

# 核技术利用建设项目

## 江苏涵润汽车电子有限公司 新增 1 台 X 射线工业 CT 装置项目 环境影响报告表

江苏涵润汽车电子有限公司

2023 年 5 月

环境保护部监制



# 核技术利用建设项目

## 江苏涵润汽车电子有限公司 新增 1 台 X 射线工业 CT 装置项目 环境影响报告表

建设单位名称：江苏涵润汽车电子有限公司

建设单位法人代表（签名或盖章）：

通讯地址：南通市崇川区科达路 66 号

邮政编码：226000

联系人：朱志聪

电子邮箱：297056968@qq.com

联系电话：189\*\*\*\*9257



**表 1 项目基本情况**

建设项目名称		新增 1 台 X 射线工业 CT 装置项目			
建设单位		江苏涵润汽车电子有限公司			
法人代表	吉英存	联系人	朱志聪	联系电话	189****9257
注册地址		南通市崇川区科达路 66 号			
项目建设地址		南通市崇川区科达路 66 号			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)	120	项目环保投资 (万元)	15	投资比例(环保 投资/总投资)	12.5%
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它		占地面积 (m <sup>2</sup> )	20
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	/		
		<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		
	其他	/			
	<p><b>1、建设单位基本情况、项目建设规模、任务由来</b></p> <p>江苏涵润汽车电子有限公司成立于 2017 年 3 月，在自有土地上建设工业厂房，注册资本 10000 万元整，注册地址位于南通市崇川区科达路 66 号，企业法人吉英存。公司的主要业务为汽车电子产品的设计、研发、测试、实验、生产与销售，该公司现有项目《江苏涵润汽车电子有限公司新增 1 台 X 射线工业 CT 项目》已于 2019 年 9 月 26 日获得南通市生态环境局审批意见（通环核评[2019]5 号），并取得辐射安全许可证，现有《新增 2 台及搬迁 1 台 X 射线工业 CT 装置项目》已于 2021 年 11 月 2 日获得南通市生态环境局审批意见（通环核[2021]13 号），并取得辐射安全许可证（苏环辐证[F0626]），</p>				

后为了更好的控制产品质量，加强产品检验，公司计划在厂区二楼生产车间的西南侧新增 1 台 VT-X750 型 X 射线工业 CT 装置。

企业第三次开展核技术应用项目，设备具体参数见表 1-1。

**表 1-1 本项目核技术应用一览表**

序号	射线装置名称	数量	类别	工作场所	技术参数		使用情况	环评情况及审批时间	许可情况
					管电压 kV	管电流 mA			
1	VT-X750 型 X 射线工业 CT 装置	1	II	二楼生产车间西南侧	130	0.3	新增	本次环评	未许可未验收

根据中华人民共和国环境保护部第 44 号令《建设项目环境影响评价分类管理目录》（2021 年），本项目属于第五十五条核与辐射 172 核技术利用建设项目中“生产、使用 II 类、III 类射线装置的”的核技术利用项目，应编制环境影响评价报告表。江苏瀚城工程咨询有限公司受江苏涵润汽车电子有限公司的委托后，通过现场勘察、收集资料等工作，结合项目的特点，按照国家有关技术规范的要求，编制完成《江苏涵润汽车电子有限公司新增 1 台 X 射线工业 CT 装置项目环境影响报告表》。

## 2、项目周边保护目标及项目选址情况

江苏涵润汽车电子有限公司位于南通市崇川区科达路 66 号，是一家汽车电子产品研发以及相应的功能测试的企业，企业地理位置见图 1。

项目南侧评价范围内为厂区空地；北侧为操作工位，走道，备用间；西侧为预留区域；东侧为钢网清洗机，刮刀清洗机。

CT 装置周围 50m 范围内没有居民点、学校和医院等，不涉及其他企业厂房，项目选址可行。项目保护范围内保护目标见表 7-1 项目厂址周围环境概况见附图 2，辐射检测设备所在车间的平面布置情况见附图 3，项目所在地土地规划情况见附图 4。

新增 1 台 X 射线工业 CT 装置项目计划放置在二楼生产车间西南侧，车间所在建筑共四层，无地下建筑，检测设备对应的上方三楼目前为闲置。

项目二楼生产车间平面布置情况和 X 射线工业 CT 装置安装位置见附图 3。X 射线 CT 装置均为整体封闭式铅房结构，周边 50m 范围内没有学校、居民等环境敏感目标，所以本项目的选址是合理的。

## 3、建设单位已有核技术利用项目许可情况

该公司现有项目《江苏涵润汽车电子有限公司新增 1 台 X 射线工业 CT 项目》已于 2019 年 9 月 26 日获得南通市生态环境局审批意见（通环核评[2019]5 号），并于 2019 年 10 月 14 日取得辐射安全许可证，2020 年 5 月 27 号通过验收并投入使用（验收意见

见附件 15)，后为了更好的控制产品质量，加强产品检验，公司计划在厂区一楼生产车间的内新增 2 台 VT-X750 型 X 射线工业 CT 装置，并将原有 VT-X700-E 型 X 射线工业 CT 装置由原有车间检测室搬迁至新生产线，对公司制造的电路板产品进行无损检测。2020 年 12 月，公司委托南通瀚城工程咨询有限公司编制了本项目环境影响报告表，2021 年 11 月 2 日南通市生态环境局对该项目进行了审批（通环核[2021]13 号），并于 2022 年 1 月 20 日取得了辐射安全许可证，证书编号：苏环辐证[F0626]。2022 年 2 月 18 日，企业对一楼生产车间内的 2 台 II 类射线装置开展了自主验收，1 台型号为 VT-X700-E 型 X 射线工业 CT 装置、1 台型号为 VT-X750 型 X 射线工业 CT 装置，还有 1 台型号为 VT-X750 型 X 射线工业 CT 装置未投产未验收（验收意见见附件 16）。

**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
本项目不涉及								

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 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
本项目不涉及										

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、教学等用途的各类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
本项目不涉及										

(二) X射线装置, 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射线工业CT	II	1	VT-X750	130	0.3	电路板无损检测	二楼生产车间西南侧	新增

(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 (mA)	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	
本项目不涉及													

表 5 废弃物 (重点是放射性废弃物)

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
臭氧和氮氧化物	气体	/	/	少量	少量	/	自然通风排入大气环境	25℃时, 含量为 1%以下的臭氧, 在常态常压的空气中分解半衰期为 20~30 分钟左右, 50 分钟后自动衰减自然通风排入大气环境。

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/m<sup>3</sup>, 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/m<sup>3</sup>) 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保护法(修订)》(主席令第九号), 2014 年 4 月 24 日第十二届全国人民代表大会常务委员会第八次会议修订, 2015 年 1 月 1 日起施行;</p> <p>2) 《中华人民共和国环境影响评价法》(中华人民共和国主席令(第四十八号))(2018 年修订), 2018 年 12 月 29 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议通过;</p> <p>3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》(中华人民共和国主席令(第四十六号)), 2003 年 10 月 1 日;</p> <p>4) 《建设项目环境保护管理条例》, 国务院第 682 号, 至 2017 年 10 月 21 日 1 起实施;</p> <p>5) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》(2021 年版), 中华人民共和国生态环境部令第 16 号令, 2021 年 1 月 1 日起施行;</p> <p>6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2021 年修正本)(2021 年 1 月 4 日部令 第 20 号), 2021 年 1 月 4 日起施行;</p> <p>7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》, 国务院 449 号令, 2005 年 12 月 1 日起施行, 国务院令 709 号修订, 2019 年 3 月 2 日;</p> <p>8) 《关于发布〈射线装置分类〉的公告》, 环境保护部、国家卫生和计划生育委员会, 2017 年第 66 号, 2017 年 12 月 5 日起施行;</p> <p>9) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》, 国家环保总局, 环发(2006)145 号, 2006 年 9 月 26 日;</p> <p>10) 《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, 自 2011 年 5 月 1 日起施行;</p> <p>11) 《江苏省辐射污染防治条例》, 江苏省第十届人民代表大会常务委员会公告第 142 号; 江苏省人大常委会公告 2 号(修订), 于 2018 年 3 月 28 日公布, 2018 年 5 月 1 日起施行;</p> <p>12) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》, 生态环境部公告 2019 年第 57 号, 2019 年 12 月 24 日印发, 2020 年 1 月 1 日起施行。</p>
------------------	---

13) 《关于发布〈建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法〉配套文件的公告》，生态环境部公告 2019 年第 38 号，2019 年 10 月 25 日印发，2020 年 1 月 1 日起施行。

14) 《生态环境部关于启用环境影响评价信用平台的公告》，生态环境部公告 2019 年第 39 号，2019 年 10 月 25 日印发，信用平台于 2019 年 11 月 1 日启用。

15) 《江苏省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》，苏政发〔2018〕74 号，2018 年 6 月 9 日。

16) 《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》，苏政发〔2020〕1 号，2020 年 1 月 8 日。

17) 《省政府关于印发江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》(苏政发〔2020〕49 号)，2020 年 6 月 21 日起施行。

18) 《南通市政府办公室关于印发南通市“三线一单”生态环境分区管控实施方案的通知》(通政办规〔2021〕4 号)

19) 《建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法》(生态环境部公告第 9 号，2019 年 11 月 1 日印发)。

技 术 标 准	<p><b>1、评价标准及相关技术导则</b></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》(HJ/T 10.1-2016)；</p> <p>(3) 《电离辐射防护与辐射安全基本标准》(GB18871-2002)；</p> <p>(4) 《工业 X 射线探伤放射卫生防护要求》(GBZ117-2015)；</p> <p>(5) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)；</p> <p><b>2、检测技术规范</b></p> <p>(1) 《辐射环境检测技术规范》(HJ61-2021)；</p>															
参 考 资 料	<p>①《辐射防护导论》，方杰主编；</p> <p>②《实用放射防护指南》，张文启主编；</p> <p>③刘明等《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》，辐射防护，1993 年 3 月《辐射防护》第 13 卷 2 期。</p> <p style="text-align: center;"><b>江苏省室内、室外天然贯穿辐射水平（单位：nGy/h）</b></p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th></th> <th>室外剂量率</th> <th>室内剂量率</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>范围</td> <td>62.9~101.9</td> <td>77.2~152.4</td> </tr> <tr> <td>均值</td> <td>79.5</td> <td>115.1</td> </tr> <tr> <td>标准差 (s)</td> <td>7.0</td> <td>16.3</td> </tr> <tr> <td>(均值±3s)*</td> <td>79.5±21.0</td> <td>115.1±48.9</td> </tr> </tbody> </table> <p>注：*为评价时参考数值，将作为评价环境现状检测结果的参考标准；结果含宇宙射线电离成分所致（空气吸收）剂量率</p>		室外剂量率	室内剂量率	范围	62.9~101.9	77.2~152.4	均值	79.5	115.1	标准差 (s)	7.0	16.3	(均值±3s)*	79.5±21.0	115.1±48.9
	室外剂量率	室内剂量率														
范围	62.9~101.9	77.2~152.4														
均值	79.5	115.1														
标准差 (s)	7.0	16.3														
(均值±3s)*	79.5±21.0	115.1±48.9														

其他	<p><b>与本项目有关的其它文件</b></p> <p>附件一：企业营业执照；</p> <p>附件二：企业整厂环评批文；</p> <p>附件三：土地使用证、建设工程规划许可证</p> <p>附件四：环评技术服务合同；</p> <p>附件五：辐射本底监测报告；</p> <p>附件六：企业关于辐射装置设备参数的承诺书；</p> <p>附件七：环保设施承诺；</p> <p>附件八：不公开内容说明；</p> <p>附件九：辐射安全管理制度；</p> <p>附件十：辐射安全责任书；</p> <p>附件十一：原有辐射设备辐射安全许可证；</p> <p>附件十二：原有辐射项目批文；</p> <p>附件十三：法人身份证；</p> <p>附件十四：建设项目环评审批基础信息表；</p> <p>附件十五：原有验收项目意见 1；</p> <p>附件十六：原有验收项目意见 2；</p> <p>附件十七：辐射建设项目环境影响评价文件审批申请书 (空白样表)；</p> <p>附件十八：设备参数报告；</p> <p>附件十九：VT-X750 说明书；</p> <p>附图 1 地理位置图</p> <p>附图 2 厂区周边概况图</p> <p>附图 3 项目二楼生产车间平面布置图</p> <p>附图 4 项目所在地土地规划图</p> <p>附图 5 全厂区平面布置图</p>
----	--

**表 7 环境保护目标与评价标准**

<b>评价范围</b>				
<p>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）：放射源和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，本项目使用自屏蔽 X 射线工业 CT 装置，实体屏蔽物为设备自带铅板，本项目评价范围为：X 射线工业 CT 装置自带屏蔽铅房边界外 50m 的范围，评价范围不涉及其他厂区。</p>				
<b>保护目标</b>				
<p>CT 装置周围 50m 范围均为公司内部，无居民住宅等长期居留的敏感目标，对照《省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》（苏政发〔2018〕74 号），本项目评价范围内不涉及国家级生态红线；对照《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》（苏政发〔2020〕1 号），本项目评价范围内不涉及江苏省生态空间管控区。同时本项目评价范围内不涉及国家公园、世界文化和自然遗产地等环境敏感区，所以本项目环境保护目标为 CT 机周围活动的辐射工作人员以及公司内的其他非辐射工作人员和公众成员。</p> <p>本项目对环境的影响主要是 X 射线工业 CT 装置工作时对周围环境产生的辐射影响，辐射工作人员和厂区内其它工作人员均是需要关注的对象。下表列出了与本项目 X 射线工业 CT 装置的保护目标。</p>				
<b>表 7-1 环境保护目标分布一览表</b>				
序号	方位	保护目标	距离（米）	规模（人）
1	设备西侧	设备西侧楼梯间流动人员	20	1
2	设备西北侧	设备西北侧档案室员工	23	2
3	设备西北侧	设备西北侧卫生间流动人员	25	2
4	设备西侧	设备西侧预留区域操作台员工	12	4
5	设备西北侧	设备西北侧走道流动人员	13	1
6	设备西北侧	设备西北侧备用间员工	18	2
7	设备西北侧	设备西北侧办公区员工	25	20
8	设备西北侧	设备西北侧会议室员工	23	8
9	设备西北侧	设备西北侧财务室员工	30	4
10	设备西北侧	设备西北侧总经理室员工	35	1
11	设备北侧	设备北侧操作台员工	15	1
12	设备东侧	设备东侧钢网清洗工作台员工	10	2
13	设备东北侧	设备东北侧检测工位员工	16	1
14	设备东北侧	设备东北侧贴片机工位员工	25	1
15	设备东侧	设备东侧治具柜员	18	1
16	设备东侧	设备东侧 ICT 工位员工	20	1

17	设备东北侧	设备东北侧回流炉工位员工	24	2
18	设备东北侧	设备东北侧印刷机工位员工	30	1
19	设备东侧	设备东侧维修区工员工	24	2
20	设备东北侧	设备东北侧终检工位	25	1
21	设备东北侧	设备东北侧收板机工位	40	1
22	设备东北侧	设备东北侧印刷机工位	26	1
23	设备东北侧	设备东北侧印刷机工位	40	1
24	设备东北侧	设备东北侧收板机工位	30	1
25	设备东北侧	设备东北侧台车工位	35	8
26	设备东北侧	设备东北侧固化炉工位	45	1
27	设备东侧	设备东侧楼梯间	38	1
28	设备东北侧	设备东北侧卫生间	40	1
29	设备南侧	设备南侧员工宿舍	30	30

评价标准（1）GB18871-2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》

工作人员职业照射和公众照射剂量限值：

	剂量限值
职业照射剂量限值	<p>工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值：</p> <p>①由审管部门决定的连续5年的年平均有效剂量（但不可做任何追溯性平均），20mSv；</p> <p>②任何一年中的有效剂量，50mSv。</p>
公众照射剂量限值	<p>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：</p> <p>①年有效剂量，1mSv；</p> <p>②特殊情况下，如果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。</p>

11.4.3.2 节：剂量约束值通常在公众照射剂量限值 10%~30%（0.1mSv/a~0.3mSv/a）的范围之内。但剂量约束的使用不应取代最优化要求，剂量约束值只能作为最优化值的上限。

（2）GBZ117-2015《工业 X 射线探伤放射卫生防护要求》

4.1.1 节：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。

4.1.3 节：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 $\mu$ Sv/周，对公众不大于 5 $\mu$ Sv/周；

b) 关注点最高周围剂量当量参考控制水平不大于2.5 $\mu$ Sv/h。

4.1.4 节：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顶

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  $100\mu\text{Sv/h}$ 。

4.1.5 节：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 射线工业 CT 装置才能进行探伤作业。

4.1.10 节：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。

### （3）本项目管理目标

综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《工业X射线探伤放射卫生防护要求》（GBZ117-2015）评价标准，确定本项目的管理目标为：

辐射剂量率控制水平：设备表面外30cm处剂量率不超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$

设备顶外表面30cm处剂量率不超过 $100\mu\text{Sv/h}$

辐射剂量控制水平：职业人员年有效剂量不超过 $5\text{mSv}$ ，周有效剂量不大于 $100\mu\text{Sv}$

公众年有效剂量不超过 $0.1\text{mSv}$ （公众剂量约束值的10%），周有效剂量不大于 $5\mu\text{Sv/周}$ 。

表 8 环境质量和辐射现状

### 环境质量和辐射现状

#### 1、项目位置、布局和周边环境

江苏涵润汽车电子有限公司位于南通市崇川区科达路66号。厂房的四周环境情况为：企业厂区东侧为空地、新安路；南侧为新宁路，过路为其他工业厂房和空地；西侧为科达路，过路为其他工业企业厂房；北侧为新安路，过路为公路绿化带、城北大道。建设项目周边环境现状如下图，建设项目厂址周围环境概况见附图2，实景照片见图6。

本项目计划将X射线工业CT装置安置在企业生产车间二楼，项目南侧评价范围内为厂区空地；北侧为操作工位，走道，备用间；西侧为预留区域；东侧为钢网清洗机，刮刀清洗机。厂区平面布置情况和X射线工业CT装置安装位置见下图。



厂区东侧空地



厂区南边界



西南侧大门



厂区北侧大门



项目南侧空地



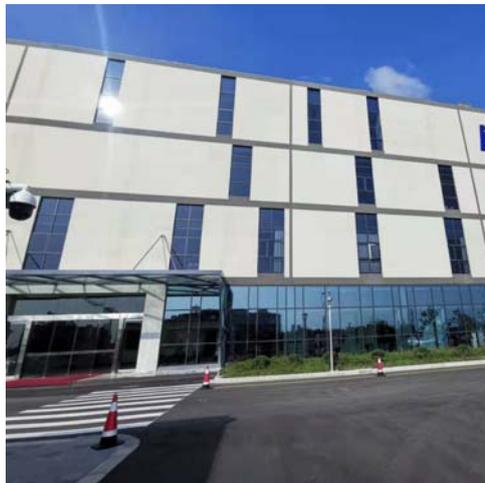
项目西侧预留区域



项目东侧治具清洗室



项目东侧清洗设备





项目所在地设备分布图

## 2、环境现状评价对象、监测因子和检测点位

环境现状评价对象：拟建X射线工业CT装置所在区域辐射环境质量

监测因子：X- $\gamma$ 辐射剂量率

监测点位：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）有关布点原则进行布点，在江苏涵润汽车电子有限公司二楼生产车间西南侧新增1台X射线工业CT装置所在区域进行布点，共计布点16个，测量周围环境X- $\gamma$ 辐射水平，监测时，X射线工业CT装置不运行，监测点位示意图见图8-1。

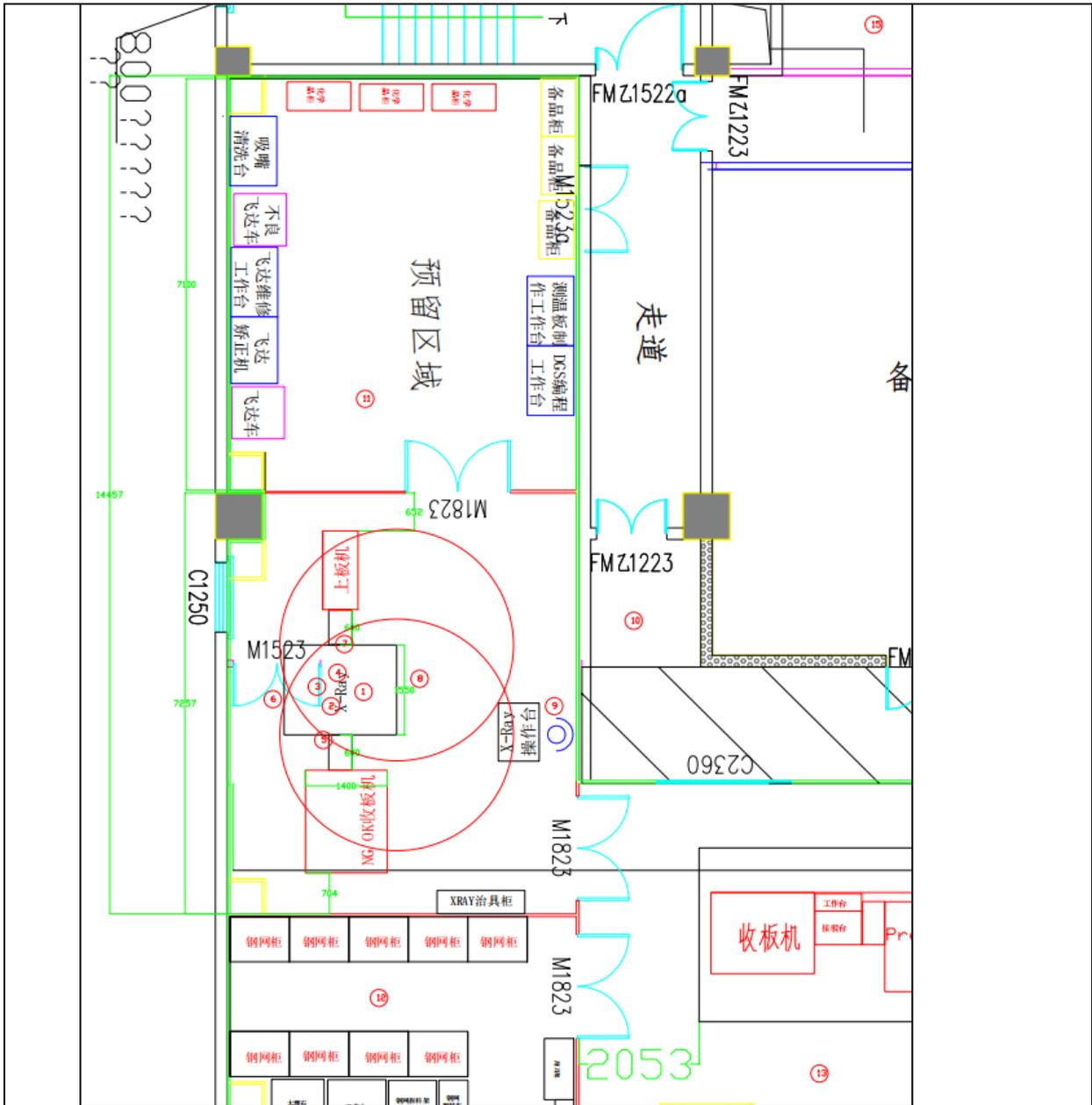


图8-1 环境辐射本底检测点位示意图

### 3、监测方案、质量保证措施、监测结果

#### (1) 监测方案

监测单位：江苏卓然辐射检测技术有限公司

监测项目：X射线工业CT装置所在区域环境X-γ辐射水平

监测布点：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）有关布点原则进行布点，测量拟建设备周围环境X-γ辐射水平，监测点位示意图见图8-1。

检测仪器：辐射防护用 X、γ辐射剂量当量率仪（型号：RJ32-2106P；制造单位：上海仁机仪器仪表有限公司；设备编号：ZRFS-SB-013）

检测日期：2022年11月3日

检测所依据的技术文件名称及代号：《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2001）

(2) 质量保证措施

①江苏卓然辐射检测技术有限公司已经通过计量认证，具备有相应的检测资质和检测能力，其营业执照和资质证书见附件五；

②江苏卓然辐射检测技术有限公司制定有质量体系文件，所有活动均按照质量体系文件要求进行，实施全过程质量控制；

③江苏卓然辐射检测技术有限公司所采用的检测设备均通过计量部门检定合格，并在检定有效期内，检测前检查仪器正常；

④所有检测人员均通过专业的技术培训和考核，并取得检测上岗证；

⑤检测报告实行三级审核。

(3) 检测结果及评价

2022年11月3日，江苏卓然辐射检测技术有限公司根据《环境地表 $\gamma$ 辐射剂量率测定规范》（GB/T14583-1993）中的相关方法和要求，对江苏涵润汽车电子有限公司新增1台X射线工业CT装置项目，所在区域的环境辐射水平进行了调查，共计布点16个，检测结果见表8-1，详细检测结果见附件五。

评价方法：参照江苏省天然贯穿辐射剂量水平调查结果，评价项目周围的辐射环境质量。

表 8-1 项目所在地  $\gamma$  辐射环境本底监测结果 单位：uSv/h

序号	监测点位描述	辐射剂量率( $\mu$ Sv/h)
1	设备顶部 30cm 处（主射线方向）	0.12
2	设备上方三楼空地（主射线方向）	0.12
3	设备下方一楼楼顶	0.12
4	设备中心位置	0.12
5	设备东侧 30cm 处	0.12
6	设备南侧 30cm 处	0.12
7	设备西侧 30cm 处	0.13
8	设备北侧 30cm 处	0.13
9	设备北侧操作台	0.13
10	设备北侧过道	0.12
11	设备西侧预留区域	0.12
12	设备东侧操作台	0.12
13	设备东北侧固定工位	0.13

14	设备西北侧茶水吧	0.12
15	设备西北侧档案室	0.12
16	仪器宇宙射线电离成分的响应值	0.12

注：表中结果未扣除仪器宇宙射线响应值

根据检测结果可以看出，江苏涵润汽车电子有限公司新增1台X射线工业CT装置所在区域的 $\gamma$ 辐射环境本底剂量率在（0.12~0.13） $\mu\text{Sv/h}$ 范围内，处于江苏省辐射环境本底水平的正常涨落范围内。

**表 9 项目工程分析与源项**

**工程设备和工艺分析**

**1、工程设备**

本项目新增 1 台 VT-X750 型 X 射线 CT 装置，VT-X750 型 X 射线 CT 装置由上板机、收板机、高压发生器、X 射线管、X 射线探测器、数控定位装置、操作台、自带屏蔽铅房等部件组成，采用铅、钢等材料进行屏蔽防护，最大管电压为 130kV，最大管电流为 0.3mA，装置外形尺寸为：1925mm(长) x1550mm(宽) x1645mm(高)。VT-X750 型高速 CT 型 X 射线自动检查装置由高速 CT 型 X 射线自动检查装置主设备、操作台等组成，装置的操作台位于铅房正面，辐射工作人员通过操作台电脑预定程序开展检测工作。本项目拟新增的高速 CT 型 X 射线自动检查装置外观图见图 9-1。X 射线工业 CT 装置为全封闭铅房结构，待检查工件通过上板机和传送带进入设备，工件进入时设备防护门自动打开，工件进入后防护门关闭，开始检测。设备开始检测后 X 射线自下而上出束，整个检测过程由设备自动进行，人员操作位置在设备正面左侧，人员通过操作台上的显示器进行监控来观察设备运行情况；

**表 9-1 X 射线 CT 屏蔽参数一览表**

(型号：VT-X750      最大管电压：130kV      最大管电流 0.3mA )

位置	厚度	尺寸
左、右、正、背、顶、底、防护（工件）门	2mm 铁板+5mm 铅板+2mm 钢板	长 1.925m 宽 1.55m 高 1.645m
顶部（主射线方向）	2mm 铁板+5mm 铅板+2mm 钢板	

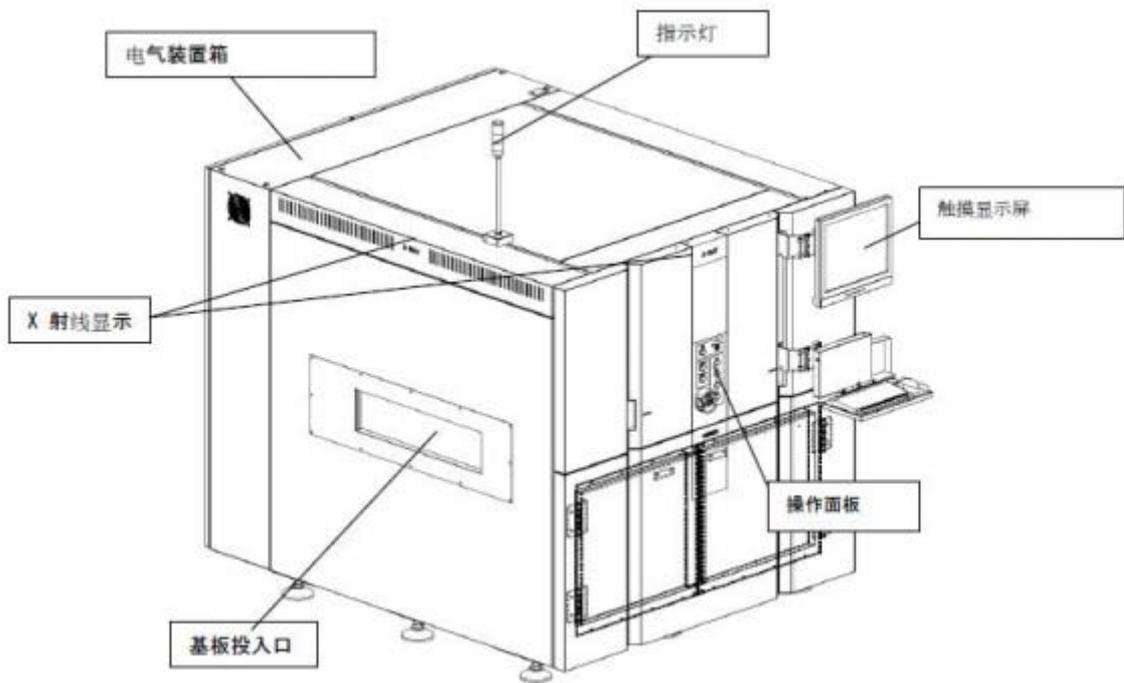
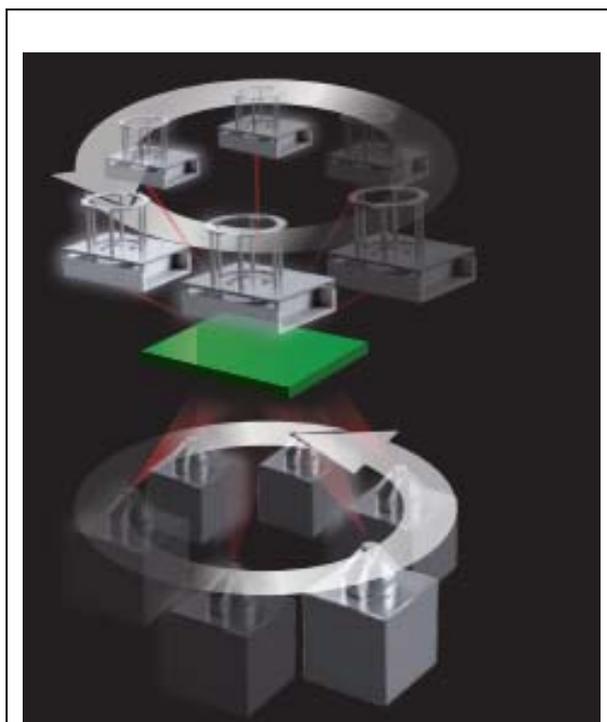


图 9-1 VT-X750 型 X 射线工业 CT 装置结构及屏蔽示意图

## 2、工作原理

VT-X750型X射线工业CT装置工作原理是使用新设计的拍摄方式，实现超高速摄

像，并结合现有机种运用得很成熟的自动化检查技术，实现业界最快速的自动检查速度。通过欧姆龙独有的3D-CT再构建算法，以高一致性的重复精度，再现高强度焊锡所需的锡脚形状。设备核心部件是X射线管，它是一个内真空的玻璃管，其中一端是作为电子源的阴极，另一端是嵌有靶材料的阳极。当两端加有高压时，阴极的灯丝热致发射电子。由于阴极和阳极两端存在电位差，电子向阳极运动，形成静电式加速，获取能量。具有一定动能的高速运动电子，撞击靶材料，产生大量X射线。



VT-X750 型射线管示意图

### 3、工艺流程和产污环节

本项目X射线工业CT装置属于II类射线装置，非检测状态时不产生X射线，进行检测工作时接通设备高压，发射X射线。

X射线CT装置由曝光箱体（包括箱体内部固定的X线发生器及影像接受器、连接电缆等）、显示器、控制台等组成，利用金属材料对X射线吸收并成像的原理，采用X射线进行透照，并在设备外部连接的工业电视显示器上观察、分析被检测件的内部缺陷，此过程产生臭氧，氮氧化物，主射线方向有用线束透射辐射，泄漏辐射，以 $0^{\circ}$ 入射探伤工件的 $90^{\circ}$ 散射辐射和天空反散射辐射，工作流程和产污环节如下图9-2中所示。

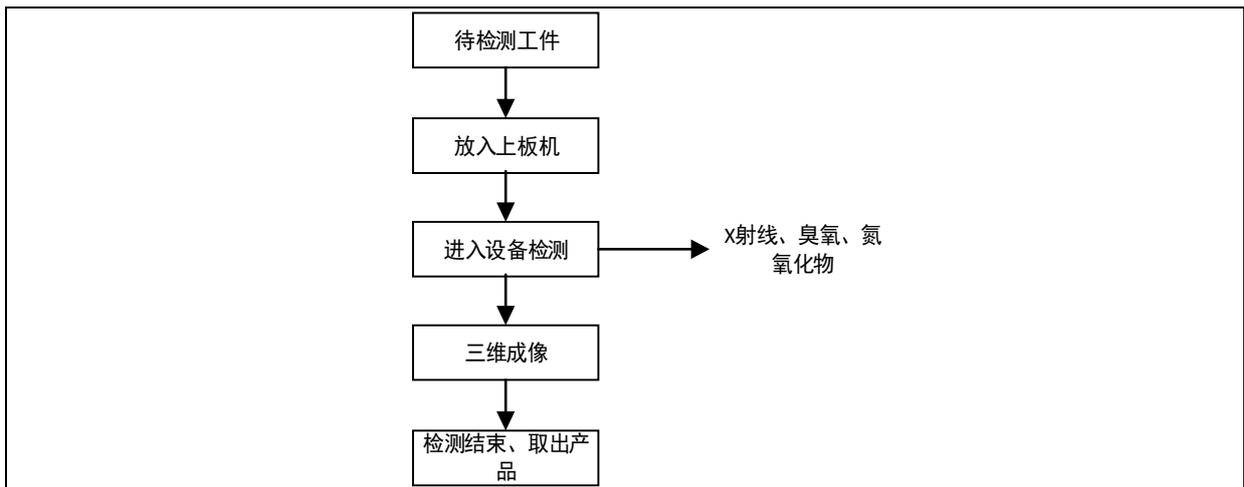


图 9-2 X 射线 CT 装置工作流程和产污环节示意图

#### 4、运行工况

本项目设备配备辐射工作人员 2 名，两班运行，不新增辐射管理人员。辐射工作人员每天开机出束时间不超过 5.5 小时，每人每周受照时间不超过 33h，每年受照时间不超过 1650h。

### 污染源项描述

#### 一、正常工况

##### 1、放射性源项（X 射线）

本项目辐射影响因子主要为主射线方向有用线束透射辐射，天空反散射辐射，泄漏辐射和以 0°入射探伤工件的 90°散射辐射。

130kV 管电压工况下主射线方向 X 射线输出量，根据《辐射防护导论》附图 3，距靶点 1m 处输出量取  $12.59 \times 6 \times 10^4 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ 。

射线装置距靶点 1m 处泄漏辐射剂量率，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 1，X 射线管电压 < 150kV 时取  $1 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ 。

##### 2、非放射性源项（废气）

射线装置开机时 X 射线电离空气产生少量臭氧和氮氧化物，排放周围大气环境，其中臭氧 50 分钟后自动分解为氧气，这部分废气量产生量较少，不作定量分析。

本项目检测结果通过工业电视成像，不洗片，无洗片废水。

#### 二、事故工况

本项目 X 射线工业 CT 装置的事故工况主要有以下几种：

（1）X 射线 CT 装置门机联锁失灵，打开防护门时 X 射线工业 CT 装置仍处于出

束状态，造成人员意外照射。

(2) 射线装置意外开机事故，当操作人员处于检测控制区域（设备周边 0.5m 范围）内时，由于信号误传，导致 X 射线 CT 装置启动，进行作业，使附近工作人员受到意外照射事故；

(3) 机器调试、检修时误照。X 射线 CT 装置在调试或检修过程中，责任者脱离岗位，不注意防护或他人误开机使人员收到照射；

表 10 辐射安全与防护

### 项目安全措施

#### 1、辐射工作场所分区管理

企业将辐射工作场所进行分区管理，以装置屏蔽体边界作为控制区边界，以装置屏蔽体外 2 米边界作为监督区边界，管理措施如下：

监督区边界：以监督区周边设置电离辐射标志和警示说明，禁止公众进入监督区。人员进入监督区内工作期间必须佩戴合格的报警仪，设备所在监督区域为非实体区域，地面布置黄色警戒线。

企业对于辐射工作场所的分区管理措施是合理可行的，可有效加强辐射安全管理。本项目 X 射线 CT 装置监督区及控制区示意图见图 10-1。

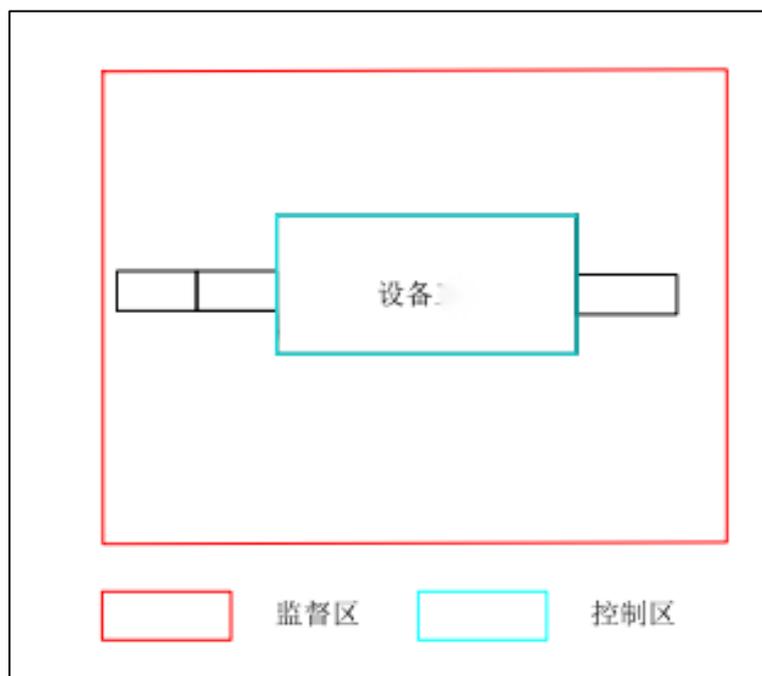


图 10-1 X 射线 CT 装置监督区及控制区示意图

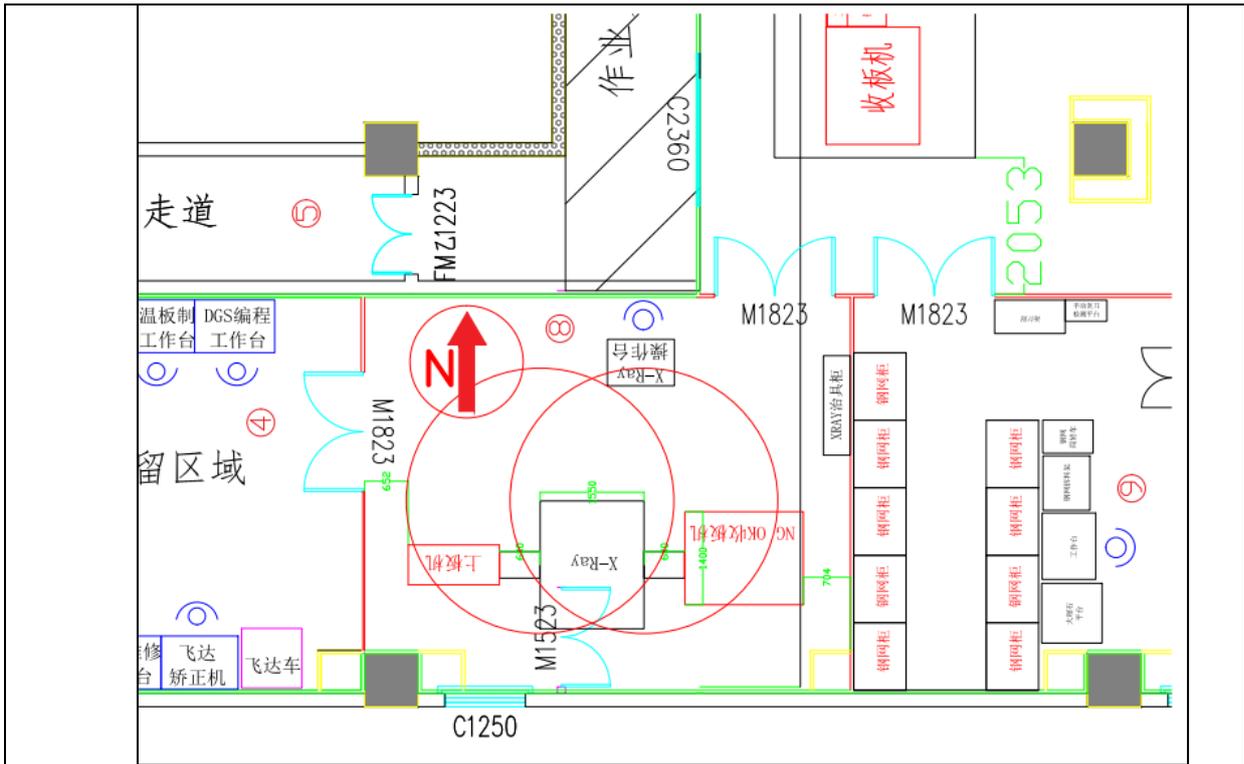


图 10-2 辐射工作场所布局图

## 2、辐射安全场所屏蔽设计方案

新增 1 台 VT-X750 型 X 射线 CT 装置将放置于 2 楼生产车间西南侧使用，设备为自屏蔽的铅房结构，设备内部 X 射线出束方向自下而上。装置底部、四周及顶部均使用 5mm 铅板屏蔽。上述厚度的铅板防护结构，能有效屏蔽和降低铅房四周、顶部的辐射水平；据厂家提供资料，设备电缆均使用 Z 字铅板包裹重叠穿出，进行补偿屏蔽，不破坏设备屏蔽效果；防护门与墙体各侧搭接均为至少 70mm，与墙壁之间的缝隙小于 5mm，满足间隙与搭接比值小于 1/10，均能有效防止射线泄漏。

VT-X750 型 X 射线 CT 装置由高压发生器、X 射线管、X 射线探测器、数控定位装置、操作台、自带屏蔽铅房等部件组成，采用铅、钢等材料进行屏蔽防护，最大管电压为 130kV，最大管电流为 0.3mA，装置外形尺寸为：1925mm（长）×1550mm（宽）×1645mm（高），设备由高速 CT 型 X 射线自动检查装置主设备、操作台等组成，装置的操作台位于铅房正面，辐射工作人员通过操作台电脑预定程序开展检测工作，本项目新增 1 台 VT-X750 型 X 射线 CT 装置外观图见图 10-3。

表 10-1 X 射线 CT 屏蔽参数一览表

设备型号	位置	厚度	尺寸
VT-X750	左、右、正、背、底、防护	2mm 铁板+5mm 铅板+2mm 钢板	长 1.925m

	(工件) 门		宽 1.55m
	顶部 (主射线方向)	2mm 铁板+5mm 铅板+2mm 钢板	高 1.645m

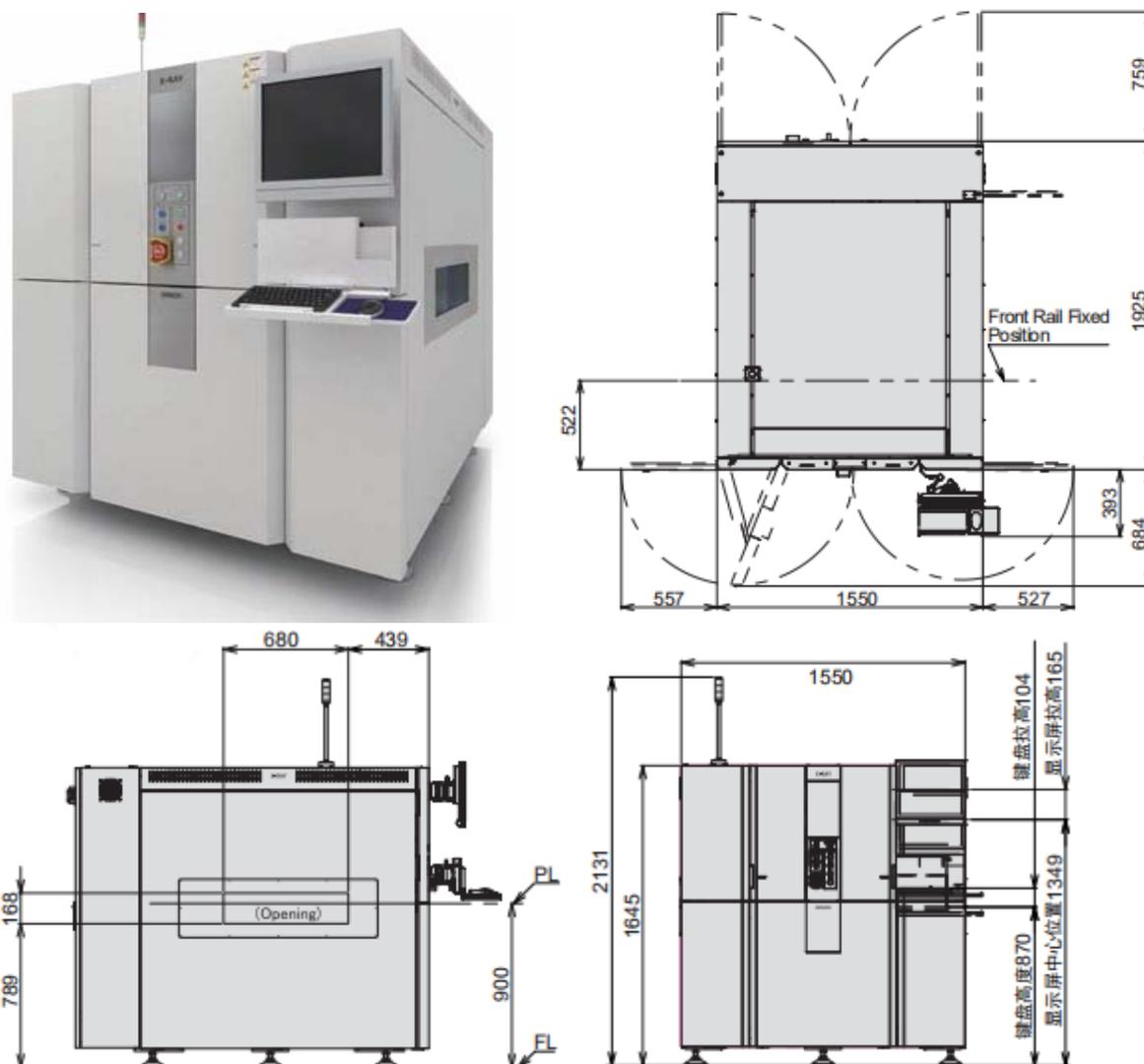


图 10-3 VT-X750 型 X 射线工业 CT 装置结构及屏蔽示意图

VT-X750 型 X 射线 CT 装置将放置于二楼生产车间西南侧内使用，设备为自屏蔽的铅房结构，设备内部 X 射线出束方向自下而上。装置底部、四周及顶部使用 5mm 铅板屏蔽。上述厚度的铅板防护结构，能有效屏蔽和降低铅房四周、顶部的辐射水平。X 射线工业 CT 装置屏蔽结构示意图见图 10-3；

### 3、辐射安全设施描述及评价

为确保辐射安全，保障高速 CT 型 X 射线自动检查装置安全运行，公司根据国家

相关标准要求配备有相应的辐射安全装置和保护措施。主要有：

①VT-X750 型 X 射线工业 CT 装置中 X 射线管均安装在全屏蔽（铅、钢材料）的检测机内部，操作人员无法直接接触到 X 射线管。X 射线管不能单独开启出束，只有在连接到机器内部的线路上并通过配套的控制软件才能开启。

②门机联锁装置。VT-X750 型 X 射线工业 CT 装置设有门机联锁装置，X 射线管与检测装置防护门之间均安装有联锁装置，防护门关闭后 X 射线工业 CT 装置才能出束，运行期间强行打开防护门时 X 射线管将自动停止出束，关上门不能自动开启 X 射线照射。

③装置上部设计安装工作状态指示灯。X 射线管工作时，警示灯开启，警告无关人员勿靠近。

④VT-X750 型 X 射线工业 CT 装置操作台上设有紧急停机按钮，紧急情况下可迅速停机，防止误照射。

⑤VT-X750 型 X 射线工业 CT 装置表面上设置有电离辐射警告标志及中文警示说明。

⑥VT-X750 型 X 射线工业 CT 装置设有钥匙开关，只有在打开控制台钥匙开关后，X 射线管才能出束；钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出。

⑦VT-X750 型 X 射线工业 CT 装置上述辐射安全设计，符合《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）中有关安全联锁、工作指示灯、警示标志、急停开关等安全设施的要求。

#### **4、运行工况**

本项目拟配备辐射工作人员 2 名，不新增辐射管理人员。辐射工作人员每天开机出束时间不超过 5.5 小时，每人每周受照时间不超 33h，每年受照时间不超过 1650h。

## 三废的治理

### 1、废气

建设项目 X 射线 CT 装置工作过程中会使工业 CT 内放探伤物品区域内的空气电离产生臭氧和氮氧化物，由于工业 CT 装置开机时间较短，且生产区域采用自然通风排放，因此不会对周围环境产生影响。

### 2、其他

辐射项目运行期间，辐射工作人员会产生一定数量的生活污水和生活垃圾，生活污水经厂区污水管道送污水处理厂集中处理，生活垃圾由环卫部门集中清运。

## 表 11 环境影响分析

### 建设阶段对环境的影响

本项目 X 射线工业 CT 装置直接由设备供应商整体运输至现场安装，不涉及土建施工，因此本项目没有施工期的环境影响。

### 运行阶段对环境的影响

#### 1、运行期环境辐射水平估算

本项目根据 X 射线工业 CT 装置的屏蔽设计参数，参照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的公式进行计算理论计算，预测设备运行后环境辐射水平和对辐射工作人员及公众的外照射剂量。

#### 1.1、环境辐射水平预测评价

根据设备参数，VT-X750型X射线工业CT装置开机时最大管电压为130kV，最大管电流均为0.3mA，预测选取最大工况下满功率运行工况。

本项目X射线工业CT装置屏蔽结构及相关计算参数详见表11-1，设备的射线源大体上位于设备几何中心，X射线朝顶部照射，该报告选取各个射线屏蔽体外0.3m处和周边为辐射水平关注点，辐射源至。X射线工业CT装置周围剂量率计算结果见表11-2。关注点位布设见图11-1，散射体至设备表面计算示意图见图11-2，散射体至其他关注点距离由企业提供设备距关注点距离叠加散射体至设备表面距离计算得到。



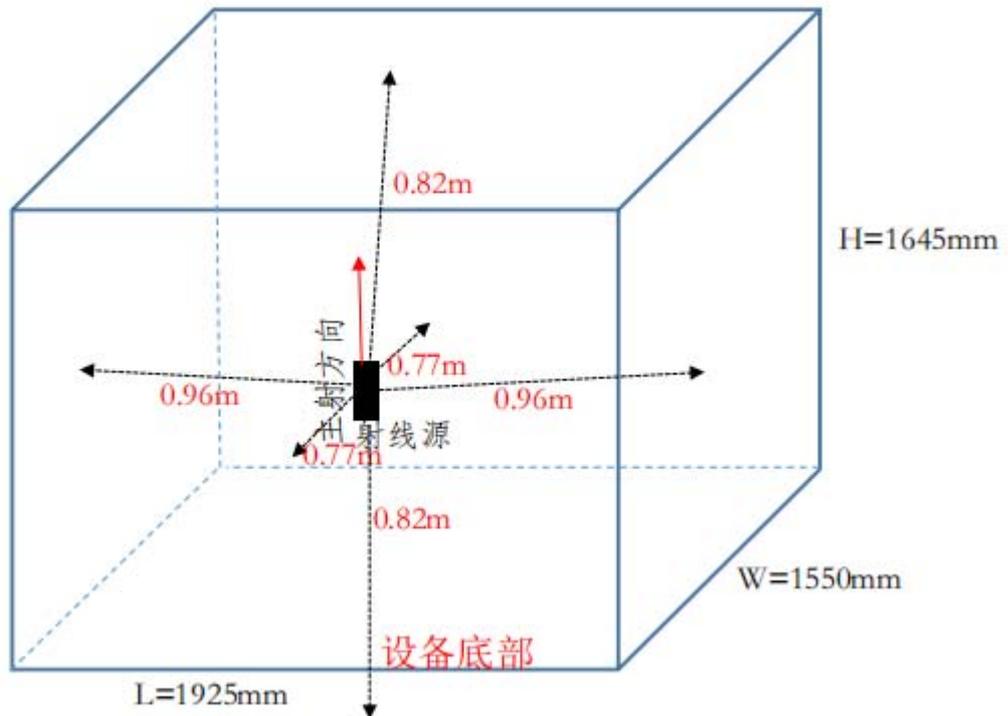


图 11-2 VT-X750 型 X 射线 CT 装置距离计算示意图位示意图

#### 1.1.1.1、有用射线束方向屏蔽效果预测

——有用线束

$$H=H_0 \cdot B \cdot I / R^2 \quad (1)$$

式中：H：关注点有用线束剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$H_0$ ：距靶点1m处输出量，根据《辐射防护导论》附图3，本次取 $12.59 \times 6 \times 10^4 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ；

I：X射线CT最大管电流，mA；

R：辐射源靶点至关注点的距离，m；

B：屏蔽透射因子，无量纲。

$$B=10^{-X / \text{TVL}} \quad (2)$$

X：屏蔽物质厚度，mm；

TVL：屏蔽物质的什值层厚度，查《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表B.2，取150kV时铅的什值层厚度0.96mm（注：此值为X射线经强衰减后的值）。

表 11-1 有用线束关注点剂量率计算参数及结果

装置名称	点位	X 设计厚度	I (mA)	H0 $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$	B	R(m)	H ( $\mu\text{Sv/h}$ )	剂量率参考控制水平	评价
VT-X750 型 X 射线工业 CT 装置	顶部 30cm 处	5mm 铅当量	0.3	$12.59 \times 6 \times 10^4$	$6.19 \times 10^{-6}$	1.12	0.534	2.5	满足
	三楼空地	5mm 铅当量	0.3	$12.59 \times 6 \times 10^4$	$6.19 \times 10^{-6}$	4.68	0.064	2.5	满足

注：R：据图11-2射线源至顶部距离为0.82m+关注点距离射线源距离计算；

从表11-1中预测结果可以看出，当本项目设备管电压为130kV，管电流为0.3mA满功率运行时，设备三楼空地的最大辐射剂量率约为0.064 $\mu\text{Sv/h}$ ，探伤房顶部30cm处的剂量率约为0.534 $\mu\text{Sv/h}$ ，能够满足《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）及无人员到达的探伤室顶外表面30cm处的剂量率参考控制水平为100 $\mu\text{Sv/h}$ 的要求。

### 1.1.2、非有用线束屏蔽效果预测

——泄漏辐射

$$H = H_L \cdot B / R^2 \quad (1)$$

式中：H：关注点泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$H_L$ ：距靶点1m处X射线管组装体的泄漏辐射剂量率，根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表1得知，X射线管电压 $<150\text{kV}$ 时，取 $1 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ ；

R：辐射源靶点至关注点的距离，m

$$B = 10^{-X} / \text{TVL} \quad (2)$$

B：屏蔽透射因子；

X：屏蔽物质厚度，mm；

TVL：屏蔽物质的什值层厚度，查《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表B.2，取150kV时铅的什值层厚度0.96mm（注：此值为X射线经强衰减后的值）。

——散射辐射

$$H = (I \cdot H_0 \cdot B / R_s^2) \cdot (F \cdot \alpha / R_0^2) \quad (3)$$

式中：H：关注点泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

I：X射线工业CT装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA，本项目取0.3mA；

$H_0$ ：距靶点1m处输出量，根据《辐射防护导论》附图3，本次取 $12.589 \times 6 \times 10^4 \mu$

$Sv \cdot m^2 / (mA \cdot h)$  ;

Rs: 散射体至关注点的距离, m;

$F \cdot \alpha / R_0^2$ : 根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) B4.2得知:

当X射线探伤装置圆锥束中心轴和圆锥边界的夹角为20°时, 其值保守取1/60 (150kV) ;

$$B = 10^{-X} / TVL \quad (4)$$

B: 屏蔽透射因子;

X: 屏蔽物质厚度, mm;

TVL: 屏蔽物质的什值层厚度, 根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 表2, 当原始射线X在 $150 \leq kV \leq 200$ 时, X射线90°散射辐射最高能量保守取150kV, 查表得知在200kV时铅取0.96mm (注: 此值为X射线经强衰减后的值)。

**表 11-2 非有用线束关注点剂量率计算参数及结果**

关注点	1、设备 下方一 楼楼顶	2、设备 东侧 30cm处	3、设备 南侧 30cm处	4、设备 西侧 30cm处	5、设备 北侧 30cm处	6、设备 北侧操 作台	7、设备 北侧过 道	8、设备 西侧预 留区域	9、设备 东侧操 作台	10、设备 东北 侧固定 工位	11、设 备西北 侧档案 室	
X 设计厚度 (铅当量)	5mm											
泄漏辐射	B	$6.19 \times 10^{-6}$										
	HL	$1 \times 10^3 \mu Sv/h$										
	R*(m)	1.12	1.07	1.26	1.07	1.26	3.46	4.46	4.27	4.77	7.77	15.06
H( $\mu Sv/h$ )	0.005	0.005	0.004	0.005	0.004	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	
散射辐射	B	$6.19 \times 10^{-6}$										
	I(mA)	0.3										
	H0	$12.589 \times 6 \times 10^4 \mu Sv \cdot m^2 / (mA \cdot h)$										
	F(m <sup>2</sup> )	根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) B4.2 得知: 当 X 射线探伤装置圆锥束中心轴和圆锥边界的夹角为 20°时, 其值保守取 1/60 (150kV) ;										
	$\alpha$											
	RO											
RS*(m)	1.12	1.07	1.26	1.07	1.26	3.46	4.46	4.27	4.77	7.77	15.06	
H( $\mu Sv/h$ )	0.020	0.022	0.016	0.022	0.016	0.002	0.001	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	
泄漏辐射和散射辐射的复合作用 ( $\mu Sv/h$ )	0.025	0.028	0.020	0.028	0.020	0.003	0.002	0.002	0.001	0.001	<0.001	
剂量率参考控制水	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	

平( $\mu\text{Sv/h}$ )											
评价	满足										

注： $R_1$ 、 $R_6$ - $R_{11}$ ：均为企业提供设备外表面距离+图11-2中射线源距设备表面距离估算得

$R_{2-5}$ ：射线源至设备表面距离（详见图 11-2）+关注点距离设备距离 0.3m 计算得

从表11-2中预测结果可知，设备在最大工况下满功率运行时，各个关注点的最大辐射剂量率约为 $0.028 \mu\text{Sv/h}$ ，能够满足《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ”要求。

### 1.2) 天空反散射影响

探伤机工作时，主射线方向会朝向探伤房顶部，需要估算出天空反散射对周围公众的附加辐射剂量率，天空反散射示意图见图11-2。

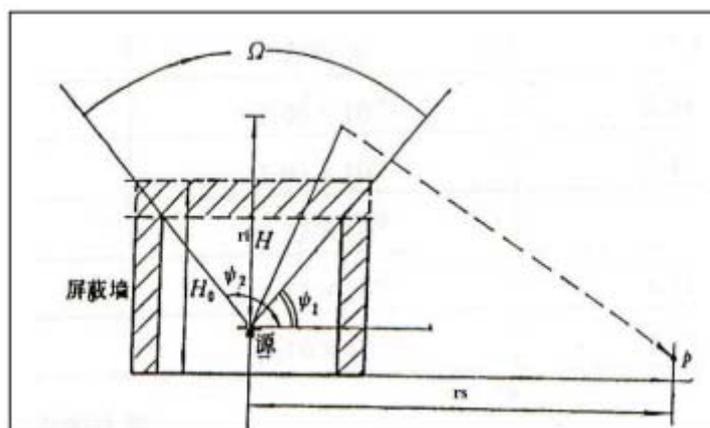


图 11-2 天空反散射

天空反散射辐射水平预测模式采用《辐射防护导论》中推荐模式，具体计算公式如下：

$$\eta_{r,s} \leq 0.67 H_{L,h} \cdot r_i^2 \cdot r_s^2 / (D_{10} \cdot \Omega^{1.3}) \quad (4)$$

由公式（4）可导出：

$$H_{L,h} = \eta_{r,s} \cdot D_{10} \cdot \Omega^{1.3} / (0.67 \cdot r_i^2 \cdot r_s^2) \quad (5)$$

式中：0.67：单位换算系数；

$H_{L,h}$ ：参考点处相应的剂量当量率，Sv/h；

$\eta_{r,s}$ ：透射比，根据附图12，保守取 $10^{-6}$ ；

$r_i$ ：辐射源到设备上方 2m 处的距离 m；

$r_s$ ：室外参考点到源的水平距离，本项目室外参考点取设备北侧操作台；

$D_{10}$ : 离源上方 1m 处的吸收剂量指数率,  $Gy \cdot m^2/min$ ; 对于 X 辐射源,  $D_{10}=I \delta a$ ; 其中 I 是电流, mA;  $\delta a$  是 X 射线发射率常数,  $Gy \cdot m^2 \cdot mA^{-1} \cdot min^{-1}$ , 从《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)表 B.1 查取”(  $\delta a$  与 GBZ/T250-2014 表 B.1 中的 X 射线输出量为同一物理量), 以使该物理量取值与有用射束辐射影响预测计算中取值均查自 GBZ/T250-2014 表 B.1, 取  $13.59 \times 6 \times 10^4 \mu Sv \cdot m^2/(mA \cdot h)$ 。

$\Omega$ : 辐射源对屋顶张的立体角, 单位为球面度, sr。  $\Omega=4tg^{-1}(ab/cd)=4 \times tg^{-1}(7.0 \times 3.6/(6.4 \times 10.14))=4.55sr$ , 其中 a 是屋顶长度之半, b 是屋顶宽度之半, c 是辐射源到屋顶表面中心的最小距离; d 是源到屋顶边缘的距离,  $d=(a^2+b^2+c^2)^{1/2}$  据企业提供信息 r。

表 11-3 天空反散射水平预测参数及结果

关注点 1	设备北侧操作台
$\eta_{r,s}$	0.000001
$r_i$	2.82
$R_S$	1.96
$D_{10}$	$0.3 \times 12.59 \times 6 \times 10^4 \mu Sv \cdot m^2/h$
a	0.962
b	0.775
c	0.82
d	1.483
$\Omega$	4.550
$H_{L,h}$	0.079
关注点透射辐射剂量率	0.003
叠加透射辐射后的剂量率 ( $\mu Sv/h$ )	0.082
剂量率参考控制水平 ( $\mu Sv/h$ )	2.5
评价	满足

从表 11-3 中预测结果可知, 设备在最大工况下满功率运行时, 天空反散射对关注点剂量当量率参考控制水平满足不大于  $2.5 \mu Sv/h$  要求。

### 1.3) 通风管道和电缆出口处的散射辐射影响

据厂家提供资料, 电缆均使用 Z 字铅板包裹重叠穿出, 进行补偿屏蔽, 不破坏设备屏蔽效果, 电缆出口处的散射辐射影响较小, 可不考虑影响; 设备通过顶部抽风风扇通风, 散射辐射影响较小, 可不考虑影响。

### 2) 人员受照剂量预测评价

评价中所用的辐射剂量率数据, 是依据本项目 X 射线 CT 装置最大工况下, X 射线工业 CT 装置周围 30cm 处辐射水平检测值。

$$\text{估算模式: } W = D \times U \times T \times 10^{-3} \quad (1)$$

其中：W：年受照剂量，mSv/a；

D：预测点辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

U：居留因子，无量纲，由《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)

附录表 A.1 查得：每台设备东、西、南、北、侧部分居留，取 1/4，设备上方三楼空地取 1/16；

T：受照时间，辐射工作人员每班工作 5.5h，周照射时间保守取 33h，年照射时间保守取 1650h。

计算工作人员的年受照剂量时，在设备周围 30cm 处、防护门外及操作位等人员居留区域布置点位，如图 11 中所示。人员受照剂量估算结果见表 11-4。

表 11-4 人员年受照剂量计算结果

序号	位置	辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	人员	居留因子 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	受照时间 (h/ 周)	受照时间 (h/a)	周受照剂量 ( $\mu\text{Sv/周}$ )	年受照剂量 (mSv/a)
1	设备下方一楼楼顶	0.025	公众	1/4	33	1650	0.069	0.021
2	设备上方三楼空地	0.064	公众	1/16	33	1650	0.044	0.013
3	设备东侧 30cm 处	0.028	职业人员	1	33	1650	0.304	0.091
4	设备南侧 30cm 处	0.020	职业人员	1	33	1650	0.219	0.066
5	设备西侧 30cm 处	0.028	职业人员	1	33	1650	0.304	0.091
6	设备北侧 30cm 处	0.020	职业人员	1	33	1650	0.219	0.066
7	设备北侧操作台	0.003	职业人员	1	33	1650	0.029	0.009
8	设备北侧过道	0.002	公众	1/4	33	1650	0.004	0.001
9	设备西侧预留区域	0.002	公众	1/4	33	1650	0.005	0.001
10	设备东侧操作台	0.001	公众	1	33	1650	0.015	0.005
11	设备东北侧固定工位	0.001	公众	1	33	1650	0.006	0.002
12	设备西北侧茶水吧	0.000	公众	1	33	1650	0.0003	0.00009
13	设备西北侧档案室	0.000	公众	1	33	1650	0.0015	0.0005

据表 11-6 计算结果，X 射线工业 CT 装置运行后，预计职业人员年最大受照剂量为 0.091mSv/a，公众年最大受照剂量为 0.021mSv/a，满足本项目管理目标值及《电离辐射

防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求（职业人员年有效剂量不超过5mSv，公众成员年有效剂量不超过0.1mSv），因此本项目新增1台VT-X750型X射线工业CT装置的屏蔽结构满足辐射防护要求。

职业人员和公众每周受照的剂量最大分别为0.304  $\mu$  Sv/周和0.069  $\mu$  Sv/周，满足《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）和《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中职业人员 $\leq 100 \mu$  Sv/周；公众 $\leq 5 \mu$  Sv/周的人员周剂量参考控制水平的要求。

### 3) 其它污染物排放对环境的影响

X射线会电离空气产生少量的臭氧和氮氧化物，从而对周边环境产生一定的影响。由于X射线工业CT检测过程中，每次检测时间较短，且铅室间断性进出被检工件而打开、关闭防护门，产生的少量臭氧和氮氧化物不会形成局部聚集，且臭氧在50分钟后自动分解为氧气，另车间安装有动力排风装置和空调，在工作期间保持开启，故所产生的气体对周围环境空气质量及周围工作人员影响极小。

## 事故影响分析

### 1、事故种类

该公司使用的X射线CT自动检查装置属II类射线装置，X射线CT自动检查装置只有在开机曝光时才产生X射线，因此，X射线事故多为开机误照射事故，主要有：

（1）由于安全联锁装置失灵，人员经过X射线CT自动检查装置受到误照射。

（2）机器调试、检修时误照。X射线CT自动检查装置在调试或检修过程中，责任者脱离岗位，不注意防护或他人误开机使人员受到照射。

（3）误传联络信号误照射。在有人贴胶片时，由于联络信号传递失误而开机，造成误照射。

（4）作业前未按规定人工巡视清场，导致人员受到误照射。

（5）屏蔽材料漏射线。

公司应加强管理，严格要求辐射工作人员按照操作规程进行操作，并在实际工作中不断对辐射安全管理制度进行完善；加强职工辐射防护知识的培训，尽可能避免辐射事故的发生。

### 2、事故后果

本项目中的 X 射线装置均属于II类射线装置，根据《射线装置分类公告》，II 类射线装置发生事故时，可以使得受到照射的人员产生较严重的放射性损伤。

### 3、事故预防措施

分析事故发生的原因，此类事故大都是人为因素造成的，即由于忽视辐射安全管理，违规操作造成的辐射事故。为有效预防各类辐射事故发生，企业采取以下事故预防措施：

（1）企业内部加强辐射安全管理，警钟长鸣，管理人员定期开展监督检查，营造持续改进的辐射安全文化。

（2）严格执行辐射安全管理制度，按照操作规程工作。每天设备开机运行前，检查确认门机联锁、急停按钮、CT 机的完好及各项安全措施的有效性，严禁在联锁装置等安全设施故障情况下开机操作。

（3）辐射工作人员注意佩戴好个人剂量计、报警仪等监测仪表。若辐射工作人员按照规定操作时携带有效的个人剂量报警仪，当报警仪发出报警声时，人员可立即知晓并按下急停开关，设备可立即停止出束，有效减少人员受照时间和受照剂量。

（4）X 射线工业 CT 装置作业由 1 名辐射工作人员操作，开机状态下人员不得脱岗。

（5）定期检查屏蔽材料。

（6）设立标识牌禁止在装置顶部停留。

**表 12 辐射安全管理**

### **辐射安全与环境保护管理机构的设置**

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《江苏省辐射污染防治条例》，从事辐射防护安全管理的人员应接受辐射安全知识培训，进行专业管理，定期组织对企业辐射安全防护制度执行情况、辐射工作档案台账、辐射防护用品和仪器等进行检查，每年组织对企业辐射安全和防护状况进行年度评估，并于次年 1 月 31 日前向发证的环境保护主管部门报告。同时根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，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。

企业为本项目配备辐射工作人员 2 名，2 班运行，不新增辐射管理人员，通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名并参加考核，通过考核后，方能满足辐射工作人员岗位要求。辐射工作人员不兼职其它辐射工作，每年从放射防护法规和规章制度对辐射工作人员进行考核，目前辐射操作人员考核结果均为良好，辐射安全管理人员考核结果为优秀。

企业第三次开展核技术应用项目，将根据法律法规的要求建立辐射安全管理机构、制定辐射防护管理制度、配备相应的辐射监测仪表，组织辐射工作人员和管理人员参加培训，建立射线装置台账，每年按照环保部门要求及时上报年度评估报告。在满足上述辐射安全管理要求的基础上，企业基本具备了辐射安全管理能力。

### **辐射安全管理规章制度**

根据已修订的“放射性同位素与射线装置安全许可管理办法(环境保护部第 3 号令)”中的有关要求，使用射线装置的单位要健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、设备使用登记制度、人员培训计划、检测方案等，并有完善的辐射事故应急措施。

企业根据上述“管理办法”的要求，已建立了相应的规章制度，包括：“辐射防护和安全保卫制度”、“辐射岗位操作规程”、“辐射岗位工作职责”、“辐射人员培训制度”、“环境和人员剂量监测方案”、“射线装置检修维护制度”、“射线装置使用登记、台账管理制度”、“辐射事故应急预案”。对照国家“放射性同位素与射线装置安全许可管理办法”的要求，企业建立的辐射安全管理制度已基本完备。

## 辐射监测

### 1、正常运行时环境监测方案

#### 1) 个人剂量监测

企业开展辐射工作人员个人剂量监测，每 3 个月将个人剂量计收集后统一送有资质的单位检测。企业内辐射安全管理机构对个人剂量监测结果（检测报告）统一管理，建立档案，长期保存至辐射工作人员年满七十五周岁，或者停止辐射工作三十年（依据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原环境保护部令第 18 号）第二十三条规定）。

根据生态环境部的有关规定，人年剂量高于 5mSv/a 时查明原因，采取改进措施，对受照人员给予及时医学检查、暂停辐射工作，并根据《江苏省辐射污染防治条例》在发现个人剂量异常时，应当对有关人员采取保护措施，并在接到监测报告之日起 5 日内对有关人员采取保护措施，并在接到监测报告之日起五日内报告发证的南通市生态环境局处理。

#### 2) 工作场所辐射环境监测

企业每年委托有监测资质的单位对辐射工作场所进行年度监测；连同年度评估报告一并在次年 1 月 30 日前送交主管环保部门。

企业每季度用巡检仪对工作场所进行环境自检，保存相关记录。

辐射项目竣工后办理竣工环保验收手续。

### 2、环境监测仪器配备

本项目运行后，每位辐射工作人员将配备 1 枚个人剂量计，进入检测控制区域工作时随身佩戴。

X 射线工业 CT 装置控制区内配备 1 台有效的个人移动式报警仪，人员工作时随身佩戴。

企业将配备 1 台 X-γ 剂量率巡检仪，定期自检，保存检测记录。

## 辐射事故应急

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）等相关规定，辐射事故应急预案应明确以下几个方面：

- （一）应急机构和职责分工；
- （二）应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；
- （三）辐射事故分级与应急响应措施；
- （四）辐射事故的调查、报告和处理程序；
- （五）辐射事故信息公开、公众宣传方案。

辐射事故应急预案还应当包括可能引发辐射事故的运行故障的应急响应措施及其调查、报告和处理程序。

江苏涵润汽车电子有限公司已经制定辐射事故应急预案并规定事故后的应急措施。在应急预案中规定在照射过程中，若射线装置出现异常，立即切断高压。若有被误照射人员，立即送有资质的医疗机构检查和救治。在应急程序中明确应急组织机构中各成员的姓名和24小时联系电话以及上报公司辐射科中事故报告部门的负责人和24小时联系电话。公司对可能发生的放射事故要进行演练，并按照事故报告程序进行实际操作。定期检查放射事故应急处置的规章制度，公司辐射安全与环境保护管理机构要熟悉事故处理程序，督促各项制度的落实。

对于在企业定期监测或委托监测时发现异常情况的，应根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《江苏省辐射污染防治条例》等要求，在1小时之内向县（市、区）或者设置区的市环境保护主管部门报告。在发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要防范措施，并根据要求，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。

表 13 结论与建议

## 结论

### 1、项目概况

江苏涵润汽车电子有限公司在南通市崇川区科达路 66 号二楼生产车间西南侧内新增 1 台 VT-X750 型 X 射线 CT 装置（最大管电压为 130kV，最大管电流为 0.3mA），对厂内生产的电路板产品进行无损检测，该项目为企业第三次开展核技术应用，属 II 类射线装置。

企业厂区东侧为空地、新安路；南侧为新宁路，过路为其他工业厂房和空地；西侧为科达路，过路为其他工业企业厂房；北侧为新安路，过路为公路绿化带、城北大道。X 射线 CT 装置安置在企业二楼南侧，CT 设备周围 50m 范围内主要是工业企业设施和道路，没有居民点、学校和医院等环境敏感点。

经检测 X 射线 CT 装置计划放置位置所在区域环境辐射 X- $\gamma$  辐射剂量率在 (0.12~0.13)  $\mu\text{Sv/h}$  范围，处于江苏省天然环境放射性本底水平的正常范围内。

### 2、辐射安全防护结论

设备所在控制区域入口处和设备正面醒目位置处设置“电离辐射”警示标志，设备顶部安装工作指示灯，防护门和 X 射线出束实现门机联锁，操作台上安装急停开关，操作台设置钥匙开关。上述安全设施满足《工业 X 射线探伤放射卫生防护要求》

（GBZ117-2015）中有关门机联锁、急停开关、安全警示标识和等安全措施要求。辐射工作人员在上岗前参加通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名并参加考核，通过考核后，方能满足辐射工作人员岗位要求。辐射工作人员在操作时佩戴个人剂量计，X 射线工业 CT 装置控制区内配备 1 台有效的个人移动式报警仪，人员进入控制区域时携带。企业新增 1 台 X- $\gamma$  辐射剂量率巡检仪，定期自检。

### 3、环境影响分析结论

根据 X 射线工业 CT 装置的屏蔽计算结果：设备运行后辐射工作人员和周围公众受到的最大年剂量满足本项目管理目标值及《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众成员年有效剂量不超过 0.1mSv）。同时满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）和《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中周剂量限值要求（职业人员

100 $\mu$ Sv/周，公众 5 $\mu$ Sv/周）。

在现有的设计参数条件下，X 射线工业 CT 装置四周、顶部和防护门外 30cm 处辐射剂量率均小于 2.5 $\mu$ Sv/h，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）的要求。

射线装置开机产生少量臭氧等废气通过自然通风排放，不会对周围环境产生影响。

#### 4、可行性分析结论

本项目新增 1 台 X 射线工业 CT 装置，出于企业正常生产需要，设备设计采用门机联锁等多项辐射安全措施，人员受照剂量和环境辐射剂量率处于较低的水平，符合“辐射防护三原则”的要求。

从保护环境的角度而言，在实现本项目“三同时”一览表中的各项辐射防护措施的前提下，本项目是可行的。

### 建议和承诺

#### 1、建议

- 1) 该项目运行中，应严格遵循操作规程，加强对操作人员的培训，杜绝麻痹大意思想，以避免意外事故造成对公众和职业人员的附加影响，使对环境的影响降低到最低。
- 2) 各项环保设施及辐射防护设施必须正常运行，严格按国家有关规定要求进行操作，确保其安全可靠。
- 3) 定期进行辐射工作场所的检查及监测，及时排除事故隐患。

#### 2、承诺

- (1) 建设单位承诺：在本项目投入运行前配备本报告“三同时”措施一览表提出检测仪器和防护用品。
- (2) 建设单位承诺：在本项目在建成后，三个月内开展竣工验收工作，待完成竣工验收后方可投入使用。

**附表 新增 1 台 X 射线工业 CT 装置项目 “三同时” 措施一览表**

项目	“三同时” 措施	预期效果	投资 (万元)	完成 时间
辐射安全管理机构	设立辐射安全管理机构，指定1名本科学历管理人员，并以文件形式明确机构内各人员职责。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》	/	与主体工程同时设计、同时施工、同时投入运行
辐射安全和防护措施	设备底部、四周及顶部使用5mm铅板屏蔽，电缆使用Z字铅板包裹重叠穿出，进行补偿屏蔽，不破坏设备屏蔽效果，防护门与墙体各侧搭接均为至少70mm，与墙壁之间的缝隙小于5mm，满足间隙与搭接比值小于1/10，防止射线泄漏。	满足《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）	12	
	检测控制区和X射线工业CT装置周围显著位置粘贴电离辐射警示标识，安装工作指示灯，防护门和X射线出束实现门机联锁，操作台设有急停开关；设施设有钥匙开关，只有在打开控制台钥匙开关后，X射线管才能出束；钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出，X射线工业CT装置作业由1名辐射工作人员操作，开机状态下人员不得脱岗；定期检查屏蔽材料。	满足《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）的管理要求	0.5	
	自然通风排放	臭氧和氮氧化物对周围环境空气影响较小。	0.5	
人员配备	辐射安全管理人员和职业人员通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名并参加考核，通过考核后，方能满足辐射工作人员岗位要求	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》	0.5	
	为每个辐射职业人员配备个人剂量计，每年对辐射工作人员进行职业健康体检，并同时个人剂量监测，每3个月将个人剂量计收集后统一送有资质的单位检测建立个人职业健康监护档案和个人剂量档案。		0.5	
检测仪器和防护用品	工作场所配置1台巡检仪，企业定期自检使用。		0.5	
	X射线CT装置控制区配备1台有效的个人剂量报警仪，进行辐射工作时随身携带。		0.5	

辐射安全管理制度	制度完善，并具有可操作性。		/	
总计			20	

总投资 120 万元，环保投资 15 元，环保投资比例为 12.5%。

预审意见：

经办人：

公 章

年 月 日

下一级环境保护行政主管部门审查意见：

经办人：

公 章

年 月 日

审批意见：

经办人

公 章  
年 月 日