

2025-F-056

核技术利用建设项目

中创新航科技（江苏）有限公司  
新增 4 台工业 CT 装置项目  
环境影响报告表

中创新航科技（江苏）有限公司（盖章）

2025 年 5 月



生态环境部监制

核技术利用建设项目

中创新航科技（江苏）有限公司  
新增 4 台工业 CT 装置项目  
环境影响报告表

建设单位名称：中创新航科技（江苏）有限公司

建设单位法人代表（签字或签章）：

通讯地址：常州市金坛区江东大道 1 号

邮政编码：213251

联系人：

电子邮箱：/

联系电话：



持证人签名:

Signature of the Bearer

管理号: 05353243505320171  
File No.:

姓名: \_\_\_\_\_  
Full Name 张斌  
性别: \_\_\_\_\_  
Sex \_\_\_\_\_  
出生年月: \_\_\_\_\_  
Date of Birth 320106197504291279  
专业类别: \_\_\_\_\_  
Professional Type 环境评价四科  
批准日期: \_\_\_\_\_  
Approval Date 200505

签发单位盖章:  
Issued by

签发日期:  
Issued on



本证书由中华人民共和国人事部和国家环境保护总局批准颁发。它表明持证人通过国家统一组织的考试合格,取得环境影响评价工程师的职业资格。

This is to certify that the bearer of the Certificate has passed national examination organized by the Chinese government departments and has obtained qualifications for Environmental Impact Assessment Engineer.



Ministry of Personnel  
The People's Republic of China



approved & authorized  
by  
State Environmental Protection Administration  
The People's Republic of China

编号:  
No.: 0001750

## 编制主持人现场照片

拍照时间：2025年2月25日

拍照地点：中创新航科技（江苏）有限公司新增4台工业CT装置项目拟建址处（常州市金坛区江东大道1号）

编制主持人：张斌

职业资格证书管理号：05353243505320171



## 江苏省社会保险权益记录单 (参保单位)



请使用官方江苏智慧人社APP扫描验证

参保单位全称：江苏玖清玖蓝环保科技有限公司

现参保地：建邺区

统一社会信用代码：91320105MA1MQU5T14

查询时间：202503-202505

共1页，第1页

单位参保险种	养老保险	工伤保险	失业保险	
缴费总人数	29	29	29	
序号	姓名	公民身份号码(社会保障号)	缴费起止年月	缴费月数
1	徐呈亮		202503 - 202505	3
2	张斌		202503 - 202505	3

说明：

1. 本权益单涉及单位及参保职工个人信息，单位应妥善保管。
2. 本权益单为打印时参保情况。
3. 本权益单已签具电子印章，不再加盖鲜章。
4. 本权益单记录单出具后有效期内（6个月），如需核对真伪，请使用江苏智慧人社APP，扫描右上方二维码进行验证（可多次验证）。



打印时间：2025年5月14日

# 目录

表 1	项目基本情况.....	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.....	11
表 8	环境质量和辐射现状.....	15
表 9	项目工程分析与源项.....	21
表 10	辐射安全与防护.....	28
表 11	环境影响分析.....	37
表 12	辐射安全管理.....	60
表 13	结论与建议.....	64
表 14	审批.....	72
附图 1	中创新航科技（江苏）有限公司厂区地理位置图.....	错误！未定义书签。
附图 2	中创新航科技（江苏）有限公司厂区平面布局图.....	错误！未定义书签。
附图 3	中创新航科技（江苏）有限公司 J14 电池生产厂房一层平面布局图.....	错误！未定义书签。
附图 4	中创新航科技（江苏）有限公司 J14 电池生产厂房二层平面布局图.....	错误！未定义书签。
附图 5	中创新航科技（江苏）有限公司 J32 装备车间一层平面布局图.....	错误！未定义书签。
附图 6	中创新航科技（江苏）有限公司 J32 装备车间二层平面布局图.....	错误！未定义书签。
附图 7	本项目 4#、5#工业 CT 装置屏蔽设计图.....	错误！未定义书签。
附图 8	本项目 6#工业 CT 装置屏蔽设计图.....	错误！未定义书签。
附图 9	本项目 7#工业 CT 装置屏蔽设计图.....	错误！未定义书签。
附图 10	本项目与江苏省生态空间管控区域相对位置关系图.....	错误！未定义书签。
附件 1	.....	错误！未定义书签。
附件 2	.....	错误！未定义书签。
附件 3	.....	错误！未定义书签。
附件 4	.....	错误！未定义书签。
附件 5	.....	错误！未定义书签。
附件 6	.....	错误！未定义书签。
附件 7	.....	错误！未定义书签。
附件 8	.....	错误！未定义书签。
附件 9	.....	错误！未定义书签。
附件 10	.....	错误！未定义书签。
附件 11	.....	错误！未定义书签。

**表 1 项目基本概况**

建设项目名称		中创新航科技（江苏）有限公司新增 4 台工业 CT 装置项目			
建设单位		中创新航科技（江苏）有限公司			
法人代表姓名	王小强	联系人		联系电话	
注册地址		常州市金坛区江东大道 1 号			
项目建设地点		常州市金坛区江东大道 1 号公司 J14 电池生产厂房模组物资库及 J32 装备车间设备实验室内			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）	500	项目环保总投资（万元）	100	投资比例（环保投资/总投资）	20%
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他		占地面积（m <sup>2</sup> ）	/
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><b>1.1 建设单位基本情况</b></p> <p>中创新航科技（江苏）有限公司成立于 2021 年 6 月，共有东、西两个厂区，地址均位于常州市金坛区江东大道 1 号。公司主要从事新材料技术研发，电池制造，电池销售，新能源汽车废旧动力蓄电池回收及梯次利用，新能源汽车电附件销售，新能源汽车整车销售，新能源汽车换电设施销售，汽车零部件及配件制造等。</p> <p><b>1.2 项目规模及任务由来</b></p> <p>根据生产、检测需要，中创新航科技（江苏）有限公司拟在西厂区 J14 电池生产厂房（共四层）一层模组物资库内扩建 2 台工业 CT 装置（4#、5#工业 CT 装置），2</p>					

台工业 CT 装置的型号均为 RMCT4000N 型；拟于东厂区 J32 装备车间（共四层）一层设备实验室内扩建 2 台工业 CT 装置（6#、7#工业 CT 装置），2 台工业 CT 装置的型号分别为 ZEISS CT Metrotom1500 225kV G3 型（6#工业 CT 装置）及 UX20 型（7#工业 CT 装置）。4 台工业 CT 装置均用于开展公司电池模组的无损检测工作，本项目检测的电池模组尺寸最大约为 580mm（长）×220mm（宽）×100mm（厚）。本项目各工业 CT 装置仅在检修情况下人员需进入设备内部，正常运行过程中，人员在工件门外取放工件，无需进入设备内部。

公司拟为本项目配备 8 名辐射工作人员，每台装置配备 2 名辐射工作人员，8 名辐射工作人员均为新增人员。本项目各工业 CT 装置周开机曝光时间均约为 10 小时，年开机曝光时间均约为 500 小时。

本次评价核技术应用项目情况一览表见下表 1-1：

**表 1-1 中创新航科技（江苏）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	数量	最大管电压 kV	最大管电流 mA	射线装置类别	工作场所名称	环评情况及审批时间	许可情况	备注
1	RMCT4000N 型工业 CT 装置（4#装置）	1	300	3	II	模组物资库	本次环评	未许可	主射线朝东侧照射；额定功率为 500W
2	RMCT4000N 型工业 CT 装置（5#装置）	1	300	3	II	模组物资库	本次环评	未许可	主射线朝南侧照射；额定功率为 500W
3	ZEISS CT Metrotom1500 225kV G3 型工业 CT 装置（6#装置）	1	225	3	II	设备实验室	本次环评	未许可	主射线朝南侧照射；额定功率 500W
4	UX20 型工业 CT 装置（7#装置）	1	225	8	II	设备实验室	本次环评	未许可	主射线朝北侧、顶部及底部照射；额定功率 1800W

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》《建设项目环境影响评价分类管理名录》《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许可管理办法》等法律法规的规定，本项目使用 II 类射线装置应当编制环境影响评价报告表。受中创新航科技（江苏）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

中创新航科技（江苏）有限公司地址位于常州市金坛区江东大道1号，公司地理位置图见附图1。公司共有东、西两个厂区，公司东厂区东侧为纪庄河与复兴南路，南侧为江东大道，西侧为明湖路与河道，北侧为华业路；西厂区东侧为河道与明湖路，南侧为江东大道，西侧为金湖南路，北侧为预留用地，公司厂区平面布局及周围环境示意图见附图2。

中创新航科技（江苏）有限公司拟在西厂区J14电池生产厂房（共四层）一层模组物资库内扩建2台工业CT装置（4#、5#工业CT装置），模组物资库东侧依次为洁净室、厂内道路、J15电池生产厂房及J18NMP储罐库房，南侧依次为更衣室、喷淋阀组间、厂内道路及J11电池生产厂房，西侧为模组车间、测试打包、变电所、卫生间及空调机房，北侧依次为金相实验室、过道、立体库及厂内道路，楼上二层为物流间，三层为空调机房，四层为暂存间，楼下无建筑。本项目模组物资库所在车间一层平面布局图见附图3，车间二层平面布局图见附图4。

公司拟在东厂区J32装备车间（共四层）一层设备实验室内扩建2台工业CT装置（6#、7#工业CT装置），设备实验室东侧依次为车间内过道、出货间、楼梯间、报警阀间、PCW室、凝结水回收机房、空调机房、设备搬入口、厂内道路、J37动力站房、J38结构件库房，南侧为检验线，西侧依次为车间内过道、三大件缓存区、检验线及容量测试区，北侧为成品缓存区，楼上二层为常温静置间，三层为电芯车间，四层为化成车间，楼下无建筑。本项目设备实验室所在车间一层平面布局图见附图5，车间二层平面布局图见附图6。

本项目4台工业CT装置周围50m范围内均无居民区、学校等环境敏感目标。本项目辐射环境保护目标主要为辐射工作人员及各装置拟建址周围评价范围内的公众。

### 3 单位原有核技术应用情况

公司目前J11厂房内共配有28台含 $^{85}\text{Kr}$ 放射源的测厚仪，其中20枚 $^{85}\text{Kr}$ 放射源出厂活度均为 $1.554\times 10^{10}\text{Bq}$ （V类源），8枚 $^{85}\text{Kr}$ 放射源出厂活度均为 $1.48\times 10^{10}\text{Bq}$ （V类源）；J12厂房内共配有30台含 $^{85}\text{Kr}$ 放射源的测厚仪及1台II类工业CT装置，其中30枚 $^{85}\text{Kr}$ 放射源出厂活度均为 $1.55\times 10^{10}\text{Bq}$ （V类源）；M1厂房内共配有60台含 $^{85}\text{Kr}$ 放射源的测厚仪，其中60枚 $^{85}\text{Kr}$ 放射源出厂活度均为 $1.554\times 10^{10}\text{Bq}$ （V类源）；制卷车间内共配有20台含 $^{85}\text{Kr}$ 放射源的测厚仪，其中20枚 $^{85}\text{Kr}$ 放射源出厂活度均为 $3.7\times 10^{10}\text{Bq}$ （V类源），M2厂房配有1台II类工业CT装置，M3厂房配有1台II类工业CT装置。公司已有核技术利用项目情况一览表见表1-2及表1-3。

公司已于 2024 年 12 月 03 日取得了常州市生态环境局核发的辐射安全许可证，证书编号为苏环辐证【D0539】，活动种类和范围为“使用 V 类放射源；使用 II 类射线装置”，许可证有效期至 2026 年 12 月 27 日，辐射安全许可证正副本复印件见附件 5。公司已有核技术利用项目均已履行环保手续，取得了环评批复（环评批复复印件见附件 6），其中 ZEISS METROTOM 1500 型工业 CT 装置及 SDX-LCT- 150-005 型工业 CT 装置均已完成竣工环境保护验收（验收意见复印件见附件 7），JCCT-150 型工业 CT 装置于 2025 年 5 月投运，目前正在进行竣工环保验收，验收尚未完成，公司应及时完成验收手续。

表 1-2 现有射线装置基本情况一览表

序号	射线装置型号名称	类别	使用场所	环评情况	许可情况	验收情况	备注
1	ZEISS METROTOM 1500 型工业 CT 装置	II	J12 厂房	已环评	已许可	已验收	/
2	JCCT-150 型工业 CT 装置	II	M2 厂房	已环评	已许可	未验收	正在履行验收手续
3	SDX-LCT- 150-005 型工业 CT 装置	II	M3 厂房	已环评	已许可	已验收	/

表 1-3 现有放射源基本情况一览表

序号	放射源名称	类别	数量	活度 (Bq) × 数量	使用场所	用途	环评情况	许可情况	备注
1	<sup>85</sup> Kr	V	28	1.48×10 <sup>10</sup> ×8 枚 1.554×10 <sup>10</sup> ×20 枚	J11 厂房	测厚仪	已备案	已许可	/
2	<sup>85</sup> Kr	V	30	1.55×10 <sup>10</sup> ×30 枚	J12 厂房	测厚仪			/
3	<sup>85</sup> Kr	V	60	1.554×10 <sup>10</sup> ×60 枚	M1 厂房	测厚仪			/
4	<sup>85</sup> Kr	V	20	3.7×10 <sup>10</sup> ×20 枚	制卷车间	测厚仪			/

#### 4 实践正当性分析

本项目在运行期间将会产生电离辐射，可能会增加各工业 CT 装置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需求，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	4#工业 CT 装置	II类	1	RMCT4000N 型	300	3	无损检测	西厂区 J14 电池生产厂房模组物资库	主射线朝东侧照射；额定功率 500W
2	5#工业 CT 装置	II类	1	RMCT4000N 型	300	3	无损检测		主射线朝南侧照射；额定功率 500W
3	6#工业 CT 装置	II类	1	ZEISS CT Metrotom1500 225kV G3 型	225	3	无损检测	东厂区 J32 装备车间设备实验室	主射线朝南侧照射；额定功率 500W
4	7#工业 CT 装置	II类	1	UX20 型	225	8	无损检测		主射线朝北侧、顶部及底部照射；额定功率 1800W

(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	4#、5#及 6#工业 CT 装置可通过装置顶部通风口及打开工件门排出曝光室，7#工业 CT 装置可通过打开工件门排出曝光室，再依托模组物资库、设备实验室内通风系统排入外环境；臭氧常温下 50min 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/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

<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），国家主席令第九号公布，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 年修订版），2018 年 12 月 29 日中华人民共和国主席令第二十四号公布实施，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》，国家主席令第六号公布，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），国务院令第六八二号，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），国务院令第四百四十九号，2019 年修订，国务院令第七零九号，2019 年 3 月 2 日起施行</p> <p>(6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，生态环境部令第十六号，自 2021 年 1 月 1 日起施行</p> <p>(7) 《关于发布〈射线装置分类〉的公告》，原环境保护部、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>(8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修正版），生态环境部令第二十号，2021 年 1 月 4 日起施行</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环境保护部令第十八号，2011 年 5 月 1 日起施行</p> <p>(10) 《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>(11) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部令第九号，2019 年 11 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，2020 年 1 月 1 日起施行</p> <p>(13) 《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>(14) 《关于发布〈建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》</p>
------------------	--

	<p>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>(15) 《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>(16) 《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>(17) 《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>(18) 《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>(19) 《江苏省 2023 年度生态环境分区管控动态更新成果公告》，江苏省生态环境厅 2024 年 6 月 13 日发布</p> <p>(20) 《江苏省自然资源厅关于常州市金坛区 2023 年度生态空间管控区域调整方案的复函》（苏自然资函〔2023〕209 号）</p> <p>(21) 《关于进一步加强生态保护红线监督管理的通知》，苏自然资函〔2023〕880 号，2023 年 10 月 10 日起施行</p> <p>(22) 《江苏省生态空间管控区域调整管理办法》，苏政办发〔2021〕3 号，2021 年 2 月 1 日起施行</p>
<p><b>技术标准</b></p>	<p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）</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》（HJ19-2022）</p> <p>(4) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）</p> <p>(5) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）</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》（GBZ117-2022）</p> <p>(8) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及修改单</p>
<p><b>其他</b></p>	<p><b>与本项目相关附件：</b></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) 辐射防护屏蔽设计说明（附件 3）</p>

- |  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>(4) 辐射环境现状检测报告复印件（附件 4）</li><li>(5) 辐射安全许可证正副本复印件（附件 5）</li><li>(6) 公司已有核技术利用项目环评批复复印件（附件 6）</li><li>(7) 公司已有核技术利用项目竣工环保验收意见复印件（附件 7）</li><li>(8) 辐射工作人员培训情况一览表（附件 8）</li><li>(9) 个人剂量监测报告复印件（附件 9）</li><li>(10) 本项目 4 台工业 CT 装置技术参数说明（附件 10）</li><li>(11) 江苏省生态环境分区管控综合查询报告书（附件 11）</li></ul> |
|--|

## 表 7 保护目标与评价标准

### 评价范围

根据《辐射环境保护管理导则—核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）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 4#、5#工业 CT 装置边界外 50 范围外圈所连成的区域及 6#、7#工业 CT 装置边界外 50 范围外圈所连成的区域作为评价范围。

### 保护目标

本项目评价范围内不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区。对照《江苏省国家级生态保护红线规划》（苏政发〔2018〕74 号）、《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）、《各市（区）生态空间管控区域调整后范围图》（规划公示 H〔2023〕1 号）、《江苏省自然资源厅关于常州市金坛区 2023 年度生态空间管控区域调整方案的复函》（苏自然资函〔2023〕209 号）及《江苏省 2023 年度生态环境分区管控动态更新成果公告》（江苏省生态环境厅 2024 年 6 月 13 日发布），本项目评价范围不涉及江苏省国家级生态保护红线、江苏省生态空间管控区域（江苏省生态环境分区管控综合查询报告书见附件 9）。

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。本项目利用 X 射线进行无损检测，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。

本项目各工业 CT 装置周围 50m 范围内没有居民区、学校等环境敏感目标。本项目辐射环境保护目标主要为辐射工作人员及装置拟建址周围评价范围内的公众。

本项目工业 CT 装置周围保护目标一览表见表 7-1。

表 7-1 本项目各工业 CT 装置周围保护目标一览表

环境保护目标名称		方位	最近距离	规模	环境保护要求	
4#、5# 工业 CT 装 置	职业 人员	辐射工作人员	模组物 资库内	紧邻	4 人	职业人员年剂量 约束值为 5mSv/a
	公众	洁净室内其他工作人员	东侧	紧邻	2~5 人	公众年剂量约束 值为 0.1mSv/a
		厂内道路上行人		约 5 m	流动人群	
		J15 车间内其他工作人员		约 30 m	8~10 人	

		J18 车间内其他工作人员		约 44 m	5~8 人			
		更衣室内其他工作人员	南侧	紧邻	流动人群			
		喷淋阀组间内其他工作人员		约 14 m	2~3 人			
		厂内道路上行人		约 23 m	流动人群			
		J11 车间内其他工作人员		约 33 m	10~15 人			
		模组车间、测试打包间、变电所、卫生间及空调机房内其他工作人员		西侧	约 2 m		约 20~30 人	
		金相实验室内其他工作人员	北侧	紧邻	1~2 人			
		过道上行人		约 11 m	流动人群			
		立体库内其他工作人员		约 11 m	约 5~10 人			
		厂内道路上行人		约 42m	流动人群			
		物流间内其他工作人员	楼上二层	约 3 m	2~3 人			
		空调机房、暂存间内其他工作人员	楼上三层、四层	约 8 m	3~5 人			
		职业人员	辐射工作人员	设备实验室	紧邻		4 人	职业人员年剂量约束值为 5mSv/a
		6#、7# 工业 CT 装置	公众	车间内过道、楼梯间内行人	东侧		紧邻	流动人群
出货间、报警阀间、PCW 室、凝结水回收机房、设备搬入口内其他工作人员	约 4m			5~8 人				
厂内道路上行人	约 15m			流动人群				
J37 动力站房及 J38 结构件库内其他工作人员	约 44m			8~10 人				
检验线上其他工作人员	南侧			约 13m	8~10 人			
车间内过道上行人	西侧			紧邻	流动人群			
三大件缓存区、检验线及容量测试区内其他工作人员				约 12m	5~8 人			
成品缓存区内其他工作人员				北侧	紧邻	2~3 人		
常温静置间内其他工作人员	楼上二层			约 5m	2~3 人			

		电芯车间、化成车间内其他工作人员	楼上三层、四层	约 12 m	30~40 人	
--	--	------------------	---------	--------	---------	--

## 评价标准

### 1 剂量限值

本项目辐射工作人员和公众的年有效剂量执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中个人剂量限值，如下表：

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（但不可做任何追溯性平均），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。

### 2 剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中 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。确定本项目辐射工作人员及公众的剂量约束值如下：

（1）辐射工作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）中职业人员年剂量限值的 1/4，即职业人员年剂量约束值不大于 5mSv/a；

（2）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%，即公众年剂量约束值不大于 0.1mSv/a。

### 3 辐射剂量率控制水平

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）

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 $\mu$ Sv/周，对公众场所，其值应不大于 5 $\mu$ Sv/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 $\mu$ Sv/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 $\mu$ Sv/h。

确定本项目关注点剂量率参考控制水平：

(1) 各工业 CT 装置关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值不大于 100 $\mu$ Sv/周，对公众场所，其值不大于 5 $\mu$ Sv/周。

(2) 各工业 CT 装置曝光室四周屏蔽体和防护门外 30cm 处最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5 $\mu$ Sv/h。

(3) 由于本项目各工业 CT 装置曝光室顶部有建筑物，因此各工业 CT 装置曝光室顶部外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平不大于 2.5 $\mu$ Sv/h。

#### 4 环境天然 $\gamma$ 辐射水平参考值

参考《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 $\gamma$ 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，参考表 7-3 江苏省环境天然 $\gamma$ 辐射水平调查结果的测值范围进行评价。

## 表 8 环境质量和辐射现状

### 1 项目地理和场所位置

中创新航科技（江苏）有限公司地址位于常州市金坛区江东大道 1 号，公司地理位置图见附图 1。公司共有东、西两个厂区，公司东厂区东侧为纪庄河与复兴南路，南侧为江东大道，西侧为明湖路与河道，北侧为华业路；西厂区东侧为河道与明湖路，南侧为江东大道，西侧为金湖南路，北侧为预留用地，公司厂区平面布局及周围环境示意图见附图 2。

中创新航科技（江苏）有限公司拟在西厂区 J14 电池生产厂房（共四层）一层模组物资库内扩建 2 台工业 CT 装置（4#、5#工业 CT 装置），模组物资库东侧依次为洁净室、厂内道路、J15 电池生产厂房及 J18NMP 储罐库房，南侧依次为更衣室、喷淋阀组间、厂内道路及 J11 电池生产厂房，西侧为模组车间、测试打包、变电所、卫生间及空调机房，北侧依次为金相实验室、过道、立体库及厂内道路，楼上二层为物流间，三层为空调机房，四层为暂存间，楼下无建筑。

公司拟在东厂区 J32 装备车间（共四层）一层设备实验室内扩建 2 台工业 CT 装置（6#、7#工业 CT 装置），设备实验室东侧依次为车间内过道、出货间、楼梯间、报警阀间、PCW 室、凝结水回收机房、空调机房、设备搬入口、厂内道路、J37 动力站房、J38 结构件库房，南侧为检验线，西侧依次为车间内过道、三大件缓存区、检验线及容量测试区，北侧为成品缓存区，楼上二层为常温静置间，三层为电芯车间，四层为化成车间，楼下无建筑。本项目模组物资库所在车间一层平面布局图见附图 3，车间二层平面布局图见附图 4，本项目设备实验室所在车间一层平面布局图见附图 5，车间二层平面布局图见附图 6。

本项目 4 台工业 CT 装置周围 50m 范围内均无居民区、学校等环境敏感目标。本项目辐射环境保护目标主要为辐射工作人员及各装置拟建址周围评价范围内的公众。

本项目各工业 CT 装置周围环境现状见图 8-1。



4#、5#工业 CT 装置拟建址东侧（洁净室）



4#、5#工业 CT 装置拟建址南侧（更衣室）



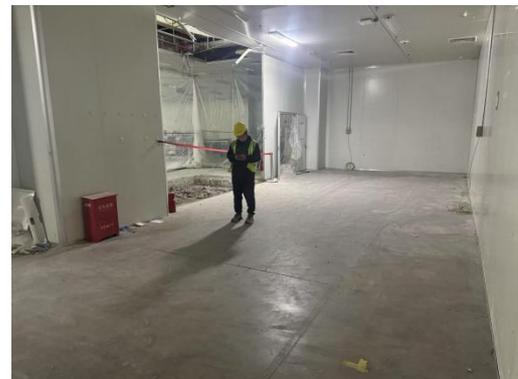
4#、5#工业 CT 装置拟建址西侧  
（车间内场所）



4#、5#工业 CT 装置拟建址北侧  
（金相实验室）



4#、5#工业 CT 装置拟建址楼上  
（二层物流间）



4#、5#工业 CT 装置拟建址现状



6#、7#工业 CT 装置拟建址东侧  
（车间内过道）



6#、7#工业 CT 装置拟建址南侧  
（检验线）



图 8-1 本项目 4#~7#工业 CT 装置拟建址周围环境现状

## 2 环境现状评价的对象、检测因子和检测点位

评价对象：4#~7#工业 CT 装置拟建址周围辐射环境

检测因子： $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率

检测点位：在 4#、5#工业 CT 装置拟建址周围布置 11 个检测点位，在 6#、7#工业 CT 装置拟建址周围布置 11 个检测点位，共计 22 个检测点位

## 3 检测方案、质量保证措施及检测结果

### 3.1 检测方案

检测项目： $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率

检测布点：在工业 CT 装置拟建址周围进行布点，具体点位见图 8-2 及图 8-3

检测时间：2025 年 2 月 27 日

检测单位：江苏玖清玖蓝环保科技有限公司

检测仪器：FH40G 型辐射剂量检测仪（探头型号 FHZ672E-10）（设备编号：J0317，

检定有效期：2024.10.23~2025.10.22，能量响应：48keV~4.4MeV，测量范围：1nSv/h~

100 $\mu$ Sv/h)

环境条件：天气：阴 温度：12.3 $^{\circ}$ C、湿度 40.7%RH

检测方法：《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）  
《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）

数据记录及处理：每个点位读取 10 个数据，读取间隔不小于 10s，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 $\gamma$ 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 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）中 5.5，使用  $^{137}\text{Cs}$  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

检测单位：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，检验检测机构资质认定证书编号为 231020341442

检测布点质量保证：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）有关布点原则进行布点

检测过程质量控制质量保证：本项目检测按照《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

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

### 3.3 检测结果

评价方法：对照江苏省环境天然 $\gamma$ 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 4。

表 8-1 本项目工业 CT 装置拟建址周围 $\gamma$ 辐射水平测量结果

测点编号	测点位置描述	检测结果（nGy/h）	备注
1	4#工业 CT 装置拟建址处	53.7	楼房
2	4#工业 CT 装置拟建址东侧	56.3	楼房
3	4#工业 CT 装置拟建址南侧	57.1	楼房
4	4#工业 CT 装置拟建址西侧	55.7	楼房
5	4#工业 CT 装置拟建址北侧	55.2	楼房
6	5#工业 CT 装置拟建址处	57.7	楼房
7	5#工业 CT 装置拟建址东侧	54.9	楼房
8	5#工业 CT 装置拟建址南侧	57.0	楼房
9	5#工业 CT 装置拟建址西侧	57.0	楼房

10	5#工业 CT 装置拟建址北侧	56.2	楼房
11	4#、5#工业 CT 装置拟建址楼上	54.0	楼房
12	6#工业 CT 装置拟建址处	53.2	楼房
13	6#工业 CT 装置拟建址东侧	54.4	楼房
14	6#工业 CT 装置拟建址南侧	55.3	楼房
15	6#工业 CT 装置拟建址西侧	54.2	楼房
16	6#工业 CT 装置拟建址北侧	57.1	楼房
17	7#工业 CT 装置拟建址处	56.8	楼房
18	7#工业 CT 装置拟建址东侧	57.6	楼房
19	7#工业 CT 装置拟建址南侧	55.7	楼房
20	7#工业 CT 装置拟建址西侧	57.0	楼房
21	7#工业 CT 装置拟建址北侧	55.3	楼房
22	6#、7#工业 CT 装置拟建址楼上	57.5	楼房

注：测量数据已扣除仪器宇宙响应值，楼房对宇宙射线的屏蔽修正因子取 0.8。

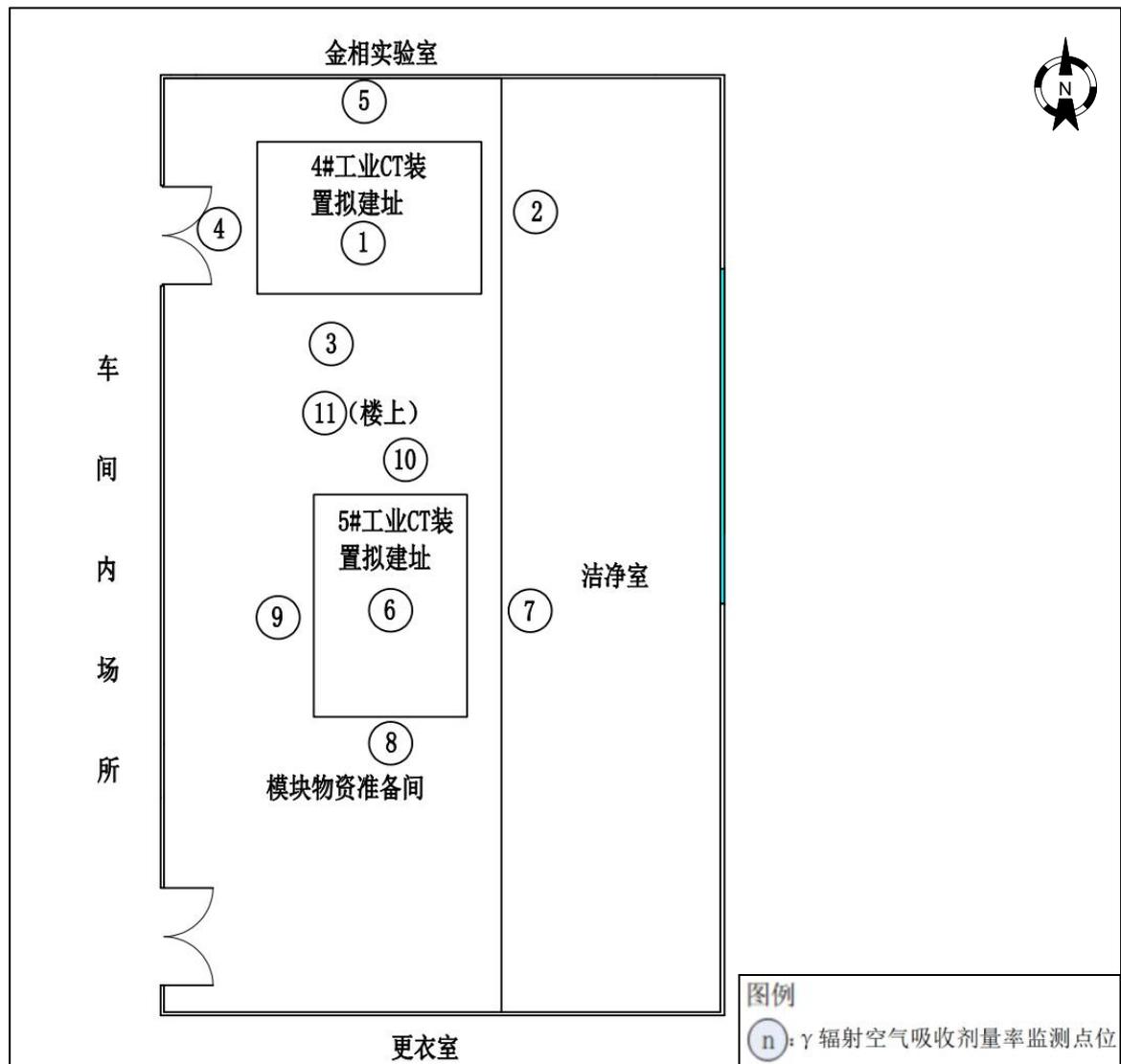


图 8-2 本项目 4#、5#工业 CT 装置拟建址周围环境 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量监测点位示意图

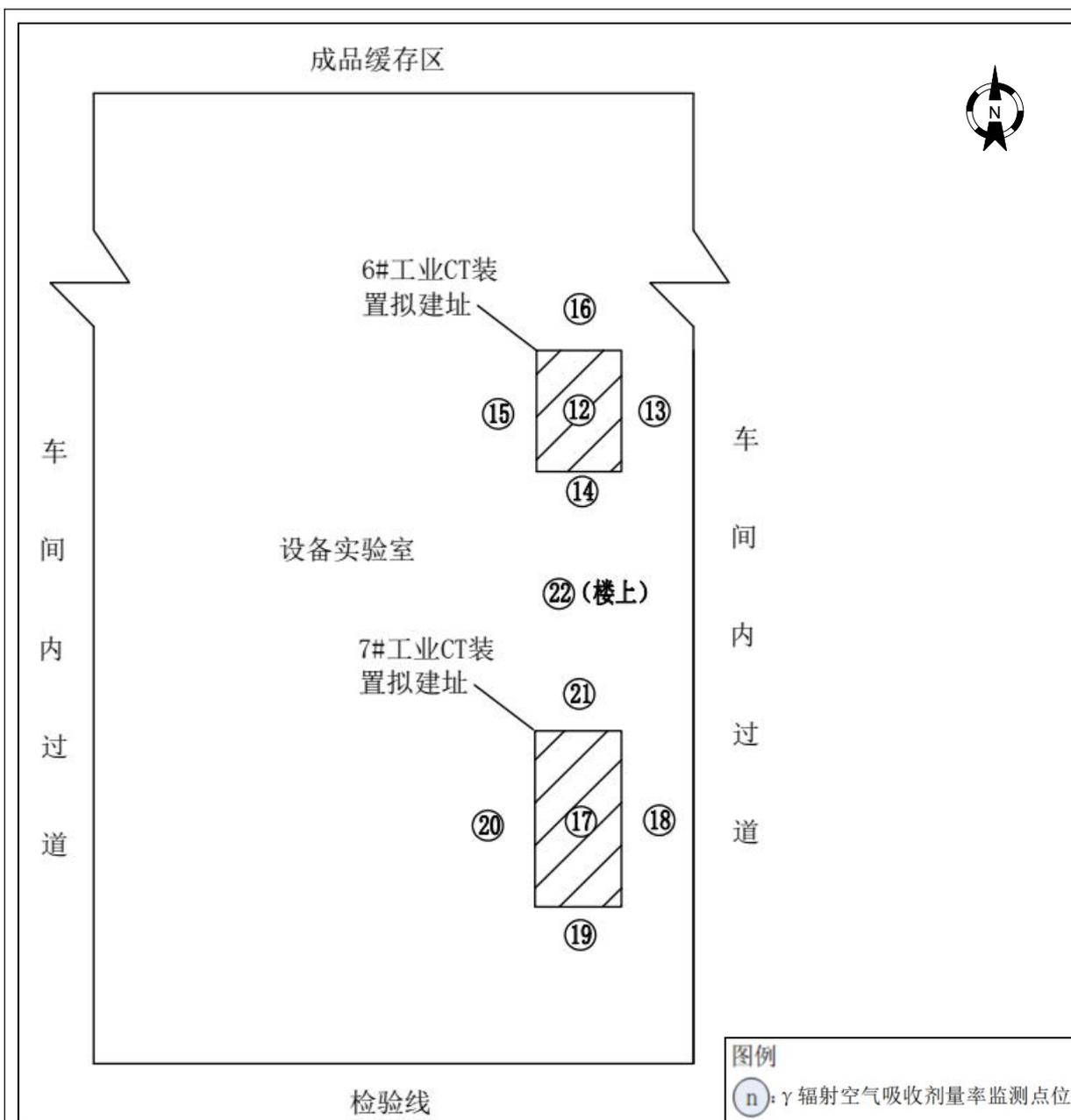


图 8-3 本项目 6#、7#工业 CT 装置拟建址周围环境 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量监测点位示意图

#### 4 环境现状调查结果评价

由表 8-1 的监测结果可知，本项目各拟建辐射工作场所及周围环境扣除仪器宇宙射线响应值后的室内 $\gamma$ 辐射水平为（53.2~57.7）nGy/h，根据《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），江苏省扣除仪器宇宙射线响应值后的室内 $\gamma$ 辐射水平为（50.7~129.4）nGy/h，本项目室内监测点位 $\gamma$ 辐射水平均未见异常，处于辐射正常水平范围内。

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

公司拟在西厂区 J14 电池生产厂房（共四层）一层模组物资库内扩建 2 台工业 CT 装置（4#、5#工业 CT 装置），2 台工业 CT 装置的型号均为 RMCT4000N 型，最大管电压均为 300kV，最大管电流均为 3mA，额定功率为 500W；拟于东厂区 J32 装备车间（共四层）一层设备实验室内扩建 2 台工业 CT 装置（6#、7#工业 CT 装置），6#工业 CT 装置的型号为 ZEISS CT Metrotom1500 225kV G3 型，最大管电压为 225kV，最大管电流为 3mA，额定功率为 500W；7#工业 CT 装置的型号为 UX20 型，最大管电压为 225kV，最大管电流为 8mA，额定功率为 1800W。4 台工业 CT 装置均用于开展公司电池模组的无损检测工作，本项目检测的电池模组尺寸最大约为 580mm（长）×220mm（宽）×100mm（厚）。本项目检修情况下人员需进入设备内部，正常运行过程中，人员在工件门外取放工件，无需进入设备内部。

本项目 4 台工业 CT 装置均由曝光室、X 射线管、探测器、工件装载系统、电气控制柜等基本组件组成。4 台工业 CT 装置均自带屏蔽曝光室，被测工件可以通过工件门放入曝光室内进行检测。装置均设有维修门，人员可由此进入曝光室内进行维修工作。本项目 4 台工业 CT 装置实物图及内部结构示意图见图 9-1~图 9-6。



图 9-1 4#、5#工业 CT 装置样式图

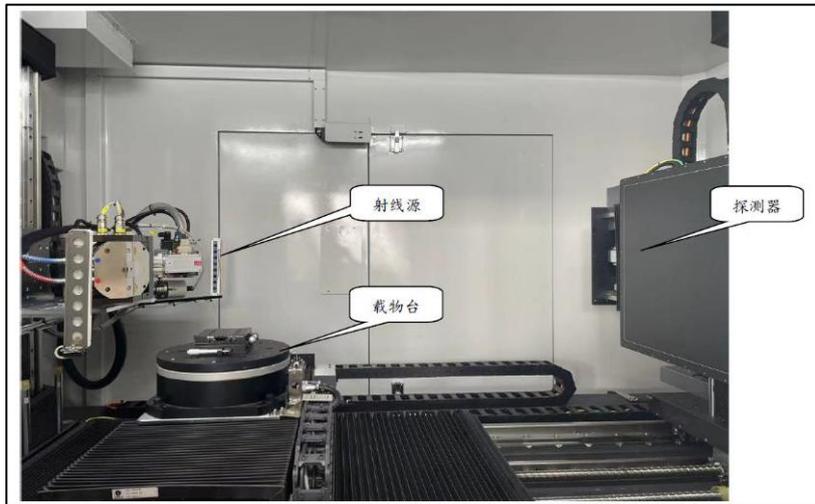


图 9-2 4#、5#工业 CT 装置内部结构示意图

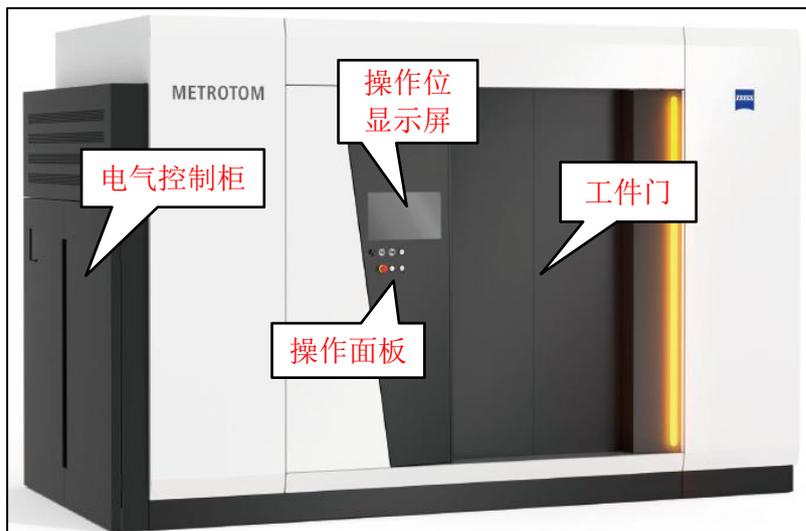


图 9-3 6#工业 CT 装置样式图



图 9-4 6#工业 CT 装置内部结构示意图

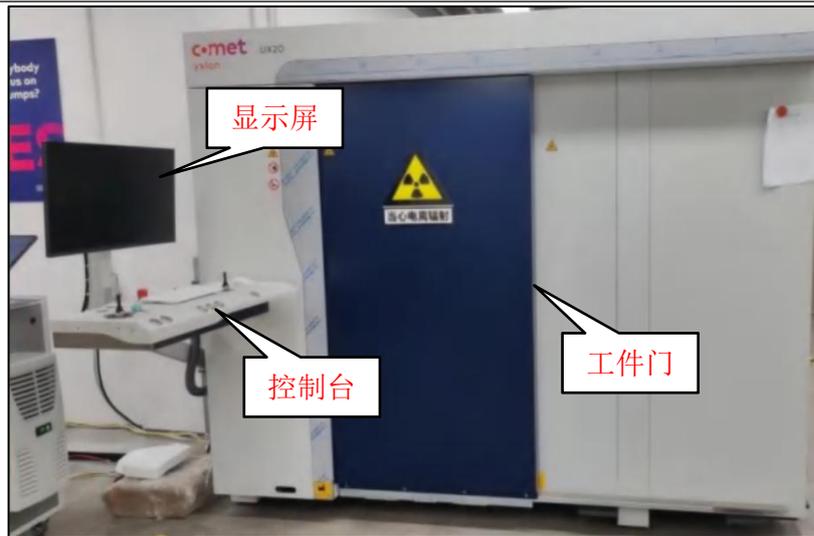


图 9-5 7#工业 CT 装置样式图

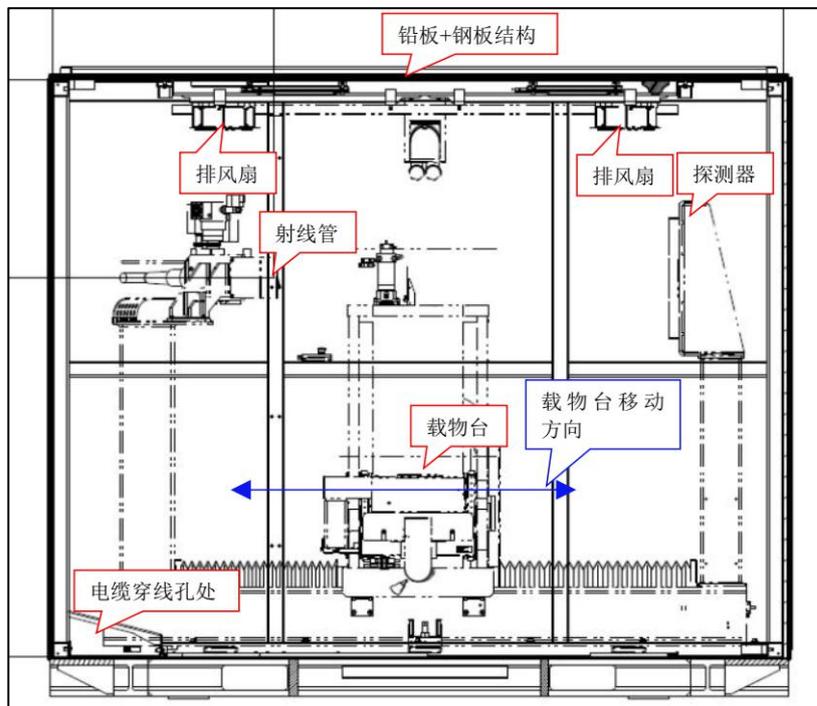


图 9-6 7#工业 CT 装置内部结构示意图

本项目 4#工业 CT 装置主射线朝东侧照射，X 射线管出束角为  $30^{\circ}$ 。该装置 X 射线管和平板探测器在竖直方向均可上下移动，移动范围为 822mm，在水平方向上不可移动。4#工业 CT 装置 X 射线管距离装置东侧外表面的距离为 1954mm，距离南侧外表面的距离为 967mm，距离西侧外表面的距离为 1366mm，距离北侧外表面的距离为 1303mm，距离顶部外表面的最近距离为 588mm，距离底部外表面的最近距离为 890mm。

本项目 5#工业 CT 装置主射线朝南侧照射，X 射线管出束角为  $30^{\circ}$ 。该装置 X 射线管和平板探测器在竖直方向均可上下移动，移动范围为 822mm，在水平方向上

不可移动。5#工业 CT 装置 X 射线管距离东侧外表面的距离为 1303mm，距离装置南侧外表面的距离为 1954mm，距离西侧外表面的距离为 967mm，距离北侧外表面的距离为 1366mm，距离顶部外表面的最近距离为 588mm，距离底部外表面的最近距离为 890mm。

本项目 6#工业 CT 装置主射线朝南侧照射，X 射线管出束角为 30°。该装置 X 射线管不可移动，X 射线管距离装置东侧外表面的距离为 943mm，距离南侧外表面的距离为 1895mm，距离西侧外表面的距离为 867mm，距离北侧外表面的距离为 1805mm，距离顶部外表面的距离为 795mm，距离底部外表面的距离为 1645mm。

本项目 7#工业 CT 装置主射线朝北侧照射，X 射线管出束角为 40°。该装置 X 射线管及探测器分别安装在 C 型臂的两端，C 型臂可沿垂直滑轨上下移动（移动距离约 1000mm），不能前后移动，C 型臂可围绕轴点在垂直方向最大旋转±55°，C 型臂两端不可伸缩。X 射线管距离装置东侧外表面的距离为 835mm，距离南侧外表面的最近距离为 1223mm，距离西侧外表面的距离为 933mm，距离北侧外表面的最近距离为 1114mm，距离顶部屏蔽体外表面的最近距离为 850mm，距离底部屏蔽体外表面的最近距离为 515mm。

中创新航科技（江苏）有限公司拟为本项目配备 8 名辐射工作人员，8 名辐射工作人员均为新增辐射工作人员，本项目每台工业 CT 装置均拟配备 2 名辐射工作人员，2 名辐射工作人员中，1 人负责设备操作，另一人负责工件摆放。本项目各工业 CT 装置周开机曝光时间均约为 10 小时，年开机曝光时间均约为 500 小时。

## **2 工业 CT 装置工作原理**

### **2.1 X 射线发生原理**

工业 CT 装置的核心是 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 9-7。

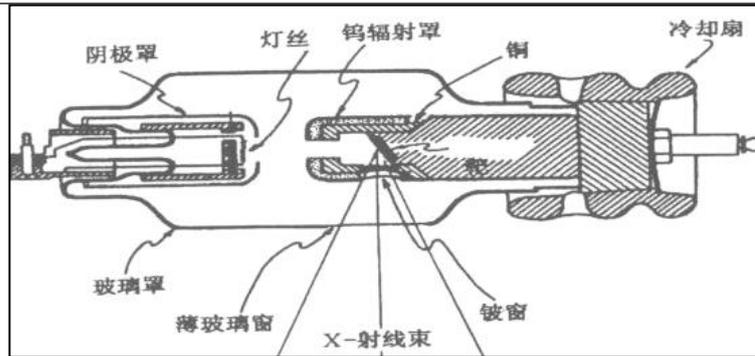


图 9-7 典型的 X 射线管结构图

## 2.2 工业 CT 装置检测原理

工业 CT 装置能在对检测物体无损伤条件下，以二维断层图像或三维立体图像的形式，清晰、准确、直观地展示被检测物体的内部结构、组成、材质及缺损状况，其基本原理是经过准直的 X 射线束穿过被检物时，根据各个透射方向上各体积元的衰减系数不同，探测器接收到的透射能量也不同，按照一定的图像重建算法，即可获得被检工件截面-薄层无影像重叠的断层扫描图像，重复上述过程又可获得一个新的断层图像，通过测得足够多的二维断层图像就可重建出三维图像。

## 3 工业 CT 装置工作流程及产污环节

本项目 4 台工业 CT 装置检测时，首先由辐射工作人员打开装置工件门，将被测工件放置在载物台上，然后关闭工件门后，辐射工作人员在操作位处进行操作，在对检测物体无损伤条件下，以二维断层图像或三维立体图像的形式，清晰、准确、直观地展示被检测物体的缺损状况，其工作流程如下：

- (1) 开机前检查各工业 CT 装置操作位与曝光室工件门的门机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施是否有效，确认无问题后方可开始检测工作；
- (2) 打开装置工件门，辐射工作人员将被测工件放置在载物台上；
- (3) 关闭工件门，辐射工作人员首先在操作面板处控制工件测试平台按钮，将试样操作器调整到合适位置，然后开启工业 CT 装置进行检测，会产生 X 射线、少量 O<sub>3</sub> 及 NO<sub>x</sub>；
- (4) 通过显像器对被检工件的缺损状况进行辨别，出具检验报告；
- (5) 关机，打开工件门，辐射工作人员取出检测工件。

本项目各工业 CT 装置工作流程及产污环节示意图见图 9-8。

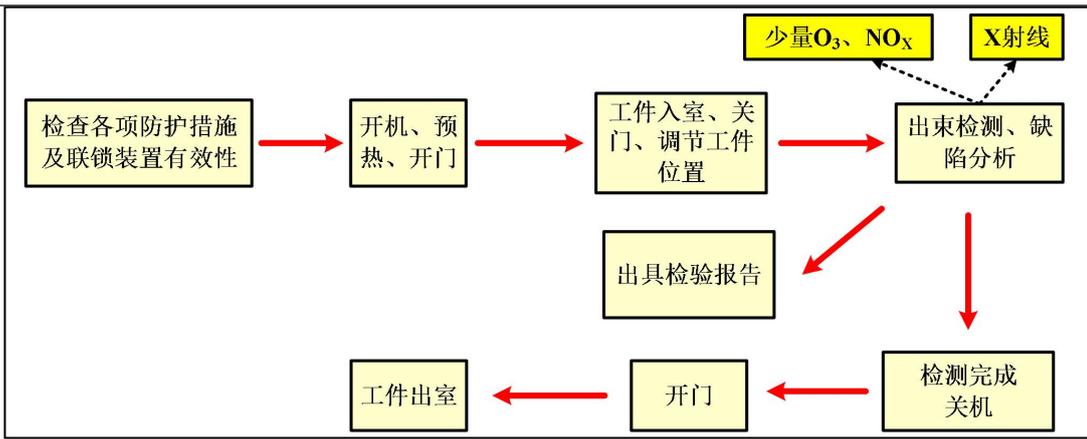


图 9-8 本项目各工业 CT 装置工作流程及产污环节分析示意图

#### 4 原有项目工艺不足和改进情况

公司目前在厂区内使用 3 台工业 CT 装置及 138 枚  $^{85}\text{Kr}$  V 类放射源，已有辐射项目工艺流程合理，在使用过程中采取的安全措施符合标准要求，不存在工艺不足情况。

#### 污染源项描述

##### 1 放射性污染源分析

由工业 CT 装置工作原理可知，只有 X 射线装置在开机并处于出束状态时才会发出 X 射线，对曝光室外工作人员和公众产生一定外照射，因此工业 CT 装置在开机检测期间，X 射线是项目主要污染物。本项目 X 射线辐射类型主要分为以下三类：

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，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 2，225kV 及 300kV 的 X 射线 90° 散射辐射最高能量均为 200kV。

本项目详细参数见表 9-1。

表 9-1 本项目工业 CT 装置 X 射线管参数一览表

--

## 2 非放射性污染源分析

工业 CT 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。臭氧在空气中短时间内可自动分解为氧气，其产生的臭氧和氮氧化物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**

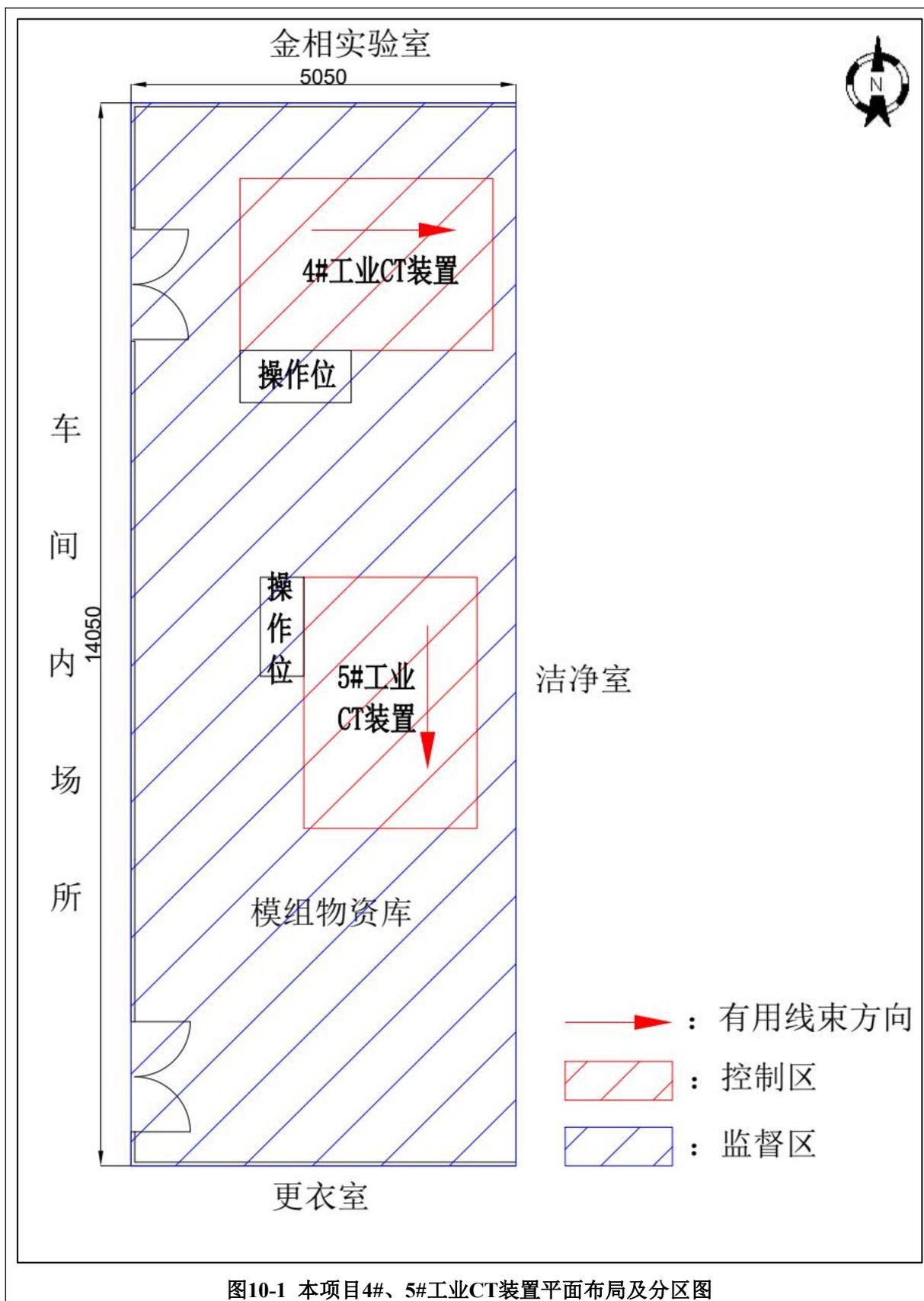
**1 项目布局及分区合理性分析**

中创新航科技（江苏）有限公司拟新增的 4 台工业 CT 装置均包括曝光室和操作台，其中 4#CT 装置主射线朝东侧照射，操作台位于曝光室南侧；5#工业 CT 装置主射线朝南侧照射，操作台位于曝光室西侧，6#工业 CT 装置主射线朝南侧照射，操作台位于曝光室西侧，7#工业 CT 装置主射线朝北侧照射，操作台位于曝光室西侧，4 台工业 CT 装置的操作台均避开了有用线束照射方向。本项目 4 台工业 CT 装置布局设计满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中关于操作室避开主射线方向、操作室与曝光室分开设置的要求，本项目布局设计合理。

本项目拟将 4#、5#工业 CT 装置的曝光室作为本项目的辐射防护控制区（图 10-1 中红色阴影部分），在曝光室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；将除曝光室外的模组物资库（含操作位）作为本项目的辐射防护监督区（图 10-1 中蓝色阴影部分），在监督区入口悬挂“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。

拟将 6#、7#工业 CT 装置的曝光室作为本项目的辐射防护控制区（图 10-2 中红色阴影部分），在曝光室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；将除曝光室外的设备实验室（含操作位）作为本项目的辐射防护监督区（图 10-2 中蓝色阴影部分），在监督区入口悬挂“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 4#、5#工业 CT 装置平面布局及分区图见图 10-1，6#、7#工业 CT 装置平面布局及分区图见图 10-2，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。



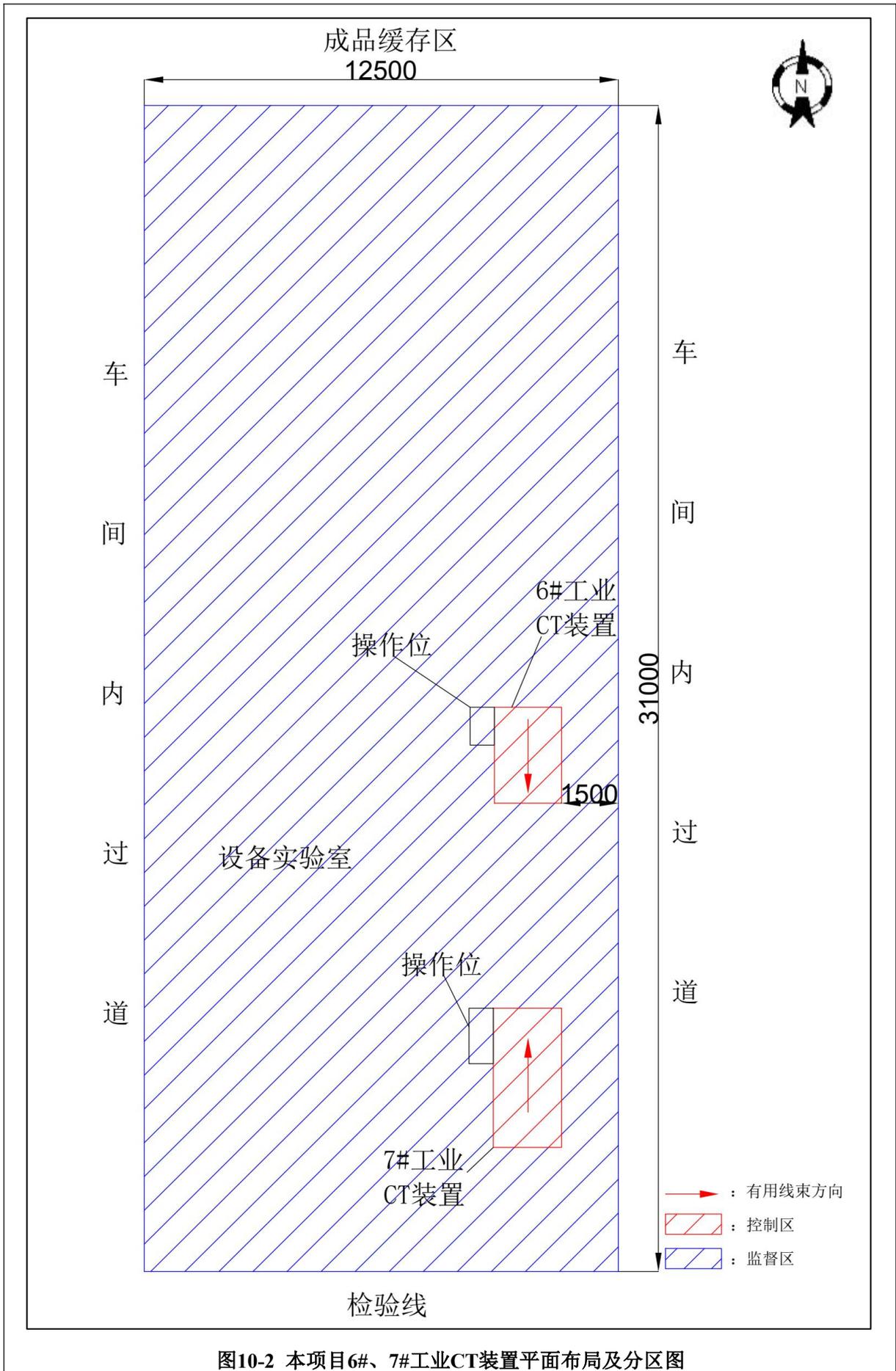
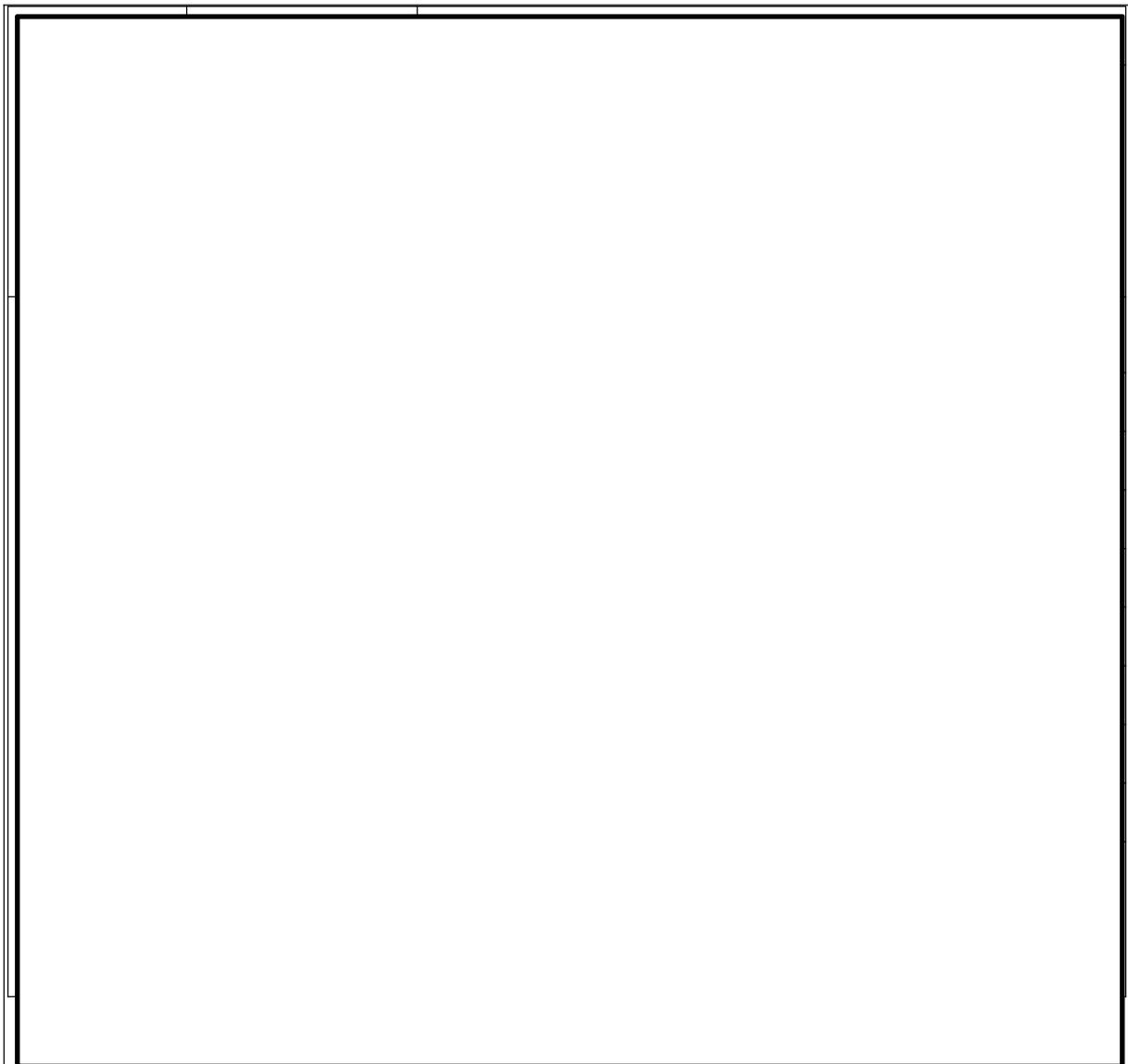


图10-2 本项目6#、7#工业CT装置平面布局及分区图





### 3 辐射安全措施设计

为确保辐射安全，保障工业 CT 装置安全运行，本项目拟参考《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）设置相应的辐射安全装置和保护措施。4#~7#工业 CT 装置辐射安全措施图分别见图 10-3~图 10-6。

#### 3.1 辐射防护措施

本项目拟采取的辐射安全措施与《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）对照见表 10-2。

表 10-2 本项目辐射安全措施与标准对照一览表

标准要求	拟采取措施	是否满足要求
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）	本项目各工业 CT 装置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才能开机检测。在检测过程中，工件门或维修门被意	满足

<p>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。</p>	<p>外打开时，射线管能立刻停止出束。本项目 4#工业 CT 装置南侧外表面处拟设紧急开门开关，5#工业 CT 装置西侧外表面处拟设紧急开门开关，6#、7#工业 CT 装置操作台处均拟设紧急开门开关。</p>	
<p>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。</p>	<p>本项目各工业 CT 装置顶部均拟设置工作状态指示灯并与 X 射线管进行联锁。工业 CT 装置工作时，指示灯开启，警告无关人员勿靠近工业 CT 装置或在装置附近做不必要的逗留。指示灯信号应持续足够长的时间，以确保工业 CT 装置周围人员安全离开，指示灯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。本项目正常运行过程中，辐射人员在工件门外取放工件，无需进入曝光室内，因此本项目工业 CT 装置并未完全按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中探伤室放射防护要求在曝光室内设置工作状态指示灯。 各工业 CT 装置表面明显位置处拟设置对指示灯信号意义的清晰说明。</p>	<p>满足</p>
<p>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。</p>	<p>拟在 4#~7#工业 CT 装置曝光室内各设置 1 个视频监控装置，辐射工作人员可通过监控系统监视工业 CT 装置内部情况。</p>	<p>满足</p>
<p>6.1.8 探伤室防护门上应有符合 GB 18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。</p>	<p>各工业 CT 装置表面明显位置、工件门上均拟设置“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。</p>	<p>满足</p>
<p>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。</p>	<p>拟在 4#工业 CT 装置曝光室内南侧、北侧各设置 1 个急停按钮，拟在装置南侧、北侧外表面各设置 1 个急停按钮，拟在操作台处设置 1 个急停按钮；拟在 5#工业 CT 装置曝光室内东侧、西侧各设置 1 个急停按钮，拟在装置东侧、西侧外表面各设置 1 个急停按钮，拟在操作台处设置 1 个急停按钮；拟在 6#工业 CT 装置曝光室内东侧、北侧各设置 1 个急停按钮，拟在操作台处设置 1 个急停按钮；拟在 7#工业 CT 装置曝光室内西侧工件门旁设置 1 个急停按钮，拟在操作台处设置 1 个急停按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。各紧急停机按钮旁均</p>	<p>满足</p>

	拟设置标签，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。	<p>本项目4#、5#工业CT装置顶部拟设通风口，并拟配备排风扇对曝光室内进行换气，排风扇总有效通风量为153m<sup>3</sup>/h，曝光室内净体积约为9.2m<sup>3</sup>，每小时能对曝光室内进行约16次有效换气；6#工业CT装置顶部拟设通风口，拟配备排风扇对曝光室内进行换气，排风扇总有效通风量为1800m<sup>3</sup>/h，曝光室内净体积约为7.6m<sup>3</sup>，每小时能对曝光室内进行约236次有效换气。</p> <p>由于工作时人员不需要进入装置铅房内，因此7#工业CT装置未设置通风装置，通过7#工业CT装置的工件门进行自然排风。</p>	满足
6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。	由于本项目4#~7#工业CT装置在工作时人员无法进入工业CT检测装置内部，故无需在装置内部设置监视装置和固定式场所辐射探测报警装置。	满足

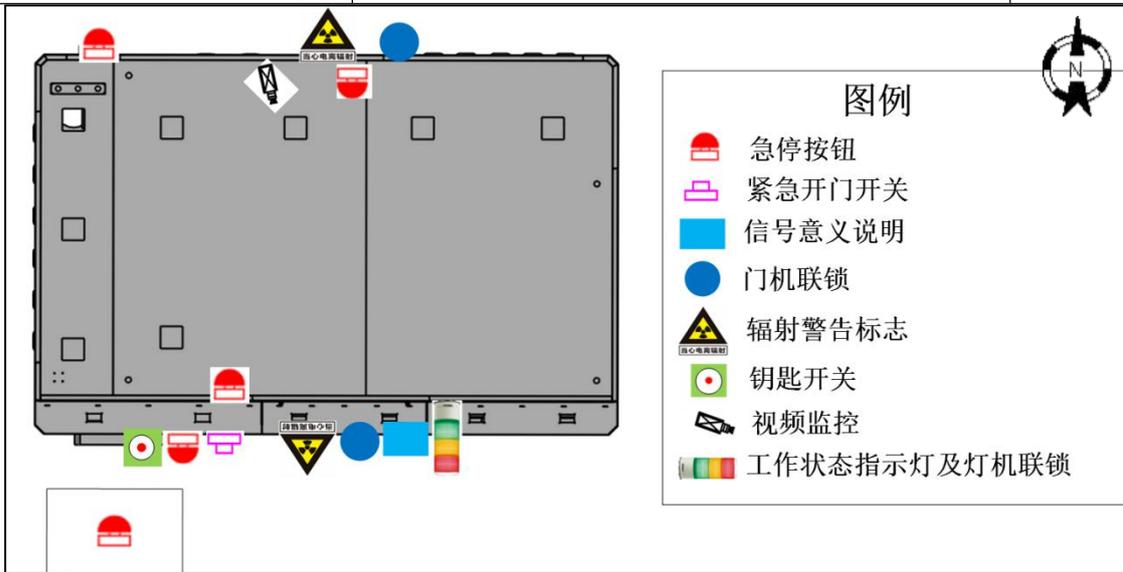


图 10-3 本项目 4#工业 CT 装置辐射防护与安全措施布置图

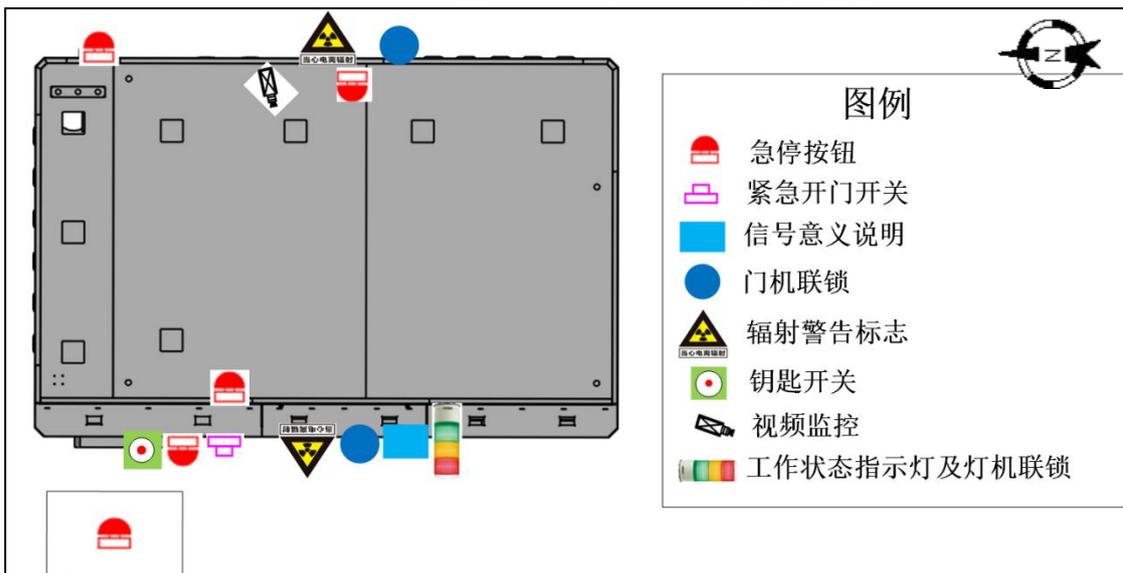


图 10-4 本项目 5#工业 CT 装置辐射防护与安全措施布置图

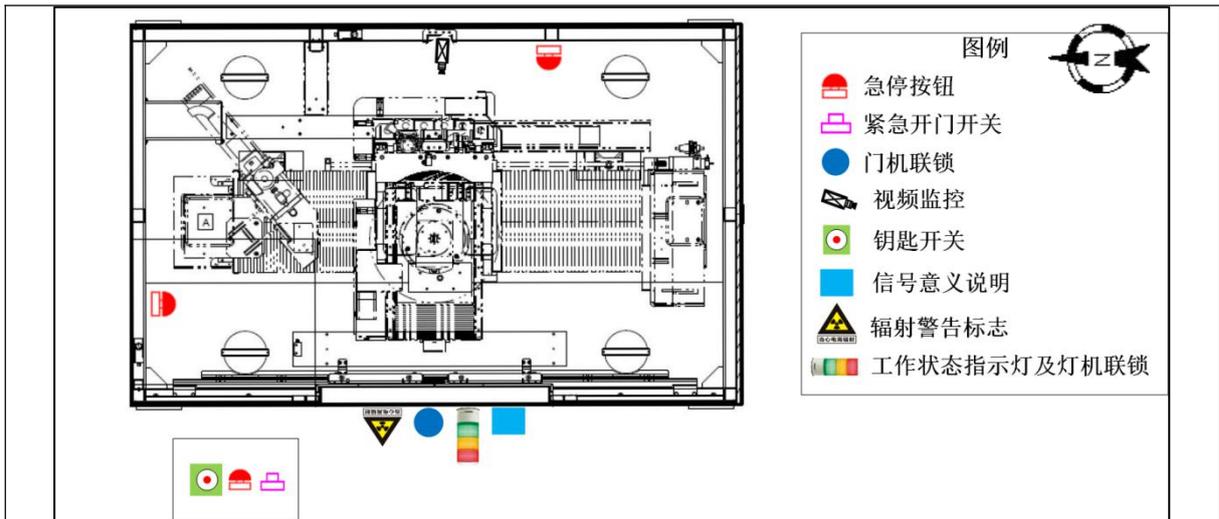


图 10-5 本项目 6#工业 CT 装置辐射防护与安全措施布置图

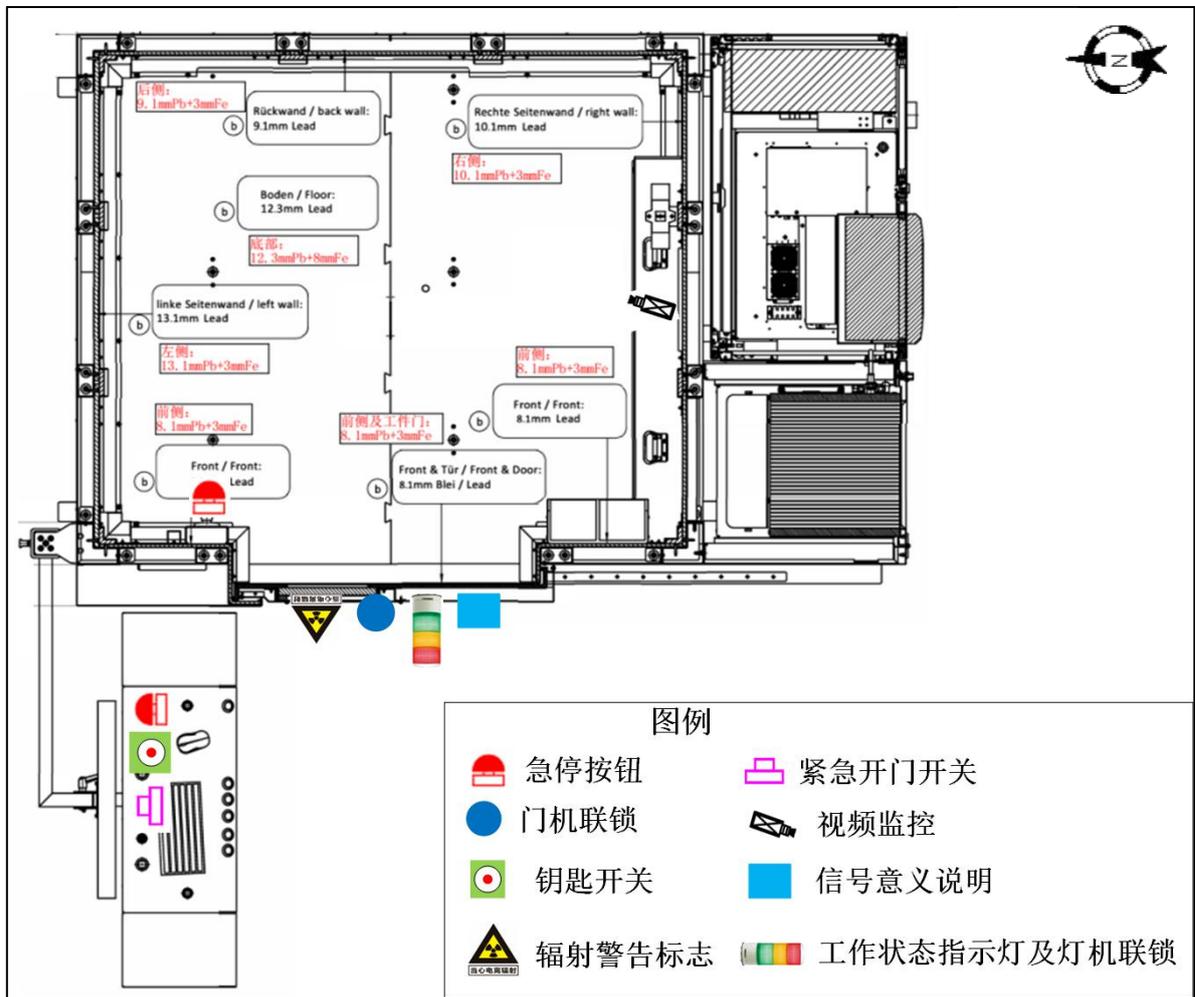


图 10-6 本项目 7#工业 CT 装置辐射防护与安全措施布置图

### 3.2 操作防护措施

(1) 辐射工作人员在开展检测工作前拟对各工业 CT 装置进行检查，确认设备外观完好，重点检查安全联锁、报警设备和警示灯等是否运行正常。

(2) 辐射工作人员拟定期测量各工业 CT 装置外周围区域的剂量率水平，包括操

作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值拟与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，拟终止检测工作并向辐射防护负责人报告。

(3) 交接班或当班使用便携式 X- $\gamma$ 剂量率仪前，拟检查是否能正常工作。如发现便携式 X- $\gamma$ 剂量率仪不能正常工作，则不开展检测工作。

(4) 公司拟对各工业 CT 装置的设备维护负责，每年至少维护一次，设备维护拟由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行，并做好设备维护记录。

### 3.3 探伤设备退役措施

当工业 CT 装置不再使用时，拟实施退役程序。

(1) 拟将工业 CT 装置的 X 射线发生器处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构。

(2) 清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

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。

### 三废治理

本项目各工业 CT 装置工作时，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 4#、5#工业 CT 装置顶部拟设通风口，并拟配备排风扇对曝光室内进行换气，排风扇总有效通风量为 153m<sup>3</sup>/h，曝光室内净体积约为 9.2m<sup>3</sup>，每小时能对曝光室内进行约 16 次有效换气；6#工业 CT 装置顶部拟设通风口，拟配备排风扇对曝光室内进行换气，排风扇总有效通风量为 1800m<sup>3</sup>/h，曝光室内净体积约为 7.6m<sup>3</sup>，每小时能对曝光室内进行约 236 次有效换气，均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中每小时有效通风换气次数不小于 3 次的要求。7#工业 CT 装置通过工件门进行自然排风。

本项目 4#、5#工业 CT 装置产生的臭氧及氮氧化物通过通风口排入模组物资库内，模组物资库内设有通风装置，排入模组物资库内的臭氧及氮氧化物依托模组物资库内的通风系统排入外环境；6#工业 CT 装置产生的臭氧及氮氧化物通过通风口排入设备实验室内，7#工业 CT 装置产生的臭氧及氮氧化物通过工件门排入设备实验室内，设备实验室内设有通风装置，排入设备实验室内臭氧及氮氧化物依托设备实验室内通风系统排入外环境。臭氧常温下 50min 左右可自行分解为氧气，对本项目环境影响较小。

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，一般生活垃圾分类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

### 建设阶段对环境的影响

本项目各工业 CT 装置是由曝光室和操作台等组成的一体式设备，由专业供应商直接运送安装到指定区域，不存在施工期环境影响。

### 运行阶段对环境的影响

#### 1 辐射环境影响分析

本项目 RMCT4000N 型工业 CT 装置(4#、5#工业 CT 装置)的最大管电压为 300kV，最大管电流为 3mA，额定功率为 500W；ZEISS CT Metrotom1500 225kV G3 型工业 CT 装置(6#工业 CT 装置)的最大管电压为 225kV，最大管电流为 3mA，额定功率为 500W；UX20 型工业 CT 装置(7#工业 CT 装置)的最大管电压为 225kV，最大管电流为 8mA，额定功率为 1800W。本次评价拟选取各型号工业 CT 装置在最大电压下满功率运行时的工况进行预测，本次评价各型号工业 CT 装置理论预测参数、有用线束及非有用线束方向见下表 11-1。

表 11-1 各工业 CT 装置有用线束及非有用线束方向表

--

计算时根据表 11-1，分别对各型号工业 CT 装置有用线束及非有用线束方向的剂量率进行预测，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。本项目各工业 CT 装置计算示意图见图 11-1 及图 11-3。

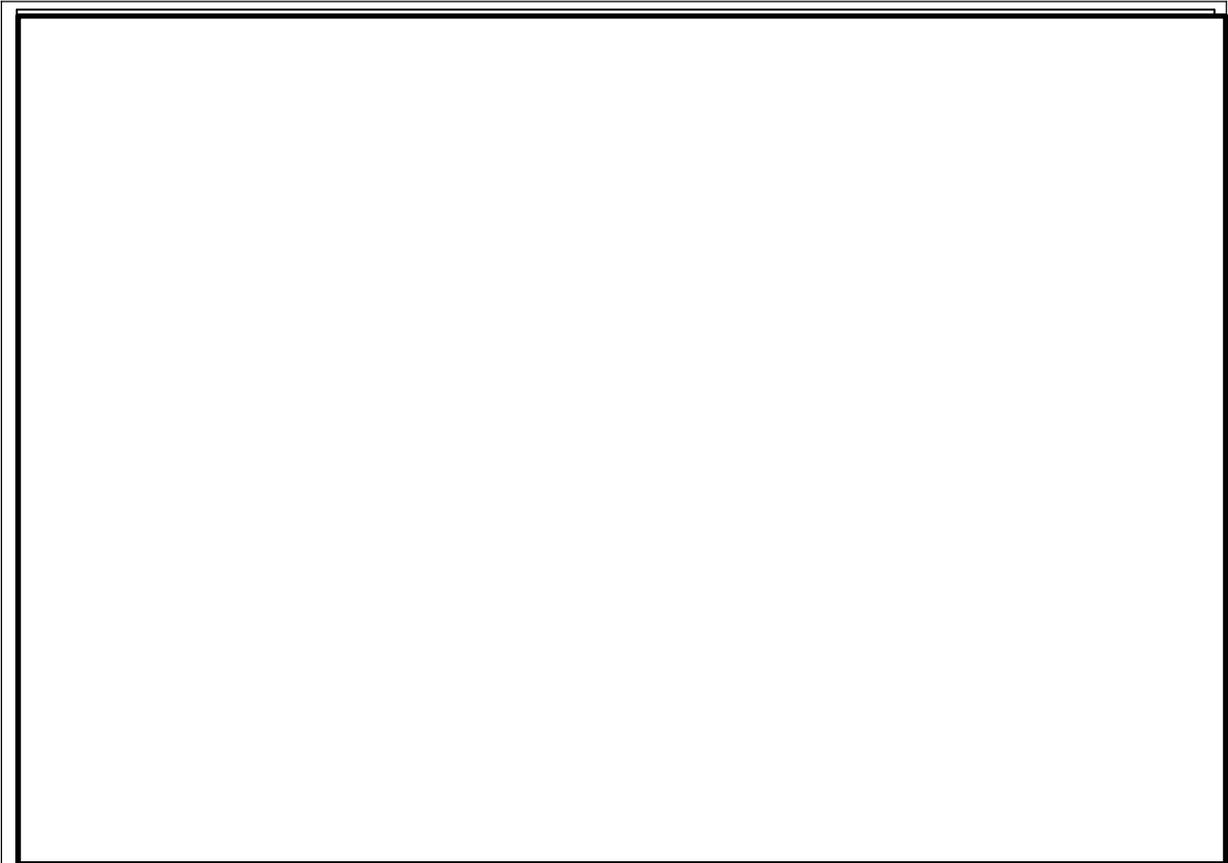


图 11-1 4#工业 CT 装置计算示意图

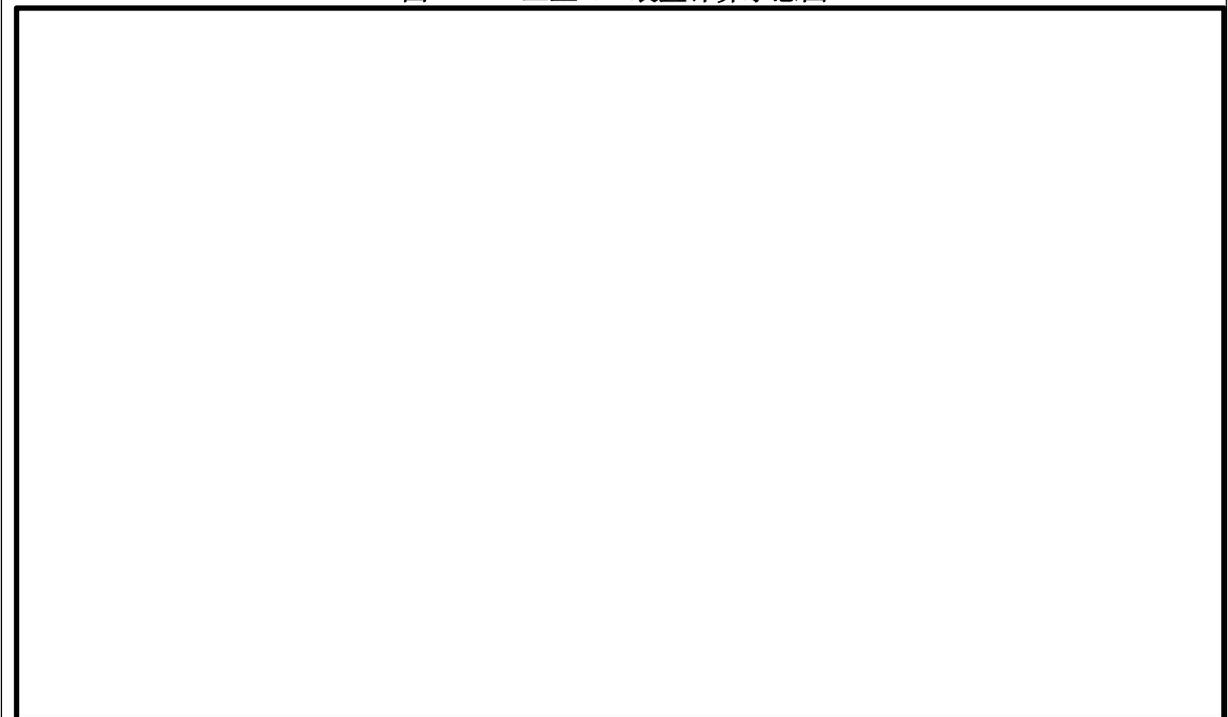


图 11-2 6#工业 CT 装置计算示意图

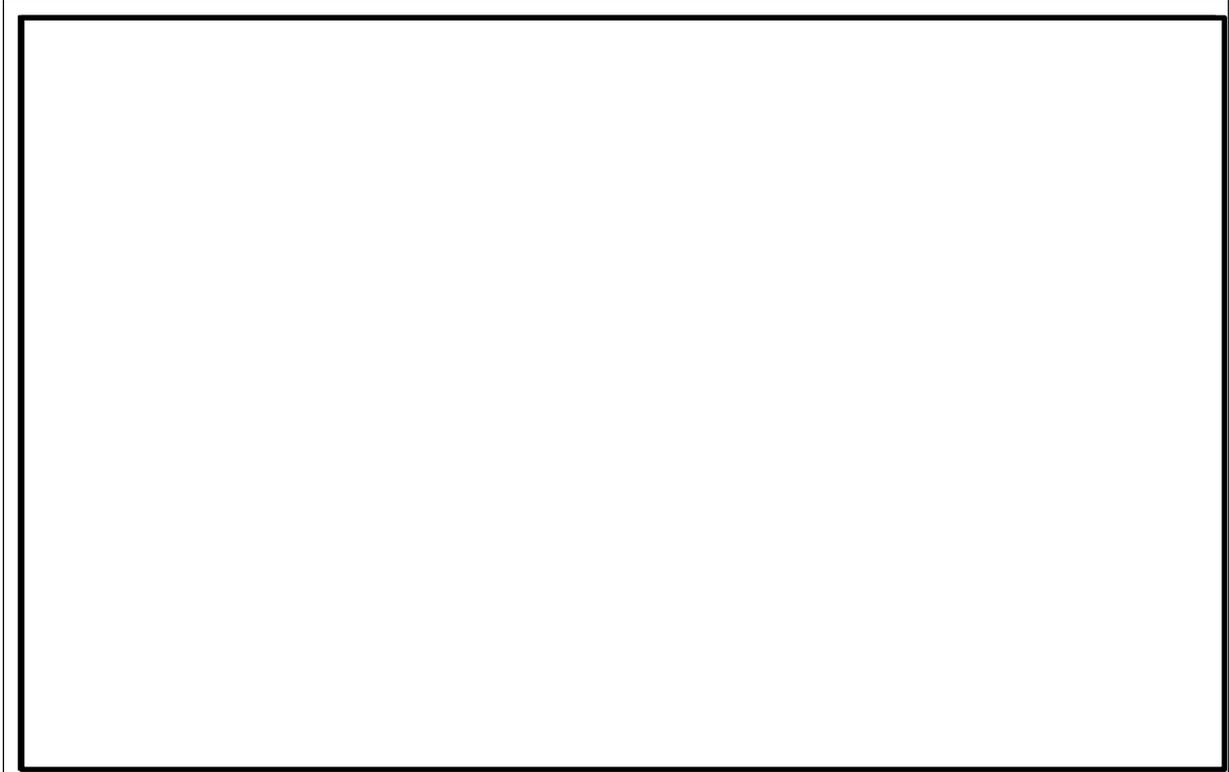


图 11-3 7#工业 CT 装置计算示意图

## 1.1 理论预测公式

### 1.1.1 有用射束方向屏蔽效果预测公式

工业 X 射线探伤装置曝光室屏蔽预测计算模式采用《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，取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中表 B.2，后按公式（11-2）计算得出：

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

式中： $X$ ：屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL：屏蔽材料的十值层厚度。

### 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

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

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， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$R$ ：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

$B$ ：屏蔽透射因子，取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中表 B.2，然后按公式（11-2）计算得出；

② 散射辐射

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

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，按公式（11-2）计算得出；

$F$ ： $R_0$  处的辐射野面积， $\text{m}^2$ ；

$\alpha$ ：散射因子，入射辐射被单位面积（ $1\text{m}^2$ ）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之比。与散射物质有关，在未获得相应物质的  $\alpha$  值时，可以用水的  $\alpha$  值保守估计，取值参考《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）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。

## 2 屏蔽计算结果

### 2.1 4#、5#工业 CT 装置（RMCT4000N 型工业 CT 装置）理论计算结果

本项目 4#、5#工业 CT 装置型号、参数等均一致，仅在模组物资库内的摆放方位

不同，因此，选取 4#工业 CT 装置进行理论预测，若 4#工业 CT 装置能够满足要求，则 5#工业 CT 装置也能满足要求。

表 11-1 4#工业 CT 装置有用线束方向屏蔽铅板屏蔽效果预测表

--

表 11-2 4#工业 CT 装置非有用线束方向屏蔽铅板屏蔽效果预测表

--

- ③R<sub>南侧屏蔽体/工件门</sub>=出束口到南侧屏蔽体/工件门外表面的距离 0.967m+参考点 0.300m=1.267m;
- R<sub>北侧屏蔽体/维修门</sub>=出束口到北侧屏蔽体/维修门外表面的距离 1.303m+参考点 0.300m=1.603m;
- R<sub>西侧屏蔽体/电缆口</sub>=出束口到西侧屏蔽体/电缆口外表面的距离 1.366+参考点 0.300m=1.666m;
- R<sub>顶部屏蔽体/通风口</sub>=出束口到顶部屏蔽体/通风口外表面的距离 0.588m+参考点 0.300m=0.888m;
- R<sub>底部屏蔽体</sub>=出束口到底部屏蔽体外表面的距离 0.890m。

从表 11-1、表 11-2 中预测结果可知，本项目 4#工业 CT 装置满功率运行时，工业 CT 装置曝光室四周、底部屏蔽体、工件门、通风口、电缆口外 30cm 处的最大辐射剂量率约为 0.682 $\mu$ Sv/h，曝光室顶部屏蔽体 30cm 处的最大辐射剂量率约为 0.843 $\mu$ Sv/h，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 2.5 $\mu$ Sv/h 及曝光室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平不大于 2.5 $\mu$ Sv/h”的要求。由于 4#、5#工业 CT 装置型号、参数等均一致，可推断 5#工业 CT 装置也能满足相关标准要求。

## 2.2 6#工业 CT 装置（ZEISS CT Metrotom1500 225kV G3 型工业 CT 装置）理论计算结果

表 11-3 6#工业 CT 装置有用线束方向屏蔽铅板屏蔽效果预测表

--

④R<sub>南侧屏蔽体</sub>=出束口到南侧屏蔽体外表面的距离 1.895m+参考点 0.300m=2.195m。

表 11-4 6#工业 CT 装置非有用线束方向屏蔽铅板屏蔽效果预测表

--

漏射预测时不考虑 5mm 铅防护罩；X 射线照射到工件上后，散射后不会再经过铅防护罩屏蔽，因此散射线未考虑 5mm 铅防护罩屏蔽；

②根据《GB 41476.3-2022 无损检测仪器 1MV 以下 X 射线设备的辐射防护规则 第 3 部分》，225kV 下，3mmFe 约等效于 0.2mmPb，6mmFe 约等效于 0.387mmPb；200kV 下，3mmFe 约等效于 0.2mmPb，6mmFe 等效于 0.4mmPb；

③取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014），由于图 B.1 无 225kV 电压对应的透射曲线，因此根据表 B.2，采用内插法得出 225kV 下对应的 TVL 值为 2.15mm，然后按公式  $B=10^{-XTVL}$  计算得出；

④ $R_{\text{东侧屏蔽体}}$  = 出束口到东侧屏蔽体外表面的距离 0.943m + 参考点 0.300m = 1.243m；

$R_{\text{西侧屏蔽体/工件门}}$  = 出束口到西侧屏蔽体/工件门外表面的距离 0.867m + 参考点 0.300m = 1.167m；

$R_{\text{北侧屏蔽体/电缆口}}$  = 出束口到北侧屏蔽体/电缆口外表面的距离 1.805m + 参考点 0.300m = 2.105m；

$R_{\text{顶部屏蔽体/通风口}}$  = 出束口到顶部屏蔽体/通风口外表面的距离 0.795m + 参考点 0.300m = 1.095m；

$R_{\text{底部屏蔽体}}$  = 出束口到底部屏蔽体外表面的距离 1.645m；

由于检测工件尺寸不定，直接计算散射体至关注点的距离比较困难， $R_s$  保守考虑取源点至关注点的距离。

从表 11-3、表 11-4 中预测结果可知，本项目 6#工业 CT 装置满功率运行时，工业 CT 装置曝光室四周、底部屏蔽体、工件门、通风口、电缆口外 30cm 处的最大辐射剂量率约为 1.393 $\mu$ Sv/h，曝光室顶部屏蔽体 30cm 处的最大辐射剂量率约为 1.581 $\mu$ Sv/h，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 2.5 $\mu$ Sv/h 及曝光室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平不大于 2.5 $\mu$ Sv/h”的要求。

### 2.3 7#工业 CT 装置（UX20 型工业 CT 装置）理论计算结果

表 11-5 7#工业 CT 装置有用线束方向屏蔽铅板屏蔽效果预测表

--

④ $R_{\text{北侧屏蔽体}}$  = 出束口到北侧屏蔽体外表面的距离 1.927m + 参考点 0.300m = 2.227m；

$R_{\text{顶部屏蔽体}}$  = 出束口到顶部屏蔽体外表面的距离 1.915m + 参考点 0.300m = 2.215m；

$R_{\text{底部屏蔽体}}$  = 出束口到底部屏蔽体外表面的距离 1.568m + 立脚 0.200m = 1.768m。



③R<sub>南侧屏蔽体</sub>=出束口到南侧屏蔽体外表面的最近距离 1.223m+参考点 0.300m=1.523m;

R<sub>西侧屏蔽体/工件门</sub>=出束口到西侧屏蔽体/工件门外表面的距离 0.933m+参考点 0.300m=1.233m;

R<sub>北侧/电缆口</sub>=出束口到东侧屏蔽体/电缆口外表面的距离 0.835m+参考点 0.300m=1.135m;

由于检测工件尺寸不定，直接计算散射体至关注点的距离比较困难，R<sub>s</sub> 保守考虑取源点至关注点的距离。

从表 11-5、表 11-6 中预测结果可知，本项目 7#工业 CT 装置满功率运行时，工业 CT 装置曝光室四周、底部屏蔽体、工件门、电缆口外 30cm 处的最大辐射剂量率约为 1.788μSv/h，曝光室顶部屏蔽体 30cm 处的最大辐射剂量率约为 0.727μSv/h，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 及曝光室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平不大于 2.5μSv/h”的要求。

#### 2.4 天空反散射影响分析

本项目 4#~7#工业 CT 装置 X 射线穿透铅房顶部后因大气散射返回地面，可能会造成铅房周围出现较高的辐射水平，天空反散射辐射水平预测模式根据《辐射防护导论》P181 公式（6.1）推导得出，具体计算公式如下：

$$H_{L,h} = \eta_{r,s} \cdot D_{10} \cdot \Omega^{1.3} / (0.67 \cdot r_i^2 \cdot r_s^2) \quad \dots\dots\dots (11-5)$$

式中：0.67：单位换算系数；

H<sub>L,h</sub>：参考点处相应的剂量当量率，Sv/h；

η<sub>r,s</sub>：透射比；

r<sub>i</sub>：辐射源到屋顶上方 2m 处的距离 m；

r<sub>s</sub>：室外参考点到源的水平距离，r<sub>s</sub> 通过公式 r<sub>s</sub>=b·r<sub>i</sub> / (r<sub>i</sub>-c) 计算得到；

D<sub>10</sub>：离源上方 1m 处的吸收剂量指数率，Gy·m<sup>2</sup>/min。

Ω：辐射源对屋顶张的立体角，单位为球面度，sr。Ω=4tg<sup>-1</sup>(ab/cd)，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（此处 a、b 的值按照曝光室顶部外表面长、宽的一半取值，c 取 X 射线管出束口离顶部最近时，出束口到屋顶外表面的距离，即加上屋顶墙体厚度）；d 是源到屋顶边缘的距离，d= (a<sup>2</sup>+b<sup>2</sup>+c<sup>2</sup>)<sup>1/2</sup>。

表 11-7 天空反散射影响预测表

--

从表 11-7 中预测结果可以看出，本项目 4#、5#工业 CT 装置满功率运行时，穿透铅房顶部的 X 射线对地面关注点处的辐射剂量率约为  $0.007\mu\text{Sv/h}$ ，叠加铅房四周外最大辐射剂量率  $0.414\mu\text{Sv/h}$  后，关注点处最大辐射剂量率约为  $0.421\mu\text{Sv/h}$ ，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）“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#工业 CT 装置满功率运行时，穿透铅房顶部的 X 射线对地面关注点处的辐射剂量率约为  $0.799\mu\text{Sv/h}$ ，叠加铅房四周外最大辐射剂量率  $1.386\mu\text{Sv/h}$  后，关注点处最大辐射剂量率约为  $2.185\mu\text{Sv/h}$ ，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）“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 7#工业 CT 装置满功率运行时，穿透铅房顶部的 X 射线对地面关注点处的辐射剂量率约为  $0.002\mu\text{Sv/h}$ ，叠加铅房四周外最大辐射剂量率  $1.347\mu\text{Sv/h}$  后，关注点处最大辐射剂量率约为  $1.349\mu\text{Sv/h}$ ，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）“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。

## 2.5 通风口、电缆口处与工件门缝隙处辐射防护评价

本项目 4#、5#工业 CT 装置顶部通风口处均拟设置  $22\text{mmPb}+2\text{mmFe}$  防护罩，4#工业 CT 装置西侧电缆口处拟设置  $22\text{mmPb}+2\text{mmFe}$  防护罩，5#工业 CT 装置北侧电缆口处拟设置  $22\text{mmPb}+2\text{mmFe}$  防护罩，由表 11-2 计算结果可知，本项目 4#、5#工业 CT 装置在满功率条件下运行时，通风口外 30cm 处辐射剂量率最大为  $0.843\mu\text{Sv/h}$ ，电缆口外 30cm 处辐射剂量率为  $0.240\mu\text{Sv/h}$ ，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/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。

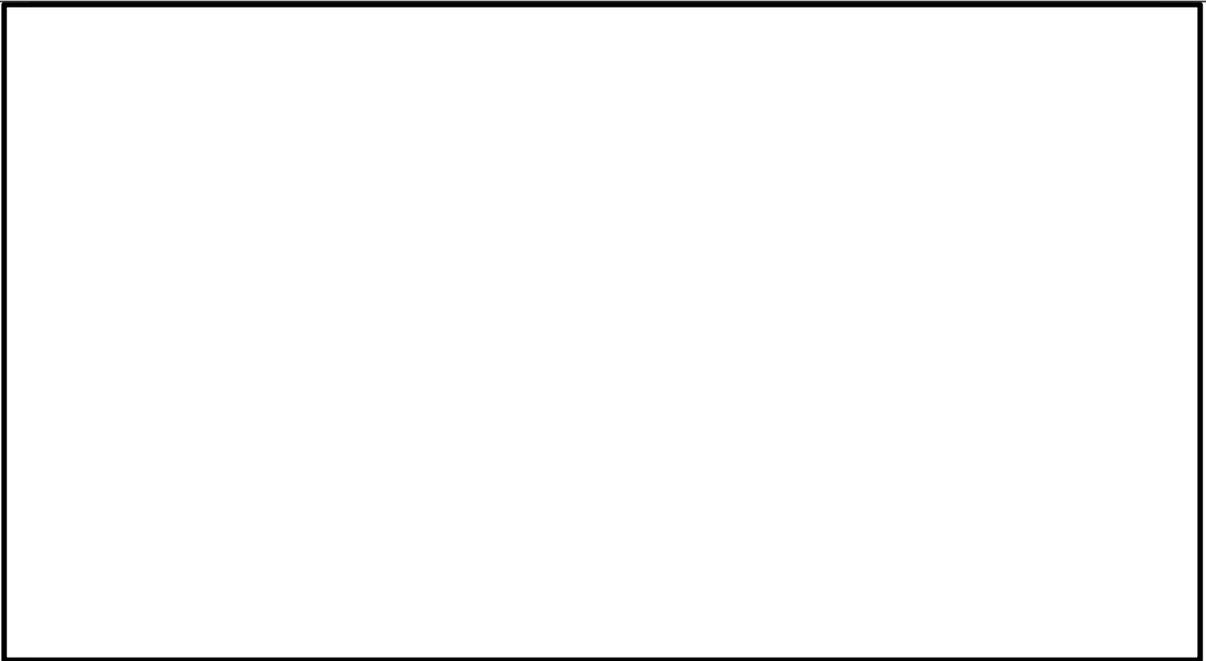


图 11-4 4#、5#工业 CT 装置通风口防护罩结构散射示意图

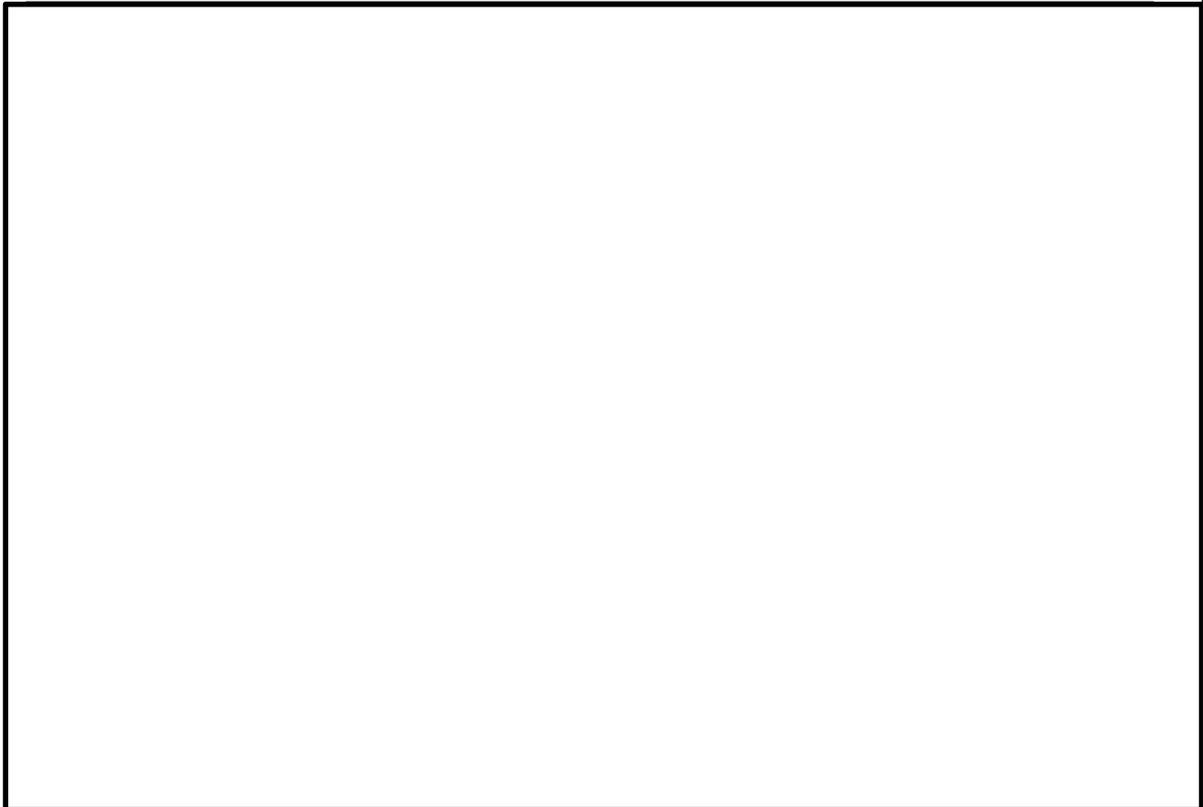


图 11-5 4#、5#工业 CT 装置电缆口防护罩结构散射示意图

4#、5#工业 CT 装置 X 射线经过防护罩后至少会经过 3 次散射到达通风口及电缆口处，X 射线至少经过 3 次散射才能到达防护罩外，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”，可推断通风口处、电缆口处的辐射剂量率能够满足标准要求。通风口及电缆口散射示意图如图 11-4 及图 11-5。

本项目 6#工业 CT 装置顶部通风口处拟设置 5mmPb+3mmFe 防护罩，北侧电缆口处拟设置 5mmPb+3mmFe 防护罩，由表 11-4 计算结果可知，本项目装置在满功率条件下运行时，通风口外 30cm 处辐射剂量率最大为 1.581 $\mu$ Sv/h，电缆口外 30cm 处辐射剂量率为 0.428 $\mu$ Sv/h，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/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 $\mu$ Sv/h”的要求。

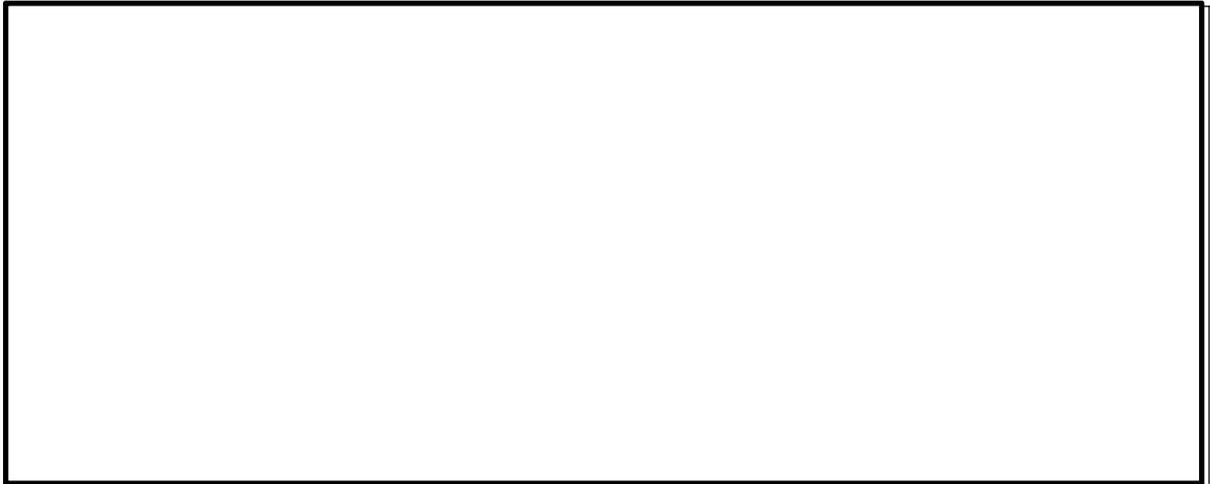


图 11-6 6#工业 CT 装置通风口、电缆口防护罩结构散射示意图

6#工业 CT 装置 X 射线经过防护罩后至少会经过 3 次散射到达通风口及电缆口处，X 射线至少经过 3 次散射才能到达防护罩外，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”，可推断通风口处、电缆口处的辐射剂量率能够满足标准要求。通风口及电缆口散射示意图如图 11-6。

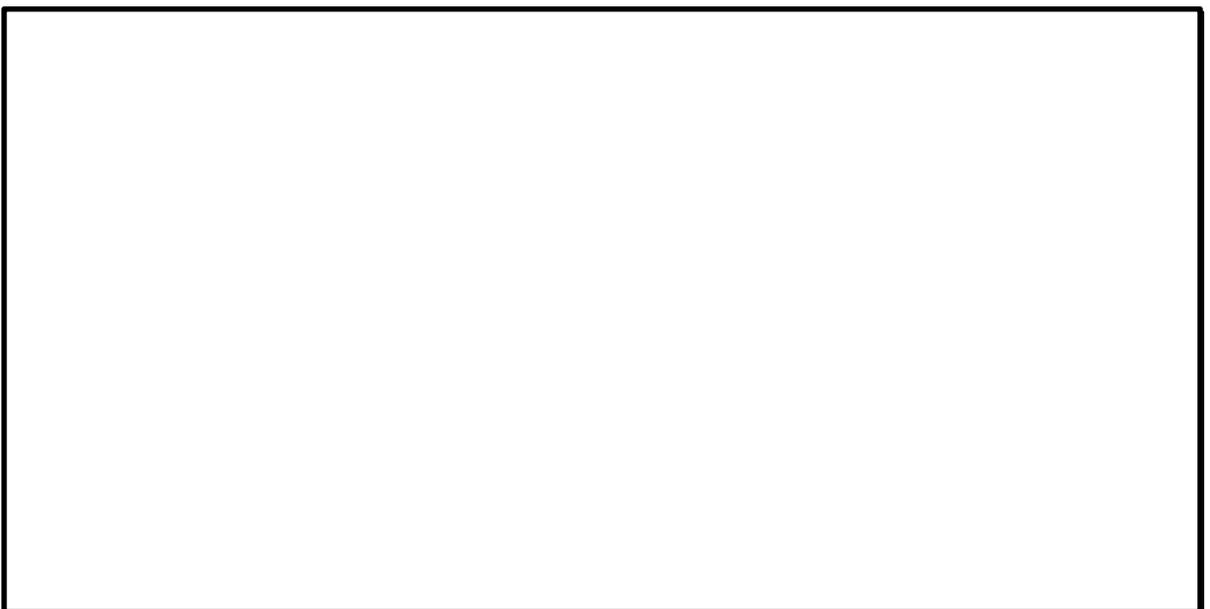


图 11-7 7#工业 CT 装置电缆口防护结构散射示意图

本项目 7#工业 CT 装置东侧电缆口处拟设置 9.1mmPb+3mmFe 防护罩，由表 11-6 计算结果可知，本项目装置在满功率条件下运行时，电缆口外 30cm 处辐射剂量率为 0.203 $\mu$ Sv/h，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/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 $\mu$ Sv/h”的要求。

7#工业 CT 装置 X 射线经过防护罩后至少会经过 3 次散射到达电缆口处，X 射线至少经过 3 次散射才能到达防护罩外，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，电缆口散射示意图如图 11-7。

本项目 4#、5#工业 CT 装置工件门门洞 900mm 宽 $\times$ 1500mm 高，工件门 1000mm 宽 $\times$ 1600mm 高，工件门左右各搭接 50mm，上下各搭接 50mm。维修门门洞 1050mm 宽 $\times$ 1100mm 高，维修门 1200mm 宽 $\times$ 1200mm 高，维修门左右各搭接 75mm，上下各搭接 50mm。工件门、维修门与屏蔽体之间的缝隙宽度均为 2mm，工件门、维修门与墙体重叠部分不小于防护门与墙体缝隙宽度的 10 倍，射线经过多次散射后才能出门缝隙，可推断 4#、5#工业 CT 装置防护门缝隙处的辐射剂量率能够满足标准要求。

本项目 6#工业 CT 装置工件门采用平移双开门，门洞 910mm 宽 $\times$ 1730mm 高，单扇门 470mm 宽 $\times$ 1860mm 高；双开门接缝搭接 45mm；工件门左右各搭接 15mm，上部搭接 70mm，下部搭接 60mm，工件门与屏蔽体之间的缝隙宽度均为 2mm，工件门与屏蔽体重叠部分不小于工件门与屏蔽体缝隙宽度的 10 倍，双开门搭接处采取阶梯式拼接，射线经过多次散射后才能出门缝隙，可推断 6#工业 CT 装置工件门缝隙处的辐射剂量率能够满足标准要求。

本项目 7#工业 CT 装置工件门门洞 800mm 宽 $\times$ 1540mm 高，工件门 850mm 宽 $\times$ 1640mm 高，工件门左右各搭接 25mm，上下各搭接 50mm，工件门与屏蔽体之间的缝隙宽度均为 2mm，工件门与屏蔽体重叠部分不小于工件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 7#工业 CT 装置防护门缝隙处的辐射剂量率能够满足标准要求。

### 3 年有效剂量估算

本项目辐射工作人员和周围公众年有效剂量预测可通过《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的公式来估算，估算公式如下：

$$H_c = \dot{H}_{c,d} \cdot t \cdot U \cdot T \quad \dots\dots\dots (11-6)$$

上式中：H—受照剂量， $\mu\text{Sv}$ ；

$\dot{H}$ —参考点处剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

U—使用因子；

T—居留因子；

t—照射时间，(h)。

### 3.1 4#、5#工业 CT 装置辐射工作人员及周围公众人员周/年有效剂量估算

本项目 4#、5#工业 CT 装置辐射工作人员为工业 CT 装置操作人员，公众主要为 4#、5#工业 CT 装置周围 50m 范围内其他人员。本项目拟将模组物资库内除 4#、5#工业 CT 装置曝光室外的其他区域划为监督区，公众人员位于监督区外，根据公式(11-1)~公式(11-4)，计算可得监督区边界外关注点处辐射剂量率，计算点位图见图 11-8，计算结果见表 11-8。

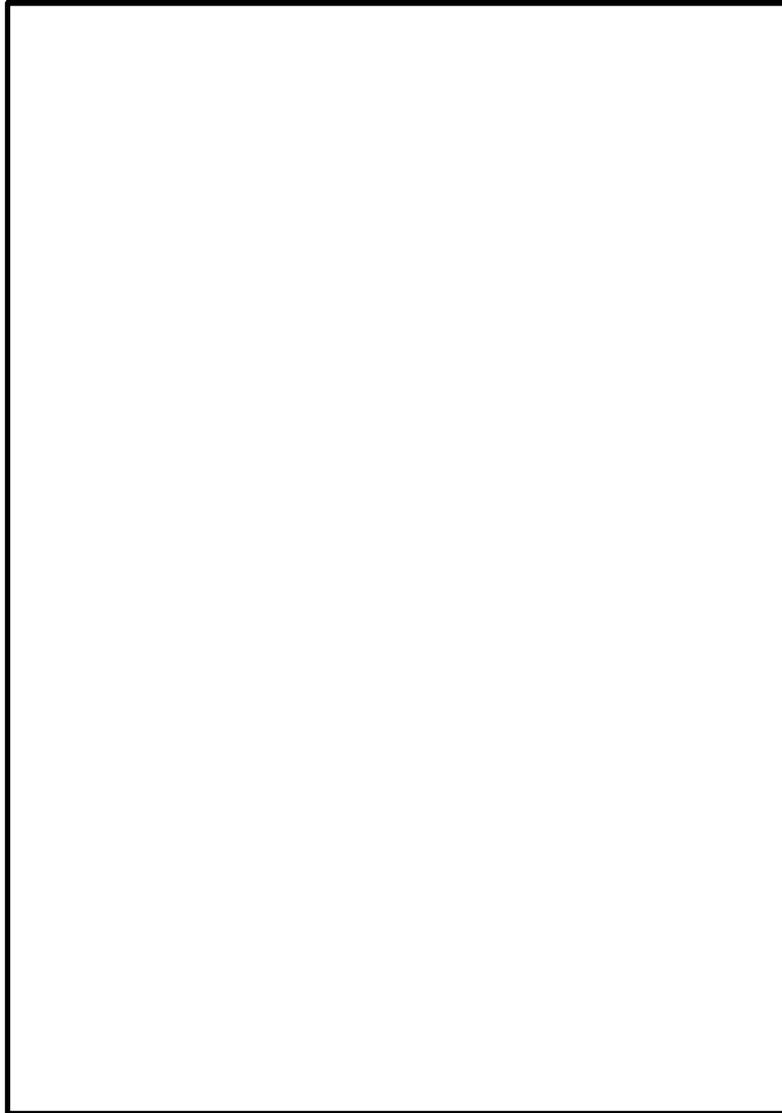


图 11-8 4#、5#工业 CT 装置监督区周围计算点位图

表 11-8 本项目 4#、5#工业 CT 装置周围人员关注点位辐射剂量率

--	--

朝  
考

门  
参

将表 11-2 及表 11-8 中结果代入公式 (11-6) 中, 以 4#、5#工业 CT 装置周围各关注点处辐射剂量率值进行周剂量估算及年剂量估算, 结果见表 11-9 及表 11-10。

表 11-9 本项目 4#、5#工业 CT 装置周围人员周受照有效剂量结果评价

--	--

表 11-10 本项目 4#、5#工业 CT 装置周围人员年受照有效剂量结果评价

--

从表 11-9 及表 11-10 中预测结果可以看出，本项目 4#、5#工业 CT 装置周围辐射工作人员周有效剂量最大值为  $4.140\mu\text{Sv}$ ，年有效剂量最大值为  $0.207\text{mSv}$ ，周围公众成员周有效剂量最大为  $1.250\mu\text{Sv}$ ，年有效剂量最大值为  $0.063\text{mSv}$ ，均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）和本项目管理目标中关注点的周围剂量当量参考控制水平要求，即职业人员周有效剂量不超过  $100\mu\text{Sv}$ ，年有效剂量不超过  $5\text{mSv}$ ，公众周有效剂量不超过  $5\mu\text{Sv}$ ，年有效剂量不超过  $0.1\text{mSv}$ 。

### 3.2 6#、7#工业 CT 装置辐射工作人员及周围公众人员周/年有效剂量估算

本项目 6#、7#工业 CT 装置辐射工作人员为工业 CT 装置操作人员，公众主要为 6#、7#工业 CT 装置周围 50m 范围内其他人员。本项目拟将设备实验室内除 6#、7#工业 CT 装置曝光室外的其他区域划为监督区，公众人员位于监督区外，根据公式（11-1）~公式（11-4），计算可得监督区边界外关注点处辐射剂量率，计算点位图见图 11-9，

计算结果见表 11-11。

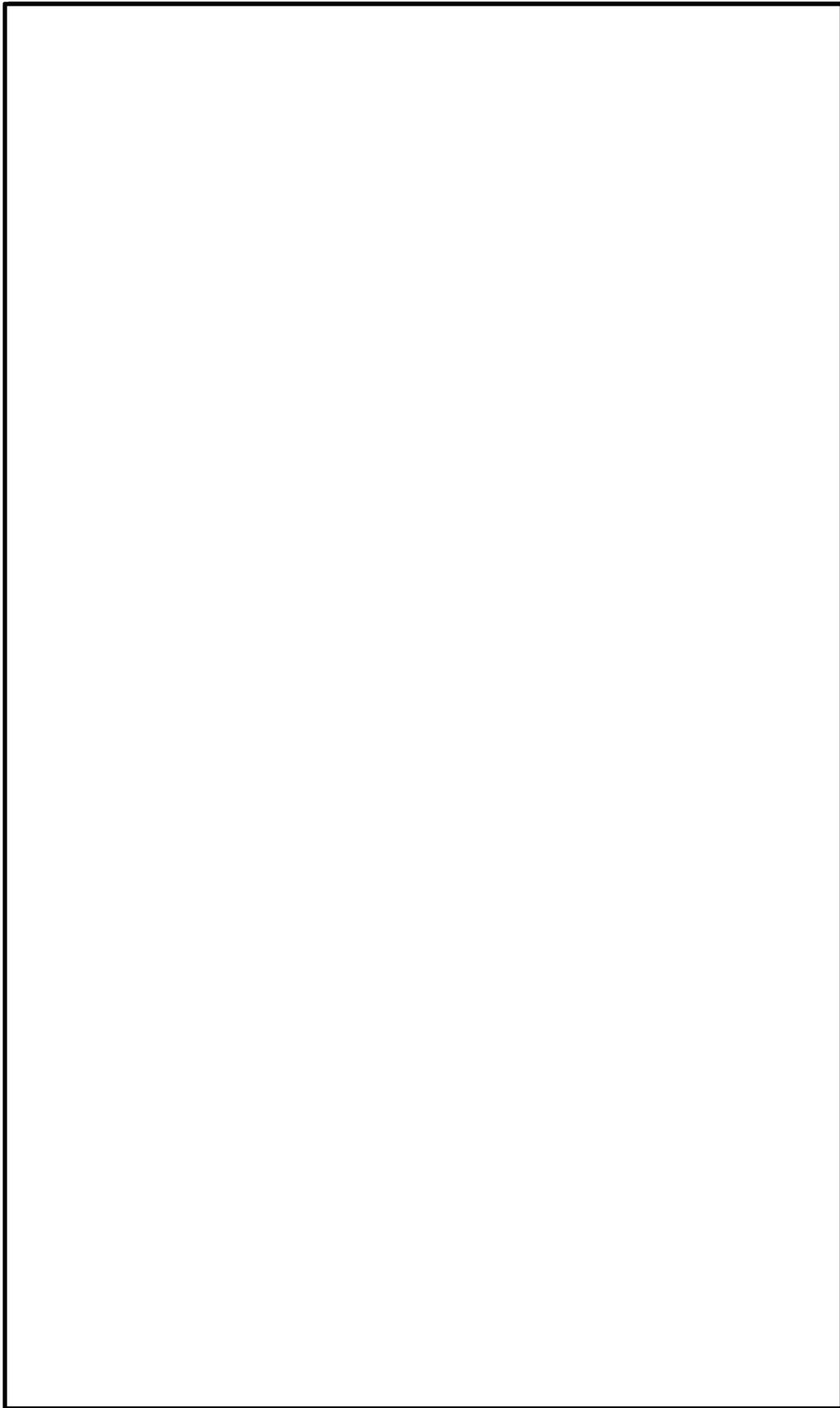


图 11-9 6#、7#工业 CT 装置监督区周围计算点位图

表 11-11 本项目 6#、7#工业 CT 装置周围人员关注点位辐射剂量率



将表 11-4、表 11-7 及表 11-11 中结果代入公式 (11-6) 中，以 6#、7#工业 CT 装置周围各关注点处辐射剂量率值进行周剂量估算及年剂量估算，结果见表 11-12 及表 11-13。

表 11-12 本项目 6#、7#工业 CT 装置周围人员周受照有效剂量结果评价

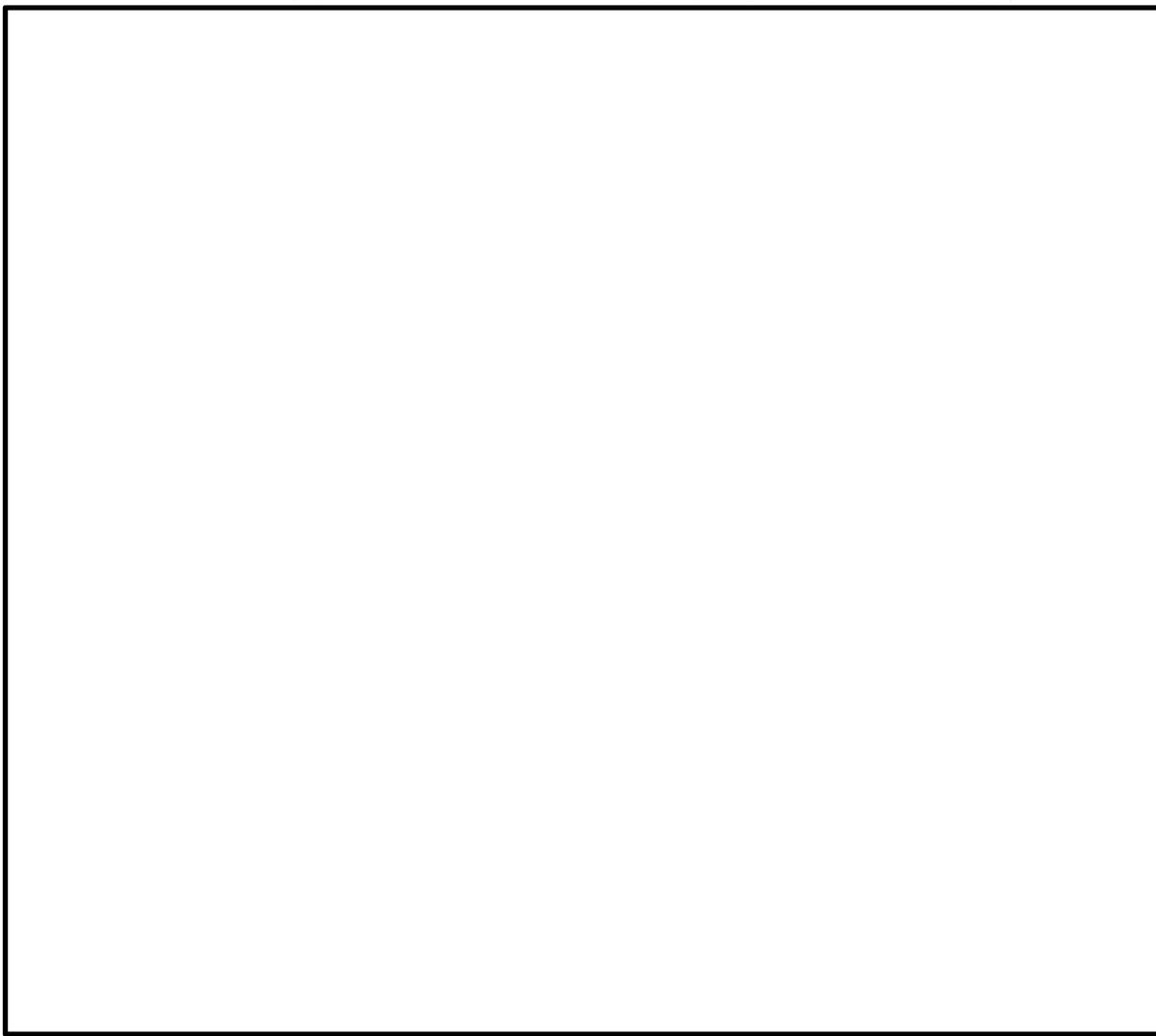


表 11-13 本项目 6#、7#工业 CT 装置周围人员年受照有效剂量结果评价

--

从表 11-12 及表 11-13 中预测结果可以看出,本项目 6#、7#工业 CT 装置周围辐射工作人员周有效剂量最大值为 13.860 $\mu$ Sv,年有效剂量最大值为 0.693mSv,周围公众成员周有效剂量最大为 1.060 $\mu$ Sv,年有效剂量最大值为 0.053mSv,均能够满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)和本项目管理目标中关注点的周围剂量当量参考控制水平要求,即职业人员周有效剂量不超过 100 $\mu$ Sv,年有效剂量不超过 5mSv,公众周有效剂量不超过 5 $\mu$ Sv,年有效剂量不超过 0.1mSv。

### 3.3 叠加辐射剂量影响分析

由于本项目 4#、5#工业 CT 装置相距较近,6#、7#工业 CT 装置相距较近,因此需分别考虑 4#、5#工业 CT 装置及 6#、7#工业 CT 装置的叠加影响。

#### 3.3.1 辐射工作人员所受叠加年有效剂量分析

本项目 4#、5#工业 CT 装置相距约 3m,4#、5#工业 CT 装置周围辐射工作人员所

受最大叠加剂量率保守取 4#、5#工业 CT 装置四周外最大剂量率相加，即： $0.178\mu\text{Sv/h}+0.178\mu\text{Sv/h}=0.356\mu\text{Sv/h}$ ，则 4#、5#工业 CT 装置周围辐射工作人员所受叠加年有效剂量为  $0.356\mu\text{Sv/h}\times 500\text{h}=0.178\text{mSv}$ ；6#、7#工业 CT 装置相距约 5.5m，6#、7#工业 CT 装置周围辐射工作人员所受最大叠加剂量率保守取 6#、7#工业 CT 装置四周外最大剂量率相加，即： $1.393\mu\text{Sv/h}+1.347\mu\text{Sv/h}=2.74\mu\text{Sv/h}$ ，则 6#、7#工业 CT 装置周围辐射工作人员所受叠加年有效剂量为  $2.74\mu\text{Sv/h}\times 500\text{h}=1.37\text{mSv}$ 。4#~7#工业 CT 装置辐射工作人员所受叠加年有效剂量均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）和本项目管理目标中关注点的周围剂量当量参考控制水平要求，即职业人员年有效剂量不超过 5mSv。

### 3.3.2 公众人员所受叠加年有效剂量分析

本项目 4#、5#工业 CT 装置周围公众人员所受叠加年有效剂量保守选取 4#、5#工业 CT 装置对模组物资库外各侧公众人员产生的年有效剂量分别相加，6#、7#工业 CT 装置周围公众人员所受叠加年有效剂量保守选取 6#、7#工业 CT 装置对设备实验室外各侧公众人员产生的年有效剂量分别相加，叠加结果见表 11-14。

表 11-14 公众人员所受叠加年有效剂量估算表

--

由表 11-14 中结果可知，4#~7#工业 CT 装置周围公众所受叠加年有效剂量最大值约为 0.081mSv/a，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）和本项目管理目标中关注点的周围剂量当量参考控制水平要求，即公众年有效剂量不超过 0.1mSv。

### 3.3.3 50m 评价范围内其他公众人员所受年有效剂量分析

对于本项目 4#~7#工业 CT 装置周围 50m 范围内的其他公众，根据前文理论预测结果，X 射线经距离的进一步衰减后，基本湮灭在环境本底辐射中，可推断本项目 4#~7#

工业 CT 装置周围 50m 评价范围内其他公众年有效剂量能够满足《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的要求。

#### 4 三废治理评价

本项目各工业 CT 装置工作时，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 4#、5#工业 CT 装置顶部拟设通风口，并拟配备排风扇对曝光室内进行换气，排风扇总有效通风量为 153m<sup>3</sup>/h，曝光室内净体积约为 9.2m<sup>3</sup>，每小时能对曝光室内进行约 16 次有效换气；6#工业 CT 装置顶部拟设通风口，拟配备排风扇对曝光室内进行换气，排风扇总有效通风量为 1800m<sup>3</sup>/h，曝光室内净体积约为 7.6m<sup>3</sup>，每小时能对曝光室内进行约 236 次有效换气，均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中每小时有效通风换气次数不小于 3 次的要求。7#工业 CT 装置通过工件门进行自然排风。

本项目 4#、5#工业 CT 装置产生的臭氧及氮氧化物通过通风口排入模组物资库内，依托模组物资库内通风系统排入外环境；6#工业 CT 装置产生的臭氧及氮氧化物通过通风口排入设备实验室内，7#工业 CT 装置产生的臭氧及氮氧化物通过工件门排入设备实验室内，依托设备实验室内通风系统排入外环境。臭氧常温下 50min 左右可自行分解为氧气，对本项目环境影响较小。

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，一般生活垃圾分类收集后将交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小。

### 事故影响分析

#### 1 潜在事故分析

本项目各工业 CT 装置只有在开机曝光时才产生 X 射线，因此，X 射线探伤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，导致工件门未完全关闭时开机工作，人员受到误照射；在检测过程中，工件门被意外打开，导致人员受到误照射。

（2）机器调试、检修时误照射。工业 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受到照射。

（3）由于工件碰撞造成工业 CT 装置工件门破损，导致工件门外产生漏射线。

#### 2 辐射事故预防措施

中创新航科技（江苏）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。每次在开启工业 CT 装置前，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检测。

(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。本项目拟使用的各工业 CT 装置均属于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。在发生事故后：

(1) 辐射工作人员或操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，公司应当立即启动事故应急方案，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**

本项目开展工业 X 射线探伤使用的设备为工业 CT 装置，属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》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，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。辐射工作人员均应通过生态环境部组织的“X 射线探伤”类、辐射防护负责人应通过生态环境部组织的“辐射安全管理”类考核，通过考核后方可上岗。

中创新航科技（江苏）有限公司已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确了辐射防护负责人及其职责。公司目前共有 63 名辐射工作人员（辐射工作人员培训情况一览表见附件 8），上述辐射工作人员均已通过生态环境部培训平台上的线上考核。公司拟为本项目配备 8 名辐射工作人，8 名辐射工作人员均为新增人员，新增辐射工作均应通过生态环境部培训平台上的线上考核方可上岗，辐射工作人员持有的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再次上岗。

**辐射安全管理规章制度**

中创新航科技（江苏）有限公司已按照《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许可管理办法》中相关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、台账登记制度、事故应急制度等。

公司已制定的辐射安全管理规章制度具有一定的针对性和可操作性，基本满足现有核技术利用项目对辐射安全管理规章制度的需求。公司相关制度均已落实且严格执行，公司各项辐射安全管理制度执行情况良好。

公司还应针对本项目对已有辐射安全管理制度进行补充和完善，使其在实际工作中具有较强的针对性和可操作性。本报告对各项管理制度制定要点提出如下建议：

**探伤操作规程：**明确辐射工作人员的资质条件要求，明确 4#~7#工业 CT 装置操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施，重点是明确 4#~7#工业 CT 装置操作步骤以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、辐射工作人员、维修人员的岗位责任，使每一个相关

的工作人员明确自己所在岗位具体责任，并层层落实。

**辐射防护和安全保卫制度：**根据公司的具体情况制定辐射防护和安全保卫制度，重点是 4#~7#工业 CT 装置的运行和维修时辐射安全管理。明确维修保养人员进入 4#~7#工业 CT 装置内部进行维修时的安全防护和紧急停机的管理措施及制度。

**设备检修维护制度：**明确 4#~7#工业 CT 装置及辐射监测设备维修计划、维修的记录和在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，确保 4#~7#工业 CT 装置设备保持良好工作状态；交接班或当班使用剂量报警仪、便携式辐射巡测仪前，拟检查是否能正常工作，确保剂量报警仪、便携式辐射巡测仪等仪器具有有效性。

**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：**对 4#~7#工业 CT 装置使用情况进行登记，标明设备名称、型号、电压、电流等，并对 4#~7#工业 CT 装置使用进行严格管理。

**事故应急预案：**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》的要求，必须明确建立应急机构和人员职责分工，应急人员的组织、培训以及应急辐射事故分类与应急响应的措施。当发生事故时，公司应当立即启动辐射事故应急方案，采取有效防范措施，及时制止事故的恶化，并在 1 小时内向当地生态环境部门和公安部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生健康部门报告。

## 辐射监测

公司拟使用的 4#~7#工业 CT 装置均属 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；用于对各工业 CT 装置周围的辐射水平进行巡测。

公司目前共配有 4 台辐射巡测仪及 16 台个人剂量报警仪。公司还拟为本项目辐射工作人员配备 8 台个人剂量报警仪，本项目的仪器配备能够满足审管部门对于监测

仪器配备的要求。

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，根据公司 2024 年度环保检测报告（检测报告编号：（2024）常环宇检（委）字第(0258) 号）可知，公司已有辐射工作场所周围的辐射水平无异常；在开展作业期间，公司已定期（每 3 个月/次）对已有辐射工作场所及周围的辐射水平进行监测，并做相关记录。

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，并定期（不超过 3 个月/次）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 2023 年 10 月~2025 年 2 月 4 个季度（其中 2024.1~2024.4 由于企业处于停产期间，因此未进行个人剂量监测）辐射工作人员个人剂量监测报告可知（见附件 9），辐射工作人员个人剂量检测结果均未见异常；公司已定期（不超过 2 年/次）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。公司已于每年 1 月 31 日前在全国核技术利用辐射安全申报系统提交上一年度的评估报告，年度评估报告内容包括核技术利用项目新建、改建、扩建和退役，辐射安全和防护设施的运行与维护，辐射安全和防护制度及措施的制定与落实等情况。

公司还应根据辐射管理要求，针对本项目完善已有监测方案：

（1）公司拟每年委托有资质的单位对本项目 4#~7#工业 CT 装置周围环境的辐射水平进行监测，周期为 1 次/年。监测结果连同单位的年度辐射安全评估报告一起，在次年的 1 月 31 日前，上报发证的生态环境部门备案；

（2）在开展检测工作时，公司拟定期对 4#~7#工业 CT 装置周围的辐射水平进行监测，周期为 1 次/3 个月，并做相关记录；

（3）本项目新增的 8 名辐射工作人员均拟佩戴个人剂量计监测累积剂量，定期（每 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；

（4）公司拟定期安排本项目辐射工作人员进行职业健康体检（两次检查的时间间隔不应超过 2 年），并建立职业健康档案。本项目辐射监测方案见表 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
4#~7#工业 CT 装置	X-γ周围剂量当量率	验收监测, 委托有资质的单位进行	1 次	①4#~7#工业 CT 装置周围各关注点处, 如四周、顶部、底部屏蔽体、工件门外 30cm 处; 特别是通风口、电缆口等位置; ②辐射工作人员操作位处; ③周围环境保护目标处。
		工作场所年度监测, 委托有资质的单位进行	1 次/年	
		定期自行开展辐射监测	每 3 个月/次	
辐射工作人员	个人剂量当量	委托有资质的单位进行	每 1 个月/次, 最长不超过 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, 中创新航科技(江苏)有限公司应针对可能产生的辐射事故情况制定事故应急预案, 应急预案内容应包括:

- (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。

中创新航科技(江苏)有限公司已依据《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, 明确建立了应急机构和人员职责分工, 应急人员的组织、培训以及应急, 辐射事故分类与应急响应的措施。公司制定的事故应急预案较全面, 并具有一定的可行性, 公司开展辐射活动至今, 未发生过辐射安全事故。公司多次组织了应急人员对应急处理措施进行培训, 并定期组织了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故应急预案, 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**

中创新航科技（江苏）有限公司地址位于常州市金坛区江东大道 1 号，公司共有东、西两个厂区，公司东厂区东侧为纪庄河与复兴南路，南侧为江东大道，西侧为明湖路与河道，北侧为华业路；西厂区东侧为河道与明湖路，南侧为江东大道，西侧为金湖南路，北侧为预留用地。

中创新航科技（江苏）有限公司拟在西厂区 J14 电池生产厂房（共四层）一层模组物资库内扩建 2 台工业 CT 装置（4#、5#工业 CT 装置），模组物资库东侧依次为洁净室、厂内道路、J15 电池生产厂房及 J18NMP 储罐库房，南侧依次为更衣室、喷淋阀组间、厂内道路及 J11 电池生产厂房，西侧为模组车间、测试打包、变电所、卫生间及空调机房，北侧依次为金相实验室、过道、立体库及厂内道路，楼上二层为物流间，三层为空调机房，四层为暂存间，楼下无建筑。

公司拟在东厂区 J32 装备车间（共四层）一层设备实验室内扩建 2 台工业 CT 装置（6#、7#工业 CT 装置），设备实验室东侧依次为车间内过道、出货间、楼梯间、报警阀间、PCW 室、凝结水回收机房、空调机房、设备搬入口、厂内道路、J37 动力站房、J38 结构件库房，南侧为检验线，西侧依次为车间内过道、三大件缓存区、检验线及容量测试区，北侧为成品缓存区，楼上二层为常温静置间，三层为电芯车间，四层为化成车间，楼下无建筑。

本项目 4 台工业 CT 装置周围 50m 范围内均无居民区、学校等环境敏感目标。本项目辐射环境保护目标主要为辐射工作人员及各装置拟建址周围评价范围内的公众。

**1.2 产业政策符合性与实践正当性评价**

本项目利用工业 CT 装置对公司电池模组进行无损检测，对照《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（国家发展和改革委员会令第 7 号）的相关规定，本项目不属于限制类、淘汰类，故本项目符合国家现行产业政策。

本项目的建设将满足中创新航科技（江苏）有限公司的需求，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。

### 1.3 项目分区及布局

本项目拟将 4#、5#工业 CT 装置的曝光室作为本项目的辐射防护控制区，将除曝光室外的模组物资库（含操作位）作为本项目的辐射防护监督区；拟将 6#、7#工业 CT 装置的曝光室作为本项目的辐射防护控制区，将除曝光室外的设备实验室（含操作位）作为本项目的辐射防护监督区。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

### 1.4 辐射安全措施

本项目各工业 CT 装置工件门及维修门均拟设置门机联锁装置；本项目 4#工业 CT 装置南侧外表面处拟设紧急开门开关，5#工业 CT 装置西侧外表面处拟设紧急开门开关，6#、7#工业 CT 装置操作台处均拟设紧急开门开关；本项目各工业 CT 装置顶部均拟设置工作状态指示灯并与 X 射线管进行联锁；本项目正常运行过程中，辐射人员在工件门外取放工件，无需进入曝光室内，因此本项目工业 CT 装置并未完全按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中探伤室放射防护要求在曝光室内设置工作状态指示灯；各工业 CT 装置表面明显位置处拟设置对指示灯信号意义的清晰说明；各工业 CT 装置表面明显位置、工件门上均拟设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及警示说明；拟在 4#、5#工业 CT 装置曝光室内、外各设置 2 个急停按钮，拟在操作台处各设置 1 个急停按钮；拟在 6#工业 CT 装置曝光室内设置 2 个急停按钮，拟在操作台处设置 1 个急停按钮；拟在 7#工业 CT 装置曝光室内工件门旁设置 1 个急停按钮，拟在操作台处设置 1 个急停按钮；各紧急停机按钮旁均拟设置标签，标明使用方法；4#、5#工业 CT 装置曝光室外防护门旁拟设置钥匙开关，6#、7#工业 CT 装置操作台处均拟设置钥匙开关；拟在 4#~7#工业 CT 装置曝光室内各设置 1 个视频监控装置。

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。

### 1.5 辐射安全管理

公司已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职责，同时制定了各项辐射安全管理制度。公司目前共有 63 名辐射工作人员，已有辐射工作人员均已通过生态环境部培训平台上的线上考核。公司拟为本项目配备 8 名辐射工作人员，8 名辐射工作人员均为新增人员，新增的 8 名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后方可上岗，公司拟对新增的 8 名辐射工作人员进行职业健康监护和个人剂量监测，并建立个人职业健康监护档案和个人剂量档案。

公司目前共配有 4 台辐射巡测仪及 16 台个人剂量报警仪。公司还拟为本项目辐射工作人员配备 8 台个人剂量报警仪，本项目的仪器配备能够满足审管部门对于监测仪器配备的要求。

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

本项目 4#工业 CT 装置外壳尺寸(含底座 100mm)为 3320mm(长)×2270mm(宽)×2400mm(高)，工业 CT 装置南侧、西侧、北侧及顶部屏蔽体均拟采用 22mmPb+2mmFe，装置东侧屏蔽体拟采用 32mmPb+2mmFe，装置底部屏蔽体拟采用 22mmPb+10mmFe，装置工件门及维修门屏蔽体均拟采用 22mmPb+2mmFe，装置电缆口拟采用 22mmPb+2mmFe 防护罩，通风口拟采用 22mmPb+2mmFe 防护罩。

本项目 5#工业 CT 装置外壳尺寸(含底座 100mm)为 3320mm(长)×2270mm(宽)×2400mm(高)，工业 CT 装置东侧、西侧、北侧及顶部屏蔽体均拟采用 22mmPb+2mmFe，装置南侧屏蔽体拟采用 32mmPb+2mmFe，装置底部屏蔽体拟采用 22mmPb+10mmFe，装置工件门及维修门屏蔽体均拟采用 22mmPb+2mmFe，装置电缆口拟采用 22mmPb+2mmFe 防护罩，通风口拟采用 22mmPb+2mmFe 防护罩。

本项目 6#工业 CT 装置外壳尺寸(无底座)为 3700mm(长)×1810mm(宽)×2440mm(高)，工业 CT 装置南侧屏蔽体拟采用 12mmPb+3mmFe，装置东侧、西侧、北侧及顶部屏蔽体均拟采用 5mmPb+3mmFe，装置底部屏蔽体拟采用 5mmPb+6mmFe，工件门屏蔽体拟采用 5mmPb+6mmFe，电缆口拟采用 5mmPb+3mmFe 防护罩，通风口拟采用 5mmPb+3mmFe 防护罩。

本项目 7#工业 CT 装置外壳尺寸(含底座 100mm)为 2550mm(长)×1768mm(宽)×2365mm(高)，工业 CT 装置东侧屏蔽体拟采用 9.1mmPb+3mmFe，装置南侧屏蔽体拟采用 10.1mmPb+3mmFe，装置西侧屏蔽体拟采用 8.1mmPb+3mmFe，装置北侧及顶部屏蔽体均拟采用 13.1mmPb+3mmFe，装置底部屏蔽体拟采用 12.3mmPb+8mmFe，工件门屏蔽体拟采用 8.1mmPb+3mmFe，电缆口拟采用 9.1mmPb+3mmFe 防护罩。

根据理论预测结果，公司拟配备的 4#~7#工业 CT 装置满功率运行时曝光室各侧屏蔽体外 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

根据理论预测结果，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限值要求：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

本项目各工业 CT 装置工作时，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 4#、5#工业 CT 装置顶部拟设通风口，并拟配备排风扇对曝光室内进行换气，每小时能对曝光室内进行约 16 次有效换气；6#工业 CT 装置顶部拟设通风口，拟配备排风扇对曝光室内进行换气，每小时能对曝光室内进行约 236 次有效换气，均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中每小时有效通风换气次数不小于 3 次的要求。7#工业 CT 装置通过工件门进行自然排风。

本项目 4#、5#工业 CT 装置产生的臭氧及氮氧化物通过通风口排入模组物资库内，依托模组物资库内通风系统排入外环境；6#工业 CT 装置产生的臭氧及氮氧化物通过通风口排入设备实验室内，7#工业 CT 装置产生的臭氧及氮氧化物通过工件门排入设备实验室内，依托设备实验室内通风系统排入外环境。臭氧常温下 50min 左右可自行分解为氧气，对本项目环境影响较小。

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，一般生活垃圾分类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，中创新航科技（江苏）有限公司新增 4 台工业 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，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) 建设单位在该工程竣工后，应根据《建设项目环境保护管理条例》及《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的规定由建设单位在环境保护设施竣工之日起3个月内进行自主验收。

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	公司已成立辐射安全管理机构，并以文件形式明确各成员职责	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	<p>本项目 4#工业 CT 装置外壳尺寸（含底座 100mm）为 3320mm（长）×2270mm（宽）×2400mm（高），工业 CT 装置南侧、西侧、北侧及顶部屏蔽体均拟采用 22mmPb+2mmFe，装置东侧屏蔽体拟采用 32mmPb+2mmFe，装置底部屏蔽体拟采用 22mmPb+10mmFe，装置工件门及维修门屏蔽体均拟采用 22mmPb+2mmFe，装置电缆口拟采用 22mmPb+2mmFe 防护罩，通风口拟采用 22mmPb+2mmFe 防护罩。</p> <p>本项目 5#工业 CT 装置外壳尺寸（含底座 100mm）为 3320mm（长）×2270mm（宽）×2400mm（高），工业 CT 装置东侧、西侧、北侧及顶部屏蔽体均拟采用 22mmPb+2mmFe，装置南侧屏蔽体拟采用 32mmPb+2mmFe，装置底部屏蔽体拟采用 22mmPb+10mmFe，装置工件门及维修门屏蔽体均拟采用 22mmPb+2mmFe，装置电缆口拟采用 22mmPb+2mmFe 防护罩，通风口拟采用 22mmPb+2mmFe 防护罩。</p> <p>本项目 6#工业 CT 装置外壳尺寸（无底座）为 3700mm（长）×1810mm（宽）×2440mm（高），工业 CT 装置南侧屏蔽体拟采用 12mmPb+3mmFe，装置东侧、西侧、北侧及顶部屏蔽体均拟采用 5mmPb+3mmFe，装置底部屏蔽体拟采用 5mmPb+6mmFe，工件门屏蔽体拟采用 5mmPb+6mmFe，电缆口拟采用 5mmPb+3mmFe 防护罩，通风口拟采用 5mmPb+3mmFe 防护罩。</p> <p>本项目 7#工业 CT 装置外壳尺寸（含底座 100mm）为 2550mm（长）×1768mm（宽）×2365mm（高），工业 CT 装置东侧屏蔽体拟采用 9.1mmPb+3mmFe，装置南侧屏蔽体拟采用 10.1mmPb+3mmFe，装置西侧屏蔽体拟采用 8.1mmPb+3mmFe，装置北侧及顶部屏蔽体均拟采用 13.1mmPb+3mmFe，装置底部屏蔽体拟采用 12.3mmPb+8mmFe，工件门屏蔽体拟采用 8.1mmPb+3mmFe，电缆口拟采用 9.1mmPb+3mmFe 防护罩</p>	各工业 CT 装置曝光室周围的辐射剂量率能够满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5μSv/h，X 射线探伤房顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平不大于 2.5μSv/h”的要求及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)中“关注点最高剂量率参考控制水平 2.5μSv/h”的要求。	90

	<p>本项目各工业 CT 装置工件门及维修门均拟设置门机联锁装置；本项目 4#工业 CT 装置南侧外表面处拟设紧急开门开关,5#工业 CT 装置西侧外表面处拟设紧急开门开关,6#、7#工业 CT 装置操作台处均拟设紧急开门开关；本项目各工业 CT 装置顶部均拟设置工作状态指示灯并与 X 射线管进行联锁；本项目正常运行过程中，辐射人员在工件门外取放工件，无需进入曝光室内，因此本项目工业 CT 装置并未完全按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中探伤室放射防护要求在曝光室内设置工作状态指示灯；各工业 CT 装置表面明显位置处拟设置对指示灯信号意义的清晰说明；各工业 CT 装置表面明显位置、工件门上均拟设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及警示说明；拟在 4#、5#工业 CT 装置曝光室内、外各设置 2 个急停按钮，拟在操作台处各设置 1 个急停按钮；拟在 6#工业 CT 装置曝光室内设置 2 个急停按钮，拟在操作台处设置 1 个急停按钮；拟在 7#工业 CT 装置曝光室内工件门旁设置 1 个急停按钮，拟在操作台处设置 1 个急停按钮；各紧急停机按钮旁均拟设置标签，标明使用方法；4#、5#工业 CT 装置曝光室外防护门旁拟设置钥匙开关,6#、7#工业 CT 装置操作台处均拟设置钥匙开关；拟在 4#~7#工业 CT 装置曝光室内各设置 1 个视频监控装置。</p>	<p>满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中的相关要求</p>	<p>10</p>
<p>人员配备</p>	<p>公司拟为本项目新配备 8 名辐射工作人员，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 公司拟委托有资质的单位对 8 名辐射工作人员开展个人剂量检测（1 个月/次，最长不超过 3 个月/次），并按相关要求建立辐射工作人员个人剂量监测档案 公司拟定期（两次检查的时间间隔不应超过 2 年）组织 8 名辐射工作人员进行职业健康体检，并按相关要求建立辐射工作人员职业健康监护档案</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>	<p>定期投入</p>
<p>监测仪器和防护用品</p>	<p>公司目前共配有 4 台辐射巡测仪及 16 台个人剂量报警仪。公司还拟为本项目辐射工作人员配备 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>	<p>/</p>
<p>辐射安全管理制度</p>	<p>公司已根据相关标准要求，制定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、台账管理制度以及辐射事故应急方案等制度</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</p>	<p>/</p>

		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、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	
--	--	--	--

以上措施必须在项目运行前落实。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见:

经办人

公章

年 月 日

审批意见

经办人

公章

年 月 日