

国网山西省电力公司电力科学研究院使用 II 类射线装置项目竣工环境保护验收 监测报告表

晋大地晋新验监〔2024〕002 号

建设单位：国网山西省电力公司电力科学研究院

编制单位：山西大地晋新环境科技研究院有限公司

2024 年 4 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：国网山西省电力公司电 编制单位：山西大地晋新环境科技
力科学研究院 研究院有限公司

(盖章)

(盖章)

电话：15364938618

电话：0351-6869883

传真：/

传真：/

邮编：030621

邮编：030006

地址：晋中经济技术开发区

地址：山西转型综合改革示范区
学府产业园长治路 251 号
瑞杰科技 A 座七层南区

表 1 项目基本情况

建设项目名称	国网山西省电力公司电力科学研究院使用 II 类射线装置项目				
建设单位名称	国网山西省电力公司电力科学研究院				
项目性质	<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建				
建设地点	山西综改示范区科技创新城核心区 V8-01 地块(晋中经济技术开发区境内)				
源项	放射源	/			
	非密封放射性物质	/			
	射线装置	使用 1 台 II 类射线装置			
建设项目环评批复时间	2021.10.9	开工建设时间	2023.1		
取得辐射安全许可证时间	2023.9.6	项目投入运行时间	2023.12.4		
辐射安全与防护设施投入运行时间	2023.12.4	验收现场监测时间	2024.01.24		
环评报告表审批部门	晋中市生态环境局开发区分局	环评报告表编制单位	山西晋新科源环保科技有限公司		
辐射安全与防护设施设计单位	/	辐射安全与防护设施施工单位	/		
投资总概算	980 万元	辐射安全与防护设施投资总概算	165.5 万元	比例	16.89%
实际总概算	980 万元	辐射安全与防护设施实际总概算	165.5 万元	比例	16.89%
验收依据	<p>(1) 《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 年 10 月 1 日；</p> <p>(2) 《建设项目环境保护管理条例》国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日；</p> <p>(3) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019 修订），2019 年 3 月 2 日；</p> <p>(4) 《放射性同位素和射线装置安全许可管理办法》（中华</p>				

	<p>人民共和国生态环境部令第 20 号修改) 2021 年 1 月 4 日实施;</p> <p>(5) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002);</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(环保部第 18 号令);</p> <p>(7) 关于发布《射线装置分类》的公告(公告 2017 年第 66 号)环境保护部、国家卫生和计划卫生委员会;</p> <p>(8) 《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》(HJ 1326-2023);</p> <p>(9) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019);</p> <p>(10) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022);</p> <p>(11) 《国网山西省电力公司电力科学研究院使用 II 类射线装置项目环境影响报告表》(报批本);</p> <p>(12) 《关于国网山西省电力公司电力科学研究院使用 II 类射线装置项目环境影响报告表的批复》(市环开函(2021) 103 号)。</p>
验收执行标准	<p>本次竣工验收采用《国网山西省电力公司电力科学研究院使用 II 类射线装置项目环境影响报告表》中确定的环境保护标准。</p> <p>即：正常运行状态下验收执行限值如下：</p> <p>(1) 工作场所周围剂量当量率 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。</p> <p>(2) 个人剂量约束值 职业人员年有效剂量：$\leq 5\text{mSv/a}$; 公众成员年有效剂量：$\leq 0.1\text{mSv/a}$。</p>

表 2 项目建设情况

2.1 项目建设内容

(1) 建设单位情况

国网山西省电力公司电力科学研究院成立于 1998 年,位于山西省太原市迎泽区青年路 6 号。公司经营范围包括:提供自动控制系统、电子设备及电气、机械、仪器仪表的造型、设计、调试、检修及相关的技术服务等。2018 年该研究院在山西综改示范区科技创新城核心区 V8-01 地块(晋中经济技术开发区境内北六堡村农谷大道)建设高压试验用房小型基建项目。本项目在晋中市榆次区北六堡村农谷大道国网山西省电力公司电力科学研究院配电网技术实验室东北侧建设 1 间探伤室并使用的 1 台工业 CT 射线装置,CT 射线装置自带铅房对射线进行屏蔽。

国网山西省电力公司电力科学研究院于 2023 年 9 月 6 日重新申领了辐射安全许可证,证书编号:晋环辐证[00016],种类和范围:使用 II 类射线装置,有效期至:2027 年 12 月 12 日。

(2) 建设内容和规模

本项目在配电网技术实验室(原名为节能环保检测室)东北侧设置一座钢化玻璃墙体隔间作为探伤室,探伤室内设置 1 台 II 类射线装置工业 CT 射线装置用于绝缘子、金属挂板等内部结构的检测,工业 CT 射线装置自带铅房对射线进行屏蔽。装置的管电压为 450kV,管电流 3.3mA。

(3) 项目总平面布置、建设地点和周围环境敏感目标分布情况

本项目选址于国网山西省电力公司电力科学研究院在山西综改示范区科技创新城核心区 V8-01 地块(晋中经济技术开发区境内北六堡村农谷大道)建设的高压试验基地内配电网技术实验室东北侧,地理位置图见附图 1。

配电网技术实验室东侧为新能源入网检测室,南侧为特高压研究实验室,西侧为低碳谷路,路西侧为在建山西焦煤集团低碳技术研究中心,北侧为纬九路,路北侧为在建山西台塑节能科技研发中心。工业 CT 射线装置铅房设置于配电网技术实验室东北侧探伤室内,探伤室采用钢化玻璃墙体建成隔间,电气设备设于探伤室内北侧,操作台设置于探伤室北侧。配电网技术实验室为一层建筑,层高 18m。本项目的位置未发生变化,原来的节能环保检测室更名为配电网技术实验

室，对配电网技术实验室的布局进行了调整，探伤室西侧为配电网技术实验室10kV配电网振型试验平台，南侧为配电变压器短路承受能力试验装置，东侧为配电网技术实验室内空地，北侧为射线装置操作台，上方为配电网技术实验室上空，下方为土层，配电网技术实验室平时无人员工作，仅在测试试验是人员短时间停留，本项目工作时间对配电网试验所清场，整个实验室内无其他人员停留。本项目探伤室的位置较环评阶段未发生变比，内部布局发生调整，探伤室内工业CT射线装置的摆放方向由南北改为东西方向，电气柜、高压、低压配电装置等由工业CT东侧改为北侧，操作室由探伤室内设置于探伤室外。研究院及周围平面布置示意图见附图2，配电网技术实验室平面布置图见附图3，探伤室平面布置示意图见附图4。项目验收阶段环境保护目标与环评阶段变化对比见下表。

表 2.1 项目验收阶段环境保护目标与环评阶段变化情况表

环评阶段			验收阶段			变化情况
保护目标	方向	距离	保护目标	方向	距离	
探伤室内部	四周	0m~3m	探伤室北侧操作台	北侧	3m	操作台由探伤室内移至探伤室外
节能环保检测室检测工位	南侧	3~30m	/	/		配电网技术实验室布局调整，主要为设备区，平时无人员工作，仅在测试试验时人员短时间停留，本项目工作时间对配电网试验所清场，整个实验室内无其他人员停留。
节能环保检测室收发室		21m	/			
特高压技术研究实验室		22m	/			
节能环保检测室主控室 1	西南侧	34m	/			
节能环保检测室资料室		41m	/			
节能环保检测室检测中心实验室		36m	/			
节能环保检测室回收中心检测实验室		15m	/			
节能环保检测室主控室 2		25~50m	/			
新能源入网检测室	东侧	45~50m	新能源入网检测室	东侧	45~50m	无变化
山西索想辉和能环科技有限公司	东北侧	40~50m	山西索想辉和能环科技有限公司	东北侧	40~50m	无变化

(4) 项目实际建设内容与批复建设内容变动情况

项目实际建设内容与环评批复建设内容变动情况见下表。

表 2.2 项目实际建设内容与环评批复建设内容一览表

工程名称	环评阶段建设内容	实际建设内容	变动情况
主体工程	在节能环保检测室东北侧设置一座钢化玻璃墙体隔间作为探伤室，探伤室内设置 1 台 II 类射线装置工业 CT 射线装置。装置技术参数(最大):管电压 450kV、管电流 3.3mA。	在配电网技术实验室东北侧设置一座钢化玻璃墙体隔间作为探伤室，探伤室内设置 1 台 II 类射线装置工业 CT 射线装置。装置技术参数(最大):管电压 450kV、管电流 3.3mA。	项目位置未发生变化，所在的节能环保检测室更名为配电网技术实验室。
	设备组成:探测器、射线管、检测平台等; 操作方式:隔室操作; 射线类型:X 射线; 主射方向:由东向西。	设备组成:探测器、射线管、检测平台等; 操作方式:隔室操作; 射线类型:X 射线; 主射方向:由北向南。	设备摆放方向发生变化。
辅助工程	在装置南侧设置 1 个操作台。	在装置北侧设置 1 个操作台。	操作台位置变化
环保工程	装置自带铅房屏蔽，设置门机联锁、声光报警灯安全装置、张贴电离辐射警示标志，急停按钮、警戒线，铅房内外设置视频监控。铅房顶部设置通风口，安装 1 台排风机。配备 1 台便携式辐射监测仪器、2 台个人剂量报警仪，每位辐射工作人员配备 1 台热释光个人剂量计。	装置自带铅房屏蔽，设置门机联锁、声光报警灯安全装置、张贴电离辐射警示标志，急停按钮、警戒线，铅房内外设置视频监控。铅房自带排风系统，铅房内排出的空气经探伤室设置的空调通风系统排至室外。配备 1 台便携式辐射监测仪器、2 台个人剂量报警仪，每位辐射工作人员配备 1 台热释光个人剂量计。	设备自带排风系统，不再另外安装排风口，减少了可能发生的射线泄漏情况。
	屏蔽体材料:铅; 屏蔽体厚度:(南面)前面 35mm 铅板、(东面)右侧 35mm 铅板、(西面)左侧 52mm 铅板、(北面)后面 35mm 铅板、顶部 22mm 铅板、底部 18mm~200mm 铅板。	屏蔽体材料:铅; 屏蔽体厚度:(东面)前面 37mm 铅板、(北面)右侧 37mm 铅板、(南面)左侧 53mm 铅板、(西面)后面 37mm 铅板、顶部 24mm 铅板、底部 18mm 铅板。	铅房各侧的屏蔽厚度较环评时增加 1~2mmPb 当量。
公用工程	供配电。	供配电。	无变化

项目工业 CT 射线装置安装位置未发生变化，探伤室内部设备的摆放位置进行了调整，探伤室内工业 CT 射线装置铅房的摆放方向由南北改为东西方向（逆时针旋转 90°），电气柜、高压、低压配电装置等由工业 CT 东侧改为北侧，操作室由探伤室内设置于探伤室外，铅房四周及顶部屏蔽厚度增加 1~2mm，对周围环境的辐射影响减小。由于配电网技术实验室布局调整，主要布置为设备区，平

时无人员工作，仅在测试试验时人员短时间停留，本项目工作时间对配电网试验所清场，整个实验室内无其他人员停留，项目的环境保护目标减少。综上所述，项目基本与环评时的建设内容一致。

2.2 源项情况

项目工业 CT 射线装置名称、型号、类型、射线种类、技术参数等情况详见下表。

表 2.3 射线装置明细表

活动种类和范围					使用台账			
辐射活动场所名称	装置分类名称	类别	活动种类	数量	装置名称	型号	技术参数(最大)	生产厂家
配电网技术实验室东北侧探伤室	工业用 X 射线探伤装置	II类	使用	1 台	工业 CT 射线装置	Y.CT Modular	管电压 450kV 管电流 3.3mA	YXLON

2.3 工程设备与工艺分析

(1) 设备组成

本项目工业 CT 射线装置主要由 450kV 铅辐射防护室、工业级 X 射线机 MG452（包括 Y.TU 450-D11 射线管和冷却系统）、高动态范围直线阵列探测器、花岗岩工件扫描平台、电气控制柜、主控计算机服务器、CT 分析评价计算机服务器工作站、操作台及服务器机柜等组成；采用 X 射线定向出束，出束过程中，通过待检工件旋转进行三维成像。

(2) 技术参数

本项目工业 CT 射线装置主要组件具体参数如下：

①450kV 铅辐射防护室外围尺寸：长 4500mm、宽 2800mm、高 3300mm。门：电动门 1000mm×2000mm。配备安全回路、急停按钮、门机联锁、监控摄像头等。

②450KV 金属陶瓷射线管型号为 Y.TU450-D11，功率为 0.7/1.5KW，双焦点：0.4/1.0 mm（EN 12543），高压范围 20~450kV，管电流范围 0.5~3.3mA，采用循环油冷却，射线管头安装在可调整的支架上，便于在做维护时对管头做精密调整。

X 射线管是 CT 射线装置的主要功能设备，由 X 射线管和高压电源组成。X 射线管是用来产生 X 射线的射线源，分为阴极和阳极。X 射线管是玻璃外壳的真

空二级管，它的阴极主要为发射电子的灯丝（钨丝），通电时，钨丝在白炽状态下释放出自由电子。电子在阳极高压作用下不断加速，撞击阳极而产生 X 射线。高压发生器的作用是把输入的交流电变成 X 射线管所需的直流电压，并为 X 射线管灯丝提供加热电压。

③探测器系统为高动态范围直线阵列探测器 Y.LineScan 3，系统采用了高精度探测器系统来完成断层扫描和数字成像。有效长度 600mm，准直器 0.2-3.0mm 非弯曲可调钢板。

④工件运动平台：工件运动主体包括基座和垂直柱状支架由花岗石制成。保证了在设备寿命周期内最佳的定位精度。平台运动完全由计算机控制，对操作过程中所有相关部件的定位、移动进行操控。转台直径 300mm、可变焦距离 800mm-1750mm。



图 2-1 铅辐射防护室



图 2-2 450kV 金属陶瓷射线管



图 2-3 高动态范围直线阵列探测器



图 2-4 工件运动平台

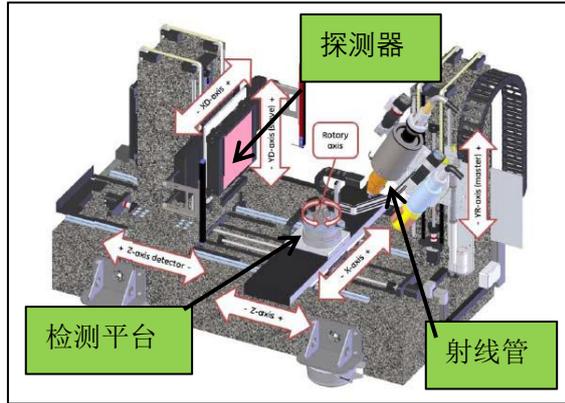


图 2-5 工业 CT 射线装置内部结构示意图

(3) 工作原理

工业 CT 射线装置是利用 X 射线对物体进行透射的检测装置。工作原理是：通过 X 射线管产生的 X 射线对受检部件进行照射，X 射线穿透检测工件后被图像接收器所接收，根据 X 射线在穿过部件时其衰减量的变化程度，并经增强器、图片处理系统后，最终以二维断层图像或三维立体图像的形式，展示被检测物体内部结构、组成、材质及缺损状况。

(4) 工艺及操作流程

本项目工业 CT 射线装置主要用于绝缘子、金属挂板等内部结构的检测。具体操作流程如下：

1) 启动前的检查：启动设备前应对设备进行认真检查，确定设备完好，各部件无缺失，防护门无损伤，载物台上无其他样品。

2) 准备操作设备：辐射工作人员佩戴个人剂量计。

3) 开启设备电源：根据操作要求按下设备电源开关，检查防护门与设备的安全联锁情况，确定联锁装置处于正常状态，打开铅房防护门。

4) 设置 X 射线条件：将待检样品放在载物台上，根据需要设置调整 X 射线条件，并保存设置。

5) 开始检测：确定防护门关好，指示灯亮，一切正常后按下开始按钮，开始 X 射线检测。

6) 分析检测结果：电脑显示器显示拍摄结果，观察分析并记录。

7) 检测结束：分析完毕，取出检测样品，关闭设备电源，填写设备使用记录。具体使用流程见下图。



图 2-6 操作流程及产污环节图

(5) 岗位设置及人员配置

本项目共配置 4 名辐射工作人员，其中 1 名管理人员，3 名操作人员，均已取得了核技术利用辐射安全与防护考核成绩报告单。

(6) 操作方式和操作时间

本项目采用隔室操作，每次检测至少要有两名操作人员同时在场。本项目工业 CT 射线装置年出束时间为 200h，辐射工作人员最大操作时间为 200h。

(7) 产污环节及污染途径

工业 CT 射线装置主要污染因子为射线装置通电后 X 射线管阴极钨丝加热产生电子流，发射的电子经球管内两极高压电场加速后，高速轰击阳极靶，发生韧致辐射而产生的 X 射线，污染途径为外照射。此外，X 射线装置工作时，空气在 X 射线作用下将电离产生少量的臭氧和氮氧化物，设备自带排风系统，每小时换

气次数不少于 3 次，有害气体通过排风系统排出铅房，经探伤室空调系统排至环境中，对周围环境影响较小。

表 3 辐射安全与防护设施/措施

3.1 项目工作场所的布局和分区管理

(1) 工作场所布局情况

项目使用 1 台工业 CT 射线装置，射线装置自带铅房对射线进行屏蔽，设置于配电网技术实验室东北侧探伤室内，探伤室采用钢化玻璃墙体建成隔间，电气设备及装置操作台拟设于探伤室内北侧。配电网技术实验室东北侧为一层建筑，层高 18m，探伤室西侧为配电网技术实验室 10kV 配电网振型试验平台，南侧为配电变压器短路承受能力试验装置，东侧为配电网技术实验室内空地，北侧为射线装置操作台，上方为配电网技术实验室上空，下方为土层。射线装置采取隔室操作，工作时周边无公众停留，从整体上来看，本项目布局设置较为合理。本项目射线装置工作场所布局图如下图所示。

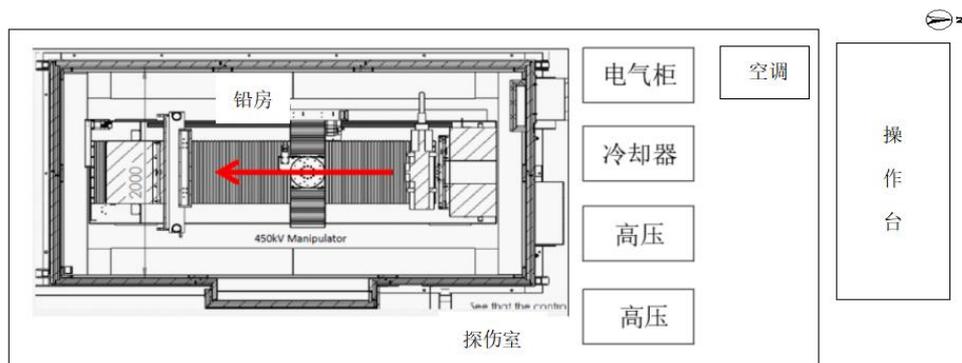


图 3-1 工作场所布局图

(2) 分区管理

①控制区、监督区的划分及管控措施

控制区：将工业 CT 射线装置配备的铅房内部区域划为控制区并张贴了电离辐射警示标志、配备了工作状态指示灯、声光报警装置。

监督区：将铅房防护门外 0.2m 区域划为监督区，工作场所设置了移动围栏。

控制区、监督区现场调查照片如下：



控制区（铅房内）



工作状态指示灯



移动围栏、辐射防护分区



声光报警装置

②控制区、监督区划分的符合性分析

根据本次验收工作场所 X、 γ 辐射剂量率检测结果（详见下表 3.2），本项目工业 CT 射线装置铅房外表面 30cm 的 X、 γ 辐射剂量率最大为 $0.09\mu\text{Sv/h}$ ，扣除关机值 $0.07\mu\text{Sv/h}$ 后，铅房周围 X、 γ 辐射剂量率最大贡献值为 $0.02\mu\text{Sv/h}$ ，换算成最大管电流 3.3mA 时，铅房周围 X、 γ 辐射剂量率最大贡献值约为 $0.05\mu\text{Sv/h}$ ，满足屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的要求。

(3) 辐射防护分区示意图

项目工作场所辐射防护分区示意图如下：

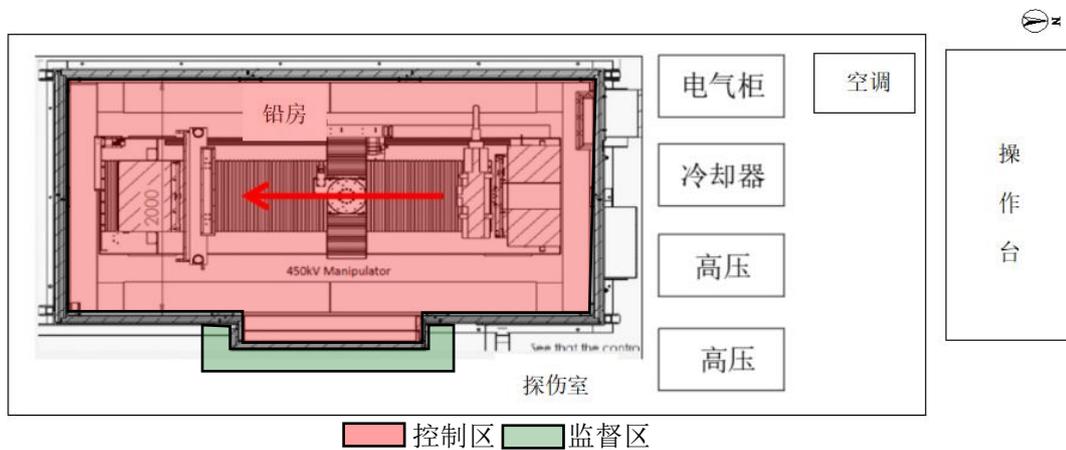


图 3-2 辐射防护分区示意图

3.2 屏蔽设施建设情况和屏蔽效能

(1) 屏蔽设施建设情况

根据项目环评及批复的要求，本项目工业 CT 射线装置自带铅房，防护门配套门机联锁、急停按钮等安全装置，具体屏蔽情况见下表。屏蔽设计图见下图。

表 10.1 射线装置屏蔽情况表

名称	屏蔽部位	屏蔽材料	屏蔽厚度
工业 CT 射线装置 (Y.CT Modular)	铅房：尺寸： 4.5m×2.8m×3.3m	铅	前面 37mm 铅板
			右侧 37mm 铅板
			左侧 53mm 铅板
			后面 37mm 铅板
			顶部 24mm 铅板
			底部 18mm 铅板

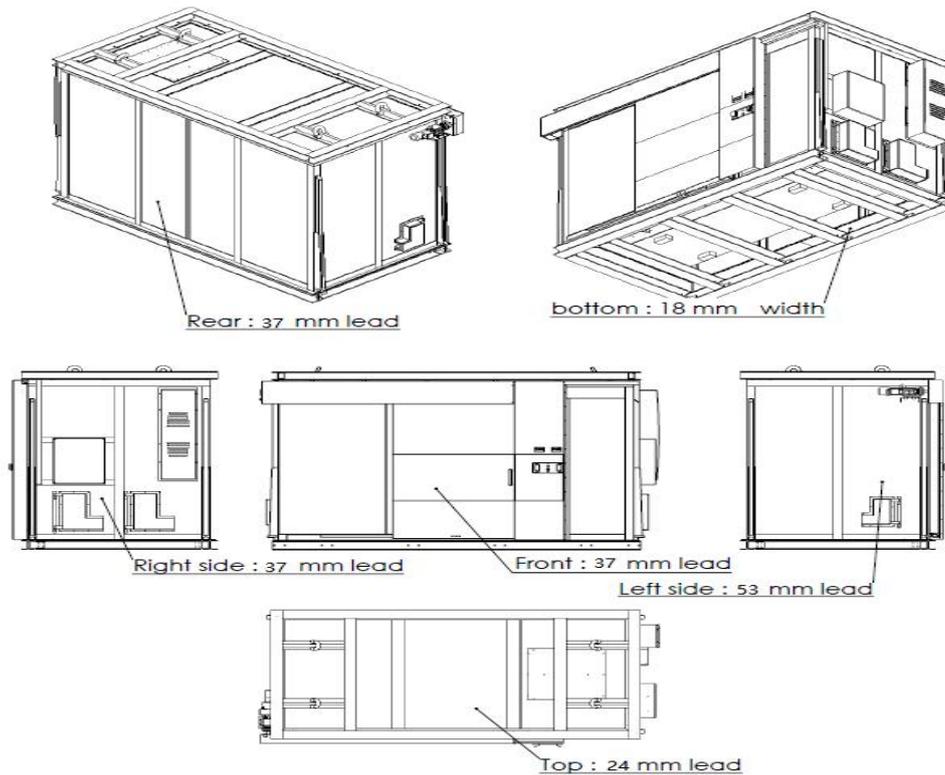


图 3-3 铅房屏蔽设计图

(2) 屏蔽效能

工作场所周围剂量当量率检测结果见下表（详见检测报告），检测工况：管电压 300kV、管电流 1.5mA。

表 3.2 工作场所周围剂量当量率检测结果

序号	检测点位	检测结果 ($\mu\text{Sv/h}$)	备注
1	工业 CT 射线装置防护门上门缝 30cm 处	0.08	工业 CT 射线装置工作场所周围。
2	工业 CT 射线装置防护门左门缝 30cm 处	0.08	
3	工业 CT 射线装置防护门下门缝 30cm 处	0.08	
4	工业 CT 射线装置防护门右门缝 30cm 处	0.08	
5	工业 CT 射线装置防护门中间外表面 30cm 处	0.08	
6	工业 CT 射线装置东侧南部外表面 30cm 处	0.08	
7	工业 CT 射线装置东侧北部外表面 30cm 处	0.08	
8	工业 CT 射线装置南侧南部外表面 30cm 处	0.08	
9	工业 CT 射线装置南侧中部外表面 30cm 处	0.08	
10	工业 CT 射线装置南侧北部外表面 30cm 处	0.08	
11	工业 CT 射线装置西侧南部外表面 30cm 处	0.08	
12	工业 CT 射线装置西侧中部外表面 30cm 处	0.08	
13	工业 CT 射线装置西侧北部外表面 30cm 处	0.08	
14	工业 CT 射线装置北侧北部外表面 30cm 处	0.09	
15	工业 CT 射线装置北侧中部外表面 30cm 处	0.09	
16	工业 CT 射线装置北侧南部外表面 30cm 处	0.09	
17	工业 CT 射线装置顶部南侧外表面 30cm 处	0.09	
18	工业 CT 射线装置顶部中间外表面 30cm 处	0.09	
19	工业 CT 射线装置顶部北侧外表面 30cm 处	0.09	
20	工业 CT 射线装置北侧操作位	0.08	
21	工业 CT 射线装置北侧操作位	0.07	关机值

验收监测期间，通过对工业 CT 铅房外表面 X- γ 辐射剂量率进行监测，铅房外

表面 30cm 的 X、 γ 辐射剂量率最大为 0.09 μ Sv/h，扣除关机值 0.07 μ Sv/h 后，铅房周围 X、 γ 辐射剂量率最大贡献值为 0.02 μ Sv/h，换算成最大管电流 3.3mA 时，铅房周围 X、 γ 辐射剂量率最大贡献值约为 0.05 μ Sv/h，满足屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5 μ Sv/h 的要求。项目按环评及批复的要求进行了屏蔽设施建设，屏蔽效能良好。

3.3 辐射安全与防护措施的设置和功能实现情况

(1) 辐射安全与防护措施

根据现场调查，本次验收的工业 CT 射线装置具备了以下辐射安全与防护措施：

①防护门配套有门机联锁、声光报警装置、电离辐射牌等安全装置，在装置检测样品防护门打开时、防护门未完全关闭时，装置无法出束。铅房门设置了工作状态指示灯，在探伤室顶部设置了声光报警装置，X 射线出束过程中会响起报警声，指示灯会持续闪烁红光；

②铅房内设计安装有视频监控系统，探伤室外安装有视频监控系统；

③控制台上设计有紧急停机按钮，铅房出口处有紧急停机按钮、紧急开门开关；

④控制台应配置钥匙控制，防止非工作人员操作的锁定开关，控制钥匙应由专人管理；

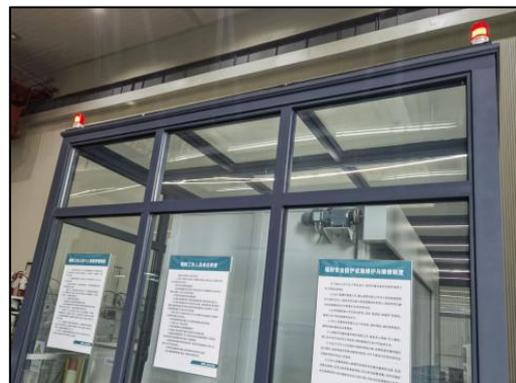
⑤设置了辐射防护分区标识，工作场所设置了移动防护栏；

⑥设备自带排风系统，每小时换气次数不少于 3 次，有害气体通过排风系统排出铅房，经探伤室空调系统排至环境中，对周围环境影响较小。

辐射安全与防护措施现场调查照片如下：



工作状态指示灯



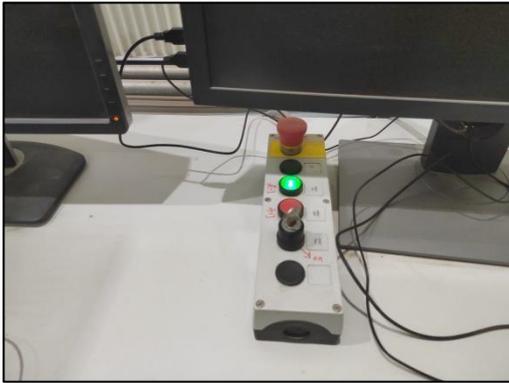
声光报警装置



移动围栏、辐射防护分区



铅房内监控电脑



控制台急停按钮、钥匙开关



警戒线、铅房外急停按钮、开门开关



探伤室外监控



设备自带排风系统

(2) 环评和批复要求及落实情况

项目辐射安全与防护设施与环评和批复要求对比见下表。

表 3.3 辐射安全与防护措施落实情况一览表

序号	环评和批复要求	落实情况	是否符合要求
1	射线装置出束时,周围剂量当量率控制目标值不超过 2.5 μ Sv/h。	射线装置出束时,铅房外表面 X、 γ 辐射剂量率不超过 2.5 μ Sv/h。	符合
2	铅房防护门上设工作状态警示灯,相关场所明显位置设电离辐射标识及中文警示说明。在防护门外距防护门 1m 处画黄色安全距离警戒线。	铅房防护门上设置了工作状态警示灯,相关场所明显位置设置了电离辐射标识及中文警示说明。在探伤室防护门外 1m 处设置了黄色警戒线,并配备了移动防护栏。	符合
3	射线装置自带铅房、采用 U 型电缆沟,防护门采用电动门,实施门机联锁,设钥匙开关、声光报警装置、急停按钮、监控摄像头。	射线装置自带铅房、采用 U 型电缆沟,防护门采用电动门,实施门机联锁,设有钥匙开关、声光报警装置、急停按钮、监控摄像头。	符合
4	配备 1 台便携式辐射监测仪、配置 2 台个人剂量报警仪,每位新增工作人员须配备 1 台热释光个人剂量计。	配备了 1 台便携式辐射监测仪、2 台个人剂量报警仪,每位辐射工作人员配备了 1 台热释光个人剂量计。	符合
5	铅房顶部设置排风口,安装 1 台排风机,设计排风量 1500m ³ /h,每小时换气次数不少于 3 次。	设备自带排风系统,每小时换气次数不少于 3 次,有害气体通过排风系统排出铅房,经探伤室空调系统排至室外。	符合

3.4 辐射安全管理情况

(1) 辐射安全管理机构

为加强射线装置管理,落实辐射工作安全责任,切实保障辐射工作人员和公众的健康和安全,确保核技术利用设施安全可靠运行,根据《中华人民共和国放射性污染防治法》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法规及安全管理工作的需要,建设单位成立了辐射安全与防护领导小组,并以红头文件的形式下发各部门。领导小组职责:

①组织贯彻落实国家和地方政府、生态环境部门有关辐射安全管理的方针、政策。

②定期召开会议、听取辐射安全工作情况汇报,讨论决定辐射安全工作中的重大问题和采取的措施。

③组织开展射线装置安全检查活动，组织处理、通报事故。

④组织制定和完善射线装置管理制度和操作规程，监督检查各规章制度的执行，督促整改辐射事故隐患。

(2) 辐射工作人员

项目配备了4名辐射工作人员，1名管理人员，3名操作人员，均在“国家核技术利用辐射安全与防护培训平台”进行了学习，且参加考核成绩合格，取得了核技术利用辐射安全与防护考核成绩报告单，有效期为5年，其复印件见附件3。

项目辐射工作人员名单见下表。

表 3.4 辐射工作人员名单

序号	姓名	性别	学历	工作岗位	辐射工作类别	有效期	成绩报告单编号
1	孟晓凯	男	博士	设备状态评价技术	辐射安全与防护管理	2023-08-31 至 2028-08-31	FS23SX2200278
2	薛志刚	男	硕士	变电检修技术	X射线探伤	2023-08-31 至 2028-08-31	FS23SX1200309
3	李劲松	男	硕士	变电检修技术	X射线探伤	2022-07-27 至 2027-07-27	FS23SX1200329
4	董理科	男	硕士	配电设备运检技术研究	X射线探伤	2023-08-31 至 2028-08-31	FS23SX1200306

(3) 监测仪器及防护用品

项目配备有1台X-γ辐射检测仪、2台个人剂量报警仪，为每位辐射工作人员配备了1个热释光个人剂量计。

监测仪器、防护用品现场调查照片如下：



X-γ辐射检测仪



个人剂量报警仪



个人剂量计

(4) 辐射安全与防护管理规章制度的制定与执行情况

建设单位制定了辐射安全管理规定、射线装置操作规程等各项规章制度，辐射安全与防护管理规章制度与环评及批复要求对比见下表。

表 3.5 辐射安全与防护管理规章制度一览表

序号	环评及批复要求	规章制度	执行情况	是否符合要求
1	成立辐射安全防护领导小组	红头文件	已成立辐射安全防护领导小组并出红头文件。	符合
2	辐射防护和安全保卫制度	辐射安全与防护管理制度	制定了辐射安全与防护管理制度	符合
3	设备运行操作规程	射线装置安全操作规程	制定了射线装置安全操作规程	符合
4	辐射安全和防护设施维护维修制度	辐射设备设施检修、维护、保养管理制度	制定了辐射设备设施检修、维护、保养管理制度	符合
5	监测方案	辐射防护监测方案	制定了辐射防护监测方案	符合
6	监测仪表使用与校验管理制度	辐射监测仪器使用和校验制度	制定了辐射监测仪器使用和校验制度	符合
7	辐射工作人员培训/再培训管理制度	辐射工作人员培训管理制度	制定了辐射工作人员培训管理制度	符合
8	辐射工作人员个人剂量管理制度	辐射人员个人剂量管理制度	制定了辐射人员个人剂量管理制度	符合
9	辐射事故应急预案	辐射事故应急预案	制定了辐射事故应急预案	符合
10	台账管理制度	射线装置台账管理制度	制定了射线装置台账管理制度	符合

(5) 《II类非医用X线装置监督检查技术程序》(文件编码: NNSA/HQ-08-JD-IP-024)的要求及落实情况

①辐射安全防护设施

对照《II类非医用X线装置监督检查技术程序》中关于辐射安全防护设施的要求,项目落实情况见下表。

表 3.6 II类非医用X线装置辐射安全防护设施要求及落实情况表

序号	检查项目	落实情况	是否符合要求
1	入口处电离辐射警告标志	在辐射工作场所外及铅房防护门外张贴了电离辐射警告标志。	符合
2	入口处机器工作状态显示	铅房防护门上设置了工作状态指示灯,并在探伤室上方设置了声光报警装置。	符合
3	隔室操作	采取隔室操作,探伤室为单独房间。	符合
4	迷道	本项目为工业CT,自带铅房,无需设置迷道。	符合
5	防护门	铅房为电动防护门。	符合
6	控制台有钥匙控制	控制台配备了钥匙控制。	符合
7	门机联锁系统	设置了门机联锁系统。	符合
8	照射室内监控实施	铅房内设置了视频监控。	符合
9	通风设施	设备自带排风系统,有害气体通过排风系统排出铅房,经探伤室空调系统排至室外。	符合
10	照射室内紧急停机按钮	设备在工作时铅门处于关闭状态,铅房内外均有紧急停机按钮。	符合
11	控制台上紧急停机按钮	控制台上有紧急停机按钮。	符合
12	出口处紧急开门开关	出口处有紧急开门开关。	符合
13	准备出束声光提示	铅防护门上有工作状态指示灯,探伤室上方设置了声光报警装置。	符合
14	便携式辐射检测仪	已配备1台X-γ辐射检测仪。	符合
15	个人剂量报警仪	已配备2台个人剂量报警仪。	符合
16	个人剂量计	为每位辐射工作人员配备了1个热释光个人剂量计。	符合
17	灭火器材	探伤室所在配电网实验室配备了灭火器材。	符合

②管理制度

对照《Ⅱ类非医用 X 线装置监督检查技术程序》中关于管理制度的要求，项目落实情况见下表。

表 3.7 Ⅱ类非医用 X 线装置管理制度要求及落实情况表

序号	检查项目	落实情况	是否符合要求
1	辐射安全与环境保护管理机构	设置了辐射安全与防护领导小组，并以红头文件发放各部门。	符合
2	操作规程	制定了射线装置安全操作规程。	符合
3	非固定场所使用的管理规定	不涉及。	/
4	辐射安全和防护设施维护维修制度（包括机构人员、维护维修内容与频度、重大问题管理措施、重新运行审批级别等）	制定了辐射设备设施检修、维护、保养管理制度。	符合
5	监测方案	制定了辐射防护监测方案。	符合
6	监测仪表使用与校验管理制度	制定了辐射监测仪器使用和校验制度。	符合
7	辐射工作人员培训/再培训管理制度	制定了辐射工作人员培训管理制度。	符合
8	辐射工作人员个人剂量管理制度	制定了辐射人员个人剂量管理制度。	符合
9	辐射事故应急预案	制定了辐射事故应急预案。	符合

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 环境影响报告表主要结论

(1) 辐射安全与防护设施/措施要求

工程对环境的影响主要是 X 射线外照射，针对 X 射线辐射影响，提出了以下辐射安全和防护措施：

①建设单位应将辐射工作场所划分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制；

②工业 CT 射线装置自带铅房，防护门配套有门机联锁、声光报警装置、电离辐射牌等安全装置，在装置检测样品防护门打开时、防护门未完全关闭时，装置无法出束；

③铅房四周、顶部、底部采用铅板防护，电缆沟采用地下 U 型电缆，电缆沟上方盖 5mm 厚的铅板，门上贴有电离辐射警示标志；

④控制台上设计有紧急停机按钮，铅房出口处有紧急停机按钮、紧急开门开关；铅房外急停开关按钮需设置明显的标识，应符合应急的要求。控制台应配置钥匙控制，防止非工作人员操作的锁定开关，控制钥匙应由专人管理。

⑤设计安装视频监控系统；

⑥应配备至少 1 台便携式辐射监测仪及 2 台个人剂量报警仪，配置的辐射监测仪要符合量程范围，投入运行后应对场所辐射环境进行监测；

⑦辐射工作人员应每人配备 1 个热释光个人剂量计，做到不混戴、不借戴，并按要求每季度进行检测；

⑧铅房顶部设置排风口，安装 1 台排风机，设计排风量 1500m³/h，每小时换气次数不少于 3 次；

⑨管理机构和规章制度：设立以法人为组长的辐射安全与防护领导小组，并以红头文件形式下发公司各部门。制定了辐射安全与防护管理制度、射线装置安全操作规程、辐射设备设施检修、维护、保养管理制度、辐射防护监测方案等规章制度。

(2) 结论

国网山西省电力公司电力科学研究院拟使用的 1 台工业 CT 射线装置，在认真采纳本报告提出的环境保护、环境管理、环境监测、安全防护措施后，辐射防

护设施可以达到环保和辐射安全的要求，对于环境和公众是安全的，从辐射环境角度看，该项目是可行的。

4.2 审批部门批复意见

晋中市生态环境局开发区分局《关于国网山西省电力公司电力科学研究院使用Ⅱ类射线装置项目环境影响报告表的批复》（市环开〔2021〕103号）：

一、你院由于工作需要，拟使用1台Ⅱ类射线装置（型号为YCT Modular），从事X射线探伤作业，建设地点位于山西综改示范区科技创新城核心区V8-01地块（晋中经济技术开发区境内）国网山西省电力公司电力科学研究院节能环保检测室东北侧。根据《报告表》结论，该项目在落实《报告表》提出的各项措施和要求条件下，能够达到环保要求，同意实施建设。

二、在日常管理和建设过程中，要严格按照国家有关规定，全面落实《报告表》提出的各项环境管理和污染防治措施，主要做好以下工作：

（一）落实使用场所的辐射安全和防护措施，按规范设置监测、报警、工作指示装置和电离辐射警示标志，划定辐射工作场所控制区和监督区，加强管理，防止工作人员和公众受到意外照射。做好日常巡检工作，确保安全运行，防止辐射事故发生。

（二）建立健全辐射安全与防护管理制度和辐射事故应急预案，明确岗位职责，工作人员应佩戴必要的防护用品和个人剂量报警仪，严格按照操作规程从事放射性工作，定期开展个人剂量、工作场所环境辐射水平监测，建立个人剂量档案。

（三）认真落实从业人员培训教育制度，管理人员及操作人员应做到持证上岗，并按时参加培训和复训。

（四）建立清晰的射线装置管理台账，每年1月份前将单位安全和防护状况年度评估报告报送生态环境部门备案。

（五）严格履行审批程序，如活动种类、范围、设施或者场所发生变化的，需另行申报。

三、严格执行环保设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的“三同时”制度。项目建成后，你院要按规定的时间和程序开展竣工环境保护验收。验收合格后，方可正式投入使用。

四、相关执法中队负责本项目施工建设阶段和运营后的环境保护监督检查工作。

表 5 验收监测质量保证及质量控制

为保证环境监测工作质量，提高环境监测质量管理水平，确保验收监测数据准确、可靠、代表性强，依据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）、《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999-2021）、《环境监测质量管理技术导则》（HJ 630-2011）和《关于印发<环境监测质量管理规定>和<环境监测人员持证上岗考核制度>的通知》（国家环保总局环发〔2006〕114号）等文件，验收监测单位对监测全程序进行质量控制。

5.1 现场监测质量保证

（1）检测仪器

选用合适的放射防护检测仪器，并按规定进行定期检定/校准，取得相应证书。使用前，对辐射检测仪器进行检查，包括是否物理损坏、调零、电池、仪器对射线的响应等。

（2）检测条件

工业 CT 射线装置电压 300kV，电流 1.5mA。

（3）辐射水平巡测

验收检测时首先进行周围辐射水平的巡测，以便发现可能出现的高辐射水平区；巡测范围应根据探伤室设计特点、照射方向及建造中可能出现的问题决定，并关注天空反散射对周围的剂量影响。

（4）辐射水平定点检测

①通过巡测发现的辐射水平异常高的位置；

②探伤室门外 30cm 离地面高度为 1m 处，门的左、中、右侧 3 个点和门缝四周 1 个点；

③铅房外表面 30cm 离地高度 1m 处，每个面至少 3 个点；

④人员经常活动的位置；

⑤每次探伤结束后，检测探伤室的入口，以确保探伤机已经停止工作。

5.2 环境监测过程质量保证与质量控制方法

（1）监测方案

明确监测任务的性质、目的、内容、方法等要求，对监测任务制定监测方案。监测方案包括：监测目的和要求、监测点位、监测项目和频次、监测分析方法和

依据、质量保证与质量控制要求、监测结果评价标准、监测时间安排、提交报告的日期等。

（2）监测点位布设

监测点位按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的要求进行设置，保证监测信息的代表性和完整性。

（3）数据处理和监测报告

监测人员要正确理解监测方法中的计算公式，保证监测数据的计算和转换不出差错。对计算结果进行校核。数字修约应遵守 GB/T 8170 的规定。监测结果的有效位数应与监测方法中的规定相符，计算中间所得数据的有效位数多保留一位。监测结果应使用法定计量单位。向社会出具具有证明作用的数据和结果的，监测机构应当在其资质认定证书规定的监测能力范围内出具监测数据、结果。监测报告应信息完整，监测数据及报告经“三校”、“三审”后报出。

5.3 人员和其他相关要求

（1）人员要求

现场监测应不少于 2 名监测人员共同开展，现场监测人员必须持证上岗；辐射监测质量保证工作需覆盖监测过程中每个环节、所有工作人员；对从事辐射监测和质量管理工作的人员培训、资格确认、任用、授权和能力等进行规范管理，确保这些工作人员达到并保持与其承担的工作相适应的水平。

（2）原始记录

原始记录应满足记录控制程序的要求。确保所有质量活动和监测过程的技术活动记录信息的完整性、充分性和可追溯性，包括合同评审、监测方案和质量控制计划的编审、质量监督、监测点位地理信息、环境条件、样品描述、监测的方法依据、测量仪器、监测人员等必要信息。纸质记录和电子记录应安全储存。

记录需由记录人和复核人签字确认。常规监测的原始记录应永久保存，核查报告等质量保证记录至少保存 6 年。

（3）质量管理体系

辐射监测机构为实施质量管理，实现和达到质量方针和质量目标，应建立由组织机构、程序、过程和资源构成，且具有一定活动规律的质量管理体系。

辐射监测机构应当定期进行内部审核、管理评审，不断完善质量管理体系，

保证其基本条件和技术能力能够持续符合相关规定和本单位质量保证要求，并确保质量管理体系有效运行。

（4）质量保证核查

以文件规定内部和外部核查制度，定期检查质量管理体系运行情况、质量保证计划执行情况，以便更好地实现质量管理“计划、执行、检查、处理”的 PDCA 循环。

表 6 验收监测内容

6.1 监测项目

工作场所周围剂量当量率。

6.2 监测单位

根据验收的需要，杭州旭辐检测技术有限公司对项目进行了周围剂量当量率的检测并出具了检测报告。

6.3 监测仪器

监测使用仪器见下表。

表 6.1 监测仪器一览表

仪器名称及编号	技术指标	检定有效期	计量检定证书编号和检定单位名称
环境监测用 X、 γ 辐射空气比释动能率仪 JC-5000 (JC157-04-2023)	能量响应： 48keV~3MeV 量程： 1nSv/h~200 μ Sv/h	2023.5.12- 2024.5.11	2023H21-10-4568739001 上海市计量测试技术 研究院

6.4 监测内容及布点

(1) 监测内容

本次验收的射线装置工作场所周围剂量当量率。

(2) 监测布点

①周围辐射水平巡测

验收检测时首先进行周围辐射水平的巡测，以便发现可能出现的高辐射水平区；巡测范围应根据探伤室设计特点、照射方向及建造中可能出现的问题决定，并关注天空反散射对周围的剂量影响。

②定点检测

通过巡测发现的辐射水平异常高的位置；探伤室门外 30cm 离地面高度为 1m 处，门的左、中、右侧 3 个点和门缝四周 1 个点；铅房外表面 30cm 处；辐射工作人员操作位。

监测布点图检测报告附图 1。

表 7 验收监测

7.1 验收监测期间运行工况记录

项目射线装置工况稳定，辐射安全与防护设施运行正常。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022），本次验收监测期间运行工况记录如下。

表 7.1 运行工况记录表

序号	设备名称	型号	出厂编号	技术参数（最大）	检测地点	检测时间	检测环境	运行工况
1	工业 CT 射线装置	Y.CT Modular	C.12100 02819	管电压 450kV 管电流 3.3mA	工作场所周围	2024.1.24	环境温度：-1℃ 环境湿度：20% 天气状况：晴	300kV/ 1.5mA

7.2 验收监测结果

项目辐射工作场所和周围环境辐射水平监测结果见下表（详见检测报告）。

表 7.2 辐射工作场所和周围环境辐射水平监测结果

监测点位号	监测点位	监测结果（ $\mu\text{Sv/h}$ ）	备注
1	工业 CT 射线装置防护门上门缝 30cm 处	0.08	工业 CT 射线装置工作场所周围
2	工业 CT 射线装置防护门左门缝 30cm 处	0.08	
3	工业 CT 射线装置防护门下门缝 30cm 处	0.08	
4	工业 CT 射线装置防护门右门缝 30cm 处	0.08	
5	工业 CT 射线装置防护门中间外表面 30cm 处	0.08	
6	工业 CT 射线装置东侧南部外表面 30cm 处	0.08	
7	工业 CT 射线装置东侧北部外表面 30cm 处	0.08	
8	工业 CT 射线装置南侧南部外表面 30cm 处	0.08	
9	工业 CT 射线装置南侧中部外表面 30cm 处	0.08	
10	工业 CT 射线装置南侧北部外表面 30cm 处	0.08	
11	工业 CT 射线装置西侧南部外表面 30cm 处	0.08	
12	工业 CT 射线装置西侧中部外表面 30cm 处	0.08	
13	工业 CT 射线装置西侧北部外表面 30cm 处	0.08	
14	工业 CT 射线装置北侧北部外表面 30cm 处	0.09	
15	工业 CT 射线装置北侧中部外表面 30cm 处	0.09	
16	工业 CT 射线装置北侧南部外表面 30cm 处	0.09	

续表 7.2 辐射工作场所和周围环境辐射水平监测结果

监测点位号	监测点位	监测结果 ($\mu\text{Sv/h}$)	备注
17	工业 CT 射线装置顶部南侧外表面 30cm 处	0.09	工业 CT 射线装置 工作场所 周围
18	工业 CT 射线装置顶部中间外表面 30cm 处	0.09	
19	工业 CT 射线装置顶部北侧外表面 30cm 处	0.09	
20	工业 CT 射线装置北侧操作位	0.08	
21	工业 CT 射线装置北侧操作位	0.07	

7.3 辐射安全与防护设施监测结果评价

根据辐射防护监测结果，在管电压 300kV、管电流 1.5mA 照射的条件下，工业 CT 铅房外表面 30cm X- γ 辐射剂量率满足参考控制水平不大于 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ 的要求，辐射工作人员操作位的 X- γ 辐射剂量率为 0.08 $\mu\text{Sv/h}$ ，远小于 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ 。

通过对工业 CT 铅房外表面 X- γ 辐射剂量率进行监测，铅房外表面 30cm 的 X、 γ 辐射剂量率最大为 0.09 $\mu\text{Sv/h}$ ，扣除关机值 0.07 $\mu\text{Sv/h}$ 后，铅房周围 X、 γ 辐射剂量率最大贡献值为 0.02 $\mu\text{Sv/h}$ ，换算成最大管电流 3.3mA 时，铅房周围 X、 γ 辐射剂量率最大贡献值约为 0.05 $\mu\text{Sv/h}$ ，满足屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ 的要求。在最大工况下，辐射工作人员操作位的 X- γ 辐射剂量率贡献值为 0.02 $\mu\text{Sv/h}$ ，其他更远处的环境保护目标的贡献值更小，不会对其他更远处的环境保护目标造成影响，项目辐射安全与防护设施的防护效果良好，满足相关标准要求。

7.4 有效剂量结果评价

(1) 有效剂量计算公式

$$E=H \times T \times W_T$$

式中：E—有效剂量，Sv/a；

H—剂量当量率，Sv/h；

T—受照时间，h；

W_T —组织权重因子，偏安全考虑取 1。

(2) 受照时间

①职业工作人员受照时间

根据建设单位提供的资料，本项目工业 CT 射线装置年出束时间为 200h，即

$T_{\text{职业}}=200\text{h}$ 。

②公众成员受照时间

射线装置运行时，周围公众居留因子偏安全考虑均取 1。即 $T_{\text{公众}}=200\text{h}$ 。

(3) 剂量当量率

在最大工况下，辐射工作人员操作位的 X- γ 辐射剂量率贡献值为 $0.02\mu\text{Sv/h}$ ，公众成员的 X- γ 辐射剂量率贡献值保守也取 $0.02\mu\text{Sv/h}$ 。

(4) 计算结果

①职业人员所受年有效剂量最大值为 0.004mSv/a ，低于职业人员 5mSv/a 的管理目标限值；

②公众成员所受年有效剂量最大值为 0.004mSv/a ，低于公众人员 0.1mSv/a 的管理目标限值。

表 8 验收监测结论

8.1 验收基本情况

本次验收内容为国网山西省电力公司电力科学研究院使用的 1 台工业 CT, 该装置为 II 类射线装置, 最大管电压 450kV, 最大管电流 3.3mA, 型号 Y.CT Modular, 安装于配电网技术实验室东北侧探伤室。

污染因子为 X 射线, 污染途径为外照射。

(1) 现场调查情况

项目辐射安全与防护措施、环境管理制度已按环评及环评批复提出的各项要求基本落实。

(2) 工作场所周围剂量当量率检测结论

验收监测期间, 通过对工业 CT 铅房外表面 X- γ 辐射剂量率进行监测, 换算成最大管电流 3.3mA 时, 铅房周围 X、 γ 辐射剂量率最大贡献值约为 0.05 μ Sv/h, 满足屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5 μ Sv/h 的要求。项目探伤工作场所控制区和监督区的划分符合《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 中 X 射线探伤工作场所分区设置要求。

(3) 有效剂量结论

职业人员所受年有效剂量最大值为 0.004mSv/a, 低于职业人员 5mSv/a 的管理目标限值;

公众成员所受年有效剂量最大值为 0.004mSv/a, 低于公众人员 0.1mSv/a 的管理目标限值。

(4) 从事辐射技术的能力

项目有 4 名辐射工作人员, 其中 1 名为管理人员, 3 名为操作人员, 均在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台进行了学习, 且参加考核成绩合格, 取得了核技术利用辐射安全与防护考核成绩报告单。该公司已申领辐射安全许可证, 具备从事辐射技术的能力。

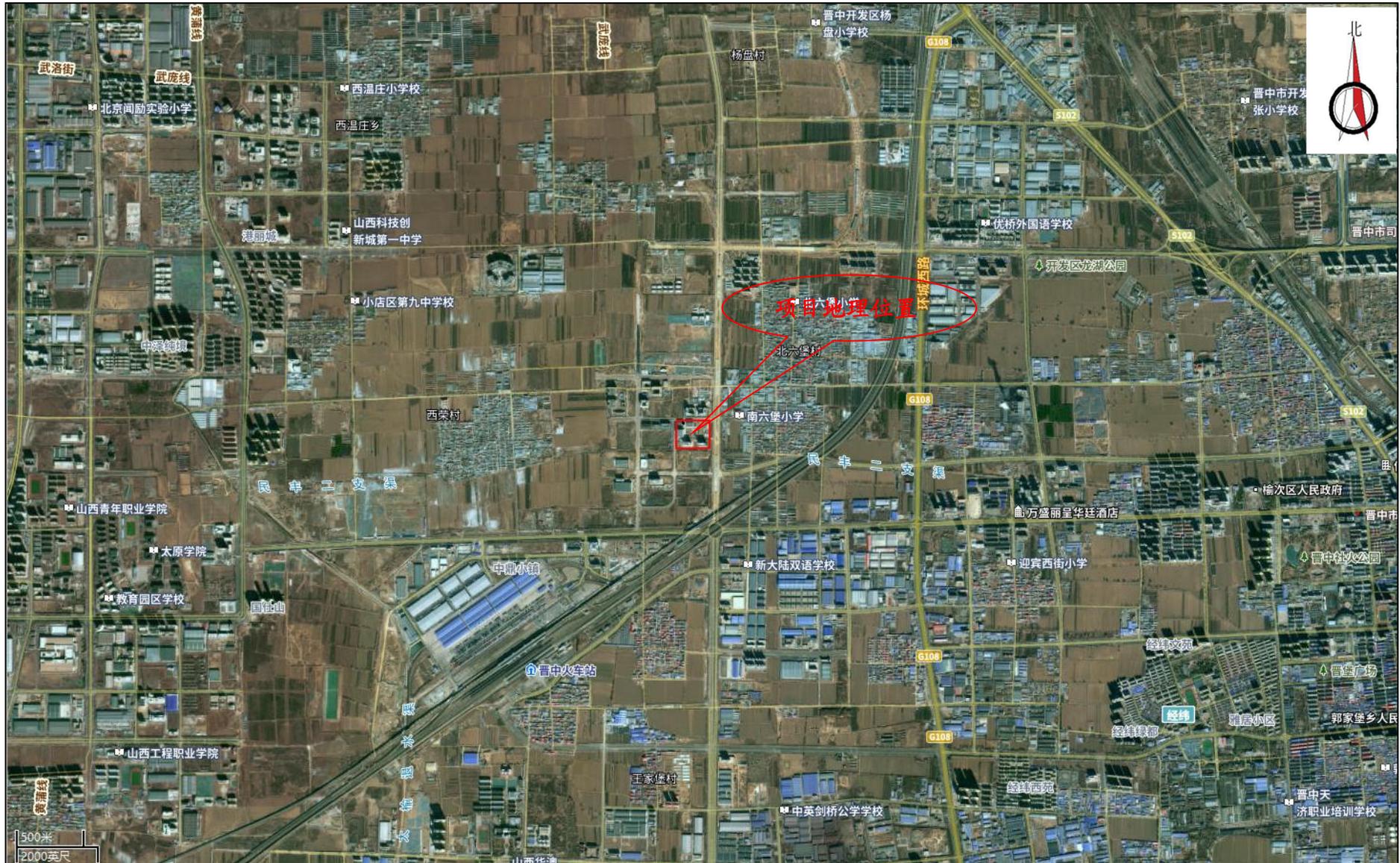
8.2 总结论

国网山西省电力公司电力科学研究院使用 II 类射线装置项目, 环境管理制度基本齐全, 安全防护措施到位。通过现场调查及监测, 基本按照环评文件及批复要求进行了落实管理, 可通过竣工环保验收。

8.3 建议与要求

运行期间认真落实各项规章制度。

附图 1



地理位置示意图

