

编号：SDJH[2017]047

核技术利用建设项目

移动式 X、 γ 射线探伤机应用项目

环境影响报告表

（报批版）

济宁鲁科检测科技有限公司（盖章）

2017年6月

环境保护部监制

核技术利用建设项目

移动式 X、 γ 射线探伤机应用项目
环境影响报告表
(报批版)

建设单位名称：济宁鲁科检测科技有限公司

建设单位法人代表（签名或盖章）：

通讯地址：济宁市高新区接贾路 2-2 号

邮政编码：272000 联系人：崔儒静

电子邮箱：13853792512@163.com 联系电话：13853792512

仅限济宁鲁科检测科技有限公司移动式X、 γ 射线探伤机应用项目使用

项目名称：济宁鲁科检测科技有限公司移动式 X、 γ 射线探伤机应用项目

评价单位（盖公章）：山东君恒环保科技有限公司

法人代表（签章）：汪梦田

环评项目负责人：张丽丽

编制人员情况				
姓 名	职 称	证书编号	负责章节	签 名
张丽丽	工程师	HP0012805	项目基本情况/评价依据/环保目标与评价标准/环境质量和辐射现状/项目工程分析与源项/辐射安全与防护/环境影响分析/辐射安全管理/结论与建议	

济宁鲁科检测科技有限公司
移动式 X、 γ 射线探伤机应用项目
环境影响报告表校审人员名单

审 核：王 克

校 核：赵永超

山东君恒环保科技有限公司

2017 年 6 月

表 1 项目基本情况

建设项目名称		移动式 X、γ 射线探伤机应用项目			
建设单位		济宁鲁科检测科技有限公司			
法人代表	马军	联系人	崔儒静	联系电话	13853792512
注册地址		济宁市高新区接贾路 2-2 号			
立项审批部门			批准文号		
建设项目总投资 (万元)	103	项目环保 投资 (万元)	20	投资比例 (环保投资/ 总投资)	19.4%
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	贮源库：5.84 X 射线机贮存 室：30
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 checked="" type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类 (医疗使用) <input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放射 性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
其它					
项目概述					
1.建设单位情况、项目建设规模、目的和任务的由来					
<p>工业设备或设施的安装过程中，金属材料的焊接是不可缺少的。两部分材料焊接或两段管路之间焊接若焊点存在缺陷，或铸件、金属部件上存在一些其它疵点时，这些管路活物件投入使用时，将很可能产生灾难性后果。射线探伤是利用 X 射线或 γ 射线在穿透被检物各部分时强度衰减的不同，检测被检物中缺陷的一种无损检测方法。</p> <p>济宁鲁科检测科技有限公司成立于 2016 年 10 月，租赁位于济宁市高新区接贾路 2-2 号济宁鲁科检测器材有限公司房屋两间及场地（租赁合同和出租方土地证见附</p>					

件)，房屋用做办公室和 X 射线机贮存室，场地新建一座放射源暂存库（以下简称“贮源库”），用于存放拟购置的 γ 射线探伤机。拟购入 5 台 γ 射线探伤机（含 3 枚 ^{192}Ir 放射源、2 枚 ^{75}Se 放射源，均属 II 类放射源）、8 台 X 射线探伤机和 1 套率昂思便携式 DR 数字成像系统（均属 II 类射线装置）均用于现场（移动场所）工业探伤。按照《 γ 射线探伤机》（GB/T14058-2008）分类方法，本项目 γ 射线探伤机为手提式、P 类。

γ 射线探伤机年累积曝光时间约 300 小时；X 射线探伤机和 DR 设备的年累积曝光时间约 400 小时。每次探伤曝光时间约 1 小时。

本项目拟配置无损检测人员 10 人。全部无损检测的人员和 γ 射线探伤机辐射防护负责人必须接受中级或者高级辐射安全培训并取得合格证方可上岗。本项目可同时开展 2 个 γ 射线现场探伤和 3 个 X 射线现场探伤，10 名无损检测人员负责本项目所有探伤工作，保证每个探伤现场至少 2 名探伤工作人员。每人参与 γ 射线探伤累积时间不超过 100 小时、X 射线探伤年累积时间不超过 120h。

济宁鲁科检测科技有限公司无原有核技术利用项目，本项目性质为新建。

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和防护条例》等法律法规要求和规定，本项目需进行环境影响评价，受建设单位委托，本公司在进行现场调查、收集和分析有关资料、预测估算等基础上，编制完成了《济宁鲁科检测科技有限公司移动式 X、 γ 射线探伤机应用项目环境影响报告表（送审版）》。

2.项目建设地点、周边环境

2.1 项目建设地点

济宁鲁科检测科技有限公司位于济宁市高新区接贾路 2-2 号，公司地理位置见附图 1。

2.2 项目周边环境

济宁鲁科检测科技有限公司北邻济宁倍力电器电子有限公司；东邻接贾路，隔路为兖矿集团济宁化工机械厂；南邻无名路，隔路为中煤公司；西邻任城开发区工业园。

本项目贮源室北邻济宁倍力电器电子有限公司空地，东邻本公司空地，南邻本公司办公楼，西邻任城开发区工业园空地。本项目所在厂区周围环境见附图 2，贮源库周围环境见附图 3。

2.3 项目厂区平面布置

济宁鲁科检测科技有限公司贮源室位于租赁场地所在厂区的办公楼北，X射线机贮存室位于此办公楼二楼西北角，济宁鲁科检测器材有限公司平面布置及本项目贮源库和X射线机贮存室等的位置见附图3。

3.产业政策符合性

本项目不属于《产业结构调整指导目录（2011年本）（2013年修正）》中的鼓励类和淘汰类，属允许建设项目，符合国家产业政策。

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) × 枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
1	¹⁹² Ir	3.7 × 10 ¹² Bq × 3	II	使用	工业探伤	工业探伤现场	源在 γ 射线探伤机内，探伤机在贮源库储存，贮源库位于济宁鲁科检测科技有限公司办公楼北侧	\
2	⁷⁵ Se	3.7 × 10 ¹² Bq × 2	II	使用	工业探伤	工业探伤现场		\
\	\	\	\	\	\	\	\	\
\	\	\	\	\	\	\	\	\

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素以及产生的中子流强度 (n/s)。

表 3 射线装置

X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	X 射线探伤机	II	2	XXG-2005	200	5	移动工业探伤	探伤现场	定向
2	X 射线探伤机	II	1	XXG-2505	250	5	移动工业探伤	探伤现场	定向
3	X 射线探伤机	II	3	XXGH-2505	250	5	移动工业探伤	探伤现场	周向
4	X 射线探伤机	II	2	XXGH-3005	300	5	移动工业探伤	探伤现场	周向
5	便携式 DR 数字成像系统	II	1	MAPT-250	250	5	移动工业探伤	探伤现场	定向

表 4 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
报废或废弃放射源	密封	¹⁹² Ir、 ⁷⁵ Se	3.7×10^{11} Bq	0	0	0	贮源库	生产厂家回收或送山东省城市放射性废物库存贮和处置
废（定）显影液和胶片	\	\	\	\	0	0	暂存在符合 GB18597-2001 的室内	交有资质的危废处理单位处置
\	\	\	\	\	\	\	\	\
\	\	\	\	\	\	\	\	\

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）和活度（Bq）。

表 5 评价依据

<p>法规文件</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2016；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 253 号，1998；</p> <p>(5) 《放射源分类办法》，国家环保总局第 62 号公告，2005；</p> <p>(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，2014 修正；</p> <p>(7) 《射线装置分类办法》，国家环保总局公告第 26 号，2006；</p> <p>(8) 《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 3 号，2008；</p> <p>(9) 《产业结构调整指导目录（2011 年本）（2013 年修正）》中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 21 号，2013；</p> <p>(10) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，环境保护部令第 33 号，2015；</p> <p>(11) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环保部令第 18 号，2011；</p> <p>(12) 《放射性物品道路运输管理规定》，交通运输部令第 6 号，2010；</p> <p>(13) 《放射性物品运输安全管理条例》，国务院令第 562 号，2010.1.1 实施；</p> <p>(14) 《关于印发〈关于 γ 射线探伤装置的辐射安全要求〉的通知》，国家环保总局，环发〔2007〕8 号；</p> <p>(15) 《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》，国家环境保护总局，环发〔2006〕145 号；</p> <p>(16) 《山东省辐射污染防治条例》，山东省人大常委会，2014；</p> <p>(17) 《关于进一步加强 γ 射线移动探伤辐射安全管理的通知》，环保部，环办函〔2014〕1293 号；</p> <p>(18) 《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》（环办辐射函〔2016〕430 号）。</p>
-------------	---

<p>技术标准</p>	<p>(1)《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ 2.1-2016);</p> <p>(2)《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016);</p> <p>(3)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002);</p> <p>(4)《工业γ射线探伤放射防护标准》(GBZ132-2008);</p> <p>(5)《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015);</p> <p>(6)《放射性物质安全运输规程》(GB11806-2004);</p> <p>(7)《环境地表γ辐射剂量率测定规范》(GB/T14583-93);</p> <p>(8)《辐射环境监测技术规范》(HJ/T61-2001);</p> <p>(9)《密封放射源及密封γ放射源的容器的放射卫生防护标准》(GBZ114-2006)。</p>
<p>其他</p>	<p>济宁鲁科检测科技有限公司移动式 X、γ 射线探伤机应用项目环境影响评价项目委托书。</p>

表 6 保护目标与评价标准

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》(HJ 10.1-2016)规定、《辐射环境监测技术规范》(HJ/T61-2001)的要求、以及该项目的放射性辐射特性，评价范围：

(1)放射源储存场所的评价范围：以贮源库实体屏蔽物边界外 50m 范围的区域；

(2)移动探伤的评价范围以划定的监督区边界为准。 γ 射线探伤机运输时，评价范围以运输车为中心 2m 范围内；临时贮存时，评价范围以保险柜为中心 1m 范围内。

保护目标

本项目的环境保护目标主要为贮源库周围公众成员、参与 γ 射线探伤机运输的工作人员、探伤工作现场的工作人员及周围活动的公众人员。

表 6-1 本项目辐射环境保护目标一览表

名称	与贮源室的相对位置及距离	受影响人口规模
本公司办公楼内工作人员	S, 紧邻	约 15 人
本公司办公楼东 2F 楼房二楼住宿人员	E, 20m	约 5 人
济宁圣立达工贸有限公司车间工作人员	W, 26m	约 10 人
济宁博亚特水泵有限公司办公楼及车间工作人员	NW, 15m	约 15 人
济宁倍力电器电子有限公司车间工作人员	NE, 10m	约 20 人
名称	与探伤机的相对位置及距离	受影响人口规模
探伤现场工作人员和公众	至监督区边界	——
名称	与运输车的相对位置及距离	受影响人口规模
运输车驾驶员和工作人员	——	3
运输车周围活动人员	周围 2m 内	——
名称	与保险柜的相对位置及距离	受影响人口规模
γ 射线探伤现场保险柜值守人员	——	2

注：济宁圣立达工贸有限公司、济宁博亚特水泵有限公司均位于任城区工业园内。

评价标准

1. 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

职业照射和公众照射的年有效剂量当量

(1) 职业照射剂量限值

- ①连续 5 年的年平均有效剂量，20mSv；
- ②任何一年中的有效剂量，50mSv；
- ③眼晶体的年当量剂量，150mSv；
- ④四肢（手和脚）或皮肤的年当量剂量，500mSv。

(2) 公众照射剂量限值

- ①年有效剂量，1mSv；
- ②特殊情况下，若 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；
- ③眼晶体的年当量剂量，15mSv；
- ④皮肤的年当量剂量，50mSv。

本次评价年剂量管理目标值如下：

本评价报告表取年有效剂量限值的 3/10 作为年管理剂量约束值，即对工作人员年管理剂量约束值不超过 6mSv；对于公众年管理剂量约束值不超过 0.3mSv。

2. 《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)

(1)标准中 3.1.1.5 款规定：X 射线装置在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 1m 处的漏射线空气比释动能率应符合表 6-2 的要求。

(2)标准 3.1.3 连接电缆规定：对于移动式 X 射线装置，控制器与 X 射线管头或高压发生器的连接电缆不得短于 20m。

表 6-2 距 X 射线管焦点 1m 处的漏射线空气比释动能率

管电压,kV	漏射线空气比释动能率,mGy·h ⁻¹
<150	<1
150~200	<2.5
>200	<5

(3)标准 5 工业 X 射线现场探伤的防护要求：

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（6-1）计算：

$$K = \frac{100}{t} \dots\dots\dots (6-1)$$

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（ μ Sv/h）；
t——每周实际开机时间，单位为小时（h）。

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，探伤工作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 μ 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。

5.4 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。

3. 《工业 γ 射线探伤卫生防护标准》(GBZ132-2008)

(1)标准中 4.1 款规定：源容器应符合 GB/T14058 中第 5.3 条的试验要求，其周围的空气比释动能率不超过表 6-3 的数值。

表6-3 源容器周围空气比释动能率控制值 单位:mGy·h⁻¹

探伤机类型	容器外表面	距容器外表面	
		50mm	1m
手提式	2	0.5	0.02
移动式	2	1	0.05
固定式	2	1	0.10

(2)标准中 7.3 款规定：进行作业探伤前，必须先将工作场所划分为控制区和监督区。

(3)标准中 7.3.1 款规定：控制区边界外空气比释动能率应低于 $15\mu\text{Gy/h}$ 。

(4)标准中 7.3.6 款规定：监督区位于控制区外，允许有关人员在此区域活动，培训人员或探访者也可进入该区。其边界剂量率应不大于 $2.5\mu\text{Gy/h}$ ，边界应有“当心电离辐射”警示标识，公众不得进入该区域。

(5)标准中 8.2.1 款规定：探伤使用单位应设立专用的放射源（或带源的探伤装置）的暂存库。暂存库应为单独的建筑，不能和爆炸物品、腐蚀性物品一起存放。暂存库的相应位置设置电离辐射警告标志。源容器出入源库时应进行监测并有详细记录。

(6)标准中 8.2.2 款规定：工作间歇临时储存含源源容器或放射源、控制源，应在专用的储存设施内贮存。放射源储存设施应能做到：

a) 严格限制对周围人员的照射、防止放射源被盗或损坏，并能防止非授权人员采取任何损伤自己或公众的行动，储存设施外应有警告提示；

b) 应能在常规环境条件下使用，结构上防火，远离腐蚀性和爆炸性等危险因素；

c) 如其外表面能接近公众，其屏蔽应能使设施外表面的空气比释动能率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 或者审管部门批准的水平；

d) 门应保持在锁紧状态，钥匙仅由授权人员掌管；

e) 定期检查物品清单，确认探伤源、源容器和控制源的存放地点。

4. 《放射性物质安全运输规定》(GB11806-2004)

规定中 6.14.2.3 c)款规定：在运输的常规条件下运输工具外表面上任一点的辐射水平应不超过 2mSv/h ，而在距运输工具外表面 2m 处的辐射水平应不超过 0.1mSv/h 。

5. 《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2001) 及其修改公告（环境保护部公告 2013 第 36 号）

标准中 4.1 所有危险废物产生者和危险废物经营者应建造专用的危险废物贮存设施，也可利用原有构筑物改建成危险废物贮存设施

5.3 盛装危险废物的容器必须完好无损

5.5 液体危险废物可注入开孔直径不超过 70mm 并有放气孔的桶中

6.2.3 设施内要有安全照明设施和观察窗口

6.3.1 基础必须防渗

6.3.9 危险废物堆要防风、防雨、防晒

以及标准中未详尽列出的其他规定

表 7 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

1.环境天然放射性水平

济宁市环境天然辐射水平见表 7-1。

表 7-1 济宁市环境天然辐射水平 ($\times 10^{-8}\text{Gy/h}$)

检测内容	范 围	平均值	标准差
原 野	1.69~9.75	5.53	1.32
道 路	1.62~10.54	4.34	1.59
室 内	5.02~14.27	8.22	1.83

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。

2.项目所在地 γ 辐射剂量率本底检测

由山东省波尔辐射环境技术中心对本项目拟建贮源库及周围的辐射情况进行检测，检测时贮源库未建，为环境本底检测。检测报告见附件。

1.1 检测项目

γ 辐射剂量率。

1.2 检测时间与环境条件

检测时间：2017年1月17日；

环境条件：天气：晴；温度：5℃；相对湿度：52%。

1.3 检测方式

现场检测，每个检测点读取 10 个测量值，取其平均值，乘以仪器校准因子后作为最终测量结果。

1.4 检测仪器

美国热电公司 FH40G-L+FHZ672E-10 便携式 X- γ 剂量率仪，测量下限为 10nGy/h，能量响应 48keV~4.4MeV，指示值变化 $< \pm 15\%$ （相对于 ^{137}Cs ）。经中国计量科学研究院检定合格，检定证书编号：DYjl2016-1890，有效期至 2017 年 4 月 11 日。

1.5 检测技术规范

《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》（GB/T14583-93）。

1.6 检测结果

在拟建贮源库位置及其周围布点检测，检测结果见表 7-2，监测布点示意图见图

7-1。

表7-2 贮源库及周围环境 γ 辐射剂量率检测结果(nGy/h)

序号	点位描述	检测值	标准差
1#	拟建源库场地	74.5	1.0
2#	拟建源库东侧	73.4	1.3
3#	拟建源库北侧（济宁倍力电器电子有限公司南厂界）	61.6	1.2
4#	拟建源库南侧（鲁科 4F 办公楼一楼楼梯下）	90.6	1.0
5#	拟建源库西侧（鲁科围墙外）	90.3	1.2
6#	拟建源库东南 23m 鲁科 2F 楼房一楼西门口	75.1	1.1
7#	拟建源库东南 23m 鲁科 2F 楼房二楼西侧	41.9	1.1
8#	拟建源库西侧 26m 圣利达工贸厂房东墙外	45.5	1.1
9#	拟建源库西北 24m 济宁勃亚特水泵有限公司 2F 办公楼东南角	49.7	1.1
检测值范围		41.9~90.6	

注：表中数据已扣除宇宙射线响应值（ 17.0 ± 0.9 nGy/h）。

由表 7-2 中检测数据可知，拟建贮源库及周围环境 γ 辐射剂量率范围为 41.9nGy/h~90.6nGy/h，处于济宁市环境天然辐射水平。

表 8 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

1. γ 射线探伤工程分析

1.1 γ 射线探伤机

(1)特性与用途。本项目 γ 射线探伤机利用 ^{192}Ir 或 ^{75}Se 核素的 γ 射线进行工业探伤,它将 ^{192}Ir 或 ^{75}Se 穿透力强的优点与防护材料所带来的便携性结合起来,使之非常适合在实验室、现场及高空等作业场所应用。该设备外壳设计坚固,耐冲击,具有闭锁自动关闭功能,可减少工作人员的近距离受照辐射。因而,该型 γ 射线探伤机广泛适用于电力、化工、石油、机械、航天等行业的管道、容器及球罐焊缝探伤。

(2)DL-II D 型 ^{192}Ir γ 射线探伤机技术参数:

- a. 放射源额定装载量: $^{192}\text{Ir} \leq 100\text{Ci}$ ($3.7 \times 10^{12}\text{Bq}$)。
- b. 核素形态。固体、密封源。
- c. 泄露剂量: 表面 $< 100\text{mR/h}$; 距离容器 $1\text{m} \leq 20\text{mR/h}$ 。
- d. 检测穿透厚度: 钢 10-100mm。
- e. 操作距离: 一般为 10~15m, 可加长至 30m。
- f. 射线源输出距离: 一般为 5-15m, 可加长至 30m。

(3) DL-VC 型 ^{75}Se γ 射线探伤机技术参数:

- a. 放射源额定装载量: $^{75}\text{Se} \leq 100\text{Ci}$ ($3.7 \times 10^{12}\text{Bq}$)。
- b. 核素形态。固体、密封源。
- c. 泄露剂量: 表面 $< 20\text{mR/h}$; 距离容器 $1\text{m} \leq 2\text{mR/h}$ 。
- d. 检测穿透厚度: 钢 10-40mm。
- e. 操作距离: 一般为 10~12m, 可加长至 30m。
- f. 射线源输出距离: 一般为 5-15m, 可加长至 30m。

1.2 γ 探伤工作原理

γ 射线探伤机在工作过程中,通过 ^{192}Ir 或 ^{75}Se 产生的 γ 射线对受检工件进行照射,当射线在穿过裂缝时其衰减明显减少,胶片接受的辐射增大,根据曝光强度的差异判断焊接的质量。如有焊接质量问题,在显影后的胶片上产生一个较强的图像显示裂缝所在的位置, γ 射线探伤机据此实现探伤目的。

1.3 γ 射线探伤机结构

手提式 γ 射线探伤机的结构比较简单,主要有 3 部分组成: 加长输源导管、源屏

蔽容器(贮源容器)、遥控控制线及摇把。源屏蔽容器是探伤机主体,用作放射源贮存和运输的屏蔽容器。其最外层为钢包壳,内部是贫铀屏蔽层,当放射源贮存在正确位置时,容器外表面的辐射水平远小于允许值。容器钢壳与贫铀之间充以泡沫塑料,用来吸收贫铀材料的韧致辐射。屏蔽容器的一端有联锁装置,用来连接控制缆;另一端通过管接头和输源管连接。图 8-1 为一套完整的探伤机结构示意图。

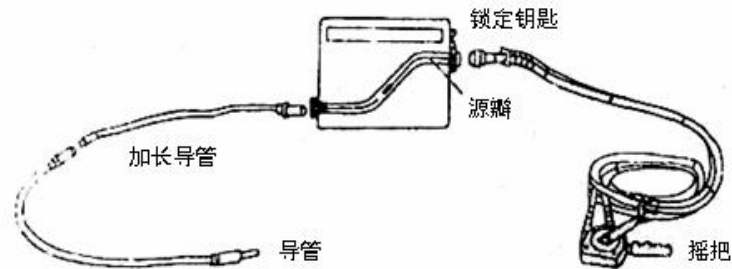


图 8-1 γ 射线探伤机典型结构示意图

1.4 γ 探伤工作流程

工作人员在进行 γ 射线探伤前,先在被探伤物件的焊缝贴上胶片,再在工作现场根据工作人员和公众剂量标准,源的活度和巡测仪测量的结果划分监督区和控制区后在边界设置警戒灯、警戒绳和警戒牌,现场有监护人员;确定场内无相关人员后,开始铺设输源管;确定放射源的位置和照射时间后,在操作位置的操作人员将放射源通过输源管迅速送入到被探伤物件腔内(或者贴胶片的背面),然后迅速离开,并开始计时;达到预定的照射时间后,回到操作位置迅速回收放射源,完成一次探伤。然后,冲洗照片、观察照片、出具探伤报告。工作流程示意图见图 8-2。

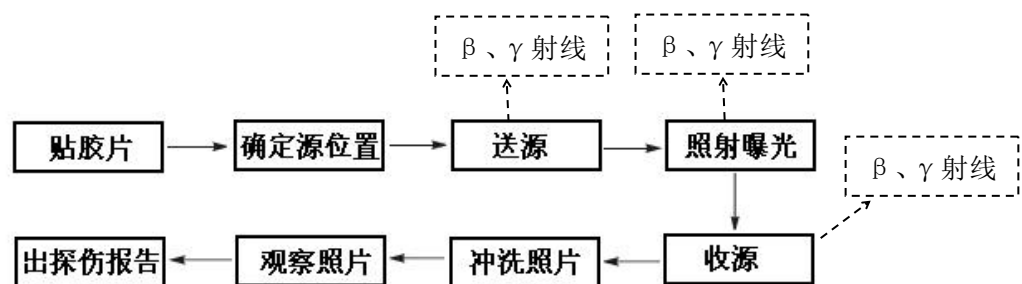


图 8-2 γ 射线探伤机工作流程示意图

1.5 核素辐射特性

(1) ^{192}Ir

①半衰期: 74.0d。

②衰变方式:

a. β % =95.4%。

主要有 3 种能量的 β 射线,分别为 225.9keV(5.95%)、256.0keV(41.3%)、

672.3keV(48.5%)。

b. EC%=4.6%。

c. γ 有 20 余种不同能量的 γ 射线，其中有 4 种射线分支比较大，能量分别为 316.5keV(82.8%)、468.1keV(47.7%)、308.5keV(29.8%)、296.0keV(28.6%)。

③衰变纲图

^{192}Ir 放射性核素的衰变纲图简图见图 8-3 所示。

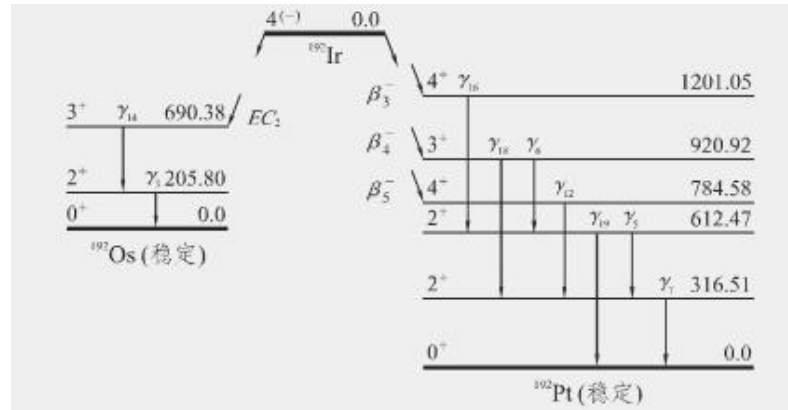


图 8-3 ^{192}Ir 简化衰变纲图

(数据摘自计量测试技术手册，第 12 卷，中国计量出版社)

(2) ^{75}Se

①半衰期：120.0d。

②衰变方式：

a. EC%=100%。

b. γ 有 20 余种不同能量的 γ 射线，其中有 4 种射线分支比较大，能量分别为 264.7keV(59.1%)、136.0keV(59.0%)、279.5keV(25.2%)、121.1keV(17.3%)。

③衰变纲图

^{75}Se 放射性核素的衰变纲图简图见图 8-4 所示。

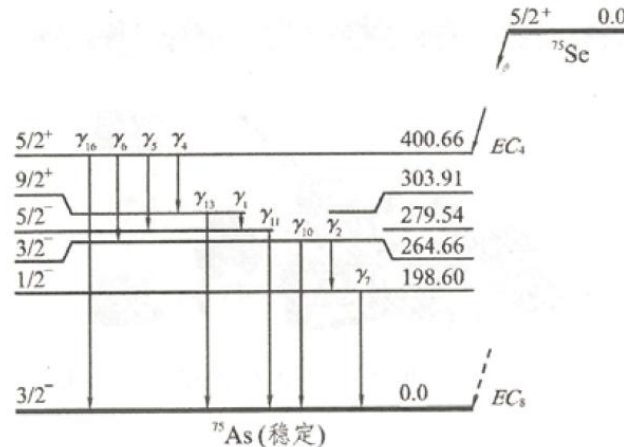


图 8-4 ^{75}Se 简化衰变纲图

(数据摘自计量测试技术手册，第 12 卷，中国计量出版社)

2. X 射线探伤工程分析

2.1 X 射线探伤机结构

主要由 X 射线发生器、控制器、连接电缆及附件组成。采用电风扇强迫冷却；控制器采用了先进的微机控制系统，可控硅规模快调压，主、副可控硅逆变控制及稳压、稳流等电子线路和抗干扰线路，工作稳定性好，运行可靠。整机外形、内部结构如图 8-5。



图 8-5 典型的 X 射线探伤机外形、内部结构

2.2 X 射线探伤原理

X 射线探伤机在工作过程中，通过 X 射线机产生的 X 射线对受检工件进行照射，当射线在穿过裂缝时其衰减明显减少，胶片接受的辐射增大，根据曝光强度的差异判断焊接的质量。如有焊接质量问题，在显影后的胶片上产生一个较强的图像显示裂缝所在的位置，X 射线探伤机据此实现探伤目的。

2.3 X 射线探伤工作流程

工作人员在进行 X 射线探伤前，先在被探伤物件的焊缝贴上胶片，操作人员将 X 射线机固定在适当的位置，确定曝光室内无人员，关闭防护门，接通电源并开始计时；达到预定的照射时间后关机，完成一次探伤。然后，冲洗照片、观察照片、出具探伤报告。X 射线无损检测工艺流程示意图见图 8-6 所示。X 射线探伤机在第一次使用或一段时间未使用时，为提高 X 光机灯管真空度必须训机一次。训机时需确保曝光室内无人员，防护门关闭。

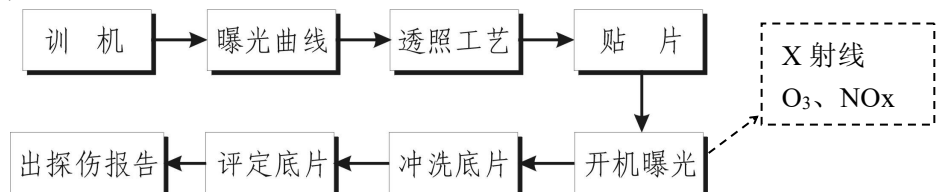


图 8-6 X 射线探伤机工作流程示意图

3. DR 探伤工程分析

3.1 DR 数字成像系统结构

率昂思便携式 DR 系统是基于平板探测器的 X 射线数字检测技术，结合控制原理，完成焊接接头的实时成像以及高清图像采集，检测图像现场可立即显示观看。具有检测灵敏度高、分辨率高、动态范围大的特点，具有检测影像真实可靠、效率高、定位准确、移动灵活、拆装便捷、维护简单的优点。由 X 射线平板探测器、数字成像控制台计算机、控制台软件、无线传输及控制装置、X 射线发生装置等组成。实物图见图 8-7。



图 8-7 DR 系统典型实物图

3.2 DR 探伤原理

DR 的 X 射线发生装置是 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，阳极靶则根据需要，可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被靶突然阻挡从而产生 X 射线，典型的 X 射线管结构图见图 8-8。

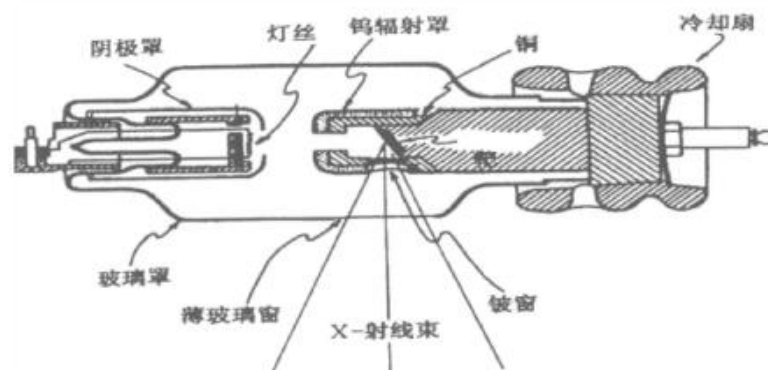


图 8-8 典型的 X 射线管结构图

X 射线穿透金属材料后被平板探测器接收，平板探测器将不可见的 X 射线监测信号转换为光学图像，称为“光电转换”，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，还原在数字成像控制台计算机上，显示出材料内的缺陷性质、大小、位置信息，按照有关标准对检测结果进行缺陷等级评定，从而达到检测目的。

3.3 DR 探伤工作流程

到达探伤现场后，根据客户需要在工件需探伤部位布置平板探测器和 X 射线管，开机设置曝光条件，包括曝光电压和电流。然后开始逐步将电压和电流加到设定值对探伤部位进行曝光，DR 系统将工件的缝隙情况实时成像到控制台计算机上，可以现场对工件缺陷情况进行研判，也可以保存探伤图像以备日后查阅。探伤完成后关机。DR 探伤工作流程见图 8-9。

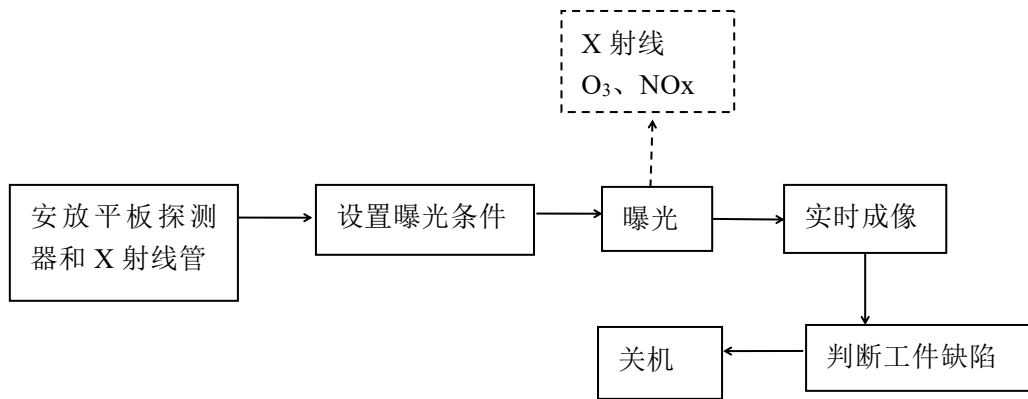


图 8-9 DR 探伤工作流程图

污染源项描述

1. 固体废物

射线探伤过程无放射性气体、液体产生，仅在 γ 射线探伤机工作过程中产生报废和退役的放射源，属放射性固体废物。

探伤作业完成后，需对拍摄的感光片进行显（定）影，在此过程产生的一定数量的废显（定）影液及胶片，查《国家危险废物名录》可知，该废液属 HW16 感光材料废物。

2. β 、 γ 射线

由核素 ^{192}Ir 、 ^{75}Se 的辐射特性可知， ^{192}Ir 能释放 β 、 γ 射线， ^{75}Se 能释放 γ 射线。由于 β 射线穿透能力很弱，设备的外包装可以完全屏蔽，使 β 射线不能释放到环境中。但 γ 射线穿透能力较强，在 γ 射线探伤机贮存、运输和探伤过程中可能对环境产生辐射影响。

3. X 射线

X 射线机和 DR 数字成像检测系统接通电源开机并处于出束状态（曝光）时产生 X 射线，分为有用束辐射、泄漏辐射和散射辐射，对探伤作业现场周围环境产生辐射影响，关机后 X 射线随之消失。

4. 非放射性污染因素分析

X 射线机产生的 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。如果监测地点局域空间内通风不良，臭氧 (O_3) 和氮氧化物 (NO_x) 浓度超过国家标准所允许的范围，则会对附近人员造成危害。本项目属于在室外移动探伤，一般情况通风良好，不会发生臭氧 (O_3) 和氮氧化物 (NO_x) 浓度超过国家标准的情况。不会对职业人员和公众造成电离气体的危害。

由上述分析可知，本报告的评价因子主要为 X 射线、 γ 射线、放射性固体废物和危险废物。

表 9 辐射安全与防护

项目安全设施

1. 拟建贮源库构造及其安全设施

1.1 拟建贮源库构造

拟建贮源库位于本项目所在厂区办公楼北，为单层建筑，其北侧为济宁倍力电器电子有限公司空地，东侧为本公司空地，南侧为本公司办公楼，西侧为任城区工业园空地。拟建贮源库北、东、西三面墙为 24cm 厚的实心砖+6cm 厚的水泥层的砖混结构，南墙为 12cm 厚实心砖+3cm 水泥层的砖混结构；屋顶为 15cm 厚混凝土预制板+15cm 厚混凝土层。贮源库内长 2.55m、内宽 1.45m、内高 2.2m，内设 1 个地下贮源坑。贮源坑长 1.2m、宽 0.55m、深 0.8m，南、北壁为 45cm 厚的混凝土浇灌，东、西壁及底部为 30cm 厚混凝土浇灌，贮源坑盖为 15mm 厚铅板（分为三块，1#基本固定不动，设备进出只开启 2#，两块铅板接缝处用 3#窄铅板覆盖，防止射线穿过）。 γ 射线探伤机的尺寸约为长 35cm，宽 20cm，高 20cm。贮源坑可以同时容纳 5 台 γ 射线探伤机。贮源库位置示意图见附图 3，贮源库及源坑的平面布置见附图 4，源坑的纵剖面设计图见附图 5。拟建贮源库处现状照片见图 9-1。



图 9-1 拟建贮源库处现状照片

1.2 拟建贮源库安全设施

贮源库安装双层防盗门，每层防盗门的铁皮厚度约为 5mm，实行双人双锁管理；贮源坑设置 1 把锁。贮源坑盖和贮源库防盗门上均张贴电离辐射警告标志，贮源库内

部安装 1 个红外线摄像头，贮源库外安装 2 个摄像头（1 个朝向贮源库防盗门，1 个朝向厂区通往贮源库的路），厂区办公楼上安装 1 个摄像头（朝向公司大门和进厂道路），各摄像头均连线到办公室值班室，同时安装贮源库自动报警装置、灭火器、源坑铺设防渗层和排水管道， γ 射线探伤机每次进出源库时，由专人检测放射源源是否在探伤机内，并做好登记，定期使用巡检仪检测源库四周和库顶的辐射剂量率。采取以上措施后可达到环保部令第 18 号中“贮存场所应当采取防火、防水、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄漏的安全措施”的要求。办公室值班室位于办公楼二楼走廊东首，安排 2 人轮流值班，监控与值班人员手机网络连通，可实现贮源库 24 小时处于监控中。贮源库及贮源坑平面布置见附图 3，贮源坑四壁纵剖面设计见附图 4。

2. X 射线探伤机贮存室位置及安全设施

拟将本项目办公楼二楼西北角的房间作为 X 射线机贮存室。X 射线机贮存室位置见附图 3。并拟设防盗门、人员值班、红外线监视等防盗措施，保证本项目 X 射线机的安全。

3. 运输车辆安全设施

本项目拟使用一辆面包车作为 γ 射线探伤机专用运输车辆，运输车最多载 2 个专用保险运输箱。车体上按照《放射性物质安全运输规程》（GB11806-2004）规定粘贴相应的电离辐射警告标志。申请此车辆的非营业性道路危险货物运输资质，取得资质后开展探伤机的运输工作。上述符合“《放射性物品运输安全许可管理办法》（环保部令第 11 号，2010 年）第四十二条规定：自行运输本单位放射性物品的单位应当取得非营业性道路危险货物运输资质，建设单位尚未取得非营业性道路危险货物运输资质，应按要求申请该资质，并在取得相关资质后方可开展探伤机的运输工作。”的要求。

公司拟购置 2 个 γ 射线探伤机专用保险运输箱，每只保险运输箱一次可存放 1 台 γ 射线探伤机，保险运输箱材料为内衬 10mm 铅皮，外层 10mm 钢板，同时最多派出 2 组 γ 探伤工作人员，保险运输箱能够满足需要。每组至少 2 人，一名操作人员，一名现场安全员，每组负责 1 台 γ 射线探伤机。保险运输箱张贴电离辐射警告标志。

如本项目射线探伤机跨设区的市使用，建设单位在转移活动实施前五日内报使用地区的市人民政府环境保护主管部门备案，使用活动结束后五日内办理备案注销手续。上述符合“《山东省辐射污染防治条例》第二十三条：省内转移 II 类射线装置跨

设区的市使用的，应当在转移活动实施前五日内报使用地区的市人民政府环境保护主管部门备案，使用活动结束后五日内办理备案注销手续。”的要求。

4.工作间歇临时储存 γ 射线探伤机的安全设施

本项目 γ 射线探伤机投入运行后，一般当天返回，无需建设临时贮源库，探伤装置用毕不能及时返回本单位放射源库保管的，利用保险柜现场保存，保险柜表面明显位置粘贴电离辐射警告标志，并派专人24小时现场值班，定期检查物品清单，确认探伤源、源容器和控制源的存放地点。以上设施和措施可以达到《工业 γ 射线探伤放射防护标准》（GBZ132-2008）第3.2.2条的要求。

5.探伤场所的安全措施

建设单位拟采取一下措施开展探伤现场的安全工作。

5.1 γ 射线探伤机现场探伤安全措施

1) 现场探伤使用巡检仪划定控制区和监督区。在控制区边界上设置警戒线，在合适的位置设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入放射工作场所”的标牌。在监督区边界设置警戒线并设电离辐射警告标志标牌，设专人看守。

2) γ 射线移动探伤室外作业时，在作业现场边界外公众可达地点放置安全信息公示牌，将辐射安全许可证、公司法人、辐射安全负责人、操作人员和现场安全员的姓名、照片、资质证书和环保部门监督举报电话等信息进行公示，接受公众监督。安全信息公示牌面积不小于2平方米，公示信息如发生变化将重新制作安全信息公示牌。

3) 现场2名辐射工作人员，1名负责操作，1名为现场安全员，负责场所区域的划分与控制、场所限制区域内的人员管理、场所辐射剂量水平监测等安全相关工作，并承担探伤装置的领取、归还以及确认探伤源是否返回装置等工作。

上述拟采取措施可以达到《工业 γ 射线探伤放射防护标准》（GBZ132-2008）、《关于印发<关于 γ 射线探伤装置的辐射安全要求>的通知》（国家环境保护总局，环发[2007]8号）、《关于进一步加强 γ 射线移动探伤辐射安全管理的通知》（环境保护部办公厅，环办函[2014]1293号）的相关要求。

5.2 X射线探伤机现场探伤安全措施

1) 现场探伤使用巡检仪划定控制区和监督区。在控制区边界上拟设置警戒线并悬挂清晰可见的“禁止进入X射线区”警告牌。在监督区边界拟设置警戒线、张贴电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时设专人警戒。

2) 购置可以提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与探伤机连锁。

上述拟采取措施可达到《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）的要求。

本项目最多可同时开展 5 个工作场所的现场探伤（2 个 γ 射线探伤、3 个 X 射线探伤），拟配备 5 台便携式辐射检测仪、5 台射线报警仪、10 台个人剂量报警仪、10 台个人剂量计、10 台直读剂量计、警戒绳、警戒灯、警示牌等辐射监测仪器和防护用品，可以满足现场探伤的需要。

本项目配备的防护用品和监测仪器见表 9-1。

表 9-1 辐射监测仪器和防护设备一览表

仪器设备名称	型 号	数量
便携式辐射检测仪	——	5 台
射线报警仪	——	5 台
个人剂量报警仪	——	10 台
直读剂量计	——	10 台
个人剂量计	常规	10 个
警 戒 绳	常规	5000 米
警 戒 灯	常规	10 个
警 示 牌	常规	10 块
电离辐射警示牌	常规	10 块
防护服	常规	5 套

现场作业应严格按上述要求实施，确保工作人员和公众的安全。

三废的治理（三废治理的设施、方案、预期效果；有废旧放射源的给出处理方案）

本项目运行过程放射性无废水和废气产生，固废分两种，处置方式如下：

一、报废和退役的放射源。报废和退役放射源的处理处置有两种方式：

(1) 购进放射源时与生产厂家签订用源回收合同，废源由生产厂家回收。

建设单位放射源的更换应由放射源生产厂家负责，在贮源库内进行，换源期间放射源生产厂家应在贮源库周围设立警戒区，公司工作人员及公众禁止靠近贮源库。换源前，建设单位应携带回收协议、回收单位资质、回收备案表等材料向环境保护管理部门申请备案。备案后，退役放射源的去向及新放射源的使用均在辐射安全许可证副本中体现，建设单位相关资料档案保存完好。

(2) 在特殊情况下，如因故生产厂家不能收回废放射源时，可按照《城市放射性废物管理办法》的规定，将放射源送山东省城市放射性废物库存贮和处置。任何情况下废放射源不得私自处置。

二、废（定）显影液及胶片

探伤作业完成后，需对拍摄的感光片进行显（定）影，在此过程产生的一定数量的废显（定）影液及胶片，查《国家危险废物名录》可知，该废液属 HW16 感光材料废物。年产生量约 2kg/a。由本单位收集后暂存在防雨、防渗、密闭的容器内且将容器置于具有照明、防火设施的室内，且达到《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）要求，委托具备此种危废处置资质的专业公司处置。

表 10 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目施工期主要是贮源库的土建、防护设施的安装。在施工活动中，会产生施工噪声、建筑垃圾、施工扬尘和污水，对环境存在一定影响。为此，评价特作如下建议：

- 1.对施工时间、时段、施工进度，施工原材料购进时间作精心安排、系统规划；对可能受影响和破坏的对象加以保护；
- 2.施工中应防止机械噪声的超标，特别是应避免机械噪声夜间作业；
- 3.施工中产生的废弃物（如废材料、废纸张、废包装材料、废塑料薄膜等）应妥善保管、及时处理；
- 4.保持施工场地清洁卫生。

施工期的环境影响是短期的，并且本项目施工工程量小，时间短，施工结束后施工的影响即可消除。

运行阶段对环境的影响

1. γ 射线机对环境的影响

1.1 放射源在探伤机内的 γ 辐射剂量率

$$\dot{D} = \frac{K \times \dot{D}_0}{r^2} \quad (10-1)$$

式中： \dot{D} —— γ 空气吸收剂量率，mGy/h；

\dot{D}_0 ——距放射源 1m 处的 γ 剂量率，mGy/h；

K —— γ 射线与物质作用的衰减系数， $K=1/2^{d/HVL}$ ，其中 d 为屏蔽厚；HVL 为半值层；

r ——参考点与源的距离，m。

由《工业 γ 射线探伤放射防护标准》(GBZ132-2008)的规定可知，距离手提式 γ 射线探伤机源容器表面 1m 处的 γ 辐射剂量率限值为 0.02mGy/h。由于 γ 射线探伤机与其源容器为一个整体，可视 γ 射线探伤机表面为源容器表面，为保守估算， \dot{D}_0 取标准限值 0.02mGy/h 进行下述计算。

由公式(10-1)可以估算出无附加屏蔽状态下 ($K=1$)，放射源在探伤机内时，距探伤机表面不同距离的 γ 辐射剂量率，估算结果列入表 10-1。

表10-1 距探伤机表面不同距离的 γ 辐射剂量率 单位： $\mu\text{Gy/h}$

距 离(m)	1	3	5	10	30	50
剂量率, 手提式	20.0	2.2	0.8	0.2	0.02	0.008

注：假设放射源为额定装载量。

1.2 设备探伤过程中 γ 辐射剂量率估算

(1) 无屏蔽状态（裸源）的 γ 空气吸收剂量率估算

由于在探伤送源过程中，放射源几乎是裸露的，可以认为是无屏蔽状态。其估算公式为：

$$\dot{D} = 0.873 \times K \times \frac{\Gamma \times A}{r^2} \quad (10-2)$$

式中： \dot{D} —— γ 空气吸收剂量率， 10^{-2}Gy/h ；

Γ ——照射量率常数： $\frac{Rm^2}{hCi}$ ， ^{192}Ir 的照射量率常数为 $0.463 \frac{Rm^2}{hCi}$ ， ^{75}Se 的照射量率常数为 $0.204 \frac{Rm^2}{hCi}$ ；

A ——放射源活度，Ci；

其它同公式(6-1)。

由公式(10-2)可以估算无屏蔽状态(裸源)下、不同距离的 γ 空气吸收剂量率，估算结果列入表10-2。可见，在裸源状态下 γ 空气吸收剂量率影响范围较大，150m以外仍然有较高的 γ 空气吸收剂量率。

表10-2 无屏蔽（裸源）状态下不同距离的 γ 空气吸收剂量率 单位： $\mu\text{Gy/h}$

距离(m)	10	30	50	100	500	1000
γ 剂量率 ^{192}Ir $3.7 \times 10^{12}\text{Bq}$	4042	449.1	161.7	40.42	1.62	0.40
γ 剂量率 ^{75}Se $3.7 \times 10^{12}\text{Bq}$	1781	197.9	71.2	17.81	0.71	0.18

注：假设放射源为额定装载量。

(2) 无屏蔽状态（裸源）下的控制区与监督区的边界

如前所述，《工业 γ 射线探伤卫生防护标准》(GBZ132-2008)中规定，控制区边界外空气比释动能率应低于 $15 \mu\text{Gy/h}$ ，监督区位于控制区外，其边界空气比释动能率应不大于 $2.5 \mu\text{Gy/h}$ 。可以由公式(10-2)估算无屏蔽状态（裸源）状态下的控制区与监督区的边界，列入表10-3。可见，在裸源状态下控制区与监督区的边界范围比较大。

因此在探伤过程中需充分利用探伤工件以及防护材料的屏蔽作用，减少辐射范围。

表10-3 无屏蔽状态（裸源）状态下的控制区与监督区的边界

核素	¹⁹² Ir (3.7×10 ¹² Bq)	⁷⁵ Se (3.7×10 ¹² Bq)
控制区边界 (m)	164.2	109.0
监督区边界 (m)	402.1	266.9

注：假设放射源为额定装载量。

(3) 工作状态下的控制区与监督区的边界

工作状态下的控制区与监督区的边界确定，可以根据使用的防护屏蔽材料，由《工业γ射线探伤卫生防护标准》(GBZ132-2008)附录中提供的方法进行估算，实际工作中，主要采用以下方法：在探伤机处于照射状态下，用便携式γ剂量率仪从探伤位置四周由远及近测量空气辐射剂量率，直到 2.5μGy/h 为监督区边界，到 15μGy/h 为控制区边界。探伤过程中，还应对控制区边界上代表点的剂量率进行监督监测，尤其是探伤的位置在此方向或者辐射束的方向发生改变时，如有必要可调整控制区的边界。

探伤作业期间，在控制区边界上用警戒绳等围住控制区，设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入放射工作场所”标牌。安排人员对控制区边界进行巡逻，未经许可人员不得进入边界内。

2. 运输过程辐射环境影响

建设单位配有专用运输箱，内衬10mm铅皮，外层10mm钢板。查《工业γ射线探伤放射防护标准》(GBZ132-2008)表C.1，对于核素¹⁹²Ir，铅的衰减半值层为3mm，钢的衰减半值层为14mm，混凝土的衰减半值层为50mm；对于核素⁷⁵Se，铅的衰减半值层为1mm，钢的衰减半值层为9mm，混凝土的衰减半值层为30mm。探伤机在运输箱内时，根据公式(10-1)估算不同距离的γ空气吸收剂量率，估算结果列入表10-4。

表10-4 屏蔽状态下不同距离的γ空气吸收剂量率 单位：μGy/h

距离(m)	0.5	1	2.5	3	5	10	30
γ剂量率 (¹⁹² Ir)	3.01	0.75	0.12	0.083	0.03	0.0075	0.00083
γ剂量率 (⁷⁵ Se)	0.036	0.009	0.0015	0.001	0.00036	0.00009	0.00001

由建设单位提供的资料可知，本项目配置 1 辆专用运输车，可承载 2 个专用保险运输箱，每个保险运输箱最多容纳 1 台 γ 射线探伤机，专用运输箱距运输车车斗 0.5m，由表 10-4 可知，当运输车内有两台 γ 射线探伤机时，运输车外表面的 γ 辐射剂量率最大为 6.00μGy/h，距离运输车外表面 2m 处的 γ 辐射剂量率最大为 0.24μGy/h，低

于《放射性物质安全运输规程》（GB11806-2004）中规定的运输工具外表面任一点的辐射水平不超过 2mSv/h、距运输工具外表面 2m 处的辐射水平不超过 0.1mSv/h 的标准限值。

3. 贮源库辐射防护能力分析

根据《工业 γ 射线探伤放射防护标准》（GBZ132-2008）中关于照射容器周围空气比释动能率控制值的要求，本项目以手提式探伤机源容器周围空气比释动能率控制值作为管理限值，选取距离源容器 1m 处空气比释动能率 0.02mGy/h 为控制限值。本项目建成后，贮源坑内最大储存 5 台 γ 射线探伤机。当 3 台 ^{192}Ir γ 射线探伤机和 2 台 ^{75}Se γ 射线探伤机全部储存在贮源坑内时，距放射源 1m 处的 γ 剂量率为 0.1mGy/h（ $0.02\text{mGy/h} \times 5$ ）。

由于 ^{75}Se 的照射量率常数为 0.204，小于 ^{192}Ir 的照射量率常数 0.463，在同等屏蔽条件下， ^{75}Se 产生的剂量率小于 ^{192}Ir 产生的剂量率。保守考虑，本报告表以 ^{192}Ir 进行剂量估算。由《工业 γ 射线探伤放射防护标准》（GB132-2008）查得 ^{192}Ir 对应混凝土、铅的半值层分别为 5cm、3mm。

根据建设单位提供的资料，贮源坑的长 1.2m、宽 0.55m、深 0.8m，贮源坑东西壁及底部为 30cm 厚的混凝土结构，南北壁为 45cm 厚的混凝土结构，坑盖为 15mm 厚的铅板。 γ 射线探伤机一般放置在贮源坑底部。贮源库为一间平房，内长 3150m、内宽 1.45m、高 2.2m，四周为砖混结构墙体，北、东、西三面墙为 24cm 厚的实心砖+6cm 厚的水泥层的砖混结构，南墙为 12cm 厚的实心砖+3cm 厚水泥层的砖混结构；屋顶厚度为 15cm 混凝土预制板+15cm 混凝土，东面墙安装双层铁皮防护门。

本报告以 5 台 γ 射线探伤机同时在贮源坑内、核素的照射量率常数全部取 ^{192}Ir 的照射量率常数 0.463 这种保守情况，采用公式（10-1），以理论计算的方式，对贮源库辐射屏蔽符合性进行分析。

（1）贮源坑盖上部 30cm 处的 γ 辐射剂量率

假定公司 5 台 γ 射线探伤机同时放置在贮源坑中，取叠加后的 γ 辐射剂量率 0.1mGy/h（ $0.02\text{mGy/h} \times 5$ ）为距 γ 射线探伤机 1m 处的总剂量率。贮源坑内放射源 γ 射线经坑盖屏蔽后，再经反散射才能到达四周墙壁，而坑盖屏蔽后 γ 射线能量明显下降，且反散射到四周墙壁所占比例很小。为保守起见，不考虑反散射的影响。

γ 射线探伤机放置在贮源坑底部，坑盖为 15mm 厚的铅板，估算贮源坑盖上部 30cm 处的 γ 辐射剂量率为：

$$\dot{D}_{\text{储源坑盖上部30cm}} = \frac{D_0}{r^2} \cdot \frac{1}{k} = \frac{100}{0.9^2} \times \frac{1}{\frac{15}{2^3}} = 3.86 \mu\text{Gy}/h \quad (10-3)$$

(2) 贮源库墙体及室顶外表面 30cm 处的 γ 辐射剂量率

查《辐射防护手册》第三分册表 2.12，根据砖和混凝土的半值层将各墙厚度折算成混凝土厚度后计算贮源库墙体的辐射防护能力。

贮源库墙壁为砖和水泥结构，北、东、西墙为 24cm 厚实心砖+6cm 厚水泥（折算混凝土厚度为 21.7cm），南墙为 12cm 厚实心砖+3cm 厚水泥（折算混凝土厚度为 10.8cm），室顶为 15cm 厚混凝土预制板+15cm 厚混凝土；贮源库南、北、东、西墙及室顶外壁距源坑内壁距离分别为 60cm、75cm、145cm、110cm、220cm，估算贮源库各墙体及室顶外表面 30cm 处的 γ 辐射剂量率为：

$$\text{南墙: } \dot{D}_{\text{储源库南墙外表面}} = \frac{D_0}{r^2} \cdot \frac{1}{k} = \frac{3.86}{0.9^2} \times \frac{1}{\frac{10.8}{2^5}} = 2.21 \mu\text{Gy}/h \quad (10-4)$$

$$\text{北墙: } \dot{D}_{\text{储源库北墙外表面}} = \frac{D_0}{r^2} \cdot \frac{1}{k} = \frac{3.86}{1.05^2} \times \frac{1}{\frac{21.7}{2^5}} = 0.17 \mu\text{Gy}/h \quad (10-5)$$

$$\text{东墙: } \dot{D}_{\text{储源库东墙外表面}} = \frac{D_0}{r^2} \cdot \frac{1}{k} = \frac{3.86}{1.75^2} \times \frac{1}{\frac{21.7}{2^5}} = 0.062 \mu\text{Gy}/h \quad (10-6)$$

$$\text{西墙: } \dot{D}_{\text{储源库西墙外表面}} = \frac{D_0}{r^2} \cdot \frac{1}{k} = \frac{3.86}{1.4^2} \times \frac{1}{\frac{21.7}{2^5}} = 0.097 \mu\text{Gy}/h \quad (10-7)$$

$$\text{室顶: } \dot{D}_{\text{储源库室顶外表面}} = \frac{D_0}{r^2} \cdot \frac{1}{k} = \frac{3.86}{2.5^2} \times \frac{1}{\frac{30}{2^5}} = 0.01 \mu\text{Gy}/h \quad (10-8)$$

(3) 贮源库防护门外表面 30cm 处的 γ 辐射剂量率

双层防护门的每层铁皮厚度约 5mm，防护门外表面距贮源坑内壁最近距离约为 1.45m，估算防护门外表面 30cm 处的 γ 辐射剂量率为：

$$\dot{D}_{\text{储源库防护门外表面}} = \frac{D_0}{r^2} \cdot \frac{1}{k} = \frac{3.86}{1.75^2} \times \frac{1}{\frac{10}{2^{14}}} = 0.77 \mu\text{Gy}/h \quad (10-9)$$

通过以上保守假设下的理论计算结果分析可知，该项目拟建贮源库的屏蔽能力能满足《工业 γ 射线探伤放射防护标准》（GBZ132-2008）中第 8.2.2 款 c)“如其外表面能接近公众，其屏蔽应能使设施外表面的空气比释动能率小于 $2.5 \mu\text{Sv}/h$ 或者审管部门批准的水平”的要求。

4. X 射线机和 DR 检测系统对环境的影响

4.1 X 射线吸收剂量率估算公式

$$\dot{D} = 0.873 \times \frac{K \times \dot{X}}{r^2} \quad (10-10)$$

式中： \dot{D} ——X 空气吸收剂量率，cGy/h；

\dot{X} ——1m 处的 X 照射量率，R/h；

0.873——照射量率与剂量率转换系数， $\frac{cGy/h}{R/h}$ ；

K ——X 射线与物质作用的衰减系数，无量纲；

r ——距 X 射线机的距离，m。

4.2 X 射线机和 DR 检测系统射线管输出量

X 射线机和 DR 检测系统射线管所产生的有用 X 射线束在距离 X 射线管焦斑距离 r 处的照射量率，可近似的按下公式计算。

$$\dot{X} = I \dot{X}_0 \left(\frac{r_0}{r}\right)^2 (R/\min) \quad (10-11)$$

式中： \dot{X} ——照射量率，R/min；

I ——管电流，mA；

\dot{X}_0 ——X 射线机在 r_0 米处的输出量 $R \times mA^{-1} \times min^{-1}$ ；

r ——距离 X 射线机的距离，m。

X 射线机和 DR 检测系统射线管的输出量和照射量率与 X 管类型、电压和电压波形、靶材料和形状、以及过滤板材料和厚度有关，可以通过查阅有关参数图表获取。

本评价项目有 3 种不同电压等级管电压（200kV、250kV、300kV）的探伤机。根据《辐射防护手册》第一册，可以查出 3 种管电压的典型 X 射线机（3.0mm 铜为过滤板）距靶 1m 处的输出量分别为 $0.4R \times mA^{-1} \times min^{-1}$ 、 $0.7R \times mA^{-1} \times min^{-1}$ 、 $1.2 R \times mA^{-1} \times min^{-1}$ 。

4.3 无屏蔽状态的有用射束方向的 X 空气吸收剂量率

由设备的技术指标可知，X 射线机及 DR 检测系统射线管的工作电流最大为 5mA，由公式 (10-10) 和 (10-11) 可以估算无屏蔽状态下 3 种管电压不同距离的 X 空气吸收剂量率，估算结果列入表 10-5。

表 10-5 无屏蔽状态下不同距离的有用射束方向 X 空气吸收剂量率 单位： $10^{-6}Gy/h$

距离(m)	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1500
剂量率 (200kV)	104.76	26.19	11.64	6.55	4.19	2.91	2.14	1.64	1.29	1.05	0.47
剂量率 (250kV)	183.33	45.83	20.37	11.46	7.33	5.09	3.74	2.86	2.26	1.83	0.81
剂量率 (300kV)	314.28	78.57	34.92	19.64	12.57	8.73	6.41	4.91	3.88	3.14	1.40

注：电流为 5mA。

由表 10-5 的数据表明，管电压越高，影响范围越大。对于管电压为 300kV 的探伤机来说，在有用射束方向 400m 范围内有较高的剂量率，均高于控制区“作业时被检物体周围的空气比释动能率大于 $15 \mu\text{Sv/h}$ 的范围内”的标准。因此野外探伤时，应根据不同管电压，确定一定范围，使探伤机有用射束方向尽量避开人员活动区域或采取屏蔽措施搞好警戒，严禁所有人员进入。

应该说明，上述剂量率的估算是按探伤机滤光片为 3.0mm 铜、恒定电压、全波发生器，如果上述条件不同其剂量率会有一些的差别。

4.4 控制区及监督区

根据《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）的规定，一般应将作业场所中周围剂量当量大于 $15 \mu\text{Sv/h}$ 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（6-1）计算。控制区边界上应悬挂清晰可见的“禁止进入 X 射线区”警告牌，探伤作业人员应在控制区边界外操作，否则应采取专门的防护措施。

在控制区边界外应将作业时周围剂量当量大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的范围划定为监督区，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。

使用移动式 X 射线探伤装置进行现场探伤时，应通过巡测确定控制区和监督区。当 X 射线探伤装置、场所、被检物体（材料、规格、形状）、照射方向、屏蔽等条件发生变化时，均应重新进行巡测，确定新的划区界线。做定向照射应使用准直器（仅开定向照射口）。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。探伤工作人员应正确使用配备的辐射防护装置，如准直器和附加屏蔽，把潜在的辐射降到最低。

现场作业应严格按上述要求实施，确保工作人员和公众的安全。

无屏蔽状态主射束方向的控制区与监督区的边界范围，可由公式(10-10)及公式(10-11)估算，列入表 10-6。

表10-6 无屏蔽状态下有用射束方向的控制区与监督区的边界

管电压、电流	200kV、5mA	250kV、5mA	300kV、5mA
控制区边界 (m)	264	349	458
监督区边界 (m)	647	856	1773

4.5 无屏蔽状态的漏射线 X 空气吸收剂量率

《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）标准中规定：当 X 线机的管电压大于 200kV 时，要求漏射线 1m 处的比释动能率小于 $5\text{mGy}\cdot\text{h}^{-1}$ ；由此可以估算出不同距离漏射线的剂量率，列入表 10-7。

由表 10-7 的数据表明，管电压大于 200kV 探伤机对应漏射线的控制区和监督区边界的理论距离分别为 18.3m、44.7m。

表 10-7 无屏蔽状态下不同距离漏射线的 X 空气吸收剂量率 $\mu\text{Gy}/\text{h}$

距离(m)	1	2	5	10	18.3	20	44.7	50
剂量率	<5000	<1250	<200	<50	<15	<12.5	<2.5	<1.7

应该注意划定控制区和监督区还应考虑散射线的影响，散射线的影响范围与被探伤工件及周围环境有关，难以用理论公式进行估算。

现场探伤作业控制区与监督区的划分，应按照《工业 X 射线探伤防护要求》（GBZ117-2015）中提供的方法，并且需要使用监测仪器进行监督监测。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。做定向照射应使用准直器（仅开定向照射口）。探伤时在有用线束方向应尽量避免避开探伤现场周围敏感目标，在无法避开的情况下，必须采取铅屏等有效的屏蔽措施，同时搞好警戒，在一定范围内严禁人员进入。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，选择最佳的设备布局，以保证进行探伤作业时，人员的受照剂量低于其剂量限值，并达到合理做到的尽可能低的水平。操作人员应尽可能利用各种屏蔽方式保护自己。

现场作业应严格按照上述要求实施，确保工作人员和公众人员的安全。

5.年有效剂量估算

5.1 估算公式

$$H = 0.7 \times D_r \times T \quad (10-12)$$

式中： H ——年有效剂量当量，Sv/a；

0.7——吸收剂量对有效剂量当量的换算系数，Sv/Gy；

D_r ——X、 γ 剂量率，Gy/h；

T ——年受照时间，h。

5.2 操作 γ 射线探伤机工作人员的年有效剂量

(1)运输过程的附加年有效剂量

由建设单位提供的资料表明，运输箱一次可存放 2 台 γ 射线探伤机，每年运输时

间为 200 小时。通常押运人员和车辆驾驶人员距离探伤机 1m 以外，1 台探伤机屏蔽状态下 1m 处的 γ 空气吸收剂量率 $0.75\mu\text{Gy/h}$ ，则 2 台 γ 射线探伤机在运输箱中时 1m 处 γ 剂量为 $1.5\mu\text{Gy/h}$ ，那么押运人员和车辆驾驶人员的年有效剂量约为：

$$H=0.7\times 1.5\mu\text{Gy/h}\times 200\approx 0.21\text{mSv/a} \quad (10-13)$$

(2)探伤过程工作人员的附加剂量

在实施探伤前应依据《工业 γ 射线探伤放射防护标准》(GBZ132-2008)划分监督区和控制区。

a.近距离接近 γ 射线探伤机时接受的剂量

每次探伤工作人员近距离接触探伤机的时间大约 10min，包括将探伤机从贮源库提到车内、从车内到探伤地点、连接输源导管以及探伤机的移动等。由项目单位提供的资料表明，该项目每人每年最多参加 γ 射线探伤 100 次。人体躯干距离源容器约为 0.5m。由公式 (10-1) 可算出，距离探伤机 0.5m 处 γ 剂量率约 0.08mGy/h 。可以估算出近距离接触探伤机接受的年有效剂量为：

$$H = 0.7\times 0.08\times 100\times 10 / 60 = 0.93\text{mSv/a} \quad (10-14)$$

b.送、收源接受的剂量

送、收放射源的位置，距探伤机约 15m，探伤机距离照射位置约 10m，平均每秒送源（收源）1m，每次探伤送源和收源时间各约为 10s，共计 20s。放射源送到预定位置后操作人员立即离开探伤地点，退到控制区边界外。

核素 ^{192}Ir 放射源初装源时的活度为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$ (100Ci)，衰变到活度为 $3.7\times 10^{11}\text{Bq}$ (10 Ci) 时就停止使用。本报告按放射源的使用活度为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$ (100Ci) 保守估算。

在送收源过程中，人员距离放射源的距离是不断变化的（15m~25m），因此操作位置的 γ 剂量率也是变化的，可以由下列方法估算出送收源过程的平均 γ 剂量率，在距离操作人员 15m~25m 内假设 10 个点位，为 15.5m、16.5m、.....、24.5m。

由公式 (10-2) 估算距离 ^{192}Ir 放射源 15m~25m 的各点位的 γ 剂量率，列入表 10-8。

表 10-8 距离 ^{192}Ir 放射源 15m~25m 各点位的 γ 剂量率 单位:mGy/h

距 离(m)	15.5	16.5	17.5	18.5	19.5
剂 量 率	1.71	1.51	1.35	1.20	1.08
距 离(m)	20.5	21.5	22.5	23.5	24.5
剂 量 率	0.98	0.89	0.81	0.75	0.69

注：放射源活度为平均活度（100Ci）。

由表 10-8 中各点位的 γ 剂量率累加后除以 10, 可以近似的得出送收源过程中操作位置的平均 γ 剂量率为 1.097mGy/h。

由项目单位提供资料表明, 每年每位工作人员参与 γ 探伤工作不超过 100 次, 每次现场探伤需送源收源约 3 次, 由此可以估算送收源过程中接受剂量约为:

$$H = 0.7 \times 1.097 \times 20 / 3600 \times 100 \times 3 = 1.28 \text{mSv/a} \quad (10-15)$$

c.警戒人员的照射剂量

由《工业 γ 射线探伤放射防护标准》中的规定, 控制区的边界 γ 剂量率 $\leq 15\mu\text{Gy/h}$ 。每年每位工作人员现场探伤次数不超过 100 次, 每次探伤约需时间 1 小时, 则警戒人员接受的年有效剂量为:

$$H = 0.7 \times 15 \times 1 \times 100 \times 10^{-3} = 1.05 \text{mSv/a} \quad (10-16)$$

(3)临时储存放射源的保险柜看守人员的照射剂量

根据企业提供资料, 本项目 γ 射线探伤机投入运行后, 一般当天返回, 无需建设临时贮源库, 使用保险柜临时储存 γ 射线探伤机, 每次最长不超过 3 小时, 100 次计算, 距离放射源 1m 处的剂量率为 $0.75 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$, 则看守人员接受的年有效剂量为:

$$H = 0.7 \times 0.75 \mu\text{Gy/h} \times 3 \times 100 = 0.16 \text{mSv/a} \quad (10-17)$$

如果考虑工作人员既参加了运输、探伤, 也参与了警戒、看守工作, 其接受的年有效剂量为公式(10-13)、(10-14)、(10-15)、(10-16)、(10-17)叠加, 则:

$$H = 0.21 + 0.93 + 1.28 + 1.05 + 0.16 = 3.63 \text{mSv/a} \quad (10-18)$$

该公司工作人员年有效剂量低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中规定职业人员的剂量限值 20mSv/a, 也低于本报告提出 6mSv/a 的管理剂量约束限值。

上述的剂量估算是在特定条件下的估算结果, 没有采取任何屏蔽措施。在实际探伤工作中工作人员需要采取必要的防护措施, 如利用现场的地形、屏蔽物等防护措施。另外接受的剂量与探伤人员的熟练程度、防护意识、其它的防护措施等诸多因素有关。在实际工作中尽量远离放射源、减少受辐射时间和采取屏蔽措施, 要求工作人员进行剂量监督, 如携带个人剂量计等, 接受的剂量以剂量监督为准。一旦发现超出或接近本报告表提出管理约束值, 应采取措施, 或暂时调离辐射工作岗位。

5.3 γ 射线探伤公众成员的年有效剂量估算

(1)贮源地点值班人员和公众的附加年有效剂量

本项目贮源库内高为 2.2m，不借助工具人员无法到达室顶。贮源库紧邻本项目办公楼，源库室顶外的 γ 辐射剂量率为 $0.01\mu\text{Gy/h}$ ，经过距离衰减和办公楼外墙的屏蔽，办公楼除一层外的各层邻贮源库的 γ 辐射剂量率可忽略不计。本项目仅估算贮源库对办公楼一层的影响。

贮源库南墙紧邻本公司办公楼内的车间，车间墙为 24cm 厚实心砖+4cm 厚水泥层（折算混凝土厚度为 20.2cm，加上贮源库南墙折算混凝土厚度 10.8cm，总折算混凝土厚度为 31cm），根据公式（10-1）计算车间内距贮源库最近处 γ 辐射剂量率为：

$$\dot{D}_{\text{车间内距贮源库最近处}} = \frac{D_0}{r^2} \cdot \frac{1}{k} = \frac{3.86}{1.18^2} \times \frac{1}{\frac{31}{2^5}} = 0.46\mu\text{Gy/h} \quad (10-19)$$

所以本项目贮源库周围人员可到达范围辐射剂量率最大值为 $0.46\mu\text{Gy/h}$ ，出现在贮源库南墙外办公楼内车间处。根据建设单位提供资料，办公楼一楼车间工作人员每年在距离贮源库南墙最近处滞留不超过 500 小时，则车间工作人员的最大年有效剂量约为：

$$H=0.7 \times 0.46\mu\text{Gy/h} \times 500\text{h} = 0.16\text{mSv/a} \quad (10-20)$$

监控室位于办公楼上，距离贮源库约 20m，有两名值班人员，每名值班人员每年值班时间计为 $12 \times 365 = 4380\text{h}$ ，平均每天接近源库的时间约 1h，接受剂量率以源库防护门外剂量率 $0.77\mu\text{Gy/h}$ 计，则值班人员的年有效剂量约为：

$$H=0.7 \times 0.77\mu\text{Gy/h} \times 1\text{h} \times 365\text{d} = 0.2\text{mSv/a} \quad (10-21)$$

因此， γ 射线探伤机在贮源库贮存期间对值班人员和源库外公众成员的附加有效剂量低于《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 0.3mSv/a 的年管理剂量约束值。

（2） γ 射线探伤机探伤过程

《工业 γ 射线探伤放射防护标准》规定，监督区边界 γ 剂量率不大于 $2.5\mu\text{Gy/h}$ ，可以推算出公众在监督区边缘停留 1h 的有效剂量：

$$H=0.7 \times 2.5 = 1.75\mu\text{Sv} = 0.00175\text{mSv} \quad (10-22)$$

γ 射线现场探伤年曝光时间 300h，探伤过程中，公众成员不得进入划定的监督区，公众成员在监督区边界滞留的可能性很小，居留因子取 1/16，即约 20h/a，其剂量为：

$$H=0.7 \times 2.5 \times 20 = 35\mu\text{Sv} \approx 0.035\text{mSv} \quad (10-23)$$

本项目建成后均为短期探伤工作，现场临时储存过程中临时储存场所一般设置在

放射源使用位置，参照表 10-4，距离保险柜表面 50cm 处的辐射剂量率为 0.48 μ Sv/h，数值较小，因此现场临时储存时对周围公众人员的影响可忽略不计。

γ 探伤工作中公众成员累计接受照射有效剂量为 0.035mSv/a。由于实施探伤的工作场所或是荒郊野外，或者远离居民区，加之人员流动性强，正常情况(按规定做好警戒)下，可以确保公众的附加有效剂量低于《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 0.3mSv/a 的年管理剂量约束值。

5.4 X射线探伤机探伤工作人员接受的剂量

探伤职业人员的附加年有效剂量主要为 X 线机操作人员和警戒人员。实施探伤时，操作人员要求距离 X 线机在 20 米以外（控制区以外）并且要避免有用射束；警戒人员正常情况距离设备还要远一些，通常操作人员接受的剂量大于警戒人员。由于 X 线机为定时曝光自动关机，设备操作人员受到照射主要是在开机初期，开机后可以离开操作位置到更远的区域等候，设备自动关机后再回到操作位置，继续下一步工作。

由项目单位提供的资料表明，每年 X 线机射线探伤每年约 400 小时，一人每年参与探伤曝光时间不超过 120 小时，但是开机后可以远离探伤机。因此在控制区边界滞留的时间远小于 120 小时，为留有一定的安全系数，按 120 小时计，其 X 空气吸收剂量率取控制区边界剂量率，由公式（10-12）估算出工作人员的年有效剂量为：

$$H = 0.7 \times 15 \times 120 = 1260 \mu\text{Sv} = 1.26 \text{mSv/a} \quad (10-24)$$

该年有效剂量远低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)规定的 20mSv/a 的有效剂量，也低于本报告提出的 6mSv/a 的年管理剂量约束值。

上述剂量估算是在特定条件下的结果，在实际探伤工作中所接受的剂量与探伤人员的熟练程度、防护意识、其它的防护措施等诸多因素有关，接受的剂量可能远小于上述估算结果。在实际工作中要求工作人员进行剂量监督，如携带个人剂量计等，接受的剂量以剂量监督为准。

5.5 X 射线探伤过程中公众成员的照射剂量

X 射线现场探伤年曝光时间 400h，探伤过程中，公众成员不得进入划定的监督区，公众成员在监督区边界直流的可能性很小，居留因子取 1/16，即 25h/a。由《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015），可以推算出公众在监督区边缘停留 25h 的有效剂量：

$$H = 0.7 \times 2.5 \times 25 = 87.5 \mu\text{Sv} = 0.044 \text{mSv} \quad (10-25)$$

该年有效剂量远低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)规定的 1mSv/a 的公众成员有效剂量,也低于本报告提出的 0.3mSv/a 的年管理剂量约束值。

由于实施探伤的工作场所往往是在荒郊野外等远离居民区,流动性强,公众在管理区边界滞留时间远低于 25 小时,因此在按《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)的要求,设置管理区并搞好警戒的状态下,可以确保公众的附加有效剂量远低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)中规定的 1mSv/a,也低于本报告提出 0.3mSv/a 的年管理剂量约束值,在正常情况下对公众是安全的。

5.6 工作人员参加全部探伤工作接受的年有效剂量

工作人员在工作中可能既参与 γ 射线探伤又参与 X 射线探伤,全年参与探伤时接受的照射量是最大为 4.89mSv/a,低于本报告提出的年管理剂量约束值(6mSv/a)。

5.7 公众成员接受 γ 射线和 X 射线探伤照射的年有效剂量

如果公众成员既接受 γ 射线探伤的照射又接受 X 射线探伤机的照射,公式(10-23)+ (10-25) 计算接受的总有效剂量为 0.079mSv/a, γ 射线探伤机运输驾驶员接受的有效剂量为 0.21mSv/h,仍然低于本报告提出的年管理剂量约束值(0.3mSv/a)。需要指出的是探伤的工作场所往往在荒郊野外等远离居民区,流动性强,所以公众成员实际接受的有效剂量远小于本报告计算值,只要企业在探伤时严格执行工业射线探伤的相关防护要求,探伤过程中周围公众是安全的。

6. 固体废弃物对环境的影响

1) 报废或退役放射源的回收问题。

(1) 购进放射源时与生产厂家签订用源回收合同,废源由生产厂家回收;

(2) 在特殊情况下,如因故生产厂家不能收回废放射源时,可按照《城市放射性废物管理办法》的规定,将放射源送山东省城市放射性废物库存贮和处置。任何情况下废放射源不得私自处置。

公司放射源的更换由放射源生产厂家负责,在贮源库内进行,换源期间放射源生产厂家在贮源库周围设立警戒区,公司工作人员及公众禁止靠近贮源库。换源前,公司携带回收协议、回收单位资质、回收备案表等材料去放射性废弃物回收管理部门申请备案。备案后,退役放射源的去向及新放射源的使用均在辐射安全许可证副本中体

现，建设单位相关资料档案保存完好。

2) 废（定）显影液及胶片的处置问题

由本单位收集后暂存在防雨、防渗、密闭的容器内且将容器置于具有照明、防火设施的室内，且达到《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）要求，委托具备此种危废处置资质的专业公司处置。

事故影响分析（分析项目运行中可能发生的辐射事故，并说明预防措施）

1.可能发生的辐射事故

结合 γ 射线探伤和 X 射线探伤的工艺流程进行分析，事故风险主要来自设备贮存和现场探伤环节，其潜在的危害因素主要有：

- (1) γ 射线探伤机漏射线指标达不到《工业 γ 射线探伤放射防护标准》规定的要求，从而造成工作人员不必要的照射；
- (2)放射源不能正常收回探伤机内，从而造成工作人员不必要的照射；
- (3)放射源划破或磨损腐蚀、火灾等自然灾害使源破损等，可造成一定区域内的环境放射性污染；
- (4)放射源被盗或丢失，使公众人员受到超剂量照射；
- (5)在探伤现场没有搞好警戒工作，工作人员和公众误留在警戒区内，使工作人员或公众造成不必要照射；
- (6)工作人员不按要求佩戴个人防护用品，造成超剂量照射。

2.事故预防措施

(1)配置必要的辐射监测仪器对工作场所实施必要的监测，及时发现使用过程中可能射线的泄露；

(2)探伤机应定期进行检查、维护和保养。探伤机工作状态下，“卡源”或“源掉出”事故发生，回源装置失效。工作人员应保护好现场，在专业人员指导下手动回源。处理卡源事故的工作人员应按照厂家提供的操作规程进行，且持证上岗。在处理完事故后，尽快对处理卡源事故的工作人员个人剂量计进行监测。一旦发现个人剂量超标现象，及时采取相应的措施。建设单位应定期检查、维修设备，杜绝此类卡源事故的发生。

(3) 应严格制定防范措施，经常对设备的性能进行检查，禁止使用超过 10 年的探伤装置，做好探伤机的贮存工作。

(4)加强对 γ 射线探伤机的贮存、使用现场的管理，防止探伤机被盗、丢失。一旦发生此类事件，根据《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）、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部令第 18 号）、《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）以及《突发环境事件信息报告办法》（环保部令第 17 号）中的有关要求，企业应按规定启动本单位辐射事故应急预案，并及时报告当地环保部门、公安部门以及卫生部门。

(5)制定严格的规章制度，加强安全防护意识，在探伤现场搞好警戒工作，严防工作人员和公众误留在警戒区内。

(6)加强工作人员的教育与培训，正确佩戴个人剂量计，并定期检测。如发现超剂量，应进行调查，或改善防护条件或措施。

3. “卡源”事故人员辐射剂量率

射线探伤机工作状态下，“卡源”或“源掉出”事故发生，回源失效，工作人员手动回源，整个过程约需要 30s，根据公式（10-2）计算，距离放射源 1m 处的射束辐射剂量率最大为 $40.42 \times 10^{-2} \text{Gy/h}$ 。停留因子取 1，工作人员在 30s 内所受剂量为 2.36mSv，能够满足 GB18871-2002 的“除了抢救生命的行动外，必须尽一切合理的努力，将工作人员所受到的剂量保持在最大单一年份剂量值的两倍以下”的规定。

处理卡源事故的工作人员应按照操作规程进行，且持证上岗。在处理完事故后，尽快对处理卡源事故的工作人员个人剂量计进行监测。一旦发现个人剂量超标现象，及时采取相应的措施。建设单位应定期检查、维修设备，杜绝此类卡源事故的发生。

实践的正当性分析

济宁鲁科检测科技有限公司使用 X、 γ 射线探伤机和 DR 数字检测系统用于工业探伤，可以提供工作岗位，创造社会财富，增加社会效益，其对受照个人或社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害。且项目不涉及《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第 4.3.1.3 条中通过添加放射性物质或通过活化从而使有关日用品或产品中的放射性活度增加的实践。因此本项目符合实践的正当性原则。

表 11 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

济宁鲁科检测科技有限公司拟成立相应的辐射安全管理机构，并以文件形式明确各成员管理职责。

本项目拟配备 10 名辐射工作人员，按照《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）的规定，建设单位拟安排辐射防护负责人和辐射工作人员接受中级或者高级辐射安全培训，取得培训合格证后方可上岗。

γ 射线探伤现场配备现场安全员，承担 γ 射线探伤装置的领取、归还、监测等工作。现场安全员必须从 10 名辐射工作人员中选择。贮源库配备辐射安全管理员，确保源库和探伤现场的正规及安全。

辐射安全管理规章制度

济宁鲁科检测科技有限公司目前未制定辐射安全管理制度，公司应根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（中华人民共和国环境保护部令第 3 号（2008 年修改））规定尽快制定相关的辐射安全管理制度及操作规程。现提出如下建议：

探伤设备使用登记制度：详细记录每台设备的领用、交还情况。

操作规程：明确辐射工作人员的资质条件要求、设备操作流程及操作过程中应采取的具体辐射安全措施。

辐射防护和安全保卫制度：根据企业的具体情况制定辐射防护和安全保卫制度。

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

岗位职责：明确管理人员、辐射工作人员、维修人员的岗位责任，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，并层层落实。

监测方案：制定监测方案，方案中应明确监测频次和监测项目，监测结果定期上报环境保护行政主管部门。

设备检修维护制度：制定探伤设备检修维护制度，并定期维修和维护各项辐射防护设施设备。

辐射事故应急措施：针对 γ 射线探伤机存储和 γ 射线、X 射线探伤过程可能产生的辐射污染情况完善事故应急措施，依据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发[2006]145 号文）的要求，必须明确建立应急机构和人员职责分工，应急人员的组织、培训以及应急，辐射事故分类与应急响应的

措施。当发生事故时，公司应当立即启动辐射事故应急方案，采取有效防范措施，及时制止事故的恶化，并在 1 小时内向当地环境保护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。

放射源异地使用管理制度：持证单位持放射性同位素到外省使用时，应当于活动实施前提交“放射性同位素异地使用备案表”，备案表应先送使用地省级环保部门，经备案后，送移出地省级环保部门备案。异地使用活动结束后，持证单位应在放射源转移出使用地后 20 日内，先后向原使用地、移出地省级环保部门注销备案。

济宁鲁科检测科技有限公司应尽快制定完善相关管理制度，并严格按照制度执行，在今后的工作实践中不断完善，提高制度的可操作性。

辐射监测

1. 个人剂量监测

公司拟配备 10 名探伤工作人员，均需配备个人剂量计，并开展个人剂量监测。

a. 工作人员个人剂量由有资质的检测单位至少每三个月检测一次，并建立个人剂量档案。

b. 对工作人员进行涉源危急处理时还应进行应急剂量监测，并按规定格式记入个人剂量档案中。

c. 个人剂量计佩戴要求：当辐射主要来自前方时，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般在左胸前；当辐射主要来自人体背面时，剂量计应佩戴在背部中间。

以上监测记录应清晰、准确、完整并纳入档案进行保存。

2. 贮源场所和室外探伤监测计划

需制定贮源库和工作场所监测方案，定期或不定期地对贮源库、工作场所、现场储存场所和周围环境进行监测。如发现异常或怀疑有异常情况，应及时对工作场所和环境进行监测。

2.1 监测项目

环境 X- γ 辐射剂量率、个人 X- γ 辐射累积剂量率。

2.2 监测区域

(1) 贮源库监测

对以下位置的剂量率水平进行巡测

① 贮源库墙壁外 30cm 处离地面高度 1m 处；

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

③ 人员经常活动的位置。

(2) 室外探伤监测

每次现场探伤作业均需要监测或巡测，进行划区。

工作完毕离开现场前，对 γ 射线探伤机源容器进行检测确认放射源回到源容器的屏蔽位置。

收回放射源至屏蔽位置后，在探伤位置四周以该剂量的等剂量线为基础，确定控制区边界和监督区边界，以确认放射源未在现场遗漏。

2.3 监测频次

(1) 贮源库监测

1~2 次/a 或应急。

(2) 室外探伤监测

每次探伤作业均应实施监测或巡测。

(3) 每次移动探伤作业前，凡属下列情况之一应由有资质的放射卫生技术服务机构进行控制区、监督区边界剂量率的监测：

- a. 新开展现场 X 射线和 γ 射线探伤的单位；
- b. 每年抽检一次；
- c. 在居民区进行的现场探伤；
- d. 发现个人季度剂量（3 个月）可能超过 5mSv。

监测计划的制定还应注意以下内容：

a. 每次新 X 射线探伤装置和 γ 探伤装置启用前，对探伤作业现场的“控制区”、“监督区”边界进行划分；其中 γ 源启用前还应对放射源的暂存设施进行“控制区”“监督区”边界划分。

b. 每次探伤前检测 X 探伤机和 γ 射线探伤机安全装置的性能（特别当探伤机移动后），包括： γ 放射源是否安全贮存在探伤机内，手动输源设备的机械性能、输源管道的密封和屏蔽性能；

c. 每次探伤作业结束后，探伤作业人员用辐射监测仪器核查放射源是否回到安全位置；

d.每次进出源库时，由专人检测放射源源是否在探伤机内，并做好登记；

e.规定若放射工作人员接受的剂量限值超过国家规定限值的 3/10 时，立即查明原因，采取改进措施，并对受照人给予及时治疗、暂停放射工作，并根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《山东省辐射污染防治条例》在接到放射工作人员个人剂量检测报告之日起 5 日内报发证的环境保护、卫生部门调查处理。

辐射事故应急

本项目为新建项目，建设单位拟根据《中华人民共和国放射性污染防治法》及《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《辐射应急事故预案》。一旦发生风险或辐射事故时，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。应急预案应包括以下内容：

(1)放射事故应急处理机构与职责

1) 单位成立辐射事故应急处理领导小组，组织开展风险事件的应急处理工作。

2) 应急处理领导小组职责

a.定期组织对设备和人员进行辐射防护情况自查和监测，发现事故隐患及时督导整改；

b.发生人员受超剂量照射事故，应启动本预案；

c.事故发生后立即组织有关部门和人员进行事故应急处理；

d.负责向环保、公安及卫生行政部门及时报告事故情况；

e.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；

f.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；

g.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

1) 迅速报告原则；

2) 主动抢救原则；

3) 生命第一的原则；

4) 科学施救，控制危险源，防止事故扩大的原则；

5) 保护现场，收集证据的原则。

(3)应急物品配备清单

1) 放射测量设备

- a. 能测量剂量率数值到 Sv/h 的宽范围 γ 测量仪；
- b. 环境水平测量仪；
- c. 污染测量仪或探测器；
- d. 测量仪的检验源。

2) 人员防护设备

- a. 应急响应人员直读式剂量仪；
- b. 应急响应人员个人剂量计；
- c. 防护工装裤、套鞋和手套；
- d. 急救箱。

3) 通讯设备

手提无线通讯设备

4) 供给

- a. 合适的屏蔽物，如铅粒包等；
- b. 至少 1.5m 长的夹钳，适合于处理源组装体；
- c. 屏蔽容器；
- d. 合适的处理工具；
- e. 放射警告标志和标签；
- f. 防止设备污染的塑料；
- g. 记录簿。

5) 支持文件

- a. 设备操作手册；
- b. 分类相应程序；
- c. 监测的程序；
- d. 人员辐射防护程序。

(4)辐射事故应急处理程序

- a.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；
- b.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；

c.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卫生防护人员的参与下进行；

d.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。

(5)辐射事故报告程序

发生辐射事故时，公司应立即启动辐射事故应急预案，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》，向当地环境保护部门和公安部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应向当地卫生行政部门报告。

建设单位应定期组织进行应急人员演习，并总结演习中存在的问题，不断完善应急预案，确保对辐射事故的及时有效处置。

表 12 结论与建议

结论

济宁鲁科检测科技有限公司位于济宁市高新区接贾路 2-2 号，本项目拟购入 5 台 γ 射线探伤机（含 3 枚 ^{192}Ir 放射源、2 枚 ^{75}Se 放射源，均属 II 类放射源）、8 台 X 射线探伤机和 1 套率昂思便携式 DR 数字成像系统（均属 II 类射线装置）均用于现场（移动场所）工业探伤。同时拟在济宁鲁科检测科技有限公司厂区内新建一座放射源暂存库（以下简称“贮源库”）及 X 射线机贮存室，用于存放拟购置的 γ 射线探伤机、X 射线探伤机和率昂思便携式 DR 数字成像系统。

1. 辐射安全与防护分析结论

本项目拟建贮源库位于办公楼北，北、东、西三面墙为 24cm 厚的实心砖+6cm 厚的水泥层的砖混结构，南墙为 12cm 厚的实心砖+3cm 厚的水泥层的砖混结构；屋顶厚度为 15cm 厚的混凝土预制板+15cm 厚的混凝土。贮源坑位于地下，采用实体屏蔽措施，贮源坑内长 1.2m、内宽 0.55m、内深 0.8m，南北壁为 45cm 厚的混凝土浇灌，东西壁及底部为 30cm 厚的混凝土浇灌；贮源坑盖为 15mm 厚铅板。贮源库安装双层防盗门，每层防盗门的铁皮厚度约为 5mm，实行双人双锁管理；贮源坑设置 1 把锁。

拟配备探伤机专用运输车辆一辆、2 个保险运输箱，每个保险运输箱可容纳 1 台 γ 射线探伤机。保险运输箱内衬 10mm 铅皮、外贴 10mm 铁皮，表面明显位置粘贴电离辐射警告标志。

拟将本项目办公楼二楼西北角的房间作为 X 射线机贮存室。拟在现有房价增设防盗门、人员值班、红外线监视等防盗措施，保证本项目 X 射线机的安全。

本项目现场探伤时拟使用保险运输箱临时贮存 γ 射线探伤机。现场派 2 人 24 小时现场值班，负责保险运输箱的安全保卫等管理工作，确保安全。探伤时在监督区和控制区边界设置警戒灯、警戒绳和警示牌，现场有监护人员，未经许可不得进入控制区。探伤工作人员和监护人员、现场安全员必须佩戴个人剂量计和剂量报警仪。现场配备应急箱，包括放射源的远距离处理工具。

项目拟建贮源库和 X 射线机贮存室、运输车辆、 γ 射线探伤机保险运输箱、探伤场所的辐射安全与防护设施能较好的保护本项目拟建贮源库值班人员及周围公众成员、参与 γ 射线探伤机运输的工作人员、X 射线和 γ 射线探伤工作现场的工作人员及周围活动的公众人员。

2. 环境影响分析结论

1) 现状监测表明, 拟建贮源库及周围环境 γ 辐射剂量率监测结果范围为41.9nGy/h~90.6nGy/h, 处于济宁市环境天然辐射水平。

2) 通过对拟购 γ 射线探伤机贮存条件下理论估算表明: 通过地下贮源坑和贮源库砖墙的屏蔽, 贮源库在贮存5台 γ 射线探伤机时, 贮源库墙体外表面的 γ 辐射剂量率最大为2.21 μ Gy/h, 防护门外表面的 γ 辐射剂量率为0.77 μ Gy/h, 均低于2.5 μ Gy/h的剂量限值。距离贮源库最近的是南墙紧邻的车间, 通过理论估算, 车间工作人员接受的最大年有效剂量0.16mSv/a, 低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》规定的1mSv/a的剂量限值, 也低于本报告提出的0.3mSv/a的年管理剂量约束值, 因此拟建贮源库对值班人员和周围公众不会有明显的影响。

3) 室外探伤作业时, 经估算结果可知, γ 射线探伤机操作人员接受的年有效剂量约为3.63mSv, X射线探伤机操作人员接受的年有效剂量约1.26mSv/a, 辐射工作人员接受的最大年有效剂量为4.89mSv, 均低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)规定的20mSv/a的职业人员剂量限值, 也低于本报告提出的6mSv/a的管理约束限值。 γ 射线探伤时公众成员的年有效剂量为0.035mSv/a, γ 射线探伤机运输驾驶员的年有效剂量为0.21mSv/a, X射线探伤时公众成员的年有效剂量为0.044mSv/a, 均低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》规定的1mSv/a的剂量限值, 也低于本报告提出的0.3mSv/a的年管理剂量约束值。

4) 该项目正常运营过程中, 不产生放射性固体废弃物, 但有报废或退役放射源的回收问题。此外探伤过程中有废显(定)影液和胶片产生。

(1)购进放射源时与放射源生产商签订用源回收合同, 废源由生产商负责回收;

(2)在特殊情况下, 如因故生产商不能回收时, 可按照有关规定, 将放射源送山东省城市放射性废物库收贮。任何情况下废放射源不得私自处置。报废或退役放射源始终处于安全控制之下, 正常情况下不会对环境造成影响。

(3)废显(定)影液和胶片属HW16感光材料废物。由本单位收集后暂存在防雨、防渗、密闭的容器内且将容器置于具有照明、防火设施的室内, 且达到《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2001)要求, 委托具备此种危废处置资质的专业公司处置。

3.可行性分析结论

本项目不属于《产业结构调整指导目录(2011年本)(2013年修正)》中的鼓

励类和淘汰类，属允许建设项目，符合国家产业政策。

本项目使用 X、 γ 射线探伤机用于工业探伤，可以提供工作岗位，创造社会财富，增加社会效益，其对受照个人或社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害。且项目不涉及《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第 4.3.1.3 条中通过添加放射性物质或通过活化从而使有关日用品或产品中的放射性活度增加的实践。因此本项目符合实践的正当性原则。

总之，从辐射环境保护的角度分析，该项目在做进一步完善后，其建设是可行的。

建议和承诺（主要指出还存在的问题及改进措施或承诺）

一、建议

1.探伤操作人员，要求熟知防护知识，能合理的应用“距离、时间、屏蔽”的防护措施，使公众和工作人员所受到的照射降到可以达到的最低水平，并确保在《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)规定的限值以内。

2. 操作探伤机的工作人员的数量应该满足实施探伤作业的要求，尤其要配备足够的警戒人员，确保探伤作业过程中工作人员和公众成员的安全。

3.在进行工业探伤时，应根据现场情况预先制定防护措施或方案，确保公众成员和工作人员的安全。

4.每次探伤工作前，操作人员应检查探伤装置的安全锁、联锁装置、位置指示器、输源管、驱动装置等的性能。

5.鉴于探伤机具有流动性，因此要制定切实可行的管理制度，加强对探伤机的安全管理，防止丢失、被盗事件的发生。

6.探伤机要求在达到探伤装置十年安全使用期限时，申请报废。

7.建设单位应该确保辐射剂量率监测仪器以及其他现场防护警戒用器材满足现场探伤防护和监测要求。

8.公司辐射工作人员必须取得培训合格证书后方可上岗，全部无损检测的人员和 γ 射线探伤机辐射防护负责人必须接受中级或者高级辐射安全培训并取得合格证方可上岗。

9.放射源运输车辆必须取得非营业性道路危险货物运输资质方可从事本单位放射源的运输工作。

10.加强个人剂量档案的管理，规范个人剂量计的使用。

二、承诺

本项目建设单位承诺，按照环境影响评价文件及审批文件、环境保护主管部门提出的要求同步进行主体工程和环保设施的建设，落实环评及审批文件、环保主管部门提出的环保措施，项目建成后，经核技术应用项目环保主管部门组织的环境保护设施竣工验收后投入正式运行。