核技术利用建设项目

江苏中圣清洁能源装备制造有限公司
新建固定式及移动式探伤项目
环境影响报告表

江苏中圣清洁能源装备制造有限公司（公章）

2025 年 10 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

江苏中圣清洁能源装备制造有限公司
新建固定式及移动式探伤项目
环境影响报告表

建设单位名称：江苏中圣清洁能源装备制造有限公司

建设单位法人代表（签字或盖章）：

通讯地址：江苏省扬州市仪征市经济开发区闽泰大道1号

邮政编码：211000 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 12
表 8 环境质量和辐射现状 16
表 9 项目工程分析与源项 20
表 10 辐射安全与防护 32
表 11 环境影响分析 44
表 12 辐射安全管理 66
表 13 结论与建议 79
表 14 审批 84
辐射污染防治措施“三同时”措施一览表 85

附图：

附图 1 江苏中圣清洁能源装备制造有限公司地理位置图

附图 2 江苏中圣清洁能源装备制造有限公司平面布置图及周围环境示意图

附图 3 江苏中圣清洁能源装备制造有限公司厂区平面布置图

附图 4 江苏中圣清洁能源装备制造有限公司 0#厂房及 1#联合厂房平面布局图

附图 5-1 本项目探伤房一层平面布置图

附图 5-2 本项目探伤房二层平面布置图

附图 5-3 本项目探伤房三层平面布置图

附图 5-4 本项目探伤房四层平面布置图

附图 6-1 本项目探伤房剖面布置图（南北向）

附图 6-2 本项目探伤房剖面布置图（东西向）

附图 7-1 本项目与生态空间管控区域相对位置关系图

附图 7-2 本项目与江苏省生态环境分区管控综合服务系统管控区相对位置关系图

附图 8 本项目编制主持人现场踏勘照片

附件：

附件 1 委托书

附件 2 承诺书

附件 3 废源退役承诺书

附件 4 洗片废水、废胶片安全处置承诺书

附件 5 建设单位营业执照

附件 6 厂区环评批复

附件 7 X 射线探伤机参数

附件 8 本项目拟建址本底检测报告

表 1 项目基本情况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="6">江苏中圣清洁能源装备制造有限公司新建固定式及移动式探伤项目</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="6">江苏中圣清洁能源装备制造有限公司</td></tr>
<tr><td colspan="2">法人代表</td><td>朱兵成</td><td>联系人</td><td></td><td>联系电话</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">注册地址</td><td colspan="6">仪征市经济开发区闽泰大道 1 号</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="6">扬州市仪征市苏港大道与锦华路交叉口西南角</td></tr>
<tr><td colspan="2">立项审批部门</td><td colspan="2">/</td><td>批准文号</td><td colspan="3">/</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设项目总投资(万元)</td><td>1500</td><td>项目环保投资(万元)</td><td>1250</td><td>投资比例（环保投资/总投资）</td><td>83.3%</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目性质</td><td colspan="3">☑新建 □改建 □扩建 □其他</td><td>占地面积（m^2）</td><td>约 486</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>

项目概述：

1. 建设单位基本情况、项目建设规模和任务由来

江苏中圣清洁能源装备制造有限公司 2022 年 11 月 25 日成立。注册地位于仪征市经济开发区闽泰大道 1 号，营业执照见附件 5。经营范围包括：许可项目：特种设备设计；特种设备制造；特种设备安装改造修理；一般项目：通用设备制造（不含特种设备制造）；工业设计服务；工程管理服务，技术服务、技术开发、技术咨询、技术交流、

技术转让、技术推广；环境保护专用设备制造，环境保护专用设备销售；机械设备研发；电工仪器仪表销售。

江苏中圣清洁能源装备制造有限公司在扬州市仪征市苏港大道与锦华路交叉口西南角地块新建厂区，该厂区已取得《关于对江苏中圣清洁能源装备制造有限公司年产50000吨清洁能源装备制造项目环境影响报告书》环评批复（附件6）。公司因生产的特种设备需进行无损检测，拟在厂区新建2座固定式X、γ探伤房及1座源库，并拟在厂区内开展移动式X射线探伤。

公司拟在0#厂房西北角新建2座固定式探伤房（1、2号探伤房），共配备4台^{192}Ir γ射线探伤机、2台^{60}Co γ射线探伤机和8台X射线探伤机（最大管电压350kV，最大管电流5mA）。拟为2座探伤房配备6名辐射工作人员，项目运行后每座探伤房曝光室内每周使用γ射线探伤机的曝光时间不超过5h，年工作50周，年曝光总时间不超过250h；每座探伤房曝光室内每周使用X射线探伤机的曝光时间不超过5h，年工作50周，年曝光总时间不超过250h；本项目源库位于2座探伤房中间，本项目6台γ探伤机存储于源库内，拟为源库配备2名辐射工作人员。

因部分工件过大，无法在2座探伤房内进行探伤，因此拟在1#联合厂房西南部开展移动式X射线探伤项目。本项目移动式X射线探伤项目拟使用探伤房内4台X射线探伤机（最大管电压350kV，最大管电流5mA）。**移动探伤开展时间仅为清场后晚上10点至次日凌晨5点期间，该期间不会使用探伤房进行固定探伤作业**。移动式X射线探伤项目共用探伤房辐射工作人员，项目运行后年曝光总时间不超过50h。

本项目2座探伤房及移动X射线探伤项目探伤胶片洗片均在探伤房暗室内，公司在厂区西南角拟建设1座危废库用于存储本项目产生的废显（定）影剂、冲洗废水及废胶片，危废库将按照相关要求建设，满足本项目危废存储。

在此之前，江苏中圣清洁能源装备制造有限公司从未开展过核技术利用项目，本项目为首次开展核技术利用项目。本项目核技术利用项目详见下表1-1。

表1-1 江苏中圣清洁能源装备制造有限公司本项目核技术利用情况一览表

放射源								
序号	放射源名称	数量	单枚出厂活度（Bq）	类别	工作场所名称	活动种类	环评情况及审批时间	备注
1	^{60}Co γ射线探伤机	1	7.4×10^{12}	II	1、2号探伤房	使用	本次环评	/
2	^{60}Co γ射线探伤机	1	5.55×10^{12}	II	1、2号探伤房	使用	本次环评	/

3	^{192}Ir γ射线探伤机	2	5.55×10^{12}	II	1、2 号探伤房	使用	本次环评	/
4	^{192}Ir γ射线探伤机	2	3.7×10^{12}	II	1、2 号探伤房	使用	本次环评	/

射线装置

序号	装置名称、型号	数量	管电压 kV	管电流 mA	类别	工用场所名称	活动种类	环评情况及审批时间	备注
1	X 射线探伤机 XXGH3505	1	350	5	II	1、2 号探伤房 1#联合厂房移动探伤区	使用	本次环评	周向机
2	X 射线探伤机 XXG3505	1	350	5	II	1、2 号探伤房 1#联合厂房移动探伤区	使用	本次环评	定向机
3	X 射线探伤机 XXGH3005	1	300	5	II	1、2 号探伤房	使用	本次环评	周向机
4	X 射线探伤机 XXG3005	1	300	5	II	1、2 号探伤房	使用	本次环评	定向机
5	X 射线探伤机 XXGH2505	1	250	5	II	1、2 号探伤房	使用	本次环评	周向机
6	X 射线探伤机 XXG2505	1	250	5	II	1、2 号探伤房	使用	本次环评	定向机
7	管板角焊缝棒阳极 X 射线机检测系统 MCTS 130A-0.6	2	130	1.66	II	1、2 号探伤房 1#联合厂房移动探伤区	使用	本次环评	周向机

根据《中华人民共和国环境影响评价法》《中华人民共和国放射性污染防治法》《建设项目环境保护管理条例》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》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），本项目为使用 X、γ射线探伤机进行无损检测，属于“172 核技术利用建设项目”中的“使用II类射线装置的、使用II类放射源的”，本项目应编制环境影响报告表。受江苏中圣清洁能源装备制造有限公司委托，江苏睿源环境科技有限公司承担该项目的环境影响评价工作。我公司通过资料调研、现场监测、评价分析，编制该项目环境影响报告表。

2. 项目周边保护目标及项目选址情况

江苏中圣清洁能源装备制造有限公司位于扬州市仪征市苏港大道与锦华路交叉口西南角地块。公司东侧为空地及苏港大道；南侧为空地及滨江路；西侧为空地、弓尾村第二十组；北侧为小河及锦华路。公司地理位置示意图见附图 1，公司平面布置图及周围环境示意图见附图 2。

本项目 2 座探伤房位于 0#厂房西北角。2 座探伤房相邻，南北并列分布，1 号探伤房位于北侧，2 号探伤房位于南侧，辅房及源库位于 2 座探伤房曝光室中间。本项目 2 座探伤房东侧、南侧为 0#厂房，西侧为厂区道路及 2#联合厂房，北侧为 0#厂房酸洗区

及厂区道路。本项目2座探伤房曝光室为一层建筑，上方为厂房顶棚，下方为土层，辅房为四层建筑，不高于2座探伤房曝光室。源库为四层建筑，位于一层，上方为实验室。

本项目2座探伤房曝光室周围50m范围内涉及①0#厂房，②2#联合厂房，③厂区道路，④厂区外空地，⑤小河。本项目周围环境保护目标主要为从事探伤操作的辐射工作人员及周围公众。

公司拟开展移动X射线探伤，探伤现场位于1#联合厂房西南部，移动探伤区域东、北侧为1#联合厂房，南侧为厂区道路及多功能厂房，西侧为0#厂房。本项目周围环境保护目标主要为移动探伤辐射工作人员以及探伤区域周围公众。

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）、《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）可以确定，本项目不涉及江苏省生态空间管控区域、江苏省国家级生态保护红线区域。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）》第三条中环境敏感区。本项目的建设符合江苏省及扬州市"三线一单"（生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单）要求。本项目与生态空间管控区域相对位置关系见附图7。

3. 实践正当性

江苏中圣清洁能源装备制造有限公司因工件无损检测需要，开展固定X、γ射线探伤及移动X射线探伤对工件进行探伤，确保其产品质量。本项目的建设能确保产品质量，创造更好的经济效益，从社会角度而言，能够使用安全系数更高的产品，减少安全事件发生的可能性。虽然在运行期间，探伤机的应用可能会对周围环境、工作人员及周围公众造成一定辐射影响，但公司在做好各项辐射防护措施，严格按照规章制度运营本项目的情况下，其对周围环境的辐射影响能够满足标准要求。因此，在考虑了社会、经济和代价等有关因素之后，其对受照个人和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。

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度（Bq）/ 活度（Bq）×枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
1	^{60}Co	$7.4\times10^{12}\times1$ 枚	II	使用	无损检测	1、2 号探伤房	贮存在γ射线探伤机内，随探伤机一起贮存在源库内	本次新建
2	^{60}Co	$5.55\times10^{12}\times1$ 枚	II	使用	无损检测	1、2 号探伤房	贮存在γ射线探伤机内，随探伤机一起贮存在源库内	本次新建
3	^{192}Ir	$5.55\times10^{12}\times2$ 枚	II	使用	无损检测	1、2 号探伤房	贮存在γ射线探伤机内，随探伤机一起贮存在源库内	本次新建
4	^{192}Ir	$3.7\times10^{12}\times2$ 枚	II	使用	无损检测	1、2 号探伤房	贮存在γ射线探伤机内，随探伤机一起贮存在源库内	本次新建

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

（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	1	XXGH3505	350	5	无损检测	1、2 号探伤房、1#联合厂房移动探伤区	周向机
2	X 射线探伤机	II	1	XXG3505	350	5	无损检测	1、2 号探伤房、1#联合厂房移动探伤区	定向机
3	X 射线探伤机	II	1	XXGH3005	300	5	无损检测	1、2 号探伤房	周向机
4	X 射线探伤机	II	1	XXG3005	300	5	无损检测	1、2 号探伤房	定向机
5	X 射线探伤机	II	1	XXGH2505	250	5	无损检测	1、2 号探伤房	周向机
6	X 射线探伤机	II	1	XXG2505	250	5	无损检测	1、2 号探伤房	定向机
7	管板角焊缝棒阳极 X 射线机检测系统	II	2	MCTS 130A-0.6	130	1.66	无损检测	1、2 号探伤房、1#联合厂房移动探伤区	周向机

（三）中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
退役 ^{192}Ir 放射源	固体	^{192}Ir	约 5.55×10^{11}Bq（源衰减约 15Ci 退役）	/	8 枚	/	处置前随探伤机一起贮存在拟建的源库内。	建设单位与放射源生产销售单位签订废旧放射源返回协议，当放射源达到使用年限需报废时，将按照协议规定将废旧放射源返回生产单位或原出口方。
退役 ^{60}Co 放射源	固体	^{60}Co	约 9.25×10^{11}Bq（源衰减约 25Ci 退役）	/	约 21 年更换一次	/	处置前随探伤机一起贮存在拟建的源库内。	建设单位与放射源生产销售单位签订废旧放射源返回协议，当放射源达到使用年限需报废时，将按照协议规定将废旧放射源返回生产单位或原出口方。
废显（定）影剂	液态	/	/	约 500kg	约 6000kg	/	集中收集后暂存于危废库	收集贮存危废库后委托有危险废物经营资质的单位回收处理。
洗片冲洗废水	液态	/	/	约 1500kg	约 18000kg	/	不暂存	先进入厂区综合污水处理系统处理，预处理后接入实康污水厂集中处理。
废胶片	固态	/	/	约 30kg	约 360kg	/	集中收集后暂存于危废库	收集贮存危废库后委托有危险废物经营资质的单位回收处理。
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	少量	不暂存	直接进入大气，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。
γ射线探伤机含贫铀屏蔽装置	固体	贫铀	/	/	每十年退役更换	/	处置前贮存在拟建的源库内。	建设单位与γ射线探伤机含贫铀屏蔽装置生产销售单位签订废返回协议，当γ射线探伤机含贫铀屏蔽装置达到使用年限需报废时，将按照协议规定将γ射线探伤机含贫铀屏蔽装置返回生产单位或原出口方。

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》1989年12月26日中华人民共和国主席令第22号公布施行；2014年4月24日第十二届全国人民代表大会常务委员会第八次会议修订，中华人民共和国主席令第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》1998年11月29日中华人民共和国国务院令第253号发布；根据2017年7月16日《国务院关于修改〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》修订），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》，2005年9月14日中华人民共和国国务院令第449号，根据2014年7月29日《国务院关于修改部分行政法规的决定》第一次修订，根据2019年3月2日《国务院关于修改部分行政法规的决定》第二次修订； 7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》2005年12月30日国家环境保护总局令第31号，根据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）》，2020年11月30日生态环境部令第16号公布，自2021年1月1日起施行； 9) 《射线装置分类》，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； 10) 《关于发布放射源分类办法的公告》，国家环境保护总局公告2005年第62号，2005年12月23日印发 11) 《国家环境保护总局关于γ射线探伤装置的辐射安全要求》环发〔2007〕8号，2007年1月15日印发

12) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020年修订本，中华人民共和国主席令（第四十三号），2020年4月29日发布，自2020年9月1日起施行）；

13) 《国家危险废物名录》(2021版)，2020年11月25日生态环境部、国家发展和改革委员会、公安部、交通运输部、国家卫生健康委员会令第15号公布，自2021年1月1日起施行；

14) 《危险废物转移管理办法》，2021年11月30日生态环境部、公安部、交通运输部令第23号公布，自2022年1月1日起施行；

15) 《省生态环境厅关于印发江苏省危险废物贮存规范化管理专项整治行动方案的通知》（苏环办〔2019〕149号），2019年4月29日印发；

16) 《省生态环境厅关于进一步加强危险废物污染防治工作的实施意见》(苏环办〔2019〕327号），2019年9月24日印发；

17) 《省生态环境厅关于做好江苏省危险废物全生命周期监控系统上线运行工作的通知》（苏环办〔2020〕401号），2020年12月31日印发；

18) 《省生态环境厅关于印发江苏省危险废物集中收集体系建设工作方案（试行）的通知》（苏环办〔2021〕290号），2021年10月14日印发。

19) 《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；

20) 《江苏省辐射污染防治条例》（2018年修正本），江苏省人民代表大会常务委员会公告2018年第2号，自2018年5月1日起施行；

21) 《省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》，江苏省人民政府苏政发〔2018〕74号，自2018年6月9日起施行；

22) 《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》，江苏省人民政府苏政发〔2020〕1号，自2020年1月8日起施行；

23) 《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》，江苏省人民政府办公厅苏政发〔2020〕49号，自2020年6月21日起施行；

24) 《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； 25) 《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》，江苏省生态环境厅苏环办〔2021〕187号，2021年5月31日印发； 26) 《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）； 27) 《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； 28) 《江苏省自然资源厅关于靖江市生态空间管控区域调整方案的复函》（苏自然资函〔2022〕41号），2022年1月10日印发。
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》（GBZ 117-2022） 7) 《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及修改单 8) 《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023） 9) 《危险废物收集 贮存 运输技术规范》（HJ2025-2012） 10) 《环境保护图形标志 固体废物贮存（处置）场》（GB15562.2-1995）修改单（2023版） 11) 《危险废物识别标志设置技术规范》（HJ 1276-2022） 12) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019） 13) 《γ射线探伤机》（GB/T14058-2023） 14) 《剧毒化学品、放射源存放场所治安防范要求》（GA 1002-2012）
其他	**附图：** 附图 1 江苏中圣清洁能源装备制造有限公司地理位置图 附图 2 江苏中圣清洁能源装备制造有限公司平面布置图及周围环境示意图

	附图 3 江苏中圣清洁能源装备制造有限公司厂区平面布置图 附图 4 江苏中圣清洁能源装备制造有限公司 0#厂房及 1#联合厂房平面布局图 附图 5-1 本项目探伤房一层平面布置图 附图 5-2 本项目探伤房二层平面布置图 附图 5-3 本项目探伤房三层平面布置图 附图 5-4 本项目探伤房四层平面布置图 附图 6-1 本项目探伤房剖面布置图（南北向） 附图 6-2 本项目探伤房剖面布置图（东西向） 附图 7-1 本项目与生态空间管控区域相对位置关系图 附图 7-2 本项目与江苏省生态环境分区管控综合服务系统管控区相对位置关系图 附图 8 本项目编制主持人现场踏勘照片 **附件：** 附件 1 委托书 附件 2 承诺书 附件 3 废源退役承诺书 附件 4 洗片废水、废胶片安全处置承诺书 附件 5 建设单位营业执照 附件 6 厂区环评批复 附件 7 X 射线探伤机参数 附件 8 本项目拟建址本底检测报告

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

本项目使用 X、γ射线探伤机进行固定探伤，使用 X 射线探伤机进行移动探伤，为使用II类放射源及II类射线装置，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）中“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 50 m 的范围（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围）”相关规定结合本项目具体情况，确定：

①本项目 2 座探伤房曝光室边界外 50m 区域，评价范围见附图 2。

②本项目源库边界外 50m 区域，评价范围见附图 2。

③本项目移动探伤现场评价范围为移动探伤现场监督区外 100m 范围内；根据表 11 理论计算典型工况下（有屏蔽）的结果评价范围如下表 7-1。

表7-1 移动探伤现场典型工况下评价范围

项目	监督区距离（m）	评价范围（m）
XXG3505 型 X 射线探伤机（有屏蔽）	84	184
XXGH3505 型 X 射线探伤机（有屏蔽）	84	184
MCTS 130A-0.6 型管板角焊缝棒阳极 X 射线机检测系统（有屏蔽）	23	123

保护目标

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）和《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）可以确定，本项目不涉及江苏省生态空间管控区域、江苏省国家级生态保护红线区域。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）》第三条中环境敏感区。本项目的建设符合江苏省及扬州市“三线一单”（生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单）要求。本项目与生态空间管控区域相对位置关系见附图 7。

根据本项目评价范围确定本项目环境保护目标为：

1、本项目2座探伤房及源库辐射工作人员；

2、本项目2座探伤房及源库周围公众；

3、本项目移动探伤辐射工作人员

4、本项目移动探伤现场周围公众。

表7-2本项目保护目标情况一览表

序号	保护目标名称	方位	最近距离	人员数量	环境保护要求
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					

评价标准

1）工作人员职业照射和公众照射剂量限值：

本项目辐射工作人员和公众的年有效剂量执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中个人剂量限值，如下表：

表 7-2 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

类别	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：

参考《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)“4.3.4.1 除了医疗照射之外，对于一项实践中的任一特定的源，其剂量约束和潜在照射危险约束应不大于审管部门对这类源规定或认可的值，并不大于可能导致超过剂量限值和潜在照射危险限值的值。”的要求，确定本项目剂量约束值如下：

A）职业照射的年剂量约束值不超过5mSv/a;

B）公众照射的年剂量约束值不超过0.1mSv/a。

3）职业人员和公众每周的周围剂量当量参考控制水平：

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）“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”的要求，确定本项目职业人员和公众每周的周围剂量当量参考控制水平如下；

A）职业人员每周的周围剂量当量参考控制水平，其值应不大于 100μSv/周，

B）公众每周的周围剂量当量参考控制水平，其值应不大于 5μSv/周；

4）固定探伤房曝光室外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平：

根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)“6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：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。”以及“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。”的要求确定本项目关曝光室外30cm处周围剂量当量率参考控制水平如下：

A)本项目曝光室屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5μSv/h。

B）曝光室顶外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平不大于 100μSv/h（曝光室上方无建筑，旁邻近建筑物不在自辐射源点到顶部内表面边缘所张立体角区域内；曝光室顶部无需人员到达）

5）源库外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平：

根据《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 2.5μSv/h 或者审管部门批准的控制水平。”的要求确定本项目源库外周围剂量当量率参考控制水平如下：

C）源库四周墙、顶部及门表面外 30cm 处剂量率不超过 2.5μSv/h。

6）本项目移动探伤现场周围剂量当量率参考控制水平：

根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)“7.2.2 一般应将作业场所中周围剂量当量率大于15μSv/h的区域划为控制区。 7.2.8 应将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于2.5μSv/h的范围划为监督区。”的要求确定本项目探伤现场周围剂量当量率参考控制水平如下：

移动探伤现场控制区边界周围剂量当量率：≤15μSv/h；

移动探伤现场监督区边界周围剂量当量率：≤2.5μSv/h；

7）辐射环境质量现状检测评价参考值

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，江苏省环境监测站）确定本项目拟建址的辐射环境质量现状检测评价参考值如下：

表 7-3 江苏省全省环境天然γ辐射剂量率调查结果 单位：nGy/h

项目	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

*现状评价时，参考“测值范围”数值进行评价。表格中数据已扣除宇宙响应值。

8）参考资料

方杰，辐射防护导论[M].北京：原子能出版社，1991。

表 8 环境质量和辐射现状

项目管理目标

1. 项目地理和场所位置

江苏中圣清洁能源装备制造有限公司位于扬州市仪征市苏港大道与锦华路交叉口西南角地块。公司东侧为空地及苏港大道；南侧为空地及滨江路；西侧为空地、弓尾村第二十组；北侧为小河及锦华路。公司地理位置示意图见附图 1，公司平面布置图及周围环境示意图见附图 2。

本项目 2 座探伤房位于 0#厂房西北角。2 座探伤房相邻，南北并列分布，1 号探伤房位于北侧，2 号探伤房位于南侧，辅房及源库位于 2 座探伤房曝光室中间。本项目 2 座探伤房东侧、南侧为 0#厂房，西侧为厂区道路及 2#联合厂房，北侧为 0#厂房酸洗区及厂区道路。2 座探伤房曝光室为一层建筑，上方为厂房顶棚，下方为土层，辅房为四层建筑，不高于 2 座探伤房曝光室。源库为四层建筑，位于一层，上方为实验室。

公司拟开展移动 X 射线探伤，探伤现场位于 1#联合厂房西南部，移动探伤区域东、北侧为 1#联合厂房，南侧为厂区道路及多功能厂房，西侧为 0#厂房。本项目周围环境现状见图 8-1。



探伤房拟建址



探伤房拟建址东侧



探伤房拟建址南侧



探伤房拟建址北侧


厂区东侧苏港大道


厂区南侧空地及滨江路


厂区西侧弓尾村第二十组


厂区西侧空地


厂区北侧锦华路


厂区北侧国泰（华东）消防产业园

图 8-1 本项目探伤房及移动探伤现场周围环境现状照片

2.环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

评价对象：本项目 2 座探伤房拟建址及移动探伤现场周围辐射环境。

监测因子：本项目 2 座探伤房拟建址及移动探伤现场周围环境γ辐射剂量率。

监测点位：本项目 2 座探伤房拟建址及移动探伤现场周围布设 13 个监测点位，分别位于 2 座探伤房拟建址及移动探伤现场四周及保护目标处。

3. 监测方案、质量保证措施

监测方案：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）及《环境γ辐射剂量率测

量技术规范》（HJ 1157-2021）在 2 座探伤房拟建址及移动探伤现场周围布设监测点位，对 2 座探伤房及移动探伤现场周围环境γ辐射剂量率进行检测。

质量保证措施：江苏睿源环境科技有限公司已通过检验检测机构资质认定，合理布设检测点位，保证各检测点位布设的科学性，同时满足相关标准要求。检测按照《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）和公司《质量体系文件》的要求，实施全过程质量控制。检测人员均经过考核并持有合格证书，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制度，检测时仪器使用前后检查是否正常。

4. 监测结果与环境现状调查结果评价

监测单位：江苏睿源环境科技有限公司

监测仪器：BG9512+BG7030 型 X-γ辐射监测仪（仪器编号：RY-J018）

测量范围：10nGy/h~200μGy/h

能量响应范围：25keV~3MeV

校准有效日期：2025.3.13-2026.3.12

检定单位：上海市计量测试技术研究院华东国家计量测试中心

检定证书编号：2025H21-20-5788587001

监测日期：2025 年 6 月 6 日

环境条件：天气：晴

评价方法：参考表 7-3 江苏省全省环境γ辐射剂量率调查结果，评价该项目周围环境辐射水平。

监测结果：本项目 2 座探伤房拟建址周围环境辐射剂量率监测结果见表 8-1（报告见附件 7），监测点位示意图见图 8-2。

数据记录及处理：仪器读数稳定后，以约 10s 的间隔读取 10 个数据，记录在原始记录表，同时记录海拔、经纬度。根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）及《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）中公式进行修正并扣除宇宙射线响应值，同时处理出标准偏差。

表 8-1 本项目 2 座探伤房拟建址及移动探伤现场周围环境γ辐射水平

序号	检测点位	检测结果（nGy/h）	标准偏差	备注
1	探伤房拟建址中部	64	1	原野
2	探伤房拟建址东侧	63	1	原野
3	探伤房拟建址南侧	65	1	原野

4	探伤房拟建址西侧	64	1	原野
5	探伤房拟建址北侧	61	1	原野
6	1#联合厂房拟建址中部	60	1	原野
7	0#厂房拟建址南部	61	1	原野
8	3#联合厂房拟建址中部	54	1	原野
9	2#联合厂房拟建址东部	53	1	原野
10	弓尾村第二十组	66	1	道路
11	锦华路	65	1	道路
12	苏港大道	70	1	道路
13	滨江路	67	1	道路

注：①检测时厂区整体为空地，厂区内检测点位为原野。

②检测时 X-γ辐射监测仪检定使用 ^{137}Cs 辐射源。建筑物对宇宙射线带电粒子和光子的屏蔽因子，楼房取值为 0.8，平房取值为 0.9，原野、道路取值为 1，上述结果为已扣除宇宙响应值（仪器的宇宙响应值为 12nGy/h）并进行了建筑物屏蔽修正后的结果。

根据表 8-1 的监测结果可知，本项目 2 座探伤房拟建址及移动探伤现场周围环境γ辐射剂量率在（53～70）nGy/h 范围内，其中原野环境辐射剂量率在（53～65）nGy/h 范围内，处于江苏省原野天然γ辐射剂量率水平测值范围；道路环境辐射剂量率为（65～70）nGy/h，处于江苏省道路天然γ辐射剂量率水平测值范围。

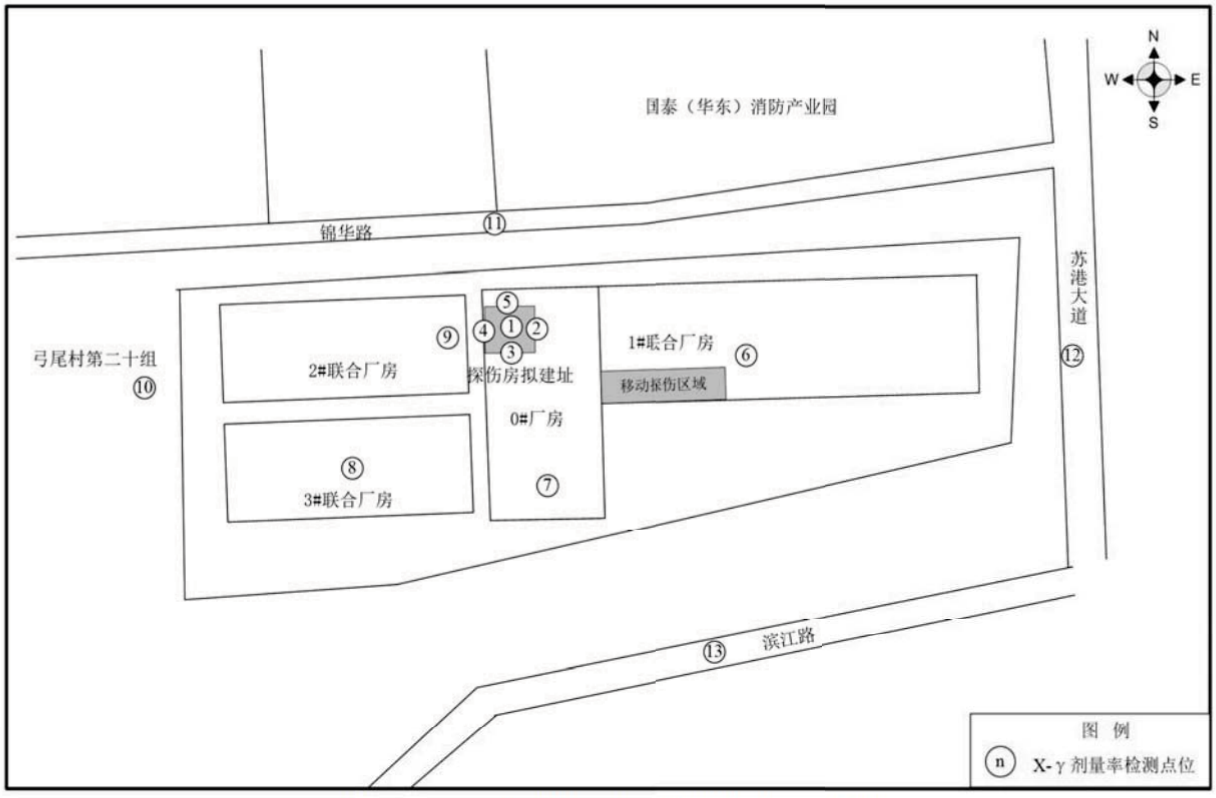


图 8-2　X-γ辐射剂量率检测点位示意图

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

1、工程设备

江苏中圣清洁能源装备制造有限公司因业务无损检测需要，使用2座固定式探伤房（包括曝光室及辅房），同时在厂区内开展移动X射线探伤项目。使用^{192}Ir γ射线探伤机、^{60}Co γ射线探伤机和X射线探伤机（最大管电压350kV，最大管电流5mA）。本项目2座固定式探伤房周向X射线探伤机朝四周墙、顶部、地面出束照射，定向X射线探伤机朝北照射墙。

1）X射线探伤机：本项目共使用7种X射线探伤机，相关参数如下表所示。

表9-1 本项目探伤机主要设备参数

序号	射线装置	类别	管电压 kV	管电流 mA	主射线辐射角	滤过条件	最大工件厚度
1	X 射线探伤机 XXGH3505	周向机	350	5	360°×30°	3mmAl	56mm 钢
2	X 射线探伤机 XXG3505	定向机	350	5	40°	3mmAl	59mm 钢
3	X 射线探伤机 XXGH3005	周向机	300	5	360°×30°	3mmAl	50mm 钢
4	X 射线探伤机 XXG3005	定向机	300	5	40°	3mmAl	52mm 钢
5	X 射线探伤机 XXGH2505	周向机	250	5	360°×30°	3mmAl	37mm 钢
6	X 射线探伤机 XXG2505	定向机	250	5	40°	3mmAl	40mm 钢
7	管板角焊缝棒阳极 X 射线机检测系统 MCTS 130A-0.6	周向机	130	1.66	360°×168°	0.4mmTi+ 2.8mmAl	10mm 钢

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。X 射线发生器的核心部件是 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。

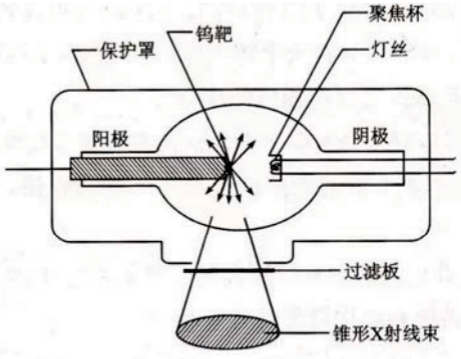


图 9-1 典型的 X 射线管结构图



图9-2　常见X射线探伤装置控制箱



图 9-3 常见 X 射线探伤机外观图及连接电缆

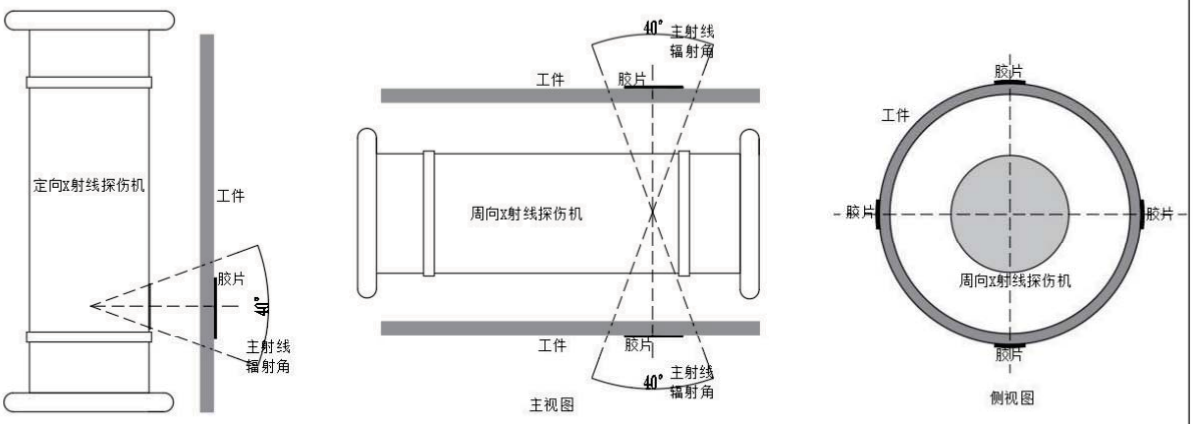


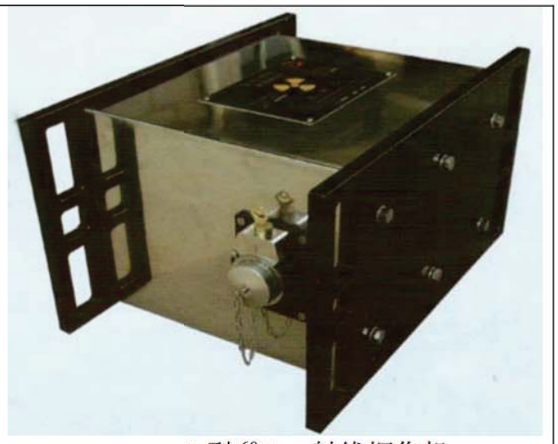
图 9-4 常见 X 射线探伤机照射工件示意图

2）γ射线探伤机：本项目使用^{192}Ir γ射线探伤机和^{60}Co γ射线探伤机。每台探伤机中有一枚密封型放射源，单枚放射源的活度最大不超过7.4×10^{12}Bq（200Ci）。γ射线探伤机配备安全锁、联锁装置等功能。探伤机上设置标志和标识，内容包括：电离辐射警告标志、生产厂家名称、产品名称、出厂编号、出厂日期、辐射源核素名称、最大装源活度。本项目放射源新源的安装及运输、退役废源的回收及运输、γ射线探伤机的运输及维修均由放射源销售方负责。

γ射线探伤机一般由放射源及源容器（贮源容器）、源托、输源管、遥控装置和其他附件组成。源容器是探伤机主体，用作放射源贮存和运输的屏蔽容器。其最外层为钢包壳，内部一般为贫铀屏蔽层。源容器的一端有联锁装置，用来连接控制缆；另一端通过管接头和输源管连接。未工作时放射源位于芯部的“S”形管道中央，以防射线的直通照射。工作时，转动快门环操作偏心轮，使偏心轮中的曝光通道和源通道对直，用快速接头把输源管和源容器连起来，输源导管的另一端部构成照射头，操作遥控装置将放射源移出源容器至照射头，进行曝光照相检测。γ射线探伤机外观图见图9-5，γ射线探伤机结构见图9-6、图9-7、图9-8。



^{192}Ir γ射线探伤机



DLTS-60 型 ^{60}Co γ射线探伤机

图 9-5 常见γ射线探伤机外观图

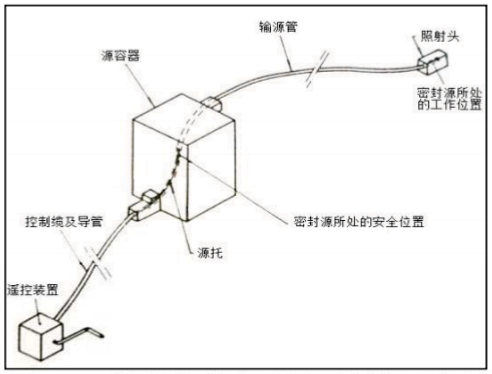


图 9-6 γ射线探伤机外部结构示意图

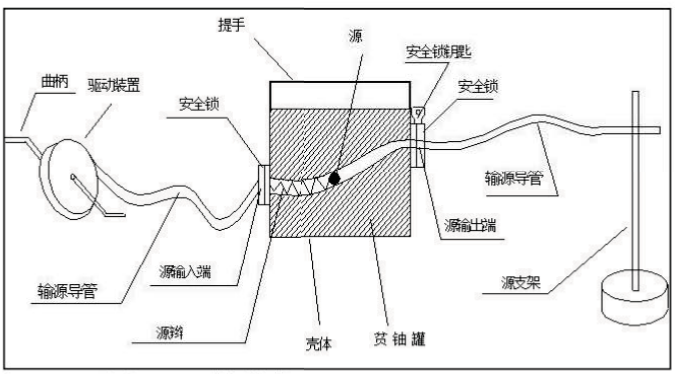


图 9-7 γ射线探伤机内部构造示意

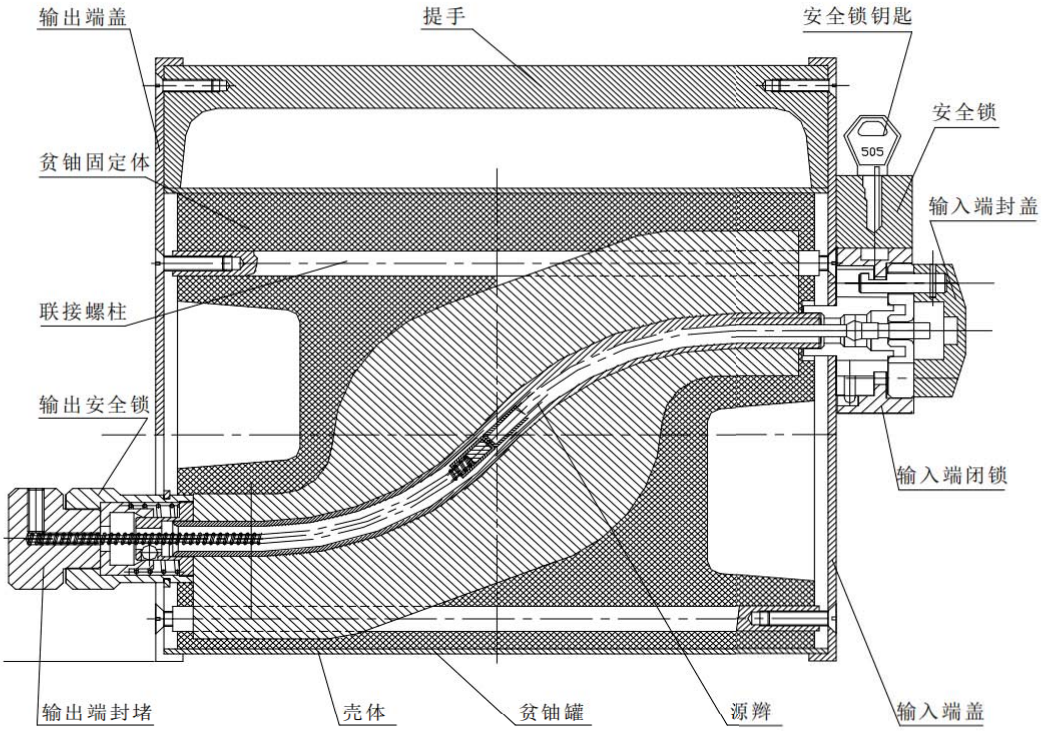


图 9-8　γ射线探伤机机体内部结构图

表 9-2　放射源核素特性

核素	能量（keV）	周围剂量当量率常数（Γ）μSv •m²/（MBq•h）	半衰期	产生主要废物	常用探伤钢件厚度（mm）
^{60}Co	1170 和 1330	0.35	5.3a	^{60}Co 废源	50—120
^{192}Ir	206-612	0.17	74d	^{192}Ir 废源	12-70

注：数据取自《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）表 A.1。

2、工作原理

（1） X 射线探伤机工作原理

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

（2）γ射线探伤机工作原理

射线检测方法是利用射线穿透物体时，会发生吸收和散射的特性，通过测量材料中因缺陷存在而影响射线的吸收来探测缺陷，以胶片作为记录信息器材的无损检测方法。把被检物体放在离射线装置 0.5m-1m 的位置处，把胶片紧贴在被检工件焊

缝背后，用γ射线对工件照射后，透过工件的射线使胶片感光，同时工件内部的真实情况就反映到胶片的乳胶上，对感光后的胶片在暗室中进行显影、定影、水洗和干燥，将干燥的底片放在观片的显示屏上观察，根据底片的黑度和图像来判断工件有无缺陷以及缺陷的种类。根据观察其缺陷的形状、大小和部位来评定材料或制品的质量，从而防止由于材料或制品内部缺陷引起的事故。

γ射线探伤机在工作过程中通过γ放射源产生的γ射线对受检工件进行照射，当射线在穿过裂缝时其衰减明显减少，胶片接受的辐射增大，根据曝光强度的差异判断焊接的质量。如有焊接质量问题，在显影后的胶片上产生一个较强的图像显示裂缝所在的位置，γ射线探伤机据此实现探伤目的。

3、工作流程及产污环节分析

（1）固定式X射线探伤工作流程及产污环节

X射线探伤时辐射工作人员通过轨道将工件从工件门运至曝光室内，在操作台进行远距离操作，对工件焊缝等需检测部位进行无损检测，其工作流程如下：

1）辐射工作人员工作前需要开展各项检查，重点检查曝光室防护门-机联锁装置、照射信号指示灯、固定式场所辐射探测报警装置等防护安全措施。进入曝光室时，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。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。

2）通过轨道将工件从工件门运至曝光室内，人员进入曝光室固定工件并在检测部位贴上感光胶片；

3）将X射线探伤机固定到合适的位置；

4）检查曝光室内人员滞留情况，确定无人后探伤工作人员关闭工件门，通过人员门回到操作室后关闭人员门；

5）探伤工作人员开启X射线探伤机进行无损检测；

6）达到预定照射时间和曝光量后关闭X射线探伤机，工作人员从人员门进入曝光室取下胶片；

7）完成所有检测工作后，通过轨道将工件运出曝光室；

8）辐射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。

固定式X射线探伤工作流程及产污环节见下图9-9。

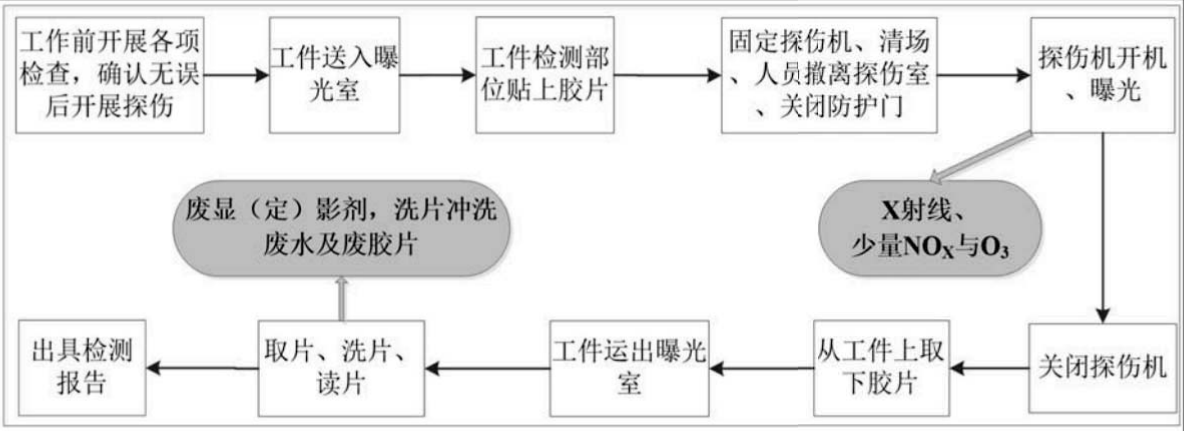


图 9-9 本项目探伤工作流程及产污环节

由图 9-9 可知，本项目营运中产生的主要污染物如下

（1）探伤机出束过程中产生的 X 射线；

（2）X 射线电离空气产生的臭氧及氮氧化物；

（3）当定影、显影剂在使用至无法起效时产生的废显（定）影剂；

（4）胶片冲洗过程产生洗片冲洗废水；

（5）探伤工作中可能产生废胶片；

（2）固定式γ射线探伤机工作流程及产污环节

1）源库管理工作流程

γ射线探伤前由辐射工作人员领取γ射线探伤机，做好相关台账记录。出库前由源库保管员对γ射线探伤机表面进行辐射剂量监测，确定放射源在源容器中，并记录所测的辐射剂量，领取人确认后领取。探伤完成后，γ射线探伤机归还至放射源库，源库保管员对γ射线探伤机表面进行辐射剂量监测，确定放射源在源容器中，并记录所测的辐射剂量，γ射线探伤机入库。

2）固定γ射线探伤工作流程

固定式γ射线探伤时被探伤工件通过轨道将工件从工件门运至曝光室内，在操作室内进行操作，对工件焊缝等需检测部位进行无损检测，其工作流程如下：

1) 辐射工作人员工作前需要开展各项检查，重点检查曝光室防护门-机联锁装置、照射信号指示灯、固定式场所辐射探测报警装置等防护安全措施。进入曝光室时，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。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。同时每次γ射线探伤作业之前对γ射线探伤机进行检测，确

认无误后才能开始探伤作业。

2) 通过轨道运输将工件从工件门运至曝光室内，人员进入曝光室固定工件并在检测部位贴上感光胶片；

3) 关闭曝光室工件门，从源库中将γ探伤机取出，放置在合适位置；

4) 把控制部件和输源管连接好，开启探伤机闭锁装置；

5) 检查曝光室内人员滞留情况，确定无人后辐射工作人员关闭工件门，通过人员门回到操作室后关闭人员门；

6) 通过操作控制装置将放射源送至曝光位（容器内腔），开始曝光；

7) 曝光时间结束后，操作控制装置再将放射源收回探伤机至贮源位，放射源回位时安全锁自动关闭；

8) 通过操作台观察固定式剂量率显示屏，曝光室内是否存在高剂量辐射，如辐射剂量率较低，确认放射源回到贮源位后，辐射工作人员手持辐射巡测仪及佩戴个人剂量报警仪进入曝光室，将γ探伤机控制部件与输源管拆卸后由辐射工作人员将探伤机放回源库，关门并由专人保管钥匙；

9) 完成所有检测工作后，辐射工作人员从工件上取下胶片。通过轨道运输将工件运出曝光室；

10) 辐射工作人员对胶片进行洗片、读片，判断工件焊接质量、缺陷等。

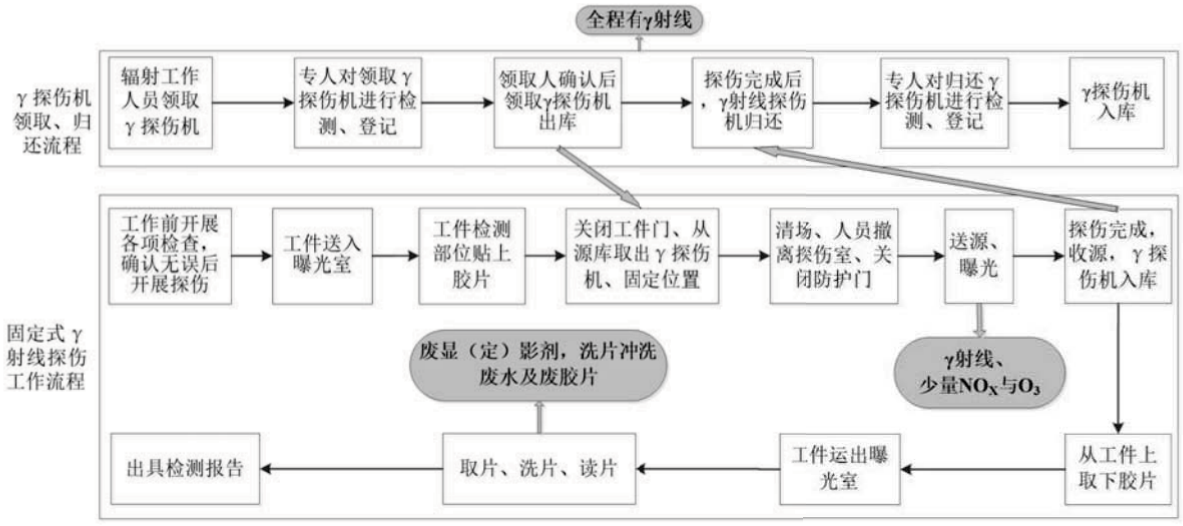


图9-10 γ探伤机探伤作业工作流程及产污环节示意图

由图 9-10 可知，本项目γ射线探伤营运中产生的主要污染物如下

（1）拿取γ探伤机时产生的γ射线，γ探伤机出束过程中产生的γ射线；

（2）γ射线电离空气产生的臭氧及氮氧化物；

（3）当定影、显影剂在使用至无法起效时产生的废显（定）影剂；

（4）胶片冲洗过程产生洗片冲洗废水；

（5）探伤工作中可能产生废胶片；

（6）放射源退役产生废源，γ射线探伤机含贫铀屏蔽装置到达使用年限退役。

（3）移动式 X 射线探伤项目工作流程及产污环节

本项目移动式 X 射线探伤工作流程如下：

1）发布 X 射线探伤通知，通知无关人员在探伤时间内不得进入探伤区域。

2）根据探伤工件选择合适探伤设备，辐射工作人员将探伤设备放到指定的拍片位置，摆放好探伤机；

3）根据经验初步划定控制区和监督区边界，设置安全警戒措施；

4）对探伤现场进行清场，确信场内无其他人员且各种辐射安全措施到位后，连接好X射线探伤机控制部件；

5）辐射工作人员在操作台操作 X 射线探伤机进行试曝光，开机设置延时曝光，确保辐射工作人员退至控制区外；辐射工作人员携带辐射巡测仪对控制区、监督区边界进行修定，重新确定控制区、监督区边界，两区边界修正后还需重新设置辐射安全措施。部分 X 射线探伤设备长时间未使用，需进行训机，训机应在固定探伤房内训机，训机完成后再开展移动探伤；

6）工作人员在工件上粘贴胶片，再次确认无人员停留后开始曝光检测，辐射工作人员远离探伤区域；此过程产生 X 射线以及 X 射线电离空气产生臭氧及氮氧化物；

7）达到预定照射时间和曝光量后，探伤设备关机，探伤人员携带个人剂量报警仪和巡测仪进入控制区，收回 X 射线机，取下胶片，曝光结束，探伤工作人员解除警戒并离场；

8）探伤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。

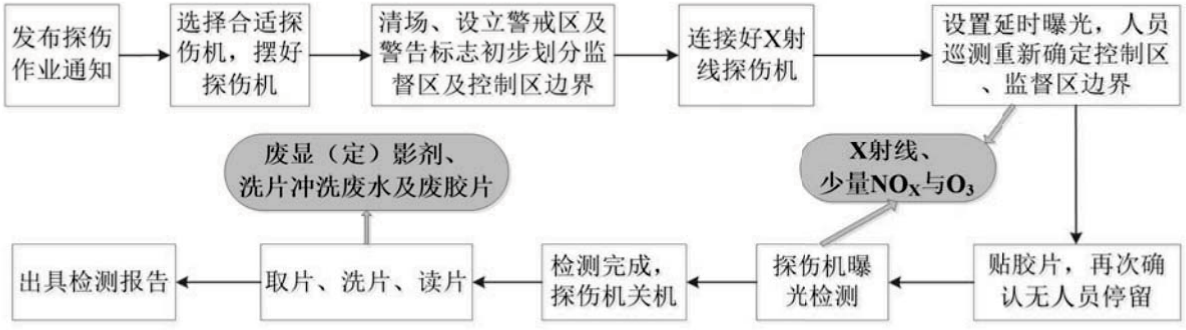


图9-11移动式X射线探伤工作流程及产污环节

4、工件信息

本项目 2 座探伤房主要用于检测的本公司生产的工件，主要为各种压力容器、管件以及铸件，形状不定，长度范围约为 10~30m，宽度范围约为 2~8m。部分管件过长，无法在 2 座探伤房内进行探伤，因此使用移动 X 射线探伤。本项目主要工件见下图 9-12。



图 9-12 本项目主要探伤工件示意图

5.人员配置及工作制度

工作制度：本项目 2 座探伤房辐射工作人员实行白班单班制，项目运行后每座探伤房每周开机曝光时间不超过 10h，年工作 50 周，年曝光总时间不超过 500h。其中 X 射线探伤机与γ射线探伤机年曝光时间各占 250h。本项目探伤房每次探伤只使用 1 台探伤机，不存在在曝光室内同时使用多台探伤机的情况。以上时间包含训机时间。

本项目移动探伤项目每年开展 X 射线探伤时间最大为 50 h。每次现场探伤时仅开启 1 台探伤机进行现场探伤。**移动探伤开展时间仅为清场后晚上 10 点至次日凌晨 5 点期间，该期间不会使用探伤房进行固定探伤作业。**

人员配置：建设单位拟为本项目 2 座探伤房及移动探伤项目共用 6 名辐射工作人员，源库配备 2 名专职辐射工作人员，共计 8 名辐射工作人员。本项目辐射工作人员不从事其他辐射工作岗位，不存在兼岗情况。

6.辐射工作场所人流及物流路径

放射源转移路线：本项目 2 座探伤房使用放射源，由源库搬运至曝光室内使用，使用完成后运回源库内储存。

人流：本项目 2 座探伤房辐射工作人员从人员门进入曝光室进行工件摆放、贴胶片等准备工作，准备工作完成后返回至操作室，确认曝光室内无人员停留后关闭工件门及人员门，开始探伤工作。探伤任务结束后，辐射工作人员在曝光室取下胶片进入暗室进行洗片工作，一天工作完成离开探伤房。

物流：本项目 2 座探伤房工件由辐射工作人员经工件门运至曝光室内进行探伤检测工作，检测完成后，工件由工件门运出曝光室。

每日产生危废由探伤房暗室送至公司危废库进行暂存。

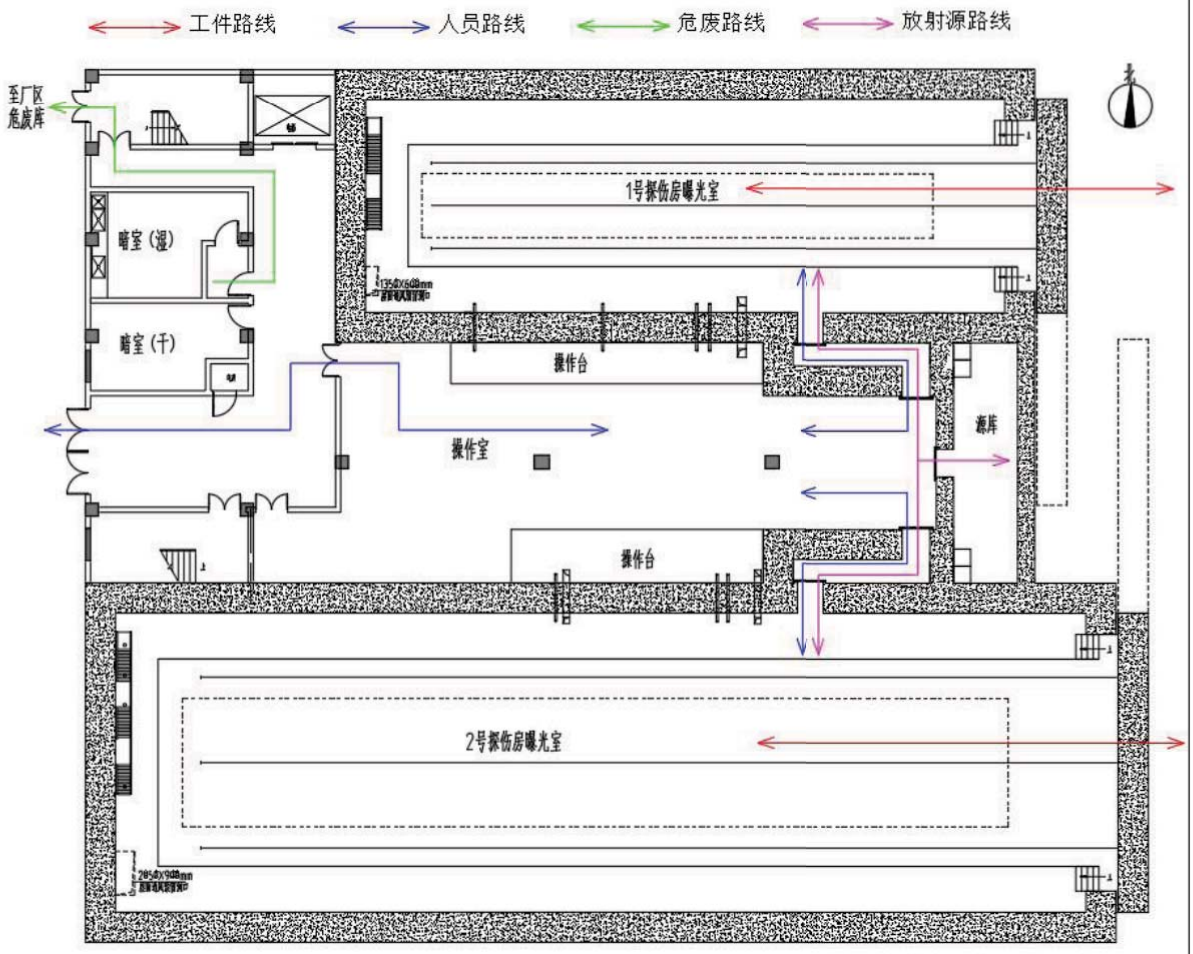


图 9-13 本项目 1、2 号探伤房人流及物流路径

污染源项描述

1.辐射污染源分析

①X 射线探伤机污染源强：本项目 8 台 X 射线探伤机。X 射线探伤机有用线束输出量根据 X 射线管滤过条件、管电压从《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 B.1 查取。X 射线探伤机泄漏辐射剂量率参考《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）表 1 中数值。

表9-3本项目X射线探伤机设备参数

序号	射线装置	型号	有用线束辐射输出量 $mGy·m^2/（mA·min）$	距靶点 1m 处的泄漏辐射剂量率（μSv/h）	散射能量（kV）
1	X 射线探伤机	XXGH3505	27.9 250kV 与 300kV 中 3mm 铝输出量外推法求得	$5×10^3$	250
2	X 射线探伤机	XXG3505		$5×10^3$	250
3	X 射线探伤机	XXGH3005	20.9	$5×10^3$	200
4	X 射线探伤机	XXG3005		$5×10^3$	200
5	X 射线探伤机	XXGH2505	13.9	$5×10^3$	200
6	X 射线探伤机	XXG2505		$5×10^3$	200
7	管板角焊缝棒阳极 X 射线机检测系统	MCTS 130A-0.6	18.3 保守取 2mmAl 滤过 150kV 下输出量	$1×10^3$	130 保守取不考虑能量损失

注：建设单位本次拟购买 X 射线探伤机厂家为丹东东方射线仪器有限公司，根据厂家提供 X 射线探伤机滤过条件为 3mmAl（见附件 7）；MCTS 130A-0.6 型管板角焊缝棒阳极 X 射线机检测系统滤过条件为 0.4mmTi+2.8mmAl（见附件 7），本项目有用线束辐射输出量参考 GBZ/T 250-2014 表 B.1 中数值。

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，对曝光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，本项目的辐射源项主要包括 X 射线有用线束辐射、泄漏辐射、散射辐射。

②γ射线探伤机污染源强：本项目配备^{192}Ir γ射线探伤机和^{60}Co γ射线探伤机。探伤机中均有1枚密封型放射源，单枚放射源的活度最大不超过$7.4×10^{12}$Bq（200Ci）。

表9-4本项目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

探伤机	类别	探伤机代号	最大周围当量剂量率（μSv/h）	
			离源容器表面 5cm 处	离源容器表面 100cm 处
^{192}Ir γ射线探伤机	便携式	P	500	20
^{60}Co γ射线探伤机	移动式	M	1000	50

本项目放射源活度随时间衰变，因活度显著下降不能满足探伤要求，按照协议规定将废旧放射源返回生产单位或原出口方。每年退役约8枚^{192}Ir放射源，每21年退役2枚^{60}Co放射源。γ射线探伤机含贫铀屏蔽装置达到使用年限（10年）需报废退役，按照协议规定返回生产单位或原出口方。

由γ射线探伤机工作原理可知，放射源会一直发出γ射线，对曝光室外工作人员和周围公众产生一定外照射，本项目的辐射源项主要包括：（1）放射源处于γ射线探伤机内时对周围产生的γ射线外照射；（2）γ射线探伤机工作时放射源产生的γ射线对四周进行外照射。

2.非辐射污染源分析

（1）危险废物

本项目运营时会产生废显（定）影剂和废胶片，均属于《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。公司每月预计产生废显（定）影剂 500kg，每年预计产生废显影液、定影液 6000kg；每月预计产生废胶片 30kg，每年预计产生废胶片 360kg。

（2）废水

本项目洗片时会产生一定量洗片冲洗废水，每月预计产生洗片冲洗废水 1500kg，每年预计产生洗片冲洗废水 18000kg。

（3）废气

X、γ射线探伤机在工作状态时，会使周围的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。

表 10 辐射安全与防护

项目安全措施

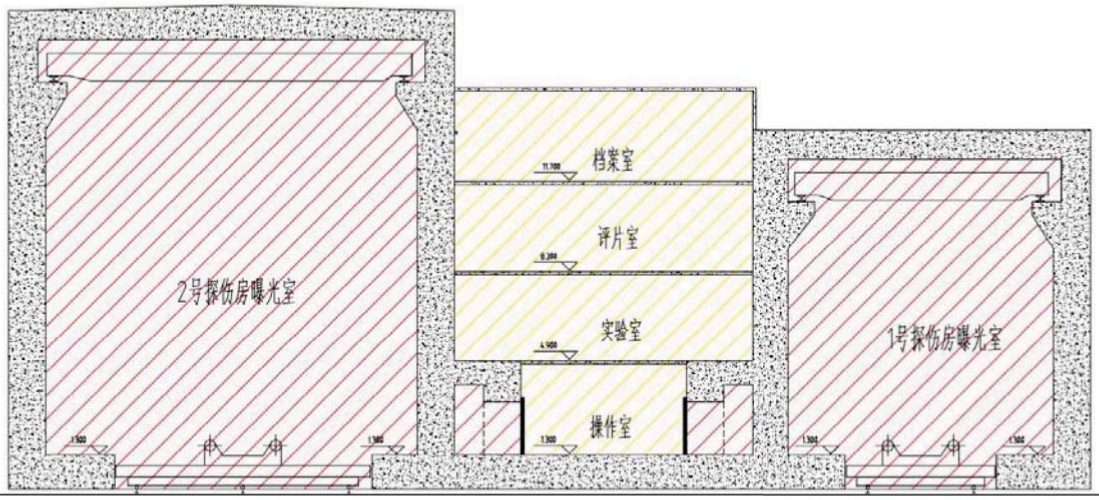
1. 工作场所布局及分区

1.1 探伤房工作场所布局及分区

本项目2座探伤房并排相连，南北向布置，2座探伤房曝光室位于南北两侧，操作室及其他辅房位于2间曝光室中间；辅房为4层，一楼为操作室、暗室；二、三、四楼为相关功能用房。本项目2座探伤房曝光室均设置有人员门、工件门；探伤房外墙无可攀爬的设施，顶部人员不可到达。本项目2座探伤房使用γ射线探伤机，放射源出束时，照射方向为四周，操作室无法避开有用线束照射。使用周向X射线探伤机照射方向为四周，无法避开有用线束照射；1号探伤房使用定向机朝北墙照射，2号探伤房使用定向机朝南墙照射，操作室可避开有用线束照射。X射线能量小于γ射线，根据表11理论计算，辐射影响远小于γ射线探伤机，对操作室影响很小。本项目2座探伤房工作场所布局设计合理。

本项目源库位于2座探伤房曝光室中间东侧，单独设置，布局满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）“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。” 设置要求。

本项目2座探伤房将曝光室及源库作为控制区，将辅房一层操作室、暗室及辅房二、三、四层作为监督区。在监督区入口门张贴警示说明（“监督区”标牌）。在工件门及人员门外均设置当心电离辐射警告标志及中文警示说明。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。



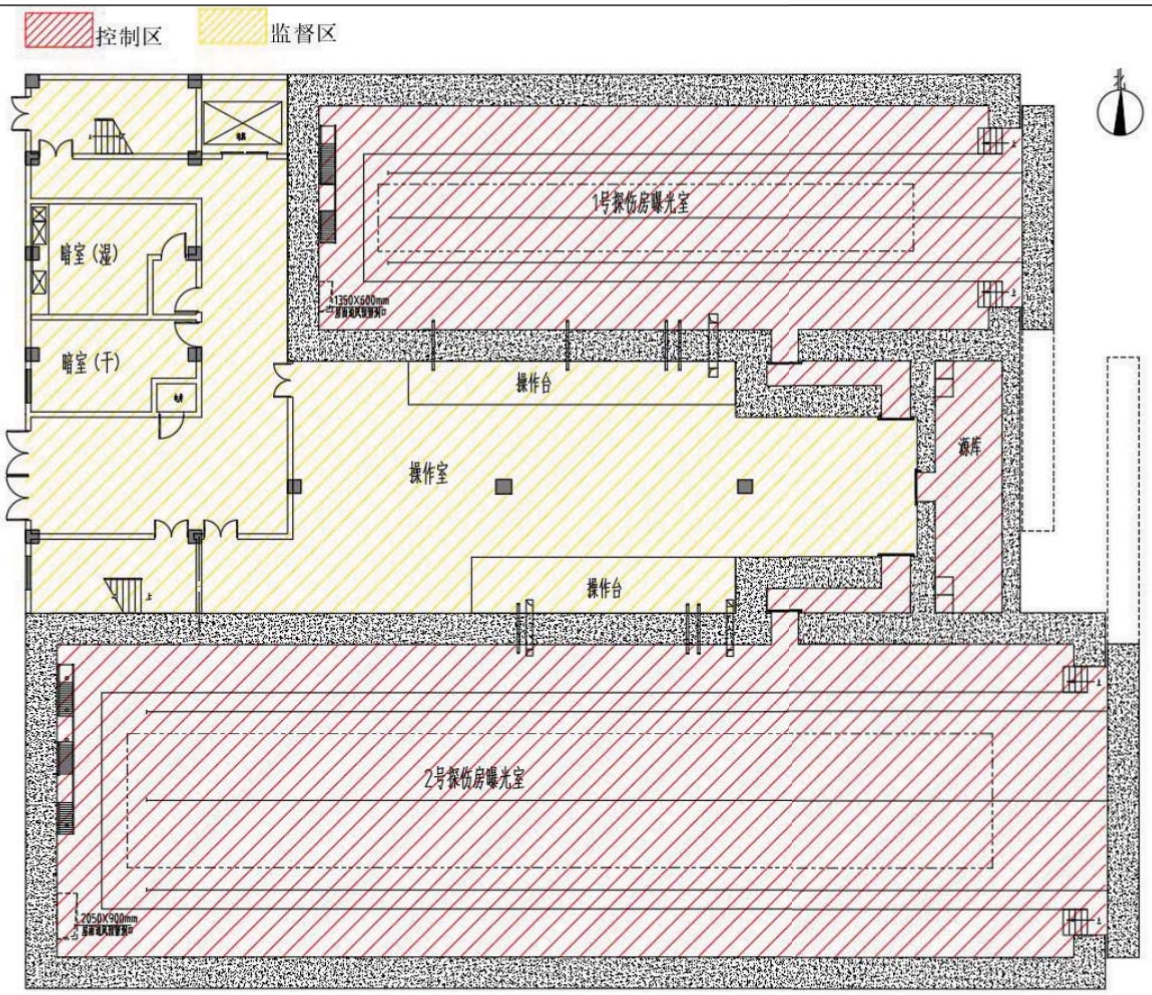


图 10-1 本项目 1 号、2 号探伤房两区划分示意图

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	1 号探伤房曝光室、2 号探伤房曝光室、源库。	辅房一层操作室、暗室及辅房二、三、四层
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。	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为监督区：这种区域未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价”。 6.4.2.2 a）“采取适当的手段划出监督区的边界”。
分区管理措施	对控制区进行严格控制，曝光室内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。	监督区为辐射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》（GB 18871-2002）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	曝光室工件门及人员门表面粘贴电离辐射警告标志。 源库门张贴电离辐射警告标志。	操作室入口处粘贴监督区标牌。

1.2 移动式 X 射线探伤项目工作场所布局及分区

江苏中圣清洁能源装备制造有限公司移动式X射线探伤项目根据现场具体情况，探伤作业人员根据理论计算结果并结合实践经验划定控制区与监督区，并利用辐射巡测仪进行检测修正。

开展 X 射线移动探伤时将周围当量剂量率大于 15μSv/h 的区域划定为控制区，在控制区边界上合适的位置设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”标牌，将周围当量剂量率大于 2.5μSv/h 的区域划为监督区，边界处设置电离辐射警告标志和场界警戒绳，悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌、必要时派专人警戒。该布局满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中关于辐射工作场所的分区要求。

2.探伤房辐射屏蔽设计

本项目 1 号探伤房曝光室内部长宽高为 30m×10m×12.5m，2 号探伤房曝光室内部长宽高为 45.5m×14m×17m。2 座探伤房曝光室通过混凝土墙、混凝土屋顶、混凝土工件门和铅人员门对射线进行屏蔽，混凝土密度不小于 2.35t/m^3。2 座探伤房曝光室四周墙均为 1400mm 混凝土，屋顶为 1100mm 混凝土，工件门均为 1400mm 混凝土，2 道人员门均内嵌 8mmPb。

本项目 2 座探伤房曝光室中间设置 1 个放射源库用于储存本项目 6 台γ射线探伤机。源库内部长宽高为 11.25m×3m×2.75m，源库东、西墙及顶部为 800mm 混凝土，南、北墙为 1400mm 混凝土，防护门内嵌 6mm 铅板。源库内西北角和西南角各设置 1 个柜子，分为 3 个格子，分别放置本项目 6 台γ射线探伤机，柜子无屏蔽。

本项目 1 号探伤房曝光室在西南侧角设排风管道接至顶部，通风管道在顶部穿墙，风管外侧均采用 900mm 的混凝土包裹进行防护，以使通风管道设计不破坏墙体的屏蔽效果。安装 1 台离心式排风风机，排风量为 13960m^3/h。

本项目 2 号探伤房曝光室在西南侧角设排风管道接至顶部，通风管道在顶部穿墙，风管外侧均采用 900mm 的混凝土包裹进行防护，以使通风管道设计不破坏墙体的屏蔽效果。安装 1 台离心式排风风机，排风量为 35000m^3/h。

本项目 1 号探伤房曝光室南墙下方拟设置 4 个直径 200mm 电缆管道，使用 U 型过墙方式埋于地坪 350mm 以下；南墙下方拟设置 1 个直径 300mm 导源管道，使用 U 型过墙方式埋于地坪 350mm 以下。2 号探伤房曝光室北墙下方拟设置 3 个直径 200mm

电缆管道，使用U型过墙方式埋于地坪350mm以下；北墙下方拟设置2个直径300mm导源管道，使用U型过墙方式埋于地坪350mm以下。

本项目1号探伤房曝光室工件门门洞宽高为8m×10.5m，工件门设计宽高为10m×11.3m。工件门左右两侧搭接1000mm，上下搭接400mm，工件门与墙体缝隙小于25mm。本项目2号探伤房曝光室工件门门洞宽高为12m×15m，工件门设计宽高为14m×15.8m。工件门左右两侧搭接1000mm，上下搭接400mm，工件门与墙体缝隙小于25mm。2座探伤房人员门门洞宽高为1.3m×2m，工件门设计宽高为1.6m×2.2m。人门左右两侧搭接150mm，上下搭接100mm，人员门与墙体缝隙小于10mm。该设计能够满足防护门与墙体重叠部分不小于防护门与墙体缝隙宽度的10倍的要求。

表10-2 本项目工作场所屏蔽设计情况一览表

位置	1号探伤房	2号探伤房	源库
东墙	1400mm混凝土	1400mm混凝土	800mm混凝土
西墙	1400mm混凝土	1400mm混凝土	800mm混凝土
南墙	1400mm混凝土	1400mm混凝土	1400mm混凝土
北墙	1400mm混凝土	1400mm混凝土	1400mm混凝土
屋顶	1100mm混凝土	1100mm混凝土	800mm混凝土
迷道墙及顶部	1400mm混凝土	1400mm混凝土	/
工件门	1400mm混凝土	1400mm混凝土	6mmPb
人员门	内外2道门各8mmPb	内外2道门各8mmPb	/

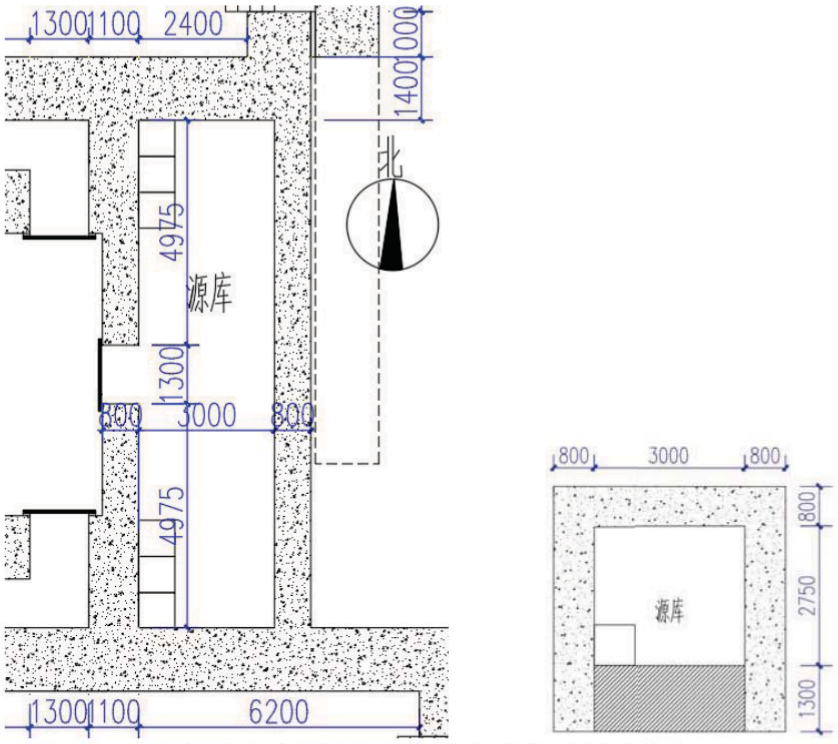


图10-2 本项目源库平面及剖面布局图

3.辐射安全与防护设施和措施

（1）γ射线探伤机和 X 射线探伤机的操作要求

1）每个月对γ射线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。每次工作前，探伤作业人员应检查安全装置、联锁装置的性能及警告信号、标志的状态。只有确认曝光室内无人且门已关闭、所有安全装置起作用并给出启动信号后才能启动照射。

2）每次γ射线探伤作业之前，应对γ射线探伤机做如下的检查：

a）检查源容器和源传输管的照射末端是否损伤、磨损或者有污物；

b）检查螺母和螺丝的紧密程度、螺纹和弹簧是否有损伤；

c）确认放射源锁紧装置工作正常；

d）检查控制软轴末端是否有磨损、损坏（磨损标准由厂家提供），与控制导管是否有效连接；

e）检查源容器和源导管是否连接牢固；

f）检查输源导管和控制导管是否有毛刺、破损、扭结；

g）检查警告标签和源的标志内容是否清晰；

h）测量紧靠源容器表面的空气比释动能率是否符合本标准要求，并确认放射源处于屏蔽状态。如发现以上情况与正常状态不一致，应在更换或维修设备后投入使用。

3）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。

4）γ射线探伤时，辐射工作人员进出探伤房曝光室时应佩带个人剂量计、剂量报警仪和便携式剂量测量仪。每次作业前，辐射工作人员使用辐射巡测仪进行监测，确认放射源在γ射线探伤机内，作业结束后，辐射工作人员必须再次用辐射巡测仪进行监测，确定放射源收回到γ射线探伤机源容器内，将γ射线探伤机放回源库。

5）每次探伤作业只使用 1 台探伤设备，不同时使用 2 台及 2 台以上探伤设备。

6）应定期对γ射线探伤机中涉及放射防护的部件进行检查维护，发现问题及时维修。维修γ射线探伤机时，应由厂家专业人员将放射源倒入换源器后进行。使用单位人员不应单独对探伤机进行维修。

7）应经常对γ射线探伤机的控制组件包括摇柄、源传输导管进行润滑擦洗，齿轮应经常添加润滑剂，并对源传输导管接头进行擦洗，避免灰尘和砂粒。

（2）探伤房的辐射安全与防护设施和措施

1）**操作台：**本项目 2 座探伤房操作台拟设计“钥匙开关”，X 射线探伤机及γ射线探伤机“钥匙开关”均位于控制箱上，只有在打开钥匙开关后才能出束；钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出。

2）**门机联锁：**本项目探伤房曝光室工件门及人员门均拟安装门机联锁装置，即 X、γ射线探伤机连接电路均与防护门联锁，应在工件门及人员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，X 射线探伤机能立刻停止出束，γ射线探伤机能立刻回源。

3）**指示灯和声音提示装置：**本项目 2 座探伤房工件门、人员门外上方及曝光室内部均拟设置“预备”“照射”状态工作状态指示灯和声音提示装置，照射状态指示装置应与 X 射线探伤机或γ射线探伤机联锁；曝光时工作状态指示灯应显示“禁止入内”字样。探伤房曝光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。工件门、人员门外表面均拟设置“当心电离辐射”警告标志及警示说明。

4）**急停按钮：**本项目 2 座探伤房操作台及曝光室内部四周墙壁上均拟设置紧急停机按钮。确保出现紧急事故时，能立即停止照射，曝光室内的急停按钮安装能够使人员处在曝光室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用，紧急停机按钮设置标签及标明使用方法。本项目 2 座探伤房工件门及人员门为电动门，在工件门及人员门附近拟设置紧急开门按钮，在设备失控时，室内人员可通过按下紧急停机按钮逃离曝光室。

5）**通风：**探伤房曝光室内拟配置机械通风，有效通风换气次数不小于 3 次/小时。

6）**视频监控及固定式剂量率仪：**本项目探伤房曝光室内和曝光室出入口拟安装监视装置，在操作室的操作台设有专用的监视器，可监视曝光室内人员的活动和探伤设备的运行情况。同时曝光室内拟配置固定式场所辐射探测报警装置，固定式剂量率仪探头设置迷道内，当固定式剂量率仪检测到辐射剂量率时，防护门无法由外部打开。

7）**安全检查：**定期对本项目探伤房曝光室防护门-机联锁装置、紧急停止按钮、出束信号指示灯等各项安全措施进行检查，并做好记录。

9）**台账：**拟建立放射源使用登记台账，对放射源的使用进行严格登记，强化放射源安全管理。拟建立射线装置使用登记台账，对 X 射线探伤机使用情况进行登记。

10）**监测仪器：**探伤作业时，探伤房至少 2 名辐射工作人员在场，每名辐射工作人员应配备 1 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。本项目探伤房拟配备 1 台辐射巡测仪及 2 台个人剂量报警仪。个人剂量报警仪应与防护门钥匙、探伤装置的安全锁钥匙串结一起。

11）**移动定位：**本项目γ射线探伤机属于高风险放射源，应配置移动定位器，确保其基本信息、地理位置传输到监管部门信息平台。

12）**放射源库：**本项目探伤房设置 1 个源库，用于储存本项目γ射线探伤机。明确安排 2 名辐射工作人员专职负责放射源库的保管工作。源库门拟设置“当心电离辐射”警告标志及警示说明；同时安装与公安联网的红外报警系统及监控探头，对放射源库实时监控；源库拟设置双人双锁，并由专人负责，制定放射源领用及交还制度，建立领用台账，γ射线探伤机出入库时应进行监测并有详细记录。

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。

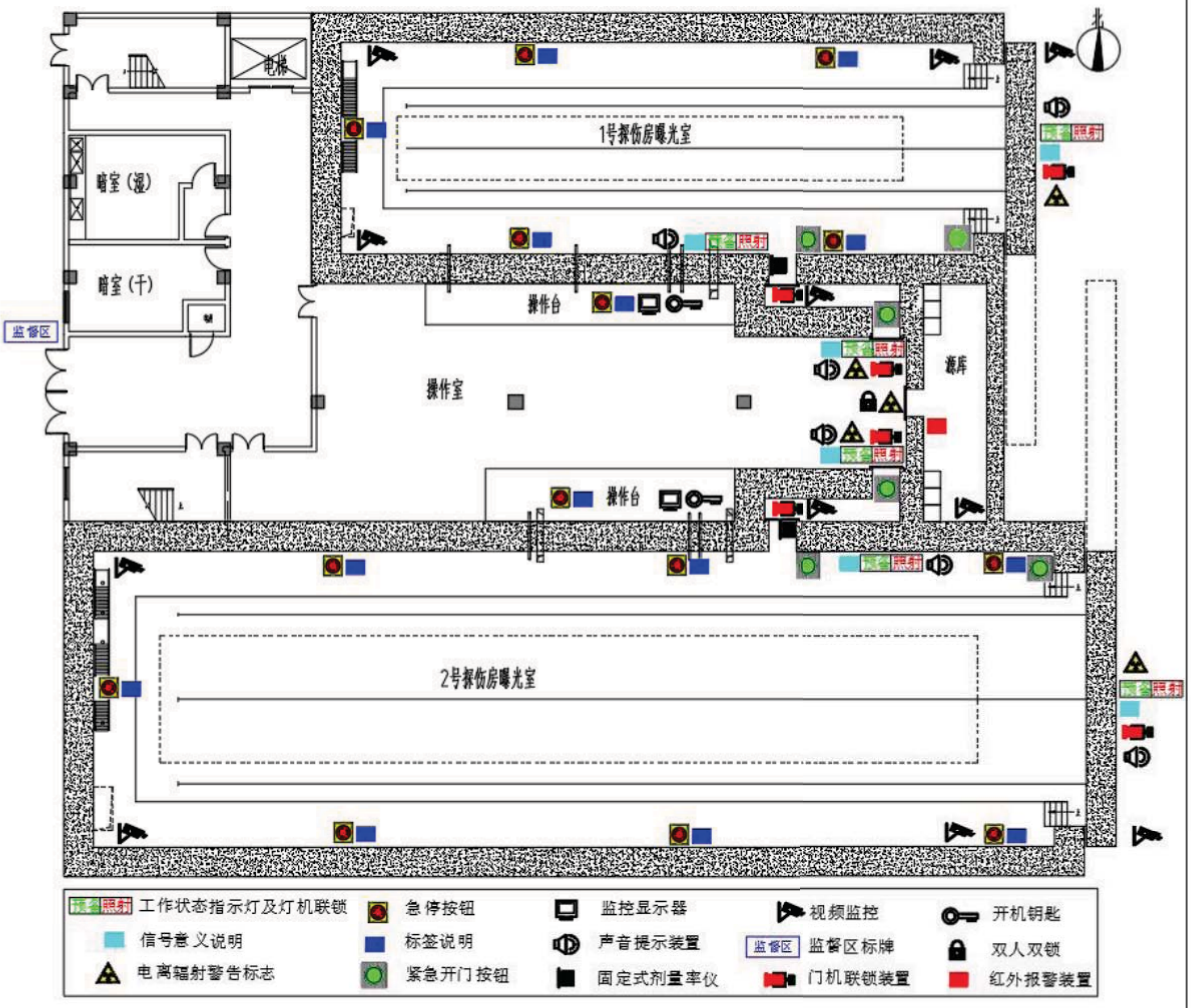


图 10-3 本项目探伤房辐射安全与防护措施分布图

3.2 移动 X 射线探伤项目辐射安全与防护设施和措施

1）X 射线探伤机存放安全防护措施

本项目移动 X 射线探伤使用探伤房内 X 射线探伤机，无探伤任务时 X 射线探伤机放置于 2 座探伤房曝光室内。探伤房曝光室内拟设置视频监控，探伤机的使用由专人登记保管。

（2）X 射线探伤机固有安全防护措施

本项目 X 射线探伤机设置有控制箱，控制箱设置有如下安全防护措施：

①设置有显示器，能够显示管电压、管电流、照射时间及设定值。

②设置有开机钥匙，只有在打开钥匙开关后，X 射线管才能出束；钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出。

③设置有急停开关，当发生紧急情况时，可通过按此按钮来关闭 X 射线探伤机。

④X 射线探伤机控制台应设有延时开机装置，以便尽可能降低操作人员的受照剂量。

（3）现场探伤时安全防护措施

①现场探伤工作之前，探伤现场负责人对工作环境进行评估，确定适当的探伤位置和探伤时间。本项目移动探伤场所为 1#联合厂房西南部，1#联合厂房整体为单层建筑，不涉及多楼层情况。

②在探伤现场张贴探伤通知、对公司各部门发布探伤通知，通知内容包括：探伤对象、探伤时间、探伤实际地点、探伤安全范围、探伤拟采取的安全防护措施等，同时强调进入辐射区域的危害；确保移动探伤现场的安全。

③移动探伤过程中严格执行移动 X 射线探伤操作规程及移动 X 射线探伤流程，坚持先示警再开机的操作程序，以防发生误照射事故。加强探伤现场辐射安全管理，工作人员对控制区及监督区内的人员进行清场，辐射工作人员至少巡查一遍，确保控制区及监督区内无人员滞留。同时建筑出入口由专人负责看守，防止人员误入。清场时划定监督区内人员全部清场，不得有人员停留，探伤完成后人员才可进入。

④移动探伤过程中按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）要求划定控制区和监督区，要求控制区边界周围剂量当量率不超过 15μSv/h，监督区边界周围剂量当量率不超过 2.5μSv/h，并在控制区边界设置“禁止进入射线工作区”警告牌、提示“预备”、“照射”状态的工作状态指示灯、声音提示装置及电离辐射警告标志；

在监督区边界上悬挂醒目的“无关人员禁止入内”的警告牌、电离辐射警告标识及警示语，设专人警戒。在清理完现场确保场内无其他人员后，开机探伤。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。夜晚作业时控制区边界应设置警示灯。同时工作状态指示灯应与探伤机联锁。在控制区的所有边界都应能清楚地听见或看见“预备”信号和“照射”信号。

⑤在试曝光期间，将测量控制区及监督区边界的剂量率以证实边界设置正确，必要时将调整控制区和监督区的范围和边界，同时记录巡检结果。

⑥公司将采取警示信号指示装置，且通过剂量联锁装置与探伤机联锁，确保正确反映探伤现场工作情况。

⑦现场探伤配备一台便携式剂量仪。开始探伤工作之前，对剂量仪进行检查，确认剂量仪能正常工作。在现场探伤工作期间，便携式剂量仪一直处于开机状态，防止X射线曝光异常或不能正常终止。

⑧开展探伤作业时，现场探伤工作配备2名辐射工作人员，每名辐射工作人员佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪，且一直处于开机状态。

⑨探伤作业人员每次对工作现场情况进行记录。

⑩公司拟建立射线装置使用台账，使用X射线探伤机进行台账登记。

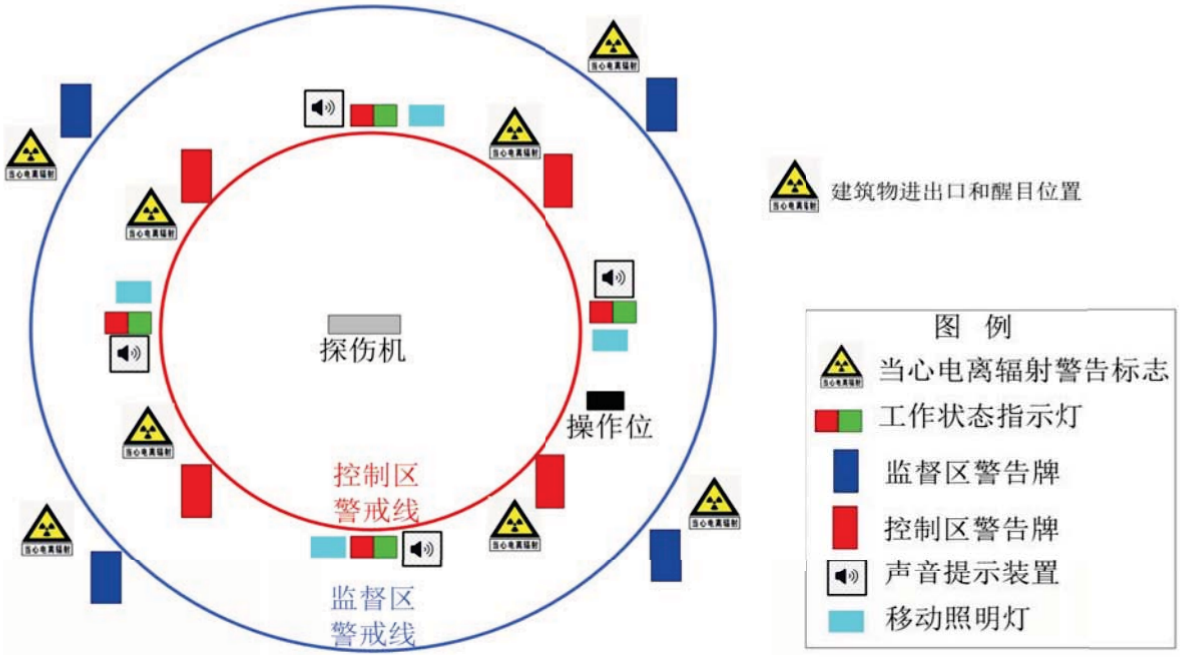


图10-4本项目移动探伤现场辐射安全设施布置示意图

拟采取辐射安全防护和环保设施一览表见表 10-2。

表 10-2 辐射安全防护和环保设施一览表

项目	环保设施	应用位置
警告标识	“禁止进入射线工作区”警告牌 4 个，“无关人员禁止入内”警告牌 4 个。	控制区边界及监督区边界
	安全警示线 1000 米	控制区边界及监督区边界
	电离辐射警告标志 9 个	控制区边界及监督区边界、建筑物进出口和醒目位置
个人防护用品	个人剂量计 2 个	辐射工作人员佩戴
	个人剂量报警仪 2 个（可看见数值）	辐射工作人员携带
监测仪器	便携式 X-γ剂量监测仪 1 台	辐射工作人员携带
安全装置	工作状态指示灯 4 个，采用剂量联锁方式。	控制区边界
	声音提示装置 4 个	控制区边界
铅屏风	2 个 14mm 铅屏风，2 个 3mm 铅屏风。（铅屏风尺寸 1000*2000mm）	探伤机周围
夜间照明装置	移动照明灯 4 个，手电筒 2 个	移动照明灯放置控制区边界，手电筒辐射工作人员携带。

三废的治理

1. 危险废物

本项目评片和洗片过程可能会产生废显（定）影剂和废胶片。在产生废显（定）影剂后立即用废液桶收集，并在探伤工作结束后运至危废库中废显（定）影剂存放区域；每日探伤产生废胶片在工作结束后收集运至厂区危废库中废胶片存放区域；废显（定）影剂和废胶片入库时在危险废物管理台账中如实记录。收集贮存危废库后委托有危险废物经营资质的单位回收处理。

本项目危废库位置见附图 2、3。危废库拟按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）相关要求建设，确保做到“防雨淋、防渗漏、防流失”，地面为防渗水泥。拟设置消防设施，防止出现火灾。建设单位拟参照《环境保护图形标志 固体废物贮存（处置）场》（GB15562.2-1995）（2023 版）、《危险废物识别标志设置技术规范》（HJ 1276-2022）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在不同贮存分区之间采取隔离措施。隔离措施根据危险废物特性隔板形式。

存放装载废显（定）影剂的容器的贮存分区内地面、墙面裙脚、堵截泄漏的围堰、接触危险废物的隔板和墙体等拟采用坚固的材料建造，表面无裂缝。贮存设施地面与

裙脚拟采取表面防渗措施；表面防渗材料应与所接触的物料或污染物相容，采用抗渗混凝土。上述容器置于架子上，不直接接触地面。存放装载废显（定）影剂及胶片洗片废水的容器的贮存分区具有液体泄漏堵截设施，堵截设施最小容积不低于对应贮存区域最大液态废物容器容积；拟设计渗滤液收集设施，收集设施容积满足渗滤液的收集要求。

建设单位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。危废库门上拟张贴环保标识牌，明确危险废物种类。危废库由专人管理，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、使用量等登记工作。建设单位应严格执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）8.2 贮存设施运行环境管理要求。

建设单位应按照《省生态环境厅关于做好江苏省危险废物全生命周期监控系统上线运行工作的通知》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，在江苏省固体废物管理信息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。

本项目每年退役约 8 枚 ^{192}Ir 放射源，每 21 年退役 2 枚 ^{60}Co 放射源。建设单位与生产销售单位签订废旧放射源返回协议，当放射源达到使用年限需报废时，将由该单位回收。

γ射线探伤机含贫铀屏蔽装置到达使用年限（10 年）进行退役，建设单位与γ射线探伤机含贫铀屏蔽装置生产销售单位签订废返回协议，当γ射线探伤机含贫铀屏蔽装置达到使用年限需报废时，将按照协议规定将γ射线探伤机含贫铀屏蔽装置返回生产单位或原出口方。

2. 废水

本项目洗片时会产生一定量洗片冲洗废水，洗片冲洗废水先进入厂区综合污水处理系统预处理，厂区综合污水处理系统具备预处理洗片废水中的银离子、重金属、挥发性有机物的能力，预处理后接入实康污水厂集中处理。

3. 废气

本项目 X、γ射线探伤机在工作状态时，会使曝光室内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。本项目 1 号探伤房曝光室在西南侧角设排风管道接至顶部，通风管道在顶部穿墙，风管外侧均采用 900mm 的混凝土包裹进行防护，以使通风管道设计不破

坏墙体的屏蔽效果。曝光室内设置通风口接至地面，分为两个进风口，可有效排出废气，室外排风口接至曝光室顶部，排至车间，车间内设有制动排风系统可将废气排入大气环境。安装 1 台离心式排风风机，排风量为 13960m^3/h。本项目 1 号探伤房曝光室内部体积约为 4110m^3，探伤作业时全程开启风机。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。

本项目 2 号探伤房曝光室在西南侧角设排风管道接至顶部，通风管道在顶部穿墙，风管外侧均采用 900mm 的混凝土包裹进行防护，以使通风管道设计不破坏墙体的屏蔽效果。曝光室内设置通风口接至地面，分为两个进风口，可有效排出废气，室外排风口接至曝光室顶部，排至车间，车间内设有制动排风系统可将废气排入大气环境。安装 1 台离心式排风风机，排风量为 35000m^3/h。本项目 2 号探伤房曝光室内部体积约为 11148m^3，探伤作业时全程开启风机。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。

本项目源库在东南角下方设排风管道 U 型接至源库外，室外排风口接至辅房顶部，排至车间，车间内设有制动排风系统可将废气排入大气环境。安装 1 台离心式排风风机，排风量为 500m^3/h。本项目源库内部体积约为 92.8m^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。

本项目移动 X 射线探伤时，会使周围的空气产生电离产生少量臭氧和氮氧化物，少量臭氧和氮氧化物直接进入大气中，臭氧在空气中短时间可自动分解为氧气，这部分废气对周围环境影响较小。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目的主体工程为新建固定式探伤房（包括曝光室及其辅房）。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。具体施工流程产污环节如下所述：

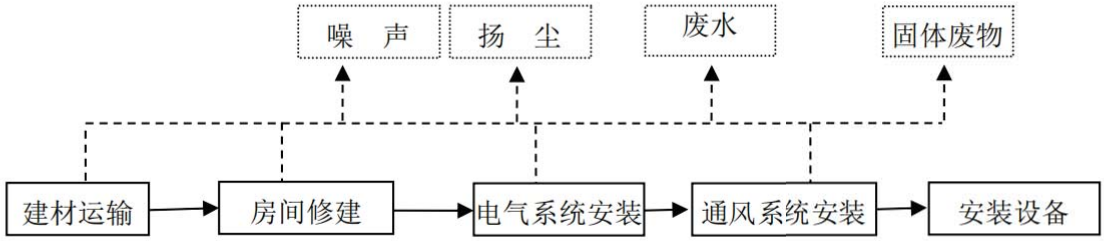


图 11-1 施工期工艺流程及产污环节图

（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均为建设单位内，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现有的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现有垃圾收集设施收集。该单位在施工期间认真搞好组织工作，文明施工，切实落实各种环保措施，将施工期的影响控制在公司内局部区域，对周围环境影响较小。

运行阶段对环境的影响

本项目为新建 2 座探伤房用于开展固定式探伤项目，同时在厂区内开展移动式 X 射线探伤项目，建设 1 座源库用于存储本项目γ射线探伤机。本报告分别以源库、1、2 号探伤房、移动探伤现场周围辐射影响进行理论预测分析。

一、源库辐射影响分析

1、γ射线探伤机放射源屏蔽状态下辐射影响分析

当放射源处于γ射线探伤机源容器内时，根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022），P 类探伤机源容器表面 1m 处周围当量剂量率 $\dot{H}_0 \leq 0.02$mSv/h。M 类探伤机源容器表面 1m 处周围当量剂量率 $\dot{H}_0 \leq 0.05$mSv/h。周围当量剂量率与距离平方成反比，可根据公式（1）计算得出距离探伤机不同位置处的辐射水平。

$$\dot{H}_1 = \dot{H}_0 R_0^2/R_1^2 \quad \text{……（公式 1）}$$

式中 $\dot{H}_1$：距放射源 R 处的周围当量剂量率，μSv/h；

$\dot{H}_0$：距离放射源 1.07m 处的周围当量剂量率；

R_0：距放射源距离，取 1.07m，源贮存位置至探伤机表面距离取 7cm；

R_1：参考点距放射源的距离。

表 11-1 ^{192}Ir γ射线探伤机距探伤机放射源不同距离处的辐射水平估算结果

距放射源距离 R_1（m）	0.37	0.57	**1.07**	2.07	3.07
周围当量剂量率（μSv/h）	167	70.5	**20**	5.34	2.43

注：源贮存位置至探伤机表面距离取 7cm。

表 11-2 ^{60}Co γ射线探伤机距探伤机放射源不同距离处的辐射水平估算结果

距放射源距离 R_1（m）	0.5	0.7	**1.2**	2.2	3.2
周围当量剂量率（μSv/h）	288	147	**50**	14.9	7.0

注：源贮存位置至探伤机表面距离取 20cm。

通过表 11-1、表 11-2 中计算数据可以看出，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。

2.源库周围辐射影响分析

本项目探伤房内设置 1 个源库，源库用于储存本项目 6 台γ射线探伤机。源库内

西北角和西南角各设置 1 个柜子，分为 3 个格子，分别放置本项目 6 台γ射线探伤机。当 6 台γ射线探伤机全部放置西北角或者西南角对源库周围影响最大，因此本次保守以 6 台γ射线探伤机同时放置西北角进行理论估算。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022），P 类探伤机源容器表面 1m 处周围当量剂量率 $\dot{H}_0$≤0.02mSv/h。M 类探伤机源容器表面 1m 处周围当量剂量率 $\dot{H}_0$≤0.05mSv/h。

$$\dot{H} = \dot{H}_1 \bullet B / R^2 \qquad \text{……（公式 2）}$$

式中 $\dot{H}$：距放射源 R 处的周围当量剂量率，μSv/h。

$\dot{H}_0$：距离源 1.07m 处周围当量剂量率，源贮存位置至探伤机表面距离取 7cm。

$\dot{H}_1$：距离放射源 1m 处的周围当量剂量率，根据 ^{192}Ir 探伤机距离放射源 1.2m 处的周围当量剂量率为 20μSv/h，求得 1m 处的周围当量剂量率=20*1.07^2=22.9μSv/h。根据 ^{60}Co 探伤机距离放射源 1.2m 处的周围当量剂量率为 50μSv/h，求得 1m 处的周围当量剂量率=50*1.2^2=72μSv/h。

R：参考点距放射源的距离。

B：屏蔽透射因子，B=1/2^n（n 为半值层数）。

表 11-3 ^{192}Ir 探伤机对源库表面外 30cm 处辐射水平估算结果

参考点位置	^{192}Ir γ射线探伤机放射源库墙壁外表面 30cm
1m 处剂量率	
屏蔽措施	
B	
距离（m）	
周围当量剂量率（μSv/h）	

注：根据《工业探伤放

表 11-

参考点位置	
1m 处剂量率	
屏蔽措施	
B	
距离（m）	
周围当量剂量率（μSv/h）	

注：根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）表 A.2 中 ^{60}Co 对混凝土的半值层 HVL =70mm。

根据以上计算结果汇总，源库表面外 30cm 处辐射水平见下表。

表 11-5 根据以上结果源库表面外 30cm 处辐射水平估算结果

参考点位置	①东墙	③西墙	⑤顶部	②南墙	④北墙
周围当量剂量率（μSv/h）	5.58E-03	4.43E-02	4.14E-03	1.20E-06	4.76E-05

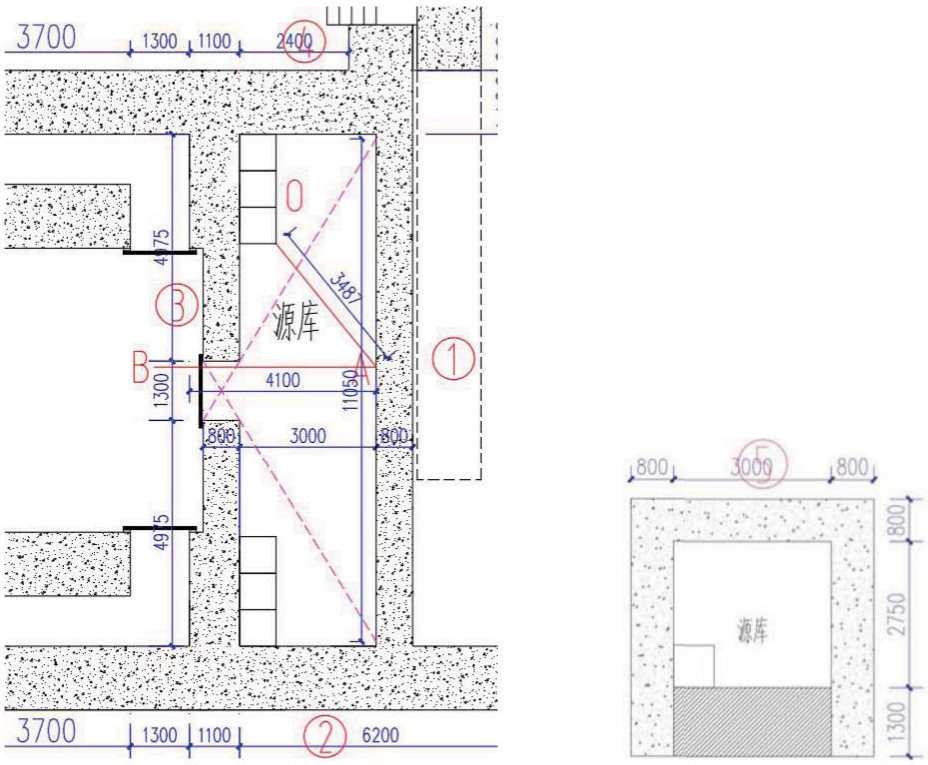


图 11-2 本项目源库计算点位示意图

本项目源库γ射线探伤机放置西北角或者西南角，射线无法直射防护门，射线经 1 次散射到达源库门，散射路径为 O→A→B。散射公式见（3）（美国辐射防护委员会 NCRP51 号报告）。

$$H_S = \frac{D_0 \cdot \alpha \cdot A}{r_1^2 \cdot r_2^2} \qquad \text{……公式（3）}$$

其中：H_s 为散射剂量率，μSv/h；

D_0：入射源强，^{192}Ir γ射线探伤机 1m 处剂量率 22.9μSv/h，^{60}Co γ射线探伤机 1m 处剂量率 72μSv/h；

α 为散射系数，根据《辐射防护导论》P186 图 6.4 光子在普通混凝土上的反射查的 1.33MeV 光子 90° 方向散射系数为 0.012；

r 为入射距离，4.1m，散射距离分别为 4.0m；

A 为散射面积，m^2；散射面积 A 为 11.05×2.75=30.39m^2。

表 11-6 源库迷道 1 次散射辐射剂量率

D_0（μSv·m²/h）	α	A（m²）	r_{OA}（m）	r_{AB}（m）	H_s（μSv/h）	B（6mmPb）	H（μSv/h）

注：不考虑 ^{60}Co 射线散射后能量衰减，铅半值层厚度为 13mm。

根据以上估算结果，当 6 枚γ射线探伤机全部在源库内贮存时，源库表面外 30cm 处最大辐射剂量率为 0.31μSv/h（防护门外），能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中放射源贮存库外周围当量剂量率小于 2.5μSv/h 的要求。

3.源库周围人员有效剂量估算

①源库辐射工作人员年有效剂量估算

源库保管员进入源库内，平均距离放射源 2m，根据表 11-1、表 11-2 中的计算结果，^{60}Co γ射线探伤机距离 2m 处空气比释动能率为 14.9μGy/h，^{192}Ir γ射线探伤机距离 2m 处空气比释动能率为 5.34μGy/h，当 6 枚源同时位于源库内，距离 2m 处空气比释动能率为 14.9×2+5.34×4=51.16μGy/h。假设源库保管员日常检查，每次源库内停留时间按 5min/次、1 次/d、5d/周、50 周/年计算，此工作由 2 名辐射工作人员共同承担，则每名辐射工作人员周有效剂量最大为 10.7μSv，年有效剂量最大为 0.53mSv。

假设源库保管员日常领取、归还探伤机，^{60}Co γ射线探伤机一般使用推车搬运，平均距离γ探伤机距离约 1m，此时受到γ射线外照射的空气比释动能率为 50μGy/h，探伤机单次搬运时间按 2min/次、4 次/d、5d/周、50 周/年计算，此工作由 2 名辐射工作人员共同承担，则每名辐射工作人员周有效剂量最大为 16.7μSv，年有效剂量最大为 0.83mSv。

^{192}Ir γ射线探伤机一般为手提搬运，平均距离γ探伤机距离约 0.5m，此时受到γ射线外照射的空气比释动能率为 70.5μGy/h，探伤机搬运时间按 2min/次、4 次/d、5d/周、50 周/年计算，此工作由 2 名辐射工作人员共同承担，则每名辐射工作人员周有效剂量最大为 23.5μSv，年有效剂量最大为 1.18mSv。

②源库周围公众有效剂量估算

本项目源库周围公众保守取源库东墙外辐射剂量率进行估算。

表 11-7 本项目保护目标辐射影响理论估算结果表

位置	居留因子	墙外30cm处辐射剂量率(μSv/h)	距离(m)	关注点辐射剂量率(μSv/h)	周剂量估算值(μSv/周)	年剂量估算值(mSv/年)

注：①本项目源库周围公众以每日工作 8h，年工作 250 天估算，每周 40h，年 2000h；

②0.61μSv/h 为西侧防护门外辐射剂量率。

③关注点辐射剂量率根据墙外辐射剂量率距离衰减求得。

综上，本项目源库保管人员周有效剂量最大为 50.9μSv，年有效剂量最大为 2.54mSv；周围公众周有效剂量最大为 2.01E-03μSv，年有效剂量最大为 4.02E-03mSv，能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及本项目管理目标限值要求（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）。

二、1 号探伤房辐射影响分析

本项目 1 号探伤房内使用 ^{60}Co γ射线探伤机（200Ci）、^{192}Irγ射线探伤机（150Ci）及 X 射线探伤机。探伤时只开启其中 1 台探伤机进行探伤作业。^{60}Co γ射线探伤机放射源活度高于 ^{192}Irγ射线探伤机，^{60}Co 射线能量高于 ^{192}Ir 射线，^{60}Co γ射线探伤机辐射影响大于 ^{192}Irγ射线探伤机。因此 1 号探伤房γ射线探伤机以 ^{60}Co γ射线探伤机（200Ci）运行时对周围辐射影响进行理论预测分析。本项目 X 射线探伤机以 XXGH3505 型周向 X 射线探伤机以满功率（350kV/5mA）运行时对周围辐射影响进行理论预测分析。

1. γ射线探伤机正常开机时辐射影响分析

（1）周围当量剂量率计算公式

$$\dot{H}_0 = A \cdot \Gamma / R^2 \cdot B \qquad \text{……（公式 4）}$$

公式中：$\dot{H}_0$：在距离放射源 r 处的周围当量剂量率，μSv/h；

A：放射源活度，^{60}Co 额定装源活度为 7.4E+12Bq=7.4E+06MBq

Γ：周围剂量当量率常数，$\Gamma_{^{60}Co}$=0.35μSv •m^2/（MBq•h）

R：参考点离放射源的距离，m

B：屏蔽透射因子，B=1/2^n（n 为半值层数）

本项目探伤机工作时射线方向为四周屏蔽墙、屋顶、地面，四周墙、防护门及屋顶辐射防护屏蔽预测计算模式采用公式（4）。曝光室周围各关注点处的辐射剂量率理论计算结果见表 11-8。

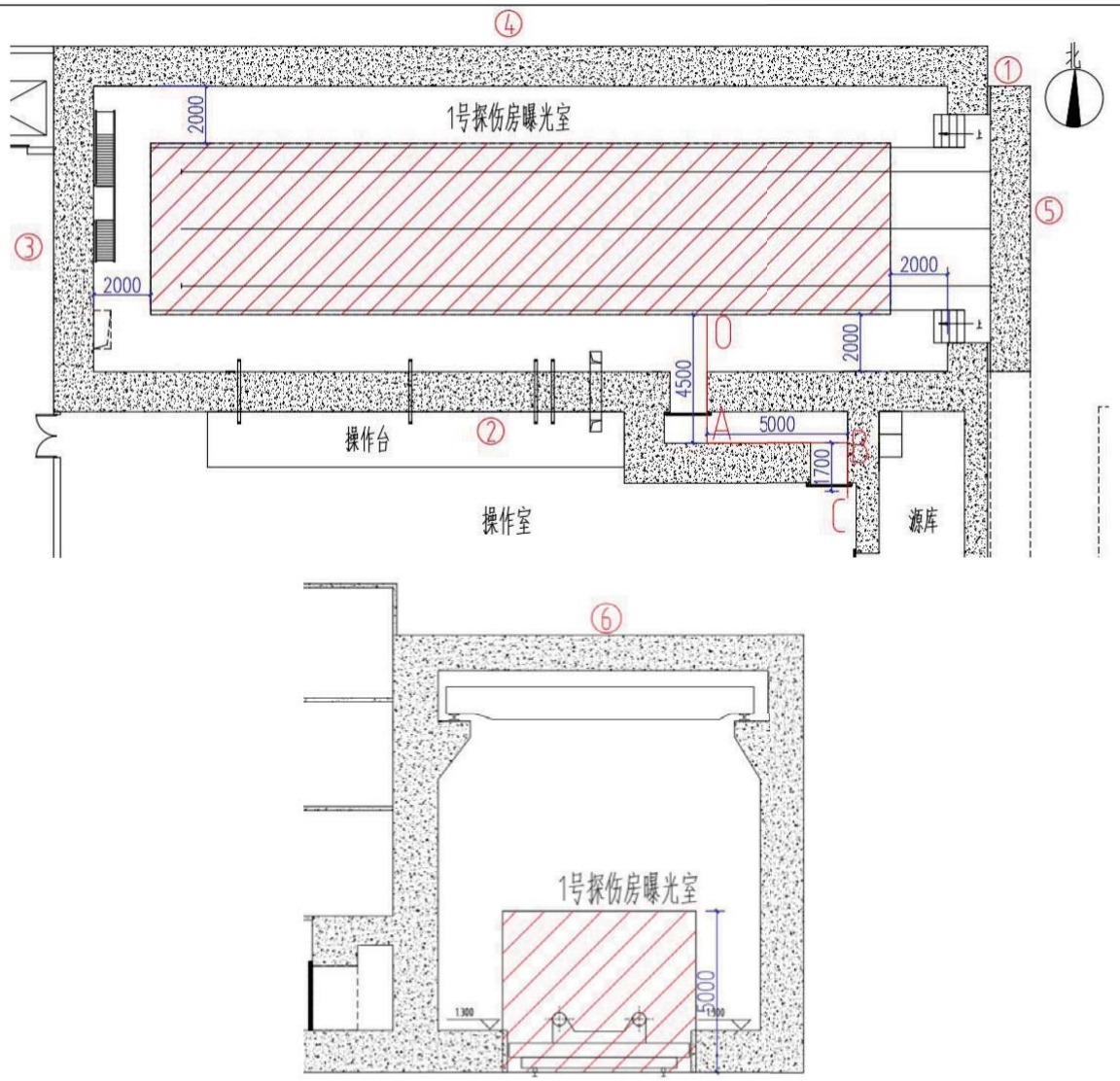


图 11-3 本项目 1 号探伤房计算点位示意图

表 11-8 本项目 1 号探伤房曝光室四周屏蔽墙、屋顶及工件门屏蔽效果预测表

参数	设计厚度	A·Γ μSv/h（1m 处）	B	R (m)	$\dot{H}_0$ (μSv/h)	剂量率参考控制水平(μSv/h)	评价
东墙①							
南墙②							
西墙③							
北墙④							
工件门⑤							
屋顶⑥							
人员门							

注：①放射源距曝光室四周墙最近为 2m，离地面最高 5m，取墙外 30cm 为关注点。

②^{60}Co 混凝土半值层为 70mm，铅半值层厚度为 13mm。（取自《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）表 A.2）。

从表 11-8 理论预测结果可以看出，当本项目探伤房以配备的 ^{60}Co γ射线探伤机最大活度（200Ci）运行时，探伤房曝光室四周屏蔽墙、顶部及工件门外 30cm 处剂量率均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中探伤室辐射屏蔽剂量率参考控制水平要求。

（2）迷道口处辐射影响分析

本项目 1 号探伤房曝光室采用迷道设计，保守以射线直接照射迷道内口，射线进入迷道后散射示意图见图 11-4。有用线束经迷道内墙 2 次散射到达人员门，散射路径为 O→A→B→C，迷道口人员门采用厚度为 8mm 的铅板防护。散射公式见（5）（美国辐射防护委员会 NCRP51 号报告）。

$$H_S = \frac{D_0 \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot A_1 \cdot A_2}{r_1^2 \cdot r_2^2 \cdot r_3^2} \qquad \text{.....公式（5）}$$

其中：H_s 为散射剂量率，μSv/h；

D_0：入射源强，μSv·m²/h；D_0=2.59E+06μSv/h（1m 处）；

α 为散射系数，根据《辐射防护导论》P186 图 6.4 光子在普通混凝土上的反射查的 1.33MeV 光子 90° 方向散射系数为 0.012。

r 为入射距离，4.5m，散射距离分别为 5m、1.7m；

A 为散射面积，m²；散射面积 A_1 为（1.1+2.52）×2=7.24m²

A_2 为（2.32+1.1）×2=6.84m²

（4）散射能量衰减公式

$$E = \frac{E_0}{1 + \frac{E_0(1-\cos\theta)}{0.511}} \qquad \text{.....公式（6）}$$

式中： E：散射后射线能量，MV；

E_0：散射前射线能量，MV；

θ：散射角度，90° ≤θ≤180° ；^{60}Co 射线能量为 1.33MeV，根据公式（6）求得 1.33MeV 射线散射能量 90° 下最大为 369kV，保守参考 400kV 什值层。根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录 B 表 B.2 中 400kV 铅什值层为 8.2mm，求得 8mmPb 透射因子 B 值为 0.11。

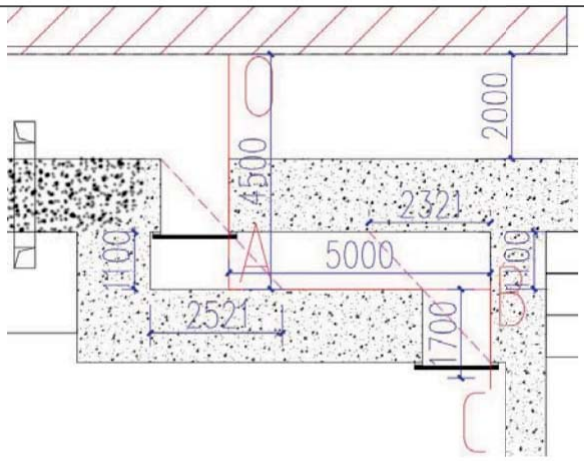


图 11-4 本项目探伤房迷道散射示意图

表 11-9 本项目探伤房迷道主射线 2 次散射辐射剂量率

D_0（μSv·m²/h）	α	A_1（m²）	A_2（m²）	r_{OA}（m）	r_{AB}（m）	r_{BC}（m）

根据表 11-8 主射线穿南墙及人员门外辐射剂量率为 4.19E-02μSv/h，保守叠加主射线 2 次散射至人员门外辐射剂量率后为 1.34μSv/h，人员门外 30cm 处剂量率能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中剂量率参考控制水平要求。

（3）天空反散射辐射影响分析

根据表 11-8，本项目γ射线探伤机曝光时屋顶外 30cm 处辐射剂量率为 6.08E-01μSv/h，经天空反散射到达地面辐射剂量率远小于 6.08E-01μSv/h，根据前文计算探伤房四周屏蔽墙及工件门外 30cm 处剂量率最大为 1.80E-01μSv/h，保守叠加天空反散射辐射剂量率，小于 7.88μSv/h，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中探伤室辐射屏蔽剂量率参考控制水平要求。

（4）γ射线探伤时人员有效剂量估算

①搬运γ射线探伤机时辐射工作人员年有效剂量估算

从表 11-1、表 11-2 中的计算结果可以看出，γ射线探伤机表面处辐射水平较高。^{60}Co γ射线探伤机一般使用推车搬运，平均距离γ探伤机距离约 1m，此时受到γ射线外照射的空气比释动能率为 50μGy/h，探伤机搬运时间按 2min/次、4 次/d、5d/周、250d/年计算，此工作由 2 名辐射工作人员共同承担，则每名辐射工作人员周有效剂量最大为 16.7μSv，年有效剂量最大为 0.83mSv。

^{192}Ir γ射线探伤机一般为手提搬运，平均距离γ探伤机距离约 0.5m，此时受到γ射线外照射的空气比释动能率为 70.5μGy/h，探伤机搬运时间按 2min/次、4 次/d、5d/周、250d/年计算，此工作由 2 名辐射工作人员共同承担，则每名辐射工作人员周有效剂量最大为 23.5μSv，年有效剂量最大为 1.18mSv。

②贴片、工件摆位、取片时辐射工作人员年有效剂量估算

辐射工作人员贴片、工件摆位、取片时，平均距离探伤机距离约 3m。根据表 11-2，受到 ^{60}Co γ射线探伤机外照射的空气比释动能率为 6.07μGy/h，每名辐射工作人员贴片、工件摆位、取片时间按 5min/次、4 次/d、5d/周、250d/年计算，辐射工作人员周有效剂量最大为 10.1μSv，年有效剂量最大为 0.51mSv。

根据表 11-1，受到 ^{192}Ir γ射线探伤机外照射的空气比释动能率为 2.43μGy/h，每名辐射工作人员贴片、工件摆位、取片时间按 5min/次、4 次/d、5d/周、250d/年计算，辐射工作人员周有效剂量最大为 4.1μSv，年有效剂量最大为 0.20mSv。

③γ射线探伤机正常曝光时人员有效剂量估算

表 11-10 本项目保护目标辐射影响理论估算结果表

位置	居留因子	墙外30cm处辐射剂量率(μSv/h)	方位、距离(m)	关注点辐射剂量率(μSv/h)	周剂量估算值(μSv/周)	年剂量估算值(mSv/年)
迷道门外						
操作室						
0#厂房						
2#联合厂房						
厂区道路						
厂区外空地						
小河						

注：①本项目 1 号探伤房γ射线探伤机周曝光时间最长约为 5h，年曝光时间最长为 250h。

②使用因子保守取 1，人员一般不在迷道门外停留，居留因子取 1/8。

③关注点辐射剂量率根据墙外辐射剂量率距离衰减求得。

综上，根据①②③的理论计算结果，本项目γ射线探伤时辐射工作人员周有效剂量最大为 55.3μSv，年有效剂量最大为 2.77mSv；周围公众周有效剂量最大为 9.00E-01μSv，年有效剂量最大为 4.50E-02mSv，能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及本项目管理目标限值要求。

2、X 射线探伤机辐射影响分析

本项目 1 号探伤房内使用 8 台 X 射线探伤机，探伤时只开启其中 1 台探伤机进行探伤作业。X 射线探伤机可能朝四周墙、顶部、地面出束照射。本次评价拟将曝光室四周墙壁及屋顶按照有用射束照射进行估算。本项目以 XXGH3505 型 X 射线探伤机以满功率（350kV/5mA）运行时对探伤房四周墙壁、顶部、工件门及人员门辐射环境影响进行预测。预测计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的计算公式。

（1）有用线束辐射影响分析

四周墙壁、屋顶及工件门预测计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的计算公式，曝光室周围各关注点处的辐射剂量率理论计算结果见表 11-11。

$$\dot{H}=\frac{I\cdot H_0\cdot B}{R^2} \qquad \text{……公式（7）}$$

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)，取值见表 9-3；

B：屏蔽透射因子。

R：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m。

表 11-11 本项目探伤房曝光室有用线束方向屏蔽效果预测表

关注点	设计厚度	H_0 μSv·m²/(mA·h)	I (mA)	B	R（m）	$\dot{H}$（μSv/h）	剂量率参考控制水平 (μSv/h)	评价
东墙①								
南墙②								
西墙③								
北墙④								
工件门⑤								
屋顶⑥								
人员门								

注：①X 射线探伤距曝光室四周墙最近为 2m，离地面最高 5m，取墙外 30cm 为关注点。

②B 值根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录 B 表 B.2，取得 350kV 下混凝土什值层厚度为 100mm，铅什值层厚度为 6.95mm，再根据 $B=10^{-X/TVL}$ 计算求得。

从表11-11预测结果可以看出，当本项目探伤房以拟XXGH3505型X射线探伤机以满功率（350kV/5mA）运行时，探伤房曝光室四周屏蔽墙、顶部及工件门外30cm处剂量率均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中剂量率参考控制水平要求。

（2）迷道口处辐射影响分析

本项目 1 号探伤房曝光室采用迷道设计，保守以射线直接照射迷道内口，射线进入迷道后散射示意图见图 11-4。有用线束经迷道内墙 2 次散射到达人员门，散射路径为 O→A→B→C，迷道口人员门采用厚度为 8mm 的铅板防护。散射公式见（8）（美国辐射防护委员会 NCRP51 号报告）。

$$H_S = \frac{D_0 \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot A_1 \cdot A_2}{r_1^2 \cdot r_2^2 \cdot r_3^2} \qquad \text{……公式（8）}$$

其中：H_s 为散射剂量率，μSv/h；

D_0：入射源强，μSv·m²/h；D_0=1.674E+06×5=8.37E+06μSv/h（1m 处）；

α 为散射系数，参考 GBZ/T250-2014 取自附录 B 表 B.3；

$\alpha = \alpha_w$×10000/400=1.9×10^{-3}×10000/400=4.75×10^{-2}；

r 为入射距离，4.5m，散射距离分别为 5m、1.7m；

A 为散射面积，m²；散射面积 A_1 为（1.1+2.52）×2=7.24m²

A_2 为（2.32+1.1）×2=6.84m²

表 11-12 本项目探伤房迷道主射线 2 次散射辐射剂量率

D_0（μSv·m²/h）	α	A_1（m²）	A_2（m²）	r_{OA}（m）	r_{AB}（m）	r_{BC}（m）

注：根据 GBZ/T250-2014 表 2，350kV 射线经 2 次散射后能量为 200kV，铅什值层厚度为 1.4mm 求得 8mm 铅透射因子 B 值为 1.93E-06。

根据表 11-11 主射线穿南墙外辐射剂量率为 1.54E-10μSv/h，保守叠加主射线 2 次散射至人员门外辐射剂量率后为 1.17E-03μSv/h，人员门外 30cm 处剂量率能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中剂量率参考控制水平要求。

（3）天空反散射辐射影响分析

根据表 11-11，本项目 X 射线探伤机满功率开机曝光时屋顶外 30cm 处辐射剂量率为 1.06E-06μSv/h，经天空反散射到达地面辐射剂量率远小于 1.06E-06μSv/h，根据前文计算探伤房四周屏蔽墙及工件门外 30cm 处剂量率最大为 6.11E-09μSv/h，保守叠加天空反散射辐射剂量率，小于 1.07E-06μSv/h，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的要求。

4）X 射线探伤时人员有效剂量估算

表 11-13 本项目保护目标辐射影响理论估算结果表

位置	居留因子	墙外30cm处辐射剂量率(μSv/h)	方位、距离(m)	关注点辐射剂量率(μSv/h）	周剂量估算值(μSv/周)	年剂量估算值(mSv/年)
迷道门外						
操作室						
0#厂房						
2#联合厂房						
厂区道路						
厂区外空地						
小河						

注：①本项目 X 射线探伤机周曝光时间最长约为 50h，年工作 50 周，年曝光时间最长为 250h；

②使用因子保守取 1。

③关注点辐射剂量率根据墙外辐射剂量率距离衰减求得。

根据表 11-13 理论计算结果，本项目 1 号探伤房 X 射线探伤时辐射工作人员周有效剂量最大为 7.31E-04μSv，年有效剂量最大为 3.66E-05mSv；周围公众周有效剂量最大为 3.06E-08μSv，年有效剂量最大为 1.53E-09mSv。能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及本项目管理目标限值要求。

三、2 号探伤房辐射影响分析

本项目 2 号探伤房内使用 ^{60}Co γ射线探伤机（200Ci）、^{192}Irγ射线探伤机（150Ci）及 X 射线探伤机。探伤时只开启其中 1 台探伤机进行探伤作业。^{60}Co γ射线探伤机放射源活度高于 ^{192}Irγ射线探伤机，^{60}Co 射线能量高于 ^{192}Ir 射线，^{60}Co γ射线探伤机辐射影响大于 ^{192}Irγ射线探伤机。因此 1 号探伤房γ射线探伤机以 ^{60}Co γ射线探伤机（200Ci）运行时对周围辐射影响进行理论预测分析。本项目 X 射线探伤机以 XXGH3505 型周向 X 射线探伤机以满功率（350kV/5mA）运行时对周围辐射影响进行理论预测分析。

1. γ射线探伤机正常开机时辐射影响分析

（1）周围当量剂量率计算公式

$$\dot{H}_0 = A \cdot \Gamma / R^2 \cdot B \qquad \text{……（公式 9）}$$

公式中：$\dot{H}_0$：在距离放射源 r 处的周围当量剂量率，μSv/h；

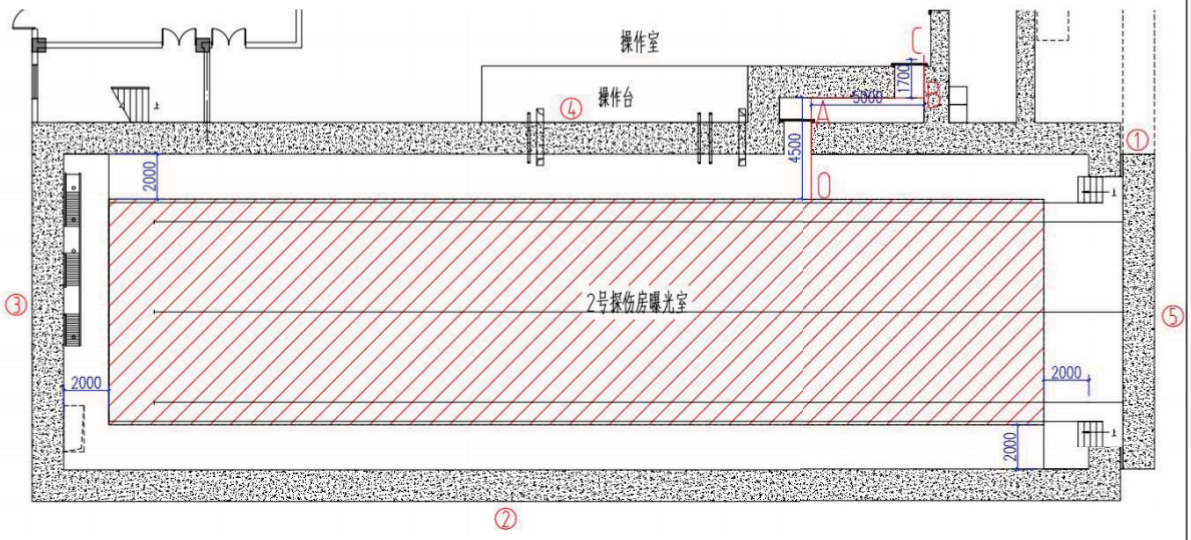
A：放射源活度，^{60}Co 额定装源活度为 7.4E+12Bq=7.4E+06MBq

Γ：周围剂量当量率常数，$\Gamma_{^{60}Co}$=0.35μSv •m^2/（MBq•h）

R：参考点离放射源的距离，m

B：屏蔽透射因子，B=1/2^n（n 为半值层数）

本项目探伤机工作时射线方向为四周屏蔽墙、屋顶、地面，四周墙、防护门及屋顶辐射防护屏蔽预测计算模式采用公式（9）。曝光室周围各关注点处的辐射剂量率理论计算结果见表 11-14。



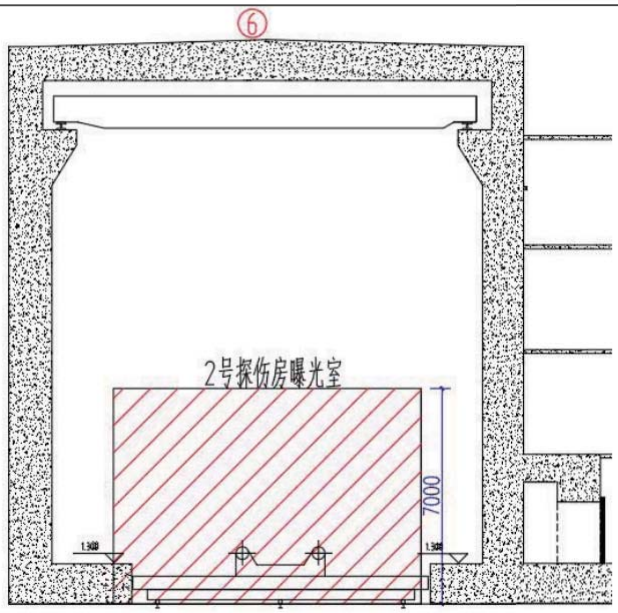


图 11-5 本项目 2 号探伤房计算点位示意图

表 11-14 本项目 1 号探伤房曝光室四周屏蔽墙、屋顶及工件门屏蔽效果预测表

参数	设计厚度	A·Γ μSv/h（1m 处）	B	R (m)	$\dot{H}_0$ (μSv/h)	剂量率参考控制水平(μSv/h)	评价
东墙①							
南墙②							
西墙③							
北墙④							
工件门⑤							
屋顶⑥							
人员门							

注：①放射源距曝光室四周墙最近为 2m，离地面最高 7m，取墙外 30cm 为关注点。

②^{60}Co 混凝土半值层为 70mm，（取自《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）表 A.2）。

从表 11-14 理论预测结果可以看出，当本项目探伤房以配备的 ^{60}Co γ射线探伤机最大活度（200Ci）运行时，探伤房曝光室四周屏蔽墙、顶部及工件门外 30cm 处剂量率均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中剂量率参考控制水平要求。

（2）迷道辐射影响分析

本项目 2 号探伤房曝光室迷道设计与 1 号探伤房屏蔽材料、厚度、尺寸完全一致，

因此计算结果相同。能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中探伤室辐射屏蔽剂量率参考控制水平要求。

（3）天空反散射辐射影响分析

根据表 11-14，γ射线探伤机曝光时屋顶外 30cm 处辐射剂量率为 3.71E-01μSv/h，经天空反散射到达地面辐射剂量率远小于 3.71E-01μSv/h，根据前文计算探伤房四周屏蔽墙及工件门外 30cm 处剂量率最大为 1.80E-01μSv/h，保守叠加天空反散射辐射剂量率，小于 5.51E-01μSv/h，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中探伤室辐射屏蔽剂量率参考控制水平要求。

（4）γ射线探伤时人员有效剂量估算

根据理论计算结果，本项目 2 号探伤房曝光室四周墙外辐射剂量率与 1 号探伤房四周墙外辐射剂量率相同，周围保护目标相同，因此保护目标周、年有效剂量相同。

因此本项目 2 号探伤房γ射线探伤时辐射工作人员周有效剂量最大为 55.3μSv，年有效剂量最大为 2.77mSv；周围公众周有效剂量最大为 9.00E-01μSv，年有效剂量最大为 4.50E-02mSv，能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及本项目管理目标限值要求。

2、X 射线探伤机辐射影响分析

本项目 2 号探伤房内使用 8 台 X 射线探伤机，探伤时只开启其中 1 台探伤机进行探伤作业。X 射线探伤机可能朝四周墙、顶部、地面出束照射。本次评价拟将曝光室四周墙壁及屋顶按照有用射束照射进行估算。本项目以 XXGH3505 型 X 射线探伤机以满功率（350kV/5mA）运行时对探伤房四周墙壁、顶部、工件门及人员门辐射环境影响进行预测。预测计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的计算公式。

（1）有用线束辐射影响分析

四周墙壁、屋顶及工件门预测计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的计算公式，曝光室周围各关注点处的辐射剂量率理论计算结果见表 11-15。

$$\dot{H}=\frac{I\cdot H_0\cdot B}{R^2} \qquad \text{……公式（10）}$$

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)，取值见表 9-3；

B：屏蔽透射因子。

R：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m。

表 11-15 本项目探伤房曝光室有用线束方向屏蔽效果预测表

关注点	设计厚度	H_0 μSv·m²/(mA·h)	I (mA)	B	R（m）	$\dot{H}$（μSv/h）	剂量率参考控制水平 (μSv/h)	评价
东墙①								
南墙②								
西墙③								
北墙④								
工件门⑤								
屋顶⑥								
人员门								

注：①X 射线探伤距曝光室四周墙最近为 2m，离地面最高 5m，取墙外 30cm 为关注点。

②B 值根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录 B 表 B.2，取得 350kV 下混凝土什值层厚度为 100mm，再根据 $B=10^{-X/TVL}$ 计算求得。

从表11-15预测结果，当本项目探伤房以拟XXGH3505型X射线探伤机以满功率（350kV/5mA）运行时，探伤房曝光室四周屏蔽墙、顶部及工件门外30cm处剂量率均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中剂量率参考控制水平要求。

（2）迷道口处辐射影响分析

本项目2号探伤房曝光室迷道设计与1号探伤房屏蔽材料、厚度、尺寸完全一致，因此计算结果相同。能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中探伤室辐射屏蔽剂量率参考控制水平要求。

（3）天空反散射辐射影响分析

根据表 11-15，本项目 X 射线探伤机满功率开机曝光时屋顶外 30cm 处辐射剂量率为 6.44E-07μSv/h，经天空反散射到达地面辐射剂量率远小于 6.44E-07μSv/h，根据前文计算探伤房四周屏蔽墙及工件门外 30cm 处剂量率最大为 6.11E-09μSv/h，保守叠加天空反散射辐射剂量率，小于 6.50E-07μSv/h，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中剂量率参考控制水平要求。

4）X 射线探伤时人员有效剂量估算

根据理论计算结果，本项目 2 号探伤房曝光室四周墙外辐射剂量率与 1 号探伤房四周墙外辐射剂量率相同，周围保护目标相同，因此保护目标周、年有效剂量相同。因此本项目 2 号探伤房 X 射线探伤时辐射工作人员周有效剂量最大为 1.69E-04μSv，年有效剂量最大为 8.43E-06mSv；周围公众周有效剂量最大为 3.06E-08μSv，年有效剂量最大为 1.53E-09mSv。能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及本项目管理目标限值要求。

四、本项目人员有效剂量汇总

本项目2座探伤房X射线探伤与γ射线探伤均由本项目2座探伤房辐射工作人员操作完成，人员有效剂量进行叠加分析，根据以上计算结果进行汇总。

表11-16本项目2座探伤房辐射工作人员有效剂量估算结果汇总表

类别		辐射工作人员	
		周剂量估算值(μSvh/周)	年剂量估算值(mSv/年)
1 号探伤房	X 射线探伤		
	γ射线探伤		
2 号探伤房	X 射线探伤		
	γ射线探伤		
源库保管人员			
目标管理值			
评价		满足	满足

本项目2座探伤房及源库均对周围公众人员造成影响，人员有效剂量进行叠加，根据以上计算结果进行汇总。

表 11-17 本项目保护目标辐射影响理论估算结果表

位置	周剂量估算值(μSv/周)				年剂量估算值(mSv/年)			
	1号探伤房	2号探伤房	源库	合计	1号探伤房	2号探伤房	源库	合计
0#厂房								
2#联合厂房								
厂区道路								
厂区外空地								
小河								
目标管理值								
评价	满足				满足			

综上，本项目辐射工作人员及周围公众周有效剂量及年有效剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及本项目管理目标限值要求。

五、电缆管道、导源管道、通风管道辐射影响分析

本项目 2 座探伤房电缆管道、导源管道、通风管道均利用散射降低管道口的辐射水平，避免射线直接照射电缆口、导源口、通风口，射线进入电缆管道、导源管道、通风管道后散射示意图如图 11-6，图 11-7，图 11-8 所示。射线进入电缆管道、导源管道、通风管道均需至少经过三次散射才能到达管道口。根据《辐射防护导论》P193“一般经三次以上散射后γ射线的剂量当量率已降得很低了，实例也证明了这一点。”，本项目探伤房电缆管道、导源管道、通风管道设计能够满足辐射防护要求。

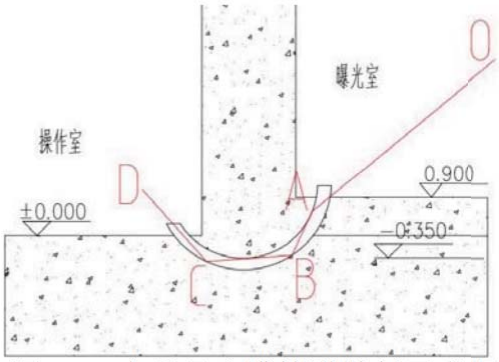


图 11-6 本项目电缆管道散射示意图

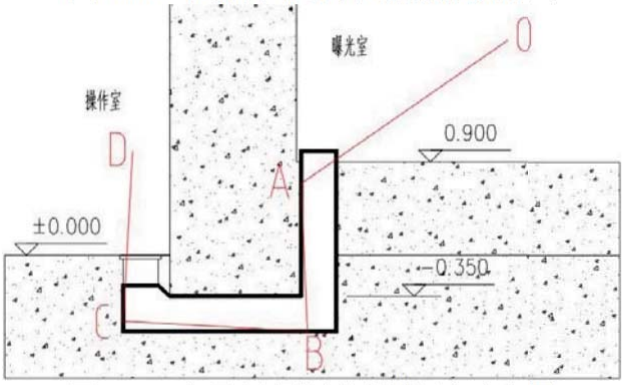


图 11-7 本项目导源管道散射示意图

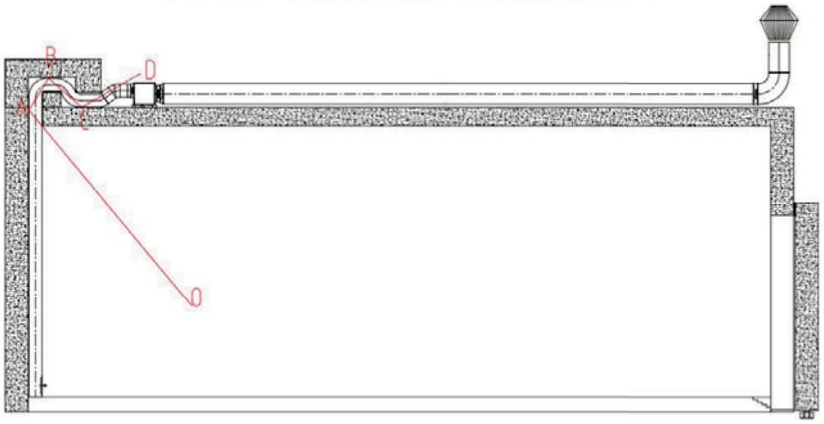


图 11-8 本项目通风管道散射示意图

六、移动 X 射线探伤项目辐射环境影响分析

1、X 射线探伤机主射束方向的控制区、监督区距离理论估算

该公司移动式 X 射线探伤项目探伤现场位于公司 1#联合厂房西南部，本项目移动探伤对象主要为长压力管道，MCTS 130A-0.6 型探伤机探伤时位于管道内，主射线方向都有工件屏蔽。主射线方向为有工件屏蔽，散射线、漏射线无工件屏蔽。采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）4.1 有用线束的公式（11）导出控制区、监督区的距离计算公式（12）。

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

导出：$$R=\sqrt{\frac{I\cdot H_0\cdot B}{\dot{H}}} \qquad \text{……（公式 12）}$$

式中：$\dot{H}$：关注点处剂量率，μSv/h；控制区取 15μSv/h，监督区取 2.5μSv/h；

I：X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA；

H_0：距辐射源点（靶点）1m 处输出量，μSv·m²/(mA·h)，取值参考表 9-3；

B：屏蔽透射因子，取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 B.2 铅什值层求得，$B=10^{-X/TVL}$；

R：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m。

移动 X 射线探伤假设探伤机满功率运转，将不同探伤机相关参数代入公式（12），可以估算出探伤过程中不同 X 射线探伤机主射线经工件及铅屏风屏蔽后的控制区和监督区范围见表 11-18。

表 11-18 主射线方向控制区和监督区距离估算

探伤机类别	XXG3505 型 定向探伤机	XXGH3505 型 周向探伤机	MCTS 130A-0.6 型 管板角焊缝棒阳极 X 射线机检测系统
TVL			
工件厚度/ 等效铅厚度			
H_0 μSv·m²/(mA·h)			
I（mA）			
屏蔽			
屏蔽透射因子 B			
控制区距离（m）			
监督区距离（m）			

补偿屏蔽配备铅屏风			
屏蔽透射因子 B			
控制区距离（m）			
监督区距离（m）			

*根据《无损检测仪器 1MV 以下 X 射线设备的辐射防护规则 第 3 部分：450kV 以下 X 射线设备辐射防护的计算公式和图表》(GBZ 41476.3-2022)表 4 中不同厚度铁在不同管电压下等效铅当量，350kV 管电压下 24mm 钢板约为 2mmPb，130kV 管电压下 10mm 钢板约为 1mmPb。

*屏蔽透射因子参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 B.2 中 350kV 管电压铅什值层为 6.95mmPb，130kV 管电压铅什值层保守取 0.96mmPb 求得，$B=10^{-X/TVL}$。

2、非有用射束方向控制区、监督区距离理论估算

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）漏射线及散射线计算公式（13）及公式（14）：

漏射线：$$\dot{H}=\frac{\dot{H}_L \cdot B_2}{R^2} \quad \text{……（公式 13）}$$

散射线：$$\dot{H}=\frac{I \cdot H_0 \cdot B_1}{R^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^{\ 2}} \quad \text{……（公式 14）}$$

考虑漏射线、散射线叠加剂量影响，根据公式（13）、公式（14）导出控制区、监督区的距离计算公式（15）

$$R=\sqrt{\frac{I \cdot H_0 \cdot B_1 \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^{\ 2}}+\dot{H}_L \cdot B_2}{\dot{H}}} \quad \text{……（公式 15）}$$

式中：R：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m。

$\dot{H}$：关注点处剂量率，μSv/h；控制区取 15μSv/h，监督区取 2.5μSv/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；

B_1：散射线屏蔽透射因子；

I：X 射线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)，取值参考表 9-3；

B_2：漏射线屏蔽透射因子；

$\frac{F \cdot \alpha}{R_0^{\ 2}}$：根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）B.4.2 取值。

表 11-19 漏射线及散射线辐射控制区与监督区估算结果

探伤机类别	XXG3505 型 定向探伤机	XXH3505 型 周向探伤机	MCTS 130A-0.6 型 管板角焊缝棒阳极 X 射线机检测系统
散射能量（kV）			
H_0 μSv·m²/(mA·h)			
I (mA)			
$\frac{F \cdot \alpha}{R_0^2}$			
$\dot{H}_L$ μSv·m²/(mA·h)			
控制区距离（m） （无屏蔽）			
监督区距离（m） （无屏蔽）			
补偿屏蔽配备铅屏风			
屏蔽透射因子 B1			
屏蔽透射因子 B2			
控制区距离（m） （有铅屏风）			
监督区距离（m） （有铅屏风）			

*屏蔽透射因子参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 B.2 中 130kV 管电压铅什值层保守取 0.96mmPb，250kV 管电压什值层为 2.9mmPb，350kV 管电压铅什值层为 6.95mmPb 求得，$B=10^{-X/TVL}$。

上述理论计算结果仅为本项目 X 射线探伤控制区和监督区划分提供参考。实际探伤过程中 X 射线探伤机管电压的降低、照射角度改变以及探伤现场遮蔽物都会使辐射剂量水平下降，从而缩小控制区和监督区范围。因此在实际探伤过程中辐射工作人员应根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的要求，通过辐射巡测仪实测，将辐射剂量率在 15μSv/h 以上的范围划为控制区，将辐射剂量率在 2.5μSv/h 以上的范围划为监督区。**公司进行移动探伤时应确保将监督区边界控制在本公司厂区内，若厂区边界仍不能满足监督区划分要求时，现场应采取适当屏蔽措施或其他防护措施，如在探伤机周围放置厚钢板或铅屏风等，确保监督区边界控制在本公司厂区内。**

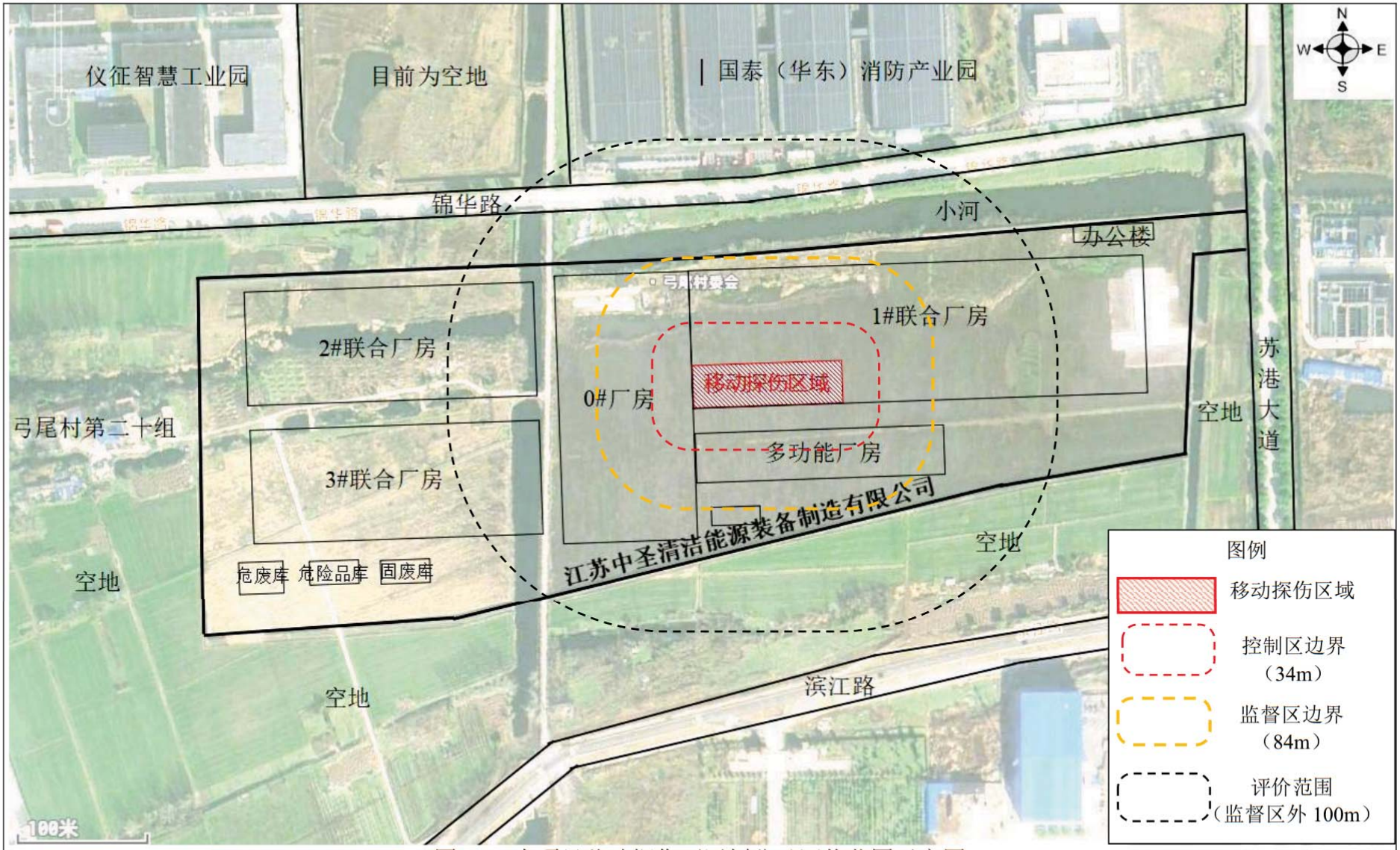


图 11-9 本项目移动探伤两区划分及评价范围示意图

3、保护目标剂量评价

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中 3.1.1，参考点的年剂量参考控制水平估算:

$$H_c = \dot{H}_{c,d} \cdot t \cdot U \cdot T \quad \text{……（公式 16）}$$

式中：H_c：参考点的年剂量参考控制水平，μSv/年；

$\dot{H}_{c,d}$:参考点处周围剂量当量率，μSv/h；

t：装置年照射时间，h/年；

U：装置向关注点方向照射的使用因子；

T：人员在相应关注点驻留的居留因子。

本项目移动探伤安排夜间探伤，移动探伤时对厂区内人员进行清场，夜间周围保护目标人员较少，周围公众为偶尔停留。本项目移动探伤预计每年每名移动探伤工作人员开展 X 射线探伤时间最大为 50h，X 射线探伤机使用因子保守取 1，探伤人员在控制区边界外进行作业，周围剂量当量率不超过 15μSv/h，居留因子取 1，则其年有效剂量最大为 0.75mSv；公众按照 X 射线移动探伤监督区边界 2.5μSv/h 周围剂量当量率估算，居留因子取 1/4，则公众年有效剂量最大为 0.031mSv。本项目运行后工作人员和公众年累积受照剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中剂量限值要求和项目管理目标中对工作人员和公众剂量约束值要求。

公司拟对辐射工作人员开展个人剂量监测，公司应根据每季度个人剂量监测报告，合理安排辐射工作人员岗位，确保工作人员剂量满足剂量约束值要求。如有剂量超标，应及时查找原因，及时调整工作人员岗位，并上报生态环境主管部门备案。

本项固定探伤房与移动探伤共用辐射工作人员。根据前文 P61 表 11-17 计算，固定探伤房辐射工作人员年有效剂量最大为 2.77mSv，叠加移动探伤项目年有效剂量 0.75mSv；合计为 3.52mSv。能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和项目管理目标中剂量约束值要求。

七、探伤设施的退役

本项目工业探伤设施不再使用，本项目 2 座探伤房、源库及 X、γ射线探伤机应根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）6.3 要求实施退役，具体包括以下部分。

（1）有使用价值的γ放射源可在获得监管机构批准后转移到另一个已获使用许可的机构，或者按照协议规定将废旧放射源返回生产单位或原出口方。

（2）掺入贫铀的探伤机屏蔽装置应与γ射线源一样，按照协议规定返回生产单位或原出口方。

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

（4）当所有辐射源从源库移走后，建设单位按监管机构要求办理相关手续。

（5）对探伤房、源库工作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）退役完成后清除工作场所所有电离辐射警告标志和安全告知。

八、三废的治理评价

1. 危险废物

本项目评片和洗片过程可能会产生废显（定）影剂和废胶片，属于《国家危险废物名录》中危险废物，探伤过程中产生的废显（定）影剂和废胶片在收集后临时贮存于危废库内，定期交由有资质单位处置。

2. 固废

本项目每年退役约 8 枚 ^{192}Ir 放射源，每 10 年退役 2 枚 ^{60}Co 放射源。建设单位与生产销售单位签订废旧放射源返回协议，当放射源达到使用年限需报废时，将由该单位回收。

γ射线探伤机含贫铀屏蔽装置到达使用年限（10 年）进行退役，建设单位与γ射线探伤机含贫铀屏蔽装置生产销售单位签订废返回协议，当γ射线探伤机含贫铀屏蔽装置达到使用年限需报废时，将按照协议规定将γ射线探伤机含贫铀屏蔽装置返回生产单位或原出口方。

3. 废水

本项目洗片时会产生一定量洗片冲洗废水，洗片冲洗废水先进入厂区综合污水处理系统处理，预处理后接入实康污水厂集中处理。

4. 废气

本项目 X、γ射线探伤机在工作状态时，会使曝光室内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。本项目 1 号探伤房曝光室在西南侧角设排风管道接至顶部，通风管道在

顶部穿墙，风管外侧均采用 900mm 的混凝土包裹进行防护，以使通风管道设计不破坏墙体的屏蔽效果。曝光室内设置通风口接至地面，分为两个进风口，可有效排出废气，室外排风口接至曝光室顶部，排至车间，车间内设有制动排风系统可将废气排入大气环境。安装 1 台离心式排风风机，排风量为 13960m^3/h。本项目 1 号探伤房曝光室内部体积约为 4110m^3，探伤作业时全程开启风机。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。对周围环境空气质量影响较小。

本项目 2 号探伤房曝光室在西南侧角设排风管道接至顶部，通风管道在顶部穿墙，风管外侧均采用 900mm 的混凝土包裹进行防护，以使通风管道设计不破坏墙体的屏蔽效果。曝光室内设置通风口接至地面，分为两个进风口，可有效排出废气，室外排风口接至曝光室顶部，排至车间，车间内设有制动排风系统可将废气排入大气环境。安装 1 台离心式排风风机，排风量为 35000m^3/h。本项目 2 号探伤房曝光室内部体积约为 11148m^3，探伤作业时全程开启风机。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。对周围环境空气质量影响较小。

本项目移动 X 射线探伤时，会使周围的空气产生电离产生少量臭氧和氮氧化物，少量臭氧和氮氧化物直接进入大气中，臭氧在空气中短时间可自动分解为氧气，这部分废气对周围环境影响较小。

事故影响分析

本项目 X 射线探伤机为II类射线装置，γ射线探伤机为II类放射源。在 X、γ射线探伤机探伤过程中，若不采取适当的屏蔽措施，可能对操作的辐射工作人员及周围公众造成放射性损伤，可能会造成意外照射。

1.固定 X 射线探伤项目事故类型

1.1 本项目运行可能发生的辐射事故：

1）X 射线探伤机在对工件进行曝光的工况下，曝光室门机联锁失效，工作人员误入曝光室；

2）曝光室门机联锁失效，工件门未完全关闭，X 射线探伤机在对工件进行曝光的工况下对曝光室周围人员造成意外照射；

3）探伤操作人员未发现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；

4）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）曝光室防护门屏蔽受损有漏射线对周围人员造成意外照射。

1.2 本项目针对上述可能出现的事故提出预防措施：

1）误入人员可按下室内紧急停机按钮并通过紧急开门按钮逃离曝光室，辐射工作人员对于人员误入曝光室应及时按下急停按钮，切断 X 射线探伤机电源，停止探伤机曝光，核算人员误照射剂量，并及时到专业医院就诊检查治疗。

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

3）X 射线探伤时辐射工作人员应定期使用辐射巡检仪进行巡检（2 名辐射工作人员之一），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）对辐射工作人员造成意外照射，应及时检测辐射工作人员所佩戴的个人剂量计，剂量超标则人员应及时调岗，并及时到专业医院就诊检查治疗。

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

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

7）公司在日常工作中应加强辐射安全管理，定期对探伤机进行检查、维护，发现问题及时维修；严格要求辐射工作人员按照操作规程进行探伤操作，每次探伤前检查探伤室门机联锁、急停按钮等安全防护措施的有效性，定期检测探伤室的周围辐射水平，确保安全措施有效运行。

2.固定γ射线探伤项目事故类型

2.1 本项目运行可能发生的辐射事故：

1）γ射线探伤机放射源发生被盗事故，对社会安全及公众人身安全造成严重危害。

2）γ射线探伤机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射线探伤机探伤机输源管或控制缆经过挤压、弯曲后不能保持结构完整导致

放射源不能在导管内运动，造成卡源事故。

4）在探伤房探伤时放射源源辩脱落，无法收源，对周围人员造成照射。

5）在探伤房探伤结束后未将放射源收回探伤机源容器即收工离开探伤房，对周围人员造成照射。

6）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。

7）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，射线泄漏到曝光室外面，给周围活动的人员造成不必要的照射。

2.2 本项目针对上述可能出现的事故提出预防措施：

1）误入人员可按下室内紧急停机按钮并通过紧急开门按钮逃离曝光室，辐射工作人员对于人员误入曝光室应及时按下急停按钮，回收放射源，核算人员误照射剂量，并及时到专业医院就诊检查治疗。

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（2 名辐射工作人员之一），发现异常情况应立即停止将放射源回收至探伤机内，并检查排除异常，并做好记录。

4）源在送出过程中受阻，此时应停止送源，把源收回到机体内，检查输源管连接是否正确、是否损坏，弯曲半径是否过小等；防止卡死现象。源在回收过程中受阻，出现卡死现象，可手动回源；若出现源脱落，无法手动回源，应维护好现场，安排专人看护，禁止人员进入探伤房，及时向领导汇报，并通知生产厂家协助处理。

5）对辐射工作人员造成意外照射，应及时检测辐射工作人员所佩戴的个人剂量计，剂量超标则人员应及时调岗，并及时到专业医院就诊检查治疗。

6）辐射工作人员进出探伤房曝光室时必须佩戴个人剂量计，同时携带个人剂量报警仪和便携式 X-γ剂量率仪。

7）建设单位需制定《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。

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。

10）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。

11）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，每次探伤前检查探伤室门机联锁、急停按钮等安全防护措施的有效性，定期检测探伤室的周围辐射水平，确保安全措施有效运行；同时针对可能发生的辐射安全事故，完善切实可行的辐射事故应急预案，以能够有序应对事故。此外，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.移动 X 射线探伤项目事故类型

3.1 本项目运行可能发生的辐射事故：

1）X 射线探伤前清场不完全或在探伤过程中，警戒工作未到位，致使公众误入探伤区域，使其受到超剂量的外照射；

2）探伤现场选择及现场控制区、监督区划分不合理，检测过程中未对两区边界辐射水平进行检测，对工作人员和现场周围公众造成照射；

3）探伤人员违反操作规程强行探伤，对工作人员和现场周围公众造成照射。

4）探伤机停止工作时，未按 GBZ 117-2022 中 8.4.1.4 的要求检测操作者所在位置的辐射水平就认为探伤机已停止工作而实际未停止工作，造成对人员的误照射。

3.2 本项目针对上述可能出现的事故提出预防措施：

1）发现人员误入或未完全清场时应立即停止探伤机曝光，核算人员误照射剂量，并及时到专业医院就诊检查治疗。

2）建设单位制定各项管理制度并严格按要求执行，加强人员培训，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生。

3）移动 X 射线探伤前应确保完全清场下进行探伤作业，辐射工作人员使用辐射巡检仪进行巡检，发现异常情况应立即停止出束，并检查排除异常，并做好记录。

4）对辐射工作人员造成意外照射，应及时检测辐射工作人员所佩戴的个人剂量计，

剂量超标则人员应及时调岗，并及时到专业医院就诊检查治疗。

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）在移动式探伤工作期间，便携式 X-γ剂量率仪应一直处于开机状态，防止射线曝光异常或不能正常终止。

7）公司定期对探伤机进行检查、维护，发现问题及时维修；严格要求辐射工作人员按照操作规程进行探伤操作，每次探伤前对探伤机进行检查，确保各项安全措施有效运行；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。

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和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规要求，使用II类射线装置及放射源的单位应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；辐射工作人员必须通过辐射防护和安全专业知识及相关法律法规的考核。

江苏中圣清洁能源装备制造有限公司拟成立相应的辐射安全管理机构，并以文件形式明确各成员管理职责。本项目拟配备 8 名辐射工作人员，辐射工作人员应在项目运行前自主在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规，然后报考全国核技术利用辐射安全与防护考核，必须通过考核后方能正式进行上岗作业。本项目 2 座探伤房辐射工作人员报考类别为“X 射线探伤”及“伽马射线探伤”，源库保管员报考类别为“伽马射线探伤”。此外，担任本项目辐射防护负责人的相关工作人员仍需通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的考核，报考类别为“辐射安全管理”。

辐射安全管理规章制度

本项目江苏中圣清洁能源装备制造有限公司首次开展核技术利用项目。公司应按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》制定相关辐射安全管理制度，并严格执行，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、事故应急制度等；本报告对管理制度提出如下建议：

岗位职责：制定管理人员、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。

操作规程：明确本项目辐射人员的资质条件要求、X、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，重点是明确探伤装置操作步骤以及作业过程中必须采取的辐射安全措施。X、γ射线探伤作业时至少 2 名探伤工作人员同时在场，辐射工作人员必须佩戴个人剂量计、个人剂量报警仪。γ探伤工作前，辐射工作人员应检查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，性能完好方能使用。明确γ射线探伤装置每次领用、使用结束、归还和每次发生任何交接时均需对放射源是否在探伤机容器内使用γ辐射测量仪检测进行确认和记录，避免

事故发生。探伤作业后γ放射源已完全退回源容器中并放回到源库内，源库采用双人双锁，安装公安联网红外报警和监控装置进行 24h 监控。

辐射防护和安全保卫制度：根据企业的具体情况制定辐射防护和安全保卫制度，重点是 X、γ射线探伤机运行和维修时辐射安全管理。

设备维修制度：制定设备检修维护制度，明确本项目 X、γ射线探伤机、监测仪器、警示灯、联锁装置等在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，确保辐射安全装置有效地运转。每个月对γ射线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。每次工作前，探伤作业人员应检查安全装置、联锁装置的性能及警告信号、标志的状态。确保辐射巡测仪、个人剂量报警仪等监测仪器必须保持良好工作状态。

使用登记、台账管理制度：制定 X 射线探伤装置的领取、归还和登记制度，制定放射源使用登记、台账管理制度，定期进行清点检查。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。核实时 2 人在场，核实记录妥善保存，并建立计算机管理档案。在领用γ探伤机时，使用γ辐射剂量仪进行监测，确认放射源在探伤机中；归还γ探伤机时，使用γ辐射剂量仪进行监测，确认放射源在其中，每次领用及归还均进行记录。

人员培训计划：制定人员培训计划，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。

监测方案：方案中应明确监测频次和监测项目，监测结果定期上报生态环境行政主管部门。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、卫生健康部门调查处理。工作场所及周围环境监测中发现异常情况的，应当立即采取措施，并在一小时内向县（市、区）或者设区的市生态环境行政主管部门报告。

事故应急方案：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》（环发〔2006〕145 号文）的要求建立事故应急预案，应急预案内容包括：应急机构和职责分工、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、应急演习计划；辐射事故分级与应急响应措施、辐射事故调查、报告和处理程序；应急领导小组成员姓名及联络电话、当地的救援报警电话。

放射源更换：放射源活度不能达到使用要求更换放射源时，按照协议规定将废旧

放射源返回生产单位或原出口方。同时建设单位向省级生态环境主管部门提交《放射性同位素转让审批表》，并在转入放射源后 20 日内将 1 份上述审批表报送省级生态环境主管部门备案，落实定期监测计划，并进行记录。

公司应制定相关管理制度，并严格按照制度执行，在今后的工作实践中不断完善，提高制度的可操作性。

辐射监测

1. 监测方案

1）委托有资质单位定期对 2 座探伤房曝光室及源库周围环境辐射剂量率进行检测，每年 1～2 次；

2）根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中 8.4.3 要求，本项目移动 X 射线探伤现场凡属下列情况之一时，建设单位应委托相应有资质的技术服务机构对移动探伤作业现场进行监测：a) 新开展现场射线探伤的单位；b) 每年抽检一次；c) 在居民区进行的移动式探伤；d)发现个人季度剂量（3 个月）可能超过 1.25 mSv”。

3）委托有资质单位对辐射工作人员开展个人剂量监测，个人剂量计定期（不超过 3 个月）送检，并建立个人剂量档案；发现个人剂量异常的，应对有关人员采取措施，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、卫生部门调查处理。

4）2 座探伤房曝光室内进行探伤作业时公司辐射安全管理人员对探伤房曝光室及源库周围的辐射水平进行监测，并做好相关记录。若发现辐射异常情况，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。

5）领用、交还γ射线探伤机时，进行辐射水平测量，确保放射源在探伤机内。

表 12-1 监测计划一览表

辐射工作场所	监测类别	监测项目	监测频度	监测设备	监测范围
2 座探伤房、源库及移动 X 射线探伤现场	年度监测	X-γ辐射剂量率	1 次/年	便携式 X-γ辐射监测仪	1）探伤房防护门外、门缝、电缆线/通风管穿墙孔、四侧墙外、操作位等。 2）源库防护门外及四侧墙外。 3）移动探伤现场控制区、监督区边界。
	自主监测		1 次/月		
	验收监测		竣工验收		
	个人剂量检测	个人剂量当量	1 次/季度	个人剂量计	所有辐射工作人员
2 座探伤房、源库	自主监测	X-γ辐射剂量率	每次领用、交还	便携式 X-γ辐射监测仪	领用、交还γ射线探伤机时，进行辐射水平测量，确保放射源在探伤机内。

2. 监测仪器

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）等要求，使用II类射线装置及II类放射源的单位应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器；公司拟为本项目配备3台辐射巡测仪和6台个人剂量报警仪。项目运行后公司应定期对探伤房及移动探伤现场周围环境辐射水平监测，并做好监测记录。

公司拟为本项目配备8名辐射工作人员，拟委托有资质的单位对辐射工作人员开展个人剂量检测，并计划定期组织职业健康体检，拟为辐射工作人员建立个人剂量监测档案和职业健康监护档案。

辐射事故应急

江苏中圣清洁能源装备制造有限公司应针对本项目可能产生的辐射事故情况制定事故应急预案，具体应急预案内容包括：

（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）应急演习计划；

（4）辐射事故分级与应急响应措施；

（5）辐射事故调查、报告和处理程序。

江苏中圣清洁能源装备制造有限公司应依据《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》（环发〔2006〕145 号文）、《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）及《江苏省辐射污染防治条例》的要求，本项目一旦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，应立即启动企业内部的事故应急方案，采取必要防范措施，并在 1 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，还应当同时向卫生部门报告。并在两小时内填写《辐射事故初始报告表》。事故发生后公司积极配合生态环境部门、公安部门及卫生部门调查事故原因，并做好后续工作。

公司应加强辐射安全管理，严格执行相关规章制度，并在实际工作中不断完善 X、γ射线探伤相关的操作规程和辐射安全管理制度，同时应加强γ射线探伤的安全管理，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；并针对γ射线探伤机可能出现的事故完善切实可靠的辐射事故应急预案，平时工作中还应加强辐射工作人员辐射防护知识的培训，树立辐射安全意识，尽可能避免辐射事故的发生。公司应经常监测探伤房曝光室和源库周围的环境辐射剂量率等，发现问题及时排查，确保辐射工作安全设施有效运转。

表 13 结论与建议

结论

1.实践正当性

江苏中圣清洁能源装备制造有限公司因工件无损检测需要，开展固定 X、γ射线探伤及移动 X 射线探伤对工件进行探伤，确保其产品质量。本项目的建设能确保产品质量，创造更好的经济效益，从社会角度而言，能够使用安全系数更高的产品，减少安全事件发生的可能性。虽然在运行期间，探伤机的应用可能会对周围环境、工作人员及周围公众造成一定辐射影响，但公司在做好各项辐射防护措施，严格按照规章制度运营本项目的情况下，其对周围环境的辐射影响能够满足标准要求。因此，在考虑了社会、经济和代价等有关因素之后，其对受照个人和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。

2.辐射安全与防护分析结论

1）选址、布局合理性

江苏中圣清洁能源装备制造有限公司位于扬州市仪征市苏港大道与锦华路交叉口西南角地块。公司东侧为空地及苏港大道；南侧为空地及滨江路；西侧为空地、弓尾村第二十组；北侧为小河及锦华路。

本项目 2 座探伤房位于 0#厂房西北角。2 座探伤房相邻，南北并列分布，1 号探伤房位于北侧，2 号探伤房位于南侧，辅房及源库位于 2 座探伤房曝光室中间。本项目 2 座探伤房东侧、南侧为 0#厂房，西侧为厂区道路及 2#联合厂房，北侧为 0#厂房酸洗区及厂区道路。本项目 2 座探伤房曝光室为一层建筑，上方为厂房顶棚，下方为土层，辅房为四层建筑，不高于 2 座探伤房曝光室。源库为四层建筑，位于一层，上方为实验室。

本项目 2 座探伤房曝光室周围 50m 范围内涉及①0#厂房，②2#联合厂房，③厂区道路，④厂区外空地，⑤小河。本项目周围环境保护目标主要为从事探伤操作的辐射工作人员及周围公众。

公司拟开展移动 X 射线探伤，探伤现场位于 1#联合厂房西南部，移动探伤区域东、北侧为 1#联合厂房，南侧为厂区道路及多功能厂房，西侧为 0#厂房。本项目周围环境保护目标为移动探伤辐射工作人员及探伤区域周围公众。本项目选址合理。

本项目2座探伤房并排相连，南北向布置，2座探伤房曝光室位于南北两侧，操作室及其他辅房位于2间曝光室中间；辅房为4层，一楼为操作室、暗室；二、三、四楼为相关功能用房。本项目2座探伤房曝光室均设置有人员门、工件门；探伤房外墙无可攀爬的设施，顶部人员不可到达。本项目2座探伤房工作场所布局设计合理。

2）辐射防护措施

本项目1号探伤房曝光室内部长宽高为30m×10m×11.5m，2号探伤房曝光室内部长宽高为45.5m×14m×15.5m。2座探伤房曝光室通过混凝土墙、混凝土屋顶、混凝土工件门和铅人员门对射线进行屏蔽，混凝土密度不小于2.35t/m^3。2座探伤房曝光室四周墙均为1400mm混凝土，屋顶为1100mm混凝土，工件门为1400mm混凝土，2道人员门均内嵌8mmPb。

本项目2座探伤房曝光室中间设置1个放射源库用于储存本项目6台γ射线探伤机。源库内部长宽高为11.25m×3m×2.75m，源库东、西墙及顶部为800mm混凝土，南、北墙为1400mm混凝土，防护门内嵌6mm铅板。

3）辐射安全措施

本项目2座探伤房曝光室工件门及人员门均拟设置与探伤机高压联动的门-机安全联锁装置，防止人员误入；拟在2座探伤房曝光室工件门及人员门的门口及内部拟设置声音提示装置及带有“预备”“照射”状态的工作指示灯，同时曝光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，照射状态指示装置与探伤装置联锁，以提醒工作人员和其他人员在照射时不要靠近和逗留；门-机联锁装置、声音提示装置工作指示灯应定期检查，确保有效；2座探伤房曝光室工件门及人员门拟设置“当心电离辐射”警告标志及警示说明，用于提醒无关人员勿在其附近出入和逗留；拟在控制台处设置钥匙开关，控制台及曝光室内部四周墙壁上拟设置急停机按钮且按钮将带有标签，标明使用方法，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。工件门及人员门拟设置紧急开门按钮，确保发生事故时，人员能够逃离事故现场。2座探伤房曝光室均拟安装固定式剂量率仪，并与门-机联锁相联系。同时探伤房曝光室内配备监视监控装置。拟为本项目2座探伤房配置2台辐射剂量巡测仪和4台个人剂量报警仪，用于对瞬时辐射剂量率的实时报警及周围环境辐射水平监测。

本项目设置1个源库用于储存本项目6台γ射线探伤机。明确安排2名辐射工作人员专职负责放射源库的保管工作。源库门拟设置“当心电离辐射”警告标志及警示说

明；同时安装公安联网红外报警及监控探头，对源库实时监控；源库拟设置双人双锁，γ射线探伤机出入库时应进行监测并有详细记录。

移动探伤项目拟制定 X 射线探伤操作规程及 X 射线移动探伤流程，探伤过程中应严格执行相应的规章制度，坚持先示警再开机的操作程序，以防发生误照射事故；X 射线探伤工作尽可能地安排在傍晚或夜间工人完全离场的情况下进行，根据现场条件来划定防护距离，运用距离、时间及屏蔽物等防护原则进行防护。现场探伤时，工作前设置控制区和监督区，区界设警戒线、当心电离辐射警告标志、配备“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。开机后根据实测值按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）划定控制区和监督区边界。拟为移动探伤项目配置 1 台辐射剂量巡测仪和 2 台个人剂量报警仪，用于对瞬时辐射剂量率的实时报警及周围环境辐射水平监测。以上措施落实后能够满足辐射安全管理的要求。

3.三废处理处置

本项目每年退役约 8 枚 ^{192}Ir 放射源，每 21 年退役 2 枚 ^{60}Co 放射源。建设单位承诺与放射源生产销售单位签订废旧放射源返回协议，当放射源达到使用年限需报废时，将按照协议规定将废旧放射源返回生产单位或原出口方。

γ射线探伤机含贫铀屏蔽装置到达使用年限（10 年）进行退役，建设单位承诺与γ射线探伤机含贫铀屏蔽装置生产销售单位签订废返回协议，当γ射线探伤机含贫铀屏蔽装置达到使用年限需报废时，将按照协议规定将γ射线探伤机含贫铀屏蔽装置返回生产单位或原出口方。

本项目探伤时产生的 X、γ射线可使空气电离从而产生的少量臭氧和氮氧化物，臭氧在空气中短时间内可自动分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

公司承诺与有资质的单位签订废显（定） 影剂、废胶片处置协议，产生的危废交由该单位处理。

4.辐射环境影响分析结论

本项目 2 座探伤房曝光室通过混凝土屏蔽墙、屋顶、工件门和铅人员门对 X、γ射线进行防护。经理论预测结果，X、γ射线探伤机正常运行时，曝光室表面外 30cm 处辐射剂量率均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的辐射剂量率限值要求。

本项目移动 X 射线探伤现场控制区、监督区的划定满足《工业探伤放射防护标

准》（GBZ 117-2022）的要求；源库表面外 30cm 能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“在公众能接近的距外表面最近处，其屏蔽应能使该处周围剂量当量率小于 2.5μSv/h 或者审管部门批准的水平”的要求。

由预测结果可知，本项目辐射工作人员及周围公众周有效剂量和年有效剂量均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的剂量限值要求和本项目的目标管理值要求。

5.辐射环境管理

1) 委托有资质单位每年对本项目 2 座探伤房工作场所、源库及移动 X 射线探伤现场周围环境辐射水平进行检测。

2) 拟为本项目配备 3 台辐射剂量巡测仪和 6 台个人剂量报警仪。定期对本项目 2 座探伤房工作场所、源库及移动 X 射线探伤现场辐射水平进行检测。

3) 本项目拟配备的辐射工作人员在上岗前参加并通过辐射安全与防护知识考核，必须通过考核后方能正式进行上岗。

4）在本项目运行前，委托有资质单位对辐射工作人员开展个人剂量检测，所有人员均配备个人剂量计，并定期按时送检，并建立辐射工作人员个人剂量监测档案。

5）在本项目运行前对辐射工作人员进行职业健康体检并定期复检，并建立辐射工作人员职业健康监护档案。

6）公司拟成立辐射防护管理机构，并以文件的形式明确各成员管理职责。同时在项目运行前完善相关辐射安全管理制度并严格执行。

综上所述，江苏中圣清洁能源装备制造有限公司新建固定式及移动式探伤项目符合实践正当化原则，拟采取的辐射安全和防护措施适当，工作人员及公众受到的年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”及目标管理值的要求。在落实本报告提出的各项污染防治和管理措施后，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，其设施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，项目可行。

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》要求申领辐射安全许可证。

5）根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》第十二条 除需要取得排污许可证的水和大气污染防治设施外，其他环境保护设施的验收期限一般不超过 3 个月；需要对该类环境保护设施进行调试或者整改的，验收期限可以适当延期，但最长不超过 12 个月。建议建设单位在本项目环境保护设施竣工后 3 个月内进行竣工环保验收。

6）建设单位应按照江苏省生态环境厅发布的《核技术利用单位辐射安全标准化建设指南（工业射线探伤类）》编制自评估报告，每年一月各单位根据上一年度辐射安全改进提升情况再次进行自评估，自评估报告作为年度评估报告附件，于 1 月 31 日前一并上传至国家核技术利用申报系统。

7）公司应定期或不定期针对探伤装置的各种管理、操作、保安措施的落实情况进行检查。

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

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	预期投资（万元）
辐射安全管理	公司成立辐射安全管理机构，并以文件形式明确各成员职责。	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》成立安全管理机构。	/
	管理制度：制定操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、事故应急制度等。		/
	8 名辐射工作人员上岗前应通过辐射安全与防护知识考核。	根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，辐射工作人员应持有考核合格证。	定期投入（每 5 年）
	辐射工作人员均佩戴个人剂量计，开展个人剂量监测（常规监测周期一般为 30 天，最长不应超过 90 天。个人剂量档案长期保存）。	根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）辐射工作人员正常开展个人剂量检测，根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修正本）第四十一条），个人剂量档案应长期保存。	每年投入
	职业健康体检：定期组织职业健康体检，并按相关要求建立职业健康监护档案。（两次检查的时间间隔不应超过 2 年，必要时可增加临时性检查。）	根据《放射工作人员职业健康管理办法》公司应定期组织职业健康体检并建立辐射工作人员职业健康监护档案。	每年投入
辐射防护措施	本项目 1 号探伤房曝光室内部长宽高为 30m×10m×11.5m，2 号探伤房曝光室内部长宽高为 45.5m×14m×15.5m。2 座探伤房曝光室通过混凝土墙、混凝土屋顶、混凝土工件门和铅人员门对射线进行屏蔽，混凝土密度不小于 2.35t/m^3。2 座探伤房曝光室四周墙均为 1400mm 混凝土，屋顶为 1100mm 混凝土，工件门为 1400mm 混凝土，2 道人员门均内嵌 8mmPb。 本项目 2 座探伤房曝光室中间设置 1 个放射源库用于储存本项目 6 台γ射线探伤机。源库内部长宽高为 11.25m×3m×2.75m，源库东、西墙及顶部为 800mm 混凝土，南、北墙为 1400mm 混凝土，防护门内嵌 6mm 铅板。	曝光室表面外 30cm 处辐射剂量率能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）辐射剂量率限值要求。 辐射工作人员及公众年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求，也符合本项目目标管理值的要求。（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；职业人员周有效剂量不超过 100μSv；公众周有效剂量不超过 5μSv。）。	1245
污染防治措施	固废：（1）本项目 ^{60}Co 及 ^{192}Ir 放射源强度低于使用要求时，放射源退役。γ射线探伤机含贫铀屏蔽装置到达使用年限（10 年）进行退役。 （2）γ射线探伤机含贫铀屏蔽装置达到使用年限（10 年）需报废退役。 （3）本项目产生的废显（定）影剂及废胶片集中暂存危废库后，交给有资质单位处理。 （4）洗片冲洗废水先进入厂区综合污水处理系统处理，预处理后接入实康污水厂集中处理。	（1）建设单位与γ射线探伤机含贫铀屏蔽装置、放射源生产销售单位签订废旧放射源返回协议，当γ射线探伤机含贫铀屏蔽装置、放射源达到使用年限需报废时，将按照协议规定将废旧放射源返回生产单位或原出口方。 （2）建设单位与生产销售单位签订返回协议，按照协议规定返回生产单位或原出口方。 （3）交由有资质单位处理。 （4）洗片冲洗废水先进入厂区综合污水处理系统处理，预处理后接入实康污水厂集中处理。	每年投入

	废气：臭氧在常温常压下稳定性较差，可自行分解为氧气。曝光室内拟设置通风设施，可通过风机将臭氧及氮氧化物抽排出曝光室，能确保每小时有效通风换气次数不小于 3 次。	本项目臭氧在空气中短时间内可自动分解为氧气，其产生臭氧和氮氧化物环境影响较小。	/
辐射安全措施	本项目 2 座探伤房曝光室工件门及人员门均拟设置与探伤机高压联动的门-机安全联锁装置；拟在探伤房曝光室工件门及人员门的门口及内部拟设置声音提示装置、带有“预备”“照射”状态的工作指示灯，照射状态指示装置与探伤装置联锁；门-机联锁装置、声音提示装置、工作指示灯应定期检查，确保有效；探伤房曝光室工件门及人员门拟设置“当心电离辐射”警告标志；拟在控制台处设置钥匙开关，控制台及曝光室内部四周墙壁上拟设置急停机按钮。工件门及人员门拟设置紧急开门按钮。探伤房曝光室均拟安装固定式剂量率仪，并与门-机联锁相联系。同时探伤房曝光室内配备监视监控装置。 本项目源库用于储存本项目 6 台γ射线探伤机。源库防护门上拟设置“当心电离辐射”警告标志及警示说明；同时安装红外报警及监控探头，对源库实时监控；源库拟设置双人双锁，并由专人负责，γ射线探伤机出入库时应进行监测并有详细记录。 移动探伤项目配备警戒绳 1000m、电离辐射警告标志 9 个，“预备”“照射”状态的指示灯 4 个，声音提示装置 1 个，“禁止进入射线工作区”控制区警告牌 4 个，“无关人员禁止入内”监督区警告牌 4 个，14mm 铅屏风 2 个，3mm 铅屏风 2 个。	满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）、《国家环境保护总局关于γ射线探伤装置的辐射安全要求》环发〔2007〕8 号、《剧毒化学品、放射源存放场所治安防范要求》（GA1002-2012）要求。	2
	拟配备 3 台辐射巡测仪及 6 台个人剂量报警仪。	根据《辐射环境监测技术规范》及《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》满足工作场所日常监测要求。	3

以上措施必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投入生产和使用。