

山东电工电气日立高压开关有限公司
X 射线实时成像检测系统迁建项目
竣工生态环境保护验收监测报告表

建设单位：山东电工电气日立高压开关有限公司

编制单位：山东省环科院环境检测有限公司

二〇二六年八月

建设单位法人代表：(签字)

编制单位法人代表：(签字)

项目负责人：(签字)

填表人：(签字)

建设单位：山东电工电气日立高压开关有限公司（盖章）	编制单位：山东省环科院环境检测有限公司（盖章）
电 话：15605415999	电 话：0531-66573368
传 真：/	传 真：/
邮 编：250000	邮 编：250109
地 址：济南市高新区孙村街道春暄路589-2号	地 址：济南市历城区唐冶街道唐冶中路2420号悦唐商务中心8号楼

目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 项目建设概况	4
表 3 辐射安全与防护设施/措施	16
表 4 建设项目环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定	26
表 5 验收监测质量保证及质量控制	30
表 6 验收监测内容	31
表 7 验收监测	33
表 8 验收监测结论	38
附件 1 委托书	40
附件 2 环评批复	41
附件 3 辐射安全许可证	45
附件 4 工作人员考核成绩单	54
附件 5 检测报告	57

表 1 项目基本情况

建设项目名称	山东电工电气日立高压开关有限公司X射线实时成像检测系统迁建项目				
建设单位名称	山东电工电气日立高压开关有限公司				
项目性质	☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建				
建设地点	济南市高新区孙村街道春暄路 589-2 号，山东电工电气日立高压开关有限公司绝缘生产厂房内东北侧				
源项	放射源	/			
	非密封放射性物质	/			
	射线装置	2 套 X 射线实时成像检测系统（型号为 XYG-3210/3 型和 XYG-4503 型）			
建设项目环评批复时间	2026 年 2 月 24 日	开工建设时间	2026 年 2 月 26 日		
取得辐射安全许可证时间	2026 年 4 月 29 日	项目投入运行时间	2026 年 4 月 30 日		
辐射安全与防护设施投入运行时间	2026 年 4 月 30 日	验收现场监测时间	2026 年 6 月 5 日		
环评报告表审批部门	济南市生态环境局	环评报告表编制单位	山东省环科院环境检测有限公司		
辐射安全与防护设施设计单位	丹东奥龙射线仪器有限公司	辐射安全与防护设施施工单位	/		
投资总概算	300 万元	辐射安全与防护设施投资总概算	50 万元	比例	16.7%
实际总概算	300 万元	辐射安全与防护设施投资总概算	50 万元	比例	16.7%
验收依据	1.法律法规 (1)《中华人民共和国生态环境法典》，2026 年 3 月 12 日第十四届全国人民代表大会第四次会议通过，2026 年 8 月 15 日施行； (2)《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号公布，2017 年 6 月 21 日修订，2017 年 10 月 1 日施行； (3)《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 年 12 月 1 日施行，2019 年 3 月 2 日第二次修订。

2.部门规章

(1)《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，国家环境保护总局令第 31 号，2006 年 3 月 1 日施行，2021 年 1 月 4 日第四次修订；

(2)《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》，国家环保总局环发[2006]145 号，2006 年 9 月 26 日发布；

(3)《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 年 4 月 18 日公布，2011 年 5 月 1 日施行；

(4)《关于发布<射线装置分类>的公告》，环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日施行；

(5)《关于发布<建设项目竣工环境保护验收暂行办法>的公告》，环境保护部，国环规环评[2017]4 号，2017 年 11 月 20 日施行；

(6)关于发布《建设项目竣工环境保护验收技术规范 污染影响类》的公告，生态环境部公告 2018 年第 9 号，2018 年 5 月 16 日。

3.地方性法规

《山东省辐射事故应急预案》，鲁环发〔2021〕11 号，2021 年 12 月 29 日。

4.建设项目竣工环境保护验收技术规范

(1)《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ1326-2023）；

(2)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；

(3)《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）；

(4)《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；

(5)《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；

(6)《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）。

5.建设项目环境影响报告表及其审批部门审批决定

(1)《山东电工电气日立高压开关有限公司 X 射线实时成像检测系统迁建项目环境影响报告表》，山东省环科院环境检测有限公司，2026 年 1

	月； (2)《山东电工电气日立高压开关有限公司 X 射线实时成像检测系统迁建项目环境影响报告表》的审批意见(济环辐表审〔2026〕X2 号)。 6.其他相关文件 山东电工电气日立高压开关有限公司 X 射线实时成像检测系统迁建项目竣工生态环境保护验收监测委托书。																
验收执行标准	本次验收执行环评阶段的有关标准进行验收。 1.职业人员及公众人员年有效剂量限值 参照环境影响报告表中的评价标准，本次验收采用 2.0mSv 作为工作人员年管理约束值，0.1mSv 作为公众人员年管理剂量约束值。 2.辐射工作场所屏蔽体外剂量率控制限值 参照环境影响报告表中的评价标准，本次验收以 2.5μSv/h 作为铅房四周屏蔽墙外 30cm 处、防护门外 30cm 处及室顶各关注点的剂量率控制水平。 3.环境天然放射性水平 根据山东省环境监测中心站于 1989 年编制的《山东省环境天然放射性水平调查研究报告》，济南市环境天然辐射水平见表 1-1。 表 1-1 济南市环境天然辐射水平（×10⁻⁸Gy/h） <table><tr><th>监测内容</th><th>范围</th><th>平均值</th><th>标准差</th></tr><tr><td>原野</td><td>4.43~8.08</td><td>6.26</td><td>0.77</td></tr><tr><td>道路</td><td>1.84~6.88</td><td>4.12</td><td>1.40</td></tr><tr><td>室内</td><td>6.54~12.94</td><td>8.94</td><td>1.91</td></tr></table> 注：表中数据摘自《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。	监测内容	范围	平均值	标准差	原野	4.43~8.08	6.26	0.77	道路	1.84~6.88	4.12	1.40	室内	6.54~12.94	8.94	1.91
监测内容	范围	平均值	标准差														
原野	4.43~8.08	6.26	0.77														
道路	1.84~6.88	4.12	1.40														
室内	6.54~12.94	8.94	1.91														

表 2 项目建设概况

2.1 项目建设内容

1.建设单位情况

山东电工电气日立高压开关有限公司曾用名中电装备恩翼帕瓦(山东)高压开关有限公司，2013 年 3 月实现公司名称变更。该公司是由山东电工电气集团有限公司、株式会社日立制作所共同出资组建的中日合资企业。该公司专业从事电网输变电设备 126kV、252kV、550kV 及 1100kV 气体绝缘金属封闭开关(以下简称 GIS)及气体绝缘金属封闭输电管线(以下简称 GIL)的设计研发、制造及销售，是国内两家之一完全具备 GIL 及国内四家之一省内唯一具备生产 1100kV 特高压 GIS 能力的厂商。

该公司原有长清厂区、凤凰路厂区和孙村厂区三个厂区，按照济南市自然资源和规划局最新规划，长清厂区和凤凰路厂区所在位置已经由原来的工业用地变更为商居用地，不再适合 GIS 项目的生产制造，且根据市场发展需求，公司为了扩大生产规模，在孙村厂区内现有 UHV 一期组装车间基础上，新建生产厂房，利用长清厂区和凤凰路厂区现有设备，并新增设备，建设了该公司厂区迁建项目，完成长清厂区和凤凰路厂区的搬迁。2024 年 3 月，2 套 X 射线实时成像检测系统由济南市高新区凤凰路 3617 号搬迁至山东省济南市高新区孙村片区春晖路 1645 号 B 库。

由于发展规划等原因，2025 年 10 月，公司决定将 2 套 X 射线实时成像检测系统由山东省济南市高新区孙村片区春晖路 1645 号 B 库搬迁至济南市高新区孙村街道春暄路 589-2 号绝缘生产厂房内的东北侧。

该公司于 2025 年 10 月委托山东省环科院环境检测有限公司编制完成了《山东电工电气日立高压开关有限公司 X 射线实时成像检测系统迁建项目环境影响报告表》，并于 2026 年 2 月 24 日取得了济南市生态环境局对该项目辐射环境影响报告表的批复（批复文号为：济环辐表审〔2026〕X2 号）。

该公司于 2026 年 4 月 29 日重新申领了辐射安全许可证，见附件 3，编号为鲁环辐证[01135]，有效期至 2028 年 5 月 3 日；许可种类和范围：使用 II 类射线装置。

本项目于 2026 年 4 月 30 日投入调试，我公司于 2026 年 6 月 5 日对该项目进行了现场验收调查及现场检测，在此基础上编制完成了《山东电工电气日立高压开关有限公司 X 射线实时成像检测系统迁建项目竣工生态环境保护验收监测报告表》。

2.项目建设内容和规模

本项目环评规模以及验收规模见表 2-1。

表 2-1 工程规模

项目名称	环评及批复规模	本期验收规模
X 射线实时成像检测系统迁建项目	2 套 X 射线实时成像检测系统（型号为 XYG-3210/3 型和 XYG-4503 型）	2 套 X 射线实时成像检测系统（型号为 XYG-3210/3 型和 XYG-4503 型）

注：验收规模与环评规模一致。

本次验收涉及射线装置见表 2-2。

表 2-2 本次验收所涉及的射线装置情况

序号	装置名称	数量	型号	主要参数	生产厂家	类别	备注
1	X 射线实时成像检测系统	1 台	XYG-3210/3	320kV, 10mA	丹东奥龙射线仪器有限公司	II类	定向
2		1 台	XYG-4503	450kV, 3mA	丹东奥龙射线仪器有限公司	II类	定向

3.地理位置及平面布置

本项目位于济南市高新区孙村街道春暄路 589-2 号，绝缘生产厂房内的东北侧；迁建 2 座铅房四周为绝缘生产厂房内部区域，东侧（二楼）为操作室、厂区空地，1#铅房南侧约 4.8m 为实验室，2#铅房北侧约 21.5m 为实验室，2#铅房西侧 17m 为办公室，该区域相对独立，四周 50m 范围内无居民区、学校、医院等人员密集区。本项目地理位置见图 2-1，探伤室周边关系影像图见图 2-2，项目厂区平面布置图见图 2-3，1#铅房、2#铅房平面布置图见图 2-4，现场照片见图 2-5。

4.环境影响报告表及其审批部门审批决定建设内容与实际建设内容一览表

本项目环境影响报告表建设内容与现场验收情况对比见表 2-3，环境影响报告表批复建设内容与现场验收情况对比见表 2-4。

表 2-3 本项目环境影响报告表建设内容与验收情况对比表

名称	环评内容			现场情况			备注
X 射线实时成像检测系统	2 套			2 套			与环评一致
主要参数及型号	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	数量
	XYG-3210/3	320	10	XYG-3210/3	320	10	1 套
	XYG-4503	450	3	XYG-4503	450	3	1 套

表 2-4 环境影响报告表批复建设内容与验收情况对比表

环境影响报告表批复意见	验收时落实情况	备注
山东电工电气日立高压开关有限公司 X 射线实时成像检测系统迁建项目位于济南高新区孙村街道春暄路 589-2 号绝缘生产厂房内东北侧，拟将济南高新区春晖路 1645 号 B 库的 2 套 X 射线实时成像检测系统(型号分别为 XYG-3210/3、XYG-4503)搬迁至现地址，用于绝缘子的无损检测。	山东电工电气日立高压开关有限公司 X 射线实时成像检测系统迁建项目位于济南高新区孙村街道春暄路 589-2 号绝缘生产厂房内东北侧，本次验收的项目为济南高新区春晖路 1645 号 B 库的 2 套 X 射线实时成像检测系统(型号分别为 XYG-3210/3、XYG-4503)现已搬迁至现地址，用于绝缘子的无损检测。	与批复意见一致

由表 2-3 及表 2-4 可知，本项目实际建设内容与环评及审批建设内容一致。

2.2 源项情况

本次验收 X 射线实时成像检测系统技术参数详见表 2-5。

表 2-5 本次验收 X 射线实时成像检测系统技术参数

型 号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	焦点尺寸 (mm)	辐射角度	最大穿透能力	射束方向
XYG-3210/3	320	10	1.0	40°	30mm 钢	定向向上或向南
XYG-4503	450	3	0.4/1.0	40°	70mm 钢	定向向上或向东



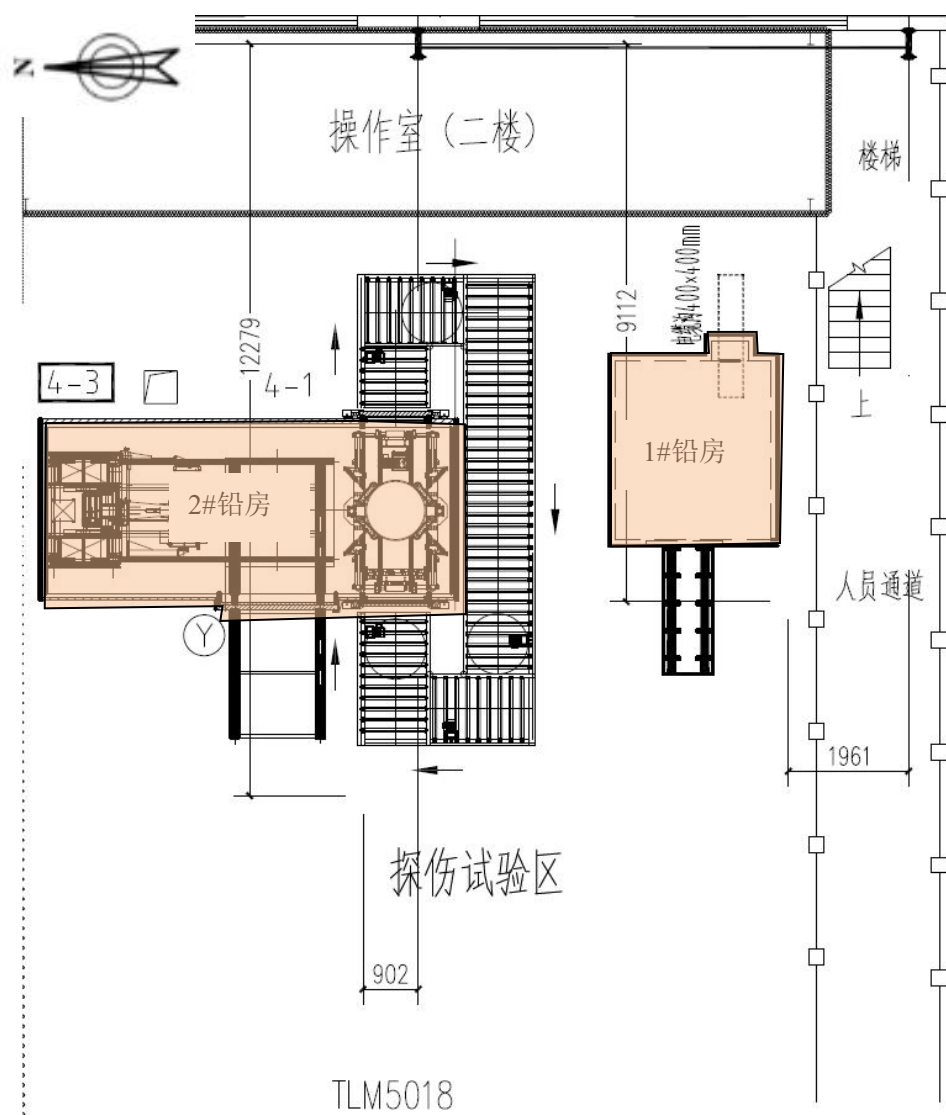


图 2-4 1#铅房、2#铅房平面布置图



图 2-5 铅房区域四周情况

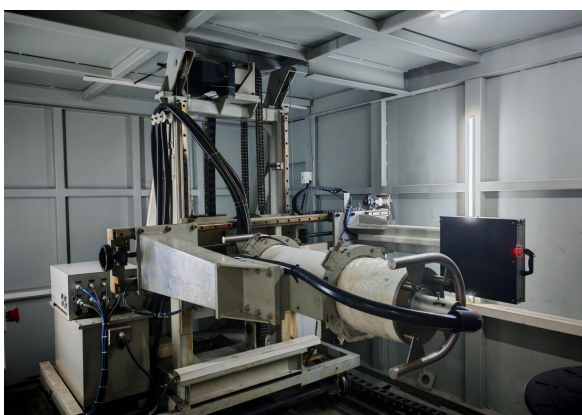
2.3 工程设备与工艺分析

1.X 射线实时成像系统简介

X 射线实时成像检测系统主要由 X 射线机系统、数字成像系统、图像采集及处理系统、电气控制系统、机械传动系统、射线防护系统及现场监控系统等构成。其中数字成像系统主要由计算机、平板数字成像器、采集卡、传输光缆成像软件等部分组成；其中 XYG-3210/3 型机械传动系统由轨道、C 型臂组成，XYG-4503 型机械传动系统由移动托盘、传送带和 C 型臂组成；电气控制系统选用以太网运动控制器与数据库系统组成控制中心，同时 C 型臂和三维检测平台、传送带动作，实现对被检测工件 X 射线检测系统的过程控制。采用集中-分散型工业总线控制方式，将传感器、运动控制器、触摸屏、电机驱动、联锁保护、网络、通讯等技术结合在一起，组成灵活的硬件和软件模块设计，工作稳定性好，运行可靠。



XYG-3210/3 型外观图



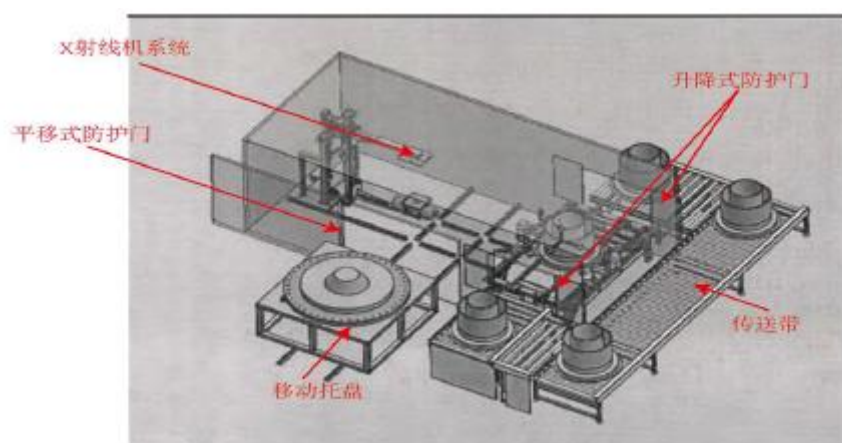
XYG-3210/3 型内部结构



XYG-4503 型外观图



XYG-4503 型内部结构



XYG-4503 型

图 2-6 X 射线实时成像检测系统外观及内部结构图

2.X 射线产生原理

X 射线发生器主要由 X 射线管和高压变压器组成。X 射线管主要由阴极和阳极组成。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，使电子在达到阳极靶之前被加速到很高的速度。这些高速电子在到达阳极靶时被靶阻挡，阻挡有两种形式，形成两种 X 射线。一种是高速电子在靶物质的原子核附近经过，在靶原子核的强库仑场作用下，突然受阻，损失部分或全部的能量，转成具有连续能谱的韧致辐射；另一种是高速电子轰击靶物质时，使靶物质原子内层的电子被激发和电离，当退激和外层电子进入内层轨道填补空位时，便放出具有特定能量的特征 X 射线。通过 X 射线管的窗口滤片可得到有用 X 射线束。典型的 X 射线管结构见图 2-7 所示。

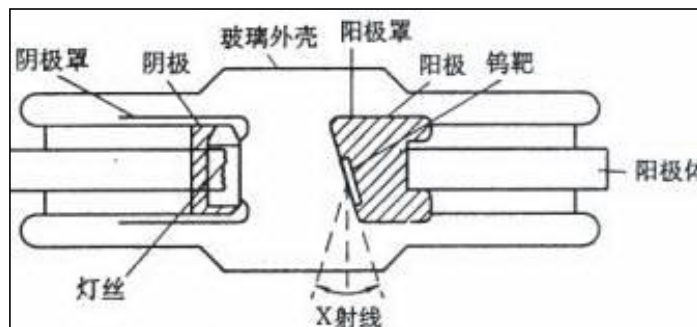


图 2-7 典型的 X 射线管结构示意图

3.成像原理

X 射线实时成像检测系统通过 X 射线对被检测工件进行照射，当射线在穿透材料时，由于材料的厚薄不等，材料与其中缺陷对 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，如果被检测工件质量有问题，在成像中显示缺陷所在的位置，从而实现无损探伤的目的。

4.工作流程

叉车司机将工件通过叉车运至移动托盘上或传送带上，辐射工作人员移动托盘通过下方道轨移至铅房内，防护门关闭，辐射工作人员通过控制操作位处的按钮将移动托盘和型臂调整到合适位置，然后开机，该过程中 X 射线管发射 X 射线，图像管接收透过物体的 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，辐射工作人员根据 X 射线图像情况，对被检测工件缺陷进行连续监测、分析和判断。

检测时，X 射线机可在铅房内沿 Z 轴方向升降，也可绕 X 轴旋转 $\pm 20^\circ$ ，从而实现对被检工件的各部位全面扫描。

检测完成后，防护门开启，工件由移动托盘或传送带送出铅房，工作人员利用叉车取走工件，完成一轮探伤。检查全部完成后，关闭电脑、铅房电源和总电源。

其工作流程及产物环节示意图见图 2-8。

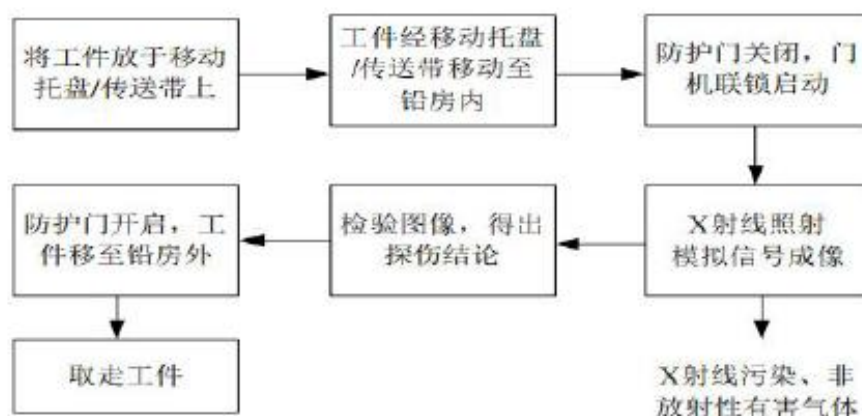


图 2-8 X 射线实时成像系统工作流程及产物环节示意图

5.人员配备及工作负荷

根据公司提供的资料，公司配备 6 名辐射工作人员，其中 1 名为管理人员，5 名为无损检测人员（工作区域为操作台及移动托盘进出铅房），且配备人员均通过了国家核技术利用辐射安全与防护考核，考核证书均处于有效期内，见附件 4。

2 套成像系统每年的训机时间大约为 50h；XYG-3210/3 型 X 射线实时成像检测系统年检测约 6000 件，单个工件的曝光时间不大于 1min，本次验收按 1min 计，则年曝光时间最长约为 150h；XYG-4503 型 X 射线实时成像检测系统年检测 1.8 万件，单个工件的曝光时间不大于 1min，本次验收按 1min 计，则年曝光时间最长约为 350h。

5 名无损检测人员轮流开展工作，保守每人每年工作时间不超过 500h，每人每周工作时间不超过 10h。

6.污染源项分析

（1）放射性污染因素

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。

②X 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。

（2）非放射性污染因素

X 射线实时成像系统在工作状态时，X 射线会电离空气产生少量臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x），在 NO_x 中以 NO₂ 为主。它们是具有刺激性作用的非放射性有害气体。如果探伤室内通风不良，臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x）浓度超过国家标准所允许的范围，则会对进入铅房的人员造成危害。

综上可知，本项目的验收重点为 X 射线、非放射性有害气体。

表 3 辐射安全与防护设施/措施

1.工作场所的布局

本项目 1#铅房、2#铅房位于济南市高新区孙村街道春暄路 589-2 号绝缘生产厂房内东北侧，操作间位于 1#铅房、2#铅房东侧的二层。1#铅房、2#铅房平面布置见图 3-1。

叉车司机将工件通过叉车运至移动托盘上或传送带上，辐射工作人员移动托盘通过下方道轨移至铅房内，使用 X 射线实时成像系统进行无损检测，无损检测结束后再运至车间内存放，整体生产工序布局合理、衔接紧凑。

根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)第 6.1.1 款规定“探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开。”本项目 1#铅房内的 X 射线实时成像系统的主射束方向为向上和向南，2#铅房内的 X 射线实时成像系统的主射束方向为向上和向东，操作室位于 1#铅房、2#铅房东侧的二层，避开了有用线束的照射，满足以上要求。

综上所述，项目布局基本合理。

2.分区管理

根据《工业探伤放射防护要求》（GBZ117-2022）中 6.1.2 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”。

根据建设单位提供的资料及现场踏勘，该公司将铅房内部划分为控制区，将铅房周围栅栏区域、操作室划为监督区，并在边界设置警示标识，分区图见图 3-1。

以上控制区和监督区划分布局合理。

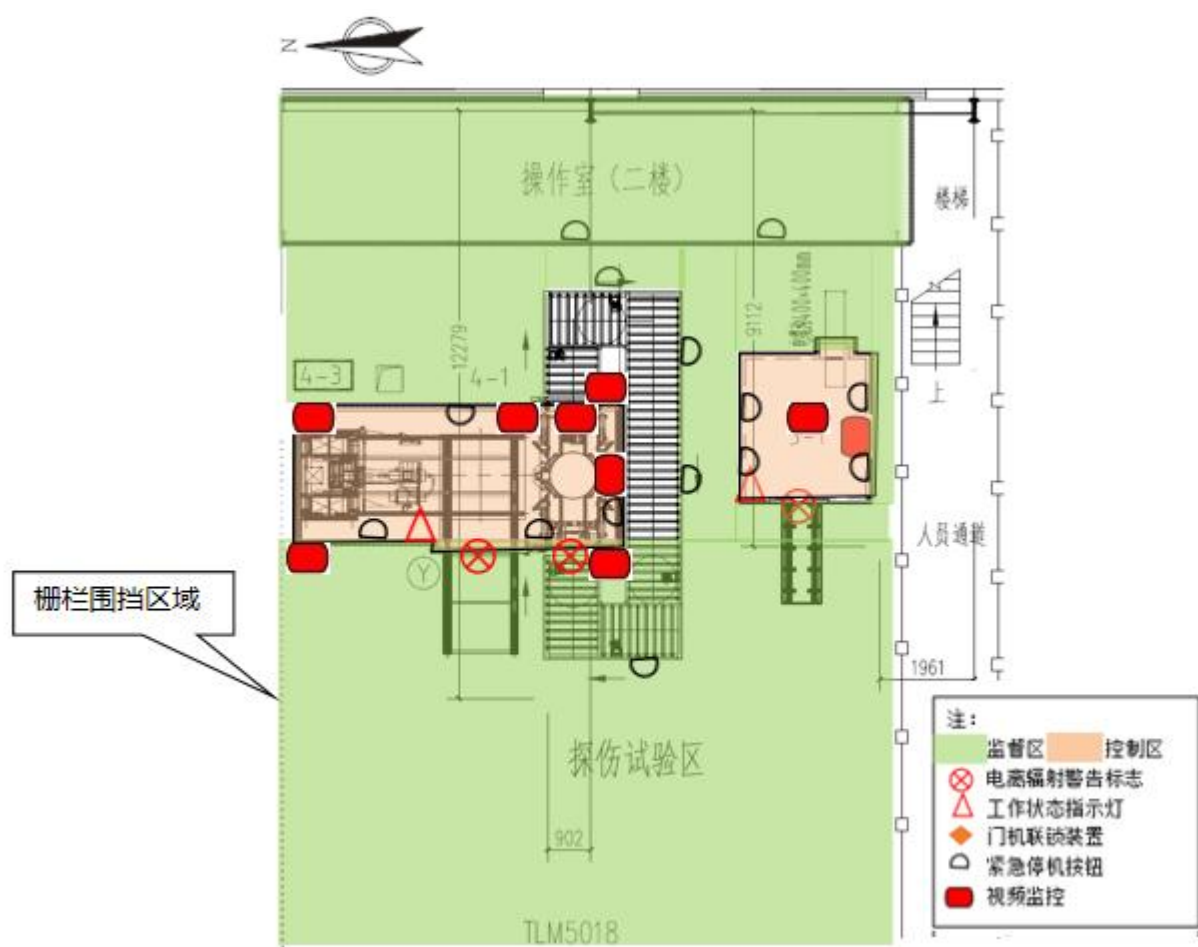


图 3-1 1#铅房、2#铅房平面布置图及分区图

3.屏蔽防护设施

根据建设单位提供的资料及现场核查，本项目 1#铅房、2#铅房均为单层建筑，铅房屏蔽防护情况与环评阶段一致，如下表 3-1 所示。

表 3-1 铅房防护情况一览表

项目	1#铅房	2#铅房
内部、容积	南北长 2.94m、东西宽 2.55m、净高 3.21m，净容积 24.07m ³	东西净长 6.20m、南北净宽 2.82m、净高 2.65m，净容积 46.33m ³
四周防护面	均为铅钢结构，顶部防护面及东侧防护面防护能力为 40mmPb 当量的铅钢复合板，其他防护面防护能力为 24mmPb 当量的铅钢复合板。	均为铅钢结构，其中东侧防护面及顶部防护面为 8mm 钢板+55mm 铅板+8mm 钢板，保险起见，不考虑钢板的防护能力，东侧防护面及顶部防护面防护铅当量为 55mmPb，其他防护面为 3mm 钢板+35mm 铅板+3mm 钢板，防护铅当量为 35mmPb。
平移式防护门	铅房西侧中间位置设有平移式防护门 1 个，用于工件进出，为铅钢结构，防护能力为 24mmPb 当量的铅钢复合板，门口尺寸 1m×2.36m(宽×高)，防护门尺寸为 1.25m×2.58m(宽×高)，防护门与防护面之间的缝隙不大于 0.3cm，搭接量与缝隙比例不小于 10: 1，可满足防护要求。	铅房西侧中间位置设有平移式防护门 1 个，用于工件进出，为 27.5mm 钢板+35mm 铅板+27.5mm 钢板结构，防护铅当量为 35mmPb，防护门尺寸为 1.979m×2.080m(宽×高)，门洞尺寸为 1.895m×1.974m(宽×高)，上、下、左、右与周围防护面搭接量分别约为 5.3cm、5.3cm、4.2cm、4.2cm，防护门与防护面之间的缝隙不大于 0.3cm，搭接量与缝隙比例不小于 10: 1，可满足防护要求。
升降式防护门	/	铅房南端东侧和西侧分别设有升降式防护门 1 个，用于工件进出，其中西侧防护门为 27.5mm 钢板+35mm 铅板+27.5mm 钢板结构，防护铅当量为 35mmPb，东侧防护门为 35.5mm 钢板+55mm 铅板+35.5mm 钢板结构，防护铅当量为 55mmPb，防护门尺寸均为 1.170m×1.050m(宽×高)，门洞尺寸为 1.060m×0.960m(宽×高)，上、下、左、右与周围防护面搭接量分别约为 4.5cm、4.5cm、5.5cm、5.5cm，防护门与防护面之间的缝隙不大于 0.3cm，搭接量与缝隙比例不小于 10: 1，可满足防护要求。
操作位	操作位 1#位于 1#铅房东侧，距铅房水平距离约 0.5m，垂直距离约为 2m。	操作位 2#位于 2#铅房东侧，距铅房约 0.5m，垂直距离约为 2m。

4.辐射安全与防护措施

除工作场所屏蔽设计的安全防范措施外，该公司还从以下几个方面加强了辐射防护措施。

1.1#铅房及 2#铅房的防护门设置了门-机联锁装置、电离辐射警告标志和中文警示说明。

2.1#铅房设置了 5 个紧急停机按钮，分别设置在 1#操作位和 1#铅房内部（南侧、北侧）防护面上；2#铅房设置了 9 个紧急停机按钮，分别设置在 2#操作位（1 个），2#铅房内四面墙上（4 个）及传送带上（4 个）。

3.铅房防护门门口设有显示“预备”和“照射”状态的工作指示灯和声音提示装置。工作指示灯与 X 射线机联锁。

4.在 1#铅房内南侧防护面、顶部分别设置 1 个监控摄像头；在 2#铅房内设置 4 个监控摄像头，外部西北角、西南角、东南角分别设置 1 个监控摄像头，专用监视系统设置在操作室内，可监视铅房内人员的活动和设备的运行情况。

5.该公司已配置了辐射防护用品和监测仪器：该公司已配置个人剂量计 5 支、个人剂量报警仪 4 部、辐射巡检仪 2 台。

6.该公司已建立个人剂量档案，档案中包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料，符合要求。个人剂量档案应终生保存。辐射工作人员有权查阅和复制本人的个人剂量档案。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印件。

5.辐射安全管理措施

(1)辐射安全管理机构及管理制度

该公司已签订《辐射工作安全责任书》，明确了法人代表为辐射工作安全责任人，设置了辐射安全与环境保护管理领导小组，指定专人专职负责本项目的辐射安全管理工作，辐射工作场所安排了相应的技术人员负责辐射安全管理，明确了辐射工作岗位，落实了岗位职责。

该公司制定了《X 射线探伤岗位职责》、《X 射线探伤辐射安全保卫管理制度》、《X 射线机操作规程》、《辐射工作人员教育培训制度》、《辐射防护制度》、《X 射线检测设备定期检查维护保养制度》、《X 射线探伤辐射监测制度》《辐射事故应急预案》，每年均有计划开展了辐射事故应急演练。

(2)辐射工作人员辐射安全培训、健康管理及剂量监测

本项目共配备了6名辐射工作人员，其中1名为管理人员，5名为无损检测人员（工作区域为操作台及移动托盘进出铅房），均通过了国家核技术利用辐射安全与防护考核，且均处于有效期内。

该公司为5名为无损检测人员配备了个人剂量计，并委托了有资质单位进行了个人剂量检测，同时建立了个人剂量档案，做到了一人一档。

6.放射性三废处理设施

（1）废水及固废

本项目在运行过程中不产生放射性固体废物、放射性废水。

（2）废气

本项目在运行过程中不产生放射性废气。X射线实时成像检测系统产生的X射线会使空气电离，从而产生少量的臭氧(O₃)和氮氧化物(NO_x)。

根据建设单位提供的资料，1#铅房面积较小，工作量较少，主要通过防护门的开合将产生的少量臭氧(O₃)和氮氧化物(NO_x)进行排放；2#铅房顶部东侧中间位置距东侧防护面0.5m处有一个通风孔，通风口尺寸为12cm×12cm。通风口外侧设置35mmPb防护罩，通风孔内侧装有轴流风机，工作时间开启，排风量约为3000m³/h，通风换气次数大于3次/小时；铅房周围人员较少，产生的少量臭氧(O₃)和氮氧化物(NO_x)最终经所在车间的通风系统排至外环境。

7.项目变动情况分析

项目实际建设内容与《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）进行对照分析，结果如下：

表3-2 项目实际建设内容与重大变动清单对比情况

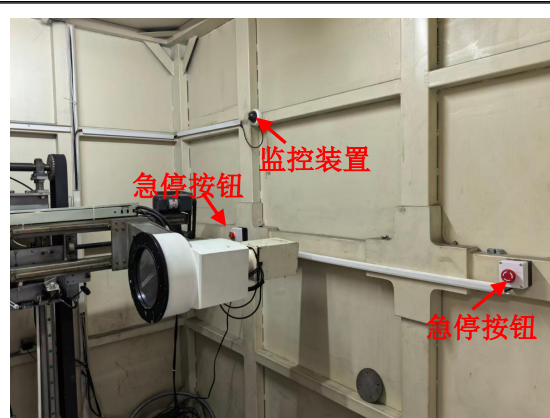
序号	清单条款	项目变动情况
1	由核技术利用建设项目变更为其他类别建设项目。	环评阶段为核技术利用建设项目，实际为核技术利用建设项目，无变动。
2	重新选址。	环评阶段项目地点位于济南市高新区孙村街道春暄路589-2号，绝缘生产厂房内的东北侧，实际建设地点为济南市高新区孙村街道春暄路589-2号，绝缘生产厂房内的东北侧，无变动。
3	调整辐射工作场所位置(包括总平面布置变化)导致调整后评价范围内出现新的环境保护目标。	X射线实时成像检测系统位置、总平面布置无变动，未出现新的环境保护目标。

4	放射源类别升高。	不涉及放射源。
5	射线装置类别升高。	环评阶段为II类射线装置，实际建设内容为II类射线装置，无变动。
6	非密封放射性物质工作场所级别升高。	不涉及非密封放射性物质工作场所。
7	放射源的总活度或放射源数量增加50%及以上。	不涉及放射源。
8	射线装置额定功率或输出剂量率或中子产生率增大50%及以上。	环评阶段XYG-3210/3型X射线实时成像检测系统最大管电压为320kV，最大管电流为10mA；XYG-4503型X射线实时成像检测系统最大管电压为450kV，最大管电流为3mA，射线装置实际工况与环评阶段一致，无变动。
9	放射性核素活度或种类增加导致非密封放射性物质工作场所的日等效最大操作量增加50%及以上。	不涉及放射性核素。
10	增加新的辐射工作场所。	环评阶段为新建2套X射线实时成像检测系统，实际建设内容为2套X射线实时成像检测系统，无变动。
11	生产工艺或使用方式变化导致不利影响加重，含主要工艺装置、配套设备及放射性三废处理设施任何一项变化。	环评阶段装置为2套X射线实时成像检测系统，不产生放射性三废；实际建设内容为2套X射线实时成像检测系统，不产生放射性三废，无变动。
12	辐射防护措施改变导致不利影响加重。	实际建设的四周屏蔽体、室顶、防护门的厚度和材质与环评阶段一致，无变动。
13	辐射安全联锁系统的联锁方式、联锁逻辑发生改变导致联锁功能减弱。	环评阶段联锁方式为门机联锁，实际建设内容与环评阶段一致，无变动。
14	非密封放射性物质工作场所功能和布局变化导致增加控制区。	不涉及非密封放射性物质工作场所。
15	新增放射性液态流出物排放口或气载流出物排放口。	不涉及放射性液态流出物或气载流出物。

经判定，本项目实际建设内容与环评报告、环评批复的建设内容是一致的，不存在重大变动情况。



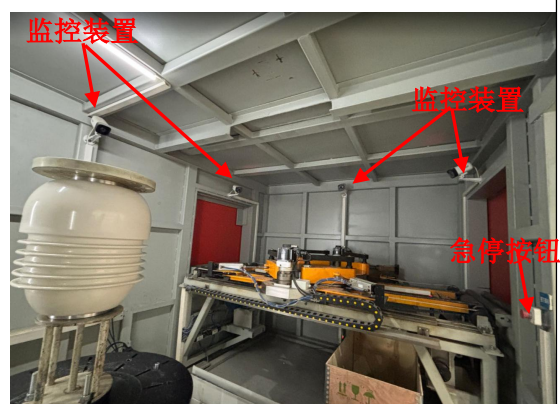
1#铅房



1#铅房内急停按钮及监控装置



2#铅房



2#铅房内部情况



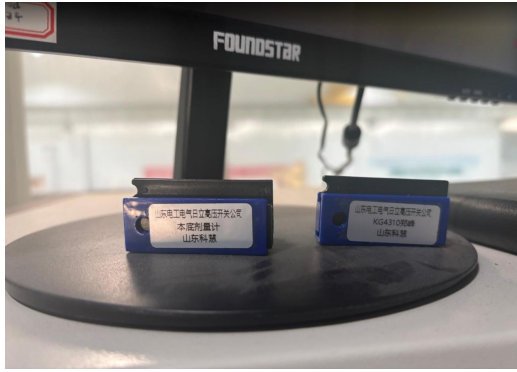
操作室内监控显示器



操作台上急停按钮



现场规章制度张贴



个人剂量计



个人剂量报警仪

图 3-2 现场图片

8.环境影响报告表批复与验收情况的对比

本项目环境影响报告表批复与验收情况的对比见表 3-3。

表 3-3 环境影响报告表批复与验收情况的对比

环境影响报告表批复意见		验收时落实情况
项目 建设 及 运 行 重 点 做 好 以 下 工 作：	(一)做好辐射工作场所的环境安全防护工作。	
	1.工作场所严格按报告要求进行分区，并按照《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)要求进行管理。	已落实。 该公司将铅房内部划分为控制区，将铅房周围栅栏区域、操作室划为监督区，并在边界设置警示标识。
	2.X 射线探伤机探伤作业采取防护措施，确保满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)的要求。落实铅房防护设计要求、门-机联锁装置、工作指示灯、紧急停机按钮、电离辐射警告标识、视频监控、固定场所辐射探测报警装置等辐射安全与防护措施。	已落实。 公司按照《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)等规范要求，落实了 X 射线实时成像检测系统防护面的铅当量，设置了门-机联锁装置，工作指示灯、紧急停机按钮、电离辐射警告标识、视频监控，暂未设置固定场所辐射探测报警装置。

项目建设和运行应重点做好以下工作：	3.加强人员防护，辐射工作人员按要求配备防护用品，确保工作人员和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)的相关要求。	已落实。 该公司为辐射工作人员配备了个人剂量计、个人剂量报警仪、辐射巡检仪以及铅衣、铅手套，能确保工作人员和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)的相关要求。
	4.1#铅房通过防护门开合排放废气，2#铅房设置机械排风装置，设计通风量为3000m³/h，通风口处设置有铅防护罩，两个铅房废气最终经所在车间通风系统排至外环境。	已落实。 经现场核实，1#铅房通过防护门开合排放废气，2#铅房设置了机械排风装置，通风量为3000m³/h，通风口处设置了铅防护罩，两个铅房废气最终经所在车间通风系统排至外环境。
	(二) 建立完善监测、评估、应急、培训等各项管理制度并组织实施。	
	1.完善辐射环境监测方案，配备与该项目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。定期开展监测，监测结果及时报济南市生态环境局高新区分局。 辐射工作人员应佩戴个人剂量计，并进行个人剂量监测。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。建立辐射工作人员个人剂量档案，做到一人一档。	已落实。 该公司制定了《辐射环境监测》，配备了2台辐射巡检仪和1部个人剂量报警仪。该公司每年委托有资质单位进行辐射环境监测，通过每年的年度评估报告向生态部门上报监测数据。 5名无损检测人员规范佩戴了个人剂量计，每3个月进行1次个人剂量监测，同时安排了专人负责个人剂量的监测管理。目前未发现个人剂量监测结果异常。
	2.按要求开展辐射安全和防护状况年度评估工作，于每年1月31日前向济南市生态环境局高新区分局提交上一年度安全和防护状况评估报告。	已落实。 该公司每年1月31日之前编写辐射安全和防护状况的年度评估报告，并在全国核技术利用单位申报系统提交报告。
	3.修订辐射事故应急预案，定期组织开展应急演练，落实风险防范措施，切实防范辐射环境风险。	已落实。 该公司修订了《辐射事故应急预案》，定期组织开展应急演练，落实了风险防范措施，能防范辐射环境风险。该公司于2025年开展了应急演练，目前未发生辐射事故。

	4.加强辐射工作人员的辐射安全与防护培训和再培训。制定培训计划，强化对辐射类环保法律、法规、规范等专业知识的动态学习更新，组织辐射工作人员参加生态环境部门的辐射安全与防护培训和考核，经培训考核合格且在有效期内方可上岗。	已落实。 该公司制定了《放射工作人员管理和培训方案》，目前 6 名辐射工作人员，均持有 X 射线探伤辐射安全与防护考核的成绩合格的报告单，且在有效期内。	
	5.严格落实辐射安全管理责任制以及射线装置台账管理制度、操作规程、辐射防护和安全保卫制度等。	已落实。 该公司签订了《辐射工作安全责任书》，明确了法人代表为辐射工作安全第一责任人。该公司设置了辐射安全与环境保护管理领导小组，明确了工作岗位。该公司指定专人高海龙（本科）负责 X 射线辐射安全管理工作，落实了岗位职责。 该公司制订了《X 射线探伤岗位职责》、《X 射线探伤辐射安全保卫管理制度》、《X 射线机操作规程》、《辐射工作人员教育培训制度》、《辐射防护制度》、《X 射线检测设备定期检查维护保养制度》、《X 射线探伤辐射监测制度》《辐射事故应急预案》等规章制度。该公司建立了辐射安全管理档案。	
	(三)环境影响报告表经批准后，项目的性质、规模、地点或生态保护、污染防治措施发生重大变动的，应按要求重新报批环境影响报告表。	已落实。 经核实，项目的性质、规模、地点或生态保护、污染防治措施未发生重大变动。	

表 4 建设项目环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定

4.1 环境影响报告表结论主要内容

1.项目概况

山东电工电气日立高压开关有限公司拟将济南市高新区孙村片区春晖路 1645 号厂区的 2 套 X 射线实时成像检测系统（1 套 XYG-3210/3 型、1 套 XYG-4503 型）搬迁至新厂区，属 II 类射线装置，用于固定场所探伤，对公司生产的绝缘子进行无损检验。根据前文分析，本项目采取辐射防护措施，保证铅房外剂量率和人员受照水平控制在标准范围内，具有明显的经济效益、社会效益，符合“实践正当性”的要求。

2.选址合理性

迁建 2 座铅房四周 50m 范围内无居民区、学校、医院等人员密集区。通过采取一系列管理和工程措施，能保证该项目场所周围的辐射环境不发生明显变化，使项目周围辐射水平低于国家规定的限值，确保在该区域活动的公众和工作人员所受到的辐射剂量低于国家规定的限值。项目建设布局基本合理、选址可行。

3.环境现状检测

拟建 1#铅房、2#铅房周围环境 γ 辐射剂量率室内检测结果范围为（29.3~42.3）nGy/h，即 $[(2.93\sim4.23)\times10^{-8}\text{Gy/h}]$ ，略低于济南市环境天然放射性水平正常波动范围[室内（6.54~12.94） $\times10^{-8}\text{Gy/h}$]。

4.辐射安全与防护分析结论

本项目 1#铅房及 2#铅房的防护门均设计有门-机联锁装置、电离辐射警告标志和中文警示说明、辐射工作指示灯等安全防护设施，铅房内及操作位均设置监控系统。1#铅房防护面均为铅钢结构，顶部防护面及东侧防护面防护能力为 40mmPb 当量的铅钢复合板，其他防护面防护能力为 24mmPb 当量的铅钢复合板，平移式防护门防护能力为 20mmPb 当量的铅钢复合板；2#铅房东侧防护面及顶部防护面为 8mm 钢板+55mm 铅板+8mm 钢板，屏蔽能力为 55mmPb 当量，其他防护面为 3mm 钢板+35mm 铅板+3mm 钢板，屏蔽能力为 35mmPb 当量，西侧升降式防护门及平移式防护门为 27.5mm 钢板+35mm 铅板+27.5mm 钢板结构，屏蔽能力为 35mmPb 当量，东侧平移式防护门为 35.5mm 钢板+55mm 铅板+35.5mm 钢板结构，屏蔽能力为 35mmPb 当量。

5.三废治理

X 射线使空气电离从而产生臭氧(O₃)和氮氧化物(NO_x), 本项目中臭氧(O₃)和氮氧化物(NO_x)的产生量均较小, 对周围环境影响较小。

6.环境影响评价分析结论

根据理论估算和类比检测报告可知, XYG-3210/3 型及 XYG-4503 型 X 射线实时成像检测系统运行时, 铅房四周防护面外、室顶及环境保护目标处的辐射水平满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 6.1.3 款“屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5μSv/h”的标准要求。

XYG-3210/3 型及 XYG-4503 型 X 射线实时成像累积曝光时间 400h/a, 职业工作人员的年有效剂量低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 规定的 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, 对工作人员是安全的。

公众成员的年有效剂量低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 规定的 1mSv/a 的剂量限值, 也低于本报告提出的 0.1mSv/a 的管理剂量约束值, 对公众成员是安全的。

7.辐射安全管理结论

公司已设立辐射防护安全与环境保护管理小组, 明确了法定代表人张峰为辐射工作安全责任人, 专职机构辐射安全与环境保护管理领导小组负责射线装置的安全和防护工作。公司搬迁后人员不变动, 已设立的辐射防护安全与环境保护管理小组适用于目前的项目管理。

公司已配备 6 名辐射工作人员, 其中 1 名为管理人员, 5 名为无损检测人员。6 名辐射工作人员已在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台进行培训、参加考核, 并已取得合格证书。公司已为无损检测人员配置个人剂量计、个人剂量报警仪及 X-γ辐射巡检仪, 并定期委托有资质单位对个人剂量及其探伤工作场所进行监测。

综上所述, 山东电工电气日立高压开关有限公司在认真落实各项污染防治措施和辐射环境管理计划的基础上, 该单位将具备其所从事的辐射活动的技术能力和辐射安全防护措施, 从辐射环境保护的角度分析, 该项目的建设是可行的。

4.2 审批部门审批决定

《济南市生态环境局关于山东电工电气日立高压开关有限公司 X 射线实时成像检测系统迁建项目环境影响报告表的批复》如下:

一、山东电工电气日立高压开关有限公司 X 射线实时成像检测系统迁建项目位于济南

高新区孙村街道春暄路 589-2 号绝缘生产厂房内东北侧，拟将济南高新区春晖路 1645 号 B 库的 2 套 X 射线实时成像检测系统(型号分别为 XYG-3210/3、XYG-4503)搬迁至现地址，用于绝缘子的无损检测，2 套系统年训机时间不超过 50h，XYG-3210/3 型检测系统年检测工件 6000 件，年曝光时间不超过 150h，XYG-4503 型检测系统年检测工件约 1.8 万件，年曝光时间不超过 500h。本项目核技术利用类型属于使用 II 类射线装置。我局受理本项目并在济南市生态环境局网站进行了公示，公示期间未收到公众反对意见，根据环境影响评价结论，在全面落实环境影响报告表提出的各项环境保护措施前提下，本项目产生的不利环境影响可以得到减缓和控制，从生态环境角度，项目建设是可行的。你单位应全面落实报告表提出的各项环境保护对策措施和本批复要求。

二、项目建设及运行应重点做好以下工作：

(一)做好辐射工作场所的环境安全防护工作。

1.工作场所严格按报告要求进行分区并按照《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)要求进行管理。

2.X 射线探伤机探伤作业采取防护措施，确保满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)的要求。落实铅房防护设计要求、门-机联锁装置、工作指示灯、紧急停机按钮、电离辐射警告标识、视频监控、固定场所辐射探测报警装置等辐射安全与防护措施。

3.加强人员防护，辐射工作人员按要求配备防护用品，确保工作人员和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)的相关要求。

4.1#铅房通过防护门开合排放废气，2#铅房设置机械排风装置，设计通风量为 3000m/h，通风口处设置有铅防护罩，两个铅房废气最终经所在车间通风系统排至外环境。

(二) 建立完善监测、评估、应急、培训等各项管理制度并组织实施。

1.完善辐射环境监测方案，配备与该项目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。定期开展监测，监测结果及时报济南市生态环境局高新区分局。

辐射工作人员应佩戴个人剂量计，并进行个人剂量监测。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。建立辐射工作人员个人剂量档案，做到一人一档。

2.按要求开展辐射安全和防护状况年度评估工作，于每年 1 月 31 日前向济南市生态环境

境局高新区分局提交上一年度安全和防护状况评估报告。

3.修订辐射事故应急预案，定期组织开展应急演练，落实风险防范措施，切实防范辐射环境风险。

4.加强辐射工作人员的辐射安全与防护培训和再培训。制定培训计划，强化对辐射类环保法律、法规、规范等专业知识的动态学习更新，组织辐射工作人员参加生态环境部门的辐射安全与防护培训和考核，经培训考核合格且在有效期内方可上岗。

5.严格落实辐射安全管理责任制以及射线装置台账管理制度、操作规程、辐射防护和安全保卫制度等。

(三)环境影响报告表经批准后，项目的性质、规模、地点或生态保护、污染防治措施发生重大变动的，应按要求重新报批环境影响报告表。

三、你单位应当在污染防治技术选用时充分考虑安全因素，对环保设施和项目开展安全风险辨识管理，健全内部管理责任制度，严格依据标准规范建设环保设施和项目。

四、项目建设必须严格执行环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投用的“三同时”制度。项目建成并按规范自主验收合格后，方可正式投入使用。验收报告及相关信息应按规定向社会进行信息公开，验收报告公示期满后5个工作日内，登录全国建设项目竣工环境保护验收信息平台填报建设项目基本信息、环境保护设施验收情况等相关信息，以上档案资料留存、备查。

五、依据《中华人民共和国行政复议法》和《中华人民共和国行政诉讼法》，公民、法人或者其他组织认为该审批决定侵犯其合法权益的，可以自接到该批复之日起六十日内提起行政复议，也可以自接到该批复之日起六个月内提起行政诉讼。

六、你单位应依法接受生态环境部门的监督检查。

济南市生态环境局

2026年2月24日

表 5 验收监测质量保证及质量控制

5.1 监测单位

本项目检测单位为山东省环科院环境检测有限公司，单位具有相关 CMA 检测资质。

5.2 人员能力

监测人员均已通过相关辐射环境检测机构技术人员上岗考核，持证上岗。监测人员按操作规程操作仪器，检测仪器在使用前、后进行性能检查，确保工作状态正常，并做好现场记录。现场监测保证不少于 2 名监测人员共同开展。

5.3 质量保证及质量控制

5.3.1 质量保证

1.公司资质

本项目检测单位为山东省环科院环境检测有限公司，是一家专业的环境检测机构，有完整的组织管理机构体系和检测工作体系，包括评价标准规范、规程标准体系以及国家计量认证的质量检验机构体系。

2.监测人员素质

从事检测的工作人员均具有承担该项任务的知识水平和业务水平，经过上岗培训，并考核合格后上岗操作。

3.计量、监测仪器的检定和监测方法的选用

计量、监测仪器都有合格证书并按国家质量管理体系的规定进行了检定，并经常参加国家有关部门组织的比对，并在使用前均认真地进行了仪器的自检；采用国家标准推荐的监测方法，以保证监测结果的准确与可靠。

5.3.2 质量控制

1.计划阶段质量控制

根据项目建设内容、环境特征和环境影响报告表中的相关要求，检测单位成立项目组，编制了《山东电工电气日立高压开关有限公司 X 射线实时成像检测系统迁建项目竣工生态环境保护验收检测方案》，确保满足项目实施要求。

2.成果质量控制

严格按规定的程序进行数据的记录、检查、复审、保存。内部成果审查采用三级质量检查制度，即项目负责人、审核人、授权签字人三级审核。

表 6 验收监测内容

为掌握本项目正常运行工况下周围辐射环境水平，对 X 射线实时成像检测系统周围环境进行了现场监测。

1.监测项目

X-γ辐射剂量率。

2.监测点位

依据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）等相关要求，对探伤室现场布点，布点示意图见图 6-1。

3.监测仪器

本项目检测仪器的技术参数见表 6-1。

表 6-1 X-γ辐射剂量率仪相关信息

仪器名称:	便携式 X-γ剂量率仪
仪器型号:	FH40G+FHZ672E-10
仪器编号:	YQ0775
校准单位:	山东省计量科学研究院
校准证书编号:	Y16-202600950
校准有效期至:	2027 年 3 月 31 日
技术指标:	主机测量范围: 10nSv/h~1Sv/h; 主机能量范围: 36keV~1.3MeV; 探头测量范围: 1nSv/h~100μSv/h; 探头能量范围: 40keV~4.4MeV。

4.监测方法

依据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）等相关要求，由两名检测人员共同进行现场监测。将仪器接通电源预热 15min 以上，设置好测量程序，工作人员从仪器读取 10 个测量值为一组，取其平均值，经过仪器效率校准并扣除宇宙射线响应值后作为检测结果。

5.监测技术规范

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

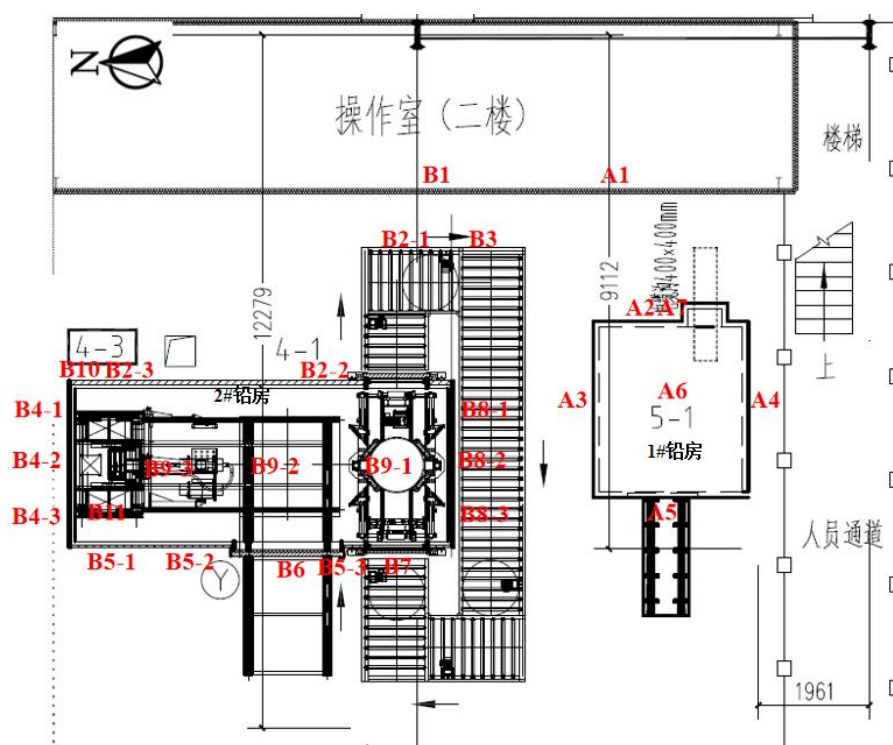


图 6-1 (1) X 射线实时成像检测系统周围现场检测布点示意图



图 6-1 (2) X 射线实时成像检测系统周围现场检测布点示意图

表 7 验收监测

验收监测期间生产工况记录

本次竣工环保验收工况见下表。

表 7-1 X 射线实时成像检测系统验收监测工况一览表

验收内容	工作场所	额定工况	验收工况
XYG-3210/3	济南市高新区孙村街道春暄路 589-2 号，绝缘生产厂房内的东北侧	320kV，10mA	检测时开机工况电压为 280kV，电流为 6.5mA，为常用工况。
XYG-4503		450kV，3mA	检测时开机工况电压为 420kV，电流为 2.6mA，为常用工况。
注：验收工况满足《建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类》中“验收监测应当在确保主体工程工况稳定、环境保护设施运行正常的情况下进行”要求。			

验收监测结果

1.监测时间与环境条件

时间：2026 年 6 月 5 日

天气：晴；环境温度（℃）：26.3~27.1；相对湿度（%RH）：45~47。

2.监测结果

关机状态下 X 射线实时成像检测系统周围γ辐射剂量率结果见表 7-2，开机状态下 X 射线实时成像检测系统周围 X-γ辐射剂量率结果见表 7-3，检测点位示意图见图 6-1 及图 6-2。

表 7-2 关机状态下 X 射线实时成像检测系统周围γ辐射剂量率检测结果（nSv/h）

点位编号	点位描述	检测结果	标准差
A1	操作位（1#）	102.1	0.1
A2	铅房东侧防护面外 30cm 处（1#）	42.3	0.1
A3	铅房北侧防护面外 30cm 处（1#）	43.7	0.1
A4	铅房南侧防护面外 30cm 处（1#）	42.7	0.1
A5	铅房防护门外中间 30cm 处（1#）	40.7	0.1
A6	铅房顶部防护面外 30cm 处（1#）	39.6	0.1
A7	管线口外 30cm 处（1#）	43.4	0.2
B1	操作位（2#）	127.8	0.9
B2-2	铅房东侧防护面外中间 30cm 处（2#）	43.3	0.1
B3	铅房东侧升降式防护门外中间 30cm 处（2#）	50.0	0.2

B4-2	铅房北侧防护面外中间 30cm 处（2#）	52.9	0.1
B5-2	铅房西侧防护面外中间 30cm 处（2#）	55.5	0.1
B6	铅房西侧平移式防护面外中间 30cm 处（2#）	51.6	0.1
B7	铅房西侧升降式防护门外中间 30cm 处（2#）	47.6	0.2
B8-2	铅房南侧防护面外中间 30cm 处（2#）	49.0	0.2
B9-2	铅房顶部防护面外中间 30cm 处（2#）	52.5	0.2
B10	管线口外 30cm 处（2#）	55.5	0.1
B11	通风口外 30cm 处（2#）	54.3	0.1
范 围		39.6~127.8	/

注：①表格中 X-γ 辐射剂量率数据已扣除宇宙射线响应值 14.9nSv/h；

②检测点位位于绝缘生产厂房内。

表 7-3 开机状态下 X 射线实时成像检测系统周围 X-γ 辐射剂量率检测结果（nSv/h）

点位编号	点位描述	检测结果	标准差
A1	操作位（1#）	103.6	0.1
A2	铅房东侧防护面外 30cm 处（1#）	43.7	0.1
A3	铅房北侧防护面外 30cm 处（1#）	47.2	0.1
A4	铅房南侧防护面外 30cm 处（1#）	46.1	0.2
A5-1	铅房防护门外中间 30cm 处（1#）	41.1	0.1
A5-2	铅房防护门外左门缝 30cm 处（1#）	43.3	0.1
A5-3	铅房防护门外右门缝 30cm 处（1#）	42.3	0.1
A5-4	铅房防护门外上门缝 30cm 处（1#）	44.6	0.1
A5-5	铅房防护门下门缝外 30cm 处（1#）	51.0	0.1
A6	铅房顶部防护面外 30cm 处（1#）	49.1	0.1
A7	管线口外 30cm 处（1#）	45.8	0.1
A8	铅房南侧 4.8m，实验室（1#）	126.5	1.5
B1	操作位（2#）	132.9	1.0
B2-1	铅房东侧防护面外偏南 30cm 处（2#）	52.7	0.1
B2-2	铅房东侧防护面外中间 30cm 处（2#）	54.2	0.1
B2-3	铅房东侧防护面外偏北 30cm 处（2#）	52.5	0.1
B3-1	铅房东侧升降式防护门外中间 30cm 处（2#）	51.2	0.1

B3-2	铅房东侧升降式防护门外左门缝 30cm 处 (2#)	53.9	0.1
B3-3	铅房东侧升降式防护门外右门缝 30cm 处 (2#)	52.7	0.2
B3-4	铅房东侧升降式防护门外上门缝 30cm 处 (2#)	56.8	0.2
B3-5	铅房东侧升降式防护门外下门缝 30cm 处 (2#)	61.1	0.1
B4-1	铅房北侧防护面外偏东 30cm 处 (2#)	55.5	0.1
B4-2	铅房北侧防护面外中间 30cm 处 (2#)	53.7	0.2
B4-3	铅房北侧防护面外偏西 30cm 处 (2#)	55.1	0.1
B5-1	铅房西侧防护面外偏北 30cm 处 (2#)	60.6	0.2
B5-2	铅房西侧防护面外中间 30cm 处 (2#)	56.7	0.1
B5-3	铅房西侧防护面外偏南 30cm 处 (2#)	59.2	0.2
B6-1	铅房西侧平移式防护面外中间 30cm 处 (2#)	52.9	0.1
B6-2	铅房西侧平移式防护面外左门缝 30cm 处 (2#)	53.9	0.2
B6-3	铅房西侧平移式防护面外右门缝 30cm 处 (2#)	52.9	0.1
B6-4	铅房西侧平移式防护面外上门缝 30cm 处 (2#)	55.4	0.2
B6-5	铅房西侧平移式防护面外下门缝 30cm 处 (2#)	56.7	0.1
B7-1	铅房西侧升降式防护门外中间 30cm 处 (2#)	53.8	0.1
B7-2	铅房西侧升降式防护门外左门缝 30cm 处 (2#)	56.7	0.1
B7-3	铅房西侧升降式防护门外右门缝 30cm 处 (2#)	55.6	0.1
B7-4	铅房西侧升降式防护门外上门缝 30cm 处 (2#)	56.9	0.1
B7-5	铅房西侧升降式防护门外下门缝 30cm 处 (2#)	198.4	0.9
B8-1	铅房南侧防护面外偏东 30cm 处 (2#)	53.9	0.1
B8-2	铅房南侧防护面外中间 30cm 处 (2#)	56.4	0.1
B8-3	铅房南侧防护面外偏西 30cm 处 (2#)	56.7	0.2
B9-1	铅房顶部防护面外偏南 30cm 处 (2#)	60.3	0.1
B9-2	铅房顶部防护面外中间 30cm 处 (2#)	53.0	0.1
B9-3	铅房顶部防护面外偏北 30cm 处 (2#)	57.7	0.2
B10	管线口外 30cm 处 (2#)	60.2	0.1
B11	通风口外 30cm 处 (2#)	59.2	0.2
B12	铅房西侧 17m, 办公室 (2#)	106.1	0.1
B13	铅房北侧 21.5m, 实验室 (2#)	107.1	0.1

范 围		41.1~198.4	/	
-----	--	------------	---	--

注：①表格中 X-γ辐射剂量率数据已扣除宇宙射线响应值 14.9nSv/h；

②现场检测时 2 台 X 射线实时成像检测系统同时开机，检测点位于绝缘生产厂房内；

③1#铅房内 X 射线实时成像检测系统开机电压 280kV，电流 6.5mA，室顶及操作位为向上照射，其余点位为向南照射；2#铅房内 X 射线实时成像检测系统开机电压 420kV，电流 2.6mA，室顶及操作位为向上照射，其余点位为向东照射。

3.监测结果分析

根据表 7-2 可知，关机状态 X 射线实时成像检测系统周围γ辐射剂量率为（39.6~127.8）nSv/h[使用 ¹³⁷Cs 作为检定辐射源时，换算系数为 1.20Sv/Gy，即（3.30~10.65）×10⁻⁸Gy/h]，处于济南市环境天然辐射本底水平涨落范围内；开机状态下，X 射线实时成像检测系统周围 X-γ辐射剂量率为（41.1~198.4）nSv/h，低于本报告表提出的 2.5μSv/h 剂量率目标控制值；室顶及通风口处的剂量率为 49.1nSv/h~60.3nSv/h，低于本报告表提出的 2.5μSv/h 剂量率目标控制值。

职业人员与公众受照剂量

1.职业人员个人累积剂量检测结果

5 名无损检测人员均已佩戴个人剂量计，已委托有资质单位进行监测。本项目于 2026 年 4 月 30 日建成并投入调试运行，时间较短，尚未提供本项目投运后的个人剂量检测报告。采用理论估算的方式来计算辐射工作人员的年有效剂量数据，个人剂量情况见表 7-4。

表 7-4 本项目职业人员年有效剂量计算一览表

位 置		剂量率（nSv/h）	受照时间（h）	居留因子	年有效剂量（mSv）
1#铅房	操作位（1#）	103.6	150	1	0.016
2#铅房	操作位（2#）	132.9	350	1	0.047
无损检测人员					0.063

由上表可知，5 名无损检测人员在从事探伤工作时，保守按照同 1 名工作人员全年操作 2 台设备来考虑，年有效剂量最大值为 0.063mSv/a，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中规定职业人员的剂量限值 20mSv/a，也低于报告表提出的 2mSv/a 剂量约束值。

2.公众成员年有效剂量估算

X 射线实时成像检测系统工作状态下，对公众成员影响的区域主要在铅房四周监督区外

及周围环境敏感目标处，计算结果见下表。

表 7-5 本项目公众成员年有效剂量计算一览表

位 置		剂量率 (nSv/h)	受照时间 (h)	居留因子	年有效剂量 (mSv)
1#铅房	防护面四周	51.0	150	1/8	0.001
	铅房南侧 4.8m, 实验室	126.5	150	1	0.019
2#铅房	防护面四周	198.4	350	1/8	0.009
	铅房西侧 17m, 办公室	106.1	350	1	0.037
	铅房北侧 21.5m, 实验室	107.1	350	1	0.037

经估算，公众成员最大年有效剂量为 0.037mSv/a，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》规定的 1mSv/a 剂量限值，也低于本报告提出的 0.1mSv/a 的管理剂量约束值。

表 8 验收监测结论

1.项目概况

山东电工电气日立高压开关有限公司目前持有辐射安全许可证，编号为鲁环辐证[01135]，有效期至 2028 年 5 月 3 日；许可种类和范围：使用Ⅱ类射线装置。本次验收涉及 2 套 X 射线实时成像检测系统（型号为 XYG-3210/3 型和 XYG-4503 型）。验收规模与环评规模一致。

2.现场监测结果

关机状态 X 射线实时成像检测系统周围 γ 辐射剂量率为（39.6~127.8）nSv/h 即[（3.96~12.78） $\times 10^{-8}$ Gy/h]，处于济南市环境天然辐射本底水平涨落范围内；开机状态下，X 射线实时成像检测系统周围 X- γ 辐射剂量率为（41.1~198.4）nSv/h，低于本报告表提出的 2.5 μ Sv/h 剂量率目标控制值；室顶及通风口处的剂量率为 49.1nSv/h~60.3nSv/h，低于本报告表提出的 2.5 μ Sv/h 剂量率目标控制值。

3.职业人员与公众受照剂量结果

经估算，从事本项目工作的 5 名无损检测人员年有效剂量最大值为 0.063mSv/a，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中规定职业人员的剂量限值 20mSv/a，也低于报告表提出的 2mSv/a 剂量约束值

经估算，公众成员活动区域最大年有效剂量为 0.037mSv/a，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》规定的 1mSv/a 剂量限值，也低于本报告提出的 0.1mSv/a 的管理剂量约束值。

4.现场检查结果

（1）辐射安全与防护情况检查结果

本项目 X 射线实时成像检测系统防护门设置了门-机联锁装置，防护门上设置了显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置并与 X 射线探伤机联锁；防护门外中间位置张贴了电离辐射警告标志和中文警示说明，并在醒目的位置处应有对“照射”和“预备”信号意义的说明；铅房内外设置了紧急停机按钮，探伤室内安装有监控系统，显示装置设置在操作室内。

（2）辐射安全管理制度及落实情况检查

①该公司签订了《辐射工作安全责任书》，明确了法人代表为辐射工作安全第一责任人。该公司设置了辐射安全与环境保护管理领导小组，明确了工作岗位。该公司指定专人高海龙

（本科）负责 X 射线辐射安全管理工作，落实了岗位职责。

②该公司制定了《X 射线探伤岗位职责》、《X 射线探伤辐射安全保卫管理制度》、《X 射线机操作规程》、《辐射工作人员教育培训制度》、《辐射防护制度》、《X 射线检测设备定期检查维护保养制度》、《X 射线探伤辐射监测制度》《辐射事故应急预案》等规章制度。

③该公司制定了《辐射工作人员教育培训制度》，本项目 6 名辐射工作人员（包括 1 名辐射安全管理人员，5 名无损检测人员）均持有 X 射线探伤辐射安全与防护考核的成绩合格的报告单，且在有效期内。

④该公司建立了较为健全的辐射安全管理档案。本项目 5 名无损检测人员均配备了个人剂量计，并委托有资质单位进行了个人剂量检测。

⑤该公司制定了《X 射线探伤辐射监测制度》，并委托有资质单位进行辐射环境监测，本项目配备的防护用品及检测仪器，主要是 2 台辐射监测仪器、1 部个人剂量报警仪、5 支个人剂量计、1 套铅衣；个人剂量委托有资质单位进行个人剂量检测，并出具个人剂量检测报告，建立有个人剂量档案。

⑥该公司每年开展自行检查及年度评估，每年对现有辐射项目编写辐射安全与防护状况年度评估报告，并在全国核技术利用单位申报系统提交报告。

综上所述，山东电工电气日立高压开关有限公司 X 射线实时成像检测系统迁建项目基本落实了辐射安全管理制度和辐射安全防护各项措施，该项目对职业人员和公众成员是安全的，对周围环境产生的影响较小，建议通过建设项目竣工生态环境保护验收。