

核技术利用建设项目

国网浙江省电力有限公司电力科学研
究院 X 射线探伤项目环境影响报告表

(公示稿)

国网浙江省电力有限公司电力科学研究院

2019 年 11 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

国网浙江省电力有限公司电力科学研究院 X 射线探伤项目环境影响报告表

建设单位名称： 国网浙江省电力有限公司电力科学研究院

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址： 浙江省杭州市下城区朝晖八区

邮政编码： 310014 联系人： 周*

电子邮箱： 联系电话： 136****7646

目 录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	4
表 3 非密封放射性物质.....	4
表 4 射线装置.....	4
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....	6
表 6 评价依据.....	7
表 7 保护目标与评价标准.....	9
表 8 环境质量和辐射现状.....	16
表 9 项目工程分析与源项.....	18
表 10 辐射安全与防护.....	24
表 11 环境影响分析.....	28
表 12 辐射安全管理.....	39
表 13 从事辐射活动能力要求.....	44
表 14 结论.....	45

表 1 项目基本情况

建设项目名称		国网浙江省电力有限公司电力科学研究院 X 射线探伤项目			
建设单位		国网浙江省电力有限公司电力科学研究院			
法人代表	戴*	联系人	周*	联系电话	136****7646
注册地址		浙江省杭州市下城区朝晖八区			
项目建设地点		室内探伤地点：杭州市余杭区仓前街道吴山前村 24 组 6 号 2 幢 现场探伤地点：野外现场探伤			
立项审批部门		---		批准文号	---
建设项目总投资（万元）	400	项目环保投资（万元）	15（核技术利用项目）	投资比例（环保投资/总投资）	3.75%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它		占地面积（m ² ）	--
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
		<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
	其它	<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
/					
<p>1.1 公司概况：</p> <p>国网浙江省电力有限公司电力科学研究院（以下简称“国网电科院”，营业执照见附件 1）成立于 1990 年 05 月 15 日，注册地位于浙江省下城区朝晖八区。经营范围包括服务：发电、输电、变电、配电、智能电网、节能、环保的技术服务、技术研究、技术设计、技术开发、技术咨询，电力信息系统集成、软件开发、运行、维护，电力技术培训服务，电力计量技术服务；电力信息系统集成产品的销售。材料技术室为国网电科院电源技术中心下属科室，目前总人数 30 人，拟从事射线检测工作人员 7 人。</p> <p>1.2 任务由来：</p> <p>材料技术室位于下城区朝晖八区华电弄 1 号国网电科院综合楼 10 楼，办公室</p>					

和试验室建筑面积共约 800 平方米，主要从事电厂和电网设备的无损检测和理化实验，为满足工作的需要，国网电科院租赁位于杭州市余杭区仓前街道吴山前村 2 幢杭州青洲建筑材料科技开发有限公司整幢厂房（租赁合同见附件 2，房产证、土地证见附件 3）开展 X 射线室内探伤项目，由于一些准备投运或已投运的变电站 GIS 筒体和电厂的通气管道无法实现室内探伤，因此需要在野外开展 X 射线室外探伤项目。

因此，经与建设单位核实，国网电科院计划在租赁的杭州青洲建筑材料科技开发有限公司厂房内拟建一间铅房，并配置 2 台 X 射线探伤机（分别为：XRS-3 型超便携式脉冲射线机一台，最大管电压 270kV，最大管电流 1mA；ERESCO 65MF4 型便携式 X 射线数字成像 DR 无损检测系统一台，最大管电压 300kV，最大管电流 5mA；均属 II 类射线装置），用于开展室内和室外无损检测工作。

由于 X 射线探伤机在使用过程中产生的 X 射线将对环境产生电离辐射影响。根据国家有关建设项目环境管理规定，本项目应编制辐射环境影响报告表。为保护环境，保障公众健康，网电科院委托杭州旭辐检测技术有限公司对本项目进行辐射环境影响评价（委托书见附件 4）。

评价单位在对探伤场所进行辐射环境影响分析的基础上，按照《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），编制该项目的辐射环境影响报告表。

1.3 项目地理位置：

1.3.1 建设单位地理位置

国网电科院办公地址位于杭州市下城区朝晖八区华电弄 1 号，其东侧为上塘路，南侧为华电弄，西侧为朝晖八区，北侧为河流，具体地理位置见附图 1；探伤设备储存室位于综合楼十层，平面布置见附图 3。

1.3.2 辐射工作场所地理位置

室内探伤项目地点租用杭州青洲建筑材料科技开发有限公司厂房，位于杭州市余杭区仓前街道吴山前村 24 组 6 号 2 幢（租用整幢厂房），其东侧为空地，南侧为道路，隔路为河流，西侧为厂区内部道路，隔路为纸板厂，北侧为村道，隔路为居民，具体地理位置见附图 1，周边环境示意图见附图 2，铅房位于一层西南侧，其东侧为试验室，南侧为闲置仓库，西侧为厂区内部道路，北侧为内部过道，上层为

闲置仓库，平面布置见附图 4。室外探伤地点为野外现场探伤。

1.4 选址合理性分析

本项目拟建铅房位于国网电科院租用的杭州青洲建筑材料科技开发有限公司厂房内，不新增用地，土地性质为工业用地。辐射工作场所周围 50m 范围内有西侧纸板厂工人和东侧北侧建设单位的内部工作人员，无自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区、学校、居民区等环境敏感区，故本项目的选址是合理的。

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) 活度 (Bq) × 枚数	类别	活度 种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 3 非密封放射性物质

序号	核素 名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作 量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）。

表 4 射线装置

（一）加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(二) X射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	超便携式脉冲射线机	II	1	XRS-3	270	1	工业探伤	铅房及野外现场探伤	/
2	便携式 X 射线数字成像 DR 无损检测系统	II	1	ERESCO 65MF4	300	5	工业探伤	铅房及野外现场探伤	/

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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，年排放总量为 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）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月；</p> <p>(2) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月；</p> <p>(3) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令 682 号，2017 年；</p> <p>(4) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(5) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，环境保护部令 44 号，2017 年 6 月 29 日；</p> <p>(6) 《关于修改〈建设项目环境影响评价分类管理名录〉部分内容的决定》，生态环境部令 1 号，2018 年 4 月 28 日起实施；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2017 修正版），中华人民共和国环境保护部令 47 号，2017 年 12 月；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（2019 年第二次修订）》，国务院令 449 号，于 2019 年 3 月 2 日起施行；</p> <p>(9) 《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 18 号，于 2011 年 5 月 1 日起施行；</p> <p>(10) 浙江省环保厅关于发布《省环境保护行政主管部门负责审批环境影响评价文件的建设项目清单（2015 年本）》及《设区市环境保护行政主管部门负责审批环境影响评价文件的重污染、高环境风险以及严重影响生态的建设项目清单（2015 年本）》的通知，浙环发〔2015〕38 号，2015 年 9 月 23 日；</p> <p>(11) 《浙江省辐射环境管理办法》，省政府令 289 号，2012 年 2 月；</p> <p>(12) 《浙江省建设项目环境保护管理办法》，浙江省人民政府令 364 号，2018 年 3 月 1 日起施行；</p> <p>(13) 《射线装置分类》，环境保护部和国家卫生计生委，公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日。</p>
------	---

<p>技术标准</p>	<p>(1) 《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）；</p> <p>(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）；</p> <p>(3) 《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）；</p> <p>(4) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）；</p> <p>(5) 《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）。</p>
<p>其它</p>	<p>(1) 营业执照，见附件 1；</p> <p>(2) 租赁协议，见附件 2；</p> <p>(3) 房产证、土地证，见附件 3；</p> <p>(4) 委托书，见附件 4；</p> <p>(5) 环境本底检测报告，见附件 5。</p>

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

本项目污染为能量流污染，根据能量流的传播与距离相关的特性，结合《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1—2016）的相关规定，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（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围），因此现场探伤项目的评价范围确定为 150m，且需要满足 X 射线探伤现场控制区及监督区的要求，均严格执行控制区周围剂量当量率控制在 $15\mu\text{Sv/h}$ 以下，监督区边界外周围剂量当量率控制在 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 以下的标准划分；室内探伤项目的评价范围确定以 X 射线探伤室周围 50m 作为评价范围。

7.2 保护目标

本项目环境保护目标为 X 射线现场探伤和铅房周围活动的辐射工作人员及非辐射工作人员和公众成员。

表 7-1 本项目环境保护目标一览表

保护目标	类型	方位	距离 (m)	人数
辐射工作人员	职业	铅房旁边操作位	紧邻	7 人
		现场探伤控制区外	监督区	
公众、非辐射工作人员	公众	铅房周围国网电科院内部工作人员	2~50	约 10 人
		纸板厂员工	10~50	约 8 人
		现场探伤监督区外路过人员	-	-

7.3 评价标准

(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

①防护与安全的最优化

4. 3. 3. 1 对于来自一项实践中的任一特定源的照射，应使防护与安全最优化，使得在考虑了经济和社会因素之后，个人受照剂量的大小、受照射的人数以及受照射的可能性均保持在可合理达到的尽量低水平；这种最优化应以该源所致个人剂量和潜在照射危险分别低于剂量约束和潜在照射危险约束为前提条件（治疗性医疗照射除

外)。

②辐射剂量约束值

第 4.3.2.1 款, 应对个人受到的正常照射加以限制, 以保证本标准 6.2.2 规定的特殊情况外, 由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量当量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B (标准的附录 B) 中规定的相应剂量限值。不应将辐射剂量约束值应用于获准实践中的医疗照射。

B1 剂量限值 (标准的附录 B)

第 B1.1.1.1 款, 应对任何工作人员的**职业照射水平进行控制, 使之不超过下述限值:

a) 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; 本项目取其四分之一即 5mSv 作为辐射剂量约束值。

第 B1.2 款, 公众照射

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值:

a) 年有效剂量, 1mSv; 本项目取其四分之一即 0.25mSv 作为辐射剂量约束值。

(2) 《工业 X 射线探伤放射防护要求》 (GBZ117-2015)

本标准规定了工业 X 射线探伤室探伤、工业 X 射线 CT 探伤与工业 X 射线现场探伤的放射防护要求。

本标准适用于使用 500kV 以下的工业 X 射线探伤系统 (以下简称 X 射线装置或探伤机) 进行探伤的工作。

4.1 防护安全要求

4.1.1 探伤室的设置应充分考虑周围的辐射安全, 操作室应与探伤室分开并尽量避开有用线束照射的方向。

4.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理。一般将探伤室墙壁围成的内部区域划为控制区, 与墙壁外部相邻区域划为监督区。

4.1.3 X 射线探伤室墙和入口门的辐射屏蔽应同时满足:

a) 人员在关注点的周剂量参考控制水平, 对职业工作人员不大于 100 μ Sv/周, 对公众不大于 5 μ Sv/周;

b) 关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5 μ Sv/h。

4.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足:

a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室内表面边缘所张立体角区域内时,探伤室顶的辐射屏蔽要求同 4.1.3;

b) 对不需要人员到达的探伤室顶,探伤室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平通常可取为 100 μ Sv/h。

4.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置,并保证在门(包括人员门和货物门)关闭后 X 射线系统才能进行探伤作业。门打开时应立即停止 X 射线照射,关上门不能自动开始 X 射线照射。

4.1.6 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。“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它报警信号有明显区别。

4.1.7 照射状态指示装置应与 X 射线探伤装置联锁。

4.1.8 探伤室内、外醒目位置处应有清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明。

4.1.9 探伤室防护门上应有电离辐射警告标识和中文警示说明。

4.1.10 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。按钮或拉绳应当带有标签,标明使用方法。

4.1.11 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。

5.1 X 射线现场探伤作业分区设置要求

5.1.1 探伤作业时,应对工作场所实行分区管理,并在相应的边界设置警示标识。

5.1.2 一般应将作业场所中周围剂量当量率大于 15 μ Sv/h 的范围内划为控制区。如果每周实际开机时间明显不同于 7h,控制区边界周围剂量当量率应按式(1)计算:

$$\dot{K} = \frac{100}{t} \dots\dots\dots(1)$$

式中：

K——控制区边界周围剂量当量率，单位为微希沃特每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；

t——每周实际开机时间，单位为小时（h）；

100——5mSv 平均分配到每年 50 工作周的数值，即 $100\mu\text{Sv/周}$ 。

5.1.3 控制区边界应悬挂清晰可见的“禁止进入 X 射线区”警告牌，探伤作业人员在控制区边界外操作，否则应采取专门的防护措施。

5.1.4 现场探伤作业工作过程中，控制区内不应同时进行其他工作。为了使控制区的范围尽量小，X 射线探伤机应用准直器，视情况采用局部屏蔽措施（如铅板）。

5.1.5 控制区的边界尽可能设定实体屏障，包括利用现有结构（如墙体）、临时屏障或临时拉起警戒线（绳）等。

5.1.6 应将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区，并在其边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时设专人警戒。

5.1.7 现场探伤工作在多楼层的工厂或工地实施时，应防止现场探伤工作区上层或下层的人员通过楼梯进入控制区。

5.1.8 探伤机控制台应设置在合适位置或设有延时开机装置，以便尽可能降低操作人员的受照剂量。

5.2 X 射线现场探伤作业的准备

5.2.1 在实施现场探伤工作之前，运营单位应对工作环境进行全面评估，以保证实现安全操作。评估内容至少应包括工作地点的选择、接触的工人与附近的公众、天气条件、探伤时间、是否高空作业、作业空间等。

5.2.2 运营单位应确保开展现场探伤工作的每台 X 射线装置至少配备两名工作人员。

5.2.3 应考虑现场探伤对工作场所内其他的辐射探测系统带来的影响（如烟雾报警器等）。

5.2.4 现场探伤工作在委托单位的工作场地实施的准备和规划，应与委托单位协商适当的探伤地点和探伤时间、现场的通告、警告标识和报警信号等，避免造成混淆。委托方应给予探伤工人充足的时间以确保探伤工作的安全开展和所需安全措施的实施。

5.3 X射线现场探伤作业安全警告信息

5.3.1 应有提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“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。

5.3.2 警示信号指示装置应与探伤机联锁。

5.3.3 在控制区的所有边界都应能清楚地听见或看见“预备”信号和“照射”信号。

5.3.4 应在监督区边界和建筑物的进出口的醒目位置张贴电离辐射警示标识和警告标语等提示信息。

5.4 X射线现场探伤作业安全操作要求

5.4.1 周向式探伤机用于现场探伤时，应将X射线管头组装体置于被探伤物件内部进行透照检查。做定向照射时应使用准直器（仅开定向照射口）。

5.4.2 应考虑控制器与X射线管和被检物体的距离、照射方向、时间和屏蔽条件等因素，选择最佳的设备布置，并采取适当的防护措施。

5.5 X射线现场探伤作业的边界巡查与监测

5.5.1 开始现场探伤之前，探伤工作人员应确保在控制区内没有任何其他人员，并防止有人进入控制区。

5.5.2 控制区的范围应清晰可见，工作期间要有良好的照明，确保没有人员进入控制区。如果控制区太大或某些地方不能看到，应安排足够的人员进行巡查。

5.5.3 在试运行（或第一次曝光）期间，应测量控制区边界的剂量率以证实边界设置正确。必要时应调整控制区的范围和边界。

5.5.4 现场探伤的每台探伤机应至少配备一台便携式剂量仪。开始探伤T作之前，应对剂量仪进行检查，确认剂量仪能正常工作。在现场探伤工作期间，便携式测量仪应一直处于开机状态，防止X射线曝光异常或不能正常终止。

5.5.5 现场探伤期间，工作人员应佩戴个人剂量计、直读剂量计和个人剂量报警仪。个人剂量报警仪不能替代便携巡测仪，两者均应使用。

6 放射防护检测

6.2 X射线探伤室的检测和检查

6.2.1.4 结果评价

X射线探伤装置在额定工作条件下,探伤室周围辐射水平应符合 4.1.3 和 4.1.4 的要求。

6.2.2 探伤室的安全检查

对正在使用中的探伤室应检查探伤室防护门-机联锁装置,以及出束信号指示灯等安全措施,当同时使用多台探伤装置时,每台装置均应与防护门联锁。

(3) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)

本标准规定了工业 X 射线探伤室屏蔽要求。

本标准适用于 500kV 以下工业 X 射线探伤装置的探伤室。

3.2 需要屏蔽的辐射

3.2.1 相应有用线束的整个墙面均考虑有用线束屏蔽,不需要考虑进入有用线束区的散射辐射。

3.2.2 散射辐射考虑以 0° 入射探伤工件的 90° 散射辐射。

3.2.3 当可能存在泄漏和散射辐射的复合作用时,通常分别估算泄漏辐射和各项散射辐射,当它们的屏蔽厚度相差一个价值层厚度(TVL)或更大时,采用其中较厚的屏蔽,当相差不足一个 TVL 时,则在较厚的屏蔽上增加一个半值层厚度(HVL)。

3.3 其他要求

3.3.1 探伤室一般应设有人员门和单独的工件门。对于探伤可人工搬运的小型工件探伤室,可以仅设人员门。探伤室人员门宜采用迷路形式。

3.3.2 探伤装置的控制室应置于探伤室外,控制室和人员门应避开有用线束照射的方向。

3.3.3 屏蔽设计中,应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽。

3.3.4 当探伤室使用多台 X 射线探伤装置时,按最高管电压和相应该管电压下的常用最大管电流设计屏蔽。

3.3.5 应考虑探伤室结构、建筑费用及所占空间,常用的材料为混凝土、铅和钢板等。

(4) 《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)

本项目为新建项目,其产生的新污染源氮氧化物无组织排放的限制浓度见表 7-2。

表 7-2 新污染源大气污染物排放限值

序号	污染物	无组织排放监控浓度限值	
		监控点	浓度
1	氮氧化物	周界外浓度最高点	0.12mg/m ³

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 公司地理位置

国网电科院办公地址位于杭州市下城区朝晖八区华电弄 1 号,其东侧为上塘路,南侧为华电弄,西侧为朝晖八区,北侧为河流,具体地理位置见附图 1;探伤设备储存室位于综合楼十层,平面布置见附图 2。

室内探伤项目地点租用杭州青洲建筑材料科技开发有限公司厂房,位于杭州市余杭区仓前街道吴山前村 24 组 6 号 2 幢(整幢厂房),其东侧为空地,南侧为道路,隔路为河流,西侧为厂区内部道路,隔路为纸板厂,北侧为村道,隔路为居民,具体地理位置见附图 1,周边环境示意图见附图 3,铅房位于一层西南侧,其东侧为试验室,南侧为闲置仓库,西侧为厂区内部道路,北侧为内部过道,上层为闲置仓库,平面布置见附图 4。室外探伤地点为野外现场探伤。

8.2 辐射环境现状检测

(1) 检测目的

评价单位对本项目拟建辐射工作场所周围进行 γ 辐射剂量率背景水平检测,以掌握辐射环境背景水平,为辐射环境影响预测评价提供基础数据。

(2) 检测内容

根据污染因子分析,检测单位于 2019 年 10 月 14 日对本项目拟建辐射工作场所周围进行辐射剂量率背景水平检测。

(3) 检测点位

检测点位布点详见图 8-1~图 8-4。

(4) 检测仪器与规范

检测仪器的参数与规范见表 8-1。

表 8-1 γ 辐射剂量当量率仪参数与规范

仪器名称	环境监测用 X、 γ 辐射空气比释动能率仪
仪器型号	JC-5000
生产厂家	上海见驰辐射检测设备有限公司
能量响应	48KeV~3MeV $\leq\pm 30\%$ (相对于 ^{137}Cs)
量程	1nGy/h~200uGy/h, 1nSv/h~200uSv/h

检定证书	上海市计量测试技术研究院 (检定证书编号: 2019H21-20-1782071001 号) 有效期: 2019年04月04日-2020年04月03日
检测规范	环境地表 γ 辐射剂量率测定规范 GB/T 14583-1993

(5) 质量保证措施

- a 合理布设检测点位, 保证各检测点位布设的科学性和可比性。
- b 检测方法采用国家有关部门颁布的标准, 检测人员经考核并持有合格证书上岗。
- c 检测仪器每年定期经有相应资质的计量部门检定, 并在有效期使用期内。
- d 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常, 确保仪器正常后方可进行监测。
- e 检测人员经过省级培训机构的监测技术培训, 并经考核合格, 做到持证上岗。
- f 检测人员按操作规程操作仪器, 测量方法选用质量手册有关本次检测项目的检测实施细则, 并做好记录。
- g 检测单位已通过了浙江省质量技术监督局计量认证。

(6) 检测结果

本项目辐射工作场所周围的 γ 辐射剂量率背景水平检测结果见表 8-2 (环境本底检测报告见附件 5)。

表 8-2 本项目拟建址周围的 γ 辐射剂量率检测结果

检测点位	检测点位描述	辐射剂量率 (nGy/h)	
		平均值	标准差
▲1	铅房拟建址中央	84	6.12
▲2	铅房拟建址北侧过道	78	4.01
▲3	铅房拟建址南侧	84	4.32
▲4	铅房拟建址西侧道路	81	5.92
▲5	铅房拟建址东侧试验室内	78	4.78

注: 检测结果未扣除宇宙射线的响应。

由表 8-2 的检测结果可知, 本项目拟建址周围各现状检测点位的 γ 辐射剂量率在 78~84nGy/h 之间, 由《浙江省环境天然放射性水平调查报告》可知, 杭州市室内的 γ 辐射剂量率在 56~443nGy/h 之间, 该拟建址 γ 辐射本底水平未见异常。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 工程设备

XRS-3 是一款超便携式 X 射线发生器（设备见图 9-1、图 9-2），XRS-3 使用可移动式电池组供电，非常适合野外作业；XRS-3 是一款脉冲式 X 射线源，脉冲间隔 50ns。它的辐射剂量相当小，仅相当于 1.0mA 的连续发射式射线源产生的剂量，XRS-3 的最高电压可以达到 270kV，能够穿透 1 英寸厚（25.4mm）的钢板。

根据 XRS-3 不同的应用方式，建设单位在实际应用中采用把 XRS-3 应用在 X 射线实时成像系统上（CCD，非晶硅成像板或非晶硒成像板，CMOS 探测器）。这种数字式直接成像系统（DR），通过一个控制界面控制成像系统和射线源，整个系统既可以通过线缆连接的模式实现操作，也可以通过无线模式实现操作，见图 9-3。

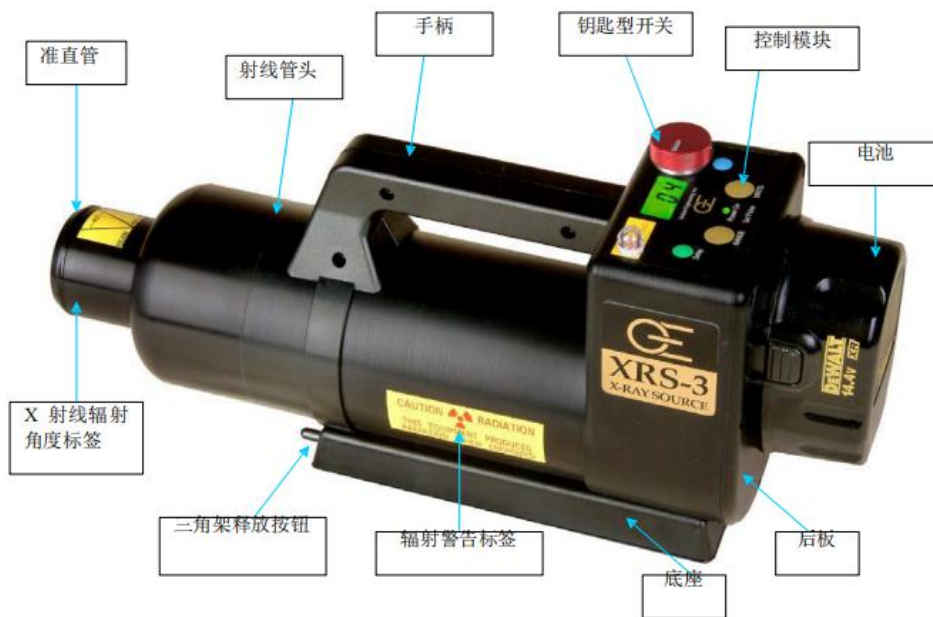


图 9-1 XRS-3 超便携式 X 射线机



图 9-2 XRS-3 超便携式 X 射线机控制模块



图 9-3 XRS-3 设备检测示意图

ERESCO MF4 便携式 X 光机专为确保在最恶劣的条件下进行检验的可靠性而设计。利用 ERESCO MF4 系列产品，移动 X 光检验才真正更为轻便。通过使用最新的显示技术，控制和监视 X 射线设置的新用户界面已被充分利用，并且具有图像可视化和菜单驱动操作特性，从而可以优化生产率。ERESCO MF4 使用最新的紧凑电子设备使重量达到最小，并提供脉动极低的大功率输出以及坚固的金属陶瓷 X 射线管。从而生成高剂量线，使得曝光时间最短，因而生产率更高。

便携式 ERESCO X 射线数字控制器具有新型大功率电子设备，结构坚固，可经受

在现场长时间使用。MF4 控制器具有友好的人机界面，确保装置安全有效的运行，曝光计算器、参数监控或编程/报告工具等多个机载特性可以简化检测程序。大型背光全图形透反显示器使用户即使在很强的日光下也能轻松查看，同时用多达 19 种支持不同字符组的语言提供系统状态的详细信息。所有操作和设置参数都可以借助于功能键，字母数字键盘和光标键输入。菜单驱动界面使其使用起来更容易。用户也可以从存储在稳定的存储器中的 250 个预输入曝光程序中检索设置参数。此外，这些程序可以被单独命名或加注释，还可以下载、修改、上传和归档。在实际操作中，最大管电流得以计算并设置，以减少曝光时间。除了警示灯、安全联锁装置和泵的接口之外，MF4 控制器还提供了一系列接口用于外部控制或与基于 PC 的工具通讯。本项目采用与电脑连接实现直接成像系统（DR）。



图 9-4 ERESO MF4 便携式 X 射线数字成像系统

9.1.2 探伤机的作业方式

由于建设单位开展本项目主要用于科研工作，主要被检工件为 GIS 筒体（见图 9-5）和线夹（见图 9-6），室内探伤作业时，一般安排检测人员 2 人一组，平均 2 周 1 次，每次工作时间半天，开机探伤时间约 30 分钟，室外现场探伤时，一般安排检测人员 3 人一组，平均 2 周 1 次，每次工作时间一天，开机探伤时间约 40 分钟。在偏远的施工现场，需要对变电站 GIS 筒体或线夹开展 X 射线室外探伤，一般都安排在晚上，且无高空作业，工作时探伤机离地面高度不超过 1 米。



图 9-5 被检工件（GIS 筒体）



图 9-6 被检工件（线夹）

9.1.3 工作原理

本项目 X 射线探伤机是利用以实时成像的技术，取代传统的拍片方式。通过 X 射线管产生的 X 射线透过被检物体后衰减，由图像增强器接收并转换成数字信号，利用半导体传感技术、计算机图像处理技术和信息处理技术，将检测图像直接显示在显示器屏幕上，可显示出材料内部的缺陷性质、大小、位置等信息，按照有关标准对检测结果进行缺陷等级评定，从而达到无损检测的目的。

X 射线探伤机主要由 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为靶所突然阻挡从而产生 X 射线。典型的 X 射线管结构图见图 9-7。

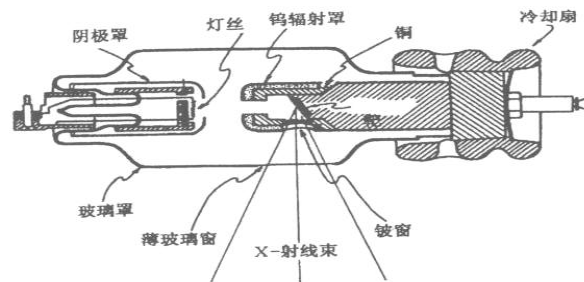


图 9-7 典型的 X 射线管结构图

9.1.4 室外现场探伤工作流程

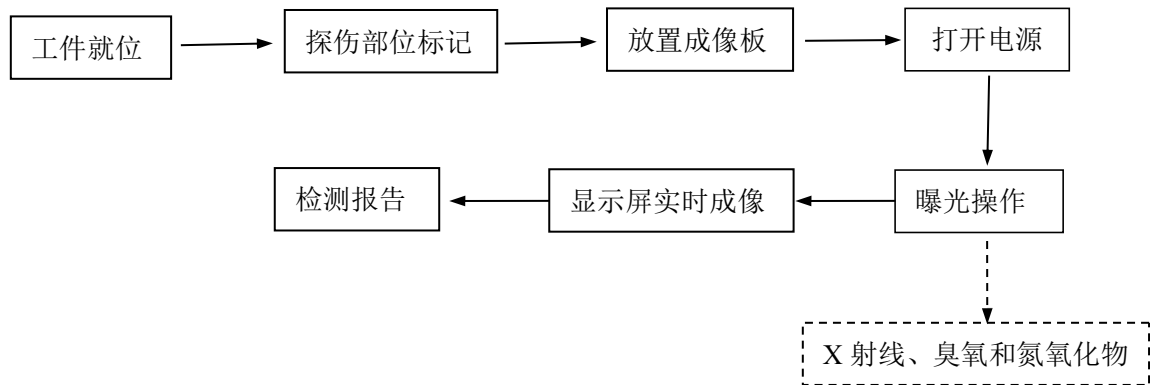
本项目现场检测作业一般安排在晚上，现场检测时首先在安全保障人员的协助下，根据情况在检测现场周围划分明确的控制区和监督区。控制区最好采用实体边界，不能实现时必须采用其他适当的手段；监督区边界设专人警戒，在控制区四周设立警戒绳及警告标志。

工作流程：将 X 射线探伤机置于检测位置（一般离地一米高），在旁边设立红色警示灯，并铺设控制电缆，然后把成像板放到工件后面并尽可能贴近工件，把射线源正对工件的检测区域（主射线朝向无公众成员的方向），相关辐射工作人员确定场内无人后，设置好照射时间和延迟时间后，在操作位开机，然后迅速离开到监督区，并借助现场的固定建筑物防护，照射结束后在电脑显示器上自动成像，工作人员携带个人剂量报警器回到操作位，确定探伤机关机后，完成一次检测任务。

9.1.5 室内探伤过程

将成像板放到工件后面并尽可能贴近工件，把射线源正对工件的检测区域，关闭铅门，开启 X 射线机，X 光管开始发出射线。X 射线穿透工件投射到有与其对应的图像接受系统上，同时在图像增强器的输入屏上产生可见的 X 射线荧光图像，摄像系统将其传输到显示器上，操作人员在显示器上观察到工件的 X 射线图像。

9.1.6 探伤工艺流程图及产污位置图



9.2 污染源项描述

本项目探伤机为Ⅱ类射线装置，由 X 射线装置的工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生和消失。本项目使用的 X 射线探伤机只有在开机并处于出线状态时（曝光状态）才会发出 X 射线。因此，在开机曝光期间，X 射线成为污染环境的主要因子。

此外，X 射线探伤机在开机状态下，空气在 X 射线作用下分解产生微量的臭氧、氮氧化物等有害气体，该项目拟在铅房西墙右上角设置排风扇（铅房通风换气次数不低于 3 次/h），臭氧量在环境中大概经 50 分钟自动分解，氮氧化物产额约为臭氧的 1/2，远低于无组织排放浓度限值，故有害气体对环境的影响很小。

X 射线探伤机作业时不产生放射性废水及放射性固体废物。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 X 射线现场探伤作业

(1) 室外现场探伤概况

国网电科院根据制定的操作计划，在现场探伤作业前应先确认该场所范围内没有其他无关人员，从尽可能保护人员安全的角度出发，检测工作一般都安排在晚上开展：在开始现场检测之前，探伤工作人员使用便携式辐射仪一般将作业场所中周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的范围内划为控制区，工作人员应确保在控制区内没有任何其他人员，并防止有人进入控制区（控制区边界应悬挂清晰可见的“禁止进入 X 射线区”警告牌、应尽可能设置实体屏障或临时拉起警戒绳等）；控制区的范围应清晰可见，工作期间要有良好的照明，如果控制区太大或某些地方不能看到，应安排足够的人员进行巡查；在第一次曝光期间，应测量控制区边界的辐射剂量率以证实边界设置正确。必要时调整控制区的范围和边界；将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围内划为监督区，并在其边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时设专人警戒；现场探伤期间，工作人员应佩戴带个人剂量计和个人剂量报警仪。

(2) 辐射防护用品配置情况

为保障现场探伤安全有序进行，国网电科院需为每位辐射工作人员佩戴个人剂量计。现场探伤时拟配备辐射检测设备：辐射剂量仪 2 台、射线剂量报警仪 6 只；拟配备警示装置：警戒绳 3 卷、警示灯 4 只、警告牌 4 块；拟配备个人防护用品：铅衣 3 件、铅帽 3 顶、铅围脖 3 件、铅眼镜 3 副。

10.1.2 X 射线探伤室概况

根据国网电科院提供的铅房设计资料可知，本项目拟建一间铅房，高度 2.5m，其面积为 $2\times 4=8\text{m}^2$ ，防护门上设置有铅窗。铅房西墙右上角设置排风扇，墙内侧置铅防护罩；排风扇设计风量 $150\text{m}^3/\text{h}$ ，铅房体积为 20m^3 ，每小时通风换气次数不小于 3 次，满足通风需求。电缆口采用 L 型铅防护罩。工件门和工作人员出门设计门-机联锁装置，并设置开机工作警示灯、电离辐射警告标志。铅房设计图见图 10-1，各侧墙体、防护门的设置及屏蔽情况见表 10-1。

表 10-1 铅房设计屏蔽情况一览表

项目	内容
各屏蔽墙厚	8mm 钢板+钢骨架+26mm 铅板+8mm 钢板
顶部厚度	8mm 钢板+钢骨架+26mm 铅板+8mm 钢板
地板厚度	10mm 铅板
工件门	框架钢结构制作电动门，尺寸高 2.25m×宽 1.7m，敷设 26mm 厚铅板，门洞尺寸高 2.0m×宽 1.2m，（两侧门与墙体的搭接为 250mm，上下搭接为 100mm，按照搭接长度须大于等于 10 倍间隙的原则，间隙应尽量小。）
观察窗	26mmPb 铅玻璃
通风口	排风机设置在西侧墙上，墙外侧设有铅防护罩。
电缆口	铅房内电缆口处采用 L 型铅防护罩

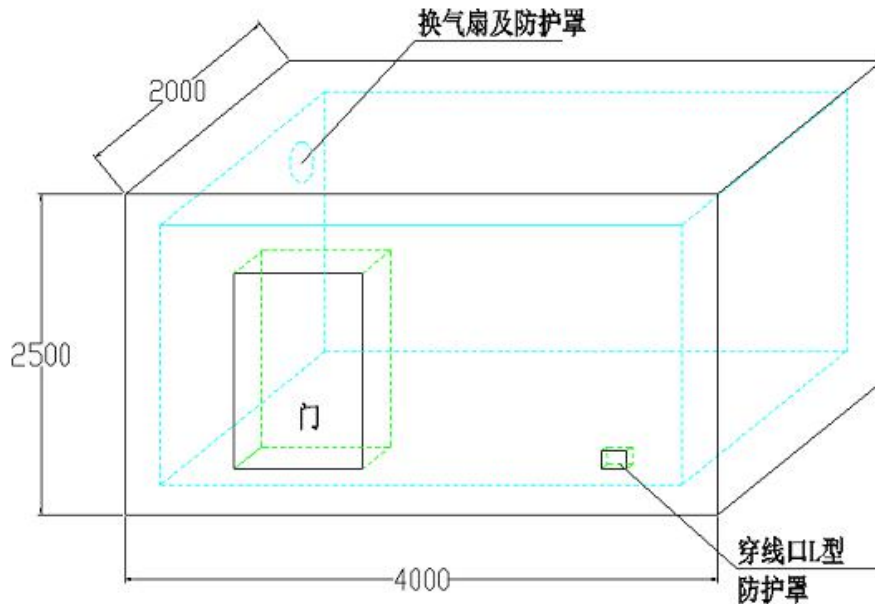


图 10-1 铅房设计图

10.1.3 污染防治措施

(1) 现场探伤须采取的污染防治措施：

- (1) 探伤作业时，工作场所实行分区管理，并在相应的边界设置警示标识。
- (2) 控制区边界悬挂清晰可见的“禁止进入 X 射线区”警告牌，探伤作业人员在控制区边界外操作。
- (3) 现场探伤作业工作过程中，控制区内不同时进行其他工作。
- (4) 控制区的边界尽可能设定实体屏障，包括利用现有结构（如墙体）、临时屏障或临时拉起警戒线（绳）等。
- (5) 在监督区边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，并设专人警戒。
- (6) 探伤机控制台设有延时开机装置，以便尽可能降低操作人员的受照剂量。
- (7) 开展现场探伤工作的每台 X 射线装置至少配备两名工作人员。
- (8) 国网电科院 X 射线探伤机储存场所设置于杭州市下城区朝晖八区华电弄 1 号综合楼十层，该房间须设置电离辐射警告标志，并采取“防盗、防火、防潮、防爆”的安全措施。
- (9) 国网电科院 X 射线探伤机无探伤作业时存放于设备室内，该处只存放设备备用，不进行设备检修活动。探伤机检修均由设备生产厂家承担，本单位人员不承担检修工作。

(2) 探伤室须采取的污染防治措施：

- (1) 对探伤工作场所实行分区管理。将铅房墙壁围成的内部区域划为控制区，与墙壁外部相邻区域划为监督区。
- (2) 铅房应安装门-机联锁装置，只有在门关闭后 X 射线装置才能进行探伤作业。
- (3) 照射状态指示装置应与 X 射线探伤机联锁。
- (4) 铅房防护门上应有电离辐射警告标志和中文警示说明。
- (5) 铅房内应安装紧急停机按钮，并明显标识。
- (6) 铅房内应设置机械通风装置，每小时有效通风换气次数应不小于 3 次。
- (7) 铅房外 1m 处应划黄色警戒线，告诫无关人员不得靠近。
- (8) 铅房内 X 射线机操作电缆口处采用 L 型铅防护罩。

(9) 建设单位须给每个辐射工作人员配备个人剂量计和个人剂量报警仪。

(10) 探伤机应有固定存放场所，并且要有防盗措施。

10.2 三废的治理

铅房设计有机械排风装置，排风口设在铅房西墙右上角，排风量为 $150\text{m}^3/\text{h}$ ，换气次数不低于 3 次/h，以降低室内臭氧和氮氧化物的浓度。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

由于 X 射线探伤机只有在无损检测过程中才会产生辐射，其产生的射线是随机器的开、关而产生和消失的。在 X 射线探伤机配备过程中，X 射线探伤机未通电运行，故不会对周围环境造成电离辐射影响，也无放射性废气、废水及固体废弃物产生。

X 射线探伤机闲置时存放在杭州市下城区朝晖八区华电弄 1 号国网电科院综合楼十层的设备室内，并实行“双人双锁”，贮存时 X 射线探伤机未通电运行，故不会对周围环境造成电离辐射影响。

11.2 运行阶段对环境的影响

本项目通过理论计算的评价方法来预测本项目建成投入使用后的辐射环境影响。

11.2.1 室内探伤项目

(1) 计算公式及参数选取

为评价拟建铅房的辐射屏蔽设计方案，采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 中关于探伤室辐射屏蔽的估算方法。

本项目使用的 X 射线探伤机为定向探伤机，由于该项目铅房宽度窄，故探伤方向定为东西向，本次估算将铅房的东墙、西墙以有用线束照射的主射面进行预测，南侧、北侧墙体、防护门和顶棚以泄漏辐射和散射辐射（非有用线束）进行估算，铅房地下无建筑，因此不对地面进行屏蔽计算。

根据建设单位提供的资料，本评价项目探伤机最大 X 射线能量为 300kV，最大管电流为 5mA，本项目铅房内探伤机不同时使用，故本次环评仅预测分析在只开一台定向探伤机的情况下对周围环境的影响。

(2) 有用线束的屏蔽估算

关注点的剂量率 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$) 按式 (11-1) 计算：

$$H = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \dots\dots\dots (11-1)$$

式中：

- I: X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流, 单位为毫安 (mA);
- H_0 : 距辐射源点 (靶点) 1m 处输出量, 以 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2 / (\text{mA}\cdot\text{h})$ 为单位的值乘以 6×10^4 ;
- B: 屏蔽透射因子 (根据给定的屏蔽物质厚度, 由《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 中附录 B.1 曲线所查出);
- R: 辐射源点 (靶点) 至关注点的距离, 单位为 m。

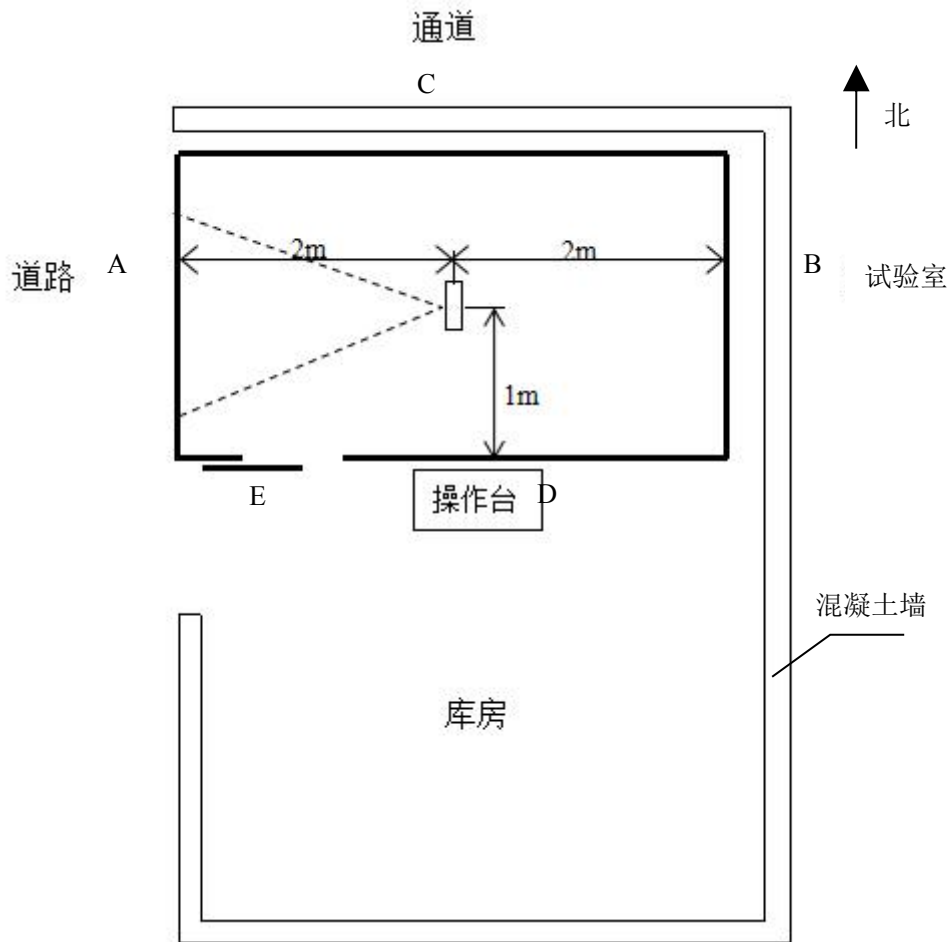


图 11-1 关注点位置平面图

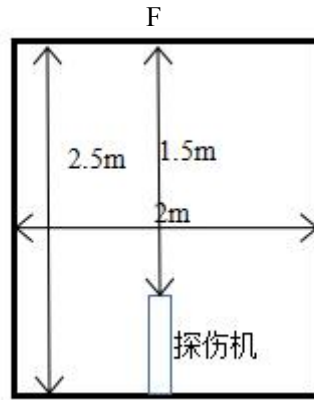


图 11-2 关注点位置剖面图

本项目铅房长、宽分别为 4m 和 2m，X 射线探伤机位于离各侧墙体 1/2 的位置，有用线束分别直射水平方向东面和西面屏蔽墙体以及地面，计算东面和西面屏蔽墙外 30cm 关注点的辐射剂量率水平，地坪下面无建筑，不进行计算，相关计算参数及计算结果见表 11-1。

表 11-1 铅房主射线屏蔽墙外环境辐射剂量率水平预测参数及结果

关注点	I mA	H ₀ μSv·m ² /(mA·h)	R m	X mm	B	H μSv/h
A (道路)	5	1.25×10 ⁶	2.32	26	1×10 ⁻⁶	1.16
B (试验室)	5	1.25×10 ⁶	2.57	150 (混凝土) 26 (铅)	1×10 ⁻⁶	0.95

注：本项目铅房东墙外与试验室的隔墙为混凝土墙，折算成铅来进行预测，15cm 混凝土的辐射屏蔽效果约等于 2mm 铅。

在 X 射线探伤机正常工作下，铅房主射方向的辐射剂量率贡献值最大为 1.16 μSv/h，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）规定的关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5μSv/h。

(3) 泄漏辐射和散射辐射屏蔽估算

对于给定的屏蔽物质厚度 X，相应的辐射屏蔽透射因子 B 按下面公式（11-2）计算，

$$B = 10^{-X/TVL} \dots\dots\dots (11-2)$$

式中：

X：屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位，本项目取值：铅 26mm、混凝土

150mm;

TVL: 什值层厚度, 本项目取值: 铅 5.7mm、混凝土 100mm。

①泄漏辐射屏蔽的估算方法如下:

泄漏辐射在关注点的剂量率 \dot{H} , 单位为 $\mu\text{Sv/h}$ 可按下面公式 (11-3) 计算:

$$H = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \dots\dots\dots (11-3)$$

式中:

B: 屏蔽透射因子;

R: 辐射源点 (靶点) 至关注点的距离, 单位为 m;

\dot{H}_L : 距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率, 单位为 $\mu\text{Sv/h}$, 取值见《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 表 1, 本项目取值 5×10^3 。

根据公式 (11-2)、(11-3) 计算铅房南墙、北墙、防护门、顶棚外 30cm 处关注点泄漏辐射剂量率水平, 相关计算参数及计算结果见表 11-2。

表 11-2 铅房南墙、北墙、防护门、顶棚外泄漏辐射剂量率水平预测参数及结果

关注点	\dot{H}_L $\mu\text{Sv/h}$	R m	X mm	B	TVL mm	H $\mu\text{Sv/h}$
C (通道)	5×10^3	1.5	150 (混凝土) 26 (铅)	0.87×10^{-6}	100 (混凝土) 5.7 (铅)	0.0019
D (操作位)	5×10^3	1.3	26 (铅)	2.75×10^{-5}	5.7 (铅)	0.08
E (库房)	5×10^3	1.3	26 (铅)	2.75×10^{-5}	5.7 (铅)	0.08
F (仓库)	5×10^3	2.0	150 (混凝土) 26 (铅)	0.87×10^{-6}	100 (混凝土) 5.7 (铅)	0.0011

注: 本项目铅房北墙外与通道的隔墙以及顶棚与仓库的隔板为混凝土墙, 折算成铅来进行预测, 15cm 混凝土的辐射屏蔽效果约等于 2mm 铅。

②散射辐射屏蔽的估算方法如下:

对于给定屏蔽物质厚度 X, 按《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 中表 2 并查附录 B 表 B.1 确定相应的辐射屏蔽透射因子 B, 确定 90° 散射辐射的 TVL, 关注点的散射辐射剂量率 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$) 按公式 (11-4) 计算:

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \cdot \frac{F \cdot a}{R_0^2} \dots\dots\dots (11-4)$$

式中：

- I: X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA）；
- H₀: 距辐射源点（靶点）1m 处输出量，以μSv·m²/(mA·h)为单位的值乘以 6×10⁴；
- B: 屏蔽透射因子；
- F: R₀ 处的辐射野面积，单位为平方米（m²）；
- α: 散射因子；
- R₀: 辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）；
- R: 散射体至关注点的距离，单位为米（m）。

根据公式（11-4）计算铅房南墙、北墙、防护门、顶棚外 30cm 处关注点散射辐射剂量率水平，相关计算参数及计算结果见表 11-3。

表 11-3 铅房南墙、北墙、防护门、顶棚外散射辐射剂量率水平预测参数及结果

关注点	I mA	H ₀ μSv·m ² /(mA·h)	R m	X mm	TVL mm	$\frac{F \cdot a}{R_0^2}$	\dot{H} μSv/h
C（通道）	5	1.25×10 ⁶	1.5	150（混凝土） 26（铅）	100（混凝土） 5.7（铅）	1/50	0.048
D（操作位）	5	1.25×10 ⁶	1.3	26（铅）	5.7（铅）	1/50	2.04
E（库房）	5	1.25×10 ⁶	1.3	26（铅）	5.7（铅）	1/50	2.04
F（仓库）	5	1.25×10 ⁶	2.0	150（混凝土） 26（铅）	100（混凝土） 5.7（铅）	1/50	0.027

注：本项目铅房北墙外与通道的隔墙以及顶棚与仓库的隔板为混凝土墙，折算成铅来进行预测，15cm 混凝土的辐射屏蔽效果约等于 2mm 铅。

从理论预测数据可见，在 X 射线探伤机正常工作状态下，铅房周围 30cm 处的泄漏辐射剂量率贡献值最大约为 0.08μSv/h，散射剂量率贡献值约为 2.04μSv/h，如果将泄漏辐射和散射辐射的剂量率贡献值叠加，则总辐射剂量率为 2.12μSv/h，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）规定的探伤室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平不大于 2.5μSv/h 的要求。

（4）铅房外有关人员辐射年有效剂量估算

①居留因子的选取

不同场所与环境条件下的居留因子取值见表 11-4。

表 11-4 不同场所与环境条件下的居留因子

场所	居留因子 T	停留位置
全居留	1	操作位、试验室、库房
部分居留	1/2~1/5	仓库
偶然居留	1/8~1/40	厂房内的通道, 厂房外园区道路

②剂量估算

按照联合国原子辐射效应科学委员会 (UNSCEAR) --2000 年报告附录 A, X 射线产生的外照射人均年有效剂量当量按下列公式计算:

$$H_{Er} = D_r \times t \times 0.7 \times 10^{-6} (mSv/a) \dots\dots\dots (10-5)$$

其中: H_{Er} : X 射线外照射人均年有效剂量当量, mSv/a;

D_r : X 射线空气吸收剂量率, nGy/h。

t : X 射线照射时间, h/a;

0.7: 剂量换算系数, Sv/Gy。

根据建设单位提供的资料, 该单位每 2 周开机探伤 1 次, 每次 0.5 天, 实际开机曝光时间为 30min, 年工作 50 周。为保守计算, 以 1 名探伤操作人员完成所有探伤工作进行计算, 可计算出平均每年开机探伤的累积时间为: $50/2 \times 30/60 = 12.5h/a$ 。

由前面预测计算出各关注点的辐射剂量率贡献值和探伤机的出束年累积时间, 并考虑相关的居留因子计算了工作人员和公众的年剂量, 其中具体见表 11-5。

表 11-5 探伤机运行时探伤室周围工作人员和公众的年剂量估算值

关注点	剂量叠加值 $\mu Sv/h$	居留因子 T	探伤机工作时间 t	年剂量估算值 mSv/a	类型
A (道路)	1.16	1/8	12.5	0.02×10^{-1}	公众
B (试验室)	0.95	1	12.5	0.012	公众
C (通道)	0.05	1/8	12.5	0.78×10^{-4}	公众
D (操作位)	2.12	1	12.5	0.026	辐射工作人员
E (库房)	2.12	1	12.5	0.026	公众
F (仓库)	0.028	1/2	12.5	0.17×10^{-3}	公众

由表 11-5 可知, 辐射工作人员和公众最大可能年照射剂量均为 0.026mSv/a, 符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中相应“管理限值”的

要求和本次评价照射管理限值（工作人员 5mSv/a，公众 0.25mSv/a）要求。

11.2.2 室外探伤项目

(1) 漏射线控制区和监督区的划定(非主射方向)

在实际探伤过程中，定向探伤机的主束射向所检查的工件，射线能量根据被检工件的厚度进行调节，有用射束完全被工件所屏蔽。射线经工件屏蔽后的漏射线对总的剂量贡献较小。在此基础上，建设单位须严格利用辐射剂量仪按照边界 15 μ Sv/h 的剂量水平划定控制区，严禁任何人进入该区域；2.5 μ Sv/h 的剂量水平划定监督区，严禁公众人员进入该区域。

根据《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中规定：当 X 射线探伤机的管电压大于 200kV 时，要求漏射线 1m 处的比释动能率小于 5mGy/h，由此可以估算出不同距离漏射线的剂量率，见表 11-6。

表 11-6 无屏蔽状态下不同距离漏射线的 X 射线剂量率（ μ Sv/h）

距离(m)	1	5	18	20	45
大于 200kV	<5000	<200	15	<12.5	2.5

注：电流 5mA。

举例说明计算过程如下：

①当距离为 5m，漏射线的 X 射线剂量率= $5\text{mGy/h} \times 1^2 \div 5^2 = 0.2\text{mGy/h} = 200\mu\text{Sv/h}$ 。

②当漏射线的 X 射线剂量率为 15 μ Sv/h，距离= $\sqrt{5\text{mGy/h} \times 1^2 \div 0.015} = 18\text{m}$

根据理论计算结果可知，本项目 X 射线探伤机在现场探伤工作时，须划定控制区为离 X 射线探伤机 18m 的区域，监督区为离探伤机 45m 的区域（非主射方向）。

(2) 主射方向的控制区和监督区划定

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中表 B.1 可知，300kV 探伤机距靶点 1m 处输出量为 20.9mGy.m²mA⁻¹min⁻¹，300kV 能量 X 射线对钢的半值层厚度为 7.3mm(探伤工件厚度以 50mm 计)；且根据公式 $Kr = I \cdot H_0 \cdot (r_0/r)^2$ 。

计算可得，1m 处的未经工件屏蔽的辐射剂量率为： $5 \times 20.9 \times 60 = 6270\text{mGy/h}$ ；

工件屏蔽（取常用厚度 50mm）后辐射剂量率为： $6270/2^{(50/7.3)} = 54.4\text{mGy/h}$ ；

根据相关标准要求，15 μ Sv/h 的剂量水平划定控制区；2.5 μ Sv/h 的剂量水平划定监督区；

故计算得：控制区距离为 60m ($\sqrt{54.4\text{mGy/h} \times 1^2 \div 0.015} \approx 60\text{m}$)；监督区边

界为 148m ($\sqrt{54.4\text{mGy/h} \times 1^2 \div 0.0025} \approx 148\text{m}$)，现场实际探伤时需使用便携式剂量仪进行测量验证计算后划出控制区和监督区。

此外，X 射线探伤机工作时，其周围的 X 射线剂量率还有散射线的贡献，散射线的 X 射线剂量率与 X 射线探伤机本身、周围的物体、地形等诸多因素有关，用纯理论难以准确估算，一般现场实际探伤时需要便携式剂量仪直接测量。并且具体探伤时，漏射线及散射线均大部分被工件所屏蔽，因此实际划定的控制区及监督区均应比理论计算值要小。

在本项目投入运行的操作过程中：建设单位在现场探伤作业前，首先应对作业场所周围环境进行调查评估，如应按照本报告表理论计算的主射方向 148 米监督区范围内不应有常住的公众成员，同时应避免监督区边界外有人口密集区或环境敏感区（如学校、幼儿园等），然后再划分控制区和监督区（控制区边界周围剂量当量率控制在 $15\mu\text{Sv/h}$ 以下，监督区边界周围剂量当量率控制在 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 以下）。

(3) 受照剂量估算

A 辐射工作人员

结合建设单位实际情况做保守假设：a、该单位预计每两周曝光时间约 40 分钟，全年工作最多为 50 周；b、现场探伤作业时由 3 名工作人员共同完成，假设由 1 名探伤操作人员完成所有探伤工作进行计算；c、X 射线探伤机有延时开机功能，操作人员开机后马上退至控制区边界处（该处 X- γ 辐射剂量率低于 $15\mu\text{Sv/h}$ ，保守的以 $15\mu\text{Sv/h}$ 计算）；d、在上述偏保守的条件下，据式（10-5）可以计算出该辐射工作人员的年附加有效剂量当量约为 0.25mSv/a 。

B 公众人员

该公司现场探伤作业一般安排在晚上或白天无人的时候，因此，只要根据本报告严格进行控制区和监督区的划分管理，切实落实警戒绳及警示灯的放置工作及巡检工作，现场探伤时监督区内不会有其他公众成员。因此，公众成员不会受到额外的辐射照射。

(4) 受照剂量分析

A 辐射工作人员

由于建设单位辐射工作包括室内和室外探伤，假设所有工作由一名辐射工作人员完成，其叠加的年附加有效剂量当量为 0.28mSv/a ，符合《电离辐射防护与辐射源

安全基本标准》（GB18871-2002）中相应“管理限值”的要求和本次评价照射管理限值（工作人员 5mSv/a）的要求。

B 公众人员

经上述计算，无论是铅房周围的公众还是现场探伤周围的公众，其可能受到额外的辐射照射最大为 0.026mSv/a，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871- 2002）中相应“管理限值”的要求和本次评价照射管理限值（公众 0.25mSv/a）的要求。

11.3 臭氧及氮氧化物环境影响分析

根据设计方案，本项目拟在铅房西墙右上角设置机械排风装置，排风扇外置铅防护罩。设计风量 150m³/h，铅房体积为 20m³，每小时通风换气次数不小于 3 次。建设单位每次开机探伤时间最多为 30min，因此探伤室内产生的臭氧量也非常有限，很快通过排风扇排至铅房外，在环境中大概经 50 分钟自动分解。

（1）臭氧产额

参考（中华放射医学与防护杂志 VoL14，2，P101~P103，1994），依照下式计算 X 射线束所致臭氧的产额：

①有用线束的臭氧产额

$$P= 2.43 D_0 (1- \cos\theta) RG \dots\dots\dots (11-6)$$

式中：

P 为臭氧产额，mg/h；

D₀ 为辐射有用束在距靶 1m 处的输出量，参考 ICRP Report No.33 报告，D₀ = 0.13 Gy/min；

R 为靶到屏蔽物（墙）的距离，m，本项目 R_{max}=2m；

G 为空气吸收 100eV 辐射能量产生的臭氧分子数（G=10）；

θ 为有用束的半张角，本项目 θ=30°。

经计算，本项目有用 X 射束的臭氧产额为 0.322 mg/h。

②泄漏辐射的臭氧产额

将泄漏辐射看为 4π 方向均匀分布的点源（包括有用束区限定的空间区），并考虑机房壁的散射线使室内的臭氧产额增加 10%，臭氧的产额 P（mg/h）为：

$$P=3.32\times 10^{-3} D_0 GV^{1/3} \dots\dots\dots (11-7)$$

式中：

V 为探伤室的体积，m³，本项目 V=20m³；其余符号同（11-6）。

经计算，本项目泄漏辐射的臭氧产额为 0.01mg/h。

故铅房内臭氧总产额为 0.322 mg/h +0.01mg/h=0.33 mg/h。

（2）臭氧浓度

设：臭氧的有效分解时间为 t_d（常取为 0.83h），机房通风换气周期为 3 次/h，平均每次换气需通风 t_v 小时（h）。机房最高饱和臭氧浓度（mg/h）为：

$$Q = \frac{P}{V} \times T \dots\dots\dots (11-8)$$

式中：

V 为铅房的体积，m³；

T 为臭氧的有效清除时间， $T = t_v \times t_d / (t_v + t_d)$ ，h。

假设没有通风（此时室内浓度最高）：当 T= t_d=0.83h，V=20m³ 时，Q=0.01×10⁻³ mg/m³，此值远低于《工作场所中有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2007）中规定的臭氧的最高允许浓度 0.3mg/m³ 的限值要求。铅房内臭氧通过排风系统排出后会在 50 分钟内自动分解，因此臭氧对周围大气环境的影响是可以接受的。

（3）氮氧化物分析

在多种氮氧化物中，以 NO₂ 为主，其产额约为臭氧的一半，故工本项目产生的 NO₂ 室内浓度也能满足《工作场所中有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2007）中规定的 NO₂ 最高允许浓度 5mg/m³ 的限值要求。氮氧化物通过排风系统排放，排放浓度远低于《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中规定的氮氧化物无组织排放浓度 0.12mg/m³ 的限值要求。因此，氮氧化物对大气环境影响是可以接受的。

11.4 事故影响分析

该项目使用的射线装置属 II 类射线装置，可能发生的事事故工况主要有以下几种情况：

（1）现场探伤

1. 射线装置失控导致人员异常照射的。

2. X射线探伤机现场探伤时，人员误入监督区和控制区，造成超剂量照射的。

因此，现场探伤前，国网电科院必须安排专人查看监督区和控制区范围内是否有无关人员逗留，防止人员误入。

(2) 室内探伤

1. X射线探伤机在对工件进行照相的工况下，门-机联锁失效，至使铅防护门未完全关闭，X射线泄漏到探伤室外面，给周围活动的人员造成不必要的照射；或工作人员误入铅房，使其受到额外的照射。

2. 人为故意引起的辐射照射。

为了杜绝事故发生，建设单位必须进行门机联锁装置的定期检查，严格按照操作规程进行作业，确保安全。

发生上述辐射事故时，现场操作人员或工作人员首先须立即切断电源，同时事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要的防范措施，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》。对于发生的误照射事故，应首先向当地生态环境部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。如发生射线装置被盗的事故，则还须向公安部门报告。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及环境保护主管部门的要求，使用 II 类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。具体如下：

一、管理机构

该单位必须制定《放射防护安全管理机构及职责》。内容包括：

①该单位应确定本单位辐射工作安全责任人，设置以行政主管领导为组长的辐射防护领导机构，并指定专人负责射线装置运行时的安全和防护工作。

②辐射防护领导机构应规定各成员的职责，做到分工明确、职责分明。

③辐射防护领导机构应加强监督管理，切实保证各项规章制度的实施。

12.2 辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，使用射线装置的单位应有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。具体如下

(1) 该单位必须制定《操作规程》。

a. 凡涉及对射线装置进行的操作，都有应有明确的操作规程，操作人员必须按操作规程进行操作。

b. 操作人员必须熟悉探伤机的性能和使用方法，并做好相应的个人防护，操作规程应张贴在操作人员可看到的显眼位置，防止误操作。

c. 现场探伤时，须划定控制区和监督区，利用辐射剂量率仪按照边界 $15\mu\text{Sv/h}$ 的剂量水平验证控制区，用警戒绳等明确控制区边界，并设置灯光警告标志、安排专人警戒和巡视，严禁任何人进入该区域；按照边界 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的剂量水平验证监督区，在监督区边界悬挂警告标志，必要时设专人警戒，严禁公众人员进入该区域。

(2) 该单位必须制定《岗位职责》。

该单位必须制定辐射工作人员职责，现场探伤时须制定控制区、监督区管理人员职责。

(3) 该单位必须制定《辐射防护和安全保卫制度》。

①射线装置的使用场所，应有门—机联锁安全装置、开机工作警示灯，电离辐射警示标志及中文警示说明等防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。

②现场探伤作业时，一般应将作业场所中周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为控制区，应将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区，现场探伤过程中必须落实使用红色警示灯、电离辐射警示牌、警戒线、警戒人员巡检等防护措施。

(4) 该单位必须制定《设备检修维护制度》。

①射线装置日常维护频率为 30 天一次，维护内容包括开机后先检查仪器是否正常；使用中遇到异常情况及时切断电源；使用探伤机前训机时间充分；每日工作后清洁探伤机和配件；

②射线装置定期维护频率为三个月一次，维护内容包括对探伤机作一次曝光曲线，对设备机械性能进行维护；检查安全装置的有效性 & 操作完整性。

③辐射工作人员每天检查 X 光机运行是否完好，所使用的剂量仪是否完好。

(5) 该单位必须制定《检测方案》，内容包括：

①根据当地生态环境部门的要求，定期请有资质的检测单位对 X 射线探伤区域周围环境的 X 射线剂量率进行检测；确定了检测项目、检测频度、检测范围等相关要求；

②检测记录应清晰、准确、完整并纳入辐射安全档案管理并存档。

(6) 该单位必须制定《射线装置使用登记制度》，内容包括：

①建设单位建立射线装置技术档案，用制表形式表明 X 射线探伤机的技术档案参数，同时保存射线装置说明书；

②建设单位建立管理制度，使用射线装置时及时进行登记、检查；

③建设单位经常督促射线装置使用人员填写使用记录，并且不定期进行检查；

④建设单位对每次生态环境部门的监督检查、检测均登记在册，做好生态环境部门环评报告（包括批复）、检测报告等技术档案的归档工作；

⑤生态环境做好辐射安全许可证、个人剂量检测报告及体检报告的存档工作。

(7) 该单位必须制定《人员培训计划》，内容包括：

从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培

训和考核，取得上岗证书后方能从事辐射工作，并每四年制定一次培训计划。

12.3 辐射检测

（一）年度检测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定，使用放射性同位素与射线装置的单位应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托有资质的环境监测机构进行监测。建设单位应制定检测计划，检测数据每年年底向当地生态环境局上报备案，具体内容为：

（1）检测项目：X- γ 辐射剂量率。

（2）检测频度：每年常规检测一次。

（3）检测范围：a.室内探伤场所：铅房屏蔽墙外、防护门及缝隙处、工作人员操作位、电缆孔及排风口等；b.现场探伤场所：在进行探伤工作时围绕控制区（60m）、监督区（148m）边界测量辐射水平，如上述边界超过 15 μ Sv/h、2.5 μ Sv/h，则必须扩大控制区及监督区范围，使之满足相关要求；c.探伤设备储存室周围。

（4）检测记录应清晰、准确、完整并纳入档案进行保存。

（二）个人剂量检测

建设单位辐射工作人员应佩戴个人剂量计，须每三个月送有资质的单位检定一次，并建立完整的个人剂量档案。

12.4 辐射事故应急

为有效预防和及时控制突发放射性事故，规范放射工作防护管理和突发放射性事故的应急处置工作，提高应对辐射事故的能力，切实保障工作人员及公众的生命安全，根据《放射性同位素与射线装置安全与防护条例》（国务院令第 449 号）、《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 号等其它有关法律、法规的规定和职能管理部门要求，企业必须结合自身实际，建立《辐射事故应急预案》。

对突发放射性事故，企业应坚持以预防为主、防治结合、严格管理、安全第一的方针，建立和加强相应的监测、应急制度，做到及时发现、及时报告、快速反应、及时控制。同时要不断完善应急反应机制，增强应急处理能力，实现应急工作的科学化、规范化。

（一）组织机构及职责

①由辐射防护领导机构全面负责辐射事故的应急处理，保障事故处理的有效性、快捷性。

②由总经理或行政主管领导担任总指挥。其职责：听取事故情况汇报，并组织放射防护安全管理领导小组会议，制定处理方案，并及时向生态环境部门、卫生部门和公安部门报告。

③辐射防护领导机构其它成员在总指挥的统一领导下，开展事故现场救援、调查处理和善后处理工作。

（二）应急处置程序

①发生放射性事故时，现场工作人员应立即采取切断射线装置电源、保护现场，并立即启动本单位的辐射事故应急方案。

②公司领导接到报告必须立即赶往现场，并采取封闭现场等有效措施，防止事故的进一步扩大和蔓延，2小时内填写辐射事故初始报告表，明确事故类型（丢失、被盗、误照射等），对于发生的辐射事故，应首先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行政部门报告。

③生态环境部门接到事故报告后立即赶赴现场，进行处理，建设单位应积极配合，做好相关工作。

④事故发生后，建设单位应认真配合生态环境部门进行调查。

（三）还需包括辐射事故调查、报告和处理程序及人员和联系方式。

（四）该单位应每年至少组织一次事故应急演练，演习报告存盘。

12.5 安全培训及健康管理

（1）该单位须组织从事辐射操作的工作人员参加有资质单位的辐射安全和防护知识培训，经考核合格并取得相应资格上岗证后才能上岗。取得辐射安全培训合格证书的人员，应当每四年接受一次复训。辐射安全复训包括新颁布的相关法律、法规和辐射安全与防护专业标准、技术规范，以及辐射事故案例分析与经验回馈等内容。不参加再培训的人员或者复训考核不合格的人员，其辐射安全培训合格证书自动失效。

（2）辐射工作人员均须配备个人剂量计，个人剂量计每3个月到有资质的单位检测一次，并建立个人剂量档案，加强档案管理：个人剂量档案应保存至辐射工作人员年满75周岁或停止辐射工作满30年。

(3) 该单位须组织辐射工作人员到有资质的医院进行上岗前体检，并每两年进行一次职业健康检查，建立个人健康档案。在本单位从事过辐射工作的人员在离开该工作岗位时也要进行放射性职业健康体检。

表 13 从事辐射活动能力要求

从事辐射活动能力评价

国网浙江省电力有限公司电力科学研究院的 X 射线探伤项目为新建项目，依据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条之规定，使用射线装置的单位申请领取许可证前应当具备下列条件：

（1）使用 I 类、II 类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。

（2）从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。

（3）射线装置使用场所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。

（4）配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和检测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。

（5）有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等。

（6）有完善的辐射事故应急措施。

表 14 结论

14.1 实践的正当性

国网浙江省电力有限公司电力科学研究院开展 X 射线探伤项目的目的是为了实现对电厂和电网设备的无损检测，从而检查 GIS 壳体及线夹等相关电网设备的质量，在偏远的施工现场，变电站 GIS 筒体或线夹的检测无法实现室内探伤，需要在野外开展 X 射线室外探伤，但其运行所致辐射工作人员和周围公众成员的剂量符合标准中关于“剂量限值”的要求。因而，该单位使用探伤机符合辐射防护“正当实践”原则。

14.2 选址合理性分析

本项目拟建铅房位于国网电科院租用的杭州青洲建筑材料科技开发有限公司厂房内不新增用地，土地性质为工业用地。辐射工作场所周围 50m 范围内有西侧纸板厂工人和东侧北侧建设单位的内部工作人员，无自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区、学校、居民区等环境敏感区，故本项目的选址是合理的。

现场探伤无确定的作业地点。只要严格按照探伤操作规程，做好作业时的安全管理工作，确保周围无相关人员，严格按照控制区边界外周围剂量当量率低于 $15\mu\text{Sv/h}$ ，监督区边界周围剂量当量率低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的要求执行，则其操作是可行的。

14.3 达标排放符合性

在落实报告中提出的各项污染防治措施后，本项目运行对周围环境产生的辐射影响可以满足环境保护的要求。项目运行产生的少量臭氧及氮氧化物室内浓度均满足《工作场所中有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2007）中规定的限值要求；经排风系统排入大气后，臭氧会在 50 分钟内自动分解，氮氧化物的排放浓度远低于《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中规定的氮氧化物无组织排放浓度限值，故臭氧及氮氧化物对大气环境的影响是可以接受的。

14.4 辐射安全防护措施

本项目拟建铅房四侧墙体、顶棚、防护门均采用 26mm 厚的铅板，观察窗采用 26mmPb 的铅玻璃。由理论算可知，屏蔽墙、顶棚、防护门等屏蔽厚度能够满足辐射防护要求。

本项目拟建铅房设置门机联锁、门灯联锁、急停装置等辐射安全保护装置，现场探伤严格划分控制区和监督区，拟配备警戒绳、警示灯、警告标志等，并计划为辐射工作人员配备个人剂量计和射线剂量报警仪以及便携式辐射仪等。以上安全设施能够满足辐射安全防护的要求。

14.5 辐射环境管理制度

该单位在从事辐射操作前，必须制订《辐射安全管理机构成立文件》、《辐射安全管理制度》、《辐射防护和安全保卫制度》、《使用场所安全措施》、《岗位职责》、《操作规程》、《使用登记制度》、《设备检修维护制度》、《人员培训计划》、《检测方案》、《辐射事故应急预案》等规章制度。

14.6 安全培训及健康管理

建设单位所有辐射工作人员经培训考核合格并取得相应资格上岗证后才能上岗，并须佩戴个人剂量计，每3个月检测一次，建立个人剂量档案。辐射工作人员上岗前须进行体检，并每两年进行一次职业健康检查，建立个人健康档案。在本公司从事过辐射工作的人员在离开该工作岗位时也要进行放射性职业健康体检。

14.7 环境影响分析结论

本项目辐射工作人员和公众人员所受辐射年有效剂量均低于本评价提出的5.0mSv/a和0.25mSv/a的年管理剂量约束值，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。

14.8 结论

综上所述，国网浙江省电力有限公司电力科学研究院开展X射线探伤项目，在落实本报告提出的所有污染防治措施和辐射管理基础上，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；其运行对周围环境产生的影响能符合辐射环境保护的要求，该公司基本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，故从辐射环境保护角度论证，该项目的建设运行是可行的。

建议和承诺

(1) 建议建设单位在有条件的情况下将探伤设备储存室设置在杭州市余杭区仓前街道吴山前村 24 组 6 号 2 幢铅房所在的厂房，以减少探伤机的运输，降低丢失风险。

(2) 铅房制作安装过程中应保证施工质量，门缝搭接、电缆孔及排风口处应保证其屏蔽防护效果，避免射线漏出。

(3) 在本项目正式运行前应在规定的验收期限内（一般不超过 3 个月），对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告。