

核技术利用建设项目

江苏海四达电源有限公司
二次电池实验室建设项目
环境影响报告表

江苏海四达电源有限公司（公章）

2024年8月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

江苏海四达电源有限公司 二次电池实验室建设项目 环境影响报告表

建设单位名称：江苏海四达电源有限公司

建设单位法人代表（签字或盖章）：_____

通讯地址：启东市南苑路899号

邮政编码：226400

联系人：xxx

电子邮箱：xxx 联系电话：xxxxx

目 录

表1 项目基本情况	1
表2 放射源	6
表3 非密封放射性物质	6
表4 射线装置	7
表5 废弃物（重点是放射性废弃物）	8
表6 评价依据	9
表7 保护目标与评价标准	11
表8 环境质量和辐射现状	17
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	35
表12 辐射安全管理	42
表13 结论与建议	46
表14 审批	50
附表 辐射污染防治措施“三同时”措施一览表	51

附图：

- 1) 附图1本项目地理位置图
- 2) 附图2本项目厂区总平面布置图
- 3) 附图3本项目实验室平面布置图
- 4) 附图4本项目周围环境示意图
- 5) 附图5本项目与生态空间管控区域相对位置关系图
- 6) 附图6本项目ZEISSCTMetrotom1500型工业CT装置屏蔽设计图
- 7) 附图7本项目工程师踏勘现场照片
- 8) 附图8环评公示截图

附件：

- 1) 附件1委托书
- 2) 附件2射线装置承诺书

- 3) 附件3原有核技术利用项目环评批复、验收意见
- 4) 附件4营业执照
- 5) 附件5不动产权证
- 6) 附件6 2023年年度评估报告
- 7) 附件7现状检测报告及检测资质
- 8) 附件8辐射安全许可证正副本
- 9) 附件9个人剂量监测合同
- 10) 附件10射线装置说明书

表1 项目基本情况

建设项目名称		二次电池实验室建设项目			
建设单位		江苏海四达电源有限公司			
法人代表	陈刚	联系人	何兴	联系电话	15962820511
注册地址		江苏省启东市汇龙镇和平南路 306 号			
建设项目地点		江苏省启东市汇龙镇和平南路 306 号			
立项审批部门		启东市行政审批局	批准文号	启行审备（2024）433 号	
建设项目总投资（万元）	1000	项目环保投资（万元）	40	投资比例（环保投资/总投资）	4%
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 ²)	56.68
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 type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
其他					

项目概述：

1.建设单位基本情况、项目建设规模、任务由来及原有核技术利用项目许可情况

江苏海四达电源股份有限公司成立于1992年，主要从事锂电、镍氢、镍镉等专业二次电池的研发、生产与销售，是中国化学与物理电源行业协会副理事长单位。公司位于江苏省启东市经济开发区，建有江苏省首家电池及材料工程研究中心，院士工作站等省级科研平台，是国家级重点技术企业，中国定点生产企业。海四达秉承“创造无限品质，打造百年企业”的愿景，坚持“以科技为先导，打造核心竞争力”的发展战略，坚持“质量是海四达价值和尊严的基石”，二十年始终专注电源行业，保持业内先进的高品质产品和科研力量与服务客户能力，企业通过 ISO9001、ISO14001和 OHSAS18001等认证。产品包含圆形、方形、聚合物软包等多系列多品种，广泛应用于在电动工具、通信、储能电站、城市交通、航空航天、小家电和3C领域，产品先后通过 UL、CE、CRCC、泰尔等各种认证。

本项目建设地点为江苏省启东市汇龙镇和平南路306号，该地为工业用地，不动产权证见附件5。

江苏海四达电源股份有限公司2022年10月10日取得最新辐射安全许可证（见附件8），证书编号为苏环辐证[F0362]，种类和范围为“使用V类放射源；使用III类射线装置”，有效期至2026年7月10日，发证机关为南通市生态环境局。原有核技术利用项目已履行相关环保手续，原有核技术利用项目环评批复、验收意见及验收平台截图见附件3。

江苏海四达电源有限公司为进一步提升电池检测能力，拟利用现有闲置实验室用房，

建设二次电池实验室项目，购置一台型号为 ZEISSCTMetrotom1500 型的工业 CT 设备，用于电池内部结构的精确检测与分析。通过精确测量和分析电池的内部结构和缺陷，实现对电池的全方面检测，形成电池无损断层检测能力，为生产高品质的电池提供有力保障。与传统的破坏性检测方法相比，工业 CT 无损检测不会对电池造成任何损伤，同时还能够提供更高的检测精度和可靠性，提高产品质量和竞争力。

公司拟在厂区实验楼1层扩建1台 ZEISSCTMetrotom1500型工业 CT 装置，最大管电压为225kV，最大管电流为3mA；公司拟为本项目配备4名辐射工作人员（新增）。本项目工业 CT 装置预计日曝光时间约6h，周工作5天，周曝光时间约为30h/周，年工作50周，年曝光时间最大约为1500h。本项目射线装置说明书见附件10。本核技术利用项目情况详见下表 1-1：

表1-1核技术利用项目情况表

序号	射线装置名称、型号	数量	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	类别	工作场所	活动	环评情况及审批时间	许可情况	验收情况
1	ZEISSCTMetrotom1500型工业 CT 装置	1	225	3	II	3#实验楼1层 CT 室	使用	本次环评	未许可	未验收

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》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，本项目需进行环境影响评价，依照《建设项目环境影响评价分类管理名录》（生态环境部令第16号，2021年版），本项目为使用工业 CT 装置，属于“172核技术利用建设项目”中的“使用II类射线装置的”，本项目应编制环境影响报告表。受江苏海四达电源有限公司委托，南通百通环境科技有限公司承担该项目的环评工作。我公司通过资料调研、现场监测、评价分析，在此基础上编制该项目环境影响报告表。委托书见附件1，射线装置承诺书见附件2。

2.项目周边保护目标及项目选址情况

本项目位于启东市汇龙镇和平南路306号江苏海四达电源有限公司厂区内，厂区东侧为和平南路，南侧为银州电力、华润燃气等公司，西侧头兴港河，北侧为南苑西路。装置拟建址位于厂区内3#实验楼一层，东侧为2#车间，南侧隔厂内道路为7#配电房，西侧隔厂内道路为11#车间；北侧隔厂内道路为零配件仓库和绿化带。

本项目 ZEISSCTMetrotom1500型工业 CT 装置所在3#实验楼1层 CT 室，东、西两侧为厂区道路，南侧为实验室其他用房，北侧为爆破实验室，楼上为预留实验室，楼下为土层。本项目地理位置图见附图1，本项目厂区总平面布置图及周围环境示意图见附图2，本项目3#实验楼一楼平面布置图见附图3，本项目3#实验楼二楼平面布置图见附图4。

对照《江苏省国家级生态保护红线规划》和《江苏省生态空间管控区域规划》，本项

目评价范围内不涉及江苏省国家级生态保护红线区域、江苏省生态空间管控区域，本项目与生态空间管控区域相对位置关系图见附图5。

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；同时，本项目评价范围内不涉及《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》第三条中的环境敏感区。

本项目的建设符合江苏省及南通市“三线一单”（生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单）要求。

本项目工业 CT 装置周围50m 范围除北侧部分位于市区道路外（不超过道路北路沿），其他区域均在公司厂区内，无居民区、学校等环境敏感目标，本项目 ZEISSCTMetrotom1500型工业 CT 装置50m 范围内涉及生产厂房2#车间、11#车间、厂区道路、厂外道路。本项目周围环境保护目标主要为从事工业 CT 操作的辐射工作人员、厂区道路、厂外道路及2#车间、11#车间的周围公众。

3.实践正当性

江苏海四达电源有限公司拟在厂区内扩建 1 台 ZEISSCTMetrotom1500 型工业 CT 装置对电子设备进行无损检测，确保其产品质量。本项目的建设将满足企业提供产品质量的需求，创造更好的经济效益；从社会角度而言，能够使用安全系数更高的产品，减少安全事件发生的可能性。虽然在运行期间，装置的应用可能会对周围环境、工作人员及周围公众造成一定辐射影响，但公司在做好各项辐射防护措施，严格按照规章制度运营本项目的情况下，可将上述辐射影响降至尽可能小。因此，在考虑了社会、经济和代价等有关因素之后，其社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

4.与产业政策的相符性

本项目使用工业 CT 装置对建设单位生产的电子设备进行质量检测，根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》(2024 年 2 月 1 日起施行)，本项目不属于限制类、淘汰类。

5.辐射安全与环境保护

5.1辐射安全许可情况

江苏海四达电源有限公司已取得最新辐射安全许可证（见附件8），证书编号为苏环辐证[F0362]，种类和范围为“使用 II 类射线装置”，有效期至2026年7月1日，发证机关为南通市生态环境局。原有核技术利用项目已履行相关环保手续，江苏海四达电源有限公司现有核技术利用项目情况见表1-2。

表1-2现有核技术利用项目情况表

序号	装置名称型号	数量	参数	类别	工作场所	活动种类	审批手续履行情况	备注
1	测厚仪	5	出厂活度 1.554 E+10 贝可	使用	锂电车间	II类射线	2013年批验2台Kr-85测厚仪,1台III类射线测厚仪;2015年批2台Kr-85侧厚仪,1台III类射线测厚仪;2018年自评估3台Kr-85测厚仪,7台III类射线测厚仪;2022年登记2台Kr-85测厚仪、淘汰2台III类射线侧厚仪。	在用
2	X射线衍射仪	5	16.5kv 10μA	使用	锂电车间	III类源		在用

5.2辐射安全和环保保护管理机构

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年1月4日修订），江苏海四达电源有限公司为满足公司辐射安全与环境保护管理的需求，已成立辐射安全与环境保护管理小组，负责公司辐射安全与环境保护管理工作。

公司现有的辐射安全与环境保护管理机构为辐射安全管理机构小组，符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年1月4日修订）中的相关要求，可以满足公司日常辐射安全与环境保护管理的要求。

5.3辐射安全与环境保护管理制度

江苏海四达电源有限公司已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、事故应急预案等，具体制度见表1-3。

表1-3辐射安全管理制度一览表

《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求制度	建设单位制度制定情况	是否落实
辐射防护和安全保卫制度	《辐射防护和安全保卫制度》	已落实
操作规程	《操作规程》	已落实
岗位职责	《岗位职责》	已落实
设备检修维护制度	《设备检修维护制度》	已落实
使用登记制度	《射线装置使用登记、台帐管理制度》	已落实
监测方案	《辐射环境监测方案》	已落实
人员培训计划	《辐射工作人员培训计划》《个人剂量监测管理办法》	已落实
辐射事故应急	《辐射事故应急预案》	已落实

现有辐射安全管理制度基本能满足公司核技术应用项目的管理需要，符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年1月4日修订）中“应当有健全的操作规程、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、辐射事故应急措施”的要求。

5.4辐射工作人员考核证书、职业健康体检及个人剂量情况

江苏海四达电源有限公司现有辐射工作人员13名。拟为本项目CT室配备4名辐射工作人员（新增）。现有13名辐射工作人员均已取得辐射安全考核证书或通过自行培训，已委托苏州苏大卫生与环境技术研究所有限公司进行个人剂量监测（见附件9），职业健康体检结果均为可从事放射工作及可继续从事原放射工作。已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。原有辐射工作人员个人剂量监测和考核合格证明一览表见表1-4。

表1-4原有辐射工作人员个人剂量监测和考核合格证明一览表

序号	姓名	工作位置	最近一年个人剂量监测结果 (mSv)					考核证书编号	职业健康体检结论
			23年第2季度	23年第3季度	23年第4季度	24年第1季度	合计		
1	田秋梅	管理	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	FS20JS1000554	可继续从事原放射工作
2	高升	检测	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	FS21JS2200170	可从事放射工作
3	顾春红	检测	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	苏辐培 201901481	可继续从事原放射工作
4	樊卫华	检测	<MDL	<MDL	0.112	<MDL	0.112	FS20JS1000553	可继续从事原放射工作
5	胡炳华	检测	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	FS21JS2300456	可从事放射工作
6	张红燕	检测	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	FS23JS2301028	可从事放射工作
7	黄春雷	检测	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	FS23JS2301029	可从事放射工作
8	李娜	检测	<MDL	<MDL	0.101	<MDL	0.101	FS23JS2300374	可从事放射工作
9	陆翠菊	检测	/	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	2023年4月10日自行培训	可从事放射工作
10	尤露露	检测	/	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	2023年4月10日自行培训	可从事放射工作
11	张美	检测	/	<MDL	0.162	<MDL	0.162	2023年4月10日自行培训	可从事放射工作
12	高洪华	检测	/	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	2023年4月10日自行培训	可从事放射工作
13	邵燕红	检测	/	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	2023年4月10日自行培训	可从事放射工作

根据表1-4，原有辐射工作人员个人剂量监测及职业健康体检均满足相关法律法规要求。拟新增的4名原有辐射工作人员须安排辐射安全培训后上岗。

依据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第十二条“生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年1月31日前向发证机关提交上一年度的评估报告”。江苏海四达电源有限公司已按时在全国核技术利用辐射安全申报系统中上传2023年度评估报告。

表2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) /活度 (Bq) ×枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
1	Kr-85	1.110E+10	V	使用	测厚仪	涂布	设备自带/锂电车间	/
2	Kr-85	1.554E+10	V	使用	测厚仪	涂布	设备自带/锂电车间	/
3	Kr-85	1.554E+10	V	使用	测厚仪	涂布	设备自带/锂电车间	/
4	Kr-85	1.110E+10	V	使用	测厚仪	涂布	设备自带/锂电车间	/
5	Kr-85	1.110E+10	V	使用	测厚仪	涂布	设备自带/锂电车间	/

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)	年最大操作量 (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》（GB18871-2002）。

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	测厚仪	III	5	/	16.5	0.01	测厚	涂布正极工段	/

(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	设置通风设施进行空气流通，通过通风设施进行无组织排放，将臭氧和氮氧化物排出室外。臭氧在常温常压下稳定性较差，常温常压常压的空气中臭氧有效化学分解时间约为50分钟，可自动分解为氧气。
生活污水	液态	/	/	6.6m ³	80m ³	/	不暂存	进入公司污水处理管道，最终进入城市污水处理站处理。
生活垃圾	固态	/	/	41.7kg	500kg	/	暂存	由公司统一收集后，交给环卫部门清运。
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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.含有放射性的废弃物要注明，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年修订本），中华人民共和国2014年主席令第九号，自2015年1月1日起施行；</p> <p>2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年修正本），中华人民共和国2018年主席令第二十四号，自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》，中华人民共和国2003年主席令第六号，自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年修正本），中华人民共和国2017年国务院令第六八二号，自2017年10月1日起施行；</p> <p>5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，中华人民共和国原环境保护部令第十八号公布，自2011年5月1日起施行；</p> <p>6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019年修正本），中华人民共和国2019年国务院令第七〇九号，自2019年3月2日起施行；</p> <p>7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年修正本），中华人民共和国生态环境部令第二十号修正，自2021年1月4日起施行；</p> <p>8) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》，中华人民共和国生态环境部令第十六号，自2021年1月1日起施行；</p> <p>9) 《射线装置分类》，中华人民共和国环境保护部和国家卫生和计划生育委员会2017年公告第六十六号，自2017年12月5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》，中华人民共和国原国家环保总局环发〔2006〕145号，自2006年9月26日起施行；</p> <p>11) 《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，中华人民共和国生态环境部公告2019年第三十九号，自2019年11月1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》，中华人民共和国生态环境部2019年部令第九号，自2019年11月1日起施行；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，中华人民共和国生态环境部2019年公告第三十八号，自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》，中华人民共和国生态环境部公告2019年第五十七号，自2020年1月1日起施行；</p> <p>14) 《江苏省辐射污染防治条例》（2018年修正本），江苏省人民代表大会常务委员会公告2018年第二号，自2018年5月1日起施行；</p> <p>15) 《省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》，江苏省人民政府苏政发〔2018〕74号，自2018年6月9日起施行；</p>
-------------	---

	<p>16) 《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》，江苏省人民政府苏政发〔2020〕1号，自2020年1月8日起施行；</p> <p>17) 《省政府关于印发江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》，江苏省人民政府办公厅苏政发〔2020〕49号，自2020年6月21日起施行；</p> <p>18) 《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5月31日印发。</p> <p>19) 《产业结构调整指导目录（2024年本）》（国家发展改革委令第7号公布），自2024年2月1日起施行；</p>
技术标准	<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) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）</p> <p>4) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）</p> <p>5) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）</p> <p>6) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）</p> <p>7) 《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及其修改单</p> <p>8) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）</p>
其他	/

表7 保护目标与评价标准

评价范围							
<p>本项目为扩建工业 CT 装置项目，工业 CT 装置属于 II 类射线装置。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》（HJ10.1-2016）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本项目工业 CT 装置屏蔽体外 50m 区域，见附图 2。</p>							
保护目标							
<p>本项目位于江苏省启东市汇龙镇和平南路 306 号江苏海四达电源有限公司厂区内，厂区东侧为和平南路，南侧为银州电力、华润燃气等公司，西侧头兴港河，北侧为南苑西路。装置拟建址位于厂区内 3#实验楼一层，东侧为 2#车间，南侧隔厂内道路为 7#配电房，西侧隔厂内道路为 11#车间；北侧隔厂内道路为零配件仓库和绿化带。</p> <p>对照《江苏省国家级生态保护红线规划》和《江苏省生态空间管控区域规划》，本项目评价范围内不涉及江苏省国家级生态保护红线区域、江苏省生态空间管控区域，本项目与生态空间管控区域相对位置关系图见附图 5。</p> <p>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；同时，本项目评价范围内不涉及《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》第三条中的环境敏感区。</p> <p>本项目的建设符合江苏省及南通市“三线一单”（生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单）要求。</p> <p>根据本项目评价范围确定本项目环境保护目标为：</p> <p>1、操作工业 CT 装置的辐射工作人员；</p> <p>2、工业 CT 装置周围公众。</p>							
表 7-1 本项目保护目标情况一览表							
装置名称	保护目标	方位	距装置最近距离	规模	保护目标类型	保护目标限值 (mSv/年)	
ZEISSCTMetrotom1500 型工业 CT 装置	3#实验楼	操作台	北侧	约 0.30m	辐射工作人员 (约 4 人)	辐射工作人员	5
		厂区道路	东侧	约 3m	辐射工作人员 (约 4 人)		5
	3#实验楼	会议室	南侧	约 3m	人员 (约 20 人)	周围公众	0.1
		厂区道路	西侧	约 5m	检测人员 (约 5 人)		
		爆破实验室	北侧	约 5m	人员 (约 5 人)		
		预留化验室	楼上	约 3m	车间人员 (约 20 人)		
		其余区域	东、南、西、北侧	约 10m	车间人员 (约 50 人)		
		厂区道路	北侧	约 20m	流动人员		
		2#车间	东侧	约 15m	车间人员 (约		

				60人)		
	11#车间	西侧	约20m	车间人员(约35人)		

评价标准

1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

本项目辐射工作人员和公众的年有效剂量需满足《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

类别	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。

4.3.4 剂量约束和潜在照射危险约束

4.3.4.1 除了医疗照射之外, 对于一项实践中的任一特定的源, 其剂量约束和潜在照射危险约束应不大于审管部门对这类源规定或认可的值, 并不大于可能导致超过量限值和潜在照射危险限值的值。

2) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)

本标准规定了X射线和 γ 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射线探伤机和 γ 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。

本标准不适用于加速器和中子探伤机进行的工业探伤工作。

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/T250。

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顶内表面边缘所张立体角区域内时，探伤室顶的辐射屏蔽要求同 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。

6.3 探伤设施的退役

当工业探伤设施不再使用，应实施退役程序。包括以下内容：

c)X 射线发生器应处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构。

e)当所有辐射源从现场移走后，使用单位按监管机构要求办理相关手续。

f)清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

3) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及其修改单

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 以下工业 X 射线探伤装置的探伤室。

3.1.2 控制台

3.1.2.1 应设置有 X 射线管电压及高压接通或断开状态的显示，以及管电压、管电流和照射时间选取及设定值显示装置。

3.1.2.2 应设置有高压接通时的外部报警或指示装置。

3.1.2.3 控制台或 X 射线管头组装体上应设置与探伤室防护门联锁的接口，当所有能进入探伤室的门未全部关闭时不能接通 X 射线管管电压；已接通的 X 射线管管电压在任何一个探伤室门开启时能立即切断。

3.1.2.4 应设有钥匙开关，只有在打开控制台钥匙开关后，X 射线管才能出束；钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出。

3.1.2.5 应设置紧急停机开关。

3.1.2.6 应设置辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警告等标识。

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。

参考资料

1) 《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 江苏省全省环境天然 γ 辐射剂量率调查结果单位：nGy/h

项目	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

现状评价时，参考“均值 $\pm 3s$ ”数值：原野为（50.4 ± 21.0 ）nGy/h；道路为（47.1 ± 36.9 ）nGy/h；室内为（89.2 ± 42 ）nGy/h。

项目管理目标

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）确定本项目管理目标：

1) 本项目装置周围剂量当量率参考控制水平：

工业 CT 装置表面外 30cm 处周围剂量当量率不超过 **2.5 μ Sv/h**；工业 CT 装置顶部 30cm 处周围剂量当量率不超过 **2.5 μ Sv/h**。

2) 本项目职业人员和公众周围剂量当量参考控制水平：

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）确定本项目职业人员的周围剂量当量参考控制水平，其值应不大于 **100 μ Sv/周**，公众的周围剂量当量参考控制水平，其值应不大于 **5 μ Sv/周**。

3) 本项目辐射工作人员和公众的剂量约束值：

职业人员按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）剂量限值 1/4 取值，公众按照其剂量限值的 1/10 取值，确认本项目管理目标为：

职业人员年剂量约束值不超过 **5mSv**；公众年剂量约束值不超过 **0.1mSv**。



表8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

1.项目地理和场所位置

本项目位于江苏省启东市汇龙镇和平南路306号江苏海四达电源有限公司厂区内，厂区东侧为和平南路，南侧为银州电力、华润燃气等公司，西侧头兴港河，北侧为南苑西路。装置拟建址位于厂区内3#实验楼一层，东侧为2#车间，南侧隔厂内道路为7#配电房，西侧隔厂内道路为11#车间；北侧隔厂内道路为零配件仓库和绿化带。

本项目ZEISSCTMetrotom1500型工业CT装置所在3#实验楼1层CT室，东、西两侧为厂区道路，南侧为会议室，北侧为爆破实验室，楼上为预留化验室，楼下为土层。本项目地理位置图见附图1，本项目厂区总平面布置图及周围环境示意图见附图2，本项目3#实验楼一楼平面布置图见附图3，本项目3#实验楼二楼平面布置图见附图4。

本项目工业CT装置周围50m范围除北侧部分位于市区道路外，其余均在公司厂区内，无居民区、学校等环境敏感目标，本项目ZEISSCTMetrotom1500型工业CT装置50m范围内涉及生产厂房2#车间、11#车间、厂区道路、厂外道路。本项目周围环境保护目标主要为从事工业CT操作的辐射工作人员、厂区道路、厂外道路及2#车间、11#车间的周围公众。

本项目工业CT拟建址及周围环境照片见图8-1。



ZEISSCTMetrotom1500型工业CT装置拟建址



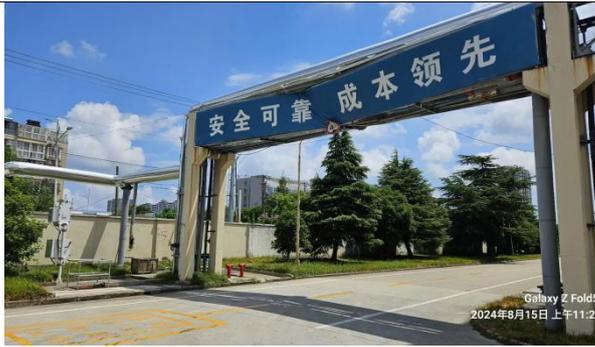
拟建址南侧



拟建址东侧厂区道路、2#车间



拟建址西侧厂区道路、11#车间



拟建址北侧室外道路



拟建址CT室内

图8-1本项目工业CT装置拟建址及周围环境现状

2.环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

评价对象：本项目工业CT装置拟建址周围辐射环境。

监测因子：本项目工业CT装置拟建址周围环境 γ 辐射剂量率。

监测点位：在工业CT装置拟建址及周围布置监测点位，分别位于工业CT装置拟建址、楼上及周围50m范围内，共计14个监测点位。

3.监测方案、质量保证措施

监测方案：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）和《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）在工业CT装置拟建址及周围布设监测点位，测量工业CT装置拟建址周围环境 γ 辐射剂量率。

质量保证措施：南通清源检测技术有限公司已通过检验检测机构资质认定，合理布设检测点位，保证各检测点位布设的科学性，同时满足相关标准要求。检测按照《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）和公司《质量体系文件》的要求，实施全过程质量控制。检测人员均经过考核并持有合格证书，检测仪器均经过计量部门检定，并在有效期内，检测报告实行三级审核制度，检测时仪器使用前检查是否正常。数据处理时，在仪器读数稳定后，以约10s的间隔读取10个数据，记录在原始记录表，同时记录海拔、经纬度。

4.监测结果与环境现状调查结果评价

监测单位：南通清源检测技术有限公司

仪器设备：X- γ 辐射监测仪

型号/规格：RJ38-3602

设备编号：FS-02B

检定有效日期：2023.2.8-2025.2.7

检定证书编号：2023H21-20-4422438001

检定单位：上海市计量测试技术研究院

测量范围：10nSv/h~3mSv/h

能量响应范围：30keV~30MeV

监测日期：2024年8月15日

天气：晴；温度：35°C；相对湿度：80%

评价方法：参考表 7-3 江苏省全省环境天然 γ 辐射剂量率调查结果，评价该项目周围环境辐射水平。

监测结果：本项目工业 CT 装置拟建址周围环境 γ 辐射剂量率监测结果见表 8-1（报告见附件 7），监测布点示意图见图 8-2。

表8-1本项目工业CT装置拟建址周围环境 γ 辐射剂量率

序号	检测点位	检测结果（ μ Gy/h）	备注
1	工业 CT 装置拟建址中央	0.12	室内（楼房）
2	工业 CT 装置拟建址东侧	0.12	室内（楼房）
3	工业 CT 装置拟建址南侧	0.13	室内（楼房）
4	工业 CT 装置拟建址西侧	0.13	室内（楼房）
5	工业 CT 装置拟建址北侧	0.13	室内（楼房）
6	工业 CT 装置拟建址楼上	0.13	室内（楼房）
7	CT 室东侧外道路	0.12	室外
8	CT 室南侧实验室内	0.13	室外
9	CT 室西侧道路	0.13	室外
10	CT 室北侧爆破室内	0.13	室外
11	2#车间西侧	0.10	室外
12	7#配电房北侧	0.13	室外
13	11#车间东侧	0.12	室外
14	零部件仓库南侧	0.13	室外

根据表8-1的监测结果可知，江苏海四达电源有限公司本项目工业CT装置拟建址周围环境 γ 辐射剂量率在（0.1~0.13） μ Gy/h范围内，其中室内环境辐射剂量率在（0.12~0.13） μ Gy/h范围内，处于江苏省室内天然 γ 辐射剂量率水平涨落范围。

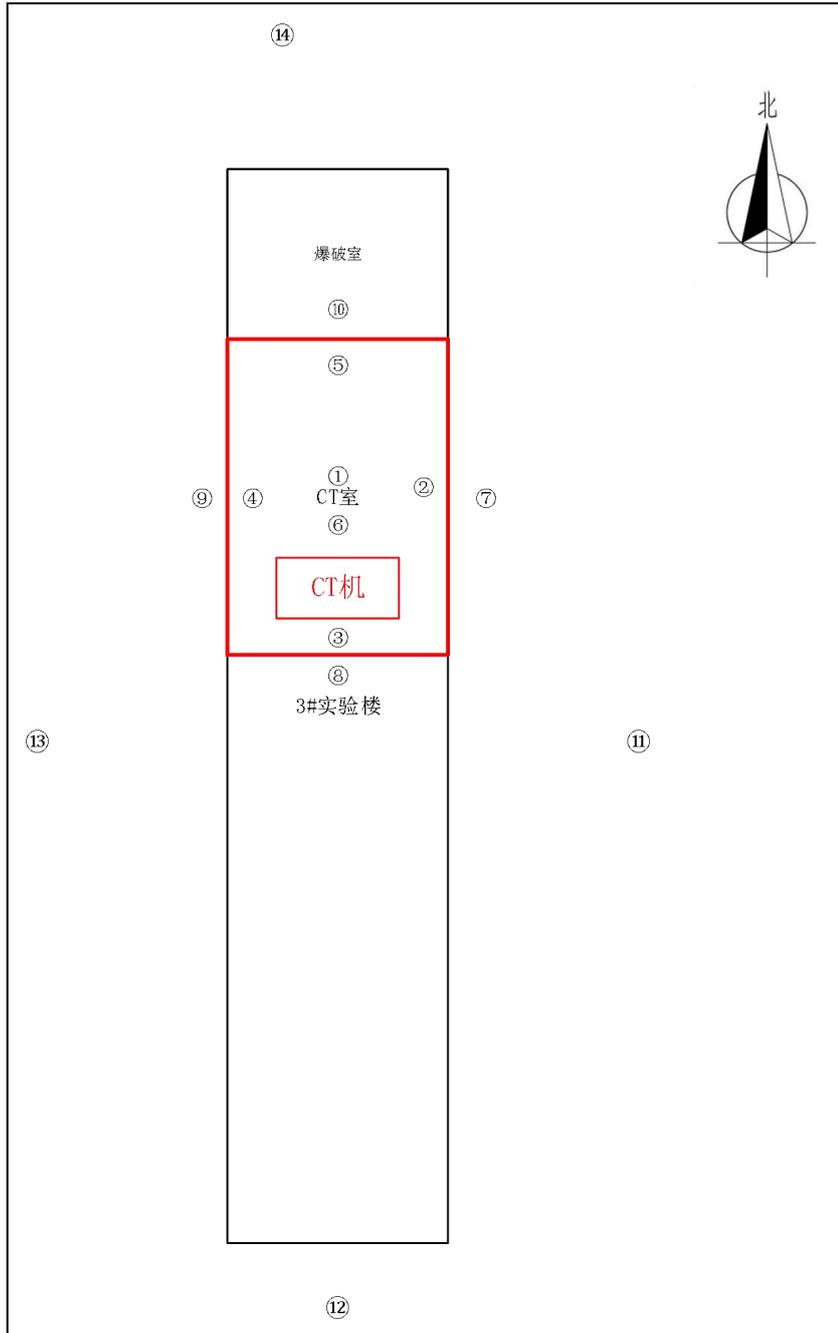


图8-2检测点位示意图

表9 项目工程分析与源项

<p>工程设备和工艺分析</p> <p>1.工程设备情况</p> <p>本项目工业CT装置主要由检测室、换热器及操作台组成，检测室内部安装有载物台、X射线管、成像板及监视系统。定义工件门所在位置为装置前侧，操作台位于装置前侧右部，换热器位于装置后侧。操作台设置有显示器、操作系统等，辐射工作人员在此位置可对装置进行参数调整、工件位置移动、出束检测 and 数据分析等。</p> <p>本项目工业CT装置设备参数见表9-1。</p>					
<p>表9-1设备参数一览表</p>					
设备型号	数量	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	滤过材料	最大功率 (w)
ZEISSCTMetrotom1500型工业CT装置	1	225	3	2mmSn	500
<p>本项目工业CT装置摆放位置确定，且射线管固定不动，主射线（有用线束）方向朝左（西侧）照射，锥束角为30°。</p> <p>本项目1台ZEISSCTMetrotom1500型工业CT装置采用铅-钢的防护结构对X射线进行屏蔽，装置外尺寸为3700mm（长）×1810mm（宽）×2440mm（高）。装置左侧屏蔽体(主射面)内含5mm铅+3mm钢，装置前侧屏蔽体内含5mm铅+3mm钢，后侧屏蔽体内含5mm铅+3mm钢，顶部屏蔽体及底部屏蔽体内含5mm铅+3mm钢，右侧屏蔽体内含12mm铅+3mm钢，工件门位于前侧，内含3mm钢+5mm铅+3mm钢，装置后侧下部电缆孔处设置5mm铅+3mm钢板结构防护罩。最大管电压为225kV、最大管电流为3mA，最大功率500W，滤过条件为2mmSn。</p> <p>本项目ZEISSCTMetrotom1500型工业CT装置，最大管电压225kV，最大管电流3mA，最大功率为500W。本项目CT装置射线管固定不动，不可东西、南北、上下移动及旋转；射线管出束窗口为30°圆锥出束，射线管源点距离装置右侧距离为1.86m，在装置右侧屏蔽体上投影为半径约0.5m的圆，即直径约为1.0m的圆照射野；装置右侧屏蔽体尺寸为1.81m（宽）×2.44m（高），能够完全覆盖有用线束照射范围，因此装置右侧屏蔽体为主射线方向（有用线束方向），其余方向为泄漏射线及散射线方向（非有用线束方向）。</p> <p>本项目装置ZEISSCTMetrotom1500型工业CT装置外观示意图见图9-1，装置内部结构剖面示意图见图9-2。</p>					

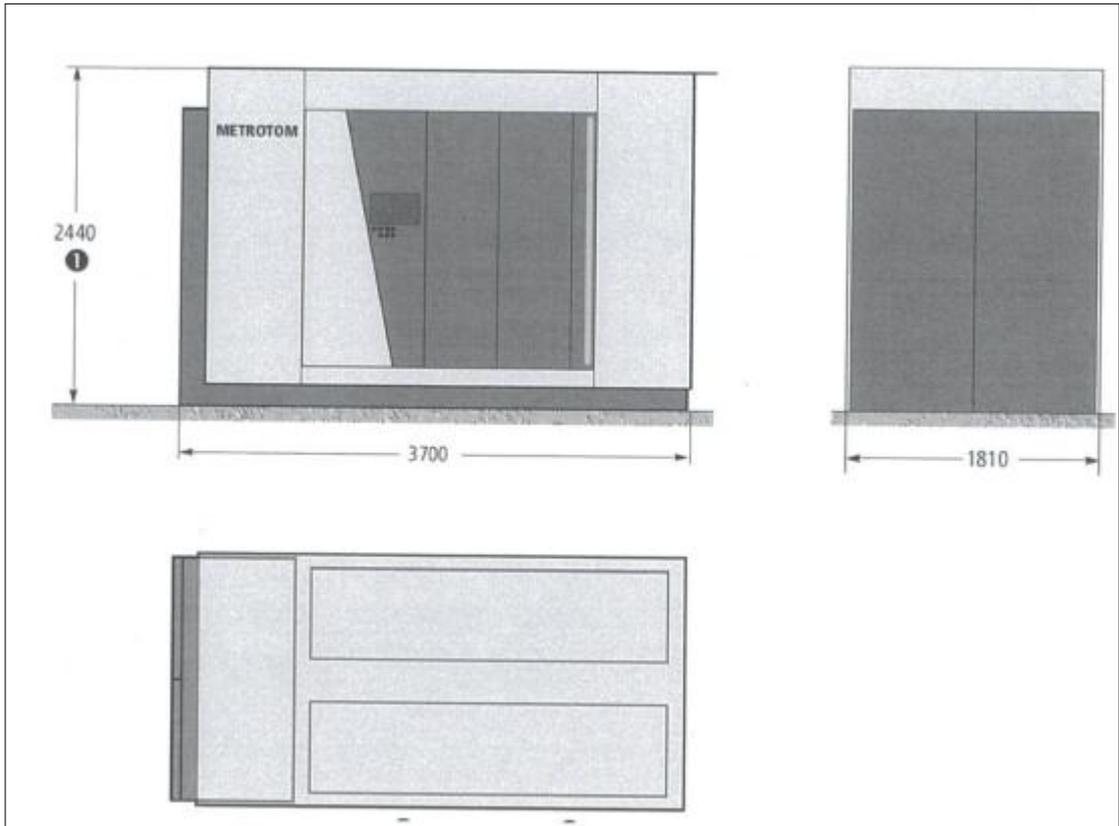
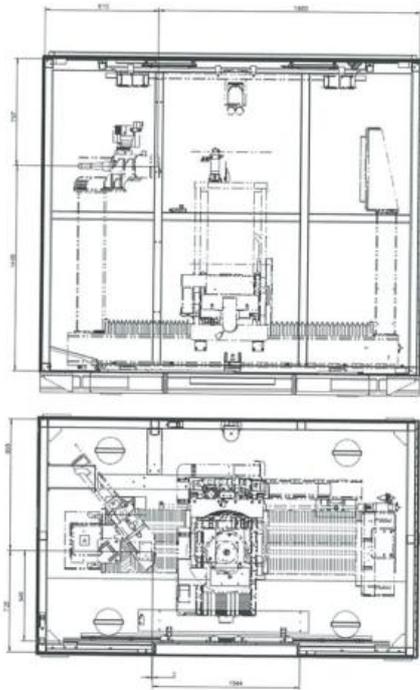


图9-1ZEISSCTMetrotom1500型工业CT装置外观示意图



如左图，从机器正前方（操作面）来看，射线逸
距离防护铅房各个方向的距离为：

1. 距右侧防护铅板（平板探测器侧）为1860mm;
2. 距左侧防护铅板为810mm;
3. 距底部防护铅板为1465mm;
4. 距顶部防护铅板为767mm;
5. 距后方防护铅板为935mm;
6. 距前方（操作侧）防护铅板为725mm;
7. 距前方上料门防护铅板为645mm;

图 9-2ZEISSCTMetrotom1500 型工业 CT 装置内部结构剖面示意图

本项目 ZEISSCTMetrotom1500 型工业 CT 装置 X 射线管固定不动，距装置表面距离为：距左侧屏蔽体 810mm，距右侧屏蔽体为 1860mm，距底部屏蔽体为 1465mm，距顶部屏蔽体为 767mm，距后侧屏蔽体为 935mm，距前侧（操作侧）屏蔽体为 725mm。

本项目 ZEISSCTMetrotom1500 型工业 CT 装置载物台可进行移动旋转。载物台的移动行程为 X 方向（前后方向）300mm，Y 方向（上下方向）400mm，Z 方向（左右方向）600mm。

2.工作原理

X 射线机主要由 X 射线管和高压电源组成，X 射线管由阴极和阳极组成，阴极通常是装在聚焦杯中的钨灯丝，阳极靶则根据需要，可由不同的材料制成各种形状，一般用高原子序数的难熔金属（如钨、铂、金、钽等）制成，当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子向嵌在金属阳极中的靶体射击，在射到靶体之前被加速达到很高的速度。这些高速电子到达靶面被靶突然阻挡从而产生 X 射线，X 射线的波长很短一般为 0.001~10nm。X 射线以光速直线传播，不受电场和磁场的影响，可穿透物质，在穿透过程中有衰减，X 射线无损检测的实质是根据被检验工件与其内部缺欠介质对射线能量衰减程度不同，而引起射线透过工件后强度差异。X 射线无损检测过程中，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，从而可以从图像上的差异判断焊接的质量、缺陷位置和被检样品内部的细微结构等。

典型的 X 射线管结构图见图 9-3。

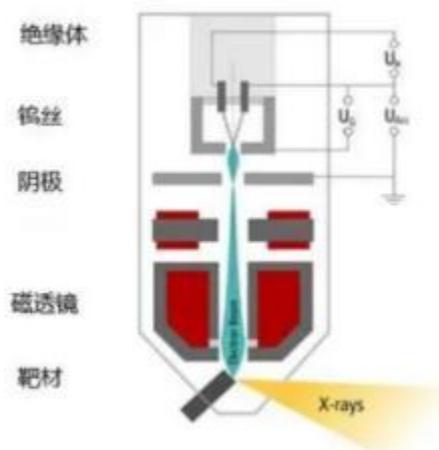


图 9-3 典型的 X 射线管结构图

工业 CT 机检测装置是将穿过零件的 X 射线经图像增强器、CCD(电荷耦合器件)摄像系统以及计算机转换成一幅数字图像，这种图像是动态可调的，电压、电流等参数实时可

调，同时计算机可对动态图像进行积分降噪、对比度增强等处理，以得到最佳的静态图像。工业 CT 装置是结合 X 射线成像技术、计算机图像处理技术、电子技术、机械自动化技术为一体的高科技产品。该系统的自动化程度高，检测速度快，极大地提高了射线探伤的效率，降低了检验成本，检测数据易于保存和查询等优点，多年来该系统已成功应用于航空航天、军工兵器、石油化工、高压容器、汽车造船、锅炉焊管、耐火材料、文物、各种铸件、陶瓷行业等诸多行业的无损检测中。

工业 CT 系统通常由射线源、机械扫描系统与自动控制系统、探测器系统及数据采集系统、计算机系统、辅助系统等组成。其中，最核心的原理是：计算机控制射线源发出射线束，数控扫描平台承载被测物体，可以在计算机控制下移动或旋转，平板探测器则负责采集扫描数据；屏蔽设施确保射线不外泄以及扫描过程的安全；最后，计算机通过采集到的投影数据重建工业 CT 切片图像，并对图像中存在的缺陷进行分类。

工业 CT 装置可实现样品三维微观结构的扫描，在不破坏样品状态的情况下三维数字化直观描述金属样品的内部结构，如孔隙度分布、密度变化、夹杂分布及大小、裂缝、孔洞等，并能为所检测样品进行三维尺寸测量，为产品研发、制造提供可靠数据。

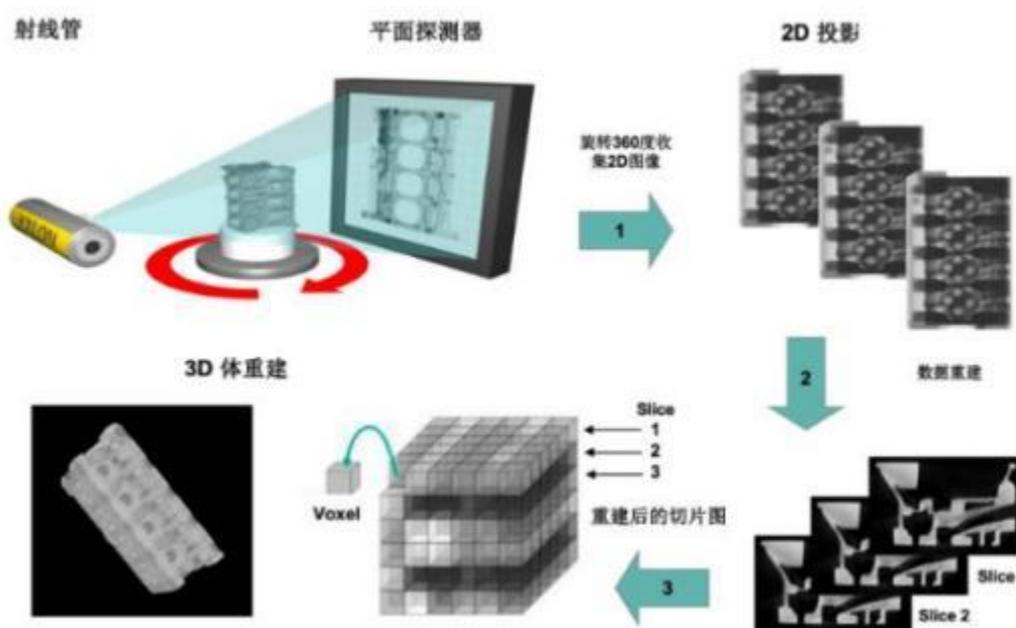


图 9-4 工业 CT 原理图

3. 工艺流程及产污环节分析

工业 CT 装置工作时，辐射工作人员将被检测工件放置于装置检测室内，辐射工作人员在装置前侧操作台处进行操作，对工件需检测部位进行无损检测，其工作流程如下：

- 1) 工作人员检查各辐射安全装置的有效性；
- 2) 工作人员将工件送入检测室内载物台上，将工件调整至合适的位置；
- 3) 确认周围环境及工作人员安全后关闭工件门；

4)工作人员开启工业 CT 装置进行无损检测，装置利用载物台旋转和移动工件调整至不同位置，通过平板探测器获取大量不同角度被测对象受 X 射线照射后的断层扫描图像。开机曝光时会发出 X 射线，并产生少量臭氧及氮氧化物；

5)曝光结束，辐射工作人员开启工件门，移出工件；

6)工作人员在操作台对图像进行分析，将断层扫描图像按照重建算法重构得到完整的三维数模，判断工件质量、缺陷等；

7)装置关机。

本项目工作流程如下图所示：

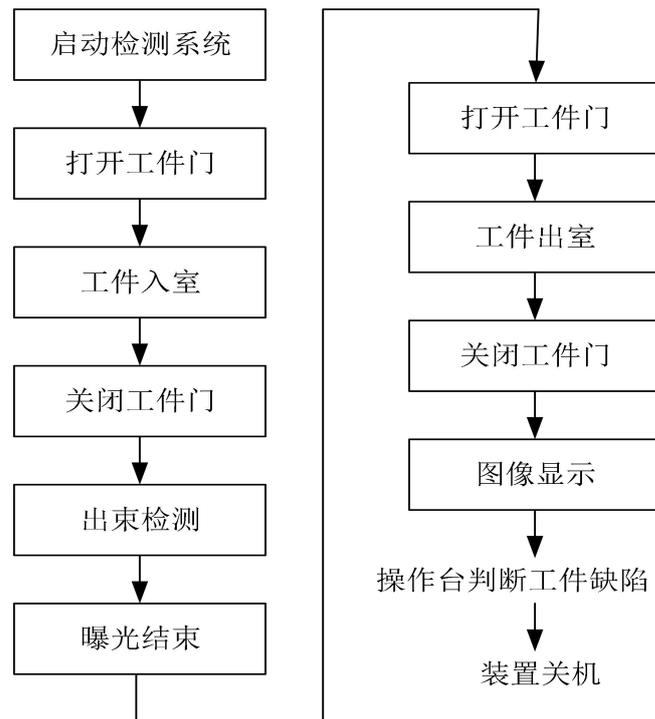


图9-5本项目ZEISSCTMetrotom1500型工业CT装置工作流程及产污环节

4.人员配置及工作制度

江苏海四达电源有限公司拟为本项目配备4名辐射工作人员（新增）。本项目工业CT装置预计日曝光时间6h，周曝光30h，年工作50周，年曝光时间最大约为1500h，本项目辐射工作人员不从事其他工作岗位，不存在兼岗情况。

5.原有工艺不足和改进情况

原许可的辐射工作场所均有完善的环评、辐射安全许可证和竣工验收手续。建设单位已建立一套较完善的辐射安全与防护相关规章制度，且各辐射工作场所辐射安全与防护措施配备到位。

江苏海四达电源有限公司原有辐射工作人员13名，拟为本项目CT室配备4名辐射工作

人员（新增）。原有13名辐射工作人员均已取得辐射安全考核证书或通过自行培训，已委托有资质检测单位对13名辐射工作人员进行个人剂量检测和职业健康体检，职业健康体检结果均为可从事放射工作及可继续从事原放射工作。已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。。

污染源项描述

1.辐射污染源分析

由工业CT装置工作原理可知，工业CT装置只有在开机并处于出束状态时（曝光状态）才会发出X射线，对设备外工作人员和周围公众产生一定外照射，因此工业CT装置在开机曝光期间，X射线是项目主要污染物。

本项目工业CT装置型号ZEISSCTMetrotom1500，最大管电压为225kV，最大管电流为3mA，最大功率为500W（当额定功率开机电压167kV时，电流最大为3mA；当额定功率开机电压225kV时，电流最大为2.22mA）。本项目工业CT装置输出量根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表B.1取得，为主射线源强；根据厂家提供的装置说明书（附件10），本项目工业CT装置滤过条件为2mmSn。当电压为225kV，电流为2.22mA时，测得距离射线管0.35m处的泄漏射线值<19mSv/h。散射辐射考虑主射线经工件后的散射，因此散射源强参考有用线束输出量。汇总见表9-2。

表9-2本项目X射线探伤机输出量参数

序号	射线装置	有用线束辐射输出量 mGy·m ² /(mA·min)	距辐射源点 1m 处输出量 μSv·m ² /(mA·h)	泄漏辐射剂量率(μSv/h)	散射辐射输出量 mSv·m ² /mA·min
1	工业CT装置	3.67（225kV、2mmSn）	2.2E+05	2500	3.67

本项目正常运行时可能产生的X射线影响具体包括以下几种：X射线有用线束辐射、泄漏辐射、散射辐射。正常运行时辐射工作人员和周围公众不需要到达装置检测室顶部，且本项目工业CT装置辐射源点固定向右照射，产生的天空反散射影响较小。故本项目需预测评价因子为：X射线有用线束辐射、泄漏辐射和散射辐射。

2.非辐射污染源分析

（1）气体废物

工业CT装置在工作状态时，会使装置检测室内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。本项目工业CT装置不单独设置通风设施，通过开关工件门进行通风换气。本项目CT室设置房间通风设施进行空气流通。通过通风设施进行无组织排放，将臭氧和氮氧化物排出室外，臭氧在常温常压下稳定性较差，常温常态常压的空气中臭氧分解半衰期为50分钟，可自动分解为氧气，其产生臭氧和氮氧化物影响较少。

（2）液体废物

本项目运行后工作人员会产生一定量的生活污水。本项目产生的污水进入公司污水管网，最终进入污水处理站处理。

(3) 固体废物

本项目运行后工作人员会产生一定量的生活垃圾，本项目产生的生活垃圾由公司统一收集后，交给环卫部门清运。

表10 辐射安全与防护

<p>项目安全措施</p> <p>1.工作场所布局及分区</p> <p>本项目工业CT设置有操作台和检测室，操作台与检测室分开独立设置，本项目射线装置主射线固定朝右（西侧）照射，操作台位于装置前侧右部，主射束避开操作台，本项目布局满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中“操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开”的要求。</p> <p>本项目ZEISSCTMetrotom1500型工业CT装置所在3#实验楼1层CT室，东、西两侧为厂区道路，南侧为其他实验室，北侧为爆破实验室，楼上为预留实验室，楼下为土层。CT室设有门禁系统，除了本项目辐射工作人员有进入钥匙外，其他人员不能擅自靠近或进入实验室。本项目工业CT装置工作场所布局设计基本合理。</p> <p>本项目拟将工业CT装置主体作为本项目的控制区，以CT室作为本项目监督区（包括操作台），仅辐射工作人员能够进入；拟在工业CT装置表面设置电离辐射警告标志及中文警示说明，并在CT室入口处张贴监督区的标牌。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。本项目ZEISSCTMetrotom1500型工业CT装置监督区及控制区示意图见图10-1。</p>
--

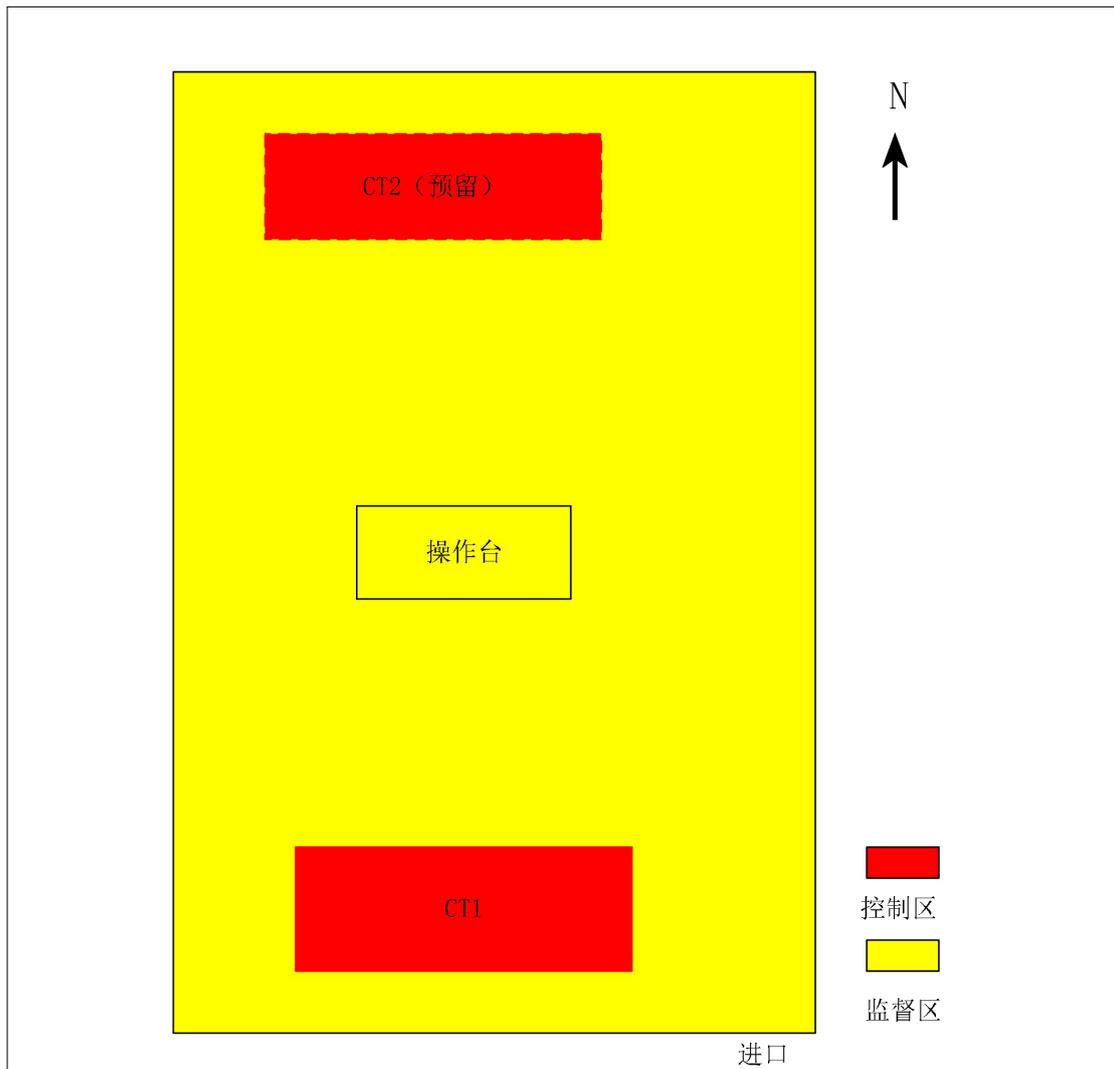


图10-1本项目ZEISSCTMetrotom1500型工业CT两区划分

表10-1本项目辐射工作场所两区划分情况

项目环节	控制区	监督区
两区划分范围	工业CT装置主体	CT室
划分依据	根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）6.4.1。	根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）：6.4.2.1“注册者或者许可证持有者应将下述区域定位监督区：这种区域未被定位控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价”。6.4.2.2a）“采取适当的手段划出监督区的边界”。

分区管理措施	对控制区进行严格控制，工业CT装置在曝光过程中严禁任何人进入。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）6.4.1.4c)在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的、符合附录F规定的警告标志。	监督区为辐射工作人员操作仪器时工作场所，禁止非相关人员进入，避免受到不必要的照射，并根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）6.4.2.2b)在监督区入口处的适当地点设立表明监督区的标牌。
辐射防护措施	工业CT装置表面拟粘贴电离辐射警告标识及中文警示说明。	CT室入口处拟粘贴监督区标牌。

2.工作场所辐射屏蔽设计

本项目1台ZEISSCTMetrotom1500型工业CT装置采用铅-钢的防护结构对X射线进行屏蔽，装置外尺寸为3700mm（长）×1810mm（宽）×2440mm（高）。装置左侧屏蔽体(主射面)内含5mm铅+3mm钢，装置前侧屏蔽体内含5mm铅+3mm钢，后侧屏蔽体内含5mm铅+3mm钢，顶部屏蔽体及底部屏蔽体内含5mm铅+3mm钢，右侧屏蔽体内含12mm铅+3mm钢，工件门位于前侧，内含3mm钢+5mm铅+3mm钢，装置后侧下部电缆孔处设置5mm铅+3mm钢板结构防护罩。最大管电压为225kV、最大管电流为3mA，最大功率500W，滤过条件为2mmSn。本项目射线装置说明书见附件10。

本项目工件门与装置外壳搭接处重叠宽度为40mm，工件门与装置外壳之间的缝隙宽度为1mm，工件门与装置外壳重叠部分不小于门缝间隙宽度的10倍。

本项目工业CT装置通过开关工件门的方式对装置进行通风，装置所在CT室设置房间通风设施，通过房间通风设施进行空气流通，通风效果良好。

本项目在装置左后侧面板下方设置电缆孔，开口为104mm的正方形孔洞，其防护补偿结构为在开孔位置内侧覆盖防护铅板结构，防护补偿为5mm铅+3mm钢防护板。

表10-2 ZEISSCTMetrotom1500型工业CT装置屏蔽设计参数

装置名称	屏蔽体方位	屏蔽体材料及材料厚度
ZEISSCTMetrotom1500型工业CT装置	左侧	5mm铅+3mm钢
	前侧	5mm铅+3mm钢
	工件门（前侧）	3mm钢+5mm铅+3mm钢
	后侧	5mm铅+3mm钢
	右侧	12mm铅+3mm钢
	顶部	5mm铅+3mm钢
	底部	5mm铅+3mm钢
	电缆孔	5mm铅+3mm钢
	门缝搭接宽度	40mm

3工作场所辐射安全和防护措施

建设单位拟设置如下辐射安全措施：

序号	措施	标准原文	措施及位置	是否满足要求
1	曝光室与	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	本项目工业CT装置检测室与操作台分开设计，操作台位于装置前侧	

	操作室分开	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。	右部，装置的有用线束照射方向为检测室左侧，故操作台已避开有用线束照射。装置的屏蔽厚度已充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素。	是
2	两区划分	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。	本项目拟将工业 CT 装置主体作为本项目的控制区，以 CT 室作为本项目监督区（包括操作台），仅辐射工作人员能够进入。拟在工业 CT 装置表面设置电离辐射警告标志及中文警示说明，并在 CT 室入口处张贴监督区的标牌。	是
3	辐射屏蔽剂量率要求	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 μ 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 μ Sv/h。	本项目辐射工作人员所受周围剂量当量最大为 16.01 μ Sv/周，周围公众所受周围剂量当量最大为 1.95 μ Sv/周，低于标准要求。本项目屏蔽体四周及工件门表面外 30cm、底部外辐射剂量率最大为 0.628 μ Sv/h，低于标准要求。	是
4	顶部周围剂量当量限值	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顶内表面边缘所张立体角区域内时，探伤室顶的辐射屏蔽要求同 6.1.3。	本项目装置顶部无人员到达，本项目限值装置顶部表面外 30cm 处周围剂量当量率不超过 2.5 μ Sv/h，通过理论计算，本项目装置顶部外 30cm 处最大周围剂量当量率为 0.493 μ Sv/h，低于标准要求。	是
5	门机联锁	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。	本项目工业 CT 装置工件门及检修门设计有门-机联锁装置，只有在门完全关闭时工业 CT 装置才能出束照射，门打开时立即停止 X 射线照射，关上门时不能自动开始 X 射线照射；	是
6	工作状态指示灯、信号意义说明与声音提示装置	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。	本项目工业 CT 装置前侧顶部两侧及后侧设有工作状态警示灯及声音提示装置，拟在装置内部设置工作状态指示灯及声音提示装置，且拟与装置设置相应连锁。警示灯亮表示开机（预备状态），警示灯闪烁表示出束检测（照射状态），警告无关人员勿靠近装置或在装置附近做不必要的逗留；拟在装置表面设置警示灯信号意义说明，且警示灯与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别，警告无关人员勿靠近装置或在装置附近做不必要的逗留；	是
7	监视装置	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	本项目工业 CT 装置拟在 CT 室设置监视装置，通过电脑控制系统能清	

		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。	楚看见装置所在房间内情况。	是
8	电离辐射警告标志	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。	本项目工业 CT 装置表面拟设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及中文警示说明；	是
9	急停按钮及标签说明	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。	本项目工业 CT 装置操作台、装置内部后侧面板及装置前侧右下部设有紧急停机按钮（共 3 个，右下部为主电源按钮，可做紧急停机按钮使用），拟在装置紧急停机按钮旁设置相应中文标识，确保出现紧急事故时，按下此按钮，关闭电源，能立即停止照射。	是
10	通风装置	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。	本项目工业 CT 装置通过开关工作门进行通风，自然通风效果较好。本项目装置所在 CT 室设置门及房间通风系统，装置工作时，CT 室内空气经开关门及房间通风设施排出，通风效果良好；	是
11	固定式场所剂量报警仪	6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。	本项目工业 CT 装置内拟设置固定式剂量率报警仪，用于对辐射工作场所辐射剂量进行实时监测，异常时发出警报，警告人员立即撤离。	是
12	操作台		本项目操作台位于工业 CT 装置前侧右部，操作台上设有显示器及操作系统。装置前侧右下部设置钥匙开关，只有打开操作台钥匙开关后工业 CT 装置才能出束，钥匙只有在停机或待机状态下才能拔出。操作台拟设置辐射警告标识和禁止非授权使用的警告等标识，提醒其他人员勿擅自操作和提醒辐射工作人员预防危险，从而避免事故发生；	是
13	门缝搭接		本项目工件门与装置外壳搭接处重叠宽度为 40mm，工件门与装置外壳之间的缝隙宽度为 1mm，工件门与装置外壳重叠部分不小于门缝间隙宽度的 10 倍；	是
14	电缆孔防护		本项目在装置后侧下方设置电缆孔，开口为 104mm 的正方形孔洞，其防护补偿结构为在开孔位置内侧覆盖防护铅板结构，防护补偿厚度为 5mm 铅+3mm 钢；	是
15	辐射防护管理	4.2 应建立放射防护管理组织，明确放射防护管理人员及其职责，建立和实施放射防护管理制度和措施。 4.6 应制定辐射事故应急预案。	公司已成立辐射防护管理机构，拟完善相关辐射安全管理规章制度及辐射事故应急预案，检测过程中严格执行相应的规章制度，避免发生误照射事故；	是
16	监测设备	4.3 应对从事探伤工作的人员按 GBZ128 的要求进行个人剂量监测，按 GBZ98 的要求进行职业健康监护。	公司已配备 2 台个人剂量报警仪，拟为本项目配备 1 台 X-γ 个人剂量报警仪、1 台 X-γ 辐射剂量巡测仪，用于对工业 CT 装置周围环境辐射	是

4.5 应配备辐射剂量率仪和个人水平监测，并做好监测记录。剂量报警仪。

本项目ZEISSCTMetrotom1500型工业CT装置辐射安全和防护措施示意图见图10-2。



图10-2本项目工业CT装置辐射安全和防护措施示意图

表10-3本项目工业CT装置辐射安全与防护措施一览表

防护措施		说明
1	联锁装置	门-机联锁、门-灯联锁
2	工作状态指示灯	装置前侧防护板两侧，装置后侧，装置内部开机灯亮（预备），出束闪烁（照射），拟设置警示灯信号意义说明
3	电离辐射警示标志	装置表面拟设置
4	钥匙开关	装置前侧右下部
5	紧急停机按钮	装置内、操作台装置、前侧右下部（共三个），拟设置中文标识
6	电缆孔及防护罩	装置后侧下方，孔洞直径约为104mm，设置5mm铅+3mm钢板结构防护罩
7	监视设施	CT室
8	固定式剂量率仪	装置内

本项目在建设和完善以上工作场所辐射安全和防护措施后，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中6.1.4至6.1.11相应要求，符合相关规定，将对人员及辐射工作场所起到较好的辐射屏蔽效果。

4、退役

当工业CT装置不再使用，应实施退役程序。包括以下内容：

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

②当辐射源从现场移走后，使用单位按监管机构要求办理相关手续。

③清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

三废的治理

1.固体废物

本项目运行后不会产生放射性固体废物。本项目运行后工作人员会产生一定量的生活垃圾，预计月排放量为41.7kg，年排放量为500kg。本项目产生的生活垃圾由公司统一收集后，交给环卫部门清运

2.废水

本项目运行后不会产生放射性液体废物。本项目运行后工作人员会产生一定量的生活污水，预计月排放量为6.6m³，年排放量为80m³。本项目产生的生活污水进入公司污水处理管道最终进入城市污水处理站处理。

3.气体废物

工业CT装置在工作状态时，会使检测室内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，人员不进入装置内。本项目工业CT装置不单独设置通风设施，通过开关工件门进行通风换气。本项目CT室设置房间通风设施进行空气流通。通过通风设施进行无组织排放，将臭氧和氮氧化物排出室外，臭氧在常温常压下稳定性较差，常温常态常压的空气中臭氧分解半衰期为50分钟，可自动分解为氧气，其产生臭氧和氮氧化物影响较少。

表11 环境影响分析

<p>建设阶段对环境的影响</p> <p>本项目工业 CT 装置为整体购买设备，在设备安装组装过程中会产生少量的噪声和固体废物。</p> <p>①噪声</p> <p>工业 CT 装置在安装过程中会产生少量的设备安装组装噪声，由于本项目评价范围位于公司厂区内部，设备安装组装噪声远远小于厂区内部生产经营产生的生产噪声，因此施工噪声对周围环境影响较小。</p> <p>②固体废物</p> <p>工业 CT 装置在组装过程中，会拆除一定的外包装材料，包装材料为一般固废，部分回收利用；部分与办公垃圾一同依托厂区现有垃圾收集设施收集处置，对周围环境影响较小。</p> <p>③废水</p> <p>工业 CT 装置在组装及调试过程中，安装及调试人员会产生少量的生活污水，经厂区污水管网，最终进入污水处理站处理，对周围环境影响较小。</p>
<p>运行阶段对环境的影响</p> <p>本项目工业 CT 装置采用钢-铅-钢的防护设计对 X 射线进行防护，本项目运行后主要的环境影响是工业 CT 装置工作时产生的 X 射线对周围环境的辐射影响。</p> <p>本项目设备最大功率为 500W，最大管电压 225kV，最大管电流 3mA，当额定功率开机电压 225kV 时，电流最大为 2.22mA；当额定功率开机电压 167kV 时，电流最大为 3mA；由于最大电压和最大电流无法同时达到，保守按照两者最大的情况进行辐射影响评估，即管电压 225kV，管电流 3mA，且不考虑钢的屏蔽效果。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）及其修改单中的计算公式：</p> <p>1. 有用线束屏蔽估算</p> <p>根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中公式（4）推导得出：</p> $R = \sqrt{\frac{I \cdot H_0 \cdot B}{H}} \quad (1)$ <p>式中：\dot{H}：关注点处剂量率，$\mu\text{Sv/h}$；</p> <p>H：屏蔽体外关注点的剂量率，取 $2.5\mu\text{Sv/h}$；</p> <p>I：X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA；，取 2.22mA；</p> <p>H_0：距辐射源点(靶点)1m 处输出量，$\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$，取值参考《辐射防护导论》附图 3。在 2mm Sn 过滤条件下距辐射源点 1m 处输出量实测值为 $3.67\text{mSv}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$，故 $H_0=2.2 \times 10^5 \mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$；</p>

R : 辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；这里我们以 Metrotom1500 225KV G3 为例，取射线管窗到距离右侧防护外壳外 0.3m 的距离进行计算，其值为 2.16m；

B : 屏蔽透射因子，通过查阅《辐射防护手册 第三分册》P63 表 3.4，使用内插法计算。

根据《规范》中的附录 B 图 B.1，可得相应屏蔽厚度（参考 250kV 曲线），结果如下：

表 11-1 有用线束屏蔽设计所需的屏蔽透射因子和厚度

关注点	H_c ($\mu\text{Sv/h}$)	R (m)	B	X (mmPb)
CT 铅房右侧 30cm	2.5	2.16	2.39×10^{-5}	≈ 9

2. 非有用线束屏蔽估算

① 泄漏辐射

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中 X 射线装置在额定工作条件下，当 X 射线机管电压 $> 200\text{kV}$ 时，X 射线管焦点 1m 处的漏射线空气比释动能率 $< 5\text{mGy/h}$ 。

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中公式（8）推导得出：

$$R = \sqrt{\frac{H_L \cdot B}{H_c}} \quad (2)$$

式中： H_c : 关注点处剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

H_L : 距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ，取值《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中表 1；因 ZEISS Metrotom1500 225kV G3 射线管四周带有铅罩防护，在距离射线管 35cm 处四周的实测值均 $\leq 19\mu\text{Sv/h}$ ，故 H_L 取 $19\mu\text{Sv/h}$ ；

R : 辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

B : 屏蔽透射因子。根据计算所得的各关注点泄漏射线屏蔽设计所需的屏蔽透射因子 B 。查附录 B 表 B.2，利用内插法可得 TVL 值 2.15mm，结合《规范》第 4 章中公式（6）所需屏蔽物质厚度 $X = -TVL \cdot \lg B$ ，可得如下结果：

表 11-2 各关注点泄漏射线屏蔽设计所需的屏蔽透射因子和厚度

关注点	H_c ($\mu\text{Sv/h}$)	R (m)	B	TVL (mm)	X (mmPb)
CT 铅房正面 30cm	2.5	1.025	0.138	2.15	1.85
CT 铅房防护门 30cm	2.5	0.945	0.118	2.15	2.00
CT 铅房背面 30cm	2.5	1.235	0.201	2.15	1.50
CT 铅房房顶 30cm	2.5	1.067	0.150	2.15	1.77
CT 铅房左侧 30cm	2.5	1.11	0.162	2.15	1.70
CT 铅房右侧 30cm	2.5	2.16	0.614	2.15	0.46

②散射辐射

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中公式（10）推导得出：

$$R_s = \sqrt{\frac{I \cdot H_0 \cdot B_s}{H}} \cdot \sqrt{\frac{F \cdot \alpha}{R_0^2}} \quad (3)$$

式中：H：关注点处剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

Bs：屏蔽透射因子；

Rs：散射体至关注点的距离，m；

I：X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，取 2.22mA；

H₀：距辐射源点（靶点）1m 处输出量，单位 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，在 2mm Sn 过滤条件下距辐射源点 1m 处输出量实测值为 $3.67\text{mSv}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$ ，故 $H_0=2.2\times 10^5\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ；

R₀：辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，单位为 m，取 $R_0=1\text{m}$ ；

F：R₀处的辐射野面积，单位为 m^2 ，按射线束 30°锥角计算 0.5m 处辐射面积 0.056m^2 ；

α ：散射因子。依据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中表 B.3，查得由附录 B 表 B.4，取 $1.9\times 10^{-3}\times 10000/400=0.0475$ ；

计算求得 B 值后，同样通过公式 $X=-TVL.\lg B$ 计算得各关注点散射射线屏蔽设计所需的屏蔽厚度，其中 225kV 射线散射辐射对应 kV 值为 200kV，根据表 B.2 知 TVL 为 1.4mmPb，屏蔽厚度结果如下：

表 11-3 各关注点散射射线屏蔽设计所需的屏蔽透射因子和厚度

关注点	H _c ($\mu\text{Sv/h}$)	R (m)	B	TVL (mm)	X (mmPb)
CT 铅房正面 30cm	2.5	1.025	1.5×10^{-3}	1.4	3.96
CT 铅房防护门 30cm	2.5	0.945	1.27×10^{-3}	1.4	4.05
CT 铅房背面 30cm	2.5	1.235	2.17×10^{-3}	1.4	3.73
CT 铅房房顶 30cm	2.5	1.067	1.62×10^{-3}	1.4	3.91
CT 铅房左侧 30cm	2.5	1.11	1.75×10^{-3}	1.4	3.86
CT 铅房右侧 30cm	2.5	2.16	6.64×10^{-4}	1.4	3.05

③泄漏射线和散射射线复合

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中公式（8）和公式（10）推导得出：

$$R = \sqrt{\frac{H_L \cdot B}{H} + \frac{I \cdot H_0 \cdot B_s \cdot F \cdot \alpha}{H \cdot R_0^2}} \quad (4)$$

3. 参考点的周/年剂量水平估算

探伤室墙和入口门外周围剂量当量率和每周周围剂量当量应满足以下要求：

(1) 周剂量参考控制水平 H_c 和导出剂量率参考控制水平 $H_{c,d}$

人员在关注点的周剂量参考控制水平 H_c 为：职业工作人员： $H_c \leq 100 \mu\text{Sv}/\text{周}$ ；公众人员： $H_c \leq 5 \mu\text{Sv}/\text{周}$ 。

相应 H_c 导出关注点的剂量率参考控制水平 $H_{c,d}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$) 公式选自《规范》第 3 章公式 (1)，如下：

$$H_c = H_{c,d} \cdot t \cdot U \cdot T \quad \dots \dots (4)$$

式中： H_c ：参考点的周剂量水平， $\mu\text{Sv}/\text{周}$ ；参考点的年剂量水平， $\mu\text{Sv}/\text{年}$ ；

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

t ：探伤装置周照射时间， $\text{h}/\text{周}$ ；探伤装置年照射时间， $\text{h}/\text{年}$ ；

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。

(2) 关注点最高剂量率参考控制水平 $H_{c,\max}$ 为 $2.5 \mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

(3) 关注点的剂量率参考控制水平 H_c 取 $H_{c,\max}$ 和 $H_{c,d}$ 二者中的较小值。

(4) 实际计算时我们按控制水平较小值 $H_{c,\max}$ $2.5 \mu\text{Sv}/\text{h}$ 作为关注点的剂量控制值 H_c 。

根据表 11-1、表 11-2 中预测结果，ZEISSCTMetrotom1500 型工业 CT 装置表面外 30cm 处辐射剂量率最大为 $2.5 \mu\text{Sv}/\text{h}$ ，装置表面外 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）中辐射屏蔽周围剂量当量率参考控制水平的要求。

5. 天空反散射辐射影响分析

根据表 11-1、11-2，本项目工业 CT 装置顶部外 30cm 处周围剂量当量率为 $2.5 \mu\text{Sv}/\text{h}$ ，经天空反散射到达地面关注点处周围剂量当量率远小于 $2.5 \mu\text{Sv}/\text{h}$ 。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）及其修改单中探伤室辐射屏蔽周围剂量当量率小于 $2.5 \mu\text{Sv}/\text{h}$ 的参考控制水平要求。

由上分析，天空反散射对屏蔽体外关注点四周的周围剂量当量率贡献较小，在职业及公众有效剂量估算部分不予考虑。

6. 电缆口、通风口辐射影响分析

本项目 ZEISSCTMetrotom1500 型工业 CT 装置后侧设有换热器，主要用于 X 射线管冷却，未破坏工业 CT 装置内部主体屏蔽。工业 CT 装置工作时通过开关工件门进行装置换

气通风，工件门内含 20mm 铅板，本项目工件门与装置外壳搭接处重叠宽度为 40mm，工件门与装置外壳之间的缝隙宽度不超过 1mm，工件门与装置外壳重叠部分不小于门缝间隙宽度的 10 倍，缝隙处泄漏辐射影响极小。

本项目 ZEISSCTMetrotom1500 型工业 CT 装置检测室电缆管道位于装置后侧下方，与射线出束方向相反，避免 X 射线直接照射电缆管道口，开口为 104mm 的正方形孔洞，其防护补偿结构为在开孔位置内侧覆盖防护铅板结构，防护补偿板厚度为 5mm 铅+3mm 钢板，电缆呈“Z”字型布线，利用散射降低电缆管道口的辐射水平，避免 X 射线直接照射电缆口，X 射线经左侧屏蔽体散射点散射后进入线缆管道散射示意图如图 11-2。X 射线至少经过三次散射才能到达管道口。根据《辐射防护导论》P189“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。这时，迷道口也只需采用普通门”，本项目 ZEISSCTMetrotom1500 型工业 CT 线缆管道设计能够满足辐射防护要求。

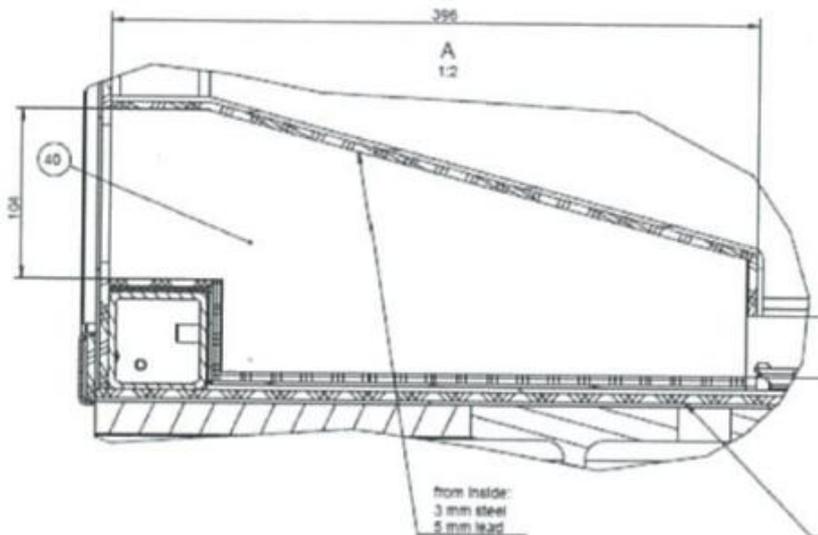


图 11-2 本项目电缆管道散射示意图

7.剂量叠加

建设单位现有 5 台 Kr-85 放射源测厚仪和 5 台 III 类射线测厚仪，均安装在锂电池车间使用，位于本项目 50m 评价范围外，根据原有装置 2023 年度评估报告中检测结果（见附件 6）可知，原有装置正常工作状态下周围辐射剂量率与本底值相当，考虑距离衰减及墙体屏蔽作用，原有装置辐射剂量对本项目的辐射影响可忽略不计，故本项目不叠加原有核技术利用项目的辐射剂量影响。

8. 保护目标剂量评价

表 11-4 本项目周围辐射工作人员有效剂量估算结果

保护目标名称	位置	使用因子 U	居留因子 T	周围剂量当量率值 $\mu\text{Sv/h}$	剂量率控制水平 $\mu\text{Sv/h}$	周剂量估算值 $\mu\text{Sv/周}$	目标管理值 $\mu\text{Sv/周}$	年剂量估算值 mSv/年	目标管理值 mSv/年	结论
操作台	前侧	1	1	0.534	2.5	16.01	75	0.80	5 工作人员	满足

注：①工业 CT 装置操作位均位于装置前侧，

②本项目工业 CT 装置周曝光时间约为 30h/周；一年按照 50 周计算，年曝光时间约为 1500h。

③CT 室 辐射工作人员剂量率保守取本项目装置前侧剂量率，不考虑距离衰减和墙体屏蔽。

④东侧道路辐射人员与本项目装置最近距离 2m，保守取装置东侧屏蔽体外 30cm 数值作为该辐射人员参考周围剂量率。

表 11-5 本项目装置周围 50m 范围内保护目标有效剂量一览表

装置名称	保护目标	方位及与出束点最近距离 m	居留因子	关注点处周围剂量当量率 $\mu\text{Sv/h}$	周剂量估算值 $\mu\text{Sv/周}$	目标管理值 $\mu\text{Sv/周}$	年剂量估算值 mSv/年	目标管理值 mSv/	结论
工业 CT 装置	厂区道路	2.81	1/4	0.018	0.53	2	2.66E-02	0.1	满足
	会议室	2.935	1	0.065	1.95		9.76E-02		满足
	厂区道路	6.86	1	1.16E-06	3.48E-05		1.74E-06		满足
	爆破实验室	5.725	1	0.017	0.51		2.57E-02		满足
	预留化验室	3.767	1	0.040	1.19		5.93E-02		满足
	厂区道路	10.81	1/4	1.20E-03	0.04		1.80E-03		满足
	厂区道路	3.035	1/4	0.015	0.46		2.28E-02		满足
	厂区道路	11.86	1/4	9.69E-08	2.91E-06		1.45E-07		满足
	厂区道路	10.725	1/4	1.22E-03	0.04		1.83E-03		满足
	厂区道路	20.725	1/4	3.26E-04	0.01		4.90E-04		满足
	2#车间	15.81	1	2.24E-03	0.07		3.37E-03		满足
11#车间	21.86	1	1.14E-07	3.42E-06	1.71E-07	满足			

注：①关注点处辐射剂量率预测，距离取值=出束点距离+保护目标距离，再根据公式①、②、③计算得出，忽略墙体屏蔽效果，仅考虑距离衰减进行保守估计；②使用因子取 1。③本项目工业 CT 装置周曝光时间约为 30h/周；一年按照 50 周计算，年曝光时间约为 1500h。

从上表中预测结果可以看出，本项目工业 CT 装置满功率运行时，辐射工作人员所受周有效剂量最大为 $16.01\mu\text{Sv}$ ，年有效剂量最大为 $8.01\text{E-}01\text{mSv}$ ；周围公众所受周有效剂量最大为 $1.95\mu\text{Sv}$ ，年有效剂量最大为 $9.76\text{E-}02\text{mSv}$ 。由于辐射剂量率随距离增大而衰减，更远处的关注点辐射剂量率随距离增加数值降低，相应有效剂量也越低。根据理论计算结果，本项目辐射工作人员及周围公众受照剂量约束值能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）及本项目管理目标剂量约束值限值要求（职业人员年剂量约束值不超过 5mSv ，每周的周围剂量当量不超过 $100\mu\text{Sv}$ ；公众年剂量约束值不超过 0.1mSv ，每周的周周围剂量当量不超过 $5\mu\text{Sv}$ ）。

事故影响分析

1) 本项目可能发生的辐射事故

①工业 CT 装置门机连锁失效，设备工件门未关闭就对工件进行曝光，致使人员受到意外照射；

②维修人员检修工业 CT 装置时，设备进行曝光，人员受到意外照射。

2) 针对本项目可能发生的辐射事故提出预防措施

本项目针对上述可能出现的主要事故建议性的给出处理方法或者预防措施：

①公司应加强管理，加强辐射工作人员的培训，严格执行安全操作规程，防止人员误入误留在装置内；

②定期检查门机连锁装置，确保无损检测工作正常进行；

③发生事故时应按下急停开关切断电源，确保装置停止出束；

④对可能受到超剂量照射的人员，及时送医检查并治疗；

⑤协助专业人员对受照人员进行受照剂量估算，并协助进行身体检查和医学观察；

⑥事故处理后保存好受照人员体检资料，做好跟踪观察。

公司在日常工作中应加强辐射安全管理，定期对工业 CT 装置进行检查、维护，发现问题及时维修；严格要求辐射工作人员按照操作规程进行工业 CT 装置操作，每次操作前检查工业 CT 装置门机连锁、急停按钮等安全防护措施的有效性，定期检测工业 CT 装置的周围辐射水平，确保安全措施有效运行；同时针对可能发生的辐射安全事故，完善切实可行的辐射事故应急预案，以能够有序应对事故。此外，公司应完善应急计划演练，配备应急物品，通过演练确定应急措施是否可行。同时公司应在今后的工作实践中不断完善辐射安全制度，提高制度的可操作性。

表12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规要求，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；直接从事生产、销售、使用活动的操作人员以及辐射防护负责人进行辐射安全培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。

江苏海四达电源有限公司已成立相应的辐射安全管理机构，并以文件形式明确各成员管理职责。江苏海四达电源有限公司现有辐射相关工作人员共计13人，本项目拟配备4名辐射工作人员（新增），新增辐射工作人员应在项目运行前自主在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规，然后报考全国核技术利用辐射安全与防护考核，必须通过考核后方能正式进行上岗作业。建设单位正组织相关人员参加“辐射安全管理”考核。此外，后续有新任命本项目辐射防护负责人仍需通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的考核。管理人员考核类型为“辐射安全管理”，辐射工作人员考核类型为“X射线探伤”。

辐射安全管理规章制度

江苏海四达电源有限公司已开展核技术利用项目，已按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》制定了相关辐射安全管理制度，已成立以肖顺根为组长的辐射安全管理小组，制定了包括辐射防护和安全保卫制度、操作规程、岗位职责、设备检修维护制度、射线装置使用登记、台帐管理制度、个人剂量监测管理办法、辐射人员培训计划、辐射事故应急预案等辐射安全管理制度（辐射安全管理制度一览表见表12-1）。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。

表12-1辐射安全管理制度一览表

《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求制度	建设单位制度制定情况
辐射防护和安全保卫制度	《辐射防护和安全保卫制度》
操作规程	《操作规程》
岗位职责	《岗位职责》
设备检修维护制度	《设备检修维护制度》
使用登记制度	《射线装置使用登记、台帐管理制度》
监测方案	《辐射环境监测方案》
人员培训计划	《辐射工作人员培训计划》《个人剂量监测管理办法》
辐射事故应急	《辐射事故应急预案》

其中，辐射安全管理小组的每个成员职责未进行细致分配，较为笼统；其他辐射安全管理制度较为简单，未仔细考虑辐射工作场所现场情形，操作全面性有待提高。建议在仔细了解工作场所情形和人员情况后进行补充和完善，提高辐射安全制度可操作性，仔细明确各岗位职责。

本项目为扩建项目，公司应将本项目纳入日常管理内，公司还应根据本项目情况对相关辐射安全管理制度进行补充和完善，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要点提出如下建议进行完善：

- **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。

- **操作规程：**明确本项目工业 CT 装置辐射人员的资质条件要求、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。

- **辐射防护和安全保卫制度：**根据企业的具体情况完善辐射防护和安全保卫制度，重点是工业 CT 装置的运行和维修时辐射安全管理。

- **设备检修维护制度：**明确工业 CT 装置的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，确保工业 CT 装置、剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。

- **射线装置使用登记、台账管理制度：**根据射线装置使用具体情况制定，重点是射线装置使用状况的记录。

- **人员培训计划：**完善人员培训计划，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：**方案中应明确监测频次和监测项目，监测结果定期上报生态环境行政主管部门。

- **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》（环发[2006]145号文）、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部令第18号）及《江苏省辐射污染防治条例》的要求针对本项目可能发生的辐射事故（意外照射等）完善事故应急预案，应急预案内容包括：应急机构和职责分工、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、应急演习计划；辐射事故分级与应急响应措施、辐射事故调查、报告和处理程序；应急领导小组成员姓名及联络电话、当地的救援报警电话，事故发生后公司应积极配合生态环境保护部门、公安部门及卫生部门调查事故原因，并做好后续工作。

- **监测异常报告制度：**如果发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。如果工作场所及周围环境监测中发现异常情况的，应当立即采取措施，并在一小时内向生态环境行政主管部门报告。

江苏海四达电源有限公司应严格按照制度执行，在今后的工作实践中不断完善，提高制度的可操作性。

辐射监测

本项目为扩建项目，公司已为现有辐射工作人员建立个人剂量档案，定期进行个人剂量监测及职业健康体检，公司已委托有资质单位对辐射工作人员进行个人剂量监测及职业健康体检；

公司已委托有资质单位每年对现有射线装置周围环境进行辐射水平监测，监测结果均满足相应标准要求。本项目对监测方案及监测仪器提出如下要求：

1.监测方案

1) 请有资质的单位定期对本项目工业 CT 装置周围环境辐射剂量率进行检测，每年 1~2 次；

2) 辐射工作人员佩戴个人剂量计，并定期（常规监测周期一般为一个月，最长不应超过三个月）送有资质部门进行监测，建立个人剂量档案，个人剂量档案应当终生保存；若发现个人剂量有异常的，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、卫生健康部门调查处理。

3) 工业 CT 装置进行作业时辐射安全管理人员定期对工业 CT 装置周围的辐射水平进行监测，并做好相关记录。若发现辐射异常情况，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行政主管部门报告。

本项目辐射监测方案具体见表 12-2。

表12-2 辐射监测方案

监测对象	监测项目	监测因子	监测方式	监测周期	监测点位	是否需要上报环境主管部门
工业 CT 装置	验收监测	X-γ周围剂量当量率	委托有资质单位进行	项目运行前 1次	①通过巡测发现辐射水平异常高的位置； ②工业 CT 装置表面外 30cm 处，工件门四周门缝及表面外 30cm 处； ③人员经常活动的位置。	是
	年度监测		委托有资质单位进行	每年一次		是
	自主监测		自行监测	每次使用前		否
辐射工作人员	个人剂量当量监测	年有效剂量	委托有资质单位进行	每3个月一次	/	是

2.监测仪器

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）等要求，使用II类射线装置的单位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，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器；江苏海四达电源有限公司已配备2台个人剂量报警仪，拟增加1台 X-γ个人剂量报警仪，1台 X-γ辐射剂量巡测仪。项目运行后应定期对工业 CT 装置周围环境辐射水平监测，并做好监测记录。

辐射防护监测仪器，应按《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）第8.1.2条规定进行定期检定/校准，取得相应证书。使用前，应对辐射防护监测仪器进行检查，包括是否有物理损坏、调零、电池、仪器对射线的响应等。

江苏海四达电源有限公司为本项目拟配备4名辐射工作人员（新增），应在项目运行前委托有资质的单位对辐射工作人员开展个人剂量检测，并定期组织职业健康体检，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。

落实以上措施后，本项目所配备的防护用品和监测仪器能够满足相关管理要求。

辐射事故应急

江苏海四达电源有限公司已依据《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》的要求制定了辐射事故应急预案，明确建立了事故领导小组和小组职责，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。

公司已成立“突发事件（故）领导小组”，明确了领导小组职责为“1、全权负责突发事件（故）的临时处置；2、指挥调度所必须的人员、物资、车辆和器材；3、向厂领导和上级部门报告情况，向有关部门通报情况；4、提出事件（故）发生后的处置意见”。划分各职责组对突发事件处理进行分工处理；对突发事故进行分类，制定了各类突发事件的应急预案及处理程序。

公司制定的辐射事故应急预案缺少规定的演习计划、物资准备、报告程序及事故

报告表等，建议公司制定对领导小组和相关人员的培训计划，定期组织培训活动；根据公司实际情况，最少每年进行一次辐射事故应急预案演习，并做好相应记录；确保辐射事故应急物资及资金充足；对辐射事故应急报告程序进行仔细梳理，列出各级报告程序相应人员联系方式；制定事故报告表，确保辐射事故报告及时且仔细。

江苏海四达电源有限公司应针对射线检测项目可能产生的辐射事故情况完善辐射事故应急预案，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）应急演习计划；
- （4）辐射事故分级与应急响应措施；
- （5）辐射事故调查、报告和处理程序。

江苏海四达电源有限公司应依据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发〔2006〕145号文）、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》及《江苏省辐射污染防治条例》的要求，发生辐射事故或者发生可能引发辐射事故的运行故障时，单位应当立即启动本单位的应急方案，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部门和公安部门报告，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。并在两小时内填写《辐射事故初始报告表》。报告内容包括单位信息，许可证信息，事故发生时间、地点、类型，射线装置名称及型号，事故经过等信息。事故发生后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。

江苏海四达电源有限公司应加强管理，严格执行安全操作规程。应经常监测本项目工业CT装置周围的环境辐射剂量率等，发现问题及时排查，确保辐射工作安全有效运转。

表13 结论与建议

结论

1.实践正当性

江苏海四达电源有限公司使用工业 CT 装置对公司的电子产品进行缺陷检测以控制产品质量。本项目的建设将满足企业提供产品质量的需求，创造更好的经济效益，从社会角度而言，能够使用安全系数更高的产品，减少安全事件发生的可能性。虽然在运行期间，工业 CT 装置的应用可能会对周围环境、工作人员及周围公众造成一定辐射影响，但公司在做好各项辐射防护措施，严格按照规章制度运营本项目的情况下，可将上述辐射影响降至尽可能小。因此，在考虑了社会、经济和代价等有关因素之后，其对社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

2.与产业政策的相符性

本项目使用工业 CT 装置对本单位生产的工件进行质量检测，根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》(2024 年 2 月 1 日起施行)，本项目不属于限制类、淘汰类。

3.辐射安全与防护分析结论

1) 选址、布局合理性

本项目位于启东市汇龙镇和平南路306号江苏海四达电源有限公司厂区内，厂区东侧为和平南路，南侧为银州电力、华润燃气等公司，西侧头兴港河，北侧为南苑西路。装置拟建址位于厂区内3#实验楼一层，东侧为2#车间，南侧隔厂内道路为7#配电房，西侧隔厂内道路为11#车间；北侧隔厂内道路为零配件仓库和绿化带。

本项目ZEISSCTMetrotom1500型工业CT装置所在3#实验楼1层CT室，东、西两侧为厂区道路，南侧为其他实验室，北侧为爆破实验室，楼上为预留实验室，楼下为土层。本项目地理位置图见附图1，本项目厂区总平面布置图及周围环境示意图见附图2，本项目3#实验楼一楼平面布置图见附图3，本项目3#实验楼二楼平面布置图见附图4。

本项目工业 CT 装置周围 50m 范围均在公司厂区内，无居民区、学校等环境敏感目标，本项目 ZEISSCTMetrotom1500 型工业 CT 装置 50m 范围内涉及生产厂房 2#车间、11#车间、厂区、厂外道路。本项目周围环境保护目标主要为从事工业 CT 操作的辐射工作人员、厂区道路及 2#车间、11#车间的周围公众。

本项目拟将工业 CT 装置主体作为本项目的控制区，将 CT 室作为本项目监督区。

2) 辐射防护措施

本项目1台ZEISSCTMetrotom1500型工业CT装置采用铅-钢的防护结构对X射线进行屏蔽，装置外尺寸为3700mm（长）×1810mm（宽）×2440mm（高）。装置左侧屏蔽体(主射面)内含5mm铅+3mm钢，装置前侧屏蔽体内含5mm铅+3mm钢，后侧屏蔽体内含5mm铅+3mm钢，顶部屏蔽体及底部屏蔽体内含5mm铅+3mm钢，右侧屏蔽体内含12mm铅+3mm钢，

工件门位于前侧，内含3mm钢+5mm铅+3mm钢，装置后侧下部电缆孔处设置5mm铅+3mm钢板结构防护罩。最大管电压为225kV、最大管电流为3mA，最大功率500W，滤过条件为2mmSn。本项目射线装置说明书见附件10。

本项目工件门与装置外壳搭接处重叠宽度为40mm，工件门与装置外壳之间的缝隙宽度为1mm，工件门与装置外壳重叠部分不小于门缝间隙宽度的10倍。

本项目工业CT装置通过开关工件门的方式对装置进行通风，装置所在CT室设置房间通风设施，通过房间通风设施进行空气流通，通风效果良好。

本项目在装置左后侧面板下方设置电缆孔，开口为104mm的正方形孔洞，其防护补偿结构为在开孔位置内侧覆盖防护铅板结构，防护补偿为5mm铅+3mm钢防护板。

3) 辐射安全措施

本项目工业CT装置前侧右部设置操作台，在装置前侧右下部设置钥匙开关，只有打开控制模块钥匙开关后工业CT装置才能出束，钥匙只有在停机或待机状态下才能拔出；工件门与检修门与装置设置门-机安全联锁装置；装置前侧顶部两侧及装置后侧设置有工作状态指示灯及声音提示装置，拟在装置内设置工作状态指示灯及声音提示装置，且拟于装置设置相应联锁；拟在工作状态指示灯相应位置张贴指示灯信号意义说明，定期检查门-机、灯-机联锁装置和工作状态指示灯，确保有效；设备表面拟设置“当心电离辐射警告”标志及中文标识，提醒无关人员勿在其附近出入和逗留。CT室拟设置监视设施；本项目工业CT装置在装置内部、操作台及装置前侧右下部设置有紧急停机按钮（共三个），拟在装置紧急停机按钮旁设置相应中文标识，确保出现紧急事故时，按下此按钮，关闭电源，能立即停止照射。装置内拟设置固定式剂量率报警仪；装置后侧面板下方设置电缆孔，开口为104mm的正方形孔洞，其防护补偿结构为在开孔位置内侧覆盖防护铅板结构，防护补偿板厚度为5mm铅+3mm钢；公司已配备2台个人剂量报警仪，拟增加1台个人剂量报警仪及1台X-γ辐射剂量巡测仪，用于对工业CT装置工作时周围环境辐射水平监测及对瞬时辐射剂量率的实时报警。以上措施能够满足辐射安全管理的要求。

4) 通风措施评价

工业CT装置在工作状态时，会使检测室内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。本项目工业CT装置不单独设置通风设施，通过开关工件门进行通风换气。本项目CT室设置房间通风设施进行空气流通。通过通风设施进行无组织排放，将臭氧和氮氧化物排出室外，臭氧在常温常压下稳定性较差，常温常态常压的空气中臭氧分解半衰期为50分钟，可自动分解为氧气，其产生臭氧和氮氧化物影响较少。

4.辐射环境影响分析结论

本项目工业CT装置通过自带的内含铅对X射线进行屏蔽。经理论预测结果可知，本项目工业CT装置以最大功率运行时装置表面外30cm处辐射剂量率能够满足《工业探伤

放射防护标准》（GBZ117-2022）的辐射剂量率限值要求。

由预测结果可知，本项目工业 CT 装置以最大管电压、最大管电流运行时，辐射工作人员及周围公众所受周围剂量当量和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）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）剂量约束值和本项目管理目标限值的要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv，周有效剂量不超过 100 μ Sv；公众年有效剂量不超过 0.1mSv，周有效剂量不超过 5 μ Sv）。

5.辐射环境管理

1)委托有资质的单位每年对辐射工作场所周围环境辐射剂量率进行检测；

2)已配备 2 台个人剂量报警仪，拟为本项目增加 1 台个人剂量报警仪及 1 台 X- γ 辐射剂量巡测仪，定期对工作场所辐射水平进行检测，以及定期对一起进行校准/检定；

3)在项目运行前，委托有资质的单位开展个人剂量监测，所有辐射工作人员均佩戴个人剂量计，定期按时送检，并建立辐射工作人员个人剂量监测档案，个人剂量档案应当终生保存。

4) 在项目运行前安排新增辐射工作人员进行职业健康体检并定期复检，并建立职业健康监护档案。

5) 江苏海四达电源有限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。在项目运行前完善辐射安全管理制度；本项目拟增加配备 2 名辐射工作人员（调配）；项目投运后，新增辐射工作人员，上岗前应报考全国核技术利用辐射安全与防护考核，必须通过考核后方能正式进行作业；组织辐射管理相关人员参见辐射安全管理考核。

综上所述，江苏海四达电源有限公司扩建 1 台工业 CT 装置项目符合实践正当性原则，拟采取的辐射安全和防护措施适当，工作人员及公众受到的周/年有效剂量符合《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）中关于“剂量限值”的要求，也符合本项目目标管理值的要求。在落实本报告提出的各项污染防治和管理措施后，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，其设施运行对周围环境产生的影响较小，故从辐射环境保护角度论证，项目可行。

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) 定期进行辐射工作场所的检查及监测，对于监测结果偏高的地点应及时查找原因、

排除事故隐患，把辐射影响减少到“可以合理达到的尽可能低的水平”。

4) 根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》第十二条除需要取得排污许可证的水和大气污染防治设施外，其他环境保护设施的验收期限一般不超过3个月；需要对该类环境保护设施进行调试或者整改的，验收期限可以适当延期，但最长不超过12个月。建议建设单位在本项目环境保护设施竣工后及时进行竣工环保验收。

附表 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	预期投资 (万元)
辐射防护措施	<p>本项目 1 台 ZEISSCTMetrotom1500 型工业 CT 装置采用铅-钢的防护结构对 X 射线进行屏蔽，装置外尺寸为 3700mm（长）×1810mm（宽）×2440mm（高）。装置左侧屏蔽体(主射面)内含 5mm 铅+3mm 钢，装置前侧屏蔽体内含 5mm 铅+3mm 钢，后侧屏蔽体内含 5mm 铅+3mm 钢，顶部屏蔽体及底部屏蔽体内含 5mm 铅+3mm 钢，右侧屏蔽体内含 12mm 铅+3mm 钢，工件门位于前侧，内含 3mm 钢+5mm 铅+3mm 钢，装置后侧下部电缆孔处设置 5mm 铅+3mm 钢板结构防护罩。最大管电压为 225kV、最大管电流为 3mA，最大功率 500W，滤过条件为 2mmSn。本项目射线装置说明书见附件 10。</p> <p>本项目工件门与装置外壳搭接处重叠宽度为 40mm，工件门与装置外壳之间的缝隙宽度为 1mm，工件门与装置外壳重叠部分不小于门缝间隙宽度的 10 倍。</p> <p>本项目工业 CT 装置通过开关工件门的方式对装置进行通风，装置所在 CT 室设置房间通风设施，通过房间通风设施进行空气流通，通风效果良好。</p> <p>本项目在装置左后侧面板下方设置电缆孔，开口为 104mm 的正方形孔洞，其防护补偿结构为在开孔位置内侧覆盖防护铅板结构，防护补偿为 5mm 铅+3mm 钢防护板。</p>	<p>表面外 30cm 处周围剂量当量率能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）剂量率限值要求。辐射工作人员及公众每周的周围剂量当量和年剂量约束值符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中关于“剂量约束值”的要求，也符合本项目目标管理值的要求。（辐射工作人员年剂量约束值 5mSv，公众年剂量约束值 0.1mSv）。</p>	20
辐射安全措施	<p>本项目工业 CT 装置前侧右部设置操作台，在装置前侧右下部设置钥匙开关；工件门与装置设置门-机安全联锁装置，装置前侧顶部两侧及装置后侧设置有工作状态指示灯及声音提示装置，拟在装置内设置工作状态指示灯及声音提示装置，且拟与装置设置相应联锁；拟在指示灯相应位置张贴指示灯信号意义说明；设备表面拟设置“当心电离辐射警告”标志及中文标识，提醒无关人员勿在其附近出入和逗留；CT 室拟设置监视设施；本项目工业 CT 装置在装置内部、操作台及装置前侧右下部设置有紧急停机按钮（共三个），拟在装置紧急停机按钮旁设置相应中文标识；装置内拟设置固定式剂量率报警仪；装置后侧面板下方设置电缆孔，开口为 104mm 的正方形孔洞，其防护补偿结构为在开孔位置内侧覆盖防护铅板结构，防护补偿铅板厚度为 18mm；公司已配备 2 台</p>	<p>能满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的管理要求。</p>	10

	<p>个人剂量报警仪，拟增加 1 台个人剂量报警仪及 1 台 X-γ 辐射剂量巡测仪，用于对工业 CT 装置工作时周围环境辐射水平监测及对瞬时辐射剂量率的实时报警，</p> <p>本项目拟将工业 CT 装置主体作为本项目的控制区，将 CT 室作为本项目监督区。</p>		
	<p>岗位职责及操作规程等工作制度在合适的墙上张贴。标明控制区、监督区边界。</p>	按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》各项规章制度。	2
	<p>已配置 1 台 X-γ 辐射剂量巡测仪，7 台个人剂量报警仪，拟增加 1 台辐射巡测仪及 1 台个人剂量报警仪。</p>	按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》配备个人剂量测量报警、辐射监测，满足工作场所日常监测要求。	5
污染防治措施	<p>废气：工业 CT 装置在工作状态时，会使检测室内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。本项目工业 CT 装置不单独设置通风设施，通过开关工件门进行通风换气。本项目 CT 室设置房间通风系设施进行空气流通。通过通风设施进行无组织排放，将臭氧和氮氧化物排出室外，臭氧在常温常压下稳定性较差，常温常态常压的空气中臭氧分解半衰期为 50 分钟，可自动分解为氧气，其产生臭氧和氮氧化物影响较少。</p>	<p>本项目臭氧在空气中短时间内可自动分解为氧气，其产生臭氧和氮氧化物环境影响较小。</p>	3
辐射安全管理	<p>完善辐射安全管理机构，并以文件形式明确各成员职责。</p>	根据《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》完善安全管理机构。	/
	<p>管理制度：完善操作规程、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、事故应急制度、射线装置使用登记、台账管理制度等。</p>	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求。	/
	<p>本项目拟配备 2 名辐射工作人员（调配），上岗前通过辐射安全与防护考核。</p>	根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《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》，辐射工作人员应持有培训合格证或考核合格证。	定期投入
	<p>辐射工作人员均佩戴个人剂量计，开展个人剂量监测（常规监测周期一般为一个月，最长不应超过三个月。个人剂量档案应当终生保存）。</p>	根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）辐射工作人员正常开展个人剂量监测，根据《放射工作人员职业健康管理暂行办法》，个人剂量档案应当终生保存。	每年投入
	<p>职业健康体检：定期组织职业健康体检，并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（两次检查的时间间隔不应超过 2 年，必要时可增加临时性检查。）</p>	根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，使用放射性同位素和射线装置的单位，应当严格按照国家关于健康管理的规定，对直接从事使用活动的工作人员进行个人职业健康检查，建立职业健康监护档案	每年投入

以上措施必须在项目运行前落实。