

核技术利用建设项目

汽车零部件生产线升级改造项目

（辐射专题）

环境影响报告表

（公示本）

胡连电子（南京）有限公司(公章)

2025 年 6 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

汽车零部件生产线升级改造项目
(辐射专题)
环境影响报告表

建设单位名称：胡连电子（南京）有限公司

建设单位法人代表（签字或盖章）：

通讯地址：南京市江宁区禄口街道来凤路 28 号

邮政编码：211113 联 系 人：

电子邮箱：/ 联系电话：

打印编号: 1750138350000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	611ly7		
建设项目名称	汽车零部件生产线升级改造项目（辐射专题）		
建设项目类别	55—172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称（盖章）	胡连电子（南京）有限公司		
统一社会信用代码	913201157568910187		
法定代表人（签章）	张子雄		
主要负责人（签字）	陈克宙		
直接负责的主管人员（签字）	金滕		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	南京伊环环境科技有限公司		
统一社会信用代码	91320115339314340E		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
饶光祖	2015035320352014320132000369	BH012247	饶光祖
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
蔡顺晨	全部章节	BH008502	蔡顺晨

编制主持人和主要编制人员信息

编制主持人证书

本证书由中华人民共和国人力资源和社会保障部、环境保护部批准颁发,它表明持证人通过国家统一组织的考试,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.

中华人民共和国人力资源和社会保障部
Ministry of Human Resources and Social Security
The People's Republic of China

中华人民共和国环境保护部
Ministry of Environmental Protection
The People's Republic of China

批准日期: 2015年05月
Approval Date

姓名: 饶光祖
Full Name

性别: 男
Sex

出生年月: 1982年02月
Date of Birth

专业类别: /
Professional Type

批准日期: 2015年05月
Approval Date

持证人签名:
Signature of the Bearer

管理号: 2015035320352014320132000389
File No.

签发单位盖章:
Issued by

签发日期: 2015年10月12日
Issued on

编制主持人和主要编制人员社会保险缴纳证明

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：南京伊环环境科技有限公司

现参保地：江宁区

统一社会信用代码：91320115339314340E

查询时间：202501-202506

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		43	43	43
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	蔡顺晨		202501-202506	6

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）。



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：南京伊环环境科技有限公司

现参保地：江宁区

统一社会信用代码：91320115339314340E

查询时间：202501-202506

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		43	43	43
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	饶光祖		202501-202506	6

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）。



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	18
表 9 项目工程分析与源项	21
表 10 辐射安全与防护	32
表 11 环境影响分析	42
表 12 辐射安全管理	52
表 13 结论与建议	56
表 14 审批	60
附表 辐射污染防治措施“三同时”措施一览表	61

附图：

- 1) 附图 1 本项目地理位置图
- 2) 附图 2 本项目周围环境及厂区平面布置图
- 3) 附图 3 本项目所在车间平面布置图
- 4) 附图 4 本项目与江苏省生态空间管控区域相对位置关系图
- 5) 附图 5 本项目编制主持人踏勘现场照片

附件：

- 1) 附件1 委托书
- 2) 附件2 射线装置承诺书
- 3) 附件3 厂区项目环评批复及验收意见
- 4) 附件4 营业执照
- 5) 附件5 厂房租赁合同
- 6) 附件6 射线装置说明书
- 7) 附件7 现状检测报告及检测资质
- 8) 附件8 江苏省投资备案证

表 1 项目基本情况

建设项目名称		汽车零部件生产线升级改造项目（辐射专题）			
建设单位		胡连电子（南京）有限公司			
法人代表		张子雄	联系人		联系电话
注册地址		南京市江宁区禄口街道来凤路 28 号			
建设项目地点		南京市江宁区禄口街道来凤路 38 号			
立项审批部门		南京江宁经济技术开发区管理委员会政务服务中心		批准文号	宁经政服备〔2025〕170 号
建设项目总投资 (万元)			项目环保投资 (万元)		投资比例(环保投资/总投资)
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其他			占地面积（m ² ） 59.5
应用 类型	放射源	☐ 销售	☐ I类 ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
		☐ 使用	☐ I类（医疗使用） ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
	非密封放 射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙		
	射线装置	☐ 生产	☐ II类 ☐ III类		
		☐ 销售	☐ II类 ☐ III类		
		☒ 使用	☒ II类 ☐ 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 胡连电子（南京）有限公司成立于 2004 年 01 月 17 日，注册地位于南京市江宁区禄口街道来凤路 28 号，法定代表人为张子雄。经营范围包括电子接插件、元器件、接线端子、模具、治具、线束及其相关产品的生产，并对产品的性能进行试验检测的业务（进出口产品的检测除外），销售自产产品；上述同类及相关产品的批发、佣金代				

理（拍卖除外）、进出口业务（涉及法律、法规禁止经营的不得经营，涉及许可证经营的凭许可证经营）；道路普通货运（依法须经批准的项目，经相关部门批准后方可开展经营活动），营业执照见附件 4。

本项目建设位于胡连电子（南京）有限公司所在的南京市江宁区禄口街道来凤路 38 号厂区内（租赁合同见附件 5）。胡连电子（南京）有限公司公司建设项目《汽车保险丝盒生产线技术改造项目》已取得环评批复并已进行竣工环保验收，建设项目《PCB 保险丝盒生产项目》已取得环评批复并已进行竣工环保验收，相关环保手续见附件 3。

因生产的汽车零部件等质量检测需求，胡连电子（南京）有限公司拟购置 1 台工业 CT 装置，型号为 ZEISS Metrotom 800 G3 型，销售厂家为卡尔蔡司（上海）管理有限公司。装置最大管电压 225kV，最大管电流 3mA，最大功率 500W，主要用于汽车零部件的无损检测，包括 PCB 板、模具工件等，最大直径约为 700mm，最大高度约 600mm。

胡连电子（南京）有限公司拟为本项目配备 2 名辐射工作人员。工业 CT 装置预计日曝光时间 2h，周工作 6 天，年工作 50 周，年曝光时间最大约为 600h。

在此之前，胡连电子（南京）有限公司从未开展过核技术利用项目，本项目为胡连电子（南京）有限公司首次开展核技术利用项目。

本项目核技术利用项目详见表 1-1：

表 1-1 胡连电子（南京）有限公司核技术利用项目情况表

序号	射线装置名称、型号	数量（台）	最大管电压（kV）	最大管电流（mA）	类别	工作场所名称	活动种类	环评情况	许可情况	验收情况	备注
1	工业 CT 装置（ZEISS Metrotom 800 G3 型）	1	225	3	II	CT 测量室	使用	本次环评	未许可	未验收	最大功率 500W

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。受胡连电子（南京）有限公司委托，南京伊环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

本项目位于江苏省南京市江宁区禄口街道来凤路 38 号胡连电子（南京）有限公司厂房 CT 测量室内，胡连电子（南京）有限公司西侧为特斯拉南京禄口交付中心，南侧为莱华服装（南京）有限公司，东侧为来凤路，北侧为南京凯珍针织服饰公司。工业 CT 装置所在 CT 测量室东侧为检测室，南侧为三坐标测量室，西侧隔过道为冲压车间，北侧隔过道为组立车间，顶部为车间屋顶，底部为土层。本项目地理位置见附图 1，周围环境及厂区平面布置见附图 2，车间平面布置见附图 3。

对照《省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》（苏政发〔2018〕74号）和《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》（苏政发〔2020〕1号），本项目评价范围内不涉及江苏省国家级生态保护红线区域、江苏省生态空间管控区域，同时对照《江苏省自然资源厅关于南京市江宁区2023年度生态空间管控区调整方案的复函》（苏自然资函〔2023〕1058号），本项目评价范围内不涉及江宁区国家级生态保护红线区域，本项目位置属于江宁区重点管控单元，本项目与生态空间管控区域相对位置关系图见附图4。

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。

本项目的建设符合江苏省及南京市“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 范围内无居民区、学校等环境敏感目标，50m 范围内涉及本公司①项目所在车间、②厂区道路、③端子楼、④塑件楼以及①莱华服装（南京）有限公司。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及周围公众。

3. 实践正当性

胡连电子（南京）有限公司使用工业 CT 装置对公司生产的汽车零部件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。

4.与产业政策的相符性

本项目使用工业 CT 装置对公司生产的汽车零部件进行无损检测，根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目不属于限制类、淘汰类，本项目的建设符合国家现行产业政策。

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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》（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 (台)	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	工业 CT 装置	II	1	ZEISS Metrotom 800 G3 型	225	3	无损检测	CT 测量室	最大功率 500W

（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 (μ A)	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/	不暂存	通过开启机械排风和门窗进行无组织排放,将臭氧和氮氧化物排出室外,再通过车间通风系统排至车间外,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。
生活垃圾	固态	/	/	30kg	360kg	/	暂存	由公司统一收集后,交给环卫部门清运。
生活污水	液态	/	/	2.4m ³	28.8m ³	/	不暂存	进入公司污水管道,最终进入污水处理站处理。
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

法规文件	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9号，自2015年1月1日起施行； 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24号，自2018年12月29日起施行； 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6号，自2003年10月1日起施行； 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682号，自2017年10月1日起施行； 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18号公布，自2011年5月1日起施行； 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709号，自2019年3月2日起施行； 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20号修正，自2021年1月4日起施行； 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16号，自2021年1月1日起施行； 9) 《射线装置分类》，中华人民共和国原环境保护部和国家卫生和计划生育委员会2017年公告第66号，自2017年12月5日起施行； 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； 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39号，自2019年11月1日起施行； 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9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38号，自2019年11月1日起施行； 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57号，自2020年1月1日起施行； 14) 《关于进一步优化辐射安全考核的公告》，中华人民共和国生态环境部公告2021年第9号，自2021年3月15日起施行； 15) 《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2号，自2018年5月1日起施行； 16) 《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； 17) 《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； 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》，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； 19) 《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； 20) 《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），自2023年10月10日起施行。
技术标准	1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016） 2) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016） 3) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021） 4) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021） 5) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002） 6) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022） 7) 《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及其修改单 8) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019） 9) 《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：450kV以下X射线设备辐射防护的计算公式和图表》（GBZ 41476.3-2022）

其他	附图： 1) 附图 1 本项目地理位置图 2) 附图 2 本项目周围环境及厂区平面布置图 3) 附图 3 本项目所在车间平面布置图 4) 附图 4 本项目与江苏省生态空间管控区域相对位置关系图 5) 附图 5 本项目编制主持人踏勘现场照片 附件： 1) 附件1 委托书 2) 附件2 射线装置承诺书 3) 附件3 厂区项目环评批复及验收意见 4) 附件4 营业执照 5) 附件5 厂房租赁合同 6) 附件6 射线装置说明书 7) 附件7 现状检测报告及检测资质 8) 附件8 江苏省投资备案证
----	---

表 7 保护目标与评价标准

评价范围 本项目为新建工业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。					
保护目标 本项目位于江苏省南京市江宁区禄口街道来凤路38号胡连电子（南京）有限公司厂房CT测量室内，胡连电子（南京）有限公司西侧为特斯拉南京禄口交付中心，南侧为莱华服装（南京）有限公司，东侧为来凤路，北侧为南京凯珍针织服饰公司。工业CT装置所在CT测量室东侧为检测室，南侧为三坐标测量室，西侧隔过道为冲压车间，北侧隔过道为组立车间，顶部为车间屋顶，底部为土层。 对照《省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》（苏政发〔2018〕74号）和《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》（苏政发〔2020〕1号），本项目评价范围内不涉及江苏省国家级生态保护红线区域、江苏省生态空间管控区域，同时对照《江苏省自然资源厅关于南京市江宁区2023年度生态空间管控区调整方案的复函》（苏自然资函〔2023〕1058号），本项目评价范围内不涉及江宁区国家级生态保护红线区域，本项目位置属于江宁区重点管控单元，本项目与生态空间管控区域相对位置关系图见附图4。 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。 本项目的建设符合江苏省及南京市“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。 根据本项目评价范围确定本项目环境保护目标为： 1、操作工业CT装置的辐射工作人员； 2、工业CT装置周围公众。					
表7-1 本项目保护目标情况一览表					
本项目保护目标所在场所	方位	距装置最近距离	人员数量	保护目标性质	剂量约束值(mSv/a)

操作台				CT测量室	0.3m	2人	辐射工作人员	5
拟建址 50m 范围内	胡连电子（南京）有限公司	项目所在车间	三坐标测量室	南侧	约1.2m	约2人	公众	0.1
			检测室	东侧	约0.5m	约2人		0.1
			过道	北侧、西侧	西侧约5m	流动人员		0.1
			冲压车间	西侧	约8m	约5人		0.1
			组立车间	北侧	约7m	约8人		0.1
			车间其余区域	东侧、南侧、西侧、北侧	东侧约4m	约30人		0.1
		厂区道路		北侧、南侧	南侧约13m	流动人员		0.1
		端子楼		北侧	约44m	约20人		0.1
		塑件楼		北侧	约43m	约20人		0.1
	莱华服装（南京）有限公司			南侧	约18m	约40人		0.1

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，参考附录 B 中 B1.1 及 B1.2，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），20 mSv； ②任何一年中的有效剂量，50 mSv； ③眼晶体的年当量剂量，150mSv； ④四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv。
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，1 mSv； ②特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1 mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5 mSv； ③眼晶体的年当量剂量，15mSv； ④皮肤的年当量剂量，50mSv。

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剂量限值和潜在照射危险限值的值。

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

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。

4 使用单位放射防护要求

4.1 开展工业探伤工作的使用单位对放射防护安全应负主体责任。

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。

4.3 应对从事探伤工作的人员按GBZ 128的要求进行个人剂量监测，按GBZ98的要求进行职业健康监护。

4.5 应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。

4.6 应制定辐射事故应急预案。

6 固定式探伤的放射防护要求**6.1 探伤室放射防护要求**

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

6.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合GB 18871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 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。

6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：

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

b) 对没有人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面30cm处的周围剂量当量率参考

控制水平通常可取 $100\mu\text{Sv/h}$ 。

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GB 18871要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。

6.1.9 探伤室内应安装紧急停机按钮或拉绳，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮或拉绳的安装，应使人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮或拉绳应带有标签，标明使用方法。

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

6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。

6.2 探伤室探伤操作的放射防护要求

6.2.1 对正常使用的探伤室应检查探伤室防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。

6.2.2 探伤工作人员在进入探伤室时，除佩戴常规个人剂量计外，还应携带个人剂量报警仪和便携式X- γ 剂量率仪。当剂量率达到设定的报警阈值报警时，探伤工作人员应立即退出探伤室，同时防止其他人进入探伤室，并立即向辐射防护负责人报告。

6.2.3 应定期测量探伤室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。测量值应与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。

6.2.4 交接班或当班使用便携式 X- γ 剂量率仪前，应检查是否能正常工作。如发

现便携式 X- γ 剂量率仪不能正常工作，则不应开始探伤工作。

6.2.5 探伤工作人员应正确使用配备的辐射防护装置，如准直器和附加屏蔽，把潜在的辐射降到最低。

6.2.6 在每一次照射前，操作人员都应该确认探伤室内部没有人员驻留并关闭防护门。只有在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始探伤工作。

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/T 250-2014）

本标准规定了工业X射线探伤室辐射屏蔽要求。

本标准适用于500kV以下工业X射线探伤装置的探伤室。

3.2 需要屏蔽的辐射

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

3.2.2 散射辐射考虑以 0°入射探伤工件的 90°散射辐射。

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

3.3 其他要求

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

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

3.3.3 屏蔽设计中，应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽。

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“测值范围”数值进行评价。表格中数据已扣除宇宙响应值。

- 2) 《辐射防护导论》，方杰主编。

项目管理目标**1) 本项目剂量率控制水平**

本项目辐射剂量率控制水平根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：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。”以及“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 μ Sv/h。”的要求确定本项目工业CT装置表面外30cm处周围剂量当量率参考控制水平如下：

工业CT装置四周表面外30cm处及地面关注点周围剂量当量率参考控制水平应不大于2.5 μ Sv/h；

工业CT装置顶部表面外30cm处周围剂量当量率参考控制水平应不大于2.5 μ Sv/h（工业CT装置上方在自辐射源点到装置顶内表面边缘所张立体角区域内存在已建建筑物）。

2) 本项目辐射工作人员和公众的年剂量约束值

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

职业照射的年剂量约束值不超过**5mSv/a**；

公众照射的年剂量约束值不超过**0.1mSv/a**。

3) 本项目工业CT装置四周屏蔽体和门外关注点的周围剂量当量参考控制水平

本项目辐射剂量率控制水平根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“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；”

确认本项目管理目标为：

职业人员每周的周围剂量当量参考控制水平，其值应不大于100 μ Sv/周；

公众每周的周围剂量当量参考控制水平，其值应不大于5 μ Sv/周。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

1. 项目地理和场所位置

本项目位于江苏省南京市江宁区禄口街道来凤路 38 号胡连电子（南京）有限公司厂房 CT 测量室内，胡连电子（南京）有限公司西侧为特斯拉南京禄口交付中心，南侧为莱华服装（南京）有限公司，东侧为来凤路，北侧为南京凯珍针织服饰公司。工业 CT 装置所在 CT 测量室东侧为检测室，南侧为三坐标测量室，西侧隔过道为冲压车间，北侧隔过道为组立车间，顶部为车间屋顶，底部为土层。

本项目工业 CT 装置周围 50m 范围内无居民区、学校等环境敏感目标，50m 范围内涉及本公司①项目所在车间、②厂区道路、③端子楼、④塑件楼以及①莱华服装（南京）有限公司。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及周围公众。

本项目工业CT装置拟建址周围环境照片见图8-1。



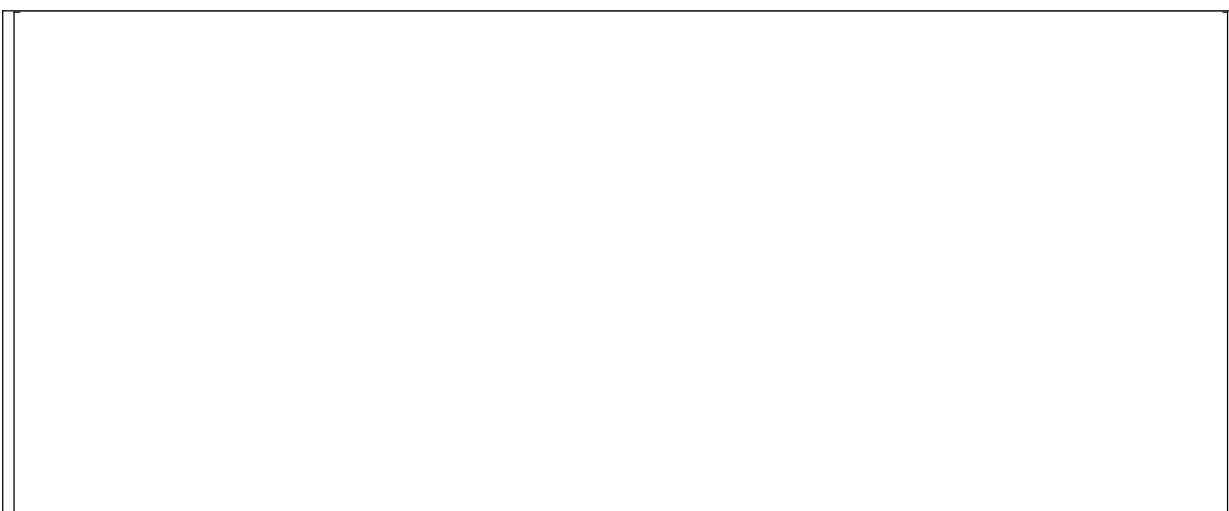


图 8-1 本项目工业 CT 装置拟建址周围环境现状

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 装置拟建址及周围，共计 11 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》（HJ 61-2021）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：检测单位已通过 CMA 计量认证，具备相应的检测资质和检测能力；检测单位制定有质量管理体系文件，实施全过程质量控制；检测单位所用监测仪器均经过计量部门检定并在检定有效期内，使用前后进行校准或检查，定期参加权威部门组织的仪器比对活动；实施全过程质量控制，全程实验数据及监测记录等均进行存档；检测人员持证上岗规范操作；检测报告实行三级审核。

4. 监测结果与环境现状调查结果评价

监测单位：江苏睿源环境科技有限公司

仪器设备：X- γ 辐射监测仪

型号/规格：BG9512P

设备编号：RY-J018

校准有效日期：2025.2.24-2026.2.23

校准单位：上海市计量测试技术研究院华东国家计量测试中心

校准证书编号：2025H21-10-5756103001

测量范围：主机：0.01μSv/h~30mSv/h；外置探头：10nGy/h~200μGy/h

能量响应范围：主机：48keV~1.5MeV；外置探头：25keV~3MeV

监测日期：2025.3.11

天气：晴；温度：16℃；相对湿度：53%

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 (nGy/h)	备注
1	工业CT装置拟建址东侧	48	室内（平房）
2	工业 CT 装置拟建址南侧	45	室内（平房）
3	工业 CT 装置拟建址西侧	54	室内（平房）
4	工业 CT 装置拟建址北侧	48	室内（平房）
5	工业 CT 装置拟建址中部	50	室内（平房）
6	工业CT装置所在车间西部	44	室内（平房）
7	工业CT装置所在车间东部	51	室内（平房）
8	工业CT装置所在车间北侧厂区道路	41	道路
9	端子楼1F南部	78	室内（楼房）
10	塑件楼 1F 南部	83	室内（楼房）
11	莱华服装（南京）有限公司北侧道路	43	道路

注：已扣除宇宙响应值（仪器的宇宙响应值为 11nGy/h）。建筑物对宇宙射线带电粒子和光子的屏蔽因子，楼房取值为 0.8，平房取值为 0.9，原野、道路取值为 1。

根据表 8-1 的监测结果可知，胡连电子（南京）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（41~83）nGy/h 范围内，其中室内环境辐射剂量率在（44~83）nGy/h 范围内，略低于江苏省室内天然γ辐射剂量率测值范围内；道路环境辐射剂量率在（41~43）nGy/h 范围内，处于江苏省道路环境天然γ辐射剂量率测值范围内。



图 8-2 检测点位示意图

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析**1. 工程设备情况**

本项目为新建 1 台工业 CT 装置，型号为 ZEISS Metrotom 800 G3 型。该装置由检测室（包括控制模块、扫描室和电气控制柜）和数据处理工作站组成。控制模块（即操作台）位于检测室前侧，与检测室设计成一体结构，功能与常规操作台相同（控制模块细节图见图 9-1），控制模块设计有“钥匙开关”、显示器、出束指示、紧急停机按钮和辐射警告标志，通过显示器能够知晓管电压、管电流、照射时间及设定值等。数据处理工作站为计算机处理系统，位于检测室外且与检测室分开设置。

本项目工业 CT 装置工作时，辐射工作人员将工件摆放于工件平台上，人员无需进入检测室内，工件摆放完成后，按下装置前侧控制面板上关门按钮，回到数据处理工作站；通过数据处理工作站的电脑上的控制系统来进行检测工作，辐射工作人员在数据处理工作站的检测系统上进行检测参数设置、检测曝光、分析检测结果；曝光检测结束后，辐射工作人员按下前侧控制面板上开门按钮，打开工件门，取出已检测工件。

该装置外尺寸约为 3200mm（长）×1820mm（宽）×2050mm（高），该装置工件门兼为检修门，工件门朝北侧摆放。检测室采用钢-铅-钢的防护设计对 X 射线进行屏蔽，定义工件门所在面为装置前侧。检测室前侧屏蔽体内含 5mm 铅板+3mm 钢板，后侧屏蔽体内含 5mm 铅板+3mm 钢板，左侧屏蔽体内含 5mm 铅板+3mm 钢板，右侧屏蔽体内含 12mm 铅板+3mm 钢板，顶部屏蔽体内含 5mm 铅板+3mm 钢板，底部屏蔽体内含 5mm 铅板+6mm 钢板，工件门内含 5mm 铅板+6mm 钢板。X 射线管外设计有铅套管，除主射线方向外，其余各面均采用铅钢防护结构，厚度为 5mm 铅板+2mm 钢板。该装置最大管电压为 225kV，最大管电流为 3mA，最大功率 500W。射线管固定不动，仅工件转台可移动，有用线束方向固定朝西照射。本项目工业 CT 装置摆放位置确定，主射线朝西照射。

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。

本项目工业 CT 装置样式图（资料图）见图 9-1，工业 CT 装置正视图和俯视图（资料图）见图 9-2，本项目工业 CT 装置内部结构正视图及俯视图（资料图）见图 9-3。

图 9-1 本项目工业 CT 装置样式图（资料图）

图 9-3 本项目工业 CT 机检测装置内部结构正视图及俯视图（资料图）

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 $0.001 \sim 10\text{nm}$ 。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 9-4。

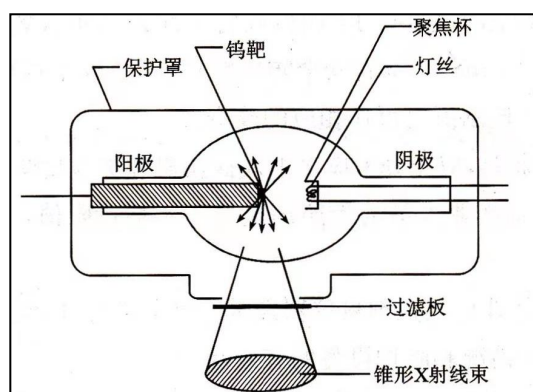


图 9-4 典型的 X 射线管结构图

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，具有射线探伤效率高、检验成本低、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。

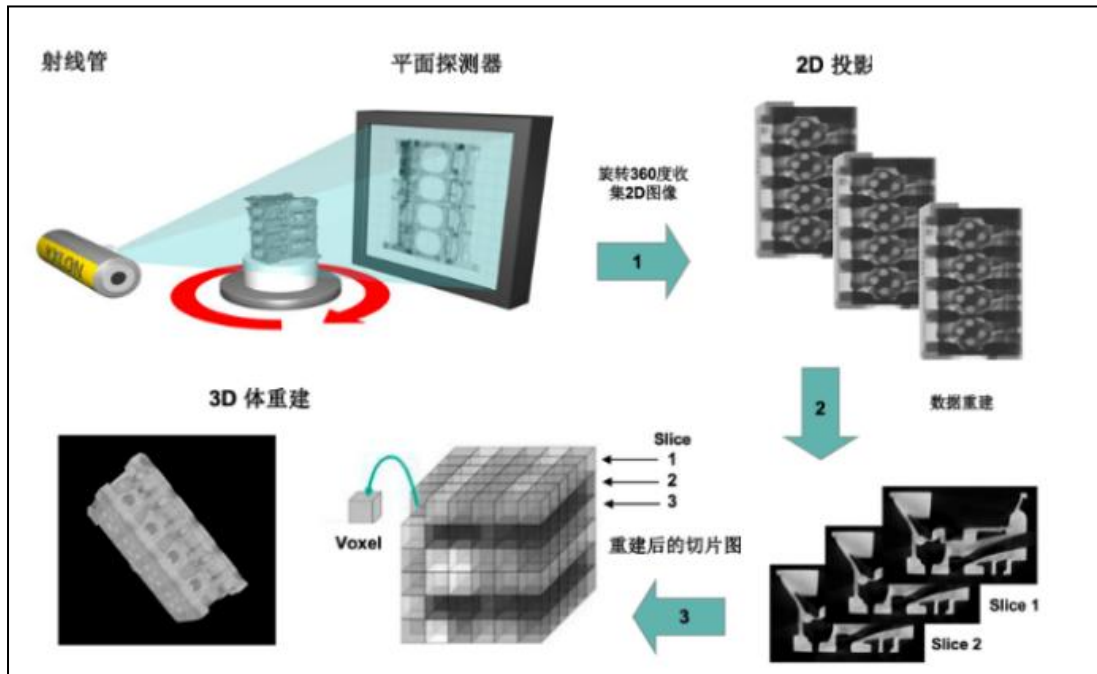


图9-5 工业CT原理图

本项目工业 CT 的技术原理

本项目工业 CT 是在射线检测的基础上发展起来的，其基本原理是当经过准直且能量 I_0 的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 I 也不同。按照一定的图像重建算法，即可获得被检工件截面一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，当测得足够多的二维断层图像就可重建出三维图像。

本项目工业 CT 成像过程

- ①射线源产生 X 射线穿透被检样品，样品对射线吸收或散射而发生衰减，其衰减量由透照样品厚度及组分决定；
- ②射线衰减后入射到探测器形成二维灰度投影图像；
- ③探测器采集到不同角度的二维投影图像；
- ④对投影图像重建后获得样品，工业 CT 断层图像多幅连续断层图像三维重构后获得样品三维体素模型；

⑤三维体数据经过阈值分割、边缘检测完成后续工业 CT 数据的分析与可视化过程。

综上所述，本项目工业 CT 扫描及数据处理过程包括：投影采集-数据重建-边缘检测-数据分析。

图9-6 蔡司工业CT内部构造示意图

本项目 ZEISS Metrotom 800 G3 型工业 CT 装置转台的移动行程为 X 方向（左右方向）700mm，Y 方向（前后方向）270mm，Z 方向（上下方向）270mm。

本项目工业 CT 技术优势

①本项目工业 CT 技术密度分辨率高、精度高、成本低、耗时少、无污染、无破坏，直观性好，可以检测任意形状的封闭内腔；

②CT 技术测量信号动态范围较高：基本上没有图像重叠、模糊等问题出现，同时基本不受周围细节的影响，密度、空间分辨率都有了相应的提高；

③由于工业 CT 技术是数字化的检测，利用数学模型及图像重建分析，可直接从断层图像中获取目标的物理信息，同时数字化的测量结果更有利于信息的传输、处理等。

本项目工业CT装置射线管及平板探测器固定不动，不可前后、左右、上下移动及旋转；载物台设置定位系统，可上下、左右、前后移动，同时可进行旋转。

图 9-7 本项目工业 CT 载物台定位系统图

3. 工艺流程及产污环节分析

本项目工业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，辐射工作人员在数据处理工作站处进行操作，对工件需检测部位进行无损检测，其工作流程如下：

- （1）辐射工作人员工作前检查装置辐射防护措施的有效性；
- （2）确保各辐射安全装置可以有效工作后，辐射工作人员将工件运送至CT测量室；
- （3）辐射工作人员启动检测系统，控制工业CT装置，打开工件门；
- （4）辐射工作人员将工件送入检测室内载物台上，此过程中工作人员不需进入检测室内；
- （5）辐射工作人员确认周围环境及辐射工作人员安全后关闭工件门；
- （6）辐射工作人员在数据处理工作站处控制检测系统，将载物台调整到合适位置；
- （7）加高压、打开X射线出束开关，开始检测；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。检测期间X射线管发出X射线，X射线电离铅房中的空气产生少量臭氧（O₃）和氮氧化物(NO_x)；
- （8）曝光结束，关闭X射线；

（9）辐射工作人员开启工件门，移出工件，关闭工件门，此过程中工作人员不需进入检测室内；

（10）检测结束后，辐射工作人员通过数据处理工作站处的显像器调取储存的图像进行缺陷分析，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；

（11）装置关机。

本项目工作流程如下图所示：

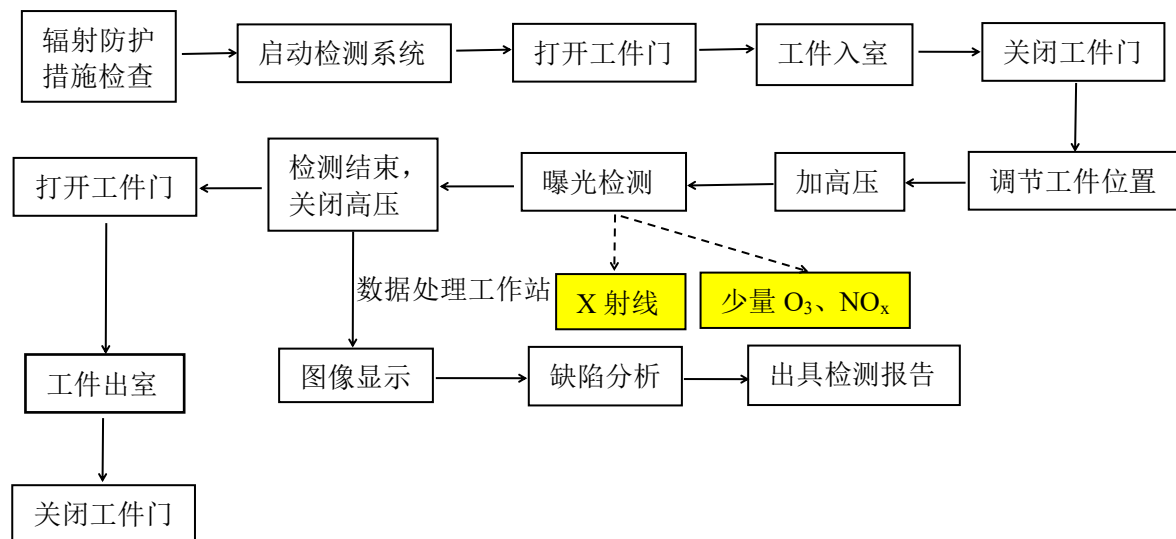


图 9-8 本项目工业 CT 装置工作流程及产污环节

本项目营运中产生的主要污染物如下：

- （1）工业 CT 装置出束过程中产生的 X 射线；
- （2）X 射线电离空气产生的臭氧及氮氧化物；
- （3）探伤工作人员会产生少量生活污水及生活垃圾。

此外，关于训机情况，若装置长时间不用或初次使用需要先进行训机，训机过程也产生X射线。此时间包含在装置年最大曝光时间600h内。

4.工件信息及工作方式

本项目工业 CT 装置主要检测的工件为汽车零部件，包括 PCB 板、模具工件等，最大直径约为 700mm，最大高度约 600mm。

图 9-9 本项目检测工件示意图

5.人员配置及工作制度

胡连电子（南京）有限公司拟为本项目配备 2 名辐射工作人员，年工作 300 天。
本项目工业 CT 装置预计日曝光时间 2h，周工作 6 天，年工作 50 周，年曝光时间最大约为 600h。本项目辐射工作人员不从事其他辐射工作岗位，不存在兼岗情况。

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检测室顶部，且本项目工业 CT 装置辐射源点固定向右侧，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。

本项目工业 CT 装置型号为 ZEISS Metrotom 800 G3，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 225kV 时，电流最大为 2222 μ A）。根据本项目厂家（卡尔蔡司（上海）管理有限公司）提供的装置说明书（附件 6），本项目工业 CT 装置滤过条件为 2mm Sn，距辐射源点 1m 处输出量实测值为 3.67mSv·m²/mA·min（见附件 6 第 8 页），得出距辐射源点（靶点）1m 处输出量为 2.202E+05 μ Sv·m²/(mA·h)；本项目工业 CT 装置射线管加装铅防护壳，在射线管防护外壳安装的条件下，距离射线管 35cm 四周泄漏射线值 $\leq$ 19 μ Sv/h，推算出 1m 处的泄漏射线值为 2.33 μ Sv/h。根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 2 中取得散射辐射能量。汇总见表 9-1。

表9-1 本项目工业CT装置输出量参数一览表

序号	射线装置	型号	最大管电压 (kV)	最大管电压下管电流 (mA)	最大功率 (W)	有用线束辐射输出量 $\text{mSv}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$	距辐射源点 1m 处输出量 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$	泄漏辐射输出量 ($\mu\text{Sv/h}$)	散射辐射能量 (kV)
1	工业CT装置	ZEISS Metrotom 800 G3 型	225	2.222	500	3.67	2.202E+05	2.33	200

2. 非辐射污染源分析

2.1 固体废物

本项目运行后不会产生放射性固体废物。

本项目运行后辐射工作人员会产生一定量的生活垃圾，预计月排放量为 30kg，年排放量为 360kg。

2.2 废水

本项目运行后不会产生放射性废水。

本项目运行后辐射工作人员会产生一定量的生活污水，预计月排放量为 2.4m^3 ，年排放量为 28.8m^3 。

2.3 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。

表 10 辐射安全与防护

项目安全措施 1. 工作场所布局及分区 本项目工业 CT 装置由检测室（包括控制模块、扫描室和电气控制柜）和数据处理工作站组成。控制模块（即操作台）位于检测室前侧，与检测室设计成一体结构，功能与常规操作台相同（控制模块细节图见上图 9-1），数据处理工作站为计算机处理系统，位于检测室外且与检测室分开设置。装置开机时辐射工作人员在控制模块（操作台）及数据处理工作站处操作，装置关机后工作人员在数据处理工作站处对图像进行分析，判断工件质量、缺陷等。 本项目工业 CT 装置主射线朝检测室右侧照射，有用线束照射范围与操作台相关位置关系见图 10-1，操作台未进入有用线束照射范围内；工业 CT 装置有用线束方向已避开控制模块（即操作台），本项目布局满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）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。 本项目工业 CT 装置检测室和数据处理工作站位于 CT 测量室内，CT 测量室内工业 CT 装置工件门朝向北侧摆放。CT 测量室除本项目辐射工作人员外，其他人员不能擅自靠近或进入测量室。本项目工业 CT 装置工作场所布局设计基本合理。 本项目拟将 ZEISS Metrotom 800 G3 型工业 CT 装置实体边界作为本项目的控制区边界（包括扫描室和电气控制柜），以 CT 测量室边界作为本项目监督区边界，仅辐射工作人员能够进入。在工业 CT 装置门上拟设置电离辐射警告标志及中文警示说明，并在 CT 测量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。本项目工业 CT 装置监督区及控制区示意图见图 10-2，两区划分情况表见表 10-1。 图 10-1 有用线束照射范围与操作台相关位置关系图
--

图 10-2 本项目工业 CT 装置监督区及控制区示意图

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 装置实体边界 (包括扫描室和电气控制柜)	CT 测量室边界
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为监督区：这种区域未被定为控制区，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”。6.4.2.2 a)“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）6.4.1.4 c)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》（GB 18871-2002）6.4.2.2 b)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 装置表面外拟粘贴电离辐射警告标志及中文警示说明。	CT 测量室门外拟粘贴监督区标牌。

2. 工作场所辐射屏蔽设计

本项目工业 CT 装置外尺寸约为 3200mm（长）×1820mm（宽）×2050mm（高），检测室采用钢-铅-钢的防护设计对 X 射线进行屏蔽，定义工件门所在面为装置前侧。检测室前侧屏蔽体内含 5mm 铅板+3mm 钢板，后侧屏蔽体内含 5mm 铅板+3mm 钢板，左侧屏蔽体内含 5mm 铅板+3mm 钢板，右侧屏蔽体内含 12mm 铅板+3mm 钢板，顶部屏蔽体内含 5mm 铅板+3mm 钢板，底部屏蔽体内含 5mm 铅板+6mm 钢板，工件门内含 5mm 铅板+6mm 钢板。X 射线管外设计有铅套管，除主射线方向外，其余各面

均采用铅钢防护结构，厚度为 5mm 铅板+2mm 钢板。

本项目 X 射线检测室电缆穿孔位于检测室的左后方，与射线出束方向相反，其防护补偿结构为在开孔位置覆盖一“几”字形防护板，结构为 5mm 铅+3mm 钢板。本项目工业 CT 装置通风口位于检测室顶部及底部，均有 5mm 铅板+3mm 钢板防护。以上措施可有效防止射线泄漏。本项目装置屏蔽参数见表 10-2，本项目工业 CT 装置平面及剖面布置示意图见图 10-3。

表 10-2 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	折合铅当量*mm
ZEISS Metrotom 800 G3 型 工业 CT 装置	检测室前侧屏蔽体	5mm 铅板+3mm 钢板	5.2
	工件门	5mm 铅板+6mm 钢板	5.4
	检测室后侧屏蔽体	5mm 铅板+3mm 钢板	5.2
	检测室左侧屏蔽体	5mm 铅板+3mm 钢板	5.2
	检测室右侧屏蔽体	12mm 铅板+3mm 钢板	12.2
	检测室底部屏蔽体	5mm 铅板+6mm 钢板	5.4
	检测室顶部屏蔽体	5mm 铅板+3mm 钢板	5.2
	通风口	5mm 铅板+3mm 钢板	5.2
	电缆口	5mm 铅板+3mm 钢板	5.2
	X 射线管外铅套管	含 5mm 铅板+2mm 钢板	5.14

*注：根据《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：450kV 以下 X 射线设备辐射防护的计算公式和图表》（GB/Z 41476.3-2022）表 4，厚度 2mm、3mm、6mm 钢的等效铅厚度分别为 0.14mm、0.2mm、0.4mm。

图 10-3 本项目工业 CT 装置平面及剖面布置示意图

4. 工作场所辐射安全和防护措施

建设单位参考《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）将设置如下辐射安全措施：

表10-3 本项目拟设置的辐射安全措施一览表

序号	措施	标准原文	措施及位置	是否满足要求
1	曝光室与操作室分开	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。	本项目工业 CT 装置由检测室（包括控制模块、扫描室和电气控制柜）和数据处理工作站组成。控制模块（即操作台）位于检测室前侧，与检测室设计成一体结构，数据处理工作站为计算机处理系统，位于检测室外且与检测室分开设置。本项目工业 CT 装置主射线朝检测室右侧照射，工业 CT 装置主射线方向已避开控制模块（即操作台）。	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 GB 18871 的要求。	本项目拟将工业 CT 装置实体边界作为本项目的控制区边界（包括扫描室和电气控制柜），以 CT 测量室边界作为本项目监督区边界，该分区符合 GB 18871 的要求。	是

3	辐射屏蔽防护	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 100μSv/周，对公众场所，其值应不大于 5μSv/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 2.5μSv/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 100μSv/h。	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。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 及底部关注点处处辐射剂量率均小于 2.5μSv/h； 由预测结果可知，本项目工业 CT 装置满功率运行时，职业人员周有效剂量不超过 100μSv，公众周有效剂量不超过 5μSv。具体结论见表 11。	是
4	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 装置工件门设计有门机联锁装置，只有在防护门完全关闭时工业 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
5	指示灯和声音提示装置	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 装置检测室工件门外右侧设有工作状态指示灯（灯亮表示曝光检测，灯灭表示未进行曝光检测），且与 X 射线管联锁；本项目工业 CT 装置检测室内安装声光报警装置，工作状态时，声光报警装置开启。	是
6	视频监控	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	本项目工业 CT 装置检测室内设有视频监控，通过电脑控制系统能清楚看见检测室内情况，避免误照射情况发生。	是

		况。		
7	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 装置表面外拟设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及中文警示说明。	是
8	急停按钮	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 装置前侧控制模块设计有紧急停机按钮 1 个（见图 10-4），确保出现紧急事故时，能立即停止照射。同时检测室左侧及后侧屏蔽体内部各设置 1 个紧急停机按钮，共计 2 个（见图 10-4），确保人员误入的情况下，能够通过按下此按钮停止出束，避免发生误照射事件。	是
9	通风	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 装置检测室内采取底部自然进风，顶部风扇式机械排风，在进风和出风口均有 5mm 铅板+3mm 钢板防护。本项目 CT 装置检测室中扫描室内部体积约为 6.72m ³ ，系统配置两个风扇进行排风，通风量为 1800m ³ /h，能够满足每小时有效换气次数 3 次的通风需求。	是
10	固定式剂量率仪	6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。	本项目辐射工作人员无需进入装置内部，故无需安装固定式场所辐射探测报警装置。	是
11	其他	/	①钥匙开关：操作台上设有钥匙开关，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； ②门缝搭接：本项目工件门与装置外壳搭接处重叠宽度为 10mm，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； ③电缆孔防护：本项目工业 CT 装置线缆管道采用 U 型管设计，其防护补偿结构为在开孔位置覆盖一“几”字形防护铅板结构，厚度为 5mm 铅板+3mm 钢板防护，位于检测室左后方，避免 X 射线直接照射线缆管道口，利用散射降低线缆管道口的辐射水平。	是
12	监测设备	4.3 应对从事探伤工作的人员按 GBZ 128 的要求进行个人剂量监测，按 GBZ98 的要求进行职业健康监护。 4.5 应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。	公司拟为本项目配备 1 台 X-γ 辐射剂量巡测仪及 2 台 X-γ 个人剂量报警仪，用于对工业 CT 装置周围环境辐射水平监测，并做好监测记录；并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。	是
本项目工业 CT 装置污染防治措施分布图（资料图）如下：				

图 10-4 本项目工业 CT 装置污染防治措施分布图（资料图）

图 10-6 本项目工业 CT 装置电缆孔污染防治措施分布图（资料图）

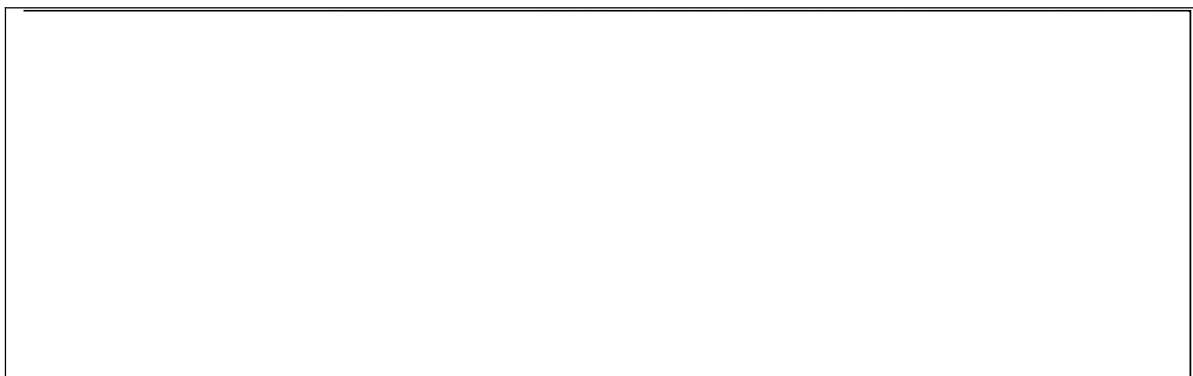


图 10-7 本项目工业 CT 装置通风孔污染防治措施分布图（资料图）

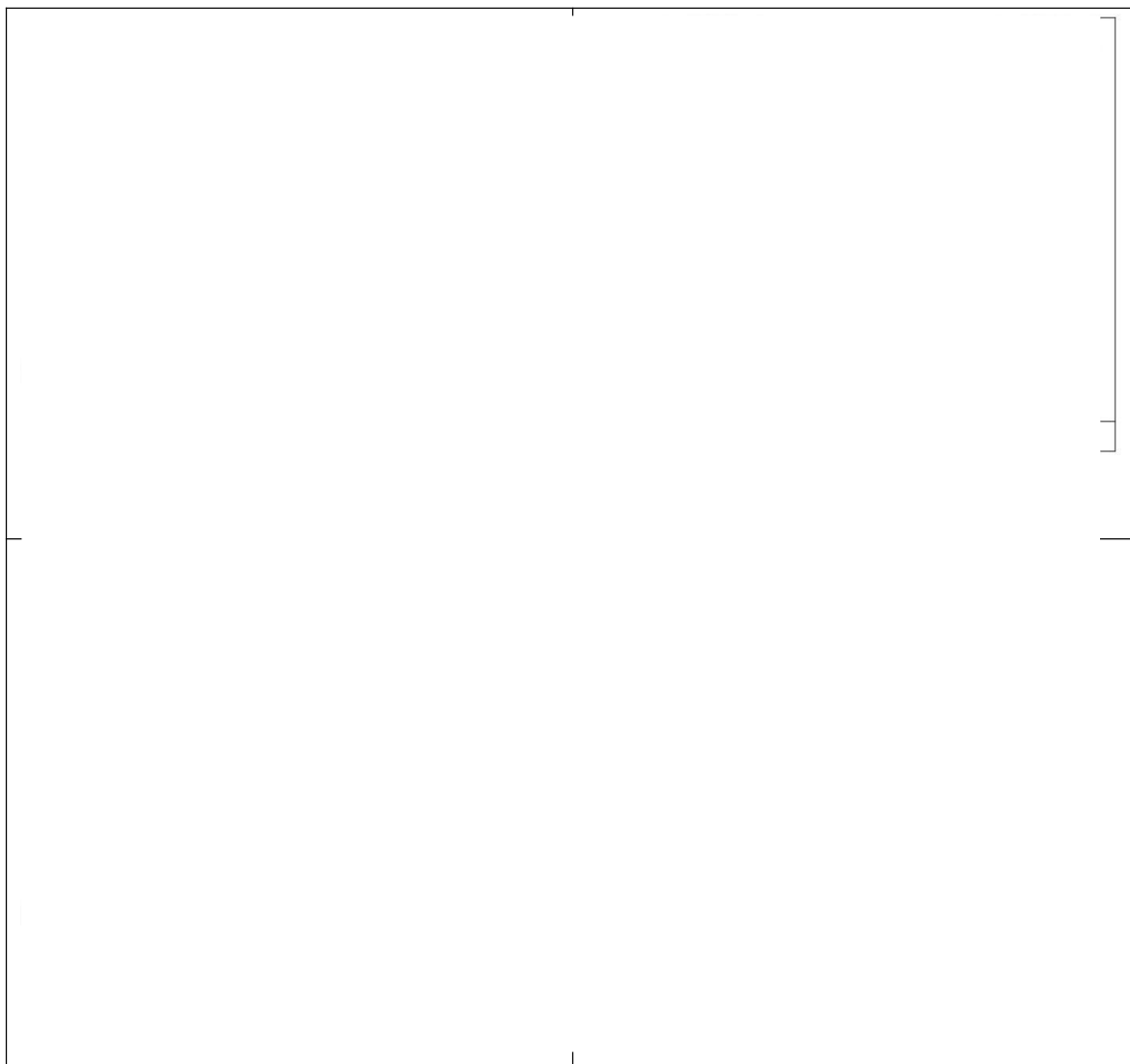


图 10-8 本项目工业 CT 装置电缆孔及通风孔结构图

4、工作场所探伤操作的放射防护要求

①每次使用工业 CT 装置检测前应检查门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。

②定期测量工业 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。测量值应与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，应终止无损检测工作并向辐射防护负责人报告。

③当班使用便携式 X- γ 剂量率仪前，应检查是否能正常工作。如发现便携式 X- γ 剂量率仪不能正常工作，则不应开始无损检测工作。

④在每一次照射前，操作人员都应该确认工业 CT 装置内部没有人员驻留并关闭工件门。只有在工件门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始无损检测工作。

5、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。

本项目运行后辐射工作人员会产生一定量的生活垃圾，预计月排放量为 30kg，年排放量为 360kg。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废水。

本项目运行后辐射工作人员会产生一定量的生活污水，预计月排放量为 2.4m³，年排放量为 28.8m³；本项目产生的生活污水进入公司污水管道，最终进入污水处理站处理。

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，人员不进入检测室内。本项目工业 CT 装置检测室内采取底部自然进风，顶部风扇式机械排风，在进风和出风口均有 5mm 铅板+3mm 钢板防护。本项目 CT 装置检测室中扫描室内部净尺寸为 2166mm（长）×1661mm（宽）×1868mm（高），体积约为 6.72m³，系统配置两个风扇进行排风，通风量为 1800m³/h，能够满足每小时有效换气次数 3 次的通风需求。同时工业 CT 装置所在测量室设置门窗，自然通风效果较好，通过开启机械排风和门窗进行无组织排放，将臭氧和氮氧化物排出室外，再通过生产车间通风系统排至生产车间外，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

建设阶段对环境的影响

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。

①噪声

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涉及公司厂区及其他公司，设备安装组装噪声远远小于厂区内生产经营活动产生的生产噪声，因此施工噪声对周围环境影响较小。

②固体废物

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。

③废水

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。

运行阶段对环境的影响

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，根据公司所提供的数据本项目运行后装置年曝光时间最大约为 600h。

本项目型号为 ZEISS Metrotom 800 G3 型工业 CT 装置，最大管电压为 225kV，最大管电流为 3mA，最大功率 500W；当最大功率开机电压 225kV 时，电流最大为 2222 μ A；本项目工业 CT 装置工作时主射线固定朝右照射（根据装置摆放情况实际为朝东照射），出束角度为 30°，焦点距装置右侧屏蔽体为 1.359m，在装置右侧屏蔽体上投影为一个直径 0.73m 的圆，装置右侧屏蔽体尺寸为 1820mm（宽） $\times$ 2050mm（高），能够完全阻挡主射线。因此本项目工业 CT 装置右侧屏蔽体按主射线照射考虑，其余侧屏蔽体均按非主射线照射考虑。

本报告以工业 CT 装置最大功率 500W 运行时(当最大功率开机电压 225kV 时，电流最大为 2.222mA)对设备四周、顶部、底部和工件门辐射环境影响进行预测；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：

1. 有用线束屏蔽估算

装置主射线照射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）中有用线束屏蔽估算的计算公式：

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

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， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，根据厂家提供的装置说明书（附件 6），本项目装置滤过条件为 2mm Sn，距辐射源点 1m 处输出量为 $3.67\text{mSv}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$ ；

B ：屏蔽透射因子，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014），在给定屏蔽物质厚度 X 时，由附录 B.1 曲线查出相应的屏蔽透射因子 B；因图 B.1 无法直接取得 B 值，保守参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中附录表 B.2（根据 200kV 与 250kV 管电压什值层厚度内插法求得 225kV 管电压什值层厚度为 2.15mm），再根据公式 $B=10^{-X/\text{TVL}}$ 计算取得 225kV 下 12.2mm 铅板对应透射因子 $2.1\text{E}-06$ ；

R ：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m。

2. 非有用线束屏蔽估算

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

① 泄漏辐射

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

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

$\dot{H}_L$ ：距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ，取值根据本项目提供的装置说明材料（见附件 6），工业 CT 装置射线管加装铅防护壳，在射线管防护外壳安装的条件下，距离射线管 35cm 四周泄漏射线值 $\leq 19\mu\text{Sv/h}$ ，推算出本项目工业 CT 装置距靶点 1m

处的泄漏辐射剂量率最大为 2.33 μ Sv/h;

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) 中附录表 B.2 (根据 200kV 与 250kV 管电压半值层厚度内插法求得 225kV 管电压半值层厚度为 2.15mm), 再根据公式 $B=10^{-X/TVL}$ 计算取得 225kV 下 5.2mm 铅板对应透射因子 3.8E-03、5.4mm 铅板对应透射因子 3.1E-03;

R : 辐射源点 (靶点) 至关注点的距离, m。

② 散射辐射

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

式中: $\dot{H}$: 关注点处剂量率, μ 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, μ Sv $\cdot$ m²/(mA $\cdot$ h), 距辐射源点 (靶点) 1m 处输出量, μ Sv $\cdot$ m²/(mA $\cdot$ h), 根据厂家提供的装置说明书 (附件 6), 本项目装置滤过条件为 2mm Sn, 距辐射源点 1m 处输出量为 3.67mSv $\cdot$ m²/mA $\cdot$ min;

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) 中附录表 B.2 (200kV 管电压半值层厚度为 1.4mm), 再根据公式 $B=10^{-X/TVL}$ 计算取得 200kV 下 5.2mm 铅板对应透射因子 1.9E-04; 5.4mm 铅板对应透射因子 1.4E-04;

F : R_0 处的辐射野面积, m²;

α : 散射因子, 入射辐射被单位面积 (1m²) 散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比。与散射物质有关, 在未获得相应物质的 α 值时, 可以用水的 α 值保守估计, 取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中的附录 B 表 B.3;

R_s : 散射体至关注点的距离, m;

R_0 : 辐射源点 (靶点) 至探伤工件的距离, m。

3. 参考点的周/年剂量水平估算

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

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， $\mu\text{Sv}/\text{年}$ ；

$\dot{H}_{c,d}$ ：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。

4. 参考点处剂量率理论计算结果

关注点位示意图见图 11-1，图中距离均为到装置表面距离（附件 6 距离均为到装置内部铅房屏蔽体距离，考虑叠加铅房壳体厚度）。

图 11-1 关注点位示意图（单位 mm）

表 11-1 ZEISS Metrotom 800 G3 型工业 CT 装置有用线束方向屏蔽效果预测表

关注点	设计厚度 (mm)	(	评价
右侧 ①	12mm 铅板 +3mm 钢板		满足

注：取装置表面外 30cm 为关注点。 $H_0=3.67\text{mSv}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}\times 60\text{min}/\text{h}\times 1000=2.202\text{E}+05\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ 。

表 11-2 ZEISS Metrotom 800 G3 型工业 CT 装置非有用线束方向屏蔽效果预测表

参数		关注点位				
X 设计厚度 (mm)						
折合铅板厚度 (mm)						
泄漏辐射	B					
	$\dot{H}_L (\mu\text{Sv}/\text{h})$					
	R (m)					
	$\dot{H} (\mu\text{Sv}/\text{h})$					
散射辐射	散射线能量(kV)					
	B					
	I (mA)					
	H_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$)					
	$\frac{F\cdot\alpha}{R_0^2}$					
	R_s (m)					
	$\dot{H} (\mu\text{Sv}/\text{h})$					
泄漏辐射和散射辐射的复合作用($\mu\text{Sv}/\text{h}$)						
剂量率参考控制水平($\mu\text{Sv}/\text{h}$)		2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
结论		满足	满足	满足	满足	满足

注：①取装置表面外 30cm 为关注点。装置接地，底部以装置表面距离为预测计算点。

②本项目射线管固定，且固定朝右侧出束照射，转台移动会影响装置左侧散射距离 R_s 改变，不影响装置前侧、后侧、顶部及底部散射距离 R_s ，本项目 R_s 距离保守与 R 距离取值一致。

根据表 11-1、表 11-2 中预测结果，ZEISS Metrotom 800 G3 型工业 CT 装置表面外 30cm 处辐射剂量率最大为 $1.73\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，因此本项目工业 CT 装置满功率运行时，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》（GBZ117-2022）中辐射屏蔽剂量率参考控制水平的要求。

5.反散射辐射影响分析

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中“3.1.2 b) 1)穿过探伤室顶的辐射与室顶上方空气作用产生的散射辐射对探伤室外地面附近公众的照射。该项辐射和穿出探伤室墙的辐射在相应关注点的剂量率总和，应按 3.1.1c)的剂量率参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv/h}$) 加以控制。”

根据表 11-2，本项目工业 CT 装置顶部外 30cm 处辐射剂量率为 $1.73\mu\text{Sv/h}$ ，经天空反散射到达地面辐射剂量率远小于 $1.73\mu\text{Sv/h}$ ，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中辐射屏蔽剂量率参考控制水平要求。

由于装置底部直接接地，本项目不考虑地面反散射对职业及公众有效剂量的影响。

6. 电缆口、通风口和门缝辐射影响分析

本项目工业 CT 装置线缆管道采用 U 型管设计，其防护补偿结构为在开孔位置覆盖一“几”字形防护铅板结构，厚度为 5mm 铅板+3mm 钢板防护，位于检测室左后方，避免 X 射线直接照射线缆管道口，利用散射降低线缆管道口的辐射水平，从而防止射线泄露。

本项目工业 CT 装置内采取底部位置自然进风，顶部风扇式机械排风，在进风和出风口均有铅板防护，防护厚度均为 5mm 铅板+3mm 钢板，进风口位于底部中间位置，气流经导向后才进入室内，出风口位于顶部后侧两端，避免 X 射线直接照射进出风口，利用散射降低进出风口的辐射水平，最大程度上避免射线泄露。

同时本项目 X 射线进入电缆管道、通风管道需至少经过三次散射才能到达管道口。根据《辐射防护导论》P193“一般经三次以上散射后 γ 射线的剂量当量率已降得很低了，实例也证明了这一点。”，因此，本项目电缆管道、通风管道设计能够满足辐射防护要求。

图 11-2 本项目工业 CT 装置电缆孔散射示意图



图 11-3 本项目工业 CT 装置通风孔散射示意图

本项目工业 CT 装置工件门内含 5mm 铅板+6mm 钢板，门体与墙体重叠部分均不小于门与墙体缝隙宽度的 10 倍，缝隙处的辐射剂量率能够满足标准要求。

7. 保护目标剂量评价

表 11-3 本项目辐射工作人员有效剂量估算结果

保护目 标名称	位置	结论
辐射工 作人员	前侧	满 足

注：①工业 CT 装置曝光检测时，辐射工作人员基本位于数据处理工作站，距离装置一定距离，但辐射工作人员仍位于监督区内，因此保守以装置表面外最大剂量率来预测计算辐射工作人员最大有效剂量，居留因子取 1；
②本项目工业 CT 装置周曝光时间约为 12h/周；一年按照 50 周计算，年曝光时间约为 600h。

表 11-4 本项目装置周围 50m 范围内保护目标有效剂量一览表

序号	保护目标名称	目标方位及与装置最近距离	距源点距离(m)	居留因子	关注点处辐射剂量率 $\mu\text{Sv/h}$	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/年	结论
1	三坐标测量室									满足
2	检测室									满足
3	过道									满足
4	冲压车间									满足
5	组立车间									满足
6	车间其余区域									满足
7	厂区道路									满足
8	端子楼									满足
9	塑件楼									满足
10	莱华服装（南京）有限公司								0.1 公众	满足

注：①使用因子取 1；

②工业 CT 装置预计日曝光时间 2h，周工作 6 天，年工作 50 周，年曝光时间最大约为 600h；

③CT 测量室东侧、南侧墙体为 24cm 实心砖墙，根据《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：450kV 以下 X 射线设备辐射防护的计算公式和图表》（GB/Z 41476.3-2022）表 4，24cm 实心砖墙相当于 2.3mm 铅，考虑实心砖墙屏蔽，其余墙体均为板材，忽略墙体屏蔽效果；

④本项目保护目标处西侧关注点（过道、冲压车间），辐射剂量率以有用线束照射进行考虑，参考表 11-1，预测计算公式 $H=H_0 \times I \times B/R^2$ ；其余关注点按非有用线束照射进行考虑，参考表 11-2 及公式（2）、公式（3）。R 值为保护目标距源点最近距离。

从表 11-3 及表 11-4 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 $20.76\mu\text{Sv}$ ，年有效剂量最大为 1.038mSv ；周围公众所受周有效剂量最大为 $3.74\text{E-}01\mu\text{Sv}$ ，年有效剂量最大为 $1.87\text{E-}02\text{mSv}$ 。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）及本项目管理目标限值要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv ，周有效剂量不超过 $100\mu\text{Sv}$ ；公众年有效剂量不超过 0.1mSv ，周有效剂量不超过 $5\mu\text{Sv}$ ）。

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，或在调试时，人员误开工件门，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；

⑦辐射工作人员在辐射工作场所必须佩戴个人剂量报警仪。

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 CT 装置属于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，通常情况下属于一般辐射事故。在发生事故后：

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

②立即向单位领导汇报，并控制现场区域，防止无关人员进入；

③对可能受到大剂量照射的人员，及时送医院检查和治疗。

当发生或发现辐射事故时，公司应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。

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 装置门机联锁、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。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”。

胡连电子（南京）有限公司拟成立相应的辐射安全机构，并以文件形式明确各成员管理职责；胡连电子（南京）有限公司拟配备 2 名辐射工作人员，其中一人为辐射防护负责人。辐射工作人员应通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）学习相关知识。通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名并参加考核，通过考核后才能进行上岗作业。此外，担任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。

辐射安全管理规章制度

本项目为新建Ⅱ类射线装置项目，胡连电子（南京）有限公司拟按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》制定一系列的辐射安全管理制度，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、事故应急制度等，基本能满足核技术利用项目管理需要。

胡连电子（南京）有限公司在日后实际工作中，应根据具体情况和实际问题，按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求及时更新、完善的制度的可操作性，本报告对各项管理制度制定要点提出如下建议：

- **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制定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：**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：**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。

胡连电子（南京）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。

1.监测方案

1) 委托有资质单位定期对工业 CT 装置周围环境辐射剂量率进行检测，每年 1~2 次；

2) 工业 CT 装置进行检测作业时公司辐射安全管理人员对工业 CT 装置周围的辐射水平进行监测（每月一次），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。

3) 公司拟为本项目配备 2 名辐射工作人员，拟委托有资质单位对辐射工作人员开展个人剂量监测，个人剂量计定期（不超过 3 个月）送检，并建立个人剂量档案；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。个人剂量档案长期保存。

本项目辐射监测方案具体见表 12-1。

表 12-1 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
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、检修门四周门缝及表面外 30cm 处； ③人员经常活动的位置； ④每次出束结束后，检测工业 CT 防护门门口，以确保辐射源已经停止工作。
	年度监测		委托有资质单位进行	每年一次	
	自主监测		自行监测	每月一次	
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	/

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；胡连电子（南京）有限公司拟配备 1 台 X-γ 辐射剂量巡测仪和 2 台 X-γ 个人剂量报警仪，且辐射剂量巡测仪需定期对其开展检定/校准工作，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。

胡连电子（南京）有限公司拟为本项目配备 2 名辐射工作人员，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

胡连电子（南京）有限公司拟设置辐射事故应急小组，并制定《辐射事故应急预案》，公司应根据本项目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）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。

胡连电子（南京）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。

胡连电子（南京）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**

胡连电子（南京）有限公司使用工业 CT 装置对公司生产的汽车零部件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. 辐射安全与防护分析结论**1) 选址、布局合理性**

本项目位于江苏省南京市江宁区禄口街道来凤路 38 号胡连电子（南京）有限公司厂房 CT 测量室内，胡连电子（南京）有限公司西侧为特斯拉南京禄口交付中心，南侧为莱华服装（南京）有限公司，东侧为来凤路，北侧为南京凯珍针织服饰公司。工业 CT 装置所在 CT 测量室东侧为检测室，南侧为三坐标测量室，西侧隔过道为冲压车间，北侧隔过道为组立车间，顶部为车间屋顶，底部为土层。

本项目工业 CT 装置周围 50m 范围内无居民区、学校等环境敏感目标，50m 范围内涉及本公司①项目所在车间、②厂区道路、③端子楼、④塑件楼以及①莱华服装（南京）有限公司。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及周围公众。

本项目拟将 ZEISS Metrotom 800 G3 型工业 CT 装置实体边界作为本项目的控制区边界（包括扫描室和电气控制柜），以 CT 测量室边界作为本项目监督区边界，仅辐射工作人员能够进入。在工业 CT 装置门上拟设置电离辐射警告标志及中文警示说明，并在 CT 测量室入口处张贴监督区的标牌。

2) 辐射防护措施

本项目工业 CT 装置由检测室（包括控制模块、扫描室和电气控制柜）和数据处

理工作站组成。工业 CT 装置检测室尺寸约为 3200mm（长）×1820mm（宽）×2050mm（高），检测室采用钢-铅-钢对 X 射线进行屏蔽，定义工件门所在面为装置前侧，检测室前侧、后侧、左侧及顶部屏蔽体为 5mm 铅+3mm 钢，工件门及底部屏蔽体为 5mm 铅+6mm 钢，右侧屏蔽体为 12mm 铅+3mm 钢。X 射线检测室电缆穿孔位于检测室的左后方，与射线出束方向相反，其防护补偿结构为在开孔位置覆盖一“几”字形防护板，结构为 5mm 铅+3mm 钢，从而防止射线泄漏，达到较好的防护效果。

3) 辐射安全措施

本项目工业CT装置工件门与装置设置门-机安全联锁装置，设备设置工作状态指示灯且与X射线管联锁，定期检查门-机联锁装置和工作状态指示灯，确保有效；设备内部设置声光报警装置，设备外表面设置“当心电离辐射”警告标志及中文警示说明，提醒无关人员勿在其附近出入和逗留。工业CT装置操作台设计安装有紧急停机按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。工业CT装置操作台上拟设有钥匙开关，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；本项目操作台拟设置高压接通或断开指示；拟设置显示器，通过显示器能够知晓管电压、管电流、照射时间及设定值。拟设置有辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警告等标识，提醒辐射工作人员预防危险，从而避免事故发生。公司拟配备1台辐射剂量巡测仪及2台个人剂量报警仪，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，人员不进入检测室内。本项目工业 CT 装置检测室内采取底部自然进风，顶部风扇式机械排风，在进风和出风口均有 5mm 铅板+3mm 钢板防护。本项目 CT 装置检测室中扫描室内部净尺寸为 2166mm（长）×1661mm（宽）×1868mm（高），体积约为 6.72m³，系统配置两个风扇进行排风，通风量为 1800m³/h，能够满足每小时有效换气次数 3 次的通风需求。同时工业 CT 装置所在测量室设置门窗，自然通风效果较好，通过开启机械排风和门窗进行无组织排放，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。

3. 辐射环境影响分析结论

本项目工业 CT 装置通过自带铅板和钢板对 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 装置满功率运行时，辐射工作人员及周围公众所受周有效剂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》（GBZ 117-2022）剂量限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 100μSv；公众年有效剂量不超过 0.1mSv，周有效剂量不超过 5μSv）。

4. 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) 拟为本项目配备 1 台辐射剂量巡测仪及 2 台个人剂量报警仪，定期对工作场所辐射水平进行检测；
- 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。
- 4) 在项目运行前安排 2 名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) 胡连电子（南京）有限公司拟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。在项目运行前制定辐射安全管理制度；本项目拟配备 2 名辐射工作人员；项目投运后，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。

综上所述，胡连电子（南京）有限公司汽车零部件生产线升级改造项目（辐射专题）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》（GBZ117-2022）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) 建设单位在获得本项目环评批复后且工业 CT 装置建成后根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求申领辐射安全许可证。

5) 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。

6) 建设单位应按照江苏省生态环境厅发布的《核技术利用单位辐射安全标准化建设指南（工业射线探伤类）》编制自评估报告，每年一月各单位根据上一年度辐射安全改进提升情况再次进行自评估，自评估报告作为年度评估报告附件，于 1 月 31 日前一并上传至国家核技术利用申报系统。

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见：	
经办人	公 章 年 月 日

审批意见：	
经办人	公 章 年 月 日

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	本项目工业 CT 装置由检测室（包括控制模块、扫描室和电气控制柜）和数据处理工作站组成。工业 CT 装置检测室尺寸约为 3200mm(长)×1820mm(宽)×2050mm(高)，检测室采用钢-铅-钢对 X 射线进行屏蔽，定义工件门所在面为装置前侧，检测室前侧、后侧、左侧及顶部屏蔽体为 5mm 铅+3mm 钢，工件门及底部屏蔽体为 5mm 铅+6mm 钢，右侧屏蔽体为 12mm 铅+3mm 钢。X 射线检测室电缆穿孔位于检测室的左后方，与射线出束方向相反，其防护补偿结构为在开孔位置覆盖一“几”字形防护板，结构为 5mm 铅+3mm 钢，从而防止射线泄漏，达到较好的防护效果。	表面外 30cm 处辐射剂量率能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）剂量率限值要求。 辐射工作人员及公众周有效剂量和年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《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。 （辐射工作人员年有效剂量约束值 5mSv，公众年有效剂量约束值 0.1mSv）。	
辐射安全措施	本项目工业 CT 装置工件门与装置设置门-机安全联锁装置，设备设置工作状态指示灯且与 X 射线管联锁，定期检查门-机联锁装置和工作状态指示灯，确保有效；设备内部设置声光报警装置，设备外表面设置“当心电离辐射”警告标志及中文警示说明，提醒无关人员勿在其附近出入和逗留。工业 CT 装置操作台设计安装有紧急停机按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。工业 CT 装置操作台上拟设有钥匙开关，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；本项目操作台拟设置高压接通或断开指示；拟设置显示器，通过显示器能够知晓管电压、管电流、照射时间及设定值。拟设置有辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警告等标识，提醒辐射工作人员预防危险，从而避免事故发生。 本项目拟将 ZEISS Metrotom 800 G3 型工业 CT 装置实体边界作为本项目的控制区边界（包括扫描室和电气控制柜），以 CT 测量室边界作为本项目监督区边界，仅辐射工作人员能够进入。在工业 CT 装置门上拟设置电离辐射警告标志及中文警示说明，并在 CT 测量室入口处张贴监督区的标牌。	能满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的管理要求。	
	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。	按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》完善各项规章制度。	/
	拟配置 1 台 X-γ辐射剂量巡测仪及 2 台个人剂量报警仪。	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。	

污 染 防 治 措 施	废气：本项目工业 CT 装置内采取底部自然进风，顶部风扇式机械排风，能够满足每小时有效换气次数 3 次的通风需求，将臭氧和氮氧化物排出室外。	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。	/
	废水：本项目产生的生活污水进入公司污水管道，最终进入污水处理站处理。	本项目产生的生活污水及生活垃圾能够妥善处理，对周围环境影响较小。	
	一般固废：本项目产生的生活垃圾由公司统一收集，交给环卫部门清运。		
辐 射 安 全 管 理	制定辐射安全管理机构，并以文件形式明确各成员职责。	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》制定安全管理机构。	/
	管理制度：制定操作规程、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。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求。	/
	本项目拟配备 2 名辐射工作人员，通过辐射安全与防护考核。	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
	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。个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满七十五周岁，或者停止辐射工作三十年）。	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《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原环境保护部令第 18 号），个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满七十五周岁，或者停止辐射工作三十年。	每年投入
	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。）	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。