证的编号为苏环辐证[00274]，许可种类和范围为“使用II类射线装置、使用II类放射源”，发证日期为2023年03月01日，有效期至2027年11月03日。公司现有核技术应用项目见表1-2。

表 1-2 公司现有核技术应用项目一览表

射线装置									
序号	**射线装置名称及型号**	**数量**	**型号**	**类别**	**场所名称**	**活动种类**	**环评情况及审批时间**	**许可情况**	**验收情况**
1	X 射线探伤机	7	XXQ-2505	II	探伤房	使用	已环评（苏核表复[2007]148 号，2007.6.13）	已许可	已验收（苏环核验[2010]065 号，2010.4.6）
2	X 射线探伤机	1	XXQ-3005	II	探伤房	使用			
3	X 射线探伤机	1	XXH-2505A	II	探伤房	使用			
4	X 射线探伤机	1	XXH-2505	II	探伤房	使用			
5	X 射线探伤机	7	XXH-3005	II	探伤房	使用			
序号	**放射源名称**	**数量**	**单枚活度 Bq**	**类别**	**场所名称**	**活动种类**	**环评情况及审批时间**	**许可情况**	**验收情况**
1	^{192}Ir		3.7×10^{12}	II	探伤房	使用	已环评审批时间：2004.10.26、2005.9.6	已许可	已验收（苏环核验[2010]065 号，2010.4.6）

1.6.2 公司现有辐射安全管理情况

1、辐射安全与环境保护管理机构

公司已成立了专门的辐射安全与环境保护管理机构，指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并明确了管理职责，满足环保相关管理要求。

2、辐射安全管理规章制度

公司已制定了辐射安全管理制度，主要包括《辐射防护和安全保卫制度》、《X 射线探伤操作规程》、《γ射线探伤操作规程》、《γ探伤机领取、归还和登记制度》、《放射性同位素或射线装置使用登记、台账管理制度》、《辐射工作人员个人剂量监测管理制度》、《辐射工作人员培训制度》、《辐射环境监测方案》、《辐射设备使用与维护制度》、《辐射安全事故处理应急处置制度》、《岗位职责》。

该单位制定的辐射安全管理规章制度较完备且具有一定的可行性，满足现有核技术利用项目对辐射安全管理规章制度的需求。该单位能够按照辐射安全管理规章制度进行管理，辐射工作人员也能够严格按照各项规章制度开展工作，满足环保相关管理要求。

3、辐射监测和年度评估

公司每年均委托苏州大学卫生与环境技术研究所有限公司对本单位的辐射工作场所进行监测，监测结果满足相关标准要求。每年对本单位辐射工作场所的安全和防护状况进行年度评估，并已于每年 1 月 31 日前按要求提交了上一年度的评估报告，满足环保相关管理要求。

4、辐射安全和防护知识培训

公司现有 1 名辐射防护负责人和 11 名辐射工作人员，均已按要求参加了辐射安全与防护的培训并通过了考核，考核时间均在有效期内，满足环保相关管理要求。

5、个人剂量监测与健康体检

公司现有辐射工作人员均已配备了个人剂量计，已定期（不少于 1 次/三个月）送苏州苏大卫生与环境技术研究所有限公司进行个人剂量监测，建立了个人剂量档案，根据最近一年（2023.12-2024.12）的个人剂量检测报告，现有辐射工作人员的受照剂量（最大为 0.72mSv/a）均未超过职业人员年剂量管理限值要求。

公司已定期（不少于 1 次/2 年）组织现有辐射工作人员进行了职业健康体检，并建立了辐射工作人员职业健康监护档案，根据张家港澳洋医院出具的职业健康体检报告，公司现有辐射工作人员未发现与接触“X 射线”相关的疑似职业病患者、未发现不宜接触“X 射线”的职业禁忌症人员，满足环保相关管理要求。

6、运行情况

公司开展核技术利用项目至今，未发生过辐射安全事故。

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	$3.7\times10^{12}\times2$ 枚	II类源	使用	无损检测	新厂区探伤室内	贮存在γ射线探伤机内， 随探伤机一起贮存在本探伤房源库内	/
2	^{60}Co	$3.7\times10^{12}\times1$ 枚	II类源	使用	无损检测	新厂区探伤室内	贮存在γ射线探伤机内， 随探伤机一起贮存在本探伤房源库内	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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）	年最大操作量 （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
1	工业电子直线加速器	II	1	未定	电子	6MeV	1500cGy/min	无损检测	新厂区探伤室内	/

（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	2	/	350	5	无损检测	新厂区探伤室内	周向机
2	X 射线探伤机	II	2	/	350	5	无损检测	新厂区探伤室内	定向机
3	X 射线探伤机	II	3	/	250	5	无损检测	新厂区探伤室内	周向机
4	X 射线探伤机	II	2	/	250	5	无损检测	新厂区探伤室内	定向机

（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
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/	不暂存	经探伤室的机械排风装置排入大气，臭氧在常温常压下稳定性较差，常温常态常压的空气中臭氧有效化学分解时间约为 50 分钟，可自动分解为氧气。
废显（定）影液	液态	/	/	约 50kg	约 600kg	/	集中收集后暂存于危废库	收集贮存危废库后定期交由有资质单位处理。
一次、二次冲洗废水	液态	/	/	约 250kg	约 3000kg	/	集中收集后暂存于危废库	收集贮存危废库后定期交由有资质单位处理。
三次及以上冲洗废水	液态	/	/	约 250kg	约 3000kg	/	不暂存	同生活污水一起排入城市污水管网。
废胶片	固态	/	/	约 25kg	约 300kg	/	集中收集后暂存于危废库	收集贮存危废库后定期交由有资质单位处理。
退役 ^{60}Co 放射源	固态	^{60}Co	使用约 10 年后退役，退役时活度约为 $9.93\times10^{11}Bq$	/	/	/	贮存在γ射线探伤机内，随探伤机一起贮存在探伤房源库内	由放射源生产厂家回收处理。
退役 ^{192}Ir 放射源	固态	^{192}Ir	使用约 6 个月后退役，退役时活度约为 $6.86\times10^{11}Bq$	/	/	/	贮存在γ射线探伤机内，随探伤机一起贮存在探伤房源库内	由放射源生产厂家回收处理。

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、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》（2014年修订本），中华人民共和国主席令第9号，自2015年1月1日起施行； （2）《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年修正本），中华人民共和国2018年主席令第24号，自2018年12月29日起施行； （3）《中华人民共和国放射性污染防治法》，中华人民共和国2003年主席令第6号，自2003年10月1日起施行； （4）《建设项目环境保护管理条例》（2017年修正本），中华人民共和国2017年国务院令第682号，自2017年10月1日起施行； （5）《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，中华人民共和国原环境保护部令第18号公布，自2011年5月1日起施行； （6）《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019年修正本），中华人民共和国2019年国务院令第709号，自2019年3月2日起施行； （7）《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年修正本），中华人民共和国生态环境部令第20号修正，自2021年1月4日起施行； （8）《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，自2021年1月1日起施行； （9）《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6日发布； （10）《关于发布<射线装置分类>的公告》，中华人民共和国环境保护部和国家卫生和计划生育委员会2017年公告第66号，自2017年12月5日起施行； （11）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； （12）《国家危险废物名录》（2025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令第36号，2025年1月1日起施行； （13）《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》国家环保总局，环发[2006]145号，2006年9月26日印发； （14）关于印发《建设项目环境影响评价政府信息公开指南（试行）》的通知，环办[2013]103号，2014年1月1日起施行；

	（15）《产业结构调整指导目录（2024年本）》，国家发展改革委令第7号，自2024年2月1日起施行； （16）《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，中华人民共和国生态环境部2021年部令第9号，自2019年11月1日起施行；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，中华人民共和国生态环境部2019年公告第38号，自2019年11月1日起施行； （17）《关于启用环境影响评价信用平台的公告》（生态环境部公告第39号，2019年10月25日印发）； （18）《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》，中华人民共和国生态环境部公告 2019 年第 57 号，自 2020 年 1 月 1 日起施行； （19）《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），自 2007 年 1 月 15 日施行； （20）《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），生态环境部，2024 年 7 月 6 日印发； （21）《江苏省辐射污染防治条例》，（2018 年修改版），江苏省人大常委会公告第 2 号，自 2018 年 5 月 1 日起施行； （22）《江苏省辐射安全许可证办理等工作程序和规范》，苏环规〔2019〕4 号，自 2019 年 12 月 10 日起施行； （23）《江苏省辐射事故应急预案》，苏政办函〔2020〕26 号，2020 年 2 月 19 日起施行； （24）《江苏省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》，苏政发〔2018〕74 号，2018 年 6 月 9 日； （25）《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〔2021〕1 号，2020 年 1 月 8 日发布； （26）《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； （27）《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； （28）《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；

（29）《江苏省自然资源厅关于张家港市生态空间管控区域调整方案的复函》，苏自然资函〔2022〕145 号，2022 年 1 月 20 日发布。

技术标准

（1）《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）

（2）《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）

（3）《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）

（4）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）

（5）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

（6）《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）

（7）《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及第1号修改单

（8）《粒子加速器辐射防护规定》（GB5172-1985）

（9）《无损检测用工业电子加速器工程通用规范》（GB/T 30371-2013）

（10）《无损检测用工业电子加速器》（GB/T 20129-2015）

（11）《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）

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

（13）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）

（14）《γ射线探伤机》（GB/T14058 -2023）

其他

参考资料：

（1）《辐射防护导论》，方杰主编

（2）《中国环境天然放射性水平》，国家环境保护局，1995 年

江苏省环境天然γ辐射水平调查结果（单位：nGy/h）

类别	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，以测值范围作为参考值。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 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》（HJ10.1-2016）的要求，放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围。

本项目为使用 II 类射线装置及 II 类放射源，根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的要求，本项目保守取探伤室实体边界外 50m 以内区域。

7.2 保护目标

本项目评价范围内不涉及《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》第三条（一）中的国家公园、世界文化和自然遗产地等环境敏感区，不涉及《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2022）中的生态保护目标；经对照《江苏省生态空间管控区域规划的通知》（苏政发〔2020〕1 号）、《江苏省国家级生态保护红线规划》（苏政发〔2018〕74 号）及《江苏省自然资源厅关于张家港市生态空间管控区域调整方案的复函》（苏自然资函〔2022〕145 号），本项目评价范围内不涉及江苏省国家级生态保护红线区和江苏省生态空间管控区范围，无生态保护目标。

本项目评价范围内无居民区、学校等环境敏感点，本项目环境保护目标主要是本项目辐射工作人员、公司内其他工作人员、炎鑫（张家港）重型装备有限公司的工作人员、张家港富瑞重型装备有限公司的工作人员及空地上的流动人员。本项目环境保护目标见表 7-1。

表 7-1 本项目环境保护目标分布

名称	场所	环境保护目标	方位	距探伤室距离	规模
辐射工作人员	探伤房辅房内	探伤操作人员	探伤室北侧	邻近	6 名工作人员
	γ探伤机领取归还、清点等工作时：源库内	源库工作人员	探伤室北部	/	2 名工作人员
	其余时间：厂房辅助用房		探伤室西南侧	约 220m	
评价范围内公众	厂区内道路及待开发工业用地	厂区内其他工作人员及流动人员	探伤室东侧	0m~50m	流动人员
	厂房内	厂房内其他工作人员	探伤室南侧	0m~50m	约 20 名人员
	厂房内	厂区内其他工作人员	探伤室西侧	0m~50m	约 20 名人员
	储藏室、楼梯间、通道	厂区内其他工作人员	探伤室北侧	邻近	流动人员

	辅房楼上实验检测室	厂区内其他工作人员		邻近	约 5 名人员
	厂区内道路	厂房内其他工作人员		5m~14m	流动人员
	炎鑫（张家港）重型装备有限公司厂区	厂区内工作人员		14m~50m	约 80 名人员
	厂区内道路	厂房内其他工作人员	探伤室东北侧	0m~48m	流动人员
	张家港富瑞重型装备有限公司厂区	厂区内工作人员		48m~50m	约 5 名人员

7.3 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 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）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）、《粒子加速器辐射防护规定》（GB 5172-1985）及《无损检测用工业电子加速器工程通用规范》（GB/T 30371-2013）中相关要求，本项目职业照射剂量约束值取职业照射剂量限值的 1/4，公众照射剂量约束值取职业照射剂量限值的 1/10，具体剂量约束值管理目标见表 7-3。

表 7-3 本项目剂量约束值

适用范围	剂量约束值
职业照射有效剂量	5mSv/a
公众照射有效剂量	0.1mSv/a

（3）辐射剂量控制水平

《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）

5.2.3.3 放射源贮存设施应达到如下要求：

c) 在公众能接近的距外表面最近处，其屏蔽应能使该处周围剂量当量率小于 2.5 μSv/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 100μSv/h。

本项目辐射剂量管理目标确定为：

①周围剂量当量率参考控制水平：探伤房探伤室四周墙体及防护门表面外 30cm 处辐射剂量率不大于 2.5μSv/h，探伤室顶外 30cm 关注点处辐射剂量率不大于 100μSv/h（人员不可达，且自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内无高层建筑）；储源库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。

②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。

（4）其他评价标准

①《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及第 1 号修改单

②《无损检测用工业电子加速器工程通用规范》（GB/T 30371-2013）

③《无损检测用工业电子加速器》（GB/T 20129-2015）

④《粒子加速器辐射防护规定》（GB 5172-1985）

⑤《γ射线探伤机》（GB/T 14058-2023）

⑥《剧毒化学品、放射源存放场所治安防范要求》（GA 1002-2012）

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 环境质量和辐射现状

8.1.1 项目地理和场所位置

江苏江锅智能装备股份有限公司新建厂区拟建址位于张家港市张地 2022G21 号地块。公司东侧及南侧为待开发工业用地，西侧为待开发工业用地及江苏利柏特股份有限公司厂区，北侧为待开发工业用地及炎鑫（张家港）重型装备有限公司厂区，东北侧为张家港富瑞重型装备有限公司厂区。

公司内拟建设 1 座联合厂房，探伤房拟建设于公司厂房东北侧，探伤房东侧为厂区道路和绿化，南侧及西侧均位于厂房内，北侧为道路及炎鑫（张家港）重型装备有限公司厂区，东北侧为张家港富瑞重型装备有限公司厂区。

本项目探伤房拟建址及周围环境现状见图 8-1。

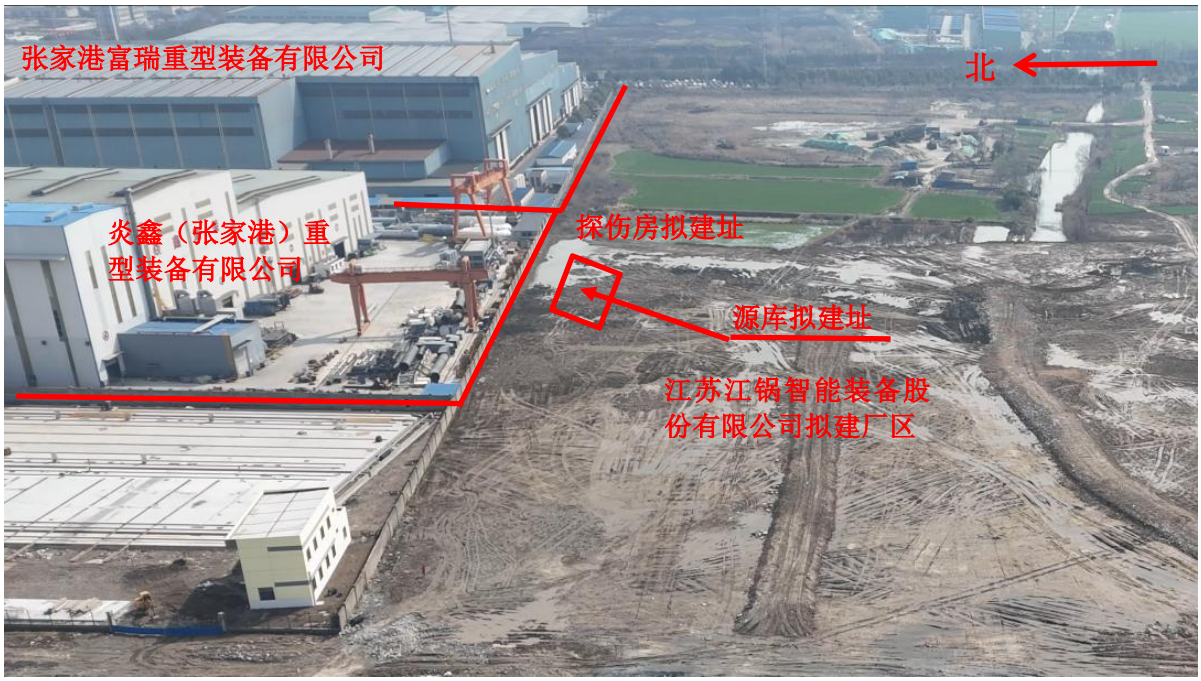


图 8-1 本项目探伤房拟建址及周围环境现状

8.1.2 环境现状检测

本项目为使用II类射线装置、II类放射源进行固定探伤作业，根据项目工作原理及特点，本项目运行期间主要的环境污染物为 X、γ射线电离辐射污染。本项目在进行现状调查时，主要调查探伤房拟建址及周围环境的γ辐射空气吸收剂量率。

1、环境现状评价对象、检测因子、检测点位

环境现状评价对象：本项目探伤房拟建址及周围辐射环境

检测因子：γ辐射空气吸收剂量率

检测点位：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）有关布点原则进行布点，在探伤房拟建址及周围环境共计布设 8 个γ辐射空气吸收剂量率检测点位，具体检测点位见图 8-2。

2、检测方案

①检测单位：江苏辐环环境科技有限公司

②检测时间：2024 年 2 月 27 日

③检测天气：天气：多云　温度：3℃　湿度：52%

④检测仪器：

检测名称：辐射巡测仪

仪器型号：FH40G+FHZ672E-10

仪器编号：030360+11395

能量响应范围：40keV~4.4MeV

量程范围：1nSv/h~100μSv/h

检定单位：江苏省计量科学研究院

检定有效期：2024.1.3~2025.1.2

⑤检测方法：按照《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）中的要求进行，每组读 10 个数据，取算术平均值计算结果。

3、质量保证措施

①检测机构已通过计量认证，具备有相应的检测资质和检测能力；

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

③检测机构所采用的监测设备均通过计量部门检定，并在检定有效期内；

④所有检测人员均通过专业的技术培训和考核，考核后上岗；

⑤检测仪器在使用前、后进行性能检查，确保工作状态正常；

⑥检测报告实行三级审核，经过一审、二审，最后由授权签字人签发。

4、检测结果及评价

本项目拟建址及周围环境的γ辐射空气吸收剂量率检测结果见表 8-1，检测点位见图 8-2。

表 8-1 本项目拟建址周围环境γ辐射空气吸收剂量率检测结果一览表

测点序号	点位描述	位置属性	检测结果（nGy/h）	标准差	备注
1	本项目探伤室拟建址处	原野	54.2	0.7	环境本底检测
2	本项目操作室拟建址处	原野	51.9	0.5	
3	本项目探伤室拟建址东侧空地	原野	56.3	0.5	
4	本项目探伤室拟建址南侧空地	原野	53.8	0.7	
5	本项目探伤室拟建址西侧空地	原野	54.6	0.5	
6	本项目探伤室拟建址北侧空地	原野	53.8	0.5	
7	炎鑫（张家港）重型装备有限公司南侧围墙外（本项目探伤室拟建址北侧）	原野	55.4	0.5	
8	张家港富瑞重型装备有限公司围墙外西南角（本项目探伤室拟建址东北侧）	原野	54.4	0.6	

注：1)表中数据已扣除检测仪器宇宙射线响应值 17.1nSv/h，已考虑建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子。

2)建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，原野取 1。

3)本项目检测仪器使用 ^{137}Cs 作为检定参考辐射源，根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021），换算系数取 1.20Sv/Gy。

根据检测结果可知，本项目探伤房建设场址及周围剂量率为（51.9~56.3）nGy/h，处于江苏省环境天然γ辐射空气吸收剂量率测值范围内（原野（33.1~72.6）nGy/h）。



图 8-2 本项目探伤室拟建址及周围辐射环境检测点位示意图

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 工程设备及工作方式

1、工程设备

（1）X射线探伤机

X射线探伤机主要由控制箱、X射线发生器和连接电缆等部件构成。控制箱用于调节探伤机的开关、管电压、曝光时间设置。连接电缆用于连接控制器与X射线发生器。X射线发生器用于在控制器设置条件进行曝光探伤。常见X射线探伤机控制箱见图9-1，常见X射线探伤机及连接电缆见图9-2。



图9-1 常见X射线探伤机控制箱



图9-2 常见X射线探伤机外观图及连接电缆

本项目拟配备的X射线探伤机具体参数见表9-1。

表9-1 本项目X射线探伤机主要技术参数

序号	射线装置	类型	最大管电压	最大管电流	主射线辐射角	探伤工件最大厚度
1	X 射线探伤机	周向机	350kV	5mA	40°×360°	80mm 钢
2	X 射线探伤机	定向机	350kV	5mA	40°×40°	80mm 钢
3	X 射线探伤机	周向机	250kV	5mA	40°×360°	60mm 钢
4	X 射线探伤机	定向机	250kV	5mA	40°×40°	60mm 钢

本项目 X 射线探伤机在探伤室工作时，周向探伤机拟朝向南墙、北墙、顶部及地面照射，定向机均拟朝向东墙、南墙或顶部照射。探伤时探伤机离地距离约 2m，距四周墙面最近距离约 2m。

（2）无损检测用工业电子加速器

本项目拟在探伤室内安装1台无损检测用工业电子加速器，固定朝向南墙照射。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、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。加速器系统由机头（X射线机头）、调制器柜、控制（台）系统、温控水冷机柜、稳压电源五大部分以及它们之间的连接电缆和水管、悬吊机构组成。加速器系统整体结构见图9-3。

机头：机头是加速器的主体部分。机头内装有驻波加速管、聚焦线圈微波功率源、微波功率传输系统、波导供气系统、部分水冷系统、射线准直及屏蔽装置、剂量测量探头、电子枪与磁控管的直流灯丝电源、调制器的脉冲变压器、AFC采样及伺服器件、钛泵电源等。加速管是由电子枪、谐振腔连、靶、耦合波导、波导窗和钛泵等构成的全密封整体部件。微波传输系统包括定向耦合器、四端环流器、吸收负载、微波波导等，系统内充SF_6气体。

调制器柜：柜内装有作为磁控管阳极脉冲电源的线型调制器及调制器电路的一些主要组件；部分加速器供电控制检测电路的低压电源、配电开关、接触器和继电器，以及用于记录电子枪灯丝和射线束工作时间的计时器等。调制器由直流高压充电电源、充电电感、充电二极管、脉冲形成网络、闸流管、脉冲变压器（在机头内）DQ电路，反峰保护电路、触发电路、过载保护电路等构成。

温控水冷机柜：加速器的许多部件需要冷却，如加速管、聚焦线圈、靶、波导窗、磁控管、四端环流器、负载等。要求冷却水的温度变化不超过±1℃，冷却水系统是闭路循环系统。冷却水使用蒸馏水或去离子水。

控制（台）系统：加速器运行和保护系统的联锁功能由 PLC 控制器完成。采用基于现场总线技术的可编程序控制器及其扩展模块，工控机等实现对加速器的运行操作控制，该系统具有参数显示、参数设置、波形显示、运行提示、故障自诊断、智能曝光、自动档案管理等功能。并可实现远程监测，为用户提供方便的服务。

稳压电源：在电网的波动超过±5%的情况下，加速器需由稳压电源供电，使电压的稳定度小于±2%。稳压电源的容量为 20kVA 或 30kVA。

加速器机头悬吊机构：具有使机头升降、回转、仰俯等功能，以满足不同角度对工件照射检查的需要。主要组成部分及其技术指标：伸缩架和升降机构伸缩架行程满足用户现场需要。升降运行为双速；旋转轭架及转动机构上仰+45°，下俯-90°，水平旋转±175°，旋转与仰俯具有限位装置。根据建设单位提供的限位信息，工业电子加速器机头距离地面为 0.8m~8m；工业电子加速器通过行车可在东西、南北方向 24.0m×9.4m 范围内前后左右移动，移动区域距东墙、西墙最小距离均为 4.5m，距南墙最小距离为 4m，距北墙最小距离为 2m。本项目加速器尚未招标，型号待定，根据建设单位及意向厂家提供的资料，本项目工业加速器机头水平方向不可旋转，竖直方向的旋转角度为-90°~0°，辐射角度为 30°。

加速器通过各系统软件相互控制，只允许电子加速到系统许可的能量，确保加速器的 X 射线能量不会超过最大允许能量。

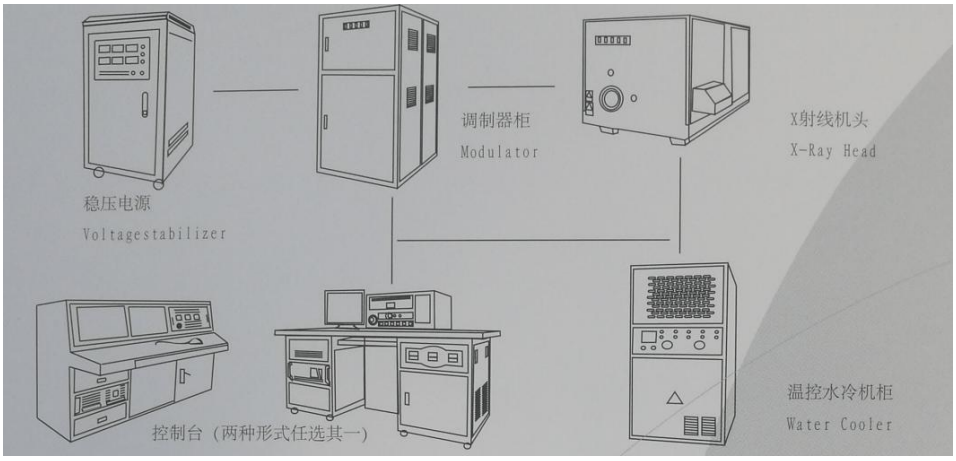


图 9-3 加速器系统组成图



图9-4 本项目无损检测用工业电子加速器示例图

本项目拟购买1台无损检测用工业电子加速器，该型号设备主要技术参数见表9-2。

表9-2 本项目拟购无损检测用工业电子加速器主要技术参数

名称	工业电子加速器
X射线束最大能量	6MeV
最大X射线束空气比释动能率	1m处1500cGy/min
X射线束焦点尺寸	<Φ1.5mm
辐射角度	30 °圆锥角（由圆锥形准直器限定）
X射线泄漏量	<0.1% （在主射线范围之外，距靶1m的球面上，任何100cm²的区域内测得的平均剂量率不超过0°方向主射线中心轴线上距靶1m处剂量率的0.1%）

（3）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，内部是一般为贫铀屏蔽层。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为曝光头，操作遥控装置将放射源移出源容器送至曝光头，进行曝光照相检测。

遥控装置分为手动和电动两种类型。在没有供电的野外作业，一般是靠手摇曲柄驱动放射源出源。本项目为固定式γ探伤，建设单位拟使用电动遥控装置驱源，系统出现故障时，能实现断电回源的功能。

电动γ射线探伤机结构示意图见图 9-5、电动γ射线探伤机见图 9-6。

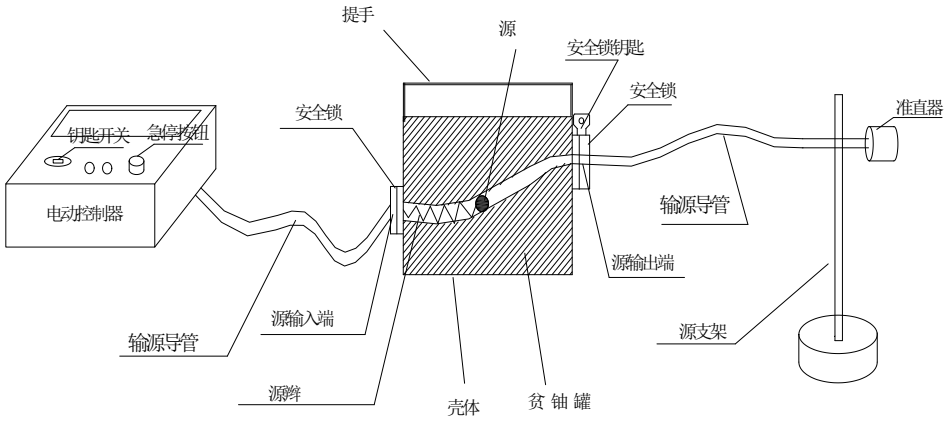
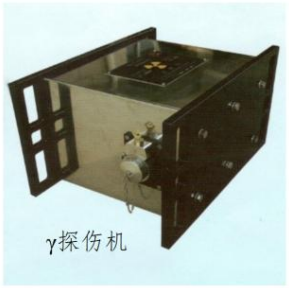


图 9-5　电动γ射线探伤机结构示意图











不同厂家
准直器外观

图 9-6　电动γ射线探伤机组件及外观示意图

2、工作方式

本项目探伤房探伤室内工业电子加速器、X 射线探伤机及γ射线探伤机不同时使用，每次探伤仅开启 1 台探伤装置。探伤工作人员位于探伤室外的操作台处对 X 射线探伤机、γ射线探伤机和加速器进行隔室操作。

9.1.2 工作原理、工艺流程及产污环节

1、工作原理

（1）X 射线探伤机工作原理

X射线探伤机的核心部件是X射线管，X射线管由阳极、阴极、灯丝、钨靶、铜体、发射罩等组成，X射线管结构示意图见图9-7。X射线管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。

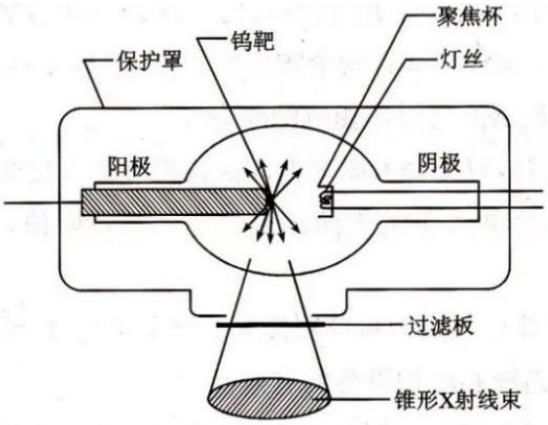


图 9-7 典型的 X 射线管结构图

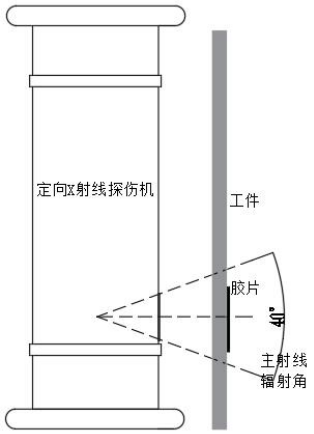


图 9-8 常见 X 射线探伤机照射工件示意图

（2）无损检测用工业电子加速器工作原理

无损检测用工业电子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。

（3）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。

本项目拟使用 ^{60}Co、^{192}Ir 进行γ射线探伤，其核素特性见表 9-3。

表 9-3　本项目核素特性一览表

核素	半衰期	衰变类型及分支比（%）	主要α、β辐射能量（keV）与绝对强度（%）	主要γ、X 射线能量（keV）与绝对强度（%）	γ射线能量均值（MeV）	周围剂量当量率常数（μSv·m²/（h·MBq））
^{60}Co	5.3a	β- (100）	317.87（99.925） 664.81（0.011） 1491.11（0.057）	1173.228（99.85） 1332.492（99.9826）	1.25	0.35
^{192}Ir	74.0d	β^-（95.13） ε（4.87）	538.3（41.43） 675.1（48.0） 258.7（5.6）	316.5（82.75） 468.1（47.81） 308.5（29.68） 296.0（28.72）	0.37	0.17

（4）无损检测原理

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。

2、工艺流程及产污环节

本项目 X、γ射线探伤机探伤工艺流程与原有 X、γ射线探伤机探伤工艺流程相同，不存在工艺改进情况。

（1）**X射线探伤机**

①辐射工作人员检查辐射安全措施的有效性，确认各项辐射安全措施均正常有效后，将被探伤工件通过工件门运至探伤室内固定，并在检测部位贴上感光胶片；

②将 X 射线探伤机放在合适的位置；

③检查探伤室内人员滞留情况，确定无人后探伤工作人员关闭工件门，通过人员门离开探伤室，并关闭人员门；

④探伤工作人员在操作室内，通过操作按钮设定管电压、管电流及曝光时间，开始无损检测；

⑤达到预定照射时间和曝光量后 X 射线探伤机停机，曝光结束；确认固定式剂量监测系统监测值正常，工作人员带个人剂量报警仪及辐射巡测仪进入探伤室，取下胶片；

⑥工作人员对探伤胶片进行洗片、读片，判断工件焊接质量、缺陷等，并出具检测报告。

本项目X射线探伤工作流程及产污环节见图9-9。

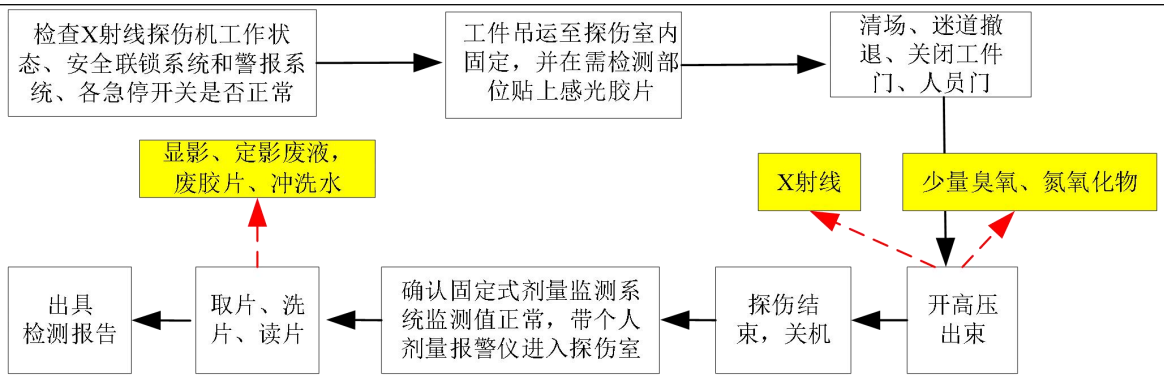


图9-9 本项目X射线探伤工作流程及产污环节

（2）无损检测用工业电子加速器

①探伤前检查加速器的工作状态是否正常，检查安全联锁系统和警报系统、加速器各急停开关等是否正常工作；

②确认各项辐射安全措施均正常有效后，将被探伤工件通过工件门运至探伤室内固定，并在检测部位贴上感光胶片，调整加速器位置，选择合适的高度、角度，使之适合工件的探伤部位；

③检查探伤室内人员滞留情况，确定无人后探伤工作人员关闭工件门，通过人员门离开探伤室，并关闭人员门；

④将控制台上的紧急开关旋出来，使之处于未锁紧的位置，开启电源对磁控管和电子枪进行预热；

⑤完成上述步骤后，即完成了探伤前的例行检查后，将出束钥匙插入开关孔中，开启加速器电源，加速器开始出束探伤；

⑥达到预定照射时间和曝光量后关闭加速器，确认固定式剂量监测系统监测值正常，工作人员携带辐射巡测仪及个人剂量报警仪进入探伤室取下胶片，曝光结束；

⑦工作人员对探伤胶片进行洗片、读片，判断工件焊接质量、缺陷等，并出具检测报告。

本项目无损检测用工业电子加速器工作流程及产污环节见图9-10。

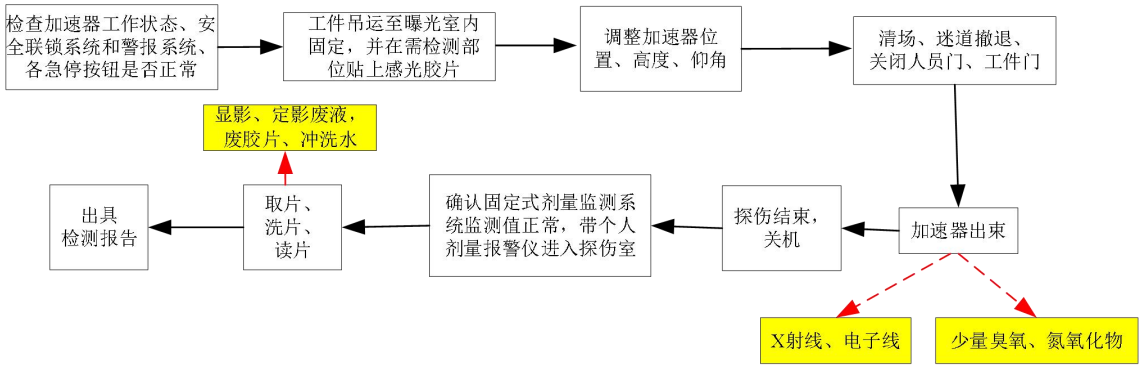


图 9-10　无损检测用工业电子加速器工作流程及产污环节示意图

（3）γ射线探伤机

①检查对应γ探伤的安全联锁系统和警报、急停按钮是否正常工作；

②将被探伤工件通过工件门运至探伤室内固定，并在检测部位贴上感光胶片；

③登记后，按要求从双人双锁源库选取γ探伤机，检查γ探伤装置的安全锁、联锁装置、位置指示器、输源管、驱动装置等的性能。

④将γ探伤机及曝光头放置在合适的位置，连接好控制部件和输源管，开启探伤机闭锁装置；

⑤检查探伤室内人员滞留情况，确定无人后探伤工作人员关闭工件门，通过人员门离开探伤室，并关闭人员门；

⑥操作室内，探伤工作人员通过电动出源装置驱动放射源至曝光头进行探伤；

⑦达到预定照射时间和曝光量后将放射源收回探伤机贮源容器内，确认放射源回到贮源位后，工作人员携带辐射巡测仪及个人剂量报警仪进入探伤室，取下胶片，曝光结束；

⑧当天工作结束后，按要求将γ探伤机归还探伤室源库内，双人双锁保管；

⑨工作人员对探伤胶片进行洗片、读片，判断工件焊接质量、缺陷等，并出具检测报告。

本项目γ射线探伤机工作流程及产污环节见图 9-11。

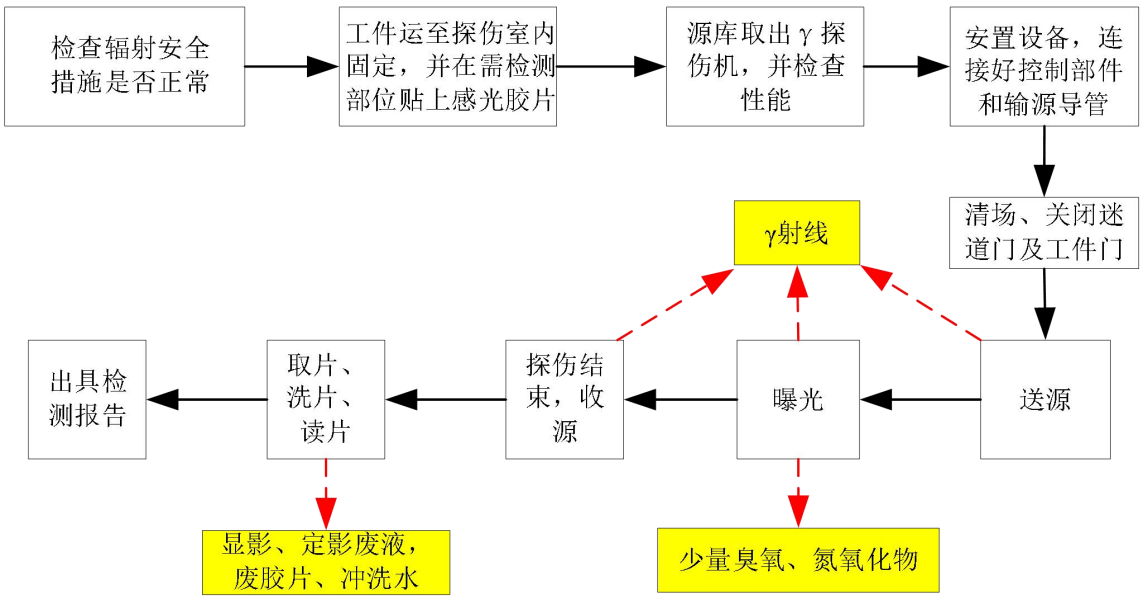


图 9-11　固定式γ射线探伤工作流程及产污环节示意图

9.1.3 工作制度、人员配置及曝光时长

工作制度：本项目探伤室辐射工作人员实行两班制。

人员配置：公司拟为本项目探伤室配备 6 名辐射工作人员，实行两班制，每班 3 名人员；拟为源库配备 2 名辐射工作人员。

曝光时长：探伤室每天曝光时间不超过 8h，每周工作 5 天，周曝光时间不超过 40h；年工作 50 周，年曝光时间不超过 2000h。每班工作人员周曝光时间不超过 20h，年曝光时间不超过 1000h。

9.1.4 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操作室门进入操作室，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，返回至操作室开始探伤工作。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，辐射工作人员从操作室门离开探伤房。

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。

本项目产生的危废由洗片室送至公司危废库进行贮存。

9.2 污染源项描述

1、辐射污染源分析

（1）X 射线探伤机

由 X 射线探伤机工作原理可知，探伤机只有在开机并处于出束状态时（曝光状态）才会发出 X 射线，对探伤室外工作人员和周围公众产生一定外照射，因此探伤机在开机曝光期间，辐射源项主要包括 X 射线的有用线束辐射、泄漏辐射、散射辐射。

本项目 X 射线的有用线束辐射、泄漏辐射、散射辐射具体取值见表 9-4。

表 9-4 距靶 1m 处 X 射线周围剂量当量率及射线强度核算

序号	射线装置	管电压（kV）/管电流（mA）	有用线束	泄漏辐射	散射辐射
			距靶 1m 处 X 射线输出量*(mGy·m²/(mA·min))	距靶 1m 处 X 射线周围剂量当量率(μSv/h)	能量
1	X 射线探伤机	250/5	16.5	5×10^3	200kV
2	X 射线探伤机	350/5	22.2	5×10^3	250kV

注：本项目探伤机型号未定，距靶 1m 处 X 射线输出量保守取不同滤过条件下的最大值，350kV 探伤机距靶 1m 处 X 射线输出量保守以 300kV 及 400kV 下 X 射线管输出量较大值进行插值计算得到。

（2）无损检测用工业电子加速器

由无损检测用工业电子加速器工作原理可知，只有在开机并处于出束状态时（曝光状态）才会发出 X 射线及电子束，对探伤室外工作人员和周围公众产生一定外照射，因此出束曝光期间，辐射源项主要包括 X 射线有用线束辐射、泄漏辐射、散射辐射。根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录 A，对于能量大于 3MeV 的 X 射线其散射一次后能量为 0.5MeV，经散射后的次级 X 射线能量远小于初级 X 射线能量，因此散射线对各侧次屏蔽墙外的辐射影响远小于漏射线，故本环评仅预测评价主屏蔽墙对主射线的防护以及次屏蔽墙对泄漏 X 射线的防护效果。

根据厂家提供的资料，本项目无损检测用工业电子加速器技术参数见表 9-5。

表9-5 本项目无损检测用工业电子加速器技术参数一览表

序号	射线装置	型号	有用线束辐射输出量	泄漏辐射输出量
1	工业电子加速器	未定	1500cGy/min	1.5cGy/min

工业电子加速器在运行时可产生电子束，因其贯穿能力远弱于X射线，在X射线得到充分屏蔽的条件下，电子束亦能得到足够的屏蔽。

本项目工业电子加速器的X射线能量小于10MeV，根据《无损检测用工业电子加速器工程通用规范》（GB/T 30371-2013）中8.1.2.5要求，本项目不考虑中子和感生放射性的辐射影响。

（3）γ射线探伤机

本项目γ射线探伤辐射污染主要是当放射源处于贮源位时，放射源发射的γ射线经不完全屏蔽对周围环境产生的外照射，以及放射源进行出源曝光时发射的γ射线对周围环境产生的外照射。因此γ射线是本项目γ射线探伤的主要污染因素。本项目配备 2 台 ^{192}Ir 源探伤机和 1 台 ^{60}Co 源探伤机，均拟购自正规厂家。每台γ探伤机中有 1 枚密封源，单枚源初始活度最大不超过 3.7×10^{12}Bq(100Ci)，属于《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)中 P 类探伤机。源容器表面 5cm 处周围当量剂量率限值不超过 500μSv/h，1m 处不超过 20μSv/h。

探伤时γ源发射的射线各向同性，均为主射线，在被检测工件上会产生散射。

此外，γ射线探伤机使用的放射源，随着活度的衰减，穿透量逐渐减弱，曝光时间逐渐增加，直至不能满足工作需要而需要更换源。一般 ^{192}Ir 源使用 6 个月后退役，退役时活度不超过 6.86×10^{11}Bq；^{60}Co 源使用约 10 年后退役，退役时活度不超过 9.93×10^{11}Bq。退役放射源仍有放射性，会对周围环境产生一定的γ辐射影响。

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

2、非辐射污染源分析

（1）固体废物

本项目运营时会产生废胶片，属于《国家危险废物名录》中危险废物，废物类别为 HW16，废物代码为 900-019-16，每年预计产生 300kg。

本项目运营后工作人员还会产生一定量的生活垃圾，生活垃圾按每人每天 0.5kg 计，产生量约为 1000kg/a。

（2）废水

本项目洗片过程会产生废显（定）影液、一次、二次冲洗废水及三次及以上冲洗废水，废显（定）影液属于《国家危险废物名录》中危险废物，废物类别为 HW16，废物代码为 900-019-16。本项目每月预计产生废显（定）影液 50kg，一次、二次冲洗废水 250kg，三次及以上冲洗废水 250kg，每年预计产生废显（定）影液 600kg，一次、二次冲洗废水 3000kg，三次及以上冲洗废水 3000kg。

本项目运行后辐射工作人员会产生一定量的生活污水。本项目拟配备 8 名辐射工作人员，每名人员生活用水约 30L/d，年工作按 250 天计，则辐射工作人员生活用水量为 60t/a，污水产生系数取 0.8，则生活污水产生量约 48t/a。

（3）废气

本项目 X、γ射线探伤机和工业电子加速器出束曝光时，会电离空气产生少量臭氧和氮氧化物。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全措施

1、工作场所布局及分区

（1）工作场所布局

本项目探伤房包括探伤室及辅房，其中探伤室为一层结构，辅房为二层结构。探伤室内北部建有 1 座放射源暂存库，源库为一层建筑。探伤房辅房一层为操作室、加速器电源室、洗片室（湿）、洗片室（干）、烘片室、储藏室等，二层为实验检测室。探伤房设有迷道，操作室位于探伤室北墙外。探伤室与操作室分开独立设置，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中关于操作室应与探伤室分开设置的要求。

本项目探伤室内每次仅开启 1 台装置进行探伤，使用加速器探伤时，加速器主射线朝向南墙及地面照射；使用 X 射线探伤机探伤时，定向机均拟朝向东墙、南墙或顶部照射，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中操作室应避开有用线束照射方向的要求。

综上所述，本项目探伤房的布局设计合理。

（2）工作场所分区

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防范工作，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求在辐射工作场所内划出控制区和监督区。

本项目将探伤室、源库作为控制区，在工件门及人员门外设置电离辐射警告标志及中文警示说明，探伤期间禁止任何人员进入；将辅房（包括操作室、加速器电源室、洗片室（湿）、洗片室（干）、烘片室）以及工件门外一米区域（在地面粘贴地标并标识监督区）作为监督区，在辅房入口门设置监督区标牌，探伤期间禁止无关人员进入。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。本项目辐射工作场所两区划分情况见表 10-1。

表 10-1 本项目辐射工作场所两区划分情况

项目环节	控制区	监督区
两区划分范围	探伤室及源库	辅房（包括操作室、加速器电源室、洗片室（湿）、洗片室（干）、烘片室）以及工件门外一米区域
划分依据	根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）6.4.1.1：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。	根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）6.4.2.1：注册者或者许可证持有者应将下述区域定位监督区：这种区域未被定位控制区，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。
分区管理措施	对控制区进行严格控制，探伤装置在曝光过程中严禁任何人进入。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）6.4.1.4 c)在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的、符合附录 F 规定的警告标志。	监督区为工作人员操作仪器时工作场所，禁止非相关人员进入，避免受到不必要的照射，并根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）6.4.2.2 b)在监督区入口处的适当地点设立表明监督区的标牌。
辐射防护措施	探伤室工件门及人员门表面外张贴电离辐射警告标识。	辅房入口门外设置监督区标牌。

2、探伤室辐射屏蔽防护设计

本项目探伤室及源库防护屏蔽一览表见表 10-2。

表 10-2 本项目探伤室及源库防护屏蔽一览表

内部净尺寸	33m×15.4m×15m	
墙体	东墙、西墙	
	南墙	
	北墙	
	北侧迷道墙	
屋顶		
工件门		
人员门		
源库		

注：砼密度为 2.35g/cm^3，铅密度为 11.3 g/cm^3。

本项目探伤室东侧设置 1 个通风口，从东侧墙体下方穿墙而过，通过管道先向南后向上延伸至探伤室顶部，排风口处拟安装 1 个轴流风机，排风量不小于 31000m^3/h，探伤作业时全程开启风机，可将探伤室内产生的臭氧及氮氧化物排至室外。

本项目探伤室北墙下方设置 4 个直径 219mm 电缆管道和 2 个直径 108mm 电缆管

道，使用 U 型过墙方式埋于地坪 500mm 以下，利用散射降低通风管道及线缆管道口的辐射水平。

本项目探伤室工件门门洞宽 9.98m，工件门宽 11.8m；工件门门洞高 12m，工件门高 12.4m；人员门门洞宽 1m，人员门宽 1.4m；人员门门洞高 2m，人员门高 2.2m。防护门应满足与墙体搭接宽度不小于门缝间隙 10 倍的要求。

3、辐射安全与防护设施和措施

本项目探伤房将使用无损检测加速器、γ探伤机和 X 射线探伤机，其辐射安全措施需满足《无损检测用工业电子加速器工程通用规范》（GB/T 30371-2013）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）、《粒子加速器辐射防护规定》（GB 5172-1985）、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）的要求：

3.1 辐射防护措施

（1）X、γ射线固定探伤辐射防护措施

1）电离辐射警告标志

探伤房工件门、人员门及通风管道外表面醒目处拟设置满足 GB18871-2002 要求的“当心电离辐射”警告标志和中文警示说明，提醒无关人员勿在其附近出入和逗留。

2）声光报警装置

本项目探伤室工件门、人员门外上方及探伤室内部均拟设置“预备”“照射”状态工作状态指示灯和声音提示装置，工作状态指示灯与加速器/X 射线探伤机/γ射线探伤机进行联锁；工作状态指示灯通过电路与探伤装置连接，探伤装置通电时工作状态指示灯显示“预备，禁止入内”状态，探伤装置加高压出束/出源时工作状态指示灯显示“照射，禁止入内”状态，曝光结束探伤装置停止出束时工作状态指示灯自动显示“预备，禁止入内”状态。同时探伤室内外醒目位置拟设置清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明。

3）门机/源联锁

探伤室工件门和人员门均设计有门机连锁装置，探伤室使用的每台探伤设备（包括加速器、γ射线探伤机和 X 射线探伤机）均与防护门联锁。只有在工件门和人员门都关闭后加速器、γ射线探伤机或 X 射线探伤机才可以出束工作。门打开时能立即停止射线照射，关上门不能自动开始射线照射。

4）钥匙开关

加速器控制台上设计安装钥匙开关，并与加速器联锁，当钥匙开关未闭合时，机

器不能出束；X 射线探伤机控制箱上设计安装钥匙开关，并与 X 射线探伤机联锁，当钥匙开关未闭合时，X 射线探伤机不能出束；γ射线探伤机控制箱上设计安装钥匙开关，并与γ射线探伤机联锁，当钥匙开关未闭合时，γ射线探伤机不能出源。

5）急停按钮

加速器控制台、X 射线探伤机控制箱、γ射线探伤机控制箱、迷道内、探伤室内各墙上均设计安装高压联锁的紧急停机按钮。确保出现紧急事故时，人员处在探伤房内任何位置时都能够及时按下急停按钮，急停按钮在按下时，能立即停止照射。紧急停机按钮旁设置有醒目的标签和中文使用说明。

6）固定式辐射监测系统

探伤室设置固定式辐射监测系统，并与门-机联锁相联系。该系统数字显示装置安装在操作室内显著位置，剂量检测探头安装在探伤室内迷道内口处。当辐射超过设定阈值时（拟设定为 2μSv/h），系统的音响和（或）灯光警告装置发出警告信号，此时探伤室防护门被联锁无法从外部打开，只有当探伤室内辐射剂量降至预设阈值以下时，探伤室防护门才能打开。

7）监控系统

探伤室迷道内、西南角、东北角、储源库内及工件门外各设计有一个监控探头，监控器位于操作室控制台，探伤操作人员可通过监控器实时观察探伤室内部情况。探伤室内两个监控探头同时覆盖源库范围。储源库内监控器同步设置于门卫室，对储源库实行 24 小时监控。

8）紧急开门开关

本项目探伤室防护门均为电动门，拟在探伤室内工件门门旁及迷道内人员门门旁各设置 1 个开门开关。紧急情况下，按下开门开关按钮可离开探伤室。

9）辐射仪器配备

本项目拟配备 1 台辐射巡测仪及 5 台个人剂量报警仪，其中 1 台报警仪与人员门门禁卡、γ探伤装置的安全锁钥匙串结一起。

本项目探伤房拟采取的辐射安全和防护措施与相关标准对照情况见表 10-3。

表10-3 本项目探伤房拟设置的辐射安全措施一览表

《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）	本项目拟采取的辐射防护措施	是否满足要求
6.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置，应在门（包括人员进出门和探伤工件进出门）关闭后才能进行探伤作业。门-机联锁装置的设置应方便探伤室内部的人员在紧急情况下离开探伤室。在探伤过程中，防护门被意外打开时，应能立刻停止出束或回源。探伤室内有多台探伤装置时，每台装置均应与防护门联锁。	探伤室工件门和人员门均设计有门机/源连锁装置，探伤室使用的每台探伤设备（包括加速器、γ射线探伤机和 X 射线探伤机）均与防护门联锁。只有在工件门和人员门都关闭后加速器、γ射线探伤机或 X 射线探伤机才可以出束工作。门打开时能立即停止射线照射，关上门不能自动开始射线照射。	满足
6.1.6 探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与探伤机联锁。“预备”信号应持续足够长的时间，以确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。在醒目的位置处应有对“照射”和“预备”信号意义的说明。	本项目探伤室工件门、人员门外上方及探伤室内部均拟设置“预备”“照射”状态工作状态指示灯和声音提示装置，工作状态指示灯与加速器/X 射线探伤机/γ射线探伤机进行联锁；工作状态指示灯通过电路与探伤装置连接，探伤装置通电时工作状态指示灯显示“预备，禁止入内”状态，探伤装置加高压出束/出源时工作状态指示灯显示“照射，禁止入内”状态，曝光结束探伤装置停止出束时工作状态指示灯自动显示“预备，禁止入内”状态。同时探伤室内外醒目位置拟设置清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明。	满足
6.1.7 探伤室内和探伤室出入口应安装监视装置，在控制室的操作台应有专用的监视器，可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况。	探伤室迷道内、西南角、东北角、储源库内及工件门外各设计有一个监控探头，监控器位于操作室控制台，探伤操作人员可通过监控器实时观察探伤室内部情况。探伤室内两个监控探头同时覆盖源库范围。储源库内监控器同步设置于门卫室，对储源库实行 24 小时监控。	满足
6.1.8 探伤室防护门上应有符合 GB 18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。	探伤房工件门和人员门表面醒目处拟设置满足 GB18871-2002 要求的“当心电离辐射”警告标志和中文警示说明，提醒无关人员勿在其附近出入和逗留。	满足
6.1.9 探伤室内应安装紧急停机按钮或拉绳，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮或拉绳的安装，应使人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮或拉绳应带有标签，标明使用方法。	加速器控制台、X 射线探伤机控制箱、γ射线探伤机控制箱、迷道内、探伤室内各墙上均设计安装高压联锁的紧急停机按钮。确保出现紧急事故时，人员处在探伤房内任何位置时都能够及时按下急停按钮，急停按钮在按下时，能立即停止照射。紧急停机按钮旁设置有醒目的标签和中文使用说明。	满足
6.1.10 探伤室应设置机械通风装置，排风管道	本项目探伤室内拟设置机械通风装	满足

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。	置，排风管道外口高于建筑顶部，探伤室内每小时有效通风换气次数不小于 3 次。	
6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。	探伤房设置固定式辐射监测系统，并与门-机联锁相联系。该系统数字显示装置安装在操作室内，剂量检测探头安装在探伤室内迷道内口处。当辐射超过设定阈值时，系统的音响和（或）灯光警告装置发出警告信号，此时探伤室防护门被联锁无法从外部打开，只有当探伤室内辐射剂量降至预设阈值以下时，探伤室防护门才能打开。	满足
《无损检测用工业电子加速器工程通用规范》（GB/T 30371-2013）	**本项目拟采取的辐射防护措施**	**是否满足要求**
8.1.3.1 辐射屏蔽材料采用混凝土时，其强度等级应不低于 C25，密度不应低于 2350kg/m³。	根据建设单位提供的资料，本项目混凝土密度为 2350kg/m³。	满足
8.1.3.2 辐射屏蔽室的结构及预埋件、穿越防护墙线缆及管道应满足所有设备安装、运行、检修和维修的要求，且不能影响辐射防护效果。	本项目探伤室东侧设置 1 个通风口，从东侧墙体下方穿墙而过，通过管道先向南后向上延伸至探伤房顶部，排风口处拟安装 1 个轴流风机，排风量不小于 31000m³/h，探伤作业时全程开启风机，可将探伤室内产生的臭氧及氮氧化物排至室外。 本项目探伤室北墙下方设置 4 个直径 219mm 电缆管道和 2 个直径 108mm 电缆管道，使用 U 型过墙方式埋于地坪 500mm 以下，利用散射降低通风管道及线缆管道口的辐射水平。	满足
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)；在工程设计时辐射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。	根据本报告表 11 理论预测，本项目辐射工作人员及公众的辐射剂量控制水平能满足本项目剂量约束值要求。	满足
8.1.3.4 屏蔽门与墙体搭接合理，间隙与搭接比值不小于 1/10。	本项目探伤室工件门、人员门与墙体搭接宽度不小于门缝间隙 10 倍。	满足
8.1.3.5 辐射屏蔽室应设有功能齐全、性能可靠的安全联锁系统和视频监控、紧急停机开关等装置；装备多个射线源装置时，应能联锁切换。	探伤室工件门和人员门均设计有门机连锁装置，加速器与防护门联锁。只有在工件门和人员门都关闭后加速器才可以出束工作。门打开时能立即停止射线照射，关上门不能自动开始射线照射。 探伤室迷道内、西南角、东北角及工件门外各设计有一个监控探头，监控器位于操作室控制台，探伤操作人员可通过监控器实时观察探伤室内部情况。 加速器控制台、迷道内、探伤室内各墙上均设计安装高压联锁的紧急停机按钮。确保出现紧急事故时，人员	满足

	处在探伤房内任何位置时都能够及时按下急停按钮，急停按钮在按下时，能立即停止照射。紧急停机按钮旁设置有醒目的标签和中文使用说明。 门机连锁上设置若干接口，与每台探伤装置相连，单台探伤装置工作时可实现门机联锁。	
8.1.3.6 辐射屏蔽室迷道入口处应设置显示加速器装置运行状态的灯光信号和其他警示标志。	本项目探伤室工件门、人员门外上方及探伤室内部均拟设置“预备”“照射”状态工作状态指示灯和声音提示装置，工作状态指示灯与加速器/X 射线探伤机/γ射线探伤机进行联锁；工作状态指示灯通过电路与探伤装置连接，探伤装置通电时工作状态指示灯显示“预备”状态，探伤装置加高压出束/出源时工作状态指示灯显示“照射”状态，曝光结束探伤装置停止出束时工作状态指示灯自动显示“预备”状态。同时探伤室内外醒目位置拟设置清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明。	满足
8.1.3.7 剂量监测设备、个人剂量计等应配置齐备。	本项目拟配备 1 台辐射巡测仪、5 台个人剂量报警仪，每名辐射工作人员均拟配备个人剂量计。	满足
《粒子加速器辐射防护规定》（GB5172-1985）	**本项目拟采取措施**	**是否满足要求**
2.8 从事加速器工作的全体放射性工作人员，年人均剂量当量应低于 5mSv（0.5rem）。 2.10 加速器产生的杂散辐射、放射性气体和放射性废水等，对关键居民组中的个人造成的有效剂量当量应低于每年 0.1mSv（10mrem）。	根据本报告表 11 理论预测，本项目辐射工作人员及公众的辐射剂量控制水平能满足本项目剂量约束值要求。	满足
3.2.1 加速器的屏蔽体厚度必须根据加速粒子的种类、能量和束流强度以及靶材料等综合考虑；按其可能的最大辐射输出进行设计。 3.2.2 加速器的屏蔽体厚度还应根据相邻区域的类型及其人口数确定，使其群体的集体剂量当量保持在可以合理做到的尽可能低的水平。必须保证个人所接受的剂量当量不得超过相应的剂量当量限值。	本报告表 11 理论预测，本项目探伤室屏蔽墙及门外 30cm 的剂量当量率能满足本项目辐射剂量控制水平；辐射工作人员及公众的辐射剂量控制水平能满足本项目剂量约束值要求。	满足
3.3.1 决定加速器产生辐射的主要控制系统应该用开关钥匙控制。	加速器控制台上设计安装钥匙开关，并与加速器联锁，当钥匙开关未闭合时，加速器不能出束。	满足
3.3.2 加速器厅、靶厅的门均需安装联锁装置，只有门关闭后才能产生辐射。	探伤室工件门和人员门均设计与加速器串联的联锁装置。只有在工件门和人员门都关闭后加速器才可以出束工作。门打开时能立即停止射线照射，关上门不能自动开始射线照射。	满足
3.3.3 在加速器厅、靶厅内人员容易到达的地点，应安装紧急停机或紧急断束开关，并且这种开	加速器控制台、迷道内、探伤室内各墙上均设计安装高压联锁的紧急停	满足

关应当有醒目的标志。	机按钮。确保出现紧急事故时，人员处在探伤房内任何位置时都能够及时按下急停按钮。紧急停机按钮旁设置有醒目的标志和中文使用说明。	
3.3.4 在加速器厅、靶厅内人员容易看到的地方须安装闪光式或旋转式红色警告灯及音响警告装置；在通往辐射区的走廊，出入口和控制台上须安装工作状态指示灯。	本项目探伤室工件门、人员门外上方及探伤室内部均拟设置“预备”“照射”状态工作状态指示灯和声音提示装置，工作状态指示灯与加速器进行联锁；工作状态指示灯通过电路与探伤装置连接，探伤装置通电时工作状态指示灯显示“预备，禁止入内”状态，探伤装置加高压出束时工作状态指示灯显示“照射，禁止入内”状态，曝光结束探伤装置停止出束时工作状态指示灯自动显示“预备，禁止入内”状态。同时探伤室内外醒目位置拟设置清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明。	满足
3.3.5 在高辐射区和辐射区，应该安装遥控辐射监测系统。该系统的数字显示装置应安装在控制台上或监测位置。当辐射超过预定水平时，该系统的音响和（或）灯光警告装置应发出警告信号。	探伤室设置固定式辐射监测系统，并与门-机联锁相联系。该系统数字显示装置安装在操作室内，剂量检测探头安装在探伤室内迷道内口处。当辐射超过设定阈值时，系统的音响和（或）灯光警告装置发出警告信号，此时探伤室防护门被联锁无法从外部打开，只有当探伤室内辐射剂量降至预设阈值以下时，探伤室防护门才能打开。	满足
3.3.6 每台加速器必须根据其特点配备其他辐射监测装置，如个人剂量计，可携式监测仪。气体监测仪等。	本项目拟配备 1 台辐射巡测仪、5 台个人剂量报警仪，每名辐射工作人员均拟配备个人剂量计。	满足
3.4.1 为排放有毒气体（如臭氧）和气载放射性物质，加速器设施内必须设有通风装置。 3.4.2 通风系统的排风速率应根据可能产生的有害气体的数量和工作需要而定。通风系统的进气口应避免受到排出气体的污染。 3.4.3 通风管道通过屏蔽体时，必须采取措施，保证不得明显地减弱屏蔽体的屏蔽效果。	本项目探伤室东侧设置 1 个通风口，从东侧墙体下方穿墙而过，通过管道先向南后向上延伸至探伤房顶部，排风口处拟安装 1 个轴流风机，排风量不小于 31000m^3/h，探伤作业时全程开启风机，可将探伤室内产生的臭氧及氮氧化物排至室外。 本项目通风管道从地下穿墙而过，不会破坏屏蔽体的屏蔽效果。	满足

（2）探伤房探伤操作防护措施

本项目探伤房拟采取的辐射安全操作防护措施与相关标准对照情况见表 10-4。

表 10-4 本项目探伤房拟设置的操作防护措施一览表

《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）	本项目拟采取措施	是否满足要求
6.2.1 对正常使用的探伤室应检查探伤室防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。	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 要求对探伤房进行检查，重点检查	满足

	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。	
6.2.2 探伤工作人员在进入探伤室时，除佩戴常规个人剂量计外，还应携带个人剂量报警仪和便携式 X-γ剂量率仪。当剂量率达到设定的报警阈值报警时，探伤工作人员应立即退出探伤室，同时防止其他人进入探伤室，并立即向辐射防护负责人报告。	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。	满足
6.2.3 应定期测量探伤室外周围区域的剂量率水平，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值应与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。	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。	满足
6.2.4 交接班或当班使用便携式 X-γ剂量率仪前，应检查是否能正常工作。如发现便携式 X-γ剂量率仪不能正常工作，则不应开始探伤工作。	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。	满足
6.2.6 在每一次照射前，操作人员都应该确认探伤室内部没有人员驻留并关闭防护门。只有在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始探伤工作。	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。	满足
《粒子加速器辐射防护规定》（GB5172-1985）	**本项目拟采取措施**	**是否满足要求**
4.2.1 凡加速器的运行人员，工作前必须接受辐射防护基本知识的训练，掌握本机器辐射安全系统（包括辐射测量仪表）的使用方法，并经考核合格后才能转为正式运行人员。	本项目辐射工作人员正式工作前，拟参加辐射防护基本知识的培训，考核合格后正式上岗。	满足
4.2.2 应当在下列条件同时满足时才能开机： a.加速粒子的种类、加速电压与预定值一致； b.控制台上的数字显示装置能正常工作； c.联锁和警告系统能正常工作； d.曝光室内不得有人； e.曝光室的所有防护门都已关闭。	本项目辐射工作人员在确认满足相关条件时方开机工作。	满足
4.2.3 加速器运行期间，值班运行员必须保管好开关钥匙，加速器非运行期间必须锁好。	加速器钥匙由本项目辐射工作人员保管。	满足
4.2.4 加速器的开机和停机必须用控制台上的控制开关操作，除紧急情况外，不得用切断联锁的办法停机。 4.2.5 用切断联锁或紧急开关的办法停机时，切断部位必须经人工复位后，方能在控制台上用主控开关重新启动加速器。	加速器控制台上设计安装钥匙开关，开关机拟使用控制开关操作；紧急情况下，使用切断联锁或紧急开关的办法停机时，必须采取人工复位后方能重新启动加速器。	满足
4.2.6 没有特殊理由，不得旁路联锁系统。因工作需要旁路联锁系统时，必须做到： a.经值班人员和辐射安全员的批准； b.在控制台上给出显示，并在运行日志中登记； c.尽快复位；	辐射工作人员按要求操作，必须旁路连锁系统时，必须做到规定要求。	满足

d.采取其他安全措施。		
4.7.1 必须对辐射安全系统进行定期检查或维修，时间间隔不得超过 6 个月，并应做好检查记录。	建设单位拟按照要求定期对辐射安全系统进行检查。	满足

（3）储源库辐射防护措施

探伤室内拟建一座混凝土现浇源库，用于贮存本探伤室内使用的 2 台 ^{60}Co 探伤机和 1 台 ^{192}Ir 探伤机。拟设置的辐射防护措施包括：

①源库门外拟设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志；

②源库门拟使用防护/防盗一体门，实行双人双锁管理，并设置红外报警系统，并与 110 联网，人员非正常进出时发出警报传送至公安系统；

③储源库内设置一个监控探头，同时利用探伤室内的两个监控探头实时监控源库，源库内显示器拟同步设置于门卫室内和操作室内，门卫室对储源库实行 24 小时监控；

④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；

⑤拟设置 2 名辐射工作人员负责放射源暂存库的保管工作，暂存库施行双人双锁管理，钥匙授权专门的人员保管。

本项目源库拟采取的辐射安全和防护措施与相关标准对照情况见表 10-5。

表 10-5 本项目储源库拟设置的辐射安全措施一览表

《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）	本项目拟采取的辐射防护措施	是否满足要求
5.2.3.1 使用单位应设立专用的放射源（或带源的探伤机）的贮存库。	本项目拟设置一座γ射线探伤机的贮存库。	满足
5.2.3.3 放射源贮存设施应达到如下要求： a) 严格控制对周围人员的照射、防止放射源被盗或损坏，并能防止非授权人员采取任何损伤自己或公众的行动，贮存设施门口应设置电离辐射警告标志； b) 应能在常规环境条件下使用，结构上防火，远离腐蚀性和爆炸性等危险因素； c) 在公众能接近的距外表面最近处，其屏蔽应能使该处周围剂量当量率小于 2.5 μSv/h 或者审管部门批准的控制水平； d) 贮存设施的门应保持在锁紧状态，实行双人双锁管理； e) 定期检查物品清单，确认探伤源、源容器和控制源的存放地点。	本项目储源室位于探伤室内部，采用混凝土现浇，储源室门口拟设置电离辐射警告标志，储源室拟设置双人双锁，除借还γ探伤机的辐射工作人员外，禁止其他人入内。 根据本报告表 11 理论预测，本项目源库屏蔽墙及门外 30cm 的剂量当量率能满足不大于 2.5μSv/h 的要求。	满足
5.2.3.4 放射源的储存应符合 GA 1002 的相关要求。	与 GA 1002 的符合性分析见下。	满足
5.2.3.5 使用单位应制定放射源领用及交还制	建设单位拟制定放射源领用及交还	满足

度，建立领用台帐，明确放射源的流向，并有专人负责。	制度，建立领用台帐，明确放射源的流向，并有专人负责。	
5.2.3.6 领用、交还含放射源的源容器时，应对离源容器外表面一定距离处的周围剂量当量率进行测量，确认放射源在源容器内。含放射源的源容器应按规定位置存放，领用和交还都应有详细的登记。	本项目辐射工作人员领用、交还γ射线探伤机时，拟对γ射线探伤机外表面一定距离处的周围剂量当量率进行测量，确认放射源在源容器内。γ射线探伤机按规定位置存放，领用和交还都应有详细的登记。	满足
5.2.5 废旧放射源的处理 使用单位应与生产销售单位签订废旧放射源返回协议，当放射源需报废时，应按照协议规定将废旧放射源返回生产单位或原出口方。放射源的购买及报废手续应遵照相应审管部门的具体规定，相关文件记录应归档保存。	建设单位拟与放射源生产厂家签订回收协议，当放射源需报废时，由放射源生产厂家回收处理。	满足
《剧毒化学品、放射源存放场所治安防范要求》（GA 1002-2012）	**本项目拟采取的辐射防护措施**	**是否满足要求**
II、III类放射源为二级风险等级。 二级风险的库房墙壁应采用混凝土墙或实心砖墙建造，墙壁厚度应不小于250mm；顶部应采用现浇钢筋混凝土或钢筋混凝土楼板建造，厚度应不小于160mm。	本项目储源库拟采用混凝土浇筑，东墙、南墙及西墙墙体厚度为500mm混凝土，北墙墙体厚度为1700mm混凝土，顶部采用300mm混凝土。	满足
库房出入口应设置入侵报警装置，视频监控装置、出入口控制装置。	本项目源库门拟使用防护/防盗一体门，实行双人双锁管理，并设置红外报警系统，并与110联网，人员非正常进出时发出警报传送至公安系统；储源库内设置一个监控探头，同时利用探伤室内的两个监控探头实时监控源库，源库内显示器拟同步设置于操作室及门卫室内，门卫室对储源库实行24小时监控。	满足

（4）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 密封源及 ^{192}Ir 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 ^{60}Co 密封源及 ^{192}Ir 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。

③X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。

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，并确认污染状况。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。

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。

（5）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）中的相关要求

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。本项目与《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符合性分析见下表。

表10-6 本项目与（环发〔2007〕8号）符合性一览表

法规要求	本项目拟采取措施	是否满足要求
（一）至少有1名以上专职人员负责辐射安全管理工作。	建设单位设有辐射安全防护管理小组，指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作。	满足
（四）必须取得省级环境保护主管部门颁发的辐射安全许可证。	该公司本次扩建1座固定式X、γ射线探伤房项目拟在履行环评手续后向省级生态环境主管部门重新申领辐射安全许可证。	满足
（五）探伤装置的安全使用期限为10年，禁止使用超过10年的探伤装置。	该公司拟在γ射线探伤装置使用达到使用年限之前及时报废，并将该要求写入探伤设备管理要求。	满足
（六）明确2名以上工作人员专职负责放射源库的保管工作。放射源库设置红外和监视器等保安设施，源库门应为双人双锁。	该公司拟安排2名专职工作人员负责放射源暂存库的的保管工作；放射源库拟设置红外和监视器等保安设施，源库门为双人双锁。	满足
（七）制定探伤装置的领取、归还和登记制度，放射源台帐和定期清点检查制度。 定期核实探伤装置中的放射源，明确每枚放射源与探伤装置的对应关系，做到账物相符，一一对应。核实时应有2人在场，核实记录应妥善保存，并建立计算机管理档案。	该公司已制定相关的档案管理制度，并拟设2名放射源保管员做好放射源领用情况的登记、收集和存档工作。	满足
（八）每个月对探伤装置的配件进行检查、维护，每3个月对探伤装置的性能进行全面检查、维护，发现问题应及时维修。并做好记录。 严禁使用铭牌模糊不清或安全锁、联锁装置、输源管、控制缆、源辨位置指示器等存在故障的探伤装置。	该公司拟完善相应规章制度，使其符合上述要求；并在今后的生产实践过程中严格按照制度执行，严禁使用铭牌模糊不清或安全锁、联锁装置、输源管、控制缆、源辨位置指示器等存在故障的探伤装置。	满足
（九）探伤作业时，至少有2名操作人员同时在场，每名操作人员应配备一台个人剂量报警仪和个人剂量计。个人剂量计应定期送交有资质的检测部门进行测量，并建立个人剂量档案。	该公司在开展γ射线探伤时，每班有3名辐射工作人员在场；公司拟为从事γ射线探伤的辐射工作人员配备个人剂量计及个人剂量报警仪，定期送检并建立个人剂量档案。	满足
（十）每次探伤工作前，操作人员应检查探伤装置的安全锁、联锁装置、位置指示器、输源管、驱动装置等的性能。	该公司拟在相关制度中明确上述要求，并在今后的生产实践过程中严格按照制度执行。	满足
（十五）更换放射源时，探伤装置使用单位应向所在地省级环境保护主管部门提交《放射性同位素转让审批表》，申请转入放射源。	该公司拟在管理制度内明确上述要求，明确更换放射源时，由厂家人员进行倒源操作，并在今后的工作中严	满足

探伤装置使用单位、放射源生产单位应当在转让活动完成之日起 20 日内，分别将 1 份《放射性同位素转让审批表》报送各自所在地省级环境保护主管部门备案。	格按照制度实施。	
（十六）发生或发现辐射事故后，当事人应立即向单位的辐射安全负责人和法定代表人报告。事故单位应根据法规要求，立即向使用地环境保护主管部门、公安部门、卫生主管部门报告。	该公司已制定辐射事故应急预案，并已明确了上述内容。	满足
（十七）使用固定γ射线探伤室的单位可参照从事移动γ射线探伤工作的单位进行管理。固定γ射线探伤室应满足下述要求： 1.探伤室建筑（包括辐射防护墙、门、辐射防护迷道）的防护厚度应充分考虑γ射线直射、散射效应。 2.探伤室应安装固定式辐射剂量仪，剂量率水平应显示在控制机房内，并与门联锁。 3.应配置便携式辐射检测报警仪，该报警仪应与防护门钥匙、探伤装置的安全锁钥匙串结一起。 4.探伤室工作人员入口门外和被探伤物件出入口门外应设置固定的电离辐射警告标志和工作状态指示灯箱。探伤作业时，应由声音警示，灯箱应醒目显示“禁止入内”。 5.γ射线探伤室的各项安全措施必须定期检查，并做好记录。	1.本报告表 11 理论预测，本项目探伤室屏蔽墙及门外 30cm 的剂量当量率能满足本项目辐射剂量控制水平；辐射工作人员及公众的辐射剂量控制水平能满足本项目剂量约束值要求。 2.探伤室设置固定式辐射监测系统，并与门-机联锁相联系。该系统数字显示装置安装在操作室内，剂量检测探头安装在探伤室内靠近迷道内口。当辐射超过设定阈值时，系统的音响和（或）灯光警告装置发出警告信号，此时探伤室防护门被联锁无法从外部打开，只有当探伤室内辐射剂量降至预设阈值以下时，探伤室防护门才能打开。 3.本项目拟配备 5 台个人剂量报警仪，其中一台报警仪与人员门门禁卡、探伤装置的安全锁钥匙串结一起。 4.本项目探伤室工件门、人员门外上方及探伤室内部均拟设置“预备”“照射”状态工作状态指示灯和声音提示装置，工作状态指示灯与加速器/X 射线探伤机/γ射线探伤机进行联锁；工作状态指示灯通过电路与探伤装置连接，探伤装置通电时工作状态指示灯显示“预备，禁止入内”状态，探伤装置加高压出源时工作状态指示灯显示“照射，禁止入内”状态，曝光结束探伤装置停止出束时工作状态指示灯自动显示“预备，禁止入内”状态。 5.γ射线探伤室的各项安全措施拟定期检查，并做好记录。	满足

10.2 三废的治理

10.2.1 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 密封源及 ^{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 密封源、^{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生产厂家将源带回厂家后进行换源操作。

10.2.2 非放射性三废

10.2.2.1 固体废物

本项目运营时会产生废胶片，属于《国家危险废物名录》中编号为 HW16 的危险废物，探伤过程中产生的废胶片在收集后拟临时贮存于危废库内，定期委托张家港市华瑞危险废物处理中心有限公司处理。

公司新厂区的危废库将按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）相关要求进行建设，做到防风、防晒、防雨、防漏、防渗、防腐，危废库内将设消防设施，防止出现火灾。公司将参照《环境保护图形标志-固体废物贮存（处置）场》（GB15562.2-1995，2023 版）和《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）规定设置危险废物识别标志并进行分区管理，暂存废显（定）影液及一次、二次冲洗废水时将使用耐腐蚀容器。存放装载废显（定）影液使用的容器的区域的地面与裙脚要用坚固、防渗、耐腐蚀的材料建造且与危险废物相容；存放废显（定）影液的区域必须有耐腐蚀的硬化地面且表面无裂隙；不相容危险废物要分别存放或存放在不渗透间隔分开的区域内，每个部分都应有防漏裙脚或储漏盘，防漏裙脚或储漏盘的材料要与危险废物相容。危废库的对应区域贮存措施要求能做到“防雨淋、防渗漏、防流失”。

公司应将本项目危废分类存储并做好标记标志，不可混入其他杂物。危废库门上应张贴环保标识牌，明确危险废物种类。危废库应由专人管理，按照要求根据危险废物情况进行记录，并注明危险废物的名称、来源、数量、特性、入库日期等登记工作。

本项目运行后辐射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。

10.2.2.2 废水

本项目探伤房运行后产生的显影、定影废液属《国家危险废物名录》中编号为 HW16 的危险废物，一次、二次冲洗废水拟按危险废物进行管理处置，不得随意排放。探伤过程中产生的显影、定影废液及一次、二次冲洗废水在收集后拟临时贮存于危废库内，定期交由有资质单位处置。

本项目运行后辐射工作人员会产生一定量的生活污水，产生的生活污水及三次及

以上冲洗废水进入公司污水管网，最终排入城市污水管网。

10.2.2.3 废气治理措施

本项目运行后不会产生放射性气体废物。射线会使探伤室内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。本项目探伤室拟设置机械排风装置，可通过探伤室的通风管道将臭氧及氮氧化物抽排出探伤室。

本项目探伤室东侧设置 1 个通风口，从东侧墙体下方穿墙而过，通过管道延伸至探伤房顶部，排风口处无人员聚集。排风口处拟安装 1 个轴流风机，排风量不小于 31000m^3/h，探伤室体积约为 7900m^3，拟安装的风机能够满足每小时有效换气次数 3 次以上需求，探伤作业时全程开启风机，可将探伤室内产生的臭氧及氮氧化物排至室外。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目主体工程为新建探伤室及其辅房，施工过程中的扬尘、噪声、废水、固废主要是通过施工管理等措施来进行控制，具体施工流程及产污环节如下所述：

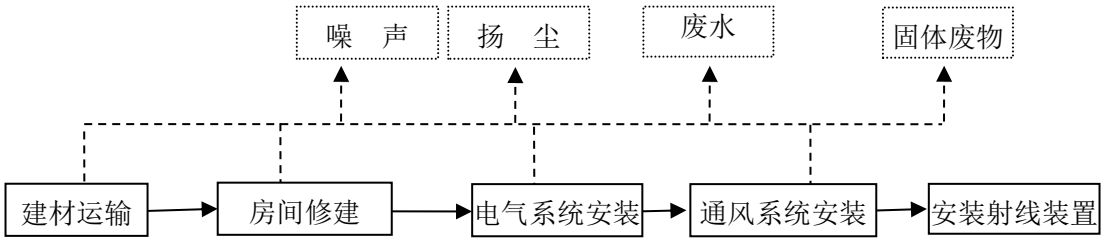


图 11-1 施工期工艺流程及产污环节示意图

（一）施工期扬尘

施工过程中会产生一定扬尘，属于无组织排放，针对上述大气污染拟采取以下措施：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。

（二）施工期噪声

施工期噪声包括土建施工过程、通风及电气设备安装过程中机械产生的噪声，由于项目评价范围内公众活动较少，施工噪声对周围环境的影响较小。在施工时拟严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）的标准，尽量使用噪声低的先进设备。

（三）施工期废水

施工期废水主要为施工人员的生活污水和施工废水。施工废水拟先经简易沉淀设施进行沉淀处理后，用于施工场地泼洒或水泥砂浆的配制；施工人员产生的生活污水拟依托厂区内污水处理设施处理后排放。

（四）施工固废

施工期固废主要是装修过程中产生的固体废物和施工人员的办公垃圾，装修固体废物为一般固废，部分回收利用，部分与办公垃圾一同依托厂区垃圾收集设施收集。

综上所述，项目施工期间对环境存在一定的影响，但是这些影响具有时效性，随着施工期的结束，对环境的影响也消除。公司只要在施工阶段采取上述污染防治措施，将施工期的影响控制在公司厂区内，对周围环境影响较小。

11.2 运行阶段对环境的影响

根据工程分析可知，本项目运行后主要的环境影响是固定探伤作业过程中产生的X、γ射线对周围环境的辐射影响，以及γ射线探伤机在源库内贮存时对周围环境的辐射影响。本项目探伤房曝光室内工业电子加速器、X 射线探伤机及γ射线探伤机不同时使用，每次探伤仅开启 1 台探伤装置。

本项目探伤房拟使用的设备详见表 11-1。

表 11-1 本项目探伤房拟使用的装置及放射源一览表

射线装置							
序号	**射线装置名称**	**数量**	**管电压 kV**	**管电流 mA**	**射线装置类别**	**工作场所名称**	**备注**
1	X 射线探伤机，型号待招标	2	350	5	II	新厂区探伤室	周向
2	X 射线探伤机，型号待招标	2	350	5			定向
3	X 射线探伤机，型号待招标	3	250	5	II		周向
4	X 射线探伤机，型号待招标	2	250	5			定向
5	无损检测用工业电子加速器	1	电子能量 4/6MeV，最大 X 线剂量率≤1500cGy/min		II		/
放射源							
序号	**放射源名称**	**数量**	**单枚活度 Bq**		**放射源类别**	**工作场所名称**	**备注**
1	^{60}Co	1	3.7×10^{12}		II	新厂区探伤室	/
2	^{192}Ir	2	3.7×10^{12}		II		/

11.2.1 X 射线探伤机探伤时辐射影响分析

本项目 X 射线探伤机在探伤室工作时，周向探伤机拟朝向南墙、北墙、顶部及地面照射，定向机均拟朝向东墙、南墙或顶部照射。探伤室每次仅开启一台探伤机进行探伤，本次评价选取 350kV 的探伤机满功率运行时的工况进行预测，其最大管电压为 350kV，最大管电流 5mA。由于探伤室下方为土层，故本次评价对底部不进行计算，将探伤室东墙、南墙、北墙、顶部均按照有用线束照射进行预测计算，将探伤室西墙、工件门及人员门均按照非有用线束进行预测计算，预测时保守取探伤机离地距离约 2m，距四周墙面最近距离约 2m，计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的计算公式。

11.2.1.1 理论预测公式

1)有用线束屏蔽估算：

$$\dot{H}=\frac{I\cdot H_0\cdot B}{R^2} \qquad \text{（式 11-1）}$$

式中：

$\dot{H}$：关注点处剂量率，μSv/h；

I：X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA；

H_0：距辐射源点（靶点）1m 处输出量，μSv·m^2/(mA·h)，详见表 9-4；

R：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

B：屏蔽透射因子，因《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中 B.2 无本项目参数对应的屏蔽透射曲线，取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的表 B.2，然后按公式（11-2）计算得出：

$$B=10^{-X/TVL} \qquad \text{（式 11-2）}$$

上式中：X —屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL—屏蔽材料的什值层厚度。

2)非有用线束的屏蔽：

①泄漏辐射

$$\dot{H}=\frac{\dot{H}_L\cdot B}{R^2} \qquad \text{（式 11-3）}$$

式中：

$\dot{H}$：关注点处剂量率，μSv/h；

$\dot{H}_L$：距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，μSv/h，取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）和《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中的表 1，为 5.0×10^{3}μSv/h；

B：同前；

R：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m。

②散射辐射

$$\dot{H}=\frac{I\cdot H_0\cdot B}{R_s^{\,2}}\cdot\frac{F\cdot\alpha}{R_0^{\,2}} \qquad \text{（式 11-4）}$$

式中：

$\dot{H}$：关注点处剂量率，μSv/h；

I：X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA；

H_0：距辐射源点（靶点）1m 处输出量，μSv·m²/(mA·h)，取值同公式（11-1）中 H_0 的值；

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

F：R_0 处的辐射野面积，m²；

α：散射因子，入射辐射被单位面积（1m²）散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比。与散射物质有关，在未获得相应物质的 α 值时，可以用水的 α 值保守估计，取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的附录 B 表 B.3；计算公式中的 R_0^2/F·α因子根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 中 B.4.2 中给出的值（150kV 取 60、200kV～400kV 取 50）取 50；

R_s：散射体至关注点的距离，m；

R_0：辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，m。

11.2.1.2 估算结果

将相关参数带入公式（11-1）~公式（11-4），对探伤室各关注点进行计算，计算结果分别见表 11-2、表 11-3。

表 11-2 本项目探伤室有用线束屏蔽防护计算参数及计算结果

关注点	位置	屏蔽设计	I（mA）	H_0 μSv·m²/（mA·h）	B	R*（m）	$\dot{H}$（μSv /h）	剂量率参考控制水平(μSv/h)	评价
①	东墙外 30cm	1700mm 混凝土	5	1.33×10^{6}			4.16×10^{-12}	2.5	满足
②	南墙外 30cm（12.5m 以下）	2600mm 混凝土	5				2.77×10^{-21}	2.5	满足
③	南墙外 30cm（12.5m 以上）	1900mm 混凝土	5				3.08×10^{-15}	2.5	满足
④	北墙外 30cm（12.5m 以下）	1700mm 混凝土	5				4.16×10^{-12}	2.5	满足
⑤	北墙外 30cm（12.5m 以上）	1200mm 混凝土	5				3.08×10^{-8}	2.5	满足
⑥	顶部外 30cm	1200mm 混凝土	5				3.17×10^{-8}	100	满足

表 11-3 本项目探伤室非有用线束屏蔽防护计算参数及计算结果

参数 \ 屏蔽体		西墙外 30cm⑦	工件门外 30cm⑧
材质及厚度		1700mm 混凝土	1600mm 混凝土
泄漏辐射	TVL（mm）	100	100
	B		
	$\dot{H}_L$（μSv/h）	5000	
	R（m）*		
	***Ḣ*（μSv/h）**	3.13×10^{-15}	1.59×10^{-14}
散射辐射	TVL（mm）	1700mm 混凝土	1600mm 混凝土
	B		
	I（mA）	5	
	H_0（$\mu Sv\cdot m^2\cdot mA^{-1}\cdot h^{-1}$）	1.33×10^{6}	
	R_s（m）*		
	$\frac{F\cdot\alpha}{R_0^2}$	0.02	
	***Ḣ*（μSv/h）**	1.08×10^{-15}	7.09×10^{-15}
参考点处复合辐射剂量率*Ḣ*（μSv/h）	***Ḣ*估算值**	**4.20×10^{-15}**	**2.30×10^{-14}**
	*Ḣ*控制值	2.5	2.5
	评价结果	满足	满足

11.2.1.3 迷道散射辐射影响分析

本项目迷道及 X 射线进入迷道后散射示意图见图 11-1，根据《辐射防护导论》（方杰著）P189“实例也证明，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”，本项目探伤房使用 X 射线探伤机时，射线经过四次散射方能到达人员门，叠加人员门的铅屏蔽作用，迷道外人员门入口处的剂量率能够满足辐射防护要求。

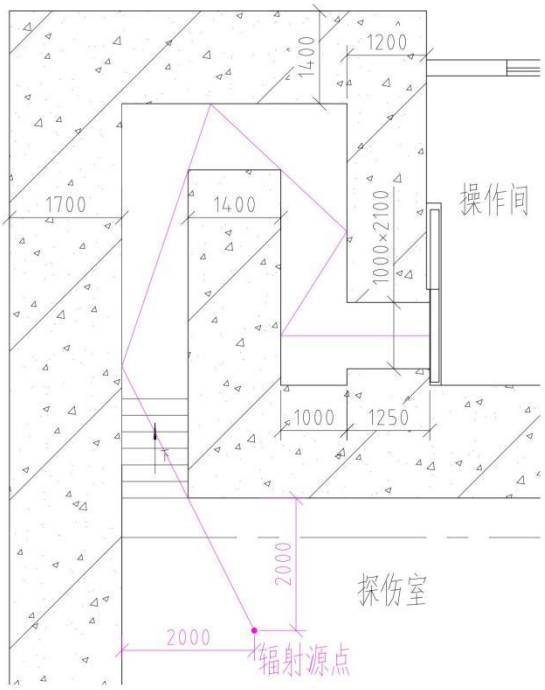


图 11-1 本项目迷道散射示意图

11.2.1.4天空反散射影响分析

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中“3.1.2 b) 1)穿过探伤室顶的辐射与室顶上方空气作用产生的散射辐射对探伤室外地面附近公众的照射。该项辐射和穿出探伤室墙的辐射在相应关注点的剂量率总和，应按 3.1.1c)的剂量率参考控制水平 H_c（μSv/h）加以控制。”

根据表 11-2，本项目探伤室顶部外 30cm 处辐射剂量率为 3.17×10^{-8}μSv/h，经天空反散射到达地面辐射剂量率很小，可忽略不计，叠加探伤室四周辐射剂量率（3.08×10^{-8}μSv/h）后仍能满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）及本项目辐射屏蔽剂量率参考控制水平要求。

综上所述，本项目探伤室使用 X 射线探伤机时，四周辐射剂量率最大为 3.08×10^{-8}μSv/h，顶部辐射剂量率为 3.17×10^{-8}μSv/h，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中四周墙体及防护门外关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5μSv/h，顶部周围剂量当量率参考控制水平不大于 100μSv/h 的要求。

11.2.2 工业电子加速器探伤时辐射影响分析

11.2.2.1 主屏蔽区域设计合理性分析

本项目探伤房使用的无损检测加速器，其安装与图 9-4 所示类似，加速器悬吊在顶部平行于平板车轨道运动的吊轨行车上，同时又能够沿着垂直于轨道的方向运动，

还可在一定高度范围内升降，加速器机头能够绕垂直轴和水平轴旋转一定角度。根据建设单位提供的限位信息，工业电子加速器机头距离地面为 0.8m~8m；工业电子加速器通过行车可在东西、南北方向 24.0m×9.4m 范围内前后左右移动，移动区域距东墙、西墙最小距离均为 4.5m，距南墙最小距离为 4m，距北墙最小距离为 2m。本项目加速器尚未招标，型号待定，根据建设单位及意向厂家提供的资料，本项目工业加速器机头水平方向不可旋转，竖直方向的旋转角度为-90°~0°，辐射角度为 30°。

当工业电子加速器出束口移动到 B 点时，工业电子加速器主射束范围距东墙距离最小；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 B 点时，工业电子加速器出束口到南墙的距离为 9.4m+4m+2.6m=16.0m，其照射区域最大半径为 16.0m×tan15°=4.29m，小于 B 点到东墙的距离 4.5m，因此当工业电子加速器出束口位于 B 点时主射线照射区域在主屏蔽区域内；A 点到西墙的距离也为 4.5m，同理可知当工业电子加速器出束口位于 A 点时主射线照射区域在主屏蔽区域内。

由图 11-2 可知，当工业电子加速器出束口位于 E 点时（离地 8m），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南侧主屏蔽墙最上端所在水平高度的距离为 4.5m，X 射线投射到南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°~0°，工业电子加速器出束的最大距离可达到（9.4m+4m+2.6m）×tan15°=4.29m，小于工业电子加速器出束口到南侧主屏蔽墙最上端所在水平高度的距离 4.5m；所以当工业电子加速器出束口位于 E 点位置时，主射线照射区域位于主屏蔽墙区域内。

在这个空间内任何一个极限位置，主射线即使以最大 30°出束角打出，也不会超过主屏蔽墙范围。

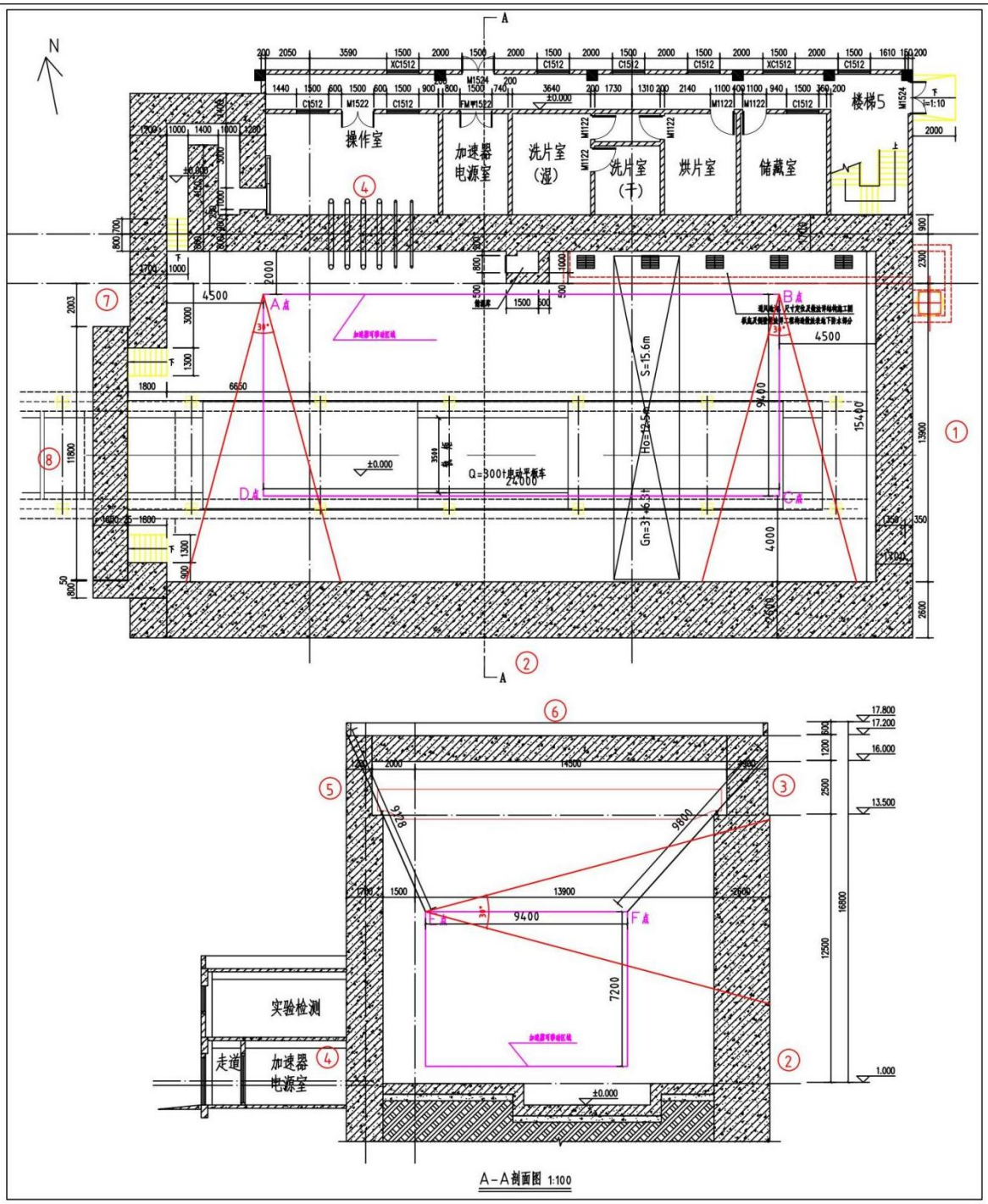


图 11-2 本项目探伤房平剖面图及加速器可移动位置

11.2.2.2 理论预测公式

拟建探伤室南墙为工业电子加速器主射线区域，其它各侧墙壁及防护门均为次屏蔽，主要受到从工业电子加速器管中漏出来的泄漏 X 射线和被工件及屏蔽墙散射后的散射 X 射线影响，散射 X 射线剂量一般不超过泄漏辐射的剂量。根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录 A，对于能量大于 3MeV 的 X 射线其散射一次后能量为 0.5MeV，经散射后的次级 X 射线能量远小于初级 X 射线能量，因此

散射线对各侧次屏蔽墙外的辐射影响远小于漏射线，故本环评仅预测评价主屏蔽墙对主射线的防护以及次屏蔽墙对泄漏 X 射线的防护效果。计算点位图见图 11-2。

这里采用《无损检测用工业电子加速器工程通用规范》（GB/T 30371-2013）附录 C 推荐的屏蔽计算方法核算探伤房屏蔽防护性能。

附 录 C
（资料性附录）
屏蔽计算方法

C.1 一次 X 射线屏蔽层的厚度计算

C.1.1 一次 X 射线的透射率计算

$$B_X \leqslant (1.67\times10^{-5})\frac{H_M \cdot d^2}{D_0 \cdot T} \qquad \cdots\cdots(C.1)$$

式中：

B_X ——X 射线在混凝土中的屏蔽透射率；

H_M ——剂量当量限值，单位为微希伏每小时（μSv/h）；

d ——X 射线源到参考剂量点间的距离，单位为米（m）；

D_0 ——离靶 1 m 处 X 射线的空气吸收剂量率，单位为 戈瑞每分钟（Gy/min）；

T ——居留因子。

上述公式可变形为：

$$H = \frac{D_0\times B_X\times T}{d^2}\times 60\times10^6 \qquad （式 11-5）$$

式中：H：关注点处剂量率，μSv/h；

D_0：离靶 1m 处 X 射线的空气吸收剂量率，Gy/min；对于主射线，D_0 取 15Gy/min，对于漏射线，D_0 取 0.015Gy/min；

T：居留因子；

d：X 射线源到参考剂量点间的距离，m；

B_X：透射比；

$$B_X = 10^{-(\frac{S-T_1}{T_e}+1)} \qquad （式 11-6）$$

式中：S：屏蔽体的厚度，cm；

T_1：第一个十值层厚度，cm；

Te：第一个十值层之后的十值层厚度，cm；

11.2.2.3 估算结果

估算结果见表 11-5。

表 11-5 本项目探伤室工业电子加速器屏蔽防护计算参数及计算结果

参数	东墙外30cm①	南墙外 30cm		西墙外30cm⑦	北墙外 30cm		工件门外 30cm⑧	顶部外30cm⑥
		12.5m以下②	12.5m 以上③		12.5m 以下④	12.5m以上⑤		
D_0（Gy/min）	0.015	15	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
d（m）								
屏蔽体厚度（cm）	170	260	285.2	170	170	297	160	120
B_X								
H 估算值（μSv/h）	0.252	0.550	4.77×10^{-5}	0.252	0.665	2.51×10^{-5}	0.316	4.141
H 控制值（μSv/h）	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	100
评价结果	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足

从表 11-5 中预测结果可以看出，本项目工业电子加速器满功率运行时，探伤室四周墙体、工件门外的最大辐射剂量率约为 0.665μSv/h，顶部外最大辐射剂量率约为 4.141μSv/h，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5μSv/h 及无人员到达的探伤室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平为 100μSv/h”的要求。

11.2.2.4 迷道散射辐射影响分析

本项目探伤室使用 6MeV 工业电子加速器探伤时，射线在迷道内的散射路径见图 11-3。

迷道入口处的辐射水平可根据《辐射防护导论》（方杰主编，P185，式 6.6）导出：

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

式中，

H_j：经 j 次散射后迷道口处的辐射剂量率，μSv/h；

H_0：距靶点 1m 处的辐射剂量率，μSv·m²/h；

α_1：入射到第一个散射体的 X 射线的散射系数；

α_2、α_j：随后从屏蔽层材料表面散射出来的 X 射线的散射系数，取值参考《辐射防护导论》图 6.4；

A_1：X 射线入射到第一散射物质的散射面积，m²；

A_2、A_j：迷道的截面积，m²；

d_s：X 射线辐射源到第一散射体的距离，m；

d_{r1}、d_{rj}：反射点与反射点之间的距离，m；

η：迷道入口防护门的透射比；

j：第 j 个散射过程。

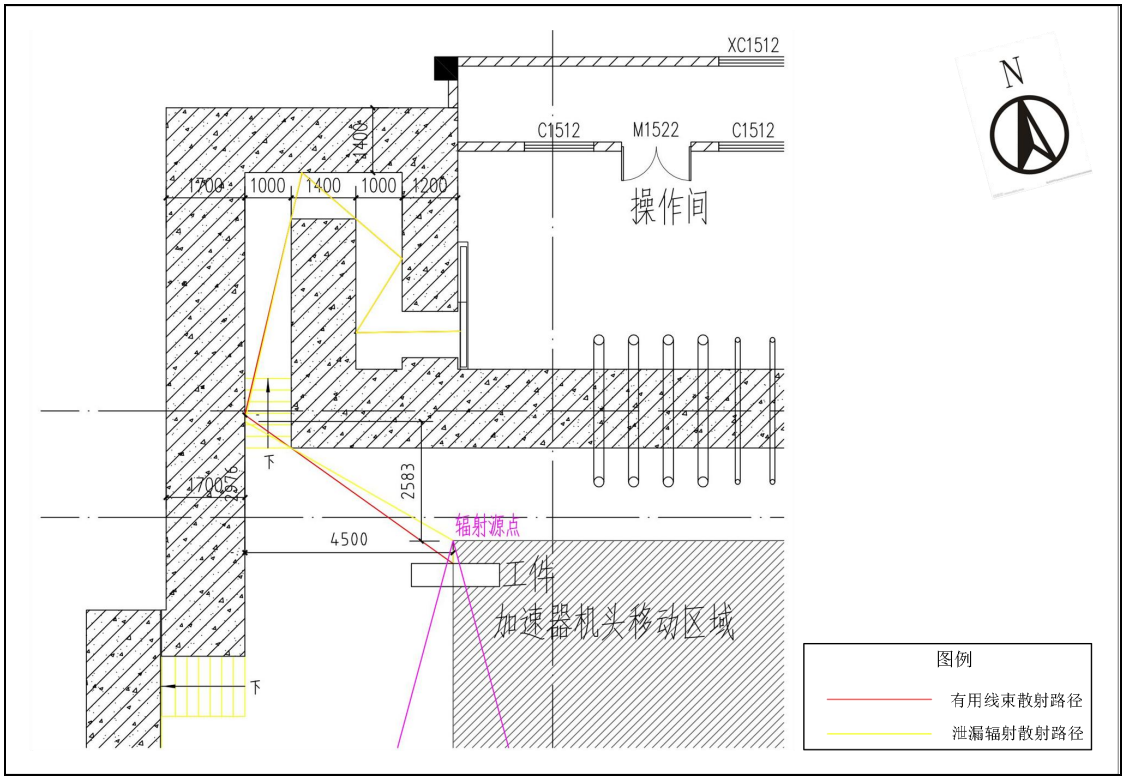


图 11-3　本项目探伤室迷道散射示意图（单位：mm）

将相关参数带入公式（11-7），可分别计算出有用线束和漏射线经散射到达迷道外口处的辐射剂量率，计算参数及计算结果见表 11-6。

表 11-6 探伤室有用线束和漏射线散射计算参数及计算结果

参数	有用线束散射辐射	漏射线散射辐射
$\dot{H}_0$（μSv/h）	9.0×10^8	9.0×10^5
A_1（m²）		
A_2（m²）		
A_3（m²）		
A_4（m²）		
A_5（m²）		
α_1		
α_2		
α_3		

α_4		
α_5		
d_i（m）		
dr_1（m）		
dr_2（m）		
dr_3（m）		
dr_4（m）		
dr_5（m）		
η		
$H_{L,h}$（μSv/h）	**0.004**	**0.001**

注：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均为 0.5MeV，根据《辐射防护导论》P98，0.5MeV 能量下，$TVL_{铅}$=10.3mm。

根据表 11-6 可知，6MeV 工业电子加速器在探伤室进行探伤时，有用线束经散射到达迷道外口处的辐射剂量率为 0.004μSv/h，漏射线经散射到达迷道外口处的辐射剂量率为 0.001μSv/h。

11.2.2.5天空反散射影响分析

本项目探伤室顶部人员不可到达，但 X 射线穿透探伤室顶后因大气散射返回地面，可能会造成探伤室周围出现较高的辐射水平，因此探伤室顶的屏蔽主要考虑穿透 X 射线的天空反散射影响。这里采用《无损检测用工业电子加速器工程通用规范》（GB/T 30371-2013）附录 C 推荐的计算方法核算天空散射剂量。

$$D_S = \frac{(2.5\times10^{-2}D_0\Omega^{1.3})}{d_s^{\,2}d_i^{\,2}} \times B_X \qquad （式 11-8）$$

式中：D_S：天空散射吸收剂量率，μSv/h；

D_0：离靶 1m 处 X 射线的空气吸收剂量率，μGy/h；本项目主要为泄漏辐射，泄漏辐射比率为 0.1%，因此本项目 D_0 取 15Gy/min×0.1%=0.015Gy/min=9×10^5μGy/h。

Ω：X 射线源到屋顶的立体角，球面度（sr）；$\Omega=4tg^{-1}(ab/cd)$，其中 a 是屋顶长度之半，b 是屋顶宽度之半，c 是辐射源到屋顶表面中心的最小距离（此处 a、b 的值按照探伤室顶部外表面长、宽的一半取值，c 取加速器机头离顶部最近时，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=（$a^2+b^2+c^2$）$^{1/2}$；

d_s：源到参考剂量点的最小水平距离，m；

d_1：源到距屋顶外表面 2m 高处的垂直距离，m；

B_x：透射比；计算公式同 11-6；

表 11-7 天空反散射影响预测表

参数	东墙外 30cm①	南墙外 30cm②	西墙外 30cm⑦	北墙外 30cm④	炎鑫（张家港）重型装备有限公司	张家港富瑞重型装备有限公司
D_0（μGy/h）	9×10^5					
Ω						
d_s（m）*						
d_1（m）						
Bx						
D_S（μSv/h）	**0.007**	**0.007**	**0.007**	**0.020**	**0.001**	**1.07×10^{-4}**
评价标准	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5

综上所述，本项目电子加速器产生的辐射源通过屋顶泄漏产生的天空反散射所致机房周围辐射剂量率最大为 0.020μSv/h，叠加探伤房四周贯穿辐射剂量（最大为 0.665μSv/h），仍能满足《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”的要求。

11.2.3 γ射线探伤机探伤时辐射影响分析

11.2.3.1 理论预测公式

γ射线辐射影响预测采用《辐射防护导论》（方杰编）P77 γ点源空气比释动能率计算公式，计算出无屏蔽体情况下参考点的周围剂量当量率 $\dot{K}$：

$$\dot{K}=\frac{A\cdot\Gamma_K}{r^2}\quad\text{……（式 11-9）}$$

式中：$\dot{K}$ ----周围剂量当量率，μSv·h^{-1}；

A ----放射源活度，MBq；

Γ_K ----周围剂量当量率常数，μSv·m^2·MBq^{-1}·h^{-1}；

r ----关注点到放射源的距离，m，取值同表 11-5。

利用下列公式计算有屏蔽体情况下关注点的周围剂量当量率 K：

$$K=\dot{K}\cdot B\quad\text{……（式 11-10）}$$

式中：K ----有屏蔽体情况下关注点的周围剂量当量率，μSv·h^{-1}；

$\dot{K}$ ----无屏蔽体情况下关注点的周围剂量当量率，μSv·h^{-1}；

B ----屏蔽透射因子。

对于给定的屏蔽物质厚度 X，相应的辐射屏蔽透射因子 B 按公式 11-11 计算：

$$B = 2^{-X/HVL} \quad \text{……（式 11-11）}$$

式中：X 为屏蔽物质厚度，与 HVL 取相同的单位；

HVL—半值层厚度，单位为 mm，根据 GBZ117-2022 表 A.2，^{60}Co 对于混凝土的半值层厚度为 70mm。

11.2.3.2 预测结果

本项目拟在 1 号探伤房内配备 1 台 ^{60}Co γ射线探伤机和 2 台 ^{192}Ir γ射线探伤机，最大装源活度均为 3.70×10^{12}Bq，每次探伤仅开启 1 台探伤装置。由于两类放射源活度相同，^{60}Co 放射源射线能量高于 ^{192}Ir 放射源，^{60}Co 放射源周围剂量当量率常数大于 ^{192}Ir 放射源，故在进行探伤房外关注点的辐射水平预测时，采用 ^{60}Co 放射源在最大装源活度出源照射工况下进行预测评价。

根据公司实际探伤工况，γ射线探伤机曝光头距离各侧屏蔽墙的距离不小于 2m，距地面最大距离为 2m，关注点距各屏蔽墙、顶部及防护门外表面的距离均为 30cm，将相关参数代入式 11-9~式 11-11，可计算得出探伤室屏蔽墙、屋顶和防护门外关注点处的辐射剂量率，具体参数和计算结果见表 11-8。

表 11-8 探伤室屏蔽设计估算结果

参数	东墙外 30cm①	南墙外 30cm		西墙外 30cm⑦	北墙外 30cm		工件门外 30cm⑧	屋顶外 30cm⑥
		12.5m 以下②	12.5m 以上③		12.5m 以下④	12.5m 以上⑤		
X	1700mm 混凝土	2600mm 混凝土	1900mm 混凝土	1700mm 混凝土	1700mm 混凝土	1200mm 混凝土	1600mm 混凝土	1200mm 混凝土
r (m)								
A(MBq)	3.7×10^{6}							
Γ_K（μSv·m^2·MBq^{-1}·h^{-1}）	0.35							
半值层 HVL（mm）	70	70	70	70	70	70	70	70
透射比 B								
周围剂量当量率 $\dot{K}$（μSv·h^{-1}）	3.96×10^{-3}	3.55×10^{-7}	2.70×10^{-5}	3.96×10^{-3}	3.96×10^{-3}	4.14×10^{-2}	5.44×10^{-3}	0.043
控制值 K_G（μSv·h^{-1}）	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	100
评价结果	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足

根据表 11-8 可知，当使用一台 3.7×10^{12}Bq(100Ci)的 ^{60}Co 探伤机进行探伤时，探伤室四周墙壁及工件门外辐射剂量率最大为 4.14×10^{-2}μSv/h，顶部辐射剂量率为 0.043μSv/h，均满足本项目探伤房辐射剂量率控制水平要求“探伤室四周墙体、防护门外 30cm 关注点处辐射剂量率**不大于 2.5μSv/h**，不上人顶外 30cm 关注点处辐射剂量率**不大于 100μSv/h**。”。

11.2.3.3 迷道散射计算

本项目迷道及射线进入迷道后散射示意图见图 11-1，根据《辐射防护导论》（方杰著）P189“实例也证明，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”，本项目探伤房使用 X 射线探伤机时，射线经过四次散射方能到达人员门，叠加人员门的铅屏蔽作用，迷道外人员门入口处的剂量率能够满足辐射防护要求。

11.2.3.4 天空反散射影响分析

根据表 11-8，本项目探伤室顶部外 30cm 处辐射剂量率为 0.043μSv/h，经天空反散射到达地面辐射剂量率很小，可忽略不计，叠加探伤室四周辐射剂量率（最大为 4.14×10^{-2}μSv/h）后仍能满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）及本项目辐射屏蔽剂量率参考控制水平要求。

11.2.4 放射源暂存库辐射影响预测

11.2.4.1 放射源在探伤机内屏蔽状态下辐射环境影响分析

当放射源处于探伤机源容器内时，根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）表 2，P 类探伤机源容器表面 5cm 处当量剂量率≤0.5mSv·h^{-1}，源容器表面 100cm 处当量剂量率≤0.02mSv·h^{-1}。

而空气比释动能率与距离平方成反比，因此根据公式 11-12 可计算得出距离γ射线探伤机不同位置处的辐射水平，具体计算结果见表 11-10。

$$H_1=H_0\times(R_0+0.07)^2/(R_1+0.07)^2 \qquad \text{（式 11-12）}$$

式中：H_1 距放射源 Rm 处的周围剂量当量率，mSv·h^{-1}；

H_0：距离探伤机外表面 1m 处的周围剂量当量率，mSv·h^{-1}；

R_0：源容器表面外 1m，源贮存位置至探伤机表面距离取 7cm；

R_1：参考点与源容器表面的距离，m。

表 11-10 距探伤机放射源不同距离处的辐射水平估算结果

距离源容器表面 R_1（m）	0.3	0.5	1.0	2.0	3.0
周围剂量当量率（μSv/h）	167.261	70.477	20.000	5.344	2.430

通过表中计算结果可以看出，工作人员在探伤房内移动探伤机或进行其他活动的过程中近距离接触γ射线探伤机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γ探伤机的接触时间，在探伤房内进行工件吊运以及胶片贴、取等其他工作时还应注意与γ探伤机保持一定的距离。

11.2.4.2 探伤机贮存过程辐射影响分析

（1）源库容量分析

本项目设计有源库，源库的内净尺寸为 1.5m（长）×（0.8m~1.0m）（宽）×3.5m（高），源库内拟设置 3 个储源位，用于贮存γ射线探伤机，每个储源位尺寸均为 500mm（长）×400mm（宽）。根据单位提供资料，^{60}Co 探伤机外尺寸一般为 330mm×130mm×230mm，^{192}Ir 探伤机外尺寸一般为 225mm×115mm×160mm，本项目源库容量能够满足公司拟配备的 2 台 ^{192}Ir 探伤机和 1 台 ^{60}Co 探伤机的贮存要求。

（2）探伤机贮存过程中对源库外辐射影响分析

放射源暂存库北墙拟采用 1700mm 混凝土浇筑，东墙、南墙、西墙均拟采用 500mm 混凝土浇筑，顶部采用 300mm 混凝土浇筑，放射源暂存库防护门拟采用 35mmPb。

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，放射源暂存库表面 30cm 处的周围剂量当量率可参照下式计算：

$$H_1 = H_0 \times (R_0+0.07)^2 \times B/(R_1+0.07)^2 \quad （式 11-13）$$

式中：H_1 距放射源 Rm 处的周围剂量当量率，$mSv \cdot h^{-1}$；

H_0：距离探伤机外表面 1m 处的周围剂量当量率，$mSv \cdot h^{-1}$；

R_0：源容器表面外 1m，源贮存位置至探伤机表面距离取 7cm；

R_1：参考点与源容器表面的距离，m；

B：屏蔽透射因子，无量纲，按公式 $B=2^{-X/HVL}$ 计算。根据 GBZ117-2022 表 A.2，^{60}Co 在铅中的 HVL 为 13mm，在混凝土中的 HVL 为 70mm；^{192}Ir 在铅中的 HVL 为 3mm，在混凝土中的 HVL 为 50mm。

放射源贮存位置见图 11-4，计算结果见表 11-11：

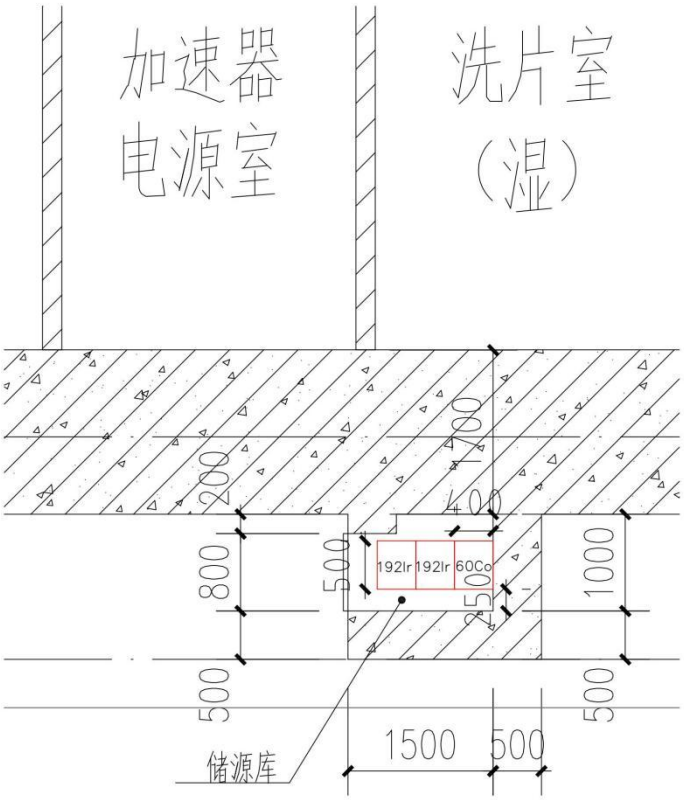


图 11-4 放射源在源库的储存位置示意图

表 11-11-1 1 台 ^{60}Co γ射线探伤机（右）贮存时的辐射环境影响一览表

参数	东墙	南墙	北墙	防护门	顶部
源到各屏蔽体外表面 30cm 处距离 (*m*)					
无屏蔽体时γ射线探伤机表面 1m 处周围剂量当量率 *K*(mSv/h)	0.02				
屏蔽材料及厚度	500mm 砼	500mm 砼	1700mm 砼	35mm 铅	300mm 砼
屏蔽透射因子 B					
放射源暂存库外表面 30cm 处的周围剂量当量率 K(μSv/h)	0.214	0.129	2.08×10^{-7}	1.639	0.098

表 11-11-2 1 台 ^{192}Ir γ射线探伤机（中）贮存时的辐射环境影响一览表

参数	东墙	南墙	北墙	防护门	顶部
源到各屏蔽体外表面 30cm 处距离 (*m*)					
无屏蔽体时γ射线探伤机表面 1m 处周围剂量当量率 *K*(mSv/h)	0.02				
屏蔽材料及厚度	500mm 砼	500mm 砼	1700mm 砼	35mm 铅	300mm 砼
屏蔽透射因子 B					

放射源暂存库外表面 30cm 处的周围剂量当量率 K(μSv/h)	1.39×10^{-2}	1.78×10^{-2}	2.48×10^{-10}	7.49×10^{-3}	2.97×10^{-2}

表 11-11-3　1 台 ^{192}Ir γ射线探伤机（左）贮存时的辐射环境影响一览表

参数	东墙	南墙	北墙	防护门	顶部
源到各屏蔽体外表面 30cm 处距离（*m*）					
无屏蔽体时γ射线探伤机表面 1m 处周围剂量当量率 *K*(mSv/h)	0.02				
屏蔽材料及厚度	500mm 砼	500mm 砼	1700mm 砼	35mm 铅	300mm 砼
屏蔽透射因子 B					
放射源暂存库外表面 30cm 处的周围剂量当量率 K(μSv/h)	8.02×10^{-3}	1.78×10^{-2}	2.48×10^{-10}	1.57×10^{-2}	2.97×10^{-2}

表 11-11-4 3 台γ射线探伤机贮存过程的辐射环境影响一览表

参数	东墙	南墙	北墙	防护门	顶部
放射源暂存库外表面 30cm 处的周围剂量当量率 K(μSv/h)	0.236	0.165	2.09×10^{-7}	1.663	0.157

由表 11-11 计算结果可知，源库四周、防护门及顶部外表面 30cm 处周围剂量当量率最大为 1.663μSv/h，源库四周公众均无法接近，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“在公众能接近的距外表面最近处，其屏蔽应能使该处周围剂量当量率小于 2.5μSv/h 或者审管部门批准的控制水平”的要求。

11.2.5 使用不同探伤设备时探伤室周围剂量率一览表

表 11-12 使用不同探伤设备时探伤室周围辐射剂量率一览表

剂量率（μSv/h）	东墙外30cm	南墙外30cm		西墙外30cm	北墙外30cm		工件门外30cm	顶部外30cm
		12.5m以下	12.5m以上		12.5m以下	12.5m以上		
使用1台X射线探伤机	4.16×10^{-12}	2.77×10^{-21}	3.08×10^{-15}	4.20×10^{-15}	4.16×10^{-12}	3.08×10^{-8}	2.30×10^{-14}	3.17×10^{-8}
使用1台6MeV电子加速器	0.252	0.550	4.77×10^{-5}	0.252	0.665	2.51×10^{-5}	0.316	4.141
使用1台^{60}Co探伤机	3.96×10^{-3}	3.55×10^{-7}	2.70×10^{-5}	3.96×10^{-3}	3.96×10^{-3}	4.14×10^{-2}	5.44×10^{-3}	0.043
最大值	**0.252**	**0.550**	**4.77×10^{-5}**	**0.252**	**0.665**	**4.14×10^{-2}**	**0.316**	**4.141**

11.2.6 辐射工作人员和公众剂量估算及评价

辐射工作人员和周围公众年有效剂量预测可参考《辐射防护导论》中的公式来估算，估算公式如下：

$$H = \dot{H} \cdot t \cdot U \cdot T \qquad （式 11-14）$$

上式中：H－受照剂量，μSv；

$\dot{H}$－参考点处剂量率，μSv/h；

U－使用因子；

T－居留因子；

t－照射时间，（h）。

公司拟为本项目探伤室配备 6 名辐射工作人员，两班制工作，每班 3 名辐射工作人员；探伤室周曝光时间不超过 40h，年曝光时间不超过 2000h；每班工作人员周曝光时间不超过 20h，年曝光时间不超过 1000h。

本项目运行后探伤室的 6 名辐射工作人员的年有效剂量贡献值，主要包括四部分：（1）工业电子加速器及 X、γ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）γ射线探伤时，辐射工作人员在室内更换被检测工件和重新贴片期间受到的剂量；（4）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。

公司源库配备 2 名辐射工作人员，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。

11.2.6.1 辐射工作人员正常探伤作业时有效剂量

对于本项目探伤房操作室内的辐射工作人员，根据表 11-12 可知，按照工业电子加速器满功率运行时，探伤房辐射工作人员所在操作室的辐射剂量率约为 0.665μSv/h，将相关参数代入公式（11-14）中计算得到辐射工作人员有效剂量见表 11-13。

表 11-13 正常探伤作业时辐射工作人员有效剂量估算表

关注点	使用因子 U	居留因子 T	剂量率值（μSv/h）	周工作时间（h）	年工作时间（h）	周剂量估算值（μSv/周）	年剂量估算值（mSv/年）
北墙外（操作室）	1	1	0.665	20	1000	13.300	0.665

11.2.6.2 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。假设提取、归还γ射线探伤机及γ射线探伤机摆位时，辐射工作人员离γ射线探伤机表面约 50cm，根据表 11-10 可知，辐射工作人员所受剂量率为 70.48μSv/h。将相关参数代入公式（11-14）中计算得到辐射工作人员有效剂量见表

11-14。

表 11-14 辐射工作人员提取、归还及摆位过程中有效剂量估算表

关注点	使用因子U	居留因子T	剂量率值（μSv/h）	周工作时间（h）	年工作时间（h）	周剂量估算值（μSv/周）	年剂量估算值（mSv/年）
未开机时γ射线探伤机表面 50cm 处	1	1	70.477	0.42	20.8	29.600	1.480

11.2.6.3 γ射线探伤时，辐射工作人员更换被检测工件和重新贴片所受有效剂量

γ射线探伤时，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。

假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 11-10，辐射工作人员所受剂量率为 5.34μSv/h，将相关参数代入公式（11-14）中计算得到辐射工作人员有效剂量见表 11-15。

表 11-15 γ探伤时辐射工作人员更换被检测工件和重新贴片过程中有效剂量估算表

关注点	使用因子U	居留因子T	剂量率值（μSv/h）	周工作时间（h）	年工作时间（h）	周剂量估算值（μSv/周）	年剂量估算值（mSv/年）
未开机时γ射线探伤机表面 2m 处	1	1	5.344	1.25	62.5	6.680	0.334

11.2.6.4 探伤时，辐射工作人员摆位、更换被检测工件和重新贴片所受有效剂量

探伤时，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，假设工作期间辐射工作人员距源库最小距离为 2m，根据表 11-11-4，源库外最大辐射剂量率约为 1.66μSv/h，根据公式可计算得出辐射工作人员 2m 处所受剂量率约为 0.30μSv/h。将相关参数代入公式（11-14）中计算得到辐射工作人员有效剂量见表 11-16。

表 11-16 探伤时辐射工作人员更换被检测工件和重新贴片过程中有效剂量估算表

关注点	使用因子 U	居留因子 T	剂量率值（μSv/h）	周工作时间（h）	年工作时间（h）	周剂量估算值（μSv/周）	年剂量估算值（mSv/年）
源库表面 2m 处	1	1	0.30	1.25	62.5	0.375	0.019

11.2.6.5 探伤室辐射工作人员探伤期间所受叠加有效剂量汇总

根据表 11-13~表 11-16，辐射工作人员探伤期间所受叠加周有效剂量及叠加年有效剂量汇总见表 11-17。

表 11-17 辐射工作人员周有效剂量及年有效剂量汇总表

关注点	周剂量值（μSv/周）	年剂量值（mSv/年）
探伤房操作室	13.300	0.665
提取、归还γ射线探伤机及γ射线探伤机摆位	29.600	1.480
γ探伤时辐射工作人员更换被检测工件和重新贴片	6.680	0.334
探伤时，辐射工作人员摆位、更换被检测工件和重新贴片	0.375	0.019
总计	**49.955**	**2.498**

11.2.6.6 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，主要包括放射源的出入库工作、放射源的定期清点检查等，管理人员除了γ探伤机领取归还和清点检查工作需到源库外，其余时间均待在配套辅助用房内，辅助用房位于厂房西南部，距放射源库约 250m，故源库工作人员主要受到γ探伤机领取归还和清点检查工作产生的辐射影响。

保守假设源库工作人员每天进行 1 次γ射线探伤机的领取和归还，每次均为 1 台γ射线探伤机，每天进入源库拿取和放置探伤机平均时间约 2min，单次用推车运输探伤机时间约 1min，每次运输 1 台探伤机，每天运输 2 次探伤机，人员拿取探伤机时距探伤机 30cm，用推车运输探伤机时距探伤机外表面 0.5m，每天工作 5 天，年工作 50 周，由 2 名源库工作人员平均分担该项工作，则单名源库工作人员每周进入源库拿取和放置探伤机总时间为 0.083h，每年 4.17h；每周用推车运输探伤机总时间为 0.083h，每年 4.17h；保守假设源库工作人员每月进行 1 次放射源的清点检查，每次进入源库清点检查时间约 2min，年工作 12 个月，由 2 名辐射工作人员按照法律法规要求同时在场负责该项工作，则单名源库工作人员每年进行放射源的清点检查总时间为 0.4h，可以反推单名源库工作人员每周进行放射源的清点检查总时间为 0.008h。根据上述估算参数及公式（11-14）可进一步估算得出源库工作人员年有效剂量，具体估算参数及估算结果见表 11-18。

表 11-18 源库工作人员年有效剂量估算表

参数			单名源库工作人员
使用因子 U			1
居留因子 T			1
γ探伤机领取归还过程	进入源库拿取或放置探伤机过程	参考点处剂量率$\dot{H}$（μSv/h）	
		周照射时间 t（h）	
		周剂量 H 估算值（μSv）	**41.648**

		年照射时间 t（h）	
		年剂量 H 估算值（mSv）	**2.092**
	用推车运输探伤机过程	参考点处剂量率$\dot{H}$（μSv/h）	
		周照射时间 t（h）	
		周剂量 H 估算值（μSv）	**5.850**
		年照射时间 t（h）	
		年剂量 H 估算值（mSv）	**0.294**
γ探伤机清点检查过程		参考点处剂量率$\dot{H}$（μSv/h）	
		周照射时间 t（h）	
		周剂量 H 估算值（μSv）	
		年照射时间 t（h）	
		年剂量 H 估算值（mSv）	**0.201**
叠加周剂量估算值（μSv）			**51.512**
周剂量控制值（μSv）			**100**
叠加年剂量估算值（mSv）			**2.587**
年剂量控制值（mSv）			**5**
分析评价			满足

根据表 11-17 及表 11-18 可知，本项目探伤房投入运行后，本项目探伤工作人员所受叠加周有效剂量最大值约为 **49.955μSv**，源库辐射工作人员所受叠加周有效剂量最大值约为 **51.512μSv**，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中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）；本项目探伤工作人员所受叠加年有效剂量最大值约为 **2.498mSv，**源库辐射工作人员所受叠加年有效剂量最大值约为 **2.587mSv，**均能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中剂量限值要求和本项目剂量约束值要求：**职业人员年有效剂量不超过 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。

11.2.6.7 公众有效剂量估算

本项目探伤室距北侧炎鑫（张家港）重型装备有限公司厂区最近约 14m，距东北侧张家港富瑞重型装备有限公司厂区最近约 48m，北侧炎鑫（张家港）重型装备有限公司厂区处辐射剂量率为 0.034μSv/h（探伤室北侧围墙外 30cm 处辐射剂量率最大为 0.665μSv/h，根据距离衰减 14m 处剂量率为 0.034μSv/h），东北侧张家港富瑞重型装备有限公司厂区处辐射剂量率为 0.004μSv/h（探伤室北侧围墙外 30cm 处辐射剂量率最大为 0.665μSv/h，根据距离衰减 48m 处剂量率为 0.004μSv/h），本项目探伤室每天每班工作人员曝光不超过 4h，曝光期间周围公众周工作时间 20h，年工作时间 1000h。本项目公众年有效剂量计算结果见表 11-19。

表 11-19 探伤房周围公众人员受照剂量结果评价

关注点		使用因子 U	居留因子 T	剂量率值（μSv/h）	周工作时间（h）	年工作时间（h）	周剂量估算值（μSv/周）	年剂量估算值（mSv/年）
东墙外	厂房外（道路）	1	1/16	0.252	20	1000	0.315	0.016
南墙外	厂房内（加热炉）	1	1/8	0.550	20	1000	1.375	0.069
西墙外	厂房内（道路）	1	1/16	0.252	20	1000	0.315	0.016
北墙外	道路	1	1/16	0.665	20	1000	0.831	0.042
	炎鑫（张家港）重型装备有限公司厂区	1	1	0.034	20	1000	0.680	0.034
东北侧外	张家港富瑞重型装备有限公司厂区	1	1	0.004	20	1000	0.080	0.004

根据表 11-19 中的计算结果可知，本项目探伤房周围公众周有效剂量最大值约为 1.375μSv，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中关注点的周围剂量当量参考控制水平（对公众场所，其值应不大于 5μSv/周）；探伤房周围公众年有效剂量最大值约为 0.069mSv，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：公众年有效剂量不超过 0.1mSv。

11.2.7 电缆管道、通风管道辐射影响分析

本项目探伤室电缆管道、通风管道采用埋地 U 型管设计，且主射线均不直射通风口和电缆口，通过工件或墙体一次散射后进入管道口，利用散射降低管道口的辐射水

平，X 射线进入电缆管道后散射示意图如图 11-5，进入通风管道后散射示意图如图 11-6。X 射线均需至少经过三次散射才能到达管道外口。由《辐射防护导论》（方杰著）P193“一般经三次以上散射后γ射线的几率已降得很低了”，本项目探伤房电缆管道设计、通风管道设计能够满足辐射防护要求。

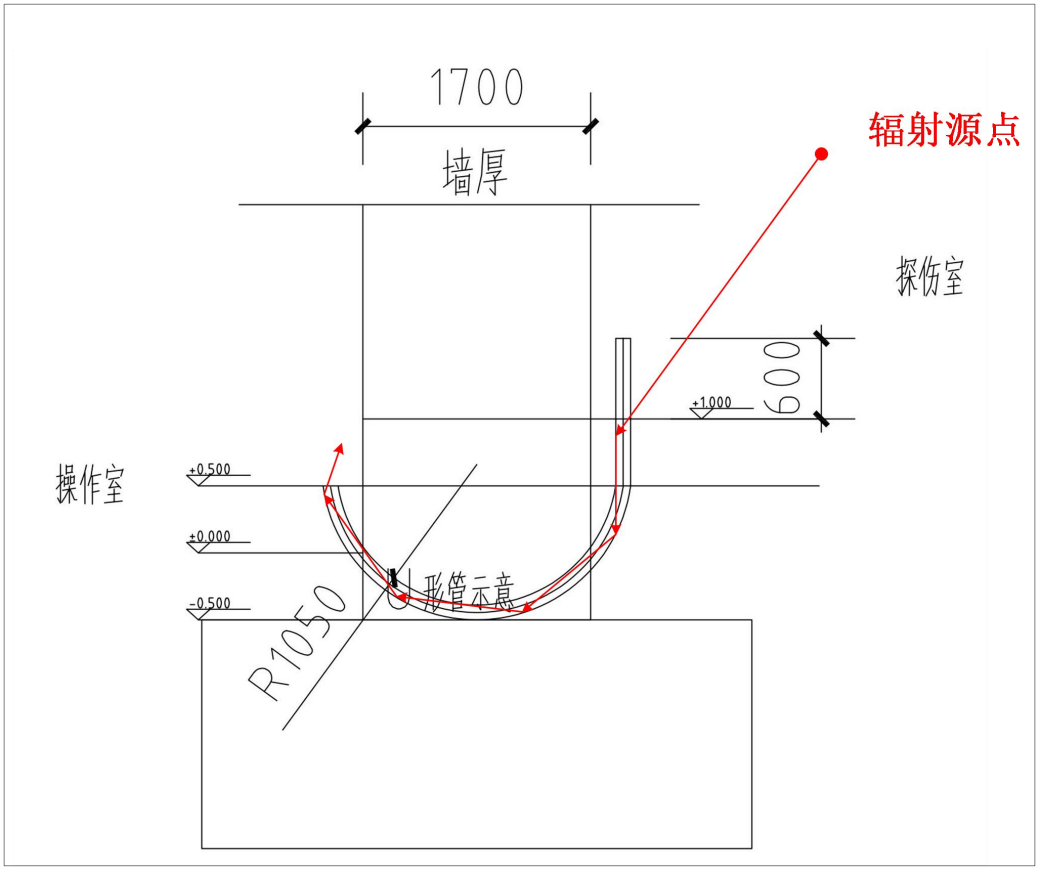


图 11-5 电缆管道散射示意图

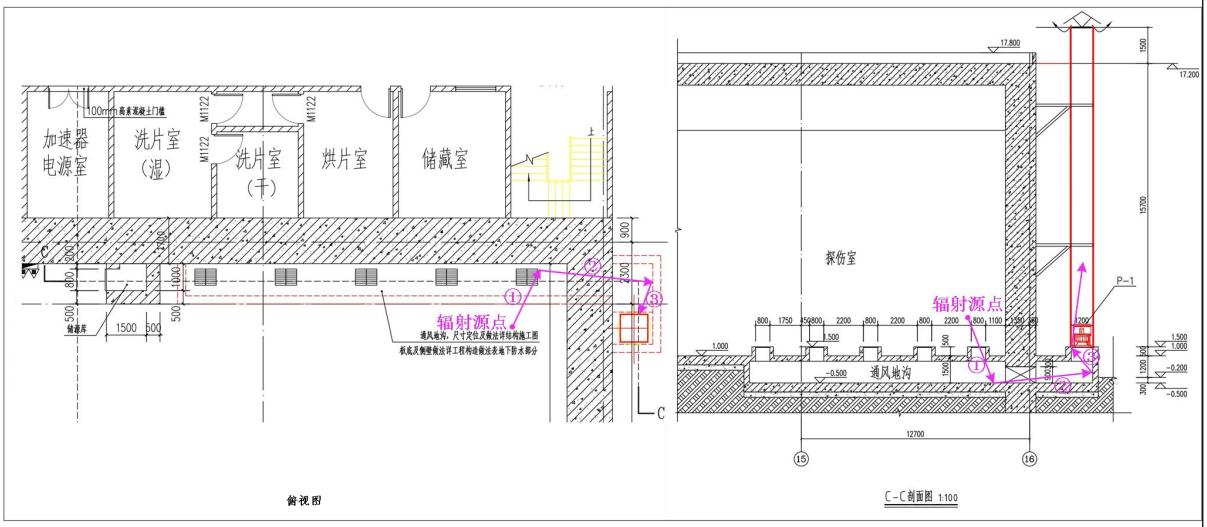


图 11-6 通风管道散射示意图

11.2.8 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γ射线探伤机内 ^{60}Co 密封源及 ^{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 密封源、^{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。

11.2.9 非辐射环境影响分析

11.2.9.1 固体废物

本项目运营时会产生废胶片，属于《国家危险废物名录》中危险废物，探伤过程中产生的废胶片在收集后拟临时贮存于危废库内，定期交由张家港市华瑞危险废物处理中心有限公司处置。

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

11.2.9.2 废水

本项目探伤过程中产生的显影、定影废液及一次、二次冲洗废水在收集后拟临时贮存于危废库内，显影、定影废液、一次、二次冲洗废水定期交由张家港市华瑞危险废物处理中心有限公司处理处置。

本项目运行后辐射工作人员会产生一定量的生活污水，生活污水及三次及以上冲洗废水进入公司污水管网，最终排入城市污水管网。

11.2.9.3 废气

本项目工业电子加速器及 X、γ射线探伤机工作时产生的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探伤室，排风管道出风口位于车间东北侧外顶部，臭氧及氮氧化物最终通过车间东北侧顶部排风口排出。排风口处拟安装1个轴流风机，排风量不小于31000m^3/h，探伤室体积约为7900m^3，拟安装的风机能够满足每小时有效换气次数3次以上需求，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。

11.2.10 事故影响分析

11.2.10.1 辐射事故分析

（1）本项目 X 射线探伤可能发生的辐射事故

①工业电子加速器及 X 射线探伤机在对工件进行曝光的工况下，探伤室门机联锁失效，工作人员误入探伤室；

②探伤室门机联锁失效，工件门未完全关闭，工业电子加速器或 X 射线探伤机在对工件进行曝光的工况下对探伤室周围人员造成意外照射；

③探伤操作人员未发现探伤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；

④工业电子加速器或 X 射线探伤机进行检修、维修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有漏射线对周围人员造成意外照射。

（2）本项目γ射线探伤潜在事故分析

①γ射线探伤机放射源发生被盗、丢失事故，对社会安全及公众人身安全造成严重危害。

②γ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，对辐射工作人员造成照射。

③γ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。

④γ射线探伤过程中辐射工作人员或其他人员误留在探伤室内，致使其受到大剂量照射。

⑤γ射线探伤过程中因门-源联锁失效、警告灯损坏等原因，工作人员或其他人员误入探伤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射线泄漏到探伤室外面，给周围活动的人员造成不必要的照射。

11.2.10.2 辐射事故预防措施

（1）X 射线探伤事故预防措施

①辐射工作人员探伤前应检查门机联锁、照射信号指示灯等辐射安全装置，确保完好；

②探伤工作人员应携带个人剂量报警仪、便携式 X-γ剂量率仪及个人剂量计进入探伤室；当剂量率达到设定的报警阈值报警时，探伤工作人员应立即退出探伤室，同

时防止其他人进入探伤室，并立即向辐射防护负责人报告；

③交接班或当班使用便携式 X-γ剂量率仪前，应检查是否能正常工作。如发现便携式 X-γ剂量率仪不能正常工作，则不应开始探伤工作；

④在每一次照射前，操作人员都应该确认探伤室内部没有人员驻留并关闭防护门，确保在所有防护门关闭后，工业电子加速器或 X 射线探伤机才能进行照射；

⑤定期认真地对本单位射线装置的安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检测或者检查，定期对探伤机/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；

⑥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。

⑦建设单位已制定工业电子加速器操作规程及 X 射线探伤机操作规程，凡涉及对工业电子加速器或 X 射线探伤机进行操作，必须按操作规程执行，做好个人的防护。

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。

（2）γ射线探伤事故预防措施

①辐射工作人员探伤前应检查门机联锁、照射信号指示灯等辐射安全装置，确保完好；

②探伤工作人员应携带个人剂量报警仪、便携式 X-γ剂量率仪及个人剂量计进入探伤室；当剂量率达到设定的报警阈值报警时，探伤工作人员应立即退出探伤室，同时防止其他人进入探伤室，并立即向辐射防护负责人报告；

③交接班或当班使用便携式 X-γ剂量率仪前，应检查是否能正常工作。如发现便携式 X-γ剂量率仪不能正常工作，则不应开始探伤工作；

④在每一次照射前，操作人员都应该确认探伤室内部没有人员驻留并关闭防护门，确保在所有防护门关闭后，γ 射线探伤机才能出源照射；

⑤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；

⑥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。

⑦建设单位已制定《γ 射线探伤操作规程》，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，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。

⑧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。

⑨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。

⑩γ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。

11.2.10.3 辐射事故处置方法

根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》及《江苏省辐射污染防治条例》的规定，根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，辐射事故可分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级。本项目 X 射线探伤拟使用的工业电子加速器及 X 射线探伤机属于II类射线装置，γ射线探伤拟使用的 ^{60}Co、^{192}Ir 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，在发生事故后：

（1）辐射工作人员应第一时间关机或将放射源回收，当送源出现卡源时，操作人员应将源收回到探伤装置并锁定快门，检查输源导管是否有压扁现象或弯曲半径过小，并将压扁部位校正或将输源导管弯曲半径调整合适，重新送源，如仍有卡源现象，应停止作业，并立即向单位辐射安全负责人报告，请探伤装置生产厂家到现场维修；当收源出现卡源时，操作人员应将源重新送到曝光位置后，再次进行收源操作，反复几次仍存在卡源现象时，将源送回曝光位置，并立即向单位辐射安全负责人报告，派遣有经验或经过培训的工作人员携带辐射监测仪器检查输源导管是否有压扁现象或弯曲半径过小，并将压扁部位校正或将输源导管弯曲半径调整合适，重新收源；如仍有卡源现象，应停止作业，保护好现场，禁止任何人员进入探伤室，请探伤装置生产厂家到现场维修。

（2）立即启动应急预案，并向单位领导汇报，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

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》、《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》等法律法规要求，使用射线装置、放射性同位素的单位应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有1名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；辐射安全与环境保护管理工作人员和辐射工作人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核；自2020年1月1日起，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名并参加考核。

江苏江锅智能装备股份有限公司已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确了各成员管理职责。公司目前在用17台II类射线装置及台^{192}Irγ探伤机，现有1名辐射防护负责人和10名辐射工作人员，均已按要求参加了辐射安全与防护的培训和自主考核，考核时间均在有效期内，满足环保相关管理要求。

本项目为使用 II 类射线装置及 II 类放射源开展探伤，公司拟为本项目新配备 8 名辐射工作人员，本项目辐射工作人员应按要求在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台上学习本项目相关知识，并在平台上网络报名参加考核，考核合格后持证上岗。本项目每班工作人员均有可能使用 II 类射线装置及 II 类放射源，考核类别应包括“X 射线探伤”及“γ射线探伤”，源库的管理人员考核类别应为“γ射线探伤”。

公司应及时关注辐射工作人员辐射安全和防护专业知识的培训时间，辐射安全培训合格证书快到期人员应当及时通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名，重新学习并通过相应考核后，方能继续从事辐射工作。

12.2 辐射安全管理规章制度

江苏江锅智能装备股份有限公司已根据《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，制定相关的辐射安全管理制度，主要包括《辐射防护和安全保卫制度》、《X 射线探伤操作规程》、《γ 射线探伤操作规程》、《γ 探伤机领取、归还和登记制度》、《放射性同位素或射线装置使用登记、台账管理制

度》、《辐射工作人员个人剂量监测管理制度》、《辐射工作人员培训制度》、《辐射环境监测方案》、《辐射设备使用与维护制度》、《辐射安全事故处理应急处置制度》、《岗位职责》等，公司现有的制度能够满足现有核技术利用项目对辐射安全管理规章制度的需求。公司还应针对本项目工业电子加速器，对其进行补充和完善，使其具有较强的针对性和可操作性。现对各项制度提出相应的建议：

辐射防护和安全保卫制度：已有制度中已明确了探伤机的管理、维修等落实到个人。公司应根据本项目对其补充和完善，在制度中明确对工业电子加速器的管理、维修等均要落实到个人，明确放射源暂存库内安装监控探头，监控与公安部门进行联网，对放射源实施 24h 监控等。

操作规程：制度中明确了 X 射线探伤机及 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，公司还应针对本项目工业电子加速器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：明确了管理人员、辐射工作人员的岗位责任，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。

设备检修维护制度：已有制度中已明确 X 射线探伤机、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，公司还应对其进行补充完善，明确本项目工业电子加速器维修计划、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、X、γ射线探伤机、剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。

放射源领用、归还登记制度：公司已制定了放射源领用、归还登记制度，还应明确要配备专职人员负责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射线探伤机放回放射源暂存库，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。

人员培训计划：已制定辐射工作人员的培训计划，还应细化培训内容、周期、方式以及考核的办法等内容，内外结合，加强对培训档案的管理，做到有据可查。

个人剂量监测方案和职业健康管理：已制定个人剂量监测管理制度，已明确辐射

工作人员开展辐射工作时均应佩戴个人剂量计，个人剂量计定期送有资质部门进行监测，已明确个人剂量计的佩戴和监测周期。个人剂量监测管理制度还应补充个人剂量监测结果应及时告知辐射工作人员，使其了解其个人剂量情况，以个人剂量检测报告为依据，严格控制职业人员受照剂量，防止个人剂量超标。

辐射环境监测方案：已制定辐射环境监测方案，还应细化监测布点要求，并完善监测执行的标准。

事故应急方案：应根据《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》的要求完善事故应急预案，并于应急预案中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。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。

公司已制定的辐射安全管理规章制度具有一定的针对性和可操作性，在针对本项目对辐射安全管理制度进行完善后，将满足现有核技术利用项目及本项目对辐射安全管理规章制度的需求，公司能够按照辐射安全管理制度要求的辐射活动进行管理。此外，公司在之后的实际工作中还应不断根据法律法规及实际情况对各管理制度进行补充和完善，使其具有较强的针对性和可操作性。

12.3 辐射监测

12.3.1 监测仪器

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》，使用放射性同位素、射线装置的单位，应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量报警、便携式辐射监测等设备。

公司拟为本项目新厂区配备 1 台辐射剂量巡测仪及 5 台个人剂量报警仪，配备后将满足相关法律法规的要求。

12.3.2 监测方案

江苏江锅智能装备股份有限公司已制定了辐射环境监测方案：

（1）公司委托有资质的单位定期对本项目探伤房及周围环境辐射水平进行监测，周期为 1 次/年。监测结果连同单位的年度辐射安全评估报告一起，在次年的 1 月 31 日前，上报发证的生态环境部门备案；

（2）利用自配备的便携式 X-γ 剂量率仪对公司的辐射工作场所定期进行自主监

测，并记录档案；便携式 X-γ 剂量率仪定期送有资质单位进行检定或校准（不少于 1 次/年）。

（3）本项目辐射工作人员均佩戴个人剂量计，并定期（不少于 1 次/3 个月）送有资质部门进行监测，建立个人累积剂量档案。

（4）公司定期组织本项目辐射工作人员进行职业健康体检（体检周期不少于 1 次/2 年），并建立职业健康监护档案。

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，并定期（不少于 1 次/3 个月）送苏州苏大卫生与环境技术研究所有限公司进行个人剂量监测，根据公司 2023 年~2024 年 4 个季度辐射工作人员个人剂量监测报告，辐射工作人员个人剂量检测结果均未见异常；公司已定期（不少于 1 次/2 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。公司每年均委托有资质单位对现有的辐射工作场所进行监测，并已于每年 1 月 31 日前在全国核技术利用辐射安全申报系统提交上一年度的评估报告，年度评估报告内容包括核技术利用项目新建、改建、扩建和退役，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制定与落实等情况。

在日后的工作中，本项目及公司现有核技术利用项目也应继续认真落实以上监测方案。本项目辐射监测方案见表 12-1。

表 12-1　本项目辐射监测计划

监测项目	监测类型	监测因子	监测单位和监测频次	监测点位	控制要求
工作场所监测	竣工环保验收监测	X-γ辐射剂量率	请有资质单位监测，建设项目竣工后 3 个月内	①探伤室四周墙体外 30cm； ②各防护门外 30cm 和四周缝隙； ③操作室内人员操作位、探伤室周围人员经常活动的位置； ④通风口、线缆口处； ⑤探伤房四周保护目标处。	探伤室四周辐射剂量率不大于 2.5μSv/h，探伤室顶部辐射剂量率不大于 100μSv/h
	年度监测	X-γ辐射剂量率	请有资质单位监测，不少于 1 次/年		
	日常监测	X-γ辐射剂量率	自主监测，建议不少于 1 次/季度		
个人剂量监测	/	职业性外照射个人剂量	定期送有资质部门进行监测，不少于 1 次/3 个月	/	年有效剂量不超过 5mSv

根据《江苏省辐射污染防治条例》（2018 年修订版），当发现辐射工作场所及周围环境监测出现异常情况的，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；当发现个人剂量监测结果异常的，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、卫生健康部门调查处理。

12.4 辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中关于应急报告与处理的相关要求，江苏江锅智能装备股份有限公司已针对探伤项目可能产生的辐射事故情况制定事故应急方案，主要包括：

（1）应急机构和职责分工；

（2）应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；

（3）辐射事故分级与应急响应措施；

（4）辐射事故调查、报告和处理程序；

（5）辐射事故信息公开、公众宣传方案。

公司制定的应急预案有效可行，满足环保相关要求。在日后的运行管理过程中，公司应根据实际辐射工作情况和管理要求，及时对辐射事故应急方案进行更新完善。同时公司应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。此外，公司应加强管理，加强职工辐射防护知识的培训，学习结束后应进行总结，发现问题及时解决，并在实际工作中不断完善辐射安全管理制度，尽可能避免辐射事故的发生，还应经常监测辐射工作场所及周围环境的辐射剂量率等，确保辐射工作安全有效运转。

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制度的通知》和《江苏省辐射污染防治条例》，发生辐射事故时，应当立即启动事故应急方案，采取必要的防范措施，并在事故发生后一小时内向所在地生态环境部门和公安部门报告，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。同时，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报告。

表 13 结论与建议

13.1 结论

1、项目概况

根据生产、检测需要，江苏江锅智能装备股份有限公司拟在新厂区建设 1 座固定式X、γ射线探伤房，并拟配备 1 台无损检测用工业电子加速器（X 射线最大能量 6MeV）、1 台 ^{60}Co 探伤机（放射源初始活度为 $3.7\times10^{12}Bq$），2 台 ^{192}Ir 探伤机（放射源初始活度为 $3.7\times10^{12}Bq$）及 9 台 X 射线探伤机，用于开展公司产品的无损检测操作。本项目拟配备的 X 射线探伤机和无损检测用工业电子加速器均属于 II 类射线装置，γ射线探伤机内的放射源属于 II 类放射源。

2、实践正当性评价

本项目的建设将满足企业发展需求，创造更好的经济效益，从经济角度而言，可以提升公司的竞争力，增加公司利益，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，其对社会所带来的利益足以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》(GB18871-2002)中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

3、选址、布局合理性评价

江苏江锅智能装备股份有限公司新建厂区拟建址位于张家港市张地 2022G21 号地块，项目 50m 评价范围内无学校、居民区等环境敏感点，项目周围无环境制约因素，选址合理。

本项目探伤房包括探伤室及辅房，其中探伤室为一层结构，辅房为二层结构。探伤室内北部建有 1 座放射源暂存库，源库为一层建筑。探伤房辅房一层为操作室、加速器电源室、洗片室（湿）、洗片室（干）、烘片室、储藏室等，二层为实验检测室。探伤房设有迷道，操作室位于探伤室北墙外。探伤室与操作室分开独立设置，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中关于操作室应与探伤室分开设置的要求。

本项目探伤室内每次仅开启 1 台装置进行探伤，使用电子加速器探伤时，电子加速器主射线朝向南墙及地面照射；使用定向 X 射线探伤机探伤时，均拟朝向东墙、南墙或顶部照射，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中操作室应避开有用线束照射方向的要求。

本项目将探伤室、源库作为控制区，在工件门及人员门外设置电离辐射警告标志及中文警示说明，探伤期间禁止任何人员进入；将辅房（包括操作室、加速器电源室、

洗片室（湿）、洗片室（干）、烘片室）以及工件门外一米区域（在地面粘贴地标并标识监督区）作为监督区，在辅房入口门设置监督区标牌，探伤期间禁止无关人员进入。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。

4、辐射防护措施评价

本项目探伤室四周墙体及顶部采用混凝土进行防护，工件门采用混凝土进行防护，人员门采用铅板进行防护；源库四周墙体及顶部采用混凝土进行防护，防护门采用铅板进行防护。根据理论预测及分析，本项目辐射工作场所的屏蔽防护设计满足辐射防护要求，各辐射工作场所的辐射剂量率满足相应剂量率管理限值要求。

5、辐射安全措施评价

本项目探伤室拟采取钥匙开关、门机/源联锁装置、工作状态指示灯（与射线装置进行联锁）和声音提示装置、监控系统、电离辐射警告标志、急停按钮、紧急开门开关、固定式辐射监测系统等辐射安全措施。

源库拟采取电离辐射警告标志、监控、源库门双人双锁、设置红外报警系统，并与 110 联网等辐射安全措施。

落实以上辐射安全和防护措施后，本项目的辐射安全措施能够满足辐射安全防护要求。

6、辐射防护监测仪器评价

公司应至少配备 1 台辐射巡测仪，还应为本项目配备 5 台个人剂量报警仪。落实后，方能满足辐射监测仪器配备要求。

7、保护目标剂量评价

根据理论估算结果，本项目在做好个人防护措施、安全措施的情况下，辐射工作人员和公众年受照剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和本项目剂量约束值要求（职业人员年受照剂量不超过 5mSv；公众年受照剂量不超过 0.1mSv）。

8、三废的处理处置

本项目γ射线探伤机内 ^{60}Co 密封源及 ^{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 密封源、^{192}Ir 密封源及贫铀罐退役后，废源及贫铀罐交由原生产厂家回收，此举符合生态环境部门的相关管理要求。

本项目探伤过程中产生的废胶片、废显（定）影液及一次、二次冲洗废水在收集后拟临时贮存于危废库内，定期交由有资质单位处置。本项目运行后辐射工作人员会产生一定量的生活垃圾及生活污水，生活垃圾由公司统一收集后交给环卫部门清运，产生的生活污水及三次及以上冲洗废水最终排入城市污水管网。

探伤室拟配备的风机排风量不小于31000m^3/h，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中探伤室每小时有效通风换气次数不小于3次的要求。探伤室内产生的少量臭氧和氮氧化物可通过机械排风装置排出探伤室，臭氧常温下可自行分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

9、辐射环境管理评价

江苏江锅智能装备股份有限公司已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确辐射防护负责人。同时制定了各项辐射安全管理制度。公司拟为本项目配备8名辐射工作人员，8名辐射工作人员均为新增人员。8名辐射工作人员均应通过生态环境部培训平台上的线上考核方可上岗；公司拟对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。

公司在落实上述各项辐射防护措施及管理要求后，将具备从事本项目辐射活动的综合能力。

可行性结论：

综上所述，江苏江锅智能装备股份有限公司扩建固定式X、γ射线探伤项目在落实本报告所提出的各项污染防治和管理措施后，该公司具备与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和辐射安全防护措施，其运行对周围环境产生的影响较小，故从辐射环境保护角度论证，该项目的建设运行是可行的。

13.2 建议和承诺

（1）该项目运行后，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，避免意外事故造成对公众和职业人员的附加影响，使对环境的影响降低到最低。

（2）各项环保设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）定期进行辐射工作场所的检查及监测，对于监测结果偏高的地点应及时查找原因、排除事故隐患，把辐射影响减少到“可以合理达到的尽可能低的水平”。

（4）建设单位在获得本项目环评批复后且探伤房建成后根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求及时重新申领辐射安全许可证。

（5）建设项目竣工后，公司应按照国务院生态环境行政主管部门规定的程序和标准，对配套建设的环境保护设施进行验收，验收期限最长不超过 12 个月。

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见：   公　　章 经办人 年　　月　　日
审批意见：   公　　章 经办人 年　　月　　日