

¹⁹² Ir 曝光室西北墙 30cm 外 公众	2.6	800mm 厚钢筋 混凝土	公众	有用 线束	1/4	1/8	10 ⁻⁸	0.01	3.13×10 ⁻⁵
¹⁹² Ir 曝光室西南墙 外 30cm 公众	2.6	800mm 厚钢筋 混凝土	公众	有用 线束	1/4	1/8	10 ⁻⁸	0.01	3.13×10 ⁻⁵
¹⁹² Ir 曝光室东南墙 外 30cm 公众	4.2	800mm 厚钢筋 混凝土	公众	有用 线束	1/4	1/8	10 ⁻⁸	3.83×10 ⁻³	1.2×10 ⁻⁵
¹⁹² Ir 曝光室工件门 外 30cm 公众	4.5	800mm 厚钢筋 混凝土	公众	漏射	1/4	1/8	10 ⁻⁸	2.47×10 ⁻⁶	7.72×10 ⁻⁹

2.3、⁶⁰Co-γ射线探伤机探伤时辐射工作人员、公众年有效剂量

⁶⁰Co-γ射线探伤室使用 ⁶⁰Co-γ射线探伤机探伤时各关注点及保护目标的见表 7-1、图 7-1、图 11-4、图 11-5。年曝光时间为 1500h，四周墙体以及工件门外公众接触时间极少，本项目此处居留因子 T 取 1/8，其余取 1/4。关注点还需包含 ⁶⁰Co-γ射线四周墙体以及工件门外可能接触的公众。

表 11-18 ⁶⁰Co-γ射线探伤室内 ⁶⁰Co-γ射线探伤机探伤时 各环境保护目标辐射剂量预测结果

预测点 位置	距辐射 源距离 m	屏蔽体	受照者 类型	居留 因子 T	减弱 倍数 N	关注点的 剂量率 μSv/h	年有 效剂量 mSv/a
⁶⁰ Co-γ射线操 作室工作人员	4.5	1200mm厚 钢筋混凝土	职业	1	2 ^{17.1}	0.41	0.62
退火区工作 人员	9.4	1200mm厚 钢筋混凝土	公众	1/4	2 ^{17.1}	9.40×10 ⁻²	3.52×10 ⁻²
喷漆区工作 人员	27	1200mm厚 钢筋混凝土	公众	1/4	2 ^{17.1}	1.14×10 ⁻²	4.27×10 ⁻³
¹⁹² Ir-γ射线操 作室工作人员	14.4	2000厚钢筋 混凝土	职业	1	2 ^{28.6}	1.37×10 ⁻⁵	2.05×10 ⁻⁵
焊接区 3 工作 人员	41	1200mm厚 钢筋混凝土	公众	1/4	2 ^{17.1}	4.94×10 ⁻³	1.85×10 ⁻³

焊接区 4 工作人员	47	1200mm厚 钢筋混凝土	公众	1/4	$2^{17.1}$	3.76×10^{-3}	1.41×10^{-3}
^{60}Co 曝光室东 北墙外 30cm 公众	4.5	1200mm厚 钢筋混凝土	公众	1/8	$2^{17.1}$	0.41	7.69×10^{-2}
^{60}Co 曝光室西 北墙外 30cm 公众	4.5	1200mm厚 钢筋混凝土	公众	1/8	$2^{17.1}$	0.41	7.69×10^{-2}
^{60}Co 曝光室东 南墙外 30cm 公众	5.1	1200mm厚 钢筋混凝土	公众	1/8	$2^{17.1}$	0.32	5.96×10^{-2}
^{60}Co 曝光室工 件门外 30cm 公众	5.7	1200mm厚 钢筋混凝土	公众	1/8	$2^{17.1}$	0.26	4.79×10^{-2}

2.4、 ^{60}Co - γ 射线探伤室内 X 射线探伤机探伤时辐射工作人员、公众年有效剂量

X射线探伤机在 ^{60}Co - γ 射线探伤室内探伤时各关注点及保护目标的见表 7-1、图 7-1、图 11-4、图 11-5。X射线探伤机年曝光时间为 100h，四周墙体以及工件门外公众接触时间极少，本项目此处居留因子 T 取 1/8，其余取 1/4。关注点还需包含 ^{60}Co - γ 射线探伤室四周墙体以及工件门外可能接触的公众。

表 11-19 ^{60}Co - γ 射线探伤室内 X 射线探伤机
探伤时各环境保护目标辐射剂量预测结果

预测点位置	距源距离 m	屏蔽体	受照者类型	照射类型	使用因子	居留因子	透射因子 B	关注点的剂量率 $\mu\text{Sv/h}$	年有效剂量 mSv/a
^{60}Co - γ 射线操作室工作人员	3.0	1200mm厚钢筋混凝土	职业	有用线束	1/4	1	10^{-12}	7.83×10^{-7}	1.96×10^{-8}
退火区工作人员	7.9	1200mm厚钢筋混凝土	公众	有用线束	1/4	1/4	10^{-12}	1.13×10^{-7}	7.06×10^{-10}
喷漆区工作人员	25.5	1200mm厚钢筋混凝土	公众	有用线束	1/4	1/4	10^{-12}	1.08×10^{-8}	6.77×10^{-11}
^{192}Ir - γ 射线操作室工作	12.9	2000mm厚钢筋混凝土	职业	有用线束	1/4	1	10^{-20}	4.2×10^{-16}	1.06×10^{-17}

焊接区 3 工作人员	39.5	1200mm 厚钢筋 混凝土	公众	漏射	1/4	1/4	10 ⁻¹²	3.3×10 ⁻¹²	2.1×10 ⁻¹⁴
焊接区 4 工作人员	45.5	1200mm 厚钢筋 混凝土	公众	漏射	1/4	1/4	10 ⁻¹²	2.5×10 ⁻¹²	1.6×10 ⁻¹⁴
⁶⁰ Co 曝 光室东 北墙外 30cm 公 众	3.0	1200mm 厚钢筋 混凝土	公众	有用 线束	1/4	1/8	10 ⁻¹²	7.83×10 ⁻⁷	2.45×10 ⁻⁹
⁶⁰ Co曝光 室西北 墙外 30cm 公众	3.0	1200mm 厚钢筋 混凝土	公众	有用 线束	1/4	1/8	10 ⁻¹²	7.83×10 ⁻⁷	2.45×10 ⁻⁹
⁶⁰ Co曝光 室东南 墙外 30cm 公众	4.6	1200mm 厚钢筋 混凝土	公众	有用 线束	1/4	1/8	10 ⁻¹²	3.33×10 ⁻⁷	1.04×10 ⁻⁹
⁶⁰ Co曝光 室工件 门外 30cm 公众	5.2	1200mm 厚钢筋 混凝土	公众	漏射	1/4	1/8	10 ⁻¹²	1.9×10 ⁻¹⁰	5.8×10 ⁻¹³

3、放射源保管致辐射工作人员受照剂量

根据存/取一次放射源所需的工序，主要为存取、近距离移动放射源及安装输管导管等，保守取辐射工作人员存/取一次放射源时处于离探伤机 1m 处。本次评价分别考虑 ¹⁹²Ir、⁶⁰Co-γ 射线探伤机的表面周围当量剂量率，根据《工业探伤放射防护标准》GBZ117-2022 表 2，保守取距 ¹⁹²Ir 源表面 1m 处的当量剂量率为 0.02mSv/h、时间取 100s；取距 ⁶⁰Co 源表面 1m 处的当量剂量率为 0.05mSv/h、时间取 120s。则可估算出 ¹⁹²Ir-γ 射线探伤室完成一次存取 ¹⁹²Ir 放射源的操作所受的附加剂量约为 0.56μSv；⁶⁰Co-γ 射线探伤室完成一次存取 ⁶⁰Co 放射源的操作所受的附加剂量约为 1.67μSv。经与建设单位核实，保守估计每天存/取最多 4 次，每年探伤工作天数约 250 天。放射源存取由 2 名辐射工作人员共同完成，则 ¹⁹²Ir-γ 射线探伤室辐射工作人员由于存/取放射源所致的

年附加有效剂量为 0.56mSv/a；⁶⁰Co-γ 射线探伤室辐射工作人员由于存/取放射源所致的年附加有效剂量为 1.67mSv/a。

4、储源坑内 γ 射线探伤机对曝光室内辐射工作人员的辐射剂量

根据本章节前面内容理论预测：储源坑盖板表面30cm处的空气比释动能率为：¹⁹²Ir储源坑外表面30cm处空气比释动能率为：1.13μSv/h；⁶⁰Co储源坑外表面30cm处空气比释动能率为0.92μSv/h。

¹⁹²Ir-γ 射线探伤室和⁶⁰Co-γ 射线探伤室由于探伤工件摆放、张贴胶片、摆放X射线探伤机等操作每天预计花费1.5h，年工作250天，共计375h。¹⁹²Ir-γ 射线曝光室内工件摆放区距离源坑最近保守选取1.7m、⁶⁰Co-γ 射线曝光室内工件摆放区距离源坑最近保守选取1.0m。因此估算出γ 射线探伤机对¹⁹²Ir-γ 射线曝光室内辐射工作人员的辐射剂量率为 1.32×10^{-2} mSv/a、对⁶⁰Co-γ 射线曝光室内辐射工作人员的辐射剂量率为 3.11×10^{-2} mSv/a。

5、探伤室各环境保护目标辐射剂量叠加

根据表11-15、11-16、11-17、11-18、11-19各探伤室辐射剂量预测情况表、放射源存取、放射源对曝光室内辐射工作人员的辐射剂量，以及结合X射线探伤机、¹⁹²Ir-γ射线、⁶⁰Co-γ射线探伤机同时曝光出束情况。辐射工作人员受到50m范围内临近探伤室曝光时的辐射剂量，因距离较远或受到多面屏蔽墙体屏蔽，所以不考虑临近曝光室曝光时的辐射剂量。辐射工作人员及公众辐射受照剂量叠加情况，见表11-20。

表 11-20 各环境保护目标辐射剂量叠加值

序号	保护目标	源场所	贡献剂量源	受照者类型	照射类型	年有效剂量 mSv/a	年有效剂量叠加值 mSv/a
1	X 射线探伤操作室辐射工作人员	X 射线探伤室	X射线探伤机	职业	主射束	0.15	0.15
2	¹⁹² Ir-γ射线操作室辐射工作人员	¹⁹² Ir-γ射线探伤室	¹⁹² Ir-γ射线探伤	职业	主射束	0.40	1.03
		¹⁹² Ir-γ射线探伤室	X射线探伤机	职业	主射束	2.5×10^{-4}	
		¹⁹² Ir-γ射线探伤室	存取Ir放射源	职业	主射束	0.56	

		¹⁹² Ir-γ射线探伤室	Ir储源坑	职业	主射束	1.32×10^{-2}	
3	60Co-γ射线操作室辐射工作人员	60Co-γ射线探伤室	60Co-γ射线探伤	职业	主射束	0.62	2.32
		60Co-γ射线探伤室	X射线探伤机	职业	主射束	1.96×10^{-8}	
		60Co-γ射线探伤室	存取Co放射源	职业	主射束	1.67	
		60Co-γ射线探伤室	Co储源坑	职业	主射束	3.11×10^{-2}	
4	X射线探伤室东北墙外30cm公众	X射线探伤室	X射线探伤机	公众	主射束	3.81×10^{-2}	3.81×10^{-2}
5	东南墙外30cm公众	X射线探伤室	X射线探伤机	公众	主射束	1.69×10^{-2}	1.69×10^{-2}
6	西南墙外30cm公众	X射线探伤室	X射线探伤机	公众	主射束	3.81×10^{-2}	3.81×10^{-2}
7	西北墙外30cm公众	X射线探伤室	X射线探伤机	公众	主射束	3.81×10^{-2}	3.81×10^{-2}
8	工件门外30cm公众	X射线探伤室	X射线探伤机	公众	漏射	1.60×10^{-3}	1.60×10^{-3}
9	卷板区工作人员	X射线探伤室	X射线探伤机	公众	主射束	3.58×10^{-4}	3.58×10^{-4}
10	焊接区1工作人员	X射线探伤室	X射线探伤机	公众	主射束	1.53×10^{-4}	1.53×10^{-4}
11	焊接区2工作人员	X射线探伤室	X射线探伤机	公众	漏射	1.23×10^{-5}	1.23×10^{-5}
12	192Ir曝光室西北墙外30cm公众	192Ir-γ射线探伤室	192Ir-γ射线探伤机	公众	主射束	4.5×10^{-2}	4.5×10^{-2}
		192Ir-γ射线探伤室	X射线探伤机	公众	主射束	3.13×10^{-5}	
13	192Ir曝光室西南墙外30cm公众	192Ir-γ射线探伤室	192Ir-γ射线探伤机	公众	主射束	4.5×10^{-2}	4.5×10^{-2}
		192Ir-γ射线探伤室	X射线探伤机	公众	主射束	3.13×10^{-5}	

14	¹⁹² Ir曝光室 东南墙外 30cm 公众	¹⁹² Ir-γ射线 探伤室	¹⁹² Ir-γ 射线探 伤机	公众	主射 束	3.63×10^{-2}	3.63×10^{-2}
		¹⁹² Ir-γ射线 探伤室	X射线探 伤机	公众	主射 束	1.2×10^{-5}	
15	¹⁹² Ir曝光室 工件门外 30cm公众	¹⁹² Ir-γ射线 探伤室	¹⁹² Ir-γ 射线探 伤机	公众	主射 束	3.13×10^{-2}	3.13×10^{-2}
		¹⁹² Ir-γ射线 探伤室	X射线探 伤机	公众	漏射	7.72×10^{-9}	
16	⁶⁰ Co曝光 室东北墙 外30cm公 众	⁶⁰ Co-γ射线 探伤室	⁶⁰ Co-γ 射线探	公众	主射 束	7.69×10^{-2}	7.69×10^{-2}
		⁶⁰ Co-γ射线 探伤室	X射线探 伤机	公众	主射 束	2.45×10^{-9}	
17	⁶⁰ Co曝光 室西北墙 外30cm 公众	⁶⁰ Co-γ射线 探伤室	⁶⁰ Co-γ 射线探	公众	主射 束	7.69×10^{-2}	7.69×10^{-2}
		⁶⁰ Co-γ射线 探伤室	X射线探 伤机	公众	主射 束	2.45×10^{-9}	
18	⁶⁰ Co曝光 室东南墙 外30cm 公众	⁶⁰ Co-γ射线 探伤室	⁶⁰ Co-γ 射线探	公众	主射 束	5.96×10^{-2}	5.96×10^{-2}
		⁶⁰ Co-γ射线 探伤室	X射线探 伤机	公众	主射 束	1.04×10^{-9}	
19	⁶⁰ Co曝光 室工件门 外30cm 公众	⁶⁰ Co-γ射线 探伤室	⁶⁰ Co-γ 射线探	公众	主射 束	4.79×10^{-2}	4.79×10^{-2}
		⁶⁰ Co-γ射线 探伤室	X射线探 伤机	公众	漏射	5.8×10^{-13}	
20	焊接区3工 作人员	¹⁹² Ir-γ射线 探伤室	X射线探 伤机	公众	漏射	2.22×10^{-10}	2.96×10^{-3}
		¹⁹² Ir-γ射线 探伤室	¹⁹² Ir-γ 射线探 伤机	公众	主射 束	1.11×10^{-3}	
		⁶⁰ Co-γ射线 探伤室	⁶⁰ Co-γ 射线探 机	公众	主射 束	1.85×10^{-3}	
		⁶⁰ Co-γ射线 探伤室	X射线探 伤机	公众	漏射	2.1×10^{-14}	
21	焊接区4工 作人员	¹⁹² Ir-γ射线 探伤室	X射线探 伤机	公众	漏射	1.33×10^{-10}	2.03×10^{-3}

		¹⁹² Ir-γ 射线探伤室	¹⁹² Ir-γ 射线探伤机	公众	主射束	6.15×10 ⁻⁴	
		⁶⁰ Co-γ 射线探伤室	⁶⁰ Co-γ 射线探伤机	公众	主射束	1.41×10 ⁻³	
		⁶⁰ Co-γ 射线探伤室	X射线探伤机	公众	漏射	1.6×10 ⁻¹⁴	
22	退火区工作人员	¹⁹² Ir-γ 射线探伤室	X射线探伤机	公众	主射束	1.29×10 ⁻¹⁰	3.52×10 ⁻²
		¹⁹² Ir-γ 射线探伤室	¹⁹² Ir-γ 射线探伤机	公众	主射束	1.56×10 ⁻⁵	
		⁶⁰ Co-γ 射线探伤室	⁶⁰ Co-γ 射线探伤机	公众	主射束	3.52×10 ⁻²	
		⁶⁰ Co-γ 射线探伤室	X射线探伤机	公众	漏射	7.06×10 ⁻¹⁰	
23	喷漆区工作人员	¹⁹² Ir-γ 射线探伤室	X射线探伤机	公众	主射束	3.56×10 ⁻¹¹	4.27×10 ⁻³
		¹⁹² Ir-γ 射线探伤室	¹⁹² Ir-γ 射线探伤机	公众	主射束	4.55×10 ⁻⁶	
		⁶⁰ Co-γ 射线探伤室	⁶⁰ Co-γ 射线探伤机	公众	主射束	4.27×10 ⁻³	
		⁶⁰ Co-γ 射线探伤室	X射线探伤机	公众	主射束	6.77×10 ⁻¹¹	

根据表11-20, 可知本项目辐射工作人员因交叉作业, 职业照射年最大受照剂量保守估算为3间探伤室职业照射叠加值 $0.15+1.03+2.32=3.5\text{mSv}$; 公众年最大受照剂量为 $7.69\times 10^{-2}\text{mSv}$ 。因此, 从预测结果可以看出, 本项目建成后, 探伤机在正常运行工况下, 所致工作人员最大年有效剂量值满足 5.0mSv/a 的剂量约束限值; 所致公众最大年有效剂量值满足 0.1mSv/a 的剂量约束限值, 符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)中关于“剂量限值”的要求。

五、臭氧

1、X 射线探伤室产生的臭氧

X 射线与空气中的氧气作用产生少量臭氧和氮氧化合物，其中由于氮氧化合物的产率仅为臭氧产率的十分之一，且臭氧是强氧化物，能使材料加速老化，与有机物及可燃气体接触时易引起爆炸，标准中对大气中臭氧浓度的标准严于氮氧化物。因此本报告表主要对臭氧的产生及排放进行分析。

臭氧产额的计算公式：

$$Q_0 = 6.5 \times 10^{-3} G \cdot S_0 \cdot R \cdot g \dots\dots\dots \text{（式 11-14）}$$

式中：

Q_0 ：臭氧产额，mg/h；

G ：离辐射源 1m 处的辐射剂量率，Gy/h；本项目取 1.41Gy/h；

S_0 ：射束在离源点 1m 处的照射面积，m²，本项目中取值为 1；

R ：射束径迹长度，m，本项目中取值为 1；

g ：空气每吸收 100eV 辐射能量产生的 O₃ 的分子数，本项目中取值为 10。

本项目采用专用排风轴流风机，拟配置风机最大通风量为 6000m³/h，X 射线曝光室设计容积为 1500m³，则曝光室内每次换气时间为 0.25h，每小时换气 4 次，满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)中“每小时有效通风换气次数应不小于 3 次”的要求。

如照射时间足够长，浓度均匀，则可根据以下公式计算曝光室内臭氧的浓度：

$$C = \frac{QT}{V} \dots\dots\dots \text{（式 11-15）}$$

$$T = \frac{t_v \times t_d}{t_v + t_d} \dots\dots\dots \text{（式 11-16）}$$

式中： C ：室内臭氧平衡浓度，mg/m³；

Q ：臭氧产额，mg/h；

T ：臭氧有效清除时间，h；

V ：室内体积，m³，本项目 X 射线曝光室室内体积约为 1500m³；

t_v ：平均每次换气时间，0.25h；

t_d ：臭氧分解时间，h（0.83h）。

根据以上公式可计算出使用 X 射线探伤机工作时，曝光室内 O₃ 的平衡浓

度为 $1.17 \times 10^{-5} \text{mg/m}^3$ 。

2、 ^{192}Ir 、 ^{60}Co - γ 射线探伤室 X 射线产生的臭氧

根据公式 11-14、11-15、11-16 估算 X 射线机在 ^{192}Ir 、 ^{60}Co - γ 射线探伤室臭氧产生量和浓度。本项目 ^{192}Ir 探伤室净空容积约 1870m^3 ， ^{60}Co 探伤室净空容积约 1890m^3 ，拟配置风机最大通风量为 $6000\text{m}^3/\text{h}$ ，X 射线探伤机曝光时间分别约 100h。经计算 X 射线在 ^{192}Ir - γ 射线探伤室产生的臭氧浓度为 $9.42 \times 10^{-5} \text{mg/m}^3$ ；在 ^{60}Co - γ 射线探伤室产生的臭氧浓度为 $9.32 \times 10^{-5} \text{mg/m}^3$ 。

3、 ^{192}Ir 、 ^{60}Co - γ 射线探伤室 γ 射线产生的臭氧

根据《辐射所致臭氧的估算与分析》（王时进、娄云，中华放射医学防护杂志，1994 年 4 月第 14 卷第 2 期）中给出的公式，估算辐射所致臭氧的产额和浓度。

①点状 γ 射线密封源所致的 O_3 产额

$$P = 3.02 A K_{\gamma} G V^{1/3} \dots\dots\dots \text{（式 11-17）}$$

式中：P—— O_3 的产额，mg/h；

A——放射源活度，TBq；本项目 ^{60}Co 、 ^{192}Ir 源活度为 $3.7 \times 10^{12} \text{Bq}$ ，即 3.7TBq

K_{γ} ——空气比释动能率常数， $\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{TBq}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ；根据《辐射防护手册》（方杰主编）P75 表 3.2 可知：对于 ^{192}Ir ， $K_{\gamma} = 1.89 \times 10^{-3} \text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{TBq}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ；对于 ^{60}Co ， $K_{\gamma} = 5.20 \times 10^{-3} \text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{TBq}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ；

G——空气吸收 100eV 辐射能量产生的 O_3 分子数，本次评价取值 10；

V——探伤室体积， m^3 ，本项目 ^{192}Ir 探伤室净空容积约 1870m^3 ， ^{60}Co 探伤室净空容积约 1890m^3 ；

经计算：本项目 ^{192}Ir 探伤室所致的 O_3 产额为 2.60mg/h ； ^{60}Co 探伤室所致的 O_3 产额为 7.18mg/h 。

② O_3 浓度

本项目 ^{192}Ir 探伤室、 ^{60}Co 探伤室室内臭氧的浓度计算参照公式 11-15、式 11-16。本项目拟配置风机最大通风量为 $6000\text{m}^3/\text{h}$ ， ^{192}Ir 探伤室净空容积约 1870m^3 ， ^{60}Co 探伤室净空容积约 1890m^3 ，得到 ^{192}Ir 探伤室平均每次换气时间 t_v 为 0.31h， ^{60}Co 探伤室平均每次换气时间 t_v 为 0.32h。本项目采用专用排风轴流风机，拟配置风机最大通风量为 $6000\text{m}^3/\text{h}$ ， ^{192}Ir 探伤室、 ^{60}Co 探伤室曝光室

设计容积为 1870m³、1890m³，则曝光室内每次换气时间为 0.31h、0.32h，每小时换气分别为 3.21 次、3.17 次满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)中“每小时有效通风换气次数应不小于 3 次”的要求。

根据以上公式可计算出使用γ射线探伤机工作时，¹⁹²Ir 曝光室内 O₃ 的平衡浓度为 3.14×10⁻⁴mg/m³，⁶⁰Co 曝光室内 O₃ 的平衡浓度为 8.77×10⁻⁴mg/m³。

综上，X 射线探伤室产生臭氧浓度为 1.17×10⁻⁵mg/m³；¹⁹²Ir-γ 射线探伤室产生臭氧浓度为 3.14×10⁻⁴+9.42×10⁻⁵=4.08×10⁻⁴mg/m³、⁶⁰Co-γ射线探伤室产生臭氧浓度为 8.77×10⁻⁴+9.32×10⁻⁵=9.70×10⁻⁴mg/m³，臭氧浓度远低于《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》(GBZ2.1-2019)中室内臭氧符合最高容许浓度 0.3mg/m³ 的要求。

X 射线、¹⁹²Ir、⁶⁰Co-γ曝光室采用轴流风机进排风。在曝光室顶部设置轴流风机进风口，曝光室地面设置轴流风机排风口，进排风口采用 35mm 铅当量铅防护罩进行屏蔽，臭氧通过探伤室排风管道引至厂房屋顶排出，经大气自然扩散后，对周围的环境影响可以满足《环境空气质量标准》(GB3095-2012)中二级标准(0.20mg/m³)的要求，对大气环境影响较小。

六、危险废物

公司每年探伤作业预计产生废显影液 960kg/a、废定影液共 960kg/a、废胶片 2kg/a。根据生态环境部和国家发展改革委联合发布《国家危险废物名录(2021 年本)》(生态环境部令 第 39 号，2021 年 1 月 1 日起实施)中的危险废物划分类别，废显影液、定影液及胶片属于编号为 HW16 的危险废物。其显影废液主要成分为无水亚硫酸钠、碳酸钠(Na₂CO₃)，定影废液主要成分为溴化钾、无水亚硫酸钠；废胶片主要成分为卤化银。

废显影液、定影液不得外排，废胶片不得作为一般固体废物处理。探伤产生的废显影液、定影液、废胶片分类收集、暂存于危废暂存间专用容器中，定期委托具有危废处理资质的单位回收处置。具体措施为：废显影液、定影液采用未破损的密封桶包装，包装桶的材质为能够完全防渗漏的钢、铁和高密度塑料，选用的包装容器不能与所装的废显、定影液发生化学反应，所装废显、定影液的液面须距桶盖 10cm，桶重量不能超过 50kg；废胶片可用中度强度以上的不破损的塑料编制袋进行包装，装袋完毕，封口严实，每袋重量不超过 50kg。

应在废显、定影液和废胶片的包装物上粘贴包括“危废标识和危废类别、存放时间、责任人及处置单位”等相关信息标签，并醒目显示收集废液的名称。废液收集桶及废胶片暂存柜放置地点应做好“防渗、防水、防倾倒、防腐”等工作，防止泄漏后造成二次污染，严格按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）中要求执行。

公司已与有危废处理资质的单位签订回收处理协议。公司需加强废显定影液、废胶片的产生、贮存、转运、处置等环节的管理，由专人负责管理，建立完整的台帐，对产生的数量和去向进行严格登记，填报危废转移联单。

七、噪声

探伤室风机工作时将产生一定噪声，本项目拟采用低噪声设备（噪声源强低于 65dB（A）），对厂界噪声的贡献较小，对项目所在区域声环境影响较小。

八、废水

本项目产生洗片废水量约 3000kg/a；辐射工作人员生活污水产生量约 0.6m³/d；本项目产生废水经厂区预处理池处理达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准后排入市政污水管网再进入青白江区污水处理。

九、固体废物

工作人员产生的生活垃圾约 3.0kg/d，依托厂区垃圾桶统一收集后由环卫部门统一清运。

事故影响分析

一、事故风险识别

本项目所用探伤机属II类射线装置，所用放射源 ¹⁹²Ir，⁶⁰Co 为II类放射源，其风险因子为 X 射线和γ射线，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019 年修订版）第四十条，辐射事故从重到轻分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级，详见表 11-13。

表11-13 辐射事故登记划分表

事故等级	事故情形
特别重大辐射事故	I类、II类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡。

事故等级	事故情形
重大辐射事故	I类、II类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致2人以下（含2人）急性死亡或者10人以上（含10人）急性重度放射病、局部器官残疾。
较大辐射事故	III类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致9人以下（含9人）急性重度放射病、局部器官残疾。
一般辐射事故	IV类、V类放射源丢失、被盗、失控，或放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

根据《实用辐射安全手册》（第二版）（丛慧玲，北京：原子能出版社）急性放射病的发生率以及急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系（表11-14）。

表11-14 急性放射病的发生率、死亡率与辐射剂量的关系

辐射剂量/Gy	急性放射病发生率%	辐射剂量/Gy	死亡率%
0.70	1	2.00	1
0.90	10	2.50	10
1.00	20	2.80	20
1.05	30	3.00	30
1.10	40	3.20	40
1.20	50	3.50	50
1.25	60	3.60	60
1.35	70	3.75	70
1.40	80	4.00	80
1.60	90	4.50	90
2.00	99	5.50	99

二、源项分析及最大可能性事故分析

根据污染源分析，本项目环境风险因子为X射线、 γ 射线，危害因素为X射线、 γ 射线超剂量照射。

1、本项目X射线室内探伤工作场所可能发生的辐射事故如下：

(1) 安全联锁装置发生故障，探伤机工作时无关人员误入，造成人员被误照射；

(2) 在产品检测时门机联锁失灵，人员在检测装置工作时在设备门打开情况下逗留在装置附近，造成有人员被误照射；

(3) 射线装置在检修、维护等过程中，检修、维护人员误操作，造成有

关人员误照射。

2、 γ 射线室内探伤工作场所可能发生的辐射事故

(1) γ 射线探伤机在对工件进行照射的工况下，探伤室门机联锁失效，工作人员误入探伤室，或铅防护门未完全关闭，致使射线泄漏到探伤室外面，给工作人员及周围活动的人员造成不必要的照射；

(2) 人员滞留探伤室内尚未完全撤出， γ 射线探伤机即对工件进行探伤，造成工作人员受到额外的照射；

(3) 放射源源闸开关出现故障未能及时收回，工作人员在不知情的情况下误入探伤室，将受到较大额外辐射照射，造成严重的安全隐患；

(3) 检修机器时 γ 射线探伤机中的放射源从容器中掉出来，会对操作工人及可能到达的公众成员产生很强的辐射照射；

(4) 源丢失或偷盗事件，将造成严重的安全隐患，可能导致产生重大辐射事故。

三、辐射事故影响分析

1、X射线探伤室辐射事故影响分析

假定在事故情况下，人员误入 X 射线探伤室，X射线直接照射到人员，人员受到的有效剂量与探伤机产生的初级射线束造成的空气吸收剂量有关，在空气中探伤机产生的初级射线束造成的空气吸收剂量可用下式计算：

$$D = I\delta_x / r^2 \dots\dots\dots (\text{式 11-18})$$

式中：

D ：空气吸收剂量率， $\text{mGy}\cdot\text{min}^{-1}$ ；

I ：管电流， mA ；本项目取 5mA ；

δ_x ：距辐射源点（靶点） 1m 处输出量；本项目 350kV 探伤机取 $23.5\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ；

r ：参考点距 X 射线管焦斑的距离， m 。

人员受到的有效剂量可用下式计算：

$$E = D \cdot \sum W_T \cdot \sum W_R \dots\dots\dots (\text{式 11-19})$$

式中： E ：人员受到的有效剂量率， $\text{mSv}\cdot\text{min}^{-1}$ ；

W_T : 组织权重因数, 全身为 1;

W_R : 辐射权因数, X 射线为 1。

由于本项目在 X 射线曝光室实施, 因此事故情况下, 只会局限在曝光室内。同时由于曝光室内和操作台上安装有紧急止动按钮, 当发生辐射事故时候, 相关人员可以立即通过房内和操作台上安装有紧急止动按钮中断电源。选取 3505 型探伤机, 按曝光 1min 来计算, 维修人员、公众误入曝光室单次辐射事故受照射剂量计算结果见表 11-15。

表11-15 维修人员、公众受到的有用线束照射剂量估算结果

探伤机型号	时间 (s)		15s	30s	45s	60s
	受照距离 (m)	受照剂量 (mSv/次)				
3505	1		29.38	58.75	88.14	117.5
	2		7.34	14.69	22.02	29.38
	3		3.26	6.53	9.79	13.06
	4		1.84	3.67	5.5	7.34

根据表 11-14、本项目 X 射线室内探伤在有用线束方向上最大可能受照射剂量为 117.5mSv/次, 高于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 规定的职业人员 20mSv/a 的剂量限值和公众 1mSv/a 的剂量限值, 结合表 11-12 可知急性放射病发生率低于 1%, 会构成一般辐射事故。

2、 γ 射线探伤室辐射事故影响分析

假定在事故情况下, 人员误入 γ 射线探伤室, γ 射线直接照射到人员, 人员的空气比释动能率与其至源点的距离平方成反比, 参照公式 11-8 计算; 产生的空气吸收剂量参照公式 11-9 计算。按曝光 1min 来计算, 维修人员、公众误入曝光室单次辐射事故受照射剂量计算结果见表 11-16。

表11-16 维修人员、公众受到放射源照射剂量估算结果

探伤机型号	时间 (s)		20s	40s	60s
	受照距离 (m)	受照剂量 (mSv/次)			
^{192}Ir 探伤机	1		139.3	278.7	418.0
	2		34.8	69.7	104.5

	3	15.5	31.0	46.4
	4	8.7	17.4	26.1
⁶⁰ Co 探伤机	1	384.8	769.6	1154.4
	2	96.2	192.4	288.6
	3	42.8	85.5	128.3
	4	24.1	48.1	32.2

根据表 11-16、本项目 ¹⁹²Ir、⁶⁰Co 探伤室内人员受到放射源 ¹⁹²Ir、⁶⁰Co 最大可能受照剂量分别为 418.0mSv/次、1154.4mSv/次，高于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871- 2002）规定的职业人员 20mSv/a 的剂量限值和公众 1mSv/a 的剂量限值，结合表 11-13 可知急性放射病发生率高于 20%，会构成重大辐射事故。

根据上述情况及其危害结果分析，X 射线探伤室若本项目发生辐射事故，最大可能为一般辐射事故，但随着时间推移，若人员未及时撤离或采取相应措施，人员受照剂量将不断累加，以至于可能构成较大甚至于更高的辐射事故等级。¹⁹²Ir、⁶⁰Co 探伤室若发生人员勿入受照射或放射源丢失等辐射事故，最大可能为重大辐射事故。本项目一旦发生辐射事故，应立即切断电源，停止射线装置照射，受照人员应从曝光室内及时撤离。建设单位在管理中必须认真执行安全操作规程和各项规章制度，强化安全管理，杜绝此类事故发生。

四、事故风险防范措施

1、定期认真地对本单位射线装置、放射源的安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检测或者检查，核实各项管理制度的执行情况，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生。

2、凡涉及对探伤机进行操作，必须有明确的操作规程，探伤作业时，至少有 2 名操作人员同时在场，操作人员按照操作规程进行操作，并做好个人的防护，并应将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置；建立完善的《X 射线室内探伤操作规程》、《射线装置使用登记制度》、《 γ 射线室内探伤操作规程》、《放射源使用登记制度》等制度，加强对放射源监管和维护。

3、定期检查探伤室设置的门机连锁装置和门灯连锁装置，确保在门关闭后，探伤机才能进行照射；必须制定探伤机操作安全防护措施，探伤机曝光前

待人员全部撤离后才进行，防止误操作，防止工作人员和公众受到意外辐射；

4、定期对使用射线装置的安全装置进行维护、保养，对可能引起操作失灵的关键零配件定期进行更换； γ 射线探伤机的检修应由有经验和经过培训的技术人员进行处理，技术人员应做好个人的防护，公司对周围工作人员作好疏散工作。

5、探伤机工作状态下，“卡源”或“源掉出”发生，回源装置失效，工作人员手动回源。处理卡源故障的工作人员应按照厂家提供的操作规程进行，且持证上岗。在处理完故障后，尽快对处理卡源故障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，杜绝此类事故发生。

6、放射源换源工作必须由放射源生产单位进行，换源时穿上专门的辐射防护服，并佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪。

7、建设单位所有辐射工作人员应加强辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的学习，并通过相关考试，持证上岗。（学习网站 <http://fushe.mee.gov.cn/>）

8、加强辐射安全管理，建设单位已成立了辐射防护领导小组（见附件6），负责全单位辐射防护工作的监督、监测、检查、指导和管理；负责收集、整理、分析全单位辐射防护的有关资料，掌握辐射防护的发展趋势，及时制定并采取防护措施；督促各有关人员采取有效的防护措施，合理使用个人防护用品，遵守个人防护守则，使个人辐射剂量保持在最低水平，并对放射工作人员建立健康档案，负责辐射防护的培训、咨询及技术指导。

五、事故应急措施

假若本项目发生了辐射事故，公司应迅速、有效的采取以下应急措施：

（1）X射线探伤室事故发生时，设备操作人员应立即切断X射线机的工作电源。

（2） γ 射线探伤室事故发生时，辐射工作人员应第一时间停止放射源操作。

（3）一旦发生辐射事故，公司应立即启动应急预案，采取有效的事故处理措施，防止事故恶化。事故发生后，应立即向公司领导及上级主管部门汇报，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，由辐射事故应急小组上报至当地

生态环境主管部门及省级生态环境主管部门，同时上报公安部门，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。

(4) 事故发生后，应立即安排受辐照人员接受医学检查，在指定的医疗机构救治，并保护好现场，如实向调查人员报告情况，以利于估算受照剂量，判定事故等级，提出控制措施，并及时组织专业技术人员排除事故，配合各相关部门做好辐射事故调查工作，不得隐瞒事故的真实情况。

(5) 迅速查明和分析发生事故的原因，制订事故处理方案，尽快排除故障。若不能自行排除故障，则应上报当地生态环境主管部门并通知进行现场警戒和守卫，及时组织专业技术人员排除事故。

(6) 事故的善后处理，总结事故原因，吸取教训，采取补救措施。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

一、辐射防护与安全管理机构

为了贯彻执行国家放射性污染防治的法律法规，落实国家生态环境部颁布的有关辐射安全管理文件精神，加强公司辐射安全管理工作，强化责任意识、安全意识，建设单位于 2022 年 11 月 19 日调整辐射防护领导小组，明确辐射安全与环境管理领导小组的人员及职责，机构设置如下：

组 长：胡在洪

副组长：唐永章

组 员：孙禾、艾章、薛林泉、朱崇资、郭小琴

安全和辐射防护管理机构设在质量安全部

由孙禾同志负责日常事宜的具体承办。

职责如下：

(1)全面负责公司内的辐射安全管理工作；

(2)认真学习贯彻国家相关法规、标准，结合公司实际制定安全规章制度并检查监督实施；

(3)负责公司内放射工作人员的法规教育和安全环保知识培训；

(4)检查安全环保设施，开展环保监测，对公司内使用的 X 射线探伤机、 γ 射线探伤机的安全防护情况进行年度评估；

(5)实施放射工作人员的健康体检并做好体检资料的档案管理工作；

(6)妥善处理本公司的辐射事故；

(7)定期向环保和主管部门报告安全工作，接受环保监督、监测部门的检查指导。

二、辐射工作人员配置

本项目拟新增 6 名辐射工作人员。岗位制度为：一天工作时间 8 小时，年工作时间为 250 天。

(1) 单位应严格执行辐射工作人员培训制度，组织辐射工作人员及相关管理人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台 (<http://fushe.mee.gov.cn>) 上参

加辐射安全与防护专业知识的学习、考核，考核通过后方可上岗。

(2) 单位应当确保探伤操作时有 2 名操作人员同时在场，每名操作人员应配备个人剂量计、个人辐射剂量报警仪。

(3) 个人剂量计应编号定人佩戴，定期送交有资质的检测部门进行测量，并建立个人剂量档案，完善个人剂量监测及健康档案管理制度。个人剂量档案管理人员应将每季度的检测结果告知辐射工作人员，如发现结果异常，将在第一时间通知相关人员，查明原因并解决发现的问题。

(4) 辐射工作人员需熟悉专业技术，使之能胜任探伤实践，而且对安全防护与相关法规知识也需作相应了解，实际操作中须按安全操作规程行事，自觉遵守规章制度，努力做好各项安全工作。

辐射安全档案资料管理和规章管理制度

一、档案管理分类

辐射工作单位的相关资料应按照档案管理的基本规律和要求进行分类归档放置。档案资料可包括以下九大类：“制度文件”、“环评资料”、“许可证资料”、“射线装置台账”、“放射源台账”、“监测和检查记录”、“个人剂量档案”、“培训档案”、“辐射应急资料”和“废物处置记录”。

建设单位应当根据单位辐射项目开展的实际情况将档案资料进行分类管理。

二、须建立的主要规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（环保部令第 3 号）“第十六条”、《环保部辐射安全与防护监督检查技术程序》及《关于印发〈四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）〉的通知》（川环办发[2016]1400 号）的相关要求中的相关规定，建设单位制度清单分析及执行情况见表 12-1。

表12-1 项目单位辐射安全管理制度及执行情况

序号	需定制度名称	公司制定情况
1	辐射安全与环境保护管理机构文件	已制定
2	辐射安全管理规定（综合性文件）	需完善
3	辐射工作设备操作规程	需完善
4	辐射安全和防护设施维护维修制度	需完善

5	辐射工作人员岗位职责	需完善
6	射线装置台账管理制度	需完善
7	辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	需完善
8	监测仪表使用与校验管理制度	需完善
9	辐射工作人员培训制度（或培训计划）	需完善
10	辐射工作人员个人剂量管理制度	需完善
11	辐射事故应急预案	已制定

根据《关于印发<四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）>的通知》（川环函[2016]1400号）的要求，建设单位应根据使用射线装置的情况，及时修订和完善规章制度，并按照档案管理的要求分类归档放置。

在制定规章制度时，需注意以下几个问题：

（1）《辐射防护设施设备维护维修制度》中应包含：公司需明确安全与防护设施维护维修的内容及检查频次，检查中如果发现辐射安全防护设施出现故障，须立即采取断电、等现场应急处理措施，并及时上报，待设备故障排除，方可开展辐射工作。同时做好相关维护、维修记录，完善辐射防护设施维护、维修档案。

（2）《辐射工作人员岗位职责》中应包含：辐射工作人员应参加辐射安全与防护的网上学习与考核，考核成绩合格，方可从事辐射相关工作。工作前应作好个人防护，正确佩戴个人剂量计，使用监测仪器。对进入辐射工作场所公众的辐射安全负责，采取必要的人防和技防措施，确保辐射环境安全可控，人员不被误照。

（3）《射线装置台帐管理制度》中应包含：射线装置名称、型号、管电压、管电流、购买时间，报废时间，使用场所；射线装置使用或保管部门、责任人员、目前的状况（使用、检修、闲置、暂存、收贮或销售）；射线装置转让单位名称及《辐射安全许可证》持证情况、有效日期等信息。

（4）《辐射监测方案》中应包含：公司应委托有资质的单位对辐射工作场所的剂量进行监测，监测周期为1次/年；公司定期对辐射工作场所进行监测，随时掌握辐射工作场所剂量变化情况，发现问题及时维护、整改。

（5）《监测仪表使用与核验管理制度》中应包含：监测仪器校验方式，如

果校验不合格，应对本单位监测仪器送修或是重新购置符合要求的监测仪器设备。

(6) 《辐射工作人员个人剂量管理制度》中应包含：对于每季度检测数值超过 1.25mSv 的，公司应组织调查，当事人应在调查报告上签字确认；检测数据超过个人剂量年度管理限值 5.0mSv 的，公司应组织调查，查明原因后采取防范措施，并报告发证机关，检测报告及有关调查报告应存档备查。

(7) 《辐射工作人员培训制度》中应包括：根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《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，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）报名并参加考核。辐射安全与防护培训成绩合格单有效期为五年。

(8) 《辐射事故应急预案》中应包括：“应急物资的准备和应急责任人员、生态环境主管部门应急电话及发生事故时的辐射事故处理措施”的内容。

建设单位应按照《关于印发<四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）>的通知》（川环函[2016]1400 号）的要求，将《辐射工作场所安全管理要求》、《辐射工作人员岗位职责》《辐射工作设备操作规程》和《辐射事故应急响应程序》应悬挂于辐射工作场所。上墙制度的内容应体现现场操作性和实用性，字体醒目，尺寸大小应不小于 400mm×600mm。

建设单位应根据规章制度内容认真组织实施，并且应根据国家发布新的相关法规内容，结合单位实际及时对各项规章制度补充修改，使之更能符合实际需要。

辐射监测

辐射监测是安全防护的一项必要措施，通过辐射剂量监测得到的数据，可以分析判断和估计电离辐射水平，防止人员受到过量的照射。根据实际情况，需建立辐射剂量监测制度，包括工作场所监测和个人剂量检测。

一、工作场所监测

1、自主验收监测：建设单位在取得《辐射安全许可证》后三个月内，应委托有资质的单位开展 1 次辐射工作场所验收监测，编制自主验收监测（调查）报告。

2、年度监测：委托有资质的单位对辐射工作场所的剂量进行监测，监测周

期为1次/年；年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。

3、日常自我监测：定期自行开展辐射监测（也可委托有资质的单位进行监测），制定各工作场所的定期监测制度，监测数据应存档备案。

(1) 公司自我监测

公司定期对辐射工作场所进行监测，随时掌握辐射工作场所剂量变化情况，发现问题及时维护、整改。做好监测数据的审核，制定相应的报送程序，监测数据及报送情况存档备案。公司可以购买便携式辐射监测仪自行监测，也可以委托有资质的单位对辐射工作场所进行监测。

(2) 监测内容和要求

1) 监测内容：X-γ空气吸收剂量率。

2) 监测布点及数据管理：监测布点应参考环评提出的监测计划（表12-3）或验收监测布点方案。监测数据应记录完善，并将数据实时汇总，建立好监测数据台账以便核查。

表12-3 工作场所监测计划建议

场所	监测项目	监测周期	监测点位
辐射工作场所	X-γ空气吸收剂量率	竣工环保验收监测1次；场所年度监测委托有资质的单位监测，周期为1次/年。	曝光室四周墙壁 30cm 外
			曝光室防护门门缝 30cm 处
			曝光室迷道门及缝隙 30cm 处
			操作室、暗室、危废暂存间等辅助用房
			曝光室四周保护目标处

3) 监测范围：控制区和监督区域及周围环境。

4) 监测质量保证

①制定监测仪表使用、校验管理制度，并利用监测部门的监测数据与本单位监测仪器的监测数据进行比对，建立监测仪器比对档案；也可到有资质的单位对监测仪器进行校核；

②采用国家颁布的标准方法或推荐方法，其中自我监测可参照有资质的监测机构出具的监测报告中的方法；

③制定辐射环境监测管理制度和方案。

此外，建设单位需定期和不定期对辐射工作场所进行监测，随时掌握辐射工作场所剂量变化情况，发现问题及时维护、整改。做好监测数据的审核，制定相应的报送程序，监测数据及报送情况存档备查。

二、个人剂量检测

个人剂量监测主要是利用个人剂量计进行外照射个人累积剂量监测，每名辐射工作人员需佩戴个人剂量计，监测周期为1次/季。

(1) 当单个季度个人剂量超过1.25mSv时，建设单位要对该辐射工作人员进行干预，要进一步调查明确原因，并由当事人在情况调查报告上签字确认；当全年个人剂量超过5mSv时，建设单位需进行原因调查，并最终形成正式调查报告，经本人签字确认后，上报发证机关。检测报告及有关调查报告应存档备查。

(2) 个人剂量检测报告（连续四个季度）应当连同年度监测报告一起作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。

(3) 根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019），辐射主要来自前方，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般左胸前。

(4) 辐射工作人员个人剂量档案内容应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。公司应当将个人剂量档案保存终身。

建设单位辐射工作人员应佩戴了个人剂量计，每季度对个人剂量计进行检测，并按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）和《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）要求建立个人剂量档案。

三、年度监测报告情况

建设单位应于每年1月31日前向发证机关提交上年度的《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》，近一年（四个季度）个人剂量检测报告和辐射工作场所年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。公司应按照《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》（川环函[2016]1400号）规定的格式编写《安全和防护状况年度评估报告》。公司必须在“全国核技术利用辐射安全申报系统”(网址<http://rr.mee.gov.cn/>)中实施申报登记。延续、变更许可证，新增或注销射线装置以及单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等信息均应及时在系统中申报。

辐射事故应急

辐射单位应针对可能发生的辐射事故风险，制定相应辐射事故应急预案报所在地人民政府生态环境主管部门备案，并及时予以修订。

辐射事故应急预案的主要内容应包括：应急组织结构，应急职责分工，辐射事故应急处置（最大可信事故场景，应急报告，应急措施和步骤，应急联系电话），应急保障措施，应急演练计划。

（1）事故报告程序

一旦发生辐射事故，放射工作人员立即停机，根据《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》在事故发生后 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门及市、省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，还应同时向当地卫健行政部门报告。

（2）辐射事故应急措施

事故发生后，除了上述工作外，还应进行以下几项工作：

- ① 确定现场辐射强度及影响范围，划出禁入控制范围，防止外照射的危害。
- ② 根据现场辐射强度，确定工作人员在现场处置的工作时间。
- ③ 现场处置任务的工作人员应佩戴防护用具及个人剂量计。
- ④ 应尽可能记录现场有关情况，对工作人员可能受到的事故照射剂量，可针对事故实际情况进行评估，并对工作人员进行健康检查和跟踪，按照国家有关放射卫生防护标准和规范以及相关程序，评估事故对工作人员健康的影响。
- ⑤ 事故处理后必须组织有关人员进行讨论，分析事故发生的原因，从中吸取经验和教训，必须采取措施防止类似事故再次发生。

以上各种事故的防范与对策措施，可减少或避免辐射事故的发生率，从而保证项目的正常运营，也保障了工作人员、公众的健康与安全。

公司应当根据以上要求，同时结合本项目来制定应急预案相关内容，在今后预案的实施过程中，应根据国家发布新的相关法规内容，结合公司实际及时对预案进行补充修改，使之更能符合实际需要。

表 13 结论与建议

结论

一、项目概况

项目名称：新增 X 射线、 γ 射线探伤项目

建设单位：成都瑞奇智造科技股份有限公司

建设性质：扩建

建设地点：成都市青白江区“蓉欧+”陆港产业园同辉路 1966 号成都瑞奇智造科技股份有限公司厂区

本项目建设内容：成都瑞奇智造科技股份有限公司拟在公司厂区生产 A 区新增 3 间探伤室及辅助用房，3 间探伤室分别为 1 间 X 射线探伤室、1 间 ^{192}Ir - γ 射线探伤室、1 间 ^{60}Co - γ 射线探伤室；

本项目探伤只开展室内探伤，不涉及野外（室外）探伤。探伤机的检修等均由设备厂家负责，本项目只负责探伤机的使用。

二、本项目产业政策符合性分析

本项目系核和辐射技术用于工业检测领域，属高新技术。根据中华人民共和国国家发展和改革委员会制定的《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会第 29 号令，2020 年 1 月 1 日起实施）、《国家发展和改革委员会关于修改〈产业结构调整指导目录（2019 年本）〉的决定》（中华人民共和国国家发展和改革委员会第 49 号令，2021 年 12 月 30 日实施），本项目属鼓励类第六项“核能”第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，符合国家现行产业发展政策。

三、本项目选址合理性分析

项目建设的探伤室为专用辐射工作场所，且有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对辐射工作人员和公众的照射剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的剂量限值要求，满足报告表确定的剂量约束限值的要求，从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

四、工程所在地区环境质量现状

根据现场监测报告，本项目所在区域环境的 γ 辐射剂量率为 $91\text{nGy/h}\sim 103\text{nGy/h}$ ，与生态环境部《2021年全国辐射环境质量报告》中四川省空气吸收剂量率年均值范围（ $67.0\text{nGy/h}\sim 120.2\text{nGy/h}$ ）处在同一水平，属于当地正常天然本底辐射水平。

五、环境影响评价分析结论

1、施工期环境影响分析

本项目在施工活动中，会产生施工噪声、施工废渣、施工废水，对环境存在一定影响。经过采取合理的防护措施后，对周围环境的影响较小。

2、营运期环境影响分析

（1）电离环境影响

本项目投运后，探伤机在正常运行工况下，所致工作人员最大年有效剂量值为 3.5mSv ，满足 5.0mSv/a 的剂量约束限值；所致公众最大年有效剂量值为 $7.69\times 10^{-2}\text{mSv}$ ，满足 0.1mSv/a 的剂量约束限值。

（2）大气环境影响

本项目臭氧产生量极少，采用换气系统排入环境大气后，经自然分解和稀释，符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中臭氧小时平均浓度二级标准（ 0.20mg/m^3 ）的要求，不会对环境空气造成明显影响。

（3）水环境影响

清洗胶片时产生洗片废水约 3000kg/a ，工作人员生活污水产生量约 $0.6\text{m}^3/\text{d}$ ；本项目洗片废水经厂区预处理池处理达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准后排入市政污水管网再进入青白江区污水处理厂处理。

（4）固体废物

工作人员产生的生活垃圾约 3.0kg/d ，依托厂区垃圾桶统一收集后由环卫部门统一清运。本项目每年探伤作业预计产生废显影液 960kg/a 、废定影液 960kg/a 、废胶片 2kg/a 。本项目产生的废显影液、废定影液及废弃胶片委托有危废资质的单位回收处理，不外排。

（5）噪声

本项目噪声源主要有探伤机和通风设备，建设单位拟采用低噪声设备（噪声源强低于 65dB（A）），对厂界噪声的贡献较小，对项目所在区域声环境影响较小。

六、环保设施与保护目标

按照要求落实后，建设单位环保设施配置较全，总体效能良好，可使本次环评中确定的绝大多数保护目标所受的辐射剂量保持在合理的、可达到的尽可能低的水平。

七、事故风险与防范

建设单位按照要求修订或制订合理可行的辐射事故应急预案和安全规章制度，并认真贯彻实施，可减少和避免发生辐射事故与突发事件。

八、辐射安全管理的综合能力

按照要求落实后，对本项目辐射设备和场所而言，建设单位具备辐射安全管理的综合能力。

九、项目环保可行性结论

坚持“三同时”原则，采取切实可行的环保措施，落实本报告提出的各项污染防治措施，从环境保护和辐射防护角度看项目建设是可行的。

十、项目环保竣工验收检查内容

1、根据《建设项目环境保护管理条例》（国务院令 第 682 号，2017 年 10 月 1 日实施）文件第十一条规定：

（1）编制环境影响报告表的建设项目竣工后，建设单位应当按照国务院生态环境行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告。

（2）建设单位在环境保护设施验收过程中，应当如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，不得弄虚作假。

（3）除按照国家规定需要保密的情形外，建设单位应当依法向社会公开验收报告。

2、根据生态环境部《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4 号）规定：

(1) 建设单位可登陆生态环境部网站查询建设项目竣工环境保护验收相关技术规范 (<http://kjs.mee.gov.cn/hjbhbz/bzwb/other>)。

(2) 项目竣工后, 建设单位应当如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况, 编制验收监测(调查)报告。

(3) 本项目配套建设的环境保护设施经验收合格后, 方可投入使用, 未经验收或者验收不合格的, 不得投入生产或者使用。

(4) 本项目设计的固体废物污染环境防治设施必须经生态环境行政主管部门验收合格后, 该建设项目方可投入生产或者使用。

(5) 除按照国家需要保密的情形外, 建设单位应当通过其网站或其他便于公众知晓的方式, 向社会公开下列信息:

① 本项目配套建设的环境保护设施竣工后, 公开竣工日期;

② 对项目配套建设的环境保护设施进行调试前, 公开调试的起止日期;

③ 验收报告编制完成后 5 个工作日内, 公开验收报告, 公示的期限不得少于 20 个工作日。

建设单位公开上述信息的同时, 应当在建设项目环境影响评价信息平台 (<http://114.251.10.205>) 中备案, 同时应当向所在地生态环境主管部门报送相关信息, 并接受监督检查。

表 13-1 项目环保竣工验收检查一览表

类别		环保设施	备注
X 射线探伤室	屏蔽措施	屏蔽墙体	新增
		工件门 1 扇、迷道门 1 扇	
	安全装置	门机联锁装置 1 套	
		门灯联锁装置 1 套	
		固定式剂量报警仪 1 套	
		视频监控 3 套	
		进排风孔 2 个	
		紧急止动装置 5 个、紧急开门按钮 2 个	
	电离辐射警告标志若干		
	屏蔽措施	屏蔽墙体	
		工件门 1 扇、迷道门 1 扇	
	安全装置	门机联锁装置 1 套	

^{192}Ir 探伤室		门灯联锁装置 1 套	新增
		门源联锁装置 1 套	
		固定式剂量监测系统 1 套	
		视频监控 3 套	
		进排风孔 2 个	
		紧急止动装置 5 个、紧急开门按钮 2 个	
		铅背心 1 件、铅手套 1 个、铅眼镜 1 个	
		电离辐射警告标志若干	
^{60}Co 探伤室	屏蔽措施	屏蔽墙体	新增
		工件门 1 扇、迷道门 1 扇	
	安全装置	门机联锁装置 1 套	
		门灯联锁装置 1 套	
		门源联锁装置 1 套	
		固定式剂量监测系统 1 套	
		视频监控 3 套	
		进排风孔 2 个	
		紧急止动装置 5 个、紧急开门按钮 2 个	
		铅背心 1 件、铅手套 1 个、铅眼镜 1 个	
电离辐射警告标志若干			
监测设备	便携式辐射监测仪 1 台	新增	
	个人剂量计 6 套	新增	
	个人剂量报警仪 6 台	新增	
设备维护	每个月对探伤装置的配件、机电设备进行检查、维护、及时更换部件。	新增	
人员培训	辐射工作人员及应急人员的组织培训	新增	
应急设施	应急和救助的资金、物资准备、应急演练	新增	
其他	灭火器材	新增	

建议

- 1、落实本报告中的各项辐射防护措施和安全管理制度的。
- 2、定期组织辐射工作人员参加辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的学习与考核。公司应加强管理，安排辐射工作人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）学习辐射安全和防护知识并进行

考试,以取得辐射安全培训成绩合格单,今后培训时间超过 5 年的辐射工作人员,需进行再考核,详见国家核技术利用辐射安全与防护培训平台(网址:<http://fushe.mee.gov.cn>)。

3、每年要对射线装置使用情况进行安全和防护状况年度评估,安全和防护状况年度评估报告要按照《四川省核技术利用单位放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》固定的格式进行编制;并且年度评估报告的电子档还应上传至全国核技术利用辐射安全申报系统(网址:<http://rr.mee.gov.cn>)。

4、将个人剂量信息和年度监测报告作为年度评估报告的内容。

5、定期检查辐射工作场所的电离辐射标志和电离辐射警告标志,工作状态指示灯,若出现松动、脱落或损坏,应及时修复或更换。

6、建设单位须重视控制区和监督区的管理。

7、单位在申办辐射安全许可证之前,需登录全国核技术利用辐射安全申报系统(网址:<http://rr.mee.gov.cn>),完善相关信息。延续、变更许可证,新增或注销射线装置以及单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等信息均应及时在系统中申报。