

核技术利用建设项目

南通四方罐式储运设备制造有限公司

扩建 2 座固定式 X 射线探伤房项目

（重新报批机组容器探伤房项目）

环境影响报告表

南通四方罐式储运设备制造有限公司（公章）

2026 年 3 月

生态环境部监制

目 录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	9
表 3 非密封放射性物质.....	9
表 4 射线装置.....	10
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....	11
表 6 评价依据.....	12
表 7 保护目标与评价标准.....	15
表 8 环境质量和辐射现状.....	18
表 9 项目工程分析与源项.....	23
表 10 辐射安全与防护.....	34
表 11 环境影响分析.....	41
表 12 辐射安全管理.....	55
表 13 结论与建议.....	60
表 14 审批.....	64
辐射污染防治措施“三同时”措施一览表.....	65

附图：

附图 1 本项目地理位置图

附图 2 南通四方罐式储运设备制造有限公司厂区平面布置图及周围环境示意图

附图 3 本项目机组容器探伤房平面布局图

附图 4 本项目机组容器探伤房剖面布局图

附图 5 本项目与江苏省生态空间管控区域相对位置关系图

附图 6 本项目编制主持人踏勘现场照片

附件：

附件 1 委托书

附件 2 X 射线数字成像检测系统设备及 X 射线探伤机技术参数说明

附件 3 营业执照及不动产权证

附件 4 辐射安全许可证

附件 5 原有核技术项目辐射环评批复及竣工验收意见

附件 6 本项目探伤房周围辐射环境本底检测报告及检测单位资质认证证书

表 1 项目基本情况

建设项目名称		南通四方罐式储运设备制造有限公司扩建固定式 X 射线探伤房项目 (重新报批机组容器探伤房项目)				
建设单位		南通四方罐式储运设备制造有限公司				
法人代表	黄杰	联系人	***	联系电话	*****	
注册地址		江苏省南通市通州区兴仁镇江海大道 1180 号				
项目建设地点		江苏省南通市通州区兴仁镇江海大道 1180 号				
立项审批部门		/		批准文号	/	
建设项目总投资 (万元)		250	项目环保投资 (万元)	36	投资比例(环保 投资/总投资)	14.4%
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他			占地面积 (m ²)	约 131
应用 类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类			
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类(医疗使用) <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类			
	非密封放 射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物			
		<input type="checkbox"/> 销售	/			
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙			
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类			
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类			
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类			
	其他	/				
	项目概述:					
1. 建设单位基本情况、项目建设规模、任务由来及原有核技术利用项目许可情况						
南通四方罐式储运设备制造有限公司成立于 2007 年 3 月 23 日,位于江苏省南通市通州区兴仁镇江海大道 1180 号。经营范围包括储运设备及部件的设计、开发、生产、销售、安装、维修、检测、保养;压力容器、食品加工机械的设计、开发、生产和销售;机电设备及配件、金属材料的销售;普通货物道路运输;国内及国际货运代理等。公司营业执照及不动产权证见附件 3。						

南通四方罐式储运设备制造有限公司现已开展核技术利用项目，目前公司各车间在用 6 座探伤房，共配备有 6 台 X 射线实时成像检测系统及 8 台 X 射线探伤机，用于产品的无损检测，以上核技术利用项目均已取得辐射安全许可证（见附件 4），证书编号为苏环辐证[F0489]，种类和范围为“使用 II 类射线装置”，有效期至 2028 年 3 月 17 日，发证机关为南通市生态环境局。在建 2 座探伤房（机组容器探伤房、罐箱容器探伤房），共配备 2 台 X 射线实时成像检测系统及 1 台 X 射线探伤机，其中机组容器探伤房配备 1 台 XYG-3210 型 X 射线数字成像检测系统，罐箱容器探伤房配备 1 台 XYG-3205 型 X 射线数字成像检测系统以及 1 台 XXGH-3005 型 X 射线探伤机，在建 2 座探伤房于 2024 年编制了《南通四方罐式储运设备制造有限公司扩建 2 座固定式 X 射线探伤房项目环境影响报告表》，并于 2024 年 11 月 28 日取得了《南通市生态环境局关于南通四方罐式储运设备制造有限公司扩建 2 座固定式 X 射线探伤房项目环境影响报告表的批复》（通环核评[2024]26 号），目前尚在建设中，尚未取得辐射安全许可证，尚未环保竣工验收。公司原有核技术利用项目环评、许可及验收手续，见附件 4 及附件 5。

因公司规划布局调整，公司拟对机组容器探伤房进行调整，拟保留机组容器探伤房的 1 台 XYG-3210 型 X 射线数字成像检测系统（最大管电压 320kV，最大管电流 22.5mA，额定功率 4200W），并将现有的 3 号探伤房中的 1 台 2505Q/C/5.2 型 X 射线探伤机（最大管电压 250kV，最大管电流 5mA，额定功率 1250W）、1 台 XXQ2505D 型 X 射线探伤机（最大管电压 250kV，最大管电流 5mA，额定功率 1250W）、1 台 XXG3505C 型 X 射线探伤机（最大管电压 350kV，最大管电流 5mA，额定功率 1750W）以及 2 台 XXG3505T 型 X 射线探伤机（最大管电压 350kV，最大管电流 5mA，额定功率 1750W）搬迁至机组容器探伤房，用于生产的机组容器无损检测需要。

机组容器探伤房辐射源照射方向由定向变为定向+周向，导致不利影响加重。对照《关于印发<核技术利用建设项目重大变动清单（试行）>的通知》（环办辐射函〔2025〕313 号），属于其中的“11、生产工艺或使用方式变化导致不利影响加重”，发生了重大变动，故本次环评对原《南通四方罐式储运设备制造有限公司扩建 2 座固定式 X 射线探伤房项目环境影响报告表》中机组容器探伤房相关内容重新报批。

机组容器探伤房检测的机组容器最大长度为 4.5m，筒体直径为 0.35-2m，材料壁厚为 8-28mm 钢。公司拟为本项目配备 4 名辐射工作人员，从现有辐射工作人员中调配。本项目辐射工作人员仅从事负责的探伤房的相应工作，不兼职其他探伤房工作。项目运

行后机组容器探伤房每周开机曝光时间不超过 20h，年工作均 50 周，年曝光总时间不超过 1000h。本项目 X 射线数字成像检测系统及 X 射线探伤机均使用 IP 板代替胶片，本项目不使用胶片，不进行洗片，不产生胶片清洗废水、废胶片等危废。

南通四方罐式储运设备制造有限公司本项目核技术利用情况详见下表 1-1。

表 1-1 南通四方罐式储运设备制造有限公司本项目核技术利用情况一览表

射线装置											
序号	射线装置名称及型号	数量(台/套)	管电压 kV	管电流 mA	额定功率 W	类别	工作场所	活动种类	环评情况及审批时间	许可情况	备注
1	X 射线数字成像检测系统 (XYG-3210)	1	320	22.5	4200	II	机组容器探伤房曝光室	使用	本次环评	未许可	定向
2	X 射线探伤机 (2505Q/C/5.2 型)	1	250	5	1250	II		使用	本次环评	未许可	周向
3	X 射线探伤机 (XXQ2505D 型)	1	250	5	1250	II		使用	本次环评	未许可	定向
4	X 射线探伤机 (XXG3505C 型)	1	350	5	1750	II		使用	本次环评	未许可	周向
5	X 射线探伤机 (XXG3505T 型)	2	350	5	1750	II		使用	本次环评	未许可	定向

注：XXG3505T 型 X 射线探伤机存在两台同时开启的情况，其他 X 射线探伤机以及 X 射线数字成像检测系统每次仅开启 1 台。

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 射线数字成像检测系统及 X 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”，本项目应编制环境影响报告表。受南通四方罐式储运设备制造有限公司委托，江苏龙灵环境科技有限公司承担该项目的环评工作。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

南通四方罐式储运设备制造有限公司位于江苏省南通市通州区兴仁镇江海大道 1180 号，公司东侧为三庙村居民区；南侧为江海大道；西侧为兴西路；北侧为无名道路。本项目地理位置图见附图 1，公司平面布置图及周围环境示意图见附图 2。

本项目机组容器探伤房位于公司 2#车间南侧中部。机组容器探伤房曝光室东侧隔过道为 2#车间；南侧为厂区道路、成品堆场及 2010 车间；西侧为 2#车间；北侧隔过道为 2#车间。本项目探伤房设置有曝光室、操作室及辅房，操作室位于曝光室西南侧，辅房位于曝光室南侧及西南侧。本项目探伤房为一层建筑，上方为生产车间顶棚（无人员到达），下方为土层。

本项目机组容器探伤房曝光室周围 50m 范围无居民区、学校等环境敏感点。50m 范围内涉及：①2#车间，②南侧厂区道路，③南侧成品堆场及 2010 车间。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曝光室周围公众。

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），并结合江苏省生态环境分区管控综合服务网站查询可以确定，本项目评价范围内不涉及江苏省国家级生态保护红线区域、江苏省生态空间管控区域。本项目与生态空间管控区域相对位置关系见附图5。

本项目的建设符合江苏省及南通市“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。

3. 实践正当性

南通四方罐式储运设备制造有限公司因规划布局调整以及生产的机组容器检测需要，计划对机组容器探伤房相关内容重新报批，计划购买 1 台 X 射线数字成像检测系统，并从现有的 3 号探伤房搬迁 5 台 X 射线探伤机对机组容器进行无损检测，确保其产品质量。本项目的建设将满足企业提供产品质量的需求，创造更好的经济效益，从社会角度而言，能够使用安全系数更高的产品，减少安全事件发生的可能性。虽然在运行期间，X 射线数字成像检测系统及 X 射线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。

4. 原有核技术利用项目许可情况

4.1 辐射安全许可情况

南通四方罐式储运设备制造有限公司现已开展核技术利用项目，在用设备已取得辐射安全许可证（见附件4），证书编号为苏环辐证[F0489]，种类和范围为“使用II类射线装置”，有效期至2028年3月17日，发证机关为南通市生态环境局。原有核技术利用项目已履行相关环保手续，环评批文及验收意见见附件5。公司现有核技术利用项目情况见表1-2。

表 1-2 南通四方罐式储运设备制造有限公司现有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	产品序列号	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	许可情况	验收情况
1	X射线实时成像装置（ISOVOLT160M2型）	1	791-01	160	19	II	2号探伤房	使用	已环评	已许可	已验收
2	X射线探伤机（2505Q/C/5.2型）	1	384	250	5	II	3号探伤房	使用	已环评	已许可	已验收
3	X射线探伤机（2505Q/C/5.1型）	1	418	250	5	II		使用	已环评	已许可	已验收
4	X射线探伤机（XXQ2505D型）	1	3985	250	5	II		使用	已环评	已许可	已验收
5	X射线探伤机（XXG3505C型）	1	6450	350	5	II		使用	已环评	已许可	已验收
6	X射线探伤机（XB3505D型）	1	3092	350	5	II		使用	已环评	已许可	已验收
7	X射线探伤机（XXG3505T型）	1	2398	350	5	II		使用	已环评	已许可	已验收
8	X射线探伤机（XXG3505C型）	1	3794	350	5	II		使用	已环评	已许可	已验收
9	X射线探伤机（XXG3505T型）	1	2014	350	5	II		使用	已环评	已许可	已验收
10	X射线实时成像检测系统（XYG-22510/3）	1	791-05	225	22	II		4号探伤房	使用	已环评	已许可
11	X射线实时成像检测系统（XYG-22508/3）	1	G791-07	225	30	II	板材探伤房	使用	已环评	已许可	已验收
12	X射线实时成像检测系统（XYG-22508/3）	1	G791-08	225	15	II	封头探伤房	使用	已环评	已许可	已验收

13	X 射线实时成像检测系统（XYG-22508/3）	1	G791-09	225	15	II	罐箱探伤房	使用	已环评	已许可	已验收
14	X 射线实时成像检测系统（XYG-22508/3）	1	G791-10	225	15	II		使用	已环评	已许可	已验收
15	X 射线数字成像检测系统（XYG-3210）	1	/	320	22.5	II	机组容器探伤房	使用	已环评	未许可	未验收
16	X 射线数字成像检测系统（XYG-3205）	1	/	320	22.5	II	罐箱容器探伤房	使用	已环评	未许可	未验收
17	X 射线探伤机（XXGH-3005）	1	/	300	5	II		使用	已环评	未许可	未验收

注：①3 号探伤房产品序列号分别为 3985、384、2398、2014、6450 的 X 射线探伤机，本次计划搬迁至机组容器探伤房；

②本次环评机组容器探伤房中原 X 射线数字成像检测系统（XYG-3210）保留；罐箱容器探伤房 X 射线数字成像检测系统以及 X 射线探伤机不变动；

③机组容器探伤房、罐箱容器探伤房均在建设中，故尚未验收，尚未办理辐射安全许可证。

4.2 辐射安全与环境保护管理机构情况

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年 1 月 4 日修订），南通四方罐式储运设备制造有限公司为满足公司辐射安全与环境保护管理的需求，已成立辐射安全与环境保护管理小组，负责公司辐射安全与环境保护管理工作。

公司现有的辐射安全与环境保护管理机构为辐射安全与环境保护管理机构小组，符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年 1 月 4 日修订）中的相关要求，可以满足公司日常辐射安全与环境保护管理的要求。

4.3 辐射安全与环境保护管理制度

南通四方罐式储运设备制造有限公司已制定了一系列辐射安全管理制度，包括操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、事故应急预案等，具体制度见表 1-3。

表 1-3 辐射安全管理制度一览表

《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求制度	建设单位制度制定情况	是否落实
辐射防护和安全保卫制度	《辐射防护和安全保卫制度》	已落实
操作规程	《操作规程》	已落实
岗位职责	《岗位职责》	已落实
设备检修维护制度	《设备检修维护制度》	已落实
使用登记制度	《射线装置使用登记、台帐管理制度》	已落实

监测方案	《个人剂量监测方案》、《辐射环境监测方案》	已落实
人员培训计划	《人员培训计划》	已落实
辐射事故应急	《辐射事故应急预案》	已落实

现有辐射安全管理制度基本能满足公司核技术应用项目的管理需要，符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年1月4日修订）中“应当有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、辐射事故应急措施”的要求。

4.4 辐射工作人员考核证书、职业健康体检及个人剂量情况

南通四方罐式储运设备制造有限公司现有辐射工作人员17名，均参加了辐射安全与防护考核，并取得考核合格证书，并已进行职业健康体检及个人剂量检测，体检结果均合格。辐射工作人员个人剂量检测结果均未超标，已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，具体见表1-4。

表 1-4 现有辐射相关工作人员一览表

序号	姓名	培训考核情况（有效期）	个人剂量当量 Hp(10)/mSv				年剂量当量/mSv	职业健康体检
			2024年三季度	2024年四季度	2025年一季度	2025年二季度		
1	***	*****	0.023	0.023	0.023	0.023	0.092	可继续从事 2024.12
2	***	*****	0.023	0.023	0.023	0.023	0.092	可继续从事 2024.12
3	***	*****	0.023	0.023	0.023	0.023	0.092	可继续从事 2024.12
4	***	*****	0.023	0.023	0.023	0.023	0.092	可继续从事 2024.11
5	***	*****	0.023	0.023	0.023	0.023	0.092	可继续从事 2024.11
6	***	*****	0.023	0.023	0.023	0.023	0.092	可继续从事 2024.11
7	***	*****	0.023	0.023	0.023	0.023	0.092	可继续从事 2024.12
8	***	*****	0.023	0.023	0.023	0.023	0.092	可继续从事 2024.12
9	***	*****	0.023	0.023	0.023	0.023	0.092	可继续从事 2024.11
10	***	*****	0.023	0.023	0.023	0.023	0.092	可继续从事 2024.11
11	***	*****	0.023	0.023	0.023	0.030	0.099	可继续从事 2024.12
12	***	*****	0.023	0.023	0.023	0.042	0.111	可继续从事 2024.11
13	***	*****	0.023	0.023	0.023	0.023	0.092	可继续从事 2024.11
14	***	*****	0.051	0.023	0.023	0.057	0.154	可继续从事

								2024.12
15	***	*****	0.023	0.023	0.023	0.023	0.092	可继续从事 2024.11
16	***	*****	0.023	0.023	0.023	0.023	0.092	可继续从事 2024.11
17	***	*****	0.023	0.067	0.023	0.023	0.138	可继续从事 2024.12

注：个人剂量检测仪器最低探测水平（MDL）为 0.046mSv，个人剂量检测报告中检测结果为 <MDL 时，按 MDL 值的一半统计。

依据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第十二条“生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告”。南通四方罐式储运设备制造有限公司 2024 年度已按时在全国核技术利用辐射安全申报系统中上传年度评估报告。

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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 射线数字成像检测系统	II	1	XYG-3210	320	22.5	无损检测	机组容器探伤 房曝光室	定向机，额定功率 4200W
2	X 射线探伤机 (2505Q/C/5.2 型)	II	1	2505Q/C/5.2 型	250	5	无损检测		周向机，额定功率 1250W
3	X 射线探伤机 (XXQ2505D 型)	II	1	XXQ2505D 型	250	5	无损检测		定向机，额定功率 1250W
4	X 射线探伤机 (XXG3505C 型)	II	1	XXG3505C 型	350	5	无损检测		周向机，额定功率 1750W
5	X 射线探伤机 (XXG3505T 型)	II	2	XXG3505T 型	350	5	无损检测		定向机，额定功率 1750W

(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 (μ A)	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	直接进入大气，臭氧在常温常压下稳定性较差，常温常态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。
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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/m³，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/m³)和活度 (Bq)。

表6 评价依据

法规 文件	<ol style="list-style-type: none"> 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2014年主席令第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) 《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》，中华人民共和国原国家环保总局环发〔2006〕145号，自2006年9月26日起施行； 11) 《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，中华人民共和国生态环境部公告2019年第39号，自2019年11月1日起施行； 12) 《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2019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； 13) 《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
----------	---

	<p>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；</p> <p>14) 《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；</p> <p>15) 《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；</p> <p>16) 《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；</p> <p>17) 《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；</p> <p>18) 《省生态环境厅关于进一步做好建设项目环境影响报告书（表）编制单位监管工作的通知》（苏环办〔2021〕187号），2021年5月31日印发。</p>
<p>技术标准</p>	<p>1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）</p> <p>2) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）</p> <p>3) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）</p> <p>4) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）</p> <p>5) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）</p> <p>6) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）</p> <p>7) 《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及修改单</p> <p>8) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）</p> <p>9) 《关于印发<核技术利用建设项目重大变动清单（试行）>的通知》（环办辐射函〔2025〕313号）</p>
<p>其他</p>	<p>附图：</p> <p>附图 1 本项目地理位置图</p> <p>附图 2 南通四方罐式储运设备制造有限公司厂区平面布置图及周围环境示意图</p> <p>附图 3 本项目机组容器探伤房平面布局图</p> <p>附图 4 本项目机组容器探伤房剖面布局图</p> <p>附图 5 本项目与江苏省生态空间管控区域相对位置关系图</p>

附图 6 本项目编制主持人踏勘现场照片

附件：

附件 1 委托书

附件 2 X 射线数字成像检测系统设备及 X 射线探伤机技术参数说明

附件 3 营业执照及不动产权证

附件 4 辐射安全许可证

附件 5 原有核技术项目辐射环评批复及竣工验收意见

附件 6 本项目探伤房周围辐射环境本底检测报告及检测单位资质认证证书

表7 保护目标与评价标准

评价范围							
<p>本项目使用 X 射线数字成像检测系统及 X 射线探伤机进行无损探伤，X 射线数字成像检测系统及 X 射线探伤机属于 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》（HJ 10.1-2016）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 50m 的范围”相关规定，确定本项目评价范围为本项目探伤房曝光室边界外 50m 区域。本项目 50m 评价范围见附图 2。</p>							
保护目标							
<p>南通四方罐式储运设备制造有限公司位于江苏省南通市通州区兴仁镇江海大道 1180 号。本项目机组容器探伤房曝光室周围 50m 范围无居民区、学校等环境敏感点。</p> <p>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）以及《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），并结合江苏省生态环境分区管控综合服务网站查询可以确定，本项目评价范围内不涉及江苏省国家级生态保护红线区域、江苏省生态空间管控区域。本项目与生态空间管控区域相对位置关系见附图5。</p> <p>本项目评价范围内不涉及《建设环境影响评价分类管理名录（2021年版）》第三条中的环境敏感区以及《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2022）中生态敏感区、生态保护目标。本项目的建设符合江苏省及南通市“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。</p>							
表7-1 本项目机组容器探伤房周围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	剂量限值	
1	辐射工作人员	操作室及辅房	曝光室南侧及西南侧	0m	4 人	职业人员 5mSv/a	
2	周围公众	东侧过道	曝光室东侧	2.7m	流动人员	公众 0.1mSv/a	
		北侧过道	曝光室北侧	0m	流动人员		
3		2#车间	东侧	曝光室东侧	约 5.7m		约 50 人
			西侧	曝光室西侧	约 5.0m		
			北侧	曝光室北侧	约 3.0m		
4		厂区道路	曝光室南侧	约 6m	流动人员		
5		成品堆场	曝光室南侧	约 12m	约 4 人		

6	2010 车间	曝光室南侧	约 46m	约 10 人						
<p>评价标准</p> <p>1) 工作人员职业照射和公众照射剂量限值:</p> <p>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：</p> <p style="text-align: center;">表 7-2 工作人员职业照射和公众照射剂量限值：</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">对 象</th> <th style="text-align: center;">剂量限值</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">职业照射 剂量限值</td> <td> 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。 </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">公众照射 剂量限值</td> <td> 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。 </td> </tr> </tbody> </table> <p>2) 剂量约束值</p> <p>参考《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) “11.4.3.2 剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10%~30%（即 0.1mSv~0.3mSv）的范围之内”的要求，职业人员按年剂量限值 1/4 取值，公众按照其年剂量限值的 1/10 取值，确定本项目剂量约束值如下：</p> <p>职业人员年剂量约束值不大于 5mSv/a；</p> <p>公众活动区域相关人员年剂量约束值不大于 0.1mSv/a。</p> <p>3) 职业人员和公众每周的周围剂量当量参考控制水平（固定探伤）：</p> <p>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 100 μ Sv/周，对公众场所，其值应不大于 5 μ Sv/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：</p> <p>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 100 μ Sv/周；</p> <p>公众每周的周围剂量当量参考控制水平，其值应不大于 5 μ Sv/周。</p> <p>4) 曝光室屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平（固定探伤）：</p>					对 象	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。
对 象	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。									

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 2.5 μ Sv/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 100 μ Sv/h。”的要求确定本项目铅房表面外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平如下：

曝光室四周屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5 μ Sv/h；
曝光室顶外表面 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平应不大于 100 μ Sv/h。

5) 辐射环境质量现状监测评价参考值

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

表 7-3 江苏省全省环境天然 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

*注： [1]表中结果已扣除仪器宇宙射线响应值
[2]现状评价时，以测值范围作为参考值。

表 8 环境质量和辐射现状

1. 项目地理和场所位置

南通四方罐式储运设备制造有限公司位于江苏省南通市通州区兴仁镇江海大道1180号，公司东侧为三庙村居民区；南侧为江海大道；西侧为兴西路；北侧为无名道路。本项目地理位置图见附图1，公司平面布置图及周围环境示意图见附图2。

本项目机组容器探伤房位于公司2#车间南侧中部。机组容器探伤房曝光室东侧隔过道为2#车间；南侧为厂区道路、成品堆场及2010车间；西侧为2#车间；北侧隔过道为2#车间。本项目探伤房设置有曝光室、操作室及辅房，操作室位于曝光室西南侧，辅房位于曝光室南侧及西南侧。本项目探伤房为一层建筑，上方为生产车间顶棚（无人到达），下方为土层。

本项目机组容器探伤房曝光室周围50m范围无居民区、学校等环境敏感点。50m范围内涉及：①2#车间，②南侧厂区道路，③南侧成品堆场及2010车间。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曝光室周围公众。

本项目机组容器探伤房周围环境现状照片分别见图8-1。





图 8-1 本项目机组容器探伤房拟建址周围环境现状照片

2.环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

本次现状监测数据引用原《南通四方罐式储运设备制造有限公司扩建 2 座固定式 X 射线探伤房项目环境影响报告表》中现状监测数据，原环评报告表中 2 座固定式 X 射线探伤房目前均处于建设状态，尚未投入运行，且周围环境未发生变化，故引用可行。

评价对象：2 座探伤房（包括原环评中机组容器探伤房、罐箱容器探伤房）拟建址周围辐射环境。

监测因子：2 座探伤房拟建址周围环境 γ 辐射剂量率。

监测点位：2 座探伤房拟建址及周围布设 24 个监测点位，分别位于探伤房拟建址四周及保护目标处。

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座探伤房拟建址周围布设监测点位，对2座探伤房拟建址周围环境 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：BG9512P型X- γ 辐射监测仪（仪器编号：RY-J018）

测量范围：10nGy/h~200 μ Gy/h

能量响应范围：主机：48keV~1.5MeV；外置探头：25keV~3MeV

检定有效日期：2024.2.23-2025.2.22

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：2024H21-20-5105948002

监测日期：2024年9月5日

环境条件：天气：晴；温度：31℃；相对湿度：58%；

评价方法：参考表7-3江苏省全省环境天然 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：2座探伤房拟建址周围现状环境 γ 辐射剂量率监测结果见表8-1（报告见附件6），监测点位示意图见图8-2。

表8-1 2座探伤房拟建址周围环境 γ 辐射剂量率

序号	检测点位	检测结果 (nGy/h)	备注
1	机组容器探伤房拟建址中部	59	室内（平房）
2	机组容器探伤房拟建址北侧	61	室内（平房）
3	机组容器探伤房拟建址东侧	59	室内（平房）
4	机组容器探伤房拟建址南侧	56	道路
5	机组容器探伤房拟建址西侧	54	室内（平房）

6	2#车间中部	57	室内（平房）
7	2#车间北侧厂区道路	52	道路
8	2010 车间北侧中部	59	室内（平房）
9	罐箱容器探伤房拟建址中部	55	室内（平房）
10	罐箱容器探伤房拟建址北侧	59	室内（平房）
11	罐箱容器探伤房拟建址东侧	58	室内（平房）
12	罐箱容器探伤房拟建址南侧	57	室内（平房）
13	罐箱容器探伤房拟建址西侧	62	室内（平房）
14	3#车间中部	56	室内（平房）
15	3#车间北侧厂区道路	52	道路
16	4#车间东南部	58	室内（平房）
17	3#车间东侧厂区道路	51	道路
18	三庙村空地	53	原野
19	三庙村动物圈舍内西侧	51	室内（平房）
20	三庙村民房 1 南侧	53	道路
21	三庙村民房 2 西侧	56	道路
22	三庙村民房 3 西侧	53	道路
23	三庙村民房 4 西侧	55	道路
24	三庙村民房 5 北侧	54	道路

*已扣除宇宙响应值（仪器的宇宙响应值为 12nGy/h）。

*建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，楼房取值为 0.8，平房取值为 0.9，原野、道路取值为 1。

根据表 8-1 的监测结果可知，2 座探伤房拟建址周围环境 γ 辐射剂量率在（51~62）nGy/h 范围内，其中室内环境辐射剂量率在（51~62）nGy/h 范围内，处于江苏省室内天然 γ 辐射剂量率水平；道路环境辐射剂量率为（51~56）nGy/h，处于江苏省道路天然 γ 辐射剂量率水平；原野环境辐射剂量率为 53nGy/h，处于江苏省原野天然 γ 辐射剂量率水平。

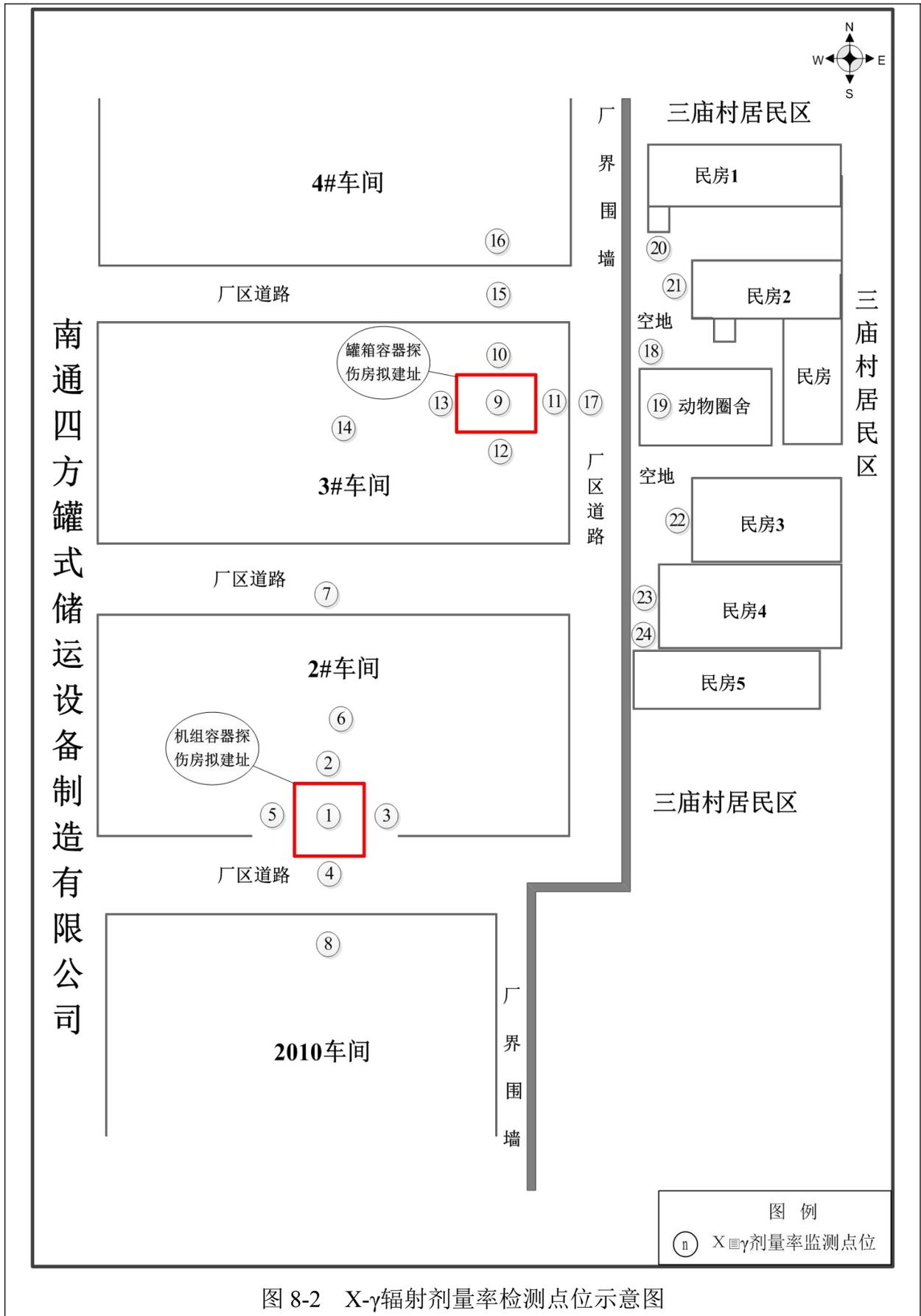


图 8-2 X-γ辐射剂量率检测点位示意图

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

因公司规划布局调整，公司拟对机组容器探伤房进行调整，拟保留机组容器探伤房的1台XYG-3210型X射线数字成像检测系统（最大管电压320kV，最大管电流22.5mA，额定功率4200W），并将现有的3号探伤房中的1台2505Q/C/5.2型X射线探伤机（最大管电压250kV，最大管电流5mA，额定功率1250W）、1台XXQ2505D型X射线探伤机（最大管电压250kV，最大管电流5mA，额定功率1250W）、1台XXG3505C型X射线探伤机（最大管电压350kV，最大管电流5mA，额定功率1750W）以及2台XXG3505T型X射线探伤机（最大管电压350kV，最大管电流5mA，额定功率1750W）搬迁至机组容器探伤房，用于生产的机组容器无损检测需要。

1.1 X射线数字成像检测系统

XYG-3210型X射线数字成像检测系统是专门为大尺寸压力容器产品检测而设计的无损检测设备，整套系统由定向X射线机、射线机移动小车、筒体运输小车、CR扫描仪及IP板、电气控制系统、计算机系统、监控系统、防护系统、通风系统等组成。可有效进行容器焊缝中的孔洞、破损、杂质、裂纹、未焊透、未融合、咬边等缺陷的检测。

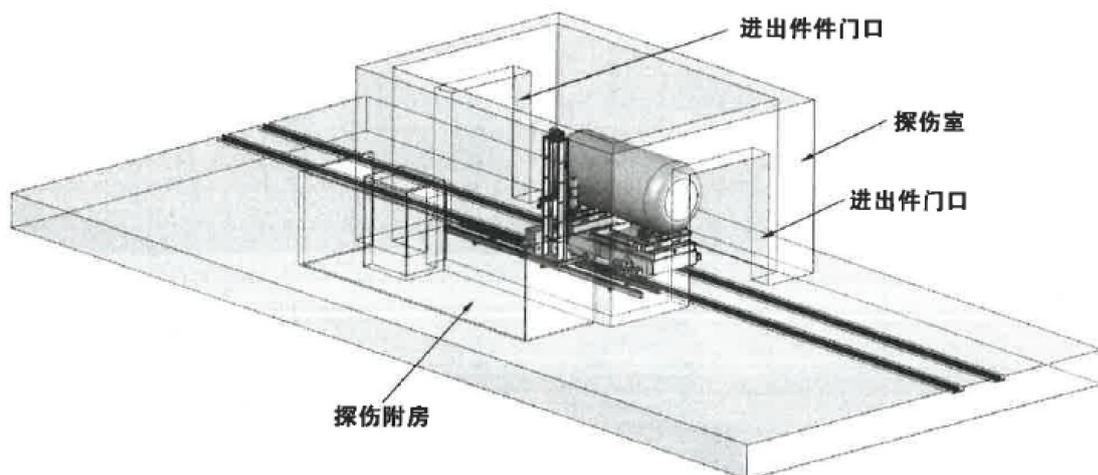


图9-1 机组容器探伤房布局示意图

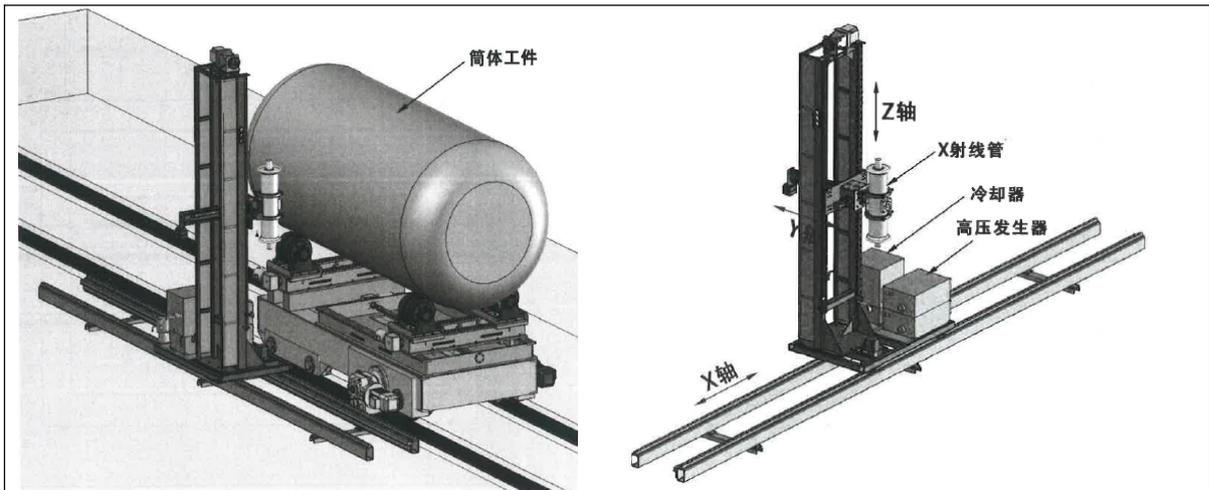


图9-2 XYG-3210型X射线数字成像检测系统示意图

表9-1本项目X射线数字成像检测系统参数

参数	XYG-3210 型 X 射线数字成像检测系统
输出电压范围	15~320kV, 步长 0.1kV
输出电流	0~22.5mA, 步长 0.01mA
额定功率	1500W 小焦点/4200W 大焦点
最大 kV 处的最大管电流	4.68mA 小焦点/13.12mA 大焦点
辐射窗口角度	30°
滤过条件	3mm 钼+3mm 铜
照射方向	定向, 照射方向固定朝北
工作方式	可连续工作

X 射线管是产生 X 射线的关键部件，全称为金属陶瓷 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。如下图所示。

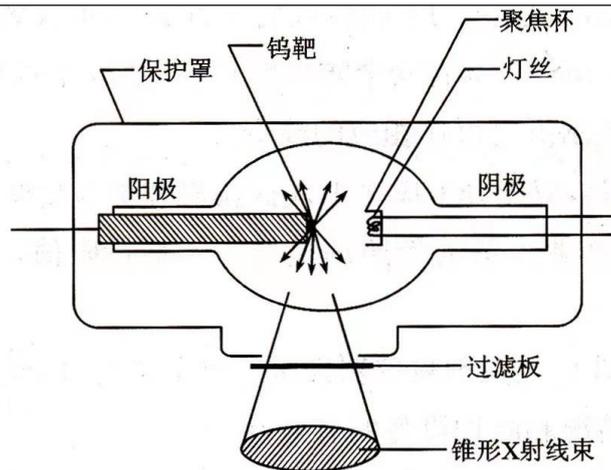


图9-3 常见X射线管结构图

本项目 XYG-3210 型 X 射线数字成像检测系统探伤工作时，X 射线数字成像检测系统位于机组容器外部，主射线固定朝北照射，照射方向前方使用 IP 板代替传统胶片，X 射线数字成像检测系统照射示意图如图 9-4 所示。

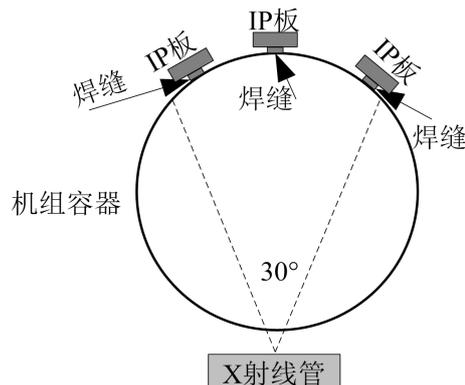


图 9-4 本项目 XYG-3210 型 X 射线数字成像检测系统照射示意图

1.2 X 射线探伤机

表9-2 本项目探伤机主要设备参数

参数	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	主射线辐射角	照射方向	工件最大厚度 (钢)	探伤机工作方式	辐射工作人员工作方式
X 射线探伤机 (2505Q/C/5.2 型)	250	5	30°×360°	周向, 照射方向南北	20mm钢	间歇式工作1:1, 工作5分钟休息5分钟	实行白班单班制; 每周最大曝光不超过20h, 每年最大曝光时间不超过1000h。
X 射线探伤机 (XXQ2505D 型)	250	5	30°	定向, 照射方向固定朝北			
X 射线探伤机 (XXG3505C 型)	350	5	30°×360°	周向, 照射方向南北			
X 射线探伤机 (XXG3505T 型)	350	5	30°	定向, 照射方向固定			

型)

朝北

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。常见X射线探伤装置控制箱见图9-5，常见X射线探伤机外观图及连接电缆见图9-6。

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。典型的X射线管结构图见图9-7。

X射线探伤机按照X射线发射的方向和窗口范围可分为定向式和周向式，常见周向X射线探伤机以及定向X射线探伤机照射工件示意图见图9-8。本项目X射线探伤机使用的IP板和胶片张贴位置、外观类似，不同于胶片需要洗片，本项目使用的IP板能放进CR扫描仪中，通过CR扫描仪将IP板采集信息转换成电子图像，可以从图像上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，本项目使用的IP板示意图见图9-9。

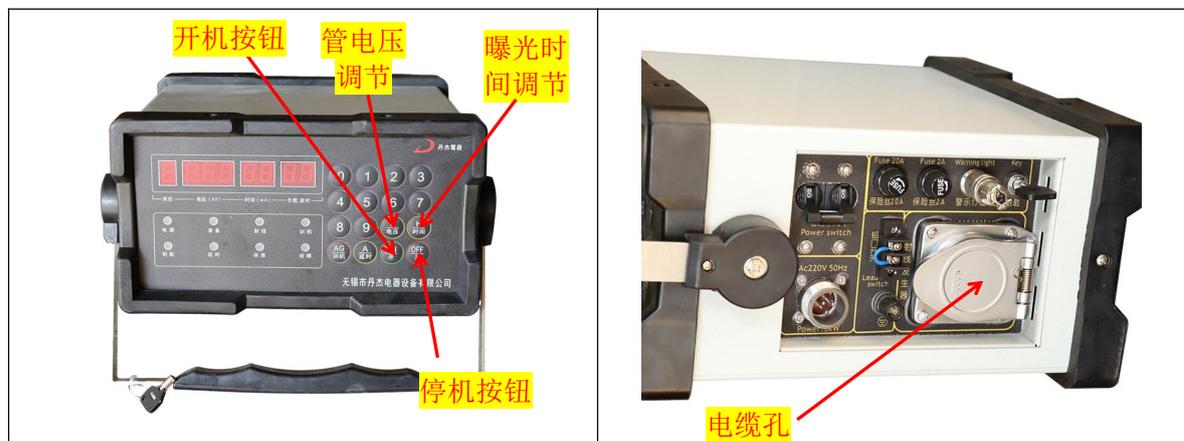


图9-5 设备厂家X射线探伤装置控制箱



图 9-6 设备厂家 X 射线探伤机外观图及连接电缆

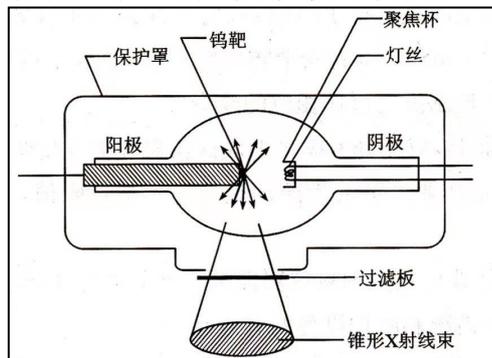


图 9-7 典型的 X 射线管结构图

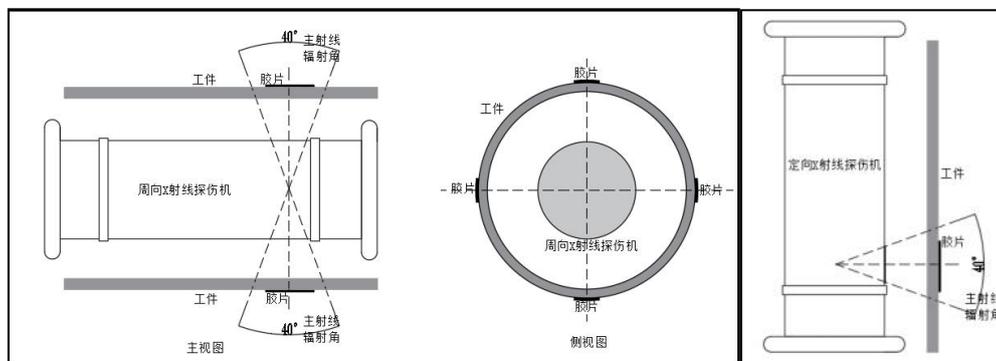


图 9-8 常见周向/定向 X 射线探伤机照射工件示意图



图 9-9 本项目使用的 IP 板示意图

2.X 射线无损检测原理

2.1 XYG-3210型X射线数字成像检测系统及X射线探伤机

X射线探伤，即无损X射线检测技术，是利用不同材料对X射线吸收的差异性，使IP板感光形成黑度不同的图像，从而反映出被检测物体内部的缺陷。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，IP板感光量就小。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，IP板感光量较大。探伤结束后，将IP板取下并放入CR扫描仪中，通过CR扫描仪将IP板采集信息转换成电子图像，可以从图像上的差异判断焊接的质量、缺陷位置和被检样品内部的细微结构等。

3.工件信息及工作方式



图 9-10 本项目机组容器探伤房主要探伤工件示意图

本项目机组容器探伤房主要用于检测公司生产的机组容器。机组容器探伤房检测的机组容器最大长度为4.5m，筒体直径为0.35-2m，材料壁厚为8-28mm钢。机组容器探伤房曝光室净尺寸长8.4m，宽5.2m，高4.5m，工件门洞均为2.6m×3.5m，工件门尺寸均为3m×3.9m，人员门洞为0.8m×2m，人员门尺寸为1.2m×2.35m。曝光室内及门宽尺寸与工件能够匹配。

建设单位只开展探伤房内的探伤，不涉及野外（室外）探伤项目。建设单位开展探伤作业时，XXG3505T型X射线探伤机存在两台同时开启的情况，其他X射线探伤机以及X射线数字成像检测系统每次仅开启1台。

根据本项目探伤工件及探伤房具体情况确定使用外照法或内照法，曝光时间与探伤物件厚度成正比。X射线探伤装置出束时，X射线数字成像检测系统主射线方向以及定向X射线探伤机主射线方向均为北墙；周向X射线探伤机主射线方向为南墙、北

墙、屋顶及地面。本项目所在探伤房地下为土质层，上方为厂房屋顶。

4.工作流程及产污环节分析

4.1 XYG-3210 型 X 射线数字成像检测系统及 X 射线探伤机

X射线探伤时辐射工作人员通过运件车带将机组容器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) 打开进件铅门，旋转辊移动机构至上下件区域，载有待检机组容器的进件运件车进入曝光室内的上下件区域，运件车启动升降装置将待检机组容器落入旋转辊轮上，进件运件车退出曝光室，上件运件车装载下一工件；

3) 将IP板固定在检测部位。按工件的类型及单壁、双壁透照方式，调节好X射线管的位置，透照焦距满足检测工艺要求；

4) 检查曝光室内人员滞留情况，通过人员门回到操作台，通过监控确定无人后关闭工件门、人员门；

5) 探伤工作人员在操作台开启X射线数字成像检测系统或X射线探伤机进行曝光。曝光检测过程中X射线管保持静止不动，通过控制各机械轴的运行，完成对工件的检测：①工件纵焊缝检测，使用旋转辊移动机构沿X轴运动进行检测；②工件环焊缝检测，使用旋转辊周向旋转运动进行检测；

6) 曝光完成后关闭探伤设备，工作人员从人员门进入曝光室取下IP板；

7) 完成所有检测工作后，旋转辊移动机构退至上下件区域，X射线管运动机构平移至Y轴的侧面，出件运件车进入曝光室内的上下件区域停止，运件车启动升降装置，将工件升起脱离旋转辊轮，出件运件车驶出进出件区域后，升降装置回落，出件运件车驶出曝光室；

8) 工作人员将取下的IP板放入CR扫描仪中，通过CR扫描仪将IP板采集信息转换成电子图像，可以从图像上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。

工作流程及产污环节见下图。

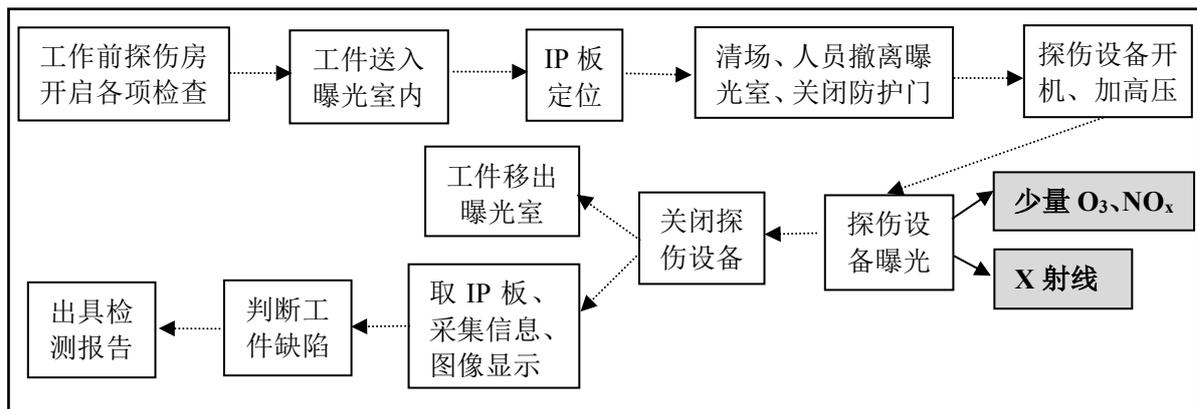


图 9-11 本项目 XYG-3210 设备及 X 射线探伤机探伤工作流程及产污环节
 由图 9-11 可知，本项目营运中产生的主要污染物如下：

- (1) X 射线数字成像检测系统及 X 射线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。

此外，在 X 射线数字成像检测系统及 X 射线探伤机首次到厂或超过 1 周未使用等情况下，在开始探伤工作前，需要对 X 射线数字成像检测系统及 X 射线探伤机进行训机，训机工作流程及产污环节为：

(1) 清场、关门：检查探伤室内人员滞留情况，确定无人后辐射工作人员关闭工件门，并从人员门离开探伤室，关闭人员门，启动“预备”信号；

(2) 训机：辐射工作人员在操作室内操作控制箱，按下训机键，进入训机状态，语音提示“训机开始”，从低千伏值一点一点地往高训。按下训机键后，X 射线数字成像检测系统及 X 射线探伤机将产生 X 射线污染，同时 X 射线将使探伤室内的空气电离产生少量臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x）；

(3) 训机结束：当训到最高千伏值后，X 射线数字成像检测系统及 X 射线探伤机自动关闭，同时在训机过程中，也可以通过“高压关”键来随时终止。

5. 人员配置及工作制度

工作制度：本项目辐射工作人员实行白班单班制，每年工作 50 周，本项目机组容器探伤房每周最大曝光不超过 20h，年曝光时间均为不超过 1000h。上述时间已考虑训机时间。

人员配置：建设单位拟为本项目配备 4 名辐射工作人员，从公司已有的 17 名辐射工作人员中调配。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

物流：本项目机组容器探伤房曝光室均设有运输车及导轨，曝光开始前，运输车经过导轨开到曝光室外，工件装上运输车，辐射工作人员在操作室操作台自动控制运输车开进曝光室合适位置，通过曝光室内视频监控确认有无人员滞留曝光室，确认无人员滞留后，曝光检测，检测完成后，工件由运输车经过工件门运出曝光室。

人流：本项目探伤房辐射工作人员由人员门进入操作室，在操作台操作设备，曝光室内有特殊情况时，由人员门进入曝光室。探伤任务结束后，从人员门离开操作室。

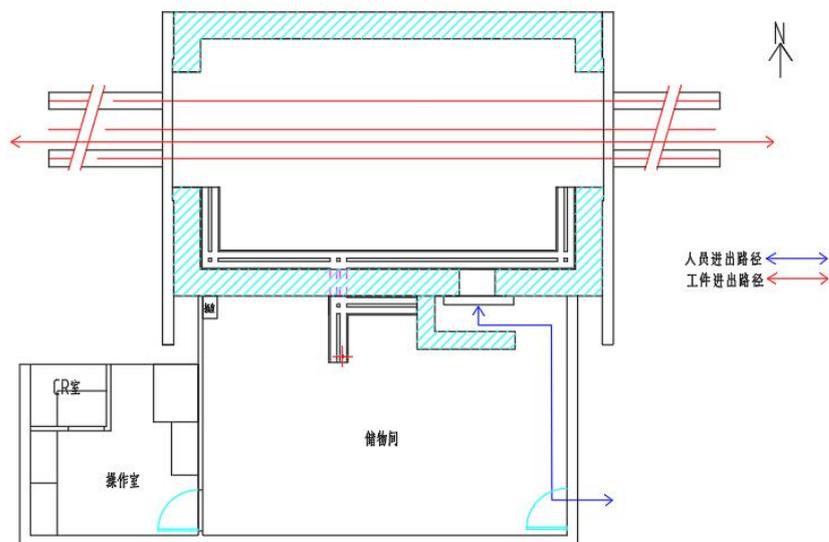


图 9-12 本项目机组容器探伤房辐射工作场所人流及物流路径

7. 原有工艺不足和改进情况

建设单位原许可的辐射工作场所均有完善的环评、辐射安全许可证及竣工环保验收手续。建设单位已建立一套完善的辐射安全与防护相关规章制度，且各辐射工作场所辐射安全与防护措施配备到位。建设单位现有项目辐射工作人员 17 名均已取得辐射安全考核证书，17 名辐射工作人员均已进行职业健康体检，结果均可继续从事原放射工作，已委托检测单位对 17 名辐射工作人员进行个人剂量检测，已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。

原有核技术项目无不足情况，原有探伤房无法满足检测需要，因此开展本项目，本项目建设完成后将继续开展固定探伤为产品质量服务，并将根据 GBZ117-2022 配全所有辐射安全防护措施。

污染源项描述

1. 辐射污染源分析

由X射线数字成像检测系统及X射线探伤机工作原理可知，X射线数字成像检测系统及X射线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X射线数字成像检测系统及X射线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。

有用线束辐射：（1）本项目机组容器探伤房配备的1台XYG-3210型X射线数字成像检测系统最大管电压为320kV，最大管电压条件下最大管电流为13.12mA。根据生产厂家（附件2）提供X射线管滤过为3mm铍+3mm铜，距靶点1m处有用线束辐射输出量为 $19\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，单位换算后距靶点1m处有用线束辐射输出量为 $1.14\times 10^6\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{h}$ ；

（2）本项目机组容器探伤房配备的5台X射线探伤机，根据企业（附件2）提供X射线管滤过均为3mm铝，参考《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表B.1，2505Q/C/5.2型以及XXQ2505D型X射线探伤机距靶点1m处有用线束辐射输出量为 $13.9\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，单位换算后距靶点1m处有用线束辐射输出量为 $8.34\times 10^5\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{h}$ ；XXG3505C型以及XXG3505T型X射线探伤机，根据企业提供的资料可知，距靶点1m处有用线束辐射输出量为 $29.9\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，单位换算后距靶点1m处有用线束辐射输出量为 $1.79\times 10^6\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{h}$ 。

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。散射能量参考《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表2中数值。

表 9-3 本项目 X 射线数字成像检测设备参数一览表

装置型号	XYG-3210	2505Q/C/5.2	XXQ2505D	XXG3505C	XXG3505T
额定管电压	320kV	250kV	250kV	350kV	350kV
最大管电流	22.5mA	5mA	5mA	5mA	5mA
额定功率	4200W	1250W	1250W	1750W	1750W
滤过条件	3mm 铍+3mm 铜	3mm 铝	3mm 铝	3mm 铝	3mm 铝
距靶点 1m 处的输出量	$1.14\times 10^6\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{h}$	$8.34\times 10^5\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{h}$	$8.34\times 10^5\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{h}$	$1.79\times 10^6\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{h}$	$1.79\times 10^6\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{h}$
距靶点 1m 处的泄漏辐射剂量率	5000 $\mu\text{Sv}/\text{h}$				
90° 散射辐	250kV	200kV	200kV	250kV	250kV

射最高能量 相应 kV 值					
X 射线出束 角	30°	30°×360°	30°	30°×360°	30°

2.非辐射污染源分析

（1）废气

X 射线数字成像检测系统及 X 射线探伤机在工作状态时，会使曝光室内空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。

（2）废水、固废：本项目不新增辐射工作人员，从现有项目中调配，故不新增生活污水以及生活垃圾。

表 10 辐射安全与防护

<p>项目安全措施</p> <p>1.工作场所布局及分区</p> <p>本项目机组容器探伤房设计有曝光室、操作室及辅房等。本项目操作室位于曝光室墙外西南侧。本项目曝光室设置有人员门、工件门；外墙无可攀爬的设施，探伤房顶部人员不可到达。本项目 X 射线数字成像检测系统及定向 X 射线探伤机主射线固定朝北墙照射，周向 X 射线探伤机主射线方向朝南、北、顶面照射，有用线束能够避开操作室。本项目布局满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中关于操作室与曝光室分开且操作室应避开有用线束照射方向的设计要求以及探伤室人员门宜采用迷路形式的要求，因此本项目工作场所布局设计合理。</p> <p>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。</p> <p>本项目机组容器探伤房将曝光室作为本项目控制区，将操作室、辅房以及曝光室西侧外延5m、曝光室东侧外延2.7m所在区域作为本项目监督区，采用固定式围挡隔离并设置明显的电离辐射警示标志和警告标语。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。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。机组容器探伤房两区划分示意图10-1。</p>
--

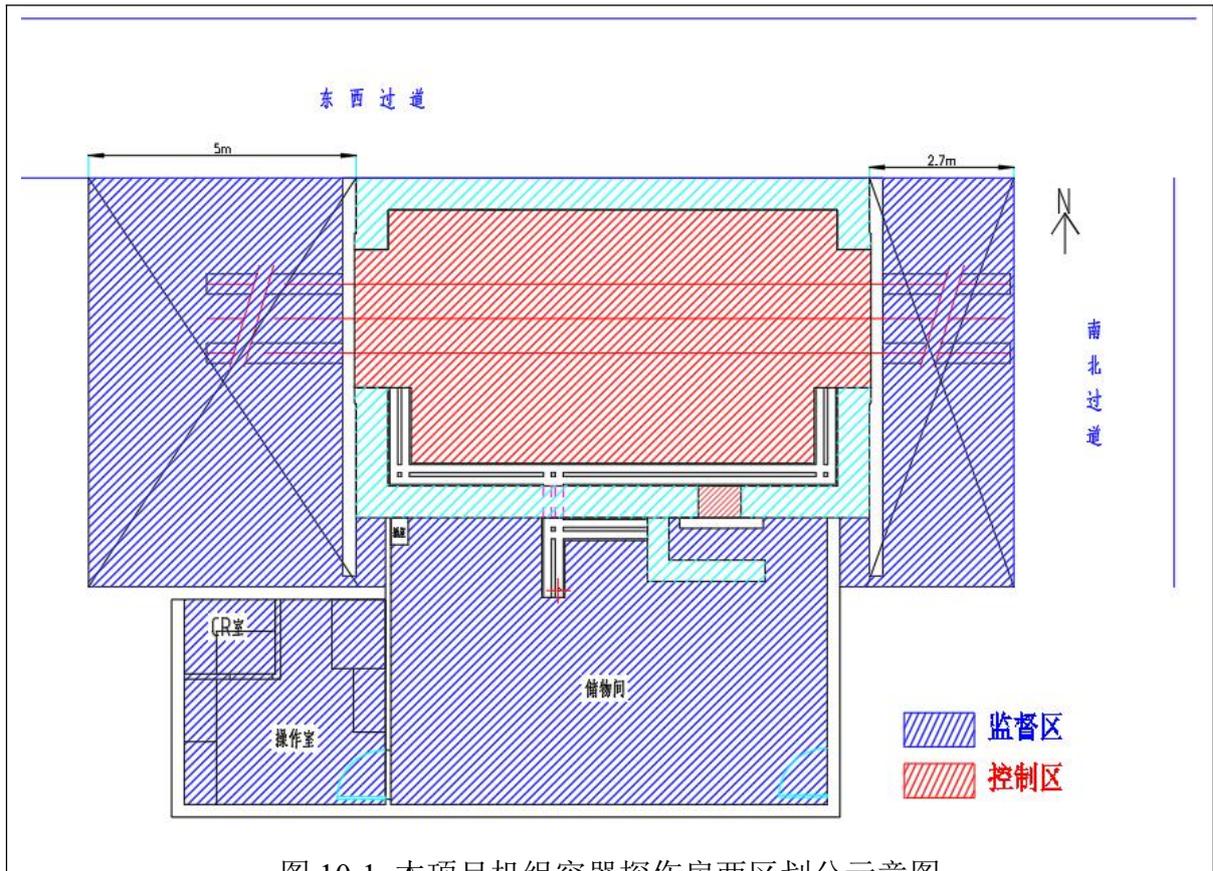


图 10-1 本项目机组容器探伤房两区划分示意图

表 10-1 本项目机组容器探伤房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	探伤房曝光室	操作室、辅房以及曝光室西侧外延 5m、曝光室东侧外延 2.7m 所在区域
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。	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	工件门、人员门外拟粘贴电离辐射警告标识及中文警示说明。	监督区外拟粘贴监督区标牌。

2.工作场所辐射屏蔽设计

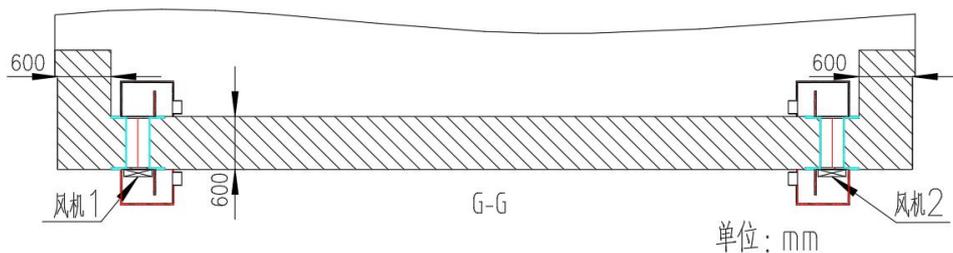
本项目机组容器探伤房曝光室内部长宽高尺寸为 8.4m×5.2m×4.5m，曝光室通过混凝土+铅屏蔽、混凝土屋顶和铅防护门对 X 射线进行防护。东墙、南墙及西墙为 600mm 混凝土，北墙为 600mm 混凝土+3mm 铅（铅板高 3m），顶部为 500mm 混凝土，工件门内嵌 20mm 铅板，人员门内嵌 40mm 铅板。本项目探伤房平面布局见附图 3，剖面布局见附图 4。

本项目曝光室南墙顶部西侧、东侧各设置 1 个直径 $\phi 253\text{mm}$ 通风管道，每个通风管道口内侧、外侧各设置 1 个 20mm 铅防护罩，在南墙外表面贴墙设置管道，2 个管道口均设置在南墙外，2 个管道口均高于曝光室顶部 0.5m，可通过轴流风机抽排曝光室内产生的臭氧及氮氧化物。安装的 2 个轴流风机排风量均为 $3000\text{m}^3/\text{h}$ ，探伤作业时全程开启风机。

本项目曝光室穿南墙下方设置 2 个直径 $\phi 150\text{mm}$ 电缆管道，均使用 U 型过墙方式埋于地坪 800mm 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 2 处工件门门洞尺寸：2600mm×3500mm，门体尺寸：3000mm×3900mm，左右各搭接 200mm，上下各搭接 200mm。工件门与墙体之间的缝隙宽度为 10mm，工件门与墙体重叠部分不小于工件门与墙体缝隙宽度的 10 倍。

本项目人员门门洞尺寸：800mm×2000mm，门体尺寸：1200mm×2350mm，左右各搭接 200mm，上面搭接 180mm，下面搭接 170mm。人员门与墙体之间的缝隙宽度为 10mm，人员门与墙体重叠部分不小于工件门与墙体缝隙宽度的 10 倍。



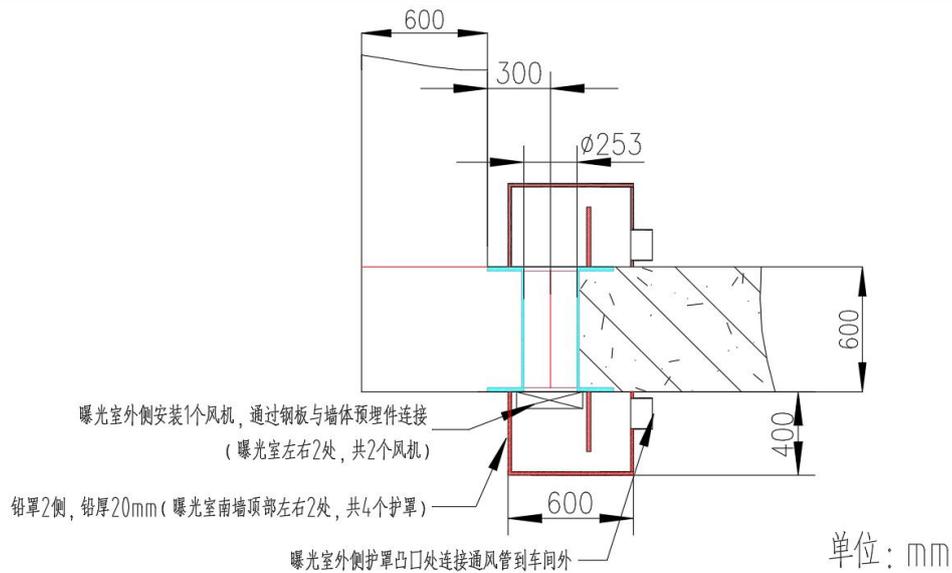


图 10-2 本项目机组容器探伤房通风管道设计示意图

表 10-2 本项目工作场所屏蔽设计情况一览表

工作场所名称	屏蔽防护体	材质及厚度设计
机组容器探伤房 曝光室	东墙、南墙、西墙	600mm混凝土
	北墙	600mm混凝土+3mm铅（铅板高3m）
	屋顶	500mm混凝土
	工件门	2扇，均为钢-20mm铅板-钢结构
	人员门	钢-40mm铅板-钢结构
	电缆管道	直径 $\phi 150\text{mm}$ ，采用U型过墙方式埋于地坪800mm以下
	排风管道	直径 $\phi 253\text{mm}$ ，每个管道口两侧各设置1个20mm铅防护罩

注：本项目 XYG-3210 型 X 射线数字成像检测系统以及定向 X 射线探伤机距离地面最大高度均为 1.9m，距离北墙最远距离均为 3.25m，主射线在北墙的最大覆盖高度 $R=1.9+3.25\tan 15^\circ=2.77\text{m}$ ，低于铅板高度。

3. 辐射安全与防护设施和措施

1) **控制台**：本项目机组容器探伤房操作台拟设计“钥匙开关”，只有在打开钥匙开关后，X 射线管才能出束；钥匙只有在停机状态时才能拔出。

2) **门机联锁和开门按钮**：本项目探伤房曝光室工件门及人员门均拟设置门-机联锁装置，工件门及人员门同时关闭后才能进行探伤作业。门-机联锁装置的设置应方便曝光室内部的人员在紧急情况下离开曝光室。工件门及人员门被意外打开时 X 射线数字成像检测系统及 X 射线探伤机能立刻停止出束。同时工件门及人员门内门口处设置紧急开门按钮，确保曝光室内部的人员在紧急情况下离开曝光室。同时工件门

及人员门均为电动推拉门，需要设置防夹装置。

3) **工作状态指示灯和声音提示装置：**本项目探伤房工件门及人员门外上方及曝光室内部均拟设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与 X 射线数字成像检测系统和 X 射线探伤机联锁。“预备”信号设置持续足够长的时间，以确保曝光室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号有明显的区别，并且与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。同时在醒目的位置设有对“照射”和“预备”信号意义的说明。

4) **电离辐射警告标志及监督区标志：**本项目 2 座探伤房工件门及人员门外表面均拟设置符合 GB18871 要求的“当心电离辐射”警告标志及警示说明；在操作室、辅房以及曝光室西侧外延 5m、曝光室东侧外延 2.7m 所在区域张贴监督区标志。

5) **急停按钮：**本项目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。按钮安装位置使人员处在曝光室内任何位置时都不需要穿过有用线束就能够使用。按钮带有标签，标明有使用方法。

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均拟安装监视装置，在控制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。同时曝光室内均拟配置固定式场所辐射探测报警装置。

7) **通风：**本项目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。排风管道外口无人员活动密集区。

8) **门缝搭接：**本项目探伤房工件门与墙体左右搭接宽度均为 200mm，工件门与墙体上下搭接宽度均为 200mm；人员门与墙体左右搭接宽度均为 200mm，人员门与墙体上面搭接宽度均为 180mm，人员门与墙体下面搭接宽度均为 170mm，防护门与墙体之间的缝隙宽度为 10mm。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。

9) **规章制度：**公司已成立辐射防护管理机构，并已制定相关辐射安全管理规章制度及辐射事故应急预案，工作过程中严格执行相应的规章制度，避免发生误照射事故。

本项目机组容器探伤房辐射安全与防护措施分布见图 10-3。

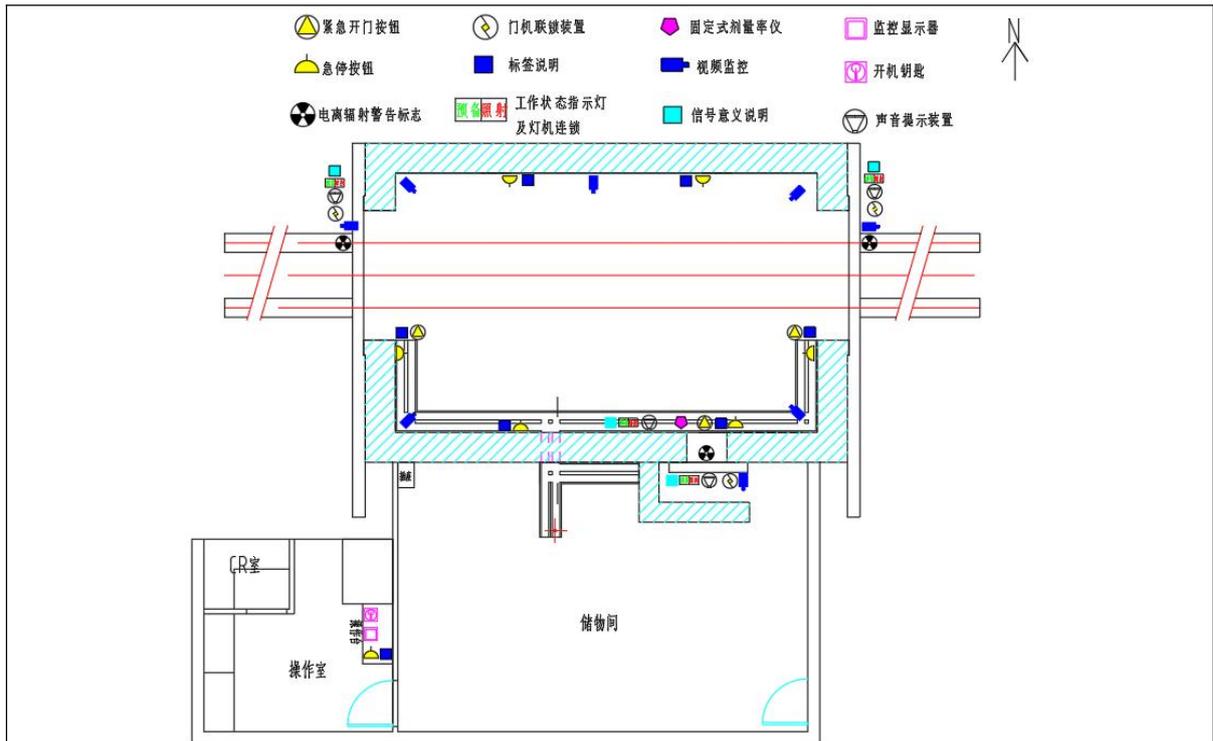


图 10-3 本项目机组容器探伤房辐射安全与防护措施分布图

三废的治理

1. 气体废物

本项目运行后不会产生放射性气体废物。X 射线数字成像检测系统及 X 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。

机组容器探伤房曝光室拟设置通风设施，可通过曝光室南墙顶部西侧、东侧 2 个通风管道将臭氧及氮氧化物抽排出曝光室。本项目探伤房曝光室不设置进风口，通过工件门及人员门进气，2 个排风口分别设置在曝光室南墙顶部西侧、东侧，每个通风管道口内侧、外侧各设置 1 个 20mm 铅防护罩，在南墙外表面贴墙设置管道，接至车间顶部外，排风口处无人员聚集。曝光室内体积约 197m³，公司拟安装 2 个风量均为 3000m³/h 的风机，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。且每次更换工件都将打开防护门，也可实现通风。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对周围环境影响较小。

2. 废水、固废

本项目不新增辐射工作人员，从现有项目中调配，故不新增生活污水以及生活垃圾。

4.探伤设施的退役

本项目工业探伤设施不再使用，本项目探伤房、X 射线数字成像检测系统及 X 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。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目探伤房主体工程已建设完成，施工期主要为设备安装。本项目施工期较短，施工量不大，对厂房周围环境影响很小，施工期结束后，施工期影响环境将随之消失。

运行阶段对环境的影响

辐射环境影响分析

本项目机组容器探伤房曝光室通过混凝土+铅屏蔽墙、混凝土屋顶和铅防护门对 X 射线进行防护。曝光室内拟使用 1 台 XYG-3210 型 X 射线数字成像检测系统（最大管电压 320kV，最大管电流 22.5mA，额定功率 4200W）、1 台 2505Q/C/5.2 型周向 X 射线探伤机（最大管电压 250kV，最大管电流 5mA，额定功率 1250W）、1 台 XXQ2505D 型定向 X 射线探伤机（最大管电压 250kV，最大管电流 5mA，额定功率 1250W）、1 台 XXG3505C 型周向 X 射线探伤机（最大管电压 350kV，最大管电流 5mA，额定功率 1750W）以及 2 台 XXG3505T 型定向 X 射线探伤机（最大管电压 350kV，最大管电流 5mA，额定功率 1750W）。本项目探伤工作时，X 射线数字成像检测系统以及定向 X 射线探伤机主射线固定朝北墙照射，周向 X 射线探伤机主射线朝南墙、北墙、屋顶及地面照射。探伤室内每次探伤时，XXG3505T 型定向 X 射线探伤机存在两台同时开启的情况，其他 X 射线探伤机以及 X 射线数字成像检测系统每次仅开启 1 台。考虑最不利影响，本次评价分别以①XYG-3210 型 X 射线数字成像检测系统额定功率 4200W 运行时（当额定功率开机电压 320kV 时，电流最大为 13.12mA）、②XXG3505C 型周向 X 射线探伤机额定功率 1750W 运行时（当额定功率开机电压 350kV 时，电流最大为 5mA）以及③2 台 XXG3505T 型定向 X 射线探伤机额定功率 1750W 同时运行时（当额定功率开机电压 350kV 时，电流最大为 5mA）进行计算，评价 X 射线数字成像检测系统以及 X 射线探伤机对周围环境的辐射影响。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。

本项目 XYG-3210 型 X 射线数字成像检测系统射线管可在水平及竖直方向上移动，其中东西方向移动范围为 5100mm，距东墙、西墙最近距离均为 1650mm。南北方向移动范围为 900mm，距北墙最近距离为 2350mm，距南墙最近距离为 1950mm。

竖直方向移动范围为 1000mm，距探伤房顶部最近距离为 2600mm，距探伤房底部最近距离为 900mm，计算示意图见图 11-1。

本项目机组容器探伤房曝光室内定向 X 射线探伤机可在水平及竖直方向上移动，其中东西方向移动范围为 4000mm，距东墙最近距离为 1800mm，距西墙最近距离为 2600mm。南北方向移动范围为 550mm，距北墙最近距离为 2700mm，距南墙最近距离为 1950mm。竖直方向移动范围为 1400mm，距探伤房顶部最近距离为 2600mm，距探伤房底部最近距离为 500mm；周向 X 射线探伤机可在水平及竖直方向上移动，其中南北方向不移动，距北墙距离为 2050mm，距南墙距离为 3150mm。东西方向移动范围为 4000mm，距东墙最近距离为 1800mm，距西墙最近距离为 2600mm。竖直方向移动范围为 1400mm，距探伤房顶部最近距离为 2600mm，距探伤房底部最近距离为 500mm，计算示意图见图 11-2。

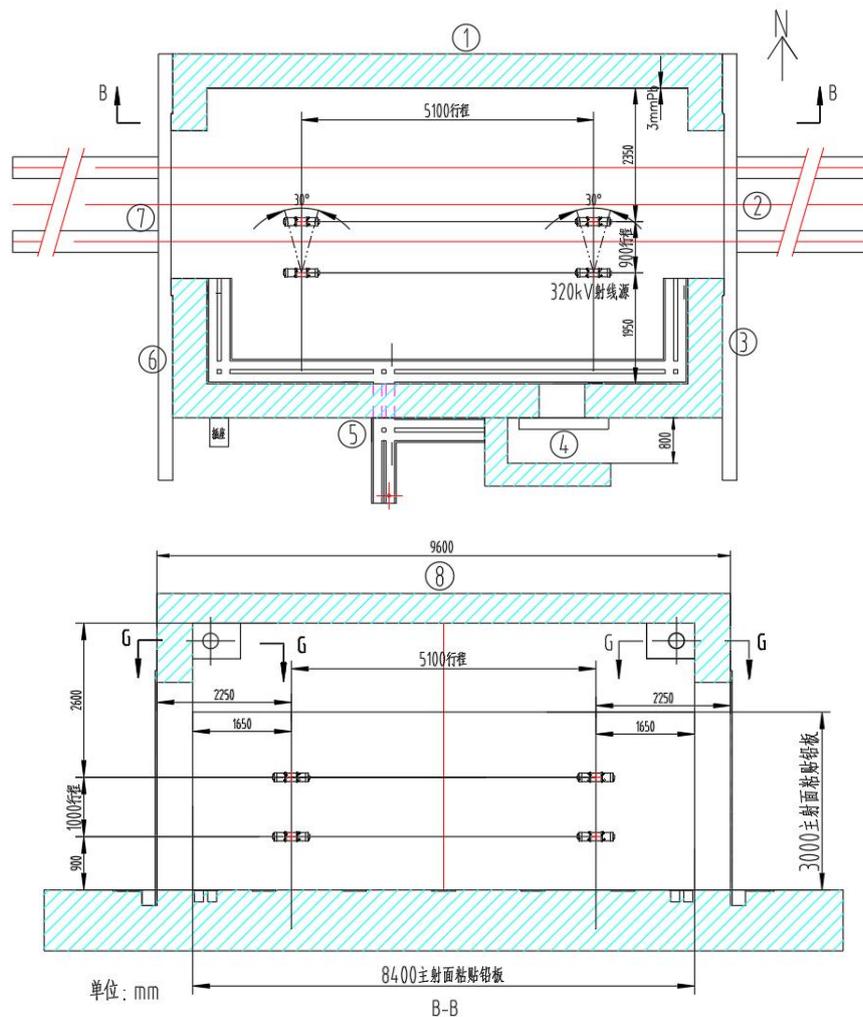


图 11-1 本项目 XYG-3210 型 X 射线数字成像检测系统计算点位示意图

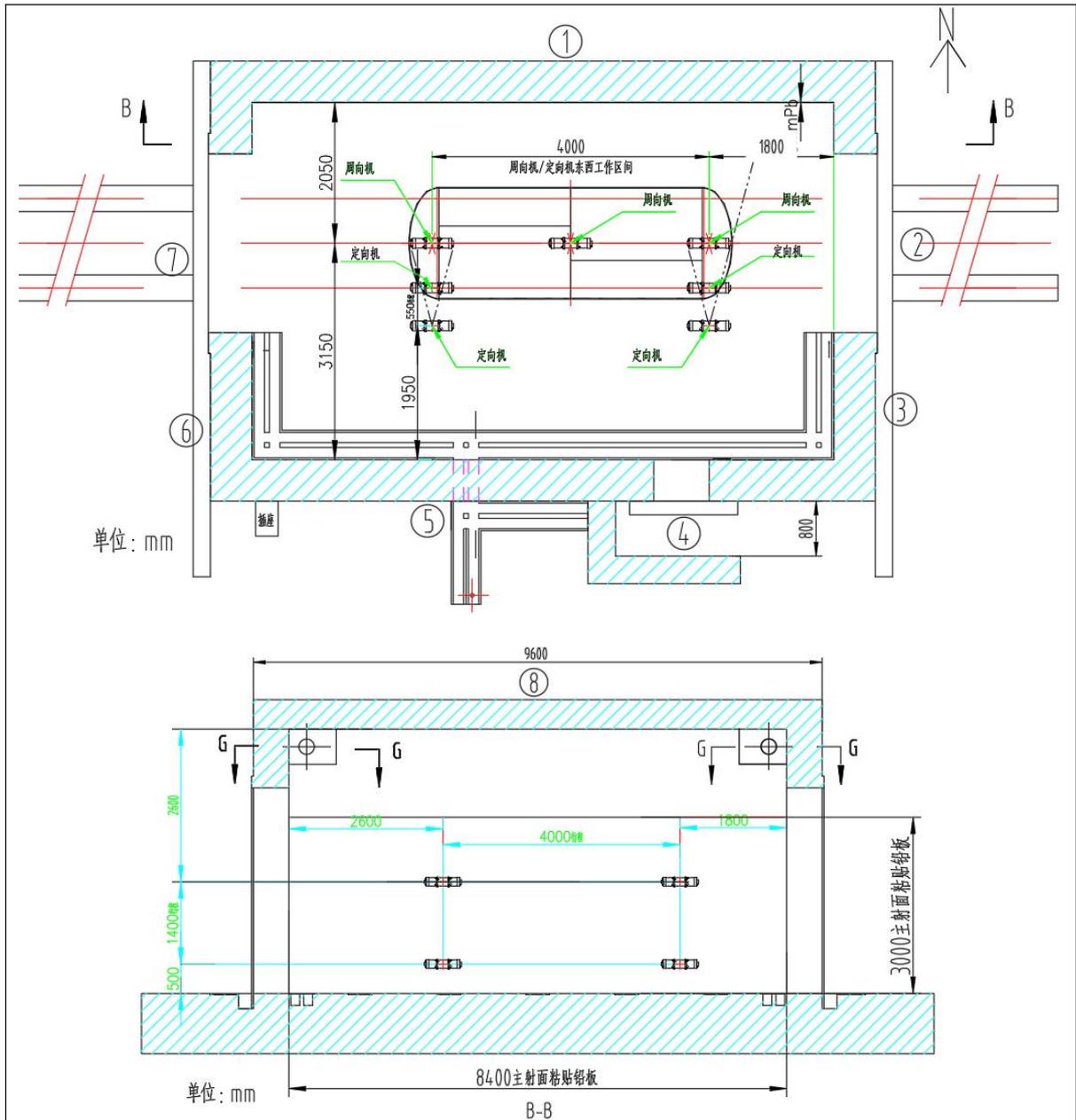


图 11-2 本项目周向/定向 X 射线探伤机计算点位示意图

1 屏蔽效果预测公式

(1) 有用线束

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \quad \dots\dots\dots \text{公式 (1)}$$

式中： \dot{H} ：关注点处剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

I ：X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA；

H_0 ：距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ，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)附录B中的图B.2,因图B.2无法直接取得B值,保守参考《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)中附录B中的表B.2,取得相应电压条件下混凝土的什值层后,再根据 $B=10^{-X/TVL}$ 计算得到B值;

R: 辐射源点(靶点)至关注点的距离, m。

(2) 泄漏辐射

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \dots\dots\dots \text{公式(2)}$$

式中: \dot{H} : 关注点处剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

\dot{H}_L : 距靶点1m处X射线管组装体的泄漏辐射剂量率, $\mu\text{Sv/h}$, 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)中附录B中的表B.2,取得相应电压条件下混凝土或铅的什值层后,再根据 $B=10^{-X/TVL}$ 计算得到B值;

R: 辐射源点(靶点)至关注点的距离, m。

(3) 散射辐射

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \dots\dots\dots \text{公式(3)}$$

式中: \dot{H} : 关注点处剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

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, $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$, 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)中附录B中的表B.2,取得相应电压条件下混凝土或铅的什值层后,再根据 $B=10^{-X/TVL}$ 计算得到B值;

$\frac{F \cdot \alpha}{R_0^2}$: 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.4.2取值0.02;

R_s : 散射体至关注点的距离, m。

2 屏蔽计算分析

2.1XYG-3210型X射线数字成像检测系统运行

表11-1 探伤房关注点需要防护的射线及控制水平

序号	关注点	需要屏蔽的辐射源	剂量率控制水平
①	北墙外30cm	有用线束	2.5 $\mu\text{Sv/h}$

②	东侧工件门外30cm	泄漏辐射、散射辐射	2.5 μ Sv/h
③	东墙外30cm	泄漏辐射、散射辐射	2.5 μ Sv/h
④	人员门外30cm	泄漏辐射、散射辐射	2.5 μ Sv/h
⑤	南墙外30cm	泄漏辐射、散射辐射	2.5 μ Sv/h
⑥	西墙外30cm	泄漏辐射、散射辐射	2.5 μ Sv/h
⑦	西侧工件门外30cm	泄漏辐射、散射辐射	2.5 μ Sv/h
⑧	顶部外30cm	泄漏辐射、散射辐射	100 μ Sv/h

2.1.1 理论计算结果

表 11-2 机组容器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	I (mA)	H_0 μ Sv·m ² /(mA·h)	B	R (m)	\dot{H} (μ Sv/h)	剂量率参考控制水平(μ Sv/h)	评价
北墙①	600mm 砼 +3mm 铅板	13.12	1.14E+06	3.28E-07	3.25	0.46	2.5	满足

注：①X射线管南北活动0.9m，距离北墙最近2.35m， $R_{北}=2.35+$ 墙体厚度0.6+参考点0.3=3.25m；

②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320kV混凝土半值层为100mm（由300kV与400kV内插求得），求得600mm混凝土透射因子为1.00E-06；

③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320kV铅半值层为6.2mm（由300kV与400kV内插求得），求得3mm铅透射因子为3.28E-01。

表 11-3 机组容器探伤房曝光室非有用线束方向屏蔽效果预测表

参考点	东侧工件门②	东墙③	人员门④	南墙⑤	西墙⑥	西侧工件门⑦	屋顶⑧	
设计厚度 (mm)	20Pb	600 砼	40Pb	600 砼	600 砼	20Pb	500 砼	
泄漏辐射	B1	5.95E-04	1.00E-06	3.53E-07	1.00E-06	1.00E-06	5.95E-04	1.00E-05
	\dot{H}_L (μ Sv/h)	5.00E+03						
	R (m)	2.55	2.55	2.85	2.85	2.55	2.55	3.4
	\dot{H} (μ Sv/h)	4.58E-01	7.69E-04	$\frac{2.18E-0}{4}$	6.16E-04	7.69E-04	4.58E-01	4.33E-03
散射辐射	散射后射线能量	250kV						
	B2	1.27E-07	2.15E-07	1.61E-14	2.15E-07	2.15E-07	1.27E-07	2.78E-6
	I (mA)	13.12						
	H_0 (μ Sv·m ² /(mA·h))	1.14E+06						
	$\frac{F \cdot \alpha}{R_0^2}$	0.02 (取自《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）B.4.2)						
	R_s (m)	2.55	2.55	2.85	2.85	2.55	2.55	3.4
	\dot{H} (μ Sv/h)	5.84E-03	9.89E-03	2.26E-10	7.92E-03	9.89E-03	5.84E-03	7.19E-02
泄漏辐射和散射辐射的复合作用(μ Sv/h)	4.64E-01	1.07E-02	2.18E-04	8.54E-03	1.07E-02	4.64E-01	7.62E-02	

剂量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	100
评价	满足						

注：①R 值根据图 11-1 取值，取探伤房各侧屏蔽墙表面外 30cm 为关注点；

②漏射线 B1 值根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 B.2 中 320kV 铅钨值层为 6.2mm（由 300kV 与 400kV 内插求得），求得 20mmPb 透射因子 B 值为 $5.95\text{E-}04$ ，求得 40mmPb 透射因子 B 值为 $3.53\text{E-}07$ ，320kV 混凝土值层为 100mm（由 300kV 与 400kV 内插求得），求得 600mm 混凝土透射因子 B 值为 $1\text{E-}06$ ，求得 500mm 混凝土透射因子 B 值为 $1\text{E-}05$ ；

③散射线 B2 值根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 B.2 中 250kV 铅钨值层为 2.9mm，求得 20mmPb 透射因子 B 值为 $1.27\text{E-}7$ ，求得 40mmPb 透射因子 B 值为 $1.61\text{E-}14$ ，250kV 混凝土值层为 90mm，求得 600mm 混凝土透射因子 B 值为 $2.15\text{E-}07$ ，求得 500mm 混凝土透射因子 B 值为 $2.78\text{E-}06$ 。

从表 11-2、11-3 预测结果可以看出，当本项目 X 射线数字成像检测系统以最大功率（320kV/13.12mA）运行时，机组容器探伤房曝光室四周屏蔽墙、顶部及工件门外 30cm 处剂量率能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中周围剂量当量率参考控制水平要求。

2.2 XXG3505C 型周向 X 射线探伤机运行

表 11-4 探伤房关注点需要防护的射线及控制水平

序号	关注点	需要屏蔽的辐射源	剂量率控制水平
①	北墙外 30cm	有用线束	$2.5\mu\text{Sv/h}$
②	东侧工件门外 30cm	泄漏辐射、散射辐射	$2.5\mu\text{Sv/h}$
③	东墙外 30cm	泄漏辐射、散射辐射	$2.5\mu\text{Sv/h}$
④	人员门外 30cm	有用线束	$2.5\mu\text{Sv/h}$
⑤	南墙外 30cm	有用线束	$2.5\mu\text{Sv/h}$
⑥	西墙外 30cm	泄漏辐射、散射辐射	$2.5\mu\text{Sv/h}$
⑦	西侧工件门外 30cm	泄漏辐射、散射辐射	$2.5\mu\text{Sv/h}$
⑧	顶部外 30cm	有用线束	$100\mu\text{Sv/h}$

2.2.1 理论计算结果

表 11-5 机组容器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	I (mA)	H_0 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$	B	R (m)	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)	剂量率参考控制水平($\mu\text{Sv/h}$)	评价
北墙①	600mm 砼 +3mm 铅板	5	$1.79\text{E}+06$	$3.70\text{E-}07$	2.95	0.38	2.5	满足
北墙顶部通风铅罩	40mm 铅	5	$1.79\text{E}+06$	$1.76\text{E-}06$	2.95	1.81	2.5	满足

人员门④	40mm 铅	5	1.79E+06	1.76E-06	4.09	0.94	2.5	满足
南墙⑤	600mm 砼	5	1.79E+06	1.00E-06	4.05	0.55	2.5	满足
屋顶③	500mm 砼	5	1.79E+06	1.00E-05	3.4	7.74	100	满足

注：①R 值根据图 11-2 取值，取探伤房各侧屏蔽墙表面外 30cm 为关注点；

②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 350kV 混凝土什值层为 100mm（由 300kV 与 400kV 内插求得），求得 600mm 混凝土透射因子为 1.00E-06，求得 500mm 混凝土透射因子为 1.00E-05；

③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 350kV 铅什值层为 6.95mm（由 300kV 与 400kV 内插求得），求得 3mm 铅透射因子为 3.70E-01，求得 40mm 铅透射因子为 1.76E-06。

表 11-6 机组容器探伤房曝光室非有用线束方向屏蔽效果预测表

参考点	东侧工件门②	东墙③	西墙⑥	西侧工件门⑦	
设计厚度（mm）	20Pb	600 砼	600 砼	20Pb	
泄漏辐射	B1	1.33E-03	1.00E-06	1.00E-06	1.33E-03
	\dot{H}_L (μSv/h)	5.00E+03			
	R (m)	2.72	2.7	3.5	3.52
	\dot{H} (μSv/h)	0.896	6.86E-04	4.08E-04	0.535
散射辐射	散射后射线能量	250kV			
	B2	1.27E-07	2.15E-07	2.15E-07	1.27E-07
	I (mA)	5			
	H_0 (μSv·m ² /(mA·h))	1.79E+06			
	$\frac{F \cdot \alpha}{R_0^2}$	0.02 (取自《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）B.4.2)			
	R_s (m)	2.72	2.7	3.5	3.52
	\dot{H} (μSv/h)	3.07E-03	5.29E-03	3.15E-03	1.83E-03
泄漏辐射和散射辐射的复合作用(μSv/h)	0.899	5.98E-03	3.56E-03	0.537	
剂量率参考控制水平(μSv/h)	2.5	2.5	2.5	2.5	
评价	满足	满足	满足	满足	

注：①R 值根据图 11-2 取值，取探伤房各侧屏蔽墙表面外 30cm 为关注点；

②漏射线 B1 值根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 B.2 中 350kV 铅什值层为 6.95mm（由 300kV 与 400kV 内插求得），求得 20mmPb 透射因子 B 值为 1.33E-03，

其他 B1 值结算同表 11-5，求得 600mm 混凝土透射因子为 1.00E-06；

③散射线 B2 值根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 B.2 中 250kV 铅钨值层为 2.9mm，求得 20mmPb 透射因子 B 值为 1.27E-7，250kV 混凝土钨值层为 90mm，求得 600mm 混凝土透射因子 B 值为 2.15E-07。

从表11-5、11-6预测结果可以看出，当本项目XXG3505C型周向X射线探伤机以最大功率（350kV/5mA）运行时，机组容器探伤房曝光室四周屏蔽墙、顶部及工件门外30cm处剂量率能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中周围剂量当量率参考控制水平要求。

2.3 2 台 XXG3505T 型定向 X 射线探伤机同时运行

表 11-7 探伤房关注点需要防护的射线及控制水平

序号	关注点	需要屏蔽的辐射源	剂量率控制水平
①	北墙外30cm	有用线束	2.5 μ Sv/h
②	东侧工件门外30cm	泄漏辐射、散射辐射	2.5 μ Sv/h
③	东墙外30cm	泄漏辐射、散射辐射	2.5 μ Sv/h
④	人员门外30cm	泄漏辐射、散射辐射	2.5 μ Sv/h
⑤	南墙外30cm	泄漏辐射、散射辐射	2.5 μ Sv/h
⑥	西墙外30cm	泄漏辐射、散射辐射	2.5 μ Sv/h
⑦	西侧工件门外30cm	泄漏辐射、散射辐射	2.5 μ Sv/h
⑧	顶部外30cm	泄漏辐射、散射辐射	100 μ Sv/h

2.3.1 理论计算结果

表 11-8 机组容器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	I (mA)	H ₀ μ Sv·m ² /(mA·h)	B	R (m)	\dot{H} (μ Sv/h)	剂量率参考控制水平(μ Sv/h)	评价
北墙（一台工作） ①	600mm 砼 +3mm 铅板	5	1.79E+06	3.70E-07	3.6	0.256	2.5	满足
北墙（两台同时工作） ①	600mm 砼 +3mm 铅板	5	1.79E+06	3.70E-07	3.6	0.51	2.5	满足

注：①X 射线管南北活动 0.55m，距离北墙最近 2.70m， $R_{北}=2.7+墙体厚度 0.6+参考点 0.3=3.6m$ ；

②B 值取值同表 11-5，求得 600mm 混凝土透射因子为 1.00E-06，求得 3mm 铅透射因子为 3.70E-01；

③2 台探伤机同时作业时，叠加影响按最保守取值。

表 11-9 机组容器探伤房曝光室非有用线束方向屏蔽效果预测表

参考点	东侧工件门②	东墙③	人员门④	南墙⑤	西墙⑥	西侧工件门⑦	屋顶⑧
设计厚度 (mm)	20Pb	600 砼	40Pb	600 砼	600 砼	20Pb	500 砼

泄 漏 辐 射	B1	1.33E-03	1.00E-06	1.76E-06	1.00E-06	1.00E-06	1.33E-03	1.00E-05
	\dot{H}_L ($\mu\text{Sv/h}$)	5.00E+03						
	R (m)	2.72	2.7	2.89	2.85	3.5	3.52	3.4
	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)	8.96E-01	6.86E-04	1.05E-03	6.16E-04	4.08E-04	5.35E-01	4.33E-03
散 射 辐 射	散射后射线能量	250kV						
	B2	1.27E-07	2.15E-07	1.61E-14	2.15E-07	2.15E-07	1.27E-07	2.78E-6
	I (mA)	5						
	H_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$)	1.79E+06						
	$\frac{F\cdot\alpha}{R_0^2}$	0.02 (取自《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) B.4.2)						
	R_s (m)	2.72	2.7	2.89	2.85	3.5	3.52	3.4
	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)	3.07E-0 3	5.29E-0 3	3.45E-1 0	4.75E-0 3	3.15E-0 3	1.83E-0 3	4.31E-0 2
泄漏辐射和散射辐射的复合作用($\mu\text{Sv/h}$) (一台作业)	8.99E-0 1	5.98E-0 3	1.05E-0 3	5.36E-0 3	3.56E-0 3	5.37E-0 1	4.74E-0 2	
泄漏辐射和散射辐射的复合作用($\mu\text{Sv/h}$) (两台同时作业)	1.8	1.20E-0 2	2.10E-0 3	1.07E-0 2	7.11E-0 3	1.07	9.48E-0 2	
剂量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	100	
评价	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足	

注：①R 值根据图 11-2 取值，取探伤房各侧屏蔽墙表面外 30cm 为关注点；

②漏射线 B1 值取值同表 11-5 及表 11-6，求得 20mmPb 透射因子 B 值为 1.33E-03，40mm 铅透射因子为 1.76E-06，求得 600mm 混凝土透射因子 B 值为 1E-06，求得 500mm 混凝土透射因子 B 值为 1E-05；

③散射射线 B2 值取值同表 11-3，求得 20mmPb 透射因子 B 值为 1.27E-7，求得 40mmPb 透射因子 B 值为 1.61E-14，求得 600mm 混凝土透射因子 B 值为 2.15E-07，求得 500mm 混凝土透射因子 B 值为 2.78E-06

④2 台探伤机同时作业时，叠加影响按最保守取值。

从表 11-8、11-9 预测结果可以看出，当本项目 2 台 XXG3505T 型定向 X 射线探伤机以最大功率（350kV/5mA）同时运行运行时，机组容器探伤房曝光室四周屏蔽墙、顶部及工件门外 30cm 处剂量率能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中周围剂量当量率参考控制水平要求。

2.1.2 天空反散射影响分析

本项目 XYG-3210 型 X 射线数字成像检测系统满功率运行时，探伤房顶部 30cm

处的最大辐射剂量率约为 7.62E-02μSv/h；2 台 XXG3505T 型定向 X 射线探伤机同时运行时，探伤房顶部 30cm 处的最大辐射剂量率约为 9.48E-02μSv/h，穿透顶部屏蔽体后的 X 射线在经大气散射返回地面后的辐射剂量率将更低，因此其天空反散射能够满足“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5μSv/h”的要求。

本项目 XXG3505C 型周向 X 射线探伤机满功率运行时，探伤房顶部 30cm 处的最大辐射剂量率约为 7.74μSv/h，因此本项目仅针对 XXG3505C 型周向 X 射线探伤机满功率运行时进行天空反散射影响分析。

参考 NCRP-151 号报告，根据公式 5.1 可以演变得到。

$$H = 2.5 \cdot 10^{-2} (B_{XS} \cdot D_{10} \cdot \Omega^{1.3}) / (d_i^2 d_s^2) \dots\dots\dots \text{公式 (4)}$$

式中：H：在距离 X 射线辐射源 d_s 处地面，天空反散射的 X 射线周围剂量当量率，μSv/h；

D_{10} ：距离 X 射线辐射源 1m 处的标准参考点的周围剂量当量率，Sv/h（本项目按 μSv/h）；

B_{XS} ：X 射线屋顶的屏蔽透射比；

Ω ：由 X 射线源于屏蔽墙对向的立体角， Sr （球面度）， $\Omega = 4 \tan^{-1}(ab/cd)$ （ a 是屋顶受照最长范围之半）； b 是屋顶主射线范围之半； c 是辐射源到屋顶外表面中心的最小距离； d 是源到屋顶边缘的距离， $d = (a^2 + b^2 + c^2)^{1/2}$ ；

d_i ：在屋顶上方 2m 处距离靶的垂直距离，m；

d_s ：X 射线源至天空反散射关注点，m。

表 11-10 天空反散射对于地面关注点处剂量率

a (m)	b (m)	c (m)	d (m)	Ω	B_{XS}	D_{10} μSv/h	d_i (m)	d_s (m)	H (μSv/h)
3.2	0.83	3.1	4.53	0.75	1.0E-05	8.95E+06	5.1	11.25	4.68E-04

注： d_s ：以屋顶中央上方 2m 与屋顶边缘连线延长至离地面 1m 处关注点至射线机的距离。

$$D_{10} = H_0 \times I = 1.79E+06 \mu\text{Sv}/(\text{mA} \cdot \text{h}) \times 5 \text{mA} = 8.95E+06 \mu\text{Sv}/\text{h}。$$

表 11-11 主射线在天空反散射地面关注点处剂量率

关注点	设计厚度 (mm)	I (mA)	H_0 μSv·m ² /(mA·h)	B	R (m)	\dot{H} (μSv/h)	剂量率参考控制水平(μSv/h)	评价
南墙	600mm 混凝土	5	8.95E+06	1.0E-06	11.25	7.07E-02	2.5	满足

350kV 周向探伤机在天空反散射地面关注点处剂量率叠加考虑天空反散射对于地面关注点处剂量率及主射线在天空反散射地面关注点处剂量率之和，具体见表

11-12。

表 11-12 天空反散射地面关注点处剂量率汇总

关注点	H (天空反散射, $\mu\text{Sv/h}$)	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)	\dot{H} 叠加 ($\mu\text{Sv/h}$)	剂量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)	评价
南墙	4.68E-04	7.07E-02	7.12E-02	2.5	满足

墙外距离探伤机 11.25m 处关注点主射线和天空反散射的复合剂量率最大为 $7.12\text{E-}02\mu\text{Sv/h}$ ，满足周围剂量当量率参考控制水平。该数值低于南墙外 30cm 关注点周围剂量当量率，因此为获取保护目标有效剂量最大值，以南墙外 30cm 处作为人员最大剂量率参考点。

2.1.3 电缆沟、通风管道辐射影响分析

本项目机组容器探伤房电缆管道采用 U 型管设计，利用散射降低管道口的辐射水平，避免 X 射线直接照射电缆口，X 射线进入电缆管道后散射示意图如图 11-3。

本项目机组容器探伤房曝光室南墙顶部西侧、东侧各设置 1 个通风管道，每个通风管道口内侧、外侧各设置 1 个 20mm 铅防护罩，管道口设置在南墙表面外，利用散射降低管道口的辐射水平，避免 X 射线直接照射通风管道口，X 射线进入通风管道后散射示意图如图 11-4。

X 射线进入电缆管道及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、通风管道设计能够满足辐射防护要求。

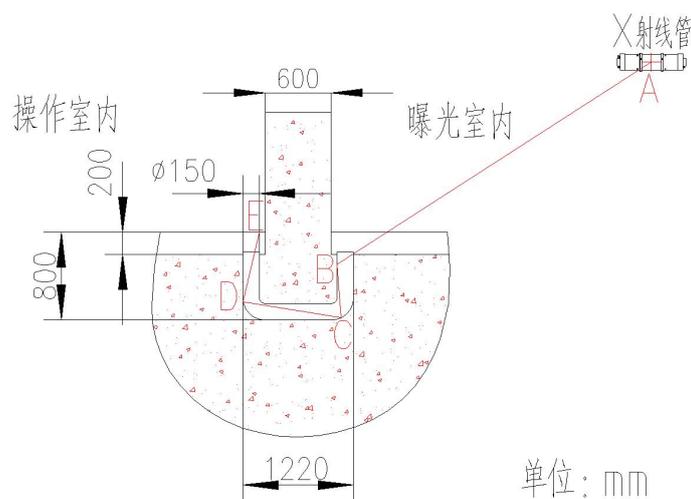


图 11-3 本项目电缆管道散射示意图（单位：mm）

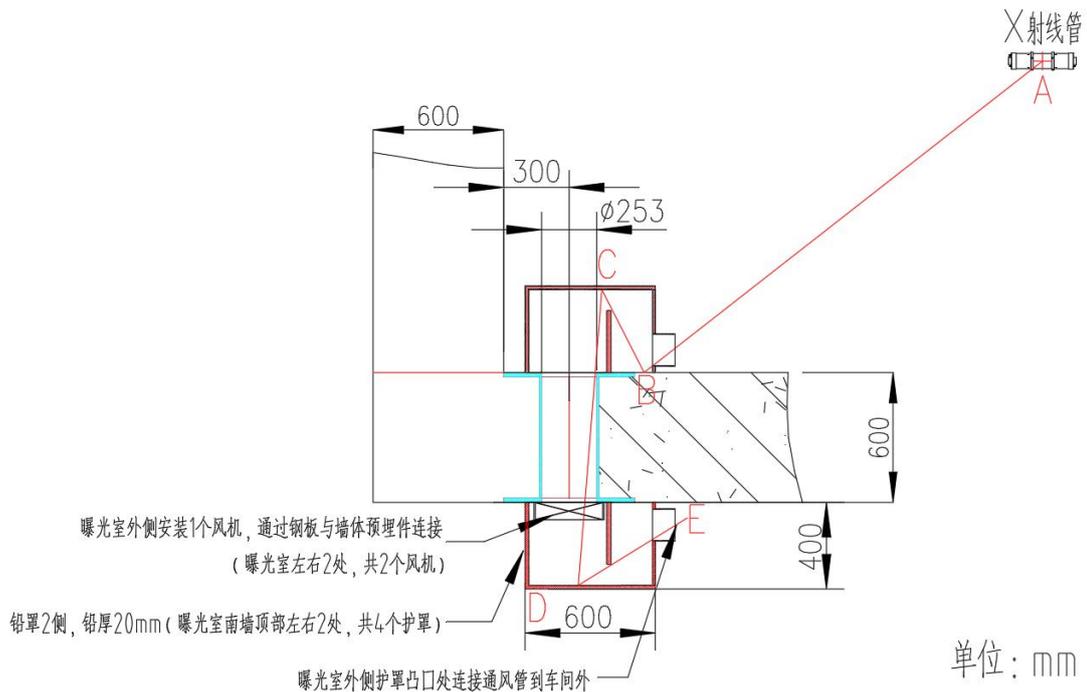


图 11-4 本项目通风管道散射示意图（单位：mm）

3 人员周/年有效剂量评估

参考点的剂量水平估算：

$$H_c = \dot{H}_{c,d} \cdot t \cdot U \cdot T \quad \dots\dots\dots \text{公式 (5)}$$

式中： H_c ：参考点的剂量水平， μSv ；

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

t ：装置照射时间，h；

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。

采用公式（5）计算本项目保护目标周、年有效剂量，机组容器探伤房计算结果见表 11-13。

表 11-13 本项目机组容器探伤房保护目标辐射影响理论估算结果表

位置	居留因子	距离R'(m)	墙外30cm处辐射剂量率 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)	关注点处辐射剂量率 H ($\mu\text{Sv/h}$)	周有效剂量估算 ($\mu\text{Sv/周}$)	目标管理值 ($\mu\text{Sv/周}$)	年有效剂量估算 (mSv/年)	目标管理值 (mSv/年)
操作室及辅房	1	曝光室东南侧及南侧紧邻	0.94	0.94	18.8	100 (工作人员)	0.94	5 (工作人员)
过道	1/8	曝光室东侧 2.7	1.80	0.507	1.268	5 (公众)	0.063	0.1 (公众)

		曝光室北侧 紧邻	0.51	0.51	1.275		0.064
2#车间	1/4	曝光室东侧 约 5.7m	1.80	0.202	1.01		0.051
		曝光室西侧 约 5m	1.07	0.197	0.985		0.049
		曝光室北侧 约 3m	0.51	0.167	0.835		0.042
厂区道路	1/8	曝光室 南侧约 6m	0.94	0.164	0.41		0.021
成品堆场	1/4	曝光室南侧 约 12m	0.94	6.30E-02	0.315		1.58E-02
2010 车间	1	曝光室南侧 约 46m	0.94	6.34E-03	0.0317		1.59E-03

注：①本项目装置周曝光时间最大约为 20h，年工作 50 周，年曝光时间最大为 1000h；

②使用因子取 1；

③墙外 30cm 处辐射剂量率保守取实时成像、探伤机计算得到的最大辐射剂量率；

④关注点辐射剂量率 $H = \text{墙外 30cm 处辐射剂量率 } \dot{H} \times (\text{表 11-2~表 11-9 计算距离 } R)^2 / (R' + R - 0.3)^2$ ，表格中预测计算均以保护目标最近距离进行保守估算。

根据表 11-13，本项目机组容器探伤房辐射工作人员周有效剂量最大为 18.8 μ Sv，年有效剂量最大为 0.94mSv；周围公众周有效剂量最大为 1.275 μ Sv，年有效剂量最大为 0.064mSv，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。

事故影响分析

本项目 X 射线数字成像检测系统及 X 射线探伤机均为 II 类射线装置。在探伤过程中，若不采取适当的屏蔽措施，可能对辐射工作人员及周围公众造成放射性损伤，X 射线数字成像检测系统及 X 射线探伤机在开机曝光期间，会产生 X 射线，可能会造成意外照射。

本项目可能发生的辐射事故：

1) X 射线数字成像检测系统及 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 射线数字成像检测系统及 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) X 射线数字成像检测系统及 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) 曝光室防护门屏蔽受损漏射线对周围人员造成意外照射。

本项目针对上述可能发生的辐射事故提出预防措施：

1) 辐射工作人员在进入曝光室时，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，并保持开机状态，避免事故的发生。

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 射线数字成像检测系统及 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，制定各项管理制度并严格按照要求执行，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生。

3) 探伤时辐射工作人员定期使用辐射巡检仪进行巡检，发现异常情况应立即停止出束，并检查排除异常，并做好记录。

4) 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) 建设单位拟完善本项目《操作规程》。凡涉及对 X 射线数字成像检测系统及 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，并将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置。

6) 定期对 X 射线数字成像检测系统及 X 射线探伤机进行维护、保养，对可能引起操作失灵的关键零配件定期进行更换。

7) 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。

8) 公司在日常工作中应加强辐射安全管理，定期对 X 射线数字成像检测系统及 X 射线探伤机进行检查、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，定期检测曝光室的周围辐射水平，确保安全措施有效运行；同时针对可能发生的辐射安全事故，完善切实可行的辐射事故应急预案，以能够有序应对事故。此外，公司应制定应急计划演练，配备应急物品，通过演练确定应急措施是否可行。同时公司应在今后的工作实践中不断完善辐射安全制度，提高制度的可操作性。

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，管理人员考核类型为“辐射安全管理”，辐射工作人员考核类型为“X 射线探伤”。

南通四方罐式储运设备制造有限公司已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。辐射安全管理机构设有辐射防护负责人，辐射防护负责人已通过全国核技术利用辐射安全与防护考核。公司拟为本项目配备 4 名辐射工作人员，从公司已有的 17 名辐射工作人员中调配，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，本项目辐射工作人员报考类别为“X 射线探伤”。必须通过考核后方能正式进行上岗作业。

辐射安全管理规章制度

南通四方罐式储运设备制造有限公司已开展核技术利用项目，已按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》制定了相关辐射安全管理制度，包括操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、事故应急制度等。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，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。公司相关制度均已落实且严格执行，公司各项辐射安全管理制度执行情况良好。具体制度见表 12-1。

表 12-1 辐射安全管理制度一览表

《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求制度	建设单位制度制定情况
操作规程	《操作规程》
岗位职责	《岗位职责》
辐射防护和安全保卫制度	《辐射防护和安全保卫制度》
设备检修维护制度	《设备检修维护制度》
使用登记制度	《射线装置使用登记、台账管理制度》

监测方案	《个人剂量监测方案》、《辐射环境监测方案》
人员培训计划	《人员培训计划》
辐射事故应急	《辐射事故应急预案》

本项目为扩建项目，公司应将本项目纳入日常管理内，公司还应根据本项目情况对相关辐射安全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。本报告对各项管理制度要点提出如下建议进行完善：

岗位职责：完善管理人员、辐射工作人员、维修人员的岗位责任，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：完善本项目辐射人员的资质条件要求、探伤装置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。

辐射防护和安全保卫制度：根据企业的具体情况完善辐射防护和安全保卫制度，重点是探伤装置的运行和维修时辐射安全管理。

设备维修制度：完善探伤装置和辐射监测设备维修计划、维修的记录和在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，确保探伤装置、剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。

射线装置使用登记、台账管理制度：根据射线装置使用具体情况完善制度，重点是射线装置使用状况、出入库等的记录。

人员培训计划：完善人员培训计划，明确培训对象、内容、周期、方式以及考核的办法等内容，并强调对培训档案的管理，做到有据可查。

监测方案：方案中应完善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。

事故应急预案：依据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发〔2006〕145 号文）的要求完善事故应急预案，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。

职业健康体检：公司应组织工作人员上岗前进行职业健康体检，在岗期间定期复检，两次检查的时间间隔不超过 2 年，必要时可增加临时性检查，辐射工作人员无论何种原因脱离辐射工作时，公司应及时安排其进行离岗时的职业健康检查，以评价其离岗时的健康状况；如果最后一次在岗期间职业健康检查在离岗前三个月内，可视为离岗时检查，但应按离岗时检查项目补充未检查项目；公司应建立辐射工作人员职业健康监护档案。

公司应完善相关管理制度，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

本项目为扩建项目，公司已为现有辐射工作人员建立个人剂量档案，定期进行个人剂量监测及职业健康体检，辐射工作人员个人剂量检测结果均未超标；公司已委托有资质单位每年对现有探伤房周围环境进行辐射水平监测，监测结果均满足相应标准要求。本项目对监测方案及监测仪器提出如下要求：

1. 监测方案

- 1) 委托有资质单位定期对曝光室周围环境辐射剂量率进行检测，每年 1~2 次；
- 2) 曝光室内进行探伤作业时公司辐射安全管理人员对曝光室周围的辐射水平进行监测（每月一次），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。
- 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；若发现个人剂量有异常的，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。个人剂量档案终生保存。

本项目辐射监测方案具体见表 12-2。

表 12-2 辐射监测方案

监测对象	监测项目	监测因子	监测方式	监测周期	监测点位
探伤房 曝光室	验收监测	X-γ辐射 剂量率	委托有资质单 位进行	项目运行 前 1 次	①通过巡测发现辐射水平异常高的位置； ②曝光室门外 30cm 离地面高度为 1m

	年度监测		委托有资质单位进行	每年一次	处，门的左、中、右侧3个点和门缝四周各1个点； ③曝光室墙外或邻室墙外30cm离地面高度为1m处，每个墙面至少测3个点； ④人员经常活动的位置。 ⑤每次探伤结束后，检测曝光室的入口，以确保探伤机已经停止工作。
	自主监测		自行监测	建议每月一次	
辐射工作人员	个人剂量当量监测	$H_p(10)$	委托有资质单位进行	不超过3个月一次	/

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；公司已配备1台辐射剂量率仪及12台个人剂量报警仪，本项目拟新配备5台个人剂量报警仪。项目运行后公司应定期对探伤房曝光室周围环境辐射水平监测，并做好监测记录。

辐射事故应急

南通四方罐式储运设备制造有限公司已依据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》及《江苏省辐射污染防治条例》的要求制定了辐射事故应急预案，明确建立了应急机构和人员职责分工，应急人员的组织、培训以及应急，辐射事故分类与应急响应的措施。公司制定的事故应急预案较全面，并具有一定的可行性，公司开展辐射活动至今，未发生过辐射安全事故。公司还应组织应急人员对应急处理措施进行培训，并定期组织应急人员进行应急演练。

公司已成立以辐射安全管理办公室为班底的辐射事故应急救援指挥小组，组长负责全面组织指挥事故的应急救援工作，向公司管理层及政府相关部门汇报事故情况；副组长负责协助组长；组员负责联系车辆救护受害人员、组织警戒、治安保卫、疏散人员、道路管制等工作；公司应急指挥机构成员如下：

组长：黄杰（总经理）

副组长：闫龙虎（辐射防护负责人）

成员：彭波、朱振宇、顾红亮、周焯

公司针对现有探伤项目已制定较全面的辐射事故应急预案，包括“一、总则；二、应急处理机构与职责；三、应急救援遵循的原则；四、应急处理程序”四部分内容，现有辐射事故应急预案制定较全面，并具有一定的可行性，能够满足公司现行日常辐射工作管理需求。

公司为辐射应急救援专门配备了个人辐射防护报警仪、辐射巡检仪等，由专人进行定期的检查。公司还应组织应急人员对应急处理措施进行培训，并定期组织应急人员进行应急演练。

南通四方罐式储运设备制造有限公司应针对探伤项目可能产生的辐射事故情况完善辐射事故应急预案，应急预案内容应包括：

- （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。

南通四方罐式储运设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，发生辐射事故或者发生可能引发辐射事故的运行故障时，单位应当立即启动本单位的应急方案，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。并在两小时内填写《辐射事故初始报告表》。事故发生后公司应积极配合生态环境部门、公安部门及卫生健康部门调查事故原因，并做好后续工作。

公司应加强管理，严格执行安全操作规程。公司应经常监测探伤房曝光室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

南通四方罐式储运设备制造有限公司因规划布局调整以及生产的机组容器检测需要，计划对机组容器探伤房相关内容重新报批，计划购买 1 台 X 射线数字成像检测系统，并从 3 号探伤房搬迁 5 台 X 射线探伤机对机组容器进行无损检测，确保其产品质量。本项目的建设将满足企业提供产品质量的需求，创造更好的经济效益，从社会角度而言，能够使用安全系数更高的产品，减少安全事件发生的可能性。虽然在运行期间，X 射线数字成像检测系统及 X 射线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

南通四方罐式储运设备制造有限公司位于江苏省南通市通州区兴仁镇江海大道 1180 号，公司东侧为三庙村居民区；南侧为江海大道；西侧为兴西路；北侧为无名道路。

本项目机组容器探伤房位于公司 2#车间南侧中部。机组容器探伤房曝光室东侧隔过道为 2#车间；南侧为厂区道路、成品堆场及 2010 车间；西侧为 2#车间；北侧隔过道为 2#车间。本项目探伤房设置有曝光室、操作室及辅房，操作室位于曝光室墙外西南侧，辅房位于曝光室南侧及西南侧。本项目探伤房为一层建筑，上方为生产车间顶棚（无人员到达），下方为土层。

本项目机组容器探伤房曝光室周围 50m 范围无居民区、学校等环境敏感点。50m 范围内涉及：①2#车间，②南侧厂区道路，③南侧成品堆场及 2010 车间。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曝光室周围公众。本项目探伤房选址基本合理。

本项目机组容器探伤房设计有曝光室、操作室及辅房。操作室位于曝光室西南

侧，辅房位于曝光室南侧及西南侧；曝光室设置有人员门、工件门；外墙无可攀爬的设施，探伤房顶部人员不可到达。本项目工作场所布局设计合理。

2) 辐射防护措施

本项目机组容器探伤房曝光室内部长宽高尺寸为 8.4m×5.2m×4.5m，曝光室通过混凝土+铅屏蔽、混凝土屋顶和铅防护门对 X 射线进行防护。东墙、南墙及西墙为 600mm 混凝土，北墙为 600mm 混凝土+3mm 铅（铅板高 3m），顶部为 500mm 混凝土，工件门内嵌 20mm 铅板，人员门内嵌 40mm 铅板。本项目 2 个工件门与墙体左右搭接宽度均为 200mm，上下搭接宽度均为 200mm，人员门与墙体左右搭接宽度为 200mm，上面搭接 180mm，下面搭接 170mm，防护门与墙体之间的缝隙宽度为 10mm。

本项目探伤房将曝光室作为本项目控制区，将操作室、辅房以及曝光室西侧外延 5m、曝光室东侧外延 2.7m 所在区域作为本项目监督区，采用固定式围挡隔离并设置明显的电离辐射警示标志和警告标语。在工件门及人员门外均设置电离辐射警告标志及中文警示说明。

3) 辐射安全措施

本项目探伤房曝光室工件门及人员门均拟设置与 X 射线数字成像检测系统、X 射线探伤机高压联动的门-机安全联锁装置，防止人员误入；拟在曝光室工件门及人员门的门口及内部设置带有“预备”“照射”状态的工作指示灯及信号意义的说明，照射状态指示装置与 X 射线数字成像检测系统、X 射线探伤机联锁，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；曝光室工件门及人员门拟设置“当心电离辐射”警告标志，用于提醒无关人员勿在其附近出入和逗留；拟在操作台处设置钥匙开关，控制台及曝光室内部四周墙壁上拟设置急停按钮及标签，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。探伤房曝光室内均拟配备监视监控装置和固定式场所辐射探测报警装置。公司已配备 1 台辐射剂量率仪及 12 台个人剂量报警仪，本项目拟新配备 5 台个人剂量报警仪，用于对瞬时辐射剂量率的实时报警及探伤房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. 辐射环境影响分析结论

本项目机组容器探伤房曝光室通过混凝土屏蔽墙、混凝土+铅屏蔽墙、混凝土屋

顶和铅防护门对X射线进行防护。经理论预测结果可知，本项目探伤房拟配备的1台X射线数字成像检测系统及5台X射线探伤机以最大功率运行时探伤房曝光室四周屏蔽墙、顶部、工件门及人员门外30cm处及本项目50m范围内保护目标的辐射剂量率能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中的周围剂量当量率限值要求。

由预测结果可知，本项目辐射工作人员及周围公众所受周有效剂量和年有效剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）及《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的剂量限值要求和本项目的目标管理值要求。

4. 辐射环境管理

- 1) 委托有资质的单位每年对本项目工作场所周围环境辐射水平进行检测。
- 2) 公司已配置辐射剂量监测仪器，定期对本项目工作场所辐射水平进行检测。
- 3) 公司已委托有资质的单位开展个人剂量监测，所有辐射工作人员均佩戴个人剂量计，并定期按时送检。

4) 在项目运行前已对原有辐射工作人员进行职业健康体检并定期复检，在本项目运行前拟对新增辐射工作人员进行职业健康体检并定期复检，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。

5) 公司已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；本项目已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，公司已对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，个人剂量档案终生保存。

综上所述，南通四方罐式储运设备制造有限公司扩建固定式X射线探伤房项目符合实践正当化原则，已（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及时进行竣工环保验收。

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见：

经办人

公 章
年 月 日

审批意见：

经办人

公 章
年 月 日

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	公司已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：完善操作规程、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。		/
	调配的 4 名辐射工作人员已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。个人剂量档案终生保存）。	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《放射工作人员职业健康管理规范》，个人剂量档案应终生保存。	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规范》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	<p>本项目机组容器探伤房曝光室内部长宽高尺寸为 8.4m×5.2m×4.5m，曝光室通过混凝土+铅屏蔽、混凝土屋顶和铅防护门对 X 射线进行防护。东墙、南墙及西墙为 600mm 混凝土，北墙为 600mm 混凝土+3mm 铅（铅板高 3m），顶部为 500mm 混凝土，工件门内嵌 20mm 铅板，人员门内嵌 40mm 铅板。</p> <p>本项目以探伤房曝光室作为本项目的控制区，将操作室、辅房以及曝光室西侧外延 5m、曝光室东侧外延 2.7m 所在区域作为本项目的监督区，在探伤房工件门、人员门上均设置电离辐射警告标志及中文警示说明，在监督区均张贴警示说明（“监督区”标牌）以作警示。</p>	<p>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）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，对不需要人员达到的探伤室顶，探伤室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平不大于 100μSv/h”。</p> <p>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）和《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中关于“剂量限值”的要求，也符合本项目目标管理值的要求。（职业人员周有效剂量不超过 100μSv；公众周有效剂量不超过 5μSv。职业人员年有效剂量约束值 5mSv，公众年有效剂量约束值 0.1mSv）。</p> <p>两区划分满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）6.4.1 中相关要求。</p>	30

污染防治措施	废气：本项目机组容器探伤房曝光室 2 个排风口设置在曝光室南墙顶部西侧、东侧，排风口处无人员聚集。拟安装 2 个风量为 3000m ³ /h 的风机，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。	/
	废水、固废：本项目不新增辐射工作人员，从现有项目中调配，故不新增生活污水以及生活垃圾。	/	/
辐射安全措施	本项目探伤房曝光室工件门及人员门均拟设置与 X 射线数字成像检测系统、X 射线探伤机高压联动的门-机安全联锁装置；拟在曝光室工件门及人员门的门口及内部拟设置带有“预备”“照射”状态的工作指示灯及信号意义的说明，照射状态指示装置与 X 射线数字成像检测系统、X 射线探伤机联锁；曝光室工件门及人员门拟设置“当心电离辐射”警告标志；拟在操作台处设置钥匙开关，操作台及曝光室内部四周墙壁上拟设置急停按钮及标签。工件门及人员门拟设置紧急开门按钮。本项目探伤房曝光室内拟配备固定式场所辐射探测报警装置。探伤房曝光室内、曝光室外工件进出门及人员门上方均拟配备监视监控装置，在控制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。	能满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 要求。	5
	公司已配备 1 台辐射剂量率仪及 12 台个人剂量报警仪，本项目拟新配备 5 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。	1

以上措施必须在项目运行前落实。