

核技术利用建设项目
X 射线实时成像检测系统应用项目
环境影响报告表

泰安市泰和电力设备有限公司

2025 年 10 月

环境保护部监制

核技术利用建设项目
X 射线实时成像检测系统应用项目
环境影响报告表

建设单位名称：泰安市泰和电力设备有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：山东省泰安市泰山区省庄镇泰和街 1 号

邮政编码：271000

联系人：

电子邮箱：

联系电话：



营业执照

统一社会信用代码

913701026846887493

扫描市场主体身份码了解更多信息、备案、许可、监管信息，体验更多应用服务。



(副本) 1-1

名称 山东丹波尔环境科技有限公司

注册资本 叁佰万元整

类型 有限责任公司(自然人投资或控股)

成立日期 2009年04月24日

法定代表人 苏冬梅

住所 山东省济南市市中区六里山街道英雄山路129号祥泰广场项目1号商务办公楼1303

经营范围 环保技术咨询；受委托开展环境监测服务（凭资质证经营）。（依法须经批准的项目，经相关部门批准后方可开展经营活动）



登记机关

2025年06月16日

国家企业信用信息公示系统网址：

<https://www.gsxt.gov.cn>

市场主体应当于每年1月1日至6月30日通过国家企业信用信息公示系统报送公示年度报告。

国家市场监督管理总局监制



环境影响评价工程师

Environmental Impact Assessment Engineer

本证书由中华人民共和国人力资源和社会保障部、生态环境部批准颁发，表明持证人通过国家统一组织的考试，具有环境影响评价工程师的职业水平和能力。



姓名：刘影

证件号码：[REDACTED]

性别：女

出生年月：1989年11月

批准日期：2021年05月30日

管理号：20210503537000000013



验证码: [Redacted]

附: 参保单位全部(或部分)职工参保明细(2025年04 至 2025年09)

当前参保单位: 山东丹波尔环境科技有限公司

序号	姓名	身份证号码	参保险种	参保起止日期(如有中断分段显示)	备注
1	刘影	[Redacted]	企业养老	202504-202509	
2	刘影	[Redacted]	失业保险	202504-202509	
3	刘影	[Redacted]	工伤保险	202504-202509	

打印流水号: 37019301250910S8N89937 系统自助: 9186742

2025年09月10日
业务经办电子专用章
3701037577871

备注: 1、本证明涉及单位及个人信息,有单位经办人保管,因保管不当或因向第三方泄露引起的一切后果由单位经办人承担。
2、上述信息为打印时的当前参保登记情况,供参考。

社会保险个人参保证明

验证码: [Redacted]

证明编号: 370193012509226AD8747Y

姓名	朱紫嫣	身份证号码	[Redacted]
当前参保单位	山东丹波尔环境科技有限公司	参保状态	在职人员
参保情况:			
险种	参保起止时间		累计缴费月数
工伤保险	202509-202509		1
企业养老	202509-202509		1
失业保险	202509-202509		1

2025年09月22日
业务经办电子专用章
3701037577871

备注: 本证明涉及个人信息,因个人保管不当或向第三方泄露引起的一切后果由参保人承担。
本信息为系统查询信息,不作为待遇计发最终依据。

社会保险经办机构(章)
2025年09月22日

表 1 项目基本情况

建设项目名称		X射线实时成像检测系统应用项目			
建设单位		泰安市泰和电力设备有限公司			
法人代表	张树民	联系人		联系电话	
注册地址		山东省泰安市泰山区省庄镇泰和街1号			
项目建设地点		山东省泰安市泰山区省庄镇泰和街1号，公司1#车间检测中心内西北角			
立项审批部门		/		项目代码	/
建设项目总投资（万元）	90	项目环保投资（万元）	5	投资比例（环保投资/总投资）	5.56%
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其它		占地面积（m ² ）	约12
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I 类 ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类		
		☐ 使用	☐ I 类（医疗使用） ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类		
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备PET用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙		
	射线装置	☐ 生产	☐ II 类 ☐ III 类		
		☐ 销售	☐ II 类 ☐ III 类		
		☒ 使用	☒ II 类 ☐ III 类		
	其他	/			

1 项目概述

1.1 公司概况

泰安市泰和电力设备有限公司，位于泰安市东部高新技术开发区，占地面积十万平方米，注册资金5000万元。公司是国家电网、南网输变电行业优秀企业，集设计、研发、生产、销售为一体的国家高新技术企业，同时也是输变电领域的高端产业和现代制造业的重要支柱。公司主要生产高压、特高压输变电配套设备、智能成套开关设备、高压GIS配套产品等，国内市场销售率占75%、国外市场占25%，与国家电网、南方电网、轨道交通以及国内主要高压开关制造商建立了长期稳定的合作关系，并出口到俄罗斯、韩国、印度、印尼、巴基斯坦、巴西、沙特、科威特等国家。近年来，公司专注于输变电行业的关键技术研发，致力于生产高端、精密、尖端的产品。公司研发的特高压产品打破了国外的垄断局面，成功填补了国内市场的空白。

公司在山东省泰安市泰山区省庄镇泰和街1号建设有泰安市泰和电力设备有限公司基地，

紧邻博阳路和规划一街，基地总面积为3.9万平方米，主要建筑为一栋办公楼（六层建筑）和两座车间（单层建筑），其中1#车间现为泰安市泰和电力设备有限公司使用，2#车间现为电科(山东)液压科技有限公司使用，办公楼为两者共用。

本项目地理位置示意图见图1-1，项目周边影像关系见图1-2，公司总平面布置图见图1-3，1#车间平面布置图见图1-4。

1.2 项目概况

为满足公司生产需求，保证生产GIS气体绝缘金属封闭开关设备（铝合金）的质量，公司现拟购置1套XYG-22508/3型X射线数字成像检测系统，安装地点位于山东省泰安市泰山区省庄镇泰和街1号1#车间检测中心内西北角，距检测中心西墙1m，距检测中心北墙1m，X射线数字成像检测系统拟直接安装于车间（检测中心区域）内，其外部不设独立检测室，为车间内的独立建筑。该套成像系统为一体化设计，主要由225kVX射线探伤机、数字平板成像系统计算机图像处理系统、机械电气系统、X射线防护系统、监控系统组成。

根据《关于发布<射线装置分类>的公告》（环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告，2017年第66号），工业用X射线探伤装置分为自屏蔽式X射线探伤装置和其他工业用X射线探伤装置，对自屏蔽式X射线探伤装置的使用活动按III类射线装置管理。依据环境保护部部长信箱对《射线装置分类》的解释：“自屏蔽式X射线探伤装置，应同时具备以下特征：一是屏蔽体应与X射线装置主体结构一体设计和制造，具有制式型号和尺寸；二是屏蔽体能将装置产生的X射线剂量减少到规定的剂量限值以下，人员接近时无需额外屏蔽；三是任何工作模式下，人体无法进入和滞留在X射线探伤装置屏蔽体内”。

基于以上描述，本项目X射线实时成像检测系统设置有1.8m×2.52m的防护门洞，具备人员可进入X射线实时成像检测系统的条件，不属于自屏蔽式X射线探伤装置的范围，应界定为“其他工业用X射线探伤装置”，按照II类射线装置管理。因此本项目属使用II类射线装置进行（固定场所探伤）。

本项目所处生产园区主体工程属于其他电子和电工机械专用设备制造。核心工艺仅分割、焊接、组装。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021年版）第四十六条，无需办理环评手续。

本次是公司首次开展核技术利用建设项目，本次评价涉及的射线装置参数见表1-1。

表 1-1 本次评价涉及的射线装置参数一览表

装置名称	型号	数量	类别	意向厂家	最大管电压	最大管电流	安装场所	使用状态
------	----	----	----	------	-------	-------	------	------

X 射线实时成像检测系统	XYG-22508/3 型	1	II 类	丹东奥龙射线仪器集团有限公司	225kV	8mA	1#车间检测中心内西北角	拟购置
--------------	---------------	---	------	----------------	-------	-----	--------------	-----

1.3 目的和任务由来

公司在生产GIS气体绝缘金属封闭开关设备（铝合金）过程中，需使用X射线实时成像检测系统对产品进行无损检验。由于X射线在穿透物体过程中与物质发生相互作用，缺陷部分和完好部分的透射强度不同，显示器屏幕上图像相应部分会呈现灰度差，评片人员根据图像灰度变化判断探件是否存在缺陷以及缺陷类型等，通过及时将检测结果进行反馈，使工作人员调整生产工艺参数等，从而确保公司生产产品的质量。

本项目成像系统在工作过程中可能对环境产生一定的辐射影响，根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》，本项目属于“五十五、核与辐射”中“172核技术利用项目”，应编制环境影响报告表。

为保护环境和公众利益，根据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《中华人民共和国环境影响评价法》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规对伴有辐射建设项目环境管理的规定，泰安市泰和电力设备有限公司委托我公司对其X射线实时成像检测系统应用项目进行核技术利用项目环境影响评价。接受委托后，在进行现场调查与核实、辐射环境现状检测、收集和分析有关资料、预测估算等基础上，依照《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），编制完成了该项目的环境影响报告表。

2 项目周边环境及选址情况

泰安市泰和电力设备有限公司位于山东省泰安市泰山区省庄镇泰和街1号，东侧为博阳路，南侧为泰和街，西侧为电科（山东）液压科技有限公司，北侧为规划一街。根据不动产权证书鲁(2024)泰安市不动产权第0042110号(见附件三)，用途为工业用地，用地符合规划及其他管控要求。本项目属公司生产GIS气体绝缘金属封闭开关设备（铝合金）的配套质保设施，在1#车间检测中心内安装使用，无新增用地。

X射线实时成像检测系统东侧为检测中心内区域、卫生间、智能分析检测中心、高压试验大厅，南侧为检测中心内区域和智能仓储区，西侧为基地内道路、电科（山东）液压科技有限公司，北侧为完善发货区、基地内道路、基地外空地，选址便于产品上下游生产工序的衔接。经现场勘察，1#车间周围无关人员较少，周围50m范围内存在1处环境保护目标，为1#车间西侧16m处电科（山东）液压科技有限公司，无居民区、学校等人员密集区，邻接无不利因素。综

上所述，项目的选址是合理的。

3 项目与产业政策符合性分析

本项目属于利用成像系统进行室内无损检测作业，该项目不属于《产业结构调整指导目录(2024年本)》中限制类和淘汰类，符合国家产业政策。

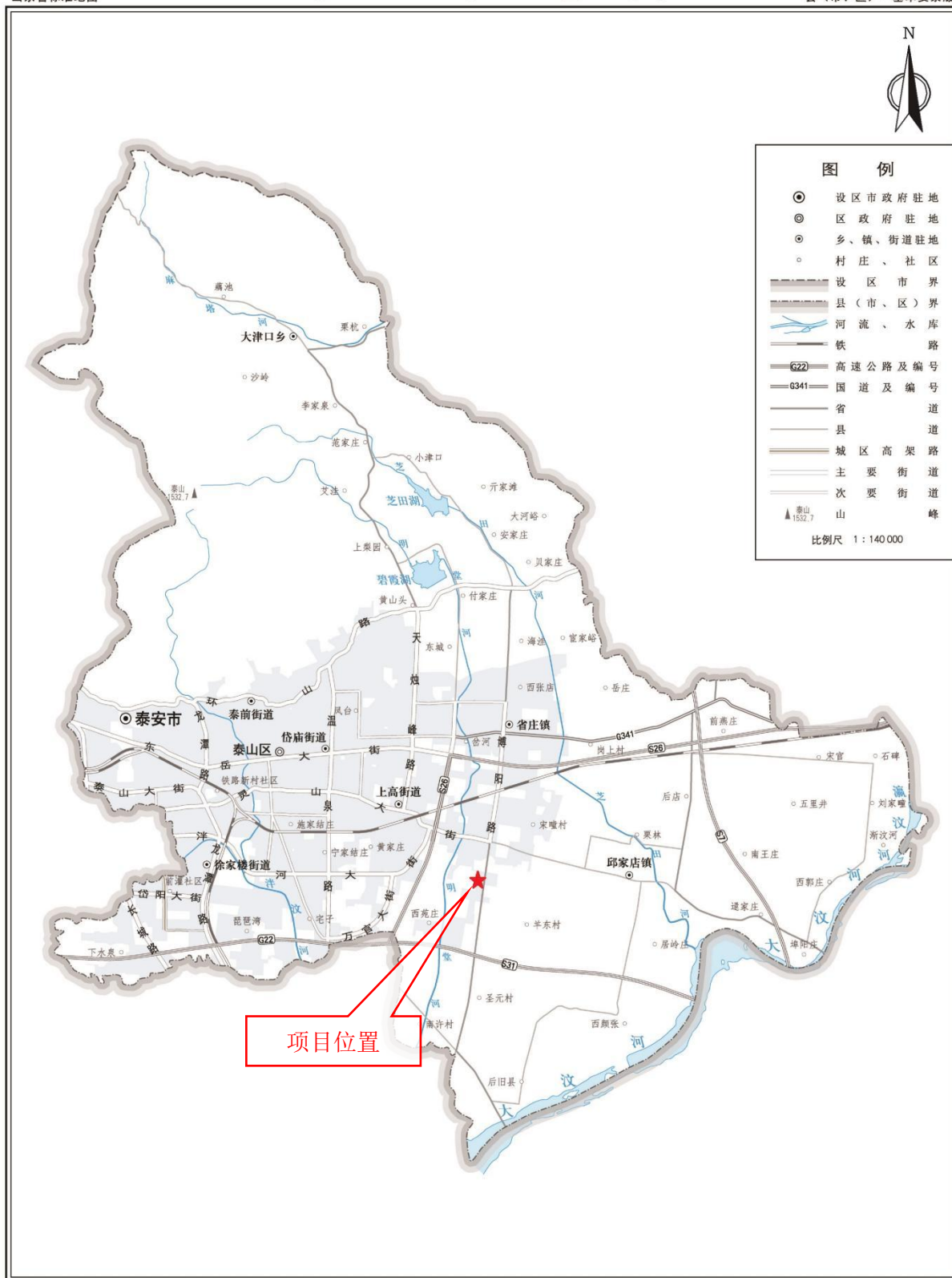
4 实践正当性分析

本项目使用X射线实时成像检测系统对公司生产的GIS气体绝缘金属封闭开关设备（铝合金）开展无损检测，有利于提高公司的生产技术和产品质量，具有良好的经济效益。同时根据下文分析，本项目采取的辐射防护措施能保证X射线实时成像检测系统外剂量率和人员受照水平控制在标准范围内，射线装置运行过程中产生的辐射影响可以满足国家有关要求，因此本项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB1 8871-2002)中辐射防护“实践正当性”的要求。

泰山区地图

山东省标准地图

县(市、区)·基本要素版



审图号: 鲁SG(2024) 035号

山东省自然资源厅监制 山东省地图院编制

图 1-1 本项目地理位置示意图



图1-2 项目周边环境影像关系图

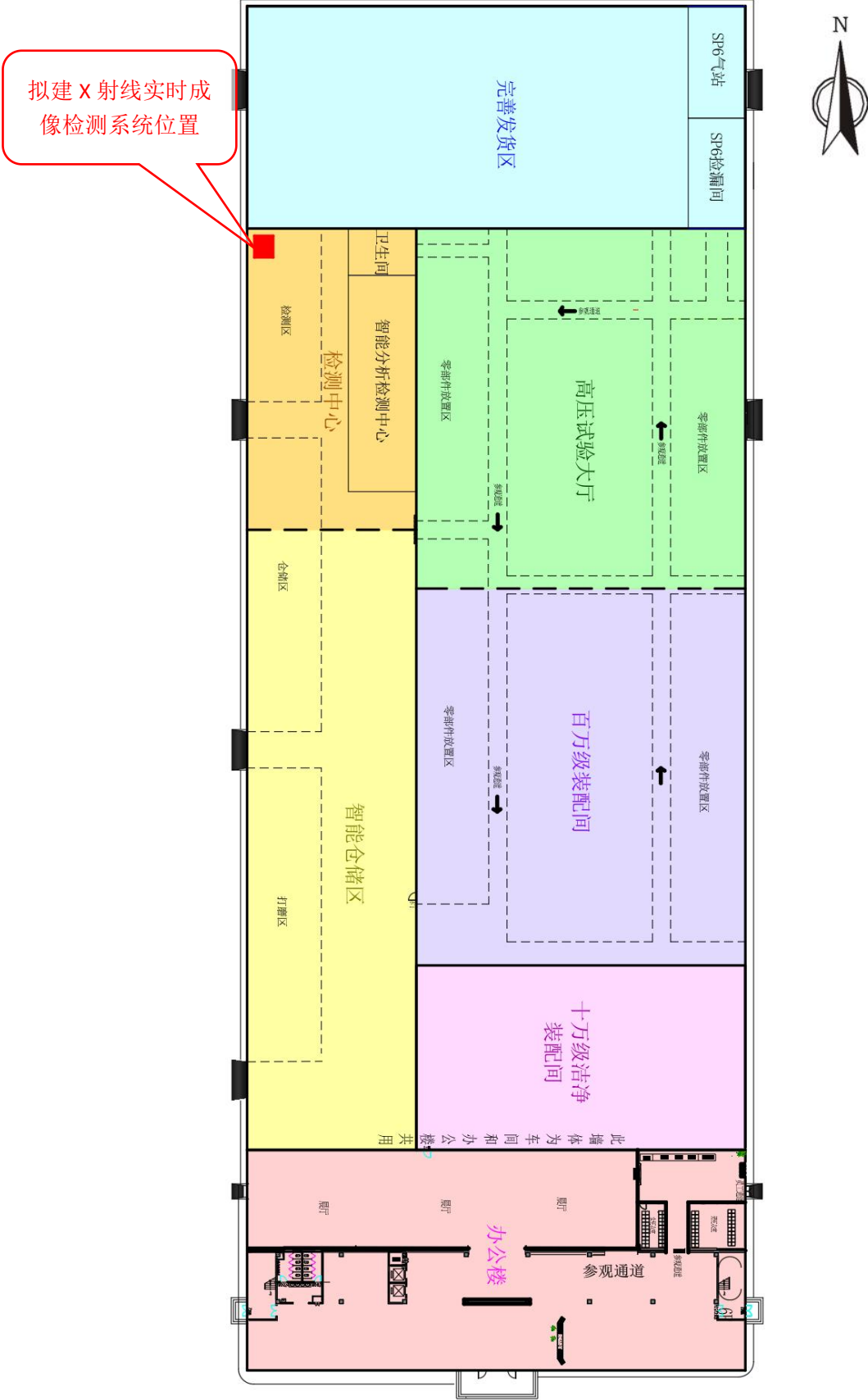


图 1-3 公司总平面布置示意图

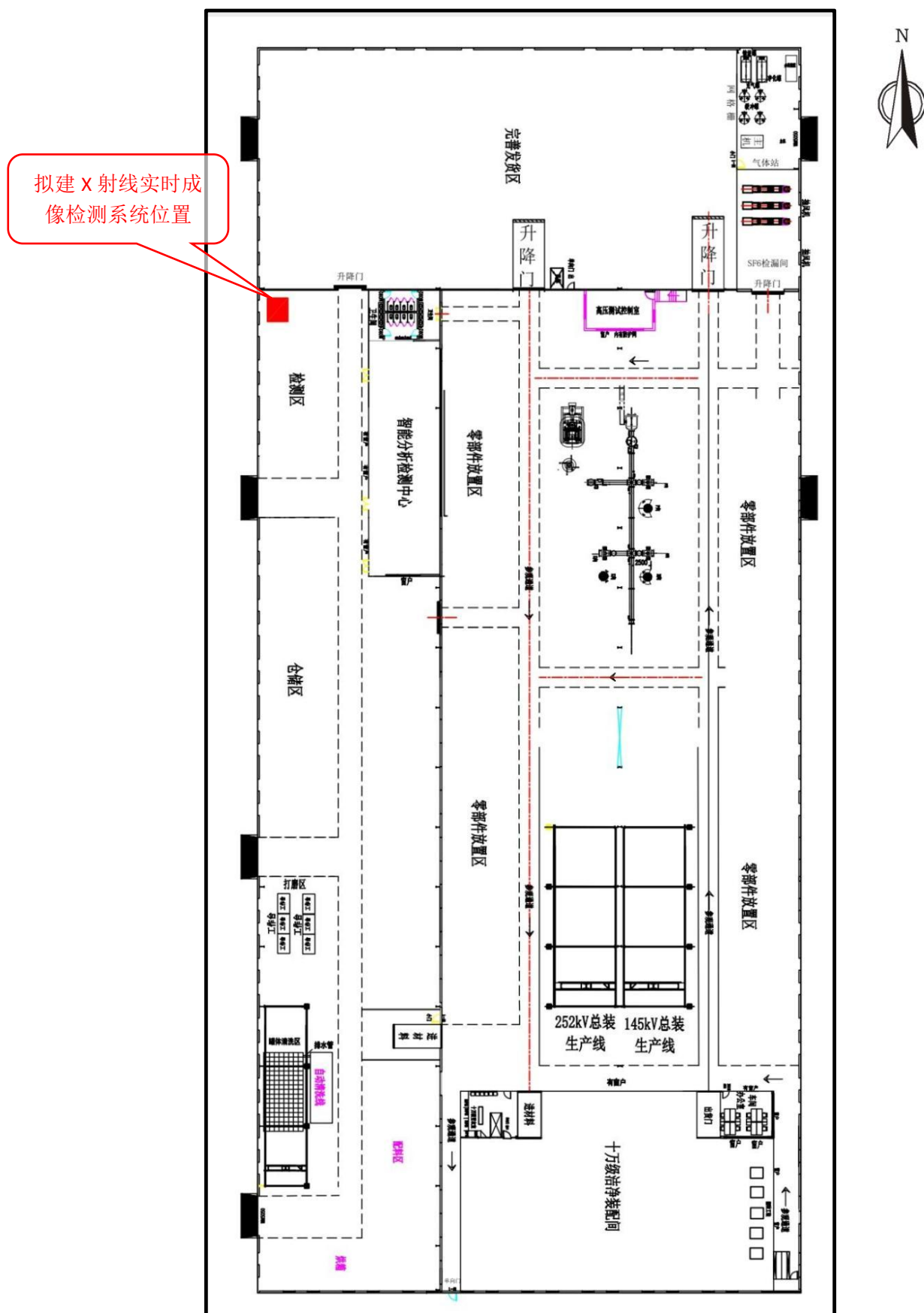


表 2 射线装置

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 射线实时成像检测系统	II 类	1	XYG-22508/3 型	225kV	8mA	无损检测	1#车间检测中心内西北角	定向

表 3 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
非放射性气体	气态	/	/	少量	少量	/	/	经过通风口及通风管道排至 1#车间西侧外环境

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）和和活度（Bq）。

表 4 评价依据

法 规 文 件	1. 《中华人民共和国环境保护法》(中华人民共和国主席令第 9 号, 2015. 1. 1 施行); 2. 《中华人民共和国环境影响评价法》(中华人民共和国主席令第 24 号, 2018. 12. 29 施行); 3. 《中华人民共和国放射性污染防治法》(中华人民共和国主席令第 6 号, 2003. 10. 1 施行); 4. 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》(中华人民共和国主席令第43号, 2020. 4. 29, 第十三届全国人民代表大会常务委员会第十七次会议第二次修订, 2020. 9. 1起施行); 5. 《建设项目环境保护管理条例》(国务院令第 682 号, 2017. 10. 1 施行); 6. 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院令第 449 号, 2005. 12. 1 施行; 国务院令第 709 号第二次修订, 2019. 3. 2); 7. 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(环境保护部令第 31 号, 2006. 3. 1 施行; 生态环境部令第 20 号修订, 2021. 1. 4); 8. 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(环境保护部令第18号, 2011. 5. 1 施行); 9. 《建设项目环境影响评价分类管理名录》(生态环境部令第16号公布, 2021. 1. 1 施行); 10. 《关于发布<射线装置分类>的公告》(环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告2017年第66号, 2017. 12. 5施行); 11. 《产业结构调整指导目录(2024年本)》(发改委令7号, 2024. 2. 1施行); 12. 《山东省环境保护条例》(山东省人大常委会公告第41号修订, 2019. 1. 1施行); 13. 《山东省辐射污染防治条例》(山东省人民代表大会常务委员会公告(第37号), 2014. 5施行)。
------------------	--

技 术 标 准	1. 《辐射环境保护管理导则核技术利用项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016); 2. 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021); 3. 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021); 4. 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002); 5. 《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022); 6. 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014); 7. 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)。
其 他	1. 项目环境影响评价委托书; 2. 《山东省环境天然放射性水平调查研究报告》(山东省环境监测中心站, 1989 年); 3. 建设单位提供的有关技术资料。

表 5 保护目标与评价标准

5.1 评价范围

根据《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)规定要求：“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外50m的范围”。

根据本项目特点，于公司车间内安装并使用X射线实时成像检测系统，属使用Ⅱ类射线装置。因此，评价范围为X射线实时成像检测系统四周防护面外50m的范围。

5.2 保护目标

本项目保护目标为评价范围内活动的操作人员和公众成员。其中操作人员为操作本项目X射线实时成像检测系统的辐射工作人员，公众成员主要为本项目所在1#车间内及周围的其他工作人员以及偶然经过的其他公众。保护目标情况见表5-1。

表5-1 本项目周围主要保护目标情况

保护目标		人数	方位	距离	特征
辐射工作人员		1人	X射线实时成像检测系统南侧	紧邻	—
公众成员	电科（山东）液压科技有限公司	约70人	X射线实时成像检测系统西侧	约16m	单层建筑
	其他偶然经过的公众	—	X射线实时成像检测系统周围	<50m	—

5.3 评价标准

5.3.1 职业照射和公众照射

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)附录B中对“剂量限值”要求如下：

一、职业照射剂量限值

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。

二、公众照射剂量限值

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。

5.3.2 管理剂量约束值

本次评价取GB18871-2002中规定的年剂量限值的1/10作为年剂量约束值，即：以2.0mSv作为职业工作人员年剂量约束值，以0.1mSv作为公众人员年剂量约束值。

5.3.3 剂量率参考控制水平

《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)中对X射线实时成像检测系统放射防护要求如下：

4 使用单位放射防护要求

4.5 应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。

4.6 应制定辐射事故应急预案。

6.1 探伤室放射防护要求

6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作位应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开。探伤室的屏蔽墙厚度应充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素。无迷路探伤室门的防护性能应不小于同侧墙的防护性能。

6.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合GB18871 的要求。

6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：

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

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

6.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置，应在门(包括人员进出门和探伤设备进出门)关闭后才能进行探伤作业。门-机联锁装置的设置应方便探伤室内部的人员在紧急情况下离开探伤室。在探伤过程中，防护门被意外打开时，应能立刻停止出束或回源。

6.1.6 探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与探伤机联锁。“预备”信号应持续足够长的时间，以确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。在醒目的位置处应有对“照射”和“预备”信号意义的说明。

6.1.8 探伤室防护门上应有符合GB18871要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。

6.1.9 探伤室内应安装紧急停机按钮或拉绳，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮或拉绳的安装，应使人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮或拉绳应带有标签，标明使用方法。

6.1.10 探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时

有效通风换气次数应不小于3次。

6.2 探伤室探伤操作的放射防护要求

6.2.1 对正常使用的探伤室应检查探伤室防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护措施。

6.2.3 应定期测量探伤室外周围区域的剂量率水平，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值应与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。

6.2.6 在每一次照射前，操作人员都应该确认探伤室内部没有人员驻留并关闭防护门。只有在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始探伤工作。

考虑到本项目X射线实时成像检测系统高度较低(约4.09m)，本次评价以 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 作为X射线实时成像检测系统四周防护面、防护门、通风口及室顶外30cm处各关注点的剂量率参考控制水平。

5.3.4 泰安市环境天然辐射水平

根据山东省环境监测中心站对山东省环境天然放射性水平的调查，泰安市环境天然辐射水平见表5-2。

表 5-2 泰安市环境天然辐射水平 ($\times 10^{-8}\text{Gy/h}$)

监测内容	范 围	平均值	标准差
原 野	2.99~14.23	6.55	1.93
道 路	1.84~16.74	5.30	2.67
室 内	4.63~21.84	10.36	2.62

表 6 环境质量和辐射现状

6.1 项目地理和场所位置

公司位于山东省泰安市泰山区省庄镇泰和街1号, 拟建X射线实时成像检测系统位于公司1#车间检测中心内西北角, 距检测中心西墙1m, 距检测中心北墙1m, 检测中心南北长约45m, 东西宽约25m。X射线实时成像检测系统四周情况详见表6-1。现场勘查情况见图6-1。

表 6-1 本项目 X 射线实时成像检测系统拟安装区域周围 50m 范围环境一览表

方向	场 所 名 称
东侧	检测中心内区域、卫生间、智能分析检测中心、高压试验大厅
南侧	检测中心内区域、智能仓储区
西侧	基地内道路、电科（山东）液压科技有限公司
北侧	完善发货区、基地内道路、基地外空地

	
拟建 X 射线实时成像检测系统中间区域	拟建 X 射线实时成像检测系统北侧区域（完善发货区）现状
	
拟建 X 射线实时成像检测系统南侧区域现状	拟建 X 射线实时成像检测系统东侧区域现状

	
拟建 X 射线实时成像检测系统西侧现状	拟建 X 射线实时成像检测系统西侧电科（山东）液压科技有限公司现状
	
高压试验大厅	基地内道路

图 6-1 项目拟建区域及周围环境现场照片（拍摄于 2025 年 9 月）

6.2 辐射环境现状调查

为了解本项目拟建区域及周围的辐射环境现状，山东丹波尔环境科技有限公司对本项目拟建区域辐射环境现状进行检测。

1. 检测因子： γ 辐射剂量率
2. 检测点位：根据本项目平面布置和周围环境情况，按照《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）和《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）测点布设原则，共设11个辐射环境现状调查检测点位，点位编号1#~11#，检测点位描述见表6-2，检测布点见图6-2。
3. 质量保证措施：
 - (1) 监测单位

山东丹波尔环境科技有限公司，已通过生态环境认证，证书编号221512052438。

(2)检测设备

检测仪器名称：便携式X-γ 剂量率仪；
仪器型号：FH40G+FHZ672E-10；内部编号：JC01-09-2013；
系统主机测量范围：10nGy/h~1Gy/h；
天然本底扣除探测器测量范围：1nGy/h~100 μ Gy/h
探测器能量范围：33keV~3MeV；
相对固有误差：-7.9%(相对于¹³⁷Cs参考γ 辐射源)；
检定单位：山东省计量科学研究院；检定证书编号：Y16-20247464；
检定有效期至：2025年12月22日；校准因子：1.07。

(3)检测人员

本次由两名检测人员共同进行现场检测，两人均为持证上岗。

(4)检测标准

《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）
《环境γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）

(5)其他保证措施

本次由两名检测人员共同进行现场检测，由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。检测时获取足够的数量，以保证检测结果的统计学精度。建立完整的文件资料。仪器校准（测试）证书、检测布点图、测量原始数据、统计处理记录等全部保留，以备复查。检测报告严格实行三级审核制度，经过校对、审核，最后由技术负责人审定。

4. 检测时间与条件：2025年9月12日，天气：晴，温度：25℃，相对湿度：67%。

5. 检测结果

检测结果见表6-2。

表 6-2 拟建 X 射线实时成像检测系统周围及保护目标处 γ 辐射剂量率检测结果

序号	点位描述	检测结果（nGy/h）	
		剂量率	标准差
1#	拟建 中间位置	54.4	0.7
2#	拟建 X 射线实时成像检测系统东侧	53.1	1.0
3#	拟建 X 射线实时成像检测系统西侧	52.5	1.3
4#	拟建 X 射线实时成像检测系统南侧	51.8	1.0
5#	拟建 X 射线实时成像检测系统北侧	55.0	0.4

6#	基地内道路	43.9	0.6
7#	拟建 X 射线实时成像检测系统北侧完善发货区	52.4	0.7
8#	拟建 X 射线实时成像检测系统东侧卫生间	52.1	0.9
9#	拟建 X 射线实时成像检测系统东侧智能分析检测中心	53.1	0.8
10#	拟建 X 射线实时成像检测系统东侧高压试验大厅	51.2	1.1
11#	拟建 X 射线实时成像检测系统西侧电科（山东） 液压科技有限公司	44.6	0.6

注：1. 表中检测数据已扣除宇宙射线响应值 13.4nGy/h；
2. 宇宙射线响应值的屏蔽修正因子，原野及道路取 1，平房取 0.9，多层建筑物取 0.8；
3. 检测时，点位 6#、11#位于室外，检测地面为柏油路；点位 1#~5#、点位 7#~10#位于室内，检测地面为混凝土。

根据表6-2中检测数据，本项目拟建区域及周围 γ 辐射剂量率现状值为 $(4.39 \sim 5.50) \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ ；其中室内检测点位的 γ 辐射剂量率为 $(5.12 \sim 5.50) \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ ，处于泰安市环境天然放射性水平范围内[室内 $(4.63 \sim 21.84) \times 10^{-8} \text{Gy/h}$]，室外检测点位的 γ 辐射剂量率为 $(4.39 \sim 4.46) \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ ，处于泰安市环境天然放射性水平范围内[道路 $(1.84 \sim 16.74) \times 10^{-8} \text{Gy/h}$]。

拟建 X 射线实时成像检测系统位置

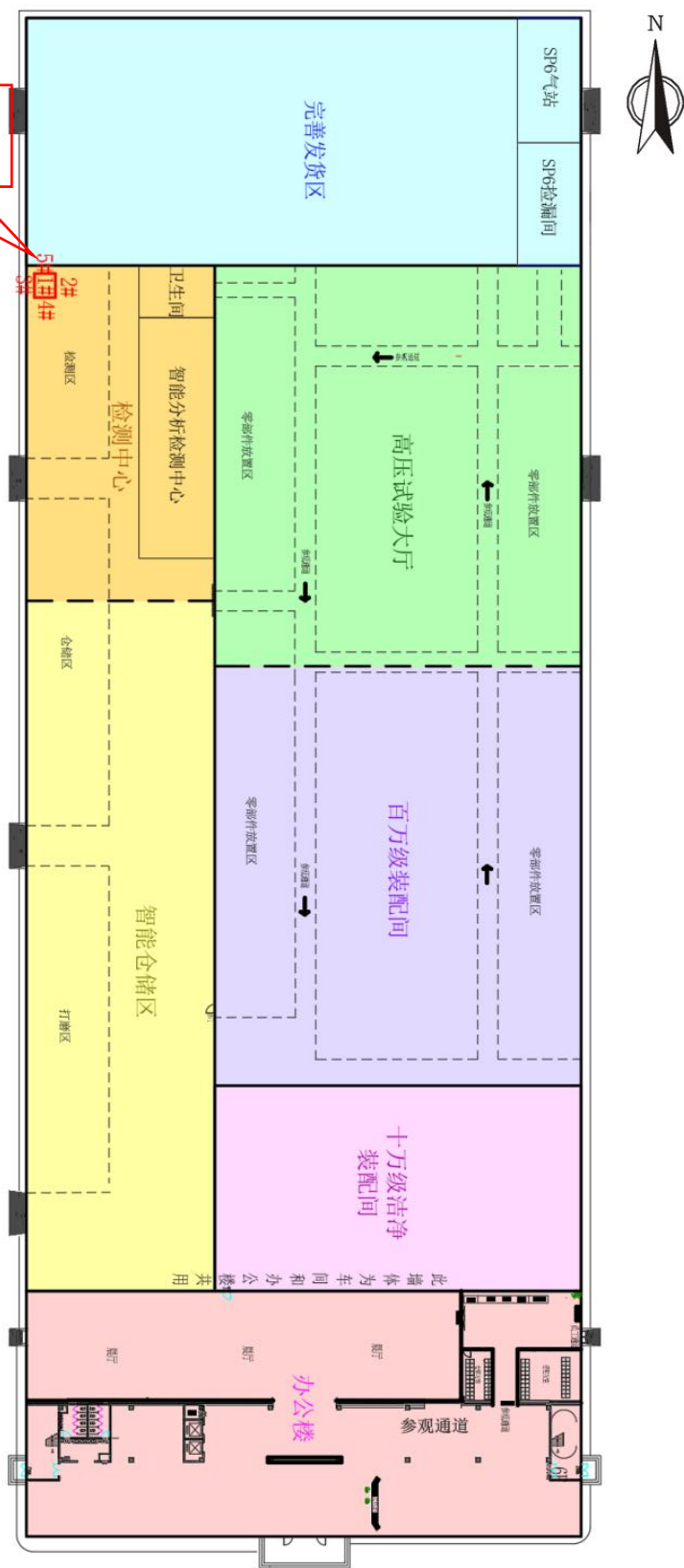


图6-2 (a) 检测布点示意图



图 6-2 (b) 检测布点示意图

表 7 项目工程分析与源项

7.1 施工期工艺流程简述

本项目施工期内容主要在1#车间检测中心内西北角安装1套X射线实时成像检测系统，成像系统为整体外购设备，可直接固定安装，不涉及土建工作。施工期可能的污染因素主要为施工过程中产生的噪声及包装废弃物等常规环境要素。

施工期工艺流程及产污环节见图7-1。

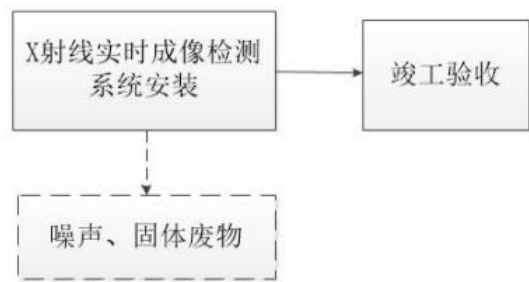


图 7-1 施工期工艺流程及产污环节图

7.2 营运期工艺流程简述

7.2.1 X射线实时成像检测系统简介

1. X射线实时成像检测系统组成

本项目X射线实时成像检测系统主要由X射线探伤机、数字平板成像系统、计算机图像处理系统、机械电气系统、X射线防护系统、监控系统组成。

设备外观示意图见图7-2，设备内部构造示意图图7-3。

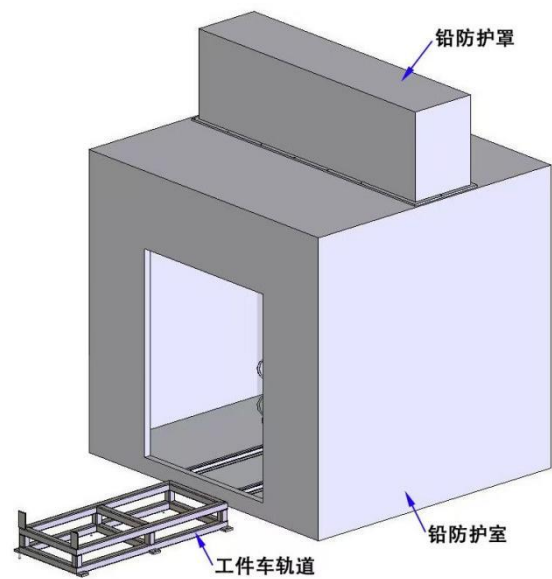


图7-2 设备外观示意图

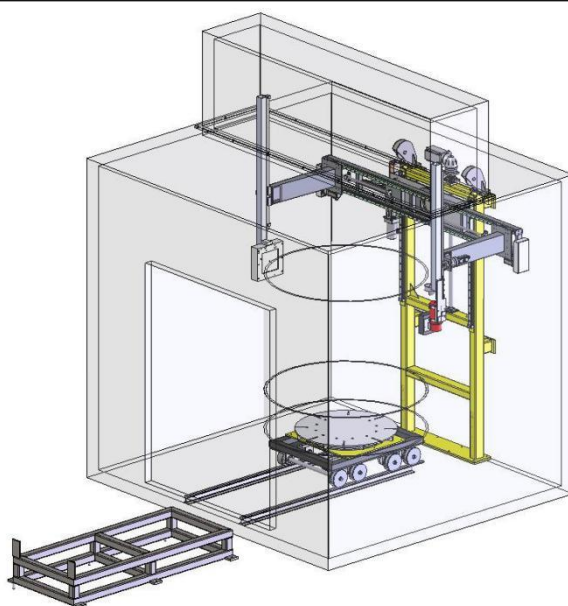


图7-3 设备内部构造示意图

(1) X射线探伤机

根据设备厂家提供的资料,本项目X射线管采用瑞士COMET生产的型号为MXR-225HP/11的双焦点金属陶瓷管。辐射角 $40^{\circ} \times 30^{\circ}$,管电压为225kV,额定功率800W/1800W,本项目主要进行GIS气体绝缘金属封闭开关设备(铝合金)的检测,最大直径800mm,最大壁厚15mm,最大长度3000mm。

(2) 数字平板成像系统

数字平板成像系统为3025D型,由非晶硅接收器、电源、电源线、千兆网线、组件电缆等组成。成像面积为 $249.6\text{mm} \times 300.8\text{mm}$,具备 $100\mu\text{m}^2$ 的清晰分辨能力,可将X射线信息转换成灰度信息。

(3) 计算机图像处理系统

主要由计算机硬件和图像处理软件两部分组成。计算机硬件为主机和显示器。图像处理软件可对原始图像进行图像降噪、锐化等处理,将被检测物体内部结构状况清晰地显示出来。

(4) 机械传动装置

机械运动系统采用七轴运动结构,由 π 型臂和工件载台组成,均为伺服电机驱动。 π 型臂采用了 90° 直角支臂,在检测大尺寸筒形工件时,X射线管可伸入到筒内,进行单臂单影的透照检测,可插入1200mm高度。其左右两端的支撑机构装有X射线管和平板探测器,X射线管和平板探测器可以做左右方向的独立调整。工件载台为电动控制,可以做 $\pm 360^{\circ}$ 旋转运动,运行在钢轨上,可出至X射线实时成像检测系统外部进行上、下料流程。

机械工装结构示意图见图7-4。

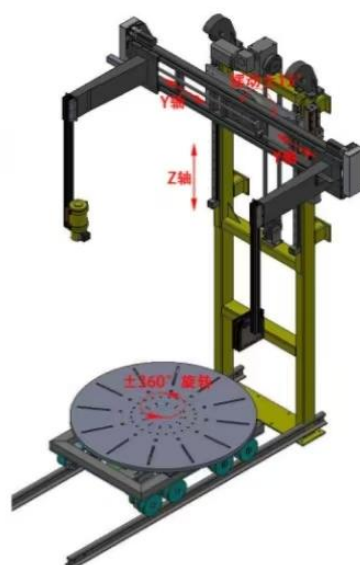


图7-4(a) 机械工装结构示意图（无工件状态）

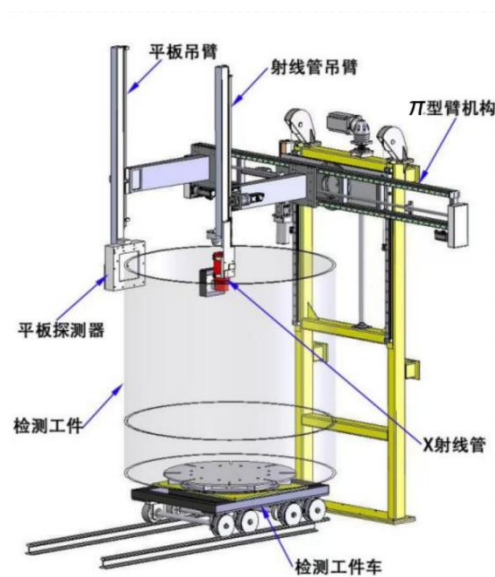


图7-4(b) 机械工装结构示意图（检测工件状态）

(5) 电气控制系统

电气控制单元采用以PLC为核心电气控制系统，主要有电气控制柜、PLC及模块组、继电器等相关电气元件组成。

(6) X射线防护系统(自屏蔽式防护铅房)

铅房防护等级为符合GBZ117-2022国家标准规定的辐射防护剂量要求。铅房外侧为钢-铅-钢夹层结构，内壁为方管焊接而成的框架，在寿命期限内有足够的强度、刚度、稳定性、耐腐蚀性、抗疲劳性等性能，以确保试验机和操作人员的安全。

(7)现场监控系统

现场监控系统由像素为510×492的摄像机主要参数24英寸彩色液晶显示屏组成。

2. X射线产生原理

X射线机主要由X射线管和高压电源组成。X射线管由阴极和阳极组成。阴极通常是装在聚焦杯中的钨灯丝，阳极靶则根据应用的需要，由不同的材料制成各种形状，一般用高原子序数的难熔金属(如钨、铂、金、钼等)制成。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。高电压加在X射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度。这些高速电子到达靶面作用的韧致辐射即为X射线。

典型的X射线管结构见图7-5。

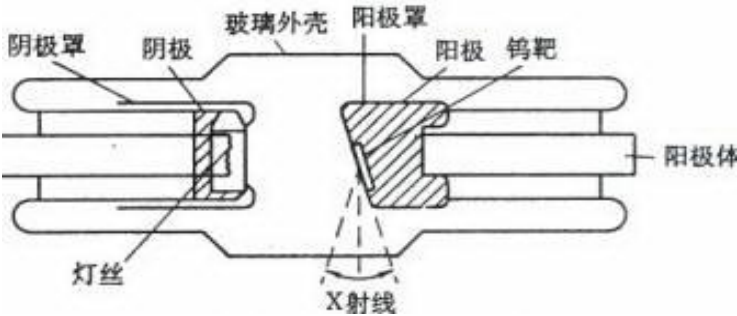


图7-5 X射线管示意图

3. 探伤及成像原理

探伤原理：X射线实时成像检测系统通过X射线对受检产品进行照射，当射线在穿透材料时，由于材料的厚薄不等，杂质与其中缺陷对X射线吸收衰减不同而形成X射线强度分布的潜像，再将这个潜像用图像增强管转换为可见像，从而实现检测缺陷的目的，如果工件质量有问题，在成像中显示缺陷及杂质所在的位置，从而实现无损探伤的目的。

成像原理：射线发生器中加速的电子撞击阳极靶产生X射线，X射线穿透金属材料后被图像增强器所接收，图像增强器把不可见的X射线检测信号转换为光学图像，用高清晰度电视摄像机摄取光学图像，输入计算机进行A/D转换，转换为数字图像，经计算机处理后，还原在显示器屏幕上显示出材料内部的缺陷性质、大小、位置等信息，再根据图像的灰度对检测结果进行缺陷等级评定，从而达到检测的目的。

4. X射线探伤设备主要技术参数

本项目X射线实时成像检测系统主要技术参数见表7-1。

表 7-1 本项目 X 射线实时成像检测系统主要技术参数

X射线探伤机	X 射线管	连续功率：800W/1800W；固有过滤：0.8mmBe；
--------	-------	-------------------------------

		焦点尺寸: d=0.4mm(小焦点)、d=1.0mm(大焦点); 射线辐射角: 40° × 30° ;靶角: 20° ;最大漏射线剂量: 10mSv/h; 冷却介质: 水; 冷却最小流量: 6L/min; 最大管电压: 225kV; 最大管电流: 8mA。
	高压电缆	耐压: 225KV; 长度: 10米; 连接方式: 法兰连接。
	高频高压发生器	发生器输出电压范围: 0-225KV ; 发生器输出电流范围: 0-10mA; 最大输出功率: 1.8KW。
	控制器(T7000 型)	识别故障自动保护: 如设备出现、无电流、过电流、过电压、欠电压、冷却流量保护、冷却温度保护、铅门互锁等故障时自动保护。
	水冷却器 (AL-ZFB-3000 型)	冷却输出: 3KW; 循环速率: 系统流量大于 6L/min; 流量设定值: 4L/min; 温度设定值: 40℃; 电源电压: 单相 220V±10%, 50/60Hz; 电流: ≤2.3A ; 噪音: 58dB; 距离 1 米; 水箱容积: 4.0L 冷却液: 纯净水。
3025D 型数字 平板成像系 统	接收部分	接收器类型: 非晶硅; 转换屏: 碘化铯; 像元面积总计: 249.6×300.8mm; 像元矩阵总计: 2496×3008; 像元尺寸: 100 μ m ² ; 极限分辨率: 5lp/mm ; 能量范围: 225KV; 帧速率: 10 帧 (1×1) /秒, 20 帧 (2×2) /秒。
	电源	功率消耗: 30W; 接入电源: 100-240VAC, 50/60Hz。
	环境条件	工作温度: 10—40℃; 存放温度: -10—+55℃; 非冷凝工作湿度: 20-90%RH; 储存和运输湿度: 10-95%RH; 震动: IEC60068-2-6 (10-200Hz, 5g); 冲击: IEC60068-2-29 (16ms, 10g)。
	机械参数	重量: 7.58kg; 外壳材料: 铝和碳纤维; 尺寸: 332mm×285mm×40mm。
计算机图像处 理系统	型号: AL-TX-7000; 显示器: 24 英寸; 刻录机: DVD 刻录机; 配置: CPU i7/内存 8G/固态硬盘 500G/机械硬盘 1T/显卡 2G;	
机械传动装 置	机械运动系统: 机械系统采用七轴运动结构, 由 π 型臂和工件载台组成, 均为伺服电机驱动。 ① π 型臂的左右两端的支撑机构装有 X 射线管和平板探测器, X 射线管和平板探测器可以做左右方向的独立调整; ②采用了 90° 直角支臂, 在检测大尺寸筒形工件时, X 射线管可伸入到筒内, 进行单臂单影的透照检测, 可插入 1200mm 高度; ③ π 型臂机构可做 Z 轴垂直升降和倾角的运动, 电动控制, 速度可调; ④Z 轴升降行程: 1200mm, 倾角: ±15° ; ⑤Y 轴行程: X 射线管: 0-1000mm, 平板: 0-500mm; ⑥检测工件车: 检测工件车为电动控制, 运行在钢轨上; 可以做 X 和 ±360° 旋转运动; 可出至铅房外部进行上、下料流程; 平台台面为: φ 1000mm。	
电气控制系统	采用以 PLC 为核心电气控制系统, 主要有电气控制柜、PLC 及模块组、继电器等相关电气元件组成。该系统可以根据需要灵活地设定检测过程中的各种参数, 并能按照设定的参数自动完成所有检测步骤。	
X 射线防护系 统(自屏蔽式 防护铅房)	①铅房外侧为钢-铅-钢夹层结构; 内壁为方管焊接而成的框架, 内部设有照明及 220V 电源插座; ②铅房上装有吊环, 易于吊车搬运; 下端装有支脚, 易于叉车搬运; 顶上安装射线报警灯; ③铅门为电动铅门, 铅门横向开合, 铅门与 X 射线高压控制电路联锁, 独立安全开关防止门在检测过程中打开、或在门打开或未关好时启动射线。	
现场监控系统	①摄像机主要参数: 扫描制式: 625/50; 像素: 510×492; 清晰度: 429TVL; 1/3 英寸 CCD; ②显示器主要参数: 24 英寸彩色液晶。	

7.2.2 工作流程

进行X射线探伤前，工作人员打开防护铅门，将工件放置在检测平台固定工装（检测工件车）上。于操作台处操作检测工件车使其通过导轨将工件运送至铅房内，确定铅房内无人员后关闭铅门，开启射线，然后检测平台可进行360°旋转检测及左右、前后运动。X射线管发射X射线，对放置在铅房内载物台上的工件进行检测，平板探测器接收透过物体的X射线，图像传送到计算机处理，由计算机经过软件处理输出图像。操作人员根据X射线图像情况，对工件进行分析和判断，检测完毕后，关闭射线，检测完毕，打开铅门将工件取出，然后进行下一工件检测依次重复上述检测过程。检验完成后关机，检查全部完成后，关闭操作系统、X射线实时成像检测系统电源和总电源。

其工作流程示意图见图7-6。

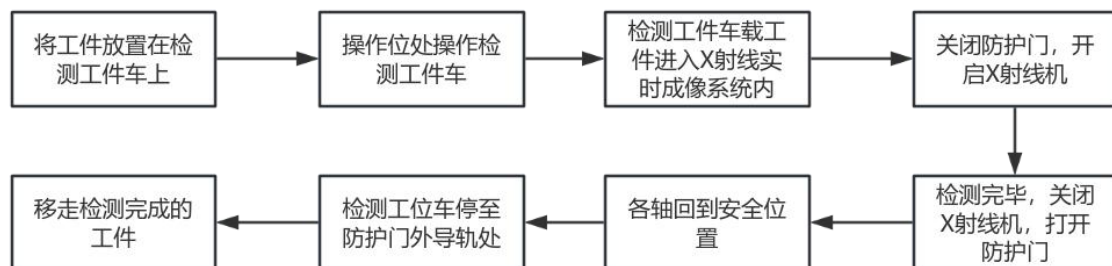


图7-6 X射线实时成像检测系统工作流程示意图

7.2.3 人员配备及工作负荷

1. 本项目配备2名辐射工作人员，其中1名辐射管理人员和1名探伤操作人员，操作人员专职进行本项目探伤检测工作。

2. 年运行时间

根据公司提供的资料，公司每年约产1000个工件，每个工件需曝光约20次，每次曝光时间约0.2min，则X射线实时成像系统每年检测工件曝光时间为 $1000 \times 20 \times 0.2 \div 60 \approx 67\text{h}$ 。

该设备停机时间>30天时需进行训机，曝光时长为1h。根据公司提供资料，X射线实时成像系统每天工作2小时，每月工作5天，具体工作时间不固定。

为最大限度估算训机频次，设定设备运行周期为每次持续运行5天后，进入不少于30天的停机阶段，即单周期时长为35天。基于该假设，全年运行周期数为 $365 \div 35 \approx 10.4$ 次，为保守考虑向上取整为11次。因此，该系统每年训机所产生的总曝光时间最多为11小时。

综上，本项目X射线实时成像系统的年曝光时间约为 $67+11=78\text{h}$ 。

7.3 污染源项描述

7.3.1 施工期污染因素分析与评价因子

本项目施工期无需土建施工，仅在1#车间内进行设备的安装和调试过程，建设内容较少，产生的主要污染是设备安装调试的较小噪声和包装废弃物。

因此，施工期主要环境影响评价因子为：施工噪声、包装废弃物。

7.3.2 营运期污染因素分析与评价因子

1. 放射性废物

本项目不产生放射性固体废物、放射性废水和放射性废气。

2. X射线

X射线机开机后产生X射线，对周围环境产生辐射影响，关机后X射线随之消失。

3. 非放射性有害气体

系统产生的X射线会使空气电离。空气电离产生臭氧(O_3)和氮氧化物(NO_x)，在 NO_x 中以 NO_2 为主。它们是具有刺激性作用的非放射性有害气体。本项目中，臭氧和氮氧化物的产生量均较小。

本项目使用X射线实时成像检测系统进行探伤，无洗片、评片工序，不会产生废胶片和废显(定)影液。

综上分析，本项目营运期环境影响评价的评价因子主要为X射线、非放射性有害气体。

表 8 辐射安全与防护

8.1 项目安全与防护

8.1.1 项目安全措施

本项目X射线实时成像检测系统拟安装于公司1#车间检测中心内西北角，距检测中心西墙1m，距检测中心北墙1m，操作位与X射线实时成像检测系统分开设置，操作位安装在铅房南侧，距铅房南侧防护面约1m，其西侧边缘与铅房东侧防护面在一条水平直线上。

为扩大X射线探伤机的有效作业范围，本项目在X射线实时成像检测系统顶部增设防护罩。该措施在确保辐射屏蔽效果的前提下，利于优化内部机械工装的作业空间，提升探伤作业的覆盖面积与操作灵活性。顶部防护罩通过焊接与X射线实时成像检测系统形成统一整体。顶部防护罩共5面防护面，其东西防护面与X射线实时成像检测系统东西防护面紧密相接，构成连续的垂直防护面；南北防护面距X射线实时成像检测系统南北防护面最近距离分别为982mm、950mm；防护罩覆盖范围内的X射线实时成像检测系统顶部区域未安设防护面，其辐射防护由该防护罩直接提供。X射线向西照射，可在水平面左右移动1.268m，可在垂直面上下移动2.198m。防护门位于X射线实时成像检测系统南侧。

项目主视图见图8-1，侧视图见图8-2，剖面图见图8-3，本项目X射线实时成像检测系统屏蔽设计见表8-1。

表8-1 X射线实时成像检测系统屏蔽设计一览表

名 称	设计参数
尺寸 (长×宽×高)	X射线实时成像检测系统外部尺寸:长 3.640m(东西)×宽 2.986m(南北)×高 4.09m(含顶部防护罩高 5.431m)； X射线实时成像检测系统内部尺寸:长 3.485m(东西)×宽 2.838m(南北)×高 3.81m(含顶部防护罩高 5.050m)； 顶部防护罩外部尺寸:长 3.640m(东西)×宽 1.054m(南北)×高 1.314m； 顶部防护罩内部尺寸:长 3.485m(东西)×宽 0.906m(南北)×高 1.240m。
四周防护面材质及厚度	X射线实时成像检测系统南侧、北侧、东侧防护面防护厚度 14mm(材质 4mm 钢板+10mm 铅)； X射线实时成像检测系统西侧防护面防护厚度 20mm(材质 4mm 钢板+16mm 铅)； 顶部防护罩南侧、北侧、西侧防护面防护厚度 20mm(材质 4mm 钢板+16mm 铅)； 顶部防护罩东侧防护面防护厚度 14mm(材质 4mm 钢板+10mm 铅)。
底部/顶部防护面材质及厚度	X射线实时成像检测系统底部防护面防护厚度 14mm(材质 4mm 钢板+10mm 铅)； X射线实时成像检测系统顶部防护面防护厚度 20mm(材质 4mm 钢板+16mm 铅)； 顶部防护罩顶部防护面防护厚度 14mm(材质 4mm 钢板+10mm 铅)。
面 积	10.7m ²
容 积	62m ³ (含顶部防护罩)

防护门	用于工件进出，1处，位于X射线实时成像检测系统南侧，为电动横向对开铅门；厚度为70mm，防护能力为16.5mm铅； 门体尺寸1.85m×2.562m(宽×高)； 门洞尺寸1.80m×2.520m(宽×高)； 其上、下、左、右与四周防护面的设计搭接量均为111mm，两扇门为“Z”字形搭接，搭接面宽度为35mm，搭接宽度与缝隙比不小于18:1；防护门设计有门-机联锁装置和电离辐射警告标志，门上方设计有工作状态指示灯。
通风口	X射线实时成像检测系统东侧防护面北侧上方设计有1处通风口(距X射线实时成像检测系统顶部防护面0.548m，距其北侧防护面0.305m)，通风口尺寸为120mm×120mm，配有机械通风装置，通风口外设有防护罩，防护能力为4mm钢板+10mm铅，有效通风量不低于300m³/h；通风口外拟设置通风管道，非放射性有害气体经通风口及通风管道排入1#车间西侧外环境。
穿线孔	位于通风口正下方即X射线实时成像检测系统东侧防护面底部位置(距X射线实时成像检测系统北侧防护面约0.266m，距其底部防护面0.632m)，尺寸为160mm×160mm；走线铅罩防护厚度14mm，防护能力为4mm钢板+10mm铅。

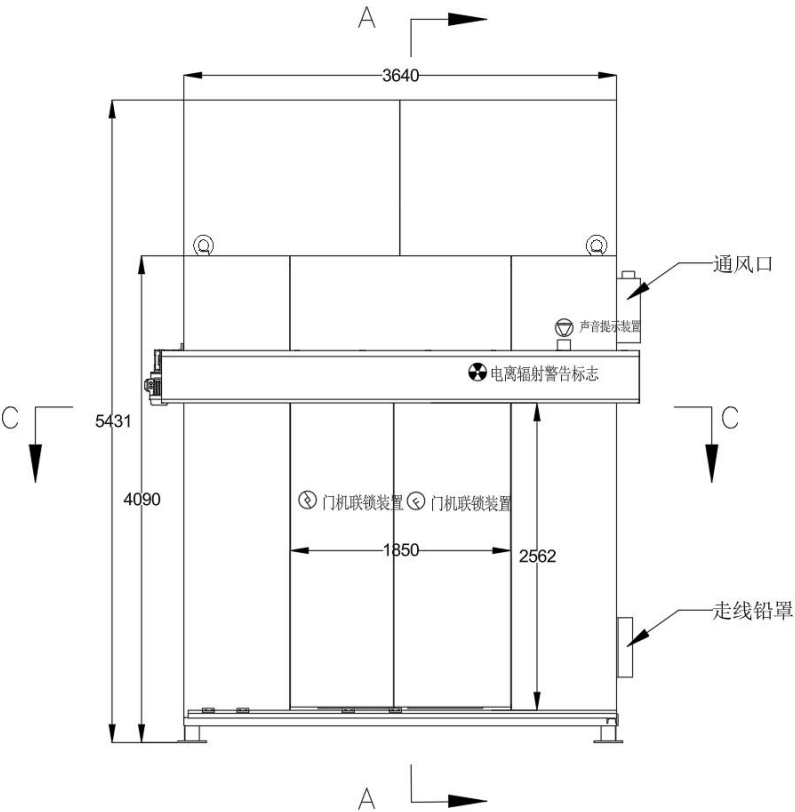


图8-1 项目主视图（单位：mm）

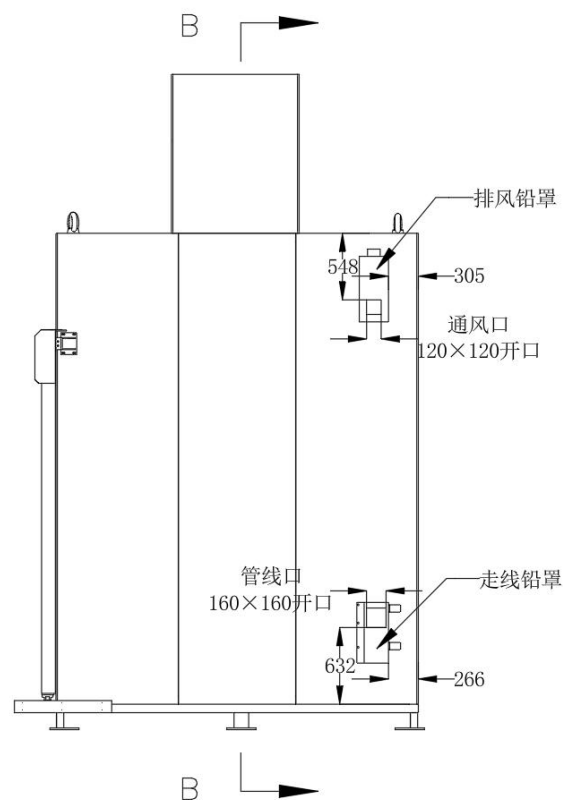


图8-2 项目侧视图（单位：mm）

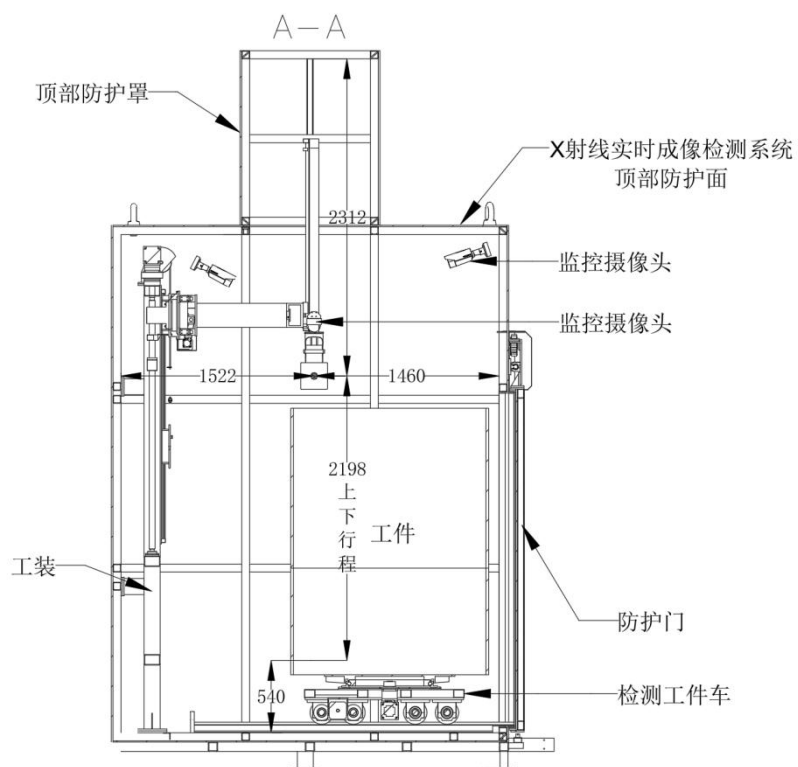


图8-3(a) 项目A-A剖面示意图（单位：mm）

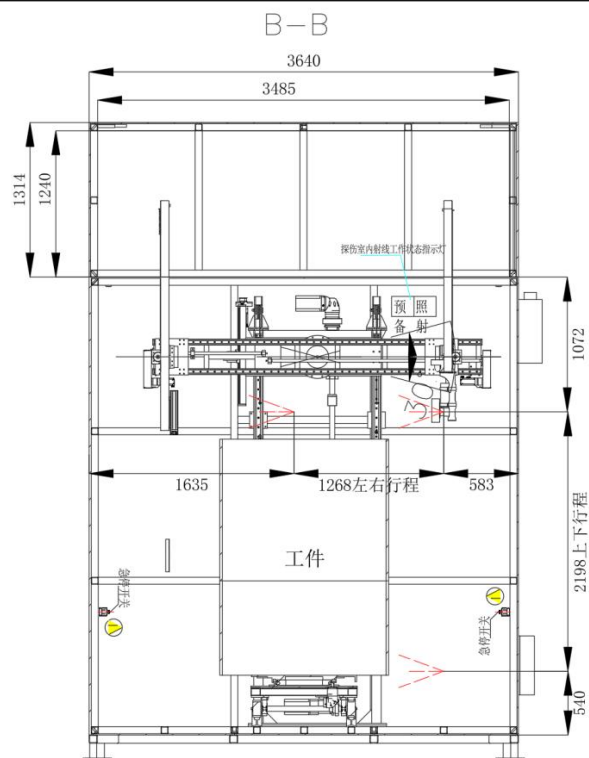


图8-3(b) 项目B-B剖面示意图（单位：mm）

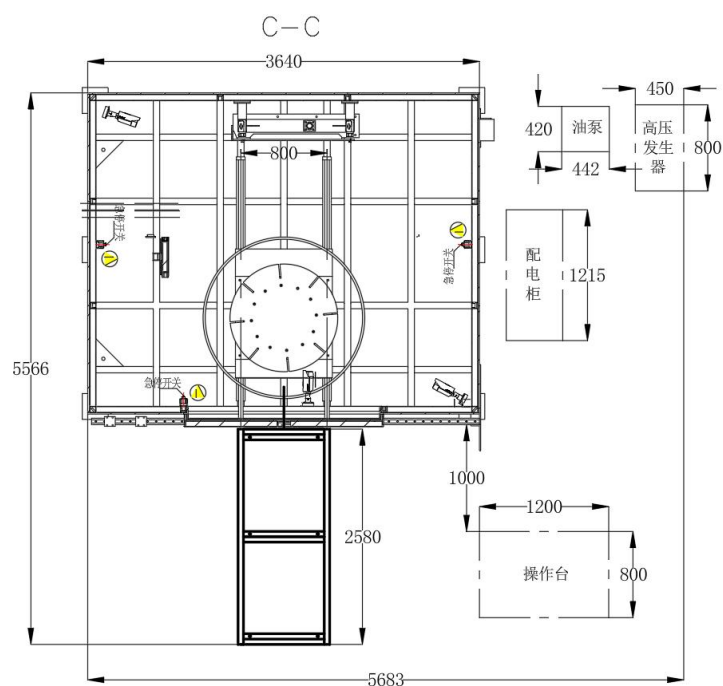


图8-3(c) 项目C-C剖面示意图（单位：mm）

8.1.2 项目分区

根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)中规定,“应对探伤工作场所实行分区管理,分区管理应符合GB18871的要求”。公司拟将X射线实时成像检测系统自屏蔽式防护铅房

内部设置为控制区，拟将X射线实时成像检测系统外边长约7m的矩形区域（以检测中心西墙与检测中心北墙西北角为起点向东南方向划定）设置为监督区，监督区南侧东侧边界拟安装车间隔离网以便于分区管理，车间隔离网固定在车间地面上不可移动。

分区管理示意图见图8-4。

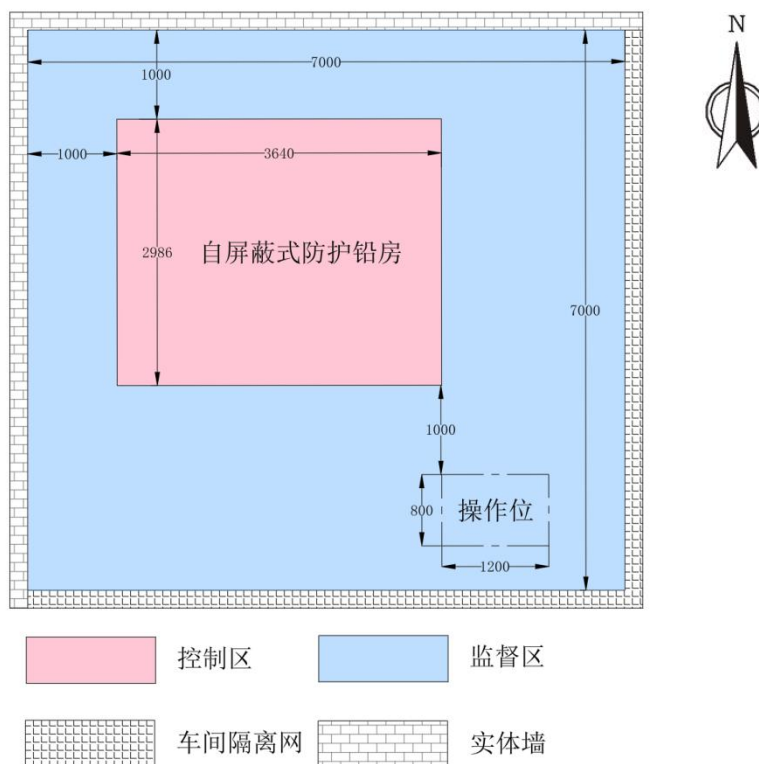


图8-4 分区管理示意图

8.1.3 辐射安全防护措施

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022），本项目采用的辐射安全措施有：

1. 防护门设计有门-机联锁装置，防护门关闭后才能出束，防护门打开时X射线照射立即停止，关上门不能自动开始X射线照射。

2. 操作台上安装有1处门控开关，设有X射线管电压及高压接通或断开状态的显示，以及管电压、管电流和照射时间选取及设定值显示装置，并设有高压接通时的外部报警或指示装置、紧急停机开关；设有与防护门联锁的接口，可确保防护门未关闭时不能接通X射线管管电压，已接通的X射线管管电压在防护门开启时能立即切断；并设有钥匙开关，只有在打开操作台钥匙开关后，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. X射线实时成像检测系统门口设计有声光报警器，并与X射线机有效联锁。当射线开启时，声光同时提醒工作人员注意辐射安全，且声光报警器明显不同于其他报警信号。

4. X射线实时成像检测系统内拟安装4处监控摄像头，分别位于X射线实时成像检测系统内

南侧防护门中间位置、东侧防护面及西侧防护面北侧紧贴北防护面处、工装处出束口上方，显示屏位于操作位操作台处。拟通过1#车间检测中心西北角摄像头观察铅房周围情况，操作人员能够及时观察到X射线实时成像检测系统内部及周围情况，避免无关人员逗留X射线实时成像检测系统内。

4. 防护门外张贴有电离辐射警告标志和中文警示说明。

5. X射线实时成像检测系统内南侧防护面西侧紧邻门洞位置、东侧防护面中间位置、西侧防护面中间位置、操作台门控开关上各设计1处紧急停机按钮，确保出现事故时能立即停止照射，紧急停机按钮的位置可使其X射线实时成像检测系统内任何位置的人员都不需要穿过主射线束就能使用，且紧急停机按钮设计有明显标志，标明使用方法。

6. X射线实时成像检测系统东侧防护面上侧（距离东侧防护面顶部0.548m，距离北侧防护面约0.3m）设计有一处尺寸为120mm×120mm的通风口，通风口外拟设置铅防护罩，防护能力为4mm钢板+10mm铅；通风口拟安装机械通风装置，设计通风量为300m³/h，通风换气次数约为300÷62（X射线实时成像检测系统总容积，包含顶部防护罩）≈4.8次/h，每小时通风换气次数大于3次；通风口外拟安装排风管道，将X射线实时成像检测系统内废气排至1#车间西侧外环境。1#车间西侧为基地内道路，不属于人员活动密集区。

7. X射线实时成像检测系统拟配置固定式场所辐射探测报警装置。检测探头安装在X射线实时成像检测系统内，报警和读数装置安装于控制台处。

8. 拟在X射线实时成像检测系统东侧防护面下方距东侧防护面底部632mm处设置1处管线口，管线口外设有铅防护罩，防护能力为4mm钢板+10mm铅，可避免X射线漏射。

8.1.4 其他安全环保措施

1. 拟为本项目配备2名辐射工作人员，其中1名为辐射安全管理人员，另1名为探伤操作人员，拟为辐射人员配备1支个人剂量计。拟配备1部个人剂量报警仪和1台辐射巡检仪，待配备后可满足探伤工作要求。辐射工作人员使用辐射巡检仪前，应检查是否能正常工作。如发现不能正常工作，则不应开始探伤工作。

2. 公司拟委托有资质的单位对辐射工作人员个人剂量每三个月检测一次，建立工作人员个人剂量档案，个人剂量档案每人一档，由专人负责保管和管理，个人剂量档案终生保存。辐射工作人员调换单位的，原用人单位应当向新用人单位或者辐射工作人员本人提供个人剂量档案的复制件。

3. 公司拟定期为辐射工作人员进行健康查体，建立并终生保存职业健康监护档案。辐射工

作人员职业健康监护档案应有专人负责管理，妥善保存；应采取有效措施维护辐射工作人员的职业健康隐私权和保密权。

4. 公司拟定期检查 X 射线实时成像检测系统的门-机联锁装置、工作状态指示灯、紧急停机按钮等防护安全措施。

公司将制定相关规章制度，落实上述措施。以上措施符合《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中 6.2 有关要求。

8.1.5 探伤设施的退役

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中 6.3，当 X 射线装置不再使用，公司应实施退役程序。将 X 射线发生器处置至无法使用，清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

8.2 三废的治理

X射线实时成像检测系统运行时产生的非放射性有害气体主要靠通风换气来控制，通风口设置在X射线实时成像检测系统东侧防护面上侧（距离东侧防护面顶部0.548m，距离北侧防护面约0.3m），尺寸为120mm×120mm。通风口拟设置机械通风装置，设计通风量为300m³/h，每小时通风换气次数约4.8次。通风口外拟设置防护罩，防护能力为10mm铅+4mm钢板，拟安装排风管道，将X射线实时成像检测系统内废气排至1#车间西侧外环境。

1#车间西侧为基地内道路，不属于人员活动密集区，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中“X射线实时成像检测系统应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于3次”的要求。

因此，本项目产生的非放射性有害气体对周围环境影响较少。

表 9 环境影响分析

9.1 建设阶段对环境的影响

1. 声环境影响分析

本项目施工期噪声主要来自X射线实时成像检测系统安装过程中产生的突发性、冲击性、不连续性的敲打撞击噪声，不使用高噪声设备且安装耗时较短，此外本项目施工过程在1#车间检测中心内西北角检测室内进行，经隔声和距离衰减后，对周边环境影响较小。

2. 固体废物影响分析

施工期产生的包装废弃物，经收集后进行分类。回收可再生利用的，外卖至废品回收站；不可利用的固体废物送至厂区内固定废物收集点，一并进行外运处理。经采取以上措施，固体废物对周围环境影响较小。

综上所述，本项目施工期对周围环境影响较小。

9.2 运行阶段对环境的影响

本次评价采用理论计算的方法评估X射线实时成像检测系统开机时对周围环境的影响。

9.2.1 X射线实时成像检测系统周围辐射水平估算与评价

一、预测点选取

根据X射线机使用时有用线束照射方向、X射线实时成像检测系统平面布置及其周围环境特征，在X射线实时成像检测系统四周、顶部外30cm处等共布设9个预测点，预测点分布见图9-1。

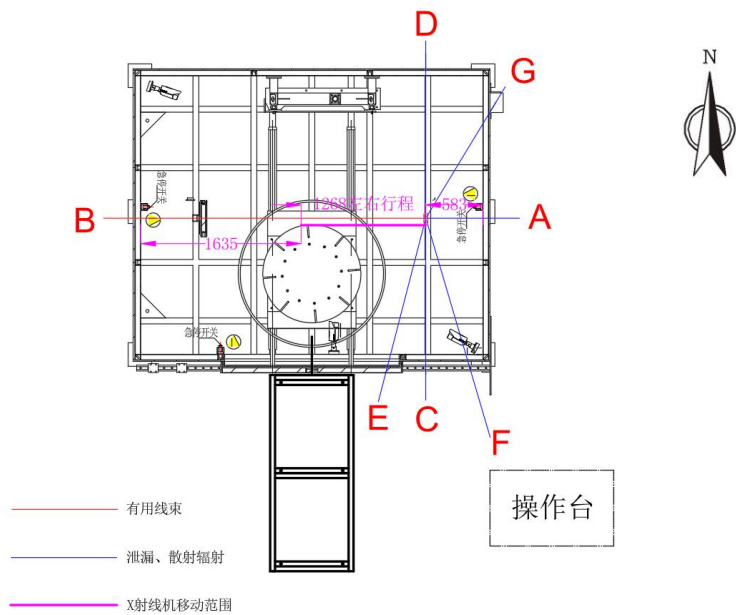


图 9-1（a）辐射影响核算关注点及辐射路径示意图

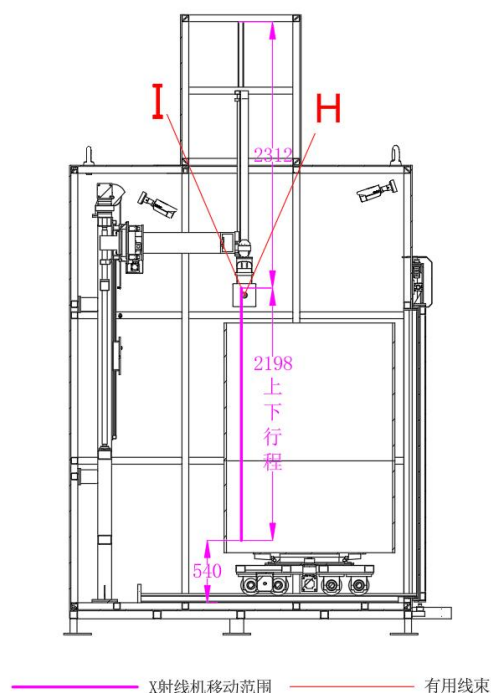


图 9-1 (b) 辐射影响核算关注点及辐射路径示意图

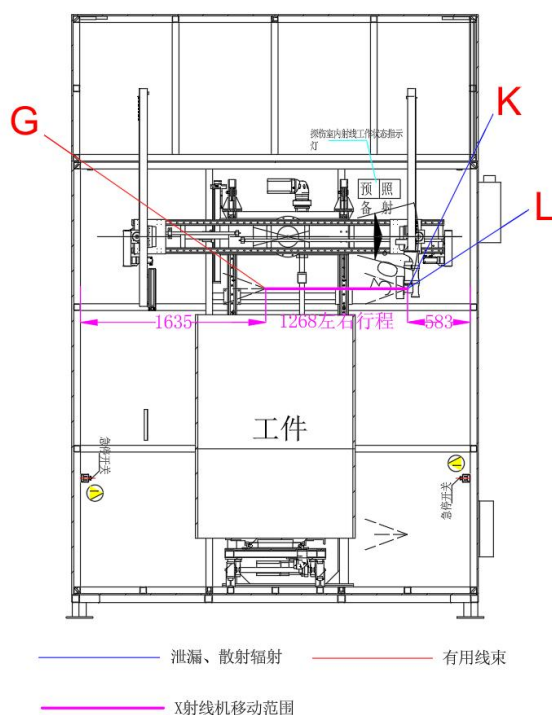


图 9-1 (c) 辐射影响核算关注点及辐射路径示意图

二、计算公式选取

本次评价公式参考《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014），详见公式 9-1～公式9-4。

1. 有用线束在关注点处的剂量率计算公式：

$$H=I \times H_0 \times B \div R^2 \quad (\text{式 9-1})$$

式中:

H	有用线束在关注点处的剂量率, $\mu\text{Sv/h}$
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, $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{h})$, 以 $\text{mSv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4
B	屏蔽透射因子
R	辐射源点(靶点)至关注点的距离, m

2. 屏蔽透射因子计算公式:

$$B=10^{-X/TVL} \quad (\text{式 9-2})$$

式中:

B	屏蔽透射因子
X	屏蔽物质厚度
TVL	X 射线在屏蔽物质中的什值层厚度

3. 泄漏辐射在关注点处的剂量率计算公式

$$H_l=H_0 \times B \div R^2 \quad (\text{式 9-3})$$

式中:

H_l	泄漏辐射在关注点处的剂量率, $\mu\text{Sv/h}$
H_0	距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率
B	屏蔽透射因子
R	辐射源点(靶点)至关注点的距离, m

4. 关注点的散射辐射剂量率计算公式

$$H_2=I \times H_0 \times B \times F \times \alpha \div (R_s^2 \times R_0^2) \quad (\text{式 9-4})$$

式中:

H_2	关注点的散射辐射剂量率, $\mu\text{Sv/h}$
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, $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{h})$, 以 $\text{mSv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4
B	屏蔽透射因子
F	R_0 处的辐射野面积, m^2
α	散射因子, 入射辐射被单位面积 (1m^2) 散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比
R_s	散射体至关注点的距离, m, 本次评价为保守计算, 取辐射源点至关注点的距离
R_0	辐射源点(靶点)至探伤工件的距离, m

三、参数选取

1. 根据图 8-1~图 8-3, X 射线机可在 X 射线实时成像检测系统内上下、左右移动, X 射线出束点距 X 射线实时成像检测系统底部防护面最近距离为 540mm, 距西侧防护面最近距离

为 1635mm，距东侧防护面最近距离为 583mm，距南侧防护面最近距离为 1460mm，距北侧防护面最近距离为 1522mm，距防护门最近距离为 1578mm。

X 射线出束点距 X 射线实时成像检测系统外部顶部防护面最近垂直距离为 $1072+140$ （X 射线实时成像检测系统顶部防护面厚度）=1212mm，最近水平距离为 $453+140$ （防护面厚度）=593mm，X 射线出束点距 X 射线实时成像检测系统外部顶部防护面最近距离为 $(0.593^2+1.212^2)^{1/2} \approx 1.35\text{m}$ 。

顶部防护罩位于 X 射线实时成像检测系统上侧，东西防护面与 X 射线实时成像检测系统相应防护面对齐并紧密相接，其南/北侧防护面距 X 射线实时成像检测系统相应防护面最近距离分别为 982mm、950mm。

X 射线出束点距顶部防护罩顶部防护面最近距离为 2.312m，距顶部防护罩四周防护面最近垂直距离均为 $1072+140$ （X 射线实时成像检测系统顶部防护面厚度）=1212mm，距顶部防护罩南/北防护面最近水平距离均为 453mm，距顶部防护罩东、西防护面最近水平距离分别为 583mm、1635mm。则 X 射线出束点距顶部防护罩南/北防护面最近距离为 $(0.453^2+1.212^2)^{1/2} \approx 1.29\text{m}$ ；距顶部防护罩东防护面最近距离为 $(0.583^2+1.212^2)^{1/2} \approx 1.34\text{m}$ ；距顶部防护罩西防护面最近距离为 $(1.635^2+1.212^2)^{1/2} \approx 2.04\text{m}$ 。

本设备 X 射线机主射束定向向西照射，因此 X 射线实时成像检测系统东侧防护面和顶部防护罩东侧防护面不受有用射束照射。设备出厂时采用束光器限定 X 射束辐射角最大为 30° ，则有用束半张角为 15° ，有用线束可在东西方向上下偏转 $\pm 15^\circ$ 。

① $\tan(15+15)^\circ \times (3.485-0.583)$ （出束点距西侧防护面的最远距离） $\approx 1.68\text{m}$ ，此距离大于 X 射线出束点距 X 射线实时成像检测系统顶部防护面、底部防护面、顶部防护罩南/北的最近距离和顶部防护罩西侧防护面最近的垂直距离，因此本项目 X 射线实时成像检测系统顶部、底部防护面和顶部防护罩的南、北、西侧防护面会受到有用线束的直接照射。此距离小于 X 射线出束点距顶部防护罩顶部防护面最近垂直距离，因此本项目 X 射线实时成像检测系统顶部防护罩顶部防护面不受到有用线束照射。

② $\tan 15^\circ \times (3.485-0.583)$ （出束点距西侧防护面的最远距离） $\approx 0.778\text{m}$ ，此距离小于 X 射线出束点距 X 射线实时成像检测系统南/北侧防护面、防护门的最近距离，因此本项目 X 射线实时成像检测系统南/北侧防护面及防护门不受有用线束直接照射。

X 射线实时成像检测系统底部防护面下方为混凝土和土层，本次不再计算 X 射线机对地面的影响。综上所述，本项目重点关注：

①X 射线实时成像检测系统西侧防护面、顶部防护面及顶部防护罩南、北西侧防护面:X 射线实时成像检测系统开机时, 防护有用线束照射屏蔽能力;

②X 射线实时成像检测系统南、北、东侧防护面、防护门和顶部防护罩东侧、顶部防护面:X 射线实时成像检测系统开机时, 防护泄漏辐射和散射辐射屏蔽能力。

2. 参照 ICRP33P78 表 3, 未给出 X 射线管电压为 225kV 时, 采用插值法得 X 射线在铅中半值层厚度为 2.15mm。参照 IAEA·No. 47 中表 18, 未给出 X 射线管电压为 225kV 时 X 射线在钢中半值层厚度; 本次评价保守选取散射辐射 250kV 时, X 射线在钢中的半值层厚度为 20.1mm 进行计算。

参照 GBZ/T250-2014, 未给出 X 射线管电压为 225kV、滤过条件为 0.8mmBe 时 X 射线输出量, 保守选取管电压为 250kV, 0.5mm 铜滤过条件下, X 射线输出量为 $16.5\text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ 。

参照 GBZ/T250-2014, X 射线管电压为 225kV 时, 距靶点 1m 处的泄漏辐射剂量率取 $5000 \mu\text{Sv/h}$ 。

参考 GBZ/T250-2014, 225kV 时 X 射线 90° 散射辐射最高能量为 200kV。

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 中表 B.2 得到 200kV 时 X 射线的铅半值层为 1.4mm, 参照 IAEA No. 47 中表 18, X 射线管电压为 200kV 时, X 射线在钢中的半值层厚度为 17.8mm;

根据 GBZ/T250-2014 中 B4.2, 当 X 射线探伤装置圆锥束中心轴和圆锥边界的夹角为 15° , X 射线管电压为 225kV 时, 入射辐射被面积为 400cm^2 水模体散射至 1m 处的相对剂量比份 α_w 为 1.9×10^{-3} ; 则散射因子 $\alpha = 1.9 \times 10^{-3} \times 10000 \div 400 = 0.0475$ 。 R_0 处的辐射野面积 F 为 $\pi \times (R_0 \times \tan 15^\circ)^2$, 则 $R_0^2 / (F \cdot \alpha)$ 为 $R_0^2 \div \pi \div (R_0 \times \tan 15^\circ)^2 \div 0.0475 = 93.34$ 。

四、预测结果

1. X 射线实时成像检测系统外预测点处的剂量率

根据式 9-1~式 9-4, 计算得 X 射线实时成像检测系统周围预测点的辐射剂量率, 详见表 9-1。

表9-1 X射线实时成像检测系统周围预测点辐射剂量率一览表

预测点	辐射类型	屏蔽体	屏蔽材料厚度	屏蔽透射因子	靶点至预测点最近距离(m)	辐射剂量率($\mu\text{Sv/h}$)	
A 点	泄漏辐射	X 射线实时成	10mm 铅 +4mm 钢板	$10^{-(10/2.15+4/20.1)}$	0.583+0.01	0.088	0.092

	散射辐射	像检测系统 东侧防护面		$10^{-\frac{10}{1.4+4/17.8}}$	$4+0.3=0.897$	4.52×10^{-3}	
B 点	有用线束	X 射线实时成 像检测系统 西侧防护面	16mm 铅 +4mm 钢板	$10^{-\frac{16}{2.15+4/20.1}}$	$1.635+0.02+0.3=1.955$	0.047	
C 点	泄漏辐射	X 射线实时成 像检测系统 南侧防护面	10mm 铅 +4mm 钢板	$10^{-\frac{10}{2.15+4/20.1}}$	$1.460+0.014+0.3=1.774$	0.022	0.024
	散射辐射			$10^{-\frac{10}{1.4+4/17.8}}$		1.16×10^{-3}	
D 点	泄漏辐射	X 射线实时成 像检测系统 北侧防护面	10mm 铅 +4mm 钢板	$10^{-\frac{10}{2.15+4/20.1}}$	$1.522+0.014+0.3=1.836$	0.021	0.022
	散射辐射			$10^{-\frac{10}{1.4+4/17.8}}$		1.08×10^{-3}	
E 点	泄漏辐射	防护门	16.5mm 铅	$10^{-\frac{16.5}{2.15}}$	$1.578+0.014+0.3=1.948$	2.79×10^{-5}	2.79×10^{-5}
	散射辐射			$10^{-\frac{16.5}{1.4}}$		3.66×10^{-8}	
F 点	泄漏辐射	X 射线实时成 像检测系统 南侧防护面	10mm 铅 +4mm 钢板	$10^{-\frac{10}{2.15+4/20.1}}$	$2.54^{②}$	0.011	0.011
	散射辐射			$10^{-\frac{10}{1.4+4/17.8}}$		5.64×10^{-4}	
H 点	有用线束	X 射线实时成 像检测系统 顶部防护面	16mm 铅 +4mm 钢板	$10^{-\frac{16}{2.15+4/20.1}}$	$1.35+0.02+0.3=1.67$	0.065	
I 点	有用线束	顶部防护罩 南/北侧防护 面	16mm 铅 +4mm 钢板	$10^{-\frac{16}{2.15+4/20.1}}$	$1.29+0.02+0.3=1.61$	0.070	
G 点	有用线束	顶部防护罩 西侧防护面	16mm 铅 +4mm 钢板	$10^{-\frac{16}{2.15+4/20.1}}$	$2.04+0.02+0.3=2.36$	0.033	
K 点	泄漏辐射	顶部防护罩 东侧防护面	10mm 铅 +4mm 钢板	$10^{-\frac{10}{2.15+4/20.1}}$	$1.34+0.014+0.3=1.654$	0.026	0.027
	散射辐射			$10^{-\frac{10}{1.4+4/17.8}}$		1.33×10^{-3}	
L 点	泄漏辐射	顶部防护罩 顶部防护面	10mm 铅 +4mm 钢板	$10^{-\frac{10}{2.15+4/20.1}}$	$2.312+0.014+0.3=2.626$	0.010	0.011
	散射辐射			$10^{-\frac{10}{1.4+4/17.8}}$		5.28×10^{-4}	
注:①保守考虑,辐射源点(靶点)至预测点距离取辐射源点(靶点)至 X 射线实时成像检测系统外侧防护面的最近水平距离; ②靶点至操作台的最近距离= $[(0.583)^2+(1+1.46+0.014)^2]^{1/2} \approx 2.54\text{m}$, 其中 0.583 为靶点至东侧防护面最近距离, 1.46 为靶点至南侧防护面最近距离。							

根据上表可知, X 射线实时成像检测系统周围预测点处的最大辐射剂量率为 $0.092 \mu\text{Sv/h}$, 低于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的剂量率参考控制水平。

2. 通风口外剂量率

X 射线实时成像检测系统东侧防护面上侧拟设置一处通风口, 通风口距离顶部防护面

0.548m，距离北侧防护面约0.3m；通风口尺寸为120mm×120mm，通风口外侧设置铅防护罩防护，防护能力为10mm铅+4mm钢板。X射线机定向向西照射，则东侧防护面不受有用线束照射，仅受泄漏辐射和散射辐射影响。

X射线出束点距通风口最近水平距离分别为 $[0.583^2 + (1.522 - 0.3)^2]^{1/2} \approx 1.35\text{m}$ ，最近垂直距离为X射线出束点距X射线实时成像检测系统顶部防护面最近距离 $1.072 - 0.548 = 0.524\text{m}$ 。故X射线出束点距通风口最近距离为 $(0.524^2 + 1.35^2)^{1/2} \approx 1.45\text{m}$ 。

根据式9-2和式9-3，计算得到通风口外30cm处泄漏辐射剂量率为 $5000 \times 10^{-(10/2.15+4/20.1)/(1.45+0.014+0.3)^2} \approx 0.024 \mu\text{Sv/h}$ 。

由于有用线束经工件一次散射后，在通风管道内至少经过两到三次散射才能到达通风口外，每散射一次，剂量率降低1-2个数量级；同时通风口外侧设置防护能力为10mm铅+4mm钢板的防护罩(屏蔽透射因子 $=10^{-(10/1.4+4/17.8)} = 4.29 \times 10^{-8}$ ，剂量率降低约8个数量级)，则散射辐射对通风口外辐射影响可忽略不计。

则通风口处所受总辐射剂量率约为 $0.024 \mu\text{Sv/h}$ ，低于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的剂量率参考控制水平。

3. X射线实时成像检测系统周围预测点辐射剂量率评价

X射线实时成像检测系统周围预测点辐射剂量率评价结果见表9-2。

表9-2 X射线实时成像检测系统周围预测点辐射剂量率评价结果

预测点	辐射剂量率值 ($\mu\text{Sv/h}$)	目标值 ($\mu\text{Sv/h}$)	是否达标
A点 (X射线实时成像检测系统东侧防护面外30cm处)	0.092	2.5	是
B点 (X射线实时成像检测系统西侧防护面外30cm处)	0.047	2.5	是
C点 (X射线实时成像检测系统南侧防护面外30cm处)	0.024	2.5	是
D点 (X射线实时成像检测系统北侧防护面外30cm处)	0.022	2.5	是
E点(防护门外30cm处)	2.79×10^{-5}	2.5	是
F点(操作台)	0.011	2.5	是
H点 (X射线实时成像检测系统顶部防护面外30cm处)	0.065	2.5	是
I点(顶部防护罩南北侧防护面外30cm处)	0.070	2.5	是
G点(顶部防护罩西侧防护面外30cm处)	0.033	2.5	是
K点(顶部防护罩东侧防护面外30cm处)	0.027	2.5	是

L 点（顶部防护罩顶部防护面外 30cm 处）	0.011	2.5	是
M 点（通风口外 30cm 处）	0.024	2.5	是

由上表可知，X 射线实时成像检测系统进行探伤作业时，X 射线实时成像检测系统周围辐射剂量率均小于相应目标控制值。

4. X 射线实时成像检测系统周围及保护目标处辐射剂量率评价

根据式 9-1～式 9-4，计算 X 射线实时成像检测系统周围及保护目标处的辐射剂量率，详见表 9-3。

表 9-3 X 射线实时成像检测系统周围及保护目标处辐射剂量率一览表

序号	位置	距离，方位	射线类型	辐射剂量率值(μSv/h)	
1	智能分析检测中心	X 射线实时成像检测系统东侧约 9m 处	泄漏辐射	7.67×10^{-4}	8.06×10^{-4}
			散射辐射	3.95×10^{-5}	
2	高压试验大厅	X 射线实时成像检测系统东侧约 18m 处	泄漏辐射	2.04×10^{-4}	2.15×10^{-4}
			散射辐射	1.05×10^{-5}	
3	完善发货区	X 射线实时成像检测系统北侧约 2m 处	泄漏辐射	5.65×10^{-3}	5.94×10^{-3}
			散射辐射	2.91×10^{-4}	
4	电科（山东）液压科技有限公司	X 射线实时成像检测系统西侧约 16m 处	有用线束	5.81×10^{-4}	

9.2.2 人员所受辐射剂量估算与评价

一、计算公式

$$H = D_r \times t \times T \quad (\text{式 9-5})$$

式中：

H	年有效剂量，Sv/a
D_r	X 剂量当量率，Sv/h
t	年受照时间，h
T	居留因子，无量纲

二、照射时间确定

根据建设单位提供的资料，本项目年累计拍片出束时间最大为 78h。

三、居留因子

参照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)，具体数值见表 9-4

表 9-4 居留因子的选取

场所	居留因子 T	停留位置	本项目停留位置
全居留	1	控制室、暗室、办公室、临近建筑物中的驻留区	操作位、智能分析检测中心、高压试验大厅、完善发货区、电科（山东）液压科技有限公司

部分居留	1/2~1/5	走廊、休息室、杂物间	1/4: X射线实时成像检测系统南侧区域（检测区、智能仓储区）
偶然居留	1/8~1/40	厕所、楼梯、人行道	/

四、估算结果及评价

根据公司提供资料，本项目拟配备 1 名探伤操作人员专职从事本项目 X 射线实时成像检测系统室内无损检测。为留有一定的安全系数和简化计算，本次评价在估算人员所受有效剂量时，选取预测点最大的受照剂量，估算 X 射线实时成像检测系统周围驻留的辐射工作人员和公众人员年有效剂量。详见表 9-5。

表 9-5 X 射线实时成像检测系统外人员所受年有效剂量情况

公众居留区域停留人员	最大剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	居留因子	年累计曝光时间 (h)	年有效剂量 (mSv)
辐射工作人员	0.011	1	78	8.58×10^{-4}
智能分析检测中心	8.06×10^{-4}	1	78	6.29×10^{-5}
高压试验大厅	2.15×10^{-4}	1	78	1.67×10^{-5}
完善发货区	5.94×10^{-3}	1	78	4.63×10^{-4}
电科（山东）液压科技有限公司	5.81×10^{-4}	1	78	4.53×10^{-5}
X射线实时成像检测系统南侧区域 （检测区、智能仓储区）	0.024	1/4	78	4.68×10^{-4}

注：①取操作台处辐射剂量率计算辐射工作人员年有效剂量；
②取 X 射线实时成像检测系统南侧防护面外 30cm 处辐射剂量率 $0.024 \mu\text{Sv/h}$ 计算 X 射线实时成像检测系统南侧区域处公众人员年有效剂量。

由上表可知，X 射线实时成像检测系统辐射工作人员年有效剂量最大为 $8.58 \times 10^{-4} \text{mSv/a}$ ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》规定的辐射工作人员 20mSv/a 的剂量限值，也低于本报告提出的 2.0mSv/a 的管理剂量约束值。

X 射线实时成像检测系统周围及环境保护目标内公众成员所受年辐射剂量最大为 $4.68 \times 10^{-4} \text{mSv/a}$ ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》规定的公众成员 1mSv/a 的剂量限值，也低于本报告提出的公众成员 0.1mSv/a 的管理剂量约束值。

9.2.3 非放射有害气体环境影响分析

本项目运行过程中不产生放射性废水、放射性废气、放射性固体废物。运行过程中产生的 X 射线与空气作用可产生少量臭氧和氮氧化物。本项目 X 射线机能量最大为 225kV ，能量较低，产生的臭氧和氮氧化物较少。工作时，无需人员进入 X 射线实时成像检测系统。

X射线实时成像检测系统东侧防护面北侧上方设计有1处通风口，通风口尺寸为120mm×120mm，配有机机械通风装置，通风口外拟设防护罩，防护能力为10mm铅+4mm钢板，有效通风量不低于300³m/h；通风口外拟设置通风管道，非放射性有害气体经通风口及通风管道排入1#车间西侧外环境，1#车间西侧外日常少有人员居留。

因此，本项目产生的非放射性有害气体对周围环境影响较小。

9.3 事故影响分析

1、可能的风险事故(件)

(1)检测工作过程中，门机联锁装置、紧急停机按钮等失效使工作人员和公众误闯或误留，使工作人员或公众造成不必要照射，严重者可能造成辐射损伤甚至危及生命；

(2)操作人员违规操作，造成周围人员的不必要照射，严重者可能造成辐射损伤甚至危及生命；

(3)X射线机被盗、非辐射工作人员使用，使X射线机使用不当，造成周围人员的不必要照射，严重者可能造成辐射损伤甚至危及生命。

2、风险事故(件)防范措施

(1)定期巡检，确保门-机联锁、电离辐射警告标志、工作状态指示灯、紧急停机按钮等安全措施正常运转、保持完好；

(2)工作前检查X射线机外观是否完好；电缆是否有断裂、扭曲以及破损；安全联锁是否正常工作；报警设备和警示灯是否正常运行；螺旋栓等连接件是否连接良好；辐射检测仪是否正常。定期对设备进行检修维护，每年至少一次；定期对周围辐射水平进行检测，发现异常，及时切断电源，请专业人员对设备进行维护、维修；设备维护包括X射线机的彻底检查和所有零部件的详细检测；当设备有故障或损坏，需更换时，应保证所更换的零部件为合格产品；做好设备维护记录。

(3)调试、维护、检修工作由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行，检修时应采取必要的防护措施，避免误照射。

表 10 辐射安全管理

10.1 辐射安全管理机构设置

10.1.1 机构的设置

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规要求，公司拟签订辐射工作安全责任书，将确定本公司法人代表为辐射安全第一责任人，同时还将成立辐射安全与环境保护管理机构，负责全公司辐射安全与环境保护工作。

辐射安全与环境保护管理机构工作职责：

负责建立辐射环境管理台账，日常监测记录档案和个人剂量检测档案；负责各项辐射安全管理制度的编写；负责辐射安全管理的协调工作；监督执行各项管理规章制度和辐射环境监测工作；负责协调配合公司具体的辐射安全与环境保护管理工作。

10.1.2 辐射工作人员配备

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》的规定：从事辐射工作的人员必须通过核技术利用辐射安全和防护考核。

公司拟为本项目配备 2 名辐射工作人员，其中一人负责辐射安全管理，一人专职从事探伤作业，公司将安排辐射工作人员及辐射防护负责人参加相应类别的核技术利用辐射安全和防护考核；考核不合格的，不得上岗。

10.2 辐射安全管理规章制度

为认真贯彻执行国家有关法律法规及行业行政主管部门的要求，加强公司内部管理，公司将制定一系列的辐射管理制度，包括《X 射线实时成像系统操作规程》《辐射防护与安全管理》《射线装置使用登记制度》《设备检修维护制度》《X 射线检测人员岗位责任制度》《辐射监测方案》《辐射工作人员培训制度》，拟编制《辐射事故应急预案》。

上述制度不仅考虑了辐射设备的使用和安全防护，而且考虑了辐射设备使用的实践合理性，具有一定的可操作性，适用于本项目。同时，公司还将在项目运行过程中，根据实际情况不断对上述辐射制度进行完善，以确保相关制度能够得到有效运行。

10.3 辐射监测

10.3.1 个人剂量监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》有关要求，公司安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案，拟为本项目辐射工作人员人手配备 1 支个人剂量计，并委托有资质的检测机构每三个月检测一次，检测数据填入个人剂量档案。个

人剂量档案内包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。个人剂量档案终生保存。当1季度个人剂量监测结果超过0.5mSv，应调查其原因。

10.3.2 工作场所辐射水平监测

泰安市泰和电力设备有限公司拟制定《辐射监测方案》，委托有资质的单位每年定期对辐射工作场所及周围环境进行监测。监测方案主要内容如下：

1. 监测因子：X- γ 辐射剂量率。

2. 监测点位：

(1) 通过巡测发现的辐射水平异常高的位置；

(2) X射线实时成像检测系统防护门外30cm离地面高度为1m处，门的左、中、右侧3个点和门缝四周各1个点；

(3) X射线实时成像检测系统墙外或邻室墙外30cm离地面高度为1m处，每个墙面至少测3个点；

(4) 人员可能到达的X射线实时成像检测系统屋顶或X射线实时成像检测系统上层（方）外30cm处，至少包括主射束到达范围的5个检测点；

(5) 人员经常活动的位置，主要包括操作位、暗室、环境保护目标处及其他人员能到达的位置；

(6) 每次探伤结束后，检测X射线实时成像检测系统的入口，以确保探伤机已经停止工作。

3. 监测频率：

定期监测：正常情况下，每年进行1~2次例行监测。

应急监测：工作场所如发现异常情况或怀疑有异常情况，应对工作场所和环境进行应急监测。

年度监测：每年委托有资质单位对X射线实时成像检测系统周围的辐射剂量率进行检测，出具年度检测报告，并随年度评估报告上报生态环境部门。

验收监测：X射线实时成像检测系统安装完成后应进行验收监测。

10.3.3 检测仪器检定/校准

根据GBZ117-2022中8.1.2，公司将对辐射巡检仪定期进行检定/校准工作。

10.4 辐射事故应急

公司根据《放射性同位素与射线装置安全与防护条例》等法律法规的要求，制定了《辐

射事故应急预案》。一旦发生风险事件时，能迅速采取必要和有效的应急响应行动，保护工作人员、公众和环境的安全。建议公司按照以下几方面内容进行完善：

1. 辐射事故应急处理机构与职责

(1) 公司成立辐射事故应急处理领导小组，并明确小组人员组成、联系方式，组织开展风险事件应急处理工作。

(2) 明确应急处理领导小组职责：

- a. 发生人员受超剂量照射事故，应启动本预案；
- b. 事故发生后立即组织有关部门和人员进行事故应急处理；
- c. 负责向生态环境部门及卫生行政部门及时报告事故情况；
- d. 负责辐射事故应急处理具体方案的研究确定和组织实施工作；
- e. 人员受照时，要通过个人剂量计或其它工具、方法，迅速估算受照人员的受照剂量；
- f. 负责迅速安置受照人员就医，及时控制事故影响。

2. 辐射事故应急原则

- a. 迅速报告原则；
- b. 主动抢救原则；
- c. 生命第一的原则；
- d. 科学施救，控制危险源，防止事故扩大的原则；
- e. 保护现场，收集证据的原则。

3. 辐射事故应急处理程序

(1) 辐射应急预案的启动

a、明确应急预案的启动条件，如出现人员受照事故、人员个人剂量超标、辐射剂量率超标、设备无法关机等情况时及时启动应急预案；

b、当发生辐射事故时，由专人向公司辐射事故应急行动负责人报告，并由指定人员及时向卫生、公安、生态环境部门报告，应急预案中须明确内部联系人员及卫生、公安、生态环境部门的联系方式。

(2) 辐射事故应急处理

a. 发生辐射事故时，公司应当立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要防范措施，并立即向当地生态环境部门和公安部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生部门报告：并在 2 小时内填写辐射事故初始报告表上报当地政府及有关部门，并

明确各部门联系电话；

b. 事故发生后，当事人应立即通知同工作场所的工作人员离开，并及时上报辐射事故应急处理领导小组；

c. 应急处理领导小组召集专业人员，根据具体情况迅速制定事故处理方案；

d. 事故处理必须在应急处理领导小组的领导下，在有经验的工作人员和辐射防护人员的参与下进行；

e. 各种事故处理以后，必须组织有关人员进行讨论，分析事故发生原因，从中吸取经验教训，采取措施防止类似事故重复发生；

f. 定期进行事故应急演练，对演练效果作出评价，提交演练报告，详细说明演练过程中发现的问题，列出不符合项，进行整改。

(3) 辐射事故应急响应的终止

a、明确应急行动的终止条件，如实现受照人员得到救治、现场辐射水平降低至规定限值以下、设备修复完成等情况，且得到行政主管部门批准后，可终止本次应急行动；

b、指定专人发布应急行动的终止，并由辐射事故应急处理机构对当次辐射事故应急行动进行总结和反思，及时收集与事故有关的物品和资料，做好调查研究工作，认真分析事故原因，并采取妥善措施，尽量减少事故发生。

总之，为减少事故发生，必须加强管理力度，提高职业人员的技术水平，严格按规范操作，认真落实应急预案，并加强设备检查和维修，减少故障发生，提高单位应急能力。

4. 辐射事故应急演练

公司拟根据应急演练计划以及项目实际情况，每年至少开展一次辐射事故应急演练，并编制应急演练记录，对演练效果进行总结和评价，对演练过程中存在的不足进行改正，适时修订应急预案。

表 11 结论与建议

11.1 结论

1. 为满足公司生产需求, 泰安市泰和电力设备有限公司拟购置1套X射线实时成像检测系统(属于Ⅱ类射线装置), 安装地点位于1#车间检测中心内西北角, 用于固定(室内)场所的无损检测; X射线实时成像检测系统自带防护单元, 无需单独建设探伤室。

2. 本项目符合国家产业政策, 符合“实践正当性”原则。

3. 由现状检测结果表明: 本项目拟建区域周围环境 γ 辐射剂量率现状值处于泰安市环境天然放射性水平范围内。

4. X射线实时成像检测系统东侧防护面、北侧防护面及南侧防护面屏蔽材质及厚度均为10mm铅+4mm钢板, X射线实时成像检测系统西侧防护面、顶部防护面屏蔽材质及厚度为16mm铅+4mm钢板, X射线实时成像检测系统防护门厚度约70mm、屏蔽材质为16.5mm铅; X射线实时成像检测系统顶部防护罩的东侧防护面、顶部防护面屏蔽材质及厚度均为10mm铅+4mm钢板, 其南侧防护面、北侧防护面及西侧防护面屏蔽材质及厚度为16mm铅+4mm钢板; 公司拟将X射线实时成像检测系统自屏蔽式防护铅房内部设置为控制区, 将X射线实时成像检测系统外边长约7m的矩形区域(以检测中心西墙与检测中心北墙西北角为起点向东南方向划定)设置为监督区。X射线实时成像检测系统拟设置门-机联锁装置, X射线实时成像检测系统与防护门联锁; X射线实时成像检测系统外拟设置工作状态指示灯和声音提示装置, 其中工作状态指示灯与X射线实时成像检测系统联锁; X射线实时成像检测系统防护门拟设置电离辐射警告标识和中文警示说明。X射线实时成像检测系统内拟设置3处紧急停机按钮, 并标明使用方法。X射线实时成像检测系统内和操作位处拟安装监控探头; X射线实时成像检测系统拟设置尺寸为120mm $\times$ 120mm的通风口, 通风口处设置通风换气系统, 设计通风量为300m³/h; 通风口拟设置防护罩, 防护能力为10mm铅+4mm钢板; X射线实时成像检测系统拟配置固定式场所辐射探测报警装置; 在X射线实时成像检测系统东侧防护面底部设置穿线孔。公司拟为每位辐射工作人员配置个人剂量计(由个人剂量检测单位配发), 拟配置1部个人剂量报警仪和1台辐射巡检仪。

5. 经估算, 探伤机进行探伤作业时, X射线实时成像检测系统四周墙体、防护门外、室顶上30cm处辐射剂量率为 $(2.79 \times 10^{-5} \sim 0.092) \mu\text{Sv/h}$, 均小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的剂量率参考控制水平; 环境保护目标处剂量率最大为 $5.81 \times 10^{-4} \mu\text{Sv/h}$, 小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的剂量率参考控制水平。

根据估算结果可知，在总曝光时间最大为78h/a的情况下，职业人员年有效剂量不大于 8.58×10^{-4} mSv/a，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》规定的职业人员20mSv/a的剂量限值，也低于本报告提出的2.0mSv/a的年有效剂量管理约束值；X射线实时成像检测系统周围相邻区域公众成员以及周围环境保护目标处公众所受年有效剂量最大为 4.68×10^{-4} mSv/a，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》规定的公众成员1mSv/a的剂量限值，也低于本报告提出的公众成员0.1mSv/a的管理剂量约束值。

6. X射线实时成像检测系统每小时通风换气次数约为4.8次，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中“探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于3次”的要求”。

7. 公司将确定本公司法人代表为辐射安全第一责任人，同时还将成立辐射安全与环境保护管理机构，负责全公司辐射安全与环境保护工作。

8. 本项目拟配备2名辐射工作人员，其中1人负责辐射安全管理，1人专职从事探伤工作，公司将尽快安排辐射工作人员及辐射防护负责人参加相应类别的核技术利用辐射安全和防护考核，考核合格前不得从事探伤工作，考核合格后方可上岗。

公司拟制定一系列辐射管理制度，同时还将在项目运行后，根据实际情况不断对制定的辐射制度进行完善，以确保相关制度能够得到有效运行。

本项目在实际工作中存在一定的辐射环境风险，公司按照报告表有关内容及时制定《辐射事故应急预案》，并严格执行制定的风险防范措施，定期演习辐射事故应急方案，对发现的问题及时整改，可使项目环境风险影响降至最低，将可能影响社会稳定的矛盾隐患控制在可控范围内，对社会稳定性不会产生较大的影响。

综上所述，泰安市泰和电力设备有限公司X射线实时成像检测系统应用项目，在切实落实报告中提出的辐射管理、辐射防护等各项措施，严格执行相关法律法规、标准规范等文件，严格落实各项辐射安全管理、防护措施的前提下，该项目对辐射工作人员和公众人员是安全的，对周围环境产生的辐射影响较小，不会引起周围辐射水平的明显变化。因此，从环境保护角度分析，项目建设是可行的。

11.2 建议和承诺

一、承诺

1、项目环境影响评价文件取得环评批复后，公司将及时向生态环境主管部门申领辐射安全许可证；项目建成后，公司将按最新环保管理要求开展竣工环境保护验收。

2、公司将加强射线装置的的安全管理工作，严格落实探伤装置使用登记制度，建立使用台账；做好探伤装置的安全保卫工作，防止丢失或被盗。

按照相关规定划定控制区和监督区，各区严格按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求进行管理。

3、建立健全辐射防护工作档案，对工作人员的辐射防护培训、个人剂量监测、健康体检和辐射防护检测等资料要分开保管并长期保存。

4、公司将对辐射工作人员参与检测的时间和次数进行记录。安排专人负责个人剂量监测管理，发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并向生态环境部门报告。

5、按照辐射事故应急方案和报告制度，根据各类可能出现辐射事故的情形编制应急演练脚本，定期开展应急演练，分析、总结存在的问题，并不断完善应急预案。

二、建议

1、在项目运行过程中，进一步完善各项规章制度。

2、进一步加强对辐射工作人员的辐射防护知识宣传教育，使其熟知防护知识，能合理的应用“距离、时间、屏蔽”的防护措施，使公众人员和自身所受到的照射降到“可合理达到的尽量低水平”。

3、严格落实GBZ117-2022中辐射安全和防护（如预备、照射状态的指示灯和声音提示等）规定。

表 12 审 批

下一级环保部门意见	
经办人	公 章 年 月 日
审批意见	
经办人	公 章 年 月 日

附件目录

附件一：委托书

附件二：承诺函

附件三：土地证明

附件四：检测报告

附件一：委托书

建设项目环境影响评价工作

委 托 书

山东丹波尔环境科技有限公司：

我单位拟开展泰安市泰和电力设备有限公司 X 射线实时成像检测系统应用项且。根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《建设项目环境保护管理条例》等环保法律、法规的规定，本项目必须执行环境影响报告审批制度，编制环境影响评价文件。为保证项目建设符合上规定，特委托贵单位承担本项目的环境影响评价工作。

请接收委托，并按规范尽快开展工作。

委托单位（公章）：泰安市泰和电力设备有限公司

日期：2025 年 9 月

附件二：承诺函

承 诺 函

我单位承诺：我方提供的《泰安市泰和电力设备有限公司 X 射线实时成像检测系统及 X 射线实时成像检测系统应用项目》的相关材料均为真实、合法的。

我单位委托山东丹波尔环境科技有限公司编制《泰安市泰和电力设备有限公司 X 射线实时成像检测系统应用项目环境影响报告表》，经我方对报告内容认真核对，我单位确认报告中相关技术资料及支撑性文件均为我方提供，并由我方承担因提供资料的真实性、合法性引起的法律责任。

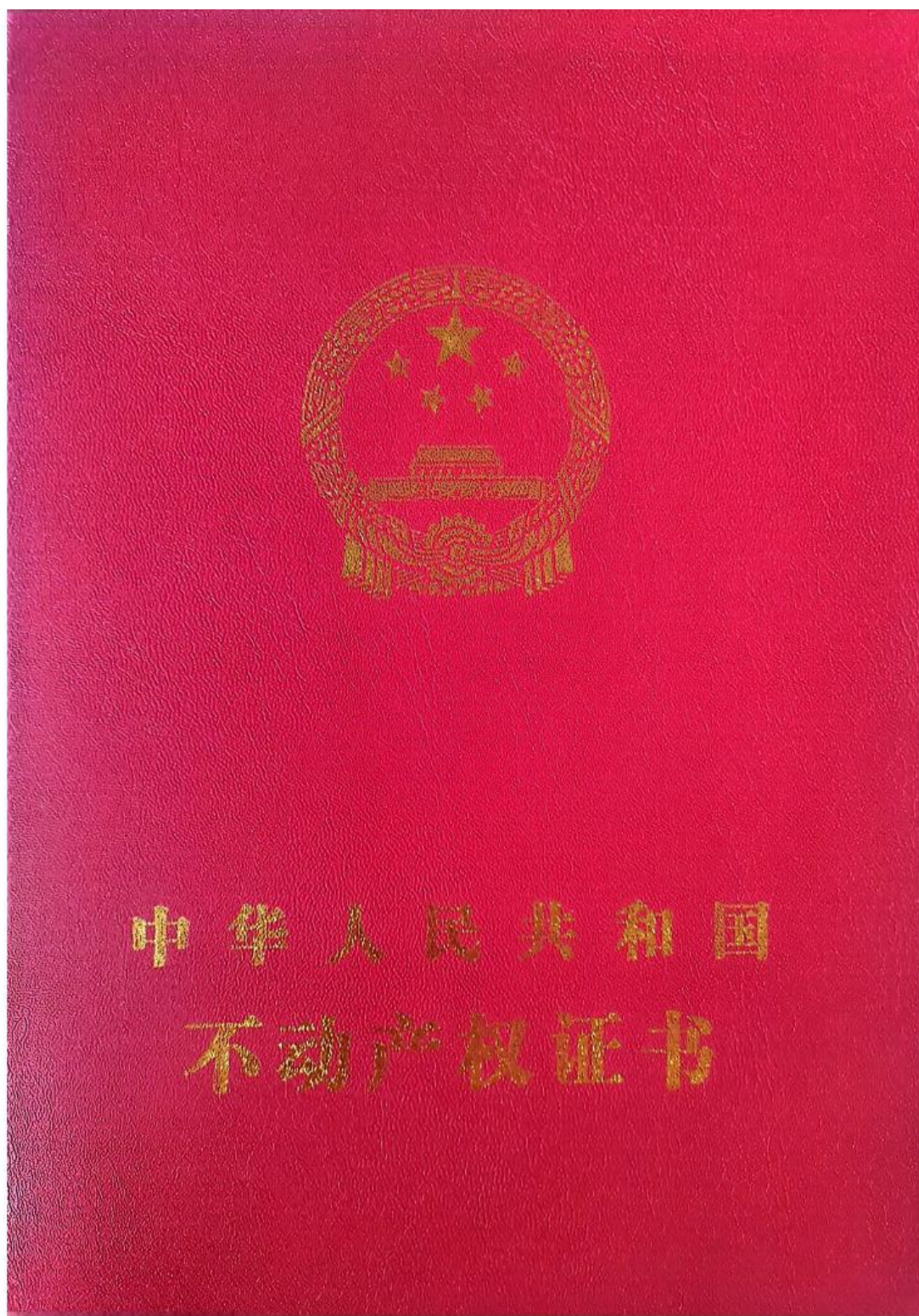
我单位将严格按照环境影响报告中所列内容进行建设，如出现实际建设内容与报告及审批内容不一致的情况，我单位愿承担全部责任。

特此承诺！

建设单位（公章）：泰安市泰和电力设备有限公司

日期：2025 年 10 月

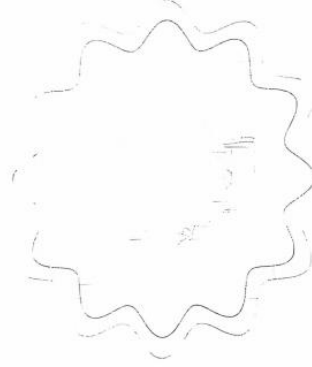
附件三：土地证明





鲁 (2024) 泰安市 不动产权第 0042110 号	
权利人	泰安市泰和电力设备有限公司
共有情况	单独所有
坐落	泰安市泰山区省庄镇，东西北均至南河东村，南至羊西村
不动产单元号	370902101026GB000035W000000000
权利类型	国有建设用地使用权
权利性质	出让
用途	工业用地
面积	使用权面积 39280㎡
使用期限	2024年9月13日起 2074年9月12日止
权利其他状况	

附 记
《国有建设用地使用权出让合同》第五条约定该宗地用途为二类工业用地。





检 测 报 告

丹波尔辐检[2025]第 289 号

项目名称: X 射线实时成像检测系统应用项目

委托单位: 泰安市泰和电力设备有限公司

检测单位: 山东丹波尔环境科技有限公司

报告日期: 2025 年 9 月 22 日



说 明

1. 报告无本单位检测专用章、骑缝章及  章无效。
2. 未经本【检测机构】书面批准,不得复制(全文复制除外)检测报告。
3. 自送样品的委托检测,其检测结果仅对来样负责。对不可复现的检测项目,结果仅对采样(或检测)所代表的时间和空间负责。
4. 对检测报告如有异议,请于收到报告之日起两个月内以书面形式向本公司提出,逾期不予受理。

山东丹波尔环境科技有限公司

地址: 济南市市中区六里山街道英雄山路 129 号祥泰广场项目 1
号楼商务办公楼 1303

邮编: 250004

电话: 0531-61364346

传真: 0531-61364346

检测 报 告

检测项目	γ 辐射剂量率		
委托单位、联系人及联系方式	泰安市泰和电力设备有限公司 [REDACTED]		
检测类别	委托检测	检测地点	拟建 X 射线实时成像检测系统周围及保护目标处
委托日期	2025 年 9 月 10 日	检测日期	2025 年 9 月 12 日
检测依据	1. HJ61-2021《辐射环境监测技术规范》 2. HJ1157-2021《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》		
检测设备	检测仪器名称：便携式 X-γ 剂量率仪； 仪器型号：FH40G+FHZ672E-10；内部编号：JC01-09-2013； 系统主机测量范围：10nGy/h~1Gy/h； 天然本底扣除探测器测量范围：1nGy/h~100 μGy/h 探测器能量范围：33keV~3MeV； 相对固有误差：-7.9%(相对于 ¹³⁷ Cs 参考 γ 辐射源)； 检定单位：山东省计量科学研究院；检定证书编号：Y16-20247464； 检定有效期至：2025 年 12 月 22 日；校准因子：1.07。		
环境条件	天气：晴 温度：25℃ 相对湿度：67%RH		
解释与说明	为满足公司生产需求，保证生产产品的质量，公司拟购置并使用 1 套 X 射线实时成像检测系统，属使用 II 类射线装置。II 类射线装置的使用会对周围环境产生影响，依据相关标准对拟建 X 射线实时成像检测系统及周围保护目标处进行辐射环境现状检测。 检测结果见第 2 页； 检测点位示意图及现场照片见附图。		

检测 报 告

表 1 拟建 X 射线实时成像检测系统及周围 γ 辐射剂量率检测结果 (nGy/h)

序号	点位描述	检测结果 (nGy/h)	
		剂量率	标准差
1#	拟建 X 射线实时成像检测系统中间位置	54.4	0.7
2#	拟建 X 射线实时成像检测系统东侧	53.1	1.0
3#	拟建 X 射线实时成像检测系统西侧	52.5	1.3
4#	拟建 X 射线实时成像检测系统南侧	51.8	1.0
5#	拟建 X 射线实时成像检测系统北侧	55.0	0.4
6#	基地内道路	43.9	0.6
7#	拟建 X 射线实时成像检测系统北侧完善发货区	52.4	0.7
8#	拟建 X 射线实时成像检测系统东侧卫生间	52.1	0.9
9#	拟建 X 射线实时成像检测系统东侧智能分析检测中心	53.1	0.8
10#	拟建 X 射线实时成像检测系统东侧高压试验大厅	51.2	1.1
11#	拟建 X 射线实时成像检测系统西侧电科 (山东) 液压科技有限公司	44.6	0.6
范 围		43.9~55.0 (nGy/h)	

注：1. 表中检测数据已扣除宇宙射线响应值 13.4nGy/h, 宇宙射线响应值的屏蔽修正因子，原野及道路取 1，平房取 0.9，多层建筑物取 0.8。

2. 检测时，点位 6#、11#位于室外，检测地面为柏油路；点位 1#~5#、点位 7#~10#位于室内，检测地面为混凝土。

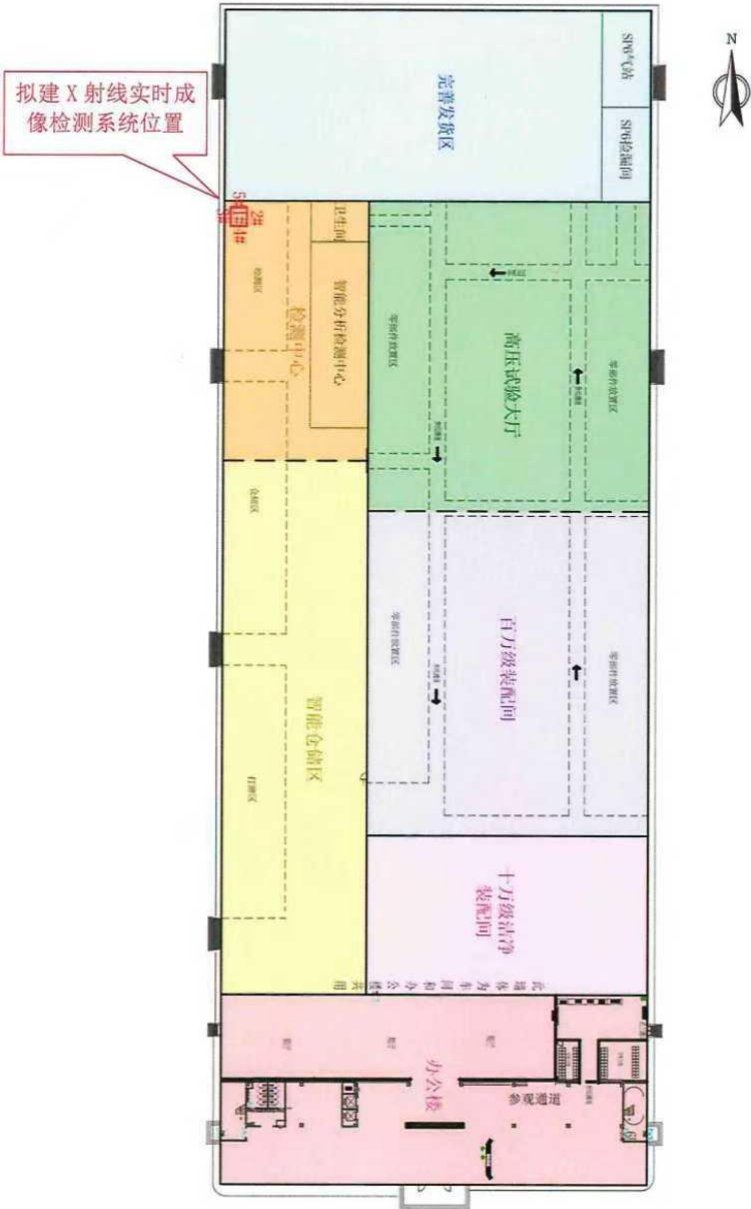
检 测 报 告

附图 1：检测布点示意图



检测 报 告

附图 2：检测布点示意图



检 测 报 告

附图 3: 现场检测照片



以 下 空 白



检测人员 刘杰 核验人员 刘杰 批准人 刘杰
编制日期 2025.9.22 核验日期 2025.9.22 批准日期 2025.9.22