

编号：DB230-ZX-2025-SR020

核技术利用建设项目

汕尾弗迪电池有限公司  
核技术利用建设项目  
环境影响报告表  
(送审稿)



汕尾弗迪电池有限公司

2025年09月

生态环境部监制



核技术利用建设项目

汕尾弗迪电池有限公司  
核技术利用建设项目  
环境影响报告表

建设单位名称：

汕尾弗迪电池有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：广东省汕尾市海丰县经济开发区海龙投资大厦 5 楼 588 号

邮政编码：516400

联系人：陈新平

电子邮箱：chen.xinping@fdbatt.com

联系电话：

编制单位和编制人员情况表

项目编号	x89f27		
建设项目名称	汕尾弗迪电池有限公司核技术利用建设项目		
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）	汕尾弗迪电池有限公司		
统一社会信用代码	91441523MA53CTR13A		
法定代表人（签章）	何龙		
主要负责人（签字）	张宗全		
直接负责的主管人员（签字）	王洪焱		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	核工业二三0研究所		
统一社会信用代码	121000004448853130		
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
张攸	2014035420350000003509420385	BH008788	张攸
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
张攸	全文本	BH008788	张攸



持证人签名:

Signature of the Bearer

仅用于汕尾弗迪电池有限公司核技术利用建设项目使用

管理号: 2014035420350000003509420385

File No.

bmyh: 0351423000007363

姓名:

Full Name

张攸

性别:

Sex

女

出生年月:

Date of Birth

专业类别:

Professional Type

批准日期:

Approval Date

201405

签发单位盖章

Issued by

签发日期: 2014年10月21日

Issued on

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.



Ministry of Human Resources and Social Security  
The People's Republic of China



编号: HP 00015008  
No.



## 目 录

表 1 项目基本情况 .....	1
表 2 放射源 .....	9
表 3 非密封放射性物质 .....	9
表 4 射线装置 .....	9
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物） .....	10
表 6 评价依据 .....	11
表 7 保护目标与评价标准 .....	13
表 8 环境质量和辐射现状 .....	17
表 9 项目工程分析与源项 .....	22
表 10 辐射安全与防护 .....	29
表 11 环境影响分析 .....	39
表 12 辐射安全管理 .....	52
表 13 结论与建议 .....	61
表 14 审批 .....	63
附件 1 环评委托书 .....	64
附件 2 本项目辐射环境现状监测报告 .....	65
附件 3 辐射安全管理规章制度 .....	72
附件 4 工业 CT 机源项参数及防护参数说明 .....	80

**表1 项目基本情况**

建设项目名称		汕尾弗迪电池有限公司核技术利用建设项目			
建设单位		汕尾弗迪电池有限公司			
法人代表	何龙	联系人	陈新平	联系电话	██████████
注册地址		广东省汕尾市海丰县经济开发区海龙投资大厦 5 楼 588 号			
项目地点		广东省汕尾市海丰县二部汕尾弗迪电池工厂园区内 2-2 号厂房 CT 实验室			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)		210	项目环保投资 (万元)	8	投资比例 (环保投资/总投资)
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他			占地面积 (m <sup>2</sup> )
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类 (医疗使用) <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
	其他	/			

**1.1 建设单位情况、建设规模、目的和任务由来**

**1.1.1 建设单位情况**

汕尾弗迪电池有限公司（以下简称“建设单位”）成立于 2019 年 6 月 14 日，系比亚迪储能有限公司全资子公司。作为新能源电池领域的领军企业，建设单位具备完整的全产业链自主研发体系，涵盖动力电池、储能及新型电池、消费类电池及核心零部件的设计、开发与制造，依托行业领先的电池技术、卓越的产品品质、智能化制造体系和高效生产能力，建设单位构建了覆盖汽车、新能源、消费电子及轨道交通等多领域的全球化产业布局。凭借持续创新的技术优势和不断强化的核心竞争力，持续引领电池行业的技术发展与产业升级。



### 1.1.2 项目建设规模

为提升产品质检效率和工艺水平，建设单位拟在汕尾市海丰县汕尾弗迪电池工厂园区 2-2 号厂房内建设 1 间 CT 实验室，在 CT 实验室内安装使用 1 台 TSOL-CT225B 型工业 X 射线 CT 装置（最大管电压为 225kV、最大管电流为 0.88mA，属 II 类射线装置，设备自带辐射屏蔽体）用于进行电芯内部结构检查和缺陷分析。CT 实验室墙体为一般隔断材料，仅作为功能分区物理隔离，其辐射屏蔽效果可忽略不计。

本项目拟使用工业 X 射线 CT 装置（以下简称：工业 CT 机）基本信息见表 1-1，工业 CT 机的检修、维修、保养维护工作均由生产厂家负责。

表 1-1 本项目工业 CT 基本信息表

型号	数量	最大管电压	最大管电流	X 射线管数量	用途	工作场所
TSOL-CT225B	1 台	225kV	0.88mA	1 个	电芯内部结构检查和缺陷分析	2-2 号厂房 CT 实验室

注：CT 实验室内除了本评价项目的射线装置外，无其他工作岗位设置。

### 1.1.3 目的和项目由来

#### （一）评价目的

对建设项目环境辐射现状进行调查或监测，以评价该地区辐射环境状况及场址周围的辐射环境现状水平；

评价项目在运行过程中对工作人员及公众人员所造成的辐射影响；

评价辐射防护措施效果，提出减少辐射危害的措施，为生态环境主管部门的管理提供依据；

通过项目辐射环境影响评价，为使用单位保护环境和公众利益给予技术支持；

对不利影响和存在的问题提出防治措施，把辐射环境影响减少到“可合理达到的尽量低水平”。

#### （二）任务由来

根据《中华人民共和国环境保护法》以及《中华人民共和国环境影响评价法》，建设对环境有影响的项目，应当依法进行环境影响评价。

本项目拟安装使用 1 台工业 CT 机，根据《关于发布<射线装置分类>的公告》

(环境保护部/国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号)，本项目拟使用的工业 CT 机为工业用 X 射线计算机断层扫描 (CT) 装置，属于 II 类射线装置。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录 (2021 年版)》(生态环境部令 第 16 号) 中“五十五、核与辐射”第 172 条“核技术利用建设项目”中“使用 II 类射线装置”的规定，本项目应编制环境影响报告表。

为此建设单位委托核工业二三 0 研究所开展本项目的环境影响评价工作。在接受委托后，我单位组织相关技术人员进行了现场勘察、资料收集等工作，并结合项目特点，按照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ 10.1-2016) 中环境影响报告表的内容和格式，编制了本项目的环境影响报告表。

## 1.2 项目周边保护目标以及场址选址

本项目 TSOL-CT225B 型工业 CT 机拟安装在广东省汕尾市海丰县二部汕尾弗迪电池工厂 2-2 号厂房内 CT 实验室，项目地理位置图见图 1-1。区域位置示意图见图 1-2)。



图 1-1 项目地理位置示意图





图1-2 项目区域位置示意图

本项目工业 CT 操作位紧邻工业 CT 机设置，工业 CT 机有用线束方向朝向东南侧。本项目工业 CT 机西侧约 1m 处为厂内道路，西北侧约 46m 为 100 乡道，东北侧约 6.1m 处为卫生间，东侧约 3.6m 处为拆外包装区，东南侧约 1.9m 处为厂房内过道，东南侧约 3.9m 处为拆内包装区，西南侧约 9.6m 处为金相实验室，西南侧约 17.5m 处为水分实验室，西南侧约 26.6m 处为拆解房，西南侧约 30.6m 处为厂房内过道，西南侧约 33.9m 处为叠装三品房，楼上层为阁楼（消防、排风管道等）。本项目工业 CT 机拟安装位置周边环境四至位置关系示意图见图 1-3。

根据现场调查，本项目工业 CT 机所在 2-2 号厂房为单层建筑（无地下层），本项目工业 CT 机拟安装位置为 2-2 号厂房 CT 实验室，地面下方无建筑。本项目工业 CT 机所在厂房主要功能为实验室和生产车间。

本项目工业 CT 机位于所在建筑楼层的一侧，不毗邻食堂、宿舍等人员密集区域，符合辐射工作场所的选址原则，工业 CT 机 50m 评价范围内的环境保护目标为操作工业 CT 机的辐射工作人员、周边实验室的其他工作人员、办公人员以及偶然经过的公众，CT 实验室设置门禁，非该场所工作人员无法进入，项目选址合理，本项目工业 CT 机拟安装位置 50m 评价范围示意图见图 1-4，200m 范围示意图见图 1-5。

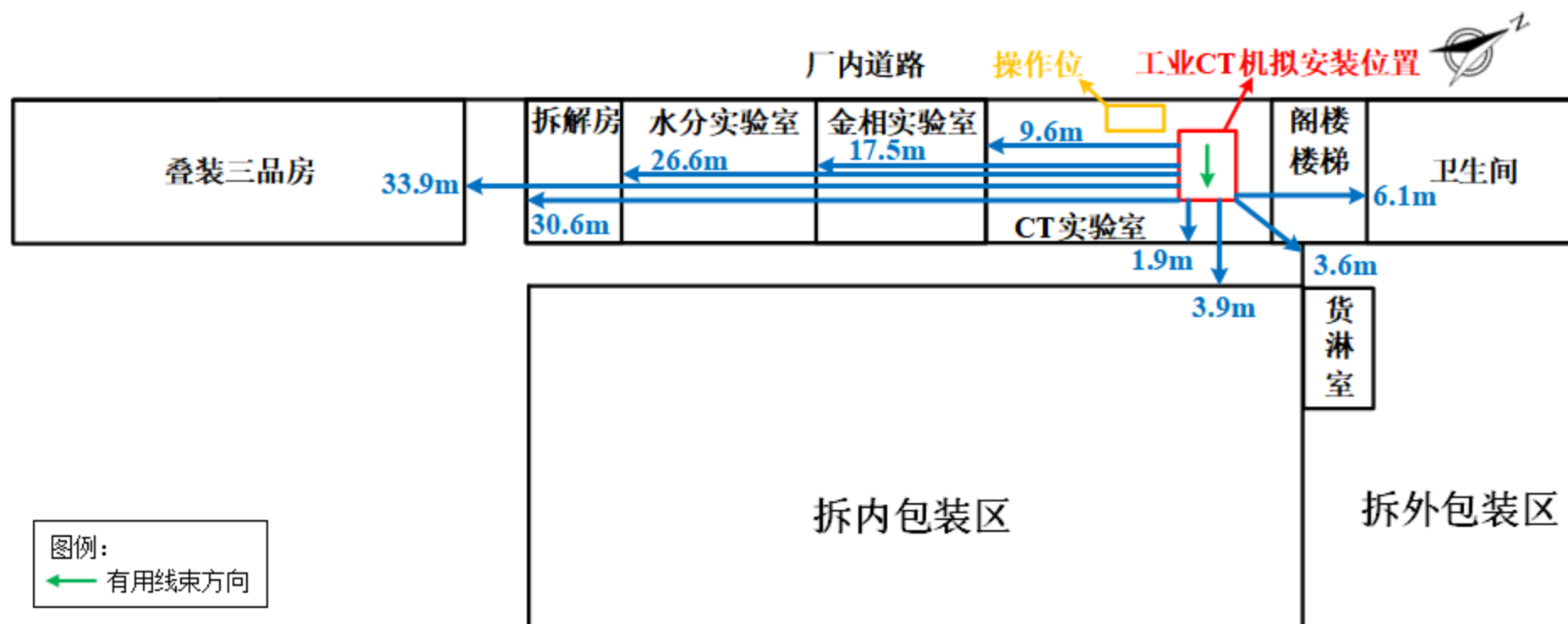


图 1-3 工业 CT 机拟安装位置周边场所四至环境关系示意



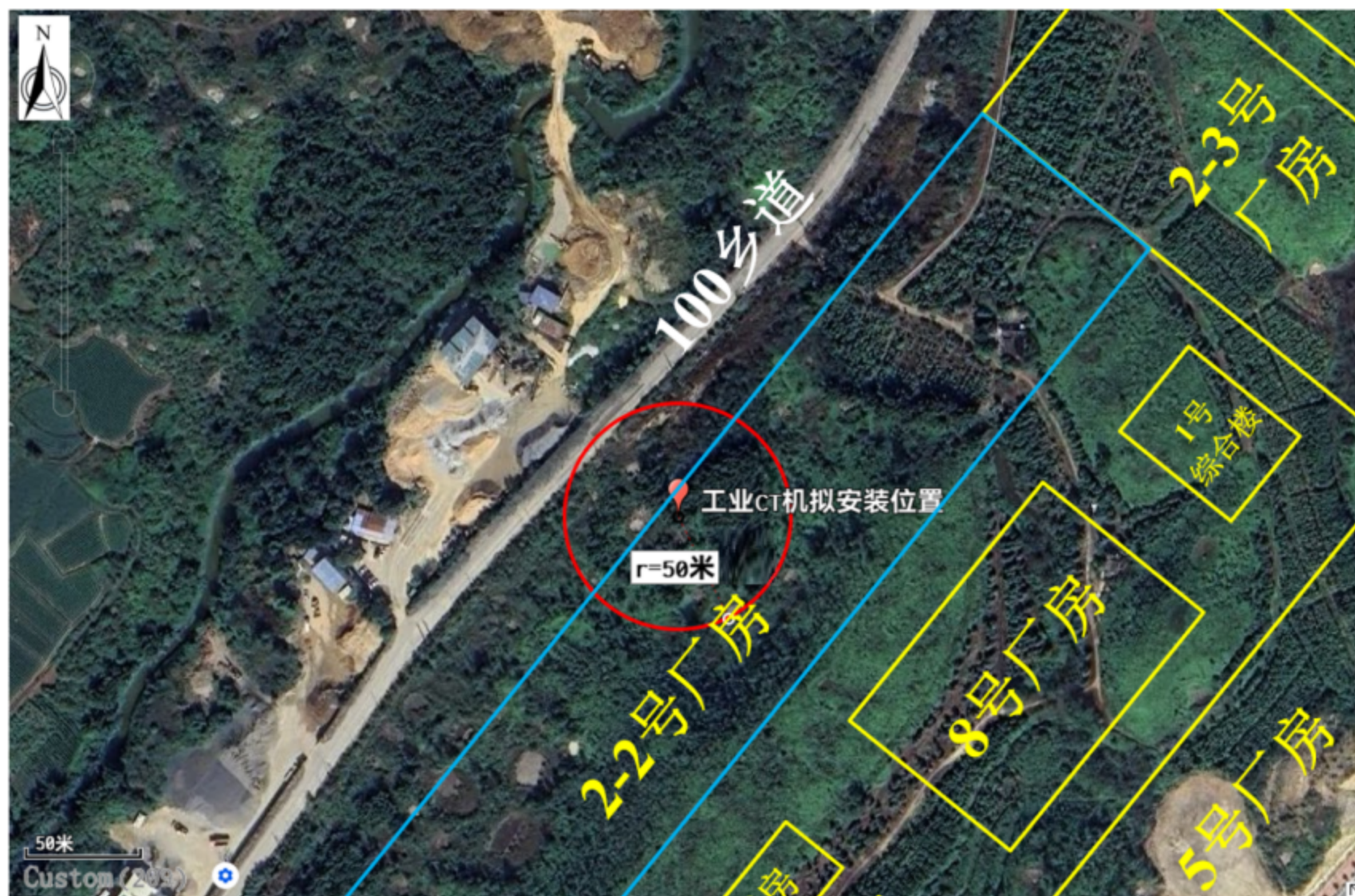


图1-4 工业 CT 机 50m 评价范围示意图





图1-5 工业 CT 机 200m 范围示意图

### **1.3 原有核技术利用项目许可情况**

本项目为新建项目，建设单位暂无许可的核技术利用项目。

**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	类型	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	类型	数量	型号	最大管电压	最大管电流	用途	工作场所	备注
1	工业 CT 机	II 类	1	TSOL-CT225B	225kV	0.88mA	电芯内部结构检查和缺陷分析	2-2 号厂房 CT 实验室	/

(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 ( $\mu$ A)	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度	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	-	-	微量	微量	-	-	经排风系统排入大气

注: 1. 常规废弃物排放浓度, 对于液态单位为  $\text{mg/L}$ , 固体为  $\text{mg/kg}$ , 气态为  $\text{mg/m}^3$ ; 年排放总量用  $\text{kg}$ 。

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 ( $\text{Bq/L}$  或  $\text{Bq/kg}$ , 或  $\text{Bq/m}^3$ ) 和活度 ( $\text{Bq}$ )。

表 6 评价依据

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》(1989 年 12 月 26 日第七届全国人民代表大会常务委员会第十一次会议通过, 2014 年 4 月 24 日第十二届全国人民代表大会常务委员会第八次会议修订);</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》(2002 年 10 月 28 日第九届全国人民代表大会常务委员会第三十次会议通过, 根据 2016 年 7 月 2 日第十二届全国人民代表大会常务委员会第二十一次会议《关于修改〈中华人民共和国节约能源法〉等六部法律的决定》第一次修正, 根据 2018 年 12 月 29 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议《关于修改〈中华人民共和国劳动法〉等七部法律的决定》第二次修正);</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》(2003 年 6 月 28 日第十届全国人民代表大会常务委员会第三次会议通过, 2003 年 6 月 28 日中华人民共和国主席令第 6 号公布, 自 2003 年 10 月 1 日起施行);</p> <p>(4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(2005 年 9 月 14 日中华人民共和国国务院令第 449 号公布, 根据 2014 年 7 月 29 日《国务院关于修改部分行政法规的决定》第一次修订, 根据 2019 年 3 月 2 日《国务院关于修改部分行政法规的决定》第二次修订);</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2008 年 12 月 6 日经《关于修改〈放射性同位素与射线装置安全许可管理办法〉的决定》(环境保护部令第 3 号) 修改, 2017 年 12 月 20 日经《环境保护部关于修改部分规章的决定》(环境保护部令第 47 号) 修改, 2019 年 8 月 22 日经《生态环境部关于废止、修改部分规章的决定》(生态环境部令第 7 号) 修改, 2021 年 1 月 4 日经《关于废止、修改部分生态环境规章和规范性文件的决定》(生态环境部令第 20 号) 修改);</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(环境保护部令 18 号, 2011 年 5 月 1 日施行);</p> <p>(7) 《关于发布&lt;射线装置分类&gt;的公告》(环境保护部和国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号, 2017 年 12 月实施);</p> <p>(8) 《建设项目环境影响评价分类管理名录(2021 年版)》(生态环境部</p>
------	---

	<p>令 第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行）；</p> <p>（9）《建设项目环境保护管理条例》（1998 年 11 月 29 日国务院令第 253 号发布，根据 2017 年 7 月 16 日国务院令第 682 号《国务院关于修改〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》修订，2017 年 10 月 1 日起施行）；</p> <p>（10）《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部 公告 2019 年第 57 号，2019 年 12 月 17 日）；</p> <p>（11）《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（生态环境部公告 2021 年第 9 号）；</p> <p>（12）《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（国家发展改革委令第 7 号，2024 年 2 月 1 日起施行）</p> <p>（13）《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4 号，2017 年 11 月 20 日起施行）</p>
技术标准	<p>（1）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）</p> <p>（2）《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）</p> <p>（3）《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）</p> <p>（4）《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999-2021）</p> <p>（5）《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）</p> <p>（6）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）</p> <p>（7）《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）</p> <p>（8）《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014 及第一号修改单）</p> <p>（9）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）</p> <p>（10）《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ 1326-2023）</p>
其他	<p>（1）环评委托书及建设单位、设备厂商提供的其他资料</p> <p>（2）《辐射安全手册》（潘自强主编，科学出版社，2011 年）</p> <p>（3）《中国环境天然放射性水平》（原子能出版社，2015 年 7 月）</p>

表 7 保护目标与评价标准

### 7.1 评价范围

本项目为使用 1 台自带屏蔽体的工业 CT 机，参照《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）对核技术利用建设项目环境影响报告书的评价范围和保护目标的相关规定“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围” 本项目建设内容为使用 II 类射线装置，确定本项目的评价范围为工业 CT 机屏蔽体外 50m 的范围。评价范围见图 1-2。

### 7.2 保护目标

结合本项目的评价范围，确定保护目标主要是项目 50m 评价范围内操作工业 CT 的辐射工作人员、周围的工作人员（公众）以及偶然经过的公众。本项目 50m 评价范围内的保护目标见表 7-1。

表 7-1 项目 50m 评价范围内保护目标分布一览表

保护目标分布场所	位置描述	方位	与工业 CT 机距离	保护目标类型	居留因子	人员规模 <sup>①</sup>	年剂量约束值
2-2 栋 厂房一层	工业 CT 机操作位	西北侧	相邻	辐射工作人员	1	2 人	5mSv
	卫生间	东北侧	6.1~15m	公众	1/16	流动人群	0.25mSv
	拆外包装区 <sup>②</sup>	东侧	3.6~13m		1	5 人	
	待规划生产区		13~50m		1	20 人	
	车间过道	东南侧	1.9~3.9m		1/16	流动人群	
	拆内包装区 <sup>②</sup>		3.9~28m		1	5 人	
	金相实验室	西南侧	9.6~17.5m		1	4 人	
	水分实验室		17.5~26.6m		1	5 人	
	拆解房		26.6~30.6		1	5 人	
	叠装三品房		33.9~55.4m		1	4 人	
	车间过道		30.6~33.9m		1/16	流动人群	
	待规划生产区		34~50m		1	20 人	



2-2 栋 厂房西 北侧	厂内道路	西北 侧	1~45m		1/16	流动 人群	
	厂外道路		45~47m		1/16	流动 人群	

注：①上表中规模为同一时刻内该场所可能最多驻留人员数量；

②除实验室区域外，厂房内其他功能区均为远期规划内容。本项目建成后，施工期厂房内活动人员主要为装修工人；运营期仅实验室区域有工作人员常驻，其他区域基本无人员长期停留，仅存在相邻实验室工作人员临时经过的情况。

### 7.3 评价标准

#### 7.3.1 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

（一）第 4.3.2.1 款 应对个人受到的正常照射加以限制，以保证本标准 6.2.2 规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量当量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B（标准的附录）中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

##### B1.1 职业照射

##### B1.1.1 剂量限值

B1.1.1.1 应对任何工作人员的照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

a) 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；

##### B1.2 公众照射

##### B1.2.1 剂量限值

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

a) 年有效剂量，1 mSv；

11.4.3.2 剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10%~30%（即 0.1mSv/a~0.3 mSv/a）的范围之内。

根据防护最优化原则，结合本项目实际情况，本报告取辐射工作人员的照射年剂量限值 1/4 作为剂量约束值，取公众照射年剂量限值的 1/4 作为剂量约束值，即辐射工作人员的年有效剂量约束值为 5mSv/a，公众的年有效剂量约束值为 0.25mSv/a。

## **(二) 辐射工作场所分区**

### **第 6.4 款 辐射工作场所的分区**

应把辐射工作场所分为控制区和监督区,以便于辐射防护管理和职业照射控制。

#### **6.4.1 控制区**

**6.4.1.1** 注册者和许可证持有者应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区,以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散,并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

#### **6.4.2 监督区**

**6.4.2.1** 注册者和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。

### **7.3.2 工作场所剂量率控制水平**

(一)《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022,工业 CT 探伤和非探伤目的同辐射源范围的无损检测参考使用)

#### **6 固定式探伤的放射防护要求**

##### **6.1 探伤室放射防护要求**

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

**6.1.2** 应对探伤工作场所实行分区管理,分区管理应符合 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  $100\mu\text{Sv/周}$ ,对公众场所,其值应不大于  $5\mu\text{Sv/周}$ ;

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

##### **7.3.3 防护要求**

**6.1.5** 探伤室应设置门-机联锁装置,应在门(包括人员进出门和探伤工件进出门)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。

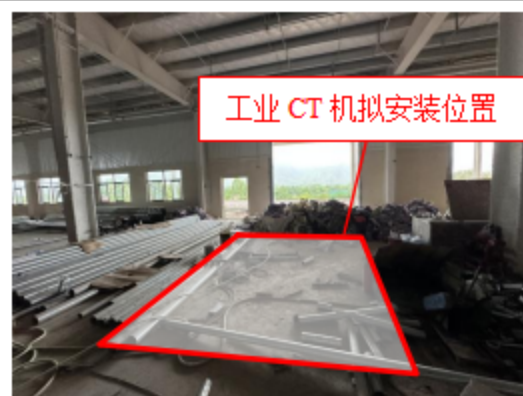
**6.1.9** 探伤室内应安装紧急停机按钮或拉绳，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮或拉绳的安装，应使人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮或拉绳应带有标签，标明使用方法。

**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。

**表 8 环境质量和辐射现状**

**8.1 项目地理和场所位置**

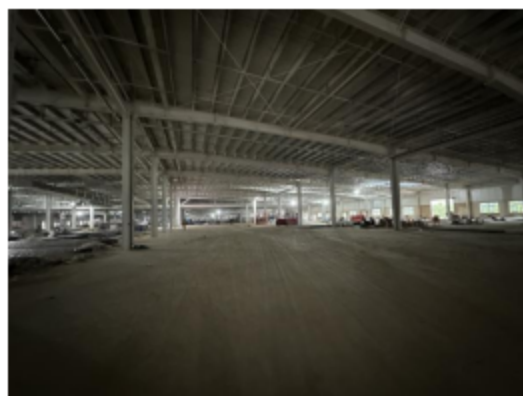
本项目位于广东省汕尾市海丰县二部汕尾弗迪电池工厂园区内 2-2 号厂房 CT 实验室，项目地理位置见图 1-1，项目所在地的环境现状见图 8-1。



CT 实验室



CT 实验室



车间现状





金相、水分实验室区域

2-2号厂房西北侧厂内道路

注：1、工业 CT 机拟安装位置楼下层无建筑，所在厂房为单层建筑设计，设计吊顶离地高约 3 米，吊顶上方为消防、排风管道等设施；  
2、厂房开口为施工期设置的临时物料运输通道，用于施工材料及大型运输设备入场。项目建成后，该开口将采用混凝土浇筑方式（或钢板焊接封堵）予以永久封堵，确保其不具备人员或物料通行功能，缓存间为 CT 实验室唯一进出通道。

图 8-1 项目及周边现状照片

## 8.2 辐射环境现状监测

为调查本项目建设位置及周边环境的辐射水平现状，根据《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）“5.1.1 测量点位应依据测量目的布设，并结合源和照射途径以及人群分布和人为活动情况仔细选择”，参照《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）有关布点原则，本次共布设 $\gamma$ 辐射剂量率监测点位 35 个，分别布设在本项目工业 CT 机拟安装位置及周边相邻场所的人员活动区域，原则上项目 50m 评价范围内人流较大的区域均布设有监测点。监测仪器相关信息见表 8-1，监测结果见表 8-2，监测点位示意图见图 8-2 至 8-4。

监测单位：广东龙晟环保科技有限公司

监测日期：2025 年 08 月 04 日

监测方式：现场监测

监测方法：《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）

监测因子： $\gamma$ 辐射剂量率

监测次数：1 次

监测工况：辐射环境现状监测

监测环境条件：天气：阴；环境温度：28℃；相对湿度：75%

表 8-1 监测仪器信息

仪器名称	环境级 X- $\gamma$ 剂量率仪
生产厂商	Thermo SCIENTIFIC
仪器型号	FH40GL-10+FHZ672E-10
仪器编号	18065
测量范围	主机：10nSv/h~100mSv/h 探头：1nSv/h~100 $\mu$ Sv/h
能量响应	30keV~4.4MeV
校准单位	深圳市计量质量检测研究院
证书编号	JL2510397541
校准有效期	2025 年 06 月 30 日至 2026 年 06 月 29 日

### 8.3 质量保证措施

本项目的环境辐射现状监测，根据《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）和《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999-2021）做好如下的质量保证措施：

（1）承担本项目环境辐射现状监测的监测机构具备检验检测机构资质认定证书，监测人员具备从事环境辐射监测的工作经验，充分了解环境 $\gamma$ 辐射剂量率的特点，掌握辐射监测技术和技术标准，具备对监测结果做出正确判断的能力，熟悉本单位检验检测质量管理程序。

（2）实施监测前，确认使用仪器的监测因子、测量范围和能量响应等参数均满足监测要求，核实监测现场的操作环境均满足所使用仪器的操作环境要求。提前开启监测仪器预热并确认仪器状态后再进行监测。所有监测点位，待读数稳定后，约 10s 的间隔读取 10 个值，并经校正后求出测量值和标准偏差。

（3）测量人员经环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量相关专业培训并考核合格，监测仪器每年定期经计量部门检定或校准，每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常，在两次检定或校准之间进行一次设备期间核查；

（4）更新仪器和方法时，在典型的和极端的辐射场条件下与原仪器和方法的测量结果进行对照，以保持数据的前后一致性。

（5）环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量应选用相对固有误差小的仪器（ $<\pm 15\%$ ）。

（6）合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和可比性，同时满足标准要求。

(7) 监测方法采用国家有关部门颁发的标准, 监测人员经考核并持有合格证书上岗。

(8) 由专业人员按操作规程操作仪器, 并做好记录并确保所有记录信息的完整性、充分性和可追溯性。

(9) 监测报告严格实行三级审核制度, 经过校对、校核, 最后由授权签字人签发。

**表 8-2 本项目建设位置及周边辐射环境现状监测结果**

序号	监测点位	地面 介质	位置 情况	$\gamma$ 辐射剂量率(nGy/h) 均值±标准差
1#	工业 CT 机拟安装位置	水泥	室内 (平房)	91±1
2#	工业 CT 机操作位拟设置位置			111±4
3#	拟建 CT 实验室中央			104±2
4#	拟建 CT 实验室缓存间入口处(工业 CT 机拟安装位置南侧约 9m 处)			109±2
5#	拟建 CT 实验室东南侧边界处(工业 CT 机拟安装位置东南侧约 2m 处)			106±2
6#	拟建 CT 实验室东北侧边界处(工业 CT 机拟安装位置东北侧约 1m 处)			104±2
7#	拟建卫生间处(工业 CT 机拟安装位置东北侧约 10m 处)			105±2
8#	拟规划拆外包装区(工业 CT 机拟安装位置东北侧约 16m 处)			96±1
9#	拟规划拆内包装区(工业 CT 机拟安装位置东南侧约 13m 处)			106±3
10#	拟规划拆内包装区(工业 CT 机拟安装位置东南侧约 27m 处)			107±2
11#	拟建金相实验室处(工业 CT 机拟安装位置西南侧约 15m 处)			105±2
12#	拟建水分实验室处(工业 CT 机拟安装位置西南侧约 23m 处)			103±1
13#	拟建拆解房处(工业 CT 机拟安装位置西南侧约 28m 处)			119±2
14#	拟建叠装三品房处(工业 CT 机拟安装位置西南侧约 43m 处)			120±1
15#	2-2 号厂房西北侧边界处(工业 CT 机拟安装位置西侧约 2m 处)	土壤	室外 (道路)	92±3
16#	2-2 号厂房西北侧边界处(工业 CT 机拟安装位置西南侧约 6m 处)			92±2

以上测量值均已进行空气比释动能和周围剂量当量率换算和校准因子修正

并扣除仪器对宇宙射线的响应值。根据表 8-2 可知，本项目拟建设位置及周边环境 $\gamma$ 辐射剂量率监测值在（91~120）nGy/h 之间，其中拟建设位置及周边环境室内 $\gamma$ 辐射剂量率监测值在（92~120）nGy/h 之间，拟建设位置周边环境室外 $\gamma$ 辐射剂量率均为 92nGy/h。

根据《中国环境天然放射性水平》（中国原子能出版社 2015 年 7 月第 1 版）中惠州地区的 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率调查数据：室内 $\gamma$ 剂量率调查水平为（77.4~264.1）nGy/h，室外道路 $\gamma$ 剂量率调查水平为（50.0~176.8）nGy/h（调查时间为 1984 年 10 月至 1986 年 4 月，当时汕尾市（县级）属惠州市管辖），对比可知本项目工作场所及周边环境 $\gamma$ 辐射剂量率检测值与调查水平基本相当。

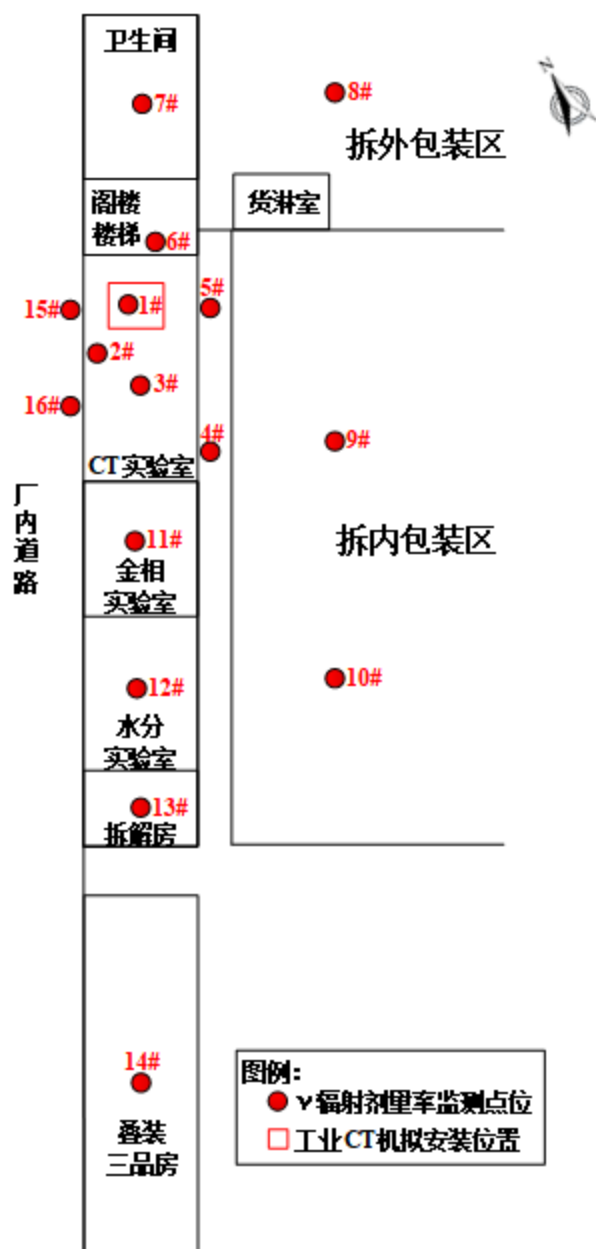


图 8-2 本项目拟建位置及周边 $\gamma$ 辐射剂量率监测布点示意图



表 9 项目工程分析与源项

## 9.1 工程设备和工艺分析

### 9.1.1 工业 CT 机工作原理及工作方式

X 射线发生器的组成和出束原理如下：X 射线发生装置主要由密封在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成，阴极是钨制灯丝，它装在聚集杯中。当灯丝通电加热时，灯丝上产生大量活跃电子，聚焦杯使这些电子聚集成束，向嵌在阳极中的金属靶体射击。灯丝电流愈大，产生的电子数量越多。在阴阳两极高压作用下，电子流向阳极高速运动撞击金属靶，撞击过程中，电子突然减速，其损失的动能（其中的 1%）会以光子（X 射线）形式释放，形成 X 光光谱的连续部分，称为轫致辐射，产生的 X 射线最大能量等于电子的动能。通过加大加速电压，电子携带的能量增大，则有可能将金属原子的内层电子撞出，于是内层形成空穴，外层电子跃迁回内层填补空穴，同时放出波长在 0.1 纳米左右的光子，形成 X 光谱中的特征线，此称为特征辐射。

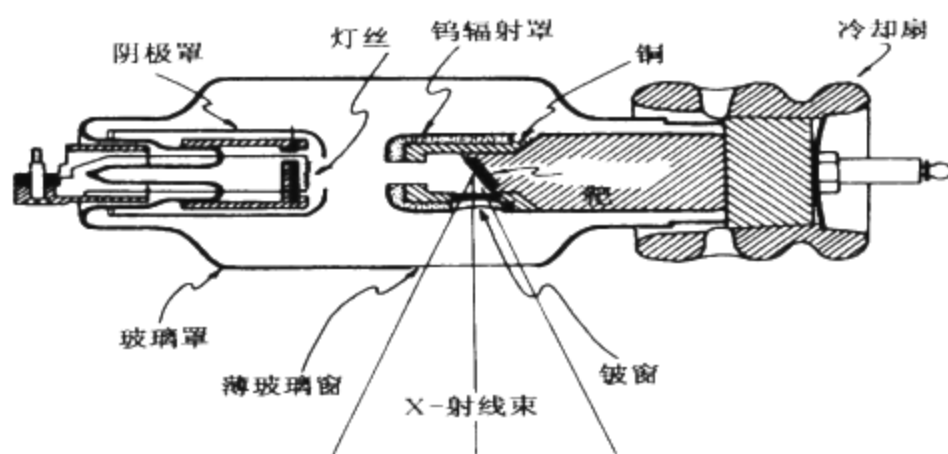


图 9-1 X 射线管结构示意图

工业 CT 是工业用计算机断层成像技术的简称，它能在对检测物体无损伤条件下，以二维断层图像或三维立体图像的形式，清晰、准确、直观地展示被检测物体的内部结构、组成、材质及缺损状况。其原理是基于从多个投影数据应用计算机重建图像的一种方法，现代断层成像过程中仅采集通过特定剖面（被检测对象的薄层，或称为切片）的投影数据，用来重建该剖面的图像，因此也就从根本上消除了传统断层成像的“焦平面”以外其他结构对感兴趣剖面的干扰，“焦平面”内结构的对比度得到了明显的增强；同时断层图像中图像强度（灰度）数值

能真正与被检对象材料的辐射密度产生对应的关系,发现被检对象内部辐射密度的微小变化。

工业 CT 机在检测时,利用 X 射线发生器产生 X 射线,利用产生的 X 射线穿透物质和在物质中有衰减的特性,根据 X 射线在受测工件内的衰减表征,借助计算机系统(PC)组件负责扫描过程控制、参数调整和重构软件进行图象重建、显示及处理,实现对受检物件进行无损检测和密度测量等功能。

### 9.1.2 设备组成

本项目拟安装使用 1 台 TSOL-CT225B 型工业 CT 机,最大管电压为 225kV,最大管电流为 0.88mA,主要由 X 射线源、数字平板探测器、扫描机械平台、安全防护外罩、快速上下料托盘、自校准装置、计算机工作站、扫描及重建软件、通用几何量测量软件、无损分析软件构成。设备外形尺寸长 3676mm,宽 2209mm,高 2783mm。

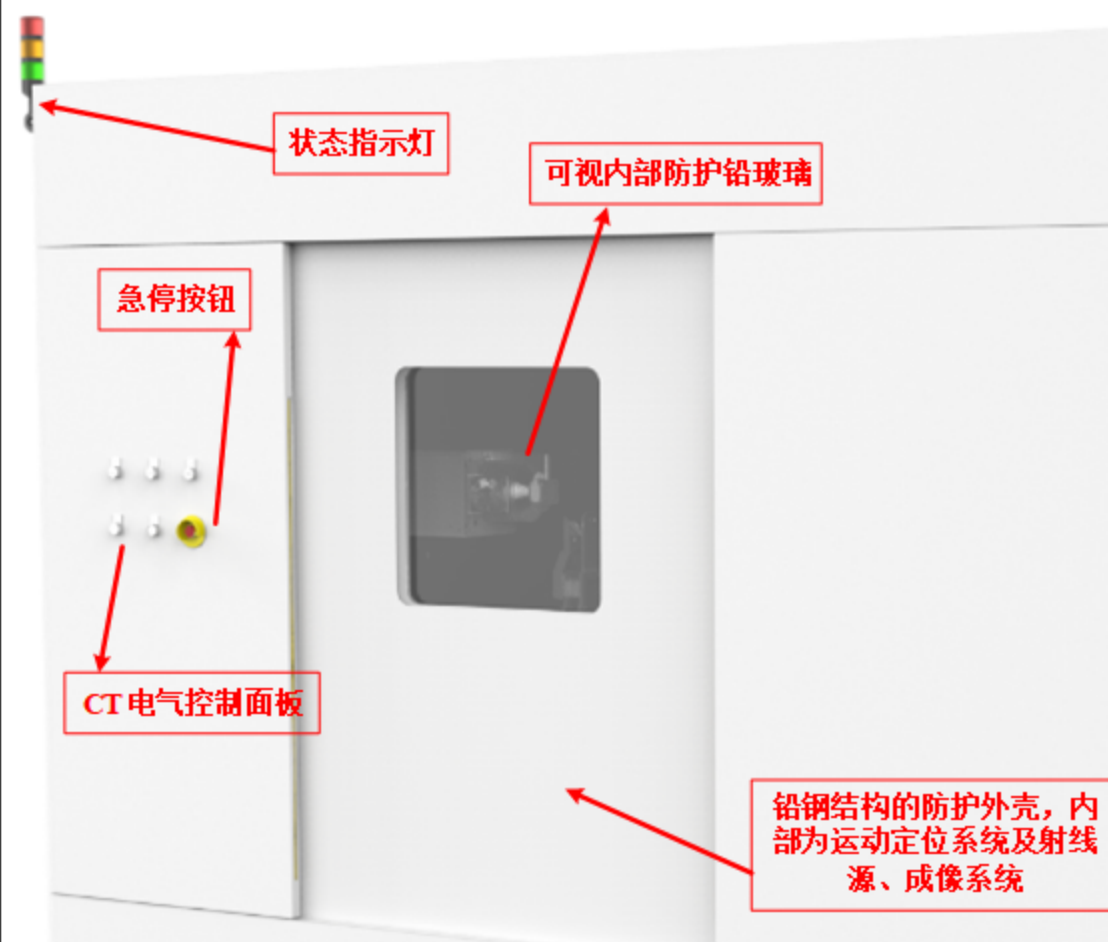


图 9-2 TSOL-CT225B 工业 CT 机外观实物图 (示例)

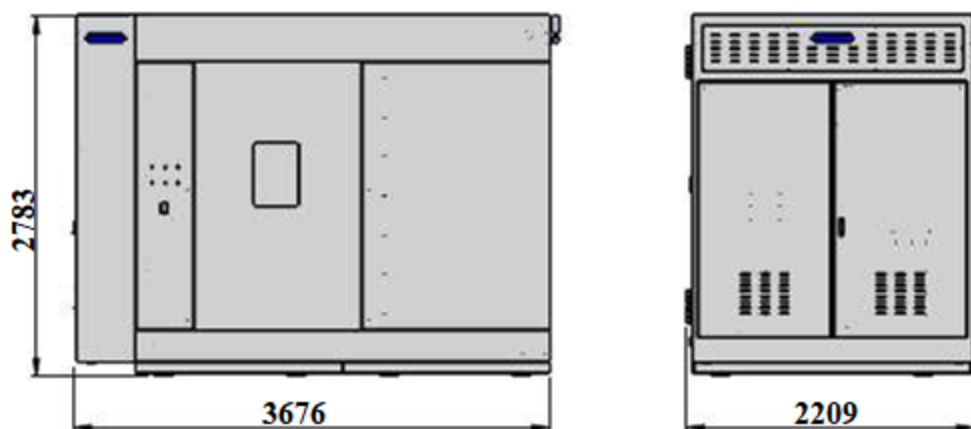


图 9-3 TSOL-CT225B 型工业 CT 尺寸示意图（单位：mm）

TSOL-CT225B 型工业 CT 主要构件分为以下三部分（见图 9-2）：

- 1、带铅板防护的扫描室；
- 2、电气控制柜；
- 3、数据处理工作站（图 9-2 中未示意）；

内部主要设备组成详情如下：

①微焦点 X 射线源：定向式微焦点 X 射线管（从设备正面看自左向右），管可提供高品质高分辨率 X 射线，低噪声，射线稳定，满足各类复杂应用的要求。

②数字平板探测器：配备高对比度实时平板探测器，支持探测器校正，有效确保探测器长期运行过程中图像质量的稳定及使用寿命。

③扫描机械平台：采用固定式微焦点射线源与数字平板探测器，配备三个移动行程轴及一个旋转轴，更少的行程轴数量，更佳的机械结构与更小的系统总误差，确保运动的定位精度与传动平稳准确性，在长期使用过程中测量精度保持更佳的稳定性。

④安全防护外罩：采用钢-铅-钢夹层全防护设计，配置联锁安全门、辐射警示标识及警示灯，全方位保证操作使用人员的安全，集成标准隔振系统，确保系统运行稳定性。

⑤快速上下料托盘：采用精密定位机构，直接精确对接转台系统，实现工件的机外装夹及快速重复上下料。

⑥自校准装置：配备几何校准器及轴校准器一套，快速自校准 X 射线源、

旋转中心及探测器相对几何关系以及转台轴，确保 CT 系统测量精度的长期稳定性及可靠性，日常由用户自行操作及完成。

⑦计算机工作站：配置可按需定制，分别安装扫描及重建软件、测量及分析软件，以满足 CT 扫描、图像重构、测量分析及报告输出等全方位操作要求。

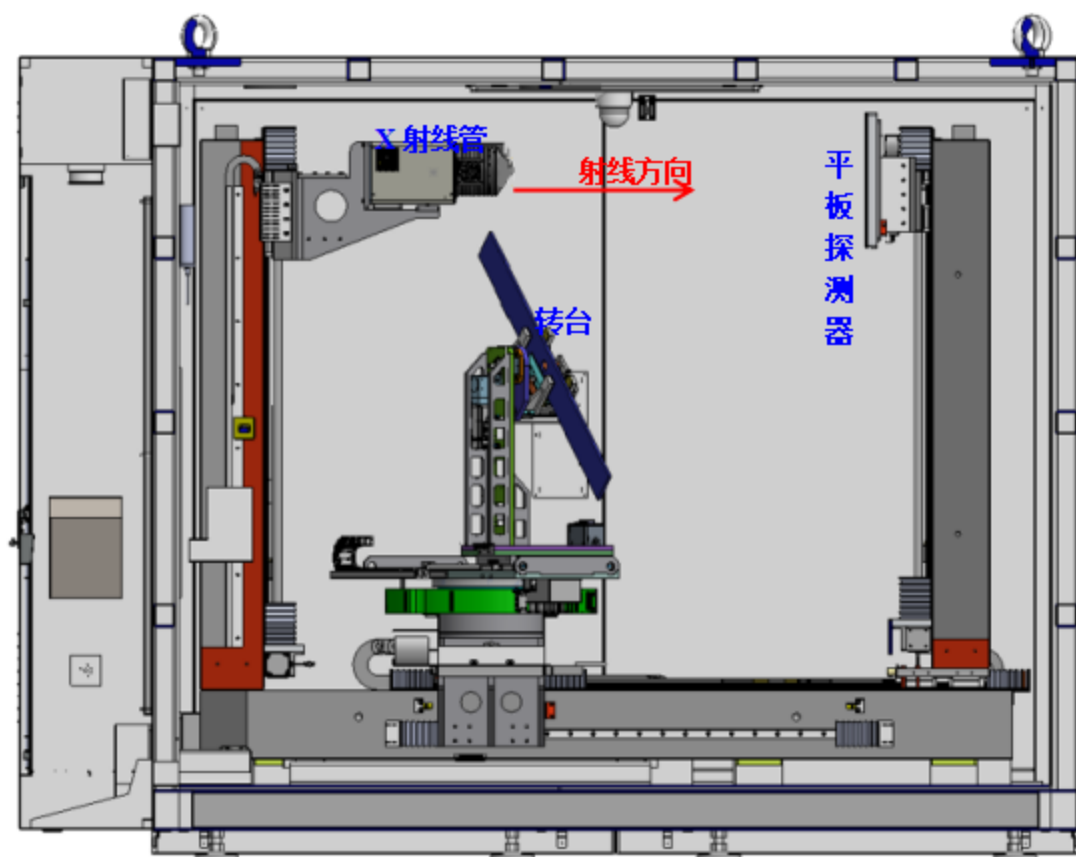


图 9-4 TSOL-CT225B 型工业 CT 内部结构示意图（正面）

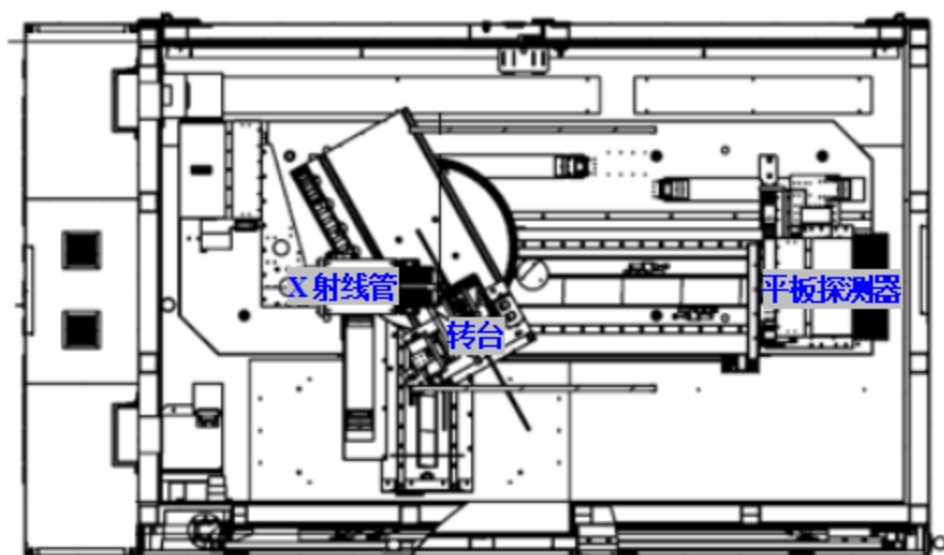


图 9-5 TSOL-CT225B 型工业 CT 内部结构俯视图

### 9.1.3 工作流程及产污环节

本项目使用的工业 CT 主要通过控制电脑上的操作软件完成检测（工业 CT 使用前无需训机），辐射工作人员在打开防护门，放入待检工件，将其置于样品台上。防护门关闭到位后，工作人员接通设备高压电源，设定曝光参数后工业 CT 机自动开始扫描（最长扫描时间为 60min），扫描结束 X 射线停止出束，计算机分析系统自动进行数据处理与三维图像重建（数据处理与三维图像重建时间约 5min），图像重建完成，辐射工作人员切断高压电源打开防护门，取出工件。

整个检测过程由设备自动进行，设备开机期间工作人员在操作台上进行监控。本项目工业 CT 机检测工艺流程及产污环节见图 9-6 所示，项目运行中产生的主要污染为工业 CT 机工作过程中产生的 X 射线、臭氧和氮氧化物。

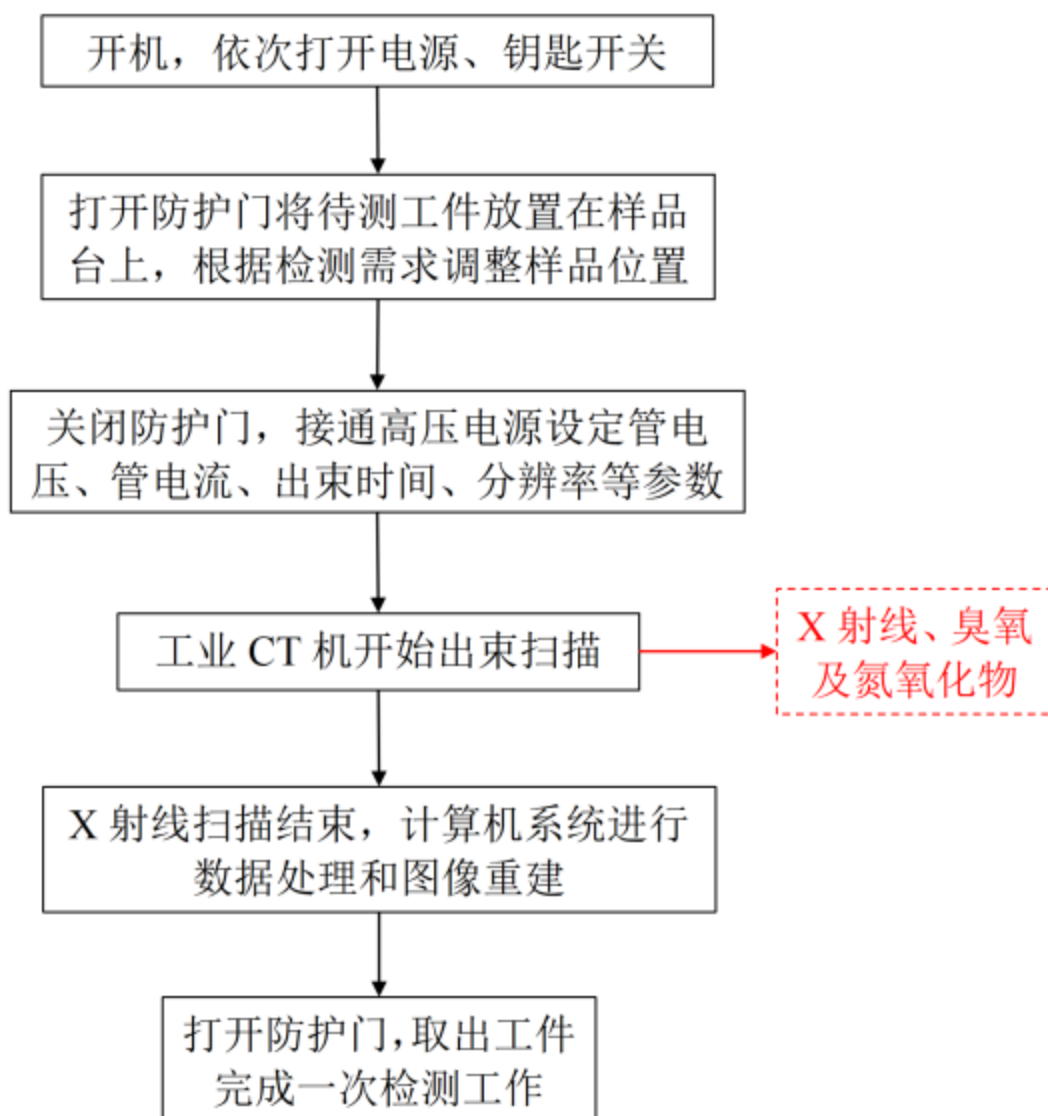


图 9-6 本项目工业 CT 检测工艺流程及产污示意图



本项目使用的工业 CT 机拟配备 4 名检测工程师轮岗（两班倒，每班 10 小时，每年工作 50 周，每周工作 7 天）进行电芯内部结构检查和缺陷分析，本项目设备及人员的工作负荷见表 9-1。

**表 9-1 本项目工作负荷**

设备型号	TSOL-CT225B
每个样品最长出束时间（min）	60
常见样品出束时间（min）	10
每天最多检测样品数（个）	40
每次最多可检测样品数（个）	2
每天工作时间（h）	10
每日最长曝光时间（h）	3.34
每周工作天数（d）	7
每年工作周数（w）	50
拟配备辐射工作人员数（名）	4
年最长曝光时间（h/a）	1169

注：本项目为轮岗制，进行 CT 检测作业时，工作人员位于操作位。

### 9.3 污染源项描述

#### 9.3.1 污染源项

根据建设单位与设备厂家提供的技术参数，本项目工业 CT 机技术参数见表 9-2。

**表 9-2 TSOL-CT225B 型工业 CT 设备性能参数一览表（设备方提供）**

性能	参数
X 射线管最大管电压(kV)	225
X 射线管最大管电流（mA）	0.88
过滤材料	1mm 铝
辐射源点过滤后 1m 处 X 射线输出量	$4.7\text{Sv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{h})$
距离焦点 1m 处的最大泄漏辐射剂量率	$2.5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$
圆锥束中心轴与圆锥边界夹角	$13.95^\circ$
设备外形尺寸（mm）	长 3676mm×宽 2209mm×高 2783mm

### 9.3.2 污染源分析

#### (1) 正常工况下污染途径

根据 X 射线装置原理可知，本项目 TSOL-CT225B 型工业 CT 机在关机状态下不产生射线，只有在开机并处于出束状态时才会产生 X 射线及少量臭氧和氮氧化物，同时工业 CT 机采用数字化成像技术，无废旧显影液和定影液产生，因此，本项目运行期产生的主要污染物为：

- ①工业 CT 工作时产生的 X 射线；
- ②工业 CT 工作过程中产生少量的臭氧和氮氧化物。

#### (2) 事故工况下污染途径

①进样防护门安全联锁发生故障，导致防护门在未关到位的情况下射线出束，使工作人员受到不必要的照射；

- ②设备维修或维护过程中，维修人员误操作，接通电源并出束，造成误照射。
- 一旦发生射线泄漏事故，立即切断电源，启动应急方案。

表 10 辐射安全与防护

### 10.1 辐射防护的“两区”管理

#### (1) 分区依据和原则

为防止 X 射线对环境的影响，建设单位按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）相应的要求，对辐射工作场所划分为控制区、监督区，并实行两区管理制度。

控制区：在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散，以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的适当位置处设立醒目的警告标志，并给出相应的辐射水平和污染水平指示。

监督区：未被确定为控制区，正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措施，但要不断检查其职业照射状况的区域。在监督区入口处的合适位置张贴辐射危险警示标记；并定期检查工作状况，确认是否需要防护措施和安全条件。

#### (2) 本项目分区管理情况

根据控制区和监督区的定义，结合本项目 TSOL-CT225B 型工业 CT 机屏蔽防护设计，本项目两区划分如下：

控制区：将工业 CT 屏蔽体内部区域划为控制区，在工业 CT 机外表面醒目位置粘贴电离辐射警告标志。该区域密封在设备结构材料内部，无需采取额外的防护措施；

监督区：将 CT 实验室内除工业 CT 机以外的其他区域划为监督区，在监督区边界处（CT 实验室入口）设置门禁系统，仅允许授权工作人员进入。同时在 CT 实验室门外粘贴的“未经许可 禁止入内”中文警示牌，表明监督区，防止无关人员进入。

辐射工作人员在工业 CT 机操作台进行操作，需对职业照射需进行监督，辐射工作人员工作期间需佩戴个人剂量计，工业 CT 出束期间，除辐射工作人员外，其他人员不得在 CT 实验室内逗留。

本项目辐射工作场所两区划分示意图见图 10-1。

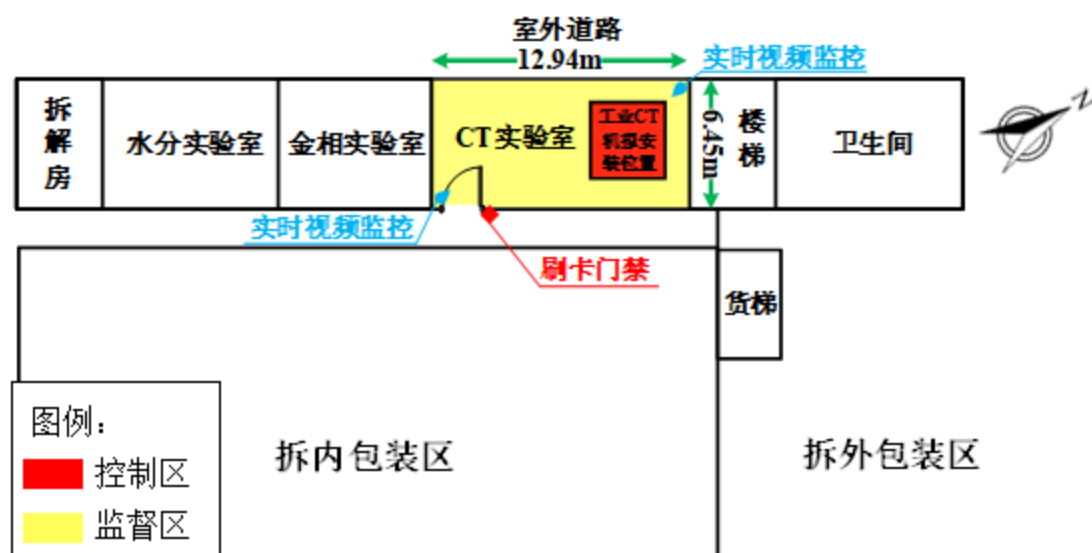


图 10-1 本项目工业 CT 辐射工作场所分区示意图

## 10.2 工业 CT 辐射防护设施

本项目拟使用 TSOL-CT225B 型工业 CT 自带屏蔽功能，根据设备厂家提供的设备说明（见附件 6）可知，正面、背面、顶部、底部及进样防护门均采用外侧 2mm 钢板+14mm 铅板+内侧 2mm 钢板的屏蔽设计，左侧采用外侧 2mm 钢板+12mm 铅板+内侧 2mm 钢板的屏蔽设计，设备右侧（主束照射方向）采用外侧 2mm 钢板+16mm 铅板+内侧 2mm 钢板的屏蔽设计。TSOL-CT225B 型工业 CT 各位置防护屏蔽参数见表 10-1。

表 10-1 TSOL-CT225B 型工业 CT 防护性能参数表

项目		防护参数	屏蔽 铅当量 <sup>①</sup>
CT 机外形尺寸		长×宽×高=3676*2209*2783mm	
正面	屏蔽体	2mm 钢板+14mm 铅板+2mm 钢板	14mmPb
	进样防护门（单开电动平移防护门） <sup>②</sup> 防护门尺寸：1400mm×2170(H)mm 门洞尺寸：1300mm×2070(H)mm	2mm 钢板+14mm 铅板+2mm 钢板	14mmPb
背面	屏蔽体	2mm 钢板+14mm 铅板+2mm 钢板	14mmPb
	检修门（手动平开式防护门） <sup>③</sup> 单侧防护门尺寸：1550mm×2420(H)mm 门洞尺寸：2920mm×2330(H)mm	2mm 钢板+14mm 铅板+2mm 钢板	14mmPb
左部		2mm 钢板+12mm 铅板+2mm 钢板	12mmPb
右部（主束照射方向）		2mm 钢板+16mm 铅板+2mm 钢板	16mmPb

顶部	2mm 钢板+14mm 铅板+2mm 钢板	14mmPb
底部	2mm 钢板+14mm 铅板+2mm 钢板	14mmPb

注：①上表中屏蔽铅当量为不考虑钢结构材料的屏蔽效果的保守取值。

②本项目工业 CT 机在设备正面设置 1 扇单开电动平移防护门（进样防护门），门洞大小约为 1300mm×2070(H)mm，防护门整体大小为 1400mm×2170(H)mm，防护门门缝相互重叠 50mm 的安全搭接，以防止射线从防护门的缝隙间泄漏。

③本项目工业 CT 机在设备背面设置 1 扇手动平开式防护门（检修门），门洞大小约为 2920mm×2330(H)mm，单侧检修门整体大小为 1550mm×2420(H)mm，检修门上下门缝相互重叠 45mm 的安全搭接，检修门左右门缝相互重叠 60mm 的安全搭接，以防止射线从检修门的缝隙间泄漏。背面门为检修门，处于常闭状态。

### ①安全联锁

TSOL-CT225B 型工业 CT 机的防护门和检修门均设置了门-机安全联锁装置，进样防护门或检修门任一在打开或者没有关到位的情况下，高压电源无法打开；进样防护门或检修门打开时高压电源将随即关闭，重新关闭后无法自动打开高压电源。当设备运行过程中，突然打开设备进样防护门后，将立即切断高压，停止出束。

### ②进样防护门设计

TSOL-CT225B 型工业 CT 机在设备正面设 1 扇双开电动平移防护门，用于检测样品进出，背面设置 1 扇双开手动平开检修门，用于设备检修维护，其余面则完全密封。进样防护门及检修门均设置有限位安全联锁装置，在开启以及未完全关闭状态下，均无法打开高压电源。防护门门洞大小约为 1300mm×2070(H)mm，防护门整体大小为 1400mm×2170(H)mm，两扇防护门门缝相互重叠 50mm 的安全搭接，以防止射线从防护门的缝隙间泄漏；检修门洞大小约为 2920mm×2330(H)mm，单侧检修门整体大小为 1550mm×2420(H)mm，检修门左右门缝相互重叠 60mm 的安全搭接，上下门缝相互重叠 45mm 的安全搭接，以防止射线从防护门的缝隙间泄漏。



图 10-2 双门锁限位连锁开关



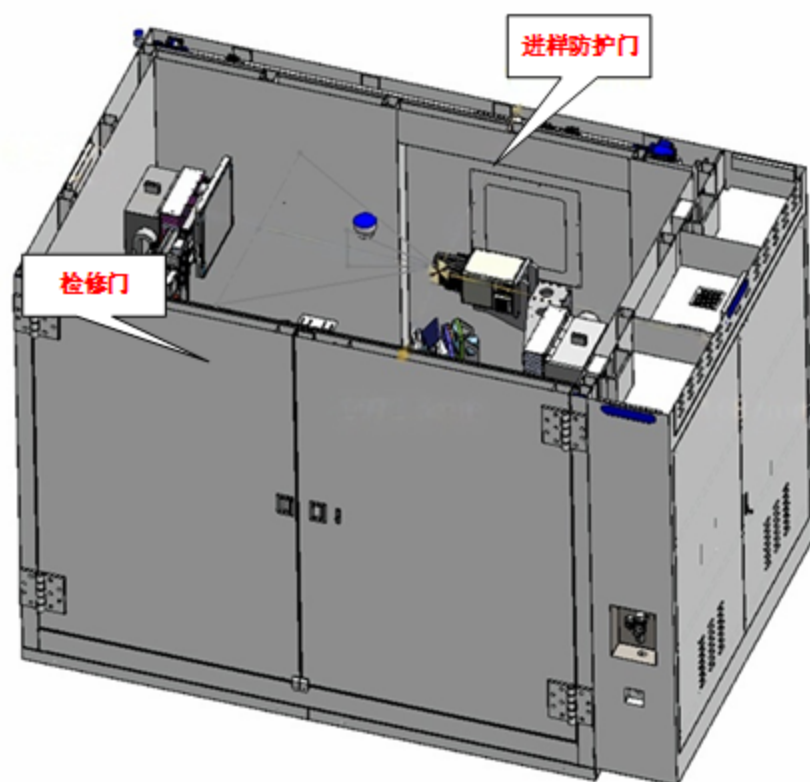


图 10-3 进样防护门及背面检修门

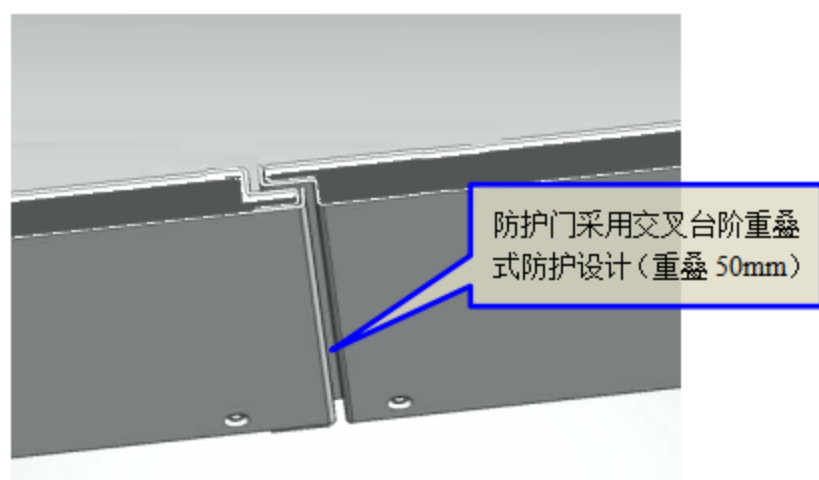


图 10-4 本项目进样防护门搭接示意图(门缝重叠部分 50mm)

### ③工作指示灯和电离辐射警示标志

TSOL-CT225B 型工业 CT 机上表面设置与工业 CT 工作状态联锁的三色警示灯，工作状态三色指示灯配备了红色、绿色、黄色三种灯光，不同的灯光表示设备不同的运行状态：红灯发光常亮表示设备 X 射线管打开，这时设备正在工作中；绿灯常亮表示设备处于正常状态，即所有的门已关好可以打开 X 射线管对样品进行检测；黄灯闪烁表示进防护门未关。

同时，工业 CT 机外 4 个面均安装有灯光警示装置进样防护门关闭后，警示灯开始闪烁。

建设单位将在工业 CT 机机身醒目位置张贴有电离辐射警示标志和中文警示说明，明确不同信号灯的意义。

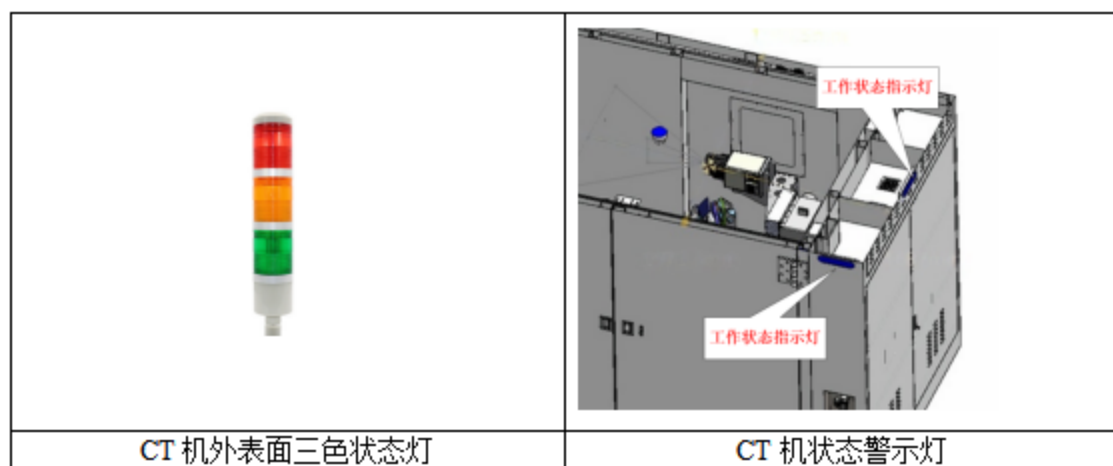


图 10-5 工业 CT 机警示灯设置示意图（示例）

#### ④紧急停机按钮

TSOL-CT225B 型工业 CT 机正面控制面板以及设备内部均设置有紧急停机按钮（内部 1 个，设备外表面控制面板 1 个），在出现紧急情况（工作人员在装载样品或检修人员在维护设备时进样防护门误关闭）时，按下紧急停机按钮，可以立即切断设备电源，X 射线停止出束，此时工作人员可手动打开进样防护门。

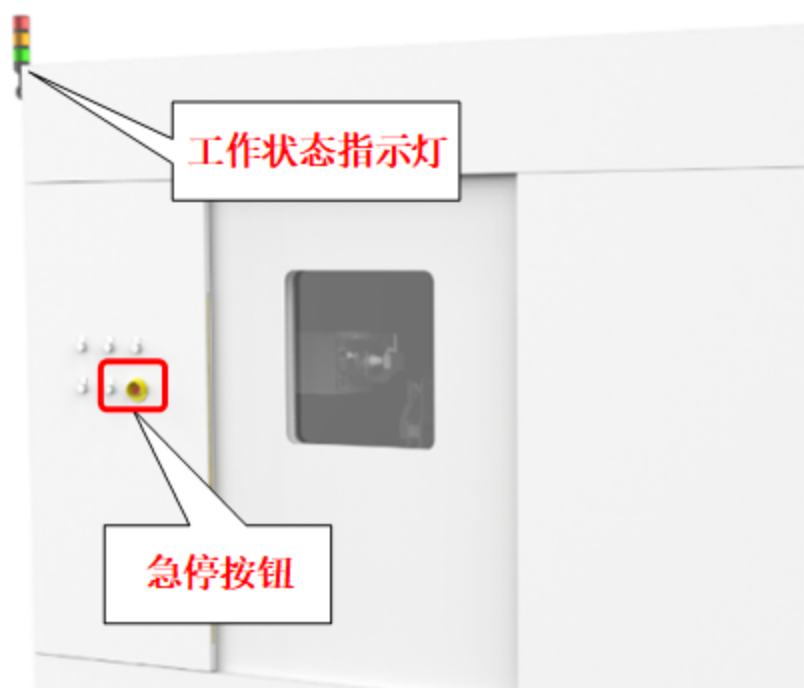


图 10-6 工业 CT 机外部急停按钮及三色状态指示灯设置位置示意图

### ⑤钥匙开关

射线系统带钥匙开关，钥匙挡位在“ON”时射线才被允许打开，钥匙由专人负责保管。

### ⑥排风设计

TSOL-CT225B 型工业 CT 内部容积约  $15\text{m}^3$ ，采用密闭式屏蔽体设计，X 射线管在自身冷却系统的工作下，X 射线管的温度可以达到自平衡，检测完成后打开防护门自然通风，气体排出后通过 CT 实验室机械排风装置排至厂房总排管道引至天面排风口处统一排放，从而降低 CT 实验室内臭氧和氮氧化物的浓度，天面排放口避开人员活动密集区。

CT 实验室设计安装 2 台机械排气扇，单台风扇设计排风量为  $408\text{m}^3/\text{h}$ ，系统总设计排风量为  $816\text{m}^3/\text{h}$ 。CT 实验室有效容积约为  $250\text{m}^3$ （长  $12.94\text{m}$ ×宽  $6.45\text{m}$ ×高  $3\text{m}$ ），内部通风换气次数约为 3 次/h，满足每小时有效通风换气次数应不小于 3 次的要求。拟安装机械排风型号参数见图 10-7。

产品型号	BPT15-44-1(AL)	
进气风量	$408\text{m}^3/\text{h}$	
接管尺寸	149mm	
输出功率	70W	
噪 声	47dB(A)	
面板尺寸	$600*600*194\text{mm}$	

\*因测量工具与手法不同，若数据存在差距属于合理现象，请以实物为准。本页面全部数据来自金羚实验室

图 10-7 CT 实验室拟安装机械排风扇型号参数

### ⑦其他防护措施

a. CT 实验室入口设置刷卡门禁，除授权人员外，无关人员不得进入（门禁设置位置见图 10-1）；

b. CT 实验室内部将加装实时监控摄像头，方便管理人员实时观察实验室内设备运行情况及人员工作状态（监控拟设置位置见图 10-1）；

c. 针对本项目建设单位拟新增个人剂量报警仪 1 台、便携式 X-γ 辐射剂量率仪 1 台，工作人员使用工业 CT 机时，应佩戴个人剂量计并确保个人剂量报警仪处于开机状态正常使用，便携式 X-γ 辐射剂量率仪每年进行检定或校准；

d. 每季度使用便携式 X-γ 辐射剂量率仪对工业 CT 机屏蔽体外 30cm 处和 CT 检

测区外周边区域的辐射水平进行巡检,检测位置应包括辐射工作人员操作位置、监督区边界和周围毗邻区域人员居留处,本项目拟配备的防护用品和检测仪器数量满足辐射工作的需求;

**表 10-2 拟配备防护用品清单**

防护用品名称	测量范围	最低可调报警阈值	数量	使用频率
个人剂量报警仪	0.01 $\mu$ Sv/h~150mSv/h	0.5 $\mu$ Sv/h	4	工作人员工作时需佩戴,下班交回
便携式 X- $\gamma$ 辐射剂量率仪	0.01 $\mu$ Sv/h~1Sv/h	0.25 $\mu$ Sv/h	1	每季度对辐射工作场所进行辐射监测,监测数据留档
个人剂量计	/	/	4	每名工作人员各配备 1 枚,工作时佩戴,下班交回,另有 1 枚本底剂量片

注:建设单位尚未选定个人剂量报警仪和便携式 X- $\gamma$ 辐射剂量率仪型号,上表中测量范围和报警阈值为市面常见监测仪器参数。

e.建设单位拟将各项辐射环境管理规章制度及设备操作规程张贴于 CT 实验室墙面醒目位置,加强辐射工作人员的培训,辐射工作人员将严格按照操作规程操作,避免事故发生。

### 10.3 辐射安全防护设施对照分析

根据建设单位及设备厂商提供的相关材料,参照《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)中放射防护要求,对本项目具体的辐射防护设施及措施与标准对照分析,见表 10-3。

**表 10-3 本项目与 GBZ117-2022 中辐射安全防护要求对照分析表**

《工业探伤放射防护标准》 (GBZ 117-2022)	本项目工业 CT 机设计情况	评价结果
<p>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。</p> <p>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。</p> <p>4.6 应制定辐射事故应急预案。</p>	<p>本项目为核技术利用新建项目,建设单位成立了辐射安全管理小组成员并明确辐射安全管理工作职责,针对本项目工业 CT 机将制定具有可操作性的《工业 CT 机操作规程》,《人员培训计划》、《设备检修维护制度》、《辐射环境监测方案》、等辐射安全管理规章制度和《辐射事故应急预案》符合辐射安全管理和事故应急的要求。建设单位拟将各项辐射安全管理规章制度及设备操作规程张贴于 CT 实验室墙面醒目位置,定期组织辐射工作人员培训,严格要求辐射工作人员按照操作规程操作,避免事故发生。</p>	满足要求

<p>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 GBZ 98 的要求进行职业健康监护。</p> <p>4.5 应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。</p>	<p>建设单位定期组织辐射工作人员的职业健康体检并按照 GBZ128 的要求开展个人剂量监测。针对本项目将配备个人剂量报警仪 1 台、便携式 X-γ辐射剂量率仪 1 台,满足日常人员防护的需求。工作人员使用工业 CT 机时,应佩戴个人剂量计并确保个人剂量报警仪处于开机正常运行状态。</p>	满足要求
<p>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的人员在紧急情况下离开探伤室。在探伤过程中,防护门被意外打开时,应能立刻停止出束或回源。探伤室内有多台探伤装置时,每台装置均应与防护门联锁。</p>	<p>本项目工业 CT 机设置有门-机联锁装置,正常工作状态下,当门未全部关闭时不能接通 X 射线管高压电源;在 X 射线管通电进行 X 射线照射时,工业 CT 机防护门门机联锁故障或被强行开启时能立即切断高压,停止出束。</p>	满足要求
<p>6.1.6 探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置,并与探伤机联锁。“预备”信号应持续足够长的时间,以确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别,并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。在醒目的位置处应有对“照射”和“预备”信号意义的说明。</p> <p>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。</p>	<p>TSOL-CT225B 型工业 CT 外表面设置与工业 CT 工作状态联锁的三色警示灯,工作状态三色指示灯配备了红色、绿色、黄色三种灯光,不同的灯光表示设备不同的运行状态:红灯发光常亮表示设备 X 射线管打开,这时设备正在工作中;绿灯常亮表示设备处于正常状态,即所有的门已关好可以打开 X 射线管对样品进行检测;黄灯闪烁表示进防护门未关。同时,工业 CT 机外 4 个面均安装有灯光警示装置进样防护门关闭后,警示灯开始闪烁。建设单位将在工业 CT 机机身醒目位置张贴有电离辐射警示标志和中文警示说明,明确不同信号灯的意义。</p>	满足要求
<p>6.1.7 探伤室内和探伤室出入口应安装监视装置,在控制室的操作台应有专用的监视器,可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况。</p>	<p>本项目 X 射线探伤机内部安装有视频监控系统并与操作台显示屏连接,操作人员可通过监控系统观察设备内部情况,同时操作人员也可以通过观察窗观察设备内部情况。同时 CT 实验室内部将加装实时监控摄像头,方便管理人员实时观察实验室内设备运行情况及人员工作状态。</p>	满足要求
<p>6.1.9 探伤室内应安装紧急停机按钮或拉绳,确保出现紧急事故时,能立即停止照射。按钮或拉绳的安装,应使人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮或拉绳应带有标签,标明使用方法。</p>	<p>TSOL-CT225B 型工业 CT 机设置 2 个急停开关(内部 1 个,机身外表面 1 个),其中一个内部急停开关位于射线管侧,人员无需穿过主射线即可使用,在任何异常情况下按下急停开关,立即切断高压停止出束。</p>	满足要求



<p>6.1.10 探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次。</p>	<p>TSOL-CT225B 型工业 CT 内部容积约 15m<sup>3</sup>，采用密闭式屏蔽体设计，X 射线管在自身冷却系统的工作下，X 射线管的温度可以达到自平衡，检测完成后打开防护门自然通风，气体排出后通过 CT 实验室机械排风装置排至厂房总排管道引至天面排风口处统一排放，从而降低 CT 实验室内臭氧和氮氧化物的浓度，天面排风口避开人员活动密集区。</p> <p>CT 实验室设计安装 2 台机械排气扇，单台风扇设计排风量为 408m<sup>3</sup>/h，系统总设计排风量为 816m<sup>3</sup>/h。CT 实验室有效容积约为 250m<sup>3</sup>（长 12.94m×宽 6.45m×高 3m），内部通风换气次数约为 3 次/h，满足每小时有效通风换气次数应不小于 3 次的要求。</p>	<p>满足要求</p>
<p>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。</p>	<p>辐射工作人员在使用工业 CT 机进行检测前，应检查 CT 机的防护门-机联锁装置、急停开关、工作状态指示装置等防护安全措施等是否能正常工作。如在检查过程中发现异常，则应停止工作并上报辐射防护负责人并联系设备厂商进行维护和检修工作。</p>	<p>满足要求</p>
<p>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。</p>	<p>建设单位要求工作人员开机前需佩戴个人剂量计，并打开个人剂量报警仪。当辐射水平达到设定的报警水平时，个人剂量报警仪报警，辐射工作人员应立即按下急停开关、切断设备物理电源，离开 CT 实验室，封锁现场阻止其他人进入，并立即向辐射防护负责人报告。</p>	<p>满足要求</p>
<p>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。</p>	<p>建设单位每季度使用便携式 X-γ辐射剂量率仪对工业 CT 机屏蔽体和周边区域的辐射水平进行巡检，检测位置应包括辐射工作人员操作位置、监督区边界和周围毗邻区域人员居留处。测量值与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，应终止工作并向辐射防护负责人报告。</p>	<p>满足要求</p>
<p>6.2.6 在每一次照射前，操作人员都应该确认探伤室内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。</p>	<p>本项目工业 CT 机只有在进样防护门正常关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始出束工作。</p>	<p>满足要求</p>
<p><b>10.4 三废的治理</b></p> <p>本项目的辐射源是 X 射线发生装置，接通电源时，X 射线发生装置产生 X 射</p>		

线；断开电源时，X 射线消失，且由计算机电脑控制出束成像，直接在显示屏上显示检测结果，不会产生放射性三废。工业 CT 开机使用时，在 X 射线的照射下，可能会使空气电离产生少量的臭氧和氮氧化物等有害气体。

TSOL-CT225B 型工业 CT 内部容积约  $15\text{m}^3$ ，采用密闭式屏蔽体设计，X 射线管在自身冷却系统的工作下，X 射线管的温度可以达到自平衡，检测完成后打开防护门自然通风，气体排出后通过 CT 实验室机械排风装置排至厂房总排管道引至天面排风口处统一排放，从而降低 CT 实验室内臭氧和氮氧化物的浓度，天面排放口避开人员活动密集区。

CT 实验室设计安装 2 台机械排气扇，单台风扇设计排风量为  $408\text{m}^3/\text{h}$ ，系统总设计排风量为  $816\text{m}^3/\text{h}$ 。CT 实验室有效容积约为  $250\text{m}^3$ （长  $12.94\text{m} \times$  宽  $6.45\text{m} \times$  高  $3\text{m}$ ），内部通风换气次数约为 3 次/h，满足每小时有效通风换气次数应不小于 3 次的要求。可有效减少臭氧和氮氧化物聚积。

表 11 环境影响分析

### 11.1 建设阶段对环境的影响

本项目 TSOL-CT225B 工业 CT 机拟安装在汕尾市海丰县二部汕尾弗迪电池工厂园区内 2-2 号厂房 CT 实验室，仅进行设备和配套辅助设施的安装，建设（安装）阶段的环境影响主要有声环境、环境空气和固体废物的非辐射影响，安装阶段的环境影响是短暂的，随着施工期的结束而消失。

本项目只有在使用过程中才会产生 X 射线，建设（安装）阶段不会对周围环境产生电离辐射影响。

### 11.2 运行阶段对环境的影响

建设单位拟使用的 TSOL-CT225B 工业 CT 机自带屏蔽体（工业 CT 机摆放在 CT 实验室北侧，CT 实验室的墙体、顶棚属于一般材料，辐射屏蔽效果忽略不计），本项目设定工业 CT 机运行时屏蔽体外 30cm 处的周围剂量当量率控制水平为不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，本次评价采用理论计算的方式，计算工业 CT 机正常运行时设备屏蔽体外关注点处的辐射剂量率，并结合附件 4 中设备厂家提供的参数给出可行性判断。

#### 11.2.1 关注点的选取

参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）“3.2.1 按有用线束考虑屏蔽的面，不需要考虑进入有用线束区的散射辐射”，结合项目平面布置，本项目 TSOL-CT225B 型工业 CT 机关注点见表 11-1 及图 11-1。

本项目工业 CT 机 X 射线管、平板探测器均可进行 Y 轴移动，X 射线管与平板探测器升降运动行程为 1200mm，该工业 CT 机进行检测作业时，主射线方向朝向右侧，出束口距离底部铅板内壁最低为 943mm，X 射线管距待测工件最近距离 0.5m。本报告选取工业 CT 的屏蔽体外 30cm 处作为关注点（考虑钢铅结构材料和部分外饰层对距离的修正），工业 CT 机地下层无建筑，设备正下方人员不可到达，因此不设关注点，关注点示意图见图 11-1、图 11-2。

表 11-1 关注点选取及计算参数一览表

关注点		屏蔽参数	射线类型	与源距离 (m)	
				$R_0$	$R_s$
A	工业 CT 机右侧外 30cm	16mmPb	有用线束	2.2875	/
B	工业 CT 机后侧外 30cm	14mmPb	泄漏辐射 散射辐射	1.3715	1.4598
C	工业 CT 机左侧外 30cm	12mmPb		1.987	2.487
D	工业 CT 机前侧 (防护门) 外 30cm	14mmPb		1.3975	1.484
E	工业 CT 机顶部外 30cm	14mmPb		0.691	0.853
F	工业 CT 机操作位	14mmPb		3.41	3.72

注：1、辐射源点至各侧屏蔽体的距离由设备厂家提供，见附件 4。

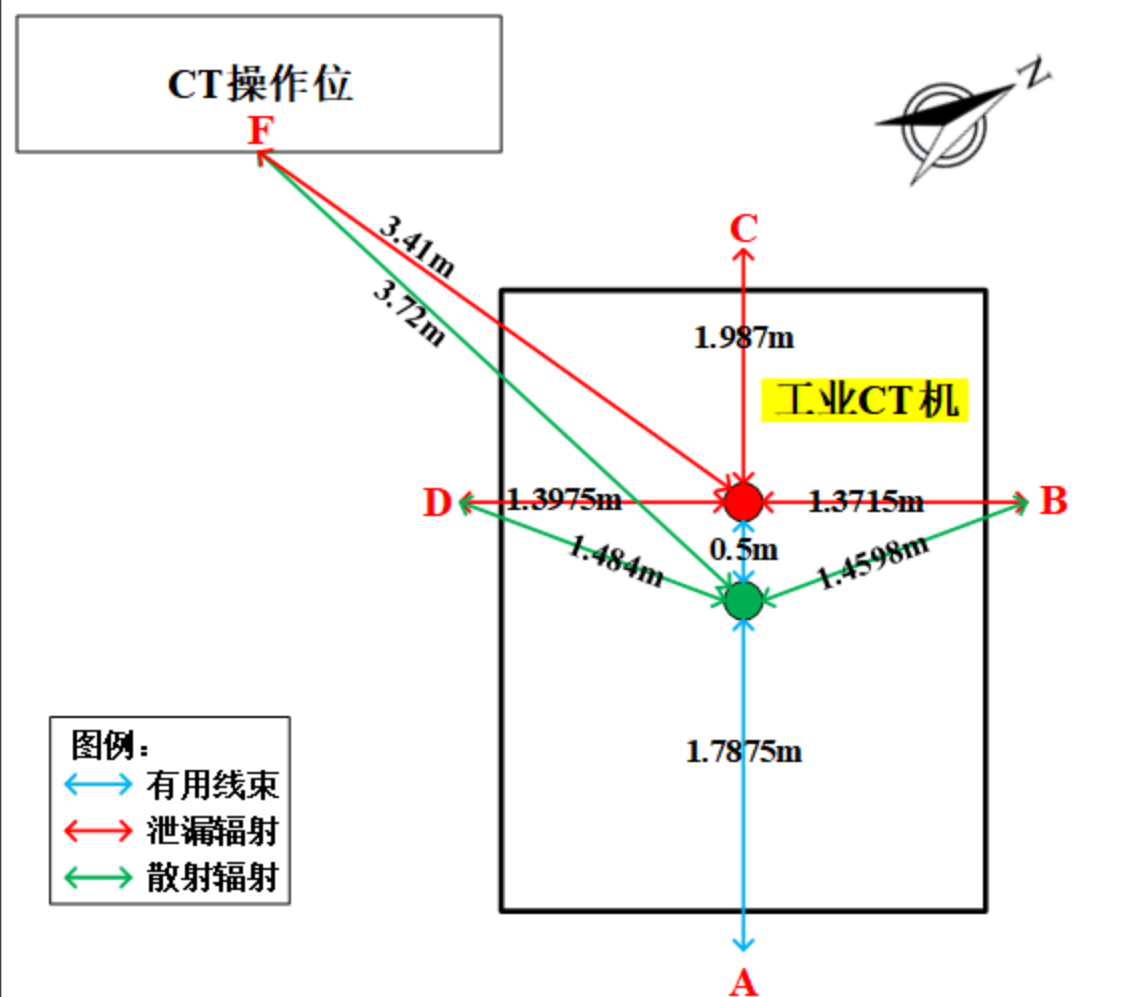


图 11-1 关注点选取示意图 (平面)

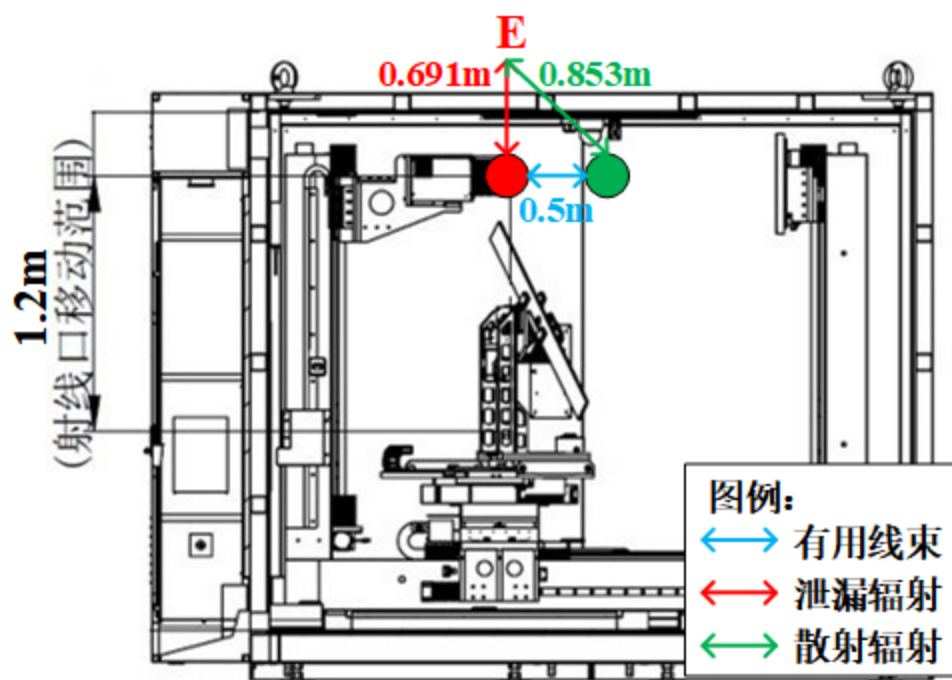


图 11-2 关注点选取示意图（剖面）

### 11.2.2 理论计算公式

本项目工业 CT 机屏蔽体的辐射防护屏蔽措施的防护性能采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及其他相关计算公式进行分析评价，相关计算公式如下：

#### （1）有用线束的屏蔽

对于给定的屏蔽物质厚度时，屏蔽体外关注点的剂量率计算公式如下：

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot I \cdot B}{R^2} \quad (\text{式 11-1})$$

$\dot{H}$ ——屏蔽体外关注点的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$\dot{H}_0$ ——距辐射源点 1m 处的输出量，根据生产厂家提供的参数，本项目 X 射线管输出量为  $4.7\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，即  $4.7\text{E}+06\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{h}$ ；

$R$ ——辐射源点（靶点）至关注点的距离，见表 11-1；

$I$ ——X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，本项目 X 射线管最高管电压下常用最大管电流为  $0.88\text{mA}$ ；

$B$ ——屏蔽透射因子；本项目工业 CT 机有用射束方向屏蔽厚度为  $16\text{mmPb}$ ，



参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录 B 中图 B.1（管电压 250kV 曲线），本项目有用线束的透射因子 B 取值下限为  $1 \times 10^{-6}$ 。

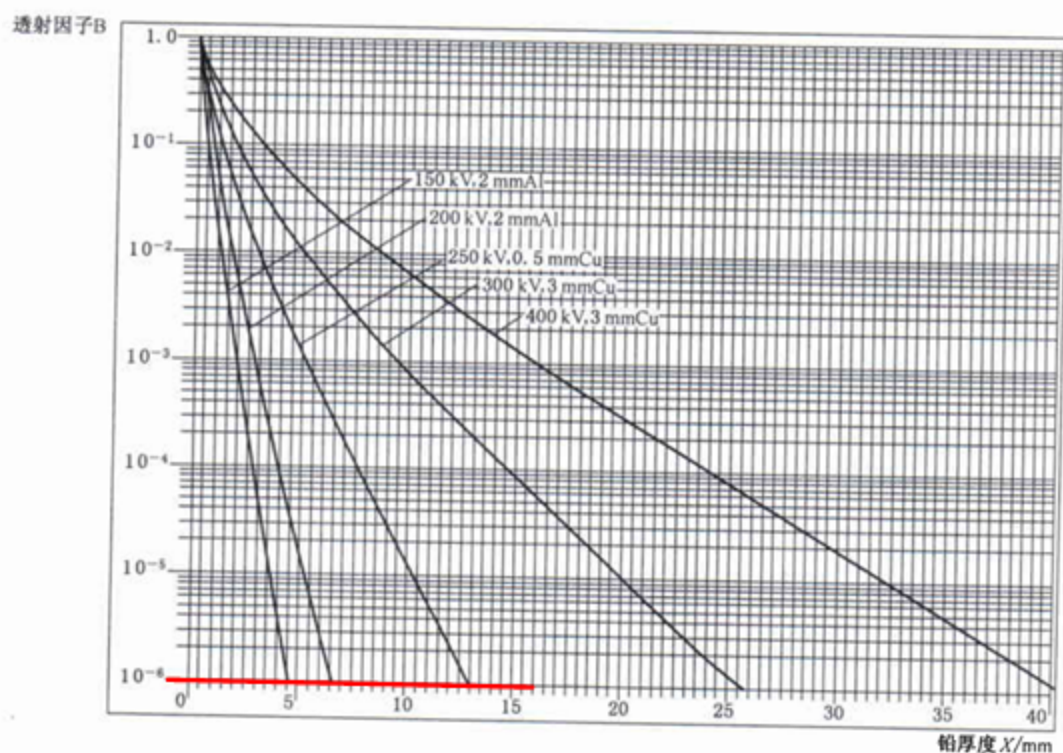


图 B.1 X 射线穿过铅的透射

图 11-3 有用线束方向屏蔽透射因子取值

## (2) 屏蔽透射因子

屏蔽物质的厚度与辐射屏蔽透射因子 B 的关系如下：

$$B = 10^{-X/TVL}$$

(式 11-2)

X——屏蔽物质厚度，mm；

TVL——什值层厚度，泄漏辐射能量为 225kV，散射辐射能量参考 GBZ/T 250-2014 表 2 取 200kV，参考《辐射防护手册》图 6.4，225kV 泄漏辐射在铅板中的什值层保守取 2mm；200kV 散射辐射在铅板中的什值层取 1.4mm。

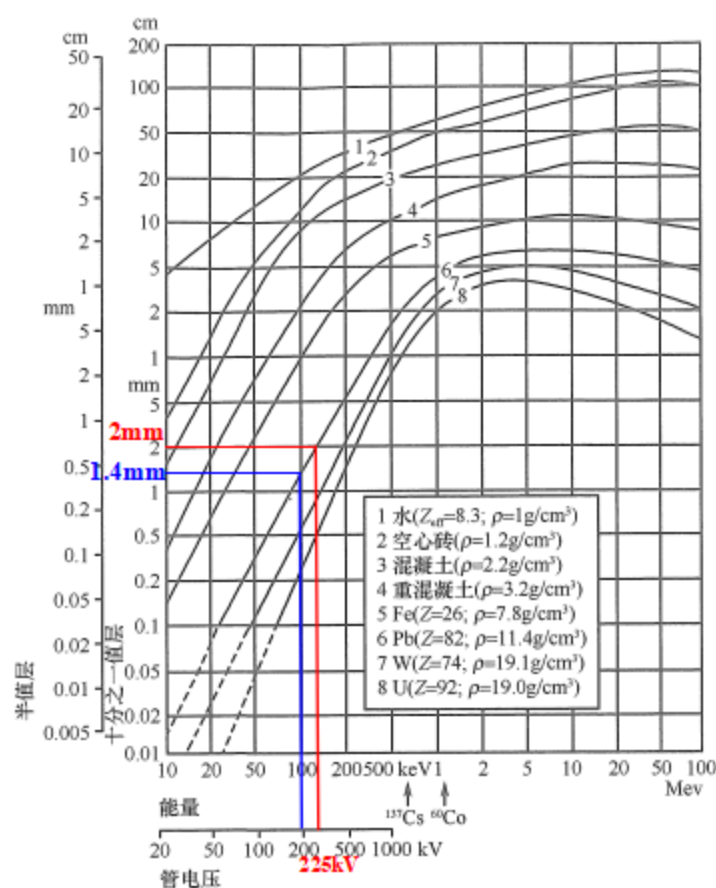


图 6.4 屏蔽材料的平均半值层和十分之一值层

资料来源: Bernard Shleien et al. 1998. Handbook of Health Physics and Radiological Health. 3rd ed

图 11-4 管电压为 225kV、200kV 时铅值层厚度

### (3) 泄漏辐射的屏蔽

对于给定的屏蔽物质厚度时, 屏蔽体外关注点的剂量率计算公式如下:

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2}$$

(式 11-3)

$\dot{H}$ ——屏蔽体外关注点的剂量率,  $\mu\text{Sv/h}$ ;

$\dot{H}_L$ ——距辐射源点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率, 根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中表 1, 本项目工业 CT 机的取值为  $2500\mu\text{Sv/h}$ ;

R——辐射源点(靶点)至关注点的距离, 见表 11-1;

B——辐射屏蔽透射因子, 根据(式 11-2)计算;

### (4) 散射辐射的屏蔽

对于给定的屏蔽物质厚度时，屏蔽体外关注点的剂量率计算公式如下：

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot I \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2}$$

(式 11-4)

$\dot{H}$ ——屏蔽体外关注点的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$\dot{H}_0$ ——距辐射源点 1m 处的输出量， $4.7\text{E}+06\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{h}$ ；

$R_0$ ——辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，m，本项目取 0.5m；

$R_s$ ——散射体至关注点的距离，见表 11-1；

$I$ ——X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，本项目 X 射线管最高管电压下常用最大管电流为 0.88mA；

$B$ ——辐射屏蔽透射因子，根据式（11-2）计算；

$F$ —— $R_0$ 处的辐射野面积， $\text{m}^2$ ；

$\alpha$ ——散射因子，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）

附录 B 表 B.3， $\alpha$ 保守取  $1.9\text{E}-3 \times 10000/400$ ；

即当 X 射线探伤装置圆锥束中心轴和圆锥边界的夹角为  $13.95^\circ$  时， $F \cdot \alpha / R_0^2$  因子的值为  $\pi \tan^2 13.95^\circ \times \alpha \approx 0.01$ 。

### 1) 有用线束方向

本项目工业 CT 屏蔽体外主射线方向关注点剂量率计算结果见表 11-2。

表 11-2 本项目工业 CT 屏蔽体外主射线方向关注点外剂量率计算结果

位置	屏蔽物质厚度	透射因子 B	$\dot{H}_0$ ( $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / \text{mA} \cdot \text{h}$ )	I (mA)	R (m)	$\dot{H}$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )
A 工业 CT 机右侧 外 30cm	16mmPb	$1 \times 10^{-6}$	4.7E+06	0.88	2.2875	0.79

### 2) 泄漏辐射及散射辐射

本项目工业 CT 机屏蔽体周边非有用线束方向关注点剂量率计算结果见表 11-3。

表 11-3 工业 CT 机屏蔽体外非有用线束方向保护目标关注点剂量率计算结果

关注点		B 工业 CT 机后侧 外 30cm	C 工业 CT 机左侧 外 30cm	D 工业 CT 机前侧（防护 门）外 30cm	E 工业 CT 机顶部 外 30cm	F 工业 CT 机操作位
屏蔽厚度（mmPb）		14	12	14	14	14
泄漏 辐射	泄漏辐射能量	225kV				
	$\dot{H}_L$ （ $\mu\text{Sv/h}$ ）	2500				
	TVL	2mm				
	B	1.00E-07	1.00E-06	1.00E-07	1.00E-07	1.00E-07
	R（m）	1.3715	1.987	1.3975	0.691	3.41
	$\dot{H}$ （ $\mu\text{Sv/h}$ ）	1.33E-04	6.33E-04	1.28E-04	5.24E-04	2.15E-05
散射 辐射	散射线能量	200kV				
	TVL	1.4mm				
	B	1.00E-10	2.68E-09	1.00E-10	1.00E-10	1.00E-10
	I（mA）	0.88				
	$H_0$	4.7E+06（ $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ）				
	$F \cdot \alpha / R_0^2$	0.01				
	$R_s$	1.4598	2.487	1.484	0.853	3.72
	$\dot{H}$ （ $\mu\text{Sv/h}$ ）	1.94E-06	1.79E-05	1.88E-06	5.68E-06	2.99E-07
泄漏辐射和散射辐射的复合剂量 率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）		1.35E-04	6.51E-04	1.30E-04	5.29E-04	2.18E-05

从表 11-2 及表 11-3 中预测结果可知, TSOL-CT225B 型工业 CT 机最大工况检测条件下, 工业 CT 屏蔽体各表面外 30cm 处的辐射剂量率预测值为  $1.30 \times 10^{-4} \mu\text{Sv/h} \sim 0.79 \mu\text{Sv/h}$ , 满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 中“屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于  $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

### 11.2.3 年有效剂量分析

个人年有效剂量计算模式如下:

$$E=H \times T \times U \times 10^{-3} \quad (\text{式 11-5})$$

式中:

E——辐射外照射人均年有效剂量, mSv/a;

H——辐射剂量率,  $\mu\text{Sv/h}$ ;

T——年工作时间, h;

U——居留因子。

根据表 9-1 工作负荷可知, 本项目建成后预计工业 CT 机的年最长曝光工作时间为 1169 小时, 建设单位每年工作 50 周, 每周工作 7 天, 每天工作 20 小时 (两班轮岗制, 每班 10 小时)。

工业 CT 出束检测过程中, 辐射工作人员主要在操作台处进行操作, 偶尔需在工业 CT 机正面操作面板处操作, 故辐射工作人员受照剂量保守取设备正常运行时工业 CT 机前侧外 30cm 剂量率预测值进行估算。

根据建设单位规划, CT 实验室内除本项目辐射工作人员以外, 无其他实验人员驻留, 辐射工作人员居留因子取 1, 辐射工作人员受照剂量计算结果见表 11-4。

表 11-4 本项目保护目标有效剂量估算结果 (CT 实验室内部)

场所	保护目标	H ( $\mu\text{Sv/h}$ )	周受照 时间	年受照 时间	居留 因子	周受照剂量 ( $\mu\text{Sv/周}$ )	年受照剂 量(mSv/a)
操作位	辐射工作人员	1.30E-04	23.38h	1169h	1	3.04E-03	1.52E-04

注: 本项目为轮岗工作制, 保守以全年所有 CT 出束检测工作均由同一工作人员完成考虑;

根据本项目评价范围内公众的可到达性及居留情况, 取出束模式下工业 CT 机屏蔽体外关注点处的辐射剂量率估算值, 根据关注点剂量率与关注点距辐射源点的距离成反比关系的规律, 对公众环境保护目标的受照剂量进行分析 (保守不考虑墙体的屏蔽效果), 预测计算结果见表 11-5。

表 11-5 本项目场所周边公众年有效剂量估算结果

关注点描述	对应方向工业 CT 机屏蔽体剂量率预测值 (μSv/h)	与工业 CT 机最近距离	关注点剂量率预测值 (μSv/h)	居留因子	周受照时间	年受照时间 h	周受照剂量 μSv/周	年受照剂量 mSv/a
CT 实验室东南侧车间过道	0.79	1.9m	0.22	1/8	23.38h	1169h	0.64	0.03
卫生间	1.35E-04	6.1m	3.63E-06	1/16			5.30E-06	2.65E-07
厂内道路	6.51E-04	1m	6.51E-04	1/16			9.51E-04	4.76E-05
金相实验室	1.30E-04	9.6m	1.41E-06	1			3.30E-05	1.65E-06
注：①工业 CT 周边关注点为其他固定工作岗位时，保守取该关注点处公众居留因子为 1，对车间内过道居留因子取 1/8，对卫生间、厂内道路等区域，取 1/16。								

根据表 11-4、表 11-5 估算结果显示本项目工业 CT 机对辐射工作人员职业年受照剂量和周受照剂量分别为  $1.52\text{E-}04\text{mSv/a}$  和  $3.04\text{E-}03\mu\text{Sv/周}$ ，对公众的年受照剂量和周受照剂量最大值分别为  $0.03\text{mSv/a}$  和  $0.64\mu\text{Sv/周}$ ，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）对工作人员和公众剂量限值要求，同时满足本项目设定的年有效剂量约束值（工作人员  $5\text{mSv/a}$ ，公众  $0.25\text{mSv/a}$ ），亦满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射场所，其值应不大于  $100\mu\text{Sv/周}$ ，对公众场所，其值应不大于  $5\mu\text{Sv/周}$ ”的要求。

以上数据是以关注点处辐射剂量率预测值进行保守估算的结果，未考虑隔断墙体的屏蔽效果，根据关注点剂量率与关注点距辐射源点的距离成反比关系的规律可知，距离工业 CT 机越远，辐射剂量率越低，即本项目评价范围内环境保护目标处公众受照剂量均满足 GB18871 的剂量限值要求和本项目设定剂量约束值要求。

对于辐射工作人员职业性外照射个人监测，一般依据测得的个人剂量当量  $\text{Hp(d)}$  进行个人剂量评价，本项目工业 CT 机投入使用后，建设单位应严格按 GBZ 128-2019 要求开展个人剂量监测，并建立个人剂量档案，辐射工作人员个人剂量档案除了包括正常工作期间的个人剂量记录外，还包括其在异常情况（事故或应急）下受到的过量照射记录，职业照射个人剂量档案终生保存。

### 11.3 事故影响分析

#### 11.3.1 射线装置类别及风险因子

根据环境保护部、国家卫生和计划生育委员会发布的《关于发布<射线装置分类>的公告》（公告 2017 年 第 66 号）对射线装置的分类，本项目安装使用的 1 台工业 CT 机，属于 II 类射线装置，风险因子为 X 射线。

#### 11.3.2 事故的类型

本项目拟使用的工业 CT 机具有实体屏蔽和多重门联锁功能，在使用过程中可能出现的辐射事故主要为：

（1）工业 CT 机的安全联锁系统故障，导致 X 射线从未关紧的进样防护门门缝中泄漏使辐射工作人员收到不必要的照射。因此，工作人员应每次检查安全



联锁装置，防止事故的发生。

(2) 设备维修或维护过程中，维护人员误操作，接通电源并出束，造成误照射；此时工作人员应立即关闭电源切断高压，防止事故的发生。

**防范措施：**辐射工作人员佩戴个人剂量计、个人剂量报警仪，当个人剂量计报警时立即就近按下急停开关，切断电源停止出束。

**事故情形假设：**在进行工件检测和设备维护检修期间安全联锁装置失效，X射线意外出束导致人员误照射。

**剂量估算：**本项目工业 CT 机最大管电压为 225kV， $\dot{H}_0$ 以  $4.7\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{mA} \cdot \text{h}$ ，最大管电流为 0.88mA 对应 1m 处剂量率为 68.93mSv/min。

在进行工件检测和设备维护检修期间，建设单位要求辐射工作人员、检修维护人员佩戴个人剂量计并确保个人剂量报警仪处于开机状态，以最不利情况考虑，发生误照射事件时辐射工作人员位于 X 射线主射束方向，辐射工作人员佩戴的个人剂量报警仪报警时，立即按下急停按钮，动作完成时间保守约 30 秒，一次事故下辐射工作人员受到的剂量为 34.465mSv，此事故所受照剂量是按偏保守计算的。

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第 449 号）第四十条，参考《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）6.1.2 中建议，职业照射受照剂量的年调查水平为 5mSv，故本项目射线装置失控事故情形属于一般辐射事故。

本项目发生事故的风险主要在于辐射安全管理，建设单位应制定完善的管理制度、操作规程并严格执行，定期对设备、安全联锁装置等进行维护和检修，最大程度避免辐射事故发生。

在每次使用工业 CT 机前，辐射工作人员需对设备安全联锁装置、出束信号指示灯等安全措施进行检查，发现问题及时整改。设备检修时，维护人员应佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪，取下设备开关钥匙，在确保设备电源关闭状态下对工业 CT 机进行检修。

### 11.3.3 事故的预防

为防止辐射事故的发生，本项目设计了实体屏蔽和一系列有效的辐射安全设施，为本项目的安全运行提供了基础条件，作为使用者和管理者，建设单位还通

过安全管理进一步防止辐射事故的发生。

### **(1) 工业 CT 机操作过程中的安全管控措施:**

① 每次使用前检查设备的安全联锁装置、紧急停机开关、报警灯、排风系统等安全设施及其它各项辐射安全与防护设施,保证各项辐射安全与防护设施的正常运行。相关辐射安全与防护设施出现故障或失效时,应停止工业 CT 机的运行并及时通知厂家维修,严禁设备带故障运行,在未查明原因和维修结束前,禁止重新启动工业 CT 机。

② 制定安全管理制度和安全操作规程,严格按照操作规程进行作业,确保安全。

③ 设备的操作人员应通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护平台进行学习培训,参加考核后持证上岗。加强辐射工作人员的辐射安全教育和培训,确保辐射工作人员具备良好的辐射安全文化素质和专业知识。

### **(2) 工业 CT 机维修**

正常工况下工业 CT 机售后维护、维修过程中可能造成外照射影响,事故工况为:

1) 辐射工作人员未在生产厂家/说明书的指导下检修设备,错误操作,门机联锁故障,可能造成 X 射线管意外出束,使辐射工作人员受到不必要的照射;

2) 维修人员未按要求切断设备电源,穿戴个人防护用品进行维修,维修过程中 X 射线管仍处于出束状态,可能使维修人员受到不必要的照射。

因此,工业 CT 机需检修时,应向生产厂家提出售后维修申请,不得自行检修,维修人员应佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪,在确保设备电源关闭状态下进入铅屏蔽体内进行检修。

### **工业 CT 机进行维修或定期维护过程中安全管控措施如下:**

(1) 工业 CT 机的安装、调试和维修人员,除应接受辐射防护培训且考核合格外,还应经过设备厂家的专业技术培训合格后,方可进行相关的安装、调试和维修工作。

(2) 在设备调试和维修过程中,如果需要解除安全联锁,应先获得辐射安全管理人员批准,并设置醒目的警示牌。工作结束后,维修维护人员应先恢复安全联锁并确认工业 CT 机安全联锁功能正常后才能使用。

(3) 工业 CT 机的调试和检修时，应保证 X 射线管断开高压停止出束，将工业 CT 机的控制钥匙拨下，并由检修人员保管，方可进行检修维护工作，工作结束后，再将该钥匙交还建设单位辐射安全管理人员。

(4) 检修人员在工业 CT 机检修时，除佩戴个人剂量计外，还应携带个人剂量报警仪和便携式 X、 $\gamma$ 剂量率仪。

一旦有辐射事故发生报生态环境主管部门，应及时处理严格按辐射事故处理规定等要求，同时应立即采取措施，妥善处理，以减少和控制事故的危害影响，并接受监督部门的处理，使辐射危害控制在最小范围之内。

#### **11.3.5 小结**

建设单位制定了各项辐射安全规章制度和辐射安全事故应急预案，项目运行期间需重视辐射安全管理，严格执行上述事故的预防和事故的应急措施，保障工作人员和公众的安全。

表 12 辐射安全管理

### 12.1 辐射安全与环境管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年 1 月 4 日经生态环境部令第 20 号修改）的相关规定，使用 I 类、II 类、III 类放射源，使用 I 类、II 类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；其他辐射工作单位应当有 1 名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作；依据辐射安全关键岗位名录，应当设立辐射安全关键岗位的，该岗位应当由注册核安全工程师担任。

本项目为核技术利用新建项目，建设单位建立了辐射安全管理小组，由设备使用部门和行政部门共同负责辐射安全管理工作，并且定期组织辐射工作人员参加辐射安全防护及相关法律法规的培训工作，定期组织辐射工作人员的职业健康体检及个人剂量监测等，现有管理机构能够满足项目建设完成后的日常管理。

#### 一、人员配备

组长：王洪焱（测试工程师） [REDACTED]

副组长：冯建权（测试技术员） [REDACTED]

成员：刘智慧（测试员） [REDACTED]、杨玉坤（测试员） [REDACTED]

#### 二、具体职责

- 1、监督本单位贯彻执行国家及上级部门辐射安全与环境保护的方针、政策、法律、法规、标准、规定；
- 2、组织制定和完善射线装置管理制度和操作规程，监督检查各规章制度的执行，督促整改辐射事故隐患；
- 3、组织开展射线装置安全检查活动，组织处理、上报辐射事件；
- 4、检查、督促各相关科室、人员正确使用辐射安全防护用品，做好辐射安全防护设备设施的管理及日常维护保养工作；
- 5、组织制定辐射培训计划和辐射事故应急预案及演练计划。

### 12.2 辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，使用放射性同位素和射线装置的单位应有健全的操作规程、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、监测方案等；有完善的辐射事故应急措施。

建设单位在现有核技术利用项目中已制定部分辐射安全管理制度，针对本项目使用的工业 CT 机，建设单位对《辐射事故应急预案》、《辐射环境监测方案》、《人员培训计划》、《设备检修维护制度》等辐射安全管理规章制度进行了修订完善，使之更具有针对性和可操作性。根据拟新增设备的提点制定了切实可行的操作规程，加强相关工作人员的责任意识，确保核技术利用项目安全顺利的开展。

**执行情况回顾：**本项目为核技术利用扩建项目，本项目投入运行后，将纳入现有辐射安全管理范畴共同管理。建设单位所制定的辐射安全管理制度较全面，可操作性强，运行过程中，落实了各项辐射安全规章制度的规定，满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规的要求。

在后续工作开展中，建设单位应按照国家最新的法规要求，及时更新管理制度，不断完善辐射事故应急预案，定期组织辐射事故应急演练，提高辐射工作人员的事故应急能力。

现有辐射工作人员均接受个人剂量监测，工作时佩戴个人剂量计，每季度对个人剂量计送由有资质的单位进行检测，由专人对辐射工作人员个人剂量监测结果进行记录并存档，定期安排辐射工作人员进行职业健康检查，并建立职业健康监护档案。

### 12.3 辐射工作人员培训

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令第 18 号）第三章——人员安全和防护，“生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照环境保护部审定的辐射安全培训和考试大纲，对直接从事生产、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”。

根据生态环境部 2019 年 12 月 24 日印发的《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部公告第 57 号，2019 年）的规定：自 2020 年 1 月 1 日起，辐射安全上岗培训应通过生态环境部组织开发的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、报名并参加考核。

本项目计划配置 4 名辐射工作人员（不兼任其它项目的辐射工作），将于环评后组织本项目辐射工作人员和辐射防护负责人通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全与防护知识，并参加考核（辐射工作人员参加 X 射线探伤的考核，辐射防护负责人参加辐射安全管理考核），确保在本项目建成前所有辐射工作人员持证上岗。

为确保工业 CT 机的正常运行，在项目运行过程中，建设单位应加强工作人员的辐射安全教育，按要求定期组织辐射工作人员和辐射防护负责人进行再培训和考核，运行过程中如果增加新的辐射工作人员或增加工作负荷，需要组织新增工作人员参加辐射安全与防护培训和考核，考核通过后方可从事辐射工作。

## 12.4 辐射监测

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》的要求，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。对直接从事生产、销售、使用活动的工作人员进行个人剂量监测和职业健康检查，建立个人剂量档案和职业健康监护档案。辐射监测主要包括个人剂量监测、辐射工作场所验收监测和检查、常规监测和检查以及相关记录档案等内容。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）等法律法规及标准的要求，建设单位应针对本项目制定相应的辐射监测计划。

### （一）竣工环境保护验收监测

根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4 号），建设单位是建设项目环境保护验收的责任主体，本项目竣工后，建设单位应按照《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ 1326-2023）和《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，验收报告分为项目竣工环境保护验收监测报告表、验收意见和其他需要说明的事项等三项内容。

验收工作程序主要包括验收自查、验收监测工作和后续工作，建设单位应参照 HJ 1326-2023 的要求，逐项自查环保手续履行情况、项目建设情况、辐射安全与防护设施建设情况等（见表 12-1）。通过全面自查，发现环境保护审批

手续不全的、发生重大变动且未重新报批环境影响报告表、未按照环境影响报告表及其审批部门审批决定要求建成辐射安全与防护设施、落实辐射安全与防护措施，应办理相关手续或整改完成后再继续开展验收工作。对于监管部门在审批辐射安全许可证或监督检查时提出的整改意见，要说明整改落实情况。

建设单位根据验收自查结果，明确实际建设情况和辐射安全与防护设施/措施落实情况，在此基础上开展竣工环境保护验收监测，编制项目竣工环境保护验收监测报告表。

报告编制完成后，建设单位应当根据报告结论，逐一检查是否存在验收不合格的情形，提出验收意见。存在问题的，建设单位应当进行整改，整改完成后方可提出验收意见。为提高验收的有效性，在提出验收意见的过程中，建设单位可以组织成立验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式，协助开展验收工作。验收工作组可以由设计单位、施工单位、环境影响报告表编制单位、项目竣工环境保护验收监测报告表编制单位等单位代表以及专业技术专家等组成，代表范围和人数自定。环保设施的验收期限一般不超过 3 个月；需要对环境保护设施进行调试或者整改的，验收期限最长不超过 12 个月。

本项目正式投入使用前，建设单位委托有相关资质的监测机构对辐射工作场所进行全面的辐射监测，确认其外围环境辐射水平满足相关国家标准的要求。

**表 12-1 验收监测和检查一览表**

监测/检查项目	监测/检查内容及要求
场所辐射水平	工业 CT 机屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，验收监测点位应包括工业 CT 机屏蔽体外 30cm 处、操作位等，CT 实验室周边毗邻位置关注点处（如周边实验室、生产区域等）。
辐射安全设施	安全连锁装置： 1、工业 CT 机连锁：每次使用前应对设备的安全连锁进行检查，确保连锁可用。 其他安全装置： 2、防护用具及仪表：根据项目特点，配备合适的辐射监测仪表：个人剂量报警仪和便携式 X- $\gamma$ 辐射剂量率仪，应对配备的仪表进行检查，确保个人剂量报警仪可以开机正常使用，X- $\gamma$ 辐射剂量率仪每年进行检定或校准。 3、个人剂量计：每 3 个月监测一次，并建立个人剂量档案。 4、排风装置、门禁系统、电离辐射警告标志及警示说明等辐射安全措施实际配备情况

**续表 12-1 验收监测和检查一览表**



监测/检查项目	监测/检查内容及要求
规章制度	对辐射安全管理规章制度每年进行一次核查，对不完善之处进行修订，完善。
人员配备	1、辐射防护负责人及辐射工作人员参加辐射安全与防护学习及培训，考核合格后上岗（辐射防护负责人应进行的考核类别为“辐射安全管理”，辐射工作人员应进行的考核类别为“X射线探伤”）。 2、辐射工作人员在上岗前佩戴个人剂量计，并定期送检（两次监测的时间间隔不应超过3个月），加强个人剂量监测，建立个人剂量档案。 3、辐射工作人员定期进行职业健康体检，并建立辐射工作人员职业健康档案。

## （二）日常自行监测、检查

制定日常监测制度，配备1台便携式X-γ辐射剂量率仪，对工业CT机辐射工作场所周围环境进行辐射监测，并建立监测数据档案。

监测频率：每季度不少于1次，并建立监测数据档案。

监测范围：工业CT机屏蔽体外30cm处、操作位、进风口、排风口、电缆出口等，CT检测区四周边界外、门外和周边毗邻位置关注点处等，日常监测和检查计划要求见表12-2。

表 12-2 日常监测和检查计划一览表

监测项目/检查计划	监测因子/检查内容	监测频次	限值要求
工业CT机屏蔽体外30cm处、操作位等，CT实验室周边毗邻位置关注点处	X-γ辐射剂量率	每季度一次	工业CT屏蔽体外30cm处周围剂量当量率不大于2.5μSv/h
设备联锁	实测并检查	每天	正常
其他安全设施	实测并检查	每天	正常

## （三）辐射工作人员个人剂量监测

辐射工作人员使用个人剂量报警仪可及时知道自身所处环境的辐射水平，避免在不知情的情况下长时间在高辐射剂量率水平的工作场所滞留。

对于辐射工作人员职业性外照射个人监测，一般依据测得的个人剂量当量 $H_p(d)$ 进行个人剂量评价。建设单位为每名辐射工作人员配置个人剂量计，按GBZ 128-2019要求开展个人剂量监测，辐射工作人员必须佩戴个人剂量计上岗，个人剂量计每3个月送检一次，建立个人剂量档案，辐射工作人员个人剂量档案除了包括正常工作期间的个人剂量记录外，还包括其在异常情况（事故或应急）下受到的过量照射记录，职业照射个人剂量档案终生保存。

#### （四）年度监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定，使用放射性同位素与射线装置的单位应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托经省级人民政府环境保护主管部门认定的环境监测机构进行监测。

建设单位应按要求严格执行监测计划，并将年度监测数据将作为本单位放射性同位素与射线装置的安全和防护状况年度评估报告的一部分，每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

#### （五）检测异常处理

验收检测时，一旦发现辐射水平异常（工业 CT 屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ）应查找原因，进行整改。整改好、并经检测确认辐射水平不超标后，方可通过竣工环境保护验收。

年度辐射监测及日常检测时，一旦发现辐射水平异常（工业 CT 屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ）应立即停止工作，查找原因，进行整改。整改好、并经检测确认辐射水平不超标后，方可继续开展工作。具体监测计划见表 12-3。

表 12-3 监测计划表

监测对象		监测方案	监测项目	监测频率	监测方式
工业 CT 机	防护性能	工业 CT 机屏蔽体外 30cm 处、操作位等，CT 实验室周边毗邻位置关注点处	X- $\gamma$ 辐射剂量率	每年一次	委托有资质单位年度监测
			X- $\gamma$ 辐射剂量率	每季度一次	自行监测并备档
			X- $\gamma$ 辐射剂量率	竣工正式投用前	验收监测
	安全联锁	实测并检查	安全	每次使用前	自行监测
辐射工作人员		佩戴个人剂量计	外照射个人剂量	每季度送检一次	委托有资质单位

监测应遵照《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）等相关规定执行，建设单位拟配备 X- $\gamma$ 辐射剂量率仪对工业 CT 机辐射工作场所周围的辐射水平进行监测，并对监

测时间、监测点位、监测结果等进行记录存档。年度监测数据将作为本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况年度评估报告的一部分，每年 1 月 31 日前上报发证机关。

**执行情况回顾：**现有项目运行期间，建设单位按监测计划严格进行工作场所监测、个人剂量监测和档案管理工作，委托第三方机构对辐射工作人员进行个人剂量监测。

根据建设单位提供的辐射工作人员个人剂量检测报告，现有辐射工作人员的年有效剂量均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）及《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）的职业照射限值要求。本项目投入运行后，建设单位应继续严格按照辐射监测计划做好辐射工作场所日常、年度辐射水平检测、辐射工作人员个人剂量监测及日常安全检查工作。

## 12.5 辐射事故应急

为了加强对本公司使用辐射装置的安全防护，有效预防并及时控制或消除各类辐射事故，规范突发性辐射事故应急处置工作，提高应对辐射事故的能力，保障群众健康，维护环境安全，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》及其他有关法律及法规的规定，建设单位结合实际拟定了本方案作为辐射事故应急处理预案。

### 一、辐射事故应急处置小组

组长：王洪焱（测试工程师）

副组长：冯建权（测试技术员）

成员：刘智慧（测试员）、杨玉坤（测试员）

### 二、应急领导小组主要职责

（1）负责组织制订和管理应急预案，配置应急人员；负责组织落实排险、抢险方案，控制事故蔓延；

（2）负责依现场状况，进行现场援救活动，并按事件的发展，将事件发展信息向现场指挥官或应急指挥中心汇报；

（3）负责辐射事故（件）的紧急处置和信息报告，建立辐射应急队伍；

（4）积极配合行政主管部门的调查处理和定性定级工作，开展辐射事故应急处置；

(5) 负责组织本单位辐射事故应急知识和应急程序的培训和演习等。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。

## 二、辐射事故分类与分级

建设单位拟新增使用工业 CT 为 II 类射线装置，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》对辐射事故分级，本项目可能发生的辐射事故为一般辐射事故和较大辐射事故。结合建设单位实际，可能发生的辐射事故如下：

①射线装置失控或屏蔽体结构损毁造成 X 射线泄漏，导致人员超剂量照射甚至引起急性放射病、局部器官伤残等；

②由于违规操作或安全联锁装置失效等原因，工业 CT 机防护门未关闭，造成误照射；

③例行检查中发现人员超剂量照射。

当发生辐射事故或辐射意外事件时，工作人员应立即就近按下急停按钮、切断射线装置电源、指挥人员迅速撤离工作场所、封控现场，禁止无关人员进入。立即报告应急领导小组，防止事态进一步扩大。

若在例行检查中发现人员超剂量照射时，对辐射工作人员及工作场所进行调查，是否存在 GBZ128 附录中异常照射情况，分析超剂量照射原因及时采取措施。

一旦发生辐射事故时，由应急领导小组组长作为第一响应责任人，负责启动应急处置措施，按照有关规定程序组织实施应急处置，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向生态环境主管部门和公安部门报告。

对于有可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告，并协助有关部门进行事故调查与处理；同时联系有关专业机构对辐射事故（件）现场进行剂量监测，将可能受到大剂量照射的人员送到指定医院进行检查和救治。

积极配合行政部门查明原因，对设备故障进行检修，查明事故（件）原因，排除故障，并采取措施避免同样事件的再次发生。

## 三、辐射事故（件）调查评估

应急状态结束后，应急领导小组根据有关指示和实际情况，组织、配合有关部门查找事件原因，防止类似问题的重复发生，并进行跟踪辐射环境监测和评估工作。组织对应急响应和实施程序的有效性、应急装备的可行性、应急人员的素质和反应速度等做出评估，必要时进行应急预案的修订。

#### **四、培训和保障**

每年至少组织一次辐射事故应急预案培训，培训的主要内容包括法律法规、应急预案、辐射防护、应急处置和应急响应程序等。

每年至少组织一次辐射事故应急演练，演练应根据可能发生的辐射事故进行有针对性的演练，采取桌面推演、模拟现场演练等形式，突出练组织、练指挥、练程序、练技术、练处置，不断提升辐射事故的应急处理能力，并对演练认真进行评价和总结。

一般报告程序为：发现者报告给辐射事故应急领导小组成员，同时向生态环境主管部门报告，设备被损应向公安机关报告，造成人员受到超剂量照射应同时向卫生部门报告，各部门联系方式如下：

火警：119     医院急救：120     公安：110

广东省卫健委应急办：020-83828646

生态环境主管部门：12345

表 13 结论与建议

### 13.1 结论

#### 13.1.1 项目概况

建设单位拟在广东省汕尾市海丰县二部汕尾弗迪电池工厂园区内 2-2 号厂房内设置一间 CT 实验室，在 CT 实验室内安装使用 1 台 TSOL-CT225B 型工业 CT 机（设备自带屏蔽体，最大管电压为 225kV、最大管电流为 0.88mA，属于 II 类射线装置）进行电芯内部结构检查和缺陷分析。

#### 13.1.2 辐射安全与防护分析结论

本项目 TSOL-CT225B 型工业 CT 机自带铅屏蔽体、安全联锁、急停开关、门灯联锁等防护措施。工业 CT 机正常使用时屏蔽体外 30cm 处的辐射剂量率均满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5 $\mu$ Sv/h”的要求。

#### 13.1.3 项目辐射安全管理结论

建设单位已设立专门的辐射安全与环境保护管理机构，制定了较完整的辐射事故应急预案等辐射安全管理规章制度、合理的人员培训计划和辐射监测方案。本项目将纳入现有的辐射防护管理范畴，针对本项目的开展对建设单位已对现有辐射安全管理规章制度进行修改完善。

在后续核技术利用项目的开展中，建设单位将进一步完善辐射安全管理制度，落实人员培训制度，加强核技术项目的辐射安全管理，严格履行管理职能。

#### 13.1.4 环境影响分析结论

经现场调查及资料分析，本次评价项目选址、工作场所布局合理，所采取的各项辐射防护及污染防治措施符合《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和防护管理办法》等法规、条例的要求。

通过理论计算分析，本项目正常运行过程中对工作人员和公众的辐射影响均能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）对辐射工作人员和公众剂量限值要求，同时满足本报告提出的剂量约束值要求（工作人员年有效剂量约束值为 5mSv/a，公众年有效剂量约束值为 0.25mSv/a）。

#### 13.1.5 产业政策符合性分析结论

本项目属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中鼓励类中十四 机械

科学仪器和工业仪表类中“用于辐射、有毒、可燃、易爆、重金属、二噁英等检测分析的仪器仪表，水质、烟气、空气检测仪器，药品、食品、生化检验用高端质谱仪、色谱仪、光谱仪、X射线仪、核磁共振波谱仪、自动生化检测系统及自动取样系统和样品处理系统，科学研究、智能制造、测试认证用测量精度达到微米以上的多维几何尺寸测量仪器，自动化、智能化、多功能材料力学性能测试仪器，工业CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备，用于纳米观察测量的分辨率高于3.0纳米的电子显微镜，各工业领域用高端在线检验检测仪器设备”，属于国家鼓励发展类项目。因此，本项目与国家产业政策相符。

#### **13.1.6 可行性分析结论**

综上所述，本项目符合国家产业政策。项目采取的辐射防护措施技术可行，措施有效；项目制定的管理制度、事故防范措施及应急预案等能够有效的避免或减少工作人员和公众的辐射危害。工作人员和公众个人剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的限值要求和本环评要求的年剂量约束值要求。在落实项目设计及本报告表提出的相应防护对策和措施，严格执行“三同时”制度，严格执行辐射防护的有关规定，本项目从辐射防护以及环境保护角度分析是可行的。

### **13.2 建议和承诺**

#### **13.2.1 建议**

- 1、加强辐射工作人员管理，及时对新增和需再培训的辐射工作人员进行辐射防护培训，严格执行个人剂量监测制度，监督工作人员正确佩戴个人剂量计。
- 2、在后续工作中加强辐射安全管理工作，完善辐射安全管理制度与辐射事故应急预案，每年至少开展一次辐射事故应急演练，不断提升辐射事故的应急处置能力，并对演练认真进行评价和总结。

#### **13.2.2 承诺**

- 1、项目投入运行三个月内，自行组织竣工环保验收，本项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，方可投入运营；未验收或验收不合格不得投入使用。
- 2、未来如需新增放射性同位素与射线装置的使用，应按要求向生态环境主管进行申报，并采取相应的污染治理措施，主动接受各级生态环境主管部门的监督管理。



**表 14 审批**

下一级环保部门预审意见：

公 章

经办人

年 月 日

审批意见：

公 章

经办人

年 月 日

## 附件 1 环评委托书

### 委托书

核工业二三〇研究所：

根据《中华人民共和国环境保护法》、《建设项目环境保护管理条例》的规定，现委托贵单位开展汕尾弗迪电池有限公司核技术利用建设项目环境影响评价工作，编制环境影响报告表。

根据项目环境影响评价的需要，我单位将提供项目有关文件、技术资料和协助现场踏勘。

特此委托。



报告编号: LS-2025-DL100



汕尾弗迪电池有限公司核技术利用建设项目

项目名称: γ辐射剂量率监测

委托单位: 核工业二三〇研究所

受检单位: 汕尾弗迪电池有限公司

监测类别: 委托监测

编制人: 苗海平


审核人: 宋毅

签发人: 杨堡

签发日期: 2025年08月21日



### 说明

- 1、报告无本单位检测专用章、骑缝章、章无效。
- 2、报告无编制人、审核人、签发人签名无效。
- 3、报告经涂改或部分复制无效，复制报告未重新加盖本单位检测专用章无效。
- 4、自送样品的委托监（检）测，其真实性和代表性由委托方负责，报告仅对样品所检项目的符合性负责；对不可复现的监（检）测项目，结果仅对监（检）测所代表的时间和空间负责。
- 5、对监（检）测报告如有异议，请于收到报告之日起一个月内以书面形式向本单位提出，逾期不予受理。
- 6、除委托单位特别申明并支付档案管理费外，本次监（检）测的所有记录档案保存期限为六年。
- 7、未经本单位同意，本报告不得用于广告，商品宣传等商业行为。

单位名称：广东龙晟环保科技有限公司

单位地址：广东省广州市番禺区沙头街丽骏路 28 号 418

电话：020-84508394

电子邮件：GDLS1902@163.com

邮政编码：511400

广东龙晟环保科技有限公司  
监测报告

项目名称	汕尾弗迪电池有限公司核技术利用建设项目γ辐射剂量率监测		
受检单位	汕尾弗迪电池有限公司		
受检单位地址	海丰县城东镇经济开发区海龙投资大厦 5 楼 588 号		
联系人	陈新平	联系电话	
监测项目	γ辐射剂量率	监测方式	现场监测
监测时间	2025 年 08 月 04 日		
监测人员	苏诗华、李洪杰		
监测环境条件	天气：阴；环境温度：28℃；相对湿度：75%		
监测地点	广东省汕尾市海丰县二部汕尾弗迪电池工厂园区		
监测依据	《环境γ辐射剂量率测量技术规范》HJ 1157-2021		
监测仪器	仪器名称	环境级 X-γ剂量率仪	
	生产厂商	Thermo SCIENTIFIC	
	仪器型号	FH40GL-10+FHZ672E-10	
	仪器编号	18065	
	测量范围	主机：10nSv/h~100mSv/h 探头：1nSv/h~100μSv/h	
	能量响应	30keV~4.4MeV	
	校准单位	深圳市计量质量检测研究院	
	证书编号	JL2510397541	
	校准有效期	2025 年 06 月 30 日至 2026 年 06 月 29 日	

广东龙晟环保科技有限公司  
监测报告

附表 1 项目环境γ辐射剂量率监测结果				
序号	监测点位	地面 介质	位置 情况	γ辐射剂量率(nGy/h) 均值±标准差
1#	工业 CT 机拟安装位置	水泥	室内 (平房)	91±1
2#	工业 CT 机操作位拟设置位置			111±4
3#	拟建 CT 实验室处			104±2
4#	拟建 CT 实验室缓存间入口处 (工业 CT 机拟安装位置南侧约 9m 处)			109±2
5#	拟建 CT 实验室东南侧边界处 (工业 CT 机拟安装位置东南侧约 2m 处)			106±2
6#	拟建 CT 实验室东北侧边界处 (工业 CT 机拟安装位置东北侧约 1m 处)			104±2
7#	拟建卫生间处 (工业 CT 机拟安装位置东北侧约 10m 处)			105±2
8#	拟规划拆外包装区 (工业 CT 机拟安装位置东北侧约 16m 处)			96±1
9#	拟规划拆内包装区 (工业 CT 机拟安装位置东南侧约 15m 处)			106±3
10#	拟规划拆内包装区 (工业 CT 机拟安装位置东南侧约 27m 处)			107±2
11#	拟建金相实验室处 (工业 CT 机拟安装位置西南侧约 15m 处)			105±2
12#	拟建水分实验室处 (工业 CT 机拟安装位置西南侧约 23m 处)			103±1
13#	拟建拆解房处 (工业 CT 机拟安装位置西南侧约 28m 处)			119±2
14#	拟建叠装三品房处 (工业 CT 机拟安装位置西南侧约 43m 处)			120±1
15#	2-2 号厂房西北侧边界处 (工业 CT 机拟安装位置西侧约 2m 处)	土壤	室外 (道路)	92±3
16#	2-2 号厂房西北侧边界处 (工业 CT 机拟安装位置西南侧约 6m 处)			92±2

注：（1）表中距离为监测点位与工业 CT 机拟安装位置相对距离，仅供参考；  
（2）仪器直接测量结果为剂量当量率，单位为 nSv/h；  
（3）测量时仪器探头距地面的参考高度均为 1m，仪器读数稳定后，以 10s 为间隔读取 10 个数据；

# 广东龙晟环保科技有限公司

## 监测报告

(4) 测量结果参照 HJ 1157-2021 的方法处理得出:

$$\dot{D}_\gamma = k_1 \times k_2 \times R_\gamma - k_3 \times \dot{D}_c$$

$\dot{D}_\gamma$ ——测点处环境 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率值, Gy/h;

$k_1$ ——仪器校准因子, 1.029;

$k_2$ ——仪器检验源效率因子, 本仪器无检验源, 该值取 1;

$R_\gamma$ ——空气比释动能率均值 (由仪器测量周围剂量当量率均值换算而得, 本仪器使用  $^{137}\text{Cs}$  进行校准, 空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照 JJ G393 取 1.20Sv/Gy), Gy/h;

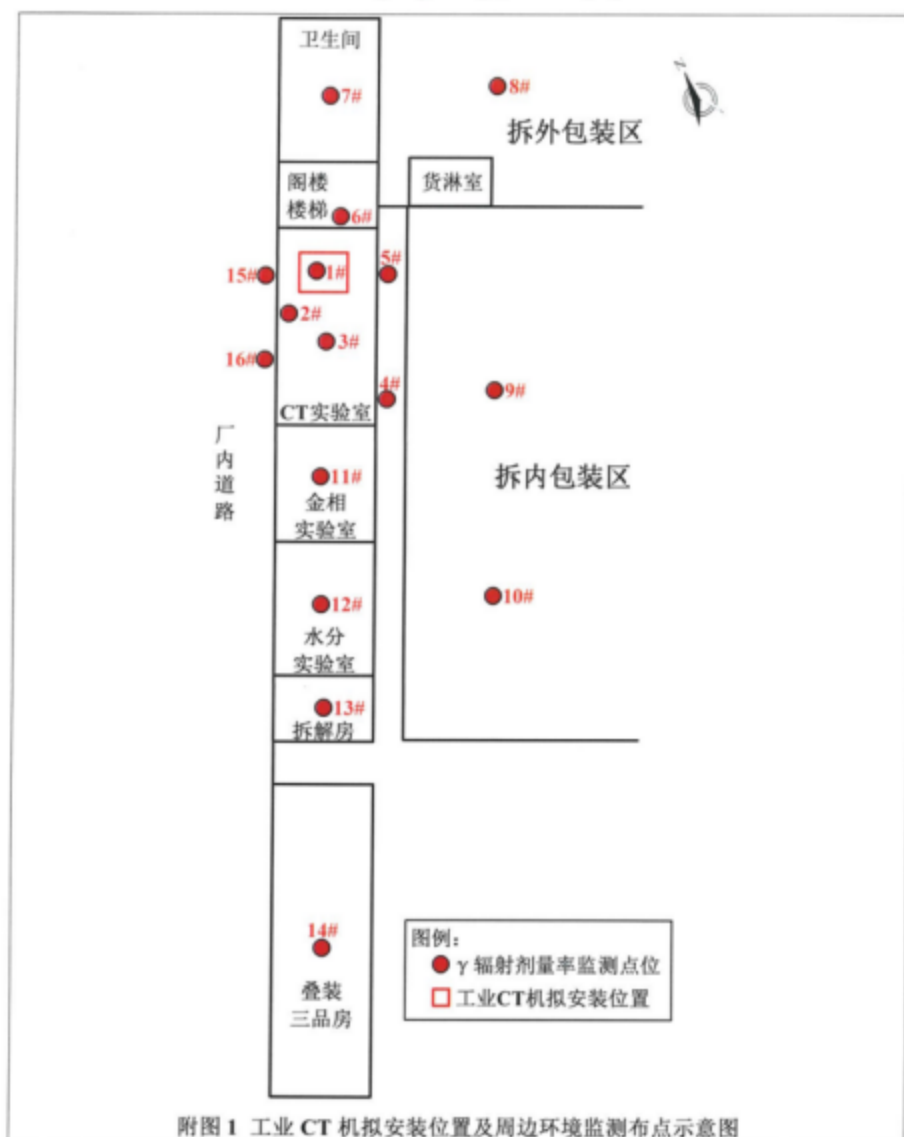
$k_3$ ——建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子, 楼房取 0.8, 平房取 0.9, 道路取 1;

$\dot{D}_c$ ——测点处宇宙射线响应值; 宇宙射线测量时间: 2024 年 7 月 25 日, 测量地点: 广东省河源市万绿湖, 经纬度为 114.578387、23.789899, 测点距离岸边>1km, 水深>3m, 海拔高度约 120m, 测点处仪器对宇宙射线的响应值为 13.6nGy/h (由于测点处海拔高度和经纬度与宇宙射线响应测量所在淡水水面不同, 需要对仪器在测点处对宇宙射线的响应值进行修正, 参照 HJ 61-2021, 本项目拟建位置中心经纬度为 115.220170, 22.929626, 海拔高度约 14m, 与河源万绿湖海拔高度差别 $\leq 200\text{m}$ , 经度差别 $\leq 5^\circ$ , 纬度差别 $\leq 2^\circ$ , 可以不进行测点处宇宙射线响应值修正), Gy/h。

本页以下空白



# 广东龙晟环保科技有限公司 监测报告



# 广东龙晟环保科技有限公司 监测报告

## 监测结论

汕尾弗迪电池有限公司核技术利用建设项目建设前 $\gamma$ 辐射剂量率监测结果见附表 1, 监测点位示意图见附图 1。

根据监测结果可知: 本项目拟建设位置及周边环境 $\gamma$ 辐射剂量率监测值在 (92~120) nGy/h 之间, 其中拟建设位置及周边环境室内 $\gamma$ 辐射剂量率监测值在 (91~120) nGy/h 之间, 拟建设位置周边环境室外 $\gamma$ 辐射剂量率均为 92nGy/h。

\*报告结束\*



## 附件3 辐射安全管理规章制度

### 辐射安全与环境保护管理小组

为贯彻上级环境主管部门对X射线装置安全管理的有关要求，根据国家《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关规定，为保护工作人员及场所周围公众的健康权益，特制定本制度。

#### 一、辐射安全管理机构

组长：王洪焱（测试工程师）

副组长：冯建权（测试技术员）

成员：刘智慧（测试员） 杨玉坤（测试员）

#### 主要职责：

- 1、监督本单位贯彻执行国家及上级部门辐射安全与环境保护的方针、政策、法律、法规、标准、规定；
- 2、组织制定和完善射线装置管理制度和操作规程，监督检查各规章制度的执行，督促整改辐射事故隐患；
- 3、组织开展射线装置安全检查活动，组织处理、上报辐射事件；
- 4、检查、督促各相关科室、人员正确使用辐射安全防护用品，做好辐射安全防护设备设施的管理及日常维护保养工作；
- 5、组织制定辐射培训计划和辐射事故应急预案及演练计划。

#### 二、相关管理规定

1、辐射工作人员定期对射线装置所在工作场所进行辐射环境保护检测和设备性能状态检测，除此之外还需每年委托环保部门或有辐射环境监测资质的第三方监测机构对辐射环境污染进行监测，保证设备所在工作场所辐射水平符合国家有关标准要求，并于每年1月31日前向环保部门报送上一年度的安全与防护评估报告，以便能够及时发现安全隐患并立即进行整改。

2、工作人员必须严格按照设备使用说明书进行操作，并配个人剂量计，严格控制和监督操作人员的受照剂量，避免照射剂量超标对人体造成损伤。

3、设备旁边必须设置电离辐射警告标志和警戒线，进行射线工作必须确保警示灯处于亮起状态，并限制无关人员进入。

4、辐射工作人员应当按规定接受职业健康检查，接受个人剂量监测，定期进行辐射环境保护知识培训，取得合格证书后方可上岗。

5、严格执行记录设备使用的情况，记录信息包括：使用人、使用起始时间、使用状况等信息，确保设备正常运行。



## 辐射防护和安全保卫制度

汕尾弗迪电池有限公司所使用的X射线装置主要对公司自主生产的电芯检测。

### 一、辐射工作人员：

(1)负责Ⅱ类射线装置的安全使用，按照操作规程规范操作；现场安全与防护设施设备状态监护，发现问题及时停止作业并报告，做好工作记录。

(2)辐射工作场所按照有关规定设置明显的放射性警示标识或工作信号，防止人员受到意外辐射。

### 二、辐射安全管理人员：

(1)落实各项辐射安全法律法规、标准要求，申请项目环评登记表备案、许可等申报工作；全国核技术利用辐射安全申报系统中本单位数据维护；本单位辐射监测管理；辐射工作人员培训和考核的计划、组织；辐射事故应急演练组织；定期进行辐射安全检查，掌握本单位辐射安全风险和隐患情况。

(2)严格遵守《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》等辐射相关的法规要求，接受环境保护行政主管部门及法规规定的其它相关部门的监管。

(3)公司对本单位辐射安全和防护工作负责，并依法对造成放射性危害承担责任。

(4)依法办理环境影响审批，《辐射安全许可证》等环境保护相关手续。

(5)严格按照国家关于个人剂量监测和健康管理的规定，对辐射工作人员进行个人剂量监测和职业健康检查，建立个人剂量档案和职业健康监护档案。

(6)依法对公司的射线装置工作的安全和防护状况进行年度评估，编写年度评估报告，于每年1月31日前报全国核技术利用辐射安全申报系统。报告包括总结、辐射工作人员个人剂量监测和辐射工作场所发射水平监测结果。

(7)接受环境保护行政主管部门及相关部门的监督检查工作，落实各项整改意见。

(8)配备齐全辐射工作人员和受检者防护用品，指导受检者正确使用防护用品。

(9)加强安全责任意识，排除各项安全隐患，做好防火、防盗等各项安全措施，加强安全保卫，防止无关人员随意出入。

(10)并定期组织辐射安全培训学习。



## 辐射工作场所监测方案

### 一、总则

1、为加强辐射工作场所的安全和防护管理，规范辐射工作场所辐射环境自行监测行为，根据国家《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的有关规定，制定本制度。

2、本办法适用于辐射工作场所辐射环境自行监测。

3、根据辐射工作场所的辐射活动类型和水平，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》、《辐射环境监测技术规范》等标准规范，制定辐射环境监测制度、监测方案和监测计划，对辐射工作场所辐射环境定期开展自行监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责。

4、委托具有《资质认定计量认证证书》(CMA)资质的辐射环境监测机构进行年度监测。

5、监测记录或报告应记载监测数据、测量条件、测量方法和仪器、测量时间和测量人员等信息。

6、若发现监测结果异常，应立即停止辐射活动，迅速查明原因，采取有效措施，及时消除辐射安全隐患。

7、辐射安全防护管理机构应建立辐射环境自行监测记录或报告档案，并妥善保管，接受生态环境部门的监督检查。

8、辐射环境自行监测记录或报告，应随辐射安全和防护年度评估报告一并提交辐射安全许可证发证机关。

### 二、参与辐射工作的辐射工作人员个人剂量监测方案

1、应当按照本方法和国家有关标准、规范的要求，安排参与辐射工作的辐射工作人员接受个人剂量检测，并遵守下列规定：

(1)外照射个人剂量检测周期一般为一个月，最长不应超过三个月；

(2)建立并终生保存个人剂量监测档案；

(3)允许辐射工作人员查阅、复印本人的个人剂量监测档案。

2、个人剂量监测档案应当包括：

(1)常规监测的方法和结果等相关资料；

(2)应急或者事故中受到照射的剂量和调查报告等相关资料。

3、辐射工作人员进入辐射工作场所，必须佩戴个人剂量计和个人剂量报警器。

4、个人剂量监测工作应当由具备资质的个人剂量监测技术服务机构承担。

### 三、辐射工作场所监测方案

根据国家关于辐射安全管理规定，为了保障社会公众利益，保护工作人员健康，结合公司辐射工作实际情况，特对射线装置制定如下

#### 监测方案：

##### 1、监测目的

(1)执行和落实《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及相关管理规定。

(2)切实保证设备及安全防护设施的正常运行，保障社会公众利益，保护工作人员身体健康。

##### 2、监测方案

(1)竣工验收：根据国务院令682号《国务院关于修改〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》(2017年10月1日起施行)，项目投入试运行之日起3个月内，按照国务院环境保护行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护设施进行验收，验收合格后方可正式投入使用，未经验收或者验收不合格，不得投入使用。

(2)常规监测：制定相关辐射监测计划，在日常使用设备过程中应切实执行监测计划，监测结果定期上报生态环境部门。

(3)年度监测：根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定，使用射线装置的单位应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；每年委托有资质的环境监测机构进行监测。年度监测数据将作为本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况年度评估报告的一部分，定期上报环保行政主管部门。



表1工作场所监测计划一览表

监测类别	工作场所	监测因子	监测频率	监测设备	监测范围	监测类型
年度监测	各辐射工作场所	周围剂量当量率	1次/年	按照国家规定进行计量检定	a) 装载门的中间和门缝四周; b) 装置屏蔽体外30cm处, 每个面至少测1个点; c) 操作位;	委托监测(具有《资质认定计量认证证书》(CMA)资质的辐射环境监测机构)
日常监测	各辐射工作场所	周围剂量当量率	1次/月	配备X-γ辐射剂量率仪		自行监测
竣工验收监测	各辐射工作场所	周围剂量当量率	按照调试正常后	按照国家规定进行计量检定		委托监测
个人剂量监测		个人外照射剂量 个人外照射剂量	1次/90天	个人剂量计	辐射工作人员	委托监测

一旦发现辐射水平超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 应立即停止辐射工作, 查找原因, 进行整改。整改好、并经检测确认辐射水平合格后, 方可继续工作。监测应遵照《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)、《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)、《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157—2021)等相关规定执行。建设单位配备辐射剂量巡测仪对装置周围的辐射水平进行监测, 重点监测门缝、辐射工作人员操作位置等点位, 并对监测时间、监测点位、监测结果等进行记录存档。

汕尾弗迪电池有限公司

2025年6月18日

## 设备检测、维修及保养制度

### 一、设备的定期维护(每三个月进行一次):

1、设备机械性能维护:配置块安全装置检查,各机械限位装置有效性检查,各运动运转装置检查,操作完整性检查。

2、设备操作系统维护:检查操作系统的运行情况,各配置块及软件的运行状况和安全,设备均由产品公司专业技术人员进行维护,升级,调校,备份,记录。

3、设备电气性能维护:各种应急开关有效性的检查,参数的检查等。

二、设备的性能检测:每年进行一次,由公司委托具有相应资质的第三方完成,本公司品保部派人协同,并做好相关记录。检测报告应由工程部保存。

### 三、日常维护:

1、每日设备开机后应检查机器是否正常,有无错误提示,记录并排除。

2、做好设备损伤系统的重启,恢复设置工作,应做到每日一次。

3、严格执行正确开关机程序,设备不工作时应将之调至待机状态。

4、每日工作完成后,做好设备的清洁工作,避免脏污及粉尘等造成设备故障。

### 四、专人负责:

设备的维修保养分别由辐射工作人员负责,日常工作需做好工作记录,出现故障及时上报上级领导,如故障不能排除应通知设备科及设备厂家,及时进行排障和维修,并作好记录。





## 操作规程

射线装置现场操作必须有严格的操作规程、正确的使用方法来保证,不允许有半点差错,要求做到准确、无误,保证人员和设备安全,为此特制定本规程。

### 一、人员要求:

工作人员必须经过辐射基础知识、操作培训,经考试合格,通过辐射安全与防护培训考核。根据生态环境部《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》(2019年,第57号)的相关要求,自2020年1月1日起,新从事辐射活动的人员,以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员,应当通过生态环境部培训平台报名并参加考核。2020年1月1日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效。根据生态环境部《关于进一步优化辐射安全考核的公告》(生态环境部公告2021年第9号)的相关要求,仅从事III类射线装置使用活动的辐射工作人员无需参加集中考核,由核技术利用单位自行组织考核。

### 二、操作准备:

(1)射线装置的使用房间必须粘贴明显的电离辐射警示标志,并保持辐射工作场所通风良好;

(2)凡操作使用射线装置人员,必须熟悉设备使用手册,预先提出安全操作方案,方案确认后操作人员不得擅自更改,若有问题请专业人员维修;

(3)对于设备正式使用前,操作人员使用前检查辐射防护用品,佩戴个人剂量计,辐射监测仪;确认辐射安全措施有效、装载门关闭后启动照射;停止工作后取下控制钥匙,授权专人保管。

设备使用时,工作人员在操作的过程中应与射线装置保持一定的距离,随时观察X射线机运行状态,发现异常情况及时报告现场负责人;

每次出束时都应检查门机联锁系统,确保舱门与出束能够有效联动,只有舱门关闭完全才能出束,舱门打开、舱门未完全关闭等情形下均不可出束;

设备使用过程中出现工作场所停电状况时,应第一时间关闭设备电源,防止通电恢复后设备在人员未发现的情况下进行出束;

禁止公司无关人员进入辐射工作现场。



## 人员培训计划制度

根据生态环境部门发布的《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》(公告2019年第57号),为了提高本单位从事辐射工作人员的安全防护意识和工作技能,加强辐射安全管理,预防辐射伤害事故,特别制定本制度。

一、根据生态环境部《关于进一步优化辐射安全考核的公告》(生态环境部公告2021年第9号)的相关要求,仅从事Ⅲ类射线装置使用活动的辐射工作人员无需参加集中考核,由核技术利用单位自行组织考核。对于公司现有从事Ⅲ类射线装置操作的工作人员,应参与内部考核。

二、新增加的使用Ⅱ类射线装置的辐射工作人员应安排从国家核技术利用辐射安全与防护培训平台(<http://fushe.mee.gov.cn/>)学习相关培训材料并报名参加考核,考核通过方可上岗;

三、公司每年组织一次辐射工作人员技术与安全知识的培训、考核,加强人员技能知识和能力。

四、公司每年组织相关人员进行辐射事故应急预案的知识培训和演习,加强员工对辐射防护的意识及辐射事故的应对能力。

五、公司建立并按照规定的期限妥善保存培训档案。培训档案应当包括每次培训的培训时间、考试或考核成绩等资料。



附件 4 工业 CT 机源项参数及防护参数说明

TSOL-CT225B 设备参数

1、设备外观

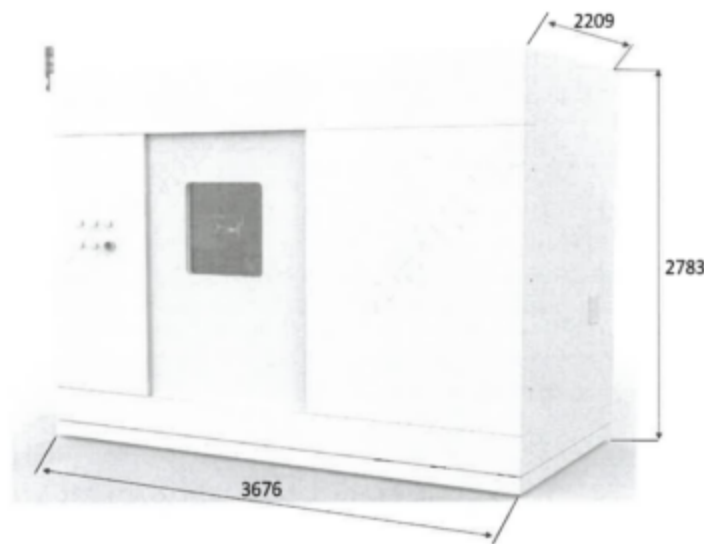


表 1 本项目工业 CT 基本信息表

设备名称及 型号	数 量	最大 管电 压	最大管 电流	距辐射源（靶点） 1m 处输出量 ( $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ )	X 射线管 滤过条件	出来角度
TSOL-CT225B	1	225KV	880 $\mu\text{A}$	$4.7\times 10^{-6}$	1mm 铝	X44° /Y67°

2、产品描述

2.1 产品介绍

双立柱离线 CT (Computed Tomography) 是一种先进的非破坏性检测技术，它结合了 X 射线成像和计算机重建技术，用于获取物体的内部结构和几何信息。与传统的二维 X 射线成像不同，双立柱离线 CT 可以生成三维体素数据，提供更全面、

准确的物体内部信息。

## 2.2 设备原理

双立柱离线 CT 的工作原理是通过将物体置于 X 射线束中, 通过旋转物体和探测器的相对运动, 获取多个不同角度下的 X 射线投影图像。这些投影图像经过计算机处理和重建算法, 可以生成高分辨率的三维像素数据集, 即 CT 图像。这些图像可以用于检测和分析物体的内部缺陷、结构、尺寸等信息。

### 3、设备结构

### 3.1 主要技术参数

分类	主要技术参数	指标
平板探测器	探测器像素尺寸	0.139mm
	探测器有效面积	427*427mm
	探测器类型	非晶硅面阵列探测器
	A/D 转换位数	16bit
	能量范围	最高达到 450Kv
转台	夹持方式	手动夹持
	转台旋转范围	360° 连续旋转
	承重	不低于 100Kg
	材料	耐腐蚀材料
	定位精度	$\geq 0.05^{\circ}$
射线源	最高管电压	225kV
	焦点尺寸	微焦点
计算机系统	数据采集计算机系统 系统及采集软件	按客户需求定制
	数据处理计算机系统 系统及处理软件	按客户需求定制
检测机构	轴数量	7 轴

转台在水平面内 沿平行中心射线束 方向（转台 X 轴）， 平移	0-1000mm
转台在水平面内 沿垂直中心射线束 方向（转台 Y 轴）， 平移	700mm
射线源与探测器 升降运动行程	1100mm
探测器在水平面 内沿平行中心射 线束方向（转台 X 轴），运动行程	600-1300mm
探测器在水平面 内沿垂直中心射 线束方向（转台 Y 轴），运动行程	250mm

### 3.2 设备组成

名 称	数 量	备 注
检测设备	1 套	主要包括射线源 1 套、探测器 1 套、数据采集计算机及软件 1 套、数据处理计算机及软件 1 套
检测机构	1 套	包含高精度大理石平台基座、精密运动转台、双大理石立柱 立式结构、转台平移机构等
控制系统	1 套	用于机械传动装置、辐射监测报警系统、视频监控、门机连锁和声光报警等操作、控制和显示等，并具备防碰撞措施
文件资料	1 套	X 射线成像系统的使用说明书或操作手册、产品合

			格证或质量符合性申明和装箱单等
附件	标准试件	1 套	用于测试 CT 系统空间分辨力的标准试件
	检修工具包	1 套	根据采购方要求提供，一般包含工具箱套装等常用工器具。
	零配件	若干	滤片等。
	视频监控系统	1 套	X 射线检查操作间配置 1 个监视器 摄像头采用自动变焦，像素不低于 200 万，可进行局部放大操作
	辐射监测报警系统	1 套	配置固定式辐射检测报警仪、便携式辐射检测仪各 1 个，配置辐射报警灯，用于显示当前剂量水平和状态

#### 4、设备运行条件

##### 4.1 能源需求

- (1) 设备所需电压：线电压 220VAC（±10%），确保输入电源稳定、无过冲
- (2) 电流类别：L/N/PE
- (3) 总功率：10KW
- (4) 电源最大电流：主电源为 16A，辅助电源 1A
- (5) 接地：射线源配备独立接地 1 根（与电柜地线隔离），有真正的接地端子（即直接入地的接地桩），接地电阻 $<2\Omega$
- (6) 网络：网线 1 根，用于数据备份、远程服务等。如客户需求检测数据上传，需求 MES 接口 1 个
- (7) 工作气源：0.4-0.7Mpa

##### 4.2 使用环境

机房要求：

- (1) 大气压力：70hPa~110hPa
- (2) 温度：20~30℃。为保证成像质量建议室温控制在 23℃恒温
- (3) 湿度：25%~80%（无凝露）。湿度波动： $\leq 5\%$

储存运输：

- (1) 环境温度范围：0℃～40℃
- (2) 环境相对湿度：25%～80%，不凝露
- (3) 主机箱抗震性：能够有效保护产品，避免震动、冲击对产品造成损坏

#### 4. 服务信息

##### 4.1 定期检查及保养

精密设备，需要定期检查及保养。检查和保养事项请参考操作和保养手册。

操作人员：定期的检查和保养工作必须由合格且授权的售后服务工程师执行。

其中，合格是指要求售后服务工程师已经接受过培训，并具有实践经验；授权是指售后服务工程师得到生产方对系统进行维护工作的授权。

奕瑞电子科技集团股份有限公司

2025 年 8 月 25 日



00

# TSOL-CT225B 辐射屏蔽设计

## 1、安全信息

为确保产品的安全使用和人员的安全，使用者必须严格遵守设备说明书中提供的安全信息，而且不能将该设备用于设计用途之外的应用。此外还必须遵守所在国家/地区的特定法规和准则。

设备的操作人员必须具备 X 射线防护经验或知识，并且必须是经过培训的合格用户，才能根据特定国家/地区的法规被授权操作系统。

操作人员请佩戴个人剂量检测仪。

### 1.1 安全符号标识

符号	名称	适用标准
	电离辐射	ISO 361
	危险电压	IEC 60417-5036



表 1 本项目工业 CT 基本信息表

设备名称及 型号	辐射装 置类别	最大管 电压	最大管 电流	距辐射源（靶点） 1m 处输出量 ( $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ )	X 射线管 滤过条件	备注
TSOL-CT225B	II	225KV	880 $\mu\text{A}$	$4.7\times 10^{-6}$	1mm 铝	定向

## 2、防护政策

### 2.1 类别介绍

根据《放射装置分类中对自屏蔽工业探伤机构理解的回复》(环境保护部 2018 年 2 月 12 日):“自屏蔽式 X 射线探伤装置，应同时具备以下特征:

- 一是屏蔽体与 X 射线探伤装置主体结构一体设计和制造，具有制式型号和尺寸。
- 二是屏蔽体能将装置产生的 X 射线剂量减少到规定的剂量限值以下，人员接近



时无需额外屏蔽。

三是在任何工作模式下，人体无法进入和滞留在 X 射线探伤装置屏蔽体内。

本项目拟建的 TSOL-CT225B 型工业 CT 装置满足上述三点，属于自屏蔽式 X 射线探伤装置。根据《射线装置分类》，本项目拟购射线装置为 II 类射线装置中“工业用 X 射线计算机断层扫描（CT）装置，应按照 II 类射线装置管理。

2.2 防护法规

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

	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。
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。

《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）规定，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 μSv/h。

3、屏蔽结构

3.1 铅防护参数

项目	防护参数
CT 机外形尺寸	长×宽×高=3676*2209*2783mm
前部	2mm 钢板+14mm 铅板+2mm 钢板
后部	2mm 钢板+14mm 铅板+2mm 钢板
左部	2mm 钢板+12mm 铅板+2mm 钢板
右部（主束照射方向）	2mm 钢板+16mm 铅板+2mm 钢板
顶部	2mm 钢板+14mm 铅板+2mm 钢板
底部	2mm 钢板+14mm 铅板+2mm 钢板
进样防护门 防护门尺寸：1400mm×2170(H)mm 门洞尺寸：1300mm×2070(H)mm	2mm 钢板+14mm 铅板+2mm 钢板

- 1、本项目工业 CT 机在设备正面设置 1 扇单开电动平移推拉防护门，门洞大小约为 1300mm×2070(H)mm，防护门整体大小为 1400mm×2170(H)mm，防护门门缝相互重叠 50mm 的安全搭接，以防止射线从防护门的缝隙间泄漏。
- 2、本项目工业 CT 机在设备背面设置 1 扇双开手动防护门，门洞大小约为 2920mm×2330(H)mm，单侧防护门整体大小为 1550mm×2420(H)mm，防护门上下门缝相互重叠 45mm 的安全搭接，防护门左右门缝相互重叠 60mm 的安全搭接，以防止射线从防护门的缝隙间泄漏。背面门为检修门，处于常闭状态。

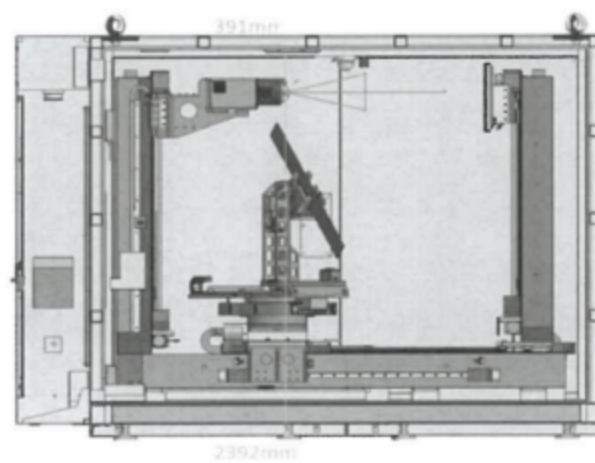
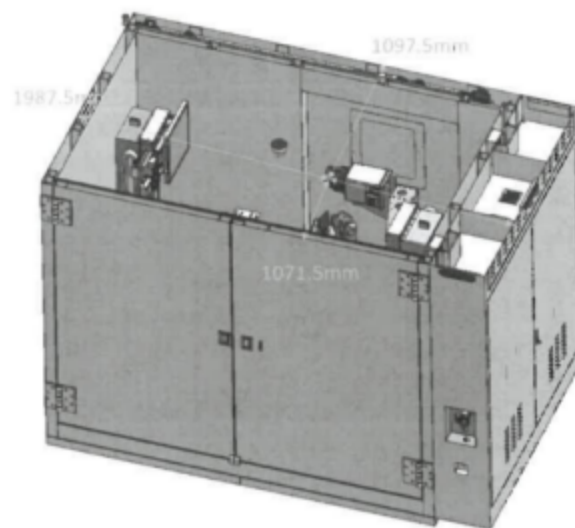
侧墙的厚度为:3020×1054×24.30(1)mm  
 主井口圈梁为:1300×2030(1)mm,主井口圈梁为:3440×2770(1)mm—圈;  
 侧墙圈梁为:2920×2330(1)mm,侧墙圈梁为:7550×24.20(1)mm—圈;  
 防护板:右侧墙15mm厚板,正/反/顶/底14mm厚板,正侧板12mm厚板;  
 注:电缆孔及通风孔均与设备侧板同防护厚度,防护罩采用橡胶罩与板对板连接并加密封。

### 3.3 防呆功能

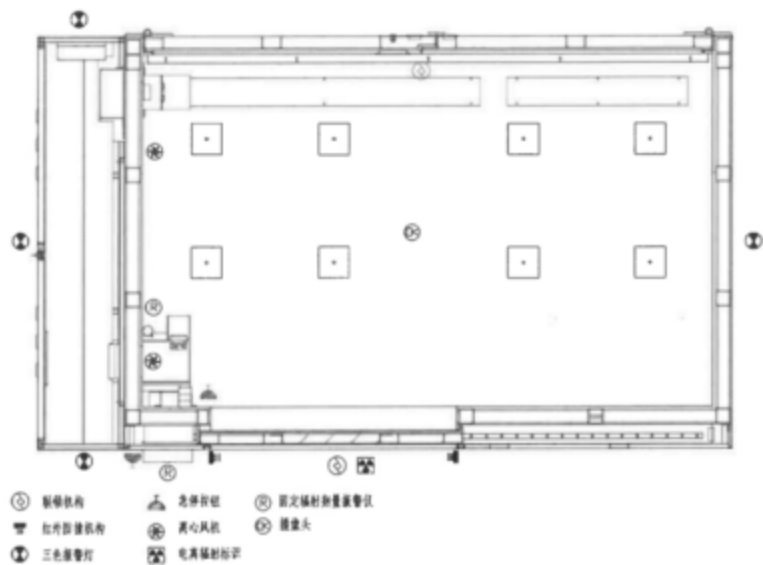
设施	数量	安装位置/图件	备注
安全联锁功能	2		铅房前后门各 1 个
多重开关	2		前面电动开关+后面 钥匙开关
急停装置	2		铅房外部一个, 内部 一个
警示标志	1		三色灯+辐射警示贴 纸
工作指示灯	4		铅房四个面各 1 个
门禁措施	1		在线辐射剂量监测

#### 4、内部结构

##### 4.1 射线源位置



4.2 防护措施位置



其中：

工作状态指示灯有 4 个，设置位置左、右、前、后各 1 个；

球管状态指示灯（三色灯）1 个，位于右侧顶部；

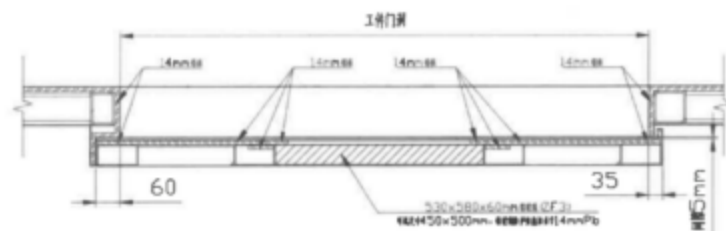
总开关数量 1 个，位于电气柜左下角；

急停按钮数量 2 个，其一位于正门外左侧，其二位于正门内左侧；

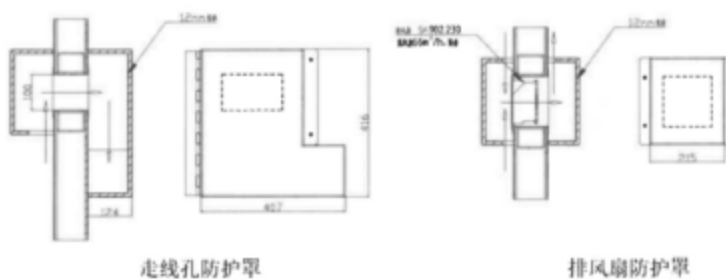
排风口数量 1，直径 100mm，位于设备左侧，设计风量 66m³/H，有效换气次数 5 次/H。

4.3 铅防护工艺（门缝及拼接搭接重合尺寸）

以正面移门为例



#### 4.4 开孔防护设计



奕瑞电子科技集团股份有限公司

2025 年 8 月 25 日