

核技术利用建设项目

常州市大成真空技术有限公司
生产、使用、销售工业用 X 射线 CT 装置项目
环境影响报告表

常州市大成真空技术有限公司（盖章）

2023 年 7 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

常州市大成真空技术有限公司 生产、使用、销售工业用 X 射线 CT 装置项目 环境影响报告表

建设单位名称：常州市大成真空技术有限公司

建设单位法人代表（签字或签章）：

通讯地址：常州市新北区北海东路 58 号

邮政编码：215100

联系人：

电子邮箱：/

联系电话：

目录

表 1	项目基本概况.....	- 1 -
表 2	放射源.....	- 5 -
表 3	非密封放射性物质.....	- 5 -
表 4	射线装置.....	- 6 -
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）.....	- 7 -
表 6	评价依据.....	- 8 -
表 7	保护目标与评价标准.....	- 10 -
表 8	环境质量和辐射现状.....	- 15 -
表 9	项目工程分析与源项.....	- 18 -
表 10	辐射安全与防护.....	- 24 -
表 11	环境影响分析.....	- 29 -
表 12	辐射安全管理.....	- 47 -
表 13	结论与建议.....	- 52 -
表 14	审批.....	- 58 -
附图 1	常州市大成真空技术有限公司厂区地理位置图.....	- 59 -
附图 2	常州市大成真空技术有限公司平面布局及周围环境图.....	- 60 -
附图 3	常州市大成真空技术有限公司 1#生产车间一层平面布局图.....	- 61 -
附图 4	常州市大成真空技术有限公司 1#生产车间二层平面布局图.....	- 62 -
附图 5	本项目 1-3 号工业用 X 射线 CT 装置设计示意图.....	- 63 -
附图 6	本项目 4-6 号工业用 X 射线 CT 装置设计示意图.....	- 64 -
附件 1	项目委托书.....	- 65 -
附件 2	射线装置使用承诺书.....	- 66 -
附件 3	屏蔽设计说明.....	- 67 -
附件 4	《智能装备制造项目》环评批复复印件.....	- 69 -
附件 5	辐射安全许可证复印件.....	- 72 -
附件 6	辐射环境现状检测报告复印件.....	- 76 -
附件 7	个人剂量监测报告复印件.....	- 85 -
附件 8	年度环境检测报告复印件.....	- 91 -

表 1 项目基本概况

建设项目名称		生产、使用、销售工业用 X 射线 CT 装置项目			
建设单位		常州市大成真空技术有限公司			
法人代表姓名	张孝平	联系人		联系电话	
注册地址		常州市新北区北海东路 58 号			
项目建设地点		常州市新北区北海东路 58 号			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）	1000	项目环保总投资（万元）	200	投资比例（环保投资/总投资）	20%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他		占地面积（m ² ）	/
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input checked="" type="checkbox"/> 生产	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 销售	<input checked="" 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>1 建设单位基本情况、项目建设规模、任务由来</p> <p>1.1 建设单位基本情况</p> <p>常州市大成真空技术有限公司成立于 2017 年 3 月 21 日，注册地址位于常州市新北区北海东路 58 号，经营范围包括真空装备、工业自动化设备、新能源电池在线检测设备的研发、生产、销售及技术服务；机电产品、机械设备的销售；自营和代理各类商品和技术的进出口业务，但国家限定企业经营或禁止进出口的商品和技术除外。</p> <p>公司《智能装备制造项目》已编制环境影响报告表，并于 2022 年 4 月 29 日通过</p>				

常州国家高新区（新北区）行政审批局审批，环评批复复印件见附件 4。

1.2 项目规模及任务由来

因业务发展需要，常州市大成真空技术有限公司拟开展生产、使用、销售工业用 X 射线 CT 装置项目，公司拟在 1#生产车间一层西北部设置工业 CT 调试区，并拟于调试区内设置 4 个调试工位（1#~4#调试工位），用于 6 种型号工业用 X 射线 CT 装置的组装及调试，本项目工业用 X 射线 CT 装置的原材料、外协加工零件和组装件（含 X 射线管）均拟外购。每台工业用 X 射线 CT 装置均配备自屏蔽铅房，调试时拟将各装置工件门朝南摆放在 1#~4#调试工位内，调试时人员无法进入装置内部，装置维修时人员可进入。工业 CT 调试区边界拟设实体围栏（警戒隔离带），工作时无关人等不得进入。

本项目投入运行后，6 种型号工业用 X 射线 CT 装置年生产、使用和销售总量约为 300 台，公司现有 18 名辐射工作人员，拟为本项目新增 8 名辐射工作人员。本次评价核技术应用项目情况一览表见下表 1-1：

表 1-1 常州市大成真空技术有限公司本次评价核技术应用情况一览表

序号	射线装置名称型号	年生产、使用、销售数量	最大管电压 kV	最大管电流 mA	额定功率 W	射线装置类别	工作场所名称	备注
1	DCN1-X-C-130-B 型工业用 X 射线 CT 装置	50 台	130	0.3	39	II	工业 CT 调试区	主射线朝西
2	DCN1-X-C-150-B 型工业用 X 射线 CT 装置	50 台	150	0.5	75	II	工业 CT 调试区	主射线朝西
3	DCN1-X-C-200-L 型工业用 X 射线 CT 装置	50 台	200	2	400	II	工业 CT 调试区	主射线朝西
4	DCN1-X-C-130-C 型工业用 X 射线 CT 装置	50 台	130	0.3	39	II	工业 CT 调试区	主射线朝南北顶底旋转照射
5	DCN1-X-C-150-C 型工业用 X 射线 CT 装置	50 台	150	0.5	75	II	工业 CT 调试区	主射线朝南北顶底旋转照射
6	DCN1-X-C-180-B 型工业用 X 射线 CT 装置	50 台	180	0.5	90	II	工业 CT 调试区	主射线朝南北顶底旋转照射

根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《建设项目环境保护管理条例》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及《建设项目环境影响评价分类管理名录》等法律法规的规定，本项目生产、使用、销售的工业用 X 射线 CT 装置为 II 类射线装

置，应当编制环境影响评价报告表。受常州市大成真空技术有限公司委托，江苏玖清玖蓝环保科技有限公司承担该项目的环境影响评价工作。我公司通过资料调研、现场监测和评价分析，编制该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

常州市大成真空技术有限公司厂区位于常州市新北区北海东路 58 号，公司地理位置图见附图 1。公司厂区东侧为空地，南侧为北海东路，西侧为巡逻东路及通江中路，北侧为空地。公司平面布局及周围环境图见附图 2。

公司拟在 1#生产车间一层西北部设置工业 CT 调试区，1#生产车间共 4 层（电梯及西南部区域为 5 层），调试区拟建址东侧为通道及真空干燥炉生产区域，南侧为通道、真空干燥炉生产区域、厂内道路及办公楼，西侧为空压机房、配电房、厂内道路及巡逻东路，北侧为物料存放区、电梯厅、装卸货周转区、垃圾回收房、厂内道路及空地，楼上 2 层、3 层均为装配车间，4 层、5 层均为仓库，楼下无建筑。1#生产车间一层平面布局图见附图 3，二层平面布局图见附图 4。

本项目工业 CT 调试区拟建址周围 50m 范围内无居民区、学校等环境敏感目标。保护目标主要为辐射工作人员及工业 CT 调试区拟建址周围评价范围内公众。

3 原有核技术利用项目情况

常州市大成真空技术有限公司于 2023 年 2 月 22 日取得了常州市生态环境局颁发的辐射安全许可证（苏环辐证[D0376]，见附件 5），有效期至 2024 年 6 月 30 日，许可范围为：销售、使用 V 类放射源；生产、销售、使用 III 类射线装置。现有核技术利用项目统计见表 1-2。

表 1-2 现有核技术利用项目一览表

放射源							
序号	核素	活度 (Bq) 枚数	类别	活动种类	环评批复及时间	验收时间	许可情况
1	Kr-85	1.11E+10*500	V类	销售、使用	已备案	/	已许可
2	Kr-85	1.85E+10*500	V类	销售、使用	已备案	/	已许可
3	Kr-85	7.4E+9*500	V类	销售、使用	已备案	/	已许可
4	Kr-85	3.7E+10*500	V类	销售、使用	已备案	/	已许可
5	Kr-85	3.7E+9*500	V类	销售、使用	已备案	/	已许可

6	Kr-85	2.89E+10*500	V类	销售、使用	已备案	/	已许可
7	Kr-85	1.48E+10*500	V类	销售、使用	已备案	/	已许可
射线装置							
序号	装置名称	类别	装置数量	活动种类	环评批复及 时间	验收时间	许可情况
1	DCN3-H X射线 测量仪	III类	1000	生产、销 售、使用	已备案	/	已许可
2	DCN1-X X射线 测量仪	III类	1000	生产、销 售、使用	已备案	/	已许可
3	DCM1-X X射 线检测设备	III类	1000	生产、销 售、使用	已备案	/	已许可

4 实践正当性分析

本项目在运行期间将会产生电离辐射，可能会增加工业 CT 调试区拟建址周围的辐射水平，但采取各种屏蔽措施和管理措施后可得到有效的控制，其对周围环境的辐射影响能够满足标准要求。本项目的建设将满足企业的生产需求和提高产品质量，创造更大的经济效益和社会效益，在落实辐射安全与防护管理措施后，其带来的效益远大于可能对环境造成的影响，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“实践的正当性”的原则。

表2 放射源

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

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	工业用 X 射线 CT 装置	II	年生产、使用、销售约 50 台	DCN1-X-C-130-B 型	130	0.3	无损检测	工业 CT 调试区	主射线朝西，额定功率为 39W
2	工业用 X 射线 CT 装置	II	年生产、使用、销售约 50 台	DCN1-X-C-150-B 型	150	0.5	无损检测	工业 CT 调试区	主射线朝西，额定功率为 75W
3	工业用 X 射线 CT 装置	II	年生产、使用、销售约 50 台	DCN1-X-C-200-L 型	200	2	无损检测	工业 CT 调试区	主射线朝西，额定功率为 400W
4	工业用 X 射线 CT 装置	II	年生产、使用、销售约 50 台	DCN1-X-C-130-C 型	130	0.3	无损检测	工业 CT 调试区	主射线朝南北顶底旋转照射，额定功率为 39W
5	工业用 X 射线 CT 装置	II	年生产、使用、销售约 50 台	DCN1-X-C-150-C 型	150	0.5	无损检测	工业 CT 调试区	主射线朝南北顶底旋转照射，额定功率为 75W
6	工业用 X 射线 CT 装置	II	年生产、使用、销售约 50 台	DCN1-X-C-180-B 型	180	0.5	无损检测	工业 CT 调试区	主射线朝南北顶底旋转照射，额定功率为 90W

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/	不暂存	通过工件门及车间自然通风排入外环境，臭氧常温下 50min 内可自行分解为氧气，对环境影响较小
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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 6 评价依据

<p>法规文件</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》(2014 年修订版), 国家主席令第 9 号公布, 2015 年 1 月 1 日施行</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》(2018 年修正版), 2018 年 12 月 29 日中华人民共和国主席令第 24 号公布实施, 2018 年 12 月 29 日修订, 2018 年 12 月 29 日起施行</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》, 国家主席令第 6 号公布, 2003 年 10 月 1 日起施行</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》(2017 年修订版), 国务院令第 682 号, 2017 年 10 月 1 日发布施行</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(2019 年修订版), 国务院令第 709 号, 2019 年 3 月 2 日起施行</p> <p>(6) 《产业结构调整指导目录(2019 年本)》(2021 年修订, 国家发展和改革委员会 2021 年令第 49 号), 2021 年 12 月 30 日起施行</p> <p>(7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录(2021 年版)》, 生态环境部令第 16 号, 自 2021 年 1 月 1 日起施行</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公告 2017 年 第 66 号, 2017 年 12 月 6 日起施行</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2021 年修正版), 生态环境部令第 20 号, 2021 年 1 月 4 日起施行</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, 2011 年 5 月 1 日起施行</p> <p>(11) 《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 日起施行</p> <p>(12) 《建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法》, 生态环境部令第 9 号, 2019 年 11 月 1 日起施行</p> <p>(13) 《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, 2020 年 1 月 1 日起施行</p> <p>(14) 《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 11 月 1 日起施行</p> <p>(15) 《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 11 月 1 日起施行</p>
-------------	---

	<p>(16) 《江苏省辐射污染防治条例》（2018年修订版），江苏省第十三届人民代表大会常务委员会公告第2号，2018年5月1日起施行</p> <p>(17) 《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</p> <p>(18) 《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</p> <p>(19) 《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</p> <p>(20) 《省生态环境厅关于进一步做好建设项目环境影响报告书（表）编制单位监管工作的通知》，苏环办〔2021〕187号，2021年11月9日</p> <p>(21) 《产业结构调整指导目录（2019年本）》（2021年修订，国家发展和改革委员会2021年令49号），2021年12月30日起施行</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) 《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022）</p> <p>(4) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）</p> <p>(5) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）</p> <p>(6) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）</p> <p>(7) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）</p> <p>(8) 《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）</p> <p>(9) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）</p>
<p>其它</p>	<p>与本项目相关附件：</p> <p>(1) 项目委托书（附件1）</p> <p>(2) 射线装置使用承诺书（附件2）</p> <p>(3) 屏蔽设计说明（附件3）</p> <p>(4) 《智能装备制造项目》环评批复复印件（附件4）</p> <p>(5) 辐射安全许可证复印件（附件5）</p> <p>(6) 辐射环境现状检测报告复印件（附件6）</p> <p>(7) 个人剂量监测报告复印件（附件7）</p> <p>(8) 年度环境检测报告复印件（附件8）</p>

表 7 保护目标与评价标准

评价范围				
<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）中“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”相关规定，确定本项目评价范围为工业 CT 调试区外 50m 区域。</p>				
保护目标				
<p>对照《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022），本项目评价范围内不涉及受影响的重要物种、生态敏感区以及其他需要保护的物种、种群、生物群落及生态空间等生态保护目标。本项目进行工业用 X 射线 CT 装置的生产、使用及销售，占用资源少，不会降低评价范围内的水、气、土壤的环境功能类别和环境质量，符合“三线一单”相关要求。本项目工业 CT 调试区拟建址周围 50m 范围内没有居民区、学校等环境敏感目标，本项目保护目标主要为辐射工作人员、工业 CT 调试区拟建址周围 50m 范围内其他公众。</p>				
表 7-1 本项目工业 CT 调试区拟建址评价范围内保护目标情况一览表				
保护目标	方位	最近距离	规模	环境保护要求
工业 CT 调试区操作位	工业 CT 调试区内	紧邻	8 人	职业人员年剂量约束值 5mSv/a
通道	东侧	紧邻	流动	公众人员年剂量约束值 0.1mSv/a
真空干燥炉生产区域		约 4.3m	约 10 人	
通道	南侧	紧邻	流动	
真空干燥炉生产区域		约 11m	约 5 人	
厂内道路		约 34m	流动	
办公楼		约 43m	约 30 人	
空压机房	西侧	紧邻	约 2 人	
配电房		紧邻	约 2 人	
厂内道路		紧邻	流动	
巡逻东路		约 28m	流动	
通道	北侧	紧邻	流动	
物料存放区		约 4 m	约 2 人	
电梯厅		约 10.5m	流动	
垃圾回收房		约 11m	约 1 人	
收卸货周转区		约 14.4m	约 5 人	
厂内道路		约 21m	流动	
空地		约 43m	流动	

2、3层装配车间	楼上	约 4m	约 50 人	
4、5层仓库		约 14m	流动	

注：表中距离等数据仅供参考，精确的数据应以具备相关测绘资质的单位提供的数值为准。

评价标准

1 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

表 7-2 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	工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值： ①由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv； ②任何一年中的有效剂量，50mSv。
公众照射 剂量限值	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值： ①年有效剂量，1mSv； 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。

11.4.3.2 剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10%~30%(即 0.1mSv~0.3 mSv) 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 《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）

本标准规定了 X 射线探伤的放射防护要求。

本标准适用于使用 600kV 及以下的 X 射线探伤机进行的探伤工作（包括固定式探伤和移动式探伤），工业 CT 探伤和非探伤目的同辐射源范围的无损检测参考使用。

6 固定式探伤的放射防护要求

6.1 探伤室放射防护要求

6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开。探伤室的屏蔽墙厚度应充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素。无迷路探伤室门的防护性能应不小于同侧墙的防护性能。X 射线探伤室的屏蔽计算方法参见 GBZ/T 250。

6.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 GB18871 的要求。

6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：

a) 关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值应不大于 100 μ Sv/

周，对公众场所，其值应不大于 $5\mu\text{Sv}/\text{周}$ ；

b) 屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：

a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室内表面边缘所张立体角区域内时，探伤室顶的辐射屏蔽要求同 6.1.3；

b) 对没有人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平通常可取 $100\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

6.1.5 探伤室应设置门机联锁装置，应在门（包括人员进出门和探伤工件进出门）关闭后才能进行探伤作业。门机联锁装置的设置应方便探伤室内部的人员在紧急情况下离开探伤室。在探伤过程中，防护门被意外打开时，应能立刻停止出束或回源。探伤室内有多台探伤装置时，每台装置均应与防护门联锁。

6.1.6 探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与探伤机联锁。“预备”信号应持续足够长的时间，以确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。在醒目的位置处应有对“照射”和“预备”信号意义的说明。

6.1.7 探伤室内和探伤室出入口应安装监视装置，在控制室的操作台应有专用的监视器，可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况。

6.1.8 探伤室防护门上应有符合 GB18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。

6.1.9 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。按钮或拉绳应带有标签，标明使用方法。

6.1.10 探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次。

6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。

3 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）

本标准规定了工业 X 射线探伤室辐射屏蔽要求。本标准适用于 500kV 以下的工业 X 射线探伤装置的探伤室。

3.2 需要屏蔽的辐射

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

3.2.2 散射辐射考虑以 0° 入射探伤工件的 90° 散射辐射。

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

3.3 其他要求

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

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

3.3.3 屏蔽设计中，应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽。

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

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

4 项目管理目标

(1) 综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)及《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)等评价标准，本项目职业人员年剂量约束值取《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中职业人员年有效剂量值的1/4, 公众年剂量约束值取《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中公众照射剂量限值的10%，即：职业人员年剂量约束值不大于**5mSv/a**；公众活动区域相关人员年剂量约束值不大于**0.1mSv/a**。

(2) 关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值应不大于**100 μ Sv/周**，对公众场所，其值应不大于**5 μ Sv/周**。

(3) 本项目工业用X射线CT装置自屏蔽铅房屏蔽体外30cm处周围剂量当量率参考控制水平不大于**2.5 μ Sv/h**，顶部外表面30cm处的剂量率参考控制水平保守取**2.5 μ Sv/h**（调试过程中辐射工作人员可能接触设备顶部）。

5 参考资料

《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》，辐射防护 第 13 卷第 2 期，1993 年 3 月，江苏省环境监测站。

表 7-3 江苏省环境天然 γ 辐射水平 (单位: nGy/h)

	原野	道路	室内
测值范围	33.1~72.6	18.1~102.3	50.7~129.4
均值	50.4	47.1	89.2
标准差 (s)	7.0	12.3	14.0

注: [1]测量值已扣除宇宙射线响应值。

[2]现状评价时,参考“均值 \pm 3s”数值: 原野为 (50.4 \pm 21.0) nGy/h; 道路为 (47.1 \pm 36.9) nGy/h; 室内为 (89.2 \pm 42.0) nGy/h。

表 8 环境质量和辐射现状

1 项目地理和场所位置

常州市大成真空技术有限公司厂区位于常州市新北区北海东路 58 号，公司地理位置图见附图 1。公司厂区东侧为空地，南侧为北海东路，西侧为巡逻东路及通江中路，北侧为空地。公司平面布局及周围环境图见附图 2。

公司拟在 1#生产车间一层西北部设置工业 CT 调试区，1#生产车间共 4 层（电梯及西南部区域为 5 层），调试区拟建址东侧为通道及真空干燥炉生产区域，南侧为通道、真空干燥炉生产区域、厂内道路及办公楼，西侧为空压机房、配电房、厂内道路及巡逻东路，北侧为物料存放区、电梯厅、收卸货周转区、垃圾回收房、厂内道路及空地，楼上 2 层、3 层均为装配车间，4 层、5 层均为仓库，楼下无建筑。1#生产车间一层平面布局图见附图 3，二层平面布局图见附图 4。

本项目工业 CT 调试区拟建址周围 50m 范围内无居民区、学校等环境敏感目标。保护目标主要为辐射工作人员及工业 CT 调试区拟建址周围评价范围内公众。

本项目工业 CT 调试区周围环境现状见图 8-1。





图 8-1 本项目工业 CT 调试区拟建址及周围环境现状照片

2 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

评价对象：工业 CT 调试区拟建址及周围辐射环境

监测因子： γ 辐射空气吸收剂量率

监测点位：在工业 CT 调试区拟建址周围布置监测点位，共计 6 个点位

3 监测方案、质量保证措施及监测结果

3.1 监测方案

检测单位：江苏玖清玖蓝环保科技有限公司

检测仪器：FH40G 型多功能辐射测量仪（探头型号 FHZ672E-10）（设备编号：J0317，检定有效期：2022.10.10~2023.10.9，检测范围：1nSv/h~100 μ Sv/h，能量响应：48keV~4.4MeV）

环境条件：天气：晴 温度：17 $^{\circ}$ C 湿度：56%RH

监测项目： γ 辐射空气吸收剂量率

监测布点：在工业 CT 调试区拟建址及周围进行布点，具体点位见图 8-2

监测时间：2023 年 3 月 28 日

监测方法：《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）

数据记录及处理：每个点位读取 10 个数据，读取间隔不小于 20s，并待计数稳定后读取数值。每组数据计算每个点位的平均值并计算方差。根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021），本项目空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)中 5.5，使用 ^{137}Cs 作为检定/校准参考辐射源，换算系数取 1.20Sv/Gy

3.2 质量保证措施

监测单位：江苏玖清玖蓝环保科技有限公司，公司已通过检验检测机构资质认定

监测布点质量保证：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）有关布点原则

进行布点

监测过程质量控制质量保证：本项目监测按照《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）的要求，实施全过程质量控制

监测人员、监测仪器及监测结果质量保证：监测人员均经过考核并持有检测上岗证，所有监测仪器均经过计量部门检定，并在有效期内，监测仪器使用前经过检定，监测报告实行三级审核。

3.3 监测结果

评价方法：对照江苏省环境天然 γ 辐射水平调查结果进行评价，监测结果见表 8-1，详细检测结果见附件 6。

表 8-1 本项目拟建址及周围 γ 辐射水平测量结果

测点编号	测点位置描述	测量结果(nGy/h)	备注
1	工业 CT 调试区拟建址处	70.9	室内
2	工业 CT 调试区拟建址东侧（通道）	71.0	室内
3	工业 CT 调试区拟建址南侧（通道）	70.9	室内
4	工业 CT 调试区拟建址西侧（空压机房）	68.9	室内
5	工业 CT 调试区拟建址北侧（通道）	70.5	室内
6	工业 CT 调试区拟建址楼上二层（装配车间）	70.1	室内

注：测量数据已扣除仪器宇宙射线响应值。建筑物对宇宙射线屏蔽修正因子平房取 0.9，楼房取 0.8。

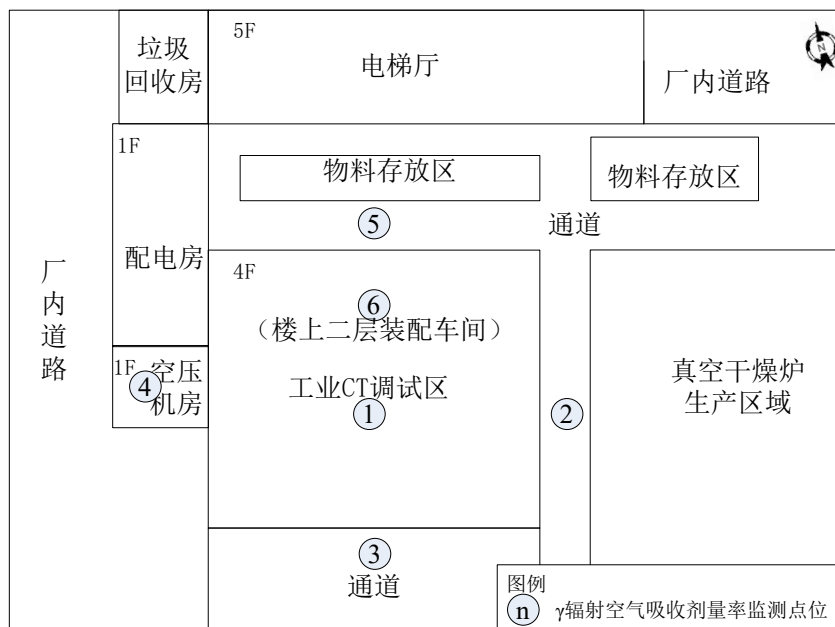


图 8-2 本项目工业 CT 调试区拟建址周围环境 γ 辐射空气吸收剂量率监测点位示意图

4 环境现状调查结果评价

从现场监测结果可知，本项目工业 CT 调试区拟建址及周围环境 γ 辐射水平为（68.9~71.0）nGy/h，均处于江苏省室内环境天然 γ 辐射剂量水平涨落范围内。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备与工艺分析

1 工程设备

因业务发展需要，常州市大成真空技术有限公司拟开展生产、使用、销售工业用 X 射线 CT 装置项目，公司拟在 1#生产车间一层西北部设置工业 CT 调试区，并拟于调试区内设置 4 个调试工位（1#~4#调试工位），用于 6 种型号工业用 X 射线 CT 装置的组装及调试，最多同时调试 4 台装置。每台工业用 X 射线 CT 装置均配备自屏蔽铅房，拟将各装置工件门朝南摆放在 1#~4#调试工位内，调试时人员无法进入装置内部，装置维修时人员可进入。本项目工业用 X 射线 CT 装置主要由 X 射线管、探测器、准直器、平板探测器、显示屏等组成，包含射线产生系统、控制系统、实时成像显示系统及其他辅助系统。

（1）DCN1-X-C-130-B 型/DCN1-X-C-150-B 型/DCN1-X-C-200-L 型（1-3 号）

本项目 DCN1-X-C-130-B 型工业用 X 射线 CT 装置最大管电压为 130kV，最大管电流为 0.3mA，额定功率为 39W；DCN1-X-C-150-B 型工业用 X 射线 CT 装置最大管电压为 150kV，最大管电流为 0.5mA，额定功率为 75W；DCN1-X-C-200-L 型工业用 X 射线 CT 装置最大管电压为 200kV，最大管电流为 2mA，额定功率为 400W；1-3 号工业用 X 射线 CT 装置调试时主射线朝西照射，年生产、使用、销售数量均为 50 台。

本项目 1-3 号工业用 X 射线 CT 装置外观、尺寸、内部设计均一致，屏蔽设计不一致，样式图见图 9-1。1-3 号工业用 X 射线 CT 装置射线管可在东西及竖直方向上移动，移动范围为 600mm×600mm，距西侧最近距离均为 1175mm，距东侧最近距离为 730mm，距顶部最近距离为 730mm，距底部最近距离为 580mm。射线管移动范围见附图 5。

（2）DCN1-X-C-130-C 型/DCN1-X-C-150-C 型/DCN1-X-C-180-B 型（4-6 号）

本项目 DCN1-X-C-130-C 型工业用 X 射线 CT 装置最大管电压为 130kV，最大管电流为 0.3mA，额定功率为 39W；DCN1-X-C-150-C 型工业用 X 射线 CT 装置最大管电压为 150kV，最大管电流为 0.5mA，额定功率为 75W；DCN1-X-C-180-B 型工业用 X 射线 CT 装置最大管电压为 180kV，最大管电流为 0.5mA，额定功率为 90W；4-6 号工业用 X 射线 CT 装置主射线朝南北顶底旋转照射，年生产、使用、销售数量均为 50 台。

本项目 4-6 号工业用 X 射线 CT 装置外观、尺寸、内部设计均一致，屏蔽设计不一致，样式图见图 9-2。本项目 4-6 号工业用 X 射线 CT 装置射线管可朝南北顶底旋转照射，旋转直径为 230mm-530mm，距南侧、北侧最近距离均为 635mm，距顶部最近距离为 660mm，距底部最近距离为 940mm。射线管移动范围见附图 6。



图 9-1 1-3 号工业用 X 射线 CT 装置样式图



图 9-2 4-6 号工业用 X 射线 CT 装置样式图

2 工作原理

2.1 X 射线产生工作原理

工业用 X 射线 CT 装置核心部件是 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 X 射线。常见典型的 X 射线管结构图见图 9-3。

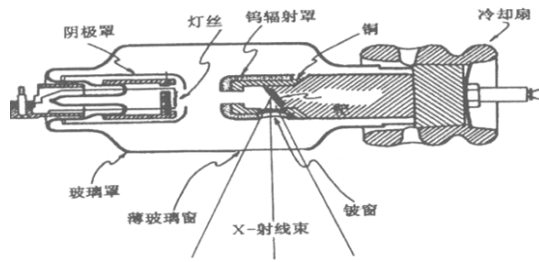


图 9-3 典型的 X 射线管结构图

2.2 工业用 X 射线 CT 装置工作原理

工业用 X 射线 CT 装置主要由 X 射线管、探测器、准直器、平板探测器、显示屏等组成，在使用工业用 X 射线 CT 装置进行无损检测过程中，由于被检工件内部结构密度不同，其对射线的阻挡能力也不一样，物质的密度越大，射线强度减弱越大。当工件内部存在气孔、裂缝、夹渣等缺陷时，射线穿过有缺陷的路径比没有缺陷的路径所透过的物质密度要小得多，其强度减弱较小，即透过的射线强度较大，投射 X 射线被平板探测器所接收，平板探测器把不可见的 X 射线检测信息转换为数字图像后传输至显示屏，在显示屏上实时显示，可迅速对工件缺陷位置和被检样品内部的细微结构进行判别。

3 工艺流程及产污环节

①合同签订流程：公司发现潜在客户并了解客户合作意向，建立客户档案进行分析，呈报公司上级领导待批准后与客户进行业务洽谈并签订合同。

②生产流程：购买工业用 X 射线 CT 装置的原材料、外协加工零件和组装件（本项目 X 射线管均拟外购），材料入场检验（射线管不单独进行调试），确认无问题后材料移入工业 CT 调试区内 1#~4#调试工位进行产品整机组装（组装过程无焊接工序，无明火产生），组装完成后进行调试；

③调试流程：在 1#~4#调试工位对组装后的 6 种型号工业用 X 射线 CT 装置进行调试，调试顺序依次为辐射安全调试、整机性能调试，所有调试均于调试工位各型号装置的自屏蔽铅房内进行。调试过程中会产生 X 射线及少量臭氧、氮氧化物。

a) 辐射安全调试

(1) 确认所有防护门已关闭，联锁信号正常，铅玻璃没有破损，然后开启 CT 装置进行辐射安全调试；

(2) CT 装置射线管出束后，辐射工作人员携带环境辐射剂量巡测仪开展 CT 装置周围辐射水平巡测，以发现可能出现的高辐射水平区，巡测范围根据 CT 装置屏蔽

设计特点、照射方向以及可能出现的问题确定；如有异常报警，则暂停检测，标记异常位置，关闭 CT 装置，对 CT 装置泄漏处进行调整，调整完毕后再次进行检测。重复上述步骤直至检测结果无异常，进行下一步调试。

b) 整机性能调试

(1) 辐射安全调试合格后，打开工件门，放入产品定位装置进行整机性能调试；

(2) 开启 CT 装置，进行取图成像，辐射工作人员通过操作台显示屏判断成像效果是否符合生产需求，若不符合，则关闭 CT 装置，打开工件门调整产品定位装置，调整完毕后关闭工件门，启动射线管，重新取图成像并判断成像效果。重复上述步骤直至成像效果满足要求后，将 CT 装置装箱发往客户。

④销售流程：调试满足要求后，将装置进行装箱，对客户的辐射安全许可资质进行审核确认，凭客户单位的辐射安全许可资质文件将装置发往客户，工业用 X 射线 CT 装置在客户指定场地内进行安装及调试，通过客户验收后完成销售流程。调试过程中会产生 X 射线及少量臭氧、氮氧化物。

⑤客户涉及售后维修服务的，由公司维修调试人员到客户现场进行维修，维修过程中 CT 装置可能会工作，产生 X 射线及臭氧、氮氧化物。

本项目工业用 X 射线 CT 装置生产、调试和销售流程见图 9-4，辐射安全调试及整机性能调试流程见图 9-5。

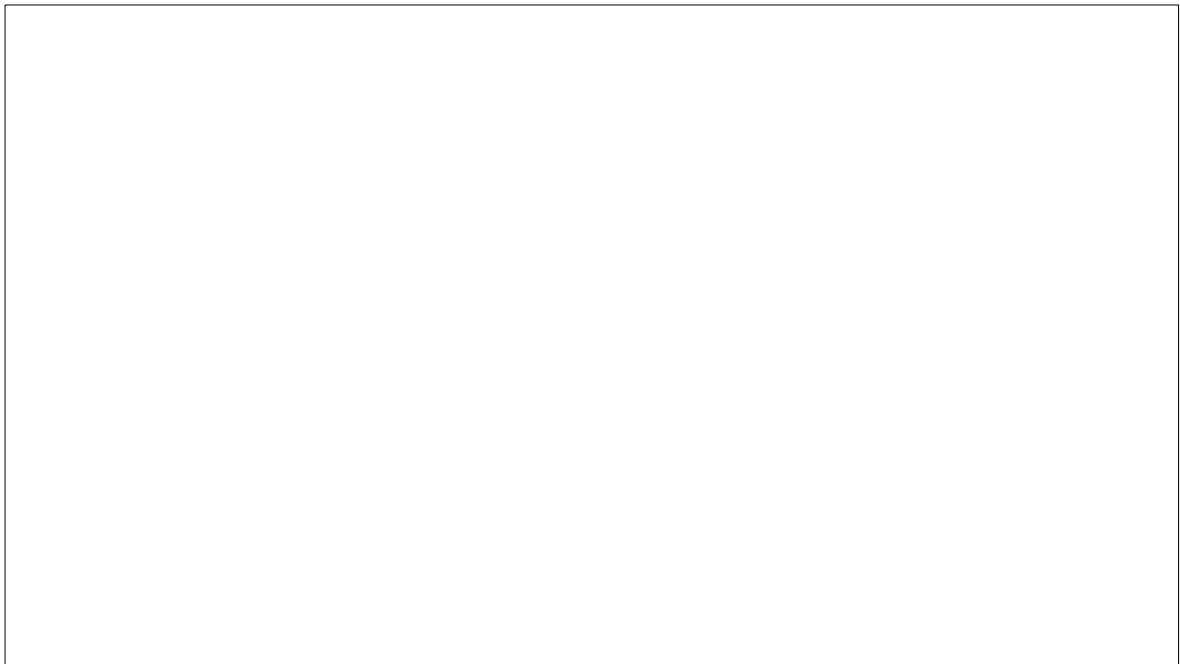


图 9-4 本项目工业用 X 射线 CT 装置生产、调试和销售流程主要环节示意图

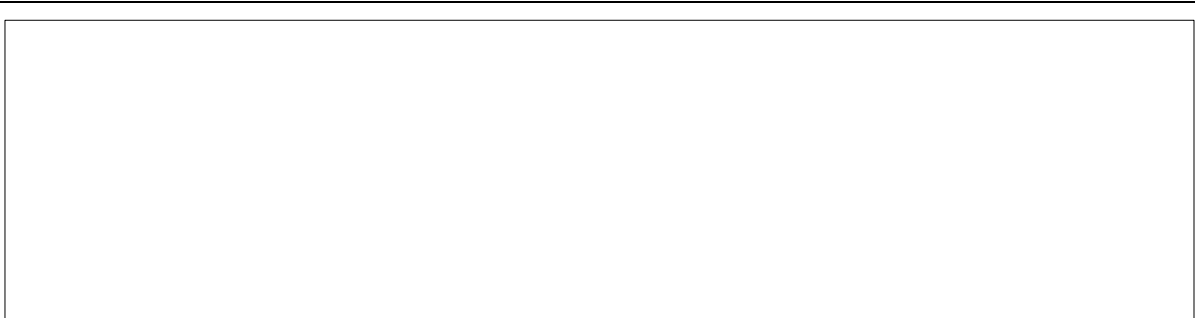


图 9-5 本项目工业用 X 射线 CT 装置辐射安全调试及整机性能调试流程主要环节示意图

4 工作机制

本项目每台工业用 X 射线 CT 装置完成组装及调试约 2-4 天，每台装置厂区内开机调试曝光时间约 2 小时，客户厂区开机调试曝光时间约 1 小时，客户厂区内检维修约 1 小时。常州市大成真空技术有限公司拟为本项目配备 8 名辐射工作人员，每个调试工位拟各配备 1 组 2 名辐射工作人员，每组辐射工作人员年调试、维修台数不超过 75 台，每组辐射工作人员 1 周最多调试、维修 2 台设备。则每名调试人员周调试曝光时间不超过 8 小时（公司厂区内调试 4 小时，客户厂区内调试 2 小时，维修 2 小时），年调试曝光时间不超过 300 小时（公司厂区内调试 150 小时，客户厂区内调试 75 小时，维修 75 小时）。

污染源项描述

1 放射性污染源分析

由工业用 X 射线 CT 装置工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生和消失。因此，正常开机出束期间，放射性污染物为 X 射线及其散射线、漏射线。本项目工作期间 X 射线是主要污染物。本项目 X 射线辐射类型主要分为以下三类：

有用线束辐射：射线装置发出的用于检测的辐射束，又称为主射线束。由于建设单位未提供 X 射线球管过滤板材料及厚度，其输出量保守选取《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 B.1 中各千伏电压下输出量的较大值，150kV（130kV 的 X 射线管保守按 150kV 考虑）的 X 射线管 1m 处的输出量为 $18.3\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ；通过 150kV 及 200kV 的 X 射线管 1m 处输出量进行插值计算得出 180kV 的 X 射线管 1m 处的输出量为 $24.54\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ；200kV 的 X 射线管 1m 处的输出量为 $28.7\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 。

漏射线辐射：由辐射源点在各个方向上从屏蔽装置中泄漏出来的射线称为漏射线。参考《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）表 1，本项目 130kV 的 X 射线管距辐射源点（靶点）1m 处的泄漏辐射剂量率为 $1\times 10^3\mu\text{Sv/h}$ ，150kV、180kV 及 200kV

的 X 射线管距辐射源点（靶点）1m 处的泄漏辐射剂量率为 $2.5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ 。

散射线辐射：当主射线照射到检测工件时，会产生散布于各个方面上的散射辐射，130kV 的 X 射线 90° 散射辐射最高能量不超过 130kV；参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 2，150kV、180kV 及 200kV 的 X 射线 90° 散射辐射最高能量相应的 X 射线均为 150kV；详细参数见表 9-1。

表 9-1 本项目理论预测工业用 X 射线 CT 装置参数一览表

序号	型号	最大管电压 kV	最大管电流 mA	出束角	滤过材料	X 射线机的 发射率常数 $\text{mGy} \cdot \text{m}^2 /$ $(\text{mA} \cdot \text{min})$	泄漏辐射剂 量率 $\mu\text{Sv/h}$	90° 散射 后能量 kV
1	DCN1-X-C-130-B 型							
2	DCN1-X-C-150-B 型							
3	DCN1-X-C-200-L 型							
4	DCN1-X-C-130-C 型							
5	DCN1-X-C-150-C 型							
6	DCN1-X-C-180-B 型							

2 非放射性污染源分析

本项目射线装置在工作状态时，产生的 X 射线会使空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。

本项目辐射工作人员在工作过程中将产生生活污水和一般生活垃圾。

表 10 辐射安全与防护

项目安全措施

1 项目布局及分区合理性分析

常州市大成真空技术有限公司拟在 1#生产车间一层西北部设置工业 CT 调试区，并拟于调试区内设置 4 个调试工位（1#~4#调试工位），用于 6 种型号工业用 X 射线 CT 装置的组装及调试。每台工业用 X 射线 CT 装置均配备自屏蔽铅房，拟将各装置工件门朝南摆放在 1#~4#调试工位内，1-3 号工业用 X 射线 CT 装置主射线朝西照射，4-6 号工业用 X 射线 CT 装置主射线朝南北顶底旋转照射，操作台均位于装置铅房东侧，避开有用线束方向，工业用 X 射线 CT 装置布局设计满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中关于操作室与探伤室分开设置及操作室应避开有用线束照射方向的要求，布局设计合理。

公司拟将 1#~4#调试工位边界设置为控制区边界，在各装置铅房表面明显位置设置电离辐射警告标志及中文警示说明，工作时任何人不得进入；将装置所在的工业 CT 调试区边界设置为监督区边界，调试区边界拟设置实体围栏，悬挂“无关人员禁止入内”警告牌和监督区标牌，并设置明显的电离辐射警示标志和警告标语，工作时无关人等不得进入。本项目工业 CT 调试区平面布局及分区图见图 10-1。

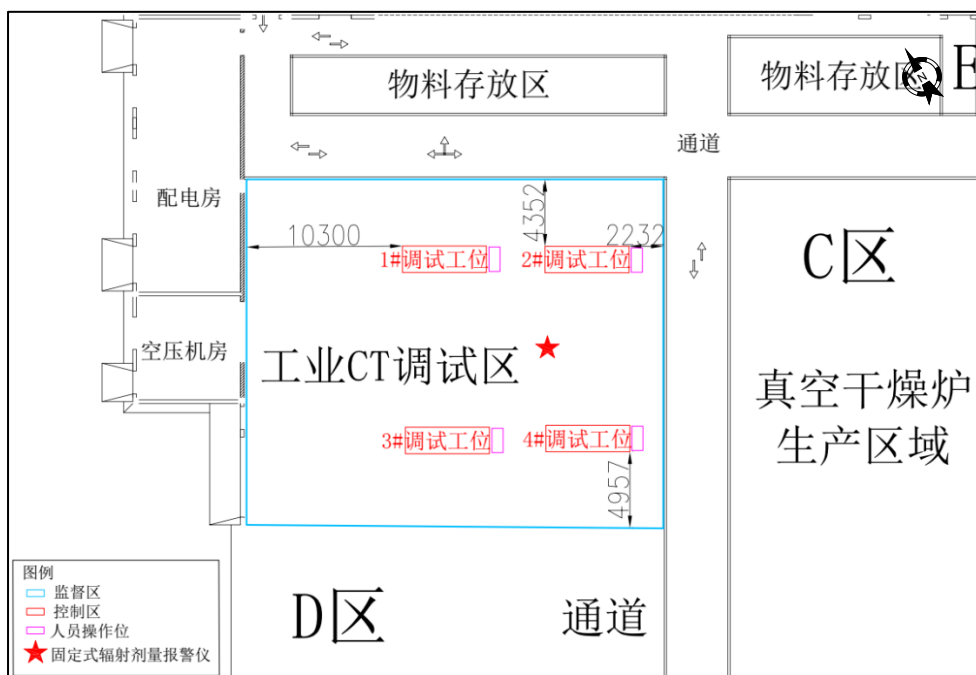


图 10-1 本项目工业 CT 调试区平面布局及分区图

本项目辐射防护分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》

(GB18871-2002)中关于辐射工作场所的分区规定,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。

2 辐射屏蔽设计

本项目6种型号工业用X射线CT装置的屏蔽防护设计见表10-1,设计图见附图5。

表 10-1 本项目工业用 X 射线 CT 装置自屏蔽铅房屏蔽设计参数一览表

序号	型号	铅房外尺寸	屏蔽设计
1			
2			
3			
4			
5			
6			

3 辐射安全措施设计

为确保辐射安全,常州市大成真空技术有限公司拟对公司生产的每台工业用X射线CT装置及工业CT调试区设计相应的辐射安全装置和保护措施。

3.1 工业用X射线CT装置

(1) 工业用 X 射线 CT 装置自屏蔽铅房东侧拟设置操作台,操作台处拟设置钥匙开

关，只有在打开操作台钥匙开关后，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。

(2) 工业用 X 射线 CT 装置拟在自屏蔽铅房内四周屏蔽体及操作台处各设置 1 个紧急停机按钮；确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮带有标签，表明使用方法。

(3) 工业用 X 射线 CT 装置铅房顶部拟设置工作状态指示灯和声音提示装置，并拟与 X 射线管联锁。CT 装置调试时，警示灯开启，警告无关人员勿靠近装置或在装置附近做不必要的逗留。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。

(4) 工业用 X 射线 CT 装置自屏蔽铅房工件门及维修门均拟设置门机联锁装置，只有当工件门及维修门完全关闭后 X 射线才能出束，门打开时立即停止 X 射线照射，关上门不能自动开始 X 射线照射。

(5) 工业用 X 射线 CT 装置自屏蔽铅房表面明显位置拟设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及警示说明，提醒无关人员勿在其附近逗留。

(6) 工业用 X 射线 CT 装置自屏蔽铅房南侧拟设置观察窗，辐射工作人员可通过观察窗监视 CT 装置内部情况。

(7) 工业用 X 射线 CT 装置调试时，会使装置铅房内部的空气电离产生臭氧(O₃)和氮氧化物(NO_x)，辐射工作人员无需进入铅房内，少量臭氧和氮氧化物可通过工件门排出到铅房外，故未设置机械通风装置。

(8) 工业用 X 射线 CT 装置自屏蔽铅房南侧拟设置固定式辐射剂量报警仪。

1-3 号工业用 X 射线 CT 装置辐射防护措施示意图见图 10-2, 4-6 号工业用 X 射线 CT 装置辐射防护措施示意图见图 10-3。

3.2 工业CT调试区

(1) 工业 CT 调试区边界拟设置实体围栏，悬挂“无关人员禁止入内”警告牌和监督区标牌，并设置明显的电离辐射警示标志和警告标语，工作时无关人等不得进入。

(2) 工业 CT 调试区 1#~4#调试工位中间拟设固定式辐射剂量报警仪（见图 10-1）。

(3) 工业 CT 调试区靠近车间出入口，通风条件良好，少量臭氧和氮氧化物可通过车间自然通风排入外环境。

在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全措施能够满足辐射安全要求。

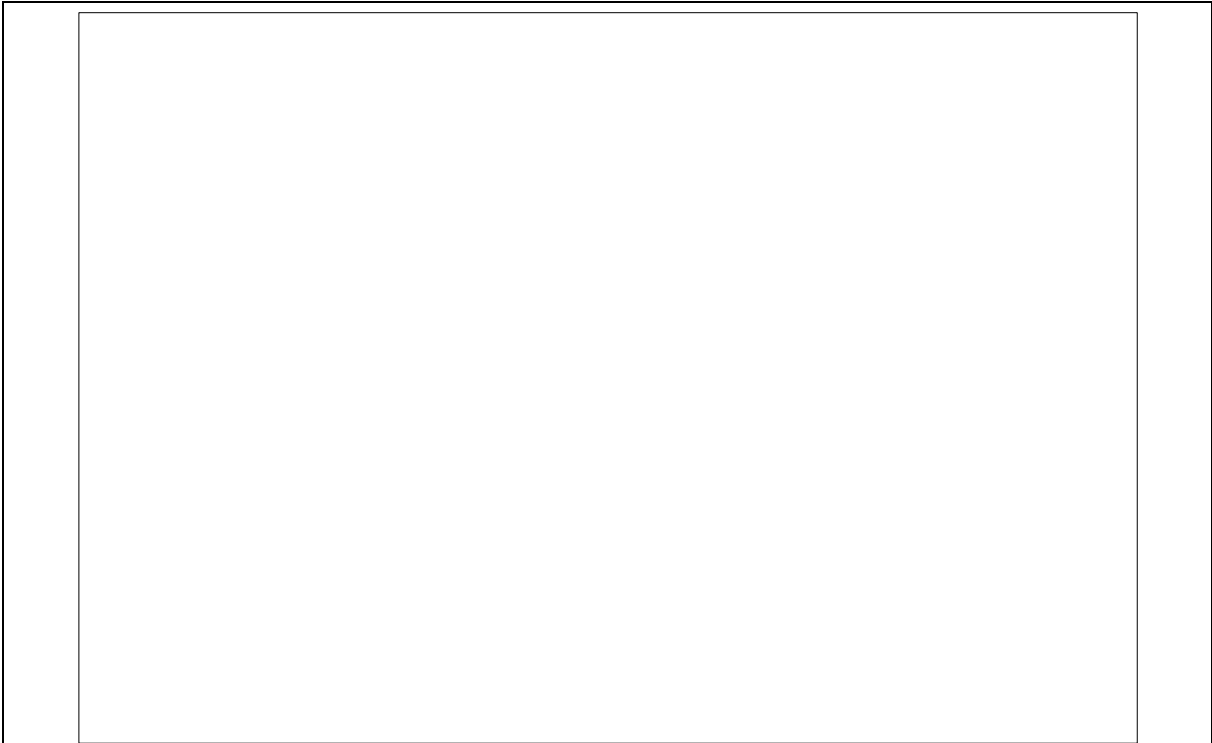


图 10-2 1-3 号工业用 X 射线 CT 装置辐射防护措施示意图

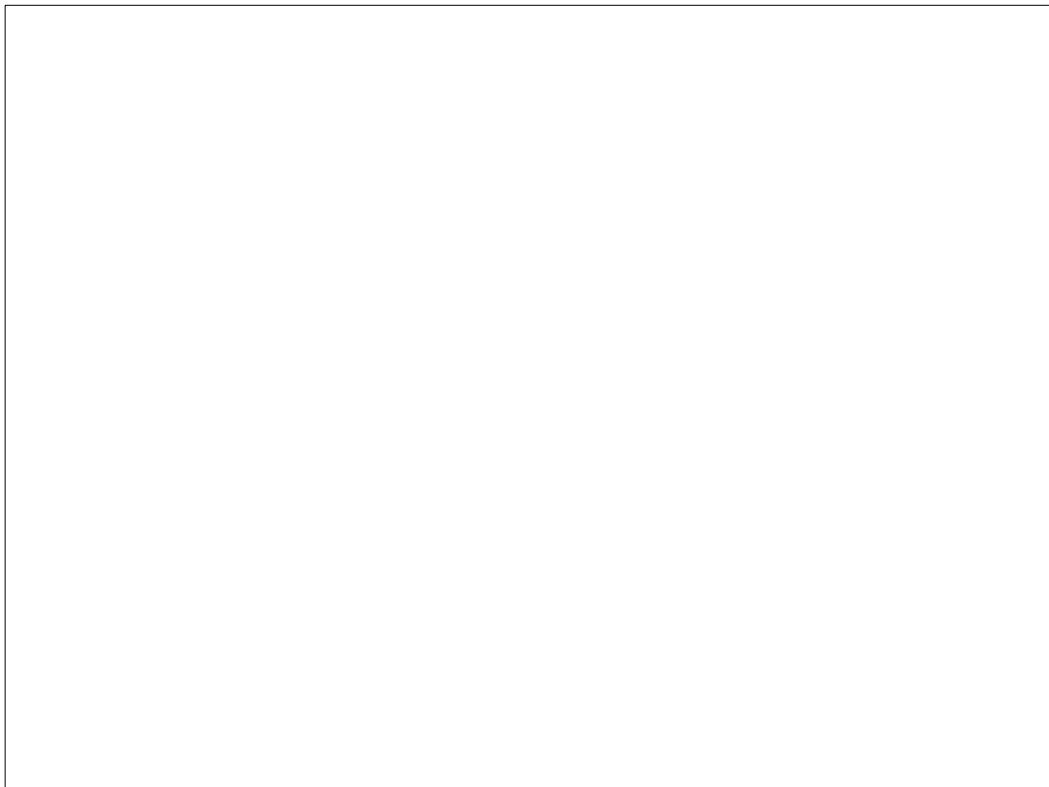


图 10-3 4-6 号工业用 X 射线 CT 装置辐射防护措施示意图

三废治理

本项目无放射性三废产生，和项目有关的非放射三废主要包括臭氧（ O_3 ）和氮氧化物（ NO_x ）。

本项目工业用 X 射线 CT 装置在进行调试工作时，会使装置铅房内部的空气电离产生臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x）。少量臭氧和氮氧化物可通过工件门排出到铅房外，最终通过车间自然通风排入外环境，臭氧常温下约 50min 可自行分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

本项目辐射工作人员在工作过程中产生的生活污水将进入城市污水管网，一般生活垃圾收集后将交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小。

表 11 环境影响分析

<p>建设阶段对环境的影响</p> <p>本项目在公司已建成的车间内开展核技术利用项目，工业用 X 射线 CT 装置自屏蔽铅房为定制设备进行组装，无需开展混凝土浇筑等土建施工，因此没有施工期环境影响。</p>
<p>运行阶段对环境的影响</p> <p>1 辐射环境影响分析</p> <p>1.1 理论预测公式</p> <p>本项目拟生产、使用、销售 6 种型号工业用 X 射线 CT 装置，在调试使用过程中的辐射环境影响为本项目主要辐射环境影响，因此对调试过程中 6 种型号工业用 X 射线 CT 装置屏蔽防护能力进行分析计算。</p> <p>本项目每台工业用 X 射线 CT 装置厂区内调试约 2 小时，客户厂区调试约 1 小时，客户厂区内检维修约 1 小时。本项目投入运行后，每种型号工业用 X 射线 CT 装置年生产、使用和销售总量各为 50 台，6 种型号总计 300 台。</p> <p>(1) DCN1-X-C-130-B 型/DCN1-X-C-150-B 型/DCN1-X-C-200-L 型 (1-3 号)</p> <p>本次评价拟分别选取 1-3 号工业用 X 射线 CT 装置在最大电压下满功率运行时的工况进行预测 (130kV/0.3mA、150kV/0.5mA、200kV/2mA)，因工业用 X 射线 CT 装置调试时主射线朝西照射，故计算时将装置自屏蔽铅房西侧屏蔽体按照有用线束照射进行预测计算，将东侧、南侧、北侧、顶部、底部屏蔽体、电缆口铅罩、工件门、维修门及观察窗均按照非有用线束照射进行预测计算。预测计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中的计算公式。本项目 1-3 号工业用 X 射线 CT 装置射线管可在东西及竖直方向上移动，移动范围为 600mm×600mm，距西侧最近距离均为 1175mm，距东侧最近距离为 730mm，距顶部最近距离为 730mm，距底部最近距离为 580mm，计算示意图 11-1。</p> <p>(2) DCN1-X-C-130-C 型/DCN1-X-C-150-C 型/DCN1-X-C-180-B 型 (4-6 号)</p> <p>本次评价拟分别选取 4-6 号工业用 X 射线 CT 装置在最大电压下满功率运行时的工况进行预测 (130kV/0.3mA、150kV/0.5mA、180kV/0.5mA)，因工业用 X 射线 CT 装置调试时主射线朝南北顶底旋转照射，故计算时将装置自屏蔽铅房南侧、北侧、顶部、底部屏蔽体、工件门及观察窗按照有用线束照射进行预测计算，将东侧、西侧、电缆口铅罩及维修门均按照非有用线束照射进行预测计算。预测计算模式采用《工业</p>

X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的计算公式。本项目 4-6 号工业用 X 射线 CT 装置射线管可朝南北顶底旋转照射，旋转直径为 230mm-530mm，距南侧、北侧最近距离均为 635mm，距顶部最近距离为 660mm，距底部最近距离为 940mm，计算示意图 11-2。

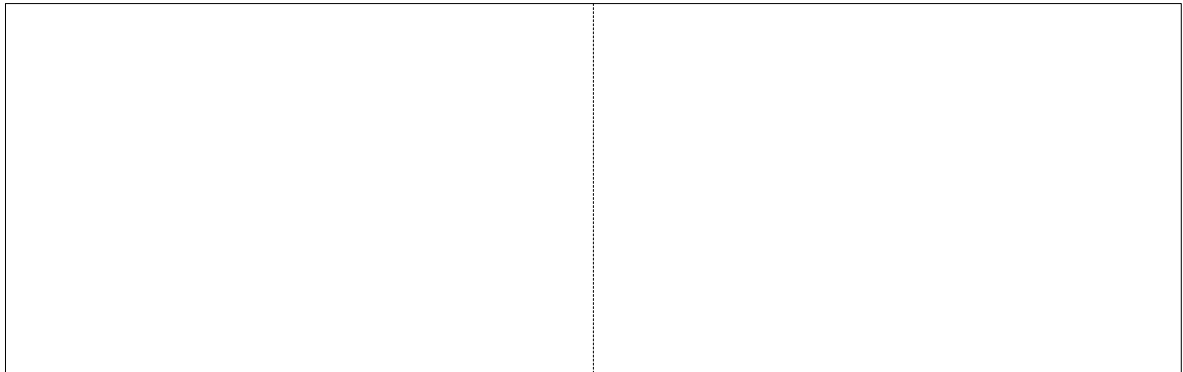


图 11-1 本项目 1-3 号工业用 X 射线 CT 装置计算示意图

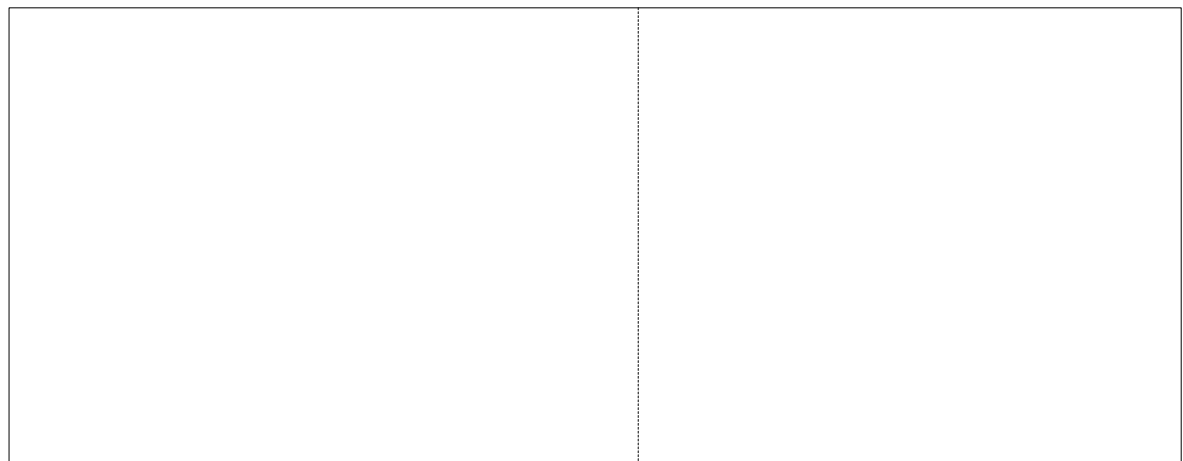


图 11-2 本项目 4-6 号工业用 X 射线 CT 装置计算示意图

1.1.1 有用射束方向屏蔽效果预测公式

采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中有用线束屏蔽估算的计算公式：

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

式中： \dot{H} ：关注点处剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

I ：X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA；

H_0 ：距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ；

R ：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

B ：屏蔽透射因子，因《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-

2014) 中图 B.1 无本项目参数对应的曲线, 按公式 (11-2) 计算得出:

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

式中: X : 屏蔽物质厚度, 与 TVL 取相同的单位;

TVL: 屏蔽材料的什值层厚度。

1.1.2 非有用线束屏蔽效果预测公式

非有用线束方向预测计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中非有用线束屏蔽估算的计算公式:

① 泄漏辐射

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

式中: \dot{H} : 关注点处剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

\dot{H}_L : 距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率, $\mu\text{Sv/h}$, 取值参考工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中的表 1;

B : 屏蔽透射因子, 根据公式 (11-2) 计算得出;

R : 辐射源点 (靶点) 至关注点的距离, m。

② 散射辐射

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

式中: \dot{H} : 关注点处剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

I : X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流, mA;

H_0 : 距辐射源点 (靶点) 1m 处输出量, $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$;

B : 屏蔽透射因子, 按《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中表 2 确定 90° 散射辐射的射线能量, 然后按公式 (11-2) 计算得出;

F : R_0 处的辐射野面积, m^2 ;

α : 散射因子, 入射辐射被单位面积 (1m^2) 散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比。与散射物质有关, 在未获得相应物质的 α 值时, 可以用水的 α 值保守估计, 取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中的附录 B 表 B.3;

R_s : 散射体至关注点的距离, m;

R_0 : 辐射源点(靶点)至探伤工件的距离, m。

1.1.3 参考点的年剂量水平估算

$$H_c = \dot{H}_{c,d} \cdot t \cdot U \cdot T \quad \dots\dots\dots (11-5)$$

式中: H_c : 参考点的年剂量水平, mSv/a;

$\dot{H}_{c,d}$: 参考点处剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

t : 年照射时间, h/a;

U : 探伤装置向关注点方向照射的使用因子;

T : 人员在相应关注点驻留的居留因子。

1.2 1-3 号工业用 X 射线 CT 装置屏蔽计算分析

1.2.1 DCN1-X-C-130-B 型

表 11-1 有用线束方向屏蔽墙屏蔽效果预测表

关注点	设计厚度	I (mA)	$H_0^{①}$ $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$	$B^{②}$	$R^{③}$ (m)	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)	剂量率参考控制水平($\mu\text{Sv/h}$)	评价
西侧屏蔽体/维修门							2.5	满足

表 11-2 非有用线束方向屏蔽墙屏蔽效果预测表

关注点	东侧屏蔽体/维修门	南侧屏蔽体/工件门/观察窗/电缆口铅罩	北侧屏蔽体/维修门/电缆口铅罩	顶部屏蔽体	底部屏蔽体
X 设计厚度					
泄漏辐射	TVL (mm)				
	$B^{③}$				
	$\dot{H}_L(\mu\text{Sv/h})$				
	$R^{④}$ (m)				
	$\dot{H}(\mu\text{Sv/h})$				
散射辐射	散射后能量对应的 kV 值				
	TVL (mm)				
	$B^{③}$				
	I (mA)				
	$H_0^{②}(\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h}))$				
F (m^2)					

	α				
	R_0 (m)				
	$R_s^{①}$ (m)				
	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)				
泄漏辐射和散射辐射的复合作用 ($\mu\text{Sv/h}$)					
剂量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)					
评价		满足	满足	满足	满足

从表 11-1 及表 11-2 中计算结果可以看出，当本项目 DCN1-X-C-130-B 型工业用 X 射线 CT 装置满功率运行时，该装置自屏蔽铅房四周、顶部、底部屏蔽体及防护门外 30cm 处的最大辐射剂量率约为 $0.039\mu\text{Sv/h}$ ，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）“屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”要求及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

1.2.2 DCN1-X-C-150-B 型

表 11-3 有用线束方向屏蔽墙屏蔽效果预测表

关注点	设计厚度	I (mA)	$H_0^{①}$ ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$)	$B^{②}$	$R^{③}$ (m)	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)	剂量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)	评价
西侧屏蔽体/维修门								满足

① H_0 : 参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 B.1，150kV 的 X 射线管以 2mmAl 为滤过片，预计 1m 处的输出量为 $18.3\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$

②B 取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的表 B.2，150kV 管电压下铅的 TVL 值为 0.96mm，然后按公式 $B=10^{-X/\text{TVL}}$ 计算得出；B 取值未考虑 Fe 屏蔽

③ $R_{\text{西侧屏蔽体}}$ =出束口到西侧屏蔽体的距离 1.175m+参考点 0.3m=1.475m

表 11-4 非有用线束方向屏蔽墙屏蔽效果预测表

关注点		东侧屏蔽体/ 维修门	南侧屏蔽体/工 件门/观察窗/ 电缆口铅罩	北侧屏蔽体/ 维修门/电缆 口铅罩	顶部屏蔽体	底部屏蔽体
X 设计厚度						
泄 漏 辐 射	TVL (mm)					
	B ^③					
	\dot{H}_L (μ Sv/h)					
	R ^① (m)					
	\dot{H} (μ Sv/h)					
散 射 辐 射	散射后能量 对应的 kV 值					
	TVL (mm)					
	B ^③					
	I (mA)					
	H_0 ^② (μ Sv·m ² / mA·h)					
	F (m ²)					
	α					
	R ₀ (m)					
	R _s ^① (m)					
\dot{H} (μ Sv/h)						
泄漏辐射和散射 辐射的复合作用 (μ Sv/h)						
剂量率参考控制 水平(μ Sv/h)						
评价		满足	满足	满足	满足	满足

从表 11-3 及表 11-4 中计算结果可以看出，当本项目 DCN1-X-C-150-B 型工业用 X 射线 CT 装置满功率运行时，该装置自屏蔽铅房四周、顶部、底部屏蔽体及防护门外 30cm 处的最大辐射剂量率约为 0.013 μ Sv/h，能够满足《工业探伤放射防护标准》

(GBZ 117-2022)“屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ ”要求及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

1.2.3 DCN1-X-C-200-L 型

表 11-5 有用线束方向屏蔽墙屏蔽效果预测表

关注点	设计厚度	I (mA)	$H_0^{\text{①}}$ $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$	$B^{\text{②}}$	$R^{\text{③}}$ (m)	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)	剂量率参考控制 水平($\mu\text{Sv/h}$)	评价
西侧屏蔽体/维修门								满足

① H_0 : 参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)表 B.1, 200kV 的 X 射线管以 2mmAl 为滤过片, 预计 1m 处的输出量为 28.7mGy \cdot m²/ (mA \cdot min)

②B 取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)中的表 B.2, 200V 管电压下铅的 TVL 值为 1.4mm, 然后按公式 $B=10^{-X/\text{TVL}}$ 计算得出; B 取值未考虑 Fe 屏蔽

③ $R_{\text{西侧屏蔽体}}$ =出束口到西侧屏蔽体的距离 1.175m+参考点 0.3m=1.475m

表 11-6 非有用线束方向屏蔽墙屏蔽效果预测表

关注点	东侧屏蔽体/ 维修门	南侧屏蔽体/工 件门/观察窗/ 电缆口铅罩	北侧屏蔽体/ 维修门/电缆 口铅罩	顶部屏蔽体	底部屏蔽体
X 设计厚度					
泄 漏 辐 射	TVL (mm)				
	$B^{\text{③}}$				
	\dot{H}_L ($\mu\text{Sv/h}$)				
	$R^{\text{①}}$ (m)				
	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)				
散 射 辐 射	散射后能量 对应的 kV 值				
	TVL (mm)				
	$B^{\text{③}}$				
	I (mA)				
	$H_0^{\text{②}}$ ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/$ (mA \cdot h))				
	F (m ²)				
	α				
	R_0 (m)				
	$R_s^{\text{①}}$ (m)				
\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)					
泄漏辐射和散射 辐射的复合作用 ($\mu\text{Sv/h}$)					

剂量率参考控制水平($\mu\text{Sv/h}$)					
评价	满足	满足	满足	满足	满足

从表 11-5 及表 11-6 中计算结果可以看出, 当本项目 DCN1-X-C-200-L 型工业用 X 射线 CT 装置满功率运行时, 该装置自屏蔽铅房四周、顶部、底部屏蔽体及防护门外 30cm 处的最大辐射剂量率约为 $0.114\mu\text{Sv/h}$, 能够满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)“屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”要求及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

1.2.4 DCN1-X-C-130-C 型

表 11-7 有用线束方向屏蔽墙屏蔽效果预测表

关注点	设计厚度	I (mA)	$H_0^{\text{①}}$ $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$	$B^{\text{②}}$	$R^{\text{③}}$ (m)	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)	剂量率参考控制水平($\mu\text{Sv/h}$)	评价
南侧屏蔽体/工件门/观察窗								满足
北侧屏蔽体/维修门								满足
顶部屏蔽体								满足
底部屏蔽体								满足

表 11-8 非有用线束方向屏蔽墙屏蔽效果预测表

关注点		东侧屏蔽体/维修门	西侧屏蔽体/维修门/电缆口铅罩
X 设计厚度			
泄漏辐射	TVL (mm)		
	$B^{\textcircled{3}}$		
	$\dot{H}_L(\mu\text{Sv/h})$		
	$R^{\textcircled{1}}$ (m)		
	$\dot{H}(\mu\text{Sv/h})$		
散射辐射	散射后能量对应的 kV 值		
	TVL (mm)		
	$B^{\textcircled{3}}$		
	I (mA)		
	$H_0^{\textcircled{2}}(\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h}))$		
	$F(\text{m}^2)$		
	α		
	R_0 (m)		
	$R_s^{\textcircled{1}}$ (m)		
$\dot{H}(\mu\text{Sv/h})$			
泄漏辐射和散射辐射的复合作用 ($\mu\text{Sv/h}$)			
剂量率参考控制水平($\mu\text{Sv/h}$)			
评价		满足	满足

①R 东侧屏蔽体、维修门=出束口到铅房东侧屏蔽体的距离 1.510m+参考点 0.3m=1.810m

R 西侧屏蔽体、电缆口铅罩=出束口到铅房南侧屏蔽体的距离 0.945m+参考点 0.3m=1.245m

② H_0 : 参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)表 B.1, 150kV (130kV 的 X 射线管保守按 150kV 考虑) 的 X 射线管以 2mmAl 为滤过片, 预计 1m 处的输出量为 $18.3\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$

③屏蔽透射因子 B 保守仅考虑铅的屏蔽作用, 未考虑 Fe 的屏蔽作用

从表 11-7 及表 11-8 中计算结果可以看出, 当本项目 DCN1-X-C-130-C 型工业用 X 射线 CT 装置满功率运行时, 该装置自屏蔽铅房四周、顶部、底部屏蔽体及防护门外 30cm 处的最大辐射剂量率为 $0.049\mu\text{Sv/h}$, 能够满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) “屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ” 要求及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中 “关注点最高周围剂量当量率参考控制水平 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ” 的要求。

1.2.5 DCN1-X-C-150-C 型

表 11-9 有用线束方向屏蔽墙屏蔽效果预测表

关注点	设计厚度	I (mA)	$H_0^{①}$ ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$)	$B^{②}$	$R^{③}$ (m)	\dot{H} ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	剂量率参考控制水平($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	评价
南侧屏蔽体/工件门/观察窗								满足
北侧屏蔽体/维修门								满足
顶部屏蔽体								满足
底部屏蔽体								满足

表 11-10 非有用线束方向屏蔽墙屏蔽效果预测表

关注点		东侧屏蔽体/维修门	西侧屏蔽体/维修门/电缆口铅罩
X 设计厚度			
泄漏辐射	TVL (mm)		
	$B^{③}$		
	\dot{H}_L ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)		
	$R^{①}$ (m)		
	\dot{H} ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)		
散射辐射	散射后能量对应的 kV 值		
	TVL (mm)		
	$B^{③}$		
	I (mA)		
	$H_0^{②}$ ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$)		
	F (m^2)		
	α		
	R_0 (m)		
	$R_s^{①}$ (m)		
\dot{H} ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)			
泄漏辐射和散射辐射的复合作用 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)			
剂量率参考控制水平($\mu\text{Sv}/\text{h}$)			

评价	满足	满足
----	----	----

从表 11-9 及表 11-10 中计算结果可以看出，当本项目 DCN1-X-C-150-C 型工业用 X 射线 CT 装置满功率运行时，该装置自屏蔽铅房四周、顶部、底部屏蔽体及防护门外 30cm 处的最大辐射剂量率约为 0.001 μ Sv/h，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）“屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5 μ Sv/h”要求及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平 2.5 μ Sv/h”的要求。

1.2.6 DCN1-X-C-180-B 型

表 11-11 有用线束方向屏蔽墙屏蔽效果预测表

关注点	设计厚度	I (mA)	H ₀ ^① μ Sv·m ² /(mA·h)	B ^②	R ^③ (m)	\dot{H} (μ Sv/h)	剂量率参考控制水平(μ Sv/h)	评价
南侧屏蔽体/工件门/观察窗								满足
北侧屏蔽体/维修门								满足
顶部屏蔽体								满足
底部屏蔽体								满足

表 11-12 非有用线束方向屏蔽墙屏蔽效果预测表

关注点		东侧屏蔽体/维修门	西侧屏蔽体/维修门/电缆口铅罩
X 设计厚度			
泄漏辐射	TVL (mm)		
	B ^③		
	\dot{H}_L (μSv/h)		
	R ^① (m)		
	\dot{H} (μSv/h)		
散射辐射	散射后能量对应的 kV 值		
	TVL (mm)		
	B ^③		
	I (mA)		
	H_0 ^② (μSv·m ² /(mA·h))		
	F (m ²)		
	α		
	R ₀ (m)		
	R _s ^① (m)		
	\dot{H} (μSv/h)		
泄漏辐射和散射辐射的复合作用 (μSv/h)			
剂量率参考控制水平(μSv/h)			
评价		满足	满足

从表 11-11 及表 11-12 中计算结果可以看出，当本项目 DCN1-X-C-180-B 型工业用 X 射线 CT 装置满功率运行时，该装置自屏蔽铅房四周、顶部、底部屏蔽体及防护门外 30cm 处的最大辐射剂量率约为 0.003μSv/h，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）“屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5μSv/h”要求及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平 2.5μSv/h”的要求。

1.2.7 天空反散射影响分析

本项目 6 种型号工业用 X 射线 CT 装置满功率运行时，装置自屏蔽铅房顶部 30cm 处的最大辐射剂量率约为 0.047μSv/h，穿透顶部屏蔽体后的 X 射线在经大气散射返回地面后的辐射剂量率将更低，因此其天空反散射均能够满足“关注点最高周围剂量当

量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

1.2.8 电缆口及防护门缝隙辐射防护评价

本项目 6 种型号工业用 X 射线 CT 装置电缆口处均拟安装方形铅防护罩，防护罩尺寸为 $270\text{mm}\times 180\text{mm}\times 65\text{mm}$ 。根据表 11-1 至表 11-12 计算结果可知，电缆口处铅防护罩表面 30cm 处的剂量率最大约为 $0.001\mu\text{Sv/h}$ ，均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

本项目 6 种型号工业用 X 射线 CT 装置电缆口处铅防护罩均采用迷宫式设计，X 射线至少经过 3 次散射才能到达铅房外，根据《辐射防护导论》第 189 页“实例证明，如果一个能使辐射至少散射三次以上的迷道，是能保证迷道口工作人员的安全”，可推断电缆口处的辐射剂量率能够满足标准要求。电缆口 X 射线散射路径示意图见图 11-3。

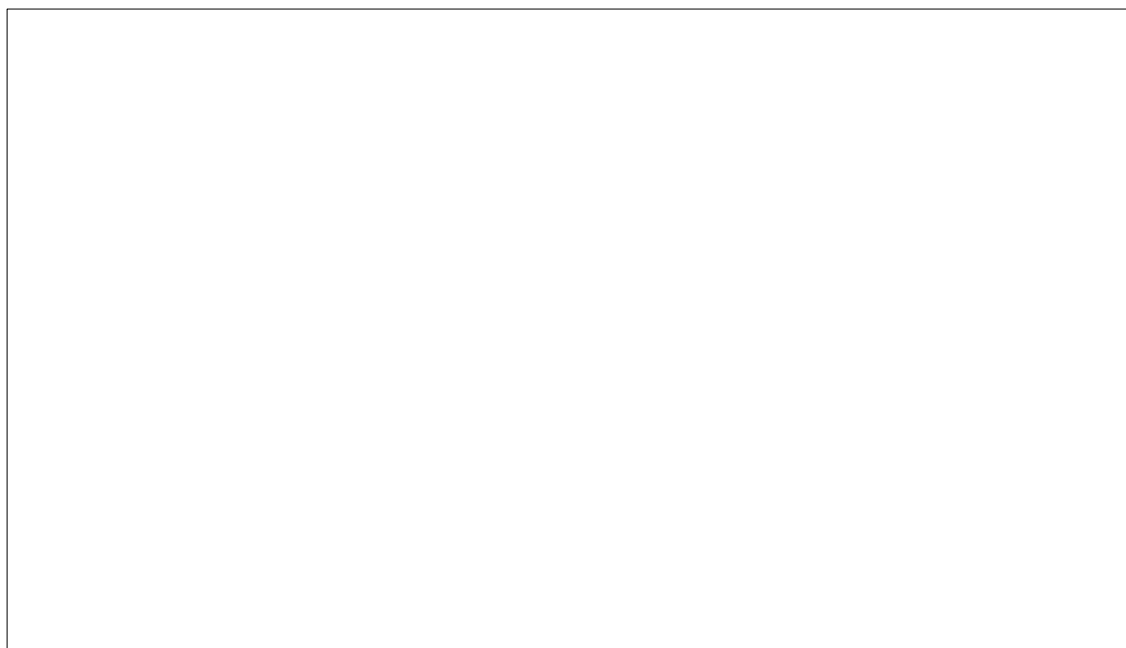


图 11-3 电缆口 X 射线散射路径示意图

本项目 6 种型号工业用 X 射线 CT 装置工件门及维修门与四周屏蔽体搭接均不小于 35mm，工件门及维修门与屏蔽体之间的缝隙宽度均小于 2mm，工件门、维修门与屏蔽体重叠部分不小于工件门、维修门与屏蔽体缝隙宽度的 10 倍，射线经过多次散射后才能出门缝隙，可推断工件门及维修门缝隙处的辐射剂量率能够满足标准要求。

1.2.9 工业 CT 调试区周围剂量率叠加分析

由于本项目工业 CT 调试区共设 1#~4#四个调试工位，最多同时对 4 台工业用 X 射

线 CT 装置进行调试，因此需考虑产生的叠加辐射剂量率的影响。根据表 11-1 至表 11-12 的计算结果可知，本项目 6 种型号工业用 X 射线 CT 装置中四周外辐射剂量率最大约为 $0.114\mu\text{Sv/h}$ ，顶部外辐射剂量率最大约为 $0.047\mu\text{Sv/h}$ ，叠加计算时装置中四周外辐射剂量率保守取装置各侧屏蔽体外 30cm 处最大剂量率值，顶部外辐射剂量率保守均取 $0.047\mu\text{Sv/h}$ 。根据剂量率与距离的平方呈反比公式：

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{R_2^2}{R_1^2} \quad (11-6)$$

式中： H_1 —距射线源点 R_1 处的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

H_2 —距射线源 R_2 处的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

R_1 —装置屏蔽体外 30cm 处距射线源的距离，m；

R_2 —监督区外各计算点位距射线源的距离，m。

工业 CT 调试区周围叠加计算点位见图 11-4。叠加辐射剂量率计算结果见表 11-13。



图 11-4 本项目工业 CT 调试区周围叠加辐射剂量率估算点位示意图

表 11-13 各参考点处叠加剂量率预测表

预测点位	H_1^* ($\mu\text{Sv/h}$)	R_1 (m)	$R_2^{\#}$ (m)	H_2 ($\mu\text{Sv/h}$)
① (操作位)				
② (监督区东侧)				
③ (监督区南侧)				
④ (监督区西侧)				
⑤ (监督区北侧)				
⑥ (楼上二层)				

根据表 11-13 的预测结果可知，本项目工业 CT 调试区内人员操作位叠加剂量率最大值约为 $0.230\mu\text{Sv/h}$ ，工业 CT 调试区边界外叠加剂量率最大约为 $0.014\mu\text{Sv/h}$ 。

2 年有效剂量估算

2.1 辐射工作人员年有效剂量估算

一般情况下，本项目工业 CT 调试区辐射工作人员调试时主要位于工业用 X 射线 CT 装置周围，工业 CT 调试区内拟设置 4 个调试工位，最多同时调试 4 台装置。本项目每种型号工业用 X 射线 CT 装置年生产、使用、销售约 50 台，6 种型号合计 300 台，每台厂区内开机调试曝光时间约 2 小时，客户厂区内开机调试曝光时间约 1 小时，客户厂区内检维修约 1 小时。客户厂区关注点辐射剂量率保守取装置屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率最大值 ($0.114\mu\text{Sv/h}$)。

本项目工业 CT 调试区每个调试工位拟各配备 1 组 2 名辐射工作人员，每组辐射工作人员年调试、维修台数不超过 75 台，每组辐射工作人员 1 周最多完成 2 台设备调试及 2 台设备维修，则每名调试人员年调试曝光时间不超过 300 小时（公司厂区内调试 150 小时，客户厂区内调试 75 小时、维修 75 小时）。

将相关参数带入公式 (11-5) 计算得到辐射工作人员年有效剂量值见表 11-14。

表 11-14 辐射工作人员年受照有效剂量结果评价

关注点	使用因子 U	居留因子 T	剂量率值* ($\mu\text{Sv/h}$)	周工作时间(h)	年工作时间(h)	周剂量估算值 ($\mu\text{Sv/周}$)		年剂量估算值 (mSv/a)	
						-	合计	-	合计
工业 CT 调试人员操作位	公司厂区调试								
	客户厂区调试								
	客户厂区维修								

注：为简化计算，300 台工业用 X 射线 CT 装置保守均按 DCN1-X-C-200-L 型号进行考虑

从表 11-14 中预测结果可知，本项目辐射工作人员周有效剂量最大约为 $1.376\mu\text{Sv}$ ，年有效剂量最大约为 0.053mSv ，能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）剂量限值和本项目剂量约束值中职业人员的要求：职业人员周有效剂量不超过 $100\mu\text{Sv}$ ，年有效剂量不超过 5mSv 。

2.2 公众人员年有效剂量估算

(1) 工业 CT 调试区周围公众人员年有效剂量估算

本项目工业用 X 射线 CT 装置在进行调试时，工业 CT 调试区内禁止公众进入，公众周最大受照时间为 4 小时，年受照时间为 150 小时（取 4 个调试工位同时调试，每个调试工位调试 75 台设备，每台设备厂区内开机调试曝光时间约 2 小时）。将相关参数带入公式（11-5）计算得到公众年有效剂量值见表 11-15。

表 11-15 工业 CT 调试区周围公众人员年受照有效剂量结果评价

关注点	使用因子 U	居留因子 T	剂量率值 ($\mu\text{Sv/h}$)	周工作时间(h)	年工作时间(h)	周剂量估算值($\mu\text{Sv/周}$)	年剂量估算值(mSv/a)
工业 CT 调试区东侧	1	1 (真空干燥炉生产区域)					
工业 CT 调试区南侧	1	1 (真空干燥炉生产区域)					
工业 CT 调试区西侧	1	1/4 (空压机房)					
工业 CT 调试区北侧	1	1/4 (物料存放区)					
工业 CT 调试区楼上二层	1	1 (装配车间)					

从表 11-15 中预测结果可知,本项目工业 CT 调试区拟建址周围及楼上二层公众周有效剂量最大约为 0.052 μ Sv,年有效剂量最大约为 0.002mSv,能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)剂量限值和本项目剂量约束值中公众人员的要求:公众周有效剂量不超过 5 μ Sv,年有效剂量不超过 0.1mSv。

本项目工业 CT 调试区拟建址周围其他公众距调试区相对较远,经距离的进一步衰减后,其有效剂量将更低,可推断工业 CT 调试区拟建址周围评价范围内公众年有效剂量能够满足公众年剂量约束值 0.1mSv/a 的要求。

(2) 客户厂区调试场所周围公众人员年有效剂量估算

当本项目工业用 X 射线 CT 装置在客户厂区许可场所内安装调试时,每台设备最大开机调试曝光时间约为 1 小时,设备四周最大辐射剂量率约为 0.114 μ Sv/h,设备调试期间禁止无关人员靠近,客户厂区周围公众居留因子保守取 1,则客户厂区调试场所周围公众人员所受年有效剂量小于 0.001mSv,能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)剂量限值和本项目剂量约束值中公众人员的要求:年有效剂量不超过 0.1mSv。

3 销售过程环境影响评价

本项目销售过程中射线装置不会通电,不构成辐射源,销售过程也不会产生废气、废液以及固体废物等,对环境无影响。但是本项目在销售过程中,需严格按照国家有关规定做好以下安全管理工作:对客户的辐射安全许可资质进行审核确认,凭客户单位的辐射安全许可资质文件出售射线装置。认真执行销售台账登记制度,记载销售设备的时间、合同号、名称、型号、类别、销售数量、使用单位名称、记录人等事项。

事故影响分析

1 潜在事故分析

本项目工业用 X 射线 CT 装置只有在开机出束时才产生 X 射线,因此,本项目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,工业用 X 射线 CT 装置调试时工件门及维修门未能完全关闭,致使 X 射线泄漏到铅房外面,给周围活动的人员造成不必要的照射。

(2) 机器调试、检修时误照。工业用 X 射线 CT 装置在调试过程中,责任者脱岗,不注意防护或他人误开机使人员受到误照射。

(3) 由于门机联锁失效,工业用 X 射线 CT 装置在调试时,人员误开工件门及维修门,导致受到额外的照射。

2 辐射事故预防措施

常州市大成真空技术有限公司应加强管理，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。针对可能发生的辐射事故，公司拟采取以下预防措施：

(1) 企业内部加强辐射安全管理，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。在进行射线装置调试前，检查确认各项安全措施的有效性，严禁在安全设施故障的情况下开机调试。

(3) 辐射工作人员工作时注意佩戴好个人剂量计、个人剂量报警仪等监测仪器，当个人剂量报警仪发出报警时，辐射工作人员应尽快采取应对措施。

3 辐射事故处置方法

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》及《江苏省辐射污染防治条例》的规定，根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，辐射事故可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。本项目拟生产、使用、销售的射线装置包括II类射线装置，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》及《江苏省辐射污染防治条例》的规定，该类射线装置可能发生的事故是指射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。通常情况下属于一般辐射事故。

在发生事故后：

(1) 辐射工作人员应第一时间关停射线装置的高电压，停止射线装置的出束，然后启动应急预案；

(2) 立即向单位领导汇报，并控制现场区域，防止无关人员进入；

(3) 对可能受到大剂量照射的人员，及时送医院检查和治疗。

当发生或发现辐射事故时，公司应立即启动本单位的辐射事故应急措施，采取必要防范措施，在事故发生后 1 小时内向所在地生态环境和公安部门报告，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，造成或者可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向卫生健康部门报告。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

本项目拟生产、使用、销售的射线装置为II类装置。根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，生产、使用、销售II类射线装置的单位，应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，并以文件形式明确管理人员职责。从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。

常州市大成真空技术有限公司已成立辐射安全与防护管理领导小组，负责辐射安全与防护管理工作，名单如下：

负责人：刘洋

核辐射防护负责人：魏红星

成员：王康亮、刘秋冬、杜单单、吴协华、韩明轩、黄洁、王善通

辐射安全与防护管理小组明确各自的岗位职责，层层分解辐射安全责任，把辐射安全责任落实到每个辐射工作岗位。

辐射安全与防护管理小组，全面负责公司辐射安全管理工作。并组织对核技术项目的辐射安全管理，全面负责核技术项目的防护、使用、辐射事故的应急处理，当前辐射安全管理相对有序，公司应在实践中不断提高辐射安全意识和安全管理水平。

公司现有 18 名辐射工作人员（包含 1 名辐射防护负责人），其中 8 名辐射工作人员参加了生态环境部门认可的机构组织的辐射安全与环境保护培训，并取得了辐射安全与防护培训合格证书。另外 10 名辐射工作人员根据《生态环境部关于进一步优化辐射安全考核的公告》（生态环境部办公厅，2021 年 3 月 12 日印发）要求参加并通过了公司自己组织的内部培训（见表 12-1）。

表 12-1 现有辐射工作人员辐射安全与防护培训情况

序号	姓名	培训/考核时间	培训证书编号
1	文军	2023-05-06	FS23JS1201063
2	张驰	2019-05-07	201902566
3	王康亮	2022-06-05	FS22JS2200162
4	夏文杰	2022-06-05	FS22JS2200161
5	袁欢庆	2022-06-05	FS22JS2200166
6	韦伟新	2023-05-15	FS23JS1201172
7	唐杰	2023-05-15	FS23JS1201170
8	高兵兵	2023-01-11	FS23FJ2300005

9	朱良稳	2022-06-20	培训合格
10	罗大鹏	2022-06-20	培训合格
11	肖巍	2022-06-20	培训合格
12	许云松	2022-06-20	培训合格
13	王冲冲	2022-06-20	培训合格
14	毕经纬	2022-06-20	培训合格
15	魏红星	2022-06-20	培训合格
16	王久虎	2022-06-20	培训合格
17	刘海涛	2022-06-20	培训合格
18	王爽豪	2022-06-20	培训合格

公司拟为本项目新增 8 名辐射工作人员，辐射防护负责人及本项目辐射工作人员均应通过生态环境部培训平台上的线上考核，辐射工作人员持有的原辐射安全培训合格证书到期后应当参加并通过生态环境部培训平台上的线上考核方可上岗。

辐射安全管理规章制度

公司已根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》规定制定一系列辐射安全管理制度，包括《放射源（射线装置）安全操作规程》、《核技术利用设备岗位职责》、《从业人员培训计划》、《辐射防护和安全保卫制度》、《设备检修维护制度》、《辐射环境监测方案》、《个人剂量检测方案》、《放射源（射线装置）台账登记制度》、《辐射安全事故应急预案》等，并严格按照规章制度执行。

公司针对已有核技术利用项目已制定了《辐射事故应急预案》，预案中明确了应急指挥机构、人员组成及分工、应急部门及人员职责、应急器材，发生辐射事故时的报告、应急处置方式等，公司制定的事故应急预案较全面，并具有可行性，公司开展辐射活动至今，未发生过辐射安全事故。

在实际工作中公司还应针对本项目对其进行补充和完善，使其具有较强的针对性和可操作性。本报告对各项管理制度完善要点提出如下建议：

操作规程：明确调试人员的资质条件要求、操作的具体流程及操作过程中应采取的具体防护措施，重点是明确调试的流程及作业过程中必须采取的辐射安全措施。

岗位职责：明确管理人员、调试人员、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。

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，重点是射线装置调试和维修时的辐射安全管理。

设备检修维护制度：明确工业用 X 射线 CT 装置的各项安全连锁装置、辐射监测

设备维修计划、在日常调试过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，确保辐射安全装置有效地运转。重点是辐射安全联锁装置、剂量报警仪等仪器必须保持良好工作状态。

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。

监测方案：制定辐射工作人员剂量监测工作制度和工作场所定期监测制度。发现个人剂量异常的，应当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生态环境部门、卫生健康部门调查处理。发现工作场所监测异常的，应当立即采取措施，并在一小时内向县（市、区）或者设区的市生态环境部门报告。

台账管理制度：建立健全的台账制度，并在日常工作中落实到位，对公司生产、调试和出售的射线装置型号、规格、数量、去向及日期等均需记录在台账上，做到有据可查。

事故应急预案：针对工业用 X 射线 CT 装置调试过程中可能产生的辐射事故制定辐射事故应急预案或应急措施，该预案或措施中要明确应急机构和职责分工、应急人员的组织、培训、事故报告制度、辐射防护措施及事故处理程序等。当发生辐射事故时，公司应当立即启动辐射事故应急方案，采取有效的事故处理措施，防止事故恶化，并在 1 小时内向当地生态环境部门和公安部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射时，还应同时报告当地卫生健康部门。

辐射监测

公司拟生产、使用、销售的射线装置为Ⅱ类射线装置，根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，本项目须配置至少 1 台环境辐射剂量巡测仪，以满足射线装置调试时，对射线装置周围 X 射线的辐射泄漏和散射的巡测。

公司现有 4 台 BG9511 型环境辐射剂量巡测仪及 2 台贝立特/FS311 型个人剂量报警仪，公司还应为本项目配备 8 台个人剂量报警仪，方能够满足审管部门关于仪器配备的要求。

公司现有辐射工作人员均已配备个人剂量计监测累积剂量，并每三个月送常州环宇信科环境检测有限公司进行个人剂量监测，根据公司 2022 年~2023 年 4 个季度辐射工作人员个人剂量监测报告可知（见附件 7），辐射工作人员个人剂量检测结果均未见异常；公司已每两年组织辐射工作人员进行健康体检，并已按相关要求建立辐射工作人员个人剂量监测档案和职业健康监护档案。

公司现有核技术利用项目已委托常州环宇信科环境检测有限公司开展年度环保检测（年度环保检测报告见附件 8），根据检测结果可知，公司含密封源仪表、放射源库、射线装置外的周围剂量当量率均能满足相关标准的要求。

公司已于每年 1 月 31 日前上报上一年度辐射安全年度评估报告。

本项目运行后，公司拟定期（不少于 1 次/年）请有资质的单位对辐射工作场所和周围环境的辐射水平进行监测；在进行调试作业时，公司拟定期对辐射工作场所和周围环境的辐射水平进行监测，并做好相关记录；本项目辐射工作人员均拟佩戴个人剂量计监测累积剂量，定期（1 个月/次，最长不超过 3 个月/次）送有资质部门进行个人剂量测量，并建立个人剂量档案。同时公司拟定期（两次检查的时间间隔不应超过 2 年）安排辐射工作人员进行职业健康体检，并建立职业健康档案。公司还拟对辐射安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前提交上一年度的评估报告。

辐射监测方案见表 12-1。

表 12-1 辐射监测方案

监测对象	监测项目	监测方式	监测周期	监测点位
待调试的工业用 X 射线 CT 装置	X-γ 空气吸收剂量率	竣工验收监测	1 次	①四周屏蔽墙及观察窗外 30cm 处； ②防护门外 30cm 处及门缝隙处； ③操作位处； ④电缆口外； ⑤工业 CT 调试区周围。
		场所年度监测，委托有资质的单位进行	1 次/年	
		定期自行开展辐射监测	每 1 个月/次	
辐射工作人员	年有效剂量	委托有资质的单位进行	每 3 个月/次	/

落实以上措施后，公司安全管理措施能够满足辐射安全管理的要求。

辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中关于应急报告与处理的相关要求，常州市大成真空技术有限公司拟针对本项目可能产生的辐射事故情况制定事故应急方案，应急方案内容应包括：

- (1) 应急机构和职责分工；
- (2) 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；
- (3) 辐射事故分级与应急响应措施；
- (4) 辐射事故调查、报告和处理程序；
- (5) 辐射事故信息公开、公众宣传方案。

常州市大成真空技术有限公司拟依据《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》及《江苏省辐射污染防治条例》的要求制定辐射事故应急预案，建立应急机构，明确人员职责分工，加强应急人员的组织、培训，完善辐射事故分类与应急响应措施。并在今后工作中定期组织应急人员进行应急演练。

发生辐射事故时，公司应立即启动本单位的事事故应急方案，采取必要防范措施，在1小时内向所在地生态环境部门和公安部门报告，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，造成或者可能造成人员超剂量照射的，同时向卫生健康部门报告。事故发生后公司应积极配合生态环境部门、公安部门及卫生健康部门调查事故原因，并做好后续工作。

表 13 结论与建议

结论

1 辐射安全与防护分析结论

1.1 项目位置

常州市大成真空技术有限公司厂区位于常州市新北区北海东路 58 号。公司厂区东侧为空地，南侧为北海东路，西侧为巡逻东路及通江中路，北侧为空地。

公司拟在 1#生产车间一层西北部设置工业 CT 调试区，1#生产车间共 4 层（电梯及西南部区域为 5 层），调试区拟建址东侧为通道及真空干燥炉生产区域，南侧为通道、真空干燥炉生产区域、厂内道路及办公楼，西侧为空压机房、配电房、厂内道路及巡逻东路，北侧为物料存放区、电梯厅、收卸货周转区、垃圾回收房、厂内道路及空地，楼上 2 层、3 层均为装配车间，4 层、5 层均为仓库，楼下无建筑。

本项目工业 CT 调试区拟建址周围 50m 范围内无居民区、学校等环境敏感目标。保护目标主要为辐射工作人员及工业 CT 调试区拟建址周围评价范围内公众。

1.2 项目分区及布局

公司拟将 1#~4#调试工位边界设置为控制区边界，在装置铅房表面明显位置设置电离辐射警告标志及中文警示说明，工作时任何人不得进入；将装置所在的工业 CT 调试区边界设置为监督区边界，调试区边界拟设置实体围栏，悬挂“无关人员禁止入内”警告牌和监督区标牌，并设置明显的电离辐射警示标志和警告标语，工作时无关人等不得进入。

本项目辐射防护分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定，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。

1.3 辐射安全措施

本项目 6 种型号工业用 X 射线 CT 装置自屏蔽铅房东侧均拟设置操作台，操作台处拟设置钥匙开关；拟在自屏蔽铅房内四周屏蔽体及操作台处各设置 1 个紧急停机按钮；装置铅房顶部拟设置工作状态指示灯和声音提示装置，并拟与 X 射线管联锁；“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别；装置自屏蔽铅房工件门及维修门均拟设置门机联锁装置；装置自屏蔽铅房表面明显位置拟设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及警示说明；装置铅房南侧拟设置观察窗，

辐射工作人员可通过观察窗监视 CT 装置内部情况；装置铅房南侧拟设置固定式辐射剂量报警仪。

在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全措施能够满足辐射安全要求。

1.4 辐射安全管理

公司已成立辐射防护管理机构，并以文件的形式明确各成员管理职责，同时拟在项目运行前完善各项辐射安全管理制度。本项目拟配备的辐射工作人员在上岗前均拟参加并通过生态环境部培训平台上的线上考核，公司拟对本项目辐射工作人员进行职业健康监护和个人剂量监测，并为辐射工作人员建立个人职业健康监护档案和个人剂量档案。

公司现有 4 台 BG9511 型环境辐射剂量巡测仪及 2 台贝立特/FS311 型个人剂量报警仪，还应为本项目配备 8 台个人剂量报警仪，方能够满足审管部门关于仪器配备的要求。

在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全管理措施能够满足辐射安全管理要求。

2 环境影响分析结论

2.1 辐射防护影响预测

根据理论预测结果，本项目 6 种型号工业用 X 射线 CT 装置铅房各侧屏蔽体外 30cm 处辐射剂量率均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）的剂量率限值要求。

2.2 保护目标剂量

本项目投入运行后辐射工作人员和周围公众年有效剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中对职业人员和公众有效剂量限值要求以及本项目的剂量约束值要求：职业人员周有效剂量不超过 100 μ Sv，公众周有效剂量不超过 5 μ Sv；职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv。

2.3 三废处理处置

本项目无放射性三废产生。

本项目工业用 X 射线 CT 装置在进行调试工作时，会使装置内部的空气电离产生臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x）。少量臭氧和氮氧化物可通过工件门排出，最终通过车间自然通风排入外环境，臭氧常温下约 50min 可自行分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

本项目辐射工作人员在工作过程中产生的生活污水将进入城市污水管网，一般生

活垃圾收集后将交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小。

3 可行性分析结论

综上所述，常州市大成真空技术有限公司生产、使用、销售工业用 X 射线 CT 装置项目在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，该公司将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和具备相应的辐射安全防护措施，其运行对周围环境产生的影响能够符合辐射环境保护的要求，从辐射环境保护角度论证，该项目的建设和运行是可行的。

建议和承诺

1) 该项目运行后，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) 取得环评批复后企业应及时申领辐射安全许可证，并按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的有关规定及时进行自主环境保护验收。

辐射污染防治措施“三同时”措施一览表

项目	“三同时”措施	预期效果	投资 (万元)
辐射安全管理机构	公司已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确其管理职责	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，使用II类射线装置的单位，应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构的要求。	/
辐射安全和防护措施	辐射防护设计：	铅房周围的辐射剂量率均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5μSv/h”的要求	198

	<p>辐射安全措施: 本项目 6 种型号工业用 X 射线 CT 装置自屏蔽铅房东侧均拟设置操作台，操作台处拟设置钥匙开关；拟在自屏蔽铅房内四周屏蔽体及操作台处各设置 1 个紧急停机按钮；装置铅房顶部拟设置工作状态指示灯和声音提示装置，并拟与 X 射线管连锁；“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别；装置自屏蔽铅房工件门及维修门均拟设置门机连锁装置；装置自屏蔽铅房表面明显位置拟设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及警示说明；装置铅房南侧拟设置观察窗，辐射工作人员可通过观察窗监视 CT 装置内部情况；装置铅房南侧拟设置固定式辐射剂量报警仪</p>		
人员配备	<p>公司拟为本项目配备 8 名辐射工作人员，8 名辐射工作人员均应在上岗前参加并通过生态环境部培训平台上的线上考核，通过考核后方可上岗</p> <p>拟委托有资质的单位对辐射工作人员开展个人剂量检测，送检周期为 3 个月，并建立辐射工作人员个人剂量监测档案</p> <p>拟定期组织辐射工作人员进行职业健康体检，体检周期为 2 年，并建立职业健康监护档案</p>	<p>满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中关于人员培训、个人剂量监测及职业健康体检的相关要求。</p>	定期投入
监测仪器和防护用品	<p>已配备 4 台环境辐射剂量巡测仪及 2 台个人剂量报警仪，还应配备 8 台个人剂量报警仪</p>	<p>满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，本项目应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量报警仪、辐射剂量巡测仪等仪器的要求</p>	2
辐射安全管理制度	<p>公司已根据相关标准要求，制定了一系列辐射安全管理制度，包括操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、射线装置使用登记、台账管理制度以及辐射事故应急预案等制度，公</p>	<p>满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》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</p>	/

	<p>司还应根据相关条例、办法以及本报告的要求对制度的内容进行补充，并在今后运行中结合实际工作不断完善，使其具有较强的针对性和可操作性</p>	<p>责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、台账登记制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急方案。</p>	
--	---	--	--

以上措施必须在项目运行前落实。

